# আলোর জগতের নতুন ক্রাশ – এলইডি

সুমন পাল
paul_suman30@yahoo.co.in

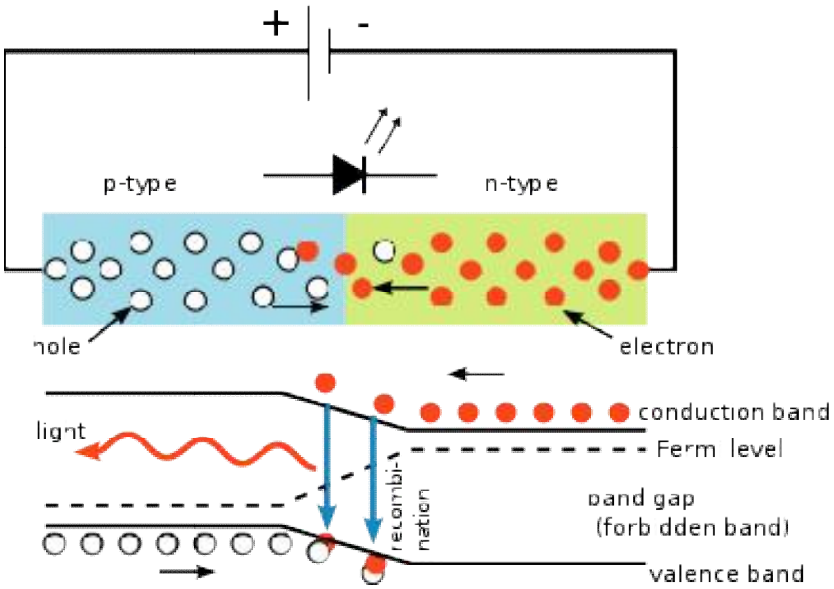
আলো আমাদের দৈনন্দিন নানাবিধ কার্যকলাপের মধ্যে একটি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে, এক কথায় বলতে গেলে আমাদের জীবনে এর ভূমিকা অপরিহার্য। শুধু প্রাকৃতিক আলোর উৎস ব্যবহার করে, অর্থাৎ দিনব্যাপী সূর্য ও মাসের কয়েকটা রাত চাঁদের আলোর উপর নির্ভর করে জীবনধারন করা মোটামুটি আমরা দেড়শ বছর আগে ছেড়ে এসেছি। যখন বিজ্ঞানী টমাস আলভা এডিসন বৈদ্যুতিক বাতি আবিষ্কার এবং পরিমার্জন, পরিবর্ধন করেন তখন থেকে। বিজ্ঞানের অগ্রগতির সাথে সাথে এটি গবেষণা, খেলার ময়দান, বিনোদন, ফাংশন প্রভৃতি যেকোন ক্ষেত্রে অসীম অবদান রেখেছে। বিশেষ বিশেষ পরিবেশে বিভিন্ন কাজ করার জন্য বিভিন্ন আকার আকৃতির উপযুক্ত বৈদ্যুতিক বাতি ব্যবহার করা হয়। বিজলি বাতির বিবর্তন শীর্ষক আগের একটি লেখায় ধারাবাহিক ভাবে ভাস্বর আলো থেকে কিভাবে আলোর নবতম ক্রাশ –এলইডি-র, আবির্ভাব হল তা আলোচনা করেছি। প্রায় প্রতিটি ইলেকট্রনিক্সের যন্ত্রে এর ব্যবহার দেখা যায়। মোবাইল ফোনের কিপ্যাড স্বলে ওঠাও এইএলইডি-র অবদান। মোবাইল ফোন ও এলইডি স্ক্রিন ছাড়াও অপটিক্যাল যোগাযোগ, ইন্ডিকেটর বাতি, ইনফ্রারেড রশ্মি, আলোকসজ্জা, ট্রাফিক সিগন্যাল, অপটিক্যাল মাউস, লেজার রশ্মি উৎপাদন সহ আরো অনেক কাজে এলইডি ব্যবহৃত হয়। রাস্তায় ইদানিং যে বড় স্ক্রিনের টিভি দেখা যায় তাও অসংখ্য এলইডি-র সমন্বয়। মূল এলইডি সাধারণত ৫ mm ব্যাসের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট হয়ে থাকে [চিত্র ১]। এগুলির এক-একটি সাতটি পর্যন্ত রং প্রদর্শন করতে পারে। এই লেখায় তুলে ধরবো এলইডি বাতি কিভাবে আলো নিঃসরণ করে তার প্রযুক্তিগত দিক এবং এর সম্ভাবনা ও সমস্যাগুলি।

