

2022

دوسية أو كسجين شرح ئوجيهي

# الكيمياء

ذالك حربي  
الرايني

Li

Lithium  
6.941

f @ /youtube



## الكيمياء الكهربائية

إعداد: م. مريم السرطاني

وزارة 2022 - 1997

في ملف منفصل

VERSION 30/12/2022

## بسم الله نبدأ وبه نستعين وعليه نثوكل

أبت في طيات المقدمة شُكراً وتقديراً  
لعائلي ولكل من ساندني في هذا العمل ودعاني بظهر الغيب

أشكر كل من ساهم في تدقيق دوسية الشرح:  
معلمة الكيمياء نوال الملقاوي  
ساره مقداوي - لينا غسان - اليسار حمامه  
وأشكر سيف الجراح لتدقيقه الملف الوزاري

أشكر **مرام** "غيم غيم" لاقتراحها اسم "ضوء اللبنة"  
وأشكر **بلال أبو ريان** لاقتراحه اسم "كيماشيك"

أشكر أعزائي الفريق العلمي في مدرسة الكيمياء ..  
"أسيل" إشراق الشمس "مرام" غيم غيم "محمد عيد"  
فلهم السبق والعطاء في نشر حلول بنك أو كسجين

رسالتي لكل طالب استفاد من دوسية أو كسجين ولو في مسألة  
أو استطاع بلوغ التفوق من خلال هذه الدوسية: أنت محسوب من طلابي  
ولك مني: محبة ودعوه ... أن نفع أمتك بتحقيق أمنياتك  
سواء عرفتك بالاسم أم لم أعرفك

شروحات التوجيهي متوفره على قناة كيمياء التوجيهي

<https://www.youtube.com/channel/tawjihichem>

مجموعة مدرسة الكيمياء على الفيسبوك

<https://web.facebook.com/groups/schoolofchemistry>

قناتي التيليجرام ومجموعتها سنكات الكيمياء

<https://t.me/sartawichem> <https://t.me/tawjihichem>



# أهدي هذا العمل إلى أبنائي: عبد الله وعبد الملك وبتينة وفاطمة وأهديه إليك يا من وصلت إلى هذه النقطة.

## قالوا عنها:



Maram Alam

دوسية اوكسجين مهما مدحنا وذكرا عنها ان ثوفي حقا... باختصار هي فملم وفرشد فلازم في فضاء تفكير فتزاحم.



ام عمر الصرايره

دوسيه مميظه وشامله.... وافكارها جديده... وانا شخصيا استفدت منها من الصف العاشر واول ثانوي لاولادي...الافضل دون منازع



Rahaf Ameen Qafisheh

دوسية رائعة متميزة ✨  
مزاياها:  
1. لن تحتاج لمقاطع الشرح معها فهي بذاتها مفيدة وكافية.  
2. فيها حل أسئلة مراجعة الدروس والوحدة.  
3. فيها أسئلة خارجية وكيماشيك (كيماشيك: أسئلة فيها تريكات وتحدي).  
4. فيها أسئلة وزارية سابقة مع إجاباتها النموذجية.  
5. فيها تعزيزات وخرائط ذهنية وجداول منسقة لمساعدتك على الحفظ.  
6. فيها (ضو اللمية) وهو مصطلح لا فكار التأسيس ومراجعة أفكار من صفوف سابقة.  
7. صور معبئة على فهم بعض التجارب والتفاعلات.  
8. فيها روح مرحه وشيء من الفكاهة والتسلية لإرسال المعلومة وتثبيتها في الدماغ.  
9. تصميمها وأوانها وخطها مريح للعين ومناسب للحفظ.  
10. إذا أتيت لي تلقيها فسأقيها ب (الزبدة)، لأن فيها الخلاصة وفيها كل ما يحتاجه الطالب.  
جزيت خيرًا م. مريم ❤️



Yara Sameer Harasis

دوسية أكسجين الأسس والأكتر تبسيطاً للأفكار بدون التقليل من أهمية أي موضوع في المادة...  
متضعة بأفكار المادة بكل سلامة متوفر فيها الشرح و أوراق العمل والتريكات و الأسئلة الخارجية عدا عن انها بتخلي الكيمياء منطقي و بتوضح المواضيع بالتدرج لكل المستويات.



Leen Khaled

دوسية أكسجين من أكثر الدوسيات الشاملة لكل مواضيع الكتاب وشارحة الكتاب بشكل مبسط وأي طالب هو ما كان مستواه بقدر يفهمها بشكل سلس لأنها شاملة معلومات سابقة وغير أنها معتلة بالأسئلة المتنوعة التي تدرى تفكير الطالب وتعلمه تحليل الأسئلة بطريقة منطقيّة دوسية أكسجين ألته عذاب سنين مع الكيمياء بالنسبة الي 🙏



Naro Ameen

دوسية الأكسجين بالنسبة لي وكثير من الطلاب الأفضل من جميع النواحي وأنا كطالبة برأيي ان دوسية شاملة ومكاملة الطالب من خلالها يستطيع فهم المادة بشكل سلس وبسيط ويعبني فيها مراجعة الافكار كل نهاية درس ومع الفيديوهات اطمئن وضعت تمام والاهم اسلوب المعلم في الشرح الكيمياء مع دوسية الأكسجين الوضع نار 🔥



Lena Ghassan

دوسية الأكسجين عباره عن دوسية شاملة تراعي جميع مستويات الطلبة تحتوي على اسئلة تحتاج من الطالب التفكير لكي يجد حلها وهذه احدي مميزات بالاضافة الي انها تحوي على مراجعة نهاية كل درس وانا كطالبة استخدم هذه الدوسية لمراجعة المادة قبل الامتحان انصح الطلبة في استعمالها ووضعك رح يكون تمام واكثر مع دوسية الأكسجين ما في شي مستحيل 🙏



ندين النوايسة

دوسية اوكسجين هي أفضل دوسية في شرح مادة الكيمياء... من الأشياء المميظه فيها انها شاملة لكل المادة وموضحة كمان، يعني بتقدر تدرسها من غير ما تحضر الفيديوهات.  
وطيفا كنا بنعرف انه منهاج كولينز الأفكار فيه مش منظمة، فر دوسية اوكسجين مرتبة الأفكار وشارحتها بشكل فيسوط وجميل ❤️  
وضارحة أنا بنستمتع جدا وأنا بدرس الكيمياء منها.  
وطيفا ما بننسى أناقة الدوسية وشكلها الجميل يلي كمان بنشجعك على دراستها.  
باختصار يلي بدرس دوسية اوكسجين ما رح يندم أبداً



كوتى كنت مقترية في السعودية اجبت على الصف العاشر و كانت اول مرة

بدرس المواد العلمية بالتفصيل و مافي داعي اوصف الإحباط هذاك الوقت... الحمدلله اول ما صادفت كانت دوسية اكسجين كتبت بالمداية مصدومة من كمية المعلومات لاني كنت غشيمة بعد اول اختبار وزارى عن بعد ادرت فائدة و اهمية كل تفصيلة و من بعدها الحمد لله ماشية عليها و بتفرق في كل توضح بسيط متعلق بالمعلومة ممكن يخلى المعلومة منطقيّة ولله الحمد من مستوى zero بالكيمياء الي الفل بالكيمياء و لله الحمد



Husam Al-Amayra

دوسية اوكسجين هي جهود مكثفة رائعة مشكورة لدعم الطلاب الراغبين المتكافحين.



Is Lam

دوسيه اكسجين ..... مميظه كما تميز عنصر الاكسجين بما احتوت من افكار عظيمة و جهود كبيره اذا حصلت على الدوسية اصبحت ممن يتنفس هواه الكيمياء



Aya Ayooosh

دوسية أكسجين هي الدوسية الفعّمة من قبل أغلب الطلاب خلال مرحلتهم الثانوية، بدءاً من الصف التاسع، نظراً لشمولها لجميع أفكار الكتاب إضافة إلى أسئلة خارجية تغطي جميع أفكار المادة أو التي من المقترح أن تأتي بالامتحان، عدا عن الجدول والملخصات يلي بعرضها بطريقة أسهل وأبسط من الكتاب، إضافة إلى لم أهم المعلومات والأفكار نهاية كل درس.  
ستبقى مرجعي الوحيد...  
كل الشكر للفضلة مس مريم... مع شرك وفديوهاتك حثكون أمورنا فوق النمام يادن الله.



Mohammed Eid

طيفا دوسية أكسجين مسكحة في الصف العاشر والأول ثانوي وأكيد رح تكون الأولى في الوجهي الجديد  
فيها اختيار للكلمات بكل بساطة الاضي المعقد بتبسط بكل سلامة، حتى ممكن تجيبها تدرسها ذاتيا تتفوق وعلى الأكد الفل بجيبك ويتكون شاملة لكل المستويات الضعيف رح يستفيد والمتوسط رح يصير قوي والقوي رح يصير أقوى  
بعيدا عن انها مليانه تريكات واسئلة شاملة وكتاب تعارين ومدعومة بأسئلة خارجية فيها اسئلة مهارات عليا واستنتاج حتى ممكن تطلع بشكل بسيط عن منهاج في بعض الأمور حتى يتوسع مدارك الطالب ورح تلاقى عليها تعارين خارجية حتى تصير قوي كمان بالفكرة الخارجية دوسية كاملة متكاملة يعطي مادة الكيمياء حقا.  
من ناحيتي الأفضل بدون منازع.

## بنك أوكسجين الكيمياء الكهربائية من الأسئلة الخارجية الموضوعية والمقالية

### وعصير تلك الكيمياء الكهربائية في ملف منفصل

### أيضاً ملف الأسئلة الوزارية من 1997 إلى 2022 في ملف منفصل

المُحْتَف

العصير فيه من اللطف والحيوية بخلاف



مراجع الدوسية: كتاب الطالب والأنشطة الطبعة (1): 2022-2023، أسئلة الوزاره من 1997-2022، كتب المناهج الدراسية العربية والعالمية، كتب الكيمياء الجامعية العامة والمنخفضة، دليل الكيمياء المنهاج الأردني القديم 2017.

لا يحل لأحد تعديل الملف أو تزوير الاسم أو المتاجرة به

الدوسية لا تتوفر في المكتبات ولا أحل لأي مكتبة المتاجرة بهذا العمل

فقد أوقفته للعلم، الطالب يسحبه من أي مكتبة بسعر تكلفة الورق والتجليد المعروف

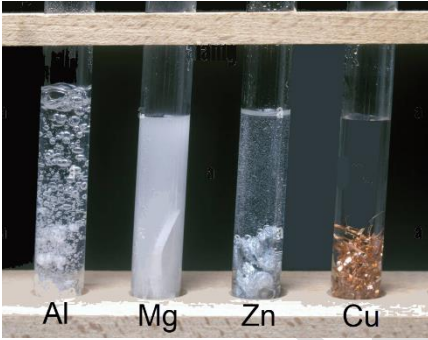
## الوحدة الثانية: الكيمياء الكهربائية



★ أنأمل الصورة ص73: تطبيق فضائي على تفاعلات التأكسد والاختزال: وقود صلب طورته وكالة ناسا الفضائية مكوّن من فوق كلورات الأمونيوم  $NH_4ClO_4$  ومسحوق الألمنيوم  $Al$ ، فوق الكلورات تؤكسد الألمنيوم فينتج أكسيد الألمنيوم  $Al_2O_3$  وكلوريد الألمنيوم  $AlCl_3$  وبخار الماء  $H_2O$  وغاز النيتروجين  $N_2$  مع درجة حرارة يصل إليها التفاعل مقدارها  $2760^\circ C$ ، فتتمدد الغازات بسرعة ويندفع الصاروخ من منصة الانطلاق.

★ تفاعلات التأكسد والاختزال شائعة في الطبيعة ومهمة في الصناعة وهي متلازمة (إذا كان هناك تأكسد فهناك اختزال)، ويصاحبها إنتاج طاقة كهربائية أو استهلاكها

## التجربة الاستهلاكية: تفاعل بعض الفلزات مع حمض الهيدروكلوريك $HCl$



محلول حمض الهيدروكلوريك  $HCl$  (1M) شريط مغنيسيوم  $Mg$ ،

حبيبات خارصين  $Zn$ ، حبيبات ألمنيوم، سلك نحاس  $Cu$

أحدد الفلزات التي تفاعلت مع حمض الهيدروكلوريك  $HCl$  ?

المغنيسيوم  $Mg$ ، الألمنيوم  $Al$ ، الخارصين  $Zn$  ولم يتفاعل النحاس

أرتب الفلزات حسب سرعة تفاعلها مع الحمض ?

$Zn < Al < Mg$

أكتب معادلات كيميائية موزونة للفلزات التي تفاعلت مع الحمض ?

معادلة التفاعل	الفلز المتفاعل
$Mg(s) + 2HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$	$Mg$
$2Al(s) + 6HCl(aq) \rightarrow 2AlCl_3(aq) + 3H_2(g)$	$Al$
$Zn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$	$Zn$

أحدد التغير الذي طرأ على شحنة كل فلز في التفاعلات السابقة، ما نوع التفاعل؟ ?

الفلز المتفاعل	التغير الذي طرأ على شحنة الفلز
$Mg$	تغيرت الشحنة من 0 إلى +2
$Al$	تغيرت الشحنة من 0 إلى +3
$Zn$	تغيرت الشحنة من 0 إلى +2

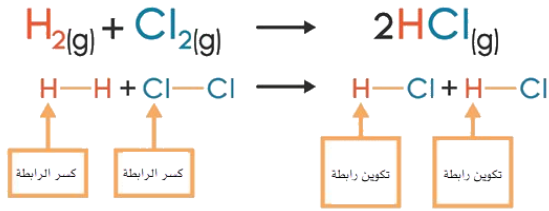
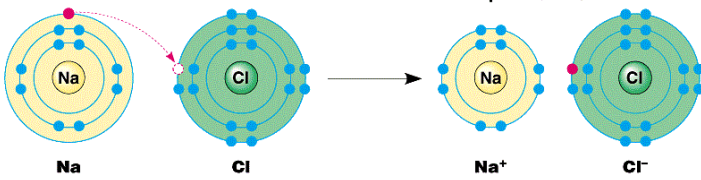
نوع التفاعل: استبدال (إحلال أحادي) أيضاً نوعه تأكسد واختزال

### تمهيد: "تعالوا نتذكر شغلات في التأسيس"

ضوء اللبنة وراجع معلوماتك التأسيسية بخصوص العناصر وتصنيفها:

- تذكر أن الفلزات تميل إلى فقد الإلكترونات، بينما اللافلزات تميل إلى الكسب أو المشاركة، فالمركب الأيوني ينتج من تفاعل فلز ولافلز وعملية فقد وكسب إلكترونات مثل مركب NaCl، أما المركب

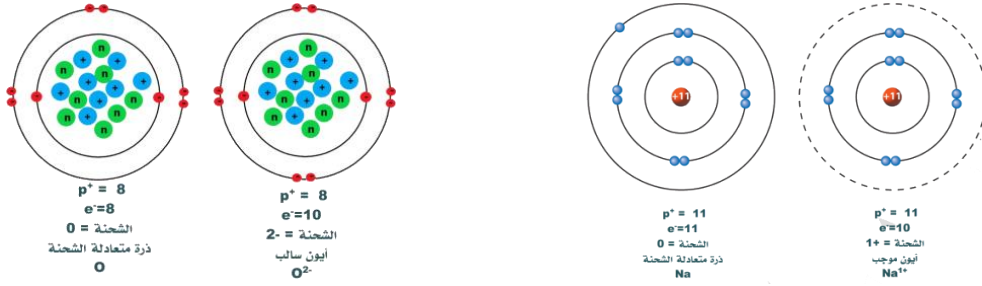
التساهمي ينتج من مشاركة اللافلزات لإلكتروناتها مثل HCl



الفلزات		الشحنات الثابتة للفلزات واللافلزات في المركبات الأيونية فقط										اللافلزات					
+1	+2											+3	-3	-2	-1	He	
Li	Be	الفلزات الانتقالية غير ثابتة الشحنة في المركبات الأيونية										B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar										
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	

هذه الشحنات لأشهر العناصر الممثلة من الفلزات واللافلزات ثابتة في المركبات الأيونية، أما في المركبات التساهمية فإننا سنتعامل أيضاً مع شحنات تعتمد على خاصية السالبية الكهربائية تُسمى بعدد التأكسد وسندرسها في هذه الوحدة إن شاء الله تعالى

- أما الفلزات الانتقالية: فالثابت منها: الفضة (+1) وAgCl والخارصين ZnCl<sub>2</sub> والكادميوم CdCl<sub>2</sub> (+2) وهذا الغالب عليها، باقي الفلزات الانتقالية شحنتها غير ثابتة وتكون حسب التفاعل والمادة الأخرى التي معها وكل ذلك نستطيع تحديده من خلال أعداد التأكسد التي سندرسها لاحقاً
- تعلمنا سابقاً أن العنصر الذي يفقد إلكتروناته يحمل شحنة موجبة لأن عدد البروتونات أكثر من الإلكترونات وهذا ينطبق على الفلزات، والعنصر الذي يكتسب الإلكترونات يحمل الشحنة السالبة لأن عدد البروتونات أقل من الإلكترونات وهذا ينطبق على اللافلزات



- العناصر الحرة أي التي تتكون من نفس العنصر فقط مستقرة في الظروف الطبيعية، سواء كانت أحادية الذرة مثل Na أو ثنائية مثل Cl<sub>2</sub> أو أكثر من ذلك مثل S<sub>8</sub> أو P<sub>4</sub> فإن شحنة العنصر تساوي صفر
- المركب الأيوني مثل NaCl أو المركب التساهمي مثل H<sub>2</sub>O نقول عنه متعادل الشحنة يعني شحنته صفر

السمية	رمز المجموعة	السمية	رمز المجموعة
أمونيوم	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	بيكربونات	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
بيرمنغنات	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	كلورات	ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
سيانيد	CN <sup>-</sup>	نترت	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
هيدروكسيد	OH <sup>-</sup>	نترات	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
كبريتات	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	كربونات	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
كبريتيت	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	كرومات	CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
فوسفات	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	ديكرومات	Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup>

- تذكر شحنات المجموعات الأيونية من خلال هذا الجدول فهي مفيدة لك في هذه الوحدة أما شحنات الفلزات واللافلزات ستتمكن منها كاملة من خلال قواعد أعداد التأكسد في هذه الوحدة

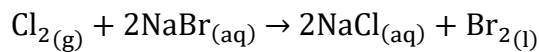
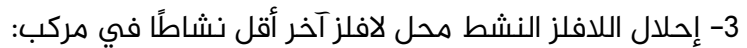
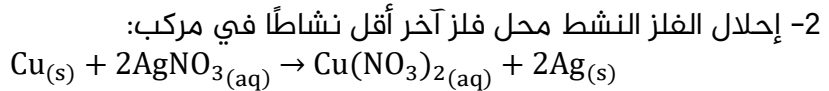
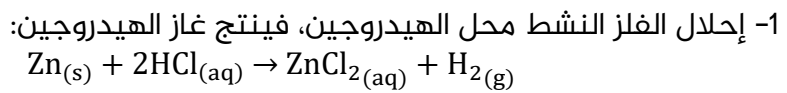
سلسلة النشاط الكيميائي

K
Na
Li
Ca
Mg
Al
Mn
Zn
Fe
Ni
Pb
H
Cu
Ag
Hg
Au

زيادة النشاط الكيميائي للفلزات ←

- تفاعلات الإحلال الأحادي [البسيط]: وهي أن يحل عنصر نشط محل عنصر آخر في مركب  $A + BX \rightarrow AX + B$

- تفاعلات الإحلال الأحادي أنواع، لا بد من استخدام سلسلة النشاط الكيميائي:



زيادة نشاط الهالوجينات ↑

F
Cl
Br
I

## الدرس الأول: التأكسد والاختزال Oxidation and Reduction

### تعريفات الدرس الأول:

- **الكيمياء الكهربائية:** أحد فروع الكيمياء الذي يهتم بدراسة التحولات بين الطاقة الكيميائية والكهربائية الناتجة عن تفاعلات التأكسد والاختزال والتطبيقات العملية المرتبطة بها
- **التأكسد:** فقد الإلكترونات أو زيادة عدد التأكسد
- **الاختزال:** كسب الإلكترونات أو نقصان عدد التأكسد
- **تفاعل التأكسد والاختزال:** تفاعل كيميائي يحدث فيه عمليتا التأكسد والاختزال معاً
- **نصف التفاعل:** جزء من الخلية الجلفانية يحدث فيها نصف تفاعل تأكسد أو نصف تفاعل اختزال
- **عدد التأكسد:** الشحنة الفعلية لأيون الذرة في المركبات الأيونية، أما في المركبات الجزيئية فيعرّف بأنه الشحنة التي يفترض أن تكتسبها الذرة المكونة للرابطة التساهمية مع ذرة أخرى فيما لو انتقلت إلكترونات الرابطة كلياً إلى الذرة التي لها أعلى سالبية كهربائية
- **العامل المؤكسد:** المادة التي تؤكسد مادة أخرى في التفاعل الكيميائي، إذ يكتسب إلكترونات من المادة التي يؤكسدها، وتحدث له عملية اختزال
- **العامل المختزل:** المادة التي تختزل مادة أخرى في التفاعل الكيميائي، إذ يفقد إلكترونات تكسبها المادة التي يختزلها، وتحدث له عملية تأكسد
- **التأكسد والاختزال الذاتي:** سلوك المادة كعامل مؤكسد وعامل مختزل في التفاعل نفسه

## مفهوم التأكسد والاختزال

### ما المقصود بالكيمياء الكهربائية وبم تهتم؟

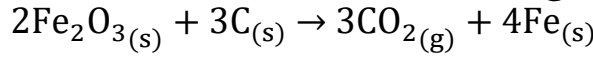
هي أحد فروع الكيمياء الذي يهتم بدراسة التحولات بين الطاقة الكيميائية والكهربائية الناتجة عن تفاعلات التأكسد والاختزال والتطبيقات العملية المرتبطة بها

### وضّح: أثر تفاعلات التأكسد والاختزال في حياتنا


- 1- تحدث تلك التفاعلات في بعض العمليات الحيوية، مثل: البناء الضوئي، التنفس، وتحرير الطاقة من الغذاء اللازم لأداء الكائن الحي أنشطته المختلفة
- 2- بسببها تحصل وسائل النقل على الطاقة اللازمة لتسييرها عن طريق حرق الوقود
- 3- أيضاً بسببها ينتج صدأ الحديد، ويحدث ذلك عند تعرض الحديد للهواء الجوي الرطب

ما هو المفهوم القديم للتأكسد والاختزال؟ 

استخدم الكيميائيون القدامى مصطلح التأكسد لوصف تفاعل المادة مع الأكسجين، ومصطلح الاختزال لوصف نزع الأكسجين من المادة




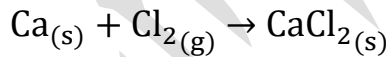
فالكربون تأكسد لأنه ارتبط بالأكسجين، وأكسيد الحديد III اختزل لأنه انتزع منه الأكسجين ونتاج منه الحديد

مع مرور الوقت تتطور مفهوم التأكسد والاختزال ليشمل تفاعلات لا تتضمن التفاعل مع الأكسجين 

ما هو المفهوم الحديث للتأكسد والاختزال؟ وما هو تفاعل التأكسد والاختزال؟ 

- **التأكسد:** فقد الإلكترونات أو زيادة عدد التأكسد (التعريف الكامل)
- **الاختزال:** كسب الإلكترونات أو نقصان عدد التأكسد (التعريف الكامل)
- **تفاعل التأكسد والاختزال:** تفاعل كيميائي تحدث فيه عمليتا التأكسد والاختزال معاً

شرح مثال الكتاب ص 77: يتفاعل الكالسيوم مع غاز الكلور، كلاهما متعادل الشحنة، فينتج مركب أيوني وهو كلوريد الكالسيوم 

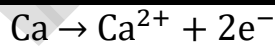


$\text{CaCl}_2$  المركب ينتج من اتحاد أيون الكالسيوم الموجب  $\text{Ca}^{2+}$  وأيون كلوريد سالب  $2\text{Cl}^-$

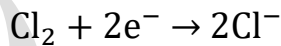
المادة التي تأكسدت: ذرة الكالسيوم فقدت إلكترونين

المادة التي اختزلت: ذرتي الكلور في جزيء الكلور كسبت كل منهما إلكترونًا

نكتب التفاعل السابق على شكلي نصف تفاعل



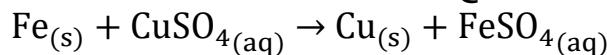
نصف تفاعل / تأكسد:



نصف تفاعل / اختزال:

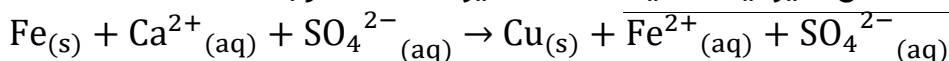
عدد الإلكترونات المفقودة خلال التأكسد = عدد الإلكترونات المكتسبة خلال الاختزال

مثال (1) ص 77: يتفاعل الحديد مع محلول كبريتات النحاس II حسب المعادلة: 

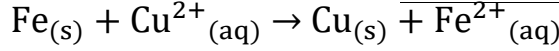


أحد ذرة العنصر التي تأكسدت والأيون الذي اختزل في التفاعل وأكتب أنصاف تفاعلات التأكسد والاختزال

نكتب معادلة التفاعل الأيونية الكلية لنحدد الأيونات المتفرجة:



الأيون المتفرج خلال التفاعل هو:  $SO_4^{2-}$  نحذفه من طرفي التفاعل  
نكتب معادلة التفاعل الأيونية النهائية بعد حذف الأيونات المتفرجة:

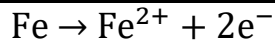


من المعادلة الأيونية النهائية يظهر من الذي تأكسد ومن الذي اختزل

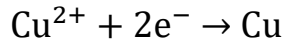
المادة التي تأكسدت: ذرة الحديد فقدت إلكترونين وتحول لأيون الحديد الموجب

المادة التي اختزلت: أيون الكالسيوم اكتسب إلكترونين وتحول لذرة متعادلة

نكتب التفاعل السابق على شكل نصف التفاعل

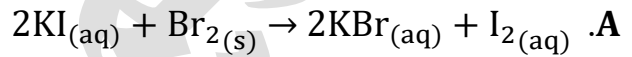


نصف تفاعل / تأكسد:



نصف تفاعل / اختزال:

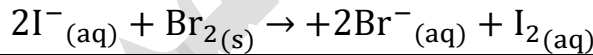
أتحقق ص 77: (1) أحدد الذرات أو الأيونات التي تأكسدت أو اختزلت في التفاعلات الآتية:



نكتب المعادلة الأيونية ثم نحذف الأيونات المتفرجة لنحدد المادة التي تأكسدت واختزلت



المعادلة النهائية

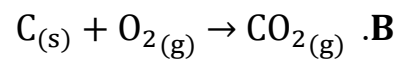


المادة التي تأكسدت: أيون اليود فقد إلكترونين وتحول إلى جزيء متعادل

المادة التي اختزلت: ذرات جزيء البروم اكتسبت إلكترونين وتحولت إلى أيون سالب

جزيء اليود يذوب بنسبة قليلة في الماء ولذا تم وصفه بالمحلول لكن أغلبه مادة صلبة وينطلق عند

سطح الماء كغاز



لا نستطيع كتابة معادلة أيونية للتفاعل لأن المواد في الحالة الصلبة والغازية، نحدد المادة

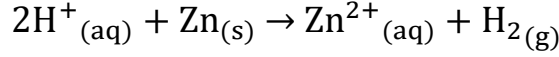
التي تأكسدت أو اختزلت حسب من يتفاعل معها

المادة التي تأكسدت: ذرة الكربون تأكسدت لأنها ارتبطت بالأكسجين

المادة التي اختزلت: ذرات جزيء الأكسجين

ستفهم هذا التفاعل بشكل أفضل عند دراسة عدد التأكسد

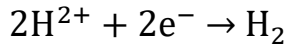
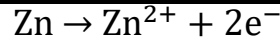
أتحقق ص 77: (2) أكتب نصف تفاعل التأكسد ونصف تفاعل الاختزال للتفاعل الآتي:



يتضح من التفاعل أنها المعادلة الأيونية النهائية ولا يوجد أيونات متفرجة نحذفها

المادة التي تأكسدت: ذرة الخارصين فقدت إلكترونين وتحولت إلى أيون موجب  
المادة التي اختزلت: أيون الهيدروجين اكتسب إلكترونين وتحول إلى جزيء متعادل

نكتب التفاعل السابق على شكل نصف التفاعل



نصف تفاعل / تأكسد:

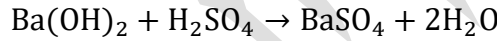
نصف تفاعل / اختزال:

ضوء اللبنة:

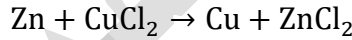
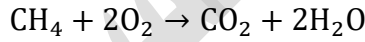
- الأيونات المتفرجة هي أيونات في المحلول لم يطرأ عليها أي تغيير خلال التفاعل، فكانت قبل التفاعل وبعده بنفس الحالة، فنقول عنها: لم تتأكسد ولم تُختزل

تعزيز خارجي:

- تفاعلات الإحلال المزدوج ليست تفاعلات تأكسد واختزال، عند كتابة معادلتها الأيونية ستلاحظ أن الذرات والأيونات لم تتغير وهذا تتعلمه بشكل أكبر عند معرفتك بأعداد التأكسد  
مثال: تفاعل الحموض والقواعد



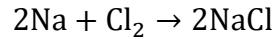
- كل تفاعل احتراق أو إحلال أحادي فهو تفاعل تأكسد واختزال، مثل:



- بينما كل تفاعل اتحاد أو تفكك قد يكون تفاعل تأكسد واختزال وقد لا يكون.

فهذا تفاعل اتحاد وليس فيه عملية تأكسد واختزال، لاحظ لا يوجد عنصر حر في الطرفين:  
 $\text{MgO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{MgCO}_3$

بينما هذا تفاعل اتحاد وفيه تأكسد واختزال، لاحظ العنصر الحر في المتفاعلات:



إذًا أي تفاعل في طرفه سواء النواتج أو المتفاعلات عنصر حر وفي الطرف الآخر يدخل هذا العنصر في مركب فإن هذا التفاعل فيه تأكسد واختزال، وكل ذلك ستتمكن من تمييزه خلال الدروس القادمة إن شاء الله تعالى

تذكر علاقات سريعة كمقارنة:

الاختزال	التأكسد
نزع الأكسجين	الاتحاد مع الأكسجين
اكتساب الإلكترونات (قلت الشحنة)	فقد الإلكترونات (زادت الشحنة)
الإلكترونات مع المتفاعلات	الإلكترونات مع النواتج

((فعليك أن تسعى للإنجاز واترك القلق جانباً))

## تدريبات محلولة

✍ تدريب (1): من خلال تفاعل الثيرمايت الموضح في المعادلة الآتية، حدّد الذرات أو الأيونات التي تأكسدت أو اختزلت ((وفق مفهوم التأكسد والاختزال القديم))  

$$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 2\text{Al}(\text{s}) \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + 2\text{Fe}(\text{l})$$

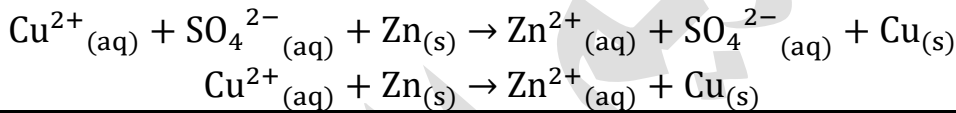
الحل:

ذرات الحديد في أكسيد الحديد  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  اختزلت لأن الأكسجين نُزع منها  
 ذرات الألمنيوم تأكسدت لأنها اتحدت مع الأكسجين

✍ تدريب (2): من خلال التفاعل الآتي اكتب معادلة أيونية كاملة ونهائية ثم وضّح نصفي تفاعل التأكسد والاختزال وعدد الإلكترونات المكتسبة أو المفقودة في التفاعل الكلي  

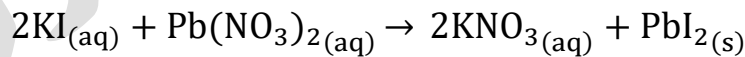
$$\text{CuSO}_4(\text{aq}) + \text{Zn}(\text{s}) \rightarrow \text{ZnSO}_4(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s})$$

الحل:

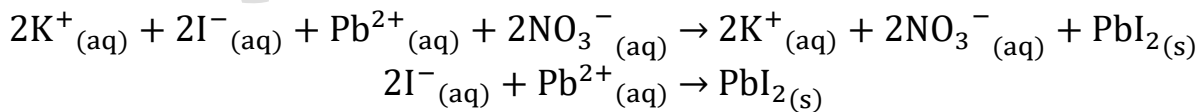


ذرة الخارصين فقدت إلكترونين وتحولت إلى أيون موجب	المادة التي تأكسدت:
أيون النحاس اكتسب إلكترونين وتحول إلى ذرة متعادلة الشحنة	المادة التي اختزلت:
$\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$	نصف تفاعل / تأكسد:
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	نصف تفاعل / اختزال:
$2\text{e}^-$	عدد الإلكترونات الكلية:

✍ تدريب (3): من خلال كتابة معادلة أيونية كاملة لهذا التفاعل وضّح هل يحدث تأكسد واختزال في التفاعل أم لا؟



الحل:



لو نظرنا لشحنة الرصاص وشحنة اليود في المركب الأيوني فهي نفس الشحنة وهو محلول وبالتالي لم يحدث تغير على أي من الذرات أو الأيونات فنقول هذا التفاعل ليس تفاعل تأكسد واختزال

## ورقة عمل 1: مفهوم التأكسد والاختزال

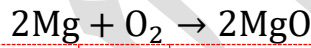
تدريب (1): ما الاسم الذي يُطلق على فقد المادة لإلكتروناتها؟

التعادل	-2	التأكسد	-1
الانتقال	-4	الاختزال	-3

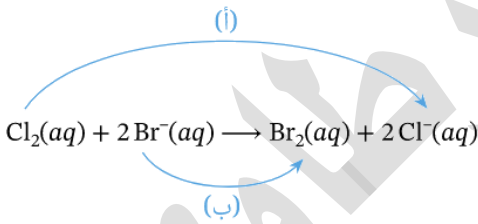
تدريب (2): ما الاسم الذي يُطلق على اكتساب المادة لإلكترونات غيرها؟

التعادل	-2	التأكسد	-1
الانتقال	-4	الاختزال	-3

تدريب (3): وفق المعادلة الآتية: تتحول قطعة مغنيسيوم متروكة في الهواء إلى أكسيد المغنيسيوم تدريجياً، في هذا التفاعل ..... المغنيسيوم وفق المفهوم القديم و ..... وفق المفهوم الحديث



يُختزل/يُختزل	-2	يتأكسد/يتأكسد	-1
يُختزل/يتأكسد	-4	يتأكسد/يُختزل	-3



تدريب (4): انظر المعادلة الآتية ثم أجب عما يأتي:

-1 السهم الذي يشير إلى عملية الاختزال هو:

(أ)	-1
(ب)	-2

-2 السهم الذي يتعلق بعملية التأكسد هو:

(أ)	-1
(ب)	-2

-3 السهم الذي يتعلق بالعنصر الذي اكتسب الإلكترونات:

(أ)	-1
(ب)	-2

4- نصف تفاعل الاختزال هو:

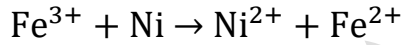
$Cl_2 \rightarrow 2Cl^- + 2e^-$	-2	$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$	-1
$2Br^- + 2e^- \rightarrow Br_2$	-4	$2Br^- \rightarrow Br_2 + 2e^-$	-3

5- نصف تفاعل التأكسد هو:

$Cl_2 \rightarrow 2Cl^- + 2e^-$	-2	$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$	-1
$2Br^- + 2e^- \rightarrow Br_2$	-4	$2Br^- \rightarrow Br_2 + 2e^-$	-3

تدريب (5): حدّد الذرات أو الأيونات التي تأكسدت أو اختزلت في التفاعلات الآتية ثم اكتب

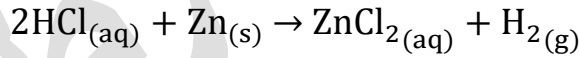
نصفي تفاعل التأكسد والاختزال



مساعدة: ستلاحظ أن الإلكترونات غير متساوية في أنصاف التفاعلات في حال كتبت المعادلة بدون موازنة المولات، فإذا أردت كتابة المعادلة الكلية فعليك بموازنة المولات ثم التأكد من موازنة الشحنة

تدريب (6): اكتب المعادلة الأيونية النهائية ومن خلالها حدّد الذرات أو الأيونات التي

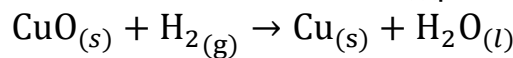
تأكسدت أو اختزلت



مساعدة: يجب التنبه لتفكيك المركبات التي وصفها (محلول مائي من مركبات أيونية أو حموض أو قواعد) بالإضافة إلى المركبات الأيونية الصلبة، وتذكر شحنات تلك العناصر من خلال معرفتك السابقة بشحنات أشهر الفلزات واللافلزات في الجدول الدوري [انظر التمهيد ص8]

تدريب (7): حدّد الذرات أو الأيونات التي تأكسدت أو اختزلت في التفاعلات الآتية (((وفق

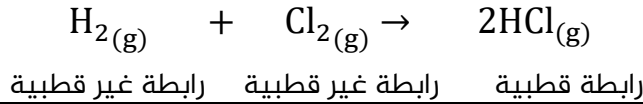
مفهوم التأكسد والاختزال القديم)))



تنويه: المفهوم القديم يعتمد على نزع الأكسجين أو الاتحاد معه

## عدد التأكسد Oxidation Number

★ تحدث تفاعلات التأكسد والاختزال على تكوين مركبات أيونية بالإضافة لمركبات تساهمية لا يكون فيها الفقد والكسب بشكل كلي  
شرح مثال الكتاب ص78: يتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الكلور لتكوين غاز كلوريد الهيدروجين



❓ **فسر: الرابطة التساهمية القطبية بين ذرتي الكلور والهيدروجين في مركب HCl رغم أن مكوناته جزيئات غير قطبية**

لأن السالبة الكهربائية للكلور أعلى من الهيدروجين، فيكون زوج إلكترونات الرابطة مزاحاً باتجاه ذرة الكلور دون أن يحدث انتقال كلي، فتظهر على الهيدروجين شحنة جزئية موجبة وعلى الكلور شحنة جزئية سالبة  
فلو افترضنا أن هناك انتقال كلي لإلكترونات الرابطة إلى ذرة الكلور، سيكون عدد تأكسد الهيدروجين +1 وعدد تأكسد الكلور -1

❓ **فسر: استحداث العلماء لمفهوم عدد التأكسد**

لأن التعريف السابق للتأكسد والاختزال لم يشمل التفاعلات التي لا يحدث فيها انتقال كلي للإلكترونات بين الذرات، فكان لا بد من مفهوم جديد يفسر جميع تفاعلات التأكسد والاختزال

📝 **تعزير:**

يقصد الكتاب أن مفهوم التأكسد والاختزال من خلال فقد وكسب الإلكترونات مفهوم غير شامل فتم إدخال مفهوم زيادة ونقصان عدد التأكسد ليكون شاملاً وكاملاً، وهذا سنثبته أكثر عندما نصل إلى التغيير في عدد التأكسد

❓ **ما المقصود بعدد التأكسد؟**

الشحنة الفعلية لأيون الذرة في المركبات الأيونية، أما في المركبات الجزيئية فيعرف بأنه الشحنة التي يفترض أن تكتسبها الذرة المكونة للرابطة التساهمية مع ذرة أخرى فيما لو انتقلت إلكترونات الرابطة كلياً إلى الذرة التي لها أعلى سالبة كهربائية

## قواعد حساب أعداد التأكسد



عددُ التأكسد	مثال	قواعد أساسية لحساب أعداد التأكسد	الرَّقْمُ
0 0 0	C N <sub>2</sub> S <sub>8</sub>	عدد تأكسد ذرة العنصر الحر يساوي صفرًا، سواء وُجِدَ على شكل ذرات أو جزيئات.  Fe   H <sub>2</sub> Na   P <sub>4</sub> S <sub>8</sub> 0   0   0   0   0	1
+2 -1	Cu <sup>2+</sup> Br <sup>-</sup>	عدد تأكسد الأيون أحادي الذرة يساوي شحنة هذا الأيون.	2
+1 +2 +3	Li في Li <sub>2</sub> O Ca في CaO Al في AlF <sub>3</sub>	عدد تأكسد عناصر المجموعة الأولى IA وعناصر المجموعة الثانية IIA وعنصر الألمنيوم في جميع مركباتها يساوي: +1، +2، +3 على الترتيب.	3
Li <sup>+</sup> Na <sup>+</sup> K <sup>+</sup> Rb <sup>+</sup> +1   +1   +1   +1		Cs <sup>+</sup> Mg <sup>2+</sup> Ca <sup>2+</sup> Sr <sup>2+</sup> Ba <sup>2+</sup> Ra <sup>2+</sup> +1   +2   +2   +2   +2   +2	
+1 -1 -1	H في HF H في NaH H في BaH <sub>2</sub>	عدد تأكسد الهيدروجين في معظم مركباته (+1)، ما عدا عندما يرتبط مع الفلزات مكونًا هيدريد الفلز، فيكون حينئذ (-1).	4
		H <sub>2</sub> O   HNO <sub>3</sub> Ca(OH) <sub>2</sub> CaH <sub>2</sub> 1+   1+   1+   1-	
-2 -1 +2	O في H <sub>2</sub> O O في K <sub>2</sub> O <sub>2</sub> O في OF <sub>2</sub>	عدد تأكسد الأكسجين في معظم مركباته (-2)، ما عدا فوق الأكاسيد، فيكون حينئذ (-1)، وعندما يرتبط مع الفلور يكون موجبًا.	5
		H <sub>2</sub> O   KClO <sub>3</sub> PbO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> BaO <sub>2</sub> OF <sub>2</sub> 2-   2-   2-   1-   1-   +2	
-1 -1 +1 +3	F في NaF I في KI Cl في ClF Br في HBrO <sub>2</sub>	عدد تأكسد الفلور في جميع مركباته يساوي (-1)، وعدد تأكسد الهالوجينات Cl، Br، I في معظم مركباتها يساوي (-1)، أما إذا ارتبط أي منها مع الأكسجين أو مع هالوجين سالبته الكهربائية أعلى فيكون عدد تأكسده موجبًا.	6
		NaCl   FeBr <sub>2</sub> GaI <sub>3</sub> 1-   1-   1-	
		مجموع أعداد التأكسد لجميع ذرات أو أيونات العناصر المكوّنة للمركب المتعادل يساوي صفرًا.	7
		مجموع أعداد التأكسد لجميع ذرات العناصر المكوّنة لأيون متعدد الذرات يساوي شحنة هذا الأيون.	8

خطوات سريعة لإيجاد عدد التأكسد باستخدام القواعد السابقة:

كيف تبدأ حل المسألة، ابدأ بهذه العناصر:

(1) الفلور  $F = -1$

(2) فلزات المجموعة الأولى والثانية والألمنيوم  $1A = +1 / 2A = +2 / Al = +3$

(3) الهيدروجين

(4) الأكسجين

(5) الهالوجينات الأخرى غير الفلور

سنفق على مختصرات لتسهيل الحل، فعدد التأكسد Oxidation Number المعروف حسب القواعد سنكتبه مضروباً بعدد ذرات نفس العنصر، والعنصر مجهول عدد التأكسد نضع رمزه مضروباً بعدد ذراته، نجمع كل ذلك ونساويه بشحنة المركب سواء كانت صفر أو كانت عليه شحنة سالبة أو موجبة لنحسب عدد التأكسد للعنصر غير المعروف، أو نطبق أسلوب الكتاب

مثال: مركب  $CH_4$  الماء وإيجاد شحنة الكربون

الطريقة المختصرة في كتابة الرموز:  $(C \times 1) + (+1 \times 4) = 0$

$C + 4 = 0$

$C = -4$

أسلوب الكتاب:  $(n_{oxid\ C} \times n_{C\ atoms}) + (n_{oxid\ H} \times n_{H\ atoms}) = 0$

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

$n_{oxid\ C} = -4$

حيث أن  $n_{oxid}$  هو عدد التأكسد و  $n_{atoms}$  هو عدد الذرات

مثال (2) ص 79: أحدد عدد التأكسد لذرة الكبريت في المركبات أو الأيونات الآتية:

$HS^-$	$Na_2SO_4$	$SO_2$
نطبق قاعدة 4 للهيدروجين فعدد تأكسده $+1 =$ وقاعدة 8 لأنه أيون متعدد الذرات فمجموع أعداد التأكسد $-1 =$	نطبق قاعدة 3 للصوديوم فعدد تأكسده $+1 =$ نطبق قاعدة 5 للأكسجين فعدد تأكسده $-2 =$ وقاعدة 7 لأنه مركب متعادل فمجموع أعداد التأكسد $0 =$	نطبق قاعدة 5 للأكسجين فعدد تأكسده $-2 =$ وقاعدة 7 لأنه مركب متعادل فمجموع أعداد التأكسد $0 =$
$(+1 \times 1) + (S \times 1) = -1$ $S = -2$	$(+1 \times 2) + (S \times 1) + (-2 \times 4) = 0$ $S = +6$	$(S \times 1) + (-2 \times 2) = 0$ $S = +4$

كيماشيك (سهل): ما عدد تأكسد الهيدروجين في هذا الهيدريد  $LiAlH_4$ ؟

فائدة: قس على هذا السؤال هيدريدات الفلزات أو أشباه الفلزات مثل هذا أيضاً:  $LiBH_4$  وأي مركب يكون فيه الهيدروجين مرتبطاً بشبه فلز أو فلز فهو هيدريد، لأن الهيدروجين أعلى كهروسالبية تذكر اللافلزات لتمييز غيرها: الهالوجينات، الأكسجين، النيتروجين، الكبريت، الفسفور، السيلينيوم، الكربون

مثال (3) ص 80: أحدد عدد التأكسد لذرة العنصر الذي تحته خط في المركبات أو الأيونات

الآتية:

$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	$\text{KMnO}_4$
نطبق قاعدة 5 للأكسجين فعدد تأكسده = -2 وقاعدة 8 لأنه أيون متعدد الذرات فمجموع أعداد التأكسد = -2	نطبق قاعدة 3 للبوتاسيوم فعدد تأكسده = +1 وقاعدة 5 للأكسجين فعدد تأكسده = -2 وقاعدة 7 لأنه مركب متعادل فمجموع أعداد التأكسد = 0
$(\text{Cr} \times 2) + (-2 \times 7) = -2$ $\text{Cr} = +6$	$(+1 \times 1) + (\text{Mn} \times 1) + (-2 \times 4) = 0$ $\text{Mn} = +7$
$\text{NH}_4^+$	$\text{CaO}_2$
نطبق قاعدة 4 للهيدروجين فعدد تأكسده = +1 وقاعدة 8 لأنه أيون متعدد الذرات فمجموع أعداد التأكسد = +1	نطبق قاعدة 3 للكالسيوم فعدد تأكسده = +2 وقاعدة 7 لأنه مركب متعادل فمجموع أعداد التأكسد = 0
$(\text{N} \times 1) + (+1 \times 4) = +1$ $\text{N} = -3$	$(+2 \times 1) + (0 \times 2) = 0$ $0 = -1$
	لاحظ أن هذا المركب فوق أكسيد

أتحقق ص 81: أحدد عدد التأكسد لذرة العنصر الذي تحته خط في المركبات أو الأيونات

الآتية:

المادة	أعداد التأكسد المعلومة	حساب عدد التأكسد لغير المعلوم
$\text{H}_3\text{IO}_6^{2-}$	الهيدروجين = +1 الأكسجين = -2 شحنة الأيون = -2	$(+1 \times 3) + (\text{I} \times 1) + (-2 \times 6) = -2$ $\text{I} = +7$
$\text{HClO}_4$	الهيدروجين = +1 الأكسجين = -2 شحنة المركب = 0	$(+1 \times 1) + (\text{Cl} \times 1) + (-2 \times 4) = 0$ $\text{Cl} = +7$
$\text{FeCl}_3$	الكلور = -1 في المركب أيوني شحنة المركب = 0	$(\text{Fe} \times 1) + (-1 \times 3) = 0$ $\text{Fe} = +3$
$\text{AlH}_3$	الألمنيوم = +3 شحنة المركب = 0	$(+3 \times 1) + (\text{H} \times 3) = 0$ $\text{H} = -1$
$\text{PO}_4^{3-}$	الأكسجين = -2 شحنة الأيون = -3	$(\text{P} \times 1) + (-2 \times 4) = -3$ $\text{P} = +5$
$\text{Cr}(\text{OH})_3$	الهيدروجين = +1 الأكسجين = -2 شحنة المركب = 0	$(\text{Cr} \times 1) + (-2 \times 3) + (+1 \times 3) = 0$ $\text{Cr} = +3$
$\text{P}_4$	شحنة الجزيء = 0	$\text{P} \times 4 = 0$ $\text{P} = 0$
		من البداية هو عنصر حر عدد تأكسده = 0



## ورقة عمل 2: عدد التأكسد

تدريب (1): عدد التأكسد As في مركب  $\text{NaAsO}_3$ :

+2	-2	+1	-1
+5	-4	+4	-3

تدريب (2): عدد التأكسد S في مركب  $\text{KHSO}_4$ :

-4	-2	-6	-1
+6	-4	+5	-3

تدريب (3): عدد تأكسد N يساوي +5 في مركب:

$\text{N}_2$	-2	$\text{NH}_4^+$	-1
$\text{N}_2\text{O}_5$	-4	$\text{NH}_3$	-3

تدريب (4): أعلى عدد تأكسد للكلور Cl سيكون في المجموعة الأيونية:

$\text{ClO}_3^-$	-2	$\text{ClO}_4^-$	-1
$\text{ClO}^-$	-4	$\text{ClO}_2^-$	-3

تدريب (5): احسب أعداد تأكسد Sb في مركباته الآتية:



تنبيه: تذكر اللافلزات لتمييز أن  $\text{SbH}_3$  هيدريد وأن الهيدروجين كهروسالبية أعلى

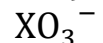
تدريب (6): احسب أعداد تأكسد P في ما يأتي:



✍ تدريب (7): احسب أعداد التأكسد للعناصر المحددة:

	$N_2O_5$		$NaCl$
	$HClO$		$ClO^-$
	$CH_4$		$BaO_2$
	$CaH_2$		$CO_2$
	$I_2$		$CO$
	$SnCl_4$		$F_2O$
	$Na_2O$		$F_2O_2$
	$SO_2$		$Li_2O_2$
	$HF$		$CuBr$
	$LiH$		$FeO$
	$Cr_2O_7^{2-}$		$NO_3^-$
	$HNO_3$		$NO_2^-$

✍ تدريب (8): X عنصر مجهول، احسب أعداد تأكسده في ما يأتي:



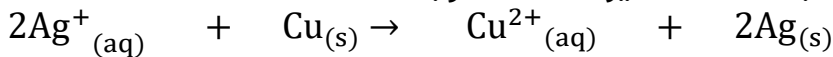
## التغير في أعداد التأكسد

❓ ما فائدة حساب أعداد التأكسد؟

من الحساب سُميَ الذرات أو الأيونات التي تأكسدت أو اختزلت في التفاعل  
شرح مثال الكتاب ص81: يتفاعل النحاس مع محلول نترات الفضة مكوناً محلول نترات  
النحاس وتترسب الفضة:



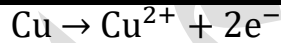
المعادلة الأيونية بعد حذف الأيونات المتفرجة



✓ ينقص عدد تأكسد أيون الفضة من +1 ← 0

✓ يزداد عدد تأكسد ذرة النحاس من 0 ← +2

النقصان في عدد التأكسد دليل على حدوث الاختزال (اكتساب إلكترونات)، والزيادة في عدد التأكسد دليل على حدوث التأكسد (فقدان إلكترونات). فنقول: تأكسدت ذرات النحاس، واختزلت أيونات الفضة



نصف تفاعل التأكسد:

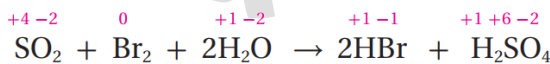
نصف تفاعل الاختزال:

عدد الإلكترونات المفقودة = عدد الإلكترونات المكتسبة

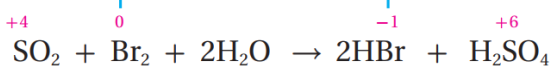
★ خطوات تحديد الذرات التي تأكسدت واختزلت باستخدام التغير في عدد التأكسد:

- 1- تحديد أعداد التأكسد لجميع الذرات أو الأيونات في المواد المتفاعلة والنتيجة
- 2- تحديد التغير في عدد التأكسد
- 3- نطبق العلاقة: قل اختزل، زاد تأكسد
- 4- لا يهمنا موازنة المعادلة لحساب أعداد التأكسد أو تحديد التغير فيها

❓ مثال (4) ص82: أحدد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت في التفاعل الآتي:



نقصان عدد تأكسد Br من 0 إلى -1 / اختزال



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

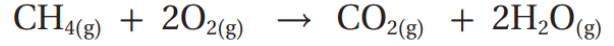
قل بمقدار 1 لكل ذرة اختزلت ذرات البروم في  $\text{Br}_2$

زاد بمقدار 2، تأكسدت ذرات الكبريت في  $\text{SO}_2$

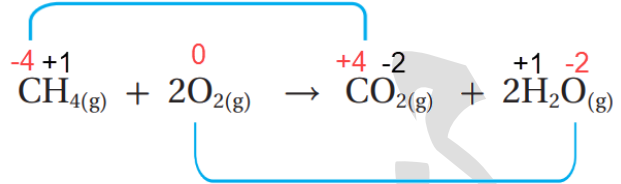
أما الأكسجين والهيدروجين فلم يتغيرا

👤 **أتحقق ص 82:** أحدد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت اعتماداً على التغير في أعداد التأكسد في التفاعلات الآتية:

(1)

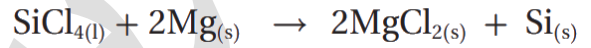


زيادة عدد تأكسد C من -4 إلى +4 / تأكسد

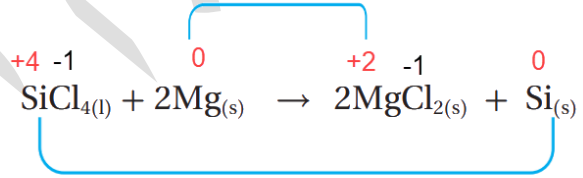


نقصان عدد تأكسد O من 0 إلى -2 / اختزال

(2)



زيادة عدد تأكسد Mg من 0 إلى +2 / تأكسد



نقصان عدد تأكسد Si من +4 إلى 0 / اختزال

التأكسد (زيادة في عدد التأكسد)

الاختزال (نقصان في عدد التأكسد)

📝 **فائدة:** في السؤال السابق فرع (1) مقدار التغير في عدد التأكسد

للكربون يساوي الفرق بين الأكبر (+4) والأصغر (-4) = 8

👤 **كيماشيك حاول أن تفكر فيه:**

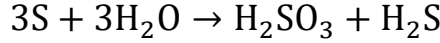
أعلى تغير في عدد التأكسد لذرة ما سيكون في التفاعل:

$\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	(a)
$\text{H}_2\text{S} + 4\text{F}_2 \rightarrow 2\text{HF} + \text{SF}_6$	(b)
$\text{Cl}_2 + 2\text{KOH} \rightarrow \text{KCl} + \text{KOC} + \text{H}_2\text{O}$	(c)
$\text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{F}_2 \rightarrow \text{KClO}_4 + 2\text{HF}$	(d)

ملاحظة: إجابات الكيماشيك تكون ضمن شرح المادة على اليوتيوب

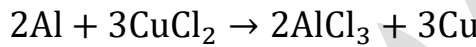
## تدريبات محلولة

✍ تدريب (1) : حدد الذرات التي تأكسدت واختزلت باستخدام التغير في عدد التأكسد وتلك التي لم تتغير:



**الحل:**

تأكسد الكبريت S لأنه زاد عدد تأكسده من 0 في S إلى +4 في  $H_2SO_3$   
اختزل الكبريت S لأنه قل عدد تأكسده من 0 في S إلى -2 في  $H_2S$   
عدد تأكسد الهيدروجين والأكسجين لم يتغير في التفاعل  
ملاحظة: سندرس هذا النوع من التفاعلات لاحقاً، نفس الذرة تتأكسد وتختزل في التفاعل نفسه



**الحل:**

تأكسد الألمنيوم Al لأنه زاد عدد تأكسده من 0 في Al إلى +3 في  $AlCl_3$   
اختزل النحاس Cu لأنه قل عدد تأكسده من +2 في  $CuCl_2$  إلى 0 في Cu  
عدد تأكسد الكلور لم يتغير في التفاعل

✍ تدريب (2) : حدد نصف التفاعل الذي تأكسدت فيه ذرات النيتروجين N:

$N_2O_4 \rightarrow NO$	(a)
$NO \rightarrow N_2$	(b)
$N_2 \rightarrow NO_2$	(c)
$NO_3^- \rightarrow N_2O_4$	(d)

**الحل: (c)**

لا يهمننا المعادلة الموزونة لتحديد الذي تأكسد أو اختزل، وفي الحصة القادمة سنتعلم موازنة تلك التفاعلات بالتفصيل.

