جامعة قاصدي مرباح – ورقلة –
كلية الرياضيات وعلوم المادة
قسم الفيزياء

إعداد الطلبة:
قمازي سمية – هيذب حسيبة

إشراف الأستاذ: زين عبد الله

# دراسة نظرية ترموديناميكية و كهروكيميائية لخلايا الوقود الهيدروجينية صنف PEMFC

## المقدمة

تشهد تقنية خلايا الوقود اهتماما كبيرا بسبب الاستهلاك المتزايد للطاقة، و محاولة رفع كفائتها ، بغية التقليل من استهلاك الوقود التقليدي وحماية البيئة من ملوثاته، واستعمال هذه التقنية في مجال النقل، وحث العديد من شركات السيارات لدعم الأبحاث العلمية في هذا المجال. وهذا لا يتأتى إلا بالدراسات الأكاديمية العلمية في مختلف الجوانب الفيزيائية والكيميائية و الكهروكيميائية وضبط هذه الظواهر بالمعادلات الرياضية التي تمكن من تفسير هذه الظواهر وكذلك تسهيل دراسة تأثير مختلف العوامل والبرامترات الفيزيائية والكيميائية. كل هذا لدفع شمولية استعمال الطاقة النظيفة.

## الملخص

يهتم البحث بمصادر الطاقة الناتجة عن عنصر الهيدروجين كحامل نظيف لها ، ومرغوب صناعيا لما له من خصائص فيزيائية وكيميائية ، هذه الخصائص تجعل منه المرشح الأول لاستعماله كوقود في خلايا كيميائية المسماة خلايا الوقود الهيدروجينية ، تم التطرق في هذا العمل بداية إلى تاريخ وظهور هذه الخلايا ثم التطرق لأصناف و أنواع هذه الخلايا وتوضيح مبدأ عملها والتركيز على صنف PEMFC باعتباره المرشح الأول للاستثمار في عدة مجالات .تم البحث في طرق تطوير هذا النوع باستخدام بوليميرات وبعض التحسينات الأخرى ، ومن ثم دراستها رياضيا و نمذجة هذه المسائل الرياضية.

## مكونات خلية الوقود

المصعد (Anode) أو القطب السالب تحدث عنده الأكسدة و يقود الالكترونات المحررة ويشتت الهيدروجين

المهبط(Cathode) أو القطب الموجب تحدث عنده عملية الاختزال ويشتت الأكسجين ويستقبل الالكترونات

طبقة الانتشار(Couche Diffusion) تضمن انتشار وتوزيع متجانس للمتفاعلات على سطح الأقطاب .

المحفزات (Catalysts) وهي معادن نبيلة أو مواد كيميائية وظيفتها تسريع التفاعلات الكهروكيميائية.

غشاء التبادل البروتوني (Electrolyte) موصل بروتوني بين القطبين وحاجز فعال بين المتفاعلات يسمح بمرور الشحنات الموجبة ولا يسمح بمرور السالبة منها.

مجمع التيار ثنائي الأقطاب (Bipolar Plates) يعمل على تجميع الالكترونات من الأقطاب وتمريرها عبر الدارة الخارجية إلى الحمل الكهربائي.

## الفرق بين البطارية وخلية الوقود

خلية الوقود هي امتداد للتطور العلمي للبطارية مع وجود بعض الاختلاف من عدة أوجه منها :

1 - البطارية جهاز تخزين للطاقة في حين خلية الوقود جهاز تحويل الطاقة .

2- الطاقة القصوى للبطارية تحدد بكمية المواد الكيميائية الموجودة بها ويتوقف إنتاج البطارية للطاقة الكهربائية عندما يتم استهلاك مواد التفاعل بينما تستمر خلية الوقود في إنتاج الطاقة الكهربائية طالما يستمر تزويدها بالوقود.أما عمليا تواجه خلية الوقود بعض الانخفاض في مستوى أدائها وذلك بسبب التآكل أو بسبب ضياع الطاقة على عدة اوجه.

