



লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি থেকে সোডিয়াম-আয়ন ব্যাটারি-একটি নিরব বিপ্লবের অপেক্ষা

ড. মো. শাখাওয়াৎ হোসেন ফিরোজ

আমাদের শৈশবে সাধারণত গ্রামের গুটিকয়েক অর্থনৈতিক ভাবে সচ্ছল পরিবারেই টেলিভিশন চলত। বিদ্যুতের উৎস হিসেবে রিচার্জ করা যায় এমন লেড এসিড ব্যাটারি দিয়ে চালানো হতো টিভি। বিশেষ কোন সম্প্রচার যেমন, বাংলা সিনেমা, নাটক, ম্যাগাজিন অনুষ্ঠান থাকলে, গ্রামের প্রায় সকল মানুষ টিভি দেখার জন্য সমবেত হতো বাড়ির উঠোনে। এই লেড এসিড ব্যাটারি কিছুদিন পরপর স্থানীয় থানা সদরে পাঠাতে হতো দুই/তিন দিনের জন্য রিচার্জ করতে। ব্যাটারি রিচার্জ বলতে মূলত বুঝানো হয়, বৈদ্যুতিক শক্তিকে রাসায়নিক শক্তি হিসাবে সঞ্চয় করার তড়িৎ রাসায়নিক প্রক্রিয়াকে। যতদিন পর্যন্ত গ্রামগুলিতে বিদ্যুৎ সংযোগ যায়নি, ততোদিন পর্যন্ত এই ব্যাটারির বিশেষ কদর ছিল। বিদ্যুতের সরাসরি সংযোগ না থাকায়, গ্রামে রাতের আঁধারে ৩ অথবা ৫ ব্যাটারির টর্চ লাইট ছাড়া চলাচল করাটা ছিল খুব দুষ্কর। এই টর্চের ব্যাটারিগুলো মূলত ড্রাইসেল বা শুষ্ককোষ নামে পরিচিত এবং এগুলো রিচার্জ করা যেতো না। এছাড়াও ড্রাইসেল ব্যাটারি ব্যবহারের আর একটি উল্লেখযোগ্য জায়গা ছিল রেডিও। রাতে অনুরোধের আসর হতো, সবাই বাড়ির আঙ্গিনায় গোল হয়ে বসে শুনতো সেই আসর। আমার নিজেও রেডিওতে নাটক শুনতে ভালো লাগত। যা হোক, এই গল্পের মূল চরিত্র হল ব্যাটারি নামক এই বৈদ্যুতিক শক্তি সঞ্চয়ের তড়িৎ রাসায়নিক যন্ত্র অথবা ডিভাইসটি। সময়ের সাথে সাথে ব্যাটারির ব্যবহার, শক্তি সঞ্চয়ের সক্ষমতা এবং স্থায়িত্ব অনেক গুন বেড়েছে। মূলত প্রযুক্তিগত বিভিন্ন ধরনের উন্নয়নের সাথে সাথে পরিবর্তন হয়েছে ক্ষমতা, আকার ও কার্যকারিতা এবং সেই সাথে বেড়েছে আমাদের জীবনমান উন্নয়নের গতিও।

ক্রমবর্ধমান বাজার

গ্রিড লেভেলে শক্তি সঞ্চয় ও শিল্প কারখানা

- স্থির শক্তি সঞ্চয়
- গ্রিড লেভেলে শক্তি সঞ্চয়
- নবায়নযোগ্য শক্তি
- বহন যোগ্য শক্তি সঞ্চয়

