2022

بوسية أوكسجين شرح توجيهي

الكيمياء

تلخيص زادني

Li

Lithium

6.941

/youtube

مدرسة الكيمياء

الكيمياء الكهربائية

إعداد: م. مريم السرطاوي

وزارة 1997 – 2022

في ملف منفصل

VERSION 30/12/2022

بسم الله نبدأ وبه نستعين وعليه نتوكل

أبث في طيات المقدمة شكرًا وتقديرًا
لعائلتي ولكل من ساندني في هذا العمل ودعا لي بظهر الغيب

أشكر كل من ساهم في تدقيق دوسية الشرح:
معلمة الكيمياء نوال الملكاوي
ساره مقدادي - لينا غسان - أليسار حمامه
وأشكر سيف الجراح لتدقيقه الملف الوزاري

أشكر مرام "غيم غيم" لاقتراحها اسم "ضو اللمبة"
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 أوكسجين

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

شروحات التوجيهي متوفره على قناه كيمياء التوجيهي
https://www.youtube.com/channel/tawjihichem

مجموعة مدرسة الكيمياء على الفيسبوك
https://web.facebook.com/groups/schoolofchemistry

قناتي التيليجرام ومجموعتها سنالات الكيمياء
https://t.me/sartawichem https://t.me/tawjihichem

أهدي هذا العمل إلى أبنائي:

عبد الله وعبد الملك وبثينة وفاطمة

وأهديه إليك يا من وصلت إلى هذه النقطة.

قالوا عنها:

بنك أوكسجين الكيمياء الكهربائية من الأسئلة الخارجية الموضوعية والمقالية

وعصير تلك الكيمياء الكهربائية في ملف منفصل

أيضًا ملف الأسئلة الوزارية من 1997 إلى 2022 في ملف منفصل

المكثف

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 والمتخصصة، دليل الكيمياء المنهاج الأردني القديم 2017.

لا يحل لأحد تعديل الملف أو تزوير الاسم أو المتاجرة به

الدوسية لا تتوفر في المكتبات ولا أحلّ لأيّ مكتبةٍ المتاجرة بهذا العمل

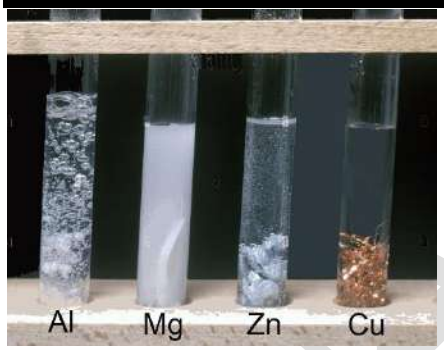
فقد أوقفته للعلم، الطالب يسحبه من أي مكتبة بسعر تكلفة الورق والتجليد المعروف

الوحدة الثانية: الكيمياء الكهربائية

أتأمل 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°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 الاستهلالية: 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

الفلز المتفاعل	معادلة التفاعل
Mg	$Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$
Al	$2Al_{(s)} + 6HCl_{(aq)} \rightarrow 2AlCl_{3(aq)} + 3H_{2(g)}$
Zn	$Zn_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$

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

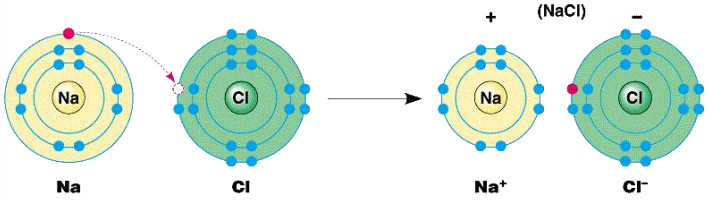
الفلز المتفاعل	التغير الذي طرأ على شحنة الفلز
Mg	تغيرت الشحنة من 0 إلى 2+
Al	تغيرت الشحنة من 0 إلى 3+
Zn	تغيرت الشحنة من 0 إلى 2+

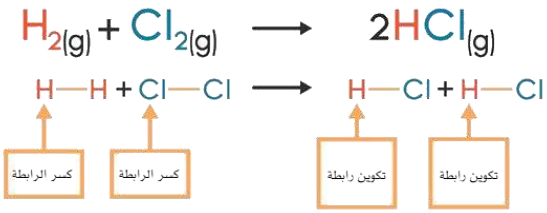
نوع التفاعل: استبدال (إحلال أحادي) أيضًا نوعه تأكسد واختزال

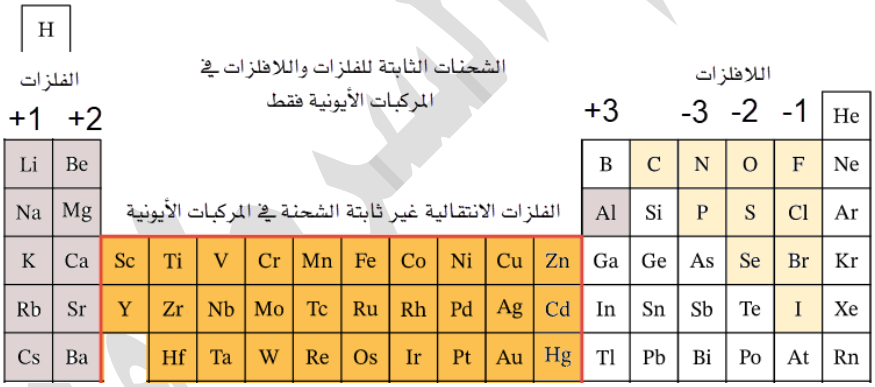
تمهيد: "تعالوا نتذكر شغلات في التأسيس"

ضوِّ اللمبة 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

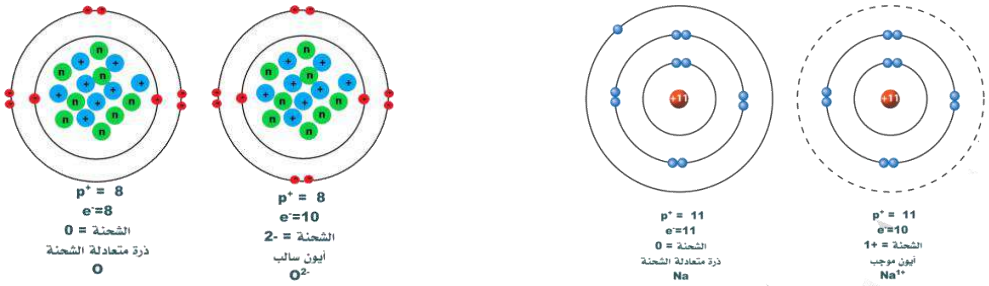






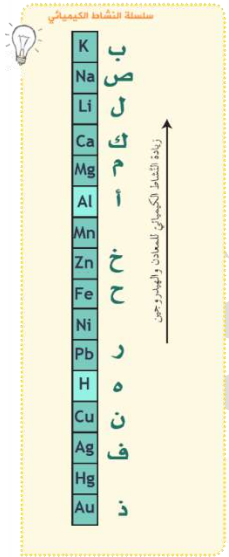
هذه الشحنات لأشهر العناصر الممثلة من الفلزات واللافلزات ثابتة في المركبات الأيونية، أما في المركبات التساهمية فإننا سنتعامل أيضًا مع شحنات تعتمد على خاصية السالبية الكهربائية تُسمى بعدد التأكسد وسندرسها في هذه الوحدة إن شاء الله تعالى

- أما الفلزات الانتقالية: فالثابت منها: الفضة (+1) AgCl والخارصين $ZnCl_2$ والكادميوم $CdCl_2$ (+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 لاحقًا
- تعلمنا سابقًا 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_2 أو أكثر من ذلك مثل S_8 أو P_4 فإن شحنة العنصر تساوي صفر
- المركب الأيوني مثل NaCl أو المركب التساهمي مثل H_2O نقول عنه متعادل الشحنة يعني شحنته صفر
- تذكّر 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

رمز المجموعة	التسمية	رمز المجموعة	التسمية
HCO_3^-	بيكربونات	NH_4^+	أمونيوم
ClO_3^-	كلورات	MnO_4^-	بيرمنغنات
NO_2^-	نتريت	CN^-	سيانيد
NO_3^-	نترات	OH^-	هيدروكسيد
CO_3^{2-}	كربونات	SO_4^{2-}	كبريتات
CrO_4^{2-}	كرومات	SO_3^{2-}	كبريتيت
$Cr_2O_7^{2-}$	ديكرومات	PO_4^{3-}	فوسفات



- 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:

1- إحلال الفلز النشط محل الهيدروجين، فينتج غاز الهيدروجين:

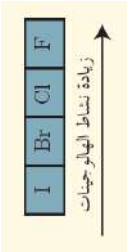
$$Zn_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

2- إحلال الفلز النشط محل فلز آخر أقل نشاطًا في مركب:

$$Cu_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

3- إحلال اللافلز النشط محل لافلز آخر أقل نشاطًا في مركب:

$$Cl_{2(g)} + 2NaBr_{(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + Br_{2(l)}$$



منهاجي
متعة التعليم الهادف

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 تحدث فيه عمليتا التأكسد والاختزال معًا
- 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 فيعرَّف بأنه الشحنة التي يفترض أن تكتسبها الذرة المكونة للرابطة التساهمية مع ذرة أخرى فيما لو انتقلت إلكترونات الرابطة كليًّا إلى الذرة التي لها أعلى سالبية كهربائية
- العامل المؤكسد: المادة التي تؤكسِد مادة أخرى في التفاعل الكيميائي، إذ يكتسب إلكترونات من المادة التي يُؤكسدها، وتحدث له عملية اختزال
- العامل المختزل: المادة التي تختزل مادة أخرى في التفاعل الكيميائي، إذ يفقد إلكترونات تكسبها المادة التي يَختزلُها، 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- أيضا 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

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

فالكربون تأكسد لأنه ارتبط بالأكسجين، وأكسيد الحديد III اختُزل لأنه انتُزع منه الأكسجين ونتج 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 معًا

شرح مثال الكتاب ص77: يتفاعل الكالسيوم مع غاز الكلور، كلاهما متعادل الشحنة، فينتج مركب أيوني وهو كلوريد الكالسيوم

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

$CaCl_2$ المركب ينتج من اتحاد أيون الكالسيوم الموجب Ca^{2+} وأيوني كلوريد سالب $2Cl^-$

المادة التي تأكسدت:	ذرة الكالسيوم فقدت إلكترونين
المادة التي اختُزلت:	ذرتي الكلور في جزيء الكلور كسبت كل منهما إلكترونًا

نكتب التفاعل السابق على شكلي نصف تفاعل

نصف تفاعل/ تأكسد:	$Ca \rightarrow Ca^{2+} + 2e^-$
نصف تفاعل/ اختزال:	$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$

عدد الإلكترونات المفقودة خلال التأكسد = عدد الإلكترونات المكتسبة خلال الاختزال

مثال(1) ص77: يتفاعل الحديد مع محلول كبريتات النحاس II حسب المعادلة:

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

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

نكتب معادلة التفاعل الأيونية الكلية لنحدِّد الأيونات المتفرجة:

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

الأيون المتفرج خلال التفاعل هو: SO_4^{2-} نحذفه من طرفي التفاعل

نكتب معادلة التفاعل الأيونية النهائية بعد حذف الأيونات المتفرجة:

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

من المعادلة الأيونية النهائية يظهر من الذي تأكسد ومن الذي اختزل

المادة التي تأكسدت:	ذرة الحديد فقدت إلكترونين وتحول لأيون الحديد الموجب
المادة التي اختُزلت:	أيون الكالسيوم اكتسب إلكترونين وتحول لذرة متعادلة

نكتب التفاعل السابق على شكلي نصف التفاعل

نصف تفاعل/ تأكسد:	$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$
نصف تفاعل/ اختزال:	$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

أتحقق ص77: (1) أحدد الذرات أو الأيونات التي تأكسدت أو اختزلت في التفاعلات الآتية:

A. $2KI_{(aq)} + Br_{2(s)} \rightarrow 2KBr_{(aq)} + I_{2(aq)}$

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

$$2K^+_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} + Br_{2(s)} \rightarrow 2K^+_{(aq)} + 2Br^-_{(aq)} + I_{2(aq)}$$

المعادلة النهائية

$$2I^-_{(aq)} + Br_{2(s)} \rightarrow +2Br^-_{(aq)} + I_{2(aq)}$$

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

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

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 اختُزلت:	ذرات جزيء الأكسجين

ستفهم هذا التفاعل بشكل أفضل عند دراسة عدد التأكسد

أتحقق ص77: (2) أكتب نصف تفاعل التأكسد ونصف تفاعل الاختزال للتفاعل الآتي:

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

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 اختُزلت:	أيون الهيدروجين اكتسب إلكترونين وتحول إلى جزيء متعادل

نكتب التفاعل السابق على شكلي نصف التفاعل

نصف تفاعل/ تأكسد:	$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$
نصف تفاعل/ اختزال:	$2H^{2+} + 2e^- \rightarrow H_2$

ضوء اللمبة:

- الأيونات المتفرجة هي أيونات في المحلول لم يطرأ عليها أي تغير 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

$$Ba(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + 2H_2O$$

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

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$$
$$Zn + CuCl_2 \rightarrow Cu + ZnCl_2$$

- 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:

$$MgO + CO_2 \rightarrow MgCO_3$$

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

$$2Na + Cl_2 \rightarrow 2NaCl$$

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:

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

((فعليك أن تسعى للإنجاز واترك القلق جانبًا))

تدريبات محلولة

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

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

الحل:

ذرات الحديد في أكسيد الحديد Fe_2O_3 اختُزلت لأن الأكسجين نُزع منها

ذرات الألمنيوم تأكسدت لأنها اتحدت مع الأكسجين

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

$$CuSO_{4(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow ZnSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$$

الحل:

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

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

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

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

$$2KI_{(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow 2KNO_{3(aq)} + PbI_{2(s)}$$

الحل:

$$2K^+{}_{(aq)} + 2I^-{}_{(aq)} + Pb^{2+}{}_{(aq)} + 2NO_3{}^-{}_{(aq)} \rightarrow 2K^+{}_{(aq)} + 2NO_3{}^-{}_{(aq)} + PbI_{2(s)}$$

$$2I^-{}_{(aq)} + Pb^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow PbI_{2(s)}$$

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

منهاجي
متعة التعليم الهادف

ورقة عمل1: مفهوم التأكسد والاختزال

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

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

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

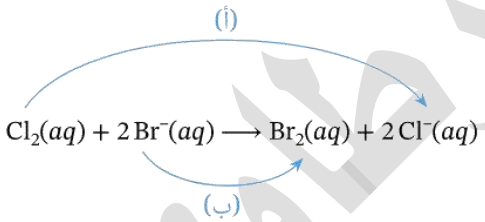
-1	التأكسد	-2	التعادل
-3	الاختزال	-4	الانتقال

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

$$2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$$

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

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



1- السهم الذي يشير إلى عملية الاختزال هو:

-1	(أ)
-2	(ب)

2- السهم الذي يتعلق بعملية التأكسد هو:

-1	(أ)
-2	(ب)

3- السهم الذي يتعلق بالعُنصر الذي اكتسب الإلكترونات:

-1	(أ)
-2	(ب)

منهاجي
متعة التعليم الهادف

4- نصف تفاعل الاختزال هو:

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

5- نصف تفاعل التأكسد هو:

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

تدريب (5): حدِّد الذرات أو الأيونات التي تأكسدت أو اختُزلت في التفاعلات الآتية ثم اكتب نصفي تفاعل التأكسد والاختزال

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

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 حدِّد الذرات أو الأيونات التي تأكسدت أو اختزلت

$$2HCl_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

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): حدِّد الذرات أو الأيونات التي تأكسدت أو اختُزلت في التفاعلات الآتية (((وفق مفهوم التأكسد والاختزال القديم)))

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

تنويه: المفهوم القديم يعتمد على نزع الأكسجين أو الاتحاد معه

منهاجي
متعة التعليم الهادف

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

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

رابطة غير قطبية رابطة غير قطبية رابطة قطبية

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

لأن السالبية الكهربائية للكلور أعلى من الهيدروجين، فيكون زوج إلكترونات الرابطة مزاحًا 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

تعزيز:

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 التغير في عدد التأكسد

ما المقصود بعدد التأكسد؟

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

منهاجي
منصة التعليم الهادف

قواعد حساب أعداد التأكسد

الرَّقْمُ	قواعد أساسية لحساب أعداد التأكسد	مثال	عددُ التأكسد
1	عدد تأكسد ذرّة العنصر الحُرِّ يساوي صفرًا، سواء وُجِدَ على شكل ذرّات أو جُزيئات.	C N_2 S_8	0 0 0
		Fe H_2 Na P_4 S_8 0 0 0 0 0	
2	عدد تأكسد الأيون أُحادي الذرّة يساوي شحنة هذا الأيون.	Cu^{2+} Br^-	+2 −1
3	عدد تأكسد عناصر المجموعة الأولى IA وعناصر المجموعة الثانية IIA وعنصر الألمنيوم في جميع مركّباتها يساوي: 1+، 2+، 3+ على الترتيب.	Li في Li_2O Ca في CaO Al في AlF_3	+1 +2 +3
		Li^+ Na^+ K^+ Rb^+ Cs^+ Mg^{2+} Ca^{2+} Sr^{2+} Ba^{2+} Ra^{2+} +1 +1 +1 +1 +1 +2 +2 +2 +2 +2	
4	عدد تأكسد الهيدروجين في معظم مركّباته (1+)، ما عدا عندما يرتبط مع الفلزّات مكوِّنًا هيدريد الفلزّ، فيكون حينئذ (1-).	H في HF H في NaH H في BaH_2	+1 −1 −1
		H_2O HNO_3 $Ca(OH)_2$ CaH_2 1+ 1+ 1+ 1-	
5	عدد تأكسد الأكسجين في معظم مركّباته (2-)، ما عدا فوق الأكاسيد، فيكون حينئذ (1-)، وعندما يرتبط مع الفلور يكون موجبًا.	O في H_2O O في K_2O_2 O في OF_2	−2 −1 +2
		H_2O $KClO_3$ PbO_2 H_2O_2 BaO_2 OF_2 2- 2- 2- 1- 1- +2	
6	عدد تأكسد الفلور في جميع مركّباته يساوي (1-)، وعدد تأكسد الهالوجينات Cl، Br، I في معظم مركّباتها يساوي (1-)، أما إذا ارتبط أي منها مع الأكسجين أو مع هالوجين سالبيته الكهربائية أعلى فيكون عدد تأكسده موجبا.	F في NaF I في KI Cl في ClF Br في $HBrO_2$	−1 −1 +1 +3
		NaCl $FeBr_2$ GaI_3 1- 1- 1-	
7	مجموع أعداد التأكسد لجميع ذرّات أو أيونات العناصر المكوِّنة للمركّب المتعادل يساوي صفرًا.		
8	مجموع أعداد التأكسد لجميع ذرّات العناصر المكوِّنة لأيون متعدِّد الذرّات يساوي شحنة هذا الأيون.		

خطوات سريعة لإيجاد عدد التأكسد باستخدام القواعد السابقة:

كيف تبدأ حل المسألة، ابدأ بـهذه 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

سنتفق على مختصرات لتسهيل الحل، فعدد التأكسد Oxidation Number المعروف حسب القواعد سنكتبه مضروبًا بعدد ذرات نفس العنصر، والعنصر مجهول عدد التأكسد نضع رمزه مضروبًا 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) ص79: أحدد عدد التأكسد لذرة الكبريت في المركبات أو الأيونات الآتية:

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

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

فائدة: قِس على هذا السؤال هيدريدات الفلزات أو أشباه الفلزات مثل هذا أيضًا: $LiBH_4$

وأي مركب يكون فيه الهيدروجين مرتبطا بشبه فلز أو فلز فهو هيدريد، لأن الهيدروجين أعلى كهروسالبية تذكر اللافلزات لتميز غيرها: الهالوجينات، الأكسجين، النيتروجين، الكبريت، الفسفور، السيليكون، الكربون

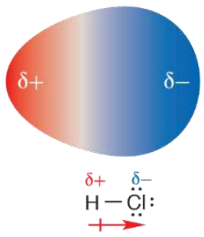
مثال(3) ص80: أحدد عدد التأكسد لذرة العنصر الذي تحته خط في المركبات أو الأيونات الآتية:

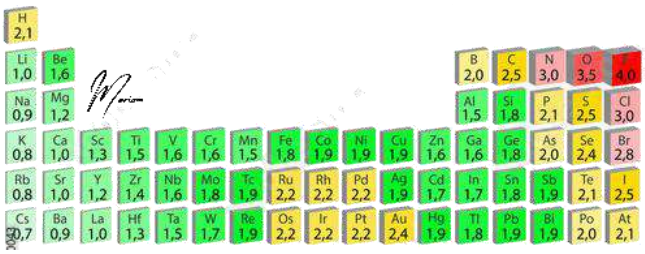
$K\mathbf{Mn}O_4$	$\mathbf{Cr}_2O_7^{2-}$
نطبق قاعدة 3 للبوتاسيوم فعدد تأكسده = $+1$ وقاعدة 5 للأكسجين فعدد تأكسده = -2 وقاعدة 7 لأنه مركب متعادل فمجموع أعداد التأكسد = 0	نطبق قاعدة 5 للأكسجين فعدد تأكسده = -2 وقاعدة 8 لأنه أيون متعدد الذرات فمجموع أعداد التأكسد = -2
$(+1 \times 1) + (Mn \times 1) + (-2 \times 4) = 0$ $Mn = +7$	$(Cr \times 2) + (-2 \times 7) = -2$ $Cr = +6$
$Ca\mathbf{O}_2$	$\mathbf{N}H_4^+$
نطبق قاعدة 3 للكالسيوم فعدد تأكسده = $+2$ وقاعدة 7 لأنه مركب متعادل فمجموع أعداد التأكسد = 0	نطبق قاعدة **4** للهيدروجين فعدد تأكسده = $+1$ وقاعدة 8 لأنه أيون متعدد الذرات فمجموع أعداد التأكسد = $+1$
$(+2 \times 1) + (O \times 2) = 0$ $O = -1$ لاحظ أن هذا المركب فوق أكسيد	$(N \times 1) + (+1 \times 4) = +1$ $N = -3$

أتحقق ص81: أحدد عدد التأكسد لذرة العنصر الذي تحته خط في المركبات أو الأيونات الآتية:

المادة	أعداد التأكسد المعلومة	حساب عدد التأكسد لغير المعلوم
$H_3\mathbf{IO}_6^{2-}$	الهيدروجين = $+1$ الأكسجين = -2 شحنة الأيون = -2	$(+1 \times 3) + (I \times 1) + (-2 \times 6) = -2$ $I = +7$
$H\mathbf{Cl}O_4$	الهيدروجين = $+1$ الأكسجين = -2 شحنة المركب = 0	$(+1 \times 1) + (Cl \times 1) + (-2 \times 4) = 0$ $Cl = +7$
$\mathbf{Fe}Cl_3$	الكلور = -1 في المركب أيوني شحنة المركب = 0	$(Fe \times 1) + (-1 \times 3) = 0$ $Fe = +3$
$Al\mathbf{H}_3$	الألمنيوم = $+3$ شحنة المركب = 0	$(+3 \times 1) + (H \times 3) = 0$ $H = -1$
$\mathbf{P}O_4^{3-}$	الأكسجين = -2 شحنة الأيون = -3	$(P \times 1) + (-2 \times 4) = -3$ $P = +5$
$\mathbf{Cr}(OH)_3$	الهيدروجين = $+1$ الأكسجين = -2 شحنة المركب = 0	$(Cr \times 1) + (-2 \times 3) + (+1 \times 3) = 0$ $Cr = +3$
$\mathbf{P}_4$	شحنة الجزيء = 0	$P \times 4 = 0$ $P = 0$ من البداية هو عنصر حر عدد تأكسده = 0

ضوِّ اللمبة: السالبية الكهربائية أو الكهروسالبية: هي قدرة الذرة على جذب إلكترونات الرابطة نحوها عند ارتباطها بذرة أخرى، ولها قيمة عددية بمقياس باولنج كما في الجدول التالي، أعلى العناصر في الجدول الدوري من ناحية السالبية الكهربائية: الفلور، الأكسجين، النيتروجين FON





نقول عن الرابطة التساهمية أنها قطبية إذا كان فرق السالبية الكهربائية أكثر من 0.4 فتحمل الذرة الأعلى في السالبية الكهربائية شحنة جزئية سالبة δ^- والأخرى شحنة جزئية موجبة δ^+

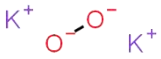
مثال توضيحي: الرابطة في HCl نوعها تساهمية لأنها بين لافلز ولافلز، وأيضًا هي قطبية لأن فرق السالبية الكهربائية أكثر من 0.4 [انظر إلى قيم الكهروسالبية للهيدروجين والكلور وجد الفرق بينهما] بينما فرق السالبية الكهربائية بين الجزيئات النقية هو صفر لذا نقول عن الجزيء أنه غير قطبي

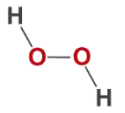
فوائد وتعزيز خارجي:

1- الهالوجينات دائمًا -1 في المركبات الأيونية، وفي التساهمية تتغير إلا الفلور فهو ثابت

2- عناصر المجموعة الأولى من الفلزات: الليثيوم Li الصوديوم Na البوتاسيوم K، عناصر المجموعة الثانية من الفلزات: البريليوم Be، المغنيسيوم Mg، الكالسيوم Ca، الباريوم Ba والشحنة ثابتة

3- فوق الأكاسيد تكون فيها ذرتي أكسجين مرتبطتين ببعضهما (برابطة تساهمية)





$[O-O]^{2-}$ مجموعة أيونية اسمها فوق أكسيد، إما ترتبط مع فلز برابطة أيونية مثل فوق أكسيد البوتاسيوم K_2O_2 أو ترتبط مع لافلز برابطة تساهمية مثل فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2، غير مطلوب معرفة رسمة المركب ويُكتفى بحفظ أمثلة الكتاب سواء في المحتوى أو في مراجعة دروس الكتاب وأيضًا الواردة في أسئلة دورات الوزارة السابقة وفي كل الأحوال انظر الفائدة 4

4- لو نظرت إلى شحنة الفلز في فوق الأكاسيد فإنها لن تتغير بخلاف الأكسجين، Na_2O_2، BaO_2 فمثلا الصوديوم **+1** ولو طبقنا القواعد فإن الأكسجين هنا سيكون **-1** ونفس الشيء بالنسبة للباريوم فشحنته دائمًا **+2** بينما الأكسجين هنا **-1** إذًا هذا المركب فوق الأكسيد لأن شحنة الأكسجين **-1** فإذا ارتبط الأكسجين بالفلز فقط فابدأ بالفلز

5- قد يكون لذرات العنصر الواحد أكثر من عدد تأكسد في مركباته أو أيوناته المختلفة

6- قد يكون عدد التأكسد كسر (ليس عددًا صحيحًا) وقد يكون صفرًا وهذا غير وارد معنا في الأمثلة

7- موضع إشارة الشحنة في عدد التأكسد عكس موضع إشارة الشحنة الأيونية عندما نكتب العنصر كأيون فمثلا أيون الكالسيوم Ca^{2+} بينما نكتب عدد التأكسد له $+2$ وذلك للتفريق بين الشحنة الأيونية وعدد التأكسد

ورقة عمل2: عدد التأكسد

تدريب (1): عدد التأكسد As في مركب $NaAsO_3$:

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

تدريب (2): عدد التأكسد S في مركب $KHSO_4$:

-1	−6	-2	−4
-3	+5	-4	+6

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

-1	NH_4^+	-2	N_2
-3	NH_3	-4	N_2O_5

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

-1	ClO_4^-	-2	ClO_3^-
-3	ClO_2^-	-4	ClO^-

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

SbH_3 $SbCl_2$ $Sb(OH)_6^-$

تنبيه: تذكر اللافلزات لتميّز أن SbH_3 هيدريد وأن الهيدروجين كهروسالبيته أعلى

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

PCl_5 PH_3 P^{3-} P_4

PH_4^+ P_4O_{10} PO_4^{3-} H_3PO_4

منهاجي
متعة التعليم الهادف

تدريب (7): احسب أعداد التأكسد للعناصر المحددة:

	$\mathbf{N}_2O_5$		Na**Cl**
	H**Cl**O		$\mathbf{Cl}O^-$
	$\mathbf{C}H_4$		$Ba\mathbf{O}_2$
	CaH_2		$\mathbf{C}O_2$
	$\mathbf{I}_2$		**C**O
	$\mathbf{Sn}Cl_4$		$F_2\mathbf{O}$
	$Na_2\mathbf{O}$		$F_2\mathbf{O}_2$
	$\mathbf{S}O_2$		$Li_2\mathbf{O}_2$
	HF		**Cu**Br
	Li**H**		**Fe**O
	$\mathbf{Cr}_2O_7^{2-}$		$\mathbf{N}O_3^-$
	H$\mathbf{N}O_3$		$\mathbf{N}O_2^-$

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

XO_3^- XO_2^- X^- XO^-

منهاجي
متعة التعليم الهادف

التغير في أعداد التأكسد

ما فائدة حساب أعداد التأكسد؟

من الحساب سنميز الذرات أو الأيونات التي تأكسدت أو اختزلت في التفاعل

شرح مثال الكتاب ص81: يتفاعل النحاس مع محلول نترات الفضة مكونًا محلول نترات النحاس وتترسب الفضة:

$$2AgNO_{3(aq)} + Cu_{(s)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

المعادلة الأيونية بعد حذف الأيونات المتفرجة

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

- ✓ ينقص عدد تأكسد أيون الفضة من $+1 \leftarrow 0$
- ✓ يزداد عدد تأكسد ذرة النحاس من $0 \leftarrow +2$

النقصان في عدد التأكسد دليل على حدوث الاختزال (اكتساب إلكترونات)، والزيادة في عدد التأكسد دليل على حدوث التأكسد

فنقول: تأكسدت ذرات النحاس، واختزلت أيونات الفضة

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

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 والناتجة
2- تحديد التغير في عدد التأكسد
3- نطبّق 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:

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

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

نقصان عدد تأكسد Br من 0 إلى −1 / اختزال

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

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

قل بمقدار 1 لكل ذرة اختزلت ذرات البروم في Br_2

زاد بمقدار 2، تأكسدت ذرات الكبريت في SO_2

أما الأكسجين والهيدروجين فلم يتغيرا

أتحقق ص82: أحدد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت اعتمادًا على التغير في أعداد التأكسد في التفاعلات الآتية:

(1)

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

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

$$\overset{-4\ +1}{CH_{4(g)}} + \overset{0}{2O_{2(g)}} \rightarrow \overset{+4\ -2}{CO_{2(g)}} + \overset{+1\ -2}{2H_2O_{(g)}}$$

