

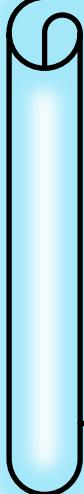


كلية العلوم

القسم : الكيمياء

السنة : الثالثة

٩



المادة : كيمياء فизيائية ٤

المحاضر : الثالثة/نظري/د . سعود

{{{ A to Z مكتبة }}}  
مكتبة A to Z

Maktabat A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية



0931497960



يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم

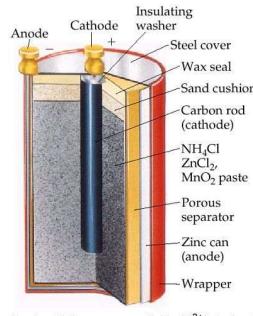
الأربعاء: 30/04/2025	<b>الكيمياء الفيزيائية IV</b> <b>الفصل الأول</b> <b>الكيمياء الكهربائية</b> <b>ELECTROCHEMISTRY</b>	<b>المحاضرة الثالثة</b> <b>قسم الكيمياء</b> <b>السنة الثالثة - الفصل الثاني</b> <b>2025 - 2024</b>
د. سعود عبد الحليم كده PHYSICAL CHEMISTRY IV 2024-2025 (Dr. Saud KEDA)	حروف موزعة ضمن: 28964 صفحه 16	تتضمن هذه المحاضرة: كلمة تشمل: 5525

**الهدف التعليمي من المحاضرة الثانية**

في نهاية هذا المحاضرة ستكون قادر على:

- ✓ تصنيف المدخرات (البطاريات) ما بين مدخرات أساسية وثانوية.
- ✓ التعرف على بعض خصائص المدخرات.
- ✓ تقديم وصف عام لمدخراً الوقود.

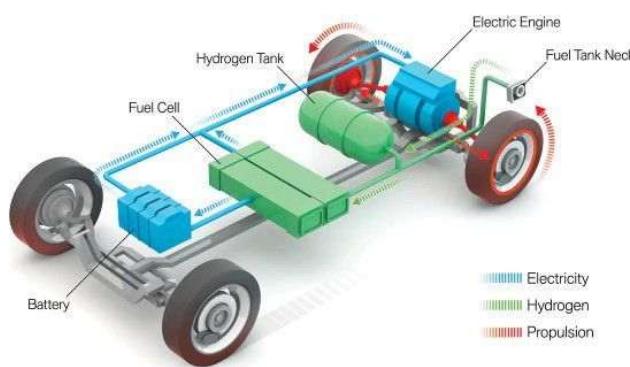
جميع الحقوق محفوظة لأصحابها من حيث الإقتباس والصور على الشبكة العنكبوتية



Anode, oxidation:  $Zn(s) = Zn^{2+}(aq) + 2e^-$   
Cathode, reduction:  $2NH_4^+(aq) + 2e^- = 2NH_3(g) + H_2(g)$

**الخلايا الجافة**

سنتعرف اليوم على أهم أنواع المدخرات الجافة الأولية والثانوية والتعرف على الاختلاف بينها، كما سنتطرق لخلايا الوقود، واستخدامات هذه الخلايا، مما يعطينا المجال لفهم كيفية تطبيق تفاعلات الأكسدة والإرجاع على أرض الواقع كمنتجات لها دور هام في حياتنا اليومية



المحتوى	الصفحة
خلايا التركيز.	36
المدخرات وخلايا الوقود.	36
<b>المدخرات الأولية.</b>	<b>37</b>
المدخرات الجافة.	37
المدخرات القلوية.	38
<b>المدخرات الثانوية.</b>	<b>40</b>
مدخرات النikel - كادميوم.	40
مدخرات الليثيوم الشاردية.	41
مدخرات الرصاص الحمضية.	42
<b>مدخرات الوقود (خلايا الوقود).</b>	<b>43</b>



## تذكرة هذا

في **خلايا التركيز** تكون الأقطاب الكهربائية هي نفس المادة، وأنصاف الخلايا تختلف فقط في التركيز. وحيث أن إحدى المكونات أو كلاهما ليست قياسية، فإن كمومات الخلية لن تكون متساوية، وبالتالي سيكون هناك فرق محتمل، والذي يمكن تحديده بمساعدة معادلة **Nernst** التي تعرفت عليها في المحاضرة السابقة.



## هل تعلم؟

**Cd**  
الكادميوم  
(معادن انتقالية)



Latin Name: Cadmium  
English Name: Cadmium  
Year Discovered: 1817  
Phase: Solid  
Electron Shell:  
 $K^2\ L^8\ M^{18}\ N^{18}\ O^0\ P^0\ Q^0\ R^0$   
Electron Configuration:  
[Kr] 5s<sup>2</sup>4d<sup>10</sup>  
1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>3s<sup>2</sup>3p<sup>6</sup>3d<sup>10</sup>4p<sup>6</sup>5s<sup>2</sup>4d<sup>10</sup>

Electrons	Protons	Neutrons
48	48	64

Melting Point  
°C 319.1 °F 606.38 K 592.25

Boiling Point  
°C 765 °F 1409.0 K 1038.15

Density: 8.64 (g/cm<sup>3</sup>)

المعرفة بئر لا قرار له

قبل الانتقال للمدخرات دراستها، سلقي نظرة سريعة على نوع خاص من الخلايا يسمى خلايا التركيز.  
فما هو هذا النوع من الخلايا؟

## I-6 - خلايا التركيز Concentration Cells

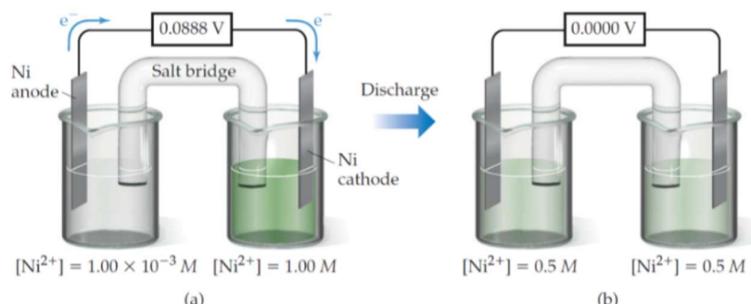
هي الخلايا التي تمتنز بما يلي:

- الأقطاب الكهربائية من نفس المادة.
- أنصاف الخلايا تختلف فقط في التركيز.

وبما أن إحدى المكونات أو كلاهما ليست قياسية، فإن كمومات الخلية لن تكون متساوية، وبالتالي سيكون هناك فرق محتمل، والذي يمكن تحديده بمساعدة معادلة **Nernst**.  
الشكل (I-11) يوضح إحدى خلايا التركيز التي تتتألف من مسربيين من النikel (معدن ومهبط) مغموريين في أحد أحلاهما المختلفين في التركيز بين نصفي الخلية، حيث نلاحظ كيف يتم انتقال الشوارد عبر نصفي الخلية عبر الجسر الملحي حتى تساوي التركيزين وانعدام التيار.

### المفهوم:

في خلايا التركيز تكون **حركة الإلكترونات** من المتصعد ذي التركيز المنخفض باتجاه المهبّط ذي التركيز المرتفع.



الشكل (I-11): خلية تركيز مكونة من معدن النikel في أحد أحلاه، حيث نلاحظ اختلاف تركيز شوارد النikel في نصفي الخلية، حيث تنتقل الإلكترونات من المتصعد (التركيز المنخفض) نحو المهبّط (التركيز المرتفع) نحو المهبّط (التركيز المرتفع) مع انتقال شوارد النikel في نصفي الخلية، حيث تتساوى التركيزات في النهاية.

سنقوم بتعزيز هذه الفكرة من خلال الأمثلة المحلولة في نهاية المحاضرة، إضافة إلى مثال غير محلول يتعلق بذات الفكرة تقوم أنت بإيجاد الحل للمعضلة التي فيه.

ولكن قبل ذلك، ما رأيكم الآن أن ننتقل لمناقشة أهم أنواع المدخرات واستخداماتها، والتي تعد تطبيقاً عملياً للخلايا الغلافانية تدخل في شتى مناحي الحياة من حولنا، كمصدر أساسى للطاقة المحمولة.

## I-7 - المدخرات وخلايا الوقود Batteries and Fuel Cells

تعتبر صناعة المدخرات إحدى أهم الصناعات التي بدأت في القرن العشرين، وما زالت تتطور بشكل متسارع حتى يومنا هذا، وتتركز عملية التطوير على إيجاد مدخراتخفيفة الوزن وقادرة على التزويد بالطاقة أطول فترة ممكنة، قبل استبدالها أو إعادة شحنها.

