التأكســـــد والاختـــــــــــــزال / الـفصـــل الأول

◄◄ أولاً : مفهوم التأكسد والإختزال :

بداية تم تعريف **التأكسد** بأنه تفاعل المادة مع الأكسجين :

$$4Fe + 3O_2 \longrightarrow 2Fe_2O_3$$

أما **الاختزال** فهوعملية نزع الأكسجين من مركب كما في استخلاص الفلزات الحرة من خاماتها مثل **استخلاص النحاس**

$$CuO + H_2 \longrightarrow Cu + H_2O$$

كذلك **استخلاص الحديد** ، حيث يتم نزع الأكسجين من الحديد من خام الهيماتيت (Fe_2O_3) باستخدام الكربون (C) داخل الفرن اللافح كما في المعادلة الآتية :

$$2Fe_2O_3 + 3C \longrightarrow 4Fe + 3CO_2$$

أما **حديثاً فالتأكسد** :هو عملية فقد المادة للالكترونات أي الزيادة في عدد التأكسد .

أما **الاختزال** : فهو عملية اكتساب المادة للاكترونات أي النقص في عدد التأكسد .

ثانيا : عدد التأكسد :

عدد التأكسد للذرة (على شكل ايون) : هو الشحنة الفعلية لأيون الذرة ،أما في المركبات الجزئية فلا يحدث انتقال كامل للالكترونات بل يتم المشاركة بها لذلك **يعرف عدد التأكسد** : بأنه الشحنة التي ستكتسبها الذرة فيما لو أعطيت الكترونات الرابطة كليا للذرة الأعلى كهرسلبية فيكون عدد تأكسد الذرة الأعلى كهرسلبية سالبا والأقل كهرسلبية موجباً :

$$H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl$$

وهنا تحمل ذرة (H) شحنة جزئية موجبة (+δ) وذرة(Cl) شحنة جزئية سالبة (- δ) لان كهرسلبة (Cl) أعلى منها للهيدروجين H (HCl مادة جزيئية) .

◄◄قواعد أعداد التأكسد :

تعبر أعداد التأكسد عن عدد الإلكترونات التي يتم فقدها أو اكتسابها أو المشاركة بها ، وقد يكون عدد التأكسد موجباً أو سالباً أو صفراً ، **ولحساب عدد التأكسد قواعد عامة** وهي :

1. يكون عدد تأكسد العنصر الحر(المنفرد) يساوي صفرا (ذرات منفردة أو جزيئات ثنائيه الذرات أو متعددة الذرات) :

$$Na_{(s)} , Al_{(s)} , B_{(s)} , Cu_{(s)} , H_{2(g)} , F_2 , Cl_{2(g)} , O_{2(g)} , P_4 , S_8$$

2. عدد تأكسد الأيون البسيط (المكون من ذرة واحدة) يساوي شحنة ذلك الايون :

$$Na^{+} = 1+ \quad ، \quad O^{-2} = 2- \quad ، \quad Al^{+3} = 3+$$

3. عدد تأكسد عناصر المجموعة الأولى (القلوية : I A) يكون مساوياً (+1) مثل : K^{+} , Na^{+} , Li^{+}

4. عدد تأكسد عناصر المجموعة الثانية (القلوية II A) يكون مساوياً (+2) مثل $Ba^{+2}, Ca^{+2} , Mg^{+2} Be^{+2},$

5. عدد تأكسد عناصر المجموعة الثالثة (III A) يكون مساوياً (+3) مثل : Al^{+3} , B^{+3} .....

6. عدد تأكسد عناصر المجموعة السابعة (الهالوجينات **VIIA**) مثل (I^{-} , Br^{-} , Cl^{-}) يكون مساوياً (-1) مع الفلزات فقط مثل : $NaCl , KI , AlBr_3 , MgI_2$ ، **ماعدا الفلور (F^{-})** يكون دائما **(-1)** في جميع المركبات.

7. **عدد تأكسد الهيدروجين يساوي (+1)** في جميع مركباته **باستثناء هيدريدات الفلزات**(IA ، IIA، IIIA) فيكون عدد تأكسده يساوي **(-1)** مثل : $NaH , BaH_2 , AlH_3 , NaBH_4$ .....

8. **عدد تأكسد الأكسجين في مركباته يساوي (-2) باستثناء** :

(أ) فوق الاكاسيد يكون عدد تأكسده **(-1)** مثل : H_2O_2 ، Na_2O_2 ، MgO_2 ، BaO_2 ، Li_2O_2 ، K_2O_2

(ب) مع الفلور يكون عدد تأكسده **(+2)** وذلك لان F أعلى كهرسلبية من O فتحمل F شحنة سالبة بينما O يحمل شحنة موجبة : **مثل F_2O أو OF_2 .**

9. في المركبات المتعادلة يكون مجموع أعداد التأكسد لجميع الذرات = صفر مثل : $H_3PO_4 , CuSO_4$.

10. مجموع أعداد التأكسد لجميع الذرات في الأيون متعدد الذرات يساوي شحنة الأيون مثل CrO_4^{-2} .

***** مما يعني :**
الشحنة الكلية = (عدد تاكسد العنصر الاول × عدد ذراته) + (عدد تاكسد العنصر الثاني × عدد ذراته)+ .....

مثال : في التفاعل الآتي : $2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO$
يلاحظ بان أكسيد المغنيسيوم MgO يتكون نتيجة فقد (Mg) الإلكترونين ، فيتكون الايون الموجب(Mg^{2+}) ، أما الأوكسجين فيكسب هذين الإلكترونين ، فيتكون الايون السالب (O^{2-}) ،ويمكن تمثيل ذلك بنصفي التفاعل :
نصف تفاعل التأكسد : $Mg \longrightarrow Mg^{+2} + 2e^-$ (e^- تظهر في المواد الناتجة)
نصف تفاعل الاختزال : $O_2 + 2e^- \longrightarrow O^{2-}$ (e^- تظهر في المواد المتفاعلة)

مثال : ما عدد تأكسد Fe في كل من :
FeO ← (عدد ذرات O × عدد تأكسده) + (عدد ذرات Fe × عدد تأكسده) = صفر
(Fe × 1 + 2- × 1) = صفر ↔ عدد تأكسد Fe = 2 +
Fe_2O_3 ← (عدد ذرات O × عدد تأكسده) + (عدد ذرات Fe × عدد تأكسده) = صفر
(Fe × 2 + 2- × 3) = صفر ↔ عدد تأكسد Fe = 3+

مثال: ما عدد تأكسد **As** في المركب : AsO_4^{-3} ؟
(**As** × 1 + 2- × 4) = 3- ↔ عدد تأكسد **As** = 5 +

مثال : ما عدد تأكسد ما تحته خط في كل مما يأتي :
$\underline{V}O_3^-$: (**V** × 1 + 2- × 3) = 1 - ↔ عدد تأكسد **V** = 5 +
$\underline{Mn}O_4^-$: (**Mn** × 1 + 2- × 4) = 1 - ↔ عدد تأكسد **Mn** = 7 +
P_2O_5 : (**P** × 2 + 2- × 5) = صفر ↔ عدد تأكسد **P** = 5 +
$Li_4\underline{C}$: (**C** × 1 + 1 × 4) = صفر ↔ عدد تأكسد **C** = 4 -

مثال : ما عدد تأكسد **عنصر الكروم** في كل مما يأتي :
CrO_2^- : (**Cr** × 1 + 2- × 2) = 1 - ↔ عدد تأكسد **Cr** = 3 +
$Cr_2O_7^{-2}$: (**Cr** × 2 + 2- × 7) = 2 - ↔ عدد تأكسد **Cr** = 6 +
CrO_3 : (**Cr** × 1 + 2- × 3) = صفر ↔ عدد تأكسد **Cr** = 6 +

مثال : ما عدد تأكسد **عنصر اليود** في كل مما يأتي :
IO_3^- : (**I** × 1 + 2- × 3) = 1 - ↔ عدد تأكسد **I** = 5 +
KI : (**I** × 1 + 1 ×1) = صفر ↔ عدد تأكسد **I** = 1 -
I_2 : عدد تأكسد **I** = صفر

سؤال(1) : إحسب عدد تأكسد للذرة التي تحتها خط فيما يلي :
1-$\underline{N}_2H_4$ 2- $H_2\underline{sb}Cl_6^-$ 3- $\underline{Ti}O^{+2}$ 4- $\underline{Fe}(NO_3)_3$ 5- $H_3\underline{I}O^{-2}{}_6$ 6- $\underline{S}_2O_3^{-2}$

◄◄ ثالثا : علاقة عدد التأكسد بكل من التأكسد والاختزال والعامل المؤكسد والعامل المختزل :

التأكسد : هو فقد الكترونات ← زيادة في عدد التأكسد ← وتسمى المادة التي تأكسدت عامل مختزل لأنها تختزل المادة الأخرى . أما **الاختزال** : فهو كسب الكترونات ← نقص في عدد التأكسد ← وتسمى المادة التي اختزلت عامل مؤكسد
لأنها تؤكسد المادة الأخرى . ويعد المركب كاملاً أو الأيون عاملاً مؤكسداً أو عاملاً مختزلاً وليس الذرة فقط .

مثال : حدد الذرة التي تأكسدت والذرة التي اختزلت في المعادلات الآتية :

$$Zn + Cu^{+2} \longrightarrow Zn^{+2} + Cu \quad -1$$
$$H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl \quad -2$$

الحل :

زاد تأكسد Zn من (0 الى + 2)

.1 $Zn + Cu^{+2} \longrightarrow Zn^{+2} + Cu$

نقص تأكسد Cu من (+2 الى .)

■ **Zn تأكسد أي انه عامل مختزل ، ■ Cu^{+2} اختزل أي انه عامل مؤكسد**

زاد التأكسد من (0 الى 1)

.2 $H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl$

نقص التأكسد من (0 الى -1)

■ **H_2 تأكسد أي انه عامل مختزل ، ■ Cl_2 اختزل أي انه عامل مؤكسد**

ملاحظة : اذا ذكر عامل مؤكسد او مختزل توضع الصيغة كاملة كما في المعادلة اما اذا ذكر ذرة تاكسدت او اختزلت يوضع رمز الذرة فقط

سؤال(2): حدد الذرة التي تأكسدت والتي اختزلت ، ثم حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في المعادلات الآتية :

$$Fe + Cu^{2+} \longrightarrow Fe^{2+} + Cu$$
$$MnO_2 + 4HCl \longrightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$
$$Ni + Pb^{2+} \longrightarrow Pb + Ni^{2+}$$

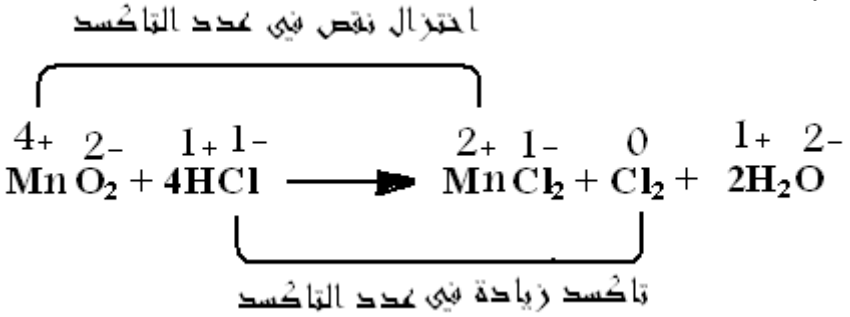
الحل :

اختزال نقص في عدد التأكسد

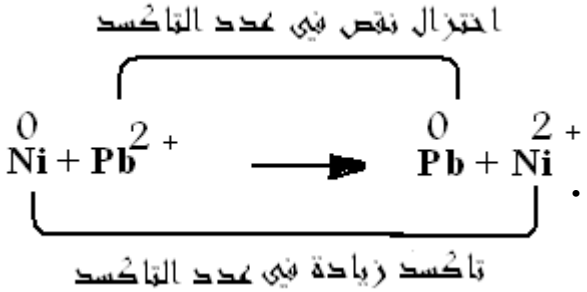
.1 $Fe^{0} + Cu^{2+} \longrightarrow Fe^{2+} + Cu^{0}$ **Fe : عامل مختزل** **Cu^{+2} : عامل مؤكسد**

تأكسد زيادة في عدد التأكسد

.2



MnO_2 : عامل مؤكسد
HCl : عامل مختزل



.3 Pb^{+2} : عامل مؤكسد . Ni: عامل مختزل .

سؤال(3): في معادلة التفاعل الآتية : $CuO + H_2 \longrightarrow Cu + H_2O$

1. أي المواد المتفاعلة تأكسدت .
2. حدد العامل المختزل .
1. ما عدد تأكسد Cu في CuO
4. اكتب معادلة نصف تفاعل الاختزال.

الحل :

1. H_2 2. H_2 3. (2 +)

4. $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$

سؤال(4) : **حدد صيغة العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل من التفاعلات التالية :**

-1 $MnO_4^- + C_2O_4^{-2} \longrightarrow Mn^{+2} + CO_2$

-2 $CrO_4^- + S^{-2} \longrightarrow Cr^{+3} + SO_4^{-2}$

-3 $MnO_4^- + H_2O_2 \longrightarrow Mn^{+2} + O_2$

-4 $H_2C_2O_4 + BrO_3^- \longrightarrow CO_2 + Br^-$

-5 $Cr_2O_7^{-2} + CH_3OH \longrightarrow Cr^{+3} + CH_2O$

-6 $2Al + Fe_2O_3 \longrightarrow Al_2O_3 + 2Fe$

سؤال(5) : ما هو مقدار التغير في عدد التأكسد للذرة التي تحتها خط فيما يلي :

1- $\underline{Mn}O_4^- \longrightarrow \underline{Mn}O_2$
2- $\underline{Cr}O_2^- \longrightarrow \underline{Cr}O_4^-$
3- $\underline{C}_2O_4^{-2} \longrightarrow \underline{C}O_2$

الحل :
1-)مقدار التغير(3)
2-)مقدار التغير(4)
3-) مقدار التغير(1)

التأكسد والإختزال الذاتي

هو وجود مواد تسلك في بعض الحالات كعامل مؤكسد وعامل مختزل في نفس التفاعل .

◄◄ بعض التفاعلات التي يحصل لها تأكسد واختزال ذاتي :

1- $Cl_2 + 2OH^- \longrightarrow Cl^- + ClO^- + H_2O$
2- $Br_2 + 2OH^- \longrightarrow Br^- + BrO^- + H_2O$
3- $I_2 \longrightarrow IO_3^- + I^-$
4- $3ClO^- \longrightarrow ClO_3^- + 2CL^-$
5- $ICl \longrightarrow IO_3^- + I_2 + Cl^-$
6- $H_2O_2 \longrightarrow O_2 + H_2O$
7- $NO_2 \longrightarrow NO_3^- + NO$

وهناك مواد قد تسلك كعامل مؤكسد في تفاعل كيميائي وكعامل مختزل في تفاعل كيميائي آخر، مثال ذلك الهيدروجين :

1. $2Na + H_2 \longrightarrow 2NaH$ (هنا يسلك H_2 كعامل مؤكسد)
2. $H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl$ (هنا يسلك H_2 كعامل مختزل)

كذلك هناك مواد تسلك كعوامل مؤكسدة قوية أو كعوامل مختزلة قوية في معظم تفاعلاتها ، كما في الجدول الآتي :
بعض العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة الشائعة (**ليست للحفظ**)

عوامل	عوامل مختزلة
جزيئات **العناصر ذا** مثل: Cl_2 , O_2 ,F_2 ,O_3 .	**فلزات** النشيطة مثل : **Zn , Mg , Al , Na .**
المركبات والأيونات متعددة الذرات والتي تحتوي على **ذرات ذات أعداد تأكسد عالية** مثل : $\underline{Mn}O_4^-$, $\underline{Cr}O_4^{-2}$, $\underline{Cr}_2O_7^{-2}$, $H\underline{Cl}O_4$,$H\underline{N}O_3$.	بعض **هيدرات الفلزات** وأشباه الفلزات : $NaBH_4$, $LiAlH_4$

المعادلة الكيميائية الموزونة

تحقق المعادلة الموزونة قانونين هما :
1. قانون حفظ المادة : أعداد الذرات وأنواعها في المواد المتفاعلة = أعداد الذرات وأنواعها المواد الناتجة
2.قانون حفظ الشحنة : المجموع الجبري للشحنات الكهربائية للمتفاعلات = المجموع الجبري للشحنات الكهربائية للنواتج.