نقصان عدد تأكسد O من 0 إلى -2 / اختزال

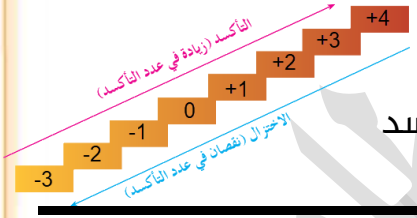
(2)

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

زيادة عدد تأكسد Mg من 0 إلى +2 / تأكسد

$$\overset{+4\ -1}{SiCl_{4(l)}} + \overset{0}{2Mg_{(s)}} \rightarrow \overset{+2\ -1}{2MgCl_{2(s)}} + \overset{0}{Si_{(s)}}$$

نقصان عدد تأكسد Si من +4 إلى 0 / اختزال



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:

$Cu + 4HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$	(a)
$H_2S + 4F_2 \rightarrow 2HF + SF_6$	(b)
$Cl_2 + 2KOH \rightarrow KCl + KOCl + H_2O$	(c)
$KClO_3 + H_2O + F_2 \rightarrow KClO_4 + 2HF$	(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:

$$3S + 3H_2O \rightarrow H_2SO_3 + H_2S$$

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 لاحقًا، نفس الذرة تتأكسد وتختزل في التفاعل نفسه

$$2Al + 3CuCl_2 \rightarrow 2AlCl_3 + 3Cu$$

الحل:

تأكسد الأمنيوم 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) : حدِّد نصف التفاعل الذي تأكسدت فيه ذرات النيتروجين N:

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

الحل: (c)

لا يهمنا المعادلة الموزونة لتحديد الذي تأكسد أو اختزل، وفي الحصص القادمة ستتعلم 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:

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

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

ورقة عمل3: التغير في عدد التأكسد

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

$$2Sr + O_2 \rightarrow 2SrO$$

$$2Li + S \rightarrow Li_2S$$

$$2Cs + Br_2 \rightarrow 2CsBr$$

$$3Mg + N_2 \rightarrow Mg_3N_2$$

$$4Fe + 3O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3$$

$$Si + 2F_2 \rightarrow SiF_4$$

$$2NaBr + Cl_2 \rightarrow 2NaCl + 2Br_2$$

$$2HCl + Mg \rightarrow MgCl_2 + H_2$$

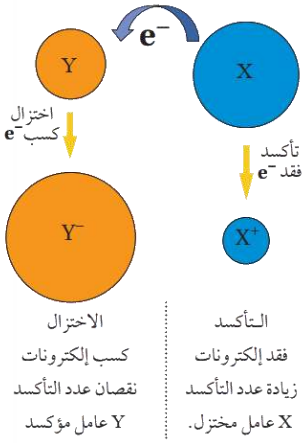
$$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$$

$$Sb + HNO_3 \rightarrow Sb_2O_3 + H_2O + NO$$

منهاجي
متعة التعليم الهادف

م. مريم السرطاوي

العامل المؤكسد والعامل المختزل



ما المقصود بالعامل المؤكسد، والعامل المختزل؟

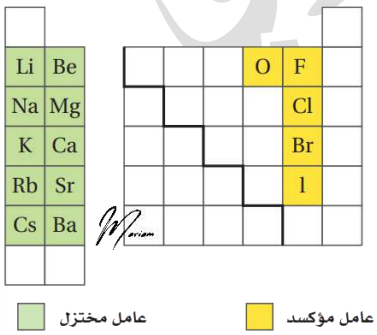
- **العامل المؤكسد**: المادة التي تؤكسِد مادة أخرى في التفاعل الكيميائي، إذ يكتسب إلكترونات من المادة التي يُؤكسدها، وتحدث له عملية اختزال
- **العامل المختزل**: المادة التي تختزل مادة أخرى في التفاعل الكيميائي، إذ يفقد إلكترونات تكسبها المادة التي يَختزلُها، وتحدث له عملية تأكسد

بعض العوامل المؤكسدة والمختزلة الشائعة (المركبات حفظ والباقي فهم):

عوامل مؤكسدة	عوامل مختزلة
جزيئات العناصر ذات الكهروسالبية العالية، مثل: $Br_2, F_2, O_2, O_3, Cl_2, I_2$	الفلزات متعادلة الشحنة، مثل: Na , Mg, Ba, Zn, Cu
الأيونات الأحادية الموجبة، مثل: $Na^+, Mg^{2+}, Ni^{2+}, Al^{3+}, Zn^{2+}, H^+$	الأيونات الأحادية السالبة، مثل: H^-, Cl^-, F^-, O^{2-}
(مركبات) وأيونات متعددة الذرات محتوية على ذرات ذات أعداد تأكسد عالية، مثل: $KMnO_4$ $K_2Cr_2O_7$,	(مركبات) بعض هيدريدات الفلزات وأشباه الفلزات، مثل: $NaBH_4, LiAlH_4$ أول أكسيد الكربون CO

تعزيز خارجي:

- لاحظ المركبات في العوامل المؤكسدة المذكورة في الكتاب تحوي مجموعات أيونية فيها ذرة لها عدد تأكسد عالي وهذا يعطيها قوة أكثر كعامل مؤكسد، كالكروم، المنجنيز، الخ، وعلى نفس المبدأ: $HNO_3, HClO_4, KCrO_4$
- بعض المواد قد تعمل على الجهتين يعني عامل مؤكسد ومختزل ونحدد سلوكها حسب الذي معها وهذا نحدده من خلال التغير في عدد التأكسد داخل التفاعل، أيضًا سنتعلم لاحقًا قوة تلك العوامل المؤكسدة والمختزلة من خلال قيم معيارية في الدرس الثاني "الخلايا الغلفانية"
- لا تنطبق تلك القواعد بشكل عام على كل المركبات والأيونات، فقد يأتي الأيون الموجب في تفاعل ويكون عاملاً مؤكسداً وفي آخر يكون عاملاً مختزلاً لذا لو جاءت في تفاعل فإننا ننظر إلى التفاعل لنتأكد، ولو جاءت عناصر أو أيونات منفردة فنطبق هذه القواعد السريعة
- غاز الهيدروجين H_2 عامل مختزل جيد، وقد يكون عاملاً مؤكسداً إذا جاء عامل مختزل أقوى منه في التفاعل
- الفلزات تميل إلى الفقد (تأكسدت فهي عوامل مختزلة)، اللافلزات تميل إلى الكسب (اختزلت فهي عوامل مؤكسدة)، وعمومًا الأيون الأحادي الموجب يميل إلى الكسب والعكس في الأيون الأحادي السالب
- يعتبر F_2 من أعلى العناصر الحرة كعامل مؤكسد والسبب كهروسالبيته العالية، ويعتبر أيون MnO_4^- عامل مؤكسد قوي والسبب عدد التأكسد المرتفع لذرة المنغنيز Mn حيث يساوي +7



رابط ذهني سريع للعناصر الحرة والأيونات الأحادية: المؤكسد موجب جزيء، والمختزل: سالب فلز

خطوات تحديد العامل المؤكسد والعامل المختزل:

1- تحديد أعداد التأكسد لجميع الذرات أو الأيونات في المواد المتفاعلة والناتجة
2- تحديد التغير في عدد التأكسد
3- نطبّق 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) ص83: يعد تفاعل الثيرمايت 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:

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

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

قل، اختزل: أيونات الحديد حدث لها اختزال لذا أكسيد الحديد Fe_2O_3 هو العامل المؤكسد

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

فنقول: Fe_2O_3 أكسد ذرات الألمنيوم Al و Al اختزل أيونات الحديد

أما الأكسجين فلم يحدث عليه تغير

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

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

نقصان عدد تأكسد Fe من +3 إلى 0 / اختزال

مثال(6) ص84: أحدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي:

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

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

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

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

فنقول: PbO أكسد ذرات الكربون و CO اختزل أيونات الرصاص

أما الأكسجين فلم يحدث عليه تغير

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

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

نقصان عدد تأكسد Pb من +2 إلى 0/ اختزال

أتحقق ص84: 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 اختُزل حيث عدد تأكسد I نقص من 0 ← −1
ب	$Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+}$	يحتاج عامل مؤكسد	Sn^{2+} عامل مختزل لأنه تأكسد حيث عدد تأكسد Sn زاد من +2 ← +4
ج	$Mn^{2+} \rightarrow MnO_2$	يحتاج عامل مؤكسد	Mn^{2+} عامل مختزل لأنه تأكسد حيث عدد تأكسد Mn زاد من +2 ← +4

أتحقق ص84 (2): أحدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي:

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

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

نقصان عدد تأكسد Cu من 0 إلى +2/ اختزال

$$\overset{0}{H_{2(g)}} + \overset{+2}{CuO_{(s)}} \rightarrow \overset{0}{Cu_{(s)}} + \overset{+1}{H_2O_{(l)}}$$

زيادة عدد تأكسد H من 0 إلى +1/ تأكسد

الربطُ مع الحياة

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

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

فتستعيد القطع الفضية لمعانها 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

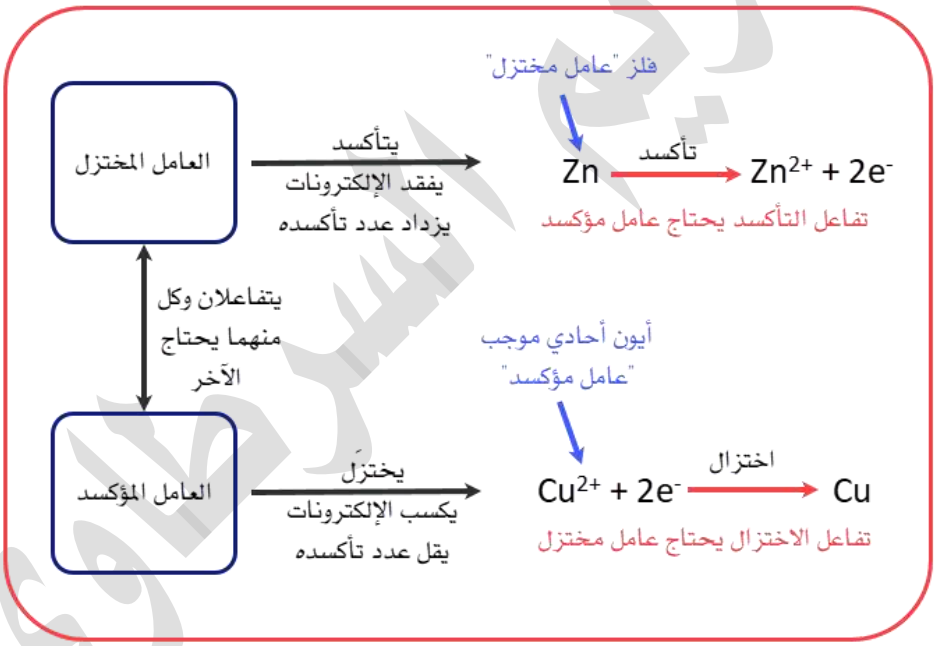
كيماشيك حاول أن تفكر فيه: حدِّد العوامل المؤكسدة من المختزلة في ما يأتي:

	CaH_2
	Cs
	$NaClO_4$
	Ni^{2+}
	F_2

مساعدة: تذكر الجدول المصنّف لعوامل مؤكسدة ومختزلة شائعة، فإذا رأيت مركبًا 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 جزيء، والمختزل: سالب فلز



ستتعلم لاحقًا 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 جزيء)، 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، حدِّد 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 تأكسدًا فهو يحتاج عاملاً مؤكسدًا

$$H_2S \rightarrow S$$

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

$$NO_2 \rightarrow NH_3$$

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

منهاجي
متعة التعليم الهادف

ملاحظة: معادلات التأكسد والاختزال أو أنصاف تلك التفاعلات قد تجدها غير موزونة، وكل ذلك ستتعلمه في الدروس القادمة

ورقة عمل4: العامل المؤكسد والعامل المختزل

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

$$2Cl^- + 4H^+ + MnO_2 \rightarrow 2H_2O + Cl_2 + Mn^{2+}$$

تدريب (2): في التفاعل الآتي، هل H_2 عامل مؤكسد أم عامل مختزل؟ فسر إجابتك

$$2NO_2 + 7H_2 \rightarrow 2NH_3 + 4H_2O$$

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

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

$$5{SO_3}^{2-} + 2{MnO_4}^- + 6H^+ \rightarrow 5{SO_4}^{2-} + 3H_2O + 2Mn^{2+}$$

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

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

تدريب (5): في تفاعل تأكسد واختزال فيها المادتان A و B بحيث A فقدت الإلكترونات و B اكتسبت تلك الإلكترونات؟ فأيها العامل المؤكسد و أيها العامل المختزل؟

تدريب (6) فكرة خارجية: إذا علمت أن التفاعلات تُفضِّل العامل المؤكسد الذي فيه عنصر له أعلى عدد تأكسد (عامل مؤكسد قوي)، وتُفضِّل 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

$${NO_3}^-, NO, N_2H_4, NH_3$$

منهاجي
متعة التعليم الهادف

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:

$$\overset{+1\ -1}{2H_2O_{2(aq)}} \rightarrow \overset{+1\ -2}{2H_2O_{(l)}} + \overset{0}{O_{2(g)}}$$

لم يتغير عدد تأكسد الهيدروجين على الطرفين بينما

قل عدد تأكسد O من −1 في H_2O_2 ← −2 في H_2O

زاد عدد تأكسد O من −1 في H_2O_2 ← 0 في O_2

لأن التأكسد والاختزال حدثا لنفس العنصر في نفس المركب H_2O_2 فهذا التفاعل تأكسد واختزال ذاتي، وهذا المركب H_2O_2 هو عامل مؤكسد وعامل مختزل في الوقت نفسه

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

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

أبيِّن لماذا يُعد التفاعل أعلاه مثالاً على تفاعلات التأكسد والاختزال الذاتي

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

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

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

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

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 Cl_2 ← −1 في Cl^-

زاد عدد تأكسد ذرة الكلور الثانية Cl من 0 في Cl_2 ← +1 في ClO^-

لأن التأكسد والاختزال حدثا لنفس العنصر في نفس المركب Cl_2 فهذا التفاعل تأكسد واختزال ذاتي، ونعتبر Cl_2 عامل مؤكسد وعامل مختزل في الوقت نفسه

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

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

(1)

$$2ClO_3^- \rightarrow ClO_4^- + ClO_2^-$$

نحدد التغير في أعداد التأكسد

زاد عدد تأكسد Cl من (+5 ← +7) / تأكسد

$$2ClO_3^- \rightarrow ClO_4^- + ClO_2^-$$

قلّ عدد تأكسد Cl من (+5 ← +3) / اختزال

الأكسجين لم يتغير عدد تأكسده

قل عدد تأكسد ذرة الكلور الأولى Cl من +5 في ClO_3^- ← +3 في ClO_2^-

زاد عدد تأكسد ذرة الكلور الثانية Cl من +5 في ClO_3^- ← +7 في ClO_4^-

هذا تفاعل تأكسد واختزال ذاتي، و ClO_3^- عامل مؤكسد وعامل مختزل

(2)

$$H_2SO_4 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow SO_2 + 2H_2O$$

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

وباقي العناصر لم تتغير أعدادها

هذا التفاعل ليس تفاعل تأكسد واختزال ذاتي

(3)

$$2CuCl \rightarrow CuCl_2 + Cu$$

نحدد التغير في أعداد التأكسد

زاد عدد تأكسد Cu من (+1 ← +2) / تأكسد

$$2CuCl \rightarrow CuCl_2 + Cu$$

قلّ عدد تأكسد Cu من (+1 ← 0) / اختزال

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

قل عدد تأكسد ذرة النحاس الأولى Cu من +1 في CuCl ← +2 في $CuCl_2^-$

زاد عدد تأكسد ذرة النحاس الثانية Cu من +1 في CuCl ← 0 في Cu

هذا تفاعل تأكسد واختزال ذاتي، و CuCl عامل مؤكسد وعامل مختزل

تدريبات محلولة

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

$$4H_3PO_3 \rightarrow 3H_3PO_4 + PH_3$$

زاد عدد تأكسد P من (3+ ← 5+) / تأكسد

$$4H_3PO_3 \rightarrow 3H_3PO_4 + PH_3$$

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

أعداد تأكسد الهيدروجين والأكسجين لم تتغير، فقط تغير عدد تأكسد الفسفور

العامل المؤكسد: H_3PO_3 العامل المختزل: H_3PO_3

التفاعل نوعه تفاعل تأكسد واختزال ذاتي

$$2CO \rightarrow CO_2 + C$$

زاد عدد تأكسد C من (2+ ← 4+) / تأكسد

$$2CO \rightarrow CO_2 + C$$

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

م. مريم السرطاوي

ورقة عمل5: التأكسد والاختزال الذاتي

تدريب: حدد تفاعلات التأكسد والاختزال الذاتي مع التوضيح

$$Hg_2Cl_2 \rightarrow Hg + HgCl_2$$

$$3BrF \rightarrow BrF_3^- + Br_2$$

$$3Mg + N_2 \rightarrow Mg_3N_2$$

$$2NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_3 + HNO_2$$

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

$$2Al + N_2 \rightarrow 2AlN$$

م. مريم السرطاوي

موازنة معادلات التأكسد والاختزال

تحقق معادلات التأكسد والاختزال الموزونة:

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

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

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

$$Mg + 2H^+ \rightarrow Mg^{2+} + H_2$$
$$Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$$
$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$$

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

طبق الاستراتيجية

هل المواد على الطرفين ناقصة؟ هل هي في وسط حمضي أو قاعدي؟

نعم

- اقسم معادلة التفاعل نصفين ووازن الذرات عدا الأكسجين والهيدروجين
- وازن ذرات الأكسجين بإضافة جزيئات ماء إلى الطرف الأقل أكسجين
- وازن ذرات الهيدروجين بإضافة أيونات الهيدروجين إلى الطرف الأقل
- وازن الشحنات في كل نصف بإضافة الإلكترونات إلى طرف الشحنة الأكبر ثم ساوِ عدد الإلكترونات في نصفي التفاعل
- اجمع نصفي تفاعل التأكسد والاختزال مع حذف الإلكترونات واختصار ما يلزم
- إن كان الوسط قاعديًا فأضف أيونات الهيدروكسيد إلى طرفي المعادلة الكلية بنفس عدد أيونات الهيدروجين
- اجمع تلك الأيونات على شكل جزيئات ماء، واختصر، ثم تأكد أن المعادلة في أبسط صورة

لا

- اقسم معادلة التفاعل نصفين ووازن الذرات
- وازن الشحنات في كل نصف بإضافة الإلكترونات إلى طرف الشحنة الأكبر ثم ساوِ عدد الإلكترونات في نصفي التفاعل
- اجمع نصفي تفاعل التأكسد والاختزال مع حذف الإلكترونات

مساواة الإلكترونات باستخدام المضاعف المشترك الأصغر، فمثلا في نصف تفاعل لدي 6 إلكترونات وفي آخر لدي 8 إلكترونات، نبحث عن مضاعفات كل منهما

مضاعفات 6: 6 ، 12 ، 18 ، 24 ، 30 .....

مضاعفات 8: 8 ، 16 ، 24 ، 32 ، 40 ، ....

نجد أن المضاعف المشترك الأصغر هو 24 ، لذا نستخدم هذا العدد لمساواة الإلكترونات ، فنضرب نصف التفاعل الذي إلكتروناته 8 بـ 3 ليصبح عدد الإلكترونات 24 ، ونصف التفاعل الذي إلكتروناته 6 بـ 4 ليصبح عدد إلكتروناته 24. وبهذا الشكل ستكون المعادلة الكلية في النهاية بأبسط صورة

مثال(8) ص86: أوازن معادلة التأكسد والاختزال الآتية بطريقة نصف التفاعل:

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

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	$Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+}$ $Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$
أوازن الذرات في كل نصف تفاعل	موزونة $Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+}$
أوازن الشحنات حتى يكون متساويًا على الطرفين وذلك بإضافة عدد إلكترونات إلى طرف الشحنة الأكبر بمقدار الفرق بين شحنات الطرفين	فرق الشحنات بين الطرفين (2) إذًا نجمع $2e^-$ إلى النواتج (الجهة الأكبر) $Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$ $Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$ فرق الشحنات بين الطرفين (1) إذًا نجمع $1e^-$ إلى المتفاعلات (الجهة الأكبر) $Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$
أتأكد من مساواة الإلكترونات في أنصاف التفاعلات حتى تكون الإلكترونات المفقودة = الإلكترونات المكتسبة	نضرب نصف تفاعل الاختزال بـ 2 حتى تتساوى الإلكترونات $2Fe^{3+} + 2e^- \rightarrow 2Fe^{2+}$
أجمع نصفي التفاعل وأحذف الإلكترونات	$Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$ $2Fe^{3+} + 2e^- \rightarrow 2Fe^{2+}$
المعادلة الكلية (النهائية) للتأكسد والاختزال	$Sn^{2+} + 2Fe^{3+} \rightarrow Sn^{4+} + 2Fe^{2+}$

نلاحظ أن هذه الموازنة بسيطة فالمواد المتفاعلة ظاهرة أيضًا 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

م. مريم السرطاوي

مثال(9) ص88: أوازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في الوسط الحمضي:

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

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

أقسم المعادلة إلى نصفي تفاعل حسب كل مادة ووجودها على الطرفين	$Cr_2O_7^{2-} \rightarrow Cr^{3+}$ $HNO_2 \rightarrow NO_3^-$
أوازن الذرات في كل نصف تفاعل، ما عدا الأكسجين والهيدروجين	$Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+}$ $HNO_2 \rightarrow NO_3^-$
أوازن الأكسجين في كل نصف تفاعل، بإضافة جزيئات ماء بعدد الفرق بين ذرات الأكسجين على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل أكسجين	$Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+}$ فرق الأكسجين بين الطرفين 7، نضيف 7 جزيئات ماء إلى النواتج $Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ $HNO_2 \rightarrow NO_3^-$ فرق الأكسجين بين الطرفين 1، نضيف 1 جزيء ماء إلى المتفاعلات $H_2O + HNO_2 \rightarrow NO_3^-$
أوازن الهيدروجين في كل نصف تفاعل، بإضافة أيونات هيدروجين بعدد الفرق بين الذرات على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل هيدروجين	$Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ فرق الهيدروجين بين الطرفين 14، نضيف 14 أيون هيدروجين إلى المتفاعلات $14H^+ + Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ $H_2O + HNO_2 \rightarrow NO_3^-$ فرق الهيدروجين بين الطرفين 3، نضيف 3 أيون هيدروجين إلى النواتج $H_2O + HNO_2 \rightarrow NO_3^- + 3H^+$
أوازن الشحنات بإضافة عدد من الإلكترونات إلى طرف المعادلة الذي يكون فيه المجموع الجبري أكبر، حتى يتساوى المجموع على الطرفين	$14H^+ + Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ فرق الشحنات بين الطرفين (6) إذًا نجمع $6e^-$ إلى المتفاعلات $14H^+ + Cr_2O_7^{2-} + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ $H_2O + HNO_2 \rightarrow NO_3^- + 3H^+$ فرق الشحنات بين الطرفين (2) إذًا نجمع $2e^-$ إلى النواتج $H_2O + HNO_2 \rightarrow NO_3^- + 3H^+ + 2e^-$
أتأكد من مساواة الإلكترونات في أنصاف التفاعلات حتى تكون الإلكترونات المفقودة = الإلكترونات المكتسبة، فنضرب الثاني بـ 3	$14H^+ + Cr_2O_7^{2-} + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ $3H_2O + 3HNO_2 \rightarrow 3NO_3^- + 9H^+ + 6e^-$
أجمع نصفي التفاعل وأحذف الإلكترونات وأختصر	نختصر جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين
المعادلة الكلية (النهائية) للتأكسد والاختزال	$5H^+ + Cr_2O_7^{2-} + 3HNO_2 \rightarrow 2Cr^{3+} + 3NO_3^- + 4H_2O$

أتحقق (1) ص89: أوازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في الوسط الحمضي ثم أحدد العامل المؤكسد والعامل المختزل

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

أقسم المعادلة إلى نصفي تفاعل حسب كل مادة ووجودها على الطرفين	$BrO_3^- \rightarrow Br^-$ $C_2O_4^{2-} \rightarrow CO_2$
أوازن الذرات في كل نصف تفاعل، ما عدا الأكسجين والهيدروجين	$BrO_3^- \rightarrow Br^-$ $C_2O_4^{2-} \rightarrow 2CO_2$
أوازن الأكسجين في كل نصف تفاعل، بإضافة جزيئات ماء بعدد الفرق بين ذرات الأكسجين على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل أكسجين	$BrO_3^- \rightarrow Br^-$ فرق الأكسجين بين الطرفين 3، نضيف 3 جزيئات ماء إلى النواتج $BrO_3^- \rightarrow Br^- + 3H_2O$ $C_2O_4^{2-} \rightarrow 2CO_2$ فرق الأكسجين بين الطرفين 0، فلا نضيف شيئًا من الماء $C_2O_4^{2-} \rightarrow 2CO_2$
أوازن الهيدروجين في كل نصف تفاعل، بإضافة أيونات هيدروجين بعدد الفرق بين الذرات على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل هيدروجين	$BrO_3^- \rightarrow Br^- + 3H_2O$ فرق الهيدروجين بين الطرفين 6، نضيف 6 أيون هيدروجين إلى المتفاعلات $6H^+ + BrO_3^- \rightarrow Br^- + 3H_2O$ $C_2O_4^{2-} \rightarrow 2CO_2$ فرق الهيدروجين بين الطرفين 0، لا نضيف شيئًا $C_2O_4^{2-} \rightarrow 2CO_2$
أوازن الشحنات بإضافة عدد من الإلكترونات إلى طرف المعادلة الذي يكون فيه المجموع الجبري أكبر، حتى يتساوى المجموع على الطرفين	$6H^+ + BrO_3^- \rightarrow Br^- + 3H_2O$ فرق الشحنات بين الطرفين (6) إذًا نجمع $6e^-$ إلى المتفاعلات $6H^+ + BrO_3^- + 6e^- \rightarrow Br^- + 3H_2O$ $C_2O_4^{2-} \rightarrow 2CO_2$ فرق الشحنات بين الطرفين (2) إذًا نجمع $2e^-$ إلى النواتج $C_2O_4^{2-} \rightarrow 2CO_2 + 2e^-$
أتأكد من مساواة الإلكترونات في أنصاف التفاعلات حتى تكون الإلكترونات المفقودة = الإلكترونات المكتسبة، فنضرب الثاني بـ 3	$6H^+ + BrO_3^- + 6e^- \rightarrow Br^- + 3H_2O$ $3C_2O_4^{2-} \rightarrow 6CO_2 + 6e^-$
أجمع نصفي التفاعل وأحذف الإلكترونات وأختصر	
المعادلة الكلية (النهائية) للتأكسد والاختزال	$6H^+ + BrO_3^- + 3C_2O_4^{2-} \rightarrow Br^- + 6CO_2 + 3H_2O$

العامل المؤكسد: BrO_3^- العامل المختزل: $C_2O_4^{2-}$

أتحقق (2) ص89: أوازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في الوسط الحمضي ثم أحدد العامل المؤكسد والعامل المختزل

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

أقسم المعادلة إلى نصفي تفاعل حسب كل مادة ووجودها على الطرفين	$As \rightarrow H_3AsO_3$ $ClO_3^- \rightarrow HClO$
أوازن الذرات في كل نصف تفاعل، ما عدا الأكسجين والهيدروجين	$As \rightarrow H_3AsO_3$ $ClO_3^- \rightarrow HClO$
أوازن الأكسجين في كل نصف تفاعل، بإضافة جزيئات ماء بعدد الفرق بين ذرات الأكسجين على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل أكسجين	$As \rightarrow H_3AsO_3$ فرق الأكسجين عالطرفين 3، نضيف 3 جزيئات ماء إلى المتفاعلات $3H_2O + As \rightarrow H_3AsO_3$ $ClO_3^- \rightarrow HClO$ فرق الأكسجين بين الطرفين 2، نضيف 2 جزيئات ماء إلى النواتج $ClO_3^- \rightarrow HClO + 2H_2O$
أوازن الهيدروجين في كل نصف تفاعل، بإضافة أيونات هيدروجين بعدد الفرق بين الذرات على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل هيدروجين	$3H_2O + As \rightarrow H_3AsO_3$ فرق الهيدروجين بين الطرفين 3، نضيف 3 أيون هيدروجين إلى النواتج $3H_2O + As \rightarrow H_3AsO_3 + 3H^+$ $ClO_3^- \rightarrow HClO + 2H_2O$ فرق الهيدروجين بين الطرفين 5، نضيف 3 أيون هيدروجين إلى المتفاعلات $5H^+ + ClO_3^- \rightarrow HClO + 2H_2O$
أوازن الشحنات بإضافة عدد من الإلكترونات إلى طرف المعادلة الذي يكون فيه المجموع الجبري أكبر، حتى يتساوى المجموع على الطرفين	$3H_2O + As \rightarrow H_3AsO_3 + 3H^+$ فرق الشحنات بين الطرفين (3) إذًا نجمع $3e^-$ إلى النواتج $3H_2O + As \rightarrow H_3AsO_3 + 3H^+ + 3e^-$ $5H^+ + ClO_3^- \rightarrow HClO + 2H_2O$ فرق الشحنات بين الطرفين (4) إذًا نجمع $4e^-$ إلى المتفاعلات $4e^- + 5H^+ + ClO_3^- \rightarrow HClO + 2H_2O$
أتأكد من مساواة الإلكترونات في أنصاف التفاعلات حتى تكون الإلكترونات المفقودة = الإلكترونات المكتسبة، المضاعف المشترك الأصغر =24	نضربها الأولى بـ4 والثانية بـ3 $12H_2O + 4As \rightarrow 4H_3AsO_3 + 12H^+ + 12e^-$ $12e^- + 15H^+ + 3ClO_3^- \rightarrow 3HClO + 6H_2O$
أجمع نصفي التفاعل وأحذف الإلكترونات وأختصر	نختصر جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين
المعادلة الكلية (النهائية) للتأكسد والاختزال	$6H_2O + 4As + 3ClO_3^- + 3H^+ \rightarrow 4H_3AsO_3 + 3HClO$

العامل المؤكسد: ClO_3^- العامل المختزل: As

مثال(10) ص90: أوازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في الوسط القاعدي:

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

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

أقسم المعادلة إلى نصفي تفاعل حسب كل مادة ووجودها على الطرفين	$MnO_4^- \rightarrow MnO_2$ $ClO_2^- \rightarrow ClO_4^-$
أوازن الذرات في كل نصف تفاعل، ما عدا الأكسجين والهيدروجين	$MnO_4^- \rightarrow MnO_2$ $ClO_2^- \rightarrow ClO_4^-$
أوازن الأكسجين في كل نصف تفاعل، بإضافة جزيئات ماء بعدد الفرق بين ذرات الأكسجين على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل أكسجين	$MnO_4^- \rightarrow MnO_2$ فرق الأكسجين بين الطرفين 2، نضيف 2 جزيء ماء إلى النواتج $MnO_4^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$ $ClO_2^- \rightarrow ClO_4^-$ فرق الأكسجين بين الطرفين 2، نضيف 2 جزيء ماء إلى المتفاعلات $2H_2O + ClO_2^- \rightarrow ClO_4^-$
أوازن الهيدروجين في كل نصف تفاعل، بإضافة أيونات هيدروجين بعدد الفرق بين الذرات على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل هيدروجين	$MnO_4^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$ فرق الهيدروجين بين الطرفين 4، نضيف 4 أيون هيدروجين إلى المتفاعلات $4H^+ + MnO_4^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$ $2H_2O + ClO_2^- \rightarrow ClO_4^-$ فرق الهيدروجين بين الطرفين 4، نضيف 4 أيون هيدروجين إلى النواتج $2H_2O + ClO_2^- \rightarrow ClO_4^- + 4H^+$
أوازن الشحنات بإضافة عدد من الإلكترونات إلى طرف المعادلة الذي يكون فيه المجموع الجبري أكبر، حتى يتساوى المجموع على الطرفين	$4H^+ + MnO_4^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$ فرق الشحنات بين الطرفين (3) إذًا نجمع $3e^-$ إلى المتفاعلات $3e^- + 4H^+ + MnO_4^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$ $2H_2O + ClO_2^- \rightarrow ClO_4^- + 4H^+$ فرق الشحنات بين الطرفين (4) إذًا نجمع $4e^-$ إلى النواتج $2H_2O + ClO_2^- \rightarrow ClO_4^- + 4H^+ + 4e^-$
أتأكد من مساواة الإلكترونات في أنصاف التفاعلات حتى تكون الإلكترونات المفقودة = الإلكترونات المكتسبة، المضاعف المشترك الأصغر = 12	نضرب الأولى بـ 4 والثانية بـ3 $12e^- + 16H^+ + 4MnO_4^- \rightarrow 4MnO_2 + 8H_2O$ $6H_2O + 3ClO_2^- \rightarrow 3ClO_4^- + 12H^+ + 12e^-$
أجمع نصفي التفاعل وأحذف الإلكترونات وأختصر	نختصر جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين
المعادلة الكلية قبل إضافة الوسط القاعدي	$4H^+ + 4MnO_4^- + 3ClO_2^- \rightarrow 4MnO_2 + 3ClO_4^- + 2H_2O$
نضيف أيونات الهيدروكسيد لطرفي المعادلة بعدد أيونات الهيدروجين	$4OH^- + 4H^+ + 4MnO_4^- + 3ClO_2^- \rightarrow 4MnO_2 + 3ClO_4^- + 2H_2O + 4OH^-$
المعادلة الكلية في الوسط القاعدي	$2H_2O + 4MnO_4^- + 3ClO_2^- \rightarrow 4MnO_2 + 3ClO_4^- + 4OH^-$

مثال(11) ص92: أوازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في الوسط القاعدي:

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

أقسم المعادلة إلى نصفي تفاعل حسب كل مادة ووجودها على الطرفين	$Br_2 \rightarrow Br^-$ $Br_2 \rightarrow BrO_3^-$
أوازن الذرات في كل نصف تفاعل، ما عدا الأكسجين والهيدروجين	$Br_2 \rightarrow 2Br^-$ $Br_2 \rightarrow 2BrO_3^-$
أوازن الأكسجين في كل نصف تفاعل، بإضافة جزيئات ماء بعدد الفرق بين ذرات الأكسجين على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل أكسجين	$Br_2 \rightarrow 2Br^-$ فرق الأكسجين بين الطرفين 0 $Br_2 \rightarrow 2Br^-$ $Br_2 \rightarrow 2BrO_3^-$ فرق الأكسجين بين الطرفين 6، نضيف 6 جزيء ماء إلى المتفاعلات $6H_2O + Br_2 \rightarrow 2BrO_3^-$
أوازن الهيدروجين في كل نصف تفاعل، بإضافة أيونات هيدروجين بعدد الفرق بين الذرات على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل هيدروجين	$Br_2 \rightarrow 2Br^-$ فرق الهيدروجين بين الطرفين 0 $Br_2 \rightarrow 2Br^-$ $6H_2O + Br_2 \rightarrow 2BrO_3^-$ فرق الهيدروجين بين الطرفين 12، نضيف 12 أيون هيدروجين إلى النواتج $6H_2O + Br_2 \rightarrow 2BrO_3^- + 12H^+$
أوازن الشحنات بإضافة عدد من الإلكترونات إلى طرف المعادلة الذي يكون فيه المجموع الجبري أكبر، حتى يتساوى المجموع على الطرفين	$Br_2 \rightarrow 2Br^-$ فرق الشحنات بين الطرفين (2) إذًا نجمع $2e^-$ إلى المتفاعلات $2e^- + Br_2 \rightarrow 2Br^-$ $6H_2O + Br_2 \rightarrow 2BrO_3^- + 12H^+$ فرق الشحنات بين الطرفين (10) إذًا نجمع $10e^-$ إلى النواتج $6H_2O + Br_2 \rightarrow 2BrO_3^- + 12H^+ + 10e^-$
أتأكد من مساواة الإلكترونات في أنصاف التفاعلات حتى تكون الإلكترونات المفقودة = الإلكترونات المكتسبة، المضاعف المشترك الأصغر = 10	نضرب الأولى بـ 5 $10e^- + 5Br_2 \rightarrow 10Br^-$ $6H_2O + Br_2 \rightarrow 2BrO_3^- + 12H^+ + 10e^-$
أجمع نصفي التفاعل وأحذف الإلكترونات وأختصر	نختصر جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين
المعادلة الكلية قبل إضافة الوسط القاعدي	$6H_2O + 6Br_2 \rightarrow 2BrO_3^- + 10Br^- + 12H^+$
نضيف أيونات الهيدروكسيد لطرفي المعادلة بعدد أيونات الهيدروجين	$12OH^- + 6H_2O + 6Br_2 \rightarrow 2BrO_3^- + 10Br^- + 12H^+ + 12OH^-$
المعادلة الكلية في الوسط القاعدي	$12OH^- + 6Br_2 \rightarrow 2BrO_3^- + 10Br^- + 6H_2O$
المعادلة في أبسط صورة بالقسمة على 2	$6OH^- + 3Br_2 \rightarrow BrO_3^- + 5Br^- + 3H_2O$

بالتأكيد لاحظت أن التفاعل تأكسد واختزال ذاتي

هذا سؤال وزارة 2015 صيفية

مثال(12) ص92: أوازن نصف التفاعل الآتي بطريقة نصف التفاعل في الوسط القاعدي:

$$NO_3^- \rightarrow NH_3$$

أوازن الذرات، ما عدا الأكسجين والهيدروجين	$NO_3^- \rightarrow NH_3$ موزونة من ناحية النيتروجين
أوازن الأكسجين، بإضافة جزيئات ماء بعدد الفرق بين ذرات الأكسجين على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل أكسجين	$NO_3^- \rightarrow NH_3$ فرق الأكسجين بين الطرفين 3، نضيف 3 جزيئات ماء جهة النواتج $NO_3^- \rightarrow NH_3 + 3H_2O$
أوازن الهيدروجين في كل نصف تفاعل، بإضافة أيونات هيدروجين بعدد الفرق بين الذرات على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل هيدروجين	$NO_3^- \rightarrow NH_3 + 3H_2O$ فرق الهيدروجين بين الطرفين 9، نضيف 9 أيونات هيدروجين إلى المتفاعلات $9H^+ + NO_3^- \rightarrow NH_3 + 3H_2O$
أوازن الشحنات بإضافة عدد من الإلكترونات إلى طرف المعادلة الذي يكون فيه المجموع الجبري أكبر، حتى يتساوى المجموع على الطرفين	$9H^+ + NO_3^- \rightarrow NH_3 + 3H_2O$ فرق الشحنات بين الطرفين (8) إذًا نجمع $8e^-$ إلى المتفاعلات $8e^- + 9H^+ + NO_3^- \rightarrow NH_3 + 3H_2O$
نضيف أيونات الهيدروكسيد لطرفي المعادلة بعدد أيونات الهيدروجين	$9OH^- + 8e^- + 9H^+ + NO_3^- \rightarrow NH_3 + 3H_2O + 9OH^-$
نختصر الماء، أو نجمع حسب الطرف	$9H_2O + 8e^- + NO_3^- \rightarrow NH_3 + 3H_2O + 9OH^-$
نصف تفاعل الاختزال موزون في الوسط القاعدي	$NO_3^- + 6H_2O + 8e^- \rightarrow NH_3 + 9OH^-$

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

أتحقق (1) ص93: أوازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في الوسط القاعدي ثم أحدد العامل المؤكسد والعامل المختزل

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

أقسم المعادلة إلى نصفي تفاعل حسب كل مادة ووجودها على الطرفين	$CN^- \rightarrow OCN^-$ $AsO_4^- \rightarrow AsO_2^{2-}$
أوازن الذرات في كل نصف تفاعل، ما عدا الأكسجين والهيدروجين	$CN^- \rightarrow OCN^-$ $AsO_4^- \rightarrow AsO_2^{2-}$
أوازن الأكسجين في كل نصف تفاعل، بإضافة جزيئات ماء بعدد الفرق بين ذرات الأكسجين على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل أكسجين	$CN^- \rightarrow OCN^-$ فرق الأكسجين بين الطرفين 1، نضيف 1 جزيء ماء إلى المتفاعلات $H_2O + CN^- \rightarrow OCN^-$ $AsO_4^- \rightarrow AsO_2^{2-}$ فرق الأكسجين بين الطرفين 2، نضيف 2 جزيء ماء إلى النواتج $AsO_4^- \rightarrow AsO_2^{2-} + 2H_2O$
أوازن الهيدروجين في كل نصف تفاعل، بإضافة أيونات هيدروجين بعدد الفرق بين الذرات على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل هيدروجين	$H_2O + CN^- \rightarrow OCN^-$ فرق الهيدروجين بين الطرفين 2، نضيف 2 أيون هيدروجين إلى النواتج $H_2O + CN^- \rightarrow OCN^- + 2H^+$ $AsO_4^- \rightarrow AsO_2^{2-} + 2H_2O$ فرق الهيدروجين بين الطرفين 4، نضيف 4 أيون هيدروجين إلى المتفاعلات $4H^+ + AsO_4^- \rightarrow AsO_2^{2-} + 2H_2O$
أوازن الشحنات بإضافة عدد من الإلكترونات إلى طرف المعادلة الذي يكون فيه المجموع الجبري أكبر، حتى يتساوى المجموع على الطرفين	$H_2O + CN^- \rightarrow OCN^- + 2H^+$ فرق الشحنات بين الطرفين (2) إذًا نجمع $2e^-$ إلى النواتج $H_2O + CN^- \rightarrow OCN^- + 2H^+ + 2e^-$ $4H^+ + AsO_4^- \rightarrow AsO_2^{2-} + 2H_2O$ فرق الشحنات بين الطرفين (5) إذًا نجمع $5e^-$ إلى المتفاعلات $5e^- + 4H^+ + AsO_4^- \rightarrow AsO_2^{2-} + 2H_2O$
أتأكد من مساواة الإلكترونات في أنصاف التفاعلات حتى تكون الإلكترونات المفقودة = الإلكترونات المكتسبة، المضاعف المشترك الأصغر = 10	نضرب الأولى بـ 5 والثانية بـ2 $5H_2O + 5CN^- \rightarrow 5OCN^- + 10H^+ + 10e^-$ $10e^- + 8H^+ + 2AsO_4^- \rightarrow 2AsO_2^{2-} + 4H_2O$
أجمع نصفي التفاعل وأحذف الإلكترونات وأختصر	نختصر جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين
المعادلة الكلية قبل إضافة الوسط القاعدي	$H_2O + 5CN^- + 2AsO_4^- \rightarrow 5OCN^- + 2AsO_2^{2-} + 2H^+$
نضيف أيونات الهيدروكسيد لطرفي المعادلة بعدد أيونات الهيدروجين	$2OH^- + H_2O + 5CN^- + 2AsO_4^- \rightarrow 5OCN^- + 2AsO_2^{2-} + 2H^+ + 2OH^-$
المعادلة الكلية في الوسط القاعدي	$2OH^- + 5CN^- + 2AsO_4^- \rightarrow 5OCN^- + 2AsO_2^{2-} + H_2O$

العامل المؤكسد: AsO_4^- العامل المختزل: CN^-

أتحقق (2) ص93: أوازن المعادلة الآتية بطريقة نصف التفاعل في الوسط القاعدي ثم أحدد العامل المؤكسد والعامل المختزل

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

أقسم المعادلة إلى نصفي تفاعل حسب كل مادة ووجودها على الطرفين	$NiO_2 \rightarrow Ni(OH)_2$ $S_2O_3^{2-} \rightarrow SO_3^{2-}$
أوازن الذرات في كل نصف تفاعل، ما عدا الأكسجين والهيدروجين	$NiO_2 \rightarrow Ni(OH)_2$ $S_2O_3^{2-} \rightarrow 2SO_3^{2-}$
أوازن الأكسجين في كل نصف تفاعل، بإضافة جزيئات ماء بعدد الفرق بين ذرات الأكسجين على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل أكسجين	$NiO_2 \rightarrow Ni(OH)_2$ فرق الأكسجين بين الطرفين 0 $NiO_2 \rightarrow Ni(OH)_2$ $S_2O_3^{2-} \rightarrow 2SO_3^{2-}$ فرق الأكسجين بين الطرفين 3، نضيف 3 جزيء ماء إلى المتفاعلات $3H_2O + S_2O_3^{2-} \rightarrow 2SO_3^{2-}$
أوازن الهيدروجين في كل نصف تفاعل، بإضافة أيونات هيدروجين بعدد الفرق بين الذرات على الطرفين، وتكون الإضافة في الجهة الأقل هيدروجين	$NiO_2 \rightarrow Ni(OH)_2$ فرق الهيدروجين بين الطرفين 2، نضيف 2 أيون هيدروجين إلى المتفاعلات $2H^+ + NiO_2 \rightarrow Ni(OH)_2$ $3H_2O + S_2O_3^{2-} \rightarrow 2SO_3^{2-}$ فرق الهيدروجين بين الطرفين 6، نضيف 6 أيون هيدروجين إلى النواتج $3H_2O + S_2O_3^{2-} \rightarrow 2SO_3^{2-} + 6H^+$
أوازن الشحنات بإضافة عدد من الإلكترونات إلى طرف المعادلة الذي يكون فيه المجموع الجبري أكبر، حتى يتساوى المجموع على الطرفين	$2H^+ + NiO_2 \rightarrow Ni(OH)_2$ فرق الشحنات بين الطرفين (2) إذًا نجمع $2e^-$ إلى المتفاعلات $2e^- + 2H^+ + NiO_2 \rightarrow Ni(OH)_2$ $3H_2O + S_2O_3^{2-} \rightarrow 2SO_3^{2-} + 6H^+$ فرق الشحنات بين الطرفين (4) إذًا نجمع $4e^-$ إلى النواتج $3H_2O + S_2O_3^{2-} \rightarrow 2SO_3^{2-} + 6H^+ + 4e^-$
أتأكد من مساواة الإلكترونات في أنصاف التفاعلات حتى تكون الإلكترونات المفقودة = الإلكترونات المكتسبة، المضاعف المشترك الأصغر = 10	نضرب الأولى بـ 2 $4e^- + 4H^+ + 2NiO_2 \rightarrow 2Ni(OH)_2$ $3H_2O + S_2O_3^{2-} \rightarrow 2SO_3^{2-} + 6H^+ + 4e^-$
أجمع نصفي التفاعل وأحذف الإلكترونات وأختصر	نختصر جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين
المعادلة الكلية قبل إضافة الوسط القاعدي	$3H_2O + 2NiO_2 + S_2O_3^{2-} \rightarrow 2Ni(OH)_2 + 2SO_3^{2-} + 2H^+$
نضيف أيونات الهيدروكسيد لطرفي المعادلة بعدد أيونات الهيدروجين	$2OH^- + 3H_2O + 2NiO_2 + S_2O_3^{2-} \rightarrow 2Ni(OH)_2 + 2SO_3^{2-} + 2H^+ + 2OH^-$
المعادلة الكلية في الوسط القاعدي	$2OH^- + H_2O + 2NiO_2 + S_2O_3^{2-} \rightarrow 2Ni(OH)_2 + 2SO_3^{2-}$

العامل المؤكسد: NiO_2 العامل المختزل: $S_2O_3^{2-}$

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

$$IO_3^- + Sn^{2+} \rightarrow I^- + Sn^{4+}$$

$IO_3^- \rightarrow I^-$ $Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+}$
نوازن الذرات عدا الأكسجين والهيدروجين، وهي موزونة
فرق الأكسجين في الأولى عالطرفين 3، نضيف 3 جزيئات ماء إلى النواتج $IO_3^- \rightarrow I^- + 3H_2O$ فرق الأكسجين في الثانية عالطرفين 0، لا نضيف شيئًا $Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+}$
فرق الهيدروجين في الأولى عالطرفين 6، نضيف 6 أيون هيدروجين إلى النواتج $6H^+ + IO_3^- \rightarrow I^- + 3H_2O$ فرق الهيدروجين في الثانية عالطرفين 0، لا نضيف شيئًا $Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+}$
فرق الشحنات في الأولى بين الطرفين (6) إذًا نجمع $6e^-$ إلى المتفاعلات $6e^- + 6H^+ + IO_3^- \rightarrow I^- + 3H_2O$ فرق الشحنات في الثانية بين الطرفين (2) إذًا نجمع $2e^-$ إلى النواتج $Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$
الإلكترونات غير متساوية، نضرب الثانية بـ3 وتبقى الأولى كما هي $6e^- + 6H^+ + IO_3^- \rightarrow I^- + 3H_2O$ $3Sn^{2+} \rightarrow 3Sn^{4+} + 6e^-$
نجمع المعادلتين ونحذف الإلكترونات ونختصر ما يمكن اختصاره
$6H^+ + IO_3^- + 3Sn^{2+} \rightarrow I^- + 3Sn^{4+} + 3H_2O$

1- العامل المؤكسد: IO_3^- العامل المختزل: Sn^{2+}

2- عدد مولات جزئيات 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

$$NH_3 + NO_2 \rightarrow N_2$$

$NH_3 \rightarrow N_2$ $NO_2 \rightarrow N_2$
نوازن الذرات عدا الأكسجين والهيدروجين $2NH_3 \rightarrow N_2$ $2NO_2 \rightarrow N_2$
فرق الأكسجين في الأولى عالطرفين 0، لا نضيف شيئًا $2NH_3 \rightarrow N_2$ فرق الأكسجين في الثانية عالطرفين 4، نضيف 4 جزيئات ماء إلى النواتج $2NO_2 \rightarrow N_2 + 4H_2O$
فرق الهيدروجين في الأولى عالطرفين 6، نضيف 6 أيون هيدروجين إلى النواتج $2NH_3 \rightarrow N_2 + 6H^+$ فرق الهيدروجين في الثانية عالطرفين 8، نضيف 8 أيون هيدروجين إلى المتفاعلات $8H^+ + 2NO_2 \rightarrow N_2 + 4H_2O$
فرق الشحنات في الأولى بين الطرفين (6) إذًا نجمع $6e^-$ إلى النواتج $2NH_3 \rightarrow N_2 + 6H^+ + 6e^-$ فرق الشحنات في الثانية بين الطرفين (8) إذًا نجمع $8e^-$ إلى المتفاعلات $8e^- + 8H^+ + 2NO_2 \rightarrow N_2 + 4H_2O$
الإلكترونات غير متساوية، المضاعف المشترك الأصغر 24، نضرب الأولى بـ4 ونضرب الثانية بـ3 $8NH_3 \rightarrow 4N_2 + 24H^+ + 24e^-$ $24e^- + 24H^+ + 6NO_2 \rightarrow 3N_2 + 12H_2O$
نجمع المعادلتين ونحذف الإلكترونات ونختصر ما يمكن اختصاره $8NH_3 + 6NO_2 \rightarrow 7N_2 + 12H_2O$

1- العامل المؤكسد: IO_3^- العامل المختزل: 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:

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

$Pb + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4$ $PbO_2 + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4$
نوازن الذرات عدا الأكسجين والهيدروجين، وهي موزونة
فرق الأكسجين في الأولى عالطرفين 0، لا نضيف شيئًا $Pb + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4$ فرق الأكسجين في الثانية عالطرفين 2، نضيف 2 جزيئات ماء إلى النواتج $PbO_2 + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$
فرق الهيدروجين في الأولى عالطرفين 2، نضيف 2 أيون هيدروجين إلى النواتج $Pb + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4 + 2H^+$ فرق الهيدروجين في الثانية عالطرفين 2، نضيف 2 أيون هيدروجين إلى المتفاعلات $2H^+ + PbO_2 + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$
فرق الشحنات في الأولى بين الطرفين (2) إذًا نجمع $2e^-$ إلى النواتج $Pb + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4 + 2H^+ + 2e^-$ فرق الشحنات في الثانية بين الطرفين (2) إذًا نجمع $2e^-$ إلى المتفاعلات $2e^- + 2H^+ + PbO_2 + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$
الإلكترونات متساوية
نجمع المعادلتين ونحذف الإلكترونات ونختصر ما يمكن اختصاره
$Pb + 2H_2SO_4 + PbO_2 \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$

تدريب (4): أوازن نصف التفاعل في وسط حمضي وأحدِّد هل يحتاج عامل مؤكسد أم مختزل؟ وكم عدد مولات الإلكترونات في نصف التفاعل؟

$$N_2H_4 \rightarrow NO$$

نوازن الذرات عدا الأكسجين والهيدروجين $N_2H_4 \rightarrow 2NO$
فرق الأكسجين عالطرفين 2 $2H_2O + N_2H_4 \rightarrow 2NO$
فرق الهيدروجين عالطرفين 8 $2H_2O + N_2H_4 \rightarrow 2NO + 8H^+$
فرق الشحنات بين الطرفين (8) إذًا نجمع $8e^-$ إلى النواتج $2H_2O + N_2H_4 \rightarrow 2NO + 2H^+ + 8e^-$

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؟

$$H_2S \rightarrow S_8$$

$$Al \rightarrow AlO_2^-$$

تدريب (2): أوازن التفاعلات الآتية في وسط حمضي

$$S^{2-} + NO_3^- \rightarrow S + NO$$

م. مريم السرطاوي

$$MnO_4^- + CH_3OH \rightarrow Mn^{2+} + HCO_2H$$

تدريب (3): أوازن التفاعل الآتي في وسط قاعدي

$$H_2O_2 + ClO_2 \rightarrow ClO_2^- + O_2$$

مساعدة: ستلاحظ أن ذرات الأكسجين تتأكسد في هذا التفاعل وأن H_2O_2 عامل مختزل

م. مريم السرطاوي

حل مراجعة الدرس الأول: التأكسد والاختزال

السؤال (1): تفاعلا التأكسد والاختزال متلازمان يحدثان دائمًا معًا، 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
$Ba\mathbf{O}_2$	الباريوم= 2+شحنة المركب = 0	$(+2 \times 1) + (O \times 2) = 0$ $O = -1$
$H_2\mathbf{P}O_4^-$	الهيدروجين = 1+ الأكسجين = 2− شحنة الأيون = 1−	$(+1 \times 2) + (P \times 1) + (-2 \times 4) = -1$ $P = +5$
$LiAl\mathbf{H}_4$	الليثيوم = 1+ الألمنيوم = 3+ شحنة المركب = 0	$(+3 \times 1) + (+1 \times 1) + (H \times 4) = 0$ $H = -1$
$K_2\mathbf{Sn}O_2$	البوتاسيوم = 1+ الأكسجين = 2− شحنة المركب = 0	$(+1 \times 2) + (Sn \times 1) + (-2 \times 2) = 0$ $Sn = +2$
$Na\mathbf{Bi}O_3$	الصوديوم = 1+ الأكسجين = 2− شحنة المركب = 0	$(+1 \times 1) + (Bi \times 1) + (-2 \times 3) = 0$ $Bi = +5$
$\mathbf{N}_2O_4$	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)

$$HNO_3 + 6HI \rightarrow 2NO + 3I_2 + 4H_2O$$

يقل عدد تأكسد N من 5+ في HNO_3 إلى 2+ في NO / حدث اختزال لذرات النيتروجين

يزداد عدد تأكسد I من 1− في HI إلى 0 في I_2 / 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)

$$2K + 2H_2O \rightarrow 2KOH + H_2$$

يقل عدد تأكسد H من 1+ في H_2O إلى 0 في H_2 / 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 أجيب عن الأسئلة الآتية:

$$N_2O_4 + 2N_2H_4 \rightarrow 3N_2 + 4H_2O$$

أ- أحدد التغير 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:

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

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 مؤكسدًا أم مختزلاً:

(1) في الوسط الحمضي $HSO_3^- \rightarrow SO_4^{2-}$

الكبريت موزون
فرق الأكسجين عالطرفين 1 $H_2O + HSO_3^- \rightarrow SO_4^{2-}$
فرق الهيدروجين عالطرفين 3 $H_2O + HSO_3^- \rightarrow SO_4^{2-} + 3H^+$
فرق الشحنات بين الطرفين (2) إذًا نجمع $2e^-$ إلى النواتج $H_2O + HSO_3^- \rightarrow SO_4^{2-} + 3H^+ + 2e^-$

HSO_3^- عامل مختزل

(2) في الوسط القاعدي: $CrO_4^{2-} \rightarrow Cr(OH)_3$

الكروم موزون
فرق الأكسجين عالطرفين 1 $CrO_4^{2-} \rightarrow Cr(OH)_3 + H_2O$
فرق الهيدروجين عالطرفين 5 $5H^+ + CrO_4^{2-} \rightarrow Cr(OH)_3 + H_2O$
فرق الشحنات بين الطرفين (3) إذًا نجمع $3e^-$ إلى المتفاعلات $3e^- + 5H^+ + CrO_4^{2-} \rightarrow Cr(OH)_3 + H_2O$
نجمع $5OH^-$ لكلا الطرفين ونختصر الماء $3e^- + 5H^+ + 5OH^- + CrO_4^{2-} \rightarrow Cr(OH)_3 + H_2O + 5OH^-$ $3e^- + 4H_2O + CrO_4^{2-} \rightarrow Cr(OH)_3 + 5OH^-$

CrO_4^{2-} عامل مؤكسد

السؤال (9): أوازن معادلات التأكسد والاختزال الآتية بطريقة نصف التفاعل وأحدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل منها:

(1) $Cr_2O_3 + NO_3^- \xrightarrow{OH^-} CrO_4^{2-} + NO_2^-$

$Cr_2O_3 \rightarrow CrO_4^{2-}$ $NO_3^- \rightarrow NO_2^-$
نوازن الذرات عدا الأكسجين والهيدروجين $Cr_2O_3 \rightarrow 2CrO_4^{2-}$ $NO_3^- \rightarrow NO_2^-$
فرق الأكسجين في الأولى عالطرفين 5 $5H_2O + Cr_2O_3 \rightarrow 2CrO_4^{2-}$ فرق الأكسجين في الثانية عالطرفين 1 $NO_3^- \rightarrow NO_2^- + H_2O$
فرق الهيدروجين في الأولى عالطرفين 10 $5H_2O + Cr_2O_3 \rightarrow 2CrO_4^{2-} + 10H^+$ فرق الهيدروجين في الثانية عالطرفين 2 $2H^+ + NO_3^- \rightarrow NO_2^- + H_2O$
فرق الشحنات في الأولى بين الطرفين (6) إذًا نجمع $6e^-$ إلى النواتج $5H_2O + Cr_2O_3 \rightarrow 2CrO_4^{2-} + 10H^+ + 6e^-$ فرق الشحنات في الثانية بين الطرفين (2) إذًا نجمع $2e^-$ إلى المتفاعلات $2e^- + 2H^+ + NO_3^- \rightarrow NO_2^- + H_2O$
الإلكترونات غير متساوية، نضرب الثانية بـ3 والأولى تبقى كما هي $5H_2O + Cr_2O_3 \rightarrow 2CrO_4^{2-} + 10H^+ + 6e^-$ $6e^- + 6H^+ + 3NO_3^- \rightarrow 3NO_2^- + 3H_2O$

نجمع المعادلتين ونحذف الإلكترونات ونختصر ما يمكن اختصاره

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

نضيف أيون الهيدروكسيد إلى الطرفين لأن التفاعل في وسط قاعدي

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

نختصر الماء لنخرج بالمعادلة الكلية في الوسط القاعدي

$$4OH^- + Cr_2O_3 + 3NO_3^- \rightarrow 2CrO_4^{2-} + 3NO_2^- + 2H_2O$$

العامل المؤكسد: NO_3^- العامل المختزل: Cr_2O_3

---

(2) $$Zn + HgO \xrightarrow{OH^-} ZnO_2^{2-} + Hg$$

$$Zn \rightarrow ZnO_2^{2-}$$
$$HgO \rightarrow Hg$$

نوازن الذرات عدا الأكسجين والهيدروجين، موزونة

فرق الأكسجين في الأولى عالطرفين 2

$$2H_2O + Zn \rightarrow ZnO_2^{2-}$$

فرق الأكسجين في الثانية عالطرفين 1

$$HgO \rightarrow Hg + H_2O$$

فرق الهيدروجين في الأولى عالطرفين 4

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

فرق الهيدروجين في الثانية عالطرفين 2

$$2H^+ + HgO \rightarrow Hg + H_2O$$

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

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

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

$$2e^- + 2H^+ + HgO \rightarrow Hg + H_2O$$

الإلكترونات متساوية

نجمع المعادلتين ونحذف الإلكترونات ونختصر ما يمكن اختصاره

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

نضيف أيون الهيدروكسيد إلى الطرفين لأن التفاعل في وسط قاعدي

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

نختصر الماء لنخرج بالمعادلة الكلية في الوسط القاعدي

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

العامل المؤكسد: HgO العامل المختزل: Zn

سؤال وزارة 2014 شتوية وورد في منهاج الكيمياء 2007

(3) $BiO_3^- + Mn^{2+} \xrightarrow{H^+} Bi^{3+} + MnO_4^-$

$BiO_3^- \rightarrow Bi^{3+}$
$Mn^{2+} \rightarrow MnO_4^-$

نوازن الذرات عدا الأكسجين والهيدروجين، موزونة

فرق الأكسجين في الأولى عالطرفين 3
$BiO_3^- \rightarrow Bi^{3+} + 3H_2O$

فرق الأكسجين في الثانية عالطرفين 4
$4H_2O + Mn^{2+} \rightarrow MnO_4^-$

فرق الهيدروجين في الأولى عالطرفين 6
$6H^+ + BiO_3^- \rightarrow Bi^{3+} + 3H_2O$

فرق الهيدروجين في الثانية عالطرفين 8
$4H_2O + Mn^{2+} \rightarrow MnO_4^- + 8H^+$

