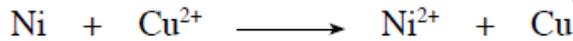


## الفصل الأول : التأكسد والاختزال

تعد تفاعلات التأكسد والاختزال من التفاعلات المهمة التي تحدث في حياتنا والطعام الذي نتناوله يتأكسد في أجسامنا ليمدنا بالطاقة اللازمة للعمليات الحيوية المختلفة ، ووسائل النقل بأنواعها تتحرك بالطاقة الناتجة عن تأكسد الوقود عند احتراقه داخل محركاتها ، والفلزات كالحديد والألمنيوم يتم استخراجها باختزال ايوناتها من خاماتها باستخدام عوامل مختزلة .

أولا : مفهوم التأكسد والاختزال :-

درست في صفوف سابقة تفاعلات التأكسد والاختزال، وعرفت أن مفهوم التأكسد كان يستخدم في البداية لوصف إتحاد العناصر بالأكسجين ، كما استخدم مفهوم الاختزال ليصف نزع الأكسجين من خامات اكاسيد العناصر. وعرفت أيضا انه يمكن التعبير عن التأكسد والاختزال عن طريق فقد أو كسب الالكترونات. ولنتذكر ذلك ادرس المعادلة الآتية ثم اجب عن الأسئلة التي تليها :



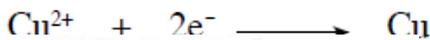
- ما التغير الذي حدث على ذرة Ni؟
- ما التغير الذي حدث على أيون  $\text{Cu}^{2+}$ ؟

لاحظ أن ذرة النيكل فقدت إلكترونين (تأكسدت) وتحولت إلى أيون النيكل  $\text{Ni}^{2+}$  كما في المعادلة التالية :



(نصف تفاعل التأكسد)

واكتسب أيون النحاس هذين الإلكترونين (اختزل) ويتحول إلى ذرة متعادلة Cu:



(نصف تفاعل الاختزال)

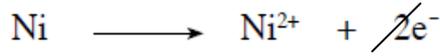
إذا :

التأكسد: هو عملية فقد المادة للإلكترونات أثناء التفاعل.

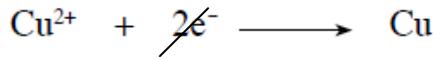
الاختزال: هو عملية كسب المادة للإلكترونات خلال التفاعل.



وبجمع نصفي التفاعل السابق نحصل على معادلة التفاعل الكلي:



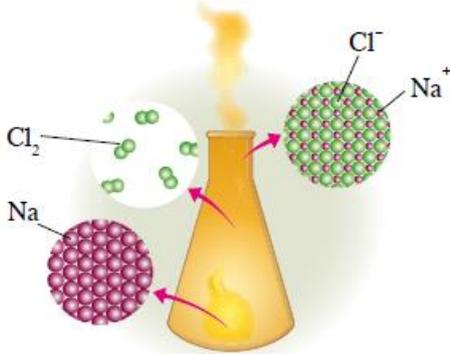
(نصف تفاعل التأكسد)



(نصف تفاعل الاختزال)



سؤال واجب



الشكل (٢-١): تفاعل الصوديوم مع الكلور لإنتاج كلوريد الصوديوم.

- يتفاعل الكلور مع الصوديوم لإنتاج كلوريد الصوديوم حسب المعادلة التالية:



١- حدد ذرة العنصر التي تأكسدت وذرة العنصر التي اختزلت في التفاعل

.....

.....

٢- اكتب نصفي تفاعل التأكسد والاختزال في التفاعل؟

.....

.....

.....

.....

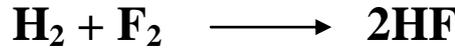
بلال نوفل



\*\* والسؤال الآن :

هل جميع تفاعلات التأكسد والاختزال تتضمن انتقالا كاملا للإلكترونات ؟

للتعرف على ذلك أدرس التفاعل التالي :-



\* لاحظ أن الرابطة في جزيء HF الناتج من التفاعل هي رابطة تساهمية ، وبسبب اختلاف الكهرسلبية بين ذرتي H و F فإن الإلكترونات تنزاح للذرة الأعلى كهر سلبية ( F ) فتكتسب شحنة جزئية سالبة ( &- ) ، وتكتسب ذرة الهيدروجين شحنة جزئية موجبة ، لذا تكون الرابطة التساهمية الناتجة قطبية.

وبسبب هذا الانزياح الجزئي للإلكترونات الرابطة يمكن اعتبار هذا النوع من التفاعلات (تفاعل التأكسد والاختزال) رغم عدم فقد الإلكترونات أو اكتسابها كليا ، الأمر الذي يشير إلى قصور في تعريف التأكسد والاختزال بأنها خسارة أو كسب الإلكترونات ، لذا أصبح من الضروري الحديث عن مفهوم آخر أكثر شمولاً ليعبر عن تفاعلات التأكسد والاختزال ، وهو مفهوم عدد التأكسد .

١- عدد التأكسد

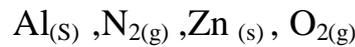
❖ عدد التأكسد (في المركبات الأيونية) : هي الشحنة الفعلية لأيون الذرة في المركبات الأيونية .

❖ عدد التأكسد (في المركبات الجزيئية) : هي الشحنة التي يفترض أن تكتسبها الذرة المكونة للرابطة التساهمية فيما لو كسبت الذرة التي لها أعلى كهر سلبية الإلكترونات الرابطة كليا وخسرت الأخرى هذه الإلكترونات .

\*\* وبناء على ذلك ، يكون عدد تأكسد F في جزيء HF (١-) ، وعدد تأكسد H (١+)

\*\* قواعد حساب عدد التأكسد للذرات في المركبات المختلفة :-

أ- عدد تأكسد الذرة في العناصر الحرة سواء أكانت ذرات أم جزيئات يساوي صفراً ، مثل :



ب- عدد تأكسد الذرة في الأيون أحادي الذرة يساوي شحنة الأيون ، مثل :  $\text{Na}^+ = +1$  ،

و  $\text{N}^{3-} = -3$  ، و  $\text{O}^{2-} = -2$

ج- أعداد تأكسد ذرات عناصر المجموعة الأولى (القلويات) في الجدول الدوري

والمجموعة الثانية (القلويات الترابية) والألمنيوم تكون موجبة ، وهي على التوالي

$+1$  ،  $+2$  ،  $+3$  ، ومن الأمثلة على المجموعة الأولى :  $\text{Li}^+$  ،  $\text{Na}^+$  ،  $\text{K}^+$  ، وعلى المجموعة

الثانية :  $\text{Mg}^{2+}$  ،  $\text{Ca}^{2+}$  ،  $\text{Ba}^{2+}$  .

- د- عدد تأكسد الهيدروجين في جميع المركبات يساوي + ١، باستثناء هيدريدات الفلزات، إذ يكون عدد تأكسده - ١، مثل:  $\text{CaH}_2$ ،  $\text{LiH}$ .
- ه- عدد تأكسد الأكسجين في مركباته يساوي - ٢، ما عدا بعض الحالات مثل فوق الأكاسيد فيكون عدد تأكسده - ١ مثل: فوق أكسيد الهيدروجين  $\text{H}_2\text{O}_2$  وفوق أكسيد الباريوم  $\text{BaO}_2$ . أما مع الفلور فيكون عدد تأكسده في جزيء  $\text{OF}_2 = + ٢$ .
- و- عدد تأكسد ذرات عناصر المجموعة السابعة (الهالوجينات) في المركبات الأيونية يساوي - ١، مثل:  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ،  $\text{NaBr}$ ،  $\text{MgI}_2$ . ويكون موجباً في المركبات التي تحتوي على الأكسجين مثل:  $\text{HClO}$ ، أما الفلور فعدد تأكسده في مركباته دائماً - ١ مثل:  $\text{HF}$ .
- ز- مجموع أعداد التأكسد لجميع الذرات في المركب المتعادل يساوي صفراً، مثل  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .
- ح- مجموع أعداد التأكسد لجميع الذرات في الأيون متعدد الذرات يساوي شحنة الأيون، مثل:  $\text{HSO}_4^-$ .

مثال : ما عدد تأكسد المنغنيز Mn في كل من :



الحل :  $0 = (2 * 2) + (س * ١)$  = صفر

س - ٤ = ٠

س = + ٤ ( عدد تأكسد المنغنيز )



الحل :

$1- = (2 * ٤) + (س * ١)$

س - ٨ = ١ -

س = + ٧

\*\* استنتاج : نستنتج من المثال السابق أنه قد يكون لذرات العنصر الواحد أكثر من عدد تأكسد في مركباته المختلفة



مثال ٢:- ما عدد تأكسد الكلور في  $\text{HClO}_4$  ؟؟

$0 = (1 * ١) + (س * ١) + (٢ * ٤)$

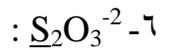
$٠ = ٨ - س + ١$

س = + ٧ ، عدد تأكسد الكلور = + ٧

سؤال واجب : ماعدد تأكسد الكروم Cr في المركبات الآتية :



سؤال واجب : ماعدد تأكسد الذرة التي تحتها خط في كل مما يأتي :



سؤال واجب :

١- ما عدد تأكسد النيتروجين N في كل مما يأتي :



.....

.....

.....

.....

مفهوم التأكسد والاختزال بالاعتماد على عدد التأكسد:-

\*\* لقد استدعى تغيير مفهومي التأكسد والاختزال بما يتلاءم ومفهوم عدد تأكسد إلى تغيير طريقة التعبير عن مفهوم التأكسد والاختزال ولتتعرف ذلك ادرس التفاعل الآتي ثم اجب عن الأسئلة التي تليه :



١- حدد المادة التي اختزلت والمادة التي تأكسدت ثم اكتب المعادلات أنصاف التفاعلات ؟.

٢- ما عدد تأكسد كل من Zn و Ag في المواد المتفاعلة ؟

٣- ما عدد تأكسد كل من Zn و Ag في المواد الناتجة ؟

٤- كيف تغير عدد التأكسد Zn وعدد تأكسد Ag في التفاعل؟

يتضح من التفاعل السابق أن ذرات الخارصين Zn قد فقدت إلكترونات - أي أنها تأكسدت - ويمكن تمثيل عملية التأكسد في نصف التفاعل الآتي:



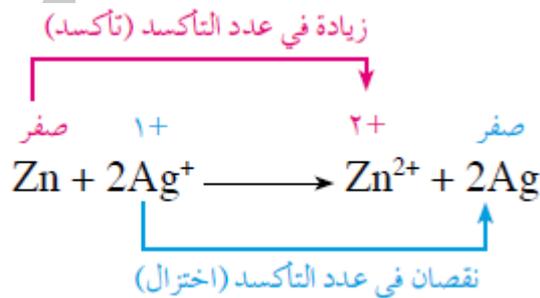
لا حظ أن عدد تأكسد Zn قد تغير من صفر إلى +٢ أي أنه ازداد بمقدار ٢

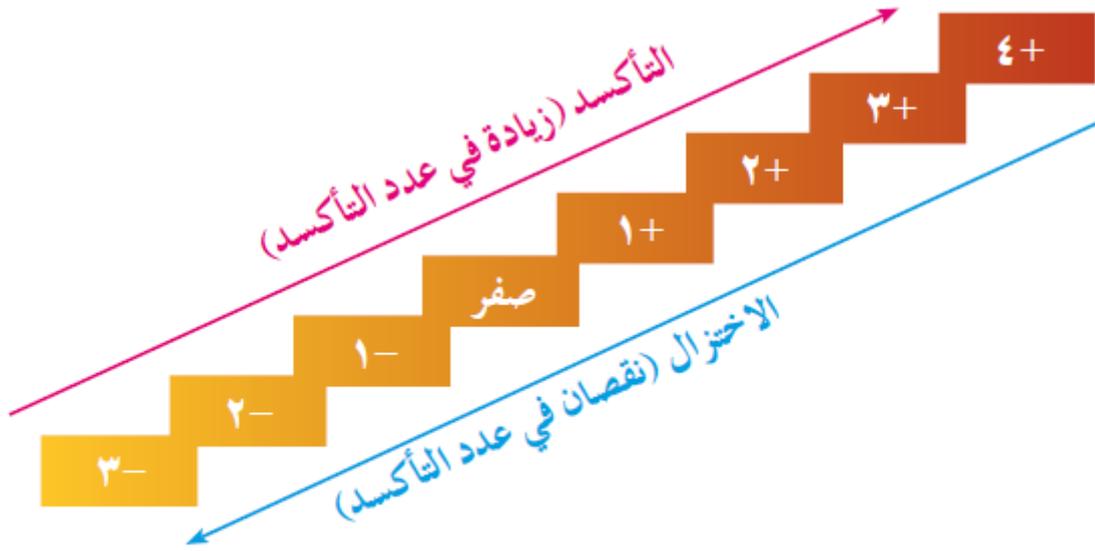
كما يتضح أيضا أن ايونات الفضة  $\text{Ag}^+$  قد اكتسبت الإلكترونات - أي أنها اختزلت - كما في نصف التفاعل الآتي:



لا حظ أن عدد تأكسد Ag قد تغير من +١ إلى صفر أي أنه نقص بمقدار ١

\*\* وبناء على ذلك ، فإن تفاعلات التأكسد والاختزال يرافقها تغير في أعداد التأكسد لبعض ذرات العناصر في التفاعل ، إذ يزداد عدد التأكسد للذرات التي تتأكسد ، وفي حين يقل عدد التأكسد للذرات التي تختزل .





