تجميع هيكل للمسار المتقدم





تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية	
موقع المناهج ⇦ المناهج الإماراتية ⇦ الصف الثاني عشر المتقدم ⇦ كيمياء ⇦ الفصل الأول ⇦ ملفات متنوعة ⇦ الملف	
تاريخ إضافة الملف على موقع المناهج: 2026-11-17 22:34:16	
ملفات ا كتب للمعلم ا كتب للطالب ا اختبارات الكترونية ا اختبارات ا حلول ا عروض بوربوينت ا أوراق عمل منهج انجليزي ا ملخصات وتقارير ا مذكرات وبنوك ا الامتحان النهائي ا للمدرس	المزيد من مادة كيمياء:
إعداد: محمد شوقي	

التواصل الاجتماعي بحسب الصف الثاني عشر المتقدم					
صفحة المناهج الإماراتية على فيسبوك					
المواد على تلغرام	التربية الاسلامية	اللغة العربية	اللغة الانجليزية	الرياضيات	

المزيد من الملفات بحسب الصف الثاني عشر المتقدم والمادة كيمياء في الفصل الأول	
شرح الكهربائية الخلايا الفولتية	1
مراجعة نهائية في – تغطية اختبار نهاية الفصل	2
مراجعة نهائية في لتغطية نهاية الفصل	3
مراجعة نهائية في – تغطية اختبار نهاية الفصل	4
الأكسدة والاختزال والكيمياء الكهربائية - شرح الهيكل وبنك أسئلة الامتحانات السابقة مراجعة هيكل نهاية الفصل	5

تحميل تطبيق المناهج للهواتف الذكية	
تطبيق المناهج على Store App (آبل)	تطبيق المناهج على Play Google (أندرويد)

بسم الله الرحمن الرحيم

هيكل الصف الثاني عشر المتقدم كيمياء
نظام حديث 3 مواد

Mr.Mohamed Shawky

+971504104328
02010699896662

انتقال الإلكترون وتفاعل الأكسدة والاختزال

كما تعلمت سابقاً أن التفاعل الكيميائي يمكن تصنيفه كأحد الأنواع الخمسة_الاتحاد أو التفكك أو الاحتراق أو استبدال أحادي أو استبدال ثنائي. السمة المميزة للاحتراق وتفاعلات الاستبدال الأحادي أنهما يشتركا في انتقال الإلكترونات من مادة إلى أخرى كما يحدث في الكثير من تفاعلات الاتحاد والتفكك. مثال لذلك، تفاعل الاتحاد بين الصوديوم (Na) والكلور (Cl_2) لتكوين مركب كلوريد الصوديوم الأيوني (NaCl). حيث ينتقل إلكترونان من ذرتي الصوديوم إلى جزيء Cl_2 ويتكون أيونين من Cl^-.

المعادلة الكيميائية الكاملة: $2Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2NaCl(s)$

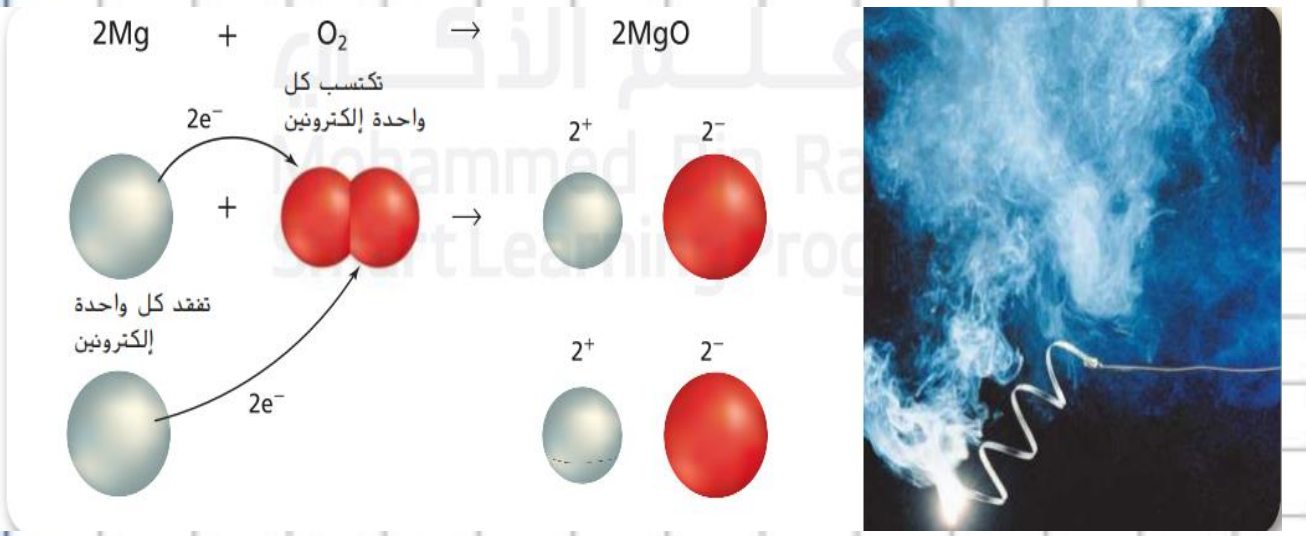
المعادلة الكيميائية الأيونية الصرفة: $2Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2Na^+ + 2Cl^-$

مثال لتفاعل الاحتراق هو احتراق المغنيسيوم في الهواء والذي يتضمن انتقال للإلكترونات.

المعادلة الكيميائية الكاملة: $2Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2MgO(s)$

المعادلة الأيونية الصرفة: $2Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2Mg^{2+} + 2O^{2-}$

عندما يتفاعل المغنيسيوم مع الأكسجين كما هو موضح في الشكل **1**، فإن كل ذرة مغنيسيوم تمنح إلكترونين لكل ذرة أكسجين. ذرتا المغنيسيوم يصبحا أيوني مغنيسيوم (Mg^{2+}). وذرتا الأكسجين تصبح أيوني أكسيد (O^{2-}). يسمى التفاعل الذي فيه تنتقل الإلكترونات من مادة إلى أخرى **تفاعل أكسدة واختزال.**



صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم
MR /MOHAMED SHAWKY

يميّز بين عمليتي الأكسدة والاختزال من حيث فقدان وكسب الإلكترونات والأكسجين والهيدروجين

تأمل تفاعل الاستبدال الأحادي حيث يتفاعل فيه الكلور مع أيونات البروميد الناتجة من محلول مائي لبروميد البوتاسيوم الموضح في **الشكل 2**.

المعادلة الكيميائية الكاملة: $2KBr(aq) + Cl_2(aq) \rightarrow 2KCl(aq) + Br_2(aq)$

المعادلة الأيونية الصرفة: $2Br^-(aq) + Cl_2(aq) \rightarrow Br_2(aq) + 2Cl^-(aq)$

علمًا بأن الكلور يستقبل الإلكترونات من أيونات البروميد ليصبح أيونات الكلوريد. عندما يفقد أيونا البروميد الإلكترونات ترتبط ذرتا البروم وتشكل رابطة تساهمية مع بعضها لتكوين جزيء Br_2.

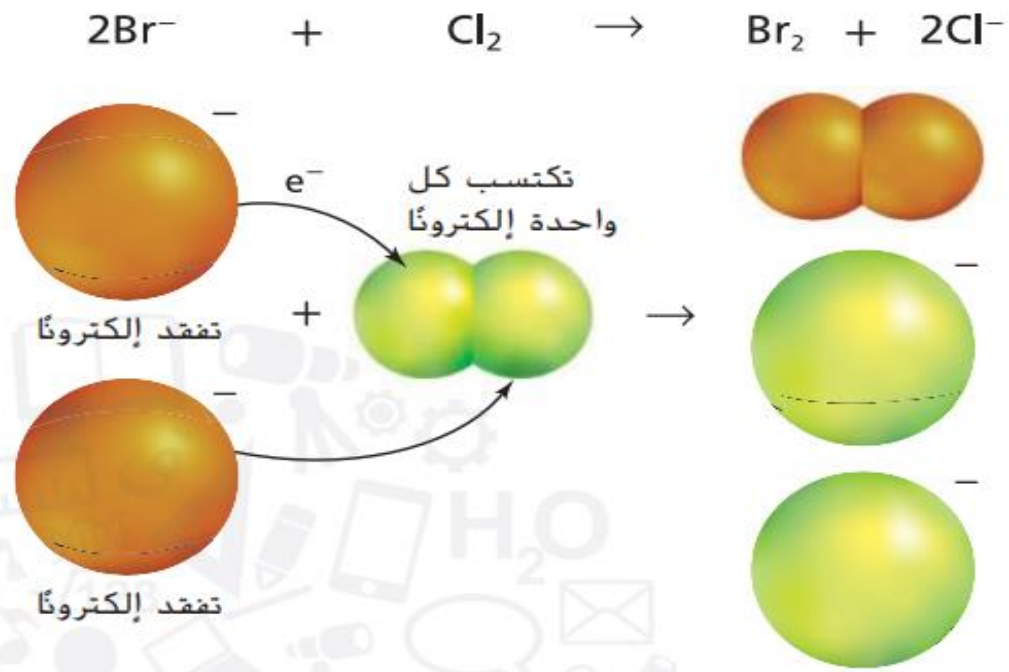
الأكسدة والاختزال في الأصل، تشير كلمة الأكسدة إلى التفاعلات التي تتحد فيها المادة مع الأكسجين. حالياً، **الأكسدة** تُعرف بأنها فقد للإلكترونات من قِبَل المادة المتفاعلة. انظر مرة أخرى إلى المعادلة الأيونية الصرفة لتفاعل الصوديوم والكلور. تأكسد الصوديوم لأنه فقد إلكترون.

الأكسدة: $Na \rightarrow Na^+ + e^-$

لكي تحدث الأكسدة، فإنه يجب أن تُكتسب الإلكترونات المفقودة من المادة التي تأكسدت من قبل ذرات أو أيونات مادة أخرى. وبمعنى آخر، يجب أن يكون هناك عملية مصاحبة تتضمن اكتساب الإلكترونات. **الاختزال** هو اكتساب للإلكترونات من قبل المادة المتفاعلة. بتتبع مثال كلوريد الصوديوم فإن تفاعل الاختزال الذي يُصاحب أكسدة الصوديوم هو اختزال الكلور.

الاختزال: $Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$

الأكسدة والاختزال هما عمليتان مترافقتان: الأكسدة لا يمكن أن تحدث ما لم يحدث الاختزال أيضاً. من المهم أن تفرق وتميز بين الأكسدة والاختزال.



■ **الشكل 2** التفاعل بين أيونات البروميد وغاز الكلور تفاعل أكسدة واختزال. هنا، يتم انتقال الإلكترونات من أيونات البروميد إلى الكلور.

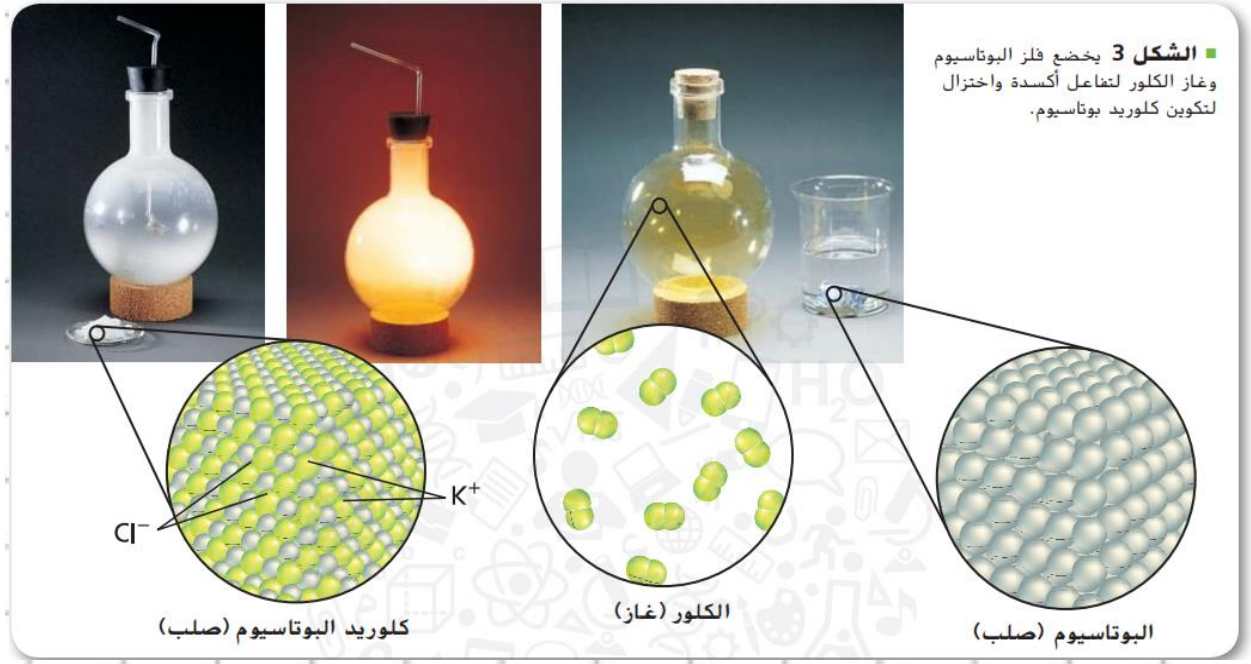
صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

أعداد التأكسد يسمى الرقم المحدد لذرة أو لأيون ليوضح درجتها من الأكسدة أو الاختزال **عدد التأكسد**. على سبيل المثال، يرتبط عدد التأكسد لعنصر في المركب الأيوني بعدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة من ذرة العنصر عندما تصبح أيون. تفاعل فلز البوتاسيوم مع غاز الكلور، كما هو مبين في **الشكل 3**، هو تفاعل أكسدة واختزال. معادلة التفاعل تكون كالتالي.

المعادلة الكيميائية الكاملة: $2K(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2KCl(s)$

المعادلة الأيونية الصرفة: $2K(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2K^+(s) + 2Cl^-(s)$



■ **الشكل 3** يخضع فلز البوتاسيوم وغاز الكلور لتفاعل أكسدة واختزال لتكوين كلوريد بوتاسيوم.

أعداد التأكسد هي أدوات يستخدمها العلماء في كتابة المعادلات الكيميائية لمساعدتهم على تتبع مسار حركة الإلكترونات في تفاعل الأكسدة والاختزال. مثل بعض الأدوات الأخرى التي عرفتها، أعداد التأكسد تكتب بطريقة محددة بحيث توضع الإشارة السالبة أو الموجبة قبل الرقم (2+ ,3+)، بينما تُكتب الشحنة الأيونية بوضع الإشارة بعد الرقم (2+, 3+).

عدد التأكسد: 3+ الشحنة الأيونية: 3+

التحقق من فهم النص **تحديد** ما العنصر الأكثر مقدرة على اكتساب الإلكترونات، البوتاسيوم أم الكلور؟

يقع البوتاسيوم في المجموعة 1 التي تميل إلى فقدان إلكترون واحد في التفاعلات بسبب سالبيتها الكهربائية المنخفضة فيكون عدد تأكسده 1+ في KCl. من ناحية أخرى، الكلور يقع في المجموعة 17 الذي تميل ذراتها لاكتساب إلكترون واحد في التفاعلات بسبب سالبيتها الكهربائية العالية فيكون عدد تأكسده 1− في KCl. في شروط الأكسدة والاختزال، يمكنك القول بأن ذرات البوتاسيوم تأكسدت من 0 إلى الحالة 1+ لأن كل ذرة تفقد إلكترون واحد وذرات الكلور اختزلت من 0 إلى الحالة 1− لأن كل ذرة تكتسب إلكترون واحد. عندما تُختزل ذرة أو أيون، فإنه تنخفض القيمة الرقمية لعدد التأكسد. وعلى العكس من ذلك، عندما تتأكسد ذرة أو أيون فإنه يزداد عدد التأكسد.

Q3	يعرّف العامل المؤكسد والعامل المختزل في تفاعل الأكسدة-الاختزال	جدول 1+ نص الكتاب
Q4	يحدّد العامل المؤكسد والعامل المختزل في تفاعل تفاعل الأكسدة-الاختزال	جدول 1+ نص الكتاب
Q5	يحدّد العامل المؤكسد والعامل المختزل في تفاعل تفاعل الأكسدة-الاختزال	جدول 1+ نص الكتاب+ تجربة مصغرة

العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة

تفاعل البوتاسيوم والكلور كما في **الشكل 3** يمكن أيضاً وصفه بقول"البوتاسيوم يتأكسد بالكلور" هذا الوصف مفيد نظراً لأنه يحدد بوضوح كلاً من المادة التي تتأكسد والمادة التي اختزلت. المادة التي تؤكسد مادة أخرى باكتسابها إلكترونات تسمى **عامل مؤكسد.** يصف هذا المصطلح المادة المُختزلة. المادة التي اختزلت مادة أخرى بفقدان الإلكترونات تسمى **عامل مختزل.** يعطي العامل المختزل إلكترونات للعامل المؤكسد. يتأكسد العامل المختزل لأنه يفقد إلكترونات. العامل المختزل في تفاعل البوتاسيوم أو الكلور هو البوتاسيوم_المادة التي تأكسدت.