موازنة المعادلات في وسط حمضي بطريقة نصف التفاعل :

خطوات الموازنة في وسط حمضي تكون كما هي موضحه في المثال الآتي :

سؤال(8): وازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في وسط حمضي :

$$MnO_4^- + H_2C_2O_4 \longrightarrow CO_2 + Mn^{+2}$$

1.**بمقارنة** المواد المتفاعلة والناتجة ، نقسم التفاعل إلى نصفين ، نصف تفاعل تأكسد ، ونصف تفاعل اختزال :

$$MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+}$$
$$H_2C_2O_2 \longrightarrow CO_2$$

2. نوازن ذرات العناصر **ما عدا** الهيدروجين والأكسجين :

$$MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+}$$
$$H_2C_2O_4 \longrightarrow 2CO_2$$

3. نوازن ذرات الأكسجين وذلك بإضافة جزيء ماء (H_2O) مقابل كل ذرة أكسجين ناقصة إلى طرف النقص :

$$MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$
$$H_2C_2O_4 \longrightarrow 2CO_2$$

4. نوازن ذرات الهيدروجين ، وذلك بإضافة أيون هيدروجين(H^+) مقابل كل ذرة هيدروجين إلى طرف النقص

$$MnO_4^- + 8H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$
$$H_2C_2O_4 \longrightarrow 2CO_2 + 2H^+$$

5. نوازن الشحنة الكهربائية ، وذلك بإضافة عدد من الإلكترونات إلى أحد طرفي المعادلة (الأكبر شحنة) ، ليصبح المجموع الجبري للشحنات متساوياً على الطرفين ، وبما أن مجموع الشحنات الكهربائية للمواد المتفاعلة (+7) وللمواد الناتجة (+ 2) نضيف خمسة الكترونات إلى المواد المتفاعلة :

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$
$$H_2C_2O_4 \longrightarrow 2CO_2 + 2H^+ + 2e^-$$

6. مساواة عدد الالكترونات المفقودة في نصف تفاعل التأكسد بعدد الالكترونات المكتسبة في نصف تفاعل الاختزال ، وهنا نضرب نصف التفاعل الأول بالرقم (2) بينما نضرب نصف التفاعل الثاني بالرقم (5).

$$2/\ (MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{+2} + 4H_2O)$$
$$5/\ (H_2C_2O_4 \longrightarrow 2CO_2 + 2H^+ + 2e^-)$$

7. نجمع نصفي التفاعل للحصول على المعادلة الموزونة بحذف الالكترونات المواد المشتركة في طرفي المعادلة

$$2MnO_4^- + 16H^+ + 10e^- \longrightarrow 2Mn^{+2} + 8H_2O \quad (6H^+)$$
$$5\,H_2C_2O_4 \longrightarrow 10CO_2 + 10H^+ + 10e^-$$

$$2MnO_4^- + 5H_2C_2O_4 + 6H^+ \longrightarrow 2Mn^{+2} + 10CO_2 + 8H_2O$$

سؤال(9): وازن المعادلات الآتية بطريقة نصف التفاعل في وسط حمضي ، وحدد العامل المؤكسد و المختزل

1. $Cr_2O_7^{2-} + C_2H_6O \xrightarrow{H^+} Cr^{3+} + C_2H_4O$

الحل :

$$Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow Cr^{3+}$$
$$C_2H_6O \longrightarrow C_2H_4O$$

ذرات e H O

$$Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 2Cr^{3+}$$
$$C_2H_6O \longrightarrow C_2H_4O$$

$$Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$
$$C_2H_6O \longrightarrow C_2H_4O$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$
$$C_2H_6O \longrightarrow C_2H_4O + 2H^+$$

$$6e^- + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$
$$3X\ (\ C_2H_6O \longrightarrow C_2H_4O + 2H^+ + 2e^-\ )$$

$$6e^- + 14H^+ + Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow Cr^{3+} + 7H_2O$$
$$3C_2H_6O \longrightarrow 3C_2H_4O + 6H^+ + 6e^-$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 3C_2H_6O + 8H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O + 3C_2H_4O$$

العامل المؤكسد: $Cr_2O_7^{2-}$ العامل المختزل : C_2H_6O

2. $Zn + NO_3^- \xrightarrow{H^+} Zn^{2+} + NH_4^+$

نقسم التفاعل إلى نصفين :

$$Zn \longrightarrow Zn^{2+}$$
$$NO_3^- \longrightarrow NH_4^+$$

نوازن ذرات العناصر : والذرات هنا موزونة

نوازن ذرات الأكسجين :

$$Zn \longrightarrow Zn^{2+}$$
$$NO_3^- \longrightarrow NH_4^+ + 3H_2O$$

نوازن ذرات الهيدروجين :

$$Zn \longrightarrow Zn^{2+}$$
$$NO_3^- + 10H^+ \longrightarrow NH_4^+ + 3H_2O$$

نوازن الشحنة الكهربائية :

$$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$$
$$NO_3^- + 10H^+ + 8e^- \longrightarrow NH_4^+ + 3H_2O$$

مساواة عدد الالكترونات ، وجمع نصفي التفاعل :

$$4Zn \longrightarrow 4Zn^{2+} + 8e^-$$
$$NO_3^- + 10H^+ + 8e^- \longrightarrow NH_4^+ + 3H_2O$$

$$4Zn + NO_3^- + 10H^+ \longrightarrow 4Zn^{2+} + NH_4^+ + 3H_2O$$

العامل المؤكسد : NO_3^- العامل المختزل : Zn

سؤال(10) : وازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل ، وحدد العامل المؤكسد والعامل المختزل :

$$PbS + H_2O_2 \xrightarrow{H^+} PbSO_4 + H_2O$$

نقسم التفاعل إلى نصفين ونزن الذرات :

$$PbS \longrightarrow PbSO_4$$
$$H_2O_2 \longrightarrow H_2O$$

نوازن ذرات الأكسجين :

$$PbS + 4H_2O \longrightarrow PbSO_4$$
$$H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

نوازن ذرات الهيدروجين :

$$PbS + 4H_2O \longrightarrow PbSO_4 + 8H^+$$
$$H_2O_2 + 2H^+ \longrightarrow 2H_2O$$

نوازن الشحنة الكهربائية :

$$PbS + 4H_2O \longrightarrow PbSO_4 + 8H^+ + 8e^-$$
$$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow 2H_2O$$

مساواة عدد الالكترونات ، وجمع نصفي التفاعل :

$$PbS + 4H_2O \longrightarrow PbSO_4 + 8H^+ + 8e^-$$
$$4H_2O_2 + 8H^+ + 8e^- \longrightarrow 8H_2O$$

$4H_2O$

$$PbS + 4H_2O_2 \longrightarrow PbSO_4 + 4H_2O$$

العامل المؤكسد : H_2O_2 العامل المختزل : PbS

سؤال(11) : وزارة 2000 : يتم التفاعل التالي في الوسط الحمضي :

$$HSO_3^- + IO_3^- \longrightarrow SO_4^{-2} + I_2$$

أ- وازن هذه المعادلة بطريقة (أيون – الكترون) ؟

ب- حدد صيغة كل من العامل المؤكسد والعامل المختزل ؟

سؤال (12) : وزارة 2003 : وازن معادلة التفاعل التالي الذي يتم في الوسط الحمضي ثم حدد العامل المؤكسد والمختزل :

$$As_2S_3 + NO^-_3 \longrightarrow AsO_4^{-3} + SO_4^{-2} + NO$$

سؤال(13) : وازن المعادلة التالية في الوسط الحمضي :

$$HSO_2NH_2 + NO^-_3 \longrightarrow N_2O + SO_4^{-2}$$

سؤال (14): وازن المعادلة التالية في الوسط الحمضي :

$$As_2O_3 + NO^-_3 \longrightarrow H_3AsO_4 + N_2O_3$$

موازنة المعادلات في وسط قاعدي بطريقة نصف التفاعل

خطوات الموازنة في وسط قاعدي تكون كما هي موضحة في المثال الآتي :

سؤال(15) : وازن المعادلة التالية بطريقة نصف التفاعل في وسط قاعدي :

$$Zn + HgO \longrightarrow ZnO_2^{2-} + Hg$$

1. نزن المعادلة في الوسط الحمضي كما بالخطوات السابقة نفسها لنحصل على المعادلة الكلية الموزونة :

$$Zn + HgO + H_2O \longrightarrow ZnO_2^{2-} + Hg + 2H^+$$

2. نضيف عدد من أيونات (OH^-) مساوياً لعدد (H^+) لطرفي المعادلة وهنا نضيف ($\mathbf{2OH^-}$) :

$$Zn + HgO + H_2O + 2OH^- \longrightarrow ZnO_2^{2-} + Hg + 2H^+ + 2OH^-$$

3. جمع أيونات (OH^- و H^+) الموجودة في الطرف نفسه من المعادلة للحصول على جزيئات الماء (H_2O) :

$$Zn + HgO + H_2O + 2OH^- \longrightarrow ZnO_2^{2-} + Hg + 2H_2O \quad H_2O$$

4. حذف جزيئات الماء المشتركة بين الطرفين للحصول على المعادلة الكلية الموزونة في وسط قاعدي :

$$Zn + HgO + 2OH^- \longrightarrow ZnO_2^{2-} + Hg + H_2O$$

سؤال (16) : وازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في **وسط قاعدي** ثم حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل :

1. $Cr_2O_3 + ClO^- \longrightarrow CrO_4^{2-} + Cl^-$

$$5H_2O + Cr_2O_3 \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 10H^+ + 6e^-$$

$$(2e^- + 2H^+ + ClO^- \longrightarrow Cl^- + H_2O) \times 3$$

$$2H_2O \quad 4H^+$$
$$5H_2O + Cr_2O_3 \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 10H^+ + 6e^-$$
$$6e^- + 6H^+ + 3ClO^- \longrightarrow 3Cl^- + 3H_2O$$

$$2H_2O + Cr_2O_3 + 3ClO^- \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 3Cl^- + 4H^+$$

$$4OH^- + 2H_2O + Cr_2O_3 + 3ClO^- \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 3Cl^- + 4H^+ + 4OH^-$$

$$4OH^- + 2H_2O + Cr_2O_3 + 3ClO^- \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 3Cl^- + 4H_2O \quad 2H_2O$$

المعادلة النهائية الموزونة : $4OH^- + Cr_2O_3 + 3ClO^- \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 3Cl^- + 2H_2O$

العامل المؤكسد: ClO^- العامل المختزل : Cr_2O_3

سؤال(17) : إذا علمت أن التفاعل الآتي يتم في **وسط قاعدي** ، أجب عن الأسئلة التي تليه :

$$S^{2-} + I_2 \longrightarrow SO_4^{2-} + I^-$$

1- ما عدد تأكسد S في الأيون SO_4^{2-} . 2- اكتب المعادلة الموزونة لنصف تفاعل التأكسد.

3- اكتب صيغة العامل المؤكسد .

الحل : 1- ($4 \times -2 + 1 \times S$) $= -2 \leftrightarrow$ عدد تأكسد S $= +6$

2- نأخذ نصف تفاعل التأكسد ونزن الذرات : $S^{2-} \longrightarrow SO_4^{2-}$

نوازن ذرات الأكسجين :

$$S^{2-} + 4H_2O \longrightarrow SO_4^{2-}$$

نوازن ذرات الهيدروجين :

$$S^{2-} + 4H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 8H^+$$

نوازن الشحنة الكهربائية :

$$S^{2-} + 4H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 8H^+ + 8e^-$$

نضيف أيونات (OH^-) بعدد (H^+) :

$$S^{2-} + 4H_2O + 8OH^- \longrightarrow SO_4^{2-} + 8H^+ + 8OH^- + 8e^-$$

جمع أيونات (OH^- و H^+) للحصول على جزيئات الماء (H_2O) :

$$S^{2-} + 4H_2O + 8OH^- \longrightarrow SO_4^{2-} + 8H_2O + 8e^-$$

حذف جزيئات الماء المشتركة في طرفي المعادلة لنحصل على المعادلة الموزونة في وسط قاعدي :

$$S^{2-} + \cancel{4H_2O} + 8OH^- \longrightarrow SO_4^{2-} + \cancel{8H_2O}^{4H_2O} + 8e^-$$

المعادلة النهائية الموزونة :

$$S^{2-} + 8OH^- \longrightarrow SO_4^{2-} + 4H_2O + 8e^-$$

3- العامل المؤكسد : I_2

سؤال(18) : في معادلة التفاعل الآتية :

$$I_2 \xrightarrow{OH^-} IO_3^- + I^-$$

1- اكتب المعادلة الموزونة لنصف تفاعل الاختزال . 2- اكتب المعادلة الموزونة لنصف تفاعل التأكسد .

3 - حدد العامل المؤكسد ، والعامل المختزل . 4- ماذا يسمى هذا النوع من التفاعلات ؟

الحل : 1- نأخذ نصف تفاعل الاختزال (هنا اختزل اليود من صفر إلى - 1) :

$$I_2 \longrightarrow I^-$$

نوازن الذرات $I_2 \longrightarrow 2I^-$

ملاحظة : لا يوجد ذرات أكسجين أو هيدروجين في نصف هذا التفاعل .

نوازن الشحنة الكهربائية فنحصل على المعادلة النهائية الموزونة : $I_2 + 2e^- \longrightarrow 2I^-$

2- نأخذ نصف تفاعل التأكسد ونزن الذرات (هنا تأكسد اليود من صفر إلى + 5) :

$$I_2 \longrightarrow 2IO_3^-$$

نوازن ذرات الأكسجين : $I_2 + 6H_2O \longrightarrow 2IO_3^-$

نوازن ذرات الهيدروجين : $I_2 + 6H_2O \longrightarrow 2IO_3^- + 12H^+$

نوازن الشحنة الكهربائية : $I_2 + 6H_2O \longrightarrow 2IO_3^- + 12H^+ + 10e^-$

نضيف أيونات (OH^-) بعدد (H^+) :

$$I_2 + 6H_2O + 12OH^- \longrightarrow 2IO_3^- + 12H^+ + 12OH^- + 10e^-$$

حذف جزيئات الماء المشتركة في طرفي المعادلة لنحصل على المعادلة الموزونة في وسط قاعدي :

$$I_2 + \cancel{6H_2O} + 12OH^- \longrightarrow 2IO_3^- + \cancel{12H_2O}^{6H_2O} + 10e^-$$

المعادلة النهائية الموزونة

$$I_2 + 12OH^- \longrightarrow 2IO_3^- + 6H_2O + 10e^-$$

3- العامل المؤكسد والعامل المختزل هو (I_2) . 4- تأكسد واختزال ذاتي .

سؤال (19) : وازن المعادلة الآتية في الوسط القاعدي :

$$ClO_3^- + N_2H_4 \longrightarrow NO_3^- + CL^-$$

سؤال (20) : وازن المعادلة الآتية في الوسط القاعدي :

$$Zn + NO_3^- \longrightarrow Zn(OH)_4^{-2} + NH_3$$

سؤال (21) : وزارة 2004 / وازن المعادلة التالية في الوسط القاعدي :

$$Pb(OH)_3^- + CLO^- \longrightarrow PbO_2 + CL^-$$

سؤال (22) : وازن المعادلة الآتية في الوسط القاعدي :

$$Mn^{+2} + BiO_3^- \longrightarrow MnO_4^- + Bi^{+3}$$

سؤال (23) : **شتوية 2001 : يتم التفاعل التالي في الوسط الحمضي :**

$$MnO_4^- + CH_3CH_2OH \longrightarrow Mn^{+2} + CH_3COOH$$

وازن المعادلة بطريقة نصف التفاعل ، ثم حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل ؟

سؤال (24) : وازن المعادلة الآتية في الوسط القاعدي :

$$CrI_3 + Cl_2 \longrightarrow CrO_4^{-2} + IO^-_4 + CL^-$$

سؤال (25) : وازن التفاعل التالي في وسط حمضي :

$$Pb + PbO2 + H2SO4 \longrightarrow pbSO4$$

تطبيقات حياتية:

س : كيف يمكن عمل وجبة ساخنة باستخدام الماء البارد؟
عن طريق اكسدة المغانيسيوم عند تفاعله مع الماء

$$Mg + 2H2O \longrightarrow Mg(OH)2 + H2 + \text{حرارة}$$

ولان هذا التفاعل بطئ جدا يتم اضافة الحديد وملح الطعام الى المغنيسيوم المتفاعل حيث ينطلق من التفاعل طاقة حرارية مقدارها 355 كيلو جول قادرة على غلي لتر من الماء

(الخلايا الكهروكيميائية)

الخلايا الغلفانية ::هي خلايا تحدث فيها تفاعلات تأكسد واختزال تلقائي لإنتاج طاقه كهربائية ، ومن التطبيقات العملية للخلايا الغلفانية البطاريات بأنواعها المختلفة والتي تنتج طاقة كهربائية **من تفاعل تأكسد واختزال .**

ومن أمثلة التفاعلات الكيميائية على الخلايا الغلفانية :

التفاعل في وعاء واحد (كما في الشكل المجاور) حيث يلاحظ عند غمس **صفيحة خارصين** Zn في وعاء يحتوي على محلول كبريتات النحاس $CuSO_4$ تكون طبقه **سوداء (ترسب** ذرات نحاس نتيجة اختزال Cu^{+2}) على صفيحة Zn ، (تفاعل تلقائي) :

تأكسد Zn $\longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2\bar{e}$

اختزال Cu^{2+} $Cu^{+2}_{(aq)} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu_{(S)}$

التفاعل الكلي : $Zn_{(S)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(S)}$

مثال: مما تتكون الخلية الغلفانية ؟

مثال ذلك خلية غلفانية مكونة من قطبي (Zn / Cu) في وعائين منفصلين (للحصول على طاقة كهربائية) حيث يلاحظ من أحد الشكلين أدناه أن الخلية الغلفانية مكونة من :

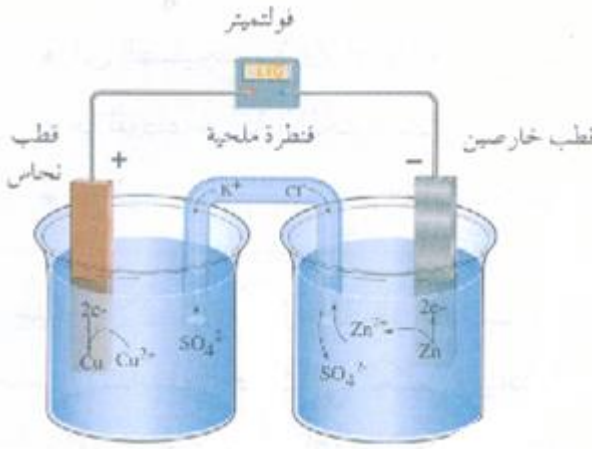
أ.وعائين منفصلين: كل وعاء يحتوي على قطب فلزي مغموس في محلول كهرلي يحتوي على نفس نوع أيونات الفلز .

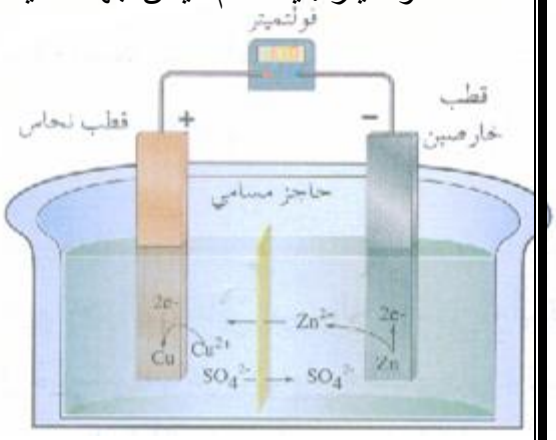
ب. أسلاك توصيل (موصل خارجي) تسمح للإلكترونات بالانتقال بين القطبين .

جـ- قنطره ملحية : وهي عبارة عن أنبوب زجاجي على شكل حرف U يحتوي على محلول مشبع لأحد الأملاح مثل KNO_3 أو KCl (يمكن استبدال القنطرة الملحية بحاجز مسامي) حيث **تعمل القنطرة الملحية على** :

1. إكمال الدارة الكهربائية عن طريق انتقال الأيونات في المحاليل دون اختلاطها
2. موازنة الشحنات الكهربائية في المحاليل

د- فولتميتر : يستخدم لقياس جهد الخلية .





ه = **المصعد** : وهو القطب **السالب** الذي يحدث عنده **تاكسد** و**تقل كتلته** و**يفقد الالكترونات** اذ تخرج منه عبر الاسلاك الى المهبط وتتجه الايونات السالبة من القنطرة الملحية الى وعائه.

و- **المهبط** : وهو القطب **الموجب** الذي يحدث عنده **اختزال** و**تزداد كتلته** و**يستقبل الاكترونات** من المصعد وتتجه الايونات الموجبة الى وعائه

مثال: من خلال الخلية الغلفانية في الشكل أعلاه وبعد إغلاق الخلية الغلفانية ، وُجد أن معادلة التفاعل الكلي للخلية هي :

$$Zn_{(S)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(S)}$$

1. اكتب معادلة أنصاف التفاعل عند كل قطب .

نصف تفاعل التأكسد / المصعد $Zn_{(S)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2\bar{e}$

نصف تفاعل الاختزال / المهبط $Cu^{+2}_{(aq)} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu_{(S)}$

2. حدد المصعد والمهبط في الخلية ، وشحنة كل منهما .

المصعد هو قطب الخارصين (Zn) وشحنته سالبة ، أما المهبط فهو قطب النحاس (Cu) وشحنته موجبة .

3. ماذا يحدث لكتلة كل من النحاس والخارصين بعد فترة من الزمن ؟

تزداد كتلة النحاس (المهبط) ، وتقل كتلة الخارصين (المصعد) .

