দ্বাদশ অধ্যায়

পৰমাণু

(Atoms)

12.1 আৰম্ভণি (Introduction)

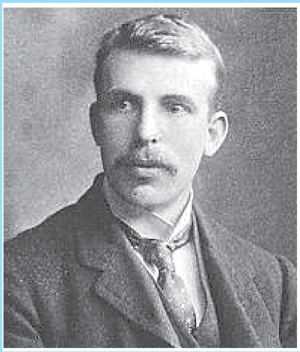
পদাৰ্থযে পৰমাণুৰে গঠিত তাৰ সমৰ্থনত ঊনবিংশ শতিকাত যথেষ্ট পৰিমাণে সাক্ষ্য পোৱা গৈছিল। বৃটিছ পদাৰ্থ বিজ্ঞানী জে জে থমছনে (1856-1940) গেছীয় পদাৰ্থৰ মাজেদি বৈদ্যুতিক ডিছ্চাৰ্জ পঠাই এলানি পৰীক্ষা কৰিছিল। তাৰ পৰা 1897 চনত তেওঁ বুজিব পাৰিছিল যে ভিন ভিন মৌলৰ পৰমাণু সমূহত ঋণাত্মকভাৱে আহিত উপাদান (ইলেক্ট্ৰন) থাকে আৰু সেই উপাদান সকলোবোৰ পৰমাণুতে একেই। অৱশ্যে সামগ্ৰিকভাৱে; পৰমাণুবোৰ বৈদ্যুতিকভাৱে প্ৰশমিত অৰ্থাৎ আধানবিহীন। সেয়ে, ইলেক্ট্ৰনসমূহৰ ঋণাত্মক আধান প্ৰশমিত কৰিবৰ বাবে পৰমাণুৰ ভিতৰত ধনাত্মক আধানো থাকিবই লাগিব। কিন্তু পৰমাণু এটাৰ ভিতৰত এই ধনাত্মক আধান আৰু ইলেক্ট্ৰনসমূহ কেনেধৰণে সজ্জিত হৈ থাকে? অন্য ভাষাত, পৰমাণুৰ সংৰচনা কেনেকুৱা?

1898 চনত থমছনেই পৰমাণুৰ প্ৰথমটো আৰ্হি দাঙি ধৰে। সেই আৰ্হি অনুসাৰে পৰমাণুৰ ধনাত্মক আধানখিনি পৰমাণুৰ আয়তনৰ ভিতৰত সুষমভাৱে বিতৰিত হৈ থাকে; ঋণাত্মক ইলেক্ট্ৰনবোৰ তৰমুজ এটাৰ গুটিবোৰ যেনেদৰে থাকে ঠিক তেনেদৰে পৰমাণুৰ আয়তনৰ ভিতৰত সোমাই থাকে। এই আৰ্হিটোক সুন্দৰ নাম এটা দিয়া হৈছেঃ 'প্লাম-পুডিং' আৰ্হি । হ'লেও পৰমাণু সম্পৰ্কে চলোৱা পৰৱৰ্তী অধ্যয়নৰপৰা বুজা গৈছে যে পৰমাণু এটাত ইলেক্ট্ৰন আৰু ধনাত্মক আধানবোৰ এই আৰ্হিটোত উত্থাপন কৰাতকৈ বহু বেলেগ ধৰণেহে বিতৰিত হৈ থাকে।

আমি জানো যে ঘনীভূত পদাৰ্থ (কঠিন আৰু জুলীয়া) আৰু ঘন গেছীয় পদাৰ্থৰ পৰা সকলো উষ্ণতাতে বিদ্যুৎ চুম্বকীয় বিকিৰণ নিৰ্গত হয়। সেই বিকিৰণ ভালেকেইটা তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ অবিচ্ছিন্ন বিকিৰণ; অৱশ্যে ভিন ভিন তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বিকিৰণৰ প্ৰাৱল্যও ভিন ভিন। ধাৰণা কৰা হয় যে এই বিকিৰণ অণু আৰু পৰমাণুসমূহৰ দোলনৰ ফলতে উৎপন্ন হয়। তেনে দোলন নিৰ্ভৰ কৰে নিকটৱৰ্তী অণু-পৰমাণুৰ সৈতে প্ৰতিটো অণু নাইবা পৰমাণুৰ আন্তঃক্ৰিয়াৰ ওপৰত। ইয়াৰ বিপৰীতে পাতল গেছীয় পদাৰ্থ কোনো জুইৰ শিখাত তপতালে, অথবা আমাৰ চিনাকি নিয়ন বা পাৰাৰ বাষ্পৰ দৰে কোনো গেছীয় পদাৰ্থ দীপ্তিনলীৰ ভিতৰত ৰাখি উত্তেজিত কৰিলে যি পোহৰ নিৰ্গত

হয় তাৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য অবিচ্ছিন্ন নহয়। -- তাৰ পৰা মাত্ৰ কেইটামান নিৰ্দ্দিষ্ট তৰংগদৈৰ্ঘ্যহে নিৰ্গত হয়। তেনে পোহৰৰ বৰ্ণালীত কিছুমান উজ্জ্বল ৰেখাৰ উপস্থিতিহে দেখা যায়। এই লেখিয়া গেছসমূহত পৰমাণুবোৰৰ মাজৰ গড় ব্যৱধান বেছি। সেয়ে নিৰ্গত বিকিৰণবোৰ স্বতন্ত্ৰ অণুবোৰৰ কম্পনৰ ফলহে, অণু আৰু পৰমাণুসমূহৰ মাজত আন্তঃক্ৰিয়া ঘটাৰ পৰিণাম নহয়।

উনবিংশ শতিকাত আৰম্ভণি কালত আৱিষ্কাৰ হ'ল যে প্ৰতিবিধ মৌলৰে নিজা নিজা বৈশিষ্ট্যমূলৰ বিকিৰণ বৰ্ণালী আছে। উদাহৰণস্বৰূপে, হাইড্ৰজেনে সদায় এনে কেইডালমান ৰেখা নিৰ্গত কৰে যিবোৰৰ মাজত ব্যৱধান সুনিৰ্দিষ্ট। ইয়াৰ পৰা বুজিব পৰা গৈছিল যে কোনো মৌলৰ পৰা কি ধৰণৰ বিকিৰণ নিৰ্গত হব তাৰ লগত মৌলটোৰ পৰমাণুৰ আভ্যন্তৰীণ সংৰচনাৰ এটা ঘনিষ্ঠ সম্বন্ধ আছে। এই ক্ষেত্ৰত 1885 চনত জোহান জেকব বামাৰে (Johann Jakob Balmer, 1825-1898) এটা সৰল পৰীক্ষালব্ধ সূত্ৰ উলিয়াইছিল; সেই সূত্ৰৰ সহায়ত হাইড্ৰজেন পৰমাণুৰপৰা নিৰ্গত হোৱা বৰ্ণালীৰেখা সমূহৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য নিৰূপণ কৰিব পাৰি। হাইড্ৰ'জেনেই মানুহে জনা সৰলতম মৌল। সেয়ে আমি এই অধ্যায়ত হাইড্ৰ'জেনৰ বৰ্ণালীৰ বিষয়ে বহলাই আলোচনা কৰিম।



আৰ্নেষ্ট ৰাডাৰফৰ্ড **(1871 – 1937)** এগৰাকী বৃটিছ পদাৰ্থবিজ্ঞানী। তেজস্ক্ৰিয় বিকিৰণ সম্পৰ্কীয় গৱেষণাৰ বাটকটীয়া। এওঁ আলফা আৰু বিটা ৰশ্মি আৱিষ্কাৰ কৰিছিল। ফেডেৰিক ছডিৰ সৈতে যুটীয়াভাৱে তেওঁ তেজস্ক্ৰিয়তাৰ আধুনিক তত্ত্ব উদ্ভাৱন কৰিছিল। থ'ৰিয়ামৰ নিৰ্গমন অধ্যয়ন কৰোঁতে তেওঁ এটা নতুন সম্ভ্ৰান্ত গেছ আৱিষ্কাৰ কৰিছিল। সেই গেছটো হৈছে ৰেডনৰ এটা আইছ'ট'প; বৰ্তমান ইয়াক থ'ৰন বোলা হয়। ধাতুৰ পাতৰ মাজেদি পঠিওৱা আলফা ৰশ্মিৰ বিচ্ছুৰণ অধ্যয়ন কৰি তেওঁ পৰমাণুৰে নিউক্লিয়াছ আছে সেই কথা আৱিষ্কাৰ কৰিছিল। লগতে পৰমাণুৰ এক সৌৰজগত সদৃশ আৰ্হিৰ প্ৰস্তাৱ দাঙি ধৰিছিল। তদুপৰি তেওঁ নিউক্লিয়াছৰ মোটামুটি আকাৰো নিৰূপণ কৰি উলিয়াইছিল।

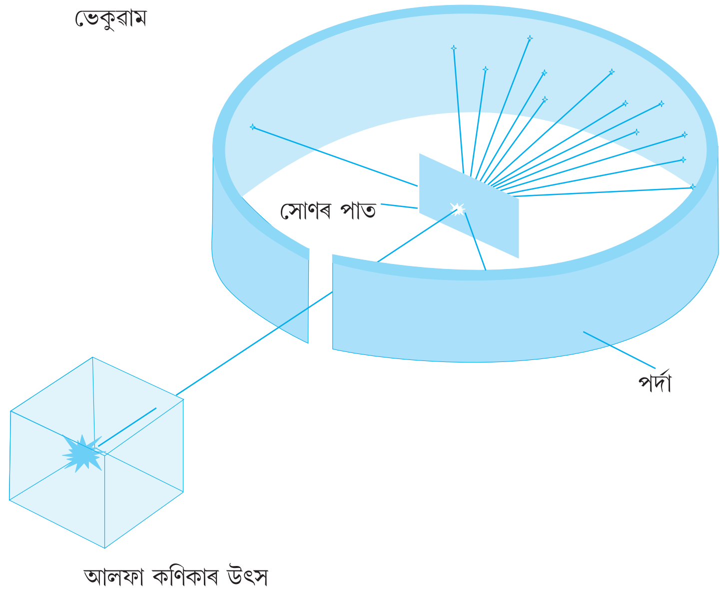
বিজ্ঞানী জে জে থমছনৰ এগৰাকী গৱেষক ছাত্ৰ আছিল আৰ্ণষ্ট ৰাডাৰফ'ৰ্ড (Ernst Rutherford ,1871-1937)। তেওঁ কেইবিধমান তেজস্ক্ৰিয় মৌলৰ পৰা ওলোৱা α কণিকাৰ সহায়ত কেইটামান পৰীক্ষা সম্পাদন কৰিছিল। পৰীক্ষাবোৰৰ উদ্দেশ্য আছিল পৰমাণুৰ সংৰচনা অধ্যয়ন কৰা। 1906 তেওঁ এটা প্ৰস্তাৱ দাঙি ধৰিছিল যে পৰমাণুৱে α কণিকাবোৰ কেনেদৰে বিচ্ছুৰিত কৰিব পাৰে তাক সহজে পৰীক্ষা কৰি কব পাৰি আৰু তাৰপৰা পৰমাণুৰ সংৰচনা সম্পৰ্কে জানিব পৰা যাব। পাছত 1911 চনৰ আশে -পাশে হান্স গাইগাৰ (1882-1945) আৰু আৰ্ণষ্ট মাৰ্ছডেনে (1889-1970), (তেতিয়া বয়স মাত্ৰ 20 বছৰ, স্নাতক ডিগ্ৰিকে লাভ কৰা নাছিল) এই পৰীক্ষাটো কৰিছিল। এই অধ্যায়ৰ 12.2 অনুচ্ছেদত পৰীক্ষাটোৰ সবিশেষ আলোচনা কৰা হৈছে। পৰীক্ষাকেইটাৰ ফলাফলৰ ব্যাখ্যাৰ পৰাই ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ সৌৰজগত সদৃশ পৰমাণু আৰ্হিৰ (অথবা পৰমাণুৰ নিউক্লীয় আৰ্হি) জন্ম হয়। আৰ্হিটো অনুসাৰে পৰমাণু এটাৰ ,সমস্ত ধনাত্মক আধান আৰু প্ৰায়খিনি ভৰেই কেন্দ্ৰভাগৰ এটা ক্ষুদ্ৰ আয়তনৰ ভিতৰতে কেন্দ্ৰীভূত হৈ থাকে। উক্ত আয়তনকে 'নিউক্লিয়াছ' বোলা হৈছে। ইলেক্ট্ৰনবোৰ নিউক্লিয়াছটোৰ চাৰিওফালে ঘূৰি থাকে যেনেদৰে গ্ৰহবোৰে সূৰ্য্যৰ চাৰিওফালে পৰিভ্ৰমণ কৰে।

পৰমাণু সম্পৰ্কে আজি আমি যিখিনি জানিব পাৰিছোঁ তাৰ বুনিয়াদ ৰচনা কৰিছে ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ নিউক্লীয় আৰ্হিয়েই। হ'লেও এই আৰ্হিৰ সহায়ত পৰমাণুৰপৰা কিয়নো মাত্ৰ বিচ্ছিন্ন (Discrete) তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ বিকিৰণহে নিৰ্গত হয় তাক ব্যাখ্যা কৰিব পৰা নগৈছিল। হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুত এটা মাত্ৰ ইলেক্ট্ৰন আৰু এটা প্ৰ'টন থাকে। এনে সৰল হাইড্ৰ'জেনৰ পৰা কিয়নো কেইটামান নিৰ্দ্দিষ্ট তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ জটিল বৰ্ণালীহে পোৱা যায়? পৰমাণুৰ ধ্ৰুপদী ধাৰণা অনুসৰি সূৰ্য্যৰ চাৰিওফালেও গ্ৰহবোৰে যেনেদৰে ঘূৰে, নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালেও ইলেক্ট্ৰনসমূহ তেনেদৰেই ঘূৰে। পাছলৈ আমি দেখিম যে পৰমাণুৰ এই আৰ্হিটোকে হুবহু গ্ৰহণ কৰিলে কেতবোৰ ভয়ানক অসুবিধাও দেখা দিয়ে।

12.2 আলফা কণিকাৰ বিচ্ছুৰণ আৰু ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ নিউক্লীয় পৰমাণুৰ আৰ্হি ঃ- (Alpha Particle Scattering and Rutherford's Nuclear Model of Atom)

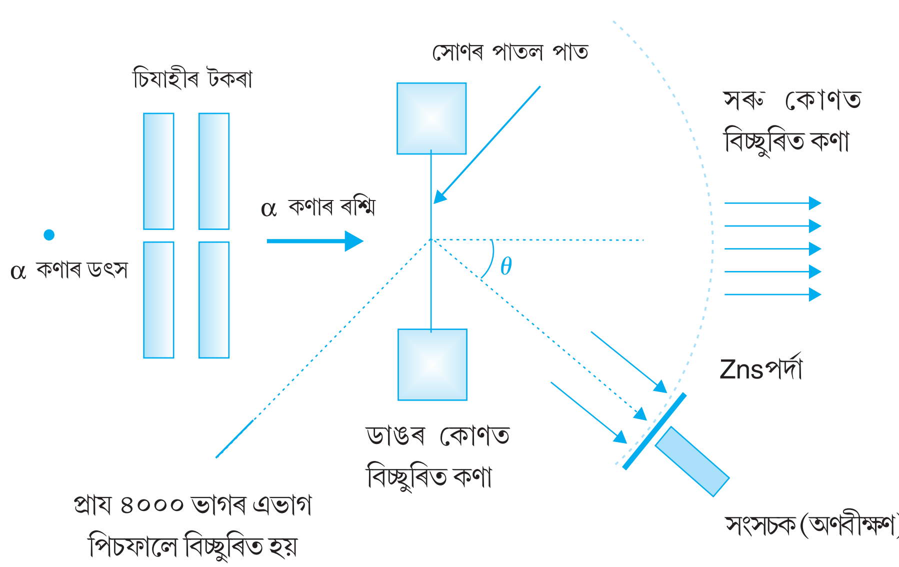
আৰ্ণষ্ট ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ নিৰ্দেশনা অনুসৰি 1911 চনত হান্স গাইগাৰ আৰু আৰ্ণষ্ট মাৰ্ছডেনে কেইটামান পৰীক্ষা সম্পন্ন কৰিছিল। চিত্ৰ 12.1 ত দেখুওৱাৰ নিচিনাকৈ এটা পৰীক্ষাত তেওঁলোকে ${}^{214}_{83}Bi$ তেজস্ক্ৰিয় উৎসৰপৰা নিৰ্গত হোৱা 5.5 MeV শক্তিৰ α কণিকাৰ এটা ৰশ্মি সোণৰ পাতল পাত এচটাৰ ওপৰত পৰিবলৈ

দিছিল। চিত্ৰ 12.2 ত পৰীক্ষাটোৰ এটা নিৰ্দেশক চিত্ৰ দেখুওৱা হৈছে। $^{214}_{83}Bi$ উৎসই নিৰ্গত কৰা আলফা কণিকাবোৰ সীহৰ খণ্ডবোৰৰ মাজেদি পঠিয়াই সমান্তৰাল কৰি (collimated) এটা সংকীৰ্ণ কিৰণ সৃষ্টি কৰা হৈছিল। কিৰণটো সোণৰ পাতল পাত এচটাৰ ওপৰত পৰিবলৈ দিয়া হৈছিল ; পাত চটাৰ বেধ আছিল মাত্ৰ 2.1×10^{-7} মিটাৰ। এটা ইফালে সিফালে, ঘূৰাই থাকিব পৰা সংসূচকৰ সহায়ত বিচ্ছুৰিত আলফা কণিকাবোৰ পৰ্য্যবেক্ষণ কৰা হৈছিল। সংসূচকটোত আছিল এখন জিংক ছালফাইডৰ পৰ্দা আৰু এটা অণুবীক্ষণ। বিচ্ছুৰিত কণাবোৰ আহি পৰ্দাখনত পৰিলে পৰ্দাখনত ক্ষন্তেকীয়া পোহৰৰ জিকমিকনিবোৰ দেখা পাব পাৰি। তাৰ যোগেদি কিমান সংখ্যৰ কণিকা কেনেকুৰা কোণত বিচ্ছুৰিত হয় জানিব পৰা যায়, অৰ্থাৎ বিচ্ছুৰিত কণিকাৰ সংখ্যাক বিচ্ছুৰণ কোণৰ ফলন হিচাপে অধ্যয়ন কৰিব পাৰি।



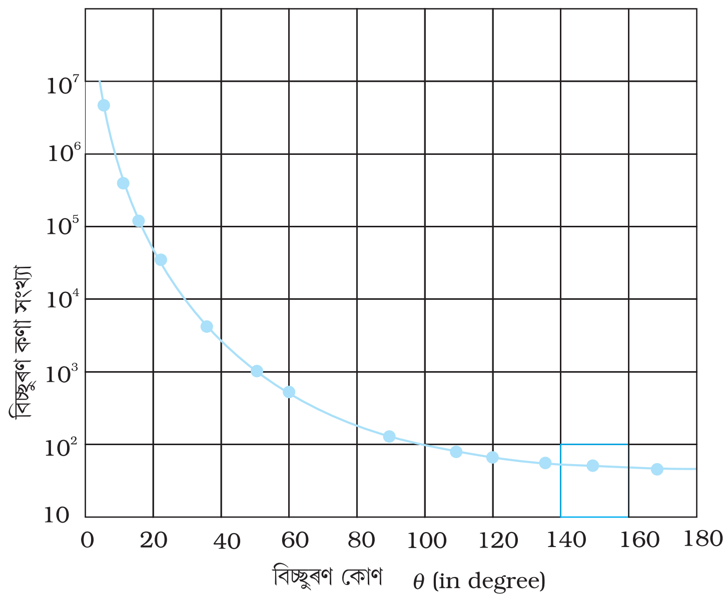
চিত্ৰ 12.1 গাইগাৰ-মাৰ্ছডেনৰ α বিচ্ছুৰণ পৰীক্ষা। গোটেই সঁজুলিটো এটা ভেকুৱাম প্ৰকোষ্ঠত ৰখা হয় (চিত্ৰত দেখুওৱা হোৱা নাই)।

