

# التميز في الكيمياء

التوجيهي العلمي

الوحدة الثانية

التأكسد والاختزال

ماجستير كيمياء

إعداد الأستاذ - : محمد عليان

٧٩٥١٣٦٠٨٢

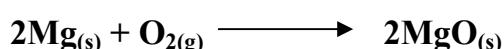
❖ تحدث تفاعلات التأكسد والاختزال للكثير من الأشياء من حولنا، كما أنها تحدث أيضاً في أجسامنا، وهناك العديد من المظاهر والأمثلة والتطبيقات العملية عليها منها:

- ١ - حرق الطعام داخل أجسام الكائنات الحية لانتاج الطاقة الحيوية اللازمة للقيام بالنشاطات المختلفة.
- ٢ - عملية البناء الضوئي في النباتات لصنع الغذاء.
- ٣ - تفاعلات الاحتراق بشكل عام ومنها احتراق الأشجار في الغابات.
- ٤ - صدأ الحديد، وتأكل الفلزات والمعادن بشكل عام.

## تعريف التأكسد والاختزال

### ✓ المفهوم الأول

- التأكسد :- هو عملية اتحاد المادة مع الأكسجين.



- الاختزال :- هو عملية فقد المادة للأكسجين.



❖ مع مرور الوقت تم تطوير المفهوم السابق، حيث أصبحت تفاعلات التأكسد والاختزال لا تتضمن الأكسجين كشرط أساسى، حتى تم التوصل إلى المفهوم الجديد لتفاعلات التأكسد والاختزال.

### ✓ المفهوم الثاني

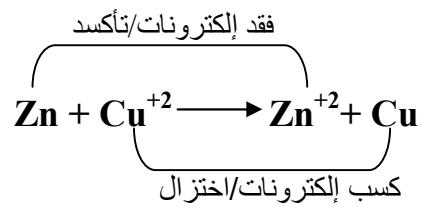
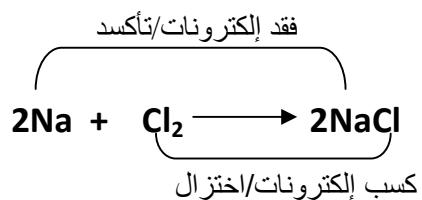
- التأكسد :- عملية مصحوبة بفقد المادة للإلكترونات.

- الاختزال :- عملية مصحوبة بكسب المادة للإلكترونات.

**أذن تفاعلات التأكسد والاختزال** :- هي التفاعلات التي تتضمن انتقال الالكترونات بين المواد المتفاعلة.

لكي تحقق أهدافك، أكتبها على ورق، الأهداف  
غير المكتوبة ليست إلا أمني أو أضغاث أحلام

مثال :



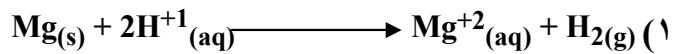
ملاحظة

يمكن تقسيم التفاعل السابق من خلال معادلتين منفصلتين كما يلي:

- (١) عملية فقد إلكترونات (عملية تأكسد)  $\text{Zn} \longrightarrow \text{Zn}^{+2} + 2\text{e}^-$  (نصف تفاعل تأكسدي)
- (٢) عملية كسب إلكترونات (عملية اختزال)  $\text{Cu}^{+2} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$  (نصف تفاعل اختزالي)

سؤال

اكتب نصفي التفاعل (التأكسدي والاختزالي) للتفاعل التالي ؟



## عدد التأكسد

❖ ظهر تعريف آخر للتأكسد والاختزال يعتمد على التغيير الحاصل في أعداد التأكسد للذرات والأيونات المختلفة.

- عدد التأكسد في المركبات الأيونية: هو مقدار الشحنة الفعلية لأيون النزرة.
- عدد التأكسد في المركبات الجزيئية: هو مقدار الشحنة التي ستكتسبها النزرة فيما لو أعطيت الكترونات الرابطة كلها.

### ❖ قواعد حساب عدد التأكسد

(١) عدد التأكسد لأي عنصر منفرد يساوي صفر.

○  $\text{Na}_{(s)}$ ,  $\text{Al}_{(s)}$ ,  $\text{Mg}_{(s)}$ ,  $\text{Ca}_{(s)}$ ,  $\text{K}_{(s)}$ ,  $\text{B}_{(s)}$ ,  $\text{Cu}_{(s)}$  = صفر

(٢) عدد التأكسد لذرات الجزيئات ثنائية الذرات أو عديدة الذرات المتشابهة ومتعادلة الشحنة يساوي صفر.

○  $\text{H}_{2(g)}$ ,  $\text{Cl}_{2(g)}$ ,  $\text{O}_{2(g)}$ ,  $\text{I}_{2(s)}$ ,  $\text{P}_{4(s)}$ ,  $\text{S}_{8(s)}$

(٣) عدد تأكسد الأيون المكون من ذرة واحدة يساوي شحنة الأيون نفسه

○ عدد تأكسد  $\text{Na}^{1+}$  = 1+      عدد تأكسد  $\text{O}^{2-}$  = -2

○ عدد تأكسد  $\text{Al}^{+3}$  = 3+      عدد تأكسد  $\text{Cl}^{-1}$  = 1-

(٤) عدد تأكسد الهيدروجين يساوي (+1) في جميع مركباته باستثناء هيدrides الفلزات، حيث يكون عدد تأكسده يساوي (-1).

○ عدد تأكسد الهيدروجين في كل من ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ) يساوي (+1).

○ عدد تأكسد الهيدروجين في كل من ( $\text{NaH}$ ,  $\text{LiH}$ ,  $\text{KH}$ ) يساوي (-1).

(٥) عدد تأكسد الأكسجين في مركباته يساوي (-2)، عدا مركبات فوق الأكسيد يساوي (-1).

○ عدد تأكسد الأكسجين في كل من ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) يساوي (-2).

○ عدد تأكسد الأكسجين في كل من ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Li}_2\text{O}_2$ ,  $\text{MgO}_2$ ) يساوي (-1).

(٦) عدد تأكسد ايونات المجموعة  $\left\{ \begin{array}{l} \text{الأولى} = 1+, \text{ الخامسة} = 3- \\ \text{الثانية} = 2+, \text{ السادسة} = 2- \\ \text{الثالثة} = 3+, \text{ السابعة} = 1- \end{array} \right.$

(٧) مجموع أعداد التأكسد لجميع الذرات في المركب المتعادل يساوي صفر.

○ مجموع أعداد التأكسد في كل من المركبات التالية يساوي صفر

○  $(\text{H}_2\text{O}, \text{NH}_3, \text{CH}_4, \text{H}_3\text{PO}_4, \text{H}_2\text{SO}_4, \text{CaSO}_4, \text{Al}_2\text{O}_3)$

٨) مجموع أعداد التأكسد لجميع الذرات في المركب الايوني يساوي شحنة المركب الايوني .

○ مجموع أعداد التأكسد في  $\text{CrO}_4^{2-}$

مجموع أعداد التأكسد في  $(\text{HSO}_3^-)$

مجموع أعداد التأكسد في  $(\text{NO}_3^-)$

▪ الجدول التالي يبين أهم المجموعات الأيونية وصيغة وعدد تأكسد كل منها.

الصيغة الكيميائية	المجموعة الأيونية	عدد التأكسد للمجموعة
$\text{OH}^{-1}$	الهيدروكسيد	- ١
$\text{NO}_3^{-1}$	النترات	- ١
$\text{CO}_3^{2-}$	الكربونات	- ٢
$\text{SO}_4^{2-}$	الكبريتات	- ٢
$\text{PO}_4^{3-}$	الفسفات	- ٣
$\text{NH}_4^{+1}$	الامونيوم	+ ١
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	الدايكرومات	- ٢
$\text{MnO}_4^{-1}$	البيرمنغمانات	- ١
$\text{CN}^{-1}$	سيانو	- ١

### ملاحظة

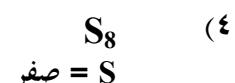
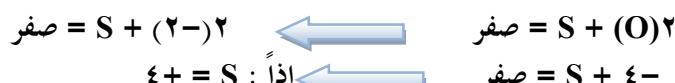
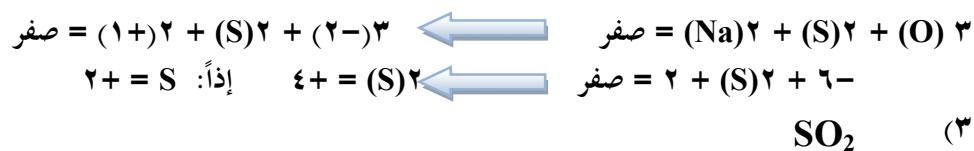
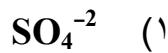
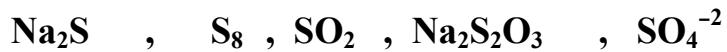
معظم العناصر الانتقالية (Cr , Fe , ....) لها أكثر من عدد تأكسد ويحسب عدد التأكسد لها إن لم يكن معطى .

✓ مخطط حل أسئلة حساب عدد التأكسد



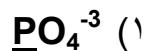
حساب عدد التأكسد للكبريت في كل من الحالات التالية كما يلي:

مثال :



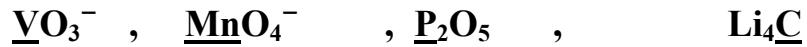
احسب عدد التأكسد للعنصر الذي تحته خط فيما يلي؟

مثال :



مثال :

ما عدد التأكسد للعنصر الذي تحته خط في كلٍ مما يأتي:



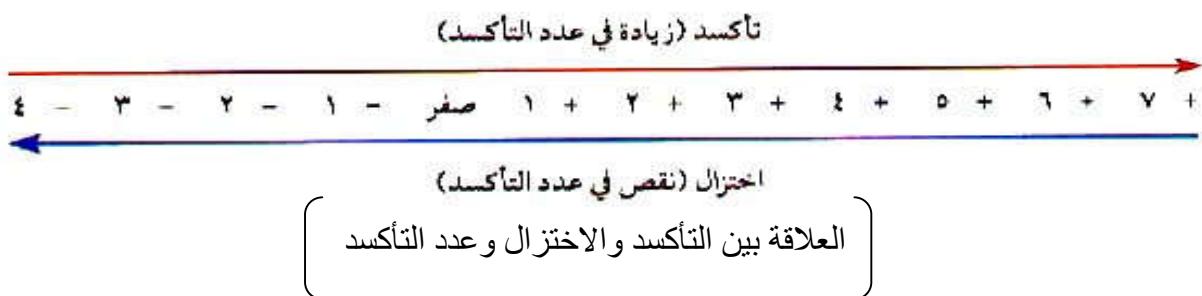
$\underline{\text{Li}}_4\text{C}$	$\underline{\text{P}}_2\text{O}_5$	$\underline{\text{Mn}}\text{O}_4^-$	$\underline{\text{V}}\text{O}_3^-$
$= (\text{Li})^4 + \text{C}$ صفر $= (1+)^4 + \text{C}$ صفر $= 4 + \text{C}$ صفر $4- = \text{C}$	$= (\text{P})^2 + (\text{O})^0$ صفر $= (\text{P})^2 + (2-)^0$ صفر $= (\text{P})^2 + 10-$ صفر $10+ = (\text{P})^2$ $5+ = \text{P}$	$1- = \text{Mg} + (\text{O})^4$ $1- = \text{Mg} + (2-)^4$ $1- = \text{Mg} + \lambda^-$ $= \lambda + 1- = \text{Mg}$ $\lambda+$	$1- = \text{V} + (\text{O})^3$ $1- = \text{V} + (2-)^3$ $1- = \text{V} + 6-$ $= 6 + 1- = \text{V}$ $5+$

مثال :

احسب عدد التأكسد للنيتروجين في كل من المركبات التالية؟



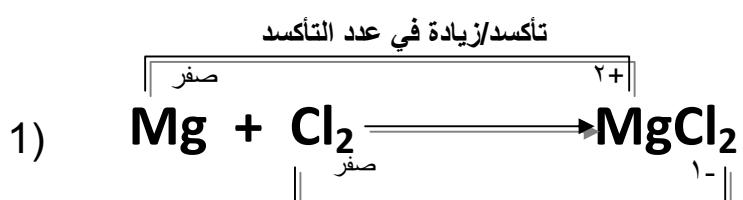
- يمكننا الآن تعريف التأكسد والاختزال من خلال مفهوم عدد التأكسد بالشكل التالي:
- (التأكسد): هو زيادة في عدد التأكسد.
- (الاختزال): هو نقصان في عدد التأكسد.



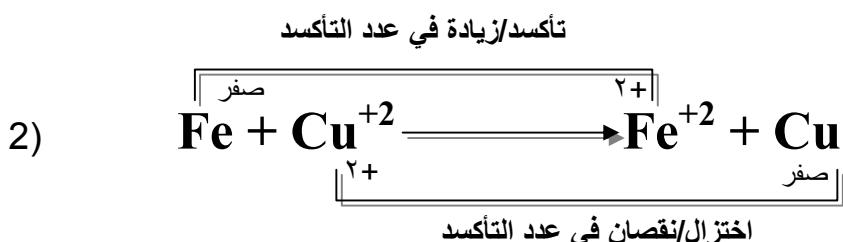
حدد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت في كل من التفاعلات التالية؟

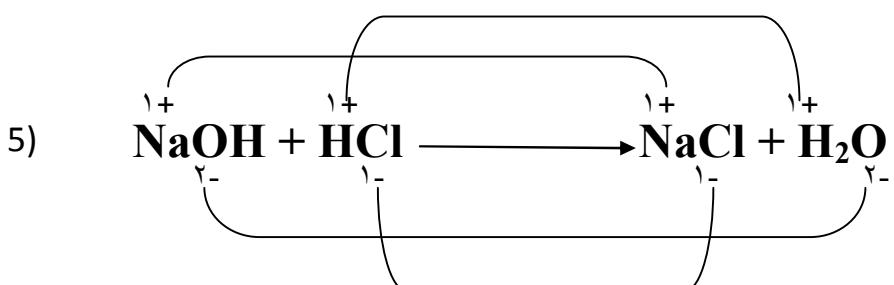
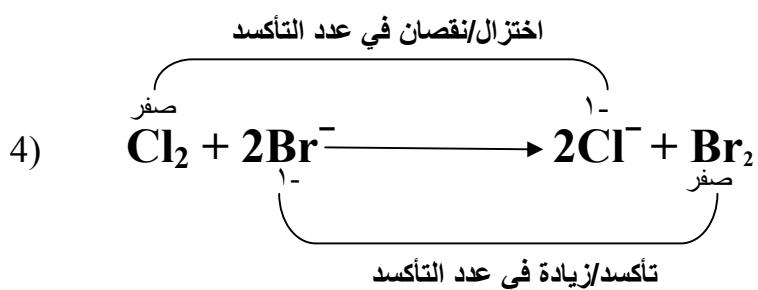
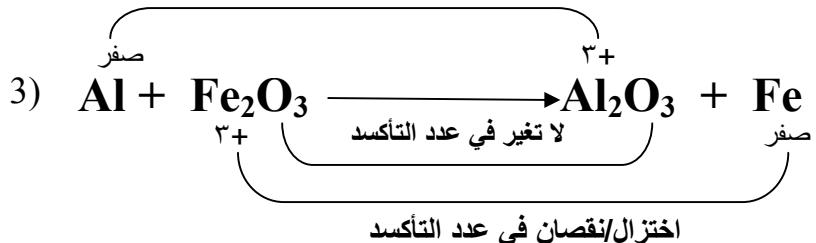
مثال :

✓ نقوم بحساب أعداد التأكسد للذرات في كل من المواد المتفاعلة والناتجة



اختزال/نقصان في عدد التأكسد





✓ أعداد التأكسد لجميع الذرات الموجودة في هذا التفاعل لم تتغير وبقيت ثابتة كما هي، لذلك لم يحدث تأكسد أو اختزال في هذا التفاعل.