4. ماذا يحدث لتركيز كل من الأيونات Zn^{2+} و Cu^{2+} وتركيز SO_4^{2-} (في نصف خلية النحاس) ؟

يزداد تركيز كل من الأيونات Zn^{2+} و SO_4^{2-} ، ويقل تركيز Cu^{2+} .

5. ما اتجاه حركة الإلكترونات عبر الدارة الخارجية (الأسلاك) ؟

تتحرك الإلكترونات من قطب الخارصين (المصعد) إلى قطب النحاس (المهبط) .

♦♦ ملاحظات هامة جداً ♦♦

1. تكون دائما حركة الإلكترونات عبر الدارة الخارجية (عبر الأسلاك) من قطب المصعد إلى قطب المهبط ، وتكون عكس حركة الأيونات السالبة في القنطرة الملحية .
2. في الخلايا الغلفانية يحدث التأكسد على المصعد (شحنته سالبة) فيزداد تركيز الأيونات في نصف خلية المصعد وتقل كتلة المصعد ، أما الاختزال فيحدث على المهبط (شحنته موجبة) فيقل تركيز الأيونات في نصف خلية المهبط وتزداد كتلة المهبط
3. حركة الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية تكون إلى نصف وعاء خلية المصعد لمعادلة الزيادة في الشحنات الموجبة ، أما الايونات الموجبة فتتجه إلى نصف وعاء خلية المهبط لمعادلة الزيادة في الشحنات السالبة .

سؤال(25) : إذا علمت أن التفاعل الآتي يحدث بصورة تلقائية :

$$Sn_{(S)} + 2Ag^{+}_{(aq)} \longrightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(S)}$$

1. أكتب أنصاف التفاعلات عند كل قطب.
2. حدد الأقطاب وما شحنة كل قطب .
3. حدد اتجاه حركة الإلكترونات عبر الدارة الخارجية .
4. ماذا يحدث لتركيز Sn^{2+} بعد فترة من الزمن .
5. ما اتجاه حركة الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية .
6. ماذا تتوقع أن يحدث لكتلة كل من قطبي Ag / Sn.

الحل :

1. نصف تفاعل التأكسد / المصعد $Sn_{(S)} \longrightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + 2\bar{e}$

نصف تفاعل الاختزال / المهبط $Ag^{+}_{(aq)} + 2\bar{e} \longrightarrow Ag_{(S)}$

2. المصعد هو قطب (Sn) وشحنته سالبة ، أما المهبط فهو قطب (Ag) وشحنته موجبة .
3. تتحرك الإلكترونات من قطب Sn(المصعد) إلى قطب Ag (المهبط) .
4. يزداد تركيز Sn^{2+} .
5. تتحرك الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية إلى نصف خلية القصدير (Sn) .
6. تزداد كتلة Ag (المهبط) ، وتقل كتلة Sn (المصعد) .

اللهم أنت ربي لا اله الا انت خلقتني وانا عبدك وانا على عهدك ووعدك ما استطعت أعوذ بك من شر ما صنعت أبوء لك بنعمتك على وأبوء بذنبي فأغفر لي فإنه لا يغفر الذنوب الا أنت ...

سؤال(26) : اذا علمت أن التفاعل التالي يمثل خلية غلفانية تلقائية الحدوث ، أجب عما يلي :

$$Fe + Cd^{+2} \longrightarrow Fe^{+2} + Cd$$

1-أكتب معادلة نصف تفاعل التأكسد ؟
2-أكتب معادلة نصف تفاعل الاختزال ؟
3-ما هي شحنة المصعد والمهبط ؟
4-وضح اتجاه حركة الإلكترونات في الدارة الخارجية (الأسلاك) ؟
5- بين اتجاه حركة الأيونات السالبة في القنطرة الملحية ؟
6- بين اتجاه حركة الأيونات الموجبة في القنطرة الملحية ؟
7- ماذا تتوقع أن يحدث لكتلة كل من Fe , Cd ؟

جهد الخلية

ينتج التيار الكهربائي في الخلية الغلفانية نتيجة دفع الإلكترونات للتحرك من القطب السالب(المصعد) إلى القطب الموجب
(المهبط) عبر الأسلاك ، والقوة التي تدفع الإلكترونات تسمى القوة الدافعة الكهربائية للخلية وهي أكبر فرق لقيمة الجهد الكهربائي بين القطبين في الخلية الغلفانية وتقاس بوحدة الفولت (v) .
ويعتبر جهد الخلية الغلفانية (E) مقياساً للقوة الدافعة للتفاعل فيها وهو يتأثر بعدة عوامل لذلك يقاس في ظروف معيارية وهي :

أ. تركيز الأيونات (1مول / لتر) ب. درجة الحرارة (25 سْ) جـ. ضغط الغاز إن وجد (1ض . ج)

ويرمز لجهد الخلية المعياري بالرمز(E°) ويقاس بوحدة الفولت ، وعليه يمكن إيجاد جهد القطب للخلية :

$$E^{\circ}_{\text{خلية}} = E^{\circ}\text{ تأكسد (مصعد)} + E^{\circ}\text{ اختزال (مهبط)}$$

أن ميل نصف تفاعل التأكسد للحدوث في قطب معين هو **عكس** ميل نصف تفاعل الاختزال للقطب نفسه، لذا فإن جهد الاختزال
(E^{o} اختزال) لنفس القطب تساوي جهد التأكسد (E^{o} تأكسد) ولكن **تعاكسها في الإشارة** لذلك يمكن تمثيل جهد الخلية كالآتي :

$$E^{\circ}_{\text{خلية}} = E^{\circ}\text{ اختزال (مهبط)} - E^{\circ}\text{ اختزال (مصعد)}$$

سؤال(27) : في التفاعل الآتي : $Fe_{(S)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + Cu_{(S)}$
احسب جهد الخلية المعياري (E°)علما بأن جهد الاختزال المعياري لقطب النحاس (0.34فولت) والحديد (-0.44فولت) ؟
من المعادلة أعلاه نلاحظ تأكسد ذرات Fe (المصعد) واختزال أيونات Cu^{2+}(المهبط)

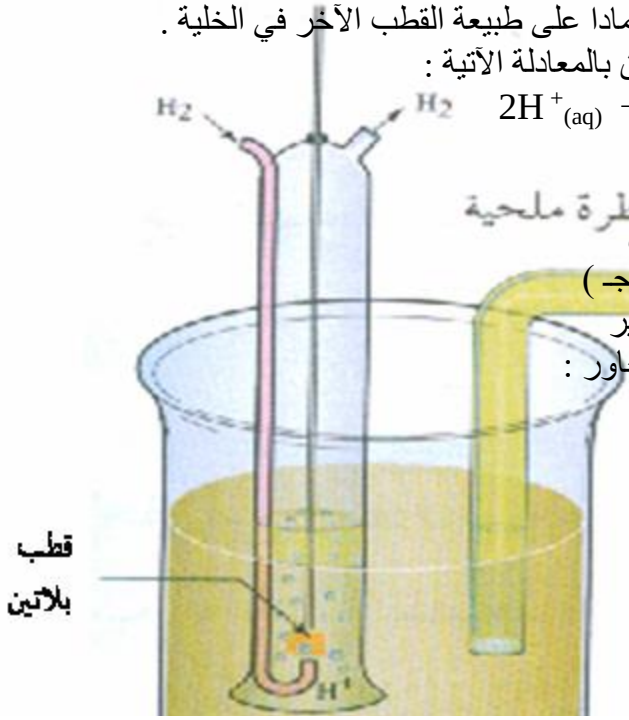
$E^{\circ}_{\text{خلية}}$ = E° اختزال مهبط – E° اختزال مصعد
= (0.44-) -0.34- = 0.78 فولت

سؤال(28) : في التفاعل الآتي $Cd_{(S)} + Ni^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Cd^{2+}_{(aq)} + Ni_{(S)}$
إذا علمت أن جهد الخلية E°_{cd} = -0.40 V و جهد الخلية E°_{Ni} = - 0.25 V احسب E° للخلية ؟
$E^{\circ}_{\text{خلية}}$ = E° اختزال مهبط – E° اختزال مصعد
= - 0.25- (0.40-) = 0.15 فولت

قطب الهيدروجين المعياري

تم استخدام قطب الهيدروجين كقطب مرجعي لاستخدامه مع قطب آخر لتكوين خلية غلفانية وحساب جهد القطب الآخر بعد قياس جهد الخلية , ويعود اختيار قطب الهيدروجين كقطب معياري لموقعه الوسط بين العناصر في نشاطه الكيميائي مما يسهل استخدامه كمصعد أو مهبط اعتمادا على طبيعة القطب الآخر في الخلية .
ويمثل التفاعل الذي يحدث في القطب المعياري للهيدروجين بالمعادلة الآتية :

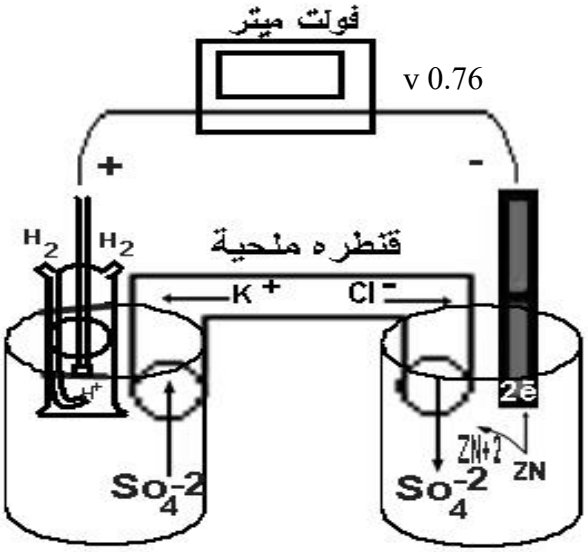
$2H^{+}_{(aq)} + 2\bar{e} \rightleftharpoons H_{2\,(g)}$ **E° = صفر**



◄◄ مم يتكون قطب الهيدروجين المعياري ؟
يتكون من قطب بلاتين مغموس في محلول حمضي يحتوي أيونات H^{+} بتركيز (1مول / لتر) وتحت ضغط (1. ض. جـ) من غاز الهيدروجين ، حيث تعمل قطعة البلاتين على توفير مساحة سطح كبيرة لحدوث التفاعل ، وكما في الشكل المجاور :

(E°) لعنصر باستخدام قطب الهيدروجين المعياري :

سؤال(29) الشكل المجاور يمثل خلية غلفانية قطباها من الخارصين والهيدروجين ، ادرس الشكل ثم أجب عما يلي :



1. حدد المصعد والمهبط في الخلية .
المصعد هو قطب (Zn) ، والمهبط قطب (H_2).
2. أكتب معادلات أنصاف التفاعل عند كل قطب .
(التأكسد / المصعد) $Zn_{(S)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2\bar{e}$
(الاختزال / المهبط) $2H^{+}_{(aq)} + 2\bar{e} \longrightarrow H_{2\,(g)}$
3. اكتب المعادلة الموزونة للتفاعل الكلي للخلية
$Zn_{(S)} + 2H^{+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2\,(g)}$
4. احسب جهد الاختزال المعياري للخارصين .
ملاحظة : قيمة $E^{\circ}_{\text{خلية}}$ من قراءة الفولتميتر = 0.76 V
$E^{\circ}_{\text{خلية}}$ = E° اختزال مهبط – E° اختزال مصعد
0.76 = صفر – E°_{Zn}

E°_{Zn} = - 0.76 فولت

سؤال(30): خلية غلفانية في الظروف المعيارية مكونة من الفضة والهيدروجين .وجد أن قيمة $E^\circ_{خلية}$ = 0.80 V فإذا علمت أن قطب الفضة يمثل القطب الموجب في الخلية ، احسب جهد الاختزال المعياري للفضة ؟

قطب الفضة يمثل القطب الموجب أي (**يمثل المهبط**) :

$E^\circ_{خلية}$ = E° اختزال مهبط – E° اختزال مصعد

$E^\circ_{خلية}$ = 0.80– صفر = 0.80 فولت

◄◄جهود الإختزال المعيارية :

E°	نصف تفاعل الاختزال

تم معرفة معياري كثيرة اعتماداً الهيدروجين وضعها في شكل أنصاف اختزال ، تصاعديا جهود المعيارية

جهود اختزال لأقطاب على قطب المعياري وتم جدول على تفاعلات مرتبة وفق تزايد الإختزال يسمى جدول **الإختزال**

$Li^+ + \bar{e} \rightleftharpoons Li$	3.04-
$K^+ + \bar{e} \rightleftharpoons K$	2.92-
$Ca^{+2} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Ca$	2.87-
$Na^+ + \bar{e} \rightleftharpoons Na$	2.71-
$Mg^{+2} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Mg$	2.37-
$Al^{+3} + 3\bar{e} \rightleftharpoons Al$	1.66-
$Mn^{+2} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Mn$	1.18-
$2H_2O + 2\bar{e} \rightleftharpoons H_{2\,(g)} + 2OH^-$	0.83-
$Zn^{+2} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Zn$	0.76-
$Cr^{+2} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Cr$	0.74-
$Fe^{+2} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Fe$	0.44-
$Cr^{+3} + 3\bar{e} \rightleftharpoons Cr$	0.41-
$Cd^{+2} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Cd$	0.40-
$Co^{+2} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Co$	0.28-
$Ni^{+2} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Ni$	0.25-
$Sn^{+2} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Sn$	0.14-
$Pb^{+2} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Pb$	0.13-
$Fe^{+3} + 3\bar{e} \rightleftharpoons Fe$	0.04-
$2H^+ + 2\bar{e} \rightleftharpoons H_{2\,(g)}$	0.00
$Cu^{+2} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Cu$	0.34
$I_2 + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2I^-$	0.54
$Fe^{+3} + \bar{e} \rightleftharpoons Fe^{+2}$	0.77
$Ag^+ + \bar{e} \rightleftharpoons Ag$	0.80
$Br_2 + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2Br$	1.06
$O_{2\,(g)} + 4H^+ + 4\bar{e} \rightleftharpoons 2H_2O$	1.23
$Cr_2O_7^{-2} + 14H^+ + 6\bar{e} \rightleftharpoons 2Cr^{+3} + 7H_2O$	1.33
$Cl_2 + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2Cl^-$	1.36
$Au^{+3} + 3\bar{e} \rightleftharpoons Au$	1.50
$MnO_4^- + 8H^+ + 5\bar{e} \rightleftharpoons Mn^{+2} + 4H_2O$	1.52
$S_2O_8^{-2} + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2SO_4^{-2}$	
$F_2 + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2F^-$	2.87

زيادة قوة العامل المختزل

زيادة قوة العامل المؤكسد

◄◄ملاحظات عامة على جدول جهود الإختزال المعيارية ►► **مهمة جدا **

1. من أعلى لأسفل الجدول تزداد جهود الاختزال أي يزداد الميل للاختزال فتزداد قوة المواد كعوامل مؤكسدة.
2. من أسفل لأعلى الجدول تقل جهود الاختزال أي يقل الميل للاختزال فتزداد قوة المواد كعوامل مختزلة.

3. كل نصف تفاعل في الجدول يحتوي على عامل مؤكسد وعامل مختزل :
$Li^{+}_{(aq)} + e^{-} \longrightarrow Li_{(S)}$ (Li^{+} اختزل فهو عامل مؤكسد)
$Li_{(S)} + e^{-} \longrightarrow Li^{+}_{(aq)}$ (Li تأكسد فهو عامل مختزل)
4. العنصر الذي له جهد اختزال سالب يتفاعل مع الحمض المخفف مثلHCl ويطلق غاز الهيدروجين
5. اذا ذكر حفظ (نترات او كبريتات او املاح او ايونات) مادة في وعاء مادة اخرى فاذا كان
جهد اختزال (الوعاءاو ملعقة) اكبر من المادة الاخرى فانه يمكن الحفظ

6- اذا ذكر فلزين نستثني (x_2) او ناخذ العناصر الموجبة فقط
7-التفاعل التلقائي هو الذي تكون فيه جهد الخلية موجب

مقارنة قوة العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة :

بزيادة قيمة جهود الاختزال المعياري للأقطاب يزداد الميل للاختزال فتزداد قوتها كعوامل مؤكسدة ، وكلما قلت قيمة جهود الاختزال يقل الميل للاختزال فتزداد قوتها كعوامل مختزلة.

مثال : مستعينا **بجدول جهود الاختزال المعياري** أجب عما يلي :
1. حدد العبارات الصحيحة فيما يلي :
أ. H_2 يستطيع اختزال Ag^{+} (عبارة صحيحة : جهد اختزال Ag^{+} > من جهد اختزال H^{+}) .
ب. Au يستطيع اختزال Cu^{+2} (عبارة خاطئة : جهد اختزال Au > جهد اختزال Cu^{+2}) .
جـ. Pb^{+2} يستطيع أكسدة Ni (عبارة صحيحة : جهد اختزال Pb^{+2} < جهد اختزال Ni^{+2}) .
2. ما العنصر الذي يستطيع أكسدة النحاس Cu ولا يستطيع أكسدة أيونات الحديد Fe^{+2} ؟
حتى يستطيع العنصر أكسدة النحاس يجب أن يكون جهد اختزاله أكبر من جهد اختزال النحاس ،وكذلك حتى لايستطيع أكسدة أيونات Fe^{+3} إلى Fe^{+2} فإن جهد اختزال العنصر يجب أن يكون أقل من جهد اختزال الحديد اذاً **الإجابة هي (I_2)** .
3. رتب المواد التالية تصاعديا حسب قوتها كعوامل مؤكسدة : Cr^{+2} , Al^{+3} , Ag^{+} , $Cr_2O_7^{-2}$, Sn^{+2}

أقوى عامل مؤكسد الأكثر ميلا للاختزال أي الأعلى جهد اختزال :
$Cr_2O_7^{-2} > Ag^{+} > Sn^{+2} > Cr^{+2} > Al^{+3}$
4. أي العناصر الآتية (Cl_2 , F_2, Br_2) أقواها كعوامل مؤكسدة ؟
أقوى عامل مؤكسد هو الأكثر ميلا للاختزال والأعلى جهد وهو **(F_2)**
5. أي الفلزات الآتية : (Zn , Ni , Al) أقواها كعامل مختزل ؟
أقوى عامل مختزل : أقل ميلا للاختزال أي الأقل جهد اختزال وهو **(Al)**
معلومات هاااامة : حول أنصاف التفاعلات في حالة الاختزال ، طبعاً عزيزي الطالب بعد الترتيب من الأقل E° الى الأكبر E° :

$Al^{+3} + 3e \longrightarrow Al$ $E^{\circ} = -1.66$ فولت
$Mn^{+2} + 3e \longrightarrow Mn$ $E^{\circ} = -1.18$ فولت
$Fe^{+2} + 2e \longrightarrow Fe$ $E^{\circ} = -0.44$

حالة رقم (1) حالة رقم (2)

◄حالة رقم (1) : أي أن العنصر Mn يختزل الذي تحته Fe^{+2} ولا يختزل الذي فوقه Al^{+3}

◄◄ $Al > Mn > Fe$ كعوامل مختزلة أما كعوامل مؤكسده $Al^{+3} < Mn^{+2} < Fe^{+2}$

♦ حالة رقم (2) : أي أن الأيون Mn^{+2} يؤكسد الذي فوقه Al ولا يؤكسد الذي تحته Fe

سؤال (31) : اذا علمت ان العنصر A يختزل B^{+2} ولا يستطيع اختزال C^{+2} فما هو ترتيب هذه العناصر كعوامل مختزلة ؟ (B < A < C)

سؤال (32) : اذا علمت أن الأيون B^{+2} يؤكسد D ولا يستطيع اكسده C ، رتب العناصر كعوامل مختزلة ؟
(C < B < D)

تذكر ♫

الكلمات التالية لها نفس المعنى :

1- العنصر A يختزل العنصر B من محاليل مركباته .
2- العنصر A يذوب في محلول العنصر B .
3- العنصر A يستخرج العنصر B من محاليل مركباته .
4- العنصر A يرسب العنصر B من محاليل مركباته .
5- العنصر A يحل محل العنصر B من محاليل مركباته .

