



Джон Гуденаф, Стэнли Уиттингем и Акира Ёсино

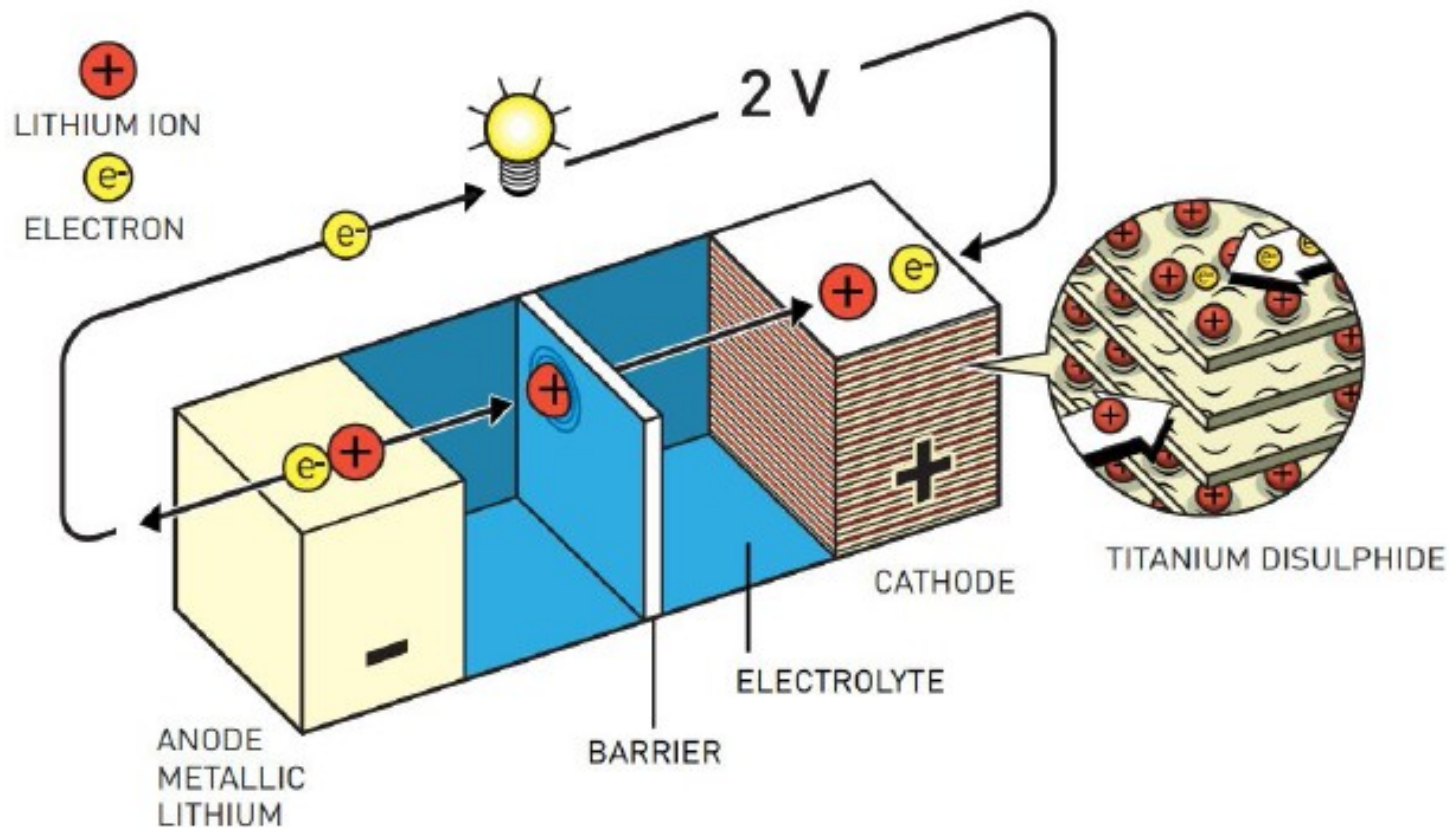
Гуденаф - найтитулованіший з трьох лауреатів, в Англії навіть є премія його імені. Американець, який народився в 1922 році, Гуденаф отримав ступінь бакалавра з математики в Йелі, потім відслужив в армії під час Другої світової війни. Кандидатську дисертацію він захистив в Чикаго як фізик, потім працював в MIT. Першу професорську позицію зайняв в Оксфорді, де став завідувачем лабораторією неорганічної хімії. Там він і зробив роботу, яка принесла йому Нобелівську премію: у 1980 році запропонував використовувати кобальтат літію як матеріал для катода в батареях. З 1986 року і до цього дня він працює в Університеті Техасу в Остіні в школі інженерії - його група продовжує розробку нових матеріалів для батарейок і веде масу інших робіт. Математик і фізик за освітою, він приніс в хімію і науки про матеріали фізичні підходи і доказову базу, йому також належить формулювання фундаментальних законів в сфері магнітних матеріалів. Тепер, в 97 років (ставши найстаршим з коли-небудь нагороджених лауреатів), він нарешті опинився досить хороший (Good-enough) для Нобелівської премії.

