برندگان نوبل شیمی ۲۰۱۹

بهترین باتری به جهان عرضه شد

سلیمان فرهادیان
کارشناس شیمی، روزنامه‌نگار علم

اشاره

جایزه نوبل شیمی ۲۰۱۹ برای ابداع باتری یون لیتیم، به جان گودیناف، استنلی ویتینگام و آکیرو یوشینو اهدا شد. ساخت این باتری‌های قابل شارژ، به تولید گسترده ابزارهای الکترونیکی بی‌سیم، مانند گوشی تلفن همراه و لپ‌تاپ منجر شد. این ابداع شاید دورنمایی از جهان بی‌نیاز از نفت را تصویـــر کند چرا که در مواردی مانند تأمین منبع انرژی برای خودروهای برقی و ذخیره انرژی منابع تجدیدپذیر سودمند به‌نظر می‌رسند.

مقدمه

به‌ندرت پیش می‌آید که یک عنصر، نقش اول یک درام را داشته باشد اما داستان جایزه نوبل شیمی ۲۰۱۹، یک شخصیت ویژه دارد: عنصر باســـتانی و دیرینه لیتیم که در نخستین دقیقه‌های پس از انفجار بزرگ پدید آمد. بشـــر در سال ۱۸۱۷ با این عنصر آشنا شد. در این سال یوهان آگوست آرف‌ودسن[1] و یانس یاکوب برسیلیوس، دو شیمی‌دان سوئدی، یک نمونه سنگ معدن این عنصر را ـ که از معدن اوتو، واقع در مجمع‌الجزایر استکهلم ـ تهیه شده بود خالص‌سازی کردند.

برســـیلیوس در نام‌گذاری این عنصر، از واژه یونانی لیتوس به معنی «سنگ» استفاده کرد. این عنصر به‌رغم نامش که یادآور سنگینی است، سبک‌ترین عنصر جامد به‌شمار می‌رود. به همین دلیل است که ما امروزه می‌توانیم همیشه و همه‌جا گوشی تلفن همراه را با خود داشته باشیم.

در واقع شـــیمی‌دان‌های سوئدی، لیتیم را به‌طور خالص تهیه نکردند، بلکه به یون این عنصر در نمک آن دست یافتند. لیتیم خالص، نه فقط در داستانی که اکنون می‌خواهیم تعریف کنیم

بلکه بارها و در موارد دیگر هم آژیر خطر آتش‌نشانی را به صدا درآورده است. این عنصر ناپایدار است و باید آن را زیر نفت نگه داشت تا با هوا واکنش ندهد.

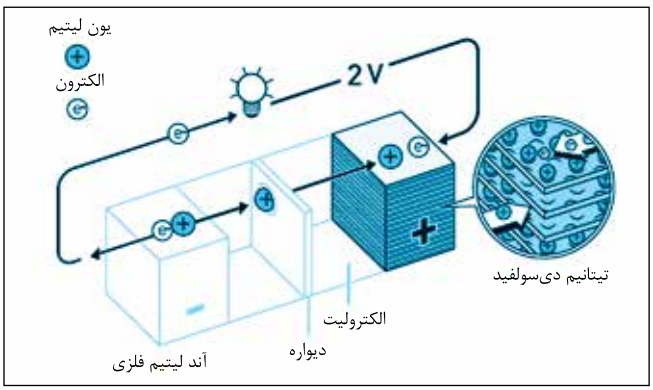
می‌توان نقطه ضعف لیتیم، یعنی واکنش‌پذیری زیاد آن را، مزیت این عنصر هم دانست. استنلی ویتینگام[۲] در آغاز دهه ۱۹۷۰ از تمایل زیاد عنصر لیتیم برای از دست دادن الکترون لایه بیرونی خود استفاده کرد و نخستین باتری لیتیمی کارآمد را ساخت. جان گودیناف[۳] در سال ۱۹۸۰ پتانسیل باتری‌ها را دو برابر و در نتیجه، راه را برای ساخت باتری‌های بسیار قدرتمندتر و بهتر، هموار کرد. آکیرا یوشینو[۴] در سال ۱۹۸۵، موفق به حذف لیتیم خالص از باتری شد و در عوض باتری‌های کاملا مبتنی بر یون‌های لیتیم ساخت که از باتری‌های لیتیم خالص ایمن‌تر بودند. این رویداد به تولید باتری‌هایی انجامید که کاربردهای عملی دارند. باتری‌های یون لیتیم، برای بشر بسیار سودمند هستند چرا که امکان ساخت رایانه‌های قابل حمل (لپ‌تاپ)، تلفن همراه، خودروهای برقی، ابزارهای ذخیره انرژی تولید شده به وسیله خورشید و باد را فراهم کردند.