جميع الكلمات تعني : جهد اختزال (A) أقل من جهد إختزال (B) .

تلقائية تفاعلات التأكسد و الاختزال

إذا كانت قيمة (E° خلية) موجبة فإن التفاعل يحدث تلقائياً ، وإذا كانت قيمة (E° خلية) سالبة فإن التفاعل يكون غير تلقائي وبازدياد القيمة الموجبة لجهد الخلية تزداد القوة الدافعة لحدوث التفاعل .

سؤال(34): هل يحدث التفاعل الآتي بصورة تلقائية أم لا ؟ وإذا كان التفاعل غير تلقائي ، اكتب معادلة التفاعل التلقائي .

$$2Cr_{(S)} + 3Zn^{2+}_{(aq)} \longrightarrow 2Cr^{3+}_{(aq)} + 3\,Zn_{(S)}$$

E° خلية = E° اختزال الخارصين - E° إختزال الكروم = - 0.76 - (-0.41) = - 0.35 فولت ، بما أن E° خلية **سالبة يكون التفاعل غير تلقائي** (التفاعل العكسي يكون تلقائي) كما في المعادلة الآتية :

$$2Cr^{3+}_{(aq)} + 3Zn_{(S)} \longrightarrow 2Cr_{(S)} + 3\,Zn^{2+}_{(aq)}$$

ملاحظة : إن قيمة E° تعتمد على نوع المادة في التفاعل وليس على كميتها (لا تتأثر قيمة E° بمعامل المادة)

سؤال(35) : هل تحدث التفاعلات الآتية بصورة تلقائية أم لا ؟ وضح إجابتك بحساب قيمة E° **(استعن بجدول جهود الاختزال)**

1. $Co^{2+}_{(aq)} + 2Br^{-}_{(aq)} \longrightarrow Br_{2(l)} + Co_{(S)}$

E° خلية = E° اختزال مهبط – E° اختزال مصعد

E° خلية = -0.28– 1.06 = - 1.34 فولت **إذاً التفاعل غير تلقائي** (E° خلية **سالبة**)

2 . $2Au^{3+}_{(aq)} + 3Fe_{(S)} \longrightarrow 2Au_{(S)} + 3Fe^{3+}_{(aq)}$

E° خلية = E° اختزال مهبط – E° اختزال مصعد

$E^{\circ}_{خلية}$ = 1.5– (- 0.04) = 1.54 فولت **إذاً التفاعل تلقائي ($E^{\circ}_{خلية}$ موجبة)**

ملاحظة :

عند السؤال هل يمكن حفظ أو هل يمكن تحريك محلول A (A تتواجد على شكل أيونات فيحدث لها اختزال) في وعاء أو سلك أو ملعقة من B (توجد على شكل ذرات وتمثل الفلز فيحدث لها تأكسد) ، نجد $E^{\circ}_{خلية}$:

فإذا كانت $E^{\circ}_{خلية}$ موجبة ← يحدث تفاعل إذا لا يمكن حفظه أو لا يمكن التحريك.

وإذا كانت $E^{\circ}_{خلية}$ سالبة ← لا يحدث تفاعل إذا يمكن حفظه أو يمكن التحريك .

سؤال(36): هل يمكن حفظ محلول كبريتات الألمنيوم في وعاء من الخارصين ؟ وضِح إجابتك (**استعن بجدول جهود الاختزال)**

(هنا محلول كبريتات الألمنيوم يحدث له اختزال ، ووعاء الخارصين يحدث له تأكسد)

$E^{\circ}_{خلية}$ = E° اختزال مهبط – E° اختزال مصعد

$E^{\circ}_{خلية}$ = -1.66– (- 0.76) = - 0.90 فولت **إذاً يمكن حفظ المحلول ($E^{\circ}_{خلية}$ سالبة)**

سؤال(37): هل يمكن تحريك محلول نترات الفضة بملعقة من النيكل ؟ وضِح إجابتك .

$E^{\circ}_{خلية}$ = E° اختزال مهبط – E° اختزال مصعد

$E^{\circ}_{خلية}$ = 0.80– (- 0.25) = 1.05 فولت **إذاً لا يمكن حفظ المحلول ($E^{\circ}_{خلية}$ موجبة)**

ملاحظة :

الفلزات التي تتفاعل مع محاليل الحموض (يتأكسد الفلز ويختزل الحمض) وتطلق غاز H_2 هي الفلزات التي لها جهد اختزال سالب , أما الفلزات التي لا تتفاعل مع محاليل الحموض ولا تطلق غاز H_2 فهي التي لها جهد اختزال موجب ،

بمعنى آخر إذا كانت $E^{\circ}_{خلية}$ موجبة فإن الفلز يتفاعل مع الحمض ويطلق غاز H_2 ، أما إذا كانت $E^{\circ}_{خلية}$ سالبة فلا يتفاعل الفلز مع الحمض ولا يطلق غاز H_2 .

◄◄ **تعميم مهم جداً جداً** : بعد الترتيب كما تعودنا دائماً فإنه :

1- لا يجوز حفظ اي أيون موجب بأي وعاء يأتي فوقه .

2- لا يجوز تحريك أي أيون موجب (محلول) بأي عنصر يأتي فوقه .

سؤال (38) : من خلال دراستك لأنصاف تفاعلات الاختزال المعيارية التالية أجب عما يلي :

$Br_2 + 2e \longrightarrow 2Br^-$	$E^{\circ} = +1.06$
$Fe^{+2} + 2e \longrightarrow Fe$	$E^{\circ} = -.044$
$Cl_2 + 2e \longrightarrow 2Cl^-$	$E^{\circ} = +1.36$
$Ag^+ + 1e \longrightarrow Ag$	$E^{\circ} = +0.80$
$Ni^{+2} + 2e \longrightarrow Ni$	$E^{\circ} = -0.25$

1-هل يجوز حفظ محلول كبريتات النيكل $NiSO_4$ في وعاء مصنوع من الفضة Ag ؟

2-هل يجوز حفظ أيونات الفضة Ag^+ في وعاء مصنوع من الحديد Fe ؟

3-هل يجوز تحريك محلول نترات الفضة $AgNO_3$ بواسطة ملعقة مصنوعة من Ni ؟

4-هل يجوز استخدام غاز الكلور Cl_2 في تحضير البروم Br_2 من خاماته ؟

5-هل المعادلة التالية تمثل خلية غلفانية تلقائية الحدوث : $Cl_2 + 2Br^- \quad 2Cl^- + Br_2$

6-هل يجوز استخدام عنصر الحديد Fe في تحضير عنصر الفضة Ag من املاحه ؟

7-هل يجوز استخدام البروم Br_2 في تحضير غاز الكلور Cl_2 من خاماته ؟

الحـل :

$Fe^{+2} + 2e \longrightarrow Fe$	$E^\circ = -0.44$	1-نعم
$Ni^{+2} + 2e \longrightarrow Ni$	$E^\circ = -0.25$	2-لا
$Ag^{+} + 1e \longrightarrow Ag$	$E^\circ = +0.8$	3-لا
$Br_2 + 2e \longrightarrow 2Br^-$	$E^\circ = +1.06$	4-نعم (انتبه)
$Cl_2 + 2e \longrightarrow 2Cl^-$ (يحضر)	$E^\circ = +1.036$	أي أن Cl_2 يستطيع أن يؤكسد Br^-
		أي يحضر Br_2
		5- نعم
		6- نعم
		7- لا (انتبه)

ملاحظات :

1. عند تصميم خلية غلفانية من عنصرين اعتماداً على قيم (E°) فإن :
العنصر الذي له أعلى (E°) هو المهبط (يحدث له اختزال) ، بينما العنصر الذي له أقل (E°) هو المصعد (يحدث له تأكسد) .
2. عند تصميم خلية غلفانية من فلزين :
أ . لعمل خلية غلفانية لها **أعلى فرق جهد** يتم اختيار فلزين : أعلى E°(أقوى عامل مؤكسد) وأقل E° (أقوى عامل مختزل) .
ب. لعمل خلية غلفانية لها **أقل فرق جهد** ، نرتب جهود الاختزال تنازلياً حسب (E°) ، ثم نحسب(E°) لكل فلزين متتاليين ،
ثم نختار الفلزين (العنصرين) الذين لهما أقل قيمة ($E^\circ_{\text{خلية}}$).

سؤال(39): اعتماداً على قيم جهود الاختزال المعيارية لأنصاف التفاعلات في الجدول أدناه أجب عما يلي :
1. حدد أقوى عامل مؤكسد و أقوى عامل مختزل .
أقوى عامل مؤكسد (Br_2) ، أقوى عامل مختزل (Al)

1. حدد الفلزات التي تتفاعل مع محلول حمض HCl .
   Al , Ni , Zn
2. رتب الفلزات حسب تزايد قوتها كعوامل مختزلة .
   Al > Zn > Ni > Ag

E° (فولت)	نصف تفاعل الإختزال
0.80	$Ag^+ + \bar{e} \rightleftharpoons Ag$
1.66-	$Al^{+3} + \bar{e} \rightleftharpoons Al$
0.25 -	$Ni^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Ni$
1.06	$Br_2 + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2Br^-$
0.76-	$Zn^{+2} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Zn$

(ملاحظة لم نختار Br_2 لأنه لافلز أي لايكون أيون موجب)
3. حدد الفلزين الذين يكونان خلية غلفانية لها أعلى فرق جهد
   Ag و Al (كذلك هنا لم نختار Br_2 لأنه لافلز)
4. وضَح إمكانية حدوث التفاعل الآتي في الظروف المعيارية
5. $2Ag_{(S)} + Br_{2\,(l)} \longrightarrow Ag^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$

$E^\circ_{\text{خلية}} = E^\circ$ اختزال مهبط $- E^\circ$ اختزال مصعد
$E^\circ_{\text{خلية}} = 1.06 - (0.80) = 0.26$ فولت **إذاً التفاعل يمكن حدوثه تلقائياً ($E^\circ_{\text{خلية}}$ موجبة)**

5. هل يمكن حفظ البروم $Br_{2\,(l)}$ في وعاء من النيكل ؟
$E^\circ_{\text{خلية}} = E^\circ$ اختزال مهبط $- E^\circ$ اختزال مصعد
$E^\circ_{\text{خلية}} = 1.06 - (-0.25) = 1.31$ فولت **إذاً لا يمكن حفظ البروم ($E^\circ_{\text{خلية}}$ موجبة)**

7. عند بناء خلية غلفانية مكونة من القطبين (Zn , Ni) :
أ. حدد المصعد والمهبط وشحنة كل منهما
المصعد هو قطب (Zn) وشحنته سالبة ، أما المهبط فهو قطب (Ni) وشحنته موجبة .
ب. أكتب أنصاف التفاعل عند كل قطب ، ثم التفاعل الكلي في الخلية .
نصف تفاعل التأكسد / المصعد $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2\bar{e}$
نصف تفاعل الاختزال / المهبط $Ni^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow Ni$
التفاعل الكلي $Zn_{(S)} + Ni^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Ni_{(S)}$
ج. احسب جهد الخلية المعياري .
$E^\circ_{\text{خلية}} = E^\circ$ اختزال مهبط $- E^\circ$ اختزال مصعد
$E^\circ_{\text{خلية}} = -0.25 - (-0.76) = 0.51$ فولت
د . ماذا يحدث لكتلة القطب (Zn) وتركيز(Ni^{2+}) بعد فترة من الزمن ؟
تقل كتلة Zn (المصعد) ، ويقل تركيز(Ni^{2+})
هـ . إذا كانت القنطرة الملحية تحتوي على محلول KNO_3 ، إلى أي الوعائين تتجه الأيونات السالبة ؟
تتجه الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية إلى نصف خلية القصدير (Zn) .
8. حدد اتجاه سريان الالكترونات في الدارة الخارجية للخلية الغلفانية المكونة من قطبي (Ag / Al) .
تتجه الالكترونات في الدارة الخارجية من قطب (Al) إلى قطب (Ag)

لا تحسبنَّ المجد تمراً أنت آكله
لن تبلغ العُلا حتى تلعق الصبار

سؤال(40): لديك الفلزات ذات الرموز الافتراضية الآتية ، وجميعها تكون **أيونات ثنائية موجبة** (A , B ,C , D) وجد انه :

- عند وصل نصف الخلية A مع نصف الخلية B أن الالكترونات تنتقل من B إلى A .
- أيونات B^{2+} تؤكسد العنصر C .
- العنصر C أقوى كعامل مؤكسد من العنصر D .

أجب عن الأسئلة الآتية :

1. رتب أيونات الفلزات حسب قوتها كعوامل مؤكسدة .
2. حدد الفلزين اللذين يكونان خلية غلفانية لها أكبر فرق جهد .
3. اكتب التفاعل الكلي للخلية الغلفانية المكونة من A و C ؟
4. حدد الفلز الذي يختزل C^{2+} .
5. أي القطبين يمثل المهبط في الخلية الغلفانية المكونة من B و D ؟

الحل : ⟵

1. A , B ,C , D **تزداد قوة العامل المؤكسد**

2. الفلزان هما A و D

3. $A^{2+} + C \longrightarrow A + C^{2+}$

4. الفلز D 5. القطب B

سؤال (41): إذا علمت أن التفاعلات الآتية تميل للحدوث تلقائيا :

$$Pb + Cu^{2+} \longrightarrow Cu + Pb^{2+}$$
$$Ni + Sn^{2+} \longrightarrow Ni^{2+} + Sn$$
$$Sn + Pb^{2+} \longrightarrow Sn^{2+} + Pb$$

أ. رتب الفلزات حسب قوتها كعوامل مختزلة. ب. حدد الأيونات التي تستطيع أكسدة العنصر Sn .

ج . اختر فلزين يكونان خلية غلفانية بأعلى فولتية .

د.عند عمل خلية غلفا نية من قطبي Pb و Ni :

1- حدد المهبط والمصعد. 2- أكتب نصف التفاعل عند كل قطب. 3- ماذا يحدث لكتلة Pb بعد فترة من الزمن .

الحل : أ. Cu , Pb , Sn , Ni **تقل قوة العامل المختزل** ⟵

ب. الأيونات هي Cu^{2+} و Pb^{2+} ج. الفلزين هما Cu و Ni

د. 1. المهبط هو قطب Pb ، المصعد هو قطب Ni .

2. نصف تفاعل التأكسد : $Ni \longrightarrow Ni^{2+} + 2e^-$

نصف تفاعل الاختزال : $Pb^{2+} + 2e^- \longrightarrow Pb$

3. تزداد كتلة Pb .

مثال ٦:

اعتماداً على الجدول المجاور ، والذي يمثل أنصاف تفاعلات إختزال لبعض العناصر ، وقيم جهود الإختزال لها :

نصف تفاعل الإختزال	E^o (فولت)
$Ni^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ni$	٠,٢٥-
$Al^{3+} + 3e^- \longrightarrow Al$	١,٦٦-
$Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$	٠,٨٠+
$Hg^{2+} + 2e^- \longrightarrow Hg$	٠,٨٥+
$Sn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Sn$	٠,١٤-

أجب عن الأسئلة التالية :

١- اختر أقوى عامل مؤكسد .

٢- اختر أقوى عامل مختزل .

٣- اختر أضعف عامل مؤكسد .

٤- اختر أضعف عامل مختزل .

٥- أي الفلزات يتفاعل مع محلول HCl المخفف ، ويطلق غاز الهيدروجين .

٦- أي الفلزات لا يتفاعل مع محلول HCl المخفف ، ويطلق غاز الهيدروجين .

٧- ما الأيونات التي يستطيع Sn إختزالها .

٨- ما العناصر التي يستطيع أيون Sn^{2+} أكسدتها .

٩- اختر فلزين : لتكوين خلية غلفانية لها أعلى فولتية ؟

١٠- اختر فلزين : لتكوين خلية غلفانية لها أقل فولتية ؟

١١- هل يمكن حفظ محلول نترات الفضة ($AgNO_3$) في وعاء من القصدير Sn ؟

١٢- هل يمكن تحريك محلول كلوريد النيكل ($NiCl_2$) بلعقة من الفضة (Ag) ؟

١٣- ما الفلز الذي يمكن أن يستخدم لإستخراج بقية الفلزات من خاماتها .

١٤- هل يمكن إستخدام الألومنيوم (Al) للحصول على النيكل (Ni) من محلول $NiSO_4$ ؟

١٥- إذا تم تركيب خلية غلفانية قطباها (Ag) و (Ni) حدد؟

أ- المصعد والمهبط ؟

ب-اكتب معادلة نصف تفاعل الإختزال ؟

ت-بين إتجاه حركة الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية ؟

ث-أوجد مقدار جهد الخلية (E^o الخلية) ؟

١٦- بين إمكانية حدوث التفاعل التلقائي الآتي :

$$Hg_{(l)} + Ni^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Hg^{2+}_{(aq)} + Ni_{(s)}$$

١٧- اكتب نصف تفاعل التأكسد في الخلية المكونة من العنصرين (Sn و Al) ؟

١٨- خلية غلفانية قطباها (Ag ، Ni) أي القطبين تزداد كتلته أثناء عمل الخلية ؟

◈ الحل :

١) Hg^{2+} ⇦ الذي له أعلى جهد اختزال

٢) Al ⇦ الذي له أقل جهد اختزال

٣) Al^{3+} ⇦ الذي له أقل جهد اختزال

٤) Hg ⇦ الذي له أعلى جهد اختزال

٥) Sn , Al , Ni ⇦ العناصر التي لها جهد اختزال سالبة .

٦) Hg , Ag ⇦ العناصر التي لها جهد اختزال موجبة

٧) Hg^{2+} و Ag^+

٨) Ni و Al

٩) Al و Hg

١٠) Ag و Hg

١١) لا يمكن

١٢) نعم يمكن

١٣) Al

١٤) نعم يمكن

١٥)

أ- المصعد : النيكل

المهبط : الفضة

ب- $Ni_{(s)} + 2Ag^+_{(aq)} \longrightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$

ت- باتجاه وعاء النيكل

ث- E° الخلية = E° الاختزال (المهبط) - E° اختزال (المصعد)

= ٠,٨٠ - (٠,٢٥-)

= + ١,٠٥ فولت

١٦) غير تلقائي .