فما هي المدخرات؟

**المدخرة (البطارية)**: هي خلية كهروكيميائية أو سلسلة من الخلايا الكهروكيميائية التي تنتج تيار كهربائي تعتمد شدتها على نوع المدخرة ومكوناتها.

يمكننا أن نصنف المدخلات وفق ما يلي:

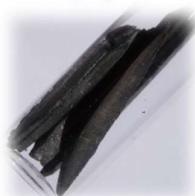
## تذکرہذا

لتحديد فيما إذا كان تفاعل ما يحدث بشكل تلقائي أم لا، فإننا نقوم بحساب بعض الدلالات الشيرموديناميكية له، هذه الدلالات مثل **الانتropy وطاقة Gibbs** قد درستها في منهاج سابق يختص بال**شيرموديناميک**، حاول الرجوع إليه ودراسة هذه المفردات لأنها تهمك هنا.



## هل تعلم؟

## اللithium Li (معادن قلوية)



Latin Name: Lithium  
 English Name: Lithium  
 Year Discovered: 1817  
 Phase: Solid  
 Electron Shell:  
 $K^2L^1M^0N^0O^0P^0Q^0R^0$   
 Electron Configuration:  
 [He] 2<sup>1</sup>  
 $1s^22s^1$

Electrons	Protons	Neutrons
3	3	4
Melting Point		
°C	°F	K
180.5	356.9	453.65
Boiling Point		
°C	°F	K
1342	2447.6	1615.15

Density: 0.534 (g/cm<sup>3</sup>)

العلم يفسر ما حولك ويرشدك  
لما تطمح

- 1. المدخة المثالية Ideal Battery:** هي مدخرة لن تفرغ أبداً، حيث تتنج كمون (جهد) غير متغير، وتكون قادرة على تحمل أقصى الظروف البيئية من حرارة ورطوبة.
- 2. المدخة الحقيقة Real Battery:** هي مدخرة تحقق التوازن بين الخصائص المثالية والقيود العملية.

بالطبع سترفض استخدامها بسبب كتلتها الكبيرة نسبياً، وبالتالي لا توجد بطارية واحدة يمكن اعتبارها الأفضل، حيث يتم اختيار البطارية لتطبيق معين مع الاحتفاظ ببعض الأمور ككتلتها، وتكلفتها، وموثوقيتها، وأخذ القدرة الخاصة بها بعين الاعتبار.

"الحالة المثالية لا يمكن أن تكون إلا في حالات نادرة جداً"

## النماذج الأساسية للمدخرات:

- .**المدخرات الأولية** (الأساسية) .**Primary Batteries** .**1**
  - .**المدخرات الثانوية** .**Secondary Batteries** .**2**
  - مدخرات الوقود التي ستناقشها بإيجاز.  
. .**3**

## Primary Batteries المدخرات الأولية

هي المدخرات (البطاريات) ذات الاستخدام الواحد، لأنه لا يمكن إعادة شحنها، ومن أنواعها الشائعة الاستخدام المدخرات الجافة Dry Batteries .  
**فما هي المدخرة الجافة؟**

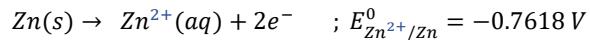
## المدخرات الجافة Dry Batteries

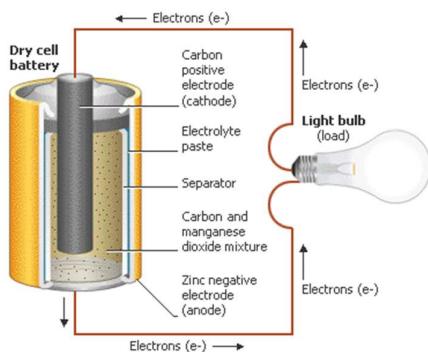
هي مدرخة مكونة من زنك - كربون كما هو موضح من خلال [الشكل \(I-12\)](#) في الصفحة التالية، في هذه المدرخة:

- يمكن أن يستخدم الزنك كغطاء (غلاف للمدخرة) كما يستخدم كقطب سالب **Negative Electrode**.  
أما بالنسبة للقطب الموجب **Positive Electrode** فهو عبارة عن قضيب مصنوع من الكربون محاط بعجينة من أكسيد المنغنيز **IV** ( $MnO_2$ )، وكلوريد الزنك ( $ZnCl_2$ )، وكلوريد الأمونيوم ( $NH_4Cl$ )، ومسحوق الكربون، وكمية صغيرة من الماء.  
تحدث على المهبط والمصعد مجموعة تفاعلات أكسدة وإرجاع يمكن بيانها وفق ما يلي:

#### • التفاعلات الحاصلة على المصعد (Anode):

يمكن تمثيل التفاعل في المصعد كأكسدة عادية للزنك:

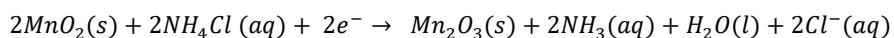




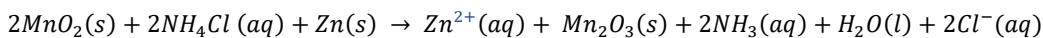
الشكل (I-12): مخطط يظهر مقطع عرضي لبطارية مصباح يدوي الخلية زنك - كربون جافة، حيث تعني الكلمة Separator العازل، لاحظ حركة الإلكترونات.

#### • التفاعلات الحاصلة على المهيط (Cathode):

يكون التفاعل أكثر تعقيداً، لأنَّه يحصل أكثر من تفاعل، فسلسلة التفاعلات التي تحصل عند المهيط هي تقريباً:



تمثل **المعادلة الشاملة** لمدخنة زنك - كربون كما يلي:



4. يكون كمون الخلية الكلي في البداية حوالي (1.5 V)، ولكن هذا الكمون يتناقص عند استخدام البطارية.

**هل كمون المدخنة الذي نحصل عليه يتعلّق بحجمها؟**

#### أ: المدخنة

من المهم أن تتذكر أن الجهد (الكمون) الذي يتم تسليميه بواسطة المدخنة الجافة هو نفسه بغض النظر عن حجم هذه المدخنة، لهذا السبب جميع المدخلات:

(AAA, AA, A, C, D)



لها نفس تصنيف الجهد (1.5 V)، ومع ذلك يمكن للمدخلات الكبيرة تقديم المزيد من مولات الإلكترونات.

#### تبيه:

عندما تتأكسد حاوية الزنك (الحافظة)، تتسرب محتوياتها في النهاية، لذا لا يجب ترك هذا النوع من البطارية في أي جهاز كهربائي لفترات طويلة.

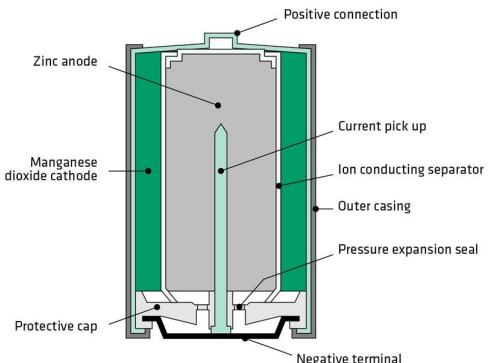


#### I-7-2-المدخلات القلوية :Alkaline Batteries

تم تطوير المدخلات القلوية في خمسينيات القرن الماضي بشكل جزئي [الشكل \(I-13\)](#)، لمعالجة بعض مشكلات الأداء في المدخلات الجافة المصنوعة من الزنك والكربون، أي لتكون بدائل دقيقة للمدخلات الجافة.

في هذه المدخلات نجد:

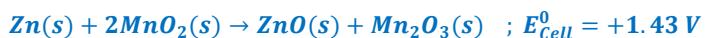
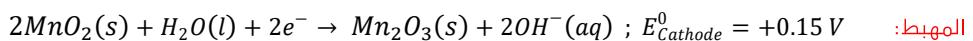
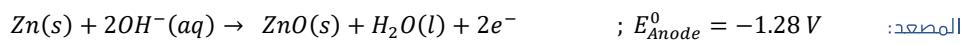
1. كما يوحى اسمها، فإن هذه الأنواع من المدخلات تستخدم الشوارد القلوية، غالباً هيدروكسيد البوتاسيوم  $K(OH)$  وهذا هو سبب تسميتها.
2. يمكن للمدخلة القلوية أن تقدم ما يقارب ثلاثة إلى خمسة أضعاف الطاقة التي تقدمها مدخنة جافة من الكربون والزنك ذات نفس الحجم.
3. بالنسبة **لل Yoshi** فهو عبارة عن عجينة مضغوطة Compressed Paste من ثاني أكسيد المنغنيز  $MnO_2$  مع مسحوق الكربون مضانف لزيادة التوصيل.