চিত্র ১. ৫ mm লাল, সবুজ ও নীল এলইডি [সূত্র]

আমাদের এখনকার জগত ইলেকট্রনিক্স-এর জগত বললে বোধহয় কেউ আপত্তি করবে না। আর এই জগত দাঁড়িয়ে রয়েছে সেমিকন্ডাক্টর বা অর্ধপরিবাহীর উপর। সবচেয়ে পরিচিত অর্ধপরিবাহী হল সিলিকন, যা বালির একটি উপাদান। এটি একটি চারযোজী মৌল। তবে একটি বিশুদ্ধ সিলিকনের আসলে তেমন বিশেষ জারিজুরি নেই। সিলিকনের মধ্যে নিয়ন্ত্রিতভাবে তিনযোজী ও পাঁচযোজী মৌলের ভেজাল মিশিয়ে তৈরি হয় পি-টাইপ আর এন-টাইপ অর্ধপরিবাহী। আর এই দুইপ্রকার অর্ধপরিবাহীর সহযোগেই তৈরি হয় ডায়োড। ইলেকট্রনিক্স-এর ক্ষেত্রে বহুল ব্যবহৃত অর্ধপরিবাহী ডায়োড হল আলোক নিঃসারী ডায়োড (Light Emitting Diode সংক্ষেপে এলইডি)। এটি বিভিন্ন রঙের হয়ে থাকে [সারনি ১]। এতে খুবই কম তড়িৎপ্রবাহ প্রয়োজন হয়। সাধারণত ১০-২০ mA তড়িৎপ্রবাহ ও ৩ V বিভব একটি এলইডি স্বালানোর জন্যে যথেষ্ট।

সারণি ১. নানান রঙের এলইডি

| রঙ | তরঙ্গদৈর্ঘ্য পরিসীমা(nm) | সাধারণ কার্যকারিতা (lm/w) | সাধারণ দক্ষতা (w/w) |
|---|---|---|---|
| লাল | ৬২০<λ<৬৪৫ | ৭২ | ০.৩৯ |
| লালচে কমলা | ৬১০<λ<৬২০ | ৯৮ | ০.২৯ |
| সবুজ | ৫২০<λ<৫৫০ | ৯৩ | ০.১৫ |
| নীলাভ সবুজ | ৪৯০ <λ<৫২০ | ৭৫ | ০.২৬ |
| নীল | ৪৬০<λ<৪৯০ | ৩৭ | ০.৩৫ |

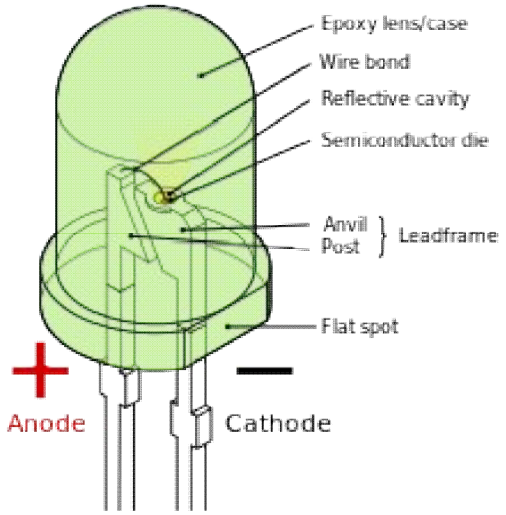



চিত্র ২. একটি এলইডি-র অভ্যন্তরীণ কাজ, বর্তনী চিত্র এবং অর্ধপরিবাহীর শক্তিপটি চিত্র [সূত্র]

