

كيمياء

الصف الثاني عشر
الفصل الدراسي الأول

اسم الطالب:

الصف:

أيها الطالب - أضع بين أيديكم هذا الملخص الذي هو عبارة عن تجميع لبعض الملخصات التي تحصلت عليها ، والتي بإعتقادي بأنها ستكون عوناً للدارس حيث تضمن أمثلة محلولة وتمارين وأنشطة تقيس مدى إستيعاب الدارس للدروس .

أيها الطالب - أبني مستقبلاً لك، اجعله منيراً بعطائك، وزين علمك بأخلاقك، وأكمل طريقك الذي بدأت به، سترى الله يساعذك دائماً، سترى نفسك غداً مهندساً، أو طبيباً، أو معلماً ناجحاً، ستمنى أن يصبحوا أولادك مثلك، بدلاً من ألا تجد أي شخص حولك، فامرّ تق بنفسك وبفكرك، وحتى بأحلامك وخيالك .

ابداً الآن ولا تقل سوف أفعل غداً، فستكون غداً بإذن الله كما كنت تريد، فلن نخجل من حولك ونظراتهم إليك، فستكون واثقاً من أنك فعلاً وصلت إلى ما تريد، وستجعل رأسك مرفوعاً؛ لأنك بالفعل تستحق التقدير، فتلك هي حياتك التي بنيتها حجراً حجراً، بالصبر والمشقة جعلتها ممكنة، بتحويل حياتك لخدمة أنت نظمتها

وفي الختام لا يسعني إلا أن أتمنى لكم التوفيق والسداد والفلاح في حياتكم القادمة وأوصيكم بتقوى الله في جميع أحوالكم لأن بها تكون النجاة في الدنيا والآخرة والله ولي التوفيق

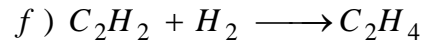
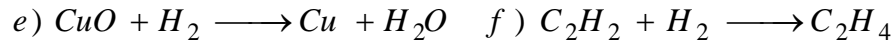
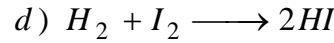
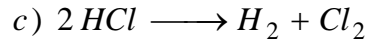
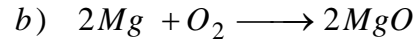
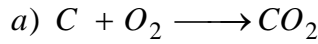
الأستاذ: جمعة الجعفري

مفهوم التأكسد والاختزال قديما

* التأكسد (الأكسدة) : عملية يتم فيها اتحاد المادة بالأكسجين أو نزع الهيدروجين منها .

* الاختزال : عملية يتم فيها نزع الأكسجين من المادة أو إضافة هيدروجين إليها .

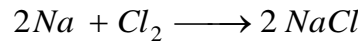
١ - / وضح التأكسد والاختزال في كل من المعادلات التالية :



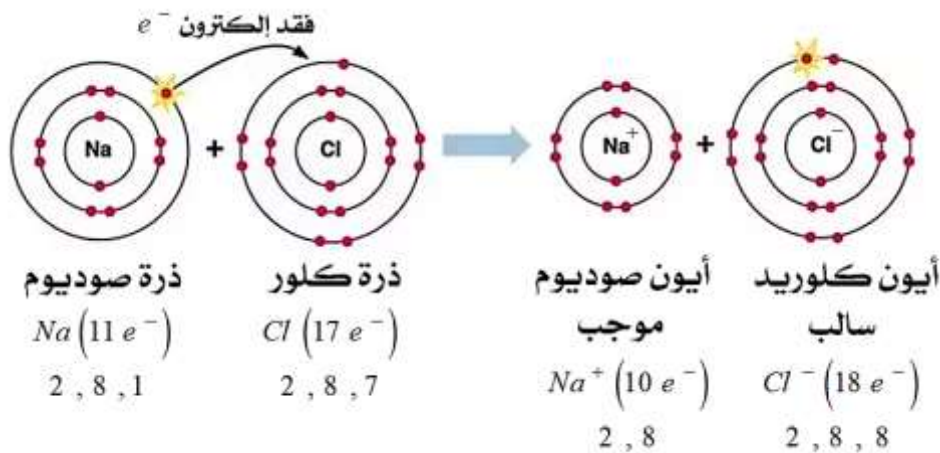
مفهوم التأكسد والاختزال حديثا

* التأكسد (الأكسدة) : عملية يتم فيها فقد المادة للإلكترونات .

* الاختزال : عملية يتم فيها كسب أو اكتساب المادة للإلكترونات .



مثال توضيحي /



نلاحظ حدوث عملية تأكسد لذرة الصوديوم (Na) حيث أنها فقدت إلكترون واحد ($1e^-$) لتتحول إلى أيون صوديوم موجب (Na^+) ، وفي المقابل تحدث عملية اختزال لذرة الكلور (Cl) حيث أنها تكتسب الإلكترون ($1e^-$) الذي فقدته ذرة الصوديوم لتتحول إلى أيون كلوريد سالب (Cl^-) .

وبالتالي يمكن التوصل إلى أن :

- الصوديوم (Na) يسمى عامل مختزل لأنه تسبب في اختزال غاز الكلور (Cl_2) .

- غاز الكلور (Cl_2) يسمى عامل مؤكسد لأنه تسبب في أكسدة (Na) .

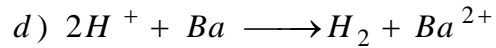
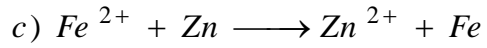
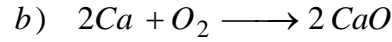
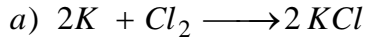
بصورة عامة فإن :

* العامل المؤكسد هو المادة التي يحدث لها اختزال (تكتسب الإلكترونات) .

* العامل المختزل هو المادة التي يحدث لها تأكسد (تفقد الإلكترونات) .



سـ / وضع التأكسد والاختزال ثم حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل مما يلي :

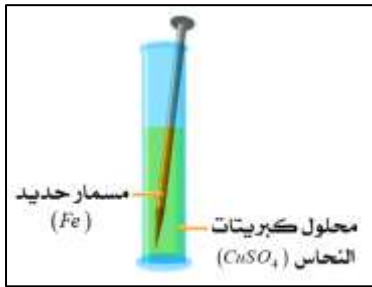


اشرح ما يحدث في كل من الحالات التالية مع كتابة معادلة التفاعل الحاصل وموضحا التأكسد والاختزال وكذلك العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل حالة ؟



١- وضع مسمار من الحديد (Fe) في محلول كبريتات النحاس $(CuSO_4)II$ أزرق اللون .

- معادلة التفاعل /



- يحدث تأكسد لـ واختزال لـ ، لذلك فإن

العامل المؤكسد هو : والعامل المختزل هو :

- كتلة الحديد في المسمار : ☐ تقل ☐ تزيد ☐ تتغير

فسر إجابتك .

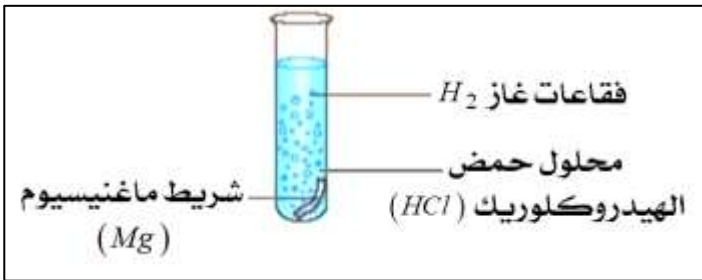
- تتكون مادة اللون على مسمار الحديد وهي عبارة عن ذرات

- شدة اللون الأزرق لمحلول كبريتات النحاس : ☐ تقل ☐ تزيد ☐ لا تتغير فسر إجابتك .

- بمرور الوقت يتحول المحلول من اللون الأزرق إلى اللون وذلك بسبب زيادة تركيز أيونات

٢- وضع شريط ماغنيسيوم (Mg) في محلول حمض الهيدروكلوريك (HCl) .

- معادلة التفاعل /



- يحدث تأكسد لـ واختزال

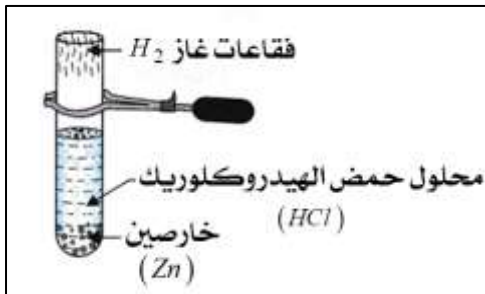
لـ ، لذلك فإن العامل المؤكسد

هو : والعامل المختزل

هو :

٣- وضع قطع من الخارصين (Zn) في محلول حمض الهيدروكلوريك (HCl) .

- معادلة التفاعل /



- يحدث تأكسد لـ واختزال لـ ، لذلك

فإن العامل المؤكسد هو : والعامل المختزل

هو :

سـ / قارن بين سرعة تصاعد غاز الهيدروجين (H_2) في التجريتين (٢) و (٣) ؟

سـ / أيهما أكثر نشاطا : الماغنيسيوم أم الخارصين ؟

استنتاجات مهمة

- * التأكسد والاختزال عمليتان متلازمتان ، أي أنهما تحدثان في وقت واحد وفي تفاعل واحد يسمى تفاعل (تأكسد - اختزال) فإذا وجد التأكسد في تفاعل ما ، لابد من وجود اختزال في نفس التفاعل .
- * المادة التي يحدث لها تأكسد تعتبر عامل مختزل ، والمادة التي يحدث لها اختزال تعتبر عامل مؤكسد .
- * العامل المؤكسد والعامل المختزل يكونان ضمن المواد المتفاعلة .
- * العامل المؤكسد يلزمه وجود عامل مختزل لإتمام التفاعل معه ، والعامل المختزل يلزمه وجود عامل مؤكسد لكي يحدث التفاعل بينهما .
- * عدد الإلكترونات المفقودة في عملية التأكسد يساوي تماماً عدد الإلكترونات المكتسبة في عملية الاختزال .
- * الإلكترونات المفقودة تكتب في طرف النواتج (الطرف الأيمن من المعادلة) بينما تكتب الإلكترونات المكتسبة في طرف المتفاعلات (الطرف الأيسر من المعادلة) .

عدد التأكسد

* **عدد التأكسد** هو عدد الشحنات الكهربائية (الموجبة أو السالبة) التي تحملها الذرة في المركبات الأيونية والتساهمية ،

قواعد حساب عدد التأكسد

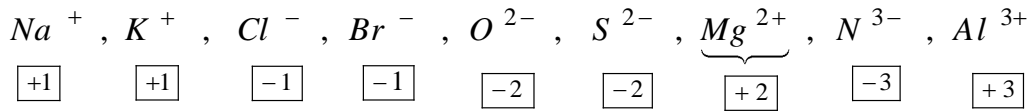
١- عدد تأكسد العناصر المنفردة (الحررة) يساوي صفر ، والعناصر المنفردة إما أن تكون :

- ذرات مفردة مثل : Li , Na , K , Mg , Al , Ag , Cu , Fe , الخ .

- جزيئات ثنائية الذرة مثل : H_2 , O_2 , N_2 , F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 , الخ .

- جزيئات عديدة الذرات مثل : O_3 , S_3 , P_4 , S_8 , الخ .

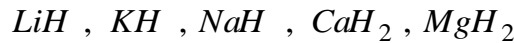
٢- عدد تأكسد الأيون أحادي الذرة يساوي الشحنة الظاهرة مقداراً وإشارة .



٣- عدد تأكسد الهيدروجين في جميع مركباته يساوي (+1) .

أمثلة : H_3PO_4 , H_2SO_4 , HNO_3 , H_2O , HCl

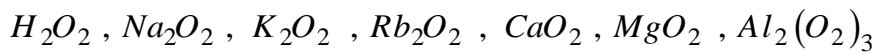
ماعد : هيدريدات الفلزات ، يكون عدد تأكسد الهيدروجين (-1) .



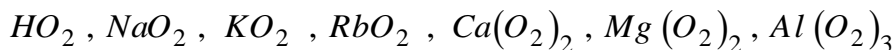
٤- عدد تأكسد الأكسجين في جميع مركباته يساوي (-2) .

أمثلة : H_2O , Na_2O , SO_2 , MgO , Al_2O_3 , H_2SO_4 , CO_2 , NO_2

ماعد : أ- فوق الأكاسيد ، يكون عدد تأكسد الأكسجين (-1) .



ب- السوبرأكاسيد ، يكون عدد تأكسد الأكسجين $(-\frac{1}{2})$.



ج- مركبات الفلوروأكسجينية ، يكون عدد تأكسد الأكسجين (+1 , +2) .



٥- عدد تأكسد عناصر المجموعة (I , II , III) في جميع مركباتها يساوي (+1 , +2 , +3) على الترتيب.

أمثلة / $NaBr$, KF , $CaCl_2$, MgO , Al_2O_3

٦- عدد تأكسد الفلور في جميع مركباته يساوي (-1) .

أمثلة / HF , NaF , CaF_2 , ClF , OF_2

٧- عدد تأكسد الهالوجينات (I , Br , Cl) في مركباتها يساوي (-1) .

أمثلة / $NaCl$, HCl , KI , $CaBr_2$

ماعدة : أ. الهالوجينات الأكسجينية، يكون عدد تأكسدها ما بين (+1) و (+7) .

ClO_3^- , Cl_2O , Cl_2O_7 , BrO_3^- , BrO^- , IO_3^- , IO_4^-

ب- الهالوجينات الداخلية، يكون عدد تأكسد الهالوجين الأعلى في السالبية الكهربائية سالبا (-) ، بينما الهالوجين الأقل في السالبية الكهربائية يكون موجبا (+) ، ويكون ترتيبها حسب السالبية الكهربائية كالآتي :

الأقل سالبية F , Cl , Br , I ← الأكبر سالبية

أمثلة / IF_5 , ClF_3 , BrF , $BrCl$, ClF , ICl

* لحساب عدد تأكسد عنصر ما في مركب :

١- في المركبات المتعادلة :

عدد ذرات العنصر (A) × عدد تأكسده + عدد ذرات العنصر (B) × عدد تأكسده + ... = صفر

٢- في المجموعات الأيونية :

عدد ذرات العنصر (A) × عدد تأكسده + عدد ذرات العنصر (B) × عدد تأكسده + ... = شحنة المجموعة

س / احسب عدد تأكسد الذرة التي تحتها خط في كل مما يلي :



$H \underline{N} O_3$, $\underline{N} O_2^-$, $\underline{N} H_4^+$, $\underline{S} O_4^{2-}$, $Ca_3(\underline{P} O_4)_2$, $H_2 \underline{A} s O_4^-$

* $H \underline{N} O_3$:

* $\underline{S} O_4^{2-}$

* $\underline{N} O_2^-$:

* $Ca_3(\underline{P} O_4)_2$

* $\underline{N} H_4 \underline{N} O_3$:

* $H_2 \underline{A} s O_4^-$

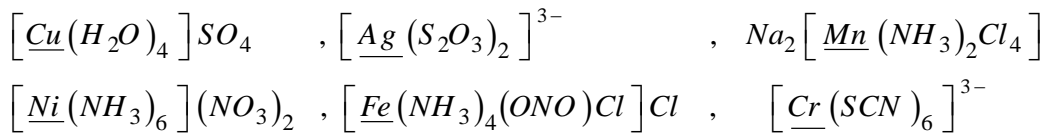
* حساب عدد التأكسد في المركبات التناسقية (المعقدات) :

يجب معرفة الجزيئات المتعادلة والمجموعات الذرية التي تدخل في تكوين المركب التناسقي :

عدد التأكسد	المجموعة الذرية
-1	NO_2^-
-1	ONO^-
-1	NO_3^-
-1	CN^-
-1	SCN^-
-2	SO_3^{2-}
-2	$S_2O_3^{2-}$
-2	SO_4^{2-}
-2	$S_2O_4^{2-}$
-2	$C_2O_4^{2-}$
-2	CO_3^{2-}
-3	PO_4^{3-}
-1	OH^-
+1	NH_4^+

عدد التأكسد	الجزيئات المتعادلة
0	الماء (أكسيد الهيدروجين) H_2O
0	الأمونيا (نيتريد الهيدروجين) NH_3
0	الكربونيل CO
0	النيتروزيل NO

سؤال توضيحي / احسب عدد تأكسد الذرة التي تحتها خط في كل من المعقدات التالية :



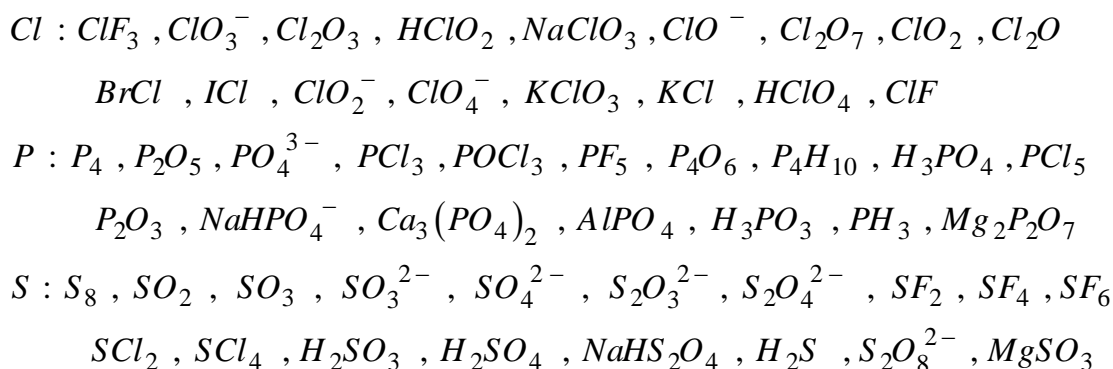
الحل

$* \left[\underline{Cu} (H_2O)_4 \right] SO_4$ $Cu + 4(0) + (-2) = 0$ $Cu - 2 = 0$ $\therefore \boxed{Cu = +2}$	$* \left[\underline{Ag} (S_2O_3)_2 \right]^{3-}$ $Ag + 2(-2) = -3$ $Ag - 4 = -3$ $\therefore \boxed{Ag = +1}$	$* Na_2 \left[\underline{Mn} (NH_3)_2 Cl_4 \right]$ $2(+1) + Mn + 2(0) + 4(-1) = 0$ $(+2) + Mn - 4 = 0$ $\therefore \boxed{Mn = +2}$
$* \left[\underline{Ni} (NH_3)_6 \right] (NO_3)_2$ $Ni + 6(0) + 2(-1) = 0$ $Ni - 2 = 0$ $\therefore \boxed{Ni = +2}$	$* \left[\underline{Fe} (NH_3)_4 (ONO) Cl \right] Cl$ $Fe + 4(0) + (-1) + (-1) + (-1) = 0$ $Fe - 3 = 0$ $\therefore \boxed{Fe = +3}$	$* \left[\underline{Cr} (SCN)_6 \right]^{3-}$ $Cr + 6(-1) = -3$ $Cr - 6 = -3$ $\therefore \boxed{Cr = +3}$

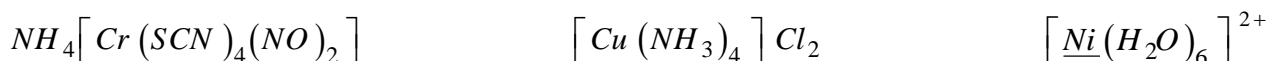
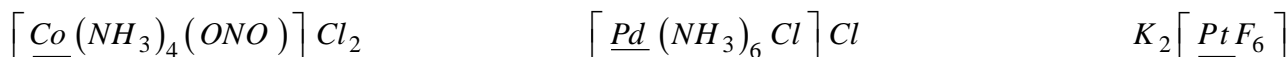
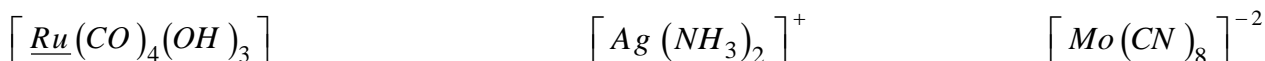
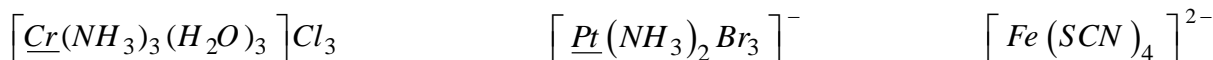
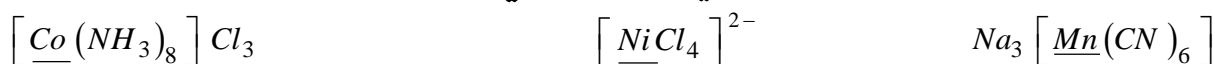


أسئلة إضافية

سـ (١) / احسب عدد تأكسد العنصر المذكور:



سـ (٢) / احسب عدد تأكسد الذرات التي تحتها خط في المركبات التالية:

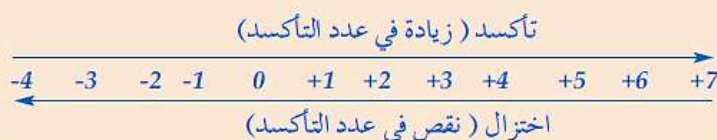


تفاعلات التأكسد والاختزال بمفهوم عدد التأكسد

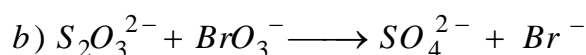
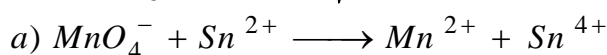
- * التأكسد هو عملية يتم فيها فقد للإلكترونات وزيادة في عدد التأكسد .
- * الاختزال هو عملية يتم فيها كسب للإلكترونات ونقصان في عدد التأكسد .
- * العامل المؤكسد هو المادة التي تحتوي على عنصر ينقص عدد تأكسده (يكتسب إلكترونات) .
- * العامل المختزل هو المادة التي تحتوي على عنصر يزداد عدد تأكسده (يفقد إلكترونات) .

مقدار التغير في عدد التأكسد = عدد التأكسد النهائي - عدد التأكسد الابتدائي

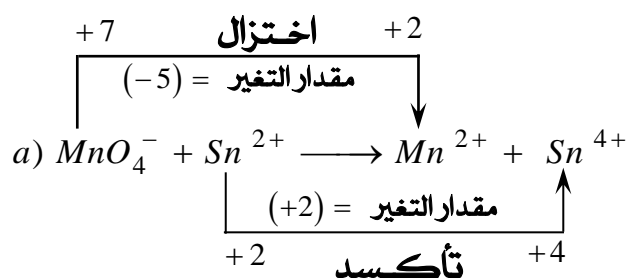
يمكن الاستعانة بالمخطط التالي لمعرفة التغير في أعداد التأكسد :



سؤال توضيحي / وضح التأكسد والاختزال ثم حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل مما يلي :

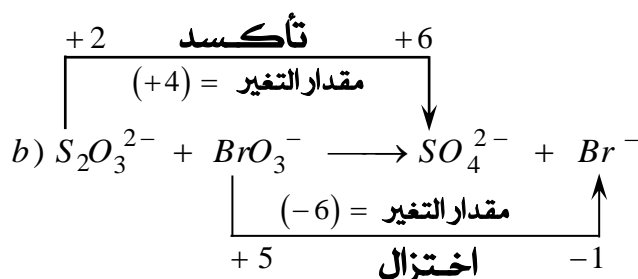


الحل



MnO_4^- : العامل المؤكسد

Sn^{2+} : العامل المختزل

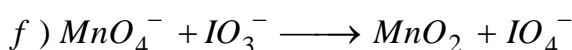
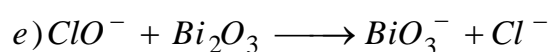
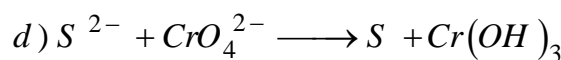
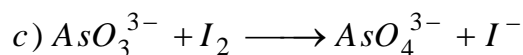
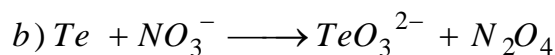
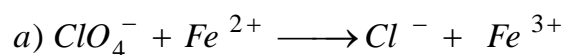


BrO_3^- : العامل المؤكسد

$S_2O_3^{2-}$: العامل المختزل



س١/ وضح التأكسد والاختزال ثم حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل مما يلي :



ملاحظات مهمة يجب الإنتباه لها

* تلعب المادة دور العامل المؤكسد فقط عندما تكون الذرة في أعلى حالات تأكسدها .

أمثلة / IO_4^- , ClO_4^- (Cl_2O_7) , MnO_4^- , $Cr_2O_7^{2-}$ (CrO_4^{2-}) , NO_3^- , SO_4^{2-} (SO_3) ,

* تلعب المادة دور العامل المختزل فقط عندما تكون الذرة في أدنى حالات تأكسدها .

أمثلة / H_2S , NH_3 (NH_4^+) , Al , Mg , K , Na , Li ,

* تلعب المادة دور العامل المؤكسد والعامل المختزل عندما يكون للعنصر قيمة وسطى في عدد التأكسد (حالة وسطية) .

أمثلة / MnO_2 , ClO_2^- , ClO_2 , SO_3^{2-} , NO_2^- , SO_2 ,

والجدول التالي يوضح أدنى وأعلى حالات التأكسد لبعض العناصر:

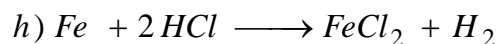
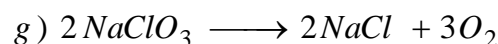
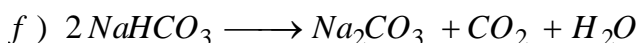
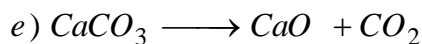
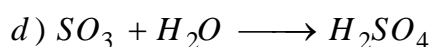
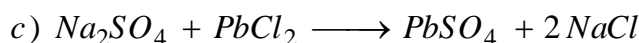
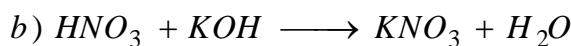
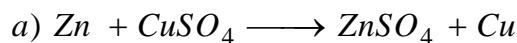
أدنى حالة تأكسد	أعلى حالة تأكسد	العنصر
-2	+2	O
-1	+1	H
-1	+7	I , Br , Cl
+2	+7	Mn
+2	+6	Cr
-2	+6	S
-3	+5	N

* ليست جميع التفاعلات الكيميائية تمثل تفاعلات تأكسد - اختزال ، حيث أن هناك تفاعلات تمثل دائماً تأكسد واختزال مثل تفاعلات الاحلال البسيط وفي المقابل هناك تفاعلات لا تمثل تأكسد واختزال مثل تفاعلات الاحلال المزدوج .

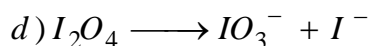
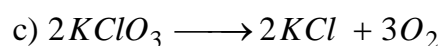
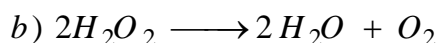
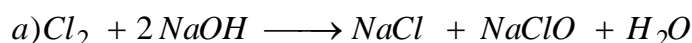
* عندما تلعب المادة دور العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل نفسه ، فإن هذا التفاعل يسمى تفاعل تأكسد واختزال ذاتي .



سـ (١) أي التفاعلات التالية يمثل تفاعل تأكسد واختزال وأيها لا يمثل ؟ فسّر إجابتك:

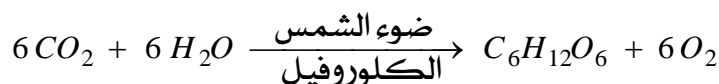


سـ (٢) وضح التأكسد والاختزال الذاتي في التفاعلات التالية :

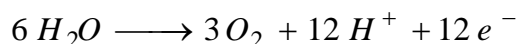


تفاعلات التأكسد والاختزال في الأنظمة الحيوية

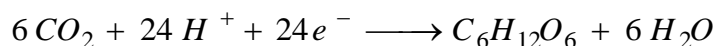
* تفاعل التمثيل الضوئي في النباتات :



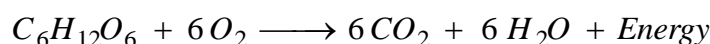
حيث يتأكسد الماء بوجود الضوء كما في نصف تفاعل التأكسد التالي :



ويحدث اختزال لغاز ثاني أكسيد الكربون كما في نصف تفاعل الاختزال التالي :



* تفاعل التنفس الخلوي :



وهي عملية معاكسة لعملية التمثيل الضوئي ، حيث تنتج الطاقة التي يستفاد منها في القيام بالعمليات الحيوية .

