Daily Assam

একাদশ অধ্যায়

বিকিৰণ আৰু পদাৰ্থৰ দ্বৈত প্ৰকৃতি

(DUAL NATURE OF RADIATION AND MATTER)

11.1 আগকথা (Introduction)

মেক্সৱেলে উদ্ভাৱন কৰা বিদ্যুৎ চুম্বকীয় সমীকৰণ আৰু 1887 চনত হাৰ্জে বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তৰংগৰ ওপৰত কৰা পৰীক্ষাই নিশ্চিতভাৱে পোহৰৰ তৰংগ প্ৰকৃতিৰ কথা প্ৰমাণ কৰিছিল। প্ৰায় একে সময়তে উনৈশ শতিকাৰ শেষৰ ফালে গেচ ডিচ্চাৰ্জ টিউৱত (Gas dischage tube) কম চাপত বিদ্যুৎ প্ৰৱাহৰ ওপৰত কৰা পৰীক্ষাসমূহেও বহুতো নতুন নতুন আৱিষ্কাৰৰ বাট মুকলি কৰিছিল। 1895 চনত ৰঞ্জনে X- ৰশ্মি আৰু 1897 চনত জে. জে থম্চনে ইলেক্ট্ৰন আবিষ্কাৰ কৰিছিল। পদাৰ্থৰ গঠন অনুধাৱন কৰিবলৈ এই দুটা আবিষ্কাৰ আছিল বাটকটীয়া স্বৰূপ। ডিচ্চাৰ্জ টিউবত গেচৰ চাপ যেতিয়া পাৰাস্তম্ভৰ মি.মি লৈকে হ্ৰাস কৰা হয় আৰু দুয়োমূৰে ইলেক্ট্ৰদত উচ্চ বিভৱভেদ প্ৰয়োগ কৰা হয় তেতিয়া দেখা গৈছিল যে টিউবটোত এক প্ৰৱাহৰ সৃষ্টি হয়। কেথডৰ বিপৰীত ফালে থকা কাঁচৰ বেৰত এক প্ৰতিপ্ৰভৰ (fluorescent glow) সৃষ্টি হয়। এই প্ৰতিপ্ৰভৰ ৰঙৰ বৰণ নিৰ্ভৰ কৰিছিল কাঁচখনৰ প্ৰকৃতিৰ ওপৰত; চ'ডা কাঁচৰ কাৰণে এই ৰঙৰ বৰণ আছিল নীল-হালধীয়া। কেথডৰ পৰা নিৰ্গত ৰশ্মিয়েই এই প্ৰতিপ্ৰভৰ কাৰণ বুলি ভবা হৈছিল। 1870 চনত উইলিয়াম ক্ৰুকে (William Crookes) এই কেথড ৰশ্মি আবিষ্কাৰ কৰিছিল আৰু চনত তেৱেঁই দেখুৱাইছিল যে এই ৰশ্মিসমূহ দৰাচলতে কিছুমান তীব্ৰবেগী ঋণাত্মকভাৱে আহিত কণাৰ সমষ্টি। ব্ৰিটিছ পদাৰ্থবিদ জে. জে থমচনে (1856-1940) এই কথা সঁচা বুলি প্ৰতিপন্ন কৰিছিল। ডিচ্চাৰ্জ নলীত দুখন পৰস্পৰ লম্ব বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ প্ৰয়োগ কৰি তেৱেঁই প্ৰথমতে এই কেথড় ৰশ্মিৰ দ্ৰুতি আৰু আপেক্ষিক আধান (আধান আৰু ভৰৰ অনুপাত e/m) নিৰ্ণয় কৰিছিল। এই কেথড় ৰশ্মিবোৰৰ দ্ৰুতি আছিল পোহৰৰ দ্ৰুতিৰ 0.1 ৰ পৰা 0.2 গুণ। লক্ষ্য কৰিবলগীয়া কথাটো হ'ল যে এই e/m ৰ মান কেথড় হিচাপে ব্যৱহাৰ

কৰা পদাৰ্থটোৰ গুণাগুণ অথবা ডিচ্‌চাৰ্জ নলীত থকা গেচৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰিছিল। এই নিৰীক্ষণটোৰ অৰ্থ এয়ে যে, কেথড্ ৰশ্মি সকলো পদাৰ্থৰে অৰ্ন্তনিহিত এক শাশ্বত বস্তু। বৰ্তমান সকলোৱে গ্ৰহণ কৰা e/m ৰ মান হ'ল $1.76\times10^{11}\ C/kg$ ।

প্ৰায় সমসাময়িকভাৱে 1887 চনত আন এটা ঘটনা আবিষ্কাৰ হৈছিল। অতিবেঙুনীয়া ৰশ্মি পৰিলে কিছুমান ধাতুৰ পৃষ্ঠৰ পৰা কম দ্ৰুতিযুক্ত ঋণাত্মকভাৱে আহিত কণা কিছুমান নিৰ্গত হয়। অন্যহাতে কিছুমান ধাতুক উচ্চ উষ্ণতালৈ গৰম কৰিলেও সিহঁতৰ পৰা ঋণাত্মকভাৱে আহিত কণা নিৰ্গত হয়। এই সকলোবিলাক কণাৰে e/m ৰ মান কেথড্ ৰশ্মিৰ e/m ৰ সমান পোৱা হৈছিল। গতিকে যদিও বেলেগ বেলেগ পৰিবেশত এই কণাবোৰৰ সৃষ্টি হৈছিল, সিহঁতৰ প্ৰকৃতি একেই আছিল। 1897 চনত জে.জে. থমচনে এই কণাবোৰক 'ইলেক্ট্ৰন' নাম দিছিল আৰু 'উনুকিয়াইছিল যে এইবোৰ সকলো পদাৰ্থৰে এক মৌলিক আৰু বিশ্বজনীন অংগ। গেচৰ মাজেৰে হোৱা প্ৰৱাহৰ ওপৰত কৰা তাত্বিক আৰু পৰীক্ষাত্মক দুয়োধৰণৰ গৱেষণাৰ জৰিয়তে 'ইলেক্‌ট্ৰন' আৱিষ্কাৰ কৰি থমচনে যি এক নতুন যুগৰ সূচনা কৰিলে তাৰ কাৰণে 1906 চনত তেওঁক পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ নবেল পুৰষ্কাৰেৰে বিভূষিত কৰা হ'ল। 1913 চনত আমেৰিকান পদাৰ্থবিদ আৰ. এ.মিলিকানে (1868-1953)তেওঁৰ বিখ্যাত তেলৰ-টোপাল পৰীক্ষাৰে ইলেক্‌ট্ৰন আধান অতি সূক্ষ্মভাৱে জুখি উলিয়ায়। তেওঁ দেখিছিল যে তেলৰ ক্ষুদ্ৰ টোপাল এটাৰ আধান সদায় এক প্ৰাথমিক আধান 1.602×10^{-19} C ৰ অখণ্ড গুণিতকৰ সমান হয়। মিলিকানৰ পৰীক্ষাই দৃঢ়ভাৱে প্ৰতিষ্ঠা কৰিলে যে আধান কেৱল কোৱাণ্টাম হিচাপেহে পাব পাৰি। ইলেক্‌ট্ৰনৰ আধান (e) আৰু আপেক্ষিক আধানৰ e/m মানৰ পৰা ইয়াৰ ভৰো (m) নিৰ্দ্ধাৰিণ কৰিব পাৰি।

11.2 ইলেক্‌ট্ৰন নিৰ্গমন (Electron Emission)

আমি জানো যে ধাতুত থকা ঋণাত্মক মুক্ত ইলেক্‌ট্ৰন বোৰেই ধাতুক পৰিবাহী গুণ প্ৰদান কৰে। কিন্তু এই মুক্ত ইলেক্‌ট্ৰনবোৰ ধাতুপৃষ্ঠৰ পৰা সাধাৰণ উষ্ণতাত ওলাই আহিব নোৱাৰে। ধৰা, এটা ইলেক্‌ট্ৰন ধাতুৰ পৃষ্ঠৰ পৰা ওলাই আহিব খুজিছে। তেতিয়া লগে লগে ধাতুৰ পৃষ্ঠখন ধনাত্মভাৱে আহিত হয় আৰু ইলেক্‌ট্ৰনটোক পুনৰ ধাতুলৈ টানি লৈ যায়। গতিকে, এই মুক্ত ইলেক্‌ট্ৰনবোৰ ধাতুৰ আয়নবোৰৰ আকৰ্ষণৰ কাৰণে ধাতুপৃষ্ঠতে আৱদ্ধ হৈ থাকে। কিন্তু যদি এই আকৰ্ষণী বলক অতিক্ৰম কৰিব পৰাকৈ ইলেক্‌ট্ৰনটোৰ পৰ্যাপ্ত পৰিমাণৰ শক্তি থাকে তেনেহ'লে ই ধাতু-পৃষ্ঠৰ পৰা মুক্ত হৈ আহিব। ধাতুৰ পৃষ্ঠৰ পৰা মুক্ত হ'বলৈ ইলেক্‌ট্ৰনটোক এক নিম্নতম শক্তিৰ প্ৰয়োজন। যি নিম্নতম শক্তি যোগান ধৰিলে ধাতুপৃষ্ঠৰ পৰা ইলেক্‌ট্ৰন এটা মুক্ত হৈ ওলাই আহিব পাৰে সেই শক্তিক ধাতু-পৃষ্ঠ খনৰ **কাৰ্য-ফলন** (work-function) বুলি কোৱা হয়। ইয়াক সাধাৰণতে ϕ_0 (উচ্চাৰণ-ফাই নট) চিহ্নেৰে বুজোৱা হয় আৰু ইলেক্‌ট্ৰন-ভল্ট (eV) এককত জোখা হয়। 1 ভল্ট বিভৱ-ভেদৰ দ্বাৰা ত্বৰান্বিত কৰিলে এটা ইলেক্‌ট্ৰনে যিমান গতি-শক্তি লাভ কৰে তাকেই 1eV বুলি কোৱা হয়। গতিকে $1eV = 1.602\times10^{-19}$ জুল।

শক্তিৰ এই একক (eV) সাধাৰণতে পাৰমাণৱিক আৰু নিউক্লীয় পদাৰ্থ বিজ্ঞানত ব্যৱহাৰ কৰা হয়। কাৰ্যফলন (ϕ_0) ধাতুটোৰ ধৰ্ম আৰু পৃষ্ঠভাগৰ প্ৰকৃতিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। তালিকা 11.1 ত কিছুমান ধাতুৰ কাৰ্য-ফলনৰ মান দিয়া হৈছে। মনত ৰাখিবা, এই মানবোৰ মোটা-মুটি ভাবেহে শুদ্ধ; কাৰণ ইয়াৰ মান পৃষ্ঠ-ভাগৰ বিশুদ্ধতাৰ ওপৰত বাৰুকৈয়ে নিৰ্ভৰশীল। তালিকাখনলৈ (11.1) ভালদৰে মন কৰিলে দেখিবা যে প্লেটিনামৰ কাৰ্যফলনৰ মান সৰ্বোচ্চ ($\phi_0 = 5.65eV$) আৰু চিজিয়ামৰ (Caesium) সৰ্বনিম্ন ($\phi_0 = 2.14eV$) ।

ধাতুৰ পৃষ্ঠৰ পৰা ইলেক্ট্ৰন নিৰ্গত কৰিবলৈ যি নিম্নতম শক্তিৰ প্ৰয়োজন সেই শক্তি নিম্নোক্ত যি কোনো ভৌতিক উপায়েৰে যোগান ধৰিব পাৰি ঃ

(i) *তাপ-আয়নীয় নিৰ্গমন* ঃ

ধাতু এটাক উত্তপ্ত কৰিলে তাত থকা মুক্ত ইলেক্ট্ৰনবোৰে তাপীয় শক্তি আহৰণ কৰি পৃষ্ঠৰ পৰা ওলাই আহিব পাৰে। ইয়াক তাপ-আয়নীয় নিৰ্গমন বুলি কোৱা হয়।

ii) *ক্ষেত্ৰীয় নিৰ্গমন* ঃ

অতি উচ্চ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ (প্ৰায় $10^8\, Vm^{-1}$) প্ৰয়োগ কৰিও ধাতু- পৃষ্ঠৰ পৰা ইলেক্ট্ৰন টানি উলিয়াই আনিব পাৰি। প্লাগত বা চুইচত স্পাৰ্ক কৰা ঘটনাটোত এইটোকে ঘটে।

(iii) *আলোক-বৈদ্যুতিক নিৰ্গমন* (Photo-electric Emission) ঃ

ধাতুভেদে এক নিৰ্দ্দিষ্ট মানতকৈ বেছি কম্পনাংকৰ পোহৰ যেতিয়া কিছুমান ধাতুৰ ওপৰত পৰে তেতিয়াও ধাতুৰ পৃষ্ঠৰ পৰা ইলেক্ট্ৰন নিৰ্গমন হয়। এই ইলেক্ট্ৰনবোৰক আলোক বৈদ্যুতিক ইলেক্ট্ৰন বা ফট'ইলেক্ট্ৰন বুলি কোৱা হয়।

তালিকা 11.1 কিছুমান ধাতুৰ কাৰ্য-ফলন

ধাতু	কাৰ্য-ফলন ϕ_o (eV)	ধাতু	কাৰ্য-ফলন ϕ_o (eV)
C_s	2.14	Al	4.28
K	2.30	Hg	4.49
Na	2.75	Cu	4.65
Ca	3.20	Ag	4.70
Mo	4.17	Ni	5.15
Pb	4.25	Pt	5.65

11.3 আলোক-বৈদ্যুতিক প্ৰভাৱ (Photoelectric Effect)

11.3.1 হাৰ্জৰ নিৰীক্ষণ (Hertz's observation)

আলোক-বৈদ্যুতিক প্ৰভাৱ হাৰ্জৰ আৱিষ্কাৰ। বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় তৰংগৰ ওপৰত পৰীক্ষা-নিৰীক্ষা কৰি থাকোতেই 1887 চনত হাৰ্জে এই পৰিঘটনা লক্ষ্য কৰিছিল। স্পাৰ্ক-ডিছ্চাৰ্জৰ সহায়ত বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় তৰংগৰ সৃষ্টি কৰি সংসূচকৰ (detector) সহায়ত সেইবোৰ ধৰা পেলাওতে তেওঁ এটা বিশেষ কথা মন কৰিলে। বিদ্যুৎচুম্বকীয় তৰংগৰ সৃষ্টিৰ কাৰণে ব্যৱহাৰ কৰা নিৰ্গমক (emitter) প্লেটত যদি অতিবেঙুনীয়া ৰশ্মি আপতিত কৰা হয় তেনেহ'লে ডিটেক্টৰত গ্ৰহণ কৰা তৰংগৰ প্ৰাৱল্য বৃদ্ধি পায়। ইয়াৰ কাৰণ এইটোৱে হ'ব পাৰে যে ধাতুৰ পাতত আপতিত ৰশ্মিয়ে কিবা প্ৰকাৰে তাৰ পৰা ইলেক্টন উলিয়াই আনিবলৈ সক্ষম হৈছে। ধাতুৰ পৃষ্ঠভাগত থকা ইলেক্টনে পোহৰৰ পৰা শক্তি আহৰণ কৰি ধনাত্মক আয়নবোৰে প্ৰয়োগ কৰা আকৰ্ষণী বল অতিক্ৰম কৰিবলৈ সক্ষম হৈছে আৰু ফলত ধাতুৰ পৃষ্ঠৰ পৰা মুক্ত হৈ ওলাই আহিব পাৰিছে।

11.3.2 হ'লবাচ্ আৰু লেনাৰ্ডৰ নিৰীক্ষণ (Hallwachs' and Lenard's observations) :

Daily Assam

1896 ৰ পৰা 1902 চনলৈকে এই সময়চোৱাত উইলহেম্ হ'লবাচ আৰু ফিলিপ লেনাৰ্ড নামৰ দুজন বিজ্ঞানীয়ে আলোক বৈদ্যুতিক পৰিঘটনাৰ ওপৰত বহুতো পৰীক্ষা-নিৰীক্ষা চলাইছিল।

লেনাৰ্ডৰ পৰীক্ষাটো চিত্ৰ 11.1 ত দেখুওৱা হৈছে। বায়ুশূন্য কাঁচৰ নলীএটাৰ দুয়োমূৰে থকা ধাতৰ ইলেক্‌ট্ৰডৰ কেথডত অতিবেঙুনীয়া পোহৰ পৰিব দিলে বৰ্তনীটোত এক বিদ্যুৎপ্ৰবাহৰ সৃষ্টি হয়। অতিবেঙুনীয়া ৰশ্মি বন্ধ কৰিলে লগে লগে প্ৰবাহো বন্ধ হয়। ইয়াৰ পৰা আমি এইটোকে ঠাঁৱৰ কৰিব পাৰো যে অতিবেঙুনীয়া ৰশ্মিয়ে কেথডৰ (c) পৰা ইলেক্‌ট্ৰন নিৰ্গত কৰে আৰু সেই ইলেক্‌ট্ৰনবোৰক বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰই ধনাত্মক সংগ্ৰাহক প্লেট A লৈ আৰ্কষণ কৰি আনি প্ৰবাহৰ সৃষ্টি কৰে। গতিকে কাঁচৰ নলীত থকা নিৰ্গমন প্লেটত অৰ্থাৎ কেথডত আপতিত ৰশ্মিয়ে বহিঃবৰ্তনীত এক বিদ্যুৎ-প্ৰবাহৰ সৃষ্টি কৰিছে। এই প্ৰবাহক আলোক-বৈদ্যুতিক প্ৰবাহ বোলা হয়। কাঁচৰ নলীৰ কালেক্টৰ প্লেটৰ বিভৱ, আপতিত পোহৰৰ কম্পনাংক আৰু প্ৰাবল্যৰ ওপৰত আলোকবৈদ্যুতিক প্ৰভাব কিদৰে নিৰ্ভৰ কৰে সেই বিষয়ে লেনাৰ্ড আৰু হ'লবাছে বিশদভাৱে পৰীক্ষা চলাইছিল।

1888 চনত হ'লবাছে এই বিষয়ে এটা বেলেগ পৰীক্ষা কৰিছিল। ইলেক্ট্ৰস্কোপ যন্ত্ৰ এটাত ঋণাত্মকভাৱে আহিত জিংক (Zn) পাত এখন ব্যৱহাৰ কৰি দেখিলে যে পাতখনত অতিবেঙুনীয়া ৰশ্মি আপতিত হ'লে ই ইয়াৰ ঋণাত্মক আধান হেৰুৱায়। তদুপৰি, অনাহিত জিংক পাত এখনত অতিবেঙুনীয়া ৰশ্মি পৰিলে ই ধনাত্মকভাৱে আহিত হয়। আনহাতে ধনাত্মকভাৱে আহিত জিংকৰ পাত ব্যৱহাৰ কৰি তাত অতিবেঙুনীয়া ৰশ্মি পৰিলে ইয়াৰ ধনাত্মক আধানৰ সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। এই পৰীক্ষাসমূহৰ পৰা তেওঁ সিদ্ধান্ত কৰিলে যে, জিংকৰ পাতত অতি-বেঙুনীয়া ৰশ্মি পৰিলে তাৰ পৰা ঋণাত্মকভাৱে আহিত কণা নিৰ্গত হয়।

1897 চনত ইলেক্‌ট্ৰনৰ আৱিষ্কাৰৰ পাচত এইটো স্পষ্ট হ'ল যে এই নিৰ্গত কণাবোৰ ইলেক্‌ট্ৰনৰ বাহিৰে আন একো নহয়। নিৰ্গমন প্লেটৰ পৰা ওলোৱা এই ঋণাত্মক ইলেক্‌ট্ৰন বোৰক বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰই এনড্ অৰ্থাৎ ধনাত্মক প্লেটলৈকে আকৰ্ষিত আৰু ফলত বৰ্তনীত এক বিদ্যুৎ-প্ৰবাহৰ সৃষ্টি হয়। তেওঁলোকে আৰু এটা কথা লক্ষ্য কৰিলে যে, আপতিত ৰশ্মিৰ কম্পনাংক যদি এক নিৰ্দ্দিষ্ট নূন্যতম মানতকৈ কম হয় তেতিয়াহ'লে ইলেক্‌ট্ৰন একেবাৰে নিৰ্গত নহয়। কম্পনাংকৰ এই নূন্যতম মানক **প্ৰাৰম্ভিক কম্পনাংক** বোলা হয়। নূন্যতম কম্পনাংকৰ মান নিৰ্গমন প্লেট অৰ্থাৎ ধাতুটোৰ ধৰ্মৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে।

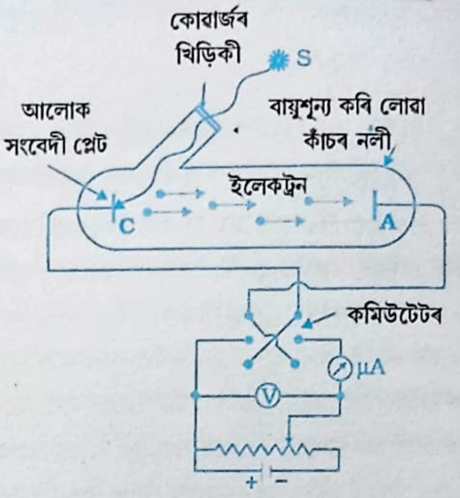
তেওঁলোকৰ পৰীক্ষাত দেখা গৈছিল যে কিছুমান ধাতু যেনে জিংক; কেড্‌মিয়াম, মেগনেচিয়াম ইত্যাদিৰ পৰা অকল কম তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ অতিবেঙুনীয়া ৰশ্মিয়েহে ইলেক্‌ট্ৰন নিৰ্গত কৰিব পাৰে। কিন্তু লিথিয়াম; চদিয়াম, পটাচিয়াম, চিজিয়াম আৰু ৰুবিডিয়াম প্ৰভৃতি ক্ষাৰক ধাতুৰ (alkali metals) পৰা দৃশ্যমান পোহৰৰ (visible light) ৰশ্মিয়েও ইলেক্‌ট্ৰন নিৰ্গত কৰিব পাৰে। নূন্যতম তৰংগ দৈৰ্ঘ্যতকৈ বেছি তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ পোহৰেৰে আলোকিত কৰিলে এই সকলোবোৰ **আলোক-সংবেদী পদাৰ্থৰ** (photosensitive substance) পৰা ইলেক্‌ট্ৰন নিৰ্গত হয়। এই পৰিঘটনাক কোৱা হয় **আলোক-বৈদ্যুতিকপ্ৰভাৱ বা ফট'ইলেক্‌ট্ৰিক প্ৰভাৱ** (photoelectric effect) আৰু এইদৰে নিৰ্গত ইলেক্‌ট্ৰনক কোৱা হয় **ফট'ইলেক্‌ট্ৰন** (Photoelectron)।

11.4 আলোক-বৈদ্যুতিক প্ৰভাৱৰ পৰীক্ষামূলক অধ্যয়ন (Experimental Study of Photoelectric Effect)

আলোক-বৈদ্যুতিক প্ৰভাৱৰ পৰীক্ষামূলক অধ্যয়নৰ কাৰণে ব্যৱহৃত সজ্জাৰ চিত্ৰ দেখুওৱা হৈছে

Daily Assam

চিত্ৰ 11.1 ত। এটা বায়ুশূন্য কাঁচৰ অথবা কোৱাৰ্জৰ নলীৰ ভিতৰত দুখন ধাতুৰ প্লেট থাকে। ইয়াৰে এখন আলোক-সংবেদী পাত C আৰু আনখন যিকোনো ধাতুৰ পাত A। একবৰ্ণী পোহৰৰ উৎস S ৰ পৰা খুব কম তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ পোহৰ W খিড়িকীৰে পাৰ হৈ আলোক সংবেদী প্লেট C (বিকীৰক, emitter) ত আপতিত হয়। এই আলোকসংবেদী বিকীৰক প্লেটৰ পৰা নিৰ্গত হোৱা ইলেকট্ৰনবোৰক বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনে কালেক্টৰ প্লেট A লৈ টানি নিয়ে। প্লেট C আৰু A ৰ মাজৰ বিভৱ ভেদ এটা বেটেৰী সহায়ত প্ৰয়োগ কৰা হয়। এটা কমিউটেটৰৰ সহায়ত প্লেটদুখনৰ মাজৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ দিশো পৰিবৰ্তন কৰিব পাৰি। গতিকে A প্লেটখনক C ৰ সাপেক্ষে বিচৰা মতে যি কোনো ধনাত্মক অথবা ঋণাত্মক বিভৱত ৰাখিব পাৰি। কালেক্টৰ প্লেট (A) খন C ৰ সাপেক্ষে ধনাত্মক হৈ থাকিলে ইইলেকট্ৰনবোৰ আকৰ্ষণ কৰে আৰু বৰ্তনীটোত এক প্ৰৱাহৰ সৃষ্টি কৰে। A আৰু C প্লেটৰ মাজৰ বিভদ ভেদ জুখিবলৈ ভল্টমিটাৰ আৰু বিদ্যুৎ প্ৰৱাহ জুখিবলৈ সাধাৰণতে এটা মাইক্ৰ'এমিটাৰ (μA) ব্যৱহাৰ কৰা হয়। বিকীৰক প্লেট C ৰ সাপেক্ষে কালেক্টৰ প্লেট A ৰ বিভৱভেদ বঢ়াই বা কমাই আলোকবৈদ্যুতিক প্ৰৱাহ বঢ়াব-কমাব পাৰি। আপতিত পোহৰৰ তীব্ৰতা আৰু কম্পনাংকও বঢ়োৱা কমোৱা কৰিব পাৰি। ঠিক একেদৰে C আৰু A ৰ মাজৰ বিভৱভেদো কম-বেছি কৰিব পাৰি।