١٧) $Al_{(s)} \longrightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3e^-$

١٨) Ag

أثر التركيز على جهد الخلية الغلفانية (معادلة نيرنست) (محذوف من المنهاج الجديد)

إن قيمة جهد الخلية تعتمد على تركيز الأيونات في المحلول ، ودرس العالم نيرنست أثر تغير التركيز على جهد الخلية عند درجة حرارة 25سْ وتوصل للعلاقة الآتية :

$$E_{\text{خلية}} = E^{\circ}_{\text{خلية}} - \frac{0.0592}{\text{ن}} \text{ لو } Q$$

E : جهد الخلية عند تغير قيم التراكيز وتقاس بالفولت ، E°: جهد الخلية المعياري ويحسب عند الظروف المعيارية .

ن : عدد $\bar{e}$ المنتقلة خلال التفاعل وتحددها من المعادلة الكلية الموزونة .

Q : حاصل قسمة تراكيز المواد الناتجة على تراكيز المواد المتفاعلة مرفوعة لقوة عدد مولات الأيون ، ويعبر عن Q كما في علاقة ثابت الاتزان للتفاعل (لا تظهر المواد الصلبة وكذلك السائلة النقية في تراكيز المواد المتفاعلة أو الناتجة) .

مثال : في معادلة التفاعل الآتي الموزونة عبرعن قيمة Q :

$$Ca_{(S)} + 2Ag^{+}_{(aq)} \longrightarrow Ca^{+2}_{(aq)} + 2Ag_{(S)}$$

$$Q = \frac{[Ca^{+2}]^{1}}{[Ag^{+}]^{2}}$$

ملاحظة : تغير التراكيز للأيونات عن التركيز المعياري يؤثرعلى تلقائية التفاعل كما يلي :

أ. تقل تلقائية التفاعل إذا كانت $E_{\text{خلية}} < E^{\circ}_{\text{خلية}}$ من .

ب.تزداد تلقائية التفاعل إذا كانت $E_{\text{خلية}} > E^{\circ}_{\text{خلية}}$.

مثال : احسب جهد الخلية الغلفانية الآتية عند درجة حرارة 25 سْ ، عندما يكون $[Zn^{+2}]$ في المحلول $= 1 \times 10^{-5}$ مول/ لتر ، و$[Cu^{+2}] = 0.1$ مول/ لتر ، وما أثر تغير هذه التراكيز عن التركيز المعياري في تلقائية حدوث التفاعل ؟

$$Cu^{2+}_{(aq)} + Zn_{(S)} \rightleftharpoons Cu_{(S)} + Zn^{2+}_{(aq)}$$

(E^{o} اختزال Cu =0.34, E° اختزال Zn =- 0.76فولت)

الحل :

نحسب $E^{\circ}_{\text{خلية}} = E^{\circ}$ اختزال مهبط - E° اختزال مصعد

$= 0.34 - (- 0.76) = 1.10$ فولت .

نحدد (ن) حسب المعادلة الموزونة : **ن = 2**

نحسب $Q = \frac{[Zn^{+2}]^{1}}{[Cu^{+2}]^{1}} = \frac{1 \times 10^{-5}}{0.1} = 1 \times 10^{-4}$.

نعوض بمعادلة نيرنست : $E_{\text{خلية}} = E^{\circ}_{\text{خلية}} - \frac{0.0592}{\text{ن}}$ لو Q

$$E_{\text{خلية}} = 1.10 - \frac{0.0592}{2} \left(\text{لو } 1 \times 10^{-4}\right) = 1.1 - \frac{0.06}{2} \times (-4) = 1.1 + 0.06 \times 2 = 1.22$$

فولت.

تزداد تلقائية حدوث التفاعل لأن $E_{\text{خلية}}$ (1.22) $> E^{\circ}_{\text{خلية}}$ (1.10)

سؤال(42): احسب E° للخلية الغلفانية التي يحدث فيها التفاعل الآتي :

$$Zn_{(S)} + 2Ag^{+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2Ag_{(S)}$$

ثم احسب جهد الخلية عندما يكون تركيز Ag^{+} في المحلول = 2×10^{-3} مول / لتر وتركيز Zn^{+2} يساوي 0.4 مول / لتر عند 25سْ ، وهل يزداد ميل التفاعل للحدوث التلقائي أم يقل ؟ **(اعتبر الثابت 0.0592 = 0.06)**

الحل : **(لو 10 = 1 ، لو 1 = صفر)**

$E°_{خلية} = E°$ اختزال مهبط – $E°$ اختزال مصعد

$E°_{خلية} = 0.80 - (-0.76) = 1.56$ فولت

نحدد (ن) حسب المعادلة الموزونة : **ن = 2**

نحسب $Q = \frac{[Zn^{+2}]^1}{[Ag^{+}]^2} = \frac{0.4}{(2 \times 10^{-3})^2} = 1 \times 10^{5}$

نعوض بمعادلة نيرنست : $E_{خلية} = E°_{خلية} - \frac{0.0592}{ن}$ لو Q

$E_{خلية} = 1.56 - \frac{0.06}{2}$ (لو 1×10^{5}) $= 1.56 - \frac{0.06}{2} \times (5$ لو 10 + لو 1)

$E_{خلية} = 1.56 - (5 \times 0.03) = 1.56 - 0.15 = 1.41$ فولت **(تقل تلقائية التفاعل** لأن $E_{خلية} < E°_{خلية}$)

سؤال(43): إذا علمت أن المعادلة الآتية تمثل تفاعل يحدث في إحدى الخلايا الغلفانية عند 25 سْ :

$$Cd_{(S)} + 2Ag^{+}_{(aq)} \longrightarrow Cd^{+2}_{(aq)} + 2Ag_{(S)}$$

1. احسب E° للخلية ($E°_{إختزال الفضة} = 0.80$ فولت ، $E°_{إختزال الكادميوم} = -0.40$ فولت)
2. إذا كان جهد الخلية يساوي 1.26 فولت عندما يكون $[Ag^{+}] = 0.1$ مول / لتر احسب $[Cd^{+2}]$ في المحلول .

الحل : 1. $E°_{خلية} = E°$ اختزال مهبط – $E°$ اختزال مصعد

$E°_{خلية} = 0.80 - (-0.40) = 1.20$ فولت

نحدد (ن) حسب المعادلة الموزونة : **ن = 2**

2. نجد قيمة Q من معادلة نيرنست : $E_{خلية} = E°_{خلية} - \frac{0.0592}{ن}$ لو Q

$1.26 = 1.20 - \frac{0.06}{2}$ (لو Q) $= 1.20 - 1.26 = -0.03$ (لو Q)

$0.06 = -(-0.03$ لو Q) $\leftrightarrow$ لو $Q = \frac{-0.06}{-2} = 0.03 \leftrightarrow Q = 10^{-2}$

$Q = \frac{[Cd^{+2}]^1}{[Ag^{+}]^2} \leftrightarrow 10^{-2} = \frac{[Cd^{+2}]^1}{(0.1)^2} \leftrightarrow [Cd^{+2}] = 1 \times 10^{-4}$ مول / لتر

سؤال (44) وزارة 2013 : التفاعل التالي $Ni^{+2} + Cd \longrightarrow Ni + Cd^{+2}$

يحدث في خلية غلفانية جهدها المعياري يساوي 0.15 فولت ودرجة حرارتها 25 س° ، احسب جهد الخلية اذا كان $[Ni^{+2}] = 0.1$ مول/لتر ، و $[Cd^{+2}] = 0.001$ مول/لتر ؟ (اعتبر قيمة الثابت = 0.06)

سؤال وزارة 2015 : في المعادلة الموزونة $Al + 3Ag^{+} \longrightarrow Al^{+3} + 3Ag$ ، اذا علمت أن قيمة جهد الخلية المعياري $E° = (0.86)$ فولت وأن $[Al^{+3}] = [Ag^{+}] = (0.1)$ فولت ، احسب جهد الخلية E علماً بأن (لـو 100 =2) ، واعتبر قيمة ثابت نيرنست = 0.06

سؤال(45) : ماذا يحدث لقيمة جهد الخلية الغلفانية مع استمرار التفاعل ؟
مع استمرار التفاعل داخل الخلية يتناقص جهد الخلية , إلى أن تتوقف الخلية الغلفانية نهائياً عن العمل بعد فترة من الزمن ،
وذلك لأن حدوث التفاعل في الخلية يتسبب في زيادة تراكيز المواد الناتجة ، ونقصان تراكيز المواد المتفاعلة **فتزداد قيمة Q** (لو Q) فتزداد قيمة الجزء الثاني $\frac{0.0592}{ن}$ لو Q في معادلة نيرنست ، فيقلل الفرق بينه وبين قيمة $E^{\circ}_{خلية}$ **فتقل قيمة $E_{خلية}$**

سؤال(46) : متى يصل التفاعل إلى وضع الاتزان ؟
يصل التفاعل إلى وضع الاتزان عندما تصبح قيمة $E_{خلية}$ = صفر ، فتصبح قيمة Q مساوية لقيمة ثابت الاتزان للتفاعل (k)

$$E_{خلية} = E^{\circ}_{خلية} - \frac{0.0592}{ن} \text{ لو } Q$$

(عند الاتزان) صفر $= E^{\circ}_{خلية} - \frac{0.0592}{ن}$ لو k

$E^{\circ}_{خلية} = \frac{0.0592}{ن}$ لو k وتستخدم هذه المعادلة في حساب ثابت الاتزان للتفاعل في الخلية الغلفانية عند 25سْ . ن

سؤال(47) : في التفاعل الآتي : $I_{2\,(l)} + Pb_{(S)} \rightleftharpoons 2\,I^{-}_{(aq)} + Pb^{2+}_{(aq)}$
احسب قيمة ثابت الاتزان (K) للتفاعل عند 25سْ علماً بأن : E° اختزال المهبط = 0.53 فولت ، V اختزال المصعد = - 0.13 فولت

$E^{\circ}_{خلية} = E^{\circ}$ اختزال مهبط – E° اختزال مصعد ↔ $E^{\circ}_{خلية} = 0.53 - (-0.13) = 0.66$ فولت
نحدد (ن) حسب المعادلة الموزونة : **ن = 2**

$$E^{\circ}_{خلية} = \frac{0.0592}{ن} \text{ لو } k \leftrightarrow 0.66 = \frac{0.06}{2} \text{ لو } k \leftrightarrow \text{لو } k = \frac{0.66}{0.03}$$

$$\text{لو } k \leftrightarrow 22 = K \leftrightarrow 10^{22} =$$

سؤال(48) : من خلال دراستك للتفاعل التالي الذي يمثل خلية غلفانية تلقائية الحدوث $E^{\circ} = 2$ فولت :

$$Al + 3Cu^{+2} \longrightarrow Al^{+3} + 3Cu$$

اذا علمت أن جهد الخلية = 2.02 فولت عندما $[\,Cu^{+2}\,] = 1 \times 10^{-2}$ مول/لتر ، اعتبر قيمة الثابت = 0.06 :
أ- إحسب $[\,Al^{+3}\,]$ مول/لتر ؟
ب- عند وصول التفاعل الى وضع الاتزان ، إحسب قيمة ثابت الاتزان K ؟

سؤال(49) : اعتماداً على قيم جهود الاختزال المعيارية لأنصاف التفاعلات في الجدول أدناه أجب عما يلي :

نصف تفاعل الاختزال	E° (فولت)
$Fe^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Fe$	0.44-
$Ag^{+} + \bar{e} \rightleftharpoons Ag$	0.80
$Al^{+3} + \bar{e} \rightleftharpoons Al$	1.66-
$Cu^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Cu$	0.34
$Cd^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Cd$	0.40-
$Zn^{+2} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Zn$	0.76-

1. حدد أضعف عامل مؤكسد و أضعف عامل مختزل .
أضعف عامل مؤكسد(Al^{3+}) أضعف عامل مختزل (Ag)
2. رتب الفلزات حسب تزايد قوتها كعوامل مختزلة .
Al > Zn > Fe > Cd > Cu > Ag
3. هل يمكن تحريك محلول نترات الفضة بملعقة من الخارصين ؟ وضِح إجابتك.
$E°_{خلية}$ = $E°$ اختزال مهبط – $E°$ اختزال مصعد
$E°_{خلية}$ = 0.80– (0.76 -) = 1.56 فولت
إذاً لا يمكن التحريك ($E°_{خلية}$ موجبة)
4. هل يستطيع Al أن يختزل Cu^{2+} ؟
نعم يستطيع (لأن جهد اختزال Cu^{2+} > من جهد اختزال Al^{3+})
5. حدد فلزين يستطيعان أكسدة Fe واختزال Ag^{+} .
(Cd ، Cu)
6. أي الفلزات تستطيع تحرير الهيدروجين من مركباته ؟
(Al , Zn , Fe , Cd)
7. حدد فلزين يكونان خلية غلفانية ذات أعلى فرق جهد .
(Ag و Al)
8. عند بناء خلية غلفانية مكونة من القطبين (Zn , Al) :
أ. حدد المصعد والمهبط وشحنة كل منهما .
المهبط هو قطب (Zn) وشحنته موجبة ، أما المصعد فهو قطب (Al) وشحنته سالبة.
ب. أكتب التفاعل الكلي الذي يحدث في الخلية .

$$2Al + 3Zn^{2+} \longrightarrow 2Al^{3+} + 3Zn$$

ج. احسب جهد الخلية المعياري (E°) .
$E°_{خلية}$ = $E°$اختزال مهبط – $E°$ اختزال مصعد
$E°_{خلية}$ = - 0.76 – (1.66 -) = 0.90 فولت
د . ماذا يحدث لكتلتي المصعد والمهبط بعد فترة من الزمن ؟ وماذا يحدث لتركيز Zn^{2+} ؟
تزداد كتلة المهبط (Zn) ، وتقل كتلة المصعد (Al) ، يقل تركيز Zn^{2+}
هـ. احسب جهد الخلية ، إذا أصبح [Al^{3+}] في المحلول = 1×10^{-4} مول/ لتر و [Zn^{+2}] = 1×10^{-2} مول/ لتر ،
وماذا يحدث لتلقائية التفاعل (تقل ، تزداد ، تقل ثابتة) ؟ **(اعتبر الثابت 0.0592 = 0.06)**
نحدد (ن) حسب المعادلة الموزونة : **ن = 6**

$$\text{نحسب } Q = \frac{[Al^{+3}]^2}{[Zn^{2+}]^3} = \frac{(1 \times 10^{-4})^2}{(1 \times 10^{-2})^3} = \frac{1 \times 10^{-8}}{1 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^{-2}$$

نعوض بمعادلة نيرنست : $E_{خلية} = E°_{خلية} - \frac{0.0592}{ن}$ لو Q

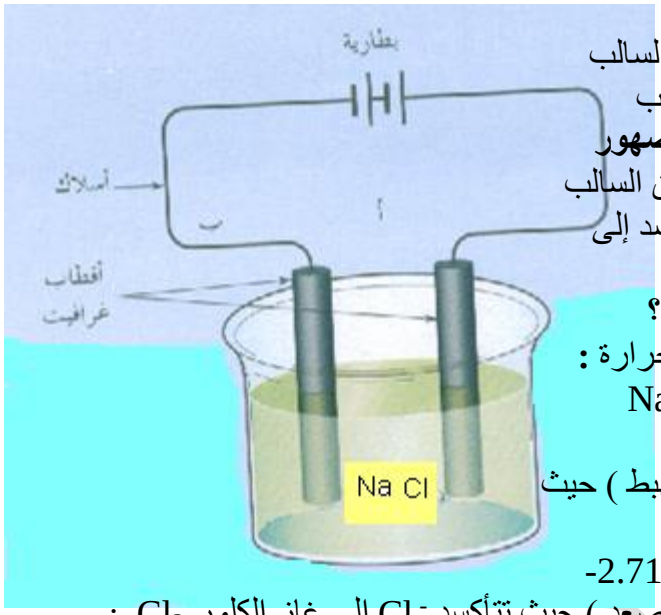
$$E_{خلية} = 0.90 - \frac{0.06}{6} (\text{لو } 1 \times 10^{-2}) = 0.90 - \frac{0.06}{6} \times (-2 \text{ لو } 10 + \text{لو } 1)$$

$E_{خلية}$ = 0.90 – (2 - × 0.01) = 0.90 + 0.02 = 0.92 فولت **(إذاً تزداد تلقائية التفاعل)** .

خـلايا التحـليل الكـهربائـي

هي خلايا يحدث فيها تفاعل تأكسد واختزال بتأثير تيار كهربائي (غير تلقائي) لإحداث تغيير كيميائي ، وقد يكون التحليل لمحلول أو مصهور مادة أيونية وهما في الحالتين يوصلان التيار الكهربائي بسبب وجود ايونات حرة الحركة ،فعند مرور
تيار كهربائي في محلول أومصهور مادة أيونية ، تتحرك الأيونات باتجاه الأقطاب المخالفة لها في الشحنة .

التحليل الكهربائي لمصاهير المواد الأيونية :



في خلايا التحليل الكهربائي يكون المهبط هو القطب السالب ويحدث عليه الاختزال، أما المصعد فهو القطب الموجب ويحدث عليه التأكسد، وفي **التحليل الكهربائي لأي مصهور** فإن الفلز(الأيون الموجب) هو الذي يُختزل ، والأيون السالب (هالوجين (X^-) : Cl^- , Br^- , I^-) هو الذي يتأكسد إلى
($Cl_{2\,(g)}$ $Br_{2\,(l)}$, $I_{2\,(l)}$) X_2

مثال : ما نواتج التحليل الكهربائي لمصهور NaCl ؟

المصهور يعني تفكك المادة الأيونية إلى أيونات بالحرارة :

$$NaCl_{(s)} \longrightarrow Na^+_{(l)} + Cl^-_{(l)}$$

يلاحظ من الشكل المجاور:

1. تتحرك أيونات Na^+ نحو القطب السالب (المهبط) حيث تختزل وتتحول إلى ذرات Na متعادلة :

$$Na^+_{(l)} + e^- \longrightarrow Na_{(l)} \quad E^o = -2.71$$

2. تتحرك أيونات Cl^- نحو القطب الموجب (المصعد) حيث تتأكسد Cl^- إلى غاز الكلور Cl_2 :

$$2Cl^-_{(l)} \longrightarrow Cl_{2(g)} + 2e^- \quad E^o = -1{,}36$$

3. التفاعل الكلي : يجمع أنصاف التفاعلات بعد ضرب معادلة (اختزال Na^+ بـ (2) فإن :

$$2Na^+ + 2Cl^- \longrightarrow 2Na_{(l)} + Cl_{2\,(g)}$$

E^o خلية = E^o اختزال + E^o تأكسد Cl^- = (2.71-) + (1.36 -) = - 4.07 فولت

(عدد مولات Cl_2 الناتجة = 1 مول : 2مول من Na)

يلاحظ أن E^o **للخلية سالبة** أي أن التفاعل غير تلقائي لذلك يستخدم تيار الكهربائي لدفع الالكترونات في الدارة الخارجية وتحريك الأيونات المختلفة نحو الأقطاب المخالفة لها في الشحنة مما يتسبب في حدوث تفاعل التأكسد والاختزال .

