ফোটনিক কমপিউটার : আগামী দিনের পিসি

গোলাপ মুনীর

আজকের দিনে আমরা যে কমপিউটারকে জানি, তা হচ্ছে বপু আকারের মেইন ফ্রেম কমপিউটার থেকে উদ্ভব হওয়া ডেস্কটপ পিসি। আজকের দিনের কমপিউটার আপনাকে সুযোগ করে দিয়েছে কমপিউটিং পাওয়ার হাতের মুঠোয় নিয়ে আসার। ডেস্কটপ পিসি, নোটবুক, ট্যাবলেট পিসি ও স্মার্টফোন আজ সহাবস্থান করছে গায়ে-গায়ে জড়িয়ে। স্পষ্টতই এগুলো যেনো আজ এক সাথে মিলেমিশে একাকার হওয়ার পথে। ক্রমেই এটিও স্পষ্ট থেকে স্পষ্টতর হচ্ছে– কমপিউটার আজ আর বিচ্ছিন্নভাবে শুধু তথ্যপ্রযুক্তিতে ব্যবহারের কোনো যন্ত্র নয়। ইন্টারনেট অব থিংসের বাড়ন্ত ধারণা আজ বোধগম্য ও ধরাছোঁয়া যাওয়ার মতো এক বাস্তবতা। অতএব কমপিউটার আমাদের পরিবেশের মধ্যে নিজেকে হারিয়ে ফেলবে।

Code42-এর ইএমইএ এমডি অ্যান্ডি হার্ডি বলেছেন : 'প্রচলিত কমপিউটারের আইকোনিক ইমেজ– টাওয়ার থাকবে একটি ডেস্কের নিচে, আর এটি সংযুক্ত থাকবে একটি মনিটরের সাথে– এই ধারণা আজ অচল, সেকেলে। আজকের কমপিউটার আমাদের মতোই মোবাইল, স্থান থেকে স্থানে ঘুরে বেড়ায়। সাথে করে যেখানে-সেখানে নিয়ে যাওয়া ইলেকট্রনিক ডিভাইস ডাটা গ্রহণ করে প্রক্রিয়াজাত করে একটা ফল উৎপাদন করতে সক্ষম হবে– এই ধারণা খুব শিগগির দূর হবে এমনটা নয়।'

যুক্তরাজ্যের ও আয়ারল্যান্ডের ফুজিৎসুর সিটিও জন রেনালের মন্তব্য হচ্ছে : 'কমপিউটারকে আমরা যেভাবে দেখি, তা এরই মধ্যে অস্পষ্ট, দুর্বোধ্য ও ঝাপসা হয়ে পড়েছে। বেশিরভাগ বস্তু– ওয়াশিং মেশিন থেকে শুরু করে ফ্রিজ, গাড়ি, ঘড়ি, চুলা ইত্যাদি পর্যন্ত সবকিছুতেই আজ রয়েছে কমপিউটার। এগুলো রীতিমতো বিশ্বস্ততার সাথে কাজ করে চলেছে আমাদের কিছু বুঝতে না দিয়েই। এগুলো চলতেই থাকবে। একদিন দেখা যাবে আমরা এবং নিশ্চিতভাবে আমাদের সন্তানেরা একটি পর্দার সামনের কিবোর্ডে বসে ইন্টারনেট ব্যবহার করে জিনিসপত্র কিনছে কিংবা নিয়ন্ত্রণ করছে তাদের চারপাশের পরিবেশ।'

আগামীর দিনের কমপিউটারের অনেক উঁচু পর্যায়ের বুদ্ধিমত্তা থাকবে। এই বুদ্ধিমত্তাসম্পন্ন কমপিউটার সক্ষম হবে আমাদের চাহিদা ব্যাখ্যা করতে। তা শুধু আমাদের নির্দেশনাই অনুসরণ করবে না, নিজের বুদ্ধিমত্তা দিয়ে অনেক কিছুই করতে পারবে। আগামী কয় বছরের মধ্যেই তা সম্ভব হবে। গার্টনার এর 'Hype Cycle for Human-Computer Interaction' শীর্ষক এক দলিলে একে আখ্যায়িত করেছে Cognizant নামে। আর এর রয়েছে চারটি স্তর বা স্টেজ : Sync Me, See Me, Know Me ও Be Me।

Sync Me : অ্যাপস, কনটেন্ট ও ইনফরমেশন পাওয়া যাবে ডিভাইস থেকে ডিভাইসে এবং তা শেয়ার করা যাবে কো-টেক্সুয়ালি।

See Me : ইউজারের কনটেক্সট বোঝার জন্য ইউজার ও তাদের ডিভাইস সম্পর্কিত ডাটা অব্যাহতভাবে সংগৃহীত হবে।

Know Me : ইউজারের চাওয়া-পাওয়া তথা চাহিদা বোঝা এবং প্যাটার্ন রিকগনিশন ও মেশিন লার্নিংয়ের ওপর ভিত্তি করে ইতিবাচকভাবে সক্রিয় থেকে পণ্য ও সেবা জোগানো।

Be Me : ইউজারের হয়ে কাজ করার জন্য ইন্টেলিজেন্ট অ্যাপস ও সার্ভিস তৈরি করা।

গার্টনারের ব্যাখ্যা মতে, 'এই মুহূর্তে বেশিরভাগ কর্মকাণ্ড মোটামুটি প্রথম দুই স্টেজকেন্দ্রিক। যেহেতু বিগ ডাটা ও ইন্টারনেট অব থিংস অতি পরিব্যাপক হয়ে উঠেছে, তৈরি করা বিপুল পরিমাণ তথ্য আমাদের সুযোগ দেবে একটি কমপ্লেক্স সিস্টেমের, যা হবে আরও বুদ্ধিমত্তাসম্পন্ন এবং পরবর্তী দুই স্টেজে জোগাবে আরও নতুন নতুন সুযোগ। তা সত্ত্বেও তা কোনো ঝুঁকি বা চ্যালেঞ্জবিহীনভাবে হবে না। গুরুত্বপূর্ণ বিষয় হচ্ছে, ব্যক্তিগত গোপনীয়তা, বাস্তবায়নের মান ও বিশ্বস্ত ভেন্ডর হয়ে ওঠা সম্পর্কিত সমস্যাগুলোর সমাধান করতে হবে।'