Лауреати працювали абсолютно автономно. Стенлі Уїттінгем - британський американець - за освітою хімік, ще в 1970-ті він запропонував ідею шаруватих електродів, які можуть «вбирати», а потім віддавати атоми і молекули (в хімії це називається «Інтеркаляція»). Однак запропоновані ним електроди не забезпечували достатньої ємності і не підійшли для промисловості. Потрібний катод зміг зробити Джон Гуденаф, а Акіра Йосіно в Японії зібрав повну систему, додавши до літій-кобальтовому катода графітовий анод. У 1987 році був отриманий патент, а в 1991 році Sony першою розпочала випуск батарейок. Очікується, що ринок літій-іонних батарей зросте до \$ 100 млрд до 2025 року (з \$ 30 млрд в 2017 році), з яких близько половини піде на акумулятори для електромобілів.

Загроза виснаження запасів нафти призвела до того, що нафтовий гігант Еххон вирішив диверсифікувати свою діяльність. Компанія вклала великі кошти в фундаментальні дослідження та привернула провідних вчених-енергетиків того часу, надавши їм свободу займатися всім, чим завгодно, якщо це не було пов'язано з нафтою.

Британський хімік Стенлі Уїттінгем був одним з тих, хто став працювати під егідою Еххон. Сталося це в 1972 році. Він приїхав в США на роботу в Стенфордський університет, де досліджував тверді матеріали, здатні на атомарному рівні приєднувати заряджений іон. Це явище називається інтеркаляцією. Приєднання таких іонів змінює властивості матеріалів. У Еххон Стенлі Уїттінгем і його колеги почали досліджувати надпровідні матеріали, в тому числі дисульфід танталу, який може інтеркалювати іони. Дослідники додавали іони до цієї речовини і вивчали, як це впливає на його провідність.

Як це часто буває в науці, робота Уїттінгема привела до досить несподіваного відкриття. Несподіваного і цінного. Виявилось, що іони калію впливають на провідність дисульфиду танталу, і коли Стенлі Уїттінгем почав детально вивчати отриманий матеріал, то помітив, що він має дуже високу енергоємність. Взаємодії, які виникали між іонами калію і дисульфідом танталу, були напорчуд багаті енергією, і, коли він виміряв напругу матеріалу, воно склало пару вольт - більше, ніж у багатьох батарей того часу. Стенлі Уїттінгем швидко зрозумів, що прийшов час змінити напрямок, перейшовши до розробки нових технологій, які могли б накопичувати енергію, необхідну для електротранспорту майбутнього. Проте, тантал є одним з найважчих елементів, а ринок не потребував ще одному виді важких акумуляторів. Тоді вчений замінив тантал на титан - елемент зі схожими властивостями, але значно меншою масою.



