بطاريات الغد التي قد تزود منزلك بالطاقة



بطارية الليثيوم أيون، جدار الطاقة تيسلا، ليست التقنية الوحيدة المتاحة للبطاريات المنزلية

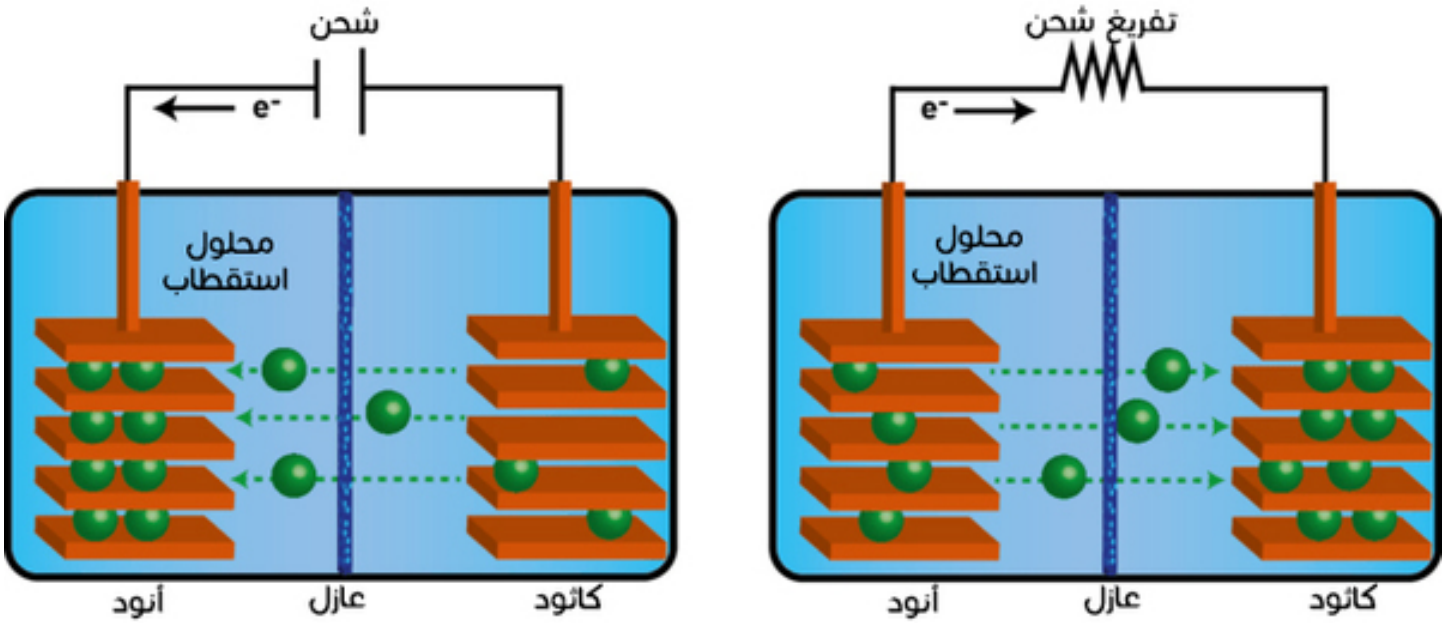
لقد سبب إعلان شركة "تيسلا" **Tesla** مؤخراً عن نظام **Powerwall** (جدار الطاقة)، وهو نظام بطارية منزلية أساسه الليثيوم-أيون (**lithium-ion (Li-ion**) لتخزين الطاقة، ضجة معتبرة. حتى أنه يثير احتمال الاستغناء عن الشبكة الكهربائية، والاعتماد على الألواح الشمسية لتوليد الكهرباء وتخزينها في بطارياتها الخاصة واستخدامها حين الطلب.

إلا أن تقنية الليثيوم-أيون التي تستخدمها تيسلا، ليست العرض الوحيد. في الواقع، لكل نوع من تقنيات البطاريات المختلفة نقاط قوته

وضعفه الخاصة، وربما حتى تفوق بعضها على بطاريات الليثيوم–أيون للتركيب المنزلي. وفيما يلي معاينة سريعة لتقنيات البطاريات الحالية، ومن بينها بعض التقنيات التي ما زالت قيد التطوير.