আগামী দিনে আমরা সবাই দেখতে ও অভিজ্ঞতা লাভ করতে পারব, কী করে কমপিউটার ব্যাপক অগ্রগতির মাধ্যমে আরও পার্সোনাল হয়ে উঠছে। আর এই অগ্রগতি আমরা আজ দেখতে পাচ্ছি স্মার্টফোনের মাঝে। কিন্তু কমপিউটারের মৌলিক উপাদানে আনতে হবে পরিবর্তন, যদি কমপিউটারকে করে তুলতে হয় আগামী প্রজন্মের কার্যকর ডিভাইস বা মেশিন। মোবাইল টেকনোলজির নিয়ন্ত্রণটা চলে যাবে প্রতিদিনের বস্তুতে, যেমন স্মার্ট রিংয়ে। ▸

কমপিউটার তৈরিতে দশকের পর দশক ধরে সিলিকন ছিল এর ভিত্তি। প্রতিটি ডিজিটাল ডিভাইস চালিত হতো সেন্ট্রাল প্রসেসর দিয়ে। এর সাথে থাকত ফাস্ট কন্ডাক্টরগুলো, যাতে প্রসেসর এর সহায়ক প্রযুক্তির সাথে সংযুক্ত থাকতে পারে। কিন্তু ভবিষ্যতের কমপিউটার হবে এ থেকে পুরোপুরি ভিন্ন। যেখানে ডাটা ট্রান্সমিট করতে ব্যবহার হয়ে আসছিল ইলেকট্রন, সেখানে আগামী দিনের কমপিউটারে লাইট বা আলো হবে পরবর্তী ট্রান্সপোর্টেশন মেকানিজম। অর্থাৎ আগামী দিনের কমপিউটার হবে ফোটনভিত্তিক কমপিউটার।

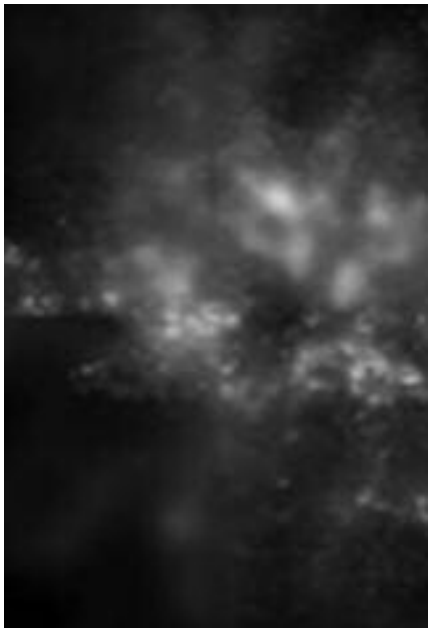
পাঁচ বছর আগে

ফোটনভিত্তিক কমপিউটারের কথা আমরা শুনে আসছি বেশ কয়েক বছর ধরেই। পাঁচ বছর আগে ইন্টেল দেখায়– কমপিউটারের ভেতরে কপার কানেকশনের বিকল্প হতে পারে লাইট। এর ফলে প্রসেসিং ক্ষমতা এক লাফে অনেক ওপরে উঠে যেতে পারে। এই প্রযুক্তি সুযোগ করে দিতে পারে সেকেন্ডে ৫০ গিগাবাইট ডাটা ট্রান্সফারের, যা একটি হাই ডেফিনেশন মুভি ট্রান্সমিট করতে পারবে ১ সেকেন্ডে।

তা সত্ত্বেও কানেকশন ও ট্রান্সমিশন ওউন্ডার মেটার হিসেবে আলোচনায় এসেছে গ্র্যাফিনের। গ্র্যাফিনকে এখন অভিহিত করা হচ্ছে 'মিরাকল ম্যাটেরিয়্যাল' নামে। এরই মধ্যে প্রতিযোগিতা শুরু হয়ে গেছে নতুন কমপিউটার আর্কিটেকচারে এই অতি শক্ত ও সুপরিবাহী পদার্থটি ব্যবহারের জন্য। কয় বছর ধরেই বলা হচ্ছে, মুরস ল'র মৃত্যু ঘটেছে। এরপরেও চিপ ডিজাইনারেরা সিলিকন ওয়াফারে অধিকসংখ্যক ট্রানজিস্টর যোগ করা অব্যাহত রেখেছেন। তা সত্ত্বেও গ্র্যাফিন এখনও ট্রানজিস্টরের জন্য সন্তোষজনকভাবে উপযোগী নয়।

ফোটনভিত্তিক কমপিউটার

অপটিক্যাল বা ফোটনিক কমপিউটিং ব্যবহার করে ফোটন। লেজার বা ডায়োড দিয়ে এই ফোটন তৈরি করা হয় কমপিউটেশনের জন্য। উচ্চতর ব্যান্ডউইডথ সুযোগ দেয়ার ক্ষেত্রে সাধারণ প্রচলিত কমপিউটারে ব্যবহৃত ইলেকট্রনের চেয়ে ফোটন কয়েক দশক ধরেই ছিল প্রতিশ্রুতিশীল। বেশিরভাগ গবেষণা প্রকল্পে বর্তমান কমপিউটার উপাদান অপটিক্যাল ইকুইভেলেন্ট দিকে আলোকপাত করা হয়। এ ক্ষেত্রে একটি অপটিক্যাল ডিজিটাল সিস্টেমে প্রসেস করা হয় বাইনারি ডাটা। এই পদক্ষেপের ফলে স্বল্প সময়ে সর্বোচ্চ সম্ভাবনা তৈরি হয় কমার্শিয়াল অপটিক্যাল কমপিউটিংয়ের জন্য। কেননা, অপটিক্যাল-ইলেকট্রনিক হাইব্রিড তৈরির জন্য অপটিক্যাল কম্পোনেন্টগুলোকে সমন্বিত করা যায় প্রচলিত কমপিউটারে। তা সত্ত্বেও অপটোইলেকট্রনিক ডিভাইসগুলো এর ৩০ শতাংশ শক্তি হারিয়ে ফেলে ইলেকট্রোনকে ফোটনে রূপান্তর করতে এবং পেছনে ফিরে আসতে। এর ফলে মেসেজ ট্রান্সমিশনের গতি কমে যায়। সব অপটিক্যাল কমপিউটার অপটিক্যাল-ইলেকট্রিক্যাল-অপটিক্যাল (ওইও) কনভারসনের অবসান ঘটায়। অপটিক্যাল কোরিলেটরের মতো অ্যাপ্লিকেশন-স্পেসিফিক ডিভাইসগুলো এমনভাবে ডিজাইন করা হয়েছে, যাতে এগুলো মেনে চলে অপটিক্যাল কমপিউটিংয়ের নীতি। এ ধরনের ডিভাইস ব্যবহার করা যাবে অবজেক্ট ডিটেক্টিং ও ট্র্যাকিংয়ের কাজে।



