

# الفصل السادس عشر

## خلايا الوقود

### 16<sup>th</sup> Chapter

### Fuel Cells

## الفصل السادس عشر

## خلايا الوقود

## Fuel Cells

## تعريفها

هي خلايا كهروكيميائية تحول الطاقة الكيميائية (الحرارية) الناتجة عن احتراق الوقود (مثل الهيدروجين وأول أكسيد الكربون والميثان) مباشرة الى طاقة كهربائية (أنظر الأشكال (١٦-١) - (١٦-٦)).

إن وظائف خلايا الوقود تشبه الى حد ما البطارية، لكن بالمقارنة بالبطارية فإن متفاعلات خلايا الوقود تزود باستمرار (supplied continually) من مغذ خارجي (external reservoir).

ومن أشهر بطاريات الوقود بطاريات الوقود القاعدية (alkaline fuel cell) والتي تستخدم في المركبات الفضائية (space shuttle). وهذه الخلايا استخدمت منذ عام (1960s) بواسطة وكالة الفضاء الدولية - ناسا (NASA) لتشغيل الأنظمة المزودة بالكهرباء في المركبات الفضائية (spacecraft) لكنها غالية جداً وليس مرجحاً أن تصبح تجارية (unlikely to be commercialized). وهذه الخلايا لكي تعمل

## الفصل السادس عشر : خلايا الوقود

إعداد /د. عمر بن عبد الله الهزازي

فإنها تتطلب هيدروجين وأكسجين نقيين

(they require to operate pure hydrogen and oxygen)

وهي حساسة للشوائب (susceptible to contamination). لذلك

طورت خلايا وقود بديلة .

ومن الناحية النظرية يتوقع أن يكون التغير في الطاقة الحرة

للاحتراق ( $\Delta G$ ) قابلاً للتحويل الى طاقة مفيدة بنسبة (100 %)

عند استعمال خلية وقود ذات كفاءة عالية، ولكن نسبة الكفاءة وجد

أنها تتراوح بين (60 – 70 %) وما زالت البحوث جارية

للحصول على خلايا وقود ترتفع فيها نسبة الكفاءة الى القيمة

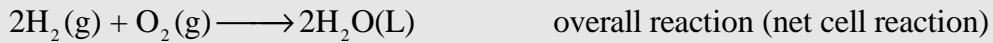
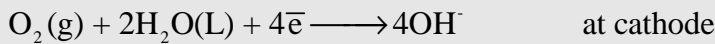
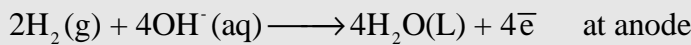
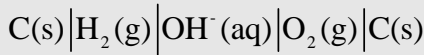
المتوقعة نظرياً (أي 100 %).

## الفصل السادس عشر : خلايا الوقود

إعداد /د. عمر بن عبد الله الهزاري

(س) أذكر مثلاً لخلية وقود. وارسم مخططاً لها مع ذكر تفاعلات الأكسدة والإختزال والتفاعل الكلي.