الشكل (٢-٤): علاقة التأكسد والاختزال بعدد التأكسد.

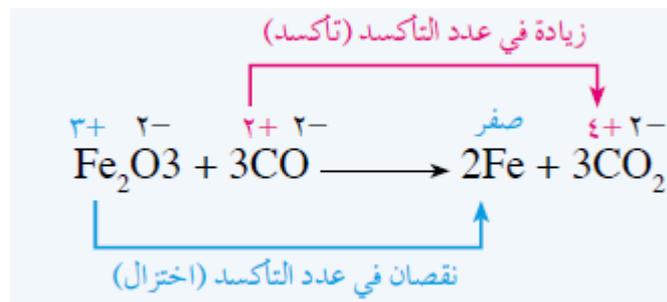
مثال : ادرس المعادلة الآتية :



ثم بين الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت باستخدام التغيير في أعداد التأكسد

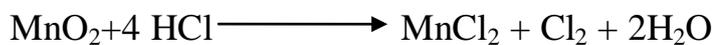
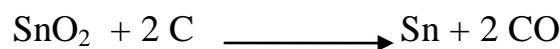
الحل:

\*\*بداية نحسب عدد تأكسد كل ذرة في المواد المتفاعلة والنتيجة :-



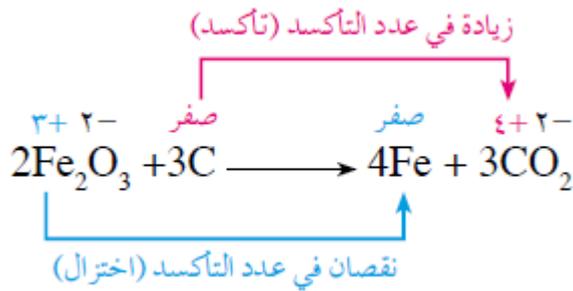
سؤال واجب : حدد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت في كل من المعادلتين الآتيتين بالاعتماد على التغيير في

عدد التأكسد :



## ثانيا العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة

عند استخلاص الحديد من خام الهيماتيت  $Fe_2O_3$  فإنه يتم تحويل أيونات الحديد  $Fe^{+3}$  إلى ذرات حديد  $Fe$  متعادلة وهذه العملية تحتاج إلى أن يكتسب أيون  $Fe^{+3}$  ثلاثة إلكترونات ليتحول إلى ذرة  $Fe$  متعادلة وكي تكسب أيونات الحديد هذه الإلكترونات لا بد من وجود مادة أخرى تعطيها الإلكترونات التي تحتاجها (تختزلها) مثل ذرات الكربون، فالكربون يتأكسد لكنه اختزل أيونات الحديد وأيونات الحديد اختزلت ولكنها أكسدت الكربون ويمكن تمثيل التفاعل الكلي بين  $Fe_2O_3$  والكربون كما في المعادلة الآتية :



إذا تفحصت المعادلة تجد أن  $Fe_2O_3$  (عامل مؤكسد) ، لأنه تسبب في أكسدت ذرة الكربون ، في حين أن الكربون عامل مختزل ، لأنه اختزل  $Fe^{+3}$  وعليه فإن :

العامل المؤكسد : هو المادة التي يحدث لها اختزال في التفاعل وتتسبب في أكسدة غيرها

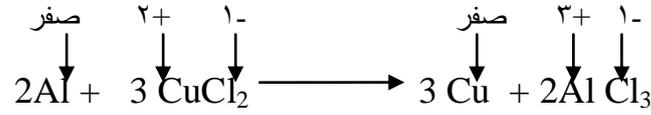
العامل المختزل : هو المادة التي تتأكسد في التفاعل وتتسبب في اختزال غيرها .

عندما نلفظ عملية "التأكسد" أو عملية  
"اختزال فإن العملية تحدث لذرة واحدة ضمن  
مركب أو أيون متعدد الذرات ولكنه عندما نلفظ  
"عامل مؤكسد" أو "عامل مختزل" فهذا  
العامل يكون لكامل المركب أو الايون وليس للذرة  
فقط



ملاحظة هامة

مثال : حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل التالي :



الحل :

عامل مختزل : Al

عامل مؤكسد : CuCl<sub>2</sub>

سجل عند بلال نوفل



مثال : هل يحتاج حدوث نصف التفاعل التالي لعامل مؤكسد أم لعامل مختزل

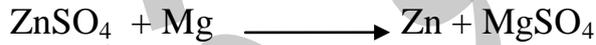


الحل :

بما أن نصف التفاعل السابق يمثل نصف تفاعل اختزال فإنه يحتاج إلى عامل مختزل

سؤال واجب:

حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعلين الآتيين



سؤال واجب : أي نصفي التفاعلين الآتيين يحتاج إلى عامل مؤكسد ؟ وأيها يحتاج إلى عامل مختزل ؟



ومن الجدير بالذكر انه هناك مواد تسلك كعوامل مؤكسدة في بعض التفاعلات وعوامل مختزلة في تفاعلات أخرى ويحدد ذلك طبيعة المواد التي تتفاعل معها .

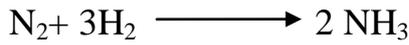
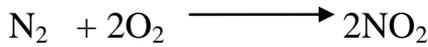
فمثلا يسلك الهيدروجين كعامل مختزل عند تفاعله مع الأكسجين كما في التفاعل التالي :



في حين يسلك كعامل مؤكسد عندما يتفاعل الليثيوم :

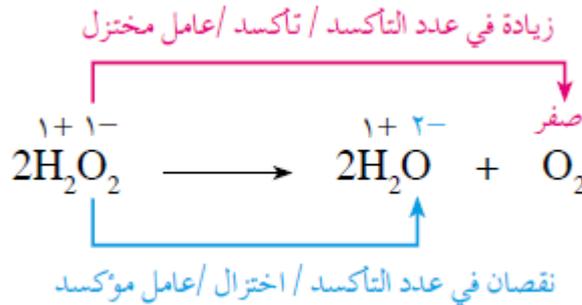


سؤال واجب : في أي التفاعلين يكون سلوك النيتروجين  $\text{N}_2$  كعامل مؤكسد وفي أيهما يكون سلوكه كعامل مختزل ؟



\*\*\* ويمكن أن تسلك بعض المواد كعامل مؤكسد وكعامل مختزل في التفاعل نفسه :

مثال : يتحلل فوق أكسيد الهيدروجين  $\text{H}_2\text{O}_2$  لينتج الماء وغاز الأكسجين وفق المعادلة الآتية . حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل ؟

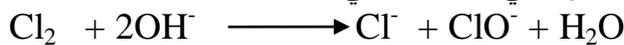


$\text{H}_2\text{O}_2$  عامل مؤكسد / عامل مختزل

سؤال واجب : بين سلوك البروم  $\text{Br}_2$  كعامل مؤكسد وكعامل مختزل في التفاعل الآتي :



سؤال واجب : حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي :



### ثالثا : موازنة معادلات التأكسد والاختزال بطريق نصف التفاعل

(ايون - إلكترون)

المعادلة الكيميائية الموزونة هي بتعبير بالرموز والأرقام يعطي وصفا لتفاعل كيميائي معين .

- وكي تكون المعادلة الكيميائية موزونة فلا بد من تحقق شرطين هما :

١- قانون حفظ المادة : وينص على تساوي أعداد الذرات وأنواعها في طرفي المعادلة الكيميائية

٢- قانون حفظ الشحنة الكهربائية ، وينص على تساوي مجموع الجبري للشحنات في طرفي المعادلة

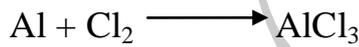
-- ففي المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية :



نلاحظ أن عدد ذرات الفضة في طرفي المعادلة يساوي ٢ ، وعدد ذرات النيكل يساوي ١ وكذلك فإن الشحنة الكهربائية في الطرفين تساوي +٢ .

سؤال - واجب :

وازن المعادلة الكيميائية الآتية بطريقة المحاولة والخطأ ، ثم تحقق من قانوني حفظ المادة والشحنة في طرفي المعادلة :-



سؤال- واجب :-

لماذا تعد المعادلة الكيميائية الآتية معادلة غير موزونة؟؟



\*\* والآن حاول موازنة المعادلة التالية بطريقة المحاولة والخطأ:-



\*\* لا بد أن توصلت إلى صعوبة موازنة هذه المعادلة بطريقة المحاولة والخطأ ، فهناك عدد كبير من تفاعلات التأكسد

والاختزال التي يصعب موازنتها بهذه الطريقة لذا لجأ العلماء إلى اقتراح عدة طرائق لموازنة هذه التفاعلات كطريقة نصف

التفاعل (أيون- إلكترون) .

\* خطوات موازنة تفاعلات التأكسد والاختزال بطريقة نصف التفاعل (أيون - إلكترون)

١- فصل معادلة التفاعل الكلية إلى نصفين : نصف تفاعل تأكسد ونصف تفاعل اختزال

٢- موازنة كل نصف تفاعل على حدة

٣- مساواة عدد الإلكترونات المفقودة والمكتسبة في نصفي التفاعل

٤- جمع نصفي التفاعل.

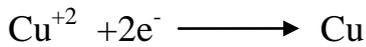
مثال : وازن معادلة التفاعل التالية:



الحل :-

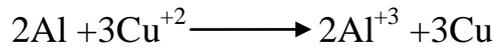
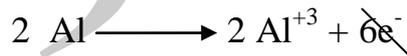


نصف تفاعل التأكسد



نصف تفاعل الاختزال

\*\* نضرب المعادلة الأولى ب ٢ والثانية ب ٣



\* وتجدر الإشارة إلى أن عددا كبيرا من تفاعلات التأكسد والاختزال تحدث في محاليل حمضية وقاعدية ، فهل تختلف

موازنة هذه التفاعلات عما درسته في المثال السابق ؟



١ - موازنة المعادلات في وسط حمضي :

وتتم بالخطوات التالية :-

✓ اقسّم المعادلة إلى نصفي تأكسد واختزال

✓ وازن نصفي التفاعل كلا على حده على أن يتحقق قانونا حفظ الشحنة والمادة ويتم ذلك بالخطوات التالية :

• وازن ذرات العناصر باستثناء الأوكسجين والهيدروجين

• وازن ذرات الأوكسجين بإضافة جزيء ماء  $H_2O$  واحد مقابل كل ذرة أوكسجين ناقصة إلى الطرف الذي يعاني نقصا في ذرات الأوكسجين .

• وازن ذرات الهيدروجين بإضافة أيون  $H^+$  واحد مقابل كل ذرة هيدروجين ناقصة الي الطرف الذي يعاني نقصا في ذرات الهيدروجين .

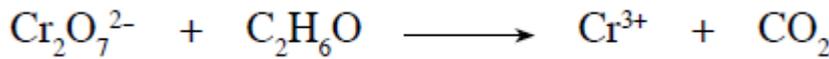
• وازن الشحنة الكهربائية بإضافة إلكترونات لأحد طرفي المعادلة على أن يصبح المجموع الجبري للشحنات الكلية على طرفي المعادلة متساوي .