## ملخص

## العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة

- العامل المؤكسد : المادة التي تكتسب الألكترونات في تفاعل التأكسد والاختزال (المادة التي يحدث لها اختزال)
- العامل المختزل : المادة التي تفقد الألكترونات في تفاعل التأكسد والاختزال (المادة التي يحدث لها تأكسد)

**ملاحظة**

- ✓ التأكسد والاختزال يحدث لذرة واحدة في المركب .
- ✓ العامل المؤكسد أو العامل المختزل كامل المركب وليس الذرة فقط .

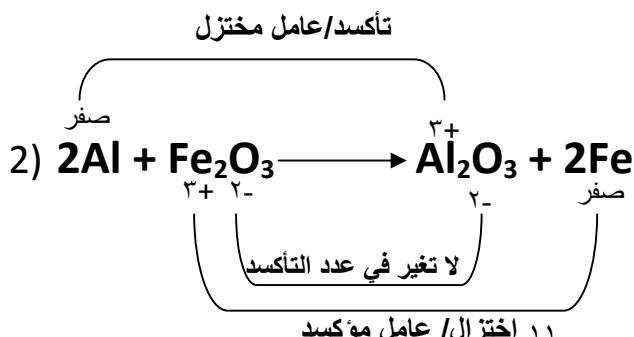
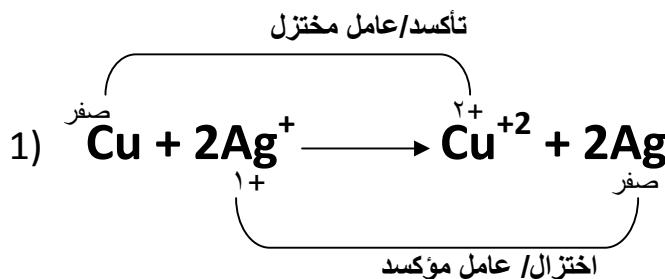
▪ يبين الجدول التالي أشهر العوامل المؤكسدة والمختزلة القوية

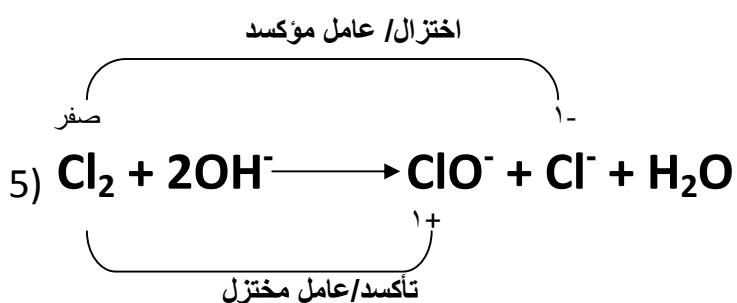
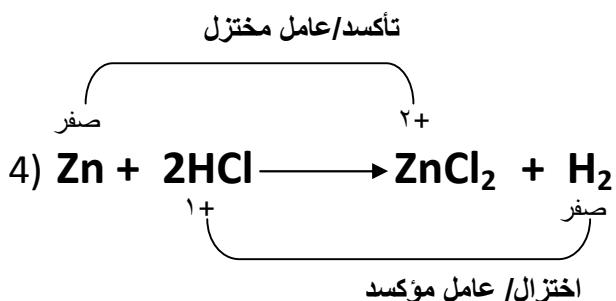
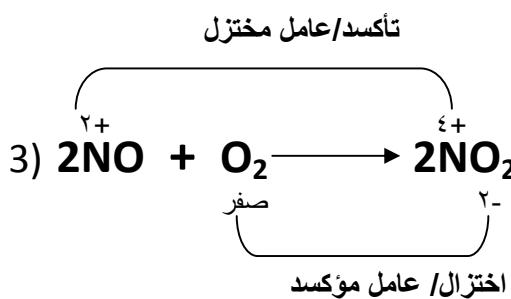
عوامل مختزلة (يحدث لها تأكسد )	عوامل مؤكسدة ( يحدث لها اختزال )
الفلزات النشطة مثل: Na ١م , Mg ٢م , Al ٣م , Zn	جزيئات العناصر ذات الكهروسلبية العالية مثل: O <sub>3</sub> , O <sub>2</sub> , X <sub>2</sub>
بعض هيدرات الفلزات وأشباه الفلزات مثل: NaBH <sub>4</sub> , LiAlH <sub>4</sub>	المركبات والأيونات متعددة الذرات، المحتوية على ذرات ذات أعداد تأكسد عالية مثل: CrO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>-2</sup> , HNO <sub>3</sub> , HClO <sub>4</sub> MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ,

حدد العامل المؤكسد، والعامل المختزل في التفاعلات التالية ؟

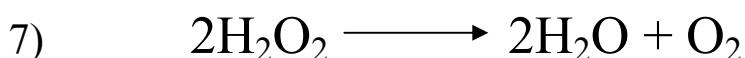
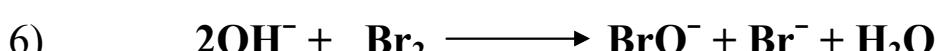
مثال :

- ✓ خطوات حل نفس خطوات تحديد المادة التي حدث لها تأكسد و اختزال ( الدرس السابق )
- ✓ تأكسد ( نقصان في عدد التأكسد ) / عامل مختزل
- ✓ اختزال ( زيادة في عدد التأكسد ) / عامل مؤكسد



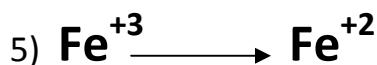
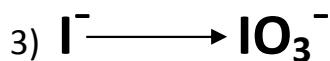
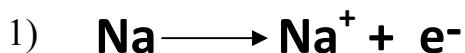


- ✓ تصرف الكلور ( $\text{Cl}_2$ ) كعامل مؤكسد، وكعامل مختزل، ضمن نفس التفاعل، لذلك نعتبره (عامل مؤكسد مختزل ذاتي)، ضمن هذا التفاعل، ويسمى التفاعل "تفاعل تأكسد أختزال ذاتي".
- ✓ لم يحدث تغير في أعداد التأكسد لكل من الأكسجين والهيدروجين.
- ✓ فقط حدث التأكسد والاختزال للكلور ( $\text{Cl}_2$ ).



هل يحتاج حدوث أنصاف التفاعلات الآتية لعامل مؤكسد أم لعامل مخترل؟ فسر إجابتك.

مثال :



أيٌ من المواد الآتية يمكن أن يسلك كعامل مخترل:  $\text{H}^+$  ،  $\text{Mg}^+$  ،  $\text{Na}^+$  ،  $\text{Cl}^-$  ،  $\text{F}_2$  ،

مثال :

أيٌ من المواد الآتية يمكن أن يسلك كعامل مؤكسد:  $\text{H}^+$  ،  $\text{O}^{2-}$  ،  $\text{Br}_2$  ،  $\text{K}^+$  ،  $\text{Ca}^{2+}$  ،

## موازنة معادلات التأكسد والاختزال

- **المعادلة الكيميائية الموزونة** :- هي وصف مختصر بالرموز يعبر عن التفاعل الكيميائي، حيث يظهر فيها صيغ ورموز المواد المتفاعلة والناتجة والعلاقات الكمية فيما بينها.
- ✓ ولكي تكون المعادلة الكيميائية موزونة فإنه يجب أن يتحقق فيها شرطان (قانونان) هما:
- **قانون حفظ المادة**: يجب أن يكون عدد ونوع الذرات لكل عنصر من العناصر الموجودة في جانب المواد المتفاعلة، يساوي تماماً عدد ونوع ذرات العناصر الموجودة في جانب المواد الناتجة.
- **قانون حفظ الشحنة الكهربائية**: يجب أن يكون المجموع الجبري للشحنات الكهربائية في جانب المواد المتفاعلة، يساوي المجموع الجيري للشحنات الكهربائية في جانب المواد الناتجة.

### طرق موازنة معادلات التأكسد والاختزال

#### أولاً- طريقة نصف التفاعل (أيون - إلكترون)

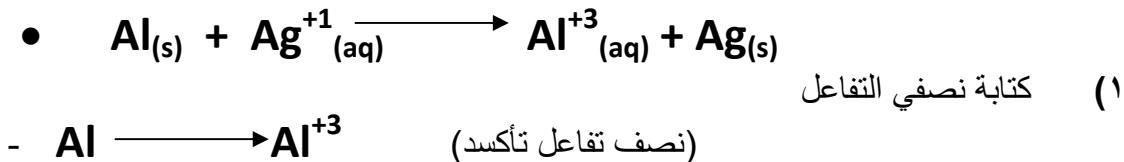


❖ خطوات موازنة بطريقة نصف التفاعل كما يلي:

- ١) كتابة نصفي التفاعل التأكسد والاختزال بصورة منفصلة .
- ٢) موازنة الذرات في كل نصف تفاعل.
- ٣) موازنة الشحنة الكهربائية من خلال إضافة الألكترونات إلى الطرف المناسب في كل معادلة.
- ٤) مساواة عدد الألكترونات المفقودة والمكتسبة .
- ٥) جمع نصفي التفاعل.
- ٦) ولا أشي ( ) .

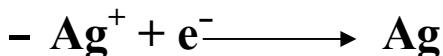
مثال :

وازن التفاعل التالي بطريقة نصف التفاعل؟



(٢) الذرات موزونة في كل نصف تفاعل.

(٣) موازنة الشحنة الكهربائية في كل نصف تفاعل كما يلي

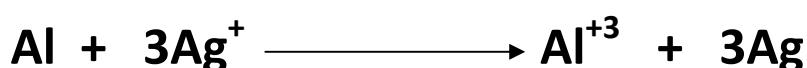
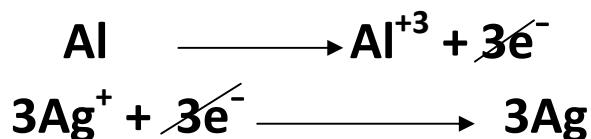


إضافة عدد مناسب من الإلكترونات إلى الطرف الأكثر موجبية.

(٤) بما أن عدد الإلكترونات المفقودة لا يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة نقوم بإجراء مساواة عدد الإلكترونات المفقودة والمكتسبة ثم جمع المعادلين :



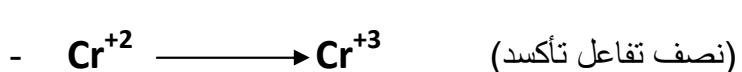
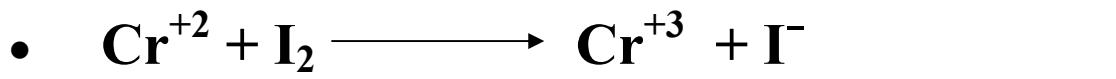
تم ضرب نصف تفاعل التأكسد بـ (٣) لتساوي الشحنة في نصفي التفاعل



**التحقق :** ☆ عدد الذرات متساوي ☆ الشحنة متساوي

مثال :

وازن التفاعل التالي بطريقة نصف التفاعل؟

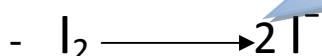


كتابة نصفي التفاعل

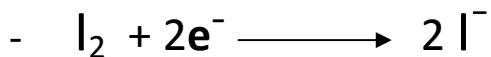
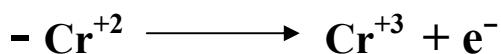


تم ضرب  $\text{I}^-$  بـ (2) لتساوي عدد  
الذرات في الطرفين

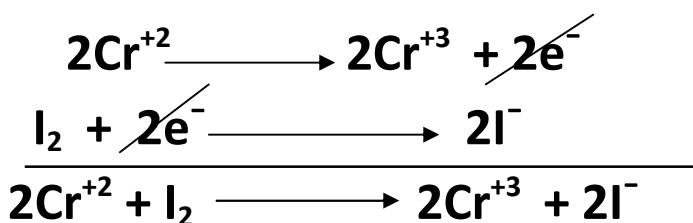
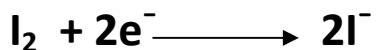
موازنة الذرات في كل نصف تفاعل. (2)



موازنة الشحنة الكهربائية في كل نصف تفاعل كما يلي (3)



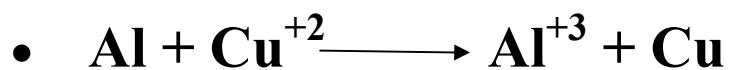
(4) بما أن عدد الإلكترونات المفقودة لا يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة تقوم بإجراء  
مساواة عدد الإلكترونات المفقودة والمكتسبة ثم جمع المعادلتين :



**التحقق :** ☆ عدد الذرات متساوي ☆ الشحنة متساوي

مثال :

وازن التفاعل التالي بطريقة نصف التفاعل؟



## ثانياً- طريقة نصف التفاعل (أيون - إلكترون) في وسط حمضي



❖ خطوات موازنة بطريقة نصف التفاعل في وسط حمضي كما يلي:

- ١) كتابة نصفي التفاعل التأكسد والاختزال بصورة منفصلة .
- ٢) موازنة نصف التفاعل الاختزال و التأكسد حسب الخطوات التالية:
  - أ) موازنة ذرات العناصر ما عدا الاكسجين والهيدروجين.
  - ب) موازنة ذرات الاكسجين، وذلك من خلال إضافة جزيء واحد من الماء ( $H_2O$ ) مقابل كل ذرة اكسجين ناقصة إلى الطرف الذي يعاني نقصاً في ذرات الاكسجين.
  - ج) موازنة ذرات الهيدروجين، وذلك من خلال إضافة أيون الهيدروجين ( $H^+$ ) مقابل كل ذرة هيدروجين ناقصة إلى الطرف الذي يعاني نقصاً في ذرات الهيدروجين.
  - د) موازنة الشحنة الكهربائية، وذلك من خلال لإضافة عدد مناسب من الالكترونات (-e) إلى أحد طرفي المعادلة حتى يصبح المجموع الجيري للشحنات على طرفي المعادلة متساوياً .
  - ٣) مساواة عدد الالكترونات المفقودة والمكتسبة
  - ٤) جمع نصفي التفاعل و يتم حذف الالكترونات والأنواع المشتركة ( إن وجدت )

## ✓ مخطط موازنة وسط حمضي

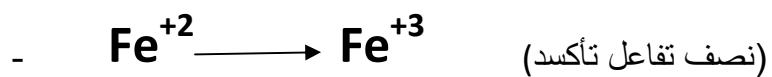


مثال :

وازن المعادلة التالية في وسط حمضي



١) كتابة نصفي التفاعل

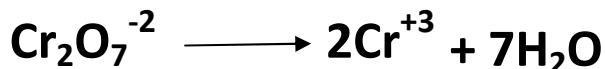


٢) موازنة نصف التفاعل / الاختزال

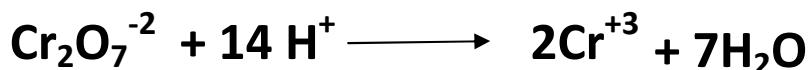
✓ موازنة الالكترونات



✓ موازنة الاكسجين



✓ موازنة الهيدروجين



✓ موازنة الشحنة



مجموع الشحنات هنا = ٦+

٦+ = ٢ × ٣+ + ٠ × ٧

عدد  $e^-$  المضاف = ٦ - ١٢ = -٦

ملاحظة

• عند موازنة الشحنة نستخدم  $e^-$  ذو الشحنة السالبة والذي يساوي - 1 - .• يضاف عدد  $e^-$  إلى الجهة الأعلى شحنة ويتم حسابه من خلال المعادلةعدد  $e^-$  المضاف = الشحنة الكبيرة - الشحنة الصغيرة

## ٣) موازنة نصف التفاعل / التأكسد



✓ موازنة الذرات

لا يوجد اكسجين

✓ موازنة الاكسجين

لا يوجد اكسجين

✓ موازنة الهيدروجين



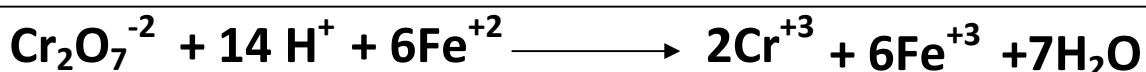
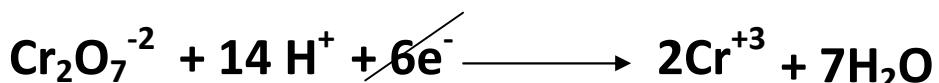
✓ موازنة الشحنة

## ٤) مساواة الشحنة بين تفاعل التأكسد والاختزال

من خلال ضرب نصف التفاعل / التأكسد بـ (٦).