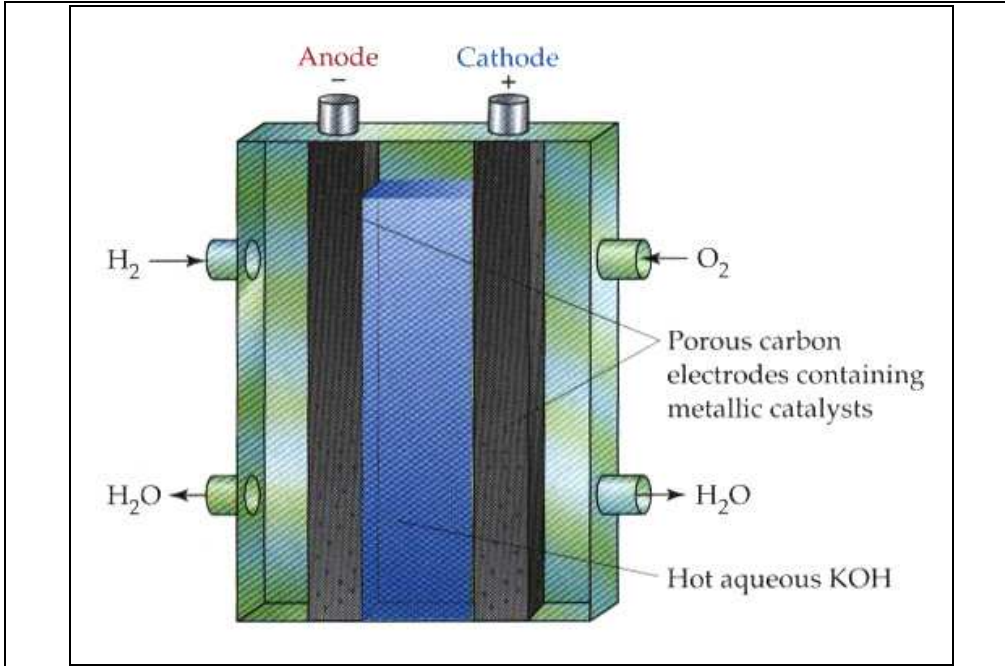
(ج) من خلايا الوقود خلية الهيدروجين والأكسجين والتي تستخدم كمصدر للكهرباء في المركبات الفضائية. حيث تغرغ الغازات عبر أقطاب كربونية مسامية مغمورة في محلول مركز من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) أو هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) الساخن. إن الوقود (غاز الهيدروجين) وعامل الأكسدة (غاز الأكسجين) لا يتفاعلان بشكل مباشر لكن عوضاً عن ذلك يتدفقان في غرف خلايا مفصولة (separate cell compartments) حيث الهيدروجين يتأكسد عند المصعد والأكسجين يختزل عند المهبط. والتفاعل الكلي ببساطة هو تحويل الهيدروجين والأكسجين إلى ماء. ويمكن تمثيل الخلية كما يلي :



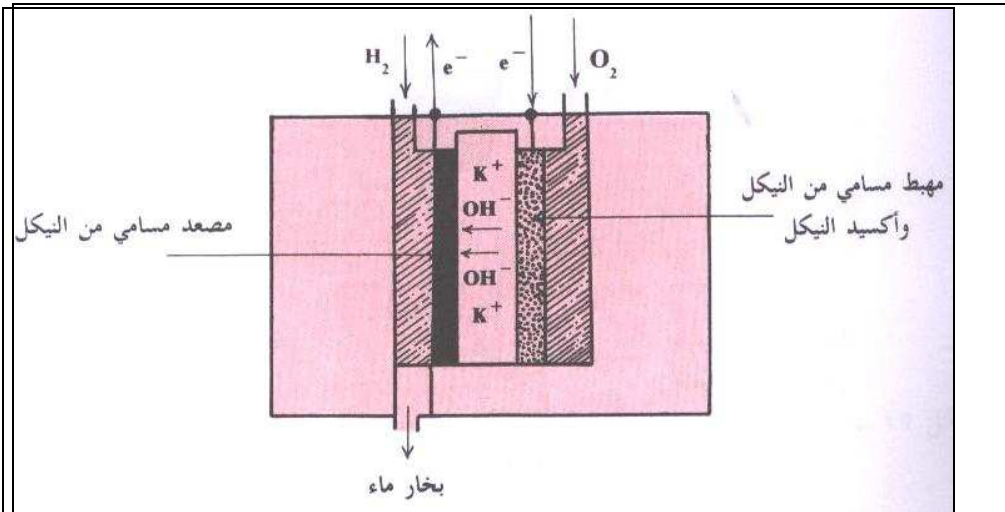
وتطبيقات هذه الخلايا حتى يومنا هذا محددة بسبب كلفتها. ومن أهم استخداماتها المستقبلية أنها ستستعمل كمصدر طاقة في وسائل النقل الكهربائية النظيفة للبيئة ونظراً للأهمية القصوى لخلايا الوقود فإن الأبحاث في هذا الحقل ما تزال جارية وبصورة خاصة حول تقليل التكاليف والبحث عن حافز (Catalyst) مناسب بحيث تتم العملية بسرعة أكبر.