✓ اجعل عدد الإلكترونات المفقودة والمكتسبة متساوي في نصفي التفاعل

✓ اجمع نصفي التفاعل للحصول على المعادلة الموزونة ، فيتم حذف الإلكترونات وبعض المواد المشتركة من طرفي المعادلة .

مثال : وازن المعادلة التالية

نصف التفاعل بوسط حمضي :



بطريقة

الحل :

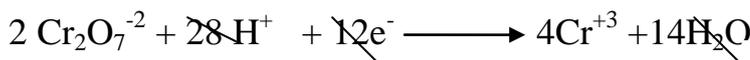
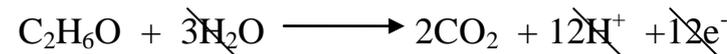


نصف تفاعل التأكسد



نصف تفاعل الاختزال

نضرب نصف تفاعل الاختزال ب ٢



$16H^+$

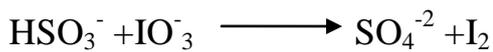
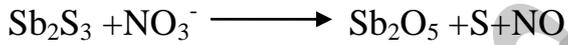
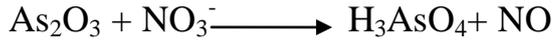
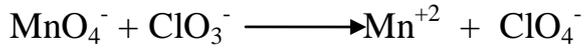
$11H_2O$

المعادلة الكلية



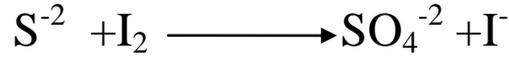
سؤال – واجب :

وازن المعادلات التالية بطريقة نصف التفاعل في وسط حمضي:



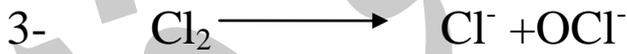
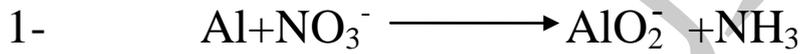


سؤال واجب : وازن المعادلة الآتية في وسط قاعدي ثم حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل فيها .



سؤال – واجب :-

وازن المعادلات التالية في وسط قاعدي :



سبب نجاحي بلال نوفل





### كيف نعمل وجبة ساخنة باستخدام الماء البارد؟

حل الكيميائيون مشكلة تسخين الوجبات الجاهزة التي يتناولها رواد الفضاء بسبب عدم توافر مرافق للطبخ، وذلك عن طريق ابتكار سخان الطعام عديم اللهب (Flameless Ration Heater FRH). يعتمد مبدأ هذا السخان على تفاعلات التأكسد والاختزال، وذلك عن طريق توليد الحرارة بأكسدة المغنيسيوم عن طريق تفاعله مع الماء، حسب المعادلة الآتية:



لكن هذا التفاعل بطيء جداً، لا يُنتج الحرارة المطلوبة؛ لذا يتم تسريعه بإضافة الحديد وملح



الطعام إلى المغنيسيوم المتفاعل، وينطلق من التفاعل طاقة حرارية تُقدر بـ ٣٥٥ كيلوجول قادرة على غلي لتر من الماء. وهذا السخان يتكوّن من كيس شبه مُنفذ موجود فيه خليط من المغنيسيوم والحديد والملح وهو موضوع في كيس بلاستيكي مقاوم للحرارة. وعند استخدامه يوضع الكيس شبه المنفذ (الذي يحتوي على خليط من المغنيسيوم والحديد والملح) والوجبة المراد تسخينها والمغلقة جيداً في الكيس البلاستيكي ثم تضاف إليهما كمية من الماء، ويتركان مدة ١٠ دقائق تكون كافية لتسخين الوجبة.



الشكل (٢-٥): مكونات السخان عديم اللهب



الشكل (٢-٦): تسخين وجبة طعام جاهزة باستخدام السخان عديم اللهب.

## الفصل الثاني : الخلايا الكهركيميائية

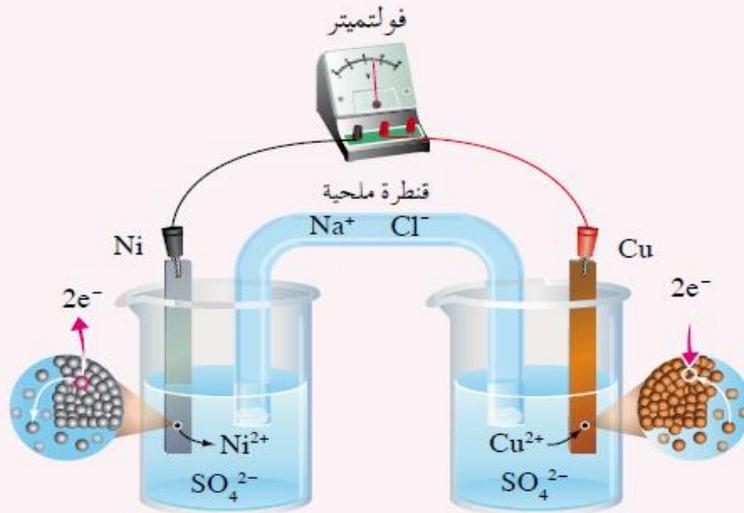
تستخدم الخلايا الكهركيميائية في مجالات واسعة في حياتنا ،فالبطاريات بأنواعها المختلفة والتي تلزم لتشغيل العديد من الأجهزة والأدوات ، تعد مثالا على هذه الخلايا ،كما أن عملية الطلاء الكهربائي من التطبيقات العملية المهمة لها .

### أولا :- الخلايا الغلفانية

درست سابقا الخلية الغلفانية وعرفت أنها أداة يحدث فيها تفاعل التأكسد والاختزال تلقائيا لإنتاج تيار كهربائي ،فما هي مكوناتها وكيفية عملها .

### نشاط (٢-١) الخلية الغلفانية

يمثل الشكل (٢-٧) خلية غلفانية يتكوّن قطباها من النحاس Cu والنيكل Ni. ادرس الشكل جيدا، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:



الشكل (٢-٧): خلية غلفانية قطباها من النحاس والنيكل.

- حدّد اتجاه حركة الإلكترونات عبر الموصل (الأسلاك) في الدارة الخارجية.
- حدّد المصعد والمهبط في الخلية، وشحنة كل منهما.
- اكتب أنصاف التفاعلات التي تحدث عند الأقطاب.
- اكتب معادلة التفاعل الكلي في الخلية.
- ما دور القنطرة الملحية في الخلية؟
- ماذا تتوقع أن يحدث لكثلة كل قطب أثناء عمل الخلية الغلفانية؟

\*\* تتكون الخلية الغلفانية السابقة من :

١- وعائين يحتوي احدهما على قطب النحاس Cu (المهبط وشحنته موجبة ) ومحلول كبريتات النحاس  $CuSO_4$  ، ويسمى نصف خلية النحاس [نصف خلية المهبط ] .

\* الوعاء الثاني يحتوي على قطب النيكل Ni (المصعد السالب) ومحلول كبريتات النيكل  $NiSO_4$  ويسمى نصف خلية النيكل [نصف خلية المصعد ] .

٢- أسلاك فلزية موصولة بالفولتميتر الذي يقيس فرق الجهد بين الأقطاب ، حيث تصل هذه الأسلاك بين القطبين في الدارة الخارجية .

٣- أنبوب على شكل حرف U مقلوب يحتوي على محلول مشبع من كلوريد الصوديوم NaCl يسمى القنطرة الملحية \*\* عند تركيب الخلية كما في الشكل ، يلاحظ انحراف مؤشر الفولتميتر إلى الجهة التي يوجد فيها قطب النحاس ، وهذا يشير إلى مرور تيار كهربائي نتيجة لحركة الإلكترونات عبر الأسلاك في الدارة الخارجية من قطب النيكل Ni (المصعد) إلى قطب النحاس Cu (المهبط) .

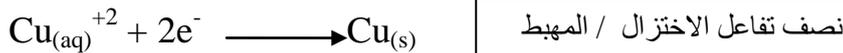
\* قطب النيكل Ni (المصعد ) هو القطب الذي تتأكسد بعض ذراته وتتحول إلى ايونات موجبة  $Ni^{+2}$  وتنتشر في المحلول المائي كما في المعادلة التالية :



نصف تفاعل التأكسد / المصعد

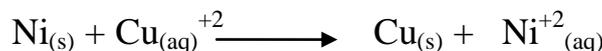
وهذا التأكسد لذرات النيكل يحدث على سطح المصعد ، وهو ما يفسر تآكل قطب النيكل ونقصان كتلته مع الزمن ، وتوجه الإلكترونات الناتجة من نصف التفاعل السابق إلى قطب النيكل فتكسبه شحنة سالبة ، وعليه يكون المصعد هو القطب السالب في الخلية .

\*\* وتستمر الإلكترونات الناتجة عن عملية تأكسد ذرات النيكل بالحركة عبر الأسلاك نحو قطب النحاس الذي يمثل المهبط وهو القطب الموجب ، حيث تختزل أيونات النحاس  $Cu^{+2}$  المحيطة بالقطب في نصف خلية النحاس نتيجة اكتسابها هذه الإلكترونات ، وتتحول إلى ذرات نحاس متعادلة تتجمع على قطب النحاس ، وهذا يفسر زيادة كتلته مع الزمن . والمعادلة الآتية توضح ذلك :



نصف تفاعل الاختزال / المهبط

ويمكن تمثيل التفاعل الكلي والذي يمثل مجموع نصفي التفاعلين السابقين على النحو التالي :



سؤال: ما دور القنطرة الملحية في الخلية الغلفانية ؟

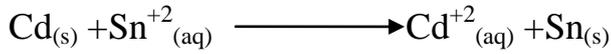
- ١- سبق أن أشرنا إلى تناقص كتلة قطب النيكل (المصعد) نتيجة تأكسد بعض ذراته ، مما يؤدي إلى زيادة تركيز ايونات النيكل الموجبة  $Ni^{+2}$  ليصبح تركيزها أعلى من تركيز الأيونات السالبة في نصف خلية المصعد [نصف خلية النيكل] أما في الوعاء الثاني (نصف خلية المهبط) فإن اختزال ايونات النحاس الموجبة  $Cu^{+2}$  يؤدي إلى تناقص تركيزها في المحلول ليصبح تركيزها أقل من تركيز الايونات السالبة في نصف خلية المهبط (نصف خلية النحاس)، وهذا يؤدي إلى اختلال التوازن في الشحنات الكهربائية في نصفي الخلية الغلفانية ، ولحفظ التوازن الكهربائي يتم وصل نصفي الخلية من خلال قنطرة الملحية التي تعمل على موازنة الشحنات الكهربائية في الخلية أثناء عملها .
- ٢- إغلاق الدارة الكهربائية
- ٣- تمنع التماس المباشر بين المواد المتفاعلة .

ملاحظات هامة على الخلية الغلفانية :

- ١- قطب المصعد السالب يحدث عليه نصف تفاعل التأكسد وتقل كتلته مع الزمن ويتآكل نتيجة تأكسد بعض ذراته وتحولها إلى ايونات موجبة .
- ٢- قطب المهبط الموجب يحدث عليه نصف تفاعل الاختزال وتزداد كتلته مع الزمن نتيجة اختزال الايونات الموجبة في المحلول وتحولها لذرات متعادلة تترسب على السطح .
- ٣- تسري الالكترونات في الدارة الخارجية ( عبر الأسلاك الخارجية) من المصعد إلى المهبط
- ٤- تتحرك الأيونات السالبة في الدارة الداخلية ( عبر القنطرة الملحية) من نصف خلية المهبط (وعاء المهبط) إلى نصف خلية المصعد (وعاء المصعد).
- ٥- تتحرك الأيونات الموجبة في الدارة الداخلية من نصف خلية المصعد (وعاء المصعد) إلى نصف خلية المهبط (وعاء المهبط).
- ٦- يستخدم جهاز الفولتميتر الموصل بين قطبي الخلية الغلفانية لقياس جهد الخلية الغلفانية .