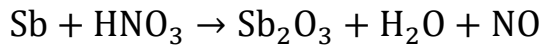
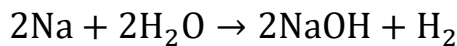
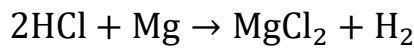
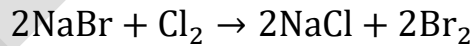
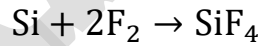
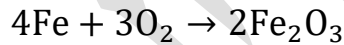
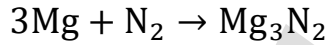
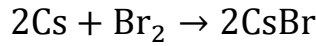
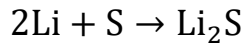
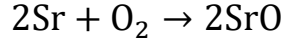
✍ تدريب (3) : إذا تأكسد كبريتيد الهيدروجين  $H_2S$  وأنتج حمض الكبريتيك  $H_2SO_4$  فإن مقدار التغير في عدد تأكسد الكبريت هو:

6	(b)	2	(a)
8	(d)	4	(c)

**الحل: (d) نطرح الصغير من الكبير  $+6 - (-2) = 8$**

## ورقة عمل 3: التغير في عدد التأكسد

تدريب: حدد الذرات أو الأيونات التي تأكسدت واختزلت باستخدام التغير في عدد التأكسد:

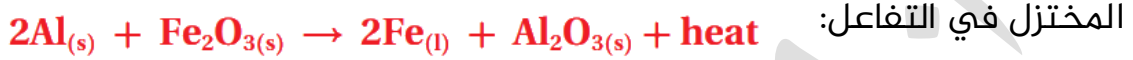




## ★ خطوات تحديد العامل المؤكسد والعامل المختزل:

- 1- تحديد أعداد التأكسد لجميع الذرات أو الأيونات في المواد المتفاعلة والنتيجة
- 2- تحديد التغير في عدد التأكسد
- 3- نطبق العلاقة: قل اختزل، زاد تأكسد
- 4- المادة المتفاعلة التي تأكسدت ذراتها أو أيوناتها هي العامل المختزل
- 5- المادة المتفاعلة التي اختزلت ذراتها أو أيوناتها هي العامل المؤكسد

مثال (5) ص 83: يعد تفاعل التيرمايت أحد تفاعلات التأكسد والاختزال المهمة حيث يتفاعل الألمنيوم مع أكسيد الحديد (III) لتكوين أكسيد الألمنيوم والحديد وكمية كبيرة من الطاقة كافية لصهر الحديد الناتج، حسب المعادلة، حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل:

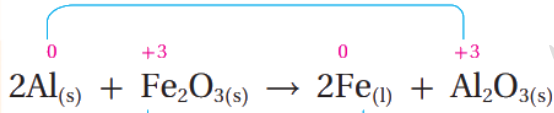


قل، اختزل: أيونات الحديد حدث لها اختزال لذا أكسيد الحديد هو العامل المؤكسد

زاد، تأكسد: ذرات الألمنيوم حدث لها تأكسد لذا الألمنيوم Al هو العامل المختزل

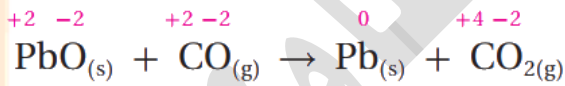
فنقول:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  أكسد ذرات الألمنيوم و  $\text{Al}$  اختزل أيونات الحديد أما الأكسجين فلم يحدث عليه تغير

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

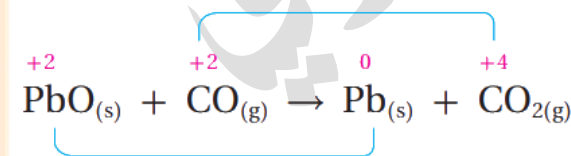


نقصان عدد تأكسد Fe من +3 إلى 0 / اختزال

## مثال (6) ص 84: أعدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي:



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



نقصان عدد تأكسد Pb من +2 إلى 0 / اختزال

قل، اختزل: أيونات الرصاص حدث لها اختزال لذا أكسيد الرصاص هو العامل المؤكسد

زاد، تأكسد: ذرات الكربون حدث لها تأكسد لذا CO هو العامل المختزل

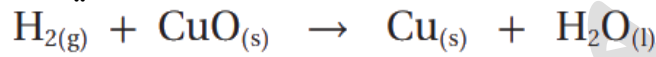
فنقول:  $\text{PbO}$  أكسد ذرات الكربون و CO اختزل أيونات الرصاص

أما الأكسجين فلم يحدث عليه تغير

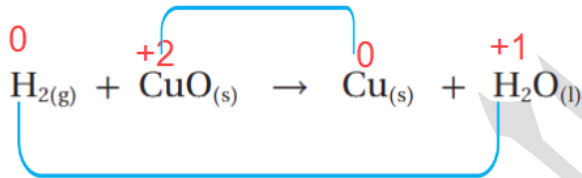
أتحقق ص 84: هل يحتاج حدوث التحولات الآتية إلى عامل مؤكسد أم عامل مختزل؟ أفسر

أ	$I_2 \rightarrow 2I^-$	يحتاج عامل مختزل	$I_2$ عامل مؤكسد لأنه اختزل حيث عدد تأكسد I نقص من $0 \rightarrow -1$
ب	$Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+}$	يحتاج عامل مؤكسد	$Sn^{2+}$ عامل مختزل لأنه تأكسد حيث عدد تأكسد Sn زاد من $+2 \rightarrow +4$
ج	$Mn^{2+} \rightarrow MnO_2$	يحتاج عامل مؤكسد	$Mn^{2+}$ عامل مختزل لأنه تأكسد حيث عدد تأكسد Mn زاد من $+2 \rightarrow +4$

أتحقق ص 84 (2): أحدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي:



نقصان عدد تأكسد Cu من 0 إلى +2 / اختزال



زيادة عدد تأكسد H من 0 إلى +1 / تأكسد

قل، اختزل: أيونات النحاس حدث لها اختزال

لذا أكسيد النحاس CuO هو العامل المؤكسد

زاد، تأكسد: ذرات الهيدروجين حدث لها

تأكسد لذا  $H_2$  هو العامل المختزل

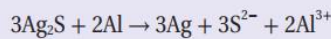
فنقول: CuO أكسد ذرات الهيدروجين

و  $H_2$  اختزل أيونات النحاس

أما الأكسجين فلم يحدث عليه تغير

## الربط مع الحياة

تتعرض القطع الفضية للسواد مع الزمن بسبب تكوّن مادة كبريتيد الفضة  $Ag_2S$  على سطحها الخارجي. ويمكن إزالة هذه الطبقة بوضع هذه القطع الفضية بورق من الألمنيوم في وعاء يحتوي على محلول كربونات الصوديوم وملح الطعام وتسخينه، فتتأكسد ذرات الألمنيوم وتختزل أيونات الفضة حسب المعادلة:



فتستعيد القطع الفضية لمعانها وبريقها.



تذكر: في التفاعل هناك فرق بين من وقع عليه الاختزال والتأكسد، وبين العوامل، فالعوامل هي المواد

المتفاعلة بينما من تأكسد واختزل هو ذرات أو أيونات تلك المواد التي تغير عدد تأكسدها

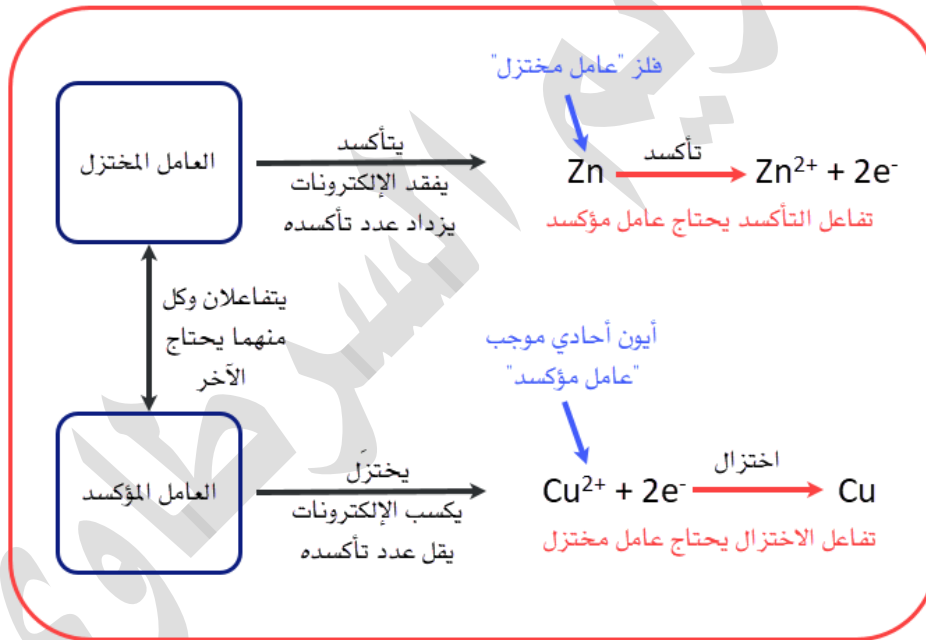
كيماشيك حاول أن تفكر فيه: حدّد العوامل المؤكسدة من المختزلة في ما يأتي:

	CaH <sub>2</sub>
	Cs
	NaClO <sub>4</sub>
	Ni <sup>2+</sup>
	F <sub>2</sub>

مساعدة: تذكر الجدول المصنّف لعوامل مؤكسدة ومختزلة شائعة، فإذا رأيت مركباً فابحث في طبيعة ذراته، إجابة الكيماشيك ستكون خلال شرح هذه الفكرة على اليوتيوب

تذكر الخريطة المفاهيمية ومختصرات شائعة لتمييز العامل المؤكسد من المختزل:

**المؤكسد: موجب جزئي، والمختزل: سالب فلز**



ستتعلم لاحقاً أن العامل المختزل هو المصعد (قطب الأنود) والعامل المؤكسد هو المهبط (قطب الكاثود)

## تدريبات محلولة

✍ تدريب (1): حدد العامل المؤكسد والمختزل مما يلي:  
 $Cl^-$  ,  $H^+$  ,  $H^-$  ,  $Mg$  ,  $O_2$  ,  $Cl_2$  ,  $Ca^{2+}$  ,  $Ag$

**الحل:**

(المؤكسد: موجب جزئي)، يعني أيون أحادي موجب، أو جزيئات عناصر حرة  
 $H^+$  ,  $O_2$  ,  $Cl_2$  ,  $Ca^{2+}$

(المختزل: سالب فلز)، يعني أيون أحادي سالب، أو فلزات  
 $Cl^-$  ,  $H^-$  ,  $Mg$  ,  $Ag$

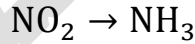
✍ تدريب (2): من خلال أنصاف التفاعلات الآتية، حدّد هل يحتاج حدوث التحول إلى عامل مؤكسد أم عامل مختزل؟

**استراتيجية الحل السريع:**

نحدد نوع نصف التفاعل، فإذا كان اختزالاً فهو يحتاج عاملاً مختزلاً وإن كان تأكسداً فهو يحتاج عاملاً مؤكسداً



تغير عدد تأكسد الكبريت S من -2 إلى 0 ، زاد عدد التأكسد فهذا نصف تفاعل تأكسد ويحتاج عامل مؤكسد



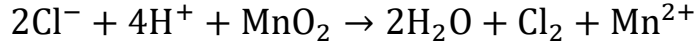
تغير عدد تأكسد النيتروجين N من +4 إلى -3 ، قل عدد التأكسد فهذا نصف تفاعل اختزال ويحتاج عامل مختزل

**ملاحظة:** معادلات التأكسد والاختزال أو أنصاف تلك التفاعلات قد تجدها غير موزونة، وكل ذلك

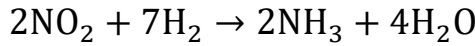
ستتعلمه في الدروس القادمة

## ورقة عمل 4: العامل المؤكسد والعامل المختزل

✍ تدريب (1): حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي:



✍ تدريب (2): في التفاعل الآتي، هل  $\text{H}_2$  عامل مؤكسد أم عامل مختزل؟ فسر إجابتك

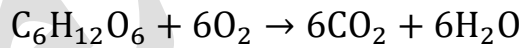


مساعدة: لديك مركبان في النواتج فيهما  $\text{H}$ ، اختر المركب الذي لا يتعلق بالعنصر الآخر  $\text{N}$  في عملية التأكسد والاختزال

✍ تدريب (3): حدّد العامل المؤكسد في هذا التفاعل:



✍ تدريب (4): حدّد العامل المختزل في هذا التفاعل:



✍ تدريب (5): في تفاعل تأكسد واختزال فيها المادتان A و B بحيث A فقدت الإلكترونات و

B اكتسبت تلك الإلكترونات؟ فأيهما العامل المؤكسد و أيها العامل المختزل؟

✍ تدريب (6) فكرة خارجية: إذا علمت أن التفاعلات تُفضّل العامل المؤكسد الذي فيه عنصر

له أعلى عدد تأكسد (عامل مؤكسد قوي)، وتُفضّل العامل المختزل الذي فيه عنصر له أقل

عدد تأكسد (عامل مختزل قوي)، فمن خلال المواد الآتية التي فيها نيتروجين، حدد

الأفضل كعامل مؤكسد والأفضل كعامل مختزل بالنظر إلى عدد تأكسد N

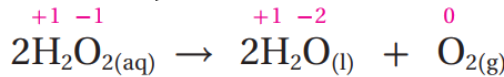


## التأكسد والاختزال الذاتي

★ في بعض تفاعلات التأكسد والاختزال تسلك المادة نفسها كعامل مختزل وكعامل مؤكسد في التفاعل نفسه، فنسمي التفاعل: تفاعل تأكسد واختزال ذاتي  
❓ ما المقصود بتفاعل التأكسد والاختزال الذاتي؟

سلوك المادة كعامل مؤكسد وعامل مختزل في التفاعل نفسه

❓ شرح مثال ص85: يتحلل فوق أكسيد الهيدروجين إلى الماء والأكسجين حسب المعادلة:



لم يتغير عدد تأكسد الهيدروجين على الطرفين بينما

قل عدد تأكسد 0 من -1 في  $\text{H}_2\text{O}_2$  ← -2 في  $\text{H}_2\text{O}$

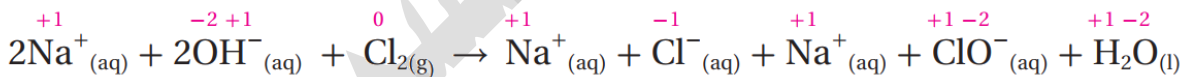
زاد عدد تأكسد 0 من -1 في  $\text{H}_2\text{O}_2$  ← 0 في  $\text{O}_2$

لأن التأكسد والاختزال حدثا لنفس العنصر في نفس المركب  $\text{H}_2\text{O}_2$  فهذا التفاعل تأكسد واختزال ذاتي، وهذا المركب  $\text{H}_2\text{O}_2$  هو عامل مؤكسد وعامل مختزل في الوقت نفسه

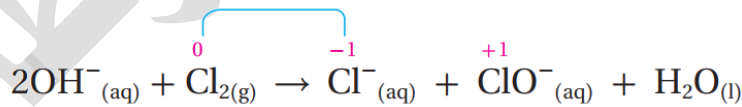
❓ مثال (7) ص85: يتفاعل الكلور مع محلول هيدروكسيد الصوديوم البارد حسب المعادلة الكيميائية الآتية:



أبين لماذا يُعد التفاعل أعلاه مثلاً على تفاعلات التأكسد والاختزال الذاتي



قل عدد تأكسد الكلور من (صفر ← -1) / اختزال



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

أيون الصوديوم أيون متفرج دخل وخرج من التفاعل دون أن يطرأ عليه أي تغير فنحذفه من التفاعل ثم نحدد التغير في أعداد التأكسد لباقي العناصر الهيدروجين والأكسجين لم تتغير أعداد تأكسدهما

قل عدد تأكسد ذرة الكلور الأولى Cl من 0 في  $\text{Cl}_2$  ← -1 في  $\text{Cl}^-$

زاد عدد تأكسد ذرة الكلور الثانية Cl من 0 في  $\text{Cl}_2$  ← +1 في  $\text{ClO}^-$

لأن التأكسد والاختزال حدثا لنفس العنصر في نفس المركب  $\text{Cl}_2$  فهذا التفاعل تأكسد واختزال ذاتي، ونعتبر  $\text{Cl}_2$  عامل مؤكسد وعامل مختزل في الوقت نفسه

❓ تعزيز: العامل المؤكسد والمختزل في وقت واحد لعنصره ثلاث أعداد تأكسد مختلفة

أتحقق ص86: أعدد المعادلات التي تمثل تفاعل تأكسد واختزال ذاتي:

(1)



نحدد التغير في أعداد التأكسد  
زاد عدد تأكسد Cl من (+5 ← +7) / تأكسد



قل عدد تأكسد Cl من (+5 ← +3) / اختزال

الأكسجين لم يتغير عدد تأكسده

قل عدد تأكسد ذرة الكلور الأولى Cl من +5 في  $\text{ClO}_3^-$  ← +3 في  $\text{ClO}_2^-$

زاد عدد تأكسد ذرة الكلور الثانية Cl من +5 في  $\text{ClO}_3^-$  ← +7 في  $\text{ClO}_4^-$

هذا تفاعل تأكسد واختزال ذاتي، و  $\text{ClO}_3^-$  عامل مؤكسد وعامل مختزل

(2)



هذا نصف تفاعل اختزال، ولا يشمل التفاعل الكلي للتأكسد والاختزال، فالإلكترونات مكتسبة في التفاعل

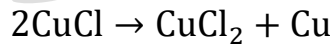
أيضا الكبريت تغير عدد تأكسده من +6 ← +4

قل عدد تأكسده فهو اختزال

وباقى العناصر لم تتغير أعدادها

هذا التفاعل ليس تفاعل تأكسد واختزال ذاتي

(3)



نحدد التغير في أعداد التأكسد

زاد عدد تأكسد Cu من (+1 ← +2) / تأكسد



قل عدد تأكسد Cu من (+1 ← 0) / اختزال

أيون الكلور أيون متفرج لم يطرأ عليه تغيير، ويمكن حذفه من معادلة التأكسد والاختزال

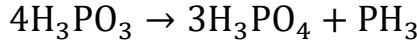
قل عدد تأكسد ذرة النحاس الأولى Cu من +1 في  $\text{CuCl}$  ← +2 في  $\text{CuCl}_2$

زاد عدد تأكسد ذرة النحاس الثانية Cu من +1 في  $\text{CuCl}$  ← 0 في Cu

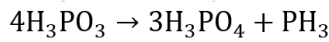
هذا تفاعل تأكسد واختزال ذاتي، و  $\text{CuCl}$  عامل مؤكسد وعامل مختزل

## تدريبات محلولة

٤٨ تدريب (1): حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعلات الآتية، وبين ما إذا كان التفاعل تأكسد واختزال ذاتي أم لا؟



زاد عدد تأكسد P من (+3 ← +5) / تأكسد



قلَّ عدد تأكسد P من (+3 ← -3) / اختزال

أعداد تأكسد الهيدروجين والأكسجين لم تتغير، فقط تغير عدد تأكسد الفسفور  
العامل المؤكسد:  $\text{H}_3\text{PO}_3$  العامل المختزل:  $\text{H}_3\text{PO}_3$   
التفاعل نوعه تفاعل تأكسد واختزال ذاتي



زاد عدد تأكسد C من (+2 ← +4) / تأكسد

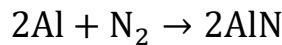
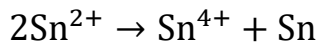
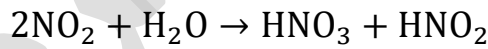
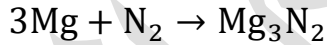
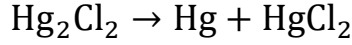


قلَّ عدد تأكسد C من (+2 ← 0) / اختزال

عدد تأكسد الأكسجين لم يتغير، وتغير فقط الكربون  
العامل المؤكسد: CO العامل المختزل: CO  
التفاعل نوعه تفاعل تأكسد واختزال ذاتي

## ورقة عمل 5: التأكسد والاختزال الذاتي

تدريب: حدد تفاعلات التأكسد والاختزال الذاتي مع التوضيح



## موازنة معادلات التأكسد والاختزال

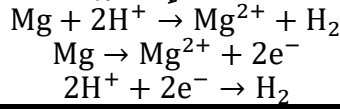
★ تحقق معادلات التأكسد والاختزال الموزونة:

1- قانون حفظ الكتلة: أنواع وأعداد الذرات متماثلة في النواتج والمتفاعلات  

$$\text{Mg} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{H}_2$$

نوع الذرات في التفاعل: مغنيسيوم وهيدروجين، متوفر على الطرفين، وعددهما متساوي

2- قانون حفظ الشحنة: مجموع شحنات المتفاعلات = مجموع شحنات النواتج والشحنة تتساوى على الطرفين عندما الإلكترونات متساوية في أنصاف التفاعلات



★ استراتيجية وزن معادلات الأكسدة والاختزال بطريقة نصف التفاعل [أيون - إلكترون]

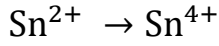
### طبق الاستراتيجية



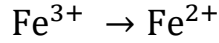
مثال (8) ص 86: أوازن معادلة التأكسد والاختزال الآتية بطريقة نصف التفاعل:



الحل: ألاحظ نفس المواد على الطرفين ولم يذكر لي أنها في وسط حمضي أو قاعدي لذا  
أطبق الاستراتيجية البسيطة



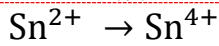
أقسم المعادلة إلى نصفي تفاعل حسب كل مادة



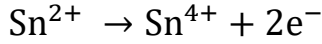
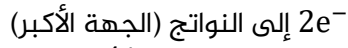
ألاحظ أنه زاد عدد تأكسد Sn وقل عدد تأكسد Fe

موزونة

أوازن الذرات في كل نصف تفاعل



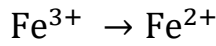
فرق الشحنات بين الطرفين (2) إذًا نجمع



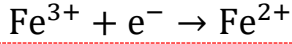
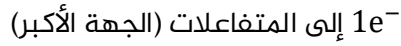
أوازن الشحنات حتى يكون متساويًا على الطرفين وذلك

بإضافة عدد إلكترونات إلى طرف الشحنة الأكبر بمقدار الفرق

بين شحنات الطرفين

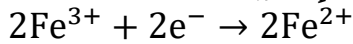


فرق الشحنات بين الطرفين (1) إذًا نجمع



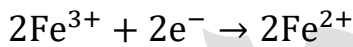
نضرب نصف تفاعل الاختزال بـ 2 حتى

تتساوى الإلكترونات

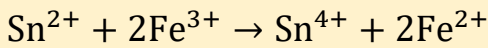


أتأكد من مساواة الإلكترونات في أنصاف التفاعلات حتى تكون

الإلكترونات المفقودة = الإلكترونات المكتسبة



أجمع نصفي التفاعل وأحذف الإلكترونات



المعادلة الكلية (النهائية) للتأكسد والاختزال

نلاحظ أن هذه الموازنة بسيطة فالمواد المتفاعلة ظاهرة أيضاً في النواتج، فإذا لم تظهر

كل المواد فإننا سنستخدم الاستراتيجية الطويلة، بالعادة تفاعلات التأكسد والاختزال

تحدث في وسط حمضي أو قاعدي (محاليل مائية)، وقد تم كتابة المعادلة بالاستغناء

عن:

1- جزيئات الماء لأن المحلول مائي والماء مذيب

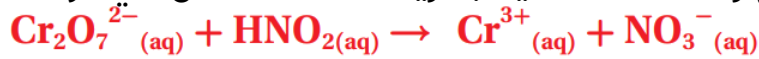
2- أيونات الهيدروجين (الخاصة بالحمض)

3- أو أيونات الهيدروكسيد (الخاصة بالقاعدة)

فحتى نوازن المعادلة سنعيد تلك المواد أو نظهرها من جديد في المعادلة الكيميائية

فتظهر أعداد الذرات بشكل منضبط كما هو موضح في استراتيجية الموازنة

مثال (9) ص 88: أوازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في الوسط الحمضي:

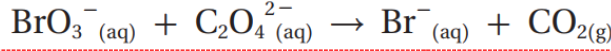


الحل: ألاحظ أن هناك نقص في المواد على الطرفين، لا يوجد أكسجين وهيدروجين بشكل موزون، والتفاعل في وسط حمضي، إذاً نطبق الاستراتيجية الطويلة

$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow \text{Cr}^{3+}$ $\text{HNO}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$	أقسم المعادلة إلى نصفي تفاعل حسب كل مادة ووجودها على الطرفين
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}$ $\text{HNO}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$	أوازن الذرات في كل نصف تفاعل، ما عدا الأكسجين والهيدروجين
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}$ <p>فرق الأكسجين بين الطرفين 7، نضيف 7 جزيئات ماء إلى النواتج</p> $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ $\text{HNO}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$ <p>فرق الأكسجين بين الطرفين 1، نضيف 1 جزيء ماء إلى المتفاعلات</p> $\text{H}_2\text{O} + \text{HNO}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$	أوازن الأكسجين في كل نصف تفاعل، بإضافة جزيئات ماء بعدد الفرق بين ذرات الأكسجين على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل أكسجين
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ <p>فرق الهيدروجين بين الطرفين 14، نضيف 14 أيون هيدروجين إلى المتفاعلات</p> $14\text{H}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{O} + \text{HNO}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$ <p>فرق الهيدروجين بين الطرفين 3، نضيف 3 أيون هيدروجين إلى النواتج</p> $\text{H}_2\text{O} + \text{HNO}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + 3\text{H}^+$	أوازن الهيدروجين في كل نصف تفاعل، بإضافة أيونات هيدروجين بعدد الفرق بين الذرات على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل هيدروجين
$14\text{H}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ <p>فرق الشحنات بين الطرفين (6) إذاً نجتمع <math>6e^-</math> إلى المتفاعلات</p> $14\text{H}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6e^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{O} + \text{HNO}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + 3\text{H}^+$ <p>فرق الشحنات بين الطرفين (2) إذاً نجتمع <math>2e^-</math> إلى النواتج</p> $\text{H}_2\text{O} + \text{HNO}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + 3\text{H}^+ + 2e^-$	أوازن الشحنات بإضافة عدد من الإلكترونات إلى طرف المعادلة الذي يكون فيه المجموع الجبري أكبر، حتى يتساوى المجموع على الطرفين
$14\text{H}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6e^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ $3\text{H}_2\text{O} + 3\text{HNO}_2 \rightarrow 3\text{NO}_3^- + 9\text{H}^+ + 6e^-$ <p>نختصر جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين</p>	أتأكد من مساواة الإلكترونات في أنصاف التفاعلات حتى تكون الإلكترونات المفقودة = الإلكترونات المكتسبة، فنضرب الثاني بـ 3
$5\text{H}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3\text{HNO}_2 \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 3\text{NO}_3^- + 4\text{H}_2\text{O}$	أجمع نصفي التفاعل وأحذف الإلكترونات وأختصر المعادلة الكلية (النهائية) للتأكسد والاختزال

أتحقق (1) ص 89: أوازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في الوسط الحمضي ثم

أحدد العامل المؤكسد والعامل المختزل

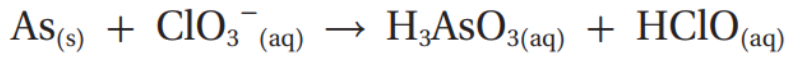


$\text{BrO}_3^- \rightarrow \text{Br}^-$ $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow \text{CO}_2$	<p>أقسم المعادلة إلى نصفي تفاعل حسب كل مادة ووجودها على الطرفين</p>
$\text{BrO}_3^- \rightarrow \text{Br}^-$ $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2\text{CO}_2$	<p>أوازن الذرات في كل نصف تفاعل، ما عدا الأكسجين والهيدروجين</p>
$\text{BrO}_3^- \rightarrow \text{Br}^-$ <p>فرق الأكسجين بين الطرفين 3، نضيف 3 جزيئات ماء إلى النواتج</p> $\text{BrO}_3^- \rightarrow \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2\text{CO}_2$ <p>فرق الأكسجين بين الطرفين 0، فلا نضيف شيئاً من الماء</p> $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2\text{CO}_2$	<p>أوازن الأكسجين في كل نصف تفاعل، بإضافة جزيئات ماء بعدد الفرق بين ذرات الأكسجين على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل أكسجين</p>
$\text{BrO}_3^- \rightarrow \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$ <p>فرق الهيدروجين بين الطرفين 6، نضيف 6 أيون هيدروجين إلى المتفاعلات</p> $6\text{H}^+ + \text{BrO}_3^- \rightarrow \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2\text{CO}_2$ <p>فرق الهيدروجين بين الطرفين 0، لا نضيف شيئاً</p> $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2\text{CO}_2$	<p>أوازن الهيدروجين في كل نصف تفاعل، بإضافة أيونات هيدروجين بعدد الفرق بين الذرات على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل هيدروجين</p>
$6\text{H}^+ + \text{BrO}_3^- \rightarrow \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$ <p>فرق الشحنات بين الطرفين (6) إذًا نجمع <math>6e^-</math> إلى المتفاعلات</p> $6\text{H}^+ + \text{BrO}_3^- + 6e^- \rightarrow \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2\text{CO}_2$ <p>فرق الشحنات بين الطرفين (2) إذًا نجمع <math>2e^-</math> إلى النواتج</p> $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2e^-$	<p>أوازن الشحنات بإضافة عدد من الإلكترونات إلى طرف المعادلة الذي يكون فيه المجموع الجبري أكبر، حتى يتساوى المجموع على الطرفين</p>
$6\text{H}^+ + \text{BrO}_3^- + 6e^- \rightarrow \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$ $3\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6e^-$	<p>أتأكد من مساواة الإلكترونات في أنصاف التفاعلات حتى تكون الإلكترونات المفقودة = الإلكترونات المكتسبة، فنضرب الثاني بـ 3</p>
$6\text{H}^+ + \text{BrO}_3^- + 3\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightarrow \text{Br}^- + 6\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	<p>أجمع نصفي التفاعل وأحذف الإلكترونات وأختصر المعادلة الكلية (النهائية) للتأكسد والاختزال</p>

العامل المؤكسد:  $\text{BrO}_3^-$  العامل المختزل:  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$

أتحقق (2) ص 89: أوازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في الوسط الحمضي ثم

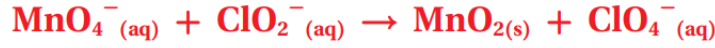
أحدد العامل المؤكسد والعامل المختزل



$\text{As} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_3$ $\text{ClO}_3^- \rightarrow \text{HClO}$	أقسم المعادلة إلى نصفي تفاعل حسب كل مادة ووجودها على الطرفين
$\text{As} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_3$ $\text{ClO}_3^- \rightarrow \text{HClO}$	أوازن الذرات في كل نصف تفاعل، ما عدا الأكسجين والهيدروجين
$\text{As} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_3$ <p>فرق الأكسجين عالطرفين 3، نضيف 3 جزيئات ماء إلى المتفاعلات</p> $3\text{H}_2\text{O} + \text{As} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_3$ $\text{ClO}_3^- \rightarrow \text{HClO}$ <p>فرق الأكسجين بين الطرفين 2، نضيف 2 جزيئات ماء إلى النواتج</p> $\text{ClO}_3^- \rightarrow \text{HClO} + 2\text{H}_2\text{O}$ $3\text{H}_2\text{O} + \text{As} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_3$	أوازن الأكسجين في كل نصف تفاعل، بإضافة جزيئات ماء بعدد الفرق بين ذرات الأكسجين على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل أكسجين
<p>فرق الهيدروجين بين الطرفين 3، نضيف 3 أيون هيدروجين إلى النواتج</p> $3\text{H}_2\text{O} + \text{As} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_3 + 3\text{H}^+$ $\text{ClO}_3^- \rightarrow \text{HClO} + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>فرق الهيدروجين بين الطرفين 5، نضيف 3 أيون هيدروجين إلى المتفاعلات</p> $5\text{H}^+ + \text{ClO}_3^- \rightarrow \text{HClO} + 2\text{H}_2\text{O}$ $3\text{H}_2\text{O} + \text{As} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_3 + 3\text{H}^+$	أوازن الهيدروجين في كل نصف تفاعل، بإضافة أيونات هيدروجين بعدد الفرق بين الذرات على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل هيدروجين
<p>فرق الشحنات بين الطرفين (3) إذًا نجمع <math>3e^-</math> إلى النواتج</p> $3\text{H}_2\text{O} + \text{As} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_3 + 3\text{H}^+ + 3e^-$ $5\text{H}^+ + \text{ClO}_3^- \rightarrow \text{HClO} + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>فرق الشحنات بين الطرفين (4) إذًا نجمع <math>4e^-</math> إلى المتفاعلات</p> $4e^- + 5\text{H}^+ + \text{ClO}_3^- \rightarrow \text{HClO} + 2\text{H}_2\text{O}$	أوازن الشحنات بإضافة عدد من الإلكترونات إلى طرف المعادلة الذي يكون فيه المجموع الجبري أكبر، حتى يتساوى المجموع على الطرفين
<p>نضربها الأولى بـ 4 والثانية بـ 3</p> $12\text{H}_2\text{O} + 4\text{As} \rightarrow 4\text{H}_3\text{AsO}_3 + 12\text{H}^+ + 12e^-$ $12e^- + 15\text{H}^+ + 3\text{ClO}_3^- \rightarrow 3\text{HClO} + 6\text{H}_2\text{O}$	أتأكد من مساواة الإلكترونات في أنصاف التفاعلات حتى تكون الإلكترونات المفقودة = الإلكترونات المكتسبة، المضاعف المشترك الأصغر = 24
<p>نختصر جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين</p> $6\text{H}_2\text{O} + 4\text{As} + 3\text{ClO}_3^- + 3\text{H}^+ \rightarrow 4\text{H}_3\text{AsO}_3 + 3\text{HClO}$	أجمع نصفي التفاعل وأحذف الإلكترونات وأختصر المعادلة الكلية (النهائية) للتأكسد والاختزال

العامل المؤكسد:  $\text{ClO}_3^-$  العامل المختزل: As

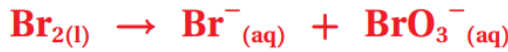
مثال (10) ص 90: أوازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في الوسط القاعدي:



الحل: نطبق الموازنة في الوسط الحمضي ونضيف خطوة إضافة أيونات الهيدروكسيد إلى طرفي المعادلة النهائية بنفس عدد أيونات الهيدروجين فيتكون الماء، ثم نختصر الماء على الطرفين أو نجمع ذات الطرف

$\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2$ $\text{ClO}_2^- \rightarrow \text{ClO}_4^-$	أقسم المعادلة إلى نصفي تفاعل حسب كل مادة ووجودها على الطرفين
$\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2$ $\text{ClO}_2^- \rightarrow \text{ClO}_4^-$	أوازن الذرات في كل نصف تفاعل، ما عدا الأكسجين والهيدروجين
$\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2$ <p>فرق الأكسجين بين الطرفين 2، نضيف 2 جزيء ماء إلى النواتج</p> $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{ClO}_2^- \rightarrow \text{ClO}_4^-$	أوازن الأكسجين في كل نصف تفاعل، بإضافة جزيئات ماء بعدد الفرق بين ذرات الأكسجين على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل أكسجين
<p>فرق الأكسجين بين الطرفين 2، نضيف 2 جزيء ماء إلى المتفاعلات</p> $2\text{H}_2\text{O} + \text{ClO}_2^- \rightarrow \text{ClO}_4^-$ $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	
<p>فرق الهيدروجين بين الطرفين 4، نضيف 4 أيون هيدروجين إلى المتفاعلات</p> $4\text{H}^+ + \text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $2\text{H}_2\text{O} + \text{ClO}_2^- \rightarrow \text{ClO}_4^-$ <p>فرق الهيدروجين بين الطرفين 4، نضيف 4 أيون هيدروجين إلى النواتج</p>	أوازن الهيدروجين في كل نصف تفاعل، بإضافة أيونات هيدروجين بعدد الفرق بين الذرات على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل هيدروجين
$2\text{H}_2\text{O} + \text{ClO}_2^- \rightarrow \text{ClO}_4^- + 4\text{H}^+$ $4\text{H}^+ + \text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>فرق الشحنات بين الطرفين (3) إذًا نجمع <math>3e^-</math> إلى المتفاعلات</p> $3e^- + 4\text{H}^+ + \text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $2\text{H}_2\text{O} + \text{ClO}_2^- \rightarrow \text{ClO}_4^- + 4\text{H}^+$ <p>فرق الشحنات بين الطرفين (4) إذًا نجمع <math>4e^-</math> إلى النواتج</p> $2\text{H}_2\text{O} + \text{ClO}_2^- \rightarrow \text{ClO}_4^- + 4\text{H}^+ + 4e^-$	أوازن الشحنات بإضافة عدد من الإلكترونات إلى طرف المعادلة الذي يكون فيه المجموع الجبري أكبر، حتى يتساوى المجموع على الطرفين
<p>نضرب الأولى بـ 4 والثانية بـ 3</p> $12e^- + 16\text{H}^+ + 4\text{MnO}_4^- \rightarrow 4\text{MnO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ $6\text{H}_2\text{O} + 3\text{ClO}_2^- \rightarrow 3\text{ClO}_4^- + 12\text{H}^+ + 12e^-$ <p>نختصر جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين</p>	أتأكد من مساواة الإلكترونات في أنصاف التفاعلات حتى تكون الإلكترونات المفقودة = الإلكترونات المكتسبة، المضاعف المشترك الأصغر = 12
$4\text{H}^+ + 4\text{MnO}_4^- + 3\text{ClO}_2^- \rightarrow 4\text{MnO}_2 + 3\text{ClO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O}$	أجمع نصفي التفاعل وأحذف الإلكترونات وأختصر
$4\text{OH}^- + 4\text{H}^+ + 4\text{MnO}_4^- + 3\text{ClO}_2^- \rightarrow 4\text{MnO}_2 + 3\text{ClO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{OH}^-$	المعادلة الكلية قبل إضافة الوسط القاعدي نضيف أيونات الهيدروكسيد لطرفي المعادلة بعدد أيونات الهيدروجين
$2\text{H}_2\text{O} + 4\text{MnO}_4^- + 3\text{ClO}_2^- \rightarrow 4\text{MnO}_2 + 3\text{ClO}_4^- + 4\text{OH}^-$	المعادلة الكلية في الوسط القاعدي

مثال (11) ص 92: أوازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في الوسط القاعدي:

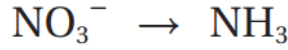


$\text{Br}_2 \rightarrow \text{Br}^-$ $\text{Br}_2 \rightarrow \text{BrO}_3^-$	أقسم المعادلة إلى نصفي تفاعل حسب كل مادة ووجودها على الطرفين
$\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{Br}^-$ $\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{BrO}_3^-$	أوازن الذرات في كل نصف تفاعل، ما عدا الأكسجين والهيدروجين
$\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{Br}^-$ <p>فرق الأكسجين بين الطرفين 0</p> $\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{Br}^-$ $\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{BrO}_3^-$ <p>فرق الأكسجين بين الطرفين 6، نضيف 6 جزيء ماء إلى المتفاعلات</p> $6\text{H}_2\text{O} + \text{Br}_2 \rightarrow 2\text{BrO}_3^-$	أوازن الأكسجين في كل نصف تفاعل، بإضافة جزيئات ماء بعدد الفرق بين ذرات الأكسجين على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل أكسجين
$\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{Br}^-$ <p>فرق الهيدروجين بين الطرفين 0</p> $\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{Br}^-$ $6\text{H}_2\text{O} + \text{Br}_2 \rightarrow 2\text{BrO}_3^-$ <p>فرق الهيدروجين بين الطرفين 12، نضيف 12 أيون هيدروجين إلى النواتج</p> $6\text{H}_2\text{O} + \text{Br}_2 \rightarrow 2\text{BrO}_3^- + 12\text{H}^+$	أوازن الهيدروجين في كل نصف تفاعل، بإضافة أيونات هيدروجين بعدد الفرق بين الذرات على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل هيدروجين
$\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{Br}^-$ <p>فرق الشحنات بين الطرفين (2) إذًا نجمع <math>2e^-</math> إلى المتفاعلات</p> $2e^- + \text{Br}_2 \rightarrow 2\text{Br}^-$ $6\text{H}_2\text{O} + \text{Br}_2 \rightarrow 2\text{BrO}_3^- + 12\text{H}^+$ <p>فرق الشحنات بين الطرفين (10) إذًا نجمع <math>10e^-</math> إلى النواتج</p> $6\text{H}_2\text{O} + \text{Br}_2 \rightarrow 2\text{BrO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10e^-$	أوازن الشحنات بإضافة عدد من الإلكترونات إلى طرف المعادلة الذي يكون فيه المجموع الجبري أكبر، حتى يتساوى المجموع على الطرفين
<p>نضرب الأولى بـ 5</p> $10e^- + 5\text{Br}_2 \rightarrow 10\text{Br}^-$ $6\text{H}_2\text{O} + \text{Br}_2 \rightarrow 2\text{BrO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10e^-$ <p>نختصر جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين</p> $6\text{H}_2\text{O} + 6\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{BrO}_3^- + 10\text{Br}^- + 12\text{H}^+$	أتأكد من مساواة الإلكترونات في أنصاف التفاعلات حتى تكون الإلكترونات المفقودة = الإلكترونات المكتسبة، المضاعف المشترك الأصغر = 10
$12\text{OH}^- + 6\text{H}_2\text{O} + 6\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{BrO}_3^- + 10\text{Br}^- + 12\text{H}^+ + 12\text{OH}^-$	أجمع نصفي التفاعل وأحذف الإلكترونات وأختصر المعادلة الكلية قبل إضافة الوسط القاعدي
$12\text{OH}^- + 6\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{BrO}_3^- + 10\text{Br}^- + 6\text{H}_2\text{O}$	نضيف أيونات الهيدروكسيد لطرفي المعادلة بعدد أيونات الهيدروجين
$6\text{OH}^- + 3\text{Br}_2 \rightarrow \text{BrO}_3^- + 5\text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	المعادلة الكلية في الوسط القاعدي
	المعادلة في أبسط صورة بالقسمة على 2

بالتأكيد لاحظت أن التفاعل تأكسد واختزال ذاتي

هذا سؤال وزارة 2015 صيفية

مثال (12) ص 92: أوازن نصف التفاعل الآتي بطريقة نصف التفاعل في الوسط القاعدي:

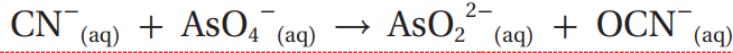


$\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_3$ <p>موزونة من ناحية النيتروجين</p>	<p>أوازن الذرات، ما عدا الأكسجين والهيدروجين</p>
$\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_3$ <p>فرق الأكسجين بين الطرفين 3، نضيف 3 جزيئات ماء جهة النواتج</p>	<p>أوازن الأكسجين، بإضافة جزيئات ماء بعدد الفرق بين ذرات الأكسجين على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل أكسجين</p>
$\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	
$\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ <p>فرق الهيدروجين بين الطرفين 9، نضيف 9 أيونات هيدروجين إلى المتفاعلات</p> $9\text{H}^+ + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	<p>أوازن الهيدروجين في كل نصف تفاعل، بإضافة أيونات هيدروجين بعدد الفرق بين الذرات على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل هيدروجين</p>
$9\text{H}^+ + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ <p>فرق الشحنات بين الطرفين (8) إذاً نجمع <math>8e^-</math> إلى المتفاعلات</p> $8e^- + 9\text{H}^+ + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	<p>أوازن الشحنات بإضافة عدد من الإلكترونات إلى طرف المعادلة الذي يكون فيه المجموع الجبري أكبر، حتى يتساوى المجموع على الطرفين</p>
$9\text{OH}^- + 8e^- + 9\text{H}^+ + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 9\text{OH}^-$	<p>نضيف أيونات الهيدروكسيد لطرفي المعادلة بعدد أيونات الهيدروجين</p>
$9\text{H}_2\text{O} + 8e^- + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 9\text{OH}^-$	<p>نختصر الماء، أو نجمع حسب الطرف</p>
$\text{NO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O} + 8e^- \rightarrow \text{NH}_3 + 9\text{OH}^-$	<p>نصف تفاعل الاختزال موزون في الوسط القاعدي</p>

تعزيز: ننتبه إلى الأيون فوق سهم التفاعل، إذا كان  $\text{H}^+$  فهو وسط حمضي، وإذا كان  $\text{OH}^-$  فهو وسط قاعدي

أتحقق (1) ص 93: أوازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في الوسط القاعدي ثم

أحدد العامل المؤكسد والعامل المختزل

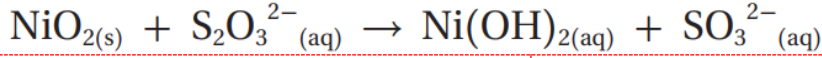


$\text{CN}^- \rightarrow \text{OCN}^-$ $\text{AsO}_4^{2-} \rightarrow \text{AsO}_2^{2-}$	أقسم المعادلة إلى نصفي تفاعل حسب كل مادة ووجودها على الطرفين
$\text{CN}^- \rightarrow \text{OCN}^-$ $\text{AsO}_4^{2-} \rightarrow \text{AsO}_2^{2-}$	أوازن الذرات في كل نصف تفاعل، ما عدا الأكسجين والهيدروجين
<p>فرق الأكسجين بين الطرفين 1، نضيف 1 جزيء ماء إلى المتفاعلات</p> $\text{H}_2\text{O} + \text{CN}^- \rightarrow \text{OCN}^-$ $\text{AsO}_4^{2-} \rightarrow \text{AsO}_2^{2-}$ <p>فرق الأكسجين بين الطرفين 2، نضيف 2 جزيء ماء إلى النواتج</p> $\text{AsO}_4^{2-} \rightarrow \text{AsO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{O} + \text{CN}^- \rightarrow \text{OCN}^-$	أوازن الأكسجين في كل نصف تفاعل، بإضافة جزيئات ماء بعدد الفرق بين ذرات الأكسجين على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل أكسجين
<p>فرق الهيدروجين بين الطرفين 2، نضيف 2 أيون هيدروجين إلى النواتج</p> $\text{H}_2\text{O} + \text{CN}^- \rightarrow \text{OCN}^- + 2\text{H}^+$ $\text{AsO}_4^{2-} \rightarrow \text{AsO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>فرق الهيدروجين بين الطرفين 4، نضيف 4 أيون هيدروجين إلى المتفاعلات</p> $4\text{H}^+ + \text{AsO}_4^{2-} \rightarrow \text{AsO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{O} + \text{CN}^- \rightarrow \text{OCN}^- + 2\text{H}^+$	أوازن الهيدروجين في كل نصف تفاعل، بإضافة أيونات هيدروجين بعدد الفرق بين الذرات على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل هيدروجين
<p>فرق الشحنات بين الطرفين (2) إذًا نجمع <math>2e^-</math> إلى النواتج</p> $\text{H}_2\text{O} + \text{CN}^- \rightarrow \text{OCN}^- + 2\text{H}^+ + 2e^-$ $4\text{H}^+ + \text{AsO}_4^{2-} \rightarrow \text{AsO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>فرق الشحنات بين الطرفين (5) إذًا نجمع <math>5e^-</math> إلى المتفاعلات</p> $5e^- + 4\text{H}^+ + \text{AsO}_4^{2-} \rightarrow \text{AsO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$	أوازن الشحنات بإضافة عدد من الإلكترونات إلى طرف المعادلة الذي يكون فيه المجموع الجبري أكبر، حتى يتساوى المجموع على الطرفين
<p>نضرب الأولى بـ 5 والثانية بـ 2</p> $5\text{H}_2\text{O} + 5\text{CN}^- \rightarrow 5\text{OCN}^- + 10\text{H}^+ + 10e^-$ $10e^- + 8\text{H}^+ + 2\text{AsO}_4^{2-} \rightarrow 2\text{AsO}_2^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$	أتأكد من مساواة الإلكترونات في أنصاف التفاعلات حتى تكون الإلكترونات المفقودة = الإلكترونات المكتسبة، المضاعف المشترك الأصغر = 10
<p>نختصر جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين</p> $\text{H}_2\text{O} + 5\text{CN}^- + 2\text{AsO}_4^{2-} \rightarrow 5\text{OCN}^- + 2\text{AsO}_2^{2-} + 2\text{H}^+$	أجمع نصفي التفاعل وأحذف الإلكترونات وأختصر
$2\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} + 5\text{CN}^- + 2\text{AsO}_4^{2-} \rightarrow 5\text{OCN}^- + 2\text{AsO}_2^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{OH}^-$	المعادلة الكلية قبل إضافة الوسط القاعدي
$2\text{OH}^- + 5\text{CN}^- + 2\text{AsO}_4^{2-} \rightarrow 5\text{OCN}^- + 2\text{AsO}_2^{2-} + \text{H}_2\text{O}$	نضيف أيونات الهيدروكسيد لطرفي المعادلة بعدد أيونات الهيدروجين
	المعادلة الكلية في الوسط القاعدي