طاقة البطارية

تتكون كل البطاريات القابلة للشحن من قطبين يفصل بينهما محلول استقطاب (محلول كهربائي) (**electrolyte**) (انظر الرسم البياني أدناه). ويحدث عند كِلا القطبين تفاعلان كيميائيان عكوسان مختلفان. يُخَزنُ، في أثناء الشحن، "صنف كيميائي نشط" (**active species**) –أي جزيء مشحون، من مثل أيون الليثيوم في بطاريات الليثيوم–أيون– في الأنود (القطب الموجب). وفي أثناء التفريغ، ينتقل هذا الجزيء إلى الكاثود (القطب السالب). ويحدث التفاعل الكيميائي عند الجهد الذي يمكن استخدامه لتزويد دارة كهربائية خارجية بالطاقة.



مخطط لبطارية قابلة للشحن.

من الممكن تقييم كل نوع من تقنيات البطارية وفقاً لمجموعة من المعايير من مثل

- قابلية إعادة التدوير، أي عدد المرات التي يمكن فيها شحنها وتفريغها.
- كثافة الطاقة، أي سعة تخزين الطاقة في كل وحدة كتلة، وتقاس بالواط. ساعة (**وهو مقياس يمثل واطًا واحداً من إنتاجية الطاقة خلال ساعة**) لكل كيلوغرام (واط.ساعة/كغم)
- الكثافة النوعية، أي الطاقة المخزنة في كل وحدة حجم، وتقاس بالواط.ساعة لكل لتر (واط.ساعة/لتر). ويعتمد تحديد أي التقنيات أفضل لتطبيق معين على متطلبات الدور المطلوب منها.

بطاريات الرصاص–حمض

البطارية الأصلية القابلة لإعادة الشحن تتركب من حمض الكبريتيك المركز كمحلول استقطاب (H_2SO_4)، والرصاص (**Pb**) وثاني

أكسيد الرصاص (PbO) على كل من الكاثود والأنود، اللَّذين يتحول كلاهما إلى كبريتات الرصاص أثناء الشحن والتفريغ.

لا تزال بطاريات الرصاص–حمض (**Lead-acid batteries**) تُستخدم في السيارات والكرافانات (البيوت المتنقلة) وفي بعض شبكات التقوية الكهربائية. وهي ذات قابلية عالية لإعادة التدوير، وبالتالي فإن عمرها طويل. ومما يعزز ذلك، الاستخدام لمدة قصيرة والشحن المستمر –أي إبقاء البطارية مشحونة دائماً إلى ما يقارب 100٪ –مثلما هو الحال في السيارات. وعلى العكس من ذلك، فإن الشحن والتفريغ البطيئين يقللان بشكل ملحوظ من عمر بطارية الرصاص–حمض.

وعلى الرغم من أن الرصاص سام وحمضَ الكبريتيك مادة أكَّالة، فإن البطارية متينة جداً ونادراً ما تمثل خطراً على المستخدم. ولكن، إذا استُخدمت في المنشآت السكنية، فكلما ازداد حجم وكتلة المواد المطلوبة، ازدادت المخاطر.

تأتي بطارية الليثيوم–أيون **Powerwall** الخاصة بتيسلا، في نوعين: 7 كيلوواط.ساعة (**kWh**) و10 كيلوواط.ساعة. وعلى سبيل المقارنة، سوف نلقي نظرة على حجم البطارية المطلوب لإمداد الطاقة لمنزل لأسرة من أربعة أشخاص يستهلكون 20 كيلوواط. ساعة في اليوم الواحد، وهو تقريباً المتوسط الوطني لمثل هذه المنازل.

تبلغ كثافة الطاقة في بطاريات الرصاص–حمض من 30 إلى 40 واط.ساعة/كغم ومن 60 إلى 70 واط.ساعة/ لتر. وهذا يعني أن نظام، سعته 20 كيلوواط.ساعة، يزن من 450 إلى 600 كغم، ويحتل مساحة تبلغ من 0.28 إلى 0.33 متر مكعب (ولا يتضمن ذلك حجم أو وزن غلاف الخلية وغيره من المعدات). من الممكن تدبير هذا الحجم بالنسبة لمعظم الأسر –سوف يكون حجمه مناسباً لصندوق يبلغ حجمه 1 × 1 × 0.3 متر –إلا أن هذا الوزن يعني أنه يجب أن يكون ثابتاً.