أكسدة

$$2K(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2KCl(s)$$

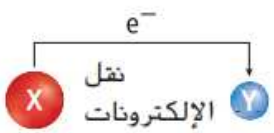
اختزال

عامل مؤكسد: Cl_2

عامل مختزل: البُوتاسْيُوم

من التطبيقات الشائعة لتفاعلات الأكسدة والاختزال تنظيف أسطح الفلزات. تكون العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة الأخرى مفيدة في الحياة اليومية. على سبيل المثال، عندما تضيف مبيض الغسيل لتبييض الملابس فأنت تستخدم محلول مائي من هيبوكلوريت الصوديوم (NaClO) وهو عامل مؤكسد. يؤكسد الصبغات والبقع وغيرها من المواد التي تلطخ الملابس. **جدول 1** يلخص الطرائق المختلفة لوصف تفاعلات الأكسدة والاختزال.

جدول 1 ملخص تفاعلات الأكسدة والاختزال

عمليات	
الأكسدة • يفقد المتفاعل إلكترون. • العامل المختزل يتأكسد. • زيادة عدد التأكسد.	• X يفقد إلكترون. • X عامل مختزل ويتأكسد. • عدد تأكسد X يزداد.
الاختزال • يكتسب المتفاعل الآخر إلكترون. • العامل المؤكسد يُختزل. • يقل عدد التأكسد.	• Y يكتسب إلكترون. • Y عامل مؤكسد ويُختزل. • عدد تأكسد Y يقل.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

تفاعلات الأكسدة والاختزال والسالبية الكهربائية

كيمياء تفاعلات الأكسدة والاختزال ليست مقتصرة على ذرات العناصر التي تتحول إلى أيونات أو العكس. تتضمن بعض تفاعلات الأكسدة والاختزال تغيرات في المواد الجزيئية أو الأيونات متعدد الذرات حيث ترتبط فيها الذرات بروابط تساهمية بذرات أخرى. على سبيل المثال، تمثل المعادلة التالية تفاعل الأكسدة والاختزال المستخدم في صناعة الأمونيا (NH_3).

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$$

لا تتضمن هذه العملية أيونات ولا انتقال واضح للإلكترونات. المواد المتفاعلة والنواتج كلها مركبات جزيئية. إلا أنه لايزال هناك تفاعل أكسدة واختزال حيث يكون النيتروجين هو العامل المؤكسد ويكون الهيدروجين هو العامل المختزل.

في حالات مثل تكون الأمونيا حيث تتشارك ذرتان الإلكترونات، كيف يمكن أن نقول أن ذرة واحدة فقدت الإلكترونات وتأكسدت في حين أن ذرة أخرى اكتسبت الإلكترونات واُختزلت؟ للإجابة على ذلك، ينبغي عليك معرفة أي الذرات تجذب الإلكترونات بقوة أكبر أو بمعنى آخر أي الذرات هي أكثر سالبية كهربائية. قد تجد أنه من المفيد مراجعة مناقشة أنماط السالبية الكهربائية في الجدول الدوري.

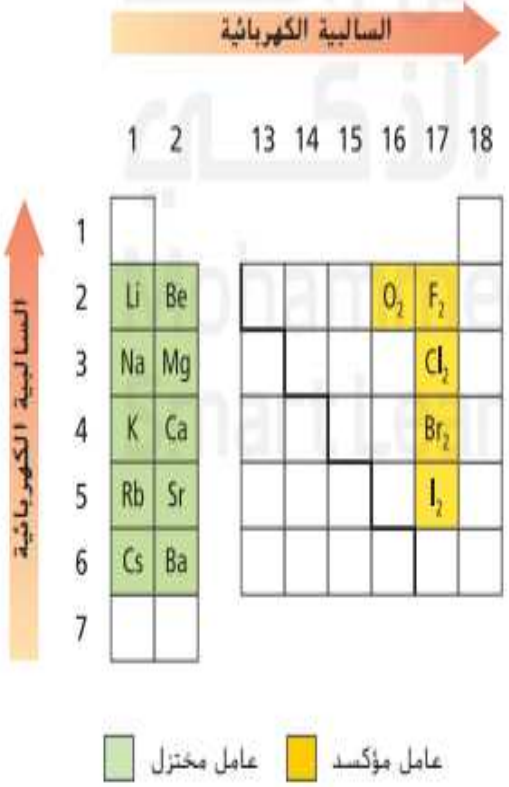
الشكل 4 يوضح زيادة السالبية الكهربائية من اليسار إلى اليمين عبر الدورة وتقل عموماً عند الانتقال للأسفل في المجموعة. العناصر ذات قيم السالبية الكهربائية المنخفضة (مجموعات 1 و 2) هي عوامل مختزلة قوية وتلك العناصر ذات قيم السالبية الكهربائية العالية (مجموعة 17 والأكسجين في المجموعة 16) هي عوامل مؤكسدة قوية.

الهيدروجين لديه سالبية كهربائية قدرها 2.20. والنيتروجين لديه سالبية كهربائية قدرها 3.04. لغرض دراسة تفاعلات الأكسدة والاختزال فإنه يتم التعامل مع العنصر الأكثر سالبية كهربائية (النيتروجين) كما لو كان قد تم اختزاله بإكتساب إلكترونات من عنصر آخر (الهيدروجين). على العكس من ذلك، يتم التعامل مع العنصر الأقل سالبية كهربائية (الهيدروجين) كما لو كان قد تم أكسدته بفقدان إلكترونات إلى العنصر الآخر (النيتروجين).

اختزال (اكتساب جزئي لـ e^-)

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$$

تأكسد (فقدان جزئي لـ e^-)



الشكل 4 تزداد السالبية الكهربائية للعناصر من اليسار إلى اليمين عبر الدورات في الجدول الدوري وتقل كلما اتجهنا إلى أسفل في المجموعة. العناصر ذات قيم السالبية الكهربائية المنخفضة هي عوامل مختزلة قوية والعوامل ذات قيم السالبية الكهربائية العالية عوامل مؤكسدة قوية.

تنبأ ما العنصر الذي سيكون أقوى عامل مؤكسد وأيها أقوى كعامل مختزل؟

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

1. حدد إذا كانت كل من التغيرات التالية أكسدة أم اختزال.

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

b. $K \rightarrow K^+ + e^-$

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

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

مثال 1

التعرف على تفاعلات الأكسدة والاختزال المعادلة الآتية تمثل تفاعل أكسدة واختزال للألمنيوم والحديد.

$$2Al + 2Fe^{3+} + 3O^{2-} \rightarrow 2Fe + 2Al^{3+} + 3O^{2-}$$

تعرف على المادة التي تأكسدت والمادة التي اختزلت في هذا التفاعل. تعرف على العامل المؤكسد والعامل المختزل.

1 تحليل المسألة

معروف لديك المواد المتفاعلة والنواتج في التفاعل. يجب عليك تحديد انتقال الإلكترونات الذي حدث. وبعد ذلك، يمكنك تطبيق مفهومي العامل المؤكسد والعامل المختزل للإجابة على السؤال.

2 حساب المجهول

تعرف على عمليات الأكسدة وعمليات الاختزال.

(أكسدة – فقد إلكترونات) $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e$

ذرة الألمنيوم تفقد ثلاثة إلكترونات وتصبح أيون ألمنيوم.

(اختزال – كسب إلكترونات) $Fe^{3+} + 3e^- \rightarrow Fe$

أيون الحديد يكسب الثلاثة إلكترونات المفقودة من الألمنيوم ويصبح ذرة حديد.

Al تأكسد وبالتالي فهو عامل مختزل. Fe^{3+} اكتسب إلكترونات وبالتالي فهو عامل مؤكسد.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم
MR /MOHAMED SHAWKY

2. تعرف على المادة التي تأكسدت والمادة التي اختزلت في العمليات الآتية:

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

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

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

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

Regarding the redox reaction below. فيما يتعلق بتفاعل الأكسدة والاختزال أدناه. أي مما يأتي صحيح؟

Which of the following is correct?

$$3Mg + N_2 \longrightarrow Mg_3N_2$$

The oxidizing agent is **Mg** and its oxidation number changes from **0** to **+2** — العامل المؤكسد هو **Mg** ويتغير عدد تأكسده من **0** إلى **+2**

The reducing agent is **Mg** and its oxidation number changes from **0** to **+2** — العامل المختزل هو **Mg** ويتغير عدد تأكسده من **0** إلى **+2**

The oxidizing agent is **N_2** and its oxidation number changes from **0** to **+3** — العامل المؤكسد هو **N_2** ويتغير عدد تأكسده من **0** إلى **+3**

The reducing agent is **N_2** and its oxidation number changes from **0** to **−3** — العامل المختزل هو **N_2** ويتغير عدد تأكسده من **0** إلى **−3**

In the rection equation below, if you know that the reactant **Cl_2** is an oxidizing agent. Which of the following describe it correctly?

في معادلة التفاعل أدناه، إذا علمت أن المتفاعل **Cl_2** هو عامل مؤكسد.
أي مما يأتي يصفه بشكل صحيح؟

$$2K(s) + Cl_2(g) \longrightarrow 2KCl(s)$$

يكتسب إلكترونات – يزيد عدد تأكسده – تحدث له أكسدة Gains electrons – its oxidation number increases – it is the oxidized	1
يفقد إلكترونات – يزيد عدد تأكسده – تحدث له أكسدة loses electrons – its oxidation number increases – it is the oxidized	2
يكتسب إلكترونات – يقل عدد تأكسده – يحدث له اختزال Gains electrons – its oxidation number decreases – it is the reduced	3
يفقد إلكترونات – يقل عدد تأكسده – يحدث له اختزال loses electrons – its oxidation number decreases – it is the reduced	4

3. تعرف على العامل المؤكسد والعامل المختزل في المعادلة الآتية. فسر إجابتك.

$$Fe(s) + 2Ag^{+}(aq) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + 2Ag(s)$$

4. تحدي تعرف على العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل تفاعل:

a. $Mg + I_2 \longrightarrow MgI_2$

b. $H_2S + Cl_2 \longrightarrow S + 2HCl$

أي مما يلي هو العامل المختزل في التفاعل التالي ؟

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

A- $Ca_{(s)}$

B- $Zn^{2+}{}_{(aq)}$

C- $Ca^{2+}{}_{(aq)}$

D- $Zn_{(s)}$

ما العامل المختزل في التفاعل التالي؟ What is the reducing agent in the following reaction?

$$H_2S_{(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow S_{(s)} + 2HCl_{(g)}$$

Cl_2

S

H_2S

HCl

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

Q7	يحدّد عدد التأكسد للعناصر والأيونات والمركّبات وفقًا لمجموعة من القواعد	الجدول 2+ مثال 2+تطبيقات 11g10
Q8	يحدّد عدد التأكسد للعناصر والأيونات والمركّبات وفقًا لمجموعة من القواعد	الجدول 2+ مثال 2+ تطبيقات 11g10
Q9	يحدّد عدد التأكسد لعناصر ومركّبات ذات صيغ أكثر تعقيدًا	الجدول 2+ مثال 2+ تطبيقات 11g 10

تحديد أعداد التأكسد

لفهم جميع أنواع تفاعلات الأكسدة والاختزال يجب أن يكون لديك وسيلة لتحديد عدد التأكسد ($n_{عنصر}$) لكل عنصر مشترك في التفاعل. **الجدول 2** يحدد القواعد التي يستخدمها الكيميائيون لجعل هذا التحديد أسهل.

الجدول أدناه لا يتضمن العناصر الانتقالية والفلزات واللافلزات التي يكون لها أكثر من عدد تأكسد في المركبات. على سبيل المثال، لدى الحديد أعداد تأكسد مختلفة. يتم التعرف عليها من خلال تنوع الألوان كما هو مبين في **الشكل 5**، والتي تعتمد أيضًا على المعادن الموجودة.

الجدول 2 قواعد تحديد أعداد التأكسد

القاعدة	مثال	$n_{عنصر}$
1. عدد التأكسد لذرة عنصر غير متحد يساوي صفر.	Na, O_2, Cl_2, H_2	0
2. عدد تأكسد الأيون أحادي الذرة يساوي شحنة الأيون.	Ca^{2+}	+2
	Br^-	−1
3. عدد التأكسد للذرة الأكثر سالبية كهربائية في الجزيء أو الأيون المعقد هو نفس مقدار شحنته لو كان أيونًا.	N في NH_3	−3
	O في NO	−2
4. عدد التأكسد للعنصر الأكثر سالبية كهربائية. الفلور هو دائمًا −1 عندما يرتبط بعنصر آخر.	F في LiF	−1
5. عدد تأكسد الأكسجين في المركبات يساوي دائمًا −2 ماعدا في فوق الأكاسيد مثل بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2). يكون −1. وعندما يرتبط مع الفلور وهو العنصر الوحيد الأكثر سالبية كهربائية من الأكسجين فإن عدد التأكسد للأكسجين يكون موجب.	O في NO_2	−2
	O في H_2O_2	−1
6. يكون عدد التأكسد للهيدروجين في معظم مركباته +1. ما عدا في هيدريدات الفلزات يكون عدد التأكسد −1.	H في NaH	−1
7. أعداد التأكسد للمجموعة 1 و 2 والألمنيوم موجبة وتساوي عدد إلكترونات التكافؤ.	K	+1
	Ca	+2
	Al	+3
8. مجموع أعداد التأكسد في مركب متعادل يساوي صفر.	$CaBr_2$	(+2) + 2(−1) = 0
9. مجموع أعداد التأكسد للذرات في أيون متعدد الذرات يساوي شحنة الأيون.	SO_3^{2-}	(+4) + 3(−2) = −2

In the combustion reaction of magnesium in air represented by the equation below.

Which of the following is correct?

في تفاعل احتراق المغنيسيوم في الهواء الذي تُمثله المعادلة أدناه.

أي مما يأتي صحيح؟

$$2Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2MgO(s)$$

Atomic number of magnesium = 12	العدد الذري للمغنيسيوم = 12
Atomic number of oxygen = 8	العدد الذري للأكسجين = 8

Magnesium atom becomes negative ion	تُصبح ذرة المغنيسيوم أيونًا سالبًا
Oxygen atom becomes positive ion	تُصبح ذرة الأكسجين أيونًا موجبًا
Each oxygen atom transfers two electrons to each magnesium atom	كل ذرة أكسجين تمنح إلكترونين لكل ذرة مغنيسيوم
Each magnesium atom transfers two electrons to each oxygen atom	كل ذرة مغنيسيوم تمنح إلكترونين لكل ذرة أكسجين

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

مثال 2

تحديد أعداد التأكسد

استخدم قواعد تحديد عدد التأكسد لايجاد عدد التأكسد لكل العناصر الموجودة في كل من

$KClO_3$

SO_3^{-2}

1 تحليل المسألة

في القواعد المرتبطة بتحديد عدد التأكسد، يتم إعطاؤك أعداد التأكسد للأكسجين والبوتاسيوم. وتم إعطاؤك أيضاً الشحنة الكلية للمركب أو الأيون. باستخدام هذه المعلومات وتطبيق القواعد، حدد أعداد التأكسد. (ليكن n يساوي عدد التأكسد للعنصر في سؤال).

معلوم	مجهول
$KClO_3$	$n_{Cl} = ?$
SO_3^{2-}	$n_S = ?$
$n_O = -2$	
$n_K = +1$	

2 حساب المجهول

حدد أعداد التأكسد المعروفة لعناصرها، واضبط مجموع كل أعداد التأكسد إلى الصفر أو إلى شحنة الأيون وقم بإيجاد حل لعدد التأكسد المجهول.

مجموع أعداد التأكسد في مركب متعادل تساوي صفر.

$$(n_K) + (n_{Cl}) + 3\,(n_O) = 0$$

لمجموعة 1، $n_{\text{العنصر}} = +1$. عوض $n_K = +1$, $n_O = -2$.

$$(+1) + (n_{Cl}) + 3(-2) = 0$$

$$1 + n_{Cl} + (-6) = 0$$

حل لإيجاد n_{Cl}.

$$n_{Cl} = +5$$

مجموع أعداد التأكسد للأيون متعدد الذرات تساوي مقدار الشحنة في الأيون.

$$(n_S) + 3\,(n_O) = -2$$

عوض $n_O = -2$.

$$(n_S) + 3(-2) = -2$$

حل لإيجاد n_S.

$$n_S + (-6) = -2$$

$$n_S = +4$$

In the reaction represented by the equation below.