ক্রমবর্ধমান বাজার

পরিবহন ব্যবস্থা

- ব্যক্তিগত গাড়ী
- বাস
- মোটর সাইকেল

ধীরে ধীরে সম্পৃক্ত বাজার

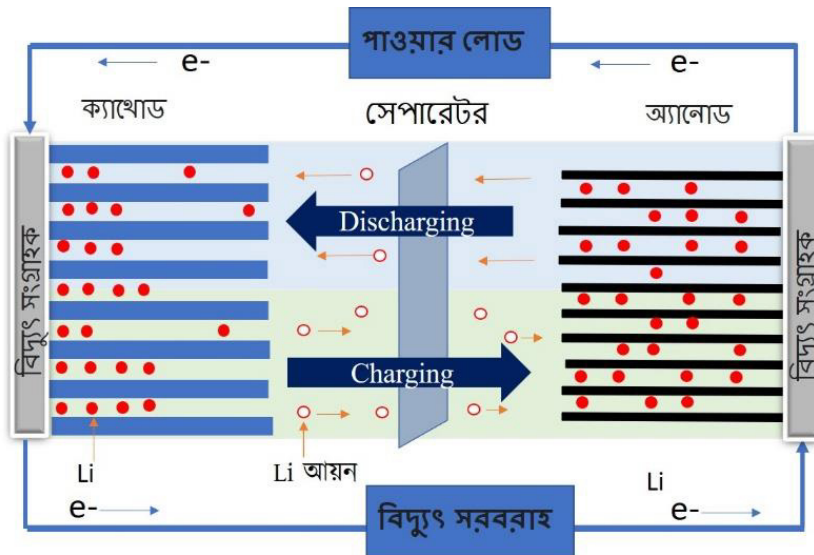
ইলেকট্রনিকস

- স্মার্ট ফোন
- ল্যাপটপ ও ট্যাবলেট
- ব্যক্তিগত সামগ্রী

চিত্র-১: বিভিন্ন ক্ষেত্রে লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারির ব্যবহার

গত কয়েক দশকে রিচার্জেবল লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি প্রযুক্তির ব্যাপক উন্নতি সাধিত হয়। এমনকি ২০১৯ সালে লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারির উন্নতিতে গুরুত্বপূর্ণ অবদান রাখার জন্য, জন বি গুড এনাফ এবং তার গবেষণা দলকে নোবেল পুরস্কারে ভূষিত করা হয়। এই সকল উন্নতির ফলে,

আমরা এখন আমাদের হাতের মুঠোফোনটি অথবা প্রিয় ল্যাপটপটি এক বার পূর্ণ চার্জ করার মাধ্যমে ঘণ্টার পর ঘণ্টা অনায়াসে ব্যবহার করতে পারি। হাতের সেলফোন অথবা ল্যাপটপ ছাড়াও, বহনযোগ্য পাওয়ার ব্যাঙ্ক থেকে শুরু করে বিদ্যুৎ চালিত যানবাহন, আইপিএস, ইউপিএস, এমনকি ছিড লেভেলে শক্তি সঞ্চয় সকল স্থানে লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি এখন পর্যন্ত একক জায়গা দখল করে আছে। চিত্র-১ এ দেখা যাচ্ছে, তিনটি খাতের মধ্যে উপরের দুটি খাতে লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারির ব্যবহার ক্রমবর্ধমান হারে বাড়ছে। অন্য খ্যাতটি প্রায় সম্পূর্ণ কিন্তু এখনও ক্রমবর্ধমান। কারণ, আমাদের দৈনন্দিন জীবনে ব্যাটারি চালিত ইলেকট্রিক ডিভাইসের চাহিদা ক্রমেই বাড়ছে এবং সাথে বাড়ছে প্রযুক্তিগত ভাবে আরও উন্নত ডিভাইসের চাহিদা। আমরা যখন চতুর্থ শিল্প বিপ্লবের কথা বলি, তার মানে হল যে আমরা বিভিন্ন ধরনের অটোমেশনের দিকে এগিয়ে যাচ্ছি এবং যার মূল চালিকা শক্তি হবে বিভিন্ন ধরনের উচ্চ পাওয়ার ঘনত্ব (পাওয়ার ডেনসিটি) ও শক্তি ঘনত্ব (এনার্জি ডেনসিটি) সম্পন্ন শক্তি সঞ্চয়ক ব্যবস্থা। এই অগ্রযাত্রায়, লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি এখন পর্যন্ত আবিষ্কৃত সবচেয়ে সফল ব্যাটারি সিস্টেম হলেও, পৃথিবীতে লিথিয়ামের স্বল্পতার কারণে অটোমেশনের ক্রমবর্ধমান ভবিষ্যৎ অথবা বর্তমান বাজার, প্রায় সব ক্ষেত্রেই লিথিয়াম- আয়ন ব্যাটারির বিকল্প একটি ব্যবস্থা অতীব জরুরী হয়ে পড়েছে। তাই সারা পৃথিবী জুড়ে খুব জোর গবেষণা চলছে ব্যাটারি রসায়নে, যাতে করে লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারির বিকল্প হিসেবে অন্য কোন ব্যাটারি সিস্টেম খুঁজে পাওয়া যায়। বিজ্ঞানীরা চেষ্টা করছে নতুন এই ব্যাটারির জন্য উপযোগী ইলেক্ট্রোড উপকরণ তৈরিতে যা পরবর্তী প্রজন্মের দূরপাল্লার বৈদ্যুতিক যানবাহন ও এনার্জি ব্যবস্থাপনায় ছিড লেভেলে বৈদ্যুতিক শক্তি সঞ্চয়ের জন্য উপযোগী ব্যাটারির উন্নয়ন ঘটাবে। যদিও বর্তমানে বিভিন্ন ধরনের হাইব্রিড ব্যাটারি, সুপারক্যাপাসিটর ইত্যাদি ডিভাইসের ক্রমাগত উন্নতি সাধনের মাধ্যমে লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারির বিকল্প ডিভাইস তৈরির চেষ্টা চলছে কিন্তু এখন পর্যন্ত বাজারের প্রায় গোটাটাই লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি নির্ভর এবং ভবিষ্যতে আরও বেশ কিছু বছর থাকবে বলেই মনে হয়।