نواتج التحليل الكهربائي لمصهور NaCl (كلوريد الصوديوم) هي :

أ. تكون الصوديوم (Na) على المهبط . ب. انطلاق غاز الكلور (Cl_2) على المصعد

سؤال(50) : ما نواتج التحليل الكهربائي لمصهور بروميد البوتاسيوم KBr ؟ وضح إجابتك مستعيناً بالمعادلات

نصف تفاعل الاختزال / المهبط $K^+_{(l)} + e^- \longrightarrow K_{(l)}$

نصف تفاعل التأكسد / المصعد $2Br^-_{(l)} \longrightarrow Br_{2(l)} + 2e^-$

النواتج : تكون البوتاسيوم على المهبط ، وتكون البروم على المصعد .

سؤال(51) : قارن بين الخلية الغلفانية وخلية التحليل الكهربائي حيث :

خلايا غلفانية	خلايا تحليل كهربائي
تحولات الطاقة : من كيميائية إلى كهربائية	من كهربائية إلى كيميائية
تلقائية التفاعل: تلقائي	غير تلقائي
E°جهد الخلية : موجبة (+)	سالبة (-)
قطب المصعد شحنته سالبة ، قطب المهبط شحنته موجبة.	قطب المصعد شحنته موجبة ، قطب المهبط شحنته سالبة

سؤال(52) : ما نواتج التحليل الكهربائي لمصاهير كل من LiH , $CuCl_2$ ؟ اكتب معادلة التفاعل الكلي .

1. LiH

نصف تفاعل الاختزال / المهبط $2\ (\ Li^{+}_{(l)} + e^{-} \longrightarrow Li_{(l)}\ )$

نصف تفاعل التأكسد / المصعد $2H^{-}_{(l)} \longrightarrow H_{2\,(g)} + 2e^{-}$

$$2Li^{+}_{(l)} + 2H^{-}_{(l)} \longrightarrow 2Li_{(l)} + H_{2\,(g)}$$

النواتج : تكون الليثيوم على المهبط ، وتصاعد غاز الهيدروجين على المصعد .

2. $CuCl_2$:

نصف تفاعل الاختزال / المهبط $Cu^{2+}_{(l)} + 2e^{-} \longrightarrow Cu_{(s)}$

نصف تفاعل التأكسد / المصعد $2Cl^{-}_{(l)} \longrightarrow Cl_{2\,(g)} + 2e^{-}$

$$Cu^{2+}_{(l)} + 2Cl^{-}_{(l)} \longrightarrow Cu_{(s)} + Cl_{2\,(g)}$$

النواتج : ترسب النحاس على المهبط ، وتصاعد غاز الكلورعلى المصعد .

◄◄ التحليل الكهربائي لمحاليل المواد الأيونية :

سؤال(53): ما نواتج التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم $NaCl$ ؟

يتفكك محلول كلوريد الصوديوم في الماء كما في المعادلة الآتية :

$$NaCl_{(S)} \longrightarrow Na^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$$

وعند إمرار تيار كهربائي في المحلول باستخدام أقطاب غرافيت فإن :

1- المهبط (-) : يتواجد أيونات Na^{+} , وجزيئات H_2O ، لذا فإن تفاعلات الاختزال المحتملة هي :

$Na^{+}_{(aq)} + e^{-} \longrightarrow Na_{(S)}$ $\quad -2.71 = E^{o}$

$2H_2O_{(l)} + 2e^{-} \longrightarrow H_{2\,(g)} + 2OH^{-}_{(aq)}$ $\quad -0.83 = E^{o}$ **(معادلة اختزال الماء)**

التفاعل الأكثر قابلية للحدوث هو : اختزال الماء (لأن جهد اختزاله أكبر من جهد اختزال الصوديوم)

2- المصعد (+) : يتواجد أيونات Cl^{-} وجزيئات H_2O ، لذا فإن تفاعلات التأكسد المحتملة هي :

$2Cl^{-}_{(aq)} \longrightarrow Cl_{2\,(g)} + 2e^{-}$ $\quad -1.36 = E^{o}$

$2H_2O_{(l)} \longrightarrow O_{2\,(g)} + 4H^{+}_{(aq)} + 4e^{-}$ $\quad -1.23 = E^{o}$ **(معادلة تأكسد الماء)**

لذا من المتوقع أن يتأكسد الماء لأن جهد تأكسده أكبر، إلا أن الذي يحدث عملياً هو تصاعد غاز Cl_2 :

إذاً نصف تفاعل الاختزال / المهبط : $2H_2O_{(l)} + 2e^{-} \longrightarrow H_{2(\,g)} + 2OH^{-}_{(aq)}$

نصف تفاعل التأكسد / المصعد : $2Cl^{-}_{(aq)} \longrightarrow Cl_{2\,(g)} + 2e^{-}$

التفاعل الكلي : $2H_2O_{(l)} + 2Cl^{-}_{(aq)} \longrightarrow H_{2(\,g)} + 2OH^{-}_{(\,aq)} + Cl_{2\,(g)}$

نواتج التحليل :

1. عند المصعد تصاعد غاز Cl_2 2. عند المهبط تصاعد غاز H_2 3. تكون محلول قاعدي من $OH^-_{(aq)}$ $Na^+_{(aq)}$

ملاحظات : عند التحليل الكهربائي **لمحاليل المواد المتأينة** نتبع القواعد الآتية :

1. يكون الاختزال عند المهبط لقيمة (E^o اختزال) الأكبر ، وبشكل عام يكون ترتيب الاختزال كما يلي :
اختزال أيونات فلزات العناصر الانتقالية **ثم** اختزال الماء **ثم** اختزال أيونات فلزات المجموعة

$$K^+, Na^+, Li^+ : (IA)$$
$$Ca^{+2}, Mg^{+2} : (II\ A)$$
$$Al^{+3} : (AIII)$$
$$< \quad H_2O \quad <$$
$$Cr^{+3}, Fe^{+2}, Cr^{+2}, Zn^{+2}, Ag^+, Cu^{+2}, Fe^{+3}, Ni^{+2}, Co^{+2}, Pb^{+2}, Sn^{+2}$$

2. يكون التأكسد عند المصعد للأسهل تأكسداً ، وبشكل عام يكون ترتيب التأكسد كما يلي :
تأكسد F^-, NO_3^-, SO_4^{-2} < تأكسد H_2O < تأكسد I^-, Br^-, Cl^-, H^-

التحليل الكهربائي لمحلول نترات الرصاص $Pb(NO_3)_2$ (شجرة الرصاص) :

1. المهبط (-) : يتواجد الماء وأيون Pb^{+2} ، لكن الذي يختزل هو Pb^{+2} لأن جهد اختزاله أكبرمن جهد اختزال الماء :

$$2X\ (\ Pb^{+2}{}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Pb\ )$$

2. المصعد(+) : يتواجد الماء وأيون NO_3^- ، لكن الذي يتأكسد هو الماء لأن تأكسده أسهل من تأكسد النترات :

$$2H_2O_{(l)} \longrightarrow O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^-$$
$$2Pb^{+2}{}_{(aq)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow 2Pb_{(S)} + O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)}$$

إذاً **نواتج التحليل :**

1. ترسب Pb عند المهبط (شجرة الرصاص) 2. تصاعد غاز O_2 على المصعد تكون محلول حمضي هو $H\ NO_3$

التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات الصوديوم (Na_2SO_4):

المهبط : (-) : يتواجد Na^+ / H_2O الذي يختزل هو الماء (جهد اختزاله أكبرمن جهد اختزال الصوديوم) :

$$2X\ (2H_2O_{(l)} + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)}\ )$$

المصعد : (+) : يتواجد SO_4^{2-} / H_2O الذي يتأكسد هو الماء لأن تأكسده أسهل من تأكسد SO_4^{2-} :

$$2H_2O_{(l)} \longrightarrow O_{2(g)} + 4H^+ + 4e^-$$

التفاعل الكلي

$$6H_2O_{(l)} \longrightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)} + 4OH^-_{(aq)} + 4H^+_{(aq)}$$

يلاحظ تكون H^+ عند المصعد وكما هو عند المهبط ومع مرور الوقت ونتيجة لحركة الأيونات يحدث التعادل بينهما لذلك تصبح معادلة التفاعل على الخلية الكلية

$$2H_2O_{(l)} \longrightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

نواتج التحليل هي : 1. انطلاق غاز H_2 2. انطلاق غاز O_2

يلاحظ أن **التحليل الكهربائي لمحلول Na_2SO_4 هي تحليل كهربائي للماء** فلم يحدث تغير على أيونات Na^+ و SO_4^{2-}

سؤال : ما نواتج التحليل الكهربائي لمحاليل كل من المركبات الآتية ؟ وضح إجابتك بالمعادلات

1. محلول KI :

نصف تفاعل الاختزال / المهبط $2H_2O_{(l)} + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)}$

نصف تفاعل التأكسد / المصعد $2I^-_{(l)} \longrightarrow I_{2(l)} + 2e^-$

التفاعل الكلي : $2H_2O_{(l)} + 2I^-_{(l)} \longrightarrow H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)} + I_{2(l)}$

النواتج : تصاعد غاز الهيدروجين على المهبط ، وتكون اليودعلى المصعد ، تكون محلول قاعدي من KOH

2. محلول $CuBr_2$:

نصف تفاعل الاختزال / المهبط $Cu^{2+}_{(l)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(s)}$

نصف تفاعل التأكسد / المصعد $2Br^-_{(l)} \longrightarrow Br_{2(l)} + 2e^-$

$$Cu^{2+}_{(l)} + 2Br^-_{(l)} \longrightarrow Cu_{(s)} + Br_{2(l)}$$

النواتج : ترسب النحاس على المهبط ، وتكون البروم على المصعد .

3. محلول NaH :

نصف تفاعل الاختزال / المهبط $2H_2O_{(l)} + 2e^- \longrightarrow H_{2\,(g)} + 2OH^-_{(aq)}$

نصف تفاعل التأكسد / المصعد $2H^-_{(l)} \longrightarrow H_{2\,(l)} + 2e^-$

التفاعل الكلي : $2H_2O_{(l)} + 2I^-_{(l)} \longrightarrow H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)} + I_{2\,(l)}$

النواتج : تصاعد غاز الهيدروجين على المهبط والمصعد ، تكون محلول قاعدي من NaOH .

تطبيقات حياتية

- **استخدام اليود في المجال الطبي:**

يتاين يوديد البوتاسيوم KI في الماء الى ايون اليود السالب (I^-) وايون البوتاسيوم الموجب K^+.
عند تمرير تيار كهربائي في محلول يوديد البوتاسيوم فانه يختزل الماء عند المهبط ويتصاعد غاز الهيدروجين اما عند المصعد تتاكسد ايونات اليود لانتاج I2 كما في المعادلة

$$2H_2O_{(l)} + 2I^-_{(l)} \longrightarrow H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)} + I_2$$

ويتفاعل اليود الناتج I_2 مع الايون I^- لانتاج I_3^-

$$I_2 + I^- \longrightarrow I_3^-$$

وتكمن اهمية ايون I_3^- كونه يدخل في تحضير الادوية التي تستخدم في علاج المرضى اذا نقص افراز اليود عندهم او استئصلت الغدة الدرقية في اجسامهم.

(أسئلـــة إضافيـــة على وحـــدة التـأكســـد والاختـــزال / الخلايا الغلفانية)

(اختـيـــــار مـن متعـــــدد)

1) العبارة التي تتفق وخلية التحليل الكهربائي :
أ. شحنة المهبط موجبة ب. التفاعل الكلي تلقائي
ج. تفاعل الاختزال يحدث عند المصعد **د. جهد الخلية (E^o) له قيمه سالبة**

2) عند التحليل الكهربائي لمحلول يوديد البوتاسيوم KI باستخدام أقطاب غرافيت، فإن ما يحدث عند المهبط هو :
أ. ترسب اليود ب. ترسب البوتاسيوم
ج. انطلاق غاز الهيدروجين د. انطلاق غاز الأكسجين

3) إذا تم تحليل مصهور هيدريد الليثيوم (LiH) كهربائيا باستخدام أقطاب بلاتين ، فإن تفاعل المصعد هو :
أ. $Li^+ + e^- \longrightarrow Li$ ب. $Li \longrightarrow Li^+ + e^-$
ج. $2H^- \longrightarrow H_2 + 2e^-$ د. $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$

4) يكون المصعد في الخلية الغلفانية هو القطب :
أ. السالب الذي تحدث عنده عملية التأكسد ب. السالب التي تحدث عنده الاختزال
ج. الموجب التي تحدث عنده عملية التأكسد د. الموجب الذي تحدث عنده الاختزال

5) إذا كان التفاعل الآتي يحدث في إحدى الخلايا الغلفانية :
$Mn_{(s)} + Cd^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Mn^{2+}_{(aq)} + Cd_{(s)}$ فإن :
أ. كتلة القطب Mn تزداد ب. الإلكترونات تسري من القطب Cd إلي القطب Mn
ج. تركيز أيونات $Mn^{2+}_{(aq)}$ يزداد د. القطب Cd هو القطب السالب

6) عند التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم باستخدام أقطاب غرافيت تكون النواتج كما يأتي :
أ. هيدروجين وأكسجين **ب. هيدروجين وكلور**
ج. صوديوم وأكسجين د. صوديوم وكلور

7) عند التحليل الكهربائي لمحلول NaI تركيزه (1مول/ لتر) باستخدام أقطاب بلاتين ، فإن نواتج التحليل هي:
أ. $O_2 + I_2$ ب. $Na + I_2$ ج. $O_2 + H_2$ **د. $H_2 + I_2$**

8) إحدى العبارات الآتية **غير صحيحة** فيما يتعلق بخلية التحليل الكهربائي وهي :
أ. شحنة المصعد موجبة ب. جهد الخلية (E^o) له قيمه سالبة
ج. يحدث تفاعل اختزال عند المهبط **د. تتجه الأيونات الموجبة نحو المصعد**

9) العنصر A يختزل أيونات B^{2+} ولا يختزل أيونات C^{2+} ، أن ترتيب العناصر وفق قوتها كعوامل مختزلة هو :
أ. C<B<A ب. C<A<B **ج. B<A<C** د. A<B<C

10) في الخلية الغلفانية يكون :
أ. المهبط سالب ب. الاختزال على المصعد **ج. التفاعل تلقائي** د. جهد الخلية سالب

11) يتم نزع الأكسجين من خام الهيماتيت Fe_2O_3 بواسطة :
أ. الكربون ب. الألمنيوم ج. الحديد د. الفضة

12) عند حساب قيمة (E) للخلية باستخدام معادلة نيرنست يصل التفاعل للاتزان عندما :
أ. $E_{\text{للخلية}} = E^o_{\text{للخلية}}$ ب. $E^o_{\text{للخلية}} =$ صفر ج. $E_{\text{للخلية}} < E^o_{\text{للخلية}}$ د. **$E_{\text{للخلية}} =$ صفر**

13) الأيون الذي يختزل عند التحليل الكهربائي لمحلوله المائي هو :
أ. Mg^{2+} ب. K^+ ج. Al^{3+} **د. Ag^+**

14) يتم الحصول على فلز الألمنيوم بالتحليل الكهربائي لـ :
أ. محلول $AlCl_3$ **ب. مصهور Al_2O_3** ج. مصهور $Al(OH)_3$ د. محلول $AlBr_3$

(2012/ شتوي)

1) العبارة التي تنطبق على خلية التحليل الكهربائي :
أ. يحدث التأكسد على المهبط . ب. إشارة المصعد سالبة .

ج. التفاعل يحدث تلقائياً **د. جهد الخلية سالب**

2) في خلية التحليل الكهربائي لمصهور NaBr (أقطاب بلاتين) ، فإن التفاعل الحادث على المهبط هو :

أ. $Na \longrightarrow Na^+ + e^-$ **ب. $Na^+ + e^- \longrightarrow Na$**

ج . $Br_2 + 2e^- \longrightarrow 2Br^-$ د. $2Br^- \longrightarrow Br_2 + 2e^-$

3) عند الطلاء الكهربائي لملعقة من الحديد بطبقة من الفضة فإن :

أ. المحلول المستخدم يحتوي على أيونات الحديد . **ب. تختزل أيونات الفضة على المهبط .**

ج. تربط ملعقة الحديد على القطب الموجب . د. يربط قضيب الفضة على القطب السالب .

(2012/ شتوي) : (20 علامة)

الجدول الآتي يبين عدد من أنصاف التفاعلات وقيم جهود الاختزال المعيارية لها ،اعتماداً عليه أجب عن الأسئلة الآتية :

نصف تفاعل الاختزال	E^o فولت
$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$	0.34
$Cd^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cd$	0.40-
$Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$	0.80
$Zn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Zn$	0.76 -
$Ni^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ni$	0.25 -
$Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$	1.36

1. حدد العامل المختزل الأقوى .
2. حدد المصعد في الخلية الغلفانية التي قطباها (Cd ، Ni) .
3. أيهما يستطيع تحرير الهيدروجين من محلول حمض HCl المخفف (Ni أم Cu) ؟
4. حدد الفلزين اللذين يكونان خلية غلفانية لها أكبر فرق جهد.
5. ما قيمة جهد الخلية المعياري للخلية الغلفانية التي قطباها (Cd و Zn) ؟
6. أي القطبين تقل كتلته في الخلية الغلفانية المكونة من قطبي (Ag و Cu) ؟
7. هل يمكن تحريك محلول $CdSO_4$ بملعقة من Cu ؟
8. هل تستطيع أيونات Cd^{+2} أكسدة Ag ؟
9. حدد القطب الذي تتجه نحوه الإلكترونات في الخلية الغلفانية التي قطباها (Ag و Zn) .
10. اكتب معادلة المصعد في التحليل الكهربائي لمصهور AgCl .

