الجُمَانْ

في الكيمياء

الوحدة الثانية

التأكسد والاختزال

والكيمياء الكهربائية

لطلبة التوجيهي العلمي

جيل ٢٠٠٤ لعام ٢٠٢٢

إعداد الأستاذ: محمد الشيخ

موقع الأوائل التعليمي

أكاديمية العون الثقافية

مقدمة عامة ...

قديماً أستخدم مصطلح التأكسد لوصف عملية تفاعل المواد مع الأكسجين مثل عملية تكوين صدأ الحديد كالآتي :

$$Fe + O_2 \longrightarrow Fe_2O_3$$

واستخدم أيضاً مفهوم الاختزال لوصف عملية نزع الأكسجين من المواد مثل عمليات استخلاص الفلزات من خاماتها مثل :

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

ولكن ...

مع التقّدم في الاكتشافات والعلوم تبيّن أن عمليتي التأكسد والاختزال قد تحدث كل منهما في تفاعلات لا تحتوي على أكسجين أصلاً , بل تعتمد في حدوثها على انتقال الإلكترونات بين المواد , فكان التعريف الأكثر شمولاً كالآتي :-

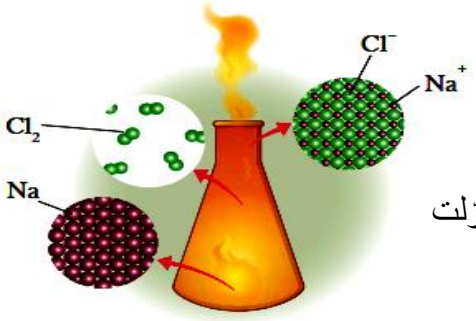
- **التأكسد : عملية فقد المادة للإلكترونات خلال التفاعل الكيميائي .**
- **الاختزال : عملية كسب المادة للإلكترونات خلال التفاعل الكيميائي .**

مثال :

$Na \longrightarrow Na^+$

ذرّة الصوديوم — أيون الصوديوم

فقدت ذرّة الصوديوم إلكترون فتحوّلت إلى أيون الصوديوم الموجب .



مثال :

$Cl \longrightarrow Cl^-$

ذرّة الكلور — أيون الكلور

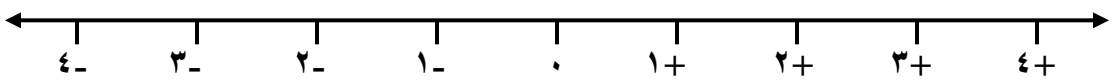
كسبت ذرّة الكلور إلكترون فتحوّلت إلى أيون الكلور السالب .

أيضاً ...

- يجب معرفة أن التأكسد **ليس** مقتصراً على الفلزات فقط وكذلك الاختزال **ليس** مقتصراً على اللافلزات فقط , وإنما قد تحدث عملية اختزال للفلزات وقد تحدث عملية تأكسد للافلزات .
- التأكسد والاختزال **ليس** مقتصراً على ذرات العناصر المتعادلة (التي لا تحمل شحنة) وإنما قد يحدث للمواد الأيونية (التي تحمل شحنة) .

ولتحديد التأكسد والاختزال بدقة وعدد الإلكترونات المفقودة والمكتسبة للمواد , نستخدم خط الأعداد كالآتي :-

زيادة في عدد التأكسد (تأكسد) ⟵



نقصان في عدد التأكسد (اختزال) ⟵

عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة = الشحنة الكبرى للعنصر – الشحنة الصغرى

مثال : تأكسد البروم Br فتحولت شحنته من (-١) إلى (+٥) , احسب عدد الإلكترونات التي فقدها البروم

الحل ... **عدد الإلكترونات المفقودة = +٥ – (-١) = ٦ إلكترونات**

سؤال : الجدول الآتي يبين بعض التحولات لبعض العناصر قبل وبعد تفاعلها , املأ الجدول بما يناسبه

الرقم	التحوّل	العملية (تأكسد / اختزال)	عدد الإلكترونات (المفقودة / المكتسبة)
١	$Cu^{+} \longrightarrow Cu^{+2}$		
٢	$Al^{+3} \longrightarrow Al$		
٣	$Cl^{-} \longrightarrow Cl^{+9}$		
٤	$C^{+2} \longrightarrow C^{-4}$		

❖ عندما نعبّر عن تفاعلات التأكسد والاختزال لا يكفي كتابة التحول الذي حدث للذرّة بل يجب توضيح عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة وكتابة كل ذلك في تفاعل واحد كالآتي : -

مثال : تفقد ذرة الفضة Ag إلكترونا واحداً عند التفاعل فينتج أيون الفضة Ag^{+} وإلكترون (e)

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

كُتب الإلكترون بعد السهم لأنه مفقود (تأكسُد)

مثال : تكتسب ذرة النيتروجين N (٣) إلكترونات عند التفاعل فينتج أيون النيتروجين N^{-3}

$$N + 3e \longrightarrow N^{-3}$$

كُتب الإلكترونات قبل السهم لأنها مكتسبة (اختزال)

❖ عند كتابة تفاعلات التأكسد والاختزال , إذا ظهرت الإلكترونات **بعد السهم** فإن التفاعل **تأكسد** , وإذا ظهرت الإلكترونات **قبل السهم** فإن التفاعل **اختزال** .

سؤال : في أحد التفاعلات تأكسد الكربون C فتحوّلت شحنته من (-٢) إلى (+٢).

١- أكتب نصف تفاعل يعبّر عن ذلك .

٢- كم عدد الإلكترونات التي فقدها الكربون في التفاعل ؟

الحل ....

١- $C^{-2} \longrightarrow C^{+2} + 4e$

٢- عدد e المفقودة = +٢ – (-٢) = ٤ الكترونات

سؤال : في أحد التفاعلات اختزل الكروم Cr فتحوّلت شحنته من (+٣) إلى (صفر).

٣- أكتب نصف تفاعل يعبّر عن ذلك .

٤- كم عدد الإلكترونات التي اكتسبها الكربون في التفاعل ؟

الحل ....

١- $Cr^{+3} + 3e \longrightarrow Cr$

٢- عدد e المكتسبة = +٣ – صفر = ٣ الكترونات

التأكسد والاختزال عمليتان مترافقتان لا تحدث إحداهما دون الأخرى .

لذلك فإن التفاعل يجمع بين مادين إحداهما تتأكسد والأخرى تختزل ويسمى عندها التفاعل (تفاعل التأكسد والاختزال الكلّي) وهو نصفين :

١) نصف تفاعل التأكسد ٢) نصف تفاعل الاختزال

مثال : أدرس تفاعل التأكسد والاختزال الكلّي الآتي :

نقصان في عدد التأكسد (اختزال)

صفر ٣+ ٣+ صفر

$$Al + Cr^{+3} \longrightarrow Al^{+3} + Cr$$

زيادة في عدد التأكسد (تأكسد)

نلاحظ أن ...

Al تحوّل من صفر إلى +٣ $Al \longrightarrow Al^{+3} + 3e$ (نصف تفاعل تأكسد)

Cr تحوّل من +٣ إلى صفر $Cr^{+3} + 3e \longrightarrow Cr$ (نصف تفاعل اختزال)

نلاحظ أن عدد الإلكترونات المفقودة يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة وتساوي ٣

سؤال : ادرس تفاعل التأكسد والاختزال الآتي ثم اكتب أنصاف التفاعلات

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

الحل ...

نلاحظ أن Zn تحوّل من صفر إلى +٢ $Zn \longrightarrow Zn^{+2} + 2e$ (نصف تفاعل تأكسد)

Cu تحوّل من +٢ إلى صفر $Cu^{+2} + 2e \longrightarrow Cu$ (نصف تفاعل اختزال)

نلاحظ أن عدد الإلكترونات المفقودة يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة وتساوي ٢

سؤال : ادرس التفاعل الآتي ثم أجب عما يليه :

$$Al + Ag^{+} \longrightarrow Al^{+3} + Ag$$

١- حدد المادة التي تأكسدت .....

٢- حدد المادة التي اختزلت .....

٣- اكتب نصف تفاعل تأكسد .....

٤- اكتب نصف تفاعل اختزال .....

٥- ما عدد الإلكترونات المفقودة ؟ .....

٦- ما عدد الإلكترونات المكتسبة ؟ .....

٧- ما عدد الإلكترونات المتنقّلة ؟ .....

عدد الإلكترونات المفقودة بالتأكسد يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة بالاختزال وتسمى هذه الإلكترونات الإلكترونات المتنقّلة

سؤال : حدد الذرّة التي تأكسدت والذرّة التي اختزلت واكتب أنصاف تفاعلات موزونة في التفاعل الآتي :

صفر صفر ١+ ١-

$Na + Cl_2 \longrightarrow NaCl$ (مركب أيوني)

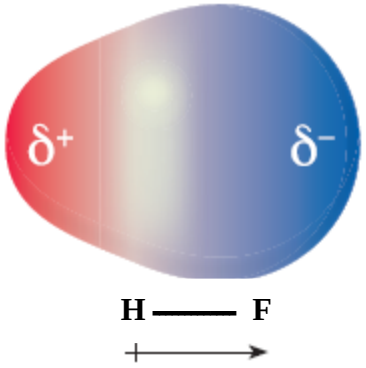
نلاحظ أن Na تحوّل من صفر إلى +١ $2\,Na \longrightarrow 2Na^+ + 2e$ (نصف تفاعل تأكسد)

Cl تحوّل من صفر إلى -١ $Cl_2 + 2e \longrightarrow 2Cl^-$ (نصف تفاعل اختزال)

تذكّر أن Na فلز (يفقد) و Cl لا فلز (يكسب) وبالتالي هذا أحد أشكال تفاعلات التأكسد والاختزال .

سؤال : هل يعتبر تفاعل H_2 مع F_2 لإنتاج HF مثالاً على تفاعلات التأكسد والاختزال ؟ وضّح ذلك .

$H_2 + F_2 \longrightarrow 2\,HF$ (مركب جزيئي)



الحل ...

الفكرة من السؤال أن الهيدروجين H والفلور F كلاهما **لا فلز** أي أنهما يرتبطان برابطة **تساهمية** , وهذا يعني أنه لا يوجد فقد كامل أو كسب كامل للإلكترونات وإنما هي عملية مشاركة **ولكن ...** لا ننسى هنا أن **كهروسالبية** الفلور أعلى من الهيدروجين لذلك فإن إلكترونات الرابطة **تنزاح** نحو الفلور أكثر من الهيدروجين , وبالتالي يمكن اعتبار H فقد , و F كسب الإلكترونات وبالتالي يمكن اعتباره تأكسد واختزال .

وكذلك الحال بالنسبة لتفاعل H_2 مع كل من Cl_2 , Br_2 , I_2 .

من المثال السابق يتبيّن أهناك قصوراً في تعريف التأكسد والاختزال لذلك تم البحث عن مفهوم أكثر شمولاً فكان :

عدد التأكسد

وله تعريفان حسب نوع المركب :-

عدد التأكسد

في المركب الأيوني

هو الشحنة الفعلية لأيون الذرّة في المركبات الأيونية

مثل : Na مع Cl_2

فلز مع لا فلز

في المركب الجزيئي

هو الشحنة التي يفترض أن تكتسبها الذرّة المكونة للرابطة التساهمية فيما لو كسبت الذرة الأعلى كهروسلبية إلكترونات الرابطة كلياً وخسرت الأخرى هذه الإلكترونات

مثل : H_2 مع Cl_2

لا فلز مع لا فلز .

ولحساب عدد التأكسد للعناصر وخاصة إذا كانت ضمن مركبات نتبع القواعد الآتية .

١- عدد تأكسد العناصر **الحرّة** (ذرات منفردة / جزيئات) يساوي **صفر** مثل :-

مثل : Na Mg Al Zn Cu Ag Cl_2 H_2 O_2 N_2 P_4 S_8

ذرات منفردة — جزيئات

٢- عدد تأكسد **الأيون البسيط** (ذرة واحدة تحمل شحنة) يساوي **الشحنة الظاهرة** عليه .