نشاط إثرائي

اختر الإجابة الصحيحة من بين البدائل المعطاة :

١) عدد تأكسد الكبريت في مركب ثيوكبريتات الصوديوم ($Na_2S_2O_3$) يساوي :

- أ) +4 ب) +6 ج) -2 د) +2

٢) في التفاعل الآتي : $2KMnO_4 + KClO_2 + H_2O \longrightarrow 2MnO_2 + KClO_4 + 2KOH$ العامل المختزل هو :

- أ) KOH ب) $KClO_2$ ج) H_2O د) $KMnO_4$

٣) أحد التفاعلات التالية يعتبر تفاعل أكسدة :

- أ) $MnO_4^- \longrightarrow MnO_2$ ب) $SO_2 \longrightarrow SO_4^{2-}$

- ج) $Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow Cr^{3+}$ د) $ClO^- \longrightarrow Cl^-$

٤) عدد تأكسد الكربون في سكر الجلوكوز ($C_6H_{12}O_6$) يساوي :

- أ) +2 ب) +3 ج) صفر د) +1

٥) أعلى عدد تأكسد لعنصر النيتروجين يكون في جزيء :

- أ) N_2 ب) NH_3 ج) N_2O_5 د) NO_2

٦) أحد التفاعلات التالية يمثل تفاعل أكسدة - اختزال :

- أ) $3O_2 \longrightarrow 2O_3$ ب) $4Na + O_2 \longrightarrow 2Na_2O$

- ج) $NaCl + AgNO_3 \longrightarrow NaNO_3 + AgCl$ د) $KI \longrightarrow K^+ + I^-$

٧) أحد التفاعلات التالية يحتاج إلى عامل مؤكسد :

- أ) $Cl_2 \longrightarrow 2Cl^-$ ب) $IO_3^- \longrightarrow I^-$

- ج) $Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow Cr^{3+}$ د) $SO_2 \longrightarrow SO_4^{2-}$

٨) مقدار التغير في عدد تأكسد النيتروجين عند تحول N_2 إلى NH_4^+ يساوي :

- أ) +4 ب) -4 ج) -3 د) +3

٩) عدد تأكسد اليود في مركب (IF_5) يساوي :

- أ) +1 ب) +5 ج) -1 د) -5

١٠) أحد التفاعلات التالية يكون فيه SO_2 عاملاً مؤكسداً :

- أ) $2Mg + SO_2 \longrightarrow 2MgO + S$ ب) $SO_2 + 2H_2O + Cl_2 \longrightarrow H_2SO_4 + 2HCl$

- ج) $2SO_2 + O_2 \longrightarrow 2SO_3$ د) $2Fe^{3+} + SO_2 + 2H_2O \longrightarrow 2Fe^{2+} + 4H^+ + SO_4^{2-}$

١١) أحد التفاعلات التالية يمثل تفاعل أكسدة - اختزال وهو :

- أ) $H_2SO_4 + CuO \longrightarrow CuSO_4 + H_2O$ ب) $CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O$

- ج) $AgNO_3 + HCl \longrightarrow AgCl + HNO_3$ د) $MnO_4^- + SO_3^{2-} \longrightarrow SO_4^{2-} + MnO_2$

١٢) جميع النواتج التي تحتها خط في التفاعلات التالية تكونت نتيجة عملية أكسدة عدا واحداً هو :

- أ) $Mg^{2+} + Pb$ ب) $2CuI + I_2$ ج) $2Cu^{2+} + 4I^-$

- ج) $2Fe^{3+} + 2Cl^-$ د) $MnO_2 + 4HCl \longrightarrow MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$

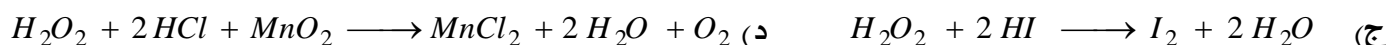
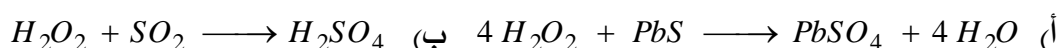
١٣) مقدار التغير في عدد تأكسد الأكسجين عند اتحاد مع عنصر الروبيديوم لتكوين مركب RbO_2 يساوي :

- أ) $-\frac{1}{2}$ ب) $+\frac{1}{2}$ ج) -2 د) +2

١٤) أحد التفاعلات التالية يعتبر تفاعل أكسدة - اختزال :



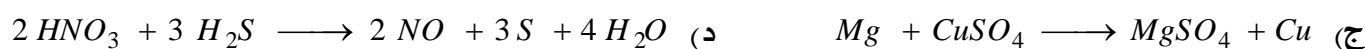
١٥) أحد التفاعلات التالية يكون فيه فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) عاملاً مختزلاً :



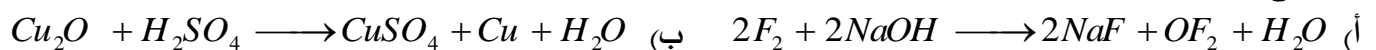
١٦) يؤثر فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) على SO_2 و MnO_4^- ويتميز بقدرته على :



١٧) جميع التفاعلات التالية تمثل تفاعل أكسدة - اختزال ، ما عدا :



١٨) جميع التفاعلات التالية تمثل تأكسداً - اختزالاً ذاتياً ، ما عدا :



١٩) جميع التفاعلات التالية تمثل تأكسداً - اختزالاً ذاتياً ، ما عدا :



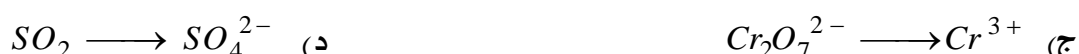
٢٠) يمكن إجراء التفاعل الآتي : $I_{2(aq)} \longrightarrow 2 I_{(aq)}^-$ بإضافة أي من الكواشف الآتية :



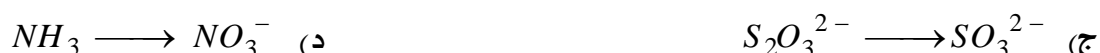
٢١) المادة المناسبة لتحويل أنيون البروميد $Br_{(aq)}^-$ إلى محلول البروم $Br_{2(aq)}$ هي :



٢٢) أحد التفاعلات التالية يحتاج إلى عامل مؤكسد :



٢٣) التفاعل الذي يتطلب حدوثه وجود عامل مختزل هو :



٢٤) في التفاعل الآتي : $CH_4 + 2 O_2 \longrightarrow CO_2 + 2 H_2O$ ، العبارة الصحيحة التي تنطبق على CH_4 هي :



تلقائية التفاعلات

مادة الكيمياء للصف الثاني عشر (الفصل الدراسي الأول)

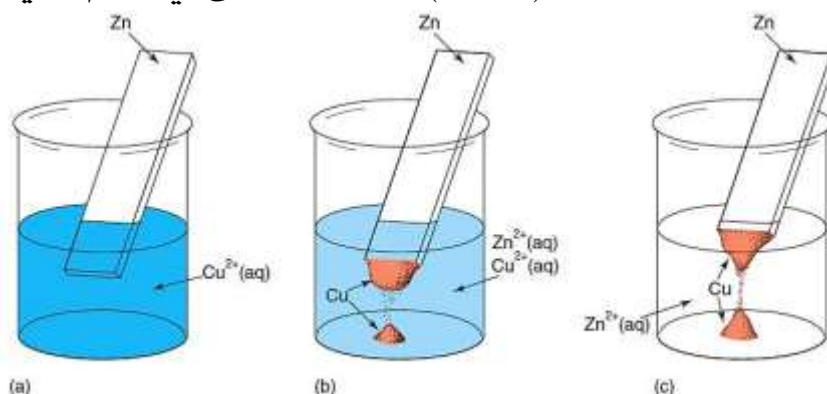
من خلال الدروس السابقة يمكن التوصل للآتي :

- ذرات الفلزات وغاز الهيدروجين (H_2) عوامل مختزلة .
 - أيونات الفلزات وأيونات الهيدروجين (H^+) عوامل مؤكسدة .
 - جزيئات اللافلزات (الهالوجينات F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 ، الأكسجين O_2) عوامل مؤكسدة .
 - أيونات اللافلزات السالبة (F^- , Cl^- , Br^- , I^- , O^{2-}) عوامل مختزلة .
- ولفهم موضوع تلقائية التفاعلات يجب الانتباه للقواعد التالية :**

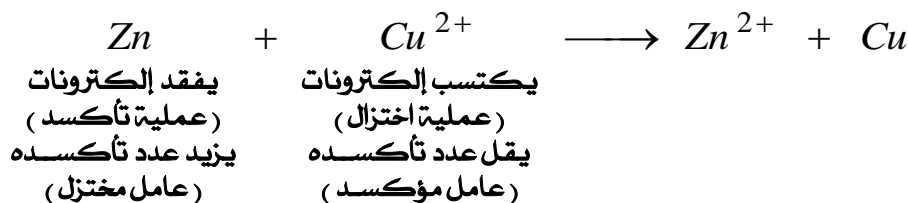
* عامل مؤكسد + عامل مختزل تحته في الترتيب \Leftarrow يحدث تفاعل تلقائي .

* عامل مؤكسد + عامل مختزل فوقه في الترتيب \Leftarrow لا يحدث تفاعل تلقائي .

وكما هو معلوم فإن تفاعلات التأكسد والاختزال عبارة عن انتقال الإلكترونات من مادة إلى أخرى وهذا الانتقال يتم بالتنافس بين هذه المواد على الإلكترونات ، فإذا كان لإحدى المادتين ميل أكبر لجذب الإلكترونات من المادة الأخرى فهذا يعني حدوث تفاعل بينهما بشكل تلقائي ، وهذا ما يحدث عند وضع لوح من الخارصين (Zn) في محلول كبريتات النحاس ($CuSO_4$) كما هو موضح في الرسم الآتي :



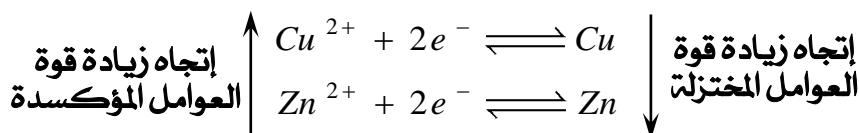
حيث تميل ذرات الخارصين (Zn) لفقد الإلكترونات ($2e^-$) بينما تميل أيونات النحاس (Cu^{2+}) في المحلول لاكتساب الإلكترونات ($2e^-$) وبالتالي يحدث التفاعل بصورة تلقائية كما توضحه المعادلة الأيونية التالية :



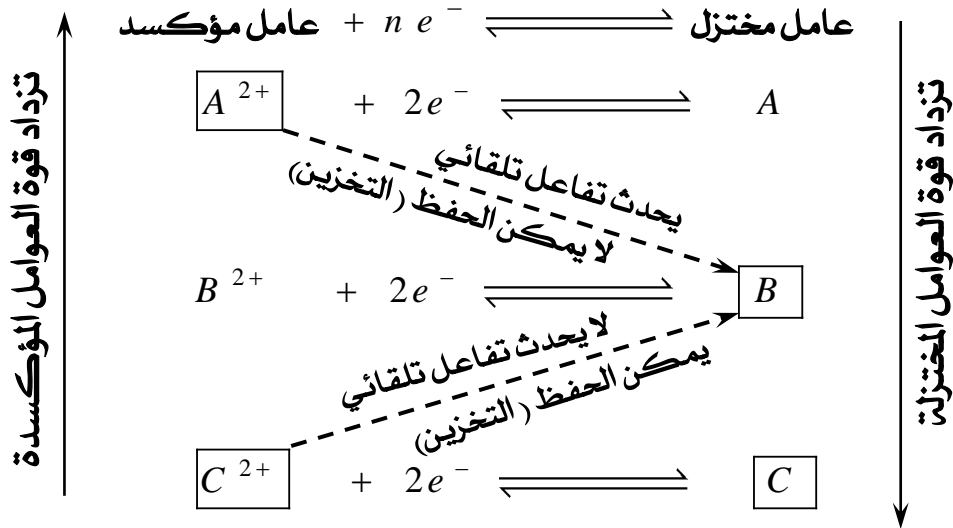
نلاحظ من التفاعل السابق أن أيونات النحاس (Cu^{2+}) لها القدرة على أكسدة ذرات الخارصين (Zn) أو بمعنى آخر فإن ذرات الخارصين (Zn) لها القدرة على اختزال أيونات النحاس (Cu^{2+}) .

لذلك يمكن التوصل إلى الآتي :

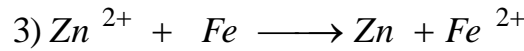
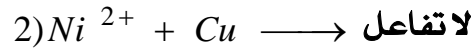
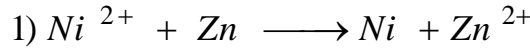
- أيونات النحاس (Cu^{2+}) كعامل مؤكسد أقوى من أيونات الخارصين (Zn^{2+}) كعامل مؤكسد .
 - ذرات الخارصين (Zn) كعامل مختزل أقوى من ذرات النحاس (Cu) كعامل مختزل .
- وبالتالي يمكن ترتيب قوة العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة كالآتي :



ولفهم إمكانية حدوث التفاعل بشكل تلقائي من عدمه يمكن الإستعانة بالمخطط التالي :



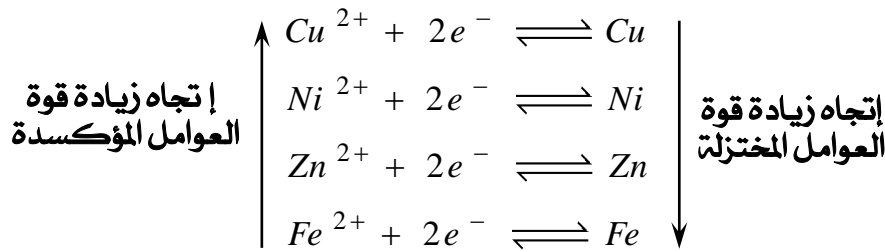
سؤال توضيحي (١) / أجرى أحد الطلاب تجارب كيميائية فحصل على النتائج الممثلة بالمعادلات التالية :



رتب القوة النسبية للعوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة ؟

الحل

- من التفاعل الأول : نلاحظ أن العامل المؤكسد (Ni^{2+}) استطاع أن يؤكسد (Zn) ، وبالتالي فإن أيونات النيكل (Ni^{2+}) كعامل مؤكسد أقوى من أيونات الخارصين (Zn^{2+}) كعامل مؤكسد .
 - من التفاعل الثاني : نلاحظ أن العامل المؤكسد (Ni^{2+}) لم يستطع أن يؤكسد (Cu) ، وبالتالي فإن أيونات النيكل (Ni^{2+}) كعامل مؤكسد أضعف من أيونات النحاس (Cu^{2+}) كعامل مؤكسد .
 - من التفاعل الثالث : نلاحظ أن العامل المؤكسد (Zn^{2+}) استطاع أن يؤكسد (Fe) ، وبالتالي فإن أيونات الخارصين (Zn^{2+}) كعامل مؤكسد أقوى من أيونات الحديد (Fe^{2+}) كعامل مؤكسد .
- وعند دمج جميع الترتيبات السابقة ، يصبح الترتيب العام لجميع أنصاف التفاعلات كالآتي :



∴ ترتيب العوامل المؤكسدة : الأقل قوة $Cu^{2+}, Ni^{2+}, Zn^{2+}, Fe^{2+}$ ← الأكبر قوة

∴ ترتيب العوامل المختزلة : الأقل قوة Fe, Zn, Ni, Cu ← الأكبر قوة

سؤال توضيحي (٢) / يوضح الجدول التالي نتائج تفاعلات تبادلية بين بعض الفلزات الافتراضية وأيوناتها ، ادرسه جيدا ثم رتب القوة النسبية للعوامل المؤكسدة والمختزلة ؟



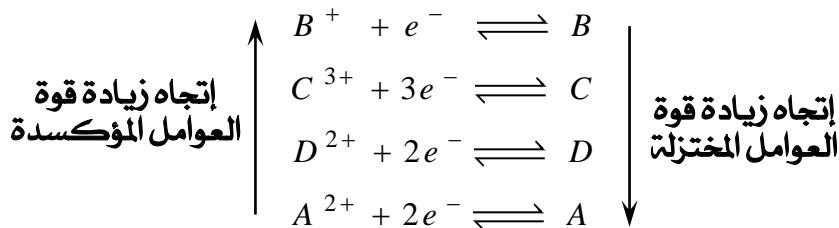
$D(s)$	$C(s)$	$B(s)$	$A(s)$	
لا تفاعل	لا تفاعل	لا تفاعل	لا تفاعل	$A^{2+}_{(aq)}$
يحدث تفاعل	يحدث تفاعل	لا تفاعل	يحدث تفاعل	$B^{+}_{(aq)}$
يحدث تفاعل	لا تفاعل	لا تفاعل	يحدث تفاعل	$C^{3+}_{(aq)}$
لا تفاعل	لا تفاعل	لا تفاعل	يحدث تفاعل	$D^{2+}_{(aq)}$

الحل

الأيونات ($D^{2+}, C^{3+}, B^{+}, A^{2+}$) تعتبر عوامل مؤكسدة ، بينما الفلزات (D, C, B, A) تعتبر عوامل مختزلة ، وبالتالي فإن الأيون الذي له أكبر عدد من التفاعلات يعتبر الأقوى كعامل مؤكسد حيث أنه استطاع أن يؤكسد عدد أكبر من الفلزات ، ومن الجدول السابق نجد أن :

- عدد تفاعلات الأيون $A^{2+} = 0$ (لا يتفاعل مع أي من الفلزات السابقة لذلك يعتبر الأضعف كعامل مؤكسد) .
- عدد تفاعلات الأيون $B^{+} = 3$ (يتفاعل مع جميع الفلزات السابقة لذلك يعتبر الأقوى كعامل مؤكسد) .
- عدد تفاعلات الأيون $C^{3+} = 2$.
- عدد تفاعلات الأيون $D^{2+} = 1$.

وعند دمج جميع الترتيبات السابقة ، يصبح الترتيب العام لجميع أنصاف التفاعلات كالآتي :



أسئلة إضافية

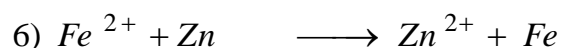
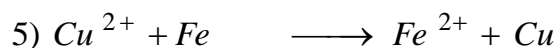
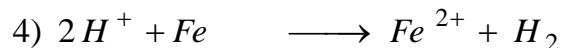
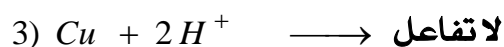
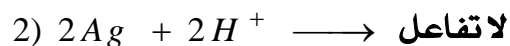
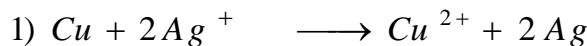
سـ (١) / رتب الفلزات (X, Z, M, D) ترتيبا تصاعديا حسب قوتها كعوامل مختزلة اعتمادا على ما يلي :



- الفلز (Z) لا يتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك المخفف .
- يختفي الفلز (M) بسرعة أكبر من اختفاء الفلز (D) عند تفاعل كتلة متساوية منهما مع كمية مماثلة من حمض الهيدروكلوريك المخفف .
- عند تفاعل كميات متساوية من حمض الهيدروكلوريك المخفف مع الكمية نفسها من الفلزين (X) و (D) فإن التغير الملموس في درجة الحرارة يكون في حالة (D) أكبر منه في حالة (X) .

ترتيب العوامل المختزلة : الأقل قوة ← الأكبر قوة

سـ(٢) / أجرى أحد الطلاب تجارب لتفاعلات كيميائية وحصل على النتائج المبينة في المعادلات التالية ، ادرس المعادلات جيدا ، ثم أجب عن الأسئلة التي تليها :



١) رتب القوة النسبية للعوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة لهذه العناصر وكاتيوناتها ؟

ترتيب العوامل المؤكسدة : الأقل قوة \longrightarrow , , , , , الأكبر قوة

ترتيب العوامل المختزلة : الأقل قوة \longrightarrow , , , , , الأكبر قوة

٢) ماذا يحدث عند إمرار غاز الهيدروجين (H_2) في محلول $CuSO_4$ أزرق اللون ؟ فسر إجابتك .

٣) هل يمكن حفظ محلول $AgNO_3$ في إناء من الحديد (Fe) ؟ فسر إجابتك .

٤) هل يمكن حفظ محلول $ZnSO_4$ في إناء من النحاس (Cu) ؟ فسر إجابتك .

سـ(٣) / يوضح الجدول التالي نتائج تفاعلات تبادلية بين بعض الفلزات الافتراضية وأيوناتها ، ادرسه جيدا ثم رتب القوة النسبية للعوامل المؤكسدة والمختزلة ؟



$Z(s)$	$Y(s)$	$X(s)$	$W(s)$	$R(s)$	
لا تفاعل	يتسبب R	لا تفاعل	يتسبب R	لا تفاعل	$R^{2+}_{(aq)}$
لا تفاعل	لا تفاعل	لا تفاعل	لا تفاعل	لا تفاعل	$W^{2+}_{(aq)}$
يتسبب X	يتسبب X	لا تفاعل	يتسبب X	يتسبب X	$X^{2+}_{(aq)}$
لا تفاعل	لا تفاعل	لا تفاعل	يتسبب Y	لا تفاعل	$Y^{2+}_{(aq)}$
لا تفاعل	يتسبب Z	لا تفاعل	يتسبب Z	يتسبب Z	$Z^{2+}_{(aq)}$

ترتيب العوامل المؤكسدة : الأقل قوة \longrightarrow , , , , , الأكبر قوة

ترتيب العوامل المختزلة : الأقل قوة \longrightarrow , , , , , الأكبر قوة



سـ (٤) / يوضح الشكل التالي نتائج أربع تجارب قام بها أحد الطلبة لترتيب العناصر الفلزية (D, C, B, A) حسب قوتها كعوامل مختزلة، ادرس الشكل جيدا ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :

التجارب				نتائج التجربة
<p>قطب من المادة B</p> <p>محلول أيونات D^{3+}</p> <p>✓</p> <p>(4)</p>	<p>قطب من المادة A</p> <p>محلول أيونات B^{2+}</p> <p>✓</p> <p>(3)</p>	<p>قطب من المادة A</p> <p>محلول أيونات C^{+}</p> <p>X</p> <p>(2)</p>	<p>قطب من المادة D</p> <p>محلول أيونات A^{2+}</p> <p>X</p> <p>(1)</p>	

١) رتب الفلزات (D, C, B, A) ترتيبا تصاعديا حسب قوتها كعوامل مختزلة ؟

الأقل قوة ← الأكثر قوة

٢) اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل الأكسدة - الاختزال الحادث في التجربة الرابعة ؟

٣) ما الوعاء المناسب لحفظ محلول يحتوي على أيونات B^{2+} ؟

الوعاء A ☐ الوعاء C ☐ الوعاء D ☐

فسر إجابتك :

٤) إذا علمت أن الفلزات (C, A) تحرر غاز الهيدروجين (H_2) عند تفاعلها مع أيونات الهيدروجين (H^+)

بينما لا يحدث ذلك مع الفلزات (D, B) ، أجب عن الآتي :

أ - رتب الأيونات ($H^+, D^{3+}, C^+, B^{2+}, A^{2+}$) حسب قوتها كعوامل مؤكسدة ؟

الأقل قوة ← الأكثر قوة

ب - اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل أيونات الهيدروجين (H^+) مع ذرات الفلز C ؟

ج - إذا علمت أن محلول أيونات D^{3+} أخضر اللون ، فماذا تتوقع أن يحدث لشدة اللون الأخضر عند إمرار

غاز الهيدروجين (H_2) في محلول أيونات D^{3+} ؟ فسر إجابتك .

د - إذا تم وضع كتل متساوية من الفلزين (C, A) في أنبوبي اختبار تحتوي كل منهما على محلول

حمض الهيدروكلوريك المخفف (HCl) ، فما الفلز الذي يحرر غاز الهيدروجين (H_2) بشكل أسرع ؟

فسر إجابتك



سـ (٤) / يوضح الشكل التالي نتائج أربع تجارب قام بها أحد الطلبة لترتيب العناصر الفلزية (A , B , C , D) حسب قوتها كعوامل مختزلة ، ادرس الشكل جيدا ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :

التجارب				نتائج التجربة
قطب من المادة B	قطب من المادة A	قطب من المادة A	قطب من المادة D	
				✓ يتفاعل X لا يتفاعل
محلول أيونات D^{3+} ✓ (4)	محلول أيونات B^{2+} ✓ (3)	محلول أيونات C^{+} X (2)	محلول أيونات A^{2+} X (1)	

١) رتب الفلزات (A , B , C , D) ترتيبا تصاعديا حسب قوتها كعوامل مختزلة ؟

الأقل قوة C , A , B , D ← الأكبر قوة

٢) اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل الأكسدة - الاختزال الحادث في التجربة الرابعة ؟



٣) ما الوعاء المناسب لحفظ محلول يحتوي على أيونات B^{2+} ؟

الوعاء A ☐ الوعاء C ☒ الوعاء D ☐

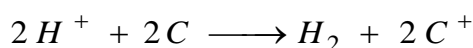
فسر إجابتك : لأنه لن يحدث بينهما تفاعل تأكسد - اختزال تلقائي حيث أن الأيون B^{2+} عامل مؤكسد والفلز D عامل مختزل فوقعه في الترتيب .

٤) إذا علمت أن الفلزات (A , C) تحرر غاز الهيدروجين (H_2) عند تفاعلها مع أيونات الهيدروجين (H^+) بينما لا يحدث ذلك مع الفلزات (B , D) ، أجب عن الآتي :

أ - رتب الأيونات (H^+ , D^{3+} , C^+ , B^{2+} , A^{2+}) حسب قوتها كعوامل مؤكسدة ؟

الأقل قوة $D^{3+} , B^{2+} , H^+ , A^{2+} , C^+$ ← الأكبر قوة

ب - اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل أيونات الهيدروجين (H^+) مع ذرات الفلز C ؟



ج - إذا علمت أن محلول أيونات D^{3+} أخضر اللون ، فماذا تتوقع أن يحدث لشدة اللون الأخضر عند إمرار غاز الهيدروجين (H_2) في محلول أيونات D^{3+} ؟ فسر إجابتك .

تقل شدة اللون الأخضر بسبب حدوث تفاعل تأكسد - اختزال تلقائي بين أيونات D^{3+} وغاز الهيدروجين (H_2) ، حيث يقل تركيز أيونات D^{3+} نتيجة لاختزالها وتحولها إلى ذرات D .

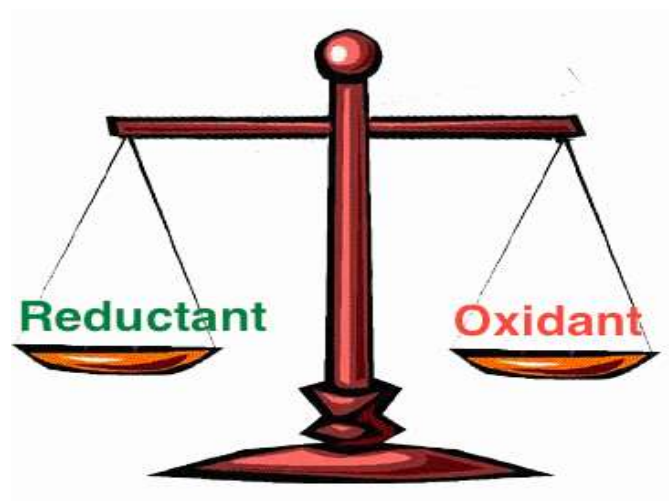
د - إذا تم وضع كتل متساوية من الفلزيين (A , C) في أنبوبي اختبار تحتوي كل منهما على محلول حمض الهيدروكلوريك المخفف (HCl) ، فما الفلز الذي يحرر غاز الهيدروجين (H_2) بشكل أسرع ؟

الفلز C ، لأنه أكثر نشاطا من الفلز A أو لأنه عامل مختزل أقوى من الفلز A .

وزن معادلات التأكسد والاختزال

الحسابات الكيميائية

مادة الكيمياء للصف الثاني عشر (الفصل الدراسي الأول)



وزن معادلات التأكسد والاختزال

(١) طريقة أنصاف التفاعلات (التفاعلات النصفية) أو تسمى طريقة الأيون – الإلكترون .

والوزن يتم في وسطين :

أ- الوسط الحمضي : وتظهر فيه أيونات الهيدروجين (H^+) .

ب- الوسط القاعدي : وتظهر فيه أيونات الهيدروكسيد (OH^-) .

طريقة التفاعلات النصفية :

خطوات الوزن :

(١) نحسب عدد تأكسد كل عنصر قبل وبعد التفاعل ، وبذلك يمكن تحديد عمليتي التأكسد والاختزال وكذلك العامل المؤكسد والعامل المختزل .

(٢) نقسم التفاعل إلى نصفين ، يمثل أحدهما نصف تفاعل التأكسد ، والآخر نصف تفاعل الاختزال .

(٣) نوازن الذرات التي حدث لها تأكسد والذرات التي حدث لها اختزال في كل نصف تفاعل .

(٤) نوازن عدد ذرات الأكسجين بإضافة جزيئات الماء (H_2O) مقابل كل ذرة أكسجين ناقصة إلى الطرف الذي يعاني النقص .

(٥) نوازن عدد ذرات الهيدروجين بإضافة أيونات الهيدروجين (H^+) مقابل كل ذرة هيدروجين ناقصة إلى الطرف الذي يعاني النقص .

(٦) نوازن الشحنات الكهربائية وذلك بإضافة عدد مناسب من الإلكترونات إلى أحد طرفي المعادلة بحيث يصبح المجموع الجبري للشحنات متساويا على الجانبين .

(٧) إذا كان عدد الإلكترونات المفقودة في نصف تفاعل التأكسد لا يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في نصف تفاعل الاختزال ، فإننا نقوم بضرب أنصاف التفاعلات تبادليا بأعداد الإلكترونات لجعل عدد الإلكترونات المفقودة في نصف تفاعل التأكسد مساويا لعدد الإلكترونات المكتسبة في نصف تفاعل الاختزال .

(٨) نجمع نصفي التفاعل للحصول على المعادلة النهائية الموزونة ، حيث يتم حذف الإلكترونات وبعض المواد المشتركة في الطرفين ، وبذلك نحصل على معادلة كيميائية موزونة في الوسط الحمضي أو المتعادل ينطبق عليها قانون حفظ المادة وقانون حفظ الشحنة .

*** قانون حفظ المادة (بقاء الكتلة):** لا بد أن تكون أعداد الذرات لجميع العناصر في طرفي المعادلة متساوية .

*** قانون حفظ الشحنة (بقاء الشحنة):** لا بد أن يكون المجموع الجبري للشحنات الكهربائية على طرفي المعادلة متساويا .

والأمثلة التالية توضح كيفية الوزن في الوسط الحمضي والقاعدي بطريقة التفاعلات النصفية .

سؤال توضيحي (١) / يتفاعل أيون البيرومنجنات (MnO_4^-) مع أيون الكبريتيت (SO_3^{2-})

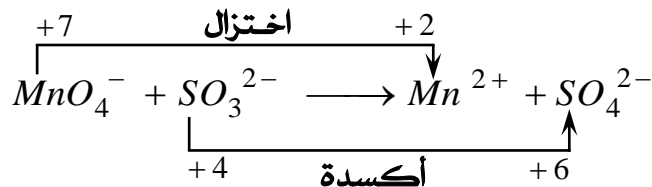
في الوسط الحمضي كالآتي : $MnO_4^- + SO_3^{2-} \longrightarrow Mn^{2+} + SO_4^{2-}$

وازن معادلة التفاعل في الوسط المذكور بطريقة أنصاف التفاعلات ؟



الحل

- نحسب عدد تأكسد كل عنصر قبل وبعد التفاعل لتحديد عمليتي التأكسد والاختزال :

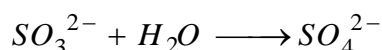


- نقسم التفاعل إلى نصفين : نصف تفاعل تأكسد ، نصف تفاعل اختزال ثم التحقق من وزن الذرات التي يتغير عدد

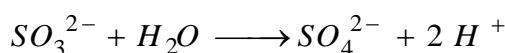
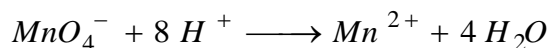
تأكسدها وهي (S , Mn) : نصف تفاعل اختزال $MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+}$

نصف تفاعل تأكسد $SO_3^{2-} \longrightarrow SO_4^{2-}$

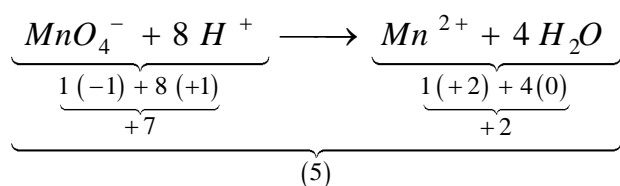
- وزن الأكسجين وذلك بإضافة جزيئات الماء (H_2O) إلى الطرف الذي ينقصه الأكسجين :



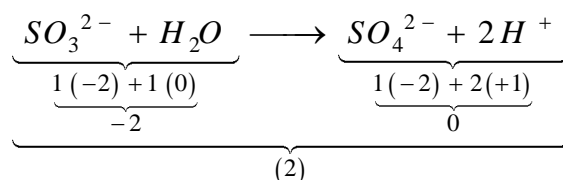
- وزن الهيدروجين وذلك بإضافة أيونات الهيدروجين (H^+) إلى الطرف الذي ينقصه الهيدروجين :



- الوزن الكهربائي : وزن الشحنات الكهربائية وذلك بإضافة الإلكترونات (e^-) إلى الطرف الأكبر في الشحنة .

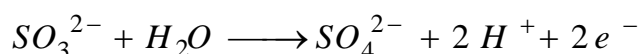
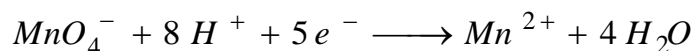


∴ يجب إضافة ($5 e^-$) إلى الطرف الأكبر في الشحنة (الطرف الأيسر) .