الإجابة النموذجية :

1. Zn 2. Cd 3. Ni 4 . الفلزين هما (Ag و Zn) **(علامتان لكل فرع)**

5. . $E^\circ_{\text{خلية}} = E^\circ$ اختزال مهبط – E° اختزال مصعد
$= -0.40 - (-0.76) = +0.36$ فولت
6. قطب Cu
7. نعم
8. لا
9. نحو قطب Ag
10. $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$

(أسئلـــــــــــــــة إضـافيـــــــــــــــــة)

السؤال الأول:

خلية غلفانية يحدث فيها التفاعل الآتي : $Ni_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$

فإذا علمت أن جهد هذه الخلية (E^{o}) يساوي (0.60 فولت) أجب عما يلي :

1. حدد القطب الذي يمثل المهبط، والقطب الذي يمثل المصعد، وما شحنة كل منها.
2. حدد اتجاه سريان الإلكترونات في الدارة الخارجية لهذه الخلية.
3. إذا علمت أن جهد اختزال النحاس (E^{o}) = +0.34 فولت. احسب جهد اختزال النيكل.
4. احسب ثابت الاتزان للتفاعل في الخلية عند 25سْ

الإجابة النموذجية :

1. قطب Cu هو المهبط ، وشحنته موجبة ، قطب Ni هو المصعد ، وشحنته سالبة .
2. تنتقل الإلكترونات من قطب Ni إلى قطب Cu .
3. $E^{\circ}_{\text{خلية}} = E^{\circ}$ اختزال مهبط – E° اختزال مصعد

$0.60 = 0.34 - {}_{Ni}E^{\circ}$

${}_{Ni}E^{\circ} = -0.26$ فولت

4. $E^{\circ}_{\text{خلية}} = \frac{0.0592}{\text{ن}}$ لو K **(يمكن تقريب الثابت 0.0592 إلى 0.06)**

$0.60 = \frac{0.06}{2}$ لو $K \leftrightarrow 20 =$ لو $K \leftrightarrow K = 10^{20}$

السؤال الثاني :

ادرس الجدول الآتي ، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :

المادة	I_2	Cu^{2+}	Al^{3+}	Zn^{2+}	Ni^{2+}	Ag^{+}	H_2O	Fe^{2+}
E° (فولت)	0.54+	0.34+	1.66 -	0.76 -	0.25-	0.80+	0.83-	0.44 -

1. حدد العامل المؤكسد الأقوى .
2. أيهما يستطيع تحرير الهيدروجين من محلول HCl المخفف (Ni أم Cu) ؟
3. هل يمكن حفظ محلول $CuSO_4$ في وعاء من الخارصين ؟
4. حدد الفلزين اللذين يكونان خلية غلفانية لها أكبر فرق جهد .
5. هل تستطيع ايونات الألمنيوم أكسدة النيكل ؟
6. اكتب التفاعل الكلي للخلية الغلفانية المكونة من Ni و Zn .
7. ما قيمة جهد الخلية المعياري للخلية المكونة من Cu و Ag ؟
8. أي القطبين تزداد كتلته في الخلية الغلفانية المكونة من Cu و Al ؟
9. اكتب التفاعل الكلي في خلية التحليل الكهربائي لمحلول AgI .
10. اكتب تفاعل المصعد في عملية طلاء شوكة حديدية بالنيكل .

الإجابة النموذجية :

1. Ag^{+} 2. Ni 3. لا يمكن 4. الفلزين هما (Ag و Al) 5. لا تستطيع

6. $Ni^{2+} + Zn \longrightarrow Ni + Zn^{2+}$

7. $E^{\circ}_{\text{خلية}} = E^{\circ}$ اختزال مهبط – E° اختزال مصعد

$= -0.80 - 0.34 = 0.46$ فولت

8. قطب Cu

9. $2Ag^{+} + 2I^{-} \longrightarrow 2Ag + I_2$

10. $Ni \longrightarrow Ni^{+2} + 2e^{-}$

السؤال الثالث :

اعتمادا على الجدول المجاور الذي يبين جهود الاختزال المعيارية لعدد من أنصاف التفاعلات اجب عما يلي:

نصف التفاعل /الاختزال	E° (فولت)
$X^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \longrightarrow X_{(S)}$	1.66 -
$Y_{2\,(l)} + 2e^{-} \longrightarrow 2Y^{-}_{(aq)}$	1.06+
$Z^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow Z_{(S)}$	؟
$M^{+}_{(aq)} + e^{-} \longrightarrow M_{(S)}$	0.80+

أ. رتب (M,X,Y^{-}) تنازليا حسب قوتها كعوامل مختزلة

ب. تم بناء خلية غلفانية مكونة من القطبين (X , Z) ، فكانت قيمة E للخلية = +1.26 فولت إذا علمت أن العنصر Z أقوى كعامل مؤكسد من العنصر X، فأجب عما يلي :

1. احسب جهد الاختزال المعياري للعنصر Z ؟
2. اكتب معادلة نصف التفاعل الذي يحدث عند المصعد
3. أي القطبين يمثل المهبط وما إشارته ؟
4. وضح اتجاه حركة الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية.

الإجابة النموذجية :

أ. Y^{-}, M, X ← تقل قوة العامل المختزل

ب. . 1. $E^{\circ}_{\text{خلية}} = E^{\circ}$ اختزال مهبط $- E^{\circ}$ اختزال مصعد

$1.26 + = E^{\circ}_{Z} - (-1.66)$

$E^{\circ}_{Z} = -0.40$ فولت

2. $X \longrightarrow X^{3+} + 3e^{-}$

3. العنصر Z هو المهبط ، وإشارته موجبة .

4. إلى نصف وعاء خلية العنصر X ، لمعادلة الزيادة في تركيز أيونات X^{3+} .

سوال : من التفاعلات التالية

السؤال الرابع :

يبين الجدول المجاور القيم المطلقة لجهود الاختزال المعيارية للعناصر (M , A ,C, B) إذا علمت أن ترتيب العناصر حسب قوتها كعوامل مختزلة هو : B,M,A,C تزداد قوة العامل المختزل ، وأن ا شارة E^o لنصف تفاعل اختزال العنصر M سالبة ، فأجب عما يلي :

نصف التفاعل / الاختزال	E° (فولت)
$A^+_{(aq)} + e^- \longrightarrow A_{(S)}$	0.80
$B^{3+}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow B_{(S)}$	1.80
$C^{3+}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow C_{(S)}$	1.47
$M^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow M_{(s)}$	0.28

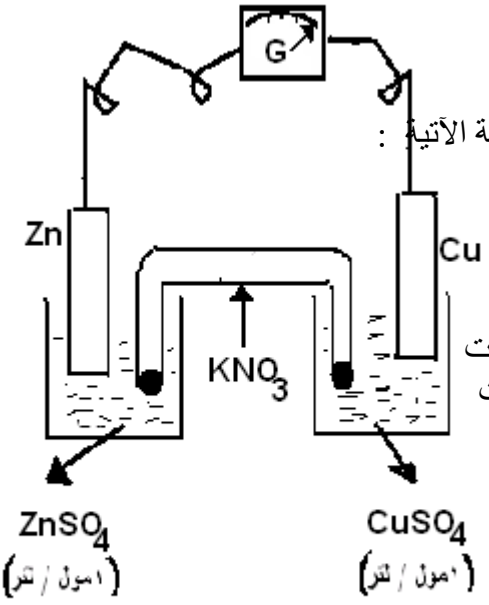
1. اكتب إشارة E^o لكل نصف من أنصاف تفاعلات الاختزال للعناصر (C, B , A) .
2. حدد العنصرين اللذين يكونان خلية غلفانية لها أعلى قيمة فولتية ، ثم احسب قيمة E^o لهذه الخلية .
3. حدد العناصر الذي تذوب في محلول حمض HCI (تحرير الهيدروجين من مركباته) .

الإجابة النموذجية :

1. $E^o_A = +0.80$ ، $E^o_B = -1.80$ ، $E^o_C = +1.47$
2. C و B
3. $E^\circ_{\text{خلية}} = E^\circ$ اختزال مهبط $- E^\circ$ اختزال مصعد $= -1.47 - (-1.80) = 3.27$ فولت
4. M ، B .

السؤال الخامس :

اعتماداً على الشكل المجاور والذي يمثل خلية غلفانية ، أجب عن الأسئلة الآتية :



أ. ما وظيفة القنطرة الملحية ؟
ب. ماذا يحدث لكتلة قطب النحاس ؟
ج. اكتب معادلة نصف التفاعل الحاصل على القطب (Zn)
د. احسب (E^o) للخلية الغلفانية ، إذا علمت أن :
$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu$ $E^o = +0.34$ فولت
$Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Zn_{(s)}$ $E^o = -0.76$ فولت
هـ. حدد اتجاه حركة الإلكترونات في الدارة الخارجية .
و. حدد المصعد والمهبط ، وما إشارة كل منهما ؟
ز. حدد اتجاه حركة الايونات الموجبة في القنطرة الملحية .

الإجابة النموذجية :

أ. 1. إكمال الدارة الكهربائية عن طريق انتقال الأيونات في المحاليل دون اختلاطها .
2. موازنة الشحنات الكهربائية في المحاليل .
ب. تزداد .
ج . $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

د. $E^{\circ}_{\text{خلية}} = E^{\circ}$ اختزال مهبط $- E^{\circ}$ اختزال مصعد
$= 0.34 - (- 0.76) = 1.11$ فولت
هـ. تنتقل الإلكترونات من قطب Zn إلى قطب Cu .
و. قطب Zn هو المصعد ، وشحنته سالبة ، قطب Cu هو المهبط ، وشحنته موجبة .
ز. إلى نصف وعاء خلية العنصر Cu ، لمعادلة الزيادة في تركيز أيونات SO_4^{2-} .

السؤال السادس :

أ. يمثل الجدول الأتي جهود الاختزال المعيارية لعدد من أنصاف التفاعلات ، ادرسه وأجب عن الأسئلة التي تليه :

نصف تفاعل الإختزال	E° (فولت)
$Ag^{+} + \bar{e} \rightleftharpoons Ag$	0.80
$Br_2 + 2\bar{e} \rightleftharpoons 2Br^{-}$	1.06
$Al^{3+} + 3\bar{e} \rightleftharpoons Al$	1.66 -
$Zn^{+2} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Zn$	0.76 -
$Cu^{+2} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Cu$	0.34

1. حدد اضعف عامل مختزل .
2. حدد فلزان يكونان خلية غلفانية لها أعلى جهد ممكن
3. حدد العناصر التي تستطيع تحرير الهيدروجين من مركباته

ب. بالاعتماد على نفس الجدول ، إذا تم تشكيل خلية غلفانية قطباها من (Al ، Cu) في الظروف المعيارية :
1. حدد المهبط وإشارته .
2. حدد اتجاه سريان الإلكترونات في الدارة الخارجية للخلية .
3. حدد العامل المؤكسد
4. اكتب التفاعل الكلي للخلية .
5. احسب جهد الخلية المعياري
6. ماذا يحدث لكتلة قطب الألمنيوم مع مرور الزمن ؟
7. إذا كانت القنطرة الملحية تحتوي محلول KNO_3 فإلى أي من الوعائين تتجه ايونات NO_3^{-} ؟
8. احسب جهد الخلية إذا أصبحت تراكيز $Al^{3+} = 1 \times 10^{-4}$ مول/ لتر ، $Cu^{2+} = 1 \times 10^{-2}$ مول/ لتر .
9. هل يمكن حفظ البروم في وعاء من الخارصين Zn ؟ وضح إجابتك بالمعادلات .

ج . وضح مدى إمكانية حدوث التفاعل الآتي في الظروف المعيارية :

$$Cu_{(s)} + Br_{2\,(l)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2Br^{-}_{(aq)}$$

الإجابة النموذجية :

أ . 1. Br^{-} 2. Ag و Al 3. Al و Zn

ب . 1. المهبط هو قطب Cu ، وشحنته موجبة . 2. تنتقل الإلكترونات من قطب Al إلى قطب Cu .

3. Cu^{2+}

4. $3Cu^{2+} + 2Al \longrightarrow 3Cu + 2Al^{3+}$

5. . $E^{\circ}_{\text{خلية}} = E^{\circ}$ اختزال مهبط $- E^{\circ}$ اختزال مصعد
$= 0.34 - (- 1.66) = 2$ فولت

6. تقل كتلة قطب الألمنيوم . 7. إلى نصف وعاء خلية الألمنيوم (Al) .

8. نعوض بمعادلة نيرنست : $E_{\text{خلية}} = E^{\circ}_{\text{خلية}} - \frac{0.0592}{\text{ن}}$ لو Q **(يمكن تقريب الثابت 0.0592 إلى 0.06)**

حيث $Q = \frac{[Al^{3+}]^2}{[Cu^{2+}]^3} = \frac{(1 \times 10^{-4})^2}{(1 \times 10^{-2})^3} = 1 \times 10^{-2}$

$= -2 - \frac{0.0592}{6} (\text{لو} 1 \times 10^{-2}) = -2 - \frac{0.06}{6} \times (-2) = 1.98$ V .

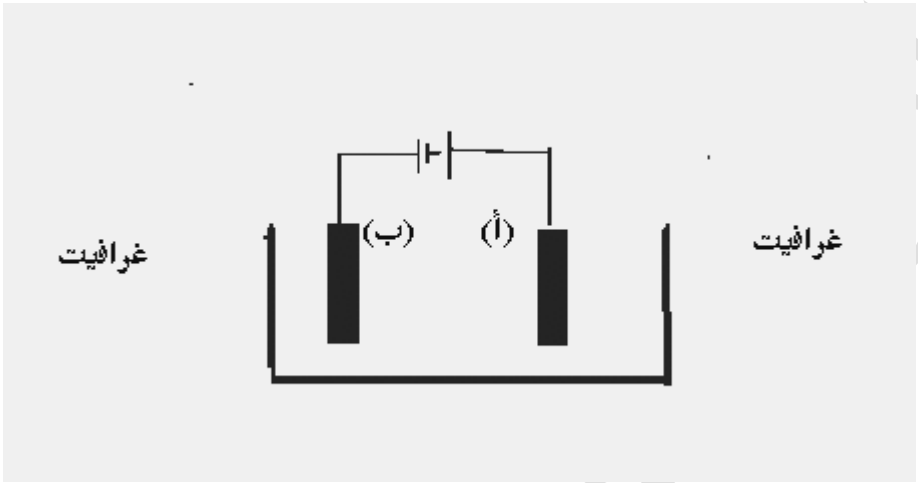
9. . $E^\circ_{\text{خلية}} = E^\circ$ اختزال مهبط $- E^\circ$ اختزال مصعد
$= -1.06 - (-0.76) = +1.82$ فولت (لا يمكن الحفظ لأن قيمة $E^\circ_{\text{خلية}}$ موجبة)

ج . $E^\circ_{\text{خلية}} = E^\circ$ اختزال مهبط $- E^\circ$ اختزال مصعد
$= -1.06 - 0.34 = +1.40$ فولت (يحدث تفاعل تلقائي لأن قيمة $E^\circ_{\text{خلية}}$ موجبة)

السؤال السابع :

اعتمادا على الشكل المجاور الذي يبين خلية تحليل كهربائي لمصهور كلوريد المغنيسيوم $MgCl_2$ ، أجب عما يلي :

1. أي القطبين (أ أم ب) يمثل المصعد ؟ وما إشارته ؟
2. اكتب معادلة التفاعل الذي يحدث عند المهبط.



الإجابة النموذجية :

1. قطب (أ) هو المصعد ، واشارته موجبة .
2. $Mg^{2+} + 2e^- \longrightarrow Mg$

السؤال الثامن :

اكتب معادلة التفاعل الكلي عند التحليل كهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم (NaCl) .

الإجابة النموذجية :

$2Na^+ + 2Cl^- \longrightarrow 2Na_{(l)} + Cl_{2\,(g)}$

السؤال التاسع :

ما نواتج التحليل الكهربائي على كل من المصعد والمهبط عند التحليل كهربائي لمحلول بروميد النحاس II ($CuBr_2$) ؟

اكتب معادلة التفاعل على كل قطب .

الإجابة النموذجية :

نصف تفاعل التأكسد / المصعد : $2\,Br^- \longrightarrow Br_2 + 2e^-$

نصف تفاعل الاختزال / المهبط : $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$

النواتج هي : تكون البروم (Br_2) على المصعد ، وترسب النحاس (Cu) على المهبط .

السؤال العاشر :

عند التحليل الكهربائي لمحلول هيدريد البوتاسيوم KH ، اكتب التفاعل الذي يحدث عند كل من المهبط والمصعد ، ثم اكتب التفاعل الكلي .

الإجابة النموذجية :

تفاعل المهبط : $2H_2O + 2e^- \longrightarrow 2OH^- + H_2$

تفاعل المصعد : $2H^- \longrightarrow H_2 + 2e^-$

التفاعل الكلي : $2H_2O + 2H^- \longrightarrow 2OH^- + 2H_2$

السؤال الحادي عشر :

عند إجراء عملية طلاء كهربائي لملعقة من الحديد بمادة النيكل :

1. حدد مادة المصعد .
2. حدد مادة المهبط .
3. اكتب صيغة المحلول السابق.
4. اكتب معادلة التفاعل الذي يحدث عند القطب الموجب.

الإجابة النموذجية :

1. النيكل (Ni)
2. ملعقة الحديد (Fe)
3. $Ni(NO_3)_2$ أو Ni^{2+}
4. $Ni \longrightarrow Ni^{2+} + 2e^-$

السؤال الثاني عشر :

يستخلص الألمنيوم (Al) بالتحليل الكهربائي لمصهور Al_2O_3 ، أجب عما يلي :

1) حدد مادة المهبط
2) ما سبب إضافة مادة الكريوليت للمصهور ؟
3) اكتب معادلة التفاعل الكلي التي توضح استخلاصه .

الإجابة النموذجية :

1. خلية من الحديد مبطنة بطبقة من الغرافيت .
2. لخفض درجة الانصهار العالية لـAl_2O_3 وذلك لتقليل الكلفة الاقتصادية .
3. $2Al_2O_{3\,(l)} + 3C_{(S)} \longrightarrow 4Al_{(l)} + 3CO_{2\,(g)}$

(الأسئلة الوزارية المتعلقة بوحدة التأكسد والاختزال / الفصل الأول)

(اختيار من متعدد)

ملاحظة : الإجابة الصحيحة هي الرمز الذي تحته خط . **(علامتان لكل دائرة)**

(2008/ شتوي)

عدد تأكسد الكلور في المركب $HClO_4$ يساوي :

أ. - 1 ب.+1 ج.+ 5 **د. + 7**

(2008/ صيفي)

رقم تأكسد (Sb) في $NaSbO_2$ هو :

أ. -3 ب. - 1 ج. + 1 **د. + 3**

(2009/ شتوي)

عدد تأكسد الكبريت (S) يساوي (+2) في :

أ . HSO_3^- **ب. $S_2O_3^{2-}$** ج . HS^- د. Na_2S

(2009/ صيفي)

في التفاعل الآتي : $Zn + 2AgNO_3 \longrightarrow 2Ag + Zn(NO_3)_2$ العامل المختزل هو :
أ. $AgNO_3$ ب. $Zn(NO_3)_2$ ج. Ag **د. Zn**

(2010/ شتوي)

عدد تأكسد الهيدروجين في المركب (AlH_3) هو :
أ. -3 ب. + 3 ج. + 1 **د. - 1**

(2010/ صيفي)

المركب الذي يكون فيه عدد تأكسد الهيدروجين يساوي (- 1) هو :
أ . H_2O ب. HCl ج . HNO_3 **د. LiH**

(2011/ شتوي)

عدد تأكسد ذرة Cr في الأيون $Cr_2O_7^{-2}$ يساوي :
أ. +7 **ب. + 6** ج. + 4 د. + 3

(2011/ صيفي)

أي التحولات الآتية يمثل تأكسداً ؟
أ. $CO \longrightarrow CO_2$ ب. $I^- \longrightarrow IO_3^-$
ج. $Fe_2O_3 \longrightarrow Fe$ د. $Cr^{+3} \longrightarrow Cr_2O_7^{2-}$

(2012/ شتوي)

1) عدد تأكسد ذرة الهيدروجين في المركب H_2O_2 هو :
أ. -1 **ب. + 1** ج. - 2 د. + 2

2) في المعادلة $Mg + CuCl_2 \longrightarrow MgCl_2 + Cu$ فإن العامل المختزل هو :
أ. Mg ب. $MgCl_2$ ج. $CuCl_2$ د. Cu

(2008/ شتوي)

أ) وازن المعادلة الكيميائية الآتية بطريقة نصف التفاعل (أيون – إلكترون) ، موضحاً ذلك بخطوات محددة ، علماً أن التفاعل يتم في وسط حمضي : **(8 علامات)**

$$ClO_3^- + HNO_2 \longrightarrow Cl^- + NO_3^-$$

ب) في المعادلة الآتية : **(4 علامات)**

$$Mn + Cr^{2+} \longrightarrow Mn^{2+} + Cr$$

1- أي المواد المتفاعلة تأكسدت ؟ 2- اكتب رمز العامل المختزل .
3- اكتب معادلة نصف تفاعل الاختزال .