العامل المؤكسد:  $\text{AsO}_4^{2-}$  العامل المختزل:  $\text{CN}^-$

أتحقق (2) ص 93: أوازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في الوسط القاعدي ثم

أحدد العامل المؤكسد والعامل المختزل



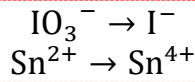
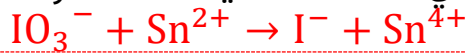
$\text{NiO}_2 \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2$ $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow \text{SO}_3^{2-}$	أقسم المعادلة إلى نصفي تفاعل حسب كل مادة ووجودها على الطرفين
$\text{NiO}_2 \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2$ $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{SO}_3^{2-}$	أوازن الذرات في كل نصف تفاعل، ما عدا الأكسجين والهيدروجين
$\text{NiO}_2 \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2$ <p>فرق الأكسجين بين الطرفين 0</p> $\text{NiO}_2 \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2$ $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{SO}_3^{2-}$ <p>فرق الأكسجين بين الطرفين 3، نضيف 3 جزيء ماء إلى المتفاعلات</p> $3\text{H}_2\text{O} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{SO}_3^{2-}$	أوازن الأكسجين في كل نصف تفاعل، بإضافة جزيئات ماء بعدد الفرق بين ذرات الأكسجين على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل أكسجين
$\text{NiO}_2 \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2$ <p>فرق الهيدروجين بين الطرفين 2، نضيف 2 أيون هيدروجين إلى المتفاعلات</p> $2\text{H}^+ + \text{NiO}_2 \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2$ $3\text{H}_2\text{O} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{SO}_3^{2-}$ <p>فرق الهيدروجين بين الطرفين 6، نضيف 6 أيون هيدروجين إلى النواتج</p> $3\text{H}_2\text{O} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{SO}_3^{2-} + 6\text{H}^+$ $2\text{H}^+ + \text{NiO}_2 \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2$	أوازن الهيدروجين في كل نصف تفاعل، بإضافة أيونات هيدروجين بعدد الفرق بين الذرات على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل هيدروجين
<p>فرق الشحنات بين الطرفين (2) إذاً نجمع <math>2e^-</math> إلى المتفاعلات</p> $2e^- + 2\text{H}^+ + \text{NiO}_2 \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2$ $3\text{H}_2\text{O} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{SO}_3^{2-} + 6\text{H}^+$ <p>فرق الشحنات بين الطرفين (4) إذاً نجمع <math>4e^-</math> إلى النواتج</p> $3\text{H}_2\text{O} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{SO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4e^-$	أوازن الشحنات بإضافة عدد من الإلكترونات إلى طرف المعادلة الذي يكون فيه المجموع الجبري أكبر، حتى يتساوى المجموع على الطرفين
<p>نضرب الأولى بـ 2</p> $4e^- + 4\text{H}^+ + 2\text{NiO}_2 \rightarrow 2\text{Ni}(\text{OH})_2$ $3\text{H}_2\text{O} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{SO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4e^-$	أتأكد من مساواة الإلكترونات في أنصاف التفاعلات حتى تكون الإلكترونات المفقودة = الإلكترونات المكتسبة، المضاعف المشترك الأصغر = 10
<p>نختصر جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين</p> $3\text{H}_2\text{O} + 2\text{NiO}_2 + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{Ni}(\text{OH})_2 + 2\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+$	أجمع نصفي التفاعل وأحذف الإلكترونات وأختصر
$2\text{OH}^- + 3\text{H}_2\text{O} + 2\text{NiO}_2 + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{Ni}(\text{OH})_2 + 2\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{OH}^-$	المعادلة الكلية قبل إضافة الوسط القاعدي نضيف أيونات الهيدروكسيد لطرفي المعادلة بعدد أيونات الهيدروجين
$2\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{NiO}_2 + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{Ni}(\text{OH})_2 + 2\text{SO}_3^{2-}$	المعادلة الكلية في الوسط القاعدي

العامل المؤكسد:  $\text{NiO}_2$  العامل المختزل:  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$

## تدريبات محلولة

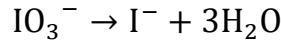
✍️ **تدريب (1):** أوازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في الوسط الحمضي ثم:

- 1- أحدد العامل المؤكسد والعامل المختزل
- 2- أحدد جزيئات الماء التي تم إضافتها إلى نصف تفاعل الاختزال
- 3- عدد مولات الإلكترونات المفقودة في نصف تفاعل التأكسد
- 4- عدد مولات الإلكترونات في المعادلة الكلية للتأكسد والاختزال

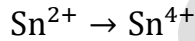


نوازن الذرات عدا الأكسجين والهيدروجين، وهي موزونة

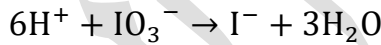
فرق الأكسجين في الأولى عالطرفين 3، نضيف 3 جزيئات ماء إلى النواتج



فرق الأكسجين في الثانية عالطرفين 0، لا نضيف شيئاً



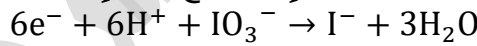
فرق الهيدروجين في الأولى عالطرفين 6، نضيف 6 أيون هيدروجين إلى النواتج



فرق الهيدروجين في الثانية عالطرفين 0، لا نضيف شيئاً



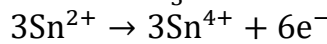
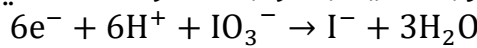
فرق الشحنات في الأولى بين الطرفين (6) إذًا نجمع  $6e^-$  إلى المتفاعلات



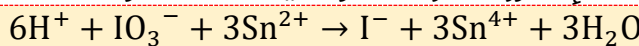
فرق الشحنات في الثانية بين الطرفين (2) إذًا نجمع  $2e^-$  إلى النواتج



الإلكترونات غير متساوية، نضرب الثانية بـ 3 وتبقى الأولى كما هي



نجمع المعادلتين ونحذف الإلكترونات ونختصر ما يمكن اختصاره



1- العامل المؤكسد:  $\text{IO}_3^-$  العامل المختزل:  $\text{Sn}^{2+}$

2- عدد مولات جزيئات الماء في نصف تفاعل الاختزال الموزون = 3

3- عدد مولات الإلكترونات المفقودة في نصف تفاعل التأكسد الموزون = 2

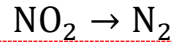
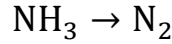
4- عدد مولات الإلكترونات في المعادلة الكلية الموزونة = 6

✍️ **تدريب (2):** أوازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في الوسط الحمضي ثم:

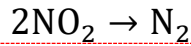
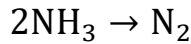
1- أحدد العامل المؤكسد والعامل المختزل

2- أحدد جزيئات الماء في المعادلة الكلية

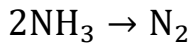
3- أحدد مولات أيونات الهيدروجين في المعادلة الكلية



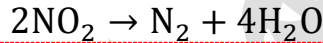
نوازن الذرات عدا الأكسجين والهيدروجين



فرق الأكسجين في الأولى عالطرفين 0، لا نضيف شيئاً



فرق الأكسجين في الثانية عالطرفين 4، نضيف 4 جزيئات ماء إلى النواتج



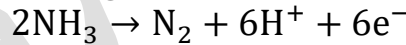
فرق الهيدروجين في الأولى عالطرفين 6، نضيف 6 أيون هيدروجين إلى النواتج



فرق الهيدروجين في الثانية عالطرفين 8، نضيف 8 أيون هيدروجين إلى المتفاعلات



فرق الشحنات في الأولى بين الطرفين (6) إذًا نجمع  $6e^-$  إلى النواتج



فرق الشحنات في الثانية بين الطرفين (8) إذًا نجمع  $8e^-$  إلى المتفاعلات

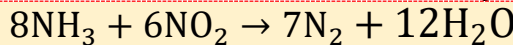


الإلكترونات غير متساوية، المضاعف المشترك الأصغر 24،

نضرب الأولى بـ 4 ونضرب الثانية بـ 3



نجمع المعادلتين ونحذف الإلكترونات ونختصر ما يمكن اختصاره

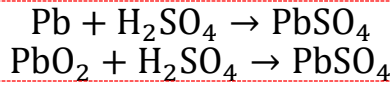
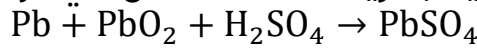


1- العامل المؤكسد:  $\text{IO}_3^-$  العامل المختزل:  $\text{Sn}^{2+}$

2- عدد مولات جزيئات الماء في المعادلة الكلية الموزونة = 12

3- عدد مولات أيونات الهيدروجين في المعادلة الكلية الموزونة = 0

✍️ **تدريب (3):** أوازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في الوسط الحمضي:



نوازن الذرات عدا الأكسجين والهيدروجين، وهي موزونة

فرق الأكسجين في الأولى عالطرفين 0، لا نضيف شيئاً  

$$\text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{PbSO}_4$$

فرق الأكسجين في الثانية عالطرفين 2، نضيف 2 جزيئات ماء إلى النواتج  

$$\text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$$

فرق الهيدروجين في الأولى عالطرفين 2، نضيف 2 أيون هيدروجين إلى النواتج  

$$\text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}^+$$

فرق الهيدروجين في الثانية عالطرفين 2، نضيف 2 أيون هيدروجين إلى المتفاعلات  

$$2\text{H}^+ + \text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$$

فرق الشحنات في الأولى بين الطرفين (2) إذاً نجمع  $2e^-$  إلى النواتج  

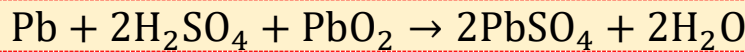
$$\text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}^+ + 2e^-$$

فرق الشحنات في الثانية بين الطرفين (2) إذاً نجمع  $2e^-$  إلى المتفاعلات  

$$2e^- + 2\text{H}^+ + \text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$$

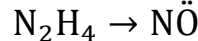
الإلكترونات متساوية

نجمع المعادلتين ونحذف الإلكترونات ونختصر ما يمكن اختصاره

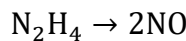


✍️ **تدريب (4):** أوازن نصف التفاعل في وسط حمضي وأحدّد هل يحتاج عامل مؤكسد أم

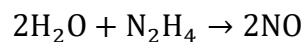
مختزل؟ وكم عدد مولات الإلكترونات في نصف التفاعل؟



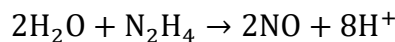
نوازن الذرات عدا الأكسجين والهيدروجين



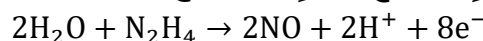
فرق الأكسجين عالطرفين 2



فرق الهيدروجين عالطرفين 8



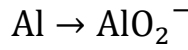
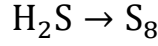
فرق الشحنات بين الطرفين (8) إذاً نجمع  $8e^-$  إلى النواتج



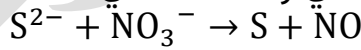
نصف تفاعل تأكسد يحتاج عامل مؤكسد، وعدد مولات الإلكترونات = 8

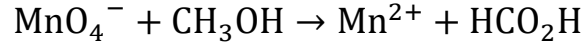
## ورقة عمل 6: موازنة تفاعلات التأكسد والاختزال في وسط حمضي/ قاعدي

✍ **تدريب (1):** أوازن أنصاف التفاعلات الآتية في وسط حمضي وأحدد هل الإلكترونات مكتسبة أم مفقودة وكم عددها؟

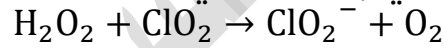


✍ **تدريب (2):** أوازن التفاعلات الآتية في وسط حمضي





✍ **تدريب (3):** أوازن التفاعل الآتي في وسط قاعدي



مساعدة: ستلاحظ أن ذرات الأكسجين تتأكسد في هذا التفاعل وأن  $\text{H}_2\text{O}_2$  عامل مختزل

## حل مراجعة الدرس الأول: التأكسد والاختزال

**السؤال (1):** تفاعل التأكسد والاختزال متلازمان يحدثان دائماً معاً، أفسر ذلك لأنه حتى يحدث تفاعل تأكسد لا بد من وجود عامل مؤكسد يتسبب في حدوث عملية التأكسد ويكتسب الإلكترونات من العامل المختزل الذي يفقد الإلكترونات، فلا بد من كليهما في وقت واحد

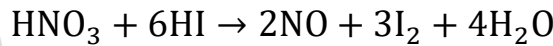
**السؤال (2):** أوضح المقصود بكل من: عدد التأكسد، التأكسد والاختزال الذاتي مذكور في المحتوى

**السؤال (3):** أحسب عدد تأكسد العنصر الذي تحته خط:

المادة	أعداد التأكسد المعلومة	حساب عدد التأكسد لغير المعلوم
BaO <sub>2</sub>	الباريوم = +2 شحنة المركب = 0	$(+2 \times 1) + (0 \times 2) = 0$ $0 = -1$
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	الهيدروجين = +1 الأكسجين = -2 شحنة الأيون = -1	$(+1 \times 2) + (P \times 1) + (-2 \times 4) = -1$ $P = +5$
LiAlH <sub>4</sub>	الليثيوم = +1 الألمنيوم = +3 شحنة المركب = 0	$(+3 \times 1) + (+1 \times 1) + (H \times 4) = 0$ $H = -1$
K <sub>2</sub> SnO <sub>2</sub>	البوتاسيوم = +1 الأكسجين = -2 شحنة المركب = 0	$(+1 \times 2) + (Sn \times 1) + (-2 \times 2) = 0$ $Sn = +2$
NaBiO <sub>3</sub>	الصوديوم = +1 الأكسجين = -2 شحنة المركب = 0	$(+1 \times 1) + (Bi \times 1) + (-2 \times 3) = 0$ $Bi = +5$
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	الأكسجين = -2 شحنة المركب = 0	$(N \times 2) + (-2 \times 4) = 0$ $N = +4$

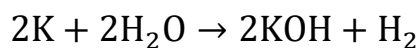
**السؤال (4):** أحدد العناصر التي تأكسدت والعناصر التي اختزلت في التفاعلات الآتية:

(1)



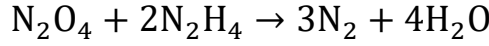
يقل عدد تأكسد N من +5 في HNO<sub>3</sub> إلى +2 في NO / حدث اختزال لذرات النيتروجين  
يزداد عدد تأكسد I من -1 في HI إلى 0 في I<sub>2</sub> / حدث تأكسد لأيونات اليود  
ملاحظة: تستطيع تمييز الذرات من الأيونات في المركب إن كان المركب أيوني أو تساهمي، أو حمض وقاعدة يتأين في الماء

(2)



يقل عدد تأكسد H من +1 في H<sub>2</sub>O إلى 0 في H<sub>2</sub> / حدث اختزال لذرات الهيدروجين  
يزداد عدد تأكسد K من 0 في K إلى +1 في KOH / حدث تأكسد لذرات البوتاسيوم

**السؤال (5):** أدرس المعادلة الموزونة التي تمثل تفاعل  $N_2O_4$  مع  $N_2H_4$  لتكوين غاز  $N_2$  وبخار الماء، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:



أ- أحدد التغيير في أعداد تأكسد ذرات النيتروجين في التفاعل

قل عدد تأكسد N من +4 في  $N_2O_4$  إلى 0 في  $N_2$  / اختزلت ذرات النيتروجين  
 زاد عدد تأكسد N من -2 في  $N_2H_4$  إلى 0 في  $N_2$  / تأكسدت ذرات النيتروجين

ب- هل تمثل المعادلة تفاعل تأكسد واختزال ذاتي؟

لا؛ لأن التأكسد والاختزال حدث لذرتي N في مركبين مختلفين لا نفس المركب

ج- أحدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل

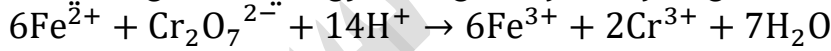
العامل المؤكسد:  $N_2O_4$  العامل المختزل:  $N_2H_4$

**السؤال (6):** أحدد المادة التي يمكن أن تسلك كعامل مؤكسد والمادة التي يمكن أن تسلك كعامل مختزل:

$H^+$  ,  $Br^-$  ,  $Na^+$  ,  $F_2$  ,  $H^-$  ,  $Cu$

عامل مؤكسد	عامل مختزل
$H^+$ , $Na^+$ , $F_2$	$Br^-$ , $H^-$ , $Cu$

**السؤال (7):** حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي:



قل عدد تأكسد Cr من +6 في  $Cr_2O_7^{2-}$  إلى +3 في  $Cr^{3+}$  / اختزلت ذرات Cr

زاد عدد تأكسد Fe من +2 في  $Fe^{2+}$  إلى +3 في  $Fe^{3+}$  / تأكسدت أيونات Fe

العامل المؤكسد:  $Cr_2O_7^{2-}$  العامل المختزل:  $Fe^{2+}$

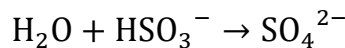
**السؤال (8):** أوازن أنصاف التفاعلات الآتية بطريقة نصف التفاعل، وأحدد ما إذا كانت المادة تمثل عاملاً مؤكسداً أم مختزلاً:



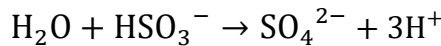
(1) في الوسط الحمضي

الكبريت موزون

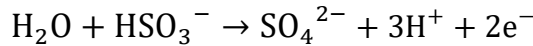
فرق الأكسجين عالطرفين 1



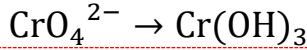
فرق الهيدروجين عالطرفين 3



فرق الشحنات بين الطرفين (2) إذًا نجمع  $2e^-$  إلى النواتج



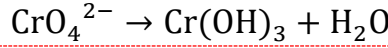
$HSO_3^-$  عامل مختزل



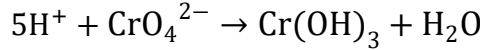
(2) في الوسط القاعدي:

الكروم موزون

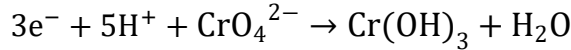
فرق الأكسجين عالطرفين 1



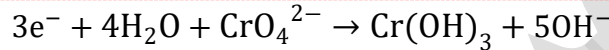
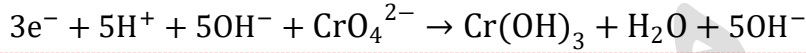
فرق الهيدروجين عالطرفين 5



فرق الشحنات بين الطرفين (3) إذًا نجمع  $3e^-$  إلى المتفاعلات



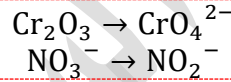
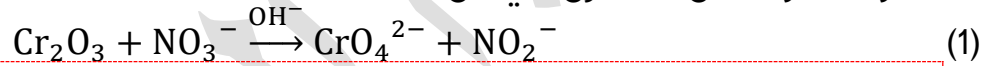
نجمع  $5\text{OH}^-$  لكلا الطرفين ونختصر الماء



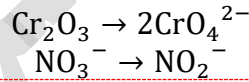
$\text{CrO}_4^{2-}$  عامل مؤكسد

**السؤال (9):** أوازن معادلات التأكسد والاختزال الآتية بطريقة نصف التفاعل وأحدد العامل

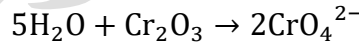
المؤكسد والعامل المختزل في كل منها:



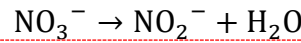
نوازن الذرات عدا الأكسجين والهيدروجين



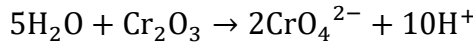
فرق الأكسجين في الأولى عالطرفين 5



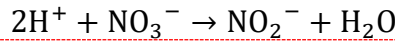
فرق الأكسجين في الثانية عالطرفين 1



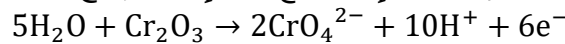
فرق الهيدروجين في الأولى عالطرفين 10



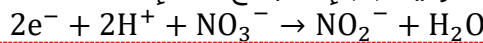
فرق الهيدروجين في الثانية عالطرفين 2



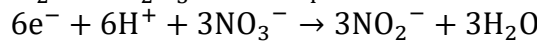
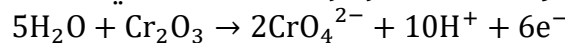
فرق الشحنات في الأولى بين الطرفين (6) إذًا نجمع  $6e^-$  إلى النواتج



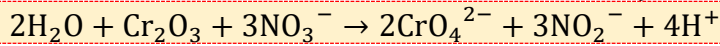
فرق الشحنات في الثانية بين الطرفين (2) إذًا نجمع  $2e^-$  إلى المتفاعلات



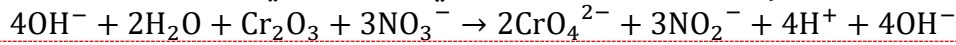
الإلكترونات غير متساوية، نضرب الثانية بـ 3 والأولى تبقى كما هي



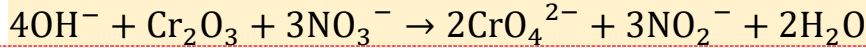
نجمع المعادلتين ونحذف الإلكترونات ونختصر ما يمكن اختصاره



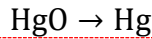
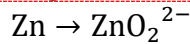
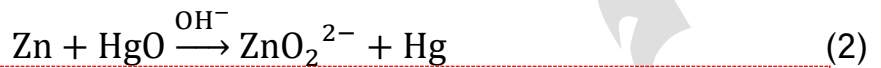
نضيف أيون الهيدروكسيد إلى الطرفين لأن التفاعل في وسط قاعدي



نختصر الماء لنخرج بالمعادلة الكلية في الوسط القاعدي

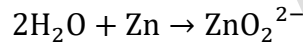


العامل المؤكسد:  $\text{NO}_3^-$  العامل المختزل:  $\text{Cr}_2\text{O}_3$

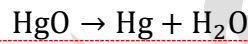


نوازن الذرات عدا الأكسجين والهيدروجين، موزونة

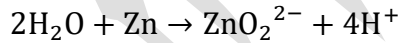
فرق الأكسجين في الأولى عالطرفين 2



فرق الأكسجين في الثانية عالطرفين 1



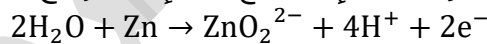
فرق الهيدروجين في الأولى عالطرفين 4



فرق الهيدروجين في الثانية عالطرفين 2



فرق الشحنات في الأولى بين الطرفين (2) إذًا نجمع  $2e^-$  إلى النواتج

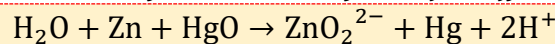


فرق الشحنات في الثانية بين الطرفين (2) إذًا نجمع  $2e^-$  إلى المتفاعلات

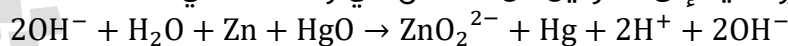


الإلكترونات متساوية

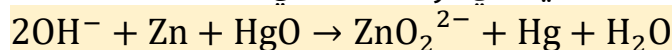
نجمع المعادلتين ونحذف الإلكترونات ونختصر ما يمكن اختصاره



نضيف أيون الهيدروكسيد إلى الطرفين لأن التفاعل في وسط قاعدي

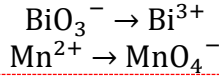
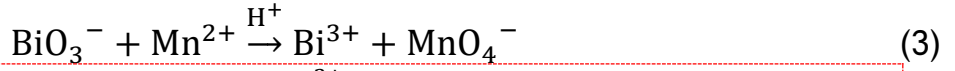


نختصر الماء لنخرج بالمعادلة الكلية في الوسط القاعدي



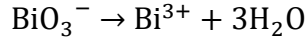
العامل المؤكسد:  $\text{HgO}$  العامل المختزل:  $\text{Zn}$

سؤال وزارة 2014 شتوية وورد في منهاج الكيمياء 2007

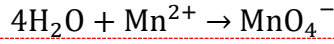


نوازن الذرات عدا الأكسجين والهيدروجين، موزونة

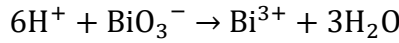
فرق الأكسجين في الأولى عالطرفين 3



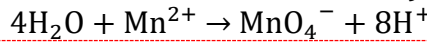
فرق الأكسجين في الثانية عالطرفين 4



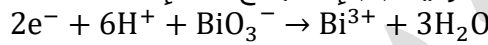
فرق الهيدروجين في الأولى عالطرفين 6



فرق الهيدروجين في الثانية عالطرفين 8



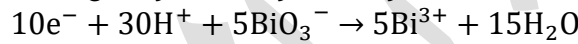
فرق الشحنات في الأولى بين الطرفين (2) إذًا نجمع  $2e^-$  إلى المتفاعلات



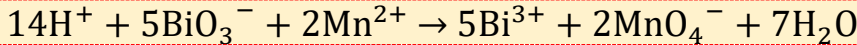
فرق الشحنات في الثانية بين الطرفين (5) إذًا نجمع  $5e^-$  إلى النواتج



الإلكترونات غير متساوية، المضاعف المشترك الأصغر 10، فنضرب كل معادلة بعكس عدد e

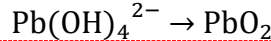
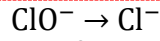
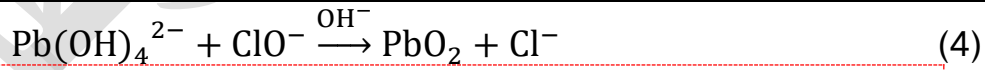


نجمع المعادلتين ونحذف الإلكترونات ونختصر ما يمكن اختصاره



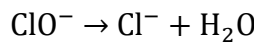
العامل المؤكسد:  $\text{BiO}_3^-$  العامل المختزل:  $\text{Mn}^{2+}$

سؤال وزارة 2014 صيفية وورد في منهاج الكيمياء 2007

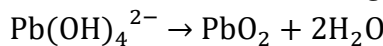


نوازن الذرات عدا الأكسجين والهيدروجين، موزونة

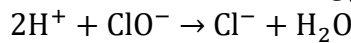
فرق الأكسجين في الأولى عالطرفين 1



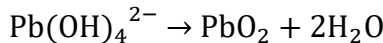
فرق الأكسجين في الثانية عالطرفين 2



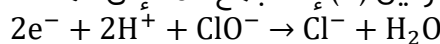
فرق الهيدروجين في الأولى عالطرفين 2



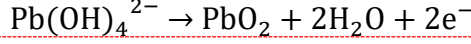
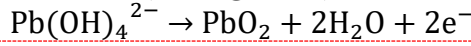
فرق الهيدروجين في الثانية عالطرفين 0



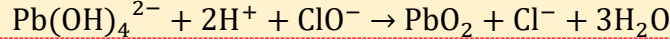
فرق الشحنات في الأولى بين الطرفين (2) إذًا نجمع  $2e^-$  إلى المتفاعلات



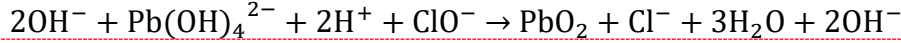
فرق الشحنات في الثانية بين الطرفين (2) إذًا نجمع  $2e^-$  إلى النواتج



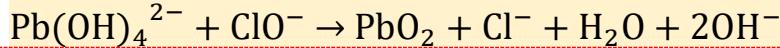
نجمع المعادلتين ونحذف الإلكترونات ونختصر ما يمكن اختصاره



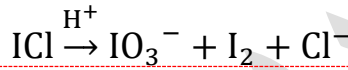
نضيف أيون الهيدروكسيد إلى الطرفين لأن التفاعل في وسط قاعدي



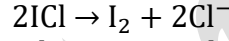
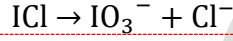
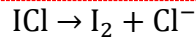
نختصر الماء لنخرج بالمعادلة الكلية في الوسط القاعدي



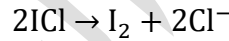
العامل المؤكسد:  $ClO^-$  العامل المختزل:  $Pb(OH)_4^{2-}$



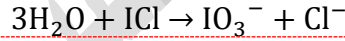
(5)



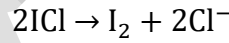
فرق الأكسجين في الأولى عالطرفين 0



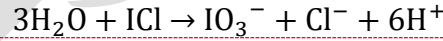
فرق الأكسجين في الثانية عالطرفين 3



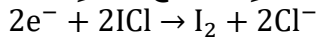
فرق الهيدروجين في الأولى عالطرفين 0



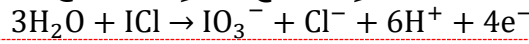
فرق الهيدروجين في الثانية عالطرفين 6



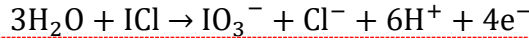
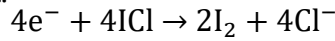
فرق الشحنات في الأولى بين الطرفين (2) إذًا نجمع  $2e^-$  إلى المتفاعلات



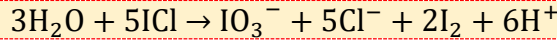
فرق الشحنات في الثانية بين الطرفين (4) إذًا نجمع  $4e^-$  إلى النواتج



الإلكترونات غير متساوية، نضرب الأولى بـ 2 وتبقى الثانية كما هي

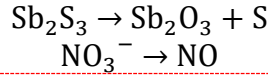
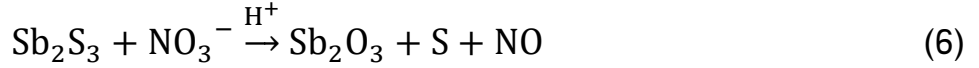


نجمع المعادلتين ونحذف الإلكترونات ونختصر ما يمكن اختصاره

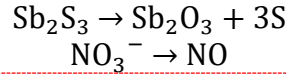


العامل المؤكسد:  $ICl$  العامل المختزل:  $ICl$

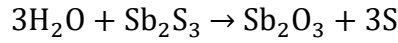
سؤال وزارة 2002 صيفية وورد في منهاج الكيمياء 2016



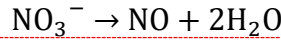
نوازن الذرات عدا الأكسجين والهيدروجين



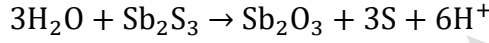
فرق الأكسجين في الأولى عالطرفين 3



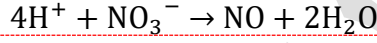
فرق الأكسجين في الثانية عالطرفين 2



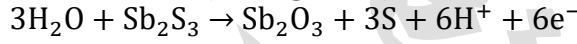
فرق الهيدروجين في الأولى عالطرفين 6



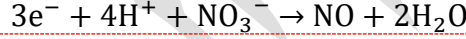
فرق الهيدروجين في الثانية عالطرفين 4



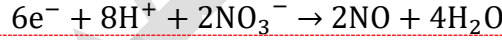
فرق الشحنات في الأولى بين الطرفين (6) إذًا نجمع  $6e^-$  إلى النواتج



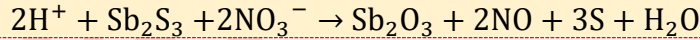
فرق الشحنات في الثانية بين الطرفين (3) إذًا نجمع  $3e^-$  إلى المتفاعلات



الإلكترونات غير متساوية، نضرب الثانية بـ 2 والأولى تبقى كما هي



نجمع المعادلتين ونحذف الإلكترونات ونختصر ما يمكن اختصاره



العامل المؤكسد:  $\text{NO}_3^-$  العامل المختزل:  $\text{Sb}_2\text{S}_3$

## الدرس الثاني: الخلايا الجلفانية Galvanic Cells

### تعريفات الدرس الثاني:

- **الخلايا الكهروكيميائية:** أجهزة أو أدوات تحدث فيها تفاعلات تأكسد واختزال منتجة للطاقة الكهربائية أو مستهلكة لها
- **الخلايا الجلفانية:** أجهزة أو أدوات يحدث فيها تفاعلات تأكسد واختزال تلقائية منتجة للطاقة الكهربائية (التيار الكهربائي)
- **نصف الخلية:** جزء من الخلية الجلفانية يحدث فيها نصف تفاعل تأكسد أو نصف تفاعل اختزال
- **القنطرة الملحية:** أنبوب زجاجي على شكل حرف U يحتوي على محلول مشبع لأحد الأملاح يصل بين نصفي الخلية ويحافظ على تعادل شحناتها الكهربائية
- **جهد الخلية المعياري:** مقياس لقدرة الخلية على إنتاج تيار كهربائي، وهو القوة الدافعة الكهربائية المتولدة بين قطبي الخلية بسبب فرق الجهد بينهما في الظروف المعيارية ويُقاس بالفولت
- **قطب الهيدروجين المعياري:** قطب مرجعي أستخدم لقياس جهود الاختزال المعيارية لأقطاب الخلايا الجلفانية في الظروف المعيارية وهي: ضغط الغاز 1 atm ، ودرجة حرارة 25 °C ، وتركيز أيونات  $H^+$  يساوي 1M.
- **جهد الاختزال المعياري:** مقياس لميل نصف تفاعل الاختزال للحدوث في الظروف المعيارية
- **تلقائية التفاعل:** حدوث التفاعل وتكوّن النواتج دون الحاجة إلى طاقة كهربائية لإحداثه
- **تآكل الفلزات:** تفاعلها مع الهواء الجوي والمواد في البيئة المحيطة؛ فتفقد العديد من خصائصها وتتحول إلى مواد جديدة أكثر ثباتاً كيميائياً، كأكاسيد الفلزات وهيدروكسيدات وكبريتيداتها و كربوناتها
- **الحماية المهبطية:** من طرائق حماية الحديد من التآكل، يتم فيها تشكيل خلية جلفانية يكون فيها الحديد المهبط وأحد الفلزات النشطة (مغنيسيوم، خارصين) المصعد، أما التربة الرطبة أو مياه البحر فتمثل المحلول الإلكتروليتي

## تمهيد: ما هي الخلايا الجلفانية، وما أنواعها؟

لازم نعرف

قبل نبدأ

يختلف مبدأ عمل تلك الخلايا سنتعلم ذلك بالتفصيل خلال درسين ، هذا الدرس سنتعلم فيه مبدأ عمل الخلية الجلفانية وتحول الطاقة من كيميائية إلى كهربائية ، وفي الدرس التالي سنتعلم مبدأ عمل خلية التحليل الكهربائي وتحول الطاقة من كهربائية إلى كيميائية

ما المقصود بالخلايا الكهروكيميائية؟

أجهزة أو أدوات تحدث فيها تفاعلات تأكسد واختزال منتجة للطاقة الكهربائية أو مستهلكة لها

ما أنواع الخلايا الكهروكيميائية؟

1- الخلايا الجلفانية

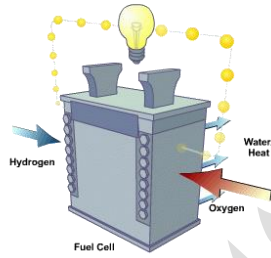
2- خلايا التحليل الكهربائي

ما المقصود بالخلايا الجلفانية؟

أجهزة أو أدوات يحدث فيها تفاعلات تأكسد واختزال تلقائية منتجة للطاقة الكهربائية (التيار الكهربائي)

اذكر أمثلة على خلايا جلفانية

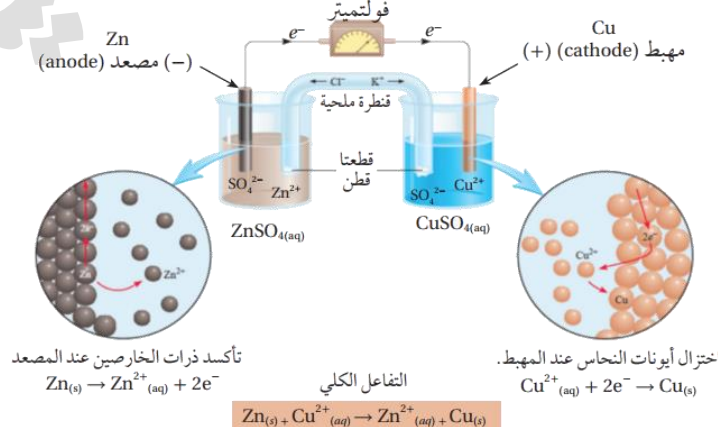
1- البطاريات بأنواعها: بطاريات (أوليّة) غير قابلة للشحن، بطاريات (ثانوية) قابلة للشحن كالتالي تُستخدم في الهواتف الخليوية والحواسيب المحمولة (سيتم شرح ذلك لاحقًا)



2- خلايا الوقود

تعزيز خارجي: خلايا الوقود تتحول فيها الطاقة المخزنة داخل المواد الكيميائية المتفاعلة والتي منها نوع وقود مثل (الهيدروجين أو الميثانول والخ) إلى طاقة كهربائية وينتج تيار كهربائي

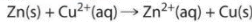
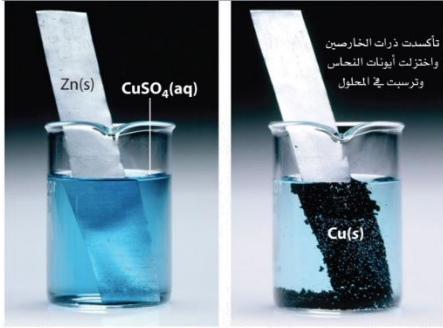
من الشكل التالي سنتعلم مكونات الخلية الجلفانية ومبدأ عملها



قبل الدخول في تفاصيل الخلية الجلفانية ومراجعة ما أخذناه في تاسع مع تفاصيل أكثر، علينا استذكّار هذا التفاعل (الإحلال الأحادي) ونشاط الفلزات

Na Mg Al Zn Fe H Cu Ag Au

← ازدياد النشاط الكيميائي



تأكسدت ذرات الزنك وأخذت أيونات النحاس وترسبت في المحلول

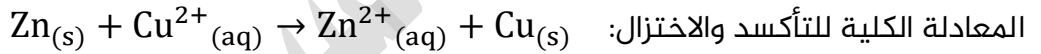
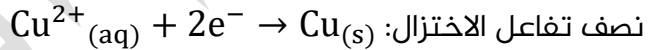
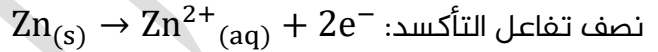
ضو اللمبة + تعزيز: تعلمنا سابقاً في الصف

العاشر والأول ثانوي تفاعل الإحلال الأحادي: حيث يحل العنصر الأنشط محل العنصر الأقل نشاطاً في

أحد مركباته، واعتمدنا على سلسلة النشاط الكيميائي، هذا الترتيب في السلسلة مستمد من قيم حقيقية حصل عليها العلماء من خلال تجارب التأكسد والاختزال في الخلية الجلفانية وسنتعلم ذلك في الدروس القادمة

حالياً لو اعتمدنا على سلسلة النشاط الكيميائي التي نعرفها وقارناً بين الزنك والنحاس، سنجد أن الزنك أنشط من النحاس

وبالتالي يحل محله في هذا التفاعل، حيث نضع صفيحة زنك في محلول كبريتات النحاس، فيتأكسد الزنك بفقد إلكتروناته لأنه الأنشط ويحل محل النحاس في المحلول على شكل أيونات زنك، والنحاس يكتسب تلك الإلكترونات فيُختزل وترسب في المحلول وعلى الصفيحة



حتى نستفيد من هذه الإلكترونات التي سيفقدها الزنك إذا واجه النحاس، نصلها في وعاءين،

فتنتقل بينهما الإلكترونات لنصنع بذلك دائرة كهربائية من هذا التفاعل الكيميائي

## تركيب الخلايا الجلفانية ومبدأ عملها

ما هي مكونات الخلية الجلفانية؟ أو كيف نصنع خلية جلفانية؟

- 1- وعاءان يحتوي كل منهما على صفيحة فلزية مغموسة في محلول يحتوي على أيونات الفلز (كل وعاء يُسمى نصف خلية جلفانية)
- 2- أسلاك خارجية موصلة بين تلك الصفائح أو الأقطاب الموصلة
- 3- قنطرة ملحية موصلة بين المحاليل في الوعاءين
- 4- جهاز فولتميتر لقياس فرق الجهد بين قطبي الخلية (سنتعرف على جهد الخلية الجلفانية في الدروس القادمة)

وباختصار: الخلية الجلفانية: جزءان كل منهما نصف خلية بينهما أسلاك موصلة وقنطرة ملحية

تعزيز خارجي: نستطيع تركيب مصدر كهربائي كمصباح موصول بالأسلاك الخارجية وسيضيء هذا المصباح، بسبب التيار الكهربائي الناتج من تفاعل التأكسد والاختزال في الخلية الجلفانية.

ما المقصود بالقنطرة الملحية؟ وما نوع محلول الملح فيها؟ وما وظيفتها؟



أنبوب زجاجي على شكل حرف U يحتوي على محلول مشبع لأحد الأملاح يصل بين نصفي الخلية ويحافظ على تعادل شحناتها الكهربائية

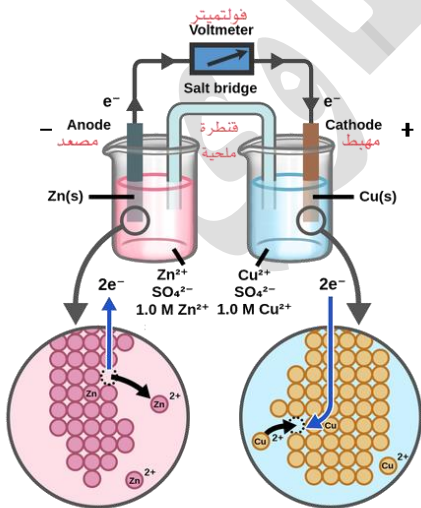
**يشترط في ملح القنطرة:** أن يكون مشبعاً وألاً تتفاعل أيونات الملح مع الأيونات الموجودة في نصفي الخلية الجلفانية أو مع الأقطاب فيها، مثال على أملاح توضع في القنطرة (أملاح كهربية قوية):  
KCl , NaCl , KNO<sub>3</sub> , Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> , NaNO<sub>3</sub>

**وظيفة القنطرة الملحية:** تعادل الشحنات الكهربائية في نصفي الخلية الجلفانية، أي تحافظ على الاتزان الكهربائي فيستمر سريان التيار الكهربائي

**تعزيز خارجي:**

- الأسلاك الواصلة بين الأقطاب تغلق الدائرة الخارجية، والقنطرة الملحية تغلق الدائرة الداخلية فيستمر سريان التيار الكهربائي، ولو فقدنا أحدهما فلن يستمر ذلك ولن تكون هناك قراءة في الفولتميتر
- محلول الملح المشبع ينفذ من خلال القطن أو جل هلامي ونحو ذلك بحيث يغلق جزئياً أطراف القنطرة الملحية، ويبدأ بالنفذ لإعادة الاتزان الكهربائي في الخلية الجلفانية
- يلزم ألا تتفاعل أيونات الملح في القنطرة مع أيونات محاليل الوعاء، مثال على التفاعل: الترسيب بحيث يتكون راسب نتيجة التفاعل، أيضاً أيونات القنطرة لا بد ألا تميل للتأكسد أو الاختزال في الوعاءين

كيف يحدث تفاعل التأكسد والاختزال في الخلية الجلفانية السابقة؟



تقل كتلة القطب  
يزداد تركيز أيوناته في المحلول  
نصف تفاعل تأكسد (مصعد)

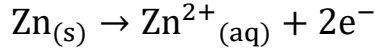
تزداد كتلة القطب  
يقل تركيز أيوناته في المحلول  
نصف تفاعل اختزال (مهبط)

الفلز الأنشط هو الأكثر استعداداً لفقد إلكتروناته (يتأكسد) من على القطب وتنزل أيوناته في المحلول (نصف خلية التأكسد)، فهذا الفلز الأنشط فقد إلكتروناته فصعدت على القطب واتجهت في أسلاك الدارة الخارجية عبر الفولتميتر، ثم هبطت إلى القطب الآخر، وهو الفلز الأقل نشاطاً الذي لن يتأكسد بل يحدث عليه الاختزال، حيث تُختزل أيوناته التي في المحلول فور اكتسابها تلك الإلكترونات (نصف خلية الاختزال)



## اشرح آلية عمل الخلية الجلفانية

1- نصف خلية التأكسد: تتأكسد ذرات الخارصين في نصف خلية التأكسد:



وبسبب التأكسد تتحول ذرات Zn من على القطب إلى أيونات  $\text{Zn}^{2+}$  في محلوله فيزداد تركيزها، وتقل كتلة قطب

الخارصين Zn في نصف خلية الخارصين

2- حركة الإلكترونات في الخلية: تنتقل الإلكترونات  $e^{-}$  من قطب الخارصين Zn عبر الأسلاك



في الدارة الخارجية إلى قطب النحاس Cu

فنقول عن قطب الخارصين (مصعد Anode) حيث صعدت منه الإلكترونات، وتصبح عليه شحنة سالبة (-) ويوصف أنه سالب بسبب تولّد الإلكترونات

عليه



ونقول عن قطب النحاس (مهبط Cathode) حيث هبطت عليه الإلكترونات وتصبح عليه شحنة موجبة (+)، ويوصف أنه موجب بسبب أن الأيونات الموجبة  $\text{Cu}^{2+}$  في المحلول اكتسبت الإلكترونات التي هبطت عليه، حيث تُختزل تلك الأيونات الموجبة على المهبط

3- نصف خلية الاختزال: يتم اختزال أيونات  $\text{Cu}^{2+}$  على قطب Cu حسب المعادلة الآتية:



فتتحول إلى ذرات وتترسب على القطب وتزداد كتلته وبالمقابل يقل تركيز أيونات  $\text{Cu}^{2+}$  في نصف خلية النحاس

4- مؤشّر الفولتميتر: ينحرف مؤشّر الفولتميتر باتجاه قطب النحاس Cu والسبب هو حركة

الإلكترونات في الدارة الخارجية من قطب الخارصين إلى قطب النحاس، ودائماً في الخلية الجلفانية حركة الإلكترونات في الدارة الخارجية من المصعد إلى المهبط، ومؤشّر الفولتميتر ناحية المهبط

5- القنطرة الملحية:

- في نصف خلية المهبط: تتراكم ذرات النحاس Cu على قطب

المهبط ويقل تركيز أيونات النحاس الموجبة  $\text{Cu}^{2+}$  في المحلول مقارنة بتركيز أيونات الكبريتات السالبة  $\text{SO}_4^{2-}$

- في نصف خلية المصعد: يزداد تركيز أيونات الخارصين الموجبة  $\text{Zn}^{2+}$  في المحلول مقارنة بتركيز أيونات الكبريتات السالبة  $\text{SO}_4^{2-}$

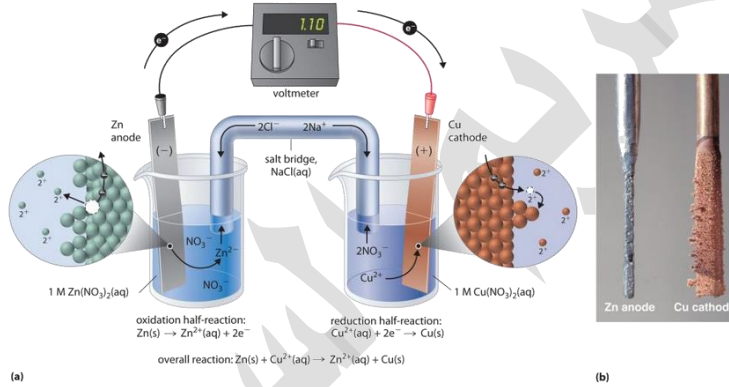


- سيحدث عدم اتزان كهربائي في الخلية، لكن بسبب وجود القنطرة الملحية فإن ذلك لا يحدث، لأن القنطرة الملحية تعادل الشحنات الكهربائية في نصفي الخلية الجلفانية، كالتالي:

- 1) تتحرك الأيونات السالبة من القنطرة، مثال:  $\text{Cl}^-$  إلى نصف خلية الخارصين (المصعد) لمعادلة الزيادة في تركيز الأيونات الموجبة
- 2) تتحرك الأيونات الموجبة من القنطرة، مثال:  $\text{K}^+$  إلى نصف خلية النحاس (المهبط) لمعادلة الزيادة في تركيز أيونات الكبريتات



تعزيب: انظر الصورة التالية، استخدمنا نفس الأقطاب، النحاس والخارصين، مع محاليل أملاحهما، نترات النحاس ونترات الخارصين، والملح المشبع في القنطرة كان كلوريد الصوديوم، حدث نفس الأمر من انتقال الإلكترونات ومؤشر الفولتميتر، ونفس القراءة، ومع الوقت واستمرار التيار الكهربائي في الخلية الجلفانية تآكل قطب الخارصين وقلت كتلته (المصعد) وزاد الترسيب على قطب النحاس (المهبط) وزادت كتلته



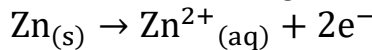
## الرمز الاصطلاحي للخلية الجلفانية

★ يعبر الرمز الاصطلاحي بإيجاز عن الخلية حيث يدل على تركيبها والتفاعلات التي تحدث

فيها، والرمز طريقة مختصرة وسهلة لوصف الخلية الجلفانية

○ الوعاء الأول (المصعد): نصف خلية الخارصين:

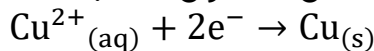
صفحة الخارصين مغموسة في محلول يحتوي على أيونات الخارصين  $\text{Zn}^{2+}$  مثل محلول كبريتات الخارصين  $\text{ZnSO}_4$ ، يحدث فيها تفاعل التأكسد حسب المعادلة:



رمز نصف خلية الخارصين:  $\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}$  نكتب أيون المادة في المحلول ثم المادة جهة القطب

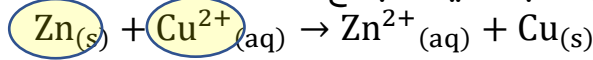
○ الوعاء الثاني (المهبط): نصف خلية النحاس:

صفحة النحاس مغموسة في محلول يحتوي على أيونات النحاس  $\text{Cu}^{2+}$  مثل محلول كبريتات النحاس  $\text{CuSO}_4$ ، يحدث فيها تفاعل الاختزال حسب المعادلة:



نكتب أيون المادة في المحلول ثم المادة جهة القطب  $Cu^{2+}|Cu$ : رمز نصف خلية النحاس

★ التفاعل الكلي في الخلية الجلفانية: نجمع أنصاف التفاعلات



عامل مختزل      عامل مؤكسد

💡 **ضوء اللمبة:** تعلمنا في الدرس الأول أن الأيونات الأحادية الموجبة مثل  $Cu^{2+}$  تسلك سلوك العوامل المؤكسدة بينما الفلزات المتعادلة مثل Zn تسلك سلوك العوامل المختزلة، لذا يجب أن نعرف أن نصف خلية لتأكسد دائماً فيها عامل مختزل، ونصف خلية الاختزال دائماً فيها عامل مؤكسد

