الكيمياء الكهربية : دراسة عمليات الأكسدة والاختزال التي تتحول خلالها الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية والعكس

الأكسدة : اكتساب أكسجين ، فقد هيدروجين ، فقدان إلكترون

الاختزال :، فقد أكسجين ، اكتساب هيدروجين ، اكتساب الكترون

عدد التأكسد : عدد الإلكترونات التي فقدتها أو اكتسبتها الذرة عندما دخلت في تكوين رابط أيوني

تفاعل الأكسدة والاختزال : التفاعل الذي يحدث فيه انتقال للإلكترونات .

يتكون من نصفي تفاعل يحدثان في الوقت نفسه هما نصف تفاعل أكسدة ونصف تفاعل اختزال

عامل الأكسدة : مادة يحصل لها اختزال وذلك باكتساب إلكترون من مادة أخرى (يؤكسدها)

عامل الاختزال : مادة يحصل لها أكسدة وذلك بمنح إلكترون لمادة أخرى (يختزلها)

لتعيين الاكسدة والاختزال فقط احسب عدد الأكسدة للعنصر في المتفاعلات والنواتج

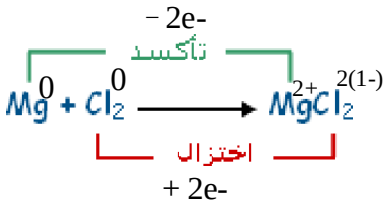
إذا زادت الشحنة الموجبة أو نقصت الشحنة السالبة يعني أن المادة فقدت إلكترون بالتالي ستكون عامل اختزال

تفاعل الأكسدة :

Mg فقد إلكترونين فاكتسب شحنتين موجبة ، عامل اختزال (اختزل الكلور)

تفاعل الاختزال :

Cl اكتسب الإلكترونين من الـMg ، عامل أكسدة ، (أكسد المغنيسيوم)



سؤال (5): في أي التفاعلات الآتية يلعب SO_2 دور العامل المؤكسد

1) $SO_2 + H_2O + Cl_2 \longrightarrow H_2SO_4 + 2HCl$

2) $2SO_2 + O_2 \longrightarrow 2SO_3$

3) $2Fe^{3+} + SO_2 + H_2 \longrightarrow 2Fe^{2+} + 4H^+ + SO_4^{2-}$

4) $2Mg + SO_2 \longrightarrow 2MgO + S$

الحل

1) $\overset{+4}{S}O_2 + H_2O + Cl_2 \xrightarrow{-2e^-} \overset{+6}{H_2S}O_4 + 2HCl$

2) $\overset{4+}{2S}O_2 + O_2 \xrightarrow{-2e^-} \overset{6+}{2S}O_3$

3) $2Fe^{3+} + \overset{4+}{S}O_2 + H_2 \xrightarrow{-2e^-} 2Fe^{2+} + 4H^+ + \overset{+6}{S}O_4^{2-}$

4) $2Mg + \overset{4+}{S}O_2 \xrightarrow{+4e^-} 2MgO + \overset{0}{S}$

1. حدّد التغيرات، في كل مما يلي سواء أكانت أكسدة أم اختزالاً؟

a. $I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$ اختزال

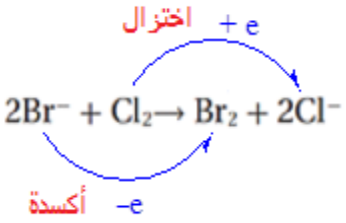
b. $K \rightarrow K^+ + e^-$ أكسدة

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

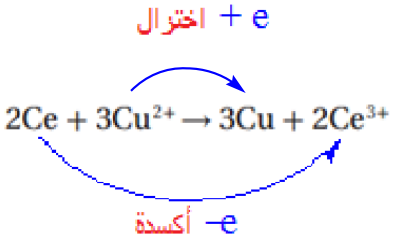
d. $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ اختزال

2. حدّد العناصر التي تأكسدت والعناصر التي اختزلت في العمليات الآتية:

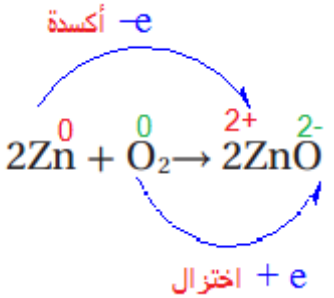
a. $2Br^- + Cl_2 \rightarrow Br_2 + 2Cl^-$



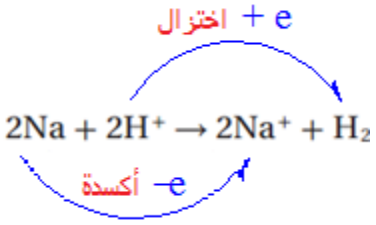
b. $2Ce + 3Cu^{2+} \rightarrow 3Cu + 2Ce^{3+}$



c. $2Zn + O_2 \rightarrow 2ZnO$



d. $2Na + 2H^+ \rightarrow 2Na^+ + H_2$

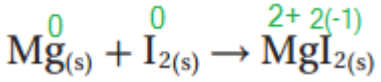


3. حدّد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي:

$$Fe_{(s)} + 2Ag^+_{(aq)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

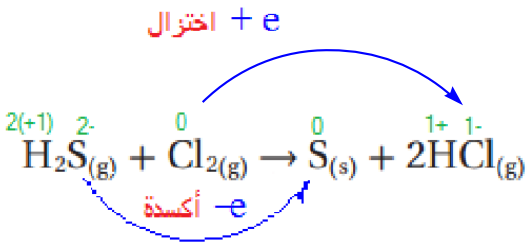
الحديد فقد إلكترونين لذا فهو عامل مختزل و الفضة اكتسب الكترونين لذا فهو عامل أكسدة

a. $Mg_{(s)} + I_{2(s)} \rightarrow MgI_{2(s)}$



Mg فقد إلكترونين لذا فهو عامل مختزل
I اكتسب الكترونين لذا فهو عامل أكسدة

b. $H_2S_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow S_{(s)} + 2HCl_{(g)}$



الكلور عامل أكسدة و الكبريت عامل اختزال

عموما الفلزات تعد عوامل اختزال قوية واللافلزات عوامل أكسدة قوية خاصة (المجموعة 16 ,17)

1) المركب الذي يكون عدد تأكسد المنغنيز فيه يساوي (+6) هو :	
Mn_2O_3	
MnO_2	
K_2MnO_4	✓
$KMnO_4$	

Mn_2O_3
$2Mn+3(-2)=0$
$Mn = +3$

MnO_2
$Mn = +4$

K_2MnO_4
$2(+1)+Mn+4(-2) = 0$
$Mn = 6$

$KMnO_4$
$1 + Mn +4(-2) = 0$
$Mn = 7$

2) المركب الذي يكون عدد التأكسد للكربون فيه يساوي صفر هو :	
CO_2	
$H_2C_2O_4$	
$C_6H_{12}O_6$	✓
C_2H_4	

CO_2
C= +4

$H_2C_2O_4$
2(1)+2C+4(-2) = 0
C = 3

$C_6H_{12}O_6$
$6C + 12(1) - 6(-2) =0$
$6C + 12 -12 = 0$
$C = 0$

C_2H_4
$2C+4=0$
$C = -2$

3) في اي المركبات الآتية يظهر النيتروجين أعلى حالة تأكسد :	
NO_2	
N_2O_3	
NO_3^-	✓
NH_2OH	

NO_2
$N = 4$

N_2O_3
$2N -6 = 0$
$2N = 3$

NO_3^-
$N - 6 = -1$
$N = 5$

NH_2OH
$N+2-2+1 =0$
$N = -1$

4) إحدى التغيرات الآتية تعد مثالاً على عملية التأكسد :	
$CrO_4^{-2} \longrightarrow Cr_2O_7^{-2}$	
$MnO_4^{-2} \longrightarrow MnO_4^-$	✓
$Mn_2O_7 \longrightarrow MnO_4^-$	
$Fe(OH)_6^{-3} \longrightarrow Fe(OH)_6^{-4}$	

يجب أن يحدث تغير في عدد أكسدة عنصر على الأقل

CrO_4^{2-} ⟶ $Cr_2O_7^{2-}$

Cr+4(-2)= −2
Cr = 6

2Cr+7(-2)= -2
Cr = 6

Mn_2O_7 ⟶ MnO_4^-

2Mn+7(-2) = 0
Mn = +7

Mn+4(-2) = -1
Mn = +7

MnO_4^{2-} ⟶ MnO_4^-

Mn+4(-2)= -2
Mn = +6

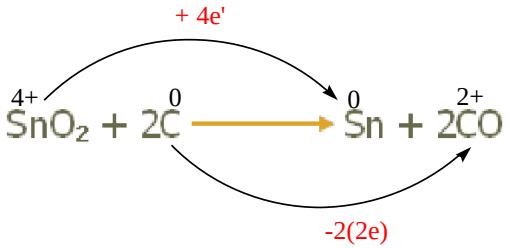
Mn+4(-2) = -1
Mn = +7

$Fe(OH)_6^{3-}$ ⟶ $Fe(OH)_6^{4-}$

Fe+6(-1) = −3
Fe = +3

Fe+6(-1) = − 4
Fe = +2

5) العامل المؤكسد في المعادلة $SnO_2 + 2C \longrightarrow Sn + 2CO$ هو :	
C	
Sn	
SnO_2	✓
CO	



1)إحدى التحولات الآتية بحاجة إلى عامل مختزل:	
$H_2 + S \longrightarrow H_2S$	
$IO_3^- \longrightarrow I^-$	✓
$2Cr^{+3} \longrightarrow Cr_2O_3$	
$2H_2 \longrightarrow 2H_2O$	

