مدارس الأمم الابداعية

العون في الكيمياء

الفرع العلمي / جيل 2005

الوحدة الثانية

التأكسد والاختزال

الأستاذ أحمد نوفل

0788763835

الدرس الأول : التأكسد والاختزال .

أولاً : مفهوم التاكسد والاختزال :

مقدمة :

تهتم **الكيمياء الكهربائية** كأحد فروع الكيمياء بدراسة التحولات بين الطاقة الكيميائية والكهربائية الناتجة عن تفاعلات التأكسد والاختزال والتطبيقات العملية المرتبطة بها.

س) ما أهمية تفاعلات التأكسد والاختزال ؟

1) تفاعلات التأكسد والاختزال من التفاعلات الكيميائية المهمّة التي تحدث في بعض العمليات الحيوية، كالبناء الضَّوئي والتنفس وتحرير الطاقة من الغذاء اللازم لأداء الكائن الحي أنشطته المختلفة.

2) تحصل وسائل النقل على الطاقة اللازمة لتسييرها بحرق الوقود عن طريق تفاعلات تأكسد واختزال أيضًا، وينتج صدأ الحديد عن تفاعلات تأكسد واختزال تحدث عند تعرّض الحديد للهواء الجوي الرطب

3) طوَّرت وكالة ناسا الفضائيّة وقودًا صُلبًا مكوَّنًا من فوق كلورات الأمونيوم NH_4ClO_4 ومسحوق الألمنيوم Al؛ إذ تعمل فوق الكلورات على أكسدة الألمنيوم فينتج أكسيد الألمنيوم Al_2O_3 وكلوريد الألمنيوم $AlCl_3$ وبخار الماء H_2O وغاز النيتروجينN_2 ، ويصل التفاعل إلى درجة حرارة 2760 °C ، فتتمدَّد الغازات بسرعة؛ممّا يؤدّي إلى دفع الصاروخ وانطلاقه من منصة الاطلاق بفعل تفاعلات التاكسد والاختزال

تطورت عدة مفاهيم للتاكسد والاختزال مع مرور الوقت وسنقوم بدراستها واحد تلو الاخر :

التاكسد حسب المفهوم القديم : تفاعل المادة مع الأكسجين.

الاختزال حسب المفهوم القديم : نزع الأكسجين من المادة.

مثال 1: ادرس التفاعل الاتي لتوضيح مفهوم التاكسد والاختزال قديماً:

$$2Fe_2O_{3(s)} + 3C_{(S)} \rightarrow 3CO_{2(S)} + 4Fe_{(s)}$$

فالكربون تأكسد(فسر) لأنه ارتبط بالأكسجين، أمّا الاختزالُ فقد حدث عند نزع الأكسجين من أُكسيد الحديد III

تعَدُّ عمليتا التأكسد والاختزال متلازمتين تحدث إحداهما مع حدوث الأخرى، ويسمّى التفاعلُ الذي تحدث فيه عمليتا التأكسد والاختزال معًا تفاعلَ تأكسد واختزال

مثال 2 : ادرس التفاعل الاتي ، ثم حدد الذرة التي تاكسدت والذرة التي اختزلت .

$$2Al_2O_3 + 3C \longrightarrow Al + 3CO_2$$

نلاحظ أن الألمنيوم تم الحصول عليه بشكل حر(تم نزع الاكسجين من اكسيد الالمنيوم) ، ولذلك حدث اختزال لـــ Al وتأكسد الكربون لانه ارتبط بالاكسجين

ومع مرور الوقت لم تعد تفاعلات التأكسد والاختزال تعتمد فقط على تفاعلات المواد مع الأكسجين ، بل أصبحت تستخدم لوصف أنواع أخرى من التفاعلات لا تحتوي الأكسجين كمواد متفاعلة فقط،ولذلك ظهر تعريف أخر للتأكسد والاختزال :

المادة التي تتأكسد والمادة التي تختزل تكونان في المتفاعلات

التأكسد : فقد المادة للإلكترونات أثناء التفاعل.

الاختزال : اكتساب المادة للإلكترونات أثناء التفاعل .

نصف التاكسد: معادلة كيميائية موزونة تمثل عملية فقد الالكترونات خلال عملية التاكسد

نصف الاختزال : معادلة كيميائية موزونة تمثل عملية كسب الالكترونات خلال عملية الاختزال

س) أُحَدِّدُ الذرّات أو الأيونات التي تأكسدت أو اختُزلت في التفاعلات الاتية :

(1 $2H^+_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$

الذرة التي تاكسدت Zn، الأيون الذي اختزل : H^+

نصف تفاعل التاكسد: $Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^-$

نصف تفاعل الاختزال : $2H^+_{(aq)} + +2e^- \rightarrow H_{2(g)}$

نلاحظ ان عدد الالكترونات المفقودة يساوي عدد الالكترونات المكتسبة ويساوي 2

ملاحظات هامة :

1)تتضمن تفاعلات التأكسد والاختزال انتقال الإلكترونات بين المواد المتفاعلة .

2) في نصف تفاعل التأكسد تكون الإلكترونات على جهة النواتج، بينما في نصف تفاعل الاختزال تكون الإلكترونات على جهة المتفاعلات

3) عدد (مولات) الإلكترونات المكتسبة في عملية الاختزال = عدد (مولات) الإلكترونات المفقودة في عملية التأكسد.

2) يتفاعل الحديد مع محلول كبريتات النحاس II حسب المعادلة:

$Fe_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow Cu_{(s)} + FeSO_{4(aq)}$

أُحَدِّدُ ذرّة العنصر التي تأكسدت والأيون الذي اختُزل في التفاعل، وأكتبُ أنصافَ تفاعلات التأكسد والاختزال.

أكتبُ معادلة أيونيّة تمثِّلُ التفاعل:

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

لاحظ ان أيون الكبريتات SO_4^{-2} لم يطرأ عليه تغير (لم تتغير شحنته) أي يعد أيون متفرج (لم يتأكسد ولم يختزل)

تصبح المعادلة الأيونية الصافية كالاتي : $Fe_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Cu_{(s)} + Fe^{2+}_{(aq)}$

ذرّات الحديد المتعادلة فإنها تأكسدت بفقد إلكترونين متحولة لأيونات الحديد الموجبة Fe^{+2} حسب المعادلة:

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

أما أيونات النحاس Cu^{+2} فقد اختُزلت بكسب إلكترونين متحوِّلَةً لذرّات النحاس المتعادلة، كما في المعادلة الآتية:

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

(3

$2KI_{(aq)} + Br_{2(l)} \rightarrow 2KBr_{(aq)} + I_{2(l)}$

نكتب المعادلة الأيونية : $2K^+_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} + Br_{2_{(l)}} \rightarrow 2K^+ + 2Br^-_{(aq)} + I_{2(l)}$

نجد ان أيون K^+ أيون متفرج لذلك يحذف من طرفي المعادلة :

نصف التاكسد: $2I^-_{(aq)} \rightarrow I_{2_{(l)}} + 2e^-$

نصف الاختزال : $Br_{2_{(aq)}} + 2e^- \rightarrow 2Br^-_{(aq)}$

المادة التي تاكسدت : I^- ، المادة التي اختزلت : Br_2 (اختزال ذرتي البروم في Br_2)

4) **أُحَدِّدُ المادة التي تأكسدت والمادة التي اختُزلت في التفاعل، وأكتبُ أنصافَ تفاعلات التأكسد والاختزال.في التفاعل الاتي :**

$Ca_{(s)} + Cl_{2(g)} \rightarrow CaCl_{2(s)}$

نصف تفاعل/ تأكسد: $Ca_{(s)} \rightarrow Ca^{2+} + 2e^-$

نصف تفاعل/ اختزال: $Cl_{2(g)} + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$

المادة التي تاكسدت Ca، المادة التي اختزلت Cl_2

واجبات :

5) $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$

6) $Ni_{(s)} + Cu^{+2}_{(aq)} \rightarrow Ni^{+2}_{(aq)} + Cu_{(s)}$

س) هل جميع تفاعلات التأكسد والاختزال تتضمن انتقالاً كاملاً للإلكترونات (فقد وكسب الالكترونات بشكل كلي)؟(أي هل تقتصر على المركبات الأيونية فقط)

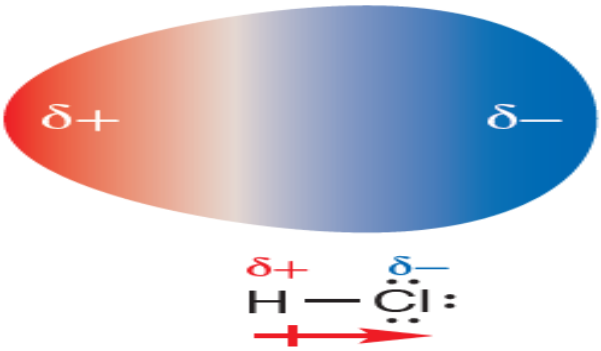
لا تقتصر تفاعلات التأكسد والاختزال على تكوين مركَّبات أيونيّة فقط، بل تتضمَّن أيضًا تكوين مركَّبات جزيئيَّة ترتبط ذرّاتُ عناصرها بروابطَ تساهميّة؛ إذ لا تحدث فيها عمليّة فقدٍ وكسبٍ للإلكترونات بشكل كلي.

ولتوضيح ذلك ادرس التفاعل الآتي الذي يبين تفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الكلور لتكوين غاز كلوريد الهيدروجين :

$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$

الرابطة بين ذرَّتي الهيدروجين رابطةٌ تساهميَّة غير قطبيَّة، وكذلك الرابطة بين ذرَّتي الكلور، أمّا بالنسبة إلى كلوريد الهيدروجين فإنَّ الرابطة بين ذرَّتي الكلوروالهيدروجين رابطةٌ تساهميَّة قطبيَّة، ولأنَّ السالبيَّة الكهربائيَّة للكلور أعلى من الهيدروجين يكون زوجُ الإلكترونات الرابطةِ بين الذرَّتين مُزاحًا باتجاه ذرّة الكلور دون أن يحدث له انتقال كُلِّي، فتظهر على ذرّة الهيدروجين شحنةٌ جزئيَّة موجبة، ويظهر على ذرّة الكلور شحنةٌ جزئيَّة سالبة، (انظر الشكل)

المركبات الجزيئية تكون الروابط بين ذراتها تساهمية



ولأنَّ التعريف السابق للتأكسد والاختزال لم يشمل التفاعلاتِ التي لا يحدث فيها انتقالٌ كُلِّي للإلكترونات بين الذرّات، فقد وضع العلماءُ مفهومًا جديدًا يمكن من خلاله تفسيرُ جميع تفاعلات التأكسد والاختزال، وهو عدد التأكسد.

ملخص : أي أن هناك تفاعلات تأكسد واختزال تتضمن انتقال كامل للإلكترونات كما في المركبات الأيونية ، وأخرى تشمل انزياح جزئي للإلكترونات بسبب الفرق في الكهرسلبية كما في المركبات الجزيئية.:

ثانيا : عدد التاكسد :

يعرَّفُ **عددُ التأكسد Oxidation Number** بأنه الشحنة الفعليَّة لأيون الذرّة في المركَّبات الأيونيَّة، أمّا في المركَّبات الجزيئيَّة فيعرَّفُ بأنه الشحنة التي يفترض أن تكتسبها الذرّة المكوّنة للرابطة التساهميَّة مع ذرّة أخرى فيما لو انتقلت إلكتروناتُ الرابطة كُلِّيًّا إلى الذرّة التي لها أعلى سالبيَّة كهربائيَّة. ففي جزيء H-Cl ، لو

افترضنا أنَّ الانتقال الكُلِّيَّ لإلكترونات الرابطة إلى ذرّة الكلور يكون عددَ تأكسد الهيدروجين (1+) وعدد تأكسد الكلور.(-1)

قواعد أساسية لحساب أعداد التأكسد

ولمعرفة أعداد التأكسد لذرّات العناصر المختلفة والتغيُّرات التي تحصل لها في تفاعلات التأكسد والاختزال وُضعت مجموعة من القواعد لحسابها، يتضمَّنُها الجدول الآتي:

الرقم	قواعد أساسية لحساب أعداد التأكسد	مثال	عدد التاكسد
1	عدد تأكسد ذرّة العنصر الحُرّ يساوي صفرًا، سواء وُجِدَ على شكل ذرّات أو جُزيئات	**Al , Zn , S_8 F_2, O_2, N_2,**	0
2	عدد تأكسد الأيون أحادي الذرّة يساوي شحنة هذا الأيون	Cu^{+2} Br^-	2+ 1-
3 الفلزات الممثلة	**عدد تأكسد عناصر المجموعة الأولى(القلويات) IA (Li ,Na K)** **وعناصر المجموعة الثانية (القلويات الترابية))** IIA (Ba Mg ,Ca) وعنصر الألمنيوم في جميع مركّباتها يساوي: 1+ ، 2+ ، 3+ على الترتيب.(**عدد تأكسد فلزات المجموعات الممثلة في مركباتها دائماً موجب ويساوي رقم المجموعة)**	Liفي Li_2O Ca في CaO Alفي AlF_3	1+ 2+ 3+
4	عدد تأكسد الهيدروجين في معظم مركّباته (+1) ، ما عدا عندما يرتبط مع الفلزّات مكوّنًا 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.(لان الفلور اعلى كهرسلبية منه)	O في H_2O O في K_2O_2 O في OF2	2- 1- 2+
6 الهالوجينات	عدد تأكسد الفلور في جميع مركّباته يساوي (1-)، وعدد تأكسد الهالوجينات I ، Br، Cl في معظم مركّباتها يساوي (1-)، أما إذا ارتبط أي منها مع الأكسجين أو مع هالوجين سالبيته الكهربائية أعلى فيكون عدد تأكسده موجبا.	Fفي NaF Iفي Kl Clفي ClF Brفي $HbrO_2$	1- 1- 1+ 3+
7	مجموع أعداد التأكسد لجميع ذرّات أو أيونات العناصر المكوّنة للمركّب المتعادل يساوي صفرًا		
8	مجموع أعداد التأكسد لجميع ذرّات العناصر المكوّنة لأيون متعدّد الذرّات يساوي شحنة هذا الأيون		

معلومة هامة جدا :

في المركبات الجزيئية المرتبطة بروابط تساهمية تحمل الذرة الأعلى كهرسلبية عدد تأكسد سالب، والذرة الاقل كهرسلبية عدد تأكسد موجب.

F
Cl
Br
I

تزداد الكهرسلبية

سؤال :أُحَدِّدُ عدد التأكسد لذرّة عنصر الكبريت في المركَّبات أو الأيونات الآتية:

أ) SO_2

$$(\text{oxidation no of O} \times \text{No of atoms of O}) + (\text{oxidation no of S} \times \text{no of atoms of S}) = 0$$

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

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

$$n_{\text{oxid S}} = +4$$

ب) Na_2SO_4

$$(n_{\text{oxid Na}} \times n_{\text{Na atoms}}) + (n_{\text{oxid S}} \times n_{\text{S atoms}}) + (n_{\text{oxid O}} \times n_{\text{O atom}}) = 0$$

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

$$n_{\text{oxid S}} = +6$$

ج) HS^-

معلومة : قد يكون لذرّات العنصر الواحد أكثر من عدد تأكسد في مركَّباته أو أيوناته المختلفة.

سؤال وزاري ثابت

س) ما عدد(رقم) تأكسد الذرات المخطوط تحتها في كل مما يأتي :

الرقم	المادة	الاجابة	الرقم	المادة	الاجابة	الرقم	المادة	الاجابة
1	$\underline{Mn}O_2$	4+	11	$\underline{F_2}O$	1-	21	$Ba\underline{O_2}$	1-
2	$\underline{B}F_3$	3+	12	$H_2\underline{O_2}$	1-	22	$Al\underline{H_3}$	1-
3	$K\underline{Cl}O_3$	5+	13	$\underline{Zn^{+2}}$	2+	23	$\underline{P}O_4^{-3}$	5+
4	$H\underline{P}O_4^{-2}$	5+	14	$H_2\underline{As}O_4^{-2}$	5+	24	$H\underline{Cl}O_4$	
5	$K_2\underline{O_2}$	1-	15	$\underline{V}O_3^-$	5+	25	$\underline{Cr}(OH)_3$	3+
6	$\underline{F_2}$		16	$\underline{I}Cl$	1+	26	$K_2\underline{Sn}O_2$	
7	$K\underline{I}$		17	$\underline{Cl}O_4^-$		27	$Na\underline{Bi}O_3$	
8	$H\underline{I}O_3^{-2}$		18	$\underline{Na}H$	1-	28	$LiAl\underline{H_4}$	1-
9	$\underline{Hg_2}^{+2}$	1+	19	$\underline{O_2}F_2$	1+	29	$\underline{N_2}O_4$	
10	$Mg\underline{C}O_3$		20	$\underline{C}H_3OH$		30	$\underline{P_4}$	0

أحمد نوفل

ملاحظة : إن المركب قد يحتوي على جزيئات بحيث يصعب حساب أعداد تأكسد ذراتها ، وكذلك الأمر بالنسبة للمجموعات الأيونية التي يصعب حساب أعداد تأكسد ذراتها وبالتالي يمكن الاستعانة بالشحنة الكلية للمجموعات الأيونية أو للمركبات لمعرفة أعداد تأكسد ذراتها.

المجموعة الأيونية	NH_4^+	NO_3^-	PO_4^{-3}	OH^-	SO_4^{-2}	CO_3^{-2}	CN^-

س) احسب عدد التأكسد للعناصر المخطوط أسفلها :

1) $[\underline{Ag}(NH_3)_2]^+$ 1+ : **3- $[\underline{Cu}(H_2O)_6]^{+2}$: 2+**

2) $[\underline{Fe}(CN)_6]^{-3}$ **4- $(\underline{N}H_4)_2\underline{S}O_4$**

س) ما عدد تأكسد الكروم Cr في الصيغ الآتية : CrO_3 ، $Cr_2O_7^{-2}$ ، CrO_2^-؟

وزاري 2021 : عدد تاكسد جميع ذرات عناصر المجموعة السابعة (الهالوجينات) يساوي:

ا) _(-1) في جميع مركباتها **ب) (+1) في مركباتها الايونية**

ج) (+1) في مركباتها التي تحتوي على الاكسجين **د) (-1) في مركباتها الايونية**

الاجابة : د

**** اعداد تاكسد ذرات عناصر القلويات الترابية في الجدول الدوري تساوي :**

أ) 1- **ب) 2-** **ج) 2+** **د)1+**

الاجابة : ج

وزاري 2020 : عدد تاكسد ذرة الكلور في المركب $HClO_3$ يساوي :

أ) 1+ **ب) 1-** **ج) 5+** **د) 5-**

الاجابة : ج (هنا الكلور ارتبط مع الاكسجين الذي له اعلى كهرسلبية ، لذلك سيأخذ الكلور عدد تاكسد موجب)

– أعلى قيمة لعدد تأكسد ذرة المنغنيز Mn يكون في:

أ) Mn ب) MnO_2 ج) Mn^{2+} د) MnO_4^-

الاجابة : د

وزاريات : اختيار من متعدد :

1- عدد تأكسد الأكسجين في المركب OF_2 يساوي :

أ) -2 ب) -1 ج) +1 د) +2

2- عدد تأكسد B في المركب $NaBH_4$ يساوي :

أ) -3 ب) -1 ج) +1 د) +3

3- المركب الذي يكون عدد تأكسد الأكسجين فيه -1 هو :

أ) OF_2 ب) Cl_2O ج) H_2O_2 د) MgO

4- أعلى عدد تأكسد للنيتروجين يكون في : (2019 صيفي)

أ) N_2H_4 ب) NH_3 ج) NO_2^- د) NO_3^-

5- عدد تأكسد اليود في المركب IO_3^- هو :

أ) +1 ب) +3 ج) +4 د) +5

6- عدد تأكسد الهيدروجين يساوي -1 يكون في المركب :

أ) H_2O ب) HCl ج) NaH د) HF

7- عند اختزال أيون البيرمنغنات (MnO_4^-) إلى (MnO_2) فإن التغير في عدد تأكسد (Mn) يساوي:

أ) 1 ب) 3 ج) 4 د) 5

8- عند تأكسد HClO ينتج ClO_3^- فإن مقدار التغير في عدد تأكسد الكلور يساوي : (2019 صيفي)

أ) 1 ب) 2 ج)4 د) 5

9)

- أعلى عدد تأكسد لذرة الكبريت S يكون في:

أ) S^{2-} ب) S_8 ج) SO_4^{2-} د) HSO_3^-

10)

- العبارة الصحيحة في ما يتعلق بالرابطة التساهمية القطبية في جزيء HF ، هي:

أ) تكتسب ذرة H شحنة جزئية سالبة ب) تنزاح إلكترونات الرابطة نحو ذرة F

ج) تكتسب ذرة F شحنة جزئية موجبة د) عدد تأكسد ذرة H هو ١-

(11

– مجموع أعداد التأكسد لجميع الذرات في الأيون HPO_4^{2-} يساوي:

أ) ٤– ب) ٣– ج) ٢– د) ١–

12) مجموع أعداد التاكسد في المركب المتعادل يساوي :

أ) صفر ب) +1 ج) +2 د) +3

13) وزاري 2022

١– مقدار التغيّر في عدد تأكسد الكلور Cl يساوي (٢) في:

أ) $ClO^- \longrightarrow ClO_3^-$ ب) $Cl_2 \longrightarrow Cl_2O$

ج) $HCl \longrightarrow Cl_2$ د) $ClO_3^- \longrightarrow ClO_4^-$

الفقرة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
الاجابة الصحيحة	د	د	ج	د	د	ج	ب	ج	ج	ب	ج	أ	د

س) احسب مقدار التغير في أعداد التأكسد للكروم عند تحوله من CrO_2^- إلى CrO_4^{-2}.

س) احسب مقدار التغير في أعداد التأكسد للأكسجين عند تحوله من H_2O_2 إلى H_2O.

ثالثا :التغيُّر في أعداد التأكسد

يُستفاد من حساب أعداد التأكسد في معرفة ذرّات أو أيونات العناصر التي تأكسدت أو اختُزلت في تفاعلات التأكسد والاختزال.

التاكسد : زيادة في عدد التأكسد.

الاختزال : نقصان في عدد التأكسد .

يتفاعل النحاس مع محلول نترات الفضّة مكوّنًا محلولَ نترات النحاس، وتترسَّبُ الفضّة وفقَ المعادلة الأيونيَّة الآتية

$$2Ag^{+}_{(aq)} + Cu_{(s)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

لمعرفة الذرّات أو الأيونات التي تأكسدت أو اختُزلت سيجري حسابُ أعداد التأكسد وملاحظة التغيُّر فيها.

$$\overset{+1}{2Ag^{+}_{(aq)}} + \overset{0}{Cu_{(s)}} \rightarrow \overset{+2}{Cu^{2+}_{(aq)}} + \overset{0}{2Ag_{(s)}}$$

ألاحظ نقصانُ عدد التأكسد لأيون الفضة Ag^{+} من (1+ ← 0)، وزيادة عدد تأكسد ذرة النحاس Cu من 0 ← 2+

س) اكتب انصاف التفاعل للمثال السابق

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

نصف تفاعل الاختزال/ نقصان في عدد التأكسد: $2Ag^{+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow 2Ag_{(s)}$

<u>وبذلك يمكن تحديد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت في التفاعل بمعرفة التغير في أعداد تأكسدها ،وبالتالي فإن تفاعلات التأكسد والاختزال يرافقها تغير في أعداد التأكسد لبعض العناصر في التفاعل .</u>

<u>اسئلة تثبيت المفهوم</u>

- العبارة التي تصف عملية التأكسد في التفاعلات، هي:

أ) يحدث فيها نقص في عدد التأكسد ب) يحدث فيها زيادة في عدد التأكسد

ج) يقل عدد الشحنات الموجبة د) يزداد عدد الشحنات السالبة

الاجابة: ب

- الذرة التي حدث لها تأكسد في التفاعل الآتي، هي:

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

أ) Al ب) Cu ج) Al^{3+} د) Cu^{2+}

الاجابة : أ

- الذرة التي حدث لها تأكسد في التفاعل الآتي:

$$NO_2^{-} + Cl_2 + 2KOH \longrightarrow NO_3^{-} + 2KCl + H_2O$$

أ) N ب) Cl ج) K د) O

س) حدد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت بناء على التغير في أعداد التأكسد في التفاعلات الآتية:

1) $SO_{2(g)} + Br_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2HBr_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)}$

1) أُحَدِّدُ أعداد التأكسد لجميع الذرّات في المواد المتفاعلة والناتجة:

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

2-أُحَدِّدُ التغيُّرَ في أعداد التأكسد:

نقصان عدد تأكسد Br من 0 إلى 1− / اختزال

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

زيادة عدد تأكسد S من 4+ إلى 6+ / تأكسد

أُلاحظ تغيُّرَ عدد تأكسد ذرّة الكبريت S من (4+ ← 6+)؛ أي أنه زاد بمقدار 2، ومن ثَمَّ فإنَّ الكبريت تأكسد، وكذلك تغيُّرَ عدد تأكسد ذرة البروم Br من (صفر ← 1-) ؛ أي أنه قلَّ بمقدار 1 لكلّ ذرّة بروم، ومن ثَمَّ فإنَّ البروم اختُزِل، كما أُلاحظ عدم تغيُّرِ أعداد تأكسد كلٍّ من ذرات الهيدروجين والأكسجين في التفاعل، ومن ثَمَّ فإنَّ الذرّة التي تأكسدت هي الكبريت في SO_2 ، والتي اختُزلت هي ذَرَّتا البروم في Br_2.

2) $SnO_2 + 2C \longrightarrow Sn + 2CO$

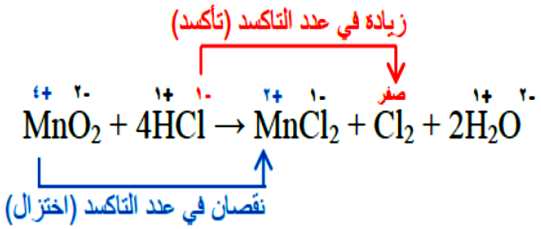
القصدير (Sn) : اختُزِل ، الكربون (C) : تأكسد

زيادة في عدد التاكسد (تأكسد)

$$\overset{٤+}{Sn}\overset{٢-}{O_2} + \overset{صفر}{2C} \rightarrow \overset{صفر}{Sn} + \overset{٢+}{2C}\overset{٢-}{O}$$

نقصان في عدد التاكسد (اختزال

3) $MnO_2 + 4HCl \longrightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$



$$\overset{+4\ -2}{MnO_2} + \overset{+1\ -1}{4HCl} \rightarrow \overset{+2\ -1}{MnCl_2} + \overset{0}{Cl_2} + \overset{+1\ -2}{2H_2O}$$

المنغنيز (Mn): أُختزِل ، الكلور (Cl): تأكسد

(4 $2Al + 6HCl \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$

(5 $3S + 3H_2O \longrightarrow H_2SO_3 + 2H_2S$

(6 $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

(7 $SiCl_{4(l)} + 2Mg_{(s)} \rightarrow 2MgCl_{2(s)} + Si_{(s)}$

١- كل التفاعلات الآتية تُمثل تفاعل تأكسد واختزال **ما عدا**:

أ) $2K + CaSO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Ca$

ب) $KOH + HCl \longrightarrow KCl + H_2O$

ج) $3S + 3H_2O \longrightarrow H_2SO_3 + 2H_2S$

د) $Zn + CuSO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + Cu$

الاجابة : ب

س) السؤال الآتي اختيار من متعدد ، لكل فقرة أربع إجابات واحدة منها صحيحة ، اختر رمز الإجابة الصحيحة منها :

1) أحد التغيرات الآتية يدل على حدوث عملية اختزال :

أ) $SO_3 \longrightarrow SO_4^{-2}$

ب) $HNO_3 \longrightarrow NO$

ج) $Mn^{+2} \longrightarrow Mn_2O_3$

د) $CrO_4^{-2} \longrightarrow Cr_2O_7^{-2}$

2) أحد التغيرات الآتية يدل على حدوث عملية أكسدة:

أ) $SO_3 \longrightarrow SO_2$

ب) $MnO_4^- \longrightarrow MnO_2$

ج) $Bi^{+3} \longrightarrow BiO_3^-$

د) $ClO_3^- \longrightarrow OCl^-$

3)

يحدث اختزال للكبريت في SO_2 عند تحوله إلى :

أ) SO_4^{2-} ب) SO_3 ج) $S_2O_3^{2-}$ د) SO_3^{2-}

4) وزاري 2021 تكميلي

١- أعلى مقدار للتغير في عدد تأكسد ذرة المنغنيز **Mn** ، يكون في أحد التحولات الآتية:

أ) $MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+}$

ب) $MnO_4^- \longrightarrow MnO_2$

ج) $MnO_2 \longrightarrow MnCl_2$

د) $Mn \longrightarrow Mn^{2+}$

رابعاً : العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة :

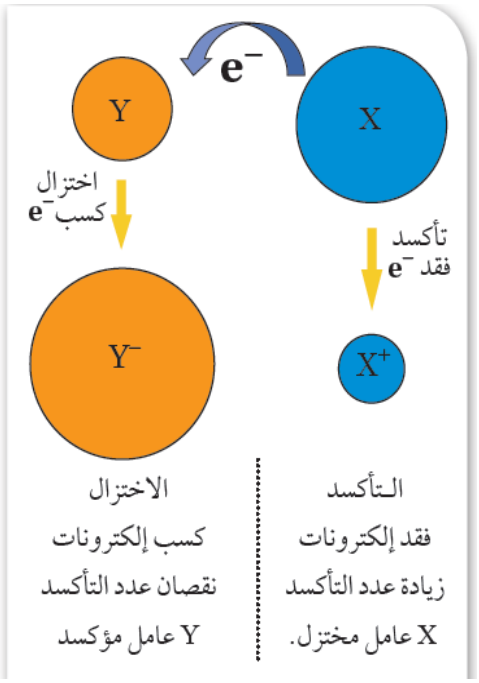
يعرَّفُ **العاملُ المؤكسد** بأنه المادةُ التي تُؤكسد مادةً أخرى في التفاعل الكيميائي، فيكتسب إلكترونات من المادة التي يُؤكسدها وتحدث له عمليَّة اختزال(يقل عدد تأكسده). ومنَ الأمثلة على العوامل المؤكسدة :

F_2 ،$K_2Cr_2O_7$ ، $KMnO_4$ ، O_2 (حفظ)

(جزيئات العناصر ذات الكهرسلبية العالية،المركبات والأيونات متعددة الذرات، التي تحتوي على ذرات ذات أعداد تاكسد عالي)

ويعرَّفُ **العاملُ المختزل** بأنه المادةُ التي تَختزل مادةً أخرى في التفاعل الكيميائي؛ إذ يفقد إلكترونات تكسبها المادةُ التي يَختزلُها وتحدث له عمليَّة تأكسد. ومنَ الأمثلة على العوامل المختزلة CO. ، $NaBH_4$ ، $LiAlH_4$

(بعض هيدرات الفلزات وأشباه الفلزات)



اسئلة تثبيت المفهوم :

(1

العامل المختزل هو المادة التي:

أ) يحدث لها اختزال ب) ينقص عدد تأكسدها

ج) تؤكسد مادة أخرى د) تفقد الإلكترونات أثناء التفاعل

(2

في معادلة التفاعل $NH_4Cl \longrightarrow NH_3 + HCl$ العبارة الصحيحة هي:

أ) ذرة N تتأكسد ب) ذرة Cl تختزل

ج) التفاعل لا يمثّل تأكسد واختزال د) ذرة H عامل مختزل

3) إحدى العبارات الآتية صحيحة:

أ . العاملُ المختزَلُ يكتسب إلكترونات في التفاعل الكيميائي.

ب . العاملُ المؤكسَدُ يفقد إلكترونات في التفاعل الكيميائي.

ج. تحتوي جميعُ تفاعلات التأكسد والاختزال على عامل مؤكسد وعامل مختزل.

د . يحتوي تفاعلُ التأكسد والاختزال على عامل مؤكسد وعامل مختزل فقط.

الفقرة	1	2	3
رمز الاجابة الصحيحة	د	ج	ج

س) تفاعلا التأكسد والاختزال متلازمان، يحدثان دائمًا معًا، **أُفَسِّر** ذلك.

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.

توضيح :

يُعَدُّ تفاعلُ الثيرمأيت أحدَ تفاعلات التأكسد والاختزال المهمّة؛ حيث يتفاعل الألمنيوم مع أكسيد الحديد III لتكوين أكسيد الألمنيوم والحديد وكمية كبيرة من الطاقة كافية لصهر الحديد الناتج، حسب المعادلة:

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

أُحَدِّدُ العاملَ المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل.

الحل :

1 -لتحديد العامل المؤكسد والعامل المُختزل أبدأ بتحديد أعداد التأكسد لجميع الذرّات أو الأيونات في التفاعل:

$$\overset{0}{2Al_{(s)}} + \overset{+3\ -2}{Fe_2O_{3(s)}} \rightarrow \overset{0}{2Fe_{(l)}} + \overset{+3\ -2}{Al_2O_{3(s)}}$$

الربط مع الحياة

تتعرَّضُ القطعُ الفضيّة للسواد معَ الزمن بسبب تكوُّنِ مادَّة كبريتيد الفضّة Ag_2S على سطحها الخارجي. ويمكنُ إزالةُ هذه الطبقة بوَضع هذه القِطع الفضيّة بورق من الألمنيوم في وعاء يحتوي على محلول كربونات الصوديوم وملح الطعام وتسخينه، فتتأكسد ذرات الألمنيوم وتَختَزِل أيونات الفضة حسب المعادلة:

$$3Ag_2S + 2Al \rightarrow 3Ag + 3S^{2-} + 2Al^{+3}$$

فتستعيد القطع الفضية لمعانها

2- أُحَدِّدُ التغيُّرَ في أعداد التأكسد

زيادة في عدد تأكسد Al من 0 إلى 3+ / تأكسد

$$\overset{0}{2Al_{(s)}} + \overset{+3}{Fe_2O_{3(s)}} \rightarrow \overset{0}{2Fe_{(l)}} + \overset{+3}{Al_2O_{3(s)}}$$

نقصان عدد تأكسد Fe من 3+ إلى 0 / اختزال

ألاحظ أنَّ عدد تأكسد ذرات الألمنيوم Al زاد (0 ← 3+)؛ أي أنها تأكسدت ، أمّا عددُ تأكسد أيونات الحديد Fe^{+3} في اكسيد الحديد قل من (3+ ← 0) أي أنها اختزلت ، بينما لم يتغير عدد تأكسد الأكسجين .