চিত্ৰ (12.3) ত কোনো এক নিৰ্দ্দিষ্ট সময় সীমাৰ ভিতৰত বিভিন্ন কোণত বিচ্ছুৰিত হোৱা আলফা কণিকাৰ মুঠ সংখ্যাৰ এটা আৰ্হিমূলক লেখ দেখুওৱা হৈছে। লেখটোত থকা ডটসমূহে তথ্য বিন্দু সূচাইছে। নিৰৱচ্ছিন্ন বক্ৰটো হৈছে লক্ষ্য পৰমাণুটোৰ এটা ক্ষুদ্ৰ, ঘন, ধনাত্মক নিউক্লিয়াছ থকা বুলি ধৰি লৈ কৰা তাত্বিক ভৱিষ্যদ্বাণীৰ বক্ৰ। আলফা কণিকাবোৰৰ বুজন অংশই পাতল পাতচটাৰ মাজেদি পাৰ হৈ গুচি যায়—সেইবোৰৰ সংঘাত নঘটে। পাতচটাত আপতিত হোৱা α কণিকাৰ মাত্ৰ 0.14 শতাংশ মানহে 1^0 তকৈ ডাঙৰ কোণত বিচ্ছুৰিত হয়। আৰু 8000 ৰএক অংশ মানহে 90^0 তকৈ ডাঙৰ কোণত বিচ্ছুৰিত হয়। ৰাডাৰফ'ৰ্ডে যুক্তি প্ৰদৰ্শন কৰিছিল যে α কণিকা এটা যদি পিছফালেউভতি আহিব লগা হয় তেন্তে ইয়াৰ ওপৰত এটা শক্তিশালী বিকৰ্ষণ বলে ক্ৰিয়া কৰি থাকিব লাগিব। তেনে শক্তিশালী বল উৎপন্ন হ'বৰ বাবে পৰমাণু এটাৰ সৰহখিনি ভৰ তথা পৰমাণুটোত ধনাত্মক আধানখিনি তাৰ কেন্দ্ৰভাগত থুপ খাই থাকিব লাগিব। তেনেস্থলত আপতিত α কণিকাটো ধনাত্মক আধানৰ নিচেই ওচৰ চাপিব পাৰে, অথচ তাক ভেদ কৰিব নোৱাৰে; আৰু তেনেদৰে অতি ওচৰ চপা কণিকাটোৰ বিক্ষেপণ কোণ ডাঙৰ হয়। এনেকুৰা কথাই পৰমাণুৰ যে এটা নিউক্লিয়াছ আছে তাক সমৰ্থন কৰে। এইবাবে ৰাডাৰফ'ৰ্ডক পৰমাণুৰ নিউক্লিয়াছৰ আৱিষ্কাৰৰ কৃতিত্ব প্ৰদান কৰা হয়।



চিত্ৰ 12.2

ৰাডাৰফ'ৰ্ডে আগবঢ়োৱা পৰমাণুৰ নিউক্লীয় আৰ্হি অনুযায়ী



চিত্ৰ 12.3 গাইগাৰ আৰু মাৰ্ছডেনে 12.1 চিত্ৰ আৰু 12.2 ত দেখুওৱা দৰে ব্যৱস্থাৰে পৰীক্ষা কৰি পাতল সোণপাতৰ পৰা α বিচ্ছুৰণ কাৰণে পোৱা তথ্য [(ডট] (.) দেখুওৱা হৈছে। পৰমাণুৰ যে এটা ক্ষুদ্ৰ, ঘন ধনাত্মক আধানযুক্ত নিউক্লিয়াছ আছে সেইবুলি ধৰি লৈ তাত্বিকভাৱে কৰা ভৱিষ্যদ্বাণী নিৰৱচ্ছিন্ন বক্ৰৰ দ্বাৰা বুজোৱা হৈছে।

পৰমাণুৰ সমস্ত ধনাত্মক আধান আৰু পৰমাণুটোৰ প্ৰায় গোটেইখিনি ভৰেই নিউক্লিয়াছত থুপ খাই থাকে আৰু ইলেক্ট্ৰনবোৰ তাৰ পৰা কিছু আঁতৰত থাকে। গ্ৰহবোৰে যিদৰে সূৰ্য্যৰ চাৰিওফালে ঘূৰে, ইলেক্ট্ৰনবোৰো তেনেদৰে নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে কিছুমান কক্ষত ঘূৰি ফুৰে। ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ পৰীক্ষাৰ পৰা পোৱা মতে নিউক্লিয়াছৰ আকাৰ (ব্যাস) প্ৰায় 10^{-15} মিটাৰৰ পৰা 10^{-14} মিটাৰৰ ভিতৰত হ'ব। গতিতত্বৰ পৰা জনা অনুযায়ী পৰমাণুৰ আকাৰ 10^{-10} মিটাৰ – নিউক্লিয়াছৰ তুলনাত প্ৰায় 10,000 ৰ পৰা 1,00,000 গুণ ডাঙৰ (একাদশ শ্ৰেণীৰ পদাৰ্থবিজ্ঞানৰ পাঠ্যপুথিত থকা অধ্যায় 11 ৰ পৰিচ্ছেদৰ11.6 দ্ৰষ্টব্য)। ইয়াৰ পৰা এনেহেন লাগে যেন ইলেক্ট্ৰনসমূহ নিউক্লিয়াছৰ পৰা নিউক্লিয়াছৰ নিজস্ব আকাৰৰ দহ হাজাৰমানৰ পৰা একলাখ গুণমান দূৰত্বত থাকে। গতিকে বুজিব পাৰি, পৰমাণু একোটাত সৰহখিনি স্থানেই শূন্য। এনে শূন্য স্থানৰ বাবেই প্ৰায়বোৰ α কণিকাই পাতল ধাতৰ পাত এটাৰ মাজেদি কিয় পোনে পোনে পাৰ হৈ যায় তাক বুজিবলৈ অসুবিধা নহয়। অৱশ্যে কোনো α কণিকা পৰমাণুৰ নিউক্লিয়াছৰ ওচৰ চাপি গ'লে নিউক্লিয়াছৰ প্ৰবল বিদ্যুৎ ক্ষেত্ৰৰ প্ৰভাৱত α কণিকাটো ডাঙৰ কোণত বিচ্ছুৰিত হয়। পৰমাণুৰ ভিতৰত থকা ইলেক্ট্ৰনসমূহ নিচেই পাতল; সেইবাবে α কণিকাবোৰৰ ওপৰত বিশেষ প্ৰভাৱ পেলাব নোৱাৰে।

চিত্ৰ (12.3) ত বিচ্ছুৰণৰ যি তথ্য দাঙি ধৰা হৈছে, ৰাডাফৰ্'ৰ্ডৰ নিউক্লিয়াছ কেন্দ্ৰিক পৰমাণুৰ আৰ্হিৰআধাৰত তাৰ বিশ্লেষণ কৰি চাব পাৰি। যিহেতু সোণৰ পাতটো তেনেই পাতল সেয়ে α কণিকাবোৰ তাৰ মাজেদি পাৰ হৈ যাওঁতে এবাৰতকৈ বেছিকৈ বিচ্ছুৰণ নঘটে বুলি ধৰি ল'ব পৰা যায়। ফলত মাত্ৰ এটা নিউক্লিয়াছে বিচ্ছুৰণ কৰা এটা আলফা কণিকাৰ গতিপথটো নিৰ্ধাৰণ কৰিলেই হ'ল।

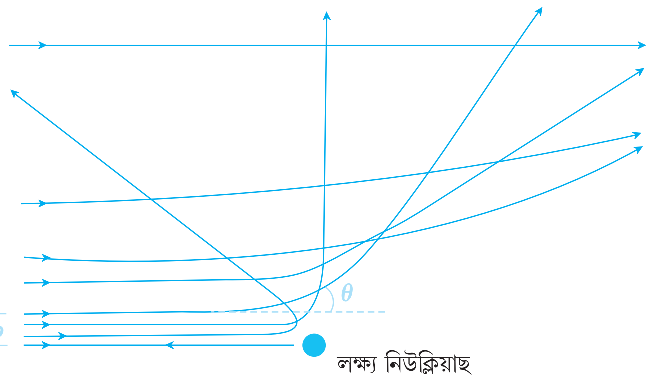
আলফা কণিকা হৈছে হিলিয়াম পৰমাণুৰ নিউক্লিয়াছ। গতিকে তাৰ আধান দুই ধনাত্মক একক (2e) আৰু ভৰ হিলিয়াম পৰমাণুৰ ভৰৰ সমান। সোণৰ নিউক্লিয়াছৰ আধান Ze , য'ত Z হৈছে সোণৰ পৰমাণুৰ পাৰমাণৱিক সংখ্যা বা ক্ৰমাংক (atomic number)। সোণৰ ক্ষেত্ৰত Z=79-- ই আলফা কণিকাৰ তুলনাত প্ৰায় 50 গুণ গধুৰ। গতিকে বিচ্ছুৰণ প্ৰক্ৰিয়াত সোণৰ নিউক্লিয়াছটো স্থিৰ হৈ থাকে, বুলি ধৰি ল'ব পাৰি। এনেদৰে ধৰি ল'লে, নিউটনৰ দ্বিতীয় গতিসূত্ৰ তথা α কণিকা আৰু ধনাত্মক নিউক্লিয়াছৰ মাজত স্থিৰ বৈদ্যুতিক বিকৰ্ষণৰ কুলম্বৰ সূত্ৰ প্ৰয়োগ কৰি α কণিকা এটাৰ নিক্ষেপ পথটো আংকিক হিচাপত ঠাৱৰ কৰিব পাৰি। এই বিকৰ্ষণ বলৰ মান ঃ

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(2e)(Ze)}{r^2} \qquad (12.1)$$

ইয়াত r হৈছে α কণিকা আৰু নিউক্লিয়াছটোৰ মাজৰ ব্যৱধান। α কণিকা আৰু নিউক্লিয়াছটো সংযোগ কৰা ৰেখা ডালেই বলৰ দিশ নিৰ্দেশ কৰে। নিউক্লিয়াছৰ ওচৰ চাপি অহা আৰু তাৰ পৰা আঁতৰি যোৱা, উভয় ক্ষেত্ৰতে α কণিকাটোৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰা বলৰ মান আৰু দিশ অবিৰত ভাৱে পৰিবৰ্তন হৈ থাকে।

12.2.2 আলফা কণিকাৰ নিক্ষেপ পথ (Alpha-particle trajectory)

α কণিকাৰ নিক্ষেপ পথটো সংঘাত প্ৰাচল (impact parameter) b ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। সংঘাত প্ৰাচলনো কি? ই হৈছে নিউক্লিয়াছটোৰ কেন্দ্ৰবিন্দু আৰু আলফা কণিকাটোৰ প্ৰাৰম্ভিক বেগ ভেক্টৰৰ মাজৰ লম্ব দূৰত্ব (চিত্ৰ 12.4)। α কণিকাৰ এটা কিৰণত (সোঁতত) থকা ভিন ভিন α কণিকাৰ সংঘাত প্ৰাচল ভিন ভিন হয়। সেয়ে কিৰণটোত থকা কণিকাবোৰ বিভিন্ন দিশত বিভিন্ন সম্ভাৱিতাৰে বিচ্ছুৰিত হয় (চিত্ৰ12.4)। (এটা কিৰণত থকা সকলোবোৰ কণিকাৰ গতিশক্তি মোটামুটিভাৱে সমান) দেখা যায় যে নিউক্লিয়াছৰ বেছি ওচৰেদি গতি কৰা α কণিকাৰ (সংঘাত প্ৰাচলৰ মান কম) বিচ্ছুৰণ কোণ ডাঙৰ। মুখামুখি সংঘাতৰ বেলিকা সংঘাত প্ৰাচল সৰ্বনিম্ন; সেই ক্ষেত্ৰত α কণিকাটো প্ৰতিক্ষিপ্ত (Rebound) হয় ($\theta \cong \pi$) অৰ্থাৎ ই যি দিশত পৰা গৈছিল পুনৰ সেই দিশলৈকে উভতি আহে। সংঘাত প্ৰাচল উচ্চমানৰ হ'লে α কণিকাটো বিচ্যুত নোহোৱাকৈয়ে পাৰ হৈ যায় ($\theta \cong 0$ বুলি ধৰিব পাৰি)।



চিত্ৰ 12.4 লক্ষ্য নিউক্লিয়াছ এটাৰ কুলম্ব ক্ষেত্ৰত α কণিকাৰ গতিপথ। সংঘাত প্ৰাচল (b) আৰু বিচ্ছুৰণ কোণ θ ত দেখুওৱা হৈছে।

আপতিত কণিকাসমূহৰ নিচেই সামান্য এভাগহে প্ৰতিক্ষিপ্ত হয়; ই কি সূচায়? ই সূচায় যে মুখামুখি সংঘাত হোৱা α কণিকাৰ সংখ্যা অতি তাকৰ। ইয়াৰ পৰা বুজিব পাৰি, পৰমাণুৰ ভৰখিনি এটা নিচেই ক্ষুদ্ৰ আয়তনৰ ভিতৰতে কেন্দ্ৰীভূত হৈ থাকে। এইদৰে, ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ বিচ্ছুৰণ পৰীক্ষাটো নিউক্লিয়াছৰ সৰ্বোচ্চ আকাৰ নিৰূপণৰ ক্ষেত্ৰত এক সুদক্ষ পদ্ধতি।

উদাহৰণ 12.1

উদাহৰণ 12.1 ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ নিউক্লীয় আহি অনুসৰি পৰমাণুৰ নিউক্লিয়াছটো (ব্যাসাৰ্ধ প্ৰায় 10^{-15} m.) সূৰ্য্য সদৃশ পৃথিৱীখন সূৰ্য্যৰ চাৰিওফালে ঘূৰি থকাৰ নিচিনাকৈ ইলেকট্ৰনটোও নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে এটা কক্ষপথত (ব্যাসাৰ্ধ প্ৰায় 10^{-10} m.) ঘূৰি থাকে। সৌৰজগতৰ বিস্তৃতি যদি পৰমাণুৰ বিস্তৃতিৰ সমানুপাতী হ'লহেঁতেনে তেন্তে পৃথিৱীখন বাস্তৱিকতে থকাতকৈ সূৰ্য্যৰ বেছি ওচৰলৈ গুচি গ'লহেঁতেন, নে সূৰ্য্যৰ পৰা বেছি আঁতৰি পৰিলহেঁতেন? ধৰি লোৱা, পৃথিৱীৰ কক্ষপথৰ ব্যাসাৰ্ধ প্ৰায় 1.5×10^{11} m. আৰু সূৰ্য্যৰ ব্যাসাৰ্ধ 7×10^{8} m।

সমাধান: ইলেকট্ৰনৰ কক্ষপথৰ ব্যাসাৰ্ধ আৰু নিউক্লিয়াছত ব্যাসাৰ্ধৰ মাজত অনুপাত হৈছে $(10^{-10}\ \text{m})/(10^{-15}\ \text{m}) = 10^{5}$, অৰ্থাৎ নিউক্লিয়াছৰ ব্যাসাৰ্ধৰ তুলনাত ইলেকট্ৰনৰ কক্ষপথৰ ব্যাসাৰ্ধ 10^{5} গুণ বেছি। যদি সূৰ্য্যৰ চাৰিওফালে ঘূৰি থকা পৃথিৱীৰ কক্ষপথৰ ব্যাসাৰ্ধ সূৰ্য্যৰ ব্যাসাৰ্ধৰ 10^{5} গুণ হ'লহেঁতেন তেন্তে পৃথিৱীৰ কক্ষপথৰ ব্যাসাৰ্ধ হ'লহেঁতেন $10^{5} \times 7 \times 10^{8}$ m $= 7 \times 10^{13}$ m. । ই পৃথিৱীৰ কক্ষপথৰ প্ৰকৃত ব্যাসাৰ্ধতকৈ 100 গুণতকৈও অধিক। তেনেকুৱা হ'লে পৃথিৱীখন সূৰ্য্যৰপৰা বহু দূৰত্বলৈ আঁতৰি যাব।

ইয়াৰ পৰা বুজিব লাগিব যে সৌৰজগতৰ তুলনাত পৰমাণুৰ ভিতৰত ভগ্নাংশ হিচাপে বহু বেছি খালী ঠাই থাকে।

উদাহৰণ 12.2

উদাহৰণ 12.2 গাইগাৰ মাৰ্ছডেন পৰীক্ষা এটাত 7.7 MeV. শক্তিৰ α কণিকা এটাই নিউক্লিয়াছত কিমান নিকটতম দূৰত্বলৈ গৈ মুহূৰ্তৰ বাবে ৰৈ পুনৰ বিপৰীত দিশত গতি কৰিব?

সমাধান: ইয়াত মূল কথা হৈছে, বিচ্ছুৰণ প্ৰক্ৰিয়াটোত α - কণিকা আৰু সোণৰ নিউক্লিয়াছৰ নিকায়টোৰ (system) মুঠ যান্ত্ৰিক শক্তি সংৰক্ষিত হ'ব। α- কণিকা আৰু নিউক্লিয়াছটোৰ মাজত অন্তৰা ক্ৰিয়া

সংঘটিত হোৱাৰ পূৰ্বে নিকায়টোৰ প্ৰাৰম্ভিক যান্ত্ৰিক শক্তি ধৰা হল E_i ;α কণিকাটো ক্ষন্তেকৰ বাবে ৰৈ যোৱাৰ সময়ত নিকায়টোৰ মুঠ যান্ত্ৰিক শক্তিE_f ; এই ক্ষেত্ৰত E_i আৰু E_f সমান। আপতিত a কণিকাটোৰ গতি শক্তিয়েই (K) হৈছে প্ৰাৰম্ভিক শক্তি (E_i)। অন্তিম শক্তিE_f হৈছে নিকায়টোৰ বৈদ্যুতিক স্থিতিশক্তি U সমীকৰণ (12.1) ৰ সহায়ত স্থিতিশক্তি U হিচাপ কৰি উলিয়াব পাৰি।

ধৰাহওঁক, α কণিকাটো স্থিৰ হৈ ৰৈ যোৱা মুহূৰ্তত তাৰ কেন্দ্ৰ আৰু সোণৰ নিউক্লিয়াছটোৰ কেন্দ্ৰৰ মাজৰ ব্যৱধানd . তেতিয়া আমি $E_i = E_f$ ক এনেদৰে লিখিব পাৰোঁ ঃ

$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(2e)(Ze)}{d} = \frac{2Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 d}$$

ইয়াৰ পৰা, নিউক্লিয়াছৰ পৰা a কণিকাটোৰ নিকটতম দূৰত্ব d হ'ব,

$$d = \frac{2Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 K}$$

প্ৰকৃতিত পোৱা α কণিকাৰ সৰ্বোচ্চ গতিশক্তিৰ পৰিমাণ 7.7 MeV. বা 1.2×10^{-12} J.।
যিহেতু $1 / 4\pi\varepsilon_0 = 9.0 \times 10^9$ N m^2/ C^2 আৰু $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C, আমি পাওঁ,

$$d = \frac{(2)(9.0\times10^9\,\mathrm{Nm}^2/C^2)(1.6\times10^{-19}C)^2 Z}{1.2\times10^{-12}\,\mathrm{J}}$$

$$= 3.84 \times 10^{-16} Zm$$

সোণৰ পাৰমাণৱিক ক্ৰমাংক $Z = 79$ সেয়ে

d (সোণ) 3.0×10^{-14} m = 30 fm. (1 fm (i.e. fermi) = 10^{-15} m.)