## الدراسة التحليلية لخلية الوقود

### الجانب الرياضي

الموضوع هو دراسة نظرية للجانب الترموديناميكي و الكهروكيميائي للتفاعلات الكهروكيميائية الحاصلة على السطوح البينة و سلوك المتفاعلات و البروتونات والالكترونات المهاجرة عند عبورها أجزاء الخلية ، ونعتمد على ما يلي :

**طاقة جيبس**

هي دالة ترموديناميكية تعطي العلاقة بين الانتروبي والانتالبي للنظام ،وتعبر بشكل ادق عن عشوائية و تلقائية النظام.

$$\Delta G = \Delta G^{\circ} + RT\,lnQ$$

**معادلة نرنست**

تسمح المعادلة بحساب جهد الخلية الناتج في الشروط النظامية .

$$\Delta E = \Delta E^{\circ} - (RT/nF)\,lnQ$$

**معادلة باتلر – فولمر**

تعبر هذه العلاقة على التيار الكلي المنتج من طرف الخلية

(تيار الناتج من الانود +التيار الناتج من الكاثود) .

$$i = i_0\left[\exp\left(\frac{\alpha nF}{RT}\right)\eta_{act} - \exp-\left(\frac{(1-\alpha)nF}{RT}\right)\eta_{act}\right]$$

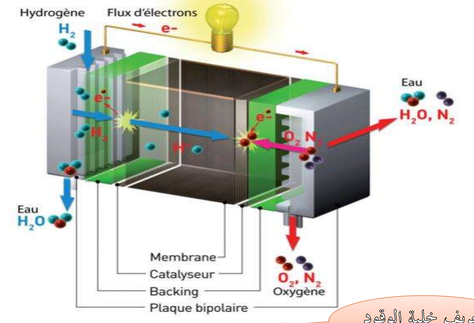
**تمثيل تافل Tafel**

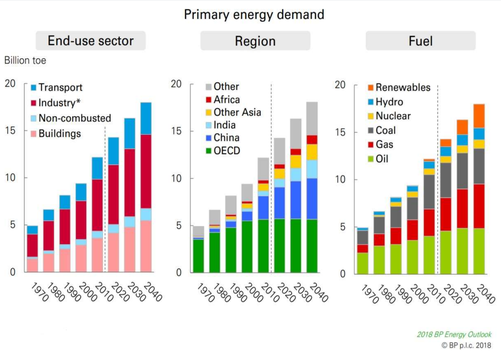
$$E^{\circ} = \alpha + \beta\ \ln|i|$$

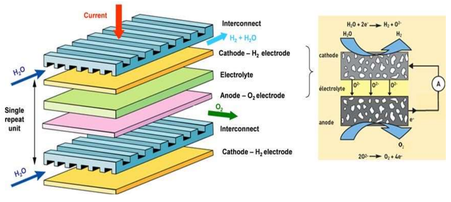
-نستفيد من المنحنيات لحساب سرعة التفاعل ومعدل التبادل الالكتروني أي (تبادل و فقد الالكترونات )