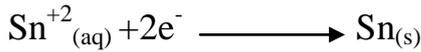
سؤال: إذا علمت أن التفاعل الآتي يحدث في خلية غلفانية، فاجب عن الأسئلة التي تليه:



- ١- اكتب نصف تفاعل التأكسد ونصف تفاعل الاختزال ؟
  - ٢- حدد اتجاه حركة الإلكترونات عبر الدارة الخارجية ؟
  - ٣- أي القطبين Cd أم ال Sn تزداد كتلته مع استمرار مرور التيار الكهربائي؟
- الحل :-



نصف تفاعل التأكسد:-



نصف تفاعل الاختزال

٢- من قطب المصعد Cd إلى قطب المهبط Sn

٣- المهبط Sn تزداد كتلته مع الزمن

سؤال واجب :-

إذا علمت أن التفاعل الآتي يحدث في خلية غلفانية ، فأجب عن الأسئلة التالية:



- ١- اكتب معادلة نصف التفاعل التي تحدث عند كل قطب ؟
- ٢- أي القطبين يمثل المصعد وأيها يمثل المهبط ؟
- ٣- وضح اتجاه سريان الإلكترونات في الدارة الخارجية ؟
- ٤- وضح اتجاه حركة الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية ؟
- ٥- ماذا تتوقع أن يحدث لكتلة كل من قطبي Zn و Ag ؟

## ١ جهد الخلية :-

تتفاوت الأقطاب في ميلها للتأكسد والاختزال ، فلكل قطب ميل للتأكسد يسمى جهد تأكسد القطب ( $E_{\text{تأكسد}}$ ) ، أو ميل للاختزال يسمى جهد اختزال القطب ( $E_{\text{اختزال}}$ ) . وعند استخدام قطبين مختلفين في خلية غلفانية تندفع الإلكترونات من المصعد إلى المهبط ، بسبب قوة دافعة تحرك هذه الإلكترونات عبر الموصل ، وهي تنشأ بسبب الاختلاف في جهد الاختزال بين قطبي الخلية وتعرف هذه القوة بالقوة الدافعة الكهربائية . وهي تمثل جهد الخلية ( $E_{\text{خلية}}$ ) ، وتقاس بوحدة الفولت . ويمكن قياس جهد الخلية في الظروف المعيارية عندما يكون تركيز الأيونات (١ مول / لتر) ، وضغط الغازات (١ ص . ج) ودرجة الحرارة (٢٥ س) ، ويعرف جهد الخلية عند هذه الظروف بجهد الخلية المعياري ويرمز له بالرمز ( $E^{\circ}$ ) ويعبر عنه بالمعادلة الرياضية التالية :-

$$E^{\circ}_{\text{خلية}} = E^{\circ}_{\text{اختزال المهبط}} - E^{\circ}_{\text{اختزال المصعد}}$$

## ملاحظة :-

$$E^{\circ}_{\text{تأكسد المهبط}} = - E^{\circ}_{\text{اختزال المهبط}}$$

مثال :- إذا علمت أن جهد الخلية المكونة من الخارصين Zn والنحاس Cu في الظروف المعيارية يساوي (١,١) فولت وان جهد الخلية المكونة من الخارصين Zn والفضة Ag في الظروف المعيارية يساوي (١,٥٦) فولت فإذا كان الخارصين في كلتا الخليتين هو المصعد ، فأيهما أكثر ميلا للاختزال :-  
أيونات النحاس  $\text{Cu}^{+2}$  ، أم أيونات الفضة  $\text{Ag}^{+}$  ؟  
الحل :-

بما أن جهد الخلية يعتمد على ميل أنصاف التفاعلات للحدوث ، ولأن ميل تفاعل التأكسد ثابت للخارصين Zn ، فإن الاختلاف في قيمة جهد الخلية ( $E^{\circ}$ ) يعتمد على جهد اختزال أيونات المهبط ، ولأن جهد الخلية المكونة من الخارصين Zn والفضة Ag أكبر من جهد الخلية المكونة من الخارصين Zn والنحاس Cu فإن أيونات الفضة  $\text{Ag}^{+}$  أكثر ميلا للاختزال من أيونات النحاس  $\text{Cu}^{+2}$  .

سؤال : إذا علمت أن جهد الخلية المكونة من الأقطاب (X,Y) في الظروف المعيارية تساوي (٠,٥٧) فولت ، وأن جهد الخلية المكونة من الأقطاب (W,X) في الظروف المعيارية تساوي (٠,٧٨) فولت ، وان المادة X في الخليتين هي المهبط ، فأى العنصرين (W,Y) أكثر ميلا للتأكسد ؟  
الحل : العنصر W أكثر ميلا للتأكسد في الظروف المعيارية .

## ٢- جهد الاختزال المعياري:

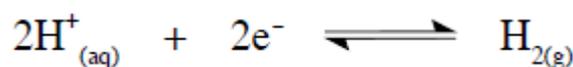
عرفت سابقا أن جهد الخلية المعياري يمثل فرق الجهد الكهربائي بين قطبيها وان جهاز الفولتميتر يقيس جهد الخلية ، ولكنه لا يستطيع قياس جهد القطب منفردا ، فكيف يمكن تحديد جهد الاختزال المعياري للأقطاب المختلفة ؟



الشكل ( ٢-٨ ) : قطب الهيدروجين المعياري.

فكر العلماء في تحديد قطب مرجعي يمكن استخدامه لمعرفة جهد الاختزال المعياري لقطبي الخلية الغلفانية ، فتم اختيار قطب الهيدروجين المعياري كقطب مرجعي ، لأن نشاطه الكيميائي متوسط بين العناصر ، فيمكن أن يكون مهبطا أو مصعدا.

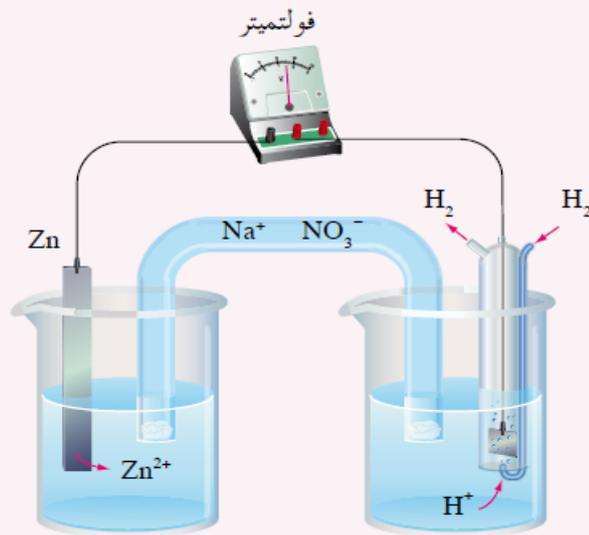
\*\*يتكون قطب الهيدروجين المعياري من وعاء يحتوي على صفيحة من البلاتين مغموسة في محلول حمض HCl يحتوي على أيونات H+ بتركيز ١ مول / لتر وتحت ضغط من غاز الهيدروجين مقداره (١ ض. ج) وعند درجة حرارة ٢٥ س . ويمكن تمثيل التفاعل في قطب الهيدروجين المعياري كما في المعادلة التالية :-



وقد اصطلح العلماء على أن تكن قيمة جهد الاختزال المعياري للهيدروجين تساوي صفرا ، وباستخدام هذا القطب تمكنوا من التوصل إلى جهود الاختزال المعيارية للأقطاب المختلفة .

### نشاط (٢-٢) تحديد جهود الاختزال المعيارية

تم بناء ثلاث خلايا غلفانية مختلفة باستخدام قطب الهيدروجين مع أحد الفلزات الآتية: (Ag ، Cu ، Zn) ومحاليل أملاحها في كل خلية، ويمثل الشكل (٢-٩) إحدى هذه الخلايا.



الشكل (٢-٩): خلية غلفانية قطباها الخارصين والهيدروجين.

فإذا قيس جهد الخلية في كل منها في الظروف المعيارية، وتم الحصول على المعلومات المبينة في الجدول أدناه. ادرس الجدول، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

رقم الخلية	قطب الخلية	انحراف مؤشر الفولتميتر باتجاه	جهد الخلية المعياري (فولت)
١	Zn/H <sub>2</sub>	قطب الهيدروجين	٠,٧٦
٢	Cu/H <sub>2</sub>	قطب النحاس	٠,٣٤
٣	Ag/H <sub>2</sub>	قطب الفضة	٠,٨٠

يتبين من النشاط السابق أن قطب الهيدروجين المعياري في الخلية رقم ١ يمثل المهبط ، وهذا يعني أن جهد اختزاله أكبر من جهد إختزال الخارصين ، وبما أن جهد إختزال الهيدروجين يساوي صفرا ، يمكن حساب جهد اختزال الخارصين

$E^{\circ}$  اختزال الخارصين على النحو التالي :

$$E^{\circ}_{\text{خلية}} = E^{\circ}_{\text{اختزال المهبط}} - E^{\circ}_{\text{اختزال المصعد}}$$

$$0,76 = \text{صفر} - E^{\circ}_{\text{اختزال الخارصين}}$$

$$E^{\circ}_{\text{اختزال الخارصين}} = -0,76 \text{ فولت}$$

وبالمثل يمكن حساب جهد الاختزال للنحاس في الخلية رقم (٢)

$$E^{\circ}_{\text{خلية}} = E^{\circ}_{\text{اختزال المهبط}} - E^{\circ}_{\text{اختزال المصعد}}$$

$$0,34 = E^{\circ}_{\text{اختزال النحاس}} - 0$$

$$E^{\circ}_{\text{اختزال النحاس}} = 0,34 \text{ فولت}$$

\*\* وبالطريقة نفسها يمكن حساب جهد الاختزال المعياري للفضة فيكون

$$E^{\circ}_{\text{اختزال الفضة}} = +0,80 \text{ فولت}$$

\* ونتيجة لاستخدام قطب الهيدروجين المعياري في بناء خلايا مختلفة وقياس جهودها تمكن العلماء من حساب جهد الاختزال المعياري للأقطاب المختلفة ، وتم ترتيبها وفقا لتزايد جهود اختزالها المعيارية في جدول يعرف بجدول جهود الاختزال المعيارية :-

الجدول (٢-١): جهود الاختزال المعيارية عند درجة حرارة ٢٥ °س.

نصف تفاعل الاختزال				$E^{\circ}$ (الفولت)	
$Li^{+}_{(aq)}$	+	$e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Li_{(s)}$	٣,٠٥-
$K^{+}_{(aq)}$	+	$e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$K_{(s)}$	٢,٩٢-
$Ca^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Ca_{(s)}$	٢,٧٦-
$Na^{+}_{(aq)}$	+	$e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Na_{(s)}$	٢,٧١-
$Mg^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Mg_{(s)}$	٢,٣٧-
$Al^{3+}_{(aq)}$	+	$3e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Al_{(s)}$	١,٦٦-
$Mn^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Mn_{(s)}$	١,١٨-
$2H_2O_{(l)}$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$2OH^{-}_{(aq)} + H_{2(g)}$	٠,٨٣-
$Zn^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Zn_{(s)}$	٠,٧٦-
$Cr^{3+}_{(aq)}$	+	$3e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Cr_{(s)}$	٠,٧٣-
$Fe^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Fe_{(s)}$	٠,٤٤-
$Cd^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Cd_{(s)}$	٠,٤٠-
$Co^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Co_{(s)}$	٠,٢٨-
$Ni^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Ni_{(s)}$	٠,٢٣-
$Sn^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Sn_{(s)}$	٠,١٤-
$Pb^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Pb_{(s)}$	٠,١٣-
$Fe^{3+}_{(aq)}$	+	$3e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Fe_{(s)}$	٠,٠٤-
$2H^{+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$H_{2(g)}$	٠,٠٠
$Cu^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Cu_{(s)}$	٠,٣٤
$I_{2(s)}$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$2I^{-}_{(aq)}$	٠,٥٤
$Ag^{+}_{(aq)}$	+	$e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Ag_{(s)}$	٠,٨٠
$Hg^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Hg_{(l)}$	٠,٨٥
$Br_{2(l)}$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$2Br^{-}_{(aq)}$	١,٠٩
$O_{2(g)} + 4H^{+}$	+	$4e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$2H_2O_{(l)}$	١,٢٣
$Cl_{2(g)}$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$2Cl^{-}_{(aq)}$	١,٣٦
$Au^{3+}_{(aq)}$	+	$3e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Au_{(s)}$	١,٥
$F_{2(g)}$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$2F^{-}_{(aq)}$	٢,٨٧

زيادة قوة العامل المختزل

ملاحظات على جدول جهود الاختزال المعيارية :-

يتضمن الجدول أنصاف تفاعلات الاختزال وجهودها المعيارية ،وبالنظر إلى التفاعل العكسي لهذه التفاعلات ، يتبين أنها تمثل أنصاف لتفاعلات تأكسد .