فرق الشحنات في الأولى بين الطرفين (2) إذًا نجمع $2e^-$ إلى المتفاعلات
$2e^- + 6H^+ + BiO_3^- \rightarrow Bi^{3+} + 3H_2O$

فرق الشحنات في الثانية بين الطرفين (5) إذًا نجمع $5e^-$ إلى النواتج
$4H_2O + Mn^{2+} \rightarrow MnO_4^- + 8H^+ + 5e^-$

الإلكترونات غير متساوية، المضاعف المشترك الأصغر 10، فنضرب كل معادلة بعكس عدد e
$10e^- + 30H^+ + 5BiO_3^- \rightarrow 5Bi^{3+} + 15H_2O$
$8H_2O + 2Mn^{2+} \rightarrow 2MnO_4^- + 16H^+ + 10e^-$

نجمع المعادلتين ونحذف الإلكترونات ونختصر ما يمكن اختصاره
$14H^+ + 5BiO_3^- + 2Mn^{2+} \rightarrow 5Bi^{3+} + 2MnO_4^- + 7H_2O$

العامل المؤكسد: BiO_3^- العامل المختزل: Mn^{2+}

سؤال وزارة 2014 صيفية وورد في منهاج الكيمياء 2007

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

$ClO^- \rightarrow Cl^-$
$Pb(OH)_4^{2-} \rightarrow PbO_2$

نوازن الذرات عدا الأكسجين والهيدروجين، موزونة

فرق الأكسجين في الأولى عالطرفين 1
$ClO^- \rightarrow Cl^- + H_2O$

فرق الأكسجين في الثانية عالطرفين 2
$Pb(OH)_4^{2-} \rightarrow PbO_2 + 2H_2O$

فرق الهيدروجين في الأولى عالطرفين 2
$2H^+ + ClO^- \rightarrow Cl^- + H_2O$

فرق الهيدروجين في الثانية عالطرفين 0
$Pb(OH)_4^{2-} \rightarrow PbO_2 + 2H_2O$

فرق الشحنات في الأولى بين الطرفين (2) إذًا نجمع $2e^-$ إلى المتفاعلات
$2e^- + 2H^+ + ClO^- \rightarrow Cl^- + H_2O$

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

$$Pb(OH)_4^{2-} \rightarrow PbO_2 + 2H_2O + 2e^-$$

$$2e^- + 2H^+ + ClO^- \rightarrow Cl^- + H_2O$$

$$Pb(OH)_4^{2-} \rightarrow PbO_2 + 2H_2O + 2e^-$$

نجمع المعادلتين ونحذف الإلكترونات ونختصر ما يمكن اختصاره

$$Pb(OH)_4^{2-} + 2H^+ + ClO^- \rightarrow PbO_2 + Cl^- + 3H_2O$$

نضيف أيون الهيدروكسيد إلى الطرفين لأن التفاعل في وسط قاعدي

$$2OH^- + Pb(OH)_4^{2-} + 2H^+ + ClO^- \rightarrow PbO_2 + Cl^- + 3H_2O + 2OH^-$$

نختصر الماء لنخرج بالمعادلة الكلية في الوسط القاعدي

$$Pb(OH)_4^{2-} + ClO^- \rightarrow PbO_2 + Cl^- + H_2O + 2OH^-$$

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

---

(5) $$ICl \xrightarrow{H^+} IO_3^- + I_2 + Cl^-$$

$$ICl \rightarrow I_2 + Cl^-$$

$$ICl \rightarrow IO_3^- + Cl^-$$

$$2ICl \rightarrow I_2 + 2Cl^-$$

$$ICl \rightarrow IO_3^- + Cl^-$$

فرق الأكسجين في الأولى عالطرفين 0

$$2ICl \rightarrow I_2 + 2Cl^-$$

فرق الأكسجين في الثانية عالطرفين 3

$$3H_2O + ICl \rightarrow IO_3^- + Cl^-$$

فرق الهيدروجين في الأولى عالطرفين 0

$$2ICl \rightarrow I_2 + 2Cl^-$$

فرق الهيدروجين في الثانية عالطرفين 6

$$3H_2O + ICl \rightarrow IO_3^- + Cl^- + 6H^+$$

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

$$2e^- + 2ICl \rightarrow I_2 + 2Cl^-$$

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

$$3H_2O + ICl \rightarrow IO_3^- + Cl^- + 6H^+ + 4e^-$$

الإلكترونات غير متساوية، نضرب الأولى بـ2 وتبقى الثانية كما هي

$$4e^- + 4ICl \rightarrow 2I_2 + 4Cl^-$$

$$3H_2O + ICl \rightarrow IO_3^- + Cl^- + 6H^+ + 4e^-$$

نجمع المعادلتين ونحذف الإلكترونات ونختصر ما يمكن اختصاره

$$3H_2O + 5ICl \rightarrow IO_3^- + 5Cl^- + 2I_2 + 6H^+$$

العامل المؤكسد: ICl العامل المختزل: ICl

سؤال وزارة 2002 صيفية وورد في منهاج الكيمياء 2016

$$Sb_2S_3 + NO_3^- \xrightarrow{H^+} Sb_2O_3 + S + NO \qquad (6)$$

$Sb_2S_3 \rightarrow Sb_2O_3 + S$ $NO_3^- \rightarrow NO$
نوازن الذرات عدا الأكسجين والهيدروجين $Sb_2S_3 \rightarrow Sb_2O_3 + 3S$ $NO_3^- \rightarrow NO$
فرق الأكسجين في الأولى عالطرفين 3 $3H_2O + Sb_2S_3 \rightarrow Sb_2O_3 + 3S$ فرق الأكسجين في الثانية عالطرفين 2 $NO_3^- \rightarrow NO + 2H_2O$
فرق الهيدروجين في الأولى عالطرفين 6 $3H_2O + Sb_2S_3 \rightarrow Sb_2O_3 + 3S + 6H^+$ فرق الهيدروجين في الثانية عالطرفين 4 $4H^+ + NO_3^- \rightarrow NO + 2H_2O$
فرق الشحنات في الأولى بين الطرفين (6) إذًا نجمع $6e^-$ إلى النواتج $3H_2O + Sb_2S_3 \rightarrow Sb_2O_3 + 3S + 6H^+ + 6e^-$ فرق الشحنات في الثانية بين الطرفين (3) إذًا نجمع $3e^-$ إلى المتفاعلات $3e^- + 4H^+ + NO_3^- \rightarrow NO + 2H_2O$
الإلكترونات غير متساوية، نضرب الثانية بـ2 والأولى تبقى كما هي $3H_2O + Sb_2S_3 \rightarrow Sb_2O_3 + 3S + 6H^+ + 6e^-$ $6e^- + 8H^+ + 2NO_3^- \rightarrow 2NO + 4H_2O$
نجمع المعادلتين ونحذف الإلكترونات ونختصر ما يمكن اختصاره
$2H^+ + Sb_2S_3 + 2NO_3^- \rightarrow Sb_2O_3 + 2NO + 3S + H_2O$

العامل المؤكسد: NO_3^- العامل المختزل: Sb_2S_3

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الدرس الثاني: الخلايا الحلفانية 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 أُستخدم 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 ثباتًا كيميائيًّا، كأكاسيد الفلزات وهيدروكسيداتها وكبريتيداتها وكربوناتها
- 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

منهاجي
متعة التعليم الهادف

تمهيد: ما هي الخلايا الجلفانية، وما أنواعها؟

قبل نبدأ — لازم نعرف

يختلف مبدأ عمل تلك الخلايا وسنتعلم 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

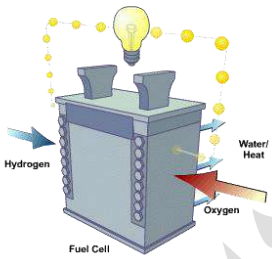
2- خلايا التحليل الكهربائي

ما المقصود بالخلايا الجلفانية؟

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

اذكر أمثلة على خلايا جلفانية

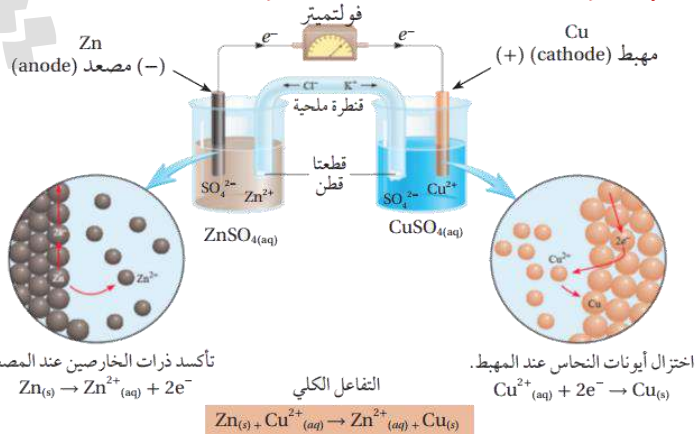
1- البطاريات بأنواعها: بطاريات (أوليّة) غير قابلة للشحن، بطاريات (ثانوية) قابلة للشحن كالتي تُستخدم في الهواتف الخلوية والحواسيب المحمولة (سيتم شرح ذلك لاحقًا)



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 استذكار هذا التفاعل (الإحلال الأحادي) ونشاط الفلزات

Na Mg Al Zn Fe H Cu Ag Au

ازدياد النشاط الكيميائي ←

ضو اللمبة + تعزيز: تعلمنا سابقًا في الصف العاشر والأول ثانوي تفاعل الإحلال الأحادي: حيث يحل العنصر الأنشط محل العنصر الأقل نشاطًا 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

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

حاليًا لو اعتمدنا على سلسلة النشاط الكيميائي التي نعرفها وقارنّا بين الخارصين والنحاس، سنجد أن الخارصين Zn أنشط من النحاس Cu وبالتالي يحل محله في هذا التفاعل، حيث نضع صفيحة خارصين في محلول كبريتات النحاس، فيتأكسد الخارصين بفقده إلكتروناته لأنه الأنشط ويحل محل النحاس في المحلول على شكل أيونات خارصين، والنحاس يكتسب تلك الإلكترونات فيُختزل ويترسب في المحلول وعلى الصفيحة

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

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

المعادلة الكلية للتأكسد والاختزال: $Zn_{(s)} + Cu^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}{}_{(aq)} + Cu_{(s)}$

حتى نستفيد من هذه الإلكترونات التي سيفقدها الخارصين إذا واجه النحاس، نفصلهما في وعاءين، فتنتقل بينهما الإلكترونات لنصنع بذلك دارة 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 مشبعًا وألاّ تتفاعل أيونات الملح مع الأيونات الموجودة في نصفي الخلية الجلفانية أو مع الأقطاب فيها، مثال على أملاح توضع في القنطرة (أملاح كهرلية قوية):

KCl , $NaCl$, KNO_3 , Na_2SO_4 , $NaNO_3$

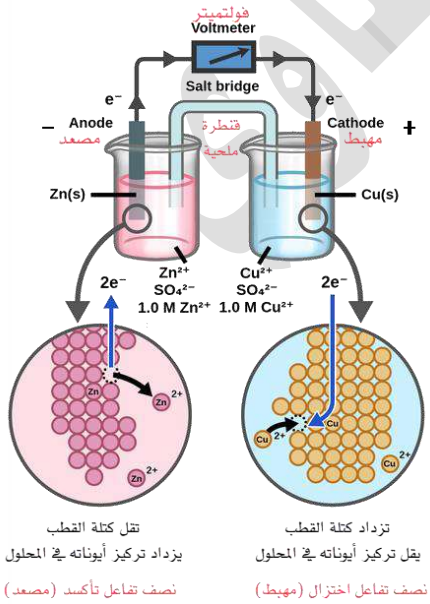
وظيفة القنطرة الملحية: تعادل الشحنات الكهربائية في نصفي الخلية الجلفانية، أي تحافظ على الاتزان الكهربائي فيستمر سريان التيار الكهربائي

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 جزئيًّا أطراف القنطرة الملحية، ويبدأ بالنفاذ 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، أيضًا أيونات القنطرة لا بد ألا تميل للتأكسد أو الاختزال في الوعائين

كيف يحدث تفاعل التأكسد والاختزال في الخلية الجلفانية السابقة؟

الفلز الأنشط هو الأكثر استعدادًا 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 نشاطًا الذي لن يتأكسد بل يحدث عليه الاختزال، حيث تُختزل أيوناته التي في المحلول فور اكتسابها تلك الإلكترونات (نصف خلية الاختزال)



منهاجي
متعة التعليم الهادف

اشرح آلية عمل الخلية الجلفانية

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

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

وبسبب التأكسد تتحول ذرات Zn من على القطب إلى أيونات 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 Cu^{2+} في المحلول اكتسبت الإلكترونات التي هبطت عليه، حيث تُختزل تلك الأيونات الموجبة على المهبط

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

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

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

4- مؤشر الفولتميتر: ينحرف مؤشر الفولتميتر باتجاه قطب النحاس Cu والسبب هو حركة الإلكترونات في الدارة الخارجية من قطب الخارصين إلى قطب النحاس، ودائمًا في الخلية الجلفانية حركة الإلكترونات في الدارة الخارجية من المصعد إلى المهبط، ومؤشر الفولتميتر ناحية المهبط

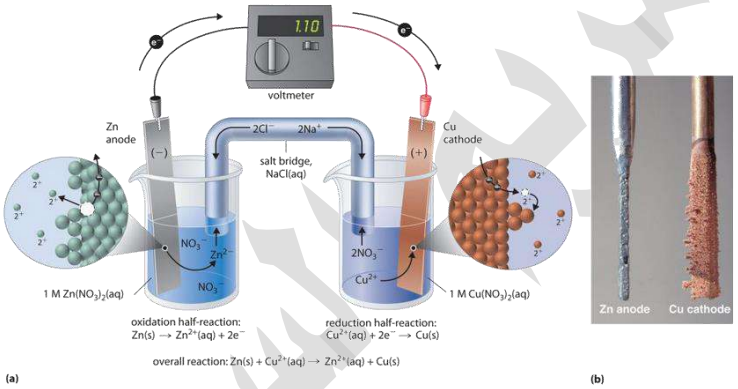
5- القنطرة الملحية:

- في نصف خلية المهبط: تتراكم ذرات النحاس Cu على قطب المهبط ويقل تركيز أيونات النحاس الموجبة Cu^{2+} في المحلول مقارنة بتركيز أيونات الكبريتات السالبة $SO_4{}^{2-}$
- في نصف خلية المصعد: يزداد تركيز أيونات الخارصين الموجبة Zn^{2+} في المحلول مقارنة بتركيز أيونات الكبريتات السالبة $SO_4{}^{2-}$

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

تعزيز: 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 الترسب على قطب النحاس (المهبط) وزادت كتلته



الرمز الاصطلاحي للخلايا 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:

صفيحة الخارصين مغموسة في محلول يحتوي على أيونات الخارصين Zn^{2+} مثل محلول كبريتات الخارصين $ZnSO_4$، يحدث فيها تفاعل التأكسد حسب المعادلة:

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

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

- الوعاء الثاني (المهبط): نصف خلية النحاس:

صفيحة النحاس مغموسة في محلول يحتوي على أيونات النحاس Cu^{2+} مثل محلول كبريتات النحاس $CuSO_4$، يحدث فيها تفاعل الاختزال حسب المعادلة:

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

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

التفاعل الكلي في الخلية الجلفانية :نجمع أنصاف التفاعلات

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

عامل مختزل عامل مؤكسد

ضو 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 تعرف أن نصف خلية لتأكسد دائمًا فيها عامل مختزل، ونصف خلية الاختزال دائمًا فيها عامل مؤكسد

الرمز الاصطلاحي للخلية الجلفانية $Zn - Cu$:

قطب نصف خلية التأكسد

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

قطب نصف خلية الاختزال

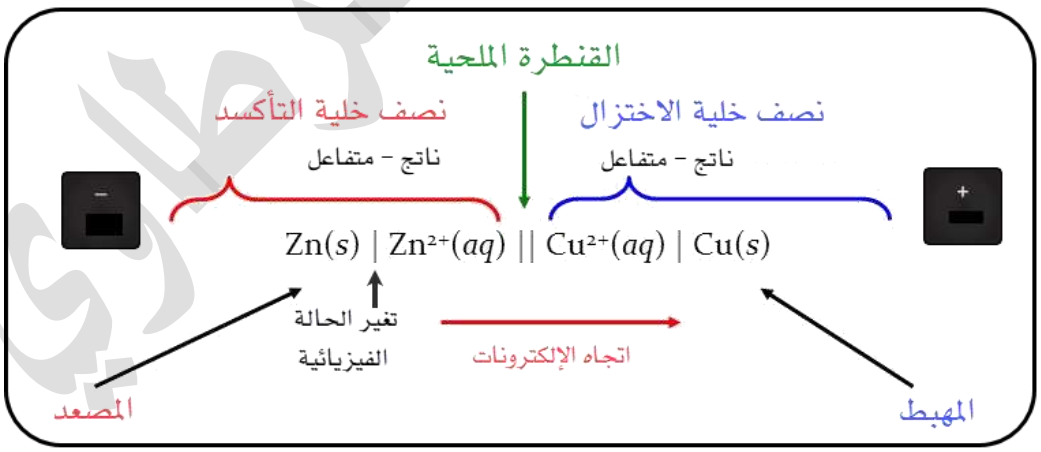
عامل مختزل عامل مؤكسد

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 |

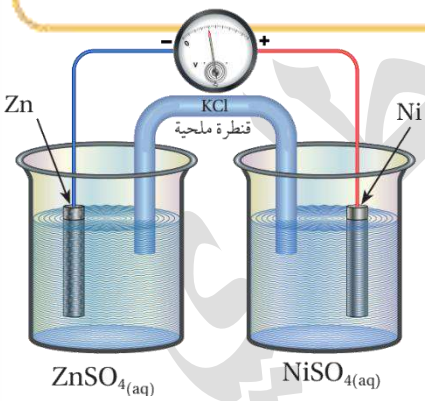


ولا بد أن تكون الأطراف أقطاب موصلة سواء كانت داخلة في تفاعل الخلية الجلفانية أو غير داخلة

تعزيز: ستلاحظ أن الأقطاب الصُّلبة على الأطراف، وهذا الأصل في كتابة رمز الخلية الجلفانية، فقد نستعمل أقطابًا موصلة تتفاعل في المحاليل كما المثال السابق، وقد نستعمل أقطابًا 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 دائمًا 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 (تترسب 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
- دائمًا هناك أقطاب موصلة (صلبة) للتيار الكهربائي في الخلية الجلفانية نعتبرها مصعد ومهبط، ومحاليل كهرلية في الأوعية، وقد تكون الأقطاب متفاعلة أو غير متفاعلة

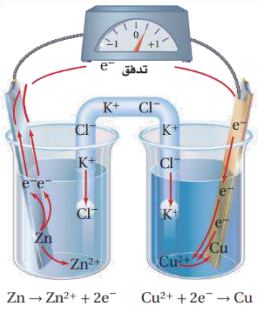


مثال(13) ص98: أدرس الشكل المجاور الذي يمثل خلية جلفانية مكونة من نصف خلية الخارصين $Zn^{2+}|Zn$ ونصف خلية النيكل $Ni^{2+}|Ni$، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

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 مخالفًا لما قد تظنه، فحتى تستوعب ذلك جيدًا عليك أن تعلم أن انحراف المؤشر لا يعني ذهابه تمامًا 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 جدا حتى تتجه إلى أقصى اليمين، لكنها في خلية الخارصين - النيكل ليست عالية جدًا وستتعلم حسابات جهد الخلية لاحقًا



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 (ونتعلمه لاحقًا في درس التنبؤ بتلقائية التفاعل)

2- أحدد حركة الإلكترونات عبر أسلاكها

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

3- أكتب نصفي تفاعل التأكسد والاختزال

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

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

التفاعل الكلي في الخلية الجلفانية: $Zn_{(s)} + Ni^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}{}_{(aq)} + Ni_{(s)}$

رمز الخلية الجلفانية $Zn-Ni$: $Zn_{(s)}|Zn^{2+}{}_{(aq)}||Ni^{2+}{}_{(aq)}|Ni_{(s)}$

4- أحدد 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 التغير 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 ص98: في الخلية الجلفانية التي يحدث فيها التفاعل الآتي:

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

1- أكتب نصفي تفاعل التأكسد والاختزال

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

نصف تفاعل التأكسد في نصف خلية $Cr^{3+}{}_{(aq)}|Cr_{(s)}$: $Cr_{(s)} \rightarrow Cr^{3+}{}_{(aq)} + 3e^-$

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

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

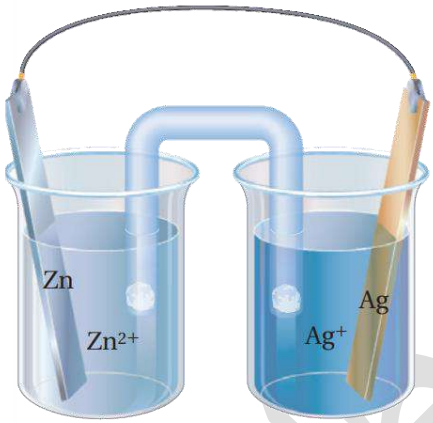
4- ما القطب الذي تزداد كتلته؟ ولماذا؟

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

5- أكتب رمز الخلية الجلفانية $Cr_{(s)}Cr^{3+}_{(aq)} \,||\, Ag^+_{(aq)}|Ag_{(s)}$

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 علمتَ أن قطب الخارصين قلت كتلته بعد يومين من تشغيل الخلية الجلفانية، أجب عما يأتي:



1- حدِّد المصعد

المصعد هو قطب الخارصين Zn لأن كتلته قلّت

2- حدِّد 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 علمتَ أن ملح KNO_3 هو المستخدم في القنطرة الملحية هو فأي 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 رمِّز الخلية الجلفانية

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

$$Zn|Zn^{2+}||\, Ag^+|Ag$$

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

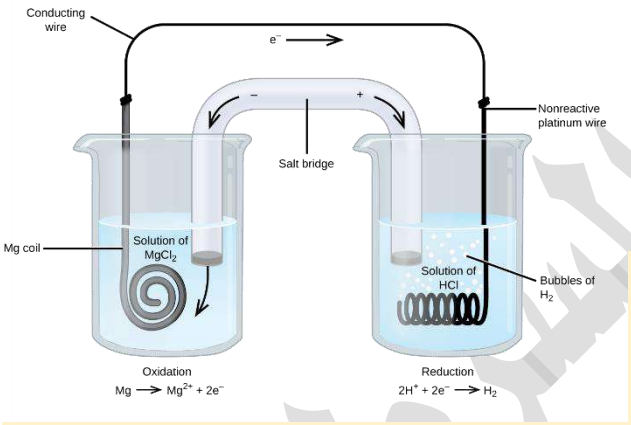
نصف تفاعل الاختزال عند المهبط: $Cu^{2+}{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$

التفاعل الكلي في الخلية الجلفانية بعد مساواة الإلكترونات في الأنصاف:

$$2Al_{(s)} + 3Cu^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow 3Cu_{(s)} + 2Al^{3+}{}_{(aq)}$$

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

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



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

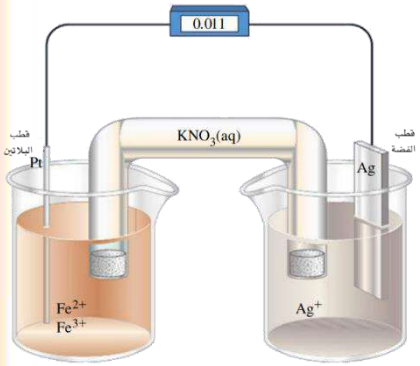
نصف تفاعل الاختزال عند المهبط: $2H^+{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$

التفاعل الكلي في الخلية الجلفانية:

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

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 لنضيف 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 داخلة 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 علمتَ أن أيونات الحديد Fe^{2+} في المحلول يتم أكسدتها إلى أيونات الحديد Fe^{3+} على قطب البلاتين Pt الذي لن يتفاعل مع تلك الأيونات وإنما مجرد ناقل للإلكترونات، بالمقابل فإنّ 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 ومحلوله؟ الأيونات الموجبة K^+ إلى نصف خلية الاختزال التي فيها أيونات الفضة

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

تزداد كتلة قطب الفضة لحدوث الاختزال عليه

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

بينما يبقى قطب البلاتين كما هو رغم حدوث التأكسد عنده ورغم أنه لا يدخل في نصف تفاعل التأكسد $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$

المعادلة الكلية: $Fe^{2+} + Ag^+ \rightarrow Fe^{3+} + Ag$

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

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

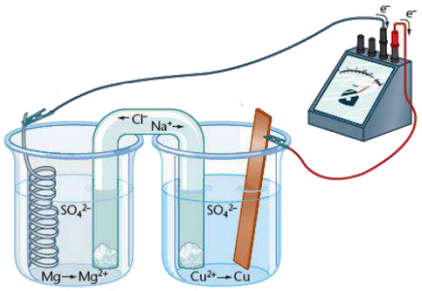
7- اكتب رمز الخلية الجلفانية $Pt|Fe^{2+}, Fe^{3+}||Ag^+|Ag$

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

منهاجي
متعة التعليم الهادف

ورقة عمل7: كيمياء الخلية الجلفانية، ورمز الخلية

تدريب (1): في الخلية الجلفانية Mg – Cu، حيث أن شريط المغنسيوم Mg مغموس في محلول كبريتات المغنيسيوم $MgSO_4$ وصفيحة النحاس Cu مغموسة في محلول كبريتات النحاس (II) $CuSO_4$، ادرس الشكل المجاور، ثم أجب عمّا يأتي:



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

2- ماذا يحدث لتركيز أيونات المغنيسيوم 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

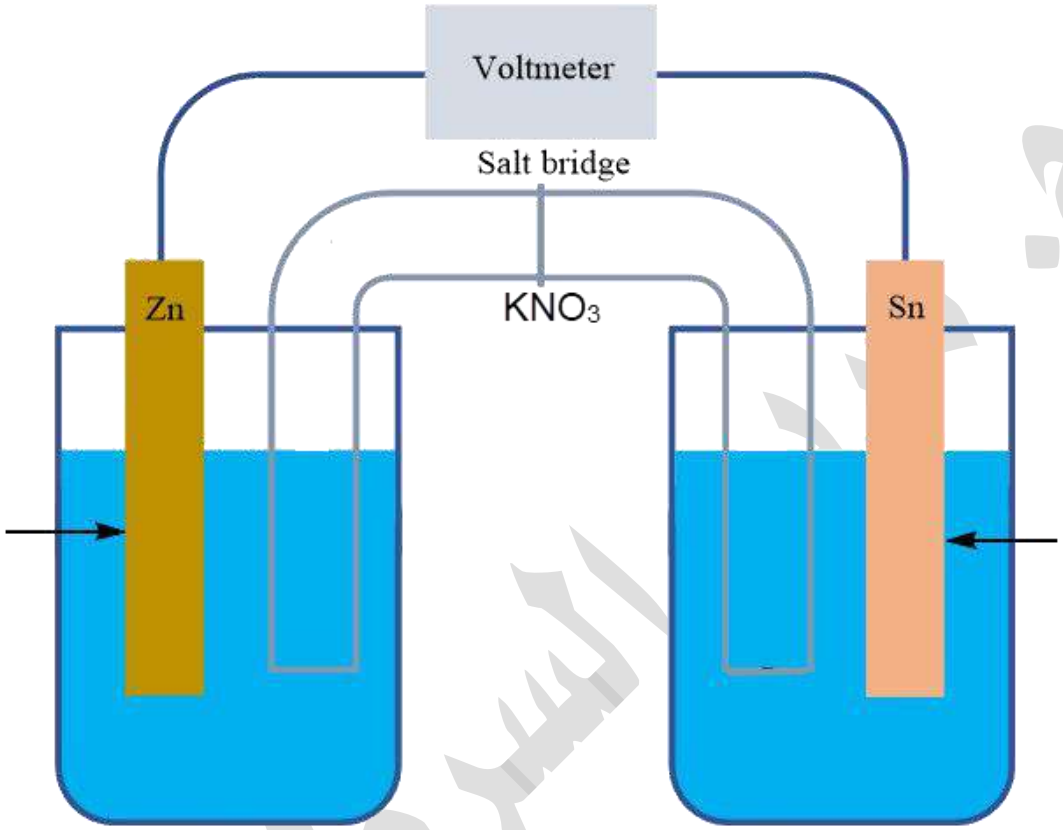
م. مريم السرطاوي

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

م. مريم السرطاوي

جهد الخلية الجلفانية/ جهد الخلية المعياري

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

سؤال من المنهاج 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، فأي العنصرين أكثر ميلاً للتأكسد؟

الجواب هو W لأن القراءة في الخلية أكبر

0.78 V | W Y X | 0.57 V

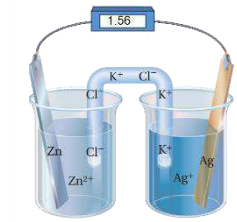
القراءة هي فرق الجهد بين القطبين

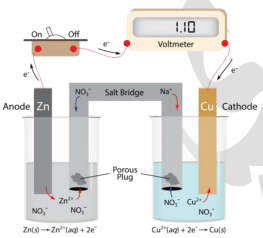
الخلية (Zn-Ag) V= 1.56

الخلية (Zn-Cu) V= 1.10

المصعد مشترك بينهما وهو Zn وهو الأكثر نشاطًا، بينما المهبط اختلف فالقراءة الأكبر معناه أن المهبط Ag أكثر ميلاً للاختزال من Cu

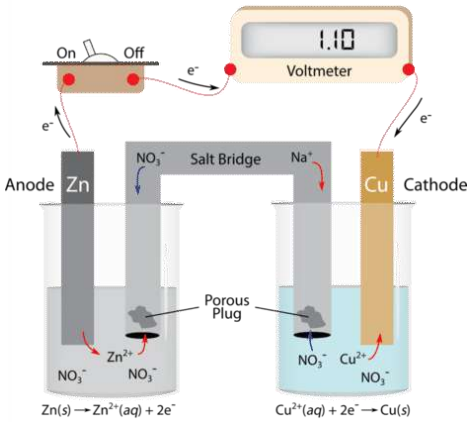
1.56 V | Zn Cu Ag | 1.10 V





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،

تعزيز: 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 V

$$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^- \quad E_{Zn\ Oxidation} = +0.76\ V$$

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

$$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn \quad E_{Zn\ Reduction} = -0.76\ V$$

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

$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu \quad E_{Cu\ Reduction} = +0.34\ V$$