الشكل (I-13): مخطط يظهر عرضي لبطارية قلوية صممت لتحل محل بطارية (زنك - كربون) الجافة

يمكن ضغط هذا الخليط ويكون ضمن علبة المدخلة (الغطاء الخارجي Outer Casing) موصولاً مع القطب الموجب للمدخلة Positive Connection، ويتم تطبيق المركز المجوف للمهبط بطبقة عازلة Ion Conduction Separator تمنع ملامسة مواد القطب مع بعضها البعض، وغالباً ما تكون هذه الطبقة من مواد سليلوزية أو بوليمر صناعي، بحيث يمكنه توصيل الشوارد ويبقى ثابتاً في محلول الكهروлит القلوي.

4. بالنسبة للمصعد والذي يكون متصلةً بالطرف السالب للمدخلة Negative Terminal، فهو عبارة عن مسحوق الزنك في هلام يحتوي على هيدروكسيد البوتاسيوم KOH، حيث يوفر مسحوق الزنك مساحة أكبر للتفاعلات الكيميائية.
5. يتم إدخال دبوس معدني غالباً من النحاس على طول محور المدخلة يعمل كجامع للتيار Current Pick Up، حيث يقوم بجمع الشحنة السالبة، وهو على اتصال بغطاء محكم الإغلاق بنهائية معدنية.
6. يوجد غطاء بلاستيكي داخل الغطاء المعدني المختوم يعمل كغطاء حماية Protective Cap، يفصل كهربائياً الأقطاب الموجبة عن السالبة، حيث يكون القطب الموجب للمدخلة هو جسد المدخلة المعدني الذي يصنع عادة من مادة غير قابلة للصدأ، كما أن هذا الغطاء مزود بختم لتوسيع الضغط Pressure Expansion Seal لحماية المدخلة، بسبب التفاعلات الحاصلة ضمنها وما قد يرافقها من تمدد حجر التفاعلات.
7. يعمل مسحوق الزنك كمصدر، بينما يعمل ثاني أكسيد المنغنيز كمهبط وذلك وفق التفاعلات التالية:



المعادلة الكلية الشاملة

8. يبلغ جهد المدخلات القلوية (1.5 – 1.65 V)، ويمكن وصل مجموعة مدخلات قلوية للحصول على جهد أعلى كوصل ثلاث مدخلات قلوية للحصول على جهد يبلغ (9 V).

- تنبيه:**
1. المدخلات القلوية عرضة لتسرب هيدروكسيد البوتاسيوم، لذا يجب إزالة هذه المدخلات أيضاً من الأجهزة عند التخزين على المدى الطويل.
  2. في حين أن بعض البطاريات القلوية قابلة للشحن، فإن معظمها غير قابل لإعادة الشحن، إن محاولة إعادة شحن بطارية قلوية لا يمكن إعادة شحنها تؤدي في كثير من الأحيان لترمز البطارية وتسرب محلول هيدروكسيد البوتاسيوم الشاردي وبالتالي يمكن أن تسبب مخاطر على المحيط.



## ٤-٢-المدخرات الثانوية Secondary Batteries



هي مدخرات قابلة لإعادة الشحن Rechargeable، وتعتبر من أهم أنواع المدخرات في الوقت الحاضر، والتي تسعى العديد من الشركات لتطويرها وت تصنيع أنماط حديثة منها تمتاز بسرعة الشحن والسعة التخزينية لها، كما يتم العمل على اختصار حجمها بما يتناسب مع توفير الموارد اللازمة لعملية تصنيعها.

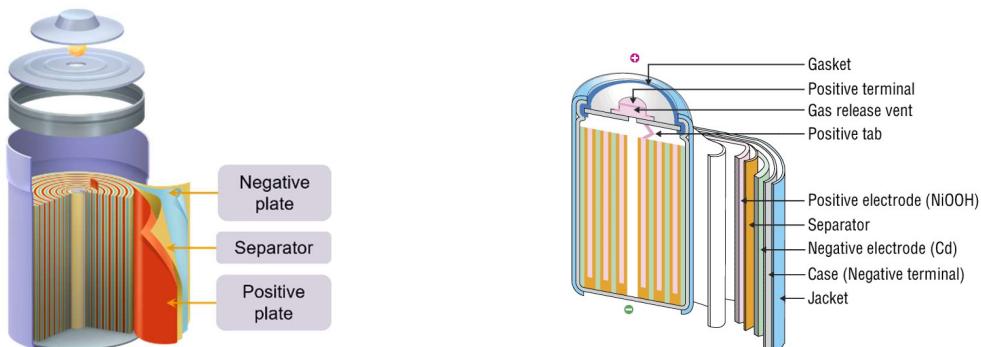
سنعرض هنا بعض الأمثلة عن هذا النوع من المدخرات، التي تصادفها في الأجهزة الإلكترونية كالهواتف الذكية، الألواح الرقمية والسيارات، وفيما يلي بعضها:

### ٤-٢-١-مدخرات النيكل - كادميوم Nickel-Cadmium Batteries

تعد بطارية النيكل والكادميوم مصدراً لجهد التيار المستمر، ونظرًا لخصائصها ومزاياها فقد اكتسبت شعبية في الآونة الأخيرة، حيث تستخدم في الألعاب، الآلات الحاسبة، ومحركات التيار المستمر الصغيرة وما إلى ذلك.

**فما ت تكون هذه المدخرة؟**

يتتألف هذا النوع من صفيحة أكسيد النيكل والتي تعمل كمبهط Cathode، وصفحة كادميوم تعمل كمصدر Anode، ومسرى Electrode من هيدروكسيد البوتاسيوم KOH كما هو موضح في [الشكل \(I-14\)](#).



الشكل (I-14):

مخطط مقطعي لبطارية نيكيل - كادميوم، حيث تصميم الرول الشبيه بالحلوي مما يزيد بشكل ملحوظ من كمية التيار الذي يمكن أن توفره البطارية مقارنة ببطارية قلوية مماثلة.

يفصل بين الصفائح الموجبة والسفالة عازل Separator يمنعهما من التماس فيما بينهم (منع دارة القصر)، وغالبًا ما تكون هذه الطبقة العازلة هي هيدروكسيد البوتاسيوم، علمًا أن العازل يجب أن يكون رطباً دائمًا.

يتم لف هذه الطبقات على شكل أسطوانة (رول Roll) مع بعضهم البعض ويتم وضع هذا الرول ضمن حقيبة تشكل طوقاً عازلاً Gasket كما هو موضح في [الشكل أعلاه](#).

هذا الرول الجيلاتيني صمم ليسمح لخلية النيكل - كادميوم بإ يصل تيار أكثر كثيراً مما توصله البطارية القلوية ذات نفس الحجم، وتكون التفاعلات الحاصلة هي:

كما زودت المدخرة بفتحة تهوية الغاز Gas release vent والتي تعمل كصمام أمان



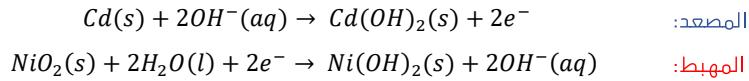
**إن وظيفة الطبقة العازلة هي الفصل بين طبقة أكسيد النيكل وطبقة الكادميوم من جهة، ومن جهة تأمين شوارد الهيدروكسيد OH⁻ اللازمه لحدوث تفاعل الأكسدة والإرجاع.**

**تبير :** الكادميوم هو معدن ثقيل سام لذا يجب عدم فتح بطاريات النيكل والكادميوم أو وضعها في القمامه العاديّه.

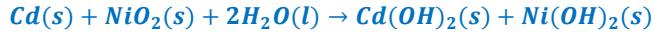
**فما هي التفاعلات الحاصلة ضمن هذه المدخرة؟**



التفاعلات الحاصلة هي:



المصعد: المهيط:



المعادلة الكلية الشاملة

نلاحظ أن الماء وشوارد الهيدروكسيد اللازمة لتفاعل يتم الحصول عليها من الطبيعة العازلة، التي كما ذكرنا مكونة من طبقة رطبة من هيدروكسيد البوتاسيوم، أو هيدروكسيد الصوديوم، ونلاحظ ما يلي:

- إن قيمة الجهد (الكمون) تترواح بين (1.2) إلى (1.25) عند إفراغها.
- عند المعالجة الصحيحة يمكن إعادة شحن بطارية  $NiCd$  حوالي 1000 مرة.