اکنون ۵۰ سال به عقب برمی‌گردیم و داستان باتری‌های لیتیمی پرانرژی را بازخوانی می‌کنیم.

تقویت پژوهش درباره باتری، زیر سایه آینده مبهم نفت

در میانه قرن بیستم، با افزایش تعداد خودروهایی که با سوخت فسیلی کار می‌کردند آلودگی هوا در شهرهای بزرگ شدت گرفت. این شرایط از یک سو، درک بهتر این واقعیت را ـ که نفت یک منبع رو به اتمام و تجدیدناپذیر است ـ فراهم کرد و از سوی دیگر، زنگ خطر را هم برای خودروسازان و هم برای شرکت‌های نفتی به صدا درآورد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که اگر می‌خواهند تجارت‌شان پایدار بماند، باید در پی خودروهای برقی و منابع دیگر انرژی باشند.

خودروهای برقی و منابع دیگر انرژی به باتری‌های بزرگ و پرقدرت نیاز دارند تا بتوانند مقدار زیادی انرژی را ذخیره کنند. در آن زمان دو نوع باتری شارژی در بازار موجود بود:



▲ شکل ۱

یکی، باتری سربی که در ۱۸۵۹ اختراع شد و هنوز هم در خودروهای بنزینی به‌عنوان روشن‌کننده موتور خودرو از آن استفاده می‌شود و دیگری، باتری نیکل- کادمیم که در نیمه نخست قرن بیستم ابداع شد.

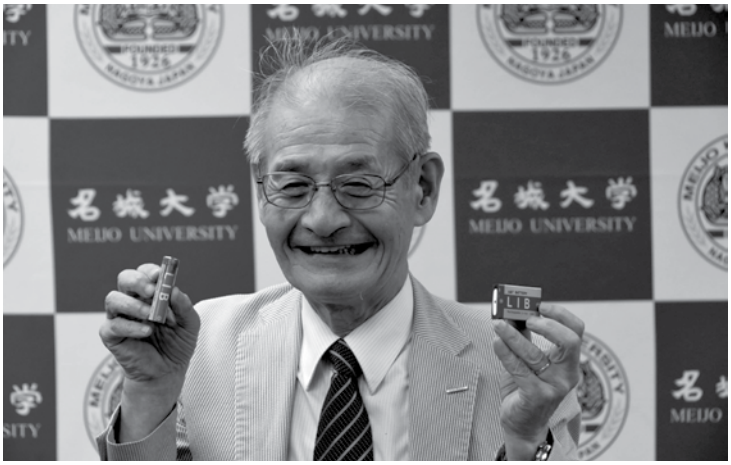
سرمایه‌گذاری شرکت‌های نفتی در فناوری نو

هراس از اتمام نفت موجب شد یک غول نفتی به نام اکسون[۵] فعالیت‌هایش را گسترده‌تر و متنوع‌تر کند. در مهم‌ترین سرمایه‌گذاری در زمینه پژوهش‌های پایه، برترین پژوهشگران آن دوره در حوزه انرژی به خدمت گرفته شدند و به آن‌ها آزادی عمل کامل داده شد تنها با این شرط که مبنای این پژوهش‌ها نفت نباشد.

استنلی ویتینگام هم از جمله کسانی بود که در سال ۱۹۷۲ از دانشگاه استنفورد به اکسون رفت. او روی موادی جامد در اندازه اتم کار می‌کرد که اتم‌های باردار و یون‌ها می‌توانند به آن‌ها متصل شوند. این مواد ترکیب‌های بین لایه‌ای[۶] نام دارند. خواص این مواد براساس یون‌هایی که در آن‌ها قرار گرفتند، مشخص می‌شود. استنلی ویتینگام و همکارانش در اکسون درباره ابررساناهایی مانند تانتال دی‌سولفید تحقیق می‌کردند که می‌تواند با یون‌ها، ترکیب بین‌لایه‌ای بسازد. آن‌ها یون‌های مختلف را به تانتال دی‌سولفید می‌افزودند و اثر آن را بر رسانایی ترکیب بررسی می‌کردند.