আধুনিক ইলেকট্রিক কমপিউটিংয়ের মৌলিক বিল্ডিং ব্লক হচ্ছে ট্রানজিস্টর। অপটিক্যাল কম্পোনেন্ট দিয়ে ইলেকট্রনিক কম্পোনেন্টগুলো প্রতিস্থাপনের জন্য একটি সমমানের অপটিক্যাল ট্রানজিস্টর দরকার। এটি অর্জন করা হয় একটি নন-লিনিয়ার রিফ্রেকটিভ ইনডেক্স দিয়ে। বিশেষত, বস্তু অস্তিত্বশীল হয় সেখানে, যেখানে ভেতরের দিকে আসা আলোর ইনটেনসিটি বা তীব্রতা বস্তুর ভেতর দিয়ে প্রবাহিত আলোর ইটেনসিটির ওপর প্রভাব সৃষ্টি করে ঠিক সেভাবে, যেভাবে ভোল্টেজ ফেলে প্রভাব ইলেকট্রিক ট্রানজিস্টরের ওপর। যেমন একটি অপটিক্যাল ট্রানজিস্টরকে ব্যবহার করা যাবে অপটিক্যাল লজিক গেট তৈরি করতে, যা এরপর কমপিউটারের সিপিইউর উচ্চতর পর্যায়ের কম্পোনেন্টে সংযোজিত হয়। এগুলো হবে নন-লিনিয়ার ক্রিস্টাল, যা ব্যবহার হবে আলোকরশ্মিকে কাজে লাগিয়ে এগুলোকে নিয়ন্ত্রণের জন্য।

অপটিক্যাল কমপিউটার নিয়ে বিতর্ক

অপটিক্যাল কমপিউটারের ভবিষ্যৎ নিয়ে গবেষকদের মধ্যে আছে নানা বিতর্ক বা মতানৈক্য। বিতর্কের বিষয় হচ্ছে : অপটিক্যাল কমপিউটার কি গতি, বিদ্যুৎ ব্যবহার, ব্যয় ও আকারের দিক থেকে সেমিকন্ডাক্টরভিত্তিক ইলেকট্রনিক কমপিউটারের সাথে প্রতিযোগিতা করতে পারবে। অপটিক্যাল কমপিউটার এই প্রতিযোগিতা করতে সক্ষম হবে– এই ধারণার বিরোধীরা উল্লেখ করেন, রিয়েল-ওয়ার্ল্ড লজিক সিস্টেমে দরকার হয় 'লজিক-লেভেল রেস্টোরেশন, ক্যাসকেডেবিলিটি, ফ্যান-আউট এবং ইনপুট-আউটপুট আইসোলেশন', যেগুলোর সবগুলোই এখন ইলেকট্রনিক ট্রানজিস্টর দিচ্ছে কম খরচে, কম বিদ্যুতে ও দ্রুত গতিতে। অপটিক্যাল লজিক প্রতিযোগিতাসক্ষম হতে নন-লিনিয়ার অপটিক্যাল ডিভাইস টেকনোলজির প্রয়োজন হবে। কিংবা প্রয়োজন হতে পারে কমপিউটিংয়ের নিজস্ব প্রকৃতি পাল্টানোর।

ভুল ধারণা, চ্যালেঞ্জ ও সম্ভাবনা

এই মর্মে দাবি করা হয়– অপটিকসের সুবিধাটি হচ্ছে, এটি বিদ্যুতের খরচ কমাতে পারে। কিন্তু একটি অপটিক্যাল কমিউনিকেশন সিস্টেম স্বল্পদূরত্বে ব্যবহার করে ইলেকট্রনিক সিস্টেমের চেয়ে বেশি বিদ্যুৎ। এর কারণ, একটি অপটিক্যাল কমিউনিকেশন চ্যানেলের শুট-নয়েজ ইলেকট্রিক্যাল চ্যানেলের থার্মাল নয়েজের চেয়ে বেশি। ইনফরমেশন থিওরি অনুসারে এর অর্থ একই ডাটা ক্যাপাসিটি অর্জনের জন্য প্রয়োজন হয় অধিকতর সিগন্যাল পাওয়ার। তা সত্ত্বেও বেশি দূরত্বে ও বেশিতর ডাটা রেটে ইলেকট্রিক্যাল লাইন হারানোর পরিমাণ অপটিক্যাল কমিউনিকেশনের তুলনায় বেশি। কমিউনিকেশন ডাটারেট বাড়লে দূরত্ব কমে আসে। অতএব কমপিউটিং সিস্টেমে অপটিকসের ব্যবহারের সম্ভাবনা অধিকতর প্রায়োগিক হয়।

অপটিক্যাল কমপিউটিংয়ের একটি উল্লেখযোগ্য চ্যালেঞ্জ হচ্ছে একটি অনলাইনার প্রসেস, যেখানে মাল্টিপল সিগন্যাল অবশ্যই ইন্টারেক্ট করতে হবে। লাইট একটি ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ, যা শুধু একটি ম্যাটেরিয়ালে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের উপস্থিতিতে ইন্টারেক্ট করতে পারে আরেকটি ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের সাথে। আর এই ইন্টারেকশনের শক্তিমত্তা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের জন্য খুবই দুর্বল। এর ফল দাঁড়াতে পারে, অপটিক্যাল কমপিউটারের প্রসেসিং এলিমেন্টের জন্য প্রয়োজন হয় ট্রানজিস্টসমৃদ্ধ প্রচলিত ইলেকট্রনিক কমপিউটারের তুলনায় বেশি বিদ্যুৎ ও অধিকতর বড় ডাইমেনশন।