مثل : عدد تأكسد Na^{+} = ١+ عدد تأكسد Mg^{+2} = ٢+ عدد تأكسد Al^{+3} = ٣+

عدد تأكسد I^{-} = ١- عدد تأكسد O^{-2} = ٢- عدد تأكسد N^{-3} = ٣-

٣- عدد تأكسد **القلويات** (عناصر المجموعة الأولى A) يساوي (+١) دائماً , مثل : Li Na K

٤- عدد تأكسد **القلويات الترابية** (عناصر المجموعة الثانية A) يساوي(+٢) دائماً , مثل : Mg Ca Ba

٥- عدد تأكسد **الألومنيوم** Al دائماً يساوي +٣ .

٦- عدد تأكسد **الهيدروجين (H)** في جميع مركباته يساوي(+١) عدا :

هيدريدات الفلزات مثل : LiH / NaH / CaH_2 / BaH_2 / AlH_3 يساوي (-١)

٧- عدد تأكسد **الأكسجين (O)** في جميع مركباته يساوي (-٢) عدا :

أ- **فوق الأكاسيد** : فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 يساوي
فوق أكسيد الباريوم BaO_2 يساوي
فوق أكسيد الصوديوم Na_2O_2 يساوي
} دائماً (-١)

ب- فلوريد **الأكسجين :** OF_2 يساوي (+٢) و O_2F_2 يساوي (+١)

ج- كلوريد **الأكسجين :** OCl_2 يساوي (+٢)

٨- عدد تأكسد **الفلور F** في جميع مركباته دائماً يساوي (-١) لأنه الذرة الأعلى كهروسالبية من بين العناصر .

٩- عدد تأكسد **الهالوجينات** (عناصر المجموعة السابعة: Cl Br I)عندما تكون ضمن المركبات الأيونية تساوي (-١)

مثل : $AlCl_3$ $MgBr_2$ KF NH_4Cl ١+

ويكون غالباً عدد تأكسد الهالوجينات **موجب** إذا كان ضمن مركبات فيها أكسجين , مثل : $HClO$ / $KClO3$ ٥+

١٠- مجموع أعداد التأكسد لجميع الذرات في المركب يساوي الشحنة الظاهرة على المركب .

مثال ... لحساب عدد تأكسد الكبريت (S) في حمض الكبريتيك H_2SO_4

H_2SO_4

صفر = (٤ ×-٢) + (س) + (٢ ×+١) س = +٦

سؤال : احسب عدد تأكسد الكروم Cr في المركبات :

(١ $CrCl_2$ صفر = (س) + (٢ ×-١) س = +٢ لون محلوله أزرق

(٢ $CrCl_3$ صفر = (س) + (٣ ×-١) س = +٣ لون محلوله أخضر

(٣ $Cr_2O_7^{-2}$ -٢ = (٢س) + (٧ ×-٢) س = +٦ لون محلوله برتقالي

سؤال : احسب عدد تأكسد المنغنيز Mn في المركبين :

(١ MnO_2 صفر = (س) + (٢ ×-٢) س = +٤

(٢ MnO_4^{-} -١ = (٢س) + (٤ ×-٢) س = +٧

سؤال : احسب عدد تأكسد كل من ذرات العناصر التي تحتها خط فيما ياتي :

١- $H_3\underline{As}O_4$ .....

٢- $K\underline{Cl}O_5$ .....

٣- $\underline{V}O_3^-$ .....

٤- $\underline{Mn}O_3^-$ .....

٥- $Li_4\underline{C}$ .....

٦- $Na\underline{Bi}O_3$ .....

٧- $\underline{S}_2O_8^{-2}$ .....

٨- $H\underline{P}O_4^{-2}$ .....

٩- $H_3\underline{O}^+$ .....

١٠- $K\underline{Mn}O_4$ .....

١١- $H\underline{Cl}O_4$ .....

١٢- $\underline{B}F_3$ .....

١٣- $\underline{S}F_6$ .....

١٤- $\underline{Br}O^-$ .....

١٥- $\underline{C}_2H_6O$ .....

١٦- $\underline{As}_2O_3$ .....

١٧- $\underline{C}NO^-$ ..... (مهارة)

١٨- $\underline{Bi}_2S_3$ ..... (مهارة)

١٩- $H\underline{C}OOH$.....

٢٠- $H_2\underline{O}_2$ .....

العامل المؤكسد والعامل المختزل

العامل المؤكسد : هو كل مادة يحدث لها اختزال في التفاعل وتتسبب في أكسدة غيرها .
العامل المختزل : هو كل مادة يحدث لها أكسدة في التفاعل وتتسبب في اختزال غيرها .

مثال ... لتحديد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي يجب معرفة التغير الذي حدث لشحنات العناصر

صفر ٢+ ٢+ صفر

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

عنصر حرّ أيون بسيط أيون بسيط عنصر حرّ

Ni تأكسد لأن شحنته تغيرت من صفر إلى +٢ إذاً هو **عامل مختزل** أي تسبب في اختزال أيون الرصاص Pb^{+2}
Pb^{+2} اختزل لأن شحنته تغيرت من +٢ إلى صفر إذاً هو **عامل مؤكسد** أي تسبب في أكسدة النيكل Ni

سؤال : حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعلات الآتية

٣+ ٢- صفر صفر ٤+ ٢-

(1) $2Fe_2O_3 + 3C \longrightarrow 4Fe + 3CO_2$

نلاحظ أن :-
تغيرت شحنة الحديد Fe من +٣ إلى صفر (اختزل) لذلك
Fe_2O_3 : عامل مؤكسد (تسبب في أكسدة C) .
تغيرت شحنة الكربون C من صفر إلى +٤ (تأكسد) لذلك
C : عامل مختزل (تسبب في اختزال Fe_2O_3) .
نلاحظ أن : -
الحديد Fe هو فقط من تغيّرت شحنته ولم تتغير شحنة الأكسجين O
ومع ذلك فقد تم تحديد المركب كاملاً كعامل مؤكسد وهذا الصحيح .

هذا التفاعل يمثل عملية استخلاص الحديد Fe من خام الهيماتيت Fe_2O_3 حيث يحتاج هذا الاستخلاص إلى عامل مختزل مثل الكربون لتحويل
$Fe^{+3} \longrightarrow Fe$

عند تحديد العامل المؤكسد والعامل المختزل لا نختار العنصر الذي جرى عليه التغير في الشحنة فقط , بل نختار المركب كاملاً الذي يكون ضمنه ذلك العنصر .

(2) $2Al + 3CuCl_2 \longrightarrow 2AlCl_3 + 3Cu$

(3) $Zn + 2HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2$

(4) $2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO$

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

(6) $2FeCl_3 + SnCl_2 \longrightarrow 2FeCl_2 + SnCl_4$

❖ انتبه

لا تعتبر جميع التفاعلات من نوع تأكسد واختزال , فما المقياس لذلك ؟

لكي نعتبر أن التفاعل من نوع تأكسد واختزال لا بد من حدوث تغير في شحنات العناصر .

مثال : هل يعتبر التفاعل الآتي تفاعل تأكسد واختزال ؟ علل ؟

١+ ٢- ١+ ١+ ١- ١+ ١- ١+ ٢-

$$KOH + HBr \longrightarrow KBr + H_2O$$

نلاحظ أنه لا تغيير على شحنات العناصر قبل وبعد التفاعل لذلك لا يعتبر تفاعل تأكسد واختزال

سؤال : أي التفاعلات الآتية يعد تأكسد واختزال وأيها لا ؟

١) $2K + CaSO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Ca$

٢) $NaF + H_2O \longrightarrow Na^+ + HF + OH^-$

٣) $3S + 3H_2O \longrightarrow H_2SO_3 + 2H_2S$

٤) $Pb + HCl \longrightarrow PbCl_2 + H_2$

❖ انتبه

حتى **تتأكسد** المادة فإنها **تحتاج عامل مؤكسد** & حتى **تختزل** المادة فإنها **تحتاج عامل مختزل** .

سؤال : حدد أي التغيرات الآتية يحتاج عامل مؤكسد وأيها يحتاج عامل مختزل .

١- $Cu^+ \longrightarrow Cu^{+2}$ هذا التغيّر يعتبر **تأكسد** ويحتاج **عامل مؤكسد .**

٢- $Cl_2 \longrightarrow 2Cl^-$ هذا التغيّر يعتبر **اختزال** ويحتاج **عامل مختزل .**

٣- $I_2 \longrightarrow IO_3^-$ هذا التغيّر يعتبر ..... ويحتاج .....

٤- $H_2O_2 \longrightarrow O_2$ هذا التغيّر يعتبر ..... ويحتاج .....

٥- $O_2 + 4H^+ \longrightarrow 2H_2O$ هذا التغيّر يعتبر ..... ويحتاج .....

٦- $Fe^{+3} \longrightarrow Fe^{+2}$ هذا التغيّر يعتبر ..... ويحتاج .....

٧- $H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+$ هذا التغيّر يعتبر ..... ويحتاج .....

٨- $NO_2 \longrightarrow N_2O_4$ هذا التغيّر يعتبر ..... ويحتاج .....

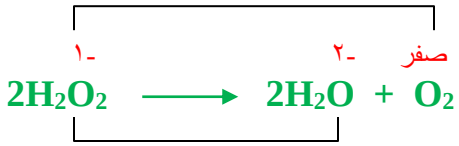
٩- $Cr_2O_3 \longrightarrow CrO_4^{-2}$ هذا التغيّر يعتبر ..... ويحتاج .....

١٠- $N_2O_4 \longrightarrow NO$ هذا التغيّر يعتبر ..... ويحتاج .....

التأكسد والاختزال الذاتي

هي العملية التي تسلك فيها إحدى المواد كعامل مؤكسد وعامل مختزل في نفس الوقت (في نفس وعاء التفاعل).

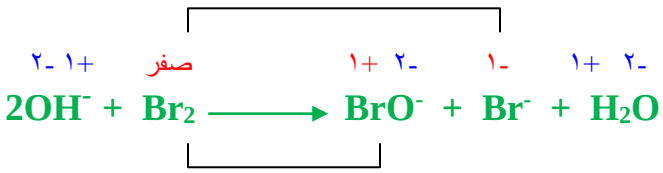
مثال ... يتحلل فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 حسب المعادلة الآتية



نلاحظ أن ... تغيرت شحنة الأكسجين من -١ إلى -٢ (اختزال) إذاً H_2O_2 عامل مؤكسد .
تغيرت شحنة الأكسجين من -١ إلى صفر (تأكسد) إذاً H_2O_2 عامل مختزل .

النتيجة النهائية : H_2O_2 عامل مؤكسد وعامل مختزل في نفس الوقت .

سؤال : بيّن سلوك البروم Br_2 كعامل مؤكسد وعامل مختزل في التفاعل الآتي



نلاحظ أن ... تغيرت شحنة البروم من صفر إلى -١ (اختزال) إذاً Br_2 عامل مؤكسد .
تغيرت شحنة البروم من صفر إلى +١ (تأكسد) إذاً Br_2 عامل مختزل .

النتيجة النهائية : Br_2 عامل مؤكسد وعامل مختزل في نفس الوقت .

سؤال : هل يعتبر اليود I_2 عامل مؤكسد وعامل مختزل في التفاعل الآتي , وضح ذلك .

$$OH^- + I_2 \longrightarrow IO_3^- + I^-$$

سؤال : هل تعتبر التفاعلات الآتية مثالاً على تفاعلات تأكسد واختزال ذاتي , وضح ذلك .

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

$$Cl_2 \longrightarrow Cl^- + OCl^-$$

موازنة معادلات التأكسد والاختزال

المعادلة الكيميائية الموزونة : هي تعبير بالرموز والأرقام يعطي وصفاً لتفاعل كيميائي معين .