* استنلی ویتینگام ، متولد ۱۹۴۱در بریتانیا. دریافت دکترا در سال ۱۹۶۸ از دانشگاه اکسفورد بریتانیا. استاد ممتاز دانشگاه بینگهمتون.

در این آزمایش‌ها مشخص شد که یون‌های پتاسیم بر رسانایی تانتال دی‌سولفید اثر دارد. ویتینگام در کمال شگفتی دریافت که برهمکنش میان یون‌های پتاسیم و تانتال دی‌سولفید بسیار پرانرژی است و ولتاژ حدود دو ولت را تأمین می‌کند. این مقدار از بسیاری از باتری‌های آن زمان بهتر بود. ویتینگام متوجه شد که زمان تغییر مسیر و تلاش برای ابداع فناوری تازه‌ای فرا رسیده است که انرژی لازم برای به حرکت درآوردن خودروهای برقی آینده را ذخیره کند. با این همه تانتال عنصر سنگینی بود و بازار هم تمایل چندانی به استفاده از عنصرهای سنگین نداشت. از این رو وی تیتانیم را جانشین تانتال کرد که خواص بسیار مشابهی به تانتال داشت اما نسبت به آن، بسیار سبک‌تر بود،شکل ۱.



لیتیم در نقش الکترود منفی

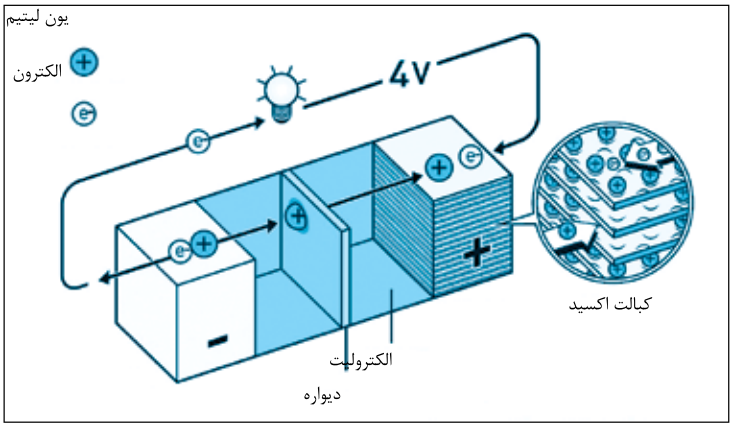
پس کی قرار اســت لیتیم وارد این داســتان غرورآمیز شود و جایگاه شایسته‌ای پیدا کند؟

لیتیــم در نقش الکترود منفی در باتــری ویتینگام وارد ماجرا می‌شود. البته انتخاب لیتیم در این جایگاه اتفاقی نبود. در باتری‌ها،

*جــان بــی. گودینــاف ، متولد ۱۹۲۲ در ینــای آلمــان. دریافت دکترا در ســال ۱۹۵۲ از دانشگاه شیکاگو. صاحب کرسی ویرجینیا اچ. کاکرل در مهندسی در دانشگاه تگزاس آستین.

آند باید شامل ماده‌ای باشد که به آسانی الکترون از دست می‌دهد و لیتیم یکی از عنصرهایی است که چنین رفتاری دارد.

نتیجه این آزمایش‌ها، ساخت باتری شارژی لیتیمی بود که در دمای اتاق کار می‌کرد و پتانسیل واقعاً زیادی هم داشت.



▲ شکل ۲

پس از آن شــرکت اکسون تصمیم گرفت با استفاده از کشــفیات ویتینگام باتری تجاری بادوامی بسازد.