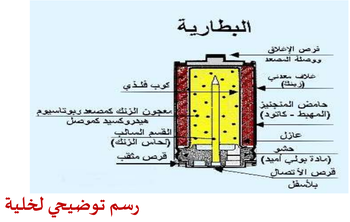
## تعريف خلية الوقود

خلية الوقود هي جهاز كهروكيميائي يحول الطاقة الكيميائية المختزنة مباشرة إلى طاقة كهربائية بالإضافة إلى حرارة وماء. تتكون الخلية في ابسط صورها على الكترودين يحتوي كل منهما على مواد محفزة على حسب نوع الخلية، يفصل بينهما عازل الكتروليتي يمنع اختلاط الوقود والأكسجين، كما يمنع اختراقه من قبل الالكترونات و يسمح بانتقال الشحنات الموجبة. وخلال عملية التشغيل يتأكسد الوقود عند القطب السالب بوجود المادة المحفزة وتتحرر الالكترونات ,وبالتزامن يتم اختزال الأكسجين في القطب الموجب بوجود المادة المحفزة كذلك. تغادر الالكترونات المتحررة من الالكترود الاول الى الثاني عبر الدائرة الكهربائية الخارجية وبذالك يتولد تيارا كهربائيا مستمرا (DC-direct current) يمكن تحويله إلى تيار متردد (AC- alternating current) لأداء مهام تشغيلية معينة . وللحصول على القدرة الكهربائية المطلوبة توضع أكثر من خلية وقود في إطار واحد على شكل مصفوفات



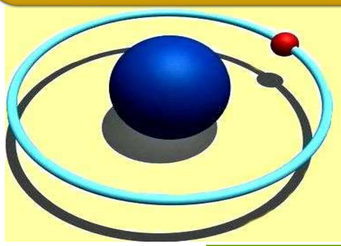




رسم توضيحي لخلية الوقود والبطارية

## وقود خلايا PEMFC

تستخدم خلايا الوقود **PEMFC** غاز الهيدروجين النقي كوقود لتشغيلها، ولكن لهيدروجين ليس مصدرا أوليا إنما يتم اشتقاقه من مصادر أخرى مثل النفط ومشتقاته ،الغاز الطبيعي ،الفحم .وكذلك التحليل الكهربائي للماء إلى عنصريه (الأكسجين والهيدروجين) .وتتم عملية استخلاص الهيدروجين من هذه مصادر خارج نظام الخلية.



## مميزات خلايا الوقود

- تزويد المركبات الفضائية و الأقمار الصناعية بالكهرباء
- لا توجد أجزاء ذات حركة ميكانيكية . مرونة في استخدام الوقود .
- مستوى صوت وإزعاج منخفض جدا (عملية صامتة تقريبا ).
- كفاءة كلية تقدر ما بين 75 %إلى 80%(40%كهربائية ,40% حرارية ).
- مستوى تلوث منخفض جدا.
- لا تحتاج إلى صيانة مكثفة.
- السرعة والسهولة في التركيب.

## عوائق خلايا الوقود

- إنتاج الهيدروجين.
- التكلفة عالية حتى الآن.
- مرونة في استخدام الوقود .
- تصنيع مواد تتحمل درجات حرارة عالية.
- لا توجد أجزاء ذات حركة ميكانيكية .
- تعتبر مركبات الكبريت ملوث الرئيسي للخلايا.

## تطبيقات خلية الوقود

مجال تطبيقات خلايا الوقود واسع جدا ويعد من الميزات الايجابية لهذه التقنية ويمكن تلخيصها في تغذية المنازل ، الفنادق ، المجمعات التجارية وفي وسائل المواصلات مثل السيارات،الشاحنات ،الحافلات ، السفن ،الغواصات ،المركبات الفضائية .ونظرا لطبيعة خلايا الوقود فانه يمكن تركيبها على شكل وحدات (مصفوفات)بقدرات مختلفة مما يعطيها ميزة تنافسية ومجال واسع في التطبيقات الصغيرة كمصدر طاقة لبعض الأجهزة مثل الأجهزة الالكترونية كالحاسب الالي المحمول .....إلى التطبيقات الكبيرة كمحطات القوى الكهربائية الرئيسية

المراجع (References) :
1-Frano Barbir – PEM CUEL CELLS- theory and practice – Academic Press. 2-KACSTMSC 79NA08 . PDF.( الدكتور حسن بن عبد العزيز اباعود ) 3-Fuel Cells (Water and Energy Research Institule )
4-livre de la pile à combustible ( Méziane Boudella ) 5-contribution to prognostics of PEM fuel Cells : approaches based on degradation information at muitiple levels. 6-SEPUP fuel cell simulation