চিত্ৰ 11.1
আলোকবৈদ্যুতিক প্ৰভাৱ অধ্যয়নৰ পৰীক্ষাৰ নক্সা

আলোক-বৈদ্যুতিক প্ৰৱাহ কিদৰে (ক)বিকীৰণৰ তীব্ৰতা (খ) আপতিত পোহৰৰ কম্পনাংক (গ) C আৰু A প্লেটৰ মাজৰ বিভৱ ভেদ আৰু (ঘ) C প্লেটৰ প্ৰকৃতিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। তাক চিত্ৰ 11.1 ত দেখুওৱা পৰীক্ষাটোৰ সহায়ত অধ্যয়ন কৰিব পৰা যায় উৎসৰ পৰা অহা পোহৰৰ গতিপথত ৰঙীণ ফিল্টাৰ অথবা কাঁচ ব্যৱহাৰ কৰি বেলেগ বেলেগ কম্পনাংকৰ পোহৰ বিকীৰক পাত C ত আপতিত কৰিব পাৰি। আনহাতে পাত C ৰে পৰা পোহৰ উৎসটোৰ দূৰত্ব সলনি কৰি পোহৰৰ প্ৰাবল্য সলনি কৰিব পাৰি।

11.4.1 আলোক বৈদ্যুতিক প্ৰৱাহৰ ওপৰত পোহৰৰ তীব্ৰতাৰ প্ৰভাৱ।

(Effect of intensity of light on photocurrent)

উক্ত প্ৰভাৱ অধ্যয়নৰ কাৰণে প্ৰথমতে কালেক্টৰ প্লেট A ক বিকীৰক প্লেট C ৰ সাপেক্ষে ধনাত্মক বিভৱত ৰখা হয়। এনে অৱস্থাত নিৰ্গত ইলেক্টনবোৰক কালেক্টৰ A ই টানি আনিব। আপতিত পোহৰৰ কম্পনাংক আৰু C আৰু A ৰ মাজৰ বিভৱ ভেদ ধ্ৰুৱক ৰাখি পোহৰৰ তীব্ৰতা সলনি কৰা হয় আৰু প্ৰতিবাৰতে আলোক-বৈদ্যুতিক প্ৰবাহৰ জোখ লোৱা হয়। এতিয়া পোহৰৰ তীব্ৰতা আৰু প্ৰৱাহৰ লেখ অংকন কৰিলে দেখা যায় যে এই লেখ এক সৰলৰেখা হয় (চিত্ৰ 11.2)। অৰ্থাৎ পোহৰৰ তীব্ৰতা আৰু আলোকবৈদ্যুতিক প্ৰবাহ পৰস্পৰ সমানুপাতিক। এইটো সহজে

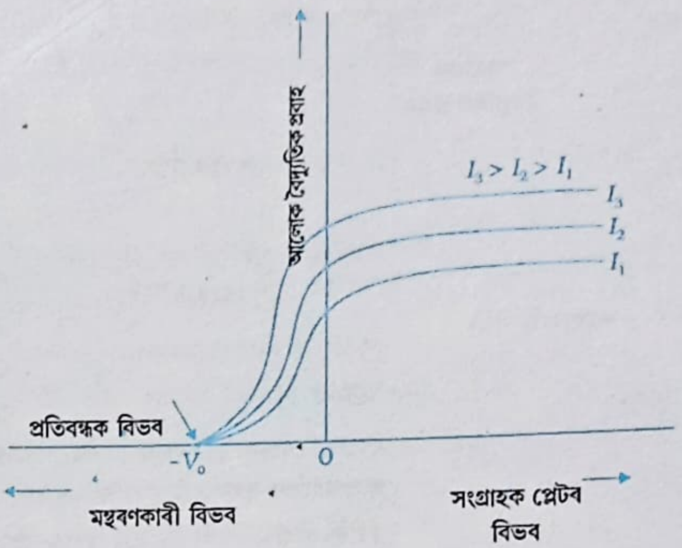
চিত্ৰ 11.2 পোহৰৰ প্ৰাবল্য আৰু আলোকবৈদ্যুতিক প্ৰৱাহৰ মাজৰ লেখ।

বোধগম্য যে, বিকীৰক পাত C ৰ পৰা প্ৰতিছেকেণ্ডত নিৰ্গত ইলেক্‌ট্ৰনৰ সংখ্যা আৰু বৰ্তনীত হোৱা প্ৰৱাহ পৰস্পৰ সমানুপাতিক। গতিকে ইয়াৰ পৰা সিদ্ধান্ত হ'ল যে, বিকীৰক পাত C ৰ পৰা প্ৰতি ছেকেণ্ডত নিৰ্গত ইলেক্‌ট্ৰনৰ সংখ্যা আপতিত পোহৰৰ প্ৰাবল্যৰ সমানুপাতিক।

11.4.2 আলোক বৈদ্যুতিক প্ৰৱাহৰ ওপৰত বিভৱভেদৰ প্ৰভাব

(Effect of potential on photoelectric current)

প্ৰথমতে প্লেট A খনক প্লেটৰ সাপেক্ষে ধনাত্মক বিভৱত ৰাখি এক নিৰ্দিষ্ট কম্পনাংক ν আৰু প্ৰাবল্য I_1 ৰ পোহৰ C প্লেটত আপতিত হ'ব দিয়া হয়। এতিয়া লাহে লাহে Aৰ ধনাত্মক বিভৱ বঢ়াই প্ৰতিবাৰতে আলোকবৈদ্যুতিক প্ৰৱাহৰ মান জোখা হয়। দেখা যায় যে ত্বৰণকাৰী ধনাত্মক বিভৱ বঢ়োৱাৰ লগে লগে প্ৰৱাহৰ মানো বাঢ়ি যায়। Aপ্লেটৰ ধনাত্মক বিভৱৰ এক বিশেষ মানত প্ৰৱাহ সৰ্বোচ্চ হয় আৰু ইয়াৰ পাচত বিভৱ বঢ়ালেও প্ৰৱাহৰ মান নাবাঢ়ে। অৰ্থাৎ প্ৰৱাহে সংপৃক্ত মান পায়। এই অৱস্থাত প্লেট C ৰ পৰা নিৰ্গত হোৱা সকলোবোৰ ইলেক্‌ট্ৰনকে কালেক্টৰ প্লেট A ত প্ৰয়োগ কৰা বিভৱে টানি আনে। আলোকবৈদ্যুতিক প্ৰৱাহৰ এই সৰ্বোচ্চ মানক **সংপৃক্ত প্ৰৱাহ** বুলি কোৱা হয়।



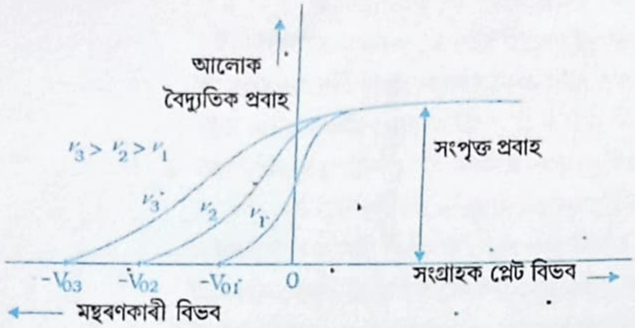
চিত্ৰ 11.3 আপতিত পোহৰৰ বেলেগ বেলেগ স্থিৰ প্ৰাবল্যৰ কাৰণে আলোকবৈদ্যুতিক প্ৰৱাহ আৰু কালেক্টৰ প্লেটৰ বিভৱৰ মাজৰ সম্পৰ্ক।

এইবাৰ প্লেট A ক C ৰ সাপেক্ষে ঋণাত্মক বিভৱত ৰখা হয় আৰু ক্ৰমান্বয়ে এই ঋণাত্মক বিভৱৰ মান বঢ়াই গৈ থকা হয়। কালেক্টৰ প্লেট A ৰ ঋণাত্মক বিভৱে C ৰ পৰা নিৰ্গত ইলেক্‌ট্ৰনবোৰক বিকৰ্ষণ কৰিব, ফলত অতি শক্তিশালী কিছুমান ইলেক্‌ট্ৰনেহে A পাত ঢুকি পাবলৈ সমৰ্থ হ'ব। A প্লেটত প্ৰয়োগ কৰা ঋণাত্মক বিভৱ বঢ়ালে প্ৰবাহৰ মান দ্ৰুতভাৱে হ্ৰাস পায় আৰু A প্লেটৰ বিশেষ এক ঋণাত্মক বিভৱৰ V_0ৰ কাৰণে প্ৰৱাহৰ মান শূন্য হয়। **আপতিত পোহৰৰ স্থিৰ কম্পনাংকৰ কাৰণে কালেক্টৰ প্লেট A ত যি নিম্নতম ঋণাত্মক বিভৱ প্ৰয়োগ কৰিলে প্ৰৱাহৰ মান শূন্য হয়, সেই ঋণাত্মক বিভৱক প্ৰতিবন্ধক-বিভৱ (stopping potential) বা বিৰাম বিভৱ** বোলা হয়। আচলতে, প্লেট C ৰ পৰা নিৰ্গত সকলোবোৰ ইলেক্‌ট্ৰনৰ সমান গতিশক্তি নাথাকে। A প্লেটত প্ৰয়োগ কৰা ঋণাত্মক বিভৱে যেতিয়া সৰ্বোচ্চ গতিসম্পন্ন (K_{max}) ইলেক্‌ট্ৰনটোকো বিকৰ্ষণ কৰে,তেতিয়া প্ৰৱাহৰ মান শূন্য হয়। গতিকে সৰ্বোচ্চ গতিশক্তি K_{max} হ'লে, প্ৰতিবন্ধক বিভৱ V_0 ৰ লগত সম্পৰ্ক হ'ব,

$$K_{max} = eV_0 \quad (11.1)$$

আপতিত পোহৰৰ কম্পনাংক একে ৰাখি প্ৰাবল্য বেলেগ বেলেগ কৰি পৰীক্ষা পুনৰ কৰিব পাৰি। আপতিত পোহৰৰ তিনিটা বেলেগ বেলেগ প্ৰাবল্যৰ কাৰণে কালেক্টৰ প্লেট বিভৱ আৰু প্ৰবাহৰ সম্পৰ্ক চিত্ৰ 11.3 ত দেখুওৱা হৈছে। দেখা যায় যে, পোহৰৰ প্ৰাবল্য বঢ়োৱাৰ লগে লগে সংপৃক্ত প্ৰবাহৰ (saturation current) মানো বাঢ়ি যায়। অৰ্থাৎ প্ৰাবল্য বঢ়োৱাৰ লগে লগে প্ৰতি ছেকেণ্ডত নিৰ্গত ইলেক্টনৰ সংখ্যাও বাঢ়ি যায়। কিন্তু প্ৰতি বন্ধক-বিভৱৰ মান একে থাকে, পোহৰৰ প্ৰাবল্যৰ ওপৰত ই নিৰ্ভৰ নকৰে। **গতিকে নিৰ্দিষ্ট কম্পনাংকৰ আপতিত বিকীৰণৰ বাবে প্ৰতিবন্ধক বিভৱ (stopping potential) ইয়াৰ প্ৰাবল্যৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে।** অৰ্থাৎ ফটইলেক্‌ট্ৰনৰ সৰ্বোচ্চ গতি-শক্তি পোহৰৰ উৎসৰ কম্পনাংক আৰু আলোক-সংবেদী ধাতুৰ পাতৰ প্ৰকৃতিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল, কিন্তু পোহৰৰ প্ৰাবল্যৰ ওপৰত ই নিৰ্ভৰ নকৰে।

Daily Assam



চিত্ৰ 11-4

11.4.3 প্ৰতিবন্ধক বা বিৰাম-বিভৱৰ ওপৰত আপতিত পোহৰৰ কম্পনাংকৰ প্ৰভাৱ
(Effect of frequency of incident radiation on stopping potential)

এতিয়া আমি আপতিত পোহৰৰ কম্পনাংক ν আৰু প্ৰতিবন্ধক-বিভৱ V_0ৰ মাজত থকা সম্পৰ্কৰ বিষয়ে অধ্যয়ন কৰিম। বেলেগ বেলেগ কম্পনাংক কিন্তু একে প্ৰাবল্যৰ আপতিত পোহৰৰ কাৰণে কালেক্টৰ প্লেটৰ বিভৱ সলনি কৰি আলোকবৈদ্যুতিক প্ৰবাহৰ পৰিবৰ্তন জোখা হয়। কালেক্টৰ বিভৱ আৰু প্ৰবাহৰ এই লেখ চিত্ৰ 11.4 ত দেখুওৱা হৈছে। কিন্তু সংপৃক্ত প্ৰবাহৰ মান একে পোৱা গৈছে। বেলেগ বেলেগ প্ৰতিবন্ধক-বিভৱ পোৱাৰ কাৰণ হৈছে যে, নিৰ্গত ইলেক্ট্ৰনৰ গতি-শক্তি আপতিত পোহৰৰ কম্পনাংকৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল। আপতিত পোহৰৰ কম্পনাংক বাঢ়িলে প্ৰতিবন্ধক-বিভৱৰ মানো বাঢ়ে। চিত্ৰ 11.4ৰ পৰা মন কৰা যে, যদি কম্পনাংকবোৰ ক্ৰমে $\nu_3 > \nu_2 > \nu_1$ হয় তেনেহ'লে সিহঁতৰ সংলগ্ন প্ৰতিবন্ধক-বিভৱৰ মানবোৰ হব $V_{03} > V_{02} > V_{01}$। ইয়াৰ পৰা আমি এইটোকে ঠাৱৰ কৰিব পাৰো যে, আপতিত পোহৰৰ কম্পনাংক বাঢ়িলে নিৰ্গত ইলেক্ট্ৰনৰ সৰ্বোচ্চ গতি-শক্তিও বৃদ্ধি পায়। গতিকে বেছি গতি-শক্তিৰ ইলেক্ট্ৰনৰ ৰ্গমন বন্ধ কৰিবলৈ কালেক্টৰত বেছি ঋণাত্মক বিভৱৰ প্ৰয়োজন হয়। আপতিত পোহৰৰ কম্পনাংক আৰু লেগ বেলেগ ধাতুৰ কাৰণে প্ৰতিবন্ধক-বিভৱৰ মানৰ লেখ অংকন কৰিলে চিত্ৰ 11.5 ত দেখুওৱা সৰলৰেখা াৰা যায়। এই লেখৰ পৰা আমি পাওঁ যে,

(i) এক নিৰ্দ্দিষ্ট আলোক-সংবেদী পদাৰ্থৰ কাৰণে প্ৰতিবন্ধক-বিভৱ আপতিত পোহৰৰ কম্পনাংকৰ সমানুপাতিক।

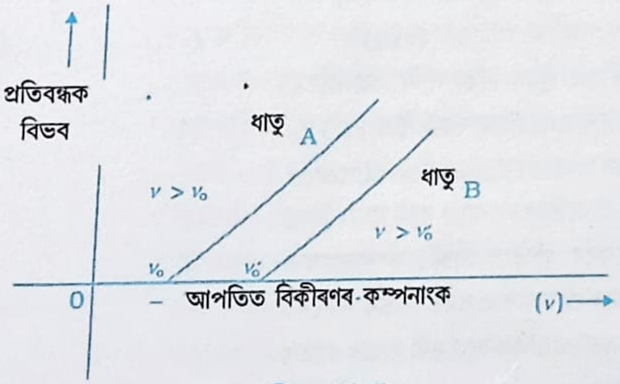
(ii) এক সৰ্বনিম্ন কাট-অফ বা কৰ্তন (Cut Off) কম্পনাংক ν_0ৰ কাৰণে প্ৰতিবন্ধক-বিভৱৰ মান শূন্য হয়।

ওপৰৰ এই নিৰীক্ষণকেইটাই দুটা তাৎপৰ্য বহন কৰেঃ

(i) ফটইলেক্ট্ৰনৰ সৰ্বোচ গতি-শক্তি আপতিত পোহৰৰ কম্পনাংকৰ লগত ৰৈখিকভাৱে বৃদ্ধি পায়, কিন্তু ই পোহৰৰ প্ৰাবল্যৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে।

(ii) আপতিত পোহৰৰ কম্পনাংক ν যদি প্ৰতিবন্ধক-কম্পনাংক ν_0 তকৈ কম হয় তেতিয়া পোহৰৰ প্ৰাবল্য যিমান বেছিয়েই নহওক কিয় ফটইলেক্ট্ৰনৰ নিৰ্গমন সম্ভৱ নহয়।

সৰ্বনিম্ন এই কাট অফ্ কম্পনাংকক প্ৰাৰম্ভিক কম্পনাংক (Threshold frequency) বুলি কোৱা হয়। বেলেগ বেলেগ ধাতুৰ কাৰণে এই কম্পনাংক বেলেগ বেলেগ।



চিত্ৰ 11.5

বেলেগ বেলেগ আলোকসংবেদী পদাৰ্থৰ পোহৰৰ লগত প্ৰতিক্ৰিয়া বেলেগ বেলেগ। জিংক অথবা তামতকৈ চেলেনিয়াম বেছি সংবেদী। একেবিধ আলোকসংবেদী পদাৰ্থই বেলেগ বেলেগ কম্পনাংকৰ পোহৰৰ লগত বেলেগ বেলেগ ধৰণে প্ৰতিক্ৰিয়া কৰে। উদাহৰণস্বৰূপে, অতিবেঙুনীয়া ৰশ্মিয়ে তামৰ পৰা ইলেক্ট্ৰন নিৰ্গত কৰিব পাৰে কিন্তু সেউজীয়া অথবা ৰঙা ৰঙৰ ৰশ্মিয়ে নোৱাৰে।

ওপৰত বৰ্ণনা কৰা পৰীক্ষাসমূহত এটা মন কৰিবলগীয়া

Daily Assam

কথা হ'ল যে, পোহৰৰ কম্পনাংক যদি প্ৰাবন্তিক কম্পনাংকতকৈ বেছি হয় তেতিয়া পোহৰৰ ৰশ্মি যিমানেই নিষ্প্ৰভ নহওঁক কিয় ইলেক্ট্ৰন তাৎক্ষণিকভাৱে নিৰ্গত হয়। পোহৰ আপতিত হোৱাৰ 10^{-9} s অথবা তাতকৈ কম সময়ৰ ভিতৰতে ইলেক্ট্ৰন নিৰ্গত হয় বুলি এতিয়া জনা গৈছে।

এই অনুচ্ছেদত আলোচনা কৰা পৰীক্ষাবোৰৰ বৈশিষ্ট্য আৰু তাৰ পৰা পোৱা সিদ্ধান্তবোৰৰ সংক্ষেপে এনেধৰণৰ ঃ

(i) কোনো নিৰ্দ্দিষ্ট আলোকসংবেদী পদাৰ্থ আৰু প্ৰাবন্তিক কম্পনাংকতকৈ বেছি এক নিৰ্দ্দিষ্ট কম্পনাংকৰ পোহৰৰ কাৰণে আলোকবৈদ্যুতিক প্ৰৱাহ আপতিত পোহৰৰ প্ৰাৱল্যৰ সমানুপাতিক (চিত্ৰ 11.2)

(ii) কোনো এক নিৰ্দ্দিষ্ট আলোক-সংবেদী পদাৰ্থ আৰু নিৰ্দ্দিষ্ট কম্পনাংকৰ পোহৰৰ কাৰণে সংপৃক্ত প্ৰৱাহৰ মান আপতিত পোহৰৰ প্ৰাৱল্যৰ সমানুপাতিক কিন্তু প্ৰতিবন্ধক-বিভৱৰ মান পোহৰৰ প্ৰাৱল্যৰ ওপৰত অনিৰ্ভৰশীল। (চিত্ৰ 11.3)

(iii) প্ৰত্যেক আলোক-সংবেদী পদাৰ্থৰ কাৰণেই এটা নিৰ্দ্দিষ্ট প্ৰাবন্তিক কম্পনাংক আছে। পোহৰৰ কম্পনাংক যদি এই প্ৰাবন্তিক কম্পনাংকতকৈ কম হয় তেনেহ'লে প্ৰাৱল্য যিমানেই নহওক তাৰ পৰা ফটʼইলেক্ট্ৰন নিৰ্গত নহয়। প্ৰাবন্তিক কম্পনাংকৰ ওপৰত প্ৰতিবন্ধক -বিভৱ বা নিৰ্গত ইলেক্ট্ৰনৰ সৰ্বোচ্চ গতি-শক্তি পোহৰৰ কম্পনাংকৰ লগত ৰৈখিকভাৱে বৃদ্ধি পায়; কিন্তু পোহৰৰ প্ৰাৱল্যৰ কোনো প্ৰভাৱ নাই।

(iv) আলোক-বৈদ্যুতিক নিৰ্গমণ এটা তাৎক্ষণিক ঘটনা। আপতিত পোহৰ অত্যন্ত নিষ্প্ৰভ হ'লেও নিৰ্গত ইলেক্ট্ৰনৰ আপাত সময় বিলম্ব (Apparent time- lag) তেনেই নগণ্য (10^{-9}s বা তাতকৈ কম)।

11.5 আলোক-বৈদ্যুতিক প্ৰভাৱ আৰু পোহৰৰ তৰংগ তত্ব (Photoelectric Effect and Wave Theory of Light)

ঊনৈশ শতিকাৰ শেষলৈকে পোহৰৰ তৰংগ তত্ব এক প্ৰতিষ্ঠিত তত্ব হিচাপে সকলোৱে গ্ৰহণ কৰিছিল। পোহৰৰ সমাৱোপণ (interference), অপৱৰ্তন (diffraction) আৰু সমৱৰ্তন (polarization) এই পৰিঘটনাসমূহ তৰংগ তত্বই অতি সুন্দৰভাৱে ব্যাখ্যা কৰিব পাৰিছিল। এই তত্ব মতে পোহৰ হৈছে এক বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় তৰংগ যি এক বৈদ্যুতিক আৰু এক চৌম্বিকক্ষেত্ৰৰ সমষ্টি। এই তৰংগ বিয়পি থকা সমস্ত অঞ্চলত অবিচ্ছিন্নভাৱে চৌম্বিক আৰু বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ জৰিয়তে শক্তি বিস্তাৰিত হৈ থাকে। পোহৰৰ এই তৰংগ তত্বই আলোকবৈদ্যুতিক ঘটনা ব্যাখ্যা কৰিব পাৰেনে নোৱাৰে সেইটো আমি এতিয়া বিচাৰ কৰিম।