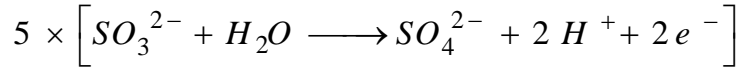
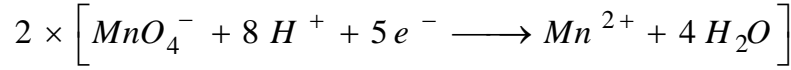


∴ يجب إضافة ($2 e^-$) إلى الطرف الأكبر في الشحنة (الطرف الأيمن) .

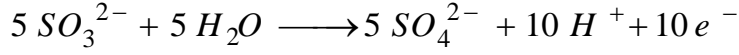
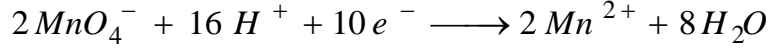
لذلك تكون أنصاف التفاعلات بعد إضافة الإلكترونات كالآتي :



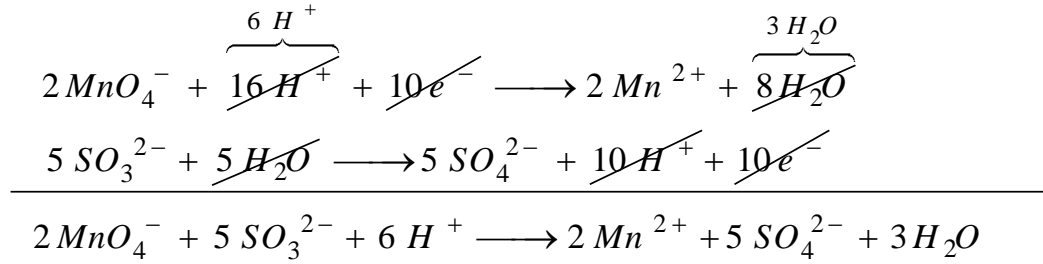
- مساواة عدد الإلكترونات المفقودة بعدد الإلكترونات المكتسبة بالضرب التبادلي :



بعد الضرب تصبح أنصاف التفاعلات كالآتي :



- نجمع نصفي التفاعل ليصبح التفاعل كاملا ، حيث يتم اختصار الإلكترونات من الطرفين واختصار المواد المتشابهة إن وجدت مثل (H^+, H_2O) وذلك للحصول على المعادلة النهائية الموزونة :



- وللتحقق من الوزن يجب أن يتحقق في المعادلة النهائية ما يلي :

* قانون حفظ المادة :

عدد الذرات على اليسار

$$Mn = 2$$

$$S = 5$$

$$O = 23$$

$$H = 6$$

عدد الذرات على اليمين

$$Mn = 2$$

$$S = 5$$

$$O = 23$$

$$H = 6$$

* قانون حفظ الشحنة :

عدد الشحنات الكهربائية على اليسار

$$\underbrace{2(-1) + 5(-2) + 6(+1)}_{-6}$$

عدد الشحنات الكهربائية على اليمين

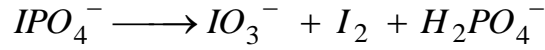
$$\underbrace{2(+2) + 5(-2) + 3(0)}_{-6}$$

* أن تكون في أبسط صورة :

يتضح أن المعادلة النهائية في أبسط صورة .

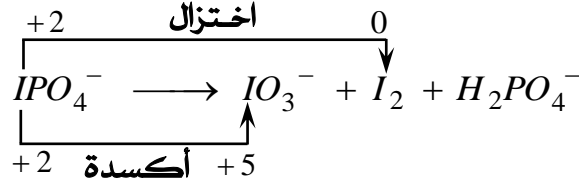


سؤال توضيحي (٢) / وزن معادلة التفاعل في الوسط الحمضي بطريقة أنصاف التفاعلات :



الحل

- نحسب عدد تأكسد كل عنصر قبل وبعد التفاعل لتحديد عمليتي التأكسد والاختزال :

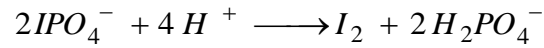
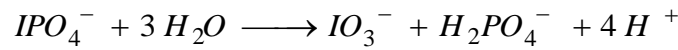


- نقسم التفاعل إلى نصفين : نصف تفاعل تأكسد ، نصف تفاعل اختزال ثم التحقق من وزن الذرة التي يتغير عدد

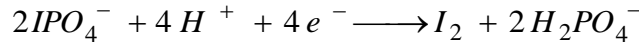
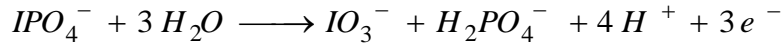
تأكسدها وهي ذرة اليود (I) : نصف تفاعل تأكسد $IPO_4^- \longrightarrow IO_3^- + H_2PO_4^-$

نصف تفاعل اختزال $2IPO_4^- \longrightarrow I_2 + 2H_2PO_4^-$

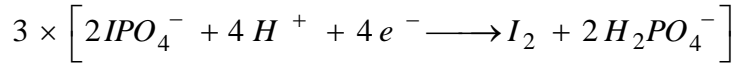
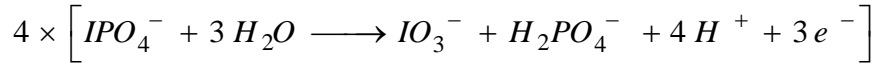
- وزن الأكسجين والهيدروجين :



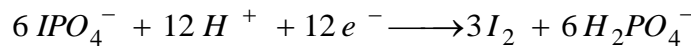
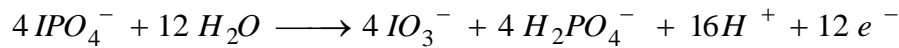
- وزن الشحنات الكهربائية :



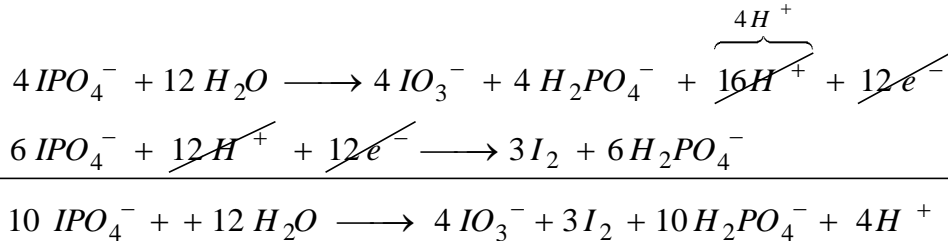
- مساواة عدد الإلكترونات المفقودة بعدد الإلكترونات المكتسبة بالضرب التبادلي :



بعد الضرب تصبح أنصاف التفاعلات كالآتي :



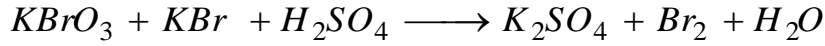
- جمع نصفي التفاعل للحصول على المعادلة النهائية الموزونة :



المعادلة في أبسط صورة وموزونة في الوسط الحمضي بسبب وجود أيونات الهيدروجين (H^+) وينطبق عليها قانون حفظ المادة وقانون حفظ الشحنة.

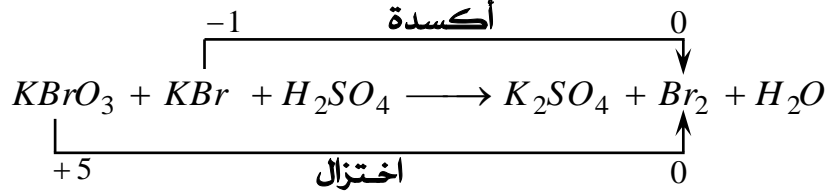


سؤال توضيحي (٣) / وزن معادلة التفاعل التالي بطريقة أنصاف التفاعلات :

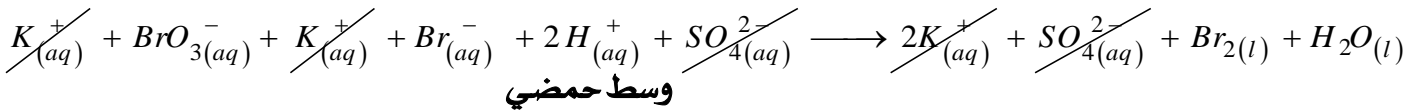


الحل

- نحسب عدد تأكسد كل عنصر قبل وبعد التفاعل لتحديد عمليتي التأكسد والاختزال :



- نحذف المواد التي لم تشارك في التفاعل (لم يحدث فيها تغير في أعداد التأكسد) :

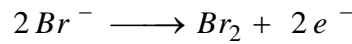
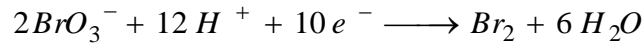


∴ المعادلة المطلوب وزنها هي : $BrO_3^- + Br^- \longrightarrow Br_2$

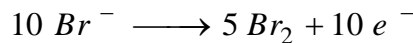
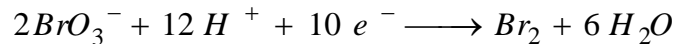
- نقسم التفاعل إلى نصفين : نصف تفاعل تأكسد ، نصف تفاعل اختزال ثم التحقق من وزن الذرة التي يتغير عدد تأكسدها وهي ذرة البروم (Br) : نصف تفاعل اختزال $2BrO_3^- \longrightarrow Br_2$



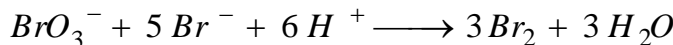
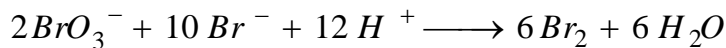
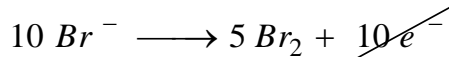
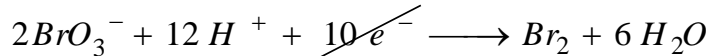
- وزن الأكسجين والهيدروجين والشحنات الكهربائية :



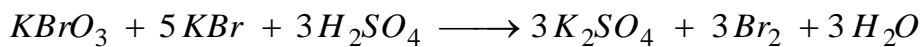
- مساواة عدد الإلكترونات المفقودة بعدد الإلكترونات المكتسبة وذلك بضرب نصف تفاعل التأكسد في (5) :



- جمع نصفي التفاعل للحصول على المعادلة الموزونة :



وعند استعادة المواد المحذوفة تصبح المعادلة النهائية الموزونة كالآتي :



المعادلة في أبسط صورة وينطبق عليها قانون حفظ المادة وقانون حفظ الشحنة.

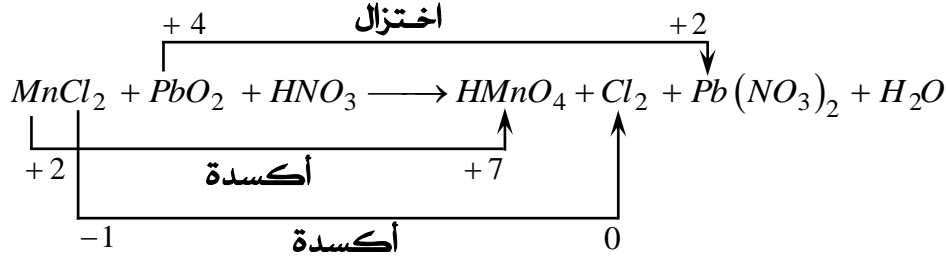


سؤال توضيحي (٤) / وزن معادلة التفاعل التالي بطريقة أنصاف التفاعلات :

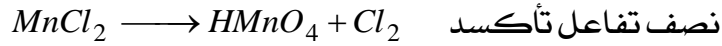


الحل

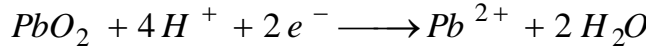
- نحسب عدد تأكسد كل عنصر قبل وبعد التفاعل لتحديد عمليتي التأكسد والاختزال :



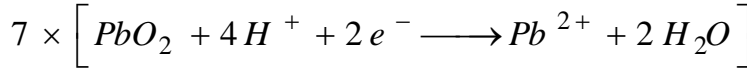
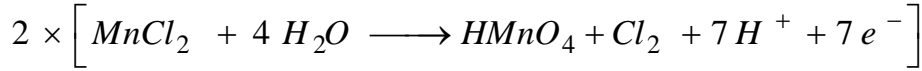
- نحذف المواد التي لم تشارك في التفاعل (لم يحدث فيها تغير في أعداد التأكسد) وتصبح أنصاف التفاعلات كالآتي :



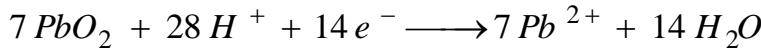
- وزن الأكسجين والهيدروجين والشحنات الكهربائية :



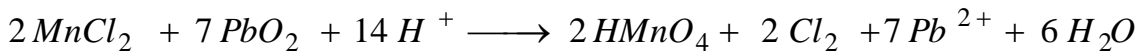
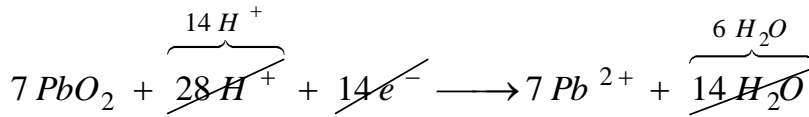
- مساواة عدد الإلكترونات المفقودة بعدد الإلكترونات المكتسبة بالضرب التبادلي :



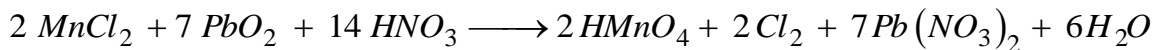
- بعد الضرب تصبح أنصاف التفاعلات كالآتي :



- جمع نصفي التفاعل للحصول على المعادلة الموزونة :



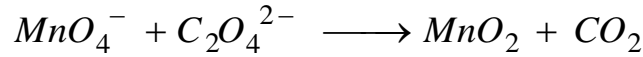
وعند استعادة المواد المحذوفة تصبح المعادلة النهائية الموزونة كالآتي :



المعادلة في أبسط صورة وينطبق عليها قانون حفظ المادة وقانون حفظ الشحنة.

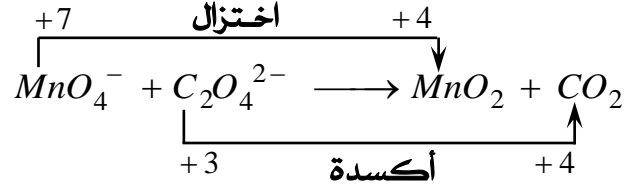


سؤال توضيحي (٥) / وزن معادلة التفاعل في الوسط القاعدي بطريقة أنصاف التفاعلات:

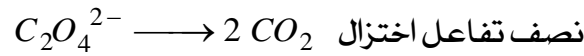


الحل

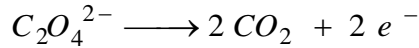
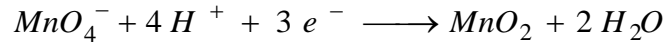
- نحسب عدد تأكسد كل عنصر قبل وبعد التفاعل لتحديد عمليتي التأكسد والاختزال :



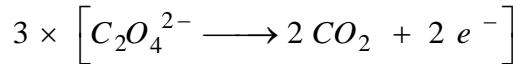
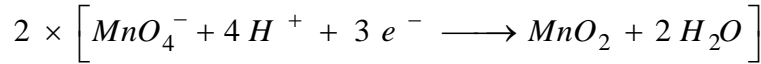
- نقسم التفاعل إلى نصفين : نصف تفاعل تأكسد



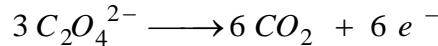
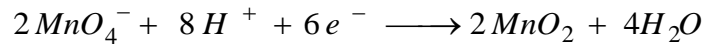
- وزن الأكسجين والهيدروجين والشحنات الكهربائية :



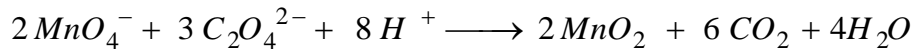
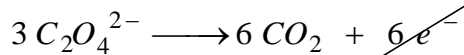
- مساواة عدد الإلكترونات المفقودة بعدد الإلكترونات المكتسبة بالضرب التبادلي :



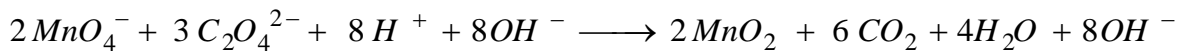
بعد الضرب تصبح أنصاف التفاعلات كالآتي :



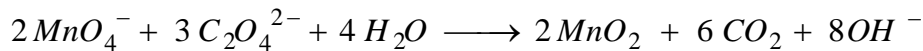
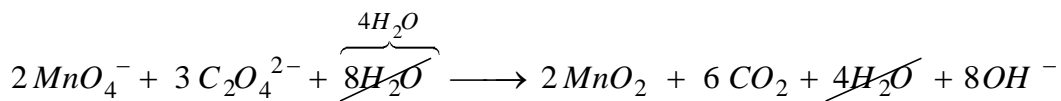
- جمع نصفي التفاعل للحصول على المعادلة النهائية الموزونة :



للحصول على المعادلة النهائية الموزونة في الوسط القاعدي يتم إضافة أيونات الهيدروكسيد (OH^-) إلى الطرفين بنفس عدد أيونات الهيدروجين (H^+) ، وحيث أنه يوجد لدينا (8H^+) لذلك نضيف (8OH^-) إلى الطرفين كالآتي :

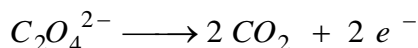
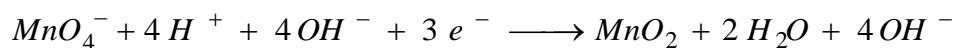


وحيث أن : $\boxed{\text{H}^+ + \text{OH}^- \longrightarrow \text{H}_2\text{O}}$ لذلك فإن : $\boxed{8 \text{H}^+ + 8 \text{OH}^- \longrightarrow 8 \text{H}_2\text{O}}$

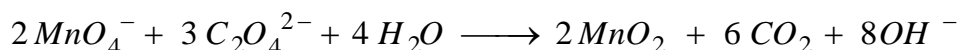
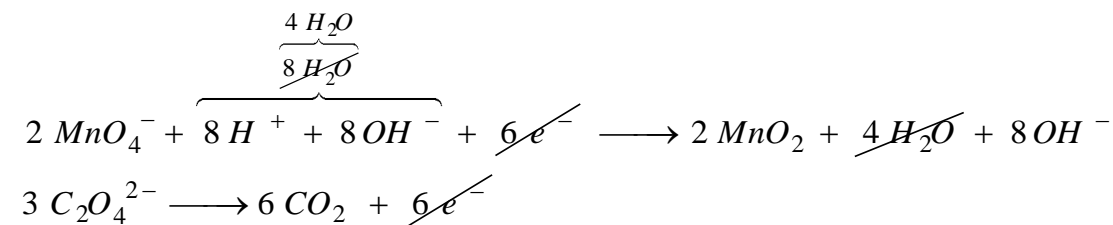


المعادلة في أبسط صورة وموزونة في الوسط القاعدي بسبب وجود أيونات الهيدروكسيد (OH^-) وينطبق عليها قانون حفظ المادة وقانون حفظ الشحنة.

والجدير بالذكر أن يمكن وزن المعادلة السابقة في الوسط القاعدي بإضافة أيونات الهيدروكسيد (OH^-) إلى نصفي التفاعل بعد إضافة أيونات الهيدروجين (H^+) كالآتي :

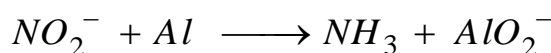


- ضرب نصفي التفاعل تبادلياً :



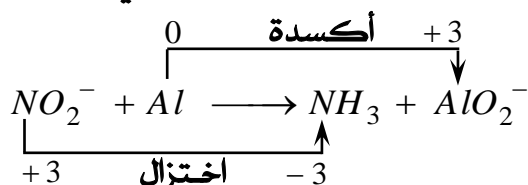
وللطالب حرية الاختيار عند الوزن في الوسط القاعدي ، إما أن يضيف أيونات الهيدروكسيد (OH^-) إلى طرفي المعادلة النهائية الموزونة في الوسط الحمضي أو أن يضيف أيونات الهيدروكسيد (OH^-) إلى نصفي التفاعل مباشرة بعد وزن الهيدروجين للحصول على المعادلة النهائية الموزونة في الوسط القاعدي .

سؤال توضيحي (٦) / وازن معادلة التفاعل في الوسط القاعدي بطريقة أنصاف التفاعلات:



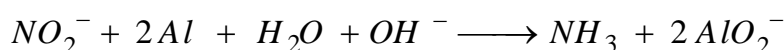
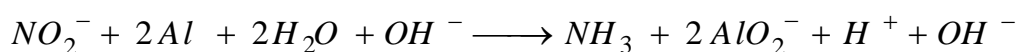
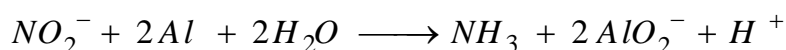
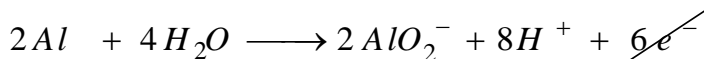
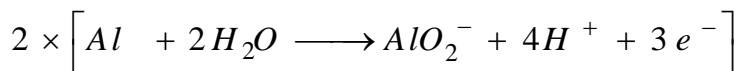
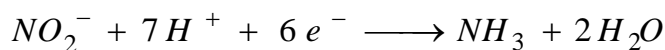
الحل

- نحسب عدد تأكسد كل عنصر قبل وبعد التفاعل لتحديد عمليتي التأكسد والاختزال :



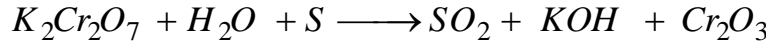
- نقسم التفاعل إلى نصفين : نصف تفاعل تأكسد

$Al \longrightarrow AlO_2^-$ نصف تفاعل اختزال



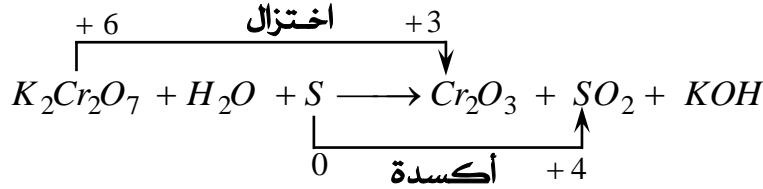


سؤال توضيحي (٧) / وزن معادلة التفاعل التالي بطريقة أنصاف التفاعلات :

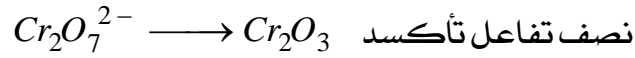


الحل

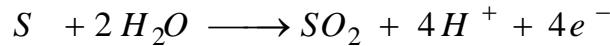
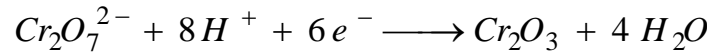
- نحسب عدد تأكسد كل عنصر قبل وبعد التفاعل لتحديد عمليتي التأكسد والاختزال :



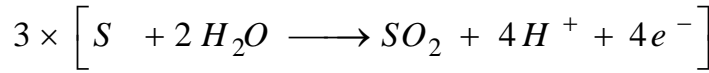
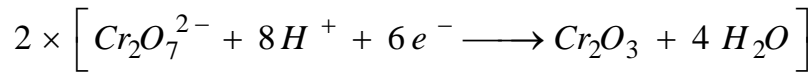
- نحذف المواد التي لم تشارك في التفاعل (لم يحدث فيها تغير في أعداد التأكسد) وتصبح أنصاف التفاعلات كالآتي :



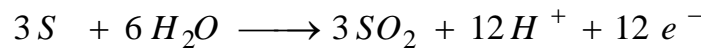
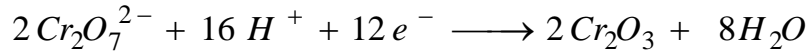
- وزن الأكسجين والهيدروجين والشحنات الكهربائية :



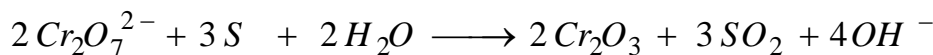
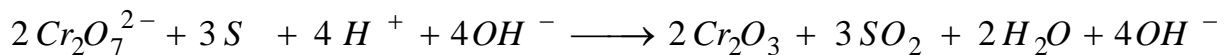
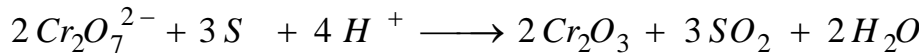
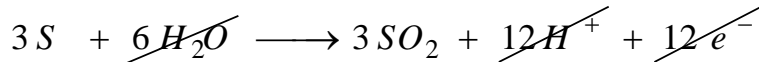
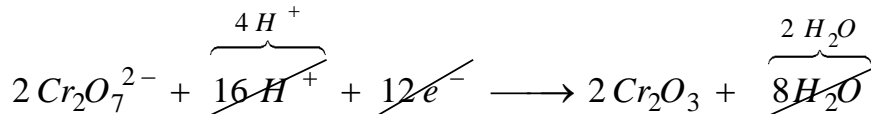
- مساواة عدد الإلكترونات المفقودة بعدد الإلكترونات المكتسبة :



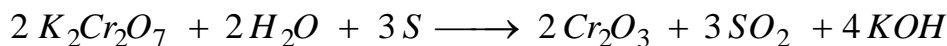
- بعد الضرب تصبح أنصاف التفاعلات كالآتي :



- جمع نصفي التفاعل للحصول على المعادلة الموزونة :



وعند استعادة المواد المحذوفة تصبح المعادلة النهائية الموزونة كالآتي :



المعادلة في أبسط صورة وينطبق عليها قانون حفظ المادة وقانون حفظ الشحنة.



أسئلة إضافية

سـ (١) / ما عدد مولات الإلكترونات التي يفقدها $(\frac{1}{2})$ مول من أيون الثيوكبريتات $(S_2O_3^{2-})$ عند أكسدته إلى أيون الكبريتات (SO_4^{2-}) ؟
 جـ ١ /



سـ (٢) / ما عدد مولات الإلكترونات التي يفقدها مول واحد من أيون الكلوريد (Cl^-) عند أكسدته إلى أيون الكلورات (ClO_3^-) ؟
 جـ ١ /



سـ (٣) / ما عدد مولات الإلكترونات التي يكتسبها $(\frac{1}{3})$ مول من أيون الدايكرومات $(Cr_2O_7^{2-})$ عند تحوله إلى أيون الكروم الثلاثي (Cr^{3+}) ؟
 جـ ١ /



سـ (٤) / ما عدد مولات الإلكترونات التي يكتسبها $(\frac{1}{4})$ مول من أكسيد الكلور (Cl_2O_7) عند اختزاله إلى أيون الكلوريت (ClO_2^-) ؟
 جـ ١ /



سـ (٥) / يتفاعل أيون البيرمنجنات (MnO_4^-) مع أيون الأكسالات $(C_2O_4^{2-})$ في الوسط الحمضي حسب المعادلة الآتية :

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

 أ - ما عدد مولات غاز (CO_2) الناتجة إذا تم اختزال نصف مول من أيون البيرمنجنات (MnO_4^-) ؟
 جـ ١ /



ب - ما عدد مولات حمض (HCl) المضافة إلى التفاعل لاختزال (2) مول من أيون البيرمنجنات (MnO_4^-) ؟
 جـ ١ /

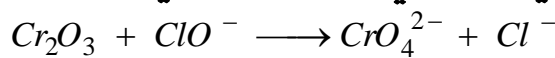
ج - ما عدد مولات حمض (HCl) المضافة إلى التفاعل لاختزال مول واحد من أيون البيرمنجنات (MnO_4^-) ؟
 جـ ١ /

د - ما عدد مولات حمض (H_2SO_4) المضافة إلى التفاعل لاختزال (2) مول من أيون البيرمنجنات (MnO_4^-) ؟
 جـ ١ /

هـ - ما عدد مولات حمض (H_2SO_4) المضافة إلى التفاعل لاختزال (3) مول من أيون البيرمنجنات (MnO_4^-) ؟
 جـ ١ /



سـ (٦) / التفاعل التالي يحدث في الوسط الحمضي :



ما عدد مولات أيونات الكرومات (CrO_4^{2-}) الناتجة من اختزال (6) مول من أيونات

الهيبيوكلوريت (ClO^-) بواسطة أكسيد الكروم الثلاثي (Cr_2O_3) ؟

جـ ١ /

سـ(٧) / وزن معادلات التأكسد – الاختزال التالية في الوسط الحمضي بطريقة أنصاف التفاعلات :



- 1) $Fe_3O_4 + H_2O_2 \longrightarrow Fe^{3+} + H_2O$
- 2) $As_2S_3 + NO_3^- \longrightarrow AsO_4^{3-} + SO_4^{2-} + NO$
- 3) $KIO_3 + KI + HCl \longrightarrow KCl + I_2 + H_2O$
- 4) $MnCl_2 + PbO_2 + HNO_3 \longrightarrow HMnO_4 + Cl_2 + Pb(NO_3)_2 + H_2O$
- 5) $Zn + HNO_3 \longrightarrow Zn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + H_2O$
- 6) $H_2O_2 + Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow Cr^{3+} + O_2$
- 7) $SO_2 + Cl_2 \longrightarrow Cl^- + SO_4^{2-}$
- 8) $Sb_2S_3 + H_2S + NO_3^- \longrightarrow Sb_2S_5 + NO + H_2O$
- 9) $[Fe(CN)_6]^{4-} + MnO_4^- \longrightarrow Fe^{3+} + CO_2 + NO_3^- + Mn^{2+}$
- 10) $U(SO_4)_2 + KMnO_4 + H_2O \longrightarrow UO_2SO_4 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2SO_4$

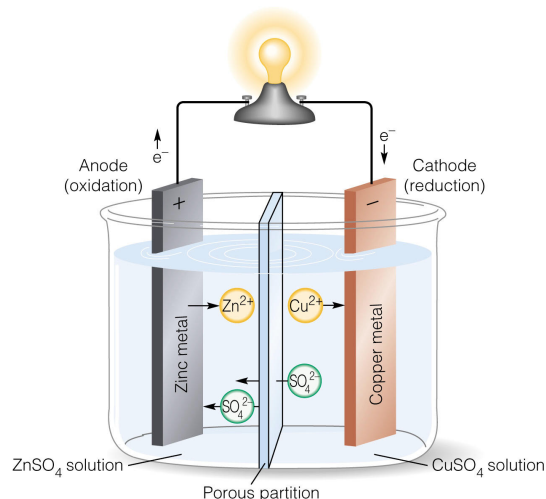
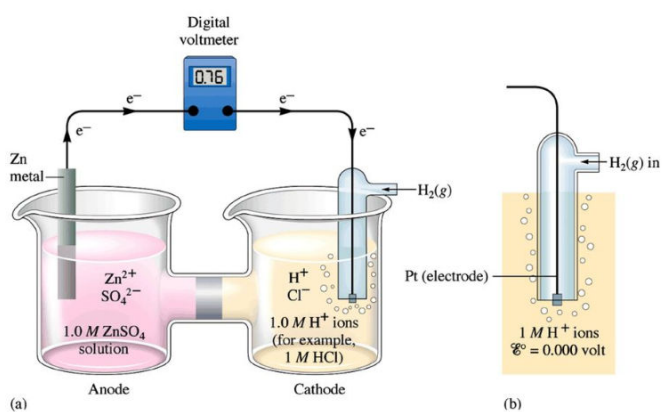
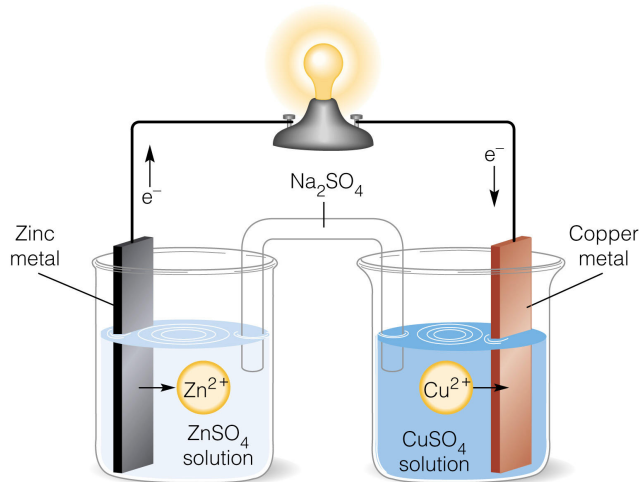
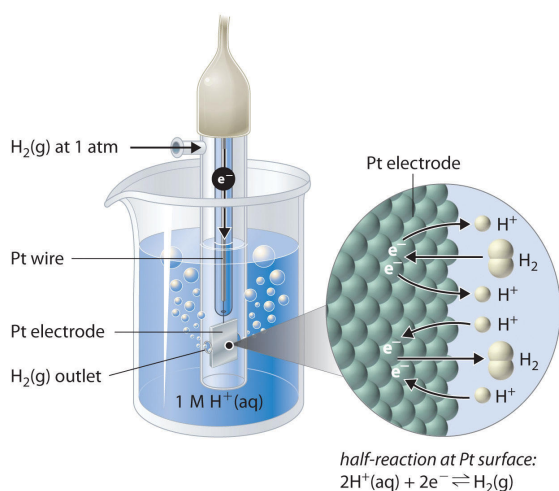
سـ(٨) / وزن معادلات التأكسد – الاختزال التالية في الوسط القاعدي بطريقة أنصاف التفاعلات :



- 1) $AsO_3^{3-} + I_2 \longrightarrow AsO_4^{3-} + I^-$
- 2) $S^{2-} + CrO_4^{2-} \longrightarrow S + Cr(OH)_3$
- 3) $ClO^- + Bi_2O_3 \longrightarrow BiO_3^- + Cl^-$
- 4) $MnO_4^- + IO_3^- \longrightarrow MnO_2 + IO$
- 5) $ClO^- + Mn(OH)_2 \longrightarrow MnO_2 + Cl^-$
- 6) $P_4 \longrightarrow PH_3 + H_2PO_4^-$
- 7) $Bi + Na_2SnO_3 + H_2O \longrightarrow Bi(OH)_3 + Na_2SnO_2$
- 8) $I_2 \longrightarrow IO_3^- + I^-$
- 9) $Br_2 \longrightarrow Br^- + BrO_3^-$
- 10) $CrI_3 + Cl_2 \longrightarrow CrO_4^{2-} + IO_4^- + Cl^-$

الخلايا الجلفانية

مادة الكيمياء للصف الثاني عشر (الفصل الدراسي الأول)



الخلايا الكهروكيميائية هي أنظمة تقوم بتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية أو العكس .

