The Scientist
IN Chemistry

العالم في الكيمياء

شرح مفصل لمادة الكيمياء لطلبة الثانوية العامة

الوحدة الثانية – التأكسد والاختزال

إعداد المعلم: عثمان قدور

(هـ:0788004769)

الدرس الأول: التأكسد والاختزال

- تعد تفاعلات التأكسد والاختزال من التفاعلات الكيميائية المهمة، ومن مجالات حدوثها:

أ- تحدث في العمليات الحيوية، مثل البناء الضوئي والتنفس وتحرير الطاقة من الغذاء اللازم لأداء الكائن الحي.

ب- الطاقة اللازمة لوسائل النقل لتسييرها بحرق الوقود عن طريق تفاعلات التأكسد والاختزال.

- تم استخدام مصطلح التأكسد لوصف تفاعل مادة معينة مع الأكسجين، وتم استخدام مصطلح الاختزال لوصف عملية نزع ذرات الأكسجين، كما في عملية استخلاص الفلزات من خاماتها.

التأكسد قديما: هو تفاعل المادة مع الأكسجين وزيادة نسبة الأكسجين في الناتج.

مثال:

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

$$NO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow NO_2$$

حيث: (C): تأكسد (O₂): اختزال

(NO): تأكسد (O₂): اختزال

الاختزال قديما: هو عملية نزع الاكسجين من المادة بحيث تقل نسبة الاكسجين في الناتج.

مثال (1):

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

$$Al_2O_3 + 3C \longrightarrow 4Al + 3CO_2$$

حيث: (Fe_2O_3): اختزال (C): تأكسد

(Al_2O_3): اختزال (C): تأكسد

- نلاحظ من خلال ما سبق أن الكربون تأكسد لأنه ارتبط بالأكسجين، أما الاختزال فقد حدث عند نزع الأكسجين من أكسيد الحديد، وكذلك الأمر بالنسبة للألمنيوم، لكن هناك تفاعلات تأكسد واختزال لا يدخل الاكسجين في تفاعلاتها تحدث خلالها عملية فقد واكتساب الالكترونات حيث يعرف التأكسد والاختزال حديثا كما يلي:

عثمان قدور (0788004769)

التأكسد حديثا: هي عملية فقد الالكترونات أثناء التفاعل وزيادة في عدد التأكسد.

مثال (2):

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

الاختزال حديثا: هي عملية كسب الالكترونات أثناء التفاعل ونقصان في عدد التأكسد.

مثال (3):

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

- من خلال ما سبق نلاحظ أن عمليتا التأكسد والاختزال عمليتان متلازمتان، لا تحدث إحداهما بدون حدوث الأخرى.
- يسمى التفاعل الذي تحدث فيه عمليتا التأكسد والاختزال معاً **تفاعل تأكسد إختزال**.
- لتوضيح عملية التأكسد والاختزال يمكن دراسة المثال التالي:

$$Ca + Cl_2 \longrightarrow CaCl_2$$

- نلاحظ أن كل من (Ca) و (Cl_2) في المواد المتفاعلة متعادل الشحنة، في حين أن كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) مركب أيوني تكون من اتحاد أيون الكالسيوم موجب الشحنة (Ca^{2+}) وايون الكلوريد سالب الشحنة (Cl^-).
- تكون أيون الكالسيوم (Ca^{2+}) بسبب تأكسد ذرة الكالسيوم (Ca) وفقد إلكترونين، ويمكن التعبير عن ذلك بكتابة معادلة تسمى نصف تفاعل تأكسد:

نصف تفاعل / تأكسد: $Ca \longrightarrow Ca^{2+} + 2e^-$

- تكون أيون الكلوريد (Cl^-) بسبب اختزال الكلور (Cl_2) واكتساب كل ذرة منها إلكترون، ويمكن التعبير عن ذلك بكتابة معادلة تسمى نصف تفاعل اختزال:

نصف تفاعل / اختزال: $Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$

- نلاحظ من خلال المعادلتين السابقتين أن عدد الالكترونات المفقودة خلال التأكسد يساوي عدد الالكترونات المكتسبة خلال الاختزال.

- عند دراسة تفاعلات التأكسد والاختزال، وجد أن هناك تفاعلات لا تتضمن انتقال كامل للإلكترونات ومثال ذلك:

$$H_2 + F_2 \longrightarrow 2HF$$

عثمان قدور (0788004769)

- نلاحظ من التفاعل السابق ما يلي:

1- الرابطة في جزئ (HF) هي رابطة تساهمية.
2- ذرة الفلور (F) أعلى كهروسلبية من ذرة (H).
3- بسبب الفرق في الكهروسلبية بين (F) و(H) تنزاح الالكترونات نحو ذرة(F) وتكتسب شحنة جزئية سالبة وتكتسب ذرة (H) شحنة جزئية موجبة.
4- الرابطة التساهمية الناتجة تكون قطبية بسبب الفرق في الكهروسلبية.

- بسبب الانزياح الجزئي للإلكترونات يمكن اعتبار هذا النوع من التفاعلات، تفاعلات تأكسد واختزال رغم عدم حدوث فقد واكتساب للإلكترونات.

- يعتبر عدم حدوث انتقال للإلكترونات في بعض تفاعلات التأكسد والاختزال قصور في التعريف الذي يعتمد على فقد واكتساب الالكترونات.

مثال (4): يتفاعل الحديد مع محلول كبريتات النحاس حسب المعادلة:

$$Fe + CuSO_4 \longrightarrow Cu + FeSO_4$$

- حدد ذرة العنصر التي تأكسدت والأيون الذي أختزل في التفاعل، واكتب أنصاف تفاعلات التأكسد والاختزال.

الإجابة:

- نكتب معادلة أيونية تمثل التفاعل:

$$Fe_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} + SO_{4(aq)} \longrightarrow Cu_{(s)} + Fe^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

- نلاحظ من خلال المعادلة أن الأيون (SO_4^{2-}) هو أيون متفرج لم يطرأ عليه أي تغير لذلك يمكن حذفه من طرفي المعادلة لتصبح على النحو التالي:

$$Fe_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} + SO_{4(aq)} \longrightarrow Cu_{(s)} + Fe^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

- يحدث تأكسد لذرات الحديد وتفقد إلكترونين ليتكون الأيون (Fe^{2+}) حسب المعادلة:

$$Fe_{(s)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$ نصف تفاعل / تأكسد:

- يحدث اختزال لأيونات النحاس (Cu^{2+}) وتكتسب إلكترونين لتتكون ذرات النحاس (Cu) حسب المعادل:

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$$ نصف تفاعل / اختزال:

عثمان قدور (0788004769)

مفهوم عدد التأكسد

- للحصول على تعريف شامل لمفهوم التأكسد والاختزال يجب دراسة مفهوم عدد التأكسد.
- يعرف عدد التأكسد حسب نوع المركبات كما يلي:

عدد تأكسد المركبات الأيونية: هي الشحنة الفعلية لأيون الذرة

عدد تأكسد المركبات الجزئية: هي الشحنة التي يفترض أن تكتسبها الذرة المكونة للرابطة التساهمية مع ذرة أخرى فيما لو كسبت الذرة التي لها أعلى كهروسلبية الكترونات الرابطة كليا وخسرت هذه الأخرى الالكترونات.

مثال (5): الجزيء (HF): عدد تأكسد (F) هو (-1). عدد تأكسد (H) هو (+1).

قواعد حساب أعداد التأكسد

1- عدد تأكسد أي عنصر سواء كان على شكل ذرة أو جزيء يساوي (صفر).

مثال (6): (Al , Zn , O_2 , N_2) عدد تأكسدها = صفر

2- الأيونات البسيطة (تتكون من ذرة واحدة): عدد تأكسدها هو الشحنة الظاهرة على الأيون مقدارا واشارة.

مثال (7): Cl^- : 1- ، N^{3-} : 3 - ، Mg^{2+} : 2 +

- يفضل حفظ الأيونات التالية مع شحناتها:

$$(Al^{3+} , Li^{+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} , Ba^{2+} , F^{-})$$

عثمان قدور (0788004769)

3- العناصر القلوية (المجموعة الأولى) والقلوية الترابية (المجموعة الثانية) والألمنيوم تكون موجبة:

(Al^{3+})

(Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+})

(Na^{+} , K^{+} , Li^{+} , Ls^{+} , Rb^{+})

4- الهيدروجين (H).

- يكون (صفر) عندما يكون منفرد مثل (H_2).
- يكون (+1) في غالبية مركباته مثل (HNO_3 , H_2SO_4 , HCl).
- يكون (-1) في مركبات هيدريدات الفلزات مثل:

(AlH_3 , MgH_2 , CaH_2 , NaH , LiH , BeH_2).

5- الاكسجين (O).

- يكون (صفر) عندما يكون منفرد مثل (O_2).
- يكون (+2) في غالبية مركباته مثل (MgO , Na_2O , K_2O).
- يكون (-1) في مركبات فوق الأكاسيد مثل:

(Li_2O_2 , MgO_2 , CaO_2 , Na_2O_2 , K_2O_2 , H_2O_2 , BaO_2).

- حالة خاصة (OF_2) أو (F_2O)، يكون عدد تأكسد الاكسجين يساوي (+2).

6- الهالوجينات (Cl , Br , I) تكون دائما (-1) ما عدا المركبات الأكسجينية تكون موجبة (+) مثل (HClO).

أما الفلور (F) فدائما يكون (-1).

7- الأيونات المركبة (مكونة من أكثر من عنصر)، (مجموعات ذرية).

عدد التأكسد يتم حسابه لذرة موجودة في الأيون والشحنة الظاهرة تمثل مجموع الشحنات لجميع الذرات.

مثال (8): احسب عدد التأكسد لـ (N) في (NO_3^-).

الإجابة:

- في المركب ($\underline{N}O_3^-$) حسب القاعدة فإن:

(عدد تأكسد الأكسجين × عدد ذرات الأكسجين) + (عدد تأكسد النيتروجين × عدد ذرات النيتروجين) = -1

عثمان قدور (0788004769)

(oxidation no of O × No of atoms of O) + (oxidation no of N × No of atoms of N) = -1

$(n_{oxid\ O} \times n_{O\ atoms}) + (n_{oxid\ N} \times n_{N\ atoms}) = -1$

$(-2 \times 3) + (n_{oxid\ N} \times 1) = -1$

$n_{oxid\ N} = +5$

مثال (9): احسب عدد التأكسد لـــ (Mn) في (MnO_4^-).

الإجابة:

- المركب ($\underline{Mn}O_4^-$): $\overset{-2}{}$

(oxidation no of O × No of atoms of O) + (oxidation no of Mn × No of atoms of Mn) = -1

$(n_{oxid\ O} \times n_{O\ atoms}) + (n_{oxid\ Mn} \times n_{Mn\ atoms}) = -1$

$(-2 \times 4) + (n_{oxid\ Mn} \times 1) = -1$

$n_{oxid\ Mn} = +7$

مثال (10): احسب عدد تأكسد (Cr) في ($Cr_2O_7^{2-}$).

الإجابة:

- المركب ($\underline{Cr_2}O_7^{2-}$): $\overset{-2}{}$

(oxidation no of O × No of atoms of O) + (oxidation no of Cr × No of atoms of Cr) = -2

$(n_{oxid\ O} \times n_{O\ atoms}) + (n_{oxid\ Cr} \times n_{Cr\ atoms}) = -2$

$(-2 \times 7) + (n_{oxid\ Cr} \times 2) = -2$

$n_{oxid\ Cr} \times 2 = +12$

$n_{oxid\ Cr} = +6$

عثمان قدور (0788004769)

مثال (11): احسب عدد تأكسد (S) في ($S_2O_3^{2-}$).

الإجابة:

- المركب ($\underline{S}_2\overset{-2}{O}_3^{2-}$):

(oxidation no of O × No of atoms of O) + (oxidation no of S × No of atoms of S) = -2

$(n_{oxid\ O} \times n_{O\ atoms}) + (n_{oxid\ S} \times n_{S\ atoms}) = -2$

$(-2 \times 3) + (n_{oxid\ S} \times 2) = -2$

$n_{oxid\ S} \times 2 = +4$

$n_{oxid\ S} = +2$

مثال (12): في المركب (NH_4NO_2) ، عدد تأكسد (N) على الترتيب هو:

أ- (-3 ، -3)　　ب- (+3 ، +3)　　ج- (-3 ، +3)

الإجابة:

- من خلال المعادلة التالية:

$$NH_4NO_2 \longrightarrow NH_4^+ + NO_2^-$$

- نقوم بإيجاد عدد تأكسد (N) في كل من ($\underline{N}O_2^-$) و ($\underline{N}H_4^+$) كما يلي:

- عدد تأكسد (N) في ($\underline{N}\overset{-2}{O}_2^-$) :

$(n_{oxid\ O} \times n_{O\ atoms}) + (n_{oxid\ N} \times n_{N\ atoms}) = -1$

$(-2 \times 2) + (n_{oxid\ N} \times 1) = -1$

$n_{oxid\ N} = +3$

عثمان قدور (0788004769)

- عدد تأكسد (N) في ($\overset{+1}{N}H_4^+$):

$(n_{oxid\ H} \times n_{H\ atoms}) + (n_{oxid\ N} \times n_{N\ atoms}) = -1$

$(+1 \times 4) + (n_{oxid\ N} \times 1) = +1$

$n_{oxid\ N} = -3$

من خلال ما سبق نجد أن عدد تأكسد (N) على الترتيب هو الإجابة: ج- (3+ ، 3-)

8- مجموع أعداد التأكسد للمركبات المتعادلة تساوي (صفر).

مثال (13): احسب عدد تأكسد (S) في (H_2SO_4).

الإجابة:

- المركب ($\overset{+1}{H_2}\overset{}{S}\overset{-2}{O_4}$):

$(n_{oxid\ H} \times n_{H\ atoms}) + (n_{oxid\ S} \times n_{S\ atoms}) + (n_{oxid\ O} \times n_{O\ atoms}) = 0$

$(+1 \times 2) + (n_{oxid\ S} \times 1) + (-2 \times 4) = 0$

$n_{oxid\ S} = +6$

مثال (14): احسب عدد تأكسد (Cr) في ($HCrO_4$).

الإجابة:

- المركب ($\overset{+1}{H}\overset{}{Cr}\overset{-2}{O_4}$):

$(n_{oxid\ H} \times n_{H\ atoms}) + (n_{oxid\ Cr} \times n_{Cr\ atoms}) + (n_{oxid\ O} \times n_{O\ atoms}) = 0$

$(+1 \times 1) + (n_{oxid\ Cr} \times 1) + (-2 \times 4) = 0$

$n_{oxid\ Cr} = +7$

عثمان قدور (0788004769)

مثال (15): احسب عدد تأكسد (N) في (HNO_3).

الإجابة:

- المركب ($\overset{+1}{H}\underline{N}\overset{-2}{O_3}$):

$(n_{oxid\ H} \times n_{H\ atoms}) + (n_{oxid\ N} \times n_{N\ atoms}) + (n_{oxid\ O} \times n_{O\ atoms}) = 0$

$(+1 \times 1) + (n_{oxid\ N} \times 1) + (-2 \times 3) = 0$

$n_{oxid\ N} = +5$

مثال (16): احسب عدد تأكسد الذرة التي تحتها خط فيما يلي:

($\underline{Mn}O_2$) -1	($\underline{N}_2H_4$) -2	($\underline{N}_2O_3$) -3	($Li_4\underline{C}$) -4
($\underline{Ti}O^{2+}$) -5	($\underline{V}O_3^-$) -6	($H_2\underline{As}O_4^-$) -7	($F_2\underline{O}$) -8
($\underline{Al}H_4^-$) -9	($\underline{Hg}_2^{2+}$) -10	($HO\underline{Cl}$) -11	($\underline{H}_2O_2$) -12

الإجابة:

1- $\underline{Mn}\overset{-2}{O_2}$:

$(n_{oxid\ O} \times n_{O\ atoms}) + (n_{oxid\ Mn} \times n_{Mn\ atoms}) = 0$

$(-2 \times 2) + (n_{oxid\ Mn} \times 1) = 0$

$n_{oxid\ Mn} = +4$

2- $\underline{N}_2\overset{+1}{H_4}$:

$(n_{oxid\ H} \times n_{H\ atoms}) + (n_{oxid\ N} \times n_{N\ atoms}) = 0$

$(+1 \times 4) + (n_{oxid\ N} \times 2) = 0$

$n_{oxid\ N} = -2$

عثمان قدور (0788004769)

3- $\underline{N_2}^{-2}O_3$:

$(n_{oxid\ O} \times n_{O\ atoms}) + (n_{oxid\ N} \times n_{N\ atoms}) = 0$

$(-2 \times 3) + (n_{oxid\ N} \times 2) = 0$

$n_{oxid\ N} = +3$

4- $\underline{C}^{+1}Li_4$:

$(n_{oxid\ Li} \times n_{Li\ atoms}) + (n_{oxid\ C} \times n_{C\ atoms}) = 0$

$(+1 \times 4) + (n_{oxid\ C} \times 1) = 0$

$n_{oxid\ C} = -4$

5- $\underline{Ti}^{-2}O^{2+}$:

$(n_{oxid\ O} \times n_{O\ atoms}) + (n_{oxid\ Ti} \times n_{Ti\ atoms}) = +2$

$(-2 \times 1) + (n_{oxid\ Ti} \times 1) = +2$

$n_{oxid\ Ti} = +4$

6- $\underline{V}^{-2}O_3^{-}$:

$(n_{oxid\ O} \times n_{O\ atoms}) + (n_{oxid\ V} \times n_{V\ atoms}) = +2$

$(-2 \times 3) + (n_{oxid\ V} \times 1) = -1$

$n_{oxid\ V} = +5$

7- $^{+1}H_2\underline{As}^{-2}O_4^{-}$:

$(n_{oxid\ H} \times n_{H\ atoms}) + (n_{oxid\ As} \times n_{As\ atoms}) + (n_{oxid\ O} \times n_{O\ atoms}) = 0$

$(+1 \times 2) + (n_{oxid\ As} \times 1) + (-2 \times 4) = -1$

$n_{oxid\ As} = +5$

8- $\underline{F_2}^{-1}O$:

$(n_{oxid\ O} \times n_{O\ atoms}) + (n_{oxid\ F} \times n_{F\ atoms}) = 0$

$(n_{oxid\ O} \times 1) + (-1 \times 2) = 0$

$n_{oxid\ F} = +2$

9- $\underline{Al}^{-1}H_4^{-}$:

$(n_{oxid\ H} \times n_{H\ atoms}) + (n_{oxid\ Al} \times n_{Al\ atoms}) = -1$

$(-1 \times 4) + (n_{oxid\ Al} \times 1) = -1$

$n_{oxid\ Al} = +3$

عثمان قدور

عثمان قدور (0788004769)

10- Hg_2^{2+}:

$(n_{oxid\ Hg} \times n_{Hg\ atoms}) = +2$

$(n_{oxid\ Hg} \times 2) = +2$

$n_{oxid\ Hg} = +1$

11- $\overset{+1-2}{HOCl}$:

$(n_{oxid\ H} \times n_{H\ atoms}) + (n_{oxid\ Cl} \times n_{Cl\ atoms}) + (n_{oxid\ O} \times n_{O\ atoms}) = 0$

$(+1 \times 1) + (n_{oxid\ Cl} \times 1) + (-2 \times 1) = 0$

$n_{oxid\ Cl} = +1$

12- $\overset{-1}{H_2O_2}$:

$(n_{oxid\ H} \times n_{H\ atoms}) + (n_{oxid\ O} \times n_{O\ atoms}) = 0$

$(n_{oxid\ H} \times 2) + (-1 \times 2) = 0$

$n_{oxid\ Ti} = +1$

مثال (17): احسب عدد تأكسد (Cl) في كل مما يلي:

أ- (HCl) ب- $(HClO_4)$ ج- (ClO_4^-) د- $(HClO_3)$

مثال (18): احسب عدد تأكسد (S) في كل مما يلي:

أ- (SO_2) ب- (H_2S) ج- $(S_2O_3^{2-})$ د- (H_2SO_3)

عثمان قدور

- **يمكن تلخيص قواعد حساب أعداد التأكسد حسب الجدول التالي:**

الرَّقْمُ	قواعد أساسية لحساب أعداد التأكسد	مثال	عددُ التأكسد
1	عدد تأكسد ذرّة العنصر الحُرِّ يساوي صفرًا، سواء وُجِدَ على شكل ذرّات أو جُزيئات.	C N_2 S_8	0 0 0
2	عدد تأكسد الأيون أُحادي الذرّة يساوي شحنة هذا الأيون.	Cu^{2+} Br^-	+2 −1
3	عدد تأكسد عناصر المجموعة الأولى IA وعناصر المجموعة الثانية IIA وعنصر الألمنيوم في جميع مركّباتها يساوي: 1+ ،2+ ،3+ على الترتيب.	Li في Li_2O Ca في CaO Al في AlF_3	+1 +2 +3
4	عدد تأكسد الهيدروجين في معظم مركّباته (+1)، ما عدا عندما يرتبط مع الفلزّات مكوِّنًا هيدريد الفلزّ، فيكون حينئذ (-1).	H في HF H في NaH H في BaH_2	+1 −1 −1
5	عدد تأكسد الأكسجين في معظم مركّباته (-2)، ما عدا فوق الأكاسيد، فيكون حينئذ (-1)، وعندما يرتبط مع الفلور يكون موجبًا.	O في H_2O O في K_2O_2 O في OF_2	−2 −1 +2
6	عدد تأكسد الفلور في جميع مركّباته يساوي (-1)، وعدد تأكسد الهالوجينات Cl، Br، I في معظم مركّباتها يساوي (-1)، أما إذا ارتبط أي منها مع الأكسجين أو مع هالوجين سالبيته الكهربائية أعلى فيكون عدد تأكسده موجبا.	F في NaF I في KI Cl في ClF Br في $HBrO_2$	−1 −1 +1 +3
7	مجموع أعداد التأكسد لجميع ذرّات أو أيونات العناصر المكوِّنة للمركّب المتعادل يساوي صفرًا.		
8	مجموع أعداد التأكسد لجميع ذرّات العناصر المكوِّنة لأيون متعدِّد الذرّات يساوي شحنة هذا الأيون.		

عثمان قدور (0788004769)

- من خلال دراستك أعداد التأكسد وعلاقتها بتعريف التأكسد والاختزال ، يمكن معرفة الذرات او الأيونات التي تأكسدت او اختزلت في تفاعلات التأكسد والاختزال كما في المثال التالي:

مثال (19):

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

- لمعرفة الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت، نقوم بحساب عدد التأكسد كما يلي:

$$\overset{+2}{Cu}^{2+} + \overset{0}{Zn} \longrightarrow \overset{0}{Cu} + \overset{+2}{Zn}^{2+}$$

- تغير عدد تأكسد (Zn) من (صفر) الى (+2)، لذلك تعتبر العملية تأكسد (فقد الكترونات).
- تغير عدد تأكسد (Cu) من (+2) الى (صفر) لذلك تعتبر العملية اختزال (اكتساب الكترونات).
- يمكن توضيح ذلك من خلال كتابة أنصاف التفاعلات كالتالي:

نصف تفاعل / اختزال: $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

نصف تفاعل / تأكسد: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

(نصف تفاعل / اختزال) نواتج $+ e^- \rightarrow$ متفاعلات

(نصف تفاعل / تأكسد) متفاعلات $\rightarrow$ نواتج $+ e^-$

مثال (20): حدد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت في التفاعل التالي:

$$Fe_2O_3 + CO \longrightarrow Fe + CO_2$$

الإجابة:

- لتحديد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت نقوم بحساب أعداد التأكسد كما يلي:

$$\overset{+3}{Fe_2}\overset{-2}{O_3} + \overset{+2}{C}\overset{-2}{O} \longrightarrow \overset{0}{Fe} + \overset{+4}{C}\overset{-2}{O_2}$$

عثمان قدور (0788004769)

نقصان عدد التأكسد من (+3) الى (0) / اختزال

$\overset{+3}{Fe_2O_3} + \overset{+2}{CO} \longrightarrow \overset{0}{Fe} + \overset{+4}{CO_2}$

زيادة عدد التأكسد من (+2) الى (+4) / تأكسد

- (C): الذرة التي اختزلت.
- (Fe): الذرة التي تأكسدت.

مثال (21): حدد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت في كل مما يلي:

1) $SO_2 + Br_2 + 2H_2O \rightarrow 2HBr + H_2SO_4$

2) $CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

3) $SiCl_4 + 2Mg \rightarrow 2MgCl_2 + Si$

الإجابة:

1- نقوم بإيجاد أعداد التأكسد لجميع الذرات في المواد المتفاعلة والمواد الناتجة:

$\overset{+4\ -2}{SO_2} + \overset{0}{Br_2} + \overset{+1\ -2}{2H_2O} \rightarrow \overset{+1\ -1}{2HBr} + \overset{+1\ +6\ -2}{H_2SO_4}$

- بعد تحديد أعداد التأكسد لكل ذرة نلاحظ أن الذرات التي حدث تغير على عدد تأكسدها هي:

نقصان عدد التأكسد من (0) الى (-1) / اختزال

$\overset{+4}{SO_2} + \overset{0}{Br_2} + 2H_2O \rightarrow \overset{-1}{2HBr} + \overset{+6}{H_2SO_4}$

زيادة عدد التأكسد من (+4) الى (+6) / تأكسد

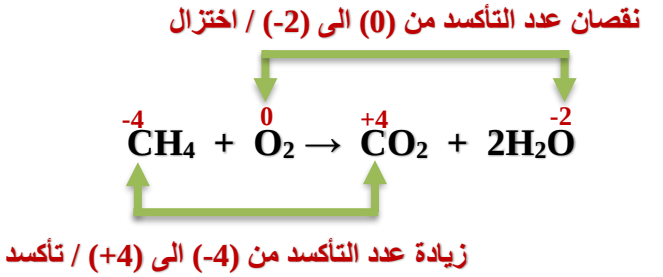
- (Br): الذرة التي اختزلت.
- (S): الذرة التي تأكسدت.

عثمان قدور (0788004769)

2- نقوم بإيجاد أعداد التأكسد لجميع الذرات في المواد المتفاعلة والمواد الناتجة:

$$\overset{-4}{C}\overset{+1}{H_4} + \overset{0}{O_2} \rightarrow \overset{+4}{C}\overset{-2}{O_2} + 2\overset{+1}{H_2}\overset{-2}{O}$$

- بعد تحديد أعداد التأكسد لكل ذرة نلاحظ أن الذرات التي حدث تغير على عدد تأكسدها هي:

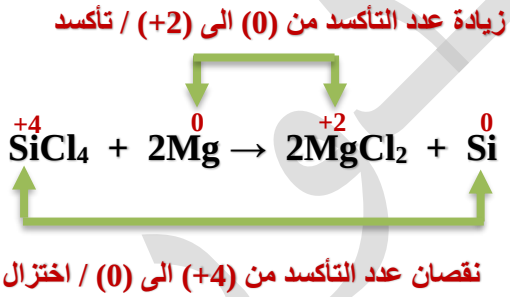


- (C): الذرة التي تأكسدت.
- (O): الذرة التي اختزلت.

3- نقوم بإيجاد أعداد التأكسد لجميع الذرات في المواد المتفاعلة والمواد الناتجة:

$$\overset{+4}{Si}\overset{-1}{Cl_4} + 2\overset{0}{Mg} \rightarrow 2\overset{+2}{Mg}\overset{-1}{Cl_2} + \overset{0}{Si}$$

- بعد تحديد أعداد التأكسد لكل ذرة نلاحظ أن الذرات التي حدث تغير على عدد تأكسدها هي:



- (Mg): الذرة التي تأكسدت.
- (Si): الذرة التي اختزلت.

العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة

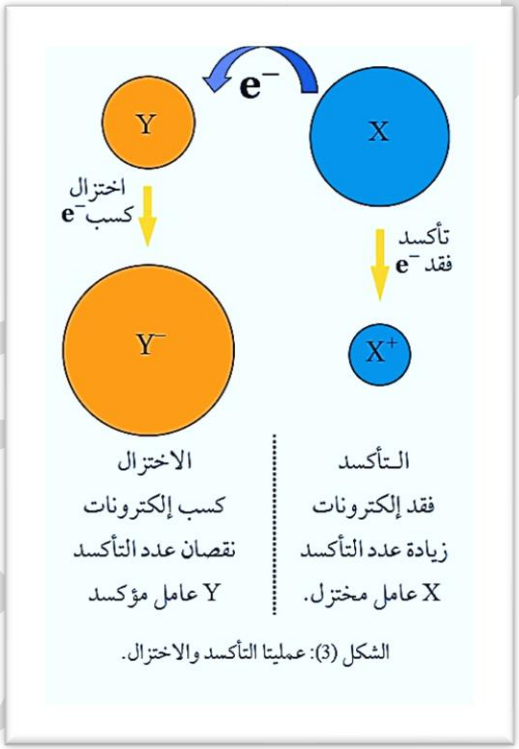
العامل المؤكسد: هي المادة التي يحدث لها اختزال وتسبب تأكسد المادة الأخرى، ومن الأمثلة عليها:

(F_2 , $K_2Cr_2O_7$, $KMnO_4$, O_2).

العامل المختزل: هي المادة التي يحدث لها تأكسد وتسبب اختزال المادة الأخرى، ومن الأمثلة عليها:

(CO , $NaBH_4$, $LiAlH_4$)

- **من خلال ما سبق نلاحظ أن كل تفاعل تؤكسد يحتاج الى عامل مؤكسد، وكل تفاعل اختزال يحتاج الى عامل مختزل.**



الشكل (3): عمليتا التأكسد والاختزال.

مثال (22): **في المعادلة التالية:** $Ag^{+} + Al \longrightarrow Ag + Al^{3+}$

- **(Al): حدث للألمونيوم تأكسد من (0) الى (+3) ويعتبر عامل مختزل لأنه سبب اختزال أيون الفضة (Ag^{+})، يحتاج الى عامل مؤكسد.**

- **(Ag^{+}): حدث للفضة اختزال من (+1) الى (0) ولذلك يعتبر عامل مؤكسد لأنه سبب تأكسد الألمنيوم (Al)، ويحتاج الى عامل مختزل.**

عثمان قدور (0788004769)

مثال (23): في التفاعلات التالية، حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل منها:

1- $Fe_2O_3 + CO \longrightarrow Fe + CO_2$

2- $Al + O_2 \longrightarrow Al_2O_3$

3- $H_2 + Na \longrightarrow NaH$

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

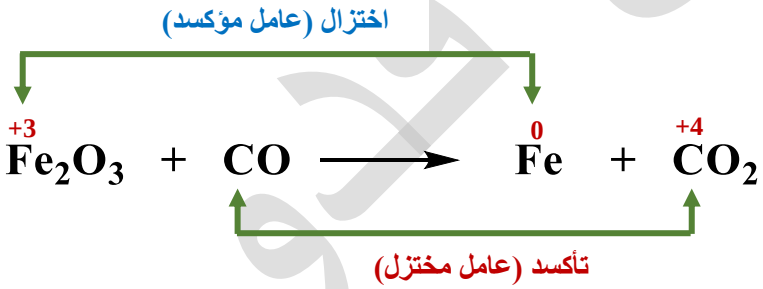
5- $Cr_2O_7^{2-} + CH_3OH \longrightarrow Cr^{3+} + CH_2O$

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

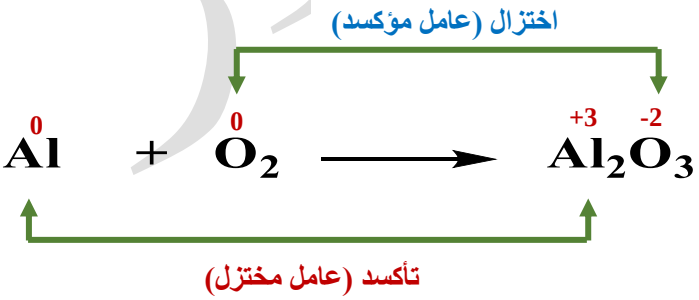
الإجابة:

- يجب إيجاد أعداد التأكسد للعناصر التي تغيرت أعداد تأكسدها لمعرفة إذا كان قد حدث تأكسد أم اختزال.