$IO_3^- \rightarrow I^-$ I-6 = -1 I = 5 هذا فقط **نصف تفاعل اختزال** حيث اليود عامل مؤكسد ، ولم يذكر نصف الأكسدة (عامل الاختزال)	$H_2 + S \rightarrow H_2S$ تفاعل كامل والعامل المختزل هو الهيدروجين
$2Cr^{3+}$ ⟶ Cr_2O_3 2Cr+3(-2)= 0 Cr = 3 ليس تفاعل أكسدة واختزال ، لم يتغير حالة الأكسدة للكروم	$2H_2 \rightarrow 2H_2O$ الهيدروجين في المتفاعلات 0 وفي النواتج +2 (نصف تفاعل الأكسدة) إذا هو عامل الاختزال

2) في أي التفاعلات الآتية يسلك الهيدروجين كعامل مؤكسد:	
$H_2 + S \longrightarrow H_2S$	
$2K + H_2 \longrightarrow 2KH$	✓
$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$	
$N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$	

العامل المؤكسد هو الأعلى سالبية والعامل المختزل أقل سالبية ، الهيدروجين أعلى سالبية من الفلزات

3)إحدى المعادلات الآتية لا تمثل تفاعل تأكسد واختزال:	
$IO_3^- + 2I^- + 6H^+ \longrightarrow 3I_2 + 3H_2O$	
$5C_2O_4^{-2} + 2MnO_4^- + 16H^+ \longrightarrow 2Mn^{+2} + 10CO_2 + 8H_2O$	
$2S_2O_3^{-2} + Br_2 \longrightarrow S_4O_6^{-2} + 2Br^-$	
$2CrO_4^{-2} + 2H^+ \longrightarrow Cr_2O_7^{-2} + H_2O$	✓

تفاعل الاكسدة والاختزال يجب أن يصحبه تغير حالات الأكسدة لذرة واحدة على الأقل

وزن معادلات الأكسدة والاختزال

مبادئ علمية هامة في معادلات الاكسدة والاختزال الموزونة :

١. تذكر أن موازنة المعادلة تعني أن أمرين قد تحققا وهما:

أ. تساوي عدد الذرات من كل نوع في طرفي المعادلة.

ب. تساوي الشحنة في الطرفين أيضاً. (المعادلات الايونية)

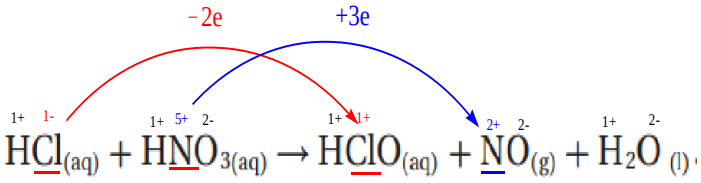
٢. في نصف تفاعل التأكسد تظهر الإلكترونات في طرف المعادلة الأيمن (نواتج) ، وفي نصف تفاعل الاختزال تظهر الإلكترونات في طرف المعادلة الأيسر. (متفاعلات)

٣. التفاعل الكلي المتزن لا تظهر فيه الإلكترونات في أي من الطرفين لأن الإلكترونات التي يمنحها العامل المختزل يأخذها العامل المؤكسد.

١- وزن معادلة أكسدة\اختزال بطريقة عدد التأكسد

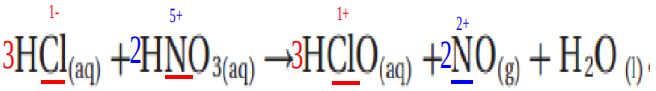
15. $HCl_{(aq)} + HNO_{3(aq)} \rightarrow HClO_{(aq)} + NO_{(g)} + H_2O_{(l)}$

حدد أعداد الاكسدة والعناصر التي تأكسدت واختزلت ومقدار التغير (كم e فقد أو اكتسب)



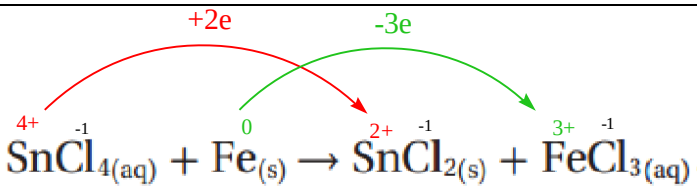
1+N+3(-2)=0
N = 5

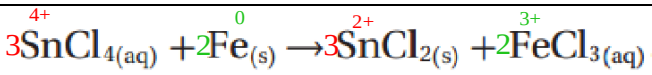
أضرب كل مركب به عنصر مختزل أو متأكسد في مقدار التغير في عدد اكسدة الذرة الاخرى



لا حاجة لوزن الذرات الباقية (H,O) فهي موزونة

16. $SnCl_{4(aq)} + Fe_{(s)} \rightarrow SnCl_{2(s)} + FeCl_{3(aq)}$

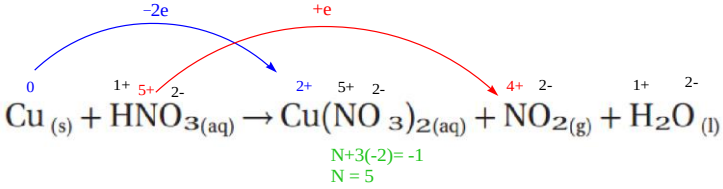




موزونة Cl الذرة المتبقية

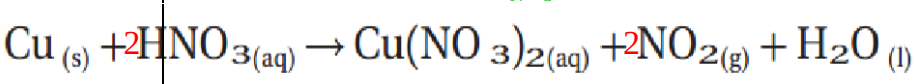
$Cu_{(s)} + HNO_{3(aq)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + NO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

حدد أعداد الاكسدة والعناصر التي تأكسدت واختزلت ومقدار التغير (كم e فقد أو اكتسب)

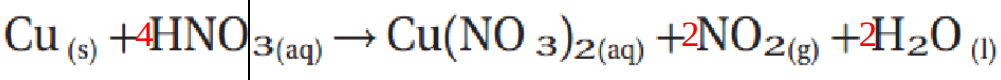


N+3(-2)= -1
N = 5

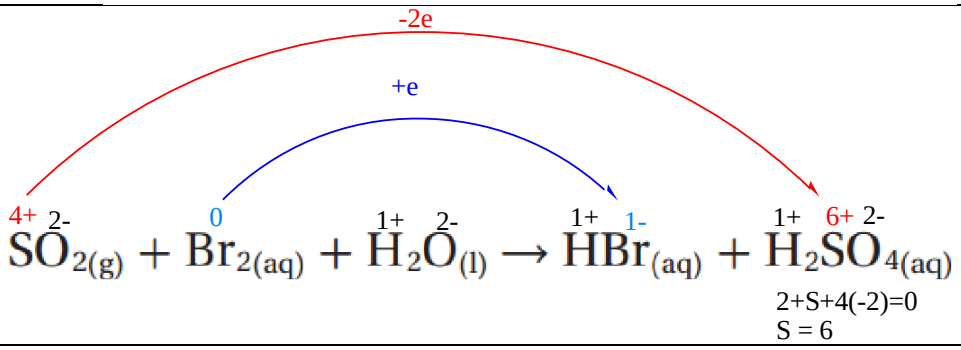
أضرب كل مركب به عنصر مختزل أو متأكسد في مقدار التغير في عدد اكسدة الذرة الاخرى



أوزن بقية الذرات إذا لم تكن موزونة



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



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

لم نضرب Br_2 في 2 لأنه ذرتين في الأصل

أوزن بقية الذرات

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

٢-وزن معادلة (أيونية) الأكسدة والاختزال في وسط غير متعادل

١- اكتب المعادلة في صورة أيونية واحذف الأيونات المتفرجة

٢- عين الذرات التي تأكسدت واختزلت

٣- اكتب نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال

٤- أوزن الذرات التي تأكسدت واختزلت

٥- أوزن عدد الإلكترونات

٦- أوزن ذرات الهيدروجين والأكسجين كالتالي

أ- **في الوسط الحمضي** أضف ماء في الطرف الذي ينقصه أكسجين بمقدار النقص ، وأضف بروتون في الطرف المقابل ضعف عدد الماء

ب- **في الوسط القاعدي** أضف OH^- في الطرف الذي ينقصه أكسجين بمقدار ضعف النقص ، وأضف ماء للطرف المقابل نصف إضافة OH

$$ClO_4^-{}_{(aq)} + Br^-{}_{(aq)} \rightarrow Cl^-{}_{(aq)} + Br_{2(g)}$$

وسط حمضي

حدد أعداد الأكسدة	$\overset{+7}{Cl}O_4^-{}_{(aq)} + \overset{1-}{Br}^-{}_{(aq)} \rightarrow \overset{1-}{Cl}^-{}_{(aq)} + \overset{0}{Br}_{2(g)}$ Cl+4(-2)= -1 Cl-8= -1 Cl= 7
اكتب نصفي التفاعل محددا عدد e المفقودة أو المكتسبة	$ClO_{4(aq)}^- + 8e^- \rightarrow Cl_{(aq)}^-$ اختزال $Br_{(aq)}^- \rightarrow Br_{2(g)} + e$ أكسدة
أوزن الذرات التي اختزلت وتأكسدت اضرب عدد الالكترونات في نفس العامل	$ClO_{4(aq)}^- + 8e^- \rightarrow Cl_{(aq)}^-$ $2Br_{(aq)}^- \rightarrow Br_{2(g)} + 2e$
أوزن عدد الالكترونات بضرب معادلة الأكسدة في 4	$ClO_{4(aq)}^- + 8e^- \rightarrow Cl_{(aq)}^-$ $8Br_{(aq)}^- \rightarrow 4Br_{2(g)} + 8e$
اجمع المعادلتين	$ClO_{4(aq)}^- + 8Br_{(aq)}^- \rightarrow Cl_{(aq)}^- + 4Br_{2(g)}$
لوزن الأكسجين والهيدروجين أضف ماء في الطرف الذي ينقصه أكسجين بمقدار النقص ، وأضف H^+ في الطرف المقابل ضعف عدد الماء	*طرف النواتج ينقصه 4 أكسجين لذا نضيف فيه 4 ماء ونضيف في المتفاعلات 8 بروتون* $8H^+ + ClO_{4(aq)}^- + 8Br_{(aq)}^- \rightarrow Cl_{(aq)}^- + 4Br_{2(g)} + 4H_2O$