এলইডি প্রকৃতপক্ষে একটি সম্মুখবর্তী বায়াস বিশিষ্ট পি-এন জাংশন ডায়োড। এটি গ্যালিয়াম ফসফাইড (GaP), গ্যালিয়াম-আর্সেনাইড (GaAs) প্রভৃতি অর্ধপরিবাহী যৌগ দ্বারা তৈরি করা হয় যাতে তাদের বেশিরভাগ শক্তি আলো হিসেবে নির্গত হয়। এই আলোর রঙ ব্যবহৃত বস্তুর উপাদানের উপর নির্ভর করে। একটি পি-এন জাংশন বৈদ্যুতিক শক্তির প্রয়োগে শোষিত শক্তির রূপান্তর আলোক শক্তিতে করতে পারে অর্থাৎ এটি আলো নির্গত করতে পারে। এই ঘটনাটিকে সাধারণত একটি বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের অধীনস্থ একটি অর্ধপরিবাহী থেকে আলোর নিঃসরণ হিসেবে দেখা যেতে পারে, যার পোষাকি নাম বৈদ্যুতিক প্রক্ষেপন (Electro Luminescence)। সম্মুখবর্তী বায়াস বলতে আমরা বুঝি কোন ব্যাটারির ধনাত্মক মেরুর সঙ্গে পি-প্রান্ত ও ঋনাত্মক মেরুর সঙ্গে এন-প্রান্ত যোগ করা [চিত্র ২]। আবার আমরা জানি, সমজাতীয় তড়িৎ পরস্পরকে বিকর্ষণ করে। ফলে পি-প্রান্ত থেকে হোল ও এন-প্রান্ত থেকে ইলেকট্রন জাংশনের দিকে এগিয়ে গিয়ে নিঃশেষিত অঞ্চলের বেধ কমায়। যথেষ্ট বিভবপ্রভেদ পেলে নিঃশেষিত অঞ্চল লোপ পায়, পি-অংশের হোল ও এন-অংশের ইলেকট্রন সহজেই সংযোগতল অতিক্রম করে। ফলে এই প্রক্রিয়ায় কিছু ইলেকট্রন-হোলের পুনর্মিলন ঘটে। প্রতিটি মিলনে একটি করে ইলেকট্রন

ও হোল মারা যায়, আর এর জন্য যে শক্তি মুক্ত হয় তা সরাসরি আলোকশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। তাহলে স্বভাবতই প্রশ্ন ওঠে, এই প্রক্রিয়া তো সাধারন সিলিকন, জার্মেনিয়াম ডায়োডের ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য; তাহলে এই ডায়োড থেকে আলো নির্গত হয় না কেন এবং ওই শক্তিই বা যাচ্ছে কোথায়? আলো পাওয়ার জন্য দরকার ফোটন কণা বেরিয়ে আসা। আর তার জন্য আর একটি বাড়তি শর্ত পূরণ করা দরকার। তা হল ভরবেগের সংরক্ষণ নীতি। একটি ইলেকট্রন ও একটি হোল সমান ও বিপরীত ভরবেগ নিয়ে মিলিত হলে তবেই ফোটন বেরিয়ে আসা সম্ভব। তাই ফোটন না বের হলেও ইলেকট্রন-হোল যুগ্মের মিলনের ফলে মুক্ত শক্তি রূপান্তরিত হয় তাপশক্তিতে। GaP, GaAs, SiC প্রভৃতি যৌগের কেলাসে ভরবেগ সংরক্ষণ নীতি কিছু পরিমান ইলেকট্রন ও হোল পালন করে, ফলে ফোটন নির্গত হয়, তাই এলইডি তৈরিতে এইসব পদার্থ ব্যবহার করা হয়।

একটি সেমিকন্ডাকটর চিপ-এর সাইজ কি রকম হতে পারে? এক মিলিমিটারের দশ ভাগের একভাগ থেকে এক মিলিমিটার পর্যন্ত। তাহলে এক বর্গমিলিমিটার এলইডি চিপ থেকে




চিত্র ৩. একটি প্রচলিত এলইডি-এর বিভিন্ন অংশ [সূত্র]

কি পরিমান আলো বেরবে আর তাকে কিভাবেই বা ব্যবহারযোগ্য করে তুলবো? এজন্য যেটা করা হয়, তা হল এলইডি চিপকে একটি প্রতিফলক বাটির (Reflective cavity) মধ্যে প্রোথিত করা হয় [চিত্র ৩]। আর এই বাটিটি ধরা থাকে দুটি তড়িৎদ্বারের সঙ্গে যুক্ত অংশ দ্বারা, একটি হল অ্যানভিল (Anvil) – ক্যাথোড ও অপরটি হল পোস্ট (Post) – অ্যানোড। এই পুরো ব্যবস্থাটি একটি লেন্স সিস্টেম (Epoxy lens/case) দ্বারা আচ্ছাদিত করে দেওয়া হয় যাতে আগে থেকে নির্দিষ্ট করে রাখা অংশের মধ্য দিয়ে আলো বেরিয়ে আসতে পারে; আর ক্যাথোড ও অ্যানোড অংশদুটিকে একটি অপরিবাহী প্লাটফর্মের মধ্যে দিয়ে বাইরে বের করে রাখা হয় বহিঃবর্তনীতে সংযোগ করার জন্য।