Which of the following is correct?

في التفاعل الذي تمثله المعادلة أدناه.

أي مما يأتي صحيح؟

$$2F^-_{(aq)} + I_{2(aq)} \longrightarrow F_{2\,(aq)} + 2I^-_{(aq)}$$

The fluoride ions receive electrons from the iodine and it is reduced

تستقبل أيونات الفلوريد إلكترونات من اليود ويحدث لها اختزال

The fluoride ions receive electrons from the iodine and it is oxidized

تستقبل أيونات الفلوريد إلكترونات من اليود ويحدث لها أكسدة

The iodine receives electrons from the fluoride ions and it is reduced

يستقبل اليود إلكترونات من أيونات الفلوريد ويحدث له اختزال

The iodine receives electrons from the fluoride ions and it is oxidized

يستقبل اليود إلكترونات من أيونات الفلوريد ويحدث له أكسدة

An iron plate was placed in a solution of copper(II) sulfate as shown in the figure below. Why did the color of the iron plate change?

تم وضع صفيحة من الحديد في محلول كبريتات النحاس (II) كما هو موضح في الشكل أدناه. لماذا تغير لون صفيحة الحديد؟

$$Fe(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow Cu(s) + Fe_2(SO_4)_3(aq)$$



Oxidation of copper atoms to copper(II) ions

أكسدة ذرات النحاس إلى أيونات النحاس (II)

Reduction of iron (III) ions by gaining electrons

اختزال أيونات الحديد (III) باكتسابها إلكترونات

Oxidation of iron (III) ions by losing electrons

أكسدة أيونات الحديد (III) بفقدانها إلكترونات

Reduction of copper (II) ions and deposition of copper on the iron plate

اختزال أيونات النحاس (II) وترسب النحاس على صفيحة الحديد

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

5. حدد عدد التأكسد للعنصر المكتوب بخط سميك في صيغ المركبات التالية:

a. $NaClO_4$ b. $AlPO_4$ c. HNO_2

6. حدد عدد التأكسد للعنصر المكتوب بخط سميك في صيغ الأيونات التالية:

a. NH_4^+ b. AsO_4^{3-} c. CrO_4^{2-}

7. حدد عدد التأكسد للنيتروجين في كل من الجزيئات التالية:

a. NH_3 b. KCN c. N_2H_4

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

8. **تحدي** حدد التغير الكلي في عدد تأكسد جميع العناصر الموجودة في معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:

a. $C + O_2 \longrightarrow CO_2$

b. $Cl_2 + ZnI_2 \longrightarrow ZnCl_2 + I_2$

c. $CdO + CO \longrightarrow Cd + CO_2$

أي مما يلي هو العامل المختزل في التفاعل التالي ؟

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

$Ca_{(s)}$-A

$Zn^{2+}_{(aq)}$ -B

$Ca^{2+}_{(aq)}$ -C

$Zn_{(s)}$ -D

أي مما يلي لديه أعلى عدد تأكسد للمنجنيز(Mn)؟

MnO_2-A

K_2MnO_4-B

MnO-C

$KMnO_4$-D

أي مما يأتي صحيح فيما يتعلق بالتفاعل أدناه؟ Which of the following is correct in relation to the reaction below?

$$2K_{(s)} + F_{2(g)} \longrightarrow 2KF_{(s)}$$

اكتسبت ذرة البوتاسيوم K إلكترونًا وحدث لها اختزال — The potassium atom K gained an electron and it is reduced

اكتسب الفلور F_2 إلكترونات وحدث له أكسدة — Fluorine F_2 gained electrons and was oxidized

فقد الفلور F_2 إلكترونات وحدث له أكسدة — Fluorine F_2 lost electrons and was oxidized

فقدت ذرة البوتاسيوم K إلكترونًا وحدث لها أكسدة — The potassium atom K lost an electron and was oxidized

manahj.com

a. HNO_3 c. Sb_2O_5

b. Ca_3N_2 d. $CuWO_4$

13. **حدِّد** عدد التأكسد للعنصر المكتوب بخط سميك في الأيونات التالية:

a. IO_4^- c. $B_4O_7^{2-}$

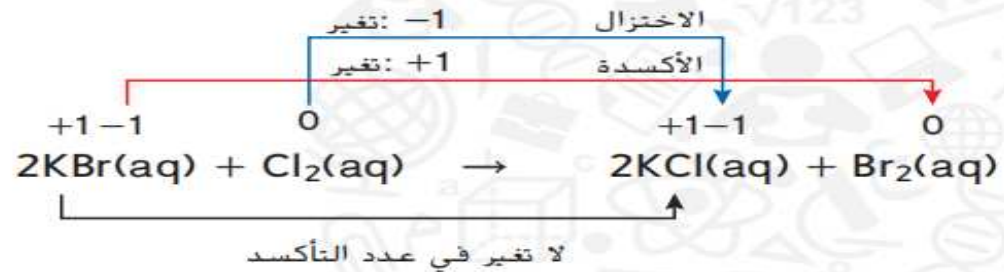
b. MnO_4^- d. NH_2^-

أعداد التأكسد في تفاعلات الأكسدة والاختزال

كما درست أعداد التأكسد فإنه يجب أن تكون قادر على ربط تفاعلات الأكسدة والاختزال بالتغيرات في عدد التأكسد. ارجع إلى معادلة التفاعل التي رأيتها في بداية هذا القسم_ استبدال البروم في المحلول المائي لبروميد البوتاسيوم (KBr) بالكلور (Cl_2).

$$2KBr(aq) + Cl_2(aq) \rightarrow 2KCl(aq) + Br_2(aq)$$

لمعرفة كيف تغيرت أعداد التأكسد، ابدأ بتحديد الأعداد مستخدماً **الجدول 3** لجميع العناصر في المعادلة الموزونة. ثُمّ قم بمراجعة التغيرات كما هو مبين في المعادلة الآتية:



ينبغي ملاحظة أن عدد تأكسد البروم قد تغير من 1− إلى 0، بزيادة قدرها 1. في نفس الوقت، تغير عدد أكسدة الكلور من 0 إلى 1−، أي بانخفاض قدره 1. وبالتالي، فإن الكلور اختزل والبروميد تأكسد. كل تفاعلات الأكسدة والاختزال تتبع نفس النمط. عند أكسدة ذرة أو أيون فإن عدد الأكسدة يزداد. عند اختزال ذرة أو أيون فإن عدد الأكسدة ينخفض. لاحظ أنه لا يوجد تغير في عدد تأكسد البوتاسيوم. أيون البوتاسيوم لا يشارك في التفاعل وبالتالي فهو أيون متفرج.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

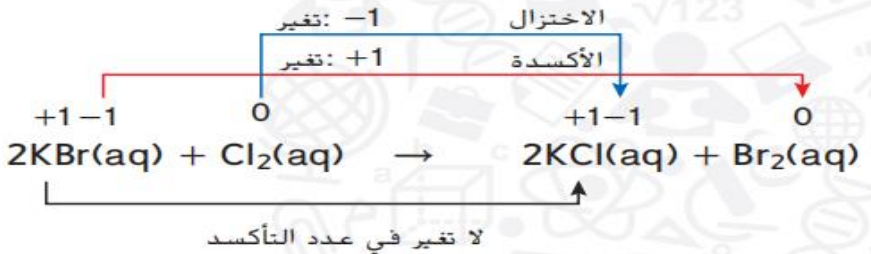
Q10	يميّز بين الأكسدة والاختزال من حيث التغيّر في عدد التأكسد	نص الكتاب + الجدول 3	12
Q11	يميّز بين الأكسدة والاختزال من حيث التغيّر في عدد التأكسد	نص الكتاب + الجدول 3	12

أعداد التأكسد في تفاعلات الأكسدة والاختزال

كما درست أعداد التأكسد فإنه يجب أن تكون قادر على ربط تفاعلات الأكسدة والاختزال بالتغيرات في عدد التأكسد. ارجع إلى معادلة التفاعل التي رأيتها في بداية هذا القسم ـ استبدال البروم في المحلول المائي لبروميد البوتاسيوم (KBr) بالكلور (Cl_2).

$$2KBr(aq) + Cl_2(aq) \rightarrow 2KCl(aq) + Br_2(aq)$$

لمعرفة كيف تغيرت أعداد التأكسد، ابدأ بتحديد الأعداد مستخدماً **الجدول 3** لجميع العناصر في المعادلة الموزونة. ثُمّ قم بمراجعة التغيرات كما هو مبين في المعادلة الآتية:



ينبغي ملاحظة أن عدد تأكسد البروم قد تغير من 1− إلى 0، بزيادة قدرها 1. في نفس الوقت، تغير عدد أكسدة الكلور من 0 إلى 1−، أي بانخفاض قدره 1. وبالتالي، فإن الكلور اختزل والبروميد تأكسد. كل تفاعلات الأكسدة والاختزال تتبع نفس النمط. عند أكسدة ذرة أو أيون فإن عدد الأكسدة يزداد. عند اختزال ذرة أو أيون فإن عدد الأكسدة ينخفض. لاحظ أنه لا يوجد تغير في عدد تأكسد البوتاسيوم. أيون البوتاسيوم لا يشارك في التفاعل وبالتالي فهو أيون متفرج.

جدول 3 أعداد التأكسد لبعض العناصر

عدد التأكسد	+1	+2	+3	−1	−2
الألمنيوم			X		
الباريوم		X			
البروم				X	
الكادميوم		X			
الكالسيوم		X			
السيزيوم	X				
الكلور				X	
الفلور				X	
الهيدروجين	X			X	
اليود				X	
الليثيوم	X				
المغنيسيوم		X			
الأكسجين					X
البوتاسيوم	X				
الصوديوم	X				
الفضة	X				
السترانشيوم		X			

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

Q12	يصف خطوات موازنة تفاعلات الأكسدة والاختزال ،في وسط حمضي، بطريقة التفاعل النصفي	جدول 6 + نص الكتاب + استراتيجيات حل المسائل+ مراجعة القسم	18 20g
Q14	يزن تفاعل الأكسدة-الاختزال في وسط حمضي باستخدام طريقة التفاعل النصفي	نص الكتاب + مثال5+ تطبيقات	17.18.19 20g
Q15	يزن تفاعل الأكسدة-الاختزال في وسط حمضي باستخدام طريقة التفاعل النصفي	نص الكتاب + مثال5+ تطبيقات	17.18.19 20g
Q16	يصف خطوات موازنة تفاعلات الأكسدة والاختزال ،في وسط قاعدي، بطريقة التفاعل النصفي	نص الكتاب + مثال5+ تطبيقات+ ملخص ومراجعة القسم	17.18.19 20g
Q17	يزن تفاعل الأكسدة-الاختزال في وسط قاعدي باستخدام طريقة التفاعل النصفي	نص الكتاب + مثال5+ تطبيقات+ مراجعة القسم	17.18.19 20g

جدول 6 طريقة نصف التفاعل

1. اكتب المعادلة الأيونية غير الموزونة للتفاعل مستبعدًا الأيونات المتفرجة.

$$Fe + Cu^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow Cu + 2Fe^{3+} + 3SO_4^{2-}$$
$$Fe + Cu^{2+} \rightarrow Cu + 2Fe^{3+}$$

2. اكتب تفاعلي الأكسدة والاختزال منفصلين.

$\overset{0}{Fe} \rightarrow \overset{+3}{2Fe^{3+}}$ (الأكسدة) $\qquad \overset{+2}{Cu^{2+}} \rightarrow \overset{0}{Cu}$ (الاختزال)

3. زن الذرات في تفاعلي الأكسدة والاختزال ثم زن الشحنات بإضافة إلكترونات للمواد المتفاعلة أو الناتجة.

$$2Fe \rightarrow 2Fe^{3+} + 6e^- \qquad Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$$

4. قم بضبط المعاملات بحيث يكون عدد الإلكترونات المفقودة في الأكسدة يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال.

$$2Fe \rightarrow 2Fe^{3+} + 6e^- \qquad 3Cu^{2+} + 6e^- \rightarrow 3Cu$$

5. اجمع تفاعلي الأكسدة والاختزال الموزونين.

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

6. أعد الأيونات المتفرجة إن رغبت.

$$2Fe(s) + 3CuSO_4(aq) \rightarrow 3Cu(s) + Fe_2(SO_4)_3(aq)$$

وزن معادلة الأكسدة والاختزال باستخدام طريقة نصف التفاعل

زن معادلة تفاعل الأكسدة والاختزال أدناه باستخدام طريقة نصف التفاعل.

$$KMnO_4(aq) + SnCl_2(aq) + HCl(aq) \rightarrow MnCl_2(aq) + SnCl_4(aq) + H_2O(l) + KCl(aq)$$

1 تحليل المسألة

يحدث التفاعل في محلول حمضي. اتبع القواعد لتحديد أعداد التأكسد وخطوات الوزن باستخدام طريقة نصف التفاعل لوزن معادلة التفاعل.

2 حساب المجهول

اكتب المعادلة الأيونية غير الموزونة للتفاعل.

$$MnO_4^- + Sn^{2+} \rightarrow Mn^{2+} + Sn^{4+}$$

قم بحذف الأيونات المتفرجة ورموز الحالة.

اكتب معادلات غير كاملة لأنصاف تفاعلات الأكسدة والاختزال متضمنةً أعداد التأكسد.

$\overset{+2}{Sn^{2+}} \rightarrow \overset{+4}{Sn^{4+}}$ (أكسدة)

استخدم القواعد في الجدول 2 والجدول 6

$\overset{+7}{MnO_4^-} \rightarrow \overset{+2}{Mn^{2+}}$ (اختزال)

قم بموازنة الذرات والشحنات في التفاعلات النصفية.

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

في المحلول الحمضي تكون جزيئات H_2O متوفرة بكثرة ويمكن استخدامها لوزن ذرات الأكسجين، أيونات H^+ متوفرة وتستخدم لوزن الشحنة.

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

قم بضبط المعاملات حتى يكون عدد الإلكترونات المفقودة في الأكسدة (2) مساويًا عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال (5).

$5Sn^{2+} \rightarrow 5Sn^{4+} + 10e^-$ (أكسدة)

المضاعف المشترك الأصغر ل 2 و 5 هو 10.
تضرب تفاعل الأكسدة بـ 5 وتفاعل الاختزال بـ 2.

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

قم بجمع تفاعلي الأكسدة والاختزال وبسّط المعادلة بحذف وتجميع الأنواع المتشابهة.

$$5Sn^{2+} + 10e^- + 16H^+ + 2MnO_4^- \rightarrow 5Sn^{4+} + 10e^- + 2Mn^{2+} + 8H_2O$$
$$5Sn^{2+} + 16H^+ + 2MnO_4^- \rightarrow 5Sn^{4+} + 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

استعد وصف الحالة وأعد الأيونات المتفرجة (K^+ و Cl^-).

أضف أيونات K^+ إلى أيوني MnO_4^- إلى اليسار وأضف أيوني K^+ إلى اليمين. أضف أيونات Cl^- إلى Sn^{2+} و H^+ إلى اليسار وإلى Mn^{2+}، Sn^{2+}، و K^+ إلى اليمين.

$$5SnCl_2(aq) + 16HCl(aq) + 2KMnO_4(aq) \rightarrow 5SnCl_4(aq) + 2MnCl_2(aq) + 8H_2O(l) + 2KCl(aq)$$

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

وزن معادلات الأكسدة والاختزال باستخدام نصف التفاعل

في الكيمياء، **النوع species** هو أي جسيم كيميائي يشارك في العملية. في المعادلة التالية: $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$، توجد أربعة أنواع: جزيئي NH_3 و H_2O وأيوني NH_4^+ و OH^-. تحدث تفاعلات الأكسدة والاختزال عندما توجد أنواع قادرة على منح الإلكترونات (عامل مختزل) لأنواع أخرى يمكنها قبولها (عامل مؤكسد). مثال لذلك، يمكن للحديد أن يختزل أنواع عديدة والتي تكون عوامل مؤكسدة بما في ذلك الكلور.

$$2Fe + 3Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$$

في هذا التفاعل، تتأكسد كل ذرة حديد بفقدان ثلاثة إلكترونات لكي تصبح أيون Fe^{3+}. في نفس الوقت، كل ذرة كلور في Cl_2 يتم اختزالها باكتساب إلكترون لتصبح أيون Cl^-.

