

. المفاهيم والمصطلحات :

عزيزي الطالب ستتعرف في هذا الدرس على هذه المفاهيم والمصطلحات العلمية :

| | |
|-------------------|---------------------|
| Electrolyte | المادة الكهربية |
| Non - Electrolyte | المادة غير الكهربية |
| Electrolysis | التحليل الكهربائي |
| Electroplating | الطلاء الكهربائي |

خلايا التحليل الكهربائي (Electrolysis Cell) :

.v توصيل محاليل المركبات ومصاهيرها للتيار الكهربائي :

. تذكر :

. المركبات الأيونية تتفكك في الماء إلى أيونات موجبة و سالبة وأن محاليلها موصلة للتيار الكهربائي
. محاليل الحموض والقواعد هي محاليل موصلة للتيار الكهربائي .

v. المواد الكهربية (Electrolyte) والمواد
غير الكهربية (Non - Electrolyte):

. المواد الكهربية (Electrolyte) :

. **تعريفها :** هي مادة تتفكك إلى أيونات موجبة
وسالبة حرة الحركة عند صهرها أو إذابتها
في الماء.

. **توصيلها للتيار الكهربائي :** قدرة هذه
الأيونات على التحرك في جميع الاتجاهات
وباتجاه أقطاب مخالفة لها في الشحنة يجعل
مصاهيرها ومحاليلها **موصلة للتيار
الكهربائي.**

. **الأمثلة على هذه المواد :**

(١) المركبات الأيونية مثل : NaCl , KBr , AgNO_3 ,
 KOH

(٢) الحموض مثل : HBr , HCl , H_2SO_4 , HNO_3 ,
 HI

(١) المركبات الأيونية مثل : NaCl , KBr , AgNO_3 , KOH

. مثال للتوضيح :

. يتفكك ملح كلوريد الصوديوم NaCl في الماء بحسب المعادلة الآتية :



. نلاحظ من المعادلة أنه ينتج من ذوبان

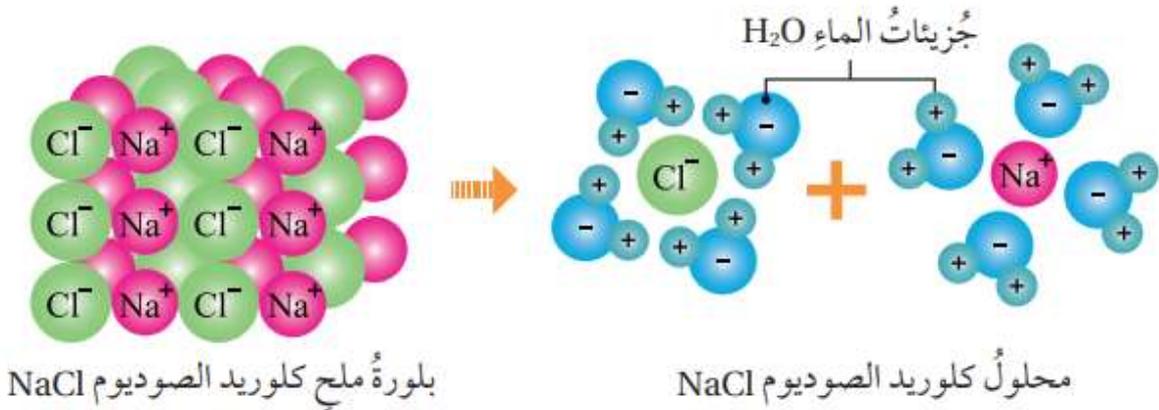
الملح في الماء أيونات

الصوديوم Na^+ وأيونات الكلوريد Cl^-
حرة الحركة

. الشكل الآتي : يوضح تفكك

ملح NaCl إلى أيونات حرة الحركة عند ذوبانه في الماء :

المعاد



المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

. عند صهر NaCl فإنه يتفكك إلى أيونات حرة الحركة بحسب المعادلة الآتية :

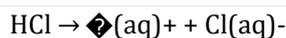


. إن وجود هذه الأيونات حرة الحركة يفسر توصيل محلول ومصهور ملح NaCl للتيار الكهربائي وعليه فإن ملح كلوريد الصوديوم NaCl مادة كهربية .

(٢) الحموض مثل : HCl , H_2SO_4 , HNO_3 وغيرها تعد مواد كهربية على الرغم من انها جزيئات متعادلة وليست أيونية، وذلك لأنها تتأين في الماء منتجةً أيونات حرة الحركة .