এতো বোঝা গেল, একটি এলইডি আলোর কার্যকারিতার নীতিগত ও প্রযুক্তিগত দিক। এবারে আসি এর ভালো-মন্দ আলোচনায়।

## LED আলোর ভাল দিক

**কর্মদক্ষতা:** এলইডি আলোর দক্ষতা তার আকৃতি এবং আকার দ্বারা প্রভাবিত হয়না, প্রতিপ্রভ আলোর বাল্ব বা টিউবের ক্ষেত্রে যা দেখা যায়।

**রঙ:** প্রথাগত আলোর ক্ষেত্রে রঙিন ফিল্টার ব্যবহার করে রঙিন আলো পাওয়া যায়। কিন্তু এলইডি-র বেলায় এরকম কোন ঝামেলা নেই। সরাসরি নির্দিষ্ট রঙের আলো উৎপন্ন করা যায়।

**আকার:** এলইডি খুব ছোট (2 $mm^2$ এর চেয়ে ছোট) আকারের হতে পারে এবং খুব সহজে মুদ্রিত সার্কিট বোর্ড (পিসিবি)-এ সংযুক্ত করা যায়।

**অন/অফ সময়:** এলইডি খুব দ্রুত সাড়া দেয়। একটি সাধারণ লাল নির্দেশক এলইডি এক মাইক্রোসেকেন্ডের মধ্যে পূর্ণ উজ্জ্বলতা নিয়ে জ্বলতে শুরু করে। যোগাযোগ ডিভাইসগুলিতে ব্যবহৃত এলইডি-র প্রতিক্রিয়া আরও দ্রুত দেখা যায় কিছুক্ষেত্রে।

**অনুজ্জ্বলতা:** এলইডি আলোর উজ্জ্বলতা খুব সহজেই কমানো যায়। সম্মুখবর্তী বায়াস প্রবাহ কমিয়ে দিয়ে বা পালস-উইদথ বিরূপন প্রয়োগ ক'রে।

**হাল্কামিষ্টি আলো-:** অন্যান্য আলোক উৎসের তুলনায়, এলইডি আলো খুব কম তাপ বিকীর্ণ করে। ফলে সংবেদনশীল বস্তু বা কাপড়ের ক্ষতি বিশেষ হতে পারে না। অব্যবহৃত তাপ এলইডি আলোর পাদদেশ দিয়ে বিচ্ছুরিত হয়, যদিও তার পরিমান খুবই অল্প।

**ব্যর্থতার অনিশ্চয়তা:** ভাস্বর আলো বা ফ্লুওরসেন্ট আলো দুমদাম খারাপ হয়ে যেতে পারে, কিন্তু এলইডি আলোর ক্ষেত্রে সেই সম্ভাবনা প্রায় নেই বললেই চলে। অত্যন্ত ধীরে এলইডি আলো অনুজ্জ্বল হতে থাকে।

**জীবনকাল:** অন্যান্য আলোর তুলনায় এলইডি আলোর জীবনকাল বেশি। প্রাথমিক খরচ বেশি হলেও কম শক্তি ব্যবহারের জন্য আখেরে খরচ হয় কম এবং রক্ষণাবেক্ষণের খরচও কম।

**শক প্রতিরোধ:** ফ্লুরওসেন্ট এবং ভাস্বর আলো ভঙ্গুর হয় কিন্তু এলইডি (solid state) সেরকম নয়, তাই তুলনামূলক ভাবে শক্তপোক্ত।

**ফোকাস:** এলইডি-র কঠিন প্যাকেজের দ্বারা তার আলো ফোকাস করতে ডিজাইন করা হয়। যেখানে ভাস্বর এবং ফ্লুরওসেন্ট আলোর উৎসগুলি প্রায়ই একটি প্রতিফলকের সাহায্য নিয়ে ফোকাস করা হয়।