الخلايا الكهروكيميائية

تنقسم إلى

الخلايا الإلكتروليتيّة (التحليلية)

وهي أنظمة يحدث فيها تفاعلات تأكسد واختزال غير تلقائية حيث تقوم بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية .

الخلايا الجلفانية (الفولتية)

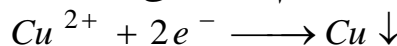
وهي أنظمة يحدث فيها تفاعلات تأكسد واختزال تلقائية حيث تقوم بتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية .

اشرح ما يحدث عند وضع لوح من الخارصين (Zn) في محلول كبريتات النحاس (II) أزرق اللون ؟



* تحدث عملية أكسدة ل..... المكونة للوح حيث تفقد الإلكترونات (e^-) لتتحول إلى أيونات تنتشر في المحلول كما هو موضح في نصف تفاعل التأكسد الآتي : $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$
 ∴ تقل كتلة لوح الخارصين بمرور الوقت ويمكن ملاحظة ذلك من خلال مقارنة كتلة لوح الخارصين (m_1) قبل وضعه في المحلول وكتلته (m_2) بعد فترة زمنية كافية حيث نجد أن : $m_2 < m_1$

* تحدث عملية اختزال ل..... في المحلول حيث تكتسب الإلكترونات (e^-) لتتحول إلى التي تتراكم على لوح الخارصين كما هو موضح في نصف تفاعل الاختزال الآتي :

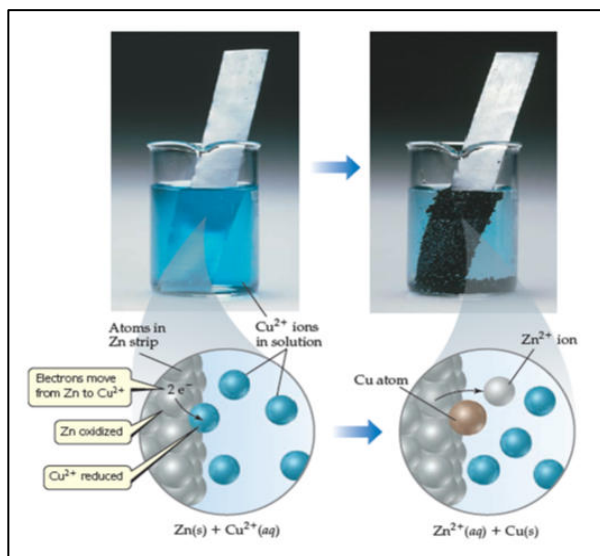


∴ تقل شدة اللون الأزرق لمحلول أيونات النحاس (Cu^{2+}) نتيجة لنقصان تركيزها في المحلول بسبب اختزالها وتحولها إلى ذرات نحاس (Cu) .

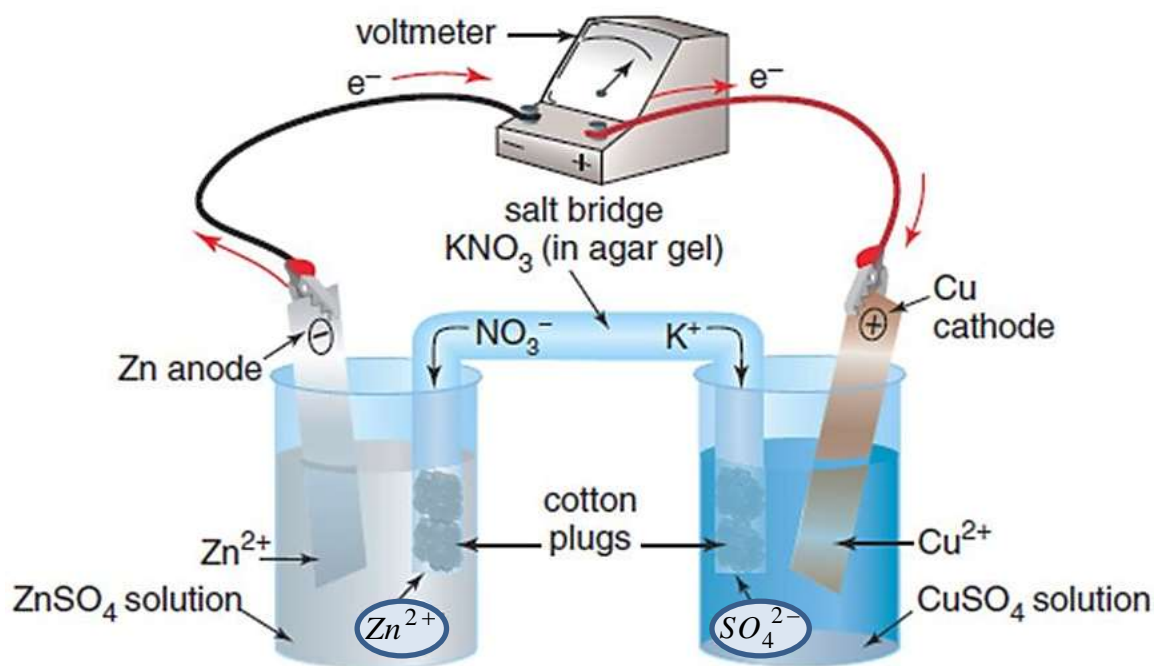
* ترتفع درجة حرارة المحلول بسبب تلامس العامل المؤكسد (Cu^{2+}) مع العامل المختزل (Zn) ويمكن ملاحظة ذلك من خلال مقارنة درجة الحرارة (T_1) قبل وضع لوح الخارصين في المحلول ودرجة الحرارة (T_2) بعد وضعه لفترة زمنية كافية حيث نجد أن : $T_2 > T_1$

س / كيف يمكن الاستفادة من الطاقة الحرارية الناتجة وتحويلها إلى طاقة كهربائية ؟

ج / بفصل العامل المؤكسد (Cu^{2+}) عن العامل المختزل (Zn) لجعل عمليتي التأكسد والاختزال تحدثان في مكانين منفصلين والسماح للإلكترونات (e^-) بالانتقال عبر سلك خارجي وبذلك نحصل على سيل من الإلكترونات (تيار كهربائي مستمر) ، وسُمي هذا الجهاز بالخلية الجلفانية نسبة للعالم ليوجي جلفاني ويسمى أيضا بالخلية الفولتية نسبة للعالم أليساندرو فولتا .

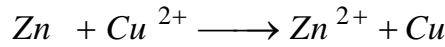
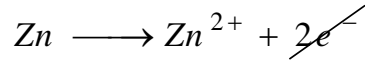


خلية دانيال (خلية نحاس - خارصين)



نصف خلية النحاس (الكأس الأيمن)	نصف خلية الخارصين (الكأس الأيسر)
<p>عند اكمال الدائرة الكهربائية تسري الإلكترونات من قطب الخارصين (المصعد <i>Anode</i>) الذي يحمل الشحنة السالبة (-) إلى قطب النحاس (المهبط <i>Cathode</i>) الذي يحمل الشحنة الموجبة (+) ويمكن ملاحظة حركة الإلكترونات من خلال حركة مؤشر الفولتميتر (<i>voltmeter</i>) حيث يشير دائما باتجاه المهبط، وبالتالي يسمى الوعاء الذي يحتوي على قطب الخارصين بنصف خلية المصعد وتحدث عنده عملية أكسدة، في حين أن الوعاء الذي يحتوي على قطب النحاس يسمى نصف خلية المهبط وتحدث عنده عملية اختزال.</p>	<p>تحدث عملية اختزال لأيونات النحاس (Cu^{2+}) في المحلول حيث تكتسب الإلكترونات (e^{-}) لتتحول إلى ذرات نحاس حمراء (Cu) تتراكم على قطب النحاس.</p> <p>نصف تفاعل اختزال: $Cu^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow Cu$</p> <p>∴ تزداد كتلة قطب النحاس نتيجة لترسب ذرات النحاس عليه، ويقل تركيز كاتيونات النحاس (Cu^{2+}) في المحلول وبالتالي تقل شدة اللون الأزرق تدريجيا.</p>
<p>تؤدي عملية اختزال أيونات النحاس إلى زيادة الشحنة السالبة (SO_4^{2-}) ونقصان في الشحنة الموجبة (Cu^{2+}).</p>	<p>تؤدي عملية أكسدة ذرات الخارصين إلى زيادة الشحنة الموجبة (Zn^{2+}) ونقصان في الشحنة السالبة (SO_4^{2-}).</p>
<p>تتجه كاتيونات الخارصين (Zn^{2+}) من الكأس الأيسر (نصف خلية الخارصين) عبر القنطرة الملحية إلى الكأس الأيمن (نصف خلية النحاس) بينما تخرج أنيونات النترات (NO_3^{-}) من القنطرة الملحية إلى المحلول، وفي المقابل تتجه أنيونات الكبريتات (SO_4^{2-}) من الكأس الأيمن (نصف خلية النحاس) عبر القنطرة الملحية إلى الكأس الأيسر (نصف خلية الخارصين) بينما تخرج كاتيونات البوتاسيوم (K^{+}) من القنطرة الملحية إلى المحلول.</p>	

ويمكن كتابة معادلة التفاعل الخلوي (الكلي) كالآتي :



والرمز العام (الرمز الاصطلاحي) للخلية يتم كتابته كالآتي :



س / لماذا تسري الإلكترونات من قطب الخارصين إلى قطب النحاس وليس العكس ؟

ج / لأن الخارصين عامل مختزل أقوى من النحاس أو لأن الخارصين أنشط كيميائياً من النحاس .

س / ماهي وظائف القنطرة الملحية (salt bridge) في الخلية ؟

ج / تقوم القنطرة الملحية بالوظائف التالية :

١- اكمال الدائرة الكهربائية .

٢ - منع التماس المباشر بين محلولي نصفي الخلية .

٣ - المحافظة على الاتزان الكهربائي في كل من المحلولين ، حيث أنها تمد كل محلول بما ينقصه من الأيونات الموجبة (+) أو السالبة (-) ، والجدير بالذكر أن أيونات القنطرة الملحية لا تشارك في تفاعلات الأكسدة والاختزال .

س / كيف يمكن تحديد المصعد والمهبط في الخلية الجلفانية ؟

ج / يمكن تحديد مصعد ومهبط الخلية الجلفانية من خلال الآتي :

١- حركة مؤشر الفولتميتر في الخلية حيث أنه يشير دائماً باتجاه المهبط .

٢ - معرفة النشاط الكيميائي للفلزات وذلك من خلال قوة العوامل المختزلة ، حيث أن الفلز الأقوى كعامل مختزل يعتبر الأنشط كيميائياً وبالتالي يكون مصعد الخلية .

٣ - معرفة القطب الذي تقل أو تزيد كتلته بمرور الوقت ، حيث أن القطب الذي تقل كتلته في الخلية يمثل المصعد والقطب الذي تزيد كتلته يمثل المهبط في الخلية .

٤ - حركة الكاتيونات والأيونات عبر القنطرة الملحية ، حيث أن الكاتيونات تخرج من القنطرة الملحية باتجاه نصف خلية المهبط في حين أن أنيونات القنطرة الملحية تخرج من القنطرة الملحية باتجاه نصف خلية المصعد .

٥ - زيادة أو نقصان شدة اللون في أحد نصفي الخلية وخاصة إذا كانت المحاليل ملونة ، حيث أن شدة اللون تزيد في نصف خلية المصعد وتقل في نصف خلية المهبط .

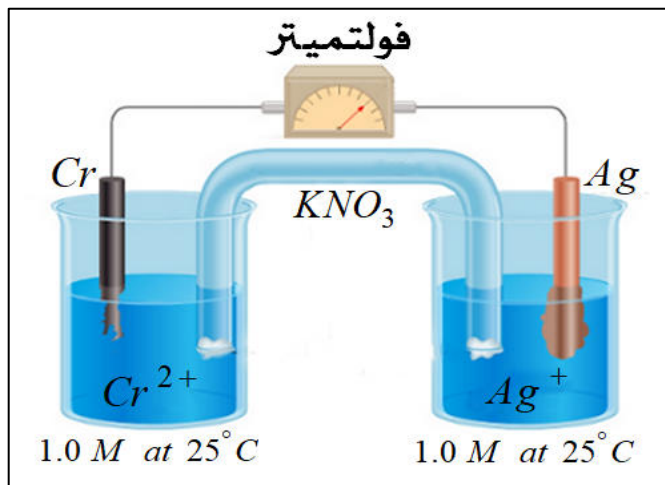
٦ - معرفة التفاعل الخلوي (التفاعل الكلي الحادث في الخلية) ، حيث أن التأكسد يحدث دائماً في نصف خلية المصعد والاختزال في نصف خلية المهبط .

.....

ملاحظة مهمة / في بعض الخلايا الجلفانية لا يمكن استخدام قطب من نوع مادة المحلول نفسها وذلك لأنها تتفاعل مع المحلول ، فمثلاً في نصف الخلية التي تحتوي على محلول من أيونات الصوديوم (Na^{+}) لا يمكن معه استخدام قطب صوديوم ، وبالتالي يستخدم بدلاً منه أحد الأقطاب الخاملة والتي لا تتفاعل مع المحلول مثل الجرافيت (الكربون C) أو البلاتين Pt .



أسئلة إضافية



سـ (١) / ادرس الخلية الجلفانية المقابلة ، ثم
أجب عن الأسئلة التالية :

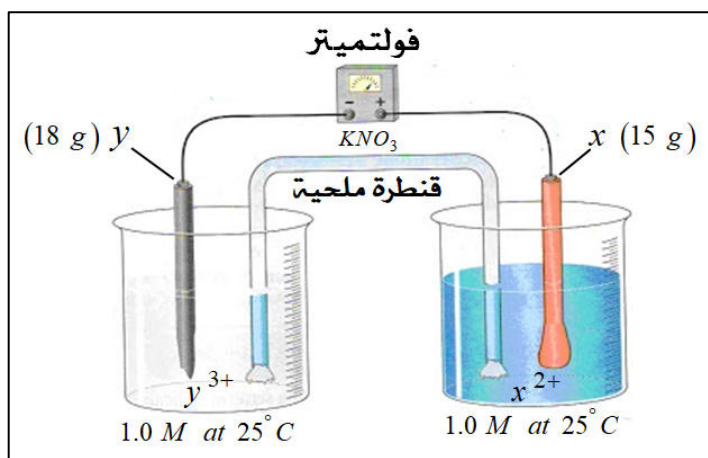


- ١- حدد المصعد والمهبط في الخلية ؟
- ٢- وضع اتجاه حركة الإلكترونات في الدائرة الخارجية ؟
- ٣- وضع اتجاه حركة الكاتيونات والأنيونات عبر القنطرة الملحجية ؟
- ٤- اكتب أنصاف التفاعلات الحادثة عند كل من المصعد والمهبط ثم اكتب معادلة التفاعل الخلوي ؟
- ٥- اكتب الرمز الاصطلاحي للخلية ؟
- ٦- ماذا تتوقع أن يحدث لكل من الآتي :

- تركيز محلول Cr^{2+} - تركيز محلول Ag^+

- كتلة قطب الكروم - كتلة قطب الفضة

٧- ما النسبة بين كتلة الكروم المتآكل إلى كتلة الفضة المترسبة ؟ جـ / 5 : 1.2 أو 4.15 : 1



سـ (٢) / يوضح الرسم المقابل خلية
جلفانية تتكون من قطبي معلومي
الكتلة ، ادرس الرسم جيدا ثم أجب عن
الأسئلة التالية :



- ١- حدد المصعد والمهبط في الخلية ؟
- ٢- وضع اتجاه حركة الإلكترونات في الدائرة الخارجية ؟
- ٣- وضع اتجاه حركة الكاتيونات والأنيونات عبر القنطرة الملحجية ؟
- ٤- ما دور القنطرة الملحجية في الخلية ؟
- ٥- اكتب أنصاف التفاعلات الحادثة عند كل من المصعد والمهبط ثم اكتب معادلة التفاعل الخلوي ؟
- ٦- اكتب الرمز الاصطلاحي للخلية ؟
- ٧- ماذا تتوقع أن يحدث لكل من الآتي :

- تركيز محلول x^{2+} - تركيز محلول y^{3+}

- كتلة القطب x - كتلة القطب y

٨- كم تصبح كتلة المصعد إذا أصبحت كتلة المهبط (20.7 g) علما بأن الكتلة الذرية للمادة (x) تساوي

جـ / 16.4 g

(63.5 g/mol) وللمادة (y) تساوي (27 g/mol) ؟

٩- ما هي العوامل التي تحدد كتلة المادة المتأكلة من المصعد أو المترسبة على المهبط ؟

الخلايا القياسية وجهد الخلايا

* القوة الدافعة الكهربائية (emf) هي المسؤولة عن حركة الإلكترونات (e^-) من المصعد (-) إلى المهبط (+) عبر الدائرة الخارجية (السلك الخارجي) وتسمى هذه القوة أيضا " جهد الخلية " ويرمز لها بالرمز (ΔE) .

* عند قياس جهد الخلية في الظروف (الشروط) القياسية (STP) فإنه يسمى "جهد الخلية القياسي" ويرمز له بالرمز (ΔE°) وهو يمثل أعلى فرق جهد (أعلى فولتية) للخلية في الظروف القياسية .

* الظروف القياسية (STP) هي : ١- درجة الحرارة ($25^\circ C$) أي ما يعادل ($298 K$) .

٢- تركيز المحاليل يساوي ($1.0 M$) .

٣- الضغط للغازات فقط يساوي ($1.0 atm$) \Leftarrow 1 ضغط جوي.

* يمكن حساب جهد الخلية القياسي (ΔE°) من خلال الفرق بين جهدي الاختزال لنصفي

$$\Delta E^\circ = E_r^\circ (Cathode) - E_r^\circ (Anode) \quad \text{الخلية كالآتي :}$$

حيث : $E_r^\circ \Leftarrow$ يمثل جهد الاختزال القياسي وهو ميل نصف الخلية القياسي لكسب الإلكترونات .

ويمكن حساب جهد الخلية القياسي (ΔE°) من خلال الفرق بين جهدي الأكسدة لنصفي

$$\Delta E^\circ = E_{ox}^\circ (Anode) - E_{ox}^\circ (Cathode) \quad \text{الخلية كالآتي :}$$

حيث : $E_{ox}^\circ \Leftarrow$ يمثل جهد الأكسدة القياسي وهو ميل نصف الخلية القياسي لفقد الإلكترونات .

$$E_r^\circ = - E_{ox}^\circ \quad \text{أي أن :}$$

أو دمج جهد الأكسدة والاختزال في علاقة رياضية واحدة كالآتي :

$$\Delta E^\circ = E_{ox}^\circ (Anode) + E_r^\circ (Cathode)$$

والجدول في الصفحة (١١) يمثل قيم جهود الاختزال القياسية (E_r°) لأنصاف الخلايا .

فمثلا : في خلية دانيال (نحاس - خارصين) يمثل قطب الخارصين مصعد الخلية وقطب النحاس مهبطها ، وبالاستعانة بجدول جهود الاختزال القياسية نجد أن :

$$E_r^\circ (Zn) = -0.76 v \quad , \quad E_r^\circ (Cu) = +0.34 v$$

أي أن جهود الأكسدة القياسية ستكون كالآتي :

$$E_{ox}^\circ (Zn) = +0.76 v \quad , \quad E_{ox}^\circ (Cu) = -0.34 v$$

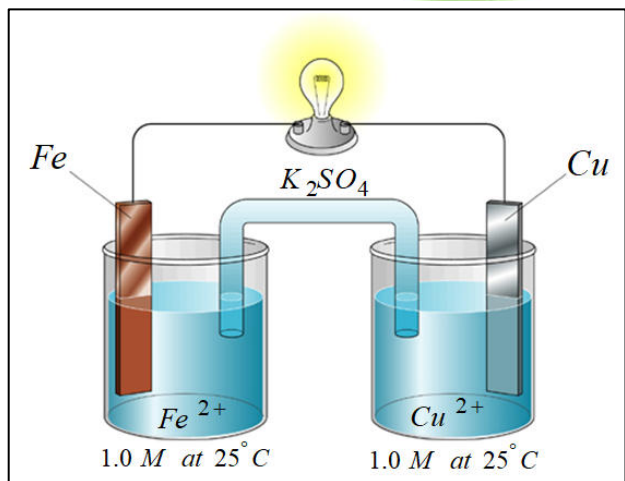
إذن يمكن التوصل للاستنتاجات التالية :

* المصعد هو القطب الذي له جهد اختزال (E_r°) أقل أو هو القطب الذي له جهد أكسدة (E_{ox}°) أكبر .

* المهبط هو القطب الذي له جهد اختزال (E_r°) أكبر أو هو القطب الذي له جهد أكسدة (E_{ox}°) أقل .



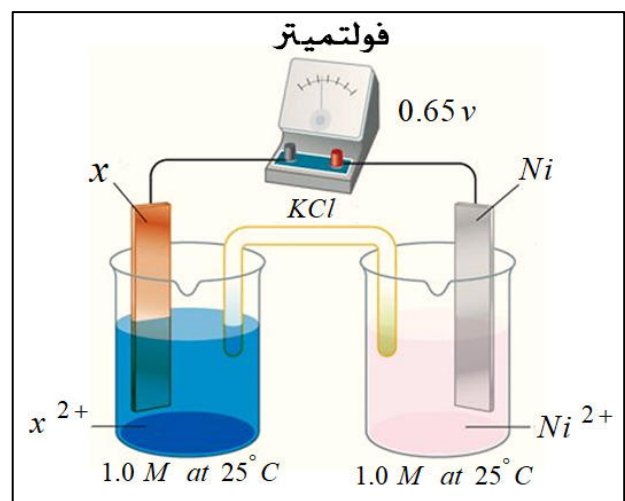
أسئلة إضافية



سـ (١) / ادرس الخلية الجلفانية المقابلة ، ثم
أجب عن الأسئلة التالية :



- ١- حدد مصعد ومهبط الخلية ؟
- ٢- وضح اتجاه حركة الإلكترونات في الدائرة الخارجية ؟
- ٣- وضح اتجاه حركة الكاتيونات والأنيونات عبر القنطرة الملحيتة ؟
- ٤- اكتب أنصاف التفاعلات الحادثة عند كل من المصعد والمهبط ثم اكتب معادلة التفاعل الخلوي ؟
- ٥- اكتب الرمز الاصطلاحي للخلية ؟
- ٦- احسب جهد الخلية القياسي (ΔE°) ؟



سـ (٢) / قامت مجموعة من طلبة الصف الثاني
عشر بتركيب الخلية الجلفانية المقابلة

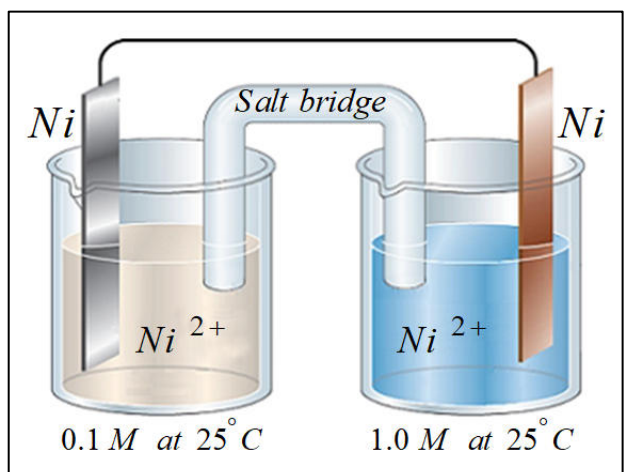


باستخدام قطب نيكل (Ni) والقطب (x) ،
اجب عن الأسئلة التالية علما بأن (x) أقوى كعامل
مختزل من (Ni) :

- ١- وضح اتجاه حركة الإلكترونات في الدائرة الخارجية ؟
- ٢- وضح اتجاه حركة الكاتيونات والأنيونات عبر القنطرة الملحيتة ؟
- ٣- احسب جهد الاختزال القياسي (E_r°) لأيونات (x^{2+}) ؟ ثم

استخدم جدول جهود الاختزال القياسية لمعرفة هوية القطب (x) ؟

٤- ما كتلة النيكل المترسبة على المهبط إذا نقصت كتلة القطب (x) بمقدار (2.5 g) ؟ جـ ، 2.82 g



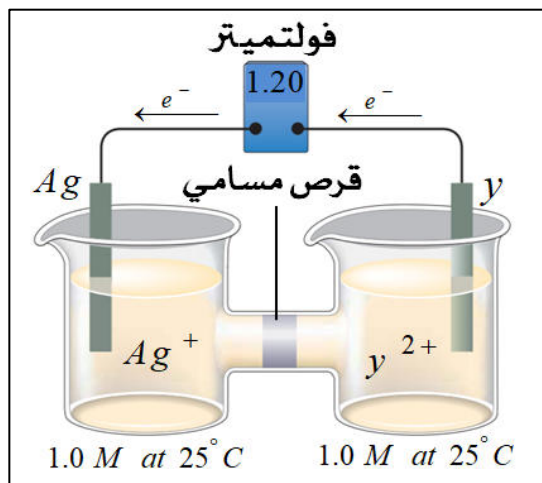
سـ (٣) / ادرس الشكل المقابل جيدا ثم أجب
عن الأسئلة التالية :



- ١- ماذا يسمى هذا النوع من الخلايا الجلفانية ؟
- ٢- ما هي العوامل التي تؤثر على فولتية الخلية ؟
- ٣- ما علاقة تركيز المحلول بجهد الاختزال ؟
- ٤- وضح حركة الإلكترونات عبر السلك الخارجي ؟
- ٥- ماذا تتوقع أن يحدث لكتل الأقطاب بمرور الوقت ؟
- ٦- ماذا تتوقع أن يحدث لشدة اللون في نصفي الخلية ؟
- ٧- ماذا يحدث عندما يتساوى التركيز في نصفي الخلية ؟

جـ ، 1 : 1

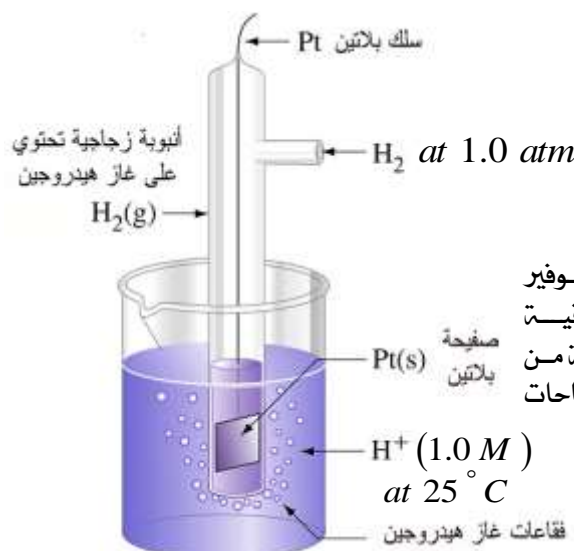
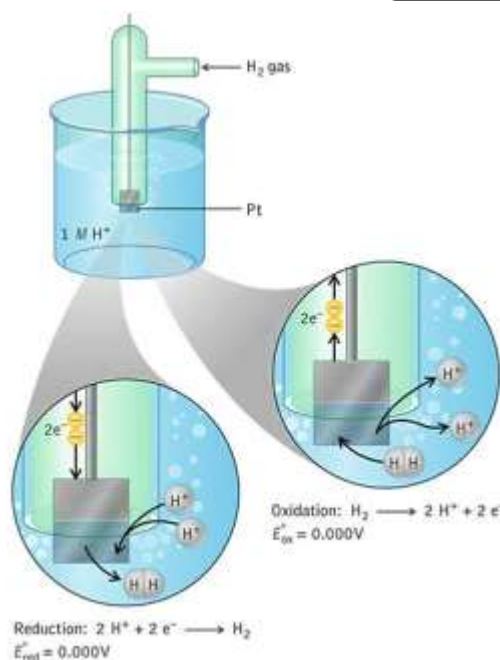
٨- ما النسبة بين الكتلة المتأكلة من المصعد إلى الكتلة المترسبة على المهبط ؟



سـ (٤) / ادرس الشكل المقابل جيدا ثم أجب عن الأسئلة التالية :

- ١- اكتب أنصاف التفاعلات الحادثة عند كل من المصعد والمهبط ؟
ثم اكتب معادلة التفاعل الكلي ؟
- ٢- ما وظيفة القرص المسامي في الخلية ؟
- ٣- احسب جهد الاختزال القياسي (E_r°) للأيونات (y^{2+}) ؟ ثم استخدم جدول جهود الاختزال القياسية لتحديد هوية القطب (y) ؟
- ٤- ماذا تتوقع أن يحدث لكتلة قطب الفضة بمرور الوقت ؟ ولماذا ؟
- ٥- ما كتلة الفضة المترسبة على المهبط إذا كانت كتلة المادة (y) المتأكلة من المصعد تساوي (3.7 g) ؟ جـ / 7.11 g

قطب الهيدروجين القياسي



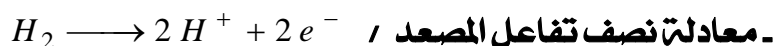
تقوم صفيحة البلاتين بتوفير مساحة سطحية كافية لتفاعل أكبر كمية من غاز الهيدروجين عبر المساحات الدقيقة الموجودة فيها .