দেখা গ'ল সোণৰ নিউক্লিয়াছৰ ব্যাসাৰ্ধ 3.0×10^{-14} মিটাৰতকৈ কম। ই পৰ্য্যবেক্ষণ কৰি পোৱা ফলৰ সৈতে ভালদৰে নিমিলে, কিয়নো সোণৰ নিউক্লিয়াছৰ প্ৰকৃত ব্যাসাৰ্ধ হৈছে 6 fermi।

এনে অমিলৰ কাৰণনো কি ?–কণিকাটো নিউক্লিয়াছৰ যিমান নিকটতম দূৰত্বলৈ যাব পাৰে সি সোণৰ পৰমাণুৰ নিউক্লিয়াছটো আৰু α কণিকাটোৰ ব্যাসাৰ্ধৰ যোগফলৰ তুলনাত বহু ডাঙৰ। সেয়ে সোণৰ নিউক্লিয়াছটো আচলতে স্পৰ্শ নকৰাকৈয়ে α কণিকাটোৱে বিপৰীত দিশলৈ গতি কৰিবলৈ ধৰে।

উদাহৰণ 12.2

12 .2.2 ইলেকট্ৰনৰ কক্ষপথ (Electron orbit)

ৰাডাৰফ'ৰ্ডে দাঙি ধৰা ধ্ৰুপদী ধাৰণা পুষ্ট পৰমাণুৰ নিউক্লীয় আৰ্হি অনুযায়ী পৰমাণু হৈছে বৈদ্যুতিকভাৱে প্ৰশমিত এটা গোলক, যাৰ কেন্দ্ৰত থাকে, এটা অত্যন্ত ক্ষুদ্ৰ, গধুৰ আৰু ধনাত্মক আধানযুক্ত নিউক্লিয়াছ; সেই নিউক্লিয়াছক আৱৰি থাকে গতিবিদ্যা সন্মতভাৱে নিজ নিজ স্থিৰ কক্ষপথেদি ঘূৰি থকা ইলেক্ট্ৰনসমূহ। ইলেক্ট্ৰনসমূহক তেনেদৰে ঘূৰি থাকিবলৈ যি অভিকেন্দ্ৰিক বলৰ (F_c) প্ৰয়োজন হয় তাক যোগান ধৰে ঘূৰি থকা ইলেক্ট্ৰনবোৰ আৰু নিউক্লিয়াছৰ মাজৰ স্থিৰ বৈদ্যুতিক আকৰ্ষণ বলে (F_e)। এইদৰে, হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুত গতিবিদ্যাসন্মতভাৱে স্থিৰ কক্ষ এটাৰ বাবে,

$$F_e = F_c$$

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r^2} \qquad (12.2)$$

ইয়াৰ পৰা ইলেক্‌ট্ৰনৰ কক্ষৰ ব্যাসাৰ্ধ আৰু বেগৰ মাজৰ সম্বন্ধ পোৱা যায় ঃ

$$r = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 mv^2} \qquad (12.3)$$

হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুতে ইলেকট্ৰনৰ গতিশক্তি (K) আৰু স্থিৰ বৈদ্যুতিক স্থিতিশক্তি (U) হৈছে যথাক্ৰমে

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{e}{8\pi\varepsilon_0 r} \text{ আৰু } U = -\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

(U ৰ ঋণাত্মক চিনটোৱে সূচায় যে স্থিৰ বৈদ্যুতিক বলে- r ৰ দিশত ক্ৰিয়া কৰে।) গতিকে হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুত ইলেক্‌ট্ৰনৰ মুঠ শক্তি হ'ব

$$E = K + U = \frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r} - \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

$$= -\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r} \qquad (12.4)$$

দেখা গ'ল, ইলেক্‌ট্ৰনৰ সৰ্বমুঠ শক্তি ঋণাত্মক। ই সূচায় যে ইলেক্‌ট্ৰনটো নিউক্লিয়াছৰ সৈতে সংযুক্ত, অৰ্থাৎ নিউক্লিয়াছে ইলেক্‌ট্ৰনটোক আৱদ্ধ কৰি ৰাখে। E ধনাত্মক হোৱা হ'লে ইলেকট্ৰনটো নিউক্লিয়াছৰ চাৰিও ফালে বন্ধ কক্ষত ঘূৰি থাকিব নোৱাৰিলেহেঁতেন।

উদাহৰণ 12.3

উদাহৰণ 12.3 পৰীক্ষাৰ পৰা পোৱা যায় যে হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ এটা প্ৰ'টন আৰু এটা ইলেকট্ৰনলৈ পৃথক কৰি উলিয়াবৰ কাৰণে 13.6 eV শক্তিৰ প্ৰয়োজন হয়। হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুত ইলেকট্ৰনৰ কক্ষীয় ব্যাসাৰ্ধ আৰু তাৰ বেগ নিৰ্ণয় কৰা।

সমাধান ঃ হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনটোৰ মুঠ শক্তি -13.6 eV $= -13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J $= -2.2 \times 10^{-18}$ J সমীকৰণ (12.4)ৰ পৰা আমি পাওঁ,

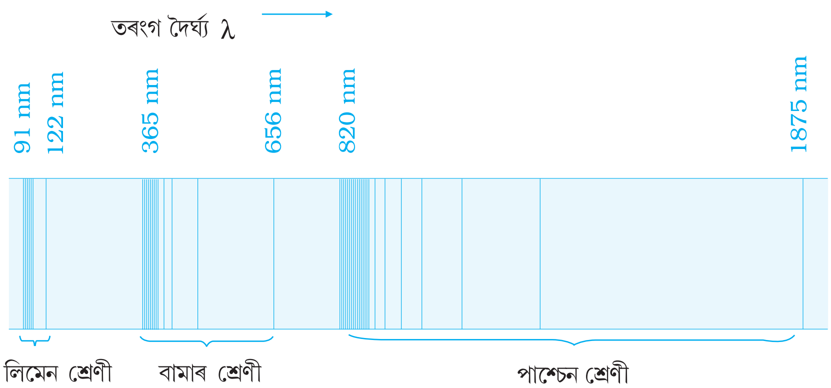
$$-\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r} = -2.2\times10^{-18} \text{ J}$$

কক্ষীয় ব্যাসাৰ্ধ $r = -\dfrac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 E} = -\dfrac{(9\times10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2)(1.6\times10^{-19}\text{C})^2}{(2)(-2.2\times10^{-18}\text{ J})}$

$$= 5.3\times10^{-11} \text{ m}$$

ঘূৰি থকা ইলেকট্ৰনটোৰ বেগ সমীকৰণ (12.3) ৰ সহায়ত উলিয়াব পাৰি। ধৰিব পাৰো যে ইলেকট্ৰনৰ ভৰ $m = 9.1\times10^{-31}$ Kg

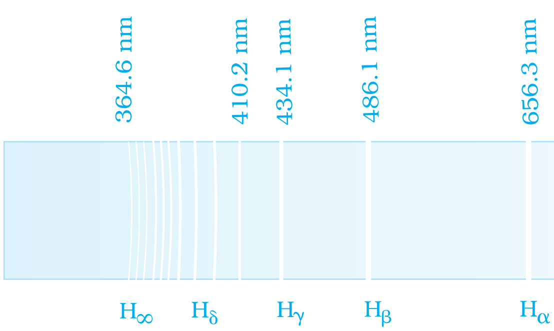
$$v = \frac{e}{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 mr}} = 2.2\times10^6 \text{ m/s.}$$



চিত্ৰ 12.5 হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীত নিৰ্গমন ৰেখাসমূহ।

12.3 পাৰমাণৱিক বৰ্ণালী (Atomic Spectra)

অনুচ্ছেদ 12.1 ত উল্লেখ কৰা হৈছে যে প্ৰতিবিধ মৌলই নিজস্ব বৈশিষ্ট্যমূলক বিকিৰণ বৰ্ণালী নিৰ্গত কৰে। নিম্ন চাপত থকা কোনো পাৰমাণৱিক গেছ বা বাষ্পৰ মাজেদি বিদ্যুৎ প্ৰৱাহ চালিত কৰিলে সাধাৰণতে সি উত্তেজিত হৈ পৰে। সেই উত্তেজিত গেছে বা বাষ্পই নিৰ্দ্দিষ্ট কেইটামান তৰংগদৈৰ্ঘ্য থকা বৰ্ণালী সৃষ্টি কৰে। এই লেখিয়া বৰ্ণালীক নিৰ্গমন ৰেখা বৰ্ণালী (emission line spectrum) বোলা হয়; এনে বৰ্ণালীত ক'লা পশ্চাৎপটত উজ্জ্বল ৰেখা কিছুমান থাকে। চিত্ৰ (12.5) ত পাৰমাণৱিক হাইড্ৰ'জেনৰ পৰা নিৰ্গত হোৱা বৰ্ণালী দেখুওৱা হৈছে। কোনো পদাৰ্থৰ নিৰ্গমণ ৰেখা বৰ্ণালী তাৰ আঙুলিৰ চাপৰ (Fingerprint) নিচিনা। তাক অধ্যয়ন কৰি পদাৰ্থবিধ সহজে চিনাক্ত কৰিব পাৰি। যেতিয়া কোনো গেছৰ মাজেদি বগা পোহৰ পাৰ হৈ যাবলৈ দি তাৰ পাছত তাক বৰ্ণালীবীক্ষণৰ সহায়ত বিশ্লেষণ কৰি চোৱা হয় তেতিয়া তাৰ বৰ্ণালীত কেতবোৰ ক'লা ৰেখা দেখা যায়। সেই ক'লা ৰেখাবোৰৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য গেছটোৱে নিৰ্গত কৰা ৰেখাবৰ্ণালীৰ অনুৰূপ ৰেখা সমূহৰ সৈতে হুবহু একে। এই বৰ্ণালীক গেছটোৰ পদাৰ্থবিধৰ **শোষণ বৰ্ণালী** (absorption Spectrum) বোলা হয়।



চিত্ৰ 12.6 হাইড্ৰ'জেন নিৰ্গমন বৰ্ণালীত বামাৰ শ্ৰেণী ।

12.3.1 বৰ্ণালীৰ শ্ৰেণীসমূহ (Spectral series)

কোনো মৌলই নিৰ্গত কৰা পোহৰৰ কম্পনাংকসমূহ এক নিয়মিত চানেকিত সজ্জিত হ'ব পাৰে বুলি আশা কৰিব পাৰি। হাইড্ৰ'জেন সৰলতম পৰমাণু; সেয়ে তাৰ বৰ্ণালীও আটাইতকৈ সৰল। প্ৰথম দৃষ্টিত হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীৰ ৰেখাসমূহে কোনো নিয়মিত চানেকি সৃষ্টি কৰা যেন নালাগে। কিন্তু দেখা যায়, হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীৰ কেতবোৰ সমষ্টিৰ ৰেখাবোৰৰ মাজৰ পাৰস্পৰিক ব্যৱধান নিয়মীয়াকৈ কমি যায় (চিত্ৰ 12.5)। এনেকুৱা প্ৰতিটো সমষ্টিক একোটা বৰ্ণালী শ্ৰেণী (Spectral series) বোলা হয়। 1885 চনত ছুইডেনৰ জোহান জেকব বামাৰ (Johann Jakob Balmer 1825-1898) নামৰ স্কুল শিক্ষকৰ হাতত হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীত এনেকুৱা প্ৰথমটো শ্ৰেণী ধৰা পৰিছিল। দৃশ্যমান পোহৰৰ অঞ্চলত পৰা এই শ্ৰেণীটোক **'বামাৰ শ্ৰেণী'** (Balmer series) নাম দিয়া হৈছে (চিত্ৰ 12.6)। এই শ্ৰেণীৰ দীৰ্ঘতম তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ (656.3 nm) ৰঙা ৰঙৰ ৰেখাডালক H নামেৰে অভিহিত কৰা হৈছে। ইয়াৰ পাছৰ 486.1 nm তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ নীলা-সেউজীয়া ৰেখাডালৰ H, 434.1nm. তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বেঙুনীয়া ৰঙৰ ৰেখাডালৰ H , ইত্যাদি নাম দিয়া হৈছে। তৰংগদৈৰ্ঘ্য কমি গ'লে ৰেখাবোৰ পৰস্পৰ ওচৰ চাপি অহা যেন লাগে; লগতে প্ৰাবল্যও কমা যেন অনুমান হয়। পৰ্য্যবেক্ষণ কৰা তৰংগদৈৰ্ঘ্যসমূহক বামাৰে এটা সৰল পৰীক্ষালব্ধ সূত্ৰেৰে বুজাইছিল ঃ

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad (12.5)$$

ইয়াত λ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য, R এটা ধ্ৰুৱক (**ৰিডবাৰ্গ ধ্ৰুৱক**) আৰু n এটা পূৰ্ণসংখ্যা, যাৰ মান হ'ব পাৰে $3, 4, 5, \ldots\ldots$ ইত্যাদি। R ৰ মান $1.097 \times 10^7\ m^{-1}$। সমীকৰণটোক বামাৰৰ সূত্ৰ বুলিও কয়।

সমীকৰণ (12.5) ত $n=3$ বহুৱাই H ৰেখাডালৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য নিৰূপণ কৰিব পাৰি ঃ

$$\frac{1}{\lambda} = 1.097 \times 10^7 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right) m^{-1} \quad = 1.522 \times 10^6\ m^{-1}$$

অৰ্থাৎ $\lambda = 656.3$ nm

তেনেদৰে $n = 4$ বহুৱাই H_β, ৰেখাডালত তৰংগদৈৰ্ঘ্য পোৱা যায়। $n \to \alpha$ বহুৱালে শ্ৰেণীটোৰ সীমাত উপস্থিত হোৱা যাব। সেই সীমা হৈছে $\lambda = 364.6$ nm। এইটোৱেই বামাৰ শ্ৰেণীৰ হ্ৰস্বতম তৰংগদৈৰ্ঘ্য। এই সীমাৰ পাছত আৰু কোনো স্পষ্ট ৰেখা নেদেখি; তাৰ সলনি মাত্ৰ এক ধূসৰ নিৰৱচ্ছিন্ন বৰ্ণালীহে দেখা যায়।

হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীৰ অন্যান্য শ্ৰেণীসমূহ পাছলৈ আৱিষ্কৃত হ'বলৈ ধৰে। আৱিষ্কৰ্তা সকলৰ নামেৰে এইবোৰ লিমেন (বা লাইমেন) শ্ৰেণী (Lyman series), পাশ্চেন শ্ৰেণী (Pashen series), ব্ৰেকেট শ্ৰেণী (Brackett series) আৰু ফাগু শ্ৰেণী (Fund series) নামেৰে জনা যায়। শ্ৰেণীবোৰ এনেকুৱা সূত্ৰেৰে বুজিব পাৰি ঃ

লিমেন শ্ৰেণী ঃ

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad n = 2,3,4\ldots \qquad (12.6)$$

পাশ্চেন শ্ৰেণী ঃ

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad n = 4,5,6\ldots \qquad (12.7)$$

ব্ৰেকেট শ্ৰেণী ঃ

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad n = 5,6,7\ldots \qquad (12.8)$$

ফাগু শ্ৰেণী ঃ

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad n = 6,7,8\ldots \qquad (12.9)$$

লিমেন শ্ৰেণীৰ ৰেখাবোৰ অতিবেঙুনীয়া অঞ্চলত আৰু পাশ্চেন আৰু ব্ৰেকেট শ্ৰেণীৰ ৰেখাবোৰ অৱলোহিত অঞ্চলত পৰে।

সমীকৰণ (12.5) ত থকা বামাৰ শ্ৰেণীৰ ৰেখাবোৰক কম্পনাংকৰ ৰূপত এনেদৰে লিখিব পাৰি ঃ

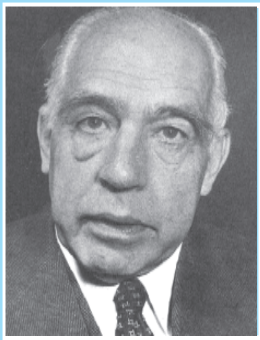
আমি জানো, $c = \nu\lambda$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{\nu}{c}$$

গতিকে সমীকৰণ (12.5) ৰ পৰা

$$\nu = Rc\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad (12.10)$$

হাইড্ৰ'জেন, এক আয়নিত হিলিয়াম আৰু দ্বিআয়নিত লিথিয়াম প্ৰভৃতি মুষ্টিমেয় কেইটামান মৌল আছে যাৰ



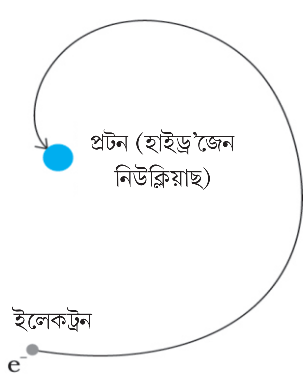
নীল্‌ছ হেনৰিক ডেভিড ব'ৰ
(1885-1962)

ডেনমাৰ্কৰ এগৰাকী পদাৰ্থবিজ্ঞানী; এওঁ কোৱাণ্টাম ধাৰণাৰ ভিত্তিত হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ বৰ্ণালী ব্যাখ্যা কৰিছিল। নিউক্লিয়াছৰ তৰল টোপাল আৰ্হিৰ সহায়ত তেওঁ নিউক্লীয় বিয়োজনৰ এটা তত্ত্ব দাঙি ধৰিছিল। বিশেষকৈ পৰিপূৰক নীতি উত্থাপনৰ যোগেদি কোৱাণ্টাম বলবিদ্যাত ধাৰণাগত সমস্যা ব্যাখ্যা কৰাৰ ক্ষেত্ৰত ব'ৰে যথেষ্ট অৱদান আগবঢ়াইছিল।

বৰ্ণালী সমীকৰণ (12.5) ৰ পৰা (12.9) লৈকে থকা সৰল সূত্ৰবোৰৰ পৰা পাব পাৰি। উক্ত সমীকৰণবোৰৰ সহায়ত হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৱে বিকিৰণ কৰা অথবা শোষণ কৰা পোহৰৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য পোৱা যায়; সেয়ে সেইবোৰ সমীকৰণ আমাৰ বাবে উপযোগী। অৱশ্যে এই ফলাফলসমূহ পৰীক্ষালব্ধ; ইয়াৰ পৰা হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীত কিয়নো মাত্ৰ নিৰ্দ্দিষ্ট কেইটামান কম্পনাংকৰ ৰেখাহে পোৱা যায় তাৰ কাৰণ বুজিব নোৱাৰি।

12.4 হাইড্ৰ'জেন পৰমাণু সম্পৰ্কে ব'ৰৰ আৰ্হি (Bohr Model of the Hydrogen Atom)

