

# Dr FuelCell<sup>®</sup> Model Car

دليل المعلم



# المحتويات

5	..... المقدمة	
7	..... نبذة عن هذا الدليل	2
8	..... 2.1 استخدام التجارب في قاعة الدراسة	
9	..... 2.2 الرموز والعلامات	
10	..... 2.3 أدلة أخرى يمكن تطبيقها	
11	..... السلامة العامة	3
11	..... 3.1 لسلامتك	
12	..... 3.2 شروط موقع التشغيل	
12	..... 3.3 الشحن والنقل	
12	..... 3.4 تدابير السلامة	
13	..... 3.5 التوافق الكهرومغناطيسي	
13	..... 3.6 الضمان	
15	..... عرض Dr FuelCell® Model Car	4
15	..... 4.2 أساسيات ط المعلم	
19	..... 4.3 التجربة — للمعلمين	
25	..... توجيه اللوحة الشمسية	5
25	..... 5.1 أساسيات ط المعلم	
29	..... 5.2 التجربة — للمعلمين	
40	..... 5.3 قسم ط الطلاب	
49	..... التحليل الكهربائي البسيط	6
49	..... 6.1 أساسيات ط المعلم	
53	..... 6.2 التجربة — للمعلمين	
60	..... 6.3 قسم ط الطلاب	
65	..... فهم التحليل الكهربائي	7
65	..... 7.1 أساسيات ط المعلم	
69	..... 7.2 التجربة — للمعلمين	
82	..... 7.3 قسم ط الطلاب	
93	..... قدرة الهيدروجين!	8
93	..... 8.1 أساسيات ط المعلم	
97	..... 8.2 التجارب — للمعلمين	
109	..... 8.3 قسم الطلاب	
119	..... قدرة الهيدروجين عند الحركة	9

119	أساسيات المعلم	9.1
122	التجربة – للمعلمين	9.2
134	قسم الطلاب	9.3
145	كفاءة الطاقة	10
145	أساسيات المعلم	10.1
151	التجارب – للمعلمين	10.2
164	قسم الطلاب	10.3
173	ما هي السيارات الهجين؟	11
173	أساسيات المعلم	11.1
175	التجربة – للمعلمين	11.2
186	قسم الطلاب	11.3
189	مسرد	12

## مقدمة

يهدف هذا الكتاب إلى تدريب طلابك على استخدام تكنولوجيا خلية الوقود .  
لقد تم اختبار المبادئ الأساسية لخلايا الوقود بطريقة مسلية وممتعة،  
لتشجع طلابك على دراسة هذه التكنولوجيا الجديدة.

تستخدم خلية الوقود الطاقة الكيميائية للهيدروجين لتوليد الكهرباء، بطريقة  
نظيفة وفعالة. تتميز خلايا وقود الهيدروجين بقدرتها على:

- تقليل توليد غازات الاحتباس الحراري، وتلوث الهواء، وتغيير المناخ عالمياً.

- تمثل جزءاً هاماً في الحفاظ على الطاقة.

- دفع تكنولوجيا الهيدروجين كمورد للطاقة في المستقبل

إن تدريس مثل هذه التكنولوجيا الهامة لطلابك سيدفعهم للاهتمام بهذا  
المجال المتطور.

يمكن تدريس العديد من جوانب المنهج الدراسي مع هذه التكنولوجيا  
الجديدة:

جوانب المنهج  
الدراسي

- مفهوم الجزيئات

- بنية الذرات

- التفاعلات الكيميائية

- تحويل أنواع مختلفة من الطاقة

- تنفيذ طلبات علمية

- تصميم وممارسة تجارب علمية

- تحديات العلوم والتكنولوجيا على المستوى المحلي، والدولي،  
والعالمي

نأمل أن يلعب طلابك دوراً هاماً في جعل خلايا الوقود جزءاً من مستقبلنا  
المستدام.

## 8 قدرة الهيدروجين!

في هذه التجربة، سيكتشف الطلاب كيفية الحصول على طاقة كهربائية من اتحاد الهيدروجين والأكسجين. وتعتبر هذه التجربة امتداداً للتجارب السابقة، ولكن ليس من الضروري أن يقوم بها الطلاب بالفعل.

### 8.1 أساسيات ط المعلم

#### 8.1.1 الأهداف

حتى تضمن النجاح الفائق لعملية التعليم، ينبغي أن يكون طلابك على معرفة بـ:

- تكسير المركبات الكيميائية
- تفاعل الأكسدة والاختزال
- البطاريات
- اختبار الهيدروجين
- الخطية والاستقرار

المؤهلات

سيتعلم طلابك في هذه التجربة:

- الحصول على الكهرباء من اتحاد الهيدروجين و الأكسجين
- تحويل الطاقة
- القدرة كنتاج التيار والفولتية
- قانون فاراداي الأول للتحليل الكهربائي
- الحاجة لقابلية إعادة إنتاج نفس التجارب العلمية
- الهيدروجين طاقة كيميائية مخزنة

أهداف التعليم

قد تمثل هذه التجربة نقطة البداية لمجموعة متنوعة من المواضيع المختلفة، على سبيل المثال:

- مفهوم المحفزات
- مفهوم الإلكترونات، والذرات، وغير ذلك

وجهة نظر

- صناعات القدرة
- تأثير الاحتباس الحراري
- ثابت أفوجادرو

### 8.1.2 الجدول الزمني

تم تقدير الفترة الزمنية تقريبا.

المهمة	الوقت
الإعداد قبل الدرس	20 دقيقة
التجربة	90 دقيقة
الوقت الذي سيحتاجه الطلاب للإجابة على الأسئلة	35 دقيقة

جدول 8 1- جدول زمني

### 8.1.3 طريقة التدريس

الطريقة	الملائمة
عمل جماعي	✓✓✓✓
شرح تقليدي	✓
نشاط فردي (أسئلة الطلاب)	✓✓
واجب منزلي (أسئلة الطلاب)	✓✓✓

جدول 8 2- طريقة التدريس (✓ = سيئة ... ✓✓ = جيدة جدا)

#### 8.1.4

#### خلفية معرفية

تشغيل سيارة  
باليهيدروجين؟

لقد كان لدينا مصدر للهيدروجين وطريقة لتخزينه في أسطوانة غاز، في المحلل الكهربائي الذي استخدمناه في التجارب السابقة. وكان لدينا أيضا مصدر للأكسجين، بالرغم من أننا يمكننا استخدام الهواء بسهولة حيث أنه يحتوي على 21 % من الأوكسجين. ولكن الآن نحتاج لطريقة تعيد تحويل الهيدروجين والأوكسجين إلى طاقة كهربائية تستخدم في تشغيل محرك كهربائي لتحريك السيارة.