المواد على يسار الجدول يحصل لها اختزال ، فهي عوامل مؤكسدة ، وتزداد قوتها كعوامل مؤكسدة كلما زاد جهد الاختزال باتجاهنا إلى أسفل الجدول .

المواد على يمين الجدول تعد عوامل مختزلة ، وتزداد قوتها كعوامل مختزلة كلما قل جده الاختزال باتجاهنا إلى أعلى الجدول .



العناصر التي لها قيم  $E^\circ$  اختزال (قيم سالبة)

تحل محل الهيدروجين في مركباته ومحاليله ( أي في الأحماض )

لذلك تذوب وتتآكل وتتأكسد ولا تحفظ في محاليل الحموض وأيضاً تطلق ( تحرر ) غاز الهيدروجين عند إذابتها في محاليل الحموض .

العناصر التي لها قيم  $E^\circ$  اختزال (قيم موجبة) لا تحل محل الهيدروجين في مركباته بل الهيدروجين يحل محلها لذلك تحفظ في محاليل الحموض ولا تطلق غاز الهيدروجين عند إذابتها في محاليل الحموض .

$(F_2)$  هو أقوى عامل مؤكسد .

$(Li^+)$  اضعف عامل مؤكسد .

$(Li)$  أقوى عامل مختزل .

$(F^-)$  اضعف عامل مختزل .

يختلف فرق الجهد الكهربائي للخلية باختلاف العناصر التي تشكل قطبيها ، فموقع العنصر في جدول الجهود يدل على مقدار النشاط الكيميائي ، وكلما كان تباعد العنصرين أكثر في السلسلة كان الفارق في نشاطهما الكيميائي أكبر وكان فرق الجهد الناتج عنها أكبر .

للحصول على أقل جهد خلية نأخذ الفرق بين كل جهدين متتابعين

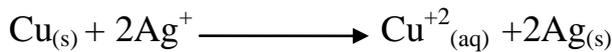
إذا كان  $E^\circ$  للخلية موجبا فإن التفاعل تلقائي واما اذا كان سالبا فان التفاعل غير تلقائي .

ملاحظة: جهود الاختزال من الخواص النوعية للمادة ، وهذه الخواص لا تعتمد على كمية المادة ، أي أن قيمة جهد الخلية  $E^\circ$  لا تتأثر عند ضرب المعادلة بعدد صحيح عند موازنة المعادلة .

\*\* يمكن الاعتماد على جدول جهود الاختزال المعيارية في تحديد عدة جوانب مثل :-

أ- حساب جهد الخلية المعياري ( $E^\circ$  الخلية) :-

مثال : احسب جهد الخلية المعياري ( $E^\circ$  الخلية) لخلية غلفانية يحدث فيها التفاعل الآتي :



الحل :-

$$E^\circ_{\text{خلية}} = E^\circ_{\text{اختزال الفضة}} - E^\circ_{\text{اختزال النحاس}}$$

$$E^\circ_{\text{خلية}} = 0,80 - 0,34$$

$$E^\circ_{\text{خلية}} = +0,46 \text{ فولت}$$

سؤال واجب :- مستعينا بجدول جهود الاختزال المعيارية ، احسب قيمة الجهد المعياري لخلية غلفانية قطباها من الالومنيوم Al والنحاس Cu ويحدث فيها التفاعل الآتي :-



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ب- تحديد تلقائية حدوث تفاعلات التأكسد والاختزال :-

تتفاعل بعض الفلزات مع محلول حمض HCl المخفف وتطلق غاز الهيدروجين بينما لا يتفاعل بعضها مع الآخر ، فهل يمكن توظيف جهود الاختزال المعيارية للتنبؤ عن إمكانية حدوث هذه التفاعلات؟

### نشاط (٢-٣): تفاعل الفلزات مع محلول حمض الهيدروكلوريك المخفف HCl



#### المواد والأدوات

محلول حمض الهيدروكلوريك المخفف تركيزه (٠,١ مول/لتر)، أنابيب اختبار عدد (٢)، سلك من النحاس، وسلك من الخارصين، حامل أنابيب.

#### الخطوات

١- ضع ٥ مل من محلول الحمض في كل من الأنبوبين.

٢- ضع سلك النحاس في أحد الأنبوبين، وسلك الخارصين في الأنبوب الثاني.

● في أي الأنبوبين حدث تفاعل؟

● ما أدلة حدوث التفاعل؟

يتبين من النشاط السابق أن سلك الخارصين يتفاعل مع محلول حمض الهيدروكلوريك المخفف ويتصاعد غاز الهيدروجين، ويمكن التعبير عن التفاعل على النحو الآتي:



$$E^{\circ}_{\text{تفاعل}} = E^{\circ}_{\text{اختزال الهيدروجين}} - E^{\circ}_{\text{اختزال الخارصين}}$$

$$E^{\circ}_{\text{تفاعل}} = \text{صفر} - (٠,٧٦-) = ٠,٧٦+ \text{ فولت}$$

قيمة  $E^{\circ}$  للتفاعل موجبة ، ومثل هذا النوع من التفاعلات يحدث تلقائياً . ولكن سلك النحاس لا يتفاعل مع محلول الحمض ويبقى كما هو ، حيث أن جهد الاختزال النحاس (+٠,٣٤ فولت) ، وهي أعلى من جهد اختزال الهيدروجين ، فلا يمكنه اختزال أيونات الهيدروجين  $\text{H}^+$  ، وإذا حسبنا  $E^{\circ}$  للتفاعل المتوقع تكون المعادلة كالتالي :

$$E^{\circ}_{\text{تفاعل}} = E^{\circ}_{\text{اختزال الهيدروجين}} - E^{\circ}_{\text{اختزال النحاس}}$$

$$E^{\circ}_{\text{تفاعل}} = \text{صفر} - ٠,٣٤ = -٠,٣٤ \text{ فولت}$$

بما أن  $E^{\circ}$  للتفاعل قيمة سالبة يكون التفاعل غير تلقائي

**\*\* استنتاج :-**

١ - الفلزات التي لها قيم جهود اختزال سالبة تتفاعل مع محاليل الحموض وتطلق غاز الهيدروجين ويكون تفاعلها مع محاليل الحموض تلقائيا .

٢ - الفلزات التي لها قيم جهود اختزال موجبة لا تتفاعل مع محاليل الحموض ولا تطلق غاز الهيدروجين ويكون تفاعلها مع محاليل الحموض غير تلقائي.

سؤال :- بالرجوع إلى جدول جهود الاختزال المعيارية ، استخدام قيم  $E^\circ$  لتحديد إمكانية حدوث تفاعل عند وضع الفلزات الآتية ( الفضة – النيكل ) في محلول HCl المخفف .  
الحل :-

النيكل جهد اختزاله سالبا لذلك يكون تفاعله مع محلول HCl المخفف تلقائيا وقيمة  $E^\circ$  للتفاعل موجبا .  
أما الفضة فلا يتفاعل مع محلول حمض HCl المخفف وتكون قيمة  $E^\circ$  للتفاعل المتوقع (-٠,٨٠) فولت أي أن التفاعل غير تلقائي.

**\*\*** عرفت إلى الآن ، انه يمكن التنبؤ بإمكانية حدوث تفاعلات الفلزات مع الحموض المخففة ، فهل ينطبق الشيء ذاته على تفاعل الفلزات مع محاليل الأملاح .

مثال : أيهما تختار لحفظ محلول كبريتات الخارصين  $ZnSO_4$  وعاء من النحاس أم وعاء من الالومنيوم ؟ فسر إجابتك  
الحل :-

نحسب  $E^\circ$  للتفاعل المتوقع (الممكن حدوثه)

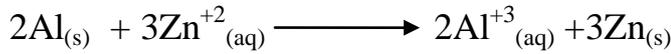


$$E^\circ_{\text{تفاعل}} = E^\circ_{\text{اختزال الخارصين}} - E^\circ_{\text{اختزال النحاس}}$$

$$E^\circ_{\text{تفاعل}} = -٠,٧٦ - ٠,٣٤ = -١,١ \text{ فولت}$$

ونظرا لكون  $E^\circ$  للتفاعل قيمة سالبة فإنه لا يحدث بشكل تلقائي فيمكننا حفظ محلول ملح كبريتات الخارصين في وعاء من النحاس

و اما عند حفظ المحلول في وعاء من الألمنيوم فيتوقع التفاعل الآتي :



ونجد  $E^{\circ}$  للتفاعل التالي المتوقع كالاتي :-

$$E^{\circ}_{\text{تفاعل}} = E^{\circ}_{\text{اختزال الخارصين}} - E^{\circ}_{\text{اختزال الألمنيوم}}$$

$$E^{\circ}_{\text{تفاعل}} = -0,76 - (-1,66) = 0,90 \text{ فولت}$$

التفاعل تلقائي الحدوث لذلك لا يمكن حفظ محلول كبريتات الخارصين في وعاء من الالومنيوم.

.....

سؤال : استعن بجدول جهود الاختزال للإجابة على السؤالين الآتيين:

موضحا اجابتك بحساب جهد التفاعل المتوقع

١- هل يمكن تحريك محلول نترات الفضة  $AgNO_3$  بملعقة من القصدير Sn ؟

الحل :-



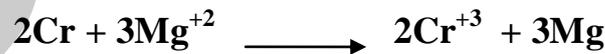
$$E^{\circ}_{\text{تفاعل}} = E^{\circ}_{\text{اختزال الفضة}} - E^{\circ}_{\text{اختزال القصدير}}$$

$$E^{\circ}_{\text{تفاعل}} = 0,80 - (-0,14) = 0,94$$

"التفاعل تلقائي لذلك لا يمكن تحريك محلول نترات الفضة بملعقة من القصدير"

٢- هل يمكن حفظ محلول كبريتات المغنيسيوم  $MgSO_4$  في وعاء من الكروم Cr ؟

الحل :



$$E^{\circ}_{\text{تفاعل}} = E^{\circ}_{\text{اختزال المغنيسيوم}} - E^{\circ}_{\text{اختزال الكروم}}$$

$$E^{\circ}_{\text{تفاعل}} = -2,37 - (-0,73) = -1,64 \text{ فولت}$$

\*\* التفاعل غير تلقائي لذلك يمكن حفظ محلول كبريتات المغنيسيوم في وعاء من الكروم

## ج- مقارنة قوة العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة :-

- ❖ كلما زادت قيمة جهد الاختزال المعياري للمادة زاد ميلها للاختزال ( اكتساب الكترولونات ) وزادت قوتها كعوامل مؤكسدة وبالعكس .
- ❖ كلما قلت قيمة جهد الاختزال المعياري زاد ميلها للتأكسد ( فقد للإلكترونات ) وزادت قوتها كعامل مختزل
- ❖ الفلور  $F_2$  أقوى كعامل مؤكسد ، أي انه يسبب التأكسد لجميع المواد التي تعلوه في جدول جهود الاختزال المعياري .
- ❖ الليثيوم  $Li$  أقوى كعامل مختزل ، فهو يسبب الاختزال لجميع المواد التي أسفله في جدول جهود الاختزال المعياري .