পোহৰৰ তৰংগ তত্বৰ মতে, ধাতু পৃষ্ঠত থকা মুক্ত ইলেক্ট্ৰনবোৰে আপতিত পোহৰৰ পৰা শক্তি অবিৰতভাৱে গ্ৰহণ কৰে। পোহৰৰ প্ৰাৱল্য যিমানে বৃদ্ধি পায় সিমানে বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মানো বৃদ্ধি পায়। গতিকে প্ৰাৱল্য বৃদ্ধিৰ লগে লগে প্ৰতিটো ইলেক্ট্ৰনে গ্ৰহণ কৰা শক্তিৰ পৰিমাণো বাঢ়িব লাগে। অৰ্থাৎ পোহৰৰ প্ৰাৱল্য বৃদ্ধিৰ লগে লগে নিৰ্গত ইলেক্ট্ৰনৰ সৰ্বোচ্চ গতি-শক্তিও বাঢ়িব লাগে। আনহাতে, কম্পনাংক যিয়েই নহওক কিয়, পৰ্যাপ্ত পৰিমাণৰ প্ৰাৱল্যৰ পোহৰ বেছি সময় আপতিত হ'ব দিলে ই ধাতু পৃষ্ঠৰ পৰা ইলেক্ট্ৰন নিৰ্গত কৰিবলৈ যি নিম্নতম শক্তিৰ প্ৰয়োজন সেইখিনি যোগান ধৰিব পাৰিব লাগে। গতিকে ইলেক্ট্ৰন নিৰ্গত কৰিবলৈ আপতিত পোহৰৰ কোনো প্ৰাৱন্তিক কম্পনাংক (Threshold frequency) থাকিব নালাগে। কিন্তু তৰংগ তত্বৰ এই সিদ্ধান্ত পৰীক্ষাৰ পৰা পোৱা আৰু অনুচ্ছেদ 11.4.3 ত উল্লেখ কৰা নিৰীক্ষণ (i), (ii) আৰু (iii) ৰ পৰিপন্থী

তদুপৰি, পোহৰৰ তৰংগ তত্ব মতে ইলেক্ট্ৰনে সমগ্ৰ তৰংগমুখৰ (wavefront) পৰা নিৰবচ্ছিন্নভাৱে শক্তি শোষণ কৰে। ধাতুপৃষ্ঠত থকা মুক্ত ইলেক্ট্ৰনৰ সংখ্যা যিহেতু খুব বেছি, গতিকে প্ৰতিটো ইলেক্ট্ৰনে প্ৰতি একক সময়ত শোষণ কৰা শক্তিৰ পৰিমাণ খুবেই কম। গণনা কৰি দেখা গৈছে যে, এটা ইলেক্ট্ৰনে

Daily Assam

Daily Assam

ধাতুৰ কাৰ্য-ফলনৰ (work-function) মান অতিক্ৰম কৰি নিৰ্গত হ'বলৈ যি নিম্নতম শক্তিৰ প্ৰয়োজন, সেইখিনি গ্ৰহণ কৰোতেই কেবাঘণ্টা বা ততোধিক সময়ৰ প্ৰয়োজন। কিন্তু আমি ইতিমধ্যে পাই আহিছো যে (নিৰীক্ষণ iv) আলোক-বৈদ্যুতিক ঘটনাত ইলেক্ট্ৰন তাৎক্ষণিকভাৱেই নিৰ্গত হয়। মুঠতে কবলৈ গ'লে, পোহৰৰ তৰংগ তত্বই আলোক-বৈদ্যুতিক ঘটনাৰ মূল বৈশিষ্টসমূহ ব্যাখ্যা কৰিব নোৱাৰে।

11.6 আইনষ্টাইনৰ আলোক-বৈদ্যুতিক সমীকৰণ ঃ বিকীৰণ শক্তি গোট

(Einstein's Photoelectric Equation : Energy Quantum of Radiation)

আলোক-বৈদ্যুতিক ঘটনাৰ ব্যাখ্যা আগবঢ়াবলৈ 1905 চনত এলবাৰ্ট আইনষ্টাইনে (1879-1955) বিদ্যুৎচুম্বকীয় তৰংগ সম্পৰ্কে এক যুগান্তকাৰী নতুন ধাৰণা দাঙি ধৰিলে। এই ধাৰণামতে, বিকীৰণৰ পৰা শক্তিৰ অবিচ্ছিন্ন শোষণৰ দ্বাৰা আলোক-বৈদ্যুতিক ঘটনা সংঘটিত নহয়। বিকীৰণ শক্তি দৰাচলতে কিছুমান বিচ্ছিন্ন শক্তিৰ গোট-যাক কোৱা হয় বিকীৰণ শক্তিৰ কোৱাণ্টাম বুলি। বিকীৰণ শক্তিৰ প্ৰত্যেকটো কোৱাণ্টামৰে শক্তি হ'ল $h\nu$, য'ত h হৈছে প্লাংকৰ ধ্ৰুৱক (Planck's Constant) আৰু ν হৈছে বিকীৰণৰ কম্পনাংক। আলোক-বৈদ্যুতিক ঘটনাত এটা ইলেক্ট্ৰনে এটা কোৱাণ্টামৰ '$h\nu$' পৰিমাণৰ শক্তি শোষণ কৰি লয়। এই কোৱাণ্টাম শক্তি '$h\nu$'ৰ পৰিমাণ যদি ইলেক্ট্ৰনটো ধাতু-পৃষ্ঠৰ পৰা মুক্ত হবলৈ প্ৰয়োজন হোৱা নিম্নতম শক্তি অৰ্থাৎ কাৰ্য-ফলন (ϕ_0) তকৈ বেছি হয় তেতিয়া ইলেক্ট্ৰনটো ধাতুপৃষ্ঠৰ পৰা নিৰ্গত হব আৰু ইয়াৰ সৰ্বোচ্চ গতিশক্তি হব

$$K_{max} = h\nu - \phi_0 \qquad (11.2)$$

পৃষ্ঠৰ পৰা তলত থকা ইলেক্ট্ৰনবোৰৰ বান্ধোন বেছি, গতিকে তেনেবোৰ ইলেক্ট্ৰনৰ গতি-শক্তি K_{max} তকৈ কম হয়। আমি জানো যে, নিৰ্দ্দিষ্ট কম্পনাংকৰ পোহৰৰ তীব্ৰতা বা প্ৰাবল্য নিৰ্ভৰ কৰে প্ৰতিচেকেণ্ডত আপতিত হোৱা ফটন অৰ্থাৎ বিকিৰণৰ কোৱাণ্টামৰ সংখ্যাৰ ওপৰত। গতিকে পোহৰৰ তীব্ৰতা বঢ়ালে প্ৰতিছেকেণ্ডত নিৰ্গত ইলেক্ট্ৰনৰ সংখ্যা বৃদ্ধি পাব। কিন্তু ইলেক্ট্ৰনৰ সৰ্বোচ্চ গতি-শক্তি নিৰ্ভৰ কৰে প্ৰতিটো ফ'টন অৰ্থাৎ কোৱাণ্টামৰ শক্তিৰ ওপৰত। সমীকৰণ (11.2)ক **আইনষ্টাইনৰ আলোক-বৈদ্যুতিক সমীকৰণ** বুলি কোৱা হয়। অনুচ্ছেদ 11.4 3 ৰ শেষত উল্লেখ কৰা আলোক-বৈদ্যুতিক ঘটনাৰ সকলোবোৰ বৈশিষ্ট এই সমীকৰণে কিদৰে অতি সৰল আৰু সুন্দৰভাৱে ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি সেইটো আমি এতিয়া বিচাৰ কৰিম।

- সমীকৰণ (11.2) মতে ফট'ইলেক্ট্ৰনৰ সৰ্বোচ্চ শক্তি K_{max} এ ν ৰ ওপৰত ৰৈখিকভাৱে নিৰ্ভৰ কৰে আৰু ই পোহৰৰ তীব্ৰতাৰ বা প্ৰাবল্যৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। এইটো পৰীক্ষাৰ পৰা পোৱা সিদ্ধান্তৰ সৈতে একে। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল, আইনষ্টাইনৰ দৃষ্টিত আলোক-বৈদ্যুতিক ঘটনা সংঘটিত হয় এটা ইলেক্ট্ৰনে এটা বিকীৰণ কোৱাণ্টাম বা ফটন শোষণ কৰাৰ ফলতহে। প্ৰতিছেকেণ্ডত প্ৰতি একক কালিত কিমান ফটন

এলবাৰ্ট আইনষ্টাইন (1879-1955)

সৰ্ববকালৰ শ্ৰেষ্ঠ পদাৰ্থবিদ সকলৰ ভিতৰত অন্যতম পদাৰ্থবিদ্ এলবাৰ্ট আইনষ্টাইনৰ জন্ম হৈছিল জাৰ্মানীৰ উল্ম (ulm) নামৰ এখন সৰু চহৰত। 1905 চনত তেওঁ তিনিটা যুগান্তকাৰী প্ৰবন্ধ প্ৰকাশ কৰিছিল। প্ৰথম প্ৰবন্ধত তেওঁ পোহৰৰ কোৱাণ্টাম (বৰ্তমানে ফটন নামেৰে বিদিত) ধাৰণাৰ প্ৰবৰ্তন কৰিছিল আৰু ইয়াৰ জৰিয়তে আলোক-বৈদ্যুতিক পৰিঘটনাৰ বৈশিষ্টসমূহ ব্যাখ্যা কৰিছিল। দ্বিতীয় প্ৰবন্ধত ব্ৰাউনীয় গতিৰ বিষয়ে এক নতুন তত্ব আগবঢ়াইছিল। কেইবছৰমান পাচত পৰীক্ষাগাৰত এই তত্বৰ প্ৰমাণ হোৱাত ই পদাৰ্থৰ পাৰমাণৱিক গঠন ধাৰণাক দৃঢ়ভাৱে প্ৰতিপন্ন কৰিছিল। তৃতীয় প্ৰবন্ধত আগবঢ়াইছিল বিশেষ আপেক্ষিকতাবাদৰ সূত্ৰ। 1916 চনত তেওঁ আগবঢ়ালে সাধাৰণ আপেক্ষিকতাবাদৰ তত্ব। ইয়াৰ পাচত আগবঢ়োৱা আইনষ্টাইনৰ কেইটামান উল্লেখযোগ্য অৱদান ঃ প্লাংকৰ কৃষ্ণবস্তুৰ বিকিৰণ সূত্ৰৰ বিকল্প ঠাৱৰ প্ৰণালীত ব্যৱহাৰ কৰা প্ৰণোদিত নিৰ্গমনৰ (stimulated emission) ধাৰণা; বিশ্ব ব্ৰহ্মাণ্ডৰ স্থিতিশীল মডেল (static model of the universe) যিয়ে আধুনিক কচম'লজীৰ (cosmology) শুভাৰম্ভ কৰিছিল, ভৰযুক্ত ব'চন গেচৰ (massive boson gas) কোৱাণ্টাম পৰিসংখ্যা বিজ্ঞান। কোৱাণ্টাম বলবিদ্যাৰ মূলভেটি সম্পৰ্কে এক সুচিন্তিত অথচ বিশেষকৈ আলোক-বৈদ্যুতিক ঘটনাৰ সঠিকব্যাখ্যাৰ কাৰণে 1921 চনত তেওঁক পদাৰ্থবিজ্ঞানৰ ন'বেল পুৰস্কাৰেৰে সন্মানিত কৰা হৈছিল।

Daily Assam

আপতিত হৈছে অৰ্থাৎ বিকীৰণৰ-তীব্ৰতা কিমান তাৰ লগত এই প্ৰক্ৰিয়াৰ মূল সম্পৰ্ক নাই।

- K_{max} কেতিয়াও ঋণাত্মক হব নোৱাৰে; গতিকে আলোক-বৈদ্যুতিক পৰিঘটনা সম্ভৱ হব, যদিহে

$h\nu > \phi_0$

বা $\nu > \nu_0$

ইয়াত $\nu_0 = \dfrac{\phi_0}{h}$ (11.3)

ν_0 হৈছে প্ৰাৰম্ভিক কম্পনাংক (Threshold frequency)।

সমীকৰণ (11.3) ৰ পৰা দেখা যায় যে, যিমানেই কাৰ্যঃফলন ϕ_0 ৰ মান ডাঙৰ হয় সিমানেই প্ৰাৰম্ভিক কম্পনাংক ν_0 ৰ মানো বেছি হয়। গতিকে প্ৰত্যেক ধাতু-পৃষ্ঠৰ কাৰণেই এক প্ৰাৰম্ভিক কম্পনাংক $\nu_0 = \dfrac{\phi_0}{h}$ থাকিব। আপতিত পোহৰৰ কম্পনাংক যদি এই প্ৰাৰম্ভিক কম্পনাংক ν_0 তকৈ কম হয়, তেনেহ'লে পোহৰৰ তীব্ৰতা যিমানেই বেছি নহওঁক কিয় সি ইলেক্ট্ৰন নিৰ্গত কৰিব নোৱাৰে।

- আইনষ্টাইনৰ এই বৰ্ণনাত পোহৰৰ তীব্ৰতা প্ৰতি ছেকেণ্ডত প্ৰতি একক কালিৰ ওপৰত আপতিত কোৱাণ্টামৰ সংখ্যাৰ সমানুপাতিক। যিমানেই এই সংখ্যা বেছি হয় (হব $\nu > \nu_0$ লাগিব) সিমানেই বেছি সংখ্যক ইলেক্ট্ৰনে এই বিকিৰণ কোৱাণ্টাম শোষণ কৰি নিৰ্গত হব পাৰে। অৰ্থাৎ $\nu > \nu_0$ হ'লে, আলোক-বৈদ্যুতিক প্ৰৱাহ পোহৰৰ তীব্ৰতাৰ সমানুপাতিক।

- আইনষ্টাইনৰ বৰ্ণনাত আলোক-বৈদ্যুতিক পৰিঘটনাৰ লগত জড়িত মূল প্ৰক্ৰিয়াটো হ'ল এটা ইলেক্ট্ৰনৰ দ্বাৰা এটা মাত্ৰ ফটনৰ শোষণ। এই প্ৰক্ৰিয়াটো তাৎক্ষণিক। গতিকে পোহৰৰ তীব্ৰতা যিয়েই নহওক, ইলেকট্ৰনৰ নিৰ্গমন তৎকালে সংঘটিত হয়। পোহৰ ম্লান হ'লেও ইলেক্ট্ৰন নিৰ্গমনত কোনো বিলম্ব নহয়, মূল প্ৰক্ৰিয়াটো একেই। পোহৰৰ তীব্ৰতাই মাথো নিৰূপণ কৰিব কিমান সংখ্যক ইলেক্ট্ৰনে এই প্ৰক্ৰিয়াত অংশগ্ৰহণ কৰিব পাৰে আৰু ফলস্বৰূপে আলোক-বৈদ্যুতিক প্ৰৱাহৰ মান কিমান হব।

সমীকৰণ (11.1) ব্যৱহাৰ কৰি আলোক-বৈদ্যুতিক সমীকৰণ (11.2) টো এনেদৰে প্ৰকাশ কৰিব পাৰি ঃ

$eV_0 = h\nu - \phi_0 \qquad \nu \geq \nu_0$ ৰ বাবে

বা $V_0 = \left(\dfrac{h}{e}\right)\nu - \dfrac{\phi_0}{e}$ (11.4)

এইটো এটা খুব গুৰুত্বপূৰ্ণ সমীকৰণ। ই নিৰ্দ্দেশ কৰে যে ν_0 আৰু ν ৰলেখ এডাল সৰলৰেখা। এই সৰলৰেখাৰ নতি (slope) '$\dfrac{h}{e}$' আৰু ই ধাতুটোৰ ধৰ্মৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। 1906-1916 ৰ এই সময়চোৱাত প্ৰখ্যাত মাৰ্কিন প্ৰায়োগিক পদাৰ্থবিদ্ মিলিকানে আইনষ্টাইনৰ আলোক-বৈদ্যুতিক সমীকৰণ ভুল বুলি প্ৰমাণ কৰিবলৈ আলোক-বৈদ্যুতিক পৰিঘটনাৰ ওপৰত বহুতো পৰীক্ষা চলাইছিল। চিত্ৰ 11.5 ত দেখুওৱা ধৰণৰ সৰলৰৈখিক লেখ তেওঁ চডিয়াম ধাতুৰ কাৰণে পাইছিল আৰু লেখৰ নতি (slope) নিৰ্ণয় কৰিছিল। এই নতিৰ মানত ইলেক্ট্ৰনৰ আধান 'e' ৰ মান ব্যৱহাৰ কৰি তেওঁ প্লাংকৰ ধ্ৰুৱকৰ (h) মান বেলেগ বেলেগ পৰীক্ষাত নিৰ্ণয় কৰা প্লাংকৰ ধ্ৰুৱকৰ মানৰ $(= 6.626 \times 10^{-34}\ Js)$ প্ৰায় ওচৰাওচৰি পাইছিল।

পোহৰৰ কোৱাণ্টাম ধাৰণা ব্যৱহাৰ কৰি আলোক-বৈদ্যুতিক পৰিঘটনাৰ সফল ব্যাখ্যা, আলোক-বৈদ্যুতিক পৰীক্ষাত নিৰ্ণয় কৰা 'h' আৰু ϕ_0 ৰ মানৰ লগত বেলেগ পৰীক্ষাৰ পৰা পোৱা মানৰ মিলে— আইনষ্টাইনৰ আলোক-বৈদ্যুতিক পৰিঘটনাৰ ব্যাখ্যা সকলোৱে গ্ৰহণযোগ্য কৰি তুলিলে। বহুতো ক্ষাৰ ধাতুৰ (alkali metals) কাৰণে আৰু আপতিত পোহৰৰ কম্পনাংকৰ এক বিস্তৃত পৰিসৰৰ বাবে মিলিকানে আইনষ্টাইনৰ সমীকৰণৰ সত্যতা নিখুঁতভাবে প্ৰতিপন্ন কৰিছিল।

11.7 পোহৰৰ কণিকা-প্ৰকৃতি ঃ ফ'টন Particle Nature of Light : The Photon)

আলোক-বৈদ্যুতিক ঘটনাই পোহৰৰ প্ৰকৃতি সম্বন্ধে এক অদ্ভুত ধাৰণাৰ জন্ম দিলে ঃ পদাৰ্থৰ লগত পাৰস্পৰিক ক্ৰিয়াৰ সময়ত পোহৰে কোৱাণ্টাম বা কিছুমান শক্তি গোট (packets of energy) হিচাপে আচৰণ কৰে। পোহৰৰ কম্পনাংক যদি ν হয় তেনেহ'লে প্ৰতিটো শক্তি-গোটৰ শক্তি $h\nu$ হয়।

প্ৰশ্ন হয়, পোহৰৰ এই কোৱাণ্টাম বা শক্তি-গোটৰ লগত আমি কোনো কণিকা জড়িত কৰিব পাবোনে? এই প্ৰশ্নৰ উত্তৰ হিচাপে আইনষ্টাইনে এটা খুব গুৰুত্বপূৰ্ণ সিদ্ধান্ত কৰিছিল। তেওঁ দেখুৱাইছিল যে পোহৰৰ প্ৰতিটো কোৱাণ্টাম বা শক্তিগোটৰ লগত $h\nu/c$ পৰিমাণৰ ভৰবেগ জড়িত হৈ থাকে। পোহৰৰ কোৱাণ্টামৰ লগত এক নিৰ্দ্দিষ্ট শক্তি আৰু ভৰবেগ জড়িত থকাৰ কথাটোৱে স্পষ্টভাৱে ইংগিত দিয়ে যে এই কোৱাণ্টামক আমি কণিকা হিচাবেও ভাবিব পাবো। পোহৰৰ এই কণিকাক পাচলৈ ফ'টন (photon) নাম দিয়া হয়। ইলেক্‌ট্ৰনৰ দ্বাৰা ৰঞ্জন ৰশ্মিৰ অপৱৰ্তনৰ (diffraction) ওপৰত এ. এইচ. কম্পটনে (A.H.Compton, 1892-1962) চলোৱা গৱেষণাৰ পৰা 1924 চনত পোহৰৰ এই কণিকা-প্ৰকৃতি আৰু দৃঢ়ভাৱে প্ৰতিষ্ঠিত হয়। তাত্ত্বিক পদাৰ্থবিজ্ঞান আৰু আলোক-বৈদ্যুতিক পৰিঘটনাৰ ব্যাখ্যাৰ জৰিয়তে কৰা অৱদানৰ কাৰণে 1921 চনত আইনষ্টাইনলৈ পদাৰ্থবিজ্ঞানৰ ন'বেল পুৰস্কাৰ আগবঢ়োৱা হয়।1923 চনত আকৌ মিলিকানে পদাৰ্থ-বিজ্ঞানৰ ন'বেল পুৰস্কাৰ লাভ কৰে ইলেক্‌ট্ৰনৰ আধান নিৰ্ণয় আৰু আলোকবৈদ্যুতিক ঘটনাৰ ওপৰত কৰা তেওঁৰ পৰীক্ষামূলক অধ্যয়নৰ কাৰণে।

বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় তৰংগৰ কণিকা প্ৰকৃতি বা ফ'টন চিত্ৰৰ মূল কথাখিনি এনেধৰণৰ ঃ

(i) পদাৰ্থৰ লগত পাৰস্পৰিক ক্ৰিয়াত বিকিৰণে কণিকা হিচাবে আচৰণ কৰে। এই কণিকাবোৰক ফ'টন বুলি কোৱা হয়।

(ii) প্ৰত্যেক ফ'টনৰ শক্তি $E = h\nu$ আৰু ভৰবেগ $p = h\nu/c$ আৰু ইহঁতৰ দ্ৰুতি শূন্যত পোহৰৰ বেগ (c) ৰ সমান।

(iii) এক নিৰ্দ্দিষ্ট কম্পনাংক ν বা তৰংগদৈৰ্ঘ্য λ ৰ সকলো ফ'টনৰে শক্তি $E\ (=h\nu = hc/\lambda)$ আৰু ভৰবেগ $p(= h\nu/c = h/\lambda)$ সমান; পোহৰৰ প্ৰাবল্য বা তীব্ৰতাৰ ওপৰত ই নিৰ্ভৰ নকৰে। পোহৰৰ তীব্ৰতা বৃদ্ধি কৰিলে এক নিৰ্দ্দিষ্ট কালিৰ মাজেৰে প্ৰতিছেকেণ্ডত অতিক্ৰম কৰা ফ'টনৰ সংখ্যাহে বৃদ্ধি পায় কিন্তু প্ৰতিটো ফ'টনৰ শক্তি একে থাকে। অৰ্থাৎ প্ৰতিটো ফ'টনে কঢ়িওৱা শক্তি পোহৰৰ তীব্ৰতাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে।

(iv) ফ'টন কণিকাবোৰ বৈদ্যুতিক আধান বিহীন, গতিকে বৈদ্যুতিক বা চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দ্বাৰা বিক্ষেপিত নহয়।

(v) কোনো কণিকাৰ লগত ফ'টনৰ সংঘৰ্ষ হলে (যেনে ফ'টন- ইলেক্‌ট্ৰন সংঘৰ্ষ) মুঠ শক্তি আৰু ভৰবেগৰ সদায় সংৰক্ষণ হয়। কিন্তু ফ'টনৰ সংখ্যাৰ সংৰক্ষণ নহবও পাৰে। কোনো সংঘৰ্ষত ফ'টন শোষিত হব পাৰে অথবা নতুন ফ'টনৰ সৃষ্টিও হব পাৰে।

Daily Assam

উদাহৰণ ঃ 11.1

লেজাৰৰ (laser) দ্বাৰা 6.0×10^{14} H_Z কম্পনাংকৰ এক বৰ্ণবিশিষ্ট পোহৰৰ সৃষ্টি কৰা হৈছে। লেজাৰে নিৰ্গত কৰা ক্ষমতা যদি 2.0×10^{-3} W হয়, তেনেহ'লে -

(a) লেজাৰ ৰশ্মিত থকা এটা ফ'টনৰ শক্তি কিমান?

(b) উৎসটোৱে প্ৰতিছেকেণ্ডত গড়হিচাবে কিমান সংখ্যক ফ'টন নিৰ্গত কৰিছে?