- حتى تكون المعادلة الكيميائية موزونة لابد من تحقق شرطين هما :
١- **مبدأ حفظ المادة** : وينص على أن تتساوى أعداد الذرات وأنواعها في طرفي المعادلة الكيميائية .
٢- **مبدأ حفظ الشحنة** : وينص على أن يتساوى المجموع الجبري للشحنات في طرفي المعادلة .

- **موازنة معادلات التأكسد والاختزال لها طرق متعددة منها :-**

١- طريقة المحاولة والخطأ

وهي طريقة تعتمد على التجريب حيث نجعل عدد الذرات ومجموع الشحنات في طرفي المعادلة متساويين عن طريق الضرب بأرقام على يسار العناصر والمركبات .

سؤال : وازن المعادلات الآتية بطريقة المحاولة والخطأ

1) $CH_4 + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$

2) $Na + O_2 \longrightarrow Na_2O$

3) $KClO_3 \longrightarrow KCl + O_2$

4) $Al + Cl_2 \longrightarrow AlCl_3$

يوجد الكثير من تفاعلات التأكسد والاختزال لا يمكن موازنتها بطريقة المحاولة والخطأ , وذلك لأن هذه التفاعلات قد تكتب دون توضيح جميع المواد فيها , فقط المواد الأساسية ولذلك لا بد من وجود طرق أخرى للموازنة , منها الموازنة في الوسطين الحمضي والقاعدي .

٢- الموازنة في الوسط الحمضي

عندما يحدث تفاعل تأكسد واختزال في وسط حمضي فإن الدور الأكبر في ذلك يكون لأيونات الهيدروجين H^+ والماء H_2O , ولكتابة تفاعل تأكسد واختزال موزون في وسط حمضي نتبع الخطوات الآتية :-

١) **نجزئ** التفاعل إلى نصفين : نصف تفاعل التأكسد ونصف الاختزال .
٢) نطبق على كل نصف مبدأ حفظ المادة كالآتي :-
أ- نزن جميع الذرات بطريقة **المحاولة والخطأ** ما عدا الأكسجين O والهيدروجين H .
ب- نزن ذرات الأكسجين O بإضافة جزيء ماء **H_2O** واحد مقابل كل ذرة أكسجين ناقصة .
ج- نزن ذرات الهيدروجين H بإضافة **H^+** واحدة مقابل كل ذرة هيدروجين ناقصة .
٣) نطبق مبدأ حفظ الشحنة على كل نصف وذلك **بإضافة إلكترونات** (**e**) إلى الطرف المناسب حتى يصبح المجموع الجبري للشحنات في الطرفين متساوٍ .
٤) نجعل عدد الإلكترونات في النصفين متساوٍ (**عدد e المفقودة = عدد e المكتسبة**)
٥) **نجمع** نصفي التفاعل بحذف المتشابه في الطرفين , عندها نحصل على تفاعل تأكسد واختزال موزون في وسط حمضي .
٦) **نتحقق** من صحة الحل من خلال تساوي مجموع الشحنات في الطرفين .

مثال ... وازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في وسط حمضي

$$Cu + NO_3^- \longrightarrow Cu^{+2} + NO_2$$

الحل ...

نجزئ التفاعل

عدد ذرات النحاس Cu متساوية في الطرفين .

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

لا يوجد O ولا يوجد H

يوجد اختلاف بالشحنة لذلك نضيف إلكترونات

$$Cu \longrightarrow Cu^{+2} + 2e$$ (نصف تفاعل تأكسد موزون) .

عدد ذرات النيتروجين N متساوية في الطرفين .

$$NO_3^- \longrightarrow NO_2$$

هناك اختلاف في عدد ذرات الأكسجين لذلك نضيف ماء H_2O

$$NO_3^- \longrightarrow NO_2 + H_2O$$

الآن أصبح هناك اختلاف في عدد ذرات الهيدروجين لذلك نضيف H^+ في الطرف الذي ينقصه

$$2H^+ + NO_3^- \longrightarrow NO_2 + H_2O$$

٢+ ١- صفر صفر

١+ صفر

الآن أصبح هناك اختلاف في الشحنات لذلك نضيف 2e الى الطرف الأيسر ليصبح المجموع الجبري للشحنات متساوٍ .

$$e + 2H^+ + NO_3^- \longrightarrow NO_2 + H_2O$$ (نصف تفاعل اختزال موزون) .

الآن أصبح لدينا :

$$Cu \longrightarrow Cu^{+2} + 2e$$ (نصف تفاعل تأكسد موزون في وسط حمضي)

$$e + 2H^+ + NO_3^- \longrightarrow NO_2 + H_2O$$ (نصف تفاعل اختزال موزون في وسط حمضي) .

لاحظ أن عدد الإلكترونات في الطرفين غير متساوٍ لذلك نجعلها متساوية

$$Cu \longrightarrow Cu^{+2} + 2e$$
$$2\,(e + 2H^+ + NO_3^- \longrightarrow NO_2 + H_2O)$$

نحذف المتشابه

$$Cu \longrightarrow Cu^{+2} + 2e$$
$$2e + 4H^+ + 2NO_3^- \longrightarrow 2NO_2 + 2H_2O$$

نجمع النصفين نتحقق

$$Cu + 4H^+ + 2NO_3^- \longrightarrow Cu^{+2} + 2NO_2 + 2H_2O$$

صفر ٤+ ٢- ٢+ صفر صفر

المجموع : ٢+ المجموع : ٢+

إذاً يعتبر التفاعل:

$$Cu + 4H^+ + 2NO_3^- \longrightarrow Cu^{+2} + 2NO_2 + 2H_2O$$

(تفاعل كلّي موزون في وسط حمضي)

سؤال : وازن المعادلات الآتية بطريقة نصف التفاعل في وسط حمضي .

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

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

(3) $Zn + NO_3^- \longrightarrow Zn^{+2} + NH_4^+$.

(4) $CrO_2^- + HO_2^- \longrightarrow CrO_4^{-2} + OH^-$.

(5) $CrO_4^- + S^{-2} \longrightarrow Cr^{+3} + SO_4^{-2}$.

(6) $Cr_2O_7^{-2} + CH_3OH \longrightarrow Cr^{+3} + HCOOH$.

(7) $PbS + H_2O_2 \longrightarrow PbSO_4 + H_2O$.

(8) $MnO_4^- + H_2O_2 \longrightarrow MnO_2 + O_2$.

(9) $H_2C_2O_4 + BrO_3^- \longrightarrow CO_2 + Br^-$.

(10) $Cr_2O_7^{-2} + C_2H_6O \longrightarrow Cr^{+3} + CO_2$.

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

(12) $H_3AsO_4 + NO_3^- \longrightarrow AsO_3 + NO$.

(13) $H_2S + NO_3^- \longrightarrow NO_2 + S_8$.

(14) $N_2H_4 + ClO_3^- \longrightarrow Cl^- + NO_2$.

(15) $Pb + PbO_2 + H_2SO_4 \longrightarrow PbSO_4$.

(16) $Sb_2S_3 + NO_3^- \longrightarrow Sb_2O_5 + S + NO$.

(17) $CH_3OH + SO_4^{-2} \longrightarrow S_2O_3^{-2} + HCOOH$.

(18) $As_4O_6 + Cl_2 \longrightarrow H_3AsO_4 + HCl$.

(19) $Bi_2S_3 + NO_3^- \longrightarrow NO_2 + Bi^{+3} + S$.

سؤال : مثّل التحولات الآتية بأنصاف تفاعلات موزونة في وسط حمضي ثم حدد نوعه

$H_2SO_3 \longrightarrow SO_4^{-2}$

$HClO \longrightarrow ClO_3^-$

$PbO_2 \longrightarrow Pb^{+2}$

$HSO_4^- \longrightarrow S^{-2}$

$BrO^- \longrightarrow Br^-$

٣- الموازنة في الوسط القاعدي

عندما يحدث تفاعل تأكسد واختزال في وسط قاعدي فإن الدور الأكبر يكون لأيونات الهيدروكسيد OH^- , ولكتابة تفاعل تأكسد واختزال موزون في وسط قاعدي نتبع الخطوات الآتية : -

١) **نطبق** جميع الخطوات المتّبعة في الموازنة في **الوسط الحمضي** حتى آخر مرحلة (التحقق) .
٢) **نضيف** أيونات OH^- بنفس عدد أيونات H^+ الموجود في أحد طرفي المعادلة وتضاف للطرفين .
٣) **نجمع** أيونات OH^- مع H^+ على شكل ماء H_2O .
٤) **نحذف المتشابه** من الطرفين .
٥) **نتحقق** من المجموع الجبري للشحنات في الطرفين .

مثال ... وازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في وسط قاعدي ثم

١- احسب عدد تأكسد **Zn** في ZnO_2^{-2}
٢- حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل . ٣- كم عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة في التفاعل ؟

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

$$2H_2O + Zn \longrightarrow ZnO_2^{-2} + 4H^+ + 2e$$

$$2e + 2H^+ + HgO \longrightarrow Hg + H_2O$$

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

تفاعل كلي موزون في وسط حمضي

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

$$2H_2O$$

$$H_2O$$

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

نتحقق

صفر صفر ٢- ٢-

٢-

صفر صفر ٢- ٢-

٢-

١- عدد تأكسد Zn : ٢×-٢ + س = -٢ س= +٢

٢- العامل المؤكسد : HgO / العامل المختزل : Zn

٣- عدد الإلكترونات يساوي ٢

سؤال : وازن المعادلات الآتية بطريقة نصف التفاعل في وسط قاعدي

(1) $BiO_3^- + Mn^{+2} \longrightarrow MnO_4^- + Bi^{+3}$.

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

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

(4) $Cr_2O_3 + NO_3^- \longrightarrow CrO_4^{-2} + NO_2^-$.

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

(6) $CN^- + MnO_4^- \longrightarrow CNO^- + MnO_2$.

(7) $Al + NO_3^- \longrightarrow AlO_2^- + NH_3$.

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

(9) $Cu(NH_3)_4^{+2} + S_2O_4^{-2} \longrightarrow SO_3^- + Cu + NH_3$.

(10) $Cl_2 \longrightarrow Cl^- + OCl^-$.

(11) $Br_2 \longrightarrow Br^- + BrO_3^-$.

(12) $I_2 \longrightarrow I^- + IO_3^-$.

الخلية الغلفانية : هي أداة أو جهاز يحدث فيها تفاعل تأكسد واختزال تلقائي لإنتاج تيار كهربائي

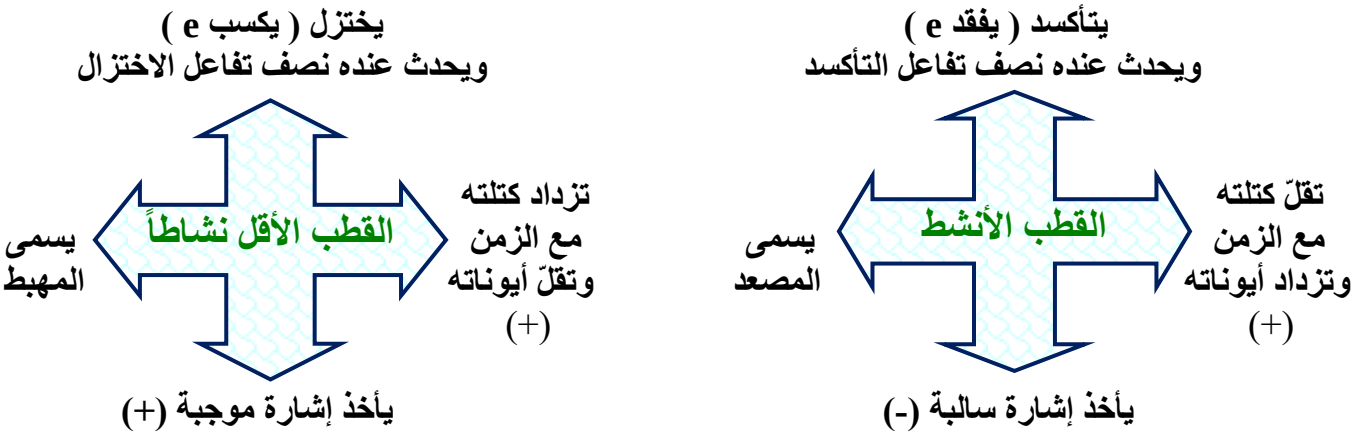
❖ من أهم التطبيقات العملية على الخلايا الغلفانية هي **البطاريات** مثل البطارية السائلة (**بطارية السيارة**).