خلية الوقود

يوجد في مجموعة نموذج السيارة جهازا لإعادة تحويل الهيدروجين والأوكسجين إلى ماء. في التجربة فهم التحليل استخدمنا المكون الأساسي لهذه السيارة – خلية الوقود العكسية – كمحلل كهربائي. ولكن إذا قمنا بإمداد الهيدروجين عند أحد جوانب خلية الوقود والأوكسجين عند الجانب الآخر، ستقوم خلية الوقود العكسية بتوليد تيار كهربائي. يتحد الهيدروجين مع والأوكسجين لإنتاج الماء ثانية، وهو المادة التي بدئنا بها. يمكن كتابة ذلك كما يلي:

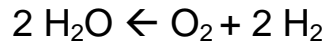
كهرباء + ماء ← هيدروجين + أوكسجين

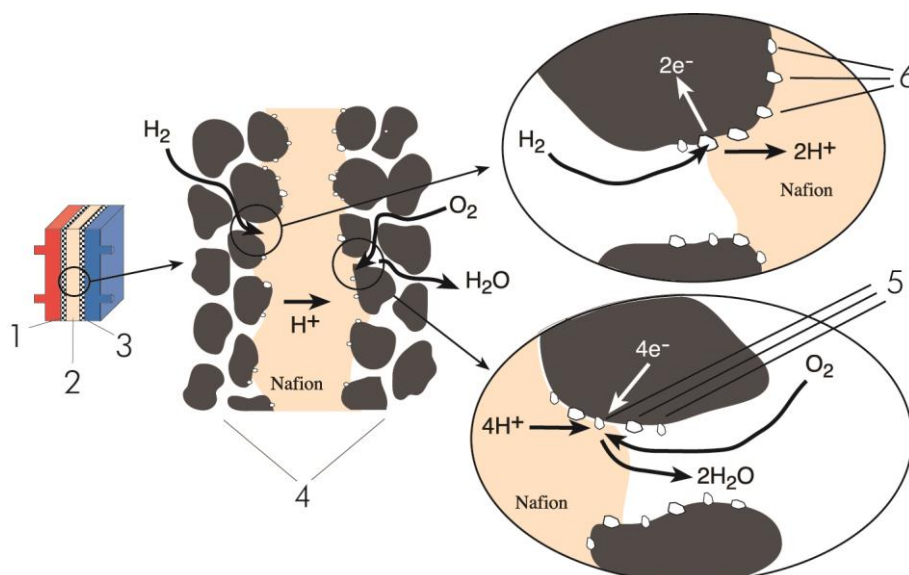
هيدروجين + أوكسجين ← ماء + كهرباء

قد يكون هذا حلا مدهشا لمشكلة تلوث الهواء، حيث ستقوم قدرة خلية الوقود الهيدروجيني بإخراج الماء أو بخار الماء فقط إلى الغلاف الجوي، وذلك باستخدام الماء والكهرباء كمصدر للهيدروجين المطلوب لإمداد خلية الوقود بالقدرة.

يستخدم رواد الفضاء هذه التكنولوجيا بالفعل في محطات الفضاء. فمع وجود خلايا شمسية، ومحطات كهربائية، وخلايا وقود، وإمداد أولي بالماء يتوفر مصدر للتيار الكهربائي والأوكسجين لدى رواد الفضاء وكذلك وفرة من إمداد الهيدروجين. فكما أن الهيدروجين يستخدم كوقود لإنتاج الكهرباء، إلا أنه يستخدم أيضا لإنتاج الماء.

تذكر التفاعل داخل خلية الوقود:





شكل-1 8 خلية الوقود أساسية

1	أنود	4	طبقة كربون
2	غشاء بوليمر منحل بالكهرباء (نافيون)	5	محفز بلاتين-إيريديوم
3	كاثود	6	محفز بلاتين

يمكن استخدام سيل الإلكترونات كحمل مستهلك.

يمكننا مع نموذج السيارة استخدام الهيدروجين المخزن لإنتاج الكهرباء اللازمة لتشغيل المحرك. ولأن الموتور الكهربائي يدور بسرعة كبيرة جداً، فبه نظام تروس لتقليل سرعة عمود المحرك ونقل القدرة إلى العجلات الخلفية للسيارة.

عند وصف الأحداث الكهربائية، فيمكن تحديد القدرة الداخلة أو الخارجة من جهاز (بالوات) من حاصل ضرب التيار المار في الجهاز (بالأمبير) والفولتية المتواجدة بالجهاز (بالفولت). فالقدرة تصف شدة العملية. يمكن كتابتها كالتالي:

$$P = V \times I \quad (\text{أمبير} \times \text{فولت} = \text{وات})$$

عند استخدامنا لخلية الوقود العكسية كمحلل كهربائي، لاحظنا أن القطبية كالتالي: السالب (الأسود) = هيدروجين = كاثود، والموجب (الأحمر) = أكسجين = أنود. ومن المريح أن وجدنا أن القطبية هي نفسها تقريباً، مع استخدامنا خلية الوقود العكسية كخلية وقود. حيث ينتج جانب الهيدروجين (الأسود) فولتية سالبة؛ وينتج جانب الأكسجين (الأحمر) فولتية موجبة. وبالرغم من الاحتفاظ بتعريف الأنود / الكاثود (تفقد إلكترونات عند الأنود)، يسمى الآن جانب الهيدروجين الأنود وجانب الأكسجين الكاثود.

القدرة

الأنود / الكاثود



## 8.2 التجارب – للمعلمين

### 8.2.1 الإعداد

ينصح بعمل هذه التجربة قبل البدء في الدرس.


### 8.2.2 في قاعة الدراسة


يمكنك الاختيار بين العمل الجماعي أو طريقة الشرح التقليدية بالطباشير، اعتماداً على اتجاهك التعليمي وعدد مجموعات نموذج السيارة المتاحة لديك.

← اجعل طلابك على وعي دائم للتعامل بأمان، وعليك بمعرفة المخاطر المحتملة.

← تأكد بنفسك من توفير نظارات الوقاية للطلاب وكذلك ارتدائهم لها.

السلامة

تحذير 
<p><b>ضغط زائد في خلية الوقود العكسية!</b></p> <p>حدوث إصابات بسبب خروج أشياء، عند انسداد قمة غرف التدفق لأسطوانات تخزين الغاز.</p> <p>← لا تسد قمة غرف التدفق لأسطوانات تخزين الغاز.</p> <p>← ارتد واقى العين دائماً.</p>

تحذير 
<p><b>اشتعال الهيدروجين!</b></p> <p>حروق بالجلد وتلف خلية الوقود.</p> <p>← ممنوع إشعال لهب.</p> <p>← ممنوع التدخين.</p> <p>← التهوية الجيدة للمكان.</p>

نصيحة
<p>قد يلاحظ الطلاب توقف المحرك قبل استخدام الهيدروجين بأكمله، أو العكس، استمرار تشغيل المحرك بعد نفاد الهيدروجين على ما يبدو . يمكنك تقديم التوضيحات التالية:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● توقف المحرك قبل استخدام الهيدروجين بأكمله:</li> <li>– قد يكون ذلك نتيجة لوجود هواء في النظام عند ملئه بالماء . ما تم تركه بجانب الهيدروجين ليس هيدروجينا خالصا.</li> <li>● استمرار تشغيل المحرك بعد نفاد الهيدروجين:</li> <li>– بالرغم من عدم رؤية هيدروجين في أسطوانة التخزين، إلا أنه من الممكن أن يكون الهيدروجين لا يزال موجودا حول الغشاء.</li> </ul>

#### عمل جماعي

#### 8.2.2.1

مطلوب للعمل الجماعي مجموعات عديدة لنموذج السيارة.

#### الشرح التقليدي

#### 8.2.2.2

مطلوب لطريقة الشرح التقليدية مجموعة واحدة فقط لنموذج السيارة.