উত্তৰ ঃ (a) প্ৰত্যেকটো ফ'টনৰ শক্তি,

$$E = h\nu$$

$$= (6.63\times10^{-34}\,Js)\times(6.0\times10^{14}\,Hz)$$

$$= 3.98\times10^{-19}\,J$$

(b) প্ৰতি ছেকেণ্ডত উৎসটোৱে যদি 'N 'টা ফ'টন নিৰ্গত কৰে তেনেহ'লে নিৰ্গত ক্ষমতা P হব 'N ' আৰু প্ৰতিটো ফ'টনৰ শক্তি ৰ পূৰণফলৰ সমান, অৰ্থাৎ। P = NE গতিকে

$$N = \frac{P}{E}$$

$$= \frac{2.0\times10^{-3}\,W}{3.98\times10^{19}\,J}$$

$$= 5.0\times10^{15}$$ ফ'টন/ছেকেণ্ড

উদাহৰণ ঃ 11.2

চিজিয়ামৰ (caesium) কাৰ্য-ফলন হ'ল 2.14ev । তেনেহ'লে (a) চিজিয়ামৰ কাৰণে প্ৰাৰম্ভিক কম্পনাংক নিৰ্ণয় কৰা আৰু (b) 0.60 V প্ৰতিবন্ধক -বিভৱৰ প্ৰয়োগৰে যদি আলোক-বৈদ্যুতিক প্ৰবাহৰ শূন্য কৰিব পাৰি তেনেহ'লে আপতিত পোহৰৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য কিমান নিৰ্ণয় কৰা।

উত্তৰ ঃ (a) প্ৰাৰম্ভিক কম্পনাংকৰ কাৰণে আপতিত ফ'টনৰ শক্তি $h\nu_0$ ধাতুটোৰ কাৰ্য-ফলনৰ (ϕ_0) সমান হব লাগিব। গতিকে

$$h\nu_0 = \phi_0$$

বা $$\nu_0 = \frac{\phi_0}{h}$$

$$= \frac{2.14ev}{6.63\times10^{-35}\,Js}$$

$$= \frac{2.14\times1.6\times10^{-19}\,J}{6.63\times10^{-34}\,Js}$$

$$= 5.16\times10^{14}\,Hz$$

গতিকে, আপতিত পোহৰৰ কম্পনাংক যদি ওপৰত নিৰ্ণয় কৰা কম্পনাংকতকৈ কম হয় তেনেহ'লে কোনো ইলেক্ট্ৰন নিৰ্গমন সম্ভৱ নহয়।

(b) নিৰ্গত ইলেক্‌ট্ৰন সৰ্বোচ্চ গতিশক্তি যেতিয়া প্ৰতিবন্ধক-বিভৱ প্ৰদত্ত স্থিতিশক্তি eV_0 ৰ সমান হয়, তেতিয়া ইলেক্‌ট্ৰনৰ নিৰ্গমন সম্পূৰ্ণৰূপে স্তব্ধ হয় আৰু প্ৰবাহ শূন্য হয়। গতিকে আইনষ্টাইনৰ সমীকৰণ (11.4) ব্যৱহাৰ কৰি,

$$eV_0 = h\nu - \phi_0 = \frac{hc}{\lambda} - \phi_0$$

বা $$\lambda = \frac{hc}{(eV_0 + \phi_0)}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\,Js)\times(3\times10^8\,m/s)}{(0.60eV + 2.14eV)}$$

$$= \frac{19.89\times10^{-26}\,Jm}{274eV}$$

$$= \frac{19.89\times10^{-26}\,J.m}{2.74\times1.6\times10^{-19}\,J}$$

বা $\lambda = 454nm$

উদাহৰণ ঃ 11.3

দৃশ্যমান অংশত বেঙুনীয়া ৰঙৰ পোহৰৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য প্ৰায় 390nm, হালধীয়া-সেউজীয়া মিশ্ৰিত ৰঙৰ গড় তৰংগদৈৰ্ঘ্য প্ৰায় 550nm আৰু ৰঙা ৰঙৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য প্ৰায় 760nm ।($h = 6.63\times10^{-34}\,J$ আৰু $1\ eV = 1.6\times10^{-19}J$)

(a) তেনেহলে (i) বেঙুনীয়া ৰঙৰ কাৰণে (ii) হালধীয়া-সেউজীয়া অংশৰ গড় তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ কাৰণে আৰু (iii) ৰঙা ৰঙৰ কাৰণে একোটা ফ'টনৰ শক্তি কিমান হব সেইটো eV ত নিৰ্ণয় কৰা।

(b) দৃশ্যমান পোহৰৰ দ্বাৰা কাৰ্যক্ষম হোৱা আলোক বৈদ্যুতিক সৰঞ্জাম ব্যৱস্থা এটা প্ৰস্তুত কৰিবৰ কাৰণে ওপৰৰ প্ৰশ্ন (a) ৰ (i) (ii) আৰু (iii) ৰ ফলাফল ব্যৱহাৰ কৰি তালিকা (11.1) ত উল্লেখ কৰা কাৰ্য্যফলনৰ আলোকসংবেদী পদাৰ্থসমূহৰ পৰা কোনবোৰ ব্যৱহাৰ কৰিবা?

উত্তৰ ঃ

(a) আপতিত ফ'টনৰ শক্তি $E = h\nu = hc/\lambda$

$$E = (6.63\times10^{-34}\,Js)(3\times10^8\,m/s)/\lambda$$

বা $$E = \frac{1.989\times10^{-25}\,Jm}{\lambda}$$

(i) বেঙুনীয়া পোহৰৰ কাৰণে

$\lambda_1 = 390mn$ (নিম্ন তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ ফালে)

$\therefore$ ফ'টনৰ শক্তি, $$E_1 = \frac{1.989\times10^{-25}\,Jm}{390\times10^{-9}\,m}$$

$$= \frac{5.10\times10^{-19}\,J}{1.6\times10^{-19}\,J/eV}$$

$$E_1 = 3.19ev$$

(ii) হালধীয়া-সেউজীয়া অংশৰ পোহৰৰ কাৰণে

$\lambda_2 = 550nm$ (গড় তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ)

$\therefore$ আপতিত ফ'টনৰ শক্তি, $E_2 = \frac{1.989\times10^{-25}\,J.m}{550\times10^{-9}\,m}$

$$= 3.62\times10^{-19}\,J$$

$$= 2.26eV$$

(iii) ৰঙা পোহৰৰ কাৰণে,

আপতিত ফ'টনৰ শক্তি, $E_3 = \frac{1.989\times10^{-25}\,Jm}{760\times10^{-9}\,m}$

$$2.62\times10^{-19}\,J = 1.64eV$$

(b) আলোকিত বৈদ্যুতিক সৰঞ্জাম এটা কাৰ্যক্ষম হ'বলৈ আপতিত ফ'টনৰ শক্তি E আলোক সংবেদী পদাৰ্থটোৰ কাৰ্য-পালন ϕ_0 ৰ সমান বা তাতকৈ বেছি হ'ব লাগিব। বেঙুনীয়া ফ'টনৰ শক্তি $(E = 3.19eV)$ চডিয়াম $(\phi_0 = 2.75eV)$, পটাচিয়াম (K) $(\phi_0 = 2.30eV)$ আৰু C_s $(\phi_0 = 2.30ev)$ প্ৰত্যেকৰে কাৰ্যফলনতকৈ বেছি। গতিকে আলোক-বৈদ্যুতিক সৰঞ্জামটো বেঙুনীয়া ৰশ্মি আৰু Na, K বা Cs লৈ প্ৰস্তুত কৰিব পৰা যাব। হালধীয়া-সেউজীয়া ৰশ্মিৰ শক্তি $(E = 2.26eV)$ Cs ৰ কাৰ্য-ফলনতকৈ $(\phi_0 = 1.64eV)$ বেছি, গতিকে c_s আৰু হালধীয়া-সেউজীয়া ৰশ্মিৰ কাৰণেও কাৰ্যক্ষম হ'ব। কিন্তু ৰঙা পোহৰৰ ফ'টনৰ শক্তি $(E = 1.64ev)$ তালিকাত থকা প্ৰত্যেকটো ধাতুৰ কাৰ্য-ফলনতকৈ কম, গতিকে ৰঙা পোহৰ ব্যৱহাৰ কৰিব পৰা নাযাব।

উদাহৰণ 11.3

Daily Assam

11.8 পদাৰ্থৰ তৰংগ প্ৰকৃতি (Wave Nature of Matter)

এই অধ্যায় আৰু ইয়াৰ আগৰ অধ্যায়বোৰত আমি যি শিকিলো তাৰ পৰা এটা কথা স্পষ্ট যে, পোহৰৰ (দৰাচলতে সকলো বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় তৰংগৰে) এটা দ্বৈত (তৰংগ-কণিকা) স্বৰূপ আছে। সমাৰোপন, অপবৰ্তন আৰু সমবৰ্তন আদি পৰিঘটনাত পোহৰে তাৰ তৰংগ প্ৰকৃতি প্ৰকাশ কৰে। আনহাতে আলোক-বৈদ্যুতিক পৰিঘটনা আৰু কম্পটন পৰিঘটনাত (যিবোৰত শক্তি আৰু ভৰবেগৰ সঞ্চালন হয়) পোহৰে কিছুমান কণিকা বা ফ'টনৰ সমষ্টি হিচাবে আচৰণ কৰে। পোহৰ জড়িত কোনো এটা পৰীক্ষা সঠিকভাৱে বুজিবলৈ পোহৰক তৰংগ হিচাপে লম নে কণিকা হিচাবে লম, সেইটো নিৰ্ভৰ কৰে পৰীক্ষাটোৰ ওপৰত। উদাহৰণ স্বৰূপে, আমি বস্তু এটা কেনেকৈ দেখা পাওঁ সেইটো বুজিবৰ কাৰণে পোহৰৰ দুয়োটা প্ৰকৃতিৰেই (তৰংগ আৰু কণিকা) প্ৰয়োজন। পোহৰৰ ৰশ্মিবোৰ থুপ খুৱাই কিদৰে চকুৰ লেন্সে অক্ষিপটত ফ'কাচ কৰে সেইটো পোহৰৰ তৰংগ প্ৰকৃতিৰ সহায়তহে বুজিব পাৰি। কিন্তু অক্ষিপটত (retina) থকা ৰ'ড আৰু ক'ন (rods and cones) বোৰে কিদৰে পোহৰ শোষণ কৰে সেইটো (বুজিবলৈ) ইয়াৰ কণিকা প্ৰকৃতিয়েহে

ব্যাখ্যা কৰিব পাৰে।

এতিয়া আমাৰ মনত স্বাভাৱিকতে উদয় হোৱা প্ৰশ্নটো হ'ল ঃ
যদি বিকিৰণৰ এক দ্বৈত-ৰূপ (তৰংগ-কণিকা) থাকে, তেনেহ'লে প্ৰকৃতিৰ ভৰযুক্ত কণিকাবোৰবো (যেনেঃ ইলেক্ট্ৰন, প্ৰটন ইত্যাদি) এক তৰংগ-সদৃশ গুণ নাথাকিবনে? ফৰাচী পদাৰ্থবিদ্ লুই ড্যা ব্ৰয়ে (Louis Victor de Broglie, 1892-1987) 1924 চনত এক প্ৰকল্প (hypothesis) আগবঢ়াই কলে যে গতিশীল পদাৰ্থ কণিকাবোৰেও যথাযোগ্য পৰিবেশত তৰংগ প্ৰকৃতি প্ৰদৰ্শন কৰিব । তেওঁ যুক্তি আগবঢ়ালে যে প্ৰকৃতি (nature) দৰাচলতে সমমিত (symmetrical) আৰু সেয়েহে প্ৰকৃতিৰ দুই মূল উপাদান পদাৰ্থ আৰু বিকিৰণ দুয়ো সমমিত গুণৰ অধিকাৰীৰ হব লাগিব। বিকিৰণৰ যদি দ্বৈত-ৰূপ থাকে তেনেহ'লে পদাৰ্থৰো থাকিব লাগিব। ড্যা ব্ৰয়ে প্ৰস্তাব আগবঢ়ালে যে, P ভৰবেগ পদাৰ্থ কণিকা এটাৰ লগত জড়িত তৰংগ দৈৰ্ঘ্য λ হব

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m\upsilon} \qquad (11.5)$$

ইয়াত 'm' হৈছে কণিকাটোৰ ভৰ υ আৰু হল দ্ৰুতি। সমীকৰণ (11.5) ক ড্যা ব্ৰয় সমীকৰণ আৰু পদাৰ্থ কণিকাৰ লগত জড়িত তৰংগৰ-(যাক আমি **পদাৰ্থ তৰংগ** (matter wave) বুলি কম) তৰংগদৈৰ্ঘ্য λ ক দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ্য (de Broglie wavelength) বুলি কোৱা হয়। ড্যা ব্ৰয় সমীকৰণত পদাৰ্থৰ দ্বৈত-ৰূপ সুন্দৰকৈ প্ৰতিফলিত হৈছে ঃ সমীকৰণৰ বাওঁফালে আছে, λ যি হ'ল তৰংগৰ প্ৰকৃতিসূচক আৰু সোঁফালে আছে ভৰবেগ p যি কণিকাৰ এক বৈশিষ্ট্য। এই দুই ধৰ্মৰ মাজত সম্পৰ্ক স্থাপন কৰিছে প্লাংকৰ ধ্ৰুৱক h য়ে।

ভৰযুক্ত কণিকাৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰযোজ্য সমীকৰণ (11.5) মূলত এক প্ৰকল্প মাথোন,ইয়াৰ সত্যতা প্ৰমাণ কৰিব লাগিব কেৱল পৰীক্ষাৰ দ্বাৰা। কিন্তু মনোগ্ৰাহী কথাটো হ'ল যে এই সমীকৰণটো এটা ফ'টনৰ ক্ষেত্ৰতো প্ৰযোজ্য। ফ'টনৰ ক্ষেত্ৰত আমি পাই আহিছো যে,

$$p = h\nu / c \qquad (11.6)$$

গতিকে

$$\frac{h}{p} = \frac{c}{\nu} = \lambda \qquad (11.7)$$

অৰ্থাৎ, ফ'টন এটাৰ (সমীকৰণ (11.5) য়ে দিয়া) দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ্য আৰু বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় বিকিৰণৰ (ফ'টনটো যাৰ শক্তি আৰু ভৰবেগ এটা কোৱাণ্টাম) তৰংগদৈৰ্ঘ্য দুয়োটা সমান।

সমীকৰণ (11.5) ৰ পৰা দেখা যায় যে কণিকাটোৰ ভৰ (বেছি m) বা শক্তি (বেছি v) যিমানেই বেছি হয় সিমানেই দ্য ব্ৰয় তৰংগ-দৈৰ্ঘ্য λ কমে। উদাহৰণ স্বৰূপে আমি $20\,\text{ms}^{-1}$ দ্ৰুতিৰে গতি কৰি থকা $0.12\,\text{kg}$ ভৰৰ বল এটাৰ দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ মান উলিয়াই চাব পাৰো ঃ

$$p = m\,v = 0.12\,\text{kg} \times 20\,\text{m s}^{-1} = 2.40\,\text{kg m s}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.63 \times 10^{-34}\,\text{J s}}{2.40\,\text{kg m s}^{-1}} = 2.76 \times 10^{-34}\,\text{m}$$

ইমান কম তৰংগদৈৰ্ঘ্য কোনো পৰীক্ষাৰ দ্বাৰাই জুখিব নোৱাৰি। সেইকাৰণেই দৈনন্দিন জীৱনৰ ডাঙৰ বস্তুবোৰে তৰংগ-সদৃশ ধৰ্ম নেদেখুৱায়। অন্যহাতে অৱপাৰমাণৱিক (sub-atomic) জগতৰ কণিকাবোৰৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য উল্লেখনীয় আৰু পৰিমাপসাধ্য।

স্থিৰ অৱস্থাৰ পৰা V বিভৱ ভেদৰ দ্বাৰা ত্বৰিত এটা ইলেক্ট্ৰন (ভৰ m, আধান e) কথাকে

Daily Assam

বিবেচনা কৰা। ইলেক্ট্ৰনটোৱে লাভ কৰা গতি-শক্তি k হ'ল বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখনে কৰা কাৰ্য্যৰ (eV) সমান ঃ

$$K = eV \qquad (11.8)$$

কিন্তু, $K = \frac{1}{2}mV^2 = \frac{p^2}{2m}$ গতিকে, $p = \sqrt{2\ m\ K} = \sqrt{2\ m\ eV}$

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2\,mK}} = \frac{h}{\sqrt{2\,meV}} \qquad (11.9)$$

গতিকে ইলেক্ট্ৰনটোৰ দ্য ব্ৰয় তৰংগ দৈৰ্ঘ্য λ হব

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2\,mK}} = \frac{h}{\sqrt{2\,meV}} \qquad (11.10)$$

ওপৰৰ সমীকৰণত h, m, আৰু e, ৰ সাংখ্যিক মান বহুৱাই আমি পাওঁ,

$$\lambda = \frac{1.227}{\sqrt{V}}\ \text{nm} \qquad (11.11)$$

মন কৰিবা যে ওপৰৰ ৰাশিটো নিৰ্ণয় কৰোতে আমি বিভৱ ভেদ V ক ভল্টত প্ৰকাশ কৰিছো। গতিকে বিভৱভেদ যদি 120 V হয়, তেনেহ'লে সমীকৰণ (11.11) ৰ পৰা $\lambda = 0.11\,\text{nm}$ । এই তৰংগদৈৰ্ঘ্য স্ফটিকৰ পাৰমাণৱিক তলবোৰৰ মাজৰ দূৰত্বৰ সমতুল্য। ইয়াৰ তাৎপৰ্য হ'ল যে, স্ফটিকৰ দ্বাৰা এক্স-ৰশ্মিৰ অপবৰ্তন পৰীক্ষা সদৃশ পৰীক্ষাৰ দ্বাৰা ইলেকট্ৰনৰ লগত জড়িত তৰংগৰ উপস্থিতিৰ প্ৰমাণ কৰিব পাৰি। দ্য ব্ৰয় প্ৰকল্পৰ পৰীক্ষাগত প্ৰমাণৰ বিষয়ে আমি পৰৱৰ্তী খণ্ডত আলোচনা কৰিম। ইলেক্ট্ৰনৰ তৰংগ-প্ৰকৃতি ধাৰণাৰ উদ্ভাৱনৰ কাৰণে 1927 চনত দ্য ব্ৰয়ে পদাৰ্থ-বিজ্ঞানৰ ন'বেল বটা লাভ কৰিছিল।

আলোক-কোষ (Photocell)

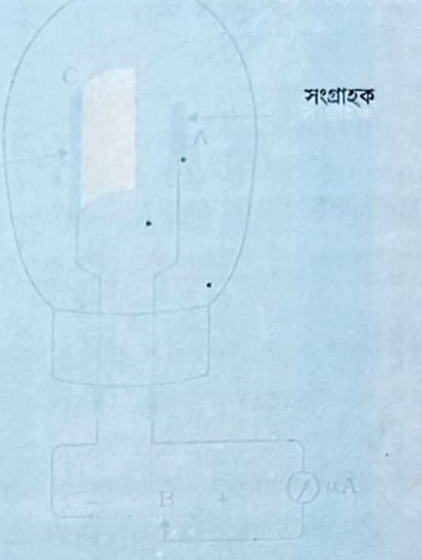
আলোক-বৈদ্যুতিক ঘটনাৰ এক কাৰিকৰী প্ৰয়োগ হ'ল আলোক-কোষ। ই এনে এবিধ সঁজুলি যাৰ বৈদ্যুতিক ধৰ্মবোৰ পোহৰৰ দ্বাৰা নিয়ন্ত্ৰিত হয়। সেইকাৰণেই কেতিয়াবা ইয়াক বৈদ্যুতিক চকু বুলিও কোৱা হয়। আলোক-কোষৰ গঠনত এক অৰ্দ্ধ-চুঙাকৃতিৰ আলোক-সংবেদী ধাতুৰ পাত c (এমিটাৰ) বা নিৰ্গমক emitter) আৰু এডাল লুপ আকৃতিৰ তাঁৰ A (সংগ্ৰাহক) এটা বায়ুশূন্য কাঁচ বা কোৱাৰ্জৰ বাল্বৰ ভিতৰত স্থিৰ কৰি সুমাই ৰখা হয়। চিত্ৰত দেখুওৱা ধৰণে এক উৰ্চ্চ-বিভৱ সম্পন্ন বেটাৰী B আৰু মাইক্ৰএমিটাৰ (μA) এটাৰ সৈতে বহিঃবৰ্তনীৰ লগত ধাতুৰ পাতখন (C) আৰু তাঁৰডাল (A) সংযোগ কৰা হয়। ধাতুৰ পাতৰ সলনি কেতিয়াবা বাল্বটোৰ ভিতৰফালে আলোক-সংবেদী পদাৰ্থৰ এটা প্ৰলেপ দিয়া হয়। পোহৰ সোমাবৰ কাৰণে বাল্বটোৰ এটা ফাল স্বচ্ছ কৰি ৰখা হয়।

উচিত তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ পোহৰ এমিটাৰ C ত আপতিত হ'লে তাৰ পৰা নিৰ্গত ইলেক্ট্ৰনবোৰ কালেক্টৰ A ৰ ফালে আকৰ্ষিত হয়। এটা আলোক-কোষৰ পৰা সাধাৰণতে কেই মাইক্ৰএম্পিয়াৰ মানহে বিদ্যু প্ৰবাহ পোৱা যায়।

আলোককোষ এটাই আপতিত পোহৰৰ প্ৰাবল্যৰপৰিবৰ্তনক আলোক-বৈদ্যুতিক প্ৰবাহৰ পৰিবৰ্তনলৈ ৰূপান্তৰ কৰে। কিছুমান কণ্ট্ৰল চিষ্টেম আৰু আলোক-মাপক যন্ত্ৰ চলাবলৈ এই প্ৰবাহ ব্যৱহাৰ কৰা হয়। অৱলোহিত ৰশ্মি সংবেদী লেড় চালফাইডৰ দ্বাৰা প্ৰস্তুত কৰা আলোক-কোষ ইলেক্ট্ৰনিক্ প্ৰজ্বালক বৰ্তনীত (electric ignition circuit) ব্যৱহৃত হয়।

বৈজ্ঞানিক কাম-কাজত পোহৰৰ প্লাবল্য জুখিবৰ কাৰণে আলোক-কোষ ব্যৱহাৰ হয় । ফ'টগ্ৰাফিক কেমেৰাত থকা আলোক-মিটাৰ বোৰে কেমেৰাত সোমোৱা পোহৰৰ তীব্ৰতা জুখিবৰ কাৰণে আলোক-কোষৰ সহায় লয়। স্বয়ংক্ৰিয় দৰ্জা খুলিবৰ কাৰণে তাত থকা বৰ্তনীত আলোক-কোষ কৰা ব্যৱহাৰ হয়। দৰ্জাৰ ফালে যেতিয়া মানুহ এজন অগ্ৰসৰ হয় তেতিয়া আলোক-কোষতআপতিত হৈ থকা পোহৰৰ প্ৰৱলতাৰ হঠাৎ সলনি ঘটে। ফলত, বৰ্তনীত আলোক-বৈদ্যুতিক প্ৰবাহ হঠাৎ পৰিবৰ্তন ঘটি মটৰ এটা ঘূৰিবলৈ আৰম্ভ

কৰে। এই মটৰে দুৱাৰখন খুলি দিয়ে নতুবা এলাৰ্ম এটাও বজাই দিব পাৰে। আলোক-কোষত আপতিত পোহৰ কিমানবাৰ বাধাপ্ৰাপ্ত হয় সেইটোৰ হিচাব ৰাখিবৰ বাবেও আলোক-কোষ ব্যৱহাৰ কৰা হয়। গতিকে আলোক-কোষৰ সহায়ত এটা প্ৰেক্ষাগৃহত কিমানজন দৰ্শক সোমাইছে তাৰো হিচাপ ৰাখিব পাৰি যদিহে দৰ্জাৰে এজন-এজনকৈ দৰ্শক প্ৰৱেশ কৰে। ট্ৰেফিক নিয়ম ভংগকাৰীক ধৰা পেলাবলৈও আলোক-কোষ ব্যৱহাৰ কৰা হয়; ভংগকাৰীয়ে যেতিয়া পোহৰৰ (অদৃশ্য) ৰশ্মি পথত বাধাৰ সৃষ্টি কৰে তেতিয়াই এক ঘণ্টি বাজি উঠে।



আলোক -কোষৰ চিত্ৰ

দৰ্জাত স্থাপন কৰা চোৰ-ঘণ্টিবোৰতো (burglar alarm) আলোক-কোষ ব্যৱহাৰ কৰা হয়। এই আলোক-কোষত অবিৰতভাৱে অতি-বেঙুনীয়া ৰশ্মি আপতিত কৰি ৰখা হয়। কোনো-ব্যক্তি দৰ্জাৰ ফালে অগ্ৰসৰ হ'লে আপতিত ৰশ্মি বাধাপ্ৰাপ্ত হৈ আলোক-বৈদ্যুতিক প্ৰবাহৰ হঠাৎ সলনি হয় আৰু তাত থকা ইলেক্‌ট্ৰিক বে'ল এটা বাজি উঠে। ডাঙৰ অট্টালিকাত স্থাপন কৰা অগ্নি-সতৰ্ক ঘণ্টিবোৰো আচলতে আলোক-কোষেই। অট্টালিকাৰ বিভিন্ন উপযুক্ত স্থানত বহুতো আলোক-কোষ লগোৱা থাকে। কোনো কাৰণতে অট্টালিকাত যেতিয়া জুইলাগে তেতিয়া জুইৰ পৰা ওলোৱা পোহৰ ৰশ্মিবোৰে আলোক-কোষবোৰ সক্ৰিয় কৰে। ফলত তাত থকা বিদ্যুৎ-বৰ্তনীৰ মাজেৰে প্ৰবাহ চালিত হৈ ইলেক্‌ট্ৰিক বে'ল বা চাইৰণ বাজিবলৈ আৰম্ভ কৰে।