مكونات الخلية الغلفانية

- **أقطاب** : قطبان فلزيان أو لا فلزيان ولكنهما مختلفان في النوع .
- **أسلاك توصيل** : أسلاك من مادة موصلة للتيار الكهربائي .
- **فولتميتر** : يستخدم لقياس فرق الجهد المتولد بين القطبين (جهد الخلية)
- **محاليل كهرلية** : محاليل موصلة للتيار الكهربائي في وعاءين منفصلين بحيث يُغمس كل قطب في وعاء يحتوي محلول من نفس نوع مادة القطب .
- **قنطرة ملحية** : هي وصلة زجاجية على شكل حرف U تصل بين الوعاءين وتحتوي على محلول مشبع من ملح متعادل التأثير مثل : **ملح كلوريد الصوديوم NaCl** أو KCl أو $NaNO_3$.
وهي مسؤولة عن الحفاظ على توازن الخلية الغلفانية .

مبدأ عمل الخلية الغلفانية :

١- بما أن القطبان الفلزيان مختلفان في النوع هذا يعني أنهما مختلفان في النشاط الكيميائي ولذلك فإن :



٢- اتجاه سريان التيّار (حركة e) في الدارة (الخلية) :
تتحرك الإلكترونات دائماً من القطب الأنشط (المصعد) إلى القطب الأقل نشاطاً (المهبط) عبر الأسلاك.

٣- عندما يمر التيار الكهربائي بالفولتميتر (V) فإنه يقرأ ذلك التيار على شكل فرق جهد ويسمى جهد الخلية الغلفانية (E) .

٤- يتجه مؤشر الفولتميتر دائماً نحو المهبط وذلك **بسبب** مرور تيار كهربائي من المصعد إلى المهبط .

٥- لكل قطب في الخلية وعاء خاص فيه محلول كهرلي خاص به ويكون من نفس نوعه , حيث :

أ) القطب الأنشط + محلوله الكهرلي = نصف خلية التأكسد . (ويحدث فيها نصف تفاعل التأكسد)

ب) القطب الأقل نشاطاً + محلوله الكهرلي = نصف خلية الاختزال . (ويحدث فيها نصف تفاعل الاختزال)

٦- القنطرة الملحية : مسؤولة عن **الحفاظ على توازن الخلية** كالآتي :

أ) الأيونات الموجبة في القنطرة تتحرك نحو وعاء الاختزال وذلك لتعويض النقص في الأيونات الموجبة هناك .

ب) الأيونات السالبة في القنطرة تتحرك نحو وعاء التأكسد وذلك لتعادل الزيادة في الأيونات الموجبة هناك .

مثال ... خلية غلفانية تتكون من النحاس Cu والنيكل Ni , فإذا علمت أن النيكل أنشط من النحاس فهذا يعني أن :

- النيكل Ni

هو المصعد (-) , تقل كتلته مع الوقت (يتآكل)

تزداد أيونات Ni^{+2} في المحلول ,

محلوله الكهرلي هو : $NiSO_4$,

يحدث عنده التفاعل :

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

- النحاس Cu

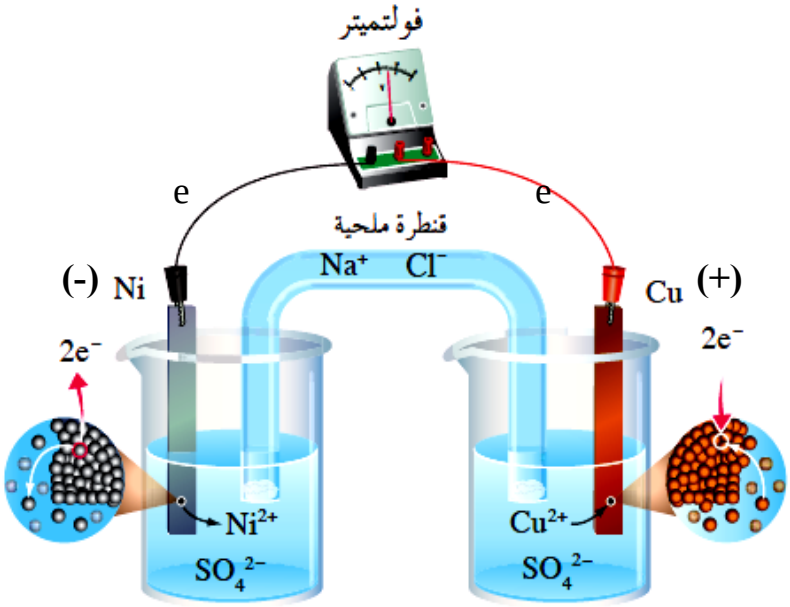
هو المهبط (+) , تزداد كتلته مع الوقت (يكبر حجمه)

تقل أيونات Cu^{+2} في المحلول .

محلوله الكهرلي هو : $CuSO_4$,

يحدث عنده التفاعل :

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



نصف خلية الاختزال (نصف خلية النحاس)

نصف خلية التأكسد (نصف خلية النيكل)

- تتحرك الإلكترونات من قطب المصعد Ni إلى قطب المهبط Cu .

- مؤشر الفولتميتر يتجه نحو قطب النحاس Cu .

- أيونات القنطرة الملحية :

١- تتحرك أيونات Na^{+} نحو نصف خلية النحاس لتعوّض النقص في أيونات النحاس Cu^{+2} هناك .

٢- تتحرك أيونات Cl^{-} نحو نصف خلية النيكل لتعادل الزيادة في أيونات النيكل Ni^{+2} هناك .

والسؤال الآن... كيف يتم تحديد العنصر الأنشط والعنصر الأقل نشاطاً ؟

طرق تحديد نشاط الأقطاب

- **معادلة التفاعل الكليّة**
- **اتجاه سريان التيار (حركة e)**
- **اتجاه مؤشر الفولتميتر**
- **حركة أيونات القنطرة الملحية**
- **جدول جهود الاختزال المعيارية**

سؤال : ادرس معادلة التفاعل الآتية التي تحدث في خليّة غلفانية ثم أجب عن الأسئلة التي تليها

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

١- حدد المصعد وإشارته .
٢- حدد المهبط وإشارته .
٣- ماذا يحدث لكتلة قطب الكادميوم Cd مع الزمن .
٤- ماذا يحدث لكتلة قطب الرصاص Pb مع الزمن .
٥- أكتب نصف تفاعل التأكسد / التفاعل الحادث عند المصعد .
٦- أكتب نصف تفاعل الاختزال / التفاعل الحادث عند المهبط .
٧- أي الأيونات تزداد كميتها في الوعاء بمرور الوقت ؟
٨- أي الأيونات تقل كميتها في الوعاء بمرور الوقت ؟
٩- حدد اتجاه سريان الإلكترونات في الدارة .

الحل ...

١) Cd وإشارته (-) ١) Pb وإشارته (+) ٣) تقل ٤) تزداد

٥) $Cd \longrightarrow Cd^{+2} + 2e$

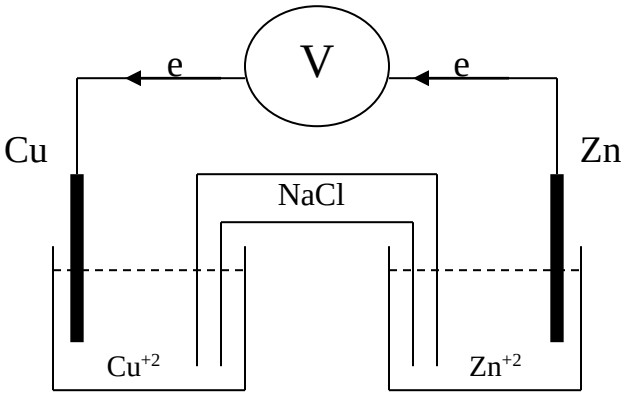
٦) $Pb^{+2} + 2e \longrightarrow Pb$

٧) Cd^{+2}

٨) Pb^{+2}

٩) من قطب Cd إلى قطب Pb

سؤال : الرسم الآتي يمثل خلية غلفانية يحدث بداخلها تفاعل تأكسد واختزال أدرسه ثم أجب عما يليه من أسئلة



١- حدد المصعد وإشارته .
٢- حدد المهبط وإشارته .
٣- أي الأقطاب تقل كتلته مع الزمن .
٤- أي الأقطاب تزداد كتلته مع الزمن .
٥- أكتب نصف تفاعل التأكسد / التفاعل الحادث عند المصعد .
٦- أكتب نصف تفاعل الاختزال / التفاعل الحادث عند المهبط .
٧- ماذا يحدث لتركيز أيونات Zn^{+2} بمرور الوقت ؟
٨- ماذا يحدث لتركيز أيونات Cu^{+2} بمرور الوقت ؟
٩- حدد اتجاه حركة مؤشر الفولتميتر.
١٠- ما دور أيونات الملح NaCl في القنطرة الملحية .

الحل ....

١) Zn وإشارته (-) ٢) Cu واشارته (+) ٣) Zn ٤) Cu

٥) $Zn \longrightarrow Zn^{+2} + 2e$

٦) $Cu^{+2} + 2e \longrightarrow Cu$

٧) تزداد

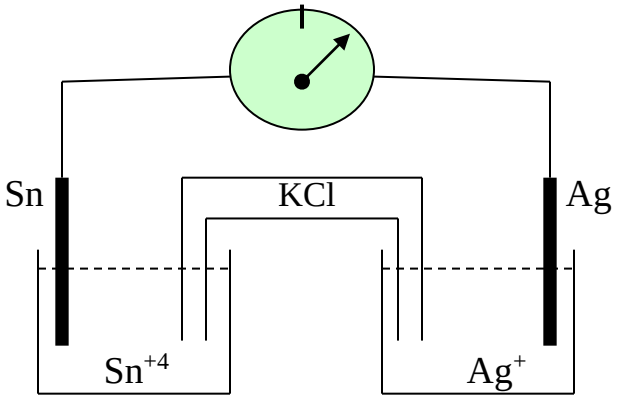
٨) تقل

٩) يتجه نحو قطب Cu

١٠) Na^{+} : يتحرك نحو وعاء Cu (نصف خلية الاختزال) ليعوّض النقص في أيونات Cu^{+2}

Cl^{-} : يتحرك نحو وعاء Zn (نصف خلية التأكسد) ليعادل الزيادة في أيونات Zn^{+2}

سؤال : الرسم الآتي يمثل خلية غلفانية يحدث فيها تفاعل تأكسد واختزال أدرسها ثم أجب عما يليها



١- حدد المصعد وإشارته .
٢- حدد المهبط وإشارته .
٣- حدد اتجاه سريان الإلكترونات في الدارة .
٤- أكتب نصف تفاعل التأكسد
٥- أكتب نصف تفاعل الاختزال
٦- أكتب التفاعل الكلّي موزون .
٧- كم عدد الإلكترونات المتنقّلة في التفاعل ؟
٨- ما دور أيونات Cl^- في القنطرة الملحية .

الحل ...

سؤال : خلية غلفانية تتكون من $FeSO_4$ / Fe , $NiSO_4$ / Ni , فإذا علمت أن أيونات K^+ في القنطرة الملحية تتحرك نحو وعاء النيكل Ni , أجب عن الأسئلة الآتية :

الحل ...