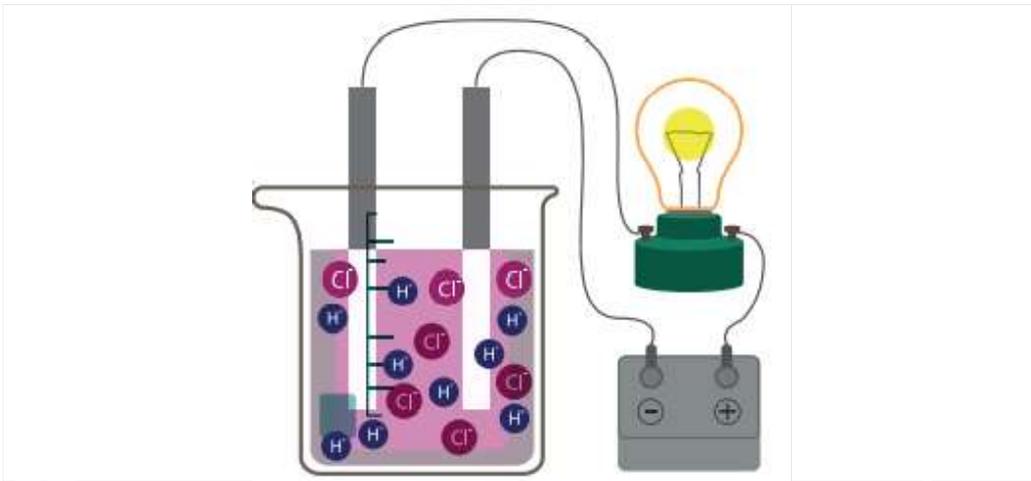
. مثال للتوضيح :

. توضح المعادلة الآتية تأين حمض HCl في الماء :



المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

. نلاحظ أن حمض HCl قد تفكك إلى أيونات موجبة وسالبة حرة الحركة تجعل له القدرة على إيصال التيار الكهربائي . الشكل الآتي يوضح توصيل محلول HCl للتيار الكهربائي:



المع

. المواد غير الكهربية (Non - Electrolyte) :

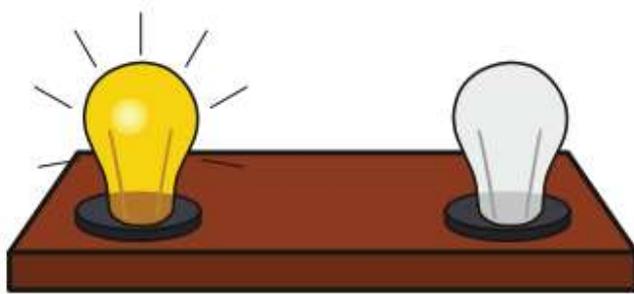
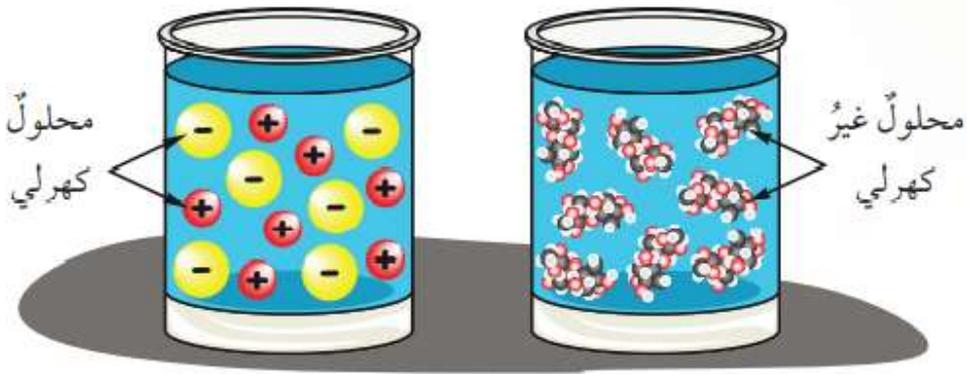
. **تعريفها :** هي مادة لا تتفكك إلى أيونات حرة الحركة عند صهرها أو إذابتها في الماء.

. **توصيلها للتيار الكهربائي :** عدم قدرة هذه المواد على التفكك وإنتاج أيونات

المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

حرارة الحركة ، ولذلك هذه المواد
تكون غير موصلة للتيار الكهربائي.
الأمثلة على هذه المواد :
السكر ، الشمع .

الشكل الآتي يوضح الفرق بين المواد الكهربية
والمواد غير الكهربية :



سؤال (١) :

المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

ما الشروط الواجب توافرها في المادة لوصفها بالكهرلية :

الإجابة :

١. تتفكك إلى أيونات موجبة وسالبة حرة الحركة عند صهرها أو إذابتها في الماء
٢. مصاهيرها ومحاليلها موصلة للتيار الكهربائي .