ادرس الجدول الآتي الذي يتضمن عددا من أنصاف تفاعلات الاختزال ، وقيمة جهود الاختزال المعيارية لكل منها ، ثم اجب عن الأسئلة التي تليه :-



فولت $E^\circ$	نصف تفاعل الاختزال
-0,23	$Ni^{+2} + 2e^- \longrightarrow Ni$
+0,80	$Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$
+0,34	$Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu$
-1,66	$Al^{+3} + 3e^- \longrightarrow Al$

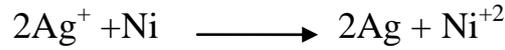
- ١- حدد أقوى عامل مؤكسد ؟
- ٢- حدد أقوى عامل مختزل ؟
- ٣- هل يستطيع عنصر النيكل اختزال أيونات الفضة  $Ag^+$  ؟ وضح إجابتك
- ٤- هل تستطيع أيونات الألمنيوم  $Al^{+3}$  أكسدة عنصر النحاس  $Cu$  ؟ وضح إجابتك

الحل :

Ag+ -١

Al -٢

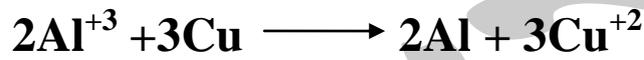
نعم -٣



$E^\circ =$  تفاعل  $E^\circ$  اختزال الفضة -  $E^\circ$  اختزال النيكل = ١,٠٣ فولت

تفاعل تلقائي

لا -٤



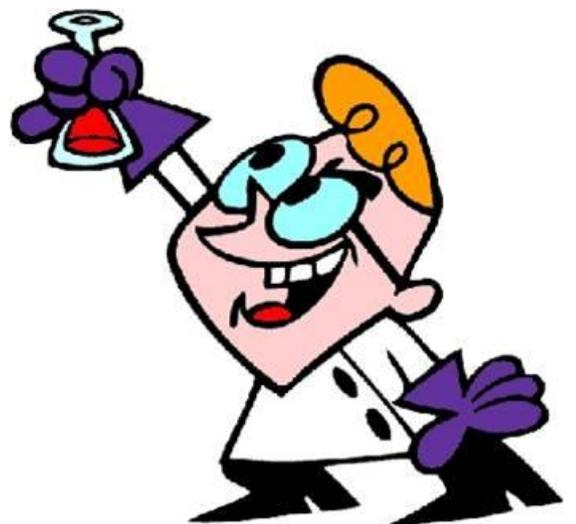
$E^\circ$  تفاعل = -٢ فولت ( غير تلقائي )

سؤال واجب:- مستعينا بجدول جهود الاختزال المعيارية :

١- رتب المواد الآتية تصاعديا وفق قوتها كعوامل مختزلة :

Zn, Ni, Cl<sup>-</sup>, Ag, Sn

٢- أي العناصر تستطيع اختزال أيونات القصدير  $\text{Sn}^{+2}$  ولا تستطيع اختزال أيونات الكاديوم  $\text{Cd}^{+2}$ ؟

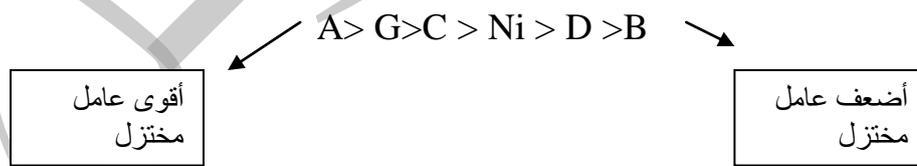


سؤال تم استخدام كل من الفلزات الآتية (A,B,C,D,G) مع محلول احد أملاحه المائية بتركيز (١ مول / لتر) لعمل خلية غلفانية مع النيكل ومحلول احد املاحه المائية بتركيز (١ مول / لتر) وكانت النتائج كما في الجدول المجاور :-

اتجاه سريان الالكترونات في الدارة الخارجية		E° للخلية (فولت)	قطبا الخلية الغلفانية
من	إلى		
Ni	A	١,٤٠+	(Ni,A)
B	Ni	١,٠٥+	(Ni , B)
Ni	C	٠,٥٠+	(Ni ,C)
D	Ni	٠,٦٠+	(Ni ,D)
Ni	G	٠,٩٥+	(Ni ,G)

- ١- رتب الفلزات السابقة متضمنة النيكل حسب قوتها كعوامل مختزلة من الأكثر نشاطا إلى الأقل نشاطا
- ٢- هل يمكن حفظ احد أملاح الفلز C في وعاء من الفلز D؟
- ٣- احسب فرق الجهد E° للخلية الغلفانية التي قطباها من الفلزين (B,D) ثم حدد اتجاه سريان الالكترونات في الدارة الخارجية للخلية ؟

الحل ^\_^ :



٢- نعم

$$٣- E^{\circ} \text{ للخلية الغلفانية} = ١,٠٥+ - (٠,٦٠+) = ٠,٤٥ \text{ فولت}$$

بما أن الفلز D أكثر نشاطا من الفلز B لذلك فإن اتجاه سريان الالكترونات في الدارة الخارجية يكون من القطب D إلى القطب B .

سؤال :-

يبين الجدول التالي جهود الاختزال المعيارية لعدد من أنصاف التفاعلات ادرسه ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :\*

فولت E°	نصف تفاعل الاختزال
٠,٥٤+	$I_2 + 2e^- \longrightarrow 2I^-$
٠,٢٨-	$Co^{+2} + 2e^- \longrightarrow Co$
٠,٠٤-	$Fe^{+3} + 3e^- \longrightarrow Fe$
+١,٣٣	$Cr_2O_7^{-2} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{+3} + 7H_2O$
٠,٧٦ -	$Zn^{+2} + 2e^- \longrightarrow Zn$
١,١٨ -	$Mn^{+2} + 2e^- \longrightarrow Mn$

- ١- حدد أقوى عامل مؤكسد ؟
- ٢- حدد فلزين لعمل خلية غلفانية لها اقل فرق جهد ؟
- ٣- ما قيمة جهد الخلية المعياري للخلية الغلفانية المكونة من قطبي Zn, Fe ؟
- ٤- أيهما يمثل المصعد في الخلية الغلفانية المكونة من قطبي Mn, Co ؟
- ٥- حدد فلز يستطيع اختزال  $Fe^{+3}$  ولا يستطيع اختزال  $Zn^{+2}$  ؟
- ٦- هل يمكن تحريك احد أملاح Co بملعقة من Zn ؟
- ٧- إلى أي وعاء تتحرك الايونات الموجبة عبر القنطرة الملحية في خلية غلفانية قطباها من Zn, Mn ؟
- ٨- ماذا يحدث لكتلة Co في الخلية الغلفانية المكونة من قطبي Co و Fe ؟

الحل :

- ١-  $Cr_2O_7^{-2}$
- ٢- Co, Fe
- ٣- ٠,٧٢ فولت
- ٤- Mn
- ٥- Co
- ٦- لا يمكن
- ٧- Zn
- ٨- تقل

سؤال:-

أ- يمثل الجدول الآتي جهود الاختزال المعيارية لعدد من أنصاف التفاعلات ادرسه ثم اجب عن الأسئلة التي تليه:

فولت $E^\circ$	نصف تفاعل الاختزال
١,٠٩+	$Br_2 + 2e^- \longrightarrow 2Br^-$
٠,٨٠+	$Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$
١,٦٦-	$Al^{+3} + 3e^- \longrightarrow Al$
٠,٧٦-	$Zn^{+2} + 2e^- \longrightarrow Zn$
+٠,٣٤	$Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu$

حدد:-

١- اضعف عامل مختزل؟

٢- الفلزان اللذان يكونان خلية لها أقل جهد ممكن؟

٣- العناصر التي تستطيع تحرير الهيدروجين من مركباته؟

ب- بالاعتماد على نفس الجدول إذا تم تشكيل خلية غلفانية قطباها (Al, Cu) في الظروف المعيارية اجب عما يلي :

١- أحسب جهد الخلية المعياري؟

٢- اكتب التفاعل الكلي للخلية؟

٣- حدد العامل المؤكسد؟

٤- ماذا يحدث لكتلة قطب الألومنيوم مع مرور الزمن؟

٥- إذا كانت القنطرة الملحوية تحتوي محلول  $KNO_3$  فإلى أي الوعاءين تتجه أيونات  $NO_3^-$ ؟

الحل :-

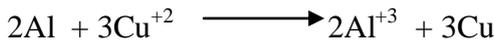
أ-

١-  $Br^-$ ٢-  $Cu, Ag$ ٣-  $Al, Zn$ 

ب-

١-  $E^\circ = ١,٦٦ + ٠,٣٤ = ٢$  فولت

٢-

٣-  $Cu^{+2}$ 

٤- تقل كتلة قطب الألمنيوم

٥- نحو وعاء المصعد (Al)

سؤال :- عند دراسة الفلزات المشار إليها بالرموز الافتراضية (A, B, C, D, E) وجميعها تكون أيونات ثنائية موجبة ، تم الحصول على النتائج التالية :

- ❖ يستطيع العنصر A اختزال العنصر D ولا يستطيع اختزال أيونات العنصر B
  - ❖ لا يمكن تحضير العنصر D من أملاحه بواسطة أيونات العنصر C
  - ❖ يتأكسد العنصر C عند وضعه في محلول يحتوي أيونات العنصر E
  - ❖ تستطيع أيونات العنصر C أكسدة العنصر D ولا تستطيع أكسدة العنصر E
- معتمدا على النتائج السابقة أجب عما يأتي :-

- ١- رتب العناصر السابقة ترتيبا تصاعديا حسب قوتها كعوامل مختزلة ؟
  - ٢- أي فلزين يكونان خلية غلفانية لها أكبر جهد ممكن ؟
  - ٣- أي الفلزات يمكن أن يصنع منها أوعية لحفظ محاليل أملاح العنصر D ؟
  - ٤- عند بناء خلية غلفانية قطباها من العنصرين D , C اكتب معادلة نصف التفاعل عند كل من المهبط والمصعد؟
- \*\*\*

الحل :

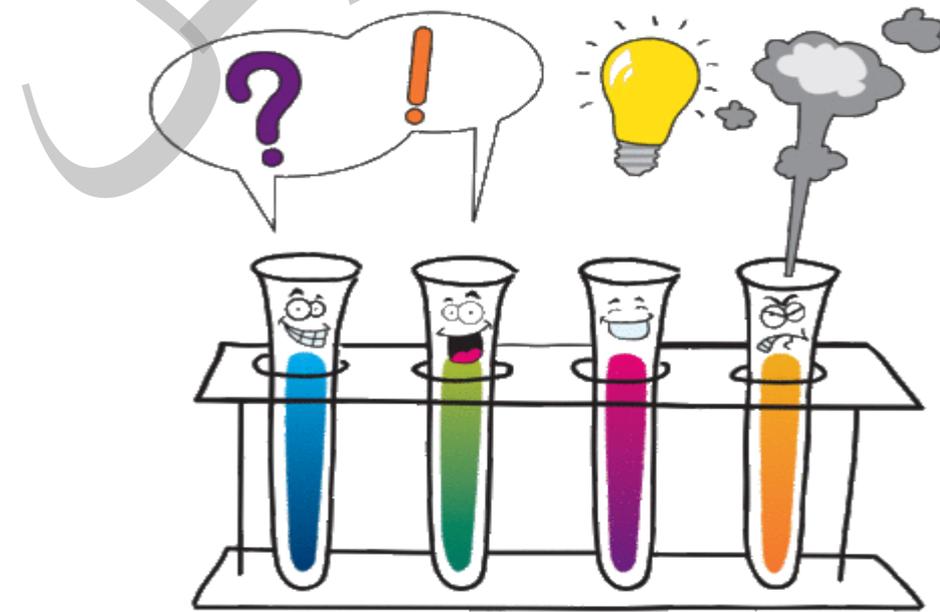
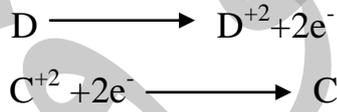
١-  $E < C < D < A < B$

٢- B , E

٣- E , C

٤- المصعد : تأكسد

المهبط : اختزال



سؤال:-

تم استخدام عدد من الأقطاب الفلزية ومحاليلها المائية ( ١ مول / لتر ) لعمل ٤ خلايا غلفانية مختلفة كما في الجدول (١) ، كما يبين الجدول (٢) جهود الاختزال المعيارية لعدد من التفاعلات :

E فولت	نصف تفاعل الاختزال
-٠,٧٦	$Zn^{+2} + 2e^{-} \longrightarrow Zn$
-١,١٨	$Mn^{+2} + 2e^{-} \longrightarrow Mn$
+٠,٣٤	$Cu^{+2} + 2e^{-} \longrightarrow Cu$
-٠,٢٥	$Ni^{+2} + 2e^{-} \longrightarrow Ni$
+٠,٨٠	$Ag^{+} + e^{-} \longrightarrow Ag$