19. $H_2S(g) + NO_3^-(aq) \rightarrow S(s) + NO(g)$ (في المحلول الحمضي)

20. $Cr_2O_7^{2-}(aq) + I^-(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + I_2(s)$ (في المحلول الحمضي)

21. $Zn + NO_3^- \rightarrow Zn^{2+} + NO_2$ (في المحلول الحمضي)

22. **تحدي** $I^-(aq) + MnO_4^-(aq) \rightarrow I_2(s) + MnO_2(s)$ (في محلول قاعدي)

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

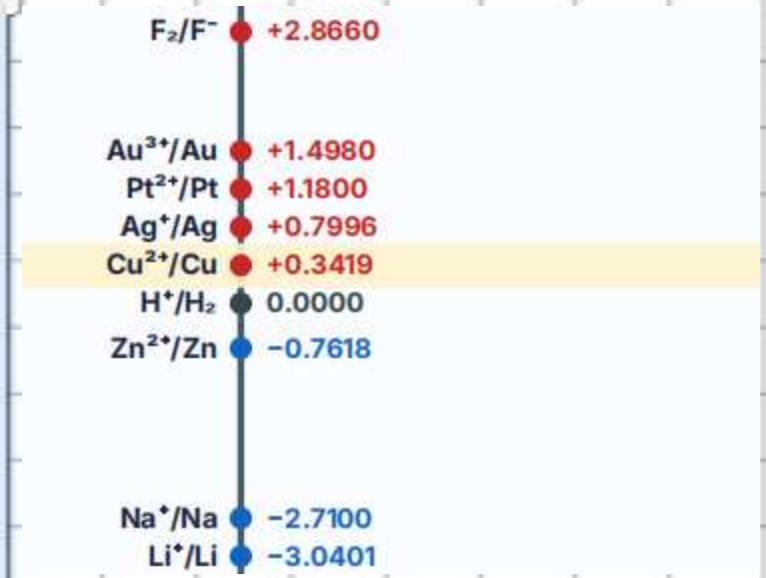
MR /MOHAMED SHAWKY

رتّب Ag^+ و Zn^{2+} و Cu^{2+} و Na^+ تصاعدياً حسب قوتها كعوامل مؤكسدة.

Rank Ag^+, Zn^{2+}, Cu^{2+} and Na^+ from weakest to strongest oxidizing agent.

$E°: Na^+ (-2.71) < Zn^{2+} (-0.76) < Cu^{2+} (+0.34) < Ag^+ (+0.80)$

$^+Zn^{2+} < Cu^{2+} < Ag > Na^+$



استخدم طريقة نصف التفاعل لوزن معادلات الأكسدة والاختزال التالية:

23. $Cr_2O_7^{2-}(aq) + I^-(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + I_2(s)$ (في محلول حمضي)

24. $Mn^{2+}(aq) + BiO_3^-(aq) \rightarrow MnO_4^-(aq) + Bi^{2+}(aq)$ (في محلول حمضي)

25. تحدي $N_2O(g) + ClO^-(aq) \rightarrow NO_2^-(aq) + Cl^-(aq)$ (في محلول قاعدي)

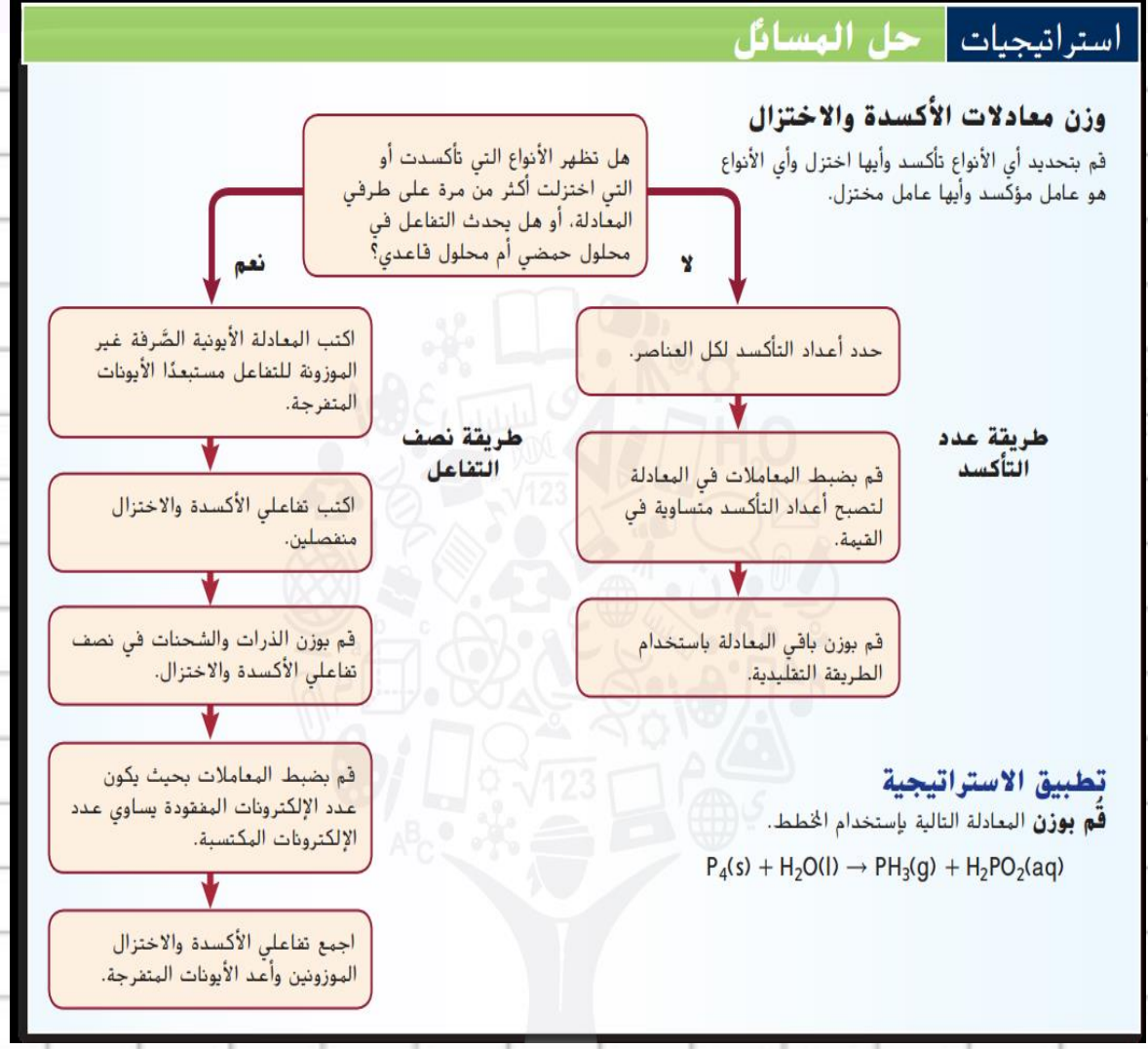
صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

a. $HClO_3(aq) \rightarrow ClO_2(g) + HClO_4(aq) + H_2O(l)$

b. $H_2SeO_3(aq) + HClO_3(aq) \rightarrow H_2SeO_4(aq) + Cl_2(g) + H_2O(l)$

c. $Cr_2O_7^{2-}(aq) + Fe^{2+}(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + Fe^{3+}(aq)$



صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

Q18	يصف الخليّة الكهروكيميائية محدّدًا أنواعها	نص الكتاب + الشكلين 1g2	33g32
Q19	يحدّد مكونات الخلية الفولتية أو الجلفانية (الأنود، الكاثود، القنطرة الملحيّة، الأسلاك ، مقصورات الإلكتروليت) ؛مفسّرًا دور كلّ منها ، لحظة بدء التفاعل ومحدّدًا اتجاه تدفق الإلكترونات واتجاه التيّار	نص الكتاب + الشكلين 1g2	33g32

الأكسدة والاختزال في الكيمياء الكهربائية

الكيمياء الكهربائية هي دراسة عمليات الأكسدة والاختزال والتي يتم خلالها تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية والعكس. تعتبر العمليات الكهروكيميائية عمليات مفيدة في مجال الصناعة كما تعتبر ذات أهمية كبرى في الوظائف الأحيائية.

لقد تعلمت أن جميع تفاعلات الأكسدة والاختزال تتضمن عملية انتقال الإلكترونات من المواد التي تتأكسد إلى الأنواع التي تُختزل. يوضح **الشكلان 1** و **2** تفاعل أكسدة واختزال بسيط حيث تتأكسد ذرات الخارصين لتكوّن أيونات (Zn^{2+}). يتم قبول الإلكترونين الخارجين من كل ذرة خارصين من قبل أيون النحاس (Cu^{2+}) والذي يصبح ذرة فلز النحاس. توضح المعادلة الأيونية التالية عملية انتقال الإلكترونات التي تحدث.

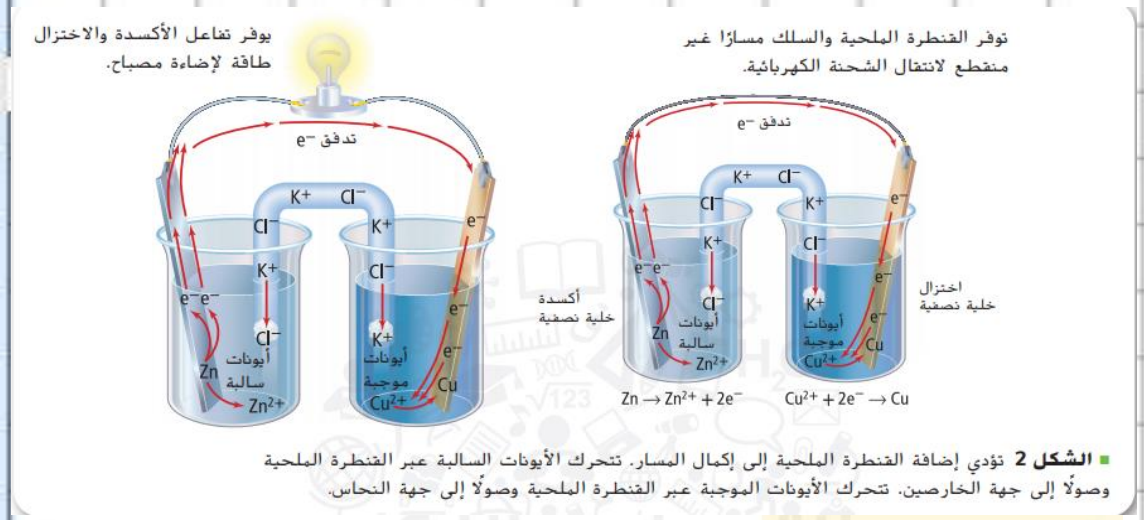
$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \xrightarrow{2e^-} Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$$

تفاعلات نصفية يتكون التفاعل السابق من نصفي تفاعل الأكسدة وتفاعل الاختزال التاليين:

$Zn \rightarrow Zn^{2+} 2e^-$ (تفاعل الأكسدة النصفي: فقدان الإلكترونات)

$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ (تفاعل الاختزال النصفي: اكتساب الإلكترونات)

ماذا تعتقد أنه سيحدث إذا فصلت التفاعل النصفي للأكسدة عن التفاعل النصفي للاختزال؟ هل يمكن حدوث تفاعل الأكسدة والاختزال؟ انظر **الشكل 1a** حيث يتم غمر لوح من الخارصين في محلول كبريتات الخارصين وحيث يتم غمر لوح من النحاس في محلول كبريتات النحاس (II).



■ **الشكل 2** تؤدي إضافة القنطرة الملحية إلى إكمال المسار. تتحرك الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية وصولًا إلى جهة الخارصين. تتحرك الأيونات الموجبة عبر القنطرة الملحية وصولًا إلى جهة النحاس.



■ **الشكل 1** تم وضع هذه الأوعية وترتيبها بحيث يتأكسد الخارصين في جانب واحد، بينما يتم اختزال أيونات النحاس في الجانب الآخر. في **a** تم غمس لوح الخارصين في 1 *M* محلول كبريتات الخارصين ولوح النحاس في 1 *M* كبريتات النحاس. في **b** يوفر السلك الفلزي الذي يربط بين لوحي الخارصين والنحاس مسارًا لانتقال الإلكترونات ولكن هذا المسار غير كامل. فلا يزال انتقال الإلكترونات غير ممكن.

Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

توجد مشكلتان تحول دون حدوث تفاعل الأكسدة والاختزال. الأولى، لا توجد طريقة لنقل الإلكترونات من ذرات الخارصين إلى أيونات النحاس (II). يمكن حل هذه المشكلة من خلال ربط لوحي الخارصين والنحاس بسلك فلزي. كما هو موضح في **الشكل 1b** حيث يعمل هذا السلك كمسار لانتقال الإلكترونات من لوح الخارصين إلى لوح النحاس.

الثانية، عند وضع الألواح الفلزية في المحاليل الخاصة بها، تبدأ عملية الأكسدة في لوح الخارصين ويبدأ الاختزال لأيونات النحاس – ولكن لا يمكن لهذه التفاعلات أن تستمر. يرجع السبب في هذا إلى أنه عند تأكسد الخارصين، تتراكم أيونات الخارصين الموجبة حول القطب الكهربائي للخارصين. وبينما يتم اختزال أيونات النحاس في محلول كبريتات النحاس، تتراكم أيونات الكبريتات السالبة حول القطب الكهربائي للنحاس. ويمنع تراكم الشحنات استمرار التفاعل. ولحل هذه المشكلة، تجب إضافة قنطرة ملحية للنظام.

القنطرة الملحية هي مسار للحفاظ على تعادل المحلول حيث يسمح بمرور الأيونات من جهة إلى الأخرى، كما هو موضح في **الشكل 2**. تتكون القنطرة الملحية من أنبوب يحتوي على محلول ملح قابل للذوبان وموصل للتيار الكهربائي مثل KCl والذي يحفظ في مكانه باستخدام هلام آجار أو أي مادة أخرى يمكن للأيونات الانتقال خلالها، بينما لا يسمح باختلاط المحلولين.

عندما يتم وضع السلك الفلزي الموصل والقنطرة الملحية في مكانهما، تبدأ عملية الأكسدة والاختزال في الحدوث تلقائيًا. تنتقل الإلكترونات عبر السلك من تفاعل الأكسدة النصفي إلى تفاعل الاختزال النصفي، بينما تتحرك الأيونات السالبة والموجبة عبر القنطرة الملحية. يُطلق على تدفق الجسيمات المشحونة تيار كهربائي في **الشكل 2**، تتدفق الإلكترونات عبر السلك وتتدفق الأيونات عبر القنطرة الملحية فيتكون ما يعرف بالتيار الكهربائي. يمكن استخدام طاقة الإلكترونات المتدفقة لإضاءة مصباح، كما هو موضح في **الشكل 2**.

الخلايا الكهروكيميائية يُعد الجهاز الموضح في **الشكل 2** نوع من أنواع الخلايا الكهروكيميائية والتي تُدعى الخلايا الفولتية. **الخلية الكهروكيميائية** هي جهاز يستخدم تفاعل الأكسدة والاختزال لإنتاج الطاقة الكهربائية أو يستخدم الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعل كيميائي. **الخلية الفولتية** هي نوع من أنواع الخلايا الكهروكيميائية التي تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية من خلال تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي. تُسمى الخلية الفولتية، كما هو موضح في **الشكل 3** بذلك الاسم نسبة إلى عالم الفيزياء الإيطالي أليساندرو فولتا (1745-1827) الذي يرجع إليه الفضل في اختراعها عام 1800.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

Q20	يكتب معادلة نصف تفاعل الأكسدة ونصف تفاعل الإختزال التي تحدث عند الكاثود والأنود لخلية فولتية ما	نص الكتاب 37g34
Q21	يعرّف جهد الإختزال وجهد الاختزال القياسي (E°)	نص الكتاب + الجدول 36 36
Q22	يصف قطب الهيدروجين القياسي (SHE)، مبينًا أهمية قيمة جهده القياسي E° ومدوّنًا معادلات أنصاف التفاعل للتفاعلين المحتملين اللذين يمكن أن يحدثا عند قطب الهيدروجين	نص الكتاب + الشكل 6 37

كيمياء الخلايا الفولتية

تتكون الخلية الكهروكيميائية من جزأين يُطلق عليهما **نصفا الخلية** حيث يحدث كل من تفاعلات الأكسدة والاختزال كل على حدة. يحتوي كل نصف على قطب ومحلول يحتوي على أيونات. القطب هو مادة موصلة للكهرباء، عادة ما تكون شريطًا فلزيًا أو ساق من الجرافيت والذي يوصل الإلكترونات داخل وخارج المحلول في الخلية النصفية. في **الشكل 2**، نجد الكأس الذي يحتوي على قطب الخارصين حيث تحدث عملية الأكسدة والتي تعتبر نصف تفاعل الأكسدة والاختزال. كما نجد الكأس الذي يحتوي على قطب النحاس حيث تحدث عملية الاختزال والتي تعتبر النصف الثاني للتفاعل الذي يحدث. يُطلق على التفاعل الذي يحدث في كل نصف من الخلايا النصفية تفاعلاً لخلية نصفية. يُطلق على الإلكترود (القطب) حيث تحدث عملية الأكسدة **الأنود**. يُطلق على الإلكترود (القطب) حيث تحدث عملية الاختزال **الكاثود**.