سؤال (٢) :

هل يعد مصهور الشمع مادة كهرلية :

الإجابة:

الشمع مادة غير كهرلية فهي لا تتفكك إلى أيونات حرة الحركة عند صهرها أو ذوبانها في الماء، لذلك فإن مصاهيرها ومحاليلها غير موصلة للتيار الكهربائي .

التحليل الكهربائي (Electrolysis) :

. عملية التحليل الكهربائي : إمرار تيار كهربائي في مصهور أو محلول مادة كهرلية يؤدي إلى إحداث تفاعل التأكسد والاختزال .

. **خلية التحليل الكهربائي :** الدارة الكهربائية

المستخدمة في عملية التحليل الكهربائي

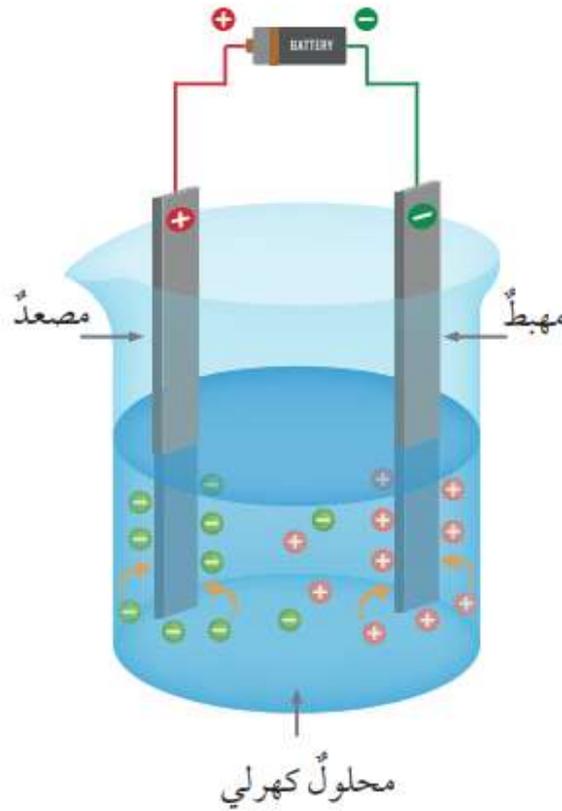
الكهربائي وهي النوع الثاني من الخلايا

الكيميائية، حيث تتحول فيها الطاقة

الكهربائية إلى طاقة كيميائية

. **الشكل الآتي يمثل شكل خلية التحليل**

الكهربائي :



الم

. **مكونات خلية التحليل الكهربائي :**

- . وعاء يحتوي محلولاً أو مصهوراً لمادة كهربية
- . قطبي غرافيت وهما قطبان خاملان لا يتشركان في التفاعل .
- . مصعد (Anode) القطب الموجب للبطارية
- . مهبط (Cathode) القطب السالب للبطارية
- . أسلاك توصيل .

ملاحظة (١) :

قطبي غرافيت وهما قطبان خاملان لا يتشركان في التفاعل وإنما:

- . ينقلان الإلكترونات من المحلول أو المصهور الكهربي وإليه.
- . يتصلان ببطارية عبر أسلاك التوصيل بحيث :

يتصل أحد القطبين بالقطب الموجب للبطارية وهو الصعد

يتصل القطب الآخر بالقطب السالب
للبطارية وهو المهبط

. آلية عمل خلية التحليل الكهربائي :

. عند مرور التيار الكهربائي في المحلول أو
المصهور:

. تتحرك الأيونات السالبة باتجاه القطب
الموجب (المصعد)
. تتحرك الأيونات الموجبة باتجاه
القطب السالب (المهبط)

المعلم

. التفاعلات التي تحدث في خلية التحليل
الكهربائي لمصهور مادة كهربية :

. الأيونات السالبة تتأكسد عند المصعد
. الأيونات الموجبة تختزل عند المهبط

. التفاعلات التي تحدث في خلية التحليل
الكهربائي لمحلول مادة كهربية :

. يحتمل اختزال الأيون الموجب أو الماء
عند المهبط

المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

. يحتمل تأكسد الأيون السالب أو الماء عند

المصعد

. هنا تختلف نواتج عملية التحليل

الكهربائي بسبب وجود الماء

سؤال (٣) :

أقارن بين تحولات الطاقة في الخلية الجلفانية وخلية

التحليل الكهربائي :

الإجابة:

الخلية الجلفانية :

تتحول فيها الطاقة من الكيميائية إلى الكهربائية

خلية التحليل الكهربائي :

تتحول فيها الطاقة من الكهربائية إلى الكيميائية

سؤال (٤) :

أحدد التفاعل الذي يحدث عند كل من المصعد والمهبط

في خلية التحليل الكهربائي :

الإجابة:

المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

التفاعل الذي يحدث عند المصعد : تأكسد

التفاعل الذي يحدث عند المهبط : اختزال .

v. تحليل الكهربائي لمصهور مادة كهربية

(Electrolysis of Molten)

: (Electrolyte

عند تمرير تيار كهربائي في مصهور مادة كهربية،
فإن الأيونات السالبة تتأكسد عند المصعد
والأيونات الموجبة تختزل عند المهبط .