ফোটনভিত্তিক কোয়ান্টাম কমপিউটিং

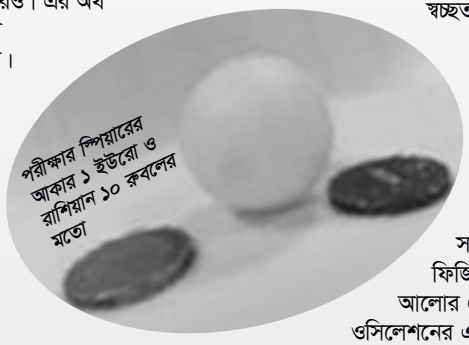
'কোয়ান্টাম কমপিউটার কার্যকরভাবে দিতে পারে খুবই ভৌতভাবে সম্ভব সব কোয়ান্টাম এনভায়রনমেন্ট, এমনকি বিপুলসংখ্যক ইউনিভার্স ইন্টারেক্ট করার সময়েও। কোয়ান্টাম কমপিউটার মানের দিক থেকে হারনেসিং ন্যাচারের একটি নতুন উপায়'– এ অভিমত ড্যাভিড ডিউটচের। তিনি অক্সফোর্ড বিশ্ববিদ্যালয়ে কর্মরত একজন ইসরায়েলি বংশোদ্ভূত ব্রিটিশ চিকিৎসক, যিনি কোয়ান্টাম কমপিউটিংয়ের ক্ষেত্রে একজন অগ্রদূত এবং কোয়ান্টাম মেকানিকসের ম্যানি-ওয়ার্ল্ডস ইন্টারপ্রিটেশনের সমর্থক। ডিউটচ বলেন, কোয়ান্টাম কমপিউটার সমস্যা সমাধানের সক্ষমতা রয়েছে। এটি একটি ক্লাসিক্যাল কমপিউটারকে মহবিশ্বের বয়সের চেয়েও দীর্ঘতর করে তোলে। এ প্রেক্ষাপটে ভিয়েনা বিশ্ববিদ্যালয়ের বিজ্ঞানীরা সফলতা পেয়েছেন একটি নতুন ও ব্যাপক রিসোর্স ওরিয়েন্টেড কোয়ান্টাম কমপিউটারের মডেল প্রটোটাইপ করতে– এটি হচ্ছে বোসন স্যামপ্লিং কমপিউটার। কোয়ান্টাম কমপিউটার কাজ করে কোয়ান্টাম অবজেক্ট (যেমন স্বতন্ত্র ফোটনগুলো, ইলেকট্রনগুলো বা অ্যাটমগুলো) এবং অনন্য কোয়ান্টাম বৈশিষ্ট্যগুলো ব্যবহার করে।

বিভিন্ন ধরনের কমপিউটিং কাজে ক্লাসিক্যাল কমপিউটারের তুলনায় নাটকীয়ভাবে গতি বাড়িয়ে তোলায়ই শুধু কোয়ান্টাম কমপিউটিং প্রতিশ্রুতিবদ্ধ নয়। এগুলো এমনভাবে ডিজাইন করা যে– এগুলো যে কাজ করতে পারবে, তা একটি সুপারকমপিউটারও করতে পারবে না। সাম্প্রতিক বছরগুলোতে কোয়ান্টাম টেকনোলজির উন্নয়ন ঘটেছে। তবে পূর্ণ আকারের কোয়ান্টাম কমপিউটার বাস্তবায়নের কাজটি রয়ে গেছে বড় ধরনের এক ▸

জাদুর গোলক ও ফোটন কমপিউটিং

এক অধ্যাপক ইনফরমেশন ট্রান্সফার করার জন্য তৈরি করেছেন একটি 'ম্যাজিক স্পিয়ার' বা 'জাদুর গোলক'। আগামী কয়েক বছরের মধ্যে আমাদের কমপিউটার, ন্যানোঅ্যান্টিনা ও অন্যান্য ধরনের যন্ত্রপাতি পরিচালিত হবে ইলেকট্রনের বদলে ফোটনের ওপর ভিত্তি করে। যদি তেমনটি ঘটে, তবে স্পিয়ার বা গোলকগুলোই হবে নয়া এই ফোটনিক ডিভাইসের মৌল উপাদানগুলোর একটি। রাশিয়া, ফ্রান্স ও স্পেনের একদল বিজ্ঞানী নতুন এই ফোটনভিত্তিক ডিভাইস তৈরি করতে যাচ্ছেন। তাদের গবেষণার ফলাফল প্রকাশিত হয়েছে 'সায়েন্টিফিক রিপোর্টস'-এর সর্বসাম্প্রতিক সংখ্যায়। 'সায়েন্টিফিক রিপোর্টস' হচ্ছে 'ন্যাচার পাবলিশিং গ্রুপে'র একটি অংশ।

প্রচলিত ইলেকট্রনিক কমপিউটারের সম্ভাবনা ক্রমেই ফুরিয়ে যাচ্ছে। বিগত চার দশক সময়ে ম্যুরের ল' পূরণ করা হয়েছে একটি একক প্রসেসরের অপারেটিং ফ্রিকোয়েন্সি বাড়িয়ে তোলার কারণে। এখন এরই ফলে পৌঁছা সম্ভব হয়েছে প্যারালাল কমপিউটিংয়ের মাধ্যমে– আমাদের রয়েছে ডুয়াল-কোর প্রসেসর ও সেই সাথে কোয়াড-কোরও। এর অর্থ হচ্ছে, সিঙ্গেল-কোর প্রসেসরগুলো চাহিদা মতো কমপিউটার স্পিড মোকাবেলা করতে পারছে না। অধিকন্তু, স্পিড আর বাড়ানো সম্ভব হচ্ছে না। কারণ, আধুনিক কমপিউটারের প্রসেসর অপারেটিং ফ্রিকোয়েন্সি এখন তাত্ত্বিক সীমার বা থিওরিটিক্যাল লিমিটের কাছাকাছি। কোরের নাম্বার বহুগুণে বাড়ানোর প্রক্রিয়াও অন্তহীন নয়, সব দিক বিবেচনায় শিগগিরই তা শেষ হয়ে যাবে। এ কারণে বিশ্বব্যাপী প্রচুর গবেষক দল কাজ করছে 'সুপার-ফাস্ট অপটিক্যাল সিস্টেম' সৃষ্টির ব্যাপারে, যা ইলেকট্রনিক কমপিউটারের স্থান দখল করতে সক্ষম হবে।