*Перші акумулятори мали в електродах тверду речовину, яка руйнувалася, вступаючи в хімічну реакцію з електролітом. Це призводило до знищення батареї. Перевага літійової батареї Уітмінгема в тому, що іони літію зберігалися в порожнинах дисульфїду титану в катоді. Коли батарея використовувалася, іони літію перетікали з літію в аноді в дисульфїд титану в катоді. Коли батарея заряджалась, іони літію знову текли назад.*

Стривайте, а де ж в цій історії літій? А його Уїттінгем використовував як негативний електрод у своїй інноваційній батареї. І вибір літію тут не був випадковим. В батареї електрони повинні текти від негативного електрода (анода) до позитивного (катода). Отже, анод повинен містити матеріал, який легко віддає свої електрони. А літій якраз належить до тих елементів, які запросто діляться своїми електронами.

Результатом роботи вченого стала перезаряджається літієва батарея, яка працювала при кімнатній температурі і мала велике напруження. Стенлі Уїттінгем разом зі своєю розробкою відправився в штаб-квартиру Еххон в Нью-Йорк на переговори. Бесіда тривала щось близько 15 хвилин - керівники компанії швидко прийняли рішення взятися за створення батареї для комерційного використання на основі відкриття вченого.

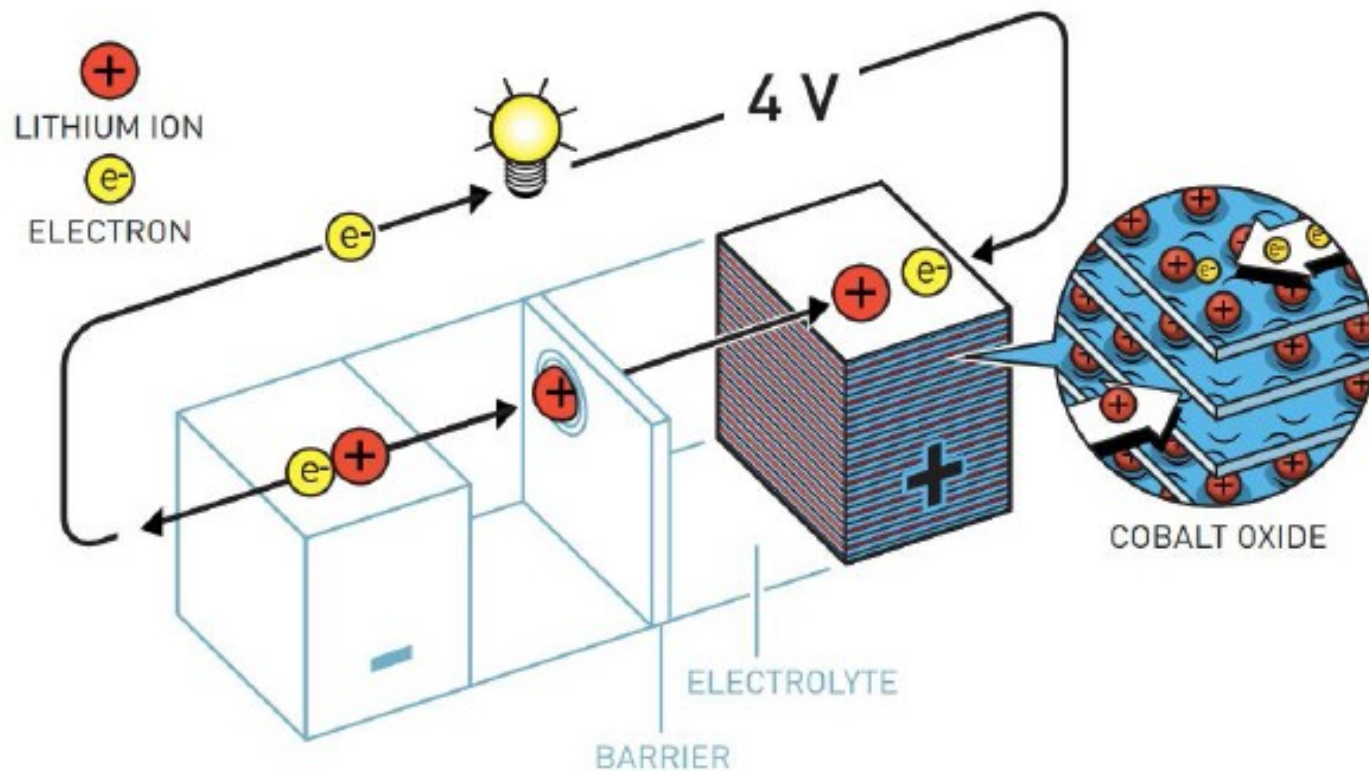
Група, яка взялася за розробку комерційних батарей, досить швидко зіткнулася з труднощами. При багаторазовій перезарядки від літієвого електрода починали рости ниткоподібні "вуса", які тягнулися до іншого електрода. Рано чи пізно вони досягали своєї мети, це призводило до короткого замикання в батареї і вибуху. Пожежних доводилося викликати настільки часто, що ті пригрозили змусити лабораторію купити спеціальні хімікати, необхідні для гасіння палаючого літію.