3- أُحَدِّدُ العاملَ المؤكسد والعاملَ المُختزل:

لأنَّ ذرات الألمنيوم Al تأكسدت واختزَلت أيونات الحديد (Fe^{+3}) في Fe_2O_3 فهو عامل مختزل، أمّا أيوناتُ الحديد (Fe^{+3}) فأكسدت ذرّات الألمنيوم وحدثت لها عمليَّة اختزال؛ لذلك يُعَدُّ أكسيدُ الحديدIII(Fe_2O_3) عاملً مؤكسدًا.

ملاحظات هامة :

1- على الرغم أنَّ أيونات الحديد (Fe^{+3}) فقط هي التي اختُزِلت في التفاعل فإنَّ كامل المركَّب Fe_2O_3 يُعَدُّ عاملً مؤكسدًا، وهو ما ينطبق على جميع تفاعلات التأكسد والاختزال؛ حيث **يُعَدُّ المركَّبُ الذي تتأكسد إحدى ذرّاته عاملً مُختزلً، والمركَّبُ الذي تُختزل إحدى ذرّاته عاملً مؤكسدًا.**

2 - العامل المؤكسد والعامل المختزل يكونان في المتفاعلات.

أمثلة :

أُحَدِّدُ العاملَ المؤكسد والعاملَ المُختزل في التفاعلات الآتية :

(1 $PbO_{(s)} + CO_{(g)} \rightarrow Pb_{(s)} + CO_{2(g)}$

نحدد عدد التاكسد لجميع الذرات في التفاعل :

$\overset{+2\ -2}{PbO_{(s)}} + \overset{+2\ -2}{CO_{(g)}} \rightarrow \overset{0}{Pb_{(s)}} + \overset{+4\ -2}{CO_{2(g)}}$

نحدد التغير في اعداد التاكسد :

زيادة في عدد تأكسد C من 2+ إلى 4+/ تأكسد

$\overset{+2}{PbO_{(s)}} + \overset{+2}{CO_{(g)}} \rightarrow \overset{0}{Pb_{(s)}} + \overset{+4}{CO_{2(g)}}$

نقصان عدد تأكسد Pb من 2+ إلى 0/ اختزال

CO عاملٌ مُختزل (فسر) لأنه اختزل الرصاص في PbO ، و PbO عاملٌ مؤكسد(فسر) لأنه أكسد الكربون في CO

(3 $ZnSO_4 + Mg \longrightarrow Zn + MgSO_4$

زيادة في عدد التاكسد (تأكسد)

$\overset{+2\ +6\ -2}{ZnSO_4} + \overset{\text{صفر}}{Mg} \longrightarrow \overset{\text{صفر}}{Zn} + \overset{+2\ +6\ -2}{MgSO_4}$

نقصان في عدد التاكسد (اختزال)

$ZnSO_4$ عامل مؤكسد ، Mg عامل مختزل

(4 $2FeCl_3 + SnCl_2 \longrightarrow 2FeCl_2 + SnCl_4$

زيادة في عدد التاكسد (تأكسد)

$\overset{+3\ -1}{2FeCl_3} + \overset{+2\ -1}{SnCl_2} \rightarrow \overset{+2\ -1}{2FeCl_2} + \overset{+4\ -1}{SnCl_4}$

نقصان في عدد التاكسد (اختزال)

$FeCl_3$ عامل مؤكسد ، $SnCl_2$ عامل مختزل.

(5 $H_{2(g)} + CuO_{(s)} \rightarrow Cu_{(s)} + H_2O_{(l)}$

(6 $MnO_4^- + ClO_2^- \longrightarrow MnO_2 + ClO_4^-$.

وزاريات :

– العامل المختزل في التفاعل $ClO_3^- + N_2H_4 \longrightarrow Cl^- + NO$ ، هو:

أ) NO ب) N_2H_4 ج) Cl^- د) ClO_3^-

– في المعادلة $Ni + Cu^{2+} \longrightarrow Ni^{2+} + Cu$ فإن:

أ) ذرة Ni عامل مؤكسد ب) ذرة Cu عامل مختزل

ج) أيون Ni^{2+} يتأكسد د) أيون Cu^{2+} يختزل

– العامل المؤكسد في المعادلة $S^{2-} + I_2 \longrightarrow SO_4^{2-} + I^-$، هو:

أ) S^{2-} ب) I^- ج) SO_4^{2-} د) I_2

– التحول الذي يكون فيه سلوك النيتروجين عامل مختزل، هو:

أ) $N_2O_4 \longrightarrow NO$ ب) $NO \longrightarrow N_2$ ج) $N_2 \longrightarrow NO_2$ د) $NO_2 \longrightarrow N_2O_4$

– العامل المؤكسد في التفاعل $2FeCl_3 + SnCl_2 \longrightarrow 2FeCl_2 + SnCl_4$ ، هو:

أ) $SnCl_2$ ب) $SnCl_4$ ج) $FeCl_2$ د) $FeCl_3$

الاجابة : د

- العبارة **غير الصحيحة** من العبارات الآتية هي:

أ) يزداد عدد التأكسد للذرات التي تتأكسد ب) يقل عدد التأكسد للذرات التي تختزل

ج) العامل المختزل مادة تختزل د) العامل المختزل مادة تتأكسد

الاجابة : ج

ملاحظات :

1- تفاعلات الإحلال المزدوج لا تعتبر تفاعلات تأكسد واختزال (فسر ذلك).

2- بعض المواد تسلك كعوامل مؤكسدة في بعض التفاعلات ، وكعوامل مختزلة في تفاعلات أخرى ، ويحدد ذلك طبيعة المواد التي تتفاعل معها ، فمثلاً يسلك الهيدروجين كعامل مختزل عند تفاعله مع الأكسجين حسب المعادلة

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

في حين يسلك كعامل مؤكسد في التفاعل الآتي :

$$H_2 + 2Li \longrightarrow 2LiH$$

س) في أي التفاعلين يكون سلوك النيتروجين N_2 كعامل مؤكسد ، وفي أيهما يكون كعامل مختزل :

$$N_2 + 2O_2 \longrightarrow 2NO_2$$

$$N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$$

ج)

في هذا التفاعل يكون N_2 عامل مختزل $N_2 + 2O_2 \longrightarrow 2NO_2$

في هذا التفاعل يكون N_2 عامل مؤكسد $N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$

وزاري 2022

١- يسلك الهيدروجين عاملاً مؤكسدًا في التفاعل:

أ) $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$ ب) $H_2 + 2Li \longrightarrow 2LiH$

ج) $N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$ د) $H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl$

ملاحظة هامة : كلُّ تفاعل تأكسد يحتاج إلى عامل مؤكسد ليحدث،وكل تفاعل اختزال يحتاج إلى عامل مختزل ليحدث

س) هل يحتاج حدوث التحوُّلات الآتية إلى عامل مؤكسد أم عامل مُختزل؟ أُفَسِّرُ إجابتي

أ) $I_2 \rightarrow 2I^-$ ب) $Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+}$ جـ) $Mn^{2+} \rightarrow MnO_2$

1. أ. قل عدد التأكسد، نصف تفاعل اختزال/ يحتاج عامل مختزل $I_2 \rightarrow 2I^-$

ب. زاد عدد التأكسد، نصف تفاعل تأكسد/ يحتاج عامل مؤكسد $Sn^{+2} \rightarrow Sn^{+4}$

ج. زاد عدد التأكسد، نصف تفاعل تأكسد/ يحتاج عامل مؤكسد $Mn^{2+} \rightarrow \overset{+4}{MnO_2}$

وزاريات :

– أحد أنصاف التفاعلات الآتية يحتاج إلى عامل مؤكسد، هو:

أ) $SO_4^{2-} \rightarrow SO_2$ ب) $Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow Cr^{3+}$

ج) $I_2O_5 \rightarrow I_2$ د) $Al \longrightarrow AlO_2^{1-}$

إحدى التفاعلات النصف خلوية الآتية يحتاج إلى عامل مؤكسد :

أ) $S_2O_4 \longrightarrow SO_3^{2-}$ ب) $Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow Cr^{3+}$

ج) $I_2O_5 \longrightarrow I_2$ د) $H_2O_2 \longrightarrow O_2$

– نصف التفاعل الذي يحتاج إلى عامل مؤكسد:

أ) $BrO_3^- \longrightarrow Br^-$ ب) $PbO_2 \longrightarrow Pb^{2+}$ ج) $Fe_2O_3 \longrightarrow Fe$ د) $Cl_2O \longrightarrow ClO_3^-$

– نصف التفاعل الذي يحتاج إلى عامل مختزل، هو:

أ) $BrO^- \longrightarrow BrO_3^-$ ب) $H_2O_2 \longrightarrow H_2O$

ج) $C_2H_6O \longrightarrow CO_2$ د) $H_2S \longrightarrow S_8$

س) أي من المواد الآتية يمكن أن يسلك كعامل مختزل : H^- , Mg , Na^+, Cl^- , F_2 ؟

(فكر) H^- , Mg , Cl^-

س) أي من المواد الآتية يمكن أن يسلك كعامل مؤكسد : Ca^{+2} , K , Br_2 ,O^{-2} , H^+؟

H^+ , Br_2 , Ca^{2+}

-وزاري 2019 صيفي : المادة التي يمكن أن تسلك كعامل مؤكسدهي :

أ) Cl^- ب) F_2 ج) Na د) F^-

كل أيون سالب منفرد وكل عنصر منفرد عامل مختزل(يحدث له تأكسد)

وكل أيون منفرد موجب وكل جزيء عامل مؤكسد(يحدث له اختزال)

خامسا: التاكسد والاختزال الذاتي :

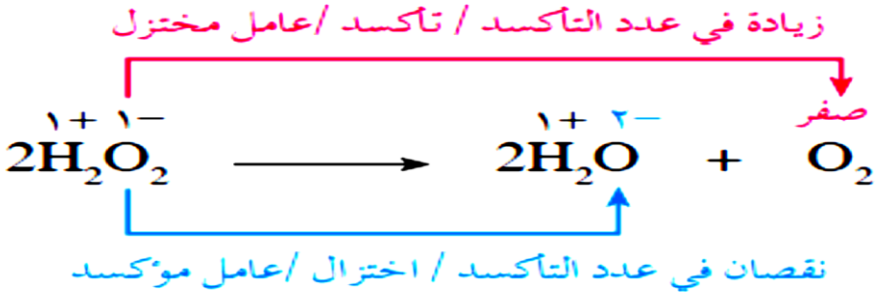
تتضمَّنُ تفاعلات التأكسد والاختزال وجودَ عامل مؤكسد وعامل مُختزل، ولكن وُجد في بعض التفاعلات أنَّ المادة نفسَها تسلك كعامل مؤكسد وكعامل مُختزل في التفاعل نفسه، ويسمّى تفاعل تأكسد واختزال ذاتي

ادرس التفاعل الاتي :

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$$

التأكسد والاختزال الذاتي يكون لمادة واحدة في المتفاعلات

ما عدد تأكسد كل ذرة في التفاعل ؟ أي الذرات تأكسدت ؟ وأيها اختزلت ؟



ألاحظ عدم تغيُّر عدد تأكسد الهيدروجين، أمّا الأكسجين فقد اختُزل وقلَّ عدد تأكسده من (1- في H_2O_2 إلى 2- في H_2O) ، ومن ثَمَّ يكون H_2O_2 عاملً مؤكسدًا، كما تأكسد الأكسجين وزاد عدد تأكسده من (1- في H_2O_2 إلى 0 في O_2)، ومن ثَمَّ يكون H_2O_2 عاملً مُختزلً؛ ولأن التأكسد والاختزال حدثا لنفس العنصر وهو الأكسجين في H_2O_2 فالتفاعلُ يمثِّلُ تأكسدًا واختزالً ذاتيًّا.

س) **يتفاعل الكلور مع محلول هيدروكسيد الصوديوم البارد حسب المعادلة الكيميائيَّة الآتية:**

$$2NaOH_{(aq)} + Cl_{2(g)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + NaClO_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

أُبَيِّنُ لماذا يُعَدُّ التفاعل أعلاه مثالً على تفاعلات التأكسد والاختزال الذاتي.

أحسب أعداد التأكسد لجميع الذرّات والأيونات في التفاعل كالآتي:

$$\overset{+1}{2Na^+_{(aq)}} + \overset{-2\,+1}{2OH^-_{(aq)}} + \overset{0}{Cl_{2(g)}} \rightarrow \overset{+1}{Na^+_{(aq)}} + \overset{-1}{Cl^-_{(aq)}} + \overset{+1}{Na^+_{(aq)}} + \overset{+1\,-2}{ClO^-_{(aq)}} + \overset{+1\,-2}{H_2O_{(l)}}$$

ألاحظ أنَّ أيون الصوديوم Na^+ أيون متفرّج لم يطرأ عليه تغيير؛ لذلك يُحذَفُ من المعادلة.

قلّ عدد تأكسد الكلور من (صفر ← −1) / اختزال

$$2OH^-_{(aq)} + \overset{0}{Cl_{2(g)}} \rightarrow \overset{-1}{Cl^-_{(aq)}} + \overset{+1}{ClO^-_{(aq)}} + H_2O_{(l)}$$

زاد عدد تأكسد الكلور من (صفر ← +1) / تأكسد

ألاحظ أنَّ أعداد التأكسد لجميع العناصر في المعادلة لم تتغيَّر باستثناء عدد التأكسد للكلور؛ إذ حدث تأكسد لذرّة كلور وزاد عدد تأكسدها من (صفر في Cl_2 ← +1 في ClO^-)، وبذلك فإن Cl_2 سلك كعامل مُختزل، وكذلك حدث اختزالٌ لذرّة الكلور الثانية وقلَّ عدد تأكسدها من (صفر في Cl_2 ← −1 في Cl^-)، وبذلك فإنَّ Cl_2 سلك كعامل مؤكسد؛ أي أنَّ التأكسد والاختزال حدثا لنفس العنصر في التفاعل. وعليه، فإنَّ التفاعل يمثِّل تفاعلَ تأكسد واختزال ذاتي.

) بين سلوك البروم Br_2 كعامل مؤكسد وكعامل مختزل(تفاعل تأكسد واختزال ذاتي) في التفاعل الآتي :

$$2OH^- + Br_2 \longrightarrow BrO^- + Br^- + H_2O$$

$Br_2 \rightarrow BrO^-$ ، (Br_2) عامل مختزل، تغير عدد تأكسد البروم من صفر ← +١

$Br_2 \rightarrow Br^-$ ، (Br_2) عامل مؤكسد: تغير عدد تأكسد البروم من صفر ← -١

فالبروم Br_2 عامل مؤكسد وعامل مختزل، لذلك يمثل التأكسد والاختزال الذاتي.

س) بين أن التفاعلات الآتية تمثل تفاعلات تأكسد واختزال ذاتي :

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

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

في المعادلة $Cl_2 \longrightarrow Cl^- + OCl^-$ يسلك الكلور Cl_2 عامل:

أ) مؤكسد ومختزل ب) مؤكسد فقط ج) مختزل فقط د) مساعد

س) 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؟

ج) أُحَدِّدُ العاملَ المؤكسد والعاملَ المُختزل في التفاعل.

الحل :

أ) تغير عدد تأكسد ذرة النيتروجين في N_2O_4 من +4 الى صفر في N_2 (حدث لها اختزال لان عدد التاكسد قل بمقدار 4) وكذلك تغير عدد تاكسد النيتروجين من -2 في N_2H_4 الى صفر في N_2(أي زاد عدد التاكسد بمقدار 2 وبالتالي حدث لها تاكسد)

ب) لا يعد تفاعل تاكسد واختزال ذاتي لأن التأكسد والاختزال حدثا لذرتي نيتروجين في مركبين مختلفين

(التاكسد والاختزال الذاتي يكون العامل المؤكسد هو نفسه العامل المختزل)

ج) N_2O_4 عامل مؤكسد ، N_2H_4 عامل مختزل

س)

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. $OF_2 + H_2O \rightarrow O_2 + HF$

الاجابة : ب

س) أي المعادلات الآتية يمكن ان تمثل تفاعل تأكسد واختزال ذاتي :

أ) $2ClO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow ClO_4^-{}_{(aq)} + ClO_2^-{}_{(aq)}$

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

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

الاجابة :المعادلات أ و ج تمثل تفاعل تأكسد واختزال ذاتي .

سادساً : موازنة معالات التأكسد والاختزال .

شروط الحصول على معادلة تأكسد واختزال موزونة :

1) تحقق معادلة التأكسد والاختزال الموزونة قانون حفظ الكتلة؛ ممّا يعني أنَّ أنواع وأعداد ذرّات العناصر المكوِّنة للمواد المتفاعلة مماثلةٌ لها في المواد الناتج

2) حقق قانون حفظ الشحنة؛ أي أنَّ مجموع شحنات المواد المتفاعلة مساوٍ لمجموعها في المواد الناتجة، ويتحقق ذلك عندما يكون عددُ الإلكترونات المكتسبة في أثناء تفاعل الاختزال مساويًا لعدد الإلكترونات المفقودة خلال تفاعل التأكسد.(**تساوي المجموع الجبري للشحنات في طرفي المعادلة**)

مثال :

في معادلة التفاعل الآتية:

$$Mg_{(s)} + 2H^{+}_{(aq)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

يلاحظ أنَّ عدد ذرّات المغنيسيوم والهيدروجين متساوٍ على طرفي المعادلة،وكذلك مجموع شحنات المواد المتفاعلة يساوي مجموعَها للمواد الناتجة، ويساوي (+ 2). وعليه، يكون عدد الإلكترونات التي فقدتها ذرّة المغنيسيوم يساوي عدد الإلكترونات التي أكتسبها أيونا الهيدروجين، وتساوي (2). ولمّا كانت موازنة جميع معادلات التأكسد والاختزال بطريقة المحاولة والخطأ غيرممكنة، فقد طوَّرَ العلماء طرائقَ أخرى لموازنتها، منها طريقة نصف التفاعل :

موازنة معادلات التأكسد والاختزال بطريقة نصف التفاعل.

تعتمد طريقة نصف التفاعل لموازنة معادلة التأكسد والاختزال على :

1) تجزئة المعادلة إلى نصفي تفاعل؛ نصف تفاعل تأكسد ونصف تفاعل اختزال،

2) ثمَّ موازنة كل نصف تفاعل منفردًا من حيث أعدادُ الذرّات والشحنات،

3) ثمَّ مساواة عدد الإلكترونات المفقودة والمكتسبة لنصفي التفاعل، يليها جمع نصفي التفاعل للحصول على المعادلة الموزونة

مثال : **أوازن معادلة التأكسد والاختزال الآتية بطريقة نصف التفاعل:**

$$Sn^{2+}_{(aq)} + Fe^{3+}_{(aq)} \rightarrow Sn^{4+}_{(aq)} + Fe^{2+}_{(aq)}$$

أقسم معادلة التفاعل إلى نصفي تفاعل:

نصف تفاعل تأكسد (زاد عدد تأكسد Sn من 2+ ← 4+) $Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+}$

نصف تفاعل اختزال (قلَّ عدد تأكسد Fe من 3+ ← 2+) $Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$

أوازن الذرّات في كل نصف تفاعل:

ألاحظ أنَّ عدد الذرّات متساوٍ في طرفي المعادلة لكل نصف تفاعل.

أوازن الشحنات:

$$Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$$

$$Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$$

ألاحظ أنَّ عدد الإلكترونات المفقودة في نصف تفاعل التأكسد يساوي (2)، وأنَّ عدد الإلكترونات المكتسبة في نصف تفاعل الاختزال يساوي (1). ولمساواة عدد الإلكترونات المفقودة والمكتسبة يُضرَبُ نصفُ تفاعل الاختزال 2×

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

$$2Fe^{3+} + 2e^- \rightarrow 2Fe^{2+}$$

أجمع نصفي تفاعل التأكسد والاختزال:

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

$$Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+}_{(aq)} + \cancel{2e^-}$$

$$2Fe^{3+} + Sn^{2+} \rightarrow 2Fe^{2+} + Sn^{4+}$$

ويمكن التحقق من صحّة الموازنة بمقارنة أعداد الذرّات على طرفي المعادلة والتأكُّد من تساويها، والتأكُّد من أنَّ المجموع الجبري للشحنات على طرفي المعادلة متساوٍ، معَ الإنتباه إلى عدم ظهور الإلكترونات في المعادلة النهائيَّة.

تحدث معظم تفاعلات التأكسد والاختزال في المحاليل المائيَّة في أوساط حمضيَّة أو قاعديَّة؛ لذلك فإنَّ خطوات موازنة معادلاتها تحتاج إلى خطوات إضافيَّة بحسب طبيعة الوسط.

موازنة معادلات التأكسد والاختزال بطريقة نصف التفاعل في وسط حمضي

عند حدوث تفاعل التأكسد والاختزال في وسط حمضي فإنَّ الماء وأيونات الهيدروجين يكونان جزءًا من التفاعل؛ لذلك يُستخدمان في موازنة معادلات تفاعلات التأكسد والاختزال.

خطوات موازنة معادلات التأكسد والاختزال في الوسط الحمضي (H^+)

1- اقسم المعادلة إلى نصفين (نصف تفاعل تأكسد ونصف تفاعل اختزال)

2- نوازن أنصاف التفاعلات بحيث تتحقق شروط موازنة المعادلة الكيميائية حسب الترتيب الآتي:

- موازنة ذرات العناصر باستثناء الهيدروجين والأكسجين .(الذرات الغريبة)

- موازنة عدد ذرات الأكسجين بإضافة عدد من جزيئات الماء يساوي الفرق في ذرات الأكسجين بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة ، إلى الطرف الذي يحوي أقل عدد من ذرات الأكسجين .

- موازنة عدد ذرات الهيدروجين بإضافة عدد من أيونات الهيدروجين H^+ يساوي الفرق في ذرات الهيدروجين بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة إلى الطرف الذي يحوي أقل عدد من ذرات الهيدروجين

- نوازن الشحنة الكهربائية في طرفي المعادلة بإضافة عدد من الإلكترونات إلى أحد الطرفين ، ليصبح المجموع الجبري للشحنات متساوياً على طرفي المعادلة (تضاف الإلكترونات إلى الطرف الذي يكون فيه المجموع الجبري للشحنات أكبر أي للطرف الأكثر موجبية)(استخدم المضاعف المشترك الأصغر)

3- يجب أن يتساوى عدد الإلكترونات المفقودة وعدد الإلكترونات المكتسبة خلال التفاعل الكلي؛ لذلك يلزم أحيانًا ضربُ إحدى المعادلتين أو كليهما بمعاملات مناسبة بحيث يصبح عدد الإلكترونات المفقودة مساويًا لعدد الإلكترونات المكتسبة في التفاعل.

4- أجمع نصفي تفاعل التأكسد والاختزال للحصول على معادلة التفاعل الكُلِّيّ الموزونة، وذلك بحذف الإلكترونات من طرفي المعادلة، وأكتب المعادلة بأبسط صورة

س) وازن انصاف التفاعلات الاتية بطريقة نصف التفاعل في وسط حمضي .

) زن أنصاف التفاعلات الآتية في وسط حمضي:

1) $NO_3^- \longrightarrow HNO_2$

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

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

الحل :

1) $NO_3^- + 3H^+ + 2e^- \rightarrow HNO_2 + H_2O$

س) زن المعادلات الآتية في وسط حمضي بطريقة نصف التفاعل

(1 $Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + HNO_{2(aq)} \rightarrow Cr^{3+}{}_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$

أقسم معادلة التفاعل إلى نصفي تفاعل، وذلك بمقارنة المواد المتفاعلة والناتجة

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

$HNO_2 \rightarrow NO_3^-$

أختار أحدَ نصفي التفاعل وأوازنه باتباع الخطوات الآتية:

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

أ. أُوازنُ الذرّات، ما عدا الأكسجين O والهيدروجينH ، بالضرب بمعامل مناسب بحيث تصبح أعداد الذرّات متساوية على طرفي المعادلة.

ضُرِبَ $(2 \times Cr^{3+})$، فأصبح نصف التفاعل: $Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+}$

ب. أُوازن ذرّات الأكسجين بإضافة عدد من جزيئات الماء H_2O إلى طرف المعادلة الذي يحتوي على عدد أقل من ذرّات الأكسجين بمقدار النقص فيها

هنا، يُضافُ $7H_2O$ إلى الطرف الأيمن من المعادلة فيصبح عدد ذرات الأكسجين (7) على طرفيها

$Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$

ج. أُوازن ذرّات الهيدروجين بإضافة عدد من أيونات الهيدروجين H^+ إلى طرف المعادلة الذي يحتوي على عدد أقل من ذرّات الهيدروجين بمقدار النقص فيها.هنا، يُضافُ $14H^+$ إلى الطرف الأيسر من المعادلة فيصبح عدد ذرّات الهيدروجين (14) على طرفيها:

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

أُوازن الشحنات بإضافة عدد من الإلكترونات (e -) إلى طرف المعادلة الذي يكون المجموع الجبري للشحنات فيه أكبر، بحيث يصبح المجموع الجبري لها متساويًا على طرفيها.

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

(−2) + (+12) (+14) (2 × +3) + (+6) 0)

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

(+12 − 6) = +6 +6

عدد (مولات)الالكترونات المكتسبة : 6

لموازنة نصف التفاعل الآخر، أُطَبِّقُ الخطواتِ نفسَها

$$HNO_2 + H_2O \rightarrow NO_3^- + 3H^+ + 2e^-$$

عدد (مولات) الالكترونات المفقودة : 2

يجب أن يتساوى عدد الإلكترونات المفقودة وعدد الإلكترونات المكتسبة خلال التفاعل الكلي؛ لذلك يلزم أحيانًا ضربُ إحدى المعادلتين أو كليهما بمعاملات مناسبة بحيث يصبح عدد الإلكترونات المفقودة مساويًا لعدد الإلكترونات المكتسبة في التفاعل.

$$3 \times (HNO_2 + H_2O \rightarrow NO_3^- + 3H^+ + 2e^-)$$

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

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

أجمع نصفي تفاعل التأكسد والاختزال للحصول على معادلة التفاعل الكُلِّيِّ الموزونة، وذلك بحذف الإلكترونات من طرفي المعادلة، وأكتب المعادلة بأبسط صورة:

نصف تفاعل التأكسد: $3HNO_2 + 3H_2O \rightarrow 3NO_3^- + 9H^+ + 6e^-$

$5H^+$ $4H_2O$

نصف تفاعل الاختزال: $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$

المعادلة الكليَّة: $3HNO_2 + Cr_2O_7^{2-} + 5H^+ \rightarrow 3NO_3^- + 2Cr^{3+} + 4H_2O$

عدد الالكترونات المفقودة او المكتسبة : 6

عدد الالكترونات المفقودة يكون من نصف تفاعل التأكسد

عدد الالكترونات المكتسبة من نصف الاختزال

عدد الالكترونات المفقودة او المكتسبة بعد التوحيد (من خلال التفاعل الكلي)

2) $MnO_4^- + ClO_3^- \longrightarrow Mn^{2+} + ClO_4^-$

وسط حمضي يعني H^+

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

$ClO_3^- + H_2O \rightarrow ClO_4^- + 2H^+ + 2e^-$

عدد الإلكترونات المكتسبة =عدد الإلكترونات المفقودة

نضرب بالمضاعف المشترك الأصغر

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

$5\times(ClO_3^- + H_2O \rightarrow ClO_4^- + 2H^+ + 2e^-)$

$2MnO_4^- + \cancel{16H^+}\ (6H^+) + \cancel{10e^-} \rightarrow 2Mn^{2+} + \cancel{8H_2O}\ (3H_2O)$

$5ClO_3^- + \cancel{5H_2O} \rightarrow 5ClO_4^- + \cancel{10H^+} + \cancel{10e^-}$

$2MnO_4^- + 5ClO_3^- + 6H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 5ClO_4^- + 3H_2O$

3) وزاري 2022

١- عدد جزيئات الماء H_2O الناتج عن موازنة المعادلة: $HSO_3^- + IO_3^- \xrightarrow{H^+} SO_4^{2-} + I_2$

أ) ٢ ب) ١ ج) ٦ د) ٥

وزاري 2020

١- عدد مولات أيونات H^+ اللازمة لموازنة نصف التفاعل $N_2H_4 \longrightarrow NO$ يساوي:

أ) ٢ ب) ٤ ج) ٦ د) ٨

٢- في نصف التفاعل $I_2 \xrightarrow{H^+} IO_3^-$ فإن عدد مولات الإلكترونات اللازمة لموازنته تساوي:

أ) ٣ ب) ٤ ج) ٥ د) ١٠

- عدد مولات H^+ اللازم لموازنة نصف التفاعل $SO_4^{2-} \longrightarrow H_2SO_3$ في وسط حمضي يساوي:

أ) ١ ب) ٢ ج) ٤ د) ٥

(4 $Pb + PbO_2 + H_2SO_4 \longrightarrow PbSO_4$

$$Pb + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4$$

$$PbO_2 + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4$$

$$Pb + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4 + 2H^+ + 2e^-$$

$$2H^+ + PbO_2 + H_2SO_4 + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$$

$$Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$$

(5 $H_2S + NO_3^- \longrightarrow NO_2 + S_8$

$$8H_2S \rightarrow S_8 + 16H^+ + 16e^-$$

$$16(NO_3^- + 2H^+ + e^- \rightarrow NO_2 + H_2O)$$

$$8H_2S + 16NO_3^- + 16H^+ \rightarrow S_8 + 16NO_2 + 16H_2O$$

(6 $ClO_3^- + N_2H_4 \longrightarrow Cl^- + NO$

$$N_2H_4 + 2H_2O \rightarrow 2NO + 8H^+ + 8e^-$$

$$ClO_3^- + 6e^- + 6H^+ \rightarrow Cl^- + 3H_2O$$

$$3(N_2H_4 + 2H_2O \rightarrow 2NO + 8H^+ + 8e^-)$$

$$4(ClO_3^- + 6e^- + 6H^+ \rightarrow Cl^- + 3H_2O)$$

$$3N_2H_4 + 6H_2O \rightarrow 6NO + 24H^+ + 24e^-$$

$$4ClO_3^- + 24e^- + 24H^+ \rightarrow 4Cl^- + 12H_2O$$

$6H_2O$

$$4ClO_3^- + 3N_2H_4 \rightarrow 4Cl^- + 6NO + 6H_2O$$

(7

$$BrO_3^-{}_{(aq)} + C_2O_4^{2}{}_{(aq)} \rightarrow Br^-{}_{(aq)} + CO_{2(g)}$$

$(C_2O_4^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 2e^-) \times 3$

$3C_2O_4^{2-} \rightarrow 6CO_2 + 6e^-$

$6e^- + 6H^+ + BrO_3^- \rightarrow Br^- + 3H_2O$

$3C_2O_4^{2-} + BrO_3^- + 6H^+ \rightarrow Br^- + 6CO_2 + 3H_2O$

(8

$$As_{(s)} + ClO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow H_3AsO_{3(aq)} + HClO_{(aq)}$$

$(As + 3H_2O \rightarrow H_3AsO_3 + 3H^+ + 3e^-) \times 4$

$(4e^- + 5H^+ + ClO_{3^-} \rightarrow HClO + 2H_2O) \times 3$

عدد الالكترونات المفقودة 3

عدد الالكترونات المكتسبة 4

عدد الالكترونات المفقودة او المكتسبة 12

$4As + 12H_2O \rightarrow 4H_3AsO_3 + 12H^+ + 12e^-$

$12e^- + 15H^+ + 3ClO_3^- \rightarrow 3HClO + 6H2O$

$4As + 6H_2O + 3ClO_3^- + 3H^+ \rightarrow 4H_3AsO_3 + 3HClO$

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

$$2(2e + 2ICl \longrightarrow 2Cl^- + I_2)$$
$$3H_2O + ICl \longrightarrow IO_3^- + Cl^- + 4e^- + 6H^+$$
$$4e + 4ICl \longrightarrow 4Cl^- + 2I_2$$
$$3H_2O + 5ICl \longrightarrow 5Cl^- + IO_3^- + 2I_2 + 6H^+$$

10) (وزاري 2016 صيفي) ادرس التفاعل الآتي الذي يحدث في وسط حمضي ، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه

$$As_4O_6 + Cl_2 \longrightarrow H_3AsO_4 + HCl$$

1- وازن نصف تفاعل التأكسد **2- وازن نصف تفاعل الاختزال**

3- ما عدد تأكسد As في H_3AsO_4 **4- حدد العامل المؤكسد .**

عدد مولات الإلكترونات المكتسبة أو المفقودة من المعادلة الكلية الموزونة وبأبسط صورة

11) (وزاري 2016 شتوي): المعادلة الآتية تحدث في وسط حمضي :

$$Bi_2S_3 + NO_3^- \longrightarrow NO_2 + Bi^{+3} + S$$

1- اكتب نصف تفاعل التأكسد موزوزناً **2- اكتب نصف تفاعل الاختزال موزوناً**

3- ما عدد تأكسد العنصر N في NO_3^- ؟ **4- حدد العامل المختزل**

5- ما عدد مولات الإلكترونات المكتسبة في التفاعل الكلي ؟

12) وزاري 2009صيفي : وازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل:

$$ClO_3^- + I_2 \xrightarrow{H^+} Cl^- + IO_3^-$$

13) $Sb_2S_3 + NO_3^- \rightarrow Sb_2O_3 + S + NO$

المعادلة الكلية الموزونة :

$$Sb_2S_3 + 2NO_3^- + 2H^+ \rightarrow Sb_2O_3 + 3S + 2NO + H_2O$$

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

المعادلة الكلية الموزونة :

$$5IPO_4 + 9H_2O \rightarrow I_2 + 3IO_3^- + 5H_2PO_4^- + 8H^+$$

موازنة معادلات التأكسد والاختزال بطريقة نصف التفاعل في وسط قاعدي

1) توازَنُ معادلات التأكسد والاختزال في وسط قاعدي بالخطوات نفسِها المتَّبعة لموازنتها في الوسط الحمضي

2) ثمَّ يضاف عددٌ من أيونات الهيدروكسيد OH^- مساوٍلعدد أيونات الهيدروجين H^+ في المعادلة الموزونة في الوسط الحمضي إلى طرفي المعادلة.