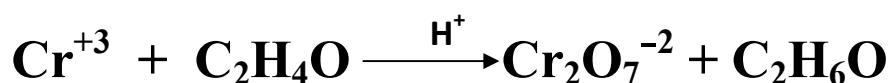
## ٥) جمع نصفي التفاعل



**التحقق :** ☆ عدد الذرات متساوي ☆ الشحنة متساوي

مثال :

وازن المعادلة التالية في وسط حمضي، ثم حدد العامل المؤكسد والعامل المخترل



(١) كتابة نصفي التفاعل



(٢) موازنة نصف التفاعل / تأكسد

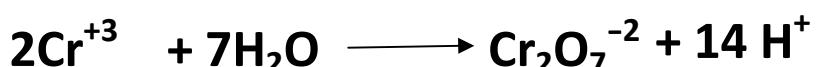
✓ موازنة الذرات



✓ موازنة الأكسجين



✓ موازنة الهيدروجين

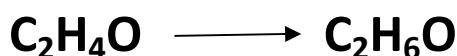


✓ موازنة الشحنة



(٣) موازنة نصف التفاعل / اخزال

✓ موازنة الذرات



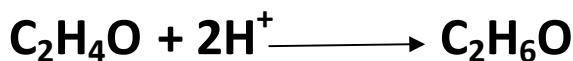
من الاصل موزونة

✓ موازنة الأكسجين



من الاصل موزونة

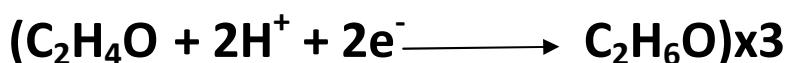
✓ موازنة الهيدروجين



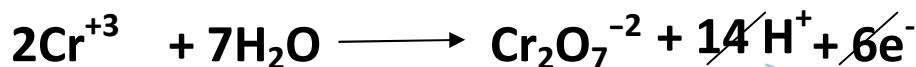
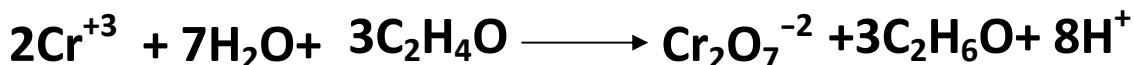
✓ موازنة الشحنة



٤) مساواة الشحنة بين تفاعل التأكسد والاختزال  
من خلال ضرب نصف التفاعل / التأكسد بـ (٣).



٥) جمع نصفي التفاعل

يتبقى  $8\text{H}^+$ 

**التحقق :** ☆ عدد الذرات متساوي ☆ الشحنة متساوي

- العامل المؤكيد:  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$

- العامل المخترل:  $\text{Cr}^{+3}$

وازن المعادلة التالية في وسط حمضي، ثم حدد العامل المؤكسد والعامل المخترل

مثال :



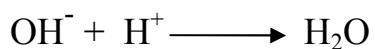
### ثالثاً- طريقة نصف التفاعل (أيون - إلكترون) في وسط قاعدي



❖ عند موازنة التفاعلات في الوسط القاعدي، نقوم بنفس الخطوات التي سبق ذكرها في موضوع موازنة التفاعلات في الوسط (المتعادل والحمضي) ولكن نزيد عليها الخطوة التالية:-

(١) إضافة عدد من أيونات ( $\text{OH}^-$ ) يساوي عدد أيونات ( $\text{H}^+$ ) في المعادلة الموزونة إلى كل من طرفي المعادلة.

(٢) جمع مولي ( $\text{OH}^-$ ) و ( $\text{H}^+$ ) على شكل جزيئات ماء ( $\text{H}_2\text{O}$ ).



(٣) حذف جزيئات الماء الزائد من أحد طرفي المعادلة.

وازن المعادلة التالية بطريقة نصف التفاعل في وسط قاعدي.

مثال :



(١) كتابة نصفي التفاعل



(٢) موازنة نصف التفاعل / تأكسد

✓ موازنة الذرات



من الأصل موزونة

✓ موازنة الأكسجين



لا يوجد أكسجين

✓ موازنة الهيدروجين



لا يوجد هيدروجين

✓ موازنة الشحنة



(٣) موازنة نصف التفاعل / الاختزال  
✓ موازنة الذرات



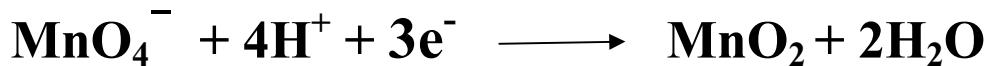
✓ موازنة الاكسجين



✓ موازنة الهيدروجين



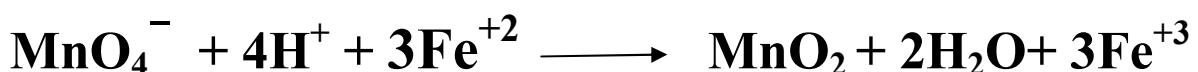
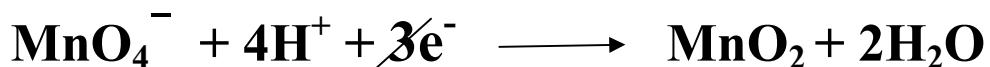
✓ موازنة الشحنة



(٤) مساواة الشحنة بين تفاعل التأكسد والاختزال  
من خلال ضرب نصف التفاعل / التأكسد بـ (٣).



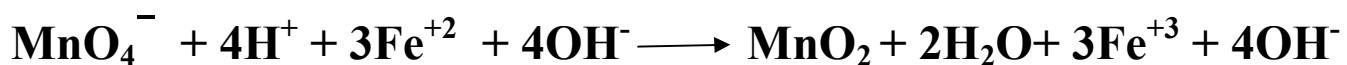
(٥) جمع نصفي التفاعل



٦) إضافة عدد من أيونات ( $\text{OH}^-$ ) يساوي عدد أيونات ( $\text{H}^+$ ) في المعادلة الموزونة إلى كل من طرفي المعادلة.



جمع جزيئات ( $\text{OH}^-$ ) و ( $\text{H}^+$ ) على شكل جزيئات ماء ( $\text{H}_2\text{O}$ ). (٧)



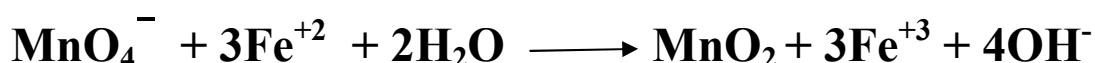
$$4\text{OH}^- + 4\text{H}^+ = 4\text{H}_2\text{O}$$



حذف جزيئات الماء الزائدة من أحد طرفي المعادلة. (٨)



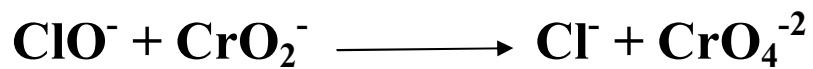
يتبقى  $2\text{H}_2\text{O}$



**التحقق :** ☆ عدد الذرات متساوي ☆ الشحنة متساوية

مثال :

وازن المعادلة التالية بطريقة نصف التفاعل في وسط قاعدي.



## الخلايا الكهروكيميائية

• **الكيمياء الكهربائية:** هي أحد فروع علم الكيمياء التحليلية، التي تبحث في تفاعلات التأكسد والاختزال . وتحولات الطاقة الكيميائية والكهربائية المصاحبة لها.

• **الخلايا الكهروكيميائية:** هي أجهزة وأدوات الكيمياء الكهربائية، تحدث فيها تفاعلات التأكسد والاختزال وهي تقسم إلى قسمين هما

١) **الخلايا الغفانية :** وهي الخلايا التي يحدث فيها تفاعل تأكسد واحتزال بشكل تلقائي يؤدي إلى انتاج تيار كهربائي (تحول فيها الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية).

٢) **خلايا التحليل الكهربائي:** وهي الخلايا التي يحدث فيها تفاعل تأكسد واحتزال بشكل غير تلقائي ويستخدم فيها المواد الكهروليمة، والطاقة الكهربائية لإحداث تفاعلات كيميائية (تحول فيها طاقة كهربائية إلى الطاقة الكيميائية).

### الخلايا الغفانية

❖ وتقوم فكرة الخلايا الغفانية على إجراء تفاعل التأكسد والاختزال في وعائين منفصلين ، وينتج من التفاعل الكترونات التي يتم تبادلها بين العامل المؤكسد ( الاختزال ) والعامل المخترل ( التأكسد ) عبر سلك كهربائي للحصول على التيار الكهربائي.

❖ من أهم تطبيقات الخلايا الغفانية، البطاريات بتنوعها.

#### ❖ مكونات الخلية الغفانية:

المكونات

١) وعائين منفصلين يتكون كل منهما من قطب فلزي و محلول كهرولي.

٢) موصل كهربائي خارجي (الأسلاك توصيل كهربائي).

٣) موصل كهربائي داخلي (القطرة الملحية) .

المقادير

• **المحلول الكهرولي :** محلول أيوني ( ينتج أيونات + و - ) قادر على إيصال التيار الكهربائي.

• **قطب الفلزي :** هو عنصر فلزي يحدث عليه تفاعل تأكسد او اختزال.

• **القطرة الملحية :** أنبوب على شكل حرف (U) يحتوي على محلول مشبع لأحد الأملاح مثل ( ،  $\text{AgCl}$  ،  $\text{NaCl}$  ،  $\text{KCl}$  ،  $\text{AgNO}_3$  .... ).

• **وظيفة القطرة الملحية :-** إكمال الدارة الكهربائية عن طريق انتقال الأيونات في المحاليل دون اختلاطها.

الوصفة

- ❖ آلية عمل الخلية الغلافانية:  
✓ يوضح هذا المثال طريقة صنع الخلية الجلفانية:

مثال :

صمم خلية غلافانية توضح آلية عمل التفاعل الكيميائي التالي



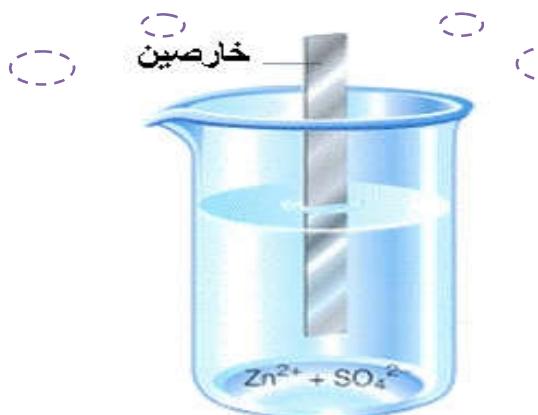
١) تحديد انصاف التفاعلات ( التأكسد و الاختزال ) في كل وعاء خاص .



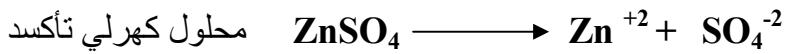
نحتاج إلى وعاء نضع فيه صفيحة خارصين ( قطب التأكسد ) ثم نغمسه في محلول كهربائي يحتوي على أيونات المادة المتأكسدة (  $\text{Zn}^{+2}$  ) مثل (  $\text{ZnSO}_4$  ).

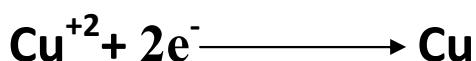


- ينتج من نصف تفاعل تأكسد الإلكترونات، حيث يتم نقل هذه الإلكترونات إلى الوعاء الآخر(الاختزال) عبر اسلاك التوصيل الكهربائي.
- يسمى القطب الذي يمثل نصف تفاعل التأكسد باسم (المصد) وتكون شحنته سالبة.
- (نصف تفاعل التأكسد / مصد / سالب).



وعاء التأكسد





- نصف تفاعل الاختزال

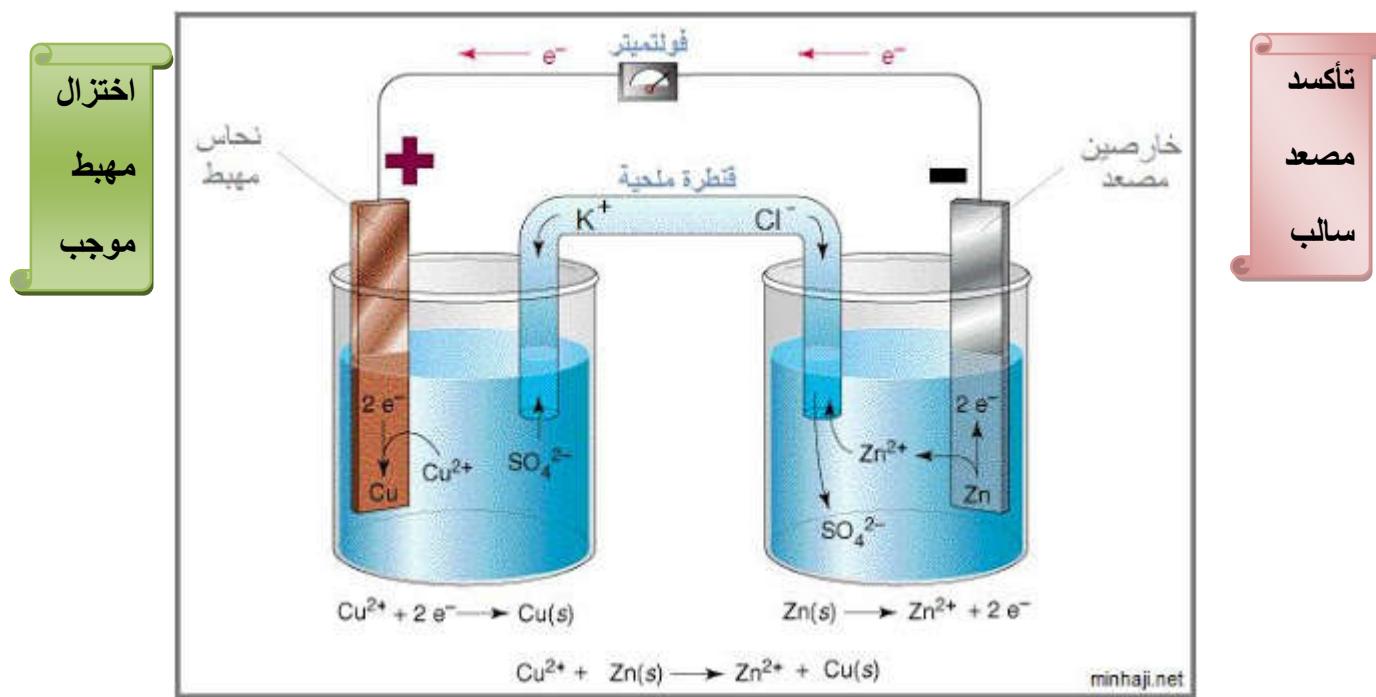
نحتاج إلى وعاء نضع فيه صفيحة نحاس (قطب الاختزال) ثم نغمسه في محلول كهرلي يحتوي على أيونات المادة المختزلة  $(\text{Cu}^{+2})$  مثل  $(\text{CuSO}_4)$ .