22.تحفيز:(في الوسط القاعدي) $I^-{}_{(aq)} + MnO_4^-{}_{(aq)} \rightarrow I_{2(s)} + MnO_{2(s)}$

وسط قاعدي

حدد أعداد الأكسدة	$\overset{1-}{I}^-{}_{(aq)} + \overset{7+}{Mn}O_4^-{}_{(aq)} \rightarrow \overset{0}{I}_{2(s)} + \overset{4+}{Mn}O_{2(s)}$ Mn+4(-2)= -1 Mn= -1+8 Mn= 7
اكتب نصفي التفاعل محددا عدد e المفقودة أو المكتسبة	$I_{(aq)}^- \rightarrow I_{2(s)} + e$ أكسدة $MnO_{4(aq)}^- + 3e \rightarrow MnO_{2(s)}$ اختزال
أوزن الذرات المتأكسدة والمختزلة فقط إذا لم تكن موزونة (Mn , I) لا تنس تضرب e في نفس العامل	$2I_{(aq)}^- \rightarrow I_{2(s)} + 2e$ $MnO_{4(aq)}^- + 3e \rightarrow MnO_{2(s)}$
أوزن عدد الالكترونات	$6I_{(aq)}^- \rightarrow 3I_{2(s)} + 6e$

بضرب كل نصف تفاعل في عدد e النصف الآخر

$$2MnO_{4(aq)}^{-} + 6e \rightarrow 2MnO_{2(s)}$$

اجمع المعادلتين

$$6I_{(aq)}^{-} + 2MnO_{4(aq)}^{-} \rightarrow 3I_{2(s)} + 2MnO_{2(s)}$$

لوزن الأكسجين والهيدروجين :

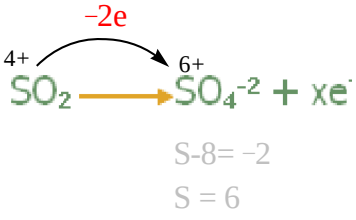
الطرف الذي ينقصه O أضف OH بضعف التقص ، في الطرف الآخر أضف ماء بمقدار نصف OH الذي أضفته

8 أكسجين في المتفاعلات و 4 في النواتج (ينقصه 4) نضيف 8OH في النواتج و 4 ماء في المتفاعلات

$$6I_{(aq)}^{-} + 2MnO_{4(aq)}^{-} + 4H_2O \rightarrow 3I_{2(s)} + 2MnO_{2(s)} + 8OH^{-}$$

1) قيمة (x) في نصف تفاعل التأكسد : $SO_2 \rightarrow SO_4^{-2} + xe^-$	
1	
2	✓
4	
6	

X عدد الالكترونات المفقودة



2)المعادلة الآتية موزونة $-2I^-$ فإن قيمة n تساوي :	
2-	
3+	
4+	✓
6+	

يجب أن تكون محصلة عدد الشحنات متساوية في طرفي المعادلة الموزونة

$$2Cr^{+3} + I2 \longrightarrow 2C^{n} + 2I^{-}$$

$$2(+3) + 0 = 2n + 2(-1)$$

$$6 + 2 = 2n$$

$$4 = n$$

3)يتفاعل مول واحد من أيون اليوديد (I^-) مع ثلاث مولات من أيون الهيبوكلوريت لإنتاج ثلاثة مولات من أيون الكلوريد (Cl^-) ومول واحد من (X) فإذا كانت المعادلة موزونة فإن (X) هو:	
I_2	
IO_3^-	✓
IO^-	
IO_2^-	

- $I^- + 3ClO^- \rightarrow 3Cl^- + X$

في المعادلة الموزونة يجب أن تتساوى محصلة الشحنات ،

4 شحنات سالبة في المتفاعلات والنواتج يوجد 3 والرابع يحمله X
ويجب أن تكون جميع الذرات متساوية في الطرفين والطرف الثاني ينقصه ذرة يود و3 ذرات أكسجين

4)معادلة نصف التفاعل الموزونة التي تمثل تحول(MnO_4^-) إلى (MnO_2) في الوسط الحمضي هي:	
$MnO_4^- + 4H^+ + 3e^- \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O$	✓
$MnO_4^- + 2H_2O \longrightarrow MnO_2 + 4H^+ + 5e^-$	
$MnO_4^- + 4e^- + 4H^+ \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O$	
$7e^- + 8H^+ + MnO_4^- + H_2O \longrightarrow MnO_2 + 5H_2O$	

المعادلة في وسط حامضي

اكتب التفاعل موضحا عدد e مفقودة أو مكتسبة

$$\overset{+7}{MnO_4^-} + 3e \longrightarrow \overset{4+}{MnO_2}$$

Mn-8= −1
Mn = 7

لوزن O , H أضف ماء في الطرف الناقص بقدر النقص أضف H^+ في المقابل ضعف إضافة الماء

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

5)معادلة نصف التفاعل الموزونة التي تمثل تحول (ClO^-) إلى (ClO_3^-) في الوسط القاعدي هي:	
$ClO^- + 4OH^- \longrightarrow ClO_3^- + 2H_2O + 4e^-$	✓
$ClO^- + 2H_2O \longrightarrow ClO_3^- + 4OH^- + 4e^-$	
$ClO^- + 4e^- \longrightarrow ClO_3^- + 4OH^- + 2H_2O$	
$ClO^- + 4e^- + 2H_2O \longrightarrow ClO_3^- + 4OH^-$	

المعادلة في وسط قاعدي

اكتب نصف التفاعل موضحا عدد e مفقودة أو مكتسبة

$$\overset{1+}{ClO^-} \longrightarrow \overset{5+}{ClO_3^-} + 4e$$

Cl-2= −1
Cl = 1

Cl-6= −1
Cl = 5

لوزن O, H ، أضف ماء في الطرف الذي ينقصه أكسجين بمقدار النقص ، وأضف هيدروكسيد في الطرف المقابل ضعف عدد الماء

$$ClO^- + 4OH^- \longrightarrow ClO_3^- + 4e + 2H_2O$$

47. أي المعادلات الآتية لا تمثل تفاعل أكسدة واختزال؟ فسر إجابتك.

a. $\overset{1+}{Li}\overset{2-}{O}\overset{1+}{H}_{(s)} + \overset{1+}{H}\overset{5+}{N}\overset{2-}{O}_{3(aq)} \rightarrow \overset{1+}{Li}\overset{5+}{N}\overset{2-}{O}_{3(s)} + \overset{1+}{H}_2\overset{2-}{O}_{(l)}$

b. $\overset{2+}{Mg}\overset{1-}{I}_{2(s)} + \overset{0}{Br}_{2(l)} \rightarrow \overset{2+}{Mg}\overset{1-}{Br}_{2(s)} + \overset{0}{I}_{2(s)}$

المعادلة a ، لا يوجد به أي ذرة اختلفت عدد أكسدته في المتفاعلات عن النواتج

46. حدّد أي أنصاف التفاعلات الآتية أكسدة، وأيها اختزال؟

a. $Al_{(s)} \rightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3e^-$

b. $Cu^{2+}_{(aq)} + e^- \rightarrow Cu^{+}_{(aq)}$

a أكسدة ، b اختزال

1. أي مما يأتي لا يعد عاملاً مختزلاً في تفاعل الأكسدة والاختزال؟

a. المادة التي تأكسدت

b. مستقبل الإلكترون

c. المادة الأقل كهروسالبية

d. مانح الإلكترون

التفاعل بين النيكل وكلوريد النحاس II موضح على النحو الآتي:

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

استعمل المعادلة الكيميائية في الإجابة عن السؤالين 2 و3.

2. ما نصفا تفاعل الأكسدة والاختزال للتفاعل؟

a. $Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^-, Cl_{2(g)} \rightarrow 2Cl^-_{(aq)} + 2e^-$

b. $Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + e^-, Cu^{+}_{(aq)} + e^- \rightarrow Cu_{(s)}$

c. $Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^-, Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$

d. $Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^-, 2Cu^{+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$

3. العامل المختزل في المعادلة هو:

a. $NiCl_2$

b. Cu

c. $CuCl_2$

d. Ni

5. العنصر الأعلى كهروسالبية بين العناصر الآتية هو:

a. Cl

b. N

c. O

d. F

6. المادة التي عدد تأكسدها يساوي صفرًا هي:

a. Cu^{2+}

b. H_2

c. SO_3^{2-}

d. Cl^-

7. التفاعل بين يوديد الصوديوم والكلور موضح على النحو الآتي:

$$2NaI_{(aq)} + Cl_{2(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + I_{2(aq)}$$

أي الأسباب الآتية تبقي حالة تأكسد الصوديوم دون تغيير:

a. Na^+ أيون متفرج.

b. Na^+ لا يمكن أن يختزل.

c. Na^+ عنصر غير متحد.

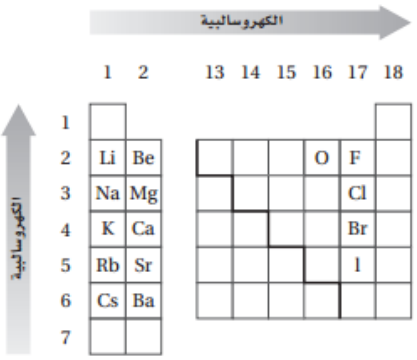
d. Na^+ أيون أحادي الذرة.

4. رقم التأكسد للكلور في $HClO_4$ هو:

1+Cl+4(-2)=0
Cl = 7

a. +7
b. +5
c. +3
d. +1

استعمل جدول العناصر الآتي للإجابة عن الأسئلة من 10 إلى 12.