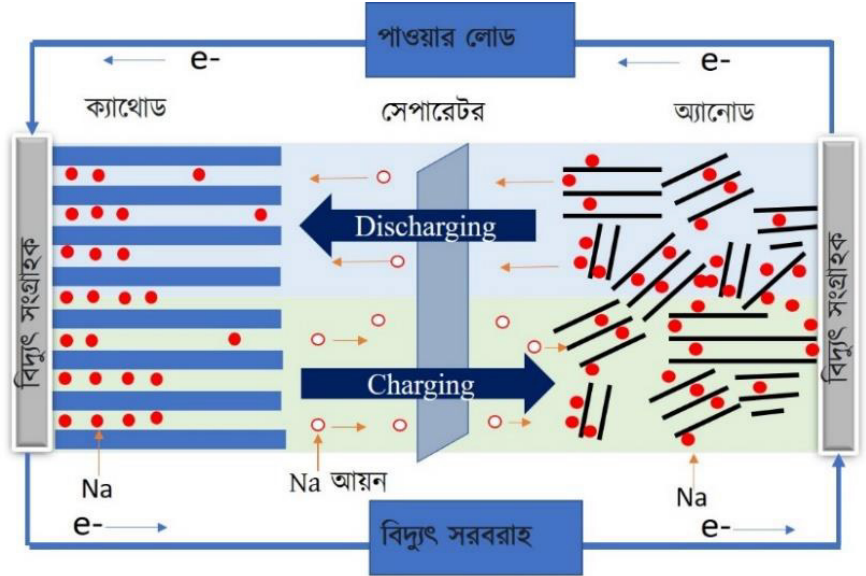


চিত্র-২: লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারির কৌশল

লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি বর্তমানে অন্যান্য প্রতিযোগিতামূলক প্রযুক্তি কে ছাড়িয়ে গেলেও, পরবর্তী প্রজন্মের জন্য চ্যালেঞ্জ মোকাবেলায় বিশেষ করে বৈদ্যুতিক যানবাহন এবং ছিড লেভেলে নবায়নযোগ্য শক্তি সঞ্চয় ও ব্যবস্থাপনার ক্ষেত্রে সন্তোষজনক নয় বলেই প্রতীয়মান হচ্ছে। তাছাড়া ভবিষ্যতে লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি প্রযুক্তির মূল সীমাবদ্ধতা হতে পারে লিথিয়ামের দাম ও সরবরাহ। পৃথিবীতে বর্তমানে মাত্র ২০ পিপিএম মাত্রায় লিথিয়াম এর আকরিক পাওয়া যায় এবং ঠিক এই কারণেই ভবিষ্যতে লিথিয়াম আকরিক সরবরাহের ঘাটতি এর দাম কয়েকগুণ বাড়িয়ে তুলতে পারে। অপরদিকে পৃথিবীতে সোডিয়াম পাওয়া যায় ২৬,০০০ পিপিএম মাত্রায়। দামের দিক থেকে তুলনা করলে যেখানে প্রতি টন লিথিয়াম কার্বনেটের দাম ২০ লাখ টাকা (প্রায়) সেখানে প্রতি টন সোডিয়াম কার্বনেটের দাম মাত্র ১৬ হাজার টাকা (প্রায়)। তাই দাম, সরবরাহ ও মজুদের দিকে তাকালে ব্যাটারি সিস্টেমে লিথিয়ামের জায়গায় সোডিয়াম হতে পারে অত্যন্ত আশাশ্রিত একটি বিকল্প। পর্যায় সারণিতে একই গ্রুপে ও পরপর থাকায় লিথিয়ামের ও সোডিয়ামের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের অনেক মিল রয়েছে। সেক্ষেত্রে লিথিয়ামের জায়গায় সোডিয়ামকে প্রতিস্থাপিত করতে পারলেই লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারির বিকল্প সোডিয়াম-আয়ন ব্যাটারি পাওয়া যাবে। কিন্তু তার জন্য প্রথমেই বুঝতে হবে লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারির ক্রিয়াকৌশল। লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারির প্রধান তিনটি অংশ-ক্যাথোড, সেপারেটর ও অ্যানোড। ক্যাথোড হিসাবে লিথিয়াম কোবাল্ট অক্সাইড, লিথিয়াম ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড, লিথিয়াম নিকেল ম্যাঙ্গানিজ কোবাল্ট অক্সাইড সহ বিভিন্ন ধরনের অক্সাইড ম্যাটেরিয়াল অথবা উপাদান ব্যবহার করা