এবার কয়েনের উল্টো পিঠ। ভালর সঙ্গে সঙ্গে কিছু খারাপ দিকও এলইডি-র রয়েছে।

## LED আলোর মন্দ দিক

**প্রাথমিক খরচ বেশী:** বাজার চলতি অন্যান্য বাল্বের তুলনায় এলইডি আলো বসানোর প্রাথমিক খরচ বেশী।

**তাপমাত্রা নির্ভরতা:** এলইডি আলোর কর্মক্ষমতা যে পরিবেশে একে ব্যবহার করা হবে তার পারিপার্শ্বিক তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। পারিপার্শ্বিক তাপমাত্রা যদি বেশী হয়, তাহলে এলইডি আলো বেশী গরম হয়ে পড়ে এবং সঠিকভাবে সাড়া দেয় না। তবে আধুনিক গবেষণার ফলে কিছু সংস্থা -৪০°C থেকে ১০০°C তাপমাত্রায় কর্মক্ষম এলইডি আলো উৎপন্ন করতে পেরেছে।

**বিভব সংবেদনশীলতা:** একটি প্রারম্ভ বিভব না দিলে এলইডি চালু হবে না। ফলে সবসময় এটি কাজ না করতেও পারে। আবার বিভবের সামান্য পরিবর্তনের জন্য প্রবাহমাত্রা তথা জীবনকাল সাংঘাতিকভাবে প্রভাবিত হয়। এজন্য সর্বদা একটি প্রবাহমাত্রা নিয়ন্ত্রিত শক্তি উৎস দরকার।

**আলোর গুণমান:** আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশ্লেষণ করার যন্ত্র হল বর্ণালীবীক্ষণ যন্ত্র। এই যন্ত্রে সূর্যালোক বা ভাস্বর আলো নিঃসৃত আলোকরশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশ্লেষণ করে যে যে বর্ণালী পাওয়া যায় তার থেকে শীতলশুভ্র এলইডি আলো যে বর্ণালী দেয় তা অনেকটাই আলাদা। ফলে সূর্যালোকে আমরা কোন বস্তুকে যে স্বাভাবিক রঙে দেখি সাদা এলইডিতেও তার বর্ণগত প্রকৃতি কিছুটা হলেও আলাদা হয়ে যাওয়ার সম্ভাবনা থেকেই যায়।

**আলোকিতকরনের ত্রিমাত্রিকতা:** একটি এলইডিকে কখনই একটি বিন্দু আলোকউৎস হিসেবে ধরে নেওয়া যায় না। কারন বিন্দু আলোকউৎস সব দিকে সমানভাবে আলো নিঃসৃত করে, অর্থাৎ ভাবা যেতে পারে কোন গোলকের কেন্দ্রে আলোকউৎস রয়েছে এবং সেখান থেকে গোলীয় আলোক তরঙ্গমুখ সবদিকে সমানভাবে নির্গত হচ্ছে। কিন্তু এলইডি-র ক্ষেত্রে এই নির্গমন অনেকটা চোঙাকৃতির মত। আসলে লম্বা বন্টন (lambasting distribution)। তাই যেখানে সমবন্টনের আলোকতীব্রতা দরকার সেখানে এলইডি ব্যবহার করা যায় না।

**তড়িৎ মেরুতা:** যেহেতু ডায়োড থেকে এটি তৈরি (বলা ভালো এক প্রকার ডায়োড) তাই একে চালানোর জন্য তড়িৎ উৎসের মেরুর দিকে খেয়াল রাখতে হয়। অর্থাৎ বিপরীতমুখী বায়াসে থাকলে এটি চালুই হবে না। যে অসুবিধা ভাস্বর আলোর ক্ষেত্রে নেই; এরা AC তে চলে। এলইডি শুধু DC তে চলে তাই নয়, সঠিক মেরুর বর্তনী তৈরি করাও জরুরী। যদিও এটি খুব একটা বড়ো কোন সমস্যা