الشكل 4 يمتلك قطار الملاهي في قمة المسار طاقة وضع عالية مقارنة بأسفل المسار بسبب الفرق في الارتفاع. وبالمثل، فإن الخلية الكهروكيميائية لديها طاقة وضع لإنتاج تيار بسبب وجود فرق بين جهدي القطبين لنقل الإلكترونات من الأنود إلى الكاثود.

الخلايا الفولتية والطاقة تذكر أن الطاقة الكامنة للقطب ترجع إلى وضعه أو تكوينه. في الكيمياء الكهربائية، تعتبر الطاقة الكهربائية الكامنة مقياس لمقدار التيار الذي يمكن توليده من الخلية الفولتية للقيام بالشغل. يمكن للشحنة الكهربائية الانتقال بين نقطتين فقط عندما يوجد اختلاف في الطاقة الكهربائية الكامنة بينهما. في الخلية الكهروكيميائية، هاتان النقطتان هما القطبان ويُعتقد أن الإلكترونات المتولدة عند الأنود، جانب التأكسد، يتم دفعها أو تحريكها نحو الكاثود بواسطة القوة الدافعة الكهربائية (EMF). تتولد هذه القوة نتيجة للفرق في الطاقة الكهربائية الكامنة بين القطبين ويُشار إليها بجهد الخلية. الفولت هو وحدة قياس جهد الخلية ويعتبر فرق الجهد الكهربائي للخلية الفولتية مؤشرًا للطاقة المتوفرة لتحريك الإلكترونات من الأنود إلى الكاثود.

راجع التشبيه الموضح في **الشكل 4**. يعتبر قطار الملاهي ثابتًا تقريبًا على قمة مساره. ثم يهوي من مكانه المرتفع نتيجة للفرق في طاقة الوضع الجذبية (PE) بين قمة المسار وأسفله. يتم تحديد الطاقة الحركية (KE) لقطار الملاهي بحساب الفرق في الارتفاع بين قمة الأجزاء العلوية والسفلية للمسار. وبالمثل، يتم تحديد طاقة الإلكترونات المتدفقة من الأنود إلى الكاثود في الخلية الفولتية من خلال فرق الطاقة الكامنة الكهربائية بين القطبين. وفيما يتعلق بالأكسدة والاختزال، يتم تحديد جهد الخلية بمقارنة الفرق بين ميل كلا القطبين لاكتساب الإلكترونات. كلما زاد الفرق، زاد فرق الطاقة الكامنة بين القطبين وزاد جهد الخلية.

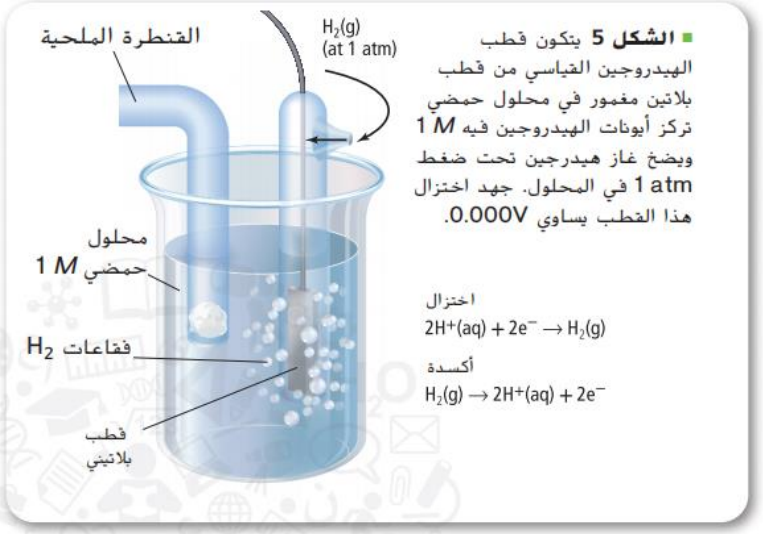
صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

تتسبب قوة الجاذبية دائمًا في اتجاه الغواص إلى الأسفل حيث حالة الطاقة المنخفضة وليس صعودًا نحو حالة الطاقة الأعلى مطلقًا. عندما يخطو الغواص خارج لوحة الغوص، فإن أولى حركاته التلقائية تكون دائمًا إلى الأسفل. وبالمثل، ففي خلية الخارصين والنحاس وفي ظل الظروف القياسية، تكسب أيونات النحاس (II) عند الكاثود إلكترونات بسهولة أكبر مقارنة بأيونات الخارصين عند الأنود. لذلك، يحدث تفاعل الأكسدة والاختزال تلقائيًا فقط عند تدفق الإلكترونات من الخارصين إلى النحاس.

قطب الهيدروجين القياسي قرر الكيميائيون منذ زمن بعيد قياس جهد الاختزال لجميع الأقطاب الكهربائية مقابل قطب واحد وهو قطب الهيدروجين القياسي. يتكون **قطب الهيدروجين القياسي** من لوح صغير من البلاتين المغمور في محلول حمض الهيدروكلوريك (HCl) الذي يحتوي على أيونات الهيدروجين بتركيز 1 *M*. ويتم ضخ غاز الهيدروجين (H_2) في المحلول عند ضغط 1 atm وتبقى درجة الحرارة ثابتة عند 25°C. كما هو موضح في **الشكل 5**. يُقدّر هذا الجهد والذي يُسمى أيضًا بجهد الاختزال القياسي (E^0) لقطب الهيدروجين القياسي بمقدار 0.000 V. يمكن لهذا القطب أن يكون بمثابة تفاعل الأكسدة النصفي أو تفاعل الاختزال النصفي، تبعًا للخلية النصفية المتصلة به. يتمثل التفاعلان المحتملان في قطب الهيدروجين القياسي فيما يلي:

$$2H^+(aq) + 2e^- \underset{\text{الأكسدة}}{\overset{\text{الاختزال}}{\rightleftharpoons}} H_2(g) \qquad E^0 = 0.000\ V$$



■ **الشكل 5** يتكون قطب الهيدروجين القياسي من قطب بلاتين مغمور في محلول حمضي تركز أيونات الهيدروجين فيه 1 *M* ويضخ غاز هيدرجين تحت ضغط 1 atm في المحلول. جهد اختزال هذا القطب يساوي 0.000V.

حساب جهود الخلايا الكهروكيميائية

تذكر أن عملية اكتساب الإلكترونات تُسمى الاختزال. وبناءً على هذه الحقيقة، فإن ميل المادة لاكتساب إلكترونات هو **جهد الاختزال**. لا يمكن تحديد جهد الاختزال للقطب الكهربائي مباشرةً حيث يجب اقتران تفاعل الاختزال النصفي مع تفاعل الأكسدة النصفي. عند اقتران التفاعلين النصفيين مع بعضهما البعض، يتوافق الجهد المتولد مع الفرق في الجهد بين التفاعلين. يتم التعبير عن فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين بالفولت (V).

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

Q23	يوظّف الجهود القياسية لأنصاف الخلايا لحساب الجهد القياسي للخلية الكهروكيميائية، مع تحديد ما إذا كانت تفاعلات الأكسدة والاختزال تلقائية أو غير تلقائية	نص الكتاب + مثال١+ تطبيقات	38،39 40g
Q24	يكتب ترميز الخلية والمعادلة الكيميائية الكاملة لتفاعل الأكسدة-الاختزال الذي يحدث في خلية فولتية	نص الكتاب + مثال١+ تطبيقات	38،39 40g

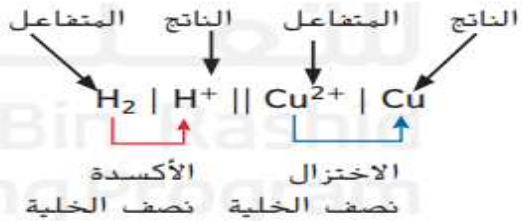
قياس جهد الخلية الكهروكيميائية يمكنك استخدام **الجدول 1** لحساب الجهد الكهربائي للخلية الفولتية التي تتكون من قطبي النحاس والخارصين تحت الظروف القياسية. الخطوة الأولى هي تحديد جهد الاختزال القياسي للخلية النصفية للنحاس(E^0_{Cu}) عند توصيل قطب النحاس بالقطب القياسي للهيدروجين. كما في **الشكل 6a**، تتدفق الإلكترونات من القطب الهيدروجيني إلى قطب النحاس وتُختزل أيونات النحاس إلى ذرات النحاس. قيمة E^0، التي يتم قياسها بالفولتميتر $+0.342\ V$. يشير الجهد الموجب إلى أن أيونات Cu^{2+} في قطب النحاس تكسب الإلكترونات بسهولة أكبر من أيونات H^+ في القطب القياسي للهيدروجين. لذلك، فإن عملية الأكسدة تحدث عند قطب الهيدروجين وعملية الاختزال تحدث عند قطب النحاس. تتمثل التفاعلات النصفية لعمليتي الأكسدة والاختزال والتفاعل الكلي في:

$H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + 2e^-$ (تفاعل الأكسدة النصفي)

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

$H_2(g) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + Cu(s)$ (تفاعل الأكسدة والاختزال الكلي)

يمكن كتابة هذا التفاعل في صيغه تُسمى بترميز الخلية.



يتم كتابة طرفي تفاعل الأكسدة أولا ووفقًا لترتيبهما الوارد في تفاعل الأكسدة للخلية النصفية – المادة المتفاعلة / الناتج. ويتبعان بخط عمودي مزدوج (||) والذي يمثل السلك الفلزي والقنطرة الملحية اللذين يصلان بين نصفي الخلية. ثم تتم كتابة طرفي تفاعل الاختزال بالطريقة نفسها المادة المتفاعلة/الناتج. لاحظ أنه بالنسبة للقيم الموجبة الخاصة بـ E^0 من المعتاد أن يتم وضع إشارة موجب لناتج جمع قيم الفولتية.

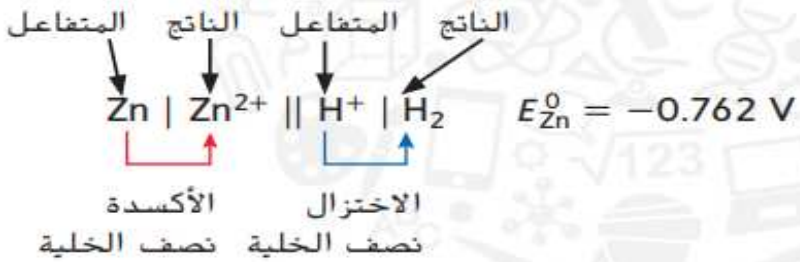
الخطوة التالية هي تحديد جهد الاختزال القياسي للخلية النصفية حيث يوجد الخارصين(E^0_{Zn}). عند قياس جهد اختزال الخارصين القياسي مقابل قطب الهيدروجين القياسي في ظل الظروف القياسية، كما هو موضح في **الشكل 6b**، تتدفق الإلكترونات من قطب الخارصين إلى قطب الهيدروجين. قيمة E^0 للخلية النصفية حيث يوجد الخارصين والذي يتم قياسه بالفولتميتر $-0.762\ V$. مما يعني أن أيونات الهيدروجين الموجبة في قطب الهيدروجين تكسب الإلكترونات بسهولة أكبر عما تفعله أيونات الخارصين. لذلك، فإن أيونات الهيدروجين لديها جهد اختزال أعلى من أيونات الخارصين. تذكر أنه قد تم تعيين جهد صفر لقطب الهيدروجين. لذا يجب أن يكون جهد الاختزال لقطب الخارصين ذا قيمة سالبة. تتم كتابة تفاعلي نصفي الخلية والتفاعل الكلي على النحو التالي:

$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ (تفاعل الأكسدة)

$2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$ (تفاعل الاختزال)

$Zn(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$ (تفاعل الأكسدة والاختزال الكامل للخلية)

يمكن كتابة هذا التفاعل بترميز الخلية كالآتي:



صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

Q23	يوظّف الجهود القياسية لأنصاف الخلايا لحساب الجهد القياسي للخلية الكهروكيميائية، مع تحديد ما إذا كانت تفاعلات الأكسدة والاختزال تلقائية أو غير تلقائية	نص الكتاب + مثال1+ تطبيقات	38,39 40g
Q24	يكتب ترميز الخلية والمعادلة الكيميائية الكاملة لتفاعل الأكسدة-الاختزال الذي يحدث في خلية فولتية	نص الكتاب + مثال1+ تطبيقات	38,39 40g

القانون الخاص بجهد الخلية

$$E^0_{\text{الخلية}} = E^0_{\text{كاثود}} - E^0_{\text{أنود}}$$

$E^0_{\text{الخلية}}$ تُمثل الجهد الكلي القياسي للخلية.

$E^0_{\text{كاثود}}$ تُمثل الجهد القياسي لنصف الخلية الخاص بتفاعل الاختزال.

$E^0_{\text{أنود}}$ تُمثل الجهد القياسي لنصف الخلية الخاص بتفاعل الأكسدة.

الجهد القياسي للخلية هو الجهد القياسي للخلية النصفية حيث يحدث الاختزال ناقص الجهد القياسي للخلية النصفية حيث تحدث الأكسدة.

حساب الجهد القياسي للخلية الفولتية باستخدام الصيغة التالية:

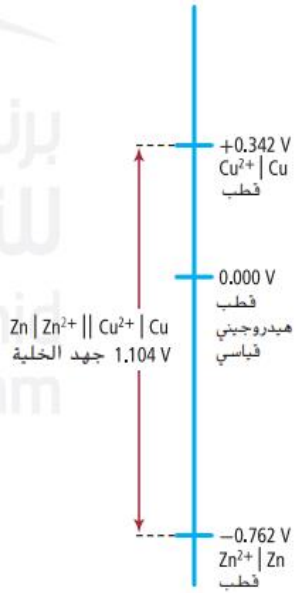
وحيث يحدث الاختزال عند قطب النحاس وتحدث الأكسدة عند قطب الخارصين يتم التعويض عن قيم E^0 على النحو التالي:

$$E^0_{\text{الخلية}} = E^0_{Cu^{2+}|Cu} - E^0_{Zn^{2+}|Zn}$$
$$= +0.342\ V - (-0.762\ V)$$
$$= +1.104\ V$$

لاحظ أن علامة السالب في القانون تُغير تلقائيًا علامة تفاعل الأكسدة للخلية النصفية، لذا لا يجب عليك عكس علامة جهود الاختزال القياسي الواردة في **الجدول 1** عندما يتم استخدامها في تفاعل الأكسدة النصفي.

يعرض المخطط في **الشكل 7** كيفية ارتباط نصف الخلية التي يوجد بها الخارصين حيث جهد الاختزال منخفض ونصف الخلية التي يوجد بها النحاس حيث جهد الاختزال أعلى.

■ **الشكل 7** يوضح هذا المخطط البسيط كيفية الحصول على الجهد الكلي للخلية من الفرق بين جهدي اختزال كلا القطبين. قارن ذلك بخط الأعداد، فرق الجهد بين قطبي الخارصين والنحاس هو +1.104 V.



التأكد من فهم المخطط التوضيحي

حدد أي الفلزين، النحاس أم الخارصين، أسهل في الأكسدة من الهيدروجين.

مثال 1

حساب جهد الخلية تُمثل تفاعلات الاختزال النصفية التالية الخلايا النصفية للخلية الفولتية.

$$I_2(s) + 2e^- \rightarrow 2I^-(aq)$$
$$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$$

حدد تفاعل الخلية الكلي والجهد القياسي للخلية. صف الخلية مستعينًا بترميز الخلية.

1 تحليل المسألة

تم توفير التفاعلات النصفية الحادثة في الخلية ويمكنك إيجاد جهود الاختزال القياسية في **الجدول 1**. سيصبح التفاعل النصفي ذو جهد الاختزال الأقل تفاعل أكسدة. في ظل هذه المعلومات، يمكنك كتابة تفاعل الخلية الكامل وحساب جهد الخلية القياسي ووصف الخلية باستخدام ترميز الخلية.

معلوم

جهود الاختزال القياسية للخلايا النصفية

$E^0_{\text{الخلية}} = E^0_{\text{كاثود}} - E^0_{\text{أنود}}$

مجهول

التفاعل الكلي للخلية = ؟

$E^0_{\text{الخلية}}$ = ؟

ترميز الخلية = ؟

2 حساب المجهول

يمكنك إيجاد جهود الاختزال القياسية لكل تفاعل نصفي في **الجدول 1**.