- يستقبل نصف تفاعل الاختزال الإلكترونات من نصف التأكسد ، عبر اسلاك التوصيل الكهربائي لحدوث هذا التفاعل .
- يسمى القطب الذي يمثل نصف تفاعل الاختزال باسم (المهبط) وتكون شحنته موجبة.
- (نصف تفاعل اختزال / مهبط / موجب).



٢) نصل بين وعاء التأكسد (صفحة النحاس) ووعاء الاختزال (صفحة الخارصين)، بسلك توصيل، وأنصله بجهاز الفولتميتر لقراءة شدة التيار.



✓ ماذا سيحدث؟

❖ يحدث تفاعل الاكسدة عند مصعد على عنصر الخارصين فينتج



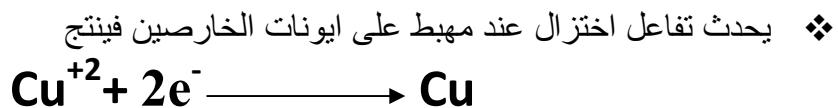
- أ) الكترونات تصعد عبر الأسلاك إلى المهبط (الاختزال).
- ب) مع مرور الزمن تتناقص كثافة المصعد، جراء تحول الذرات المتعادلة إلى أيونات موجبة

ت) زيادة تركيز أيونات الخارصين الموجبة ( $\text{Zn}^{+2}$ ) عن تركيز أيونات الكبريتات ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) السالبة.

○ فتقوم القنطرة الملحية بموازنة الشحنة الكهربائية في المحلول، من خلال :-

ــ تحرك أيونات السالبة ( $\text{Cl}^-$ ) من القنطرة الملحية إلى نصف خلية الخارصين لمعادلة أيونات ( $\text{Zn}^{+2}$ ) الزائدة.

ــ تحرك أيونات ( $\text{Zn}^{+2}$ ) من وعاء التأكسد باتجاه القنطرة الملحية.



- أ) يستقبل الكترونات تهبط عبر الأسلاك إلى محلول في وعاء المهبط (الاختزال).
- ب) مع مرور الزمن تزداد كتلة المهبط، جراء تحول الأيونات الموجبة إلى ذرات متعادلة ت نقصان في تركيز أيونات النحاس الموجبة ( $\text{Cu}^{+2}$ ) عن تركيز أيونات الكبريتات السالبة ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).

○ ففقوم القنطرة الملحيّة بموازنة الشحنة الكهربائيّة في المحلول، من خلال :-

ـ تحرّك أيونات الموجبة ( $\text{K}^+$ ) من القنطرة الملحيّة إلى نصف خلية النحاس لمعادلة أيونات ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) الزائدة.

ـ تحرّك أيونات ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) من وعاء الاختزال باتجاه القنطرة الملحيّة.

ـ مادة المهبط ( $\text{Cu}$ ) لم يحدّث لها أي تغيير أو تفاعل ، بل كانت مادة موصلة للشحنات السالبة، ومكاناً لتجمع ذرات النحاس فقط .

**ملاحظة**

### ملخص

- التأكسد

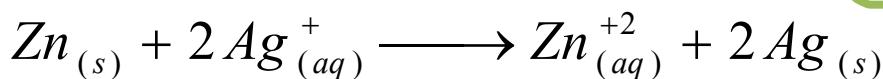
- الاختزال

- حركة الكترونات

- حركة أيونات

مثال :

إذا علمت أن التفاعل التالي يحدث بصورة تلقائية



١) اكتب نصفي تفاعل التأكسد والاختزال

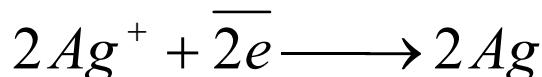
٢) وضّح اتجاه سريان الإلكترونات عبر الأislak، واتجاه حركة الأيونات السالبة والموجبة عبر القنطرة الملحيّة في الخلية الغلافية.

الحل:-

- نصف التأكسد / مصدع / سالب



- نصف اختزال / مهبط / موجب



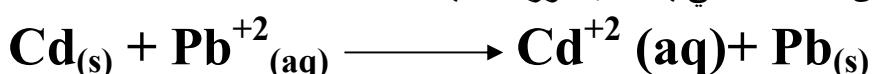
- تتحرك الإلكترونات في الدارة الخارجية للأislak من المصدع (قطب الخارجيين) إلى المهبّط (قطب الفضة).

- تتحرك الأيونات السالبة (-) عبر القنطرة الملحيّة إلى نصف خلية الخارجيين (-).

- تتحرك الأيونات الموجبة (+) عبر القنطرة الملحيّة إلى نصف خلية الفضة (+).

مثال :

إذا علمت أن التفاعل التالي يحدث بصورة تلقائية



١) اكتب نصفي تفاعل التأكسد والاختزال.

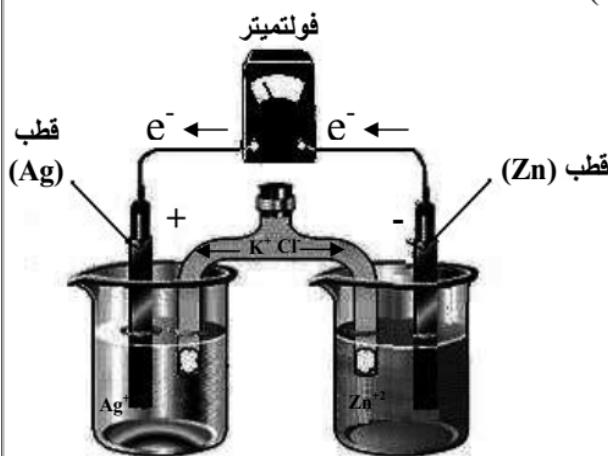
٢) حدد اتجاه حركة الإلكترونات عبر الدارة الخارجية.

٣) حدد اتجاه حركة الأيونات السالبة والموجبة عبر القنطرة الملحيّة.

٤) ماذا تتوقع أن يحدث لكتلة كلّ من قطبي (Cd), (P).

٥) ما هي المحاليل المناسبة لقطب التأكسد وقطب الاختزال.

٦) أي الأقطاب يقل تركيز الأيونات الموجبة .



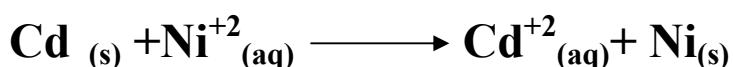
اعتماداً على الرسم المجاور لخلية غلفارنية اجب  
عن الاسئلة التالية :

مثال :

- ١) حدد المصعد و إشارته و اكتب المعادلة
- ٢) حدد المهبط و إشارته و اكتب المعادلة
- ٣) اكتب المعادلة الكلية للتفاعل .
- ٤) حدد اتجاه حركة الإلكترونات عبر الدارة  
الخارجية.
- ٥) حدد اتجاه حركة الأيونات السالبة عبر  
القنطرة الملحية.
- ٦) أي الأقطاب يزيد تركيز الأيونات الموجبة .

الخلية الغلفارنية تعتمد على التفاعل الآتي:

مثال :

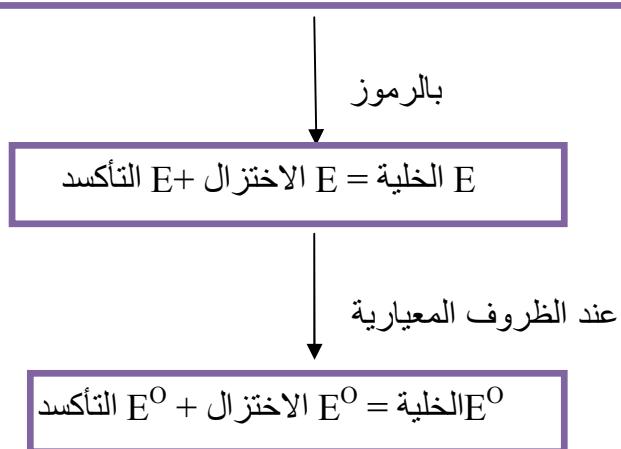


- ١) اكتب معادلة نصف التفاعل الذي يحدث عند كل قطب.
- ٢) أي القطبين يمثل المصعد، وأيهما يمثل المهبط؟ وما شحنة كل منهما؟
- ٣) ارسم الخلية السابقة موضحاً على الرسم شحنة الأقطاب، واتجاه حركة الإلكترونات في الدارة الخارجية،  
واتجاه حركة الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية.
- ٤) أي الأقطاب يزيد تركيز الأيونات الموجبة
- ٥) أي الأقطاب يزيد تركيز الأيونات السالبة .

## جهد الخلية الغلفانية

- ❖ التيار الكهربائي الذي ينتج من الخلية الغلفانية يحصل نتيجةً لانتقال الإلكترونات من المصعد عبر الدارة الخارجية إلى المهبط.
  - ❖ يحتاج هذا الانتقال إلى قوة تدفع هذه الإلكترونات عبر أسلاك التوصيل، وتعرف هذه القوة باسم القوة الدافعة الكهربائية، حيث يتم قياس هذه القوة بوحدة (الفولت)، ويستخدم جهاز (الفولتميتر) لقياسها.
  - القوة الدافعة الكهربائية :- أكبر قيمة لفرق الجهد الكهربائي بين القطبين في الخلية الغلفانية.
  - يُعرف فرق الجهد بين قطبي الخلية الغلفانية باسم **جهد الخلية الغلفانية (E للخلية)**.
  - يتتأثر جهد الخلية الغلفانية بعدة عوامل من أهمها:-
    - ١) تركيز الأيونات.
    - ٢) درجة الحرارة.
    - ٣) الضغط الجوي.  - ❖ قد اتفق العلماء على ظروف موحدة تقاس فيها جهود الخلايا الغلفانية وسميت هذه الظروف (بالظروف المعيارية)، وهذه الظروف المعيارية هي:-
    - ١) تركيز (١مول/لتر) للمحاليل الأيونية المكونة للخلية.
    - ٢) درجة حرارة (٢٥°C).
    - ٣) ضغط جوي قدره (١ ض. ج) في حالة الغازات.  - ❖ يُسمى جهد الخلية المقاس عند هذه الظروف باسم **جهد الخلية المعياري**، ويشار إلى بالرمز ( $E^0$ ).
  - ❖ حساب جهد الخلية الغلفانية :-
- ✓ من خلال مجموع جهد التأكسد وجهد الاختزال لقطبي الخلية.

$$\text{جهد الخلية الغلفانية} = \text{جهد الاختزال} + \text{جهد التأكسد}$$





## ملاحظة

جهد نصف تفاعل التأكسد لعنصر ما، هو عكس جهد نصف تفاعل الاختزال لنفس العنصر.

$$\text{إي إن} \leftarrow E^{\circ} \text{ تأكسد} = - E^{\circ} \text{ اختزال}$$

بالت遇وض في المعادلة السابقة

$$E^{\circ} \text{ الخلية} = E^{\circ} \text{ الاختزال (مهبط)} - E^{\circ} \text{ اختزال (مصد)} \quad |$$

❖ اذن لحساب جهد الخلية الغلافانية:-

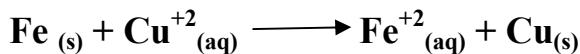
$$E^{\circ} \text{ الخلية} = E^{\circ} \text{ الاختزال (مهبط)} - E^{\circ} \text{ اختزال (مصد)}$$

أو

$$E^{\circ} \text{ الخلية} = E^{\circ} \text{ الاختزال} + E^{\circ} \text{ التأكسد}$$

مثال :

إذا علمت أنه يمكن تمثيل التفاعل الذي يحدث في الخلية الغلافانية المكونة من نصف خلية الحديد ونصف خلية النحاس بالمعادلة الآتية:-



احسب جهد الخلية المعياري ( $E^{\circ}$ ) للخلية، علماً بأن جهد الاختزال المعياري لقطب النحاس يساوي (٠,٣٤) فولت، و جهد الاختزال المعياري لقطب الحديد يساوي (-٠,٤٤) فولت .

الحل :-

من المعادلة يتضح حدث تأكسد ( مصد ) لعنصر حديد (Fe) / اختزال (مهبط) لאיونات النحاس (Cu<sup>+2</sup>).

$$\begin{aligned} E^{\circ} \text{ الخلية} &= E^{\circ} \text{ الاختزال (مهبط)} - E^{\circ} \text{ تأكسد} \\ E^{\circ} \text{ تأكسد (Fe)} &= -0,44 \\ E^{\circ} \text{ للخلية} &= 0,34 + (-0,44) \\ E^{\circ} \text{ للخلية} &= -0,10 \end{aligned}$$

$$E^{\circ} \text{ للخلية} = 0,78 \text{ فولت}$$

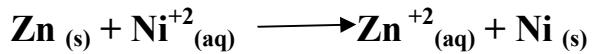
$$E^{\circ} \text{ تأكسد} = - E^{\circ} \text{ اختزال}$$

$$( -0,44 ) = - E^{\circ} \text{ تأكسد}$$

$$+0,44 = + E^{\circ} \text{ تأكسد}$$

مثال :

تمثل المعادلة الآتية التفاعل الذي يحدث في إحدى الخلايا الغلافانية



علماً بأن جهد الاختزال المعياري للخلية يساوي (٥١,٥٠) فولت، و جهد الاختزال المعياري لقطب الخارجيين يساوي (٧٦,٠٠) فولت فأجب بما يلي:

أ) حدد المصعد والمهبط في هذه الخلية وشحنة كل منهما؟

ب) احسب  $E^{\circ}$  لאיونات النيكل؟

ج) حدد حركة الالكترونات في الخلية؟

د) كم عدد الالكترونات المفقودة والمكتسبة؟

مثال :

عنصرين فلزبين (D, A) والتي تشكل أيونات ثنائية موجبة ، ويكونا خلية غلافانية وجد أن قراءة الفولتميتر الخاصة بها تساوي (٨٢,٠) فولت، وإن عنصر D يشكل المصعد وجهد التأكسد المعياري له يساوي (٤٢,٠) فولت. اوجد ما يلي :-

أ) اكتب المعادلات التي حدثت على الأقطاب؟

ب) اكتب معادلة التفاعل الكلي للخلية؟

ج) احسب جهد الاختزال المعياري؟

د) حدد حركة الايونات السالبة عبر القنطرة الملحيّة؟

هـ) حدد عدد الالكترونات المفقودة والمكتسبة؟

- ❖ إن قياس جهد نصف التفاعل بشكل منفرد غير ممكن بشكل عملي، إلا إذا تم التفاعل بين نصف التفاعل ذو الجهد المجهول مع نصف تفاعل آخر له جهد معلوم.
- ❖ لقد تم اختيار قطب الهيدروجين المعياري من أجل قياس جهد أنصاف التفاعلات الأخرى بالنسبة لها، والسبب هو أن عنصر الهيدروجين متواسطاً بين العناصر في نشاطها الكيميائي، مما يسهل استخدامه كمصدر أو كمبط اعتماداً على طبيعة القطب الآخر في الخلية.
- ❖ تم الاصطلاح أن جهد نصف التفاعل بالنسبة لقطب الهيدروجين المعياري يساوي صفر في الظروف المعيارية.
- ❖ يمكن تمثيل التفاعل التأكسد والاختزال الذي يحدث في قطب الهيدروجين المعياري كما يلي:-



مكونات قطب الهيدروجين المعياري :-

- ١) صفيحة بلاتين.
- ٢) محلول حمضي تركيز أيون الهيدروجين ( $H^+$ ) = ١ مول / لتر .
- ٣) غاز الهيدروجين ( $H_2$ ) بضغط مقداره (١ ض.ج) وعند درجة حرارة (٢٥°C).