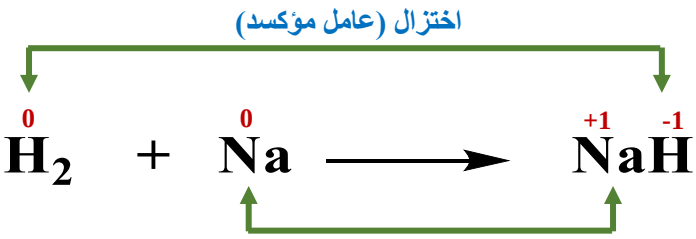
-1



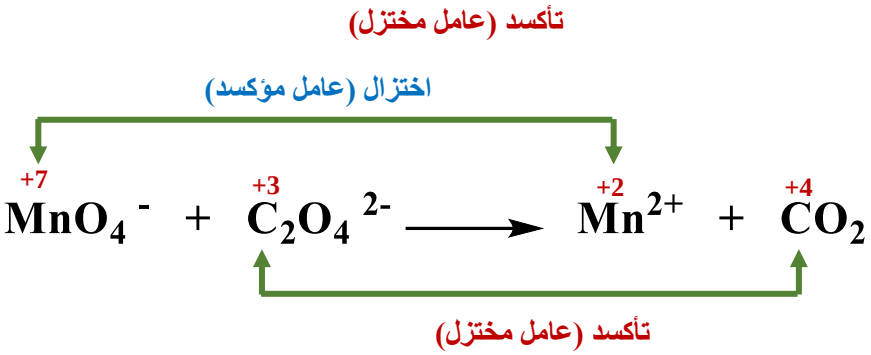
-2



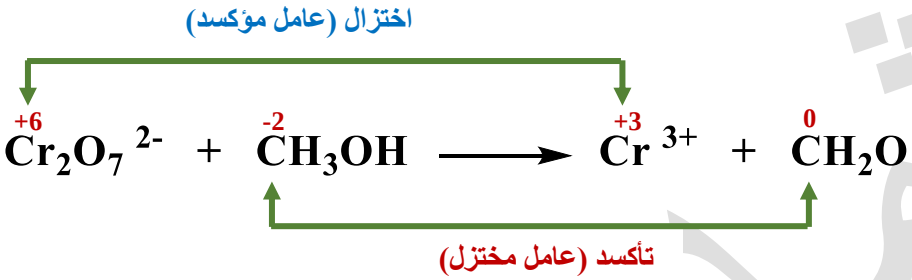
-3



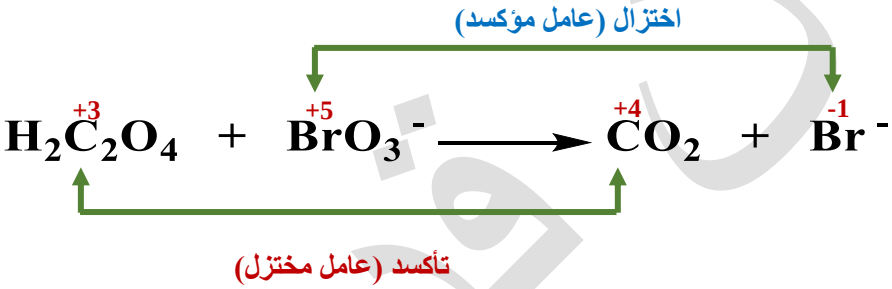
-4



-5



-6



- هناك بعض المواد قد تسلك كعوامل مؤكسدة وأيضا كعوامل مختزلة حسب طبيعة التفاعل.

مثال (24): حدد سلوك (O_2) في التفاعلين التاليين كعامل مؤكسد أو كعامل مختزل.

1) $O_2 + H_2 \longrightarrow H_2O$

2) $O_2 + F_2 \longrightarrow F_2O$

الإجابة:

1- في التفاعل الأول: (O_2) يعتبر عامل مؤكسد، حيث تغير عدد تأكسد الأكسجين من (0) الى (-2) أي حدث اختزال.

$\overset{0}{O_2} + \overset{0}{H_2} \rightarrow \overset{+1\ -2}{H_2O}$

2- في التفاعل الثاني: (O_2) يعتبر عامل مختزل، حيث تغير عدد تأكسد الأكسجين من (0) الى (+2) أي حدث تأكسد.

$$\overset{0}{O_2} + \overset{0}{F_2} \rightarrow \overset{+1\ -2}{F_2O}$$

مثال (25): حدد سلوك (H_2) في التفاعلين التاليين كعامل مؤكسد أو كعامل مختزل.

1) $H_2 + O_2 \longrightarrow H_2O$

2) $H_2 + Na \longrightarrow NaH$

مثال (26): أي التحولات التالية يحتاج الى عامل مؤكسد وأيها يحتاج الى عامل مختزل.

1) $SO_2 \longrightarrow SO_4^{2-}$

2) $Cr_2O_7 \longrightarrow Cr^{3+}$

3) $MnO4 \longrightarrow Mn^{2+}$

4) $Fe^{3+} \longrightarrow Fe^{2+}$

- يجب أولا تحديد نوع نصف التفاعل اذا كان عامل مؤكسد فإنه يحتاج الى عامل مختزل، وإذا كان عامل مختزل فإنه يحتاج الى عامل مؤكسد.

1- نلاحظ في تغير عدد تأكسد (S) من (+4) الى (+6) وبالتالي حدث له تأكسد (عامل مختزل) وعليه فإن التحول يحتاج الى عامل مؤكسد.

$$\overset{+4}{SO_2} \rightarrow \overset{+6}{SO_4^{2-}}$$

2- نلاحظ في تغير عدد تأكسد (Cr) من (+7) الى (+3) وبالتالي حدث له اختزال (عامل مؤكسد) وعليه فإن التحول يحتاج الى عامل مختزل.

$$\overset{+7}{Cr_2O_7} \rightarrow \overset{+3}{Cr^{3+}}$$

عثمان قدور (0788004769)

3- نلاحظ في تغير عدد تأكسد (Mn) من (+8) الى (+2) وبالتالي حدث له اختزال (عامل مؤكسد) وعليه فإن التحول يحتاج الى عامل مختزل.

$$\overset{+8}{MnO_4} \rightarrow \overset{+2}{Mn^{2+}}$$

4- نلاحظ في تغير عدد تأكسد (Fe) من (+3) الى (+2) وبالتالي حدث له اختزال (عامل مؤكسد) وعليه فإن التحول يحتاج الى عامل مختزل.

$$\overset{+3}{Fe^{3+}} \rightarrow \overset{+2}{Fe^{2+}}$$

يعتبر تفاعل الثيرمايت من تفاعلات التأكسد والاختزال الذي يستخدم في إصلاح السكك الحديدية، حيث ينصهر الحديد الناتج بفعل الحرارة، ويصب مباشرة في أماكن الكسر في السكة الحديدية:

$$2Al_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \rightarrow 2Fe_{(l)} + Al_2O_{3(s)}$$

- نلاحظ أنه حدث تأكسد للألمنيوم (عامل مختزل)، وفي المقابل حدث اختزال للحديد (عامل مؤكسد).

مثال (27): في التفاعل التالي:

$$Mg + 2H^+ \longrightarrow Mg^{2+} + H_2$$

1- حدد كل من :

- المادة التي تأكسدت.
- المادة التي اختزلت.
- العامل المؤكسد.
- العامل المختزل.
- عدد الالكترونات المنتقلة أثناء التفاعل.

2- اكتب التفاعلات النصفية.

الإجابة:

1- (Mg): تأكسدت.
- (H^+) : اختزلت.
- (H^+) : عامل مؤكسد.
(Mg): عامل مختزل.
- عدد الالكترونات المنتقلة يساوي ($2e^-$).

2-

نصف تفاعل / تأكسد: $Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^-$

نصف تفاعل / اختزال: $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H2$

عثمان قدور (0788004769)

مثال (28): في التفاعل التالي:

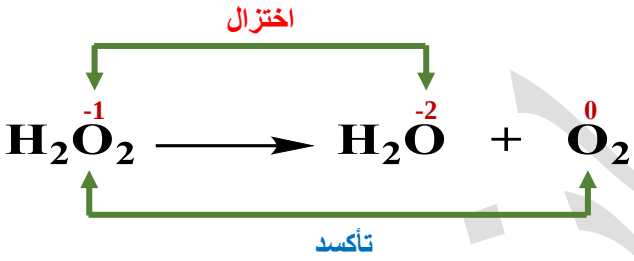
$$Al + Cu^{2+} \longrightarrow Al^{3+} + Cu$$

- أجب عن الأسئلة الواردة في المثال السابق.

التأكسد والاختزال الذاتي

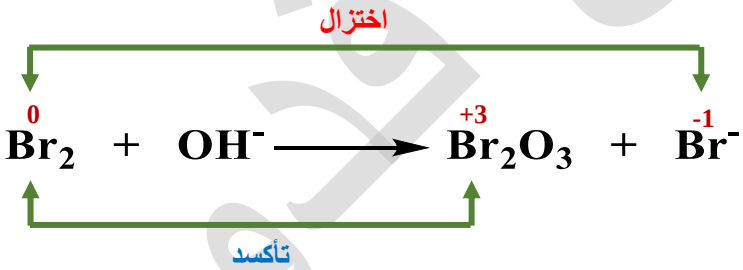
هو سلوك نفس المادة في نفس التفاعل كعامل مؤكسد وعامل مختزل، أي حدوث عمليتي التأكسد والاختزال لنفس المادة في نفس التفاعل.

-1



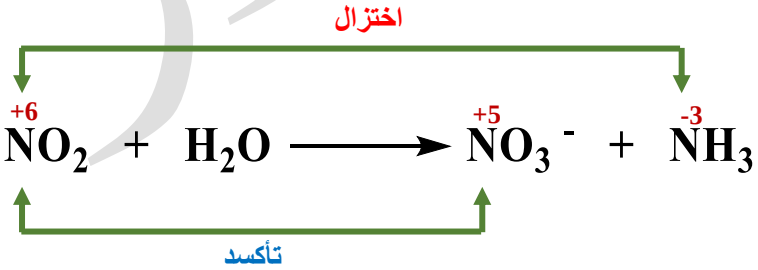
(H_2O_2): عامل مؤكسد وعامل مختزل.

-2



(Br_2): عامل مؤكسد وعامل مختزل.

-3



(NO_2): عامل مؤكسد وعامل مختزل.

عثمان قدور (0788004769)

مثال (29): حدد المعادلات التي تمثل تفاعل تأكسد واختزال ذاتي:

1) $2ClO^-_{(aq)} \rightarrow ClO_4^-{}_{(aq)} + ClO_2^-{}_{(aq)}$

2) $H_2SO_{4(aq)} + 2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow SO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$

3) $2CuCl_{(aq)} \rightarrow CuCl_{2(aq)} + Cu_{(s)}$

- **ممكن تلخيص ما سبق حيث:**

1- **تأكسد:** زيادة في نسبة الأكسجين.

2- **تأكسد:** فقد الالكترونات وزيادة عدد التأكسد.

3- **عامل مؤكسد:** مادة يحدث لها تأكسد وتختزل غيرها.

4- **اختزال:** نقصان نسبة الأكسجين.

5- **اختزال:** اكتساب الالكترونات ونقصان عدد التأكسد.

6- **عامل مختزل:** مادة يحدث لها اختزال وتؤكسد غيرها.

مثال (30): في التفاعلات التالية، حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل.

1) $P_4 + H_2O \longrightarrow PH_3 + H_2PO_3^-$

2) $Cl_2 + 2OH^- \longrightarrow Cl^- + ClO^- + H_2O$

مثال (31): ما عدد مولات الالكترونات اللازمة للتحول التالي: $2NH_4^+ \longrightarrow N_2$

الإجابة:

- نلاحظ أن عدد تأكسد النيتروجين قد تغير من (-3) الى (0)، أي أن كل ذرة (N) تحتاج الى (3) الكترونات، لذلك عدد مولات الالكترونات تساوي (6 mol). لأن كل مول من (NH_4^+) يحتاج الى (3 mol)، وبما أنه يوجد (2 mol) من (NH_4^+) فالعدد الكلي يساوي (6 mol).

عثمان قدور (0788004769)

موازنة معادلات التأكسد والاختزال

- كي تكون المعادلة الكيميائية موزونة لا بد من توفر شرطين أساسيين هما:

1- **قانون حفظ المادة: ينص على تساوي أعداد الذرات وأنواعها في طرفي المعادلة الكيميائية.**

- أي أن أعداد الذرات وأنواعها في المواد المتفاعلة يساوي أعداد الذرات وأنواعها في المواد الناتجة.

2- **قانون حفظ الشحنة: ينص على تساوي المجموع الجبري للشحنات في طرفي المعادلة.**

- أي أن المجموع الكلي الجبري للشحنة للمواد المتفاعلة مساوٍ للمجموع الكلي الجبري للمواد الناتجة.

موازنة معادلات التأكسد والاختزال بطريقة نصف التفاعل (أيون – إلكترون)

أ- تقسم المعادلة الى نصفي تفاعل.

ب- يتم موازنة كل نصف تفاعل على حدة.

ج- الضرب التبادلي لأنصاف التفاعلات بمعاملات الإلكترونات.

مثال (32): وازن المعادلة التالية تأكسد واختزال بطريقة (أيون – إلكترون).

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

الإجابة:

- نقوم بتحديد المادة التي تأكسدت والمادة التي اختزلت ومن ثم كتابة أنصاف التفاعلات على النحو التالي:

$Ag^{+} + 1e^{-} \longrightarrow Ag$ **نصف تفاعل / اختزال:**

$Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^{-}$ **نصف تفاعل / تأكسد:**

عثمان قدور (0788004769)

- يتم الضرب التبادلي بمعاملات الإلكترونات:

نصف تفاعل / اختزال: $(Ag^+ + 1e^- \longrightarrow Ag) \times 2$

نصف تفاعل / تأكسد: $(Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^-) \times 1$

بعد الضرب التبادلي:

$2Ag^+ + \cancel{2e^-} \longrightarrow 2\,Ag$

$Cu \longrightarrow Cu^{2+} + \cancel{2e^-}$

المعادلة النهائية بعد اختصار الالكترونات: $2Ag^+ + Cu \longrightarrow 2Ag + Cu^{2+}$

- يتم التأكد من صحة الموازنة بتطبيق قانون حفظ المادة وحفة الشحنة حيث:
- عدد ذرات (Ag) في المواد المتفاعلة تساوي عدد ذرات (Ag) في المواد الناتجة وتساوي (2) ذرة.
- عدد ذرات (Cu) في المواد المتفاعلة تساوي عدد ذرات (Cu) في المواد الناتجة وتساوي (1) ذرة.
- مجموع الشحنة الكلية للمواد المتفاعلة تساوي مجموع الشحنة الكلية للمواد الناتجة وتساوي (+2).

مثال (33): وازن المعادلة التالية: $Al + Cu^{2+} \longrightarrow Al^{3+} + Cu$

الإجابة:

- نقوم بتحديد المادة التي تأكسدت والمادة التي اختزلت ومن ثم كتابة أنصاف التفاعلات على النحو التالي:

نصف تفاعل / اختزال: $Al \longrightarrow Al^{3+} + 3e^-$

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

عثمان قدور (0788004769)

$(Al \longrightarrow Al^{3+} + 3e^-) \times 2$

الضرب التبادلي بمعاملات الالكترونات:

$(Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu) \times 3$

$2Al \longrightarrow 2Al^{3+} + \cancel{6e^-}$

بعد الضرب التبادلي:

$3Cu^{2+} + \cancel{6e^-} \longrightarrow 3Cu$

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

المعادلة النهائية بعد اختصار الالكترونات:

- عدد الالكترونات المنتقلة ($6e^-$).

مثال (34): وازن المعادلة التالية:

$I^- + Cr^{3+} \longrightarrow I_2 + Cr^{2+}$

الإجابة:

$2I^- \longrightarrow I_2 + 2e^-$

نصف تفاعل / تأكسد:

$Cr^{3+} + 1e^- \longrightarrow Cr^{2+}$

نصف تفاعل / اختزال:

$(2I^- \longrightarrow I_2 + 2e^-) \times 1$

الضرب التبادلي بمعاملات الالكترونات:

$(Cr^{3+} + 1e^- \longrightarrow Cr^{2+}) \times 2$

$2I^- \longrightarrow I_2 + \cancel{2e^-}$

بعد الضرب التبادلي:

$2Cr^{3+} + \cancel{2e^-} \longrightarrow 2Cr^{2+}$

$2I^- + 2Cr^{3+} \longrightarrow I_2 + 2Cr^{2+}$

المعادلة النهائية بعد اختصار الالكترونات:

عثمان قدور

عثمان قدور (0788004769)

موازنة معادلات التأكسد والاختزال بطريقة نصف التفاعل في الوسط الحمضي

- **نقوم بتطبيق الخطوات التالية عند الموازنة:**

أ- تقسم المعادلة الى نصفي تفاعل.

ب- يتم موازنة كل نصف تفاعل على حدة.

ج- الضرب التبادلي لأنصاف التفاعلات بمعاملات الإلكترونات.

- **نتبع الخطوات التالية عند موازنة كل نصف على حدة كما في نصف التفاعل التالي:**

$$Cr_2O_7^{2-} \rightarrow Cr^{3+}$$

1- موازنة الذرات باستثناء (O) و (H) وذلك بضرب الذرة الأقل عدداً بالمعامل امام الذرة حسب قانون حفظ المادة.

نقوم بموازنة ذرات (Cr) فقط: $Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow Cr^{3+}$

المعادلة بعد موازنة ذرات (Cr): $Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 2Cr^{3+}$

2- موازنة ذرات (O): وذلك بإضافة جزيئات ماء (H_2O) الى الطرف الذي يحتوي على عدد أقل من ذرات (O) بمقدار الزيادة في الطرف الاخر.

- بما أن المتفاعلات تحتوي على (7) ذرات من الأكسجين، والنواتج لا تحتوي على أي ذرة أكسجين، فإننا نقوم بإضافة (7) جزيئات ماء (H_2O) الى طرف النواتج:

موازنة ذرات (O) وإضافة جزيئات (H_2O): $Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$

3- موازنة ذرات (H): وذلك بإضافة أيونات (H^+) الى الطرف الذي يحتوي على عدد أقل من ذرات (H) بمقدار الزيادة في الطرف الاخر.

عثمان قدور (0788004769)

- بما أن طرف النواتج يحتوي على (14) ذرة هيدروجين (H)، وطرف المتفاعلات لا يحتوي على أي ذرة (H) فإننا نقوم بإضافة ($14\ H^+$) الى طرف المتفاعلات:

موازنة ذرات (H) وإضافة أيونات (H^+):

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

4- موازنة الشحنات الكهربائية حسب قانون حفظ الشحنة: وذلك بإضافة الكترونات جهة الطرف الذي له مجموع شحنات أعلى بمقدار الفرق بين الطرفين.

- نلاحظ أن مجموع الشحنة في المتفاعلات أعلى من مجموع الشحنة في النواتج وأن الفرق بين الطرفين هو (6+) ولذلك يتم إضافة ($6e^-$) الى طرف المتفاعلات لتعويض الفرق.

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

+14 , -2 , +12 , +6 , 0 , +6

- تصبح المعادلة بعد موازنة الشحنات:

نصف تفاعل / اختزال:

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

مثال (35): وازن نصف التفاعل التالي علما بأنه يحدث في وسط حمضي:

$$SO_2 \longrightarrow SO_4^{2-}$$

الإجابة:

- من خلال قواعد أعداد التأكسد نجد أن عدد تأكسد الكبريت قد تغير من (+4) الى (+6) وبالتالي فإن المادة قد حدث لها تأكسد.
- يتم موازنة نصف التفاعل كما يلي:

عثمان قدور (0788004769)

$$SO_2 \longrightarrow SO_4^{2-}$$

موازنة الاكسجين: $2H_2O + SO_2 \longrightarrow SO_4^{2-}$

موازنة الهيدروجين: $2H_2O + SO_2 \longrightarrow SO_4^{2-} + 4H^+$

موازنة الشحنة / نصف تفاعل تأكسد: $2H_2O + SO_2 \longrightarrow SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^-$

مثال (36): وازن معادلة التأكسد والاختزال التالية بطريقة نصف التفاعل (أيون – إلكترون) علما بأنه يحدث في وسط حمضي.

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

الإجابة:

- يتم تقسيم المعادلة الى أنصاف تفاعلات وموازنة كل نصف على حدة كما يلي:

$$Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+}$$

نصف تفاعل / تأكسد: $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + 1e^-$

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

موازنة الاكسجين: $MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

موازنة الهيدروجين: $8H^+ + MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

موازنة الشحنة / نصف تفاعل اختزال: $5e^- + 8H^+ + MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

- <u>الضرب التبادلي بمعاملات الالكترونات:</u>

$$(Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + 1e^-) \times 5$$

$$(5e^- + 8H^+ + MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O) \times 1$$

عثمان قدور (0788004769)

- **المعادلتين بعد الضرب التبادلي:**

$$5Fe^{2+} \longrightarrow 5Fe^{3+} + \cancel{5e^-}$$

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

المعادلة النهائية: $5Fe^{2+} + 8H^+ + MnO_4^- \longrightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$

مثال (37): وازن المعادلة التالية:

$$Sb_2S_3 + NO_3^- \longrightarrow NO + Sb_2O_5 + S$$

الإجابة:

نصف تفاعل / تأكسد: $Sb_2S_3 \longrightarrow Sb_2O_5 + S$

موازنة ذرات (S) / (Sb): $Sb_2S_3 \longrightarrow Sb_2O_5 + 3S$

موازنة الاكسجين: $5H_2O + Sb_2S_3 \longrightarrow Sb_2O_5 + 3S$

موازنة الهيدروجين: $5H_2O + Sb_2S_3 \longrightarrow Sb_2O_5 + 3S + 10H^+$

موازنة الشحنة: $5H_2O + Sb_2S_3 \longrightarrow Sb_2O_5 + 3S + 10H^+ + 10e^-$

نصف تفاعل / اختزال: $NO_3^- \longrightarrow NO$

موازنة الاكسجين: $NO_3^- \longrightarrow NO + 2H_2O$

موازنة الهيدروجين: $4H^+ + NO_3^- \longrightarrow NO + 2H_2O$

موازنة الشحنة: $3e^- + 4H^+ + NO_3^- \longrightarrow NO + 2H_2O$

عثمان قدور (0788004769)

- **الضرب التبادلي بمعاملات الشحنات:**

$$(3e^- + 4H^+ + NO_3^- \longrightarrow NO + 2H_2O) \times 10$$

$$(5H_2O + Sb_2S_3 \longrightarrow Sb_2O_5 + 3S + 10H^+ + 10e^-) \times 3$$

- **المعادلتين بعد الضرب التبادلي وجمع نصفي التفاعل:**

$$\cancel{30e^-} + \overset{10H^+}{\cancel{40H^+}} + 10NO_3^- \longrightarrow 10NO + \overset{5H_2O}{\cancel{20H_2O}}$$

$$15H_2O + 3Sb_2S_3 \longrightarrow 3Sb_2O_5 + 9S + \cancel{30H^+} + \cancel{30e^-}$$

المعادلة النهائية:

$$10H^+ + 10NO_3^- + 3Sb_2S_3 \longrightarrow 3Sb_2O_5 + 9S + 10NO + 5H_2O$$

- عدد الإلكترونات المنتقلة = $30e^-$
- العامل المؤكسد: (NO_3^-).
- العامل المختزل: (Sb_2S_3).

مثال (38): وازن المعادلة التالية في وسط حمضي.

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

الإجابة:

نصف تفاعل / تأكسد: $CH_3CHO \longrightarrow CH_3COOH$

موازنة الاكسجين: $H_2O + CH_3CHO \longrightarrow CH_3COOH$

موازنة الهيدروجين: $H_2O + CH_3CHO \longrightarrow CH_3COOH + 2H^+$

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

عثمان قدور (0788004769)

نصف تفاعل / اختزال: $MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+}$

موازنة الاكسجين: $MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

موازنة الهيدروجين: $8H^+ + MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

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

- **الضرب التبادلي بمعاملات الشحنات:**

$$(H_2O + CH_3CHO \longrightarrow CH_3COOH + 2H^+ + 2e^-) \times 5$$

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

- **المعادلتين بعد الضرب التبادلي وجمع نصفي التفاعل:**

$$\cancel{5H_2O} + 5CH_3CHO \longrightarrow 5CH_3COOH + \cancel{10H^+} + \cancel{10e^-}$$

$$\cancel{10e^-} + \cancel{16H^+} + 2MnO_4^- \longrightarrow 2Mn^{2+} + \cancel{8H_2O}$$

$6H^+$ $\quad$ $3H_2O$

المعادلة النهائية:

$$6H^+ + 2MnO_4^- + 5CH_3CHO \longrightarrow 5CH_3COOH + 2Mn^{2+} + 3H_2O$$

مثال (39): وازن المعادلة التالية بطريقة أنصاف التفاعلات (أيون – إلكترون) علما بأن التفاعل يحدث في وسط حمضي.

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

مثال (40): وازن المعادلة التالية في الوسط الحمضي:

$$ICl \longrightarrow IO_3^- + I_2 + Cl^-$$

عثمان قدور (0788004769)

الإجابة:

نصف تفاعل / تأكسد: $ICl \longrightarrow IO_3^- + Cl^-$

موازنة الاكسجين: $3H_2O + ICl \longrightarrow IO_3^- + Cl^-$

موازنة الهيدروجين: $3H_2O + ICl \longrightarrow IO_3^- + Cl^- + 6H^+$

موازنة الشحنة: $3H_2O + ICl \longrightarrow IO_3^- + Cl^- + 6H^+ + 4e^-$

نصف تفاعل / اختزال: $ICl \longrightarrow I_2 + Cl^-$

موازنة (Cl),(I): $2ICl \longrightarrow I_2 + 2Cl^-$

موازنة الشحنة: $2e^- + 2ICl \longrightarrow I_2 + 2Cl^-$

- **الضرب التبادلي بمعاملات الشحنات:**

$(3H_2O + ICl \longrightarrow IO_3^- + Cl^- + 6H^+ + 4e^-) \times 1$

$(2e^- + 2ICl \longrightarrow I_2 + 2Cl^-) \times 2$

- **المعادلتين بعد الضرب التبادلي وجمع نصفي التفاعل:**

$3H_2O + ICl \longrightarrow IO_3^- + Cl^- + 6H^+ + \cancel{4e^-}$

$\cancel{4e^-} + 4ICl \longrightarrow 2I_2 + 4Cl^-$

المعادلة النهائية: $3H_2O + 5ICl \longrightarrow IO_3^- + 5Cl^- + 2I_2 + 6H^+$

- في التفاعل السابق حدث تأكسد واختزال ذاتي لـــ (ICl).
- (Cl^-): عامل مشترك في النواتج.
- (ICl): عامل مؤكسد ومختزل.

عثمان قدور (0788004769)

موازنة معادلات التأكسد والاختزال بطريقة نصف التفاعل في الوسط القاعدي

- **لموازنة معادلات التأكسد والاختزال في وسط قاعدي:**

1- نتبع نفس طريقة موازنة الوسط الحمضي حتى بلوغ المعادلة النهائية إما النصفية أو الكلية.

2- يضاف الى طرفي المعادلة أيونات (OH^-) بعدد أيونات (H^+).

3- يتم تحويل (OH^-) و (H^+) الى ماء (H_2O).

4- الاختصار إن وجد.

مثال (41): وازن معادلة التأكسد والاختزال التالية بطريقة أنصاف التفاعلات (ايون – إلكترون) في وسط قاعدي.

$$Fe^{2+} + MnO_4^- \longrightarrow Fe^{3+} + MnO_2$$

الإجابة:

نصف تفاعل / تأكسد: $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+}$

موازنة الشحنة: $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + 1e^-$

نصف تفاعل / اختزال: $MnO_4^- \longrightarrow MnO_2$

موازنة الاكسجين: $MnO_4^- \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O$

موازنة الهيدروجين: $4H^+ + MnO_4^- \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O$

موازنة الشحنة: $3e^- + 4H^+ + MnO_4^- \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O$

عثمان قدور (0788004769)

- **الضرب التبادلي بمعاملات الشحنات:**

$$(3e^- + 4H^+ + MnO_4^- \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O) \times 1$$

$$(Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + 1e^-) \times 3$$

- **المعادلتين بعد الضرب التبادلي وجمع نصفي التفاعل:**

$$3Fe^{2+} \longrightarrow 3Fe^{3+} + \cancel{3e^-}$$

$$\cancel{3e^-} + 4H^+ + MnO_4^- \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O$$

$$4H^+ + MnO_4^- + 3Fe^{2+} \longrightarrow 3Fe^{3+} + MnO_2 + 2H_2O$$

- **التحويل الى الوسط القاعدي بإضافة (OH^-) الى طرفي المعادلة:**

$$(\overset{4H_2O}{\cancel{4H^+ + 4OH^-}}) + MnO_4^- + 3Fe^{2+} \longrightarrow 3Fe^{3+} + MnO_2 + 2H_2O + 4OH^-$$

$$\overset{2H_2O}{\cancel{4H_2O}} + MnO_4^- + 3Fe^{2+} \longrightarrow 3Fe^{3+} + MnO_2 + \cancel{2H_2O} + 4OH^-$$

المعادلة النهائية:

$$2H_2O + MnO_4^- + 3Fe^{2+} \longrightarrow 3Fe^{3+} + MnO_2 + 4OH^-$$

مثال (42): وازن المعادلة التالية في وسط قاعدي:

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow ClO^- + Cl^-$$

عثمان قدور (0788004769)

الإجابة:

نصف تفاعل / تأكسد: $Cl_2 \longrightarrow 2ClO^-$

موازنة الاكسجين: $2H_2O + Cl_2 \longrightarrow 2ClO^-$

موازنة الهيدروجين: $2H_2O + Cl_2 \longrightarrow 2ClO^- + 4H^+$

موازنة الشحنة: $2H_2O + Cl_2 \longrightarrow 2ClO^- + 4H^+ + 2e^-$

نصف تفاعل / اختزال: $Cl_2 \longrightarrow 2Cl^-$

موازنة الشحنة: $2e^- + Cl_2 \longrightarrow 2Cl^-$

معاملات الشحنات متشابهة ولا حاجة للضرب للتبادلي:

$2H_2O + Cl_2 \longrightarrow 2ClO^- + 4H^+ + \cancel{2e^-}$

$\cancel{2e^-} + Cl_2 \longrightarrow 2Cl^-$

$2H_2O + 2Cl_2 \longrightarrow 2ClO^- + 2Cl^- + 4H^+$

التحويل الى الوسط القاعدي بإضافة (OH^-) الى طرفي المعادلة:

$4OH^- + 2H_2O + 2Cl_2 \longrightarrow 2ClO^- + 2Cl^- + (\cancel{4H^+ + 4OH^-})$ (فوق $4H_2O$)

$4OH^- + \cancel{2H_2O} + 2Cl_2 \longrightarrow 2ClO^- + 2Cl^- + \cancel{4H_2O}$ (فوق $2H_2O$)

المعادلة النهائية:

$4OH^- + 2Cl_2 \longrightarrow 2ClO^- + 2Cl^- + 2H_2O$

عثمان قدور (0788004769)

مثال (43): وازن المعادلة التالية بطريقة نصف التفاعل في وسط قاعدي ثم حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل.