## تذكرة هذا

هناك ثلاث نماذج أساسية للمخرات (البطاريات):

- المدخلات الأولية.
- المدخلات الثانوية.
- مدخلات الوقود.

من المهم أن تتذكر أن الجهد (الكمون) الذي يتم تسليمه بواسطة المدخلة الحاجة هو نفسه بغض النظر عن حجم هذه المدخلة (البطارية)، لهذا السبب جميع المدخلات: (AAA, AA, A, C, D) تصنيف الجهد (1.5 V).

### من محاضرات سابقة

في تدوين الخلية (التزميرن)، تتم كتابة معلومات حول القطب الموجب (المصعد) إلى اليسار بيتها محلول المصعد، ثم الجسر الملحي (إذا كان موجوداً)، ثم محلول المهيط، وأخيراً معلومات حول المهيط (إلى اليمين).

### من المحاضرة السابقة المساري الخامدة والنشطة

- بعد قطب المغنيزيوم قطرياً نشطاً لأنه يشارك في تفاعل الأكسدة والإرجاع.
- اما الأقطاب الكهربائية الخامدة مثل قطب البلاتين فإنه لا تشارك في تفاعلات الأكسدة والإرجاع، وهي موجودة حتى يتمكن التيار من المرور عبر الخلية (أقطاب خاملة).
- البلاتين أو الذهب عموماً يستخدمان في صناعة أقطاب كهربائية خاملة جيدة لأنها معادن غير متفاعلة كيميائياً.

في الامتحان تدرك ما كنت تزرع خالل الدوام

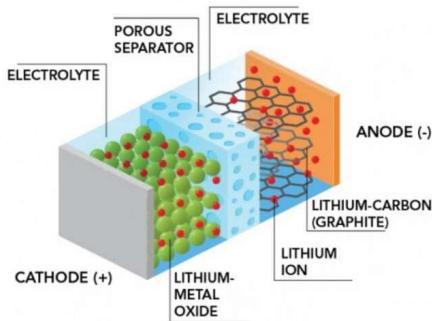


### I-7-2-2-مدخلات الليثيوم الشاردية :Lithium-Ion Batteries

هي من بين المدخلات القابلة لإعادة الشحن الأكثر شعبية، تستخدم في العديد من الأجهزة الإلكترونية مثل الهاتف الذكي وأجهزة الكمبيوتر المحمولة. تتكون المدخلة من عدة خلايا فردية متصلة ببعضها البعض، تحتوي كل خلية على ثلاثة أجزاء رئيسية:

- قطب موجب (المهيط). Cathode
- قطب سالب (المصعد). Anode
- الكتروليت Electrolyte سائل أو على شكل جيل والذي ينقل التيار الكهربائي.
- فاصل مسامي Porous Separator وهو عبارة عن بوليمر مسامي يفصل بين الأقطاب مع تمكين شوارد الليثيوم من الحركة من جانب آخر.
- مجموعات التيار Current Collectors وهي عبارة عن رقائق موصولة في كل قطب كهربائي للمدخلة متصلة بأطراف الخلية، تنقل التيار الكهربائي بين المدخلة والجهاز ومصدر الطاقة لعملية الشحن.

وذلك كما هو موضح في الشكل (I-15).



الشكل (I-15):  
في بطارية الليثيوم الشاردية تتدفق الشحنة بين الأقطاب الكهربائية بينما تتحرك شوارد الليثيوم بين المصعد والمهيط.

توفر مدخلات الليثيوم الشاردية الطاقة من خلال حركة الشوارد، وبما أن **الليثيوم شديد التفاعل في شكله الأولي**، لذلك لا تستخدم هذه المدخلات عنصر الليثيوم، بدلاً من ذلك تحتوي عادةً على أكسيد فلز الليثيوم مثل أكسيد الكوبالت والليثيوم ( $LiCoO_2$ ) الذي يعتبر مزوداً لشوارد الليثيوم والذي يستخدم في المهيط، بينما في المصعد تستخدم مركبات كربون الليثيوم ( $LiC_6$ ).

فما سبب استخدام هذه المركبات؟



## تذكرة هذا

من المحاضرة السابقة

معادلة نيرنست

$$E_{cell} = E_{cell}^{\circ} - \frac{RT}{nF} \ln Q$$

عند درجة حرارة قياسية (298.15K) من الممكن كتابة معادلة نيرنست أعلاه وفق ما يلي:

$$E_{cell} = E_{cell}^{\circ} - \frac{0.0257 V}{n} \ln Q$$

$$\text{أو } E_{cell} = E_{cell}^{\circ} - \frac{0.0592 V}{n} \log Q$$

-----

من المحاضرة السابقة

من المستحبيل تحديد المكون الكهربائي لمسمى متفرد على حدا، ولكن نستطيع تعين مسمى صفرى (يمتلك قيمة كمون تساوى الصفر) ونستخدمه عندئذ كمرجع (مسرى مرجعى)، يدعى هذا المسرى المختار كمسرى مرجعى (صفرى) بـ **مسرى الپيدروجين العياري (SHE)**. يتألف هذا المسرى من غاز الپيدروجين (1 atm) يقرقر (يشكل فقاعات) ضمن محلول حمض كلور الماء (1M HCl) في درجة حرارة الغرفة غالباً، أما البلاطين، الخامل كيميائياً، فيستخدم كمسرى ناقل للشوارد منه إلى الطرف الآخر من الخلية. يحدد المكون العياري بقيمة الصفر لجميع درجات الحرارة.

-----

من محاضرة اليوم

تصنف المدخرات وفق ما يلى:

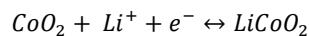
- المدخرات المثالية:** لن تفرغ أبداً، حيث تنتج كمون (جهد) غير متغير، وتكون قادرة على تحمل أقصى الظروف البيئية من حرارة ورطوبة.
- المدخرات الحقيقة:** تحقق التوازن بين الخصائص المثالية والقيود العملية.

يتم استخدام هذه المواد لأنها تسمح بالإلتحام Intercalation، والإلتحام يعني أن الجزيئات قادرة على إدخال شيء ما فيها، وبالتالي تكون الأقطاب الكهربائية قادرة على تحريك شوارد الليثيوم بسهولة داخل وخارج هياكلها Structures.

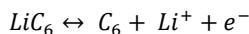
### كيف تعمل مدخرات الليثيوم الشاردية؟

تحصل ضمن مدخرات الليثيوم الشاردية مجموعة تفاعلات أكسدة وارجاع، وهي تفاعلات قابلة للعكس بما يتناسب مع عملية الشحن والتفرغ للمدخرة، ويمكن بيان هذه التفاعلات وفق ما يلى:

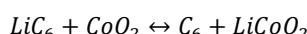
- نصف تفاعل الإرجاع:** يحصل هذا التفاعل على المهبط، حيث يتحد أكسيد الكوبالت مع شاردة الليثيوم ليشكل أكسيد الكوبالت والليثيوم وفق التفاعل التالي:



- نصف تفاعل الأكسدة:** يحصل هذا التفاعل على المصعد، حيث يشكل كربون الليثيوم شوارد الليثيوم والكربون وفق التفاعل التالي:

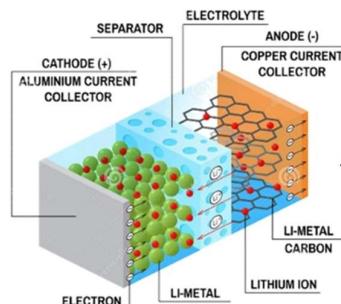


فيكون التفاعل الكلى:



يمثل التفاعل السابق من اليمين لليسار عملية شحن المدخرة، بينما من اليسار لليمين يمثل عملية تفريغ المدخرة.

### ما هي آلية الشحن والتفرغ لمدخرة الليثيوم الشاردية؟



- عند عملية التفريغ (كتشغيل موبايلك على سبيل المثال) تنتقل شوارد الليثيوم الموجبة من المصعد السالب إلى المهبط الموجب خلال محلول الكهربائي عبر الغشاء المسامي الفاصل، يرافقها انتقال الألكترونات من المصعد إلى المهبط وفق ما هو موضح في المخطط المجاور.

- عند عملية شحن المدخرة تحدث العملية المعاكسة تماماً، لتعود شوارد الليثيوم من المهبط إلى المصعد، بينما الألكترونات تنتقل من المصعد إلى المهبط، كما هو موضح في الشكل المرفق جانباً في الأسفل.