أما جهد تأكسده فنفس القيمة لكن عكس الإشارة

$$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^- \quad E_{Cu\ Oxidation} = -0.34\ V$$

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 V

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

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

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

لكن السؤال القوي:

من أين نأتي بقيمة جهد اختزال القطب سواء كان مصعد أو مهبط؟ هل يقيسها الفولتميتر؟

وهل دائمًا 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 °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؟ $E°_{Cell}$

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:

$$E°_{Cell} = E°_{Reduction(Cathode)} - E°_{Reduction(Anode)}$$

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

$$E°_{Cell} = E°_{Cathode} - E°_{Anode}$$

ما المقصود بجهد الاختزال المعياري؟ $E°_{Reduction}$

مقياس لميل نصف تفاعل الاختزال للحدوث فى 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 مهبطًا أو مصعدًا لأننا سنعطيه قيمة صفر كجهد اختزال معياري وبهذا الشكل سنعرف جهد اختزال الآخر

ولا بد أن يكون القطب المرجعي مناسبًا فلا ينفع أن يكون أنشط العناصر تأكسدًا مثل الليثيوم، أو أنشطهم اختزالاً مثل الفلور، بل لا بد أن يكون متوسطًا بينهم، فهو يتصرف كمهبط أو مصعد حسب القطب الآخر الذي يشكل نصف الخلية الأخرى

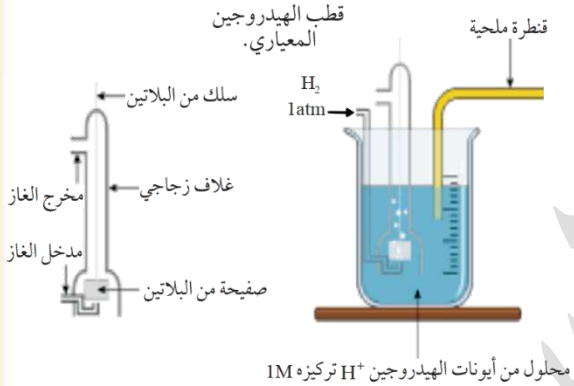
- تم اختيار قطب مرجعي: وهو قطب الهيدروجين المعياري، وسبب اختياره: لأن نشاطه الكيميائي متوسط بين العناصر، واصطلح العلماء على أن جهد الاختزال المعياري له $E°_{H_2} = 0$ فيكون هو المرجع لباقي الأقطاب
- وبما أن العلماء اتفقوا على اعتباره قطب مرجعي وأعطوه قيمة 0 كجهد اختزال معياري، فإن جهد تأكسده أيضا صفر

$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} \quad E°_{H_2} = 0\ V$$
$$H_{2(g)} \rightarrow 2H^+_{(aq)} + 2e^- \quad E°_{H_2} = 0\ V$$

ما المقصود بقطب الهيدروجين المعياري؟

قطب مرجعي أُستخدم 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:

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

- 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)

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)} \quad E°_{Reduction} = 0.34\ V$$

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

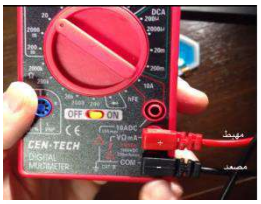
$$Cu_{(s)} \rightarrow Cu^{2+}{}_{(aq)} + 2e^- \quad E°_{Oxidation} = -0.34\ V$$

⭐ وهذا الجهد سنحسبه بعد قليل باستخدام قطب الهيدروجين المعياري

مثال ص100: خلية جلفانية من قطب الهيدروجين المعياري والخارصين المعياري كما في الشكل (أي أن الخلية الجلفانية تحت الظروف المعيارية)

حتى نحدد جهد الاختزال المعياري للخارصين لا بد أن نميز هل هو مصعد أم مهبط في هذه الخلية الجلفانية؟

عند توصيل الأسلاك المتصلة بالأقطاب مع مدخل الفولتميتر السالب والموجب كما في الصورة حصلنا على قراءة موجبة $E°_{Cell} = 0.76\ V$ هذا دليل على أن قطب الخارصين 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 الخارصين هي المهبط فإن القراءة في جهاز الفولتميتر 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:

$$2H^+{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} \quad E°_{H_2} = 0\ V$$

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

المعادلة الكلية: $Zn_{(s)} + 2H^+{}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}{}_{(aq)} + H_{2(g)} \quad E°_{Cell} = 0.76\ V$

نحسب جهد الاختزال المعياري للخارصين $E°_{Cu}$

$$E°_{Cell} = E°_{Cathode} - E°_{Anode}$$
$$0.76 = 0 - E°_{Zn}$$
$$E°_{Zn} = -0.76\ V$$

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

⭐ ولو حسبنا جهد التأكسد المعياري للخارصين فإنه عكس الإشارة:

$$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}{}_{(aq)} + 2e^- \quad E°_{Oxidation\ Zn} = +0.76\ V$$

فنقول جهد التأكسد للخارصين أعلى من جهد التأكسد للهيدروجين، أي أن قطب الخارصين يميل إلى التأكسد أكثر من جزيئات الهيدروجين

مثال(14) ص102: في الخلية الجلفانية الممثلة بالرمز الآتي:

$$Pt|H_{2(g)}|2H^{+}_{(aq)}||\ Cu^{2+}_{(aq)}|Cu_{(s)}$$

إذا علمتَ أن جهد الخلية المعياري $E°_{Cell} = 0.34\ V$ فاحسب جهد الاختزال المعياري للنحاس

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

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

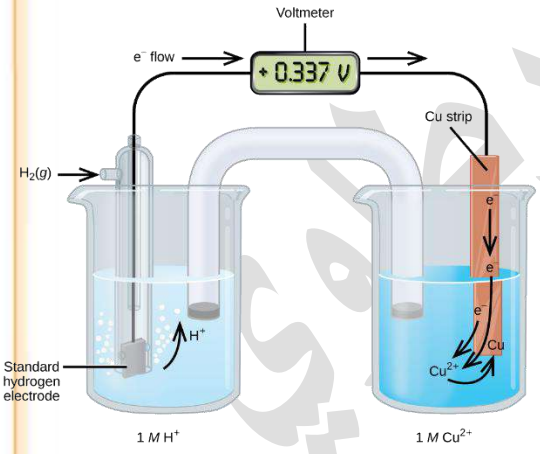
نصف تفاعل التأكسد عند المصعد (قطب الهيدروجين المعياري): $H_{2(g)} \rightarrow 2H^{+}_{(aq)} + 2e^{-}$

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

التفاعل الكلي في الخلية الجلفانية: $H_{2(g)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow 2H^{+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$

$$E°_{Cell} = E°_{Cathode} - E°_{Anode}$$
$$0.34 = E°_{Cu} - 0$$
$$E°_{Cu} = 0.34\ V$$

جهد الاختزال المعياري للنحاس أكبر منه للهيدروجين وهذا يعني أن أيونات النحاس تميل إلى الاختزال أكثر من أيونات الهيدروجين، لذلك تأكسدت جزيئات غاز الهيدروجين واختُزلت 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 مهبطًا، والذي جهد اختزاله المعياري سالب فسيحرر غاز الهيدروجين لأنه سيكون مصعدًا وسنفهم ذلك بشكل أفضل إن شاء الله تعالى في جدول جهود الاختزال المعيارية

منهاجي
متعة التعليم الهادف

أتحقق ص102: 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 جدًّا 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

نصف تفاعل التأكسد عند المصعد Cd: $Cd \rightarrow Cd^{2+} + 2e^-$

نصف تفاعل الاختزال عند المهبط Pt: $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$

التفاعل الكلي في الخلية الجلفانية: $Cd + 2H^+ \rightarrow Cd^{2+} + H_2$

$$E°_{Cell} = E°_{Cathode} - E°_{Anode}$$
$$0.4 = 0 - E°_{Cd}$$
$$E°_{Cd} = -0.4\ V$$

كيمياشيك حاول تشغل مخك فيه: إذا علمتَ 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 صحيحًا؟

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

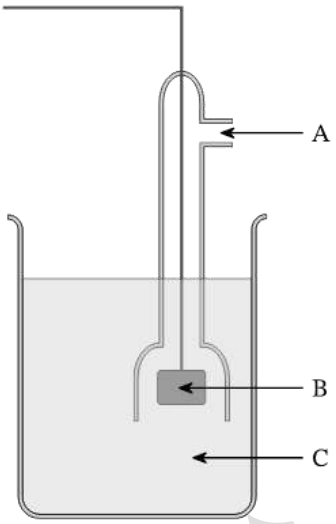
تعزيز خارجي: حتى لا تتحير في قولنا قطب الهيدروجين المعياري رغم أن الهيدروجين ليس بقطب صلب، فلا بد أن تعلم أن الأقطاب في الخلية الجلفانية إما قطب فلز وأيوناته وهذا الشائع في مسائلنا، قطب غازي مثل قطب الهيدروجين المعياري أو قطب الكلور والخ، فنستخدم غاز مع أيوناته مع قطب غير متفاعل كالبلاتين، وثالث نوع قطب تأكسد واختزال حيث نغمر قطب بلاتين أو جرافيت غير متفاعل في محلول له حالتين تأكسد مثل Fe^{2+}, Fe^{3+}

ورقة عمل8: قطب الهيدروجين المعياري وجهد الاختزال المعياري

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

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 علمتَ أن جهد الخلية المعياري $E°_{Cell} = 0.80\ V$ 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:

$$Ni|Ni^{2+}||\ 2H^+|H_2|Pt$$

إذا علمتَ أن جهد الخلية المعياري $E°_{Cell} = 0.23\ V$ فاحسب جهد الاختزال المعياري للنيكل، ثم احسب جهد تأكسده المعياري

م. مريم السرطاوي

جدول جهود الاختزال المعيارية

- استخدم قطب الهيدروجين المعياري في بناء خلايا جلفانية متعددة ومن خلال قياس جهودها المعيارية حُسبت جهود الاختزال المعيارية للأقطاب المختلفة التي استخدمت فيها
- اتفق الكيميائيون على كتابة أنصاف التفاعلات على شكل أنصاف تفاعل اختزال في الاتجاه الأمامي وتم ترتيبها وفقًا لتزايد جهود الاختزال المعيارية في جدول سُمى جدول جهود الاختزال المعيارية

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

نصف تفاعل الاختزال							E° (V)
$Li^+_{(aq)}$		+	e^-	⇌		$Li_{(s)}$	−3.05
$K^+_{(aq)}$		+	e^-	⇌		$K_{(s)}$	−2.92
$Ca^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌		$Ca_{(s)}$	−2.76
$Na^+_{(aq)}$		+	e^-	⇌		$Na_{(s)}$	−2.71
$Mg^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌		$Mg_{(s)}$	−2.37
$Al^{3+}_{(aq)}$		+	$3e^-$	⇌		$Al_{(s)}$	−1.66
$Mn^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌		$Mn_{(s)}$	−1.18
$2H_2O_{(l)}$		+	$2e^-$	⇌	$2OH^-$ +	$H_{2(g)}$	−0.83
$Zn^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌		$Zn_{(s)}$	−0.76
$Cr^{3+}_{(aq)}$		+	$3e^-$	⇌		$Cr_{(s)}$	−0.73
$Fe^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌		$Fe_{(s)}$	−0.44
$Cd^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌		$Cd_{(s)}$	−0.40
$Co^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌		$Co_{(s)}$	−0.28
$Ni^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌		$Ni_{(s)}$	−0.23
$Sn^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌		$Sn_{(s)}$	−0.14
$Pb^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌		$Pb_{(s)}$	−0.13
$Fe^{3+}_{(aq)}$		+	$3e^-$	⇌		$Fe_{(s)}$	−0.04
$2H^+_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌		$H_{2(g)}$	0.00
$Cu^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌		$Cu_{(s)}$	0.34
$I_{2(s)}$		+	$2e^-$	⇌		$2I^-_{(aq)}$	0.54
$Fe^{3+}_{(aq)}$		+	e^-	⇌		$Fe^{2+}_{(aq)}$	0.77
$Ag^+_{(aq)}$		+	e^-	⇌		$Ag_{(s)}$	0.80
$Hg^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌		$Hg_{(l)}$	0.85
$Br_{2(l)}$		+	$2e^-$	⇌		$2Br^-_{(aq)}$	1.07
$O_{2(g)}$	$+ 4H^+$	+	$4e^-$	⇌		$2H_2O_{(l)}$	1.23
$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)}$	$+ 14H^+$	+	$6e^-$	⇌	$7H_2O_{(l)}$ +	$2Cr^{3+}_{(aq)}$	1.33
$Cl_{2(g)}$		+	$2e^-$	⇌		$2Cl^-_{(aq)}$	1.36
$Au^{3+}_{(aq)}$		+	$3e^-$	⇌		$Au_{(s)}$	1.5
$MnO_4^-{}_{(aq)}$	$+ 8H^+$	+	$5e^-$	⇌	$4H_2O_{(l)}$ +	$Mn^{2+}_{(aq)}$	1.51
$F_{2(g)}$		+	$2e^-$	⇌		$2F^-_{(aq)}$	2.87

تزداد قوة العوامل المؤكسدة

تزداد قوة العوامل المختزلة

أهمية جدول جهود الاختزال المعيارية:

- نحسب منه جهد الخلية المعيارية باستخدام جهود الاختزال المعيارية
- التنبؤ بتلقائية تفاعلات التأكسد والاختزال
  - حدوث التفاعل في الخلية الجلفانية تلقائيا
  - 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

ضو 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 المعياري:

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

مثال(15) ص104: أحسب جهد الخلية المعياري للخلية الجلفانية التي يحدث فيها التفاعل الآتي:

$$Co^{2+} + Fe \rightarrow Co + Fe^{2+}$$

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

$$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe \quad E^\circ_{Fe} = -0.44\ V$$
$$Co^{2+} + 2e^- \rightarrow Co \quad E^\circ_{Co} = -0.28\ V$$

من خلال المعادلة الكلية نلاحظ أن الذي تأكسد هو الحديد Fe فهو المصعد أما الكوبلت Co فهو المهبط لأن أيوناته Co^{2+} تُختزل عليه، أيضا 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

$$E^\circ_{Cell} = E^\circ_{Cathode} - E^\circ_{Anode}$$
$$E^\circ_{Cell} = E^\circ_{Co} - E^\circ_{Fe} = -0.28 - (-0.44) = +0.16\ V$$

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

مثال(16) ص104: خلية جلفانية مكونة من نصف خلية الفضة $Ag|Ag^+$ ونصف خلية المغنيسيوم $Mg|Mg^{2+}$ 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 تصاعديًّا:

$$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg \quad E°_{Mg} = -2.37\ V$$
$$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag \quad E°_{Ag} = +0.80\ V$$

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

$$Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$$
$$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$$

نساوي الإلكترونات بضرب نصف تفاعل الاختزال بـ2،

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

$$Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$$
$$2Ag^+ + 2e^- \rightarrow 2Ag$$

المعادلة الكلية للتأكسد والاختزال:

$$Mg + 2Ag^+ \rightarrow 2Ag + Mg^{2+}$$
$$E°_{Cell} = E°_{Cathode} - E°_{Anode}$$
$$E°_{Cell} = E°_{Ag} - E°_{Mg} = +0.80 - (-2.37) = +3.17\ V$$

مهم العناية بالإشارات لأنها تؤثر على الناتج النهائي

أتحقق ص105: خلية جلفانية مكونة من نصف خلية الكروم $Cr|Cr^{3+}$ ونصف خلية النحاس $Cu|Cu^{2+}$ 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 تصاعديًّا:

$$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr \quad E°_{Cr} = -0.73\ V$$
$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu \quad E°_{Cu} = +0.34\ V$$

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

$$E°_{Cell} = E°_{Cathode} - E°_{Anode}$$
$$E°_{Cell} = E°_{Cu} - E°_{Cr} = +0.34 - (-0.73) = +1.07\ V$$

التجربة 1: مقارنة جهود بعض الخلايا الجلفانية ص106

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

$Al^{3+}_{(aq)}$	+	$3e^-$	$\rightleftharpoons$	$Al_{(s)}$ -1.66
$Zn^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Zn_{(s)}$ -0.76
$Pb^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Pb_{(s)}$ -0.13
$Cu^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Cu_{(s)}$ 0.34

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

المعادلة الكلية الموزونة	قراءة الفولتميتر $E°_{Cell}$	رمز الخلية الجلفانية
$Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$	1.10	$Zn\|Zn^{2+} \parallel Cu^{2+}\|Cu$
$2Al + 3Cu^{2+} \rightarrow 2Al^{3+} + 3Cu$	2.00	$Al\|Al^{3+} \parallel Cu^{2+}\|Cu$
$Pb + Cu^{2+} \rightarrow Pb^{2+} + Cu$	0.47	$Pb\|Pb^{2+} \parallel Cu^{2+}\|Cu$
$2Al + 3Pb^{2+} \rightarrow 2Al^{3+} + 3Pb$	1.53	$Al\|Al^{3+} \parallel Pb^{2+}\|Pb$

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

$$E°_{Al-Cu} > E°_{Al-Pb} > E°_{Zn-Cu} > E°_{Pb-Cu}$$

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

ترتيب الأقطاب من ناحية ازدياد جهد الاختزال	رمز الخلية الجلفانية
$\frac{Zn}{Cu}$	$Zn\|Zn^{2+} \parallel Cu^{2+}\|Cu$
$\frac{Al}{Cu}$	$Al\|Al^{3+} \parallel Cu^{2+}\|Cu$
$\frac{Pb}{Cu}$	$Pb\|Pb^{2+} \parallel Cu^{2+}\|Cu$
$\frac{Al}{Pb}$	$Al\|Al^{3+} \parallel Pb^{2+}\|Pb$

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

$$Al < Zn < Pb < Cu$$

ورقة عمل9: 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:

$$E°_{Cr} = -0.74\ V \qquad E°_{Cd} = -0.40\ V$$

تدريب (2): التعبير الآتي هو رمز خلية جلفانية

$$Pt|Fe^{2+}, Fe^{3+} \,||\, Br^{-}|Br_2|Pt$$

أحسب جهد الخلية المعياري إذا علمت أن:

$$E°_{Fe^{3+}|Fe^{2+}} = +0.77\ V \qquad E°_{Br_2} = +1.07\ V$$

تدريب (3): التعبير الآتي هو رمز خلية جلفانية

$$Al|Al^{3+} \,||\, Cd^{2+}|Cd$$

إذا علمتَ أن جهد الخلية المعياري يساوي 1.26 V وجهد الاختزال المعياري للكاديوم يساوي $-0.40\ V$ فاحسب جهد الاختزال المعياري للألمنيوم

منهاجي
متعة التعليم الهادف

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 فينطلق 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

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

مثال: تفاعل الخارصين في محلول كبريتات النحاس، فالخارصين أنشط من النحاس لذا سيحدث التفاعل ونقول عنه تفاعل تلقائي

ومثله يحدث في الخلية الجلفانية

$$Zn + CuSO_4 \rightarrow ZnSO_4 + Cu$$

المعادلة الكلية للتأكسد والاختزال:

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

مثال: تفاعل الخارصين في محلول الحمض المخفف

$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

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 وتُختزل 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

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

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

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

مثال(17) ص107: أتوقع بالاستعانة بالجدول (2) أي تفاعلات التأكسد والاختزال الممثلة بالمعادلات الآتية يحدث بشكل تلقائي وأفسر ذلك

$$Pb^{2+} + 2Cl^- \rightarrow Pb + Cl_2$$

الحل: الاستعانة بالمعادلة الكلية وكتابة أنصاف تفاعلي التأكسد والاختزال:

$$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$$
$$2Cl^- \rightarrow 2e^- + Cl_2$$

بالاستعانة بالجدول نستخرج جهود الاختزال للرصاص Pb وللكلور Cl_2

$$E°_{Pb} = -0.13\ V \qquad E°_{Cl_2} = +1.36\ V$$

حسب المعادلة اختزلت أيونات الرصاص في خلية المهبط، وتأكسدت أيونات الكلور في خلية المصعد

$$E°_{Cell} = E°_{Cathode} - E°_{Anode}$$
$$E°_{Cell} = E°_{Pb} - E°_{Cl_2} = -0.13 - (+1.36) = -1.49\ V$$

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

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

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

$$E°_{Sn} = -0.14\ V \qquad E°_{Fe^{3+}|Fe^{2+}} = +0.77\ V$$

حسب المعادلة اختزلت أيونات الحديد في خلية المهبط، وتأكسدت ذرات القصدير في خلية المصعد

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

جهد الخلية المعياري للتفاعل موجب، فالتفاعل تلقائي الحدوث

مثال(18) ص108: 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:

$$Ni + 2HCl \rightarrow NiCl_2 + H_2$$

أيونات الكلور السالبة متفرجة فنحذفها

$$Ni + 2H^+ + 2Cl^- \rightarrow Ni^{2+} + 2Cl^- + H_2$$

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

أنصاف تفاعلات التأكسد والاختزال

$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$$
$$Ni \rightarrow 2e^- + Ni^{2+}$$

بالاستعانة بالجدول نستخرج جهد اختزال النيكل

$$E°_{Ni} = -0.23\ V \qquad E°_{H_2} = 0\ V$$

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

$$E°_{Cell} = E°_{Cathode} - E°_{Anode}$$
$$E°_{Cell} = E°_{H_2} - E°_{Ni} = 0 - (-0.23) = +0.23\ V$$

إذًا يتفاعل النيكل Ni مع حمض HCl ويتصاعد غاز الهيدروجين

مثال(19) ص109: 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 كالآتي:

$$Cu + 2HCl \rightarrow CuCl_2 + H_2$$

أيونات الكلور السالبة متفرجة فنحذفها

$$Cu + 2H^+ + 2Cl^- \rightarrow Cu^{2+} + 2Cl^- + H_2$$

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

أنصاف تفاعلات التأكسد والاختزال

$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$$
$$Cu \rightarrow 2e^- + Cu^{2+}$$

بالاستعانة بالجدول نستخرج جهد اختزال النيكل

$$E°_{Cu} = +0.34\ V \qquad E°_{H_2} = 0\ V$$

طالما كان جهد اختزال النحاس أكبر من جهد اختزال الهيدروجين فإن النحاس هو قطب المهبط وتُختزل 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 سالبًا.

$$E°_{Cell} = E°_{Cathode} - E°_{Anode}$$
$$E°_{Cell} = E°_{H_2} - E°_{Cu} = 0 - (+0.34) = -0.34\ V$$

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

مثال(20) ص110: 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

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

نصف تفاعل الاختزال: $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$

المعادلة الكلية الموزونة

$$Cr + 3Ag^+ \rightarrow 3Ag + Cr^{3+}$$

بالاستعانة بالجدول نستخرج جهد اختزال الكروم والفضة

$$E°_{Cr} = -0.73\ V \qquad E°_{Ag} = +0.80\ V$$

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

$$E°_{Cell} = E°_{Cathode} - E°_{Anode}$$

$$E°_{Cell} = E°_{Ag} - E°_{Cr} = +0.80 - (-0.73) = +1.53\ V$$

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

مثال(21) ص110: 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 ستتحول 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

نصف تفاعل التأكسد: $2Br^- \rightarrow Br_2 + 2e^-$

نصف تفاعل الاختزال: $I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$

المعادلة الكلية الموزونة المتوقعة حتى نحضر البروم من محلوله باستخدام اليود

$$2Br^- + I_2 \rightarrow 2I^- + Br_2$$

بالاستعانة بالجدول نستخرج جهد اختزال البروم واليود

$$E°_{Br_2} = +1.07\ V \qquad E°_{I_2} = +0.54\ V$$

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

$$E°_{Cell} = E°_{Cathode} - E°_{Anode}$$
$$E°_{Cell} = E°_{I_2} - E°_{Br_2} = +0.54 - (+1.07) = -0.53\ V$$

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

أتحقق ص111:

(1) هل يمكن حفظ محلول كبريتات الحديد II $FeSO_4$ في وعاء من الألمنيوم Al؟

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

نصف تفاعل التأكسد: $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$

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

المعادلة الكلية الموزونة

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

بالاستعانة بالجدول نستخرج جهد اختزال الحديد والألمنيوم

$$E°_{Fe} = -0.44\ V \qquad E°_{Al} = -1.66\ V$$

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

$$E°_{Cell} = E°_{Cathode} - E°_{Anode}$$
$$E°_{Cell} = E°_{Fe} - E°_{Al} = -0.44 - (-1.66) = +1.22\ V$$

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

---

(2) هل يمكن حفظ محلول نترات المغنيسيوم $Mg(NO_3)_2$ في وعاء من القصدير 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

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

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

المعادلة الكلية الموزونة:

$$Sn + Mg^{2+} \rightarrow Mg + Sn^{2+}$$

بالاستعانة بالجدول نستخرج جهد اختزال المغنيسيوم والقصدير

$E°_{Mg} = -2.37\ V$ $E°_{Sn} = -0.14\ V$

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

$$E°_{Cell} = E°_{Cathode} - E°_{Anode}$$
$$E°_{Cell} = E°_{Mg} - E°_{Sn} = -2.37 - (-0.14) = -2.23\ V$$

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

الربطُ مع الحياة

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

تدريبات محلولة

كيماشيك: فلز X يتفاعل بشكل بطيء مع بخار الماء الساخن حيث يحل محل الهيدروجين في الماء فيتأكسد إلى X^{2+} مكونًا 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 موضعًا 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 نشاطًا من الحديد وتحته 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،بالتالي الفلز X أنشط من الهيدروجين وأعلى منه في سلسلة النشاط الكيميائي

$E°_X > E°_{Fe}$ $X + Fe^{2+} \rightarrow$ NO REACTION

$E°_X < E°_{H_2}$ $X + H_2O \rightarrow X^{2+} + H_2$

$Fe^{2+} + 2e \text{ ----> } Fe$
$X^{2+} + 2e \text{ ----> } X$
$2H^{+} + 2e \text{ ----> } H_2$

ورقة عمل10: 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 علمتَ أن جهود الاختزال المعيارية هي: $E°_{Ag} = +0.80\ V$ $E°_{Zn} = -0.76\ V$

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

$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$ $E° = +1.23\ V$
$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$ $E° = +1.36\ V$

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

منهاجي
منصة التعليم الهادف

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

$$Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^- \qquad E° = +1.07\ V$$
$$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^- \qquad E° = +0.54\ V$$

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

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

$$Co^{3+} + e^- \rightarrow Co^{2+} \qquad E° = +1.82\ V$$
$$O_2 + 4e^- + 4H^+ \rightarrow H_2O \qquad E° = +1.23\ V$$

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

نصف التفاعل	E^0 (V)
$Cu^{2+} + e^- \rightarrow Cu^+$	+0.153
$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$	+0.3419
$Hg^{2+} + 2e^- \rightarrow Hg$	+0.851
$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	−1.662

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

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

منهاجي
متعة التعليم الهادف

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

أقوى عامل مختزل

نصف تفاعل الاختزال					E° (V)
$Li^+_{(aq)}$	+	e^-	⇌	$Li_{(s)}$	−3.05
$K^+_{(aq)}$	+	e^-	⇌	$K_{(s)}$	−2.92
$Ca^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	⇌	$Ca_{(s)}$	−2.76
$Na^+_{(aq)}$	+	e^-	⇌	$Na_{(s)}$	−2.71
$Mg^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	⇌	$Mg_{(s)}$	−2.37
$Al^{3+}_{(aq)}$	+	$3e^-$	⇌	$Al_{(s)}$	−1.66
$Mn^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	⇌	$Mn_{(s)}$	−1.18
$2H_2O_{(l)}$	+	$2e^-$	⇌	$H_{2(g)}$	−0.83
$Zn^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	⇌	$Zn_{(s)}$	−0.76
$Cr^{3+}_{(aq)}$	+	$3e^-$	⇌	$Cr_{(s)}$	−0.73
$Fe^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	⇌	$Fe_{(s)}$	−0.44
$Cd^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	⇌	$Cd_{(s)}$	−0.40
$Co^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	⇌	$Co_{(s)}$	−0.28
$Ni^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	⇌	$Ni_{(s)}$	−0.23
$Sn^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	⇌	$Sn_{(s)}$	−0.14
$Pb^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	⇌	$Pb_{(s)}$	−0.13
$Fe^{3+}_{(aq)}$	+	$3e^-$	⇌	$Fe_{(s)}$	−0.04
$2H^+_{(aq)}$	+	$2e^-$	⇌	$H_{2(g)}$	0.00
$Cu^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	⇌	$Cu_{(s)}$	0.34
$I_{2(s)}$	+	$2e^-$	⇌	$2I^-_{(aq)}$	0.54
$Fe^{3+}_{(aq)}$	+	e^-	⇌	$Fe^{2+}_{(aq)}$	0.77
$Ag^+_{(aq)}$	+	e^-	⇌	$Ag_{(s)}$	0.80
$Hg^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	⇌	$Hg_{(l)}$	0.85
$Br_{2(l)}$	+	$2e^-$	⇌	$2Br^-_{(aq}$	1.07
$O_{2(g)}$	+	$4e^-$	⇌	$2H_2O_{(l}$	1.23
$Cr_2O_7^{2-}{}_{(a}$	+	$6e^-$	⇌	$2Cr^{3+}_{(ac}$	1.33
$Cl_{2(g)}$	+	$2e^-$	⇌	$2Cl^-_{(aq}$	1.36
$Au^{3+}_{(aq)}$	+	$3e^-$	⇌	$Au_{(s)}$	1.5
$MnO_4^-{}_{(a}$	+	$5e^-$	⇌	$Mn^{2+}_{(ac}$	1.51
$F_{2(g)}$	+	$2e^-$	⇌	$2F^-_{(aq)}$	2.87

أقوى عامل مختزل

أضعف عامل مختزل

أقوى عامل مؤكسد هو: F_2 وأضعف عامل مؤكسد هو Li^+

أقوى عامل مختزل هو: Li وأضعف عامل مختزل هو F^-

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

مثال(22) ص111: أستعين بجدول جهود الاختزال المعيارية، وأرتب المواد الآتية تصاعديًّا وفق قوتها كعوامل مؤكسدة في الظروف المعيارية

Cl_2 , Cd^{2+} , MnO_4^- , Al^{3+}

الحل: نستعين بالجدول فنختار أنصاف تفاعلات الاختزال لتلك المواد ونرتبها وفق تزايد جهود الاختزال المعيارية

أضعف عامل مؤكسد

نصف تفاعل الاختزال	E° (V)
$Al^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Al$	−1.66
$Cd^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cd$	−0.40
$Cl_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2Cl^-$	1.36
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 5H_2O$	1.51

أقوى عامل مؤكسد

فأقوى عامل مؤكسد هو أسفل اليسار MnO_4^- له أعلى جهد اختزال معياري وأضعف عامل مؤكسد هو أعلى اليسار Al^{3+} له أقل جهد اختزال معياري، والترتيب تصاعديًّا: $Al^{3+} < Cd^{2+} < Cl_2 < MnO_4^-$