انفجار باتری‌ها و سقوط قیمت نفت

متأسفانه پس از آنکه باتری لیتیمی جدید چند بار شارژ می‌شد، سوزن‌های نازک لیتیمی از الکترود لیتیم پدید می‌آمد و رشد می‌کرد. وقتی این سوزن‌ها به قطب دیگر می‌رسیدند در باتری، اتصال کوتاه برقرار می‌شد که ممکن بود باعث انفجار شود.

برای آنکه باتری‌ها ایمن‌تر شوند، آلومینیم را به الکترود لیتیم فلزی افزودند و الکترولیت بین الکترودها را نیز تغییر دادند. ویتینگام این کشف را در ســال ۱۹۷۶ گزارش کرد و تولید باتری در مقیاس کوچک برای یک شــرکت ساعت‌ســازی سوئیسی آغاز شد که می‌خواســت از این باتری‌ها در ساعت‌های خورشیدی استفاده کند.

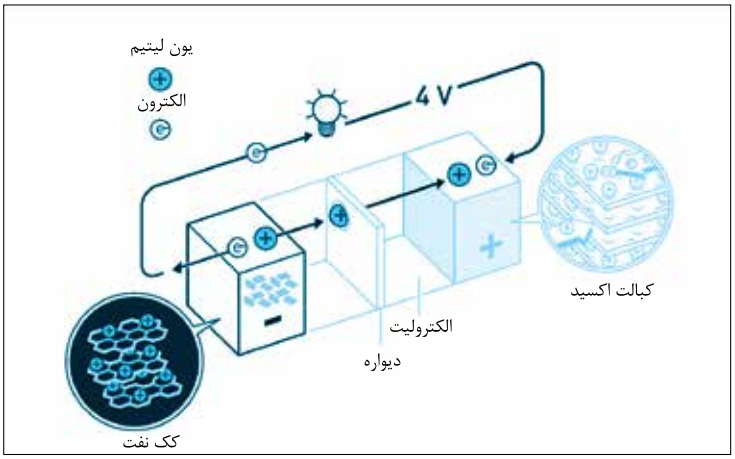
موضوع مهم دیگر، ساختن باتری‌های شارژی لیتیم، در اندازه بزرگ بود که بتوان از آن‌ها در خودروهای برقی اســتفاده کرد اما با کاهش قیمت نفت در دهه ۱۹۸۰ توســعه و ادامه کارهای پژوهشــی در این زمینه متوقف شــد با این حال، وقتی اکسون از این پژوهش‌ها کناره گرفت، گودیناف مســئولیت ادامه کار را پذیرفت.

جان گودیناف علاقه فراوانی به ریاضی داشت و در نهایت هم به فیزیک علاقه‌مند شد. او سال‌ها در مؤسسه فناوری ماساچوست (MIT) در زمینــهٔ توســعه حافظه دســتیابی اتفاقی (RAM) همکاری داشت؛ وسیله‌ای که هنوز هم یکی از بخش‌های اساسی رایانه‌هاســت. جان گودیناف که در دهه ۱۹۷۰، متأثر از بحران نفت راهی دانشگاه آکســفورد بریتانیا شده بود به پژوهش‌های حوزه انرژی وارد شد.

ولتاژ زیاد و یون‌های لیتیم پنهان در کبالت اکسید

گودینــاف با تکیه بــر دانش تخصصی‌اش دربارهٔ ســاختار داخلی ماده بــر این باور بود کــه اگر کاتد باتری را به جای ســولفید فلز، از اکســید فلز بسازند پتانسیل باتری، بیشتر خواهد شد. وقتی از کاتد لیتیم-کبالت اکسید استفاده شد پتانسیل باتری تقریباً به دو برابر مقدار باتری ویتینــگام، یعنی به چهار ولت، افزایش یافت،شکل ۲.

یافته دیگر گودیناف این بود که باتری را نباید در حالت شارژ شده تولید کرد. در عوض می‌توان باتری‌ها را پس از تولید، شارژ کرد. وی در سال ۱۹۸۰ کشف مواد کاتدی نو را گزارش کرد که با وجود وزن کم، می‌تــوان از آن‌ها باتری‌های قدرتمند با چگالی انرژی زیاد تولید کرد.