## الفصل السادس عشر : خلايا الوقود

إعداد /د. عمر بن عبد الله الهزالي



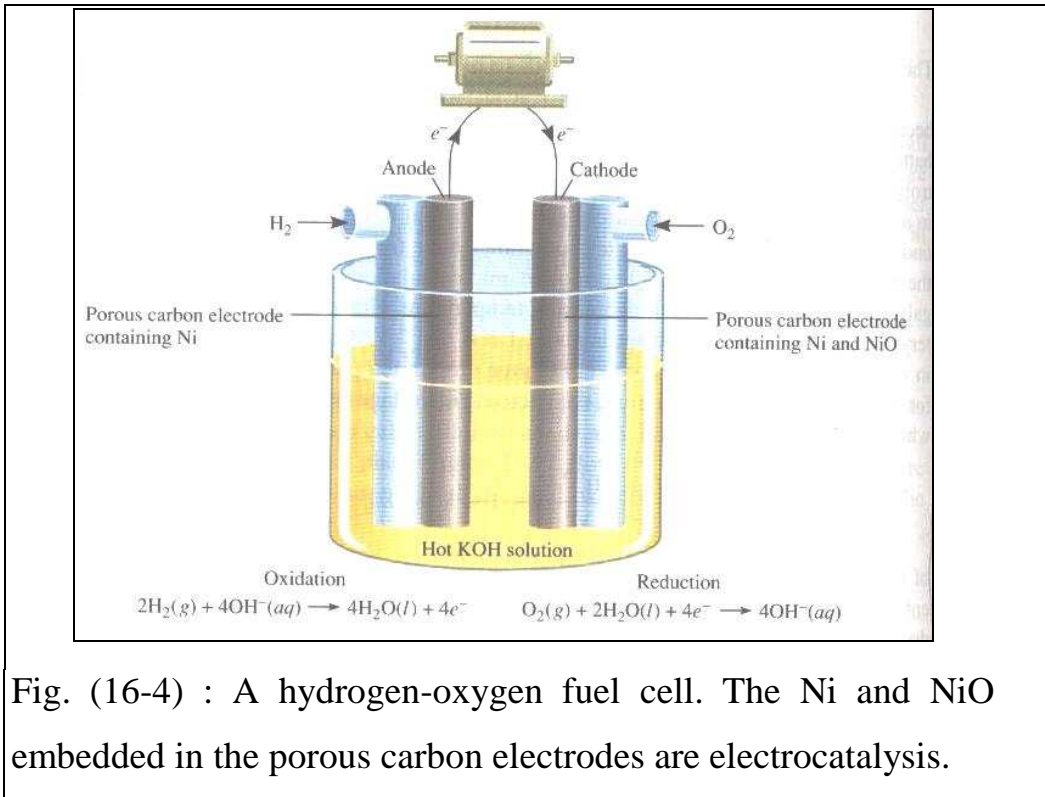
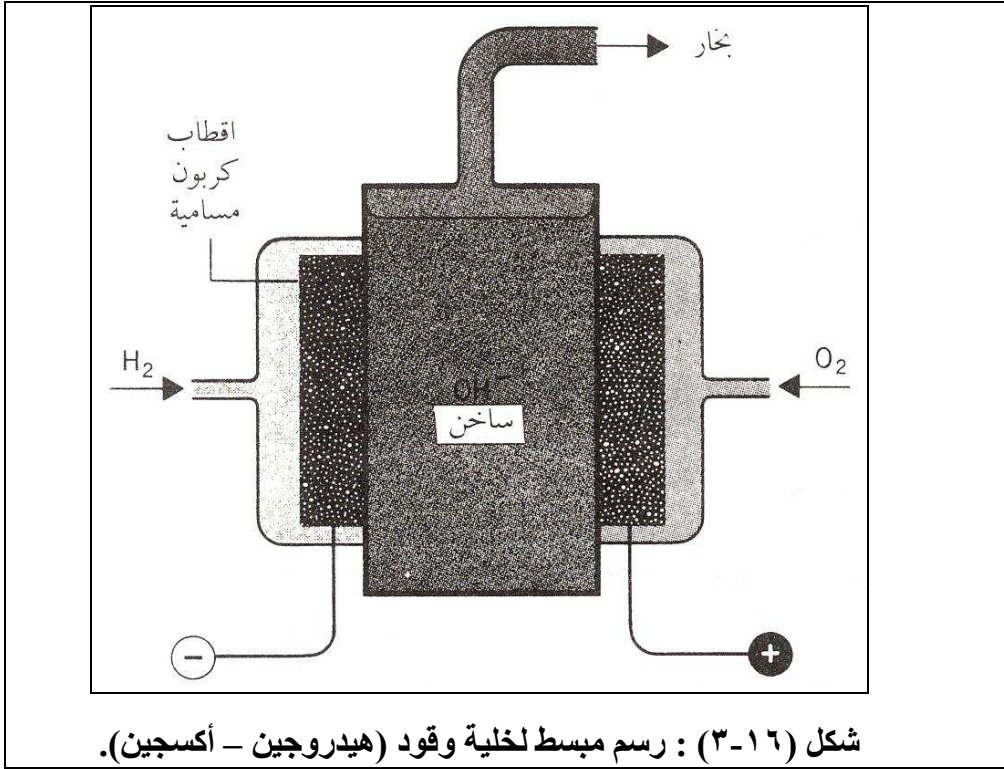
**Fig. (16-1) :** A hydrogen-oxygen fuel cell. Gaseous  $H_2$  is oxidized to water at the anode, and gaseous  $O_2$  is reduced to hydroxide ion at the cathode. The net reaction is the conversion of  $H_2$  and  $O_2$  to water.