10. أي العناصر تمثل أقوى عامل مؤكسد؟

الفلور F

11. أي العناصر تمثل أقوى عامل مختزل؟

السيزيوم Cs

12. أي العناصر لها أقل كهروسالبية؟

السيزيوم Cs

الخلية الكهروكيميائية

جهاز يستعمل لتحويل تفاعلات الأكسدة والاختزال لتوليد طاقة كهربائية أو إمداد المواد بالطاقة لكي تتفاعل أكسدة واختزال

- تتكون من جزأين يحدث عليهما تفاعل الأكسدة والاختزال منفصلين كل جزء يطلق عليه (**نصف خلية**)
- كل نصف خلية يحتوي قطب مغمور في محلول يحوي أيوناته ، القطب موصل للكهرباء عادة فلز أو غرافيت
- كل قطب يحدث عنده نصف تفاعل خلية
  فطب المصعد (الأنود) ، قطب المهبط (الكاثود)
- **الفولت V** وحدة قياس جهد الخلية

القطب الخامل : قطب لا يشارك في عمليتي التأكسد والإختزال في خلايا التحليل الكهربائي مثل الغرافيت والبلاتين .

- الخلية الكهروكيميائية (الخلية التحليلية)
- **التحليل الكهربي** : استعمال الطاقة الكيميائية لإحداث تفاعل
- تتحول الطاقة الكهربائية إلى كيميائية
- التفاعل غير تلقائي إذا يجب أن تزود بطاقة كهربائية ليتم التفاعل
- تتكون من :

١- نصف خلية الأكسدة ويحوي قطب **المهبط السالب** وهو (كاثود)

٢- نصف خلية الاختزال ويحوي قطب **المصعد** الموجب (أنود)

٣- الإلكتروليت : مصهور المركبات الأيونية المراد تحليلها

٤- مصدر للتيار : بطارية أو قابس يوصل مباشرة ، وقد يوصل بفولتميتر أو أميتر

قد يغمر القطبين في كأس واحد يحوي مصهور المادة المراد تحليلها وقد يكونا منفصلين يربط بينهما قنطرة

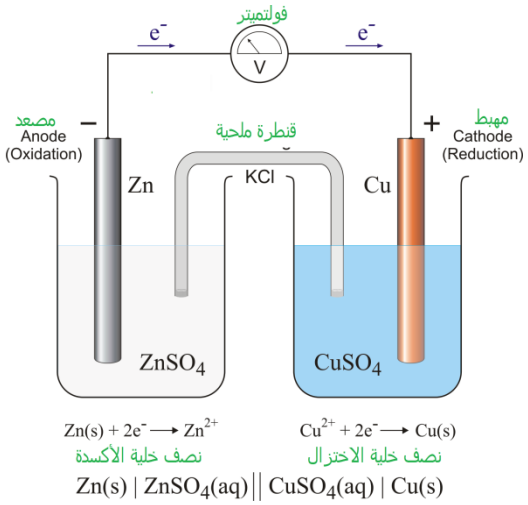
أشهر التطبيقات : استخلاص المعادن من خاماتها ، الطلاء المعدني

١- الخلية الغلفانية (الخلايا الفولتية ،)

- يتم التفاعل فيها تلقائيا ، تتحول الطاقة الكيميائية إلى كهربائية
- تتكون من :

١- نصفي خلية متصلين بـ **قنطرة ملحية** وهي أنبوب على شكل حرف U يحتوي على محلول مادة أيونية ويصل بين نصفي الخلية الغلفانية ، ويعمل على اعادة التوازن الكهربائي في نصفيها

قد تكون القنطرة غشاء مسامي أو يمكن استخدام منديل أو قماش مبلول بمحلول إلكتروليت قوي



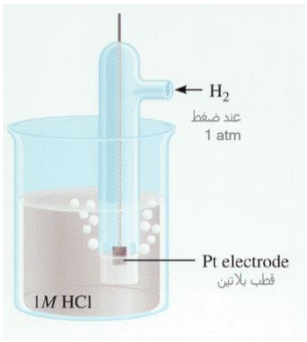
٢- **المهبط (كاثود)** ، القطب الموجب ويحدث عنده نصف تفاعل الاختزال

٣- **المصعد (أنود)** ، القطب السالب ويحدث عنده نصف تفاعل أكسدة

٤- **دارة خارجية :** وتتكون من سلك يعمل على نقل الإلكترونات من المصعد إلى المهبط ، ويمكن وصله بفولتميتر أو جلفانوميتر لبيان اتجاه الإلكترونات المتنقلة ومقدار فرق الجهد . مؤشر الفولتمير عكس اتجاه سير الإلكترونات

٥- **الإلكتروليت :** محلول مائي يحوي أيونات القطب المغمور فيه

أشهر استخداماته : البطاريات ، جلفنة المعادن



قطب الهيدروجين القياسي

نصف تفاعل خلية للهيدروجين اعتبر جهده الاختزالي صفراً واتخذ أساساً لمقارنة جهود أنصاف التفاعلات الأخرى.

خلية دانييل بطارية غلفانية ذات الأقطاب الكهربية المصنوعة من الزنك والنحاس مغمورين في كبريتات الزنك وكبريتات النحاس، بالترتيب الإلكترونات تسير من الزنك إلى الخارصين وهي خلية انعكاسية أي يمكن عكس التفاعل إذا وصلت بمصدر تيار فتعمل كخلية تحليلية

$Zn + Cu^{2+} \leftrightarrow Zn^{2+} + Cu +$ طاقة كهربائية

الخلية الميتة (غير انعكاسية): عندما تصبح الخلية غير قادرة على انتاج طاقة كهربائية بسبب استهلاك المواد أو وصولها لحالة اتزان

الخلية الانعكاسية : خلايا يمكن إعادة شحنها مثل البطاريات الثانوية وخلية دانييل

	الخلية الغلفانية	الخلايا التحليلية
تحولات الطاقة	كيميائية ← كهربائية	كهربائية ← كيميائية
أنصاف الخلية	منفصلين يربط بينهما جسر ملحي	في وعاء واحد
القطب السالب	المصعد (أنود) ، قطب الأكسدة غالبا تستخدم أقطاب نشطة	المهبط (كاثود) ، قطب الاختزال غالبا تستخدم أقطاب خاملة
القطب الموجب	المهبط (كاثود) ، قطب الاختزال أحيانا نشطة وأحيانا خاملة (غرافيت)	المصعد (أنود) ، قطب الأكسدة غالبا تستخدم أقطاب خاملة (بلاتين)
سير الالكترونات	المصعد ← المهبط	مصدر التيار ← المهبط ← المصعد
الإلكتروليت	محلول يحوي أيونات القطب	مصهور لمركب أيوني يحمل أيونات القطب
وجود مصدر تيار	لا يلزم	لازم حتى يتم التفاعل
التفاعل وجهد الخلية	E^o موجب ، التفاعل تلقائي	E^o سالب ، التفاعل غير تلقائي
التطبيقات	البطاريات الأولية والثانوية الجلفنة (حماية المعادن من التآكل)	البطاريات الثانوية استخلاص وتنقية الفلزات من خاماتها الطلاء الكهربائي

2) إذا تم تحليل مصهور هيدريد الليثيوم (LiH) كهربائياً باستخدام أقطاب بلاتين, فإن تفاعل المصعد هو:

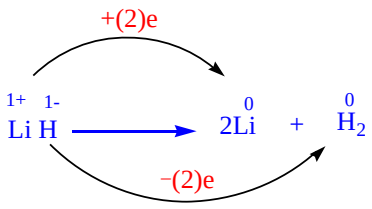
$Li^+ + e^- \longrightarrow Li$

$Li \longrightarrow Li^+ + e^-$

$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$

$2H^- \longrightarrow H_2 + 2e^-$ ✓

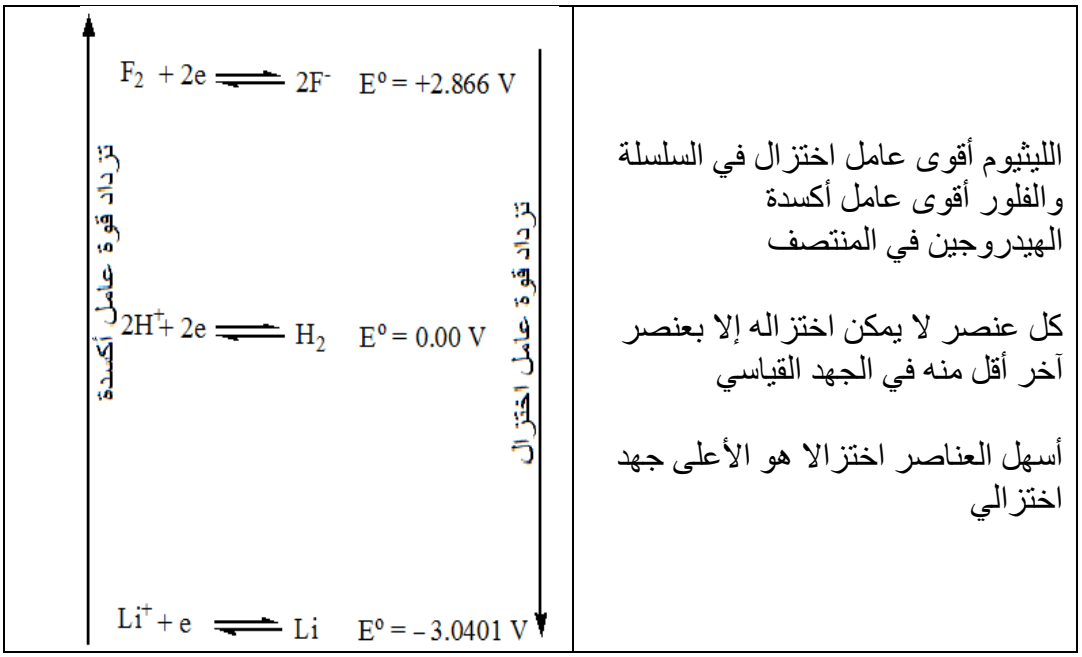
المصعد يحدث عنده أكسدة سواء في الخلايا التحليلية أو الغلفانية