ৰাডাৰফ'ৰ্ডে পৰমাণুৰ যি আৰ্হি দাঙি ধৰিছিল, তাত তেওঁ ধৰি লৈছিল যে সূৰ্য্যৰ চাৰিওফালে গ্ৰহবোৰ ঘূৰি থকাৰ নিচিনাকৈ পৰমাণুতো এটা কেন্দ্ৰস্থ নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে ইলেক্ট্ৰনসমূহ ঘূৰি থাকি সাম্যঅৱস্থা সৃষ্টি কৰে। অৱশ্যে দুয়োটা ক্ষেত্ৰৰ মাজত কিছু মৌলিক ব্যৱধানো আছে ঃ সৌৰজগতত গ্ৰহবোৰ মহাকৰ্ষণীয় বলৰ দ্বাৰা পৰিচালিত হয়। আনহাতে, ইলেক্ট্ৰন আৰু নিউক্লিয়াছ উভয়ে আধানযুক্ত; সেয়ে সিবোৰৰ মাজত অন্তৰ্ক্ৰিয়া (interaction) কুলম্বৰ সূত্ৰৰ দ্বাৰাহে পৰিচালিত হয়। আমি জানো যে বৃত্তাকাৰ পথত ঘূৰি থকা কোনো বস্তুত অনবৰতে অভিকেন্দ্ৰিক ত্বৰণ ঘটি থাকে। ধ্ৰুপদী বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় তত্ত্ব অনুযায়ী আধান যুক্ত ত্বৰিত কণিকাৰ পৰা বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় তৰংগৰ ৰূপত বিকিৰণ নিৰ্গত হৈ থাকে। সেয়ে ত্বৰিত ইলেক্ট্ৰন এটাৰ শক্তি অবিৰতভাৱে কমি গৈ থাকিব লাগে। যদি সেয়াই হয়, তেন্তে ইলেক্ট্ৰনটোৱে সৰ্পিল পথেদি গতি কৰিব আৰু শেষত গৈ নিউক্লিয়াছত পৰিবগৈ (চিত্ৰ 12.7) ফলত এনেকুৱা একোটা পৰমাণু সুস্থিৰ অৱস্থাত থাকিব নোৱাৰে। তদুপৰি ধ্ৰুপদী বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় তত্ত্ব অনুসাৰে ইলেক্ট্ৰনটোৱে যি কম্পনাংকত নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওপিনে ঘূৰি থাকে সি ঠিক সেই কম্পনাংকৰে বিকিৰণ নিৰ্গত কৰে। সৰ্পিল পথেদি গতি কৰি থাকোঁতে ইলেক্ট্ৰন বোৰৰ কৌণিকবেগ আৰু সেয়ে কম্পনাংক অবিৰতভাৱে সলনি হৈ থাকে; আৰু তাৰ ফলত নিৰ্গত পোহৰৰ কম্পনাংকও সলনি হয়। এনেদৰে ইলেক্ট্ৰন সমূহে নিৰ্গত কৰা বৰ্ণালী অবিচ্ছিন্ন হ'ব লাগে; কিন্তু বাস্তৱ ক্ষেত্ৰত যি বৰ্ণালী সৃষ্টি হয় সেয়া অবিচ্ছিন্ন নহয়, ৰেখা বৰ্ণালীহে। স্পষ্টত ঃ ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ পৰমাণু আৰ্হি দৰাচলতে পূৰ্ণাংগ নহয়। পৰমাণুৰ গঠন ব্যাখ্যা কৰিবলৈ ধ্ৰুপদী ধাৰণাই যথেষ্ট নহয়।



চিত্ৰ 12.7 শক্তি ক্ৰমে হেৰুৱাই অহাৰ ফলত পৰমাণুত এটা ত্বৰিত ইলেকট্ৰন ঘূৰি ঘূৰি নিউক্লিয়াছত পৰিবই।

উদাহৰণ 12.4

উদাহৰণ 12.4 ধ্ৰুপদী বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় তত্ব অনুসৰি হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুত প্ৰ'টনটোৰ চাৰিওপিনে ঘূৰি থকা ইলেকট্ৰনটোৱে নিৰ্গত কৰা পোহৰৰ প্ৰাৰম্ভিক কম্পনাংক হিচাপ কৰি উলিওৱা।

সমাধান ঃ উদাহৰণ 12.3 ৰ পৰা আমি জানিবলৈ পাইছোঁ, হাইড্ৰ'জেন পৰমাণত প্ৰ'টনৰ চাৰিওফালে 5.3×10^{-11} m ব্যাসাৰ্ধৰ বৃত্তীয় পথত ঘূৰি থকা ইলেক্ট্ৰনটোৰ বেগ 2.2×10^{-6} m /s ।গতিকে প্ৰ'টনৰ চাৰিওপিনে ঘূৰি থকা ইলেকট্ৰনটোৰ ঘূৰনৰ কম্পনাংক

$$\nu = \frac{v}{2\pi r} \quad \nu = \frac{\upsilon}{2\pi r} = \frac{2.2\times10^{6} \text{ m s}^{-1}}{2\pi\left(5.3\times10^{-11} \text{ m}\right)}$$

$$\approx 6.6 \times 10^{15} \text{Hz}$$

ধ্ৰুপদী বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় তত্ত্বমতে আমি জানো যে বৃত্তীয় পথত ঘূৰি থকা ইলেকট্ৰনে নিৰ্গত কৰা বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তৰংগৰ কম্পনাংক নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওপিনে ঘূৰি থকা ইলেকট্ৰনটোৰ ঘূৰণৰ কম্পনাংকৰ সমান। সেয়ে তেনেদৰে নিৰ্গত হোৱা পোহৰৰ প্ৰাৰম্ভিক কম্পনাংক 66.6×10^{15} Hz।

নীল্‌ছ ব'ৰে (1885-1962) সেই সময়ত নতুনকৈ গঢ় লৈ উঠিবলৈ লোৱা কোৱাণ্টাম প্ৰকল্পৰ (hypothesis) সহায় লৈ এই আৰ্হিটোৰ কিছু সংশোধন ঘটায়। 1912 চনৰ বছৰটোত ব'ৰে ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ পৰীক্ষাগাৰত কেইবামাহো অধ্যয়ন চলায় আৰু ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ নিউক্লীয় আৰ্হিটোৰ যথাৰ্থতা সম্পৰ্কত নিঃসন্দেহ হয়। আলোচ্যমান বিভ্ৰান্তিৰ সন্মুখীন হৈ 1913 চনত নীল্‌ছ ব'ৰে অভিমত ব্যক্ত কৰে যে স্থূল পৰিঘটনাবোৰ ব্যাখ্যা কৰাত বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় তত্ব সফল হ'লেও সেইতত্ব পাৰমাণৱিক প্ৰক্ৰিয়াৰ বেলিকা প্ৰয়োগ কৰিব নোৱাৰি। স্পষ্ট হৈ পৰিল যে পৰমাণুসমূহৰ গঠন আৰু লগতে পৰমাণুৰ গঠনৰ সৈতে পাৰমাণৱিক **বৰ্ণালীৰ সম্পৰ্ক কেনেকুৱা তাক বুজিবৰ কাৰণে ধ্ৰুপদী বলবিদ্যা আৰু বিদ্যুৎচুম্বকীয় তত্ত্বৰ আমূল সংশোধনৰ প্ৰয়োজন হ'ব।** ব'ৰে ধ্ৰুপদী ধাৰণা আৰু প্ৰাৰম্ভিক স্তৰৰ কোৱাণ্টাম ধাৰণাৰ সংমিশ্ৰণ ঘটাই **তিনিটা স্বীকাৰ্য্যৰ** (Postulates) ৰূপত তেওঁৰ পৰমাণু তত্ব উপস্থানৰ কৰিছিল। সেই স্বীকাৰ্য্যসমূহ এনে ধৰণৰ ঃ

(i) প্ৰথম স্বীকাৰ্য্য অনুসৰি, **পৰমাণুৰ ভিতৰত একোটা ইলেকট্ৰন কোনো নিৰ্দ্দিষ্ট সুস্থিৰ কক্ষপথেদি ঘূৰি থাকে আৰু সেই সময়ত ই কোনো বিকিৰণ নিৰ্গত নকৰে।** ই বিদ্যু-চুম্বকীয় তত্ত্বৰ পৰিপন্থী। এই স্বীকাৰ্য্য অনুসৰি প্ৰতিটো পৰমাণুৰেই নিৰ্দ্দিষ্ট কেইটামান সাম্য অৱস্থাত থাকিব পাৰে আৰু প্ৰতিটো সম্ভৱপৰ অৱস্থাৰে এক নিৰ্দ্দিষ্ট পৰিমাণৰ মুঠশক্তি থাকে। তেনেবোৰ অৱস্থাক পৰমাণুটোৰ **স্থিৰ অৱস্থা (stationary states)** বোলা হয়।

(ii) ব'ৰৰ দ্বিতীয় স্বীকাৰ্য্যই এনেবোৰ স্থিৰ কক্ষৰ সংজ্ঞা দাঙি ধৰিছে। এই স্বীকাৰ্য্য অনুসৰি **ইলেক্ট্ৰনসমূহ নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে এনে কক্ষপথেদি ঘূৰি থাকে য'ত ইলেক্ট্ৰন একোটাৰ কৌণিক ভৰবেগ হয় $\frac{h}{2\pi}$ ৰ অখণ্ড গুণিতক।** ইয়াত h হৈছে প্লাংকৰ ধ্ৰুৱক ($= 6.6 \times 10^{-34}$ J s)। ইয়াৰ পৰা বুজিব লাগিব যে কক্ষীয় ইলেক্ট্ৰনৰ **কৌণিক ভৰবেগ** (L) কোৱাণ্টীকৃত (quantised)। অৰ্থাৎ

$$L = nh/2\pi \qquad (12.11)$$

(iii) ব'ৰৰ তৃতীয় স্বীকাৰ্য্যৰ মাজেদি প্লাংক আৰু আইনষ্টাইনে সূচনা কৰা প্ৰাথমিক অৱস্থাৰ কোৱাণ্টাম ধাৰণা পৰমাণু তত্বত সনিৱিষ্ট হৈছে। তৃতীয় স্বীকাৰ্য্য অনুসৰি **পৰমাণুৰ কোনো এক স্থিৰ ইলেক্ট্ৰন কক্ষৰ পৰা নিম্নতৰ শক্তিৰ কক্ষলৈ ইলেক্ট্ৰন এটাৰ সংক্ৰমণ ঘটিব পাৰে। তেনে সংক্ৰমণত একোটা ফ'টন নিৰ্গত হয়, যাৰ শক্তি প্ৰাৰম্ভিক কক্ষ আৰু অন্তিম কক্ষৰ মাজত থকা শক্তিৰ ব্যৱধানৰ সমান।** নিৰ্গত ফ'টনটোৰ কম্পনাংক এনে সমীকৰণৰ পৰা পাব পাৰি ঃ

$$h\nu = E_i - E_f \quad (12.12)$$

য'ত E_i আৰু E_f যথাক্ৰমে প্ৰাৰম্ভিক আৰু অন্তিম কক্ষৰ শক্তিৰ পৰিমাণ; লগতে আকৌ $E_i > E_f$.

সমীকৰণ (12.4) ৰ সহায়ত হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ বিভিন্ন শক্তিস্তৰত শক্তিৰ পৰিমাণ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। অৱশ্যে সমীকৰণটোত ইলেক্ট্ৰন কক্ষৰ ব্যাসাৰ্ধ r জনা থাকিব লাগিব। r নিৰ্ণয় কৰিবলৈ হ'লে ইলেক্ট্ৰনৰকৌণিক ভৰবেগ সম্বন্ধীয় ব'ৰৰ স্বীকাৰ্য্যটো (কোৱাণ্টীকৰণ চৰ্ত) প্ৰয়োগ কৰিবলগীয়া হয়। কৌণিক ভৰবেগ, $L = mvr$

কোৱাণ্টীকৰণ সম্বন্ধীয় ব'ৰৰ দ্বিতীয় স্বীকাৰ্য্যটো (সমীকৰণ 12.11) অনুসৰি কৌণিক ভৰবেগৰ অনুমোদিত মানসমূহ $\frac{h}{2\pi}$ ৰ অখণ্ড গুণিতক।

$$L_n = m v_n r_n = \frac{nh}{2\pi} \quad (12.13)$$

ইয়াত n এটা অখণ্ড সংখ্যা, r_n হৈছে n তম সম্ভৱপৰ ইলেক্ট্ৰন কক্ষৰ ব্যাসাৰ্ধ আৰু v_n হৈছে n তম কক্ষত গতি কৰি থকা ইলেক্ট্ৰনটোৰ দ্ৰুতি। n ক কক্ষপথটোৰ মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যা (principal quantum number) বোলা হয়। n ৰ মান অনুযায়ী অনুমোদিত কক্ষসমূহক 1,2,3 .... আদিৰে চিহ্নিত কৰা হয়।

সমীকৰণ (12.13) ৰ পৰা v_n আৰু r_n ৰ সম্বন্ধ হয়

$$v_n = \frac{e}{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 m r_n}}$$

ইয়াক সমীকৰণ (12.13) ৰ সৈতে সংযুক্ত কৰিলে v_n আৰু r_n ৰ এনে ধৰণৰ প্ৰকাশৰাশি পোৱা যায় ঃ

$$v_n = \frac{1}{n}\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{(h/2\pi)} \quad (12.14)$$

আৰু $$r_n = \left(\frac{n^2}{m}\right)\left(\frac{h}{2\pi}\right)^2 \frac{4\pi\varepsilon_0}{e^2} \quad (12.15)$$

সমীকৰণ (12.14) অনুসৰি n তম কক্ষত থকা ইলেক্ট্ৰনবোৰ কক্ষীয় দ্ৰুতি n গুণ কমি যায়।
সমীকৰণ (12.15) ব্যৱহাৰ কৰি আটাইতকৈ ভিতৰৰ কক্ষপথটোৰ ($n = 1$) ব্যাসাৰ্ধ পাব পৰা যায় ঃ

$$r_1 = \frac{h^2\varepsilon_0}{\pi m e^2}$$

এই ব্যাসাৰ্ধক **'ব'ৰৰ ব্যাসাৰ্ধ' (Bohr radius)** বোলা হয় আৰু তাক a_0 প্ৰতীকেৰে বুজোৱা হয়। অৰ্থাৎ

$$a_0 = \frac{h^2\varepsilon_0}{\pi m e^2} \quad (12.16)$$

ইয়াত h, m, ε_0 আৰু e ৰ মান বহুৱালে পোৱা যায়, $a_0 = 5.29 \times 10^{-11}$ মিটাৰ। সমীকৰণ (12.15) ৰ পৰা এই কথাও প্ৰতীয়মান হয় যে কক্ষপথৰ ব্যাসাৰ্ধ n^2 ৰ মান অনুসৰি বৃদ্ধি হৈ গৈ থাকে।

সমীকৰণ (12.4) ত কক্ষীয় ব্যাসাৰ্ধৰ মান বহুৱাই হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ কোনো এক সুস্থিৰ কক্ষত ইলেক্ট্ৰনৰ মুঠ শক্তিৰ এটা প্ৰকাশ ৰাশি পাব পাৰি ঃ

$$E_n = -\left(\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0}\right)\left(\frac{m}{n^2}\right)\left(\frac{2\pi}{h}\right)^2\left(\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}\right)$$

বা, $$E_n = -\frac{me^4}{8n^2\varepsilon_0^2h^2} \qquad (12.17)$$

সমীকৰণ (12.17) ত ৰাশিসমূহৰ সাংখ্যিক মান বহুৱালে পোৱা যায়,

$$E_n = -\frac{2.18 \times 10^{-18}}{n^2} \text{J} \qquad (12.18)$$

পৰমাণুৰ শক্তি জুলৰ সলনি সাধাৰণতে eV (ইলেক্ট্ৰন-ভল্ট) এককতহে প্ৰকাশ কৰা হয়। যিহেতু 1 eV = 1.6 x 10^{-19} **J**, সমীকৰণ (12.18) ক এনেদৰেও লিখিব পাৰি ঃ

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV} \qquad (12.19)$$

মুঠ শক্তি ঋণাত্মক হোৱা কথাটোৱে বুজায় যে ইলেক্ট্ৰনটো নিউক্লিয়াছৰ ওচৰত আৱদ্ধ হৈ থাকে। সেয়ে ইলেক্ট্ৰনটো হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ নিউক্লিয়াছৰ ওচৰৰ পৰা অসীম দূৰত্বলৈ আঁতৰাই নিবলৈ হ'লে তাক শক্তি যোগান ধৰিব লাগিব।

(12.17) ৰ পৰা (12.19) লৈকে থকা সমীকৰণসমূহ প্ৰতিস্থাপন কৰোতে ধৰা হয় যে ইলেক্ ট্ৰনৰ কক্ষপথসমূহ বৃত্তাকাৰ; দৰাচলতে কিন্তু ব্যস্ত বৰ্গানুপাত বলসমূহৰ (inverse square force) ক্ষেত্ৰত কক্ষপথবোৰ সাধাৰণতে উপবৃত্তাকাৰহে (সূৰ্য্যৰ ব্যস্ত বৰ্গানুপাত মহাকৰ্ষণীয় বলৰ প্ৰভাৱত গ্ৰহবোৰে উপবৃত্তাকাৰ কক্ষপথত ঘূৰে)। যি নহওক, জাৰ্মান পদাৰ্থ বিজ্ঞানী আৰ্ণল্ড ছ'মাৰফেল্ডে (Arnold Sommerfeld 1868-1951) দেখুৱাইছিল যে যেতিয়া বৃত্তাকাৰ কক্ষ সম্বন্ধীয় চৰ্ত শিথিল কৰা হয় তেতিয়া এই সমীকৰণ সমূহ উপ বৃত্তাকাৰ কক্ষৰ ক্ষেত্ৰতো প্ৰযোজ্য হয়।

পৰমাণু ভিতৰত ইলেকট্ৰনৰ কক্ষপথ বনাম অৱস্থা (কক্ষীয় চিত্ৰ)

পদাৰ্থবিজ্ঞানৰ পাঠ্যক্ৰমত আমি এবাৰ হ'লেও ব'ৰৰ আৰ্হিৰ সৈতে পৰিচিত হওঁ। আৰ্হিটোৱে কোৱাণ্টাম বলবিদ্যাৰ ইতিহাসত এক স্থান অধিকাৰ কৰি আছে--বিশেষকৈ পৰমাণুৰ গঠন ব্যাখ্যা কৰাৰ ক্ষেত্ৰত। পৰমাণুৰ ভিতৰত ইলেকট্ৰনবোৰৰ যে কেতবোৰ সুনিৰ্দিষ্ট কক্ষপথ আছে সেই যুগান্তকাৰী ধাৰণাটো উপস্থাপন কৰা কাৰণে ব'ৰৰ আৰ্হি এটা মাইলৰ খুটি ।এই ধাৰণা ধ্ৰুপদী ধাৰণাৰ পৰিপন্থী, য'ত ত্বৰণযুক্ত আহিত কণিকাইহে শক্তি বিকিৰণ কৰে। ব'ৰে ইয়াৰ লগতে নিৰ্দিষ্ট কক্ষত ঘূৰি থকা ইলেকট্ৰনসমূহৰ কৌণিক ভৰবেগযে কোৱাণ্টীকৃত তাকো আৰ্হিটোত সন্নিৱিষ্ট কৰিছিল। এইদৰে পৰমাণুৰ গঠন সম্পৰ্কীয় এটা অৰ্ধ-ধ্ৰুপদী চিত্ৰ গঢ় লৈ উঠিছিল।

কোৱাণ্টাম বলবিদ্যাৰ বিকাশৰ লগে লগে এতিয়া পৰমাণুৰ গঠন সম্পৰ্কে আগতকৈ অধিক ভালদৰে জনা গৈছে। শ্ৰুডিংগাৰৰ তৰংগ সমীকৰণৰ সমাধানে পৰমাণুৰ ভিতৰত আৱদ্ধ হৈ থকা ইলেকট্ৰনবোৰৰ ওপৰত তৰংগ সদৃশ আচৰণ আৰোপ কৰে। তাৰ মূলতে আছে ইলেকট্ৰনবোৰৰ ওপৰত প্ৰ'টনৰ আকৰ্ষণ ক্ৰিয়া।

ব'ৰৰ আহিৰ্ত নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে ইলেকট্ৰন এটা যিটো বৃত্তীয় পথেদি ঘূৰি থাকে সেই পথেই তাৰ কক্ষপথ। আনহাতে কোৱাণ্টাম বলবিদ্যা অনুসৰি পৰমাণুৰ ভিতৰত ইলেকট্ৰনৰ গতিৰ বাবে কোনো এটা নিৰ্দিষ্ট পথ ধৰি ল'ব নোৱাৰি। নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে ইলেকট্ৰন এটা কোনো এটা নিৰ্দিষ্ট অঞ্চলৰ ভিতৰত পাব পৰাৰ সম্ভাৱিতাৰ বিষয়েহে ক'ব পৰা যায়। কক্ষীয় (orbital) বোলা এক-ইলেকট্ৰন তৰংগ ফলনৰ পৰা এই সম্ভাৱিতা পাব পাৰি। এইফলন মাত্ৰ ইলেকট্ৰনৰ স্থানংক সমূহৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে।