شكل (١٦-٢) : رسم مبسط لخلية وقود الهيدروجين - الأكسجين

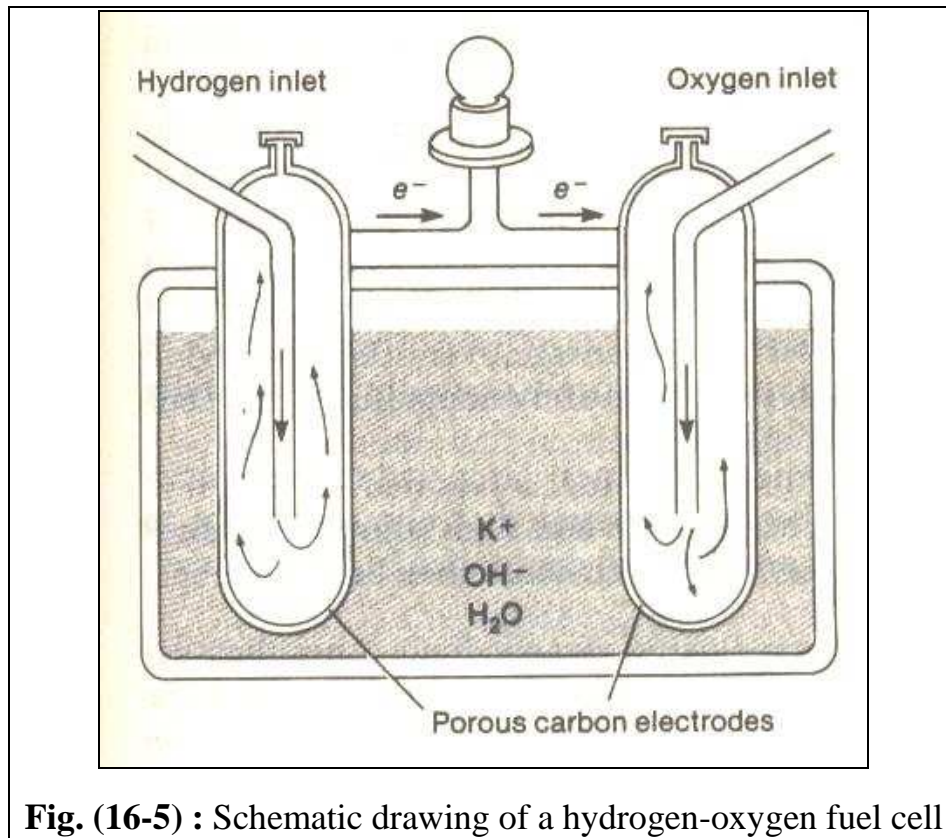
## الفصل السادس عشر : خلايا الوقود

إعداد /د. عمر بن عبد الله الهزالي



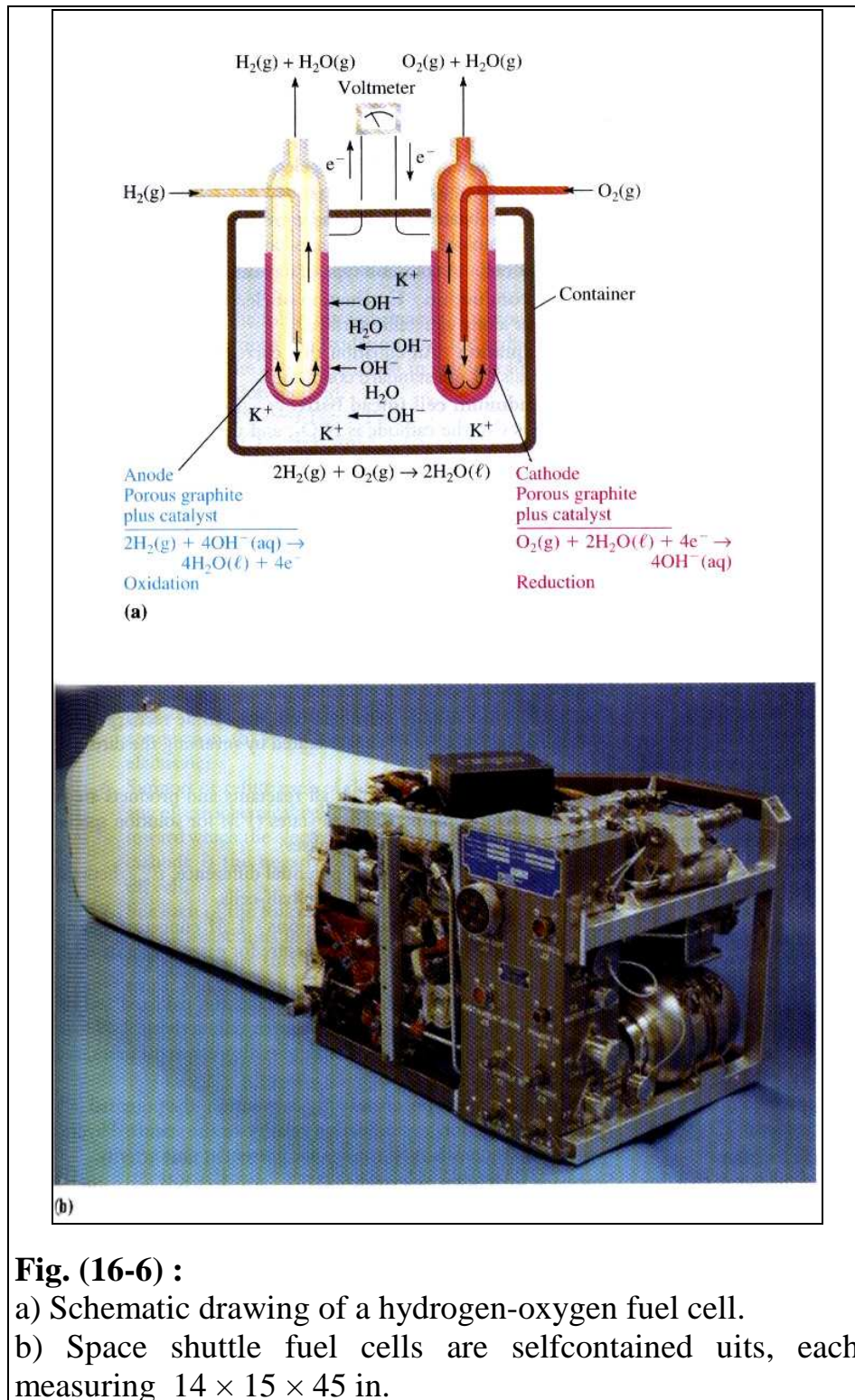
## الفصل السادس عشر : خلايا الوقود

إعداد /د. عمر بن عبد الله الهزالي

**Fig. (16-5) :** Schematic drawing of a hydrogen-oxygen fuel cell

## الفصل السادس عشر : خلايا الوقود

إعداد /د. عمر بن عبد الله الهزالي

**Fig. (16-6) :**

a) Schematic drawing of a hydrogen-oxygen fuel cell.

b) Space shuttle fuel cells are self-contained units, each measuring  $14 \times 15 \times 45$  in.