★ الرمز الاصطلاحي للخلية الجلفانية Zn - Cu :

قطب نصف خلية التأكسد



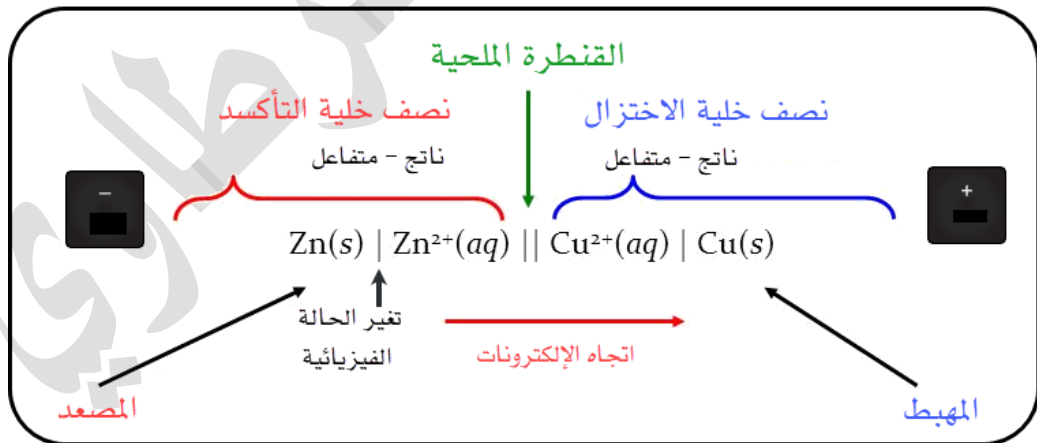
قطب نصف خلية الاختزال

عامل مختزل

عامل مؤكسد

★ نكتب رمز الخلية الجلفانية بدءاً من اليسار:

- 1- مكونات نصف خلية التأكسد: العامل المختزل الذي حدث له تأكسد (متفاعل) ثم ناتج التأكسد وبينهما خط عمودي | لاختلاف الحالة الفيزيائية
- 2- خطان متوازيان || يرمزان للقنطرة الملحية
- 3- مكونات نصف خلية الاختزال: العامل المؤكسد الذي حدث له اختزال (متفاعل) ثم ناتج الاختزال وبينهما خط عمودي |

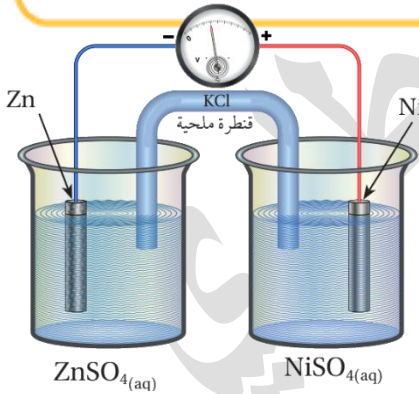


ولا بد أن تكون الأطراف أقطاب موصلة سواء كانت داخلية في تفاعل الخلية الجلفانية أو غير داخلية

📝 **تعريف:** ستلاحظ أن الأقطاب الصلبة على الأطراف، وهذا الأصل في كتابة رمز الخلية الجلفانية، فقد نستعمل أقطاباً موصلة تتفاعل في المحاليل كما المثال السابق، وقد نستعمل أقطاباً لا تتفاعل في المحاليل كأنها خاملة مثل البلاتين Pt أو الجرافيت C وهذا نستخدمه في حال كانت المواد في الخلية الجلفانية أيونات محاليل فقط أو غازات (سيتم توضيحه في تدريبات محلولة)

## تذكر علاقات سريعة في الخلية الجلفانية:

- شحنة المصعد سالبة، شحنة المهبط موجبة (وليس بالضرورة أن يكون أحدهما يسار ويمين الرسم)
- التأكسد عند المصعد، الاختزال عند المهبط
- العامل المؤكسد يُختزل على المهبط، العامل المختزل يتأكسد على المصعد
- حركة الإلكترونات في الدارة الخارجية من المصعد إلى المهبط
- مؤشر الفولتميتر دائماً جهة المهبط
- تتحول الطاقة من كيميائية إلى كهربائية
- يزداد تركيز الأيونات الموجبة في نصف خلية المصعد وتقل كتلة المصعد (يتآكل)
- يقل تركيز الأيونات الموجبة في نصف خلية المهبط وتزداد كتلة المهبط (ترسب الذرات عليه)
- تتجه أيونات القنطرة الملحية السالبة إلى نصف خلية المصعد، والأيونات الموجبة إلى نصف خلية المهبط
- الإلكترونات تنتقل عبر الأسلاك الخارجية، والأيونات الموجبة والسالبة تنتقل عبر القنطرة الملحية
- دائماً هناك أقطاب موصلة (صلبة) للتيار الكهربائي في الخلية الجلفانية نعتبرها مصعد ومهبط، ومحاليل كهربائية في الأوعية، وقد تكون الأقطاب متفاعلة أو غير متفاعلة



مثال (13) ص 98: أدرس الشكل المجاور الذي يمثل خلية

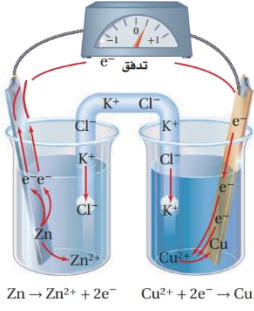
جلفانية مكونة من نصف خلية الخارصين  $Zn^{2+}|Zn$  ونصف خلية النيكل  $Ni^{2+}|Ni$ ، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

1- أحدد كلاً من المصعد والمهبط في الخلية

المصعد قطب الخارصين لأن عليه شحنة (-) والمهبط هو قطب النيكل لأن عليه شحنة (+)، ويرتفع الفولتميتر من صفر من عند قطب الخارصين لينحرف باتجاه قطب النيكل



**ملاحظة مهمة:** التعليل بانحراف مؤشر الفولتميتر جهة المهبط تعليل يحتاج إلى توضيح طالما كان في الرسم مخالفاً لما قد تظنه، فحتى تستوعب ذلك جيداً عليك أن تعلم أن انحراف المؤشر لا يعني ذهابه تماماً إلى الجهة الأخرى (اليمين) بل معناه أن القراءة صفر تبدأ بالارتفاع من عند المصعد وكأنها متجهة ناحية المهبط، ولأن قراءة الفولتميتر لا بد أن تكون عالية جداً حتى تتجه إلى أقصى اليمين، لكنها في خلية الخارصين - النيكل ليست عالية جداً وستعلم حسابات جهد الخلية لاحقاً

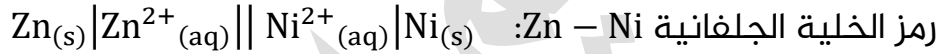
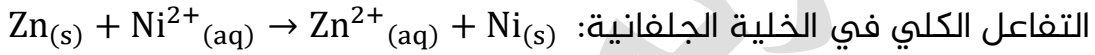
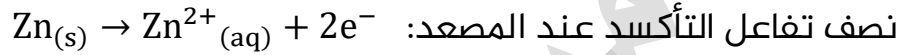


أما لو كان نوع جهاز الفولتميتر باتجاهين، يعني الصفر في الوسط مثل هذه الصورة وقتها سيظهر بشكل واضح اتجاه المؤشر يمين أم يسار، لكن الذي في الصورة من نوع مختلف، أيضا لو كان نوعه إلكتروني فسيعطي قراءة موجبة أو سالبة فقط، ولا بد في الخلية الجلفانية من القراءة الموجبة حتى نقول حدث تفاعل بانتقال الإلكترونات من المصعد إلى المهبط (وتعلمه لاحقاً في درس التنبؤ بتلقائية التفاعل)

### 2- أعدد حركة الإلكترونات عبر أسلاكها

تتحرك الإلكترونات عبر الأسلاك من المصعد (قطب الخارصين) إلى المهبط (قطب النيكل)

### 3- أكتب نصفي تفاعل التأكسد والاختزال



### 4- أعدد اتجاه حركة الأيونات الموجبة والسالبة عبر القنطرة الملحية

تتحرك الأيونات السالبة  $Cl^-$  من القنطرة إلى نصف خلية الخارصين  $Zn^{2+} | Zn$  (المصعد)

لمعادلة الزيادة في تركيز الأيونات الموجبة  $Zn^{2+}$

وتتحرك الأيونات الموجبة  $K^+$  من القنطرة إلى نصف خلية النيكل  $Ni^{2+} | Ni$  (المهبط)

لمعادلة الزيادة في تركيز أيونات الكبريتات

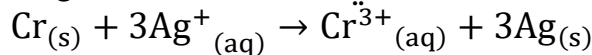
### 5- ما التغيير في كتلة كل من قطبي النيكل والخارصين؟

تقل كتلة قطب الخارصين (المصعد) نتيجة تأكسد ذراته Zn وتحولها إلى أيونات في

محلوله  $Zn^{2+}$ ، وتزداد كتلة قطب النيكل (المهبط) نتيجة اختزال أيونات محلوله  $Ni^{2+}$

وترسلها على القطب على شكل Ni

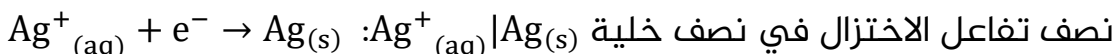
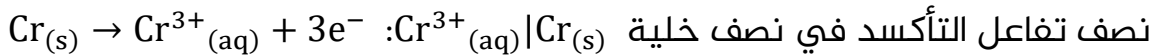
👤 **أتحقق ص 98:** في الخلية الجلفانية التي يحدث فيها التفاعل الآتي:



### 1- أكتب نصفي تفاعل التأكسد والاختزال

لاحظ من التفاعل من يتأكسد ومن يُختزل، الذي يتأكسد يتعلق بالمصعد، والذي اختزل

يتعلق بالمهبط



2- أحدد كلاً من المصعد والمهبط، واتجاه حركة الإلكترونات في الدارة الخارجية

المصعد هو الكروم Cr والمهبط هو الفضة Ag

تتجه الإلكترونات في الدارة الخارجية من قطب الكروم إلى قطب الفضة

3- أحدد اتجاه حركة الأيونات السالبة عبر القنطرة الملحية

تتحرك الأيونات السالبة من القنطرة الملحية إلى نصف خلية الكروم (المصعد)

$Cr^{3+}(aq)|Cr(s)$  لمعادلة الزيادة في تركيز الأيونات الموجبة  $Cr^{3+}$

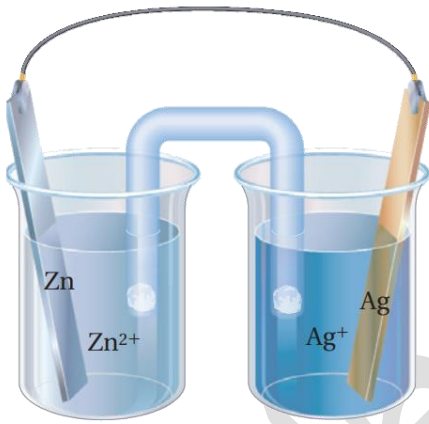
4- ما القطب الذي تزداد كتلته؟ ولماذا؟

تزداد كتلة قطب الفضة (المهبط) بسبب اختزال أيونات الفضة  $Ag^+$  إلى ذرات

وترسبها عليه

5- أكتب رمز الخلية الجلفانية  $Cr^{3+}(aq)|Cr(s) || Ag^+(aq)|Ag(s)$

## تدريبات محلولة



تدريب (1): في الشكل المرافق خلية جلفانية Zn – Ag

تتكون من صفيحة خارصين في محلول نترات الخارصين،

وصفيحة فضة في محلول نترات الفضة، إذا علمت أن

قطب الخارصين قلت كتلته بعد يومين من تشغيل

الخلية الجلفانية، أجب عما يأتي:

1- حدّد المصعد

المصعد هو قطب الخارصين Zn لأن كتلته قلت

2- حدّد المهبط: هو قطب الفضة Ag

3- ما اتجاه حركة الإلكترونات خلال أسلاك التوصيل؟ تتجه من Zn إلى Ag

4- أي القطبين ستزداد كتلته مع مرور الوقت؟ Ag

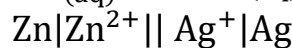
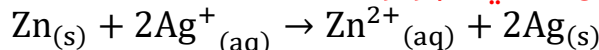
5- إذا علمت أن ملح  $KNO_3$  هو المستخدم في القنطرة الملحية هو لأي الأيونات

ستذهب إلى وعاء المصعد، وأيها إلى وعاء المهبط؟

$K^+$  إلى وعاء المهبط،  $NO_3^-$  إلى وعاء المصعد

6- أي قطب فلزي سيزداد تركيز أيوناته الموجبة في محلوله؟ Zn

7- اكتب معادلة التفاعل الكلي ثم رمز الخلية الجلفانية



حتى تكتب معادلة كلية موزونة بشكل صحيح، اكتب أنصاف التفاعلات ووازنها ثم اجمعها

تدريب (2): في الخلية الجلفانية الممثلة بالرموز الآتية:  $Al|Al^{3+}||Cu^{2+}|Cu$

- ما الذي يتأكسد، وما الذي يُختزل؟

نصف خلية التأكسد على اليسار، يتأكسد الألمنيوم Al

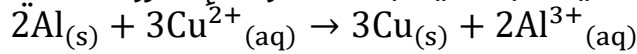
نصف خلية الاختزال على اليمين، تُختزل أيونات النحاس  $Cu^{2+}$

- اكتب المعادلة الكلية، وحدد العامل المؤكسد والعامل المختزل

نصف تفاعل التأكسد عند المصعد:  $Al_{(s)} \rightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3e^{-}$

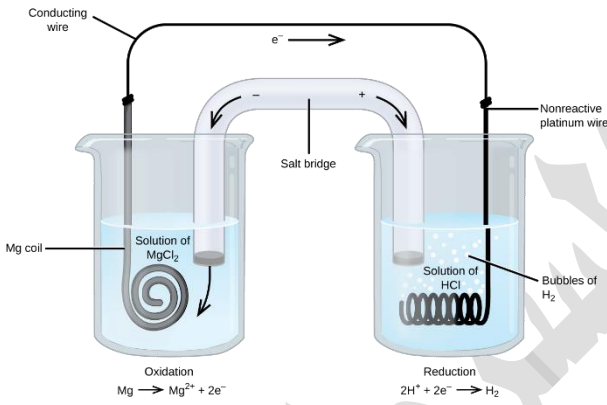
نصف تفاعل الاختزال عند المهبط:  $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow Cu_{(s)}$

التفاعل الكلي في الخلية الجلفانية بعد مساواة الإلكترونات في الأنصاف:



العامل المؤكسد:  $Cu^{2+}$  العامل المختزل: Al

تدريب (3) فكرة خارجية: اكتب رمز هذه الخلية الجلفانية الظاهرة في الصورة، إذا علمت



أنا نستخدم سلك ملفوف من المغنيسيوم في نصف خلية، وفي النصف الثاني قطب بلاتين لا يتفاعل مع محلول الحمض، وفقط تُختزل عليه أيونات الهيدروجين لتتحول إلى غاز الهيدروجين  $H_2$  ويتصاعد

وتعلم: أن الأقطاب منها الذي يتفاعل وأيوناته موجودة في محلوله، وأقطاب لن تتفاعل مع المحلول فهي كالخاملة واستخدمناها لأن المادة التي ستتأكسد أو تُختزل في نصف الخلية أيونات أو غازات

**الحل:** نحدد المصعد والمهبط من خلال حركة الإلكترونات في الدارة الخارجية أو من خلال

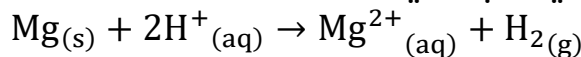
أنصاف التفاعلات المكتوبة في الصورة، المصعد هو قطب المغنيسيوم Mg

والمهبط هو قطب البلاتين لا يتفاعل، إنما يتم اختزال أيونات الهيدروجين  $H^+$  عليه لتتحول بعدها إلى غاز ويتصاعد من نصف الخلية

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

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

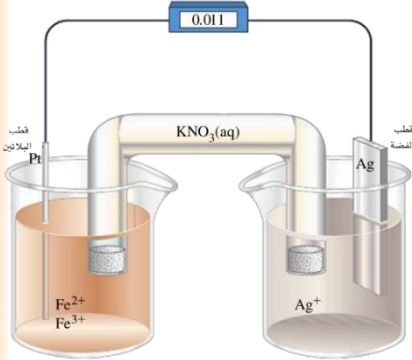
التفاعل الكلي في الخلية الجلفانية:



**رمز الخلية الجلفانية:**  $Mg|Mg^{2+}||2H^+|H_2|Pt$  لاحظ أننا فصلنا بخط بين أيونات الهيدروجين

والناتج النقي (سائل، غاز) وهو غاز الهيدروجين ثم خط لنظيف القطب غير المتفاعل، بينما لو كان المتفاعل والناتج أيونات فإننا نضع فاصلة بينها لأنها في نفس المحلول (التدريب التالي سيوضح ذلك)

**تذكر:** عند ترميز الخلية الجلفانية لا بد من كتابة أقطاب على الأطراف وإن لم تكن داخلية في التفاعلات، فهي المصعد والمهبط، ونبدأ من اليسار بالمصعد، ثم المهبط، ولا نكتب معاملات المعادلة (المولات) ضمن رمز الخلية لكن سنلتزم منهاج الكتاب في ترميزه لنصف خلية الهيدروجين بهذا الشكل  $2H^+ | H_2$  وستتعرف على قطب الهيدروجين المعياري ونصف خليته في الدرس القادم، فلا بد من إتقان كتابة رمز الخلية الجلفانية



**تدريب (4) فكرة خارجية:** في الخلية الجلفانية المبينة في الصورة، إذا علمت أن أيونات الحديد  $Fe^{2+}$  في المحلول يتم أكسدها إلى أيونات الحديد  $Fe^{3+}$  على قطب البلاتين Pt الذي لن يتفاعل مع تلك الأيونات وإنما مجرد ناقل للإلكترونات، بالمقابل فإن أيونات الفضة  $Ag^+$  يتم اختزالها إلى Ag على قطب الفضة فأجب عما يأتي:

**1- أيها المصعد وأيها المهبط، وما شحنة كل منهما؟**

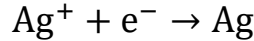
بما أن الذي تأكسد هو  $Fe^{2+}$  فإن نصف خلية التأكسد فيها أيونات الحديد وقطب البلاتين الذي لا يتفاعل وشحنته سالبة لأن عنده يحدث التأكسد وانتقال الإلكترونات فهو المصعد أما المهبط فهو قطب الفضة  $Ag$  وشحنته موجبة، لأن عليه يحدث الاختزال

**2- ما اتجاه حركة الإلكترونات في الدارة الخارجية؟**  $Pt \rightarrow Ag$

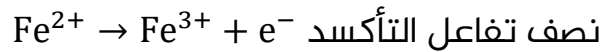
**3- حدد الأيونات التي ستتجه عبر القنطرة الملحية إلى الوعاء الذي فيه قطب الفضة ومحلولة؟** الأيونات الموجبة  $K^+$  إلى نصف الخلية الاختزال التي فيها أيونات الفضة

**4- ماذا سيحدث للأقطاب الفلزية بعد زمن من تشغيل الخلية الجلفانية؟**

تزداد كتلة قطب الفضة لحدوث الاختزال عليه



بينما يبقى قطب البلاتين كما هو رغم حدوث التأكسد عنده ورغم أنه لا يدخل في



المعادلة الكلية:

**5- اكتب رمز نصف خلية التأكسد**  $Fe^{2+}, Fe^{3+} | Pt$

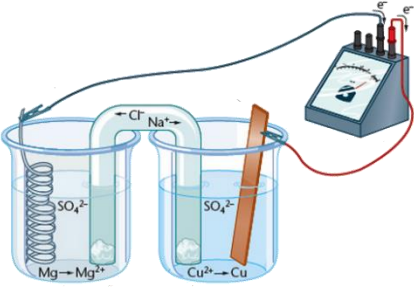
**6- اكتب رمز نصف خلية الاختزال**  $Ag^+ | Ag$

**7- اكتب رمز الخلية الجلفانية**  $Pt | Fe^{2+}, Fe^{3+} || Ag^+ | Ag$

لاحظ أن الأقطاب لا بد أن تكون موجودة في الترميز سواء تفاعلت أو لم تتفاعل لأنها الإلكترونات تنتقل بينها كمصعد ومهبط

## ورقة عمل 7: كيمياء الخلية الجلفانية، ورمز الخلية

تدريب (1): في الخلية الجلفانية Mg – Cu، حيث أن شريط المغنسيوم Mg مغموس في



محلول كبريتات المغنسيوم  $MgSO_4$  وصفحة النحاس Cu مغموسة في محلول كبريتات النحاس (II)  $CuSO_4$ ، ادرس الشكل المجاور، ثم أجب عما يأتي:

1- أيها المصعد وأيها المهبط، وما شحنة كل منهما؟

2- ماذا يحدث لتركيز أيونات المغنسيوم في المحلول (يزداد، يقل)؟

3- إلى أين يتجه مؤشر الفولتميتر؟

4- بالنظر إلى الشكل فسر: سبب اتجاه حركة الأيونات عبر القنطرة الملحية إلى الأوعية

5- ما القطب الذي تزداد كتلته في الخلية الجلفانية؟

6- اكتب نصف تفاعل التأكسد، ونصف تفاعل الاختزال

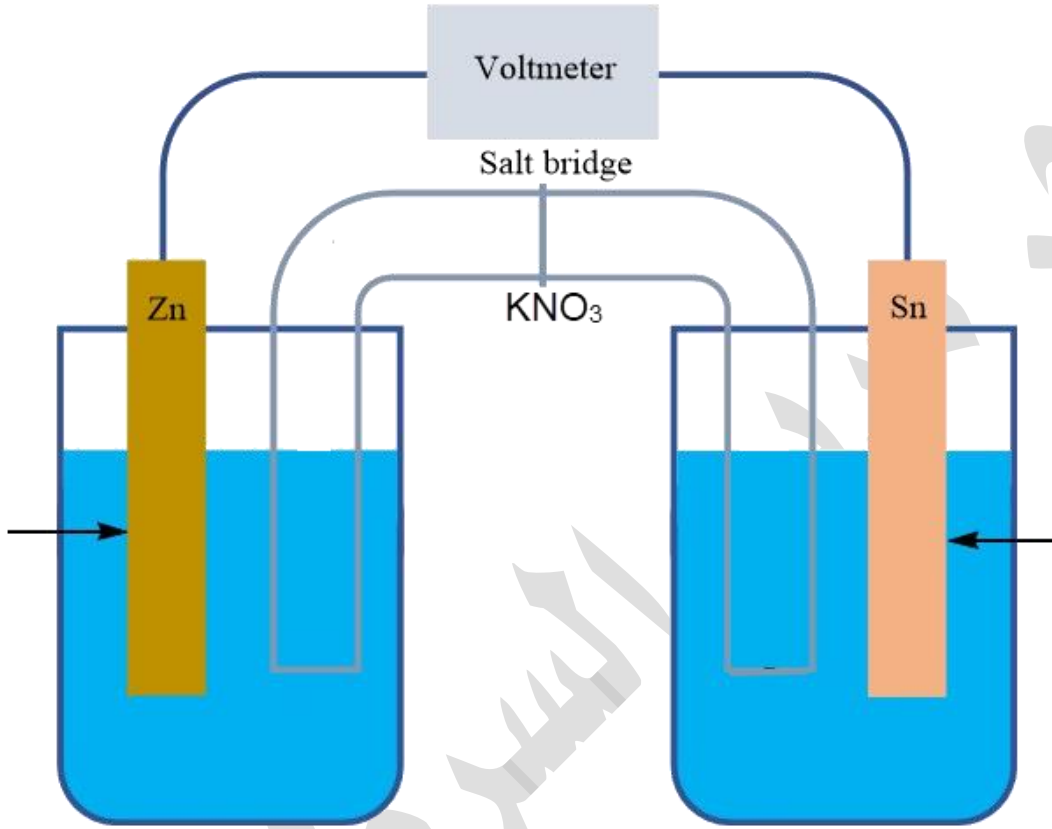
7- اكتب المعادلة الكلية للتفاعل الحاصل في الخلية مع رمزها

8- حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل

تدريب (2): من خلال رمز الخلية الجلفانية الآتية والشكل المجاور،  
 $Zn|Zn^{2+}||Sn^{2+}|Sn$

أجب عما يأتي:

1- حدد المصعد والمهبط على الشكل مع الشحنات



2- حدد على الشكل اتجاه حركة الأيونات السالبة والموجبة عبر القنطرة الملحية

3- اكتب أنصاف التفاعل، والمعادلة الكلية الموزونة وحدد عليها العامل المؤكسد والعامل المختزل

## جهد الخلية الجلفانية/ جهد الخلية المعيارية



ما المقصود بجهد الخلية الجلفانية؟

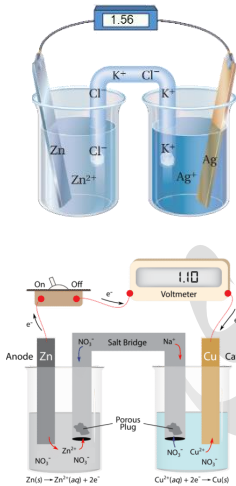
$E_{Cell}$

مقياس لقدرة الخلية على إنتاج تيار كهربائي، وهو القوة الدافعة الكهربائية المتولدة بين قطبي الخلية بسبب فرق الجهد بينهما ويُقاس بالفولت V

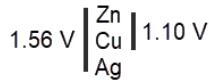
تخيل ذلك من خلال صورة الشلال وطاقة وضعه العالية في الأعلى فيندفع بقوة بسبب فرق المسافة الكبيرة، نفس الحال

مع المصعد فإن الإلكترونات تندفع منه بسبب فرق الجهد بين قطبي الخلية، فكلما زاد فرق الجهد بين القطبين زاد جهد الخلية الجلفانية ومعناه طاقة كهربائية أكبر

★ لاحظ الخلايا الجلفانية وقياس الفولتميتر للخلية، تأثرت القراءة عندما غيرنا قطب من الأقطاب، هذا القطب له ميل للاختزال أكبر فصار الفرق أكبر بين القطبين وارتفعت القراءة  
★ يزداد فرق الجهد بين القطبين كلما ازداد ميل كل من نصفي تفاعل التأكسد والاختزال للحدوث



القراءة هي فرق الجهد بين القطبين  
الخلية (Zn-Ag)  $1.56 V =$   
الخلية (Zn-Cu)  $1.10 V =$   
المصعد مشترك بينهما وهو Zn وهو الأكثر نشاطاً، بينما المهبط اختلف فالقراءة الأكبر معناه أن المهبط Ag أكثر ميلاً للاختزال من Cu

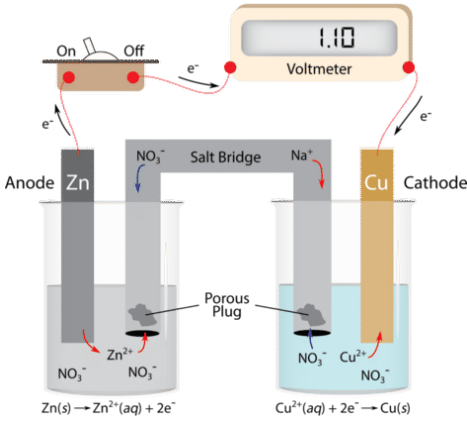


سؤال من المناهج القديم: إذا علمت أن جهد الخلية المكونة من الأقطاب  $0.57 V = (X-Y)$  وجهد الخلية المكونة من الأقطاب  $0.78 V = (X-W)$  وأن المادة X في الخليتين هي المهبط، فأَي العنصرين أكثر ميلاً للتأكسد؟ الجواب هو W لأن القراءة في الخلية أكبر



★ جهد القطب يُقسم إلى:

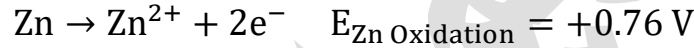
المصطلح	معناه	رمزه
جهد اختزال	ميل نصف تفاعل الاختزال للحدوث	$E_{Reduction}$
جهد تأكسد	ميل نصف تفاعل التأكسد للحدوث	$E_{Oxidation}$



★ في مثال خلية Zn – Cu السابقة، لاحظنا ميل الخارصين للتأكسد أكثر من ميل النحاس بناء على سلسلة النشاط الكيميائي، أحدهما يميل للتأكسد وآخر يميل للاختزال فتتولد نتيجة ذلك قوة دافعة كهربائية تدفع الإلكترونات إلى الحركة من المصعد إلى المهبط، ولهذه القوة الدافعة قراءة تظهر على الفولتميتر كما في الصورة تدل على سريان التيار الكهربائي،

**تعزير: تفصيل ذلك بمثال عددي وحسابي والأعداد اعتبرها افتراضية**

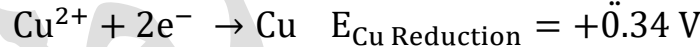
في ظروف معينة من درجة حرارة وغير ذلك ركبنا الخلية الجلفانية السابقة في خلية المصعد (الخارصين) هناك نصف تفاعل تأكسد لأنه أنشط، ففي حد غششنا أن جهد تأكسد الخارصين سيكون  $+0.76 \text{ V}$



فهذا النصف سيميل إلى التأكسد بهذه القيمة أو الجهد، بينما لو كان سيميل إلى الاختزال فإننا نعكس الإشارة لأن نصف التفاعل سينعكس



أما في خلية المهبط فالميل للاختزال أكبر، وفي حد غششنا أن جهد القطب الذي يحدث عليه الاختزال سيكون كالتالي:



أما جهد تأكسده فنفس القيمة لكن عكس الإشارة



فلو قارنا الجهود

★ جهد تأكسد الخارصين < جهد تأكسد النحاس

جهد اختزال النحاس < جهد اختزال الخارصين

وبإمكاننا حساب فرق الجهد بين القطبين = الأكبر - الأصغر (سواء جهد تأكسد أو جهد اختزال)

جرب احسبها مع مراعاة الإشارات وسيكون الناتج نفس القراءة في الصورة  $1.10 \text{ V}$

لكن اتفق العلماء على توحيد ذلك إلى جهود اختزال لكل من المصعد والمهبط

**جهد الخلية الجلفانية = جهد اختزال (المهبط) - جهد اختزال (المصعد)**

$$E_{\text{Cell}} = E_{\text{Reduction(Cathode)}} - E_{\text{Reduction(Anode)}}$$

لكن السؤال القوي: 

من أين نأتي بقيمة جهد اختزال القطب سواء كان مصعد أو مهبط؟ هل يقيسها الفولتميتر؟ وهل دائماً جهد اختزال قطب قيمة ثابتة ولو تغيرت الظروف من تركيز محلول أيوناته أو درجة الحرارة وغير ذلك؟

★ جهد الخلية الجلفانية  $E_{Cell}$  وجهد القطب يتأثر بالعوامل والظروف من درجة الحرارة، تركيز المحاليل، ضغط الغازات، لذا لا بد من توحيد تلك الظروف إلى ظروف معيارية الظروف المعيارية: ★

- 1- ضغط غاز 1 atm للغازات المستخدمة في الخلية الجلفانية
  - 2- درجة حرارة  $25^{\circ}C$
  - 3- تركيز أيونات محاليل الأوعية يساوي 1M
- وقتها نسمي جهد الخلية (قراءة الفولتميتر) جهد الخلية المعياري، وجهد اختزال القطب بجهد الاختزال المعياري

★ ما المقصود بجهد الخلية المعياري؟  $E^{\circ}_{Cell}$

مقياس لقدرة الخلية على إنتاج تيار كهربائي، وهو القوة الدافعة الكهربائية المتولدة بين قطبي الخلية بسبب فرق الجهد بينهما في الظروف المعيارية ويُقاس بالفولت V تصبح معادلة حساب جهد الخلية المعياري مع استخدام جهود الاختزال المعيارية:

$$E^{\circ}_{Cell} = E^{\circ}_{Reduction(Cathode)} - E^{\circ}_{Reduction(Anode)}$$

ونختصرها: جهد الخلية المعياري = جهد المهبط المعياري - جهد المصعد المعياري

$$E^{\circ}_{Cell} = E^{\circ}_{Cathode} - E^{\circ}_{Anode}$$

★ ما المقصود بجهد الاختزال المعياري؟  $E^{\circ}_{Reduction}$  

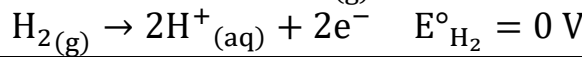
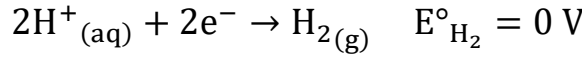
مقياس لميل نصف تفاعل الاختزال للحدوث في الظروف المعيارية

★ للأسف لا نستطيع قياس جهد الاختزال المعياري لأي قطب وهو نصف خلية جلفانية، لا بد من خلية جلفانية كاملة، فقال العلماء سنستخدم قطب مرجعي في نصف خلية سواء كان القطب المرجعي مهبطاً أو مصعداً لأننا سنعطيه قيمة صفر كجهد اختزال معياري وبهذا الشكل سنعرف جهد اختزال الآخر

★ ولا بد أن يكون القطب المرجعي مناسباً فلا ينفذ أن يكون أنشط العناصر تأكسداً مثل الليثيوم، أو أنشطهم اختزالاً مثل الفلور، بل لا بد أن يكون متوسطاً بينهم، فهو يتصرف كمهبط أو مصعد حسب القطب الآخر الذي يشكل نصف الخلية الأخرى

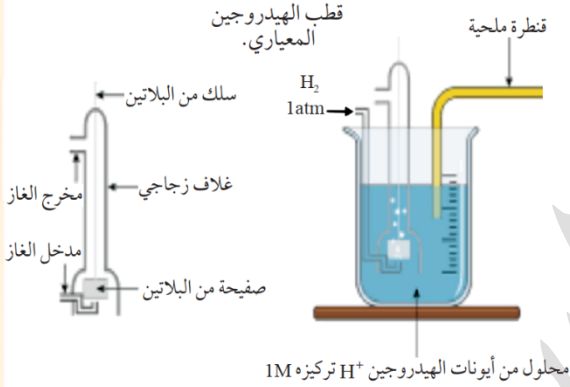
★ تم اختيار قطب مرجعي: وهو قطب الهيدروجين المعياري، وسبب اختياره: لأن نشاطه الكيميائي متوسط بين العناصر، واصطلح العلماء على أن جهد الاختزال المعياري له  $E^\circ_{H_2} = 0$  فيكون هو المرجع لباقي الأقطاب

★ وبما أن العلماء اتفقوا على اعتباره قطب مرجعي وأعطوه قيمة 0 كجهد اختزال معياري، فإن جهد تأكسده أيضا صفر



💡 ما المقصود بقطب الهيدروجين المعياري؟

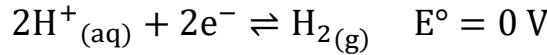
قطب مرجعي أستخدم لقياس جهود الاختزال المعيارية لأقطاب الخلايا الجلفانية في الظروف المعيارية وهي: ضغط الغاز 1 atm ، ودرجة حرارة 25 °C ، وتركيز أيونات  $H^+$  يساوي 1M.



💡 مم يتكون قطب الهيدروجين المعياري؟

- 1- وعاء يحتوي على محلول حمض الهيدروكلوريك HCl تركيز أيونات الهيدروجين  $H^+$  فيه 1 M
- 2- صفيحة من البلاتين مغموسة في ذلك المحلول (البلاتين قطب موصل لكن لن يتفاعل مع المحلول، واستعملناه لأن المادة المستخدمة في نصف الخلية: أيونات + غاز
- 3- يُضخ غاز الهيدروجين إلى المحلول عند ضغط للغاز يساوي 1 atm يعني 1 ضغط جوي، ودرجة حرارة 25 °C

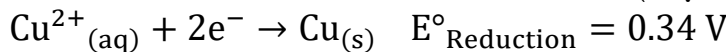
★ التفاعل الحاصل في نصف خلية الهيدروجين:



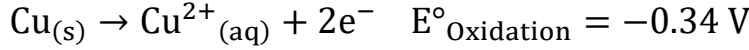
★ السهم المزدوج يدل على أن نصف التفاعل منعكس؛ إذ يمكن لأيونات الهيدروجين  $H^+$  أن تُختزل إلى  $H_2$ ، ويمكن لجزيئات غاز  $H_2$  أن تتأكسد إلى  $H^+$ ، حيث أن الهيدروجين يتوسط العناصر، ففي خلية جلفانية قد يُختزل وقد يتأكسد حسب الذي معه

★ أيضًا أي عنصر له جهد اختزال فإنه جهد تأكسده عند نفس الظروف = نفس القيمة لكن عكس الإشارة.

مثال: لو عرفنا بالتجارب أن جهد الاختزال المعياري للنحاس (ميل نصف تفاعل الاختزال للحدوث في خلية المهبط)



فإن جهد التأكسد المعياري للنحاس (ميل نصف تفاعل التأكسد للحدوث في خلية المهبط)



وهذا الجهد سنحسبه بعد قليل باستخدام قطب الهيدروجين المعياري

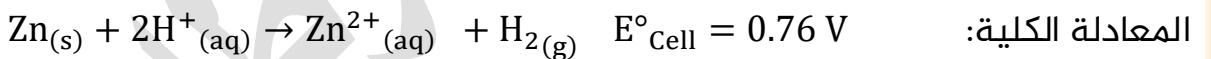
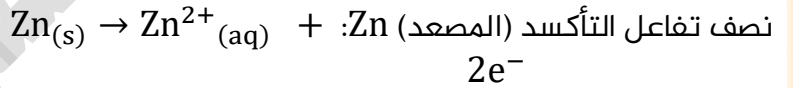
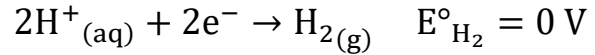
مثال ص 100: خلية جلفانية من قطب الهيدروجين المعياري والخرصين المعياري كما في



الشكل (أي أن الخلية الجلفانية تحت الظروف المعيارية) حتى نحدد الاختزال المعياري للخرصين لا بد أن نميز هل هو مصعد أم مهبط في هذه الخلية الجلفانية؟ عند توصيل الأسلاك المتصلة بالأقطاب مع مدخل الفولتمتر السالب والموجب كما في الصورة حصلنا على قراءة موجبة  $E^\circ_{\text{Cell}} = 0.76 \text{ V}$  هذا دليل على أن قطب الخرصين فعليا هو المصعد في هذه الخلية الجلفانية وأن سريان الإلكترونات

بالاتجاه الصحيح، بينما لو جربنا توصيل الأسلاك عكس المداخل، بحيث نعتبر نصف خلية الهيدروجين هي المصعد، ونصف خلية الخرصين هي المهبط فإن القراءة في جهاز الفولتمتر ستكون بالسالب وهذا دليل أن دفع الإلكترونات ليس بالاتجاه الصحيح، ولا بد أن يكون جهد الخلية الجلفانية بالموجب لنقول أن تفاعلا قد حدث وتم انتقال الإلكترونات من المصعد إلى المهبط

نصف تفاعل الاختزال (المهبط) قطب الهيدروجين المعياري:



نحسب جهد الاختزال المعياري للخرصين  $E^\circ_{\text{Cu}}$

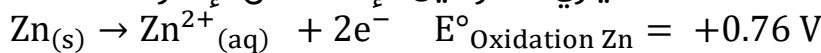
$$E^\circ_{\text{Cell}} = E^\circ_{\text{Cathode}} - E^\circ_{\text{Anode}}$$

$$0.76 = 0 - E^\circ_{\text{Zn}}$$

$$E^\circ_{\text{Zn}} = -0.76 \text{ V}$$

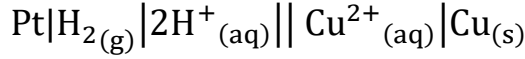
هذه القيمة السالبة تعني أن أيونات الخرصين أقل ميلاً للاختزال من أيونات الهيدروجين التي جهد اختزالها المعياري يساوي صفر، لذلك اختزلت أيونات الهيدروجين بينما تأكسدت ذرات الخرصين في التفاعل

ولو حسبنا جهد التأكسد المعياري للخرصين فإنه عكس الإشارة:



فنقول جهد التأكسد للخرصين أعلى من جهد التأكسد للهيدروجين، أي أن قطب الخرصين يميل إلى التأكسد أكثر من جزيئات الهيدروجين

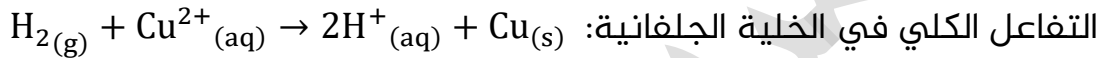
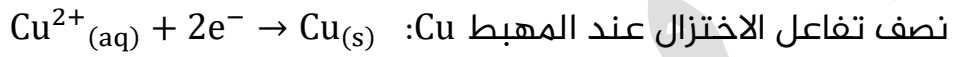
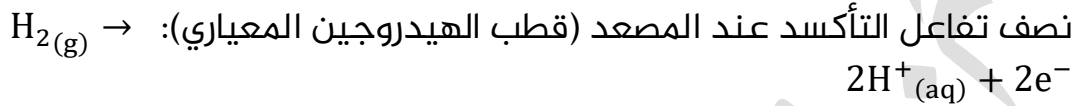
مثال (14) ص 102: في الخلية الجلفانية الممثلة بالرمز الآتي:



إذا علمت أن جهد الخلية المعياري  $E^\circ_{\text{cell}} = 0.34 \text{ V}$  فاحسب جهد الاختزال المعياري للنحاس

ملاحظة مهمة خلها ببالك دائماً: جهد الاختزال المعياري لأي مادة ثابت عند الظروف المعيارية لأنه صفة خاصة لتلك المادة كالكتافة والحرارة النوعية وغير ذلك، وبالتالي لن يتأثر بموازنة نصف التفاعل

**الحل:** من خلال رمز الخلية نستطيع تمييز نصف خلية التأكسد ونصف خلية الاختزال



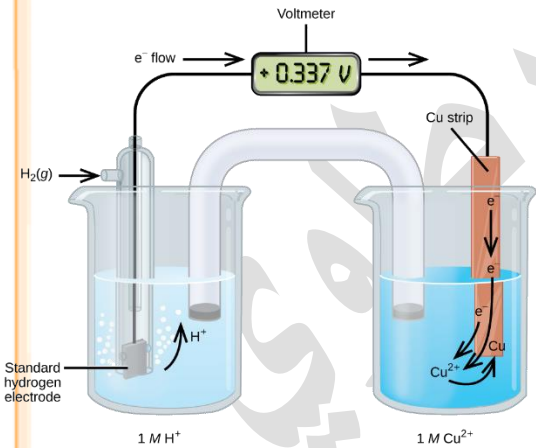
$$E^\circ_{\text{cell}} = E^\circ_{\text{Cathode}} - E^\circ_{\text{Anode}}$$

$$0.34 = E^\circ_{\text{Cu}} - 0$$

$$E^\circ_{\text{Cu}} = 0.34 \text{ V}$$

جهد الاختزال المعياري للنحاس أكبر منه للهيدروجين وهذا يعني أن أيونات النحاس تميل إلى الاختزال أكثر من أيونات الهيدروجين، لذلك تأكسدت جزيئات غاز الهيدروجين واختزلت أيونات النحاس

تعزيز مهم:



إذا كان قطب الهيدروجين المعياري (خلية مهبط) والفلز الآخر A مصعد، فإن أيونات الهيدروجين تُختزل إلى غاز الهيدروجين ويتصاعد من المحلول، فنقول الفلز A يحرر غاز الهيدروجين من محلول الحمض المخفف، مثاله: قطب الخارصين

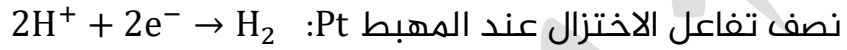
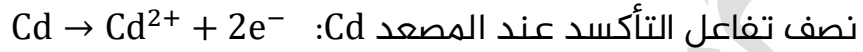
بينما إذا كان قطب الهيدروجين المعياري (خلية مصعد)، والفلز الآخر B خلية مهبط فإنه لن يتصاعد غاز الهيدروجين ووقتها نقول هذا الفلز B لن يحرر غاز الهيدروجين من محلول الحمض المخفف، مثاله: قطب النحاس

ونميز ذلك من جهد الاختزال المعياري، فالذي جهد اختزاله المعياري موجب لن يحرر غاز الهيدروجين لأنه سيكون مهبطاً، والذي جهد اختزاله المعياري سالب فسيحرر غاز الهيدروجين لأنه سيكون مصعداً وسنفهم ذلك بشكل أفضل إن شاء الله تعالى في جدول جهود الاختزال المعيارية

👤 **أتحقق ص 102:** خلية جلفانية مكونة من نصف خلية الهيدروجين  $2H^+ | H_2 | Pt$

ونصف خلية الكادميوم  $Cd^{2+} | Cd$  المعياريين، أحسب جهد الاختزال المعياري للكادميوم إذا علمت أن جهد الخلية المعياري يساوي  $0.4 V$ ، ونقصت كتلة قطب الكادميوم بعد تشغيل الخلية لفترة من الزمن

**الحل:** من خلال معلومة مهمة جداً في السؤال، نقصان كتلة قطب معناه أنه المصعد، ويميل إلى التأكسد أكثر من غاز الهيدروجين، وبالتالي تتأكسد ذرات الكادميوم وتُختزل أيونات الهيدروجين في نصف خلية الاختزال



$$E^\circ_{\text{Cell}} = E^\circ_{\text{Cathode}} - E^\circ_{\text{Anode}}$$

$$0.4 = 0 - E^\circ_{\text{Cd}}$$

$$E^\circ_{\text{Cd}} = -0.4 V$$

👤 كيماشيك حاول تشغل مخك فيه: إذا علمت أن:

- الخلية الجلفانية الأولى تتكون من قطب العنصر X وقطب الهيدروجين المعياري، ووجدنا أن جهد الاختزال المعياري للعنصر X يساوي  $-0.76 V$
  - الخلية الجلفانية الثانية تتكون من قطب العنصر Y وقطب الهيدروجين المعياري، ووجدنا أن جهد الاختزال المعياري للعنصر Y يساوي  $+0.34 V$
- فأي الاختيارات الآتية يعتبر صحيحاً؟

a	العنصر X لا يستطيع تحرير غاز الهيدروجين من محلول الحمض المخفف
b	العنصر Y لا يستطيع تحرير غاز الهيدروجين من محلول الحمض المخفف
c	قطب العنصر X يحدث عليه اختزال
d	قطب العنصر Y يحدث عليه تأكسد

حل الكيماشيك يكون في نفس الحصة على اليوتيوب

👤 **تعزيز خارجي:** حتى لا تتحير في قولنا قطب الهيدروجين المعياري رغم أن الهيدروجين ليس بقطب

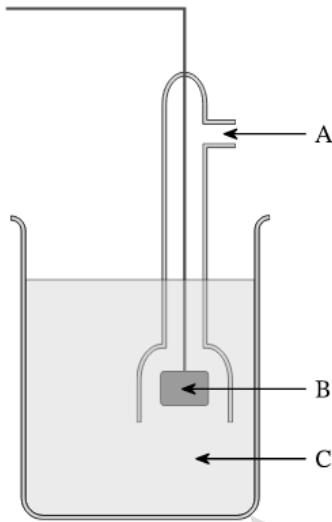
صلب، فلا بد أن تعلم أن الأقطاب في الخلية الجلفانية إما قطب فلز وأيوناته وهذا الشائع في مسائلنا، قطب غازي مثل قطب الهيدروجين المعياري أو قطب الكلور والـخ، فنستخدم غاز مع أيوناته مع قطب غير متفاعل كالبلاتين، وثالث نوع قطب تأكسد واختزال حيث نغمر قطب بلاتين أو جرافيت غير متفاعل في

محلول له حالتين تأكسد مثل  $Fe^{2+}, Fe^{3+}$

## ورقة عمل 8: قطب الهيدروجين المعياري وجهد الاختزال المعياري

تدريب (1): جهد الاختزال المعياري، تم قياسه في ظروف معيارية، أي من هذه الظروف ليس معيارياً؟

a	درجة حرارة 25°C والتي تساوي 298 K
b	تركيز المحلول في الوعاء يساوي 1 M
c	ضغط الغازات في حال كانت مستخدمة في الخلية الجلفانية يساوي 1 atm
d	تركيز المحلول الملحي في القنطرة الملحية يساوي 1 M



تدريب (2): في الشكل المجاور قطب الهيدروجين المعياري، حدّد المكونات من خلال الرموز الموضحة

A	
B	
C	

تدريب (3): يُستخدم قطب الهيدروجين المعياري لقياس جهود الأقطاب المعيارية لعناصر مختلفة، فإن المصطلح المستخدم لوصف هذا النوع من الأقطاب هو:

A	قطب نصفي
B	قطب بلاتيني
C	قطب مرجعي

تدريب (4): الترميز الصحيح لنصف خلية قطب الهيدروجين المعياري:

A	$2H^+   H_2   Pt$
B	$2H^+   Pt$
C	$2H^+   H_2$

تدريب (5): في الخلية الجلفانية المكونة من قطب الهيدروجين المعياري و نصف خلية الفضة  $Ag^+|Ag$  إذا علمت أن جهد الخلية المعياري  $E^\circ_{cell} = 0.80 V$  وأن قطب الفضة ازدادت كتلته مع مرور الوقت، فاحسب جهد الاختزال المعياري للفضة ثم احسب جهد تأكسده المعياري

تدريب (6): في الخلية الجلفانية الممثلة بالرمز الآتي:



إذا علمت أن جهد الخلية المعياري  $E^\circ_{cell} = 0.23 V$  فاحسب جهد الاختزال المعياري للنكل، ثم احسب جهد تأكسده المعياري

## جدول جهود الاختزال المعيارية

★ استخدم قطب الهيدروجين المعياري في بناء خلايا جلفانية متعددة ومن خلال قياس جهودها المعيارية حسب جهود الاختزال المعيارية للأقطاب المختلفة التي استخدمت فيها

★ اتفق الكيميائيون على كتابة أنصاف التفاعلات على شكل أنصاف تفاعل اختزال في الاتجاه الأمامي وتم ترتيبها وفقاً لتزايد جهود الاختزال المعيارية في جدول سُمي جدول جهود الاختزال المعيارية

الجدول (2): جهود الاختزال المعيارية عند درجة حرارة 25°C.