سلسلة النشاط الكهروكيميائي

- سلسلة تم فيها ترتيب للمواد وفق نشاطها الكيميائي بالاعتماد على جهود الاختزال المعياري
- تم قياس جهود الاختزال القياسي في خلية جلفانية أحد نصفيها قطب الهيدروجين القياسي والنصف الآخر قطب المادة المراد قياس جهدها الاختزالي مغمور في 1M من أيوناته
- تم ترتيب السلسلة بحيث تكون المادة أعلى جهد اختزال سيكون نصف تفاعل الاختزال (عامل مؤكسد)
- الهيدروجين في منتصف السلسلة وجهده القياسي صفر ،

عموما كلما كان جهد العنصر القياسي أكبر يميل العنصر لأن يكون عامل أكسدة



الليثيوم أقوى عامل اختزال في السلسلة
والفلور أقوى عامل أكسدة
الهيدروجين في المنتصف

كل عنصر لا يمكن اختزاله إلا بعنصر آخر أقل منه في الجهد القياسي

أسهل العناصر اختزالا هو الأعلى جهد اختزالي

فائدة السلسلة الكهروكيميائية

١- التنبؤ بتلقائية حدوث التفاعل هل يجري في خلية جلفانية أم تحليلية
٢- من تلقائية التفاعل يمكن معرفة أفضل العناصر المتوفرة كعوامل أكسدة أو عوامل اختزال

فلو أعطيت تفاعلات تلقائية لبضع عناصر مع بعضها بدون ذكر جهد الخلية وطلب منك معرفة أفضلها عامل أكسدة أو عامل اختزال : كما في هذا المثال :

التفاعلات التالية تحدث تلقائيا . فما الترتيب التصاعدي لها كعوامل أكسدة

$$Mg + ZnCl_2 \rightarrow MgCl_2 + Zn$$
$$Zn + PbCl_2 \rightarrow ZnCl_2 + Pb$$
$$Pb + 2HCl \rightarrow PbCl_2 + H_2$$

عوامل أكسدة : يحدث لها اختزال باكتساب إلكترونات

الحل : ننظر للعناصر المشتركة في أغلب التفاعلات وهو الزنك والرصاص

الهيدروجين أكسد الرصاص في التفاعل الثالث والرصاص أكسد الزنك في التفاعل الثاني والزنك أكسد المغنيسيوم في التفاعل الأول .: إذا ترتيب العناصر كأفضلية عامل أكسدة

H > Pb > Zn > Mg

التنبؤ بأفضلية عوامل أكسدة وعوامل اختزال بمعرفة الجهود القياسية

5) إذا كانت جهود الاختزال المعياريه لكل من المنغنيز والخارصين والحديد هي (1.18- , 0.76- , 0.44- فولت على الترتيب فإن أحد التفاعلات الآتية يحدث تلقائياً:	
$Fe^{+2} + Zn \longrightarrow Fe + Zn^{+2}$	
$Fe + Mn^{+2} \longrightarrow Fe^{+2} + Mn$	
$Zn + Mn^{+2} \longrightarrow Zn^{+2} + Mn$	
$Mn + Zn^{+2} \longrightarrow Mn^{+2} + Zn$	✓

$E°_{Mn} - 1.18 < E°_{Zn} - 0.76 < E°_{Fe} - 0.44$

المنجنيز أقوى عامل اختزال ثم الزنك ثم الحديد ، التفاعلات التلقائية التالية التي تحدث

- $Mn + Zn^{2+} \rightarrow Mn^{2+} + Zn$
- $Mn + Fe^{2+} \rightarrow Mn^{2+} + Fe$
- $Zn + Fe^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Fe$

1)إذا كان جهد الاختزال المعياري للكروم يساوي (0.74-) فولت, فإن أحد المواد الآتية له القدرة على اختزال أيونات Cr^{+3} (جهود الاختزال المعياري بين قوسين):	
Ag(+0.80 فولت)	
Mn(-1.18 فولت)	✓
Fe(-0.44 فولت)	
Cd(-0.4 فولت)	

لاختزال أيونات عنصر يجب أن تختزل بعامل اختزال أقوى منه (أقل جهد قياسي) ، نقارن جهد الخيارات بجهد Cr^{+3}

-0.74 < 0.80 , **-0.74 > -1.18** , -0.74 < -0.44 , -0.74 < -0.4 ,

2) أفضل العوامل المؤكسد من الأنواع الآتية (جهد اختزال كل منها بين قوسين) هو:	
Cu^{+2}(+0.34 فولت)	
Cl_2(1.36 فولت)	
Sn^{+2}(-0.14 فولت)	
S_2O_8(2 فولت)	✓

أقوى عامل مؤكسد أعلى جهد اختزال

	3) أفضل العوامل المختزلة من الأنواع الآتية (جهد اختزال كل منها بين قوسين) هو:
	Cu(0.34 فولت)
	Zn(-0.76 فولت)
	Al(-1.66 فولت)
✓	Na(-2.71 فولت)

أقوى عامل اختزال أقل جهد اختزال

	4)يذوب الفلز M في محلول حمض الهيدروكلوريك (HCl) تركيزه 1 مول/لتر وينطلق غاز (H_2) , بينما لا يذوب في محلول $FeSO_4$ (جهد اختزال الحديد -0.44 فولت), فإن إحدى القيم الآتية تمثل جهد الإختزال المحتمل للفلز M:
	(0.14) فولت
✓	(-0.25) فولت
	(-0.56) فولت
	(-0.72) فولت

- الجهد الاختزالي للفلز M يقع بين صفر و -0.44
- اختزل أيونات الهيدروجين $M + HCl \rightarrow MCl + H_2$ ، أي أن جهده الاختزالي سالب (أقل من جهد الهيدروجين)
- لكنه لم يختزل أيونات الحديد $M + FeSO_4 \rightarrow NR$ ، يعني أن جهده الاختزالي أعلى من الحديد

	5)يمكن حفظ محلول $FeCl_2$ (جهد اختزال الحديد -0.44 فولت) , في جميع الأوعية المصنوعة من المواد الآتية ما عدا (جهد اختزالها بين قوسين):
	قصدير (-0.25 فولت)
✓	كروم (-0.74 فولت)
	رصاص (-0.14 فولت)
	فضة (0.80 فولت)

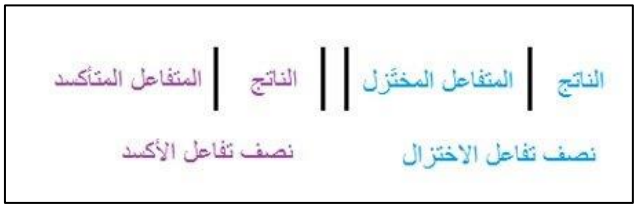
القصدير والرصاص والفضة جهدها الاختزالية أعلى من جهد الحديد أي أنها ستختزل الحديد من محلول $FeCl_2$ إلى فلز الحديد

معرفة تلقائية التفاعل بحساب جهد الخلية

E^o موجب ، تفاعل تلقائي & E^o سالب ، تفاعل غير تلقائي

طريقة كتابة رمز الخلية

الخطان || الذان يفصلان بين نصفي التفاعل يمثلان القنطرة الملحية



فرق جهد الخلية : القوة الدافعة الكهربائية التي يسجلها الفولتميتر بين قطبي خلية غلفانية. ووحدته فولت V

جهد الخلية القياسي : فرق جهد الخلية المقاس في الظروف المعيارية (P = 1atm. , C = 1 M , T = 25°C) ويرمز له بالرمز E^o

كلما زاد جهد الخلية القياسي زاد ميل نصفي تفاعل التأكسد والاختزال للحدوث تلقائيا

العوامل التي تعتمد عليها قيمة فرق جهد الخلية الغلفانية :

١. تراكيز الأيونات .
٢. درجة الحرارة
٣. ضغوط الغازات المشتركة في التفاعل (إن وجدت)

$$E^\circ_{\text{الخلية}} = E^\circ_{\text{الاختزال}} - E^\circ_{\text{الأكسدة}}$$

مثال 1-5

حساب جهد الخلية تمثل أنصاف تفاعلات الاختزال الآتية نصفي خلية جلفانية:

$$I_{2(s)} + 2e^- \rightarrow 2I^-_{(aq)}$$
$$Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Fe_{(s)}$$

حدّد التفاعل الكلي للخلية وجهدها القياسي، ثم اكتب رمز الخلية.

$$I_{2(s)} + 2e^- \rightarrow 2I^-_{(aq)} \qquad E^0_{I_2|I^-} = +0.536\,V$$
$$Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Fe_{(s)} \qquad E^0_{Fe^{2+}|Fe} = -0.447\,V$$

١- التفاعل الكلي : $I_{2(s)} + Fe^{2+}_{(aq)} \rightarrow 2I^-_{(aq)} + Fe_{(s)}$

٢- جهد الخلية : في التفاعلات التلقائية الجهد الأكبر يكون هو جهد الاختزال (اليود نصف الاختزال والحديد نصف الأكسدة)

$E°_{\text{الخلية}} = 0.536 - (-0.447) = 0.536 + 0.447 = 0.983\ V$

الناتج موجب يعني أن التفاعل يحدث تلقائيا

٣- رمز الخلية (ملاحظة بدل كتابة aq للأيونات نكتب تركيز المحلول وبما أنه قياسي التركيز 1 مولار

$Fe^{2+} \mid Fe_{(1M)} \parallel I_{2(s)} \mid I^-_{(1M)}$

احسب جهد الخلية لتحديد ما إذا كانت تفاعلات الأكسدة والاختزال الآتية تحدث بصورة تلقائية كما هي مكتوبة أم لا.