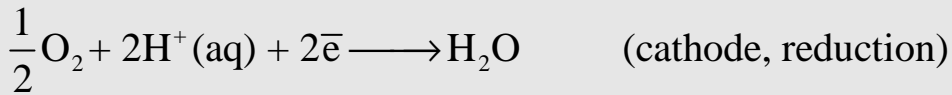
## الفصل السادس عشر : خلايا الوقود

إعداد /د. عمر بن عبد الله الهزازي

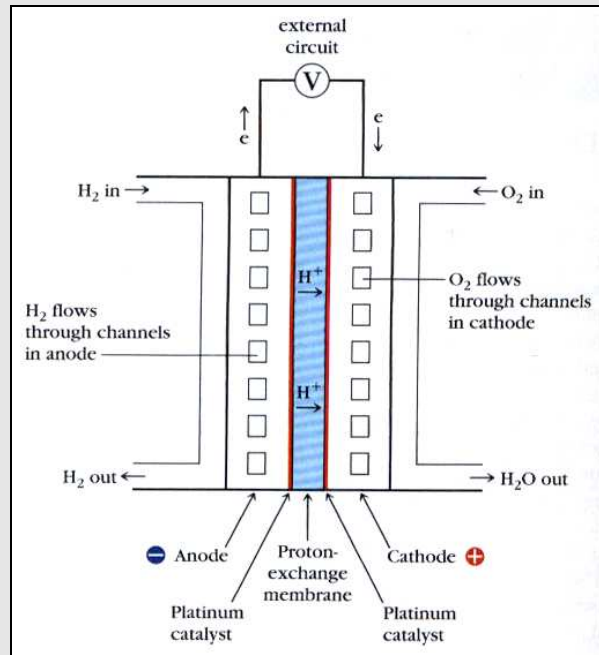
## خلايا الوقود ذات غشاء التبادل البروتوني

## Proton Exchange Membrane Fuel Cell

خلايا الوقود هيدروجين-أكسجين تنتج طاقة كهربائية من أكسدة الهيدروجين في خلية كهروكيميائية. نصفي التفاعل في الوسط الحامضي هما :



غاز الهيدروجين يضخ (pumped) الى المصعد، وغاز الأكسجين أو الهواء يضخ الى المهبط. كما في الشكل (١٦-٧).

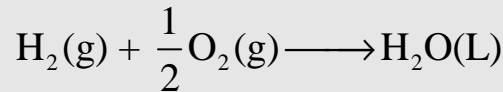


**Fig. (16-7) : A proton-exchange membrane H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> fuel cell.** The anode chamber oxidizes H<sub>2</sub>. The cathode chamber reduces O<sub>2</sub>

## الفصل السادس عشر : خلايا الوقود

إعداد /د. عمر بن عبد الله الهزازي

أقطاب الجرافيت تحاط بحفازات (catalysts) تحتوي البلاتين. ويفصل القطبان بغشاء شبه مسامي (شبه منفذ) (semipermeable membrane) يسمى غشاء التبادل البروتوني (proton-exchange membrane (PEM)، والذي هو عبارة عن صفيحة (sheet) بلاستيكية رقيقة – تسمح فقط بمرور أيونات الهيدروجين ( $H^+$ ) ولا تسمح بمرور الإلكترونات. والإلكترونات يجب أن تمر خلال دائرة خارجية، حيث يمكن استخدام هذه الإلكترونات لعمل شغل (perform work). والتفاعلات الكهروكيميائية تحفز (are aided) بواسطة حفازات البلاتين على كلا جهتي الغشاء PEM والتي على اتصال مع المصعد والمهبط. أيونات الهيدروجين المتجهة عند المصعد تمر خلال (PEM) إلى المهبط. وعند المهبط فإن أيونات الهيدروكسيد المنتجة بواسطة اختزال الأكسجين تتفاعل مع البروتونات لتنتج الماء. والتفاعل الكلي لخلية الوقود هو :



والجهد الناتج حوالي (0.7 V). وللحصول على جهد أعلى (higher voltage) ، فإن خلايا الوقود ترص وتوصل على

## الفصل السادس عشر : خلايا الوقود

إعداد /د. عمر بن عبد الله الهزاري

التسلسل (connected in series). ويمكن لخلايا الوقود (PEM fuel cells) أن تعمل عند درجة حرارة (80 °C). والهيدروجين النقي الذي يحتاج إليه في خلايا الوقود (PEM fuel cell) له مشكلة في استخدامه وهي أن فالهيدروجين النقي قابل للاشتعال (flammable) ومن الصعوبة أن يخزن (difficult to store) ويوزع.

وهناك مصادر أخرى للهيدروجين أكثر جاذبية وباستخدام جهاز يدعى (reformer) الذي يمكنه أن يحول وقود الهيدروكربون (مثل الغاز الطبيعي) أو الكحول (مثل الميثانول) الى هيدروجين، والذي يمكن عندئذ أن يغذي خلية الوقود.