نصف تفاعل الاختزال				E° (V)		
Li <sup>+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	e <sup>-</sup>	⇌	Li <sub>(s)</sub>	-3.05	
K <sup>+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	e <sup>-</sup>	⇌	K <sub>(s)</sub>	-2.92	
Ca <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Ca <sub>(s)</sub>	-2.76	
Na <sup>+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	e <sup>-</sup>	⇌	Na <sub>(s)</sub>	-2.71	
Mg <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Mg <sub>(s)</sub>	-2.37	
Al <sup>3+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	3e <sup>-</sup>	⇌	Al <sub>(s)</sub>	-1.66	
Mn <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Mn <sub>(s)</sub>	-1.18	
2H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	2OH <sup>-</sup> + H <sub>2(g)</sub>	-0.83	
Zn <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Zn <sub>(s)</sub>	-0.76	
Cr <sup>3+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	3e <sup>-</sup>	⇌	Cr <sub>(s)</sub>	-0.73	
Fe <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Fe <sub>(s)</sub>	-0.44	
Cd <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Cd <sub>(s)</sub>	-0.40	
Co <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Co <sub>(s)</sub>	-0.28	
Ni <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Ni <sub>(s)</sub>	-0.23	
Sn <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Sn <sub>(s)</sub>	-0.14	
Pb <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Pb <sub>(s)</sub>	-0.13	
Fe <sup>3+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	3e <sup>-</sup>	⇌	Fe <sub>(s)</sub>	-0.04	
<b>2H<sup>+</sup><sub>(aq)</sub></b>	<b>+</b>	<b>2e<sup>-</sup></b>	⇌	<b>H<sub>2(g)</sub></b>	<b>0.00</b>	
Cu <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Cu <sub>(s)</sub>	0.34	
I <sub>2(s)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	2I <sup>-</sup> <sub>(aq)</sub>	0.54	
Fe <sup>3+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	e <sup>-</sup>	⇌	Fe <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	0.77	
Ag <sup>+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	e <sup>-</sup>	⇌	Ag <sub>(s)</sub>	0.80	
Hg <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Hg <sub>(l)</sub>	0.85	
Br <sub>2(l)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	2Br <sup>-</sup> <sub>(aq)</sub>	1.07	
O <sub>2(g)</sub>	+ 4H <sup>+</sup>	+	4e <sup>-</sup>	⇌	2H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	1.23
Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> <sub>(aq)</sub>	+ 14H <sup>+</sup>	+	6e <sup>-</sup>	⇌	7H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub> + 2Cr <sup>3+</sup> <sub>(aq)</sub>	1.33
Cl <sub>2(g)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	2Cl <sup>-</sup> <sub>(aq)</sub>	1.36	
Au <sup>3+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	3e <sup>-</sup>	⇌	Au <sub>(s)</sub>	1.5	
MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> <sub>(aq)</sub>	+ 8H <sup>+</sup>	+	5e <sup>-</sup>	⇌	4H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub> + Mn <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	1.51
F <sub>2(g)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	2F <sup>-</sup> <sub>(aq)</sub>	2.87	

تزداد قوة العوامل المؤكسدة

تزداد قوة العوامل المختزلة

## ★ أهمية جدول جهود الاختزال المعيارية:

- نحسب منه جهد الخلية المعيارية باستخدام جهود الاختزال المعيارية
- التنبؤ بتلقائية تفاعلات التأكسد والاختزال
- حدوث التفاعل في الخلية الجلفانية تلقائياً
- تفاعل الفلزات مع محلول الحمض المخفف، وانطلاق أو تحرر غاز الهيدروجين
- تفاعل الفلزات واللافلزات مع محاليل الأملاح: التحريك والحفظ والتحضير والترسيب ...
- مقارنة قوة العوامل المؤكسدة والمختزلة

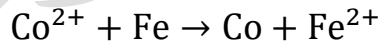
- تترتب جهود الاختزال في الجدول، حيث تزداد من أعلى إلى أسفل، ويتوسطها الهيدروجين بقيمة 0
- يسار الجدول عوامل مؤكسدة تحدث لها عملية اختزال فهي تمثل نصف تفاعل الاختزال الذي يحدث في المهبط
- يمين الجدول عوامل مختزلة تحدث لها عملية تأكسد فلو عكسنا نصف التفاعل سيكون نصف تفاعل تأكسد يحدث في المصعد

💡 **ضوء اللمبة:** تذكر أن العناصر والأيونات الأحادية: على يمين الجدول: الفلز والأيون السالب عامل مختزل، وعلى يسار الجدول: الجزيء الثنائي والأيون الموجب عامل مؤكسد

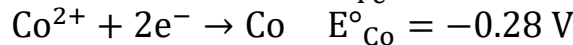
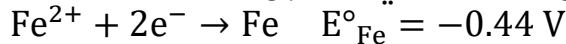
## 💡 لحساب جهد الخلية المعيارية:

$$E^{\circ}_{\text{Cell}} = E^{\circ}_{\text{Cathode}} - E^{\circ}_{\text{Anode}}$$

💡 **مثال (15) ص 104:** أحسب جهد الخلية المعيارية للخلية الجلفانية التي يحدث فيها التفاعل الآتي:



**الحل:** من خلال البيانات في الجدول لأنصاف تفاعلات الاختزال، رتبهم تصاعدياً:



من خلال المعادلة الكلية نلاحظ أن الذي تأكسد هو الحديد Fe فهو المصعد أما الكوبلت Co فهو المهبط لأن أيوناته  $\text{Co}^{2+}$  تُختزل عليه، أيضاً جهد اختزال الكوبلت (-0.28) أعلى من جهد اختزال الحديد (-0.44) فهذا يعني أنه سيكون المهبط

والحديد هو المصعد ليحدث التفاعل في الخلية الجلفانية

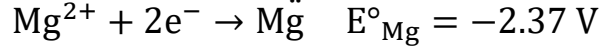
$$E^{\circ}_{\text{Cell}} = E^{\circ}_{\text{Cathode}} - E^{\circ}_{\text{Anode}}$$

$$E^{\circ}_{\text{Cell}} = E^{\circ}_{\text{Co}} - E^{\circ}_{\text{Fe}} = -0.28 - (-0.44) = +0.16 \text{ V}$$

لاحظ الإشارة الموجبة لجهد الخلية: هذا دليل أن التفاعل تلقائي في الخلية الجلفانية، وهذا المفروض في الخلية الجلفانية

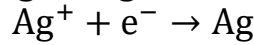
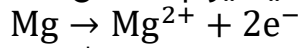
مثال (16) ص 104: خلية جلفانية مكونة من نصف خلية الفضة  $Ag^+|Ag$  ونصف خلية المغنيسيوم  $Mg^{2+}|Mg$  في الظروف المعيارية، بالرجوع إلى جهود الاختزال المعيارية لكل منهما في الجدول (2) أكتب المعادلة الكلية الموزونة للتفاعل وأحسب جهد الخلية المعياري

**الحل:** من خلال البيانات في الجدول لأنصاف تفاعلات الاختزال، رتب الأنصاف تصاعدياً:



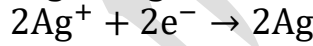
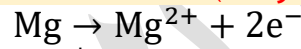
نلاحظ أن المغنيسيوم جهد اختزاله المعياري أقل وبالتالي يتأكسد فهو المصعد والآخر الذي جهد اختزاله المعياري أكبر هو الذي تُختزل أيوناته عليه فالفضة هي المهبط

نعكس نصف تفاعل الاختزال للمغنيسيوم لنحصل على نصف تفاعل التأكسد



نساوي الإلكترونات بضرب نصف تفاعل الاختزال بـ 2،

**جهد الاختزال المعياري لأي مادة لا يتأثر بضرب نصف التفاعل بأي معامل، لأن جهد الاختزال يعتمد على النوع وليس الكمية (عدد المولات)**



المعادلة الكلية للتأكسد والاختزال:



$$E^\circ_{Cell} = E^\circ_{Cathode} - E^\circ_{Anode}$$

$$E^\circ_{Cell} = E^\circ_{Ag} - E^\circ_{Mg} = +0.80 - (-2.37) = +3.17 V$$

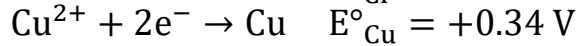
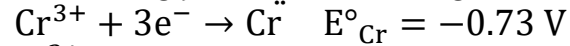
مهم العناية بالإشارات لأنها تؤثر على الناتج النهائي

أتحقق ص 105: خلية جلفانية مكونة من نصف خلية الكروم  $Cr^{3+}|Cr$  ونصف خلية

النحاس  $Cu^{2+}|Cu$  المعياريين، بالرجوع إلى جهود الاختزال المعيارية لكل منهما في

الجدول (2) أحسب جهد الخلية المعياري

**الحل:** من خلال البيانات في الجدول لأنصاف تفاعلات الاختزال ورتبهم تصاعدياً:



نلاحظ أن الكروم جهد اختزاله المعياري أقل وبالتالي يتأكسد فهو المصعد والآخر الذي جهد اختزاله المعياري أكبر هو الذي تُختزل أيوناته عليه فالنحاس هي المهبط

لا نهمنا موازنة المعادلة الكلية لحساب جهد الخلية إنما يهمنا فقط تحديد المهبط والمصعد

$$E^\circ_{Cell} = E^\circ_{Cathode} - E^\circ_{Anode}$$

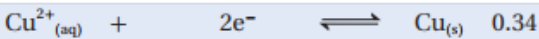
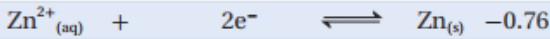
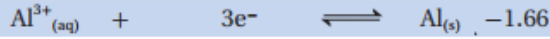
$$E^\circ_{Cell} = E^\circ_{Cu} - E^\circ_{Cr} = +0.34 - (-0.73) = +1.07 V$$

## التجربة 1: مقارنة جهود بعض الخلايا الجلفانية ص 106

إعداد خلايا جلفانية مختلفة لقياس جهد الخلية ثم مقارنة هذه الجهود

إذا تحرك المؤشر بالاتجاه السالب في الفولتميتر

فلا بد من عكس الأسلاك الموصولة به، لأن القراءة لا بد أن تكون موجبة في الخلية الجلفانية



أحدد المصعد والمهبط في كل خلية جلفانية

إذا كانت التوصيلات صحيحة إلى مداخل

الفولتميتر، فالقراءة ستكون بالموجب ونميز

وقتها المصعد والمهبط، أما لو أردنا تحديد ذلك بدون تجربة فعلينا بجدول جهود الاختزال، الأقل في الجهد مصعد، والأعلى مهبط

أكتب التفاعل الكلي في كل خلية جلفانية

رمز الخلية الجلفانية	قراءة الفولتميتر $E^\circ_{\text{Cell}}$	المعادلة الكلية الموزونة
Zn Zn <sup>2+</sup>    Cu <sup>2+</sup>  Cu	1.10	Zn + Cu <sup>2+</sup> → Zn <sup>2+</sup> + Cu
Al Al <sup>3+</sup>    Cu <sup>2+</sup>  Cu	2.00	2Al + 3Cu <sup>2+</sup> → 2Al <sup>3+</sup> + 3Cu
Pb Pb <sup>2+</sup>    Cu <sup>2+</sup>  Cu	0.47	Pb + Cu <sup>2+</sup> → Pb <sup>2+</sup> + Cu
Al Al <sup>3+</sup>    Pb <sup>2+</sup>  Pb	1.53	2Al + 3Pb <sup>2+</sup> → 2Al <sup>3+</sup> + 3Pb

أقارن بين جهود الخلايا الجلفانية الذي جرى قياسها وأفسر الاختلاف فيها

كلما زاد ميل كل من نصفي تفاعل التأكسد والاختزال للحدوث زاد جهد الخلية

لاحظ جهود الاختزال للأقطاب من خلال النظر إلى جدول جهود الاختزال المعيارية، الأقل جهد اختزال

هو الألمنيوم والأعلى جهد اختزال هو النحاس، الفرق بينهما يعطي أعلى جهد خلية جلفانية

$$E^\circ_{\text{Al-Cu}} > E^\circ_{\text{Al-Pb}} > E^\circ_{\text{Zn-Cu}} > E^\circ_{\text{Pb-Cu}}$$

أتوقع ترتيب الفلزات وفق تزايد جهود اختزالها اعتماداً على قيم جهود الخلايا المقيسة

رمز الخلية الجلفانية	ترتيب الأقطاب من ناحية ازدياد جهد الاختزال
Zn Zn <sup>2+</sup>    Cu <sup>2+</sup>  Cu	Zn Cu
Al Al <sup>3+</sup>    Cu <sup>2+</sup>  Cu	Al Cu
Pb Pb <sup>2+</sup>    Cu <sup>2+</sup>  Cu	Pb Cu
Al Al <sup>3+</sup>    Pb <sup>2+</sup>  Pb	Al Pb

بما أن جهد خلية Al - Cu أعلى من Zn - Cu و أعلى من Pb - Cu والنحاس مهبط في الجميع

وكأنه قطب مرجعي لنقارن موضع كل مصعد بالنسبة له، فإن الألمنيوم فوقهم فهو الأقل جهد اختزال

$$\text{Al} < \text{Zn} < \text{Pb} < \text{Cu}$$

## ورقة عمل 9: جهد الخلية المعياري

تدريب (1): خلية جلفانية مكونة من قطب الكروم Cr المغموس في محلول نترات الكروم  $Cr^{3+}$  وقطب الكاديوم Cd المغموس في محلول نترات الكاديوم  $Cd^{2+}$  وكلا الوعائين في الظروف المعيارية، اكتب أنصاف التفاعلات والمعادلة الكلية ثم احسب جهد الخلية المعياري إذا علمت أن:

$$E^{\circ}_{Cd} = -0.40 \text{ V}$$

$$E^{\circ}_{Cr} = -0.74 \text{ V}$$

تدريب (2): التعبير الآتي هو رمز خلية جلفانية  
 $Pt|Fe^{2+}, Fe^{3+} || Br^{-}|Br_2|Pt$   
 أحسب جهد الخلية المعياري إذا علمت أن:

$$E^{\circ}_{Br_2} = +1.07 \text{ V}$$

$$E^{\circ}_{Fe^{3+}|Fe^{2+}} = +0.77 \text{ V}$$

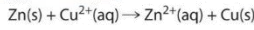
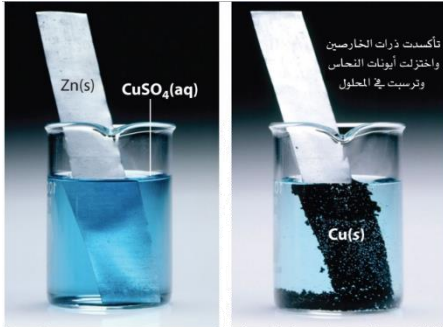
تدريب (3): التعبير الآتي هو رمز خلية جلفانية  
 $Al|Al^{3+} || Cd^{2+}|Cd$   
 إذا علمت أن جهد الخلية المعياري يساوي  $1.26 \text{ V}$  وجهد الاختزال المعياري للكاديوم يساوي  $-0.40 \text{ V}$  فاحسب جهد الاختزال المعياري للألمنيوم

## التنبؤ بتلقائية حدوث تفاعلات التأكسد والاختزال

★ من مراجعتنا السابقة لسلسلة النشاط الكيميائي، نتذكر أن فلزات تحل محل فلزات في محلولها لأنها أنشط منها، وأيضا هناك فلزات تحل محل الهيدروجين في محلول الحمض المخفف HCl فينتقل غاز الهيدروجين، بينما هناك فلزات لن تحل محل الهيدروجين فلن ينطلق أو يتحرر غاز الهيدروجين

Na Mg Al Zn Fe H Cu Ag Au

← ازدياد النشاط الكيميائي

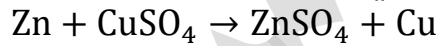


**مثال: تفاعل الخارصين في محلول كبريتات**

**النحاس**، فالخارصين أنشط من النحاس لذا سيحدث

التفاعل ونقول عنه تفاعل تلقائي

ومثله يحدث في الخلية الجلفانية



المعادلة الكلية للتأكسد والاختزال:



**مثال: تفاعل الخارصين في محلول الحمض المخفف**



أي أن الخارصين يتأكسد فهو المصعد والتفاعل تلقائي، وعندما حسبنا جهد اختزال الخارصين كان بالسالب فقلنا هو أقل من جهد اختزال قطب الهيدروجين وبالتالي سيتأكسد الخارصين وتختزل أيونات الهيدروجين إلى جزيئات غاز الهيدروجين ويتصاعد الغاز بينما لو تفاعل النحاس واعتبرناه المصعد فلن يحدث التفاعل ولن ينطلق غاز الهيدروجين، فنقول تفاعله غير تلقائي ويحتاج طاقة كهربائية حتى يحدث

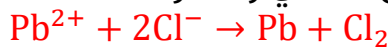
$$\text{Cu} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{NO REACTION}$$

💡 **كيف نعلم أن التفاعل في الخلية الجلفانية تلقائي أم غير تلقائي؟**

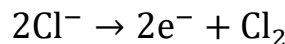
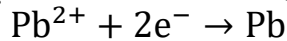
من خلال حساب جهد الخلية المعياري، فإن كان موجبا فالتفاعل تلقائي ولا يحتاج إلى طاقة كهربائية لإحداثه، وإذا كان سالبا فإن التفاعل غير تلقائي ولن يحدث إلا بطاقة كهربائية يعني من خلال خلية التحليل الكهربائي

💡 **مثال (17) ص 107: أتوقع بالاستعانة بالجدول (2) أي تفاعلات التأكسد والاختزال الممثلة**

بالمعادلات الآتية يحدث بشكل تلقائي وأفسر ذلك



**الحل:** الاستعانة بالمعادلة الكلية وكتابة أنصاف تفاعلي التأكسد والاختزال:

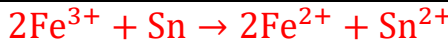


بالاستعانة بالجدول نستخرج جهود الاختزال للرصاص Pb وللكلور Cl<sub>2</sub>  
 $E^{\circ}_{Pb} = -0.13 \text{ V}$        $E^{\circ}_{Cl_2} = +1.36 \text{ V}$   
 حسب المعادلة اختزلت أيونات الرصاص في خلية المهبط، وتأكسدت أيونات الكلور في خلية المصعد

$$E^{\circ}_{Cell} = E^{\circ}_{Cathode} - E^{\circ}_{Anode}$$

$$E^{\circ}_{Cell} = E^{\circ}_{Pb} - E^{\circ}_{Cl_2} = -0.13 - (+1.36) = -1.49 \text{ V}$$

جهد الخلية المعياري للتفاعل سالب، فالتفاعل غير تلقائي الحدوث، ولو قارنا جهود الاختزال فإن جهد اختزال الرصاص أقل فلا بد أن يكون المصعد والآخر المهبط حتى يتم التفاعل في الخلية الجلفانية



**الحل:** الاستعانة بالمعادلة الكلية وكتابة أنصاف تفاعلي التأكسد والاختزال:  
 $2Fe^{3+} + 2e^{-} \rightarrow 2Fe^{2+}$   
 $Sn \rightarrow 2e^{-} + Sn^{2+}$

بالاستعانة بالجدول نستخرج جهود الاختزال  
 $E^{\circ}_{Sn} = -0.14 \text{ V}$        $E^{\circ}_{Fe^{3+}|Fe^{2+}} = +0.77 \text{ V}$   
 حسب المعادلة اختزلت أيونات الحديد في خلية المهبط، وتأكسدت ذرات القصدير في خلية المصعد

$$E^{\circ}_{Cell} = E^{\circ}_{Cathode} - E^{\circ}_{Anode}$$

$$E^{\circ}_{Cell} = E^{\circ}_{Fe^{3+}|Fe^{2+}} - E^{\circ}_{Sn} = 0.77 - (-0.14) = +0.91 \text{ V}$$

جهد الخلية المعياري للتفاعل موجب، فالتفاعل تلقائي الحدوث

مثال (18) ص 108: أفسر يتفاعل فلز النيكل Ni مع محلول حمض الهيدروكلوريك HCl وينطلق غاز الهيدروجين

**الحل:** نكتب معادلة التفاعل ثم نكتب المعادلة الأيونية:  
 عند تفاعل الفلز مع الحمض سيتكون ملح الفلز في المحلول و ينطلق غاز الهيدروجين، فنفترض حدوث التفاعل كالتالي:

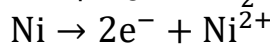
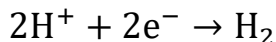


أيونات الكلور السالبة متفرجة فنحذفها



المعادلة الأيونية الكلية:  $Ni + 2H^{+} \rightarrow Ni^{2+} + H_2$

أنصاف تفاعلات التأكسد والاختزال



بالاستعانة بالجدول نستخرج جهد اختزال النيكل

$$E^{\circ}_{Ni} = -0.23 \text{ V} \quad E^{\circ}_{H_2} = 0 \text{ V}$$

طالما كان جهد اختزال النيكل أقل من جهد اختزال الهيدروجين فإن النيكل يتأكسد وهذا هو الذي يحدث فعلاً في المعادلة الكلية، أي أن التفاعل تلقائي الحدوث

$$E^{\circ}_{Cell} = E^{\circ}_{Cathode} - E^{\circ}_{Anode}$$

$$E^{\circ}_{Cell} = E^{\circ}_{H_2} - E^{\circ}_{Ni} = 0 - (-0.23) = +0.23 \text{ V}$$

إذاً يتفاعل النيكل Ni مع حمض HCl ويتصاعد غاز الهيدروجين

مثال (19) ص 109: أفسر لا يتفاعل فلز النحاس Cu مع محلول حمض الهيدروكلوريك HCl

ولا ينطلق غاز الهيدروجين

**الحل:** نكتب معادلة التفاعل ثم نكتب المعادلة الأيونية:

عند تفاعل الفلز مع الحمض سيتكون ملح الفلز في المحلول و ينطلق غاز الهيدروجين،

فنفترض حدوث التفاعل كالتالي:

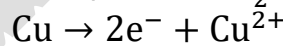
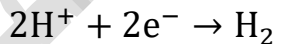


أيونات الكلور السالبة متفرجة فنحذفها



المعادلة الأيونية الكلية:  $Cu + 2H^+ \rightarrow Cu^{2+} + H_2$

أنصاف تفاعلات التأكسد والاختزال



بالاستعانة بالجدول نستخرج جهد اختزال النيكل

$$E^{\circ}_{Cu} = +0.34 \text{ V} \quad E^{\circ}_{H_2} = 0 \text{ V}$$

طالما كان جهد اختزال النحاس أكبر من جهد اختزال الهيدروجين فإن النحاس هو قطب

المهبط وتختزل أيوناته في خلية المهبط، وجهد اختزال الهيدروجين أقل إذا سيكون هو

المصعد الذي تتأكسد جزيئاته إلى أيونات هيدروجين في المحلول، وهذا عكس الذي يحدث

في أنصاف التفاعلات، سنقول التفاعل غير تلقائي الحدوث، وإذا حسبنا جهد الخلية

المعياري على أساس التفاعل الافتراضي فسيكون سالباً.

$$E^{\circ}_{Cell} = E^{\circ}_{Cathode} - E^{\circ}_{Anode}$$

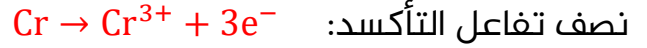
$$E^{\circ}_{Cell} = E^{\circ}_{H_2} - E^{\circ}_{Cu} = 0 - (+0.34) = -0.34 \text{ V}$$

إذاً لا يتفاعل النحاس Cu مع حمض HCl ولا يتصاعد غاز الهيدروجين

مثال (20) ص 110: هل يمكن تحريك محلول نترات الفضة  $AgNO_3$  بملعقة من الكروم  $Cr$ ؟

**الحل:** حتى نستطيع التحريك بملعقة من الكروم فإنه يجب ألا تتفاعل مع أيونات المحلول، ولمعرفة ذلك نفترض التفاعل

تريك سريعة لكتابة التفاعل: نختار أيونات الفلز في المحلول فهي التي تُختزل في خلية المهبط، والملعقة هي الفلز الذي يتأكسد في خلية المصعد



المعادلة الكلية الموزونة



بالاستعانة بالجدول نستخرج جهد اختزال الكروم والفضة

$$E^\circ_{Cr} = -0.73 \text{ V}$$

$$E^\circ_{Ag} = +0.80 \text{ V}$$

جهد اختزال الكروم أقل من جهد اختزال الفضة وبالتالي الكروم هو المصعد يتأكسد، والفضة المهبط فيحدث عليه اختزال، وهذا الذي يحدث فعلياً في التفاعل

$$E^\circ_{\text{Cell}} = E^\circ_{\text{Cathode}} - E^\circ_{\text{Anode}}$$

$$E^\circ_{\text{Cell}} = E^\circ_{Ag} - E^\circ_{Cr} = +0.80 - (-0.73) = +1.53 \text{ V}$$

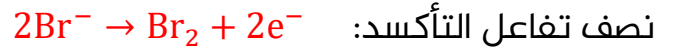
جهد الخلية المعياري موجب، فالتفاعل تلقائي الحدوث ولا يمكننا تحريك محلول نترات الفضة بملعقة من الكروم

مثال (21) ص 110: هل يمكن تحضير البروم  $Br_2$  من محلول بروميد البوتاسيوم  $KBr$  باستخدام اليود  $I_2$ ؟

**الحل:** تحضير البروم يعني هو الناتج من تفاعل بروميد البوتاسيوم واليود، أو نقول هل ممكن

أن يستخلص اليود  $I_2$  البروم  $Br_2$  من بروميد البوتاسيوم  $KBr$  تريك سريعة لكتابة أنصاف التفاعلات: نختار أيونات المحلول التي ستتحوّل إلى الناتج الذي نريد تحضيره ونختار المادة التي ستقوم بالتحضير ونحولها في الناتج إلى أيونات ثم نوازن

الأنصاف حتى نميز نصف تفاعل التأكسد ونصف تفاعل الاختزال



المعادلة الكلية الموزونة المتوقعة حتى نحضر البروم من محلوله باستخدام اليود



بالاستعانة بالجدول نستخرج جهد اختزال البروم واليود

$$E^\circ_{Br_2} = +1.07 \text{ V}$$

$$E^\circ_{I_2} = +0.54 \text{ V}$$

جهد اختزال اليود أقل من جهد اختزال البروم فيفترض أن يكون في خلية المصعد يتأكسد، ويفترض بالبروم أن يكون في خلية المهبط تُختزل أيوناته، ولو حسبنا جهد الخلية المعياري على أساس التفاعل الذي افترضناه فسيعطي قيمة سالبة

$$E^{\circ}_{\text{Cell}} = E^{\circ}_{\text{Cathode}} - E^{\circ}_{\text{Anode}}$$

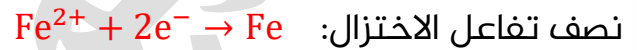
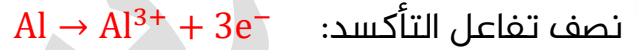
$$E^{\circ}_{\text{Cell}} = E^{\circ}_{\text{I}_2} - E^{\circ}_{\text{Br}_2} = +0.54 - (+1.07) = -0.53 \text{ V}$$

جهد الخلية المعياري سالب، فالتفاعل غير تلقائي الحدوث ولا يمكننا تحضير البروم من محلوله باستخدام اليود

👤 **أتحقق ص 111:**

(1) هل يمكن حفظ محلول كبريتات الحديد  $\text{FeSO}_4 \cdot \text{II}$  في وعاء من الألمنيوم  $\text{Al}$ ؟

**الحل:** نختار أيونات الفلز في المحلول فهي التي تُختزل في خلية المهبط، وشحنة الحديد ثنائية موجبة كما هو واضح من رمز  $\text{II}$ ، والوعاء هو الفلز الذي يتأكسد في خلية المصعد، والألمنيوم شحنته ثابتة ثلاثية موجبة



المعادلة الكلية الموزونة



بالاستعانة بالجدول نستخرج جهد اختزال الحديد والألمنيوم

$$E^{\circ}_{\text{Fe}} = -0.44 \text{ V} \quad E^{\circ}_{\text{Al}} = -1.66 \text{ V}$$

جهد اختزال الألمنيوم أقل من جهد اختزال الحديد وبالتالي الألمنيوم كأنه المصعد الذي يتأكسد، والحديد المهبط الذي يحدث عليه اختزال أيوناته، وهذا الذي يحدث فعلياً في التفاعل

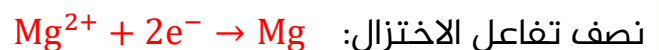
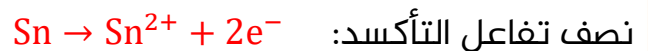
$$E^{\circ}_{\text{Cell}} = E^{\circ}_{\text{Cathode}} - E^{\circ}_{\text{Anode}}$$

$$E^{\circ}_{\text{Cell}} = E^{\circ}_{\text{Fe}} - E^{\circ}_{\text{Al}} = -0.44 - (-1.66) = +1.22 \text{ V}$$

جهد الخلية المعياري موجب، فالتفاعل تلقائي الحدوث ولا يمكننا حفظ هذا المحلول في وعاء الألمنيوم

(2) هل يمكن حفظ محلول نترات المغنيسيوم  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  في وعاء من القصدير  $\text{Sn}$ ؟

**الحل:** نختار أيونات الفلز في المحلول وهي أيونات المغنيسيوم فهي التي تُختزل في خلية المهبط، والوعاء الفلز الذي يتأكسد في خلية المصعد / نكتب أنصاف التفاعلات ونوازن



المعادلة الكلية الموزونة:



بالاستعانة بالجدول نستخرج جهد اختزال المغنيسيوم والقصدير

$$E^{\circ}_{Mg} = -2.37 V$$

$$E^{\circ}_{Sn} = -0.14 V$$

جهد اختزال المغنيسيوم أقل من جهد اختزال القصدير وبالتالي المغنيسيوم وكأنه المصعد يتأكسد، والقصدير هو المهبط الذي يحدث عليه اختزال، وهذا لا يحدث في التفاعل الموزون

$$E^{\circ}_{Cell} = E^{\circ}_{Cathode} - E^{\circ}_{Anode}$$

$$E^{\circ}_{Cell} = E^{\circ}_{Mg} - E^{\circ}_{Sn} = -2.37 - (-0.14) = -2.23 V$$

جهد الخلية المعياري سالب، فالتفاعل غير تلقائي الحدوث وبالتالي يمكننا حفظ محلول نترات المغنيسيوم في وعاء من القصدير

## الربط مع الحياة

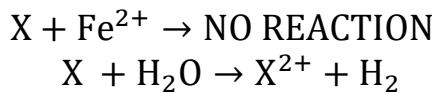
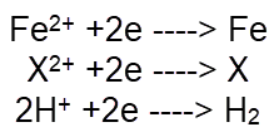


يحدث أحيانا انتفاخ لعب الأغذية؛ أحد أسباب حدوثه تفاعل الأغذية الحامضية مع الفلز المكون للعلبة المحفوظة فيها، وينتج عن ذلك غاز الهيدروجين؛ مما يتسبب في انتفاخ العلبة، وغالباً ما تكون هذه التفاعلات جزءاً من العوامل التي تُحدِّد مدَّة صلاحية هذه المُنتجات.

## تدريبات محلولة

كيماشيك: فلز X يتفاعل بشكل بطيء مع بخار الماء الساخن حيث يحل محل الهيدروجين في الماء فيتأكسد إلى  $X^{2+}$  مكوناً هيدروكسيد الفلز، وينطلق غاز الهيدروجين من هذا التفاعل، لكن هذا الفلز نفسه لا يظهر أي تغير عليه عند غمسه في محلول كبريتات الحديد الثنائي  $FeSO_2$ . اقترح موضعاً لهذا الفلز في سلسلة النشاط الكيميائي

**الحل:** هذا الفلز لن يتأكسد، وأيونات الحديد لن تُختزل في محلول كبريتات الحديد، فهذا يعني أن جهد اختزال الفلز أكبر من جهد اختزال الحديد أي أن الفلز لن يتصرف كمصعد والآخر كمهبط، بل العكس فالحديد مصعد و X مهبط، فالفلز X أقل نشاطاً من الحديد وتحتة في سلسلة النشاط الكيميائي، بينما يتأكسد الفلز في الماء يعني يحل محل الهيدروجين فهنا يتصرف كمصعد والهيدروجين سيتصرف كأنه مهبط حيث يختزل إلى غاز الهيدروجين، وبالتالي الفلز X أنشط من الهيدروجين وأعلى منه في سلسلة النشاط الكيميائي



$$E^{\circ}_X > E^{\circ}_{Fe}$$

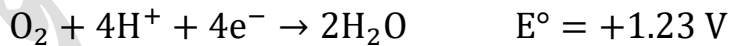
$$E^{\circ}_X < E^{\circ}_{H_2}$$

## ورقة عمل 10: التنبؤ بتلقائية تفاعلات التأكسد والاختزال

تدريب (1): قطب خارصين غُمس في محلول نترات الفضة، بالمقابل قطب فضة غُمس في محلول كبريتات الخارصين، تنبأ في أي وعاء ستُختزل أيونات الفلز في محلوله، إذا علمت أن جهود الاختزال المعيارية هي:

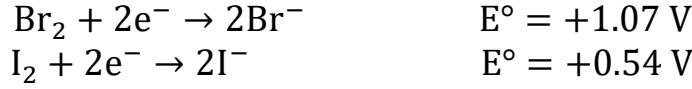
$$E^{\circ}_{Zn} = -0.76 V \quad E^{\circ}_{Ag} = +0.80 V$$


تدريب (2): تنبأ هل يمكن أن يؤكسد غاز الأكسجين أيونات الكلوريد إلى جزيئات غاز الكلور في وسط حمضي، إذا علمت أن أنصاف تفاعل الاختزال للمواد هي:



تأكد من ذلك بحساب جهد الخلية المعياري، ورتب المهبط والمصعد حسب قيمة جهد الاختزال المعياري

تدريب (3): تنبأ هل ممكن أن يستخلص اليود سائل البروم من محلوله بروميد البوتاسيوم؟  
علمًا أن:



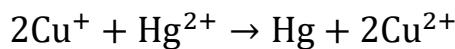
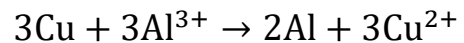
تأكد من ذلك بحساب جهد الخلية المعياري، ورتب جهود الاختزال المعياريّة قبل ذلك

تدريب (4): فسّر لماذا أيونات الكوبلت ثلاثية الشحنة  $\text{Co}^{3+}$  غير مستقرة في المحلول المائي، حيث تتحول إلى أيونات ثنائية  $\text{Co}^{2+}$  علمًا أن أنصاف تفاعلات الاختزال كالتالي:



تدريب (5): بالاستعانة بالجدول المجاور، حدد هل التفاعلات المكتوبة أدناه تلقائية أم غير تلقائية؟

نصف التفاعل	$E^\circ$ (V)
$\text{Cu}^{2+} + e^- \rightarrow \text{Cu}^+$	+0.153
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$	+0.3419
$\text{Hg}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Hg}$	+0.851
$\text{Al}^{3+} + 3e^- \rightarrow \text{Al}$	-1.662



### مقارنة قوة العوامل المؤكسدة والمختزلة

★ من جدول جهود الاختزال المعيارية يتضح أن جهود الاختزال المعيارية تزداد من أعلى إلى أسفل في الجدول، أي يزداد ميل نصف تفاعل الاختزال للحدوث؛ وهذا يعني أن أقصى يسار الجدول قوة العامل المؤكسد تزداد كلما نزلنا إلى أسفل، أما أقصى يمين الجدول وكلما صعدنا إلى أعلى قل ميل نصف تفاعل الاختزال للحدوث وازداد ميل نصف تفاعل التأكسد للحدوث وهذا يعني قوة العامل المختزل تزداد كلما صعدنا إلى أعلى

أضعف عامل مؤكسد	نصف تفاعل الاختزال			E° (V)	أقوى عامل مختزل
	Li <sup>+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	e <sup>-</sup>	⇌	Li <sub>(s)</sub> -3.05
	K <sup>+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	e <sup>-</sup>	⇌	K <sub>(s)</sub> -2.92
	Ca <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Ca <sub>(s)</sub> -2.76
	Na <sup>+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	e <sup>-</sup>	⇌	Na <sub>(s)</sub> -2.71
	Mg <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Mg <sub>(s)</sub> -2.37
	Al <sup>3+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	3e <sup>-</sup>	⇌	Al <sub>(s)</sub> -1.66
	Mn <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Mn <sub>(s)</sub> -1.18
	2H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	H <sub>2(g)</sub> -0.83
	Zn <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Zn <sub>(s)</sub> -0.76
	Cr <sup>3+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	3e <sup>-</sup>	⇌	Cr <sub>(s)</sub> -0.73
	Fe <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Fe <sub>(s)</sub> -0.44
	Cd <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Cd <sub>(s)</sub> -0.40
	Co <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Co <sub>(s)</sub> -0.28
	Ni <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Ni <sub>(s)</sub> -0.23
	Sn <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Sn <sub>(s)</sub> -0.14
	Pb <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Pb <sub>(s)</sub> -0.13
	Fe <sup>3+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	3e <sup>-</sup>	⇌	Fe <sub>(s)</sub> -0.04
	<b>2H<sup>+</sup><sub>(aq)</sub></b>	+	<b>2e<sup>-</sup></b>	⇌	<b>H<sub>2(g)</sub> 0.00</b>
	Cu <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Cu <sub>(s)</sub> 0.34
	I <sub>2(s)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	2I <sup>-</sup> <sub>(aq)</sub> 0.54
	Fe <sup>3+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	e <sup>-</sup>	⇌	Fe <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub> 0.77
	Ag <sup>+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	e <sup>-</sup>	⇌	Ag <sub>(s)</sub> 0.80
	Hg <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	Hg <sub>(l)</sub> 0.85
	Br <sub>2(l)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	2Br <sup>-</sup> <sub>(aq)</sub> 1.07
	O <sub>2(g)</sub>	+	4e <sup>-</sup>	⇌	2H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub> 1.23
	Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> <sub>(aq)</sub>	+	6e <sup>-</sup>	⇌	2Cr <sup>3+</sup> <sub>(aq)</sub> 1.33
	Cl <sub>2(g)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	2Cl <sup>-</sup> <sub>(aq)</sub> 1.36
	Au <sup>3+</sup> <sub>(aq)</sub>	+	3e <sup>-</sup>	⇌	Au <sub>(s)</sub> 1.5
	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> <sub>(aq)</sub>	+	5e <sup>-</sup>	⇌	Mn <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub> 1.51
	F <sub>2(g)</sub>	+	2e <sup>-</sup>	⇌	2F <sup>-</sup> <sub>(aq)</sub> 2.87
أقوى عامل مؤكسد					أضعف عامل مختزل

أقوى عامل مؤكسد هو: F<sub>2</sub> وأضعف عامل مؤكسد هو Li<sup>+</sup>

أقوى عامل مختزل هو: Li وأضعف عامل مختزل هو F<sup>-</sup>

تعزيز: تذكر الرابط الذهني الذي تعلمناه في الدرس الأول: العامل المؤكسد: جزيء موجب، العامل

المختزل: فلز سالب

مثال (22) ص 111: أستعين بجدول جهود الاختزال المعيارية، وأرتب المواد الآتية تصاعدياً

وفق قوتها كعوامل مؤكسدة في الظروف المعيارية



أضعف عامل مؤكسد

نصف تفاعل الاختزال	$E^{\circ}$ (V)
$\text{Al}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Al}$	-1.66
$\text{Cd}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cd}$	-0.40
$\text{Cl}_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	1.36
$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 5\text{H}_2\text{O}$	1.51

أقوى عامل مؤكسد

الحل: نستعين بالجدول فنختار أنصاف تفاعلات

الاختزال لتلك المواد ونرتبها وفق تزايد جهود الاختزال المعيارية

فأقوى عامل مؤكسد هو أسفل اليسار

$\text{MnO}_4^-$  له أعلى جهد اختزال معياري

وأضعف عامل مؤكسد هو أعلى اليسار  $\text{Al}^{3+}$

له أقل جهد اختزال معياري، والترتيب

تصاعدياً:  $\text{Al}^{3+} < \text{Cd}^{2+} < \text{Cl}_2 < \text{MnO}_4^-$

مثال (23) ص 111: أستعين بجدول جهود الاختزال المعيارية ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

1- أرتب المواد الآتية تصاعدياً وفق قوتها كعوامل مختزلة في الظروف المعيارية



أقوى عامل مختزل

الحل: نستعين بالجدول فنختار أنصاف تفاعلات الاختزال لتلك

المواد ونرتبها وفق تزايد جهود الاختزال المعيارية

أقوى عامل مختزل هو أعلى اليمين  $\text{K}$  له أقل جهد

اختزال معياري يعني أعلى جهد تأكسد معياري، يميل

أكثر للتأكسد (+2.92)

وأضعف عامل مختزل هو أسفل اليمين  $\text{Ag}$  له أعلى

جهد اختزال معياري (أقل جهد تأكسد معياري فيميل

أقل للتأكسد (-0.80)، والترتيب تصاعدياً:



2- هل يمكن لأيونات الكوبلت أكسدة أيونات اليوديد؟

أفسر إجابتي

جهد الاختزال المعياري لليود أعلى من جهد الاختزال

المعياري للكوبلت، فاليود أكثر ميلاً للاختزال، وبالتالي لن يتأكسد من خلال أيونات الكوبلت

نصف تفاعل الاختزال	$E^{\circ}$ (V)
$\text{K}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{K}$	-2.92
$\text{Co}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Co}$	-0.28
$\text{I}_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-$	0.54
$\text{Ag}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}$	0.80

عامل مؤكسد	نصف تفاعل الاختزال	$E^{\circ}$ (V)	عامل مختزل
	$\text{K}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{K}$	-2.92	
	$\text{Co}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Co}$	-0.28	
	$\text{I}_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-$	0.54	
	$\text{Ag}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}$	0.80	

العامل المختزل يختزل اللي تحتته

والعامل المؤكسد يؤكسد اللي فوقه

**تركيب سريعة:** الأعلى مصعد والأسفل مهبط، فالمصعد وهو الكوبلت يحدث فيه تأكسد ويختزل من تحته، والمهبط وهو اليود يحدث فيه اختزال ويؤكسد من فوقه، وتذكر أن العامل المختزل يختزل اللي تحته، والعامل المؤكسد يؤكسد اللي فوقه

مثال (24) ص 111: أدرس جهود الاختزال المعيارية في الجدول ثم أجب عن الأسئلة

الآتية:

نصف تفاعل الاختزال	$E^{\circ}$ (V)
$Cr^{3+} + 3e^{-} \rightleftharpoons Cr$	-0.73
$Cl_2 + 2e^{-} \rightleftharpoons 2Cl^{-}$	+1.36
$Ni^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Ni$	-0.23
$Pb^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Pb$	-0.13

1- أحدد أقوى عامل مؤكسد

2- أحدد أقوى عامل مختزل

3- هل يستطيع النيكل Ni اختزال جزيئات الكلور  $Cl_2$ ؟ أفسر إجابتي

4- هل تستطيع أيونات الكروم  $Cr^{3+}$  أكسدة الرصاص Pb؟ أفسر إجابتي

**الحل:** أول شيء ومهم جداً نرتب جهود الاختزال من الأقل إلى الأعلى ثم نحدد الاتجاهات كما في الشكل الأقوى والأضعف، ثم نحدد كل مادة مطلوبة وهل هي عامل مختزل أم مؤكسد، فالعامل المختزل يختزل اللي تحته، والمؤكسد يؤكسد اللي فوقه

نصف تفاعل الاختزال	$E^{\circ}$ (V)
$Cr^{3+} + 3e^{-} \rightleftharpoons Cr$	-0.73
$Ni^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Ni$	-0.23
$Pb^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Pb$	-0.13
$Cl_2 + 2e^{-} \rightleftharpoons 2Cl^{-}$	+1.36

أقوى ع. مختزل      أضعف ع. مؤكسد

أقوى ع. مؤكسد      أضعف ع. مختزل

1- أقوى عامل مؤكسد  $Cl_2$  حيث له أعلى جهد اختزال معياري، له أكثر ميل للاختزال ويكون أقوى عاملاً مؤكسداً لغيره

2- أقوى عامل مختزل Cr هو الذي له أقل جهد اختزال فهو يميل بشكل أكبر للتأكسد ويكون أقوى عاملاً مختزلاً لغيره

3- النيكل عامل مختزل جهد اختزاله أقل من  $Cl_2$  وبالتالي النيكل يتأكسد ويكون عاملاً مختزلاً للكلور  $Cl_2$ ، تذكر العامل المختزل يختزل من تحته

ولو أردنا التأكد من حدوث التفاعل بحيث النيكل هو المصعد والكلور هو المهبط

$$E^{\circ}_{Cell} = E^{\circ}_{Cl_2} - E^{\circ}_{Ni} = +1.36 - (-0.23) = +1.59 V$$

4- أيونات الكروم  $Cr^{3+}$  عامل مؤكسد جهد اختزالها أقل من الرصاص، فتميل للتأكسد وتختزل غيرها الذي هو أسفل منها لأنه أعلى جهد اختزال معياري، وبالتالي تختزل الرصاص ولا تؤكسده، فنقول أيونات الكروم لا تؤكسد الرصاص، تذكر العامل المؤكسد يؤكسد من فوقه نتأكد بإجراء التفاعل وحساب جهد الخلية المعياري، يعني حسب السؤال أيونات الكروم

$$E^{\circ}_{Cell} = E^{\circ}_{Cr} - E^{\circ}_{Pb} = -0.73 - (-0.13) = -0.60 V$$

تفاعل غير تلقائي الحدوث لأن الجهد بالسالب

👤 **أنصحك ص 113:** أدرس الجدول الآتي، الذي يتضمن جهود الاختزال المعيارية لبعض المواد

ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

نصف تفاعل الاختزال	$E^{\circ}$ (V)
$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightleftharpoons 2Cr^{3+} + 7H_2O$	1.33
$Ag^+ + e^- \rightleftharpoons Ag$	0.80
$Sn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Sn$	-0.14
$Au^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Au$	1.5

1- أحدد أقوى عامل مؤكسد وأقوى عامل مختزل

2- أستنتج، أي الفلزات تختزل أيونات  $Cr_2O_7^{2-}$  ولا تختزل أيونات  $Sn^{2+}$ ؟

**الحل:** نرتب جهود الاختزال المعيارية من الأقل إلى الأكبر ونحدد المخططات أقوى أضعف

نصف تفاعل الاختزال	$E^{\circ}$ (V)
$Sn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Sn$	-0.14
$Ag^+ + e^- \rightleftharpoons Ag$	0.80
$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightleftharpoons 2Cr^{3+} + 7H_2O$	1.33
$Au^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Au$	1.5

أضعف ع. مختزل (أسفل) ← أقوى ع. مؤكسد (أعلى)

أقوى ع. مؤكسد (أسفل) ← أضعف ع. مختزل (أعلى)

1- أقوى عامل مؤكسد  $Au^{3+}$  أقوى عامل مختزل Sn

2- Ag هو عامل مختزل سيختزل الأعلى جهد اختزال منه أي يختزل أيونات  $Cr_2O_7^{2-}$  ولن

يختزل الأقل جهد اختزال منه أي أنه لن يختزل أيونات  $Sn^{2+}$

👤 **أفكر ص 113:** أرتب الفلزات ذوات الرموز الافتراضية X, Y, Z وفق قوتها كعوامل مختزلة إذا

علمت أن الفلز X يختزل أيونات  $Z^{2+}$  ولا يختزل أيونات  $Y^{2+}$

الحل:

إذا كان  $X$  عامل مختزل فهو يختزل اللي تحته وبالتالي  $Z$  سيكون تحته ويختزل أيوناته  $Z^{2+}$ ، بينما  $Y$  فوقه وبالتالي لن يختزل أيونات  $Y^{2+}$   
فالترتيب حسب جهود الاختزال المعيارية  $Y < X < Z$   
والترتيب حسب قوتها كعوامل مختزلة سيكون بالعكس  
 $Y > X > Z$

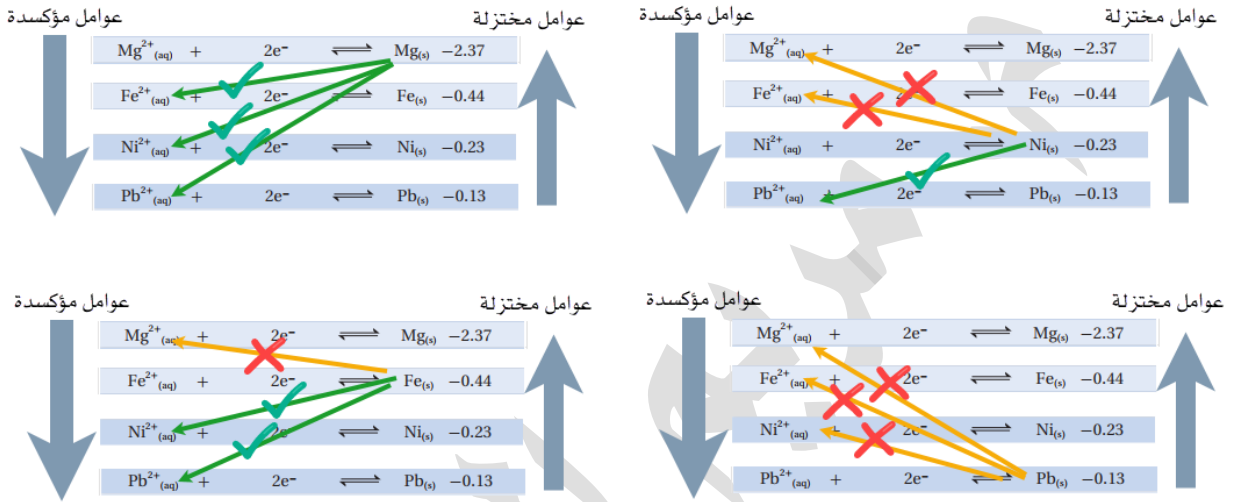
انتبه لأسلوب السؤال

## تذكر علاقات سريعة للحسابات

- دائماً التفاعل في الخلية الجلفانية تلقائي وإشارة جهد الخلية المعياري موجبة، والسالبة معناها أن التفاعل غير تلقائي ويلزمه طاقة كهربائية للحدوث أو انعكس الأناصاف حتى تتفاعل
- أقوى عامل مختزل أعلى اليمين، وأقوى عامل مؤكسد أسفل يسار
- الفلز الذي يتفاعل مع الحمض فينتقل غاز الهيدروجين أو يحرره من المحلول فلا بد من جهد اختزال معياري إشارته سالبة يعني فوق الهيدروجين، والذي لا يتفاعل بإشارة جهد اختزاله المعياري موجبة يعني تحت الهيدروجين
- الأقل جهد اختزال معياري هو المصعد والأعلى جهد اختزال معياري هو المهبط، يعني المصعد دائماً فوق والمهبط تحت في جدول جهود الاختزال المعيارية
- الأقل جهد اختزال معياري هو العامل المختزل، والأعلى جهد اختزال معياري هو العامل المؤكسد، ولا بد أن ننتبه لمواقع تلك العوامل يمين أو يسار الجدول
- الفلز الأقل جهد اختزال يحل محل أيونات الفلز في محلوله الذي له أعلى جهد اختزال
- العامل المختزل يختزل من تحته يعني الأعلى جهد اختزال منه، والعامل المؤكسد يؤكسد من فوقه يعني الأقل جهد اختزال منه
- تفاعلات التحضير والترسيب والاستخلاص معناه تفاعل تلقائي
- حتى نحفظ محلول في وعاء فلزي أو نحرك بملعقة فلزية فلا بد ألا يحدث التفاعل، فالفلز يحفظ من فوقه ونستطيع التحريك به لأنه لا يتفاعل ولا يختزل من فوقه، لكنه لا يحفظ من تحته لأنه سيتفاعل معه ويختزله ويحدث ترسيب وتآكل
- في الحسابات عندما يتشابه قطب مع أكثر من خلية جلفانية، مثال:  $A - B$  و  $C - B$  وكان  $B$  مصعداً في الخليتين أو مهبطاً في الخليتين، فإننا نعتبره قطباً مرجعياً وكأنه صفر لكنه ليس بصفر، حتى نعرف موضع المواد الأخرى بالنسبة لبعضها. فالخلية الأعلى جهد معياري  $E^\circ_{\text{cell}}$  تكون مادتها سواء  $A$  أو  $C$  هي الأبعد عن القطب المرجعي  $B$  والأكثر ميلاً للتأكسد أو الاختزال حسب  $B$  هل هو مصعد أم مهبط

## التجربة 2: مقارنة قوة بعض العوامل المختزلة ص 114

نستخدم محاليل مختلفة كل منها تركيزها 0.1 M نترات المغنيسيوم، نترات النيكل، نترات الرصاص، نترات الحديد  
نستخدم حبيبات أو قطع من الفلزات الآتية: المغنيسيوم، النيكل، الرصاص، ومسامير حديد  
أضع كل محلول في ثلاثة أنابيب اختبار، ثم أضع كل فلز ما عدا فلزه في الأنابيب وأسجل ملاحظاتي  
فهل يتأكسد الفلز وتختزل أيونات الفلز في المحلول أم لا؟  
انظر جهود الاختزال المعيارية بالترتيب ونحدد المخططات لنفهم تلك التجارب بشكل أفضل:



العنصر وتفاعله	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ni(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Mg	-	يحدث التفاعل	يحدث التفاعل	يحدث التفاعل
Ni	لا يحدث التفاعل	-	يحدث التفاعل	لا يحدث التفاعل
Pb	لا يحدث التفاعل	لا يحدث التفاعل	-	لا يحدث التفاعل
Fe	لا يحدث التفاعل	يحدث التفاعل	يحدث التفاعل	-

أكتب معادلة كيميائية موزونة تمثل التفاعل الحادث في كل أنبوب

العنصر	المعادلة الكلية الموزونة
Mg	$Mg + Fe^{2+} \rightarrow Mg^{2+} + Fe$
Mg	$Mg + Ni^{2+} \rightarrow Mg^{2+} + Ni$
Mg	$Mg + Pb^{2+} \rightarrow Mg^{2+} + Pb$
Fe	$Fe + Ni^{2+} \rightarrow Fe^{2+} + Ni$
Fe	$Fe + Pb^{2+} \rightarrow Fe^{2+} + Pb$
Ni	$Ni + Pb^{2+} \rightarrow Ni^{2+} + Pb$

أرتب الفلزات حسب قوتها عوامل مختزلة Mg > Fe > Ni > Pb

أفسر ترسب النيكل عند تفاعل المغنيسيوم مع نترات النيكل. لأن المغنيسيوم أقل جهد اختزال معياري من النيكل، فيحدث تأكسد للمغنيسيوم ويكون عاملاً مختزلاً لأيونات النيكل التي تختزل إلى ذرات النيكل وترسب

أفسر لا يتفاعل الرصاص مع محلول نترات الحديد. لأن الرصاص أعلى جهد اختزال معياري من الحديد وبالتالي هو عامل مختزل أضعف من الحديد فلن يتأكسد ولن يختزل أيونات الحديد

## ورقة عمل 11: مقارنة قوة العوامل المؤكسدة والمختزلة

تدريب (1): بالاستعانة بجهود الاختزال المعيارية لأنصاف تفاعلات اختزال في الجدول الآتي، أي المواد الآتية سنستخدمها لأكسدة أيونات اليود إلى جزيئات اليود؟ وحدد قوته بالنسبة للعوامل المؤكسدة الأخرى في هذا الجدول

مساعدة: تذكر ترتيب جهود الاختزال المعيارية وموضع العامل المؤكسد على يسار الجدول واستخدم العلاقة العامل المؤكسد يؤكسد من فوقه

$\text{Br}_2 + 2e^- \rightarrow 2\text{Br}^-$	1.09
$\text{I}_2 + 2e^- \rightarrow 2\text{I}^-$	0.54
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$	0.34
$2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2$	0
$\text{Ni}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Ni}$	-0.28

تدريب (2): بالاستعانة بجهود الاختزال المعيارية لأنصاف تفاعلات اختزال في الجدول الآتي، تم تعريض فلز الصوديوم للمواد الآتية:

1- محلول كلوريد الحديد  $\text{FeCl}_2$

2- محلول بروميد النيكل  $\text{NiBr}_2$

3- اليود السائل  $\text{I}_2$

ستكون هناك أكثر من مادة تؤكسد فلز الصوديوم Na، فما أقوى عامل مؤكسد من بين تلك المواد التي استخدمناها في التجربة؟

مساعدة: انتبه لطبيعة المركب أو المادة التي ستتفاعل حتى تختار نصف تفاعل صحيح من الجدول

$\text{Na}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Na}$	-2.71
$\text{Fe}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Fe}$	-0.44
$\text{Ni}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Ni}$	-0.28
$\text{I}_2 + 2e^- \rightarrow 2\text{I}^-$	0.54
$\text{Br}_2 + 2e^- \rightarrow 2\text{Br}^-$	1.07
$\text{Cl}_2 + 2e^- \rightarrow 2\text{Cl}^-$	1.36

## تطبيقات عملية للخلية الجلفانية

- 1- البطاريات: أ- بطارية الرصاص للتخزين ب- بطارية أيون الليثيوم
- 2- تآكل الفلزات

## البطاريات



لماذا تعد البطاريات من التطبيقات العملية

المهمة للخلايا الجلفانية؟

لأنه تحدث فيها تفاعلات التأكسد والاختزال التلقائية التي تتحول فيها الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية

فسر: تختلف الطاقة الكهربائية التي تولدها

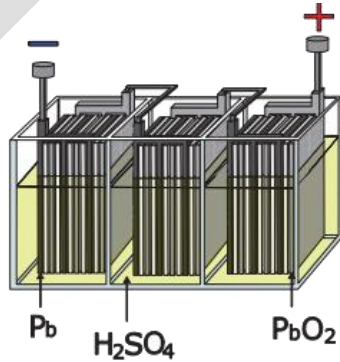
البطاريات المختلفة

لأن البطاريات تختلف في مكوناتها ومن ثم تختلف تفاعلات التأكسد والاختزال التي تولد الطاقة الكهربائية فيها

اذكر أنواع البطاريات

- 1- بطاريات أولية: هي بطاريات تستخدم مرة واحدة ولا يمكن إعادة شحنها، مثال: البطاريات الجافة، البطاريات الجافة القلوية
- 2- بطاريات ثانوية: هي بطاريات قابلة لإعادة الشحن، مثال: بطاريات التخزين ومنها:  
أ- المركم الرصاصي (بطارية الرصاص الحمضية)  
ب- بطارية أيون الليثيوم

الشكل (9): بطارية الرصاص الحمضية.