চিনেমাত শব্দ পুনসংযোজনৰ কাৰণে আৰু টেলিভিশ্বনৰ দৃশ্য স্কেনিং আৰু টেলিকাষ্টিংৰ কাৰণেও আলোক-কোষ ব্যৱহাৰ কৰা হয়। ঔদ্যোগিক প্ৰতিষ্ঠানতো আলোক-কোষৰ ব্যৱহাৰ কৰা হয়—ধাতুৰ পাতত থকা ক্ষুদ্ৰ ফাঁক বা বিন্ধাৰ অৱস্থিতি নিৰ্ণয়ৰ বাবে।

পদাৰ্থ-তৰংগ বৰ্ণনাই হাইজেনবাৰ্গৰ 'অনিশ্চয়তাৰ নীতি' কো বৰ সুন্দৰভাৱে সামৰি লৈছে। এই নীতি মতে, এটা ইলেক্‌ট্ৰনৰ (অথবা তেনেকুৱা সকলো কণিকাৰে) স্থানাংক আৰু ভৰবেগ দুয়োটাকে একে সময়তে সম্পূৰ্ণ নিৰ্ভুলকৈ জোখা সম্ভৱ নহয়। স্থানাংক আৰু ভৰবেগ মাপনত সদায়েই কিছু অনিশ্চতা (যথাক্ৰমে Δx আৰু Δp) বিদ্যমান। স্থানাংকৰ অনিশ্চয়তা Δx আৰু ভৰবেগৰ অনিশ্চয়তা Δp ৰ পূৰণ ফল প্ৰায় $\hbar$ ৰ($\hbar = h/2\pi$) সমান। অৰ্থাৎ

$$\Delta x \Delta p \cong \hbar \qquad (11.12)$$

সমীকৰণ (11.12) ৰ পৰা দেখা যায় যে, যদি $\Delta x = 0$ হয়, তেনেহ'লে Δp অসীম হ'ব আৰু $\Delta p = 0$ হ'লে $\Delta \chi$ অসীম হ'ব। Δx আৰু Δp ৰ কোনো এটাই শূন্য হ'ব নোৱাৰে বা অসীমো নহয়; মাত্ৰ সিহঁতৰ পুৰণফল মান $\hbar$ ৰ সমান

এতিয়া ইলেক্‌ট্ৰন এটাৰ যদি এক নিৰ্দ্দিষ্ট ভৰবেগ p থাকে (অৰ্থাৎ $\Delta p = 0$) তেতিয়াহ'লে দ্য ব্ৰয় সমীকৰণ মতে তাৰ এক নিৰ্দ্দিষ্ট তৰংগ দৈৰ্ঘ্যও থাকিব। এক নিৰ্দিষ্ট তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ তৰংগ এটাৰ বিস্তৃতি অসীম অৰ্থাৎ সমগ্ৰ অন্তৰীক্ষত বিয়পি থাকে। কোৱাণ্টাম বলবিদ্যাৰ বৰ্ণৰ (Born's) সম্ভাৱনা-ভাষ্য (probability interpretation) মতে এই ইলেক্‌ট্ৰনটো অন্তৰীক্ষৰ কোনো সীমিত পৰিসৰত আবদ্ধ হৈ নাথাকে। অৰ্থাৎ ইলেক্‌ট্ৰনটোৰ স্থানৰ অনিশ্চয়তা অসীম ($\Delta x \to \alpha$), গতিকে পদাৰ্থ-তৰংগ ধাৰণা অনিশ্চয়তা সূত্ৰৰ সৈতে সংগতিপূৰ্ণ।

সাধাৰণতে, ইলেক্‌ট্ৰনৰ লগত জড়িত পদাৰ্থ তৰংগৰ বিস্তৃতি অসীম নহয়। অন্তৰীক্ষৰ এক সীমিত

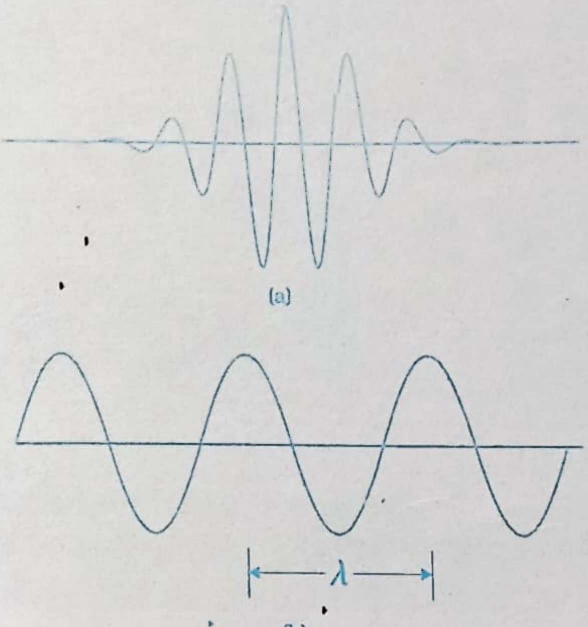
অঞ্চল ব্যাপি থকা ই এক তৰংগ-স্তূপ (wave packet)। এনে ক্ষেত্ৰত Δx ৰ মান অসীম নহয়, তৰংগ-স্তূপৰ বিস্তৃতিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি ইয়াৰ মান পৰিমেয় হয়। এইখিনিতে এটা উল্লেখযোগ্য কথা হ'ল ঃ সীমিত পৰিসৰৰ তৰংগ-স্তূপৰ তৰংগদৈৰ্ঘ একক নহয়; এক কেন্দ্ৰীয় তৰংগদৈৰ্ঘৰ আশে পাশে থকা অনেক তৰংগদৈৰ্ঘৰ ই সমষ্টি মাথোন।

Δx ৰ এক সীমিত বিস্তৃতি থাকিলে, দ্য ব্ৰয়ৰ সমীকৰণ মতে ভৰবেগৰো একং সীমিত বিস্তৃতি অৰ্থাৎ অনিশ্চয়তা Δp থাকিব লাগিব। এই সিদ্ধান্ত অনিশ্চয়তা সূত্ৰৰ পৰাও পোৱা যায়। দ্য ব্ৰয় সমীকৰণ আৰু বৰ্ণৰ সম্ভাৱনা-ভাষ্যৰ লগত তৰংগ-স্তূপৰ চিত্ৰ সংযোগ কৰি হাইজেনবাৰ্গৰ অনিশ্চয়তা সূত্ৰ অবিকল ভাৱে সাব্যস্ত কৰিব পাৰি।

ইয়াৰ পিচত দ্বাদশ অধ্যায়ত আমি দেখুৱাম দ্য ব্ৰয়ৰ সমীকৰণে কিদৰে পৰমাণুৰ ইলেক্ট্ৰনৰ কৌণিক ভৰবেগৰ কোৱাণ্টীকৰণত ব'ৰৰ স্বীকাৰ্যৰ যথাৰ্থতা প্ৰতিপন্ন কৰে।

চিত্ৰ 11.6 (a) ত এক সীমাবদ্ধ তৰংগ-স্তূপ আৰু (b) নিৰ্দ্দিষ্ট তৰংগদৈৰ্ঘৰ বিস্তৃত তৰংগৰ ৰেখাচিত্ৰ দেখুওৱা হৈছে।

লুই ভিক্টৰ দ্য ব্ৰয় ঃ (Louis Victor de Broglie) (1892-1987)
ফৰাচী পদাৰ্থবিদ্ লুই দ্য ব্ৰয়ে পদাৰ্থৰ তৰংগ প্ৰকৃতি সম্পৰ্কে এক যুগান্তকাৰী ধাৰণাৰ প্ৰবৰ্তন কৰিছিল। এই ধাৰণাক বিকাশ কৰি আৰৱিন শ্ৰডিনজাৰে কোৱাণ্টাম বলবিদ্যাক এক পূৰ্ণাংগ তত্ত্ব হিচাবে গঢ় দিছিল। এই বলবিদ্যা সাধাৰণতে তৰংগ বলবিদ্যা (wave mechanics) নামেৰে জনাজাত। ইলেক্ট্ৰনৰ তৰংগ প্ৰকৃতি উদ্ভাৱনৰ কাৰণে 1929 চনত তেওঁ পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ ন'বেল পুৰস্কাৰেৰে বিভূষিত হৈছিল।



চিত্ৰ ঃ 11.6 (a) ইলেক্ট্ৰনৰ তৰংগ-স্তূপ বৰ্ণনা। তৰংগ-স্তূপ হৈছে এক কেন্দ্ৰীয় তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ দুয়োফালে সীমিত পৰিসৰত বিস্তৃত হৈ থকা অনেক তৰংগ-দৈৰ্ঘ্যৰ থুপ (আৰু দ্য ব্ৰয় সমীকৰণ মতে ভৰবেগৰো এক বিস্তৃতি আছে)। পৰিণতিস্বৰূপে, তৰংগস্তূপৰ লগত স্থানৰ এক অনিশ্চয়তা (Δx) আৰু ভৰবেগৰ এক অনিশ্চয়তা (Δp) জড়িত হৈ পৰে। (b) এক নিৰ্দ্দিষ্ট ভৰবেগযুক্ত ইলেক্ট্ৰনৰ লগত জড়িত পদাৰ্থ তৰংগ অন্তৰীক্ষৰ অসীমলৈ বিস্তৃত হৈ থাকে। এই ক্ষেত্ৰত $\Delta p = \Delta p = 0$ আৰু $\Delta x \rightarrow \alpha$।

উদাহৰণ 11.4

উদাহৰণ 11.4(a) $5.4\times10^{6}\,m/s$ দ্ৰুতিৰে গতি কৰা ইলেকট্ৰন এটাৰ আৰু (b) $30.0m/s$ দ্ৰুতিৰে গতি কৰা $150g$ ভৰৰ বল এটাৰ দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ নিৰ্ণয় কৰা।

সমাধানঃ

(a) ইলেকট্ৰনৰ,

ভৰ, $m=9.11\times10^{31}\,kg$, দ্ৰুতি, $v=5.4\times10^{6}\,m/s$

$\therefore$ ভৰবেগ, $p=mv$

$$=9.11\times10^{-31}\,kg\times5.4\times10^{6}\,m/s$$

$$=4.92\times10^{-24}\,kgm/s$$

$\therefore$ দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ হব,

$$\lambda=\frac{h}{p}$$

$$=\frac{6.63\times10^{-34}\,J.s}{4.92\times10^{-24}\,kgm/s}$$

$$=0135nm$$

(b) বলটোৰ বাবে,

ভৰ, $m'=0.150kg$, দ্ৰুতি, $u'=30.0m/s$

$\therefore$ ভৰবেগ, $p'=m'v'$

$$=0.150kg\times30.0m/s$$

$$=4.50kgm/s$$

গতিকে দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ,

$$\lambda=\frac{h}{p'}$$

$$=\frac{6.63\times10^{-34}\,Js}{4.50\times kgm/s}$$

$$=1.47\times10^{-34}\,m$$

ইলেক্ট্ৰন দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ ৰঞ্জন-ৰশ্মিৰ তৰংগদৈৰ্ঘৰ সমতুল্য। কিন্তু বলটোৰ তৰংগদৈৰ্ঘ প্ৰটন এটাৰ ব্যাসাৰ্দ্ধতকৈও প্ৰায় 10^{-19} গুণে কম, গতিকে পৰীক্ষাৰ দ্বাৰা জোখ মাখ কৰাটো টান।

উদাহৰণ 11.5

উদাহৰণঃ 11.5

এটা ইলেক্ট্ৰন, এটা α কণিকা আৰু এটা প্ৰটনৰ প্ৰত্যেকৰে গতিশক্তি সমান সমান হ'লে কোনটোৰ দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ হ্ৰস্বতম হ'ব?

সমাধানঃ

যিকোনো কণিকাৰ কাৰণে দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ $\lambda=h/p$

Daily Assam

উদাহৰণ 11.5

গতিশক্তি $k = \frac{p^2}{2m}$

বা $p = \sqrt{2mk}$

$\therefore$ দ্যব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ, $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mk}}$

গতিকে একে গতি-শক্তিৰ কাৰণে, দ্যব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ কণিকাটোৰ ভৰৰ (m) বৰ্গমূলৰ ব্যস্তানুপাতিক। প্ৰটনৰ ($_1H^1$) ভৰ ইলেকট্ৰনৰ ভৰতকৈ 1836 গুণে বেছি আৰু α কণিকা ($_2He^4$) প্ৰটনতকৈ চাৰি গুণে বেছি ভৰযুক্ত। গতিকে α কণিকাটোৰ দ্যব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ হ্ৰস্বতম হ'ব।

পদাৰ্থৰ তৰংগৰ সম্ভাৱনা-ভাষ্য (Probability Interpretation to Matter Wave)

আমি পদাৰ্থ তৰংগৰ বিষয়ে কিছু আলোচনা কৰিলো; এইখিনিতে প্ৰশ্ন হয়, পদাৰ্থ তৰংগনো আচলতে কি? এটা কণিকা যেনে ধৰা এটা ইলেক্ট্ৰনৰ লগত জড়িত পদাৰ্থ তৰংগইনো কি বুজায় বা কিহৰ ইংগিত দিয়ে? দৰাচলতে, পদাৰ্থ আৰু বিকিৰণৰ এই দ্বৈত-প্ৰকৃতিৰ (dual nature) সকলোৱে মনঃপুতঃ ভৌতিক ব্যাখ্যাৰ এতিয়ালৈকে উদ্ভাৱন হোৱা নাই। কোৱাণ্টাম বলবিদ্যাৰ ভৌতিক ব্যাখ্যা আৰু আনুসংগিক প্ৰশ্ন লৈ ইয়াৰ প্ৰতিষ্ঠাপক মহান বিজ্ঞানী (নিলচ্‌ ব'ৰ, আইনষ্টাইন আৰু অনেক প্ৰখ্যাত বিজ্ঞানী) সকলে বহুদিন ধৰি এই সম্পৰ্কে অশেষ কষ্ট কৰিছিল। তথাপিও, অধুনা পৰ্যন্ত কোৱাণ্টাম বলবিদ্যাৰ গূঢ় ভৌতিক ব্যাখ্যা এক সক্ৰিয় গৱেষণাৰ বিষয়বস্তু হৈয়েই আছে। কিন্তু সেয়া হলেও, আধুনিক কোৱাণ্টাম বলবিদ্যাত পদাৰ্থ তৰংগৰ ধাৰণা গাণিতিকভাৱে অতি সফলতাৰে প্ৰয়োগ হৈ আহিছে। মেক্স বৰ্ণে (1882-1970) আগবঢ়োৱা পদাৰ্থ তৰংগৰ সম্ভাৱনা-ভাষ্য এই দিশত এক মাইলৰ খুটি হিচাপে বিবেচিত হৈ আহিছে। এই ভাষ্য অনুসৰি কোনো বিন্দুত পদাৰ্থ তৰংগৰ প্ৰাবল্যই (অৰ্থাৎ তৰংগৰ বিস্তাৰৰ বৰ্গ) সেই বিন্দুটোত কণিকাটো থকাৰ সম্ভাৱনা ঘনত্ব (probability density) প্ৰকাশ কৰে। সম্ভাৱনা ঘনত্ব মানে হৈছে প্ৰতি একক আয়তনৰ ভিতৰত পোৱাৰ সম্ভাৱনা। গতিকে, এটা বিন্দুত যদি পদাৰ্থ তৰংগৰ বিস্তাৰ A হয়, তেনেহলে $|A|^2 \Delta V$ হব সেই বিন্দুটোক আগুৰি থকা ΔV আয়তনত কণিকাটো পোৱাৰ সম্ভাৱনা। গতিকে যি অঞ্চলত পদাৰ্থ তৰংগৰ প্ৰবলতা বা বিস্তাৰ বেছি তাত পদাৰ্থ কণিকাটো পোৱাৰ সম্ভাৱনাও বেছি।

উদাহৰণ 11.6

উদাহৰণঃ 11.6

এটা কণিকাই ইলেক্ট্ৰন এটাতকৈ তিনিগুণ বেছি দ্ৰুতিৰে গতি কৰি আছে। কণিকাটো আৰু ইলেক্ট্ৰনটোৰ দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘৰ অনুপাত হ'ল 1.813×10^{-4}। কণিকাটোৰ ভৰ ঠাৱৰ কৰা আৰু ইয়াক চিনাক্ত কৰা।

সমাধান ঃ

v দ্ৰুতিৰে গৈ থকা m ভৰৰ কণিকা এটাৰ দ্য ব্ৰয় তৰংগ দৈৰ্ঘ হ'ল,

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

$$\therefore \text{ ভৰ, } m = \frac{h}{\lambda v}$$

উদাহৰণ 11.6

ইলেক্ট্ৰন ভৰ হ'ব, $m_e = \frac{h}{\lambda_e v_e}$

আমাক দিয়া আছে,

$\frac{v}{v_2} = 3$ আৰু $\frac{\lambda}{\lambda_e} = 1.813 \times 10^{-4}$

গতিকে কণিকাটোৰ ভৰ,

$$m = m_e \left(\frac{\lambda_e}{\lambda}\right)\left(\frac{v_e}{v}\right)$$

$$= (9.11 \times 10^{-31} kg) \times \left(\frac{1}{1.813 \times 10^{-4}}\right) \times \left(\frac{1}{3}\right)$$

$$= 1.675 \times 10^{-27} kg.$$

ওপৰত নিৰ্ণয় কৰা ভৰ অকল প্ৰটন বা নিউট্ৰনৰ হে হব পাৰে। গতিকে কণিকাটো প্ৰটন বা নিউট্ৰন।

উদাহৰণ 11.7

উদাহৰণঃ 11.7

100V বিভৱ-ভেদেৰে ত্বৰিত কৰা ইলেক্ট্ৰন এটাৰ দ্য ব্ৰয় তৰংগ দৈৰ্ঘ কিমান?

সমাধান ঃ

ত্বৰিতকাৰী বিভৱ, V = 100V। গতিকে দ্য ব্ৰয় তৰংগ দৈৰ্ঘ হব (সমী.11.11 ব্যৱহাৰ কৰি)

$$\lambda = h/p = \frac{1.227}{\sqrt{V}} \text{ nm}$$

$$= \frac{1.227}{\sqrt{100}} \text{nm} = 0.123\text{nm}$$

এই তৰংগদৈৰ্ঘ X- ৰশ্মিৰ তৰংগদৈৰ্ঘৰ সমতুল্য। গতিকে 100V বিভৱ-ভেদেৰে ত্বৰিত কৰা ইলেক্ট্ৰনৰ দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ্য X- ৰশ্মিৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ প্ৰায় সম-মানৰ।

11.9 ডেভিচন-জাৰ্মাৰ পৰীক্ষা
(Davisson and Germer Experiment)

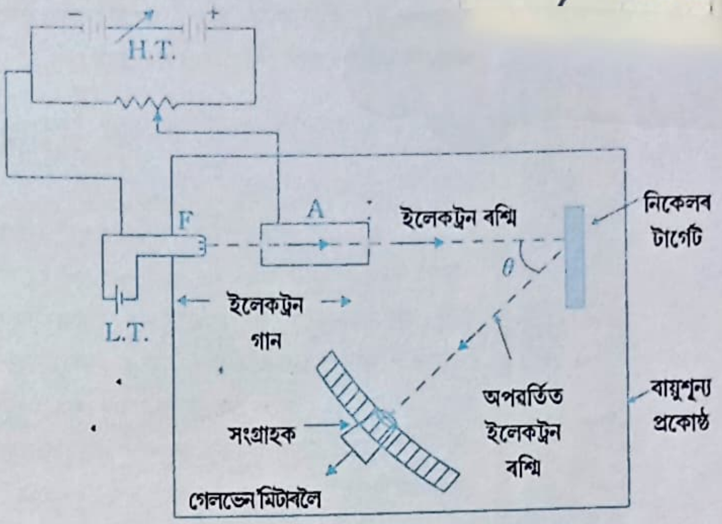
চি. জে ডেভিচন (C.J Davisson) আৰু এল, এইছ জাৰ্মাৰে (L.H. Germer) 1927 চনত আৰু 1928 চনত স্বতন্ত্ৰভাৱে জি.পি থমচনে (G.P Thomson) পোনপ্ৰথমে ইলেক্ট্ৰনৰ তৰংগ প্ৰকৃতি পৰীক্ষাগাৰত প্ৰমাণ কৰিছিল। স্ফটিকৰ দ্বাৰা ইলেক্ট্ৰনৰ বিচ্ছুৰণত তেওঁলোকে অপৱৰ্তন পৰিঘটনাৰ নিচিনা ফল দেখা পাইছিল। স্ফটিকৰ দ্বাৰা ইলেক্ট্ৰন অপৱৰ্তন ঘটনা আবিষ্কাৰৰ কাৰণে 1937 চনৰ পদাৰ্থবিজ্ঞানৰ ন'বেল পুৰস্কাৰ উমৈহতীয়াভাৱে ডেভিচন আৰু থমচনে লাভ কৰিছিল।

চিত্ৰ 11.7 ত ডেভিচন আৰু জাৰ্মাৰৰ পৰীক্ষাটোৰ এক নিৰ্দেশক চিত্ৰ দেখুওৱা হৈছে। ইয়াত এটা ইলেক্ট্ৰন গান আছে।

ইলেক্ট্ৰন-গানটোত বেৰিয়াম-অক্সাইডৰ প্ৰলেপ দিয়া এডাল টাংষ্টেনৰ ফিলামেণ্ট (F) থাকে আৰু ইয়াক কম ভল্টেজৰ পাৱাৰ চাপ্লাইৰ (L.T বা বেটাৰী) দ্বাৰা গৰম কৰা হয়। উচ্চ ভল্টেজৰ পাৱাৰ

Daily Assam

চাপ্লাইৰ সহায়ত উপযুক্ত বিভৱ ভেদ প্ৰয়োগেৰে ফিলামেণ্টৰ পৰা নিৰ্গত ইলেকট্ৰনবোৰক এক নিৰ্দ্দিষ্ট বেগলৈ ত্বৰিত কৰি চুঙা এটাৰ অক্ষত থকা ক্ষুদ্ৰ বিন্ধাৰে ইলেকট্ৰনবোৰ পঠিয়াই এটা সমান্তৰিত ৰশ্মি (Collimated beam) সৃষ্টি কৰা হয়। ৰশ্মিটো নিকেলৰ স্ফটিক (Crystal) এটাৰ পৃষ্ঠত পৰিবলৈ দিয়া হয়। স্ফটিকৰ পৰমাণুৰ দ্বাৰা ইলেকট্ৰনবোৰ চাৰিওদিশত বিচ্ছুৰিত হব। এক নিৰ্দ্দিষ্ট দিশত বিচ্ছুৰিত ইলেকট্ৰনৰ প্ৰবলতা ইলেকট্ৰন ডিটেক্টৰৰ সহায়ত জুখিব পাৰি। ডিটেক্টৰটো এটা সংবেদী গেলভেনমিটাৰৰ লগত সংযোগ কৰা থাকে আৰু ই এক বৃত্তাকাৰ স্কেলৰ ওপৰত ঘূৰিব পাৰে। গেলভেন মিটাৰৰ বিক্ষেপন ডিটেক্টৰত প্ৰবেশ কৰা ইলেকট্ৰন ৰশ্মিটোৰ প্ৰাবল্যৰ সমানুপাতিক। বৃত্তাকাৰ স্কেলৰ ওপৰত বেলেগ স্থানত ডিটেক্টৰটো ৰাখি অৰ্থাৎ বেলেগ বেলেগ বিচ্ছুৰণ কোণৰ (scattering angle) কাৰণে বিচ্ছুৰিত ইলেকট্ৰন ৰশ্মি প্ৰাবল্য জোখা হয়। বিচ্ছুৰণ কোণ হৈছে আপতিত ৰশ্মিৰ দিশৰ লগত বিচ্ছুৰিত ৰশ্মিৰ দিশে কৰা কোণ। বিচ্ছুৰিত ইলেকট্ৰন ৰশ্মিৰ প্ৰাবল্য (I) বিচ্ছুৰণ কোণৰ (θ) সৈতে কিদৰে সলনি হয় সেইটো বেলেগ বেলেগ ত্বৰণকাৰী বিভৱৰ কাৰণে নিৰ্ণয় কৰা হয়।