رقم الخلية	القطب A	القطب B
١	Mn	Zn
٢	Cu	Ag
٣	Zn	Cu
٤	Ni	Mn

اعتمادا على الجدولين (٢,١) اجب عما يأتي :-

- ١- أي القطبين A أم B يمثل المصعد في الخلية رقم ١ ؟
- ٢- حدد عنصرين يستطيعان تحرير الهيدروجين من مركباته ؟
- ٣- ماذا يحدث لكتلة القطب B في الخلية رقم ٣ ؟
- ٤- أي الايونات ( $Mn^{+2}$  ،  $Ni^{+2}$  ،  $Ag^{+}$ ) أقوى كعامل مؤكسد ؟
- ٥- باستخدام الجدول (٢) اختر فلزين لعمل خلية لها أعلى فرق جهد واكتب معادلة التفاعل الكلي لهذه الخلية ؟

الحل:

١- القطب A (Mn)

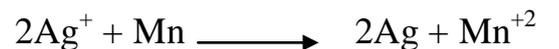
٢- (Ni ، Zn ، Mn)

٣-تزداد

٤-  $Ag^{+}$ 

٥- (Ag ، Mn)

المعادلة الكلية :





سؤال:-

تمثل المعادلات التالية تفاعلات لخلايا غلفانية وجهودها المعيارية ،ادرسها ثم اجب عن الأسئلة :-

معدلات أنصاف التفاعل	$E^{\circ}$ فولت
$Zn + 2Ag^{+} \longrightarrow Zn^{+2} + 2Ag$	+١,٥٦ فولت
$Zn + Ni^{+2} \longrightarrow Zn^{+2} + Ni$	+٠,٥١ فولت
$Zn + 2H^{+} \longrightarrow Zn^{+2} + H_2$	+٠,٧٦ فولت

١- ماقيمة جهد نصف التفاعل

٢- أيهما أقوى كعامل مختزل Ni أم  $H_2$  ؟

٣- اكتب التفاعل الكلي لخلية غلفانية مكونة من قطبي Ag و Ni ؟

٤- ماذا يحدث لكتلة Ni في الخلية الغلفانية المكونة من قطبي Zn و Ni ؟

٥- ما القطب الذي يمثل المهبط في الخلية الغلفانية المكونة من قطبي Ag و  $H_2$  ؟٦- هل يمكن حفظ محلول كبريتات الخارصين  $ZnSO_4$  في وعاء من النيكل ؟

٧- إلى أي وعاء تتحرك الايونات السالبة من القنطرة المحلية في خلية غلفانية قطباها Zn و Ag ؟

الحل:-

١- (-٠,٢٥ فولت)

٢- Ni



٤- تزداد

٥- الفضة Ag

٦- نعم

٧- نحو وعاء الخارصين



سؤال : الجدول المجاور يمثل خلايا غلفانية لعدد من الفلزات الافتراضية (A , B , C , D , E) التي تكون على شكل أيونات ثنائية موجبة في مركباتها ادرس المعلومات في الجدول ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :-

رقم الخلية	قطبا الخلية	المهبط	الجهد المعياري (فولت)
١	B/A	A	١,١
٢	B / C	C	٢
٣	C /D	D	٠,٢٥
٤	E/B	B	٢,٥

- أي الفلزات له أعلى جهد اختزال : E أم A ؟
- ما العامل المؤكسد الأقوى ؟
- هل يمكن تحريك محلول نترات D بملعقة من A ؟
- حدد حركة الالكترونات في الخلية الغلفانية عبر الأسلاك التي قطباها (A , C) ؟
- هل تستطيع أيونات  $A^{+2}$  أكسدة العنصر B ؟

الحل:-

١. A
٢.  $D^{+2}$
٣. لا يمكن
٤. من A إلى C
٥. نعم

كيف اصل الى الحل ؟

لا تقلق سأساعدك و  
ستستطيع حل أي  
تمرين يشبهه !!



سؤال قوي واجب :-

لديك الفلزات (A / B / C / X / Y/D) والتي تكون على شكل أيونات ثنائية موجبة في مركباتها ، فإذا علمت أن :-

- العنصر A يختزل ايونات  $X^{+2}$ ، ولا يختزل أيونات  $C^{+2}$
- يمكن حفظ محاليل كل من B و D في وعاء من Y
- يمكن استخلاص الفلز D من أيوناته باستخدام العنصر B
- العنصر B لا يحرر الهيدروجين من محاليله الحمضية ، ولكن العنصر X يذوب في محلول حمض HCl المخفف

أجب عن الأسئلة الآتية :-

١- ما الفلز الذي لا يحرر غاز الهيدروجين من محلول حمض HCl المخفف ولا يختزل أيونات D؟

٢- ماذا يحدث لكتلة القطب X في الخلية الغلفانية التي قطباها D و X ؟

٣- ماذا يحدث لتركيز أيونات  $C^{+2}$  في خلية قطباها B و C ؟

٤- هل يمكن حفظ محلول نترات العنصر A في وعاء مصنوع من الفلز B ؟

٥- حدد فلزين لعمل خلية غلفانية لها أعلى فرق جهد ممكن ؟



## ثانياً :- خلايا التحليل الكهربائي

خلية التحليل الكهربائي : هي خلية كهر كيميائية يحدث فيها تأكسد واختزال غير تلقائي نتيجة لمرور تيار كهربائي في مصاهير ومحاليل المواد الأيونية مما يؤدي إلى حدوث تغييرات كيميائية على الأقطاب.

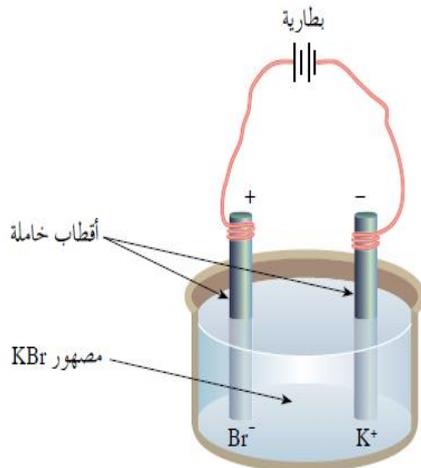
\*\* سنتناول في هذا الموضوع التفاعلات التي تحدث بشكل معاكس لميلها الأصلي بتأثير الطاقة الكهربائية في أجهزة تعرف بخلايا التحليل الكهربائي .

\* الجدول الآتي يوضح أهم الفروقات بين الخلايا الغلفانية وخلايا التحليل الكهربائي :-

وجه المقارنة	الخلية الكهروكيميائية	الخلية الغلفانية	خلية التحليل الكهربائي
تحويلات الطاقة	من كيميائية إلى كهربائية	من كهربائية إلى كيميائية	من كهربائية إلى كيميائية
E الخلية	+ تلقائي	- غير تلقائي	- غير تلقائي
المصدر	شحنته (-) وتحدث عنده عملية تأكسد	شحنته (+) وتحدث عنده عملية تأكسد	شحنته (+) وتحدث عنده عملية تأكسد
المهبط	شحنته (+) وتحدث عنده عملية اختزال	شحنته (-) وتحدث عنده عملية اختزال	شحنته (-) وتحدث عنده عملية اختزال

يمكن إحداث تفاعلات تأكسد واختزال غير تلقائية في خلايا التحليل الكهربائي ، ومن أهم التطبيقات العملية لهذا النوع من الخلايا الكهروكيميائية الطلاء الكهربائي ، حيث يستخدم لحماية بعض الفلزات من التآكل وإكساب بعضها مظهراً جمالياً ويعتمد مبدأ عمله على حدوث تفاعلات التأكسد والاختزال نتيجة تمرير تيار كهربائي في محلول أو مصهور مادة كهربية

\*\* مكونات خلية التحليل الكهربائي



الشكل (٢-١٠): خلية تحليل كهربائي لمصهور KBr.

تتكون خلية التحليل الكهربائي من :-

- ١- وعاء يحتوي على مصهور أو محلول مادة كهربية ( مصهور بروميد البوتاسيوم KBr مثلا )
- ٢- أقطاب خاملة لا تشترك في تفاعلات التأكسد والاختزال مثل الغرافيت او البلاطين
- ٣- أسلاك توصيل تصل الأقطاب بالبطارية
- ٤- بطارية

\*\* ملاحظة :

❖ المصعد في هذه الخلية شحنته (+) وتحدث عليه عملية التأكسد وهو القطب القريب من القطب الموجب للبطارية

❖ المهبط في هذه الخلية شحنته (-) وتحدث عليه عملية الاختزال وهو القطب القريب من القطب السالب للبطارية

\* عند إغلاق الدارة الكهربائية يمر تيار عبر الأسلاك ، فتتحرك الأيونات الموجبة والسالبة نحو الأقطاب المخالفة لها في الشحنة ، فتنجأ أيونات البوتاسيوم  $K^+$  على القطب السالب الذي يمثل المهبط ، فتختزل ، وتتحول إلى ذرات البوتاسيوم المتعادلة ، كما في المعادلة التالية :-

نصف تفاعل الاختزال / المهبط :-



وأما أيونات البروم السالبة  $Br^-$  فتنجأ إلى القطب الموجب ، الذي يمثل المصعد وتتأكسد مكونة البروم  $Br_2$  كما في المعادلة التالية :-



وبجمع نصفي التفاعل الحادئين ، نحصل على معادلة التفاعل الكلي لهذه الخلية على النحو الآتي :-



ويمكن حساب جهد الخلية  $E^\circ$  بالرجوع إلى جدول جهود الاختزال المعيارية :-

$$E^\circ_{\text{الخلية}} = E^\circ_{\text{اختزال المهبط}} - E^\circ_{\text{اختزال المصعد}}$$

$$E^\circ_{\text{الخلية}} = E^\circ_{\text{اختزال البوتاسيوم}} - E^\circ_{\text{اختزال البروم}}$$

$$E^\circ_{\text{الخلية}} = - ٢,٩٢ - ١,٠٩ = - ٤,٠١ \text{ فولت}$$

\*\* لاحظ أن قيمة جهد الخلية سالبة ، مما يعني عدم إمكانية حدوث التفاعل بشكل تلقائي ، لذا فإننا بحاجة إلى تزويد الخلية بمصدر للطاقة الكهربائية جهده أكبر من ( ٤,٠١ فولت ) لجعل التفاعل يحدث .

سؤال



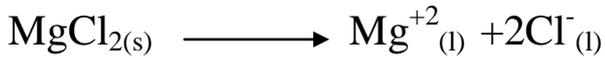
خلية تحليل كهربائي تحتوي على مصهور كلوريد المغنيسيوم  $MgCl_2$  :

١- أكتب أنصاف التفاعلات التي تحدث عند المصعد والمهبط؟

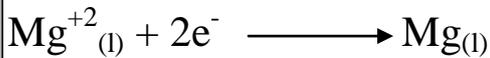
٢- ما نواتج التحليل الكهربائي للمصهور؟

٣- ما مقدار جهد البطارية اللازم لحدوث التفاعل؟

الحل:-



١- نصف تفاعل الاختزال / المهبط :



نصف تفاعل التأكسد / المصعد :-



٢- عند المهبط تتكون ذرات المغنيسيوم المتعادلة

أما عند المصعد يتصاعد غاز الكلور  $Cl_2$

٣- نحسب  $E^{\circ}$  للخلية

$$E^{\circ}_{\text{الخلية}} = E^{\circ}_{\text{اختزال المغنيسيوم}} - E^{\circ}_{\text{اختزال الكلور}}$$

$$E^{\circ}_{\text{الخلية}} = -2,37 - (-1,36) = -3,73 \text{ فولت}$$

\* اذا التفاعل غير تلقائي ويجب تزويد الخلية بمصدر طاقة جهده اكبر من (٣,٧٣ فولت) لجعل التفاعل يحدث .



\* يتبين مما سبق انه يمكن استخلاص العناصر المكونة للأملاح عن طريق التحليل الكهربائي لمصاهيرها فمثلا يمكن الحصول على عنصر البوتاسيوم K وعنصر البروم Br من التحليل الكهربائي لمصهور بروميد البوتاسيوم KBr ، فهل يمكن الحصول على العنصرين كليهما من التحليل الكهربائي لمحلول بروميد البوتاسيوم KBr.

### النشاط (٢-٤) التحليل الكهربائي لمحلول بروميد البوتاسيوم KBr

#### المواد والأدوات

محلول بروميد البوتاسيوم KBr بتركيز ١ مول/لتر، أنبوب زجاجي على شكل حرف U، أقطاب بلاتين أو غرافيت، أسلاك توصيل، بطارية (٩ فولت).