* اصطلاح على اعتبار قيمة جهد الاختزال القياسي لقطب

الهيدروجين مساوية للصفر ($E_r^\circ = 0.00 \text{ volt}$) ، لماذا ؟

* عند توصيل قطب الهيدروجين القياسي بنصف خلية قياسية فهناك احتمالان :

الأول : أن يكون قطب الهيدروجين القياسي مصعد الخلية والنصف الآخر مهبطها ، لذلك فإن :

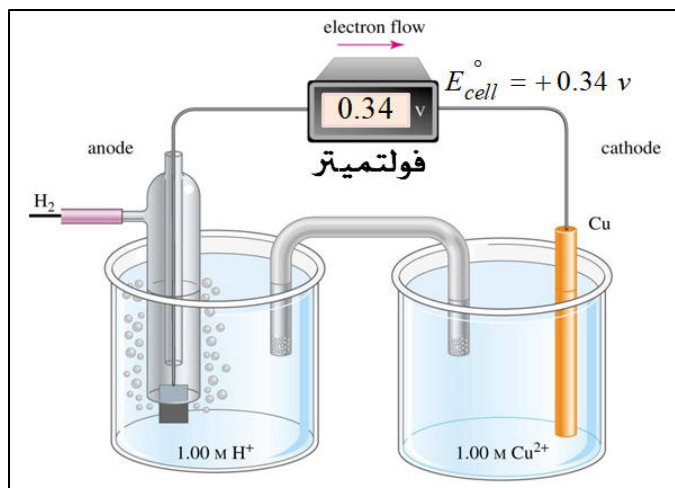


- الرمز العام للخلية / نصف خلية المهبط $\text{Pt} / \text{H}_2 / \text{H}^+ //$

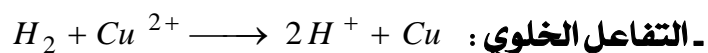
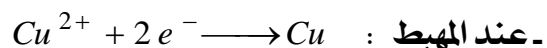
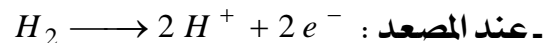
الثاني : أن يكون قطب الهيدروجين القياسي مهبط الخلية والنصف الآخر مصعدها ، لذلك فإن :



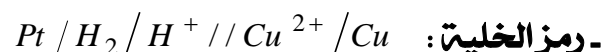
- الرمز العام للخلية / $\text{H}^+ / \text{H}_2 / \text{Pt} //$ نصف خلية المصعد



فمثلا عند تكوين خلية جلفانية من قطب الهيدروجين القياسي ونصف خلية نحاس لمعرفة جهد الاختزال القياسي لأيونات النحاس (Cu^{2+}) ، نلاحظ أن الإلكترونات (e^-) تسري من قطب الهيدروجين القياسي (-) إلى قطب النحاس (+) :



وبمرور الوقت تقل شدة اللون الأزرق لمحلول أيونات النحاس (Cu^{2+}) نتيجة لنقصان تركيزها في المحلول ، وتزيد كتلة قطب النحاس .

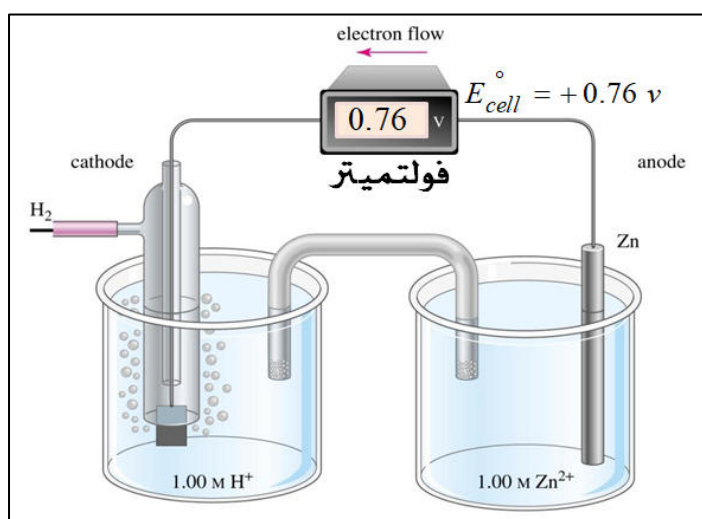


ويمكن حساب جهد الاختزال القياسي لأيونات النحاس (Cu^{2+}) كالآتي :

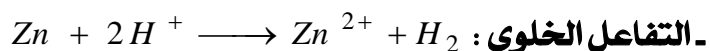
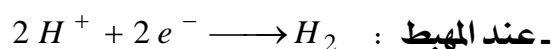
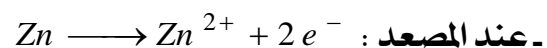
$$\Delta E^\circ = E_r^\circ (Cathode) - E_r^\circ (Anode)$$

$$0.34 = E_r^\circ (Cu^{2+}) - 0.00$$

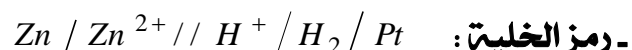
$$\therefore E_r^\circ (Cu^{2+}) = + 0.34 \text{ v}$$



وعند تكوين خلية جلفانية من قطب الهيدروجين القياسي ونصف خلية خارصين لمعرفة جهد الاختزال القياسي لأيونات الخارصين (Zn^{2+}) ، نلاحظ أن الإلكترونات (e^-) تسري من قطب الخارصين (-) إلى قطب الهيدروجين القياسي (+) :



وبمرور الوقت يزيد تركيز أيونات الخارصين (Zn^{2+}) ، وتقل كتلة قطب الخارصين .



ويمكن حساب جهد الاختزال القياسي لأيونات الخارصين (Zn^{2+}) كالآتي :

$$\Delta E^\circ = E_r^\circ (Cathode) - E_r^\circ (Anode)$$

$$0.76 = 0.00 - E_r^\circ (Zn^{2+})$$

$$\therefore E_r^\circ (Zn^{2+}) = - 0.76 \text{ v}$$

جدول جهود الاختزال القياسية

* هو جدول يحتوي على أنصاف تفاعلات الاختزال وقيم جهود الاختزال القياسية (E_r°) ويسمى أيضا جدول القوى النسبية للعوامل المؤكسدة والمختزلة.

* تم ترتيب أنصاف تفاعلات الاختزال ترتيبا تنازليا حسب قيم جهود اختزالها القياسية (E_r°).

* يعتبر الليثيوم (Li) أقوى العوامل المختزلة في الجدول في حين أن أضعفها أيون الفلوريد (F^-).

* يعتبر الفلور (F_2) أقوى العوامل المؤكسدة في الجدول في حين أن أضعفها أيون الليثيوم (Li^+).

* قيم جهود الاختزال القياسية (E_r°) للمواد التي تسبق الهيدروجين تكون موجبة (+)، بينما تكون القيم سالبة (-) للمواد التي تقع أسفل الهيدروجين.

* تزداد قوة العوامل المختزلة كلما قلت قيمة جهد اختزالها القياسية (E_r°).

* بزيادة قوة العوامل المختزلة يزداد النشاط الكيميائي للعناصر، أي يزداد الميل لفقد الإلكترونات (يزيد الميل للتأكسد).

* تزداد قوة العوامل المؤكسدة كلما زادت قيمة جهد اختزالها القياسية (E_r°).

* بزيادة قوة العوامل المؤكسدة يزداد الميل لكسب الإلكترونات (يزيد الميل للاختزال).

* الفلز الذي يقع أسفل جدول جهود الاختزال القياسية يستطيع أن يحل محل كاتيونات الفلزات التي تقع أعلاه أي يستطيع أن يحل محله في أملاحه (مركباته).

مما سبق يمكن التوصل إلى الفوائد التالية التي تستخلص من جدول جهود الاختزال القياسية:

١- معرفة قيم جهود الاختزال القياسية (E_r°).

٢- تحديد مصعد ومهبط الخلية، حيث أن المادة التي لها جهد اختزال أقل تمثل المصعد (القطب السالب) والمادة التي لها جهد اختزال أكبر تمثل المهبط (القطب الموجب).

٣- معرفة القوة النسبية للعوامل المؤكسدة والمختزلة.

٤- معرفة أكبر وأقل قوة دافعة كهربائية للخلية (ΔE°).

فمثلا إذا كان لديك الأقطاب (Cu, Ag, Al, Fe) فيمكن الحصول على أكبر قوة دافعة كهربائية عند تكوين خلية جلفانية من القطبين (Ag, Al) حيث أن قيمة (ΔE°) للخلية تساوي (2.46 v) في حين أن أقل قوة دافعة كهربائية يمكن الحصول عليها عند تكوين خلية جلفانية من القطبين (Ag, Cu) حيث أن قيمة (ΔE°) للخلية تساوي (0.46 v).

٥- التنبؤ بإمكانية حدوث التفاعلات، حيث أن:

- التفاعل يكون تلقائي إذا كانت قيمة ΔE° بإشارة موجبة (+).

- التفاعل يكون غير تلقائي إذا كانت قيمة ΔE° بإشارة سالبة (-).

جدول جهود الأختزال القياسية

نصف التفاعل	جهد الإختزال $E^0_r(V)$
$F_{2(g)} + 2e^- \rightleftharpoons 2F^-_{(aq)}$	+2.87
$MnO_4^-_{(aq)} + 8H^+_{(aq)} + 5e^- \rightleftharpoons Mn^{2+}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$	+1.51
$ClO_4^-_{(aq)} + 8H^+_{(aq)} + 8e^- \rightleftharpoons Cl^-_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$	+1.39
$Cl_{2(g)} + 2e^- \rightleftharpoons 2Cl^-_{(aq)}$	+1.36
$Cr_2O_7^{2-}_{(aq)} + 14H^+_{(aq)} + 6e^- \rightleftharpoons 2Cr^{3+}_{(aq)} + 7H_2O_{(l)}$	+1.23
$O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^- \rightleftharpoons 2H_2O_{(l)}$	+1.23
$2IO_3^-_{(aq)} + 12H^+_{(aq)} + 10e^- \rightleftharpoons I_{2(s)} + 6H_2O_{(l)}$	+1.20
$Br_{2(l)} + 2e^- \rightleftharpoons 2Br^-_{(aq)}$	+1.07
$Hg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Hg_{(s)}$	+0.85
$ClO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} + 2e^- \rightleftharpoons Cl^-_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$	+0.84
$Ag^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Ag_{(s)}$	+0.80
$NO_3^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons NO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$	+0.80
$Fe^{3+}_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}_{(aq)}$	+0.77
$O_{2(g)} + 2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons H_2O_{2(l)}$	+0.70
$I_{2(s)} + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-_{(aq)}$	+0.54
$Cu^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Cu_{(s)}$	+0.52
$O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-_{(aq)}$	+0.40
$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Cu_{(s)}$	+0.34
$SO_4^{2-}_{(aq)} + 4H^+_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons H_2SO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$	+0.17
$Sn^{4+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Sn^{2+}_{(aq)}$	+0.15
$Cu^{2+}_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Cu^+_{(aq)}$	+0.15
$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons H_{2(g)}$	0.00
$Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Pb_{(s)}$	-0.13
$Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Sn_{(s)}$	-0.14
$Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Ni_{(s)}$	-0.26
$Co^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Co_{(s)}$	-0.28
$PbSO_{4(s)} + 2e^- \rightleftharpoons Pb_{(s)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$	-0.36
$Cd^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Cd_{(s)}$	-0.40
$Cr^{3+}_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Cr^{2+}_{(aq)}$	-0.41
$Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Fe_{(s)}$	-0.45
$Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Zn_{(s)}$	-0.76
$2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightleftharpoons H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)}$	-0.83
$Cr^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Cr_{(s)}$	-0.91
$SO_4^{2-}_{(aq)} + 2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightleftharpoons SO_3^{2-}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$	-0.93
$Al^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightleftharpoons Al_{(s)}$	-1.66
$Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Mg_{(s)}$	-2.37
$Na^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Na_{(s)}$	-2.71
$Ca^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Ca_{(s)}$	-2.87
$Ba^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Ba_{(s)}$	-2.91
$K^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons K_{(s)}$	-2.93
$Li^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Li_{(s)}$	-3.04

١- جميع قيم E^0_r مقاسة بالنسبة إلى قطب الهيدروجين القياسي ، وجميع أنصاف الخلايا توجد في الظروف القياسية وبمحاليل تركيزها $1.0 M$.

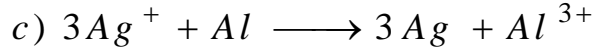
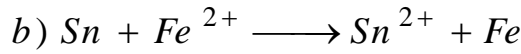
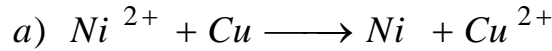
٢- جميع القيم في الجدول مأخوذة من CRC 71st Edition

إنجـاه زيـادة قـوة المـوامـل المـؤكـسـدة

إنجـاه زيـادة قـوة المـوامـل المـخـتـزلة

أسئلة إضافية

سـ (١) / تنبأ بتلقائية التفاعلات التالية حسابيا :



سـ (٢) / هل يمكن تحريك محلول نترات الفضة ($AgNO_3$) باستخدام ملعقة من النحاس (Cu) ؟ وهل يمكن تحريك محلول نترات النحاس $Cu(NO_3)_2$ باستخدام ملعقة من الفضة (Ag) ؟ وضح إجابتك حسابيا .

نصف التفاعل	$E_r^{\circ} (volt)$
$C^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow C$	-0.13
$A^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow A$	+0.34
$B^{3+} + 3e^{-} \longrightarrow B$?
$D^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow D$	-0.26
$E^{+} + e^{-} \longrightarrow E$	+0.80

سـ (٣) / يوضح الجدول المقابل بعض أنصاف

التفاعلات وقيم جهود اختزالها القياسية (E_r°) ، ادرسه جيدا ثم أجب عن الأسئلة التالية :

١- إذا تم بناء خلية جلفانية من القطبين (D, B) وكانت قيمة جهد الخلية القياسي (ΔE°) تساوي ($1.40v$) ، فاحسب جهد الاختزال القياسي (E_r°) للأيون (B^{3+}) علما بأن المادة (D) أقل ميلا لفقد الإلكترونات من المادة (B) ؟ جـ / $E_r^{\circ} = -1.66v$

٢- ما الفلز الأقوى كعامل مختزل ؟

٣- ما الأيون الأقوى كعامل مؤكسد ؟

٤- ما القطبان اللذان يكونان خلية جلفانية لها أكبر جهد خلوي ؟

٥- ما القطبان اللذان يكونان خلية جلفانية لها أصغر جهد خلوي ؟

٦- ما الفلزات التي تستطيع تحرير غاز الهيدروجين (H_2) عند تفاعلها مع حمض الهيدروكلوريك (HCl) ؟

جـ / D, C, B

٧- وضح اتجاه حركة الكاتيونات عبر القنطرة الملحية في الخلية الجلفانية المكونة من القطبين (E, D) ؟

٨- اكتب معادلة التفاعل الموزونة بين الأيون (E^{+}) وذرات الفلز (A) ؟ جـ / $2E^{+} + A \longrightarrow 2E + A^{2+}$

٩- وضح حركة الإلكترونات في الخلية الجلفانية المكونة من القطبين (B, C) ؟

جـ / C

١٠- أي القطبين تزداد كتلته في الخلية الجلفانية المكونة من (D, C) ؟

١١- هل يحدث التفاعل الآتي تلقائيا : $2B^{3+} + 3C \longrightarrow 2B + 3C^{2+}$ ، وضح إجابتك حسابيا .

جـ / $10\ cells$

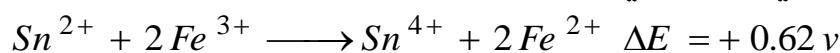
١٢- كم عدد الخلايا الجلفانية التي يمكن تكوينها من هذه الأقطاب ؟

١٣- هل يمكن حفظ محلول أيونات (C^{2+}) في وعاء من المادة (E) ؟ ولماذا ؟

١٤- ما الفلز الذي يمكن استخدامه كوعاء لحفظ محلول من أيونات (C^{2+}) ولا يمكن استخدام ملعقة منه لتحريك محلول من أيونات (E^{+}) ؟

جـ / A

سـ (٤) / التفاعل التالي يحدث في أحد الخلايا الجلفانية :



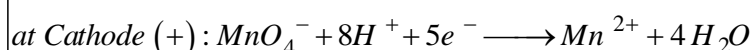
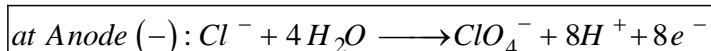
ادرسه جيدا ثم أجب عن الأسئلة التالية :

- ١- ما هي مادة المصعد في الخلية ؟
 - ٢- ماذا يحدث لكتلة كل من المصعد والمهبط بمرور الوقت ؟
 - ٣- هل يحدث التفاعل السابق في الظروف القياسية ؟
 - ٤- ما الرمز الاصطلاحي للخلية ؟
- جـ / Pt
- جـ / لا تتغير كتلتيهما (تبقى ثابتة)
- جـ / لا
- جـ / $Pt \mid Sn^{2+} \mid Sn^{4+} \parallel Fe^{3+} \mid Fe^{2+} \mid Pt$

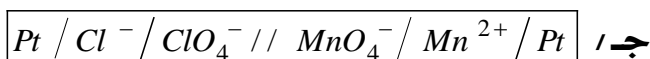
سـ (٥) / ادرس الخلية الجلفانية المجاورة ، ثم أجب

عن الأسئلة التالية :

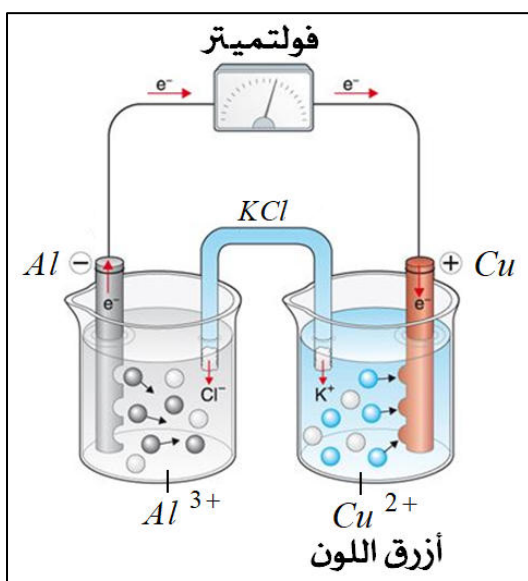
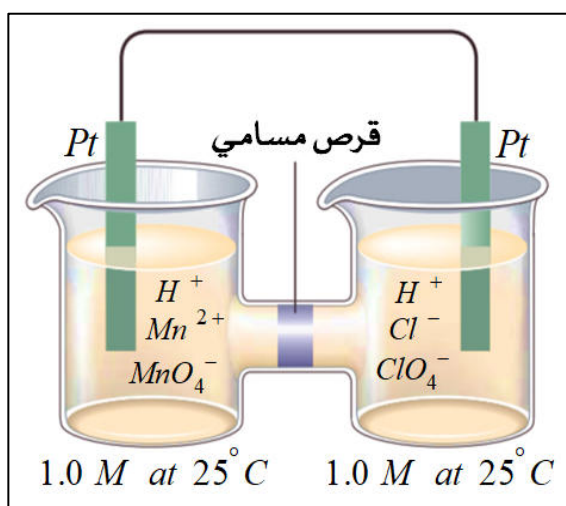
١- اكتب أنصاف التفاعلات الحادثة عند كل من المصعد والمهبط ؟



٢- اكتب الرمز العام للخلية ؟



٣- احسب جهد الخلية القياسي (ΔE°) ؟ جـ / $\Delta E^{\circ} = + 0.12 \text{ v}$



سـ (٦) / قامت مجموعة من طلبة الصف الثاني عشر

بتركيب الخلية الجلفانية الموضحة في الشكل

المقابل وذلك باستخدام (150 mL) من محلول

كبريتات النحاس الثنائي $(CuSO_4) II$ ذي اللون الأزرق

تركيزه (0.4 M) ، ثم سمح للخلية بالعمل حتى اختفى

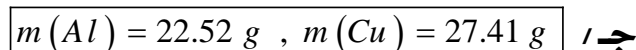
اللون الأزرق تماما ، فإذا علمت أن كتل الأقطاب قبل التفاعل

تساوي (23.6 g) ، فأوجد الآتي :

١- ما كتلة النحاس المترسبة على مهبط الخلية ؟ جـ / 3.81 g

٢- ما كتلة الألومنيوم المتآكل من المصعد ؟ جـ / 1.08 g

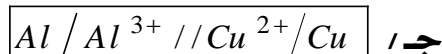
٣- ما كتل الأقطاب بعد التفاعل ؟



٤- ما النسبة بين كتلة الألومنيوم المتآكل إلى كتلة النحاس المترسبة ؟ جـ / 7 : 2

٥- ما النسبة بين كتلة قطب الألومنيوم إلى كتلة قطب النحاس بعد التفاعل ؟ جـ / 6 : 5

٦- هل تعتبر الخلية السابقة خلية جلفانية قياسية ؟ ولماذا ؟



٧- ما الرمز الاصطلاحي للخلية ؟

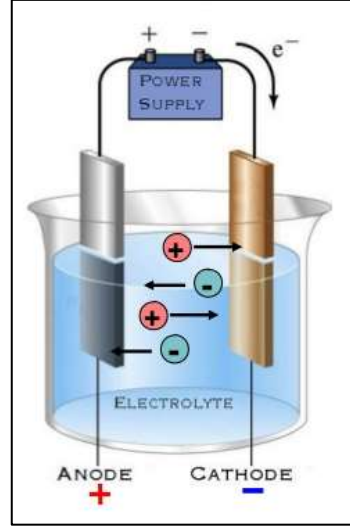
الخلايا الإلكترونية (التحليلية)

مادة الكيمياء للصف الثاني عشر (الفصل الدراسي الأول)

الخلايا الإلكتروليتية

- * **الخلايا الإلكتروليتية** هي خلايا كهروكيميائية يحدث فيها تفاعلات تأكسد واختزال غير تلقائية حيث يتم فيها تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية.
- * **التحليل الكهربائي** هي عملية يتم فيها إمرار التيار الكهربائي في مصاهير أو محاليل المواد الإلكتروليتية لإحداث تفاعلات كيميائية على الأقطاب.

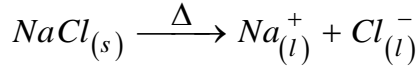
* مكونات الخلية الإلكتروليتية :



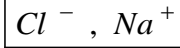
(١) مادة موصلة (إلكتروليتية) : وهي إما أن تكون :

أ - مصهور \Rightarrow ويتم الحصول عليه من خلال صهر المادة بالحرارة .

مثال / مصهور كلوريد الصوديوم ($NaCl$) :

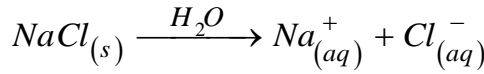


\therefore مكونات مصهور كلوريد الصوديوم هي :

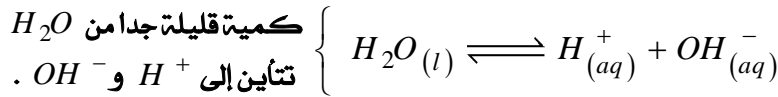


ب - محلول \Rightarrow ويتم الحصول عليه من خلال إذابة المادة في الماء .

مثال / محلول كلوريد الصوديوم ($NaCl$) :



وحيث أن الماء يتأين بشكل ضعيف جدا كالآتي :



لذلك يكون تركيز كل من (H^{+}) و (OH^{-}) ضئيل جدا ويساوي ($10^{-7} M$) .

\therefore مكونات محلول كلوريد الصوديوم هي :



(٢) **أقطاب** : وهي إما أن تكون :

أ - **خاملة** : مثل البلاتين (Pt) والجرافيت (C) \Rightarrow لا تشارك في المنافسة على الإلكترونات (e^{-}) وتقتصر وظيفتها على **نقل الإلكترونات فقط** .

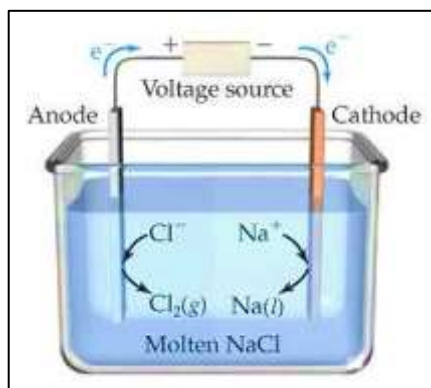
ب - **نشطة** : مثل الألومنيوم (Al) ، الخارصين (Zn) ، النحاس (Cu) ، الفضة (Ag) الخ \Rightarrow تشارك في المنافسة على الإلكترونات (e^{-}) **عند المصعد فقط** .

(٣) **مصدر للتيار الكهربائي (بطارية)** : حيث تعمل البطارية على دفع الإلكترونات (e^{-}) في الدائرة الخارجية الذي بدوره يتسبب في حركة الأيونات المختلفة نحو الأقطاب المخالفة لها في الشحنة مما يؤدي إلى حدوث تفاعلات تأكسد - اختزال في الخلية ، ويستمر التوصيل الكهربائي والمحافظة على تعادل المحلول كهربائيا في جميع أجزائه ، والأمثلة التالية توضح عملية التحليل الكهربائي لكل من المصاهير والمحاليل الإلكتروليتية .

سؤال توضيحي (١) / ما نواتج عملية التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم (NaCl) بين أقطاب خاملة؟

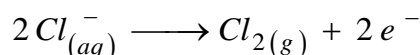


الحل

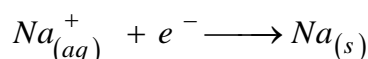


مكونات المصهور هي : Cl^- , Na^+

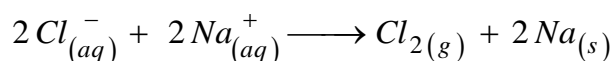
* عند المصعد / تتأكسد أيونات الكلوريد (Cl^-) :



* عند المهبط / يتم اختزال أيونات الصوديوم (Na^+) :



* للحصول على معادلة التفاعل الكلي نضرب معادلة اختزال المهبط في (2) لتصبح كالآتي :



∴ نواتج عملية التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم هي :

١- تصاعد غاز الكلور (Cl_2) عند المصعد .

٢- ترسب ذرات الصوديوم (Na) على المهبط .

ويمكن حساب قيمة جهد الخلية من العلاقة :

$$\Delta E^\circ = E_r^\circ (Cathode) - E_r^\circ (Anode)$$

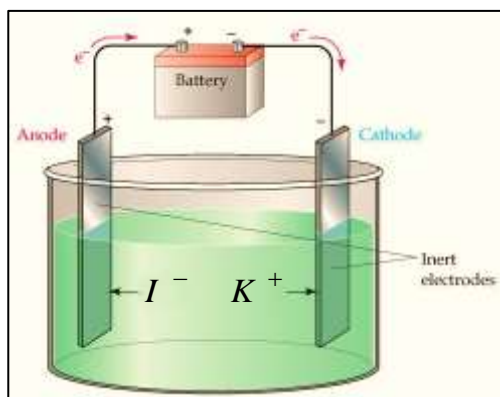
$$\Delta E^\circ = -2.71 - 1.36 = -4.07 \text{ v}$$

أي أن التفاعل غير تلقائي ، ولكي يحدث يلزم جهد خارجي (بطارية) أكبر من (4.07 v) .

سؤال توضيحي (٢) / ما نواتج عملية التحليل الكهربائي لمصهور يوديد البوتاسيوم (KI) بين أقطاب خاملة؟

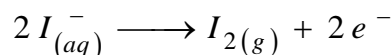


الحل

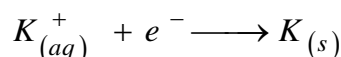


مكونات المصهور هي : I^- , K^+

* عند المصعد / تتأكسد أيونات اليوديد (I^-) :



* عند المهبط / يتم اختزال أيونات البوتاسيوم (K^+) :



* التفاعل الكلي / $2 I^- + 2 K^+ \longrightarrow I_2 + 2 K$

∴ نواتج عملية التحليل الكهربائي هي :

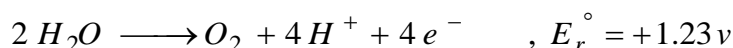
١- تكون اليود (I_2) عند المصعد .

٢- ترسب ذرات البوتاسيوم (K) على المهبط .

ملاحظات مهمة حول عملية التحليل الكهربائي للمحاليل :

* الماء يتأين بشكل ضعيف جدا لذلك فهو يوجد بشكل كبير في المحلول بصورة غير متأينة ، وعند إمرار التيار الكهربائي في الخلية تتجه جزيئات الماء إلى الطرفين (القطب الموجب ، القطب السالب) وتكون له معادلتين ؛ أحدهما عند المصعد والآخرى عند المهبط :

- معادلة أكسدة الماء (H_2O) عند المصعد (+) :

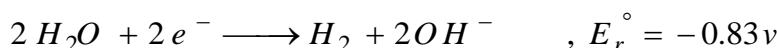


∴ نواتج أكسدة الماء : ١- تصاعد غاز الأكسجين (O_2) .

٢- تكون وسط حمضي (H^+) أي أن : $pH < 7$

لذلك فإن ورقة تباع الشمس الزرقاء تصبح حمراء عند وضعها في المحلول المحيط بالمصعد .

- معادلة اختزال الماء (H_2O) عند المهبط (-) :



∴ نواتج اختزال الماء : ١- تصاعد غاز الهيدروجين (H_2) .

٢- تكون وسط قاعدي (OH^-) أي أن : $pH > 7$

لذلك فإن ورقة تباع الشمس الحمراء تصبح زرقاء عند وضعها في المحلول المحيط بالمهبط .