চিত্ৰ 11-7 ডেভিচন-জাৰ্মাৰৰ ইলেকট্ৰন বিবৰ্তন পৰীক্ষা।

ত্বৰণকাৰী বিভৱৰ মান 44 V ৰ পৰা 68 V লৈকে ক্ৰমান্বয়ে সলনি কৰি তেওঁলোকে পৰীক্ষাটো কৰিছিল। এনেদৰে পৰীক্ষা কৰোতে ত্বৰণকাৰী বিভৱৰ মান 54 V আৰু বিচ্ছুৰণ কোণ $\theta = 50^0$ ত ইলেকট্ৰন ৰশ্মিৰ প্ৰাবল্যই (I) হঠাতে এক উচ্চমান (Peak) লাভ কৰা দেখা গৈছিল। নিৰ্দ্দিষ্ট দিশত দেখা এই শীৰ্ষৰ কাৰণ হ'ল স্ফটিকৰ পৰমাণুৰ তৰপৰ পৰা বিচ্ছুৰিত ইলেকট্ৰনৰ সেই দিশত হোৱা গঠনাত্মক সমাবোপণ (constructive interference)। ওপৰোক্ত বিভৱৰ (54V) দ্বাৰা ত্বৰিতইলেকট্ৰনৰ এই পৰীক্ষাত পোৱা পদাৰ্থ তৰংগৰ মান আছিল 0.165nm।

সমীকৰণ (11.11) ব্যৱহাৰ কৰি V = 54V ৰ কাৰণে ইলেকট্ৰনৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য,

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{1.227}{\sqrt{v}} \text{nm}$$

বা $$\lambda = \frac{1.227}{\sqrt{54}} \text{nm} = 0.167\text{nm}$$

গতিকে দেখা যায় যে, তাত্বিকভাৱে পোৱা (0.167nm) দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘৰ লগত পৰীক্ষাগত ভাৱে পোৱা মান (0.165nm) সুন্দৰভাবে মিলি গৈছে। ডেভিচন-জাৰ্মাৰৰ এই পৰীক্ষাই স্পষ্টভাৱে প্ৰমাণ কৰিলে যে ইলেকট্ৰনৰ তৰংগ প্ৰকৃতি আছে আৰু দ্য ব্ৰয়ৰ সমীকৰণটো শুদ্ধ। অতি শেহতীয়াভাৱে 1989 চনত পোহৰৰ সমাবোপণৰ অধ্যয়নত ব্যৱহাৰ কৰাৰ নিচিনা দ্বি-ছিদ্ৰৰ (double slit) পৰীক্ষাত ইলেকট্ৰনৰ তৰংগ প্ৰকৃতি স্পষ্টভাৱে প্ৰদৰ্শন কৰা হৈছে। তদুপৰি 1991 চনত কৰা এটা তদ্ৰূপ পৰীক্ষাত ইলেকট্ৰনতকৈ দহলাখ গুণে গধুৰ আয়ডিন অণুৰ এক ৰশ্মিৰ ক্ষেত্ৰতো সমাবোপণ পটি পোৱা গৈছে।

আধুনিক কোৱাণ্টাম বলবিদ্যাৰ উত্তৰণৰ ক্ষেত্ৰত দ্য ব্ৰয়ৰ প্ৰকল্প (de Broglie hypothesis)

Daily Assam

ভেটিস্বৰূপ বুলি বিবেচিত হৈ আহিছে। এই প্ৰকল্পই ইলেক্ট্ৰন আলোক বিজ্ঞান (electron optics) নামৰ এক নতুন অধ্যয়নক্ষেত্ৰৰ বাটো মুকলি কৰি দিছে। ইলেকট্ৰনৰ তৰংগ প্ৰকৃতিৰ আধাৰত সাঁজি উলিওৱা ইলেক্ট্ৰন মাইক্ৰ'স্কোপৰ ব্যৱহাৰ কৰাৰ ফলত আলোক মাইক্ৰ'স্কোপতকৈ অধিক বিভেদন ক্ষমতাৰ মাইক্ৰ'স্কোপ পোৱা সম্ভৱপৰ হৈছে।

সাৰাংশ

1. ধাতুৰ পৃষ্ঠৰ পৰা নিৰ্গত হ'বলৈ ইলেক্ট্ৰন এটাক যি ন্যূনতম শক্তিৰ প্ৰয়োজন সেই শক্তিক ধাতুটোৰ কাৰ্য -ফলন (work function) বোলা হয়। ইলেক্ট্ৰন নিৰ্গমনৰ কাৰণে প্ৰয়োজনীয় শক্তি (কাৰ্য-ফলনতকৈ বেছি) কেইবাধৰণে যোগান ধৰিব পাৰি ঃ ধাতুটোক গৰম কৰি অথবা খুব শক্তিশালী বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ প্ৰয়োগ কৰি বা উপযুক্ত কম্পনাংকৰ পোহৰেৰে আলোকিত কৰি।

2. যথোচিত কম্পনাংকৰ পোহৰ পৰিলে ধাতুৰ পৃষ্ঠৰ পৰা ইলেক্ট্ৰন নিৰ্গমন হয়- এই ঘটনাটোকেই আলোক-বৈদ্যুতিক পৰিঘটনা বোলা হয়। কিছুমান ধাতুৰ পৰা অতিবেঙুনীয়া ৰশ্মিয়েহে ইলেক্ট্ৰন নিৰ্গত কৰিব পাৰে আৰু বহুতৰে পৰা দৃশ্যমান পোহৰেও পাৰে। আলোক- বৈদ্যুতিক পৰিঘটনাত আলোক-শক্তি বৈদ্যুতিক শক্তিলৈ ৰূপান্তৰ হয়। আলোক-বৈদ্যুতিক ঘটনা তাৎক্ষণিক প্ৰক্ৰিয়া আৰু ইয়াৰ কিছুমান বিশেষ বৈশিষ্ট আছে।

3. আলোক-বৈদ্যুতিক প্ৰবাহ নিৰ্ভৰ কৰা কাৰকবোৰ হৈছে ঃ

(i) আপতিত পোহৰৰ প্ৰাবল্য (ii) ইলেক্ট্ৰড দুটাত প্ৰয়োগ কৰা বিভৱভেদ আৰু (iii) নিৰ্গমক পদাৰ্থটোৰ ধৰ্ম।

4. প্ৰতিবন্ধক বিভৱ (v_0) নিৰ্ভৰ কৰে (i) আপতিত পোহৰৰ কম্পনাংক আৰু (ii) নিৰ্গমক পদাৰ্থটোৰ ধৰ্মৰ ওপৰত। আপতিত পোহৰৰ নিৰ্দ্দিষ্ট কম্পনাংকৰ কাৰণে প্ৰতিবন্ধক -বিভৱে পোহৰৰ প্ৰাবল্যৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। নিৰ্গত ইলেক্ট্ৰনৰ সৰ্বোচ্চ গতি-শক্তিৰ লগত প্ৰতিবন্ধক - বিভৱ প্ৰত্যক্ষভাৱে জড়িত ঃ

$$e V_0 = (1/2)\, m v^2_{max} = K_{max}$$

5. ধাতুটোৰ বৈশিষ্টসূচক এক কম্পনাংক v_0 তকৈ (প্ৰাৰম্ভিক কম্পনাংক) কম কম্পনাংকৰ পোহৰে ইলেক্ট্ৰন নিৰ্গত কৰিব নোৱাৰে, লাগিলে প্ৰাবল্য যিমানেই নহওক।

6. ধ্ৰুপদী তৰংগ তত্বই আলোক-বৈদ্যুতিক পৰিঘটনাৰ মূল বৈশিষ্টসমূহ ব্যাখ্যা কৰিব নোৱাৰে। এই তত্বত অবিৰতভাৱে বিকিৰণ শক্তি শোষণ কৰাৰ যি বিধান আছে, সেই বিধানে প্ৰাবল্যৰ ওপৰত k_{max} ৰ অনিৰ্ভৰশীলতা, প্ৰাৰম্ভিক কম্পনাংক v_0ৰ অস্তিত্ব আৰু প্ৰক্ৰিয়াটোৰ তাৎক্ষণিক প্ৰকৃতিৰ ব্যাখ্যা আগবঢ়াব নোৱাৰে। পোহৰৰ ফ'টন চিত্ৰৰ সহায়ত আইনষ্টাইনে এই বৈশিষ্টসমূহৰ ব্যাখ্যা আগবঢ়াইছিল। এই চিত্ৰ মতে, পোহৰ কিছুমান বিচ্ছিন্ন শক্তি-গোট, যিবোৰক কোৱাণ্টাম বা ফ'টন বোলা হয়। প্ৰত্যেক ফ'টনে বহন কৰা শক্তি হ'ল $E\ (= h\nu)$ আৰু $P\ (= h/\lambda)$। ইহঁতে পোহৰৰ কম্পনাংকৰ (ν) ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে কিন্তু প্ৰাবল্যৰ ওপৰত নকৰে। এটা ইলেক্ট্ৰনে এটা ফ'টন শোষণ কৰাৰ ফলত আলোক-বৈদ্যুতিক নিৰ্গমণ সংঘটিত হয়।

7. ধাতুপৃষ্ঠৰ ইলেক্ট্ৰনে ফ'টন শোষণ কৰোঁতে শক্তিৰ যি সংৰক্ষণশীলতাৰ নীতি মানি চলে তাৰ আলমত আইনষ্টাইনৰ আলোক-বৈদ্যুতিক সমীকৰণ ঠাৱৰ হৈছে। এটা ফ'টনৰ শক্তি $h\nu$ ৰ পৰা

Daily Assam

কাৰ্য-ফলন $\phi_0(=h\nu_0)$ বিয়োগ কৰিলে যিমান শক্তি থাকি যায় সেইখিনিয়েই হৈছে ইলেক্‌ট্ৰনটোৰ সৰ্বোচ্চ গতিশক্তি $\frac{1}{2}mv_{max}^2$.

$$\frac{1}{2}mv_{max}^2 = V_0 e = h\nu - \phi_0 = h(\nu - \nu_0)$$

এই আলোক-বৈদ্যুতিক সমীকৰণে আলোক-বৈদ্যুতিক পৰিঘটনাৰ সকলোবোৰ বৈশিষ্ট ব্যাখ্যা কৰিব পাৰে। নিখুঁত পৰীক্ষাৰে মিলিকানে পোন প্ৰথমে এই সমীকৰণৰ সত্যতা প্ৰমাণ কৰিছিল আৰু লগতে প্লাংকৰ ধ্ৰুৱক ' h ' ৰ এক সঠিক মান নিৰ্দ্ধাৰণ কৰিছিল। এই পৰীক্ষাৰ সফলতাৰ কাৰণেই আইনষ্টাইনৰ বিদ্যু-চুম্বকীয় বিকিৰণৰ কণিকা বা ফ'টন ধাৰণা সকলোৱে গ্ৰহণযোগ্য হৈছিল।

8. বিকিৰণৰ দ্বৈত প্ৰকৃতি আছে-তৰংগ আৰু কণিকা। কোনো পৰীক্ষাৰ ফলাফল সঠিকভাৱে বুজিবলৈ আমি তৰংগ ব্যাখ্যা আৰু কণিকা ব্যাখ্যাৰ কোনটো গ্ৰহণ কৰিম সেইটো নিৰ্ভৰ কৰে পৰীক্ষাটোৰ বৈশিষ্টৰ ওপৰত। পদাৰ্থ আৰু বিকিৰণ দুয়োৰে প্ৰকৃতি সমমিত। এই যুক্তিক ভিত্তি কৰি লুই ভিক্টৰ দ্য ব্ৰয়ে প্ৰস্তাৱ আগবঢ়াইছিল যে পদাৰ্থবোৰ (ভৰযুক্ত কণিকা) এক তৰংগ সদৃশ ধৰ্ম থাকিব লাগিব। গতিশীল ভৰযুক্ত কণিকাৰ লগত জড়িত তৰংগক পদাৰ্থ তৰংগ (matter wave) বা দ্য ব্ৰয় তৰংগ বুলি কোৱা হয়।

9. গতিশীল কণিকা এটাৰ ভৰবেগ p আৰু দ্য ব্ৰয় তৰংগ দৈৰ্ঘৰ সম্পৰ্ক হ'ল : $\lambda = \frac{h}{p}$ । এফালে তৰংগ প্ৰকৃতি (λ) আৰু আনফালে কণিকা প্ৰকৃতিৰে (p) এই সমীকৰণে পদাৰ্থৰ দ্বৈত ধৰ্ম সুন্দৰকৈ প্ৰকাশ কৰিছে। কণিকাৰ আধান আৰু ধৰ্মৰ ওপৰত দ্য ব্ৰয় তৰংগ দৈৰ্ঘ নিৰ্ভৰ নকৰে। অকল ইলেক্‌ট্ৰন, প্ৰটন ইত্যাদি অৱ-পাৰমাণৱিক (কম ভৰ বিশিষ্ট) কণিকাৰ ক্ষেত্ৰতহে দ্য ব্ৰয় তৰংগ দৈৰ্ঘ পৰিমাপযোগ্য (স্ফটিকৰ পৰমাণুৰ তৰপবোৰৰ মাজৰ দূৰত্বৰ সম-পৰ্যায়ৰ (Same order)।

10. ডেভিচন-জাৰ্মাৰ, জি, পি, থমচন আৰু পৰৱৰ্তী সময়ত অনেকে কৰা পৰীক্ষাই ইলেক্‌ট্ৰনৰ তৰংগ-প্ৰকৃতি নিভূলভাৱে প্ৰমাণ সহকাৰে সাব্যস্ত কৰিছে। পদাৰ্থ তৰংগৰ দ্য ব্ৰয়ৰ প্ৰকল্পই নিলচ্ বৰৰ স্থিৰ কক্ষপথৰ ধাৰণাকো সমৰ্থন কৰে।

ভৌতিক ৰাশি	প্ৰতীক	মাত্ৰা	একক	মন্তব্য
প্লাংকৰ ধ্ৰুৱক	h	$[ML^2T^{-1}]$	J.s	$E = h\nu$
প্ৰতিবন্ধক বিভৱ	v_0	$[ML^2T^{-3}A^{-1}]$	v	$ev_0 = k_{max}$
কাৰ্য-ফলন	ϕ_0	$[ML^2T^{-2}]$	J;e.V	$k_{max} = E - \phi_0$
প্ৰাৰম্ভিক কম্পনাংক	ν_0	$[T^{-1}]$	H_Z	$\nu_0 = \phi_0 / h$
দ্য ব্ৰয় তৰংগ দৈৰ্ঘ	λ	[L]	m	$\lambda = h / p$

Daily Assam

মন কৰিবলগীয়া কথা

1. ধাতুৰ মুক্ত ইলেক্ট্ৰনৰ অৰ্থ হ'ল যে সেই ইলেক্ট্ৰনবোৰে ধাতুৰ ভিতৰত এক স্থিৰ বিভৱত ঘূৰা-ফুৰা কৰিব পাৰে (কিন্তু এইটোও এটা মোটামুটি শুদ্ধ ধাৰণাহে)। ধাতুটোৰ পৰা এই ইলেক্ট্ৰনবোৰ বাহিৰ ওলাই আহিব নোৱাৰে। ওলাই আহিবলৈ সিহঁতক ওপৰঞ্চি শক্তিৰ প্ৰয়োজন হয়।

2. ধাতুত থকা সকলো মুক্ত ইলেক্ট্ৰনৰ শক্তি সমান নহয়। গেচৰ পাত্ৰ এটাত থকা গেচৰ অণুবোৰৰ দৰে এই ইলেক্ট্ৰনবোৰৰো শক্তিৰ এক নিৰ্দ্দিষ্ট বণ্টন থাকে। এই বণ্টন মেক্সবেলৰ বণ্টনতকৈ বেলেগ। এই বণ্টনৰ বিষয়ে তোমালোকে পিচত ভালদৰে পাবা। এই দুই বণ্টনৰ মাজৰ পাৰ্থক্যৰ মূল কাৰণটো হ'ল যে ইলেক্ট্ৰনে পাউলিৰ নিষেধ সূত্ৰ (Pauli's exclusion principle) মানি চলে।

3. ধাতুৰ মুক্ত ইলেক্ট্ৰনৰ ক্ষেত্ৰত থকা এই শক্তি বণ্টনৰ কাৰণে ধাতু পৃষ্ঠৰ পৰা মুক্ত হ'বলৈ বেলেগ বেলেগ ইলেক্ট্ৰনক বেলেগে বেলেগ পৰিমাণৰ শক্তিৰ প্ৰয়োজন হয়। মুক্ত হবলৈ উচ্চ শক্তিৰ ইলেক্ট্ৰনক নিম্ন শক্তিৰ ইলেক্ট্ৰনতকৈ কম অতিৰিক্ত শক্তিৰ প্ৰয়োজন হয়। মুক্ত হবলৈ ইলেক্ট্ৰনক প্ৰয়োজন হোৱা ন্যূনতম শক্তিয়েই হৈছে ধাতুটোৰ কাৰ্য-ফলন।

4. আলোক-বৈদ্যুতিক পৰিঘটনাই উনুকিয়ায় যে পদাৰ্থ-পোহৰৰ পাৰস্পৰিক ক্ৰিয়াতে শক্তিৰ শোষণ কিছুমান বিচ্ছিন্ন গোট ($h\nu$) হিচাপেহে হয়। কিন্তু এইটোৰ অৰ্থ এনেকুৱা নহয় যে, আমি পোহৰক কিছুমান কণিকাৰ (প্ৰত্যেকৰে $h\nu$ পৰিমাণৰ শক্তি) সমষ্টি বুলি কব পাৰো।

5. প্ৰতিবন্ধক-বিভৱৰ ওপৰত কৰা নিৰীক্ষণেই (প্ৰাবল্যৰ ওপৰত অনিৰ্ভৰশীল আৰু কম্পনাংক ওপৰত নিৰ্ভৰশীল) হৈছে আলোক-বৈদ্যুতিক ঘটনাৰ তৰংগ চিত্ৰ আৰু ফ'টন চিত্ৰৰ মাজৰ মূল প্ৰভেদক।

6. $\lambda = \frac{h}{p}$ সম্পৰ্কই দিয়া পদাৰ্থ তৰংগদৈৰ্ঘৰ এক ভৌতিক তাৎপৰ্য আছে কিন্তু দশা বেগৰ (Phase velocity) তেনে কোনো তাৎপৰ্য নাই। কিন্তু পদাৰ্থ তৰংগৰ সংবেগ (group velocity) ৰ এক বাস্তৱ অৰ্থ আছে; ইয়াৰ মান কণিকাটোৰ বেগৰ সৈতে সমান।

অনুশীলনী

11.1. 30kV ইলেক্ট্ৰন সৃষ্টি কৰা X ৰশ্মিৰ

(a) সৰ্ব্বোচ্চ কম্পনাংক আৰু

(b) সৰ্ব্বনিম্ন তৰংগদৈৰ্ঘ নিৰ্ণয় কৰা।

11.2. চিজিয়াম (caesium) ধাতুৰ কাৰ্য-ফলন 2.14eV। 6×10^{14} হাৰ্জ কম্পনাংকৰ পোহৰে ধাতুটোৰ পৰা ফ'টইলেক্ট্ৰন নিৰ্গত কৰিব পাৰে। তেনেহ'লে তলৰ ৰাশিকেইটা নিৰ্ণয় কৰা ঃ

(a) নিৰ্গত ইলেক্ট্ৰনৰ সৰ্বোচ্চ গতি-শক্তি।

(b) প্ৰতিবন্ধক-বিভৱ আৰু

(c) নিৰ্গত ইলেক্ট্ৰনৰ সৰ্বোচ্চ দ্ৰুতি।

11.3. এটা পৰীক্ষাত পোৱা আলোক-বৈদ্যুতিক অন্তক-বিভৱৰ মান 1.5V। নিৰ্গত ফট'ইলেক্ট্ৰনৰ সৰ্বোচ্চ

গতি-শক্তি কিমান ?

11.4. এটা হিলিয়াম নিয়ন লেজাৰ উৎপাদকে প্ৰস্তুত কৰা একবৰ্ণী পোহৰৰ তৰংগদৈৰ্ঘ 632.8nm । উৎসটোৰ নিৰ্গত ক্ষমতা হ'ল 9.42mW ।

(a) পোহৰৰ ৰশ্মিটোৰ প্ৰত্যেকটো ফ'টনৰ শক্তি আৰু ভৰবেগ নিৰ্ণয় কৰা।

(b) এই ৰশ্মিৰ দ্বাৰা আলোকিত কৰা এটা লক্ষ্যত প্ৰতি ছেকেণ্ডত কিমানটা ফ'টন আপতিত হয়। (ধৰি লোৱা যে ৰশ্মিটোৰ প্ৰস্থচ্ছেদ সুষম আৰু ই লক্ষ্যবস্তুৰ কালিতকৈ কম।) আৰু

(c) ফ'টনটোৰ সমান ভৰবেগ পাবলৈ হাইড্ৰজেনৰ পৰমাণু এটাৰ কিমান বেগ থাকিব লাগিব।

Daily Assam

11.5. ভূ-পৃষ্ঠত আপতিত সৌৰ-শক্তিৰ অভিবাহ (flux) হ'ল $1.388\times10^3 W/m^2$ । ভূ-পৃষ্ঠৰ প্ৰতি বৰ্গমিটাৰত প্ৰতিছেকেণ্ডত কিমানটা (নিকট হিচাপত /প্ৰায়) ফ'টন আপতিত হয়? ধৰি লোৱা যে সৌৰ-ৰশ্মিৰ ফ'টনৰ গড় তৰংগদৈৰ্ঘ্য 550nm ।

11.6. আলোক-বৈদ্যুতিক ঘটনাৰ এক পৰীক্ষাত প্ৰতিবন্ধক-বিভৱ আৰু আপতিত পোহৰৰ কম্পনাংকৰ মাজৰ লেখডালৰ নতি হ'ল 4.12×10^{-15} Vs । ইয়াৰ পৰা প্লাংকৰ ধ্ৰুৱকৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

11.7. এটা ডাঙৰ গোলকৰ কেন্দ্ৰত ৰখা 100 W ৰ চডিয়াম লেম্প এটাৰ পৰা বিকিৰিত শক্তিৰ গোটেইখিনি গোলকটোৱে শোষণ কৰি আছে। চডিয়াম পোহৰৰ তৰংগদৈৰ্ঘ 589nm । (a) চডিয়াম পোহৰৰ প্ৰত্যেকটো ফ'টনৰ শক্তি কিমান? (b) গোলকটোত আপতিত ফ'টনৰ হাৰ (প্ৰতি চেকেণ্ডত আপতিত সংখ্যা) কিমান?

11.8. এটা ধাতুৰ প্ৰাৰম্ভিক কম্পনাংক 3.3×10^{14} Hz । ধাতুটোৰ ওপৰত 8.2×10^{14} Hz কম্পনাংকৰ পোহৰ আপতিত হ'লে আলোক-বৈদ্যুতিক নিৰ্গমনৰ কাৰণে প্ৰতিবন্ধ বিভৱভেদ (cut off voltage) অৰ্থাৎ প্ৰতিবন্ধক-বিভৱ কিমান হ'ব নিৰ্ণয় কৰা।

11.9. এটা ধাতুৰ কাৰ্য-ফলন 4.2eV । এই ধাতুৰ পৰা 330nm তৰংগদৈৰ্ঘৰ পোহৰে আলোক-বৈদ্যুতিক নিৰ্গমন কৰিব পাৰিবনে?

11.10. এটা ধাতু-পৃষ্ঠত 7.21×10^{14} Hz কম্পনাংকৰপোহৰ আপতিত হোৱাত সৰ্বোচ্চ 6.0×10^5 m/s দ্ৰুতিত ইলেক্ট্ৰন নিৰ্গমন ঘটিছে। তেনেহ'লে ইলেক্ট্ৰন নিৰ্গমণৰ কাৰণে প্ৰাৰম্ভিক কম্পনাংকৰ মান কিমান হ'ব?