#### الخطوات

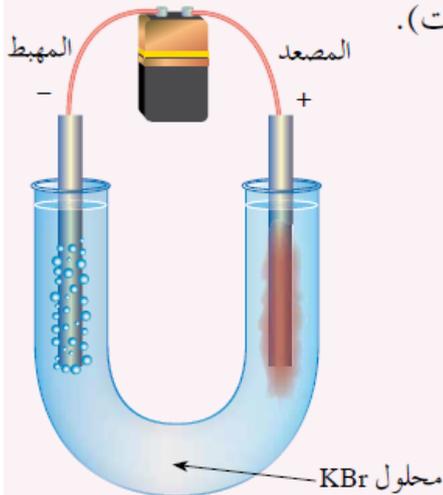
١- ركب خلية التحليل الكهربائي باستخدام الأقطاب،

كما في الشكل (٢-١١).

٢- أغلق الدارة الكهربائية، وسجل ملاحظاتك.

● ما الأدلة على حدوث تفاعل كيميائي؟

● ماذا تتوقع أن ينتج عند كل قطب؟



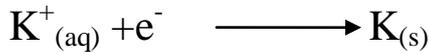
الشكل (٢-١١): خلية تحليل كهربائي لمحلول KBr.

\*\* لعلك لاحظت تلون المحلول بلون مائل للاحمرار عند المصعد ، وتصاعد فقاعات غازية عند المهبط ، مما يدل على حدوث تفاعلات عند الأقطاب ما تفسير ذلك ؟

✓ عند التحليل الكهربائي لمحلول بروميد البوتاسيوم ، يمكن لجزيئات الماء  $H_2O$  وأيونات المادة الكهربية أن تتأكسد أو تختزل عند الأقطاب .

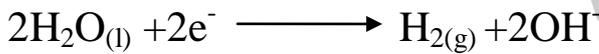
\*\* المهبط : هناك احتمالان لحدوث تفاعل الاختزال :-

الاحتمال الأول :-



$$E^{\circ} = -2,92 \text{ فولت}$$

الاحتمال الثاني :

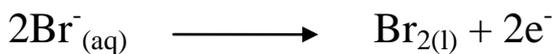


$$E^{\circ} = -0,83 \text{ فولت}$$

وفي هذه الحالة يكون التفاعل الأكثر احتمالاً للحدوث هو التفاعل الذي جهد اختزاله أكبر ، وبالرجوع إلى جهود الاختزال المعيارية ، نجد أن جهد اختزال الماء أكبر من جهد اختزال البوتاسيوم ، لذلك تختزل جزيئات الماء ، ويتصاعد غاز الهيدروجين عند المهبط .

\* المصعد :- هناك احتمالان لحدوث تفاعل التأكسد :-

الاحتمال الأول :



$$E^{\circ} = -1,09 \text{ فولت}$$

الاحتمال الثاني:



$$E^{\circ} = -1,23 \text{ فولت}$$

وبالرجوع إلى قيمة جهود التأكسد لكل منها، نجد أن جهد التأكسد الماء أقل من جهد تأكسد البروم ، فتتأكسد أيونات البروم السالبة ، وينتج البروم الذي يعطي المحلول لونا مائلا للاحمرار عند المصعد .

\*\* وبناءا على ذلك ، تكون نواتج التحليل الكهربائي لمحلول بروميد البوتاسيوم هي :

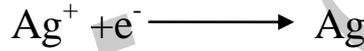
البروم عند المصعد ، وغاز الهيدروجين عند المهبط كما في التفاعل الكلي الاتي :



سؤال :- بالرجوع إلى جدول جهود الاختزال ، بين نواتج التحليل الكهربائي التي تنتج عند الأقطاب لمحلول فلوريد الفضة  $\text{AgF}$  باستخدام أقطاب الغرافيت ووضح إجابتك بالمعادلات ؟

الحل:-

التفاعل الأكثر احتمالا عند المهبط :-



نصف تفاعل اختزال

التفاعل الأكثر احتمالا عند المصعد:-



نصف تفاعل تأكسد

نواتج التحليل الكهربائي:-

✓ عند المهبط الفضة ( $\text{Ag}$ )

✓ عند المصعد غاز الأوكسجين ( $\text{O}_2$ )

\*\* وقد أثبتت التجارب انه عند إجراء عملية التحليل الكهربائي لمحاليل بعض الأملاح فإنه لا يحدث

لأيوناتها أي تغيير ، فما هذه الايونات ؟

مثال :-

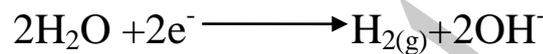
عند تمرير تيار كهربائي في محلول نترات الصوديوم  $\text{NaNO}_3$  باستخدام أقطاب البلاتين ، لوحظ تصاعد غاز الهيدروجين عند المهبط وتصاعد غاز الأوكسجين عند المصعد فكيف يفسر ذلك ؟

الحل :-

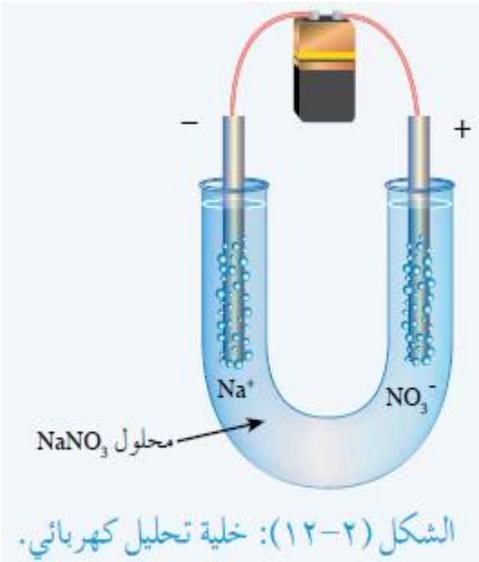
عند المهبط احتمالان للاختزال :



$E^\circ = -2,71$ فولت
------------------------



$E^\circ = -0,83$ فولت (الأكثر احتمالاً)
---



\*\* نجد أن  $E^\circ$  اختزال الماء (أكبر) من  $E^\circ$  اختزال الصوديوم

فتختزل جزيئات  $\text{H}_2\text{O}$  ويتصاعد غاز الهيدروجين عند المهبط

❖ عند المصعد :-

الماء أسهل تأكسداً من أيونات النترات  $\text{NO}_3^-$  وقد وجد أن أيونات النترات تبقى بالمحلول ، ويتأكسد الماء منتجا غاز الأوكسجين كما في المعادلة التالية :-



$E^\circ = -1,23$ فولت
------------------------

\*\* يتضح مما سبق ، أن التحليل الكهربائي لمحلول نترات الصوديوم هو تحليل كهربائي للماء ويمكن تمثيله على النحو الآتي :



ملاحظات هامة :-

❖ الفلزات الممثلة [Na ,K,Li,Ca,Mg,Ba,Al ]

لا يمكن استخلاصها بالتحليل الكهربائي لمحاليل أملاحها في حين يمكن الحصول عليها من التحليل الكهربائي لمصاهير أملاحها.

❖ أثبتت التجارب أن الايونات متعددة الذرات مثل  $[MnO_4^- ,CO_3^{2-} ,NO_3^- ,SO_4^{2-}]$

تبقى في المحلول كما هي دون أن يطرأ عليها أي تغيير لذلك يتأكسد الماء ويتصاعد غاز الأكسجين عند المصعد .

❖ الفلزات الانتقالية [Pb,Ag,Cu,Zn,Ni,Cd,Co,Au,Pt,Cr ] يمكن استخلاصها بالتحليل

الكهربائي لمحاليل أملاحها ومصاهيرها حيث أن جهود اختزالها مرتفعة نسبيا ، مما يعني سهولة اختزالها عند تمرير تيار كهربائي في محاليلها وتحولها إلى ذرات متعادلة وقد استفاد العلماء من هذا السلوك في بعض التطبيقات العملية مثل استخلاص هذه الفلزات من خاماتها وتنقيتها من الشوائب ، وكذلك في عملية الطلاء الكهربائي .

❖ الأيونات السالبة البسيطة المؤلفة من ذرة واحدة مثل  $[Cl^-,Br^-,I^-,H^-]$

أسهل تأكسدا من الماء عند المصعد



سؤال:- ما نواتج التحليل الكهربائي لكل من المحاليل الآتية باستخدام أقطاب من البلاتين في خلية التحليل الكهربائي:-

١- محلول  $\text{CuSO}_4$

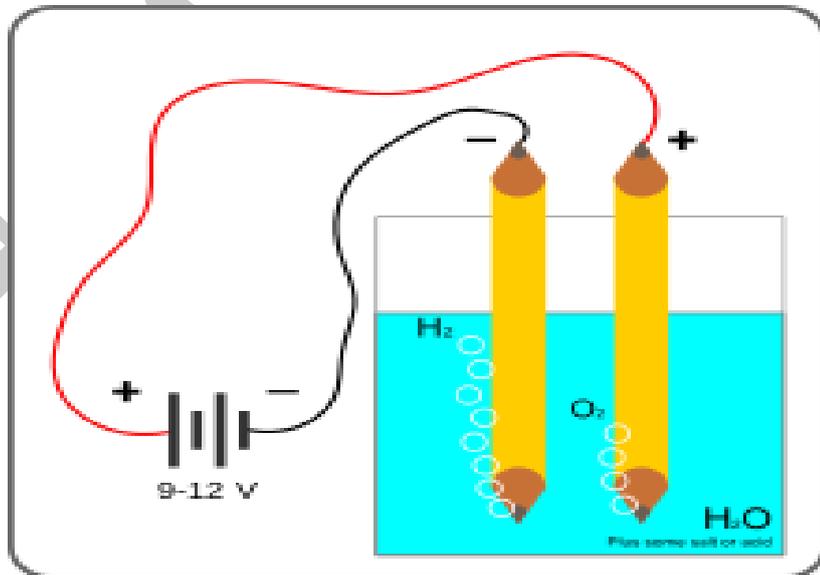
عند المهبط :- النحاس Cu

عند المصعد :- غاز الأوكسجين  $\text{O}_2$

٢- محلول  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

عند المهبط :- الرصاص Pb

عند المصعد :- غاز الأوكسجين  $\text{O}_2$

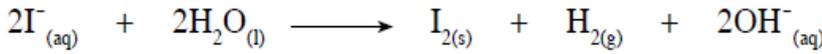


### استخدام اليود في المجال الطبي

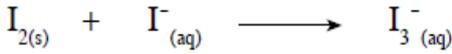


شكل (٢-١٣): خلية تحليل  
محلول يوديد البوتاسيوم.

هناك تطبيقات عديدة على عمليات التأكسد والاختزال والخلايا الكهر كيميائية في حياتنا العملية، فيوديد البوتاسيوم مثلاً هو من المركبات غير العضوية، وهو يوجد على شكل بلورات بيضاء، ويتأين في الماء إلى أيونات اليود  $I^-$  وأيونات البوتاسيوم  $K^+$ ، وتعد نواتج عملية تحليله كهربائياً من التطبيقات العملية الشائعة الاستخدام في المجالات الطبية، فعند تمرير التيار الكهربائي في خلية التحليل الكهربائي لمحلول يوديد البوتاسيوم، الشكل (٢-١٣)، تُختزل جزيئات الماء وينتج غاز الهيدروجين عند المهبط، كما تتأكسد أيونات اليود  $I^-$ ، وينتج اليود  $I_2$  عند المصعد كما في المعادلة الآتية:



ويتفاعل اليود الناتج مع الأيون  $I^-$  الموجود في المحلول؛ فيتكوّن أيون  $I_3^-$  البني اللون، كما في المعادلة الآتية:



وتكمن أهمية أيون  $I_3^-$  في كونه يدخل في تحضير الأدوية التي تستخدم في علاج المرضى، إذا نقص إفراز اليود عندهم، أو استؤصلت الغدة الدرقية من أجسامهم.

**للاستزادة** يمكنك الرجوع إلى الشبكة المعلوماتية مستعيناً بالعبارة المفتاحية الآتية: الاستخدامات الطبية لأيون  $I_3^-$ .