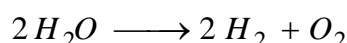
* عندما يتنافس أيون الكلوريد (Cl^-) والماء (H_2O) على التأكسد عند المصعد ، فإن النتائج التجريبية تؤكد حدوث تأكسد لأيون الكلوريد (Cl^-) بالرغم من أن جهد اختزال الماء أقل ، لماذا ؟

* في جدول جهود الاختزال القياسية فإن الفلزات التي تقع أسفل معادلة اختزال الماء لا يمكن تحضيرها من محاليلها المائية ، وذلك لأن جهد اختزال الماء أكبر من جهد اختزال أيونات هذه الفلزات أو لأن الماء عامل مؤكسد أقوى من أيونات هذه الفلزات ، لذلك يجب استخدام مصاهير أملاح هذه المواد .

والأيونات هي : $Li^+ , K^+ , Ba^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} , Cr^{2+}$

* الأيونات السالبة التي تسلك كعوامل مؤكسدة فقط مثل : $MnO_4^{2-}, CrO_4^{2-}, Cr_2O_7^{2-}, SO_4^{2-}, NO_3^-$ لا تتأكسد عند المصعد أثناء عملية التحليل الكهربائي ، وذلك لأن الذرات الأساسية فيها في أعلى حالات التأكسد .

* إذا كانت المعادلة النهائية في الخلية الإلكتروليتية عبارة عن تحليل الماء :



فإن كمية الماء تقل نظرا لاستهلاكه وتحلله إلى غازي H_2 و O_2 ، وبالتالي يزيد تركيز المحلول الإلكتروليتي المستخدم ، حيث أن التركيز يتناسب عكسيا مع حجم المحلول $\left(M \propto \frac{1}{V} \right)$.

* قيمة pH للمحلول تتأثر بتغير تركيز أيونات الهيدروجين (H^+) أو الهيدروكسيد (OH^-) حيث أن :

$$pH \propto [OH^-] , \quad pH \propto \frac{1}{[H^+]}$$

جدول جهود الأختزال القياسية

نصف التفاعل	جهد الإختزال $E^0_r(V)$
$F_{2(g)} + 2e^- \rightleftharpoons 2F^-_{(aq)}$	+2.87
$MnO_4^-_{(aq)} + 8H^+_{(aq)} + 5e^- \rightleftharpoons Mn^{2+}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$	+1.51
$ClO_4^-_{(aq)} + 8H^+_{(aq)} + 8e^- \rightleftharpoons Cl^-_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$	+1.39
$Cl_{2(g)} + 2e^- \rightleftharpoons 2Cl^-_{(aq)}$	+1.36
$Cr_2O_7^{2-}_{(aq)} + 14H^+_{(aq)} + 6e^- \rightleftharpoons 2Cr^{3+}_{(aq)} + 7H_2O_{(l)}$	+1.23
$O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^- \rightleftharpoons 2H_2O_{(l)}$	+1.23
$2IO_3^-_{(aq)} + 12H^+_{(aq)} + 10e^- \rightleftharpoons I_{2(s)} + 6H_2O_{(l)}$	+1.20
$Br_{2(l)} + 2e^- \rightleftharpoons 2Br^-_{(aq)}$	+1.07
$Hg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Hg_{(s)}$	+0.85
$ClO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} + 2e^- \rightleftharpoons Cl^-_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$	+0.84
$Ag^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Ag_{(s)}$	+0.80
$NO_3^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons NO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$	+0.80
$Fe^{3+}_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}_{(aq)}$	+0.77
$O_{2(g)} + 2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons H_2O_{2(l)}$	+0.70
$I_{2(s)} + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-_{(aq)}$	+0.54
$Cu^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Cu_{(s)}$	+0.52
$O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-_{(aq)}$	+0.40
$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Cu_{(s)}$	+0.34
$SO_4^{2-}_{(aq)} + 4H^+_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons H_2SO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$	+0.17
$Sn^{4+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Sn^{2+}_{(aq)}$	+0.15
$Cu^{2+}_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Cu^+_{(aq)}$	+0.15
$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons H_{2(g)}$	0.00
$Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Pb_{(s)}$	-0.13
$Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Sn_{(s)}$	-0.14
$Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Ni_{(s)}$	-0.26
$Co^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Co_{(s)}$	-0.28
$PbSO_{4(s)} + 2e^- \rightleftharpoons Pb_{(s)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$	-0.36
$Cd^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Cd_{(s)}$	-0.40
$Cr^{3+}_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Cr^{2+}_{(aq)}$	-0.41
$Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Fe_{(s)}$	-0.45
$Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Zn_{(s)}$	-0.76
$2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightleftharpoons H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)}$	-0.83
$Cr^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Cr_{(s)}$	-0.91
$SO_4^{2-}_{(aq)} + 2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightleftharpoons SO_3^{2-}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$	-0.93
$Al^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightleftharpoons Al_{(s)}$	-1.66
$Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Mg_{(s)}$	-2.37
$Na^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Na_{(s)}$	-2.71
$Ca^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Ca_{(s)}$	-2.87
$Ba^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Ba_{(s)}$	-2.91
$K^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons K_{(s)}$	-2.93
$Li^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Li_{(s)}$	-3.04

١- جميع قيم E^0_r مقاسة بالنسبة إلى قطب الهيدروجين القياسي ، وجميع أنصاف الخلايا توجد في الظروف القياسية ، ومحاليل تركيزها $1.0 M$.

٢- جميع القيم في الجدول مأخوذة من CRC 71st Edition

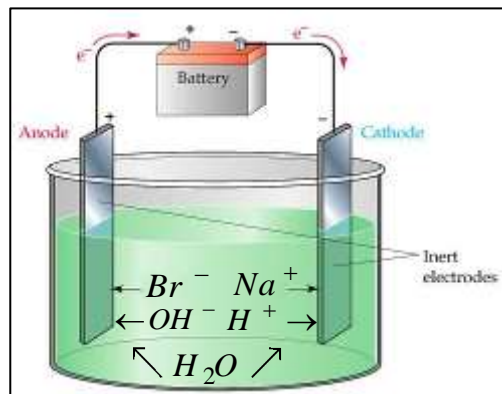
اتجاه زيادة قوة المموامل المؤكسدة

اتجاه زيادة قوة المموامل المختزلة

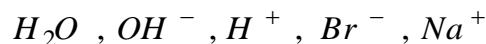
سؤال توضيحي (٣) / ما نواتج عملية التحليل الكهربائي لمحلول بروميد الصوديوم (NaBr) بين أقطاب خاملة؟



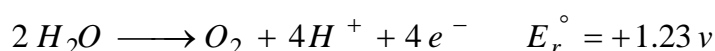
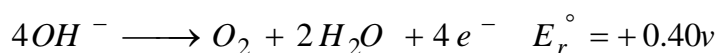
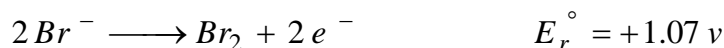
الحل



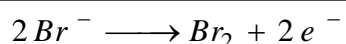
- مكونات محلول بروميد الصوديوم (NaBr) هي :



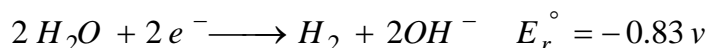
- عند المصعد (+) : تتجه إليه الأيونات (OH^-, Br^-) والماء (H_2O) ويحدث بينها تنافس على التأكسد كالآتي :



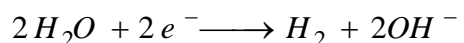
تتأكسد المادة الأقل في جهد الاختزال ، وحيث أن أيونات الهيدروكسيد (OH^-) هي الأقل جهدا إلا أنها تستبعد لأن مصدرها الماء (تركيزها ضئيل جدا $10^{-7} M$) ، وبالتالي تتأكسد أيونات البروميد (Br^-) :



- عند المهبط (-) : تتجه إليه الأيونات (H^+, Na^+) والماء (H_2O) ويحدث بينها تنافس على الاختزال كالآتي :



تتأكسد المادة الأكبر في جهد الاختزال ، وحيث أن أيونات الهيدروجين (H^+) هي الأكبر جهدا إلا أنها تستبعد لأن مصدرها الماء (تركيزها ضئيل جدا $10^{-7} M$) ، وبالتالي تتأكسد جزيئات الماء (H_2O) :



- معادلة التفاعل الكلي / $2 Br^- + 2 H_2O \longrightarrow Br_2 + H_2 + 2 OH^-$

∴ نواتج التحليل الكهربائي هي :

١- تكون Br_2 عند المصعد .

٢- تصاعد غاز الهيدروجين H_2 عند المهبط .

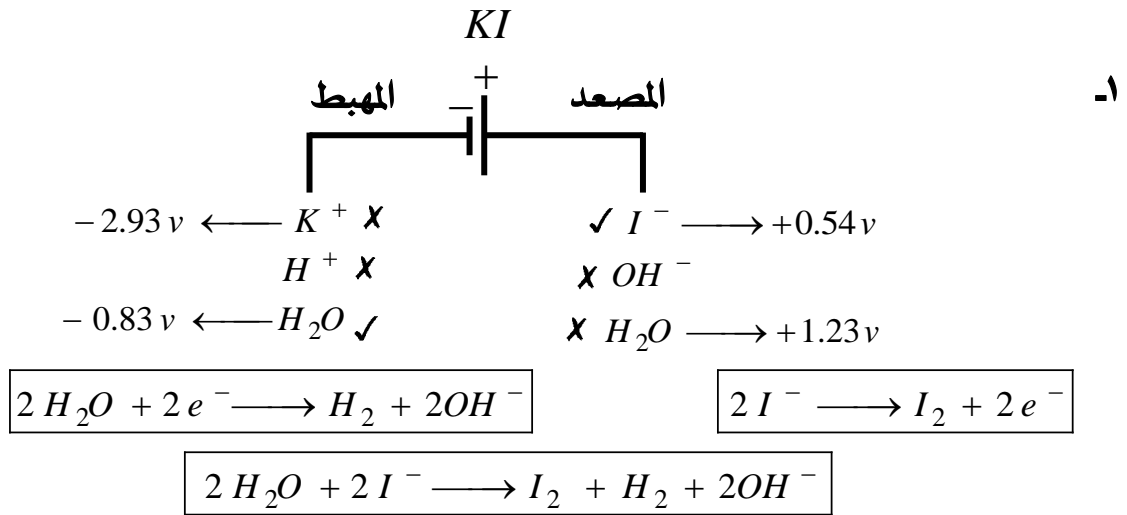
٣- تكون وسط قاعدي (OH^-) في المحلول المحيط بالمهبط ، لذلك عند وضع ورقة تباع الشمس الحمراء تصبح زرقاء .



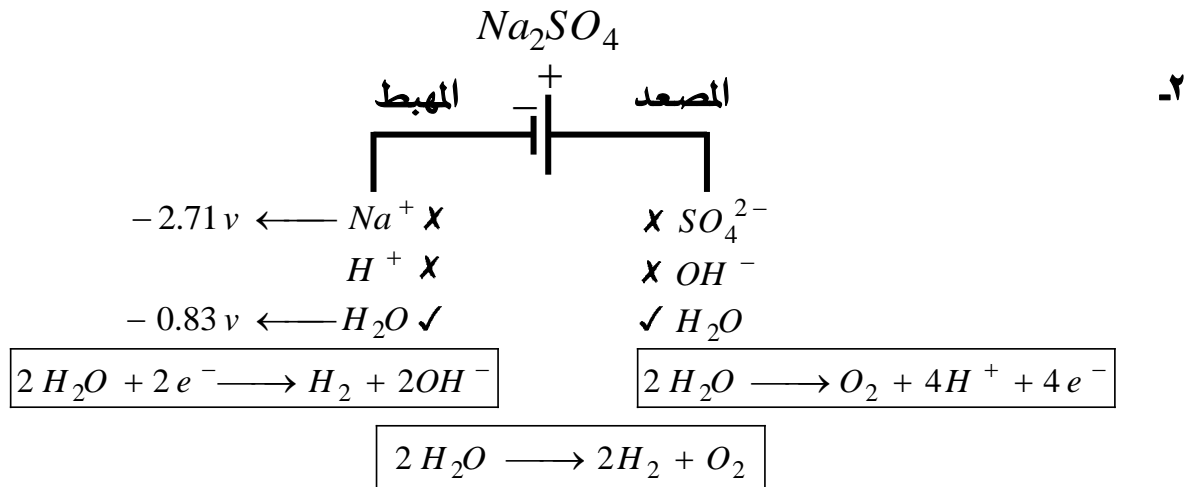
سؤال توضيحي (٤) / ما نواتج عملية التحليل الكهربائي للمحاليل التالية :

- ١- محلول يوديد البوتاسيوم (KI) بين أقطاب خاملة.
- ٢- محلول كبريتات الصوديوم (Na_2SO_4) بين أقطاب خاملة.
- ٣- محلول كبريتات النحاس ($CuSO_4$) بين أقطاب خاملة.
- ٤- محلول كبريتات النحاس ($CuSO_4$) بين أقطاب نحاس (Cu).
- ٥- محلول نترات الفضة ($AgNO_3$) بين أقطاب خاملة.
- ٦- محلول نترات الفضة ($AgNO_3$) بين أقطاب فضة (Ag).
- ٧- محلول هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) بين أقطاب حديد (Fe).
- ٨- محلول حمض الكبريتيك (H_2SO_4) بين أقطاب خاملة.
- ٩- محلول حمض الكبريتيك (H_2SO_4) بين أقطاب نحاس (Cu).

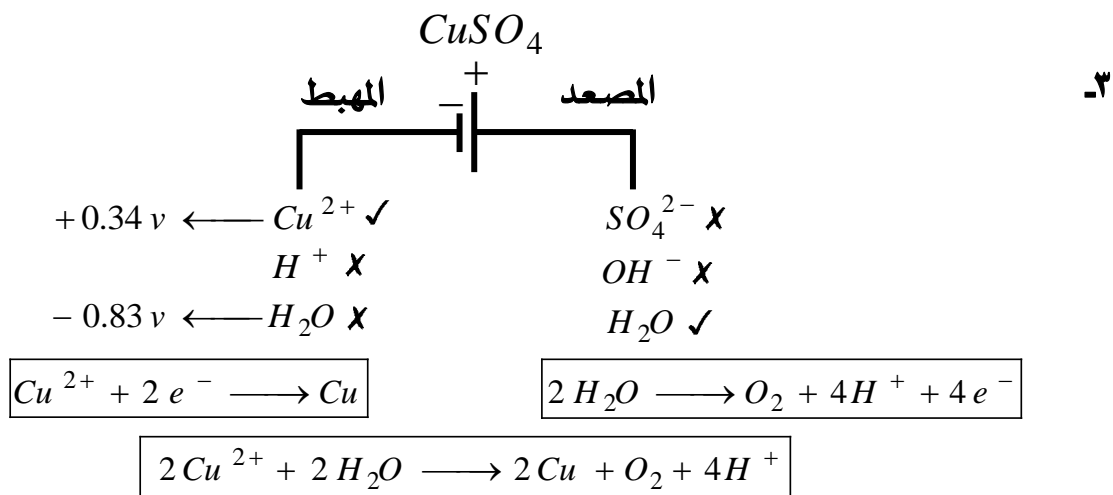
الحل



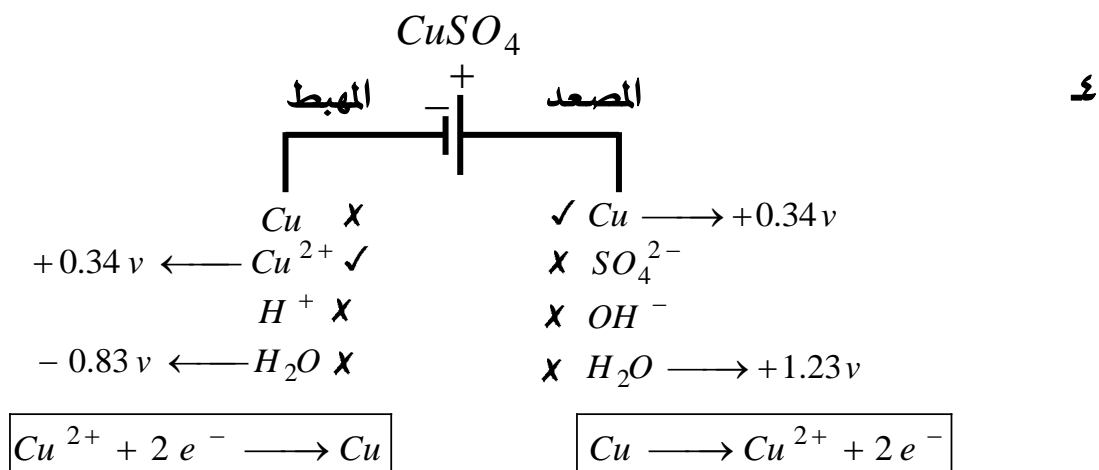
يتكون وسط قاعدي (OH^-) في المحلول المحيط بالمهبط \Leftarrow ورقة تباع الشمس الحمراء تصبح زرقاء.



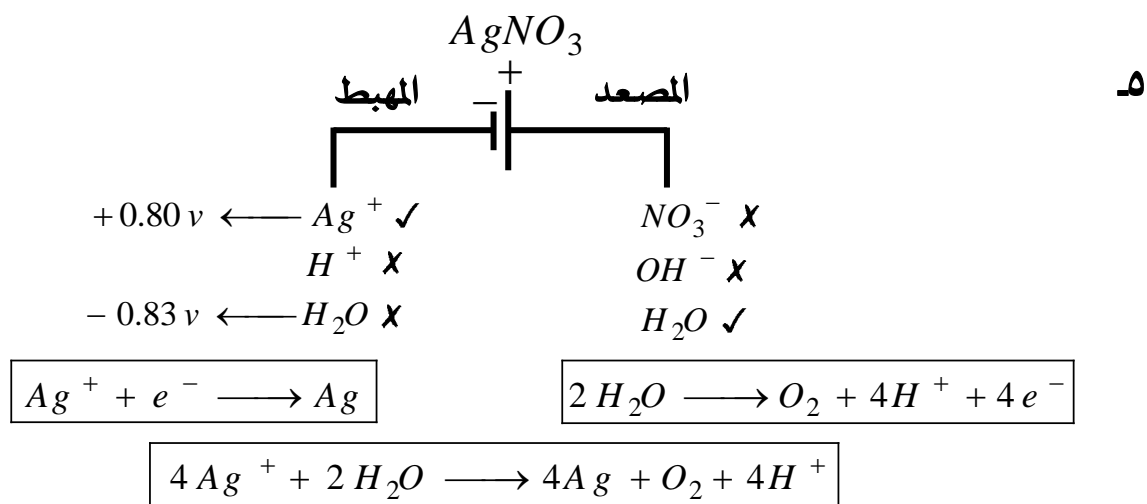
يزيد تركيز المحلول (ملح Na_2SO_4) بمرور الوقت وذلك لنقص كمية الماء بالتحليل ، حيث يتحلل إلى غازي H_2 و O_2 .



تقل شدة اللون الأزرق للمحلول بإنهاء عملية التحليل الكهربائي ، وذلك لانخفاض تركيز أيونات النحاس (Cu^{2+}) ، ويتكون وسط حمضي (H^+) في المحلول المحيط بالمصعد .



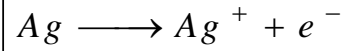
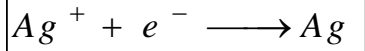
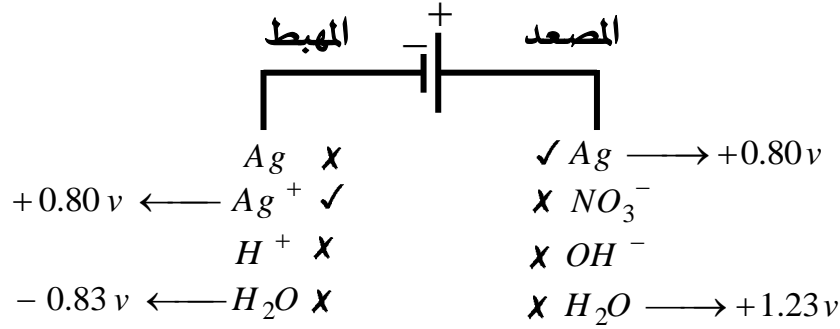
لا يتغير تركيز المحلول (تبقى شدة اللون الأزرق ثابتة) بإنهاء عملية التحليل الكهربائي ، وذلك لأن أيونات النحاس (Cu^{2+}) الناتجة من أكسدة المصعد يتم اختزالها عند المهبط .



يقل تركيز المحلول بإنهاء عملية التحليل الكهربائي ، وذلك لانخفاض تركيز أيونات الفضة (Ag^+) ، ويتكون وسط حمضي (H^+) في المحلول المحيط بالمصعد .



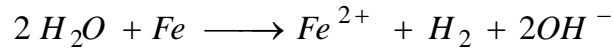
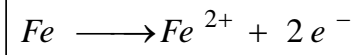
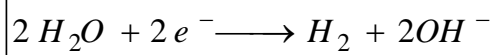
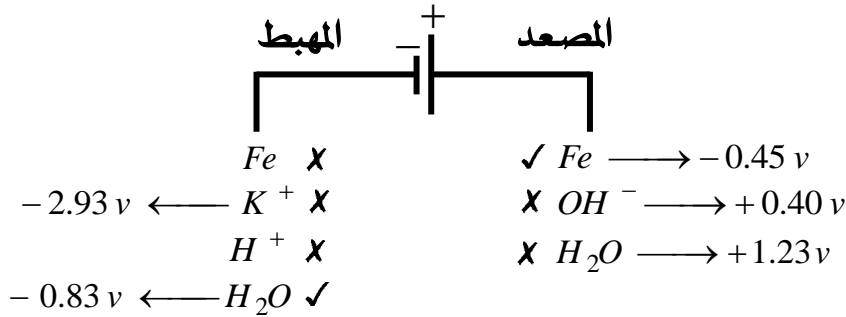
٦-



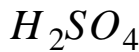
لا يتغير تركيز المحلول بإنهاء عملية التحليل الكهربائي، وذلك لأن أيونات الفضة (Ag^+) الناتجة من أكسدة المصعد يتم اختزالها عند المهبط.



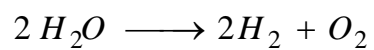
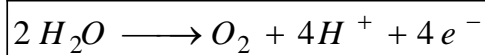
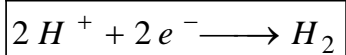
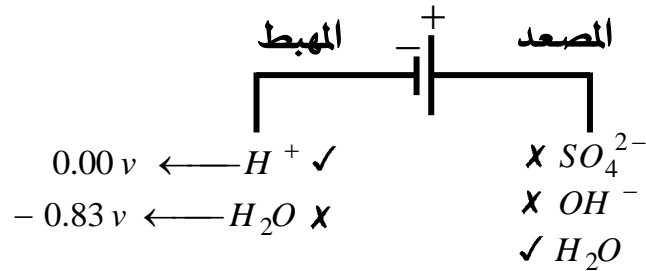
٨-



يتكون وسط قاعدي (OH^-) في المحلول المحيط بالمهبط \Leftarrow ورقة تباع الشمس الحمراء تصبح زرقاء.

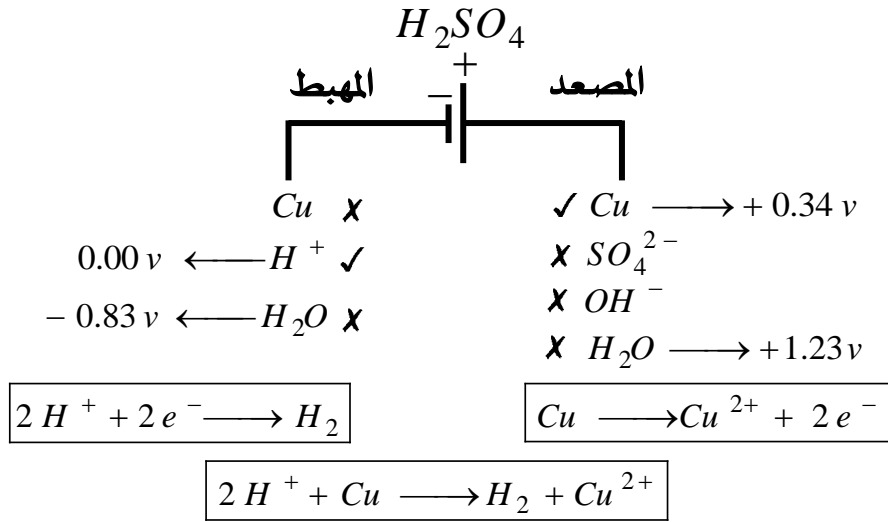


٩-



تقل كمية الماء بالتحليل، حيث يتحلل إلى غازي H_2 و O_2 ، وبالتالي يزيد تركيز المحلول أي يزيد تركيز أيونات الهيدروجين (H^+) فتقل قيمة pH للمحلول.

-١٠



يقل تركيز أيونات الهيدروجين (H^+) بمرور الوقت ، وذلك لأنها تختزل إلى غاز هيدروجين (H_2) وبالتالي تزيد قيمة pH .

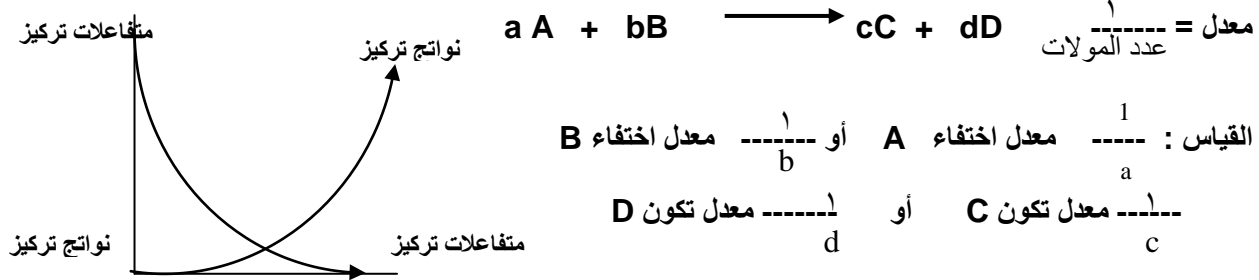
الفصل الرابع

سرعة التفاعلات الكيميائية

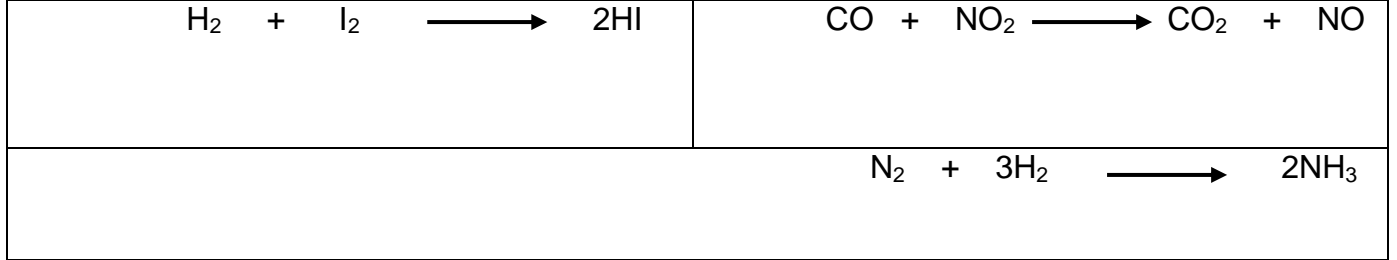
سرعة التفاعل الكيميائي

الكيمياء الحركية : فرع الكيمياء الذي يعني بسرعة التفاعل وآلياته .

سرعة التفاعل : معدل التغير في كميات (تركيز) المواد المتفاعلة أو الناتجة في وحدة الزمن .
تقاس : معدل اختفاء أحد المواد المتفاعلة أو معدل تكون أحد المواد الناتجة .



أمثلة : كيف يمكن قياس سرعة التفاعلات التالية :



العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل

درجة الحرارة

مساحة السطح

تركيز المواد المتفاعلة

طبيعة المواد المتفاعلة

مثال / يختفي اللون الأرجواني للبرمنجنات مع أيونات الحديد الثنائي أسرع منه مع أيونات الأكسالات (علل) .
 $MnO_4^- + Fe^{++} + H^+ \longrightarrow Fe^{+++} + Mn^{++} + H_2O$
 $MnO_4^- + C_2O_4^{--} + H^+ \longrightarrow CO_2 + Mn^{++} + H_2O$
مثال / يتأكسد الميثان CH_4 أسرع من تأكسد البروبان C_3H_8 عند نفس الظروف (علل) .

تفاعل الأيون أسرع من تفاعل الذرة أسرع من تفاعل الجزيء الصغير أسرع من تفاعل الجزيء الكبير .
 $Na_2CO_3 < NaCl < Na < Na^+$

طبيعة المواد المتفاعلة :

أ - الحالة الفيزيائية ب- عدد الروابط ج- النشاط الكيميائي
✓ الحالة الفيزيائية : يسهل تفاعل المادة الصلبة عند إذابة في الماء لسهولة تحرك الأيونات (تصبح نشطة)
✓ عدد الروابط : كلما قلت عدد الروابط زادت سرعة التفاعل (تناسب عكسي) .

✓ النشاط الكيميائي : يعتمد على موقع العنصر في الجدول .
تتفاعل ذرة البوتاسيوم مع الماء أسرع من تفاعل ذرة الصوديوم مع الماء أسرع من تفاعل ذرة الكالسيوم مع الماء عند نفس الظروف لنشاطها الكيميائي (علل)

طبيعة المواد المتفاعلة

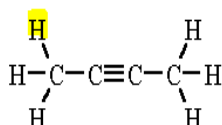
تتأثر سرعة التفاعل الكيميائي باختلاف طبيعة المواد المتفاعلة ويقصد بطبيعة المواد المتفاعلة عدة أمور منها :

١ - عدد

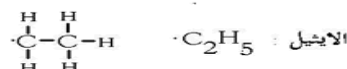
الروابط

أقل	أن التفاعلات التي تصاحبها تفكك روابط كيميائية كثيرة تكون سرعتها
عالية	أن التفاعلات التي تصاحبها تفكك عدد قليل من الروابط الكيميائية تكون سرعتها

مثال



مثال



٢ - نوع

الروابط

نجد أن المواد المتفاعلة عندما تكون أيونية الرابطة فإن تفاعلها يكون لحظي (سريع جد) وذلك بسبب سهولة سرعة تبادل الايونات بمجرد خلطها معا .

أما إذا كانت المواد المتفاعلة مرتبطة بروابط تساهمية فإن التفاعلات تكون (بطيئة) عادة لأنها لا تتفكك ايونيا والتفاعلات تتم بين الجزيئات .

ومما سبق فإن تفاعلات الايونات أسرع من تفاعل الذرات أو الجزيئات وتفاعل الذرات أسرع من تفاعل الجزيئات.

٣ - حالة

المواد

أن بعض المواد لا يمكن أن تتفاعل مع بعضها في الحالة الصلبة بينما محاليلها تتفاعل بسهولة .

٤ - الصفات

الكيميائية

أنه كلما كانت المادة المتفاعلة أكثر نشاطا و فاعلية . زادة سرعة التفاعل الكيميائي

اليثيوم

الصوديوم

البوتاسيوم

مثال على عناصر ذات نشاط كيميائي عالي

الماغنيسيوم

مثال على عناصر ذات نشاط كيميائي بطئ

٢ - المساحة السطحية للمتفاعل الصلب:

* في المخاليط الغازية والجسيمات الذائبة في المحاليل تختلط الجسيمات وتتصادم بحرية ، فتحدث تفاعلاتها بسرعة.