١- حدد المصعد والمهبط ١)
٢- حدد اتجاه حركة الإلكترونات في الدارة الخارجية ٢)
٣- حدد اتجاه حركة مؤشر الفولتميتر . ٣)
٤- اكتب التفاعل الحادث عند قطب المهبط ٤)
٥- أي الأيونات يزداد تركيزه في الخلية . ٥)
٦- حدد العامل المؤكسد في الخلية . ٦)

جهد الخلية الغلفانية

كل خليّة غلفانية تُعطي قراءة للفولتميتر وهذه القراءة تمثل جهد الخليّة وتختلف من خلية لأخرى نظراً لاختلاف نوع الأقطاب وقراءة الفولتميتر ناتجة عن حركة الإلكترونات في الدارة لذلك يمكن تلخيص ما يجري كالآتي :

١- يتم دفع الإلكترونات للانتقال من المصعد (-) إلى المهبط (+) عبر الأسلاك .

٢- تسمى القوة التي تسبب حركة الإلكترونات عبر الأسلاك بالقوة الدافعة الكهربائية أو" جهد الخليّة " ويرمز لها بالرمز E وهي مقياس للقوة التي تدفع التفاعل للحدوث .

٣- لوحظ أن قيمة الجهد (E) للخلية الواحدة يتغيّر بتغيّر عدّة عوامل هي :

أ) تركيز المحلول الكهرلي في الوعاء ب) الحرارة ج) الضغط

ولذلك يتم عادة قياس جهد الخلية عند قيم **مرجعية** ثابتة هي :

أ) تركيز المحلول الكهرلي في الوعاء = ١ مول/لتر ب) الحرارة = ٢٥س ج) الضغط = ١ ض.جـ

وتسمى هذه القيم **بالقيم المعيارية** ويسمى الجهد المُقاس عندها "بالجهد المعياري" ورمزه (E^{o})

٤- **جهد الخلية الغلفانية دائماً قيمة موجبة** E° خليّة = (+) **وعندها يكون التفاعل تلقائي (أي يحدث لوحده) .**

٥- يعتمد جهد الخلية الغلفانية على ميل نصف تفاعل التأكسد (المصعد) للحدوث وكذلك ميل نصف تفاعل الاختزال (المهبط) للحدوث, ولذلك يمكن القول بأن :

$$E^{o}_{\text{خليّة}} = E^{o}_{\text{تأكسد المصعد}} + E^{o}_{\text{اختزال المهبط}}$$

كل مادة (قطب) تستخدم في الخلية الغلفانية لها جهد خاص بها على شكل **جهد اختزال** وجميع هذه العناصر والمواد مدوّنة في جدول يسمى **جدول جهود الاختزال المعيارية ,** حيث تم ترتيب المواد فيه على شكل أنصاف تفاعلات اختزال من الأقل إلى الأعلى جهد اختزال وبهذه الطريقة تكون العناصر مرتبة حسب نشاطها الكيميائي لنستطيع تحديد المصعد والمهبط .

وبشكل عام : كلّما قلّ جهد الاختزال المعياري للقطب فإنه يكون أنشط كيميائياً (مصعد)

أيضاً بالتجربة وُجد أن :

$$E^{o}_{\text{تأكسد}} = - E^{o}_{\text{اختزال}}$$

مثال (١) من المعلوم أن $E^{\circ}_{\text{اختزال الخارصين Zn}}$ = - ٠,٧٦ فولت وبهذا يكون $E^{\circ}_{\text{تأكسد الخارصين Zn}}$ = +٠,٧٦ فولت

مثال (٢) من المعلوم أن $E^{\circ}_{\text{اختزال النحاس Cu}}$ = +٠,٣٤ فولت وبهذا يكون $E^{\circ}_{\text{تأكسد النحاس Cu}}$ = - ٠,٣٤ فولت

ولهذا يمكن حساب جهد الخليّة الغلفانية اعتماداً على جهود الاختزال فقط كالآتي :

$$E^{o}_{\text{خليّة}} = E^{o}_{\text{اختزال المهبط}} - E^{o}_{\text{اختزال المصعد}}$$

مثال ... خلية غلفانية قطباها حديد Fe وخارصين Zn فإذا علمت أن :

$Fe^{+2} + 2e \longrightarrow Fe$ E° = - ٠,٤٤ فولت

$Zn^{+2} + 2e \longrightarrow Zn$ E° = - ٠,٧٦ فولت احسب الجهد المعياري لهذه الخليّة .

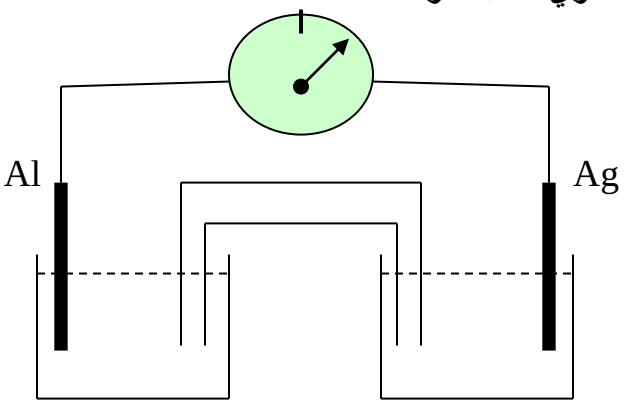
الحل ... نلاحظ أن جهد Fe > Zn ولذلك فإن Zn مصعد و Fe مهبط

$E^{\circ}_{\text{خليّة}} = E^{o}_{\text{اختزال المهبط}} - E^{\circ}_{\text{اختزال المصعد}}$

$E^{\circ}_{\text{خليّة}}$ = - ٠,٤٤ – (- ٠,٧٦)

= + ٠,٣٢ فولت

سؤال: احسب جهد اختزال الفضة Ag إذا كانت قراءة الفولتميتر تساوي ٢,٤٦ فولت



$Al^{+3} + 3e \longrightarrow Al$ ، $E^\circ = -$ ١,٦٦ فولت

$Ag^{+} + e \longrightarrow Ag$ ، $E^\circ =$ (س) فولت

الحل ....

نلاحظ أن مؤشر الفولتميتر يتجه نحو Ag مما يعني أنه مهبط

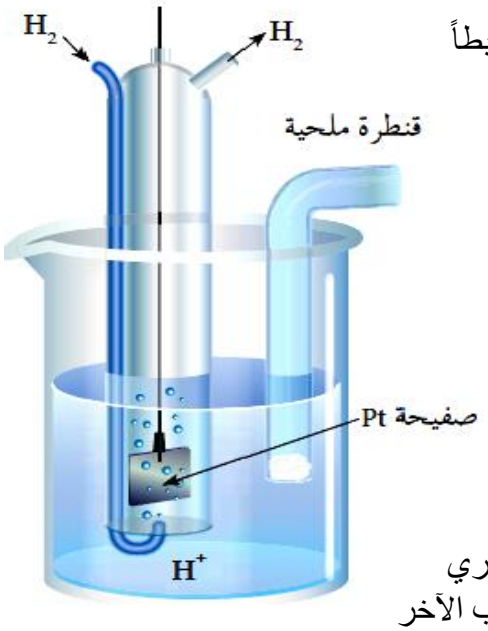
E° خلية $= E^\circ$ اختزال المهبط $- E^\circ$ اختزال المصعد

٢,٤٦ = س – (-١,٦٦)

س = + ٠,٨٠ فولت

والسؤال الآن ... كيف تم تحديد ومعرفة جهد كل مادة (قطب) لوحدها ؟

من المعلوم أن جهد الخليّة يعتمد على وجود قطبين أحدهما يتأكسد والآخر يختزل وأن الفولتميتر لا يستطيع قياس جهد الأقطاب منفردةً , ولذلك كان من الضروري إيجاد طريقة لقياس جهد الأقطاب منفردة فكانت هذه الطريقة باستخدام قطب الهيدروجين المعياري حيث أن **جهده = صفر**



قطب الهيدروجين المعياري

- ميزاته : الهيدروجين H_2 عنصر متوسط النشاط لذلك قد يكون مصعداً أو مهبطاً

- مكوناته :

١) وعاء يحتوي على صفيحة بلاتين (Pt) مغموسة في محلول حمض HCl تركيزه ١ مول/لتر .

٢) مصدر لغاز الهيدروجين H_2 ضغطه ١ ض.جـ .

- التفاعل الذي يحدث بداخله :

$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons H_{2(g)}$$

- آلية استخدامه :

تصمّم الخلية الغلفانية بحيث يكون أحد أقطابها هو قطب الهيدروجين المعياري وحيث أن $E^\circ_{\text{هيدروجين}} =$ صفر إذاً ستكون قراءة الفولتميتر هي جهد القطب الآخر وبالتجربة تم قياس جهد معظم العناصر والموادّ المختلفة بهذه الطريقة وتدوينها في جدول خاص على شكل أنصاف تفاعلات اختزال ولذلك سمي هذا الجدول :

" جدول جهود الاختزال المعيارية "

- أفضل محلول ملحي يستخدم في القنطرة الملحية عند استخدام قطب الهيدروجين المعياري هو $NaNO_3$.

جدول جهود الاختزال المعيارية

نصف تفاعل الاختزال	E° (الفولت)
$Li^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Li_{(s)}$	٣,٠٥−
$K^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons K_{(s)}$	٢,٩٢−
$Ca^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Ca_{(s)}$	٢,٧٦−
$Na^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Na_{(s)}$	٢,٧١−
$Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Mg_{(s)}$	٢,٣٧−
$Al^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightleftharpoons Al_{(s)}$	١,٦٦−
$Mn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Mn_{(s)}$	١,١٨−
$2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightleftharpoons 2OH^-_{(aq)} + H_{2(g)}$	٠,٨٣−
$Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Zn_{(s)}$	٠,٧٦−
$Cr^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightleftharpoons Cr_{(s)}$	٠,٧٣−
$Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Fe_{(s)}$	٠,٤٤−
$Cd^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Cd_{(s)}$	٠,٤٠−
$Co^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Co_{(s)}$	٠,٢٨−
$Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Ni_{(s)}$	٠,٢٣−
$Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Sn_{(s)}$	٠,١٤−
$Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Pb_{(s)}$	٠,١٣−
$Fe^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightleftharpoons Fe_{(s)}$	٠,٠٤−
$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons H_{2(g)}$	٠,٠٠
$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Cu_{(s)}$	٠,٣٤
$I_{2(s)} + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-_{(aq)}$	٠,٥٤
$Ag^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Ag_{(s)}$	٠,٨٠
$Hg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Hg_{(l)}$	٠,٨٥
$Br_{2(l)} + 2e^- \rightleftharpoons 2Br^-_{(aq)}$	١,٠٩
$O_{2(g)} + 4H^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2H_2O_{(l)}$	١,٢٣
$Cl_{2(g)} + 2e^- \rightleftharpoons 2Cl^-_{(aq)}$	١,٣٦
$Au^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightleftharpoons Au_{(s)}$	١,٥
$F_{2(g)} + 2e^- \rightleftharpoons 2F^-_{(aq)}$	٢,٨٧

زيادة قوة العامل المؤكسد

زيادة قوة العامل المختزل

جهة العوامل المُؤكسدة (تختزل)

جهة العوامل المُختزلة (تتأكسد)