○ **قطب الهيدروجين المعياري:** هو ذلك القطب المصنوع بغمض قطعة من البلاتين في محلول حمضي يحتوي على أيونات ( $H^+$ ) بتركيز (١ مول/لتر)، عند درجة حرارة (٢٥°C) ويوضح عليه غاز ( $H_2$ ) بضغط قدرة (١ ض.ج)، واصطلاح أن تكون فولتيته تساوي صفر.

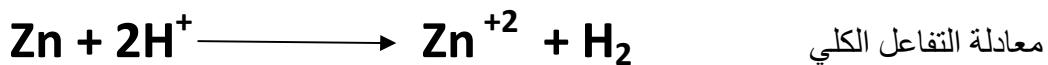
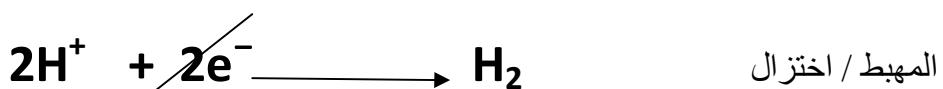
مثال :

خلية غلافانية مكونة من قطب الخارصين، وقطب الهيدروجين في الظروف المعيارية، وجد أن قراءة الفولتميتر الخاصة بها تساوي (٧٦.٠ فولت)، فإذا علمت أن الخارصين كان يمثل قطبهما السالب، أجب عن الأسئلة التالية:

- ١) اكتب معادلة التفاعل الكلي للخلية؟
- ٢) احسب جهد الاختزال المعياري للخارصين؟

الحل :-

- ١) يجب أولاً تحديد مادة المصدر والمبهط  
الخارصين كان يمثل قطب السالب = مصدر / تأكسد  
إذن الهيدروجين هو القطب الموجب = مهبط / اختزال



٢) جهد الخلية المعياري ( $E^\circ$  للخلية) = ٠.٧٦ فولت

ودائماً جهد قطب الهيدروجين الاختزال للمعياري ( $E^\circ$  اختزال للهيدروجين) = صفر

$$E^\circ_{\text{لخلية}} = E^\circ_{\text{اختزال هيدروجين}} + E^\circ_{\text{تأكسد خارصين}} \quad \leftarrow$$

$$E^\circ_{\text{تأكسد خارصين}} = ٠,٧٦ \text{ فولت} \quad \leftarrow$$

$$E^\circ_{\text{اختزال خارصين}} = -٠,٧٦ \text{ فولت} \quad \leftarrow$$

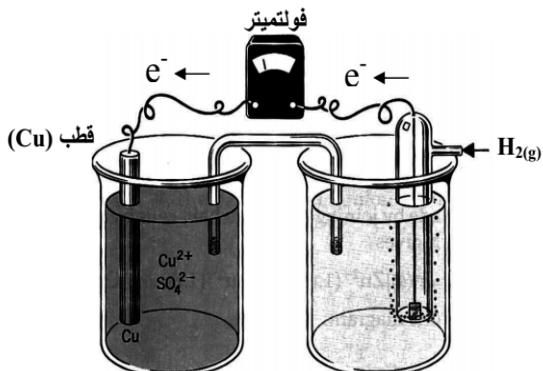
في خلية غلافانية مكونة من قطب نحاس معياري وقطب هيدروجين معياري كما في الشكل المجاور،  
ووجد أن جهد الخلية يساوي (٣٤,٠ فولت).

مثال :

جد مالي

١) اكتب معادلة التفاعل الكلي للخلية؟

٢) احسب جهد اختزال المعياري للنحاس؟



## جهود الاختزال المعيارية

تذکیر

$$\Delta E^{\circ} = E^{\circ}_{\text{Ox}} - E^{\circ}_{\text{Red}}$$

❖ لقد تم الاتفاق على أن تكتب جميع أنصاف التفاعلات كعمليات اختزال، ثم تم ترتيبها وفقاً لجهود الاختزال في جدول خاص.

## جـ دـولـ جـهـ وـدـ الـاخـتـ زـالـ المـعـيـ اـرـيـةـ

نصف تفاعل الاختزال		(فولت) E°
$\text{Li}^+ + \text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٣,٠٤ -
$\text{K}^+ + \text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٢,٩٢ -
$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٢,٨٧ -
$\text{Na}^+ + \text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٢,٧١ -
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٢,٣٧ -
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	١,٦٦ -
$\text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	١,١٨ -
$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٠,٨٣ -
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٠,٧٦ -
$\text{Cr}^{2+} + 2\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٠,٧٤ -
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٠,٤٤ -
$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٠,٤١ -
$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٠,٤٠ -
$\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٠,٢٨ -
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٠,٢٥ -
$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٠,١٤ -
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٠,١٣ -
$\text{Fe}^{3+} + 3\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٠,٠٤ -
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٠,٠٠
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٠,٣٤
$\text{I}_2 + 2\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٠,٥٤
$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٠,٧٧
$\text{Ag}^+ + \text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٠,٨٠
$\text{Br}_2 + 2\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	١,٠٦
$\text{O}_{2(\text{g})} + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	١,٢٣
$\text{Cr}_2\text{O}_{7^{2-}} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	١,٣٣
$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	١,٣٦
$\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	١,٥٠
$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	١,٥٢
$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٢,٠١
$\text{F}_2 + 2\text{e}^-$	$\xrightarrow{\hspace{1cm}}$	٢,٨٧

## ❖ التطبيقات المعتمدة على استخدام جدول جهود الاختزال المعيارية، ومن أهم هذه التطبيقات:

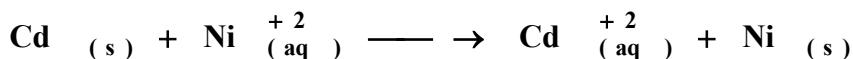
### (١) حساب جهد الخلية المعياري

مهم

- يتم حساب جهد أي خلية غلافانية اعتماداً على جدول جهود الاختزال، ويلاحظ أن جهد الخلية الغلافانية دائماً موجب، وهذه إشارة إلى أن التفاعل الكيميائي الذي يحدث في الخلية الغلافانية هو تفاعل تلقائي.
- دائماً العنصر الذي له جهد قطب اختزالي أعلى = هو القطب الاختزالي / المهيط / عامل مؤكسد. والعنصر الذي له قيمة جهد قطب اختزالي أقل = هو قطب التأكسد / المصعد / عامل مخترل.

اعتماداً على جدول جهود الاختزال المعيارية، احسب ( $E^{\circ}$ ) للخلية الجلفانية التي يحدث فيها التفاعل المجاور:

مثال :



الحل:-

$(E^{\circ})$  الاختزالية الخاصة بالنحاس (Ni)، والكادميوم (Cd) نجدها كما يلي:

$$= E^{\circ} \quad \text{Cd}^{+2} + 2\bar{e} \longrightarrow \text{Cd} \quad (-0.4 \text{ فولت})$$

$$= E^{\circ} \quad \text{Ni}^{+2} + 2\bar{e} \longrightarrow \text{Ni} \quad (0.25 \text{ فولت})$$

جهد الخلية المعياري = جهد الاختزال المعياري (Ni) + جهد التأكسد المعياري (Cd)

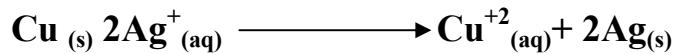
$$= 0.25 - 0.4 = -0.15 \text{ فولت}$$

ملاحظة

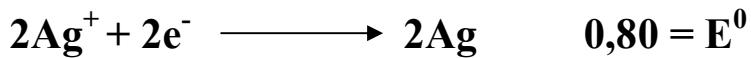
جهد تأكسد الكادميوم (Cd) يساوي (0.4 فولت)، وذلك بعد أن عكسنا المعادلة النصفية الاختزالية للكادميوم وأصبحت معادلة تأكسدية، حيث كانت فولتيته الاختزالية (-0.4 فولت).

مثال :

اعتماداً على جدول جهود الاختزال المعيارية، احسب ( $E^{\circ}$ ) ل الخلية الجلفانية التي يحدث فيها التفاعل المجاور:



علمًا بأن



الحل :-

$$\text{جهد الخلية المعياري} = \text{جهد الاختزال المعياري} (\text{Ag}) + \text{جهد التأكسد المعياري} (\text{Cu})$$

$$= 0,80 + 0,34 = 1,14 \text{ فولت}$$

ملاحظة

إذا تم ضرب نصف التفاعل برقم معين من أجل مساواة عدد الإلكترونات المفقودة والمكتسبة، فلا يترتب على ذلك ضرب قيمة  $E^{\circ}$  لنصف التفاعل بالمعامل نفسه، والسبب في ذلك أن جهود الاختزال من الخواص النوعية للمادة، بحيث لا تعتمد على كمية المادة

مثال :

خلية معيارية أقطابها الخارصين (Zn) ، والكادميوم (Cd)، اعتماداً على جدول جهود الأقطاب المعيارية أجب عن الأسئلة التالية:

أ - أي القطبين يعتبر مصدراً، وأيهما مهبطاً، وما شحنة كل قطب منهما؟

ب - ما هو اتجاه حركة الإلكترونات في هذه الخلية؟

ج - ما هي قيمة جهد الخلية المعيارية؟

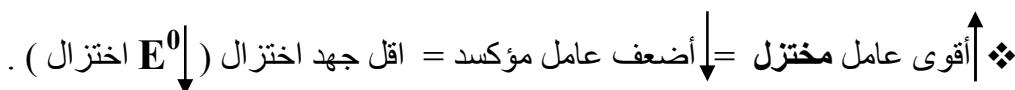
د - أكتب معادلة التفاعل الكلي لهذه الخلية؟

## مقارنة قوة العوامل المؤكسدة والمختزلة

(٢)

تذكير

- الاختزال = عامل مؤكسد
- التأكسد = عامل مخترل



مهم

- دائماً العامل المخترل يكون على يمين معادلة الاختزال.
- دائماً العامل المؤكسد يكون على يسار معادلة الاختزال.

مثال :

اعتماداً على الجدول جهود الاختزال المعيارية أجب عما يلي :-

- أقوى عامل مؤكسد :-
- أقوى عامل مخترل :-
- أضعف عامل مؤكسد :-
- أضعف عامل مخترل :-

مثال :

اعتماداً على الجدول التالي، والذي يبين قيم جهود الاختزال المعيارية لعدد من أنصاف التفاعلات،

أجب عما يلي :-

$E^0$ فولت	نصف التفاعل الاختزالي
١.٦٦-	$Al^{+3} + 3\bar{e} \rightleftharpoons Al$
٠.٧٤-	$Cr^{+2} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Cr$
٠.١٤-	$Sn^{+2} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Sn$
٠.٨٠+	$Ag^+ + \bar{e} \rightleftharpoons Ag$

(١) أي العناصر أكثر ميلاً للاختزال ؟

(٢) أي العناصر أكثر ميلاً للتأكسد ؟

(٣) أقوى عامل مخترل ؟

(٤) أضعف عامل مؤكسد ؟

(٥) اكتب معادلة التأكسد لعنصر الألمنيوم

(٦) احسب  $E^0$  للخلية أقطابها ( $Al, Sn$ )

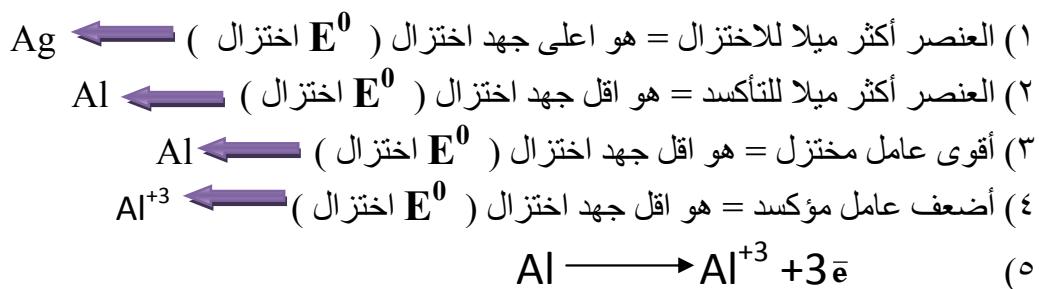
(٧) رتب العناصر حسب قوتها كعامل مخترل تصاعدياً ؟

- ٨) عند وصل نصف خلية من الفضة (Ag) مع نصف خلية آخر من الألمنيوم (Al) لتكوين خلية غلافانية .  
 أ) اكتب معادلة نصف التفاعل الذي يحدث عند كل قطب.  
 ب) أي القطبين يمثل المصعد؟ وما شحنته؟  
 ج) احسب قيمة جهد هذه الخلية؟

- ٩) حدد الفلزين اللذين يكونان خلية غلافانية لها اكبر فرق جهد ؟  
 ١٠) حدد الفلزين اللذين يكونان خلية غلافانية لها اقل فرق جهد ؟

الحل :-

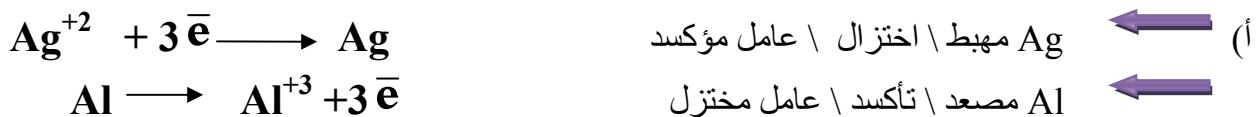
- ✓ خطوات الحل :-  
 - التأكد من كتابة جميع المعادلات على شكل إنصاف تفاعل اختزال .  
 - ترتيب قيم جهد الاختزال التفاعلات من الأقل إلى الأعلى .



٦) جهد الخلية المعياري = جهد الاختزال المعياري (Sn) + جهد التآكسد المعياري (Al)

$$\text{للخلية } E^0 = 1,66 - 0,52 = 1,14 \text{ فولت} \quad \text{Cr}^{+2} > \text{Ag}^+ > \text{Sn}^{+2} > \text{Al}^{+3} \quad ٧$$

٨) بما أن عنصر Ag  $E^0$  اختزال له < من  $E^0$  اختزال Al



ب) المصعد = Al وشحنته سالبة (-) .