সেই হেতুকে দুয়োটা আৰ্হিৰ মাজত থকা সূক্ষ্ম পাৰ্থক্যবোৰৰ কথা বুজি লোৱাটো প্ৰয়োজনীয় ঃ

- ব'ৰৰ আৰ্হি মাত্ৰ এক-ইলেকট্ৰনযুক্ত পৰমাণুৰ/ আয়নৰ ক্ষেত্ৰতহে প্ৰযোজ্য; এই আৰ্হিত প্ৰতিটো কক্ষৰ সৈতে জড়িত শক্তিৰ পৰিমান মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যা n ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। আমি জানো যে এক-ইলেকট্ৰনযুক্ত পৰমাণুৰ / আয়নৰ ক্ষেত্ৰত ইলেকট্ৰন এটাৰ স্থিৰ অৱস্থাৰ সৈতে জড়িত হৈ থকা শক্তি কেৱল n ৰ ওপৰতে নিৰ্ভৰ কৰে। একাধিক-ইলেকট্ৰনযুক্ত পৰমাণুৰ / আয়নৰ বেলিকা ই সত্য নহয়।
- হাইড্ৰ'জেনসদৃশ পৰমাণুৰ / আয়নৰ বেলিকা শ্ৰডিংগাৰৰ তৰংগ সমীকৰণৰ সমাধানে (তৰংগ ফলন বুলি জনাজাত) নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে ভিন ভিন অঞ্চলত ইলেকট্ৰনটো পাব পৰাৰ সম্ভাৱিতাৰ তথ্যৰ যোগান ধৰে।

উদাহৰণ 12.5 10 kg ভৰৰ এটা কৃত্ৰিম উপগ্ৰহই 8000 km ব্যাসাৰ্ধৰ কক্ষপথ এটাইদি প্ৰতি ঘণ্টাৰ মূৰে মূৰে পৃথিৱীৰ চাৰিওফালে এপাক ঘূৰে। যদি হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুত ইলেকট্ৰনটোৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰযোজ্য হোৱাৰ নিচিনাকৈ কৃত্ৰিম উপগ্ৰহৰ ক্ষেত্ৰতো ব'ৰৰ কৌণিক ভৰবেগ সম্পৰ্কীয় স্বীকাৰ্য্যটো প্ৰযোজ্য হয়, তেন্তে উপগ্ৰহটোৰ কক্ষপথৰ কোৱাণ্টাম সংখ্যা নিৰ্ণয় কৰা।

সমাধান ঃ সমীকৰণ (12.13) ৰ পৰা,

$$m v_n r_n = nh/2\pi$$

ইয়াত $m = 10$ kg $r_n = 8 \times 10^6$ m।

কৃত্ৰিম উপগ্ৰহটোৰ ঘূৰণৰ পৰ্য্যয়কাল T ৰ মান 2 ঘণ্টা। অৰ্থাৎ $T = 7200$ s

গতিকে বেগ $v_n = 2\pi r_n / T$।

উপগ্ৰহটোৰ কক্ষপথৰ কোৱাণ্টাম সংখ্যা

$$n = (2\pi r_n)^2 \times m/(T \times h)$$

মানবোৰ বহুৱাই পোৱা যায়,

$$n = (2\pi \times 8 \times 10^6 \text{ m})^2 \times 10/(7200 \text{ s} \times 6.64 \times 10^{-34} \text{ Js})$$

$$= 5.3 \times 10^{45}$$

মন কৰা যে কৃত্ৰিম উপগ্ৰহটোৰ ঘূৰণৰ কোৱাণ্টাম সংখ্যা কল্পনাতীতভাৱে ডাঙৰ! আচলতে এনেকুৱা ডাঙৰ কোৱাণ্টাম সংখ্যাই বুজায় যে ধ্ৰুপদী পদাৰ্থবিজ্ঞানত কোৱাণ্টীকৰণ প্ৰযোজ্য নহয়।

উদাহৰণ 12.5

12.4.1 শক্তি স্তৰসমূহ (Energy Levels)

ইলেক্ট্ৰন এটা নিউক্লিয়াছৰ নিকটতম কক্ষ পথেদি ঘূৰি থাকিলে (অৰ্থাৎ $n = 1$ হ'লে) পৰমাণুটোৰ শক্তি নিম্নতম (সৰ্বাধিক ঋণাত্মক মান) হয়। $n = 2, 3,$........আদি কক্ষত শক্তিৰ মান কম। বাহিৰ ফাললৈ থকা কক্ষসমূহত শক্তিৰ পৰিমাণ ক্ৰমে বাঢ়ি যায়। নিম্নতম স্তৰটোৰ (ইয়াক **'ভূমিস্তৰ'** (ground state) বোলে) শক্তি আটাইতকৈ কম; তাত ইলেক্ট্ৰনটো নিম্নতম ব্যাসাৰ্ধৰ কক্ষপথেদি ঘূৰে। এই নিম্নতম ব্যাসাৰ্ধক ব'ৰ ব্যাসাৰ্ধ (a_0) বোলা হয়। স্তৰটোৰ ($n = 1$) শক্তি E_1 ৰ পৰিমাণ -13.6 eV. । সেয়ে হাইড্ৰ'জেনৰ ভূমিস্তৰত থকা ইলেক্ট্ৰনটো পৰমাণুটোৰ পৰা মুক্ত কৰিবলৈ হ'লে নিম্নতম -13.6 eV পৰিমাণৰ শক্তিৰ আৰশ্যক হয়। ইয়াক হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ **আয়নীকৰণ শক্তি** বোলা হয়। ব'ৰৰ আৰ্হি অনুসৰি হ'ব লগা এই শক্তিৰ পৰিমাণ হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ পৰীক্ষালব্ধ আয়নীকৰণ শক্তিৰ সৈতে যথাযথ ভাৱে মিলি যায়।

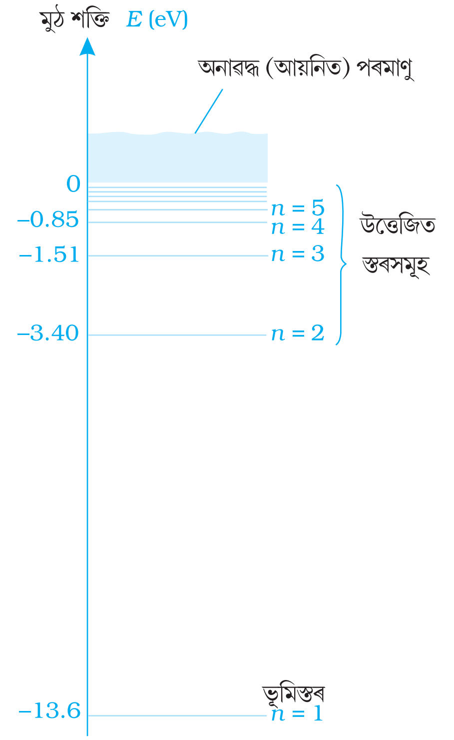
সাধাৰণ উষ্ণতাত (room temperature) সৰহভাগ হাইড্ৰ'জেন পৰমাণু ভূমিস্তৰতে থাকে। ইলেক্ট্ৰনৰ সৈতে সংঘৰ্ষ ঘটা আদি কোনো প্ৰক্ৰিয়াৰ ফলত যেতিয়া হাইড্ৰ'জেন পৰমাণু এটাই উপযুক্ত পৰিমাণৰ শক্তি লাভ কৰে তেতিয়া ইলেক্ট্ৰনটো উচ্চতৰ শক্তিস্তৰসমূহলৈ গুচি যাব পাৰে। তেনেক্ষেত্ৰত পৰমাণুটো

উত্তেজিত অৱস্থাত থকা বুলি কোৱা হয়। সমীকৰণ (12.19) অনুসৰি $n = 2$ ৰ বাবে শক্তি E_2 ৰ পৰিমাণ হ'ব -3.40 eV। ইয়াৰ অৰ্থ এই যে হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ইলেক্‌ট্ৰনটো প্ৰথম উত্তেজিত স্তৰলৈ নিবলৈ হ'লে প্ৰয়োজন হোৱা শক্তিৰ পৰিমাণ হ'ব

$$E_2 - E_1 = -3.40 eV - (-13.6) eV = 10.2 eV.$$

তেনেদৰে $E_3 = -1.51$ eV আৰু $E_3 - E_1 = 12.09$ eV। অৰ্থাৎ হাইড্ৰ'জেন পৰমাণু এটাক ভূমিস্তৰৰ পৰা ($n = 1$) দ্বিতীয় উত্তেজিত স্তৰলৈ ($n = 3$) নিবলৈ 12.09 eV শক্তিৰ আৱশ্যক হয়, ইত্যাদি। পাছত এনে যিকোনো উত্তেজিত স্তৰৰ পৰা ইলেক্‌ট্ৰনটো নিম্ন শক্তিৰ স্তৰ এটালৈ নামি আহিব পাৰে; তাকে কৰোতে প্ৰক্ৰিয়াটোত এটা ফ'টন নিৰ্গত হয়। এইদৰে পৰমাণুটো যিমানে বেছি উত্তেজিত হয় (অৰ্থাৎ n ৰ মান যিমানে বাঢ়ে) পৰমাণুটোৰ পৰা ইলেক্‌ট্ৰনটো মুক্ত হৈ পৰিবৰ বাবে সিমানে কম পৰিমাণৰ শক্তি লগা হয়।

চিত্ৰ 12.8 ত হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ সুস্থিৰ অৱস্থাসমূহৰ শক্তিস্তৰৰ চিত্ৰ* দিয়া হৈছে। ইয়াৰ বাবে সমীকৰণ (12.19) ৰ সহায়ত শক্তিৰ পৰিমাণ হিচাপ কৰি উলিওৱা হৈছে। মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যা n য়ে শক্তিৰ ঊৰ্ধক্ৰমত সুস্থিৰ স্তৰসমূহ নিৰ্দেশ কৰিছে। এই চিত্ৰত সমীকৰণ (12.19) অনুসৰি $n = \infty$ ৰ স্তৰটো সৰ্বাধিক শক্তিস্তৰ, আৰু তাত শক্তিৰ পৰিমাণ 0 eV । ইলেক্‌ট্ৰনটো যেতিয়া নিউক্লিয়াছৰ ওচৰৰ পৰা সমূলি আঁতৰি যায় ($r = \infty$) আৰু পৰমাণুটো স্থিৰ অৱস্থাত ৰয়, তেতিয়া পৰমাণুটোৰ শক্তি 0 eV । n ৰ মান বঢ়াৰ লগে লগে উত্তেজিত স্তৰসমূহৰ শক্তি কেনেদৰে পৰস্পৰ ওচৰ চাপিবলৈ ধৰে লক্ষ্য কৰা।



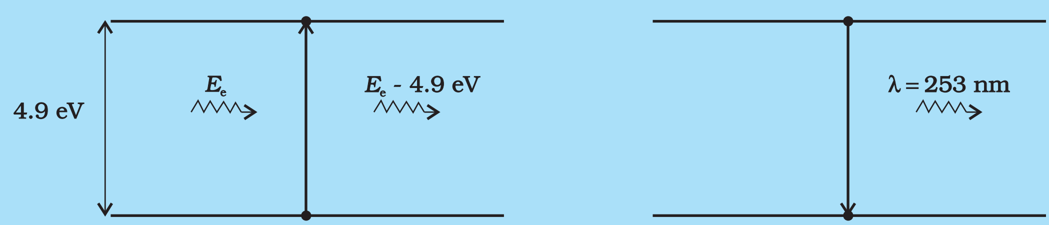
চিত্ৰ 12.8 হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ শক্তিস্তৰৰ চিত্ৰ কোঠালিৰ উষ্ণতাত হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুত ইলেকট্ৰনটোৱে সৰহভাগ সময় ভূমিস্তৰতে কটায়। হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ আয়নিত কৰিবলৈ হ'লে ভূমিস্তৰত থকা ইলেকট্ৰনটোক 13.6 eV শক্তিৰ যোগান ধৰিব লাগিব।

* ইলেকট্ৰনটোৰ E = 0 eV তকৈ বেছি যিকোনো মুঠ শক্তি থাকিব পাৰে। তেনে অৱস্থাত ইলেকট্ৰনটো মুক্ত। E = 0 eV তকৈ ওপৰত নিৰৱচ্ছিন্ন শক্তিস্তৰ থাকে। (12.8 চিত্ৰ)

(Franck Hertz Experiment)

পৰমাণুৰ ভিতৰত যে বিচ্ছিন্ন (discrete) শক্তিস্তৰ থাকে তাক 1914 চনত জেইমছ ফ্ৰেংক (James Franck) আৰু গুস্তভ হাৰ্টজে (Gustav Hertz) পোনপটীয়া ভাৱে পৰীক্ষা কৰি প্ৰমাণ কৰিছে। ভিন ভিন গতিশক্তিৰ ইলেকট্ৰন পাৰাৰ বাষ্পৰ মাজেদি পঠিয়াই দি তেওঁলোকে পাৰাৰ বাষ্পৰ বৰ্ণালী অধ্যয়ন কৰিছিল। পৰীক্ষাটোত পৰিবৰ্তনশীল প্ৰাবল্যৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ সহায়ত ইলেকট্ৰনবোৰৰ গতি-শক্তিৰ সাল-সলনি ঘটোৱা হৈছিল। পাৰাৰ পৰমাণুবোৰৰ সৈতে ইলেকট্ৰনবোৰৰ সংঘৰ্ষ ঘটিছিল; যাৰ ফলত পাৰাৰ পৰমাণুসমূহে ইলেকট্ৰনবোৰৰ পৰা শক্তি লাভ কৰিছিল। এনেকুৱানো কেতিয়া ঘটিব পাৰে? যেতিয়া পাৰাৰ বাষ্পৰ মাজেদি পঠিওৱা ইলেকট্ৰন এটাৰ শক্তি পাৰাৰ পৰমাণুত ইলেকট্ৰন-অধিকৃত কোনো এটা স্তৰৰ শক্তি আৰু তাতকৈ ইলেকট্ৰন অনাধিকৃত এটা উচ্চ স্তৰৰ শক্তিৰ পাৰ্থক্য

যিমান তাতকৈ বেছি হয় তেতিয়াহে তেনে ঘটিব পাৰে। (চিত্ৰলৈ চোৱা) উদাহৰণ স্বৰূপে, পাৰাৰ এটা ইলেকট্ৰন অধিকৃত স্তৰ আৰু এটা ইলেকট্ৰন অনাধিকৃত উচ্চতৰ স্তৰৰ মাজৰ শক্তিৰ পাৰ্থক্য 4 .9 eV.। যদি পাৰাৰ বাষ্পৰ মাজেদি 4 .9 eV. বা তাতকৈ অধিক শক্তিবিশিষ্ট ইলেকট্ৰন এটা গতি কৰে, তেন্তে পাৰাৰ পৰমাণুত থকা ইলেকট্ৰন এটাই সংঘৰ্ষকাৰী ইলেকট্ৰনটোৰ পৰা শক্তিখিনি শোষণ কৰি ল'ব পাৰে; তেতিয়া পাৰাৰ পৰমাণুত থকা ইলেকট্ৰনটো উত্তেজিত হৈ উচ্চতৰ শক্তিস্তৰলৈ উঠিযাব [চিত্ৰ (ক)]। ফলত সংঘৰ্ষকাৰী ইলেকট্ৰনটোৰ গতিশক্তি সেই পৰিমাণে কমি যাব। পাছত উত্তেজিত ইলেকট্ৰনটোৱে বিকিৰণ নিৰ্গত কৰি ভূমি স্তৰলৈ নামি আহিব। [চিত্ৰ (খ)]। নিৰ্গত বিকিৰণৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য হ'ব,



(ক) (খ)

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6.625\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{4.9\times1.6\times10^{-19}}$$

$= 253$ nm

ফ্ৰেংক আৰু হাৰ্টজে পোনপটীয়াকৈ পৰীক্ষা কৰি পাইছিল যে পাৰাৰ নিৰ্গমন বৰ্ণালীত এই তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ ৰেখা এডাল আছে। পৰমাণুৰ ভিতৰত আৰু ফ'টন নিৰ্গমন প্ৰক্ৰিয়াত বিচ্ছিন্ন শক্তি স্তৰৰ অস্তিত্ব সম্পৰ্কে ব'ৰে যি বুনিয়াদী ধাৰণা আগবঢ়াইছিল পৰীক্ষাৰ সহায়তসেয়া সত্য বুলি প্ৰমাণ কৰাৰ কাৰণে ফ্ৰেংক আৰু হাৰ্টজক 19 25 চনত ন'বেল বটাৰে সন্মানিত কৰা হয়।

12.5 হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ৰেখা বৰ্ণালীসমূহ (The Line Spectra of the Hydrogen Atom)

ব'ৰৰ আৰ্হিৰ তৃতীয় স্বীকাৰ্য্যত কোৱা হৈছে যে যেতিয়া কোনো পৰমাণুৰ n_i কোৱাণ্টাম সংখ্যাবিশিষ্ট উচ্চ শক্তিস্তৰ এটাৰ পৰা n_f কোৱাণ্টাম সংখ্যাবিশিষ্ট ($n_f < n_i$) নিম্ন শক্তিস্তৰ এটালৈ সংক্ৰমণ ঘটে তেতিয়া n_{if} কম্পনাংকৰ এটা ফ'টন নিৰ্গত হয়; ফ'টনটোৰ শক্তিৰ পৰিমাণ হ'ব দুই স্তৰৰ শক্তিৰ ব্যৱধানৰ সমান।

$$h\nu_{if} = E_{n_i} - E_{n_f} \qquad (12.20)$$

E_{n_f} আৰু E_{n_i} ৰ বাবে সমীকৰণ (12.17) ৰ সহায় লৈ পোৱা যায়,

$$hn_{if} = \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right) \qquad (12.21)$$

$$\text{বা, } n_{if} = \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^3}\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right) \qquad (12.22)$$

সমীকৰণ (12.21) হৈছে হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীৰ ৰিডবাৰ্গৰ (Rydberg) ফৰ্মুলা; সমীকৰণটোত যদি $n_f = 2$আৰু $n_i = 3, 4, 5....$, লোৱা যায়, তেন্তেই বামাৰ শ্ৰেণী বুজোৱা সমীকৰণ (12.10) ৰ ৰূপ ধাৰণ কৰে। ৰিডবাৰ্গৰ ধ্ৰুৱক ক সহজে এনে ধৰণৰ বুলি বুজা যায় ঃ

$$R = \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^3 c} \qquad (12.23)$$

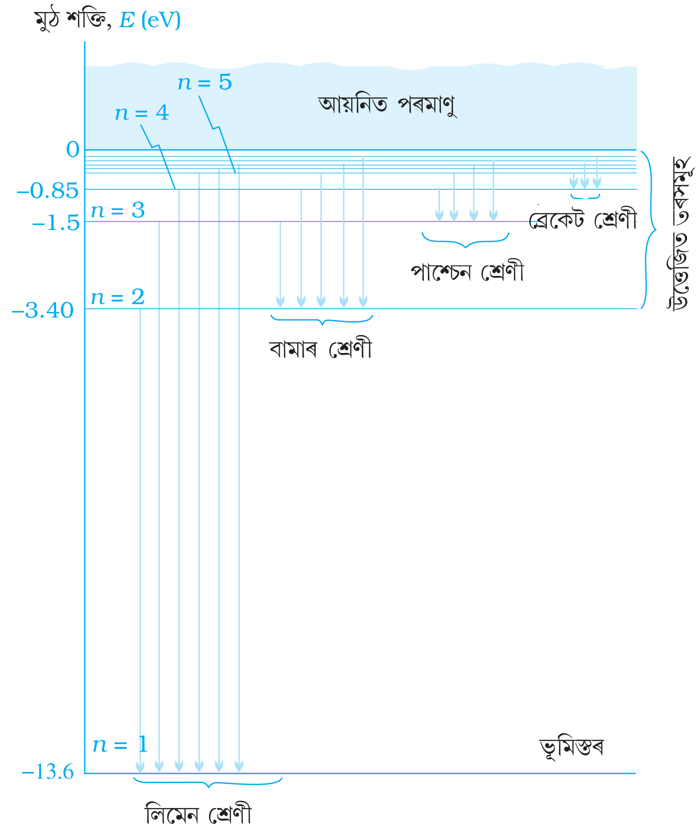
সমীকৰণ (12.23) ত ধ্ৰুৱক সমূহৰ মান বহুৱাই হিচাপ কৰিলে পোৱা যায়,

$$R = 1.03 \times 10^7 \text{ m}^{-1}।$$

R ৰ এইমান বামাৰ ফৰ্মুলাৰ সহায়ত পোৱা পৰীক্ষালব্ধ মানৰ (1.097×10^7 m^{-1}) সৈতে প্ৰায় সমান। ৰিডবাৰ্গ ধ্ৰুৱকৰ তাত্বিক আৰু পৰীক্ষালব্ধ মান মিলি যোৱা কথাটোৱেই ব'ৰৰ আৰ্হিৰ সফলতা প্ৰত্যক্ষ আৰু নিশ্চিত ৰূপে প্ৰতীয়মান কৰে।