নয়, কারন একমুখীকারকের সাহায্যে এই অসুবিধা দূর করা হয়।

**নীল গোলমাল ও দূষণ:** আমাদের চোখের সুরক্ষার ক্ষেত্রে একটি মাপকাঠি আছে। কি রঙের আলো কি পরিমান চোখে প্রবেশ করলে বিনা আয়াসে আমরা দেখতে পাই; নচেৎ চোখের ক্লান্তি আসে। চোখ নিজস্ব অভিযোজন প্রক্রিয়ায় আলোর পরিমান খানিকটা নিয়ন্ত্রন করতে পারে ঠিকই কিন্তু নির্দিষ্ট আলোর ক্ষেত্রে তো চোখের কোন হাত নেই, তাই না? কিছু কিছু ক্ষেত্রে দেখা গেছে নীলাভ এলইডি এবং শীতল শুভ্র এলইডি আমাদের চোখের পক্ষে পীড়াদায়ক হয়ে উঠছে।

**দক্ষতার পতন:** তড়িৎ প্রবাহমাত্রা বৃদ্ধি পাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে এলইডির আলোক দক্ষতা (luminous efficacy) কমতে থাকে। আবার একই সঙ্গে তাপ উৎপন্ন হওয়ার পরিমাণও বাড়ে। ফলে এলইডির জীবনকাল কমে যায়। এই সব প্রভাবকগুলি নিয়ন্ত্রন করতে না পারলে দ্রুত লাইটের দক্ষতা কমতে থাকে।

**পতঙ্গনাশী:** 'পিপীলিকার পাখা হয় মরিবার তরে' – এটা আমরা সকলেই জানি। মানে পতঙ্গ আলো দ্বারা আকৃষ্ট হয়। কিন্তু দেখা গেছে যে পতঙ্গ এলইডি আলো দ্বারা একটি বেশীই আকৃষ্ট হয়। অপকারী পতঙ্গ ধ্বংস হলে ভাবার কিছু ছিল না বিশেষ, কিন্তু উপকারী পতঙ্গও মারা যায় এলইডি আলোর প্রভাবে। এটা আমাদের কাছে একটা বিরাট চ্যালেঞ্জ।

অর্থাৎ আমরা দেখতে পাচ্ছি যে, এলইডি আলো ব্যবহারে আমাদের অসুবিধা কিছু কম নয়। কিন্তু তবুও একে আমরা ব্যবহার করছি মুলতঃ কম বিদ্যুৎ শক্তি খরচ হয় বলে, তাপশক্তি কম উৎপন্ন হওয়ায় শক্তির অপচয় কম হয় বলে এবং অন্যান্য আলোর তুলনায় জীবনকাল অনেকটা বেশী বলে।

## তথ্যসূত্র

১. বিজলি বাতির বিবর্তন, সুমন পাল, বিজ্ঞানযাত্রা, জুলাই ২০১৭
২. LED Light – New Revolution in Lighting System, Er Ramesh Chandra Sahoo, Science Horizon, June 2016
৩. https://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode

## লেখকের পরিচিতি

লেখক হরেন্দ্র কুশারী বিদ্যাপীঠে সহকারী শিক্ষক এবং ঋষি বঙ্কিম চন্দ্র সান্ধ্য মহাবিদ্যালয়ের পদার্থবিদ্যা বিভাগে অতিথি অধ্যাপক রূপে কর্মরত। লেখাপড়া কলকাতার বিদ্যাসাগর কলেজ থেকে পদার্থবিদ্যায় সাম্মানিক স্নাতক ও কলিকাতা বিশ্ববিদ্যালয় (University College of Science) থেকে পদার্থবিদ্যায় স্নাতকোত্তর। পরে যাদবপুর বিশ্ববিদ্যালয় থেকে B.Ed. এবং Ph.D.। গবেষণার ক্ষেত্র – আয়নমণ্ডলের প্লাজমা ও তাপীয় ঘটনাবলী, আবহবিদ্যুৎ ও চুম্যান অনুনাদ, রেডিও তরঙ্গ, ভূকম্পন। বর্তমানে, কলিকাতা বিশ্ববিদ্যালয়ের Centre of Advanced Study in Radio Physics and Electronics-এ আংশিক সময়ের গবেষক। পেশাগত ও গবেষণার কাজকর্মের বাইরের সময় কাটছে বিজ্ঞান বিষয়ক প্রবন্ধ রচনায়। সায়েন্টিফিলিয়া, বিজ্ঞানযাত্রা, বিজ্ঞানপত্রিকা, জয়ঢাক, বিজ্ঞান, Scientific Mind, এডুকোয়ার্কস প্রভৃতি পত্রিকায় লেখকের বিজ্ঞান প্রবন্ধ প্রকাশিত হয়েছে।