ج) جهد الخلية المعياري = جهد الاختزال المعياري (Ag) + جهد التآكسد المعياري (Al)

$$\text{للخلية } E^0 = 1,66 + 0,34 = 2 \text{ فولت} \quad \text{(Cr, Sn) (١) } \quad \text{(Ag, Al) (٩)}$$

إذا أعطيت جهود الأقطاب الخاصة بالتفاعلات النصفية للعديد من المواد، أحب عما يلي :-



فولت (E <sup>0</sup> )	التفاعلات النصفية
٠.٢٥-	$\text{Ni}^{+2} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Ni}$
٠.٨٠+	$\text{Ag}^+ + \bar{\text{e}} \longrightarrow \text{Ag}$
١.٦٦-	$\text{Al}^{+3} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{Al}$
١.٥٠+	$\text{Y}^{+2} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Y}$
صفر	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2$
٠.٧٦-	$\text{Zn}^{+2} + 2\bar{\text{e}} \longrightarrow \text{Zn}$
٠.٤٠+	$\text{X} \longrightarrow \text{X}^{+2} + 2\bar{\text{e}}$
٠.٣٤-	$\text{Cu} \longrightarrow \text{Cu}^{+2} + 2\text{e}^-$

- ١) أيهما أقوى كعامل مؤكسد ( Ni, Zn ) ؟
- ٢) أيهما أضعف كعامل مؤكسد ( Ag, X ) ؟
- ٣) أي العنصرين تقل كتلته في خلية قطبها ( X, Y )
- ٤) الفلزين اللذين يكونان خلية غلفارنية لها اكبر فرق جهد
- ٥) اكتب معادلة التفاعل الكلي في خلية قطبها ( H, Y )
- ٦) احسب E<sup>0</sup> للخلية أقطابها ( Al, Cu )
- ٧) حركة الكترونات في خلية قطبها ( Ni, Zn )
- ٨) الفلزين اللذين يكونان خلية غلفارنية لها اقل فرق جهد
- ٩) رتب العناصر حسب قوتها كعامل مختزل تصاعديا
- ١٠) رتب العناصر حسب قوتها كعامل مؤكسد تصاعديا

الحل:-

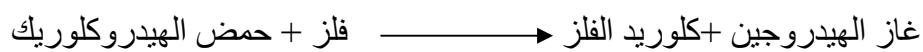
## معلومات مهمة

### المعلومة الأولى

❖ تتفاعل الفلزات مع الحموض مخفي (HCl) حيث تعمل الفرات على اختزال أيونات الهيدروجين ( $H^+$ ) وينتج غاز الهيدروجين.

أدنى الفلزات عوامل مختزلة يحدث لها تأكسد.

والهيدروجين عامل مؤكسد يحدث له اختزال.



﴿ وبما أن  $E^0$  اختزال للهيدروجين = صفر أدنى : - الفرات التي لها جهد اختزال أقل من الهيدروجين تتفاعل مع الحمض وهي  $E^0$  اختزال لها = سالب

- الفرات التي لها جهد اختزال أعلى من الهيدروجين لا تتفاعل مع الحمض وهي  $E^0$  اختزال لها = موجب

أي أن دائماً الهيدروجين يحدث لها اختزال والعنصر الآخر تأكسد لحدوث التفاعل .

### المعلومة الثانية

❖ كل مادة في جدول جهود الاختزال المعيارية تستطيع أكسدة المواد التي فوقها ولا تستطيع أكسدة المواد التي تحتها.

❖ كل مادة في جدول جهود الاختزال المعيارية تستطيع اختزال المواد التي تحتها ولا تستطيع اختزال المواد التي فوقها.

أي أن كل مادة في جدول جهود الاختزال المعيارية تستطيع أكسدة المواد التي فوقها واحتلال المواد التي تحتها.

### المعلومة الثالثة

❖ عند حفظ محلول في وعاء أو تحريك محلول بمادة ما .

لحدوث التفاعل بينهم دائماً محلول يحدث له (اختزال) والمادة يحدث لها تأكسد (تأكسد)

دائماً لحفظ محلول في وعاء أو تحريك محلول بمادة ما هو عدم حدوث التفاعل حتى لا يذوب الوعاء او مادة تحريك.

مثال :

أجب عما يلي :-

نصف التفاعل		$E^\circ$ (فولت)
$Mg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Mg$		٢,٣٧ -
$I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-$		٠,٥٣ +
$Cl_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2Cl^-$		١,٣٦ +
$Na^+ + e^- \rightleftharpoons Na$		٢,٧١ -
$Al^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Al$		١,٦٦ -
$Br_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2Br^-$		١,٠٦ +

- اعتماداً على الجدول التالي، والذي يبين قيم جهود الاختزال المعيارية لعدد من أنصاف التفاعلات،
- ١) أي العناصر الآتية (  $Cl_2$  ،  $Br_2$  ،  $I_2$  ) أقوى كعامل مؤكسد
  - ٢) هل يمكن حفظ قطعة مغنيسيوم في محلول  $Al(NO_3)_3$
  - ٣) اذكر عنصرين يستطيعان أكسدة الألمنيوم واحتزال الكلور
  - ٤) ما هي العناصر التي تأكسد الصوديوم
  - ٥) ما هي العناصر التي لا تخترزل اليود
  - ٦) هل نستطيع حفظ محلول  $NaNO_3$  في وعاء الألمنيوم
  - ٧) ما هي العناصر التي تستطيع ان تتفاعل مع حمض  $HCl$  وتحرر غاز الهيدروجين
  - ٨) ما هي العناصر التي لا تستطيع تتفاعل مع حمض  $HCl$  ولا تحرر غاز الهيدروجين
  - ٩) ما هي العناصر التي يستطيع اليود احتزالتها
  - ١٠) ما هي العناصر التي لا تستطيع أكسدة ايونات الألمنيوم
  - ١١) هل يمكن تحريك أحد أملاح  $Cl$  بملعقة من  $Na$

الحل:-

- (٤) (٣) (٢) لا  $Cl_2$  (١)
- (٨) (٧) (٦) (٥)
- (١١) (١٠) (٩)

مثال :

مستعيناً بجدول جهود الاختزال المعيارية أجب عن الأسئلة التالية:

١- حدد العبارة الصحيحة فيما يلي:

الجواب

السؤال

أ)  $H_2$  يستطيع اختزال  $Ag^+$ . ← نعم (صحيح)، لأن جهد اختزال الفضة أكبر منه للهيدروجين فيحدث للفضة اختزال.

ب) Au يستطيع اختزال  $Cu^{+2}$ . ← لا (خطأ)، لأن جهد اختزال الذهب أكبر من جهد اختزال النحاس، والمفروض أن يحدث الإختزال للذهب وليس للنحاس.

ج)  $Pb^{+2}$  يستطيع أكسدة Ni. ← نعم (صحيح)، لأن جهد اختزال الرصاص أكبر من جهد اختزال النيكل فيحدث للرصاص اختزال ويتأكسد (Ni).

٢- هل يمكن تحريك محلول نترات الفضة  $AgNO_3$  بملعقة من لقصدير Sn؟

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

٤- هل يمكن حفظ احد املاح الكوبالت Co في وعاء منصنوع من Cu؟

٥- أي من الاتية (Cu, Sn, Ag) يذوب في محلول HCl المخفف؟

٦- أي من الاتية (Cu, Zn, Al) لا يذوب في أملاح Mn؟

٧- إلى أي وعاء تتحرك الايونات الموجبة من القنطرة الملحية في خلية غلافانية قطباها Mn و Zn؟

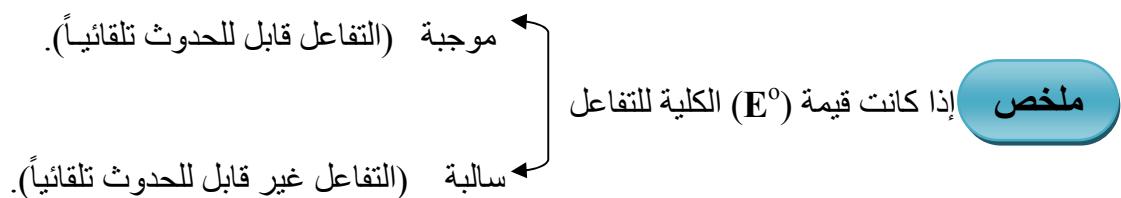
٨- ما العنصر الذي يستطيع أكسدة النحاس Cu ولا يستطيع أكسدة ايونات الحديد  $Fe^{+2}$

٩- ما هو الفلز الذي يذوب في محلول HCl المخفف ولا يخترزل  $Sn^{+2}$ ؟

### تحديد تلقائية حدوث تفاعلات التأكسد والاختزال وعدم تلقائيتها

(٣)

- ❖ يمكن التنبؤ بإمكانية حدوث تفاعلات التأكسد والاختزال في الظروف المعيارية عن طريق حساب  $E^{\circ}$  (للتفاعل:-)
  - إذا كانت قيمة  $(E^{\circ})$  موجبة، فهذا يدل على أن تفاعل التأكسد والاختزال يحدث تلقائياً (ينتج طاقة).
  - إذا كانت قيمة  $(E^{\circ})$  سالبة، فهذا يدل على أن تفاعل التأكسد والاختزال لا يحدث تلقائياً (يحتاج لطاقة).



بين فيما إذا كان الخارصين  $(Zn)$  يختزل أيونات  $(Fe^{+2})$  أم لا ؟

هذا السؤال يتطلب الإجابة مع توضيح.

**مهم**

الحل:- نعم .

التوضيح:- من نص السؤال يتضح انه سيحدث اختزال لأيونات  $(Fe^{+2})$ ، وحدث للخارصين  $(Zn)$  تأكسد.

جهد الخلية المعياري = جهد الاختزال المعياري  $(Fe^{+2})$  + جهد التأكسد المعياري  $(Zn)$

$$E^{\circ}_{\text{للحالية}} = -0,76 + 0,32 \text{ فولت}$$

وبما أن قيمة  $(E^{\circ})$  الكلية موجبة القيمة فالتفاعل المفترض قابل للحدث.

مثال :

بين فيما إذا كان الخارصين  $(Zn)$  يختزل أيونات  $(Al^{+3})$  أم لا ؟

الحل:-

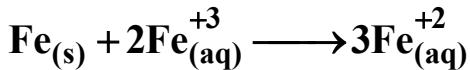
هل يمكن تحضير  $(Br_2)$  بأكسدة أيونات  $(Br^-)$  بوساطة  $(Cl_2)$  كعامل مؤكسد ؟

مثال :

الحل:-

مثال :

هل يستطيع الحديد (Fe) اخترال أيون الحديد ( $\text{Fe}^{+3}$ ) إلى ( $\text{Fe}^{+2}$ ) في وسط مائي وفق المعادلة الآتية؟



علمًاً بأن التفاعلات النصفية هي:



الحل:- نعم.

التوضيح:- من نص السؤال يتضح انه سيحدث اخترال لأيونات ( $\text{Fe}^{+3}$ ), وحدوث للحديد (Fe) تأكسد.

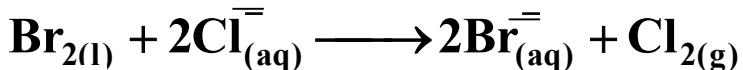
جهد الخلية المعياري = جهد الاختزال المعياري ( $\text{Fe}^{+3}$ ) + جهد التأكسد المعياري (Fe) ←

$E^{\circ}_{\text{للحلية}} = 0.44 + 0.77 = 1.22 \text{ فولت}$  ←

وبما أن قيمة ( $E^{\circ}$ ) الكلية موجبة القيمة فالتفاعل المفترض قابل للحدوث. ←

مثال :

وضح إمكانية حدوث التفاعل الآتي في الظروف المعيارية؟



الحل:- لا .

التوضيح:- من نص السؤال يتضح انه سيحدث اخترال لأيونات ( $\text{Br}_2$ ), وحدوث للحديد (Cl<sup>-</sup>) تأكسد.

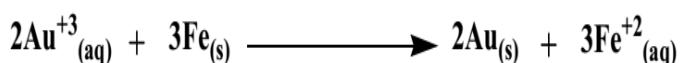
جهد الخلية المعياري = جهد الاختزال المعياري ( $\text{Br}_2$ ) + جهد التأكسد المعياري (Cl<sup>-</sup>) ←

$E^{\circ}_{\text{للحلية}} = -0.30 + 1.36 = 1.06 \text{ فولت}$  ←

وبما أن قيمة ( $E^{\circ}$ ) الكلية سالبة القيمة فالتفاعل المفترض غير قابل للحدوث. ←

مثال :

وضح إمكانية حدوث التفاعل الآتي في الظروف المعيارية؟



هل يمكن حفظ كبريتات الباردسين في وعاء مصنوع من مادة الألمنيوم؟ فسر إجابتك

مثال :

## تذكرة

- دائمًا محلول يحدث له (اخترال) والمادة يحدث لها تأكسد (تأكسد).
- وهنا هي هذه الأسئلة يجب أن نضمن عدم حدوث التفاعل بين محلول والمادة.

الحل:- لا يمكن حفظ .

التوضيح:- من نص السؤال يتضح انه سيحدث اخترال لأيونات محلول (**Zn**)، وحدوث لالألمنيوم (**Al**) تأكسد.

$$\text{جهد الخلية المعياري} = \text{جهد الاختزال المعياري} (\text{Zn}) + \text{جهد التأكسد المعياري} (\text{Al})$$

$$E^{\circ}_{\text{للخلية}} = -1,66 + 0,76 = 0,94 \text{ فولت}$$

وبما أن قيمة ( $E^{\circ}$ ) الكلية موجبة القيمة فالتفاعل المفترض قابل للحدوث، وبالتالي لا يمكن حفظ كبريتات الباردسين في وعاء مصنوع من مادة الألمنيوم.

مثال :

هل يمكن تحريك محلول نترات الفضة بملعقة منnickel؟ فسر إجابتك

مثال :

بين فيما إذا كان يمكن حفظ محلول يحتوي على أيونات ( $\text{Ni}^{+2}$ ) في وعاء من الألمنيوم؟

**مثلاً :** هل تتوقع حدوث تفاعل كيميائي بين فلز الكادميوم وحمض الهيدروكلوريك المخفف؟ فسر إجابتك

دائماً الهيدروجين يحدث لها اختزال والعنصر الآخر تأكسد لحدث التفاعل.

### تذكير

الحل: - نعم.

**التوضيح:** - من نص السؤال يتضح انه سيحدث اختزال لأيونات محلول  $\text{HCl}$ ، وحدث للألمنيوم ( $\text{Cd}$ ) تأكسد.

جهد الخلية المعياري = جهد الاختزال المعياري ( $\text{H}$ ) + جهد التأكسد المعياري ( $\text{Cd}$ )

$$\text{E}^{\circ}_{\text{للحالية}} = \text{صفر} + ٤٠ \text{ فولت}$$

وبما أن قيمة ( $\text{E}^{\circ}$ ) الكلية موجبة القيمة فالتفاعل المفترض قابل للحدث، يستطيع عنصر الكادميوم اختزال أيون الهيدروجين، وإطلاق غاز الهيدروجين.

**مثلاً :**

تدوب بعض الفلزات في محلول مخفف لحمض الهيدروكلوريك ( $\text{HCl}$ )، وينطلق غاز ( $\text{H}_2$ )، استعمل قيم ( $\text{E}^{\circ}$ ) للتبرؤ عن إمكانية حدوث تفاعل عن وضع سلك من كل من الفلزات الآتية في محلول الحمض بتركيز (١مول/لتر):

د - نيكل.

ج - نحاس

ب - خارصين

أ - فضة

مثال :

ب) تم إجراء سلسلة من التجارب على الفلزات (A ، X ، Q ، D) ولوحظ ما يلي:

- ترسبت ذرات A عند وضع قطعة من D في محلول يحتوي  $A^{2+}$ .

- يتصاعد غاز  $H_2$  عند وضع سلك من مادة Q في محلول HCl المخفف.

- عند تحريك محلول يحتوي  $Q^{2+}$  بملعقة من A ترسبت ذرات Q.

- لا يتفاعل سلك من X في محلول HCl المخفف.

اعتماداً على الملاحظات، أجب بما يأتى:

١) في خلية غلفانية قطباها من A و D أي القطبين تزداد كتلته؟

٢) هل يمكن حفظ محلول أحد أملاح Q في وعاء مصنوع من مادة D؟

٣) هل تستطيع أيونات  $X^{2+}$  أكسدة ذرات العنصر A؟

٤) في خلية غلفانية قطباها X و Q ما اتجاه حركة الإلكترونات عبر الأسلاك؟

٥) في خلية غلفانية قطباها Q و A أيهما يمثل المهبط؟

٦) حدّد الفلزين اللذين يكونان خلية غلفانية لها أعلى فرق جهد.