পরীক্ষার স্পিয়ারের আকার ১ ইউরো ও রাশিয়ান ১০ রুবলের মতো

একদিকে এ ধরনের সিস্টেমগুলো হবে যথাসম্ভব ছোট, অপরদিকে অপটিক্যাল র‍্যাডিয়েশনের রয়েছে এর নিজস্ব মাত্রা বা স্কেল– ওয়েভ লেংথ বা তরঙ্গদৈর্ঘ্য (দৃশ্যমান মাত্রার স্পেকট্রামে বা বর্ণালীতে এটি প্রায় ০.৫ মাইক্রোমিটার)। এলিমেন্টের আল্ট্রাডেন্স অ্যারেঞ্জমেন্টসমৃদ্ধ আধুনিক ইলেকট্রনিক ডিভাইসে এই মাত্রা বাস্তবায়নের ক্ষেত্রে খুবই বেশি হয়ে যায়। এ ধরনের ইলেকট্রনিক ডিভাইসের সাথে প্রতিযোগিতা করতে অপটিক্যাল সিস্টেমকে কাজ করতে হবে ওয়েভ লেংথগুলোর চেয়ে আরও অনেক খাটোমাত্রায়। এই সমস্যাগুলো পড়ে সাব-ওয়েভ লেংথ অপটিকস নামে আধুনিক বিষয়ের ডোমেইনে। সাব-ওয়েভ লেংথ অপটিকসের লক্ষ্য ইলেকট্রোম্যাগনেটিক র‍্যাডিয়েশনকে এর ওয়েভ লেংথের চেয়ে খাটো স্কেলে ব্যবহার করা। অন্য কথায় এমন কিছু করা, যা লেন্স ও মিররের প্রচলিত অপটিকসে ধারণাগতভাবে অসম্ভব বলে বিবেচনা করা হয়। এই কিছুদিন আগে পর্যন্ত সাব-ওয়েভ লেংথ অপটিকস আলো ও তথাকথিত প্লাসমন্সের (Plasmons) মধ্যকার আন্তঃক্রিয়ার প্রভাব সম্পর্কে ব্যাপক আশা জাগাতো। প্লাসমন্স হচ্ছে ধাতব পদার্থে মুক্ত ইলেকট্রন গ্যাসের কালেকটিভ ওসিলেশন। ১০ ন্যানোমিটার আকারের মেটাল পার্টিকলের ক্ষেত্রে ফ্রি ইলেকট্রন গ্যাসের ওসিলেশন ফ্রিকোয়েন্সি পড়ে অপটিক্যাল ব্যান্ডের মধ্যেই। যদি এ ধরনের পার্টিকলের ওপর একটি ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের কিরণবর্ষণ বা রশ্মিপাত করা হয়, যার ফ্রিকোয়েন্সি একটি পার্টিকলের প্লাসমন ওসিলেশনের ফ্রিকোয়েন্সির সমান, তখন একটি রেজোন্যান্স ঘটে। এ রেজোন্যান্সে পার্টিকল কাজ করে একটি ফানেলের মতো, যা বাহ্যিক পরিবেশ থেকে আঁকড়ে ধরে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের এনার্জি এবং তা রূপান্তর করে ইলেকট্রনিক গ্যাস ওসিলেশনের এনার্জিতে। এই প্রক্রিয়াকে একসাথে করা যাবে নানা ধরনের মজার প্রিন্সিপলের সাথে। তা কাজে লাগানো যাবে বিভিন্ন অ্যাপ্লিকেশনে।

দুর্ভাগ্য, এই প্রত্যাশার সর্বোত্তম অংশটি সম্পর্কিত প্লাসমোনিকের সাথে, যা জাস্টিফাই করা হয়নি। আসল তথ্যটি হচ্ছে– যখন বিদ্যুৎপ্রবাহের ফ্রিকোয়েন্সি দৃশ্যমান আলোর একই মানে এসে দাঁড়ায়, তখন প্রতিটি ভালো ইলেকট্রনিক কন্ডাক্টরই (যেমন তামা বা প্লাটিনাম) প্রদর্শন করে বড় ধরনের ইলেকট্রিক রেজিস্ট্যান্স। অতএব, নিয়মানুসারে প্লাসমন ওসিলেশন প্রবলভাবে দমানো হয়। এই দমন ধ্বংস করে প্রয়োজনীয় প্রভাব, যা ব্যবহার করা যেত। এ কারণে বিজ্ঞানীরা অতি সম্প্রতি মনোযোগী হয়েছেন উচ্চমাত্রার রিফ্রেকটিভ ইন্ডেক্সসমৃদ্ধ ডাইইলেকট্রিক ম্যাটেরিয়ালের প্রতি। এসব পদার্থে কোনো ফ্রি ইলেকট্রন নেই। কারণ, এগুলোর সবই এগুলোর অ্যাটমের সাথে সংযুক্ত এবং লাইটের ইমপেক্ট বা প্রভাব কন্ডাকশন কারেন্ট উৎপাদন করে না। একই সাথে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ অ্যাটমের ভেতরে বিরূপ প্রভাব ফেলে এবং এগুলোকে ভারসাম্য অবস্থান থেকে সরিয়ে দেয়। এর ফলে অ্যাটম অর্জন করে ইন্ডিউচড ইলেকট্রিক মোমেন্ট। এই প্রক্রিয়াকে বলা হয় 'পোলারাইজেশন'। পোলারাইজেশনের মাত্রা যত বেশি হবে, পদার্থের রিফ্রেকটিভ ইনডেক্স বা বিবর্ধকও তত বেশি হবে। এর অর্থ হচ্ছে, যখন বেশি রিফ্রেকটিভ ইনডেক্সের পদার্থের তৈরি একটি গোলক বা স্পিয়ার আলোর সাথে আন্তঃক্রিয়া করে, তখন এই আন্তঃক্রিয়ার ফল একটিমাত্র গুরুত্বপূর্ণ ব্যতিক্রম ছাড়া ব্যাপকভাবে মিলে যায় ওপরে বর্ণিত ধাতুর প্লাসমন্স রেজোন্যান্সের সাথে। ব্যতিক্রমটি হচ্ছে : বিভিন্ন ধরনের ডাইইলেকট্রিক ম্যাটেরিয়ালস ধাতু থেকে আলাদা এবং অপটিক্যাল ফ্রিকোয়েন্সিতে যার রয়েছে দুর্বল ডাম্পিং। একটি ইলেকট্রিক্যাল বা মেকানিক্যাল ওয়েভের অ্যাম্প্লিচ্যুড কমানোর নাম ডাম্পিং। আমরা প্রায়ই ডাইইলেকট্রিকের গুণাবলি কাজে লাগাই আমাদের প্রতিদিনের কাজে। যেমন– অপটিক্যাল ফ্রিকোয়েন্সিতে দুর্বল ডাম্পিং গ্লাসের স্বচ্ছতার চাবিকাঠি।