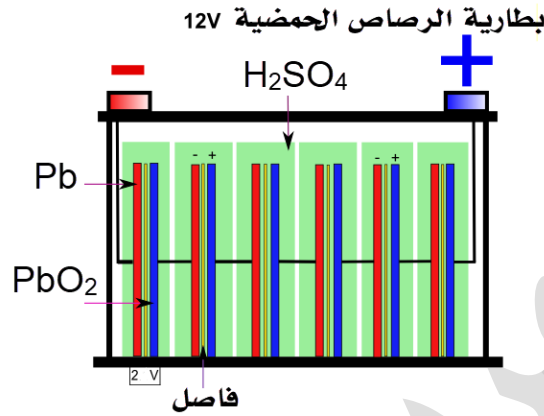


م تتكون بطارية الرصاص الحمضية (بطارية الرصاص للتخزين)؟

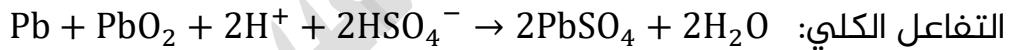
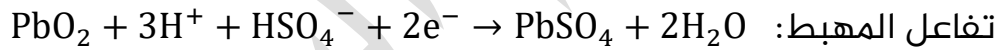
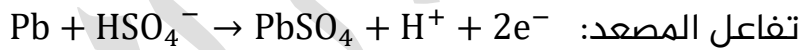
- 1- ست خلايا جلفانية تتكون كل منها من ألواح رصاص Pb تمثل المصعد، وألواح رصاص مغلف بأكسيد الرصاص PbO<sub>2</sub> IV تمثل المهبط

2- تُرتب الأقطاب (الخلايا) بوعاء بلاستيكي مقوّى بطريقة متبادلة تفصل بينها صفائح عازلة

3- تُغمّر في محلول حمض الكبريتيك  $H_2SO_4$  الذي كثافته  $1.28 \text{ g/cm}^3$ ، وتوصل ببعضها على التوالي



بين أنصاف تفاعلات التأكسد والاختزال التي تحدث في بطارية الرصاص الحمضية. أو كيف تولّد خلايا بطارية الرصاص الحمضية الكهرباء؟



ما جهد الخلية الواحدة من بطارية الرصاص الحمضية، وكم فرق الجهد الذي تعطيه البطارية؟

جهد الخلية الواحدة تقريباً:  $2 \text{ V}$

فرق الجهد الذي تعطيه البطارية:  $12 \text{ V}$

ما الطريقة لتحديد كفاءة بطارية الرصاص الحمضية؟

من خلال قياس كثافة حمض الكبريتيك  $H_2SO_4$ : حيث يتم استهلاكه نتيجة استخدام البطارية مما يؤدي إلى نقصان كثافته

كيف يُعاد استخدام بطارية الرصاص الحمضية عند توقف تفاعلها التلقائي؟ وما ميزاتها؟

تُشحن البطارية بواسطة تيار كهربائي، حيث يجري عكس تفاعليّ التأكسد والاختزال ومن ثم التفاعل الكلي في البطارية  
أما في السيارات فإن البطارية تُشحن بشكل تلقائي ومستمر بواسطة مولد التيار (الدينامو) المتصل بمحرك السيارة

كم عمر بطارية الرصاص الحمضية؟

يتراوح عمرها من 3-5 سنوات تقريباً

كيف تفقد بطارية الرصاص الحمضية صلاحيتها مع الوقت؟ أو كيف تُفقد مادة  $PbSO_4$

التي هي جزء من مكوناتها؟

تفقد البطارية جزءاً من مكوناتها مثل  $PbSO_4$  الذي يتكون نتيجة عمليتي التأكسد والاختزال اللتين تحدثان فيها، وأسباب فقدانه:

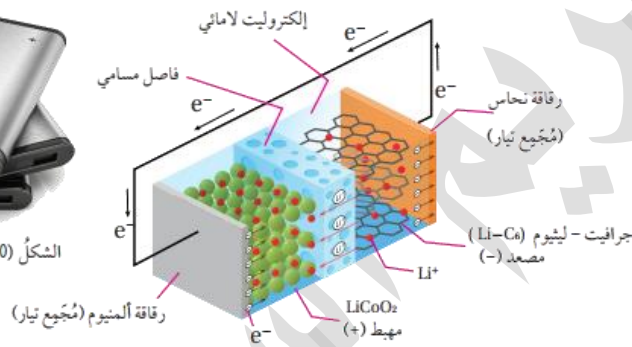
تتساقط مادة  $PbSO_4$  عن ألواح الرصاص نتيجة الحركة المستمرة للمركبات على الطرق

ماذا يحدث لتفاعل التأكسد والاختزال في حال فقدان مادة  $PbSO_4$

لا يُعاد شحن البطارية كما ينبغي، حيث مادة  $PbSO_4$  غير موجودة في التفاعل العكسي



الشكل (10): بطارية أيون الليثيوم.



الشكل (11): مكونات بطارية أيون الليثيوم.

بين أهمية بطارية أيون الليثيوم

1- تعدّ من أكثر أنواع البطاريات استخداماً في الوقت الحاضر

2- وهي مصدر الطاقة الرئيس للعديد من وسائل التكنولوجيا وأدواتها في المجالات

المختلفة، مثال: 1- السيارات الكهربائية 2- الحواسيب والهواتف المحمولة 3- العديد

من الأجهزة الكهربائية الاستهلاكية

متى أول مرة استخدمت فيها بطارية أيون الليثيوم؟

عام 1991

مم تتكوّن بطارية أيون الليثيوم؟

تتكون من عدة خلايا متصلة ببعضها وكل منها تتكوّن من ثلاث مكونات رئيسية وهي:

1- المصعد (القطب السالب): يتكون عادة من الجرافيت  $C_6$ ، الذي يتميز بقدرته على

تخزين (استيعاب) ذرات الليثيوم وأيوناته دون التأثير فيها

2- المهبط (القطب الموجب): يتكون من بلورات لأكسيد عنصر انتقالي، مثل: أكسيد

الكوبلت  $CoO_2$  IV الذي يمكنه أيضاً تخزين (استيعاب) أيونات الليثيوم، مثل الجرافيت

3- المحلول الإلكتروليتي: يتكون من محلول لامائي لأحد أملاح الليثيوم ومذيب عضوي يذوب فيه الملح، وعادة يستخدم  $\text{LiPF}_6$  مذاباً في كربونات الإيثيلين  $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CO}_3$

بين أنصاف تفاعلات التأكسد والاختزال التي تحدث في بطارية أيون الليثيوم. 

المصعد (نصف تفاعل التأكسد):  $\text{Li} \rightarrow \text{Li}^+ + e^-$

المهبط (نصف تفاعل الاختزال):  $\text{Li}^+ + \text{CoO}_2 + e^- \rightarrow \text{LiCoO}_2$

التفاعل الكلي:  $\text{Li} + \text{CoO}_2 \rightarrow \text{LiCoO}_2$   $E^\circ_{\text{cell}} = 3.4 \text{ V}$

كيف تولّد خلايا بطارية أيون الليثيوم الكهرباء؟ 

1- تتأكسد ذرات الليثيوم عند المصعد متحولة إلى أيونات  $\text{Li}^+$

2- تنتقل عبر المحلول الإلكتروليتي باتجاه المهبط بينما تتحرك الإلكترونات عبر الدارة الخارجية من المصعد إلى المهبط

3- تُختزل أيونات الكوبلت من  $\text{Co}^{4+}$  في أكسيد الكوبلت  $\text{CoO}_2$  إلى  $\text{Co}^{3+}$  في  $\text{LiCoO}_2$

ما العملية التي تحدث في بطارية أيون الليثيوم حينما تُشحن بالكهرباء؟ 

ينعكس مسار العملية السابقة خلال شحن البطارية حيث:

1- يتأكسد  $\text{LiCoO}_2$

2- تتحرك أيونات الليثيوم  $\text{Li}^+$  عبر المحلول الإلكتروليتي باتجاه نصف

خلية الجرافيت حيث تُختزل

اذكر ميزات بطارية أيون الليثيوم 

1- كثافة طاقة عالية للبطارية

2- يمكن إعادة شحنها مئات المرات؛ لأن الليثيوم أقل جهد اختزال

معياري، فهو أقوى عامل مختزل

3- البطارية خفيفة الوزن؛ لأن الليثيوم أخف عنصر فلزي، حيث أن  $6.941 \text{ g}$  منه كافية

لإنتاج  $1$  مول من الإلكترونات

3	2
Li	1
Lithium	
6.94 g/mol	



الربط مع الحياة

خلايا الوقود

هي خلايا جلفانية تنتج الطاقة الكهربائية من تفاعل غازي الأكسجين والهيدروجين وفق المعادلة الآتية:  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ ، وتتميز عن البطاريات بأنها لا تنضب ولا تحتاج إلى شحن، وقد استخدمت هذه الخلايا في تزويد المركبات الفضائية بالطاقة، وتستخدمها المستشفيات في توليد الطاقة حال انقطاع التيار الكهربائي، وتستخدم في عدة دول في تشغيل بعض الحافلات والسيارات.

## تآكل الفلزات

❓ ما المقصود بتآكل الفلزات؟

تفاعلها مع الهواء الجوي والمواد في البيئة المحيطة؛ فتفقد العديد من خصائصها وتتحول إلى مواد جديدة أكثر ثباتاً كيميائياً، كأكاسيد الفلزات وهيدروكسيدات وكبريتيدات وكربوناتها

❓ ما الأضرار الاقتصادية الكبيرة لتآكل الفلزات؟

يتآكل الحديد الذي يُصنع منه الهياكل الرئيسية للجسور والمباني والسيارات بفعل الهواء الجوي الرطب وينتج صدأ الحديد الصلب الهش فيحتاج تعويض خسائره إلى خمس كمية الحديد المستخرج سنوياً

❓ كيف يتآكل الحديد؟

يتآكل الحديد بفعل تفاعل كهروكيميائي يحدث بوجود الأكسجين والماء معاً فيحدث التالي:

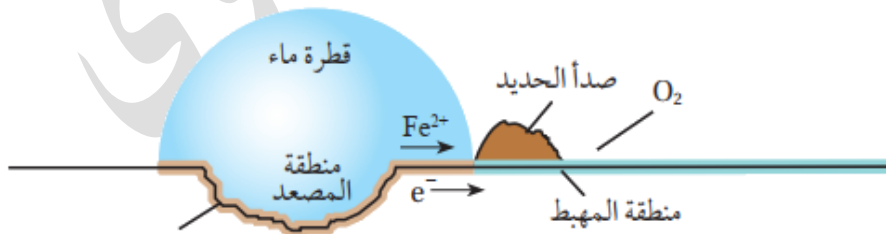
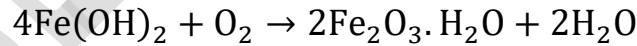
1- يتأكسد الحديد Fe عند تكشف سطحه بفعل شق أو كشط أو كسر إلى أيونات الحديد  $Fe^{2+}$  ويصبح هذا الجزء مصعد الخلية

2- تتحرك الإلكترونات الناتجة عن تأكسده من منطقة الحديد المغطاة بقطرة الماء إلى حافتها حيث يوجد الهواء والقليل من الماء، وهناك يُختزل أكسجين الهواء مكوناً أيونات الهيدروكسيد  $OH^-$ ، وتمثل هذه المنطقة مهبط الخلية

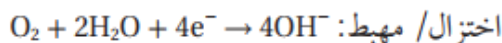
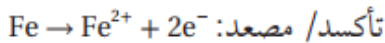
3- تتحرك أيونات الحديد  $Fe^{2+}$  من مركز القطرة باتجاه حافتها

4- تتحرك أيونات الهيدروكسيد  $OH^-$  بالاتجاه المعاكس

5- تتفاعلان معاً عند التقائهما وينتج هيدروكسيد الحديد II  $Fe(OH)_2$  الذي سرعان ما يتأكسد مكوناً الصدأ حسب المعادلة الكيميائية:



الشكل (12): خلية تآكل الحديد الخلفانية.



ما المقصود بصدأ الحديد؟

مادة صلبة هشة بنية اللون تتكون على الأشياء الحديدية وتتقشر بسهولة معرضة سطح الحديد أسفل منها لمزيد من التآكل

ما طرق حماية الحديد من الصدأ؟

الحماية المهبطية

ما المقصود بالحماية المهبطية؟

من طرائق حماية الحديد من التآكل، يتم فيها تشكيل خلية جلفانية يكون فيها الحديد المهبط وأحد الفلزات النشطة (مغنيسيوم، خارصين) المصعد، أما التربة الرطبة أو مياه البحر فتمثل المحلول الإلكتروليتي

فيم تُستخدم الحماية المهبطية؟ أو ما أهمية هذه الطريقة؟

1- حماية خطوط الأنابيب الحديدية المدفونة في الأرض (الغاز أو النفط)

2- أجسام السفن

علام تعتمد طريقة الحماية المهبطية؟ أو كيف تشبه الخلية الجلفانية؟

تعتمد الطريقة على تشكيل خلية جلفانية يكون فيها الحديد المهبط، وأحد الفلزات النشطة (مغنيسيوم، خارصين) المصعد، أما التربة الرطبة أو مياه البحر فتمثل المحلول الإلكتروليتي

وضّح آلية عمل الحماية المهبطية بالنسبة لأنابيب الحديد

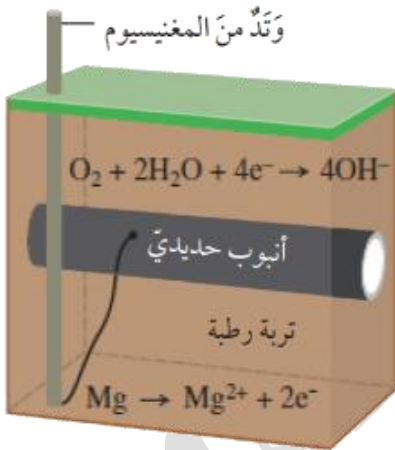
1- توصل الأنابيب الحديدية بأوتاد من المغنيسيوم

2- يتأكسد المغنيسيوم (المصعد) وتنتقل الإلكترونات

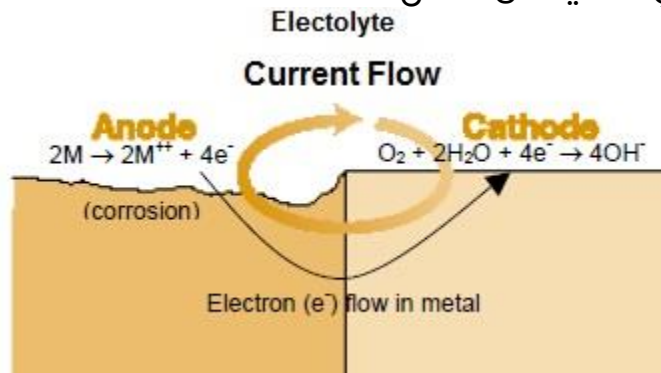
عبر السلك المعزول إلى الأنابيب الفولاذي (المهبط)

3- تُختزل جزيئات الأكسجين وبذلك يتأكسد المغنيسيوم

ويحمي الحديد من التآكل



الشكل (13): الحماية المهبطية للحديد.





وضِّح آلية عمل الحماية المهبطية بالنسبة للسفن

توصل أقطاب من المغنيسيوم بهيكل السفينة لتجري حمايتها بالطريقة السابقة نفسها

ما الحل مع أقطاب المغنيسيوم المتآكلة؟

يتم استبدالها بأقطاب أخرى بشكل دوري

**أفكر ص 118:** أفسر استخدام المغنيسيوم أو

الخارصين في الحماية المهبطية للحديد

لأن كل من المغنيسيوم والخارصين أكثر نشاطاً من الحديد ولهما جهد اختزال معياري أقل منه لذلك تتأكسد هذه الفلزات، وتنتقل الإلكترونات الناتجة منها إلى المهبط حيث يُختزل الأكسجين، وبالمقابل لا يتأكسد الحديد ولا يحدث الصدأ

**أتحقق ص 118:**

1- أكتب معادلة التفاعل الكلي الذي يحدث في بطارية الرصاص الحمضية خلال شحنها

$$2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{HSO}_4^-$$

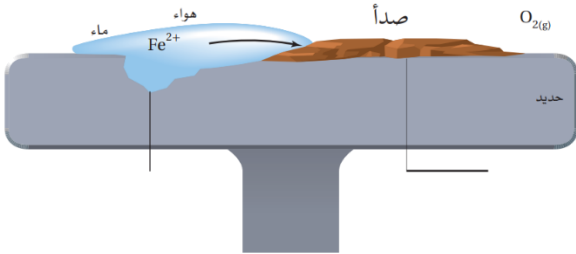
2- أفسر: يعد تآكل الحديد خلية جلفانية

يتأكسد الحديد Fe عند تكشف سطحه بفعل شق أو كشط أو كسر إلى أيونات الحديد  $\text{Fe}^{2+}$  ويصبح هذا الجزء مصعد الخلية

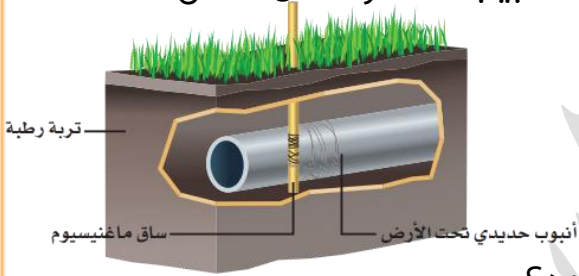
تتحرك الإلكترونات الناتجة عن تأكسده من منطقة الحديد المغطاة بقطرة الماء إلى حافتها حيث يوجد الهواء والقليل من الماء، وهناك يُختزل أكسجين الهواء مكوناً أيونات الهيدروكسيد  $\text{OH}^-$ ، وتمثل هذه المنطقة مهبط الخلية

## ورقة عمل 12: تطبيقات الخلية الجلفانية

تدريب (1): حدد منطقة المصعد والمهبط على الشكل ثم اكتب نصفي تفاعل التأكسد والاختزال الحاصل في خلية تآكل الحديد الجلفانية



تدريب (2): من خلال الشكل الآتي لخلية جلفانية لمنع تآكل الحديد - ما اسم العملية التي من خلالها يتم حماية تلك الأنابيب المدفونة من التآكل؟



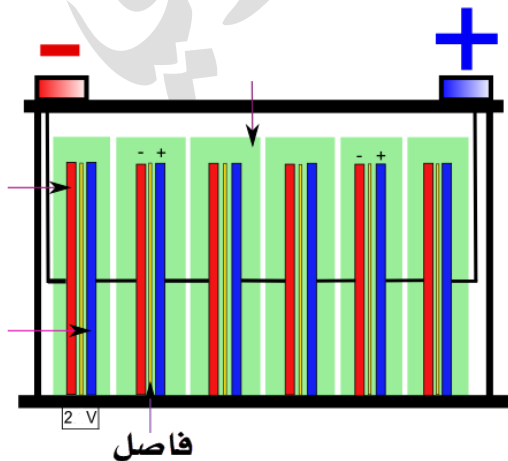
- ما هو المصعد والمهبط في هذه العملية؟

- فسر: كيف يعمل المغنيسيوم على حماية الحديد؟

تدريب (3): الشكل الآتي يمثل بطارية الرصاص الحمضية:

- حدد على الشكل المكونات الرئيسية من محلول الحمض ومادة المهبط والمصعد في البطارية

- كم عدد الخلايا الجلفانية في البطارية، وكيف تُرتب أقطاب الخلايا في البطارية؟



- وضح كيف نحدد كفاءة البطارية مع مرور الوقت؟

✍️ **تدريب (4):** أكمل الفراغ بالمعلومات الصحيحة:

- 1- البطارية ..... هي التي تستخدم مرة واحدة ولا يمكن إعادة شحنها، ومثال عليها:  
البطارية .....
- 2- بطارية أيون الليثيوم تعدّ نوعاً من البطاريات .....
- 3- كثافة محلول حمض الكبريتيك الموجود في بطارية الرصاص للتخزين هي .....
- 4- جهد الخلية الواحدة في بطارية الرصاص الحمضية يساوي ..... تقريباً، فتعطي  
البطارية فرق جهد يساوي .....
- 5- نتيجة الحركة المستمرة للمركبات على الطرق تتساقط مادة ..... عن ألواح  
الرصاص وبالتالي لا نستطيع إعادة شحن بطارية الرصاص الحمضية
- 6- استخدمت بطارية أيون الليثيوم لأول مرة عام ..... وتستخدم في السيارات .....
- 7- يتكون المصعد في بطارية أيون الليثيوم من ..... الذي يعمل على تخزين  
..... وأيوناته
- 8- المهبط في بطارية أيون الليثيوم من بلورات أكسيد عنصر انتقالي، الذي يعمل على  
تخزين .....
- 9- في بطارية أيون الليثيوم تتأكسد ..... عند المصعد
- 10- بطارية أيون الليثيوم تتميز ب: 1- ..... 2- ..... 3- .....
- 11- ..... عبارة عن مادة هشة صلبة بنية اللون تتكون على الأشياء  
الحديدية وتتقشر بسهولة
- 12- نحمي السفن والأنابيب الحديدية المدفونة تحت الأرض من التآكل باستخدام طريقة  
.....
- 13- يُستخدم فلز ..... نشطاً من الحديد في حمايته من التآكل (أكثر، أقل)

### حل مراجعة الدرس الثاني: الخلايا الجلفانية

**السؤال (1):** كيف تنتج الخلية الجلفانية الطاقة الكهربائية؟  
من خلال تفاعل التأكسد والاختزال تلقائي الحدوث، يحدث التأكسد عند المصعد وتنتقل الإلكترونات عبر الأسلاك إلى المهبط لتحدث عنده عملية الاختزال

**السؤال (2):** أوضح المقصود بكل من: القنطرة الملحية، جهد الاختزال المعياري  
مذكور في المحتوى

**السؤال (3):** خلية جلفانية يحدث فيها التفاعل الآتي:  $\text{Co} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Co}^{2+} + \text{Cu}$   
أ- أحدد فيها المصعد والمهبط

حدث تأكسد لـ Co فالمصعد Co وحدث اختزال لأيونات النحاس فالمهبط Cu

ب- أكتب نصفي تفاعل التأكسد والاختزال

نصف تفاعل التأكسد:  $\text{Co} \rightarrow \text{Co}^{2+} + 2\text{e}^-$

نصف تفاعل الاختزال:  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$

ج- أحسب جهد الخلية المعياري وأكتب تعبيراً رمزياً للخلية الجلفانية

من جدول جهود الاختزال المعيارية:  $E^\circ_{\text{Cu}} = +0.34 \text{ V}$      $E^\circ_{\text{Co}} = -0.28 \text{ V}$   
 $E^\circ_{\text{Cell}} = +0.34 - (-0.28) = +0.62 \text{ V}$

رمز الخلية الجلفانية:  $\text{Co}|\text{Co}^{2+}||\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}$

د- ما التغيير الذي يحدث لكتلة كلا القطبين

تقل كتلة قطب الكوبلت Co وتزداد كتلة قطب النحاس Cu

**السؤال (4):** نصف التفاعل الآتيان يشكلان خلية جلفانية في الظروف المعيارية:

$\text{I}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{I}^-$      $E^\circ = +0.54 \text{ V}$

$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$      $E^\circ = -0.44 \text{ V}$

أجيب عن الأسئلة الآتية المتعلقة بهما:

أ- أكتب معادلة التفاعل الكلي في الخلية

بما أن جهد الاختزال المعياري أقل للحديد من اليود فإن الحديد هو المصعد يتأكسد

فنعكس نصف تفاعله الاختزال  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$  ويكون اليود هو المهبط

الإلكترونات متساوية، فنجمع الأنصاف:  $\text{I}_2 + \text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{I}^-$

ب- أحسب جهد الخلية المعياري

$E^\circ_{\text{Cell}} = +0.54 - (-0.44) = +0.98 \text{ V}$

ج- ما التغيير الذي يحدث لتركيز أيونات كل من  $\text{I}^-$  و  $\text{Fe}^{2+}$ ؟

يزداد تركيز أيونات  $\text{I}^-$  ويزداد تركيز  $\text{Fe}^{2+}$  (لاحظ ذلك من نواتج المعادلة الكلية)

**السؤال (5):** أدرس الجدول الآتي الذي يوضح جهد الخلية المعياري لعدد من الخلايا الجلفانية المكونة من الفلزات ذوات الرموز الافتراضية وجميعها تكون أيونات ثنائية موجبة، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

**الحل:** نرتب كل خلية / المصعد أقل جهد اختزال معياري من المهبط، ثم نرتب تلك الفلزات الافتراضية حسب تزايد جهود الاختزال المعيارية، ونلاحظ أن قطب مشترك بين خليتين  $E - B$  و  $D - B$  فنعتبر  $B$  قطب مرجعي ونقارن وقتها بين الأعلى جهد خلية 1.5 فنقول  $E$  قبل  $D$  ثم نجد أن  $C$  أقل من  $E$  فنرتبها فوقها، أما  $E$  فهو أكبر من السابقين فيكون تحتهم وفي النهاية نضع  $A$  لأنه الأكبر

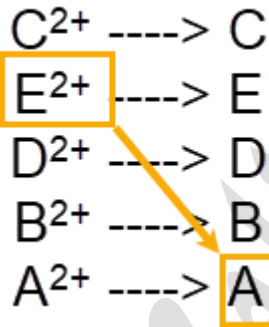
$E^{\circ}_{\text{Cell}} (v)$	المصعد	قطبا الخلية	
1.3	D	D-B	$D < B$
1.5	E	E-B	$E < B$
0.4	C	C-E	$C < E$
0.3	B	A-B	$B < A$

أ- أحدد الفلز الذي له أعلى جهد اختزال معياري  $D$  أم  $C$  ؟

ب- أحدد أقوى عامل مؤكسد

نظر أسفل يسار ونختار أيونات الفلز فأقوى عامل مؤكسد:  $A^{2+}$

ج- أتنبأ: هل يمكن تحريك محلول نترات  $E$  بملعقة من  $A$  ؟  
أفسر إجابتي

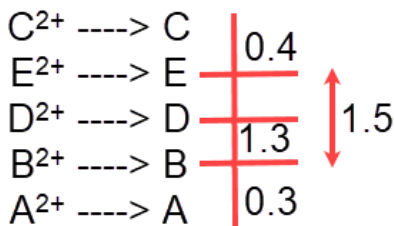


الفلز  $A$  لن يختزل من فوقه لأن جهد اختزاله أكبر فهو الذي سيختزل فهو مهبط والآخر يتأكسد لأنه مصعد وبالتالي لن يحدث التفاعل، وبالتالي ممكن تحريك محلول نترات  $E$  بملعقة من  $A$

د- أحدد اتجاه حركة الإلكترونات عبر الأسلاك في الخلية

الجلفانية المكونة من نصف خلية  $E^{2+} | E$  ونصف خلية  $D^{2+} | D$  المصعد هو  $E$  والمهبط هو  $D$  ، تتجه الإلكترونات من  $E$  إلى  $D$

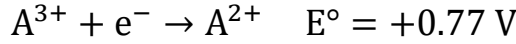
هـ- أحسب جهد الخلية المعياري للخلية الجلفانية المكونة من نصف خلية  $C^{2+} | C$  ونصف خلية  $B^{2+} | B$



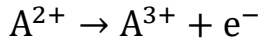
$$E^{\circ}_{C-B} = 0.4 + 1.5 = +1.9 V$$

مع ترتيب الفلزات نحدد جهد كل خليتين فنعرف باقي الخلايا المجهولة على الترتيب

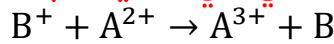
**السؤال (6):** فلزان أعطيا الرموز الافتراضية A و B ، حيث أيوناتهما  $A^{3+}$  و  $B^+$  قيست جهود الاختزال المعيارية لنصفي تفاعل الاختزال المعياريين المكونين لخلية جلفانية كالآتي:



**الحل:** الأنصاف مرتبة بشكل صحيح لأن الجهود من الأقل للكبير، بحيث الأول مصعد والثاني مهبط، فنعكس نصف التفاعل الأول ليكون نصف تفاعل التأكسد:



**أ- أكتب معادلة كيميائية للتفاعل الكلي في الخلية الجلفانية**



**ب- أحسب  $E^\circ$  للتفاعل الكلي**

$$E^\circ_{\text{Cell}} = +0.80 - (+0.77) = +0.03 \text{ V}$$

**ج- أحدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل** [انتبه: انظر للمتفاعلات]

العامل المؤكسد في التفاعل:  $B^+$

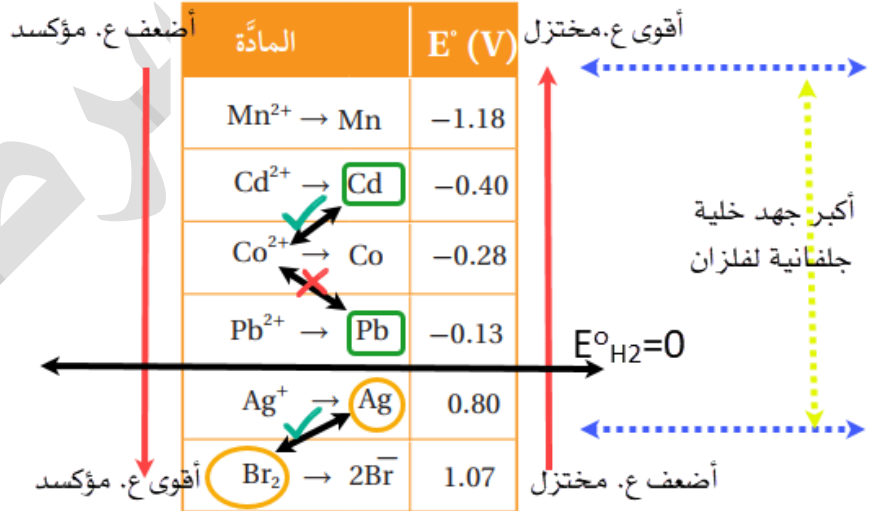
العامل المختزل في التفاعل:  $A^{2+}$

**السؤال (7):** أدرس الجدول المجاور الذي يمثل جهود الاختزال المعيارية لبعض المواد، ثم

أجيب عن الأسئلة الآتية:

**الحل:** نرتب جهود الاختزال من الأقل إلى الأكبر ونحاول رسم مخطط جدول لأنصاف تفاعلات الاختزال لتلك المواد

المادة	$E^\circ$ (V)
$Co^{2+}$	-0.28
$Br_2$	1.07
$Pb^{2+}$	-0.13
$Ag^+$	0.80
$Mn^{2+}$	-1.18
$Cd^{2+}$	-0.40



**أ- أحدد أقوى عامل مؤكسد وأقوى عامل مختزل**

أقوى عامل مؤكسد:  $Br_2$  أقوى عامل مختزل:  $Mn$

**ب- أستنتج: هل يمكن حفظ البروم  $Br_2$  في وعاء من الفضة  $Ag$ ؟ أفسر إجابتي**

البروم جهد اختزاله أكبر وبالتالي سيحدث له الاختزال ويؤكسد الآخر أي الفضة يعني يحدث التفاعل ويكون تلقائياً، لذا لا يمكن حفظ البروم في وعاء من الفضة

ج- أقارن: ما الفلزان اللذان يكونان خلية جلفانية لها أكبر جهد خلية معياري؟  
انتبه: سنختار من السلسلة المرتبة فلزان فقط ونستثني البروم لأنه ليس فلز، ولا بد أن تكون المسافة بينهما أكبر ما يمكن حتى يكون جهد الخلية أكبر ما يمكن، الفلزان هما Ag و Mn

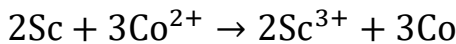
د- أستنتج: المادة التي تستطيع أكسدة Cd ولا تؤكسد Pb من المخطط الذي حددناه يظهر أنها أيونات الكوبلت  $Co^{2+}$  حيث هذا العامل المؤكسد سيؤكسد من جهد اختزاله أقل منه، وبالتالي يؤكسد فقط Cd

هـ- أحدد القطب الذي تزداد كتلته في الخلية الجلفانية Cd – Pb  
جهد اختزاله أقل فهو المصعد و Pb هو المهبط، إذاً الذي تزداد كتلته هو Pb  
و- أحدد الفلز الذي لا يحرر غاز الهيدروجين من محلول حمض المخفف  
يكون جهد اختزاله موجب وهو Ag

ز- في الخلية الجلفانية التي أعطيت الرمز الآتي:  
 $Sc|Sc^{3+} || Co^{2+}|Co$   
إذا علمت أن جهد الخلية المعياري  $E^{\circ}_{Cell} = 1.8 V$  فأجيب عن الأسئلة الآتية:  
1- أحدد اتجاه حركة الإلكترونات عبر الأسلاك في الخلية من المصعد Sc إلى المهبط Co

2- أحسب جهد الاختزال المعياري لقطب السكنديوم Sc  
 $E^{\circ}_{Cell} = 1.8 V \quad E^{\circ}_{Co} = -0.28 V \quad E^{\circ}_{Sc} = ? V$   
 $E^{\circ}_{Cell} = E^{\circ}_{Co} - E^{\circ}_{Sc}$   
 $+1.8 = -0.28 - E^{\circ}_{Sc}$   
 $E^{\circ}_{Sc} = -2.08 V$

3- أكتب معادلة التفاعل الكلي في الخلية  
 $2 \times (Sc \rightarrow Sc^{3+} + 3e^{-})$   
 $3 \times (Co^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Co)$



### الدرس الثالث: خلايا التحليل الكهربائي


#### تعريفات الدرس الثالث:

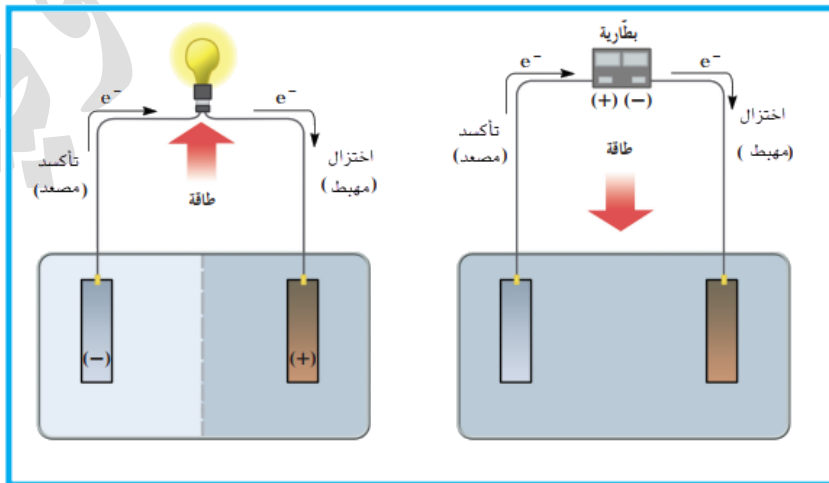
- **خلايا التحليل الكهربائي:** خلية كهروكيميائية يحدث فيها تفاعل تأكسد واختزال غير تلقائي بفعل الطاقة الكهربائية
- **التحليل الكهربائي:** عملية إمرار تيار كهربائي في مصهور أو محلول مادة كهربية مما يسبب حدوث تفاعل تأكسد واختزال غير تلقائي

#### تمهيد: مقارنة سريعة بين الخلايا الكهروكيميائية

★ قبل تعرفنا على خلية التحليل الكهربائية بالتفصيل سنتعرف على الفرق بينها وبين الخلية الجلفانية

وجه المقارنة	الخلية الجلفانية	خلية التحليل الكهربائي
حدوث التفاعل	تلقائي	غير تلقائي
تحول الطاقة	من كيميائية إلى كهربائية	من كهربائية إلى كيميائية
شحنات المصعد والمهبط	المصعد (-) والمهبط (+)	المصعد (+) والمهبط (-)
إشارة جهد الخلية المعياري	(+)	(-)
حدوث عملية الاختزال عند	المهبط	المهبط
حدوث عملية التأكسد عند	المصعد	المصعد

 تعزيز خارجي: تسير الإلكترونات في كل من الخلية الجلفانية و خلية التحليل الكهربائي من المصعد إلى المهبط، ويحدث الاختزال فيهما في المهبط، والتأكسد في المصعد، ولكنهما يختلفان من حيث نوع الشحنات على المصعد والمهبط، ونوع التفاعل تلقائي وغير تلقائي وتحول الطاقة، تندفع الإلكترونات في الخلية الجلفانية بفعل فرق الجهد بين القطبين، بينما في الخلية الثانية تندفع الإلكترونات بفعل الطاقة الكهربائية (مصدر الطاقة مثل: البطارية) وتذكر أن البطارية في أصلها خلية جلفانية



ما الطريقة لجعل تفاعلات التأكسد والاختزال غير تلقائية الحدوث حتى تحدث؟

حتى تحدث تلك التفاعلات لا بد من تزويدها بطاقة كهربائية من مصدر خارجي، وهذا

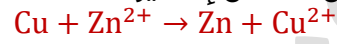
يحدث في خلايا التحليل الكهربائي ولهذا السبب يكون جهد الخلية سالب الإشارة

$Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Zn_{(s)}$	-0.76
$Cr^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightleftharpoons Cr_{(s)}$	-0.73
$Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Fe_{(s)}$	-0.44
$Cd^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Cd_{(s)}$	-0.40
$Co^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Co_{(s)}$	-0.28
$Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Ni_{(s)}$	-0.23
$Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Sn_{(s)}$	-0.14
$Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Pb_{(s)}$	-0.13
$Fe^{3+}_{(aq)} + 3e^- \rightleftharpoons Fe_{(s)}$	-0.04
$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons H_{2(g)}$	0.00
$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Cu_{(s)}$	0.34
$I_{2(s)} + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-_{(aq)}$	0.54
$Fe^{3+}_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}_{(aq)}$	0.77
$Ag^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Ag_{(s)}$	0.80

تعزيز: انظر إلى جهود الاختزال المعياري:

هل يحدث التفاعل بين ملعقة النحاس ومحلول كبريتات الخارصين؟

لو افترضنا حدوث تفاعل أي يترسب الخارصين من محلوله ويتحول النحاس إلى أيونات



الجهد المعياري لهذا التفاعل:

$$E^{\circ} = -0.76 - 0.34 = -1.10 \text{ V}$$

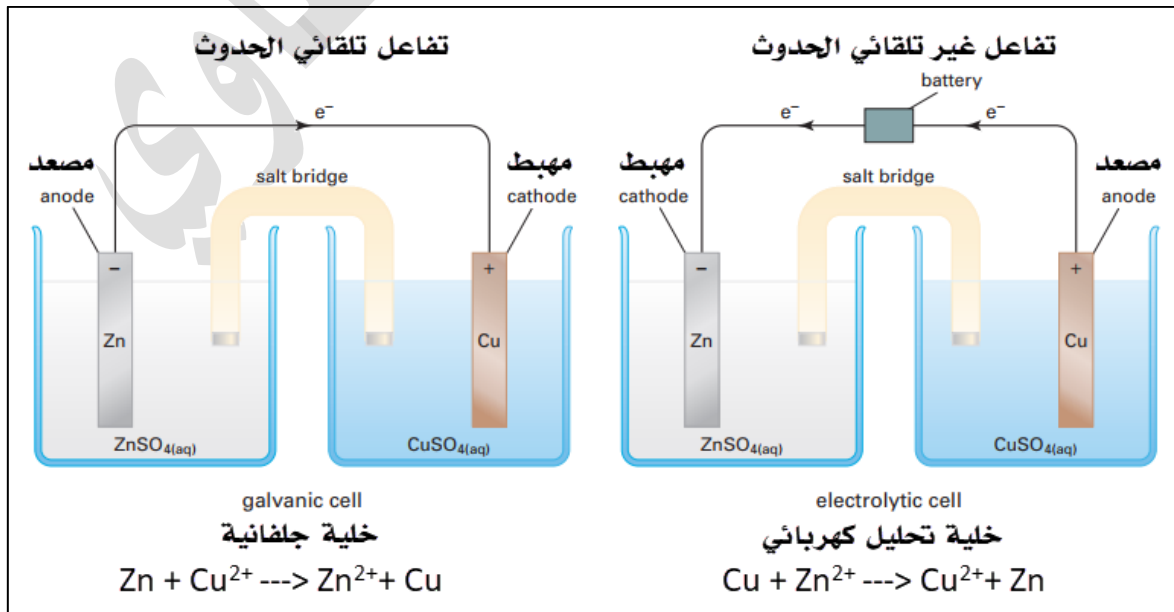
الإشارة السالبة للجهد تعني أن التفاعل غير تلقائي

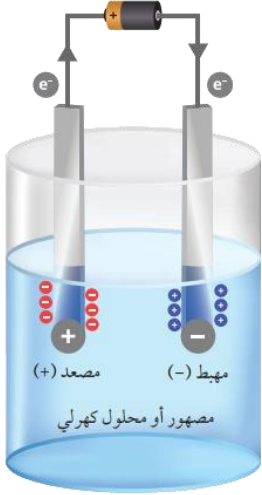
ولن تنتقل الإلكترونات إلا لو حدث دفع إجباري ويحدث ذلك الدفع الإجباري بتزويد التفاعل بمصدر طاقة

كالبطارية جهدها أكبر من جهد الخلية (1.10) فتضخ الإلكترونات وبالتالي ستكسب مادة وبشكل إجباري الإلكترونات وبشكل إجباري تضطر الأخرى إلى فقد إلكتروناتها وهذا يحدث في خلية التحليل الكهربائي

ضو اللمبة: تعلمنا سابقاً أن التفاعلات في الخلية الجلفانية تلقائية كتفاعل قطبي النحاس والخارصين

بحيث يكون الخارصين هو المصعد، والنحاس هو المهبط، فلو عكسنا تفاعل الأقطاب بحيث يحدث التأكسد في النحاس وهو الأقل نشاطاً، ويحدث الاختزال على الخارصين وهو الأنشط والأقل جهد اختزال فإن التفاعل لن يحدث في الخلية الجلفانية لأنه تفاعل غير تلقائي، بينما لو وصلنا بطارية لتلك الخلية فإن التفاعل غير التلقائي سيحدث ونعتبر تلك الخلية خلية تحليل كهربائي





ما المقصود بخلية التحليل الكهربائي؟

خلية كهروكيميائية يحدث فيها تفاعل تأكسد واختزال غير تلقائي بفعل الطاقة الكهربائية

ما أهمية خلايا التحليل الكهربائي؟

- 1- تستعمل في شحن البطاريات
- 2- تستعمل في استخلاص العديد من الفلزات النشطة من مصاهيرها كالصوديوم والألمنيوم
- 3- تستعمل في تنقية الفلزات والطلاء الكهربائي لبعضها سواء لحمايتها من التآكل أو لإكسابها مظهرًا جميلًا

اذكر أنواع التحليل الكهربائي

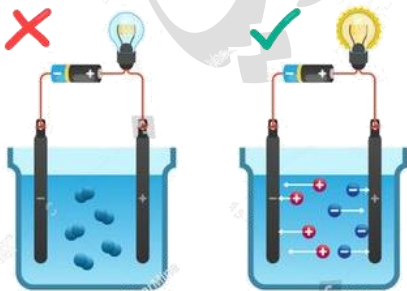
- 1- التحليل الكهربائي لمصهور مادة كهربية
- 2- التحليل الكهربائي لمحلول مادة كهربية

مم تتكوّن خلية التحليل الكهربائي

- 1- وعاء يحتوي مصهور أو محلول مادة أيونية
- 2- أقطاب خاملة من الجرافيت أو البلاتين، أما في تطبيقات خلية التحليل الكهربائي من الطلاء الكهربائي وتنقية الفلزات فإننا نستخدم أقطاب فعالة
- 3- بطارية (وهي بالأصل خلية جلفانية)
- 4- أسلاك توصيل

تعزيز خارجي وقد درسناه في الصف العاشر وأول ثانوي: المركبات الأيونية في الحالة الصلبة لا

توصل التيار الكهربائي لأن أيوناتها مقيدة الحركة داخل المركب، في حالة صهرها أو إذابتها في الماء لتكوين محلول فإنها تصبح موصلة للكهرباء لأن الأيونات تصبح حرة الحركة وهي في الحالة السائلة، وبالتالي تتحرك في خلية التحليل الكهربائي نحو الأقطاب المشحونة ويحدث التفاعل المطلوب من التأكسد والاختزال



مصحور أو محلول  
مادة لاهيولية  
CH<sub>3</sub>OH  
الكحول، والمركبات  
التساهمية التي لا تتأين

مصحور أو محلول  
مادة كهربية  
NaCl  
المركبات الأيونية  
والحموض والقواعد

المادة التي ينفج تحليلها كهربائياً لا بد أن تكون

متفككة إلى أيونات حرة، ولن تكون متفككة إلا في حالة المصحور أو المحلول ولنوع معين من المركبات نسميها كهربية أو إلكتروليتيّة

## ما آلية عمل خلية التحليل الكهربائي؟

- 1- يتم توصيل أحد الأقطاب الخاملة بقطب البطارية السالب ويسمى المهبط، ويتصل القطب الآخر بقطبها الموجب ويسمى المصعد أي أن شحنات المصعد والمهبط تكتسبها الخلية التحليلية من البطارية نفسها
- 2- تقوم البطارية بدفع الإلكترونات إلى المحلول عن طريق القطب السالب
- 3- تتحرك الأيونات المختلفة في المصهور أو المحلول نحو الأقطاب المخالفة لها في الشحنة
- 4- يحدث اختزال للأيون الموجب أو الماء على المهبط
- 5- يحدث تأكسد للأيون السالب أو الماء على المصعد
- 6- تخرج الإلكترونات من المصعد ثم تعود إلى البطارية مرة ثانية لتكمل دورتها

## علل: جهد البطارية المستخدمة لإحداث التفاعل في خلية التحليل الكهربائي أكبر من جهد الخلية.

لأن التفاعل الذي يحدث في الخلية تفاعل غير تلقائي  
تعزيز خارجي: خلايا التحليل الكهربائي تتنوع بين أوعية منفصلة أو وعاء واحد يحدث فيه التفاعل

## التحليل الكهربائي لمصاهير مواد كهربية

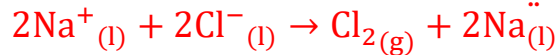
### ما أهمية التحليل الكهربائي لمصاهير المواد الكهربية؟

لاستخلاص الفلزات النشطة كالصوديوم والليثيوم والبوتاسيوم من مصاهير كلوريداتها.