لتقديم التجربة ستحتاج للتالي:

✓ نظارات الوقاية أو حماية للعين

✓ لوحة شمسية أو مولد يدوي

التجربة

نصيحة
<p>يمكنك أيضا استخدام المولد اليدوي كمصدر للطاقة الكهربائية بدلا من اللوحة الشمسية (انظر دليل التعليمات).</p>

✓ 2 أو 5 أسلاك توصيل (5 إذا أردت اختبار كمية القدرة التي

توفرها خلية الوقود)

✓ خلية وقود عكسية

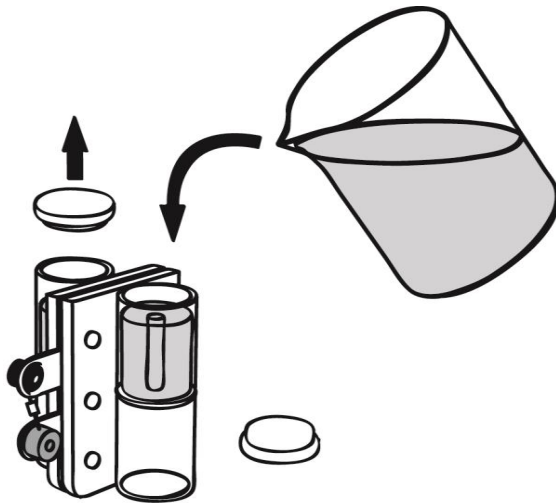
✓ سيارة بمحرك

- ✓ صندوق قياس الحمل (إذا أردت اختبار كمية القدرة التي توفرها خلية الوقود)
- ✓ ماء مقطر
- ✓ مصباح PAR بقدرة 100 – 120 وات، أو مصدر ضوء مساوي
- ✓ كتلة من الخشب أو دعامة أخرى للسيارة

✓ ساعة بعقرب للثواني أو بوظيفة ساعة الإيقاف

1. ارتد نظارات الوقاية الخاصة بك.
2. اقلب خلية الوقود (اجعل الأرقام متجهة لأسفل) على السطح المسطح.
3. أزل السدادات.

ملء خلية الوقود  
العكسية بالماء  
المقطر



شكل 2-8 ملء خلية الوقود العكسية بالماء المقطر

#### ملاحظة



#### استخدم الماء المقطر فقط!

استخدام ماء الصنبور والسوائل الأخرى سيؤدي إلى تلف غشاء خلية الوقود العكسية بشكل دائم.

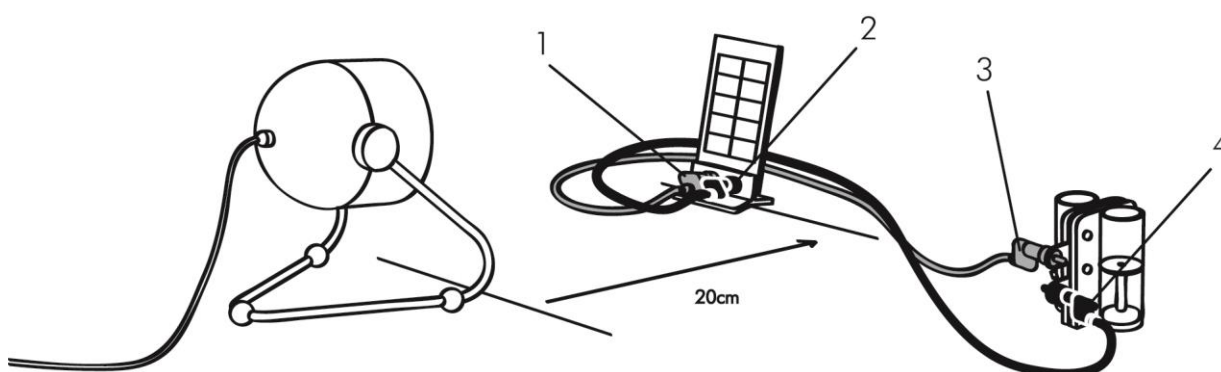
4. املاً كلا من أسطوانتي التخزين بالماء المقطر حتى يصل الماء إلى قمة الأنابيب الصغيرة في مركز الأسطوانات.

5. أغلق خلية الوقود برفق لتسمح للماء بالتدفق في المنطقة المحيطة للغشاء ولوحات تجميع التيار المعدنية.
6. أضف المزيد من الماء حتى يبدأ تدفقه في أنابيب الأسطوانة.
7. أعد وضع السدادات ثمانية على الأسطوانات. تأكد من عدم وجود هواء داخل الأسطوانة.

### ! نصيحة

لا تسبب فقاعة هواء صغيرة في حجم 0.5 مليلتر مشاكل ويمكن تجاهلها.

8. إذا لم تستخدم خلية الوقود العكسية لفترة، قم بإمالتها على جانبها لمدة 20 دقيقة؛ وإذا تم استخدامها حديثاً، فأدرها إلى وضعها الصحيح.



شكل 8-3 توصيل اللوحة الشمسية و خلية الوقود

9. قم بتوصيل المقابس الموزية الحمراء لسلك التوصيل الأحمر بأطراف المقبس الموزي الأحمر (الموجب) للوحة الشمسية (1) و خلية الوقود (3).

إنتاج الهيدروجين

### ! ملاحظة

**دائرة خلية الوقود العكسية قصيرة!**

يقع سخانة في الغشاء، تؤدي إلى تلف الغشاء.

← لا تقم بتقصير دائرة خلية الوقود العكسية.

10. أعد الخطوة 9 مع سلك التوصيل الأسود والأطراف السالبة (2)، (4).

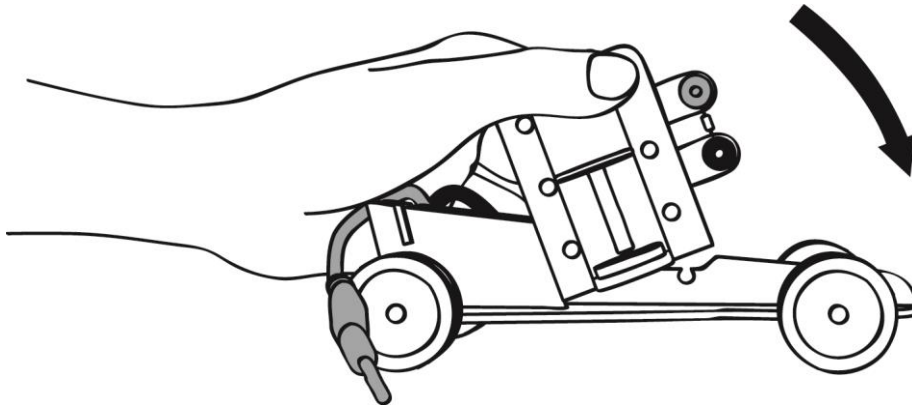
ملاحظة !
<p><b>سخونة اللوحة الشمسية لدرجة عالية!</b></p> <p>عطل أو تلف دائم للخلايا الشمسية.</p> <p>← استخدم مصادر إضاءة بحد أقصى للقدرة 120 وات فقط.</p> <p>← اترك مسافة مناسبة بين مصدر الإضاءة واللوحة الشمسية، 20 سم (8 بوصة) كحد أدنى.</p> <p>← لا تقم بتركيز الضوء.</p>

11. قم وضع اللوحة الشمسية بمصدر الضوء، مع ترك مسافة 20 سم (8 بوصة) كحد أدنى.

تحذير !
<p><b>سطح اللوحة الشمسية والمصباح ساخن!</b></p> <p>حروق بالجلد.</p> <p>← لا تلمس السطح الساخن للوحة الشمسية أو المصباح.</p> <p>← اسمح للوحة الشمسية / المصباح أن تبرد قبل لمسها.</p>

12. قم بتشغيل الضوء.
- تبدأ خلية الوقود في إنتاج الهيدروجين.
13. عند امتلاء أسطوانة تخزين الهيدروجين لأكثر من 12 مليلتر بقليل:

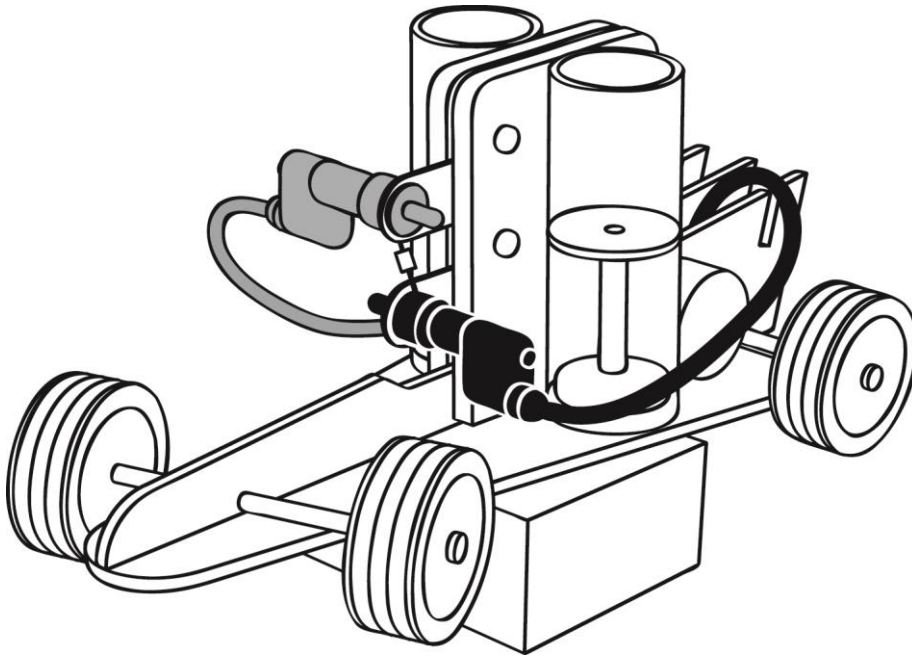
- قم بإيقاف الضوء.
- افصل أسلاك التوصيل من خلية الوقود العكسية.



شكل 4-8 وضع خلية الوقود العكسية على نموذج السيارة

14. ضع خلية الوقود العكسية في مكانها بنموذج السيارة حتى تسمع صوت ثباتها في مكانها، مع جعل الأطراف الحمراء والأسود مواجهة لمقدمة السيارة.

تشغيل السيارة



شكل 5-8 وضع نموذج السيارة على الكتلة الخشبية

15. ضع الكتلة الخشبية تحت قاعدة السيارة، حتى تسمح لعجلات السيارة بالدوران بحرية .

16. قم بتوصيل المقبس الموزي الأحمر (الموجب) بالطرف الأحمر (الموجب) والمقبس الموزي الأسود (السالب) بالطرف الأسود (السالب).

17. اطلب من الطلاب مراقبة مستوى الغاز في أسطوانة تخزين الهيدروجين ومتى يصل مستوى الغاز إلى 12 مليلتر بالضبط، مع تشغيل ساعات الإيقاف (أو تسجيل الوقت لأقرب ثانية).

مشاركة الطلاب

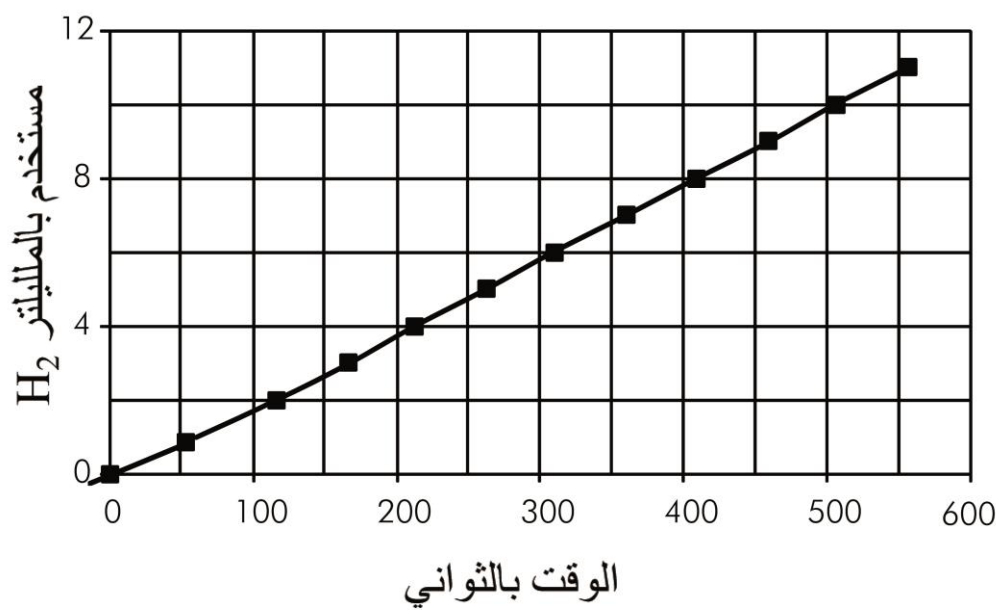
18. اطلب منهم تسجيل الوقت بعد استهلاك كل مليلتر.  
19. اجعل أحدا الطلاب يسجل ذلك بجدول (على السبورة).

متوسط الوقت المستغرق لكل التجارب	الوقت المستغرق [ثانية] تجربة 3	الوقت المستغرق [ثانية] تجربة 2	الوقت المستغرق [ثانية] تجربة 1	الهيدروجين المستهلك [مليلتر]
0	0	0	0	0
60	60	60	60	1
117	120	110	120	2
167	170	160	170	3
213	210	210	220	4
263	260	260	270	5
310	300	310	320	6
360	350	360	370	7
410	400	410	420	8
460	450	460	470	9
507	490	510	520	10
557	550	550	570	11
—	—	—	—	12
560	550	550	580	عند توقف العجلات

جدول 3-8 أمثلة لاستهلاك الهيدروجين (تعد هذه القيم أمثلة ويمكن أن تتغير)

20. استمر حتى يتوقف المحرك.  
21. افصل خلية الوقود والسيارة، وقم بتوصيل خلية الوقود باللوحة الشمسية لإنتاج الهيدروجين ثانية.  
22. قم بتشغيل الضوء.  
23. أعد إنتاج الهيدروجين واستهلاك السيارة له عدة مرات كلما أدركت أن ذلك مفيدا (مرة على الأقل).

24. اطلب من أحد الطلاب رسم شكل بياني على السبورة لتوضيح حجم الهيدروجين المستخدم، كدالة لفترة دوران العجلات.



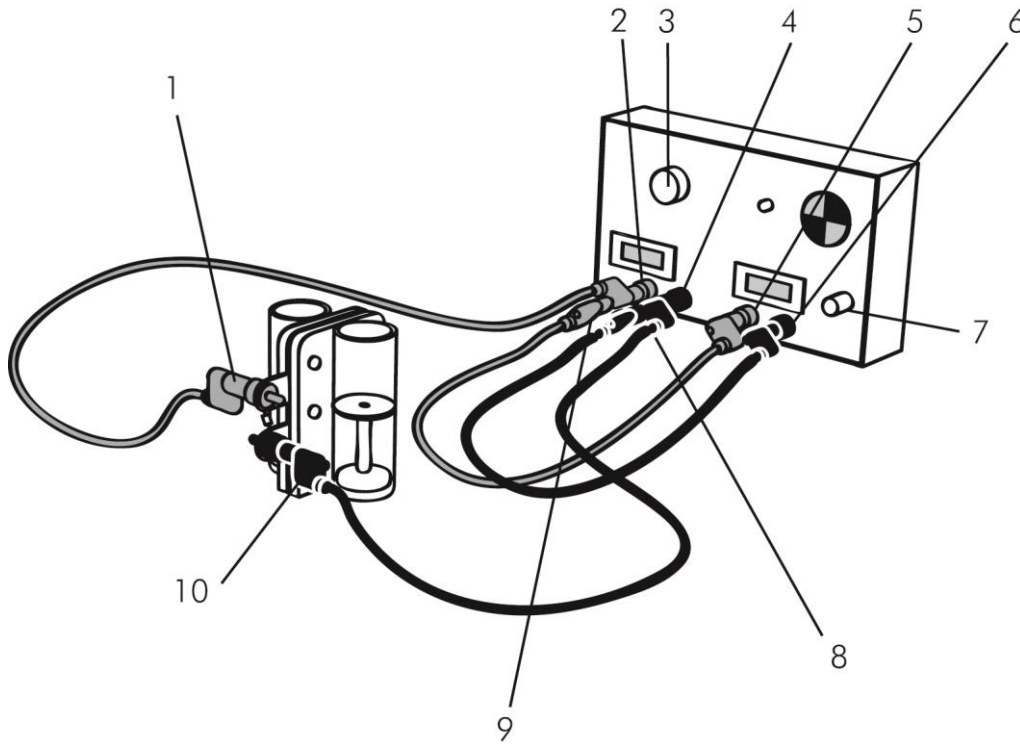
شكل 6-8 حجم الهيدروجين كدالة لفترة دوران العجلات (تعد هذه القيم أمثلة ويمكن أن تتغير)