এমভি লমনোসভ মস্কো স্টেট ইউনিভার্সিটির ও মস্কো স্টেট ইউনিভার্সিটি অব ইনফরমেশন টেকনোলজিস, রেডিও ইঞ্জিনিয়ারিং অ্যান্ড ইলেকট্রনিকসের পদার্থবিদ্যার অধ্যাপক মাইকেল ট্রিভেলস্কির প্রথম দিকের কর্মসাধনায় বর্ণিত গবেষণার ওপর জোর দেয়া হয়েছিল। এই বিজ্ঞানী বলেন : 'প্লাসমন এক্সাইটেশন সম্পর্কে কথা বলার সময় আমরা যদি কোয়ান্টাম ফিজিক্সের ভাষায় কথা বলি, আমরা বলতে পারি– আলোর একটি কোয়ান্টাম 'ফোটন' পরিবর্তিত হয় প্লাসমন ওসিলেশনের একটি কোয়ান্টামে। গত শতকের মধ্য-আশির দশকে আমি এই ধারণা পাই যে, যেহেতু কোয়ান্টাম মেকানিক্সের প্রতিটি প্রসেসই রিভারসিবল, তাই প্লাসমন-টু-ফোটন কনভারসনের ইনভার্টেড প্রসেসও অবশ্যই থাকবে। তখন আমি সিদ্ধান্তে পৌঁছলাম, নতুন ধরনের লাইট স্ক্যাটারিংও রয়েছে। অবশ্যই এটি একটি বিষয়। অধিকন্তু, এই নতুন ধরনের লাইট স্ক্যাটারিংয়ের সাথে সব পাঠ্যবইয়ে বর্ণিত র‍্যালি স্ক্যাটারিংয়ের মিল ছিল খুবই কম। এর ফলস্বরূপ ট্রিভেলস্কি প্রকাশ করেন তার 'র‍্যাজোনেন্ট স্ক্যাটারিং অব অল লাইট বাই স্মল পার্টিকলস' শীর্ষক নিবন্ধ, http://www.jetp.ac.ru/cgi-bin/dn/e_059_03_0534.pdf

তা সত্ত্বেও, তার এই কর্মযজ্ঞ ১৯৮৪ সালে বিজ্ঞানীদের মনোযোগ আকর্ষণ করতে পারেনি। কারণ, তখনও ন্যানোটেকনোলজি অস্তিত্ব পায়নি। এই নিবন্ধের প্রথম সাইটেশন হয় ২০০৪ সালে– প্রকাশের ঠিক ২০ বছর পর। আজকের দিনে এ ধরনের স্ক্যাটারিংকে বলা হয় 'অ্যানামেলাস', যা ব্যাপকভাবে স্বীকৃত। দুর্ভাগ্য, এমনকি অ্যানামেলাস স্ক্যাটারিংয়ের বেলায় আবারও ডিসিপেশনের মারাত্মক ভূমিকার মুখোমুখি হই। ডিসিপেশন হচ্ছে হোমোজিনিয়াস থার্মোডিনামিকস সিস্টেমে ঘটা একটি ইরিভারসিবল প্রসেস বা অপ্রত্যাবর্তনযোগ্য প্রক্রিয়া। অ্যানামেলাস স্ক্যাটারিং পর্যবেক্ষণের জন্য প্রয়োজন হয় অপটিক্যাল ফ্রিকোয়েন্সিতে দুর্বল ডাম্পিংসম্পন্ন ধাতু।

এ ক্ষেত্রে সবচেয়ে স্বাভাবিক প্রশ্ন হচ্ছে : আমরা যদি ডাইইলেকট্রিকের উইক ডাম্পিংয়ের সুযোগটা কাজে লাগাই, উচ্চ রিফ্রেকটিভ ইনডেক্সসম্পন্ন ডাইইলেকট্রিক ম্যাটেরিয়ালের তৈরি স্পিয়ার বা গোলক কি সেই ইফেক্ট দেখাতে সক্ষম হবে, যা দেখা যাবে না প্লাসমন র‍্যাজোন্যান্সের বেলায় উইক ডাম্পিংসম্পন্ন মেটালে? এ প্রশ্নের জবাব পেতে অধ্যাপক ট্রিভেলস্কির ল্যাবরেটরি (ফ্যাকাল্টি অব ফিজিক্স, এমভি রমোনোসভ মস্কো স্টেট ইউনিভার্সিটি) ফরাসি ও স্পেনের সহকর্মীদের নিয়ে যৌথ গবেষণা শুরু করে। বিজ্ঞানীরা পরীক্ষা চালান বিশেষ ধরনের সিরামিকের তৈরি ২ সেমি ব্যাসবিশিষ্ট একটি গোলক নিয়ে। এই গোলককে শেখানো হয় প্রত্যাশিতভাবে ইন্সিডেন্ট ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ রিডিরেক্ট করার কাজ। অধিকন্তু, স্ক্যাটারিংয়ের ডিরেকশনালিটি ও ওয়েভ নাটকীয়ভাবে নিয়ন্ত্রণ করা যাবে শুধু ইন্সিডেন্ট ওয়েভের ফ্রিকোয়েন্সি ফাইন টিউনিং করেই।