* في التفاعلات غير المتجانسة (المواد في حالات فيزيائية مختلفة) يحدث التفاعل عند تلامس الحالتين ، وهنا نجد

أن المساحة السطحية للصلب عامل مهم في تحديد سرعة التفاعل .

مثال : أ) يتفاعل مسحوق الخارصين مع حمض الهيدروكلوريك لإنتاج الهيدروجين بسرعة أكبر آلاف المرات من تفاعل مكعب من الخارصين مع نفس الحمض . (علل)

ب) قطعة الفحم الحجري تشتعل ببطء في الهواء ، لكن مسحوق الفحم الحجري يشتعل بانفجار (كما يحدث في المناجم) . (علل)

تمرين (١)

الرسم التالي يوضح العلاقة بين الزمن و النقص في كتلة CaCO_3 في حالة مسحوق و قطع عند تفاعله مع تركيز ثابت من حمض HCl ، ادرسيه جيدا ثم أجب على الاسئلة

أ) اكتب معادلة التفاعل؟

ب) ما العلاقة بين النقص في

كتلة CaCO_3 و زمن التفاعل

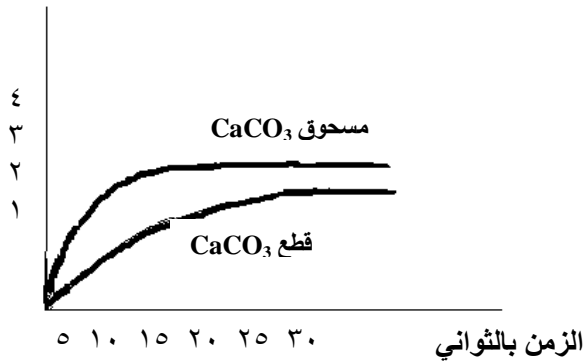
ج) في أي الحالتين يكون التفاعل

أسرع ، فسري ذلك؟

د) في أي الحالتين يكون تصاعد

فقاعات غاز CO_2 أسرع

النقص في الكتلة (g)



٣ - درجة الحرارة :

* رفع درجة الحرارة يزيد الطاقة الحركية للجسيمات مما يؤدي لحدوث عدد أكبر من التصادمات الفعالة ، وبالتالي يزيد من سرعة التفاعل .

* طاقة التصادم المؤثرة هي تلك الطاقة التي تساوي قيمتها طاقة التنشيط ، أو أكبر منها ، والحرارة المرتفعة تكسب

عدداً أكبر من الجسيمات طاقة كافية لتكوين معقدات منشطة ، مما يزيد من طاقة التصادمات وعددها ، وبالتالي

زيادة سرعة التفاعل . ورفع درجة الحرارة (10^0C) يضاعف سرعة التفاعل غالباً .

* خفض درجة الحرارة يقلل الطاقة الحركية للجسيمات ، مما يقلل عدد التصادمات الفعالة فتقل سرعة التفاعل .

زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة الطاقة المنشطة لدى الجزيئات المتصادمة التي تزيد من التصادمات المثمرة التي تزيد من سرعة التفاعل .

علل:

- (١) يذوب فوار فيتامين C في كأس من الماء الحار أسرع من ذوبانه في كأس من الماء البارد .
- (٢) يذوب السكر في كوب من الشاي الحار أسرع من ذوبانه في كوب من العصير البارد .
- (٣) تزداد سرعة التفاعل بزيادة درجة الحرارة (تناسب طردي) كلما زادت الحرارة زادت كمية المادة الناتجة .

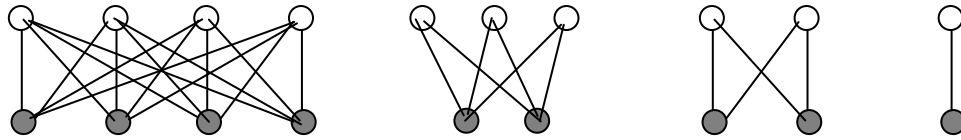
٤ - التركيز :

تزداد سرعة التفاعلات بزيادة تركيز المادة المتفاعلة :

(١) في التفاعلات غير المتجانسة ، مثل احتراق الفحم في الأكسجين (تفاعل غير متجانس) ، نجد أن الضوء المنبعث من عملية الاحتراق في الأكسجين النقي (تركيز الأكسجين فيه يزيد عن تركيزه في الهواء الجوي ٥ مرات) أكبر من الضوء المنبعث من عملية احتراق الفحم في الهواء (سرعة احتراق الفحم في الأكسجين النقي أكبر لزيادة التركيز) .

في هذا التفاعل غير المتجانس لا تعتمد سرعة التفاعل على مساحة السطح الصلب فقط بل أيضاً على التركيز .

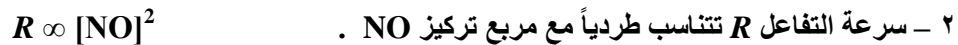
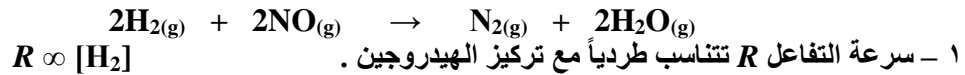
(٢) في التفاعلات المتجانسة ، زيادة تركيز أحد المتفاعلات يزيد احتمالية عدد الصدمات الفعالة ، مما يزيد من سرعة التفاعل . **إذن تعتمد سرعة التفاعل على تركيز واحد أو أكثر من المتفاعلات .**



يؤثر عدد جزيئات الأنواع المتفاعلة في عدد التصادمات المحتملة ، وبالتالي في سرعة التفاعل

قوانين سرعة التفاعل : عند دراسة تأثير التركيز على سرعة تفاعل - تثبت درجة الحرارة ، كما تثبت مختلف تراكيز المتفاعلات الأخرى عدا تلك المادة التي يدرس تأثير تغير تركيزها على سرعة التفاعل . ويتم ذلك غالباً بتجارب عملية

مثلاً : يتفاعل غاز الهيدروجين مع أول أكسيد النيتروجين عند ثبات الحجم ودرجة حرارة مرتفعة وثابتة كالتالي :



$$R \propto [\text{H}_2] \cdot [\text{NO}]^2 , \quad R = k[\text{H}_2] \cdot [\text{NO}]^2 , \quad R = k[\text{A}]^n \cdot [\text{B}]^m$$

حيث k ثابت السرعة النوعية ، n ، m رتبة المتفاعلات . والرتبة الكلية للتفاعل $n+m$ للمتفاعلات فقط .

تمرين (١)

- لقياس السرعة الابتدائية للتفاعل $2\text{HI}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$ ، أجريت ثلاث تجارب مختبرية تحت شروط متماثلة ، وكانت النتائج في الجدول التالي :
- اكتب قانون سرعة التفاعل . جد قيمة ثابت السرعة النوعية ووحداته .

السرعة (M/s) تخني مول / ثانية	[HI][M]	التجربة
1.1×10^{-3}	0.015	١
4.4×10^{-3}	0.030	٢
9.9×10^{-3}	0.045	٣

الحل : صيغة قانون السرعة العام لهذا التفاعل هي $R = k [\text{HI}]^n$

$$k = \frac{R}{[\text{HI}]^n}$$

ولهذا لا بد من معرفة قيمة الأس n .

ومن التجريبتين ١ ، ٢ يمكننا إيجاد نسبة التركيز ونسبة السرعة :

$$4.0 = \frac{4.4 \times 10^{-3} \text{ M/s}}{1.1 \times 10^{-3} \text{ M/s}} = \frac{R_2}{R_1} : \text{نسبة السرعة } 2.0 = \frac{0.030 \text{ M}}{0.015 \text{ M}} = \frac{[\text{HI}]_2}{[\text{HI}]_1}$$

إذن الرتبة = ٢ لأن السرعة تتناسب مع مربع التركيز .
ونجد أنه عندما يتضاعف التركيز (يضرب في المعامل ٢) تزداد السرعة إلى ٤ أمثال (يضرب المعامل في ٤ أو 2^2) . قيمة $n = 2$

فيصبح القانون هو $R = k [\text{HI}]^2$ ولإيجاد قيمة k نعوض في القانون السابق لأي تجربة ، فنجد أن $k = 4.9 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$

ملاحظة : عند التعويض عن تركيز $[\text{HI}]^2$ نعوض بالتركيز الابتدائي $(0.015)^2$ في جميع التمارين المتعلقة بهذه المسألة .

تمرين (٢)

• في التفاعل: $\text{Pt(s)} \rightarrow 2\text{NO}_2\text{F(g)}$ أعطت ثلاث تجارب عملية النتائج المرفقة، وظفها للإجابة على الأسئلة التالية :

رقم التجربة	M $[\text{F}_2]$	M $[\text{NO}_2]$	السرعة M /s
١	4×10^{-5}	1×10^{-5}	1.1×10^{-2}
٢	8×10^{-5}	1×10^{-5}	4.4×10^{-2}
٣	8×10^{-5}	2×10^{-5}	8.8×10^{-2}

• اكتب قانون سرعة التفاعل
نقارن نتائج التجريبتين ١ ، ٢ لأن تركيز NO_2 فيهما ثابت

$$2 = \frac{8 \times 10^{-5} \text{ M}}{4 \times 10^{-5} \text{ M}} = \frac{[\text{F}_2]_2}{[\text{F}_2]_1}$$

$$4 = \frac{4.4 \times 10^{-2} \text{ M/s}}{1.1 \times 10^{-2} \text{ M/s}} = \frac{R_2}{R_1} = \text{نسبة السرعة}$$

لذلك عندما يتغير تركيز F_2 بمعامل ٢ تتغير السرعة بمعامل ٤ إذا رتبة F_2 هي الثانية .

نقارن نتائج التجريبتين ٣ ، ٤ ، لأن تركيز F_2 فيهما ثابت

$$2 = \frac{8.8 \times 10^{-2} \text{ M/s}}{4.4 \times 10^{-2} \text{ M/s}} = \frac{R_3}{R_2} = \text{نسبة السرعة}$$

$$2 = \frac{2 \times 10^{-5} \text{ M}}{1 \times 10^{-5} \text{ M}} = \frac{[\text{NO}_2]_3}{[\text{NO}_2]_1} = \text{نسبة التركيز}$$

لذلك عندما يتغير تركيز NO_2 بمعامل ٢ ، تتغير السرعة بمعامل ٢ ، إذا رتبة NO_2 هي الأولى .

∴ القانون هو $R = k[\text{F}_2]^2 [\text{NO}_2]^1$

$$k = \frac{R}{[\text{F}_2]^2 [\text{NO}_2]} = \frac{1.1 \times 10^{-2} \text{ M/s}}{(4 \times 10^{-5} \text{ M})^2 (1 \times 10^{-5} \text{ M})} = 6.9 \times 10^{11} \text{ M}^{-2}\text{s}^{-1}$$

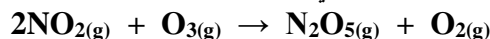
$$R = k[\text{F}_2]^2 [\text{NO}_2]^1 = 6.9 \times 10^{11} (0.5)(0.5)^2 = 8.6 \times 10^{10} \text{ M/s}$$

هل يحدث التفاعل في خطوة واحدة ؟ ... لا

فسر إجابتك لأن الأس الذي يرفع إليه التركيز المولاري لكل متفاعل في قانون السرعة لا يساوي معامل التفاعل في المعادلة الكيميائية الموزونة .

تمرين (٣)

- يعمل ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) الناتج عن احتراق الوقود في السيارات على تفكك طبقة الأوزون وفق التفاعل التالي :



أجريت ثلاث تجارب عملية لقياس السرعة الابتدائية لهذا التفاعل ، وكانت الظروف متماثلة في التجارب الثلاث باستثناء تركيز

المتفاعلات التي كانت متغيرة . وكانت النتائج كما يلي :
والمطلوب :

التجربة	$[\text{NO}_2]\text{M}$	$[\text{O}_3]\text{M}$	السرعة (m/s)
١	0.0016	0.0025	4.7×10^{-8}
٢	0.0024	0.0025	7.0×10^{-8}
٣	0.0024	0.0050	1.4×10^{-7}

- ما رتبة O_3 ؟
- ما رتبة NO_2 ؟
- اكتب قانون سرعة التفاعل مع تحديد الرتبة الكلية .
- احسب قيمة ثابت السرعة النوعية مع تحديد وحدته .
- نقارن التجريبتين (١ و ٢) لأن تركيز O_3 فيهما ثابت .

$$1.5 = \frac{7.0 \times 10^{-8}}{4.7 \times 10^{-8}} = \frac{R_2}{R_1} = \text{نسبة السرعة} \quad 1.5 = \frac{0.0024 \text{ M}}{0.0016 \text{ M}} = \frac{[\text{NO}_2]_2}{[\text{NO}_2]_1} = \text{نسبة التركيز}$$

لذلك عندما يتغير تركيز NO_2 بمعامل ١.٥ تتغير السرعة بمعامل ١.٥ .

- رتبة NO_2 هي الأولى .

• نقارن التجريبتين (٢ و ٣) لأن تركيز NO_2 فيهما ثابت .

$$2 = \frac{1.4 \times 10^{-7}}{7.0 \times 10^{-8}} = \frac{R_3}{R_2} = \text{نسبة السرعة} \quad 2 = \frac{0.0050 \text{ M}}{0.0025 \text{ M}} = \frac{[\text{O}_3]_3}{[\text{O}_3]_2} = \text{نسبة التركيز}$$

لذلك عندما يتغير تركيز NO_2 بمعامل ١.٥ تتغير السرعة بمعامل ١.٥ .

- رتبة O_3 هي الأولى .

• قانون السرعة $R = K [\text{NO}_2] \cdot [\text{O}_3]$ الرتبة الكلية للتفاعل هي الثانية .

• لإيجاد قيمة K نعوض القيم المعروفة لأي من التجارب (التجربة الأولى مثلاً)

$$K = 0.012 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1} \quad \text{ومنها} \quad 4.7 \times 10^{-8} \text{ M/s} = K (0.0025 \text{ M}) \times (0.0016 \text{ M})$$

تمرين (٣)

يحدد تفاعل بين المتفاعلين X , Y بالآلية الخطوة الواحدة : $X + 2Y \rightarrow XY_2$

اكتب قانون سرعة هذا التفاعل ثم حدد تأثير كل مما يلي في سرعة التفاعل :

- أ - مضاعفة تركيز X .
- ب - مضاعفة تركيز Y .
- ج - استخدام ثلث تركيز Y .

الحل : بما أن المعادلة تمثل آلية الخطوة الواحدة ، فإنه يمكن كتابة قانون السرعة من المعادلة مباشرة (وإلا تعذر كتابته)

$$R = k [X][Y]^2 \quad \text{قانون سرعة التفاعل هو}$$

أ - مضاعفة تركيز X تضاعف السرعة $R = k [2X][Y]^2$ ب - مضاعفة تركيز Y تزيد السرعة إلى أربعة

$$R = k [X][2Y]^2 \quad \text{أمثالها}$$

ج - استخدام ثلث تركيز Y يقلل السرعة إلى ثُسع قيمتها الابتدائية $R = k [X][\frac{1}{3}Y]^2$.

ملاحظات :

- (١) التعويض عن التركيز يكون بالتركيز الابتدائي .
- (٢) لتعيين نسبة السرعة ، نقسم السرعة الكبيرة في تجربة على السرعة الصغيرة في تجربة أخرى .
- (٣) إذا كان التفاعل من عدة خطوات ، نستخدم الخطوة الأبطأ ونهمل باقي الخطوات .

نظرية التصادم :

- لحدوث تفاعل كيميائي بين المواد يجب أن تتصادم جسيماته (جزيئات أو ذرات أو أيونات) بعد أن تتغلب على أي قوى تنافر بينها . ونظرية التصادم تفسر نجاح أو فشل هذه التصادمات لتكوين نواتج .
- السبب في فشل التصادمات وعدم حدوث تفاعل :
- ١ - عدم وجود طاقة كافية في الجسيمات المتصادمة لدمج إلكترونات التكافؤ وكسر روابط الجزيئات . أو
 - ٢ - لا يكون وضع الجسيمات المتصادمة في اتجاه مناسب لحدوث التفاعل.
- والسبب في نجاح التصادمات الفعالة وحدث تفاعل :
- ١ - امتلاك الجسيمات المتصادمة الطاقة الكافية . و
 - ٢ - يكون وضع الجسيمات المتصادمة في الاتجاه المناسب لحدوث التفاعل.

نظرية التصادم : فروضها

- ١ - لحدوث التفاعل يجب حدوث تصادم (تصادم مثير)
- ٢ - ليس كل تصادم يؤدي لحدوث تفاعل (تصادم غير مثير)

شروط التصادم المثير :

- ١ - يجب أن تكون للجزيئات المتصادمة وضع واتجاه مناسب .
- ٢ - يجب أن تكون للجزيئات المتصادمة طاقة منشطة .

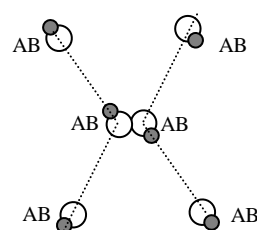
الطاقة المنشطة : الطاقة التي تفوق طاقة التفاعل .
أو تحويل المواد المتفاعلة إلى المركب النشط .

المركب النشط : مركب لحظي وغير مستقر ويتكون عندما تمتلك المواد المتفاعلة الطاقة المنشطة .

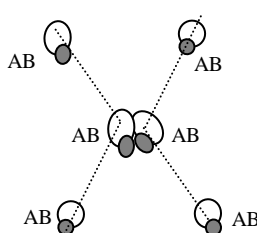
لنأخذ التفاعل المتجانس

$$AB + AB \rightleftharpoons A_2 + 2B$$

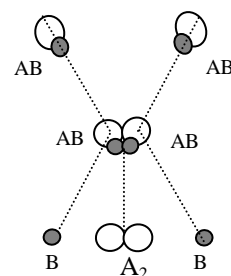
يحدث التفاعل إذا امتلكت جسيمات AB طاقة كافية ، وكان وضع الجسيمات المتصادمة مناسباً لحدوث التفاعل بحيث يكون أطراف الجزيئات المتفاعلة والتي سيتكون منها مركبات جديدة متوافقة وفي اتجاه واحد .



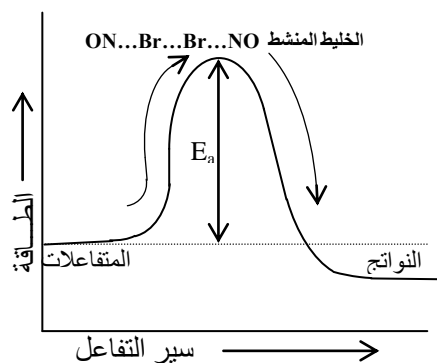
(أ) تصادم فعال
اتجاه وطاقة مناسبان



(ب) تصادم غير فعال
طاقة غير كافية



(ج) تصادم غير فعال
اتجاه غير مناسب



- أثناء التصادم الفعال ، يحدث خلال فترة زمنية قصيرة تكسر جزئي للرابطة Br-N ، وفي ذات الوقت يحدث تكوّن جزئي للرابطة Br-Br .
- وعندما يرفع التصادم الفعال الطاقات الداخلية للمتفاعلات إلى الحد الأدنى الملائم للتفاعل ، يتكون تركيباً انتقالياً ON...Br...Br...NO يعرف بالخليط المنشط ، والذي يمثل أعلى نقطة في منحنى الطاقة .
- في التفاعل العكسي يمر التفاعل أيضاً بالخليط المنشط ذاته ، والرابطة التي انكسرت في الخليط المنشط في التفاعل الأمامي يعاد تكوينها في التفاعل العكسي .

- حسب النظرية الحركية للجزيئات فإن سرعة الجزيئات وطاقاتها الحركية تزداد برفع درجة الحرارة .
- تزايد السرعة يسبب تصادمات أكثر مما يزيد من عدد التفاعلات . لكن الزيادة في معدل التفاعلات لا يعتمد فقط على الزيادة في عدد التصادمات ، لأنها ليست جميعها فعالة ، والتصادمات الفعالة هي التي تحوي طاقة كافية لتكوين خليط منشط .

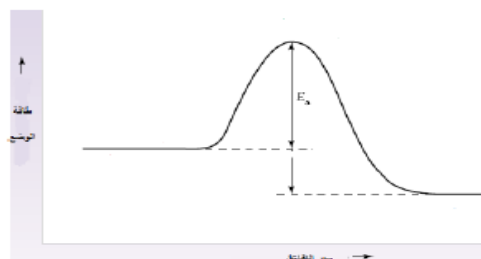
- ورفع درجة الحرارة يعرض جزيئات أكثر إلى طاقة التنشيط مما يزيد من معدل التفاعل . يكون للخليط المنشط في مراحل تكونه القصيرة ترابط جزئي (حالة وسطى) وهو إما :

- ١ - أن يكون روابط جديدة ، وينفصل إلى جسيمات الناتج أو
 - ٢ - يعيد تكوين الروابط الأصلية فيعود وينفصل إلى جسيمات المتفاعلات .
- وعمر الخليط المنشط قصير جداً تخضع خلاله الروابط لعملية تكسر وتكوين روابط جديدة في النواتج (الأمامي) ، أو إعادة تكوين الروابط الأصلية للمتفاعلات (العكسي).

مثال

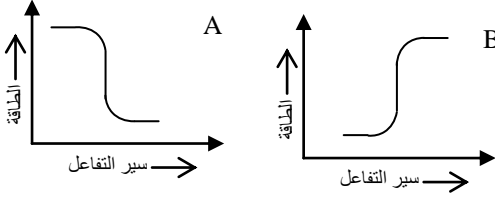
- في التفاعلات الانعكاسية قارن بين طاقة التنشيط اللازمة للتغير الطارد الحرارة ، وطاقة التنشيط اللازمة للتغير الماص للحرارة .
- (تكون طاقة التنشيط اللازمة لحصول التغير الماص للحرارة أكبر من طاقة التنشيط اللازمة لحصول التغير الطارد للحرارة بمقدار كمية حرارة التفاعل في النظام .)

مقارنة بين التفاعلات الماصة للحرارة والتفاعلات الطاردة للحرارة:

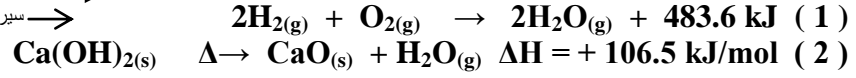


التفاعل الماص للحرارة	التفاعل الطارد للحرارة
ΔH موجبة	ΔH سالبة
طاقة تنشيط أكبر	طاقة تنشيط أقل
تفاعل أبطأ	تفاعل أسرع

تمرين (١)

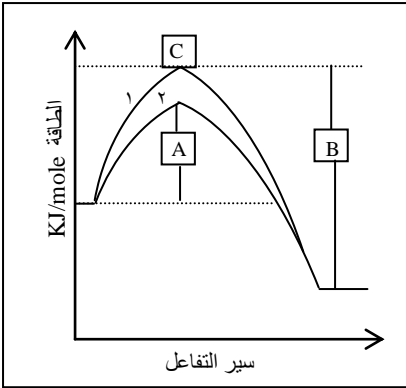


تأمل كلاً من الشكلين والتفاعلين التاليين ، وأجب عن الأسئلة التي تليها :



- ☞ أي الشكلين يمثل المعادلة رقم (٢) ؟ B
- ☞ لا تمثل ΔH في التفاعل الأول حرارة تكوين بخار الماء . فسر ذلك .
- ☞ لأنه ينتج في التفاعل مولين من بخار الماء ، وبالتالي فإن ΔH للتفاعل تمثل ضعف حرارة تكوين بخار الماء .
- ☞ في التفاعل الثاني إذا تكون الماء السائل بدلاً من بخار الماء . ماذا تتوقع لقيمة ΔH . مع التفسير .
- ☞ قيمة ΔH سوف تقل ، لأن جزء من الطاقة المستخدمة كان يستهلك في تحويل الماء السائل إلى بخار ، وبما أنه سوف ينتج ماء سائل فسوف يتم توفير جزء من الطاقة .
- ☞ في الشكل A تكون المواد الناتجة أكثر استقراراً من المواد المتفاعلة . فسر ذلك .
- ☞ لأن طاقة النواتج أقل من طاقة المواد المتفاعلة ، ولذلك تكون أكثر مقاومة للتغيير .

تمرين (٢)



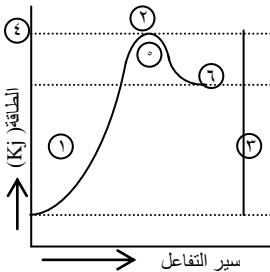
الرسم البياني يمثل سير التفاعل لتفكك فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 ادرس الشكل ثم أجب عن الأسئلة التالية :

- ☞ على ماذا تدل الرموز A , B , C ؟
- A : تدل على طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي
- B : تدل على طاقة التنشيط للتفاعل غير المحفز العكسي .
- C : تدل على الخليط المنشط للتفاعل غير المحفز .

☞ هل التفاعل في المسار ١ ماص أم طارد للحرارة ؟
التفاعل طارد للحرارة .

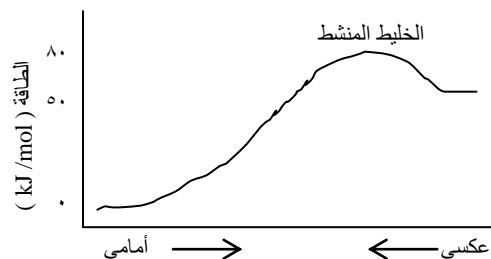
☞ أي المسارين ١ أم ٢ يكون فيه التفاعل أسرع ؟ ولماذا ؟
المسار ٢ يكون فيه التفاعل أسرع ، وذلك بسبب وجود حفاز يوفر مساراً بديلاً للطاقة .

تمرين (٣)



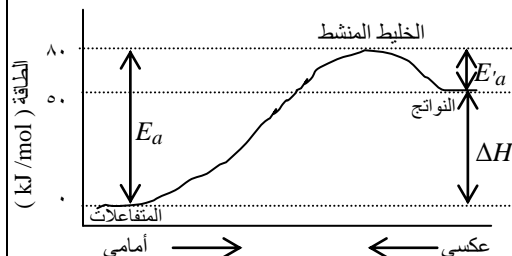
الرسم البياني المجاور يوضح تغير طاقة أحد التفاعلات بوحدة (Kj) ادرسه وأجب عما يلي :

- ☞ ما الذي يمثله الرقم (١) ؟
 - ☞ أي من الأرقام يمثل قيمة طاقة الخليط المنشط ؟
 - ☞ هل هذا التفاعل ماص للحرارة أم طارد للحرارة ؟
- يمثل ΔH الرقم (٢) التفاعل ماص للحرارة .



تأمل الشكل البياني للطاقة المبين في الرسم التالي ،
وضع علامات للمتفاعلات ، والنواتج ، ΔH و ΔE_a و $\Delta E_{a'}$ ،
ثم احسب قيم كل من ΔH أمامي ، عكسي ΔH و ΔE_a و $\Delta E_{a'}$ ،

الحل : يقع مستوى طاقة المتفاعلات دائماً في الطرف الأيسر من المنحنى وطاقة النواتج في الطرف الأيمن من المنحنى ،
والتغير في المحتوى الحراري ΔH هو الفرق بين المستويين .
وتختلف طاقة التنشيط بين اتجاهي التفاعلين الأمامي والعكسي
وهي أدنى طاقة لازمة لتحقيق تفاعل فعال في كلا الاتجاهين .
أما E_a فهو الفرق بين مستوى طاقة المتفاعلات وطاقة الخليط المنشط
 $E_{a'}$ هو الفرق بين مستوى طاقة النواتج وطاقة الخليط المنشط .



$$\begin{aligned} \text{طاقة المتفاعلات} - \text{طاقة النواتج} &= \Delta H \text{ أمامي} \\ \Delta H = 50 \text{ kJ/mol} - 0 \text{ kJ/mol} &= +50 \text{ kJ/mol} \\ \text{طاقة النواتج} - \text{طاقة المتفاعلات} &= \Delta H \text{ عكسي} \\ \Delta H = 0 \text{ kJ/mol} - 50 \text{ kJ/mol} &= -50 \text{ kJ/mol} \\ \text{طاقة المتفاعلات} - \text{طاقة المعقد المنشط} &= E_a \\ E_a = 80 \text{ kJ/mol} - 0 \text{ kJ/mol} &= 80 \text{ kJ/mol} \\ \text{طاقة النواتج} - \text{طاقة المعقد المنشط} &= E_{a'} \\ E_{a'} = 80 \text{ kJ/mol} - 50 \text{ kJ/mol} &= 30 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

٥ - وجود الحفازات :

الحفاز : هو مادة تغير من سرعة التفاعل الكيميائي (إما بزيادة السرعة أو بإبطائها) دون أن تستهلك .

صفات (خصائص) الحفازات :-

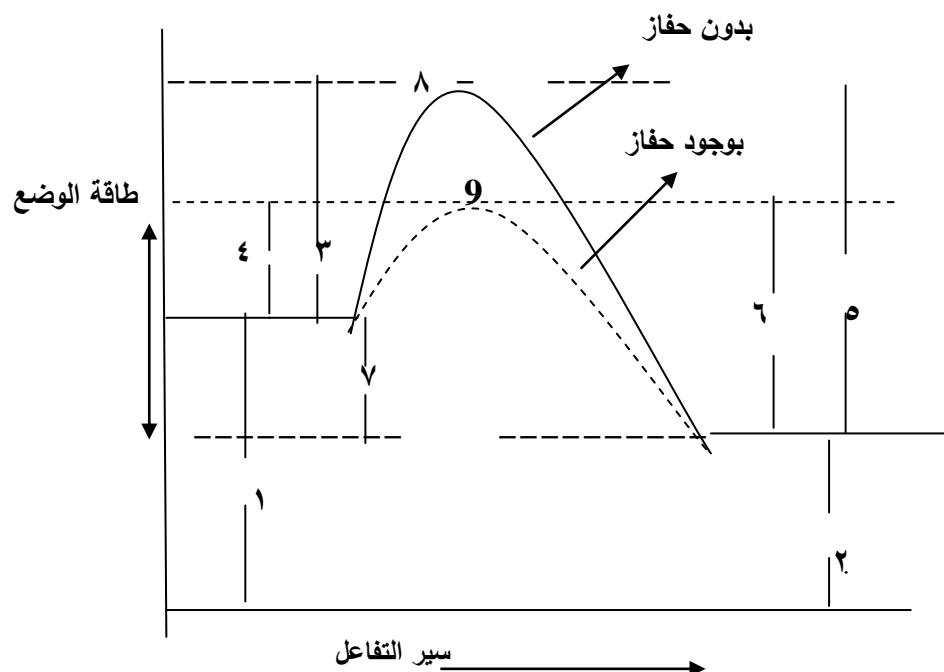
- ١ - لا تستهلك الحفازات في التفاعل الكيميائي بل تعود الى اصلها بعد انتهاء التفاعل .
- ٢ - يقدم الحفاز مساراً إضافياً للتفاعل بطاقة تنشيط جديدة اصغر من طاقة التنشيط المطلوبة في غياب الحفاز مما يزيد من سرعة التفاعل وثابت سرعة التفاعل K .
- ٣ - لا يؤثر الحفاز على قيمة حرارة التفاعل ΔH ؟ علل
(لان طاقة المواد المتفاعلة والنتيجة لا تتغير وإنما تبقى ثابتة بوجود او بغياب الحفاز وبالتالي سيبقى الفرق في الطاقة ثابت وقيمة ΔH ثابتة)
- ٤ - لا يؤثر الحفاز على قيمة ثابت الاتزان K_C ولكنه يقلل من الزمن اللازم للوصول الى حالة الاتزان.