হচ্ছে। অ্যানোড হিসাবে বর্তমানে বাণিজ্যিক ভাবে প্রাকৃতিক ও কৃত্রিম গ্রাফাইট ব্যবহার করা হয়। চার্জিং প্রক্রিয়ায় যখন একটি নির্দিষ্ট ভোল্টেজ বা বিভব আরোপ করা হয়, তখন ক্যাথোড থেকে লিথিয়াম আয়ন হিসাবে সেপারেটরের ভিতর দিয়ে গ্রাফাইটের (অ্যানোড) বিভিন্ন স্তর বা লেয়ারের মধ্যে লিথিয়াম হিসেবে প্রবেশ করে। ব্যাটারি রসায়নে এই প্রক্রিয়াকে অ্যানোডের লিথিয়েশন বলা হয়। এই সঞ্চয়কৃত লিথিয়াম আবার ইলেকট্রনিক ডিভাইস ব্যবহারের সময় গ্রাফাইট অ্যানোড থেকে ক্যাথোডে গিয়ে অক্সাইড হিসাবে জমা হয় এবং এটি হল অ্যানোডের ডিলিথিয়েশন। সবচেয়ে মজার ব্যাপার হল, গ্রাফাইটের স্তরগুলির মধ্যকার ফাঁক ০.৩৩ ন্যানোমিটার যা লিথিয়াম আয়নের চলাচলের জন্য সর্বোত্তম, আবার গ্রাফাইটের স্তরগুলির মধ্যকার এই নির্দিষ্ট ফাঁকই লিথিয়ামকে সোডিয়াম দিয়ে প্রতিস্থাপনে সবচেয়ে বড় বাঁধা। সোডিয়াম আয়নের আকার লিথিয়ামের চেয়ে প্রায় ১.৪ গুন বড় হওয়ায় সোডিয়াম আয়ন চলাচলের জন্য গ্রাফাইট মোটেই সুবিধাজনক নয়। বাস্তবে গ্রাফাইট দিয়ে সোডিয়াম-আয়ন ব্যাটারি তৈরির চেষ্টা করা হলেও দেখা যায় যে সোডিয়াম আয়ন তার আকারের কারণে গ্রাফাইটের ফাঁকা স্থানগুলোতে আবদ্ধ হয়ে যায় এবং পরবর্তী সোডিয়াম এর চলাচলকে কার্যত বন্ধ করে দেয়। এটি গ্রাফাইটের মধ্যে সোডিয়ামের ডেড্রাইট ফরমেশন নামে পরিচিত। বর্তমানে সোডিয়াম-আয়ন ব্যাটারির ক্যাথোড তৈরির উন্নততর প্রযুক্তি থাকলেও, বিজ্ঞানীদের কাছে এর অ্যানোড ম্যাটেরিয়াল ও সার্বিক প্রযুক্তিগত উৎকর্ষ বিকাশই সবচেয়ে বড় চ্যালেঞ্জ। চলমান গবেষণায় একইসাথে বিভিন্ন ধরনের আনোড ম্যাটেরিয়াল উন্নয়নের প্রক্রিয়া চলমান থাকলেও, হার্ড কার্বন নামে একটি ম্যাটেরিয়াল গবেষকদের কাছে এই মুহূর্তে সবচেয়ে আলোচিত ও গবেষণার কেন্দ্রবিন্দুতে রয়েছে। হার্ড কার্বন তৈরির বিশেষ প্রক্রিয়াগত কারণে, তৈরি হবার সময়েই এটি একটি