يبلغ جهد مدخرة الليثيوم الشاردية حوالي (3.7 V).

### 7-2-3-مدخرات الرصاص الحمضية: Lead Acid Batteries

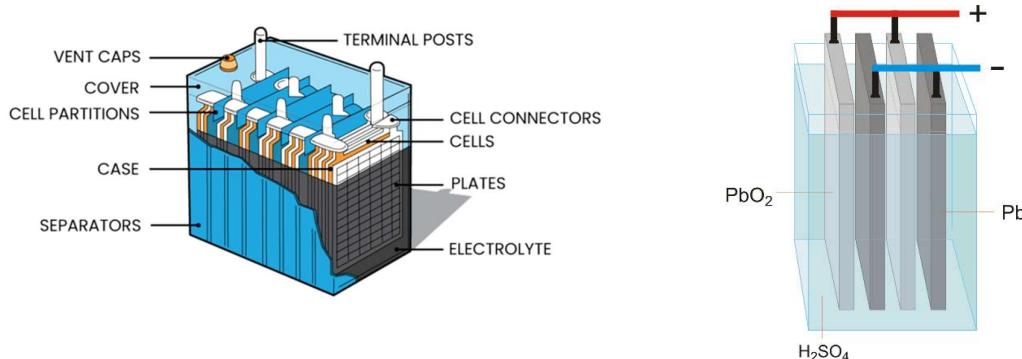


هي نوع من المدخرات الثانوية المستخدمة في السيارات وتتوارد بحجوم وأنواع مختلفة، وهي غير مكلفة وقدرة على إنتاج التيار العالى المطلوب من قبل محركات بدء تشغيل السيارات، **الشكل (16-I)** يبين تكوين مدخرة رصاص حمضية حيث تتكون من أقطاب من أكسيد الرصاص التي تشكل المصعد، وأقطاب مغمورة في محلول من حمض الكبريت.



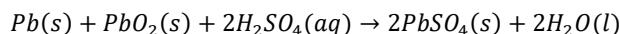
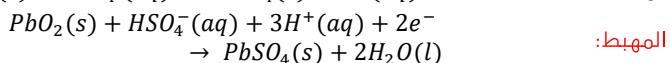
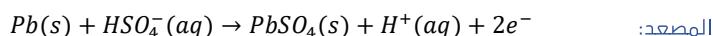
تنتج كل خلية جهد (2 V)، بحيث يتم توصيل ست خلايا في سلسلة لإنتاج بطارية سيارة ذات جهد (12 V) كما هو موضح في [الشكل \(I-17\)](#).

يتم ربط الأقطاب الموجبة مع بعضها البعض والسلبية مع بعضها البعض، لتشكل نقاط مشاركة نهائية Terminal Posts، وتفصل بين الخلايا الست فوائل Separators، وتكون جميعها مغمورة في محلول الكهربائي لحمض الكبريت.



[الشكل \(I-17\)](#): ت تكون مدخل الرصاص الحمضي في سيارتك من ست خلايا متصلة في سلسلة لإعطاء (12 V)، إن التكلفة المنخفضة وإنتاج التيار العالي يجعل منها مرشح ممتاز لتوفير الطاقة لمحركات بدء تشغيل السيارات.

إن التفاعلات الحاصلة في هذا النوع من المدخلات موضحة فيما يلي:



المعادلة الكلية الشاملة

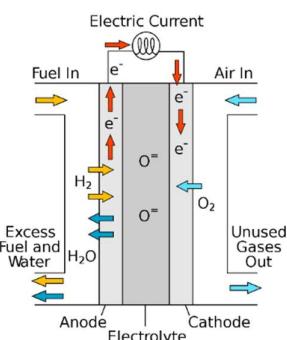
مدخلات الرصاص الحمضي ثقيلة، وتحتوي على سائل شاردي نتيجة التحلل الكهربائي، ولكنها غالباً ما تكون المدخلة المفضلة بسبب كثافة تيارها المرتفع.



#### تنبيه:

بما أن هذه المدخلات تحتوي على كمية كبيرة من الرصاص، فيجب التخلص منها بشكل صحيح دائمًا نظراً للسمية العالية له على الكائنات الحية بجميع أصنافها.

### I-7-3- مدخلات (خلايا) الوقود



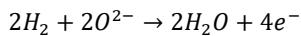
عبارة عن مدخلات تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية. تشبه خلايا الوقود المدخلات الأخرى ولكنها تتطلب مصدرًا مستمراً للوقود، وغالباً ما يكون [الهيدروجين](#)، حيث تستمر هذه الخلية في إنتاج الكهرباء طالما أن الوقود متوفّر.

استخدمت خلايا الوقود الهيدروجيني Hydrogen Fuel Cells لتزويد الأقمار الصناعية وكبسولات الفضاء، والسيارات، والقوارب، والغواصات بالطاقة. في حالة خلية وقود الهيدروجين، فإن الناتج يكون هو الماء فقط كعادم، لذلك تعتبر هذه الخلية من الخلايا التي يتم العمل على تطويرها للمساعدة على تخفيف ظاهرة الاحتباس الحراري الناتجة عن الغازات الدفيئة.

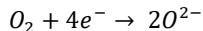
يظهر في [الشكل \(I-18\)](#) المجاور مخطط تفصيلي لخلية وقود هيدروجيني.

[الشكل \(I-18\)](#): في هذه الرسم التخطيطي ل الخلية وقود هيدروجيني، يتفاعل الأكسجين من الهواء مع الهيدروجين وينتج الماء والكهرباء.

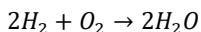
إن التفاعلات الحاصلة في هذه الخلية هي:



المصعد:



المهبط:



المعادلة الكلية الشاملة

### I-1-3- مكونات خلايا الوقود

هناك العديد من أنواع خلايا الوقود، لكنها جميعاً تتكون من:

#### 1. غشاء كهربائي بوليمر (Polymer Electrolyte Membrane)

خلايا الوقود عدة تعتمد على نوع الغشاء الذي يفصل بين قطبيها، ولعل من أهمها خلايا الوقود ذات الغشاء البوليمر المنقوع بالكهرليتات (PEM) أو ما يمكن تسميتها خلايا وقود غشاء تبادل البروتون (Proton-exchange membrane fuel cells).

هذه الأغشية معالجة بشكل خاص، بحيث لا توصل إلا الشوارد الموجبة الشحنة وتحجب انتقال الإلكترونات، إن PEM هو مفتاح تقنية خلايا الوقود، الذي يجب أن يسمح فقط للشوارد الضرورية بالمرور بين المصعد والمهبط (غالباً شوارد الهيدروجين)، لأن مرور مواد أخرى عبر الكهرليت قد تعطل التفاعل الكيميائي، وهذه الأغشية رقيقة جداً حيث تصل في بعض الحالات إلى أقل من 20 ميكرون.

#### 2. طبقات المحفز (Catalyst Layers)

يتم إضافة طبقة من المحفز على جانبي الغشاء، طبقة المصعد على أحد جانبي الغشاء وطبقة المهبط على الجانب الآخر.

تشتمل طبقات المحفز التقليدية Conventional على جسيمات نانوية Nanometer-Sized Particles من البلاتين المشتقة على دعامة كربونية ذات مساحة سطحية عالية.

يتم خلط هذا المحفز البلاتيني المدعوم ببوليمر موصل للشوارد Ionomer، ويتم وضعه بين الغشاء وطبقات انتشار الغاز GDLs.

على جانب المصعد يمكن استخدام محفز البلاتين (يمكن استخدام محفز من النikel على المهبط) جزيئات الهيدروجين من الانقسام Split إلى بروتونات وإلكترونات، بينما على جانب المهبط يتيح محفز البلاتين عملية ارجاع الأكسجين من خلال التفاعل مع البروتونات الناتجة عن المصعد مما ينتج عنه الماء، هذا البوليمر الموصل للشوارد في طبقات المحفز يسمح للبروتونات بالانتقال عبر هذه الطبقات.

#### 3. طبقات انتشار الغاز GDLs

توجد طبقات انتشار الغاز GDL خارج طبقات المحفز، حيث تعمل على:

- تسهيل نقل المواد المتفاعلة إلى طبقة المحفز.
- إزالة الماء الناتج عن التفاعل.

تتكون كل طبقة بشكل نموذجي Typically من ورق الكربون، يتم فيها تغليف ألياف الكربون جزئياً ببولي تترا فلورو إيثيلين PTFE، تنشر الغازات بسرعة عبر المسام في طبقة انتشار الغاز حيث يتم إبقاء هذه المسام مفتوحة بواسطة مادة PTFE الطاردة للماء، مما يمنع تراكم الماء الزائد.