3) حيث تتعادل أيوناتُ الهيدروجين H^+ مع أيونات الهيدروكسيد OH^- مكوّنةً عددًا من جزيئات الماء H_2O ، ثمَّ تُختَصَرُ جزيئاتُ الماء في طرفي المعادلة أو تُجمع إذاكانت في الطرف نفسه بحيث تُظهر في أحد أطراف التفاعلَ الكُلِّيَّ الموزون؛ وبذلك نحصل على معادلة موزونة في الوسط القاعدي

س) زن نصف التفاعل الاتي في الوسط القاعدي :

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

س) وازن المعادلات الاتية بطريقة نصف التفاعل في الوسط القاعدي

1) $MnO_4^-{}_{(aq)} + ClO_2^-{}_{(aq)} \rightarrow MnO_{2(s)} + ClO_4^-{}_{(aq)}$

أقسمُ معادلة التفاعل إلى نصفي تفاعل، وذلك بمقارنة المواد المتفاعلة والناتجة:

$$MnO_4^- \rightarrow MnO_2$$
$$ClO_2^- \rightarrow ClO_4^-$$

أختارُ أحد نصفي التفاعل، وأُوازنه باتباع الخطوات الآتية:

$$MnO_4^- \rightarrow MnO_2$$

أ. موازنة الذرّات عدا الأكسجين والهيدروجين: يلاحظ أنَّ عدد ذرات المنغنيز Mn متساوٍ

ب.أُوازن ذرّات الأكسجين بإضافة جزيئي ماء $2H_2O$ إلى طرف المعادلة الأيمن:

$$MnO_4^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$$

ج. أُوازن ذرّات الهيدروجين بإضافة أربعة أيونات هيدروجين $4H^+$ إلى طرف المعادلة الأيسر، فيصبح عدد ذرّات H متساويًا على طرفيها:

$$MnO_4^- + 4H^+ \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$$

د.أُوازن الشحنات بإضافة ثلاثة الإلكترونات ($3e^-$) إلى طرف المعادلة الأيسر، فيصبح المجموع الجبري للشحنات على طرفيها متساويًا:

$$MnO_4^- + 4H^+ + 3e^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$$

نطبق الخطوات السابقة على نصف التفاعل الاخر

$$ClO_2^- + 2H_2O \rightarrow ClO_4^- + 4H^+ + 4e^-$$

أُساوي عدد الإلكترونات المفقودة والمكتسبة، بضرب نصف تفاعل التأكسد 3 × ، ونصف تفاعل الاختزال 4×

نصف تفاعل تأكسد: $(ClO_2^- + 2H_2O \rightarrow ClO_4^- + 4H^+ + 4e^-) \times 3$

نصف تفاعل اختزال: $(MnO_4^- + 4H^+ + 3e^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O) \times 4$

للحصول على معادلة التفاعل الكُلّيّ الموزونة في وسط حمضي، أجمعُ نصفي تفاعل التأكسد والاختزال

$$3ClO_2^- + 6H_2O \rightarrow 3ClO_4^- + 12H^+ + 12e^-$$

$$4MnO_4^- + 16H^+ + 12e^- \rightarrow 4MnO_2 + 8H_2O$$

$$3ClO_2^- + 4MnO_4^- + 4H^+ \rightarrow 3ClO_4^- + 4MnO_2 + 2H_2O$$

نضيف عددا من مولات OH^- مساو لعدد مولات H^+ الى طرفي المعادلة

$$3ClO_2^- + 4MnO_4^- + 4H^+ + 4OH^- \rightarrow 3ClO_4^- + 4MnO_2 + 2H_2O + 4OH^-$$

أجمعُ أيونات H^+ وأيونات OH^- الموجودة في الطرف نفسِه من المعادلة معًا على شكل جزيئات ماء.

$$3ClO_2^- + 4MnO_4^- + \underbrace{4H^+ + 4OH^-}_{4H_2O} \rightarrow 3ClO_4^- + 4MnO_2 + 2H_2O + 4OH^-$$

أختصِرُ جزيئات الماء بحيث تظهرُ في أحد طرفي معادلة التفاعل الكُلّيّ الموزونة في وسط قاعدي

$$3ClO_2^- + 4MnO_4^- + 4H_2O \rightarrow 3ClO_4^- + 4MnO_2 + 2H_2O + 4OH^-$$

$2H_2O$

المعادلة الكليَّة: $3ClO_2^- + 4MnO_4^- + 2H_2O \rightarrow 3ClO_4^- + 4MnO_2 + 4OH^-$

اعتمادا على السؤال السابق، اجب عما يلي :

1) عدد مولات الالكترونات المفقودة
2) عدد مولات الالكترونات المكتسبة
3) عدد مولات الالكترونات المفقودة او المكتسبة
4) عدد مولات OH^- اللازمة لموازنة نصف التاكسد
5) عدد مولات OH^- اللازمة لموازنة نصف الاختزال
6) عدد مولات OH^- اللازمة لموازنة المعادلة

تاكسد واختزال ذاتي

(2 $Br_{2(l)} \rightarrow Br^-_{(aq)} + BrO_3^-{}_{(aq)}$

نصف اختزال

$$Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^-$$

نصف تاكسد

$$Br_2 + 6H_2O \rightarrow 2BrO_3^- + 12H^+ + 10e^-$$

$$5 \times (Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^-)$$

$$5Br_2 + 10\,e^- \rightarrow 10Br^-$$

$$Br_2 + 6H_2O \rightarrow 2BrO_3^- + 12H^+ + 10e^-$$

$$5Br_2 + \cancel{10e^-} \rightarrow 10Br^-$$

$$Br_2 + 6H_2O \rightarrow 2BrO_3^- + 12H^+ + \cancel{10e^-}$$

$$6Br_2 + 6H_2O \rightarrow 10Br^- + 2BrO_3^- + 12H^+$$

$$6Br_2 + 6H_2O + 12OH^- \rightarrow 10Br^- + 2BrO_3^- + 12H^+ + 12OH^-$$

$$6Br_2 + 6H_2O + 12OH^- \rightarrow 10Br^- + 2BrO_3^- + \underbrace{12H^+ + 12OH^-}_{12H_2O}$$

$$6Br_2 + \cancel{6H_2O} + 12OH^- \rightarrow 10Br^- + 2BrO_3^- + \cancel{12H_2O}$$

$$\cancel{6H_2O}$$

$$6Br_2 + 12OH^- \rightarrow 10Br^- + 2BrO_3^- + 6H_2O$$

لاحظ أنَّ المعادلة ليست في أبسط صورة؛ لذلك أقسمُها على 2 وأكتبُها بأبسط صورة.

$$3Br_2 + 6OH^- \rightarrow 5Br^- + BrO_3^- + 3H_2O$$

3) وزاريات

– عدد مولات OH^- اللازم إضافتها إلى طرفي المعادلة الآتية لموازنتها في الوسط القاعدي يساوي:

$$Cr_2O_3 + 3NO_3^- + 2H_2O \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 3NO_2^- + 4H^+$$

أ) ٢ ب) ٤ ج) ٦ د) ٨

الاجابة : ب

4) $CN^- + MnO_4^- \longrightarrow CNO^- + MnO_2$

$$3CN^- + 3H_2O \rightarrow 3CNO^- + 6H^+ + 6e^-$$

$$2MnO_4^- + 8H^+ + 6e^- \rightarrow 2MnO_2 + 4H_2O$$

$$3CN^- + 2MnO_4^- + \underline{2H^+ + 2OH^-} \rightarrow 3CNO^- + 2MnO_2 + H_2O + 2OH^-$$

($2H_2O$)

$$3CN^- + 2MnO_4^- + 2H_2O \rightarrow 3CNO^- + 2MnO_2 + 2OH^- + H_2O$$

(H_2O)

$$3CN^- + 2MnO_4^- + H_2O \rightarrow 3CNO^- + 2MnO_2 + 2OH^-$$

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

$$4(I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-)$$

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

$$4I_2 + 8e^- \rightarrow 8I^-$$

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

($8H_2O$)

$$S^{2-} + 4I_2 + 4H_2O + 8OH^- \rightarrow SO_4^{2-} + 8I^- + \underline{8H^+ + 8OH^-}$$

($4H_2O$)

$$S^{2-} + 4I_2 + 4H_2O + 8OH^- \rightarrow SO_4^{2-} + 8I^- + 8H_2O$$

$$S^{2-} + 4I_2 + 8OH^- \rightarrow SO_4^{2-} + 8I^- + 4H_2O$$

6) $Al + NO_3^- \longrightarrow AlO_2^- + NH_3$

$$8(Al + 2H_2O \rightarrow AlO_2^- + 4H^+ + 3e^-)$$

$$3(NO_3^- + 8e^- + 9H^+ \rightarrow NH_3 + 3H_2O)$$

$$8Al + \cancel{16H_2O} \rightarrow 8AlO_2^- + \cancel{32H^+} + \cancel{24e^-} \quad (7H_2O,\ 5H^+)$$

$$3NO_3^- + \cancel{24e^-} + \cancel{27H^+} \rightarrow 3NH_3 + \cancel{9H_2O}$$

$$8Al + \cancel{7H_2O} + 3NO_3^- + 5OH^- \rightarrow 8AlO_2^- + 3NH_3 + \underline{5H^+ + 5OH^-} \quad (2H_2O,\ 5H_2O)$$

$$8Al + 3NO_3^- + 5OH^- + 2H_2O \rightarrow 8AlO_2^- + 3NH_3$$

وزاري 2021

١- عدد مولات OH^- اللازم إضافتها إلى طرفي المعادلة الآتية لموازنتها في وسط قاعدي يساوي:

$$Al + NO_3^- \longrightarrow AlO_2^- + NH_3$$

أ) ٣ ب) ٤ ج) ٥ د) ٦

وزاري 2022

عدد مولات الالكترونات اللازمة لموازنة المعادلة الاتية في وسط قاعدي :

$$CH_3OH + MnO_4^- \longrightarrow CO_2 + Mn^{2+}$$

أ) 42 ب) 48 ج) 30 د) 35

7) $CN^-_{(aq)} + AsO_4^-{}_{(aq)} \rightarrow AsO_2^{2-}{}_{(aq)} + OCN^-_{(aq)}$

(8 $$NiO_{2(s)} + S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow Ni(OH)_{2(aq)} + SO_3^{2-}{}_{(aq)}$$

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

$$Zn_{(s)} + HgO_{(s)} \xrightarrow{OH^-} ZnO_2^{2-}{}_{(aq)} + Hg_{(l)}$$ (10

$$Pb(OH)_4^{2-}{}_{(aq)} + ClO^-{}_{(aq)} \xrightarrow{OH^-} PbO_2^-{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)}$$ (11

(12

(13

(14

الدرس الثاني : الخلايا الجلفانية .

تسمّى الخلايا التي تحدث فيها تفاعلاتُ تأكسد واختزال منتجة للطاقة الكهربائيّة أو مستهلكة لها **الخلايا الكهركيميائيّة** وتقسم إلى نوعين: الخلايا الجلفانيّة(منتجة للطاقة الكهربائية)، وخلايا التحليل الكهربائي(مستهلكة للطاقة الكهربائية)

الخلية الجلفانية : أجهزةٌ أو أدواتٌ يحدثُ فيها تفاعلاتُ تأكسد واختزال تلقائيّة منتجة للطاقة الكهربائيّة

س) ما هي تطبيقات الخلايا الجلفانية ؟

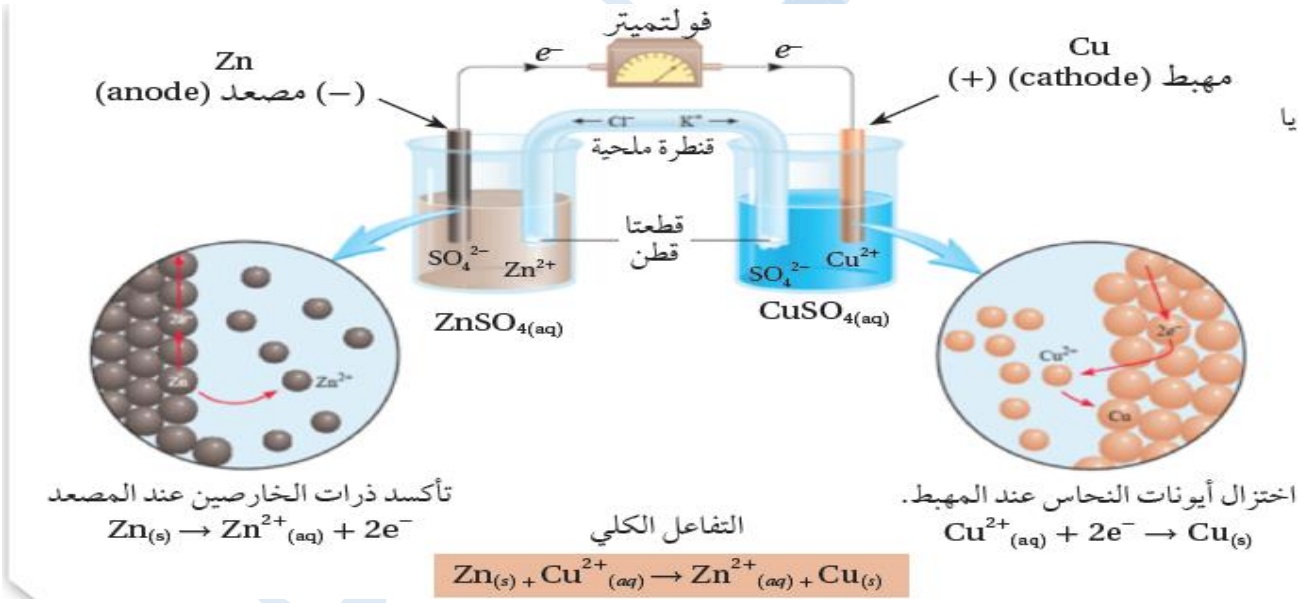
1) البطّاريات بأنواعها، كالبطّاريّة القابلة للشحن التي تُستخدَمُ في الهواتف الخلويّة والحواسيب المحمولة.

2) خلايا الوقود .

س) ما تحولات الطاقة في الخلايا الجلفانية ؟

تحدث فيها تفاعلاتُ تأكسد واختزال تؤدي إلى إنتاج تيار كهربائي؛ أي تتحوَّلُ الطاقة الكيميائيّة فيها إلى طاقة كهربائيّة.

أولا : كيمياء الخلية الجلفانية :



مكونات الخلية الجلفانية :

1) تتكوَّنُ الخليّة الجلفانيّة من وعاءين، يُسَمّى كُلٌّ منهما **نصف خليّة** ويحتوي كل وعاء على صفيحة فِلِزّيّة مغموسة في محلول يحتوي على أيونات الفِلِزّ، ففي الشكل أعلاه : نصف خليّة الخارصين تتكوَّنُ من صفيحة خارصين Zn مغموسة في محلول يحتوي على أيونات الخارصين Zn^{+2} ، مثل محلول كبريتات الخارصين، وَيُعَبَّرُ عنها بالرمز

$Zn^{2+}|Zn$، أمّا نصف خليّة النحاس فتتكوَّنُ من صفيحة نحاس Cu مغموسة في محلول يحتوي على أيونات النحاس Cu^{+2} ، مثل محلول كبريتات النحاس، وَيُعَبَّرُ عنها بالرمز $Cu^{2+}|Cu$

س) خلية جلفانية قطباها النيكل Ni والرصاص Pb ، عبر عن نصف خلية النيكل ونصف خلية الرصاص بالرموز.

نصف خلية النيكل : $Ni^{+2}|Ni$ ، نصف خلية الرصاص : $Pb^{+2}|Pb$

س) مم تتكون نصف الخلية في الخلايا الجلفانية ؟

تتكون من وعاء يحتوي على صفيحة فلزية مغموسة في محلول يحتوي على أيونات الفلز .

2) أسلاك كهربائية (الموصل الخارجي) هدفها وصل الأقطاب مع بعضها .

3) وَتُوصَلُ المحاليلُ بموصل آخرَ هو **القنطرة الملحيّة (الموصل الداخلي)** ، التي تتكوَّنُ من أنبوب على شكل حرفU يحتوي على محلول ملحي مشبع، لا تتفاعل أيوناته معَ الأيونات الموجودة في نصفي الخليّة الجلفانيّة أو معَ الأقطاب فيها، مثلKCl ، حيث تُعادِلُ القنطرةُ الملحيّة الشحناتِ الكهربائيّةَ في نصفي الخليّة الجلفانيّة

4) جهاز فولتميتر لقياس فرق الجهد بين اقطاب الخلية الجلفانية .

س) خلية جلفانية قطباها النيكل Ni والرصاص Pb ، عبر عن نصف خلية النيكل ونصف خلية الرصاص بالرموز.

نصف خلية النيكل : $Ni^{+2}|Ni$ ، نصف خلية الرصاص : $Pb^{+2}|Pb$

س) ما دور القنطرة الملحية في الخلية الجلفانية ؟

الهدف الأساسي : **تُعادِلُ القنطرةُ الملحيّة الشحناتِ الكهربائيّةَ في نصفي الخليّة الجلفانيّة**

أهداف أخرى (استنتاجات) : **تعمل على إغلاق الدارة الكهربائية ومنع التماس المباشر بين المواد المتفاعلة .**

** **عند إغلاق الدارة الكهربائية يلاحظ انحراف مؤشر الفولتميتر نحو الجهة التي يتواجد فيها قطب النحاس ، مما يشير لمرور تيار كهربائي نتيجة حركة الإلكترونات عبر الأسلاك من قطب الخارصين إلى قطب النحاس.**

كيف تفسر انحراف مؤشر الفولتميتر نحو قطب النحاس ؟

1) هذا يدل على حدوث تفاعل تأكسد واختزال ، حيث تتأكسد ذرات الخارصين حسب المعادلة الأتية :

$$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^{-}$$

2) وتنتقلُ الإلكتروناتُ من قطب الخارصين Zn عبرَ الأسلاك إلى قطب النحاس Cu ؛ حيث تكتسبُها أيونات النحاس Cu^{+2} وتُختزَلُ متحوِّلةً إلى **ذرّات تترسب على قطب النحاس .**

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$$

3) ونتيجة تأكسد ذرّات الخارصين وتحوُّلها إلى أيونات الخارصين الموجبة Zn^{2+} يزداد تركيزُها في نصف خليّة الخارصين مقارنةً بتركيز أيونات الكبريتات السالبة SO_4^{-2} فيها، وكذلك الحالُ في نصف خليّة النحاس؛ إذ يقلُّ تركيزُأيونات النحاس الموجبة Cu^{+2} مقارنةً بتركيز أيونات الكبريتات السالبة (فسر) بسبب اختزالها، ويؤدي هذا إلى عدم اتزان كهربائيٍّ في الخليّة؛ لذا تُعادِلُ القنطرةُالملحيّة الشحناتِ الكهربائيّةَ في نصفي الخليّة الجلفانيّة.

4) حيث تتحرَّكُ أيوناتُ الكلوريد السالبة Cl^- منَ القنطرة الملحيّة إلى نصف خليّة الخارصين(فسر) لمعادلة الزيادة في تركيز أيونات Zn^{+2} ، وتتحرَّكُ أيوناتُ K^+ الموجبة إلى نصف خليّة النحاس لمعادلة أيونات SO_4^{-2} الزائدة .

اما المعادلةُ الكليّة في الخليّة الجلفانيّة فهي مجموعُ نصفي تفاعل التأكسد والاختزال:

$$Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$$

ملاحظات هامة :

1) يسمّى القطبُ الذي يحدث عنده تفاعلُ التأكسد المِصعد Anode (الاكثر نشاطا في سلسلة النشاط الكيميائي)، وشحنتُهُ سالبة لأنه مصدر الإلكترونات بسبب تأكسد ذرّاته، فتقل كتلتُه، ويزداد تركيز أيوناته الموجبة في نصف الخلية الخاص به مع مرور الزمن .

2) القطبُ الذي يحدث عنده تفاعلُ الاختزال فيسمّى المِهبط ،Cathode ، وشحنتُهُ موجبة؛ إذ تتحرَّكُ الإلكتروناتُ نحوه(تهبط اليه)، وتزداد كتلتُهُ نتيجة اختزال أيونات النحاس وترسُّبها عليه ، ويقل تركيز أيوناته الموجبة في نصف الخلية الخاص به مع مرور الزمن

3) **تتحرك الإلكترونات عبر الأسلاك الكهربائية (الموصل الخارجي) من المصعد إلى المهبط.**

4) **ينحرف مؤشر الفولتميتر نحو الجهة التي يوجد فيها المهبط وهذا يدل على مرور تيار كهربائي نتيجة حركة (دفع) الإلكترونات عبر الأسلاك من المصعد نحو المهبط ..**

5) **تتحرك الأيونات (+/-) في الخلية الغلفانية داخل المحلول الكهرلي من خلال القنطرة الملحية.**

6) حركة الأيونات السالبة من القنطرة الملحية نحو نصف خلية التأكسد(عكس حركة الالكترونات في الاسلاك) ، والأيون الموجب من القنطرة الملحية يتجه نحو نصف خلية الاختزال .

س) كيف يتم التعبير عن الخلية الجلفانية بالرموز ؟

عَبَّرَ الكيميائيون عن الخليّة الجلفانيّة بطريقة مُختصرة وسهلة لوصفها، فمثلا في التفاعل الاتية الذي يمثل خلية غلفانية قطباها الخارصين والنحاس :

$$Zn_{(s)} + Cu^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}{}_{(aq)} + Cu_{(s)}$$

يمكن التعبير عن الخلية الغلفانية السابقة بالرموز كالاتي :

مصعد القنطرة الملحيّة **مهبط**

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

نصف خليّة التأكسد نصف خليّة الاختزال

(انتبه وفرق بين كيفية كتابة رموز انصاف الخلايا ورمز تمثيل الخلية الجلفانية).

خطوات تمثيل الخلية الجلفانية بالرموز ؟

1) يجري البدءُ بكتابة مكوّنات نصف خليّة التأكسد منَ اليسار، فتكتبُ المادَّة التي يحدث لها تأكسدٌ أوَّلاً ثمَّ ناتجُ عملية التأكسد ويفصل بينهما خط (|).
2) ثمَّ يُرسَمُ خطّان متوازيان ‖ يرمزان للقنطرة الملحيّة.
3) تُكتبُ مكوّنات نصف خليّة الاختزال، فَتُكتبُ المادَّة التي يحدث لها اختزال، ثمَّ.ناتجُ عمليّة الاختزال،ويفصل بينهما خط (|)

اسئلة تثبيت المفهوم :

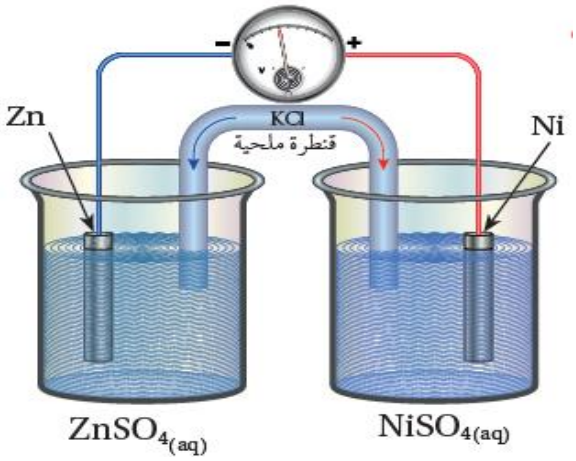
اكتب معادلة كيميائية موزونة لكل ترميز يمثل الخلايا القياسية الآتية:

1) $Fe|Fe^{+2}\|Cu^{+2}|Cu$ 2) $H_2|2H^+\|Cu^{+2}|Cu$

الاجابة $Cu^{2+}{}_{(aq)} + Fe_{(s)} \rightarrow Fe^{2+}{}_{(aq)} + Cu_{(S)}$.

1) مثال 13 صفحة 98

أدرسُ الشكلَ المجاور، الذي يمثلُ خليّة جلفانيّة مكوَّنة من نصف خليّة الخارصين $Zn|Zn^{2+}$ونصف خليّة النيكل $Ni|Ni^{2+}$ ، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلة الآتية:



1) أُحَدِّدُ كلَّ منَ المِصعد والمِهبط في الخليّة.

2) أُحَدِّدُ اتجاه حركة الإلكترونات عبرَ أسلاكها.

3) أكتبُ نصفي تفاعل التأكسد والاختزال.

4) أُحَدِّدُ اتجاه حركة الأيونات الموجبة والسالبة عبرَ القنطرة الملحيّة.

5) ما التغيُّرُ في كتلة كلٍّ من قطبي النيكل والخارصين؟

أسئلة اضافية على الشكل :

6) ماذا يحدث لتركيز كل من الأيونات الآتية مع مرورر الزمن (مع استمرار تشغيل الخلية)؟

أ) Ni^{+2} ب) Zn^{+2}

7) اكتب رمز الخلية الجلفانية السابقة .

8) اكتب التفاعل الكلي للخلية الجلفانية (واجب)

الاجابات :.

1) المصعد : قطب الخارصين ، المهبط : قطب النيكل (كيف حددت من مصعد ومن مهبط ؟)

(يُلاحظ من الشكل انحرافُ مؤشِّر الفولتميتر باتجاه قطب النيكل، حيث ينحرف مؤشر الفولتميتر نحو المهبط دائماً)

تحذير : المصعد أو المهبط عبارة عن صفائح فلزية (عناصر) ، ممنوع تحكي المهبط Ni^{+}

2) من قطب الخارصين عبر الاسلاك نحو قطب النيكل . (لا تحكي من المصعد للمهبط بشكل عام ،حدد من مصعد ومن مهبط)

3) نصف التأكسد : $Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{+2} + 2e^{-}$

نصف الاختزال : $Ni^{+2} + 2e^{-} \rightarrow Ni$

4) تتحرَّكُ الأيوناتُ السالبة Cl^{-} منَ القنطرة الملحيّة باتجاه نصف خليّة الخارصين $Zn|Zn^{2+}$ ، وتتحرَّكُ الأيوناتُ الموجبة K^{+} من القنطرة الملحية نحو نصف خلية النيكل $Ni|Ni^{+2}$

5) تقلُّ كتلةُ قطب الخارصين نتيجة تأكسد ذرّاته وتحوُّلِها إلى أيونات Zn^{+2} تنتقلُ إلى المحلول، وتزدادُ كتلةُ قطب النيكل نتيجة اختزال أيوناته Ni^{+2} وترسُّبها على القطب.

6) أ) (يقل) ب) Zn^{+2} : (يزداد)

7) $Zn_{(s)}|Zn^{+2}_{(aq)} \| Ni^{+2}_{(aq)}|Ni_{(s)}$

---

2) أكمل الجدول الآتي :

التفاعل	المصعد	المهبط	الرمز الاصطلاحي
$Mg + Pb^{+2} \longrightarrow Mg^{+2} + Pb$			
$Cu + 2Ag^{+} \longrightarrow Cu^{+2} + 2Ag$			
$Zn + Ni^{+2} \longrightarrow Zn^{+2} + Ni$			

3) أتحقق صفحة 98

في الخليّة الجلفانيّة، التي يحدث فيها التفاعل الآتي: $Cr_{(s)} + 3Ag^{+}_{(aq)} \rightarrow Cr^{3+}_{(aq)} + 3Ag_{(s)}$

1-أكتبُ نصفي تفاعل التأكسد والاختزال.

2-أُحَدِّدُ كلًّ منَ المِصعد والمِهبط واتجاه حركة الإلكترونات في الدارة الخارجيّة.

3-أُحَدِّدُ اتجاه حركة الأيونات السالبة عبرَ القنطرة الملحيّة.

4- ما القطبُ الذي تزدادُ كتلته؟ ولماذا؟

5-أكتبُ رمزَ الخليّة الجلفانيّة.

الاجابات:

1) نصف التأكسد: : $Cr \rightarrow Cr^{+3} + 3e^{-}$

نصف الاختزال : $3Ag^{+} + 3e^{-} \rightarrow 3Ag$

2) المصعد : قطب الكروم Cr ، المهبط : قطب الفضة Ag ، تتحرك الالكترونات من قطب الكروم (المصعد) نحو قطب الفضة (المهبط) عبر الاسلاك (الدارة الخارجية)

3) تتحرك الايونات السالبة نحو نصف خلية الكروم (فسر) حيث يزداد تركيز أيونات Cr^{+3} في نصف خلية الكروم بسبب تأكسد ذراته لذلك تتحرك الايونات السالبة نحو نصف الخلية لمعادلة الزيادة في الشحنة .

4) قطب الفضة ، بسبب اختزال ايونات Ag^{+} وترسبها على القطب

5) $Cr_{(s)}|Cr^{3+}_{(aq)} \| Ag^{+}_{(aq)}|Ag_{(s)}$

أسئلة اختيار من متعدد :

1) 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

ج. تركيزَ أيونات A^{+2} يزداد د . الإلكتروناتِ تتحرَّكُ منَ القطب B إلى القطبA

2) يكون المصعد في الخلية الغلفانية هو القطب :

أ) السالب الذي تحدث عنده عملية التأكسد ب) السالب الذي تحدث عنده عملية الإختزال

ج) الموجب الذي تحدث عنده عملية التأكسد د) الموجب الذي تحدث عنده عملية الإختزال .

3) إذا كان التفاعل الآتي يحدث في إحدى الخلايا الغلفانية :

$$Mn_{(s)} + Cd^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Mn^{2+}_{(aq)} + Cd_{(s)}$$

فإن : أ) القطب Cd هو القطب السالب ب) كتلة القطب Mn تزداد

ج) الإلكترونات تسري من القطب Cd إلى القطب Mn د) تركيز أيونات Mn^{2+} يزداد

4) وزاري 2020 تكميلي :

خلية غلفانية قطباها (Cd/Pb)، واتجاه انحراف الفولتميتر فيها باتجاه قطب الرصاص فان التفاعل الذي يحدث عند المصعد :

أ) $Pb \rightarrow Pb^{+2} + 2e^-$ ب) $Cd \rightarrow Cd^{+2} + 2e^-$

ج) $Pb^{+2} + 2e^- \rightarrow Pb$ د) $Cd^{+2} + 2e^- \rightarrow Cd$

الفقرة	1	2	3	4
رمز الاجابة الصحيحة	ج	أ	د	ب

وزاري 2019 صيفي : (8 علامات)

في خلية غلفانية قطباها (Sn/Ag) ينحرف مؤشر الفولتميتر باتجاه قطب Ag، إذا علمت أن Sn ثنائي الشحنة في مركباته ، و Ag أحادي الشحنة في مركباته ، أجب عما يأتي :

1- حدد المصعد في الخلية . 2- اكتب معادلة موزونة تمثل التفاعل الكلي الذي يحدث في الخلية .

3- ما شحنة المهبط ؟

الاجابات :

1) قطب Sn **2)** $Sn + 2Ag^+ \rightarrow 2Ag + Sn^{+2}$ **3) موجبة**

وزاري 2019 / تكميلي: (6 علامات)

في خلية غلفانية قطباها الرصاص (Pb) والنحاس (Cu) يحدث فيها التفاعل الآتي :

$$Pb_{(s)} + Cu^{+2}_{(aq)} \longrightarrow Pb^{+2}_{(aq)} + Cu_{(s)}$$

1) حدد المهبط في الخلية . **2- ماذا يحدث لتركيز أيونات Cu^{+2} باستمرار تشغيل الخلية ؟**

3) ما شحنة المصعد ؟

ثانياً: جهد الخلية الجلفانية : (قراءة الفولتميتر)

يقاس جهد الخلية الغلفانية باستخدام الفولتميتر الموصول بين قطبي الخلية الغلفانية

يُعَدُّ **جهدُ الخليّة الجلفانيّة** مقياسًا لقدرة الخليّة على إنتاج تياركهربائي، وَيُقاسُ بالفولت.

س) ما المقصود بجهد الخلية الجلفانية ؟

القوَّةُ الدافعة الكهربائيّة المتولِّدةُ بين قطبي الخليّة بسبب فرق الجهد بين القطبين.

س) كيف ينتج التيار الكهربائي في الخلية الغلفانية ؟

ج) عند استخدام قطبين مختلفين في خلية غلفانية تندفع الإلكترونات من المصعد إلى المهبط ، بسبب قوة دافعة تحرك هذه الإلكترونات عبر الموصل (الأسلاك) وهي تنشأ بسبب الاختلاف في جهد الاختزال بين قطبي الخلية وتعرف بالقوة الدافعة الكهربائية . وهي تمثل جهد الخلية E الخلية .

مثال توضيحي : في خلية النحاس – الخارصين السابقة . (المصعد : الخارصين ، المهبط : النحاس)

ولمّا كان الخارصينُ أكثرَ نشاطًا منَ النحاس بناءً على سلسلة النشاط الكيميائي، فهو أكثرُ ميلً للتأكسد منَ النحاس؛ ممّا يولِّدُ قوَّةً دافعة كهربائيّة تدفع الإلكترونات إلى الحركة من قطب الخارصين(Zn المِصعد)

لا يمكن الحصول على تيار كهربائي من نصف خلية منفردة

إلى قطب النحاس(Cu المِهبط(حيث أيونات النحاس Cu^{+2} أكثرُ ميلً للاختزال)

ملاحظات:

1) تتفاوت الأقطاب المستخدمة في الخلايا الغلفانية في ميلها للتأكسد والاختزال ، فلكل قطب ميل للتأكسد (ميل لفقد الالكترونات) يسمى جهد تأكسد القطب $E_{oxidation}$ ، أو ميل للاختزال (ميل لكسب الالكترونات) يسمى جهد اختزال القطب $E_{reduction}$.

2) يزدادُجهد الخلية بزيادة ميل كلٍّ من نصفي تفاعل التأكسد والاختزال للحدوث

3) جهد الخلية الغلفانية المعياري دائماً موجب أي أن التفاعل تلقائي .