. الأمثلة الآتية توضح التحليل الكهربائي
لمصهور المادة الكهربية:

مثال (١) :

أكتب معادلات كيميائية تمثل التفاعلات التي تحدث على
الأقطاب والتفاعل الكلي عند التحليل الكهربائي
لمصهور يوديد الرصاص PbI_2 ثم أكتب نواتج التحليل
الكهربائي له :

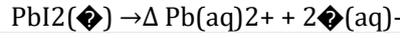
الإجابة :

المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

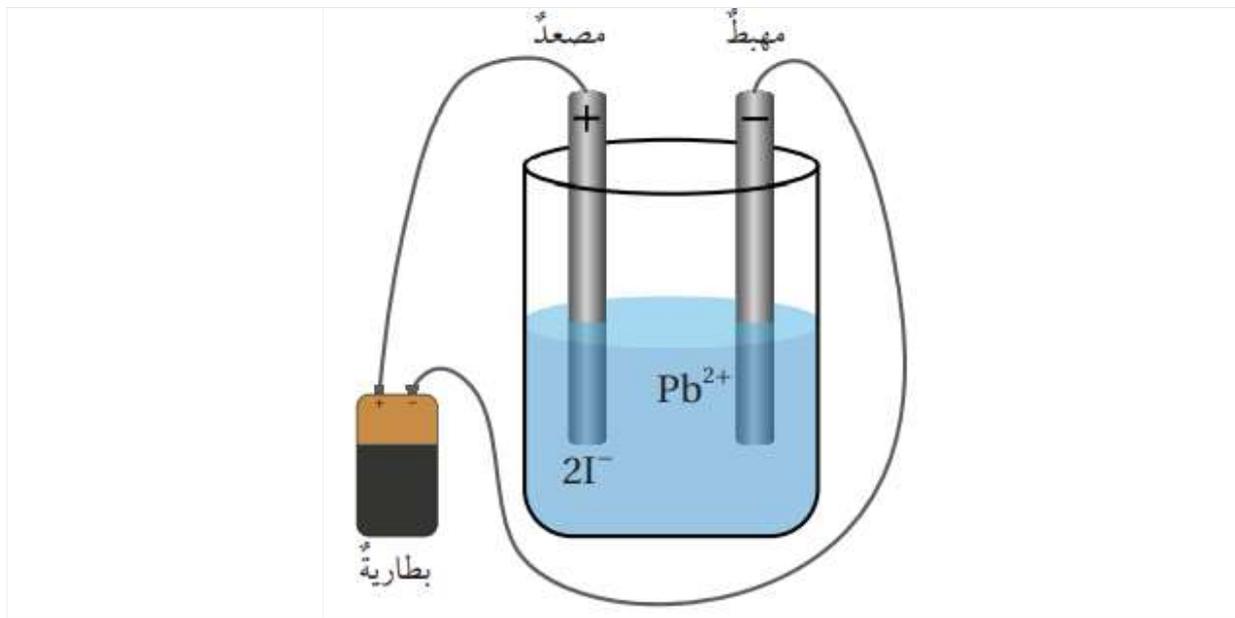
مركب أيوني يتفكك عند صهره PbI_2 يوديد الرصاص

بالحرارة بحسب المعادلة الآتية :



. شكل خلية التحليل الكهربائي لمصهور يوديد

الرصاص :



. عند تمرير تيار كهربائي في المصهور،

تتحرك أيونات الرصاص

الموجبة Pb^{2+} باتجاه المهبط، وتختزل،

مكونة ذرات الرصاص Pb

. تتحرك الأيونات السالبة $2I^{-}$ باتجاه

المصعد وتتأكسد، مكونة جزيئات اليود I_2

المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

. المعادلات الكيميائية التي تصف التفاعلات

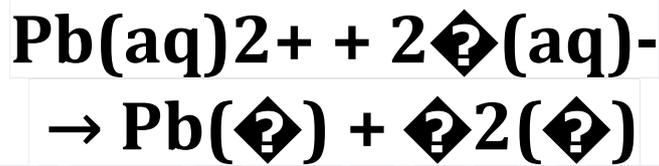
الحاصلة على الأقطاب:



. معادلة التفاعل الكلي: هي مجموع نصفي

تفاعل التأكسد والاختزال وتكون بالشكل

الآتي :



. أي أنه عند التحليل الكهربائي مصهور

يوريد الرصاص PbI_2 يتكون

الرصاص Pb واليود I_2

مثال (٢) :

أكتب معادلات كيميائية تمثل التفاعلات التي تحدث على

الأقطاب عند التحليل الكهربائي مصهور بروميد

البوتاسيوم KBr ، ثم أكتب نواتج التحليل الكهربائي :

الإجابة :

المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

بروميد البوتاسيوم KBr هو مركب أيوني يتفكك عند صهره بالحرارة بحسب المعادلة الآتية :



. عند تمرير تيار كهربائي في المصهور،
تتحرك أيونات البوتاسيوم
الموجبة K^+ باتجاه المهبط، وتختزل،
مكونة ذرات البوتاسيوم K بحسب
المعادلة الآتية :

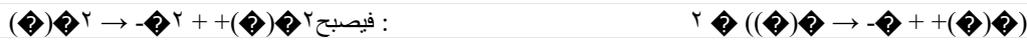


. تتحرك أيونات البروميد السالبة Br^-
باتجاه المصعد وتتأكسد، مكونة جزيئ
البروم Br_2 بحسب المعادلة الآتية :



. نلاحظ أن عدد الإلكترونات في أنصاف التفاعل
غير متساوية لذلك يجب أن :

. نضرب نصف تفاعل الإختزال بـ ٢



المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

. نواتج التحليل الكهربائي لمحلول بروميد

البوتاسيوم KBr هي تكوّن

البوتاسيوم K والبروم Br_٢

سؤال (٥) :

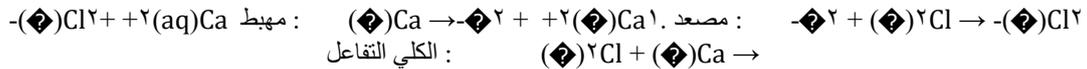
عند التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد

الكالسيوم CaCl₂

١. أكتب نصفي تفاعل المصعد والمهبط والتفاعل الكلي

٢. أحدد نواتج التحليل الكهربائي للمصهور .

الإجابة:



٢. نواتج التحليل الكهربائي : الكالسيوم (عند المهبط)

، غاز الكلور (عند المصعد)

التحليل الكهربائي لمحلول مادة كهربية
(Electrolysis of Electrolyte)

: (Solution

. عند إذابة المادة الكهرلية في الماء؛ فإنها :

. تتفكك إلى أيونات موجبة وسالبة حرة
الحركة .

. عند تمرير التيار الكهربائي في محلول المادة
الكهرلية :

. يتحرك الأيون الموجب وهو أيون الفلز
باتجاه المهبط وهناك احتمالان وهما :

١. إما أن تختزل أبونات الفلز الموجبة
ويتكون الفلز .

٢. إما أن يختزل الماء ويتكون غاز
الهيدروجين .

.v القاعدة المتبعة في تحديد أي الإحتمالين قد
يحدث على قطب المهبط هي :

” أن الفلزات أسفل الهيدروجين في سلسلة النشاط
الكيميائي هي التي تترسب نتيجة اختزال أيوناتها
الموجبة، أما الفلزات فوق الهيدروجين في سلسلة

المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

النشاط الكيميائي ؛ لا تختزل أيوناتها وإنما يختزل الماء ويتصاعد غاز الهيدروجين "

. عند المصعد : فإن الأيونات السالبة وتتأكسد مكونة جزيئاتها مثل :

أيونات المجموعة السابعة: أيونات الكلوريد Cl^- ، أيونات البروميد Br^- ، أيونات اليوديد I^- ، تتأكسد مكونة جزيئات Cl_2 ، Br_2 ، I_2

المعلم الإلكتروني الشامل

.v أمثلة للتوضيح:

مثال (٣) :

أستنتج نواتج التحليل الكهربائي لمحلول بروميد النحاس $CuBr_2$ في الماء :

الإجابة :

أكتب معادلة تفكك ملح بروميد النحاس $CuBr_2$ في الماء :



المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

. إذا رجعنا إلى سلسلة النشاط الكيميائي؛ سنجد أن النحاس Cu يقع أسفل الهيدروجين في السلسلة؛ لذلك فإن الإحتمال الأول بالنسبة لحركة الأيون الموجب باتجاه المهبط هو الذي سيطبق وهو أن أيونات النحاس الموجبة Cu^{2+} ستتحرك باتجاه المهبط وتختزل ويتكون النحاس كما في المعادلة الآتية :