11.11. আলোক-বৈদ্যুতিক পৰিঘটনাত ব্যৱহাৰ কৰা আৰ্গন লেজাৰ উৎস এটাৰ পৰা নিৰ্গত পোহৰৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ 488nm । নিৰ্গমকৰ ওপৰত এই পোহৰ আপতিত হ'লে তাৰ পৰা নিৰ্গত আলোক-ইলেক্ট্ৰনৰ (photoelectron) কৰ্তন-বিভৱ (cut-off potential) বা প্ৰতিবন্ধক -বিভৱ হয় 0.38V । নিৰ্গমক প্ৰস্তুত কৰা পদাৰ্থটোৰ কাৰ্য-ফলকৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

11.12. 56 V বিভৱ-ভেদৰ দ্বাৰা ত্বৰিত কৰা ইলেক্ট্ৰনৰ

(a) ভৰবেগ আৰু

(b) দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ নিৰ্ণয় কৰা।

11.13. 120 eV গতিশক্তি যুক্ত ইলেক্ট্ৰন এটাৰ

(a) ভৰবেগ

(b) দ্ৰুতি আৰু

(c) দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ কিমান হ'ব হিচাব কৰা।

11.14. চডিয়াম বৰ্ণালীৰ এক ৰেখাৰ তৰংগদৈৰ্ঘ হ'ল 589nm । কিমান গতিশক্তি থাকিলে

(a) এটা ইলেকট্ৰন আৰু (b) এটা নিউট্ৰনৰ দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ চডিয়ামৰ তৰংগদৈৰ্ঘৰ সমান হ'ব ?

11.15. তলত দিয়া বস্তুকেইটাৰ প্ৰত্যেকৰে দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ উলিওৱা —

(a) 0.040kg ভৰৰ বন্দুকৰ গুলী এটা 1.0km/s দ্ৰুতিৰে গতি কৰি আছে।

(b) 1.0km/s দ্ৰুতিত গতি কৰা 0.060kg ভৰৰ বল এটাৰ।

(c) 10×10^{-9} kg ভৰৰ ধূলিকণা এটি 2.2m/s দ্ৰুতিত ওপঙি ফুৰিছে।

Daily Assam

11.16. এটা ইলেক্ট্ৰন আৰু এটা ফ'টন প্ৰত্যেকৰে দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ 1.00nm হ'লে তলৰ ৰাশিকেইটা হিচাপ কৰি উলিওৱা ঃ

(a) প্ৰত্যেকৰে ভৰবেগ

(b) ফ'টনটোৰ শক্তি আৰু

(c) ইলেক্ট্ৰনটোৰ গতি-শক্তি

11.17. (a) কিমান গতি-শক্তি থাকিলে নিউট্ৰন এটাৰ দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ্য 1.40×10^{-10} m হ'ব ?

(b) পদাৰ্থৰ লগত তাপীয় সাম্যৱস্থাত থকা নিউট্ৰনৰ গড় গতিশক্তি $\frac{3}{2}kT$ হ'লে, 300K উষ্ণতাত নিউট্ৰন এটাৰ দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ কিমান হ'ব ?

11.18. বিদ্যু-চুম্বকীয় বিকিৰণৰ তৰংগদৈৰ্ঘ বিকিৰণৰ এটা কোৱাণ্টাম অৰ্থাৎ এটা ফ'টনৰ দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘৰ সৈতে একে সমান বুলি দেখুওৱা।

11.19. 300K উষ্ণতাৰ বায়ুত থকা নাইট্ৰজেন অণুৰ দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ কিমান ? ধৰি লোৱা যে নাইট্ৰজেন অণুটোৰ বেগ সেই উষ্ণতাত অণুবোৰৰ গড়-বৰ্গৰ মূল বেগৰ সমান। (নাইট্ৰজেনৰ পাৰমাণৱিক ভৰ = 14.0076u)

অতিৰিক্ত অনুশীলনী

11.20(a) এমিটাৰ/ নিৰ্গমক আৰু কালেক্টৰ /সংগ্ৰাহক ৰ মাজত 500V বিভৱ-ভেদ বৰ্তাই ৰাখি এটা বায়ুশূন্য নলীত উত্তপ্ত কৰা এমিটাৰৰ পৰা নিৰ্গত ইলেক্ট্ৰন সংগ্ৰাহকত (কালেক্টৰত) কিমান দ্ৰুতিৰে খুন্দা মাৰিব নিৰ্ণয় কৰা। ইলেক্ট্ৰনৰ যি ক্ষুদ্ৰ প্ৰাৰম্ভিক বেগ থাকিব সেইটো নগণ্য বুলি ধৰা। ইলেক্ট্ৰনৰ আপেক্ষিক আধান অৰ্থাৎ e/m ৰ মান হ'ল $1.76\times10^{11}Ckg^{-1}$ ।

(b) ওপৰৰ (a) ত ব্যৱহাৰ কৰা ফৰ্মূলা ব্যৱহাৰ কৰি সংগ্ৰাহকৰ বিভৱ 10 MV হলে ইলেক্ট্ৰনৰ দ্ৰুতি কিমান হ'ব সেইটো ঠাৱৰ কৰা। কি ভূল হৈছে সেইটো তুমি ধৰিব পাৰিছানে ? ফৰ্মূলাটো কেনেকুৱা ধৰণে সলনি কৰিব লাগিব ?

11.21 (a) একক শক্তি বিশিষ্ট ইলেক্ট্ৰনৰ ৰশ্মি এটা $1.30\times10^{-4}T$ ৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখনত লম্ব ভাবে প্ৰবেশ কৰিছে। ইলেক্ট্ৰনৰ দ্ৰুতি $5.20\times10^{6}ms^{-1}$ আৰু e/m ৰ মান $1.76\times10^{11}Ckg^{-1}$ হলে ইলেক্ট্ৰনৰ বৃত্তীয় কক্ষপথৰ ব্যাসাৰ্ধৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

(b) 20MeV ইলেক্ট্ৰনৰ কাৰণে বৃত্তীয় পথৰ ব্যাসাৰ্ধ নিৰ্ণয় কৰিবলৈ (a) ত ব্যৱহাৰ কৰা ফৰ্মূলাটো সঙ্গত

হবনে ? যদি নহয়, তেনেহলে কিদৰে তাক পৰিবৰ্তন কৰিবা ?

[টোকা ঃ অনুশীলনী 11.20 (b) আৰু 11.20 (b) সমাধান কৰিবলৈ হলে তুমি আপেক্ষিকতাবাদী বলবিদ্যা (relativistic mechanics) জানিব লাগিব, যিটো তোমালোকৰ পাঠ্যপুথিৰ অন্তৰ্গত নহয়।'a' ত ব্যৱহাৰ কৰা ফৰ্মুলা খুব উচ্চ বেগ অথবা উচ্চ শক্তিৰ ক্ষেত্ৰত যে ব্যৱহাৰ কৰিব নোৱাৰি সেই কথাটো জানিবৰ কাৰণেই এই দুটা দিয়া হৈছে। খুব উচ্চ বেগ বা উচ্চ শক্তি আচলতে কি বুজায় তাক জানিবৰ কাৰণে অন্তত দিয়া উত্তৰকেইটা চোৱা।]

Daily Assam

11.22 সংগ্ৰাহকত (কালেক্টৰ) 100 V বিভৱ প্ৰয়োগ কৰা ইলেক্ ট্ৰন গান এটাই খুব নিম্ন চাপত ($\sim 10^{-2}$ mm of Hg) হাইড্ৰজেন গেচ থকা গোলকীয় বাল্ব এটালৈ ইলেক্ট্ৰন নিক্ষেপ কৰিছে। $2.83\times10^{-4}\,T$ প্ৰাবল্যৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখনে ইলেক্ট্ৰনৰ গতিপথ 12.0cm ব্যাসাৰ্দ্ধৰ বৃত্তীয় পথলৈ পৰিবৰ্তন কৰিছে। (কক্ষপথটোক দৃষ্টিগোচৰ কৰিব পাৰি কিয়নো কক্ষপথত থকা গেচ আয়নবোৰে ইলেক্ট্ৰন ধৰি ৰাখি পোহৰ নিৰ্গমন কৰে; এই পদ্ধতিকটোক 'ফাইন বিম টিউব' (fine beam tube) পদ্ধতি বোলা হয়। ওপৰোক্ত তথ্যৰ ভিত্তিত e/m নিণয় কৰা।

11.23 (a) এটা x- ৰশ্মি নলীয়ে বিকিৰণ কৰা অবিচ্ছিন্ন বৰ্ণালীৰ তৰংগদৈৰ্ঘৰ নিম্নতম মান $0.45A^0$ । এই বিকিৰণৰ ফ'টন এটাৰ সৰ্বোচ্চ শক্তি কিমান ?

(b) ওপৰত ('a'ত) পোৱা সমিধানৰ পৰা অনুমান কৰা, তেনেকুৱা এটা X-ৰশ্মিৰ নলী কাৰ্যকৰী কৰিবৰ কাৰণে কিমান ত্বৰণকাৰী বিভৱৰ (ইলেক্ট্ৰনৰ কাৰণে) প্ৰয়োজন হব ?

11.24 উচ্চ শক্তিৰ ইলেক্ট্ৰন-পজিট্ৰনৰ সংঘাত ঘটোৱা এক ত্বৰণ পৰীক্ষাত নিৰীক্ষণ কৰা এটা ঘটনা মুঠ 10.2BeV শক্তিৰ ইলেক্ট্ৰন-পজিট্ৰনৰ এক যুগলৰ ধ্বংসৰ দ্বাৰা দুটা সমান শক্তিৰ γ- ৰশ্মি উৎপন্ন হোৱা বুলি ব্যাখ্যা কৰা গৈছে। প্ৰত্যেকটো γ- ৰশ্মিৰ লগত জড়িত তৰংগদৈৰ্ঘ কিমান ? $(1BeV = 10^9 eV)$

11.25 তলৰ সংখ্যা দুটাৰ নিৰূপণে দুটা অতি মনোগ্ৰাহী ঘটনা তোমালোকৰ সন্মুখত উন্মোচন কৰিব। প্ৰথম সংখ্যাটোৱে ইংগিত দিব ৰেডিঅ'ইঞ্জিনিয়াৰে কিয় ফ'টনক লৈ মূৰ ঘমোৱাৰ কোনো প্ৰয়োজন বোধ নকৰে। দ্বিতীয় সংখ্যাটোৱে স্পষ্ট কৰিব, পোহৰৰ উজ্বলতা অতি ক্ষীণ হ'লেও আমাৰ চকুৱে কিয় ফ'টনৰ সংখ্যাৰ কোনো হিচাপ ৰাখিব নোৱাৰে।

(a) 10kW ক্ষমতাৰ এক মেডিয়াম ৱেভ প্ৰেৰক যন্ত্ৰই 500m তৰংগদৈৰ্ঘৰ ৰেডিঅ'-তৰংগ বিকিৰণ কৰোতে প্ৰতি ছেকেণ্ডত নিৰ্গত ফ'টনৰ সংখ্যা নিৰূপণ কৰা।

(b) নিম্নতম প্ৰাৱল্যৰ ($\sim 10^{-10} Wm^{-2}$) যি শুভ্ৰ পোহৰে আমাৰ চকুত দৃষ্টিৰ অনুভূতি জগাব পাৰে সেই পোহৰৰ কিমান ফ'টনে প্ৰতি ছেকেণ্ডত আমাৰ চকুত প্ৰৱেশ কৰে নিৰূপণ কৰা। চকুৰ পতাৰ কালি প্ৰায় $0.4cm^2$ আৰু বগা পোহৰৰ গড় কম্পনাংক 6×10^{14} Hz বুলি ধৰা লোৱা।

11.26 100 W ক্ষমতাৰ পৰা উৎসৰ পৰা নিৰ্গত $2271\overset{0}{A}$ তৰংগদৈৰ্ঘৰ অতিবেঙুনীয়া ৰশ্মিয়ে মলিবডেনাম ধাতুৰ দ্বাৰা নিৰ্মিত আলোক-কোষ উদ্ভাসিত কৰিছে। প্ৰতিৰদ্ধক-বিভৱ যদি -1.3 V হয় তেনেহলে ধাতুটোৰ কাৰ্য-ফলনৰ মান নিৰ্ণয় কৰা। $He-Ne$ লেজাৰ উৎসৰ দ্বাৰা প্ৰস্তুত খুব উচ্চ প্ৰাৱল্যৰ ($\sim 10^5 Wm^{-2}$) তৰংগদৈৰ্ঘৰ ৰঙা পোহৰৰ প্ৰতি আলোক-কোষটোৰ প্ৰতিক্ৰিয়া কেনেকুৱা হব ?

Daily Assam

11.27 নিয়ন-লেম্পৰ পৰা নিৰ্গত 640.2nm ($1nm = 10^{-9}m$) তৰংগদৈৰ্ঘৰ একবৰ্ণী পোহৰে টাংষ্টেন-চিজিয়ামৰ এক আলোক-সংবেদী পদাৰ্থক উদ্ভাসিত কৰিছে। জুখি পোৱা গ'ল যে প্ৰতিবন্ধক-বিভৱ 0.54 V। নিয়ন-লেম্পৰ উৎসৰ সলনি এটা লো-লেম্পৰ উৎস (iron source) ব্যৱহাৰ কৰা হ'ল আৰু ইয়াৰ পৰা নিৰ্গত 427.nm তৰংগদৈৰ্ঘৰ পোহৰে একেটা আলোক সংবেদী পদাৰ্থ আলোকিত কৰিলে। এইবাৰ প্ৰতিবন্ধক -বিভৱ কিমান হব ঠাৱৰ কৰা।

11.28 আলোক-বৈদ্যুতিক নিৰ্গমনৰ কম্পনাংক নিৰ্ভৰশীলতা অধ্যয়নৰ কাৰণে পাৰা লেম্প এটা সুবিধাজনক উৎস, কিয়নো, ইয়াৰ পৰা নিৰ্গত বৰ্ণালীৰেখাৰ তৰংগদৈৰ্ঘ অতিবেঙুনীয়াৰ পৰা আৰম্ভ কৰি দৃশ্যমান পোহৰৰ ৰঙা অংশলৈকে বিস্তৃত। ৰুবিডিয়াম আলোক-কোষৰ ওপৰত কৰা আমাৰ এক পৰীক্ষাত পাৰা-উৎসৰ তলৰ বৰ্ণালীৰেখাবোৰ ব্যৱহাৰ কৰা হৈছিল ঃ

$\lambda_1 = 3650\,\overset{0}{A}$, $\lambda_2 = 4047\,\overset{0}{A}$, $\lambda_3 = 4358\,\overset{0}{A}$, $\lambda_4 = 5461\,\overset{0}{A}$, $\lambda_5 = 6907\,\overset{0}{A}$,

জুখি পোৱা অন্তক-বিভৱবোৰ হ'ল ক্ৰমান্বয়ে,

$V_{01} = 1.28V$, $V_{02} = 0.95V$, $V_{03} = 0.74V$, $V_{04} = 0.16V$, $V_{05} = 0V$.

এই তথ্যৰ পৰা প্লাংকৰ ধ্ৰুৱক, পদাৰ্থটোৰ প্ৰাৰম্ভিক কম্পনাংক, কাৰ্য-ফলনৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

[টোকা ঃ ওপৰোক্ত তথ্যৰ পৰা h ৰ মান নিৰ্ণয় কৰোতে তোমালোকক e ৰ মানৰ প্ৰয়োজন হব। এইটো $1.6\times10^{-19}C$ বুলি লব পাৰা। Na , Li ,K ইত্যাদি ধাতুৰ ওপৰত এনেকুৱা মিলিকানে পৰীক্ষা কৰিছিল। তেওঁ নিজৰ পৰীক্ষাৰ (তেলৰ টোপাল পৰীক্ষা) পৰা পোৱা e ৰ মানৰ নিৰ্ভুলতা প্ৰমাণ কৰিছিল আৰু সমান্তৰালভাৱে নিজাববীয়াকৈ h ৰ মান নিৰূপণ কৰিছিল।]

11.29 তলত কেইটামান ধাতু আৰু সিহঁতৰ কাৰ্য-ফলনৰ মান দিয়া হৈছে ঃ

Na: 2.75eV; K: 2.30eV; Mo: 4.17 eV; Ni: 5.15 eV.

এই ধাতুবোৰৰ দ্বাৰা নিৰ্মিত কোনবোৰ আলোক-কোষে He – Cd লেজাৰ উৎসৰ পৰা নিৰ্গত 3300 Å তৰংগদৈৰ্ঘৰ বিকিৰণৰ কাৰণে আলোক-বৈদ্যুতিক নিৰ্গমণ নকৰিব ? ধৰা যে উৎসৰ পৰা আলোককোষৰ দূৰত্ব 1 মিটাৰ । যদি উৎসটো আলোক-কোষৰ ওচৰ চপাই আনি 50 Cm দূৰত্বত ৰখা হয়, তেতিয়া কি ঘটিব ?

11.30 $2cm^2$ পৃষ্ঠকালিৰ চডিয়াম আলোক-কোষ এটাত 10^{-5} W m^{-2} প্ৰাৱল্যৰ পোহৰ আপতিত হৈছে। চডিয়াম ধাতু-পৃষ্ঠৰ প্ৰথম পাচটা তৰপে আপতিত শক্তি শোষণ কৰে বুলি ধৰি লৈ তৰংগ তত্ব মতে কিমান সময়ৰ পাচত আলোক-বৈদ্যুতিক নিৰ্গমণ আৰম্ভ হব হিচাপ কৰা। ধাতুটোৰ কাৰ্যফলন 2 eV. বুলি দিয়া আছে। তুমি পোৱা উত্তৰটোৱে কি ইংগিত বহন কৰিছে বুলি ভাবা ?

11.31 X - ৰশ্মি অথবা উপযুক্ত বিভৱ-ভেদৰ দ্বাৰা ত্বৰিত ইলেক্ট্ৰনৰ দ্বাৰা স্ফটিক বিচ্ছুৰণ পৰীক্ষাসমূহ কৰিব পাৰি। কোনবিধ সন্ধানীৰ (probe) শক্তি বেছি? (সাংখিক তুলনাৰ কাৰণে প্ৰত্যেকটো সন্ধানীৰ তৰংগদৈৰ্ঘ $1\overset{0}{A}$ বুলি ধৰি লোৱা। এই দৈৰ্ঘ স্ফটিকৰ আন্তঃ পাৰমাণৱিক দূৰত্বৰ সমতুল্য (দিয়া আছে, $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg)

11.32 (a) 150 eV গতি শক্তিৰ নিউট্ৰন এটাৰ দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ নিৰ্ণয় কৰা। অনুশীলনী (11.31) ৰ পৰা এটা কথা গম পাইছা যে, স্ফটিক বিচ্ছুৰণ পৰীক্ষাৰ কাৰণে ইলেক্‌ট্ৰন ৰশ্মিৰ ইমানখিনি শক্তিয়েই যথোপযুক্ত। একে পৰিমাণৰ শক্তিৰ নিউট্ৰন ৰশ্মি এটা এই পৰীক্ষাৰ কাৰণে উপযুক্ত হবনে ? ব্যাখ্যা কৰা।

($m_n = 1.657 \times 10^{-27}$ kg)

(b) কোঠাৰ উষ্ণতাত (27^0c) থকা থাৰ্মেল নিউট্ৰনৰ লগত জড়িত দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ নিৰ্ণয় কৰা। স্ফটিক বিচ্ছুৰণ পৰীক্ষাত ব্যৱহাৰৰ কাৰণে বেগী নিউট্ৰনক প্ৰথমে কোঠাৰ উষ্ণতালৈ নি লব লাগে; ইয়াৰ কাৰণ ওপৰত পোৱা উত্তৰৰ সহায়ত ব্যাখ্যা কৰা।

11.33 50kV বিভৱ-ভেদৰ দ্বাৰা ত্বৰিত ইলেক্‌ট্ৰনক এটা ইলেক্‌ট্ৰন মাইক্ৰ'স্কোপত ব্যৱহাৰ কৰা হৈছে। এই ইলেক্‌ট্ৰনৰ দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ নিৰ্ণয় কৰা। যদি বেলেগ কাৰকবোৰ প্ৰায় একে বুলি ধৰা হয় তেনেহ'লে ইলেক্‌ট্ৰন মাইক্ৰ'স্কোপৰ বিভেদন ক্ষমতাৰ (resolving power) লগত হালধীয়া পোহৰ ব্যৱহাৰ কৰা আলোক মাইক্ৰ'স্কোপ এটাৰ বিভেদন ক্ষমতা তুলনা কৰা।

11.34 কোনো সন্ধানীৰ তৰংগদৈৰ্ঘই হ'ল, যি গঠনক সি অনুসন্ধান কৰে সেই গঠনৰ আকৃতিৰ এক মাপ। প্ৰটন আৰু নিউট্ৰনৰ কোৱাৰ্ক-গঠন পৰিলক্ষিত হয় 10^{-15} m বা তাতোকৈ কম দৈৰ্ঘৰ-স্কেলতহে। আমেৰিকাৰ ষ্টেনফৰ্ডত থকা বৈখিক ত্বৰক যন্ত্ৰত ত্বৰিত কৰা ইলেক্‌ট্ৰন ব্যৱহাৰ কৰি 1970 দশকৰ আৰম্ভণিতে প্ৰটন, নিউট্ৰনৰ এই সম্পৰ্কে অনুসন্ধান চলোৱা হৈছিল। এই ইলেক্‌ট্ৰন ৰশ্মিৰ শক্তিৰ ঘাত (10 ৰ ঘাত) কিমান হব পাৰে আনুমানিক নিৰ্ণয় কৰা। (ইলেক্‌ট্ৰনৰ স্থিৰ ভৰ শক্তি(rest mass energy) = 0.511MeV)

11.35 কোঠাৰ উষ্ণতা (27 °C) আৰু এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপত থকা হিলিয়াম গেচৰ এটা হিলিয়াম (He) পৰমাণুৰ দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ উলিওৱা আৰু এই অৱস্থাত থকা দুটা পৰমাণুৰ মাজৰ গড় দূৰত্বৰ লগত ইয়াক তুলনা কৰা।

11.36 27 °C উষ্ণতাত থকা ধাতুৰ এটা ইলেক্‌ট্ৰনৰ দ্য ব্ৰয় তৰংগদৈৰ্ঘ গণনা কৰা আৰু ইয়াক ধাতুৰ দুটা ইলেক্‌ট্ৰন মাজৰ গড় দূৰত্বৰ (প্ৰায় 2×10^{-10} m) লগত তুলনা কৰা।

[টোকা ঃ অনুশীলনী 11.35 আৰু 11.36 ই দেখুৱায় যে সাধাৰণ অৱস্থাত থকা গেচ অণুবোৰৰ তৰংগ-স্তুপে অধিলেপ (Overlap) নকৰে কিন্তু ধাতুত থকা ইলেক্‌ট্ৰনৰ তৰংগ-স্তুপে প্ৰবলভাৱে অধিলেপ কৰে। এইটোৱে আমাক আভাষ দিয়ে কিয় সাধাৰণ অৱস্থাত থকা গেচ অণুবোৰক পৰস্পৰ প্ৰভেদশীল বুলি ভাবিব পাৰি কিন্তু ধাতুৰ ইলেক্‌ট্ৰনবোৰক নোৱাৰি। ইলেক্‌ট্ৰনৰ এই অপ্ৰভেদশীলতাৰ (indistinguishibility) বহুতো মৌলিক তাৎপৰ্য আছে। এই বিষয়ে পদাৰ্থ-বিজ্ঞানৰ উন্নত পাঠ্যক্ৰমত তোমালোক শিকিবলৈ পাবা।]

11.37 তলৰ প্ৰশ্নসমূহৰ উত্তৰ দিয়া ঃ

(a) ভবা হয় যে প্ৰটন আৰু নিউট্ৰন ভিতৰত থকা কোৱাৰ্কৰ আধান ভগ্নাংশ । এই ভগ্নাংশ আধান মিলিকানৰ পৰীক্ষাত ধৰা নপৰে কিয় ?

(b) e / m অনুপাতটোৰ বিশেষত্ব কি ? e বা m বেলেগ বেলেগকৈ বিবেচনা সাধাৰণতে নকৰো কিয় ?

(c) সাধাৰণ চাপত গেচবোৰ অপৰিবাহী কিন্তু চাপ বহু কম হোৱাৰ লগে লগে পৰিবাহী হবলৈ আৰম্ভ কৰে। ইয়াৰ কাৰণ কি ?

(d) প্ৰত্যেক ধাতুৰ কাৰ্য-ফলনৰ মান নিৰ্দিষ্ট। তেনেহলে একৰঙী বিকিৰণ আপতিত হলে নিৰ্গত হোৱা সকলো ফট'ইলেক্‌ট্ৰনৰ গতি-শক্তি সমান নহয় কিয় ? কিয় ফট'ইলেক্‌ট্ৰনবোৰৰ শক্তি ভিন্ন ভিন্ন হয় ?