$I_2(s) + 2e^- \rightarrow 2I^-(aq)$ $\quad E^0_{I_2|I^-} = +0.536\ V$

$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$ $\quad E^0_{Fe^{2+}|Fe} = -0.447\ V$

يعتبر اختزال اليود أعلى جهد اختزالي، لذلك يسبر هذا التفاعل النصفي في الاتجاه الأمامي باعتباره اختزالًا. يسبر التفاعل النصفي للحديد في الاتجاه العكسي باعتباره أكسدة.

$I_2(s) + 2e^- \rightarrow 2I^-(aq)$ (تفاعل اختزال نصف الخلية)

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

Q23	يوظّف الجهود القياسية لأنصاف الخلايا لحساب الجهد القياسي للخلية الكهروكيميائية، مع تحديد ما إذا كانت تفاعلات الأكسدة والاختزال تلقائية أو غير تلقائية	نص الكتاب + مثال1+ تطبيقات	38,39 40g
Q24	يكتب ترميز الخلية والمعادلة الكيميائية الكاملة لتفاعل الأكسدة-الاختزال الذي يحدث في خلية فولتية	نص الكتاب + مثال1+ تطبيقات	38,39 40g

اكتب المعادلة الموزونة للتفاعل الكلي للخلية واحسب جهد الخلية القياسي، لكل زوج من هذه الأزواج للتفاعلات النصفية للخلية. صف التفاعل مستعينًا بترميز الخلية. يمكنك الرجوع إلى الوحدة الخاصة بتفاعلات الأكسدة والاختزال لمراجعة كتابة وموازنة معادلات الأكسدة والاختزال.

1. $Pt^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Pt(s)$ و $Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(s)$

أعد كتابة التفاعل النصفي للحديد في الاتجاه الصحيح.

اجمع المعادلتين.

(تفاعل أكسدة نصف الخلية) $Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$

$I_2(s) + Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2I^-(aq)$

التفاعل الكلي للخلية: $I_2(s) + Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2I^-(aq)$.

احسب الجهد القياسي للخلية.

اكتب قانون جهد الخلية.

$E^0_{خلية} = E^0_{كاثود} - E^0_{أنود}$

عوّض عن $E^0_{Fe^{2+}|Fe}$ و $E^0_{I_2|I^-}$ في القانون

$E^0_{خلية} = E^0_{I_2|I^-} - E^0_{Fe^{2+}|Fe}$

عوّض عن $E^0_{I_2|I^-} = +0.536\ V$ و $E^0_{Fe^{2+}|Fe} = -0.447\ V$.

$E^0_{خلية} = +0.536\ V - (-0.447\ V)$

$E^0_{خلية} = +0.983\ V$

صف الخلية مستعينًا بترميز الخلية.

أولًا، اكتب التفاعل النصفي الخاص بالأكسدة باستخدام ترميز الخلية: المادة المتفاعلة ثم الناتج.

$Fe \mid Fe^{2+}$

ثم، اكتب التفاعل النصفي الخاص بالاختزال على الجانب الأيمن. افصل بين نصفي الخلية بوضع خط عمودي مزدوج.

$Fe \mid Fe^{2+} \parallel I_2 \mid I^-$

ترميز الخلية: $Fe \mid Fe^{2+} \parallel I_2 \mid I^-$

2. $Co^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Co(s)$ و $Cr^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Cr(s)$

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

Q23	يوظّف الجهود القياسية لأنصاف الخلايا لحساب الجهد القياسي للخلية الكهروكيميائية، مع تحديد ما إذا كانت تفاعلات الأكسدة والاختزال تلقائية أو غير تلقائية	نص الكتاب + مثال1+ تطبيقات	38,39 40g
Q24	يكتب ترميز الخلية والمعادلة الكيميائية الكاملة لتفاعل الأكسدة-الاختزال الذي يحدث في خلية فولتية	نص الكتاب + مثال1+ تطبيقات	38,39 40g

3. $Hg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Hg(l)$ و $Cr^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cr(s)$

4. **تحدي.** اكتب المعادلة الموزونة لتفاعل الخلية واحسب جهد الخلية القياسي للتفاعل الذي يحدث عند توصيل نصفي الخلية ببعضهما. صف التفاعل مستعينًا بترميز الخلية.

$$NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \rightarrow NO + 2H_2O$$

$$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$$

47) ما جهد الخلية لتفاعل الأكسدة والاختزال الموزون التالي، وهل التفاعل تلقائي أم لا؟

$2SO_4^{2-}{}_{(aq)} + Co^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow Co_{(s)} + S_2O_8^{2-}{}_{(aq)}$ $(E^\circ_{SO_4^{2-}} = +2.01\ V,\ E^\circ_{Co} = -0.28\ V)$

الاختيار	$E^\circ_{\text{الخلية}}$ (V)	تلقائية التفاعل
a.	+2.29 V	تلقائي
b.	+2.29 V	غير تلقائي
c.	−2.29 V	تلقائي
d.	−2.29 V	غير تلقائي

48) ما جهد الخلية لترميز الخلية التالي، وهل التفاعل تلقائي أم لا؟

$Al \mid Al^{3+} \parallel Hg^{2+} \mid Hg$ $(E^\circ_{Al} = -1.662\ V,\ E^\circ_{Hg} = +0.851\ V)$

الاختيار	$E^\circ_{\text{الخلية}}$ (V)	تلقائية التفاعل
a.	+2.513	تلقائي
b.	+2.513	غير تلقائي
c.	−2.513	تلقائي
d.	−2.513	غير تلقائي

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

Q25	يوظّف الجهود القياسية لأنصاف الخلايا لحساب الجهد القياسي للخلية الكهروكيميائية، مع تحديد ما إذا كانت تفاعلات الأكسدة والاختزال تلقائية أو غير تلقائية	نص الكتاب + تطبيقات+ استراتيجيات حل المسائل ومراجعة القسم	40 و41

استخدام جهود الاختزال القياسية

وضح لك المثال كيفية استخدام البيانات في **جدول 1** لحساب الجهد القياسي (الجهد) للخلايا الفولتية. توجد فائدة أخرى هامة لجهود الاختزال القياسية وهي تحديد مدى تلقائية حدوث تفاعل مقترح في ظل الظروف القياسية. كيف يمكن لجهود الاختزال القياسية تحديد التلقائية؟ تتدفق الإلكترونات في الخلية الفولتية دائمًا من نصف الخلية ذات جهد الاختزال القياسي المنخفض تجاه نصف الخلية ذات جهد الاختزال القياسي المرتفع، مما يسبب جهدًا موجبًا للخلية. للتنبؤ بتلقائية حدوث أي تفاعل مقترح للأكسدة والاختزال، يمكنك ببساطة كتابة العملية في صيغة تفاعلات نصفية والبحث عن جهد الاختزال لكل منهما. استخدم القيم لحساب جهد الخلية الفولتية التي تعمل بالتفاعلين النصف خلويين. إذا كان الجهد الذي تم حسابه موجبًا، فإن التفاعل تلقائي. إذا كان الجهد الذي تم حسابه سالبًا، فإن التفاعل غير تلقائيًا. ومع ذلك سوف يحدث تفاعل معاكس للتفاعل غير التلقائي حيث سيوجد جهد موجب للخلية مما يعني أن التفاعل العكسي تفاعل تلقائي.

تطبيقات

احسب جهد الخلية لتحديد إذا ما كان كل من تفاعلات الأكسدة والاختزال الموزونة التالية تلقائية كما هو مكتوب أم لا. استخدم جدول 1 لمساعدتك على تحديد التفاعلات النصفية الصحيحة.

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

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

.7 $2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l) + 10Hg^{2+}(aq) \rightarrow 2MnO_4^-(aq) + 16H^+(aq) + 5Hg_2^{2+}(aq)$

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

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

جهود أنصاف الخلايا لقد قاس الكيميائيون وسجلوا على مر السنين جهود الاختزال القياسية لأنصاف خلايا كثيرة ومختلفة. يسرد **الجدول 1** بعض التفاعلات لأنصاف الخلايا الشائعة مرتبة تصاعديًا تبعًا لجهود اختزالها. تم الحصول على القيم المُسجلة بالجدول عن طريق قياس الجهد عند توصيل كل نصف خلية بنصف خلية الهيدروجين القياسية. تم تسجيل التفاعلات النصفية في **الجدول 1** كتفاعلات اختزال. بالرغم من هذا، في الخلية الفولتية التي تشمل دائمًا على تفاعلين نصفيين تلقائيين، سوف يتجه التفاعل النصفي ذو الجهد الاختزالي الأقل في الاتجاه العكسي وسوف يكون تفاعل التأكسد. أي يعتبر التفاعل النصفي الأكثر في القيمة الموجبة اختزالًا والتفاعل النصفي الأكثر في القيمة السالبة تأكسدًا. أي القطب الذي جهد اختزاله أعلى يكون الكاثود والقطب الذي جهد اختزاله أقل يكون الأنود.

يجب أن يكون القطب الكهربائي الذي يتم قياسه خاضعًا للظروف القياسية، أي، يجب أن يكون مغموسًا في محلول يحتوي على 1 *M* من الأيونات عند درجة حرارة 25°C وضغط 1 atm يعتبر الصفر المكتوب فوق الحرف في الترميز E^0 وسيلة مختصرة للإشارة إلى "القياس تحت الظروف القياسية".

الجدول 1 جهود الاختزال القياسية

التفاعل النصفي	^{0} (V)	التفاعل النصفي	^{0} (V)
$u^{2+} + e^- \rightleftarrows Cu^+$	+0.153	$Li^+ + e^- \rightleftarrows Li$	−3.0401
$u^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Cu$	+0.3419	$Ca^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Ca$	−2.868
$_2 + 2H_2O + 4e^- \rightleftarrows 4OH^-$	+0.401	$Na^+ + e^- \rightleftarrows Na$	−2.71
$+ 2e^- \rightleftarrows 2I^-$	+0.5355	$Mg^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Mg$	−2.372
$e^{3+} + e^- \rightleftarrows Fe^{2+}$	+0.771	$Be^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Be$	−1.847
$O_3^- + 2H^+ + e^- \rightleftarrows NO_2 + H_2O$	+0.775	$Al^{3+} + 3e^- \rightleftarrows Al$	−1.662
$g_2^{2+} + 2e^- \rightleftarrows 2Hg$	+0.7973	$Mn^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Mn$	−1.185
$g^+ + e^- \rightleftarrows Ag$	+0.7996	$Cr^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Cr$	−0.913
$g^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Hg$	+0.851	$2H_2O + 2e^- \rightleftarrows H_2 + 2OH^-$	−0.8277
$Hg^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Hg_2^{2+}$	+0.920	$Zn^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Zn$	−0.7618
$O_3^- + 4H^+ + 3e^- \rightleftarrows NO + 2H_2O$	+0.957	$Cr^{3+} + 3e^- \rightleftarrows Cr$	−0.744
$r_2(l) + 2e^- \rightleftarrows 2Br^-$	+1.066	$S + 2e^- \rightleftarrows S^{2-}$	−0.47627
$t^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Pt$	+1.18	$Fe^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Fe$	−0.447
$_2 + 4H^+ + 4e^- \rightleftarrows 2H_2O$	+1.229	$Cd^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Cd$	−0.4030
$l_2 + 2e^- \rightleftarrows 2Cl^-$	+1.35827	$PbI_2 + 2e^- \rightleftarrows Pb + 2I^-$	−0.365
$u^{3+} + 3e^- \rightleftarrows Au$	+1.498	$PbSO_4 + 2e^- \rightleftarrows Pb + SO_4^{2-}$	−0.3588
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightleftarrows Mn^{2+} + 4H_2O$	+1.507	$Co^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Co$	−0.28
$u^+ + e^- \rightleftarrows Au$	+1.692	$Ni^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Ni$	−0.257
$_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightleftarrows 2H_2O$	+1.776	$Sn^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Sn$	−0.1375
$o^{3+} + e^- \rightleftarrows Co^{2+}$	+1.92	$Pb^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Pb$	−0.1262
$_2O_8^{2-} + 2e^- \rightleftarrows 2SO_4^{2-}$	+2.010	$Fe^{3+} + 3e^- \rightleftarrows Fe$	−0.037
$_2 + 2e^- \rightleftarrows 2F^-$	+2.866	$2H^+ + 2e^- \rightleftarrows H_2$	0.0000

صلي على رسول الله صلى الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

21 ما مقدار جهد الاختزال القياسي ($E°$) لقطب الهيدروجين القياسي الموضح أدناه؟

A) 0.000 V
B) +0.500 V
C) +1.000 V
D) −1.000 V

9 تُطلى صفيحة ألومنيوم بالذهب في خلية تحليلية. أي مما يلي صحيح؟

A) الإلكتروليت يحوي Al^{3+} وتقل كتلة الصفيحة
B) الإلكتروليت يحوي Au^{3+} وتزداد كتلة الصفيحة والمهبط: $Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$
C) المصعد: $Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$
D) الصفيحة هي المصعد

28 عند وضع Zn في محلول $CuSO_4$ لماذا يبهت اللون الأزرق؟

A) تُختزل أيونات Cu^{2+} إلى نحاس فتخرج من المحلول
B) يكوّن Zn^{2+} معقداً عديم اللون مع الماء
C) يتأكسد Cu
D) يُختزل SO_4^{2-}

أي العبارات التالية صحيحة فيما يتعلق بتفاعل الأكسدة والاختزال أدناه

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

A- حدوث أكسدة لجزيء الكلور

B- انتقال الإلكترونات من أيونات البروميد إلى الكلور

C- انتقال الإلكترونات من الكلور إلى أيونات البروميد

D- حدوث اختزال لأيونات البروميد

6 في طلاء جسم بالفضة ماذا يحدث عند المصعد؟

A) تُختزل أيونات الفضة إلى فضة
B) يتأكسد الجسم
C) تتأكسد الفضة إلى أيونات فضة
D) يُختزل الماء

7 يُراد طلاء مفتاح حديد بالنحاس. في المخطط النحاس موصول بالقطب السالب والإلكتروليت Na_2SO_4. ما الخطأ؟

A) كلاهما: قطبا البطارية معكوسان والإلكتروليت لا يحوي Cu^{2+}
B) قطبا البطارية معكوسان فقط
C) الإلكتروليت لا يحوي Cu^{2+} فقط
D) لا يوجد خطأ

27 أي خلية لها $E°cell > 0$ في الظروف القياسية؟

A) $Ag \mid Ag^+ \parallel Zn^{2+} \mid Zn$
B) $Cu \mid Cu^{2+} \parallel Mg^{2+} \mid Mg$
C) $Au \mid Au^{3+} \parallel Na^+ \mid Na$
D) $Zn \mid Zn^{2+} \parallel Ag^+ \mid Ag$

24 أي تغير في عدد التأكسد يمثل اختزالاً؟

A) Mn: +7 → +2
B) Fe: +2 → +3
C) S: −2 → 0
D) Cr: 0 → +3

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

12. اكتب المعادلة الموزونة لتفاعل الخلية التلقائي الذي يحدث في الخلية مصاحبًا لتفاعلات الاختزال النصفية.

a. $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$ و $Ni^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Ni(s)$

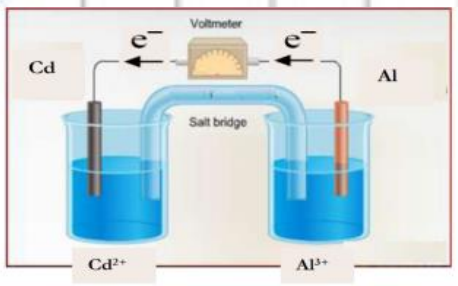
b. $Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mg(s)$ و $2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$

c. $Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(s)$ و $Fe^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Fe(s)$

d. $PbI_2(s) + 2e^- \rightarrow Pb(s) + 2I^-(aq)$ و $Pt^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Pt(s)$

9. تحدي. باستخدام **الجدول 1** اكتب المعادلة وحدد جهد الخلية (E^0) للخلية التالية. هل التفاعل تلقائي؟

$Al \mid Al^{3+} \parallel Hg^{2+} \mid Hg_2^{2+}$



بالاعتماد على الشكل المقابل، اجب عن الأسئلة (11-14)