. أيونات البروميد السالبة Br^- ستتحرك باتجاه المصعد وتتأكسد، ويتكون البروم كما توضح المعادلة الآتية :



. إن نواتج التحليل الكهربائي لمحلول بروميد النحاس $CuBr_2$ هي :

١. تكون النحاس Cu عند المهبط

٢. تكون البروم Br_2 عند المصعد

مثال (٤) :

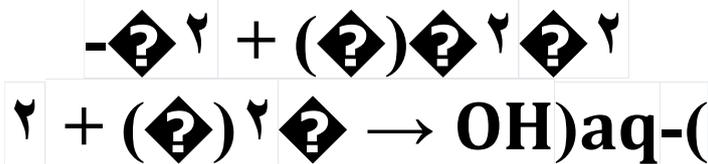
أستنتج نواتج التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد البوتاسيوم KCl في الماء :

الإجابة :

أكتب معادلة تفكك ملح كلوريد البوتاسيوم KCl في الماء:



- إذا رجعنا إلى سلسلة النشاط الكيميائي؛ سنجد يقع فوق الهيدروجين في K البوتاسيوم السلسلة؛ لذلك فإن الإحتمال الثاني بالنسبة لحركة الأيون الموجب باتجاه المهبط هو الذي سيطبق وهو أن الماء هو الذي سيختزل عند المهبط وليست أيونات H ويتكون غاز الهيدروجين كما توضح المعادلة الآتية K البوتاسيوم الموجبة + :



المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

. أيونات الكلوريد السالبة Cl^- ستتحرك باتجاه القطب الموجب (المصعد) وتتأكسد ويتكون غاز الكلور Cl_2 كما توضح المعادلة الآتية:



. إن نواتج التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد البوتاسيوم KCl هي:

عند H_2 ١. تكون غاز الهيدروجين
المهبط
٢. تكون غاز
عند المصعد Cl_2 الكلور

سؤال (6):

أستنتج نواتج التحليل الكهربائي لمحلول يوديد الصوديوم NaI :

الإجابة:

١. يتأكسد أيون اليوديد على المصعد فينتج
وفق المعادلة الآتية: I_2 اليود



المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

٢. بالرجوع لسلسلة النشاط الكيميائي سنجد أن الصوديوم يقع فوق الهيدروجين في ترتيب السلسلة إذاً فإن أيونات الصوديوم الموجبة Na^+

لا تختزل وإنما تختزل جزيئات الماء مكونة غاز الهيدروجين وفق المعادلة الآتية :



٣. نواتج التحليل الكهربائي لمحلول يوديد الصوديوم NaI هي :

١. غاز الهيدروجين H_2 عند المهبط .٢
يود I_2 عند المصعد

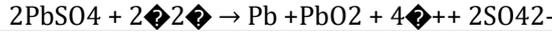
v. الربط بالحياة :

شحن البطارية :

البطارية : خلية غلفانية يحدث فيها تفاعل تأكسد واختزال يُنتج تياراً كهربائياً، وعندما يعاد شحن البطارية، فإنها تعمل بوصفها خلية تحليل كهربائي؛ إذ يمر فيها تيار كهربائي يتسبب في حدوث تفاعل التأكسد والإختزال، وهو عكس التفاعل الذي يحدث في أثناء

استخدام البطارية فمثلاً، في بطارية السيارة فإن

التفاعل الذي يحدث في أثناء الشحن هو :



. وهو عكس التفاعل المنتج للطاقة فيها،
وتحدث عملية الشحن آلياً عبر محرك السيارة،
أما في الهواتف والحواسيب المحمولة
والسيارات الكهربائية وغيرها، فإن الشحن يتم
بإستخدام مصدر خارجي للتيار الكهربائي.

تطبيقات خلايا التحليل الكهربائي

(Electrolysis Cells Applications)

:

. تحول خلايا التحليل الكهربائي الطاقة
الكهربائية إلى طاقة كيميائية بإستخدام تيار
كهربائي يؤدي إلى إحداث تفاعل التأكسد
والاختزال ولهذه الخلايا تطبيقات مهمة فمثلاً

:

١. تُحضر الفلزات النشطة كالصوديوم والمغنيسيوم بالتحليل الكهربائي لمصاهير الكلوريدات الخاصة بها
٢. الطلاء الكهربائي للحلي والأدوات المنزلية، سواءً لإكسابها مظهرًا جميلاً أو لحمايتها من التآكل .