### ما نواتج التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم NaCl؟ مع توضيح ذلك بالتفصيل

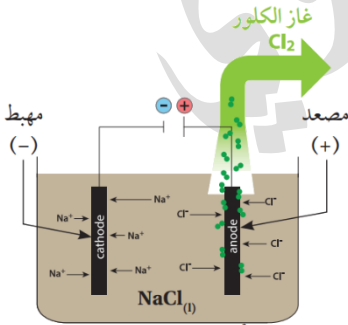
- 1- يحتوي المصهور على أيونات الصوديوم  $Na^+$  وأيونات الكلوريد  $Cl^-$
- 2- عند إغلاق الدارة الكهربائية ومرور تيار كهربائي عبر الأسلاك تتحرك أيونات  $Na^+$  باتجاه المهبط (-) وتحدث لها عملية اختزال مكونة ذرات الصوديوم السائلة كما يلي:  
نصف تفاعل الاختزال/المهبط:  
 $Na^+_{(l)} + e^- \rightarrow Na_{(l)}$
- 3- تتحرك أيونات  $Cl^-$  باتجاه المصعد (+) وتحدث لها عملية تأكسد مكونة غاز الكلور كما يلي:  
نصف تفاعل التأكسد/المصعد:  
 $2Cl^-_{(l)} + 2e^- \rightarrow Cl_{2(g)}$

### التفاعل الكلي:

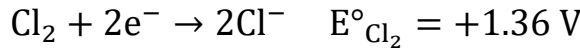


جهد الخلية المعياري نحسبه بالاستعانة بجهد اختزال تلك

المواد من جدول جهود الاختزال المعيارية



الشكل (16): التحليل الكهربائي لمصهور NaCl.



$$E^\circ_{\text{Cell}} = E^\circ_{\text{Na}} - E^\circ_{\text{Cl}_2} = -2.71 - (+1.36) = -4.07 \text{ V} \quad \text{جهد الخلية المعياري:}$$

وهذا دليل أن التفاعل غير تلقائي الحدوث ويحتاج طاقة كهربائية

النواتج: الصوديوم Na عند المهبط، وغاز الكلور Cl<sub>2</sub> عند المصعد

تذكر: أن البطارية هي بنك الإلكترونات، وأن كل من المهبط والمصعد يملك شحنات البطارية

👤 **أتحقق ص 123:** أجب عن الأسئلة الآتية المتعلقة بالتحليل الكهربائي لمصهور بروميد

الكالسيوم CaBr<sub>2</sub>

**1- أكتب نصف تفاعل التأكسد ونصف تفاعل الاختزال في خلية التحليل الكهربائي**

تتحرك أيونات Ca<sup>2+</sup> باتجاه المهبط (-) وتحدث لها عملية اختزال مكونة ذرات الكالسيوم السائلة كما يلي:



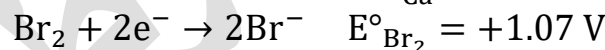
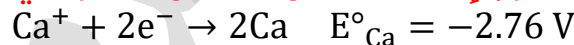
تتحرك أيونات Br<sup>-</sup> باتجاه المصعد (+) وتحدث لها عملية تأكسد مكونة سائل البروم كما يلي:



**2- أستنتج نواتج التحليل الكهربائي للمصهور**

النواتج: الكالسيوم Ca عند المهبط، وسائل البروم Br<sub>2</sub> عند المصعد

**3- أتوقع جهد البطارية اللازم لإحداث تفاعل التحليل الكهربائي للمصهور**

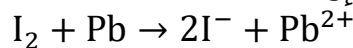


$$E^\circ_{\text{Cell}} = E^\circ_{\text{Ca}} - E^\circ_{\text{Br}_2} = -2.76 - (+1.07) = -3.83 \text{ V} \quad \text{جهد الخلية المعياري:}$$

جهد البطارية لا بد أن يكون أكبر من 3.83 V

👤 كيماشيك (محلل ورد في المنهاج القديم 2007): إذا علمت أن المعادلة الآتية تمثل تفاعلاً

ممكناً الحدوث في الظروف المعيارية فإن:



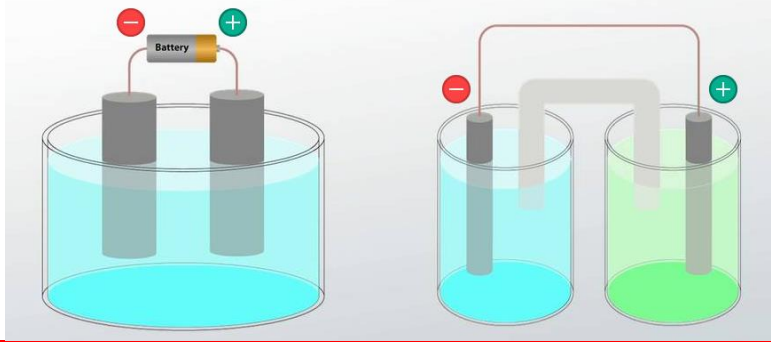
I <sub>2</sub> عامل مؤكسد أقوى من Pb <sup>2+</sup>	a
Pb عامل مؤكسد	b
I <sub>2</sub> عامل مختزل	c
I <sup>-</sup> عامل مختزل أقوى من Pb	d

الخيار الصحيح (a) فإن التفاعل التلقائي تكون العوامل المختزلة والمؤكسدة في المتفاعلات هي الأقوى،

بينما لو سار التفاعل العكسي أي التفاعل غير التلقائي فإن العوامل المتفاعلة أضعف (توضيحه في الحصة)

## ورقة عمل 13: التمهيد + التحليل الكهربائي لمصاهير المواد الكهربية

تدريب (1): من خلال النظر إلى الخلايا الكهروكيميائية الآتية، املأ الجدول بالبيانات المناسبة لكل نوع خلية، ثم اكتب على الشكل اسم الخلية وأقسامها واتجاه الإلكترونات وشحنات الأقطاب:

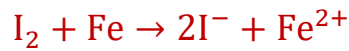


خلية التحليل الكهربائي	الخلية الجلفانية	وجه المقارنة
		حدوث التفاعل
		تحول الطاقة
		شحنات المصعد والمهبط
		إشارة جهد الخلية المعياري
		القطب الذي يحدث عنده الاختزال
		القطب الذي يحدث عنده التأكسد

تدريب (2): بالنظر إلى جدول جهود الاختزال احسب جهود الخلايا في التفاعلات الآتية،

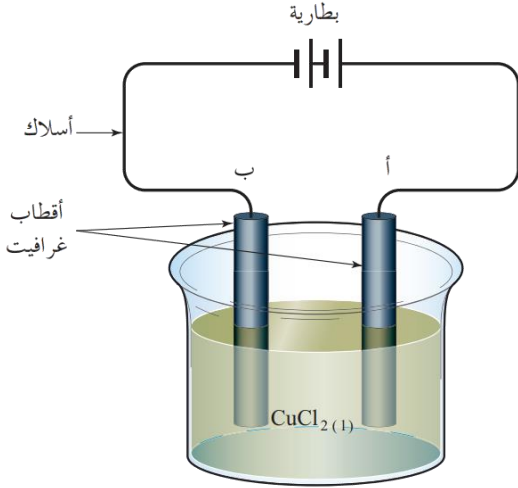
$Zn^{2+}_{(aq)}$	$+ 2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Zn_{(s)}$	-0.76
$Cr^{3+}_{(aq)}$	$+ 3e^-$	$\rightleftharpoons$	$Cr_{(s)}$	-0.73
$Fe^{2+}_{(aq)}$	$+ 2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Fe_{(s)}$	-0.44
$Cd^{2+}_{(aq)}$	$+ 2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Cd_{(s)}$	-0.40
$Co^{2+}_{(aq)}$	$+ 2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Co_{(s)}$	-0.28
$Ni^{2+}_{(aq)}$	$+ 2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Ni_{(s)}$	-0.23
$Sn^{2+}_{(aq)}$	$+ 2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Sn_{(s)}$	-0.14
$Pb^{2+}_{(aq)}$	$+ 2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Pb_{(s)}$	-0.13
$Fe^{3+}_{(aq)}$	$+ 3e^-$	$\rightleftharpoons$	$Fe_{(s)}$	-0.04
$2H^+_{(aq)}$	$+ 2e^-$	$\rightleftharpoons$	$H_{2(g)}$	0.00
$Cu^{2+}_{(aq)}$	$+ 2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Cu_{(s)}$	0.34
$I_{2(s)}$	$+ 2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2I^-_{(aq)}$	0.54
$Fe^{3+}_{(aq)}$	$+ e^-$	$\rightleftharpoons$	$Fe^{2+}_{(aq)}$	0.77
$Ag^+_{(aq)}$	$+ e^-$	$\rightleftharpoons$	$Ag_{(s)}$	0.80

وأي تفاعل من التفاعلات الآتية سنحصل على نواتجه باستخدام التحليل الكهربائي وبيّن سبب ذلك



✎ **تدريب (3):** يبين الشكل المجاور خلية التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد النحاس (II)  $\text{CuCl}_2$  ادرس الشكل ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

- ما الدقائق الموجودة في الوعاء؟



- أي القطبين (أ) أم (ب) يشكّل المصعد وأيِّهما يشكّل المهبط؟

- وضّح بالأسهم اتجاه حركة الأيونات في الوعاء

- وضّح بالأسهم حركة الإلكترونات في الدارة الخارجية

- بيّن بالمعادلات التفاعلات التي تحدث عند كل قطب، والمعادلة الكلية للتفاعل

- احسب  $E^\circ_{\text{Cell}}$  لخلية التحليل إذا علمت أن جهود الاختزال مبينة في الشكل المجاور:

$\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}_{(\text{s})}$	0.34
$\text{Cl}_{2(\text{g})} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$	1.36

- ماذا تعني إشارة  $E^\circ_{\text{Cell}}$  لهذه الخلية؟

- كم جهد البطارية اللازم لتحليل هذا المصهور كهربائياً؟

✎ **تدريب (4):** ما نواتج التحليل الكهربائي لمصهور كل من:

- يوديد الكالسيوم  $\text{CaI}_2$

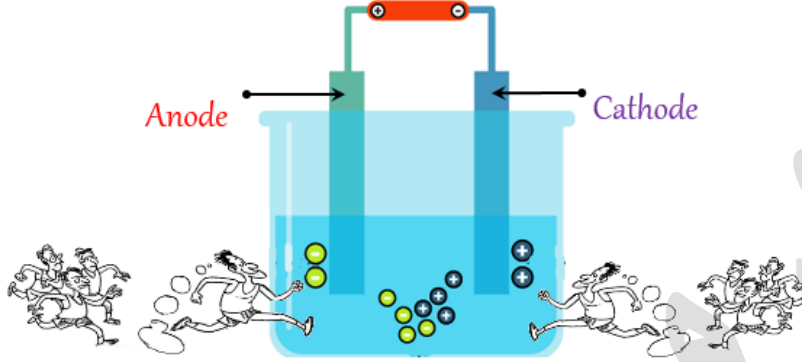
- بروميد الخارصين  $\text{ZnBr}_2$

- كلوريد البوتاسيوم  $\text{KCl}$

- هيدريد الصوديوم  $\text{NaH}$

## التحليل الكهربائي لمحاليل المواد الكهربية

★ الفرق بين المصهور والمحلول، أن المحلول فيه ماء كونه المذاب، **فستحدث عملية سباق بين الأيونات وجزيئات الماء في كل من المصعد والمهبط**

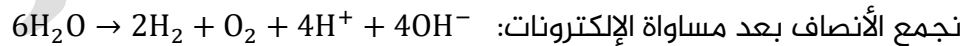
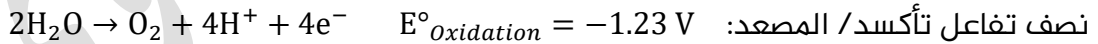
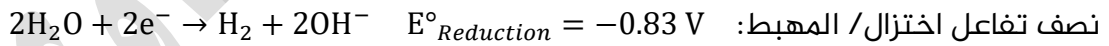


- يحدث على المصعد تفاعل التأكسد الذي يمتلك جهد تأكسد أكبر (جهد اختزال أقل)
  - يحدث على المهبط تفاعل الاختزال الذي يمتلك جهد اختزال أكبر
- ★ قد تخالف التجربة العملية أحياناً الذي قد يحدث نظرياً من خلال قيم جهود الاختزال

## تمهيد قبل أن نبدأ بتحليل المحاليل كهربائياً

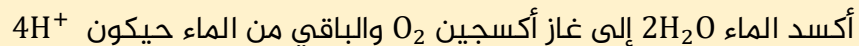
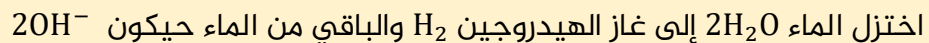
📝 تعزيز خارجي (1):

من تجارب العلماء على تحليل الماء كهربائياً لم يكن ليتحلل وهو ماء نقي بسبب تركيز أيوناته القليل جداً، فتم تحليله كهربائياً مع إضافة مادة كهربية لا تتدخل في التفاعل، فيتحلل الماء منتجاً غاز الهيدروجين مع وسط قاعدي في المهبط وغاز الأكسجين مع وسط حمضي في المصعد، فإذا جمعنا أنصاف التفاعلات كانت المعادلة الكلية موزونة هي نفسها تفكك الماء إلى مكوناته، أما الوسط الحمضي والقاعدي فإنه سيتعادل في المعادلة الكلية



احفظ معادلات تأكسد واختزال الماء لأنها مهمة في تحليل نواتج أي خلية تحليل كهربائي فيها محلول مائي، سنقارن جهود اختزال سواء في المهبط أو المصعد في حال كتبنا أنصاف تفاعلات اختزال. ونقارن جهود تأكسد في حال كتبنا أنصاف تفاعلات تأكسد،

ممكن عمل رابط ذهني تحليلي بدون كتابة معادلات تفكك الماء وموازنتها والخ:



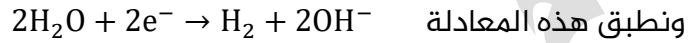
وازن الشحنات بإضافة الإلكترونات، في الأول 2 وفي الثاني 4

تعزير خارجي (2) مهم:

في حال عدم ورود معلومات عن جهود الاختزال المعياري للمواد سنطبق قواعد معينة نحفظها لتوقع نواتج التحليل الكهربائي:

- **أيون فلز من المجموعة الأولى والثانية بالإضافة للألمنيوم** ( $Li^+, Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Ba^{2+}, Al^{3+}$ ) سيبقى كما هو في المحلول، ولن يُختزل على المهبط، وسيُختزل الماء لينتج غاز الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد

فنقول **نواتج اختزال الماء: 1- تصاعد غاز الهيدروجين 2- تكوّن وسط قاعدي**



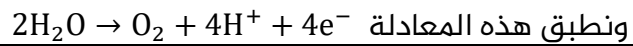
- **أيون فلز انتقالي** باستثناء أيون المنغنيز  $Mn^{2+}$ ، فإن باقي الفلزات الانتقالية ستأخذ دور الاختزال ويتكوّن منها راسب عند المهبط، والماء يعتزل دوره، مثال:  $Ag^+, Cu^{2+}, Fe^{2+}$ ، إذا أعطاني جهود اختزال تلك الفلزات الانتقالية وقتها ممكن أقارن قبل أقرر

- **الهالوجينات باستثناء الفلور**، كأيونات سالبة ( $Cl^-, Br^-, I^-$ ) تتأكسد على المصعد والماء يعتزل دوره، ورغم أن أيون الكلور أعلى جهد اختزال من الماء يعني جهد تأكسده أقل، إلا أن التجارب العملية أثبتت أن  $Cl^-$  يتأكسد في الظروف الطبيعية وينطلق غاز الكلور أما لو كان محلوله مخففاً فإن الماء هو الذي يتأكسد وينطلق غاز الأكسجين، أما أيون البروميد عندما يتأكسد يتكون منه سائل البروم، وأيون اليوديد يتكوّن منه اليود الصلب الذي يذوب في الماء بنسبة بسيطة

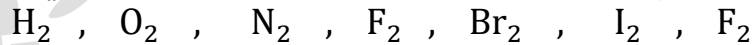
- **أيون الهيدريد  $H^-$**  له جهد اختزال أقل من الماء وبالتالي جهد تأكسده أعلى، وفي المحلول يتجه ناحية المصعد ليتأكسد ويتصاعد غاز الهيدروجين  $2H^- \rightarrow H_2 + 2e^-$ ، أما الماء فيعتزل دوره

- **بعض المجموعات الأيونية** كالكبريتات  $SO_4^{2-}$  والنترات  $NO_3^-$  لن تتأكسد عند المصعد ولا تتأثر عند تحليل محاليلها كهربائياً، وسيتأكسد الماء وقتها، لأن على ذرتها المركزية أعلى عدد تأكسد لها فلن ينفع أن تفقد من إلكترونات المستويات الداخلية، يعني في الظروف الطبيعية لن تتأكسد

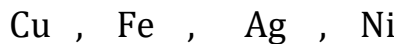
فنقول: **نواتج تأكسد الماء: 1- تصاعد غاز الأكسجين 2- تكوّن وسط حمضي**



وأخيراً وفي إعادة الأساسيات إفادة: تذكر عائلة *Two* ولا تنسى أنها متعادلة وهي ثنائية الذرة



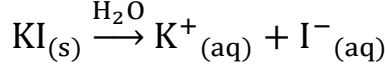
بخلاف الفلزات فنكتبها وهي متعادلة أحادية الذرة



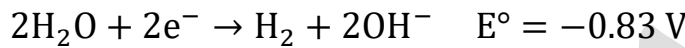
انتبه في أغلب المسائل المطلوبة منا عند كتابة نواتج التحليل الكهربائي: فالنواتج عناصر أو مركبات متعادلة، وهناك وسط حمضي أو قاعدي أو متعادل، وبإمكاننا تمييزه من المعادلة الكلية ومن الأيونات المتفرجة التي لا تتفاعل

ما نواتج التحليل الكهربائي لمحلول يوديد البوتاسيوم KI؟ مع توضيح ذلك بالتفصيل 

1- يتفكك KI في الماء إلى أيونات البوتاسيوم  $K^+$  وأيونات اليوديد  $I^-$



2- عند إغلاق الدارة الكهربائية ومرور تيار كهربائي عبر الأسلاك تتحرك أيونات  $K^+$  وجزيئات الماء باتجاه المهبط (-) وهنا احتمالية اختزال أحدهما حسب جهود الاختزال المعيارية لكل من البوتاسيوم والماء، فالأعلى جهد اختزال هو الذي يتم اختزاله عند المهبط:



الماء أعلى جهد اختزال وبالتالي هو الذي سيختزل عند المهبط مطلقاً غاز الهيدروجين



3- تتحرك أيونات  $I^-$  وجزيئات الماء باتجاه المصعد (+)، وهنا احتمالية تأكسد أحدهما حسب جهود الاختزال المعيارية، فالأقل جهد اختزال معياري هو الذي يتم تأكسده عند المصعد لأنه الأعلى جهد تأكسد يعني تأكسده أسهل:



اليود أقل جهد اختزال وبالتالي يتأكسد عند المصعد مكوناً جزيئات اليود



ولو قارنا جهد التأكسد المعياري لكل منهما لوجدنا أن جهد تأكسد الماء يساوي  $E^\circ = -1.23 \text{ V}$  أما جهد تأكسد اليود  $E^\circ = -0.54 \text{ V}$  فجهد تأكسده أعلى من جهد تأكسد الماء وبالتالي هو أسهل تأكسداً من الماء، فتتأكسد أيونات اليوديد مكونة اليود  $I_2$  عند المصعد



نوع الوسط في المحلول الناتج: قاعدي لتكوّن KOH

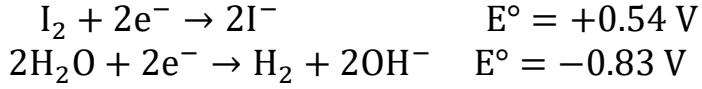
النتائج العملية: وافقت النتائج النظرية، تكوّن اليود  $I_2$  في المحلول عند المصعد وتصاد غاز

الهيدروجين  $H_2$  عند المهبط وتكوّن محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH

نحسب جهد الخلية المعياري نحسبه بالاستعانة بجهد اختزال تلك المواد من جدول جهود



الاختزال المعياري



**جهد الخلية المعياري:**

$$E^\circ_{\text{Cell}} = E^\circ_{H_2O} - E^\circ_{I_2} = -0.83 - (+0.54) = -1.37 \text{ V}$$

**جهد البطارية** اللازم لإحداث التفاعل يزيد على 1.37 V

نحتاج هذا التحليل الكهربائي: اليود عند المصعد، وغاز

الهيدروجين عند المهبط مع تكوّن محلول هيدروكسيد

البوتاسيوم KOH

لو نظرنا إلى التعزيز وطبقنا بدون معلومات:

أيون البوتاسيوم لن يُختزل، إذًا يُختزل الماء مطلقاً غاز الهيدروجين  $H_2$  ومكوّنًا وسطاً قاعدياً

من أيونات الهيدروكسيد التي تكوّن مع البوتاسيوم مادة هيدروكسيد البوتاسيوم في

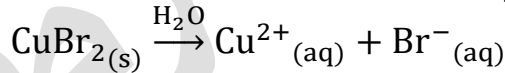
المحلول، بينما أيون اليود سيتأكسد إلى مادة اليود  $I_2$

**تعزيز:** اللون الوردي بسبب أيونات الهيدروكسيد ولوجود كاشف تم إضافته للمحلول قبل التفاعل، أما

اللون البني فهو بسبب عنصر اليود

**ما نواتج التحليل الكهربائي لمحلول بروميد النحاس  $CuBr_2$ ؟ مع توضيح ذلك بالتفصيل**

1- يتفكك  $CuBr_2$  في الماء إلى أيونات النحاس  $Cu^{2+}$  وأيونات البروميد  $Br^-$

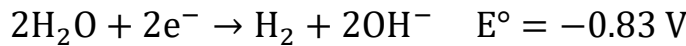


2- عند إغلاق الدارة الكهربائية ومرور تيار كهربائي عبر الأسلاك تتحرك أيونات  $Cu^{2+}$

وجزيئات الماء باتجاه المهبط (-) وهنا احتمالية اختزال أحدهما حسب جهود الاختزال

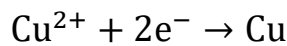
المعياري لكل من النحاس والماء، فالأعلى جهد اختزال هو الذي يتم اختزاله عند

المهبط:



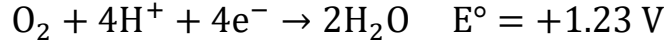
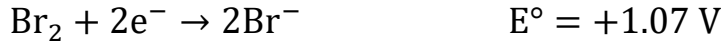
النحاس له جهد اختزال أعلى وبالتالي سيكون أسهل اختزال أيوناته عند المهبط

فيتكوّن النحاس



نصف تفاعل الاختزال / المهبط:

3- تتحرك أيونات  $Br^-$  وجزيئات الماء باتجاه المصعد (+)، وهنا احتمالية تأكسد أحدهما حسب جهود الاختزال المعيارية، فالأقل جهد اختزال معياري هو الذي يتم تأكسده عند المصعد لأنه الأعلى جهد تأكسد يعني تأكسده أسهل:



البروم أقل جهد اختزال وبالتالي يتأكسد عند المصعد مكوناً جزيئات البروم

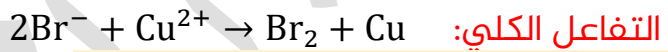


ولو قارنا جهد التأكسد المعياري لكل منهما لوجدنا أن جهد تأكسد الماء يساوي

$E^\circ = -1.23 V$  أما جهد تأكسد البروم  $E^\circ = -1.07 V$  فجهد تأكسده أعلى من جهد

تأكسد الماء وبالتالي هو أسهل تأكسداً من الماء، فتتأكسد أيونات البروميد مكونة

البروم  $Br_2$  عند المصعد



نواتج هذا التحليل الكهربائي: يتكوّن البروم عند

المصعد، ويتكوّن النحاس عند المهبط

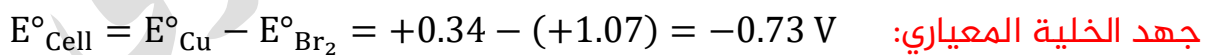
النتائج العملية: وافقت النتائج النظرية، تكوّن البروم  $Br_2$

عند المصعد وتكوّن النحاس (مادة صلبة)  $Cu$  عند

المهبط

نوع الوسط في المحلول الناتج: متعادل حيث لم تنتج أيونات هيدروجين أو هيدروكسيد

مولات النحاس الناتجة بالنسبة لمولات البروم الناتج = 1

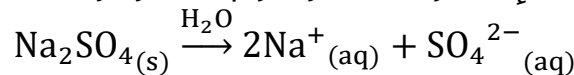


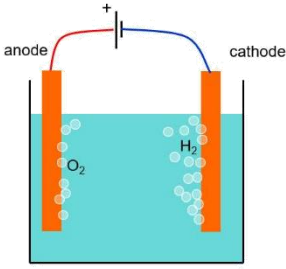
جهد البطارية اللازم لإحداث التفاعل يزيد على  $0.73 V$

❓ ما نواتج التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات الصوديوم  $Na_2SO_4$ ؟ مع توضيح ذلك

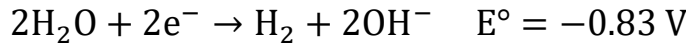
بالتفصيل

1- يتفكك  $Na_2SO_4$  في الماء إلى أيونات الصوديوم  $Na^+$  وأيونات الكبريتات  $SO_4^{2-}$





2- عند إغلاق الدارة الكهربائية ومرور تيار كهربائي عبر الأسلاك تتحرك أيونات  $\text{Na}^+$  وجزيئات الماء باتجاه المهبط (-) وهنا احتمالية اختزال أحدهما حسب جهود الاختزال المعيارية لكل من الصوديوم والماء، فالأعلى جهد اختزال هو الذي يتم اختزاله عند المهبط:

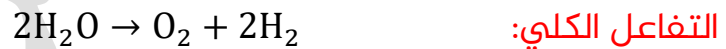
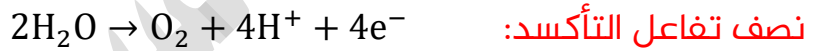


الماء له جهد اختزال أعلى وبالتالي سيكون أسهل اختزاله عند المهبط وتصادد غاز الهيدروجين وتكوّن أيونات الهيدروكسيد



3- تتحرك أيونات  $\text{SO}_4^{2-}$  وجزيئات الماء باتجاه المصعد (+)، وهنا احتمالية تأكسد أحدهما حسب جهود الاختزال المعيارية، فالأقل جهد اختزال معياري (أعلى جهد تأكسد) هو الذي يتم تأكسده عند المصعد، ولوحظ عدم تأكسد أيونات  $\text{SO}_4^{2-}$

4- **النتائج العملية:** لوحظ عملياً تصاعد غاز الأكسجين  $\text{O}_2$  عند المصعد وتصادد غاز الهيدروجين  $\text{H}_2$  عند المهبط



نوع الوسط في المحلول الناتج: متعادل حيث تعادلت أيونات الهيدروجين والهيدروكسيد

مولات غاز الهيدروجين بالنسبة لمولات غاز الأكسجين = 2

يعني التحليل الكهربائي لكبريتات الصوديوم كأنه تحليل كهربائي لجزيئات الماء، حيث تأكسدت جزيئات الماء واختزلت مكونة غازي الأكسجين والهيدروجين

★ الخلاصة:

- في التحليل الكهربائي لمحاليل المركبات الأيونية، الأيونات الموجبة وجزيئات الماء يُحتمل أن تُختزل عند المهبط، والأيونات السالبة وجزيئات الماء يُحتمل أن تتأكسد عند المصعد وكل ذلك حسب الأفضلية

- التفاعل في المصعد والمهبط يعتمد بشكل عام على جهود الاختزال المعيارية لكل من الأيونات وجزيئات الماء

- سلوك أيون معيّن هو نفسه خلال عملية التحليل الكهربائي بغض النظر عن مصدره، فالصوديوم لن يُختزل في محلول كلوريد الصوديوم NaCl وأيضاً لن يُختزل في محلول كبريتات الصوديوم Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- بعض الأيونات متعددة الذرات مثل: SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> و NO<sub>3</sub><sup>-</sup> لا تتأثر عند تحليل محاليلها كهربائياً
- قد يظهر في التجارب ما يخالف التوقعات النظرية

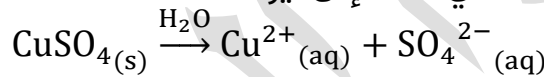
**أفكر: ص 125: أفسر: دور كبريتات الصوديوم Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> في عملية التحليل الكهربائي للماء**

الماء النقي غير موصل للكهرباء نظراً للتركيز المنخفض لأيونات H<sup>+</sup> و OH<sup>-</sup> فيه، لذلك يُستخدم كبريتات الصوديوم لتكوين محلول كهربي، فيسمح وقتها بمرور التيار الكهربائي، وبالتالي إحداث تفاعلي تأكسد واختزال غير تلقائيين تتنافس فيه الأيونات وجزيئات الماء على التأكسد والاختزال

**أفكر: ص 126: أفسر: مستعنياً بالمعادلات عند تحليل محلول CuSO<sub>4</sub> كهربائياً يتحول**

**تدرجياً إلى محلول H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

هذا المحلول الكهربي يتفكك في الماء إلى أيوناته:



- يتحرك باتجاه المهبط (-): أيونات Cu<sup>2+</sup> وجزيئات الماء، لكن الذي يُختزل هو أيون الفلز الانتقالي ويطرسب عند المهبط فيقل تركيز أيوناته في المحلول ويخف لون المحلول الأزرق

نصف تفاعل الاختزال/المهبط:  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$

- يتحرك باتجاه المصعد (+) أيونات SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> وجزيئات الماء، لكن الذي يتأكسد هو جزيئات الماء مطلقاً غاز الأكسجين ومكوّناً وسط حمضي من أيونات الهيدروجين H<sup>+</sup>:

نصف تفاعل التأكسد/المصعد:  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$

**التفاعل الكلي:**  $2\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Cu} + \text{O}_2 + 4\text{H}^+$

وبما أن أيونات الكبريتات موجودة في المحلول ولم تتأثر بالتحليل الكهربائي فإنها مع أيونات الهيدروجين ستكوّن محلول H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

**إذاً نواتج هذا التحليل الكهربائي:**

ذرات نحاس Cu تترسب عند المهبط

غاز الأكسجين O<sub>2</sub> يتصاعد عند المصعد

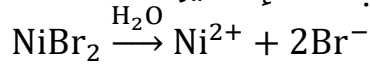
أيونات الهيدروجين H<sup>+</sup> عند المصعد أو H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> في المحلول

**نوع الوسط في المحلول الناتج:** حمضي لتكوّن H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

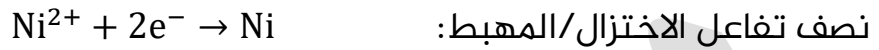
أتحقق: ص 126: أكتب تفاعلي المصعد والمهبط اللذين يحدثان عند تحليل محلول  $NiBr_2$  

كهربائياً باستخدام أقطاب من الجرافيت

هذا المحلول الكهرلي يتفكك في الماء إلى أيوناته:



- يتحرك باتجاه المهبط (-): أيونات  $Ni^{2+}$  وجزيئات الماء، لكن الذي يُختزل هو أيون الفلز الانتقالي النيكل ويطرسب عند المهبط



- يتحرك باتجاه المصعد (+) أيونات  $Br^-$  وجزيئات الماء، لكن الذي يتأكسد هو أيونات البروميد منتجة سائل البروم عند المصعد:



★ تعزيز: بما أن الفلزات النشطة من المجموعة الأولى والثانية والألمنيوم لن نستطيع الحصول عليها متعادلة عن طريق محاليلها، فإن الطريقة الأنسب هي الحصول عليها عن طريق مصاهيرها، وهذا الذي سنتعلمه لاحقاً في استخلاص الفلزات

كيماشيك (حاول تفكر فيه، ورد مثله في الأسئلة الوزارية وكان ضمن المناهج القديمة):

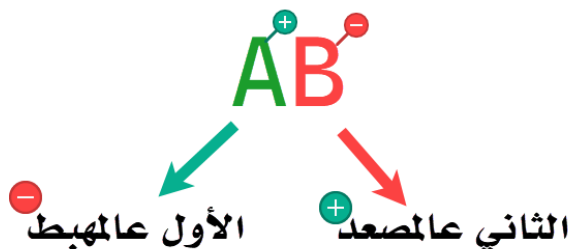
تم تحليل خليط مصاهير من بروميد الصوديوم  $NaBr$  و  $NaCl$  كهربائياً في خلية واحدة، إذا علمت أن جهد اختزال البروم  $E^\circ_{Br_2} = 1.07 V$  وجهد اختزال الكلور  $E^\circ_{Cl_2} = 1.36 V$  وجهد اختزال الصوديوم

$E^\circ_{Na} = -2.71 V$ ، فإن نواتج التحليل الكهربائي عند المهبط والمصعد هي: (الجواب: a)

a	عند المصعد $Br_2$ وعند المهبط Na
b	عند المصعد $Cl_2$ وعند المهبط Na
c	عند المصعد Na وعند المهبط $Br_2$
d	عند المصعد Na وعند المهبط $Cl_2$

توضيح حل الكيماشيك يتوفر في حصة شرح الدرس على اليوتيوب

تذكر الطريقة السريعة لنشر الأيونات على الأقطاب: 



## ورقة عمل 14: التحليل الكهربائي لمحاليل المواد الكهربية

تدريب (1): ما نواتج التحليل الكهربائي **والمعادلة الكلية**، ونوع الوسط الناتج (متعادل، قاعدي، حمضي)؟ إذا علمت أننا نستخدم أقطاب خاملة للمحاليل الآتية، وبالاستعانة بجدول جهود الاختزال حيثما لزم ذلك:

نصف تفاعل الاختزال				E° (V)	
$K^+_{(aq)}$	+	$e^-$	$\rightleftharpoons$	$K_{(s)}$	-2.92
$Na^+_{(aq)}$	+	$e^-$	$\rightleftharpoons$	$Na_{(s)}$	-2.71
$2H_2O_{(l)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2OH^- + H_{2(g)}$	-0.83
$Zn^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Zn_{(s)}$	-0.76
$Ni^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Ni_{(s)}$	-0.23
$Ag^+_{(aq)}$	+	$e^-$	$\rightleftharpoons$	$Ag_{(s)}$	0.80
$Hg^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Hg_{(l)}$	0.85
$O_{2(g)} + 4H^+$	+	$4e^-$	$\rightleftharpoons$	$2H_2O_{(l)}$	1.23
$Cl_{2(g)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2Cl^-_{(aq)}$	1.36
$F_{2(g)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2F^-_{(aq)}$	2.87

- كلوريد الصوديوم NaCl  
تذكر: في الظروف الطبيعية للمحاليل المستخدمة فإن أيون الكلوريد له الأفضلية على الماء

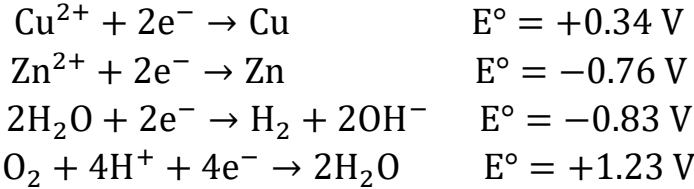
- نترات الرصاص  $Pb(NO_3)_2$

- فلوريد البوتاسيوم KF

- كبريتات الزنك  $ZnSO_4$

✍ **تدريب (2):** محلول عبارة عن مزيج من محلول نترات النحاس  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  ومحلول كبريتات الزنك  $\text{ZnSO}_4$  عند تحليله كهربائياً باستخدام أقطاب بلاتين (خاملة). فإن النواتج ستكون:

مع الأخذ بعين الاعتبار بالمعلومات الآتية



المهبط	المصعد	
$\text{H}_2$	$\text{O}_2$	a
$\text{Cu}$	$\text{Zn}$	b
$\text{Zn}$	$\text{O}_2$	c
$\text{Cu}$	$\text{O}_2$	d

✍ **تدريب (3):** عند إمرار تيار كهربائي في محلول مادة مجهولة باستخدام أقطاب بلاتين، لوحظ تصاعد غاز الهيدروجين عند المهبط، وغاز الأكسجين عند المصعد، فإن المادة المجهولة هي:

$\text{NaNO}_3$	-2	$\text{AgNO}_3$	-1
$\text{ZnBr}_2$	-4	$\text{CuCl}_2$	-3

مساعدة: استعن بالقواعد السريعة من خلال النظر لكل أيون والماء دون اللجوء إلى جهود الاختزال

✍ **تدريب (4):** عند تحليل محلول يوديد البوتاسيوم  $\text{KI}$  كهربائياً باستخدام أقطاب جرافيت تكون نواتج التحليل كما يأتي:

اليود والأكسجين	-2	اليود والبوتاسيوم	-1
الهيدروجين والأكسجين	-4	اليود والهيدروجين	-3

مساعدة: استعن بالقواعد السريعة من خلال النظر لكل أيون والماء دون اللجوء إلى جهود الاختزال

✍ **تدريب (5):** أي تحول قد يحدث عند المصعد في خلية تحليل كهربائي؟

$\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2$	-2	$\text{Mn}^{2+} \rightarrow \text{Mn}$	-1
$\text{Br}_2 \rightarrow \text{Br}^-$	-4	$\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$	-3

مساعدة: تذكر الأيونات السالبة والموجبة وجزيئات الماء وأيها يتأكسد عند المصعد

## التطبيقات العملية للتحليل الكهربائي

★ تعمل خلايا التحليل الكهربائي على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية من خلال استخدام تيار كهربائي يُجبر تفاعل تأكسد واختزال غير تلقائي على الحدوث

💡 **أذكر تطبيقات عملية مهمة لخلايا التحليل الكهربائي في مجال الصناعة**

- 1- استخراج الفلزات النشطة من مصاهير خاماتها
- 2- تنقية الفلزات لاستخدامها في المجالات التي تحتاج إلى فلزات نقية بدرجة كبيرة

## استخلاص الألمنيوم

💡 **لماذا يتم استخراج الألمنيوم من خاماته؟**

لأنه من الفلزات النشطة ولا يتوفر إلا من خلال خاماته، وهو من أكثر الفلزات انتشاراً في القشرة الأرضية



💡 **ما المادة الخام التي يُستخلص منها الألمنيوم وما اسم الطريقة التي يُستخلص بها؟**

يُستخلص من خام البوكسيت  $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$  وبطريقة هول-هيروليت

💡 **ما الخطوات اللازمة قبل استخراج الألمنيوم بطريقة هول-هيروليت؟**

1- يُخَلَّص خام البوكسيت من الشوائب

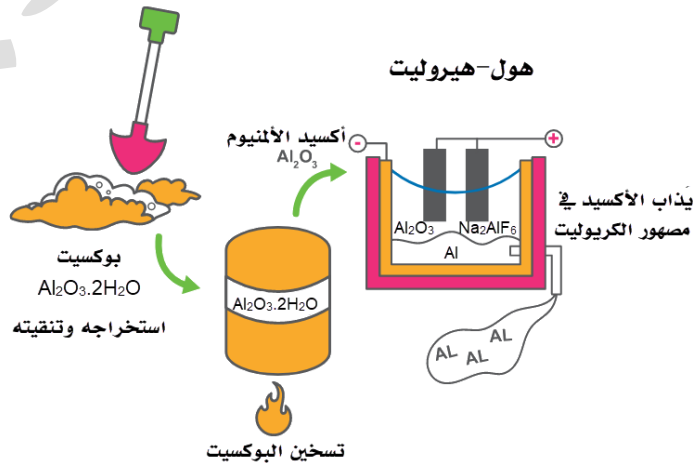
2- ثم يُسَخَّن لتحويله إلى أكسيد الألمنيوم  $Al_2O_3$

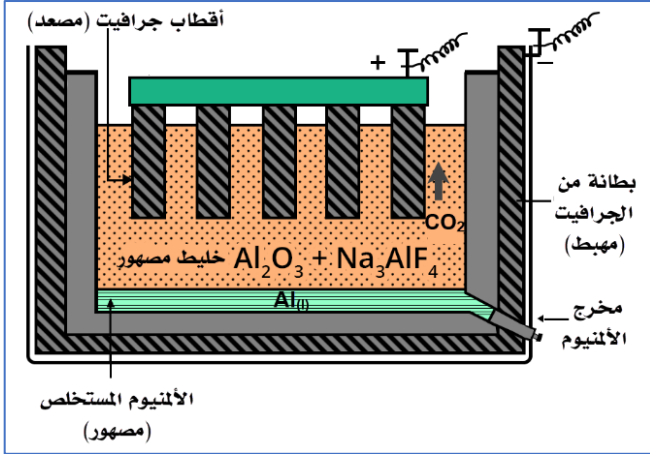
3- ثم يُذاب أكسيد الألمنيوم في مصهور الكريوليت  $Na_3AlF_6$  حتى

تنخفض درجة انصهاره نحو  $1000^\circ C$

تعزيز خارجي: درجة انصهار أكسيد الألمنيوم عالية جداً أكثر من  $2000^\circ C$  ولتوفير

الطاقة يتم خفضها بإضافة مصهور الكريوليت حيث درجة انصهار الكريوليت قريبة من  $1000^\circ C$  فيذيب أكسيد الألمنيوم في خلية هول-هيروليت





ماذا تُسمى خلية التحليل الكهربائي؟

لمصهور  $Al_2O_3$ ؟ خلية هول-هيروليت

مّم تتكوّن خلية هول-هيروليت؟ انظر

الصورة لتفهم الأجزاء

1- المهبط (طبقة داخلية من الجرافيت)

مثل البطانة الداخلية للخلية

2- المصعد (سلسلة من أقطاب

الجرافيت) مغموسة في المصهور

3- خليط مصهور من أكسيد الألمنيوم  $Al_2O_3$  والكريوليت  $Na_3AlF_6$

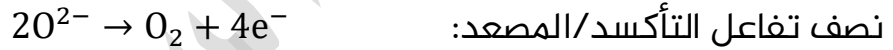
بيّن طريقة التحليل الكهربائي "هول-هيروليت" لاستخلاص الألمنيوم

1- عند المهبط: يحدث اختزال لأيونات الألمنيوم في أكسيد الألمنيوم  $Al_2O_3$  ويتكون

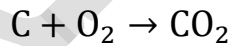
الألمنيوم السائل Al الذي يتجمع أسفل الخلية؛ حيث يُسحب من مخرج خاص



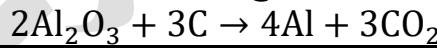
2- عند المصعد: تتأكسد أيونات الأكسجين مكونة غاز الأكسجين:



3- يتفاعل الأكسجين الناتج مع أقطاب المصعد "الجرافيت" مكوناً غاز ثاني أكسيد الكربون



ملخص التفاعل الموزون [المتفاعلات والنواتج]:



فسّر: تغيير أقطاب المصعد بشكل دوري في خلية هول-هيروليت لاستخلاص الألمنيوم

لأن أقطاب الجرافيت تتفاعل مع غاز الأكسجين  $O_2$  الناتج من تفاعل التأكسد فينتج غاز

ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  وهذا يؤدي لتآكل الأقطاب

من عيوب عملية استخلاص الألمنيوم أنها تستهلك كميات هائلة من الطاقة، فما الحل

لتوفير تلك الطاقة؟

1- تُقام مصانع إنتاج الألمنيوم قريباً من محطات الطاقة الكهربائية لتوفير كلفة نقل الطاقة

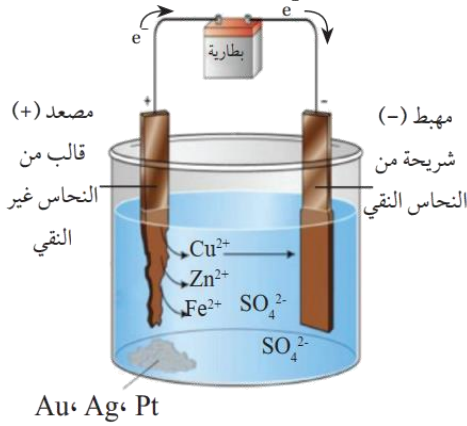
2- إعادة تدوير عبوات الألمنيوم، فالطاقة اللازمة للتدوير أقل بكثير من الطاقة اللازمة

لاستخلاصه من خام البوكسيت، طاقة التدوير تساوي 5%

تعزير: يُطلق على أكسيد الألمنيوم مصطلح ألومينا

## تنقية الفلزات

★ تحتاج بعض استخدامات الفلزات إلى أن تكون نقية تماماً أي تخلو من الشوائب  
★ نستخدم نحاس نقى تماماً في التمديدات



الكهربائية

★ نستخدم التحليل الكهربائي في تنقية الفلزات

❓ ما الشوائب المحتمل وجودها في النحاس بعد

استخلاصه من خاماته؟

1- الخارصين 2- الحديد 3- الذهب

4- الفضة 5- البلاتين

❓ وضح مكونات وتفاعلات خلية التحليل الكهربائي

لتنقية النحاس

1- المصعد: قوالب مشكّلة من النحاس غير النقي: حيث تتأكسد ذرات النحاس التي على

المصعد إلى أيونات في المحلول ثم تنتقل إلى المهبط

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

2- المهبط: شريحة رقيقة من النحاس النقي، حيث تختزل عليه أيونات النحاس متحولة

إلى ذرات تترسب عليه

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

3- المحلول الإلكتروليتي في الخلية: كبريتات النحاس  $CuSO_4$

❓ بيّن ماذا يحدث في خلية التحليل الكهربائي للشوائب المتواجدة في المصعد

- الخارصين والحديد: تتأكسد ذراتهما لأن لهما جهد اختزال أقل من النحاس، وتنزل

أيوناتهما ذائبة في المحلول

- الذهب والفضة والبلاتين: لا تتأكسد ذراتها لأن جهد الاختزال لها أعلى من جهد

الخلية المستخدم، فتتجمع في قاع الخلية مترسبة

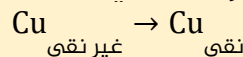
❓ كم درجة نقاوة النحاس الناتج من خلية التحليل الكهربائي؟

99.9%

تعزيز: في حال استخدمنا جهد بطارية عال فإن الشوائب قد تتأكسد كلها وتختزل وهذا لا

نريده، لذا يتم استخدام جهد بطارية مناسب لتنقية النحاس

التفاعل الكلي في تفاعل تنقية النحاس سيكون كالتالي:

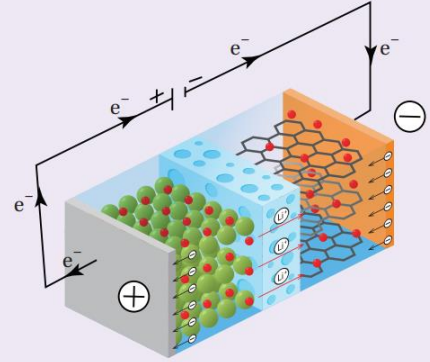


من ناحية نظرية قد تظن أن جهد البطارية = 0، لكن الحقيقة أنه قريب إلى جهد اختزال النحاس لأن القطبين أحدهما نقي والآخر غير نقي (فيه شوائب)

## الربط مع الحياة شحن البطارية



تَجْمَعُ البَطَّاريَاتُ القابِلَةُ لإعادة الشحن بين كيمياء كلِّ مِنَ الخَلايا الجلفانيَّة وخلايا التحليل الكهربائي. فعند استخدام الأجهزة المحتوية عليها، كالهاتف الخليوي أو السيارة الكهربائيَّة، تُحوَّل الطاقة الكيميائيَّة إلى كهربائيَّة؛ أي تعملُ كخليَّة جلفانيَّة، أما عند شحن البطارية فإنها تعملُ كخليَّة تحليل كهربائي تُحوِّل الطاقة الكهربائيَّة، التي تزوِّدُ بها، إلى كيميائيَّة؛ حيث ينعكس اتجاه حركة الإلكترونات فيها، ويحدثُ التفاعلُ العكسيُّ للتفاعل المنتج للتيار الكهربائي في البطارية.



أتحقق: ص 128:

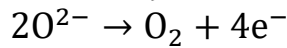
(1) أفسر: لا تُختزل أيونات  $Fe^{2+}$  و  $Zn^{2+}$  التي توجد ذراتها على شكل شوائب مع النحاس، خلال عملية تنقيته بالتحليل الكهربائي

لأن جهد اختزال كل من الحديد ( $-0.44 V$ ) والخاصين ( $-0.76 V$ ) أقل بكثير من جهد اختزال النحاس ( $+0.34V$ ) لذلك يكون جهد البطارية المستخدمة في خلية تنقية النحاس أقل من جهد البطارية اللازمة لاختزال أيونات  $Zn^{2+}$  و  $Fe^{2+}$  لذلك لا تُختزل الأيونات على المهبط.

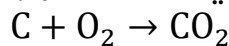
(2) أفسر: مستعيناً بمعادلات كيميائية، استبدال أقطاب الجرافيت المستخدمة في خلية

هول- هيروليت بشكل دوري

تتأكسد أيونات الأكسجين على المصعد المكوّن من أقطاب جرافيت مكونة غاز الأكسجين:



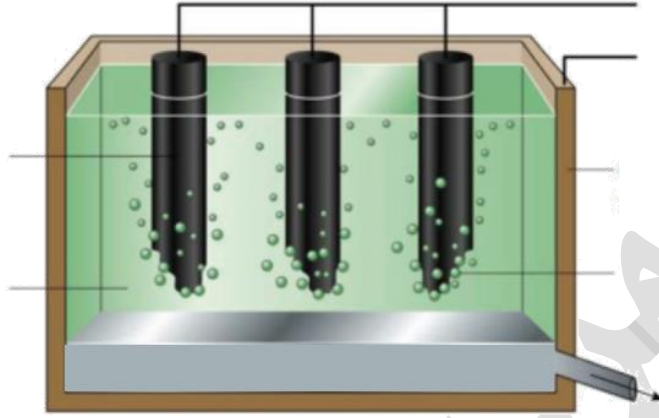
فيتفاعل الأكسجين الناتج مكوناً غاز ثاني أكسيد الكربون



مما يؤدي إلى تآكل الأقطاب وبالتالي تغييرها بشكل دوري.