4) تمتلك نصف الخليّة التي يحدث فيها تفاعل الاختزال جهدَ اختزال أعلى من نصف الخليّة التي يحدث فيها تفاعل التأكسد، والفرقُ بين جهود الاختزال لكلا التفاعلين يساوي جهد الخليّة

جهد الخليّة = جهد الاختزال لنصف تفاعل المِهبط - جهد الاختزال لنصف تفاعل المِصعد

$$E_{cell} = E_{reduction(cathode)} - E_{reduction(anode)}$$

وتتأثر قيمة فرق جهد الخلية الغلفانية بتغير تراكيز الأيونات في المحاليل ، وفي تغير درجة الحرارة وضغوط الغازات المشتركة في التفاعل إن وجدت (معلومة استنتاجية)

ولأغراض المقارنة بين الخلايا الغلفانية المختلفة والحصول على قيم يمكن استخدامها كمرجع اقترح العلماء طرقاً لقياس جهد الخلية في ظروف تسمى الظروف المعيارية وهي :

1- تركيز الأيونات 1M 2- ضغوط الغازات 1atm 3- درجة الحرارة 25^0C

وعند قياس جهد الخلية عند الظروف المعيارية يسمى جهد الخلية المعياري ويرمز له بالرمز $E^\circ cell$

وتصبحُ معادلة حساب جهد الخليّة المعياري

$$E^\circ cell = E^\circ_{reduction(cathode)} - E^\circ_{reduction(anode)}$$

ويمكن التعبيرُ عنها باختصار كالآتي

$$E^\circ cell = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$$

1) أي العبارات الاتية تتفق والخلية الغلفانية :

أ) جهد الخلية سالب ب) المصعد هو القطب السالب ويحدث عنده تفاعل الاختزال

ج) التفاعل تلقائي د) يحدث التأكسد عند المهبط

الاجابة : ج

ثالثاً: جهد الاختزال المعياري

س) هل يمكنُ قياسُ جهد الاختزال لنصف خليّة معيَّنة منفردة؟ (يعني قياس جهد اختزال الخارصين او جهد اختزال الفضة أو أي عنصر لوحده)

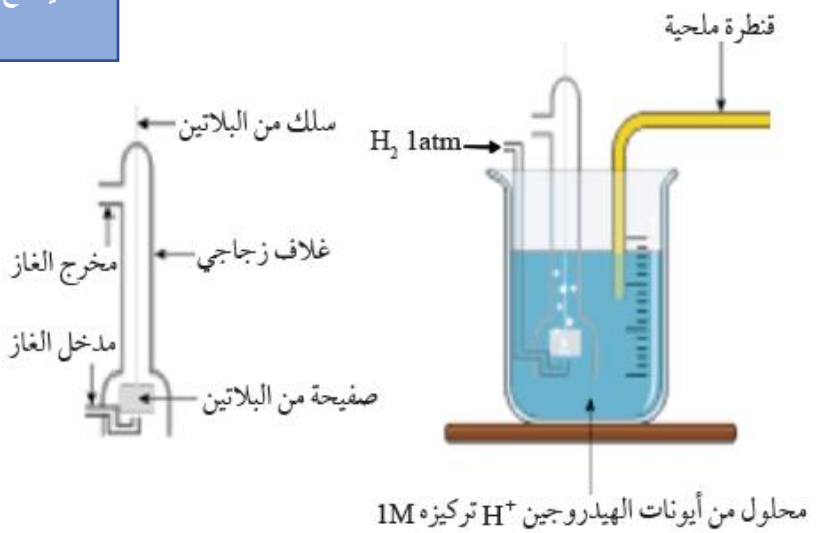
لا يمكن قياسُ جهد نصف خليّة منفردة، ولكن عند وصل نصفي خليّة لتكوين خليّة جلفانيّة؛ يمكنُ قياسُ فرق الجهد بينهما أي جهد الخليّة. (الفولتميتير يقيس جهد الخلية وليس جهد اختزال القطب)

س) وكيف جرى التوصُّلُ إلى قِيَمِ جهود الاختزال للأقطاب المختلفة؟ (قياس جهد اختزال القطب منفرد)

اختار العلماءُ قطب مرجعي هو قطبَ الهيدروجين المعياريStandard Hydrogen electrode

لقياس جهود اختزال أقطاب العناصر الأخرى، وجرى اختيارُ الهيدروجين (فسر) لأنَّ نشاطه الكيميائي متوسط بين العناصر، وقد اصطلح العلماءُ على أنَّ جهد الاختزال المعياري له يساوي.(0 V)

نشاط الهيدروجين الكيميائي متوسط بين العناصر اي أن يصلح كمصعد وكمهبط



): قطب الهيدروجين المعياري.

س) ما مكونات قطب الهيدروجين المعياري؟ (وزاري2004)

يتكوَّنُ قطبُ الهيدروجين المعياري من وعاء يحتوي على صفيحة منَ البلاتين مغموسةٍ في محلول حِمض الهيدروكلوريك HCl تركيزُ أيونات الهيدروجين H^+ فيه 1M، ويجري ضَخُّ غاز الهيدروجين إلى المحلول عند ضغط للغاز يساوي 1 ضغط جوي (1 atm) ودرجة حرارة 25°C (عند الظروف المعيارية)

س) في قطب الهيدروجين المعياري الصفيحة المغموسة في محلول HCl تكون مصنوعة من مادة:

أ) النحاس ب) النيكل ج) البلاتين د) الفضة

س) اكتب معادلة كيميائية تمثل التفاعل الحاصل في نصف خلية الهيدروجين .

$$2H^+_{(aq)} + 2e \rightleftharpoons H_{2(g)} \quad E^\circ = 0\,V$$

س) الى ماذا يشير السهمين المتعاكسين التفاعل الحاصل في نصف خلية الهيدروجين ؟

يشيرُ السهمُ المزدوج إلى أنَّ نصف التفاعل منعكس؛ إذ يمكنُ لأيونات الهيدروجين H^+ أن تُختزل، كما يمكنُ لجُزيئات غاز الهيدروجين أن تتأكسد.

الرمز الاصطلاحي

$Pt \mid H_{2(g)} \mid 2H^+_{(aq)}$

نصف التاكسد $H_{2\,(g)} \longrightarrow 2H^+_{(aq)} + 2e^-$ $E^\circ_{anode} = 0.0\,V$

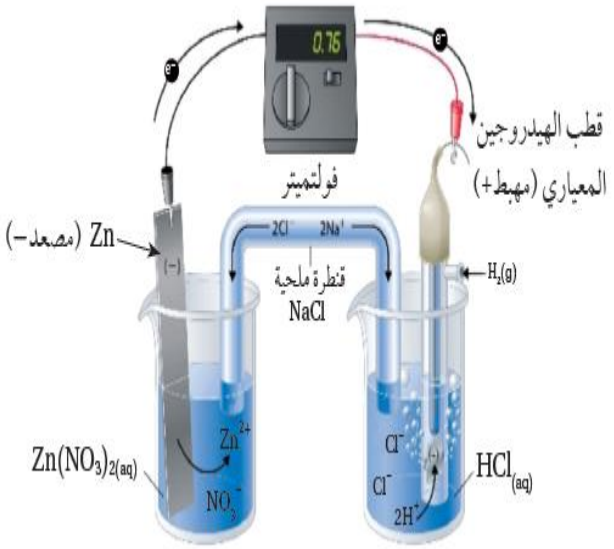
$2H^+ \mid H_2 \mid Pt$

نصف الاختزال : $2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)}$ $E^\circ_{cathode} = 0.0\,V$

س) ما الرمز الاصطلاحي لنصف خلية الهيدروجين؟

الاجابة : $2H^+|H_2|Pt$

ولتوضيح كيفية حساب جهد الاختزال للقطب منفردا ، ادرس المثال الاتي :



تُكَوَّنُ خليّة جلفانيّة من نصف خلية الهيدروجين المعيارية ونصف خليّة الخارصين مثلًا، في الظروف المعياريّة، كما في الشكل ، يُلاحظ أنَّ قراءة الفولتميتر(0.76 V) ، وهي قراءةٌ تمثلُ فرقَ الجهد بين قطبي الخارصين والهيدروجين المعياريين، ولكي يُحَدَّدَ جهدُ الاختزال المعياري للخارصين يجب تحديدُ المِصعد والمِهبط في الخليّة؛ حيث يُلاحظُ أنَّ اتجاه حركة الإلكترونات من قطب الخارصين باتجاه قطب الهيدروجين المعياريين؛ أي أنَّ

قطب الخارصين Zn يمثلُ المِصعد وحدثت له عمليّة تأكسد، حَسَبَ المعادلة: $Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^-$

بينما قطب الهيدروجين يمثلُ المِهبط وحدثت عمليّة اختزال لأيوناته، حَسَبَ المعادلة :

نصفُ تفاعل الاختزال: $2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$ $E^\circ_{H_2} = 0\,Volt$

المعادلة الكُليّة: $Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$ $E^\circ_{cell} = 0.76\,V$

جهدُ الاختزال المعياري للقطب: مقياسٌ لميل نصف تفاعل الاختزال للحدوث في الظروف المعياريّة

لحساب جهد الاختزال المعياري للخارصين، تُستخدَمُ العلاقة:

$$E^\circ cell = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$$

$$0.76\ V = 0 - E°anode \longrightarrow E°Zn = -\ 0.76\ V$$

أي أنَّ جهد الاختزال المعياري لقطب الخارصين =(-0.76 V)

س) ما دلالة الاشارة السالبة في جهد اختزال الخارصين المعياري ؟

القيمة السالبة لجهد الاختزال المعياري لقطب الخارصين تعني أنَّ أيونات الخارصين أقلُّ ميلً للاختزال من أيونات الهيدروجين؛ لذلك اختُزلَت أيوناتُ الهيدروجين وتأكسدت ذرّاتُ الخارصين في التفاعل الذي حدث في الخليّة الجلفانيّة.

معلومة هامة : أنَّ جهد التأكسد المعياري للقطب يساوي جهد اختزاله المعياري ويعاكسُهُ في الإشارة.

جهد التأكسد المعياري =- E°reduction

من خلال هذه المعلومة يمكن حساب جهد الخلية المعياري كالآتي :

$$E^\circ cell = E^\circ_{reduction(cathode)} - E^\circ_{reduction(anode)}$$

$$E^\circ cell = E^\circ reduction(cathode) + E^\circ oxidation(anode)$$

مثال : إذا علمت أن جهه الاختزال المعياري للخارصين 0.76V- فإن قيمة جهد التأكسد المعياري للخارصين

+0.76V

كيف يتم حساب جهد القطب منفرداً ؟

كل خلية غلفانية تتكون من نصفين ، أحدهما نصف الخلية المطلوب قياس جهدها ، والنصف الآخر من نصف خلية الهيدروجين القياسية (المعيارية) التي جهدها صفر، وباستخدام مقياس الجهد يتم حساب جهد الخلية المعيارية ، فتكون قيمة جهد الخلية هي نفسها القيمة العددية لجهد الاختزال المعياري لنصف الخلية المطلوب، وأما إشارة الجهد فتعتمد على موقع القطب في الخلية، أي أن جهد نصف الخلية المعياري هوالجهد الناتج عند اقترانها بقطب الهيدروجين المعياري عند الظروف المعيارية .

يكون جهد اختزال نصف الخلية سالباً إذا حدث لها أكسدة عند توصيلها بقطب الهيدروجين المعياري عند الظروف المعيارية ، ويكون جهد اختزال نصف الخلية موجباً إذا حدث لها اختزال عند توصيلها بقطب الهيدروجين المعياري عند الظ و ف المعيا ية

مثال 1: **) تم بناء ثلاث خلايا غلفانية مختلفة باستخدام قطب الهيدروجين المعياري مع أحد الفلزات الآتية (Cu , Zn ,Ag) ومحاليل أملاحها ، وتم تنظيم النتائج حسب الجدول الآتي :**

رقم الخلية	قطبا الخلية	انحراف مؤشر الفولتميتر باتجاه	جهد الخلية المعياري (فولت)
١	Zn/H_2	قطب الهيدروجين	٠,٧٦
٢	Cu/H_2	قطب النحاس	٠,٣٤
٣	Ag/H_2	قطب الفضة	٠,٨٠

جهد الخلية المعياري دائماً موجب ، بينما جهد اختزال القطب يكون اما سالبا أو صفرا أو موجبا

المطلوب احسب جهد الاختزال المعياري للفلزات السابقة .

1) تم حساب جهد الاختزال المعياري للخارصين في المثال السابق.

2) في الخلية 2 نجد ان قطب النحاس هو الذي حدث اختزال لايوناته ، وأن قطب الهيدروجين المعياري حدثت عليه عملية الأكسدة

$$\mathbf{E^\circ cell = E^\circ cathode - E^\circ anode}$$

$$+0.34 = \mathbf{E^\circ cathode - 0} \longrightarrow \mathbf{E^0_{Cu} = +0.34}$$

(عند تكوين خلية لقطب ما مع قطب الهيدروجين المعياري ،لاحظ ان جهد القطب منفردا يساوي القيمة العددية لقراءة الفولتميتر ، وتحدد اشارة الجهد حسب موقع العنصر في الخلية ، وبما ان النحاس يعمل هنا كمهبط في هذه الخلية فسيكون جهد اختزاله موجباً)

3) في الخلية 3 نجد ان قطبالفضة هو الذي حدث اختزال لايوناته ، وأن قطب الهيدروجين المعياري حدثت عليه عملية الأكسدة

$$+0.80 = \mathbf{E^\circ cathode - 0} \longrightarrow \mathbf{E^0_{Ag} = +0.80}$$

القيمة الموجبة لجهد الاختزال المعياري لقطب الفضة تعني أنَّ أيونات الفضة أكثر ميلً للاختزال من أيونات الهيدروجين؛ لذلك اختُزلَت أيوناتُ الفضة وتأكسدت ذرّاتُ الهيدروجين في التفاعل الذي حدث في الخليّة الجلفانيّة.

مثال 2) مثال 14 صفحة 102

في الخليّة الجلفانيّة الممثلة بالرمز الآتي : $\mathbf{Pt \mid H_{2(g)} \mid 2H^+_{(aq)} \parallel Cu^{2+}_{(aq)} \mid Cu_{(s)}}$

إذا علمتُ أنَّ جهد الخليّة المعياري، $E^0_{Cell} = +0.34$ **، فأحسبُ جهد الاختزال المعياري للنحاس.**

الحل :

خلال مخطط الخليّة الجلفانيّة، نصفَ تفاعل التأكسد ونصفَ تفاعل الاختزال؛ حيث يمثلُ قطبُ الهيدروجين المعياري نصفَ خليّة التأكسد، أمّا قطبُ النحاس المعياري فيمثلُ نصفَ خليّة الاختزال

نصف تفاعل التأكسد: $H_{2(g)} \rightarrow 2H^{+}_{(aq)} + 2e^{-}$

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

المعادلة الكُليّة: $H_{2(g)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow 2H^{+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$

$+0.34 = \mathbf{E^{\circ}_{Cu} - 0} \Longrightarrow \mathbf{E_{Cu} = +0.34}$

جهد الاختزال المعياري للنحاس أكبرُ منه للهيدروجين؛ ممّا يعني أنَّ أيونات النحاس أكثرُ ميلً للاختزال من أيونات الهيدروجين؛ لذلك تأكسدت جُزيئاتُ الهيدروجين واختُزلَت أيوناتُ النحاس في التفاعل التلقائي الذي حدث في الخليّة الجلفانيّة.

مثال 3) خليَّة جلفانيّة مكوَّنَة من نصف خليّة الهيدروجين $2H^{+}|H_2|Pt$ ونصف خليّة الكادميوم $Cd^{2+}|Cd$ المعياريين، أحسبُ جهدَ الاختزال المعياري للكادميوم إذاعلمتُ أنَّ جهد الخليّة المعياري يساوي +0.4V ونقصت كتلةُ قطب الكادميوم بعد تشغيل الخليّة لفترة منَ الزمن

الحل :

نقص كتلة قطب الكادميوم دليل على تأكسد ذ راته واختزال لأيونات الهيدروجين حسب المعادلة:

$Cd + 2H^{+} \rightarrow Cd^{2+} + H_2$

$E°cell = E°cathode - E°anode$

$0.4 = 0 - E°anode$

$E°anode = - 0.4\ V$

مثال 4: وزاري

تمثل الرمز الاصطلاحية عددا من الخلايا الغلفانية وجهودها المعيارية ، ادرسها جيدا ، ثم أجب عما يليها:

1.56V =E°	$\mathbf{Zn_{(s)}\vert Zn^{+2}_{(aq)}\Vert Ag^{+}_{(aq)}\vert Ag_{(s)}}$
0.51V= E°	$\mathbf{Zn_{(s)}\vert Zn^{+2}_{(aq)}\Vert Ni^{+2}_{(aq)}\vert Ni_{(s)}}$
0.76V = E⁰	$\mathbf{Zn_{(s)}\vert Zn^{+2}_{(aq)}\Vert 2H^{+}_{(aq)}\vert H_{2(g)}\vert Pt}$

1) جد قيمة جهد أنصاف التفاعلات الآتية :

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

ب) $Ag^+ + 1e^- \longrightarrow Ag$

2) اكتب التفاعل الكلي لخلية غلفانية مكونة من قطبي Ag و Ni .

3) ماذا يحدث لكتلة Ni في الخلية الغلفانية المكونة من قطبي Zn و Ni ؟

4) ما القطب الذي يمثل المهبط في الخلية الغلفانية المكونة من قطبي Ag , H_2 ؟

رابعاً: جدولُ جهود الاختزال المعياريّة:

مقدمة : استُخدِمَ قطبُ الهيدروجين المعياري في بناء خلايا جلفانيّة متعدِّدة، ومن خلال قياس جهودها المعياريّة حُسِبَت جهودُ الاختزال المعياريّة للأقطاب المختلفة التي استُخدِمت فيها، واتفقَ الكيميائيون على كتابة أنصاف التفاعلات على شكل أنصاف تفاعل اختزال في الاتجاه الأمامي وترتيبها وفقًا لتزايد جهود الاختزال المعياريّة في جدول سُمِّيَ جدولَ جهود الاختزال المعياريّة.

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

ملاحظات على جدول جهود الاختزال المعياري :

1) جهود الاختزال تزداد من أعلى إلى أسفل في الجدول(مرتبة تصاعديا) ، حيث أقل $E^{\circ}_{reduction}$ موجود في أعلى الجدول ، وأعلى $E^{\circ}_{reduction}$ موجود في أسفل الجدول . (اي سؤال وزراري فيه جدول جهود اختزال معياري رتب القيم تصاعدي)

2) أنصافَ تفاعلات الاختزال في الجدول منعكسة،حيث يمثل التفاعل الأمامي نصف تفاعل اختزال ، ويمثل التفاعل العكسي أنصاف تاكسد ، ومن ثَمَّ فإنَّ الموادَّ على يسار المعادلة تمثلُ عواملَ مؤكسدةً تحدثُ لها عمليّةُ اختزال، بينما تمثلُ الموادُّ على يمين المعادلة عواملَ مُختزلَةً تحدثُ لها عمليّة تأكسد .

3) كل تفاعل في جدول جهود الاختزال المعيارية يحتوي على عامل مؤكسد وعلى عامل مختزل

4) يُستفاد من جدول جهود الاختزال المعياريّة في حساب جهد الخليّة المعياري، والتنبُّؤ بتلقائيّة تفاعلات التأكسد والاختزال، إضافة إلى مقارنة قوّة العوامل المؤكسدة والمُختزلة.

**** حسابُ جهد الخليّة المعياري(قراءة الفولتميتر) (دائما موجب اي التفاعل تلقائي)**

بمعرفة جهود الاختزال المعياريّة للأقطاب المكوَّنة للخليّة الجلفانيّة يمكنُ حسابُ جهد الخلية المعياري حسب المعادلة :

$$E^{\circ}cell = E^{\circ}(cathode) - E^{\circ}(anode)$$

او المعادلة :

$$E^{\circ}cell = E^{\circ}reduction(cathode) + E^{\circ}oxidation(anode)$$

الجدول الذهبي للحل :

المصعد	المهبط
تاكسد	اختزال
شحنته سالب	شحنته موجب
تقل كتلته مع استمرار تشغيل الخلية	تزداد كتلته مع استمرار تشغيل الخلية
يزداد تركيز الأيونات الموجبة في محلوله مع استمرار تشغيل الخلية	يقل تركيز الأيونات الموجبة في محلوله مع استمرار تشغيل الخلية
له أقل جهد اختزال	له أعلى جهد اختزال
أقوى كعامل مختزل	أقوى كعامل مؤكسد
تتحرك الأيونات السالبة من القنطرة نحو نصف خلية التأكسد	تتحرك الأيونات الموجبة من القنطرة نحو نصف خليةالاختزال

E°الخلية = جهد الاختزال الأكبر – جهد الاختزال الأصغر

في حال أعطى جهود اختزال

مثال 1: **أحسبُ جهدَ الخليّة المعياري للخليّة الجلفانيّة التي يحدث فيها التفاعل الآتي:**

$$Co^{2+}_{(aq)} + Fe_{(s)} \rightarrow Co_{(s)} + Fe^{2+}_{(aq)}$$

اذا علمت ان : E^0_{Fe}= -0.44 V , E^0_{Co}= -0.28 V

الحل :

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

نصف تفاعل الاختزال: $Co^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Co_{(s)}$

$$Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Fe_{(s)} \quad E^\circ_{Fe} = -0.44\,V$$

$$Co^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Co_{(s)} \quad E^\circ_{Co} = -0.28\,V$$

أكثر ميلاً للاختزال يعني جهد اختزال القطب أكبر

أكثر ميلاً للتأكسد يعني جهد تأكسد القطب أكبر

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{(cathode)} - E^\circ_{(anode)}$$

$$E^\circ_{cell} = -0.28 - (-0.44) = +0.16\,V$$

مثال 2: **خليّة جلفانيّة مكوَّنة من نصف خليّة الفضّة Ag|+Ag ونصف خليّة المغنيسيوم $Mg|Mg^{2+}$ في الظروف المعياريّة. أكتب المعادلة الكلية الموزونة للتفاعل، وأحسب جهدَ الخليّة المعياري**

إذا علمت أن :

$$Ag^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Ag_{(s)} \qquad E^\circ_{Ag} = 0.80\,V$$

$$Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Mg_{(s)} \qquad E^\circ_{Mg} = -2.37\,V$$

الحل :

(1

نصف تفاعل التأكسد: $Mg_{(s)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

نصف تفاعل الاختزال: $Ag^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Ag_{(s)}$

كيف عرفت من تاكسد ومن اختزل ؟؟؟؟؟

جهدَ الاختزال المعياري للفضّة أعلى منه للمغنيسيوم؛ أي أنَّ أيونات الفضّة Ag^+ أكثرُ ميلاً للاختزال

من أيونات Mg^{+2} ؛ لذلك فإنَّ قطب الفضّة Ag يمثلُ المِهبط في الخليّة الجلفانيّة؛ حيث تُختَزَلُ أيوناتُه، بينما يمثلُ قطبُ المغنيسيوم Mg المِصعد فيها؛ حيث تتأكسدُ ذرّاتُه

ملخص الحكي : المادة التي لها جهد اختزال معياري أكبر تختزل

للحصول على المعادلة الكُليّة أضربُ معادلة نصف تفاعل الاختزال 2 × حتى يتساوى عددُ الإلكترونات المفقودة والمكتسبة، ثمَّ أجمعُ نصفي تفاعل التأكسد والاختزال

$$Mg_{(s)} + 2Ag^{+}_{(aq)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

فكر معي؟

عدد مولات الالكترونات المفقودة = 2

عدد مولات الالكترونات المكتسبة =1

عدد مولات الالكترونات المفقودة او المكتسبة = 2

2) حساب جهد الخلية المعياري :

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

$$E^{\circ}_{cell} = 0.80 - (-2.37) = +3.17V$$

ملاحظات :

1) جهدَ الاختزال المعياري(او جهد التاكسد المعياري) للقطب لا يتأثر بالضرب لان جهد الاختزال يعتمد على نوع المادَّة وليس على كميَّتها (عدد مولاتها.) (تسمى هذه الخاصية بالخاصية النوعية)

مثال :

$Mn^{+2} + 2e^{-} \longrightarrow Mn$ $\quad E^{o}_{اختزال} = -1.18$

$Mn^{+2} + 4e^{-} \longrightarrow 2\,Mn$ $\quad E^{o}_{اختزال} = -1.18$

2) لا تؤثر مساواة الإلكترونات المفقودة والمكتسبة في لتفاعل الكلي في قيمة جهد الخلية المعياري

مثال 3: **عند تشكيل خلية غلفانية قطباها (Ni و Al) حسب التفاعلات الآتية :**

$Ni^{+2} + 2e^{-} \longrightarrow Ni$ $\quad E^{o} = -0.23V$

$Al^{+3} + 3e^{-} \longrightarrow Al$ $\quad E^{o} = -1.66V$

1- حدد المصعد في الخلية السابقة وما شحنته ؟

2- حدد اتجاه انحراف مؤشر الفولتميتر في الخلية السابقة .

3- اكتب التفاعل الكلي الحاصل في الخلية السابقة . (واجب)

4- ماذا تتوقع أن تكون إشارة جهد الخلية المعياري ؟

5- احسب قيمة جهد الخلية المعياري

6- احسب قيمة جهد التأكسد للنيكل . **7 - عدد الالكترونات المفقودة**

8- ماذا يحدث لكتلة النيكل مع استمرار تشغيل الخلية ؟ **9) اكتب التعبير الرمزي للخلية .(واجب)**

10- كم يبلغ تركيز Al^{+3} في نصف خلية الالمنيوم المعيارية ؟

الاجابات :

1) قطب Al(اقل جهد اختزال) 2) نحو قطب Ni 3) واجب

4) موجبة 5) +1.43V 6) +0.23V

7) $3e^-$ 8) تزداد 9)

10) 1M

مثال 4:

خليّة جلفانيّة مكوَّنة من نصف خليّة الكروم $Cr^{3+}|Cr$ ونصف خليّة النحاس $Cu^{2+}|Cu$ المعياريين. بالرجوع أحسبُ جهدَ الخليّة المعياري (استعن لجدوا جهود الاختزال لمعرفة جهود اختزال الكروم والنحاس)

الاجابة : 1.07V

.

مثال 5:

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

فإذا علمت أن جهد هذه الخلية (E°) يساوي (0.59 فولت) , أجب عما يأتي :

1. حدد القطب الذي يمثل المهبط , والقطب الذي يمثل المصعد , وما شحنة كل منهما .

2. حدد اتجاه سريان الإلكترونات في الدارة الخارجية لهذه الخلية .

3. إذا علمت أن جهد اختزال النحاس (E°) = +0.34 فولت . احسب جهد اختزال النيكل

مثال 6: **عند تشكيل خلية غلفانية قطباها الفضة والنحاس حسب التفاعلات الآتية : (واجب)**

$$Ag \longrightarrow Ag^{+} + 1e^{-} \qquad E^{0}=-0.8V$$

$$Cu \longrightarrow Cu^{+2} + 2e^{-} \qquad E^{0}=-0.34V$$

المطلوب : احسب جهد الخلية الغلفانية .(فكر)

مثال 7 : 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.

ج) أكتبُ معادلة موزونة تمثلُ التفاعلَ الكُلي الذي يحدث في الخليّة.

د) أحسبُ E^{0}_{Cell}، مُستعينًا بجدول جهود الاختزال المعياريّة، جهدَ الخليّة المعياري)

الاجابات :

أ. المصعد Cr / المهبط Pb.

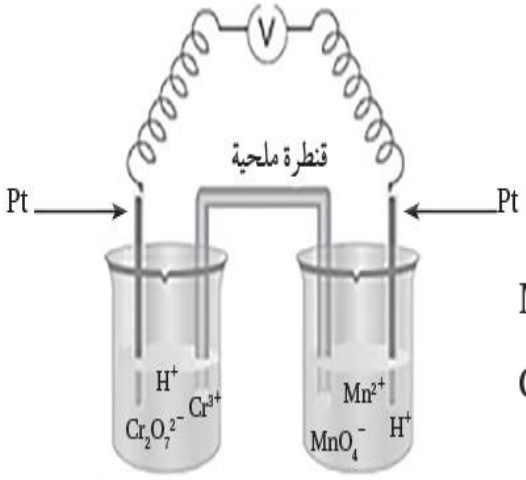
ب. تزداد

ج. $2Cr + 3Pb^{2+} \rightarrow 2Cr^{+2} + 3Pb$

د. ارجع لجدول جهود الاختزال المعيارية

معلومة هامة : كلّما زاد جهد الاختزال المعياري للقطب قلَّ ميلُ العامل المختزل للتأكسد وقلَّت قوَّةُ العامل المختزل، وكذلك زاد ميل العامل المؤكسد للاختزال وزادت قوته. ويكون التفاعلُ تلقائيًّا عندما يكون جهدُ الاختزال المعياري للعامل المؤكسد في التفاعل أعلى من جهد الاختزال المعياري للعامل المختزل فيه، وعندها يكون جهدُ الخليّة المعياري للتفاعل موجبًا

مثال 8: أدرسُ الشكلَ المجاور، الذي يمثلُ خليّة جلفانيّة ، تتكوَّنُ من نصف خليّة $MnO_4^-|Mn^{2+}$ في وسط حمضي مع نصف خلية $Cr_2O_7^{2-}|Cr^{3+}$ في وسط حمضي ، حيث استُخدِمَ في كلِّ نصف خليّة قطبًا منَ البلاتين الخامل، مُستعينًا بأنصاف تفاعلات الاختزال وجهودها المعياريّة الآتية:



$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O \quad E^\circ = 1.51\,V$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightleftharpoons 2Cr^{3+} + 7H_2O \quad E^\circ = 1.33\,V$$

أجب عن الاسئلة الاتية :

أ ـ أكتبُ نصفَ تفاعل التأكسد. ب- أُحَدِّدُ العامل المختزل. ج ـ أُحَدِّدُ العامل المؤكسد..

د-أحسبُ جهدَ الخليّة المعياري

جهود الاختزال القياسية لبعض أنصاف الخلايا عند 25°C و1M

الاسم	E° (V)
$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	−2.372
$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	−1.662
$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$	−0.1262
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	0.7996
$Hg^{2+} + 2e^- \rightarrow Hg$	0.851

مثال 9 : (رهيب) استخدم الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة من 1 إلى 3.

1) اي الايونات اسهل اختزالا؟

أ) Mg^{2} ب) Ag^{+} ج) Al^{+3} د) Pb^{+2}

2) أي رمز للخلية يمثل خليته الجلفانية بصورة صحيحة؟

a. $Ag|Ag^+ \,||\, Al^{3+}|Al$

b. $Mg|Mg^{2+} \,||\, H^+|H_2$

c. $H_2|H^+ \,||\, Pb^{2+}|Pb$

d. $Pb|pb^{2+} \,||\, Al^{3+}|Al$

لو افترضنا توافر الشروط القياسية، فأي الخلايا الآتية تعطي جهدًا مقداره 2.513 V؟

a. $Al\,|Al^{3+} \,||\, Hg^{2+}|Hg$

b. $Hg^{2+}|Hg \,||\, H_2|H^+$

c. $Mg|Mg^{2+} \,||\, Al^{3+}|Al$

d. $Pb|pb^{2+} \,||\, Ag|Ag^+|$

**التنبُّؤُ بتلقائيّة حدوث تفاعلات التأكسد والاختزال

مقدمة :

تتفاعلُ بعضُ الفِلِزّات معَ محلول حِمض الهيدروكلوريك المُخفَّف فينطلقُ غاز الهيدروجين، بينما لا يتفاعلُ بعضُها الآخر، ومثالُ ذلك تفاعلُ النيكل معَ حِمض الهيدروكلوريك وإطلاقُ غاز الهيدروجين، أمّا النحاسُ فلا يتفاعل.

ويحلُّ النحاسُ محلَّ الفضة في محلول نترات الفضّة، بينما لا تحلُّ الفضّةُ محلَّهُ في محلول نترات النحاس.

س) كيف يمكن التنبؤ بحدوث التفاعل الكيميائي ؟

تُستخدَمُ جهودُ الاختزال المعياريّة للتنبُّؤ بتلقائية حدوث تفاعل التأكسد والاختزال؛**فتلقائيّة التفاعل** هي حدوثُ التفاعل، وتكون النواتجُ دونَ الحاجة إلى طاقة كهربائيّة لإحداثه، ويتمُّ ذلك بحساب جهد الخليّة المعياري

للتفاعل؛ فإذا كان **جهد الخليّة المعياري للتفاعل موجبًا يكونُ التفاعلُ تلقائيًّا، أمّا إذا كان سالبًا فيكونُ التفاعلُ غيرَ تلقائي.**

ملاحظة هامة : **يمكن استخدام جدول جهود الاختزال المعيارية لتحديد تلقائية التفاعل وتكون في امتحان الوزاري على شكل (هل يمكن حفظ / تحريك / تحرير / ترسيب / استخلاص / انتاج غاز .....) ودائماً المادة المصنوع منها (السلك / الملعقة / الوعاء ....) تتأكسد ، واما أيونات الفلز الموجبة الموجودة في المحلول تختزل.**

> **إذا كان E^{o} اختزال للأيون الموجب في المحلول اكبر من E^{o}اختزال للملعقة أو الوعاء فإن التفاعل تلقائي ولا يجوز الحفظ في الوعاء أو التحريك في الملعقة**
>
> **يعني مختصر الحكي : لا يجوز حفظ المحلول في وعاء الفلز الي فوقه في جدول جهود الاختزال)**

مثال 1: **أيَّ تفاعلاتِ التأكسد والاختزال الممثلة بالمعادلات الآتية يحدثُ بشكل تلقائي، وَأُفَسِّرُ ذلك**

(هل تمثل التفاعلات الآتية خلايا جلفانية)

أ. $Pb^{2+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)} \rightarrow Pb_{(s)} + Cl_{2(g)}$

ب. $2Fe^{3+}_{(aq)} + Sn^{2+}_{(aq)} \rightarrow 2Fe^{2+}_{(aq)} + Sn_{(s)}$

اذا علمت أن :

$E^{0}Pb = -.13\ v$, $E^{0}Cl_2 = 1.36\ v$, $E^{0}Sn = -0.14v$, $E^{\circ}_{Fe^{3+}|Fe^{2+}} = 0.77\ V$

الحل :

أ)

نصف تفاعل الاختزال: $Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Pb_{(s)}$

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

أحسبُ جهدَ الخليّة المعياري E^0_{cell} للتفاعل : **E°cell = E°(cathode) - E°(anode)**

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$$

$$E^\circ_{cell} = -0.13 - 1.36 = -1.49\ V$$

ألاحظ أنَّ قيمة جهد الخليّة المعياري للتفاعل سالبٌ؛ ممّا يعنى أنَّ التفاعل غيرُ تلقائيِّ الحدوث.(لا يمثل خلية جلفانية)

ويمكنُ التوصُّلُ إلى النتيجة السابقة نفسِها عند مقارنة جهود الاختزال المعياريّة لكلٍّ منَ الرصاص والكلور؛

ألاحظ أنَّ جهد الاختزال للكلور أكبرُ من جهد اختزال الرصاص؛ أي أنَّ ميلَ جُزيئات الكلور للاختزال أكبر،

ومن ثَمَّ لا تتأكسدُ أيوناتُ الكلوريد Cl^- ولا تُختَزَلُ أيوناتُ الرصاص Pb^{2+}.

ب)

نصف تفاعل الاختزال: $2Fe^{3+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow 2Fe^{2+}_{(aq)}$

نصف تفاعل التأكسد: $Sn_{(s)} \rightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$$

$$E^\circ_{cell} = 0.77 - (-0.14) = 0.91\ V$$

جهد التفاعل موجب اذا التفاعل تلقائي ، ويمثل خلية جلفانية .

ملاحظة هامة : تتفاعل الفلزات التي لها جهود اختزال سالبة $E^\circ_{اختزال}$ (التي تقع فوق الهيدروجين) مع محاليل الأحماض المخففة وتنتج غاز الهيدروجين وتذوب في هذه المحاليل أي أن هذه الفلزات تحل محل الهيدروجين(أنشط منه ونصف أي خلية منها يعمل كمصعد عند وصله مع قطب الهيدروجين المعياري) ولذلك لا يجوز حفظ محاليل الحموض في أوعيتها، وعليه فإن التفاعل تلقائي ($E^\circ_{التفاعل}$ موجبة).