টারবোস্ট্যাটিক গঠন অথবা এলোমেলোভাবে সজ্জিত কার্বনের লেয়ার বিশিষ্ট ম্যাটেরিয়াল তৈরি করে। এই টারবোস্ট্যাটিক গঠনের কারণে কার্বন লেয়ারগুলোর মাঝে উল্লেখযোগ্য পরিমাণ ফাঁক তৈরি হয়। মূলত সোডিয়াম আয়ন এই লেয়ারগুলোর ভিতর দিয়ে বিনা বাধায় উভমুখী চলাচল করতে পারে। এখানে এটি বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য যে, হার্ড কার্বনের নামের 'হার্ড' অংশটি বর্তমান থাকলেও এটি কিন্তু মোটেই লোহা অথবা হীরকের মতন শক্তপোক্ত কোন উপাদান নয়। হার্ড কার্বন হল মূলত কার্বনের একটি বিশেষ গাঠনিক রূপ যা অতি উচ্চ তাপমাত্রা (৩০০০ ডিগ্রি সেলসিয়াস) প্রয়োগেও লেয়ার বিশিষ্ট গ্রাফাইটে রূপান্তরিত হবে না। মূলত, একবার তৈরি হয়ে যাবার পরে এই কার্বনের গঠনকে



চিত্র-৩: সোডিয়াম-আয়ন ব্যাটারির কৌশল

কোনভাবেই আর লেয়ারড অথবা স্তরবিশিষ্ট গ্রাফাইটে রূপান্তর করা যায় না, আর এই জন্যই এই ধরনের কার্বনকে হার্ড কার্বন বলা হয়। যা হোক, আনোড ম্যাটেরিয়াল হিসেবে হার্ড কার্বন এর আরেকটি বিশেষ গুরুত্ব হল এটি তুলনামূলক কম কার্যকরী বিভব (ওয়াকিং পটেনশিয়াল) এর মধ্যে অনেক বেশি পরিমাণ শক্তি সঞ্চয় করতে পারে। এই সুবিধার কারণে, হার্ড কার্বনগুলোর চাক্রিক স্থায়িত্ব অথবা সাইক্লিক স্ট্যাবিলিটি প্রায় অন্য যেকোনো অ্যানোড ম্যাটেরিয়াল থেকে উন্নতমানের। তাছাড়া, হার্ড কার্বনগুলো প্রধানত জৈব বস্তু অথবা বায়োমাস, বিশেষ করে যেগুলোতে মূল উপাদান হিসেবে সেলুলোজ অথবা এ ধরনের প্রাকৃতিক পলিমার থাকে যেমন: যেকোনো ধরনের গাছ, লতাপাতা, তুলা থেকে তৈরি করতে পারার কারণে এগুলো খুবই সস্তা। লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারির মতই সোডিয়াম-আয়ন ব্যাটারিতে চার্জিং এর সময় ভোল্টেজ আরোপ করলে, ক্যাথোডে থাকা সোডিয়াম আয়ন হার্ড কার্বনে এসে জমা হয়। এই প্রক্রিয়াকে অ্যানোডের (হার্ড কার্বন) সোডিয়েশন বলে। অন্যদিকে, ডিসচার্জিং এর সময় এই সঞ্চিত সোডিয়াম