بطاريات الليثيوم–أيون

تستند البطارية القابلة للشحن الرائدة حالياً إلى حركة أيونات الليثيوم بين أنود الكربون المسامي (**porous carbon**) وكاثود أكسيد الليثيوم–معدن (**Li-metal oxide**). ولتركيب الكاثود تأثير كبير على أداء وثبات البطارية.

تُبدي بطاريات الليثيوم–كوبالت–أكسيد (**lithium-cobalt-oxide**)، حالياً، سعة شحن متفوقة. إلا أنها أكثر عرضة للعطل من البدائل الأخرى، من مثل بطاريات الليثيوم–تيتانات (**lithium-titanate**) أو الليثيوم–حديد–فوسفات (**lithium-iron-phosphate**)، على الرغم من أن سعة شحن هذه البدائل أقل.

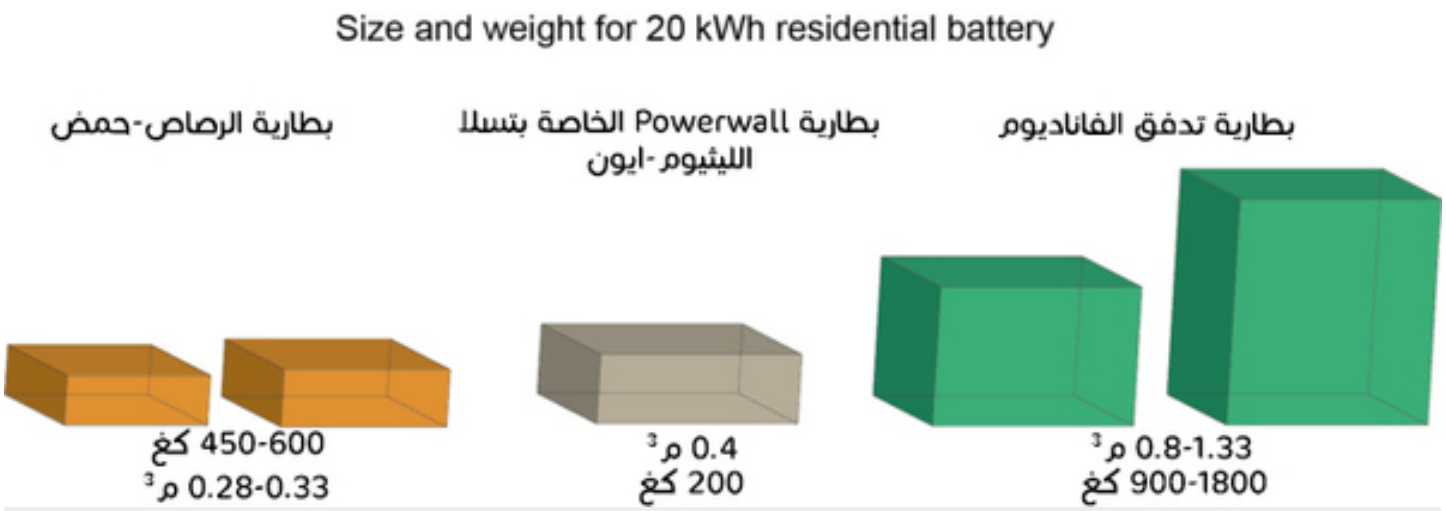
أحد الأسباب الشائعة للأعطال، هو تضخم الكاثود عند تلقيم أيون الليثيوم داخل بنيته، إلى جانب تصفيح الأنود (**plating**) بمعدن الليثيوم، الذي قد يصبح قابلاً للانفجار. ومن الممكن تقليل فرصة حدوث العطل بواسطة تقييد معدل الشحن/التفريغ، إلا أن حوادث انفجار/احتراق أجهزة الكومبيوتر المحمول أو الهواتف النقالة ليست نادرة.