ولا تتفاعل الفلزات التي لها جهود اختزال موجبة $E^\circ_{اختزال}$ (التي تقع تحت الهيدروجين) مع محاليل الأحماض المخففة . وعليه فإن التفاعل غير تلقائي ($E^\circ_{التفاعل}$ سالبة) وبذلك يجوز حفظ محاليل الأملاح في أوعيتها ، وعليه ونصف أي خلية منها يعمل كمهبط عند وصله مع قطب الهيدروجين المعياري.

معلومة : ويمكن الاستدلالُ على نشاط الفِلِزِّ من خلال سرعة تفاعله معَ الحِمض وسرعة انطلاق غاز الهيدروجين H_2 منَ التفاعل

مثال 2: **يتفاعلُ فِلِزّ النيكل Ni معَ محلول حِمض الهيدروكلوريك HCl وينطلقَ غازَ الهيدروجين**، فسر ذلك اذا علمت أن $E^0Ni = -0.23\ v$

أكتبُ معادلة أيونيّة تمثلُ تفاعل فِلِزّ النيكل معَ حِمض الهيدروكلوريك، حَسَبَ المعادلة:

$$Ni_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

نصف تفاعل التأكسد: $Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

نصف تفاعل الاختزال: $2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode(H_2)} - E^\circ_{anode(Ni)}$$
$$E^\circ_{cell} = 0.0 - (-0.23) = +0.23\,V$$

لذلك يتفاعلُ النيكل معَ حِمض الهيدروكلوريك ويتصاعدُ غازُ الهيدروجين.

ألاحظ أنَّ جهد الاختزال المعياري للهيدروجين أكبرُ من جهد الاختزال المعياري للنيكل؛ أي أنَّ أيونات الهيدروجين أكثرُ ميلً لكسب الإلكترونات من أيونات النيكل؛ لذلك تُختَزَلُ أيوناتُ الهيدروجين وتتأكسدُ ذرّاتُ النيكل ويكونُ التفاعلُ تلقائيًّا وجهدُ الخليّة موجبًا.

هل هنالك طريقة أسهل للحل : من الملاحظة السابقة اذا كان جهد اختزال العنصر سالبا فانه يتفاعل مع محاليل الاحماض المختلفة .وبما أن جهد اختزال النيكل سالب اذا سيتفاعل مع محاليل الحموض المخففة .

فكر : هل يمكن حفظ محلول HCl في وعاء من النيكل ، هل يمكن تحريك محلول HCl بملعقة من النيكل ؟

لا، لان التفاعل تلقائي

معلومة : اذا كان التفاعل تلقائي لا يجوز الحفظ او التحريك في وعاء / ملعقة الفلز

مثال 3: (مرتبط بالتجربة الاستهلالية صفحة 75)

لديك 4 فلزات مختلفة (Mg , Al , Cu, Zn) وجهود اختزالها المعيارية حسب الجدول :

العنصر	Zn	Al	Cu	Mg
$E^0_{reduction}$ (v)	-0.76	-1.66	+0.34	-2.37

اعتمادا على المعلومات السابقة أجب عن الاسئلة الاتية :

1) أي الفلزات السابقة تنتج غاز الهيدروجين عند تفاعلها مع حمض الهيدروكلوريك HCl؟

2) اي الفلزات السابقة يمكن حفظ محلول HCl فيها ؟

الحل :

1) Zn ,Al, Mg (العناصر ذات جهود الاختزال السالب تتفاعل مع محاليل الاحماض وتنتج غاز الهيدروجين)

2) Cu (العناصر ذات جهود الاختزال الموجب لا تتفاعل مع محاليل الاحماض ويمكن الحفظ في اوعيتها)

الان سوف اعطيك عدة طرق لحل هذه الاسئلة .

يمكن استخدامُ جهود الاختزال المعياريّة للتنبُّؤ بإمكانيّة تفاعل الفِلِزّات أو اللافِلِزّات معَ محاليل الأملاح كما توضح الامثلة الاتية

مثال 4: **هل يمكن تحريكُ محلول نترات الفضّة $AgNO_3$ بِمِلعقة منَ الكروم ؟** ($E^0Ag=+0.8$,$E^0Cr=-0.73v$)

المطلوب : هل يحدث تفاعلٌ بين نترات الفضّة $AgNO_3$ والكروم ؟

سوف نحل السؤال بعدة طرق :

حتى يحرَّكَ محلولٌ ما بِمِلعقة معيَّنة يجب ألاّ يحدث تفاعلٌ بينها وبين أيونات المحلول عند تحريكه بها. ولمعرفة ذلك، يُفترَضُ حدوثُ تفاعل كما في المعادلة : (التفاعل المتوقع حدوثه)

في اسئلة تلقائية التفاعل مادة السلك / الوعاء / الملعقة /الوعاء / العنصر تتاكسد والايون الموجب في المحلول يختزل بغض النظر من اكبر في جهد الاختزال

$$3Ag^{+}_{(aq)} + Cr_{(s)} \rightarrow 3Ag_{(s)} + Cr^{3+}_{(aq)}$$

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{cathode(Ag)} - E^{\circ}_{anode(Cr)}$$

$$E^{\circ}_{cell} = 0.8 - (-0.73) = +1.53\,V$$

جهد الخليّة المعياري للتفاعل موجبٌ؛ أي أنَّ التفاعل تلقائي الحدوث، ومن ثَمَّ لا يمكن تحريكُ محلول نترات الفضّة بِمِلعقة منَ الكروم.

طريقة أخرى في الحل :

إذا كان E_o اختزال للأيون الموجب في المحلول اكبر من E_oاختزال للملعقة أو الوعاء فإن التفاعل تلقائي ولا يجوز الحفظ في الوعاء أو التحريك في الملعقة

هل $E^0Ag>E^0Cr$ ؟؟؟ نعم ، اذا التفاعل تلقائي ومن ثَمَّ لا يمكن تحريكُ محلول نترات الفضّة بِمِلعقة منَ الكروم.

طيب كمان طريقة في الحل :

لا يجوز حفظ المحلول في وعاء الي فوقه في جدول جهود الاختزال المعيارية ، وبما ان جدول الجهود مرتب تصاعديا (من الصغير للكبير) فان جهد اختزال الكروم اقل من جهد اختزال الفضة ، وبالتالي لا يمكن حفظ محلول الفضة في وعاء من الكروم .

مثال 5:

أيهما تختار لحفظ محلول كبريتات الخارصين $ZnSO_4$ وعاء من النحاس أم وعاء من الألمنيوم ؟ وضح إجابتك . ملاحظة : كلمة (أملاح عنصر أو محلول) أي أيونات . كلمة (سلك ، وعاء ، ملعقة) أي عنصر(ارجع لجدول جهود الاختزال)

الربط مع الحياة

يحدث أحيانا انتفاخ لعلب الأغذية؛ أحد أسباب حدوثه تفاعل الأغذيةُ الحامضيّة معَ الفِلز المُكون للعُلبة المحفوظةِ فيها، وينتجُ عن ذلكَ غازُ الهيدروجين؛ ممّا يتسبّبفي انتفاخ العُلبة، وغالبًا ما تكون هذه التفاعلات جزءًا منَ العوامل التي تُحَدِّدُ مدّةَ صلاحيّة هذه المُنتجات.

مثال 6: **هل يمكنُ تحضيرُ البروم Br_2 من محلول بروميد البوتاسيوم KBr باستخدام اليود I_2؟**

$$\left(E^{\circ}_{Br_2} = 1.07\,V \text{ ، } E^{\circ}_{I_2} = 0.54\,V\right)$$

الحل :

التفاعل المتوقع حدوثه : $2Br^-_{(aq)} + I_{2(s)} \rightarrow 2I^-_{(aq)} + Br_{2(l)}$

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{cathode(I2)} - E^{\circ}_{anode(Br2)}$$

$$E^{\circ}_{cell} = 0.54 - 1.07 = -0.53\,V$$

ألاحظ أنَّ جهد الخليّة المعياري للتفاعل سالبٌ؛ أي أنَّ التفاعل غيرُ تلقائي الحدوث، وبالتالي لا يمكنُ تحضيرُ البروم Br_2 من محلول بروميد البوتاسيوم KBr باستخدام اليود

مثال 7:

باستخدام جدول جهود الاختزال المعياريّة أُجيبُ عنِ الأسئلة الآتية:

1-**أتوقع:** هل يمكنُ حفظُ محلول كبريتات الحديد II $FeSO_4$ في وعاء منَ الألمنيوم Al ؟ أُبَرِّرُ إجابتي.

2- **أتوقع:** هل يمكن حفظُ محلول نترات المغنيسيوم $Mg(NO_3)_2$) بوعاءمنَ القصدير Sn ؟ أُبَرِّرُ إجابتي

الاجابات :

(1

(2

ملخص الدرس :

1) الفلز أعلى يمين الجدول له أقل جهد اختزال $E^{\circ}_{\text{اختزال}}$ ، يتأكسد ،عامل مختزل ،أنشط، المصعد ، تقل كتلته مع الزمن ، يتآكل ، يذوب، يزداد تركيز أيوناته الموجبة في المحلول ، منه تتحرك الإلكترونات عبر الأسلاك نحو المهبط .

2) الفلز أعلى يمين الجدول (يحضر ، يحل محل ، يتسخلص ، يطرد من ، يرسب، يتفاعل تلقائياً، وعائه لا يستطيع الحفظ ، لا يجوز استخدام ملعقته في تحريك) ايون الفلز الذي يقع أسفل منه على يسار الجدول .

3) كل عنصر يختزل أيونات الذي تحته ، وكل أيون يؤكسد العنصر الذي فوقه (انتبه للهالوجينات)

(يحدث التفاعل التلقائي إذا جمعنا نصف تفاعل اختزال مع نصف تفاعل تأكسد فوقه) .

توضيح : من الجدول المجاور :

نصف تفاعل الاختزال	E° (فولت)
$Zn^{+2} + 2\bar{e} \longrightarrow Zn$	٠,٧٦-
$Ni^{+2} + 2\bar{e} \longrightarrow Ni$	٠,٢٥-
$2H^{+} + 2\bar{e} \longrightarrow H_2$	٠,٠٠
$Cu^{+2} + 2\bar{e} \longrightarrow Cu$	٠,٣٤+

Zn (يختزل ، يحل مكان ، يرسب ، يتفاعل تلقائيا مع ، وعائه لا يستطيع حفظ ، لا يجوز استخدام ملعقته في تحريك) أيونات Ni^{+2} بينما أيونات النيكل تؤكسد ذرات الخارصين.

4) كلما زاد تباعد العنصرين في جدول جهود الاختزال المعياري كانت قيمة $E^{\circ}_{\text{الخلية}}$ أكبر ومنه نستطيع القول أن أكبر جهد معياري لخلية غلفانية يكون بين (F_2 و Li)

5) للحصول على أقل جهد معياري للخلية E^{0}_{Cell} ، نأخذ الفرق بين كل جهدين متتاليين ونختار أيها له أقل

(انتبه عند ذكر كلمة فلز في أسئلة أي الخلايا تكون أعلى / أقل فرق جهد)

ثانياً : الهالوجينات (اللافلزات)

الجزيء X_2 أسفل يسار الجدول(يؤكسد ، يحرر ، يذوب في محاليل ، يتفاعل تلقائياً) مع الأيون X^- أعلى يمين الجدول (الذي يسبقه في الجدول) يمكن تحضير الجزيء أعلى يسار بأكسدة أيوناته من الجزيء أدنى يسار .

$I_{2(s)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2I^-_{(aq)}$	0.54
$Br_{2(l)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2Br^-_{(aq)}$	1.07
$Cl_{2(g)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2Cl^-_{(aq)}$	1.36
$F_{2(g)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2F^-_{(aq)}$	2.87

فالفلور يستطيع ان يحل محل جميع الهالوجينات في محالياها بينما لا يستطيع اليود ان يحبل محل اي منها .

س) (قدرات عليا)

مُرِّرَ غازُ الكلور Cl_2 بضغط يساوي 1atm في محلول يحتوي على أيونات الفلوريد F^- وأيونات البروميد Br^- تركيزُ كلٍّ منهما 1M وعند درجة حرارة 25°C مُستعينًا بأنصاف تفاعلات الاختزال وجهودها المعياريّة الآتية:

$$Cl_{2(g)} + 2e \rightleftharpoons 2Cl^-_{(aq)} \qquad E^\circ = 1.36\ V$$

$$F_{2(g)} + 2e \rightleftharpoons 2F^-_{(aq)} \qquad E^\circ = 2.87\ V$$

$$Br_{2(g)} + 2e \rightleftharpoons 2Br^-_{(aq)} \qquad E^\circ = 1.07\ V$$

أَكتبُ المعادلةَ الكُليّة الموزونة للتفاعل المتوقَّع. أُبَرِّرُ إجابتي.

التفاعل المتوقع : $Cl_2 + 2Br^- \rightarrow 2Cl^- + Br_2$

تفسير ذلك أن الكلور Cl_2 اقوى كعامل مؤكسد من البروم Br_2 ، لان جهد اختزاله المعياري اكبر ،فيؤكسد الكلور ايونات البروم Br^-، أما الفلور فهو عامل مؤكسد أقوى من الكلور حيث أن جهد اختزاله المعياري أعلى منه لذلك لا يؤكسد الكلور أيونات الفلوريد F^-.

**** مقارنةُ قوّة العوامل المؤكسدة والمختزلة**

1) كلما اتجهنا للأسفل تزداد قيم $E^0_{reduction}$ وعليه يزداد ميل المواد للاختزال وكسب الإلكترونات وتزداد قوتها كعوامل مؤكسدة .ومنه أقوى عامل مؤكسد هو F_2 أي أنه يسبب تأكسد جميع المواد التي تعلوه في الجدول ، ويكون أيون الفلور F^- أضعف عامل مختزل.

2- كلما اتجهنا لأعلى تقل قيم $E^0_{reduction}$ وعليه يزداد ميل المواد للتأكسد وفقد الإلكترونات وتزداد قوتها كعوامل مختزلة .ومنه أقوى عامل مختزل هو Li ، أي أنه يسبب لاختزال لجميع المواد التي أسفله ، ويكون أيون الليثيوم Li^+ أضعف عامل مؤكسد.

3- الهالوجينات (F_2 , I_2 , Br_2 , Cl_2) عوامل مؤكسدة دائماً .

ادرس الجدول الآتي لفهم الملاحظات السابقة :

$E^0_{reduction}$ (V)	نصف تفاعل الاختزال
-0.44	$Fe^{+2} + 2e^- \longrightarrow Fe$
صفر	$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$
+0.34	$Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu$

أقوى عامل مؤكسد هو أيون Cu^{+2} ، أي أن أيون Cu^{+2} لها أعلى قدرة للاختزال وكسب الإلكترونات .ومنه أضعف عامل مختزل هو ذرة النحاس Cu

واقوى عامل مختزل هو Fe، أي أن ذرات Fe لها أعلى قدرة للتأكسد وفقد الإلكترونات . ومنه أيون الحديد Fe^{+2} يكون أضعف عامل مؤكسد.

س) علل : Cu^{+2} قوى كعامل مؤكسد من Fe^{+2} ؟ لأن قيمة جهد الاختزال المعياري له أكبر

س) علل : Fe أقوى كعامل مختزل من Cu ؟ لأن قيمة جهد الاختزال المعياري له أقل

س) جميعُ العبارات الآتية صحيحة، بالنسبة إلى الخليّة الجلفانيّة $Ba|Ba^{2+}\|Ni^{2+}|Ni$ ، ما عدا:

أ) Ni^{2+} أقوى عامل مؤكسد ب) Baأقوى عامل مختزل

ج. تزدادُ كتلة القطبNi د) $Ba^{+2}|Ba$ تمثلُ نصف خليّة الاختزال

وزاري 2021

1) يسلك الاكسجين كعامل :

أ) مؤكسد عند تفاعله مع الكلور ب) مختزل عند تفاعله مع الهيدروجين

ج) مؤكسد عند تفاعله مع الفلور د) مختزل عند تفاعله مع المغنيسيوم

الاجابة : أ

2) يسلك الاكسجين كعامل :

أ) مؤكسد عند تفاعله مع الليثيوم ب) مختزل عند تفاعله مع الهيدروجين

ج) مؤكسد عند تفاعله مع الفلور د) مختزل عند تفاعله مع المغنيسيوم

الاجابة : أ

مثال 1: أستعينُ بجدول جهود الاختزال المعياريّة، وَأُرَتِّبُ الموادَّ الآتية تصاعديًّا وفقَ قوَّتها كعوامل مؤكسدة في الظروف المعياريّة: Al^{3+} ، MnO_4^- ، Cd^{2+} ، Cl_2

نصف تفاعل الاختزال	E° (V)
$Al^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Al$	−1.66
$Cd^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cd$	−0.40
$Cl_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2Cl^-$	1.36
$MnO_4^- + 4H^+ + 2e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 2H_2O$	1.51

لاحظ ان جهود الاختزال المعيارية مرتبة وفق تزايد قيم جهود الاختزال المعيارية (تصاعديا) ،فيكون أعلى يسار الجدول أضعفَ عامل مؤكسد له أقلُّ جهد اختزال معياري

ترتيبُ الموادِّ حَسَبَ قوَّتها كعوامل مؤكسدة:

$$MnO_4^- > Cl_2 > Cd^{2+} > Al^{3+}$$

س)(وزاري 2022) خلية غلفانية قطباها A/B اذا علمت أن :

- ايونات الفلز A تستطيع أكسدة الفلز B

- قيم جهود الاختزال المعيارية لقطبي الخلية (-0.18V) و (-0.76V) فان قيمة :

أ) $E^O_{\text{اختزال (B)}} = -0.18\ V$ ب) $E^O_{\text{اختزال (A)}} = -0.76\ V$

ج) $E^0_{cell} = 0.94V$ د) $E^0_{cell} = 0.58V$

الاجابة : د

اسئلة وزارية :

أسئلة اختيار من متعدد :

1) في الخلية الغلفانية الاتية $Ni_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$ العبارة الصحيحة :

أ) Ni أقوى كعامل مؤكسد من Cu ب) Ni^{+2} أقوى كعامل مختزل من Cu^{+2}

ج) Ni^{+2} أقوى كعامل مؤكسد من Cu^{+2} د) Ni أقوى كعامل مختزل من Cu

2) خلية غلفانية قطباها Cu/Ni إذا علمت أن اتجاه انحراف الفولتميتر نحو قطب النحاس ، فأي العبارات الاتية صحيحة :

أ) كتلة النحاس تزداد ، ويقل تركيز أيوناته مع مرور الزمن .

ب) كتلة النحاس تقل ، ويزداد تركيز أيوناته مع مرور الزمن

ج) كتلة النيكل تزداد ، ويقل تركيز أيوناته مع مرور الزمن.

د) كتلة النيكل تقل ، ويقل تركيز أيوناته مع مرور الزمن.

3) خليتان غلفانيتان : الاولى قطباها الخارصين Zn والنحاس Cu وجهدها المعياري +1.10 ، والثانية قطباها النيكل Ni والنحاس Cu وجهدها المعياري +0.57، اذا علمت أنه في كلتا الخليتين تزداد كتلة قطب النحاس ، فان ترتيب ايونات العناصر حسب قوتها كعوامل مؤكسدة :

أ) $Zn^{+2} > Cu^{+2} > Ni^{+2}$ ب) $Zn^{+2} > Ni^{+2} > Cu^{+2}$ ج) $Cu^{+2} > Ni^{+2} > Zn^{+2}$ د) $Cu^{+2} > Zn^{+2} > Ni^{+2}$

4) خليتان غلفانيتان : الاولى قطباها الخارصين Zn والنحاس Cu وجهدها المعياري +1.10 ، والثانية قطباها الخارصين Zn والفضة Ag وجهدها المعياري +1.56 ، اذا علمت أن الخارصين في كلنا الخليتين هو المصعد فان ترتيب العناصر حسب قوتها كعوامل مختزلة :

أ) Zn>Cu>Ag ب) Zn> Ag> Cu ج) Ag>Cu> Zn د) Ag>Zn> Cu

5) خلية غلفانية قطباها X/Y ، X اقوى كعامل مختزل من Y ، اذا علمت ان قيمة $E^0_{X^{+2}} = -0.25$ فولت ، وان قيمة $E^0_{Cell} = +0.59$ فولت ، فان قيمة $E^0_{Y^{+2}}$ تساوي :

أ) -0.34 ب) +0.84 ج) +0.34 د) -0.84

6) اذا علمت أن العنصر A اقوى كعامل مختزل من العنصر B، فاذا تم تكوين خلية غلفانية من القطبين , A B (علما ان العنصران يكونان يونات ثنائية موجبة في محاليلهما) فاي العبارات الاتية صحيحة ؟

أ) يكون المصعد القطب B ب) ينحرف الفولتميتر باتجاه القطب B

ج) تزداد تراكيز ايونات B^{+2}مع مرور الزمن د) تقل كتلة B مع مرور الزمن

7) خلية غلفانية قطباها M/Z اذا علمت أن الايون M^{+2} أقوى كعامل مؤكسد من X^{+2} ، اذا علمت أن قيمة E^0Z^{+2} = -0.4 V, ان جهد الخلية المعياري يساوي 1.20V ، فان قيمة E^0X^{+2} يساوي :

أ) +0.8 ب) -0.8 ج) +1.60 د) -1.60

8) العنصر A يختزل أيونات B^{2+} ولا يختزل أيونات C^{2+} ، إن ترتيب العناصر وفق قوتها كعوامل مختزلة هو:

- **A > B > C**
- **B > A > C**
- **C > A > B**
- **C > B > A**

9)

٧- يتصاعد غاز الهيدروجين عند أحد أقطاب خلية غلفانية مكوّنة من قطب الهيدروجين المعياري وقطب الفلز (X).

فإن العبارة الصحيحة المتعلقة بهذه الخلية، هي:

أ) يمكن حفظ حمض HCl في وعاء من فلز X

ب) ينحرف مؤشر الفولتميتر باتجاه قطب X

ج) قيمة جهد الخلية المعياري E° سالبة

د) X عامل مختزل أقوى من الهيدروجين

10)

٧- إذا علمت أنه يمكن تحريك محلول كبريتات الفلز X بملعقة من الفلز Y ولا يمكن تحريك محلول كبريتات الفلز Z بنفس الملعقة، فإن الترتيب الصحيح لأيونات الفلزات وفق قوتها كعوامل مؤكسدة هو:

أ) $Y^{2+} < X^{2+} < Z^{2+}$ ب) $Z^{2+} < Y^{2+} < X^{2+}$

ج) $Z^{2+} < X^{2+} < Y^{2+}$ د) $X^{2+} < Y^{2+} < Z^{2+}$

(11

- الفلزات الافتراضية (C،B،A) مرتبة حسب قوتها كعوامل مختزلة (C <B< A) فالعبارة الصحيحة هي:

أ) جهد اختزال B^{2+} أكبر من جهد اختزال C^{2+}

ب) ميل أيونات C^{2+} للاختزال أكبر من ميل أيونات A^{2+}

ج) يمكن حفظ أملاح C في وعاء من B

د) يمكن تحريك محلول ملح B بملعقة A

12) وزاري

- بناءً على المعلومات في الجدول الآتي، أجب عن الفقرتين (٢٢، ٢٣):

تلقائية حدوث التفاعل	معادلة التفاعل
غير تلقائي	$Cd + Zn^{2+} \longrightarrow Cd^{2+} + Zn$
تلقائي	$Cd + Cu^{2+} \longrightarrow Cd^{2+} + Cu$

٢٢- فإن الترتيب الصحيح لأيونات الفلزات وفقا لقوتها كعوامل مؤكسدة، هو :

أ) $Cd^{2+} > Cu^{2+} > Zn^{2+}$ ب) $Zn^{2+} > Cu^{2+} > Cd^{2+}$

ج) $Cd^{2+} > Zn^{2+} > Cu^{2+}$ د) $Cu^{2+} > Cd^{2+} > Zn^{2+}$

٢٣- العبارة الصحيحة من العبارات الآتية، هي:

أ) يمكن تحريك محلول كبريتات النحاس $CuSO_4$، بملعقة من فلز الكادميوم Cd

ب) في خلية قطباها (Cd/Zn) يتجه مؤشر الغلفانوميتر نحو قطب الكادميوم (Cd)

ج) في خلية قطباها (Zn/ Cu)، يزداد تركيز أيونات النحاس (Cu^{2+})

د) يمكن حفظ محلول كبريتات الكادميوم ($CdSO_4$) في وعاء من فلز الخارصين Zn

تحليل السؤال :اذا اعطاك تفاعل غير تلقائي اقلب التفاعل فيصبح تلقائي ولا تنسى تقلب قيمة جهد التفاعل

**** سؤال الكتاب8 صفحة 133 (نفس فكرة الوزاري في السؤال السابق)**

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.

ج أستنتج. هل تؤكسدُ أيوناتُ الكادميوم Cd2 + أيوناتِ البروم - Br؟

د أُقارن. ما العنصران اللذان يكوِّنان خليّةً جلفانيّة لها أعلى جهد خليّة معياري؟

الاجابات :

أ) Br_2 ب) Ca > Cd > Sn > Br- ج) لا د) Ca، Br_2

13) **إذا علمت أن : (وزاري 2003)**

$Mg + Cu^{2+} \longrightarrow Mg^{2+} + Cu$ **E = +2.71 فولت**

$Mg + Al^{3+} \longrightarrow Mg^{2+} + Al$ **E = +0.71 فولت**

هل يمكن حفظ محلول كبريتات النحاس (II) في وعاء من الألومنيوم ؟ فسر ذلك . (هام جداً)

الحل :

التفاعل المتوقع حدوثه :- $2Al + 3Cu^{+2} \longrightarrow 2Al^{+3} + 3Cu$ لا يمكن لان E^0 لاختزال $Al^{+3} < Cu^{+2}$ أي أن Cu^{+2} يؤكسد Al ، أو Al يختزل Cu^{+2} .أو لان E^0 للتفاعل له إشارة موجبة .

14) **المعادلات الآتية تمثل خلايا غلفانية تلقائية الحدوث (هام جداً)**

$3D^{+} + A \longrightarrow A^{+3} + 3D$ $E^{0}_{cell} = +2.46$ فولت

$A + C^{+3} \longrightarrow A^{+3} + C$ $E^{o}_{cell} = +0.92$ فولت

$3B^{+1} + A \longrightarrow A^{+3} + 3B$ $E^{o}_{cell} = +1.42$ فولت

1- ما صيغة أقوى عامل مؤكسد ؟

2- ما صيغة أضعف عامل مختزل ؟

3- ما رمز العنصر الذي يستطيع اختزال D^{+} ولا يستطيع اختزال C^{+3}؟

4- ما رمز العنصر الذي تقل كتلته في الخلية الغلفانية المكونة من (A , C)

5- اكتب المعادلة الكلية للخلية الغلفانية المكونة من العنصرين (D , B)

6- هل يستطيع العنصر D استخلاص العنصر B من خاماته ؟

7- حدد المادة التي تشكل المصعد في خلية غلفانية قطباها العنصرين (B , C)

** سؤال 12 اسئلة الوحدة

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 جيّدًا، 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 للخليّة المكوَّنَةِ منَ الفِلِزّينT,R.

ج **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 الفِلِزّR ؟ أُفسِّر إجابتي

الاجابات :

- كلما زاد تباعد العنصرين في جدول جهود الاختزال المعياري كانت قيمة E°الخلية أكبر

تحليل السؤال :

في الخليتين (1 و 2 و 4) نجد أن E هو المصعد وبالتالي $E^{0}_{reduction}$ له هو الاقل بين (Lو M و D)

ولكن كيف احدد من جهد اختزاله اكبر D أم L؟ جهد اختزال L اكبر لان جهد الخلية E-L أكبر من جهد E-D

ومن خلية 4 نجد ان جهد M اقل من جهد اختزال L المعياري و اكبر من جهد D المعياري .

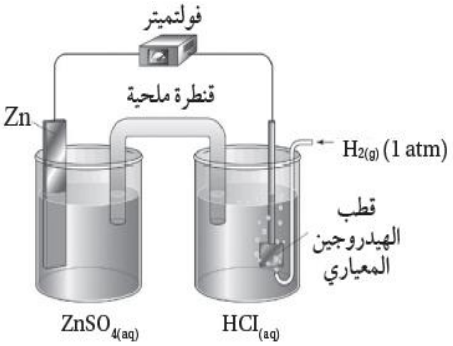
ونكرر نفس الفكرة لبقية الخلايا ونرتب جهود الاختزال المعياري للعناصر تصاعديا

أ) T > R > E > D > M > L .

ب) $E^{\circ}cell = 1.93 - 0.32 = 1.61$ V

ج) T-L

د) لا يمكن، Rعامل مختزل أقوى منD، لذلك يتأكسد R تختزل ايونات D



س) (قدرات عليا) أدرسُ الشكلَ المجاورَ، الذي يمثلُ الخليّة الجلفانيّة المُمثلةَ بالرَّمز الآتي في الظروف المعياريّة، ثمَّ أُجيبُ عن الأسئلة الآتية :

$$Zn|\ Zn^{2+}\ ||\ 2H^{+}{}_{(aq)}|H_{2\ (g)}|Pt$$

1) ما تركيزُ أيونات Zn^{+2} المستخدَمَةِ في نصف خليّة الخارصين المعياريّة؟

2) هل يمكنُ استخدامُ محلول مشبع من كبريتات النحاس $CuSO_4$ في القنطرة الملحيّة المستخدَمَةِ في الخليّة الجلفانيّة؟ أُفَسِّرُ إجابتي. جهد الاختزال المعياريّ للنحاس($E°= 0.34\ V$) .

الاجابات :

1) 1 M

2) لا يمكن، لأن أيونات Cu^{+2} ستتحرك باتجاه نصف خلية الهيدروجين التي تمثل نصف خلية الاختزال ، ولأن جهد االاختزال المعياري للنحاس أعلى منه للهيدروجين فإن أيونات النحاس ستختزل بدلا من أيونات الهيدروجين وتترسب فيصبح جهد الخلية المعياري المقاس لا يمثل جهد الخلية المطلوبة.

وزاري 2022

● يُبيّن الجدول المجاور تفاعلات تحدث في خلايا غلفانية في الظروف المعيارية،

التفاعلات الخلوية	قيم $E°$ الخلية (فولت)
$Cd + Sn^{2+} \longrightarrow Cd^{2+} + Sn$	٠,٢٦
$Zn + Cd^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Cd$	٠,٣٦
$Cd + Ni^{2+} \longrightarrow Cd^{2+} + Ni$	س
$Ni + Sn^{2+} \longrightarrow Ni^{2+} + Sn$	٠,٠٩

ادرسه ثم أجب عن الفقرات (١٩، ٢٠، ٢١)

١٩- خلية غلفانية لها الجهد المعياري الأعلى قطباها:

أ) Cd / Zn ب) Ni / Cd

ج) Sn / Zn د) Ni / Sn

٢٠- تترتب أيونات الفلزات وفقًا لقوتها كعوامل مؤكسدة:

أ) $Zn^{2+} < Sn^{2+} < Ni^{2+} < Cd^{2+}$

ب) $Cd^{2+} < Ni^{2+} < Zn^{2+} < Sn^{2+}$

ج) $Ni^{2+} < Zn^{2+} < Sn^{2+} < Cd^{2+}$

د) $Zn^{2+} < Cd^{2+} < Ni^{2+} < Sn^{2+}$

٢١- إذا كان جهد الاختزال المعياري لـ Sn^{2+} = -٠,١٤ فولت، فإن قيمة س (فولت) تساوي:

أ) ٠,١٧ ب) ٠,٦٣ ج) ٠,٣٥ د) ٠,٤٧

15) وزاري 2020

● ادرس المعلومات الواردة في الجدول، وأجب عن الفقرات (٢١، ٢٢، ٢٣، ٢٤، ٢٥)

الأيون	Co^{2+}	Ni^{2+}	Al^{3+}	Ag^{+}	Zn^{2+}	Cu^{2+}
جهد الاختزال المعياري E° فولت	٠,٢٨-	٠,٢٣-	١,٦٦-	٠,٨+	٠,٧٦-	٠,٣٤+

٢١- العبارة الصحيحة فيما يتعلق بخلية غلفانية قطباها Co و Ni ، هي:

أ) تقل كتلة القطب Ni ب) شحنة قطب Co سالبة

ج) تزداد كتلة قطب Co د) يزداد تركيز أيونات Ni^{2+}

٢٢- <u>لا يمكن</u> حفظ محلول $ZnSO_4$ في وعاء مصنوع من:

أ) Al ب) Cu ج) Ni د) Ag

٢٣- يمكن تكوين خلية غلفانية لها أعلى فرق جهد باستخدام أقطاب من:

أ) Zn/Cu ب) Zn/Ag ج) Ag/Al د) Ag/Cu

٢٤- أقوى عامل مؤكسد، هو:

أ) Ag^{+} ب) Al^{3+} ج) Ni^{2+} د) Cu^{2+}

٢٥- في الخلية الغلفانية قطباها (Ag/Cu) تكون قيمة جهد الخلية المعياري E° (فولت) تساوي:

أ) ٠,٤٦+ ب) ٠,٤٦- ج) ١,١٤+ د) ١,١٤-

16) <u>وزاري 2019 صيفي :</u> **يبين الجدول المجاور جهود اختزال معيارية لبعض المواد ، ادرسه ، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :**

المادة	E_0 فولت
Cr^{+3}	-0.73
Ag^{+}	0.80
Zn^{+2}	-0.76
Cu^{+2}	0.34
Fe^{+2}	-0.44
Al^{+3}	-1.66
Ni^{+2}	-0.23

1) حدد أقوى عامل مؤكسد.

2) أي الفلزين (Cu أم Ni) يحرر غاز H_2 من محلول حمض HCl المخفف ؟

3) هل تستطيع أيونات Cr^{+3} أكسدة عنصر النيكل Ni ؟

4) أي القطبين تقل كتلته في الخلية الغلفانية (Zn/Fe)؟

5) هل يمكن تحريك أحد أملاح الألمنيوم Al بملعقة من الكروم Cr؟

6) احسب جهد الخلية المعياري (E_0) للخلية الغلفانية المكونة من (Ni , Cu).

7) حدد فلزين يكونان خلية غلفانية لها أعلى جهد.

8) حدد اتجاه حركة الإلكترونات في الخلية المكونة من (Ag/Cu)

17) **اعتماداً على الجدول التالي الذي يبين جهود الاختزال المعيارية لعدد من أنصاف التفاعلات . أجب عما يأتي :**

نصف التفاعل / الاختزال	E_0 فولت
$X^{3+}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow X_{(s)}$	1.66-
$Y_{2(1)} + 2e^{-} \longrightarrow 2Y^{-}_{(aq)}$	1.06+
$Z^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Z_{(s)}$	؟؟
$M^{+}_{(aq)} + e^- \longrightarrow M_{(s)}$	0.8

ا) رتب (M , Y^- , X) تنازلياً حسب قوتها كعوامل مختزلة .