الإجابة النموذجية :

أ) يتم موازنة المعادلة بطريقة نصف التفاعل في وسط الحمضي كما يلي :

$3 / HNO_2 + \underline{H_2O} \longrightarrow NO_3^- + \underline{3H^+} + \underline{2e^-}$ **(3 علامات)**

$ClO_3^- + \underline{6H^+} + \underline{6\,e^-} \longrightarrow Cl^- + \underline{3H_2O}$ **(3 علامات)**

$$3\,HNO_2 + 3H_2O \longrightarrow 3\,NO_3^- + 9H^+ + 6e^-$$

(مساواة e^- علامة)

$$ClO_3^- + 6H^+ + \underline{6\,e^-} \longrightarrow Cl^- + 3H_2O$$

$$ClO_3^- + 3HNO_2 \longrightarrow Cl^- + 3NO_3^- + 3H^+$$

ب) Mn -1 (علامة) Mn -2 (علامة)

-3 $Cr^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cr$ (علامتان)

(2008/ صيفي)

أ) وضح التأكسد والاختزال الذاتي ، ثم حدد العامل المؤكسد و العامل المختزل في التفاعل الآتي : (4 علامات)

$$3ClO^- \longrightarrow ClO_3^- + Cl_2$$

ب) وازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في وسط حمضي : (8 علامات)

$$CH_3CH_2OH + Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow CH_3COOH + Cr^{3+}$$

الإجابة النموذجية :

أ) تأكسد الكلور (Cl) من +1 إلى + 5 / اختزال الكلور (Cl) من +1 إلى صفر (علامتان)
العامل المؤكسد هو ClO^- / العامل المختزل ClO^- (علامتان)

ب) يتم موازنة المعادلة بطريقة نصف التفاعل في وسط الحمضي كما يلي :

(3 علامات) $3 / CH_3CH_2OH + \underline{H_2O} \longrightarrow CH_3COOH + \underline{14H^+} + \underline{4e^-}$

(3 علامات) $2 / Cr_2O_7^{2-} + \underline{14\,H^+} + \underline{6\,e^-} \longrightarrow 2\,Cr^{3+} + \underline{7H_2O}$

$$3\,CH_3CH_2OH + 3H_2O \longrightarrow 3CH_3COOH + 12H^+ + 12e^-$$

(مساواة e^- علامة)

$$2\,Cr_2O_7^{2-} + 28\,H^+ + 12e^- \longrightarrow 4Cr^{3+} + 14\,H_2O$$

(علامة) $3CH_3CH_2OH + 2Cr_2O_7^{2-} + 16H^+ \longrightarrow 3CH_3COOH + 4Cr^{3+}$

(2009/ شتوي)

يتم التفاعل الآتي في وسط حمضي، انقله الى دفتر إجابتك ، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه : (12 علامة)

$$HSO_3^-{}_{(aq)} + IO_3^-{}_{(aq)} \longrightarrow SO_4^{2-}{}_{(aq)} + I_{2\,(s)}$$

1- وازن معادلة التفاعل بطريقة نصف التفاعل . 2- حدد العامل المختزل .
3- ما عدد تأكسد الكبريت في الأيون HSO_3^- .

الإجابة النموذجية :

1- المعادلة النهائية الموزونة بطريقة نصف التفاعل حسب خطوات الوسط الحمضي هي : (8 علامات)

$$5HSO_3^-{}_{(aq)} + 2IO_3^-{}_{(aq)} \longrightarrow 5SO_4^{2-}{}_{(aq)} + I_{2\,(s)} + H_2O + 3H^+$$

2- العامل المختزل هو HSO_3^- (علامتان) 3- عدد تأكسد (S) في HSO_3^- = +4 (علامتان)

(2009/ صيفي)

أ) وازن المعادلة الآتية بطريقه نصف التفاعل في وسط حمضي : **(8 علامات)**

$$Cd + NO_3^- \longrightarrow Cd^{2+} + NO$$

ب) في معادلة التفاعل الآتي (غير موزونة) :

$$Br_2 \longrightarrow Br^- + BrO_3^-$$

1. ماذا يسمى هذا النوع من التفاعلات ؟ 2. حدد عدد تأكسد البروم في الأيون BrO_3^-

الإجابة النموذجية :

أ) المعادلة النهائية الموزونة بطريقة نصف التفاعل حسب خطوات الوسط الحمضي هي : **(8 علامات)**

$$3Cd + 2NO_3^- + 8H^+ \longrightarrow 3Cd^{2+} + 2NO + 4H_2O$$

ب) 1- يسمى تفاعل تأكسد واختزال ذاتي . **(علامتان)**

2- عدد تأكسد Br في الأيون BrO_3^- (3× -2 + س = -1 إذن س = + 5) . **(علامتان)**

(2010/ شتوي)

أ) التفاعل الآتي يتم في وسط حمضي :

(10 علامات)

$$Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow Fe^{3+} + Cr^{3+}$$

أجب عن الأسئلة الآتية :

1- وازن معادلة التفاعل بطريقة نصف التفاعل . 2- حدد العامل المؤكسد .

ب) ما المقصود بالتأكسد والاختزال الذاتي . **(علامتان)**

الإجابة النموذجية :

أ) 1- المعادلة النهائية الموزونة بطريقة نصف التفاعل حسب خطوات الوسط الحمضي هي :

(8 علامات)

$$6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \longrightarrow 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

2- العامل المؤكسد هو $Cr_2O_7^{2-}$. **(علامتان)**

ب) التأكسد والاختزال الذاتي هو سلوك المادة كعامل مؤكسد وكعامل مختزل في نفس التفاعل . **(علامتان)**

(2010/ صيفي)

التفاعل الآتي يتم في وسط حمضي :

(12 علامة)

$$Mn^{2+} + BiO_3^- \longrightarrow MnO_4^- + Bi^{3+}$$

1- ما عدد تأكسد Bi في الأيون BiO_3^- .
2- اكتب المعادلة الموزونة لنصف تفاعل الاختزال.
3- اكتب المعادلة الموزونة لنصف تفاعل التأكسد.
4- اكتب صيغة العامل المؤكسد .
5- اكتب صيغة العامل المختزل .

الإجابة النموذجية :

1- عدد تأكسد Bi = + 5 **(علامتان)**

2- $BiO_3^- + 6H^+ + 2e^- \longrightarrow Bi^{3+} + 3H_2O$ **(3 علامات)**

3- $Mn^{2+} + 4H_2O \longrightarrow MnO_4^- + 8H^+ + 5e^-$

4- العامل المؤكسد هو BiO_3^- **(علامتان)**

5- العامل المختزل هو Mn^{2+} **(علامتان)**

(2011/ شتوي)

أ) يتم التفاعل الآتي في وسط حمضي : **(10 علامات)**

$$MnO_4^- + CH_3CHO \longrightarrow Mn^{2+} + CH_3COOH$$

أجب عن الأسئلة الآتية :

1. اكتب المعادلة الموزونة لنصف تفاعل التأكسد.
2. اكتب المعادلة الموزونة لنصف تفاعل الاختزال .
3. ما العامل المختزل ؟
4. ما رقم تأكسد Mn في MnO_4^- .

ب) ما المقصود بالتأكسد والاختزال الذاتي ؟ **(علامتان)**

الإجابة النموذجية :

أ) 1. معادلة نصف تفاعل التأكسد الموزونة هي : **(3 علامات)**

$$CH_3CHO + H_2O \longrightarrow CH_3COOH + 2H^+ + 2e^-$$

2. معادلة نصف تفاعل الاختزال الموزونة هي : **(3 علامات)**

2- $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

3- العامل المختزل هو CH_3CHO **(علامتان)**

4 - رقم تأكسد Mn = + 7 **(علامتان)**

ب) التأكسد والاختزال الذاتي هو سلوك المادة كعامل مؤكسد وكعامل مختزل في نفس التفاعل **(علامتان)**

(2011/ صيفي)

يتم التفاعل الأتي في وسط حمضي : **(11 علامة)**

$$ClO_3^- + HNO_2 \longrightarrow Cl^- + NO_3^-$$

أجب عن الأسئلة الآتية :
1. وازن المعادلة بطريقة نصف التفاعل .
2. ما رقم تأكسد ذرة (N) في NO_3^-
3. ما صيغة العامل المؤكسد في التفاعل ؟

الإجابة النموذجية :

1- المعادلة النهائية الموزونة بطريقة نصف التفاعل حسب خطوات الوسط الحمضي هي : **(7 علامات)**

$$ClO_3^- + 3HNO_2 \longrightarrow Cl^- + 3NO_3^- + 3H^+$$

2- رقم تأكسد ذرة (N) = + 5 **(علامتان)**
3- العامل المؤكسد هو (ClO_3^-) **(علامتان)**

(2012/ شتوي)

أ) ما المقصود بالتأكسد والاختزال الذاتي ؟ **(علامتان)**
ب) التفاعل الأتي يحدث في وسط حمضي : **(8 علامات)**

$$Zn + NO_3^- \xrightarrow{H^+} Zn^{2+} + NH_4^+$$

1. ما صيغة العامل المؤكسد في التفاعل ؟
2. ما عدد تأكسد النيتروجين في NH_4^+ ؟
3- اكتب المعادلة الموزونة لنصف تفاعل الاختزال.
4- اكتب المعادلة الموزونة لنصف تفاعل التأكسد.

الإجابة النموذجية :

أ) التأكسد والاختزال الذاتي هو سلوك المادة كعامل مؤكسد وكعامل مختزل في نفس التفاعل **(علامتان)**
ب) 1. العامل المؤكسد هو (NO_3^-) **(علامتان)**
2. عدد تأكسد النيتروجين = - 3 **(علامتان)**
3. معادلة **نصف تفاعل الاختزال** الموزونة هي :

$$NO_3^- + 10H^+ + 8e^- \longrightarrow NH_4^+ + 3H_2O$$ **(علامتان)**

4. معادلة **نصف تفاعل التأكسد** الموزونة هي :

$$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$$ **(علامتان)**

سؤال : يبين الجدول (1) عدد من الأقطاب الفلزية ومحاليلها المائية (1مول/لتر) المستخدمة في (4) خلايا غلفانية في الظروف المعيارية، كما يبين الجدول (2) جهود الاختزال المعيارية لعدد من أنصاف التفاعلات :

الجدول (١)

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

الجدول (٢)

نصف تفاعل الاختزال	E^0 (فولت)
$Zn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Zn$	٠,٧٦-
$Mn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Mn$	١,١٨-
$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$	٠,٣٤+
$Ag^{+} + e^- \longrightarrow Ag$	٠,٨٠+
$Ni^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ni$	٠,٢٥-

اعتماداً على الجدولين (1) و (2) أجب عن الأسئلة الآتية:
1) أي القطبين A أم B يمثل المصعد في الخلية رقم 1 ؟
2) حدد عنصرين يستطيعان تحرير الهيدروجين من محلول حمض *HCl* المخفف.
3) ماذا يحدث لكتلة القطب B في الخلية رقم 3 (تزداد ، تقل، تبقى ثابتة)؟
4) أي الأيونات (Ag^+ ، Ni^{2+} ، Mn^{2+}) الأقوى كعامل مؤكسد؟
5) اختر من الجدول (2) الفلزين اللذين يكونا خلية غلفانية لها أعلى فرق جهد.

الاجابة النموذجية :

1) المصعد Mn (A) 2) Zn ، Mn ، Ni 3) تزداد
4) Ag^+ 5) Ag و Mn

سؤال وزارة 2015 : التفاعل التالي يحدث في الوسط الحمضي :

$$PbS + H_2O_2 \longrightarrow PbSO_4 + H_2O$$

1-وازن معادلة نصف التفاعل $PbS \longrightarrow PbSO_4$
2-وازن معادلة نصف التفاعل $H_2O_2 \longrightarrow H_2O$
3-اكتب المعادلة الكلية الموزونة ؟
4-ما عدد تأكسد ذرة الأكسجين في H_2O_2 ؟
5-حدد العامل المختزل في التفاعل ؟

◄◄ أسئلة تزويدية ►►

سؤال(1): في التفاعل التالي الذي يحدث في إحدى الخلايا الغلفانية عند 25 سْ :

$$Cu^{+2} + Zn \longrightarrow Cu + Zn^{+2}$$

إذا كان $[Zn^{+2}] = 2 \times 10^{-4}$ مول/ لتر ، $[Cu^{+2}] = 2 \times 10^{-2}$ مول/لتر إذا علمت أن جهد الخلية المعياري = 1.1 فولت ، أجب عن الأسئلة التالية :
أ- إحسب ثابت الإتزان ؟
ب- إحسب جهد الخلية بالفولت ؟
ج- هل يزداد ميل التفاعل للحدوث بشكل تلقائي أم يقل ؟ (**اعتبر الثابت 0,0592 = 0,06**)

سؤال(2) : وازن المعادلة التالية في الوسط القاعدي :

$$CH_3CHO + Cu^{+2} \xrightarrow{OH^-} CH_3COO^- + Cu_2O$$

سؤال(3) : لديك الفلزات الآتية (A , B , C , D , E) وجميعها تكون **أيونات ثنائية موجبة** ، إذا علمت أن :

- العنصر D أضعف كعامل مختزل من العنصر B .
- عند وصل نصف الخلية E مع نصف الخلية B أن الالكترونات تنتقل من B إلى E .
- في الخلية التي قطباها (E , D) تزداد كتلة القطب D .
- يمكن تحريك محلول يحتوي أيونات العنصر D بملعقة من العنصر A .
- أيونات العنصر B تؤكسد العنصر C ولا تؤكسد العنصر E .

1. رتب أيونات الفلزات حسب قوتها كعوامل مؤكسدة .
2. حدد الفلزين اللذين يكونان خلية غلفانية بأعلى فولتية .
3. حدد الفلزات التي تختزل أيونات (E^{2+}) .
4. اكتب معادلة التفاعل الكلي في الخلية الغلفانية المكونة من قطبي A و B .
5. عند استخدام D في طلاء C ، اكتب التفاعل الحادث على المصعد .
6. أي الفلزات يمكن أن يصنع منها أوعية لحفظ محاليل أملاح العنصر E .

سؤال(4) : يستخلص الألمنيوم (Al) بالتحليل الكهربائي لمصهور Al_2O_3 ، أجب عما يلي :

1- حدد مادة المهبط
2- ما سبب إضافة مادة الكريوليت للمصهور ؟
3- اكتب معادلة التفاعل الكلي التي توضح استخلاصه ؟

سؤال(5) : عند إجراء عملية الطلاء الكهربائي لميدالية من النحاس (Cu) بطبقة بمادة الفضة (Ag) :

1- حدد مادة المصعد ؟
2- أكتب التفاعل الحادث عند القطب السالب ؟
3- أكتب التفاعل الحادث عند القطب الموجب ؟

سؤال(6) :

يبين الجدول المجاور القيم المطلقة لجهود الاختزال المعيارية للعناصر : A , B ,C وقد لوحظ عند وصل نصف الخلية (A) مع نصف الخلية (B) أن الالكترونات تنتقل من B إلى A كما لوحظ عند وصل نصف الخلية A مع قطب الهيدروجين المعياري ، أن الإلكترونات تنتقل من الخلية (A) إلى قطب الهيدروجين. وأن أيونات (C^{2+}) تؤكسد العنصر(B) ، أجب عما يلي :

نصف تفاعل الاختزال	$\lvert E^o \rvert$ (فولت)
$A^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow A_{(s)}$	0,14
$B^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow B_{(s)}$	0,40
$C^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow C_{(s)}$	0,85

1- اكتب إشارة (E^o) لكل نصف من أنصاف تفاعلات الاختزال ؟
2- اكتب التفاعل الكلي الذي يحدث في الخلية الغلفانية المكونة من القطبين A,C ، ثم احسب (E^o) لهذه الخلية ؟
3- رتب العناصر (A , B ,C) حسب قوتها كعوامل مختزلة ؟

سؤال(7) :

إعتمادا على قيم جهود الاختزال المعيارية بالفولت لإنصاف التفاعلات الموضحة بالجدول أجب عما يلي :

1- حدد أقوى عامل مختزل
2- أضعف عامل مؤكسد
3- حدد الفلز الذي يختزل Pb^{2+} ولا يختزل Zn^{2+}
4- حدد الفلزات التي يمكن أن تتأكسد بأيون Cu^{2+}

5- حدد الفلزات التي لا تذوب في محلول HCl المخفف
6- هل يمكن حفظ محلول كبريتات الخارصين في وعاء من النيكل
7- حدد فلزين يكونان خلية غلفانية بأعلى فولتية
8- عند عمل خلية غلفانية من قطبي (Zn, Pb) :
أ- حدد المصعد والمهبط ب- اكتب معادلة التفاعل الكلي
ج- ماذا يحدث لكتلة Pb بعد فترة من الزمن
د- ماذا يحدث لتركيز Zn^{2+} ؟
هـ - ما اتجاه حركة الالكترونات عبر الدارة الخارجية و- إحسب جهد الخلية المعياري ؟
9- في التحليل الكهربائي لمصهور ($CuCl_2$) اكتب التفاعل الحاصل على المهبط ؟
10- ما اسم الغاز المتصاعد عند قطب المصعد في التحليل الكهربائي لمحلول $Zn(NO_3)_2$ بإستخدام أقطاب بلاتين ؟

نصف تفاعل الاختزال	E° (فولت)
$Zn^{+2} + 2\bar{e} \rightarrow Zn$	0.76 -
$Ag^{+} + \bar{e} \rightarrow Ag$	0.8
$pb^{+2} + 2\bar{e} \rightarrow pb$	0.13 -
$Cu^{+2} + 2\bar{e} \rightarrow Cu$	0.34
$Ni^{+2} + 2\bar{e} \rightarrow Ni$	0.25 -
$Cl_2 + 2\bar{e} \rightarrow 2Cl^{-}$	1.36

((تم بحمد الله))

" اللهم علمنا ما ينفعنا وزدنا يا مولانا علما "