كما يعتمد عمر البطارية، أيضاً، بشكل كبير، على مركب الأنود والكاثود ومحلول الاستقطاب. وبشكل عام، يفوق عمر بطاريات الليثيوم–أيون عمرَ بطاريات الحمض الرصاصي، مع إعلان تيسلا عن عمر يمتد إلى 15 عاما (5000 دورة، بمعدل دورة لكل يوم) لجدار الطاقة، الذي تبلغ سعته 10 كيلو واط.ساعة، بناء على القطب الكهربائي (**electrode**) الليثيوم–منغنيز–كوبالت (**lithium-manganese-cobalt**).

يزن **Powerwall** الخاص بتيسلا (ذو سعة 10 كيلوواط.ساعة) 100 كغم، وتبلغ قياساته 1.3 × 0.86 × 0.18 متر. لذا، فإن منزلاً يقطنه

أربعة أشخاص سيتطلب وحدتين متصلتين في سلسلة، ليصبح الوزن الكلي 200 كغم، والقياسات الكلية 1.3 × 1.72 × 0.18 متر، أو 0.4 متر مكعب، وهذا أخف من بطاريات الرصاص–حمض، ولكنه يشغل مساحة أكبر.

تعادل هذه القيم 100 واط.ساعة/كغم و50 واط.ساعة/لتر، وهي أقل من القيم المعلنة لبطاريات أكسيد الليثيوم–كوبالت (150–250 واط.ساعة/كغم و250–360 واط.ساعة/لتر)، ولكنها تقع ضمن النطاق الذي يرتبط مع بطاريات الليثيوم–تيتانات، الأكثر أماناً والأطول عمراً (90 واط.ساعة/كغم)، وبطاريات فوسفات الليثيوم–حديد (من 80 إلى 120 واط.ساعة/كغم).



مقارنة من حيث الحجم والوزن بين بطاريات منزلية ستُنتِج 20 كيلوواط.ساعة.

التحسينات المستقبلية على بطاريات الليثيوم

قد تُحسن تقنيات البطاريات المستقبلية هذه الأرقام أكثر. فمختبرات الأبحاث في كل أرجاء العالم تعمل على تحسين الطاقة النوعية (**specific energy**)، وكذلك عمر وأمان بطاريات الليثيوم.

وتشمل المجالات الرئيسية للأبحاث تغيير تركيبة الكاثود، مثل العمل على بطارية الليثيوم–حديد–فوسفات أو الليثيوم–منغنيز–كوبالت، حيث تؤثر النسب المختلفة أو البُنى الكيميائية للمواد بشدة على الأداء.

كما يمكن لتغيير المحلول الكهربائي،مثل استخدام السوائل العضوية أو الأيونية، وتحسين الطاقة النوعية، على الرغم من أنها قد تكون باهظة التكلفة وتتطلب المزيد من التصنيع المُحكم، كما هو الحال في البيئة الخالية من الغبار أو البيئة ذات الرطوبة المُقيدة/ المُحكمة.

كما أن استخدام المواد النانوية، في شكل نظائر الكربون النانوية (**nanosized**) الغرافين (**graphene**) والأنابيب الكربونية النانوية (**carbon nanotubes**) قد تُحسن كلًا من الكاثود والأنود. ففي الأنود، من الممكن أن تحل مواد مثل الغرافين أو الأنابيب الكربونية النانوية القوية وعالية التوصيل بدل المواد الحالية، وهي الغرافيت (**graphite**) أو مزيج من الكربون المسامي المُنشط والغرافيت.

يقدم الغرافين والأنابيب الكربونية النانوية مساحة سطح أكبر، وقدرة أعلى على التوصيل، واستقراراً آلياً أكبر من الكربون والغرافين

المُنشَط. وعلى الرغم من أن التركيبة الدقيقة لأغلب الأنودات والكاثودات ما زالت سراً تجارياً في الوقت الراهن، إلا أن مستويات الإنتاج التجاري لأنابيب الكربون النانوية تشير إلى أن معظم بطاريات الهواتف النقالة وأجهزة الكمبيوتر المحمول، حالياً، تتضمن الأنابيب الكربونية النانوية كجزء من أقطابها الكهربائية.