ট্রিভেলস্কির ব্যাখ্যা মতে, এই স্পিয়ারের বরং রয়েছে এর পোলারাইজেশন ওসিলেশন সম্পর্কিত ন্যারো রেজোন্যান্স। একদিক বিবেচনায় এটি একটি ধাতব গোলকের মতোই, যার রয়েছে ফ্রি ইলেকট্রন গ্যাসের ওসিলেশনসংশ্লিষ্ট রেজোন্যান্স ফ্রিকোয়েন্সি।

চ্যালেঞ্জে। অপরদিকে এটি অবাক করা একটি উন্মুক্ত প্রশ্ন কোন আর্কিটেকচার ও অবজেক্ট শেষ পর্যন্ত শীর্ষ ভূমিকা পালন করবে প্রচলিত সুপারকমপিউটারকে প্রতিযোগিতায় পেছনে ঠেলে দিতে। সাম্প্রতিক পরীক্ষা-নিরীক্ষা থেকে দেখা গেছে, সুনির্দিষ্ট কাজের জন্য কিছু কোয়ান্টাম অবজেক্ট অন্য অবজেক্টগুলোর তুলনায় বেশি ভালো।

ফোটনের– বিশেষ করে সুনির্দিষ্ট ধরনের বোসনগুলোর ব্যাপক সুবিধা নিহিত রয়েছে এর উঁচুমাত্রার মোবিলিটির ওপর। ভিয়েনা বিশ্ববিদ্যালয়ের একটি গবেষণা দল জার্মানির জেনা বিশ্ববিদ্যালয়ের বিজ্ঞানীদের সাথে মিলে সম্প্রতি অনুধাবন করেছেন তথাকথিত স্যামপ্লিং কমপিউটার ব্যবহার করে ফোটনের এ বৈশিষ্ট্য। এরা ফোটন প্রবিষ্ট করেন একটি জটিল অপটিক্যাল নেটওয়ার্কে, যেখানে এগুলো প্রপাগেট করতে পারে বিভিন্ন স্বতন্ত্র পথে।

পদার্থবিদ ফিলিপ ওয়ালথার এর ব্যাখ্যায় বলেন, 'কোয়ান্টাম পদার্থবিদ্যার সূত্রমতে ফোটন একই সময়ে সম্ভাব্য সব পথ অনুসরণ করে। এটি পরিচিত সুপারপজিশন নামে। অবাক করা ব্যাপার হলো, যেকেউ কমপিউটেশনের ফল বরং ট্রিভিয়্যালি রেকর্ড করতে পারবেন : যেকেউ মাপতে পারবেন নেটওয়ার্কের কোন আউটপুটে কতসংখ্যক ফোটন বিদ্যমান আছে।'

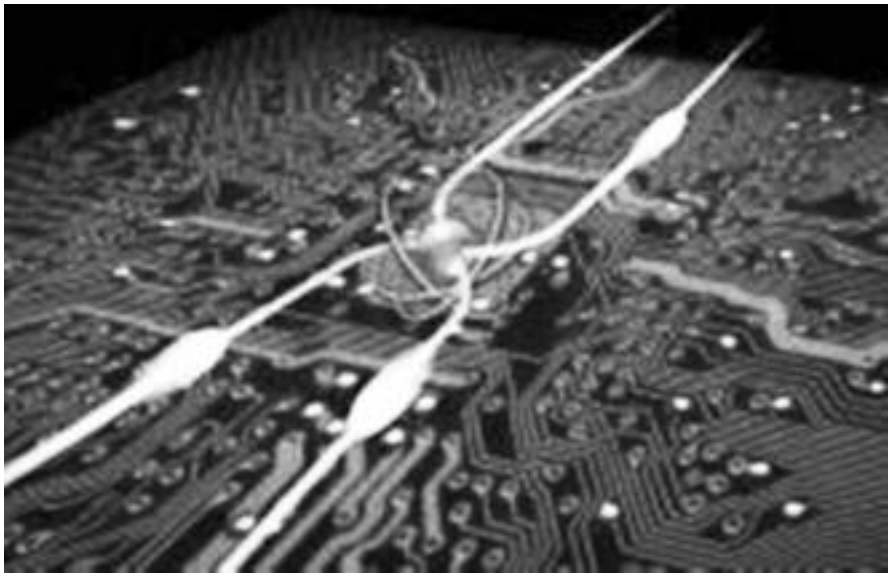
উদ্ভাবিত হয়েছে ফোটনভিত্তিক রাউটার

ওয়েজমান ইনস্টিটিউটের বিজ্ঞানীরা বলেছেন, এরা উদ্ভাবন করেছেন বিশ্বের প্রথম ফোটনিক রাউটার। ফুল-অন কোয়ান্টাম কমপিউটার তৈরির ক্ষেত্রে এটি একটি গুরুত্বপূর্ণ অগ্রগতি। এই রাউটার একটি একক অ্যাটমের ওপর একটি কোয়ান্টামভিত্তিক ডিভাইস, যেটি দুটি অবস্থায় চালু থাকতে পারে। একক অ্যাটমটি যুক্ত একটি ফাইবার-কাপল্ডের সাথে, যা যুক্ত একটি চিপভিত্তিক মাইক্রোরেজোনেটর সাথে।

এই অগ্রগতি লেজার কুলিং ও অ্যাটম ট্র্যাপিংকে একসাথে মিশিয়েছে চিপভিত্তিক অতি উঁচুমানের ক্ষুদ্র অপটিক্যাল রেজোনেটরের সাথে, যা সরাসারি জুড়ে যায় একটি অপটিক্যাল ফাইবারের সাথে। এগুলো অতি অগ্রসরমানের টেকনোলজি। আর যে ল্যাবরেটরি এই ব্রেকথ্রোর দায়িত্বে রয়েছে, সেটি এর জন্য প্রয়োজনীয় বিশেষজ্ঞসমৃদ্ধ ল্যাবরেটরিগুলোর একটি।