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

الإجابة:

نصف تفاعل / تأكسد: $Cr_2O_3 \longrightarrow CrO_4^{2-}$

موازنة ذرات (Cr): $Cr_2O_3 \longrightarrow CrO_4^{2-}$

موازنة الاكسجين: $5H_2O + Cr_2O_3 \longrightarrow 2CrO_4^{2-}$

موازنة الهيدروجين: $5H_2O + Cr_2O_3 \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 10H^+$

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

نصف تفاعل / اختزال: $ClO^- \longrightarrow Cl^-$

موازنة الاكسجين: $ClO^- \longrightarrow Cl^- + H_2O$

موازنة الهيدروجين: $2H^+ + ClO^- \longrightarrow Cl^- + H_2O$

موازنة الشحنة: $2e^- + 2H^+ + ClO^- \longrightarrow Cl^- + H_2O$

الضرب التبادلي بمعاملات الشحنات:

$$(5H_2O + Cr_2O_3 \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 10H^+ + 6e^-) \times 1$$

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

المعادلتين بعد الضرب التبادلي وجمع نصفي التفاعل:

$$\overset{2H_2O}{\cancel{5H_2O}} + Cr_2O_3 \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + \overset{4H^+}{\cancel{10H^+}} + \cancel{6e^-}$$

$$\cancel{6e^-} + \cancel{6H^+} + 3ClO^- \longrightarrow 3Cl^- + \cancel{3H_2O}$$

عثمان قدور (0788004769)

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

التحويل الى الوسط القاعدي بإضافة (OH^-) الى طرفي المعادلة:

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

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

المعادلة النهائية:

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

- (ClO^-): عامل مؤكسد.
- (Cr_2O_3): عامل مختزل.

مثال (44): وازن المعادلة التالية:

$$Al + H_2O \xrightarrow{OH^-} Al(OH)_4^- + H_2$$

الإجابة:

نصف تفاعل / تأكسد: $Al \longrightarrow Al(OH)_4^-$

موازنة الاكسجين: $4H_2O + Al \longrightarrow Al(OH)_4^-$

موازنة الهيدروجين: $4H_2O + Al \longrightarrow Al(OH)_4^- + 4H^+$

موازنة الشحنة: $4H_2O + Al \longrightarrow Al(OH)_4^- + 4H^+ + 3e^-$

عثمان قدور (0788004769)

نصف تفاعل / اختزال: $H_2O \longrightarrow H_2$

موازنة الاكسجين: $H_2O \longrightarrow H_2 + H_2O$

موازنة الهيدروجين: $2H^+ + H_2O \longrightarrow H_2 + H_2O$

موازنة الشحنة: $2e^- + 2H^+ + H_2O \longrightarrow H_2 + H_2O$

الضرب التبادلي بمعاملات الشحنات:

$$(4H_2O + Al \longrightarrow Al(OH)_4^- + 4H^+ + 3e^-) \times 2$$

$$(2e^- + 2H^+ + H_2O \longrightarrow H_2 + H_2O) \times 3$$

المعادلتين بعد الضرب التبادلي وجمع نصفي التفاعل:

$$8H_2O + 2Al \longrightarrow 2Al(OH)_4^- + \cancel{8H^+}^{\,2H^+} + \cancel{6e^-}$$

$$\cancel{6e^-} + \cancel{6H^+} + \cancel{3H_2O} \longrightarrow 3H_2 + \cancel{3H_2O}$$

$$8H_2O + 2Al \longrightarrow 2Al(OH)_4^- + 3H_2 + 2H^+$$

التحويل الى الوسط القاعدي بإضافة (OH^-) الى طرفي المعادلة:

$$2OH^- + 8H_2O + 2Al \longrightarrow 2Al(OH)_4^- + 3H_2 + (2H^+ + \cancel{2OH^-}^{\,2H_2O})$$

$$2OH^- + \cancel{8H_2O}^{\,6H_2O} + 2Al \longrightarrow 2Al(OH)_4^- + 3H_2 + \cancel{2H_2O}$$

المعادلة النهائية:

$$2OH^- + 6H_2O + 2Al \longrightarrow 2Al(OH)_4^- + 3H_2$$

عثمان قدور (0788004769)

مثال (45): وازن المعادلة التالية:

$$P_4 + H_2O \xrightarrow{OH^-} PH_3 + H_2PO_3^-$$

الإجابة:

نصف تفاعل / تأكسد: $P_4 \longrightarrow H_2PO_3^-$

موازنة ذرات (P): $P_4 \longrightarrow 4H_2PO_3^-$

موازنة الاكسجين: $12H_2O + P_4 \longrightarrow 4H_2PO_3^-$

موازنة الهيدروجين: $12H_2O + P_4 \longrightarrow 4H_2PO_3^- + 16H^+$

موازنة الشحنة: $12H_2O + P_4 \longrightarrow 4H_2PO_3^- + 16H^+ + 12e^-$

نصف تفاعل / اختزال: $P_4 \longrightarrow PH_3$

موازنة الاكسجين: $P_4 \longrightarrow 4PH_3$

موازنة الهيدروجين: $12H^+ + P_4 \longrightarrow 4PH_3$

موازنة الشحنة: $12e^- + 12H^+ + P_4 \longrightarrow 4PH_3$

معاملات الشحنات متشابهة ولا حاجة للضرب للتبادلي:

$$12H_2O + P_4 \longrightarrow 4H_2PO_3^- + \cancel{16H^+}^{\,4H^+} + \cancel{12e^-}$$

$$\cancel{12e^-} + \cancel{12H^+} + P_4 \longrightarrow 4PH_3$$

$$12H_2O + 2P_4 \longrightarrow 4H_2PO_3^- + 4PH_3 + 4H^+$$

عثمان قدور (0788004769)

التحويل الى الوسط القاعدي بإضافة (OH^-) الى طرفي المعادلة:

$$4OH^- + 12H_2O + 2P_4 \longrightarrow 4H_2PO_3^- + 4PH_3 + (\cancel{4H^+} + \cancel{4OH^-})$$

(4H+ + 4OH- : 4H2O)

$$4OH^- + \cancel{12H_2O} + 2P_4 \longrightarrow 4H_2PO_3^- + 4PH_3 + \cancel{4H_2O}$$

(12H2O : 8H2O)

المعادلة النهائية:

$$4OH^- + 8H_2O + 2P_4 \longrightarrow 4H_2PO_3^- + 4PH_3$$

مثال (46): وازن التفاعل التالي:

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

الإجابة:

- **التفاعل يحدث في وسط حمضي (H^+):**

نصف تفاعل / تأكسد:
$$HSO_3^- \longrightarrow SO_4^{2-}$$

موازنة الاكسجين:
$$H_2O + HSO_3^- \longrightarrow SO_4^{2-}$$

موازنة الهيدروجين:
$$H_2O + HSO_3^- \longrightarrow SO_4^{2-} + 3H^+$$

موازنة الشحنة:
$$H_2O + HSO_3^- \longrightarrow SO_4^{2-} + 3H^+ + 2e^-$$

نصف تفاعل / اختزال:
$$2IO_3^- \longrightarrow I_2$$

موازنة الاكسجين:
$$2IO_3^- \longrightarrow I_2 + 6H_2O$$

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

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

عثمان قدور (0788004769)

الضرب التبادلي بمعاملات الشحنات:

$$(H_2O + HSO_3^- \longrightarrow SO_4^{2-} + 3H^+ + 2e^-) \times 5$$

$$(10e^- + 12H^+ + 2IO_3^- \longrightarrow I_2 + 6H_2O) \times 1$$

المعادلتين بعد الضرب التبادلي وجمع نصفي التفاعل:

$$\cancel{5H_2O} + 5HSO_3^- \longrightarrow 5SO_4^{2-} + \overset{3H^+}{\cancel{15H^+}} + \cancel{10e^-}$$

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

المعادلة النهائية:

$$2IO_3^- + 5HSO_3^- \longrightarrow 5SO_4^{2-} + I_2 + 3H^+ + H_2O$$

مثال (47): وازن المعادلة التالية في الوسط الحمضي.

$$As_2S_3 + NO_3^- \xrightarrow{H^+} AsO_4^{3-} + SO_4^{2-} + NO$$

الإجابة:

نصف تفاعل / تأكسد: $As_2S_3 \longrightarrow 2AsO_4^{3-} + SO_4^{2-}$

موازنة ذرات (As): $As_2S_3 \longrightarrow 2AsO_4^{3-} + 3SO_4^{2-}$

موازنة الاكسجين: $20H_2O + As_2S_3 \longrightarrow 2AsO_4^{3-} + 3SO_4^{2-}$

موازنة الهيدروجين: $20H_2O + As_2S_3 \longrightarrow 2AsO_4^{3-} + 3SO_4^{2-} + 40H^+$

موازنة الشحنة: $20H_2O + As_2S_3 \longrightarrow 2AsO_4^{3-} + 3SO_4^{2-} + 40H^+ + 28e^-$

عثمان قدور (0788004769)

نصف تفاعل / اختزال: $NO_3^- \longrightarrow NO$

موازنة الاكسجين: $NO_3^- \longrightarrow NO + 2H_2O$

موازنة الهيدروجين: $4H^+ + NO_3^- \longrightarrow NO + 2H_2O$

موازنة الشحنة: $3e^- + 4H^+ + NO_3^- \longrightarrow NO + 2H_2O$

الضرب التبادلي بمعاملات الشحنات:

$$(20H_2O + As_2S_3 \longrightarrow 2AsO_4^{3-} + 3SO_4^{2-} + 40H^+ + 28e^-) \times 3$$

$$(3e^- + 4H^+ + NO_3^- \longrightarrow NO + 2H_2O) \times 28$$

المعادلتين بعد الضرب التبادلي وجمع نصفي التفاعل:

$$\cancel{60H_2O}^{4H_2O} + 3As_2S_3 \longrightarrow 6AsO_4^{3-} + 9SO_4^{2-} + \cancel{120H^+}^{8H^+} + \cancel{84e^-}$$

$$\cancel{84e^-} + \cancel{112H^+} + 28NO_3^- \longrightarrow 28NO + \cancel{56H_2O}$$

المعادلة النهائية:

$$4H_2O + 28NO_3^- + 3As_2S_3 \longrightarrow 6AsO_4^{3-} + 9SO_4^{2-} + 28NO + 8H^+$$

مثال (48): وازن المعادلة التالية في الوسط القاعدي:

$$Pb(OH)_3^- + ClO^- \longrightarrow PbO_2 + Cl^-$$

عثمان قدور (0788004769)

مثال (49): وازن المعادلة التالية في الوسط الحمضي:

$$MnO_4^- + SO_2 + H_2O \longrightarrow Mn^{2+} + SO_4^{2-} + H^+$$

الإجابة:

نصف تفاعل / تأكسد: $SO_2 \longrightarrow SO_4^{2-}$

موازنة الاكسجين: $2H_2O + SO_2 \longrightarrow SO_4^{2-}$

موازنة الهيدروجين: $2H_2O + SO_2 \longrightarrow SO_4^{2-} + 4H^+$

موازنة الشحنة: $2H_2O + SO_2 \longrightarrow SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^-$

نصف تفاعل / اختزال: $MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+}$

موازنة الاكسجين: $MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

موازنة الهيدروجين: $8H^+ + MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

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

الضرب التبادلي بمعاملات الشحنات:

$$(2H_2O + SO_2 \longrightarrow SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^-) \times 5$$

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

المعادلتين بعد الضرب التبادلي وجمع نصفي التفاعل:

$$\cancel{10H_2O}^{2H_2O} + 5SO_2 \longrightarrow 5SO_4^{2-} + \cancel{20H^+}^{4H^+} + \cancel{10e^-}$$

$$\cancel{10e^-} + \cancel{16H^+} + 2MnO_4^- \longrightarrow 2Mn^{2+} + \cancel{8H_2O}$$

عثمان قدور (0788004769)

المعادلة النهائية: $2H_2O + 5SO_2 + 2MnO_4^- \longrightarrow 5SO_4^{2-} + 2Mn^{2+} + 4H^+$

مثال (50): وازن كل من المعادلات التالية:

1) $Bi_2S_2 + NO_3^- \xrightarrow{OH^-} NO_2 + Bi^{3+} + S$

2) $BrO_3^- + H_2O_2 \xrightarrow{H^+} Br_2 + O_2$

3) $HSO_2NH_2 + NO_3^- \xrightarrow{H^+} N_2O + SO_4^{2-}$

4) $As_2O_3 + NO_3^- \xrightarrow{H^+} H_3AsO_4 + NO$

5) $Cl_2 + OH^- \xrightarrow{OH^-} Cl^- + ClO^- + H_2O$

6) $IPO_4 \xrightarrow{H^+} I_2 + IO_3^- + H_2PO_4^-$

7) $CrO_2^- + HO_2^- \xrightarrow{OH^-} CrO_4^{2-} + OH^-$

عثمان قدور

عثمان قدور (0788004769)

مراجعةُ الدرس

1- **الفكرة الرئيسة:** تفاعلا التأكسد والاختزال متلازمان، يحدثان دائمًا معًا، أُفَسِّر ذلك.

2- أُوَضِّحُ المقصودُ بكلٍّ من: أ. عدد التأكسد ب. التأكسد والاختزال الذاتي

3- أحسِبُ عدد تأكسد العنصر الذي تحته خط:

$\underline{Ba}O_2$ ، $H_2\underline{P}O_4^-$ ، $LiAl\underline{H}_4$ ، $K_2\underline{Sn}O_2$ ، $NaBiO_3$ ، $\underline{N}_2O_4$

4- أُطَبِّق. أُحَدِّدُ العناصر التي تأكسدت والعناصر التي اختُزلت في التفاعلات الآتية:

1- $2HNO_{3(aq)} + 6HI_{(aq)} \rightarrow 2NO_{(g)} + 3I_{2(aq)} + 4H_2O_{(l)}$

2- $K_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2KOH_{(aq)} + H_{2(g)}$

5- أُطَبِّق. أدرسُ المعادلة الموزونة التي تمثِّلُ تفاعل N_2O_4 مع N_2H_4 لتكوين غاز N_2 وبخار الماء، ثمَّ أُجيبُ عن الأسئلة الآتية:

$$N_2O_{4(l)} + 2N_2H_{4(l)} \rightarrow 3N_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$$

أ) أُحَدِّدُ التغيُّرَ في أعداد تأكسد ذرّات النيتروجين في التفاعل.

ب) هل تمثِّلُ المعادلةُ تفاعلَ تأكسد واختزال ذاتي؟

جـ) أُحَدِّدُ العاملَ المؤكسد والعاملَ المُختزل في التفاعل.

6- أُحَدِّدُ المادة التي يمكن أن تسلك كعامل مؤكسد والمادة التي يمكن أن تسلك كعامل مُختزل:

H^+ ، Br^- ، Na^+ ، F_2 ، H^- ، Cu

7- أُحَدِّدُ العاملَ المؤكسد والعاملَ المُختزل في التفاعل الآتي:

$$6Fe^{2+}_{(aq)} + Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + 14H^+_{(aq)} \rightarrow 6Fe^{3+}_{(aq)} + 2Cr^{3+}_{(aq)} + 7H_2O_{(l)}$$

8- أُطَبِّق. أُوازنُ أنصافَ التفاعلات الآتية بطريقة نصف التفاعل، وَأُحَدِّدُ ما إذا كانت المادة تمثِّلُ عاملًا مؤكسدًا أم عاملًا مُختزلًا:

1- $HSO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow SO_4^{2-}{}_{(aq)}$ (الوسط الحمضي)

2- $CrO_4^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow Cr(OH)_{3(aq)}$ (الوسط القاعدي)

9- أُطَبِّق. أُوازنُ معادلات التأكسد والاختزال الآتية بطريقة نصف التفاعل، وَأُحَدِّدُ العاملَ المؤكسد والعاملَ المُختزل في كلٍّ منها:

1- $Cr_2O_{3(s)} + NO_3^-{}_{(aq)} \xrightarrow{OH^-} CrO_4^{2-}{}_{(aq)} + NO_2^-{}_{(g)}$

2- $Zn_{(s)} + HgO_{(s)} \xrightarrow{OH^-} ZnO_2^{2-}{}_{(aq)} + Hg_{(l)}$

3- $BiO_3^-{}_{(aq)} + Mn^{2+}_{(aq)} \xrightarrow{H^+} Bi^{3+}_{(aq)} + MnO_4^-{}_{(aq)}$

4- $Pb(OH)_4^{2-}{}_{(aq)} + ClO^-_{(aq)} \xrightarrow{OH^-} PbO_2^-{}_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

5- $ICl_{(aq)} \xrightarrow{H^+} IO_3^-{}_{(aq)} + I_{2(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

6- $Sb_2S_{3(s)} + NO_3^-{}_{(aq)} \xrightarrow{H^+} Sb_2O_{3(s)} + S_{(s)} + NO_{(g)}$

عثمان قدور (0788004769)

س1 – لأنه حتى يحدث تفاعل التأكسد لا بد من وجود عامل مؤكسد يتسبب في حدوث عملية التأكسد ويكتسب الإلكترونات التي يفقدها العامل المختزل الذي تسبب في اختزال العامل المؤكسد.

س2

أ. عدد التأكسد: الشحنة الفعلية لأيون الذرة، والشحنة التي تكتسبها الذرة المكونة للرابطة التساهمية مع ذرة أخرى فيما لو انتقلت إلكترونات الرابطة كليا إلى الذرة الأعلى سالبية كهربائية.

ب. التأكسد والاختزال الذاتي: سلوك المادة كعامل مؤكسد وكعامل مختزل في التفاعل نفسه.

س3

الصيغة	N_2O_4	$NaBiO_3$	K_2SnO_2	$LiAlH_4$	$H_2PO_4^-$	BaO_2
عدد التأكسد	+4	+5	+2	−1	+5	−1

س4

زاد عدد التأكسد I / تأكسد

1- $\overset{+5}{2HNO_3} + \overset{-1}{6HI} \rightarrow \overset{+2}{2NO} + \overset{0}{3I_2} + 4H_2O$

قل عدد التأكسد N / اختزل

زاد عدد التأكسد K / تأكسد

2- $\overset{0}{K_{(s)}} + \overset{+1}{2H_2O_{(l)}} \rightarrow \overset{+1}{2KOH_{(aq)}} + \overset{0}{H_{2(g)}}$

قل عدد التأكسد H / اختزل

س5

أ. تغير عدد تأكسد ذرة النيتروجين في N_2O_4 من +4 إلى 0 في N_2 أي قل بمقدار 4.

وتغير عدد تأكسد ذرة النيتروجين في N_2H_4 من −2 إلى 0 في N_2 أي زاد بمقدار 2.

ب. لا، لأن التأكسد والاختزال حدثا لذرتي نيتروجين في مركبين مختلفين.

ج. N_2O_4 عامل مؤكسد ، N_2H_4 عامل مختزل

عثمان قدور (0788004769)

س6

المواد التي يمكن أن تسلك كعوامل مؤكسدة: F_2، Na^+، H^+.

المواد التي يمكن أن تسلك كعوامل مختزلة: Cu، H^-، Br^-.

س7

$Cr_2O_7^{2-}$ عامل مؤكسد ، Fe^{2+} عامل مختزل

س8

1- $HSO_3^- + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 3H^+ + 2e^-$ (HSO_3^- عامل مختزل)

2- $CrO_4^{2-} + 4H_2O + 3e^- \rightarrow Cr(OH)_3 + 5OH^-$ (CrO_4^{2-} عامل مؤكسد)

س9 المعادلات الكلية الموزونة:

1- $Cr_2O_3 + 3NO_3^- + 4OH^- \rightarrow 2CrO_4^{2-} + 3NO_2^- + 2H_2O$

العامل المؤكسد: NO_3^- ، العامل المختزل: Cr_2O_3

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

العامل المؤكسد: Zn ، العامل المختزل: HgO

3- $5BiO_3^- + 2Mn^{2+} + 14H^+ \rightarrow 5Bi^{3+} + 2MnO_4^- + 7H_2O$

العامل المؤكسد: BiO_3^- ، العامل المختزل: Mn^{+2}

4- $2Pb(OH)_4^{2-} + ClO^- \rightarrow 2PbO_2^- + Cl^- + 3H_2O + 2OH^-$

العامل المؤكسد: ClO^- ، العامل المختزل: $Pb(OH)_4^{2-}$

5- موازنة المعادلة في وسط حمضي $ICl \xrightarrow{H^+} IO_3^- + I_2 + Cl^-$

$ICl + 3H_2O \rightarrow IO_3^- + Cl^- + 6H^+ + 4e^-$

$(2ICl + 2e^- \rightarrow I_2 + 2Cl^-) \times 2$

$4ICl + 4e^- \rightarrow 2I_2 + 4Cl^-$

$5\,ICl + 3H_2O \rightarrow IO_3^- + 2I_2 + 5Cl^- + 6H^+$

العامل المؤكسد: ICl ، العامل المختزل: ICl

عثمان قدور (0788004769)

6- المعادلة الكلية الموزونة: $Sb_2S_3 + 2NO_3^- + 2H^+ \rightarrow Sb_2O_3 + 3S + 2NO + H_2O$

العامل المؤكسد: NO_3^- ، العامل المختزل: Sb_2S_3

الدرس الثاني: الخلايا الجلفانية

الخلايا الكهروكيميائية: هي الأجهزة أو الأدوات التي تحدث فيها تفاعلات تأكسد واختزال منتجة للطاقة أو مستهلكة لها.

- **تقسم الخلايا الكهروكيميائية الى:**

1- الخلايا الجلفانية:

- **تفاعلات تلقائية.**
- **القوة الدافعة الكهربائية موجبة.**

2- خلايا التحليل الكهربائي:

- **تفاعلات غير تلقائية.**
- **القوة الدافعة الكهربائية سالبة.**

كيمياء الخلية الجلفانية

الخلية الجلفانية: هي الأداة التي يتم من خلالها تحويل الطاقة الكيميائية الناتجة عن حدوث تفاعل تأكسد واختزال تلقائي الى طاقة كهربائية.

مكونات الخلية الجلفانية:

- **تتكون الخلية الجلفانية من نصفي خلية، كل نصف منها يتكون من وعاء، ويمكن تلخيص الأجزاء الرئيسية للخلية الجلفانية كما يلي:**

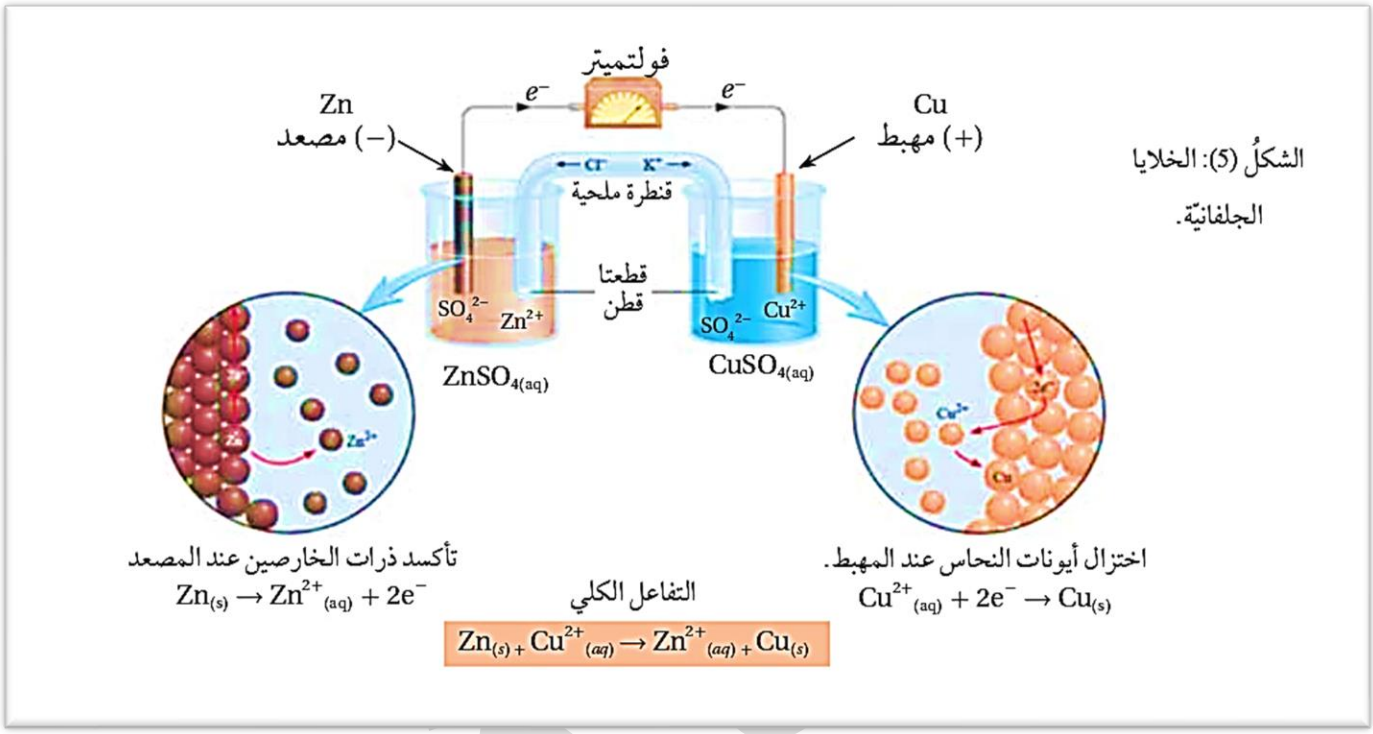
عثمان قدور

1- **قطبان:** كل منهما مغموس في محلوله الكهرلي (محلول يحتوي على أيونات الفلز)، وذلك ليتولد فرق جهد بين القطبين.

2- **جهاز فولتميتر:** لقياس فرق الجهد بين قطبي الخلية.

3- **سلك معدني:** لنقل الالكترونات في الدارة الخارجية.

4- **قنطرة ملحية:** انبوب زجاجي ملتوي مفتوح الطرفين على شكل حرف (U) مقلوب للأسفل يحتوي محلول ملحي مشبع متعادل.



الشكلُ (5): الخلايا الجلفانيّة.

من خلال الشكل السابق لخلية مكونة من نصفي خلية (Cu) و (Zn) نلاحظ ما يلي:

- نصف خلية الخارصين (Zn) مغموسة في محلول يحتوي أيونات الخارصين (Zn^{2+}) مثل محلول كبريتات الخارصين ($ZnSO_4$) ويعبر عنها بالرمز ($Zn^{2+}|Zn$).
- نصف خلية النحاس (Cu) مغموسة في محلول يحتوي أيونات النحاس (Cu^{2+}) مثل محلول كبريتات النحاس ($CuSO_4$) ويعبر عنها بالرمز ($Cu^{2+}|Cu$).
- حركة المؤشر نحو النحاس (Cu) (مهبط)
- (Zn) ← مصعد ← يتأكسد ← يذوب (تقل كتلته).
- (Cu) ← مهبط ← يختزل ← تزداد كتلته.
- **يحدث على المصعد التفاعل التالي:**

(تفاعل تأكسد):

$$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$$

تتجمع على القطب فتكسبه شحنة سالبة

تنزل الى المحلول فتعمل على زيادة تركيزه في وعاء المصعد

عثمان قدور (0788004769)

- يحدث على المهبط التفاعل:

(تفاعل اختزال): $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$

تترسب على القطب لذلك تزداد كتلته بالنسبة للمهبط

- التفاعل الكلي (النهائي) في الخلية: $Cu^{2+} + Zn \longrightarrow Cu + Zn^{2+}$

- عبر الكيميائيون عن الخلية الجلفانية بطريقة مختصرة لوصفها كما يلي:

القنطرة الملحية

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

نصف تفاعل الاختزال نصف تفاعل التأكسد

- يتم كتابة مكونات نصف خلية التأكسد من اليسار.
- تكتب المادة التي يحدث لها تأكسد أولاً، ثم ناتج عملية التأكسد ويفصل بينهما خط (|).
- يرسم خطان متوازيان (||) يمثلان القنطرة الملحية.
- يتم كتابة مكونات نصف خلية الاختزال.
- تكتب المادة التي يحدث لها اختزال، ثم ناتج عملية الاختزال ويفصل بينهما خط (|).

- يسمى انتقال الالكترونات من المصعد (Zn) الى المهبط (Cu) بالدارة الخارجية.

- الأيونات السالبة تندفع من محلول المهبط الى محلول المصعد عبر القنطرة الملحية . ويمكن للأيونات الموجبة التحرك نحو محلول المهبط لكن حركتها بسيطة.

أهم صفات الخلية الجلفانية.

1- تلقائية الحدوث (لا تحتاج لمصدر قدرة كهربائي لحدوث تفاعل التأكسد والاختزال).

2- ينتج عنها طاقة كهربائية.

3- قيمة جهد الخلية الكلي دائما موجب.

4- تتحول الطاقة فيها من كيميائية الة كهربائية.

5- إشارة المصعد سالبة (-).

6- إشارة المهبط موجبة (+).

عثمان قدور (0788004769)

مثال (51): في المثال السابق: لماذا حدث تأكسد للخارصين ولم يحدث تأكسد للنحاس؟

الإجابة: وذلك لأن عنصر الخارصين أنشط كيميائيا من عنصر النحاس لذلك يتأكسد ويفقد الالكترونات التي يكتسبها النحاس الذي يترسب على شكل ذرات من عنصر النحاس ذو اللون النحاسي.

مثال (52): ما هي وظيفة القنطرة الملحية في المثال السابق؟

الإجابة:

نتيجة حدوث اختلال في تركيز الأيونات بين قطبي الخلية حيث يزداد تركيز الأيونات الموجبة (Zn^{2+}) في وعاء المصعد نتيجة لحدوث التأكسد مقارنة بتركيز أيونات(SO_4^{2-}) السالبة، و الأيونات الموجبة (Cu^{2+}) يقل في وعاء المهبط بسبب حدوث الاختزال مقارنة بتركيز أيونات (SO_4^{2-}) السالبة التي يزداد تركيزها، **ولحفظ التوازن الكهربائي يتم توصيل نصفي الخلية من خلال القنطرة الملحية التي تعمل على موازنة الشحنات الكهربائية في الخلية أثناء عملها**، حيث تتحرك أيونات (Cl^-) السالبة من القنطرة الملحية الى وعاء المصعد لموازنة أيونات (Zn^{2+}) الموجبة الزائدة، وتتحرك أيونات (K^+) الموجبة الى وعاء المهبط لمعادلة أيونات (SO_4^{2-}) السالبة الزائدة.