وقد أبدت بطاريات المختبرات سعة تخزين لا تصدق، وبالتحديد للطاقة النوعية (واط.ساعة/كغم). لكن المواد غالباً ما تكون مكلفة أو أن العملية أصعب من أن تُطور إلى مستويات صناعية. ومع مزيد من التخفيض في التكلفة المادية ومزيد من التبسيط في عملية التركيب، لن يكون هناك شك في أن تطبيق المواد النانوية سيستمر في تحسين قدرة وعمر وأمان بطاريات الليثيوم.

بطاريات الليثيوم-هواء والليثيوم-كبريت

بطاريات الليثيوم-كبريت (**Lithium-sulphur**) والليثيوم-هواء (**lithium-air**)، هي تصاميم بديلة يكمن ورائها المبدأ الأساسي نفسه لحركة الليثيوم-أيون بين قطبين كهربائيين، مع قدرات نظرية أعلى بكثير.

في كلتا الحالتين، نجد أن الأنود عبارة عن شظية رقيقة من الليثيوم، في حين أن الكاثود عبارة عن بيروكسيد الليثيوم (Li_2O_2) في حالةِ تفاعلٍ مع الهواء في بطارية الليثيوم-هواء، ومع الكبريت النشط (**active sulphur**) في بطارية الليثيوم-كبريت. والقدرات القصوى المتوقعة، هي 320 واط.ساعة/كغم لبطارية الليثيوم-أيون، و500 واط.ساعة/كغم لبطارية الليثيوم-كبريت، و1000 واط.ساعة/كغم لبطارية الليثيوم-هواء.

وترتبط الطاقات النوعية بوزن الليثيوم الأخف على الأنود والكاثود "مستبدلًا الغرافيت/الكربون وأكاسيد المعادن الانتقالية" (**transition metal oxides**) وبإمكانية الأكسدة والاختزال (**redox**) العالية بين القطبين.

ولأن الأنود في هذه البطاريات هو معدن الليثيوم، فإن الكمية الكبيرة اللازمة من الليثيوم للبطارية المنزلية ذات سعة 20 كيلوواط.ساعة (18 كغم الليثيوم-هواء و36 كغم الليثيوم-كبريت) قد تقيد الاستخدام بالأجهزة الصغيرة على المدى القصير إلى المتوسط.

بطاريات الصوديوم-أيون و المغنيسيوم-أيون

العدد الذري لليثيوم هو 3، وهو يقع في الصف الأول من الجدول الدوري. ويقع الصوديوم تحته مباشرة (**Na**، العدد الذري 11).

تعتبر بطاريات الصوديوم-أيون (**Sodium-ion**) بدائل صالحة لبطاريات الليثيوم-أيون، ويرجع ذلك أساساً إلى وفرة الصوديوم النسبية. يتكون الكاثود من أكسيد الصوديوم-معدن (**Na-metal oxide**)، من مثل الصوديوم-حديد-فوسفات (**sodium-iron-phosphate**)، في حين أن الأنود يتكون من الكربون المسامي. ونظراً لحجم أيونات الصوديوم، فليس من الممكن استخدام الغرافيت في الأنود، وتجري دراسة مواد الكربون النانوية (**carbon nanomaterials**) كمواد للأنود. بالإضافة إلى ذلك، فإن كتلة الصوديوم أكبر من كتلة الليثيوم، ولذلك، فإن قدرة الشحن لكل وحدة كتلة وحجم هي عموماً أقل.

يقع المغنيسيوم إلى يمين الصوديوم في الصف الثاني من الجدول الدوري (**Mg**، العدد الذري 12)، مما يعني أنه يمكن أن يدخل في محلول من مثل Mg^{2+} (بالمقارنة مع Li^{1+} وNa^{1+}). ولأن المغنيسيوم بضعف شحنة الصوديوم، فإن المغنيسيوم يستطيع إنتاج طاقة كهربائية أكبر بمرتين لحجم مماثل.