يمكنك إيقاف التجربة عند هذه النقطة، إذا لم يتبق لديك المزيد من الوقت أو إذا أردت الاستمرار بشكل مختلف. ويمكنك مع ذلك، الاستمرار في اختبار كيميائية القدرة التي توفرها خلية الوقود:

1. املا خلية الوقود العكسية بالماء المقطر (إذا لزم الأمر) واحصل على الهيدروجين، انظر الخطوات - 13. 2. صفحة 99-100.

ما كمية القدرة التي يمكن لخلية الوقود أن توفرها





شكل 7-8 توصيل خلية الوقود العكسية وصندوق قياس الحمل

2. اضبط مفتاح الحمل (LOAD) (3) على OPEN (الفتح).
3. قم بتوصيل الطرف الأحمر (الموجب) لخلية الوقود العكسية (1) بالطرف الأحمر (الموجب) للأميتر عند صندوق قياس الحمل (2).
4. قم بتوصيل الطرف الأسود (السالب) لخلية الوقود العكسية (10) بالطرف الأسود (السالب) للأميتر عند صندوق قياس الحمل (4).
5. وصل الطرف الأحمر (الموجب) للأميتر عند صندوق قياس الحمل (9) بالطرف الأحمر (الموجب) للفولتميتر (5) عند صندوق قياس الحمل.
6. وصل الطرف الأسود (السالب) للأميتر عند صندوق قياس الحمل (8) بالطرف الأسود (السالب) للفولتميتر عند صندوق قياس الحمل (6).
7. ادفع الزر ON / OFF (تشغيل / إيقاف) (7).
8. اضبط مفتاح الحمل (LOAD) (3) على 10 Ω.
9. راقب التيار والفولتية لثواني قليلة.

قياس التيار  
والفولتية

نصيحة
قد تلاحظ أن الفولتية تبدأ عند قيمة أعلى من 1.23 فولت (نظريا، ذلك هو الحد الأقصى الممكن لفولتية خلية وقود الهيدروجين والأكسجين) ثم تقل ببطء. يحدث هذا بسبب أن الطبقات السطحية المتروكة على المحفز بعد التحليل الكهربائي.

## مشاركة الطلاب

10. عندما يبدو استقرار التيار والفولتية، شجع الطلاب على تدوين ذلك في الجدول التالي (هنا بالنتائج نموذجية).

الحمل [ $\Omega$ ]	التيار [أمبير]	الفولتية [فولت]	القدرة [وات] (محسوب)
10	0.080	0.840	0.067
5	0.145	0.780	0.113
3	0.237	0.750	0.178
1	0.497	0.640	0.318

جدول 4-8 نتائج نموذجية لخرج القدرة من خلية الوقود (تعد هذه القيم أمثلة ويمكن أن تتغير)

11. قم بتغيير ضبط الحمل على  $5 \Omega$ ، و  $3 \Omega$  ثم  $1 \Omega$ ، وعند كل نقطة اطلب من الطلاب تسجيل قيم التيار والفولتية.
12. اطلب من الطلاب حساب خرج القدرة لخلية الوقود.
13. افصل صندوق قياس الحمل وأوقف تشغيله.
14. قم بفك الأجهزة وضعها بعيدا.

### النشاط الفردي 8.2.2.3

يمكن تشجيع الطلاب للإجابة على الأسئلة بالقسم أسئلة – للطلاب صفحة 118 في نشاط فردي أو مشترك مع الزملاء. يعتمد هذا على قدرات الطلاب والاتجاه التعليمي.

### الواجب المنزلي 8.2.2.4

الأسئلة الموجودة بالقسم أسئلة – للطلاب صفحة 118 يمكن استخدامها كواجب منزلي أيضا، إذا لم يكن طلابك بحاجة إلى مساعدة المعلم في الإجابة عليها.

أسئلة وإجابات

8.2.3

1. لماذا يعد من الضروري ملء أسطوانة غاز الهيدروجين بنفس الكمية عند كل مرة نبدأ فيها قياس فترة دوران العجلات لكل مليلتر من الغاز؟

إذا أردنا مقارنة فترة دوران العجلات لكل مليلتر من غاز الهيدروجين المستخدم، فمن الضروري بدء حساب التوقيت باستخدام نفس كمية الهيدروجين في كل مرة.

2. ما الذي يحدث لمستوى الغاز في أسطوانة تخزين الهيدروجين أثناء دوران العجلات؟ لماذا يحدث ذلك؟

يقل حجم الغاز في أسطوانة تخزين الغاز لأنه أثناء دوران العجلات فإنها تستخدم الكهرباء لتشغيل المحرك الكهربائي وتأتي هذه الكهرباء من غاز الهيدروجين المتحد مع غاز الأوكسجين ليكون الماء ويولد الكهرباء.

3. هل يمكنك تشغيل المحرك الكهربائي بالكهرباء التي تولدها اللوحة الشمسية؟ ما هي ميزة تشغيل سيارة بوقود الهيدروجين بدلاً من اللوحة الشمسية المتصلة مباشرة بمحرك كهربائي؟

نعم أعتقد أنه يمكنك تشغيل المحرك الكهربائي بالكهرباء التي تولدها اللوحة الشمسية. إن تشغيل سيارة بوقود الهيدروجين بدلاً من اللوحة الشمسية سيعني أنه يمكنك قيادة السيارة في الظلام عند عدم وجود ضوء كافٍ للسماح للوحة الكهربائية بالعمل.

4. ما هي ميزة استخدام الهيدروجين متحداً مع الأوكسجين بهذه الطريقة بدلاً من احتراقه وانفجاره كما يحدث في اختبار الهيدروجين؟

إن ميزة استخدام الهيدروجين متحداً مع الأوكسجين بهذه الطريقة بدلاً من احتراقه وانفجاره أنه يولد كمية أكبر من الطاقة التي يمكن التحكم فيها في صورة كهرباء. يمكن تشغيل هذه الكهرباء وإيقافها، لذا يمكن استخدامك للقليل منها في المرة. يتم تحرير الكثير من الطاقة مع الانفجار في شكل حرارة، ولا يمكن استخدامها بسهولة في تشغيل السيارة.

5. توقع ما المدة التي تستغرقها العجلات في الدوران مع استهلاك 20 مليلتر من غاز الهيدروجين. ارجع إلى الشكل البياني الخاص بك واستقرأ الإجابة.

[ستختلف النتائج الفردية]

أتوقع أن العجلات ستدور على مدى ضعف 507 ثانية (1014 ثانية أو 17 دقيقة) مع استهلاك 20 مليلتر من الهيدروجين، لأنها تدور على مدى 507 ثانية مع استهلاك

10 ملليتر من الهيدروجين .العلاقة بين استهلاك الهيدروجين ودوران العجلات علاقة خطية.

6. ما إجابة السؤال الذي في بداية هذه التجربة :هل يمكننا استخدام الهيدروجين المخزن لإنتاج الكهرباء؟ وضح.