ওপৰৰ সমীকৰণসমূহৰ n_f আৰু n_i উভয়েই অখণ্ড সংখ্যা। ই পোনপটীয়াভাৱে সাব্যস্তকাৰে যে পৰমাণু এটাত শক্তিৰ বিভিন্ন শক্তিস্তৰৰ মাজত সংক্ৰমণ ঘটি যি পোহৰ নিৰ্গত কৰে তাৰ কম্পনাংক বিচ্ছিন্ন (discrete)। হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীৰ বামাৰ ফৰ্মুলাত $n_f = 2$ আৰু $n_i = 3, 4, 5,$ ইত্যাদি। ব'ৰৰ আৰ্হিৰ ফলাফলে হাইড্ৰ'জেনৰ আন আন বৰ্ণালী শ্ৰেণীৰ উপস্থিতিৰো ইংগিত দিছিল। অন্যান্য শ্ৰেণীবোৰ এনেদৰে উৎপত্তি হয়ঃ

$n_i = 2, 3,$ আৰু $n_f = 1$ লৈ; $n_i = 4, 5,$ আৰু $n_f = 3$ আদিৰ মাজত; ঘটা সংক্ৰমণসমূহত।



চিত্ৰ 12.9 শক্তিস্তৰ সমূহৰ মাজত সংক্ৰমণৰ ফলত ৰেখা বৰ্ণালীৰ উৎপত্তি হয়।

বৰ্ণালীবীক্ষণমূলক অধ্যয়নত এই শ্ৰেণীবোৰ চিনাক্ত কৰা হৈছে। সেইবোৰ এনেদৰে নামকৰণ কৰা হৈছে ঃ লিমেন শ্ৰেণী (বা লাইমেন শ্ৰেণী) বামাৰ শ্ৰেণী, পাশ্চেন শ্ৰেণী, ব্ৰেকেট শ্ৰেণী আৰু ফাণ্ড শ্ৰেণী। চিত্ৰ (12.9) ত কোনবোৰ ইলেকট্ৰন সংক্ৰমণত কোনটো শ্ৰেণীৰ উৎপত্তি হয় দেখুওৱা হৈছে।

ইলেক্ট্ৰনবোৰ যেতিয়া উচ্চ শক্তিস্তৰৰ পৰা নিম্ন শক্তিস্তৰলৈ নামি আহে (আৰু তাৰ ফলত ফ'টন নিৰ্গত হয়) তেতিয়া পৰমাণু বৰ্ণালীৰ বিভিন্ন ৰেখাবোৰৰ উৎপত্তি হয়। এনে ধৰণৰ বৰ্ণালী ৰেখাসমূহক নিৰ্গমন ৰেখা (emission lines) বোলা হয়। আনহাতে যদি পৰমাণু এটাই এনেকুৱা এটা ফ'টন শোষণ কৰে যাৰ শক্তি পৰমাণুটোৰ নিম্নস্তৰৰ ইলেক্ট্ৰনটো উচ্চ স্তৰ এটালৈ সংক্ৰমিত হ'বলৈ প্ৰয়োজন হোৱা শক্তিৰ সৈতে সম্পূৰ্ণ সমান, তেন্তে সেই প্ৰক্ৰিয়াটোক শোষণ (absorption) বোলা হয়। যদি কোনো পাতল গেছৰ মাজেদি সম্ভৱপৰ সকলো কম্পনাংকৰ ফ'টন পঠিয়াই দিয়া হয়, আৰু তাৰ পাছত তাক বৰ্ণালীবীক্ষণেৰে পৰীক্ষা কৰি চোৱা হয়, তেন্তে অবিচ্ছিন্ন বৰ্ণালীত কিছুমান ক'লা শোষণ ৰেখাৰ উপস্থিতি দেখা যায়। এই ক'লা ৰেখাবোৰে শোষক গেছটোৰ পৰমাণুবোৰে শোষণ কৰা ফ'টনবোৰৰ কম্পনাংক নিৰ্দেশ কৰে।

ব'ৰৰ আৰ্হিৰ সহায়ত হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ বৰ্ণালী ব্যাখ্যা কৰিব পৰাটো এটা উল্লেখযোগ্য কৃতিত্ব। ই আধুনিক কোৱাণ্টাম তত্বৰ বিকাশত অনবদ্য অৰিহণা যোগাইছিল। সেইবাবে নীল্‌ছ বৰক 1922 চনত পদাৰ্থবিজ্ঞানৰ নবেল বঁটা প্ৰদান কৰা হৈছিল।

উদাহৰণ 12 .6 ৰিডবাৰ্গত ফৰ্মুলা প্ৰয়োগ কৰি হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীৰ লিমেন শ্ৰেণীৰ প্ৰথম চাৰিডাল বৰ্ণালী ৰেখাৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য নিৰ্ণয় কৰা।

সমাধান ঃ ৰিডবাৰ্গৰ ফৰ্মুলা হৈছে

$$h\,c/\lambda_{if} = \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$$

$n_i = 2,3,4,5$ ৰ পৰা $n_f = 1$ লৈ ঘটা সংক্ৰমণত লিমেন শ্ৰেণীৰ প্ৰায় চাৰিটা ৰেখাৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য পোৱা যায়।

$$\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} = 13.6\text{ eV} = 21.76\times10^{-19}\,\mathbf{J}$$

গতিকে,

$$\lambda_{i1} = \frac{hc}{21.76\times10^{-19}\left(\frac{1}{1} - \frac{1}{n_i^2}\right)}\text{m}$$

$$= \frac{6.625\times10^{-34}\times3\times10^8\times n_i^2}{21.76\times10^{-19}\times(n_i^2-1)}\text{m} \quad = \quad \frac{0.9134\ n_i^2}{(n_i^2-1)}\times10^{-7}\text{ m}$$

$$= 913.4\,n_i^2/(n_i^2-1)\,\text{Å}$$

$n_i = 2,3,4,5$,বহুৱাই পোৱা যায়, $\lambda_{21} = 1218$ Å, $\lambda_{31} = 1028$ Å, $\lambda_{41} = 974.3$ Å, আৰু $\lambda_{51} = 951.4$ Å

উদাহৰণ 12.6

12.6 ব'ৰৰ দ্বিতীয় স্বীকাৰ্য্য (কোৱাণ্টীকৰণ) সন্দৰ্ভত দ্য ব্ৰয়ৰ ব্যাখ্যা (De Broglie's Explanation of Bohr's Second Postulate of Quantisation)

পৰমাণুৰ আৰ্হি সম্পৰ্কত ব'ৰে যি তিনিটা স্বীকাৰ্য্য দাঙি ধৰিছে তাৰ ভিতৰত সম্ভৱত ঃ দ্বিতীয়টো হৈছে আটাইতকৈ বিভ্ৰান্তিকৰ। এই স্বীকাৰ্য্যমতে নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওপিনে ঘূৰি থকা ইলেক্ট্ৰনৰ কৌণিক ভৰবেগ কোৱাণ্টীকৃত (অৰ্থাৎ $L_n = nh/2\pi;\ n = 1, 2, 3\ \ldots$)। কৌণিক ভৰবেগৰ মান $h/2\pi$ ৰ অখণ্ড গুণিতকনো কিয় হ'ব লাগে? 1923 চনত এই বিভ্ৰান্তিৰ ব্যাখ্যা দাঙি ধৰিছিল ফৰাছী পদাৰ্থবিজ্ঞানী লুই দ্য ব্ৰয়ে (Louis de Broglie)-ব'ৰে আৰ্হিটো প্ৰস্তাৱ কৰাৰ দহ বছৰ পাছত।

অধ্যায় 11 ত আমি পাই আহিছোঁ যে লুই দ্য ব্ৰয় প্ৰকল্প অনুসৰি ইলেক্ট্ৰন প্ৰভৃতি সকলো পদাৰ্থ কণিকাৰে তৰংগ প্ৰকৃতিও আছে। 19 27 চনত ছি জে ডেভিছন (C.J Davisson) আৰু এল এইচ জাৰ্মাৰ (L.H Germer) পৰীক্ষা কৰি ইলেক্টনৰ তৰংগ প্ৰকৃতি থকাটো ধৰা পেলাইছিল। ব'ৰে প্ৰস্তাৱ কৰাৰ দৰে বৃত্তীয় পথত ঘূৰি থকা ইলেক্ট্ৰনটোক এটা কণিকা তৰংগ হিচাপে দেখা পাব বুলি দ্য ব্ৰয়ে যুক্তি প্ৰৰ্দশন কৰিছিল। তাঁৰ এডালেদি গতি কৰা তৰংগবোৰৰ দৰে অনু নাদ অৱস্থাত কণিকা তৰংগবোৰেও স্থানু-তৰংগৰ সৃষ্টি কৰে। একাদশ শ্ৰেণীৰ পদাৰ্থবিজ্ঞান পাঠ্যপুথিৰ অধ্যায় 15 ত আমি পাই আহিছোঁ যে তাঁৰ এডাল দীঘৰ লম্বভাৱে টানি এৰি দিলে (Plucked) তাঁৰডালত ভিন ভিন তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ অনেক তৰংগৰ উৎপত্তি হয়। হ'লেও যিবোৰ তৰংগৰ দুই মূৰে নিষ্কম্প বিন্দু (node) সৃষ্টি হয় আৰু যিবোৰে তাঁৰডালত স্থানুতৰংগৰ জন্ম দিয়ে মাত্ৰ সেইবোৰ তৰংগৰ অস্তিত্বহে সম্ভৱ হয়। ইয়াৰ অৰ্থ এই

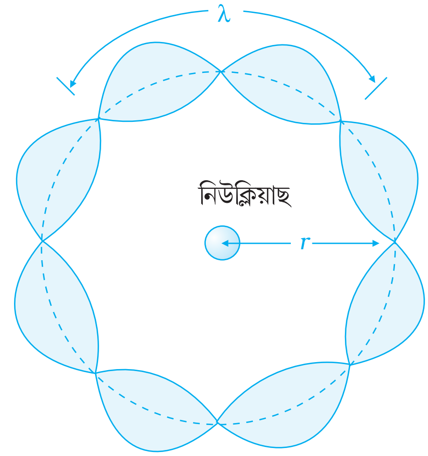
যে তাঁৰডালেদি কোনো তৰংগ গতি কৰি পুনৰ একে ঠাইলৈ উভতি অহালৈকে যদি মুঠ দূৰত্ব এক তৰংগ দৈৰ্ঘ্য, দুই তৰংগদৈৰ্ঘ্য অথবা যিকোনো অখণ্ড সংখ্যাৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য হয়, তেতিয়াহে স্থানুতৰংগৰ সৃষ্টি হ'ব। অন্যান্য তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ তৰংগসমূহে নিজ নিজ প্ৰতিফলিত তৰংগসমূহৰ সৈতে সমাৰোপণ সৃষ্টি কৰে, আৰু তেনে ঘটনাত সিবোৰৰ বিস্তাৰ খৰতকীয়াকৈ কমি শূন্য লৈ আহে। r_n ব্যাসাৰ্ধৰ n তম বৃত্তীয় কক্ষপথত ঘূৰি থকা ইলেকট্ৰন এটাই বৃত্তটোৰ পৰিসীমা $2\pi r_n$ ৰ সমান মুঠ দৈৰ্ঘ্য অতিক্ৰম কৰে।

$$2\pi r_n = n\lambda, \quad n = 1, 2, 3... \qquad (12.24)$$

চিত্ৰ 12.10 ত $n = 4$ ৰ বাবে এটা বৃত্তীয় কক্ষপথত এটা স্থানুপদাৰ্থতৰংগ দেখা গৈছে। অৰ্থাৎ $2\pi r_n = 4\lambda$, য'ত λ হৈছে n তম কক্ষত ঘূৰি থকা ইলেকট্ৰন এটাৰ দ্য ব্ৰয় তৰংগ দৈৰ্ঘ্য। সেয়ে অধ্যায় 11 ত পাই অহামতে $\lambda = \frac{h}{p}$, য'ত p হৈছে ইলেকট্ৰনৰ ভৰবেগৰ পৰিমাণ। ইলেকট্ৰনৰ দ্ৰুতি পোহৰৰ বেগতকৈ বহু কম হ'লে ইলেক্ট্ৰনটোৰ ভৰবেগ $m v_n$। সেয়ে $\lambda = \frac{h}{mv_n}$ এতিয়া সমীকৰণ (12.24) ৰ পৰা যায়

$$2\pi r_n = n h/mv_n$$

$$\text{বা,} m v_n r_n = nh/2\pi$$



চিত্ৰ 12.10 ত এটা বৃত্তীয় কক্ষপথত এটা স্থানু পদাৰ্থ-তৰংগ দেখুওৱা হৈছে; অৰ্থাৎ কক্ষপথৰ পৰিধিত চাৰিটা দ্য ব্ৰলি তৰংগদৈৰ্ঘ্য আছে।

নীল্‌ছ ব'ৰে ইলেকট্ৰনৰ কৌণিক ভৰবেগ সন্দৰ্ভত উত্থাপন কৰা কোৱাণ্টাম চৰ্ত এইটোৱেই। (সমীকৰণ 12.13)। অনুচ্ছেদ 12.5 ত আমি পাই আহিছো যে এই সমীকৰণৰ ওপৰত ভিত্তি কৰিয়েই হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুত ইলেকট্ৰনৰ বিচ্ছিন্ন (discrete) কক্ষপথ আৰু শক্তিস্তৰসমূহৰ কথা ব্যাখ্যা কৰিব পৰা যায়। পৰমাণুৰ কক্ষীয় ইলেকট্ৰনৰ কৌণিক ভৰবেগৰ কোৱাণ্টীকৰণ সম্পৰ্কে নীল্‌ছ ব'ৰে যি (দ্বিতীয়) স্বীকাৰ্য্য উত্থাপন কৰিছিল দ্য ব্ৰয় প্ৰকল্পই (hypothesis) এনেদৰে তাৰ ব্যাখ্যা দাঙি ধৰিছিল। ইলেকট্ৰনৰ তৰংগ প্ৰকৃতিৰ বাবেই কক্ষ আৰু শক্তিস্তৰসমূহ কোৱাণ্টীকৃত; যিবোৰ তৰংগৰ অনুনাদী স্থানু তৰংগৰ ৰূপ পায় সেইবোৰৰহে অস্তিত্ব থাকে।

ব'ৰৰ আৰ্হিত ইলেকট্ৰনৰ কক্ষপথবোৰ ধ্ৰুপদী-ঠিক সৌৰজগতত গ্ৰহবোৰে সূৰ্য্যৰ প্ৰদক্ষিণ কৰি থকাৰ নিচিনাকৈ ইলেকট্ৰনবোৰেও নিউক্লিয়াছক প্ৰদক্ষিণ কৰি থাকে। তাৰ ওপৰত ভিত্তি কৰিয়ে হাইড্ৰ'জেন জাতীয় পৰমাণুবোৰৰ* স্থূল বৈশিষ্টসমূহ যথাযথভাৱে ভৱিষ্যদ্বাণী কৰিব পাৰি। বিশেষকৈ সেইসমূহৰ পৰা নিৰ্গত আৰু সেইসমূহে বাচি বাচি শোষণ কৰা বিকিৰণৰ কম্পনাংকবোৰ সুন্দৰকৈ কৈ দিব পৰা যায়। অৱশ্যে কোৱা দৰকাৰ যে এই আৰ্হিৰ কেতবোৰ আসোঁৱাহো আছে। তাৰ কিছুমান এনেধৰণৰ ঃ

(i) ব'ৰৰ আৰ্হি অকল হাইড্ৰ'জেন জাতীয় পৰমাণুসমূহৰ বেলিকাহে প্ৰযোজ্য। ই আনকি দুটা ইলেকট্ৰন থকা হিলিয়ামৰ ক্ষেত্ৰতো প্ৰযোজ্য নহয়। ব'ৰৰ আৰ্হি একেধৰণে একাধিক ইলেকট্ৰন যুক্ত পৰমাণুৰ ক্ষেত্ৰতো প্ৰয়োগ কৰাৰ প্ৰচেষ্টা চলোৱা হৈছিল, কিন্তু সফল হ'ব পৰা নগ'ল। অসুবিধা এইখিনিতে হৈছিল যে প্ৰতিটো ইলেকট্ৰনৰে অকল ধনাত্মক নিউক্লিয়াছটোৰ লগতে নহয়, আনবোৰ ইলেকট্ৰনৰ লগতো অন্তৰাক্ৰিয়া ঘটে। ব'ৰৰ আৰ্হি এনেদৰে উপস্থাপন কৰা হৈছে যে বৈদ্যুতিক বলে মাত্ৰ ধনাত্মক নিউক্লিয়াছ আৰু ঋণাত্মক

* যিবোৰ পৰমাণুত $+Ze$ (Z হৈছে প্ৰ'টনৰ সংখ্যা) পৰিমাণে ধনাত্মক আধানবিশিষ্ট এটা নিউক্লিয়াছ আৰু এটাহে মাত্ৰ ইলেকট্ৰন থাকে সেইবোৰেই হাইড্ৰ'জেন জাতীয় পৰমাণু। উদাহৰণ স্বৰূপে ক'ব পাৰি--হাইড্ৰ'জেন পৰমাণু, এক আয়নীয় (এটা ইলেকট্ৰন বিহীন) হিলিয়াম পৰমাণু, দ্বি-আয়নীয় (দুটা ইলেকট্ৰন বিহীন) লিথিয়াম পৰমাণু, ইত্যাদি। এনে পৰমাণুসমূহত অধিক জটিল ইলেকট্ৰন-ইলেকট্ৰন অন্তৰাক্ৰিয়া নাথাকে।

ইলেকট্ৰনটোৰ মাজতহে ক্ৰিয়া কৰে; তাত পৰমাণুত থকা বিভিন্ন ইলেকট্ৰনসমূহৰ মাজত থকা বৈদ্যুতিক বল বিবেচনা কৰা নহয়।

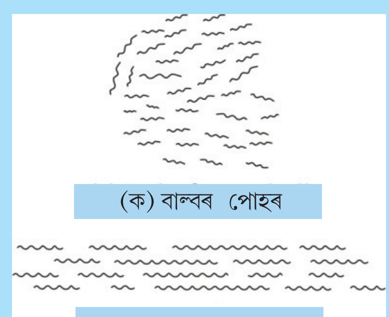
(ii) ব'ৰৰ আৰ্হিয়ে হাইড্ৰ'জেন জাতীয় পৰমাণুৰ পৰা নিৰ্গত পোহৰৰ কম্পনাংক শুদ্ধকৈ পূৰ্বানুমান কৰিব পাৰে ঠিকেই, কিন্তু ই তেনে বৰ্ণালীৰ ভিন ভিন কম্পনাংকৰ তুলনামূলক প্ৰাৱল্যৰ (অৰ্থাৎ পোহৰৰ কোনটো কম্পনাংক কি পৰিমাণে আছে) বিষয়ে ব্যাখ্যা দিব নোৱাৰে। হাইড্ৰ'জেনৰ নিৰ্গমন বৰ্ণালীত কিছুমান দৃশ্যমান কম্পনাংকৰ প্ৰাবল্য কম, আন কিছুমানৰ বেছি, কিয়? পৰীক্ষাত্মক পৰ্য্যবেক্ষণৰ পৰা দেখা যায় যে কেতবোৰ সংক্ৰমণ আন কেতবোৰৰ তুলনাত বেছি সহজে ঘটে। ব'ৰৰ আৰ্হিয়ে প্ৰাৱল্যৰ এনে হীন-ডেঢ়িৰ কোনো ব্যাখ্যা দিব নোৱাৰে।