(e) এটা ইলেক্‌ট্ৰনৰ শক্তি আৰু ভৰবেগৰ তাৰ দ্য ব্ৰয় তৰংগৰ কম্পনাংক আৰু তৰংগদৈৰ্ঘৰ লগত সম্পৰ্ক হ'ল ঃ

$$E = h\nu, \; p = \frac{h}{\lambda}$$

কিন্তু তৰংগদৈৰ্ঘৰ (λ) মানৰ এক ভৌতিক তাৎপৰ্য আছে যদিও কম্পনাংকৰ (ν) (আৰু ফলস্বৰূপে দশাবেগৰ $\nu\lambda$) তেনে কোনো তাৎপৰ্য নাই। ইয়াৰ কাৰণ কি ?

Daily Assam

Daily Assam

পৰিশিষ্ট
(Appendix)

11.1 তৰংগ-কণিকা ফ্লিপ-ফ্লপৰ (flip-flop) কাহিনী।
(The history of wave-particle flip-flop)

পোহৰ কি ? এই প্ৰশ্নটোৱে দীৰ্ঘদিন ধৰি মানুহক বিবুধিত পেলাই আহিছে। কিন্তু বৈজ্ঞানিক আৰু ঔদ্যোগিক যুগৰ আৰম্ভণীৰে পৰা প্ৰায় চাৰি শতিকা ধৰি সমান্তৰালভাবে পোহৰনো কিহেৰে গঠিত এই লৈও বহুতো তাত্ত্বিক আৰ্হি আগবঢ়োৱা হৈছে। বিজ্ঞানত যি শাখাতে নহওক কিয়, তাত্ত্বিক আৰ্হি এটাৰ প্ৰয়োজনীয় বৈশিষ্ট হ'ল যে, সেই সময়ত পৰীক্ষালব্ধ সকলো নিৰীক্ষণ আৰ্হিটোৱে ব্যাখ্যা কৰিব পাৰিব লাগিব। গতিকে প্ৰথমেই এইটো যুগুত হব যে সোতৰ শতিকাত পোহৰৰ বিষয়ে লাভ কৰা নিৰীক্ষণসমূহৰ বিষয়ে আমি থূলমূল আভাস এটি লওঁ

সেই সময়ত জনা পোহৰৰ ধৰ্মসমূহ হ'ল ঃ

(a) পোহৰৰ সৰলৰৈখিক গতি (b) সমতল আৰু ভাঁজখোৱা পৃষ্ঠৰ পৰা প্ৰতিফলন (c) দুটা ভিন্ন মাধ্যমৰ স্পৰ্শস্থলত হোৱা প্ৰতিসৰণ (e) বিভিন্ন ৰঙলৈ বিচ্ছুৰণ (d) খুব উচ্চ দ্ৰুতি। প্ৰথম চাৰিটা পৰিঘটনাৰ কাৰণে সূত্ৰ আগবঢ়োৱা হৈছিল। উদাহৰণস্বৰূপে,1621 খৃষ্টাব্দত স্নেলে(snell) তেওঁৰ প্ৰতিসৰণ সূত্ৰদুটাৰ ৰূপ দিছিল। গেলিলিঅ'ৰ পৰা আৰম্ভ কৰি অনেক বিজ্ঞানীয়ে পোহৰৰ দ্ৰুতি জুখিবলৈ চেষ্টা কৰিছিল। কিন্তু তেওঁলোক এই কাৰ্যত সফল হোৱা নাছিল। তেওঁলোকে মাত্ৰ এই সিদ্ধান্তলৈ আহিছিল যে, পোহৰৰ দ্ৰুতি তেওঁলোকৰ পৰীক্ষাই জুখিব পৰা সীমাতকৈ বহু ওপৰত।

সোতৰ শতিকাত পোহৰৰ আন দুটা আৰ্হিৰ প্ৰস্তাৱো আগবঢ়োৱা হৈছিল। সোতৰ শতিকাৰ আৰম্ভণীৰ দশকত ডেকাৰ্টেই (Descartes) প্ৰস্তাৱ কৰিছিল যে পোহৰ কণিকাৰ সমষ্টি আৰু আনহাতে প্ৰায় 1650-60 চনমানত হাইজেন্সে (Huygens) প্ৰস্তাৱ আগবঢ়াইছিল যে পোহৰ আচলতে তৰংগ। ডেকাৰ্টৰ প্ৰস্তাৱ আছিল পৰীক্ষা তথা বৈজ্ঞানিক যুক্তিহীন এক দাৰ্শনিক কল্পনা মাথোন। কিছুদিন পিচতে প্ৰায় 1660-70 চন মানত নিউটনে ডেকাৰ্টৰ কণিকা আৰ্হিক উন্নীত কৰি এক বৈজ্ঞানিক তত্বৰ ৰূপ দিছিল আৰু এই কণিকা তত্বৰ (Corpuscular theory) সহায়ত সেই সময়ত জ্ঞাত পোহৰৰ বহুতো ধৰ্ম ব্যাখ্যা কৰিছিল। পোহৰক তৰংগ অথবা কণিকা হিচাপ লৈ কৰা এই দুই আৰ্হি ইটো-সিটোৰ সম্পূৰ্ণ পৰিপন্থী আছিল। কিন্তু দুয়ো আৰ্হিয়েপোহৰৰ সকলোবোৰ জ্ঞাত ধৰ্ম ব্যাখ্যা কৰিব পাৰিছিল। কিন্তু দুয়োটাৰ ভিতৰত কোনটো গ্ৰহণযোগ্য সেইটো বিচাৰ কৰাৰ কোনো উপায় নাছিল।

ইয়াৰ পিচত শতিকা কেইটাত এই দুই আৰ্হিৰ উত্তৰণৰ ইতিহাস কিন্তু বৰ মনোগ্ৰাহী হৈ উঠিল। 1669 চনত বাৰ্থলিনাচ্ (Bartholinus) নামৰ এজন বিজ্ঞানীয়ে কিছুমান স্ফটিকত পোহৰৰ দ্বি-প্ৰতিসৰণৰ ঘটনা আবিষ্কাৰ কৰিছিল আৰু 1678 চনত হাইজেন্সে, এই ঘটনাৰ ব্যাখ্যা পোহৰৰ তৰংগ তত্বৰ ভিত্তিত আগবঢ়াইছিল। তৎসত্বেও, পৰবৰ্তী এশ বছৰ ধৰি তৰংগ আৰ্হিতকৈ নিউটনৰ কণিকা আৰ্হিৰহে মানুহে বেছি পোষকতা কৰিছিল। ইয়াৰ কাৰণ আছিল আংশিকভাৱে এই আৰ্হিৰ সৰলতা আৰু আংশিকভাবে পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ ওপৰত থকা নিউটনৰ প্ৰভাৱ।

ইয়াৰ পিচত 1801 চনত ইয়ঙে তেওঁৰ বিখ্যাত দ্বি-ছিদ্ৰ পৰীক্ষাত পোহৰৰ সমাৰোপণ পটি নিৰীক্ষণ কৰিছিল। এই পৰিঘটনাৰ ব্যাখ্যা কেৱল মাথো তৰংগ তত্বইহে কৰিব পাৰিছিল। ইয়াৰ পিচত দেখা গ'ল যে পোহৰৰ অপৱৰ্তনো কেৱল মাথো তৰংগ তত্বৰ সহায়তহে বুজিব পাৰি। প্ৰকৃততে এই ব্যাখ্যা আছিল পোহৰৰ গতিপথৰ প্ৰত্যেক বিন্দুৰ পৰা গৌণ ক্ষুদ্ৰ তৰংগ (অথবা উৰ্মিকা) সৃষ্টি হোৱা হাইজেন্সৰ ধাৰণাৰ স্বাভাৱিক পৰিণতি। এই পৰীক্ষাৰ ফলাফলসমূহ পোহৰৰ কণিকা তত্বৰ সহায়ত ব্যাখ্যা কৰিব পৰা নগৈছিল। 1810 চনৰ আশে-পাশে পোহৰৰ সমবৰ্তন পৰিঘটনা আবিষ্কৃত হৈছিল আৰু এই ঘটনাও কেৱল মাথো তৰংগ তত্বইহে ব্যাখ্যা কৰিব পাৰিছিল। এইবোৰ ঘটনা প্ৰবাহৰ কাৰণে স্বাভাৱিকতে হাইজেন্সৰ তৰংগ তত্বই অধিক প্ৰাধান্য লাভ কৰিছিল আৰু নিউটনৰ কণিকা তত্বই এক পশ্চাৎ অৱস্থান গ্ৰহণ কৰিবলগীয়া হৈছিল। পৰবৰ্তী প্ৰায় এক শতিকা জুৰি বিজ্ঞান সমাজত এই পৰিবেশ বিৰাজ কৰিছিল।

Daily Assam

বিকিৰণ আৰু পদাৰ্থৰ দ্বৈত প্ৰকৃতি

পোহৰৰ দ্ৰুতি নিৰ্ণয়ৰ কাৰণে উনৈশ শতিকাত অধিক উন্নত পৰীক্ষা চলোৱা হৈছিল। অধিক নিখুঁত পৰীক্ষাৰ সহায়ত শূন্যত পোহৰৰ দ্ৰুতি 3×10^8 m/s বুলি ঠাৱৰ কৰা হৈছিল। প্ৰায় 1860 চনত মেক্সৱেলে তেওঁৰ বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় সমীকৰণসমূহ ঠাৱৰ কৰিছিল আৰু দেখা গৈছিল যে তেতিয়ালৈকে জনা সকলো বিলাক বিদ্যুৎ চুম্বকীয় ঘটনাৰ ব্যাখ্যা মেক্সৱেলৰ সমীকৰণ চাৰিটাই দিব পাৰিছিল। কিন্তু পিচতে মেক্সৱেলৰ দেখুৱাইছিল যে শূন্য ঠাইৰ মাজেৰে বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ একেলগে বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় তৰংগ হিচাবে প্ৰসাৰণ হয়। তাত্বিকভাৱে এই তৰংগৰ দ্ৰুতি তেওঁ ঠাৱৰ কৰি দেখিলে যে ইয়াৰ মান 2.998×10^8 m/s হয়। অৰ্থাৎ শূন্যত বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় তৰংগৰ দ্ৰুতি আৰু পোহৰৰ দ্ৰুতি সমান। ইয়াৰ পৰাই তেওঁ সিদ্ধান্ত আগবঢ়ালে যে পোহৰ বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় তৰংগ। হাৰ্জে এনেকুৱা তৰংগৰ উৎপাদন আৰু সংসূচন পৰীক্ষাৰ দ্বাৰা প্ৰদৰ্শন কৰি দেখুৱালে। এই পৰীক্ষাই তৰংগ তত্বৰ ভেটি আৰু সুদৃঢ় কৰিলে। গতিকে আমি কব পাৰো যে, ওঠৰ শতিকা হ'ল তৰংগ তত্বৰ যুগ।

আলোক বিজ্ঞানৰ পৰা সম্পূৰ্ণ পৃথক পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ অন্য এক শাখাত তাপ আৰু আনুষংগিক বিষয়ৰ ওপৰত 1850-1900 ৰ এই কালছোৱাত অনেক পৰীক্ষা কৰা হৈছিল। গেচৰ গতি তত্ব আৰু তাপ গতি বিজ্ঞানকে আদি কৰি বহুতো তত্ব আৰু আৰ্হিৰ সৃষ্টি হৈছিল আৰু এইবোৰে এই পৰিঘটনাবোৰৰ এটাৰ বাহিৰে বাকী সকলোবিলাক (অতি) সফলতাৰে বৰ্ণনা কৰিব পাৰিছিল।

প্ৰত্যেক বস্তুৱে সকলো উষ্ণতাতে সকলো তৰংগদৈৰ্ঘ্য ৰশ্মি বিকিৰণ কৰে। লগতে আপতিত বিকিৰণ শোষনো কৰে। যি বস্তুৱে তাৰ ওপৰত আপতিত সকলো তৰংগদৈৰ্ঘ্য শোষণ কৰে তাক কৃষ্ণ-বস্তু বুলি কোৱা হয়। বিন্দুসম ভৰ অথবা সুষম গতিৰ নিচিনাকৈ কৃষ্ণ বস্তুও এক আদৰ্শ ধাৰণাহে। কৃষ্ণ বস্তুৰ বিকিৰণৰ প্ৰাবল্য আৰু তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ মাজৰ লেখক কৃষ্ণ বস্তু বৰ্ণালী (Black body spectrum) বোলে। সেই সময়ৰ কোনো তত্বই কৃষ্ণ বস্তু বৰ্ণালী সম্পূৰ্ণকৈ ব্যাখ্যা কৰিব পৰা নাছিল।

1900 চনত মেক্স প্লাংকে এটা সম্পূৰ্ণ নতুন ধাৰণাৰ জন্ম দিলে। প্লাংকৰ মতে কৃষ্ণ বস্তুৰ পৰা বিকিৰণ কিছুমান শক্তি-গোট (Packets of energy) হিচাপে হয়, তৰংগৰ দৰে অবিছিন্ন ভাবে নহয়। এই নতুন ধাৰণাৰে তেওঁ কৃষ্ণবস্তু বৰ্ণালী সম্পূৰ্ণভাৱে ব্যাখ্যা কৰি দেখুৱাইছিল। এই শক্তি-গোট অথবা কোৱাণ্টা বোবক প্লাংকে বিকিৰণ আৰু শোষণৰ ধৰ্ম বুলিহে ভাবিছিল, পোহৰৰ ধৰ্ম হিচাবে নহয়। তেওঁ এটা ফৰ্মুলা ঠাৱৰ কৰিছিল যিটোৱে সম্পূৰ্ণ কৃষ্ণ বস্তুৰ বৰ্ণালী ব্যাখ্যা কৰিব পাৰিছিল। কিন্তু এয়া আছিল তৰংগ চিত্ৰ আৰু কণিকা চিত্ৰৰ এক ৰহস্যময় সংমিশ্ৰণ - বিকিৰণ নিৰ্গত হয় কণিকা হিচাবে, গতি কৰে তৰংগ হিচাবে আকৌ শোষণ হয় কণিকা হিচাবে! তদুপৰি পদাৰ্থবিদ্ সকলক ই আৰু এটা দোমোজাত পেলালে। এটা মাত্ৰ পৰিঘটনা ব্যাখ্যা-কৰিবলৈ আমি কি আকৌ পোহৰৰ কণিকা তত্বক গ্ৰহণ কৰিব লাগিব? যদি সেয়েহে হয়, কণিকা তত্বই ব্যাখ্য কৰিব নোৱাৰা সমাৱোপণ আৰু অপবৰ্তন পৰিঘটনাৰ কি দশা হব?

কিন্তু অনতি বিলম্বে 1905 চনত আইনষ্টাইনে কণিকা তত্বৰ সহায়ত আলোক-বৈদ্যুতিক পৰিঘটনাৰ ব্যাখ্যা আগবঢ়ালে। এই চিত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰি 1907 চনত ডিবাই (Debye) নিম্ন উষ্ণতাত গোটা বস্তুৰ আপেক্ষিক তাপৰ ব্যাখ্যা কৰিলে। তেওঁ ধৰি লৈছিল যে স্ফটিকীয় গোটা বস্তুৰ অণুবোৰৰ কম্পন বিকিৰণৰ কোৱাণ্টামৰ নিচিনা। দেখাত প্ৰায় সম্পৰ্কবিহীন এই দুই পৰিঘটনাৰ ব্যাখ্যা কিন্তু তৰংগ তত্বই নহয়, অকল কণিকা তত্বইহে কৰিব পাৰিছিল। 1923 চনত কম্পটনে কৰা পদাৰ্থৰ পৰমাণুৰ দ্বাৰা X - ৰশ্মিৰ বিচ্ছুৰণৰ পৰীক্ষাৰ ফলাফলো এই কণিকা তত্বৰ আলমতহে ব্যাখ্যা কৰিব পৰা হৈছিল। এই পৰীক্ষাই ইতিমধ্যে সন্মুখীন হোৱা দ্বন্দ পুনৰ বৃদ্ধি কৰিছিল।

গতিকে 1923 চন মানলৈকে পদাৰ্থবিদসকল সন্মুখীন হোৱা পৰিস্থিতিটো হ'ল–

(a) সৰলৰৈখিক গতি, প্ৰতিফলন, প্ৰতিসৰণ আদি পোহৰৰ কিছুমান পৰিঘটনা তৰংগ তত্ব আৰু কণিকা উভয়ৰ দ্বাৰা বাখ্যা কৰিব পৰা গৈছিল।

(b) এনেকুৱা কিছুমান পৰিঘটনা আছে, যেনে, অপবৰ্তন আৰু সমবৰ্তন যিবোৰ অকল তৰংগ তত্বইহে ব্যাখ্যা কৰিব পাৰে।

(c) আনহাতে, এনেকুৱা কিছুমান পৰিঘটনাও আছে, যেনে কৃষ্ণ বস্তুৰ বিকিৰণ, আলোক-বৈদ্যুতিক ঘটনা আৰু কম্পটন বিচ্ছুৰণ-যিবোৰক অকল কণিকা তত্বইহে ব্যাখ্যা কৰিব পাৰে, তৰংগ তত্বই নোৱাৰে। এইখিনিতে এজন অজ্ঞাতনামা বিজ্ঞানীৰ এক ৰস পূৰ্ণ উক্তিৰ উদ্ধৃতি দিয়া যাওঁক-"পোহৰে সোমবাৰ, বুধবাৰ আৰু শুক্ৰবাৰে কণিকা হিচাবে আৰু মঙ্গলবাৰ, বৃহস্পতিবাৰ আৰু শনিবাৰে তৰংগ হিচাবে আচৰণ কৰে। ৰবিবাৰে আমি কিন্তু পোহৰৰ কথা নাপাতো"।

পদাৰ্থ বিজ্ঞান

1924 চনত লুই দ্য ব্ৰয়ে তেওঁৰ তৰংগ-কণিকা দ্বৈতবাদৰ তত্ত্ব আগবঢ়ালে। এই তত্ত্ব মতে অকল পোহৰৰ কণিকা ফ'টনৰে নহয়, ইলেক্‌ট্ৰন, প্ৰটন, পৰমাণু ইত্যাদি ভৰযুক্ত কণিকাবোৰৰো এক দ্বৈত প্ৰকৃতি আছে। এই কণিকাবোৰেও কেতিয়াবা ঢৌ আৰু কেতিয়াবা কণিকা হিচাবে আচৰণ কৰে। এইবোৰৰ ভৰ, বেগ, ভৰবেগৰ (কণিকাৰ বৈশিষ্ট্য) লগত তৰংগদৈৰ্ঘ আৰু কম্পনাংক (তৰংগৰ বৈশিষ্ট্য) সাঙুৰি তেওঁ এটা সমীকৰণ উপস্থাপন কৰিলে। 1927 চনত থমচনে, আৰু একে বছৰতে ডেভিচন, জাৰ্মাৰে বেলেগ বেলেগ পৰীক্ষাত দেখুৱালে যে ইলেক্‌ট্ৰন সঁচাকৈয়ে তৰংগ প্ৰকৃতি আছে আৰু এই তৰংগদৈৰ্ঘ দ্য ব্ৰয়ৰ ফৰ্মূলাই দিয়া তৰংগদৈৰ্ঘৰ সৈতে মিলি যায়। তেওঁলোকৰ পৰীক্ষাত স্ফটিকীয় গোটা বস্তুৰ মাজেৰে ইলেক্‌ট্ৰনৰ বিচ্ছুৰণ ঘটোৱা হৈছিল, য'ত প্ৰণালীবদ্ধ সজ্জাত থকা স্ফটিকৰ পৰমাণুবোৰে গ্ৰেটিং হিচাবে কাম কৰিছিল। ইয়াৰ কিছু পিচতে, বেলেগ বেলেগ কণিকা যেনে নিউট্ৰন, প্ৰটন আদি ব্যৱহাৰ কৰিও বিচ্ছুৰণ পৰীক্ষা কৰা হৈছিল আৰু এইবোৰেও দ্য ব্ৰয় ফৰ্মুলাৰ সত্যতা সাব্যস্ত কৰিছিল। এই পৰীক্ষাসমূহে তৰংগ-কণিকা দ্বৈতবাদক পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ প্ৰতিষ্ঠিত নীতি হিচাবে প্ৰতিপন্ন কৰিছিল। পদাৰ্থবিদ্‌সকলে কিছু স্বস্তি অনুভৱ কৰিলে এই ভাবি যে, অকল পোহৰৰ ক্ষেত্ৰতো নহয়, তথাকথিত 'কণিকা'ৰ বাবেও ওপৰত উল্লেখিত সকলোবোৰ পৰিঘটনা ব্যাখ্যা কৰিব পৰা এক নীতি অৱশেষত উদ্ধাৰ হ'ল।

কিন্তু তৰংগ-কণিকা দ্বিত্বৰ কোনো মৌলিক তাত্ত্বিক ভেটি নাছিল। দ্য ব্ৰয়ৰ প্ৰস্তাৱ আছিল মাথো প্ৰকৃতিৰ সমমিতিৰ আধাৰত যুগুত কৰা কেৱল এক গুণগত যুক্তি। তৰংগ-কণিকা দ্বিত্বক খুব বেছি এক নীতি হিচাবে লব পাৰি, কোনো মৌলিক তত্ত্বৰ পৰিণতি হিচাবে নহয়। এইটো সঁচা যে, যেনেকুৱাই নহওঁক, সকলোবোৰ পৰীক্ষায়েই দ্য ব্ৰয়ৰ ফৰ্মূলা সঁচা বুলি প্ৰতিপন্ন কৰিছে। কিন্তু পদাৰ্থ বিজ্ঞান চৰ্চ্চাৰ সেইটো প্ৰকৃত নিয়ম নহয়। যি কোনো আৰ্হি গ্ৰহণযোগ্য হবৰ কাৰণে এফালে যেনেকৈ পৰীক্ষাগত প্ৰমাণৰ দৰকাৰ, ঠিক তেনেকৈ প্ৰয়োজন এক যুক্তিযুক্ত তাত্ত্বিক বুনিয়াদৰ। এই বুনিয়াদ গঢ় লৈ উঠিল ইয়াৰ পিচৰ দুটা দশকত। 1928 চনৰ আগে আগে ডিৰাকে গঢ় দিলে তেওঁৰ বিকিৰণৰ তত্ত্ব আৰু 1930 চনৰ ভিতৰত এই তত্ত্বক সুদৃঢ় ভেটিত প্ৰতিষ্ঠা কৰিলে হাইজেনবাৰ্গ আৰু পাউলিয়ে। 1940 দশকৰ শেষৰ পিনে টমোনাগা (Tomonaga), সুইংগাৰ (Schwinger) আৰু ফাইনমেনে (Feynman) এই তত্ত্বত থকা আসোঁৱাহবোৰ আঁতৰাই ইয়াক অধিক পৰিশোধিত ৰূপ দিলে। এই তত্ত্বসমূহে লগ লাগি তৰংগ-কণিকা দ্বিত্বৰ তাত্ত্বিক ভেঁটি সুদৃঢ় কৰিলে।

এই তত্ত্বৰ বিকাশৰ ধাৰা স্তব্ধ হোৱা নাই, ইয়াৰ উত্তৰণ অধুনা পৰ্যন্ত ঘটিয়ে আছে। দিন যোৱাৰ লগে লগে এই তত্ত্বই জটিল ৰূপ লৈছে, যিটো বৰ্ণনা কৰা এই চুটি নিবন্ধত অসম্ভৱ। কিন্তু ইয়াৰ মূল বৈশিষ্ট্য সমূহৰ বিষয়ে আমি অৱগত হলো আৰু বৰ্তমানলৈ আমাৰ কাৰণে এইখিনিয়েই যথেষ্ট। পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ আজিৰ তত্ত্ববোৰৰ স্বাভাৱিক পৰিণতি বুলি সমাদৃত নীতিটো হ'ল ঃ বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তৰংগ আৰু ভৰযুক্ত কণিকা উভয়েই বেলেগ বেলেগ পৰীক্ষাত তৰংগ আৰু কণিকা দুয়ো ধৰ্মৰ প্ৰকাশ দেখুৱায়, আনকি কেতিয়াবা একেটা পৰীক্ষাৰে বিভিন্ন অংশত দুই ধৰ্মৰ প্ৰতিফলন ঘটে।

Daily Assam