ওয়াইজমান ইনস্টিটিউটের কোয়ান্টাম অপটিকস গ্রুপের প্রধান ড. বারাক দায়ান বলেন, 'এক দিক বিবেচনায় এই ডিভাইসটি ইলেকট্রনিক ট্রানজিস্টরের সমতুল্য একটি ইলেকট্রনিক ট্রানজিটর, যেটি ইলেকট্রিক কারেন্ট চালু করে অন্য ইলেকট্রিক কারেন্টে সাড়া দিয়ে।' বিশেষ করে মজার বিষয় হলো, সুইচটি এককভাবে পরিচালিত হয় একটি একক ফোটন দিয়ে। ফোটন ধারণ করে ইনফরমেশন এবং নিয়ন্ত্রণ করে ডিভাইসটি।

কোয়ান্টাম কমপিউটিং নির্ভর করে সুপারপজিশন ফেনোমেননের ওপর, যেখানে পার্টিকলগুলো একই সাথে মাল্টিপল স্টেটে থাকতে পারে। সুপারপজিশন খুব উঁচুমাত্রায় অস্থিতিশীল। তা সত্ত্বেও এর



ইন্টারফিয়ারেন্স সবচেয়ে কম। ফোটনকে বিবেচনা করা হয় কোয়ান্টাম সিস্টেমগুলোর মধ্যে যোগাযোগের সবচেয়ে প্রতিশ্রুতিশীল প্রার্থী হিসেবে। কারণ, এরা পরস্পরের সাথে মোটেও আন্তঃক্রিয়া করে না এবং অন্যান্য পার্টিকলের সাথে খুব দুর্বলভাবে আন্তঃক্রিয়া করে। এই প্রজেক্ট উপস্থাপন করে অধিকতর জটিল কোয়ান্টামভিত্তিক সিস্টেমে যাওয়ার গুরুত্বপূর্ণ উপায়।

দায়ান বলেন, 'কোয়ান্টাম কমপিউটার তৈরির পথ এখনও সুদীর্ঘ। আরও অনেক পথ হাঁটতে হবে। কিন্তু যে ডিভাইসটি আমরা গঠন করেছি, তা প্রদর্শন করে একটি সরল রোবাস্ট সিস্টেম। আর এ সিস্টেম এ ধরনের ভবিষ্যৎ কমপিউটারে ব্যবহারযোগ্য হবে। বর্তমান ডেমোনস্ট্রেশনে একটি একক অ্যাটম কাজ করে একটি ট্রানজিস্টর হিসেবে– অথবা কাজ করে একটি দ্বিমুখী সুইচ হিসেবে ফোটনের জন্য। কিন্তু আমাদের ভবিষ্যৎ পরীক্ষায় আমরা এ ধরনের ডিভাইসের প্রকারভেদ সম্প্রসারণের আশা করছি, যা এককভাবে কাজ করবে ফোটনের ওপর। যেমন, নতুন ধরনের কোয়ান্টাম মেমরি অথবা লজিক গেট।'

ফোটন ডিভাইস পেছনে ফেলবে সাধারণ কমপিউটারকে

আলোর ওপর পরিচালিত পরীক্ষায় কোয়ান্টাম মেশিনের প্রয়োজনীতা নিশ্চিত প্রমাণ মিলেছে। নতুন ধরনের একটি লাইট-ম্যানিপুলেটিং ডিভাইস এমন কাজ করতে পারে, যা একটি সাধারণ কমপিউটার কখনই করতে পারে না। এই লাইট-ম্যানিপুলেটিং ডিভাইস তৈরি করেছে অস্ট্রেলিয়ার ও অন্যান্য স্থানের কুইন্সল্যান্ড ইউনিভার্সিটি। কোয়ান্টাম কমপিউটারের সমর্থকেরা বলেন, এসব মেশিন এমনসব বড় বড় কাজ করতে সক্ষম, যা ক্লাসিক্যাল কমপিউটারের পক্ষেও করা কঠিন। যেমন, ব্যাংকের লেনদেন সংরক্ষণ করার কোড ভাঙার কাজ কোয়ান্টাম কমপিউটার করতে পারে। এখন বেশ কয়েকটি টিমের কাছে ভালো প্রমাণ রয়েছে যে, কোয়ান্টাম ফিজিক্স এমন পর্যায়ের জটিল কাজের সাথে সংশ্লিষ্ট, যা ক্লাসিক্যাল কমপিউটারের সাথে কখনই খাপ খায় না। এই গ্রুপ যে ডিভাইস তৈরি করেছে, তা কোয়ান্টাম কমপিউটার তৈরির তুলনায় আরও অনেক বেশি সরল, কিন্তু একদিন তা একই কাজ হয়তো করতে পারবে।

২০১০ সালে ক্যামব্রিজের ম্যাসাচুসেটস ইনস্টিটিউট অব টেকনোলজির তাত্ত্বিক কমপিউটার বিজ্ঞানী স্কট অ্যারনসন ও অ্যালেক্স আরখিপভ সুদীর্ঘ এক প্রবন্ধ লিখে অভিমত দেন– আলোর কোয়ান্টাম ফোটনের মতো সুনির্দিষ্ট কিছু কোয়ান্টাম পার্টিকল এমন আচরণ করে, যা সাধারণ কমপিউটার ব্যবহার করে আগে থেকে বলা বাস্তবে অসম্ভব। অক্সফোর্ড বিশ্ববিদ্যালয়ের পদার্থবিদ জাস্টিন স্প্রিং এবং তার সহকর্মীরা এখন প্রমাণ করেছেন– অ্যারনসন ও আরখিপভ সঠিক অভিমতই দিয়েছেন।

যেতে হবে বহুদূর

অপটিক্যাল কমপিউটিং বা ফোটনভিত্তিক কমপিউটিং পিসির ক্ষেত্রে এক নয়া সম্ভাবনার নাম। তবে এই সম্ভাবনাকে কাঙ্ক্ষিত পর্যায়ে নিয়ে পৌঁছাতে আরও অনেকদূর যেতে হবে। প্রয়োজন হবে নানামুখী পরীক্ষা-নিরীক্ষার। গবেষক, বিজ্ঞানী ও শিক্ষাবিদেরা বসে নেই। এরা ফোটনভিত্তিক কমপিউটিংকে যে নতুন এক দিগন্তে নিয়ে পৌঁছাবেন, তেমন আভাস-ইঙ্গিত স্পষ্ট। আমরা এখন সেই নতুন দিগন্তে পৌঁছার অপেক্ষায় কজ