ব'ৰৰ আৰ্হিয়ে আমাক পৰমাণুৰ এখন মনোৰম চিত্ৰ দিয়ে। কিন্তু ইয়াক জটিল পৰমাণুলৈ সম্প্ৰসাৰিত কৰি আৰ্হিটো সাধাৰণীকৃত কৰিব নোৱাৰি। জটিল পৰমাণুৰ বাবে কোৱাণ্টাম বলবিদ্যাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি এটা নতুন আৰু ভিত্তিমূল তত্ত্ব (Radical theory) ব্যৱহাৰ কৰিব লগা হয়; তেতিয়াহে পৰমাণুৰ গাঁঠনিৰ এখন অধিক পূৰ্ণাংগ চিত্ৰ পাব পৰা যায়।

লেজাৰ

এখন জনবহুল হাট-বজাৰৰ স্থান কল্পনা কৰা, অথবা এনে এখন ৰেলৰে প্লেটফৰ্মৰ কথা কল্পনা কৰা য'ত মানুহবোৰ এখন গেটেদি সোমাই আহিছে আৰু তাৰ পাছত যেনি তেনি বিয়পি পৰিছে। মানুহবোৰৰ ভৰিৰ খোজ ক'ত কেনেকৈ পৰিছে তাৰ কোনো নিশ্চয়তা নাই। অৰ্থাৎ খোজবোৰৰ মাজত দশাৰ কোনো সম্বন্ধ নাই। আনহাতে, কল্পনা কৰা যেন এক বিপুল সংখ্যক সৈন্য এটা নিয়ন্ত্ৰিত কদমত (march) গৈ আছে। তেওঁ বিলাকৰ পদচালনা অতি সুন্দৰভাৱে সংহত। ওচৰৰ চিত্ৰলৈ মন কৰাহঁক।

মমবাতি নতুবা বাল্ব আদি উৎসৰপৰা নিৰ্গত পোহৰ আৰু লেজাৰৰপৰা নিৰ্গত পোহৰৰ মাজৰ পাৰ্থক্যও একে ধৰণৰ। LASER -- ইংৰাজীত এই সংক্ষিপ্তৰূপৰ শব্দটোৰ বিস্তৃত ৰূপ হৈছে Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (বিকিৰণ প্ৰণোদিত নিৰ্গমনৰ সহায়ত পোহৰৰ পৰিবৰ্ধন)। 1960 চনত বিকাশ লাভ কৰাৰে পৰাই ই বিজ্ঞান আৰু প্ৰযুক্তিবিদ্যাৰ সকলো ক্ষেত্ৰলৈ বিস্তাৰিত হৈ পৰিছে। পদাৰ্থবিজ্ঞান, ৰসায়ন বিজ্ঞান, জীৱবিজ্ঞান, ভেষজ চিকিৎসা বিজ্ঞান, শল্য চিকিৎসাবিজ্ঞান, ইঞ্জিনিয়াৰিং প্ৰভৃতি সকলোতে ইয়াৰ প্ৰয়োগ ঘটিছে। নিম্নক্ষমতাৰ (মাত্ৰ 0.5mw) লেজাৰো আছে, যাৰ নাম দিয়া হৈছে পেঞ্চিল লেজাৰ; এইবোৰ নিৰ্দেশক (pointer) হিচাপে ব্যৱহাৰ কৰা হয়। চকুৰ সূক্ষ্ম শল্য চিকিৎসা, অথবা পাকস্থলীত থকা গ্ৰন্থিসমূহৰ শল্যচিকিৎসাত ব্যৱহাৰ কৰিবৰ উদ্দেশ্যে ভিন ভিন ক্ষমতাৰ লেজাৰো আছে। আকৌ, তীখাৰ বস্তু কটা, বা জালাই কৰা কাম কৰিব পৰা লেজাৰো আছে।



(খ) লেজাৰ পোহৰ

পোহৰ কোনো উৎসৰ পৰা তৰংগৰ পেকেটৰ ৰূপত নিৰ্গত হয়। সাধাৰণ উৎসৰপৰা নিৰ্গত পোহৰত বহুবোৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য থাকে। তদুপৰি ভিন ভিন দৈৰ্ঘ্যৰ তৰংগ সমূহৰ মাজত দশাৰ কোনো সম্বন্ধ নাথাকে। সেয়ে এনে পোহৰ তেনেই খৰতকীয়াকৈ বহলি পৰে, আৰু দূৰত্বৰ লগে লগে পোহৰৰ কিৰণৰ আকাৰ বাঢ়ি গৈ থাকে। লেজাৰৰ ৰশ্মিৰ ক্ষেত্ৰত কিন্তু প্ৰতিটো তৰংগ পেকেটত থকা তৰংগবোৰৰ দৈৰ্ঘ্য মোটামুটিভাৱে সমান। তদুপৰি তৰংগপেকেটটোৰ গড় দৈৰ্ঘ্য বহু বেছি। ইয়াৰ অৰ্থ এই যে তাত অধিক দীঘলীয়া সময়ৰ বাবে তুলনামূলক ভাৱে, ভাল দশা সম্বন্ধ থাকে। ফলতে লেজাৰৰ ৰশ্মিৰ অপসৰিতা বুজন পৰিমাণে কমি যায়।

ধৰাহ'ল কোনো এটা উৎসত N সংখ্যক পৰমাণু আছে আৰু প্ৰতিটো পৰমাণুৱে I প্ৰাৱল্যৰ পোহৰ নিৰ্গত কৰিছে। তেনেহ'লে এটা সাধাৰণ উৎসই উৎপন্ন কৰা পোহৰৰ প্ৰাবল্য $N I$ ৰ সমানুপাতিক। আনহাতে লেজাৰ উৎসৰ বেলিকা ই $N^2 I$ ৰহে সমানুপাতিক। যদি N যথেষ্ট ডাঙৰ হয় তেন্তে সাধাৰণ উৎসই নিৰ্গত কৰা পোহৰৰ তুলনাত লেজাৰৰ পোহৰ বহু বেছি তীব্ৰ। এপ'ল অভিযানৰ মহাকাশচাৰী সকল

যেতিয়া চন্দ্ৰপৃষ্ঠত উপস্থিত হৈছিলগৈ, তেতিয়া তেওঁলোকে পৃথিৱীৰ ফালে পোনাই চন্দ্ৰপৃষ্ঠত এখন দাপোণ স্থাপন কৰিছিল। পৃথিৱীত থকা বিজ্ঞানীসকলে তালৈ এটা তীব্ৰ লেজাৰ ৰশ্মি পঠিয়াইছিল; ৰশ্মিটো দাপোণখনৰ পৰা প্ৰতিফলিত হৈ পুনৰ পৃথিৱীলৈ আহিছিল। প্ৰতিফলিত লেজাৰ ৰশ্মিটোৰ আকাৰ আৰু ই পৃথিৱীৰ পৰা চন্দ্ৰপৃষ্ঠলৈ গৈ তাৰপৰা উভতি আহি পুনৰ ভূ পৃষ্ঠ পোৱালৈকে লগা সময়--এই দুয়োটাকে বিজ্ঞানীসকলে নিৰ্ণয় কৰি উলিয়াইছিল। ইয়াৰ পৰা (ক) লেজাৰ ৰশ্মিৰ নিচেই সামান্য অপসাৰিতাৰ পৰিমাণ আৰু (খ) পৃথিৱীৰপৰা চন্দ্ৰৰ দূৰত্বৰ জোখ অতি নিৰ্ভুলভাৱে পাব পৰা গৈছিল।

সাৰাংশ

1. সামগ্ৰিকভাৱে পৰমাণু আধানবিহীন, আৰু সেয়ে তাত ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক আধান সমান পৰিমাণে থাকে।

2. থমছনৰ পৰমাণু আৰ্হি অনুসৰি পৰমাণু হৈছে ধনাত্মক আধানৰ ডাৱৰে ভৰা এটা গোলক, আৰু তাৰ ভিতৰত ইলেকট্ৰন সমূহ সোমাই থাকে।

3. ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ পৰমাণু আৰ্হি অনুসাৰে পৰমাণুৰ প্ৰায়খিনি ভৰ আৰু আটাইখিনি ধনাত্মক আধান এটা অতি ক্ষুদ্ৰ নিউক্লিয়াছত কেন্দ্ৰীভূত হৈ থাকে (উদাহৰণস্বৰূপে, নিউক্লিয়াছৰ আকাৰ পৰমাণুৰ আকাৰৰ দহ হাজাৰ ভাগৰ এভাগ) আৰু ইলেকট্ৰন সমূহ তাৰ চাৰিওফালে, ঘূৰি থাকে।

4. ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ নিউক্লীয় আৰ্হিৰ সহায়ত পৰমাণুৰ গঠন (বা সংৰচনা) ব্যাখ্যা কৰিবলৈ গ'লে দুটা প্ৰধান আসোঁৱাহ ধৰাপাতে ঃ (ক) এই আৰ্হিয়ে ভৱিষ্যদ্বাণী কৰে যে পৰমাণুসমূহ অস্থিৰ; কিয়নো, নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওপিনে, ত্বৰিত গতিৰে ঘূৰি ফুৰোঁতে ইলেকট্ৰন সমূহ সৰ্পিল পথেদি গৈ নিউক্লিয়াছত পৰিবগৈ লাগে। ই পদাৰ্থৰ সুস্থিৰতাৰ পৰিপন্থী। (খ) আৰ্হিটোৱে বিভিন্ন মৌলৰ পৰমাণুৰ পৰা নিৰ্গত হোৱা বৈশিষ্ট্যমূলক ৰেখা বৰ্ণালীৰ ব্যাখ্যা দিব নোৱাৰে।

5. প্ৰত্যেক মৌলৰ পৰমাণুসমূহ সুস্থিৰ; সেইবোৰৰ পৰা বৈশিষ্ট্যমূলক বৰ্ণালী নিৰ্গত হয়। তেনে বৰ্ণালী কেইডালমান স্বতন্ত্ৰ সমান্তৰাল ৰেখাৰ সমষ্টি। ৰেখা বৰ্ণালীৰ সহায়ত পৰমাণুৰ গঠন সম্পৰ্কে প্ৰয়োজনীয় তথ্য পাব পৰা যায়।

6. হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰপৰা কেবাটাও শ্ৰেণীৰ ৰেখা বৰ্ণালী নিৰ্গত হয়। কোনো এটা শ্ৰেণীৰ যিকোনো এডাল ৰেখাৰ কম্পনাংক দুটা পদৰ ব্যৱধানৰ ৰূপত প্ৰকাশ কৰিব পাৰি ঃ

লিমেন শ্ৰেণীঃ $\nu = Rc\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right);\ n = 2, 3, 4, \ldots$

বামাৰ শ্ৰেণীঃ $\nu = Rc\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right);\ n = 3, 4, 5, \ldots$

পাশ্চেন শ্ৰেণীঃ $\nu = Rc\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right);\ n = 4, 5, 6, \ldots$

ব্ৰেকেট শ্ৰেণীঃ $\nu = Rc\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right);\ n = 5, 6, 7, \ldots$

ফাণ্ড শ্ৰেণীঃ $\nu = Rc\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right);\ n = 6, 7, 8, \ldots$

7. পৰমাণুৰ পৰা ৰেখাবৰ্ণালীৰ সমূহৰ নিৰ্গমণ প্ৰক্ৰিয়া আৰু লগতে পৰমাণুৰ সুস্থিৰতা ব্যাখ্যা কৰাৰ উদ্দেশ্য নীলছব'ৰে হাইড্ৰ'জেন সদৃশ (এটা ইলেকট্ৰন বিশিষ্ট) পৰমাণুৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰযোজ্য হোৱাকৈ এটা পৰমাণু আৰ্হি দাঙি ধৰিছিল। তাৰ বাবে তেওঁ তিনিটা স্বীকাৰ্য্য উত্থাপন কৰিছিল; আৰু তেনেদৰে কোৱাণ্টাম বলবিদ্যাৰ ভেটি স্থাপিত হৈছিল ঃ

(ক) হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুত ইলেকট্ৰনটোৱে কেইটামান সুস্থিৰ কক্ষপথেদিহে (সেইবোৰ স্থানু কক্ষপথ বোলা হয়) নিউক্লিয়াছক প্ৰদক্ষিণ কৰি থাকে। তেনে অৱস্থাত পৰমাণুটোৰ পৰা কোনো বিকিৰণ নিৰ্গত নহয়।

(খ) যিবোৰ কক্ষৰ বাবে ইলেকট্ৰনটোৰ কৌণিক ভৰবেগ $h/2\pi$ ৰ অখণ্ড গুণিতক সেইবোৰক স্থানু কক্ষপথ বোলা হয়। (ব'ৰৰ কোৱাণ্টাম চৰ্ত)। অৰ্থাৎ $L = nh/2\pi$, য'ত n এটা অখণ্ড সংখ্যা। n ক কোৱাণ্টাম সংখ্যা বোলা হয়।

(গ) তৃতীয় স্বীকাৰ্য্য অনুসৰি পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰন এটা, কোনো এক অবিকিৰণক্ষম কক্ষৰপৰা আন এক নিম্ন শক্তিৰ কক্ষলৈ সংক্ৰমিত হ'ব পাৰে। তেতিয়া এটা ফ'টন নিৰ্গত হয় যাৰ শক্তি প্ৰাৰম্ভিক আৰু অন্তিম স্তৰৰ শক্তিৰ পাৰ্থক্যৰ সমান। তেনেক্ষেত্ৰত নিৰ্গত ফ'টনটোৰ কম্পনাংক (n) এনেদৰে পোৱা যায়ঃ

$$h\nu = E_i - E_f$$

পৰমাণু এটাই যি কম্পনাংক বিকিৰণ নিৰ্গত কৰে ঠিক সেই কম্পনাংকৰ বিকিৰণ শোষণো কৰে। শোষণ কৰিলে ইলেকট্ৰনটো এটা উচ্চতৰ শক্তিৰ কক্ষলৈ (যাৰ n ৰ মান বেছি) স্থানান্তৰিত হয়।

$$E_i + h\nu = E_f$$

8. কৌণিক ভৰবেগৰ কোৱাণ্টীকৰণ চৰ্তৰ ফলস্বৰূপে ইলেকট্ৰনটো নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে মাত্ৰ কেইটামান সুনিৰ্দিষ্ট ব্যাসাৰ্ধৰ কক্ষপথেদিহে ঘূৰি থাকিব পাৰে। হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ বাবে সেয়া এনে ধৰণৰ ঃ

$$r_n = \left(\frac{n^2}{m}\right)\left(\frac{h}{2\pi}\right)^2 \frac{4\pi\varepsilon_0}{e^2}$$

ইলেকট্ৰনৰ মুঠ শক্তিও কোৱাণ্টীকৃত ঃ

$$E_n = -\frac{me^4}{8n^2\varepsilon_0^2h^2}$$

$$= -13.6 \text{ eV}/n^2$$

$n = 1$ স্তৰটোক ভূমিস্তৰ বোলা হয়। হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ক্ষেত্ৰত ভূমিস্তৰ শক্তিৰ পৰিমাণ -13.6 eV। n ৰ উচ্চতৰ মানৰ বাবে উত্তেজিত স্তৰসমূহ ($n > 1$) পোৱা যায়। কোনো এটা পৰমাণুৰ যেতিয়া আন কোনো পৰমাণুৰ সৈতে সংঘৰ্ষ ঘটে, নাইবা কোনো ইলেকট্ৰনৰ সৈতে সংঘৰ্ষ ঘটে, নতুবা পৰমাণুটোৱে উপযুক্ত কম্পনাংকৰ ফ'টন এটা শোষণ কৰে, তেতিয়া পৰমাণুটো উত্তেজিত হয়।

9. দ্য বয় তৰংগ-কণিকা দ্বৈতবাদ অনুসৰি ইলেকট্ৰনৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য $\lambda = h/mv$; এই ধাৰণা সন্নিৱিষ্ট কৰিলে ব'ৰৰ কোৱাণ্টীকৃত কক্ষৰ ব্যাখ্যা পোৱা যায়। একোটা কক্ষৰ সৈতে একোটা বৃত্তীয় স্থানু তৰংগ এনেভাৱে জড়িত হৈ থাকে যে বৃত্তটোৰ পৰিধি তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ কোনো পূৰ্ণ সংখ্যাৰ গুণিতকৰ সমান।

10. ব'ৰৰ আৰ্হি মাত্ৰ হাইড্ৰ'জেনীয় (এক ইলেকট্ৰন যুক্ত) পৰমাণুৰ বেলিকাহে প্ৰযোজ্য। ইয়াক আনকি হিলিয়ামৰ নিচিনা দুটা ইলেকট্ৰন থকা পৰমাণুৰ ক্ষেত্ৰতো প্ৰয়োগ কৰিব নোৱাৰি। আৰ্হিটোৱে আনহে নালাগে হাইড্ৰ'জেনীয় পৰমাণুবোৰে নিৰ্গত কৰা বিকিৰণৰ কম্পনাংকৰ আপেক্ষিক তীব্ৰতাৰ ব্যাখ্যাও দিব নোৱাৰে।

মন কৰিবলগীয়া কথা

1. থমছনৰ আৰ্হি আৰু ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ আৰ্হি উভয়েই পৰমাণুৰ সুস্থিৰতা প্ৰতিষ্ঠা কৰিব নোৱাৰে। থমছনৰ আৰ্হি স্থিৰ বৈদ্যুতিক দৃষ্টিকোণৰ পৰা অস্থিৰ; আনহাতে ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ আৰ্হি নিউক্লিয়াছক প্ৰদক্ষিণ কৰি থকা ইলেকট্ৰনবোৰে বিদ্যুৎ চুম্বকীয় বিকিৰণ নিৰ্গত কৰা ধাৰণাটোৰ ফালৰ পৰা অস্থিৰ।

2. নীল্‌ছ্‌ব'ৰে কি কাৰণত অন্যান্য ৰাশিৰ সলনি কৌণিক ভৰবেগৰহে কোৱাণ্টীকৰণ কথাটো স্বীকাৰ্য্য (দ্বিতীয় স্বীকাৰ্য্য) হিচাপে গ্ৰহণ কৰিছিল ? মন কৰিবলগীয়া যে h ৰ মাত্ৰা আৰু কৌণিক ভৰবেগৰ মাত্ৰা একেই। বৃত্তীয় কক্ষৰ বাবে কৌণিক ভৰবেগ এটা যথেষ্ট প্ৰাসংগিক ৰাশি। সেয়ে দ্বিতীয় স্বীকাৰ্য্যটো অতি স্বাভাৱিক স্বীকাৰ্য্য !

3. হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ব'ৰৰ আৰ্হিত যে ইলেকট্ৰনৰ একোটা কক্ষপথ থাকে তেনে চিত্ৰ অনিশ্চয়তা নীতিৰ (হাইজেনবাৰ্গৰ) পৰিপন্থী। আধুনিক কোৱাণ্টাম তত্ত্বই সেই ধাৰণাৰ পৰিবৰ্তন ঘটাইছে আৰু সেইমতে ব'ৰৰ কক্ষপথসমূহ হৈছে কিছুমান অঞ্চল য'ত ইলেকট্ৰনটো থাকিব পৰা সম্ভাৱনীয়তা যথেষ্ট বেছি।

4. সৌৰজগতত গ্ৰহবোৰৰ মাজৰ পাৰস্পৰিক মহাকৰ্ষণ বল সূৰ্য্য আৰু প্ৰতিটো গ্ৰহৰ মাজত থকা মহাকৰ্ষণ বলৰ তুলনাত তেনেই কম কিয়নো যিকোনো গ্ৰহতকৈ সূৰ্য্যৰ ভৰ বহু বেছি। আকৌ ইলেকট্ৰন-ইলেকট্ৰনৰ মাজত ক্ৰিয়া কৰা বৈদ্যুতিক বল, ইলেকট্ৰন-নিউক্লিয়াছৰ মাজত ক্ৰিয়া কৰা বৈদ্যুতিক বলৰ মানৰ সৈতে প্ৰায় সমান। এই বাবেই গ্ৰহ সদৃশ ইলেকট্ৰনৰে গঢ়ি তোলা ব'ৰৰ আৰ্হিটো অধিক ইলেকট্ৰন যুক্ত পৰমাণুৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰয়োগ কৰিব পৰা নাযায়।

5. নিৰ্দিষ্ট কক্ষত ঘূৰি থকা ইলেকট্ৰনবোৰে বিকিৰণ নিৰ্গত নকৰে--এই স্বীকাৰ্য্যৰ যোগেদি ব'ৰে কোৱাণ্টাম তত্ত্বৰ ভেটি নিৰ্মাণ কৰিছিল। ব'ৰৰ তত্ত্বই মাত্ৰ এটাহে কোৱাণ্টাম সংখ্যা (n) ব্যৱহাৰ কৰিছিল। কোৱাণ্টাম বলবিদ্যা নামৰ নতুন তত্ত্বটোৱে (সেই সময়ৰ) ব'ৰৰ এই স্বীকাৰ্য্যটো সমৰ্থন কৰে। অধিক সমাদৃত কোৱাণ্টাম বলবিদ্যাত কিন্তু কোনো এটা শক্তি স্তৰে একাধিক কোৱাণ্টাম অৱস্থা সূচাব পাৰে। উদাহৰণ স্বৰূপে, এটা অৱস্থাৰ সৈতে চাৰিটা কোৱাণ্টাম সংখ্যা (n, l, m, আৰু s) জড়িত হৈ থাকে; কিন্তু বিশুদ্ধ কুলম্ব বিভৱৰ ক্ষেত্ৰত (যেনে, হাইড্ৰ'জেনৰ পৰমাণু) শক্তিৰ পৰিমাণ কেৱল মাত্ৰ n ৰ ওপৰতে নিৰ্ভৰ কৰে।

6. ধ্ৰুপদী পদাৰ্থবিজ্ঞানত আশা কৰাৰ বিপৰীতে ব'ৰৰ আৰ্হিত বৰ্ণালীৰেখাৰ কম্পনাংকৰ সৈতে কক্ষত ঘূৰি থকা ইলেকট্ৰন এটাৰ ঘূৰ্ণন কম্পনাংকৰ কোনো সম্পৰ্ক নাই। বৰ্ণালী ৰেখাৰ কম্পনাংক পোৱা হয় কোনো দুটা কক্ষৰ মাজৰ শক্তিৰ অন্তৰক n এৰে ভাগ কৰি। অৱশ্যে দুটা উচ্চমানৰ কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ মাজত ঘটা সংক্ৰমণৰ বেলিকা (n ৰপৰা $n-1$, য'ত n ৰ মান যথেষ্ট বেছি) দুয়োটাৰে মান একেই হয়গৈ।

7. ধ্ৰুপদী পদাৰ্থবিজ্ঞানৰ কিছুমান আৰু আধুনিক পদাৰ্থবিজ্ঞানৰ কিছুমান কথাৰ ওপৰত ভিত্তি কৰি সৃষ্টি কৰা ব'ৰৰ অৰ্ধধ্ৰুপদী আৰ্হিয়ে সৰলতম হাইড্ৰ'জেনীয় পৰমাণু এটাৰে এখন শুদ্ধ চিত্ৰ দাঙি ধৰিব নোৱাৰে। শুদ্ধ চিত্ৰ হৈছে কোৱাণ্টাম বলবিদ্যাৰ আওতাৰ ভিতৰৰ বিষয়; ই কেবাটাও মৌলিক কথাত ব'ৰৰ আৰ্হিৰ লগত নিমিলে। পিছে ব'ৰৰ আৰ্হি যদি যথাৰ্থ ভাৱে শুদ্ধ নহয় তেন্তে তাকে লৈ আমি মূৰ ঘমাওঁ কিয় ?

ব'ৰৰ আৰ্হি তৎসত্বেও যিবোৰ কাৰণত ব্যৱহাৰোপযোগী তাক তলত দাঙি ধৰা হ'ল ঃ

(i) আৰ্হিটো মাত্ৰ তিনিটা স্বীকাৰ্য্যৰ ভিত্তিত গঢ়ি তোলা হৈছে; তথাপি ই হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীৰ প্ৰায় আটাইবোৰ দিশৰ ব্যাখ্যা আগবঢ়াব পাৰে।

(ii) আৰ্হিটোৱে আমি ধ্ৰুপদী পদাৰ্থবিজ্ঞানত পাই অহা বহুতো ধাৰণাক আদৰি লৈছে।

(iii) তাত্ত্বিক পদাৰ্থবিজ্ঞানীয়ে কোনো ভৱিষ্যদ্বাণী কৰিব পৰাৰ আশা কৰি কেতিয়াবা সমস্যা সমাধানৰ

কেতবোৰ দিশ অগ্ৰাহ্য কৰিব লগীয়া হয়। আৰ্হিটোৱে তাৰেই স্পষ্ট নিৰ্দশন দাঙি ধৰে। যদি তত্ত্ব বা আৰ্হিৰ ভৱিষ্যদ্বাণী পৰীক্ষালব্ধ ফলাফলৰ সৈতে মিলি যায়, তেন্তে তাত্ত্বিক পদাৰ্থবিজ্ঞানীয়ে ইতিমধ্যে অগ্ৰাহ্য কৰি অহা সমস্যাবোৰ যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কৰিবলৈ সমৰ্থ হ'ব বুলি আশা কৰিব পাৰে।

অনুশীলনী

12.1 তলৰ প্ৰতিটো উক্তিৰ শেষত দিয়া ইংগিতৰ আলমত শুদ্ধ উত্তৰটো বাচি উলিওৱা ঃ

(ক) ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ আৰ্হিত পৰমাণুৰ আকাৰ যিমান থমছনৰ আৰ্হিত ---- (তাতকৈ বহু ডাঙৰ/ তাৰ সমান/ তাতকৈ বহু সৰু)।

(খ) ভূমিস্তৰত --- আৰ্হিত ইলেকট্ৰনবোৰ সুস্থিৰ সাম্য অৱস্থাত থাকে, আনহাতে---আৰ্হিত ইলেকট্ৰনবোৰে সদায় এটা লব্ধ বল অনুভৱ কৰে। (থমছনৰ/ ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ)।

(গ) --- আৰ্হি অনুসাৰে ধ্ৰুপদী পৰমাণু এটা ধ্বংস হোৱাটো অৱশ্যম্ভাৱী। (থমছনৰ/ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ)

(ঘ) ---- আৰ্হি অনুযায়ী পৰমাণুৰ ভৰ প্ৰায় সুষমভাৱে বিস্তৃত; আনহাতে ---- আৰ্হি অনুযায়ী ই অতিশয় অসুষমভাৱে বিস্তৃত। (থমছনৰ/ ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ)

(ঙ) ---- আৰ্হিমতে পৰমাণুৰ প্ৰায়খিনি ভৰ ধনাত্মক আধানযুক্ত অংশটোতে থাকে। (ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ / উভয় আৰ্হি)

12.2 ধৰা হওঁক, সোণৰ পাতল পাত এটাৰ পৰিবৰ্তে গোটা হাইড্ৰ'জেনৰ পাত এটা ব্যৱহাৰ কৰি আলফা কণিকাৰ বিচ্ছুৰণৰ পৰীক্ষাটো তোমাক নতুনকৈ কৰি চোৱাৰ সুযোগ দিয়া হ'ল। (14 K উষ্ণতাৰ তলত হাইড্ৰ'জেন গোটা অৱস্থাত থাকে) তাকে কৰিলে কি ফলাফল আশা কৰিব পাৰি?

12.3 হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীৰ পাশ্চেন শ্ৰেণীত নিম্নতম কি তৰংগদৈৰ্ঘ্য পোৱা যায়?

12.4 এটা পৰমাণুৰ দুটা শক্তিস্তৰৰ মাজত শক্তিৰ পাৰ্থক্য 2.3 eV। উচ্চ স্তৰটোৰ পৰা নিম্ন স্তৰটোলৈ পৰমাণুটোৰ সংক্ৰমণ ঘটিলে যি বিকিৰণ নিৰ্গত হ'ব তাৰ কম্পনাংক কিমান!

12.5 হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ভূমিস্তৰৰ শক্তিৰ পৰিমাণ -13.6 eV.। স্তৰটোত ইলেকট্ৰনটোৰ গতি শক্তি আৰু স্থিতিশক্তিৰ পৰিমাণ কিমান?

12.6 প্ৰথমতে ভূমিস্তৰত থকা হাইড্ৰ'জেন পৰমাণু এটাই এটা ফ'টন শোষণ কৰি $n = 4$ স্তৰলৈ উত্তেজিত হ'ল। ফ'টনটোৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য আৰু কংম্পনাংক নিৰূপণ কৰা।

12.7 (ক) ব'ৰৰ আৰ্হি প্ৰয়োগ কৰি হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ $n = 1, 2,$আৰু 3 স্তৰত ইলেকট্ৰন দ্ৰুতি নিৰ্ণয় কৰা। (খ) এই স্তৰসমূহৰ প্ৰতিটোৰে কক্ষীয় পৰ্য্যায়কাল হিচাপ কৰি উলিওৱা।

12.8 হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ আটাইতকৈ ভিতৰৰ ইলেকট্ৰন কক্ষটোৰ ব্যাসাৰ্ধ 5.3×10^{-1} m. হ'লে $n = 2$ আৰু $n = 3$ কক্ষ দুটাৰ ব্যাসাৰ্ধ কিমান হ'ব?

12.9 কোঠালিৰ উষ্ণতাৰ থকা গেছীয় হাইড্ৰ'জেনক 12.5 eV শক্তিৰ ইলেকট্ৰন ৰশ্মি এটাৰে আঘাত কৰা হ'ল । ফলত তাৰ পৰা কোন শ্ৰেণীৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য নিৰ্গত হ'ব?

12.10 পৃথিৱীখনে 5.3×10^{-11} m ব্যাসাৰ্ধৰ কক্ষপথত 3×10^4 m/s বেগেৰে পৰিভ্ৰমণ কৰে। ব'ৰৰ আৰ্হিৰ অনুকৰণত এই গতিৰ কোৱাণ্টাম সংখ্যা কিমান হ'ব পাৰে? পৃথিৱীৰ ভৰ = 6.0×10^{24} kg)

অতিৰিক্ত প্ৰশ্নাৱলী

12.11 তলৰ প্ৰশ্নসমূহৰ উত্তৰ দিয়া --এই প্ৰশ্ন সমূহে থমছনৰ আৰ্হি আৰু ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ আৰ্হিৰ মাজৰ পাৰ্থক্য অধিক স্পষ্টকৈ বুজাত সহায় কৰিব ঃ

(ক) সোণৰ পাতল পাত এটাই বিচ্ছুৰণ কৰা α - কণিকাৰ গড় বিচ্ছুৰণ কোণ ৰাডাৰফ'ডৰ আৰ্হিমতে যিমান থমছনৰ আৰ্হিমতে তাতকৈ বহুত সৰু নে প্ৰায় তাৰ সমান, নে তাতকৈ বহুত ডাঙৰ?

(খ) সোণৰ পাতল পাত এটাৰ পৰা α - কণিকাৰ পশ্চাৎ বিচ্ছুৰণৰ (অৰ্থাৎ $90°$তকৈ ডাঙৰ কোণত ঘটা আস্তৰণ) সম্ভাৱনীয়তা ৰাডাৰফোৰ্ডৰ আৰ্হিমতে যিমান থমছনৰ আৰ্হিমতে তাতকৈ ভালেখিনি কম, নে প্ৰায় তাৰ সমান, নে তাতকৈ বহু বেছি?

(গ) পৰীক্ষাৰ পৰা দেখা যায় যে আন সকলো কাৰক স্থিৰে থাকিলে যদি পাতটোৰ বেধ t কম হয়, তেন্তে পাতটোৰ পৰা মজলীয়া কোণত বিচ্ছুৰিত হোৱা α - কণিকাৰ সংখ্যা t ৰ সমানুপাতী। t ৰ সৈতে এনে ৰৈখিক নিৰ্ভৰশীলতাই কি সূচায়?

(ঘ) পাতল পাত এটাৰ পৰা α - কণিকাৰ গড় বিচ্ছুৰণ কোণৰ হিচাপ কৰোঁতে কোনটো আৰ্হি অনুযায়ী বহু বিচ্ছুৰণ (multiple scattering) সম্পূৰ্ণ ৰূপে আওকাণ কৰাটো অনুচিত?

12.12 হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুত ইলেকট্ৰন আৰু প্ৰ'টনৰ মাজৰ মহাকৰ্ষণীয় বল কুলম্ব আকৰ্ষণৰ তুলনাত প্ৰায় 10^{-40} গুণ দুৰ্বল। এই তথ্য আন এক উপায়ে বিচাৰ কৰিবলৈ হ'লে ইলেকট্ৰন আৰু প্ৰটন মহাকৰ্ষণীয় বলৰ দ্বাৰা আৱদ্ধ হৈ থকা বুলি ধৰি হাইড্ৰ'জেনৰ পৰমাণুৰ প্ৰথম ব'ৰ কক্ষৰ ব্যাসাৰ্ধ নিৰূপণ কৰিব লাগিব। তাকে কৰোঁতে যিটো উত্তৰ ওলাব সি বেছ আমোদজনক। উত্তৰটো উলিওৱা।

12.13 এটা হাইড্ৰ'জেন পৰমাণু n স্তৰৰ পৰা $(n-1)$ স্তৰলৈ অৱ-উত্তেজিত (de-excited) হওঁতে যি বিকিৰণ নিৰ্গত হয় তাৰ কম্পনাংকৰ এটা প্ৰকাশ ৰাশি উলিওৱা। দেখুওৱা যে উচ্চমানৰ n ৰ বাবে সেই কম্পনাংক কক্ষপথত ঘূৰি থকা ইলেকট্ৰনটোৰ ঘূৰণৰ ধ্ৰুপদী কম্পনাংকৰ সমান।

12.14 ধ্ৰুপদী ধাৰণা মতে ইলেকট্ৰন এটা পৰমাণুৰ কক্ষপথতে ঘূৰি থাকিব পাৰে। তেনেহ'লে পৰমাণু একোটাৰ আকাৰ কিহে নিৰ্ধাৰণ কৰে? এটা আদৰ্শ আকাৰতকৈ পৰমাণু এটাৰ আকাৰ কিয় হাজাৰ গুণ ডাঙৰ নহয়? ব'ৰৰ পৰমাণু আৰ্হি সম্পৰ্কে ওপৰত যিখিনি পাই অহা গ'ল সেইখিনি জনাৰ পূৰ্বে ব'ৰক উক্ত কথাটোৱে বাৰুকৈ বিপাঙত পেলাইছিল। আৱিষ্কাৰৰ পূৰ্বে তেওঁনো কি কৰিব পাৰিলেহেঁতেন তাকে ভাবি চাবৰ উদ্দেশ্য আমি এটা কাম কৰোহঁক-- চাওঁহঁক , জানোচা তলত দেখুওৱাৰ দৰে বুনিয়াদী ধ্ৰুৱক সমূহৰ মাজত দৈৰ্ঘ্যৰ মাত্ৰা বিশিষ্ট কোনো ৰাশি পোৱা যায়, যাৰ মান প্ৰায় পৰমাণুৰ আকাৰৰ সমান ($\sim 10^{-10}$m)।

(ক) e, m_e, আৰু c -- এইসমূহ বুনিয়াদী ধ্ৰুৱকৰ সহায়ত দৈৰ্ঘ্যৰ মাত্ৰাবিশিষ্ট এটা ৰাশি প্ৰস্তুত কৰা।

(খ) দেখিবা যে ওপৰৰ (ক) ত পোৱা দীঘৰ মান পৰমাণুৰ আকাৰতকৈ বহু গুণে সৰু। তদুপৰি ইয়াৰ সৈতে পোহৰৰ বেগ c সংযুক্ত হৈ আছে। আনহাতে পৰমাণুৰ শক্তি প্ৰায়েই আপক্ষিকতাবাদৰ বাহিৰত য'ত c ৰ ভূমিকা নাই বুলিয়ে আশা কৰা যায়। সেয়েই হয়তো ব'ৰে পৰমাণুৰ সঠিক আকাৰ নিৰ্ণয় কৰিবৰ উদ্দেশ্য c ক জড়িত নকৰাকৈ 'আন কিবা' ৰ সন্ধান কৰিছিল। ইতিমধ্যে প্লাংকৰ ধ্ৰুৱক h অ'ত ত'ত ব্যৱহাৰ হ'বলৈ ধৰা দেখা গৈছিল। গভীৰ অৰ্ন্তদৃষ্টিৰে ব'ৰে বুজিব পাৰিলে যে h, m_e, আৰু e য়ে পৰমাণুৰ সঠিক আকাৰ নিৰূপণ কৰিব পাৰিব। h, m_e আৰু e ৰ সহায়ত দীঘৰ মাত্ৰা বিশিষ্ট ৰাশি এটা নিৰ্ণয় কৰা আৰু ঠিৰাং কৰা যে ৰাশিটোৰ সাংখ্যিক মান যথাযথেই পৰমাণুৰ আকাৰৰ সমান।

12.15 হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ প্ৰথম উত্তেজিত শক্তি স্তৰত থকা ইলেকট্ৰনটোৰ মুঠশক্তি প্ৰায় -3.4 eV।

(ক) সেই শক্তিস্তৰত ইলেকট্ৰনটোৰ গতিশক্তি কিমান?

(খ) সেই শক্তিস্তৰত ইলেকট্ৰনটোৰ স্থিতিশক্তি কিমান?

(গ) সেই স্থিতি শক্তিৰ শূন্য অৱস্থান সলনি কৰা হয় তেন্তে ওপৰৰ কোনটো উত্তৰ সলনি হ'ব?

12.16 যদি ব'ৰৰ কোৱাণ্টীকৰণ স্বীকাৰ্য্য (কৌণিক ভৰবেগ = $nh/2\pi$) প্ৰকৃতিৰ এটা মৌলিক নীতি হয় তেন্তে ই গ্ৰহসমূহৰ গতিৰ ক্ষেত্ৰতো সমানে প্ৰযোজ্য হ'ব লাগে। কিন্তু আমি গ্ৰহবোৰৰ কক্ষপথৰ কোৱাণ্টীকৰণ সম্পৰ্কে কেতিয়াও উল্লেখ নকৰোঁ। কাৰণনো কি?

12.17 যি পৰমাণুত এটা প্ৰ'টনৰ চাৰিওফালে ঋণাত্মকভাৱে আহিত আৰু ইলেকট্ৰনৰ ভৰৰ 207 গুণ ভৰবিশিষ্ট মিউৱন (μ) কণিকা এটা ঘূৰি থাকে তাক মিউৱনীয় হাইড্ৰ'জেন পৰমাণু নাম দিয়া হৈছে। মিউৱনীয় হাইড্ৰ'জেন পৰমাণু এটাৰ প্ৰথম ব'ৰ ব্যাসাৰ্ধ আৰু ভূমিস্তৰ শক্তি নিৰ্ণয় কৰা।