ملاحظات على جدول جهود الاختزال المعيارية

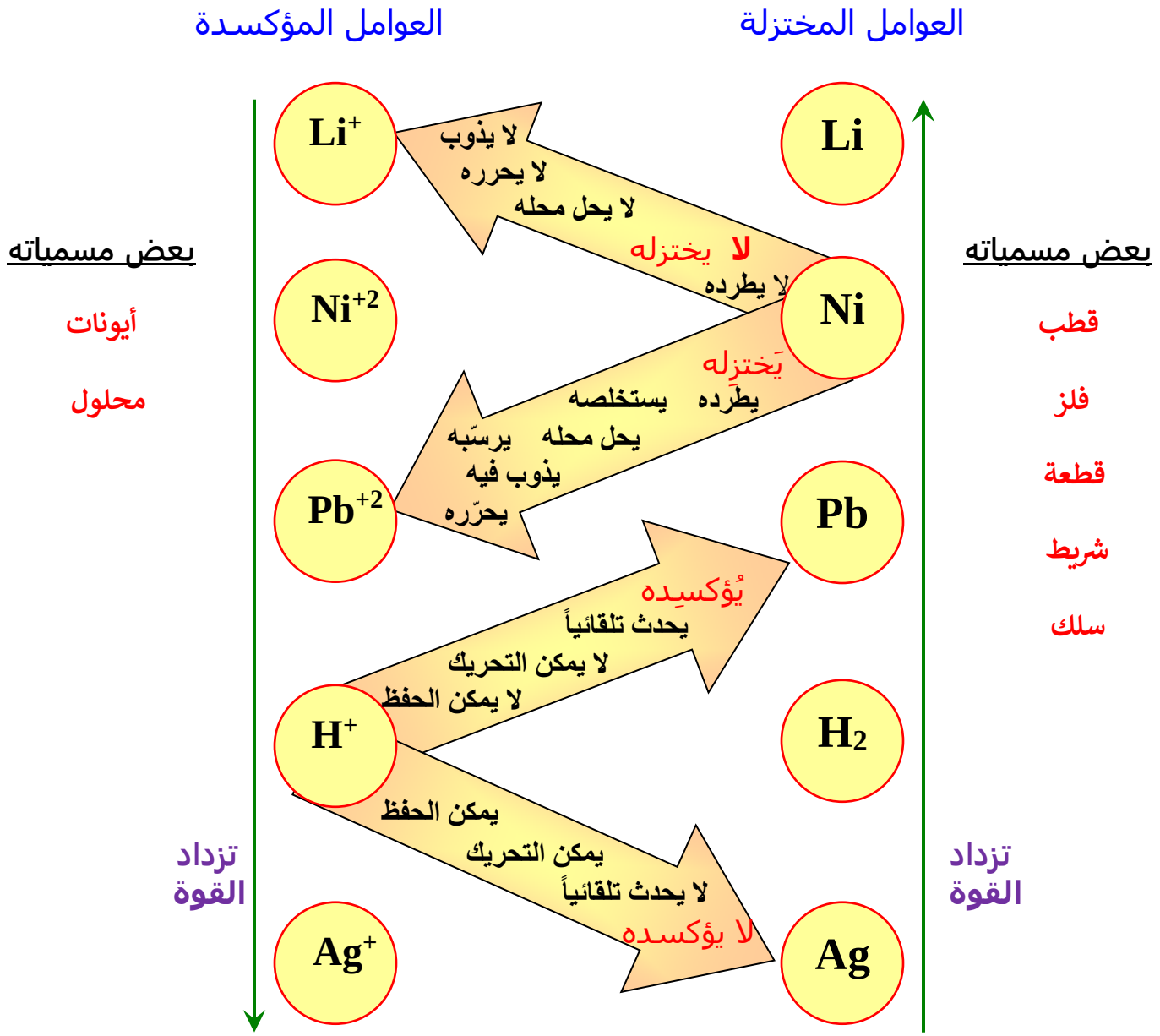
(١) يُعتبر الفلور F_2 أقوى عامل مؤكسد بين المواد حيث يستطيع أكسدة جميع العوامل المختزلة .
(٢) يُعتبر الليثيوم **Li** أقوى عامل مختزل بين المواد حيث يستطيع اختزال جميع العوامل المؤكسدة .
(٤) كلما كان جهد الاختزال للعنصر أقل (فوق) يكون العنصر أنشط كيميائياً (مصعد) والجهد الأعلى (مهبط) .
(٥) كلما كانت العناصر(الأقطاب) المكونة للخلية الغلفانية **أبعد** عن بعضها **يزداد جهد** الخلية الغلفانية .

التنبؤ بحدوث التفاعلات وتلقائية التفاعل

ماذا نعني بقولنا أن التفاعل تلقائي ؟ وهل لهذا علاقة بحدوث التفاعل من عدمه ؟ وهل يساعدنا جدول جهود الاختزال المعيارية بتحديد ذلك ؟ وهل يفيد ذلك بعملية التنبؤ بإمكانية حدوث التفاعل من عدمها ؟؟

التفاعل التلقائي هو تفاعل يحدث لوحده في خلية غلفانية بمجرد توافر قطبين مختلفين في النشاط ويعطى الإشارة الموجبة (+) كدليل حدوث , وعلى النقيض من ذلك التفاعل غير التلقائي فهو غير قابل للحدوث في خلية غلفانية لوحده لذلك يعطى الإشارة السالبة (-) كدليل لعدم الحدوث .

يمكن التنبؤ مسبقاً بإمكانية حدوث التفاعل من عدمها اعتماداً على جدول جهود الاختزال المعيارية كالآتي :



سؤال : اعتماداً على جدول جهود الاختزال المعيارية تنبأ بامكانية ما يأتي :

(١) هل يستطيع Pb^{+2} أكسدة فلز النيكل Ni ؟

(٢) هل يستطيع Ni أن يختزل أيونات الليثيوم Li^{+} ؟

(٣) هل يستطيع Li أن يطرد Ag^{+} من مركب $AgNO_3$ ويحل محله ؟

(٤) هل يستطيع Ni أن يحرّر الهيدروجين من HCl على شكل غاز H_2 ؟

(٥) هل تحدث التفاعلات الآتية تلقائياً ؟

$$Mg + CuSO_4 \longrightarrow MgSO_4 + Cu$$

$$Ag + NaNO_3 \longrightarrow AgNO_3 + Na$$

$$Sn + HCl \longrightarrow SnCl_2 + H_2$$

(٦) هل يمكن حفظ محلول من حمض HCl في وعاء من الرصاص Pb ؟

(٧) هل يمكن تحريك محلول حمض HBr بملعقة مصنوعة من النيكل Ni ؟

(٨) هل يمكن تحريك محلول القاعدة LiOH بملعقة مصنوعة من الفضّة Ag ؟

(٩) إذا علمت أن الزئبق Hg يكون المهبط في الخلية المكونة من Ag/Hg فأجب عن الآتي :

أ) هل يستطيع الزئبقHg أن يختزل أيونات الفضة Ag^{+} ؟

ب) هل يستطيع الزئبق أن يحرر الهيدروجين من حمض HCl على شكل H_2 ؟

(١٠) هل يكون جهد الخلية موجباً (+) في الخلية الغلفانية الممثلة بالتفاعل الآتي :

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

الحل ....

أفكار الأسئلة المطروحة على الخلية الغلفانية وجدول جهود الإختزال

الفكرة الأولى : يُعطي السؤال أنصاف تفاعلات اختزال بشكل مباشر .

سؤال : يبيّن الجدول المجاور جهود الاختزال المعياريّة لعددٍ من أنصاف التفاعلات , أدرسه ثم أجب عما يليه :

نصف تفاعل الاختزال	$\dot{E}$ (فولت)
$Mn^{+2} + 2e \longrightarrow Mn$	١,١٨ -
$Zn^{+2} + 2e \longrightarrow Zn$	٠,٧٦ -
$Cr^{+3} + 3e \longrightarrow Cr$	٠,٧٣ -
$I_2 + 2e \longrightarrow 2I^-$	٠,٥٤ +
$Au^{+3} + 3e \longrightarrow Au$	١,٥٠ +

١) حدد أقوى عامل مؤكسد
٢) حدد أقوى عامل مختزل
٣) حدد المهبط في الخلية المكونة من Cr/Zn
٤) حدد اتجاه سريان الإلكترونات في الخلية المكونة من Cr/Mn .
٥) هل يحدث التفاعل الآتي تلقائياً :
$Cr + Au^{+3} \longrightarrow Cr^{+3} + Au$
٦) هل يمكن تحريك محلول $ZnSO_4$ بملعقة مصنوعة من المنغنيز Mn .
٧) هل يمكن حفظ اليود I_2 في وعاء مصنوع من الذهب Au .
٨) هل يستطيع الكروم Cr أن يختزل أيونات المنغنيز Mn^{+2} ؟
٩) احسب جهد الخلية الغلفانية المكونة من Au/Zn ؟
١٠) حدد العنصرين اللذان يكونان خلية غلفانية بأعلى فرق جهد .
١١) هل يستطيع المنغنيز Mn أن يحل محل Zn^{+2} في مركباته ؟
١٢) حدد اتجاه حركة مؤشر الفولتميتر في الخلية المكونة من Au/Cr

الحل ... نلاحظ أن أنصاف التفاعلات مرتّبة حسب جهودها وهذا يسهّل الحل

١- Au^{+3}
٢- Mn
٣- Cr
٤- من Mn إلى Cr
٥- نعم
٦- لا
٧- نعم يمكن
٨- لا
٩- E = + ٢,٢٦ فولت .
١٠- Au/Mn
١١- نعم
١٢- نحو Au

سؤال : يبيّن الجدول المجاور جهود الاختزال المعياريّة لعددٍ من أنصاف التفاعلات , أدرسه ثم أجب عما يليه :

نصف تفاعل الاختزال	$\dot{E}^{\circ}$ (فولت)
$Ni^{+2} + 2e \longrightarrow Ni$	٠,٢٣ -
$Fe^{+2} + 2e \longrightarrow Fe$	٠,٤٤ -
$2H^{+} + 2e \longrightarrow H_2$	٠,٠٠
$Cl_2 + 2e \longrightarrow 2Cl^{-}$	١,٣٦ +
$Cu^{+2} + 2e \longrightarrow Cu$	٠,٣٤+

١) رتّب العوامل المختزلة حسب قوتها تصاعدياً
٢) احسب جهد الخلية المكونة من H_2/Fe
٣) أي الأقطاب تزداد كتلته في الخلية المكونة من Fe/Ni
٤)حدد اتجاه سريان الإلكترونات في الخلية المكونة من Cu/Fe .
٥) هل يحدث التفاعل الآتي تلقائياً :
$Cu + HCl \longrightarrow CuCl_2 + H_2$
٦) هل يمكن حفظ محلول HCl في وعاء مصنوع من النيكل Ni .
٧) هل يمكن حفظ غاز الكلور Cl_2 في وعاء من الحديد Fe ؟
٨) هل يستطيع Cl_2 أكسدة النيكل Ni ؟
٩) احسب جهد الخلية الغلفانية المكونة من Cu/Fe ؟
١٠) حدد العنصرين اللذان يكونان خلية غلفانية بأقل فرق جهد .
١١) حدد العناصر التي تستطيع تحرير الهيدروجين على شكل H_2
١٢) ما دور أيونات NO_3^- في القنطرة الملحية في الخلية المكونة من H_2/Cu
١٣) هل يستطيع Cl^- أن يختزل Cu^{+2} .

الحل ...

الفكرة الثانية : يعطي العناصر على شكل (عامل مؤكسد/عامل مختزل) وجهدها بشكل مباشر

سؤال : الجدول المجاور يبيّن عدداً من العوامل المختزلة وجهود اختزالها المعياريّة , أدرسه ثم أجب عما يليه .