$Sn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Sn \quad E^o = -0.1375\ V$

$Cu^{2+} + 2e \rightleftharpoons Cu \quad E^o = +0.3419\ V$

.5 $Sn_{(s)} + Cu^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow Sn^{2+}{}_{(aq)} + Cu_{(s)}$

Sn هو قطب الاكسدة و Cu قطب الاختزال

التفاعل تلقائي $E°_{Cell} = E°_{Cu} - E°_{Sn}$, $E°_{Cell} = 0.3419 - (-0.1375) = 0.48\ V$

.6 $Mg_{(s)} + Pb^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow Pb_{(s)} + Mg^{2+}{}_{(aq)}$

$Mg^{2+} + 2e \longrightarrow Mg, E^o = -2.372\ V \qquad Pb^{2+} + 2e \longrightarrow Pb \quad E^o = -0.1262\ V$

المغنيسيوم هو قطب الاكسدة والرصاص قطب الاختزال

$E°_{Cell} = E°_{Pb} - E°_{Mg}$, $E°_{Cell} = -0.1262 - (-2.372) = 0.48\ V$

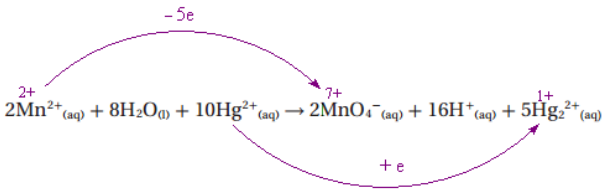
التفاعل تلقائي

.7 $2Mn^{2+}{}_{(aq)} + 8H_2O_{(l)} + 10Hg^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow 2MnO_4^-{}_{(aq)} + 16H^+{}_{(aq)} + 5Hg_2^{2+}{}_{(aq)}$

$MnO_4^- + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} \quad E^o = +1.507$

$2Hg^{2+} + 2e^- \rightarrow Hg_2^{2+} \quad E^o = +0.920$

المنجنيز هو قطب الاكسدة والزئبق قطب الاختزال



$E°_{Cell} = E°_{Hg} - E°_{Mn} \rightarrow E°_{Cell} = 0.92 - 1.507 = -587\ V$

غير تلقائي

.8 $2SO_4^{5-}{}_{(aq)} + Co^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow Co_{(s)} + S_2O_8^{5-}{}_{(aq)}$

$Co^{2+} \longrightarrow Co \quad , E^o = -0.28\ V$

$S_2O_8^{5-} \longrightarrow SO_4^{5-} \quad , E^o = +2.01V$

قطب الاختزال Co

$E°_{Cell} = E°_{Co} - E°_{SO_4^{5-}}$ ، $E°_{cell} = -0.28 - 2.01 = -2.3\,V$ غير تلقائي

9. تحفيز اكتب المعادلة، وحدّد جهد الخلية $E°$ للخلية الآتية

$$Al \mid Al^{3+}_{(IM)} \parallel Hg^{2+}_{(IM)} \mid Hg_2^{2+}{}_{(IM)}$$

$Al^{3+} \longrightarrow Al$, $E = -1.662$ V

$Hg^{2+} \longrightarrow Hg_2^{2+}$ $E^o = +0.92$ V

$Al + Hg^{2+} \rightarrow Al^{3+} + Hg_2^{2+}$

$E° = 0.92 - (-1.662) = +2.582\,V$ تلقائي

مثال (1) :

وضح مدى إمكانية حدوث التفاعل الآتي في الظروف المعيارية:

$$Br_2 + 2Cl^- \longrightarrow 2Br^- + Cl_2$$

علماً بأن :

$Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$ $E^\circ = 1.36^+$ فولت

$Br_2 + 2e^- \longrightarrow 2Br^-$ $E^\circ = 1.06^+$ فولت

في المعادلة غاز البروم اكتسب إلكترونين (تفاعل اختزال)

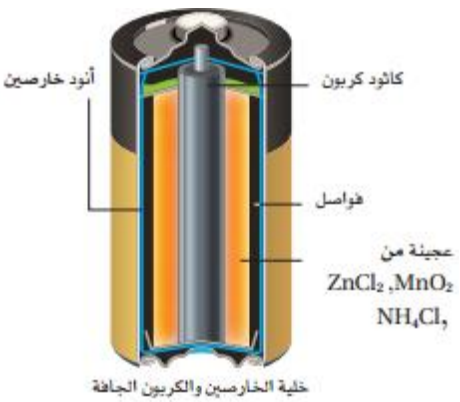
$E° = 1.06 - 1.36 = -0.3\,V$ التفاعل غير تلقائي

4) إذا كانت جهود الاختزال المعيارية لكل من المغنيسيوم والنيكل هي 2.37– , 0.25- فولت على الترتيب, فإن قيمة جهد الخلية المعياري للخلية الغلفانية المكونة لهما:	
فولت (2.52-)	
فولت(2.52+)	
فولت (2.12–)	
فولت(2.12+)	✓

استبعد الخيارات السالبة : التفاعل في الخلية غلفانية تلقائي ، E^o موجب،

القيمة الأكبر تمثل تفاعل اختزال -2.37 < -0.25

$E^\circ_{cell} = -0.25 - (-2.37) = -0.25 + 2.37 = 2.12\,V$



التطبيقات على الخلايا الغلفانية : (البطاريات الأولية والثانوية)

البطاريات الأولية : تنتج طاقة كهربائية من تفاعل أكسدة\اختزال وتصلح غير صالحة للاستعمال بعد انتهاء المواد (لا يمكن إعادة شحنها) منها :

البطارية الجافة . (خلية الخارصين والكربون)

١- **المحلول** : $ZnCl_2$ و NH_4Cl و MnO_2 مخلوطة مع ماء
٢- **المصعد** : الخارصين نصف التفاعل الأكسدة

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

٣- **المهبط** : قطب خامل من الغرافيت (كربون) ، نصف تفاعل الاختزال

$$2NH_4^+{}_{(aq)} + 2MnO_{2(s)} + 2e \rightarrow Mn_2O_{3(s)} + 2NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

رغم أن المهبط قطب خامل لا يدخل في تفاعل الأكسدة والاختزال إلا أنه مهم في توصيل الالكترونات

البطارية القلوية .

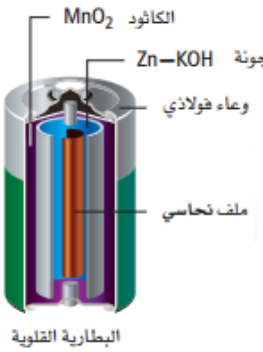
المصعد مسحوق الخارصين ليوفر مساحة سطح أكبر للتفاعل - مخلوط مع قاعدة قوية KOH في هذه العجينة يتم تفاعلي الأكسدة والاختزال

$$Zn_{(s)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow ZnO_{(s)} + H_2O_{(l)} + 2e$$

المهبط : عجينة من أكسيد المنجنيز IV

$$MnO_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} + 2e \rightarrow Mn(OH)_{2(s)} + 2OH^-$$

نظرا لوجود المواد بصورة مسحوق فلا تحتاج البطارية القلوية إلى عمود كربون كمهبط ، لذا يمكن تصنيعه بأحجام صغير



بطارية الفضة .

أصغر حجما من البطارية القلوية ، بطارية ساعة اليد والسماعات والكاميرا

المصعد(الأنود): نفس مصعد البطارية القلوية

المهبط (كاثود) : أكسيد الفضة I

$$Ag_2O_{(s)} + H_2O_{(l)} + 2e \rightarrow 2Ag_{(s)} + 2OH^-_{(aq)}$$

البطاريات الثانوية (بطارية التخزين) : تنتج طاقة كهربائية من تفاعل أكسدة\اختزال والعكس عندما يتم شحنها يعاد تكوين المواد (مثل بطارية السيارة ، الحاسوب ، الجوال ..)

البطاريات الثانوية (بطاريات التخزين) تعمل كخلية جلفانية عند الاستخدام و كخلية كهروكيميائية عند إعادة الشحن

بطارية نيكاد . (نيكل – كادميوم)

الاستخدام : آلات التصوير الرقمية ، آلات الحلاقة ، الهواتف اللاسلكية

المصعد والمهبط تصنع من أشرطة طويلة مفصولة بطبقة يسمح لأيونات بالمرور ودقيقة ملفوفة في لفائف ضيقة داخل علبة فولاذية

المصعد : الكادميوم يتأكسد في وسط قاعدي

$$Cd_{(s)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow Cd(OH)_{2(s)} + 2e$$

المهبط : اختزال النيكل

$$NiO(OH) + H_2O_{(l)} + e \rightarrow Ni(OH)_2 + OH^-$$

البطارية الحمضية (المركم الرصاصي الحمضي)

بطارية السيارة ، 6 خلايا كل منها تولد جهد 2V (المحصلة 12V)

يتم التفاعل في وسط حمض الكبريتيك الذي يلعب دور المحلول الموصل

المصعد : شبكتين مساميتين من الرصاص Pb

$$Pb + SO_4^{5-} \rightarrow PbSO_4 + 2e$$

المهبط : شبكة واحدة من الرصاص مملوء بأكسيد الرصاص IV

$$PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{5-} + 2e \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$$

بطارية الليثيوم

مميزات الليثيوم : أخف فلز معروف ، له أقل جهد اختزال قياسي

تشبه بطارية الجافة إلا أنه تم استبدال الخارصين بالليثيوم

المصعد : ليثيوم $Li \rightarrow Li^+ + e$

المهبط : نفس مهبط البطارية الجافة $MnO_2 + e \rightarrow Mn_2O_3$

تستمر فترات أطول من انواع البطاريات الأخرى لذا تستعمل في الساعات والحواسي وآلات التصوير للحفاظ على الذاكرة والاعدادات حتى يتم إطفاء الجهاز