٥. إستخلاص الصوديوم (Extracting Sodium):

- الم
٥. تُستخدم عملية التحليل الكهربائي لمصهور كلوريد الصوديوم NaCl في إستخلاص الصوديوم صناعياً بإستخدام خلية داون Dawn's Cell وذلك من خلال تمرير تيار كهربائي في مصهور كلوريد الصوديوم NaCl فإنه:

٦. تتحرك أيونات الكلوريد السالبة Cl⁻ باتجاه المصعد حيث تتأكسد مكونة غاز الكلور كما في المعادلة الآتية :

المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤



التأكسد تفاعل نصف /مصعد :

تتحرك باتجاه Na^+ * أيونات الصوديوم الموجبة المهبط وتحدث لها عملية اختزال، وتتكون ذرات

الصوديوم كما في المعادلة الآتية :

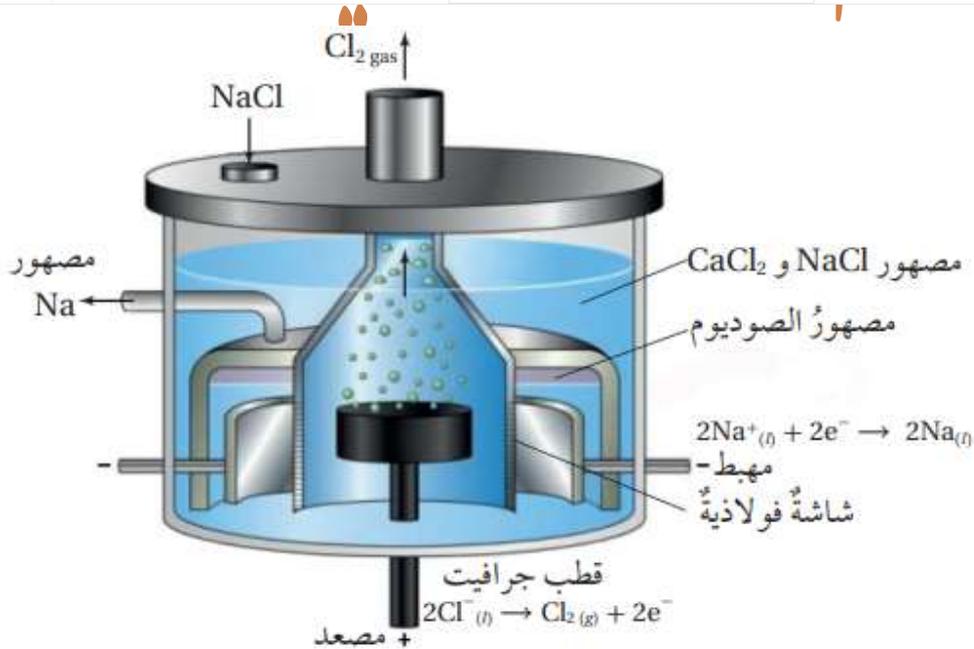


. للحصول على معادلة التفاعل الكلية،

أجمع نصفي تفاعل التأكسد والإختزال :



شكل خلية داون Dawn's Cell .v



المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

. نلاحظ من الشكل أن المصعد في الخلية محاط بشاشة فولاذية تعزل غاز الكلور الناتج وتمنع تفاعله مع الصوديوم الناتج ويخرج غاز الكلور من مخرج مخصص له .

الطلاء الكهربائي (Electroplating):

. تذكر أنه : يمكن حماية الحديد من الفلزات من التآكل بطلائها بفلز آخر، فمثلاً :

. من طرائق حماية الحديد طلاؤه بطبقة من الخارصين وهو ما يسمى بغلفنة الحديد، في حين تغطي بعض الفلزات بطبقة من فلزات أخرى لإكسابها مظهرًا جميلاً .

. تتضمن عملية الطلاء الكهربائي :

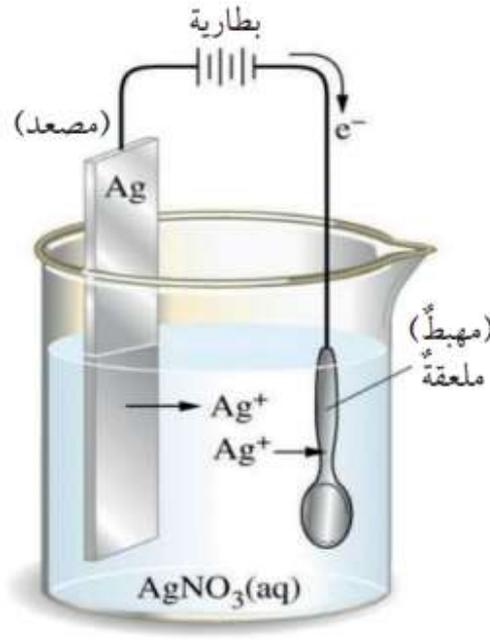
ترسيب طبقة رقيقة من المادة المراد الطلاء بها على سطح المادة المراد طلاؤها، فمثلاً :

. إذا أردنا طلاء ملعقة بالفضة فإنه :

١. توصل الملاعة بالقطب السالب للبطارية حيث انها تمثل المهبط في خلية التحليل الكهربائي .