العامل المختزل	Mn	Fe	Pb	Cu	Au	F^-
$\mathring{E}$ (فولت)	١,١٨-	٠,٤٤-	٠,١٣-	٠,٣٤+	١,٥٠+	٢,٨٧+

١) حدد أقوى عامل مختزل
٢) أي العوامل المختزلة في الجدول له أقل ميل للتأكسد ؟
٣) احسب جهد الخلية المكونة من Pb/Mn
٤) رتب العوامل المؤكسدة Mn^{+2} Fe^{+2} Pb^{+2} Cu^{+2} Au^{+3} F_2 حسب قوتها تصاعدياً .
٥) أي الفلزات في الجدول يذوب في حمض HCl محرراً غاز الهيدروجين H_2 .
٦) إذا علمت أن جهد اختزال الماء يساوي – ٠,٨٣ فولت ,فأي العناصر يتأكسد عند وضعه في الماء ؟
٧) حدد الفلزين اللذين يكونان خلية غلفانية لها أعلى فرق جهد .
٨) هل يمكن حفظ محلول أحد أملاح الرصاص (Pb) في وعاء مصنوع من النحاس Cu .
٩) هل يمكن تحريك محلول $CuSO_4$ بملعقة من الحديد Fe .
١٠) هل يمكن حفظ محلول حمض HBr في وعاء مصنوع من الذهب Au ؟
١١) إذا علمت أن جهد اختزال الزئبق Hg يساوي + ٠,٨٥ فولت فأي الفلزات يكوّن معه خلية غلفانية بأقل فرق جهد ؟
١٢) حدد اتجاه حركة مؤشر الفولتميتر في الخلية المكونة من Au/Pb
١٣) إذا علمت أن جهد الخلية المكونة من قطب Fe والقطب X يساوي + ١,٢٢ فولت وأن أيونات Na^+ في القنطرة الملحية تذهب إلى وعاء القطب X , احسب جهد اختزال العنصر X .
١٤) هل تستطيع أيونات الذهب Au^{+3} أكسدة F^- ؟

الحل ...

سؤال : الجدول الآتي يبيّن عدداً العوامل المؤكسدة وجهود اختزالها المعيارية , أدرسها ثم أجب عما يليها من أسئلة .

العامل المؤكسد	Ag^{+}	Fe^{+3}	Cr^{+3}	Cu^{+2}	Ni^{+2}	Br_2	Al^{+3}	Cl_2	O_2	I_2
E° (فولت)	٠,٨٠+	٠,٠٤ -	٠,٧٣ -	٠,٣٤+	٠,٢٣ -	١,٠٩+	١,٦٦ -	١,٣٦+	١,٢٣+	٠,٥٤+

١) حدد أقوى عامل مؤكسد .
٢) في خلية غلفانية قطباها Ni/Fe أيهما يمثل المهبط ؟
٣) حدد فلزين لعمل خليّة غلفانية لها أكبر فرق جهد .
٤) ما قيمة الجهد المعياري للخليّة المكونة من Cu/Al .
٥) ما دور أيونات Cl^{-} في القنطرة الملحية في الخلية المكونة من Ag/Cr .
٦) هل يمكن تحضير الكلور Cl_2 بأكسدة أيونات Cl^{-} بوساطة Br_2 ؟
٧) أيهما لا يحرر الهيدروجين من مركباته Ni أم Ag ؟
٨) أكتب التفاعل الكلّي موزون في الخلية التي قطباها Fe / Al
٩) حدد أيون يسبب التأكسد لـ Fe ولا يسبب التأكسد لـ Ag
١٠) هل يحدث التفاعل الآتي تلقائياً $Cr + O_2 \longrightarrow Cr_2O_3$
١١) هل يمكن حفظ اليود I_2 في وعاء مصنوع من النحاس Cu ؟
١٢) هل يمكن تحريك البروم Br_2 بملعقة مصنوعة من الفضة Ag ؟
١٣) سُكِبتْ كمية من اليود I_2 على قطعة معدنية مطلية بطبقة بالكروم Cr هل تتوقع حدوث تفاعل يؤثر في هذه الطبقة ؟

الحل ....

الفكرة الثالثة : يعطي السؤال معلومات كلامية نترجمها إلى ترتيب حسب جدول جهود الاختزال

سؤال : تم إجراء سلسلة من التجارب على الفلزات A Q X D ولوحظ الآتي :-

١- ترسبت ذرات A عند وضع قطعة من D في محلول A^{+2} .
٢- يتصاعد غاز H_2 عند وضع سلك من Q في محلول HCl المخفف .
٣- عند تحريك محلول يحتوي Q^{+2} بملعقة من A ترسبت ذرات Q
٤- لا يتفاعل سلك من X في محلول HCl المخفف .

اعتماداً على المعلومات الواردة أجب عن الأسئلة الآتية :

١) في خلية قطباها A وD أي القطبين تزداد كتلته مع الوقت
٢) هل يمكن حفظ محلول أحد أملاح Q في وعاء مصنوع من مادة D ؟
٣) هل تستطيع أيونات X^{+2} أكسدة ذرات العنصر A ؟
٤) في خلية غلفانية قطباها X وQ ما اتجاه حركة الإلكترونات عبر الأسلاك .
٥) في خلية غلفانية قطباها Q وA أيهما يمثل المهبط ؟
٦) حدد الفلزين اللذين يكونان خلية غلفانية لها أعلى فرق جهد .

الحل ...

١- A ٢- لا ٣- نعم ٤- من Q إلى X ٥- Q ٦- D و X

سؤال : تم دراسة الفلزات ذات الرموز الافتراضية A D R G M والتي تشكّل أيونات ثنائية موجبة في محاليلها , ونتج ما يلي :-

١) عند وضع قطعة من الفلز A في محلول يحتوي حمض HCl المخفف تصاعد غاز H_2 .
٢) تتحرك الإلكترونات من D إلى A في الدارة الخارجية في الخليّة المكونة من D و A .
٣) تتجه الأيونات السالبة في القنطرة الملحية إلى وعاء M في خلية مكونة من الفلزين M و G .
٤) يمكن حفظ محلول أحد أملاح العنصر A في وعاء مصنوع من العنصر M .
٥) تقلّ كتلة القطب R عند تكوين خليّة غلفانية من القطبين R و D .

بناءً على المعلومات الواردة أعلاه أجب عن الأسئلة الآتية :-

١- حدد أقوى عامل مختزل
٢- في الخليّة المكونة من القطبين G و D , أ) حدد المصعد وإشارته ب) اكتب معادلة التفاعل الكلّي .
٣- هل يمكن تحريك محلول أحد أملاح الفلز M بملعقة مصنوعة من الفلز R .
٤- حدد اتجاه حركة الإلكترونات في الدارة الخارجية للخلية المكونة من G و A
٥- حدد اتجاه حركة مؤشر الفولتميتر في الخلية المكونة من M و R
٦- أي القطبين تقل كتلته في الخلية المكونة من الفلزين M و D
٧- هل يحدث التفاعل $R + 2H^+ \longrightarrow R^{+2} + H_2$ تلقائياً ؟
٨- حدد فلزاً يستطيع اختزال أيونات G^{+2} ولا يستطيع اختزال أيونات A^{+2}
٩- هل تترسب ذرات العنصر R عند وضع شريط من الفلز D في وعاء يحتوي أيونات R^{+2} ؟
١٠- هل يستطيع العنصر G أن يحل محل العنصر M في مركباته ؟

الحل ...

١) R ٢) أ- D وإشارته (-) ب- $D^{+2} + G \longrightarrow D + G^{+2}$ ٣) لا
٤) من A إلى G ٥) نحو M ٦) D ٧) نعم ٨) M ٩) لا
١٠) لا

سؤال : لديك الفلزات A B C D X Y والتي تشكّل أيونات ثنائية موجبة في مركباتها , فإذا علمت أن :

١) العنصر A يختزل أيونات X^{+2} ولا يختزل أيونات C^{+2} .
٢) يمكن حفظ محاليل كل من D و B في وعاء مصنوع من Y .
٣) يمكن استخلاص الفلز D من مركباته باستخدام العنصر B .
٤) العنصر B لا يحرر الهيدروجين من محاليله الحمضية , ولكن العنصر X يذوب في محلول HCl المخفف .

بالاعتماد على المعلومات الواردة أجب عما يلي :-

١- ما الفلز الذي لا يُحرر غاز H_2 من حمض HCl المخفف ولايختزل أيونات D ؟
٢- ماذا يحدث لكتلة قطب X في الخلية الغلفانية التي قطباها X و D
٣- ماذا يحدث لتركيز أيونات C^{+2} في خلية قطباها C و B
٤- هل يمكن حفظ محلول نترات A في وعاء مصنوع من الفلز B
٥- هل يمكن استخلاص العنصر D من المركب DSO_4 باستخدام العنصر X ؟
٦- حدد الفلزين المستخدمين لعمل خلية غلفانية لها أعلى فرق جهد .
٧- أكتب التفاعل الحادث عند المهبط في الخلية المكونة من B و Y .

الحل ...

الفكرة الرابعة : أن يُعطي السؤال معادلات كليّة بينها علاقة ونستنتج منها ترتيب العناصر

سؤال : لديك التفاعلات الآتية يحدث كل منها في خلية غلفانية , ادرسها ثم أجب عما يليها من أسئلة

1) $Cr + Ni^{+2} \longrightarrow Cr^{+3} + Ni$

2) $Ni + Pb^{+2} \longrightarrow Ni^{+2} + Pb$

3) $Pb + 2H^{+} \longrightarrow Pb^{+2} + H_2$

١) رتب العناصر H_2 Pb Ni Cr حسب قوتها كعوامل مختزلة

٢) أي القطبين يمثل المهبط في الخلية المكونة من Pb و Cr

٣) حدد اتجاه سريان الإلكترونات في الدارة الخارجية في الخلية المكونة من Ni و H_2

٤) هل يمكن تحريك محلول $NiSO_4$ بملعقة مصنوعة من الرصاص Pb ؟

٥) حدد الفلزين اللذين يكونان خلية غلفانية لها أعلى فرق جهد .

الحل ...

١- $H_2 < Pb < Ni < Cr$

٢- Pb

٣- من Ni إلى H_2

٤- نعم يمكن

٥- Cr و Pb

سؤال : إذا علمت أن التفاعلان الآتيان يميلان للحدوث بشكل تلقائي , فأجب عما يليهما

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

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

١) رتّب الأيونات الواردة حسب قوتها كعوامل مؤكسدة تنازلياً .

٢) حدد أقوى عامل مختزل .

٣) هل يذوب شريط من Mg في محلول من $CaSO_4$

٤) هل يمكن استخلاص الكالسيوم Ca من أملاحه باستخدام الألومنيوم Al .

الحل ...

الفكرة الخامسة : أن يُعطي السؤال خلايا أقطابها وجهودها معطاة, ومعلومة عن كل خلية

سؤال : الجدول المجاور يمثل خلايا غلفانية لعدد من الفلزات , ادرس المعلومات الواردة في الجدول ثم أجب عن الأسئلة

رقم الخلية	الأقطاب	اتجاه حركة Cl^- في القنطرة الملحية	E° (فولت)
١	Cd / Mn	نحو وعاء Mn^{+2} / Mn	٠,٧٨
٢	Cr / Sn	نحو وعاء Cr^{+3} / Cr	٠,٥٩
٣	Co / Ni	نحو وعاء Co^{+2} / Co	٠,٠٥
٤	Cu / Pb	نحو وعاء Pb^{+2} / Pb	٠,٤٧
٥	H_2 / Mn	نحو وعاء Mn^{+2} / Mn	١,١٨

١) حدد المهبط في الخلية رقم (٢)
٢) حدد اتجاه حركة الإلكترونات عبر الأسلاك في الخلية رقم (٣)
٣) أي الأقطاب تقل كتلته في الخلية رقم (٤) .
٤) احسب جهد الخلية الغلفانية المكونة من قطبي Cd و H_2 .
٥) هل يمكن حفظ محلول HCl في وعاء مصنوع من المنغنيز Mn ؟
٦) هل يمكن تحريك محلول كبريتات النحاس بملعقة مصنوعة من الرصاص Pb ؟
٧) حدد إلى أي قطب يؤشر الفولتميتر في الخلية المكونة من Cu و H_2 .(يحتاج مهارة خاصة)
٨) اكتب التفاعل الذي يحدث عند المهبط في الخلية رقم (٥) .

الحل ...