আবার ক্যাথোডে ফিরে যায় এবং এটাকে অ্যানোডের ডিসোডিয়েশন বলে। সোডিয়াম-আয়ন ব্যাটারির সক্ষমতা ও স্থায়িত্ব মূলত এই অ্যানোডের সোডিয়েশন এবং ডিসোডিয়েশন এর উপর ব্যাপকভাবে নির্ভর করে। এই দুটি জিনিসকে সঠিকভাবে নিয়ন্ত্রণ করতে মূলত ম্যাটেরিয়াল গবেষকরা বিভিন্ন রকম উপায়ে অ্যানোড তৈরি করার নিরলস চেষ্টা চালিয়ে যাচ্ছেন। তবে বলে রাখা ভাল যে, শুধুমাত্র অ্যানোডের উন্নতি সাধন করলেই হবে না, সোডিয়াম-আয়ন ব্যাটারির সর্বোচ্চ ক্ষমতা প্রদর্শনের ক্ষেত্রে উপযোগী অ্যানোডের সাথে সাথে সঠিক ক্যাথোড ম্যাটেরিয়াল, সেপারেটর এবং ইলেক্ট্রোলাইট এর কম্বিনেশন খুবই গুরুত্বপূর্ণ।

সুতরাং, বলাই বাহুল্য যে সোডিয়াম-আয়ন ব্যাটারি টেকসই, নিরাপদ এবং কম খরচে শক্তি সঞ্চয়ের জন্য একটি আকর্ষণীয় বিকল্প হিসেবে বিবেচিত হলেও, এটির বাণিজ্যিক রূপ বাস্তবায়নে অনেক বড় চ্যালেঞ্জ অপেক্ষা করছে। বিশেষ করে এটির স্থায়িত্ব, উচ্চ শক্তি ঘনত্ব ও দীর্ঘ জীবন

চক্র অর্জনে এখনও অনেকগুলি বিষয় পুরোপুরিভাবে অজানা। গবেষণা চলছে ঊর্ধ্ব শিল্প বিপ্লবের উপযোগী জনগোষ্ঠীর জন্য সময়োপযোগী শক্তি সঞ্চয়ের ডিভাইস তৈরির কাজ। সারা বিশ্বের গবেষকদের সাথে তাল মিলিয়ে, সোডিয়াম-আয়ন ব্যাটারি উন্নয়নের এই কাজে সম্প্রতি বাংলাদেশ প্রকৌশল বিশ্ববিদ্যালয়ের রসায়ন বিভাগও সম্পৃক্ত হয়েছে। বাংলাদেশ সরকারের অর্থায়নে এক দল তরুণ গবেষক কাজ করে যাচ্ছে সুতি কাপড় ও পাটের বর্জ্য থেকে অ্যানোড হিসাবে হার্ড কার্বন ও একই কাঁচামাল থেকে ন্যানো সেলুলোজ তৈরি করে তা থেকে বায়োডিগ্রেন্ডেবল সেপারেটর তৈরির মতো গবেষণায়। সোডিয়াম-আয়ন ব্যাটারি বাজারে আসলে সেটি হবে এনার্জি সেক্টরে একটি নিরব বিপ্লব এবং ঊর্ধ্ব শিল্প বিপ্লবের পথে নতুন এক অপ্রতিরোধ্য হাতিয়ার। এই বিপ্লবে সামিল হতে পারা একজন গবেষকের জন্য অবশ্যই সৌভাগ্যের।

ড. মো. শাখাওয়াৎ হোসেন ফিরোজ: অধ্যাপক, রসায়ন বিভাগ, বাংলাদেশ প্রকৌশল বিশ্ববিদ্যালয়, ঢাকা।