أما بطارية المغنيسيوم-أيون (**magnesium-ion**) فتتكون من أنود من المغنيسيوم-فضة (**Mg-sliver**) وكاثود أكسيد المغنيسيوم-معدن (**Mg-metal oxide**)، ولها طاقة نوعية قصوى متوقعة تبلغ 400 واط.ساعة/كغم. إلا أن عنق الزجاجة الذي تمر به الأبحاث الحالية، هو أن الشحنة المزدوجة على Mg^{2+} تجعله أبطأ كثيراً في تحركه خلال القطب الكهربائي، مما يؤدي إلى تباطؤ معدل الشحن.

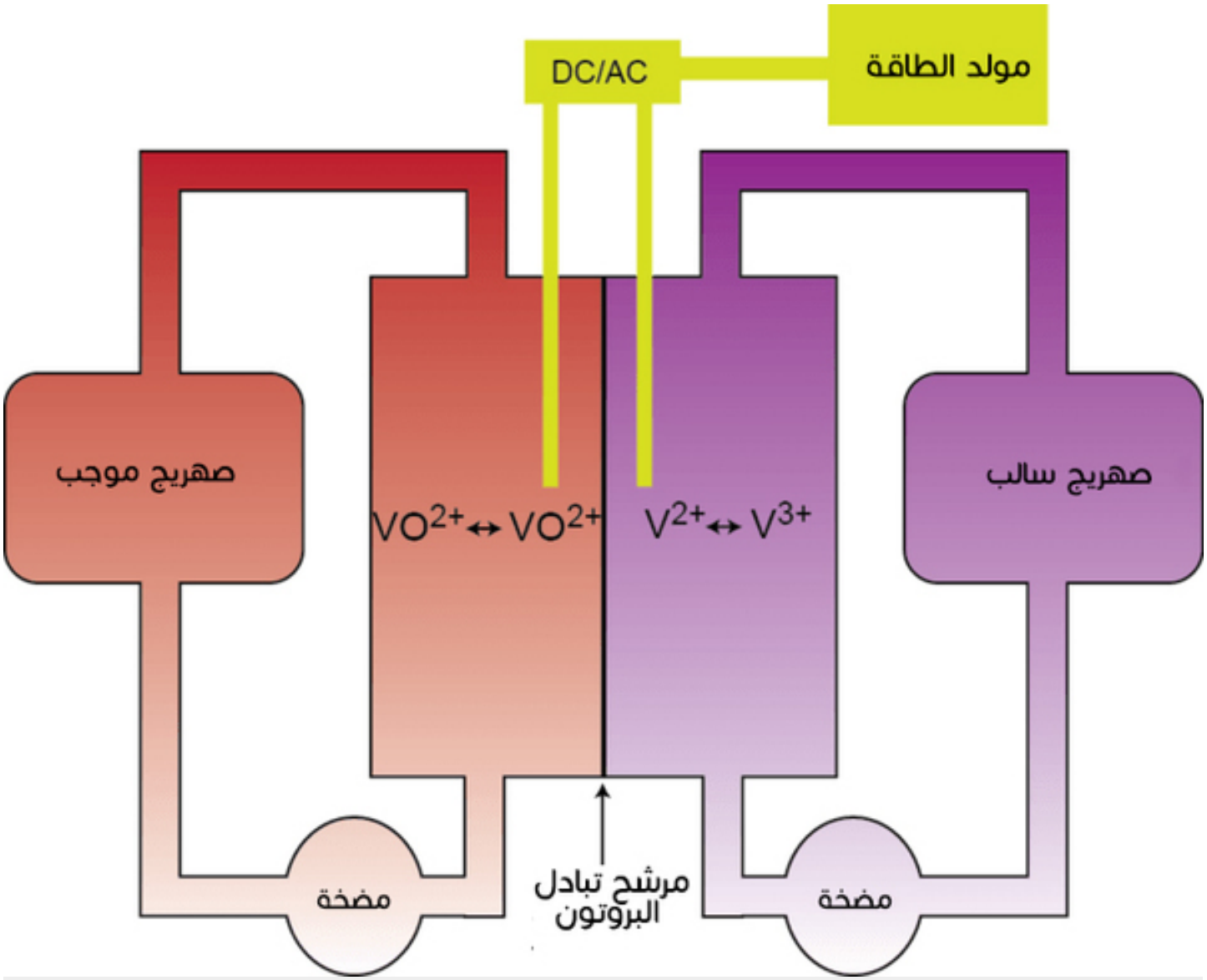
بطاريات التدفق

تتكون بطارية التدفق (**flow battery**) من صهريجين مليئين بمحلول استقطاب يفصل بينهما مُرشِح تبادل البروتون (**proton exchange membrane**)، الذي يسمح بتدفق الإلكترونات وأيونات الهيدروجين، ولكنه يحد من اختلاط محلول الاستقطاب في صهريجي التخزين. وتشمل الأمثلة على هذه البطاريات الفاناديوم-الفاناديوم (**vanadium-vanadium**) مع الكبريتات (**sulphate**) أو البروميد (**bromide**)، و الزنك-بروم (**zinc-bromine**)، أو البروم-هيدروجين (**bromine-hydrogen**).

وبطاريات تدفق الفاناديوم ذات أعمار طويلة جداً مع نظام مستقر جداً. ويمكن تحسينها إلى ما لا نهاية تقريباً، ولكنها بحاجة لمضخة لتدوير محلول الاستقطاب في صهريج التخزين. وهذا يجعلها ثابتة.

أما نطاق الطاقة النوعية في بطاريات تدفق الفاناديوم فيبلغ 10–20 واط.ساعة/كغم، وتبلغ كثافة الطاقة فيها 15–25 واط.ساعة/لتر. وهذا يعني أنه من أجل إمداد الطاقة لمنزل يستهلك 20 كيلوواط.ساعة، فإنك بحاجة لبطارية ذات كتلة تبلغ 900–1800 كغم، ستشغل مساحة 0.8–1.33 متر مكعب.

وبالرغم من الضمان العالي، إلا أن الكتلة كبيرة، لذا فإن بطاريات خلية تدفق الفاناديوم تُعد أكثر ملائمة للتطبيقات الكبيرة، مثل محطات الطاقة الصغيرة، منها للاستخدام المنزلي.