نعم يمكننا استخدام الهيدروجين المخزن لإنتاج الكهرباء. لقد شاهدنا استخدام خلية الوقود للهيدروجين أثناء توليد طاقة كهربائية.

7. عندما قمت بتقليل المقاومة من 10 إلى 1  $\Omega$ ، ما الذي حدث للتيار؟ وما الذي حدث للفولتية؟ ما الحد الأقصى الذي قمت بتحديدته لخرج القدرة من خلية الوقود؟

[ستختلف النتائج الفردية]

عندما قمت بتقليل المقاومة، زادت شدة التيار ولكن قلت الفولتية .كانت أقصى قيمة قمت بقياسها للقدرة 0.318 مع مقاوم  $\Omega$ .

8. ارتباط التيار والفولتية الذي قمت بقياسه مماثل للبطاريات أيضا .هل يمكننا القول بأن خلية الوقود هي بطارية؟ ناقش ذلك.

نعم يمكننا القول بأن خلية الوقود هي بطارية لأنها تولد الكهرباء من تفاعل كيميائي، والتي هي مقسمة إلى نصف خليتين بها قطب سالب أنود وقطب موجب كاثود.

فالبطاريات لها نفس المسلك .فلها فولتية بدون حمل، والتي تقل مع زيادة التيار .على سبيل المثال الفولتية بدون حمل لبطارية

$NiCd$  (النيكل كادميوم) هي 1.2 فولت.


### 8.3 قسم الطلاب


في هذه التجربة ستدرس إمكانية استخدامك الهيدروجين كوقود.

#### 8.3.1 هل يمكننا استخدام الهيدروجين المخزن لإنتاج الكهرباء؟

← ارتد نظارات الوقاية عند القيام بالتجربة.


السلامة

تحذير 
<p><b>اشتعال الهيدروجين!</b></p> <p>حروق بالجلد وتلف خلية الوقود.</p> <p>← ممنوع إشعال لهب.</p> <p>← ممنوع التدخين.</p> <p>← التهوية الجيدة للمكان.</p>

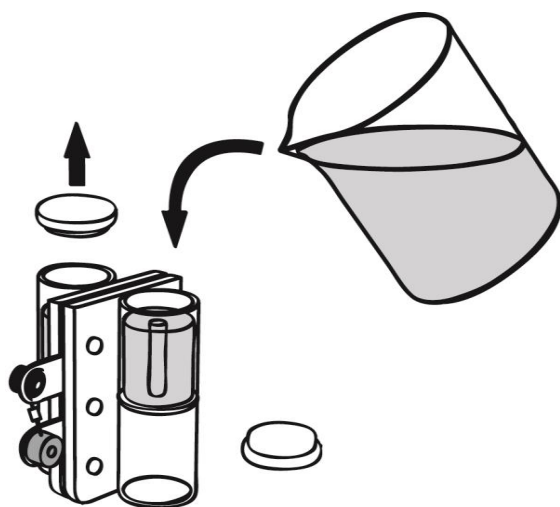
تحذير 
<p><b>ضغط زائد في خلية الوقود العكسية!</b></p> <p>حدوث إصابات بسبب خروج أشياء، عند انسداد قمة غرف التدفق لأسطوانات تخزين الغاز.</p> <p>← لا تسد قمة غرف التدفق لأسطوانات تخزين الغاز.</p> <p>← ارتد واقى العين دائما.</p>

✓ نظارات الوقاية أو حماية للعين

✓ لوحة شمسية أو مولد يدوي

نصيحة 
<p>قد يطلب منك المعلم أيضا استخدام المولد اليدوي كمصدر للطاقة الكهربائية بدلا من اللوحة الشمسية (انظر دليل التعليمات).</p>

- ✓ 2 أو 4 من أسلاك التوصيل
- ✓ خلية وقود عكسية
- ✓ سيارة بمحرك
- ✓ صندوق قياس الحمل
- ✓ ماء مقطر
- ✓ مصباح PAR بقوة 100 - 120 وات، أو مصدر ضوء مساوي
- ✓ كتلة من الخشب أو دعامة أخرى للسيارة
- ✓ ساعة بعقرب للثواني أو بوظيفة ساعة الإيقاف
- 1. ارتد نظارات الوقاية الخاصة بك.
- 2. اقلب خلية الوقود (اجعل الأرقام متجهة لأسفل) على السطح المسطح.
- 3. أزل السدادات.



شكل 8-8 ملء خلية الوقود العكسية بالماء المقطر

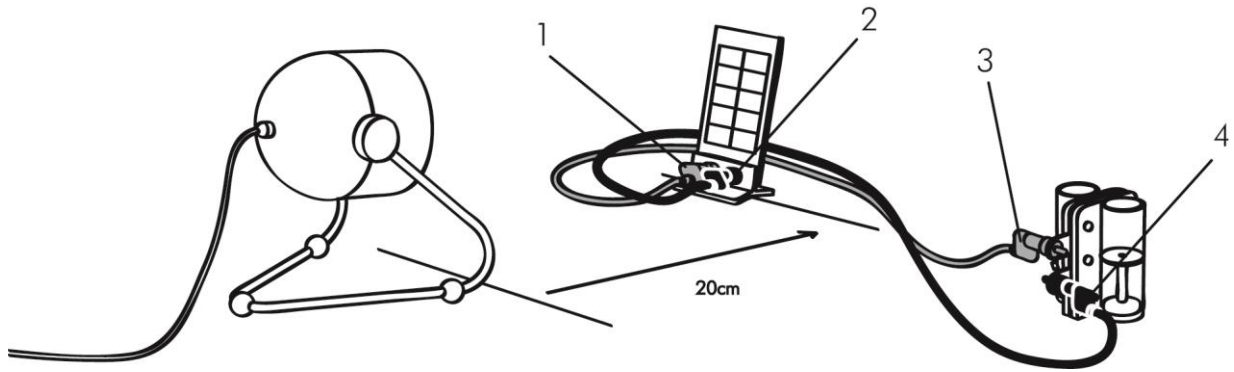
ملاحظة !
<p><b>استخدم الماء المقطر فقط!</b></p> <p>استخدام ماء الصنبور والسوائل الأخرى سيؤدي إلى تلف غشاء خلية الوقود العكسية بشكل دائم.</p>

4. املاً كلا من أسطوانتي التخزين بالماء المقطر حتى يصل الماء إلى قمة الأنابيب الصغيرة في مركز الأسطوانات.
5. أغلق خلية الوقود برفق لتسمح للماء بالتدفق في المنطقة المحيطة للغشاء ولوحات تجميع التيار المعدنية.
6. أضف المزيد من الماء حتى يبدأ تدفقه في أنابيب الأسطوانات.
7. أعد وضع السدادات ثمانية على الأسطوانات. تأكد من عدم وجود هواء داخل الأسطوانة.

### ! نصيحة

لا تسبب فقاعة هواء صغيرة في حجم 0.5 مليلتر مشاكل ويمكن تجاهلها.

8. أدر خلية الوقود العكسية إلى وضعها الصحيح.



شكل 8-9 توصيل اللوحة الشمسية و خلية الوقود

9. قم بتوصيل المقابس الموزية الحمراء لسلك التوصيل الأحمر بأطراف المقبس الموزي الأحمر (الموجب) للوحة الشمسية (1) و خلية الوقود (3).