11) ما المعادلة التي تعبر عن تفاعل الأنود؟

a. $Cd^{2+} + 2e^- \rightarrow Cd$

b. $Cd \rightarrow Cd^{2+} + 2e^-$

c. $Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$

d. $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$

12) ما المعادلة التي تعبر عن تفاعل الكاثود؟

a. $Cd^{2+} + 2e^- \rightarrow Cd$

b. $Cd \rightarrow Cd^{2+} + 2e^-$

c. $Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$

d. $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$

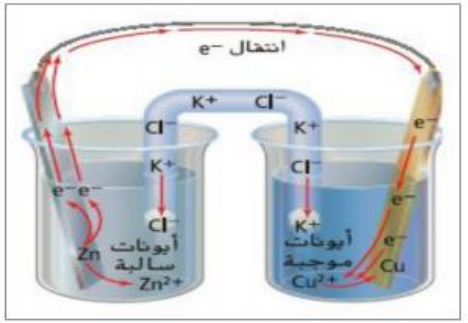
14) ما ترميز الخلية؟

a. $Al^{3+} \mid Al \parallel Cd \mid Cd^{2+}$

b. $Cd \mid Cd^{2+} \parallel Al^{3+} \mid Al$

c. $Al \mid Al^{3+} \parallel Cd^{2+} \mid Cd$

d. $Cd^{2+} \mid Cd \parallel Al \mid Al^{3+}$



5) ما هو تفاعل الأنود؟

a. $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

b. $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

c. $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

d. $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$

6) ماذا يحدث لكتلة قطب الكاثود؟

a. تزداد

b. تقل

c. لا تتغير

d. لا يمكن التحديد

7) ما هو ترميز الخلية؟

a. $Cu \mid Cu^{2+} \parallel Zn^{2+} \mid Zn$

b. $Cu^{2+} \mid Cu \parallel Zn \mid Zn^{2+}$

c. $Zn \mid Zn^{2+} \parallel Cu^{2+} \mid Cu$

d. $Zn^{2+} \mid Zn \parallel Cu \mid Cu^{2+}$

13) ما التفاعل الكلي للخلية؟

a. $2Al^{3+} + 3Cd \rightarrow 2Al + 3Cd^{2+}$

b. $2Al + 3Cd^{2+} \rightarrow 2Al^{3+} + 3Cd$

c. $2Al + 3Cd \rightarrow 2Al^{3+} + 3Cd^{2+}$

d. $2Al^{3+} + 3Cd^{2+} \rightarrow 2Al + 3Cd$

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

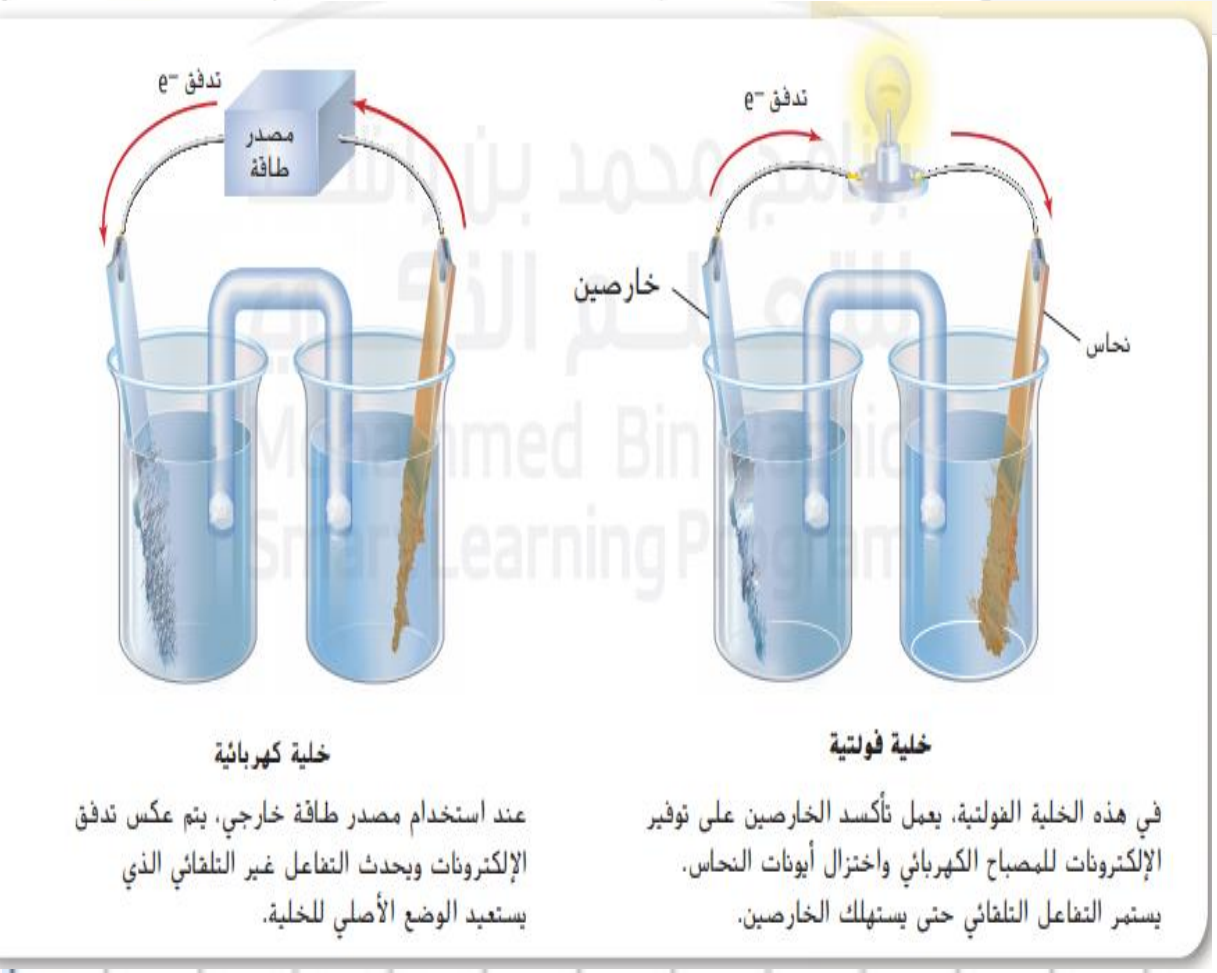
MR /MOHAMED SHAWKY

Q26	يقارن بين الخلية الإلكتروليتية والخلية الفولتية من حيث مكان حدوث عمليات الاختزال والأكسدة، والأنود والكاثود، واتجاه تدفق الإلكترون، واتجاه تدفق التيار وتلقائية التفاعل الحاصل	نص الكتاب + الشكل 19 52
Q27	يصف كيف يمكن إجراء تفاعل عكسي لتفاعل أكسدة-اختزال تلقائي لخلية كهروكيميائية	نص الكتاب + الشكل 19 52

عكس تفاعلات الأكسدة والاختزال

حين تولد بطارية معينة تيارًا كهربائيًا، تتدفق الإلكترونات الموجودة عند الأنود عبر دائرة خارجية إلى الكاثود حيث يتم استخدامها في تفاعل اختزال. البطارية الثانوية هي البطارية التي يمكن إعادة شحنها عن طريق تمرير تيار كهربائي من خلالها في الاتجاه المعاكس. لمساعدتك على فهم العملية، قم بدراسة الخلايا الكهروكيميائية في **الشكل 19** تحتوي الكؤوس الموجودة على اليسار على شريط من الخارصين في محلول أيونات خارصين. تحتوي الكؤوس الموجودة على اليمين على شريط من النحاس في محلول أيونات النحاس. إحدى الخلايا الكهروكيميائية يقوم بتزويد الطاقة لمصباح كهربائي عن طريق تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي. تتدفق الإلكترونات بشكل تلقائي من جهة الخارصين بحيث ينشأ تيار كهربائي. يستمر التفاعل حتى يستهلك قطب الخارصين ثم يتوقف التفاعل. ومع ذلك يمكن تجديد الخلية إذا ما تم وضع تيار في الاتجاه المعاكس باستخدام مصدر طاقة (جهد) خارجي. مصدر الجهد الكهربائي أو الفولتية ضروري لأن التفاعل العكسي لا يكون تلقائيًا. إذا ما تم ترك مصدر الجهد الكهربائي فترة طويلة كافية، ستعود الخلية إلى قوتها الأصلية تقريبًا.

يسمى استخدام الطاقة الكهربائية للحصول تفاعل كيميائي **التحليل الكهربائي**. الخلية الكهروكيميائية التي يحدث فيها التحليل الكهربائي تسمى **الخلية الإلكتروليتية**. على سبيل المثال، عند إعادة شحن بطارية ثانوية فهي تعمل كخلية تحليل كهربائي.



خلية فولتية

في هذه الخلية الفولتية، يعمل تأكسد الخارصين على توفير الإلكترونات للمصباح الكهربائي واختزال أيونات النحاس. يستمر التفاعل التلقائي حتى يستهلك الخارصين.

خلية كهربائية

عند استخدام مصدر طاقة خارجي، يتم عكس تدفق الإلكترونات ويحدث التفاعل غير التلقائي الذي يستعيد الوضع الأصلي للخلية.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

Q26	يقارن بين الخلية الإلكتروليتية والخلية الفولتية من حيث مكان حدوث عمليات الاختزال والأكسدة، والأنود والكاثود، واتجاه تدفق الإلكترون، واتجاه تدفق التيار وتلقائية التفاعل الحاصل	نص الكتاب + الشكل 19	52
Q27	يصف كيف يمكن إجراء تفاعل عكسي لتفاعل أكسدة-اختزال تلقائي لخلية كهروكيميائية	نص الكتاب + الشكل 19	52

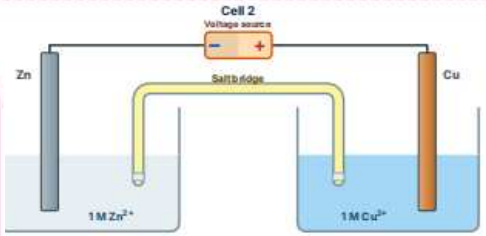
26 أي مما يلي صحيح فيما يتعلق بالخليتين أدناه؟

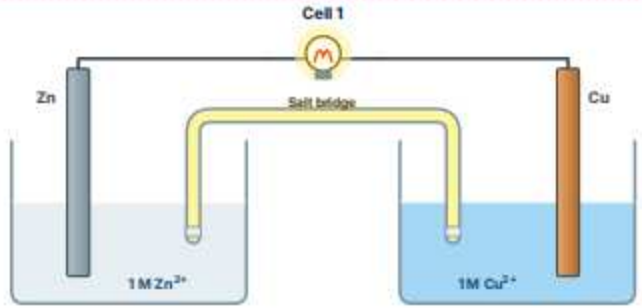
A في الخلية رقم (1) تتدفق الإلكترونات من Cu إلى Zn

B في الخلية رقم (2) تتدفق الإلكترونات من Zn إلى Cu

C في الخلية رقم (2) يُنتج الأنود الإلكترونات من Zn

D في الخلية رقم (1) يُنتج الأنود الإلكترونات من Zn





27 أي تغيير في خلية Zn/Cu يحولها إلى خلية تحليلية؟

A استبدال Cu بقطب Zn آخر

B استبدال المصباح بمصدر جهد أكبر من 1.10 V موصول بعكس الخلية

C نزع القنطرة الملحية

D مصدر جهد 0.5 V في الاتجاه نفسه

28 خلال عملية التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم NaCl في خلية داونز الموضحة أدناه، ماذا يحدث لأيونات الصوديوم؟

A تُختزل عند الكاثود

B تُختزل عند الأنود

C تتأكسد عند الكاثود

D تتأكسد عند الأنود

1 في طلاء ملعقة بالفضة ماذا يحدث عند المصعد؟

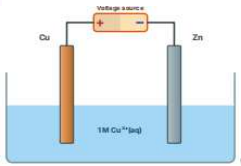
A تتأكسد الفضة: $Ag \rightarrow Ag^+ + e^-$

B تُختزل أيونات الفضة

C تتأكسد الملعقة

D يُختزل الأكسجين

30 اعتماداً على الشكل (أنود Cu موصول بالقطب الموجب وكاثود Zn بالقطب السالب في محلول Cu^{2+} تركيزه 1 M مع مصدر جهد)، أي العبارات التالية صحيحة؟



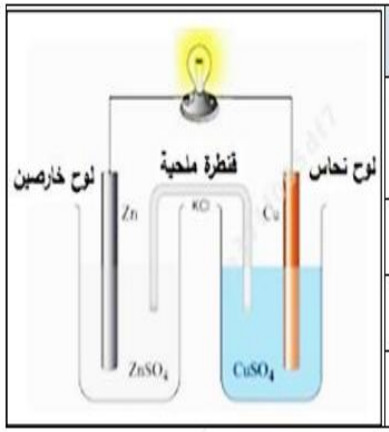
A تزداد كتلة قطب النحاس

B تحدث أكسدة لذرات Zn

C تفاعل الأنود: $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

D تتحرك أيونات الخارصين إلى قطب النحاس

-12	في الخلية الفولتية في الشكل التالي اي الاجابة الصحيحة
أ	يعمل السلك كمسار لانتقال الالكترونات من لوح الخارصين الى لوح النحاس
ب	تتحرك الالكترونات عبر القنطرة الملحية وصولا الى جهة النحاس
ج	تستخدم الطاقة الكهربائية لاحداث تفاعل كيميائي
د	تتراكم ايونات الخارصين الموجبة حول القطب الكهربائي للخارصين



صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

Q28	يكتب تفاعلات أنصاف الخلايا مع تحديد نواتج التحليل الكهربائي للمركبّات الأيونية المنصهرة	نص الكتاب + الشكل 20

تطبيقات على التحليل الكهربائي

تذكر أن الخلايا الفولتية تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية نتيجة تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي. أما خلايا التحليل الكهربائي فهي تقوم بالعكس. فهي تستخدم الطاقة الكهربائية للحث على تفاعل غير تلقائي. من الأمثلة الشائعة هو التحليل الكهربائي للماء. والتفاعل هو عكس التفاعل الخاص باستهلاك الهيدروجين والأكسجين في خلية وقود.

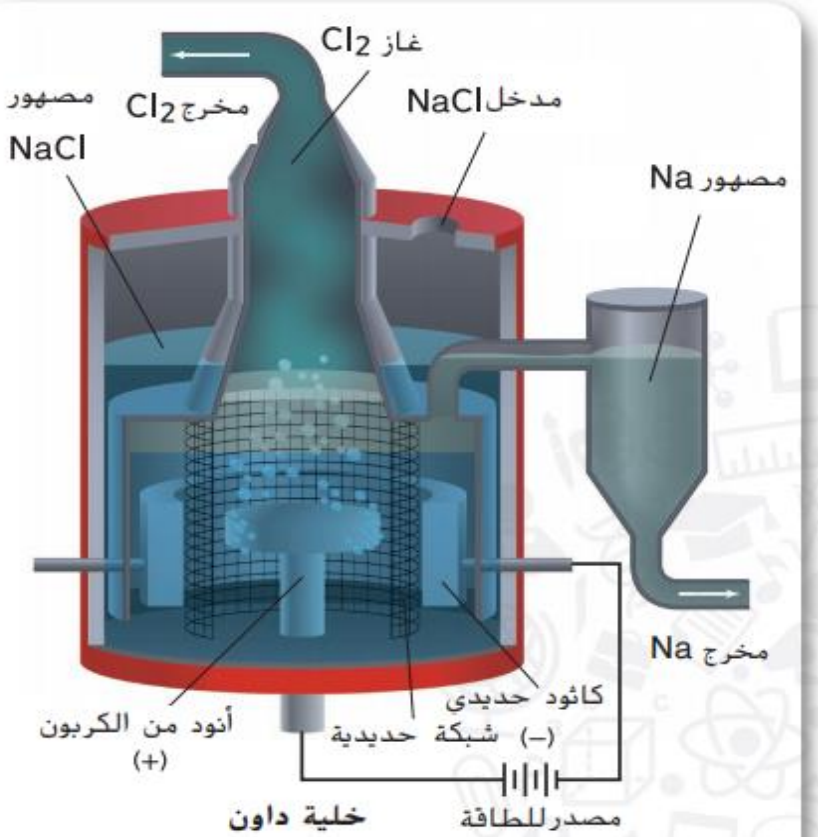
$$2H_2O(l) \rightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$$

التحليل الكهربائي للماء هو أحد الطرق التي يمكن عن طريقها توليد غاز الهيدروجين من أجل الاستخدام التجاري.

التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم كما أن التحليل الكهربائي يمكنه تحليل الماء إلى عناصره. فبإمكانه أيضًا أن يفصل كلوريد الصوديوم المصهور إلى فلز الصوديوم وغاز الكلور. ويتم تنفيذ هذه العملية في خلية تسمى بخلية داون كما يوضح **الشكل 20**. الإلكتروليت في الخلية هو كلوريد الصوديوم المصهور نفسه. تذكر أن المركبات الأيونية يمكنها توصيل الكهرباء فقط إذا كانت أيوناتها حرة الحركة مثلما حين تذوب في الماء أو حين تكون في حالة مصهورة.