٢. يوصل قطب من الفضة وهي المادة المراد الطلاء بها بالقطب الموجب للبطارية حيث يمثل المصعد .

٣. كلاهما يكون موضوع في محلول كهربي كهربي لأحد أملاح الفضة مثل محلول نترات الفضة $AgNO_3$ ، كما في الشكل الآتي :



المع

المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

٤. عند إغلاق الدارة الكهربائية تتأكسد ذرات الفضة المكونة للمصعد بحسب المعادلة الآتية

:



كذلك فإن أيونات الفضة تختزل وترسب على الملعقة (المهبط) حسب المعادلة الآتية :



وبذلك يتم طلاء الملعقة بطبقة من الفضة

ملاحظة : إن كتلة قطب المصعد (الفضة) تقل مع مرور الوقت (أثناء عملية الطلاء)

سؤال (٧) :

يطلب الكثير من الأدوات الفولاذية كهربائياً بطبقة من الكروم Cr لحمايتها من الصدأ . أكتب نصفي تفاعل التأكسد والاختزال اللذين يحدثان فيها . (شحنة الكروم

$3+$)

الإجابة:



المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

٧. الربط بالرياضة :

إن الميدالية الذهبية التي يكرم بها الفائزون في الألعاب الأولمبية لا تحتوي إلا جزءاً بسيطاً من الذهب، واللجنة الأولمبية العالمية هي من يضع مواصفات الميداليات الأولمبية، وتوافق على التصميم المقدم من الدولة المستضيفة إذ يبلغ قطر الميدالية الذهبية 85 mm، وتبلغ كتلتها (556 g)، (550 g) منها من الفضة الخالصة، وتطلى بطبقة من الذهب كتلتها (6 g) ، وعلى الرغم من ذلك، فإن الفرحة بالفوز بالميدالية الذهبية كبيرة .



٧. الإثراء والتوسع : (النظارات ذاتية

التلون (Photochromic Glass) :

. يفضل بعض الأشخاص الذين يرتدون النظارات الطبية ذات العدسات ذاتية التلون

عند التعرض للوض **Photochromic Lenses**، حيث تصبح داكنة عند تعرضها للضوء الساطع، ما يغيثهم عن النظارات الشمسية .
يمكن تفسير هذا التغير في اللون استجابةً للضوء اعتمادًا على تفاعلات التأكسد والاختزال.

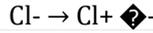
من المؤلف أن العدسات في النظارات العادية مصنوعة من الزجاج الشفاف للضوء المرئي، أما في العدسات ذاتية التلون، فيعالج الزجاج فيها بإضافة **بلورات كلوريد الفضة AgCl وبلورات كلوريد النحاس CuCl (I)** في أثناء تصنيع زجاج العدسة .

من خصائص كلوريد الفضة أنه يتأثر بالضوء حيث يحدث له التفاعلات الآتية:
مكونة ذرات Ag^+ تختزل أيونات الفضة .
الفضة بحسب المعادلة الآتية :

المعلم



. تتأكسد أيونات الكلوريد Cl^- مكونة ذرات الكلور بحسب المعادلة الآتية :



. تتجمع ذرات الفضة معًا وتمنع انتقال الضوء، ما يؤدي إلى تغميق لون زجاج العدسة، ويحدث ذلك فور التعرض للضوء حتى تكون هذه النظارة عملية، يجب أن يحدث العكس من ذلك بعيدًا عن الضوء (في الظل أو الليل) وهو ما يقوم به كلوريد النحاس $CuCl$ (I).

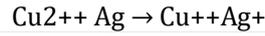
. عند وقوف الشخص في الظل يحدث التفاعل الآتي :



. تختزل أيونات Cu^{+2} ذرات الكلور التي تكونت نتيجة التعرض للضوء وتحولها إلى أيونات Cl^- ، وكذلك تتأكسد أيونات Cu^+ إلى Cu^{+2} ، ثم تتفاعل أيونات Cu^{+2} مع ذرات الفضة التي تكونت

المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤

نتيجة التعرض للضوء وتوأكسدها إلى
أيونات الفضة Ag^+ وتختزل إلى
أيونات Cu^+ كما في المعادلة الآتية :



. بذلك تصبح العدسات شفافة مرة أخرى .
. شكل النظارات ذاتية التلون .



المع

المعلم الالكتروني الشامل- منهاج الأردن ٢٠٢٥ - ٢٠٢٤