مثال (53): كيف يكون اتجاه حركة مؤشر الجلفانوميتر في الخلية الجلفانية.

الإجابة: يكون اتجاه حركة المؤشر من قطب المصعد الى قطب المهبط عبر السلك المعدني.

ملاحظة: تكون العوامل المؤكسدة والمختزلة قوية قبل السهم في الخلية الجلفانية.

$$\underset{\text{عامل مختزل قوي}}{Zn} + \underset{\text{عامل مؤكسد قوي}}{Cu^{2+}} \longrightarrow \underset{\text{عامل مؤكسد ضعيف}}{Zn^{2+}} + \underset{\text{عامل مختزل ضعيف}}{Cu}$$

عند تحديد العامل المؤكسد والعامل المختزل يتم اختيار الأقوى دائما.

عثمان قدور (0788004769)

مثال (54): في التفاعل التالي الذي يحدث في خلية جلفانية:

$$Ni + Ag^{+} \longrightarrow Ni^{2+} + Ag$$

1- حدد كل من: المصعد، المهبط، وشحنة كل واحد منهما.
2- حدد اتجاه حركة الالكترونات في الدارة الخارجية.
3- حدد اتجاه حركة الأيونات السالبة في المحلول.
4- ماذا يحدث لكتلة المصعد وكتلة المهبط.
5- ماذا يحدث لتركيز الأيونات الموجبة في وعاء المصعد.

الإجابة:

1- المصعد: (Ni) واشارته سالبة.
المهبط: (Ag^{+}) واشارته موجبة.

2- من المصعد (Ni) الى المهبط (Ag).
3- من القنطرة الملحية الى نصف خلية المهبط ($Ag^{+}|Ag$)
4- تقل كتلة المصعد وتزداد كتلة المهبط.
5- يزداد تركيز الأيونات الموجبة (Ni^{2+}).

مثال (55): إذا علمت أن التفاعل التالي يحدث في خلية جلفانية. أجب عما يلي:

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

1- اكتب نصف التفاعل الذي يحدث عند المصعد.
2- اكتب نصف التفاعل الذي يحدث عند المهبط.
3- ما هي شحنة المصعد.
4- ما هي شحنة المهبط.
5- وضح اتجاه حركة الالكترونات عبر أسلاك الدارة الخارجية.
6- ماذا يحدث لكتلة كل من (Fe)/(Cd).
7- ماذا يحدث لتركيز كل من (Fe^{2+})/(Cd^{2+}).
8- حدد صيغة أقوى عامل مختزل وأضعف عامل مختزل.
9- حدد صيغة أقوى عامل مؤكسد أضعف عامل مؤكسد.

عثمان قدور (0788004769)

الإجابة:

1- نصف تفاعل المصعد (تأكسد): $Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^-$

2- نصف تفاعل المهبط (اختزال): $Cd^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cd$

3- سالبة (-).

4- موجبة (+).

5- من المصعد (Fe) الى المهبط (Cd).

6- تقل كتلة (Fe) وتزداد كتلة (Cd).

7- يزداد تركيز (Fe^{2+}) ويقل تركيز(Cd^{2+}) .

8- أقوى عامل مختزل (Fe)، وأضعف عامل مختزل (Cd).

9- أقوى عامل مؤكسد (Cd^{2+})، وأضعف عامل مؤكسد (Fe^{2+}).

مثال (56): إذا علمت أن التفاعل التالي يحدث في خلية جلفانية:

$$I_2 + Pb \longrightarrow 2I^- + Pb^{2+}$$

1- ما هي صيغة أقوى عامل مؤكسد، عامل مختزل.

2- ما هي صيغة أضعف عامل مؤكسد، عامل مختزل.

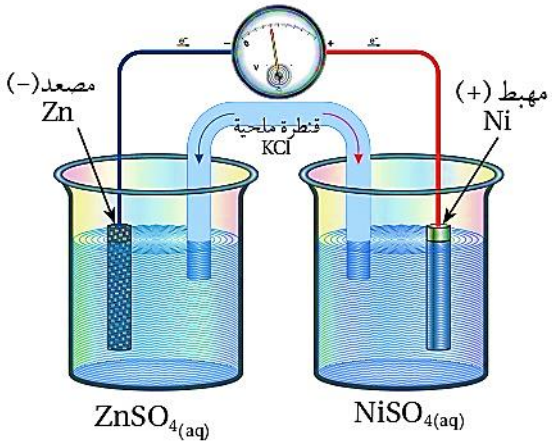
الإجابة:

1- أقوى عامل مؤكسد: (I_2). أقوى عامل مختزل: (Pb).

2- أضعف عامل مؤكسد: (Pb^{2+}). أضعف عامل مختزل: (I^-).

عثمان قدور (0788004769)

مثال (57): ادرس الشكل المجاور، الذي يمثل خلية جلفانية مكونة من نصف خلية الخارصين ($Zn^{2+}|Zn$) ونصف خلية النيكل ($Ni^{2+}|Ni$)، ثم اجب عن الأسئلة الأتية:



1- حدد كلاً من المصعد والمهبط في الخلية.
2- حدد اتجاه حركة الالكترونات عبر أسلاكها.
3- اكتب نصفي تفاعل التأكسد والاختزال.
4- حدد اتجاه حركة الأيونات الموجبة والسالبة عبر القنطرة الملحية.
5- ما التغير في كتلة كل من قطبي النيكل والخارصين.

الإجابة:

1- من خلال الشكل نلاحظ أن مؤشر الفولتميتر ينحرف نحو قطب النيكل (Ni) وبالتالي يعتبر هو المهبط، وبالتالي فإن قطب الخارصين (Zn) يمثل المصعد.

2- تتحرك الالكترونات من قطب المصعد (Zn) الى قطب المهبط (Ni) عبر السلك المعدني.

3-

(نصف تفاعل المصعد / تأكسد): $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

(نصف تفاعل المهبط / اختزال): $Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$

4- تتحرك الأيونات من القنطرة الملحية بحيث تتحرك أيونات (K^+) الى نصف خلية المهبط ($Ni^{2+}|Ni$) وتتحرك الأيونات السالبة (Cl^-) الى نصف خلية المصعد ($Ni^{2+}|Ni$) .

5- تقل كتلة قطب الخارصين (Zn) بسبب التأكسد، وتحول ذراته الى أيونات (Zn^{2+}) تنتقل الى المحلول، وفي المقابل تزداد كتلة قطب النيكل (Ni) بسبب اختزال أيونات (Ni^{2+}) وترسبها على القطب.

عثمان قدور (0788004769)

جهد الخلية الجلفانية

هو فرق الجهد المتولد بين قطبي الخلية ويمثل مجموع جهدي الاختزال والتأكسد.

جهد الخلية المعياري: هي مقياس للقوة الدافعة الكهربائية التي تنشأ بسبب الاختلاف في فرق الجهد بين قطبي الخلية في الظروف المعيارية.

يقصد بالظروف المعيارية:

1- ضغط الغاز (1 ض. جو).
2- درجة الحرارة (25 س).
3- تركيز الأيونات (1 مول/لتر).

القوة الدافعة الكهربائية: هي القوة التي تعمل على دفع وتحريك الالكترونات عبر الأسلاك من المصعد الى المهبط بسبب الاختلاف في فرق الجهد الكهربائي بين قطبي الخلية.

جهد الاختزال المعياري: هو ميل القطب للاختزال عندما يكون تركيز أيونات المذاب (1مول/لتر) وضغط الغاز (1ض.جو) ودرجة الحرارة (25س^0).

- يعبر عن ميل نصف تفاعل الاختزال بجهد الاختزال ويرمز له بالرمز ($E_{reduction}$)، ويعبر عن ميل نصف تفاعل التأكسد للحدوث بجهد التأكسد ويرمز له بالرمز ($E_{oxidation}$).
- تمتلك نصف الخلية التي يحدث فيها الاختزال، جهد اختزال أكبر من الخلية التي يحدث فيها تفاعل التأكسد.
- الفرق بين جهود الاختزال لكلا التفاعلين يساوي جهد الخلية:

جهد الخلية = جهد الاختزال لنصف تفاعل المهبط - جهد الاختزال لنصف نفاعل المصعد.

$$E_{cell} = E_{reducion(cathode)} - E_{reducion\ (anode)}$$

- **جهد الخلية المعياري عبارة عن الفرق بين جهود الاختزال لكلا التفاعلين اللذين قيسا عند الظروف المعيارية ويرمز له بالرمز (E^0)**

E^0 الخلية = E^0 الاختزال لنصف تفاعل المهبط - E^0 الاختزال لنصف تفاعل المصعد

$$E^0_{cell} = E^0_{reducion(cathode)} - E^0_{reducion\ (anode)}$$

عثمان قدور (0788004769)

مثال (58):

$$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^- \qquad E^0_{(anode)} = +0.76\ V$$

$$Zn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Zn \qquad E^0_{(cathode)} = -0.76\ V$$

ملاحظة:

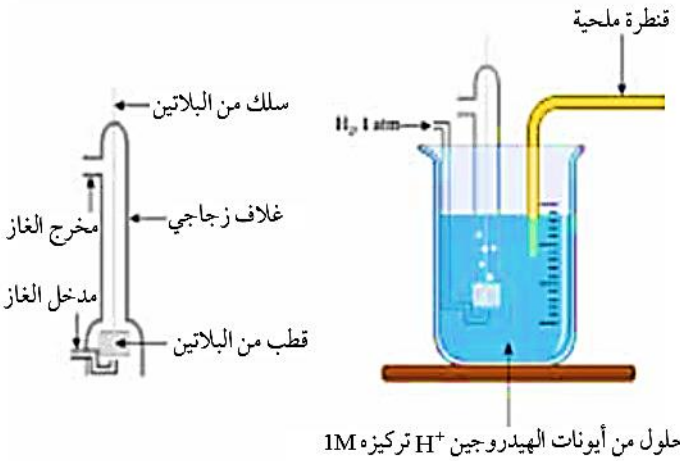
عند موازنة معادلة تأكسد واختزال لا يتم ضرب قيمة الجهد بأي معامل لأن جهد القطب من الخواص النوعية للمادة.

قطب الهيدروجين المعياري

هو القطب الذي تم اختياره كمرجع لقياس جهود أقطاب العناصر الأخرى بالنسبة له لأنه متوسط في نشاطه مقارنة بالعناصر الأخرى وجهد تأكسده أو اختزاله يساوي (0) في الظروف المعيارية.

$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} \qquad E^0_{(cathode)} = 0\ V$$

$$H_{2(g)} \rightarrow 2H^+_{(aq)} + 2e^- \qquad E^0_{(anode)} = 0\ V$$



الشكلُ (6): قطب الهيدروجين المعياري.

عثمان قدور (0788004769)

مكونات قطب الهيدروجين المعياري:

1- صفيحة بلاتين: تعمل على تحفيز التفاعلات من خلال توفير مساحة سطح كبيرة لحدوث التفاعل.

2- سلك بلاتين لتوصيل الكهرباء.

3- غاز (H_2) يدفع في أنبوب زجاجي (ضغط الغاز 1 atm) ودرجة حرارة (25 °C).

4- محلول حمضي تركيزه (1 M) تغمس فيه صفيحة البلاتين.

- **كيف يمكن قياس جهد أي عنصر مثل الخارصين.**

لقياس جهد عنصر مثل الخرصين، نقوم بعمل خلية جلفانية كما في الشكل التالي أحد أقطابها (Zn) والقطب الآخر هو قطب الهيدروجين المعياري (H_2)، ثم تؤخذ قراءة الفولتميتر، وتؤخذ حركة المؤشر (اتجاهه).

من خلال الشكل في الأعلى نلاحظ ما يلي:

1- لوحظ أن اتجاه حركة الالكترونات من قطب الخارصين باتجاه القطب (H_2).

2- قراءة الفولتميتر كانت (0.76 V).

3- من هنا نستنتج أن القطب (H_2) يمثل المهبط، والقطب (Zn) يمثل المصعد.

4-

(نصف تفاعل المصعد / تأكسد): $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

(نصف تفاعل المهبط / اختزال): $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2 \qquad E^0_{(anode)} = 0\ V$

(المعادلة الكلية): $Zn + 2H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2 \qquad E^0_{cell} = 0.76\ V$

عثمان قدور (0788004769)

5- لحساب جهد الاختزال المعياري للخارصين:

$$E^0_{cell} = E^0_{(cathode)} - E^0_{(anode)}$$
$$0.76\ V = 0 - E^0_{(anode)}$$
$$E^0_{(anode)} = -0.76\ V$$

$$E^0_{(Zn)} = -0.76\ V$$

- أي أن جهد الاختزال المعياري لقطب الخارصين (Zn) تساوي (-0.76 V).
- القيمة السالبة لجهد اختزال الخارصين المعياري تعني أن أيونات الخارصين أقل ميلاً للاختزال من أيونات الهيدروجين، لذلك اختزلت أيونات الهيدروجين وتأكسد ذرات الخارصين في التفاعل التلقائي الذي حدث.
- من ناحية أخرى فإن ذرات الخارصين أكثر ميلاً للتأكسد من ذرات الهيدروجين، لذلك فإن جهد التأكسد للخارصين يساوي (0.76 V) أي أن:

E^0 الأكسدة = E^0 الاختزال - E^0 الأكسدة عكس E^0 الاختزال).

$$E^0_{(oxidation)} = -E^0_{(reduction)}$$

6- يمكن حساب جهد الخلية المعياري بإستخدام العلاقة:

E^0 الخلية = E^0 الأكسدة لـ (Zn) + E^0 الاختزال لـ (H^+)

$$E^0_{cell} = E^0_{reducion} + E^0_{oxidation}$$

مثال (59): بين كيف يمكن قياس جهد قطب الفضة (Ag).

الإجابة:

1- عمل خلية جلفانية أحد أقطابها الفضة (Ag) والقطب الآخر هو (H_2).
2- وجد أن قراءة الفولتميتر كانت (0.80 V).
3- لوحظ أن اتجاه حركة الالكترونات من قطب الهيدروجين (H_2) باتجاه قطب الفضة (Ag).
4- من هنا نستنتج أن القطب (H_2) يمثل المصعد، والقطب (Ag) يمثل المهبط.

5-

(نصف تفاعل المصعد / تأكسد): $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ $\quad E^0_{(anode)} = 0\ V$

(نصف تفاعل المهبط / اختزال): $Ag^+ + 1e^- \rightarrow Ag$

عثمان قدور (0788004769)

(المعادلة الكلية): $H_2 + 2Ag^+ \rightarrow 2H^+ + 2Ag$ $\quad E^0_{cell} = 0.80\ V$

6- لحساب جهد الاختزال المعياري للفضة:

$$E^0_{cell} = E^0_{(cathode)} - E^0_{(anode)}$$
$$0.80\ V = E^0_{(cathode)} - 0$$
$$E^0_{(cathode)} = 0.80\ V$$

$$E^0_{(Zn)} = +0.80\ V$$

- أي أن جهد الاختزال المعياري لقطب الفضة (Ag) تساوي (+ 0.80 V).
- القيمة الموجبة لجهد اختزال الفضة المعياري تعني أن أيونات الفضة أكثر ميلاً للاختزال من أيونات الهيدروجين، لذلك اختزلت أيونات الفضة وتأكسد ذرات الهيدروجين في التفاعل التلقائي الذي حدث.
- من ناحية أخرى فإن ذرات الهيدروجين أكثر ميلاً للتأكسد من ذرات الفضة، لذلك فإن جهد التأكسد للفضة يساوي (-0.80 V).

ملاحظة:

1- مما سبق نلاحظ أنه تم قياس جهود الخلية (الأقطاب) بناءا على القطب المعياري حيث لكل عنصر جهد خاص به.

2- كلما كان جهد الخلية (E^0) أكبر كلما زاد ميل نصف تفاعل التأكسد للحدوث وكلما زاد ميل نصف تفاعل الاختزال للحدوث.

مثال (60): خلية جلفانية قطباها ممثلة بالرمز التالي: $Ni_{(s)} \mid Ni^{2+}_{(aq)} \parallel Cu^{2+}_{(aq)} \mid Cu_{(S)}$

إذا كان جهد الخلية المعياري $E^0_{cell} = +0.57\ V$ ، $E^0_{(cathode)} = +0.34$. احسب (E^0) لنصف التفاعل التالي:

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

الإجابة:

- من خلال المخطط للخلية الجلفانية الواردة في السؤال نجد أن عنصر النيكل (Ni) يحدث له تأكسد وأيون النحاس (Cu^{2+}) يحدث له اختزال وعليه تكون أنصاف التفاعلات كما يلي:

(نصف تفاعل المصعد / تأكسد): $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$

عثمان قدور (0788004769)

(نصف تفاعل المهبط / اختزال): $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

(المعادلة الكلية): $Ni + Cu^{2+} \rightarrow Ni^{2+} + Cu \qquad E^0_{cell} = 0.57\ V$

$$E^0_{cell} = E^0_{(cathode)} - E^0_{(anode)}$$
$$0.57\ V = 0.34 - E^0_{(anode)}$$
$$-E^0_{(anode)} = 0.57\ V - 0.34\ V$$

$$-E^0_{(Ni)} = +0.23\ V$$
$$E^0_{(Ni)} = -0.23\ V$$

- نصف التفاعل المطلوب إيجاد (E^0) هو نصف تفاعل اختزال:

$$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni \qquad E^0_{(Ni)} = -0.23\ V$$

مثال (61): خلية مكونة من الخارصين (Zn) والنحاس (Cu) في الظروف المعيارية، قيمة ($E^0_{cell} = 1.1\ V$)، وخلية أخرى مكونة من الخارصين (Zn) والفضة (Ag) وقيمة ($E^0_{cell} = 1.56\ V$).

إذا كان الخارصين في كلتا الخليتين هو المصعد، أيهما أكثر ميلا للاختزال (Cu^{2+}) ام (Ag^+).

الإجابة:

كلما كان (E^0) الخلية المعياري أكبر كلما زاد ميل أنصاف التفاعلات للحدوث وبما أن الخارصين هو المصعد في كلتا الحالتين، فإن الخلية التي لها أكبر قيمة (E^0) خلية تكون أنصاف تفاعلاتها أكثر ميلا للحدوث.

لذلك فإن (Ag^+) أكثر ميلا للاختزال من (Cu^{2+}) لأن قيمة (E^0) الخلية لـــ (Zn) و (Ag) أعلى.

مثال (62): في الخلية الجلفانية الممثلة بالرمز الأتي: $pt \mid H_{2(s)} \mid 2H^+_{(aq)} \parallel Cu^{2+}_{(aq)} \mid Cu_{(S)}$

أذا علمت أن جهد الخلية المعياري ($E^0_{cell} = 0.34\ V$)، فاحسب جهد الاختزال المعياري للنحاس (Cu).

عثمان قدور (0788004769)

الإجابة:

- من خلال المخطط للخلية الجلفانية نلاحظ أن قطب الهيدروجين المعياري يمثل نصف تفاعل التأكسد، وقطب النحاس يمثل نصف تفاعل المهبط كما يلي:

(نصف تفاعل المصعد / تأكسد): $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ $\quad E^0_{(anode)} = 0\ V$

(نصف تفاعل المهبط / اختزال): $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

(المعادلة الكلية): $H_2 + Cu^{2+} \rightarrow 2H^+ + Cu$ $\quad E^0_{cell} = 0.34\ V$

$$E^0_{cell} = E^0_{(cathode)} - E^0_{(anode)}$$
$$0.34\ V = E^0_{(cathode)} - 0$$
$$E^0_{(cathode)} = 0.34\ V$$

$$E^0_{(Cu)} = +0.23\ V$$

- جهد الاختزال المعياري للنحاس أكبر من الهيدروجين ، حيث أن القيمة الموجبة لجهد اختزال النحاس المعياري تعني أن أيونات النحاس أكثر ميلاً للاختزال من أيونات الهيدروجين، لذلك اختزلت أيونات النحاس وتأكسد ذرات الهيدروجين في التفاعل التلقائي الذي حدث.

- من ناحية أخرى فإن ذرات الهيدروجين أكثر ميلاً للتأكسد من ذرات الفضة، لذلك فإن جهد التأكسد للنحاس يساوي (-0.34 V).

- قام العلماء بعد إيجاد جهود انصاف التفاعلات باستخدام القطب المعياري الى ترتيب انصاف التفاعلات للاختزال المعيارية المرتبة من أعلى الى أسفل حسب التزايد في قيمة (E^0) الاختزال، أي حسب قوتها (كعامل مؤكسد).

نصف تفاعل الاختزال								E° (V)
$Li^+_{(aq)}$		+	e^-	⇌			$Li_{(s)}$	−3.05
$K^+_{(aq)}$		+	e^-	⇌			$K_{(s)}$	−2.92
$Ca^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌			$Ca_{(s)}$	−2.76
$Na^+_{(aq)}$		+	e^-	⇌			$Na_{(s)}$	−2.71
$Mg^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌			$Mg_{(s)}$	−2.37
$Al^{3+}_{(aq)}$		+	$3e^-$	⇌			$Al_{(s)}$	−1.66
$Mn^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌			$Mn_{(s)}$	−1.18
$2H_2O_{(l)}$		+	$2e^-$	⇌	$2OH^-$	+	$H_{2(g)}$	−0.83
$Zn^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌			$Zn_{(s)}$	−0.76
$Cr^{3+}_{(aq)}$		+	$3e^-$	⇌			$Cr_{(s)}$	−0.73
$Fe^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌			$Fe_{(s)}$	−0.44
$Cd^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌			$Cd_{(s)}$	−0.40
$Co^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌			$Co_{(s)}$	−0.28
$Ni^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌			$Ni_{(s)}$	−0.23
$Sn^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌			$Sn_{(s)}$	−0.14
$Pb^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌			$Pb_{(s)}$	−0.13
$Fe^{3+}_{(aq)}$		+	$3e^-$	⇌			$Fe_{(s)}$	−0.04
$2H^+_{(aq)}$		**+**	**$2e^-$**	⇌			**$H_{2(g)}$**	**0.00**
$Cu^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌			$Cu_{(s)}$	0.34
$I_{2(s)}$		+	$2e^-$	⇌			$2I^-_{(aq)}$	0.54
$Fe^{3+}_{(aq)}$		+	e^-	⇌			$Fe^{2+}_{(aq)}$	0.77
$Ag^+_{(aq)}$		+	e^-	⇌			$Ag_{(s)}$	0.80
$Hg^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌			$Hg_{(l)}$	0.85
$Br_{2(l)}$		+	$2e^-$	⇌			$2Br^-_{(aq)}$	1.07
$O_{2(g)}$	$+ 4H^+$	+	$4e^-$	⇌			$2H_2O_{(l)}$	1.23
$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)}$	$+ 14H^+$	+	$6e^-$	⇌	$7H_2O_{(l)}$	+	$2Cr^{3+}_{(aq)}$	1.33
$Cl_{2(g)}$		+	$2e^-$	⇌			$2Cl^-_{(aq)}$	1.36
$Au^{3+}_{(aq)}$		+	$3e^-$	⇌			$Au_{(s)}$	1.5
$MnO_4^-{}_{(aq)}$	$+ 8H^+$	+	$5e^-$	⇌	$4H_2O_{(l)}$	+	$Mn^{2+}_{(aq)}$	1.51
$F_{2(g)}$		+	$2e^-$	⇌			$2F^-_{(aq)}$	2.87

تزداد قوة العوامل المؤكسدة

تزداد قوة العوامل المختزلة

من اليسار

يتم أخذ العامل المؤكسد(اختزال)

كلما اتجهنا للأسفل تزداد قوة العامل المؤكسد

من اليمين

يتم أخذ العامل المختزل (تأكسد)

كلما اتجهنا للأعلى تزداد قوة العامل المختزل

عثمان قدور (0788004769)

يمكن الاعتماد على جدول جهود الاختزال في تحديد العديد من الجوانب:

1- مقارنة قوة العامل المؤكسد وقوة العامل المختزل.

- عند مقارنة قوة العامل المؤكسد وقوة العامل المختزل يجب حفظ المعلومات التالية:

أ- إذا طلب عامل مختزل (مادة تتأكسد): الإجابة من اليمين (النواتج).

ب- إذا طلب عامل مؤكسد (مادة تختزل): الإجابة من اليسار (المتفاعلات).

ج- المواد (العناصر) التي تذوب في محلول (HCl) (1 M) أو المحاليل المخففة للحموض هي التي لها قيم (E^0) اختزال سالبة مع مراعاة أن الحموض ينوب عنها (H^+) في الجدول.

د- الأعلى فرق جهد بين المادة الأقوى كعامل مختزل مع المادة الأقوى كعامل مؤكسد.

ه- دائما الأقل قيمة (E^0) اختزال لمادتين أعطيت لهما قيم (E^0) اختزال يمثل المصعد (يتأكسد).

و- يفضل دائما ترتيب جهود الاختزال من الأصغر الى الأكبر قبل البدء بالحل.

مثال (63): لديك جهود الاختزال لعدد من أنصاف التفاعلات المعيارية. أدرسها جيدا ثم أجب عن الأسئلة التالية:

نصف تفاعل الاختزال	E^0 (V)
$K^+_{(aq)} + 1e^- \rightarrow K_{(s)}$	-2.92
$Na^+_{(aq)} + 1e^- \rightarrow Na_{(s)}$	-2.71
$Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Mg_{(s)}$	-2.37
$Al^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightarrow Al_{(s)}$	-1.66
$Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Zn_{(s)}$	-0.76
$Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Pb_{(s)}$	-0.13
$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$	0
$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$	0.34
$Ag^+_{(aq)} + 1e^- \rightarrow Ag_{(s)}$	0.80
$Hg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Hg_{(l)}$	0.80
$Br_{2(l)} + 2e^- \rightarrow 2Br^-_{(aq)}$	1.07
$Cl_{2(aq)} + 2e^- \rightarrow 2Cl^-_{(aq)}$	1.36

1- حدد العنصر الأقوى كعامل مختزل.

2- حدد العنصر الأقوى كعامل مؤكسد.

3- حدد الأيون الأقوى كعامل مؤكسد.

4- حدد العناصر الذي تذوب في المحاليل المخففة للحموض وتصاعد غاز (H_2).

5- أي الفلزات يذوب في محلول كبريتات النحاس (II).

6- أي الأيونات يمكن اختزاله بفلز (Mg).

7- حدد عنصرين إذا وصلا معا في خلية جلفانية تكون أعلى فرق جهد .

8- حدد العناصر التي تختزل أيونات (Pb^{2+}) ولا تختزل أيونات (Na^+).

عثمان قدور (0788004769)

9- حدد اتجاه حركة الالكترونات لخلية جلفانية قطباها (Mg) و (Pb).

10- احسب (E^0) الخلية المكونة من القطبين (Mg) و (Cu).

11- أي الأيونات يتأكسد بالكلور (Cl_2).

الإجابة:

1- (K): أقل قيمة (E^0) اختزال.

2- (Cl_2): أعلى قيمة (E^0) اختزال.

3- (Hg^{2+}).

4- مندوب (HCl) هو (H^+)، تثبيت اليد اليسرى عند (H^+) والاجابة تكون من اليمين أعلى (H^+) أي:

(Pb, Zn, Mg, Na, K)

5- (Pb, Zn, Mg, Na, K): ولا نضع (H_2) لأنه ليس فلز.

6- الاجابة من المتفاعلات (اليسار) لأسفل: ($Ag^+, Hg^+, Cu^{2+}, H^+, Pb^{2+}, Zn^{2+}$).

7- الاقوى كعامل مختزل مع الأقوى كعامل مؤكسد: (K) و (Cl_2).

8- (Zn , Mg): أي المحصورة بينهما.

9-

$E^0_{(Mg)} = -2.37\ V$ / $E^0_{(Pb)} = -0.13\ V$

$E^0_{(Mg)} < E^0_{(Pb)}$

- الأقل جهد اختزال يحدث له تأكسد ويمثل المصعد، وبالتالي بما أن المغنسيوم (Mg) هو الأقل جهد اختزال فهو يمثل المصعد.
- تكون حركة الالكترونات من نصف قطب المصعد (Mg) الى نصف قطب المهبط (Pb).

10-

$$E^0_{cell} = E^0_{(cathode)} - E^0_{(anode)}$$
$$E^0_{cell} = 0.34 - (-2.37)$$
$$E^0_{cell} = +2.71$$

11- (Br^-).

عثمان قدور (0788004769)

مثال (64): التفاعلان التاليان يحدثان تلقائيا:

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

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

1- حدد الفلز الأقوى كعامل مختزل.

2- رتب فلزات العناصر السابقة حسب قوتها كعامل مختزل.

3- رتب ايونات الفلزات السابقة حسب قوتها كعامل مؤكسد.

الإجابة:

من خلال المعادلتين نلاحظ أن:

- الذي يتأكسد فقط ولم يختزل هو الأقوى كعامل مختزل (Mg).
- الذي اختزل فقط ولم يتأكسد هو الأقوى كعامل مؤكسد (Ag^{+}).
- الذي اختزل في المعادلة الأولى ثم تأكسد في المعادلة الثانية (Cu).
- يكون ترتيب أنصاف معادلات الاختزال من الأضعف الى الأقوى للأسفل كما يلي:

$$Mg^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow Mg$$

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

$$Ag^{+} + 1e^{-} \longrightarrow Ag$$

1- (Mg). 2- ($Ag < Cu < Mg$). 3- ($Mg^{2+} < Cu^{2+} < Ag^{+}$).

مثال (65): التفاعلان التاليان يحدثان تلقائيا وإزاء كل منهما قيمة E^0 الخلية.

$$Mg + Cu^{2+} \longrightarrow Mg^{2+} + Cu \qquad (E^0_{cell} = 1.71\ V)$$

$$Mg + Al^{3+} \longrightarrow Mg^{2+} + Al \qquad (E^0_{cell} = 0.71\ V)$$

1- حدد الأيون الاقوى كعامل مؤكسد.

2- رتب فلزات العناصر السابقة حسب قوتها كعامل مختزل.

عثمان قدور (0788004769)

الإجابة:

1- بما أن الـ (Mg) تأكسد في كلا الحالتين فإنه كلما زادت قيمة E^0 الخلية، كلما زاد الميل لحدوث تفاعل الاختزال وعليه فإن (Cu $^{2+}$) أكثر ميل للإختزال من (Al^{3+}) حيث (E^0 الخلية) الأولى أكبر .

⟵ (Cu^{2+}) أقوى كعامل مؤكسد.

2- (Cu < Al < Mg): كعامل مختزل.

مثال (66): لديك جهود أنصاف التفاعلات المعيارية كقيمة مطلقة لعدد من الرموز للعناصر الافتراضية.

نصف تفاعل الاختزال	$\|E^0\|$ الخلية
$A^{2+} + 2e^- \longrightarrow A$	0.14
$B^{2+} + 2e^- \longrightarrow B$	0.40
$C^{2+} + 2e^- \longrightarrow C$	0.85

أ- وجد أنه عند وصل (A) مع (B) في خلية جلفانية أن الالكترونات تتحرك من (B) الى (A).