## أثر الترکیز علی جهد الخلیة (معادلة نیرنست)

- ❖ يتأثر جهد الخلية الغلافانية بعدة عوامل، ومن أهم هذه العوامل تراكيز الأيونات داخل الخلية.
- ❖ استطاع العالم نيرنست إيجاد علاقة يمكن من خلالها حساب جهد الخلية الغلافانية عند تراكيز أيونات مختلفة عند درجة حرارة (25°C) حيث توصل إلى العلاقة التالية :-

$$E_{\text{خلية}}^{\circ} = \frac{-0.0592}{Q}$$

حيث:

$E_{\text{خلية}}$  : جهد الخلية بالفولت عند تغيير قيمة الترکیز عن القيمة المعيارية.

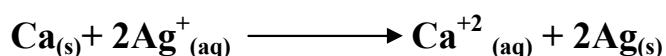
$n$  : عدد الإلكترونات المنتقلة خلال التفاعل حسب المعادلة الموزونة.

$Q$  : حاصل قسمة تراكيز المواد الناتجة على التراكيز المواد المتفاعلة، كما يعبر عنها في علاقة ثابت الإتزان.

### ملاحظة

لحساب ( $Q$ ) يتم قسمة تراكيز المواد الأيونية الناتجة على تراكيز المواد الأيونية المتفاعلة، كل منها مرفوع إلى معاملها في المعادلة الكيميائية الموزونة. يستثنى من ذلك المواد في حالتها الصلبة والسائلة.

احسب قيمة ( $Q$ ) للتفاعل الآتي:-



مثال :

إذا علمت أن ترکیز ( $\text{Ca}^{+2}$ ) يساوي (0.15 مول/لتر) وترکیز ( $\text{Ag}^{+}$ ) يساوي (0.2 مول/لتر)

$$Q = \frac{[0.15]^1}{[0.2]^2} = \frac{[0.15]}{[0.2]^2} = \frac{[0.15]}{[0.04]} = \frac{0.15}{0.04} = 3.75 \text{ مول/لتر}$$

احسب قيمة ( $Q$ ) للتفاعل الآتي:-

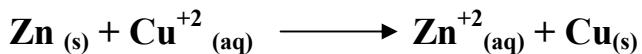


مثال :

إذا علمت أن ترکیز ( $\text{Fe}^{+2}$ ) يساوي (0.1 مول/لتر) وترکیز ( $\text{Au}^{+3}$ ) يساوي (0.04 مول/لتر)

مثال :

احسب جهد الخلية الجافانية الآتية، عند درجة حرارة (25°C)، إذا علمت أن تركيز أيونات الخارصين ( $Zn^{+2}$ ) في محلول ( $1 \times 10^{-4}$  مول/لتر) وتركيز أيونات النحاس ( $Cu^{+2}$ ) يساوي ( $1 \times 10^{-6}$  مول/لتر):



وما أثر تغير هذا التركيز عن التركيز المعياري في تلقائية حدوث هذا التفاعل  
الحل:-

### خطوات الحل :-

١) نكتب التفاعلات النصفية للتفاعل، بقسمة معادلة التفاعل الكلي إلى نصفين، وذلك بهدف تحديد عدد الإلكترونات المتنقلة في التفاعل كما يلي:



نلاحظ أن عدد الإلكترونات المتنقلة (n) = ٢

٢) نحسب من معادلة التفاعل الكلي قيمة (Q) كما يلي:

$$Q = \frac{10 \times 1}{0,1} = \frac{10}{10^{-4}} \text{ مول/لتر} \quad \leftarrow \quad \frac{[Zn^{+2}]}{[Cu^{+2}]} = Q$$

٣) نحسب قيمة (E) للخلية من جدول جهود الاختزال المعيارية كما يلي:



$$= 0.34 + 0.76 = 1.1 \text{ فولت}$$

٤) نعرض الآن في معادلة نيرنست فنحصل على الإجابة النهائية كما يلي:

$$Q_{\text{للخلية}} = (E^0)_{\text{للخلية}} - \frac{0,0592}{n} \text{ لو}$$

$$(E)_{\text{للخلية}} = 1.1 - \frac{0,0592}{2} \text{ لو} (10^{-4})$$

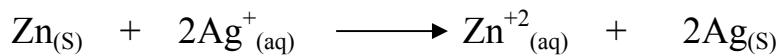
$$= 1.1 - 0.0296 = 0.4 (-)$$

$$= 1.1 + 0.1184 = 1.22 \text{ فولت}$$

- عند مقارنة قيمة  $(E^0)$  مع قيمة  $(E)$  نلاحظ أن قيمة  $(E^0)$  للخلية، أي أن تغير تراكيز الخلية الجلفانية المعيارية إلى التراكيز الحالية أدى إلى زيادة تلقائية حدوث التفاعل.

احسب  $(E^0)$  للخلية الجلفانية التي يحدث فيها التفاعل التالي:

مثال :

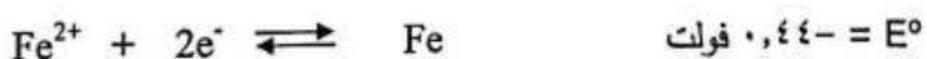


ثم احسب جهد الخلية عندما يكون تركيز أيونات الفضة  $(\text{Ag}^+)$  في المحلول  $(2 \times 10^{-3}$  مول/لتر) بينما يكون تركيز أيونات الخارصين  $(\text{Zn}^{+2})$   $(0.2$  مول/لتر)، عند  $(25^\circ\text{C})$ ، ثم بين هل يزداد ميل التفاعل للحدث بشكل تلقائي أم يقل؟ لو  $E = 0.3$  و اعتبر قيمة ثابت نيرنيست يساوي  $6.0 \times 10^5$ .

الحل:-

مثال :

ادرس معادلتي نصفية التفاعل وجهود الاختزال المعيارية لكل منها ثم أجب عن الأسئلة التي تليها:



- ١- احسب جهد الخلية الغلافانية  $E$  عندما يكون  $[\text{Fe}^{2+}] = [\text{Ag}^+] = 1,0 \text{ مول/لتر}$   
 (اعتبر قيمة ثابت نيرنست = ٦٠٠٦)

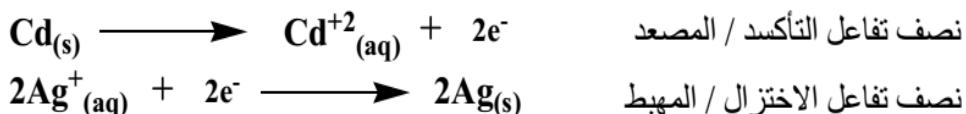
مثال :

إذا علمت أن المعادلة الآتية تمثل التفاعل الحادث في إحدى الخلايا الجلفانية عند (٢٥ س) :



- ١- احسب قيمة ( $E^0$ ) للخلية بالاعتماد على جدول جهود الاختزال المعيارية؟
- ٢- إذا كان جهد الخلية يساوي (١.٢٠٧ فولت)، عندما يكون تركيز أيونات الفضة (١.٠ مول/لتر)، احسب تركيز أيونات الكادميوم ( $\text{Cd}^{+2}$ ) في محلول؟

الحل:-



$$n = 2 \quad \Longleftrightarrow$$

$$E^0_{\text{ الخلية}} = 0,40 + 0,80 = 1,20 \text{ فولت} \quad \Longleftrightarrow$$

$$Q = E^0_{\text{ الخلية}} - \frac{1,20 \times 592}{n} \text{ لو} \quad \Longleftrightarrow$$

$$Q = \frac{1,20 \times 592}{2} - 1,20 = 1,207 \quad \Longleftrightarrow$$

$$0,58 = Q \quad \Longleftrightarrow$$

$$\frac{[Cd^{2+}]}{(1,0 \times 1)} = \frac{[Cd^{2+}]}{[Ag^+]} = 0,58 \quad \Longleftrightarrow$$

$$[Cd^{2+}] = 0,58 \times 1,0 \times 5,8 = 3,3 \text{ مول / لتر.} \quad \Longleftrightarrow$$

❖ يصل التفاعل في الخلية الغلافانية إلى حالة الإتزان عندما تصبح قيمة ( $E_{\text{للخلية}}$ ) تساوي صفر ، وفي هذه الحالة تصبح قيمة ( $Q$ ) متساوية لقيمة ثابت الاتزان للتفاعل ( $K$ ).

❖ تصبح معادلة نيرنست عند الإتزان كما يلي:-

$$\text{صفر} = \frac{E^{\circ}_{\text{للخلية}} - 0,0592}{n} \text{ لو } K$$

$$K = \frac{0,0592}{n} \text{ لو } E^{\circ}_{\text{للخلية}} \leftarrow$$

احسب ثابت الاتزان ( $K$ ) في الخلية الجلفانية التي أقطابها ( $\text{Cu} , \text{Zn}$ )، إذا علمت أن جهدها المعياري يساوي (١.١ فولت)؟ علما بأن  $10^{-2} = 0.1$  و اعتبر قيمة ثابت نيرنست يساوي ٦٠.

مثال :

الحل:-

$$K_{\text{للخلية}} = \frac{0,06}{n} \text{ لو } E$$

$$K = \frac{0,06}{2} = 0.03$$

$$K = \frac{2 \times 1,1}{0,06} = 37,2$$

$$37,2 = \frac{2 \times 1,1}{0,06} = K$$

## الخلايا التحليل الكهربائي

❖ **التحليل الكهربائي:** هو عملية إمداد التيار الكهربائي في محليل أو مصاہير المواد الأيونية.

لا يحدث فيها التفاعل تلقائيا ( $E^0 = \text{سالبة}$ ).

المصعد | تأكسد | موجب.

المهبط | اختزال | سالب.

يستخدم أقطاب الغرافيت أو البلاتين

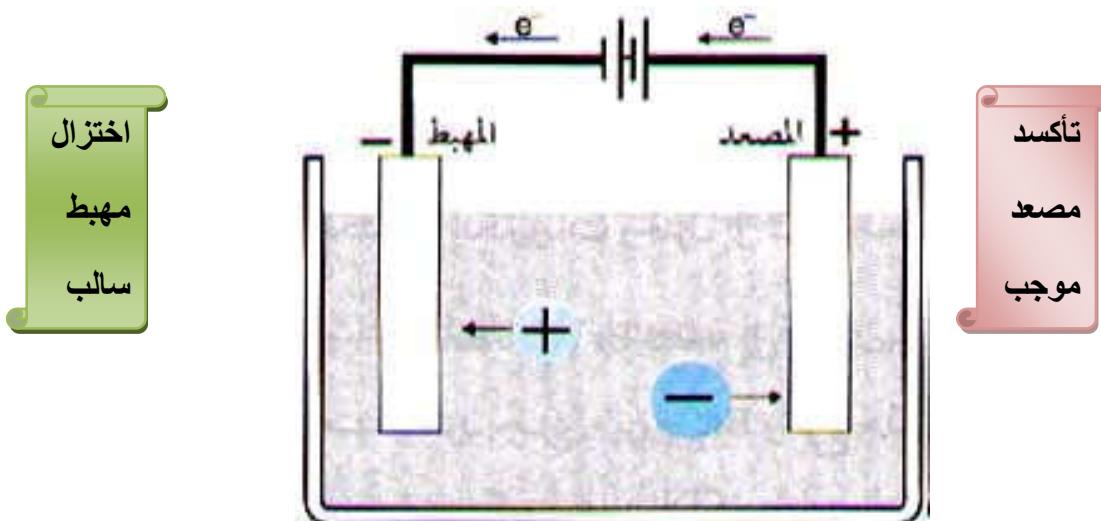
**ملاحظة**

المحلول أو مصهور :- هي مواد تحتوي على أيونات سالبة و موجبة

❖ ماذا سيحدث عند تمرير تيار كهربائي في محلول أو مصهور؟

✓ تتجذب الأيونات الموجبة بإتجاه القطب السالب ويحدث لها اختزال وتحول إلى ذرات متعادلة.

✓ تتجذب الأيونات السالبة بإتجاه القطب الموجب ويحدث لها تأكسد وتحول إلى ذرات متعادلة.



حركة الأيونات الموجبة والسلبية في خلية التحليل الكهربائي

قارن بين الخلية الغلفانية وخلية التحليل الكهربائي ؟

مثال :

خلية التحليل	الخلية الغلفانية	وجه المقارنة
كهربائية إلى كيميائية	كيميائية إلى كهربائية	تحولات الطاقة
موجبة	سالبة	شحنة المصعد
سالبة	موجبة	شحنة المهبط
سالبة	موجبة	إشارة ( $E^{\circ}$ )
غير تلقائي	تلقائي	التلقائية

#### ❖ أنواع التحليل الكهربائي :-

١) التحليل الكهربائي لمصاہير المركبات الأيونية.

٢) التحليل الكهربائي لمحاليل المركبات الأيونية.

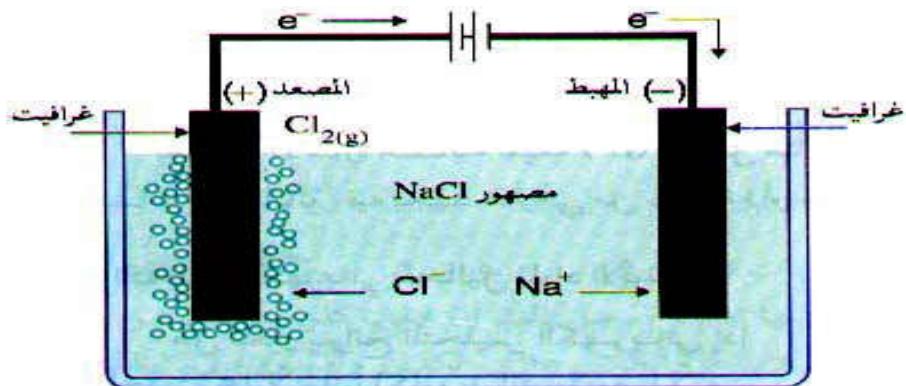
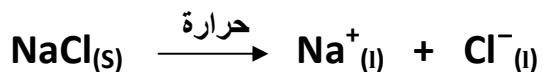
### أولاً :- التحليل الكهربائي لمصاہير المركبات الأيونية

❖ المصهور :- هو مادة الصلبة تعرضت إلى درجة حرارة مرتفعة لتحويلها إلى مادة أيونية (+، -).

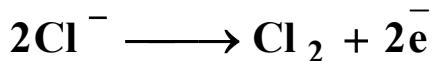
عملية التحليل الكهربائي لمصهور ملح الطعام (كلوريد الصوديوم  $\text{NaCl}$ ).

مثال :

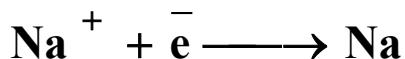
✓ عند صهر كلوريد الصوديوم  $(\text{NaCl})$  فإنها يتفكك وفقاً للمعادلة التالية:-



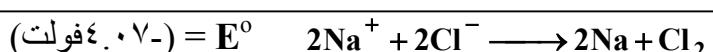
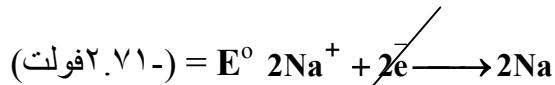
✓ عند المتصعد (الموجب) :- تتجذب إليه الأيونات الكلور السالبة ( $\text{Cl}^-$ ) ، ويحدث لها تأكسد.



✓ عند المهبط (السالب) :- تتجذب إليه الأيونات الصوديوم الموجبة ( $\text{Na}^+$ )، ويحدث لها اختزال.