مخطط لعمليات بطارية تدفق الفاناديوم.

من المرجح، على المدى القصير، أن تستمر بطاريات الليثيوم–أيون في التحسن، وحتى إنها قد تصل إلى 320 واط.ساعة/كغم. بل إن التقنيات المستقبلية تستطيع توفير إمدادات أعلى من الطاقة النوعية و/أو كثافة طاقة أعلى، ولكن من المتوقع أن تبدأ في دخول السوق على شكل أجهزة صغيرة، قبل الانتقال نحو تخزين الطاقة المنزلية.

- التاريخ: 2015-10-03
- التصنيف: فيزياء

#بطارية الليثيوم أيون #بطاريات الرصاص–حمض #البطاريات المستقبلية #بطاريات الليثيوم–هواء والليثيوم–كبريت #بطاريات الصوديوم–أيون و المغنيسيوم–أيون

المصطلحات

- **الأنابيب الكربونية النانوية (carbon nanotubes)**: هي عبارة عن إسطوانات أنبوبية الشكل من الكربون وتتمتع بخواص كيميائية، وبصرية، وحرارية، وميكانيكية وكهربائية استثنائية، فالأنبوب الكربوني النانوي أقوى من الفولاذ بألفي مرة وأكثر مرونة بخمس مرات.
- **الإلكترود (electrode)**: وهو القطب الموصل كهربائياً، إما سالب أو موجب.
- **الهيدروجين (hydrogen)**: أخف العناصر الكيميائية وأكثرها وفرةً. تتألف ذرة الهيدروجين من بروتون والكترون. يُؤلف الهيدروجين ما يصل إلى 75% من الكتلة الإجمالية للشمس، لكنه يُوجد على الأرض بنسبة ضئيلة جداً. المصدر: ناسا
- **الغرافين (graphene)**: مادّة كربونية ثنائية الأبعاد وذات بنية بلورية سداسية، وتُعدّ أرفع مادّة معروفة على الإطلاق بحيث يُعادل سمكها ذرة كربون واحدة.

المصادر

- theconversation
- الصورة

المساهمون

- ترجمة
  - هدى الدخيل
- مُراجعة
  - عبد الرحمن سوالمه
- تحرير
  - آلاء محمد حيمور
  - دعاء حمدان
- تصميم
  - نيكولا رحال
- نشر
  - مي الشاهد