Щоб зробити батарею безпечною, вчені додали алюміній до електрода з металевого літію, а також замінили в батареї електроліт. У 1976 році Стенлі Уїттінгем, нарешті впевнений в своїй розробці, оголосив про відкриття, а самі акумулятори стали в невеликій кількості виробляти для швейцарської годинникової компанії, яка виявила бажання використовувати їх для свого годинника на сонячних батареях.

Справи йшли добре, і дослідницька група вже поставила собі наступну амбітне завдання - збільшити ємність свого акумулятора до такого розміру, щоб від нього можна було жити автомобіль. Але тут на початку 1980-х рр. трапився обвал цін на нафту і компанії Еххон довелося скорочувати витрати. Під програму економії потрапили дослідження групи Уіттінгема. Втім, ліцензію на технологію вдалося продати трьом компаніям в трьох різних частинах світу. Так роботу підхопив Джон Гуденаф.

Гуденаф був в курсі революційних розробок Уіттінгема, але його спеціальні знання будови речовини підказували, що катод в батареї колеги можна зробити більш ефективним, використавши оксид металу замість сульфіді. Дослідники з його групи отримали завдання знайти оксид металу, який виробляв би високу напругу при інтеркаляції іонів літію, але не руйнувався б після їх видалення.

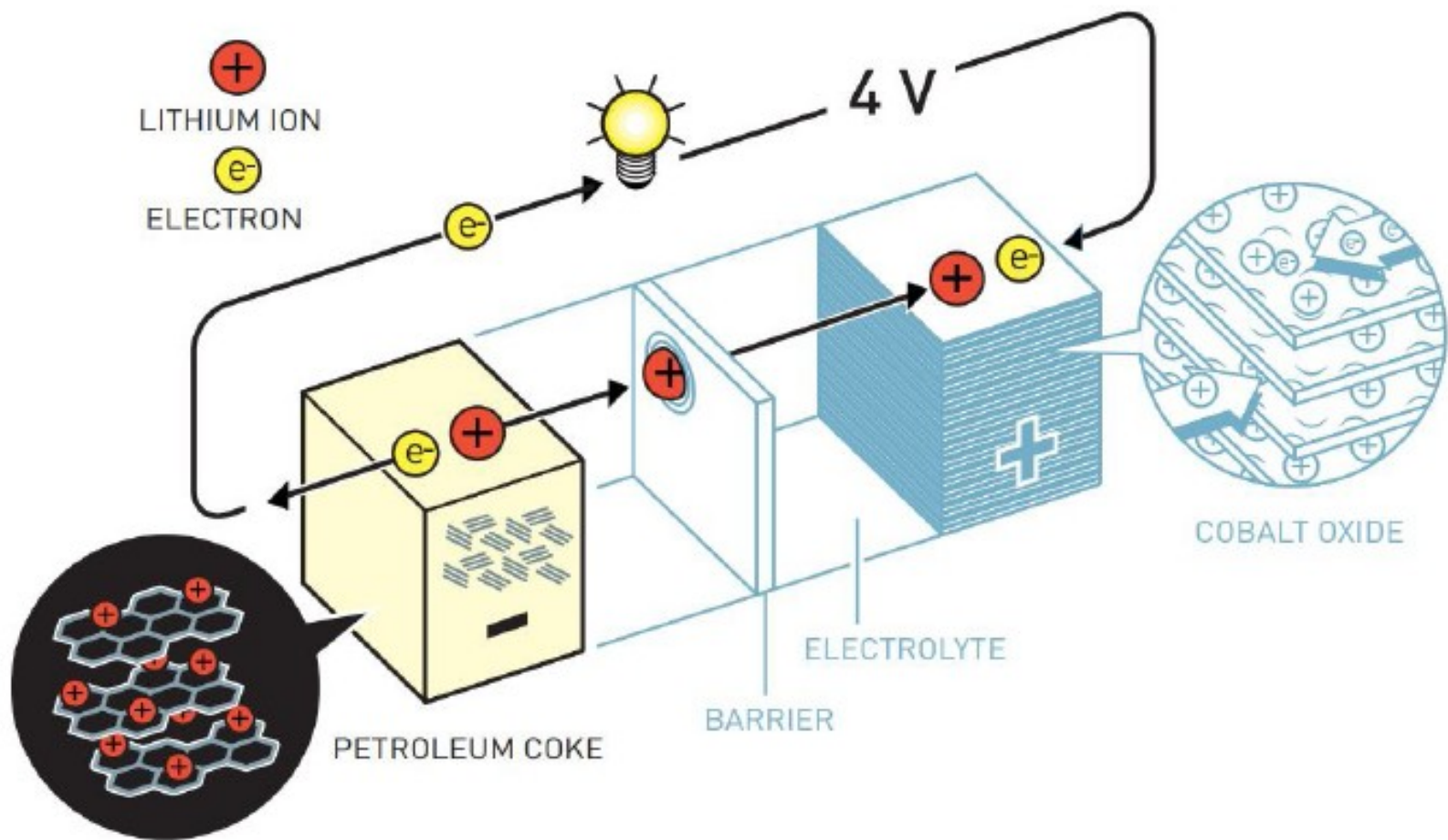
Вчений навіть не підозрював, наскільки успішною стане ця робота. Батарея Уіттінгема генерувала більше двох вольт, а Гуденафу вдалося виявити, що акумуляторна батарея з літій-кобальтовим оксидом в катоді була майже в два рази потужніша.