١) Sn ٢) من Co إلى Ni ٣) Pb ٤) E° = +٠,٤٠ فولت ٥) لا يمكن
٦) لا يمكن ٧) نحو Cu ٨) $2H^+ + 2e \longrightarrow H_2$

سؤال : الجدول المجاور يمثل خلايا غلفانية لعدد من الفلزات , ادرس المعلومات الواردة في الجدول ثم أجب عن الأسئلة

رقم الخلية	الأقطاب	العامل المؤكسِد	E° (فولت)
١	Zn / Cu	Cu^{+2}	١,١
٢	Zn / Sn	Sn^{+2}	٠,٦٢
٣	Ni / Sn	Sn^{+2}	٠,١١
٤	Ag / Cu	Ag^+	٠,٤٦
٥	H_2 / Sn	H^+	٠,١٤

١) حدد المصعد في الخلية رقم (٢)
٢) اكتب التفاعل الكلّي في الخلية رقم (٥) .
٣) ما رقم الخلية التي تقل فيها كتلة قطب النحاس Cu
٤) احسب جهد الخلية الغلفانية المكونة من قطبي Ni و Cu .
٥) هل يمكن حفظ محلول HCl في وعاء مصنوع من القصدير Sn ؟
٦) هل يمكن تحريك محلول كبريتات النحاس بملعقة مصنوعة من الفضة Ag ؟
٧) حدد إلى أي قطب يؤشر الفولتميتر في الخلية المكونة من Ag و Zn .
٨) أيهما أقوى كعامل مختزل Zn أم Ni .
٩) ما اتجاه سريان التيار في الأسلاك في الدارة الخارجية في الخلية رقم (٣) .

الحل ...

سؤال : الجـدول المجـاور يمثل خلايا غلفانية لعدد من الفلـزات الافتراضية (A، B، C، D، E)، التي تكـون على شـكل أيونات ثنائية موجبة في مركباتها. ادرس المعلومات في الجدول، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

رقم الخلية	قطبا الخلية	المهبط	الجهد المعياري (فولت)
١	B/A	A	١,١
٢	B/C	C	٢
٣	C/D	D	٠,٢٥
٤	E/B	B	٢,٥

أ) أيُّ الفلزات له أعلى جهد اختزال: E أم A؟

ب) ما العامل المؤكسد الأقوى؟

جـ) هل يمكن تحريك محلول نترات D بملعقة من A؟

د) حدّد حركة الإلكترونات في الخلية الغلفانية التي قطباها (C و A) عبر الأسلاك.

هـ) هل تستطيع أيونات A^{2+} أكسدة العنصر B؟

الحل ...

سؤال : يبيّـن الجـدول المجاور عددًا من التفاعلات التي تتم في عدد مـن الخلايا الغلفانية. ادرسه، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

التفاعلات الخلوية	E° (فولت)
$2Ag^+ + Ni \longrightarrow 2Ag + Ni^{2+}$	١,٠٣
$Cu^{2+} + H_2 \longrightarrow 2H^+ + Cu$	٠,٣٤
$Cu + 2Ag^+ \longrightarrow Cu^{2+} + 2Ag$	٠,٤٦
$Cu^{2+} + Ni \longrightarrow Cu + Ni^{2+}$	٠,٥٧
$Co + 2Ag^+ \longrightarrow Co^{2+} + 2Ag$	١,٠٨

أ) ما قيمة جهد الاختزال المعياري للفضة؟

ب) خلية غلفانية قطباها (Ni ، Ag).
فأي القطبين تزداد كتلته مع الزمن؟

جـ) خلية غلفانية تتكوّن من الأقطاب (Cu، Co)، احسب قيمة E° للخلية.

د) هل يمكن حفظ محلول $NiSO_4$ في وعاء مصنوع من Ag؟

هـ) رتب العناصر (Cu، Co، Ni، Ag) حسب قوتها كعوامل مختزلة تصاعديًّا.

و) أيُّ الفلزين : Cu أم Ni يستطيع إطلاق غاز الهيدروجين من محلول حمض الهيدروكلوريك المخفف؟

الحل ....

سؤال : يبيّن الجدول المجاور جهود الاختزال المعياريّة لعددٍ من أنصاف التفاعلات , أدرسه ثم أجب عما يليه :

نصف تفاعل الاختزال	$\dot{E}$ (فولت) المتوقع
$A^{+2} + B \longrightarrow B^{+2} + A$	+ ٠,٢٧
$C^{+2} + A \longrightarrow A^{+2} + C$	+ ٠,٩٨
$2H^+ + C \longrightarrow C^{+2} + H_2$	-٠,٨٥

١) حدد أضعف عامل مؤكسد
٢) حدد أضعف عامل مختزل
٣) حدد المهبط في الخلية المكونة من H_2/A
٤) احسب جهد الخلية الغلفانية المكونة من C/B ؟
٥) إذا علمت أن قيمة جهد اختزال (Y^{+2}) يساوي - ٠,٢٣ فولت , مع أي العناصر من الجدول يكون القطب Y هو المهبط ؟

الحل ...

الفكرة السادسة : يعطي تفاعلات كليّة مع E° لها وقطب ثابت ,ولكن لها طريقتين :-

(أ) أن يكون المصعد ثابتاً في جميع الخلايا ... حيث

((كلما كان جهد الخلية أكبر فإن ميل فلز المهبط للاختزال يكون أكبر))

سؤال : ادرس التفاعلات الآتية والتي يحدث كل منها في خلية غلفانية ثم أجب عما يليها من أسئلة

$Zn + 2Ag^+ \longrightarrow Zn^{+2} + 2Ag$ $\quad \dot{E} = ١,٥٦$ فولت

$Zn + Ni^{+2} \longrightarrow Zn^{+2} + Ni$ $\quad \dot{E} = ٠,٥٣$ فولت

$Zn + 2H^+ \longrightarrow Zn^{+2} + H_2$ $\quad \dot{E} = ٠,٧٦$ فولت

١- أيهما أقوى كعامل مختزل Ni أم H_2 ؟

٢- ما قيمة جهد نصف التفاعل $Ni \longrightarrow Ni^{+2} + 2e$

٣- ماذا يحدث لكتلة Ag في الخلية المكونة من Ni و Ag .

٤- اكتب التفاعل الكلّي الذي يحدث في الخلية المكونة من H_2 و Ni

٥- هل يمكن حفظ محلول $ZnSO_4$ في وعاء مصنوع من النيكل Ni

٦- هل يذوب Ag في حمض HCl المخفف محرراً غاز H_2 ؟

الحل ...

١) Ni $\quad$ ٢) +٠,٢٣ فولت $\quad$ ٣) تزداد $\quad$ ٤) $Ni + 2H^+ \longrightarrow Ni^{+2} + H_2$

٥) نعم يمكن . $\quad$ ٦) لا يذوب .

سؤال : ادرس التفاعلات الآتية والتي يحدث كل منها في خلية غلفانية ثم أجب عما يليها من أسئلة

$Mg + Cu^{+2} \longrightarrow Mg^{+2} + Cu$ $\quad \dot{E} = ٢,٧١$ فولت

$Mg + Al^{+3} \longrightarrow Mg^{+2} + Al$ $\quad \dot{E} = ٠,٧١$ فولت

١- حدد أقوى عامل مؤكسد

٢- في الخلية المكونة من Cu و Al حدد اتجاه حركة أيونات Na^+ في القنطرة الملحية .

٣- هل يمكن حفظ محلول كبريتات النحاس $CuSO_4$ في وعاء مصنوع من الألومنيوم Al

٤- احسب (E° خلية) للخلية المكونة من Cu و Al .

الحل ...

(ب) أن يكون المهبط ثابتاً في جميع الخلايا ... حيث

((كلما كان جهد الخلية أكبر فإن ميل فلز المهبط للاختزال يكون أكبر))

سؤال : ادرس التفاعلات الآتية والتي يحدث كل منها في خلية غلفانية ثم أجب عما يليها من أسئلة

$Mg + Cu^{+2} \longrightarrow Mg^{+2} + Cu$	Ė =	٢,٧٤ فولت
$Zn + Cu^{+2} \longrightarrow Zn^{+2} + Cu$	Ė =	١,١٠ فولت
$Ni + Cu^{+2} \longrightarrow Ni^{+2} + Cu$	Ė =	٠,٥٧ فولت
$Pb + Cu^{+2} \longrightarrow Pb^{+2} + Cu$	Ė =	٠,٤٧ فولت

١- حدد أضعف عامل مختزل .

٢- رتب العوامل المؤكسدة حسب قوتها تصاعدياً

٣- هل يمكن حفظ محلول $NiSO_4$ في وعاء مصنوع من النحاس Cu .

٤- احسب جهد الخلية الغلفانية المكونة من Zn و Pb .

٥- حدد اتجاه انحراف مؤشر الفولتميتر في الخلية المكونة من Mg و Pb

٦- هل يستطيع Mg اختزال أيونات Ni^{+2} ؟

٧- في خلية غلفانية قطباها Ni و Zn ما دور أيونات Cl^- الموجودة في القنطرة الملحية .

الحل ...

سؤال يجمع بين حالتي الفكرة السادسة ...

تم استخدام كل فلز من 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 حسب الجدول .

قطبا الخلية الغلفانية	E° خلية (فولت)	اتجاه سريان e 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

اعتماداً على المعلومات الواردة أجب عن الأسئلة :-

١- رتّب الفلزات السابقة متضمنة فلز النيكل Ni في سلسلة كهروكيميائية حسب قوتها كعوامل مختزلة تنازلياً .

٢- هل يمكن حفظ أحد أملاح الفلز C في وعاء مصنوع من الفلز D .

٣- احسب E° للخلية الغلفانية التي قطباها D و B ثم حدد اتجاه سريان الإلكترونات في الدارة الخارجية للخلية .

٤- حدد الفلزين اللذين يكونان خلية غلفانية بأعلى فرق جهد

٥- هل يمكن تحريك محلول أحد أملاح الفلز G بملعقة مصنوعة من الفلز A .

الحل ...

قائمةُ المصطلحاتِ

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية	المدلول
الاختزال	Reduction	كسب الإلكترونات، أو النقصان في عدد التأكسد.
التأكسد	Oxidation	فقد الإلكترونات، أو الزيادة في عدد التأكسد.
التأكسد والاختزال الذاتي	Autoxidation - Reduction	سلوك المادة كعامل مؤكسد وكعامل مختزل في التفاعل نفسه.
جهد الاختزال المعياري	Standard Reduction Potential	ميل القطب للاختزال عندما يكون تركيز المذاب ١مول/لتر وضغط الغاز ١ض.جـ، وعند درجة حرارة ٢٥°س.
جهد الخلية المعياري	Standard Cell Potenial	مقياس للقوة الدافعة الكهربائية التي تنشأ، بسبب الاختلاف في فرق الجهد بين قطبي الخلية في الظروف المعيارية .
خلية غلفانية	Galvanic Cell	أداة أو جهاز يحدث فيه تفاعلات تأكسد واختزال بشكل تلقائي لإنتاج طاقة كهربائية.
عامل مختزل	Reducing Agent	المادة التي يحدث لها تأكسد في التفاعل، وتتسبب في اختزال غيرها.
عامل مؤكسد	Oxidizing Agent	المادة التي يحدث لها اختزال في التفاعل، وتتسبب في تأكسد غيرها.
عدد التأكسد	Oxidation Number	الشحنة الفعلية لأيون الذرة في المركبات الأيونية، أما في المركبات الجزيئية فهو الشحنة التي يُفترض أن تكتسبها الذرة المكونة للرابطة التساهمية مع ذرة أخرى، فيما لو كسبت الذرة التي لها أعلى كهرسلبية إلكترونات الرابطة كليًا وخسرت الأخرى هذه الإلكترونات.

قطب الهيدروجين المعياري	Standard Hydrogen Electrode	قطب مرجعي يمكن استخدامه لمعرفة جهد الاختزال المعياري لقطبي الخلية الغلفانية، عندما يكون تركيز أيونات المذاب ١ مول/لتر وضغط الغاز ١ ض.جـ، وعند درجة حرارة ٢٥°س.
مصعد	Cathode	القطب الذي تحدث عنده عملية التأكسد في الخلايا الكهركيميائية.
مهبط	Anode	القطب الذي تحدث عنده عملية الاختزال في الخلايا الكهركيميائية.