في كثير من الحالات يتم طلاء السطح الداخلي لـ GDL بطبقة رقيقة من الكربون عالي المساحة السطحية، ممزوجاً ببولي تترا فلورو إيثيلين PTFE، تسمى الطبقة الصغيرة التي يسهل اختراقها Microporous layer، يمكن أن تساعد هذه

الطبقة في ضبط التوازن بين احتباس الماء Water Retention (الضروري للحفاظ على توصيل الغشاء) وتحرير الماء (الضروري لإبقاء المسام Pores مفتوحة حتى ينتشر الهيدروجين والأكسجين في الأقطاب الكهربائية).

يشكل كل من الغشاء الكهربائي البوليمر PEM وطبقات المحفز وطبقات انتشار الغاز GDLs مع بعضها تجتمعاً يدعى تجمع القطب الغشائي MEA (Membrane Electrode Assembly).

#### 4. لوحات ثنائية القطب Bipolar Plates

ينتج كل تجمع قطب غشائي MEA أقل من (1V) في ظل ظروف التشغيل النموذجية، لكن معظم التطبيقات تتطلب جهداً أعلى، لذلك يتم توصيل العديد من تجمعات الأقطاب الغشائية في سلسلة، عن طريق تراصها Stacking فوق بعضها البعض لتوفير جهد خرج قابل للاستخدام.

تقع كل خلية في السلسلة المترادفة بين لوحين ثنائياً القطب لفصليها عن الخلايا المجاورة، توفر هذه الألوان، التي قد تكون مصنوعة من معدن أو كربون أو مركبات، وصلاًًا كهربائياً بين الخلايا المفردة MEA، فضلاًًا عن توفير القوة الفيزيائية للسلسلة المترادفة.

تحتوي أسطح الألوان عادةً على مجموعة من القنوات (أحاديد)، التي تم تشكيلها أو ختمتها في اللوحة للسماح بتدفق الغازات عبر تجمع القطب الغشائي، كما يمكن استخدام قنوات إضافية داخل كل لوحة لتدوير سائل تبريد.

#### 5. جوانات للغاز Gaskets

تضاف هذه الجوانات حول حواف اللوحات ثنائية القطب لمنع تسرب الغازات، غالباً من تكون مصنوعة من بوليمر مطاطي Rubber Polymer.

### I-7-3-2-آلية عمل خلايا الوقود

1. يدخل الوقود من فتحة التزويد In Fuel، حيث يتسبّب المحفز Catalyst في المصعد والذي يكون عبارة عن مسحوق البلاتين Platinum Powder بخضوع الوقود لتفاعلات الأكسدة، التي تولد الشوارد (شوارد الهيدروجين موجبة الشحنة) والإلكترونات عن طريق تحطيم هذا الوقود.

2. تنتقل شوارد الهيدروجين  $H^+$  من القطب الموجب (المصعد) إلى القطب السالب (المهبط)، عبر محلول الكهربائي والذي غالباً ما يكون محلول هيدروكسيد البوتاسيوم، في حين تنتقل الإلكترونات الناتجة عبر المصعد إلى الدارة المراد تشغيلها ومن ثم إلى المهبط.

3. على المهبط يقوم أحد المحفزات، غالباً النيكل، بتحويل شوارد الهيدروجين إلى الماء الذي يخرج مخرج الغازات الغير مستخدمة Out Unused Gases مع الأكسجين غير المتفاعل، في حين أن الإلكترونات تقوم بتحويل الأكسجين الداخل إلى الخلية من فتحة تزويد الهواء Air In إلى شوارد الأكسجين السالبة  $O^{2-}$  وذلك كما هو موضح وفق الشكل (I-18) في الصفحة 43.

### I-7-3-3-مميزات خلايا الوقود

1. خلايا الوقود بشكل عام رقيقة جداً، قد يصل عرضها إلى بضع ميليمترات، ويبلغ جهد هذه الخلايا ما يقارب (0.9V) وهو جهد منخفض، لذلك يتم وصل مجموعة من خلايا الوقود مع بعضها البعض للحصول على الجهد المطلوب لتلبية متطلبات التطبيق.

2. إن كفاءة خلايا الوقود عادةً ما تكون بين (40% - 60%)، والسبب يعود لإنبعاث الحرارة التي إذا وجدت طريقة لتنقيتها ستترتفع الكفاءة إلى (85%)، ورغم ذلك فكفاءة خلايا الوقود أعلى من كفاءة محرك الاحتراق الداخلي النموذجي الذي يبلغ (25% - 35%).

### لماذا لا تستخدم خلايا الوقود بكثرة حتى هذا الوقت؟

إن خلايا الوقود في الوقت الحالي باهظة الثمن، وتحتوي على مميزات تجعلها تفشل بعد فترة قصيرة نسبياً، وما زالت الأبحاث جارية بإمكانات علمية ومارمية هائلة لتطوير هذا النوع من الخلايا، لتحمل بدلاً عن النفط الذي يعني انخفاضاً كبيراً في مخزونه يقوده خلال هذا القرن للنضوب، إضافةًًاً لذلك، إن خلايا الوقود تؤدي لتخفييف الاحتباس الحراري للأرض كما ذكرنا.



## هل تعلم؟

**الهيدروجين**

**Hydrogen**

الهيدروجين هو العنصر الكيميائي الذي يحمل الرمز **H** والرقم الذري **1**. ويبلغ وزنه الذري القياسي **1,008**, مما يعني أنه العنصر الأخف في الجدول الدوري.

الهيدروجين هو العنصر الكيميائي الأكثر شيوعاً في الكون، تتكون النجوم في الغالب من الهيدروجين، ويحتوي نظير الهيدروجين الأكثر شيوعاً على بروتون واحد يدور حوله الكترون.

في درجة الحرارة والضغط القياسيين، لا يوجد للهيدروجين لون أو رائحة أو طعم أو مادة غير سامة وهو غير معدني ويترقب بسهولة.

عندما يكون بمفرده، فإنه عادة ما يرتبط مع نفسه لتشكيل **H<sub>2</sub>**.

عادة ما يكون الهيدروجين في شكله النقدي على الأرض غازاً، كما أن الهيدروجين هو أيضاً أحد الأجزاء التي يتكون منها جزيء الماء.

الهيدروجين مهم لأنه الوقود الذي يغذي الشمس والنجمون الأخرى.

*Don't forget:*

### تذكر هذا

**الهيدروجين الأزرق:** هو الهيدروجين الذي يتم إنتاجه متراجعاً مع ابتعاثات من غاز ثاني أكسيد الكربون، غالباً ما يتم إنتاجه عن طريق عمليات الاحتراق لبعض الغازات كغاز الميثان.

بما أن خلايا الوقود تعتمد بشكل أساسي على وقود الهيدروجين في عملها، سنتعرف في هذه الفقرة على الهيدروجين وطرق الحصول عليه.

#### I-7-3-4- الهيدروجين The Hydrogen

غاز خفيف يعتبر أساس عمليات خلايا الوقود، وهو عبارة عن غاز قابل للاشتعال، حالياً التوجهات العالمية تسير نحو استخدامه كوقود محرك للعديد من الآلات والصناعات.

هناك نوعان من الهيدروجين يعتمدان على طريقة التحضير، ولا يختلفان في خواصهما عن بعضهما البعض.

فما هي أنواع الهيدروجين؟

#### 1. الهيدروجين الأخضر:

هو الهيدروجين الذي يتم إنتاجه دون أي ابتعاثات ضارة على الكوكب، أي دون ابتعاث غاز ثانوي أكسيد الكربون ( $\text{CO}_2$ )، ويتم الحصول عليه غالباً من عمليات التحليل الكهربائي للماء التي سنتعرف عليها في المحاضرات القادمة.

#### 2. الهيدروجين الأزرق:

هو الهيدروجين الذي يتم إنتاجه متراجعاً مع ابتعاثات من غاز ثانوي أكسيد الكربون، غالباً ما يتم إنتاجه عن طريق عمليات الاحتراق لبعض الغازات كغاز الميثان مثلًا. المخطط ضمن [الشكل \(I-19\)](#) في الصفحة التالية يوضح هذا الاختلاف كما يوضح مجالات الاستفادة منه.