ملاحظة
<p><b>دائرة خلية الوقود العكسية قصيرة!</b></p> <p>بقع ساخنة في الغشاء، تؤدي إلى تلف الغشاء.</p> <p>← لا تقم بتقصير دائرة خلية الوقود العكسية.</p>

10. أعد الخطوة 9 مع سلك التوصيل الأسود والأطراف السالبة (2)،  
(4)

ملاحظة
<p><b>سخونة اللوحة الشمسية لدرجة عالية!</b></p> <p>عطل أو تلف دائم للخلايا الشمسية.</p> <p>← استخدم مصادر إضاءة بحد أقصى للقدرة 120 وات فقط.</p> <p>← اترك مسافة مناسبة بين مصدر الإضاءة واللوحة الشمسية، 20 سم (8 بوصة) كحد أدنى.</p> <p>← لا تقم بتركيز الضوء.</p>

11. قم بمحاذاة اللوحة الشمسية بمصدر الضوء، مع ترك مسافة 20 سم  
(8 بوصة) كحد أدنى.

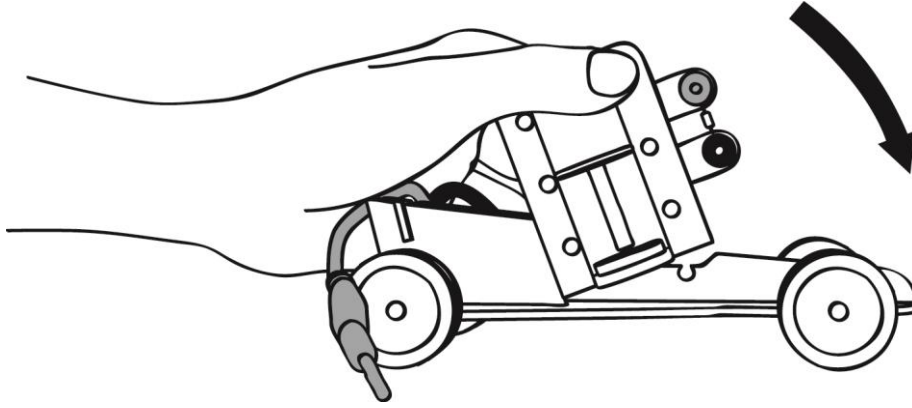
تحذير
<p><b>سطح اللوحة الشمسية والمصباح ساخن!</b></p> <p>حروق بالجلد.</p> <p>← لا تلمس السطح الساخن للوحة الشمسية أو المصباح.</p> <p>← اسمح للوحة الشمسية / المصباح أن تبرد قبل لمسها.</p>

12. قم بتشغيل الضوء.

13. عند امتلاء أسطوانة تخزين الهيدروجين لأكثر من 12 مليلتر  
بقليل:

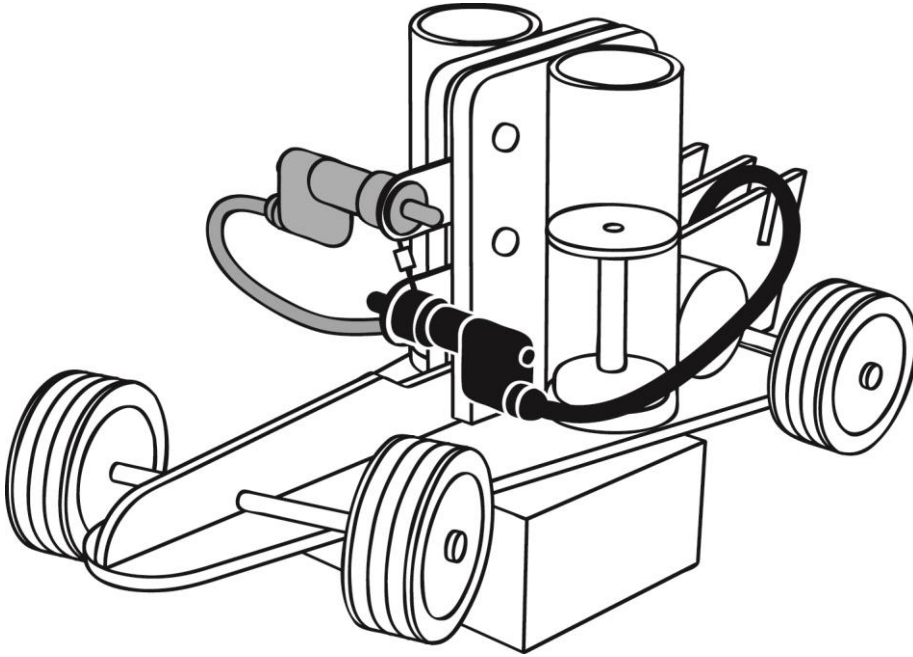


- قم بإيقاف الضوء.
- افصل أسلاك التوصيل من خلية الوقود العكسية.



شكل 8 10 وضع خلية الوقود العكسية على نموذج السيارة

14. ضع خلية الوقود العكسية في مكانها بنموذج السيارة حتى تسمع صوت ثباتها في مكانها، مع جعل الأطراف الحمراء والأسود مواجهة لمقدمة السيارة.



شكل 8 11 السيارة على الكتلة الخشبية

15. ضع الكتلة الخشبية تحت قاعدة السيارة، حتى تسمح لعجلات السيارة بالدوران بحرية.
16. قم بتوصيل المقبس الموزي الأحمر (الموجب) بالطرف الأحمر (الموجب) والمقبس الموزي الأسود (السالب) بالطرف الأسود (السالب).

17. راقب مستوى الغاز في أسطوانة تخزين الهيدروجين ومتى يصل مستوى الغاز إلى 12 مليلتر بالضبط، مع تشغيل ساعات الإيقاف (أو تسجيل الوقت لأقرب ثانية).

18. سجل الوقت بعد استهلاك كل مليلتر، ودون ذلك بالجدول الآتي.

الهيدروجين المستهلك [مليلتر]	الوقت المستغرق [ثانية] تجربة 1	الوقت المستغرق [ثانية] تجربة 2	الوقت المستغرق [ثانية] تجربة 3	متوسط الوقت المستغرق لكل التجارب [ثانية]
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
عند توقف العجلات				

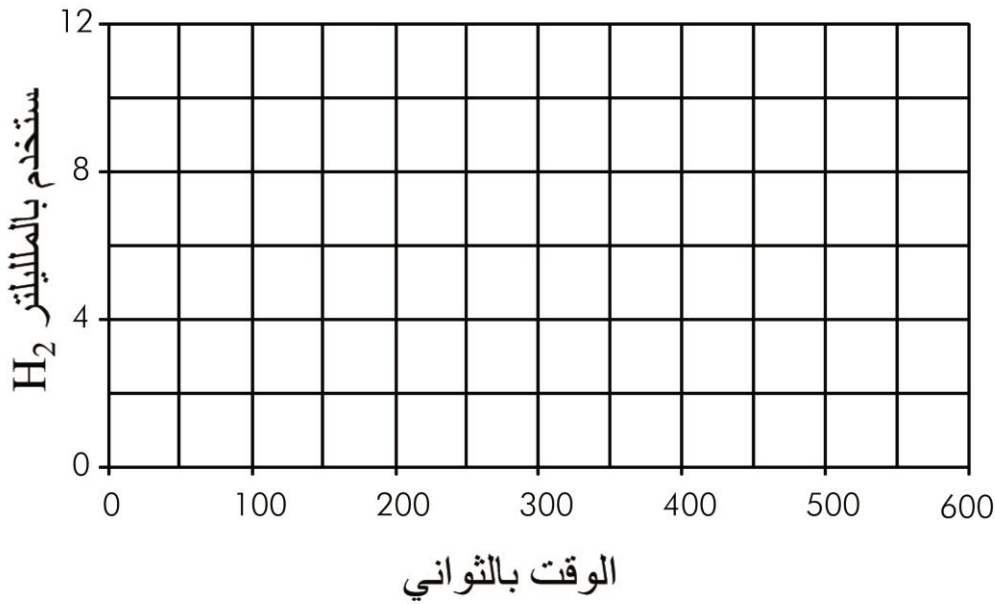
جدول 5-8 حجم الهيدروجين وزمن تشغيل السيارة

19. استمر حتى يتوقف المحرك.