خلايا الوقود

مخترعها وليام **جروف** : تستخدم في **السفن الفضائية**

المحلول الموصل : KOH

الأقطاب : وعاء كربوني مسامي أجوف

المصعد : غاز الهيدروجين $2H_2(g) + 4OH^-_{(aq)} \rightarrow 4H_2O + 4e$

المهبط : $O_2 + e \rightarrow 4OH$

المعادلة الكلية $2H_2(g) + O_2 \rightarrow 2H_2O$

خلية الوقود لا تنفذ طالما تُزود بالوقود الذي هو غاز الهيدروجين وقد يستبدل بالميثان لكنه ينتج غاز CO_2 الذي يشكل مشاكل بيئية إذ أنه أحد الغازات الدفيئة

1)إحدى العبارات الآتية خاطئة فيما يتعلق بخلايا الوقود:	
تمتاز بارتفاع كلفتها	
تتم تفاعلاتها في وسط قاعدي	
يحدث اختزال للأوكسجين على المصعد	✓
من عيوبها انخفاض مردود الطاقة	

الجلفنة

- طريقة لمنع تآكل الحديد بتغليفه بفلز أكثر مقاومة للتأكسد مثل الخارصين
- التآكل (الصدى) : خسارة الفلز الناتج عن تفاعل أكسدة\اختزال بين الفلز والمواد التي في البيئة

التطبيقات على الخلايا التحليلية :

١- خلية داون : لاستخلاص فلز الصوديوم من مصهور كلوريد الصوديوم

- **عند الأنود (مصعد)** : يتأكسد أيون الكلوريد إلى غاز الكلور $2Cl^-_{(l)} \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e$
- **عند الكاثود (المهبط)** : تختزل أيونات الصوديوم إلى فلز صوديوم $Na^+_{(l)} \rightarrow Na_{(s)} + 2e$

٢- التحليل الكهربائي لماء البحر

ماء البحر محلول مائي لكلوريد الصوديوم يتم تحليله كهربائيا كالتالي

الكاثود : يوجد احتمال لتفاعلين إما اختزال ايونات الصوديوم أو الهيدروجين في الماء

$$Na^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Na_{(s)}$$

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

الأنود : يوجد احتمال لتفاعلين إما أكسدة ايونات الكلوريد أو الهيدروكسيد في الماء

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

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

عملية أختزال الهيدروجين أسهل و قد يعيق عملية اختزال الصوديوم و عملية أكسدة الكلوريد أسهل من أكسدة الهيدوكسيد

محصلة المعادلات الأربع $2H_2O_{(l)} + 2NaCl_{(aq)} \rightarrow H_{2(g)} + Cl_{2(g)} + 2NaOH_{(aq)}$

هذا الكلام ينطبق على معظم الأملاح الذائبة في البحر (المحاليل المائية) غالبا الهيدروجين أسهل اختزالا من الكاتيونات لذا يتصاعد غاز الهيدروجين عند المهبط بدل من تتكون ترسيب ذرات الفلز

5)عند التحليل الكهربائي لمحلول مائي من ($CuSO_4$) باستخدام أقطاب من الغرافيت فإنه:	
تتأكسد ذرات النحاس على المصعد	
يتصاعد غاز الهيدروجين عند المهبط	✓
يتصاعد غاز الاكسجين عند المصعد	
يتكون الكبريت عند المهبط	

3)عند التحليل الكهربائي لمحلول مائي ليوديد البوتاسيوم KI باستخدام أقطاب غرافيت, فإن ما يحدث على المهبط هو:	
ترسب اليود	
ترسب البوتاسيوم	
يتكون وسط حمضي	
انطلاق غاز الهيدروجين	✓

٣- استخلاص فلز الألمونيوم (عملية هول-هيرولیت)

التحليل الكهربي لمصهور أكسيد الألمونيوم المستخلص من خام البوكسيت $Al_2O_3.2H_2O$

الإلكتروليت : مصهور الكريوليت Na_3AlF_6

الكاثود : طبقة من جرافيت خامل (لكنه موصل) يحدث تفاعل اختزال الألمونيوم

$$Al3^+_{(l)} + 3e \rightarrow Al_{(l)}$$

الأنود : أنابيب أو (أصابع) من الجرافيت مغموسة في المصهور ، يحدث عنده عملية أكسدة أيونات الأوكسيد

$$2O^{2-} \rightarrow O_2 + 4e$$

لأن التفاعل يحدث تحت درجات حرارة عالية فإن الكاثود (كربون) يحترق عند تفاعله مع الأكسجين $C + O_2 \rightarrow CO_2$

٤- الطلاء الكهربي

مثل الطلاء بفلز الفضة ، الطلاء بالذهب للمجوهرات ، طلاء الأجزاء الفولاذية في السيارات لتكون مقاومة للتآكل حيث تطلى بالنيكل والكروم

1)العبارة التي تتفق والخلية الغلفانية هي:	
جهد الخلية سالباً	
تتجه الأيونات السالبة في المحاليل من المصعد إلى المهبط	✓
شحنة المهبط سالب	
التفاعل الكلي غير تلقائي	

2)يكون المصعد في الخلية الغلفانية هو القطب:	
السالب الذي تحدث عنده عملية التأكسد	✓
السالب الذي تحدث عنده عملية الإختزال	
الموجب الذي تحدث عنده عملية التأكسد	
الموجب الذي تحدث عنده عملية الاختزال	

3)إحدى العبارات الآتية صحيحة فيما يتعلق بالخلية الغلفانية التي تعمل وفق المعادلة: $Zn + Fe^{+2} \longrightarrow Zn^{+2} + Fe$	
الخارصين هو المهبط	
الحديد هو المصعد	
تسري الإلكترونات من الحديد للخارصين	
يزداد تركيز أيونات الخارصين في المحلول	✓

4) عند تحليل خليط من محلولي ($MgSO_4$, $CuSO_4$) فإن نصف التفاعل المتوقع على القطب السالب :	
$Mg^{+2} + 2e^- \longrightarrow Mg$	
$2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$	
$Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu$	✓
$2H_2O \longrightarrow 4H^+ + O_2 + 4e^-$	

في خلية فولتية تم قياس جهد الخلية القياسي للتفاعل التالي ووجد أنه يساوي *1.19V*

$Ti^{3+}_{(aq)} + 2Cr^{2+}_{(aq)} \rightarrow Ti^{+}_{(aq)} + 2Cr^{3+}_{(aq)}$ ، ما جهد الاختزال القياسي لاختزال

$(Cr^{3+}_{(aq)} \rightarrow Cr^{2+}_{(aq)} \quad E°_{red} = -0.41V)$ علما ان $Ti^{3+}_{(aq)} \rightarrow Ti^{+}_{(aq)}$

√ *0.78 V* (a
0.59 V (b
-0.78 V (c
1.19 V (d
1.60 V (e

المتأكسد هو الكروم والمختزل هو التيتانيوم

$E°_{\text{الخلية}} = E°_{\text{الاختزال}} - E°_{\text{الأكسدة}}$

$1.19 = E°_{Ti^{3+}} - (-0.41)$ ➔ $1.19 - 0.14 = E°_{Ti^{3+}} = 0.78\ V$

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن الأسئلة من 9 إلى 11.

9. حدد القطب الموجب والقطب السالب في هذا الجهاز.

القطب الموجب النحاس ، القطب السالب هو الخارصين

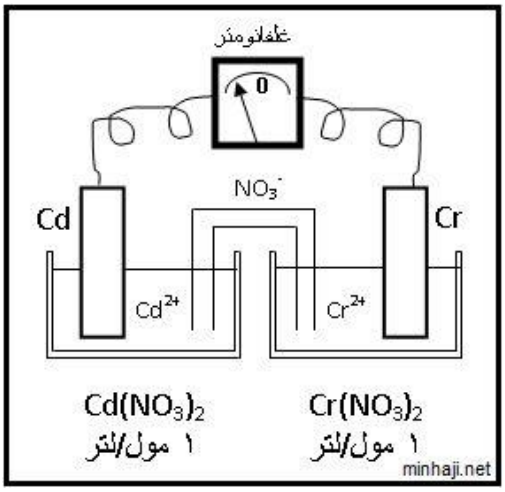
10. اكتب نصف تفاعل الأكسدة.

$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e$

11. اشرح وظيفة القنطرة الملحية في هذا الجهاز.

نقل الأيونات بين نصفي الخلية وإكمال الدائرة الكهربية

الشكل السابق وضحت اتجاه تدفق الإلكترونات ، لكن في حال لم توضح كما في الشكل التالي لخلية غلفانية



الشكل لم يحدد سير الإلكترونات لكن من مؤشر الغلفانوميتر الذي يتجه باتجاه سير الإلكترونات

يعني أن الإلكترونات تتدفق من قطب الكروم إلى قطب الكادميوم

المهبط : نصف تفاعل الاختزال

$Cd^{2+} + 2e \rightarrow Cd$

المصعد : نصف تفاعل الأكسدة

$Cr \rightarrow Cr^{2+} + 2e$

استعمل الجدول الآتي في الإجابة عن السؤال 12.

جهود اختزال قياسية مختارة عند 25°C و 1atm وتركيز 1 M	
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	0.7996
$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$	−0.744

12. إذا وصّل قطب فضة بقطب كروم في خلية جلفانية فأي القطبين سيتأكسد، وأيهما سيختزل ؛ اعتمادًا على جهود الاختزال القياسية أعلاه؟ فسر إجابتك.

سيختزل الفضة (عامل أكسدة) لأن جهده القياسي أعلى وقطب الأكسدة سيكون الكروم

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة من 1 إلى 4.