عند الأنود، تتأكسد أيونات الكلوريد إلى غاز كلور (Cl_2).

$$2Cl^-(l) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$$



■ **الشكل 20** في خلية داون، تُستخدم الإلكترونات التي يوفرها المصدر الكهربائي لاختزال أيونات الصوديوم عند الكاثود. ومع فقد الإلكترونات من الأنود، تتأكسد أيونات الكلوريد عند الأنود لتتحول إلى غاز الكلور.

وعند الكاثود، تختزل أيونات الصوديوم لتتحول إلى فلز الصوديوم.

$$Na^+(l) + e^- \rightarrow Na(l)$$

ويكون تفاعل الخلية الكلي هو كالتالي:

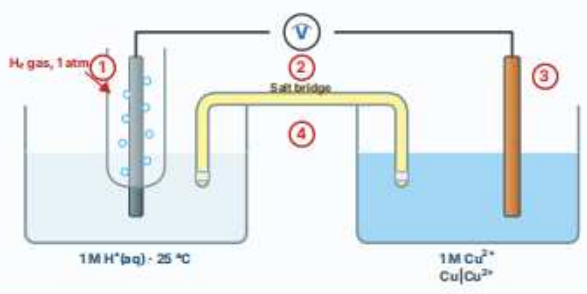
$$2Na^+(l) + 2Cl^-(l) \rightarrow 2Na(l) + Cl_2(g)$$

إن أهمية وجود خلية داون يتمثل فيما يتعلق بالأدوار الهامة التي يلعبها كل من الصوديوم والكلور في حياتك. فالكلور يستخدم في جميع أنحاء العالم لتنقية المياه من أجل الشرب والسباحة. العديد من منتجات التنظيف التي قد تستخدمها ومن بينها المنظفات المنزلية، تحتوي على مركبات الكلور. كما أنك تعتمد على مجموعة من المنتجات الأخرى كالورق والبلاستيك ومبيدات الحشرات والأنسجة والأصباغ والدهانات والتي تحتوي إما على الكلور أو يُستخدم الكلور في إنتاجها.

يستخدم الصوديوم في صورته النقية كمبرد في المفاعلات النووية وفي مصابيح بخار الصوديوم التي تستخدم في الإضاءة الخارجية. وفي مركباته الأيونية تحتاج فقط للنظر في قائمة المكونات للمنتجات الاستهلاكية لتجد مجموعة متنوعة من أملاح الصوديوم في المنتجات التي تستخدمها والأطعمة التي تأكلها.

19 ما الرقم الذي يمثل الجزء الذي يمنع تراكم الأيونات حول القطبين في الخلية الفولتية الموضحة؟

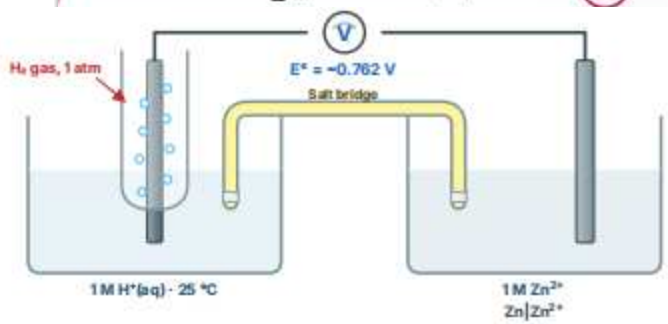
A) 1 B) 2 C) 3 D) 4



22 عند توصيل قطب Zn^{2+} | Zn بالقطب القياسي للهيدروجين كما موضح بالشكل ($E° = -0.762$ V)، أي مما يلي يُعد تفاعل الأكسدة النصفي؟

A) $2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$ B) $Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$

C) $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ D) $H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + 2e^-$



23 تمثل تفاعلات الاختزال النصفية التالية الخليتين النصفيتين لخلية فولتية، أي مما يأتي صحيح؟

$Co^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Co$ $E° = -0.28$ V

$Pt^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pt$ $E° = +1.18$ V

A) الأنود: Co؛ الكاثود: Pt؛ جهد الخلية = +1.46 V؛ تلقائي

B) الأنود: Pt؛ الكاثود: Co؛ جهد الخلية = +0.9 V؛ تلقائي

C) الأنود: Pt؛ الكاثود: Co؛ جهد الخلية = −0.9 V؛ غير تلقائي

D) الأنود: Co؛ الكاثود: Pt؛ جهد الخلية = −1.46 V؛ غير تلقائي

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

Q29 يكتب تفاعلات أنصاف الخلايا مع تحديد نواتج التحليل الكهربائي لمحاليل المركبّات المائية (المحاليل الملحيّة)

التحليل الكهربائي للمحلول الملحي يتم تحليل المحلول الملحي وهو محلول مائي من كلوريد الصوديوم، أيضا عن طريق التحليل الكهربائي. **الشكل 21** يوضح خلية تحليل كهربائي نموذجية ونواتج التحليل الكهربائي. من الممكن حدوث تفاعلين عند الكاثود: اختزال أيونات الصوديوم أو اختزال الهيدروجين في جزيئات الماء.

$$Na^+(aq) + e^- \rightarrow Na(s)$$

$$2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$$

ومع ذلك، فإن اختزال الصوديوم (Na^+) لا يحدث لأن الماء أسهل في اختزاله وبالتالي يتم اختزاله بشكل تفضيلي.

من الممكن حدوث تفاعلين عند الأنود: تتأكسد أيونات الكلور أو يتأكسد الأكسجين في جزيئات الماء.

$$2Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$$

$$2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$$

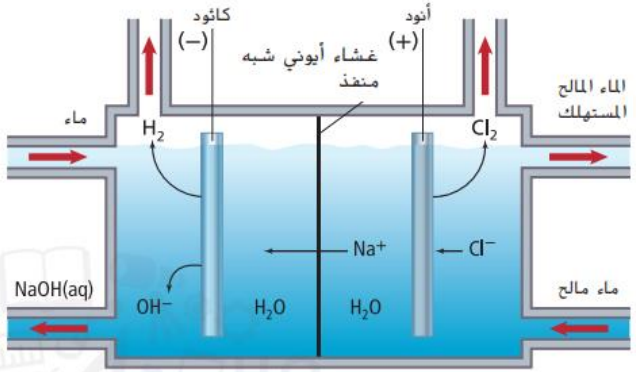
ولأن الناتج المرغوب فيه هو الكلور (Cl_2) يتم الحفاظ على تركيز أيونات الكلوريد عاليًا من أجل تفضيل هذا التفاعل النصفي. تفاعل الخلية الكلي يكون كما يلي:

$$2H_2O(l) + 2NaCl(aq) \rightarrow H_2(g) + Cl_2(g) + 2NaOH(aq)$$

النواتج الثلاثة جميعها هي مواد هامة تجاريًا.



يُستخدم غاز الكلور في تصنيع منتجات بولي كلوريد الفينيل كتلك الأنابيب من أجل توزيع المياه.



تستخدم المنشآت التجارية عملية التحليل الكهربائي للحصول على غاز الهيدروجين وغاز الكلور وهيدروكسيد الصوديوم من محلول ملحي.

■ **الشكل 21** في التحليل الكهربائي لمحلول ملح كلوريد الصوديوم، لا ينتج الصوديوم لأن الماء يسهل اختزاله بصورة أكبر.

3 ما التفاعل الكلي لتحليل مصهور NaCl؟

A $2NaCl(l) \rightarrow Na_2(l) + Cl_2(g)$

B $NaCl(l) \rightarrow Na^+ + Cl^-$

C $2NaCl(l) + 2H_2O(l) \rightarrow H_2 + Cl_2 + 2NaOH$

D $2NaCl(l) \rightarrow 2Na(l) + Cl_2(g)$

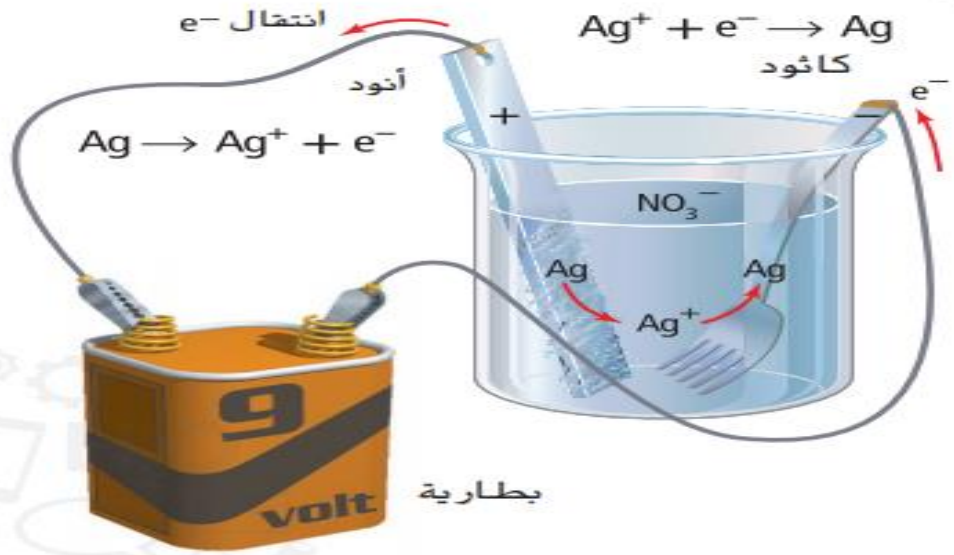
يعرّف الطلاء الكهربائي واصفًا كيفية عمله، ومحدّدًا الأنود والكاثود والإلكتروليت اللازم لخلية الكتروليتية لطلاء جسم ما (سيارة أو ملعقة ، ... إلخ) بفلز معيّن

نص الكتاب + الشكل 23+
مراجعة القسم3

يحتوى النحاس الذي يتم الحصول عليه من هذه العملية على العديد من الشوائب ولذا تجب تنقيته. لذا يتم صب النحاس المصهور في قوالب سميكة وكبيرة. تستخدم هذه القوالب بعد ذلك كأنود في خلية التحليل الكهربائي التي تحتوي على محلول من كبريتات النحاس (II). كاثود الخلية هو عبارة عن صفيحة رقيقة من النحاس النقي. ومع مرور التيار عبر الخلية، تتأكسد ذرات النحاس في الأنود غير النقي إلى أيونات نحاس (II). تنتقل أيونات النحاس عبر المحلول لتصل إلى الكاثود حيث يتم اختزالها إلى ذرات نحاس. تصبح هذه الذرات جزءًا من الكاثود بينما تسقط الشوائب إلى قاع الخلية.

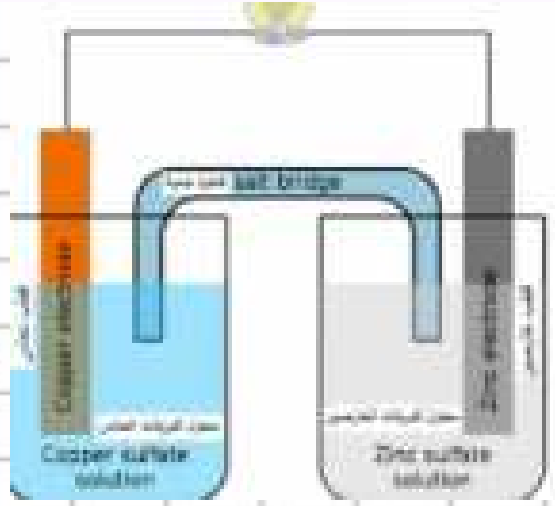
الطلاء بالكهرباء يتم طلاء الأشياء كهربائيًا حين توضع طبقة رقيقة وموحدة عادة لتكون طبقة واقية أو جمالية. عادة ما تكون المادة المستخدمة في ذلك فلز. الطلاء الكهربائي بفلز مثل الفضة يتم بواسطة طريقة تشبه تلك المستخدمة لتنقية النحاس. الجسم الذي يُراد طلاؤه بالفضة هو الكاثود في خلية التحليل الكهربائي. أما الأنود فهو عبارة عن قضيب أو صفيحة من الفضة. كما يوضح **الشكل 23** عند الأنود، تتأكسد الفضة إلى أيونات فضة بفقد الإلكترونات عن طريق مصدر كهربائي عند الكاثود، تختزل أيونات الفضة إلى فلز الفضة عن طريق الإلكترونات الواردة من مصدر كهرباء خارجي. تشكل الفضة طبقة رقيقة على الجسم الذي تتم تغطيته. يجب التحكم في التيار الذي يمر عبر الخلية بعناية من أجل الحصول على طبقة فلز ناعمة ومتساوية.

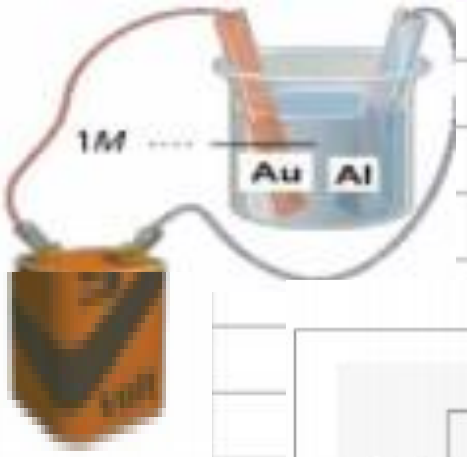
تستخدم فلزات أخرى أيضًا في الطلاء بالكهرباء. قد يكون لديك بعض الحلي المطلية كهربائيًا بالذهب. أو قد تعجبك سيارة بعض أجزاؤها الفولاذية كواق الصدمات وقد تكون أصبحت أكثر مقاومة للصدأ عن طريق طلائها كهربائيًا أولًا بالنيكل ثم بالكروم.



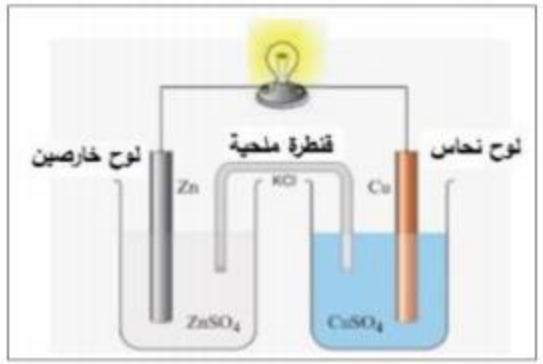
الشكل 23 يجب توفير طاقة لتأكسد الفضة عند الأنود واختزال الفضة عند الكاثود. في خلية التحليل الكهربائي التي تستخدم للطلاء بالفضة، يكون الجسم المراد طلاؤه هو الكاثود حيث تختزل أيونات الفضة في محلول الإلكتروليت إلى فلز الفضة ويطلى بها الجسم المراد طلاؤه.

28. **احسب** استخدم **الجدول 1** لحساب جهد خلية داون. هل سيكون الجهد موجبًا أم سالبًا؟





1. في الخلية الموضحة في الشكل المقابل، أي العبارات التالية صحيحة؟



a. تستخدم الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعل كيميائي

b. تتراكم أيونات الخارصين الموجبة حول القطب الكهربائي للخارصين

c. تتحرك الإلكترونات عبر القنطرة الملحية وصولا إلى جهة النحاس

d. يعمل السلك كمسار لانتقال الإلكترونات من لوح الخارصين إلى لوح النحاس

ما الجُهد القياسي للخلية الفولتية (E^0_{cell}) لتفاعل الأكسدة و الاختزال الذي يحدث بين الكروم و النيكل ؟

التفاعل النصفي	$E^0(V)$
$Ni^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Ni$	-0.26
$Cr^{3+} + 3e^- \rightleftarrows Cr$	- 0.74

(A) فقط ربط لوحي الخارصين و النحاس بسلك نحاسي لتوفير مسار لنقل الإلكترونات

(B) فقط قنطرة ملحية لتوفير مسار لنقل الأيونات

(C) قنطرة ملحية لنقل الإلكترونات و سلك نحاسي لنقل الأيونات

(D) قنطرة ملحية و سلك نحاسي معاً لتوفير مسار غير منقطع لانتقال الشحنات الكهربائية



صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

2) ما المعادلة الموزونة لتفاعل الخلية التلقائي الذي يحدث في الخلية مصاحبا لتفاعلات الاختزال النصفية التالية؟

$Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Sn_{(s)}$ $(E^\circ_{Sn} = -0.137\ V)$

$Fe^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightarrow Fe_{(s)}$ $(E^\circ_{Fe} = -0.037\ V)$

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

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

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

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



b. يكون أنودا في جميع الخلايا الفولتية التي يوصل فيها

c. جهد اختزال هذا القطب يساوي 0.000 V عندما يكون تركيز محلول الحمض 1 M ويضخ غاز هيدروجين تحت ضغط 1 atm وتبقى درجة الحرارة ثابتة عند 25 °C

d. يكون كاثودا في جميع الخلايا الفولتية التي يوصل فيها