أ- عند وصل (A) مع الهيدروجين في خلية جلفانية انتقلت الالكترونات من (A) الى الهيدروجين.

ج- إن الفلز (B) يختزل ايونات (C^{2+}) في محاليلها.

- أجب عما يلي:

1- ضع إشارة قيمة E^0 الاختزال لكل نصف تفاعل.

2- اكتب التفاعل الحادث في خلية جلفانية قطباها (A) و (C) ثم احسب E^0.

3- أي أيونات العناصر السابقة الأقوى كعامل مؤكسد.

الإجابة:

- من خلال المعلومات الواردة في السؤال نجد ان:

أ- (B): مصعد (يتأكسد).

(A): مهبط (يختزل). وعليه فإن (A <B) كعامل مختزل.

ب- (A): مصعد (يتأكسد).

(B): مهبط (يختزل). وعليه فأن (H_2 < A) كعامل مختزل.

⟵ إشارة جهود الاختزال التي تعلو نصف تفاعل الاختزال لـ (H_2) ($E^0_{(H_2)} = 0$ V) تكون سالبة.

عثمان قدور (0788004769)

ج- (B): يتأكسد. (C): اختزال.

- من (أ) و (ب) و (ج) نجد أن إشارة (B) سالبة وإشارة (C) موجبة، وذلك لضمان حدوث تفاعل تكون فيه قيمة E^0 الخلية موجبة وضمان حدوث تفاعل تلقائي بحيث يحدث تأكسد لـ (B) واختزال لـ (C) حسب المعلومات الواردة في السؤال.

1- الترتيب لأنصاف التفاعلات حسب قيمة E^0 الخلية يكونك ما يلي:

نصف تفاعل الاختزال	E^0 الخلية
$B^{2+} + 2e^- \longrightarrow B$	- 0.40
$A^{2+} + 2e^- \longrightarrow A$	- 0.14
$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$	0
$C^{2+} + 2e^- \longrightarrow C$	+ 0.85

2- من خلال ترتيب أنصاف التفاعلات للإختزال من (1) نجد أن (A) يتأكسد و (C) يختزل.
((C) أقوى من (A) كعامل مؤكسد).

(نصف تفاعل / تأكسد): $A \longrightarrow A^{2+} + 2e^-$

(نصف تفاعل / اختزال): $C^{2+} + 2e^- \longrightarrow C$

(المعادلة الكلية): $A + C^{2+} \longrightarrow A^{2+} + C$

$E^0_{cell} = E^0_{(cathode)} - E^0_{(anode)}$

$E^0_{cell} = 0.85 - (-0.14)$

$E^0_{cell} = +0.99\ V$

3- (C^{2+}): أقوى كعامل مؤكسد.

2- حساب جهد الخلية المعياري (بدون معادلة).

- **لحساب جهد الخلية بدون معادلة:**

1- حدد المصعد وشحنته.

2- حدد المهبط وشحنته.

3- كتابة التفاعلات النصفية.

4- حساب (E^0) الخلية.

- لتحديد المصعد يتم المقارنة بين جهدي الاختزال حيث الأقل قيمة (E^0) اختزال يمثل المصعد (نصف تفاعل التأكسد) والأعلى قيمة يمثل المهبط (نصف تفاعل الاختزال).

مثال (67): خلية جلفانية قطباها (Mg) و (Pb) حيث ($E^0_{(Mg)}$ = - 2.37 V) و ($E^0_{(Pb)}$ = -0.13 V). أوجد ما يلي:

أ- حدد المصعد وشحنته والمهبط وشحنته.

ب- اكتب التفاعلات النصفية.

ج- احسب E^0 الخلية.

الإجابة:

- من خلال المقارنة بين جهدي الاختزال حيث الأقل جهد اختزال هو من يتأكسد وعليه فإن الـ (Mg) يتأكسد لأنه أقل جهد اختزال.

أ- المصعد (Mg): إشارته سالبة. / المهبط (Pb): إشارته موجبة.

ب- (نصف تفاعل / تأكسد): $Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^-$

(نصف تفاعل / اختزال): $Pb^{2+} + 2e^- \longrightarrow Pb$

ج-

$$E^0_{cell} = E^0_{(cathode)} - E^0_{(anode)}$$

$$E^0_{cell} = (-0.13) - (-2.37)$$

$$E^0_{cell} = +2.24\ V$$

عثمان قدور (0788004769)

مثال (68): خلية جلفانية أقطابها (Ag),(Hg) حيث ($E^0_{(Hg)}$ = 0.85 V) و ($E^0_{(Ag)}$ = 0.80 V). اكتب نصف تفاعل المهبط.

الإجابة:

- الأقل قيمة E^0 الاختزال، يتأكسد ويمثل المصعد (Ag).
- الأعلى قيمة E^0 الاختزال، يختزل ويمثل المهبط (Hg).

(نصف تفاعل اختزال / المهبط): $Hg^{2+} + 2e^- \longrightarrow Hg$

3- التنبؤ بتلقائية التفاعلات.

- **للتنبؤ بتلقائية التفاعلات، أي إمكانية حدوث تفاعل تلقائي أو عدم حدوثه :**

1- يتم تكوين معادلة معتمدة على معلومات السؤال ولا تعتمد على قيم E^0 الاختزال.

2- المادة الصلبة مثل (وعاء، ملعقة، قطعة)، يتم أكسدتها.

3- المحلول: يؤخذ الأيون المعطى عنه معلومات قيم E^0 الاختزال ويتم اختزاله.

4- نحسب قيمة E^0 التفاعل فإذا كانت :

أ- (ق.د.ك) سالبة: التفاعل غير تلقائي ويحتاج لقوة دافعة كهربائية خارجية أكبر من المحسوب ليحدث.

ب- (ق.د.ك) موجبة: التفاعل تلقائي.

ملاحظة مهمة (للحفظ):

إذا كان التفاعل غير تلقائي:

أ- يمكن حفظ المادة أو التحريك بملعقة.

ب- لا يمكن تحضير أو ترسيب المادة.

إذا كان التفاعل تلقائي:

أ- لا يمكن حفظ مادة أو التحريك بملعقة.

ب- يمكن تحضير المادة.

عثمان قدور (0788004769)

مثال (69): يود حفظ محلول كبريتات النحاس (II) في وعاء من الخارصين. هل يعتبر ذلك صحيح أم خطأ. وضح إجابتك بالمعادلات حيث ($E^0_{(Cu)} = 0.34$ V) و ($E^0_{(Zn)} = -0.76$ V).

الإجابة:

- المادة الصلبة هي وعاء الخارصين وعليه يحدث تأكسد للخارصين وأما المحلول فيتم اختزاله وبالتالي يحدث اختزال للنحاس.

(نصف تفاعل / تأكسد): $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

(نصف تفاعل / اختزال): $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$

(المعادلة الكلية): $Zn + Cu^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Al$

$E^0_{cell} = E^0_{(cathode)} - E^0_{(anode)}$

$E^0_{cell} = 0.34 - (-0.76)$

$E^0_{cell} = +1.10$ V

(ق.د.ك): موجبة ← التفاعل تلقائي.

← لا يجوز حفظ محلول كبريتات النحاس (II) في وعاء من الخارصين.

مثال (70): يراد تحضير البروم (Br_2) بأكسدة البروميد (Br^-) بوساطة الكلور (Cl_2) كعامل مؤكسد. هل يجوز ذلك. وضح إجابتك بالمعادلات. حيث ($E^0_{(Cl_2)} = 1.36$ V) و ($E^0_{(Br_2)} = 1.06$ V).

الإجابة:

(نصف تفاعل / تأكسد): $2Br^- \longrightarrow Br_2 + 2e^-$

(نصف تفاعل / اختزال): $Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$

(المعادلة الكلية): $2Br^- + Cl_2 \longrightarrow Br_2 + 2Cl^-$

عثمان قدور (0788004769)

$$E^0_{cell} = E^0_{(cathode)} - E^0_{(anode)}$$

$$E^0_{cell} = 1.36 - 1.06$$

$$E^0_{cell} = +0.30\ V$$

⟵ (ق.د.ك): موجبة ⟵ التفاعل تلقائي.

⟵ يمكن تحضير البروم بأكسدة الكلور.

مثال (71): سكب كمية من محلول حمض الكبريتيك على قطعة من النحاس. بين ماذا يحدث للقطعة. وضح اجابتك بالمعادلات.

حيث ($E^0_{(Cu)} = 0.34\ V$).

الإجابة:

- بما أن المادة الصلبة هي قطعة النحاس فهي تتأكسد. والذي ينوب عن الحمض في التفاعل هو (H^+).

(نصف تفاعل / اختزال): $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$

(نصف تفاعل / تأكسد): $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

(المعادلة الكلية): $2H^+ + Cu \longrightarrow H_2 + Cu^{2+}$

$$E^0_{cell} = E^0_{(cathode)} - E^0_{(anode)}$$

$$E^0_{cell} = 0 - 0.34$$

$$E^0_{cell} = -0.34\ V$$

⟵ (ق.د.ك): سالبة ⟵ التفاعل غير تلقائي.

⟵ لا تذوب قطعة النحاس ولا يحدث تصاعد لغاز الهيدروجين (H_2).

عثمان قدور (0788004769)

مثال (72): قام أحد الطلاب بتحريك محلول كلوريد النحاس (II) بملعقة من الفضة. هل يعتبر عمله صحيح. وضح إجابتك بالمعادلات. حيث ($E^0_{(Cu)} = 0.34$ V) و ($E^0_{(Ag)} = -0.76$ V).

الإجابة:

- بما أن المادة الصلبة هي الملعقة المصنوعة من الفضة، بالتالي يحدث تأكسد للفضة.

(نصف تفاعل / تأكسد): $Ag \longrightarrow Ag^+ + 1e^-$

(نصف تفاعل / اختزال): $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$

(المعادلة الكلية): $2Ag + Cu^{2+} \longrightarrow 2Ag^+ + Cu$

$E^0_{cell} = E^0_{(cathode)} - E^0_{(anode)}$

$E^0_{cell} = 0 - 0.34$

$E^0_{cell} = -0.34$ V

← (ق.د.ك): سالبة ← التفاعل غير تلقائي.(H_2).

← يعتبر عمله صحيح، لأن الملعقة لا تذوب عند تحريك محلول كلوريد النحاس (II)

مثال (73): إذا علمت أن العنصر (A) يختزل (B^{2+}) ولا يستطيع اختزال (C^{2+}). فما هو ترتيب هذه العناصر كعوامل مختزلة.

الإجابة:

- العنصر (A) يختزل (B^{2+}): أي أن (A) يتأكسد و (B^{2+}) يختزل، وفي الحالة الثانية (A) يختزل و (C) يتأكسد.
- $B < A < C$ (كعوامل مختزلة).

مثال (74): إذا علمت أن الأيون (B^{2+}) يؤكسد (D) ولا يستطيع اكسدة (C). فما هو ترتيب هذه العناصر كعوامل مختزلة.

الإجابة:

- الايون (B^{2+}) يؤكسد (D): إذا (B^{2+}) يحدث له اختزال و (D) تأكسد، وفي الحالة الثانية (B) تأكسد و (C) اختزال.
- $C < B < D$ (كعوامل مختزلة).

مثال (75): إذا علمت أن العنصر (X) يستطيع اختزال الأيون (A^{2+}) ولا يستطيع اختزال الأيون (B^{2+}). فما هو ترتيب هذه العناصر كعوامل مختزلة، وعوامل مؤكسدة علما بان شحنة (X) تساوي (+2).

الإجابة:

- $A < X < B$ (كعوامل مختزلة).
- $A^{2+} < X^{2+} < B^{2+}$ (كعوامل مؤكسدة).

مثال (76): لديك أنصاف تفاعلات الاختزال التالية. ادرسها جيدا ثم أجب عن الأسئلة التالية:

نصف تفاعل الاختزال	E^0 (V)
$Al^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightarrow Al_{(s)}$	-1.66
$Mn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Mn_{(s)}$	-1.18
$Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Zn_{(s)}$	-0.76
$2H^{+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$	0
$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$	0.34
$Ag^{+}_{(aq)} + 1e^- \rightarrow Ag_{(s)}$	0.80
$Br_{2(l)} + 2e^- \rightarrow 2Br^-_{(aq)}$	1.07
$Cl_{2(aq)} + 2e^- \rightarrow 2Cl^-_{(aq)}$	1.36
$Au^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightarrow Au_{(s)}$	1.5

1- ما هي صيغة أقوى عامل مختزل.

2- ما هي صيغة أقوى عامل مؤكسد.

3- بين اتجاه حركة الالكترونات عبر أسلاك الدارة الخارجية في الخلية المكونة من (Zn / Ag).

4- هل يستطيع عنصر (Mn) تحضير (ترسيب، استخلاص) عنصر (Al) من خاماته.

5- هل يستطيع عنصر (Zn) تحرير غاز (H_2) عند وضعه في محلول (HCl) المخفف.

6- هل يستطيع (Ag^+) أكسدة عنصر (Au).

7- هل يستطيع (Mn) أن يختزل أيونات (Al^{3+}).

8- هل يستطيع (Br_2) تحضير (Cl_2) من خاماته (مهم).

9- هل يستطيع (Ag) تحضير (Cu) من خاماته.

10- أيهما يمثل المهبط في الخلية (Zn / Mn).

11- هل يمكن حفظ محلول ($MnSO_4$) في وعاء مصنوع من (Zn).

عثمان قدور (0788004769)

12- هل يمكن حفظ قطعة من (Zn) في محلول ($MnSO_4$).

13- هل يستطيع (Mn) اختزال غاز الكلور (Cl_2).

14- أيهما يمثل المصعد في الخلية الجلفانية (Ag / Cu).

15- هل يمكن تحريك محلول ($ZnSO_4$) بواسطة ملعقة مصنوعة من (Mn).

16- هل المعادلة التالية تمثل خلية جلفانية تلقائية الحدوث: $Zn + Mn^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Mn$

17- اكتب المعادلة الكلية الموزونة التي تحدث في الخلية الجلفانية (Cu / Al).

18- اكتب نصف المعادلة التي تحدث عن القطب السالب في الخلية (Mn / Zn).

19- ما هي المادة التي تستطيع أن تؤكسد (Al) ولا تؤكسد (Zn).

20- ما هي المادة التي تستطيع أن تختزل (Br_2) ولا تختزل (Cu^{2+}).

الإجابة:

- **نلاحظ أن أنصاف تفاعل الاختزال مرتبة من الأقل E^0 اختزال الى الأعلى E^0 اختزال من الأعلى للأسفل.**

1- الأقوى كعامل مختزل، نأخذه من اليمين ويكون الأول من الأعلى، وبالتالي يكون (Al).

2- الأقوى كعامل مؤكسد، نأخذه من اليسار ويكون الأول من الأسفل، وبالتالي يكون (Au^{3+}).

3- حركة الالكترونات دائما تكون من المصعد باتجاه المهبط، ولتحديد المصعد (تأكسد) والمهبط (اختزال)، نقارن بين جهود الاختزال لكل من (Ag) و (Zn) والأقل جهد اختزال يتأكسد ويكون المصعد والأعلى جهد اختزال يختزل ويكون المهبط، وبما أن (Zn) هو الأقل جهد اختزال فيمثل المصعد، و (Ag) يمثل المهبط . وبالتالي تكون حركة الالكترونات من الصعد (Zn) الى المهبط (Ag).

4- يتم تحضير العنصر او استخلاصه او ترسيبه من خلال اختزاله، وبالتالي يجب أن يحدث اختزال لـ (Al) وتأكسد لعنصر (Mn) فإذا كان التفاعل تلقائي (E^0 الخلية موجبة) فانه يمكن التحضير، أو بطريقة أخرى إذا كانت المعلومات الواردة في السؤال مطابقة للترتيب في الجدول فانه يمكن التحضير.

$$E^0_{cell} = E^0_{(cathode)} - E^0_{(anode)}$$

$$E^0_{cell} = (-1.66) - (-1.18)$$

$$E^0_{cell} = -0.48\ V$$

التفاعل غير تلقائي، إذا **لا يمكن** تحضير عنصر (Al) بوساطة العنصر (Mn).

طريقة أخرى: حسب المعلومات في السؤال فإن (Al) يجب أن يحدث له اختزال والـ (Mn) تأكسد ولكن في الجدول حسب الترتيب فإن الـ (Al) يحدث له تأكسد والـ (Mn) يحدث له اختزال ، وبالتالي فإن المعلومات الواردة بالسؤال غير مطابقة للجدول وبالتالي **لا يمكن** التحضير.

طريقة أخرى: نقوم بترتيب جهود الاختزال من الأقل الى الأعلى جهد إختزال، ثم إذا كان العنصر المطلوب تحضيره أسفل المادة المراد التحضير منها في الجدول فإنه **يمكن** التحضير، أما إذا كانت المادة المطلوب تحضيرها أعلى المادة المراد التحضير منها في الجدول فإنه لا يمكن التحضير.

5- العناصر التي تذوب في الحموض المخففة وتستطيع تحرير غاز (H_2) هي التي لها جهود اختزال سالبة، أي تقع فوق نصف تفاعل الاختزال للهيدروجين، وبما ان أن الـ (Zn) له جهد اختزال سالب فإنه **يمكن** تحرير غاز (H_2).

6- الأقل جهد اختزال يحدث له تأكسد وبالتالي فإن الـ (Ag) يحدث له تأكسد والـ (Au) اختزال، وعليه فإنه **لا يمكن** أكسدة الـ (Au) بوساطة (Ag^+).

7- الأقل جهد اختزال يحدث له تأكسد وبالتالي فإن الـ (Al) يحدث له تأكسد والـ (Mn) اختزال، وعليه فإنه **لا يمكن** اختزال الـ (Al^{3+}) بوساطة (Mn).

8- **يجب الانتباه هنا أن كل من (Cl_2) و (Br_2) يتم تحضيرهم من خلال عملية الأكسدة وليس من خلال الاختزال** كما يحدث لبقية العناصر، وبالتالي لتحضير (Cl_2) يجب أن يحدث له تأكسد، والـ (Br_2) يحدث له اختزال، وعند ملاحظة الترتيب في الجدول نجد أن (Cl_2) يحدث له اختزال والـ (Br_2) يحدث له تأكسد، وبما أن المعلومات الواردة في السؤال غير مطابقة للجدول فإنه **لا يمكن** التحضير.

$$E^0_{cell} = E^0_{(cathode)} - E^0_{(anode)}$$
$$E^0_{cell} = (1.07) - (1.36)$$
$$E^0_{cell} = -0.29\ V$$

التفاعل غير تلقائي، إذا لا يمكن تحضير عنصر (Cl_2) بوساطة العنصر (Br_2).

9- لتحضير (Cu) من خاماته يجب ان يحدث له اختزال، والـ (Ag) تأكسد، وعند مراعاة الترتيب في الجدول نجد ان الـ (Cu) يحدث له تأكسد والـ (Ag) اختزال، وبما أن المعلومات الواردة في السؤال غير مطابقة للترتيب في الجدول فإنه لا يمكن تحضير (Cu) من خاماته بوساطة (Ag).

$$E^0_{cell} = E^0_{(cathode)} - E^0_{(anode)}$$

$$E^0_{cell} = (0.34) - (0.80)$$

$$E^0_{cell} = -0.46\ V$$

التفاعل غير تلقائي، إذا لا يمكن تحضير عنصر (Cu) بوساطة العنصر (Ag).

10- الأقل جهد اختزال يتأكسد ويمثل المصعد والأعلى جهد اختزال يختزل ويمثل المهبط، وعليه فإن (Mn) يتأكسد ويمثل المصعد والـ (Zn) يختزل ويمثل المهبط.

11- حسب المعلومات الواردة في السؤال فإن الوعاء (مادة صلبة) يحدث له تأكسد، والمحلول يحدث له اختزال.

حتى يتم الحفظ يجب أن يكون التفاعل غير تلقائي.

$$E^0_{cell} = E^0_{(cathode)} - E^0_{(anode)}$$

$$E^0_{cell} = (-1.18) - (-0.76)$$

$$E^0_{cell} = -0.42\ V$$

- التفاعل غير تلقائي، إذا يمكن حفظ محلول ($MnSO_4$) في وعاء من الخارصين.

طريقة أخرى: إذا كانت المعلومات الواردة في السؤال مطابقة للترتيب الوارد في الجدول فإنه لا يمكن الحفظ، حيث في السؤال يحدث تأكسد لـ (Zn) واختزال لـ (Mn)، وفي الجدول وحسب الترتيب فإن (Zn) يحدث له اختزال، والـ (Mn) يحدث له تأكسد، وبما أن المعلومات في السؤال غير مطابقة للترتيب في الجدول فإنه يمكن الحفظ.

طريقة أخرى: نقوم بترتيب جهود الاختزال من الأقل الى الأعلى جهد إختزال، ثم إذا كان العنصر المطلوب حفظه (المحلول) أسفل المادة المراد الحفظ فيها (المادة الصلبة) في الجدول فإنه **لا يمكن** الحفظ، أما إذا كانت المادة المطلوب حفظها (المحلول) أعلى المادة المراد الحفظ فيها (المادة الصلبة) في الجدول فإنه **يمكن** الحفظ.

12- حسب المعلومات الواردة في السؤال فإن قطعة الـ (Zn) يحدث لها تأكسد (مادة صلبة)، والمحلول يحدث له اختزال، وحسب الترتيب في الجدول فإن الـ (Zn) يحدث له اختزال، والـ (Mn) يحدث له تأكسد، وبما أن المعلومات الواردة في السؤال غير مطابقة للترتيب في الجدول فإنه يمكن حفظ قطعة الخارصين في المحلول.

$$E^0_{cell} = E^0_{(cathode)} - E^0_{(anode)}$$
$$E^0_{cell} = (-1.18) - (-0.76)$$
$$E^0_{cell} = -0.42\ V$$

- التفاعل غير تلقائي، إذا **يمكن** حفظ قطعة من الـ (Zn) في محلول ($MnSO_4$).

13- الأقل جهد اختزال يحدث له تأكسد، لذلك فإن الـ (Mn) يحدث له تأكسد، والـ (Cl_2) يحدث له اختزال. لذلك نعم يمكن لـ (Mn) أن يختزل غاز الكلور (Cl_2).

14- الأقل جهد اختزال يحدث له تأكسد (مصعد) وهو الـ (Cu)، والاعلى جهد اختزال يحدث له اختزال (مهبط)وهو الـ (Ag).

15- حسب المعلومات في السؤال فإن الملعقة المصنوعة من (Mn) يحدث لها تأكسد، والمحلول يحدث له اختزال، وحسب الترتيب في الجدول فإن الـ (Mn) يحدث له تأكسد والـ (Zn) يحدث له اختزال، وبما ان المعلومات الواردة في السؤال مطابقة للترتيب في الجدول فإنه **لا يمكن** التحريك بملعقة مصنوعة من (Mn) لمحلول ($ZnSO_4$) حيث التفاعل تلقائي.

$$E^0_{cell} = E^0_{(cathode)} - E^0_{(anode)}$$
$$E^0_{cell} = (-0.76) - (-1.18)$$
$$E^0_{cell} = +0.42\ V$$

- التفاعل تلقائي وبالتالي **لا يمكن** التحريك.

عثمان قدور (0788004769)

16- من خلال المعادلة نجد أن الـ (Zn) يحدث له تأكسد، والـ (Mn^{2+}) يحدث له اختزال. ومن خلال الجدول نجد أن الـ(Zn) الأعلى جهد اختزال وبالتالي يحدث له اختزال، والـ(Mn^{2+}) الأقل جهد اختزال ويحدث له تأكسد. وبما أن المعلومات بالمعادلة مطابقة للمعلومات في الجدول فإنه المعادلة عبارة عن خلية جلفانية تلقائية الحدوث.

17- $$2Al + 3Cu^{2+} \longrightarrow 2Al^{3+} + Cu$$

18- القطب السالب هو المصعد (يتأكسد) والأقل جهد اختزال بين (Cu / Al) هو (Al)، (يتأكسد) وعليه يكون نصف التفاعل على النحو التالي:

$$Mn \longrightarrow Mn^{2+} + 2e^-$$

19- المادة التي تسبب تأكسد لـ (Al) يكون لها جهد اختزال أعلى من (Al)، والمادة التي لا تسبب تأكسد لـ (Zn) يكون لها جهد اختزال أقل من (Zn)، وعند النظر الى الجدول نجد أن هذه المادة هي (Mn^{2+})، حيث أن الـ (Mn^{2+}) أعلى جهد اختزال من الـ (Al) وأقل جهد اختزال من (Zn)، أي محصورة بينهما من جهة اليسار.

20- المادة التي تسبب اختزال لـ (Br_2) يكون لها جهد اختزال أقل من (Br_2)، والمادة التي لا تسبب اختزال لـ (Cu^{2+}) يكون لها جهد اختزال أعلى من (Cu^{2+})، وعند النظر الى الجدول نجد أن هذه المادة هي (Ag)، حيث أن الـ (Ag) أعلى جهد اختزال من الـ (Cu^{2+}) وأقل جهد اختزال من (Br_2)، أي محصورة بينهما من جهة اليمين.

مثال (77): من خلال دراستك لأنصاف المعادلات الاختزالية المعيارية التالية. أجب عما يلي:

نصف تفاعل الاختزال	$\|E^0$ الخلية$\|$
$Br_{2(l)} + 2e^- \rightarrow 2Br^-_{(aq)}$	1.07
$Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Fe_{(s)}$	-0.44
$Cl_{2(l)} + 2e^- \rightarrow 2Cl^-_{(aq)}$	1.36
$Ag^+_{(aq)} + 1e^- \rightarrow Ag_{(s)}$	0.80
$Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Ni_{(s)}$	-0.23

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

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

3- هل يجوز تحريك محلول نترات الفضة ($AgNO_3$) بواسطة ملعقة مصنوعة من (Ni).

عثمان قدور (0788004769)

4- هل يجوز استخدام غاز الكلور (Cl_2) في تحضير البروم (Br_2) من خاماته.

5- هل المعادلة الأتية تمثل خلية جلفانية تلقائية الحدوث: $Cl_2 + 2Br^- \longrightarrow 2Cl^- + Br_2$

6- هل يجوز استخدام عنصر الحديد (Fe) في تحضير عنصر الفضة (Ag) من أملاحه المائية.

7- هل يجوز استخدام البروم (Br_2) في تحضير غاز الكلور (Cl_2) من خاماته.

الإجابة:

- من خلال الجدول نلاحظ أن أنصاف التفاعلات غير مرتبة حسب التزايد في قيم E^0 الاختزال، لذلك يفضل دائما قبل البدء بحل الأسئلة ترتيب أنصاف التفاعلات من الأقل E^0 اختزال الى الأعلى E^0 اختزال كما يلي:

نصف تفاعل الاختزال	$\|E^0\|$ الخلية
$Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Fe_{(s)}$	-0.44
$Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Ni_{(s)}$	-0.23
$Ag^{+}_{(aq)} + 1e^- \rightarrow Ag_{(s)}$	0.80
$Br_{2(l)} + 2e^- \rightarrow 2Br^-_{(aq)}$	1.07
$Cl_{2(l)} + 2e^- \rightarrow 2Cl^-_{(aq)}$	1.36

1- نعم.

2- لا.

3- لا.

4- نعم.

5- نعم.

6- نعم.

7- لا.

ملاحظات تساعد على حل الأسئلة:

1- عند طلب حفظ او تحريك او وضع قطعة في محلول فإن التفاعل يجب أن يكون غير تلقائي، أو المعلومات الواردة في السؤال عكس الترتيب في الجدول، والعكس صحيح، أو المادة التي تمثل المحلول يجب أن تكون فوق المادة الصلبة في الجدول والعكس صحيح.

2- عند طلب تحضير او ترسيب أو استخلاص مادة فإن التفاعل يجب أن يكون تلقائي، أو المعلومات الواردة في السؤال مطابقة لترتيب الجدول، أو المادة المراد تحضيرها تكون أسفل المادة المراد التحضير منها في الترتيب في الجدول.

3- عند طلب تحضير أي عنصر فإن المادة المراد تحضيرها يحدث لها اختزال باستثناء (Cl_2)، (Br_2)، (I_2) ، حيث تحضر من خلال أكسدتها.

عثمان قدور (0788004769)

مثال (78): من خلال دراستك للجدول التالي الذي يتضمن جهود الاختزال المعيارية لعدد من العناصر الافتراضية.

أجب عن الأسئلة التي تليه:

العنصر / الأيون	Cr^{3+} / Cr	Br^- / Br_2	Fe^{2+} / Fe	Cl^- / Cl	Ag^+ / Ag	Cd^{2+} / Cd
E^0 الاختزال	- 0.74	1.09	- 0.44	1.36	0.80	- 0.44

1- ما هي صيغة أضعف عامل مختزل.

2- ما هي صيغة أقوى عامل مؤكسد.

3- ما هي صيغة أقوى عامل مختزل.

4- حدد اتجاه حركة الالكترونات في أسلاك الدارة الخارجية للخلية الجلفانية التي قطباها (Ag / Cd).

5- هل يجوز حفظ محلول كبريتات الكادميوم ($CdSO_4$) في وعاء مصنوع من العنصر (Ag).

6- بين اتجاه حركة المؤشر للغلفانوميتر في الخلية (Cd / Fe).

7- احسب قيمة جهد الخلية الكلي المعياري للخلية الجلفانية المكونة من (Fe / Cl_2).

8- أيهما لا يتفاعل (لا يذوب) مع حمض الهيدروكلوريك (HCl) المخفف. العنصر (Cr) أو (Ag).

9- ما هما الفلزان اللذان يشكلان خلية جلفانية لها أكبر فرق جهد ممكن.

10- ماذا تتوقع أن يحدث لكتلة (Ag) عند تكوين خلية جلفانية مكونة من (Fe / Ag).

11- هل تستطيع أيونات (Fe^{2+}) اكسدة عنصر الكروم (Cr).

12- هل المعادلة التالية تمثل خلية جلفانية تلقائية الحدوث: $Br_2 + 2Cl^- \longrightarrow 2Br^- + Cl_2$

13- ما هو رمز العنصر الذي يستطيع اختزال أيونات الكادميوم (Cd^{2+}) ولا يستطيع اختزال أيونات الكروم (Cr^{3+}).

14- ما هو رمز الفلز الذي يستطيع ترسيب عنصر الحديد (Fe) من محلوله الملحي ($FeSO_4$).

15- ما هو رمز الفلز الذي يتآكل عند وضعه في محلول (HCl) المخفف ولكنه لا يستطيع ترسيب عنصر الحديد (Fe) من خاماته.

16- اكتب نصف المعادلة التي تحدث عند القطب السالب في الخلية الجلفانية المكونة من العنصرين (Cr / Fe).

الإجابة:

نقوم بترتيب أنصاف تفاعلات الاختزال حسب التزايد في قيمة جهد الاختزال لكل منها قبل الاجابة عن الأسئلة:

(نصف تفاعل الاختزال)	الاختزال E^0
$Cr^{3+} + 3e^- \longrightarrow Cr$	- 0.74
$Fe^{2+} + 2e^- \longrightarrow Fe$	- 0.44
$Cd^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cd$	- 0.40
$Ag^{+} + 1e^- \longrightarrow Ag$	0.80
$Br_2 + 2e^- \longrightarrow 2Br^-$	1.09
$Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$	1.36

1- (Cl^-).