Одним з ключів до цього успіху було усвідомлення Джоном Гуденаф того факту, що батареї не потрібно виробляти в зарядженому стані, як робилося раніше, а заряджати пізніше. 1980 році він представив відкриття цього нового, енергоємного катодного матеріалу, який, не дивлячись на невелику вагу, збільшував потужність і ємність акумуляторів. І це був вирішальний крок, який привів до бездротової революції.

Коли Акіра Йосіно вирішив розробити функціональну акумуляторну батарею, він використовував літій-кобальтові оксид Гуденафа в якості катода і спробував використовувати різні матеріали на основі вуглецю в якості анода. Дослідники раніше показали, що іони літію можуть бути інтеркалірованими в молекулярні шари в графіті, але електроліт батареї руйнував графіт. Момент кричати: "Еврика!" для Йосіно настав, коли він спробував використовувати побічний продукт нафтопромисловості - нафтовий кокс. Коли він зарядив цю речовину електронами, іони літію втягнулися в матеріал. Потім, коли він включив батарею, електрони і іони літію перетікали в бік оксиду кобальту в катоді, який має набагато вищий потенціал.





Акіра Йосіно розробив перший літій-іонний акумулятор для комерційного використання. У катоді він використовував оксид літію і кобальту, розроблений Гуденафом, а в аноді - вуглецевий матеріал, нафтовий кокс, який також може інтеркалювати іони літію. Функціональність батареї не базується на будь-яких руйнівних хімічних реакціях. Замість цього іони літію течуть взад і вперед між електродами, що продовжує термін служби батареї.

# LITHIUM-ION BATTERY

## DISCHARGE

## CHARGE