مثال(23) ص111: أستعين بجدول جهود الاختزال المعيارية ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

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

Ag , K , I^- , Co

الحل: نستعين بالجدول فنختار أنصاف تفاعلات الاختزال لتلك المواد ونرتبها وفق تزايد جهود الاختزال المعيارية

أقوى عامل مختزل

نصف تفاعل الاختزال	E° (V)
$K^+ + e^- \rightleftharpoons K$	−2.92
$Co^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Co$	−0.28
$I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-$	0.54
$Ag^+ + e^- \rightleftharpoons Ag$	0.80

أضعف

عامل مؤكسد

عامل مختزل

العامل المختزل يختزل اللي تحته والعامل المؤكسد يؤكسد اللي فوقه

أقوى عامل مختزل هو أعلى اليمين K له أقل جهد اختزال معياري يعني أعلى جهد تأكسد معياري، يميل أكثر للتأكسد (+2.92)

وأضعف عامل مختزل هو أسفل اليمين Ag له أعلى جهد اختزال معياري (أقل جهد تأكسد معياري فيميل أقل للتأكسد (−0.80)، والترتيب تصاعديًّا:

$Ag < I^- < Co < K$

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

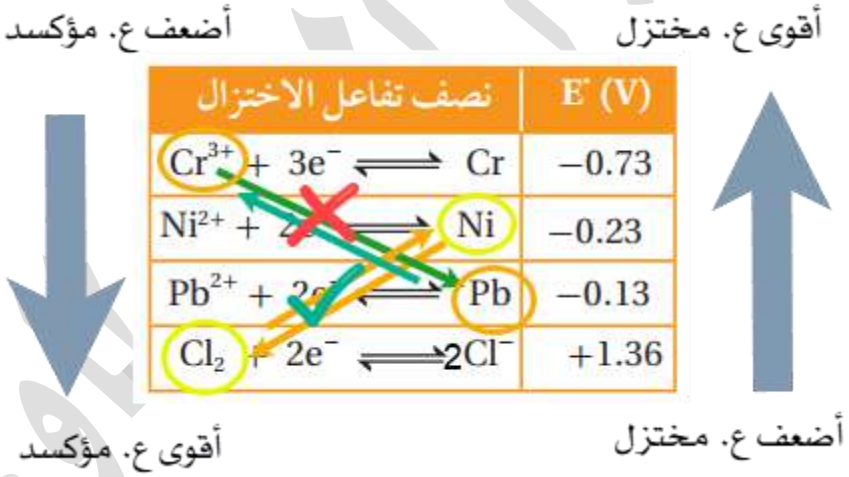
تريك سريعة: الأعلى مصعد والأسفل مهبط، فالمصعد وهو الكوبلت يحدث فيه تأكسد ويختزل من تحته، والمهبط وهو اليود يحدث فيه اختزال ويؤكسد من فوقه، وتذكر أن العامل المختزل يختزل اللي تحته، والعامل المؤكسد يؤكسد اللي فوقه

مثال(24) ص111: أدرس جهود الاختزال المعيارية في الجدول ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

نصف تفاعل الاختزال	E° (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 جدًّا 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



1- أقوى عامل مؤكسد Cl_2 حيث له أعلى جهد اختزال معياري، له أكثر ميل للاختزال ويكون أقوى عاملاً مؤكسدًا 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 مختزلا للكلور Cl_2، تذكر العامل المختزل يختزل من تحته

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

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

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 تؤكسد الرصاص، أي أن الرصاص هو المصعد، والكروم هو المهبط

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

تفاعل غير تلقائي الحدوث لأن الجهد بالسالب

أتحقق ص113: أدرس الجدول الآتي، الذي يتضمن جهود الاختزال المعيارية لبعض المواد ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

نصف تفاعل الاختزال	E° (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

أضعف ع. مؤكسد — أقوى ع. مختزل

نصف تفاعل الاختزال	E° (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

أقوى ع. مؤكسد — أضعف ع. مختزل

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 ص113: 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

- دائمًا التفاعل في الخلية الجلفانية تلقائي وإشارة جهد الخلية المعياري موجبة، والسالبة معناها أن التفاعل غير تلقائي ويلزمه طاقة كهربائية للحدوث أو نعكس الأنصاف حتى تتفاعل
- أقوى عامل مختزل أعلى اليمين، وأقوى عامل مؤكسد أسفل يسار
- الفلز الذي يتفاعل مع الحمض فينطلق غاز الهيدروجين أو يحرره من المحلول فلا بد من جهد اختزال معياري إشارته سالبة يعني فوق الهيدروجين، والذي لا يتفاعل فإشارة جهد اختزاله المعياري موجبة يعني تحت الهيدروجين
- الأقل جهد اختزال معياري هو المصعد والأعلى جهد اختزال معياري هو المهبط، يعني المصعد دائمًا 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 لمواضع 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 مصعدًا في الخليتين أو مهبطًا في الخليتين، فإننا نعتبره قطبًا مرجعيًّا وكأنه صفر لكنه ليس بصفر، حتى نعرف موضع المواد الأخرى بالنسبة لبعضها. فالخلية الأعلى جهد معياري $E°_{Cell}$ 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 ص114

نستخدم محاليل مختلفة كل منها تركيزها 0.1 M نترات المغنيسوم، 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 الأنبوب وأسجل ملاحظاتي

فهل يتأكسد الفلز وتُختزل أيونات الفلز في المحلول أم لا؟

انظر جهود الاختزال المعيارية بالترتيب ونحدد المخططات لنفهم تلك التجارب بشكل أفضل:

العنصر وتفاعله	$Mg(NO_3)_2$	$Ni(NO_3)_2$	$Pb(NO_3)_2$	$Fe(NO_3)_2$
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 تُختزل إلى ذرات النيكل وتترسب

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

$Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^-$	1.09
$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$	0.54
$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$	0.34
$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$	0
$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$	-0.28

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

1- محلول كلوريد الحديد $FeCl_2$

2- محلول بروميد النيكل $NiBr_2$

3- اليود السائل 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 اختزال صحيح من الجدول

$Na^{2+} + 2e^- \rightarrow Na$	-2.71
$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$	-0.44
$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$	-0.28
$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$	0.54
$Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^-$	1.07
$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$	1.36

منهاجي
متعة التعليم الهادف

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 تولّدها البطاريات المختلفة

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

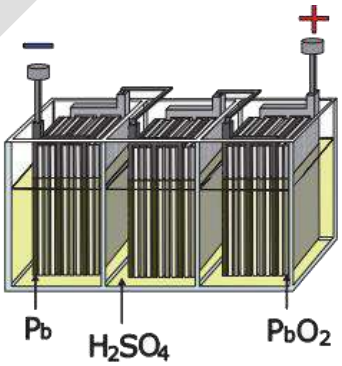
اذكر أنواع البطاريات

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



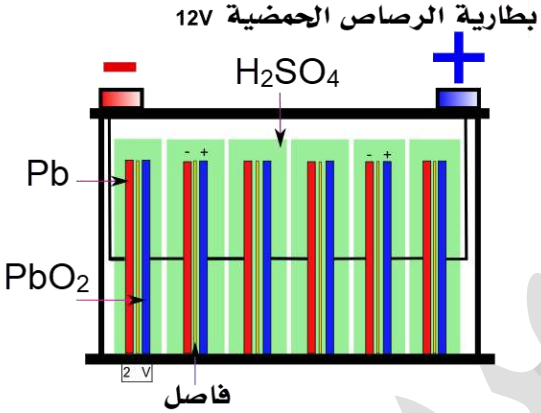
الشكل (9): بطّاريّة الرصاص الحِمضيّة.

مم 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 IV PbO_2 تمثل المهبط

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

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



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

تفاعل المصعد: $Pb + HSO_4^- \rightarrow PbSO_4 + H^+ + 2e^-$

تفاعل المهبط: $PbO_2 + 3H^+ + HSO_4^- + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$

التفاعل الكلي: $Pb + PbO_2 + 2H^+ + 2HSO_4^- \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$

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

جهد الخلية الواحدة تقريبًا: 2 V

فرق الجهد الذي تعطيه البطارية: 12 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 بمحرِّك السيارة

كم عمر بطارية الرصاص الحمضية؟

يتراوح عمرها من 3- 5 سنوات تقريبًا

كيف تفقد بطارية الرصاص الحمضية صلاحيتها مع الوقت؟ أو كيف تُفقد مادة $PbSO_4$ التي هي جزء من مكوناتها؟

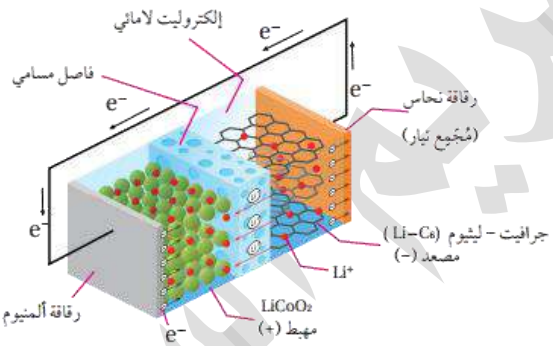
تفقد البطارية جزءًا من مكوناتها مثل $PbSO_4$ الذي يتكون نتيجة عمليتي التأكسد والاختزال اللتين تحدثان فيها، وأسباب فقدانه:

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

الشكلُ (10): بطّاريّة أيون الليثيوم.



الشكلُ (11): مكوِّنات بطّاريّة أيون الليثيوم.

بيِّن أهمية بطارية أيون الليثيوم

1- تعدّ من أكثر أنواع البطاريات استخدامًا 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 IV CoO_2 الذي يمكنه أيضًا تخزين (استيعاب) أيونات الليثيوم، مثل الجرافيت

3- المحلول الإلكتروليتي: يتكون من محلول لامائي لأحد أملاح الليثيوم ومذيب عضوي يذوب فيه الملح، وعادة يستخدم $LiPF_6$ مُذابًا في كربونات الإيثيلين $CH_2CH_2CO_3$

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

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

المهبط (نصف تفاعل الاختزال): $Li^+ + CoO_2 + e^- \rightarrow LiCoO_2$

التفاعل الكلي: $Li + CoO_2 \rightarrow LiCoO_2$ $\quad E°_{Cell} = 3.4\ V$

كيف تولِّد خلايا بطارية أيون الليثيوم الكهرباء؟

1- تتأكسد ذرات الليثيوم عند المصعد متحولة إلى أيونات Li^+

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

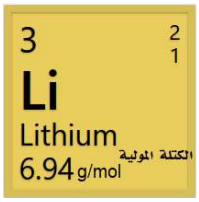
3- تُختزل أيونات الكوبلت من Co^{4+} في أكسيد الكوبلت CoO_2 إلى Co^{3+} في $LiCoO_2$

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

ينعكس مسار العملية السابقة خلال شحن البطارية حيث:

1- يتأكسد $LiCoO_2$

2- تتحرك أيونات الليثيوم 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 g منه كافية لإنتاج 1 مول من الإلكترونات

الربطُ مع الحياة

خلايا الوقود

هي خلايا جلفانيّةٌ تنتج الطاقة الكهربائية من تفاعل غازي الأكسجين والهيدروجين وفق المعادلة الآتية: $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$، وتتميز عن البطاريات بأنها لا تنضب ولا تحتاج إلى شحن، وقد استخدمت هذه الخلايا في تزويد المركبات الفضائية بالطاقة، وتستخدمها المستشفيات في توليد الطاقة حال انقطاع التيار الكهربائي، وتستخدم في عدة دول في تشغيل بعض الحافلات والسيارات.

تآكل الفلزات

ما المقصود بتآكل الفلزات؟

تفاعلها مع الهواء الجوي والمواد في البيئة المحيطة؛ فتفقد العديد من خصائصها وتتحول إلى مواد جديدة أكثر ثباتًا كيميائيًّا، كأكاسيد الفلزات وهيدروكسيداتها وكبريتيداتها وكربوناتها

ما الأضرار الاقتصادية الكبيرة لتآكل الفلزات؟

يتآكل الحديد الذي يُصنع منه الهياكل الرئيسة للجسور والمباني والسيارات بفعل الهواء الجوي الرطب وينتج صدأ الحديد الصلب الهش فيُحتاج تعويض خسائره إلى خمس كمية الحديد المستخرج سنويًّا

كيف يتآكل الحديد؟

يتآكل الحديد بفعل تفاعل كهروكيميائي يحدث بوجود الأكسجين والماء معًا 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

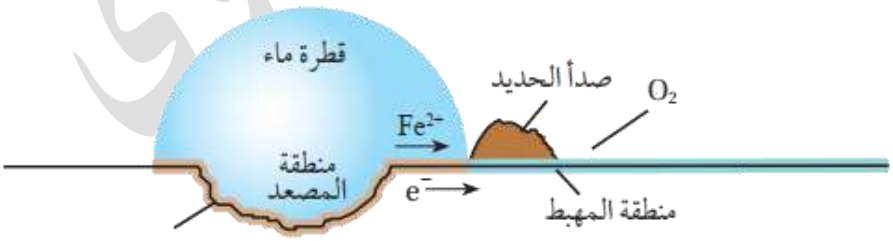
2- تتحرك الإلكترونات الناتجة عن تأكسده من منطقة الحديد المغطاة بقطرة الماء إلى حافتها حيث يوجد الهواء والقليل من الماء، وهناك يُختزل أكسجين الهواء مكونًا أيونات الهيدروكسيد OH^-، وتمثل هذه المنطقة مهبط الخلية

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

4- تتحرك أيونات الهيدروكسيد OH^- بالاتجاه المعاكس

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

$$4Fe(OH)_2 + O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3.H_2O + 2H_2O$$



الشكلُ (12): خليّة تآكل الحديد الخلفانيّة.

تأكسد/ مصعد: $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$ اختزال/ مهبط: $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$

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؟

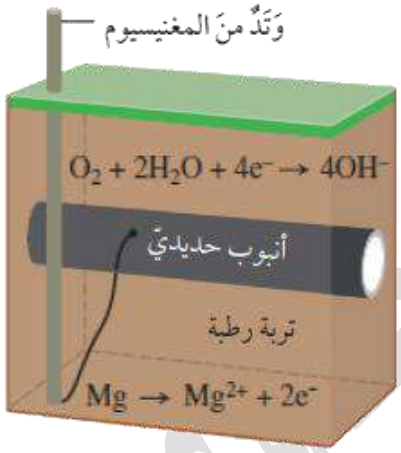
من طرائق حماية الحديد من التآكل، يتم فيها تشكيل خلية جلفانية يكون فيها الحديد المهبط وأحد الفلزات النشطة (مغنيسيوم، خارصين) المصعد، أما التربة الرطبة أو مياه البحر فتمثل المحلول الإلكتروليتي

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؟

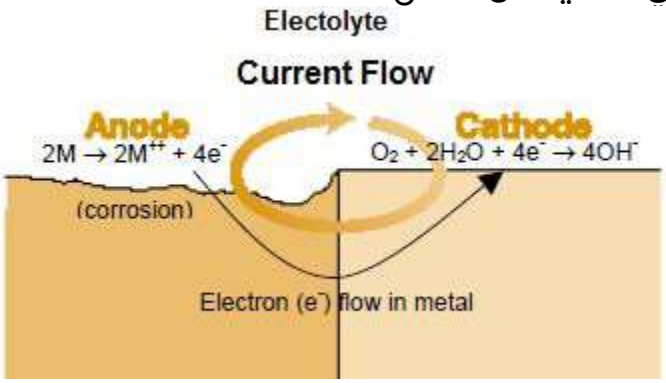
تعتمد الطريقة على تشكيل خلية جلفانية يكون فيها الحديد المهبط، وأحد الفلزات النشطة (مغنيسيوم، خارصين) المصعد، أما التربة الرطبة أو مياه البحر فتمثل المحلول الإلكتروليتي



الشكلُ (13): الحماية المهبطيّة للحديد.

وضِّح آلية عمل الحماية المهبطية بالنسبة لأنابيب الحديد

1- توصل الأنابيب الحديدية بأوتاد من المغنيسيوم
2- يتأكسد المغنيسيوم (المصعد) وتنتقل الإلكترونات عبر السلك المعزول إلى الأنبوب الفولاذي (المهبط)
3- تُختزل جزيئات الأكسجين وبذلك يتأكسد المغنيسيوم ويحمي الحديد من التآكل



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 ص118: أفسر استخدام المغنيسيوم أو الخارصين في الحماية المهبطية للحديد

لأن كل من المغنيسيوم والخارصين أكثر نشاطًا 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 ص118:

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

$$2PbSO_4 + 2H_2O \rightarrow Pb + PbO_2 + 2H^+ + 2HSO_4^-$$

2- أفسر: يعد تآكل الحديد خلية جلفانية

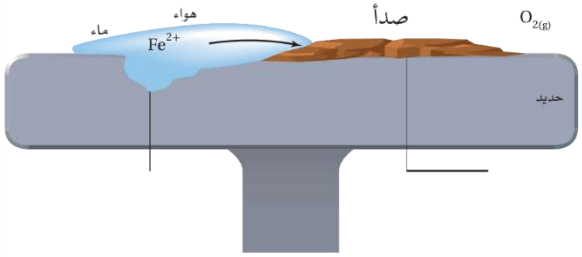
يتأكسد الحديد Fe عند تكشف سطحه بفعل شق أو كشط أو كسر إلى أيونات الحديد Fe^{2+} ويصبح هذا الجزء مصعد الخلية

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

منهاجي
متعة التعليم الهادف

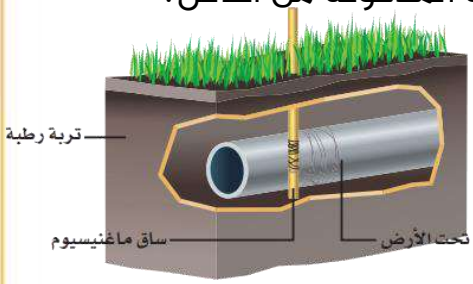
ورقة عمل 12: تطبيقات الخلية الجلفانية

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



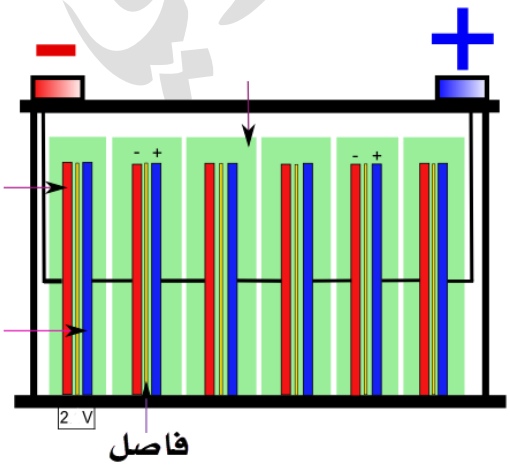
تدريب (2): من خلال الشكل الآتي لخلية جلفانية لمنع تآكل الحديد

- 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 نوعًا من البطاريات .....

3- كثافة محلول حمض الكبريتيك الموجود في بطارية الرصاص للتخزين هي .....

4- جهد الخلية الواحدة في بطارية الرصاص الحمضية يساوي ..... تقريبًا، 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 بـ: 1- .... 2- .... و3- .....

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 ..... نشاطًا 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: $Co + Cu^{2+} \rightarrow Co^{2+} + Cu$

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: $Co \rightarrow Co^{2+} + 2e^-$

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

ج- أحسب جهد الخلية المعياري وأكتب تعبيرًا رمزيًّا للخلية الجلفانية

من جدول جهود الاختزال المعيارية: $E°_{Co} = -0.28\ V$ $E°_{Cu} = +0.34\ V$

$$E°_{Cell} = +0.34 - (-0.28) = +0.62\ V$$

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

د- ما التغير الذي يحدث لكتلة كلا القطبين

تقل كتلة قطب الكوبلت Co وتزداد كتلة قطب النحاس Cu

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

$$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^- \quad E° = +0.54\ V$$
$$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe \quad E° = -0.44\ V$$

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 $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$ ويكون اليود هو المهبط

الإلكترونات متساوية، فنجمع الأنصاف: $I_2 + Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2I^-$

ب-أحسب جهد الخلية المعياري

$$E°_{Cell} = +0.54 - (-0.44) = +0.98\ V$$

ج- ما التغير الذي يحدث لتركيز أيونات كل من I^- و Fe^{2+}؟

يزداد تركيز أيونات I^- ويزداد تركيز 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 أجيب عن الأسئلة الآتية:

الحل: نرتب كل خلية/ المصعد أقل جهد اختزال معياري من المهبط، ثم نرتب تلك الفلزات الافتراضية حسب تزاد جهود الاختزال المعيارية، ونلاحظ أن B قطب مشترك بين خليتين D – B و E – 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°_{Cell} (v)	المصعد	قطبا الخليّة	
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

C
E
D
B
A

أ- أحدد الفلز الذي له أعلى جهد اختزال معياري D أم C؟

D

ب-أحدد أقوى عامل مؤكسد

ننظر أسفل يسار ونختار أيونات الفلز فأقوى عامل مؤكسد: A^{2+}

ج- أتنبأ: هل يمكن تحريك محلول نترات E بملعقة من A ؟ أفسر إجابتي

C^{2+} ----> C
E^{2+} ----> E
D^{2+} ----> D
B^{2+} ----> B
A^{2+} ----> A

الفلز A لن يختزل من فوقه لأن جهد اختزاله أكبر فهو الذي سيُختزل 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

ه- أحسب جهد الخلية المعياري للخلية الجلفانية المكونة من نصف خلية $C^{2+}|C$ ونصف خلية $B^{2+}|B$

C^{2+} ----> C
E^{2+} ----> E
D^{2+} ----> D
B^{2+} ----> B
A^{2+} ----> A

0.4
1.3
0.3
1.5

$$E^{\circ}_{C-B} = 0.4 + 1.5 = +1.9\ V$$

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:

$$A^{3+} + e^- \rightarrow A^{2+} \quad E° = +0.77\ V$$
$$B^{+} + e^- \rightarrow B \quad E° = +0.80\ V$$

الحل: الأنصاف مرتبة بشكل صحيح لأن الجهود من الأقل للأكبر، بحيث الأول مصعد والثاني مهبط، فنعكس نصف التفاعل الأول ليكون نصف تفاعل التأكسد: $A^{2+} \rightarrow A^{3+} + e^-$

أ- أكتب معادلة كيميائية للتفاعل الكلي في الخلية الجلفانية

$$B^{+} + A^{2+} \rightarrow A^{3+} + B$$

ب-أحسب $E°$ للتفاعل الكلي

$$E°_{Cell} = +0.80 - (+0.77) = +0.03\ V$$

ج- أحدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل [انتبه: انظر للمتفاعلات]

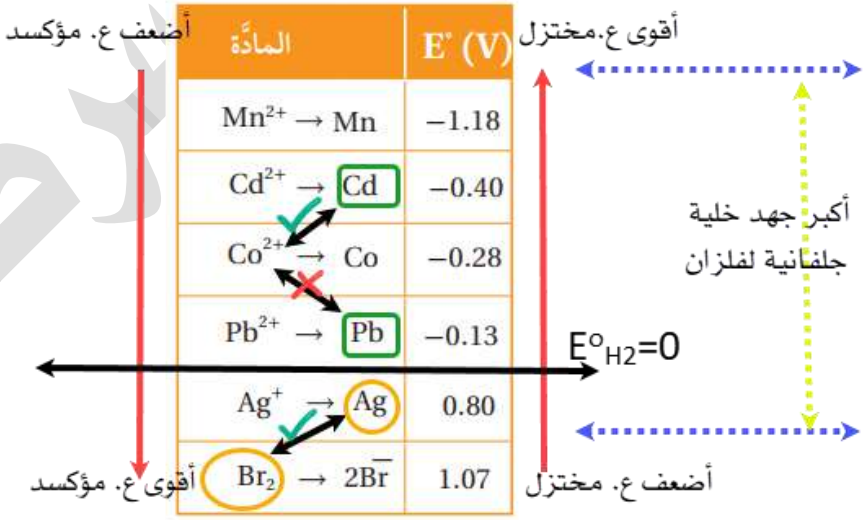
العامل المؤكسد في التفاعل: B^{+}

العامل المختزل في التفاعل: A^{2+}

السؤال (7): أدرس الجدول المجاور الذي يمثل جهود الاختزال المعيارية لبعض المواد، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

المادَّة	$E°$ (V)
Co^{2+}	−0.28
Br_2	1.07
Pb^{2+}	−0.13
Ag^{+}	0.80
Mn^{2+}	−1.18
Cd^{2+}	−0.40

الحل: نرتب جهود الاختزال من الأقل إلى الأكبر ونحاول رسم مخطط جدول لأنصاف تفاعلات الاختزال لتلك المواد



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 تلقائيًّا، 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 Mn و Ag

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

ه- أحدد القطب الذي تزداد كتلته في الخلية الجلفانية Cd – Pb

Cd جهد اختزاله أقل فهو المصعد و Pb هو المهبط، إذًا 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 $E°_{Cell} = 1.8\ V$ 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 السكانديوم Sc

$$E°_{Cell} = 1.8\ V \quad E°_{Co} = -0.28\ V \quad E°_{Sc} = ?\ V$$

$$E°_{Cell} = E°_{Co} - E°_{Sc}$$

$$+1.8 = -0.28 - E°_{Sc}$$

$$E°_{Sc} = -2.08\ V$$

3- أكتب معادلة التفاعل الكلي في الخلية

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

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

$$2Sc + 3Co^{2+} \rightarrow 2Sc^{3+} + 3Co$$

الدرس الثالث: خلايا التحليل الكهربائي

تعريفات الدرس الثالث:

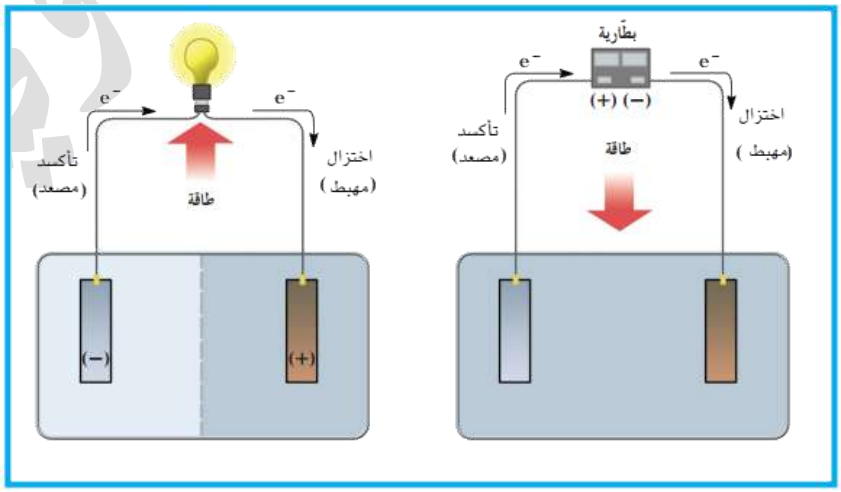
- خلايا التحليل الكهربائي: خلية كهروكيميائية يحدث فيها تفاعل تأكسد واختزال غير تلقائي بفعل الطاقة الكهربائية
- التحليل الكهربائي: عملية إمرار تيار كهربائي في مصهور أو محلول مادة كهرلية مما يسبب حدوث تفاعل تأكسد واختزال غير تلقائي

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 وخلية 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

$Zn^{2+}_{(aq)}$	+ $2e^-$	⇌	$Zn_{(s)}$	−0.76
$Cr^{3+}_{(aq)}$	+ $3e^-$	⇌	$Cr_{(s)}$	−0.73
$Fe^{2+}_{(aq)}$	+ $2e^-$	⇌	$Fe_{(s)}$	−0.44
$Cd^{2+}_{(aq)}$	+ $2e^-$	⇌	$Cd_{(s)}$	−0.40
$Co^{2+}_{(aq)}$	+ $2e^-$	⇌	$Co_{(s)}$	−0.28
$Ni^{2+}_{(aq)}$	+ $2e^-$	⇌	$Ni_{(s)}$	−0.23
$Sn^{2+}_{(aq)}$	+ $2e^-$	⇌	$Sn_{(s)}$	−0.14
$Pb^{2+}_{(aq)}$	+ $2e^-$	⇌	$Pb_{(s)}$	−0.13
$Fe^{3+}_{(aq)}$	+ $3e^-$	⇌	$Fe_{(s)}$	−0.04
$2H^{+}_{(aq)}$	+ $2e^-$	⇌	$H_{2(g)}$	0.00
$Cu^{2+}_{(aq)}$	+ $2e^-$	⇌	$Cu_{(s)}$	0.34
$I_{2(s)}$	+ $2e^-$	⇌	$2I^-_{(aq)}$	0.54
$Fe^{3+}_{(aq)}$	+ e^-	⇌	$Fe^{2+}_{(aq)}$	0.77
$Ag^{+}_{(aq)}$	+ e^-	⇌	$Ag_{(s)}$	0.80

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

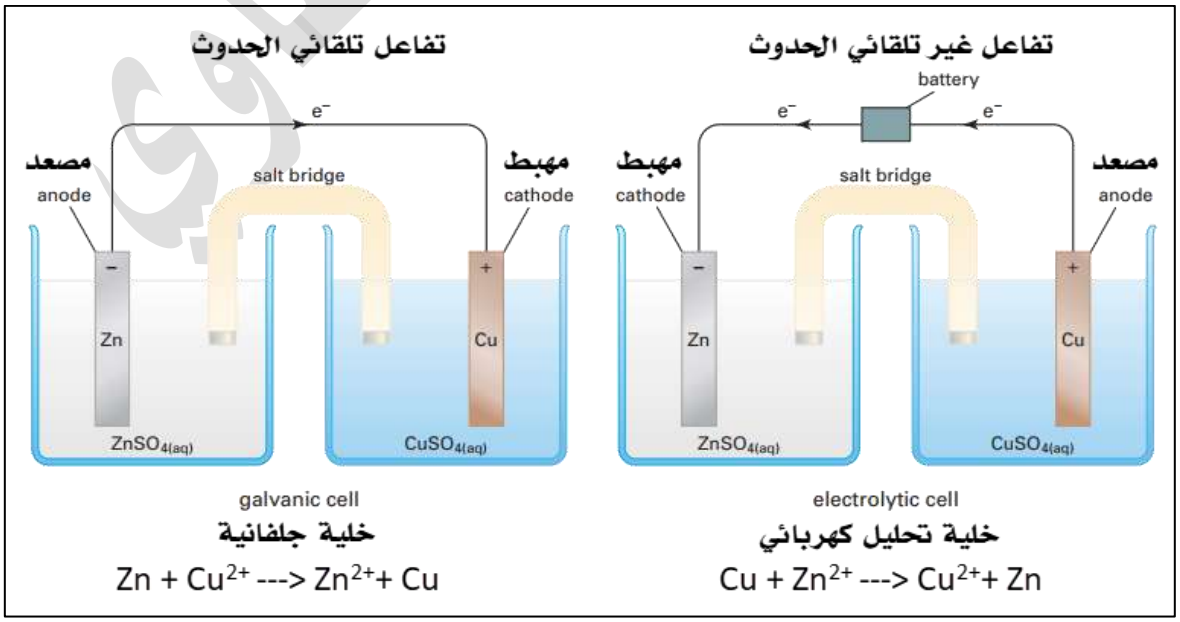
$$Cu + Zn^{2+} \rightarrow Zn + Cu^{2+}$$

الجهد المعياري لهذا التفاعل:

$$E^\circ = -0.76 - 0.34 = -1.10\ V$$

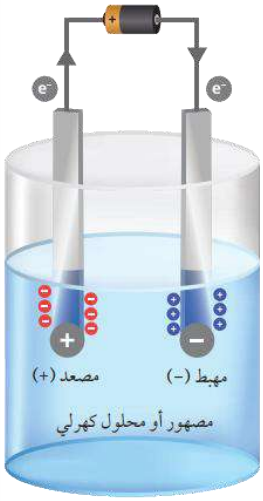
الإشارة السالبة للجهد تعني أن التفاعل غير تلقائي ولن تنتقل الإلكترونات إلا لو حدث دفع إجباري ويحدث ذلك الدفع الإجباري بتزويد التفاعل بمصدر طاقة كالبطارية جهدها أكبر من جهد الخلية (1.10) فتضخ الإلكترونات وبالتالي ستكسب مادة وبشكل إجباري الإلكترونات وبشكل إجباري تضطر الأخرى إلى فقد إلكتروناتها وهذا يحدث في خلية التحليل الكهربائي

ضو اللمبة: تعلمنا سابقًا 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 نشاطًا، 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 جميلاً

اذكر أنواع التحليل الكهربائي

1- التحليل الكهربائي لمصهور مادة كهرلية

2- التحليل الكهربائي لمحلول مادة كهرلية

مم تتكوّن خلية التحليل الكهربائي

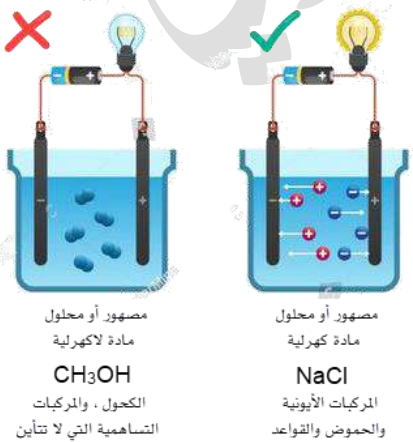
1- وعاء يحتوي مصهور أو محلول مادة أيونية

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



المادة التي ينفع تحليلها كهربائيًّا لا بد أن تكون متفككة إلى أيونات حرة، ولن تكون متفككة إلا في حالة المصهور أو المحلول ولنوع معين من المركبات نسميها كهرلية أو إلكتروليتية

منهاجي
متعة التعليم الهادف

ما آلية عمل خلية التحليل الكهربائي؟

1- يتم توصيل أحد الأقطاب الخاملة بقطب البطارية السالب ويسمى المهبط، ويتصل القطب الآخر بقطبها الموجب ويُسمى 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

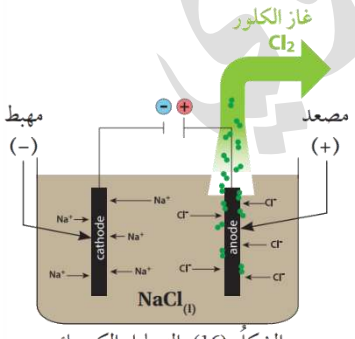
التحليل الكهربائي لمصاهير مواد كهرلية

ما أهمية التحليل الكهربائي لمصاهير المواد الكهرلية؟

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



الشكل (16): التحليل الكهربائي لمصهور NaCl.