2- (Cl_2).

3- (Cr).

4- من قطب (Cd) الى قطب (Ag).

5- نعم.

6- باتجاه قطب المهبط (Cd).

7-

$$E^0_{cell} = E^0_{(cathode)} - E^0_{(anode)}$$
$$E^0_{cell} = (1.36) - (-0.44)$$
$$E^0_{cell} = +1.80\ V$$

8- (Ag). 9- (Ag / Cr). 10- تزداد. 11- نعم. 12- لا.

13- (Fe). 14- (Cr). 15- (Cd). 16- $Cr \longrightarrow Cr^{3+} + 3e^-$

مثال (79): بالاعتماد على المعلومات لعدد من العناصر الفلزية الافتراضية الاتية: (Y, X, D, C, B, A) والتي عدد التأكسد لكل منها هو (+2). أجب عن الأسئلة التي تليها:

أ- يعتبر الأيون (A^{2+}) أضعف كعامل مؤكسد من الأيون (B^{2+}).

ب- الفلز (X) لا يستطيع ترسيب الفلز (C) من أحد املاحه المائية.

ج- الفلز (A) لا يستطيع استخلاص الفز (D) من أحد أملاحه المائية.

د- الوعاء المصنوع من الفلز (D) يستطيع حفظ المحلول لأحد املاح الفلز (X).

ه- عند وضع الفلز (A) في محلول (HCl) المخفف فإنه يحدث تفاعل، أما في حالة وضع الفلز (B) فإنه لا يحدث تفاعل.

و- عند تكوين خلية جلفانية تلقائية بين الفلزين (Y / B) فإن الأيونات تزداد في الوعاء الذي يحتوي الفلز (B).

عثمان قدور

1- حدد صيغة أقوى عامل مؤكسد.

2- حدد صيغة أقوى عامل مختزل.

3- ما هو رمز الأيون الذي يستطيع اكسدة الفلز (X)، ولكنه لا يستطيع اكسدة الفلز (A).

4- ما هو رمز الفلز الذي لا يستطيع اختزال (A^{2+}) ويستطيع اختزال (Y^{2+}).

5- ما هما العنصران اللذان يشكلان خلية جلفانية لها اكبر فرق جهد.

6- ما هو رمز العنصر الذي يشكل القطب السالب في الخلية الجلفانية المكونة من (B / D).

7- هل يجوز تحضير العنصر (D) من خاماته بواسطة العنصر (A).

8- هل المعادلة التالية تمثل خلية جلفانية تلقائية الحدوث: $A^{2+} + C \longrightarrow A + C^{2+}$

9- هل يستطيع الفلز (A) ترسيب الفلز (B) من خاماته.

10- ماذا تتوقع أن يحدث لكتلة الفلز (X) في الخلية الجلفانية المكونة من (B / X).

11- هل يجوز تحريك أيونات (X^{2+}) بواسطة ملعقة مصنوعة من الفلز (Y).

12- ما هو رمز الفلز الذي يستطيع تحرير غاز (H_2) عند وضعه في محلول (HCl) المخفف ولكنه لا يستطيع اختزال (D^{2+}).

13- ما هو رمز الفلز الذي يشكل القطب الموجب مع قطب الهيدروجين المعياري ويعطي أكبر فرق جهد ممكن.

14- هل يمكن حفظ محلول أيونات (A^{2+}) في وعاء مصنوع من الفلز (B).

15- ما هو رمز العنصر الذي تقل كتلته مع مرور الزمن في الخلية الجلفانية المكونة من (Y/ D).

16- حدد اتجاه سيران التيار الكهربائي في الخلية الجلفانية التي قطباها (X / B).

17- اكتب التفاعل الكلي للخلية الجلفانية المكونة من (A / D).

18- أيهما أقوى كعامل مؤكسد الأيون (B^{2+}) أم الأيون (C^{2+}).

19- الى أي وعاء تتحرك الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية في الخلية الجلفانية المكونة من (D / X).

20- حدد صيغة العامل المؤكسد الأقوى في الخلية الجلفانية المكونة من القطبين (Y / A).

الإجابة:

1- (Y^{2+}).	2- (C).	3- (D^{2+}).	4- B (فلز).
5- (Y / C).	6- (D).	7- لا.	8- نعم.
9- نعم.	10- تقل.	11- نعم.	12- (A).
13- (Y).	14- نعم.	15- (D).	16- من قطب (X) الى (B).
17- $D + A^{2+} \longrightarrow D^{2+} + A$	18- (B^{2+}).	19- الى وعاء (X^{2+}).	20- (Y^{2+}).

مثال (80): من خلال دراستك للمعادلات التالية التي تمثل خلايا جلفانية تلقائية الحدوث وجهودها الكلية المعيارية. أجب عن الأسئلة التي تليها: أ-الفرع الأول:

(تفاعل تأكسد واختزال)	الخلية E^0
$Mn + Cu^{2+} \longrightarrow Mn^{2+} + Cu$	1.52
$Mn + 2H^{+} \longrightarrow Mn^{2+} + H_2$	1.18
$Mn + Cd^{2+} \longrightarrow Mn^{2+} + Cd$	0.78
$Mn + Ni^{2+} \longrightarrow Mn^{2+} + Ni$	0.93

1- ما هي صيغة أقوى عامل مؤكسد.

2- ما هي صيغة أقوى عامل مختزل.

3- هل يجوز حفظ محلول نترات النحاس $(Cu(NO_3)_2)$ في وعاء مصنوع من الكادميوم.

4- بين اتجاه حركة التيار الكهربائي عبر أسلاك الدارة الخارجية في الخلية الجلفانية المكونة من (Ni / Cu).

5- اكتب نصف المعادلة التي تحدث عند القطب السالب عند تشكيل خلية جلفانية بين عنصري (Ni / Cd).

6- ماذا تتوقع أن يحدث لتركيز الأيونات الموجبة في الوعاء الذي يحتوي صفيحة (Mn) في الخلية الجلفانية المكونة من (Ni / Mn).

7- بين اتجاه حركة الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية في الخلية الجلفانية المكونة من العنصرين (Cd / Cu).

8- ما هي قيمة جهد التأكسد المعياري لـ: $Cd \longrightarrow Cd^{2+} + 2e^{-}$

ب- الفرع الثاني: إذا علمت أن الفلز (A) يتآكل عند وضعه في محلول كبريتات المنغنيز $(MnSO_4)$. أجب عما يلي.

1- هل يجوز استخدام ملعقة مصنوعة من الفلز (A) في تحريك محلول أحد املاح عنصر النيكل (Ni).

2- ماذا تتوقع لقيمة جهد التأكسد للعنصر (A) (موجبة أم سالبة).

3- هل يستطيع العنصر (A) ترسيب عنصر النحاس (Cu) من خاماته.

الإجابة:

أ- الفرع الأول:

1- (Cu^{2+}). 2- (Mn). 3- لا. 4- من (Ni) الى (Cu).

5- $Cd \longrightarrow Cd^{2+} + 2e^{-}$

عثمان قدور (0788004769)

6- تزداد.

7- من القنطرة الملحية الى وعاء (Cd^{2+}).

8- E^0 التأكسد لـ (Cd) = (+ 0.40).

ب- الفرع الثاني:

1- لا.

2- موجبة.

3- نعم.

مثال (81): من خلال دراستك للجدول الذي يبين بناء أربع خلايا جلفانية تلقائية الحدوث مع أربع فلزات افتراضية هي (A, B, C, D) باستخدام قطب الهيدروجين المعياري مع العلم بأن شحنة كل من هذه الفلزات هي (+2).

رقم الخلية	أقطاب الخلية	E^0 الخلية	المعلومات
1	A- H_2	1.20	اتجاه حركة مؤشر الفولتميتر نحو القطب (A).
2	B-H_2	0.34	يشكل القطب (B) القطب الموجب.
3	C-H_2	0.40	اتجاه حركة الالكترونات من القطب (C) الى القطب (H_2).
4	D-H_2	1.18	تقل كتلة الفلز (D) مع الزمن.

1- ما هي صيغة المادة التي لها أكثر ميل للاختزال.

2- ما هي قيمة جهد الخلية الكلي المعياري للخلية الجلفانية المكونة من القطبين (B / D).

3- هل يجوز حفظ محلول نترات الفلز (B) في وعاء مصنوع من الفلز (C).

4- ما هي صيغة الفلز الذي لا يستطيع أن يختزل أيونات (D^{2+}) ولكنه يستطيع أن تختزل أيونات (H^+).

5- ما هو رمز الفلز الذي يستطيع اختزال (A^{2+}) ولكنه لا يستطيع تحرير غاز (H_2) عند وضعه في محلول (HCl) المخفف.

الإجابة:

1- (A^{2+}).

2- (+ 1.52) فولت.

3- لا.

4- (C).

5- (B).

عثمان قدور (0788004769)

كيف تحدد مدة صلاحية منتجات الأغذية المعلبة: وذلك من خلال التفاعلات التي تحدث مثل تفاعل الأغذية الحامضية مع الفلز المكون للعلبة المحفوظة فيها، مما ينتج عن ذلك غاز الهيدروجين وبالتالي انتفاخ العلبة مما يدل على انتهاء صلاحية استخدامها.

تطبيقات عملية للخلية الجلفانية

أولا: البطاريات

- تحدث في البطاريات تفاعلات تأكسد واختزال تلقائية تتحول فيها الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربائية.
- هناك أنواع مختلفة من البطاريات ومنها:

1- **البطاريات الأولية:** تستخدم مرة واحدة ولا يمكن إعادة شحنها، مثل **البطارية الجافة، والبطارية الجافة القلوية.**

2- **البطاريات الثانوية:** يمكن إعادة شحنها مرة أخرى، مثل بطاريات التخزين وتشمل:

المركم الرصاصي (بطارية الرصاص الحمضية) وبطارية أيون الليثيوم.

1- بطارية تخزين الرصاص الحمضية.

- تعتبر من البطاريات الثانوية التي يمكن إعادة شحنها عدة مرات.

مكونات بطارية تخزين الرصاص الحمضية وآلية عملها:

1- ست خلايا جلفانية، تتكون كل خلية جلفانية من ألواح من الرصاص والتي تمثل المصعد، وألواح من من الرصاص المغلف بأكسيد الرصاص (IV) (PbO_2) تمثل المهبط.

2- ترتب الخلايا (الأقطاب) داخل وعاء بلاستيكي مقوى بطريقة متبادلة تفصل بينها صفائح عازلة.

عثمان قدور (0788004769)

3- تغمر الخلايا داخل الوعاء البلاستيكي بمحلول حمض الكبريتيك (H_2SO_4) والذي تبلغ كثافته ($1.28\ g/cm^3$) وتوصل هذه الخلايا على التوالي.

4- تحدث في الخلايا أنصاف التفاعلات التالية:

(نصف تفاعل المصعد): $Pb + HSO_4^- \rightarrow PbSO_4 + H^+ + 2e^-$

(نصف تفاعل المهبط): $PbO_2 + 3H^+ + HSO4^- + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$

(التفاعل الكلي): $Pb + PbO_2 + 2H^+ + HSO_4^- \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$

5- تعطي الخلية الواحد فرق جهد يساوي (2V) وبالتالي فإن بطارية تخزين الرصاص الحمضية تعطي فرق جهد يبلغ (12V).

- **ماذا يحدث لحمض الكبريتيك (H_2SO_4) الموجود في البطارية؟**

يتم استهلاك حمض الكبريتيك بسبب إستخدام البطارية، وبالتالي نقصان كثافة الحمض.

- **كيف يتم مراقبة كفاءة البطارية؟**

من خلال مراقبة كثافة حمض الكبريتيك الذي يستهلك بسبب استخدام البطارية.

- **كيف يتم إعادة شحن بطارية تخزين الرصاص الحمضية؟**

وذلك باستخدام التيار الكهربائي حيث يجري عكس تفاعلي التأكسد والاختزال، ومن ثم التفاعل الكلي في البطارية.

- **كيف يتم شحن بطارية تخزين الرصاص الحمضية داخل المركبات (السيارات)؟**

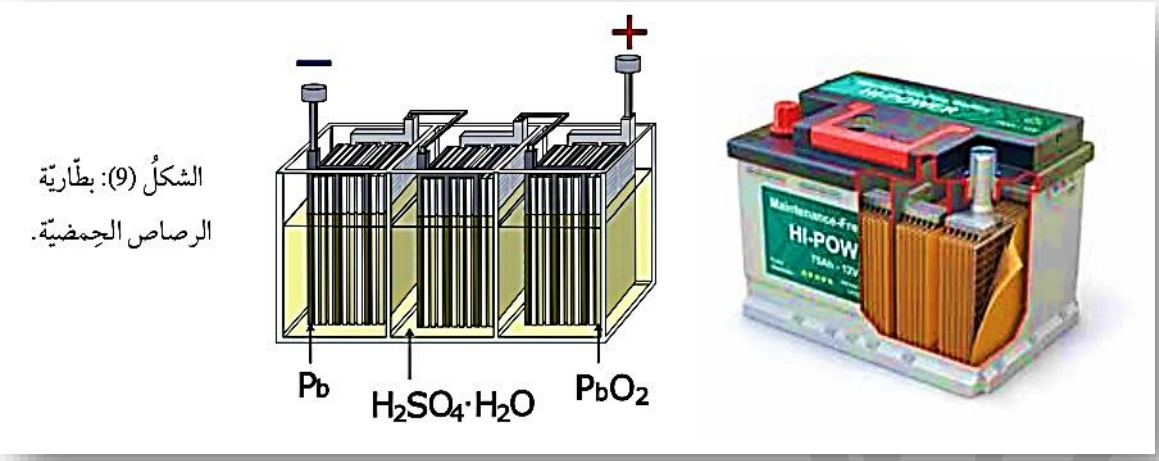
تحدث عملية الشحن بشكل مستمر وتلقائي من خلال مولد التيار (الدينامو) المتصل بمحرك السيارة.

- **كم يبلغ العمر الافتراضي لبطارية تخزين الرصاص الحمضية؟**

يتراوح عمر البطارية الافتراضي من (3 – 5) سنوات.

- **ما سبب تلفها على الرغم من إمكانية إعادة شحنها؟**

تفقد البطارية صلاحيتها وتصبح تالفة بسبب فقدان جزء من مكوناتها مثل ($PbSO_4$) الذي يتكون نتيجة عمليتي التأكسد والاختزال، وبسبب الحركة المستمرة للمركبات على الطرقات التي تؤدي الى تساقط ($PbSO_4$) المستمر عن ألواح الرصاص وعدم دخوله في التفاعل العكسي الذي يؤدي الى إعادة شحن البطارية.



الشكلُ (9): بطّاريّة الرصاص الحِمضيّة.

2- بطارية أيون الليثيوم.

تعد بطارية أيون الليثيوم من أكثر أنواع البطاريات استخداما، وتعد مصدر الطاقة الرئيس للكثير من وسائل التكنولوجيا الحديثة مثل السيارات الكهربائية والحواسيب والهواتف المحمولة.

- **مم تتكون بطارية أيون الليثيوم.**

تتكون بطارية أيون الليثيوم من عدة خلايا متصلة ببعضها حيث تتكون كل خلية من ثلاث مكونات رئيسية هي:

1- **المصعد (القطب السالب):** يتكون من الجرافيت وذلك لقدرته على تخزين ذرات الليثيوم وأيوناته دون التأثير فيها.

2- **المهبط (القطب الموجب):** يتكون من بلورات لأكسيد عنصر إنتقالي مثل أكسيد الكوبلت (IV) (CoO_2) الذي يمكنه تخزين أيونات الليثيوم مثل الجرافيت.

3- **المحلول الإلكتروليتي:** يتكون من محلول لامائي لأحد أملاح الليثيوم ومذيب عضوي يذوب فيه الملح، وعادة يستخدم ($LiPF_6$) مذاباً في كربونات الايثيلين ($CH_2CH_2CO_3$) وتولد خلايا أيون الليثيوم الكهرباء من خلال تفاعل التأكسد والاختزال التالي:

(نصف تفاعل المصعد): $Li_{(s)} \rightarrow Li^+ + e^-$

(نصف تفاعل المهبط): $Li^+ + CoO_2 + e^- \rightarrow LiCoO_{2(s)}$

(التفاعل الكلي): $Li_{(s)} + CoO_2 \rightarrow LiCoO_{2(s)}$

عثمان قدور (0788004769)

- **كيف يحدث التفاعل داخل بطارية الليثيوم.**

- تتأكسد ذرات الليثيوم عند المصعد وتتحول الى أيونات (Li^+)، وتنتقل عبر المحلول الإلكتروليتي بإتجاه المهبط.

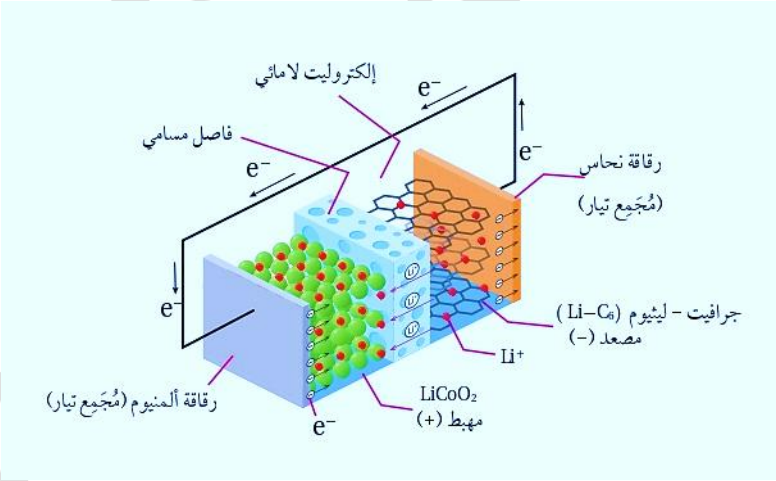
- تتحرك الالكترونات عبر الدارة الخارجية من المصعد الى المهبط، ليتم إختزال أيونات الكوبلت من (Co^{4+}) في أكسيد الكوبالت (CoO_2) الى (Co^{3+}) في ($LiCoO_2$)، وهي عملية ينعكس مسارها عند شحن البطارية، حيث يتأكسد ($LiCoO_2$) وتتحرك أيونات الليثيوم (Li^+) عبر المحلول الإلكتروليتي بإتجاه نصف خلية الجرافيت حيث تختزل.

- **لماذا يستخدم عنصر الليثيوم (Li) في صناعة هذا النوع من البطاريات.**

1- لأن الليثيوم (Li) له أقل جهد اختزال معياري (أقوى عامل مختزل).
2- يعتبر أخف عنصر فلزي، حيث إن (6.941 g) من كتلته المولية تكفي لإنتاج (1 mole) من الالكترونات.

- **مميزات بطارية الليثيوم.**

1- خفيفة الوزن.
2- كثافة الطاقة عالية.
3- يمكن إعادة شحنها مئات المرات.



خلايا الوقود: هي خلايا جلفانية تنتج الطاقة الكهربائية من تفاعل غازي الأكسجين والهيدروجين كما في المعادلة التالية ($2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$) وتتميز عن غيرها من البطاريات بأنها لا تستهلك ولا تحتاج الى شحن، وتستخدم في تزويد المركبات الفضائية بالطاقة، كما وتستخدم في المستشفيات لتوليد الطاقة في حال إنقطاع التيار الكهربائي ، وتستخدم في تشغيل بعض الحافلات والسيارات.

عثمان قدور (0788004769)

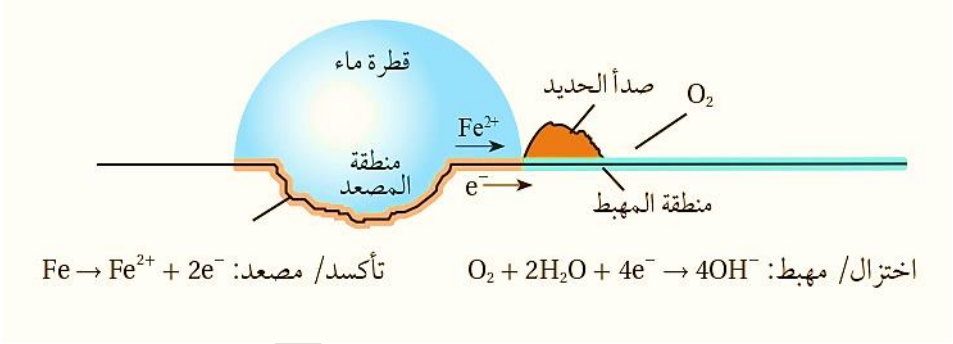
ثانياً: تآكل الفلزات

هو تفاعل الفلزات مع الهواء الجوي والمواد في البيئة المحيطة، فتفقد العديد من خصائصها وتتحول الى مواد جديدة أكثر ثباتاً كيميائياً، كأكاسيد الفلزات وهيدروكسيداتها وكبريتيداتها وكربوناتها.

- **تعتبر عملية تآكل الفلزات من العمليات المكلفة اقتصاديا، مثل تآكل الحديد بفعل الهواء الجوي الرطب وينتج صدأ الحديد الصلب الهش، والذي يحتاج تعويض خسائره الى خمس كمية الحديد المستخرج سنوياً.**

آلية تآكل الحديد.

- **يتآكل الحديد بفعل تفاعل كهرومائي يحدث بوجود تفاعل يحدث بوجود الأكسجين والماء معاً.**
- **لتوضيح آلية تآكل الحديد من خلال الشكل التالي:**



- **من خلال الشكل نلاحظ ما يلي:**

1- يتأكسد الحديد عند تكشف جزء منه بفعل شق أو كشط أو كسر الى أيونات الحديد (Fe^{2+})، ليصبح هذا الجزء عبارة عن المصعد.

2- تتحرك الالكترونات الناتجة عن تأكسد الحديد من منطقة الحديد المغطاة بقطرة الماء الى حافتها حيث الهواء والقليل من الماء.

(نصف تفاعل التأكسد / المصعد): $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$

3- يتم إختزال أكسجين الهواء مكون أيونات الهيدروكسيد (OH^-) وتمثل منطقة حافة قطرة الماء المهبط.

(نصف تفاعل الاختزال / المهبط): $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$

4- تتحرك أيونات الحديد (Fe^{2+}) من مركز القطرة باتجاه حافتها، وتتحرك أيونات الهيدروكسيد (OH^-) بالاتجاه المعاكس، وتتفاعلان عند إلتقائهما وينتج هيدروكسيد الحديد (II) ($Fe(OH)_2$) الذي يتأكسد مباشرة مكوناً الصدأ.

$$4Fe(OH)_{2(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_3.H_2O_{(s)} + 2H_2O_{(l)}$$

عثمان قدور (0788004769)

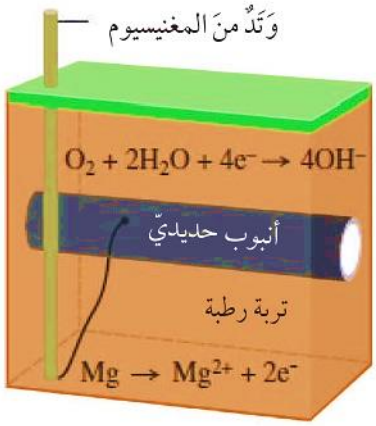
صدأ الحديد: هي مادة هشة بنية اللون تتكون على الأشياء الحديدية وتتقشر بسهولة معرضة سطح الحديد أسفل منها لمزيد من التآكل.

كيف يمكن حماية الحديد من التآكل.

- يتم حماية الحديد من التآكل باستخدام طريقة الحماية المهبطية.

الحماية المهبطية:

- تستخدم هذه الطريقة لحماية خطوط الأنابيب الحديدية المدفونة في الأرض (الغاز أو النفط)، وأجسام السفن.
- تعتمد هذه الطريقة على تشكيل خلية جلفانية يكون فيها الحديد هو المهبط، وأحد الفلزات النشطة مثل (المغنيسيوم، الخارصين) هو المصعد، وتمثل التربة الرطبة أو مياه البحر المحلول الإلكتروليتي.
- يمثل الشكل التالي مثال على الحماية المهبطية:



- ❖ يتم وصل الأنابيب الحديدية بأوتاد من المغنيسيوم.
- ❖ يحدث تأكسد للمغنيسيوم (المصعد) وتنتقل الالكترونات عبر السلك المعزول الى الانبوب الفولاذي الذي يمثل المهبط.

(نصف تفاعل التأكسد / المصعد): $Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$

- ❖ يحدث اختزال لجزيئات الاكسجين (O_2) وبذلك يتأكسد المغنيسيوم ويحمي الحديد من التآكل.

(نصف تفاعل الاختزال / المهبط): $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$

- في السفن يتم توصيل أقطاب من المغنيسيوم مع هيكل السفينة لتجري حمايتها بنفس الطريقة، ويتم إستبدال أقطاب المغنيسيوم المتآكلة بأقطاب أخرى جديدة بشكل دوري.

مثال (82): اكتب معادلة التفاعل الكلي الذي يحدث في بطارية الرصاص الحمضية خلال شحنها.

الإجابة:

- يتم عكس التفاعل الكلي الحاصل خلال عملية الشحن ليصبح كما يلي:

$$2PbSO_4 + 2H_2O \rightarrow Pb + PbO_2 + 2H^+ + HSO_4^-$$

عثمان قدور (0788004769)

مثال (83): فسر: لماذا يعد تآكل الحديد خلية جلفانية.

الإجابة:

وذلك لأن القشط أو الكسر الذي يوجد في جزء من الحديد والمغطى بقطرة الماء يمثل المصعد حيث يحدث تأكسد للحديد، وتتحرك أيونات الحديد (Fe^{2+}) من مركز القطرة حافة القطرة حيث يوجد الماء والهواء يمثل المهبط حيث يحدث اختزال للأكسجين

مراجعةُ الدرس

1- **الفكرةُ الرئيسة:** كيف تنتج الخلية الجلفانية الطاقة الكهربائية؟

2- **أُوَضِّحُ** المقصودَ بكلٍّ من: ◦ القنطرة الملحيّة. ◦ جهد الاختزال المعياري.

3- خليّة جلفانيّة يحدثُ فيها التفاعل الآتي:

$$Co_{(s)} + Cu^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow Co^{2+}{}_{(aq)} + Cu_{(s)}$$

أ . أُحَدِّدُ فيها المِصعدَ والمِهبط.

ب. أكتبُ نصفي تفاعل التأكسدِ والاختزال.

جـ. **أحسبُ** جهد الخلية المعياري، وأكتبُ تعبيرًا رمزيًّا للخليّة الجلفانيّة.

د . ما التغيُّرُ الذي يحدثُ لكتلة كلا القطبين.

4- نصفا التفاعل الآتيان يشكِّلان خليّةً جلفانيّةً في الظروف المعياريّة:

$$I_{2(s)} + 2e \rightarrow 2I_{(aq)} \qquad E^\circ = 0.54\ V$$

$$Fe^{2+}{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Fe_{(s)} \qquad E^\circ = -0.44\ V$$

أُجيبُ عنِ الأسئلة الآتية المتعلِّقةِ بهما:

أ . أكتبُ معادلة التفاعل الكُلي في الخليّة.

ب. **أحسبُ** جهدَ الخليّة المعياري.

جـ. ما التغيُّرُ الذي يحدثُ لتركيز أيونات كلٍّ من I^- و Fe^{2+}؟

قطبا الخليّة	المصعد	E°_{cell} (v)
D—B	D	1.3
E—B	E	1.5
C—E	C	0.4
A—B	B	0.3

5- أدرسُ الجدولَ الآتي، الذي يُوَضِّحُ جهدَ الخليّة المعياري لعدد منَ الخلايا الجلفانيّة المكوَّنَةِ منَ الفِلِزّات ذوات الرموز الافتراضية (A,B,C,D,E)، وجميعُها تكونُ أيوناتٍ ثنائيّةً موجبة، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلة الآتية:

أ . أُحَدِّدُ الفِلِزَّ الذي له أعلى جهد اختزال معياري: Dأم C.

ب. أُحَدِّدُ أقوى عامل مؤكسد.

جـ. **أتنبَّأ.** هل يمكنُ تحريكُ محلول نترات E بِمِلعقة من A؟ أفسر إجابتي.

د . أُحَدِّدُ اتِّجاه حركة الإلكترونات عبرَ الأسلاك في الخليّة الجلفانيّة المكوَّنة من نصف خليّة $E^{2+}|E$ ونصف خليّة $D^{2+}|D$.

هـ. **أحسبُ** جهدَ الخليّة المعياري للخليّة الجلفانيّة المكوَّنة من نصف خليّة $C^{2+}|C$ ونصف خليّة $B^{2+}|B$.

عثمان قدور (0788004769)

6- فلزان أُعطِيا الرموز الافتراضية A و B، قيست جهودُ الاختزال المعياريّة لنصفي تفاعل الاختزال المعياريين المكوِّنين لخليّة جلفانيّة كالآتي:

$$A^{3+} + e^- \rightarrow A^{2+} \qquad E^\circ = 0.77\ V$$

$$B^+ + e^- \rightarrow B \qquad E^\circ = 0.80\ V$$

أ . أكتبُ معادلة كيميائيّة للتفاعل الكُلي في الخليّة الجلفانيّة.

ب. **أحسبُ** E° للتفاعل الكُلي.

جـ. أُحَدِّدُ العاملَ المؤكسد والعاملَ المختزل في التفاعل.

7- أدرسُ الجدولَ المجاور الذي يمثلُ جهودَ الاختزال المعياريّة لبعض المواد، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلة الآتية:

المادَّة	E° (V)
Co^{2+}	−0.28
Br_2	1.07
Pb^{2+}	−0.13
Ag^+	0.80
Mn^{2+}	−1.18
Cd^{2+}	−0.40

أ . أُحَدِّدُ أقوى عامل مؤكسد وأقوى عامل مختزل.

ب. **أستنتج**. هل يمكنُ حفظُ البروم Br_2 في وعاء منَ الفضّة؟ أُفَسِّرُ إجابتي.

جـ. **أُقارن**. ما الفِلِزّان اللذان يكوِّنان خليّةً جلفانيّة لها أكبرُ جهدِ خليّةٍ معياري؟.

د . **أستنتج** المادَّة التي تستطيعُ أكسدة Cd ولا تؤكسدPb.

هـ. أُحَدِّدُ القطبَ الذي تزداد كتلتُهُ في الخليّة الجلفانيّة (Cd−Pb).

و . أُحَدِّدُ الفِلِزَّ الذي لا يحرِّرُ غازَ الهيدروجين من محلول حِمض HCl المُخَفَّف.

ز . في الخليّة الجلفانيّة التي أُعطِيَت الرَّمزَ الآتي:

$$Sc_{(s)}|Sc^{3+}{}_{(aq)} \parallel Co^{2+}{}_{(aq)}|Co_{(s)}$$

إذا عَلِمتُ أنَّ جهدَ الخليّة المعياري $E^\circ_{cell} = 1.8\ V$، فَأُجيبُ عنِ الأسئلة الآتية:

أ . أُحَدِّدُ اتجاه حركة الإلكترونات عبرَ الأسلاك في الخليّة.