✓ التفاعل الكلي :- نجمع التفاعلات النصفية التي حدثت على الأقطاب، بعد ضرب تفاعل الصوديوم بـ(٢) بهدف جعل عدد الإلكترونات المكتسبة مساوياً لعدد الإلكترونات المفقودة كما يلي:



- نلاحظ أن فولتبية التفاعل الكلي (سالبة القيمة)، وهذا يعني أن هذا التفاعل لا يمكن حدوثه تلقائياً، ولكننا جعلناه ممكناً للحدوث، عندما زودناه بمصدر تيار كهربائي خارجي، فولتيته أكبر من (+٠٧٤ فولت).

#### ✓ نواتج التحليل :-

- ١- تجمع ذرات الصوديوم ( $\text{Na}$ ) على المتصعد.
- ٢- تصاعد غاز الكلور ( $\text{Cl}_2$ ) على المهبط.

مثال :

أكتب التفاعل الكلي عند إجراء عملية التحليل الكهربائي لمصهور بروميد البوتاسيوم ( $\text{KBr}$ )، ثم احسب القوة الدافعة الكهربائية اللازمة لذلك و أذكر نواتج التحليل؟

ما نواتج التحليل الكهربائي لمصهور هيدريد الليثيوم ( $\text{LiH}$ )؟ وضح إجابتك من خلال المعادلات.

مثال :

١) ما نواتج التحليل الكهربائي عند المصعد لمصهور أكسيد المغنيسيوم ( $\text{MgO}$ )؟

مثال :

٢) أكتب التفاعل الحادث على المهبط في خلية التحليل الكهربائي لمصهور  $\text{CoI}_2$

٣) ما المادة الناتجة في خلية التحليل الكهربائي عند المهبط لمزيج من مصهوري  $\text{CuBr}_2$  ،  $\text{ZnBr}_2$  ؟

٤) ما المادة الناتجة في خلية التحليل الكهربائي عند المصعد لمزيج من مصهوري  $\text{AgCl}$  ،  $\text{ZnBr}_2$  ؟

## ثانياً:- التحليل الكهربائي لمحاليل المركبات الأيونية

❖ المحلول:- هو مادة صلبة ذائبة في مادة سائلة (الماء) فتحولت إلى مادة أيونية (+، -).

### **معلومات هامة عند تحليل الكهربائي للمحلول !**



- هنا الماء ينافس أيونات المادة عند المهبط والمصعد.

#### **✓ عند المصعد :-**

- عند وجود أكثر من تفاعل محتمل عند المصعد، فإن التفاعل الذي يحدث هو من يكون جهد اختزاله أقل.

○ الأيونات ( $H^-$  ،  $I^-$ ،  $Br^-$ ،  $Cl^-$ ) يحدث لها تأكسد في المحلول المائي.

○ المجموعات الأيونية ( $F^-$  ،  $NO_3^-$ ،  $SO_4^{2-}$ ) لا يحدث لها تأكسد في المحاليل المائية.

#### **✓ عند المهبط :-**

- عند وجود أكثر من تفاعل محتمل عند المهبط، فإن التفاعل الذي يحدث هو من يكون جهد اختزاله أعلى.

○ الأيونات الموجبة لفلزات العناصر الانتقالية ( $Pt^{+2}$ ,  $Cd^{+2}$ ,  $Ag^+$ ,  $Cu^{+2}$ ) يحدث لها اختزال عند المهبط في محاليلها المائية.

○ الأيونات الموجبة لفلزات العناصر ( $Al^{+3}$  ,  $Na^+$  ,  $Mg^{+2}$ ) لا يحدث لها اختزال عند المهبط في محاليلها المائية.

• تفاعل الماء على المهبط  $2H_2O + 2\bar{e}^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$  اختزال = (-٨٣ فولت)

• تفاعل الماء على المصعد  $2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4\bar{e}$  تأكسد = (-٢٣ فولت)

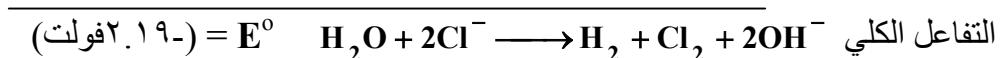
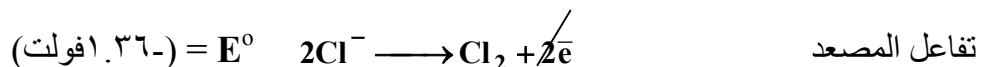
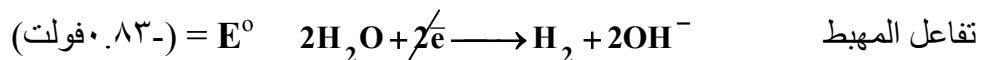
مثال :

ما نواتج التحليل الكهربائي لمحول يوديد البوتاسيوم (NaCl)؟ وضح إجابتك من خلال المعادلات.

الحل:-

- يحتوي محلول يوديد البوتاسيوم (NaCl) على أيونات (Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>)، وعند تمرير التيار الكهربائي

- يتأكسد (Cl<sup>-</sup>) عند المصعد.
- اختزال الماء عند المهبط.



- نواتج التحليل الكهربائي:-

- تصاعد غاز (H<sub>2</sub>) على المهبط.
- تصاعد غاز (Cl<sub>2</sub>) على المصعد.

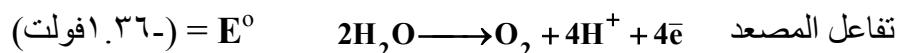
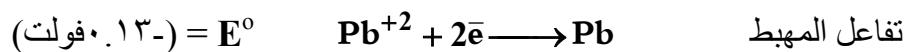
ما نواتج التحليل الكهربائي لمحول يوديد البوتاسيوم Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>? وضح إجابتك من خلال المعادلات.

مثال :

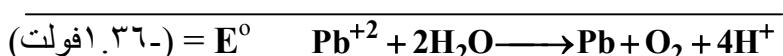
الحل:-

- يحتوي محلول يوديد البوتاسيوم Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> على أيونات (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Pb<sup>+2</sup>)، وعند تمرير التيار الكهربائي

- تأكسد الماء عند المصعد.
- اختزال (Pb<sup>+2</sup>) عند المهبط.



وبما أن عدد الإلكترونات المفقودة لا يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة، نضرب معادلة المهبط ب(2) بهدف الموازنة فتصبح المعادلات كما يلي:



- نواتج التحليل الكهربائي:-
- تجمع الرصاص (**Pb**) على المهبط.
- تصاعد غاز الأكسجين (**O<sub>2</sub>**) على المصعد

مثال :

ما نواتج التحليل الكهربائي لمحلول يوديد البوتاسيوم ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )؟ وضح إجابتك من خلال المعادلات

مثال :

ما نواتج التحليل الكهربائي لمحلول يوديد البوتاسيوم ( $\text{NaBr}$ )؟ وضح إجابتك من خلال المعادلات

١) ما الناتج لخلية التحليل الكهربائي عند المصعد لمحلول أكسيد المغنيسيوم ( $MgO$ ) ؟  
عما بأن  $E^0$  اختزال للماء = -٠,٨٣ فولت ،  $E^0$  احتزال للاكسجين = ١,٢٣ فولت

٢) أكتب التفاعل الحادث على المهبط في خلية التحليل الكهربائي لمحلول  $CoI_2$

٣) ما المادة الناتجة في خلية التحليل الكهربائي عند المصعد لمحلول  $MgH_2$  ؟  
عما بأن  $E^0$  تأكسد للماء = -٠,٨٣ فولت

٤) حدد الغاز المتتصاعد في خلية التحليل الكهربائي عند المهبط لمحلول  $MgCl_2$  ؟

٥) أي الايونين يحدث له اختزال في خلية التحليل الكهربائي ( $Mn^{+2}$ ,  $Pb^{+2}$ ) لا يمكن احتزاليه بالتحليل الكهربائي لمحاليل املاحه ؟ ( $E^0$  اختزال للماء = -٠,٨٣ )

٦) عنصر افتراضي توجد أيوناته ثنائية موجبة ما التفاعل الحادث عند المهبط في خلية تحليل كهربائي لمحاليل املاحه ؟ عما بأن ( $E^0$  تأكسد للماء >  $E^0$  تأكسد A) .

٧) هل يمكن الحصول على المغنيسيوم والألمنيوم بالتحليل الكهربائي لمحلول أحد أملاحها، فسر ذلك

## التطبيقات العملية للتحليل الكهربائي

❖ هناك العديد من التطبيقات العملية على التحليل الكهربائي منها :

- ٣) تنقية الفلزات من الشوائب.
- ٢) استخلاص الألمنيوم.
- ١) الطلاء الكهربائي.

### ١) الطلاء الكهربائي:-

❖ يتم طلاء بعض الفلزات والمعادن، بطبقة رقيقة من فلز آخر بعملية التحليل الكهربائي، وذلك بهدف:

- ١- حماية المادة المراد طلاؤها من التآكل.
- ٢- إكسابها مظهراً جميلاً.

❖ وتنتمي عملية الطلاء الكهربائي بالخطوات التالي:

- ١- نضع المادة المراد طلاؤها على القطب السالب للبطارية " على المهبط"
- ٢- نضع صفيحة من المادة التي نريد الطلاء بها على القطب الموجب للبطارية "على المصعد"
- ٣- نغمس قطبي الخلية في محلول يحتوي على أيونات لنفس المادة التي نريد الطلاء بها.
- ٤- نصل الدارة الكهربائية " نصل الأقطاب الكهربائية بالبطارية".

طلاؤها = سالب | مهبط.

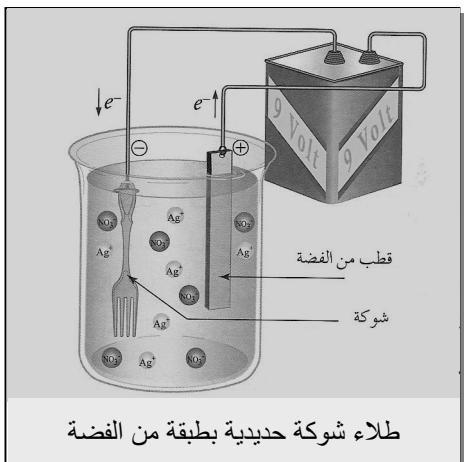
طلاء بها = موجب | مصعد .

المحلول = طلاء بها .

**ملخص**

مثال :

لإجراء عملية طلاء ملعقة من الحديد بطبيعة من الفضة .



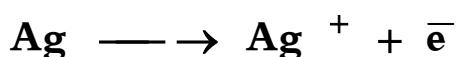
١- نربط ملعقة الحديد بالقطب السالب للبطارية "المهبط".

٢- نربط صفيحة من الفضة بالقطب الموجب للمحطة "المصعد".

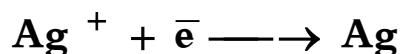
٣- نغمس القطبين بمحلول يحتوي على أيونات الفضة ( $\text{Ag}^{+1}$ ) مثل نترات الفضة ( $\text{AgNO}_3$ ).

٤- نصل الدارة الكهربائية، كما في الشكل المجاور.

- عند المصعد :-

يحدث تأكسد لذرات الفضة ( $\text{Ag}$ ) وتتحول لأيونات فضة ( $\text{Ag}^+$ ) تذوب في المحلول.

- عند المهبط:-

يحدث اختزال لأيونات ( $\text{Ag}^+$ ) وتترسب بذلك الفضة على شكل ذرات فضة ( $\text{Ag}$ ) فوق ملعقة الحديد.

مثال :

عند عملية الطلاء الكهربائي لملعقة من الحديد بمادة الكروم . وايونات كل منهم ثنائية موجبة

١) حدد مادة المصعد.

٢) حدد مادة المهبط.

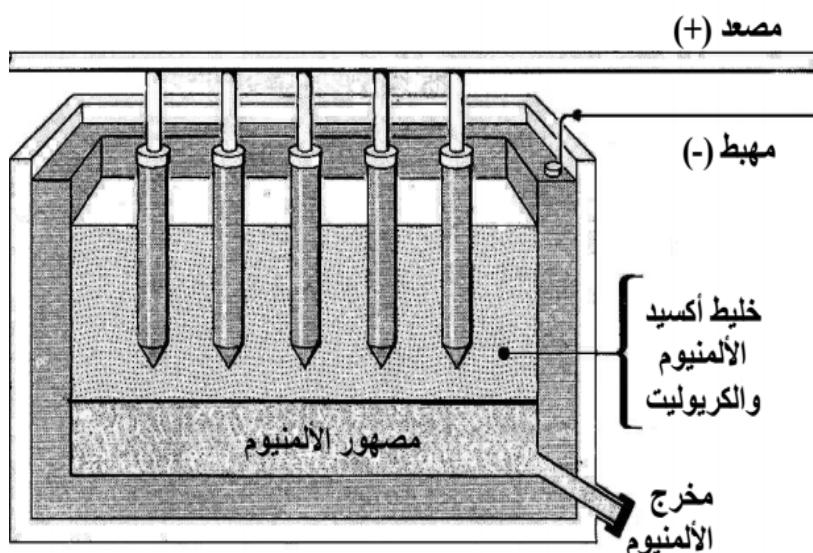
٣) أكتب صيغة محلول المناسب.

٤) أكتب معادلة التفاعل عند كل قطب

## ٢) استخلاص الألمنيوم:-

❖ هناك عدة طرق لاستخلاص الألمنيوم من خاماته، ومن أهمها خام البوكسيت (أكسيد الألمنيوم المائي) ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ).

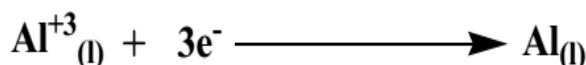
❖ من أهم طرق استخلاص الألمنيوم هي طريقة العالمان (هول و هيروليت) في استخلاص الألمنيوم بالتحليل الكهربائي لمصهور أكسيد الألمنيوم ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) وفيما يلي توضيح لهذه الطريقة:



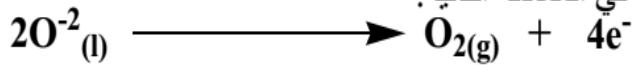
❖ تكون خلية التحليل من خلية من الحديد مبطنة من الداخل بطبقة من الغرافيت كمهبط، ويكون المصعد عبارة عن قسبان من الغرافيت متصلة مع بعضها البعض ومغمورة في مصهور الألمنيوم.

✓ ملاحظة:- يتم خلط أكسيد الألمنيوم مع مادة الكيروليت ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) لخفض درجة الحرارة من ( $2050^{\circ}\text{C}$ ) إلى ( $1000^{\circ}\text{C}$ ).

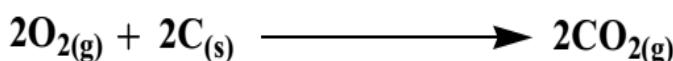
❖ عند مهبط الخلية:- يتم اخترال أيونات الألمنيوم ( $\text{Al}^{3+}$ )، ويكون الألمنيوم المنصهر الذي يهبط أسفل الخلية، ويتم سحبه من مخرج خاص، كما في المعادلة التالية:-



❖ عند مصعد الخلية:- يتم تأكسد أيونات الأكسجين ( $\text{O}^{2-}$ )، كما في المعادلة التالية:-



حيث يتفاعل جزء من غاز الأكسجين المنطلق مع قسبان الغرافيت منتجًا ثاني أكسيد الكربون ( $\text{CO}_2$ )، مما يؤدي إلى تأكل القسبان تدريجياً، مما يستدعي استبدالها بشكل دوري.



❖ يمكن تمثيل التفاعل الكلي للخلية بالمعادلة التالية:-