التفاعل الكلي:
$2Na^+_{(l)} + 2Cl^-_{(l)} \rightarrow Cl_{2(g)} + 2Na_{(l)}$

جهد الخلية المعياري نحسبه بالاستعانة بجهود اختزال تلك المواد من جدول جهود الاختزال المعيارية
$Na^+ + e^- \rightarrow Na \quad E°_{Na} = -2.71\ V$

$$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^- \quad E°_{Cl_2} = +1.36\ V$$

جهد الخلية المعياري: $E°_{Cell} = E°_{Na} - E°_{Cl_2} = -2.71 - (+1.36) = -4.07\ V$

وهذا دليل أن التفاعل غير تلقائي الحدوث ويحتاج طاقة كهربائية

النواتج: الصوديوم Na عند المهبط، وغاز الكلور Cl_2 عند المصعد

تذكر: أن البطارية هي بنك الإلكترونات، وأن كل من المهبط والمصعد يملك شحنات البطارية

أتحقق ص123: أجيب عن الأسئلة الآتية المتعلقة بالتحليل الكهربائي لمصهور بروميد الكالسيوم $CaBr_2$

1- أكتب نصف تفاعل التأكسد ونصف تفاعل الاختزال في خلية التحليل الكهربائي

تتحرك أيونات Ca^{2+} باتجاه المهبط (-) وتحدث لها عملية اختزال مكونة ذرات الكالسيوم السائلة كما يلي:

نصف تفاعل الاختزال/المهبط: $Ca^{2+}_{(l)} + 2e^- \rightarrow Ca_{(l)}$

تتحرك أيونات Br^- باتجاه المصعد (+) وتحدث لها عملية تأكسد مكونة سائل البروم كما يلي:

نصف تفاعل التأكسد/المصعد: $2Br^-_{(l)} + 2e^- \rightarrow Br_{2(l)}$

التفاعل الكلي: $Ca^{2+}_{(l)} + 2Br^-_{(l)} \rightarrow Br_{2(l)} + Ca_{(l)}$

2- أستنتج نواتج التحليل الكهربائي للمصهور

النواتج: الكالسيوم Ca عند المهبط، وسائل البروم Br_2 عند المصعد

3- أتوقع جهد البطارية اللازم لإحداث تفاعل التحليل الكهربائي للمصهور

$$Ca^+ + 2e^- \rightarrow 2Ca \quad E°_{Ca} = -2.76\ V$$
$$Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^- \quad E°_{Br_2} = +1.07\ V$$

جهد الخلية المعياري: $E°_{Cell} = E°_{Ca} - E°_{Br_2} = -2.76 - (+1.07) = -3.83\ V$

جهد البطارية لا بد أن يكون أكبر من 3.83 V

كيماشيك (محلول ورد في المنهاج القديم 2007): إذا علمت أن المعادلة الآتية تمثل تفاعلاً ممكن الحدوث في الظروف المعيارية فإن:

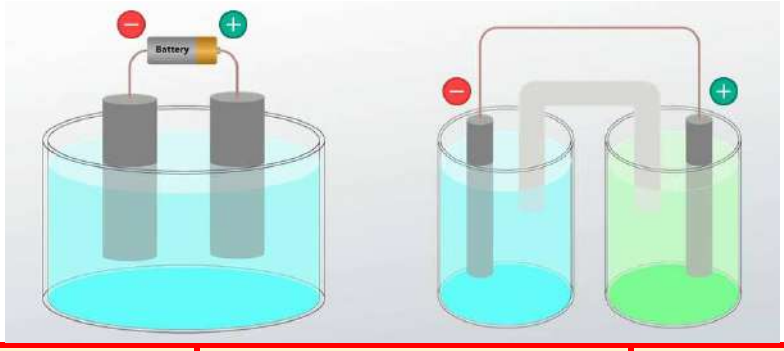
$$I_2 + Pb \rightarrow 2I^- + Pb^{2+}$$

a	I_2 عامل مؤكسد أقوى من Pb^{2+}
b	Pb عامل مؤكسد
c	I_2 عامل مختزل
d	I^- عامل مختزل أقوى من Pb

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 الكهرلية

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:



وجه المقارنة	الخلية الجلفانية	خلية التحليل الكهربائي
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، وأي تفاعل من التفاعلات الآتية سنحصل على نواتجه باستخدام التحليل الكهربائي وبيّن سبب ذلك

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

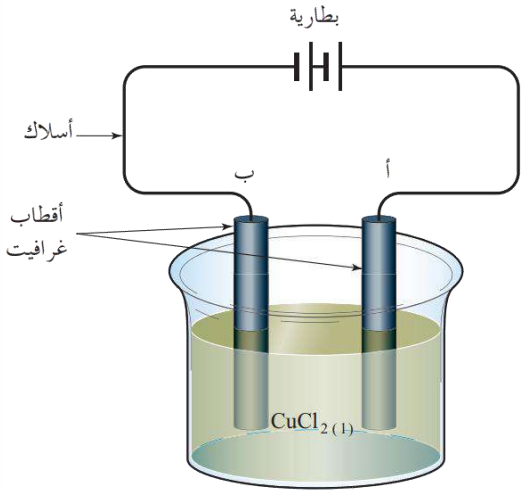
$$Zn + Cu^{2+} \rightarrow Cu + Zn^{2+}$$

$$I_2 + Fe \rightarrow 2I^- + Fe^{2+}$$

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

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

تدريب (3): يبين الشكل المجاور خلية التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد النحاس (II) $CuCl_2$ ادرس الشكل ثم أجب عن الأسئلة الآتية:



- ما الدقائق الموجودة في الوعاء؟
- أي القطبين (أ) أم (ب) يشكّل المصعد وأيّهما يشكّل المهبط؟
- وضح بالأسهم اتجاه حركة الأيونات في الوعاء
- وضح بالأسهم حركة الإلكترونات في الدارة الخارجية
- بيّن بالمعادلات التفاعلات التي تحدث عند كل قطب، والمعادلة الكلية للتفاعل
- احسب $E°_{Cell}$ لخلية التحليل إذا علمت أن جهود الاختزال مبينة في الشكل المجاور:

$Cu^{2+}_{(aq)}$	+ $2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Cu_{(s)}$	0.34
$Cl_{2(g)}$	+ $2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2Cl^-_{(aq)}$	1.36

- ماذا تعني إشارة $E°_{Cell}$ لهذه الخلية؟
- كم جهد البطارية اللازم لتحليل هذا المصهور كهربائيًّا؟

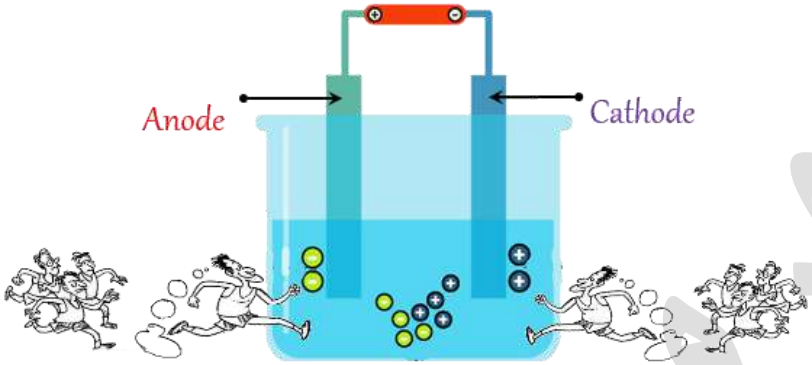
تدريب (4): ما نواتج التحليل الكهربائي لمصهور كل من:

- يوديد الكالسيوم CaI_2
- بروميد الخارصين $ZnBr_2$
- كلوريد البوتاسيوم KCl
- هيدريد الصوديوم NaH

منهاجي
متعة التعليم الهادف

التحليل الكهربائي لمحاليل المواد الكهرلية

⭐ 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 للذي يمتلك جهد اختزال أكبر

⭐ قد تخالف التجربة العملية أحيانًا الذي قد يحدث نظريًّا من خلال قيم جهود الاختزال

تمهيد قبل أن نبدأ بتحليل المحاليل كهربائيا

تعزيز خارجي (1):

من تجارب العلماء على تحليل الماء كهربائيًّا لم يكن ليتحلل وهو ماء نقي بسبب تركيز أيوناته القليل جدًّا، فتم تحليله كهربائيًّا مع إضافة مادة كهرلية لا تتدخل في التفاعل، فيتحلل الماء منتجًا 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

نصف تفاعل اختزال/ المهبط: $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$ $\quad E°_{Reduction} = -0.83\ V$

نصف تفاعل تأكسد/ المصعد: $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ $\quad E°_{Oxidation} = -1.23\ V$

نجمع الأنصاف بعد مساواة الإلكترونات: $6H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2 + 4H^+ + 4OH^-$

المعادلة الكلية (النهائية) لتحليل الماء كهربائيًّا: $2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$

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:

اختزل الماء $2H_2O$ إلى غاز الهيدروجين H_2 والباقي من الماء حيكون $2OH^-$

أكسد الماء $2H_2O$ إلى غاز أكسجين O_2 والباقي من الماء حيكون $4H^+$

وازن الشحنات بإضافة الإلكترونات، في الأول 2 وفي الثاني 4

تعزيز 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

ونطبق هذه المعادلة $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

- 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+}, إلا 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 مخففًا 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 كهربائيًّا، 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

ونطبق هذه المعادلة $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$

وأخيرًا وفي الإعادة للأساسيات إفادة: تذكر عائلة *Two* ولا تنسى أنها متعادلة وهي ثنائية الذرة

H_2 , O_2 , N_2 , F_2 , Br_2 , I_2 , F_2

بخلاف الفلزات فنكتبها وهي متعادلة أحادية الذرة

Cu , Fe , Ag , Ni

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^-

$$KI_{(s)} \xrightarrow{H_2O} K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$$

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:

$$K^+ + e^- \rightarrow K \qquad E° = -2.92\ V$$
$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^- \qquad E° = -0.83\ V$$

الماء أعلى جهد اختزال وبالتالي هو الذي سيختزل عند المهبط مطلقًا غاز الهيدروجين

نصف تفاعل الاختزال/المهبط: $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

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:

$$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^- \qquad E° = +0.54\ V$$
$$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O \qquad E° = +1.23\ V$$

اليود أقل جهد اختزال وبالتالي يتأكسد عند المصعد مكونًا جزيئات اليود

نصف تفاعل التأكسد/المصعد: $2I^-_{(aq)} \rightarrow I_{2(aq)} + 2e^-$

ولو قارنا جهد التأكسد المعياري لكل منهما لوجدنا أن جهد تأكسد الماء يساوي $E° = -1.23\ V$ أما جهد تأكسد اليود $E° = -0.54\ V$ فجهد تأكسده أعلى من جهد تأكسد الماء وبالتالي هو أسهل تأكسدًا من الماء، فتتأكسد أيونات اليوديد مكونة اليود I_2 عند المصعد

نصف تفاعل التأكسد: $2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$

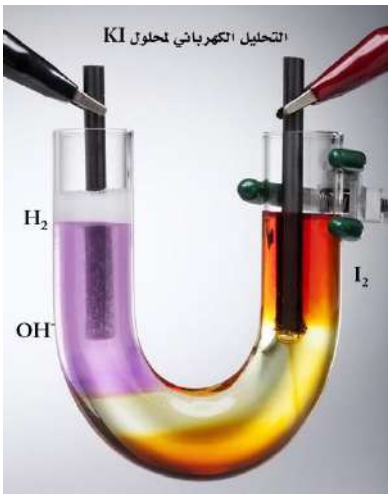
نصف تفاعل الاختزال: $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

التفاعل الكلي: $2H_2O + 2I^- \rightarrow I_2 + H_2 + 2OH^-$

نوع الوسط في المحلول الناتج: قاعدي لتكوّن KOH

النتائج العملية: وافقت النتائج النظرية، تكوّن اليود I_2 في المحلول عند المصعد وتصاعد غاز الهيدروجين H_2 عند المهبط وتكوّن محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH

نحسب جهد الخلية المعياري نحسبه بالاستعانة بجهود اختزال تلك المواد من جدول جهود الاختزال المعيارية



$$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^- \qquad E° = +0.54\ V$$
$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^- \qquad E° = -0.83\ V$$

جهد الخلية المعياري:

$$E°_{Cell} = E°_{H_2O} - E°_{I_2} = -0.83 - (+0.54) = -1.37\ V$$

جهد البطارية اللازم لإحداث التفاعل يزيد على 1.37 V

نواتج 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 مطلقًا غاز الهيدروجين H_2 ومكوِّنا وسطًا قاعديًّا 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^-

$$CuBr_{2(s)} \xrightarrow{H_2O} Cu^{2+}{}_{(aq)} + Br^-{}_{(aq)}$$

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 المعيارية لكل من النحاس والماء، فالأعلى جهد اختزال هو الذي يتم اختزاله عند المهبط:

$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu \qquad E° = +0.34\ V$$
$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^- \qquad E° = -0.83\ V$$

النحاس له جهد اختزال أعلى وبالتالي سيكون أسهل اختزال أيوناته عند المهبط فيتكوّن النحاس

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

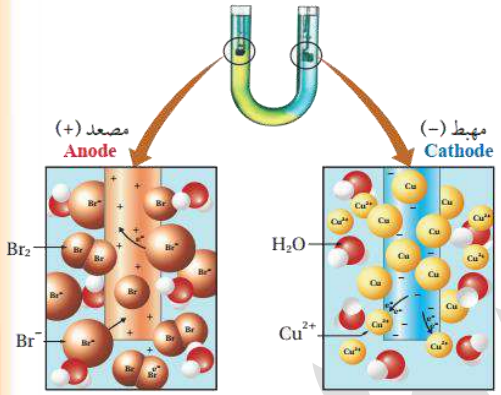
3- تتحرك أيونات Br^- وجزيئات الماء باتجاه المصعد (+)، وهنا احتمالية تأكسد أحدهما حسب جهود الاختزال المعيارية، فالأقل جهد اختزال معياري هو الذي يتم تأكسده عند المصعد لأنه الأعلى جهد تأكسد يعني تأكسده أسهل:

$$Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^- \qquad E° = +1.07\ V$$
$$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O \qquad E° = +1.23\ V$$

البروم أقل جهد اختزال وبالتالي يتأكسد عند المصعد مكونًا جزيئات البروم

نصف تفاعل التأكسد/المصعد: $2Br^-_{(aq)} \rightarrow Br_{2(aq)} + 2e^-$

ولو قارنا جهد التأكسد المعياري لكل منهما لوجدنا أن جهد تأكسد الماء يساوي $E° = -1.23\ V$ أما جهد تأكسد البروم $E° = -1.07\ V$ فجهد تأكسده أعلى من جهد تأكسد الماء وبالتالي هو أسهل تأكسدًا من الماء، فتتأكسد أيونات البروميد مكونة البروم Br_2 عند المصعد



نصف تفاعل التأكسد: $2Br^- \rightarrow Br_2 + 2e^-$

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

التفاعل الكلي: $2Br^- + Cu^{2+} \rightarrow Br_2 + Cu$

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

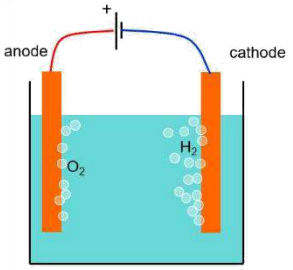
جهد الخلية المعياري: $E°_{Cell} = E°_{Cu} - E°_{Br_2} = +0.34 - (+1.07) = -0.73\ V$

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-}

$$Na_2SO_{4(s)} \xrightarrow{H_2O} 2Na^+_{(aq)} + SO_4{}^{2-}_{(aq)}$$



2- عند إغلاق الدارة الكهربائية ومرور تيار كهربائي عبر الأسلاك تتحرك أيونات 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:

$$Na^+ + e^- \rightarrow Na \qquad E° = -2.71\ V$$
$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^- \qquad E° = -0.83\ V$$

الماء له جهد اختزال أعلى وبالتالي سيكون أسهل اختزاله عند المهبط وتصاعد غاز الهيدروجين وتكوّن أيونات الهيدروكسيد

نصف تفاعل الاختزال/المهبط: $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

3- تتحرك أيونات 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 SO_4^{2-}

4- النتائج العملية: لوحظ عمليًّا تصاعد غاز الأكسجين O_2 عند المصعد وتصاعد غاز الهيدروجين H_2 عند المهبط

نصف تفاعل التأكسد: $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$

نصف تفاعل الاختزال: $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

التفاعل الكلي: $2H_2O \rightarrow O_2 + 2H_2$

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 وأيضًا لن يُختزل في محلول كبريتات الصوديوم Na_2SO_4
- بعض الأيونات متعددة الذرات مثل: SO_4^{2-} و NO_3^- لا تتأثر عند تحليل محاليلها كهربائيًّا
- قد يظهر في التجارب ما يخالف التوقعات النظرية

أفكر: ص125: أفسر: دور كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 في عملية التحليل الكهربائي للماء

الماء النقي غير موصل للكهرباء نظرًا للتركيز المنخفض لأيونات H^+ و OH^- فيه، لذلك يُستخدم كبريتات الصوديوم لتكوين محلول كهرلي، فيسمح وقتها بمرور التيار الكهربائي، وبالتالي إحداث تفاعلي تأكسد واختزال غير تلقائيين تتنافس فيه الأيونات وجزيئات الماء على التأكسد والاختزال

أفكر: ص126: أفسر: مستعينًا بالمعادلات عند تحليل محلول $CuSO_4$ كهربائيًّا يتحول تدريجيًّا إلى محلول H_2SO_4

هذا المحلول الكهرلي يتفكك في الماء إلى أيوناته:

$$CuSO_{4(s)} \xrightarrow{H_2O} Cu^{2+}{}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

- يتحرك باتجاه المهبط (-): أيونات Cu^{2+} وجزيئات الماء، لكن الذي يُختزل هو أيون الفلز الانتقالي ويترسب عند المهبط فيقل تركيز أيوناته في المحلول ويخف لون المحلول الأزرق

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

- يتحرك باتجاه المصعد (+) أيونات SO_4^{2-} وجزيئات الماء، لكن الذي يتأكسد هو جزيئات الماء مطلقًا غاز الأكسجين ومكوّنًا وسط حمضي من أيونات الهيدروجين H^+:

نصف تفاعل التأكسد/المصعد: $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$

التفاعل الكلي: $2Cu^{2+} + 2H_2O \rightarrow 2Cu + O_2 + 4H^+$

وبما أن أيونات الكبريتات موجودة في المحلول ولم تتأثر بالتحليل الكهربائي فإنها مع أيونات الهيدروجين ستكوّن محلول H_2SO_4

إذًا نواتج هذا التحليل الكهربائي:

ذرات نحاس Cu تترسب عند المهبط

غاز الأكسجين O_2 يتصاعد عند المصعد

أيونات الهيدروجين H^+ عند المصعد أو H_2SO_4 في المحلول

نوع الوسط في المحلول الناتج: حمضي لتكوّن H_2SO_4

أتحقق: ص126: أكتب تفاعلي المصعد والمهبط اللذين يحدثان عند تحليل محلول $NiBr_2$ كهربائيًّا باستخدام أقطاب من الجرافيت

هذا المحلول الكهرلي يتفكك في الماء إلى أيوناته:

$$NiBr_2 \xrightarrow{H_2O} Ni^{2+} + 2Br^-$$

- يتحرك باتجاه المهبط (-): أيونات Ni^{2+} وجزيئات الماء، لكن الذي يُختزل هو أيون الفلز الانتقالي النيكل ويترسب عند المهبط

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

- يتحرك باتجاه المصعد (+) أيونات Br^- وجزيئات الماء، لكن الذي يتأكسد هو أيونات البروميد منتجة سائل البروم عند المصعد:

نصف تفاعل التأكسد/المصعد: $2Br^- \rightarrow Br_2 + 2e^-$

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 لاحقًا في استخلاص الفلزات

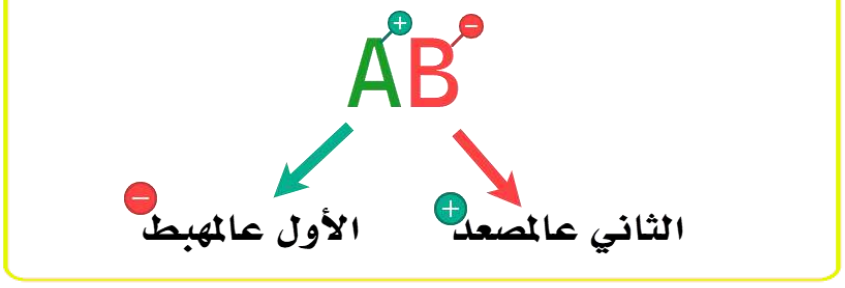
كيماشيك (حاول تفكر فيه، ورد مثله في الأسئلة الوزارية وكان ضمن المناهج القديمة):

تم تحليل خليط مصاهير من بروميد الصوديوم NaBr و NaCl كهربائيًّا في خلية واحدة، إذا علمت أن جهد اختزال البروم $E°_{Br_2} = 1.07\ V$ وجهد اختزال الكلور $E°_{Cl_2} = 1.36\ V$ وجهد اختزال الصوديوم $E°_{Na} = -2.71\ V$ ، 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 الكهرلية

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^-	⇌		$K_{(s)}$	−2.92
$Na^+_{(aq)}$		+	e^-	⇌		$Na_{(s)}$	−2.71
$2H_2O_{(l)}$		+	$2e^-$	⇌	$2OH^-$ +	$H_{2(g)}$	−0.83
$Zn^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌		$Zn_{(s)}$	−0.76
$Ni^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌		$Ni_{(s)}$	−0.23
$Ag^+_{(aq)}$		+	e^-	⇌		$Ag_{(s)}$	0.80
$Hg^{2+}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌		$Hg_{(l)}$	0.85
$O_{2(g)}$	$+ 4H^+$	+	$4e^-$	⇌		$2H_2O_{(l)}$	1.23
$Cl_{2(g)}$		+	$2e^-$	⇌		$2Cl^-_{(aq)}$	1.36
$F_{2(g)}$		+	$2e^-$	⇌		$2F^-_{(aq)}$	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 الخارصين $ZnSO_4$

منهاجي
متعة التعليم الهادف

تدريب (2): محلول عبارة عن مزيج من محلول نترات النحاس $Cu(NO_3)_2$ ومحلول كبريتات الخارصين $ZnSO_4$ عند تحليله كهربائيًّا باستخدام أقطاب بلاتين (خاملة). فإن النواتج ستكون:

مع الأخذ بعين الاعتبار بالمعلومات الآتية

$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu \qquad E° = +0.34\ V$$
$$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn \qquad E° = -0.76\ V$$
$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^- \qquad E° = -0.83\ V$$
$$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O \qquad E° = +1.23\ V$$

	المصعد	المهبط
a	O_2	H_2
b	Zn	Cu
c	O_2	Zn
d	O_2	Cu

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:

-1	$AgNO_3$	-2	$NaNO_3$
-3	$CuCl_2$	-4	$ZnBr_2$

مساعدة: استعن بالقواعد السريعة من خلال النظر لكل أيون والماء دون اللجوء إلى جهود الاختزال

تدريب (4): عند تحليل محلول يوديد البوتاسيوم KI كهربائيًّا باستخدام أقطاب جرافيت تكون نواتج التحليل كما يأتي :

-1	اليود والبوتاسيوم	-2	اليود والأكسجين
-3	اليود والهيدروجين	-4	الهيدروجين والأكسجين

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؟

-1	$Mn^{2+} \rightarrow Mn$	-2	$H_2O \rightarrow O_2$
-3	$H_2SO_4 \rightarrow H_2S_2O_3$	-4	$Br_2 \rightarrow Br^-$

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

اذكر تطبيقات عملية مهمة لخلايا التحليل الكهربائي في مجال الصناعة

1- استخلاص الفلزات النشطة من مصاهير خاماتها
2- تنقية الفلزات لاستخدامها في المجالات التي تحتاج إلى فلزات نقية بدرجة كبيرة

استخلاص الألمنيوم

لماذا يتمّ استخلاص الألمنيوم من خاماته؟

لأنه من الفلزات النشطة ولا يتوفر إلا من خلال خاماته، وهو من أكثر الفلزات انتشارًا في القشرة الأرضية

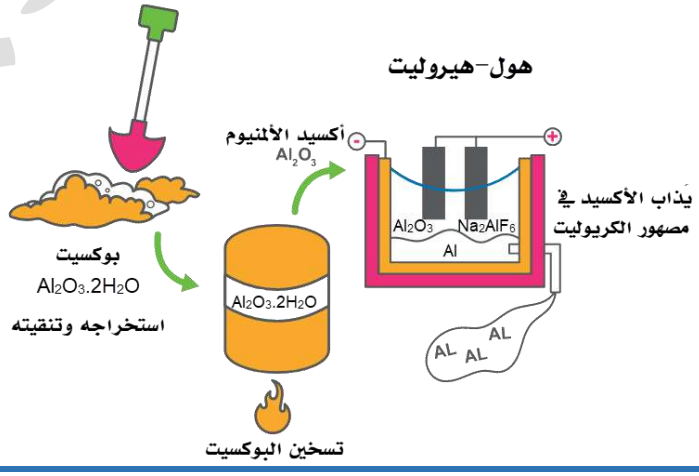
ما المادة الخام التي يُستخلص منها الألمنيوم وما اسم الطريقة التي يُستخلص بها؟

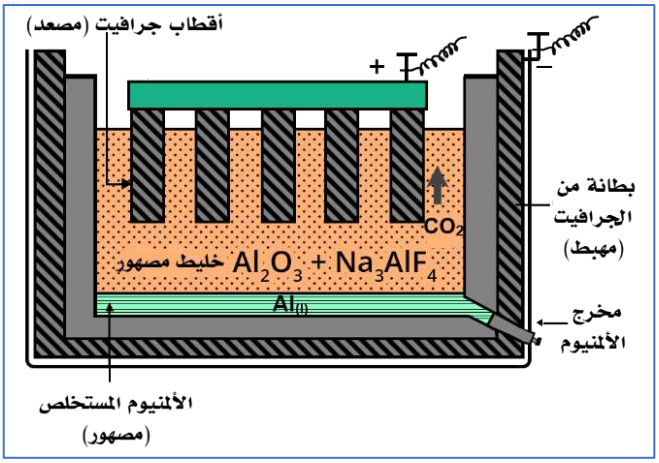
يُستخلص من خام البوكسيت $Al_2O_3.2H_2O$ وبطريقة هول-هيروليت

ما الخطوات اللازمة قبل استخلاص الألمنيوم بطريقة هول-هيروليت؟

1- يُخلَّص خام البوكسيت من الشوائب
2- ثم يُسخَّن لتحويله إلى أكسيد الألمنيوم Al_2O_3
3- ثم يُذاب أكسيد الألمنيوم في مصهور الكريوليت Na_3AlF_6 حتى تنخفض درجة انصهاره نحو 1000°C

تعزيز خارجي: درجة انصهار أكسيد الألمنيوم عالية جدًّا أكثر من 2000°C ولتوفير الطاقة يتم خفضها بإضافة مصهور الكريوليت حيث درجة انصهار الكريوليت قريبة من 1000°C فيذيب أكسيد الألمنيوم في خلية هول-هيرولية





ماذا تُسمى خلية التحليل الكهربائي لمصهور Al_2O_3؟ خلية هول-هيرولت

ممّ تتكوّن خلية هول-هيرولت؟ 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

بيِّن طريقة التحليل الكهربائي "هول- هيرولت" 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

نصف تفاعل الاختزال/المهبط: $Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$

2- عند المصعد: تتأكسد أيونات الأكسجين مكونة غاز الأكسجين:

نصف تفاعل التأكسد/المصعد: $2O^{2-} \rightarrow O_2 + 4e^-$

3- يتفاعل الأكسجين الناتج مع أقطاب المصعد "الجرافيت" مكوِّنًا غاز ثاني أكسيد الكربون $C + O_2 \rightarrow CO_2$

ملخص التفاعل الموزون [المتفاعلات والنواتج]:

$$2Al_2O_3 + 3C \rightarrow 4Al + 3CO_2$$

فسِّر: تغيير أقطاب المصعد بشكل دوري في خلية هول-هيرولت 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 الحلول لتوفير تلك الطاقة؟

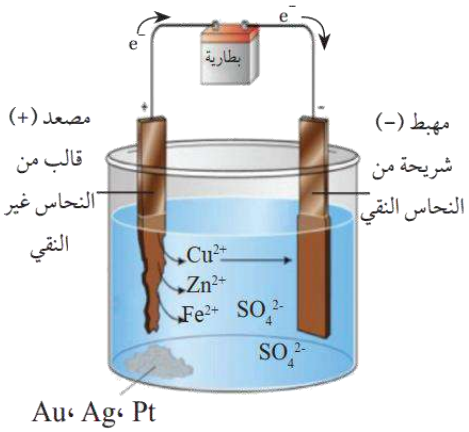
1- تُقام مصانع إنتاج الألمنيوم قريبًا من محطات الطاقة الكهربائية لتوفير كلفة نقل الطاقة

2- إعادة تدوير عبوات الألمنيوم، فالطاقة اللازمة للتدوير أقل بكثير من الطاقة اللازمة لاستخلاصه من خام البوكسيت، طاقة التدوير تساوي 5%

تعزيز: يُطلق على أكسيد الألمنيوم مصطلح ألومينا

تنقية الفلزات

- تحتاج بعض استخدامات الفلزات إلى أن تكون نقية تمامًا أي تخلو من الشوائب
- نستخدم نحاس نقي تمامًا 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 مشكَّلة 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 $CuSO_4$

بيِّن ماذا يحدث في خلية التحليل الكهربائي للشوائب المتواجدة في المصعد

- الخارصين والحديد: تتأكسد ذراتهما لأن لهما جهد اختزال أقل من النحاس، وتنزل أيوناتها 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؟

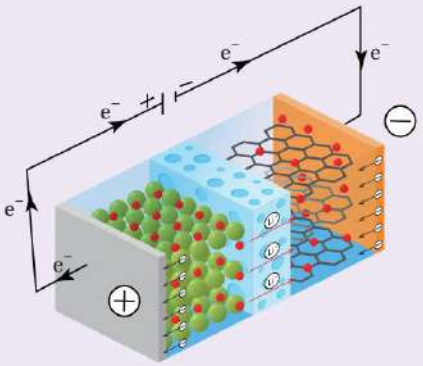
99.9%

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:

$Cu_{\text{غير نقي}} \rightarrow Cu_{\text{نقي}}$

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)



الربطُ مع الحياة شحنُ البطارية

تَجمَعُ البطّارياتُ القابلةُ لإعادة الشحن بين كيمياء كلٍّ منَ الخلايا الجلفانيّة وخلايا التحليل الكهربائي. فعند استخدام الأجهزة المحتوية عليها، كالهاتف الخلوي أو السيّارة الكهربائيّة، تُحَوَّلُ الطاقةُ الكيميائيّة إلى كهربائيّة؛ أي تعملُ كخليّة جلفانيّة، أما عند شحن البطاريّة فإنها تعملُ كخليّة تحليل كهربائي تُحَوَّلُ الطاقةَ الكهربائيّة، التي تزوَّدُ بها، إلى كيميائيّة؛ حيث ينعكسُ اتجاهُ حركة الإلكترونات فيها، ويحدثُ التفاعلُ العكسيُّ للتفاعل المنتج للتيار الكهربائيِّ في البطاريّة.