ب) تم بناء خلية غلفانية مكونة من القطبين (Z , X) فكانت قيمة E_0 للخلية = +1.26 فولت . إذا علمت أن العنصر Z أقوى كعامل مؤكسد من العنصر X ، فأجب عما يأتي :

1. احسب جهد الاختزال المعياري للعنصر Z .

2. اكتب معادلة نصف التفاعل الذي يحدث عند المصعد .

3. أي القطبين يمثل المهبط وما إشارته ؟

4. وضح اتجاه حركة الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية .

ج) أنبوبان (أ ، ب) يحتوي كل منهما على سائل Y_2. وضع في (أ) قطعة صغيرة من العنصر X وفي (ب) قطعة صغيرة من العنصر M. وضح ما يحدث في كل من الأنبوبين (أ ، ب) مستعيناً بالمعادلات .

أ. قوة العامل المختزل $Y^- < M < X$

ب.

١) $X \longrightarrow X^{+3} + 3\bar{e}$ | E^O ١,٦٦+ فولت

$2\bar{e} + Z^{+2} \longrightarrow Z$ | E^O ؟؟

$2X + 3Z^{+2} \longrightarrow 2X^{+3} + 3Z$ | E^O خلية = ١,٢٦ فولت

جهد اختزال X يساوي 0.40- فولت

∴

٢) $X \longrightarrow X^{+3} + 3e^-$

٣) العنصر Z يمثل المهبط و إشارته (+)

٤) تتحرك الايونات السالبة عبر القنطرة الملحية إلى نصف خلية العنصر X .

معلومة : تتحرك الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية نحو نصف خلية المصعد (أي عكس حركة الإلكترونات عبر الأسلاك .

18) وزاري 2021

- بناءً على المعلومات الواردة في الجدول المجاور، أجب عن الفقرات (٢٣، ٢٤، ٢٥) علمًا بأن (جهد الاختزال المعياري للهيدروجين يساوي صفرًا).

التفاعل	قيم E° للتفاعل المتوقع(فولت)
$A^{2+} + B \longrightarrow B^{2+} + A$	٠,٢٧+
$C^{2+} + A \longrightarrow A^{2+} + C$	٠,٩٨+
$2H^+ + C \longrightarrow C^{2+} + H_2$	٠,٨٥-

٢٣- قيمة الجهد المعياري (E° فولت) لخلية غلفانية قطباها (B/C) تساوي:

أ) +٠,٨٩ ب) +٠,٤٥

ج) +١,٢٥ د) +٠,١٢٥

٢٤- العامل المختزل الأضعف هو:

أ) A ب) B ج) C د) H_2

٢٥- إذا علمت أن قيمة جهد اختزال Y^{2+} = (-٠,٢٣) فولت فإن الفلز Y يكون مهبطًا في خلية غلفانية قطباها:

أ) Y / A ب) Y / B ج) Y / C د) Y / H_2

19) وزاري 2020

- ادرس المعلومات الواردة في الجدول المجاور، وأجب عن الفقرات (٢٧،٢٨،٢٩،٣٠)، علمًا بأن قيمة جهد الاختزال المعياري للهيدروجين = صفر.

أقطاب الخلية الغلفانية	المهبط	E° الخلية (فولت)
Co / Ni	Ni	٠,٠٥
Ni / H_2	H_2	٠,٢٣
Zn / Ni	Ni	٠,٥٣

٢٧- في الخلية الغلفانية التي قطباها (Ni/Co)، قيمة جهد الاختزال المعياري E° (فولت) لأيونات Co^{2+} تساوي:

أ) -٠,٢٨ ب) -٠,١٨ ج) +٠,٢٨ د) +٠,١٨

٢٨- قيمة جهد الخلية المعياري E° (فولت) لخلية غلفانية قطباها (Zn/H_2) تساوي:

أ) -٠,٢٣ ب) -٠,٧٦ ج) +٠,٢٣ د) +٠,٧٦

٢٩- العامل المؤكسد الأقوى، هو:

أ) Ni^{2+} ب) Co^{2+} ج) H^+ د) Zn^{2+}

٣٠- العبارة الصحيحة في ما يتعلق بالخلية الغلفانية التي قطباها (Ni/Zn)، هي:

أ) تقل كتلة Ni ب) يزداد تركيز أيونات Zn^{2+}

ج) شحنة القطب Ni سالبة د) شحنة القطب Zn موجبة

20) وزاري 2017 صيفي

يبين الجدول الآتي بيانات للخلايا الغلفانية لفلزات افتراضية (x , y , z) أيوناتها ثنائية موجبة ، ادرس البيانات في الجدول ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :

الخلية الغلفانية	جهد الخلية (فولت)	المصعد
Y-X	0.6	X
Z-Y	2.12	Y
H_2-Z	0.25	Z

1. **حدد العامل المختزل الأقوى.**
2. **ما قيمة جهد الاختزال للعنصر Y؟**
3. **حدد العامل المؤكسد في الخلية الغلفانية (Y-Z) ؟**
4. **ما قيمة جهد الخلية المعياري للخلية الغلفانية (X-Z)؟**
5. **هل يمكن حفظ محلول أحد أملاح الفلز Y في وعاء من الفلز X؟**
6. **حدد الفلزين اللذين يكونان خلية غلفانية لها أكبر فرق جهد .**
7. **أي القطبين تقل كتلته في الخلية الغلفانية (Y-X)؟**

21)

ب) شكلت ثلاث خلايا غلفانية، القطب الأول في كل منها قطب الهيدروجين المعياري، والقطب الثاني يتكوّن من عنصر الفضة Ag ، الرصاص Pb ، الألومنيوم Al على الترتيب. فإذا علمت أن قيم جهود الاختزال المعيارية بالفولت هي (Ag^+ = ٠,٨٠ ، Pb^{2+} = -٠,١٣ ، Al^{3+} = -١,٦٦).

ادرس الجدول الآتي وأجب عن الأسئلة التي تليه : (١٣ علامة)

الخلية	القطب الأول	القطب الثاني	التفاعل الحادث على القطب الثاني	اتجاه حركة الإلكترونات في الدارة الخارجية	المصعد	تركيز الأيونات الموجبة في خلية القطب الثاني (تزداد، تقل، ثابتة)
الأولى	H_2	Ag	(١)	(٣)	(٤)	(٦)
الثانية	H_2	Pb			(٥)	
الثالثة	H_2	Al	(٢)			(٧)

١) انقل الأرقام من (١ إلى ٧) إلى دفتر إجابتك ثم اكتب ما يشير إليه كل رقم.

٢) حدّد فلزين لعمل خلية غلفانية لها أعلى فرق جهد.

* إذا تفاعل العنصر الافتراضي X مع حمض HCl وفق المعادلة : $X + 2HCl \longrightarrow XCl_2 + H_2$

٣) هل يمكن حفظ أحد أملاح الفضة في وعاء مصنوع من مادة العنصر X؟

٤) ماذا تتوقع لقيمة جهد التأكسد للعنصر X (سالبة ، موجبة)؟

١) ١. $Ag^+ + \bar{e} \longrightarrow Ag$ ٢. $Al \longrightarrow Al^{+3} + 3\bar{e}$

٣. من قطب الهيدروجين إلى قطب Ag ٤. قطب H_2 (أو القطب الاول)

٥. قطب Pb (أو القطب الثاني) ٦. تقل ٧. تزداد

٢) Ag و Al (أي شحنة على الفلز خطأ) ٣) لا يمكن ٤) موجبة

22) وزاري 2015 شتوي

يبين الجدول الآتي بيانات لعدد من الخلايا الغلفانية ، ادرسه ثم أجب عما يليه :

رقم الخلية	الأقطاب	العامل المؤكسد	E^o الخلية فولت
1	Zn, Cu	Cu^{+2}	1.10
2	Zn, Sn	Sn^{+2}	0.62
3	Ni, Sn	Sn^{+2}	0.11
4	Ag, Cu	Ag^+	0.46
5	H_2, Sn	H^+	0.14

1- ما القطب الذي يمثل المصعد في الخلية رقم (2)؟

2- اكتب التفاعل الكلي في الخلية رقم (5).

3- ما قيمة جهد الخلية الغلفانية المكونة من قطبي (Cu ,Ni)

4- ما رقم الخلية التي تقل فيها كتلة قطب Cu؟

5- ملغي

6- هل يمكن حفظ محلول HCl المخفف في وعاء من Sn؟

7- ما القطب الذي يمثل المهبط في خلية غلفانية مكونة من قطب (Ag , Zn)؟

8- ما اتجاه سريان الإلكترونات عبر الأسلاك في الخلية رقم (3)؟ 9 - أيهما أقوى كعامل مختزل Zn , Sn

١- Zn

٢- $Sn + 2H^+ \rightarrow Sn^{+2} + H_2$

٣- (+٠,٥٩) فولت

٤- خليةٌ رقم (٤)

٦- لا يمكن

٧- Ag

٨- تتحرك ē من قطب Ni مصعد (-) إلى قطب Sn مهبط (+)

٩- Zn

23) وزاري 2021

- لديك الفلزات Mg، Ni، Cr، Cd وجميعها تكون على شكل أيونات ثنائية موجبة في مركباتها، فإذا علمت أنه:
  - يمكن تحريك محلول $MgSO_4$ بملعقة مصنوعة من الفلزات (Ni، Cr، Cd).
  - يمكن تحريك محلول $CdSO_4$ بملعقة من النيكل Ni ولا يمكن تحريكه بملعقة مصنوعة من الكروم Cr.
  - يتحرّر غاز الهيدروجين عند تفاعل الفلزات Mg، Ni، Cr، Cd مع حمض الهيدروكلوريك المخفف HCl.

فادرس المعلومات أعلاه، ثم أجب عن الفقرات (١٧، ١٨، ١٩)

١٧- الفلزان اللذان يكوّنان خلية غلفانية لها أعلى جهد معياري، هما:

أ) Ni/Cd ب) Ni/Mg ج) Cr/Mg د) Cr/Cd

١٨- العنصر الذي يستطيع اختزال أيونات Cr^{2+} هو:

أ) Cd ب) H_2 ج) Mg د) Cr

١٩- الترتيب الصحيح لأيونات الفلزات تبعًا لقوتها بصفتها عوامل مؤكسدة هي:

أ) $Ni^{2+} < Cd^{2+} < Cr^{2+} < Mg^{2+}$

ب) $Mg^{2+} < Cd^{2+} < Cr^{2+} < Ni^{2+}$

ج) $Ni^{2+} < Cr^{2+} < Cd^{2+} < Mg^{2+}$

د) $Mg^{2+} < Cr^{2+} < Cd^{2+} < Ni^{2+}$

24) **وزاري 2011 شتوي (هام جداً)(الأفرع 5/ 6 غير مطلوب)**

عند دراسة الفلزات ذات الرموز الافتراضية وأيوناتها الثنائية الموجبة Q , W , Y , M , L, X وجد أنه :

1) يسري التيار من L إلى x في الخلية الغلفانية منهما. 2) لا يحفظ محلول أيونات Y في وعاء من Q

3)لا تذوب Q , W في حمض HCl بينما يذوب x فيه 4)تقل كتلة Q في الخلية الغلفانية المكونة من , W Q

5) Y هو المصعد في الخلية الغلفانية المكونة من Y , W.

أجب عن الأسئلة التالية :

1- هل يمكن حفظ أيونات Q في وعاء من X؟

2- اكتب التفاعل الكلي للخلية الغلفانية المكونة من Q, W.

3- أي القطبين يمثل المهبط في الخلية الغلفانية المكونة من X , Y؟

4- أي القطبين تزداد كتلته في الخلية الغلفانية المكونة من W , X؟

5- **** 6 – ******

7- حدد الفلزين اللذين يكونان خلية غلفانية لها أكبر فرق جهد ممكن .

8- هل يحدث التفاعل : $Q^{+2} + L \longrightarrow Q + L^{+2}$ تلقائياً؟ (فكّر)

١) لا ٢) $W + Q^{+2} \rightarrow W^{+2} + Q$ ٣) Y ٤) W ٥) $Y^{+2} + 2\bar{e} \rightarrow Y$

٦) $Q \rightarrow Q^{+2} + 2\bar{e}$ ٧) L و W ٨) لا

طريقة الحل : من معلومة 1 نستنتج أن L هو المصعد أي أن جهد اختزاله أقل من جهد اختزال X ، من معلومة 2 نستنتج أن جهد اختزالY أكبر من جهد اختزال Q، من معلومة 3 نستنتج أن جهود اختزال W, Q موجبة وجهد اختزال X سالب، من معلومة 4 نستنتج أن Q هو المصعد وجهد اختزاله أقل من جهد W، من معلومة 5نستنتج أن جهد اختزال Y أقل من جهد اختزال W ومن هذه المعلومات كون جدول اختزال مرتباً تصاعدياً.

25) وزاري 2012 شتوي / نفس فكرة سنة 2015 شتوي

تم إجراء عدة تجارب على الفلزات (A , Q , X , D) ولوحظ ما يلي :

- **ترسبت ذرات A عند وضع قطعة من D في محلول يحتوي A^{+2}**
- **يتصاعد غاز H_2 عند وضع سلك من Q في محلول HCl المخفف**
- **عند تحريك محلول يحتوي Q^{+2} بملعقة من A ترسبت ذرات Q**
- **لا يتفاعل سلك من X في محلول HCl المخفف.**

اعتماداً على الملاحظات ، أجب عما يلي :

1- في خلية غلفانية قطباها من A , D أي القطبين تزداد كتلته ؟

2- **هل يمكن حفظ محلول أحد أملاح Q في وعاء مصنوع من D ؟**

3- هل تستطيع أيونات X^{+2} أكسدة ذرات العنصر A؟

4- في خلية غلفانية قطباها X , Q ما اتجاه حركة الإلكترونات عبر الأسلاك ؟

5- في خلية غلفانية قطباها A , Q أيهما يمثل المهبط ؟

6- حدد الفلزين اللذين يكونان خلية غلفانية لها أعلى فرق جهد ممكن .

١. A ٢. لا يمكن ٣. نعم ٤. من القطب Q (مصعد) الى قطب X (مهبط)
٥. Q ٦. D و X

** سؤال الكتاب 11 اسئلة الوحدة :

1درسُ المعلوماتِ الآتيةَ المتعلِّقَةَ بالفِلِزّات ذاتِ الرُّموز الافتراضيّة الآتية C , Z , B , X , A , Y :، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلة التي تليها:

أ) الفِلِزُّ A يختزلُ أيونات X^{+2} ولا يختزلُ أيونات Y^{+2}

ب) عند مفاعلة الفِلِزّين X , B معَ محلول حِمض الهيدروكلوريك المخفَّف، يتفاعلُ X وينطلقُ غازُ الهيدروجين، أمّا Bفلا يتفاعل.

ج) عند تكوين خليّة جلفانيّة منَ الفِلِزّين C و Y ، تتحرَّكُ الأيوناتُ السالبة منَ القنطرة الملحيّة باتجاه نصف خليّة C.

د) يمكنُ استخلاصُ الفِلِزّ Z من محاليل أملاحه باستخدام الفِلِزّB.

1- أستنتجُ اتجاه حركة الإلكترونات في الخليّة المكوَّنةِ منَ القطبينX , C.

2- **أستنتجُ** القطبَ الذي تزداد كتلتُهُ في الخليّة المكوَّنةِ منَ القطبينB , A.

3- **أُقارن.** ما القطبان اللذين يُشَكِّلان خليّة جلفانيّة لها أعلى جهد خليّة معياري؟

4- **أتنبَّأُ.** هل يمكنُ تحضيرُ الفِلِزّ Z بالتحليل الكهربائي لمحلول ZNO3 ؟ 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

الاجابات :

ترتيب العناصر وفق جهود الاختزال المعيارية بناء على المعلومات : C < Y < A < X < B < Z

1) من القطب C الى القطب X 2) B 3) Z-C 4) سيمر معنا بالدرس القادم

5) نعم (فسر)

6) نعم

26) **وزاري 2004 يبين الجدول المجاور القيم المطلقة لجهود الإختزال المعيارية للعناصر (M , D , C , B , A) إذا علمت أن ترتيب العناصر حسب قوتها كعوامل مختزلة هو** D , B , M , A , C

نصف التفاعل / الاختزال	$\lvert E^{\circ} \rvert$ (فولت)
$A^{+}_{(aq)} + e^{-} \longrightarrow A_{(s)}$	***0.80***
$B^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \longrightarrow B_{(s)}$	***1.80***
$C^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \longrightarrow C_{(s)}$	***1.48***
$D^{+}_{(aq)} + e^{-} \longrightarrow D_{(s)}$	***2.71***
$M^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow M_{(s)}$	***0.28***

وأن إشارة E° لنصف تفاعل اختزال العنصر M سالبة فأجب عما يأتي :

1. اكتب إشارة E° لكل نصف من أنصاف تفاعلات الاختزال للعناصر (A , B , C , D) .

2. حدد العنصرين اللذين يكونان خلية غلفانية لها أعلى قيمة فولتية ، ثم احسب قيمة E^{0} لهذه الخلية .

3. حدد العنصر الذي يتفاعل مع محلول حمض HCl ويطلق غاز الهيدروجين ولا يختزل أيونات B^{3+} .

4. ماذا تتوقع أن يحدث عند وضع قطعة من العنصر A في محلول يحتوي على أيونات C^{3+} ؟ فسر إجابتك بمعادلات .

١- A +٠,٨٠ فولت
B - ١,٨٠ فولت
C +١,٤٨ فولت
D - ٢,٧١ فولت

٢- D و C

E^O خلية = E^O اختزال C + E^O تأكسد D
= ١,٤٨ + (+٢,٧١) = +٤,١٩ فولت

٣- M

٤-

$3A \longrightarrow 3A^+ + 3\bar{e}$	E^O -٠,٨٠
$3e + C^{+3} \longrightarrow C$	E^O +١,٤٨
$3A + C^{+3} \longrightarrow 3A^+ + C$	E^O خلية + ٠,٦٨ فولت

بما أن E^O للخلية (+) الاشارة ∴ التفاعل المتوقع يحدث تلقائيا ولذلك يذوب العنصر A في محاليل C^{+3}

27) يبين الجدول المجاور القيم المطلقة لجهود الإختزال المعيارية للعناصر : **C , B , A**

نصف تفاعل الإختزال	|E|فولت
$A^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow A_{(s)}$	0.14
$B^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow B_{(s)}$	0.40
$C^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow C_{(s)}$	0.85

وقد لوحظ عند وصل نصف الخلية A مع نصف الخلية B , أن الإلكترونات تنتقل من B إلى A , كما لوحظ عند وصل نصف الخلية A مع قطب الهيدروجين المعياري , أن الإلكترونات تنتقل من Aإلى قطب الهيدروجين . وأن أيونات C^{2+} تؤكسد العنصر B.

اعتماداً على المعلومات السابقة , أجب عما يأتي :

1. اكتب إشارة (E°) لكل نصف من أنصاف تفاعلات الاختزال السابقة .
2. اكتب التفاعل الكلي الذي يحدث في الخلية الغلفانية المكونة من القطبين A , C ثم حدد سريان الإلكترونات في الدارة الخارجية , واحسب (E°) لهذه الخلية .
3. رتب العناصر : A , B , C حسب قوتها كعوامل مختزلة .

28) وزاري 2001

س) تم استخدام كل فلز من الفلزات الآتية : (A , B , C , D , G) مع محلول أحد أملاحه المائية بتركيز (١ مول/لتر) لعمل خلية غلفانية مع النيكل (Ni) ومحلول أحد أملاحه المائية بتركيز (١ مول/لتر) . وكانت النتائج كما في الجدول المجاور .

اعتماداً على المعلومات المبينة في الجدول المجاور أجب عما يأتي :

١- رتب الفلزات السابقة متضمنة النيكل في سلسلة كهركيميائية حسب قوتها كعوامل مختزلة (من الاكثر نشاطا إلى الأقل نشاطا)

٢- هل يمكن حفظ محلول أحد أملاح الفلز C في وعاء من الفلز D .

٣- احسب فرق الجهد (E^o) للخلية الغلفانية التي يتكون قطباها من الفلزين (D , B) ثم حدد اتجاه سريان الإلكترونات في الدارة الخارجية للخلية الغلفانية .

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

١) قوة العامل المختزل : B < D < Ni < C < G < A

يزداد نشاط الفلز ⟵

٢)نعم يمكن

٣) E^o خلية = E^o اختزال قطب B + E^o تأكسد قطب D

= (+ ١,٠٥) + (- ٠,٦٠)

= + ٠,٤٥ فولت

وزاري 2022

- ادرس المعلومات الآتية للفلزات التي لها الرموز الافتراضية (X، Y، Z، M) وجميعها تكون على شكل أيونات ثنائية موجبة الشحنة في مركباتها، ثم أجب عن الفقرتين (٢٢، ٢٣)
  - تستطيع أيونات الفلزات Z، Y، M أكسدة الفلز X.
  - الفلز Z يختزل أيونات الفلز M من محاليله ولا يختزل أيونات الفلز Y من محاليله.

٢٢- العبارة الصحيحة:

أ) لا يمكن حفظ محلول أحد أملاح X في وعاء مصنوع من الفلز Y

ب) العامل المختزل الأضعف X

ج) يمكن تحريك محلول الفلز Y بملعقة مصنوعة من الفلز Z

د) الخلية التي يكون لها جهد معياري أعلى قطباها Y / X

٢٣- في الخلية الغلفانية قطباها M / Z :

أ) القطب Z مهبط ب) تقل كتلة القطب M ج) القطب M مصعد د) يقل تركيز أيونات M

٢- خلية غلفانية قطباها A / B إذا علمت أن:

- أيونات الفلز A تستطيع أكسدة الفلز B
- قيم جهود الاختزال المعيارية لقطبي الخلية (-٠,١٨) فولت و (-٠,٧٦) فولت

فإن قيمة:

أ) $E^\circ_{\text{اختزال (B)}} = -٠,١٨$ فولت

ب) $E^\circ_{\text{اختزال (A)}} = -٠,٧٦$ فولت

ج) $E^\circ_{\text{الخلية}} = ٠,٩٤$ فولت

د) $E^\circ_{\text{الخلية}} = ٠,٥٨$ فولت

وزاري 2021 تكميلي :

- يتضمن الجدول المجاور عددًا من الخلايا الغلفانية لعناصر فلزية لها رموز افتراضية، لأيوناتها شحنة ثنائية موجبة في مركباتها، ومعلومات عنها. ادرسه ثم أجب عن الفقرات (٢١، ٢٢، ٢٣، ٢٤).

علمًا بأن قيمة E° لنصف تفاعل الاختزال الآتي يساوي: (- ٢,٣٧ فولت) $X^{2+} + 2e^- \longrightarrow X$

الخلايا الغلفانية	المعلومات
G/Y	يقل تركيز أيونات G^{2+} في نصف خلية القطب G
Z/M	Z أقوى كعامل مختزل من M
Z/G	لايمكن حفظ أيونات Z في وعاء مصنوع من G
X/Y	ترسبت ذرات Y عند وضع قطعة من الفلز X في محلول أيونات Y^{2+}
X/G	جهد الخلية E° يساوي ٢,١٤ فولت
G/M	جهد الخلية E° يساوي ٠,٥٧ فولت

٢١- صيغة الأيون الذي يستطيع أكسدة الفلز G ولا يستطيع أكسدة الفلز M :

أ) Z^{2+} ب) Y^{2+} ج) M^{2+} د) X^{2+}

٢٢- العامل المختزل الأضعف، هو:

أ) G ب) M ج) X د) Y

٢٣- خلية غلفانية قطباها X/M ، فإن جهدها المعياري E° (فولت)، يساوي:

أ) ١,٧١ ب) ١,٠٣ ج) ٢,٠٣ د) ٢,٧١

٢٤- في الخلية الخلفانية قطباها Z/Y ، فإن العبارة الصحيحة:

أ) القطب Y يمثل المهبط

ب) يزداد تركيز أيونات Z^{2+} في نصف خلية القطب Z

ج) تتحرك الإلكترونات من Y الى Z

د) يمكن حفظ أملاح الفلز Z في وعاء مصنوع من Y

خامساً: تطبيقاتٌ عمليّة للخليّة الجلفانيّة

أولاً :البطاريات :

تُعَدُّ البطّارياتُ منَ التطبيقات العمليّة المهمّة للخلايا الجلفانيّة؛ إذ تحدثُ فيها تفاعلاتُ تأكسد واختزال تلقائيّة تتحوَّلُ فيها الطاقة الكيميائيّة إلى طاقة كهربائيّة، وتختلفُ البطّاريات في ما بينها في مكوّناتها، ومن ثَمَّ تختلفُ تفاعلاتُ التأكسد والاختزال التي تُولِّدُ الطاقة الكهربائيّة فيها

س) ما أوجه الشبه واوجه الاختلاف بين البطاريات ؟

تتشابه البطاريات في أنها تحدثُ فيها تفاعلاتُ تأكسد واختزال تلقائيّة تتحوَّلُ فيها الطاقة الكيميائيّة إلى طاقة كهربائيّة

وتختلفُ البطّاريات في ما بينها في مكوّناتها، ومن ثَمَّ تختلفُ تفاعلاتُ التأكسد والاختزال التي تُولِّدُ الطاقة الكهربائيّة فيها.

س) ما أنواع البطاريات ، مع ذكر أمثلة عليها .

1) البطّارياتُ الأوليّة التي تُستخدَمُ مرّةً واحدة ولا يمكن إعادة شحنها، مثل: البطّاريات الجافّة، والبطّاريات الجافّة القلويّة

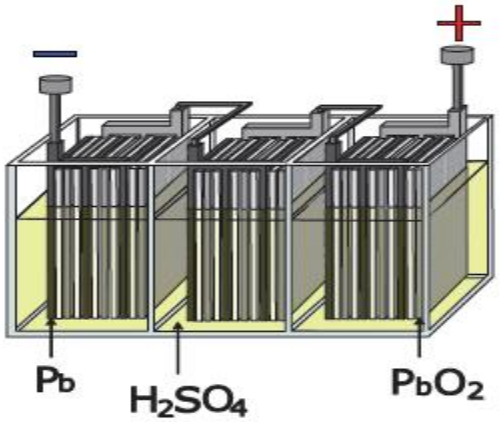
2) لبطّارياتُ الثانويّة، وهي قابلةٌ لإعادة الشحن، مثل: بطّاريات التخزين، كالمركم الرصاصي (بطّاريّة الرصاص الحِمضيّة) وبطّاريّة أيون الليثيوم.

الآن سيتم الشرح عن البطاريا ت وانواعها :

أ) بطّاريّةُ الرصاص للتخزين (بطارية ثانوية)

1) تُعَدُّ بطّاريّة الرصاص الحِمضيّة (المركم الرصاصي) مثالً على البطّاريات الثانويّة؛ أي يمكنُ إعادةُ شحنها، وتتكوَّنُ من سِتِّ خلايا جلفانيّة تتكوَّنُ كلٌّ منها من ألواح منَ الرصاص تمثلُ فيها المِصعد(القطب السالب)، وألواحٍ منَ الرصاص المغلَّف بأكسيد الرصاص IV PbO_2 تمثلُ المِهبط. (القطب الموجب)

2) تُرَتَّبُ هذه الأقطابُ (الخلايا) بوعاء بلاستيكي مقوّى بطريقة متبادلة تفصلُ بينها صفائحُ عازلةٌ، وَتُغمَرُ في محلول حِمض الكبريتيك(المحلول الكهرلي) الذي كثافته $1.28g\backslash cm^3$ ، وتوصلُ ببعضها على التوالي.



أنصافُ التفاعلات التي تحدثُ بطارية المركم الرصاصي الحمضية : (التفاعل في وسط حمضي) (عملية التفريغ)

تفاعل المِصعد: $Pb + HSO_4^- \rightarrow PbSO_4 + H^+ + 2e^-$

تفاعل المِهبط: $PbO_2 + 3H^+ + HSO_4^- + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$

التفاعل الكلي: $Pb + PbO_2 + 2H^+ + 2HSO_4^- \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$

$E^0_{Cell} = 2V$

معلومة : جهد الخليّة الواحدة يساوي 2v تقريبًا؛ أي أنَّ البطّاريّة تعطي فرقَ جهد يساوي 12v

(جهد هذه الخلية E يساوي 2.0 فولت، إذا تم وصل 6 خلايا على التوالي ، فان جهد هذه الخلية تعطي قوة دافعة كهربائية مقدارها 12 فولتاً)

ما جهد الخلية القياسي لخلية واحدة في بطارية السيارة؟

الاجابة : 2V

ملاحظات هامة :

1) يُلاحظُ منَ المعادلات الكيميائيّة أنَّ حِمض الكبريتيك يُستهلَكُ نتيجة استخدام البطّاريّة؛ ممّا يؤدي إلى نقصان كثافته؛ لذلك يمكنُ مراقبة كفاءة البطّاريّة من خلال قياس كثافة حِمضِها

2) عند شحن البطّاريّة بواسطة تيّار كهربائي يجري عكسُ تفاعُلَيِّ التأكسدِ والاختزال، ومن ثَمَّ التفاعل الكُلي في البطّاريّة، وفي السيارات تجري عمليّةُ الشحن بشكل تلقائي ومستمرٍّ بواسطة مولِّد التيّار)الدينامو(المُتَّصِلِ بمحرّك السيّارة ويتراوح عمرُ البطّاريّة من 3- 5 سنوات تقريبًا

3) تَفقِدُ بطّاريّةُ السيّارة صلاحيَّتَها بعد بضع سنوات منَ استخدامها، رغمَ إمكانيّة إعادة شحنها نظريًّا عددًا لا نهائيًّا منَ المرّات.(فسر) إنها تفقدُ صلاحيَّتَها نتيجة فقدان جزء من مكوّناتها، مثل $PbSO_{4(s)}$الذي يتكوَّنُ نتيجة عمليَّتي التأكسدِ والاختزال اللتين تحدثان فيها، ونتيجة الحركة المستمرَّة للمركَبات على الطرق، التي تؤدي إلى تساقطه عن ألواح الرصاص، ومن ثَمَّ عدم دخوله في التفاعل العكسي، الذي يؤدي إلى إعادة شحن البطّاريّة.

عندما يعادُ شحن بطّاريّة قابلة لإعادة الشحن(ثانوية) تعملُ الخليّة كخليّة تحليل كهربائي اي تتحول فيها الطاقة من كهربائية الى كيميائية

س) أكتبُ معادلة التفاعل الكُلي الذي يحدثُ في بطّاريّة الرصاص الحِمضية خلالَ شحنها (يتم تزويد البطارية عند الشحن بمصدر فرق جهد خارجي يعطي اكبر من 12 فولت)

$$2PbSO_4 + 2H_2O \rightarrow Pb + PbO_2 + 2H^+ + 2HSO_4^-$$

ب) **بطّاريّة أيون الليثيوم** (بطارية ثانوية)

تُعَدُّ بطّاريّة أيون الليثيوم من أكثر أنواع البطّاريات استخدامًا في الوقت الحاضر، وقد استُخدمت للمرَّة الأولى عام 1991 ، أمّا اليوم فإنها تُعَدُّ مصدرَ الطاقة الرئيس للعديد من وسائل التكنولوجيا وأدواتها في المجالات المختلفة؛

حيث تُستخدَمُ في السيارات الكهربائيّة والحواسيب والهواتف المحمولة والعديد منَ الأجهزة الكهربائيّة الاستهلاكيّة الأخرى.

تتكوَّنُ بطّاريّة أيون الليثيوم من عدّة خلايا مُتَّصلة ببعضها، تتكوَّنُ كلٌّ منها من ثلاثة مكوّنات رئيسة، هي:

1) المِصعد (القطب السالب): يتكوَّنُ عادةً منَ الجرافيت،(اهميته) الذي يتميَّزُ بقدرته على تخزين (استيعاب) ذرّات الليثيوم وأيوناته دونَ التأثير فيها.

2) المِهبط (القطب الموجب): يتكوَّنُ من بلّورات لأكسيد عنصر انتقالي، مثل أكسيد الكوبلت (IV , CoO_2) الذي يمكنه أيضًا تخزينُ (استيعاب) أيونات الليثيوم، مثل الجرافيت

3) المحلول الإلكتروليتي: يتكوَّنُ من محلول لامائي لأحد أملاح الليثيوم ومذيب عضوي يذوب فيه الملح، وعادةً يُستخدَمُ $LiPF_6$ (سداسي فلور فوسفيد الليثيوم) مُذابًا في كربونات الإيثيلين $CH_2CH_2CO_3$ (مذيب عضوي)، وتولِّدُ خلايا أيون الليثيوم الكهرباءَ من خلال تفاعل التأكسد والاختزال الآتي:

نصف تفاعل التأكسد: $Li_{(s)} \rightarrow Li^+ + e^-$

نصف تفاعل الاختزال: $Li^+ + CoO_2 + e^- \rightarrow LiCoO_{2(s)}$

التفاعل الكلي: $Li_{(s)} + CoO_2 \rightarrow LiCoO_{2(s)} \quad E_{cell} = 3.4\,V$

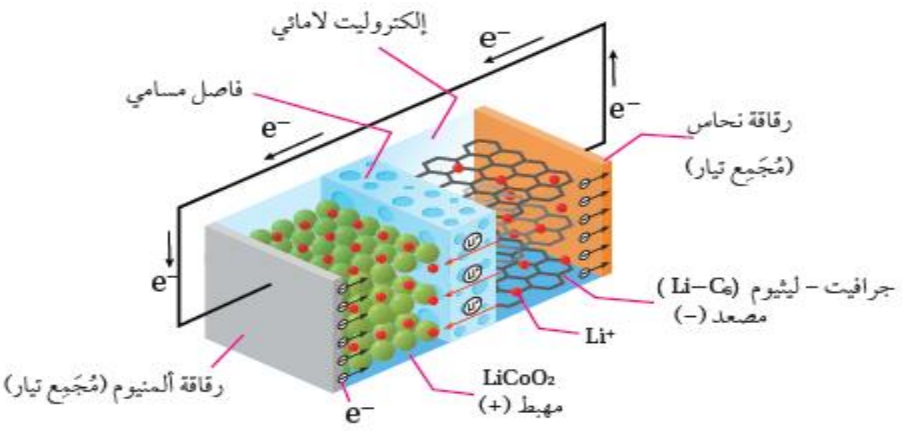
ملاحظات :

1) تتأكسدُ ذرّات الليثيوم عند المِصعد متحوّلة إلى أيونات Li^+ ، تنتقلُ عبرَ المحلول الإلكتروليتي باتجاه المِهبط، بينما تتحرَّكُ الإلكتروناتُ عبرَالدارة الخارجيّة منَ المِصعد إلى المِهبط؛ حيث تختزِلُ أيونات الكوبلت من Co^{4+} في أكسيد الكوبلت CoO_2 إلى Co^{3+} في $LiCoO_2$ (يقل عدد تاكسده بمقدار 1)

2) عند شحن البطارية : يتأكسد $LiCoO_2$ وتتحرك ايونات الليثيوم عبر المحلول الالكتروليتي باتجاه نصف خلية الجرافيت حيث تختزل

ايونات الليثيوم دائما تتحرك عبر المحلول الالكتروليتي

الجرافيت كربون سداسي (يشبه خلية النحل) وبالتالي يكون له مساحة كبيرة لتخزين ايونات الليثيوم



س) ميزات بطارية أيون الليثيوم :

1) أنَّ لليثيوم أقلَّ جهد اختزال معياري؛ أي أنه أقوى عامل مختزل.