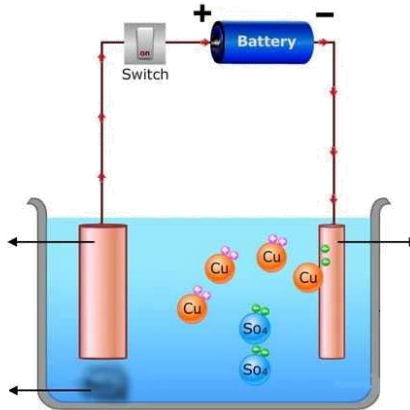
## ورقة عمل 15: تطبيقات خلية التحليل الكهربائي

✎ **تدريب (1):** حدد على الرسم أجزاء خلية هول- هيروليت لاستخلاص الألمنيوم مع توضيح المركبات والعناصر بالصيغ الكيميائية، بالإضافة إلى شحنات المصعد والمهبط



✎ **تدريب (2):** اكتب معادلات تفاعل المصعد والمهبط في خلية التحليل الكهربائي لمصهور أكسيد الألمنيوم  $Al_2O_3$  ثم اكتب التفاعل الكلي الذي يحدث في الخلية

✎ **تدريب (3):** في الشكل المجاور لخلية تنقية النحاس من شوائبه حدد مكان المهبط وماهيته، ومكان المصعد وماهيته، ونوعية الشوائب المترسبة في قاع الخلية، والشوائب الذائبة في المحلول



## التجربة 3: التحليل الكهربائي لمحاليل بعض المركبات الأيونية ص 129

المواد المستخدمة:

- أنابيب زجاجية على شكل حرف U
  - أقطاب جرافيت وكاشف الفينولفثالين، أسلاك توصيل وبطارية (3V)
  - محاليل كل منها تركيزها 0.5 M يوديد البوتاسيوم KI، كبريتات النحاس  $\text{CuSO}_4$
- بعد توصيل الخلية بالتيار الكهربائي لمدة 15 دقيقة، فصل التيار ونسجل الملاحظات لكل محلول
- أصف التغييرات التي حدثت عند تحليل محلول كل من يوديد البوتاسيوم وكبريتات النحاس كهربائياً عند كل من المصعد والمهبط**

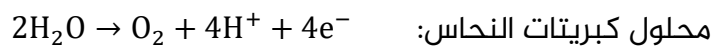
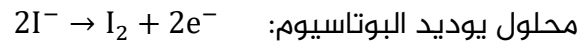
المهبط		المصعد		المحلول مع التغيير ومكان حدوثه
تصاعد غاز	تغيير اللون	تصاعد غاز	تغيير اللون	
الهيدروجين $\text{H}_2$	إلى الوردي بسبب تكوّن الوسط القاعدي	-	إلى البني نتيجة تكوّن جزيئات اليود $\text{I}_2$	KI
-	ترسب ذرات النحاس وتكوّن الوسط الحمضي	الأكسجين $\text{O}_2$ وتكوّن وسط حمضي	-	$\text{CuSO}_4$

**ما نواتج تحليل كل من محلول يوديد البوتاسيوم وكبريتات النحاس كهربائياً؟**

نواتج تحليل محلول يوديد البوتاسيوم: جزيئات  $\text{I}_2$  عند المصعد وغاز  $\text{H}_2$  عند المهبط مع محلول KOH  
نواتج تحليل محلول كبريتات النحاس: غاز  $\text{O}_2$  عند المصعد وترسب النحاس Cu عند المهبط مع محلول  $\text{H}_2\text{SO}_4$

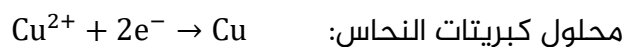
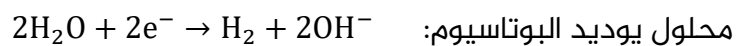
**أكتب معادلة كيميائية تمثل التفاعل الذي حدث عند المصعد لكل محلول**

نصف تفاعل التأكسد/المصعد



**أكتب معادلة كيميائية تمثل التفاعل الذي حدث عند المهبط لكل محلول**

نصف تفاعل الاختزال/المهبط



**أستنتج نواتج التحليل الكهربائي لمحلول  $\text{CuI}_2$**

عند المصعد: تكوّن جزيئات  $\text{I}_2$

عند المهبط: ترسب النحاس Cu

## حل مراجعة الدرس الثالث: خلايا التحليل الكهربائي

**السؤال (1):** أوضح مبدأ عمل خلية التحليل الكهربائي

تحوّل خلية التحليل الكهربائي الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية من خلال إمرار التيار الكهربائي في محلول أو مصهور مادة كهربية مما يؤدي إلى حدوث تفاعل التأكسد والاختزال غير تلقائي الحدوث

**السؤال (2):** أفسر:

(1) لا يمكن تحضير غاز الفلور بالتحليل الكهربائي لمحلول NaF

لأن الماء أسهل تأكسداً من أيونات الفلوريد  $F^-$  إذ أن جهد اختزال الأكسجين إلى الماء (+1.23V) أقل من جهد اختزال الفلور (+2.87 V) أو نقول جهد تأكسد الماء  $-1.23 V$  أعلى من جهد تأكسد الفلور  $-2.87 V$  وبالتالي يتأكسد الماء ويتصاعد غاز الأكسجين ولا تتأكسد أيونات الفلوريد

(2) تكون الكلفة الاقتصادية لإعادة تدوير الألمنيوم أقل من كلفة استخراجها من خام البوكسيت

نظراً للارتفاع الكبير لدرجة انصهار أكسيد الألمنيوم مما يتطلب إذابته في مصهور مادة الكربوليت لخفض درجة انصهاره، ويبقى أيضاً مكلفاً من ناحية الطاقة ولذا كان التدوير لعبوات الألمنيوم أقل كلفة من استخراجها والحصول عليه من خاماته

**السؤال (3):** بالرجوع إلى جدول جهود الاختزال المعيارية، أوقع نواتج التحليل الكهربائي لمحاليل الأملاح الآتية

أ- يوديد المغنيسيوم  $MgI_2$

اليود  $I_2$  عند المصعد وغاز الهيدروجين  $H_2$  عند المهبط وتكوّن محلول  $Mg(OH)_2$

$Mg^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Mg_{(s)}$	-2.37	
$2H_2O_{(l)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2OH^- + H_{2(g)}$	-0.83	
$I_{2(s)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2I^-_{(aq)}$	0.54	
$O_{2(g)}$	+ $4H^+$	+	$4e^-$	$\rightleftharpoons$	$2H_2O_{(l)}$	1.23

ب- نترات الرصاص  $Pb(NO_3)_2$

الأكسجين  $O_2$  عند المصعد وترسب الرصاص Pb عند المهبط وتكوّن محلول  $HNO_3$

نصف تفاعل الاختزال					$E^\circ$ (V)	
$2H_2O_{(l)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2OH^- + H_{2(g)}$	-0.83	
$Pb^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Pb_{(s)}$	-0.13	
$O_{2(g)}$	+ $4H^+$	+	$4e^-$	$\rightleftharpoons$	$2H_2O_{(l)}$	1.23

تذكر: النترات لن تتأثر بالتحليل الكهربائي فلن نهمنا قيمة جهد اختزالها المعياري

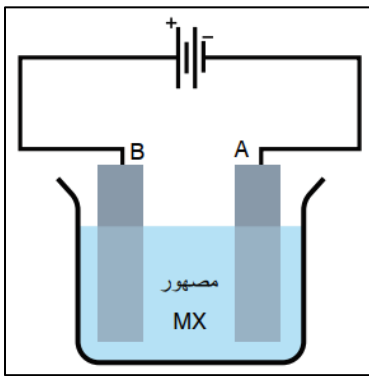
## ج- كبريتات الكوبلت $\text{CoSO}_4$

الأكسجين  $\text{O}_2$  عند المصعد وترسب الكوبلت  $\text{Co}$  عند المهبط وتكون محلول  $\text{H}_2\text{SO}_4$

نصف تفاعل الاختزال				$E^\circ$ (V)
$2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons 2\text{OH}^- + \text{H}_2(g)$	-0.83
$\text{Co}^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons \text{Co}_{(s)}$	-0.28
$\text{O}_2(g) + 4\text{H}^+$	+	$4e^-$	$\rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	1.23

تذكر: الكبريتات لن تتأثر بالتحليل الكهربائي فلن تهمنا قيمة جهد اختزالها المعياري

**السؤال (4):** أدرس الشكل المجاور الذي يمثل خلية تحليل كهربائي لمصهور المركب



الأيوني  $\text{MX}$  باستخدام أقطاب من الجرافيت أعطيت الرموز A و B ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

أ- أعدد المصعد والمهبط في الخلية

المصعد B والمهبط A

ب- أعدد اتجاه حركة الإلكترونات عبر الأسلاك باستخدام

الأسهم، واتجاه حركة الأيونات الموجبة والسالبة داخل

المصهور باستخدام الأسهم

حركة الإلكترونات من المصعد B إلى المهبط A

تتحرك أيونات  $X^-$  باتجاه القطب الموجب B

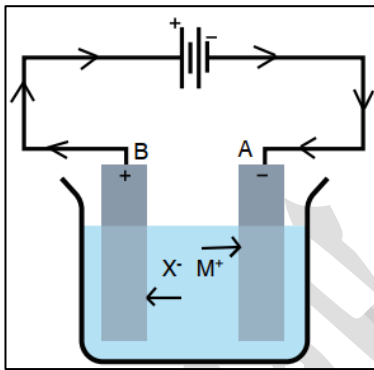
و تتحرك أيونات  $M^+$  باتجاه القطب السالب A

ج- أعدد القطب الذي تحدث عنده عملية التأكسد

المصعد B

د- أعدد القطب الذي تتكون عنده ذرات العنصر M

المهبط A



**السؤال (5):** يُراد تنقية قوالب من النيكل باستخدام عملية التحليل الكهربائي

أ- ما القطب الذي يجب أن تمثله القوالب غير النقية؟ المصعد

ب- ما المادة المستخدمة في القطب الآخر؟ قطب نقي من النيكل

ج- اقترح محلولاً يمكن استخدامه في هذه الخلية

نترات النيكل أو كبريتات النيكل

## الإثراء والتوسع: إعادة تدوير البطاريات ص131

فيم تُستخدم البطاريات؟

لتزويد الأجهزة المختلفة بالطاقة ويشمل ذلك السيارات والهواتف وأجهزة الحاسوب

بيّن آثار التخلص من البطاريات المنتهية أو التالفة بالدفن أو الرمي

يؤدي ذلك إلى تراكم كميات كبيرة من النفايات الخطرة، حيث تحتوي البطاريات على مواد كيميائية سامة وفلزات ثقيلة، ينتج عن تراكمها ودفنها مخاطر بيئية، فتسبب تلوث المياه والتربة

ما الحلول المتوفرة لمنع تلوث البيئة من تراكم ودفن البطاريات المنتهية

إعادة تدوير البطاريات

ما المقصود بإعادة تدوير البطاريات؟

معالجة نفاياتها بهدف التقليل منها بوصفها نفايات صلبة، وإعادة استخدام مكوناتها مرة أخرى

فسر: أهمية إعادة تدوير بطارية الرصاص الحمضية في صناعة الرصاص

بطارية الرصاص الحمضية من أقدم أنواع البطاريات القابلة لإعادة الشحن في العالم، وحيث يمثل الرصاص المُعاد استخدامه نحو 47% من إجمالي الرصاص المستخدم عالمياً

ما هي مراحل إعادة تدوير بطاريات الرصاص

الحمضية؟

1- التجميع 2- التكسير 3- الفرز ثم التدوير

وضّح بالتفصيل ماذا يحدث في كل مرحلة

1- التجميع: تجمع الشركات التي تعيد التدوير بطاريات الرصاص المستخدمة لدى باعة

البطاريات

2- التكسير: تُفكك البطارية في منشأة إعادة التدوير وتُسحق مكوناتها باستخدام أدوات خاصة فتتحول إلى شظايا

3- الفرز: وطريقته كالآتي:

- تُفصل أجزاء بطارية الرصاص الحمضية بفرز المكونات البلاستيكية والورقية عن

الرصاص والفلزات الثقيلة

- سحب السائل الموجود فيها



ثم تدوير كل مادة بمرحلة تدوير خاصة بها، كالآتي:

(1) البلاستيك

- تُغسل القطع البلاستيكية وتجفف ثم ترسل إلى وحدة تدوير البلاستيك
- تُصهر وتُشكل آلياً على شكل كرات من مادة البولي بروبيلين
- تستخدم مرة أخرى لإنتاج صناديق بطاريات الرصاص الحمضية، ويمكن استخدامها في صناعة منتجات أخرى

(2) ألواح الرصاص وأكسيده ومركباته الأخرى:

- تُصهر معاً في أفران الصهر
- تصب في قوالب وتزال من على سطح مصهور الرصاص الشوائب المعروفة باسم الخبث
- تُترك السبائك لتبرد وتتصلب
- تُرسل إلى الشركات المصنعة للبطاريات حيث تُستخدم في إنتاج ألواح جديدة من الرصاص وأكسيد الرصاص

(3) حمض الكبريتيك (المكون السائل في البطارية): يُتعامل معه بطريقتين:

- 1- مفاعلة الحمض مع مركب كيميائي قاعدي فينتج ملح وماء ثم يُجري تجميع المياه الناتجة ومعالجتها والتأكد من مطابقتها لمواصفات المياه والتخلص منها في شبكة الصرف الصحي
- 2- يُجرى تحويل الحمض إلى كبريتات الصوديوم ثم استخدامه في صناعة منظفات الغسيل والزجاج والمنسوجات

## حل مراجعة الوحدة الثانية: الكيمياء الكهربائية

السؤال (1): أقرن بين الخلية الجلفانية و خلية التحليل الكهربائي، من حيث:  
أ- تحولات الطاقة في كل منهما ب- شحنة كل من المصعد والمهبط  
ج- تلقائية تفاعل التأكسد والاختزال د- إشارة جهد الخلية المعياري  $E^{\circ}_{cell}$

وجه المقارنة	الخلية الجلفانية	خلية التحليل الكهربائي
تحول الطاقة	من كيميائية إلى كهربائية	من كهربائية إلى كيميائية
شحنات المصعد والمهبط	المصعد (-) والمهبط (+)	المصعد (+) والمهبط (-)
تلقائية التفاعل	تلقائي الحدوث	غير تلقائي الحدوث
إشارة جهد الخلية المعياري	موجبة (+)	سالبة (-)

السؤال (2): أفسر:

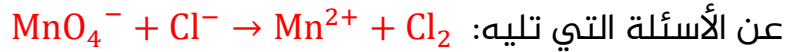
(1) يُخلط أكسيد الألمنيوم  $Al_2O_3$  بالكربوليت خلال عملية استخلاص الألمنيوم بطريقة هول- هيروليت

لخفض درجة انصهار أكسيد الألمنيوم وبالتالي تخفيض الطاقة اللازمة لاستخلاص الألمنيوم

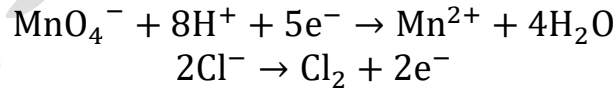
(2) تفقد بطارية السيارة صلاحيتها بعد بضع سنوات من استخدامها رغم إمكانية إعادة شحنها نظرياً عددًا لا نهائيًا من المرات

لفقدان البطارية جزءاً من مكوناتها وهو  $PbSO_4$  وبالتالي هو غير متوفر للدخول في التفاعل العكسي الذي يؤدي إلى إعادة شحن البطارية

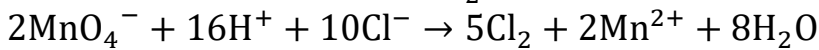
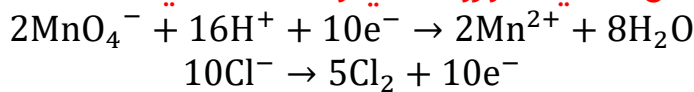
السؤال (3): تمثل المعادلة الكيميائية الآتية تفاعل تأكسد واختزال، أدرسه جيداً ثم أجب



أ- أكتب نصفي تفاعل التأكسد والاختزال



ب- أكتب معادلة التفاعل الكلي الموزونة في وسط حمضي



ج- هل يحدث هذا التفاعل تلقائياً؟ (أستعين بجدول جهود الاختزال المعيارية)

$Cl_{2(g)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2Cl^-_{(aq)}$	1.36
$MnO_4^-_{(aq)}$	+	$5e^-$	$\rightleftharpoons$	$Mn^{2+}_{(aq)}$	1.51

$$E^{\circ}_{\text{Cell}} = E^{\circ}_{\text{MnO}_4^-} - E^{\circ}_{\text{Cl}_2} = 1.51 - 1.36 = +0.15 \text{ V}$$

يحدث التفاعل بشكل تلقائي لأن إشارة جهد الخلية المعياري موجبة

**السؤال (4):** أدرس معادلة التفاعل الكيميائي، التي تتضمن رموزاً افتراضية للفلز X واللافلز Y وعنصر الهيدروجين، ثم أجب عن الأسئلة التي تليها:  $2X + 3H_2Y \rightarrow X_2Y_3 + 3H_2$

**أ- أحدد التغير في عدد تأكسد X**

نلاحظ أن الفلز X حل محل H في محلوله وتصادم غاز  $H_2$  أي أن X تأكسدت واختزل H وبالتالي سنعلم أن Y لم يتغير عليها شيء

فعدد تأكسد Y هو نفسه في  $H_2Y$  وفي  $X_2Y_3$

$$H_2Y = 2(+1) + Y = 0 \Rightarrow Y = -2$$

$$X_2Y_3 = 2(X) + 3(-2) = 0 \Rightarrow X = +3$$

إذا ارتفع عدد تأكسد من 0 في X إلى +3 في  $X_2Y_3$ ، فالتغير في عدد التأكسد يساوي 3

**ب- أحدد التغير في عدد تأكسد H [تصحيح وزاري H بدل Y]**

نقص عدد تأكسد الهيدروجين من +1 في  $H_2Y$  إلى 0 في  $H_2$ ، فالتغير في عدد التأكسد يساوي 1

**ج- أحدد العامل المؤكسد**

العامل المؤكسد هو الذي تم اختزال ذراته أو أيوناته وهو  $H_2Y$

**السؤال (5):** أوازن معادلات التأكسد والاختزال الآتية بطريقة نصف التفاعل، وأحدد العامل

المؤكسد والعامل المختزل:

**أ- (وسط قاعدي)  $MnO_4^{2-} \rightarrow MnO_4^- + MnO_2$**

$$2 \times (MnO_4^{2-} \rightarrow MnO_4^- + e^-)$$

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

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

التفاعل الكلي في الوسط القاعدي:

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

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

العامل المؤكسد:  $MnO_4^{2-}$  العامل المختزل:  $MnO_4^{2-}$

**ب- (وسط حمضي)  $S_2O_3^{2-} + IO_3^- + Cl^- \rightarrow ICl_2^- + SO_4^{2-}$**

$$5H_2O + S_2O_3^{2-} \rightarrow 2SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e^-$$

$$2 \times (4e^- + 6H^+ + IO_3^- + 2Cl^- \rightarrow ICl_2^- + 3H_2O)$$

$$S_2O_3^{2-} + 2IO_3^- + 4Cl^- + 2H^+ \rightarrow 2ICl_2^- + 2SO_4^{2-} + H_2O$$

العامل المؤكسد:  $IO_3^-$  العامل المختزل:  $S_2O_3^{2-}$

السؤال (6): خلية جلفانية مكونة من نصف خلية الرصاص  $Pb^{2+}|Pb$  ونصف خلية الكروم  $Cr^{3+}|Cr$ ، إذا علمت أن تركيز أيونات  $Cr^{3+}$  يزداد عند تشغيل الخلية، فأجب عما يأتي:

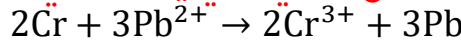
أ- أحدد المصعد والمهبط في الخلية الجلفانية

زاد تركيز أيونات  $Cr^{3+}$  وهذا معناه تأكسد  $Cr$  فهو المصعد، والمهبط هو  $Pb$

ب- أتوقع التغير على كتلة قطب الرصاص مع استمرار تشغيل الخلية

تزداد كتلة قطب الرصاص

ج- أكتب معادلة موزونة تمثل التفاعل الكلي الذي يحدث في الخلية



د- أحسب مستعيناً بجدول جهود الاختزال المعيارية، جهد الخلية المعياري  $E^{\circ}_{Cell}$

$Cr^{3+}_{(aq)}$	+	$3e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Cr_{(s)}$	-0.73
$Pb^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^{-}$	$\rightleftharpoons$	$Pb_{(s)}$	-0.13

$$E^{\circ}_{Cell} = E^{\circ}_{Pb} - E^{\circ}_{Cr} = -0.13 - (-0.73) = 0.60 \text{ V}$$

نصف تفاعل الاختزال	$ E^{\circ}  \text{ V}$
$A^{+}_{(aq)} + e^{-} \rightleftharpoons A_{(s)}$	0.80
$B^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \rightleftharpoons B_{(s)}$	1.66
$C^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \rightleftharpoons C_{(s)}$	1.5
$D^{+}_{(aq)} + e^{-} \rightleftharpoons D_{(s)}$	2.71
$M^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightleftharpoons M_{(s)}$	0.28

نصف تفاعل الاختزال	$E^{\circ} \text{ V}$
$D^{+}_{(aq)} + e^{-} \rightleftharpoons D_{(s)}$	-2.71
$B^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \rightleftharpoons B_{(s)}$	-1.66
$M^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightleftharpoons M_{(s)}$	-0.28
$A^{+}_{(aq)} + e^{-} \rightleftharpoons A_{(s)}$	+0.80
$C^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \rightleftharpoons C_{(s)}$	+1.5

السؤال (7): يبين الجدول المجاور القيم المطلقة لجهود

الاختزال المعيارية للعناصر A, B, C, D, M

إذا علمت أن ترتيب العناصر حسب قوتها كعوامل مختزلة

هو:  $D > B > M > A > C$  وأنه عند وصل القطب M بقطب

الهيدروجين المعياري تتحرك الإلكترونات من M إلى قطب

الهيدروجين، فأجب مستعيناً بالمعلومات السابقة عن الأسئلة

الآتية:

أ- أكتب إشارة قيم جهود الاختزال المعيارية للعناصر

A, B, C, D, M

من ترتيب قوة العوامل المختزلة سيكون D أقوى عامل مختزل

وله أقل جهد اختزال

ومن معلومات السؤال عن M فإنه المصعد وقطب

الهيدروجين هو المهبط أي ترتيبه بين M و A فكل العناصر B, D, M سالبة الإشارة بالنسبة

لجهد الاختزال، أما A, C فموجب الإشارة وتحت الهيدروجين

ب- ما العنصر الذي يمكن استخدام وعاء مصنوع منه لحفظ محلول يحتوي على أيونات  $A^{+}$  ؟

العنصر C لأن التفاعل بينه وبين أيونات  $A^{+}$  غير تلقائي

ج- ما العامل المؤكسد الذي يؤكسد D ولا يؤكسد M ؟

$B^{3+}$

نصف تفاعل الاختزال	$E^{\circ} \text{ V}$
$D^{+}_{(aq)} + e^{-} \rightleftharpoons D_{(s)}$	-2.71
$B^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \rightleftharpoons B_{(s)}$	-1.66
$M^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightleftharpoons M_{(s)}$	-0.28
$A^{+}_{(aq)} + e^{-} \rightleftharpoons A_{(s)}$	+0.80
$C^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \rightleftharpoons C_{(s)}$	+1.5

السؤال (8): أدرس المعادلات والمعلومات المبينة في الجدول، ثم أجب عن الأسئلة التي

تليها:

المعلومات	المعادلة
تفاعل تلقائي	$\text{Ca} + \text{Cd}^{2+} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{Cd}$
تفاعل غير تلقائي	$2\text{Br}^- + \text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Br}_2 + \text{Sn}$
تفاعل تلقائي	$\text{Cd} + \text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Cd}^{2+} + \text{Sn}$

أ- أحدد أقوى عامل مؤكسد

من النظر إلى التفاعلات فإن التفاعل التلقائي معناه الذي تأكسد هو المصعد والذي اختزل هو المهبط،

بينما في التفاعل غير التلقائي فإن الترتيب معكوس وبخلاف

ترتيب جهود الاختزال في جدول جهود الاختزال المعياري، فنعكس التفاعل حتى نحدد من التفاعل التلقائي من المصعد (الأنشط) ومن المهبط، فنلاحظ من التفاعل العكسي أن القصدير أنشط من البروم

إذا الكالسيوم فوق الكاديوم، والكاديوم فوق القصدير، والقصدير فوق البروم

أقوى عامل مؤكسد  $\text{Br}_2$

ب- أرتب العوامل المختزلة تصاعدياً حسب قوتها  $\text{Br}^- < \text{Sn} < \text{Cd} < \text{Ca}$

ج- هل تؤكسد أيونات الكاديوم  $\text{Cd}^{2+}$  أيونات البروم  $\text{Br}^-$ ؟ لا، حدد أماكنهم على الجدول

وستعلم أنها لن تؤكسده

د- ما العنصران اللذان يكونان خلية جلفانية لها أعلى جهد خلية معياري؟  $\text{Ca}, \text{Br}_2$

السؤال (9): خلية تحليل كهربائي تحتوي على محلول بروميد الليثيوم  $\text{LiBr}$ . بالرجوع إلى

جدول جهود الاختزال المعيارية، أجب عن الأسئلة الآتية:

$\text{Li}^+_{(\text{aq})}$	+	$e^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Li}_{(\text{s})}$	-3.05		
$2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2\text{OH}^- + \text{H}_{2(\text{g})}$	-0.83		
$\text{Br}_{2(\text{l})}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2\text{Br}^-_{(\text{aq})}$	1.07		
$\text{O}_{2(\text{g})}$	+	$4\text{H}^+$	+	$4e^-$	$\rightleftharpoons$	$2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	1.23

أ- أكتب معادلة التفاعل الذي يحدث عند المصعد

لأن جهد اختزال البروم أقل عند المصعد فإن أيونات البروم تتأكسد، أو نقول لأن جهد

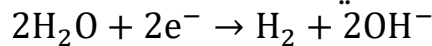
تأكسد البروم ( $-1.07 \text{ V}$ ) أعلى من جهد تأكسد الماء ( $-1.23 \text{ V}$ )



ب- ما ناتج التحليل الكهربائي عند المهبط؟

لأن جهد اختزال الماء أكبر من جهد اختزال الليثيوم عند المهبط فالماء يُختزل وينطلق

غاز الهيدروجين ويتكوّن وسط قاعدي



ج- ما مقدار جهد البطارية اللازم لإحداث عملية التحليل الكهربائي؟

$$E^\circ_{\text{Cell}} = E^\circ_{\text{H}_2\text{O}} - E^\circ_{\text{Br}_2} = -0.83 - 1.07 = -1.90 \text{ V}$$

جهد البطارية اللازم أكبر من  $1.90 \text{ V}$

السؤال (10): عند استخدام آلة تصوير ذات بطارية قابلة لإعادة الشحن، أجب عن الأسئلة الآتية:

أ- أقرن تحويلات الطاقة خلال عمليتي الاستخدام والشحن

خلال الاستخدام تتحول الطاقة من كيميائية إلى كهربائية، وخلال الشحن تتحول من كهربائية إلى كيميائية

ب- أفسر: تعمل هذه البطارية كخلية جلفانية وخلية تحليل كهربائي

تكون خلية جلفانية خلال الاستخدام لأن تفاعل التأكسد والاختزال تلقائي الحدوث لا يحتاج طاقة بل ينتج تيار كهربائي، أما عند الشحن فهي خلية تحليل كهربائي لأن التيار الكهربائي سيحدث تفاعل تأكسد واختزال غير تلقائي أي أنه سيعكس تفاعل الاستخدام

السؤال (11): أدرس المعلومات الآتية المتعلقة بالفلزات ذات الرموز الافتراضية الآتية:

A, Y, X, B, Z, C ثم أجب عن الأسئلة التي تليها:

- الفلز A يختزل أيونات  $X^{2+}$  ولا يختزل أيونات  $Y^{2+}$  [A فوق X, A تحت Y]

- عند مفاعلية الفلزين X, B مع محلول حمض الهيدروكلوريك المخفف، يتفاعل X

وينطلق غاز الهيدروجين أما B فلا يتفاعل [X فوق  $H_2$ , B تحت  $H_2$ ]

- عند تكوين خلية جلفانية من الفلزين Y, C تتحرك الأيونات السالبة من

القنطرة الملحية باتجاه نصف خلية C [C فوق Y]

- يمكن استخلاص الفلز Z من محاليل أملاحه باستخدام الفلز B [B فوق Z]

نرتبهم في علاقة واحدة، ننظر إلى الأكثرهم تكراراً في العلاقات ثم نكتب نموذج

افتراضي لجدول جهود اختزال مع افتراض أن أيونات الفلزات ثنائية موجبة إلا إذا ذكر خلاف ذلك في الأسئلة فنصححه على النموذج، في فرع 3 يتضح أن شحنة Z أحادية،

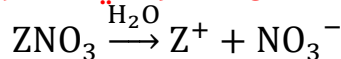
وفي فرع 6 يتضح أن شحنة Y ثنائية

(1) أستنتج حركة الإلكترونات في الخلية المكونة من القطبين X, C. من C إلى X

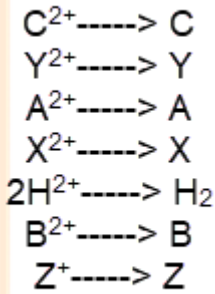
(2) أستنتج القطب الذي تزداد كتلته في الخلية المكونة من القطبين A, B. تزداد كتلة B

(3) أقرن: ما القطبان اللذين يشكلان خلية جلفانية لها أعلى جهد خلية معياري؟ C, Z

(4) أُنْبَأ: هل يمكن تحضير الفلز Z بالتحليل الكهربائي لمحلول  $ZNO_3$ ؟ أفسر إجابتي



الأيون الموجب يتجه ناحية المهبط مع جزيئات الماء، جهد اختزال الماء هو (-0.83 V) بما أن جهد اختزال Z يقع تحت الهيدروجين فهو موجب القيمة، وبالتالي هو أكبر من قيمة جهد اختزال الماء فيُختزل الأيون الموجب ويتكون Z فنقول يمكن تحضير هذا الفلز بالتحليل الكهربائي لمحلول أحد أملاحه



(5) أستنتج: هل يتفاعل الفلز A مع محلول حمض الهيدروكلوريك وينطلق غاز الهيدروجين؟ أفسر إجابتي

نعم يتفاعل، فهو فوق الهيدروجين أي أن جهد اختزاله أقل فهو الذي يتأكسد ويحدث اختزال لأيونات الهيدروجين وينطلق غاز  $H_2$

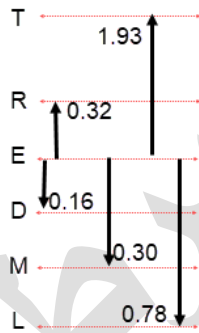
(6) أُنَبِّأ: هل يمكن تحريك محلول نترات الفلز  $Y(NO_3)_2$  بملعقة من الفلز B؟ نعم

ملاحظة: لم يطلب تفسير ذلك فنكتفي بنعم أو لا، ولو أردت تفسير ذلك فانظر إلى جهود الاختزال فإن Y فوق B في النموذج أي أن B أقل نشاطاً منه ولن يحل محله فلن يحدث تفاعل تلقائي، أيضا جهد اختزال Y أقل فيفترض أن يميل إلى التأكسد لأن تأكسد أيوناته الفلز الذي تحته وهو B الذي له جهد اختزال أعلى

المصعد	$E^{\circ}_{cell}$ V	الخلية الجلفانية
E	0.16	E-D
E	0.78	E-L
T	1.93	T-E
E	0.30	E-M
R	0.32	R-E

السؤال (12): استخدمت أنصاف الخلايا المعيارية للفلزات ذات الرموز الافتراضية الآتية: T, R, D, M, L مع نصف خلية الفلز E المعيارية لتكوين خلايا جلفانية وكانت النتائج كما في الجدول الآتي. أدرسه جيداً ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

E E T E R  
D L E M E



طريقة الحل: لدي طريقتان كلاهما يعطي نفس النتيجة:

1- إما أرتب الفلزات من الأقل جهد اختزال إلى الأعلى على أساس المصعد والمهبط، ثم نرتبهم من خلال علاقة واحدة مع اعتبار قيمة جهود الخلايا فكلما كانت أكبر معناها أبعد عن القطب المعياري E سواء للأعلى أو للأسفل، وهكذا نحل باقي الأسئلة، حتى حساب جهد الخلية لأي قطبين فنحسبه من خلال علاقة رياضية حسب هذا الشكل المرسوم

2- وإما أحسب جهود اختزال تلك الفلزات مع اعتبار أن الفلز E هو القطب المعياري الذي جهد اختزاله صفر يعني نحن نصفه كما صفر العلماء قطب الهيدروجين المعياري، ونلاحظ أن القطب E موجود في كل خلية فالأنسب فعلياً اعتباره قطب مرجعي وتصفييره لحساب جهود الاختزال بالنسبة له فإن كان القطب E مصعداً فجهد اختزال الذي معه سيكون موجباً، وإن كان القطب E مهبطاً فسيكون جهد اختزال الذي معه سالباً، ثم نرتب الفلزات مع جهود اختزالها المحسوبة من الأقل إلى الأكبر، نبدأ

الحسابات:  $E^{\circ}_E = 0$

$$E^{\circ}_D = +0.16 V \quad E^{\circ}_L = +0.78 V \quad E^{\circ}_T = -1.93 V \quad E^{\circ}_M = +0.30 V \quad E^{\circ}_R = -0.32 V$$

أ- أرتب الفلزات متضمنة الفلز E حسب قوتها كعوامل مختزلة

كعوامل مختزلة أي يمين الجدول وهي فلزات متعادلة، الأقوى هو الأقل جهد اختزال  
 $T > R > E > D > M > L$

ب- أحسب جهد الخلية المعياري للخلية المكونة من الفلزين T, R

إما نحسبه من الشكل المرسوم بشكل رياضي فنقول:  $E^{\circ}_{Cell} = 1.93 - 0.32 = 1.61 V$

أو نحسبه باستخدام جهود الاختزال المحسوبة بالنسبة للقطب المعياري E حيث T مصعد و R مهبط

$$E^{\circ}_T = -1.93 \text{ V} \quad E^{\circ}_R = -0.32 \text{ V}$$

$$E^{\circ}_{\text{Cell}} = -0.32 - (-1.93) = 1.61 \text{ V}$$

ج- ما الفلزان اللذان يشكلان خلية جلفانية لها أعلى جهد خلية معياري؟

نختار أكبر جهد وأقل جهد وهما T, L

د- هل يمكن حفظ محلول أحد أملاح الفلز D في وعاء من الفلز R؟ أفسر إجابتي

نسأل أنفسنا هل R أعلى من D في الجدول، يعني هل هو أنشط حتى يحل محل أيونات D في المحلول، الجواب: نعم هو أنشط منه ويحل محله وبالتالي لا يمكن الحفظ أو نقول R عامل مختزل أقوى من D لأن جهد اختزال R أقل وبالتالي سيتأكسد R وتُختزل أيونات D فلا يمكن الحفظ

السؤال (13): أختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة في ما يأتي:

1- المادة التي اختزلت في التفاعل الآتي  $\text{TiO}_2 + 2\text{Cl}_2 + \text{C} \rightarrow \text{TiCl}_4 + \text{CO}_2$  هي:

(أ) C

(ب)  $\text{Cl}_2$

(ج)  $\text{TiO}_2$

(د)  $\text{TiCl}_4$

الإجابة الصحيحة: ب

2- عدد تأكسد البورون B في المركب  $\text{NaBH}_4$  هي:

(أ) +3

(ب) +5

(ج) -5

(د) -3

الإجابة الصحيحة: أ

3- إحدى العبارات الآتية صحيحة:

(أ) العامل المختزل يكتسب إلكترونات في التفاعل الكيميائي

(ب) العامل المؤكسد يفقد إلكترونات في التفاعل الكيميائي

(ج) تحتوي جميع تفاعلات التأكسد والاختزال على عامل مؤكسد وعامل مختزل

(د) يحتوي تفاعل التأكسد والاختزال على عامل مؤكسد وعامل مختزل فقط

الإجابة الصحيحة: ج

4- العبارة الصحيحة في المعادلة التفاعل الموزونة الآتية:  $IO_3^- + 5I^- + 6H^+ \rightarrow 3I_2 + 3H_2O$

- (أ) عدد تأكسد اليود في  $IO_3^-$  يساوي +7  
 (ب) العامل المؤكسد في التفاعل هو  $I^-$   
 (ج) يعد التفاعل تأكسداً واختزالاً ذاتياً  
 (د) تأكسدت ذرات اليود أو أيوناته واختزلت في التفاعل

الإجابة الصحيحة: د

5- التفاعل الذي يسلك فيه الهيدروجين كعامل مؤكسد هو:

- (أ)  $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$   
 (ب)  $Cu^{2+} + 2H_2 \rightarrow Cu + 2H^+$   
 (ج)  $H_2 + 2Na \rightarrow 2NaH$   
 (د)  $HCHO + H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3OH$

الإجابة الصحيحة: ج

6- مقدار التغير في عدد تأكسد ذرة الكربون C عند تحول الأيون  $C_2O_4^{2-}$  إلى جزيء  $CO_2$  هي:

- (أ) 0  
 (ب) 1  
 (ج) 2  
 (د) 4

الإجابة الصحيحة: ب

7- أحد التغيرات الآتية يحتاج إلى عامل مؤكسد:

- (أ)  $PbO_2 \rightarrow Pb^{2+}$   
 (ب)  $CrO_4^{2-} \rightarrow Cr(OH)_4^-$   
 (ج)  $BiO_3^+ \rightarrow Bi$   
 (د)  $H_2O_2 \rightarrow O_2$

الإجابة الصحيحة: د

8- أحد التفاعلات غير الموزونة الآتية يمثل تفاعل تأكسد واختزال ذاتي:

- (أ)  $NO + O_2 \rightarrow NO_2$   
 (ب)  $H_2O + NO_2 \rightarrow HNO_3 + NO$   
 (ج)  $MnO_4^- + Mn^{2+} \rightarrow MnO_2$   
 (د)  $OF_2 + H_2O \rightarrow O_2 + HF$

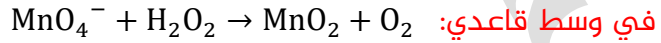
الإجابة الصحيحة: ب

9- عدد مولات الإلكترونات اللازمة لموازنة نصف التفاعل الآتي في وسط حمضي:  $FeO_4^{2-} \rightarrow Fe^{3+}$

- (أ) 2  
(ب) 4  
(ج) 3  
(د) 1

الإجابة الصحيحة: ج

10- عدد مولات أيونات الهيدروكسيد  $OH^-$  اللازم إضافتها إلى طرفي المعادلة لموازنة التفاعل الآتي



- (أ)  $8OH^-$   
(ب)  $6OH^-$   
(ج)  $4OH^-$   
(د)  $2OH^-$

الإجابة الصحيحة: د

11- إذا كان التفاعل الآتي يحدث في إحدى الخلايا الجلفانية فإن:  $A + B^{2+} \rightarrow A^{2+} + B$

- (أ) القطب السالب هو B  
(ب) كتلة القطب A تزداد  
(ج) تركيز أيونات  $A^{2+}$  يزداد  
(د) الإلكترونات تتحرك من القطب B إلى القطب A

الإجابة الصحيحة: ج

$E_{cell} V$	القطب الذي يُشكِّله الفلز X	قطب الخلية
0.78	مهبط	M-X
0.15	مصعد	X-N
0.74	مصعد	X-L

يتضمن الجدول المجاور ثلاث خلايا جلفانية يشكل الفلز X أحد أقطابها مع أحد الفلزات ذات الرموز الافتراضية M, N, L ومعلومات عنها، أدرسه ثم أجب عن 12,13,14:

طريقة الحل السريعة: ترتيب الفلزات مصعد ومهبط

وحسب جهود الخلايا أو اعتبار الفلز X قطب مرجعي وجهد اختزاله صفر ثم حساب جهود اختزال باقي الفلزات، وترتيبهم من الأقل جهد اختزال إلى الأكبر  $M < X < N < L$

12- أرتب الفلزات M, N, L, X حسب قوتها كعوامل مختزلة:

- (أ)  $X > L > M > N$   
(ب)  $M > X > N > L$   
(ج)  $M > N > L > X$   
(د)  $L > N > X > M$

الإجابة الصحيحة: ب

13- جهد الخلية M – N المعياري  $E^{\circ}_{\text{Cell}}$  بالفولت يساوي:

- (أ) 0.63  
(ب) 0.93  
(ج) 0.04  
(د) 0.59

الإجابة الصحيحة: ب

14- الفلز الذي يمكن حفظ محلول أحد أملاحه في وعاء مصنوع من أي من الفلزات الثلاث المتبقية:

- (أ) X  
(ب) L  
(ج) N  
(د) M

الإجابة الصحيحة: د

15- الفلز الذي يوفر لجسر حديدي أفضل حماية مهبطية من التآكل:

- (أ) Au  
(ب) Sn  
(ج) Mg  
(د) Cu

الإجابة الصحيحة: ج

نصف تفاعل الاختزال	$E^{\circ}$ V
$\text{Ag}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}$	0.80
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	0.34
$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0.76
$2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0.83
$\text{Br}_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	1.07

أدرس الجدول المجاور الذي يتضمن بعض أنصاف تفاعلات الاختزال المعيارية وجهودها، وأستخدمه للإجابة عن الأسئلة 16 و 17:

16- عند التحليل الكهربائي لمحلول بروميد الخارصين فإن الناتج عند المهبط هو:

- (أ) Zn  
(ب)  $\text{H}_2$   
(ج)  $\text{Cl}_2$   
(د)  $\text{OH}^-$

الإجابة الصحيحة: أ

17- عند التحليل الكهربائي لمحلول يحتوي على الأيونات  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^{+}$  فإن ذراتها تبدأ بالترسب عند المهبط حسب الترتيب الآتي:

- (أ)  $\xrightarrow{\text{Zn, Ag, Cu}}$   
 (ب)  $\xrightarrow{\text{Cu, Ag, Zn}}$   
 (ج)  $\xrightarrow{\text{Ag, Cu, Zn}}$   
 (د)  $\xrightarrow{\text{Ag, Zn, Cu}}$

الإجابة الصحيحة: ج

انتبه لصيغة السؤال وطبيعة الخيارات، وتذكر أنه طلب ترتيب الترسيب لهم أي قصده أن جهد الخلية يسمح لجميعهم بالترسب لكن هناك سباق ترتيب حسب جهد الاختزال، ولو طلب من يترسب عند المهبط من الثلاث فكأنه يقصد أن جهد الخلية يسمح لواحد فقط بالترسب فإنك ستبحث في الأفضلية وتهمل الباقي

18- عندما يُعاد شحن بطارية قابلة لإعادة الشحن تعمل الخلية كخلية:

- (أ) حمضية  
 (ب) قلوية  
 (ج) جلفانية  
 (د) تحليل كهربائي

الإجابة الصحيحة: د

19- جميع العبارات الآتية صحيحة، بالنسبة إلى الخلية الجلفانية  $\text{Ba}|\text{Ba}^{2+}||\text{Ni}^{2+}|\text{Ni}$ ، ما عدا:

- (أ)  $\text{Ni}^{2+}$  أقوى عامل مؤكسد  
 (ب) Ba أقوى عامل مختزل  
 (ج) تزداد كتلة قطب Ni  
 (د)  $\text{Ba}|\text{Ba}^{2+}$  تمثل نصف خلية الاختزال

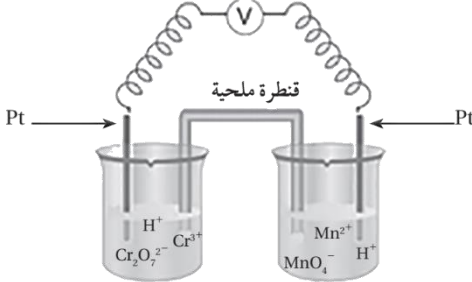
الإجابة الصحيحة: د

20- العبارة الخاطئة من العبارات الآتية التي تصف ما يحدث في بطارية أيون الليثيوم خلال عملية شحن البطارية هي:

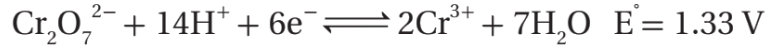
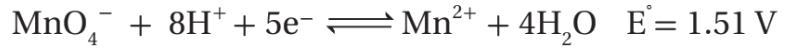
- (أ) تتأكسد أيونات الكوبلت  $\text{Co}^{3+}$  إلى  $\text{Co}^{4+}$   
 (ب) يمثل أكسيد الكوبلت  $\text{CoO}_2$  قطب المهبط في أثناء الشحن  
 (ج) تختزل أيونات الليثيوم  $\text{Li}^{+}$   
 (د) تتحرك أيونات الليثيوم  $\text{Li}^{+}$  باتجاه نصف خلية الجرافيت

الإجابة الصحيحة: ب

## أسئلة التفكير: كتاب الأنشطة



**السؤال الأول:** مستعيناً بأنصاف تفاعلات الاختزال

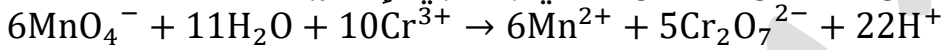


وجهودها المعيارية الآتية:

**أكتب معادلة كيميائية للتفاعل الكلي المتوقع**

يحدث اختزال للذي جهد اختزاله أكبر، وتأكسد للذي

جهد اختزاله أقل فنعكس التفاعل الثاني ونساوي الإلكترونات



**أ- أحدد العامل المختزل  $\text{Cr}^{3+}$**

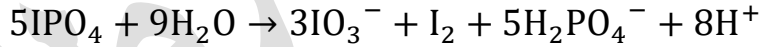
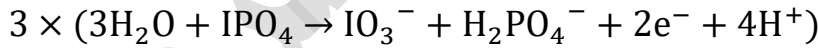
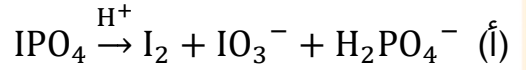
**ب- أحدد العامل المؤكسد  $6\text{MnO}_4^-$**

**ج- أحسب جهد الخلية المعياري**

$$E^\circ_{\text{Cell}} = E^\circ_{\text{Cathode}} - E^\circ_{\text{Anode}} = 1.51 - 1.33 = +0.18 \text{ V}$$

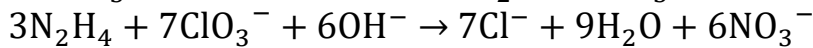
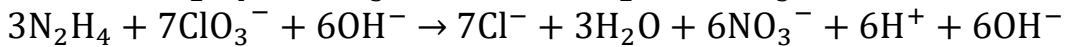
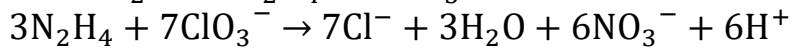
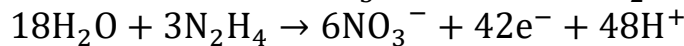
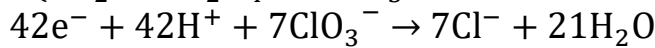
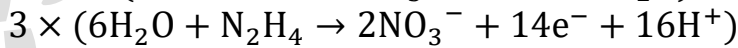
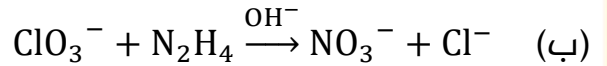
**السؤال الثاني:** أوازن معادلات التفاعل الآتية بطريقة نصف التفاعل، وأبين العامل

المؤكسد والعامل المختزل:




**العامل المختزل:  $\text{IPO}_4$**

**العامل المؤكسد:  $\text{IPO}_4$**



**العامل المختزل:  $\text{N}_2\text{H}_4$**

**العامل المؤكسد:  $\text{ClO}_3^-$**

**السؤال الثالث:** المعلومات الآتية تتعلق بالعناصر ذات الرموز الافتراضية A , B , C , D 

وجميعها تكون أيونات ثنائية موجبة في محاليلها:

- لا يمكن تحريك محلول  $A(NO_3)_2$  بملعقة من C C أنشط وفوق A
  - جهد الخلية المعياري للخلية الجلفانية المكونة من C و B أقل من جهد الخلية المعياري للخلية الجلفانية المكونة من D و B وقد لوحظ في الخليتين نقص في كتلة القطب B B أنشط وفوق كل من C و D لكن D أبعد لأن الجهد أكبر
  - لوحظ عند تحليل محلول كل من  $ABr_2$  و  $DBr_2$  كهربائياً تصاعد غاز  $H_2$  عند المهبط في المحلول الأول وترسب D عند المهبط في المحلول الثاني
- A فلز نشط بينما D فلز انتقالي، إذاً A فوق D
- أدرسها جيداً ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:


أ- أرتب العناصر حسب قوتها كعوامل مختزلة  $B > C > A > D$

ب- أحدد أقوى عامل مؤكسد  $D^{2+}$

ج- أتنبأ هل يمكن حفظ محلول  $B(NO_3)_2$  في وعاء مصنوع من الفلز A ؟ أفسر إجابتي

انظر إلى الترتيب هل يحل A محل B في محلوله ؟ طبعاً لن يحل لأنه أقل نشاطاً من B أي أن جهد اختزال A أعلى لذلك لن يتأكسد A ولن تُختزل أيونات  $B^{2+}$  وبالتالي يمكن الحفظ

د- أحدد الفلزين اللذين يكونان خلية جلفانية لها أعلى جهد خلية معياري B – D

**السؤال الرابع:** مُرر غاز الكلور  $Cl_2$  بضغط يساوي 1 atm في محلول يحتوي على أيونات 

الفلوريد  $F^-$  وأيونات البروميد  $Br^-$  تركيز كل منهما 1M وعند درجة حرارة  $25^\circ C$ ، مستعيناً بأنصاف تفاعلات الاختزال وجهودها المعيارية الآتية، اكتب المعادلة الكلية الموزونة

للتفاعل المتوقع. أبرر إجابتي

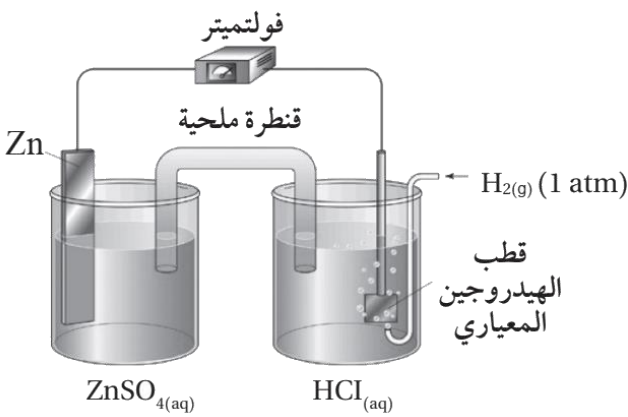
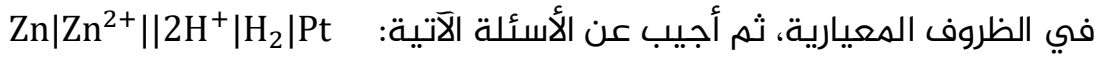


طريقة الحل: الترتيب حسب جهود الاختزال من الأقل إلى الأكبر  $Br_2 < Cl_2 < F_2$  إذاً غاز الكلور كعامل مؤكسد يؤكسد الذي أقل جهد اختزال منه يعني يؤكسد أيونات البروم



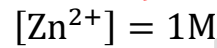
**والتفسير:** الكلور عامل مؤكسد أقوى من البروم لأن جهد اختزاله المعياري أعلى منه فيؤكسد الكلور أيونات البروميد أما الفلور فهو عامل مؤكسد أقوى من الكلور وبالتالي لن يؤكسد الكلور أيونات الفلوريد

**السؤال الخامس:** أدرس الشكل المجاور، الذي يمثل الخلية الجلفانية الممثلة بالرمز الآتي



أ- ما تركيز أيونات  $\text{Zn}^{2+}$  المستخدمة في

نصف خلية الخارصين المعيارية؟



ب- هل يمكن استخدام محلول مشبع من

كبريتات النحاس  $\text{CuSO}_4$  في القنطرة

الملحية المستخدمة في الخلية

الجلفانية؟ أفسر إجابتي. جهد

الاختزال المعياري للنحاس ( $E^\circ_{\text{cell}}$ )

لا يمكن لأن أيونات  $\text{Cu}^{2+}$  ستتحرك باتجاه نصف خلية الهيدروجين ولأن جهد اختزال النحاس أعلى من الهيدروجين وبالتالي أيونات النحاس ستختزل بدلاً من أيونات الهيدروجين  $\text{H}^+$  وتترسب فيصبح جهد الخلية المعياري المقاس لا يمثل جهد الخلية المطلوبة

**السؤال السادس:** أدرس الجدول المجاور الذي يتضمن بعض أنصاف تفاعلات الاختزال

نصف تفاعل الاختزال	$E^\circ \text{ V}$
$\text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mn}$	-1.18
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0.44
$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0.83
$\text{I}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-$	0.54
$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$	0.40
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	1.23
$\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$	-2.71

وجهودها المعيارية ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

1- هل يمكن تحضير المنغنيز بالتحليل الكهربائي

لمحلول  $\text{MnI}_2$ ؟ أفسر إجابتي

أيون المنغنيز والماء يتجهان إلى المهبط حتى

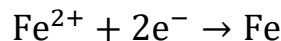
يحدث اختزال للأعلى جهد اختزال، ولأن الماء أعلى

جهد اختزال من المنغنيز فالماء أسهل اختزالاً

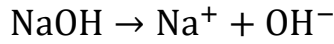
وبالتالي لا يمكن تحضير المنغنيز من محاليله

2- أكتب معادلة كيميائية موزونة تمثل نصف تفاعل

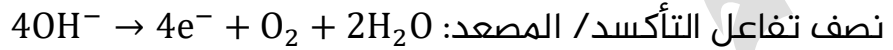
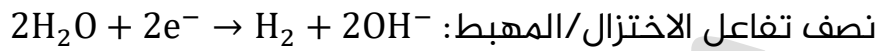
الاختزال في خلية التحليل الكهربائي لمحلول  $\text{FeCl}_2$



3- أكتب معادلة كيميائية كلية موزونة تمثل نواتج التحليل الكهربائي لمحلول NaOH



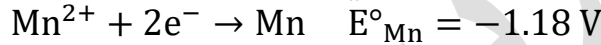
تتجه أيونات الصوديوم والماء إلى المهبط، تختزل جزيئات الماء لأنه أكبر في جهد الاختزال، تتجه أيونات الهيدروكسيد والماء إلى المصعد، تتأكسد أيونات الهيدروكسيد لأنها أكبر في جهد التأكسد (أسهل تأكسدًا)



المعادلة الكلية بعد ضرب النصف الأول في 2 ثم جمع الأنصاف:  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{O}_2$

4- هل يحدث تفاعل التأكسد والاختزال في خلية التحليل الكهربائي لمصهور  $\text{MnI}_2$ ، إذا

زودت بجهد مقداره 1.5 V؟ أبرر إجابتي



جهد الخلية المعياري:  $E^\circ_{\text{Cell}} = E^\circ_{\text{Mn}} - E^\circ_{\text{I}_2} = -1.18 - 0.54 = -1.72 \text{ V}$

جهد البطارية لا بد أن يكون أكبر من 1.72 V وبالتالي لن يحدث التفاعل لأن جهد البطارية المتصلة يساوي 1.5 V وهو أقل من الجهد اللازم لحدوث التفاعل

تم بحمد الله وشكره وتوفيقه

فما كان من صواب فالحمد لله ومن فضل الله وتوفيقه

وما كان من خطأ فممن نفسي وتقصيري

أسأل الله أن ينفع بهذا العمل

ويتقبله قبولاً مباركاً كما يليق بجلال وجهه وعظيم سلطانه

مع كل الحب لطلابي

مريم السرطاوي