ب. **أحسبُ** جهدَ الاختزال المعياري لقطب السكانديوم Sc.

جـ. أكتبُ معادلة التفاعل الكُلي في الخليّة.

عثمان قدور (0788004769)

س1- تنتج الخلية الجلفانية الطاقة الكهربائية من خلال تفاعل تأكسد واختزال تلقائي الحدوث؛ إذ يحدث التأكسد عند قطب المصعد وتنتقل الإلكترونات عبر الأسلاك باتجاه قطب المهبط وتحدث عنده عملية الاختزال.

س2- القنطرة الملحية: أنبوب زجاجي على شكل حرف U يحتوي محلول مشبع لأحد الأملاح يصل بين نصفي الخلية ويحافظ على تعادل الشحنات الكهربائية فيها.
جهد الاختزال المعياري: مقياس لميل نصف تفاعل الاختزال للحدوث في الظروف المعيارية.

س3- أ. المصعد: قطب الكوبلت Co ، المهبط: قطب النحاس Cu

ب. نصف تفاعل التأكسد: $Co \rightarrow Co^{2+} + 2e^-$

نصف تفاعل الاختزال: $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

ج.

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$$

$$E^\circ_{cell} = 0.34 - (-0.28) = 0.62\ V$$

التعبير الرمزي للخلية: $Co|Co^{2+} \parallel Cu^{2+}|Cu$

د. تقل كتلة القطب Co، وتزداد كتلة القطب Cu.

س4 – أ. $I_2 + Fe \rightarrow 2I^- + Fe^{2+}$

ب. $E^\circ_{cell} = 0.54 - (-0.44) = 0.98\ V$

ج. يزداد تركيز أيونات كل من Fe^{2+} و I^-.

س5

أ. D ، ب. A^{2+}

ج. نعم، لأن جهد اختزال A أعلى من E لذلك لا يتأكسد A ولا يختزل أيونات E^{2+}.

د. من القطب E إلى القطب D ، هـ. 1.9 V

عثمان قدور (0788004769)

س7

أ. أقوى عامل مؤكسد: Br_2 ، أقوى عامل مختزل: Mn.

ب. لا، لأن البروم أقوى كعامل مؤكسد من Ag^+ ، لذلك تؤكسد جزيئات البروم ذرات الفضة.

ج. الفضة Ag والمنغنيز Mn.

د. Co^{2+}. هـ. القطب Pb تزداد كتلته. و. Ag.

ز. أ- من قطب السكانديوم Sc إلى قطب الكوبلت Co.

ب-

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$$

$$1.8\ V = -0.28 - E^\circ_{Sc}$$

$$-E^\circ_{Sc} = 1.80 + 0.28 = 2.08\ V$$

$$E^\circ_{Sc} = -2.08\ V$$

ج- نصف تفاعل التأكسد: $Sc \rightarrow Sc^{3+} + 3e^- \ / \times 2$

نصف تفاعل الاختزال: $Co^{2+} + 2e^- \rightarrow Co \ / \times 3$

التفاعل الكلي: $2Sc + 3Co^{2+} \rightarrow 2Sc^{3+} + 3Co$

الدرس الثالث: خلايا التحليل الكهربائي

كيمياء خلية التحليل الكهربائي

خلية التحليل الكهربائي: هي الأداة التي يحدث فيها تفاعل تأكسد واختزال غير تلقائي بسبب الطاقة الكهربائية حيث تتحول الطاقة الكهربائية الى طاقة كيميائية.

عملية التحليل الكهربائي: هي عملية إمرار تيار كهربائي في مصهور أو محلول مادة كهرلية، مما يؤدي الى حدوث تفاعل تأكسد واختزال غير تلقائي.

عثمان قدور (0788004769)

مميزات خلية التحليل الكهربائي:

1- التفاعل الحادث فيها هو تفاعل غير تلقائي.

2- القوة الدافعة الكهربائية فيها سالبة (قيمة E^0_{cell} سالبة).

مجالات استخدام خلية التحليل الكهربائي:

1- يتم من خلال عملية التحليل الكهربائي إعادة شحن البطاريات.

2- تستخدم في استخلاص العديد من الفلزات النشطة من مصاهيرها مثل الصوديوم والألمنيوم.

3- تستخدم في تنقية الفلزات من الشوائب.

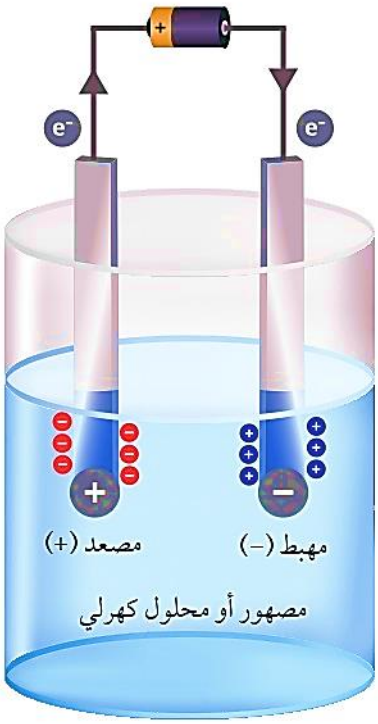
4- تستخدم في عملية الطلاء الكهربائي للفلزات لحمايتها من التآكل أو إكسابها منظر جميل.

مكونات خلية التحليل الكهربائي:

1- وعاء يحتوي مصهور أو محلول مادة أيونية.

2- أقطاب خاملة من البلاتين أو الجرافيت.

3- بطارية وأسلاك توصيل.



كيف يتم توصيل خلية التحليل الكهربائي:

1- يتم توصيل أحد الأقطاب بقطب البطارية السالب ويسمى المهبط وشحنته (سالبة).

2- يتم توصيل القطب الآخر بقطب البطارية الموجب ويسمى المصعد وشحنته (موجبة).

التحليل الكهربائي لمصهور مادة :

- يحتوي مصهور المادة الأيونية على أيونات موجبة وأخرى سالبة، وعند إمرار تيار كهربائي فيه، تتحرك الأيونات باتجاه الأقطاب المخالفة لها في الشحنة.

- تتحرك الأيونات الموجبة نحو القطب السالب الذي يمثل المهبط ويتم اختزالها، وتتحرك الأيونات السالبة باتجاه القطب الموجب الذي يمثل المهبط ويحدث لها تأكسد.

- يكون التفاعل الحادث في الخلية تفاعل غير تلقائي، لذلك يجب أن يكون جهد البطارية المستخدمة أكبر من جهد الخلية.

عثمان قدور (0788004769)

التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم (NaCl):

- لعمل تحليل كهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم (NaCl) نقوم بكتابة معادلة تأين الملح (NaCl) كما في المعادلة التالية:

$$NaCl \xrightarrow{H_2O} Na^+ + Cl^-$$

- عند إغلاق الدارة الكهربائية ومرور تيار كهربائي عبر الأسلاك تتحرك أيونات الصوديوم (Na^+) باتجاه المهبط، وتحدث لها عملية اختزال، وتتكون ذرات الصوديوم كما في المعادلة:

$$Na^+ + e^- \rightarrow Na$$ (نصف تفاعل الاختزال / المهبط):

- تتحرك أيونات الكلوريد (Cl^-) باتجاه المصعد، حيث تتأكسد مكونة غاز الكلور(Cl_2) كما في المعادلة:

$$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$$ (نصف تفاعل التأكسد / المصعد):

- نقوم بجمع نصف تفاعل التأكسد ونصف تفاعل الاختزال، حيث يتم مساواة الإلكترونات من خلال ضرب معادلة الاختزال للصوديوم بالعدد (2) ومن ثم الاختصار، والحصول على المعادلة الكلية كما يلي:

$$2Na^+ + 2e^- \rightarrow 2Na$$ (يتم ضرب المعادلة بالعدد 2 لمساواة الالكترونات)

$$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$$

$$2Na^+ + 2Cl^- \rightarrow 2Na + Cl_2$$ (المعادلة الكلية):

- نقوم بحساب جهد الخلية المعياري من خلال قيم جهود الاختزال لكل من الصوديوم (Na) والكلور (Cl_2) التالية:

$$Na^+ + e^- \rightarrow Na \qquad (E^0_{Na} = -2.71\ V)$$

$$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^- \qquad (E^0_{Cl_2} = 1.36\ V)$$

$$E^0_{cell} = E^0_{Na(cathode)} - E^0_{Cl_2(anode)}$$

$$E^0_{cell} = -2.71 - 1.36 = -4.07\ V$$

- نلاحظ أن جهد الخلية المعياري سالب، أي أن التفاعل غير تلقائي، وحتى يحدث هذا التفاعل يجب تزويد الخلية بفرق جهد كهربائي من البطارية يكون أكبر من جهد الخلية المعياري، أي أكبر من (4.07 V).

- تستخدم عملية تحليل (NaCl) كهربائياً، لاستخلاص الصوديوم صناعياً، حيث من نواتج هذه العملية تصاعد غاز الكلور (Cl_2) عند المصعد، وترسب فلز الصوديوم (Na) عند المهبط.

- تستخلص معظم الفلزات النشطة مثل الليثيوم (Li) والبوتاسيوم (K) من خلال التحليل الكهربائي لمصاهير كلوريداتها.

مثال (84): إذا تم إجراء عملية تحليل كهربائي لمصهور ($CaBr_2$)، أجب عن الأسئلة التالية:

1- اكتب نصف تفاعل التأكسد ونصف تفاعل الاختزال في خلية التحليل الكهربائي.

2- احسب جهد الخلية المعياري.

3- ما هي نواتج عملية التحليل الكهربائي للمصهور.

الإجابة:

1- عند عمل تحليل كهربائي لمصهور بروميد الكالسيوم ($CaBr_2$) نقوم بكتابة معادلة تأين الملح ($CaBr_2$) كما في المعادلة التالية:

$$CaBr_2 \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+} + 2Br^-$$

- عند إغلاق الدارة الكهربائية ومرور تيار كهربائي عبر الأسلاك تتحرك أيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) باتجاه المهبط، وتحدث لها عملية اختزال، وتتكون ذرات الكالسيوم كما في المعادلة:

$$Ca^{2+} + 2e^- \rightarrow Ca$$ (نصف تفاعل الاختزال / المهبط):

- تتحرك أيونات البروميد (Br^-) باتجاه المصعد، حيث تتأكسد مكونة غاز البروم (Br_2) كما في المعادلة:

$$2Br^- \rightarrow Br_2 + 2e^-$$ (نصف تفاعل التأكسد / المصعد):

- نقوم بجمع نصف تفاعل التأكسد ونصف تفاعل الاختزال، ومن ثم الاختصار، والحصول على المعادلة الكلية كما يلي:

$$Ca^{2+} + 2e^- \rightarrow Ca$$

$$2Br^- \rightarrow Br_2 + 2e^-$$

$$Ca^{2+} + 2Br^- \rightarrow Ca + Br_2$$ (المعادلة الكلية):

2- نقوم بحساب جهد الخلية المعياري من خلال قيم جهود الاختزال لكل من الصوديوم (Na) والكلور (Cl_2) التالية:

$$Ca^{2+} + 2e^- \rightarrow Ca \qquad (E^0_{Ca} = -2.76\ V)$$

عثمان قدور (0788004769)

$Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^-$ $\quad (E^0_{Br_2} = 1.07\ V)$

$E^0_{cell} = E^0_{Ca(cathode)} - E^0_{Br_2(anode)}$

$E^0_{cell} = -2.76 - 1.07 = -3.83\ V$

3- حيث من نواتج هذه العملية تصاعد غاز البروم (Br_2) عند المصعد، وترسب فلز الكالسيوم (Ca) عند المهبط.

التحليل الكهربائي لمحلول مادة كهرلية:

- يحتوي المحلول المائي للمادة الأيونية على أيونات موجبة وأخرى سالبة ناتجة عن تفككها وأيضا على جزيئات الماء.
- عند إمرار تيار كهربائي في المحلول الكهرلي، تتحرك الأيونات باتجاه الأقطاب المخالفة لها في الشحنة، ولكن بسبب وجود جزيئات الماء، يحدث تنافس الأقطاب بين جزيئات الماء والأيونات الموجبة والسالبة.
- حيث يحدث تنافس بين جزيئات الماء والأيونات الموجبة عند المهبط، في حين يحدث تنافس بين جزيئات الماء والأيونات السالبة عند قطب المصعد.
- تكون نواتج عملية التحليل الكهربائي لمصهور مادة أيونية، تختلف عن نواتج عملية التحليل الكهربائي لمحلول مادة كهرلية، وذلك بسبب وجود جزيئات الماء.

التحليل الكهربائي لمحلول يوديد البوتاسيوم (KI):

- لعمل تحليل كهربائي لمحلول يوديد البوتاسيوم (KI) نقوم بكتابة معادلة تأين الملح (KI) كما في المعادلة التالية:

$$KI_{(s)} \xrightarrow{H_2O} K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$$

- عند إغلاق الدارة الكهربائية ومرور تيار كهربائي عبر الأسلاك تتحرك أيونات البوتاسيوم (K^+) باتجاه المهبط، وهنا يحدث تنافس عند قطب المهبط بين أيونات البوتاسيوم (K^+) وجزيئات الماء، وبالرجوع الى جهود أقطاب الاختزال التالية:

$K^+ + e^- \rightarrow K$ $\quad (E^0_K = -2.89\ V)$

$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$ $\quad (E^0_{H_2O} = -0.83\ V)$

- نلاحظ من خلال جهود الاختزال، أن جهد اختزال الماء أكبر من جهد اختزال البوتاسيوم، لذلك يحدث اختزال للماء حسب المعادلة التالية:

$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$ (نصف تفاعل الاختزال / المهبط):

عثمان قدور (0788004769)

- أما عند المصعد فيحدث تنافس بين جزيئات الماء وأيونات اليوديد السالبة (I^-)، ولمعرفة المادة التي سوف يحدث لها تأكسد نلاحظ أنصاف تفاعلات الاختزال لكل من الماء واليود:

$$O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^- \rightarrow 2H_2O_{(l)} \qquad (E^0 = 1.23\ V)$$

$$I_{2(s)} + 2e^- \rightarrow 2I^-_{(aq)} \qquad (E^0{}_I = 0.54\ V)$$

- في المعادلة الأولى يعتبر التفاعل العكسي هو تأكسد الماء، وفي المعادلة الثانية يعتبر التفاعل العكسي هو تأكسد أيون اليوديد (I^-)، وبما أن جهد التأكسد المعياري يساوي ($E^0_{reduction}$ -) لنصف التفاعل تصبح المعادلات كما يلي:

$$2H_2O_{(l)} \rightarrow O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^- \qquad (E^0 = -1.23\ V)$$

$$2I^-_{(aq)} \rightarrow I_{2(s)} + 2e^- \qquad (E^0{}_I = -0.54\ V)$$

- من خلال جهود التأكسد نجد أن جهد التأكسد لليود أكبر من جهد التأكسد للماء، وبالتالي يحدث تأكسد لأيون اليود (I^-) وينتج اليود (I_2) عند المصعد:

(نصف تفاعل التأكسد / المصعد): $2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$

- نقوم بجمع نصف تفاعل التأكسد ونصف تفاعل الاختزال، حيث يتم مساواة الإلكترونات ومن ثم الاختصار، والحصول على المعادلة الكلية كما يلي:

$$2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$$
$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$$

(المعادلة الكلية): $2H_2O + 2I^- \rightarrow H_2 + I_2 + 2OH^-$

- نقوم بحساب جهد الخلية المعياري من خلال قيم جهود الاختزال لكل من اليود (I) والماء (H_2O):

$$E^0_{cell} = E^0_{H_2O(cathode)} - E^0{}_{I_2(anode)}$$

$$E^0_{cell} = -0.83 - 0.54 = -1.37\ V$$

- نلاحظ أن جهد الخلية المعياري سالب، أي أن التفاعل غير تلقائي، وحتى يحدث هذا التفاعل يجب تزويد الخلية بفرق جهد كهربائي من البطارية يكون أكبر من جهد الخلية المعياري، أي أكبر من (1.37 V).

عثمان قدور (0788004769)

- تكون نواتج عملية التحليل لمحلول يوديد البوتاسيوم (KI) هو تكون اليود عند المصعد، وتصاعد غاز الهيدروجين عند المهبط، وتكون محلول هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH).

التحليل الكهربائي لمحلول بروميد النحاس ($CuBr_2$):

- نقوم بكتابة معادلة تأين بروميد النحاس ($CuBr_2$) كما في المعادلة التالية:

$$CuBr_{2(s)} \xrightarrow{H_2O} Cu^{2+}_{(aq)} + 2Br^-_{(aq)}$$

- عند إغلاق الدارة الكهربائية ومرور تيار كهربائي عبر الأسلاك تتحرك أيونات النحاس (Cu^{2+}) باتجاه المهبط، وهنا يحدث تنافس عند قطب المهبط بين أيونات النحاس (Cu^{2+}) وجزيئات الماء، وبالرجوع الى جهود أقطاب الاختزال التالية:

$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu \qquad (E^0_{Cu} = 0.34\ V)$$

$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^- \qquad (E^0_{H_2O} = -0.83\ V)$$

- نلاحظ من خلال جهود الاختزال، أن جهد اختزال النحاس أكبر من جهد اختزال الماء، لذلك يحدث اختزال للنحاس حسب المعادلة التالية:

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

- أما عند المصعد فيحدث تنافس بين جزيئات الماء وأيونات البروميد السالبة (Br^-)، ولمعرفة المادة التي سوف يحدث لها تأكسد نلاحظ أنصاف تفاعلات الاختزال لكل من الماء واليود:

$$O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^- \rightarrow 2H_2O_{(l)} \qquad (E^0 = 1.23\ V)$$

$$Br_{2(s)} + 2e^- \rightarrow 2Br^-_{(aq)} \qquad (E^0_I = 1.07\ V)$$

- في المعادلة الأولى يعتبر التفاعل العكسي هو تأكسد الماء، وفي المعادلة الثانية يعتبر التفاعل العكسي هو تأكسد أيون البروميد (Br^-)، وبما أن جهد التأكسد المعياري يساوي ($-E^0_{reduction}$) لنصف التفاعل تصبح المعادلات كما يلي:

$$2H_2O_{(l)} \rightarrow O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^- \qquad (E^0 = -1.23\ V)$$

$$2Br^-_{(aq)} \rightarrow Br_{2(s)} + 2e^- \qquad (E^0_I = -1.07\ V)$$

- من خلال جهود التأكسد نجد أن جهد التأكسد للبروم أكبر من جهد التأكسد للماء، وبالتالي يحدث تأكسد لأيون البروميد (Br^-) وينتج البروم (Br_2) عند المصعد:

عثمان قدور (0788004769)

$$2Br^- \rightarrow Br_2 + 2e^-$$ (نصف تفاعل التأكسد / المصعد):

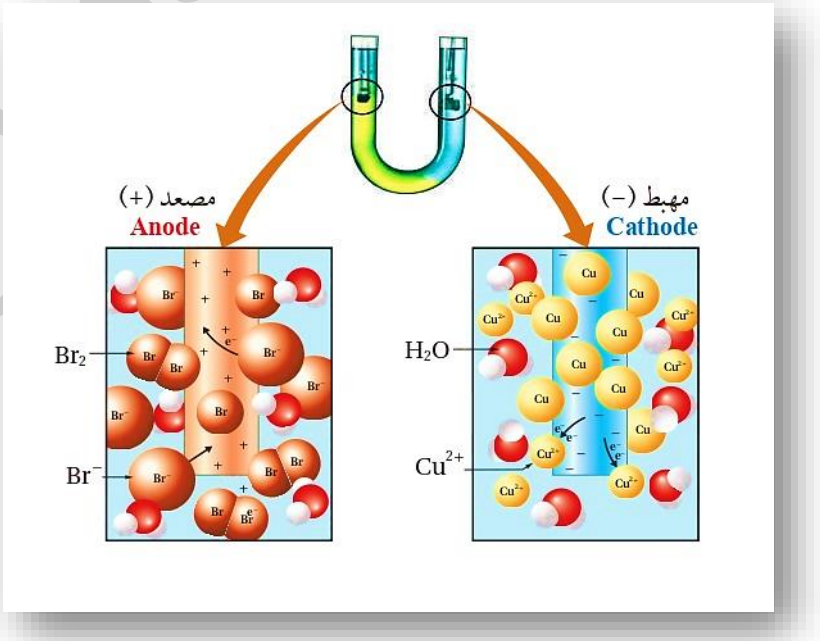
- نقوم بجمع نصف تفاعل التأكسد ونصف تفاعل الاختزال، حيث يتم مساواة الإلكترونات ومن ثم الاختصار، والحصول على المعادلة الكلية كما يلي:

$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$$
$$2Br^- \rightarrow Br_2 + 2e^-$$
$$Cu^{2+} + 2Br^- \rightarrow Cu + Br_2$$ (المعادلة الكلية):

- نقوم بحساب جهد الخلية المعياري من خلال قيم جهود الاختزال لكل من اليود (I) والماء (H_2O):

$$E^0_{cell} = E^0_{Cu(cathode)} - E^0_{Br_2(anode)}$$
$$E^0_{cell} = 0.34 - 1.07 = -0.73\ V$$

- نلاحظ أن جهد الخلية المعياري سالب، أي أن التفاعل غير تلقائي، وحتى يحدث هذا التفاعل يجب تزويد الخلية بفرق جهد كهربائي من البطارية يكون أكبر من جهد الخلية المعياري، أي أكبر من (0.73 V).
- تكون نواتج عملية التحليل لمحلول بروميد النحاس هو تكون البروم عند المصعد وتكون النحاس عند المهبط.
- الشكل التالي يمثل عملية التحليل الكهربائي لمحلول بروميد النحاس ($CuBr_2$):



التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات الصوديوم (Na_2SO_4):

- نقوم بكتابة معادلة تأين كبريتات الصوديوم (Na_2SO_4) كما في المعادلة التالية:

$$Na_2SO_{4(s)} \xrightarrow{H_2O} 2Na^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

- عند إغلاق الدارة الكهربائية ومرور تيار كهربائي عبر الأسلاك تتحرك أيونات الصوديوم (Na^+) باتجاه المهبط، وهنا يحدث تنافس عند قطب المهبط بين أيونات الصوديوم (Na^+) وجزيئات الماء، وبالرجوع الى جهود أقطاب الاختزال التالية:

$$Na^+ + e^- \rightarrow Na \qquad (E^0{}_{Na} = -2.71\ V)$$

$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^- \qquad (E^0{}_{H_2O} = -0.83\ V)$$

- نلاحظ من خلال جهود الاختزال، أن جهد اختزال الصوديوم أقل من جهد اختزال الماء، لذلك يحدث اختزال للماء حسب المعادلة التالية:

(نصف تفاعل الاختزال / المهبط): $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

- أما عند المصعد فيحدث تنافس بين جزيئات الماء وأيونات الكبريتات (SO_4^{2-})، وقد لوحظ عملياً تصاعد غاز الأكسجين عند المصعد مما يدل على تأكسد جزيئات الماء:

(نصف تفاعل التأكسد / المصعد): $2H_2O_{(l)} \rightarrow O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^-$

- نقوم بجمع نصف تفاعل التأكسد ونصف تفاعل الاختزال، حيث يتم مساواة الإلكترونات من خلال ضرب معادلة الاختزال بالعدد (2) ومن ثم الاختصار، والحصول على المعادلة الكلية كما يلي:

$$4H_2O + 4e^- \rightarrow 2H_2 + 4OH^-$$

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

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

$$6H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_{2(l)} + O_{2(g)} + 4H_2O$$

(المعادلة الكلية): $2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_{2(l)} + O_{2(g)}$

عثمان قدور (0788004769)

- تعتبر عملية تحليل كبريتات الصوديوم (Na_2SO_4) هي عبارة عن عملية تحليل الماء، حيث تتأكسد جزئيات الماء، وتختزل في نفس الوقت مكونة غازي الهيدروجين (H_2) والاكسجين (O_2).
- عند إجراء عملية التحليل الكهربائي، فإن الأيونات تسلك دائما نفس السلوك، بغض النظر عن مصدر تلك الأيونات.
- بعض الأيونات متعددة الذرات مثل (SO_4^{2-})، (NO_3^-) لا تتأثر عند إجراء تحليل كهربائي لمحاليلها.

التطبيقات العملية للتحليل الكهربائي

- من التطبيقات العملية على خلية التحليل الكهربائي، استخلاص الفلزات من خاماتها وتنقية الفلزات من الشوائب.

أولا: استخلاص الألمنيوم

- يعتبر الألمنيوم من الفلزات النشطة، وهو أكثر الفلزات إنتشاراً في القشرة الأرضية.
- يتم استخلاص الألمنيوم من خام (البوكسيت) ($Al_2O_3.2H_2O$) بطريقة (هول – هيروليت).

آلية استخلاص الألمنيوم من خام البوكسيت.

1- يتم معالجة خام البوكسيت من الشوائب الموجودة فيه.
2- يتم تسخين خام البوكسيت ليتحول الى أكسيد الألمنيوم (Al_2O_3).
3- يذاب أكسيد الألمنيوم (Al_2O_3) في مصهور (الكريوليت) (Na_3AlF_6)، فتنخفض درجة حرارته الى نحو ($1000\ C^0$).
4- يتم استخلاص الألمنيوم من خلال التحليل الكهربائي لمصهور (Al_2O_3)، وتسمى خلية التحليل الكهربائي المستخدمة بخلية (هول – هيروليت).

مكونات خلية التحليل الكهربائي لمصهور الألمنيوم (هول – هيروليت) وآلية عملها.

1- تتكون من الداخل من طبقة من الجرافيت (C) والتي تمثل المهبط.
2- سلسلة من أقطاب الجرافيت تغمس في مصهور (Al_2O_3) وتمثل المصعد.
3- عند إجراء التحليل الكهربائي يحدث اختزال لأيونات الألمنيوم عند المهبط، ويتكون الألمنيوم الذي يتجمع أسفل الخلية ويتم سحبه من مخرج خاص.

(نصف تفاعل الاختزال / المهبط): $Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al_{(l)}$

4- يتم عند المصعد أكسدة أيونات الأكسجين (O^{2-}) مكونة غاز الأكسجين حسب المعادلة:

(نصف تفاعل التأكسد / المصعد): $2O^{2-} \rightarrow O_{2(g)} + 4e^-$

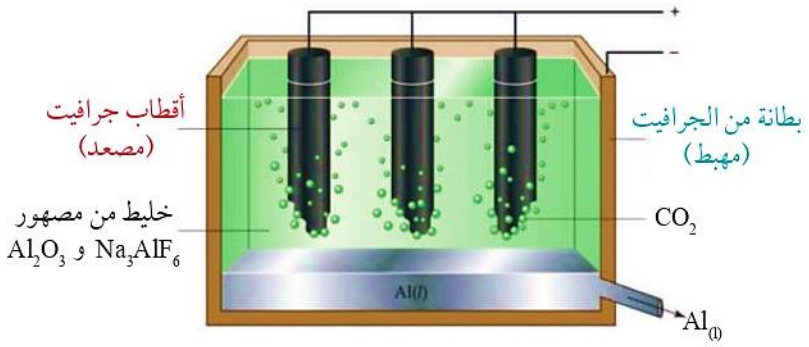
5- يتفاعل الأكسجين الناتج مع أقطاب الجرافيت مكوناً ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، ويؤدي ذلك الى تآكلها ويجري تغييرها بشكل دوري.

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$$

- يمكن تلخيص التفاعل الكلي الحاصل في الخلية كما يلي:

$$Al_2O_{3(l)} + C_{(s)} \rightarrow 4Al_{(l)} + CO_{2(g)}$$

- تستهلك عملية استخلاص الألمنيوم كميات هائلة من الطاقة، ولذلك يتم إنشاء مصانع الالمنيوم بالقرب من محطات الطاقة الكهربائية، وذلك لتوفير كلفة نقل الطاقة.
- يتم الحصول على الألمنيوم من خلال عملية تدويره، حيث تبلغ كمية الطاقة اللازمة لعملية إعادة التدوير (5%) من الطاقة اللازمة لاستخلاصه من خام البوكسيت.



ثانياً: تنقية الفلزات

- يجب أن تكون بعض الفلزات نقية تماماً عند الاستخدام، مثل النحاس الذي يجب أن يكون نقياً عند استخدامه في التمديدات الكهربائية.
- تستخدم عملية التحليل الكهربائي في تنقية الفلزات مثل النحاس، بعد عمليات استخلاصه من خاماته، حيث تحتوي على شوائب مثل الخارصين والحديد والذهب والفضة والبلاتين.

آلية تنقية النحاس من الشوائب.

1- يتم تشكيل النحاس غير النقي على شكل قوالب والتي تمثل (المصعد) في خلية التحليل الكهربائي.

2- يتم توصيل شريحة رقيقة من النحاس النقي الى قطب (المهبط).

3- يتم وضع القطبين (النحاس غير النقي) و (النحاس النقي) في محلول كبريتات النحاس ($CuSO_4$).

4- يتم تمرير تيار كهربائي في الخلية، حيث تحدث التفاعلات الآتية:

عثمان قدور (0788004769)

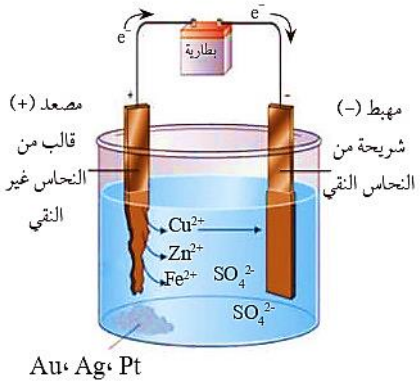
(نصف تفاعل الاختزال / المهبط): $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$

(نصف تفاعل التأكسد / المصعد): $Cu_{(s)} \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

5- يستمر تأكسد النحاس واختزاله حيث تنتقل ذرات النحاس من المصعد الى المهبط.

6- تتأكسد ذرات الفلزات (الشوائب) التي لها جهد اختزال أقل من النحاس، مثل الخارصين (Zn) والحديد (Fe) لتتكون أيونات (Zn^{2+})، (Fe^{2+})، على الترتيب، وتبقى هذه الأيونات ذائبة في المحلول، أما الذهب (Au) والفضة (Ag) والبلاتين (Pt) فإن جهد اختزالها أكبر من جهد اختزال النحاس، لذلك لا يحدث لها تأكسد وتتجمع ذراتها في قاع الخلية.

- تكون درجة نقاوة النحاس الناتج (99.9%).



شحن البطارية: تمتاز البطاريات القابلة للشحن مثل بطاريات الهاتف الخلوي، وبطاريات السيارات الكهربائية، بأنها تجمع بين الخلية الجلفانية، وخلية التحليل الكهربائي.

- عند استخدام البطارية تتحول الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربائية حيث تعمل البطارية كخلية جلفانية.
- عند إعادة شحن البطارية، يتم تحويل الطاقة الكهربائية من خلال المصدر الكهربائي المستخدم في إعادة الشحن الى طاقة كيميائية، حيث ينعكس اتجاه حركة الالكترونات فيها، ويحدث التفاعل العكسي للتفاعل المنتج للتيار الكهربائي في البطارية.