2) أخفُّ عنصر فِلِزّي؛ حيث إنَّ 6.941g منه (كتلته الموليّة) كافيةٌ لإنتاج 1 مول منَ الإلكترونات؛ أي أنَّ البطّاريّة خفيفة الوزن

3) كثافة طاقتها عالية 4) يمكن إعادة شحنها مئات المرّات

س) 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.

ج. تختزلُ أيونات الليثيوم Li^+ د . تتحرَّكُ أيوناتُ الليثيوم Li^+ باتجاه نصف خليّة الجرافيت

الاجابة : ب

س) كم تبلغ قيمة جهد خلية ايون الليثيوم ؟ الاجابة : 3.4 V

ج) خلايا الوقود (الربط مع الحياة) :

هي خلايا جلفانيّةٌ تنتج الطاقة الكهربائية من تفاعل غازي الأكسجين والهيدروجين وفق المعادلة الآتية:

$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$، وتتميز عن البطاريات بأنها لا تنضب ولا تحتاج إلى شحن، وقد استخدمت هذه الخلايا في تزويد المركبات الفضائية بالطاقة، وتستخدمها المستشفيات في توليد الطاقة حال انقطاع التيار الكهربائي، وتستخدم في عدة دول في تشغيل بعض الحافلات والسيارات .

شحنُ البطارية (الربط مع الحياة)

تَجمَعُ البطّارياتُ القابلةُ لإعادة الشحن بين كيمياء كلٍّ منَ الخلايا الجلفانيّة وخلايا التحليل الكهربائي. فعند استخدام الأجهزة المحتوية عليها، كالهاتف الخلوي أو السيّارة الكهربائيّة، تُحَوَّلُ الطاقةُ الكيميائيّة إلى كهربائيّة؛ أي تعملُ كخليّة جلفانيّة، أما عند شحن البطاريّة فإنها تعملُ كخليّة تحليل كهربائي تُحَوَّلُ الطاقةَ الكهربائيّة، التي تزوَّدُ بها، إلى كيميائيّة؛ حيث ينعكسُ اتجاهُ حركة الإلكترونات فيها، ويحدثُ التفاعلُ العكسيُّ للتفاعل المنتج للتيار الكهربائيَّ في البطاريّة.

ثانياً : تآكلُ الفِلِزّاتCorrosion of Metals (عملية تلقائية)

س) ما المقصود بتآكل الفلزات ؟

بأنه تفاعلُها معَ الهواء الجوي والموادِ في البيئة المحيطة، فتفقدُ العديدَ من خصائصها وتتحوَّلُ إلى موادَّ جديدةٍ أكثرَ ثباتًا كيميائيًّا، كأكاسيد الفِلِزّات وهيدروكسيداتها وكبريتيداتها وكربوناتها.

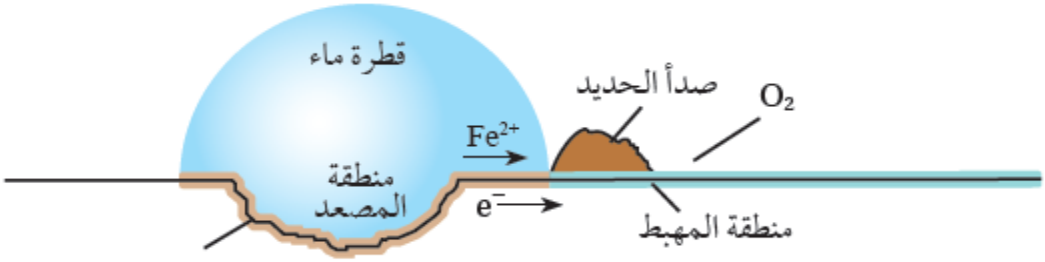
ملاحظة :

لتآكل الفلزات أضرارٌ اقتصاديّة كبيرة؛ فمثلً يتآكلُ الحديدُ بفعل الهواء الجوي الرطب وينتج صدأ الحديد الصُّلب الهش، الذي يحتاجُ تعويضُ خسائره إلى خمس كميّة الحديد المُستخرَج سنويًّا. يُصنَعُ منَ الحديد الهياكلُ الرئيسة للجسور والمباني والسيارات؛ لذلك فإنَّ منع تآكله يُعَدُّ أمرًا بالغ الأهميّة، ولتحقيق ذلك لا بُدَّ أوَّلَ من معرفة آليّة تآكل الحديد.

س) وضح آلية تآكل الحديد (تكون صدأ الحديد)

1) يتآكلُ بفعل تفاعل كهروكيميائي يحدث بوجود الأكسجين والماء معًا.

2) إذ يتأكسدُ الحديدُ عند تَكَشُّفِ سطحه بفعل شقٍّ أو كشطٍ أو كسرٍ إلى أيونات الحديد Fe^{+2} ، فيصبحُ هذا الجزءُ مِصعدَ الخليّة، وتتحرَّكُ الإلكتروناتُ الناتجة عن تأكسده من منطقة الحديد المُغَطّاه بقطرة الماء إلى حافتها حيثُ يوجدُ الهواءُ والقليلُ منَ الماء، وهناك يُختَزَلُ أكسجينُ الهواء مكوّنًا أيوناتِ الهيدروكسيد OH^-، وتمثلُ هذه المنطقةُ مِهبط الخليّة.



اختزال/ مهبط: $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ تأكسد/ مصعد: $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$

3)تتحرَّكُ أيوناتُ الحديد Fe^{+2} من مركز القطرة باتجاه حافتها، وتتحرَّكُ أيوناتُ الهيدروكسيد OH^- بالاتجاه المعاكس، وتتفاعلان عند التقائهما وينتج هيدروكسيد الحديد II $Fe(OH)_2$

، ($Fe^{+2} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2$)

4) يتاكسد هيدروكسيد الحديد II ($Fe(OH)_2$ II) مكوّنًا الصَّدأ، حَسَبَ المعادلة الكيميائيّة الآتية:

$$4Fe(OH)_{2(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_3 . H_2O_{(s)} + 2H_2O_{(l)}$$

وصدأ الحديد مادَّةٌ صُلبةٌ هَشَّةٌ بُنِّيَةِ اللون تتكوَّنُ على الأشياء الحديديّة وتتقشَّرُ بسهولة مُعَرِّضَةً سطحَ الحديد أسفلَ منها لمزيد منَ التآكل.

س) أُفَسِّر: يُعَدُّ تآكلُ الحديد خليّةً جلفانيّة.

يتآكلُ الحديد بفعل تفاعل كهروكيميائي يحدث بوجود الأكسجين والماء معًا ، إذ يتأكسدُ الحديدُ عند تَكَشُّفِ سطحه بفعل شقٍّ أو كشطٍ أو كسرٍ إلى أيونات الحديد Fe^{+2} ، فيصبحُ هذا الجزءُ مِصعدَ الخليّة، وتتحرَّكُ الإلكتروناتُ الناتجة عن تأكسده من منطقة الحديد المُغَطّاه بقطرة الماء إلى حافتها حيثُ يوجدُ الهواءُ والقليلُ منَ الماء، وهناك يُختَزَلُ أكسجينُ الهواء مكوِّنًا أيوناتِ الهيدروكسيد OH^-، وتمثلُ هذه المنطقةُ مِهبط الخليّة.

س) اكتب الصيغة الكيميائية لصدأ الحديد .

الاجابة : $Fe_2O_3.H_2O$

س) حدد المصعد والمهبط في خلية تآكل الحديد .

المصعد : المنطقة المكشوطة او المكشوفة من الحديد المحاطة بقطرات الماء

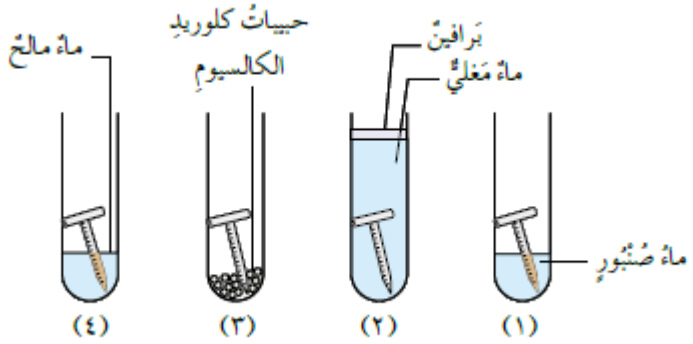
المهبط : حافة المنطقة المغطاة بقطرة الماء . ويوجد الهواء

س) حدد المادة التي تتاكسد والمادة التي تختزل في خلية تاكل الحديد .

تتاكسد ذرات الحديد الى ايونات الحديد Fe^{+2} حسب المعادلة : $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$

يختزل اكسجين الهواء الى ايونات الهيدروكسيد OH^- حسب المعادلة $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$

س) في اي الاشكال الآتية يمكن ان يتكون صدأ الحديد ؟



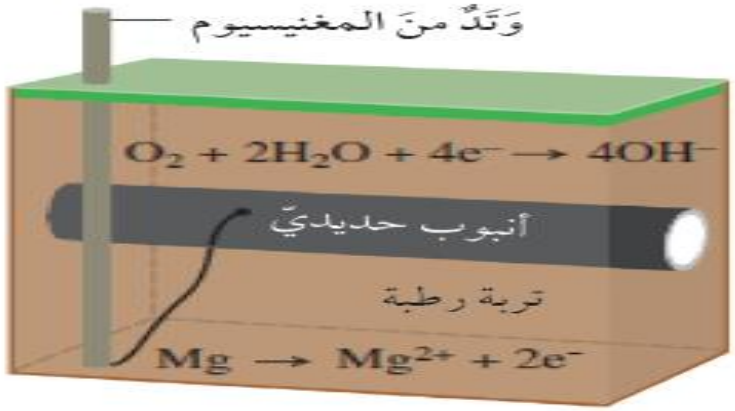
الاجابة : الانبوب 1 ، والانبوب 4 (شرط تكون الصدأ وجود الماء والاكسجين معاً)

س) كيف يمكن حماية الحديد من التآكل ؟

طريقةُ الحماية المِهبطيّة ، التي تُستخدَمُ لحماية خطوط الأنابيب الحديديّة المدفونة في الأرض (الغاز أو النَّفط) وأجسام السُّفن. وتعتمدُ هذه الطريقة على تشكيل خليّة جلفانيّة يكونُ فيها الحديدُ المِهبط، وأحدُ الفِلِزّات النَّشِطة (مغنيسيوم، خارصين) المِصعد، أمّا التربةُ الرطبةُ أو مياهُ البحر فتمثلُ المحلولَ الإلكتروليتي

س) وضح الية الحماية المهبطية في حماية الحديد من التآكل.

توصل الأنابيبُ الحديديّة بأوتاد منَ المغنيسيوم، (أنظرُ الشكل) هنا يتأكسدَ المغنيسيوم (المِصعد) وانتقالَ الإلكترونات عبرَ السلك المعزول إلى الأنبوب الفولاذي (المِهبط)، فَتُختَزَلُ جُزيئاتُ الأكسجين، وبذلك يتأكسد المغنيسيوم ويحمي الحديدَ منَ التآكل. أمّا في السُّفن، فَتُوصَلُ أقطابٌ منَ المغنيسيوم بهيكل السفينة لتجري حمايتُها بالطريقة السابقة نفسِها، وَتُستَبْدَلُ أقطاب المغنسيوم المتآكلة بأقطابٌ أخرى بشكل دوري.



الحماية المهبطية : من طرائق حماية الحديد منَ التآكل، يتم فيها تشكيلُ خليّة جلفانيّة يكونُ فيها الحديدُ

المهبطُ وأحدُ الفِلِزّات النشطة(مغنيسيوم، خارصين) المِصعدَ، أمّا التربةُ الرطبةُ أو مياهُ البحر فتمثلُ المحلولَ الإلكتروليتي.

(يعني مختصر الكلام انه المغنيسيوم او الخارصين يتاكسد بدل الحديد)

معادلة التاكسد اثناء الحماية المهبطية : $Mg \rightarrow Mg^{+2} + 2e^-$

معادلة الاختزال اثناء الحماية المهبطية : $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$

س) أُفَسِّرُ استخدامَ المغنسيوم أو الخارصين في الحماية المِهبطيّة للحديد. (هام جداً)

وذلك لأن كل من المغنيسيوم والخارصين أكثر نشاطا من الحديد ولها جهد اختزال أقل منه، لذلك تتأكسد هذه الفلزات ولا يتأكسد الحديد وتنتقل الإلكترونات الناتجة عن تأكسدها إلى الحديد الذي يشكل المهبط حيث يختزل الأكسجين .

س) الفِلِزُّ الذي يوفِّرُ لجسر حديدي أفضلَ حماية مِهبطيّة منَ التآكل:

أ) Au ب) Sn ج) Mg د) Cu

الدرس الثالث : خلايا التحليل الكهربائي :

مقدمة :

تنتج الخلايا الجلفانيّةُ تيارًا كهربائيًّا بسبب حدوث تفاعل تأكسد واختزال تلقائي فيها، وَيُستفادُ منها كمصدر للطاقة في تشغيل العديد منَ الأجهزة الكهربائيّة، بينما هناك تفاعلاتُ تأكسد واختزال لا تحدث بشكل تلقائي، ويتطلَّبُ حدوثُها تزويدَها بطاقة كهربائيّة من مصدر خارجي، عندها تُسَمّى الخليّةُ المستخدمةُ خليّةَ تحليل كهربائي.

س) ما المقصود بخلايا التحليل الكهربائي ؟

الاجابة : خليّةٌ كهروكيميائيّة يحدثُ فيها تفاعلُ تأكسد واختزال غيرُ تلقائي بفعل الطاقة الكهربائيّة.

(تتحول الطاقة فيها من كهربائية الى كيميائية)

س) ماذا توقع ان تكون اشارة جهد خلية التحليل الكهربائي ؟

الاجابة : سالبة

س) ما المقصود بعملية التحليل الكهربائي ؟

الاجابة : عمليّةُ إمرار تيّار كهربائي في مصهور أو محلول مادَّةٍ كهرليّة؛ ما يُسَبِّبُ حدوثَ تفاعل تأكسد واختزال غيرِ تلقائي.

س) ما اهمية عملية التحليل الكهربائي؟

1) من خلالها تُشحَنُ البطّاريات

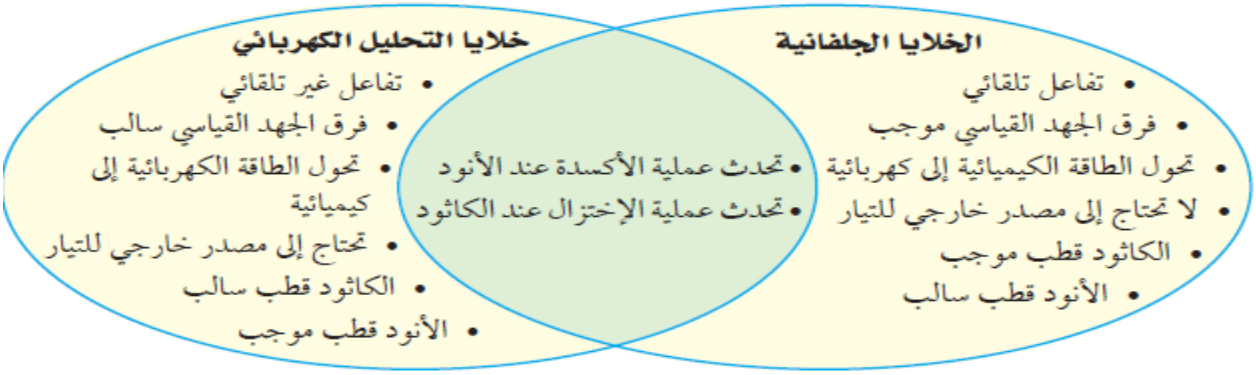
2) وَتُستعمَلُ في استخلاص العديد منَ الفِلِزّات النشطة من مصاهيرها،كالصوديوم والألمنيوم3

3) وَتُستخدَمُ في تنقية الفِلِزّات والطِّلاء الكهربائي لبعضها،سواء لحمايتها منَ التآكل أو لإكسابها مظهرًا جميلًا

**** مبدأ عمل خلية التحليل الكهربائي: تحول خلية التحليل الكهربائي الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية من خلال إمرارتيار كهربائي في محلول أو مصهور مادة كهرلية مما يؤدي إلى حدوث تفاعل تأكسد واختزال غير تلقائي الحدوث**

س) قارن بين الخلايا الجلفانية وخلايا التحليل الكهربائي كما في الجدول الاتي .

وجه المقارنة / نوع الخلية	الخلية الجلفانية	خلية التحليل الكهربائي
تحولات الطاقة	من كيميائية الى كهربائية	من كهربائية الى كيميائية
شحنة المصعد	سالبة	موجبة
شحنة المهبط	موجبة	سالبة
تلقائية التفاعل	تلقائي	غير تلقائي
اشارة E^0_{Cell}	موجبة	سالبة



س) عند استخدام آلة تصوير ذات بطّاريّة قابلة لإعادة الشحن، أُجيبُ عنِ الأسئلة الآتية:

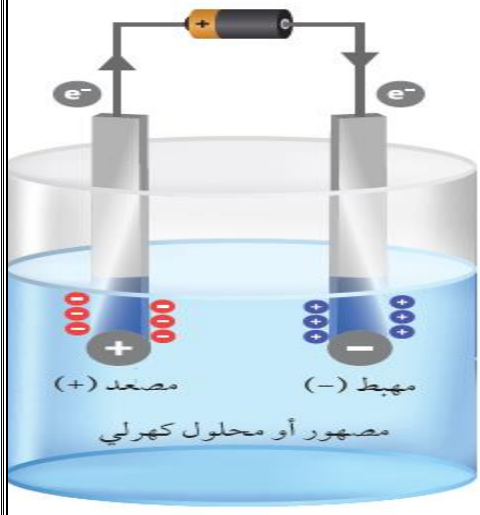
أ. أُقارن تحوُّلاتِ الطاقة خلال عمليّتي الاستخدام والشحن.

ب. أُفَسِّر. تعملُ هذه البطّاريّةُ كخليّة جلفانيّة وخليّة تحليل كهربائي

الاجابات :

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 يحدث تفاعلي تأكسد واختزال غير تلقائيين يمثلان التفاعل العكسي لكل من تفاعلي التأكسد والاختزال الحادثين فيها أثناء الاستخدام وكذلك ينعكس التفاعل الكلي.



مكونات خلية التحليل الكهربائي :

1) وعاء يحتوي على مصهور او محلول مادَّة أيونيّة

2) وأقطاب خاملة منَ الجرافيت أو البلاتين (اقطاب خاملة لا تدخل في التفاعلات اثناء عملية التحليل الكهربائي ، توفر السطح المناسب لحدوث التفاعل)

3) وبطّاريّة وأسلاك توصيل

وظيفة البطارية في خلية التحليل الكهربائي (معلومات استنتاجية)

1) تحريك الايونات الموجبة والسالبة نحو الاقطاب المخالفة لها بالشحنة

2) تعمل على دفع الالكترونات عبر الاسلاك والتسبب في تفاعل التاكسد والاختزال .

اولاً: التحليل الكهربائي لمصاهير المواد الايونية

ملاحظات هامة

1) يُوصَلُ أحدُ الأقطاب بقطب البطّاريّة السالب،وَيُسَمّى المِهبط،(لذلك شحنة المهبط سالبة) بينما يَتَّصِلُ القطبُ الآخر بقطبها الموجب، وَيُسَمّى المِصعد (لذلك المصعد شحنته موجبة) .

2) يحتوي مصهورُ المادَّة الأيونيّة على أيونات موجبة وسالبة، وعند إمرار تيار كهربائي فيه تتحرَّكُ الأيوناتُ باتجاه الأقطاب المخالفة لها في الشحنة؛ حيث تتحرَّكُ الأيوناتُ الموجبة باتجاه القطب السالب (المِهبط) وتُختَزَل، أمّا الأيوناتُ السالبة فتتحرَّكُ باتجاه القطب الموجب (المِصعد) وتتأكسد.

3) التفاعل الذي يحدث في الخليّة غير تلقائي؛ لِذا يجب أن يكون جهدُ البطّاريّة المُستخدَمَةِ لإحداثه أكبرَ من جهد الخليّة.

مثال 1: التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم NaCl

1) يحتوي مصهورُ NaCl على أيونات Na^+ و Cl^- ، عند إغلاق الدارة الكهربائيّة ومرور تيّار كهربائي عبرَ الأسلاك تتحرَّكُ الايونات نحو الاقطاب المخالفة لها بالشحنة .

2) حيث تتحرَّكُ أيوناتُ الصوديوم Na^+ باتجاه المِهبط، (القطب السالب) وتحدث لها عمليّة اختزال، وتتكوَّنُ ذرّاتُ الصوديوم، كما في المعادلة الآتية :

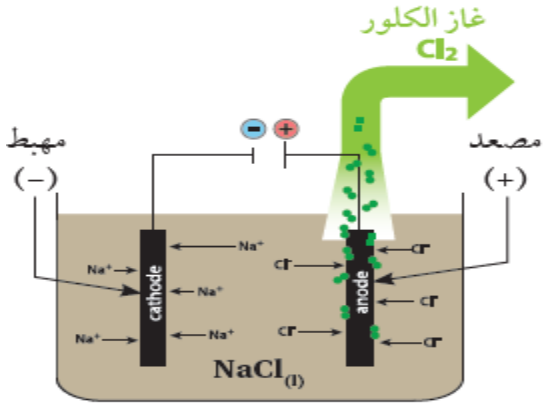
نصف تفاعل الاختزال / مِهبط: $Na^+_{(l)} + e^- \rightarrow Na_{(l)}$

3) أمّا أيوناتُ الكلوريد Cl^- فتتحرَّكُ باتجاه المِصعد؛ حيث تتأكسد مكوّنَةً غازَ الكلور، كما في المعادلة الآتية:

نصف تفاعل التأكسد/ مِصعد: $2Cl^-_{(l)} \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$

4) ولإيجاد التفاعل الكُلي في الخليّة يُجمَعُ نصفُ تفاعل التأكسد ونصفُ تفاعل الاختزال بعد مساواة عدد الإلكترونات المفقودة والمُكتسَبة:

التفاعل الكُلي: $2Na^+_{(l)} + 2Cl^-_{(l)} \rightarrow 2Na_{(l)} + Cl_{2(g)}$



س) اتوقع جهد البطارية اللازم لاحداث التحليل الكهربائي لمصهور NaCl اذا عمت أن :

$$Na^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Na_{(l)} \qquad E^\circ_{Na} = -2.71\ V$$

$$Cl_{2(g)} + 2e^- \rightleftharpoons 2Cl^-_{(aq)} \qquad E^\circ_{Cl_2} = 1.36\ V$$

الحل :

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{Na(cathode)} - E^\circ_{Cl_2(anode)}$$

$$E^\circ_{cell} = -2.71 - 1.36 = -4.07\ V$$

يُلاحظُ أنَّ جهدَ الخليّة المعياري للتفاعل سالب؛ ما يعني أنَّ التفاعلَ غيرُتلقائي، وأنه يحدثُ بسبب تزويد الخليّة بفرق جهد كهربائي منَ البطّاريّة يزيد على جهد الخليّة المعياري؛ أي أكبر من (V4.07)

معلومة هامة جداً :

وَتُستخدَمُ عمليّةُ تحليل مصهور NaCl كهربائيًّا لاستخلاص الصوديوم صناعيًّا، كما تُستخلَصُ معظمُ الفِلِزّات النشطة، كالليثيوم والبوتاسيوم غالبًا، من مصاهير كلوريداتها بتحليلها كهربائيًّا.

مثال 2: أُجيبُ عنِ الأسئلة الآتية المتعلِّقة بالتحليل الكهربائي لمصهور $CaBr_2$.

(جهد اختزال المغنيسيوم المعياري V 2.76- ، وجهد الاختزال المعياري للبروم 1.07V)

1) أكتبُ نصفَ تفاعل التأكسد ونصفَ تفاعل الاختزال في خليّة التحليل الكهربائي.

2) أستنتجُ نواتجَ التحليل الكهربائي للمصهور.

3) أتوقعُ جهدَ البطّاريّة اللازمَ لإحداث تفاعل التحليل الكهربائي للمصهور

الحل :

1)

معادلة الانصهار $CaBr_{2(s)} \xrightarrow{\Delta} Ca^{2+}_{(l)} + 2Br^{-}_{(l)}$

نصف التاكسد $2Br^- \rightarrow Br_2 + 2e^-$

نصف الاختزال $Ca^{2+} + 2e^- \rightarrow Ca$

2) نواتج التحليل الكهربائي: تكون الكالسيوم Ca عند المهبط ، وتكون البروم Br_2 عند المصعد .

3)

$E°cell = E°cathode - E°anode$

$E°cell = -2.76 – 1.07$

$E°cell = -3.83\ V$

جهد البطارية اللازم يزيد عن (3.83V)

مثال 3: وزاري 2018.

خلية تحليل كهربائي تحتوي مصهور $MgCl_2$ فاذا علمت ان جهود الاختزال المعيارية :

($E^0Cl_2 = 1.36\ V$, $E^0Mg^{+2}=-2.37\ V$) اجي عن الاسئلة الاتية :

1) اكتب معادلة نصف التفاعل / المصعد 2) اكتب معادلة نصف التفاعل / المهبط

3) ما مقدار جهد البطارية اللازم للتفاعل ؟ 4) ما شحنة قطب المصعد في التفاعل ؟

مثال 4: ما نواتج التحليل الكهربائي لمحلول هيدريد الصوديوم NaH ؟

(اذا علمت ان جهد الاختزال المعياري للصوديوم -2.71V)

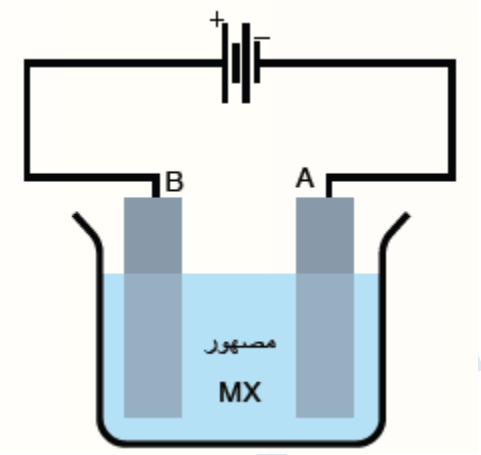
الحل : عند المصعد تصاعد غاز H_2 ، عند المهبط يتكون الصوديوم

س) اكتب معادلة نصف التفاعل / المصعد للمثال السابق .

$$2H^- \longrightarrow H_{2(g)} + 2e^-$$

مثال 5: سؤال 4 صفحة 130:

أدرسُ الشكلَ المجاور، الذي يمثلُ خليّة تحليل كهربائي لمصهور المركّب الأيوني M^+X^- 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.

ج. أُحَدِّدُ القطبَ الذي تحدثُ عنده عمليّةُ التأكسد.

د . أُحَدِّدُ القطبَ الذي تتكوَّنُ عنده ذرّاتُ العنصر M.

الحل :

أ) المصعد B ، المهبط A

ب) تتحرك الالكترونات من المصعد B للمهبط A، بينما تتحرك الايونات السالبة X^- باتجاه القطب B بينما تتحرك الايونات الموجبة M^+ باتجاه القطب A(تتحرك الايونات نحو الاقطاب المخالفة لها بالشحنة)

ج) B د) A

اسئلة عامة :

1) في التحليل الكهربائي لمصهور KI باستخدام اقطاب بلاتين ينتج عند المهبط :

أ) H_2 ب) K ج) I_2 د) O_2

الاجابة :ب

2) اكتب معادلة تفاعل المهبط في عملية التحليل الكهربائي لمصهور Al_2O_3.

الحل : $Al^{+3} + 3e^- \rightarrow Al$

3) اي العبارات تتفق وخلية التحليل الكهربائي ؟

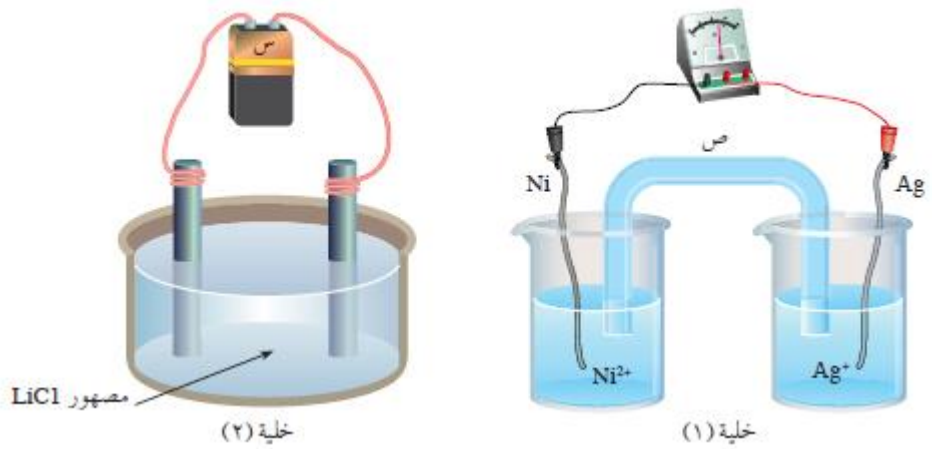
أ) شحنة المصعد سالبة ب) E^0 للخلية موجب ج) شحنة المهبط موجبة د) E^0 للخلية سالب

الاجابة : د

4) خلية تحليل كهربائي جهدها المعياري V 2.5- ، فان جهد البطارية اللازمة للتفاعل (فولت) :

أ) 2.5 ب) أقل من 2.5 ج) اكبر من 2.5 د) 1

5) يمثل الشكل المجاور خليتان كهروكيميائيتان ، ادرسه جيدا ، ثم اجب عما يليه :



أ) ما نوع الخلية 1؟ ب) ما تحولات الطاقة في الخلية (1)

ج) ماذا يمثل الرمز (ص) في الخلية (1) وما دوره ؟ د) ما التفاعل الذي يحدث عند المهبط في الخلية (2) ؟

هـ) ما التفاعل الذي يحدث عند المصعد في الخلية (1) و) ماذا يمثل الرمز (س) في الخلية (2) وما دوره ؟

6) (سؤال قدرات عليا) ما نواتج التحليل الكهربائي لمزيج من مصهوري $CdCl_2$ و $MnBr_2$

ثانياً: التحليل الكهربائي لمحاليل المواد الكهرلية :

ملاحظات هامة :

1) يحتوي المحلولُ المائي للمادَّة الأيونيّة على الأيونات الموجبة والسالبة الناتجة عن تفكُّكها وعلى جُزيئات الماء ، لذلك عند تحليل محلول مائي لمركَّب أيوني كهربائيًّا يُؤخَذُ بالحسبان حدوثُ تأكسدٍ للأيونات السالبة في المحلول أو لجُزيئات الماء، وكذلك يمكن أن يحدث اختزالٌ للأيونات الموجبة أو لجُزيئات الماء في المحلول

2) المادة التي لها أعلى جهد اختزال (يعني ميلها للاختزال اكبر تختزل) ، والمادة التي جهد تاكسدها اكبر تتاكسد

3) قد تختلف نواتجُ عمليّة التحليل الكهربائي لمصهور مركَّب أيوني عنها لمحلوله.

4) هنا يجب عليك حفظ معادلة نصف التاكسد و نصف الاختزال للماء

$$2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4\bar{e} \qquad E^0 = -1.23\ V$$

معادلة تاكسد الماء

انتبه انتبه : في المعادلة السابقة تمثل قيمة الجهد المعطى جهد تاكسد الماء المعياري وليس جهد اختزاله ، احيانا في اسئلة الوزارة يعطي المعادلة على الشكل الاتي :

$$O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^- \rightleftharpoons 2H_2O_{(l)} \qquad E^\circ = 1.23\ V$$

هنا انت اقلب المعادلة واقلب قيمة الجهد

$$2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightleftharpoons H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)} \quad E^\circ_{H_2O} = -0.83\ V$$

معادلة اختزال الماء

الجزء الاول : التحليل الكهربائي لمحلول فلز ممثل + هالوجين

مثال 1 : التحليلُ الكهربائي لمحلول يوديد البوتاسيوم KI

يتفكَّكُ يوديد البوتاسيوم في الماء، حَسَبَ المعادلة :

$$KI_{(s)} \xrightarrow{H_2O} K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$$

وعند تحليل محلول KI كهربائيًّا يُحتَمَلُ اختزالُ أيونات K^+ أو جُزيئات الماء عند المِهبط (كيف اقرر من يختزل) وبالرُّجوع إلى جهود الاختزال المعياريّة لكل منَ البوتاسيوم والماء:

$$K^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons K_{(s)} \qquad E^\circ_K = -2.89\ V$$

$$2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightleftharpoons H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)} \qquad E^\circ_{H_2O} = -0.83\ V$$

يُلاحظُ أنَّ جهدَ اختزال الماء أعلى من جهد اختزال البوتاسيوم؛ أي أنَّ الماء أسهلُ اختزالً من أيونات البوتاسيوم K^+ ؛ لذلك يُختزَلُ الماءُ حسب المعادلة :

لماذا اختزل الماء بدلا من K^+ ؟

لان جهد اختزال الماء اكبر

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

أمّا عند المِصعد فَيُحتَمَلُ تأكسدُ أيونات اليوديد I^- أو جُزيئات الماء وبالرُّجوع إلى جهود الاختزال المعياريّة نجد ان انصاف التفاعلات وقيم جهودها :

$$O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^- \rightleftharpoons 2H_2O_{(l)} \qquad E^\circ = 1.23\ V$$

$$I_{2(s)} + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-_{(aq)} \qquad E^\circ = 0.54\ V$$

ألاحظ أن التفاعل العكسي في المعادلة الأولى يمثل تأكسد الماء، ويمثلُ في المعادلة الثانية تأكسد أيون اليوديد I^- ، وبمعرفة أن جهدَ التأكسد المعياريّ = -E°reduction) لنصف التفاعل، ومقارنة جهود التأكسد لكل منها أجد أنَّ جهدَ تأكسد الماء يساوي(1.23 V-) ، أما جهدَ تأكسد اليود فيساوي (0.54 V-)أي أنَّ جهدَ تأكسد اليود أعلى من جهد تأكسد الماء؛وبالتالي فإنَّه أسهلُ تأكسدًا منَ الماء؛ لِذا تتأكسدُ أيوناتُ اليوديد I^- وينتجُ اليود I_2 عند المِصعد

حسب المعادلة :

نصف تفاعل التأكسد: $2I^-_{(aq)} \rightarrow I_{2(s)} + 2e^-$

اما التفاعل الكلي :

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

اذا تكون نواتج التحليل الكهربائي لمحلول KI كالاتي :

تَكَوُّنُ اليود عند المِصعد وتصاعدُ غاز الهيدروجين عند المِهبط وَتَكَوُّنٌ محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH

ويمكنُ حسابُ جهد الخليّة المعياري كالآتي:

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{H_2O(cathode)} - E^\circ_{I_2(anode)}$$

$$E^\circ_{cell} = -0.83 - 0.54 = -1.37\ V$$

أمّا جهدُ البطّاريّة اللازم لإحداث التفاعل، فيزيد على.(1.37 V) .