أتحقق: ص128:

(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) والخارصين (-0.76 V) أقل بكثير من جهد اختزال النحاس ($+0.34$V) لذلك يكون جهد البطارية المستخدمة في خلية تنقية النحاس أقل من جهد البطارية اللازمة لاختزال أيونات Fe^{2+} و Zn^{2+} لذلك لا تُختزل الأيونات على المهبط.

(2) أفسر: مستعينًا بمعادلات كيميائية، استبدال أقطاب الجرافيت المستخدمة في خلية هول- هيروليت بشكل دوري

تتأكسد أيونات الأكسجين على المصعد المكوّن من أقطاب جرافيت مكونة غاز الأكسجين:

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

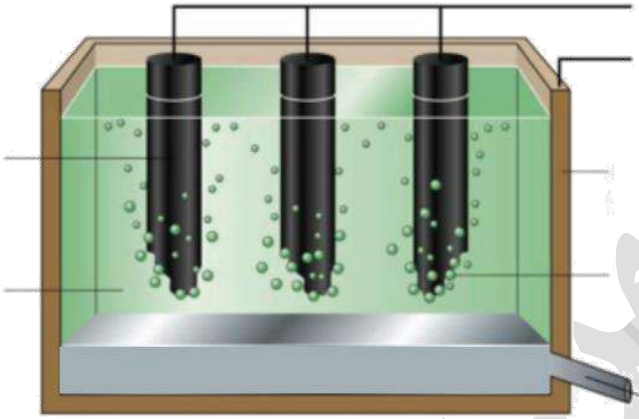
فيتفاعل الأكسجين الناتج مكوِّنًا غاز ثاني أكسيد الكربون

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

مما يؤدي إلى تآكل الأقطاب وبالتالي تغييرها بشكل دوري.

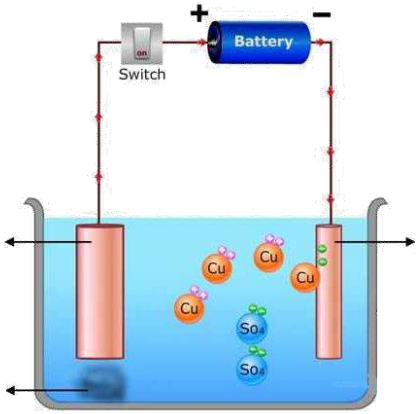
ورقة عمل 15: تطبيقات خلية التحليل الكهربائي

تدريب (1): حدد على الرسم أجزاء خلية هول- هيرولیت 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 ص129

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 $CuSO_4$

بعد توصيل الخلية بالتيار الكهربائي لمدة 15 دقيقة، نفصل التيار ونسجل الملاحظات لكل محلول

أصف التغيرات التي حدثت عند تحليل محلول كل من يوديد البوتاسيوم وكبريتات النحاس كهربائيًّا عند كل من المصعد والمهبط

المحلول مع التغير ومكان حدوثه	المصعد		المهبط	
	تغير اللون	تصاعد غاز	تغير اللون	تصاعد غاز
KI	إلى البني نتيجة تكوّن جزيئات اليود I_2	-	إلى الوردي بسبب تكوّن الوسط القاعدي	الهيدروجين H_2
$CuSO_4$	-	الأكسجين O_2 وتكوّن وسط حمضي	ترسب ذرات النحاس وتكوّن الوسط الحمضي	-

ما نواتج تحليل كل من محلول يوديد البوتاسيوم وكبريتات النحاس كهربائيًّا؟

نواتج تحليل محلول يوديد البوتاسيوم: جزيئات I_2 عند المصعد وغاز H_2 عند المهبط مع محلول KOH

نواتج تحليل محلول كبريتات النحاس: غاز O_2 عند المصعد وترسب النحاس Cu عند المهبط مع محلول H_2SO_4

أكتب معادلة كيميائية تمثل التفاعل الذي حدث عند المصعد لكل محلول

نصف تفاعل التأكسد/المصعد

محلول يوديد البوتاسيوم: $2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$

محلول كبريتات النحاس: $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$

أكتب معادلة كيميائية تمثل التفاعل الذي حدث عند المهبط لكل محلول

نصف تفاعل الاختزال/المهبط

محلول يوديد البوتاسيوم: $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

محلول كبريتات النحاس: $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

أستنتج نواتج التحليل الكهربائي لمحلول CuI_2

عند المصعد: تكوّن جزيئات 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 كهرلية 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 تأكسدًا 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 استخراجه من خام البوكسيت

نظرًا للارتفاع الكبير لدرجة انصهار أكسيد الألمنيوم مما يتطلب إذابته في مصهور مادة الكريوليت لخفض درجة انصهاره، ويبقى أيضا مكلفًا من ناحية الطاقة ولذا كان التدوير لعبوات الألمنيوم أقل كلفة من استخراجه والحصول عليه من خاماته

السؤال (3): بالرجوع إلى جدول جهود الاختزال المعيارية، أتوقع 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° (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 تهمنا قيمة جهد اختزالها المعياري

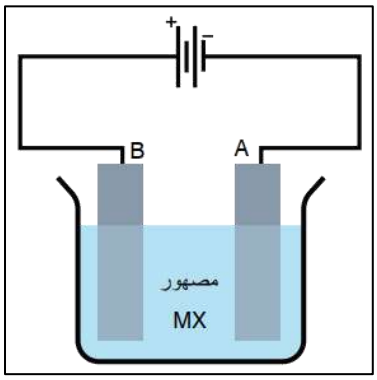
ج- كبريتات الكوبلت $CoSO_4$

الأكسجين O_2 عند المصعد وترسب الكوبلت Co عند المهبط وتكوّن محلول H_2SO_4

نصف تفاعل الاختزال							E° (V)
$2H_2O_{(l)}$		+	$2e^-$	⇌	$2OH^-$	+ $H_{2(g)}$	−0.83
$Co^{2+}{}_{(aq)}$		+	$2e^-$	⇌		$Co_{(s)}$	−0.28
$O_{2(g)}$	$+4H^+$	+	$4e^-$	⇌		$2H_2O_{(l)}$	1.23

تذكر: الكبريتات لن تتأثر بالتحليل الكهربائي فلن تهمنا قيمة جهد اختزالها المعياري

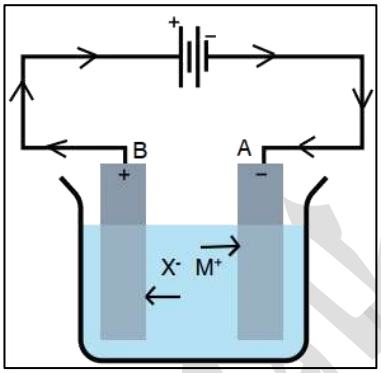
السؤال (4): أدرس الشكل المجاور الذي يمثل خلية تحليل كهربائي لمصهور المركب الأيوني MX باستخدام أقطاب من الجرافيت أعطيت الرموز A و B ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:



أ- أحدد المصعد والمهبط في الخلية

المصعد B والمهبط A

ب-أحدد 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- أحدد القطب الذي تحدث عنده عملية التأكسد

المصعد B

د- أحدد 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- أقترح محلولاً يمكن استخدامه في هذه الخلية

نترات النيكل أو كبريتات النيكل

منهاجي
متعة التعليم الهادف

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 عالميًّا

ما هي مراحل إعادة تدوير بطاريات الرصاص الحمضية؟

1- التجميع 2- التكسير 3- الفرز ثم التدوير

وضِّح 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 آليًّا على شكل كرات من مادة البولي بروبلين
- تستخدم مرة أخرى لإنتاج صناديق بطاريات الرصاص الحمضية، ويمكن استخدامها في صناعة منتجات أخرى

(2) ألواح الرصاص وأكسيده ومركباته الأخرى:

- تُصهر معًا في أفران الصهر
- تصبّ في قوالب وتُزال 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 بطريقيتين:

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

منهاجي
متعة التعليم الهادف

حل مراجعة الوحدة الثانية: الكيمياء الكهربائية

السؤال (1): أقارن بين الخلية الجلفانية وخلية 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 $E°_{Cell}$

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 بالكريوليت 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 نظريًّا عددًا لا نهائيًّا من المرات

لفقدان البطارية جزءًا 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 جيدًا ثم أجيب عن الأسئلة التي تليه: $MnO_4^- + Cl^- \rightarrow Mn^{2+} + Cl_2$

أ- أكتب نصفي تفاعل التأكسد والاختزال

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$
$$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$$

ب-أكتب معادلة التفاعل الكلي الموزونة في وسط حمضي

$$2MnO_4^- + 16H^+ + 10e^- \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O$$
$$10Cl^- \rightarrow 5Cl_2 + 10e^-$$
$$2MnO_4^- + 16H^+ + 10Cl^- \rightarrow 5Cl_2 + 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

ج- هل يحدث هذا التفاعل تلقائيًّا؟ (أستعين بجدول جهود الاختزال المعيارية)

$Cl_{2(g)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2Cl^-_{(aq)}$	1.36
$MnO_4^-{}_{(aq)}$	+	$5e^-$	$\rightleftharpoons$	$Mn^{2+}_{(aq)}$	1.51

$$E^\circ_{Cell} = E^\circ_{MnO_4^-} - E^\circ_{Cl_2} = 1.51 - 1.36 = +0.15\ V$$

يحدث التفاعل بشكل تلقائي لأن إشارة جهد الخلية المعياري موجبة

السؤال (4): أدرس معادلة التفاعل الكيميائي، التي تتضمن رموزًا افتراضية للفلز X واللافلز Y وعنصر الهيدروجين، ثم أجيب 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 وتصاعد 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

$$H_2Y = 2(+1) + Y = 0 \quad \Rightarrow Y = -2$$
$$X_2Y_3 = 2(X) + 3(-2) = 0 \quad \Rightarrow X = +3$$

إذَا 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، فأجيب عمّا 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

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

د- أحسب مستعينًا بجدول جهود الاختزال المعيارية، جهد الخلية المعياري E°_{Cell}

$Cr^{3+}_{(aq)}$	+	$3e^-$	$\rightleftharpoons$	$Cr_{(s)}$	−0.73
$Pb^{2+}_{(aq)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$Pb_{(s)}$	−0.13

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

السؤال (7): يبين الجدول المجاور القيم المطلقة لجهود الاختزال المعيارية للعناصر A, B, C, D, M

نصف تفاعل الاختزال	$\lvert E^{\circ}\rvert$ 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

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، فأجيب مستعينًا بالمعلومات السابقة عن الأسئلة الآتية:

نصف تفاعل الاختزال	E° 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

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^+ ؟

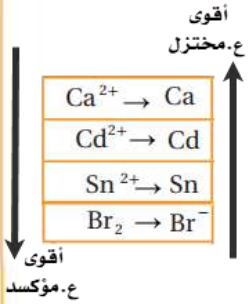
العنصر C لأن التفاعل بينه وبين أيونات A^+ غير تلقائي

ج- ما العامل المؤكسد الذي يؤكسد D ولا يؤكسد M ؟

B^{3+}

السؤال (8): أدرس المعادلات والمعلومات المبينة في الجدول، ثم أجيب عن الأسئلة التي تليها:

المعادلة	المعلومات
$Ca + Cd^{2+} \rightarrow Ca^{2+} + Cd$	تفاعل تلقائي
$2Br^- + Sn^{2+} \rightarrow Br_2 + Sn$	تفاعل غير تلقائي
$Cd + Sn^{2+} \rightarrow Cd^{2+} + Sn$	تفاعل تلقائي



أ- 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

إذَا الكالسيوم فوق الكادميوم، والكادميوم فوق القصدير، والقصدير فوق البروم

أقوى عامل مؤكسد Br_2

ب-أرتب العوامل المختزلة تصاعديًّا حسب قوتها $Br^- < Sn < Cd < Ca$

ج- هل تؤكسد أيونات الكادميوم Cd^{2+} أيونات البروم Br^-؟ لا، حدد أماكنهم على الجدول وستعلم أنها لن تؤكسده

د- ما العنصران اللذان يكوّنان خلية جلفانية لها أعلى جهد خلية معياري؟ Ca, Br_2

السؤال (9): خلية تحليل كهربائي تحتوي على محلول بروميد الليثيوم LiBr . بالرجوع إلى جدول جهود الاختزال المعيارية، أجيب عن الأسئلة الآتية:

$Li^+_{(aq)}$	+	e^-	$\rightleftharpoons$	$Li_{(s)}$	−3.05
$2H_2O_{(l)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2OH^- + H_{2(g)}$	−0.83
$Br_{2(l)}$	+	$2e^-$	$\rightleftharpoons$	$2Br^-_{(aq)}$	1.07
$O_{2(g)} + 4H^+$	+	$4e^-$	$\rightleftharpoons$	$2H_2O_{(l)}$	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 V) أعلى من جهد تأكسد الماء (−1.23 V)

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

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

$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$$

ج- ما مقدار جهد البطارية اللازم لإحداث عملية التحليل الكهربائي؟

$$E°_{Cell} = E°_{H_2O} - E°_{Br_2} = -0.83 - 1.07 = -1.90\ V$$

جهد البطارية اللازم أكبر من 1.90 V

السؤال (10): عند استخدام آلة تصوير ذات بطارية قابلة لإعادة الشحن، أجيب عن الأسئلة الآتية:

أ- أقارن تحولات 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: C, Z, B, X, A, Y ثم أجيب 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]

C^{2+}-----> C
Y^{2+}-----> Y
A^{2+}-----> A
X^{2+}-----> X
$2H^{2+}$-----> H_2
B^{2+}-----> B
Z^{+}-----> Z

نرتبهم في علاقة واحدة، ننظر إلى الأكثرهم تكرارًا 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 C , X. من C إلى X
2) أستنتج القطب الذي تزداد كتلته في الخلية المكونة من القطبين A , B. تزداد كتلة B
3) أقارن: ما القطبان اللذين يشكلان خلية جلفانية لها أعلى جهد خلية معياري؟ C, Z
4) أتنبأ: هل يمكن تحضير الفلز Z بالتحليل الكهربائي لمحلول ZNO_3 ؟ أفسر إجابتي

$$ZNO_3 \xrightarrow{H_2O} Z^+ + NO_3^-$$

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) أتنبأ: 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 نشاطًا منه ولن يحل محله فلن يحدث تفاعل تلقائي، أيضا جهد اختزال Y أقل فيفترض أن يميل إلى التأكسد لا أن تؤكسد أيوناته الفلز الذي تحته وهو B الذي له جهد اختزال أعلى

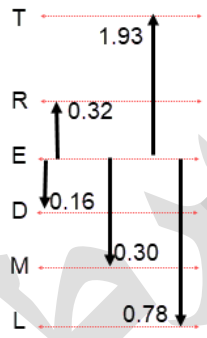
السؤال (12): استخدمت أنصاف الخلايا المعيارية للفلزات ذات الرموز الافتراضية الآتية: T , R , D , M , L مع نصف خلية الفلز E المعيارية لتكوين خلايا جلفانية وكانت النتائج كما في الجدول الآتي. أدرسه جيدًا ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

الخليّة الجلفانيّة	E°_{cell} V	المِصعد
E-D	0.16	E
E-L	0.78	E
T-E	1.93	T
E-M	0.30	E
R-E	0.32	R

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

E E T E R
D L E M E



2- وإما أحسب جهود اختزال تلك الفلزات مع اعتبار أن الفلز E هو القطب المعياري الذي جهد اختزاله صفر يعني نحن نصفره كما صفّر العلماء قطب الهيدروجين المعياري، ونلاحظ أن القطب E موجود في كل خلية فالأنسب فعليًّا اعتباره قطب مرجعي وتصفيره لحساب جهود الاختزال بالنسبة له فإن كان القطب E مصعدًا فجهد اختزال الذي معه سيكون موجبًا، وإن كان القطب E مهبطًا فسيكون جهد اختزال الذي معه سالبًا، 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

$$E°_T = -1.93\ V \quad E°_R = -0.32\ V$$
$$E°_{Cell} = -0.32 - -1.93 = 1.61\ V$$

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 $TiO_2 + 2Cl_2 + C \rightarrow TiCl_4 + CO_2$ هي:

(أ) C
(ب) Cl_2
(ج) TiO_2
(د) $TiCl_4$

الإجابة الصحيحة: ب

2- عدد تأكسد البورون B في المركب $NaBH_4$ هي::

(أ) $+3$
(ب) $+5$
(ج) -5
(د) -3

الإجابة الصحيحة: أ

3- إحدى العبارات الآتية صحيحة:

(أ) العامل المختزَل يكتسب إلكترونات في التفاعل الكيميائي
(ب) العامل المؤكسَد 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 تأكسدًا واختزالاً ذاتيًّا

(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 في وسط قاعدي: $MnO_4^- + H_2O_2 \rightarrow MnO_2 + O_2$

(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

يتضمن الجدول المجاور ثلاث خلايا جلفانية يشكل الفلز X أحد أقطابها مع أحد الفلزات ذات الرموز الافتراضية M , N, L ومعلومات عنها، أدرسه ثم أجيب عن12,13,14:

قطبا الخليّة	القطب الذي يُشَكِّلُهُ الفِلِزّ X	E°_{cell} V
M-X	مهبط	0.78
X-N	مصعد	0.15
X-L	مصعد	0.74

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 X, L , N , M 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 $E°_{Cell}$ 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

أدرس الجدول المجاور الذي يتضمن بعض أنصاف تفاعلات الاختزال المعيارية وجهودها، وأستخدمه للإجابة عن الأسئلة 16 و17:

نصف تفاعل الاختزال	$E°$ V
$Ag^+ + e^- \rightleftharpoons Ag$	0.80
$Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu$	0.34
$Zn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Zn$	−0.76
$2H_2O + 2e^- \rightleftharpoons H_2 + 2OH^-$	−0.83
$Br_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2Br^-$	1.07

16- عند التحليل الكهربائي لمحلول بروميد الخارصين فإن الناتج عند المهبط هو:

(أ) Zn
(ب) H_2
(ج) Cl_2
(د) OH^-

الإجابة الصحيحة: أ

17- عند التحليل الكهربائي لمحلول يحتوي على الأيونات Cu^{2+}, Zn^{2+}, Ag^{+} فإن ذراتها تبدأ بالترسب عند المهبط حسب الترتيب الآتي:

(أ) $\xrightarrow{}$ Zn ,Ag ,Cu

(ب) $\xrightarrow{}$ Cu ,Ag ,Zn

(ج) $\xrightarrow{}$ Ag ,Cu ,Zn

(د) $\xrightarrow{}$ 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 $Ba|Ba^{2+}||Ni^{2+}|Ni$، ما عدا:

(أ) Ni^{2+} أقوى عامل مؤكسد

(ب) Ba أقوى عامل مختزل

(ج) تزداد كتلة قطب Ni

(د) $Ba|Ba^{2+}$ 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 Co^{3+} إلى Co^{4+}

(ب) يمثل أكسيد الكوبلت CoO_2 قطب المهبط في أثناء الشحن

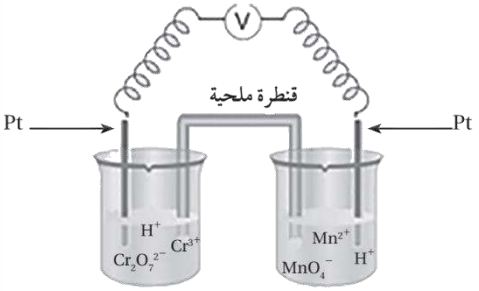
(ج) تختزل أيونات الليثيوم Li^{+}

(د) تتحرك أيونات الليثيوم Li^{+} باتجاه نصف خلية الجرافيت

الإجابة الصحيحة: ب

أسئلة التفكير: كتاب الأنشطة

السؤال الأول: مستعينًا بأنصاف تفاعلات الاختزال



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

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

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

$$6MnO_4^- + 11H_2O + 10Cr^{3+} \rightarrow 6Mn^{2+} + 5Cr_2O_7^{2-} + 22H^+$$

أ- أحدد العامل المختزل Cr^{3+}

ب- أحدد العامل المؤكسد $6MnO_4^-$

ج- أحسب جهد الخلية المعياري

$$E^\circ_{Cell} = E^\circ_{Cathode} - E^\circ_{Anode} = 1.51 - 1.33 = +0.18\ V$$

السؤال الثاني: أوازن معادلات التفاعل الآتية بطريقة نصف التفاعل، وأبين العامل المؤكسد والعامل المختزل:

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

$$6e^- + 4H^+ + 2IPO_4 \rightarrow I_2 + 2H_2PO_4^-$$
$$3 \times (3H_2O + IPO_4 \rightarrow IO_3^- + H_2PO_4^- + 2e^- + 4H^+)$$
$$5IPO_4 + 9H_2O \rightarrow 3IO_3^- + I_2 + 5H_2PO_4^- + 8H^+$$

العامل المؤكسد: IPO_4 **العامل المختزل:** IPO_4

(ب) $ClO_3^- + N_2H_4 \xrightarrow{OH^-} NO_3^- + Cl^-$

$$7 \times (6e^- + 6H^+ + ClO_3^- \rightarrow Cl^- + 3H_2O)$$
$$3 \times (6H_2O + N_2H_4 \rightarrow 2NO_3^- + 14e^- + 16H^+)$$
$$42e^- + 42H^+ + 7ClO_3^- \rightarrow 7Cl^- + 21H_2O$$
$$18H_2O + 3N_2H_4 \rightarrow 6NO_3^- + 42e^- + 48H^+$$
$$3N_2H_4 + 7ClO_3^- \rightarrow 7Cl^- + 3H_2O + 6NO_3^- + 6H^+$$
$$3N_2H_4 + 7ClO_3^- + 6OH^- \rightarrow 7Cl^- + 3H_2O + 6NO_3^- + 6H^+ + 6OH^-$$
$$3N_2H_4 + 7ClO_3^- + 6OH^- \rightarrow 7Cl^- + 9H_2O + 6NO_3^-$$

العامل المؤكسد: ClO_3^- **العامل المختزل:** N_2H_4

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 كهربائيًّا تصاعد غاز H_2 عند المهبط في المحلول الأول وترسب D عند المهبط في المحلول الثاني

A فلز نشط بينما D فلز انتقالي، إذًا A فوق D

أدرسها جيدًا 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؟ طبعًا لن يحل لأنه أقل نشاطًا 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°C، مستعينًا بأنصاف تفاعلات الاختزال وجهودها المعيارية الآتية، اكتب المعادلة الكلية الموزونة للتفاعل المتوقع. أبرر إجابتي

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

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

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

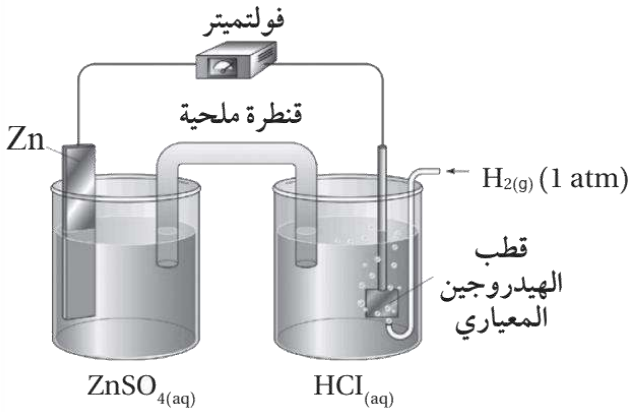
طريقة الحل: الترتيب حسب جهود الاختزال من الأقل إلى الأكبر $Br_2 < Cl_2 < F_2$

إذًا غاز الكلور كعامل مؤكسد يؤكسد الذي أقل جهد اختزال منه يعني يؤكسد أيونات البروم

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

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 في الظروف المعيارية، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية: $Zn|Zn^{2+}||2H^{+}|H_2|Pt$



أ- ما تركيز أيونات Zn^{2+} المستخدمة في نصف خلية الخارصين المعيارية؟

$[Zn^{2+}] = 1M$

ب- هل يمكن استخدام محلول مشبع من كبريتات النحاس $CuSO_4$ في القنطرة الملحية المستخدمة في الخلية الجلفانية؟ أفسر إجابتي. جهد الاختزال المعياري للنحاس ($E°_{Cell}$)

لا يمكن لأن أيونات Cu^{2+} ستتحرك باتجاه نصف خلية الهيدروجين ولأن جهد اختزال النحاس أعلى من الهيدروجين وبالتالي أيونات النحاس ستختزل بدلاً من أيونات الهيدروجين H^{+} وتترسب فيصبح جهد الخلية المعياري المقاس لا يُمثل جهد الخلية المطلوبة

السؤال السادس: أدرس الجدول المجاور الذي يتضمن بعض أنصاف تفاعلات الاختزال وجهودها المعيارية ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

نصف تفاعل الاختزال	E° V
$Mn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Mn$	-1.18
$Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe$	- 0.44
$2H_2O + 2e^- \rightleftharpoons H_2 + 2OH^-$	- 0.83
$I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-$	0.54
$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-$	0.40
$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2H_2O$	1.23
$Na^+ + e^- \rightarrow Na$	-2.71

1- هل يمكن تحضير المنغنيز بالتحليل الكهربائي لمحلول 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 $FeCl_2$

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

3- أكتب معادلة كيميائية كلية موزونة تمثل نواتج التحليل الكهربائي لمحلول NaOH

$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$

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)

نصف تفاعل الاختزال/المهبط: $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

نصف تفاعل التأكسد/ المصعد: $4OH^- \rightarrow 4e^- + O_2 + 2H_2O$

المعادلة الكلية بعد ضرب النصف الأول في 2 ثم جمع الأنصاف: $2H_2O \rightarrow H_2 + O_2$

4- هل يحدث تفاعل التأكسد والاختزال في خلية التحليل الكهربائي لمصهور MnI_2، إذا زودت بجهد مقداره 1.5 V؟ أبرر إجابتي

$$Mn^{2+} + 2e^- \rightarrow Mn \quad E°_{Mn} = -1.18\ V$$
$$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^- \quad E°_{I_2} = +0.54\ V$$

جهد الخلية المعياري: $E°_{Cell} = E°_{Mn} - E°_{I_2} = -1.18 - 0.54 = -1.72\ V$

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 فمن نفسي وتقصيري

أسأل الله أن ينفع بهذا العمل
ويتقبله قبولًا مباركًا كما يليق بجلال وجهه وعظيم سلطانه

مع كل الحب لطلابي
مريم السرطاوي