علل: اضافة الحفاز الى التفاعل يعمل على زيادة سرعة التفاعل!؟

لان الحفاز يعمل على خفض طاقة التنشيط للتفاعل مما يزيد من عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة التنشيط وهذا يزيد من عدد التصادمات الفعالة وزيادة سرعة التفاعل

مثال

ماذا تمثل الارقام من (١-٩) في الشكل التالي لتفاعل طارد للحرارة :



" تفاعل طارد الحرارة " $\Delta H (-)$ لان طاقة المواد الناتجة اقل من المتفاعلة
ماذا تمثل الارقام من (١-٩) في الشكل السابق:

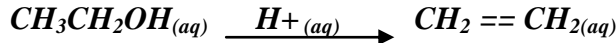
- ١- طاقة الوضع للمواد المتفاعلة
 - ٢- طاقة الوضع للمواد الناتجة
 - ٣- طاقة التنشيط للتفاعل الامامي بدون حفاز
 - ٤- طاقة التنشيط للتفاعل الامامي بوجود حفاز
 - ٥- طاقة التنشيط للتفاعل العكسي بدون حفاز
 - ٦- طاقة التنشيط للتفاعل العكسي بوجود حفاز
 - ٧- حرارة التفاعل (ΔH)
 - ٨- طاقة المعقد المنشط بدون حفاز
 - ٩- طاقة المعقد المنشط بوجود حفاز
- ** ما هو اثر اضافة الحفاز على كل من : أ- طاقة وضع المواد المتفاعلة: لا يؤثر
ب- طاقة وضع المواد الناتجة: لا يؤثر
ج- طاقة وضع المعقد المنشط: تقل
د- طاقة التنشيط للتفاعل الامامي: تقل
هـ- حرارة التفاعل (ΔH): لا يؤثر
و- ثابت السرعة K: يؤثر (يزداد)
- *** بالاستعانة بالشكل السابق ما هو مبدأ عمل الحفاز؟! خفض طاقة التنشيط وزيادة سرعة التفاعل

انواع الحفازات حسب حالتها في التفاعل

١ - الحفازات المتجانسة:- وهي الحفازات التي توجد في حالة فيزيائية مشابهة للحالة الفيزيائية لوسط التفاعل



مثال (٢) تفاعل الكحول لانتاج الكين بوجود الحفاز



٢ - الحفازات غير المتجانسة:- وهي الحفازات التي توجد في حالة فيزيائية مختلفة عن الحالة الفيزيائية لحالة المواد المتفاعلة.

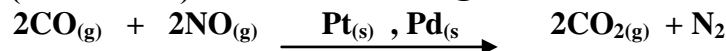


الحالة الفيزيائية للعامل المساعد Fe صلب المواد المتفاعلة في الحالة الغازية .

٢- هدرجة الالكينات :-



٣- استخدام مركبات البلاتين Pt، او البلاديم pd كحفازات غير متجانسة في عادم السيارة للتخلص من الغازات الضارة الناتجة عن احتراق الوقود مثل CO ، NO . (المحول الحفاز)



• الانزيمات : هي عبارة عن حفازات تتواجد بتركيز صغيرة جدا في الكائنات الحية وهي ضرورية لتسريع التفاعلات الكيميائية الحيوية فيها .

مثل تأكسد السكر في جسم الانسان بسرعة مناسبة على درجة حرارة الجسم ٣٧ س بتحفيز انزيم خاص به.

• ملاحظة: يعتبر تسريع بعض التفاعلات الكيميائية ضروري مثل تفاعل الهدرجة في الصناعة ، وابطاء تفاعلات اخرى مطلوب مثل ابطاء حدوث تكسر الاوزون في الجو.

فسر أجابتك تفسيراً علمياً صحيحاً

(١) تزداد سرعة التفاعل الكيميائي بزيادة درجة الحرارة .
 بزيادة درجة الحرارة تزيد الطاقة الحركية لجسيمات المادة ما يؤدي إلى حدوث عدد أكبر من التصادمات الفعالة. وكلما زاد عدد التصادمات الفعالة ، تزداد سرعة التفاعل . كذلك عند درجات الحرارة العالية ، يكتسب عدد أكبر من الجسيمات طاقة كافية لتكوين معقدات منشطة ، أي تزداد طاقة التصادمات وعددها بزيادة درجة الحرارة .

(٢) تزداد سرعة تفكك بيروكسيد الهيدروجين عند إضافة ثاني أكسيد المنجنيز .
 لأنه يعمل على تكوين الخليط منشط يحتاج إلى طاقة تنشيط أقل من خلال إيجاد مسار بديل للطاقة .

(٣) إضافة حفاز للنظام المتزن لا يؤثر على قيمة ثابت الاتزان .
 لأن إضافة حفاز يزيد من سرعة التفاعل الأمامي والعكسي بنفس المقدار ، ولذلك لا يؤثر على الكميات النسبية للمتفاعلات والنواتج عند الاتزان .

٤) تفاعل الكربون مع أكسجين نقي أسرع من تفاعله مع أكسجين الهواء الجوي .
لأن تركيز الأكسجين في الحالة الأولى أعلى منه في الحالة الثانية مما يجعل عدد التصادمات الفعالة في الحالة الأولى أكبر والتفاعل أسرع .

٥) لا يحدث تفاعل أحياناً حتى وإن كان للتصادم طاقة تفيض عن طاقة التنشيط .
(لحدوث أي تفاعل ، من الضروري أن يكون التصادم ذا طاقة كافية ، كما أن الجزيئات يجب أن تكون في الاتجاه الصحيح والمناسب لحظة التصادم . فإذا انعدم أحد هذين الشرطين فلن يكون هناك تفاعل . وهنا انعدم شرط الاتجاه .)

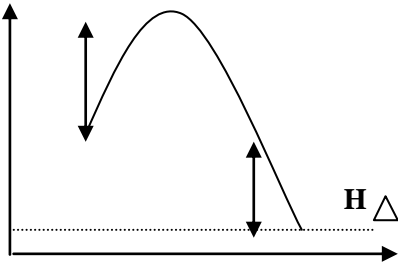
٦) لا تتغير قيمة ثابت السرعة النوعية k بتغير قيم تراكيز المتفاعلات والنواتج .
لأنه عند تغير التركيز فإن السرعة تتغير بنفس المعدل .

أسئلة متنوعة على الفصل الرابع

السؤال الاول: ضع علامة (✓) في المربع المقابل للإجابة الصحيحة:-

(١) تفاعل فلز البوتاسيوم (العدد الذري ١٩) مع الماء أسرع من تفاعل فلز الصوديوم (العدد الذري ١١) مع الماء عند نفس الظروف بسبب:			
(أ) نشاط البوتاسيوم أكبر من الصوديوم	(ب) نشاط البوتاسيوم أقل من الصوديوم	(ج) عدد روابط البوتاسيوم أكبر من الصوديوم	(د) عدد روابط البوتاسيوم أقل من الصوديوم
(٢) يحترق السكر في جسم الإنسان عند ٣٧°م بينما يحتاج حرق السكر في المختبر إلى درجات حرارة عالية بسبب:			
(أ) وجود الأنزيمات في جسم الإنسان	(ب) عدم وجود الأنزيمات في جسم الإنسان	(ج) انخفاض درجات الحرارة في جسم الإنسان	(د) (ب و ج)
(٣) تعرف سرعة التفاعل بـ			
(أ) معدل الزيادة في كمية المواد المتفاعلة في وحدة الزمن	(ب) معدل التغير في كمية المواد المتفاعلة أو الناتجة في وحدة الزمن	(ج) معدل التغير في كمية المواد الناتجة في وحدة الزمن	(د) معدل الزيادة في كمية المواد في وحدة الزمن
(٤) أحد الطرق التالية تستخدم لقياس سرعة التفاعل التالي : $H_2 + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O$			
(أ) ضعف معدل اختفاء O_2	(ب) نصف معدل اختفاء O_2	(ج) ضعف معدل تكون O_2	(د) نصف معدل تكون O_2
(٥) يمكن قياس التفاعل $(H_2 + I_2 \rightarrow 2HI)$ بـ :			
(أ) معدل اختفاء H_2	(ب) معدل اختفاء I_2	(ج) نصف معدل ظهور HI	(د) جميع ما سبق
(٦) يمكن قياس التفاعل $(N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3)$ بـ :			
(أ) معدل اختفاء H_2	(ب) نصف معدل اختفاء N_2	(ج) نصف معدل ظهور NH_3	(د) جميع ما سبق
(٧) أحد العبارات تعد فرضاً من فروض نظرية التصادم			
(أ) تصادم الجزيئات شرط لحدوث التفاعل	(ب) هناك تصادمات بين الجزيئات غير مثمرة	(ج) جميع التصادمات بين الجزيئات مثمرة	(د) الإجابتان (أ ، ب)
(٨) كلما قلت عدد الروابط في المتفاعلات فإن سرعة التفاعل			
(أ) تقل	(ب) تزداد	(ج) تثبت	(د) لا تتغير
(٩) أسرع هذه المواد تأكسداً عند نفس الظروف هو :			
(أ) C_4H_{10}	(ب) CH_4	(ج) C_2H_6	(د) C_3H_8
(١٠) (يقصد بطبيعة المواد المتفاعلة) :			
(أ) الحالة الفيزيائية	(ب) عدد الروابط	(ج) النشاط الكيميائي	(د) جميع ما سبق
(١١) أحد ما يأتي يعد ترتيباً تصاعدياً للمواد التالية من حيث سرعتها			
(أ) الأيونات ، الذرات ، الجزيئات البسيطة ، الجزيئات المعقدة	(ب) الذرات ، الأيونات ، الجزيئات المعقدة ، الجزيئات البسيطة	(ج) الأيونات ، الذرات ، الجزيئات المعقدة ، الجزيئات البسيطة	(د) الجزيئات المعقدة ، الجزيئات البسيطة والذرات ، والأيونات
(١٢) إذا علمت أن التفاعل التالي يتم في خطوة واحدة:- $A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightarrow C_{(g)}$ فإن أحد ما يلي يزيد من سرعة التفاعل بمقدار أكبر:			
(أ) مضاعفة كمية الغاز (A)	(ب) زيادة حجم وعاء التفاعل	(ج) نقص حجم وعاء التفاعل إلى النصف	(د) مضاعفة كمية الغاز (B)

(١٣) أسرع هذه المواد تفاعلاً هو			
Na ⁺ (أ)	Na (ب)	NaCl (ج)	Na ₂ CO ₃ (د)
(١٤) الأسرع سرعة في التفاعل			
(أ) مسحوق ألومنيوم	(ب) كرات ألومنيوم	(ج) صفائح ألومنيوم	(د) قطع ألومنيوم
(١٥) تحترق نشارة الخشب أسرع من احتراق قطعة خشب لها نفس الكتلة ، كون مساحة منطقة التماس في حالة النشارة :			
(أ) أقل	(ب) أكبر	(ج) متساوية	(د) أصغر
(١٦) دور المادة الحافزة			
(أ) تزيد من سرعة التفاعل دون أن تستهلك في التفاعل	(ب) تزيد من سرعة التفاعل وتستهلك في التفاعل	(ج) تقلل من سرعة التفاعل دون أن تستهلك في التفاعل	(د) تقلل من سرعة التفاعل وتستهلك في التفاعل
(١٧) تعمل المادة الحافزة على			
(أ) رفع الطاقة المنشطة للجزيئات المتفاعلة	(ب) خفض الطاقة المنشطة للجزيئات المتفاعلة	(ج) رفع الطاقة المنشطة للتفاعل	(د) خفض الطاقة المنشطة للتفاعل
(١٨) حسب نظرية التصادم فإن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى			
(أ) زيادة الطاقة الحركية للجزيئات	(ب) زيادة احتمال حدوث تصادمات مثمرة	(ج) زيادة عدد الجزيئات المنشطة	(د) جميع ما تقدم
(١٩) حسب نظرية التصادم فإن المادة الحافزة تزيد من سرعة التفاعل وذلك لأنها :			
(أ) تجعل اتجاه الجزيئات المتصادمة مناسباً	(ب) تقلل الكمية اللازمة من الطاقة المنشطة	(ج) تزيد الكمية اللازمة من الطاقة المنشطة	(د) الإجابتان (أ،ب)
(٢٠) إذا وجد تفاعلين الأول (Δ H فيه سالبة) والثاني (Δ H فيه موجبة) فإن :			
(أ) التفاعل الأول أسرع	(ب) التفاعل الثاني أسرع	(ج) التفاعلين متساويين في السرعة	(د) لا علاقة بين (Δ H) وسرعة التفاعل
(٢١) زيادة أحد هذه العوامل تقلل من الطاقة المنشطة للتفاعل :			
(أ) التركيز	(ب) الحرارة	(ج) الضغط	(د) المواد الحافزة
(٢٢) عندما تمتلك الجزيئات لحظة التصادم الحد الأدنى اللازم من الطاقة المنشطة ، يكون التصادم حينها ..			
(أ) تصادم غير مثمر	(ب) تصادم مثمر	(ج) لا يحدث تصادم	(د) لا يحدث تفاعل
(٢٣) المركب هو مركب لحظي وغير مستقر ويتكون عندما تمتلك المواد المتفاعلة الطاقة المنشطة :			
(أ) المثمر	(ب) النشط	(ج) الخامل	(د) البسيط
(٢٤) هي فرق الطاقة بين المتفاعلات و المركب النشط :			
(أ) الطاقة المنشطة	(ب) حرارة التفاعل	(ج) الطاقة الكامنة	(د) طاقة المركب النشط
(٢٥) تنخفض الطاقة المنشطة لتفاعل ما عند إضافة :			
(أ) حرارة	(ب) ضغط	(ج) جزيئات أخرى	(د) عامل حافز
(٢٦) لكي يكون التصادم فعالاً ، يلزمه أن يكون ذا:			
(أ) طاقة كافية فقط	(ب) اتجاه مناسب فقط	(ج) طاقة واتجاه مناسبين معاً	(د) آلية تفاعل

<p>الخطوة البطيئة الخطوة السريعة</p> $\text{O}_3 \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}$ $\text{NO} + \text{O} \rightarrow \text{NO}_2$			
<p>المعادلة النهائية</p> $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$			
<p>(٢٧) قانون سرعة التفاعل هو</p>			
(أ) $k [\text{O}_3]$	(ب) $k [\text{NO}] [\text{O}_3]$	(ج) $k [\text{NO}] [\text{O}]$	(د) $k [\text{NO}_2] [\text{O}_2]$
<p>(٢٨) أكتب جميع البيانات على الرسم البياني التالي ثم حدد أي من الاختيارات أسفل الرسم تمثل نوع التفاعل:</p> 			
(أ) التفاعل طارد للحرارة	(ب) التفاعل ماص للحرارة	(ج) لتفاعل سريع	(د) التفاعل بطيء

- (٢٩) كيف تقارن طاقة الخليط المنشط بطاقات المتفاعلات والنواتج ؟
 (أ) تكون أقل من طاقة المتفاعلات وأكبر من طاقة النواتج
 (ب) تكون أقل من كلتا الطائفتين
 (ج) تكون أقل من طاقة المتفاعلات وأكبر من طاقة النواتج ✓
 (د) تكون أكبر من كلتا الطائفتين

- (٣٠) إذا كان التصادم بين الجزيئات ضعيفاً ، تكون الجزيئات :
 (أ) في الاتجاه المناسب
 (ب) في الاتجاه غير المناسب
 (ج) قابلة للارتداد دون تفاعل . ✓
 (د) قابلة للارتداد دون تفاعل .

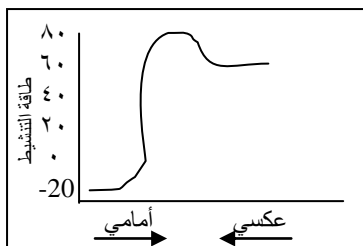
- (٣١) الأنواع التي تغير سرعة تفاعل ما دون أن تستهلك أو تتغير هي :
 (أ) حفاز ✓
 (ب) الخليط منشط
 (ج) مركب وسيط
 (د) متفاعل

- (٣٢) يربط قانون السرعة بين :
 (أ) سرعة التفاعل والتركيز ✓
 (ب) سرعة التفاعل ودرجة الحرارة
 (ج) درجة الحرارة والتركيز
 (د) الطاقة والتركيز

- (٣٣) في الشكل البياني الذي يوضح تغير الطاقة مع سير التفاعل ، يظهر الخليط المنشط في :
 (أ) يسار نهاية المنحنى
 (ب) يمين نهاية المنحنى
 (ج) أسفل المنحنى
 (د) قمة المنحنى ✓

- (٣٤) تسمى الخطوة الأبطأ في الآلية :
 (أ) الخطوة المحددة للسرعة
 (ب) التفاعل غير المحفز
 (ج) خطوة التنشيط
 (د) لا شيء مما ذكر

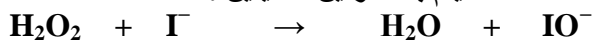
- (٣٥) تفاعل معين رتبته صفر في المتفاعل A ، ورتبته ثانية في المتفاعل B ، فما الذي يحصل لدرجة سرعة التفاعل عندما يتضاعف تركيز كل من المتفاعلين A , B ؟
 (أ) تبقى سرعة التفاعل كما هي .
 (ب) يزداد التفاعل بمعامل مقداره ٢ .
 (ج) تزداد سرعة التفاعل بمعامل قدره ٤ ✓
 (د) تزداد سرعة التفاعل بمعامل قدره ٨ .



٣٦ قيمة طاقة التنشيط (kJ / mol) للتفاعل العكسي الممثل بالشكل المجاور :

(أ) ✓ +20
(ب) +100
(ج) -20
(د) -80

٣٧ إذا علمت أن أحد التفاعلات يتم بالخطوتين التاليتين :



أي من المواد التالية يمثل عاملاً حفازاً :

(د) H_2O_2

(ج) H_2O

(ب) ✓ I^-

(أ) IO^-

١	تركيز عالي
٢	طاقة كافية
٣	اتجاه مناسب
٤	وجود حفاز

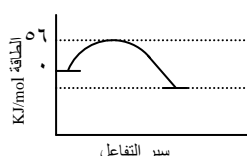
٣٨ أي من التالية ضروري لحدوث تصادم فعال بين جزيئات المتفاعلات ؟

(ب) ✓ ٢ و ٣ فقط

(أ) ١ و ٢ فقط

(د) ١ و ٣ فقط

(ج) ٣ و ٤ فقط



٣٩ في التفاعل $2\text{NH}_2\text{H}_4 + \text{N}_2\text{O}_4 \rightarrow 3\text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$, $\Delta H = -33 \text{ kJ}$ قيمة طاقة التنشيط (kJ/mol) للتفاعل العكسي الممثل في الشكل المجاور تساوي :

(ب) ✓ ٨٩

(أ) ٢٣

(د) ٣٣

(ج) ٥٦

(من المعادلة يتضح أن التفاعل طارد للحرارة وأن الفرق بين طاقة المتفاعلات والنواتج = 33kJ .
وطاقة المتفاعلات = صفر إذن تكون قيمة طاقة النواتج = - 33 kJ ، وطاقة التنشيط للتفاعل العكسي = 33 + 56 = ٨٩ .)

٤٠ ما الصورة التي يجب أن يكون عليها الماغنيسيوم لدى تفاعل كميات متساوية منه مع كميات محددة من محلول حمض HCl (0.1 M) ليكون التفاعل أسرع .

(د) صفائح

(ج) ✓ مسحوق

(ب) قطع صغيرة

(أ) قطع كبيرة

٤١ يلزم لحدوث التصادم الفعّال توفر :

(ب) آلية تفاعل من خطوة واحد

(أ) الاتجاه المناسب

(د) طاقة كافية

(ج) ✓ الطاقة الكافية والاتجاه المناسب

٤٢ تغير درجة الحرارة يؤثر في سرعة التفاعل لأنه يؤثر في :

(ب) ✓ عدد التصادمات الفعالة

(أ) طاقة الخليط المنشط

(د) مساحة السطح المعرض

(ج) حرارة التفاعل

٤٣ التصادم الذي ينتج مواداً جديدة يكون :

(ب) قوياً في اتجاه مناسب

(أ) ضعيفاً في اتجاه مناسب

(د) ✓ قوياً في اتجاه مناسب

(ج) ضعيفاً في اتجاه غير مناسب

٤٤ ما المادة التي تغير سرعة التفاعل دون أن تستهلك أو تتغير ؟

(ب) ✓ الحفاز

(أ) الخليط النشط

(د) المتفاعل

(ج) المركب السيط

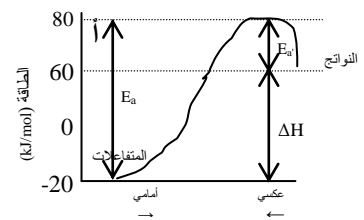
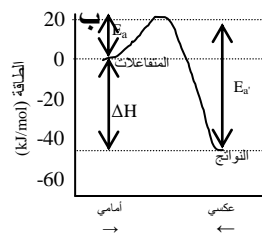
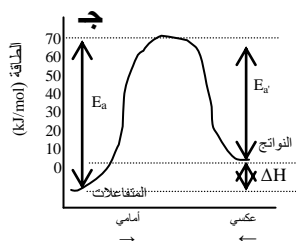
السؤال الثاني: أولاً: علل

- (١) احترق نشارة الخشب أسرع من احتراق قطعة الخشب لها نفس الكتلة .
- (٢) تصدأ برادة الحديد أسرع من قطعة الحديد لها نفس الكتلة .
- (٣) يذوب السكر الناعم في كوب من الماء أسرع من السكر القالب في نفس الحجم من الماء .
- (٤) يتفاعل مسحوق البيكنج بودر مع حمض الخل أسرع من تفاعل قطعة منه لها نفس الكتلة في نفس الحجم من الحمض.

ثانياً: لكل من الأشكال التالية للطاقة المبينة في ما يلي رمز :

المتفاعلات والناتج و ΔH و E_a و E_a' .

كذلك حدد قيم E_a و E_a'



السؤال الثالث :

أ. اعتماداً على الشكل المجاور الذي يمثل منحنى طاقة الوضع للتفاعل :



أ. ما قيمة كل من :

1. طاقة التنشيط للتفاعل العكسي بدون عامل مساعد .
2. طاقة التنشيط للتفاعل الامامي بوجود عامل مساعد .
3. طاقة الوضع للمواد المتفاعلة .

4. التغير في المحتوى الحراري (ΔH)

ب. أذكر ما تشير اليه الارقام من (1 الى 4)

ج. ما أثر العامل المساعد على كل من : (تَقَل ، تَزْدَاد ، تَبْقَى ثابتة)

1. قيمة طاقة التنشيط للتفاعل العكسي.

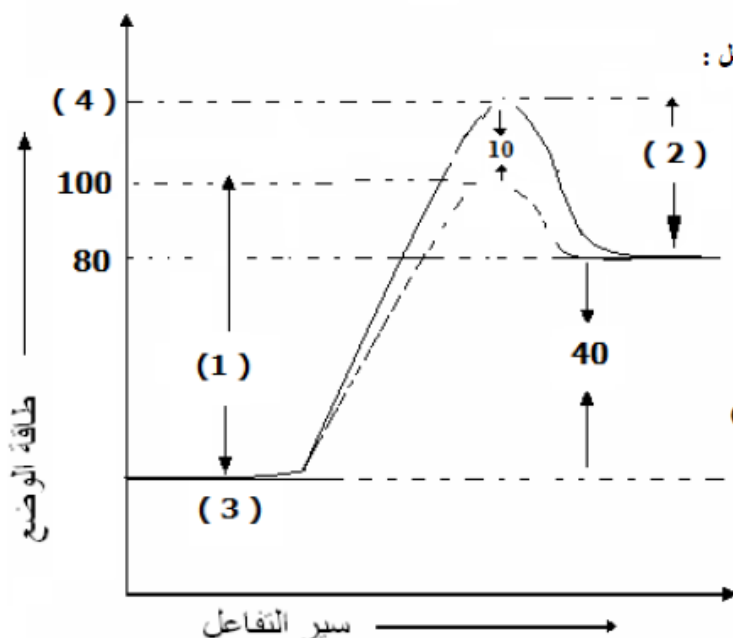
2. طاقة وضع المعقد المنشط للتفاعل الامامي.

3. قيمة ΔH .

4. سرعة التفاعل .

5. طاقة وضع المواد الناتجة.

6. حالة الاتزان .



السؤال الرابع:

(١) إذا كان ثابت السرعة للتفاعل الأولي الآتي $A_2B + B \rightarrow 2A_2 + B_2$ يساوي ٠.٢ لتر/مول^٢ ب. ث احسب القيم المجهولة في الجدول في كل تجربة:

التجربة	[A ₂] مول/لتر	[B ₂] مول/لتر	سرعة التفاعل (مول/لتر.ث)
١	١.٢٥	؟؟	٠.٣٩٠٦
٢	؟؟	١.٢٥	٠.٥٦٢٥
٣	١.٥	١.٥	؟؟

(٢) اعتماداً على البيانات الواردة في الجدول المجاور للتفاعل الآتي :



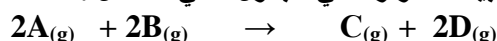
رقم التجربة	[A] مول/لتر	[B] مول/لتر	السرعة مول/لتر.ث
١	٠,٢	٠,٢	$10^{-4} \times 3,5$
٢	٠,٤	٠,٤	$10^{-4} \times 2,8$
٣	٠,٨	٠,٤	$10^{-4} \times 1,12$

ما رتبة التفاعل بالنسبة إلى المادة A ؟ ما رتبة التفاعل بالنسبة إلى المادة B ؟ سرعة التفاعل $k = [A]^x [B]^y$

١. احسب قيمة k مع ذكر وحدته؟

٢. - احسب سرعة التفاعل في التجربة ٣ عند انكماش حجم وعاء التفاعل الى النصف

(٣) اعتماداً على البيانات الواردة في الجدول الآتي للتفاعل :



رقم التجربة	[A] (مول/لتر)	[B] (مول/لتر)	سرعة تكون C (مول/لتر . ثانية)
١	٠,٠١	٠,٠١	$10^{-4} \times 1,2$
٢	٠,٠٢	٠,٠١	$10^{-4} \times 2,4$
٣	٠,٠١	٠,٠٢	$10^{-4} \times 4,8$

(١) احسب رتبة التفاعل بالنسبة إلى المادة A

(٢) احسب رتبة التفاعل بالنسبة إلى المادة B

(٣) اكتب قانون السرعة للتفاعل السابق

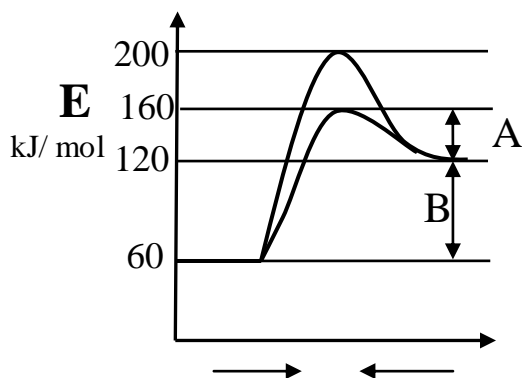
(٤) احسب قيمة ثابت سرعة التفاعل السابق (k) مع ذكر وحدته؟

(٥) ما أثر زيادة درجة الحرارة على قيمة ثابت السرعة (k) ؟

(٤) أجريت ثلاث تجارب عملية لقياس السرعة الابتدائية للتفاعل $A + B \rightarrow C$ كانت الظروف متماثلة في التجارب الثلاث ، باستثناء تراكيز المتفاعلات التي كانت متغيرة . والنتائج كانت كما يلي :

التجربة	[A] (M)	[B] (M)	السرعة (M/s)
١	1.2	2.4	8×10^{-8}
٢	1.2	1.2	4×10^{-8}
٣	3.6	2.4	7.2×10^{-7}

اكتب قانون السرعة للتفاعل جد قيمة ثابت السرعة النوعية (k) ووحدته



السؤال الخامس:

* ادرس الشكل التالي ثم أجب عن الأسئلة التالية :

- ١ - على ماذا يدل الرمز A وما قيمته ؟
- وعلى ماذا يدل الرمز B ؟
- ٢ - احسب مقدار الطاقة الذي يوفره استخدام الحفاز ؟
- ٣ - ضع حرف C على المكان الذي يمثل المعقد المنشط للتفاعل المحفز .
- ٤ - احسب قيمة ΔH للتفاعل العكسي غير المحفز
- ٥ - هل تختلف قيمة ΔH للتفاعل المحفز عنها لغير المحفز ؟

الجدول الدوري للعناصر

1 H 1.01		3 Li 6.941		4 Be 9.012		11 Na 22.99		12 Mg 24.31		19 K 39.10		20 Ca 40.08		21 Sc 44.96		22 Ti 47.88		23 V 50.94		24 Cr 52.00		25 Mn 54.94		26 Fe 55.85		27 Co 58.93		28 Ni 58.69		29 Cu 63.55		30 Zn 65.38		31 Ga 69.72		32 Ge 72.59		33 As 74.92		34 Se 78.96		35 Br 79.90		36 Kr 83.80		37 Rb 85.47		38 Sr 87.62		39 Y 88.91		40 Zr 91.22		41 Nb 92.91		42 Mo 95.94		43 Tc (98)		44 Ru 101.1		45 Rh 102.9		46 Pd 106.4		47 Ag 107.9		48 Cd 112.4		49 In 114.8		50 Sn 118.7		51 Sb 121.8		52 Te 127.6		53 I 126.9		54 Xe 131.3		55 Cs 132.9		56 Ba 137.3		57 La* 138.9		58 Ce 140.1		59 Pr 140.9		60 Nd 144.2		61 Pm (145)		62 Sm 150.4		63 Eu 152.0		64 Gd 157.3		65 Tb 158.9		66 Dy 162.5		67 Ho 164.9		68 Er 167.3		69 Tm 168.9		70 Yb 173.0		71 Lu 175.0		72 Hf 178.5		73 Ta 180.9		74 W 183.9		75 Re 186.2		76 Os 190.2		77 Ir 192.2		78 Pt 195.1		79 Au 197.0		80 Hg 200.6		81 Tl 204.4		82 Pb 207.2		83 Bi 209.0		84 Po (209)		85 At (210)		86 Rn (222)		87 Fr (223)		88 Ra 226		89 Ac* (227)		90 Th 232.0		91 Pa (231)		92 U 238.0		93 Np (237)		94 Pu (244)		95 Am (243)		96 Cm (247)		97 Bk (247)		98 Cf (251)		99 Es (252)		100 Fm (257)		101 Md (258)		102 No (259)		103 Lr (260)	
سلسلة اللانثانيدات																	سلسلة الاكتينيدات																																																																																																																																																																		