مثال 2 : ما نواتج التحليل الكهربائي لمحلول NaCl؟

اعتمادا على المعلومات الاتية :

$$O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^- \rightleftharpoons 2H_2O_{(l)} \qquad E^\circ = 1.23\ V$$

$$2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightleftharpoons H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)} \quad E^\circ_{H_2O} = -0.83\ V$$

جهود الاختزال المعيارية (E^0Na = -2.71 , E^0Cl_2= 1.36)

الحل :

معادلة التفكك :

$$NaCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

عند المصعد (القطب الموجب) (تاكسد) (انتبه المعادلات المكتوبة بالاسفل معادلات انصاف تاكسد)

$$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2\bar{e} \qquad E^0=-1.36$$

$$2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4\bar{e} \qquad E^0=-1.23$$

هنا يتاكسد Cl^- بدلا من الماء على الرغم ان جهد تاكسد الماء اكبر (حالة شاذة)

عند المهبط (القطب السالب) (اختزال) :

$$2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightleftharpoons H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)} \quad E^\circ_{H_2O} = -0.83\ V$$

$$Na^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Na_{(s)} \qquad E^\circ = -2.71\ V$$

هنا تختزل جزيئات الماء (لان جهد اختزالها اكبر)

اذا نواتج التحليل : 1) تصاعد غاز الكلور عند المصعد

2) عند المهبط : تصاعد غاز H_2 وتكون محلول NaOH

س) عند التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم ، احسب جهد البطارية اللازم لاتمام التفاعل .

استنتاج : عند التحليل الكهربائي لمحلول كهرلي لعنصر ممثل وهالوجين (العناصر الممثلة : عناصر 1A، 2A و (Al)) فان الماء يختزل ، ويتصاعد غاز الهيدروجين ويكون OH^- وتتاكسد ايونات المحلول السالبة وينتج الهالوجين X_2 عند المصعد. (عدا الفلور) (هنا نلاحظ ان قيمة PH >7) ([OH-] يزداد)

س) لايمكن استخلاص الصوديوم من محاليل املاحه ؟

لان جهد اختزال الصوديوم المعياري اقل من جهد اختزال الماء لذلك تختزل جزيئات الماء عوضا عنه .

مثال 3: ما نواتج التحليل الكهربائي لكل من المحاليل الاتية ؟

1) محلول KBr

عند المصعد Br_2 ، عند المهبط : تصاعد غاز H_2 وتكون محلول KOH

2) محلول NaF (خطير)

س) لا يمكنُ تحضيرُ غاز الفلور بالتحليل الكهربائي لمحلولNaF.

لان الماء اسهل تاكسدا من ايونات F^- ، حيث أن جهد تاكسد الفلور المعياري (-2.71 V) اقل من جهد تاكسد الماء -1.23 V

مثال 4: وزاري 2008

اذا امكن التحليل الكهربائي لمحلول هيدريد الصوديوم NaH اجب عما يلي :

1) اكتب معادلة كيميائية تمثل التفاعلات الحاصلة على المصعد والمهبط

2) اكتب معادلة التفاعل الكلي .

س) عند التحليل الكهربائي لمحلول KI ، ماذا يحدث للقيم الاتية مع استمرار تشغيل الخلية :

أ) $[OH^-]$ ب) $[I^-]$ ج) PH للمحلول .

مثل هذه الاسئلة اشتغل على التفاعل الكلي ، اذا كانت المادة متفاعلات يقل تركيزها مع الوقت ، اذا كانت نواتج يزداد تركيزها مع الوقت

س) (قدرات عليا) : تنتج خلية تحليل كهربائي أبخرة البروم وغاز الهيدروجين خلال عملية تحليل كهربائي. وقد تبين بعد انتهاء التحليل الكهربائي أن الخلية تحتوي على محلول مركز من هيدروكسيد البوتاسيوم. ما محتويات الخلية قبل عملية التحليل الكهربائي؟

الاجابة : محلول KBr.

الجزء الثاني : التحليل الكهربائي لمحلول فلز انتقالي + هالوجين

مثال 5: التحليل الكهربائي لمحلول $CuBr_2$؟

$$CuBr_{2(s)} \xrightarrow{H_2O} Cu^{2+}_{(aq)} + 2Br^-_{(aq)}$$

يتفكَّكُ بروميد النحاس في الماء، حَسَبَ المعادلة :

عند المهبط : يحتمل اختزالُ أيونات Cu^{+2} أو جُزيئات الماء.

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)} \qquad E^\circ = 0.34\ V$$

$$2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)} \qquad E^\circ = -0.83\ V$$

يُلاحظُ أنَّ جهدَ اختزال النحاس أعلى منه للماء؛ لذلك تكونُ أيوناتُ النحاس Cu^{2+} أسهلَ اختزالاً عند المِهبط .

عند المصعد : فَيُحتَمَلُ تأكسدُ أيونات البروميد Br^- أو جُزيئات الماء

$$2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4\bar{e} \qquad E^0=-1.23$$

$$2Br^- \rightarrow Br_2 + 2e^- \qquad E^0=-1.07$$

وعند مقارنة جهود التأكسد لكل من الماء والبروم أجد أنَّ جهدَ تأكسد الماء يساوي(-1.23 V) ، أما جهدَ تأكسد البروم فيساوي (-1.07 V)، ألاحظ أنَّ جهدَ تأكسد البروم أعلى منه للماء، ومن ثَمَّ فإنَّ أيونات البروميد Br^- أسهلُ تأكسدًا؛ حيث يُلاحظُ تَكَوُّنُ البروم عند المِصعد حسب المعادلة .

$$2Br^-_{(aq)} \rightarrow Br_{2(l)} + 2e^-$$

التفاعل الكلي : $$Cu^{2+}_{(aq)} + 2Br^-_{(aq)} \rightarrow Cu_{(s)} + Br_{2(l)}$$

نواتج التحليل الكهربائي: تَكَوُّنُ البروم عند المِصعد وتكون النحاس عند المِهبط

لحساب جهد الخلية المعياري :

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{Cu(cathode)} - E^\circ_{Br_2(anode)}$$

$$E^\circ_{cell} = 0.34 - 1.07 = -0.73\ V$$

أي أنَّ جهدَ البطّاريّة اللازم لإحداث التفاعل يزيدُ على (0.73 V)

مثال 6:

ادرس الجدول الاتي الذي يمثل انصاف تفاعلات اختزال معيارية وجهودها المعيارية ثم اجب عن الفقرتين الاتيتين :

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

1) عند التحليل الكهربائي لمحلول بروميد الخارصين فان الناتج عند المهبط :

أ) Zn ب) H_2 ج) Br_2 د) OH^-

2) عند التحليل الكهربائي لمحلول يحتوي على الأيونات Cu^{+2} ، Zn^{+2}، Ag^{+1}، فإنَّ ذرّاتِها تبدأ بالترسُّب عند المِهبط حَسَبَ الترتيب الآتي:

أ . $Zn, Ag, Cu \longrightarrow$ ب . $Cu, Ag, Zn \longrightarrow$ جـ . $Ag, Cu, Zn \longrightarrow$ د . $Ag, Zn, Cu \longrightarrow$

الاجابات : 1) أ 2) ج

استنتاج : عند التحليل الكهربائي لمحلول كهرلي مكون من فلز انتقالي وهالوجين فان ايونات العنصر الانتقالي تختزل وتتكون ذراته عند المهبط (باستثناء Mn) ، وتتاكسد ايونات الهالوجين عند المصعد ويتكون X_2(انتبه من الفلور) (هنا المحلول يبقى متعادل ، لانه ما نتج عندي OH^- كناتج للتحليل)

مثال 7 : ما نواتج التحليل الكهربائي أ) لمحلول MnF_2؟ (شغل مخك) ، ب) محلول CuI_2؟ ج) محلول $NiBr_2$

الجزء الثالث : التحليل الكهربائي لفلزممثل مرتبط بمجموعة ايونية .

مثال 8 : التحليل الكهربائي لمحلول Na_2SO_4

تتفكَّكُ كبريتاتُ الصوديوم في الماء، حَسَبَ المعادلة:

$$Na_2SO_{4(s)} \xrightarrow{H_2O} 2Na^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

عند المهبط : يُحتَمَلُ اختِزالُ أيونات الصوديوم Na^+ أو جُزيئات الماء عند المِهبط:

$$Na^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Na_{(s)} \qquad E^\circ = -2.71\ V$$

$$2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)} \qquad E^\circ = -0.83\ V$$

يُلاحظُ أنَّ جهدَ اختزال الماء أعلى منه لأيونات الصوديوم؛ لذلك يكون أسهلَ. اختزالً عند المِهبط؛ حيث يتكوَّنُ غازُ الهيدروجين وأيوناتُ الهيدروكسيد OH^-

عند المصعد: يحتمل تاكسد ايون الكبريتات SO_4^{-2} او جزيئات الماء ، وقد لوحظَ **عمليًّا** تصاعدُ غاز الأكسجين عند المِصعد؛ ما يدلُّ على تأكسد جُزيئات الماء، حَسَبَ المعادلة:

نصف تفاعل التأكسد: $2H_2O_{(l)} \rightarrow O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^-$

اما التفاعل الكلي : $2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$

نواتج التحليل : عند المصعد : تصاعد غاز O_2 ، عند المهبط : تصاعد غاز H_2 ، OH^-

ما حدث عند تحليل محلول كبريتات الصوديوم كهربائيًّا هو تحليل الماء كهربائيًّا؛حيث تأكسدت جُزيئاتُ الماء واختُزِلَت مُكَوِّنَةً غازي الأكسجين والهيدروجين. (تبقى قيمة PH داخل المحلول 7)

معلومات هامة جدا :

- الايونات متعددة الذرات (NO_3^- , SO_4^{-2}) لا تتاثر عند تحليل محاليلها كهربائياً

س) فسر دور كبريتات الصوديوم في عملية التحليل الكهربائي للماء.

الماء النقي غير موصل للتيار الكهربائي نظرا للتركيز المنخفض جدا لأيونات H^+ و OH^- فيه، لذلك تستخدم كبريتات الصوديوم لتكوين محلول كهرلي يسمح بمرور التيار الكهربائي، وبالتالي إحداث تفاعلي تأكسد واختزال غير تلقائيين تتنافس فيها الأيونات الموجبة وجزيئات الماء على الاختزال والأيونات السالبة وجزيئات الماء على التأكسد.

استنتاج : عند التحليل الكهربائي لمحلول فلز ممثل(او Mn) مع مجموعة ايونية يتصاعد غاز O_2 عند المصعد ، وغاز H_2 عند المهبط وتعد العملية بمثابة تحليل كهربائي للماء

مثال 9 : ما نواتج التحليل الكهربائي لمحلول $Ca(NO_3)_2$؟ ماذا تتوقع ان تكون قيمة الرقم الهيدروجيني للمحلول

معلومة : يتحلل الماء عند وجود فرق جهد (بطارية) ووجود مادة كهرلية(فلز ممثل او Mn +مجموعة ايونية) ذائبة فيه

الجزء الرابع : التحليل الكهربائي لمحلول فلز انتقالي ومجموعة ايونية .

مثال 10: ما نواتج التحليل الكهربائي لنترات الرصاص $Pb(NO_3)_2$؟ اكتب المعادلات التي تحدث على الاقطاب .(جهد اختزال الرصاص المعياري =-0.13V)

عند المهبط : يُحتَمَلُ اختِزالُ أيونات الرصاص Pb^{+2}أو جُزيئات الماء عند المِهبط

$$(Pb^{+2} + 2\bar{e} \longrightarrow Pb)$$
$$2H_2O + 2\bar{e} \longrightarrow H_2 + 2OH^-$$

ولان جهد اختزال المعياري للرصاص اكبر سنختزل ايوناته بدلا من جزيئات الماء

عند المصعد : سيتاكسد الماء حسب المعادلة :

نصف تفاعل التأكسد: $2H_2O_{(l)} \rightarrow O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^-$

اذا نواتج التحليل الكهربائي :

عند المهبط : تكون الرصاص ، عند المصعد : تصاعد غاز O_2 ، وتكون محلول HNO_3.

س) عند التحليل الكهربائي لمحلول نترات الرصاص ماذا تتوقع لقيمة PH للمحلول داخل الخلية ؟

الاجابة : اقل من 7

س) في المثال السابق ، اكتب معادلة التفاعل الكلي في الخلية ، واحسب جهدها المعياري .(ارجع لجدول الجهود المعيارية)

استنتاج : عند التحليل الكهربائي لمحلول فلز انتقالي مع مجموعة ايونية سيختزل ايون الفلز الانتقالي عند المهبط يتكون الفلز عنده (باستثناء Mn) ،ويتاكسد الماء عند المصعد (وسيتكون محلول حمض عند المصعد)(سيقل PH للمحلول) .

س) أُفَسِّرُ، مستعينًا بالمعادلات.عند تحليل محلول $CuSO_4$ كهربائيا ، يتحول تدريجيا لمحلول H_2SO_4

درب نفسك

المحلول / المصهور	نواتج التحليل عند المهبط	نواتج التحليل عند المصعد
محلول $CoSO_4$		
مصهور AlI_3		
محلول KF		
محلول KNO_3		

س) تم تشكيل خليتي تحليل كهربائي من محلول KI تركيزه (0.5M) ومحلول كبريتات النحاس $CuSO_4$(0.5M) ثم تم تشغيل الخلية لمدة 15min.واضافة كاشف الفينولفثالين الى المحلول

1-أَصِفُ التغيُّراتِ التي حدثت عند تحليل محلول كلٍّ من يوديد البوتاسيوم وكبريتات النحاس كهربائيًّا عند كلٍّ منَ المِصعد والمِهبط.

2-ما نواتجُ تحليل كلٍّ من محلول يوديد البوتاسيوم وكبريتات النحاس كهربائيًّا؟

الاجابات :

-1

محلول KI	محلول $CuSO_4$
عند المصعد يتغير اللون إلى بني نتيخة تأكسد أيون -I وتحولها إلى جزيئات اليود I_2.	عند المصعد يتصاعد غاز O_2
عند المهبط يتصاعد غاز الهيدروجين وتتكون ايونات -OH .فيتحول لون المحلول إلى زهري	عند المهبط يترسب النحاس

2- نواتج التحليل الكهربائي :

محلول KI	محلول $CuSO_4$
عند المصعد يتكون اليود I_2 وعند المهبط يتصاعد غاز H_2 ويتكون محلول KOH	عند المصعد يتصاعد غاز O_2 ، عند المهبط يترسب النحاس

نصف تفاعل الاختزال	E° V
$Mn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Mn$	-1.18
$Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe$	- 0.44
$2H_2O + 2e^- \rightleftharpoons H_2 + 2OH^-$	- 0.83
$I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-$	0.54
$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-$	0.40
$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2H_2O$	1.23
$Na^+ + e^- \rightarrow Na$	-2.71

س) قدرات عليا

أدرسُ الجدولَ المجاور، الذي يتضمَّنُ بعضَ أنصاف تفاعلات الاختزال وجهودها المعياريّة، ثمَّ أُجيبُ عنَ الأسئلة الآتية:

أ (أتنبَّأُ. هل يمكنُ تحضيرُ المنغنيز Mn بالتحليل الكهربائي لمحلول MnI_2 ؟ أُفَسِّرُ إجابتي.

ب(أكتبُ معادلةً كيميائيّة موزونة تمثلُ نصفَ تفاعل الاختزال في خليّة التحليل الكهربائي لمحلول $FeCl_2$.

ج (أكتبُ معادلةً كيميائية كُليّة موزونة تمثلُ نواتجَ التحليل الكهربائي لمحلول NaOH.

د (أتوقَّع. هل يحدثُ تفاعلُ التأكسد والاختزال في خليّة التحليل الكهربائي لمصهور MnI_2 ، إذا زُوِّدَت بجهد مقدارُه 1.5 V ؟ أُبَرِّرُ إجابتي.

الاجابات :

أ) لا يمكن، لأن جهد الاختزال المعياري للماء اعلى من جهد الاختزال المعياري للمنغنيز ،لذلك يكون الماء أسهل اختزالا فيختزل ولا تختزل أيونات Mn^{+2}

ب) $Fe^{+2} + 2e^- \rightarrow Fe$

ج)

$$NaOH_{(aq)} \xrightarrow{\text{ماء}} Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

عند المهبط يختزل الماء حسب المعادلة : $2H2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

(لان جهد الاختزال المعياري للماء (-0.83V) اعلى من جهد الاختزال المعياري للصوديوم)

أما عند المصعد فتتأكسد أيونات الهيدروكسيد OH^- ، حيث أن جهد تأكسدها المعياري (0.4V-) اكبر من جهد تاكسد الماء المعياري (1.23V-) لذلك تكون أسهل تأكسدا حسب المعادلة :

$$4OH^- \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4e-$$

للحصول على معادلة التحليل الكهربائي لمحلول NaOH الكلية نضرب معادلة نصف تفاعل الاختزال (2×) ونجمع نصفي تفاعل التأكسد والاختزال :

المعادلة الكلية : $2H_2O \rightarrow 2H2 + O_2$

د)

$$E°cell = E°cathode - E°anode$$

$$E°cell = -1.18 – 0.54 = -1.72\ V$$

جهد البطارية اللازم لإحداث التفاعل يزيد عن)1.72 V لذلك لا يحدث التفاعل إذا زودت الخلية بجهد 1.5 فولت .

التطبيقاتُ العمليّة للتحليل الكهربائي

تعملُ خلايا التحليل الكهربائي على تحويل الطاقة الكهربائيّة إلى طاقة كيميائيّة من خلال استخدام تيّار كهربائي يُجبِرُ تفاعلي تأكسد واختزال غير تلقائيين على الحدوث

1) استخلاص الفِلِزّات النشطة من مصاهير خاماتها.

2) وتنقية الفِلِزّات لاستخدامها في المجالات التي تحتاج إلى فِلِزّات نقيّة بدرجة كبيرة

اولاً: **استخلاصُ الألمنيوم**

يُعَدُّ الألمنيوم من أكثر الفِلِزّات انتشارًا في القشرة الأرضيّة، وهو منَ الفِلِزّات النشطة ويستخلص من خام **<u>البوكسيت $Al_2O_3.2H_2O$ بطريقة هول-هيرولیت.</u>**

حيث يُعالَجُ الخامُ لتخليصه منَ الشوائب، ثمَّ يُسَخَّنُ لتحويله إلى أكسيد الألمنيوم ،Al_2O_3(الالومينا) وَيُذابُ في مصهور الكريوليت Na_3AlF_6 فَتَنخَفِضُ درجةُ انصهاره نحوَ 1000C°.

س) لا يمكن الحصول على الالمنيوم من خلال التحليل الكهربائي <u>لمحلول</u> اكسيد الالمنيوم Al_2O_3 ،فسر ذلك.

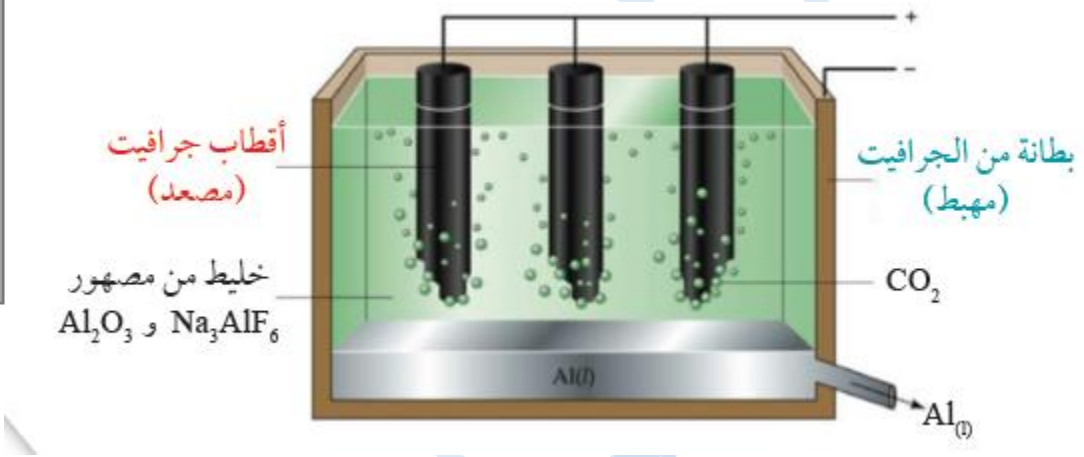
عند المهبط هناك احتمال ان تختزل ايونات الالمنيوم Al^{+3} او جزيئات الماء ، ولان جهد اختزال الماء المعياري اكبر ستختزل جزيئات الماء ويتصاعد غاز الهيدروجين ويتكون OH^- وتبقى ايونات الالمنيوم Al^{+3} في المحلول على صورة غير نقية

س) يُخلَطُ أكسيدُ الألمنيوم Al_2O_3 بالكريوليت خلالَ عمليّة استخلاص الألمنيوم بطريق هول - هيرولیت.

نظرا للإرتفاع الكبير لدرجة انصهار أكسيد الألمنيوم، مما يتطلب اذابته في مصهور مادة الكريوليت لتخفيض درجة انصهاره ثم اجراء عملية تحليل كهربائي للمصهور وجميع هذه العمليات تتطلب كميات كبيرة من الطاقة.(تقليل التكلفة الاقتصادية)

وَتُسَمّى خليّةُ التحليل الكهربائي لمصهور Al_2O_3 خليّةَ هول- هيرولیت، وتتكوَّنُ منَ الداخل من طبقة منَ الجرافيت تمثلُ المِهبط، وسلسلةٍ من أقطاب الجرافيت تُغمَسُ في المصهور(اكسيد الالمنيوم والكريوليت) تمثلُ المِصعد

اعادة تدوير الألمنيوم تطلب صهر المواد المصنوعة من الألمنيوم فقط، ونظرا لانخفاض درجة انصهار الألمنيوم مقارنة بأكسيد الألمنيوم فإنها تحتاج لكميات قليلة من الطاقة



وعند إجراء عمليّة التحليل الكهربائي يحدثُ اختزالٌ لأيونات الألمنيوم عند المِهبط، ويتكوَّنُ الألمنيوم الذي يتجمَّعُ أسفلَ الخليّة؛ حيث يُسحَبُ من مَخرج خاصّ

معادلة تفاعل المِهبط/ اختزال: $Al^{3+}_{(l)} + 3e^- \rightarrow Al_{(l)}$

أمّا عند المِصعد، فتتأكسدُ أيوناتُ الأكسجين O^{-2} مُكَوِّنَةً غازَ الأكسجين، حَسَبَ المعادلة:

$$2O^{2-}_{(l)} \rightarrow O_{2(g)} + 4e^-$$

ويتفاعلُ الأكسجينُ الناتج معَ أقطاب الجرافيت مُكَوِّنًا ثاني أكسيد الكربون،حَسبَ المعادلة:

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$$

ممّا يؤدي إلى تآكلها، فيجري تغييرُها بشكل دوري

ويمكنُ تلخيصُ التفاعل الكُلي، الذي يحدثُ في الخليّة، بالمعادلة الآتية:

$$2Al_2O_{3(l)} + 3C_{(s)} \rightarrow 4Al_{(l)} + 3CO_{2(g)}$$

ونظرًا إلى أنَّ عمليّة استخلاص الألمنيوم تَستَهلِكُ كميّاتٍ هائلةً منَ الطاقة،تُقام مصانعُ إنتاجه قريبًا من محطّات الطاقة الكهربائيّة لتوفير كُلفة نقل الطاقة،كما يُرَكَّزُ بشكل كبير على عمليّة إعادة تدويره؛ إذ تبلغُ كميّةُ الطاقة اللازمة لإعادة التدوير نحوَ 5 % منَ الطاقة اللازمة لاستخلاصه من خام البوكسيت.

(عملية تدوير الالمنيوم اجدى اقتصاديا من عملية اسخلاصه من خام البوكسيت)

س) أُفَسِّرُ، مستعينًا بمعادلات كيميائية، استبدالَ أقطاب الجرافيت المُستخدَمَةِ في خليّة هول - هيروليت بشكل دوري.

تشكل أقطاب الجرافيت المصعد في خلية هول-هيروليت حيث تتأكسد أيونات الأكسجين O^{-2} مكونة غاز الأكسجين، يتفاعل الغاز مع أقطاب الجرافيت مكونا CO_2 حسب المعادلات :

$$2O^{2-}{}_{(l)} \rightarrow O_{2(g)} + 4e^-$$

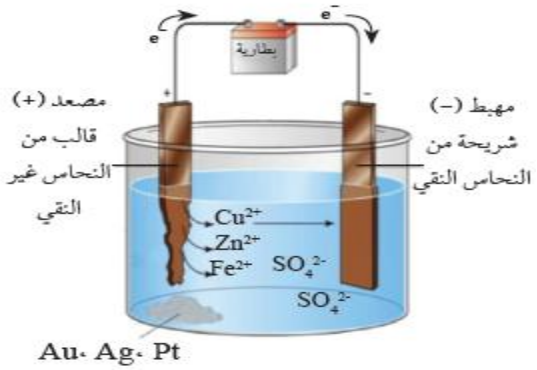
$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$$

ممّا يؤدي إلى تآكلها، فيجري تغييرُها بشكل دوري.

ثانيا : **تنقيةُ الفِلِزّات**.

تحتاج بعضُ استخدامات الفِلِزّات إلى أن تكون نقيّةً تمامًا. فمثلً، يجب أن يكون النحاسُ المُستخدَمُ في التمديدات الكهربائيّة نقيًّا؛ لِذا تُستخدَمُ عمليّةُ التحليل الكهربائي في تنقية الفِلِزّات، مثل النحاس، بعد عمليات استخلاصه من خاماته؛ إذ يحتوي على شوائبَ،**مثل الخارصين والحديد والذهب والفضّة والبلاتين**.

حتى تتم تنقيته ، يُشَكَّلُ النُّحاس غيرُ النَّقي على شكل قوالبَ تمثلُ المِصعد في خليّة التحليل الكهربائي، وَيُوصَلُ المِهبطُ . بشريحة رقيقة منَ النحاس النقي، ثمَّ يُغمَرانِ في محلول كبريتات النحاس $CuSO_4$.



وعند تمرير تيّار كهربائي في الخليّة تحدثُ التفاعلات الآتية:

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

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

ومعَ استمرار تأكسد النحاس واختزاله تنتقلُ ذرّاتُهُ من المِصعد إلى المِهبط، (أنظرُ الشكلُ) وتتأكسد ذرّات الفِلِزّات (الشوائب) التي لها جهدُ اختزال أقلُّ منَ النحاس، كالخارصين والحديد مُكَوّنَةً أيونات Zn^{+2} و Fe^{+2} على الترتيب، وتبقى هذه الأيونات ذائبة في المحلول.

أمّا الذهب والفضّة والبلاتين فإنَّ جهدَ اختزالها أعلى منَ جهد الخلية المستخدم؛ لذلك لا تتأكسد ذرّاتُها، وتتجمَّعُ في قاع الخليّة. وتكونُ درجةُ نقاوة النحاس الناتج نحوَ 99.9 %.

س) أُفَسِّر. لا تُختَزَلُ أيوناتُ Fe^{+2} + وZn^{+2} ، التي توجد ذرّاتُها على شكل شوائبَ معَ النحاس، خلالَ عمليّة تنقيته بالتحليل الكهربائي.

جهد اختزال كل من الحديد(-0.44V) وجهد اختزال الخارصين (-0.76V) أقل بكثير من جهد اختزال النحاس (0.34V) لذلك يكون جهد البطارية المستخدمة في خلية تنقية النحاس أقل من جهد اختزال Fe^{+2} و Zn^{+2}

مختصر الكلام : عند تنقية الفلزات تشكل قوالب الفلز غير النقي المصعد ، وتشكل رقاقة من الفلز النقي المهبط وتغمران باحد محاليل املاح الفلز .

س) 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؟

ج. **أقترحُ** محلولاً يمكن استخدامُهُ في هذه الخليّة.

الاجابات :

أ. المصعد. ب. قطب نقي من النيكل. ج. نترا ت النيكل او كبريتات النيكل

س) المعلوماتُ الآتية تتعلَّقُ بالعناصر ذات الرموز الافتراضية الآتية(A, B, C, D) ، وجميعُها تكون أيوناتٍ ثنائيّةً موجبة في محاليلها:

أ (لا يمكنُ تحريكُ محلول $A(NO_3)_2$ بِملعقة منC.

ب(جهدُ الخليّة المعياري للخليّة الجلفانيّة المكوَّنَةِ من (C , B)أقلُّ من جهد الخليّة المعياري للخليّة الجلفانيّة المكوَّنَةِ من (D وB) ، وقد لوحِظَ في الخليتين نقصٌ في كتلة القطبB.

ج (لوحِظَ عند تحليل محلول كلٍّ من ABr_2 و DBr_2 كهربائيًّا تصاعدُ غاز H_2 عند المِهبط في المحلول الأول، وترسُّبُ D عند المِهبط في المحلول الثاني.

أدرُسُها جيّدًا، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلة الآتية:

1. **أُرَتِّبُ** العناصرَ A, B, C, D حَسَبَ قوَّتها كعواملَ مختزلة.
2. أُحَدِّدُ أقوى عامل مؤكسد.
3. **أتنبَّأُ.** هل يمكن حفظُ محلول $B(NO_3)_2$ (في وعاء مصنوع منَ الفِلِزّ A ؟
4. أُحَدِّدُ الفِلِزّين اللذين يكوّنان خليّة جلفانيّة لها أعلى جهد خليّة معياري.

الاجابات :

1- $B > C > A > D$ 2- D^{+2} 3) نعم 4) B , D

الاثراء والتوسع : اعادة تدوير البطاريات .

تُستخدَمُ البطّارياتُ لتزويد أجهزة مختلفة بالطاقة، تشملُ السياراتِ والهواتفَ وأجهزةَ الحاسوب وغيرَها، وعندما تنفدُ البطّاريّة أو تتلفُ تُرمى (يُستغنى عنها) ويؤدّي ذلك إلى تراكم كميّات كبيرة منَ النُّفايات الخطرة؛ إذ تحتوي البطّارياتُعلى موادَّ كيميائيّةٍ سامة وفِلِزّات ثقيلة، ينتجُ عن تراكمها ودفنها مخاطرُ بيئيّة؛ فقد تسبِّبُ تلوُّثَ المياه والتربة، ومن هناجاءت فكرةُ إعادة تدوير البطّاريات .

تدويرُ البطّاريات يعني معالجةَ نفاياتها بهدف التقليل منها بِوَصفِها نفايات صُلبة، وإعادة استخدام مكوّناتها مرَّةً أخرى.

إعادةُ تدوير بطّاريّة الرصاص الحِمضيّة

تُعَدُّ بطّاريات الرصاص الحِمضيّة من أقدم أنواع البطّاريات القابلة لإعادة الشحن في العالَم، ولإعادة تدويرها أهميّةٌكبيرة في صناعة الرصاص في الوقت الحاضر؛ حيث يمثّلُ الرصاصُ المُعاد استخدامُهُ نحوَ 47 % من إجمالي الرصاص المُستخدَم عالميًّا.

وتشملُ عمليّةُ إعادة تدوير بطّاريات الرصاص الحِمضيّة المُستخدَمة عدَّةَ مراحل، هي:

التجميع: وهي تجميعُ بطّاريات الرصاص المُستخدَمة، وغالبًا ما يتمُّ ذلك لدى باعة البطّاريات؛ حيث تجمعها الشركاتُ التي تُعيدُ تدويرَها.

التكسير: إذ تُفَكَّكُ البطّاريّةُ في منشأة إعادة التدوير، وَتُسحَقُ مكوّناتُها باستخدام أدوات خاصّة، فتتحوَّلُ إلى شظايا.

الفرز: تتضمَّنُ هذه العمليّةُ فصلَ أجزاء بطّاريّة الرصاص الحِمضيّة بفرز المكوّنات البلاستيكيّة والورقيّة عنِ الرصاص والفِلِزّات الثقيلة، وسحب السائل الموجود فيها، يلي ذلك بدءُ كلِّ مادَّة برحلة تدوير خاصّة بها؛ إذ تُغسَلُ القطعُ البلاستيكيّة وَتُجَفَّفُ ثمَّ تُرسَلُ إلى وحدة تدوير البلاستيك؛ حيث تُصهَرُ وَتُشَكَّلُ آليًّا على شكل كُرات من مادَّة البولي بروبلين، وتُستخدَمُ مرَّةً أخرى لإنتاج صناديق بطّاريات الرصاص الحِمضيّة، ويمكنُ استخدامُها في صناعة منتجات أخرى. أمّا ألواحُ الرصاصِ وأكسيدُهُ ومركَّباتُهُ الأخرى فَتُصهَرُ معًا في أفران الصَّهر، ثمَّ تُصَبُّ في قوالبَ وَتُزالُ من على سطح مصهور الرصاص الشوائبُ المعروفةُ باسم الخَبَث، وَتُترَكُ السبائكُ لتبردَ وتتصلَّب، ثمَّ تُرسَلُ إلى الشركات المُصَنِّعَةِ للبطّاريات؛ حيث تُستَخدَمُ في إنتاج ألواح جديدة منَ الرصاص وأكسيد الرصاص.

أمّا حِمض الكبريتيك، وهو المُكَوِّنُ السائلُ في البطّاريّة، فيجري التعاملُ مَعَهُ بطريقتين، أولاهما: مفاعلة الحِمض معَ مركَّب كيميائي قاعدي، فينتج ملح وماء، ثمَّ يجري تجميعُ المياه الناتجة ومعالجتُها والتأكُّد من مطابقتها لمواصفات المياه والتخلّصُ منها في شبكة الصرف الصحي.

أمّا الطريقة الثانيةُ فيجري فيها تحويلُ الحِمض إلى كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 ، ثمَّ استخدامُهُ في صناعة منظِّفات الغسيل والزجاج والمنسوجات.