#### لماذا تحتاج لتوليد الهيدروجين إذا كان من أكثر الغازات شيوعاً؟

يمكن التحدى في حقيقة أنه على الرغم من كونه العنصر الأكثر شيوعاً في الكون، إلا أن الهيدروجين غير موجود بشكل حر على الأرض، لذلك بما أنها بحاجة إلى الهيدروجين، فيجب أن ننتجه بأنفسنا إما عن طريق التحليل الكهربائي للماء أو بفصله عن الغاز الطبيعي.

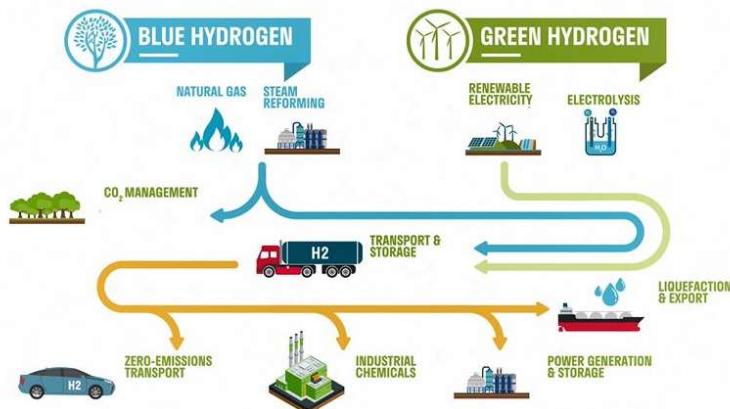
#### هل يولد احتراق الهيدروجين غازات دفيئة (غاز ثانوي أكسيد الكربون)؟

لا ينتج الهيدروجين ابتعاث للغازات الدفيئة عند حرقه، وإنما ينبعث أثناء حرقه بخار الماء ( $\text{H}_2\text{O}$ )، ولكن الطريقة المستخدمة لإنتاجه يمكن أن تحدد مدى ملاءمتها للبيئة وهو ما قدمنا به **الهيدروجين الأخضر** (لا يرافقه إنتاج غاز ثانوي أكسيد الكربون) أو **الهيدروجين الأزرق** (يرافقه إنتاج غاز ثانوي أكسيد الكربون).

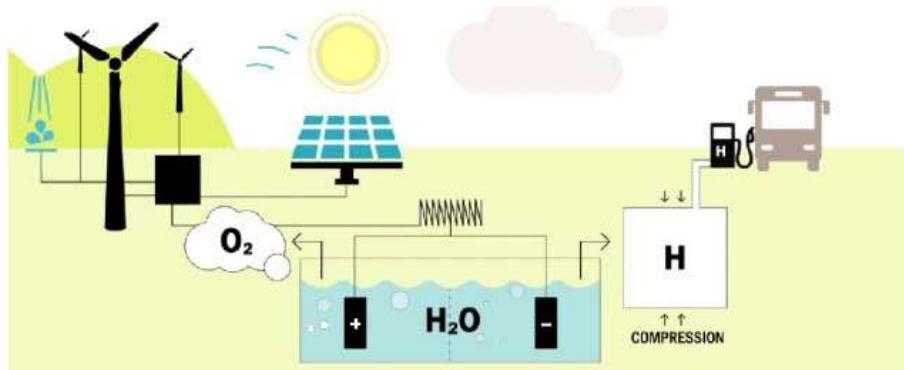
ينتج الهيدروجين اليوم عادة من الغاز الطبيعي (أي الهيدروجين الأزرق)، والسبب في ذلك أنه أرخص طريقة متحركة، ولكن كما ذكرنا فإن العيب في هذه الطريقة أنه لا ينتج الهيدروجين فقط وإنما غاز ثانوي أكسيد الكربون، أي أنها هنا نجم بين إنتاج الهيدروجين وأحتجاج الكربون وتخزينه، وهذا يتطلب مراافق واستثمارات ضخمة، إضافة إلى الضرر الناتج عن زيادة نسبة غاز ثانوي أكسيد الكربون في الجو (ما يعرف بالغازات الدفيئة) والذي يؤثر بشكل كبير على كوكب الأرض من خلال ظاهرة الاحتباس الحراري Global Warming.

#### إذا ما الصعوبات التي تواجه إنتاج الهيدروجين الأخضر؟

تتمثل هذه الصعوبات في أن عملية الحصول على الهيدروجين الأخضر تتطلب الكهرباء (اللزامية للتحليل الكهربائي للماء) أكثر من الكمية التي يمكننا الحصول عليها من خلية وقود، ونظرًا لأن الطاقة هي العامل الأكثر تكلفة في إنتاج الهيدروجين الأخضر، فمن الأفضل أن يكون لديك مصدر جاهز للكهرباء المتقددة الرخيصة، والقدرة على إنتاج الهيدروجين عندما تكون أسعار الكهرباء عند أدنى مستوياتها، وهذا ما تسعى له الشركات العاملة في مجال الطاقة ومنها شركة **STATKRAFT** الأوروبية التي تعمل على إنتاج الطاقة المتقددة من خلال الطاقة المائية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية وذلك كما هو موضح في المخطط الموضح في [الشكل \(I-20\)](#).



الشكل (I-19): الاختلاف في طرق الحصول على الهيدروجين، حيث نلاحظ أنه من خلال عمليات الاحتراق نحصل على الهيدروجين مع انبعاثات متراقة من غاز ثاني أكسيد الكربون، وهو ما يطلق عليه **الهيدروجين الأزرق** Blue Hydrogen، بينما عن طريق التحليل الكهربائي للماء نحصل على غاز الهيدروجين مع غاز الأكسجين دون انبعاثات حرارية من غاز ثاني أكسيد الكربون، وهو ما يطلق عليه اسم **الهيدروجين الأخضر** green Hydrogen.



الشكل (I-20): مخطط يبين طريقة الحصول على الهيدروجين الأخضر عن طريق التحليل الكهربائي للماء، حيث يتم استجرار الطاقة الكهربائية اللازمة للعملية عن طريق الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وهو المبدأ الذي تعمل عليه شركة STATKRAFT الأوروبية.

يعد تشغيل المركبات التي تعمل بخلايا الوقود أحد أكثر التطبيقات التي يتم الاستشهاد بها في كثير من الأحيان للهيدروجين الأخضر، ولكن يبقى أن نرى ما إذا كانت السيارات التي تعمل بخلايا الوقود يمكن أن تكتسب قوة دفع، مع تحول أسواق السيارات من محركات الاحتراق الداخلي إلى السيارات التي تعمل بالبطاريات ذات التكلفة التنافسية المتزايدة، وهي إحدى التحديات الهامة في هذا المجال.



الأمل والآلم كلمتان لذات الحروف، فاختر ماذا تريد لمستقبلك

مدرس المقرر

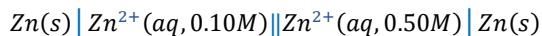


### مثال محلول (8)

هذا المثال يدعم مفهوم خلية الترکيز.

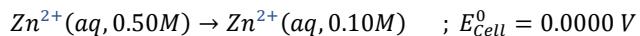
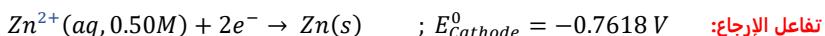
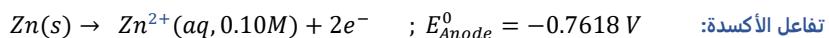
زمن الحل: 5 دقائق كحد أقصى      الزمن الامتحاني: 8 دقائق كحد أقصى

ما هو كمون الخلية لخلية الترکيز الموصوفة وفق ما يلي:



**الحل:**

من خلال المعلومات التي يعطيها الوصف، ومن (الجدول I-1) في الصفحة 26 من المحاضرة السابقة نجد:



المعادلة الكلية الشاملة

إن كمون الخلية القياسي هو صفر لأن المصعد والمھبط يتضمنان ذات التفاعل، وتركيز شوارد الزنك  $\text{Zn}^{2+}$  هو فقط من يتغير.

بالت遇وض في معادلة نيرنست نجد:

$$E_{\text{Cell}} = E_{\text{Cell}}^{\circ} - \frac{0.0592 \text{ V}}{n} \log Q$$

$$E_{\text{Cell}} = 0.0000 \text{ V} - \frac{0.0592 \text{ V}}{2} \log \frac{0.10}{0.50} = +0.021 \text{ V}$$

وبالتالي العملية تلقائية عند هذه الشروط.

**التحقق من صحة الحل (ينفذ من قبل الطالب للتأكد من سلامته الحل):**

في خلية الترکيز يكون كمون الخلية دائمًا مساوياً الصفر، للحصول على كمون خلية موجب (عملية تلقائية) يجب أن يكون حاصل التفاعل  $Q < 1$ ، أي أصغر من الواحد، لذلك في هذه الحالة التفاعل تلقائي والحل لدينا صحيح.