جهود الاختزال القياسية لبعض أنصاف الخلايا عند 25°C و1M	
الاسم	E^0 (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

1. أي الأيونات الآتية أسهل اختزالاً؟

a. Mg^{2+} **b.** Hg^{2+}

c. Ag^+ **d.** Al^{3+}

كلما كان جهد الاختزال للعنصر عاليا زادت قابليته لنصف تفاعل الاختزال

2. اعتمادًا على جهود الاختزال القياسية الموضحة في الجدول، 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. $Pb|pb^{2+} \,||\, Al^{3+}|Al$

الناتج | المتفاعل المختزل || الناتج | المتفاعل المتأكسد

$E^\circ_{Al} < E^\circ_{Ag}$ a مستبعد

$E^\circ_{Pb} < E^\circ_{H}$ c مستبعد

$E^\circ_{Al} < E^\circ_{Pb}$ d مستبعد

$E^\circ_{H} > E^\circ_{Mg}$

جهد قطب الهيدروجين صفر حتى لو لم يكتب في المعطيات

6. ما الذي تتوقع حدوثه إذا غمرت شريحة من الفضة في محلول مائي يحتوي أيونات Cu^{2+}؟

a. عدم حدوث تفاعل

b. تأكسد الفضة

c. يترسب النحاس على شريحة الفضة

d. اختزال أيونات النحاس

3. خلية جلفانية تتكون من قضيب من الماغنسيوم مغموس في محلول أيونات Mg^{2+} تركيزه 1M، وقضيب من الفضة مغموس في محلول أيونات Ag^+ تركيزه 1M. ما الجهد القياسي لهذه الخلية؟

a. 1.572 v **b.** 3.172 v

c. 0.773 v **d.** 3.971 v

خلية جلفانية ← تفاعل تلقائي يعني الجهد الأكبر سيكون قطب اختزال وهو الفضة

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{Ag} - E^\circ_{Mg}$$
$$E^\circ_{cell} = 0.8 - (-2.3) = 3.1\ V$$

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

نحسب جهد الخلية لكل الخيارات (قطب الاختزال في اليمين)

a. $E^\circ_{cell} = E^\circ_{Hg} - E^\circ_{Al}$

$0.8 - (-1.6) = 0.8 + 1.6 = 2.4\ V$ √

b. $E^\circ_{cell} = E^\circ_{H_2} - E^\circ_{Hg}$

$0 - 0.8 = -0.8\ V$

c. $E^\circ_{cell} = E^\circ_{Al} - E^\circ_{Mg}$

$-1.6 - (-2.3) = 0.7V$

d. $E^\circ_{cell} = E^\circ_{Ag} - E^\circ_{Pb}$

$0.8 - (-0.12) = 0.92\ V$

5. أي العبارات الآتية غير صحيحة؟

a. البطاريات نماذج مضغوطة من الخلايا الجلفانية.

b. البطاريات الثانوية من بطاريات التخزين.

c. يمكن أن تتكون البطاريات من خلية واحدة.

d. تفاعل الأكسدة والاختزال في البطاريات التي يمكن إعادة شحنها تفاعل معكوس.

7. ما المادة التي تتكون على المهبط عند التحليل الكهربائي لمحلول مائي من Na Cl؟
   a. اليود
   b. الأكسجين
   c. الهيدروجين
   d. البوتاسيوم

8. ما الذي يحدث عند وضع قطعة من الخارصين Zn في محلول $1.0\ M\ Cu(NO_3)_2$؟
   a. يقل $[Cu^{2+}]$
   b. يقل $[Zn^{2+}]$
   c. يزداد $[NO_3^-]$
   d. لا يحدث تغير

خلية خارصين-نحاس هي خلية دانيال
وهي خلية جلفانية يتدفق الالكترونات من الخارصين إلى النحاس

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

معادلة نرنست

أثر التركيز على جهد الخلية

$$E = E^0_{\text{الخلية}} - \frac{2.303RT}{nF}\ logQ$$

E جهد الخلية بالفولت عند تغير التركيز عن القياسي M ≠ 1 ، R الثابت العام للغازات 0.082

E^o جهد الخلية بالفولت عند التركيز القياسي M = 1 ، T درجة الحرارة بالكالفن

n عدد الإلكترونات المنتقلة في المعادلة الموزونة ، F ثابت فاراداي 96500

$$Q = \frac{\text{(الأيونات المتأكسدة)أو تركيز النواتج}}{\text{(الأيونات المختزلة)أو تركيز المتفاعلات}}$$

ملاحظة Q يحسب كما يحسب ثابت الاتزان (تركيز النواتج÷تركيز المتفاعلات كل مرفوع لأس عدد مولاته)

أثر التركيز على جهد الخلية في ظروف قياسية (يمكن تقريب 0.0592 إلى 0.06)

$$E = E^0_{\text{الخلية}} - \frac{0.0592}{n}\ logQ$$

$E = E^o$ جهد الخلية مساوي للجهد القياسي تركيز الأيونات متساوية Q = 1

$E > E^o$ جهد الخلية أكبر من الجهد القياسي ، يعني التغير في تركيز الأيونات تؤدي إلى زيادة تلقائية التفاعل

$E < E^o$ جهد الخلية أقل من الجهد القياسي ، يعني التغير في تركيز الأيونات تؤدي إلى التقليل من تلقائية التفاعل

قطب زنك مغموس في محلول من Zn^{2+} 0. 80 M متصلا بقنطرة ملحية إلى محلول يحوي Ag^+ 1.30M مغموسا فيه قطب فلز إذا علمت أن الجهود القياسية للزنك والفضة كالتالي

$E^0_{red}: Zn^{2+}_{aq} + 2e^- \rightarrow Zn_s = -0.76\ V$ و $E^0_{red}: Ag^+_{aq} + e^- \rightarrow Ag_s = +0.80\ V$

فاحسب جهد الخلية (log0.47 = -0.33)

قطب الاختزال هو الفضة لأنه أعلى جهد اختزال قياسي $E^\circ = 0.8 - (-0.76) = 1.56\ V$

يجب أن نجعل عدد الإلكترونات في نصفي التفاعل متساويين بالضرب في المعامل المناسب

نضرب تفاعل اختزال الفضة في 2 وكذلك تركيزه

$2Ag^+_{aq} + 2e^- \rightarrow 2Ag_s = +0.80(2) = 1.6\ V$

$2Ag^+ + Zn \rightarrow Zn^{2+} + Ag$

$$Q = \frac{[Zn^{2+}]}{[Ag^+]^2} = \frac{0.8}{1.3^2} = 0.47$$

$$E = E^0_{\text{الخلية}} - \frac{0.0592}{n} logQ \quad \rightarrow \quad E = 1.56 - \frac{0.0592}{2} log0.47 = 1.5\ V$$

عندما يكون تركيز أيونات الخارصين = 0.001 M وتركيز أيونات النحاس = 1 M عند 25°Cأحسب الجهد الكهربائي للتفاعل

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

$Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu \quad E^o = 0.3419\ V$, $Zn^{2+} + 2e \rightarrow Zn \quad E^o = -0.7618\ V$

الحل

قطب الاختزال هو النحاس وقطب الأكسدة هو الخارصين $E^o_{cell} = E^o_{Cu} - E^o_{Zn}$

$$E^o_{cell} = 0.342 - (-0.762) = 1.104$$

$$E = E^\circ - \frac{0.06}{n} logQ$$

$$Q = \frac{\text{تركيز النواتج}}{\text{تركيز المتفاعلات}} = \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]} = \frac{10^{-3}}{1} = 10^{-3}$$

$$E = 1.104 - \frac{0.06}{2} log10^{-3}$$

$$E = 1.104 - 0.03(-3) = 1.104 - (-0.09) = 1.194\ V$$

$E > E^o$ ، *يعني أن التغير في تركيز الأيونات أدى إلى زيادة تلقائية التفاعل*

س: في خلية دانييل الانعكاسية إذا علمت أن جهد اختزال النحاس المعياري = 0.3419 V ، وجهد اختزال الخارصين المعياري = -0.7618 V فاحسب جهد الخلية للتفاعل التالي عند 25°C ، عندما يكون تركيز أيونات النحاس في المحلول = 0.1 M وتركيز أيونات الخارصين = 0.00001 M

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

الحل

$$Q = \frac{\text{تركيز النواتج}}{\text{تركيز المتفاعلات}} = \frac{[Cu^{2+}]}{[Zn^{2+}]} = \frac{10^{-1}}{10^{-5}} = 10^4 \quad , \quad E^o_{Cu} = 0.34\ V \ , E^o_{Zn} = -0.76\ V$$

قطب الاختزال هو الخارصين $Zn^{2+} + 2e \rightarrow Zn$

وقطب الأكسدة هو النحاس $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e$

$$E^o_{cell} = E^o_{Zn} - E^o_{Cu} \rightarrow E^o_{cell} = -0.76 - 0.34 = -1.1\ V$$

$$E = E° - \frac{0.06}{n} logQ \rightarrow E = -1.1 - \frac{0.06}{2} log10^4$$

$$E = -1.1 - (0.03 \times 4) \rightarrow E = -1.1 - 0.12 \rightarrow E = -1.22\ V$$

$E^o > E$ ، يعني أن الزيادة في الالكترونات أثرت سلبيا على تلقائية التفاعل

خلية كهربائية تستخدم أنصاف التفاعلات الموجودة في الجدول أدناه ، (تبدأ العمل في الظروف القياسية.) احسب نسبة تركيز عندما يكون جهد الخلية = 0.012 V ،وعند جهد خلية = صفر

الجهد القياسي للاختزال (at 25°C, 1.0 M)	
نصف التفاعل	E^0(V)
$Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Sn_{(s)}$	-0.138
$Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Pb_{(s)}$	-0.126

جهد الخلية القياسي $E^0 = -0.126 - (-0.138) = 0.012V$

عند $E = 0.012\ V$ ، نسبة التركيز = 1

$E = E^o$ يعني أن نسبة التركيز Q هي 1 أي أن التراكيز متساوية

عند $E = 0\ V$

$$E = E° - \frac{0.06}{n} logQ$$

$$0 = 0.012 - \frac{0.06}{2} logQ \rightarrow -0.012 = 0.03logQ \rightarrow \frac{-0.012}{0.03} = logQ$$

$$0.4 = logQ \rightarrow 10^{0.4} = 2.5 = Q$$

$$10^{0.4} = 2.5$$