▲ شکل ۳

ژاپنی‌ها در پی باتری‌هایی سبک

با ارزان‌تر شدن نفت در غرب، علاقه به سرمایه‌گذاری در زمینه فناوری‌های مربوط به منابع تازه انرژی و خودروهای برقی رنگ می‌باخت اما در ژاپن یوشینو لیتیم-کبالت اکسید گودیناف را به‌عنوان کاتد در اختیار داشت و سعی کرد از مواد مختلف «کربن-پایه» به عنوان آند استفاده کند. پیش از او پژوهشگران دیگر نشان داده بودند که می‌توان یون‌های لیتیم را در لایه‌هایی از گرافیت قرار داد و از آن‌ها ترکیب‌های بین لایه‌ای ساخت اما الکترولیت باتری، گرافیت را تخریب می‌کرد. لحظه «یافتم، یافتم» آکیرا یوشینو زمانی فرا رسید که از کک استفاده کرد. وقتی او کک را از الکترون‌ها شارژ کرد، یون‌های لیتیم به سمت این ماده کشیده شدند. سپس وقتی که او باتری را روشن کرد، الکترون‌ها و یون‌های لیتیم به سمت کبالت اکسید موجود در کاتد جریان یافتند که پتانسیل بیشتری داشت.

باتری بادوام و سبک یوشینو تولید شد درحالی که ظرفیت زیاد و پتانسیل برابر چهار داشت که عدد قابل توجهی است،شکل ۳.

بزرگ‌ترین مزیت باتری لیتیم این است که یون‌های موجود در الکترودها با آن، ترکیب های میان‌لایه‌ای می‌سازند. در بیشتر باتری‌های دیگر، انجام واکنش‌ها سبب تغییر تدریجی الکترودها می‌شوند. در باتری یون لیتیم، یون‌ها بین الکترودها جریان می‌یابند بدون آنکه با مواد اطراف خود واکنش دهند. درنتیجه طول عمر این باتری زیاد است و می‌توان آن را صدها بار شارژ کرد بی آنکه از کارایی یا پتانسیل آن کاسته شود.

باتری یون لیتیم، چشم‌انداز جهانی عاری از سوخت فسیلی

در سال ۱۹۹۱، یک شرکت بزرگ ژاپنی تولیدکننده تجهیزات الکترونیک، فروش نخستین باتری‌های یون لیتیم را آغاز کرد که تحولی در الکترونیک پدید آورد؛ گوشی‌های همراهِ کوچک‌تر، رایانه‌های قابل حمل، پخش‌کننده فایل‌های صوتی MP۳ و تبلت راهی بازار شدند.

در نتیجه، پژوهشگران سراسر جهان در جدول دوره‌ای، عنصرهایی را برای ساخت باتری‌های کارآمدتر جست‌وجو کردند. تاکنون باتری‌ای بهتر از باتری‌های یون لیتیم معرفی نشده است اما تغییراتی در باتری‌های یون لیتیم ایجاد شد که به افزایش

* آکیرا یوشینو ، متولد ۱۹۴۸ در سوئیتای ژاپن. دریافت دکترا در سال ۲۰۰۵ از دانشگاه اوزاکای ژاپن، همکار افتخاری شرکت آساهی کاسی توکیوی ژاپن و استاد دانشگاه میجوی ناگویای ژاپن.

کارایی آن‌ها انجامید از آن جمله، استفاده از آهن فسفات به جای کبالت اکسید بود که باعث شد این باتری‌ها با طبیعت و محیط‌زیست، سازگارتر شوند.

ساخت و تولید این باتری‌ها، توسعه فناوری‌های مربوط به انرژی‌های پاک و خودروهای برقی را در پی داشته و در نتیجه، سبب کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و ذره‌های آلاینده هوا شده است.

جان گودیناف، استنلی ویتینگام، و آکیرا یوشینو با پژوهش‌های خود، دستیابی به تجهیزات بی‌سیم و جامعه عاری از سوخت فسیلی را به جهانیان عرضه کردند.

*** پی‌نوشت‌ها**

1.Arfwedson, J.A.
2.Whittingham, S.
3.Goodenough, J.B.
4.Yoshino, A.
5.Exxon
6.intercalation
7.Asahi Kasei

*** منبع**

The nobel prize chemistry 2019
www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2019/press-release/