### مثال غير محلول (7)

هذا المثال يختبر مدى تعلمك مفهوم خلية الترکيز.

زمن الحل: 5 دقائق كحد أقصى      الزمن الامتحاني: 8 دقائق كحد أقصى

ما هي قيمة حاصل التفاعل  $Q$  لخلية الترکيز في المثال المحلول (8) السابق الذي سيتخرج كمون مقداره (0.10 V)؟

إذا كان تركيز شوارد الزنك عند المھبط Cathode مساوياً (0.50 M)، ماذا سيكون التركيز على المصعد؟

**الحل:**

$$Q = 0.00042 ; [\text{Zn}^{2+}]_{\text{Cathode}} = 2.1 \times 10^{-4} \text{ M}$$



من المرجح أن الأمثلة المحلوله وبعض فقرات المقرر قد تسبب لك بعض الصداع بسبب العمليات الرياضية أو الأفكار التي قد تبدو لك معقدة، والتي توقفت أكثر من مرة لاستيعابها، حاول أن تراجع بعض مفردات الرياضيات والكيمياء السابقة لكي تتجاوز الأمر.

(في الامتحان لنقدر الصداع، أقلامنا لا ترى مأْتَ تراهم)



## تساؤلات:

قد يخطر ببال أحدكم هذا السؤال:  
لماذا في الجدول الدوري تكون كتلة الكربون الطبيعي مساوية ل (12.01 amu) وليس (12 amu)?



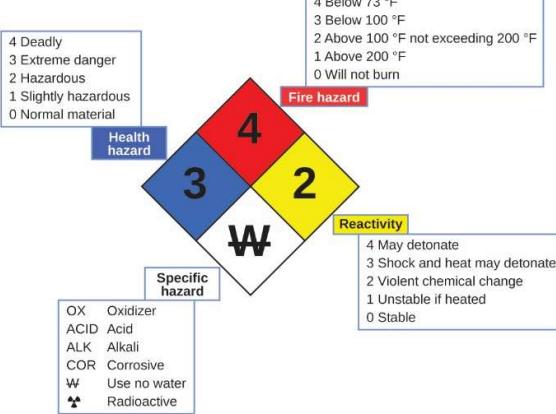
الإجابة تتوضّح من خلال ما يلي:  
السبب لأن الكربون يتواجد على الأرض (الكربون الطبيعي) من مزيج من النظائر  $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ , جميع هذه النظائر تمتلك 6 بروتونات ولكنها تختلف في عدد النترونات حيث تمتلك 6, 7, 8 نيوترونات على الترتيب.  
بما أن الكربون على وجه الأرض يتواجد على شكل مزيج من هذه النظائر، لذلك يجب أن تعكس الكتلة الذرية نسبة المزاج من النظائر في الكربون.  
ويمكن حساب متوسط الكتلة الذرية لل Karnon الطبيعي وفق ما يلي:  
$$\begin{aligned} \text{ضئيلة حداً من النظير } ^{14}\text{C التي يمكن إهمالها، واعتماداً على الكتلة الذرية للنظير } ^{12}\text{C التي تساوي 12 amu، والكتلة الذرية} \\ \text{للنظير } ^{13}\text{C التي تساوي 13.0034 amu، يمكننا حساب متوسط الكتلة الذرية ل Karnon الطبيعي وفق ما يلي:} \\ 98.89\% (12 \text{ amu}) + 1.11\% (13.00355 \text{ amu}) = (0.9889)(12 \text{ amu}) + (0.0111)(13.0034 \text{ amu}) \\ = 12.01 \text{ amu} \end{aligned}$$

هل وضحت الفكرة؟

## الكيمياء في حياتنا اليومية (مطالعة)

### رمز الماس الخطر (أو الماس الناري)

### Hazard Diamond (Fire Diamond)



كثيراً ما نشاهد الرمز الموضح في الشكل المجاور على حاويات المواد الكيميائية في المختبر أو مكان العمل وهو ما يعرف بـ **رموز الماس الخطر**.  
يُطلق عليه أحياناً اسم الماس الناري أو الماس الخطر، حيث يوفر هذا الرمز معلومات قيمة تخصّص ببيان المخاطر المختلفة التي يجب أن تكون على دراية بها عند التعامل مع مادة معينة.

- داخل رمز الماس الكلي نجد:
    - يحدد الماس العلوي (**الأحمر**) مستوى خطر الحرائق.
    - (نطاق درجة الحرارة لنقطة الوميض).
  - يشير الماس الأيسر (**الأسود**) إلى مستوى المخاطر الصحية.
  - يصف الماس الأيمن (**الأصفر**) مخاطر التفاعل، مثل مدى سهولة تعرض المادة لانفجار أو تغيير كيميائي عنيف.
  - يشير الماس السفلي (**البني**) إلى مخاطر خاصة، مثل ما إذا كانت المادة مؤكّدة (الذي يسمح للمادة بالحرق في حالة عدم وجود هواء / أكسجين)، أو مادة تخضع لعملية غير عادية أو خطيرة مثل التفاعل مع الماء، التآكل، مادة حمضية، قلوية، خطر بيولوجي، خطر مشع، وما إلى ذلك.
- كل خطر يتم تصنيفه على مقياس من 0 إلى 4، حيث يشير الصفر إلى عدم وجود خطر، بينما 4 يمثل خطورة بالغة.

لا شيء يولد من عدم، وكذلك المعرفة

## المفاهيم الأساسية للمحاضرة والمحاجز

### Key Concepts and Summary

في بداية هذه المحاضرة تناولنا مفهوم خلايا التركيز، ووجدنا أنها خلايا فولتية تمتلك ذات النوع من المساري عند تراكيز مختلفة للمحاليل، ووجدنا أن حركة الإلكترونات فيها تكون من المصعد ذي التركيز المنخفض، إلى المهبط ذي التركيز المرتفع.

ثم تناولنا مفهوم المدخرات Batteries، ووجدنا أن المدخرات هي خلايا غلافانية، أو سلسلة من الخلايا تنتج تياراً كهربائياً اعتماداً على تفاعلات كيميائية (أكسدة وارجاع) تحدث ضمنها، كما تناولنا أنواعها المختلفة ووجدنا أن المدخرات الأولية هي مدخرات "الاستخدام الواحد" ولا يمكن إعادة شحنها، من أمثلة هذا النوع وجدنا الخلايا الجافة و (معظم) المدخرات القلوية، أما النوع الثاني فهو المدخرات الثانوية القابلة للشحن وهي الأكثر شيوعاً وتطرقنا إلى عدة أنواع منها مثل مدخرات نيكل - كادميوم (NiCd)، مدخرات الرصاص الحمضية، ومدخرات الليثيوم الشاردية الأكثر شيوعاً.

كما تطرقنا لنوع الثالث الذي يدعى خلايا الوقود، ووجدنا أنها تشبه المدخرات في أنها تولد تياراً كهربائياً، ولكنها تتطلب إضافة مستمرة للوقود، وتناولنا أهم مكوناتها وطريقة عملها، ثم اختتمنا المحاضرة بالتعرف على أنواع الهيدروجين الذي يعتبر المحرك في خلايا الوقود لما له من أهمية تطبيقية، تسعى كل دول العالم لتطوير تطبيقاته ليكون مناسفاً للوقود العادي، من خلال تطوير بنية خلايا الوقود وزيادة جهد الخلية، لأجل تشغيل التطبيقات التي تحتاج الطاقة بجهد أعلى.

هذا موجز مدرس المقرر، الأهم منه هو موجزك عزيزي الطالب بعد قراءة المحاضرة ومعرفة أهم الأفكار التي وردت فيها وتطبيقاتها.

-- نهاية المحاضرة --

في المحاضرة القادمة يوم الأربعاء تاريخ 07/05/2025 ستتعرف إلى عناوين متعددة منها:

- ✓ وصف الخلايا الإلكترولية (الكهربائية) وعلاقتها بالخلايا الغلافانية.
- ✓ إجراء حسابات مختلفة تتعلق بالتحليل الكهربائي.

أعدت هذه المحاضرة وفق قواعد الجودة العالمية لمناهج التدريس، كما تم الاستعانة في إعداد هذه المحاضرة بجامعات (جورج واشنطن - الأرز - الينوي) في الولايات المتحدة.

د. سعود عبد الحليم كده



A to Z مكتبة