20. افصل خلية الوقود والسيارة، وقم بتوصيل خلية الوقود باللوحة الشمسية.

لإعادة إنتاج الهيدروجين:

21. قم بتشغيل الضوء.
22. أعد إنتاج الهيدروجين واستهلاك السيارة له عدة مرات كلما أدركت أن ذلك مفيدا (مرة على الأقل).
23. ارسم شكلا بيانيا على المخطط التالي، لينتج شكلا بيانيا يوضح حجم الهيدروجين المستخدم كدالة لفترة دوران العجلات.

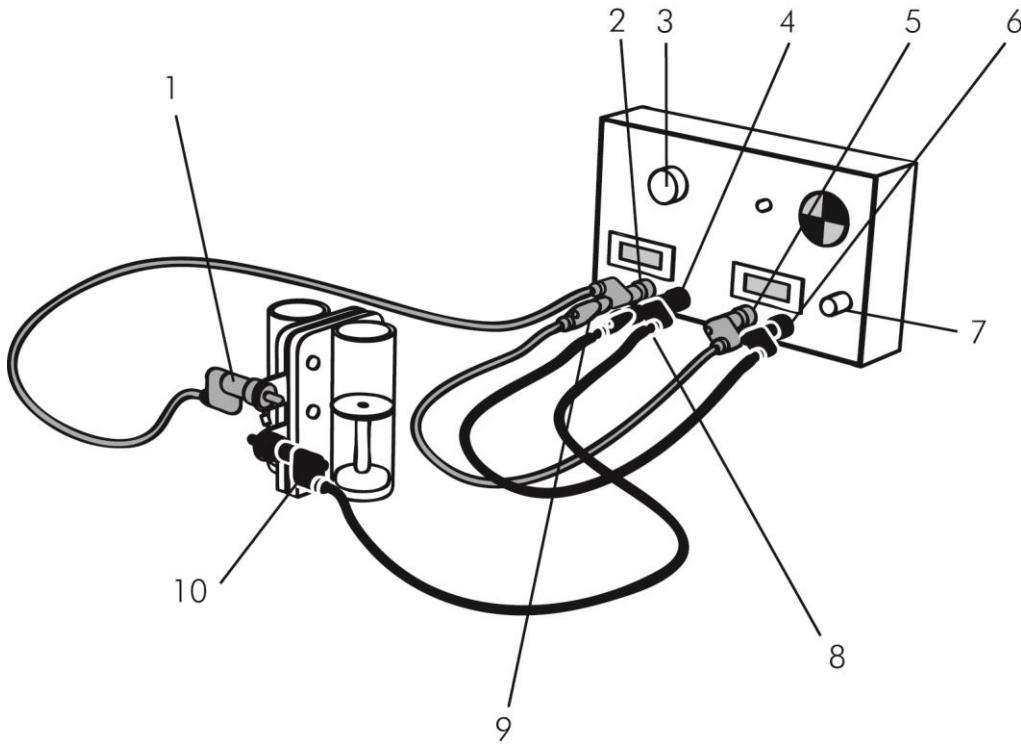


شكل 12- 8 حجم الهيدروجين كدالة لفترة دوران العجلات

تم الانتهاء من الجزء الأول للتجربة. افحص مع معلمك إذا كنت ستستمر أم لا.

1. املاؤ خلية الوقود العكسية بالماء المقطر (إذا لزم الأمر) واحصل على الهيدروجين، انظر الخطوات 13-2. صفحة 110-112.

ما كمية القدرة التي يمكن لخلية وقود أن توفرها



شكل 8-13 توصيل خلية الوقود العكسية وصندوق قياس الحمل

2. اضغط مفتاح الحمل (LOAD) (3) على OPEN (الفتح).
3. قم بتوصيل الطرف الأحمر (الموجب) لخلية الوقود العكسية (1) بالطرف الأحمر (الموجب) للأميتير عند صندوق قياس الحمل (2).
4. قم بتوصيل الطرف الأسود (السالب) لخلية الوقود العكسية (10) بالطرف الأسود (السالب) للأميتير عند صندوق قياس الحمل (4).
5. وصل الطرف الأحمر (الموجب) للأميتير عند صندوق قياس الحمل (9) بالطرف الأحمر (الموجب) للفلتيمتر (5) عند صندوق قياس الحمل.
6. وصل الطرف الأسود (السالب) للأميتير عند صندوق قياس الحمل (8) بالطرف الأسود (السالب) للفلتيمتر عند صندوق قياس الحمل (6).
7. ادفع الزر ON / OFF (تشغيل / إيقاف) (7).
8. اضغط مفتاح التحكم في LOAD (الحمل) (3) على 10 Ω.

## نصيحة

قد تلاحظ أن الفولتية تبدأ عند قيمة أعلى من 1.23 فولت (نظريا، ذلك هو الحد الأقصى الممكن لفولتية خلية وقود الهيدروجين والأكسجين) ثم تقل ببطء. يحدث هذا بسبب أن الطبقات السطحية المتروكة على المحفز بعد التحليل الكهربائي.

9. عندما يبدو استقرار التيار والفولتية، دون ذلك في الجدول التالي.

الحمل [ $\Omega$ ]	التيار [أمبير]	الفولتية [فولت]	القدرة [وات]
10			
5			
3			
1			

جدول 6-8 تحديد خرج القدرة لخلية الوقود

10. قم بتغيير ضبط الحمل على  $5 \Omega$ ، و  $3 \Omega$  ثم  $1 \Omega$ ، وعند كل نقطة سجل قيم التيار والفولتية.

11. احسب خرج القدرة لخلية الوقود.

12. افصل صندوق قياس الحمل وأوقف تشغيله.

13. قم بفك الأجهزة وضعها بعيدا، ثم انزع نظارة الوقاية الخاصة بك وأعدّها في موضعها بحرص.

### 8.3.2

#### أسئلة – للطلاب

استخدم ورقة أخرى للإجابة على الأسئلة.

1. لماذا يعد من الضروري ملء أسطوانة غاز الهيدروجين بنفس الكمية عند كل مرة نبدأ فيها قياس فترة دوران العجلات لكل مليلتر من الغاز؟

2. ما الذي يحدث لمستوى الغاز في أسطوانة تخزين الهيدروجين أثناء دوران العجلات؟ لماذا يحدث ذلك؟

3. هل يمكنك تشغيل المحرك الكهربائي بالكهرباء التي تولدها اللوحة الشمسية؟ ما هي ميزة تشغيل سيارة بوقود الهيدروجين بدلا من اللوحة الشمسية المتصلة مباشرة بمحرك كهربائي؟

4. ما هي ميزة استخدام الهيدروجين متحدا مع الأكسجين بهذه الطريقة بدلا من احتراقه وانفجاره كما يحدث في اختبار الهيدروجين؟

5. توقع ما المدة التي تستغرقها العجلات في الدوران مع استهلاك 20 مليلتر من غاز الهيدروجين. ارجع إلى الشكل البياني الخاص بك واستقرأ الإجابة.

6. ما إجابة السؤال الذي في بداية هذه التجربة: هل يمكننا استخدام الهيدروجين المخزن لإنتاج الكهرباء؟ وضح.

7. عندما قمت بتقليل المقاومة من 10 إلى 1  $\Omega$ ، ما الذي حدث للتيار؟ وما الذي حدث للفولتية؟ ما الحد الأقصى الذي قمت بتحديدته لخرج القدرة من خلية الوقود؟

8. ارتباط التيار والفولتية الذي قمت بقياسه مماثل للبطاريات أيضا. هل يمكننا القول بأن خلية الوقود هي بطارية؟ ناقش ذلك.