الإثراء والتوسع: إعادة تدوير البطاريات

- تحتوي البطاريات على مواد كيميائية سامة وفلزات ثقيلة، ويؤدي تركمها ودفنها الى مخاطر بيئية، تسبب تلوث التربة والمياه، لذلك يجب إعادة تدويرها للتخلص منها.

تدوير البطاريات: معالجة نفاياتها بهدف التقليل منها، حيث تعتبر نفايات صلبة، وإعادة استخدام مكوناتها مرة أخرى.

إعادة تدوير بطارية الرصاص

- تعتبر بطاريات الرصاص الحمضية من أقدم أنواع البطاريات التي يمكن إعادة شحنها في العالم.
- تعتبر عملية إعادة تدوير بطارية الرصاص مهمة جدا في صناعة الرصاص، حيث يشكل الرصاص المعاد استخدامه (47%) من إجمالي الرصاص المستخدم عالمياً.

آلية تنقية النحاس من الشوائب.

1- **التجميع:** يتم تجميع بطاريات الرصاص المستخدمة من خلال باعة البطاريات، حيث يتم تجميعها من قبل الشركات التي تقوم بعملية إعادة التدوير.

2- **التكسير:** يتم تفكيك البطارية في منشأة إعادة التدوير، ويتم سحق مكوناتها باستخدام الآلات خاصة لتتحول الى شظايا.

3- **الفرز:** تتضمن هذه العملية عدة خطوات:

أ- يتم فصل المكونات البلاستيكية والورقية عن الرصاص والفلزات الثقيلة، وسحب السائل الموجود فيها.

ب- يتم إعادة تدوير القطع البلاستيكية، حيث يتم غسلها وتجفيفها ثم ترسل الى وحدة إعادة تدوير البلاستيك، حيث يتم صهرها وتشكيلها على شكل كرات من مادة البولي بروبلين، حيث تستخدم مرة أخرى لإنتاج صناديق بطاريات الرصاص الحمضية، أو استخدامها في صناعة منتجات أخرى.

ج- يتم صهر ألواح الرصاص وأكسيده ومركباته الأخرى معاً في أفران الصهر، ثم تصب في قوالب، ويتم تنظيف سطح مصهور الرصاص من الشوائب التي تعرف باسم (الخبث) ومن ثم تترك لكي تبرد وتتصلب، ثم ترسل الى الشركات المصنعة للبطاريات حيث تستخدم في إنتاج ألواح جديدة من الرصاص وأكسيد الرصاص.

د- يتم التعامل مع المكون السائل وهو عبارة عن حمض الكبريتيك (H_2SO_4) بطريقتين:

1- مفاعلة حمض الكبريتيك مع مركب كيميائي قاعدي، فينتج الملح والماء الذي يجري تجميعه ومعالجته والتأكد من مطابقته لمواصفات المياه والتخلص منها في شبكة الصرف الصحي.

2- يتم تحويل حمض الكبريتيك الى كبريتات الصوديوم (Na_2SO_4)، ومن ثم استخدامه في صناعة المنظفات والزجاج والمنسوجات.

مراجعةُ الدرس

1- **الفكرةُ الرئيسة:**

أُوَضِّحُ مبدأ عمل خلية التحليل الكهربائي.

2- **أُفَسِّر:**

أ . لا يمكنُ تحضيرُ غاز الفلور بالتحليل الكهربائي لمحلول NaF.

ب. تكون الكُلفة الاقتصاديّة لإعادة تدوير الألمنيوم أقلَّ من كلفة استخراجه من خام البوكسيت.

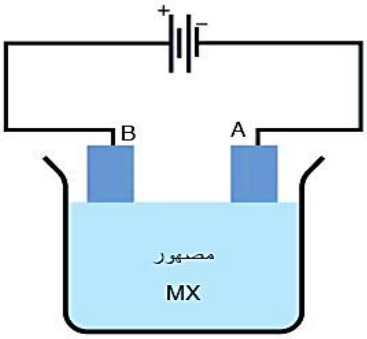
3- **أتوقع.** بالرُّجوع إلى جدول جهود الاختزال المعياريّة، أتوقعُ نواتجَ التحليل الكهربائي لمحاليل الأملاح الآتية:

أ . يوديد المغنيسيوم MgI_2.

ب. نترات الرصاص $Pb(NO_3)_2$.

جـ. كبريتات الكوبلت $CoSO_4$.

4- أدرسُ الشكلَ المجاور، الذي يمثلُ خليّة تحليل كهربائي لمصهور المركّب الأيوني MX باستخدام أقطاب منَ الجرافيت أُعطِيَتِ الرموز A و B ، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلة الآتية:



أ . أُحَدِّدُ المِصعد والمِهبط في الخليّة.

ب. أُحَدِّدُ اتجاه حركة الإلكترونات عبر الأسلاك، واتجاه حركة الأيونات الموجبة والسالبة داخلَ المحلول باستخدام الأسهم.

جـ. أُحَدِّدُ القطبَ الذي تحدثُ عنده عمليّةُ التأكسد.

د . أُحَدِّدُ القطبَ الذي تتكوَّنُ عنده ذرّاتُ العنصر M.

5- يُرادُ تنقيةُ قوالبَ منَ النيكل باستخدام عمليّة التحليل الكهربائي:

أ . ما القطبُ الذي يجب أن تمثِّلَهُ القوالبُ غيرُ النقيّة؟

ب. ما المادَّةُ المُستخدَمَةُ في القطب الآخر؟

جـ. أقترحُ محلولًا يمكن استخدامُهُ في هذه الخليّة.

عثمان قدور (0788004769)

الإجابة:

س1 مبدأ عمل خلية التحليل الكهربائي: تحول خلية التحليل الكهربائي الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية من خلال إمرار تيار كهربائي في محلول أو مصهور مادة كهرلية مما يؤدي إلى حدوث تفاعل تأكسد واختزال غير تلقائي الحدوث.

س2 أ. لأن الماء أسهل تأكسدا من أيونات F^- ، إذ أن جهد تأكسده (1.23 V−) أعلى من جهد تأكسد أيونات الفلوريد F^- (2.87 V−) وبالتالي لا تتأكسد أيونات الفلوريد عند التحليل الكهربائي لمحلول NaF

ب. نظرا للإرتفاع الكبير لدرجة انصهار أكسيد الألمنيوم (الألومينا) Al_2O_3 مما يتطلب اذابته في مصهور مادة الكريوليت لتخفيض درجة انصهاره ثم اجراء عملية تحليل كهربائي للمصهور وجميع هذه العمليات تتطلب كميات كبيرة من الطاقة، أما اعادة تدوير الألمنيوم فيتطلب صهر المواد المصنوعة من الألمنيوم فقط، ونظرا لانخفاض درجة انصهار الألمنيوم مقارنة بأكسيد الألمنيوم فإنها تحتاج لكميات قليلة من الطاقة.

س3 نواتج التحليل الكهربائي:

أ. محلول MgI_2 : اليود عند المصعد، وغاز الهيدروجين عند المهبط وتكون محلول $Mg(OH)_2$.

ب. محلول $Pb(NO_3)_2$: الرصاص عند المهبط، وغاز الأكسجين عند المصعد وتكون محلول HNO_3.

ج. محلول $CoSO_4$: الكوبلت عند المهبط، وغاز الأكسجين عند المصعد وتكون محلول H_2SO_4.

س4 أ. المصعد B ، المهبط A.

ب. اتجاه حركة الإلكترونات من المصعد B إلى المهبط A. أما حركة الأيونات فتتحرك أيونات X^- باتجاه القطب الموجب B أما أيونات M^+ فتتحرك باتجاه القطب السالب A.

ج. B

د. A

س5 أ. المصعد. ب. قطب نقي من النيكل. ج. نترات النيكل.

مراجعةُ الوحدةِ

1 . **أُقارنُ** بينَ الخليّة الجلفانيّة وخليّة التحليل الكهربائي، من حيثُ:

أ تحوُّلاتُ الطاقة في كلٍّ منهما.

ب شحنةُ كلٍّ منَ المِصعد والمِهبط.

جـ تلقائيّةُ تفاعل التأكسد والاختزال.

د إشارةُ جهد الخليّة المعياري E°_{cell}.

2 . **أُفَسِّر**:

أ يُخلَطُ أكسيدُ الألمنيوم Al_2O_3 بالكريوليت خلالَ عمليّة استخلاص الألمنيوم بطريق هول – هيرولیت.

ب تَفقِدُ بطّاريّةُ السيّارة صلاحيّتَها بعد بضع سنوات منَ استخدامها، رغمَ إمكانيّة إعادة شحنها نظريًّا عددًا لا نهائيًّا منَ المرّات.

3 . تمثلُ المعادلةُ الكيميائيّة الآتية تفاعلَ تأكسد واختزال، أدرُسُهُ جيِّدًا، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلة التي تليه:

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)} \rightarrow Mn^{2+}{}_{(aq)} + Cl_{2(g)}$$

أ أكتبُ نصفي تفاعل التأكسد والاختزال.

ب أكتبُ معادلة التفاعل الكُلي الموزونة.

جـ هل يحدث هذا التفاعلُ تلقائيًّا؟ (أستعينُ بجدول جهود الاختزال المعياريّة)

4 . أدرسُ معادلةَ التفاعل الكيميائي، التي تتضمَّنُ رموزًا افتراضيّة للفلز X واللافلز Y وعنصر الهيدروجين، ثمّ أُجيبُ عنِ الأسئلة التي تليها:

$$2X_{(s)} + 3H_2Y \rightarrow X_2Y_3 + 3H_{2(g)}$$

أ أحدد التغير في عددَ تأكسد X .

ب أحدد التغير في عددَ تأكسد Y .

جـ أُحَدِّدُ العاملَ المؤكسد.

5 . **أُوازنُ** معادلات التأكسد والاختزال الآتية بطريقة نصف التفاعل، وَأُحَدِّدُ العاملَ المؤكسد والعاملَ المُختزل:

أ $MnO_4^{2-} \rightarrow MnO_4^- + MnO_2$ (وسط قاعدي)

ب $S_2O_3^{2-} + IO_3^- + Cl^- \rightarrow ICl_2^- + SO_4^{2-}$ (وسط حِمضي)

6 . خليّة جلفانيّة مكوَّنة من نصف خليّة الرصاص $Pb^{2+}|Pb$ ونصف خليّة الكروم $Cr^{3+}|Cr$. إذا عَلِمْتُ أنَّ تركيزَ أيونات Cr^{3+} يزدادُ عند تشغيل الخليّة، فَأُجيبُ عمّا يأتي:

أ أُحَدِّدُ المِصعدَ والمِهبط في الخليّة الجلفانيّة.

ب **أتوقعُ** التغيُّرَ على كتلة قطب الرصاص معَ استمرار تشغيل الخليّة.

جـ أكتبُ معادلة موزونة تمثلُ التفاعلَ الكُلي الذي يحدث في الخليّة.

د **أحسبُ**، مُستعينًا بجدول جهود الاختزال المعياريّة، جهدَ الخليّة المعياري (E°_{cell}).

عثمان قدور (0788004769)

مراجعةُ الوحدةِ

7 . يبيِّنُ الجدولُ المجاور القِيَمَ المطلقة لجهود الاختزال المعياريّة E° للعناصر (A, B, C, D, M). إذا عَلِمْتُ أنَّ ترتيبَ العناصر حَسَبَ قوَّتها كعوامل مختزلة، هو: D>B>M>A>C، وأنه عند وصل القطب M بقطب الهيدروجين المعياري تتحرَّكُ الإلكتروناتُ من M إلى قطب الهيدروجين، فَأُجيبُ –مُستعينًا بالمعلومات السابقة– عنِ الأسئلة الآتية:

نصف تفاعل الاختزال	$\lvert E^{\circ} \rvert$ V
$A^{+}_{(aq)} + e^{-} \rightleftharpoons A_{(s)}$	0.80
$B^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \rightleftharpoons B_{(s)}$	1.66
$C^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \rightleftharpoons C_{(s)}$	1.5
$D^{+}_{(aq)} + e^{-} \rightleftharpoons D_{(s)}$	2.71
$M^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightleftharpoons M_{(s)}$	0.28

أ - أكتبُ إشارةَ قِيَمِ جهود الاختزال المعياريّة E° للعناصر A, B, C, D, M.

ب - **أستنتج**. ما العنصرُ الذي يمكنُ استخدامُ وعاء مصنوع منه لحفظ محلول يحتوي على أيونات A^{+}؟

جـ- **أستنتج**. ما العاملُ المؤكسد الذي يؤكسد D ولا يؤكسدM؟

8 . أدرسُ المعادلاتِ والمعلوماتِ المبيَّنَةَ في الجدول؛ ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلة التي تليها:

المعادلة	المعلومات
$Ca + Cd^{2+} \rightarrow Ca^{2+} + Cd$	تفاعل تلقائي
$2Br^{-} + Sn^{2+} \rightarrow Br_2 + Sn$	تفاعل غير تلقائي
$Cd + Sn^{2+} \rightarrow Cd^{2+} + Sn$	تفاعل تلقائي

أ - أُحَدِّدُ أقوى عامل مؤكسد.

ب - **أُرَتِّبُ** العواملَ المُختزَلَةَ تصاعديًّا حَسَبَ قوَّتها.

جـ- **أستنتج**. هل تؤكسدُ أيوناتُ الكادميوم Cd^{2+} أيوناتِ البروم Br^{-}؟

د - **أُقارن**. ما العنصران اللذان يكوِّنان خليّةً جلفانيّة لها أعلى جهد خليّة معياري؟

9 . خليّةُ تحليل كهربائي تحتوي على محلول بروميد الليثيوم LiBr. بالرُّجوع إلى جدول جهود الاختزال المعياريّة، أُجيبُ عنِ الأسئلة الآتية:

أ - أكتبُ معادلة التفاعل الذي يحدثُ عند المِصعد.

ب - **أستنتج**. ما ناتجُ التحليل الكهربائي عند المِهبط؟

جـ- **أحسب**. ما مقدارُ جهد البطّاريّة اللازم لإحداث عمليّة التحليل الكهربائي؟

10. عند استخدام آلة تصوير ذات بطّاريّة قابلة لإعادة الشحن، أُجيبُ عنِ الأسئلة الآتية :

أ. **أُقارن** تحوُّلاتِ الطاقة خلال عمليّتي الاستخدام والشحن.

ب. **أُفَسِّر**. تعملُ هذه البطّاريّةُ كخليّة جلفانيّة وخليّة تحليل كهربائي.

11. أدرسُ المعلوماتِ الآتيةَ المتعلِّقَةَ بالفِلِزّات ذاتِ الرُّموز الافتراضيّة الآتية: Y , A , X , B , Z , C، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلة التي تليها:

أ - الفِلِزُّ A يختزِلُ أيونات X^{2+} ولا يختزِلُ أيونات Y^{2+}.

ب - عند مفاعلة الفِلِزّين X , B معَ محلول حِمض الهيدروكلوريك المخفَّف، يتفاعلُ X وينطلقُ غازُ الهيدروجين، أمّا B فلا يتفاعل.

جـ- عند تكوين خليّة جلفانيّة منَ الفِلِزّين C و Y، تتحرَّكُ الأيوناتُ السالبة منَ القنطرة الملحيّة باتجاه نصف خليّة C.

عثمان قدور (0788004769)

د - يمكنُ استخلاصُ الفِلِزّ Z من محاليل أملاحه باستخدام الفِلِزّ B.

1) **أستنتجُ** اتجاه حركة الإلكترونات في الخليّة المكوَّنةِ منَ القطبين C , X.

2) **أستنتجُ** القطبَ الذي تزداد كتلتُهُ في الخليّة المكوَّنةِ منَ القطبين A , B.

3) **أُقارن**. ما القطبان اللذين يُشَكِّلان خليّة جلفانيّة لها أعلى جهد خليّة معياري؟

4) **أتنبَّأُ**. هل يمكنُ تحضيرُ الفِلِزّ Z بالتحليل الكهربائي لمحلول ZNO_3؟ أُفسِّر إجابتي.

5) **أستنتج**. هل يتفاعلُ الفِلِزُّ A معَ محلول حِمض الهيدروكلوريك وينطلقُ غازُ الهيدروجين؟ أُفسِّر إجابتي.

6) **أتنبَّأُ**. هل يمكنُ تحريكُ محلول نترات الفِلِزّ $Y(NO_3)_2$ بِملعقة منَ الفِلِزّ B؟

12. استُخدِمَت أنصافُ الخلايا المعياريّة للفِلِزّات ذاتِ الرُّموز الافتراضيّة الآتية:

T , R , D , M , L، مع نصف خليّة الفِلِزّ E المعياريّة لتكوين خلايا جلفانيّة، وكانت النتائج كما في الجدول الآتي. أدرُسُهُ جيِّدًا، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلة الآتية:

الخليّة الجلفانيّة	E°_{cell} V	المِصعد
E-D	0.16	E
E-L	0.78	E
T-E	1.93	T
E-M	0.30	E
R-E	0.32	R

أ - **أُرَتِّبُ** الفِلِزّاتِ متضمِّنَةً الفِلِزَّ E حَسَبَ قوَّتها كعوامل مختزلة.

ب - **أحسبُ** جهدَ الخليّة المعياري E°_{cell} للخليّة المكوَّنَةِ منَ الفِلِزّين T,R.

جـ - **أُقارن**. ما الفِلِزّان اللذان يُشَكِّلان خليّة جلفانيّة لها أعلى جهد خليّة معياري؟

د - **أستنتج**. هل يمكنُ حفظُ محلول أحد أملاح الفِلِزّ D في وعاء منَ الفِلِزّ R؟ أُفسِّر إجابتي.

13. **أختارُ الإجابة الصحيحة لكلّ فقرة منَ الفقرات الآتية:**

1 . المادَّةُ التي اختُزِلَت في التفاعل الآتي: $TiO_2 + 2Cl_2 + C \rightarrow TiCl_4 + CO_2$، هي:

أ . C ب . Cl_2 جـ . TiO_2 د . $TiCl_4$

2 . عددُ تأكسد البورون B في المركَّب $NaBH_4$ يساوي:

أ . +3 ب . +5 جـ . −5 د . −3

3 . إحدى العبارات الآتية صحيحة:

أ . العاملُ المختزَلُ يكتسب إلكترونات في التفاعل الكيميائي.

ب . العاملُ المؤكسَدُ يفقد إلكترونات في التفاعل الكيميائي.

جـ . تحتوي جميعُ تفاعلات التأكسد والاختزال على عامل مؤكسد وعامل مختزل.

د . يحتوي تفاعلُ التأكسد والاختزال على عامل مؤكسد وعامل مختزل فقط.

4 . العبارة الصحيحة في معادلة التفاعل الموزونة الآتية: $IO_3^-{}_{(aq)} + 5I^-_{(aq)} + 6H^+_{(aq)} \rightarrow 3I_{2(aq)} + 3H_2O_{(l)}$ هي:

أ . عددُ تأكسد اليود في IO_3^- يساوي +7.

ب . العامل المؤكسد في التفاعل هو I^-.

جـ . يُعَدُّ التفاعلُ تأكسدًا واختزالًا ذاتيًّا.

د . تأكسدت ذرّات اليود (أو أيوناته) واختُزِلَت في التفاعل.

عثمان قدور (0788004769)

مراجعةُ الوحدةِ

5 . التفاعل الذي يسلكُ فيه الهيدروجين كعامل مؤكسد هو:

أ · $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$ ب · $Cu^{2+} + H_2 \rightarrow Cu + 2H^+$

جـ · $H_2 + 2Na \rightarrow 2NaH$ د · $HCHO + H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3OH$

6 . مقدارَ التغيُّر في عدد تأكسد ذرّة الكربون (C)، عند تحول الأيون $C_2O_4^{2-}$ إلى جزيء CO_2 هي:

أ · 0 ب · 1 جـ · 2 د · 4

7 . أحدُ التغيُّرات الآتية يحتاج إلى عامل مؤكسد:

أ · $PbO_2 \rightarrow Pb^{2+}$ ب · $CrO_4^{2-} \rightarrow Cr(OH)_4^-$

جـ · $BiO^+ \rightarrow Bi$ د · $H_2O_2 \rightarrow O_2$

8 . أحدُ التفاعلات غير الموزونة الآتية يمثلُ تفاعلَ تأكسد واختزال ذاتي:

أ · $NO + O_2 \rightarrow NO_2$ ب · $H_2O + NO_2 \rightarrow HNO_3 + NO$

جـ · $MnO_4^- + Mn^{2+} \rightarrow MnO_2$ د · $OF_2 + H_2O \rightarrow O_2 + HF$

9 . عددُ مولات الإلكترونات اللازمة لموازنة نصف التفاعل الآتي في وسط حِمضي:

$Fe^{3+} \rightarrow FeO_4^{2-}$، هو:

أ · 2 ب · 4 جـ · 3 د · 1

10. عددُ مولات أيونات الهيدروكسيد OH^- اللازم إضافتُها إلى طرفي المعادلة لموازنة التفاعل الآتي في وسط قاعدي:

$MnO_4^- + H_2O_2 \rightarrow MnO_2 + O_2$، هو:

أ · $8OH^-$ ب · $6OH^-$ جـ · $4OH^-$ د · $2OH^-$

11. إذا كان التفاعلُ الآتي يحدث في إحدى الخلايا الجلفانيّة $A + B^{2+} \rightarrow A^{2+} + B$، فإن:

أ · القطبَ السالب هو B ب · كتلةَ القطب A تزداد

جـ · تركيزَ أيونات A^{2+} يزداد د · الإلكتروناتِ تتحرَّكُ منَ القطب B إلى القطب A

- يتضمَّنُ الجدولُ المجاور ثلاثَ خلايا جلفانيّة يُشَكِّلُ الفِلِزُّ X أحدَ أقطابها معَ أحدِ الفِلِزّات ذات الرُّموز الافتراضيّة M، N،L ومعلومات عنها. أدرُسُهُ جيِّدًا، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلة 12 و 13 و14.

قطبا الخليّة	القطب الذي يُشَكِّلُهُ الفِلِزّ X	E°_{cell} V
M-X	مِهبط	0.78
X-N	مِصعد	0.15
X-L	مِصعد	0.74

12. أُرَتِّبُ الفِلِزّاتِ X, L, N, M حَسَبَ قوَّتها كعواملَ مختزلة:

أ · X>L>N>M ب · M>X>N>L

جـ · M>N>L>X د · L>N>X>M

عثمان قدور (0788004769)

13. جهدُ الخليّة M–N المعياري E°_{cell} بالفولت يساوي:

أ · 0.63 ب · 0.93 جـ· 0.04 د · 0.59

14. الفِلِزُّ الذي يمكن حفظُ محلول أحد أملاحه في وعاء مصنوع من أيٍّ منَ الفِلِزّات الثلاثة المتبقيّة، هو:

أ · X ب · L جـ· N د · M

15. الفِلِزُّ الذي يوفِّرُ لجسر حديدي أفضلَ حماية مِهبطيّة منَ التآكل:

أ · Au ب · Sn جـ· Mg د · Cu

- أدرسُ الجدولَ المجاور، الذي يتضمَّنُ بعضَ أنصاف تفاعلات الاختزال المعياريّة وجهودها، وأستخدمُهُ للإجابة عنَ الأسئلة 16 و 17.

نصف تفاعل الاختزال	E° V
$Ag^{+} + e^{-} \rightleftharpoons Ag$	0.80
$Cu^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Cu$	0.34
$Zn^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Zn$	−0.76
$2H_2O + 2e^{-} \rightleftharpoons H_2 + 2OH^{-}$	−0.83
$Br_2 + 2e^{-} \rightleftharpoons 2Br^{-}$	1.07

16. عند التحليل الكهربائي لمحلول بروميد الخارصين، فإنَّ الناتج عند المِهبط هو:

أ · Zn ب · H_2

جـ· Cl_2 د · OH^{-}

17. عند التحليل الكهربائي لمحلول يحتوي على الأيونات Ag^{+} ، Zn^{2+} ، Cu^{2+}، فإنَّ ذرّاتِها تبدأُ بالترسُّب عند المِهبط حَسَبَ الترتيب الآتي:

أ · Zn, Ag, Cu ب · Cu, Ag, Zn جـ· Ag, Cu, Zn د · Ag, Zn, Cu

18. عندما يعادُ شحن بطّاريّة قابلة لإعادة الشحن تعملُ الخليّة كخليّة:

أ · حِمضيّة ب · قلويّة جـ· جلفانيّة د · تحليل كهربائي

19. جميعُ العبارات الآتية صحيحة، بالنسبة إلى الخليّة الجلفانيّة $Ba|Ba^{2+}||Ni^{2+}|Ni$، ما عدا:

أ · Ni^{2+} أقوى عامل مؤكسد ب– Ba أقوى عامل مختزل

جـ· تزدادُ كتلة القطب Ni د · $Ba|Ba^{2+}$ تمثلُ نصف خليّة الاختزال

20. العبارة الخاطئة من العبارات الآتية التي تصفُ ما يحدثُ في بطّاريّة أيون الليثيوم خلالَ عمليّة شحن البطّاريّة، هي:

أ · تتأكسدُ أيونات الكوبلت Co^{3+} إلى Co^{4+}. ب · يمثلُ أكسيد الكوبلت CoO_2 قطب المِهبط في أثناء الشحن.

جـ· تختزلُ أيونات الليثيوم Li^{+}. د · تتحرَّكُ أيوناتُ الليثيوم Li^{+} باتجاه نصف خليّة الجرافيت.

عثمان قدور (0788004769)

الإجابة:

س1

نوع الخلية / وجه المقارنة	الخلية الجلفانية	خلية التحليل الكهربائي
تحولات الطاقة	كيميائية إلى كهربائية	كهربائية إلى كيميائية
شحنة المصعد والمهبط	المصعد(−)، المهبط(+)	المصعد(+)، المهبط(−)
تلقائية التفاعل	تلقائي	غير تلقائي
اشارة E°_{cell}	موجبة	سالبة

س2

أ. لتخفيض درجة انصهار الألومينا Al_2O_3، وبالتالي تخفيض كلفة الطاقة اللازمة لعملية استخلاص الألمنيوم.

ب. نتيجة فقدان جزء من مكوناتها مثل $PbSO_{4(s)}$ وبالتالي عدم دخوله في التفاعل العكسي الذي يؤدي إلى إعادة شحن البطارية.

س3

أ. نصف تفاعل التأكسد/ مصعد: $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$

نصف تفاعل الاختزال/ مهبط: $5e^- + 8H^+ + MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

ب. معادلة التفاعل الكلي: $10Cl^- + 16H^+ + 2MnO_4^- \rightarrow 5Cl_2 + 2Mn^{2+} + 8H_2O$

ج. $E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{cathode} - E^{\circ}_{anode}$

$E^{\circ}_{cell} = 1.51 - 1.36 = 0.15\ V$

التفاعل تلقائي لأن جهد الخلية المعياري للتفاعل موجب.

س4

$$\overset{0}{2X} + 3\overset{+1\ -2}{H_2Y} \rightarrow \overset{+3\ -2}{X_2Y_3} + \overset{0}{3H_2}$$

بالنظر إلى المعادلة: ألاحظ أن الفلز X حل محل الهيدروجين في H_2Y وتصاعد غاز الهيدروجين، أي أن ذرات X تأكسدت واختزلت ذرات الهيدروجين في H_2Y، أما Y فلم يتغير عدد تأكسده.

أ. التغير في عدد تأكسد X: من 0 ← 3+ (زاد).

ب. التغير في عدد تأكسد Y: لم يتغير (2−).

ج. العامل المؤكسد: H_2Y

عثمان قدور (0788004769)

س5

أ. $3MnO_4^{2-} + 2H_2O \rightarrow MnO_2 + 2MnO_4^- + 4OH^-$

العامل المؤكسد: MnO_4^{2-} ، العامل المختزل: MnO_4^{2-}

ب. $S_2O_3^{2-} + 2IO_3^- + 4Cl^- + 2H^+ \rightarrow 2ICl_2^- + 2SO_4^{2-} + H_2O$

العامل المؤكسد: IO_3^- ، العامل المختزل: $S_2O_3^{2-}$

س6

أ. المصعد Cr ، المهبط Pb.

ب. تزداد.

ج. $2Cr + 3Pb^{2+} \rightarrow 2Cr^{3+} + 3Pb$

د. $E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$

$E^\circ_{cell} = -0.13 + 0.73 = 0.60\ V$

س7

أ. قيم جهود الاختزال المعيارية للعناصر في الجدول:

رمز القطب	E° (V)
A	0.80
B	−1.66
C	1.5
D	−2.71
M	−0.28

ب. C ، ج. B^{+3}

س8

أ. Br_2 ، ب. $Ca > Cd > Sn > Br^-$

ج. لا ، د. Br_2 ،Ca

س9

$LiBr_{(aq)} \rightarrow Li_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$

أ. تفاعل المصعد: $2Br^- \rightarrow Br_2 + 2e^-$

ب. تفاعل المهبط: $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

ج. $E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$

$E^\circ_{cell} = -0.83 - 1.07 = -1.90\ V$

جهد البطارية اللازم يزيد عن (1.90 V).

عثمان قدور (0788004769)

س10

أ. خلال عملية استخدام البطارية تتحول الطاقة الكيميائية إلى كهربائية، وخلال عملية الشحن تتحول الطاقة الكهربائية إلى كيميائية.

ب. تعمل كخلية جلفانية خلال عملية الاستخدام وذلك لأن تفاعل التأكسد والاختزال التلقائي الذي يحدث فيها مولد للتيار الكهربائي مما يتيح استخدامها، أما عند الشحن فإنها تعمل كخلية تحليل كهربائي إذ أن التيار الكهربائي المار فيها يُحدث تفاعلي تأكسد واختزال غير تلقائيين يمثلان التفاعل العكسي لكل من تفاعلي التأكسد والاختزال الحادثين فيها أثناء الاستخدام وكذلك ينعكس التفاعل الكلي.

س11

ترتيب العناصر وفق جهود الاختزال المعيارية بناء على المعلومات: $C < Y < A < X < B < Z$

1) من القطب C إلى القطب X.

2) B.

3) C، Z.

4) نعم، جهد اختزال Z موجب أي أنه أكبر من جهد اختزال الماء ($-0.83\ V$)، فيكون أسهل اختزالا من الماء، لذلك يمكن تحضيره بالتحليل الكهربائي لمحلول أحد أملاحه.

5) نعم، جهد الاختزال المعياري للقطب A أقل من جهد الاختزال المعياري لقطب الهيدروجين، لذلك يتأكسد A ويختزل أيونات الهيدروجين وينطلق غاز H_2.

6) نعم.

س12

أ. $T > R > E > D > M > L$.

ب. $E^{\circ}_{cell} = 1.93 - 0.32 = 1.61\ V$

ج. T – L

د. لا يمكن، لأن R عامل مختزل أقوى من D، لذلك يتأكسد R ويختزل أيونات D.

س13

رقم الفقرة	رمز الإجابة	رقم الفقرة	رمز الإجابة	رقم الفقرة	رمز الإجابة	رقم الفقرة	رمز الإجابة	رقم الفقرة	رمز الإجابة
1	ب	2	أ	3	ج	4	د	5	ج
6	ب	7	د	8	ب	9	ج	10	د
11	ج	12	ب	13	ب	14	د	15	ج
16	أ	17	ج	18	د	19	د	20	ب

عثمان قدور