DAILY ASSAM

পৰমাণুৰ গঠন
STRUCTURE OF ATOM

উদ্দেশ্য (Objectives)

এই অধ্যায়টো অধ্যয়ন কৰি তলত দিয়া বিষয়সমূহ সম্বন্ধে সবিশেষ জানিব পাৰিবা—

- ইলেকট্ৰন, প্ৰ'টন আৰু নিউট্ৰনৰ আৱিষ্কাৰ - ইহঁতৰ বৈশিষ্ট্য
- থমছন, ৰাডাৰফৰ্ড আৰু ব'ৰৰ পৰমাণু আৰ্হি
- পৰমাণুৰ কোৱাণ্টাম বলবিজ্ঞানীয় আৰ্হি
- বিদ্যুৎচুম্বকীয় বিকিৰণৰ প্ৰকৃতি আৰু প্লাংকৰ কোৱাণ্টাম তত্ত্ব
- আলোকবিদ্যুৎ প্ৰভাৱ আৰু পাৰমাণৱিক বৰ্ণালী
- দ্য ব্ৰয়লিৰ প্ৰকল্প আৰু হাইজেনবাৰ্গৰ অনিশ্চয়তা সূত্ৰ
- পাৰমাণৱিক অৰবিটেল (কোৱাণ্টাম বলবিজ্ঞানীয় ধাৰণা)
- আফবাও নীতি, পাউলিৰ নিষেধ নীতি আৰু হুণ্ডৰ সৰ্বোচ্চ গুণিতক নীতি
- পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস

"The rich diversity of chemical behaviour of different elements can be traced to the differences in the internal structure of atoms of these elements."

আমি বিভিন্ন ধৰণৰ পদাৰ্থৰ মাজত আছোঁ। আমাৰ দেহো বিভিন্ন ধৰণৰ পদাৰ্থৰে গঠিত। এই আটাইবোৰ পদাৰ্থৰ ভিতৰত কিছুমান মৌল; কিন্তু বেছিভাগেই যৌগ বা মিশ্ৰ। আগেয়ে সকলোবোৰ পদাৰ্থ পৰমাণুৰদ্বাৰা গঠিত বুলি ভবা হৈছিল। পৰমাণুক (atom ; মূল গ্ৰীক শব্দ *a-tomio,* অৰ্থাৎ অবিভাজ্য) পদাৰ্থৰ মৌলিক উপাদান হিচাপে গণ্য কৰা আৰু হৈছিল। সেই সময়ত পৰমাণু অবিভাজ্য বুলিয়েই ভাবিছিল। পুৰণি ভাৰতীয় আৰু গ্ৰীক দাৰ্শনিকসকলে খ্ৰীষ্টপূৰ্ব 400 চনতে এনেকুৱা ধাৰণা কৰিছিল। পিচত 1808 চনত ইংৰাজ বিজ্ঞানী **জন ডেল্টনে** (John Dalton) বিজ্ঞানসন্মতভাৱে পৰমাণুৰ ধাৰণা দিয়ে। ডেল্টনৰ ধাৰণাখিনিকে ডেল্টনৰ পৰমাণুতত্ত্ব (Dalton's atomic theory) হিচাপে জনা যায় (অধ্যায় 1)।

এই অধ্যায়ত আমি পৰমাণুৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিম। প্ৰথমে আমি কিছুমান বৈজ্ঞানিক পৰীক্ষা-নিৰীক্ষাৰ (ঊনবিংশ শতিকাৰ শেষৰপৰা বিংশ শতিকাৰ আৰম্ভণিলৈকে এই সময়ছোৱাত সম্পন্ন কৰা) কথা উনুকিয়াম। এই পৰীক্ষাসমূহৰপৰা লাভ কৰা তথ্যই প্ৰমাণ কৰে যে পৰমাণু তিনি ধৰণৰ কণাৰে গঠিত। সেইবোৰ হ'ল ইলেকট্ৰন, প্ৰ'টন আৰু নিউট্ৰন। সেই সময়ত বিজ্ঞানীসকলে কিছুমান প্ৰশ্নৰ সন্মুখীন হৈছিল—

- ইলেকট্ৰন, প্ৰ'টন আৰু নিউট্ৰনসমূহে পৰমাণুত কেনেকৈ সজ্জিত হৈ সুস্থিৰ পৰমাণুৰ সৃষ্টি কৰিছে?

DAILY ASSAM

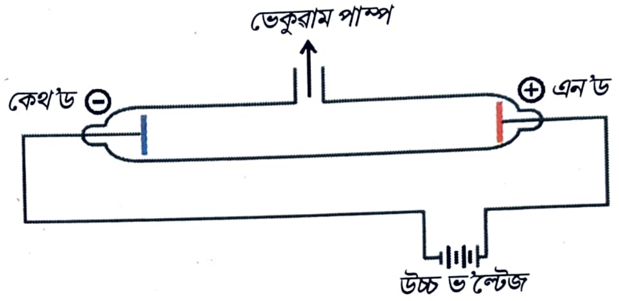
- এবিধ মৌলৰ ভৌতিক আৰু ৰাসায়নিক ধৰ্ম আন মৌলৰ ভৌতিক আৰু ৰাসায়নিক ধৰ্মৰ সৈতে কেনেদৰে তুলনা কৰিব পাৰি?
- পৰমাণুবোৰে লগ লাগি কেনেকৈ বিভিন্ন ধৰণৰ অণু গঠন কৰে?
- পৰমাণুৱে বিদ্যুৎচুম্বকীয় বিকিৰণ শোষণ কৰা বা নিৰ্গত কৰাৰ কাৰণ কি?

2.1 উপ-পাৰমাণৱিক কণাসমূহ (SUB-ATOMIC PARTICLES)

ডেল্টনৰ পৰমাণুতত্ত্বই ভৰৰ ৰক্ষনশীলতাৰ সূত্ৰ (law of definite proportions), স্থিৰানুপাত সূত্ৰ (law of constant composition) আৰু গুণানুপাত সূত্ৰ (law of multiple proportions) ব্যাখ্যা কৰিব পাৰে। কিন্তু বহুতো পৰীক্ষালব্ধ ফলৰ ব্যাখ্যা এই পৰমাণুতত্ত্বই দিব নোৱাৰে। উদাহৰণ স্বৰূপে, গ্লাছৰ দণ্ড এডালক ৰেচম (silk) কাপোৰেৰে ঘঁহিলে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয়। ডেল্টনৰ পৰমাণুতত্ত্বই বিদ্যুৎ উৎপন্ন হোৱাৰ কাৰণ ব্যাখা কৰিব নোৱাৰে। বিংশ শতিকাত বিভিন্ন ধৰণৰ উপ-পাৰমাণৱিক কণাসমূহ আৱিষ্কাৰ হ'ল। ফলস্বৰূপে বহুতো পৰীক্ষা-লব্ধ ফলৰ ব্যাখ্যা সম্ভৱ হ'ল। আমি ইয়াত তেনে দুবিধ কণাৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিম। সেয়া হ'ল ইলেকট্ৰন (electron) আৰু প্ৰ'টন (proton)।

2.1.1 ইলেকট্ৰনৰ আৱিষ্কাৰ (Discovery of Electron)

1830 চনত মাইকেল ফেৰাডে (Michael Faraday) নামৰ বিজ্ঞানীজনে এলানি পৰীক্ষা কৰিছিল। তেওঁ বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ (সকলোবোৰ এছিড, ক্ষাৰ আৰু লৱণ হ'ল বিদ্যুৎবিশ্লেষ্য) দ্ৰৱৰ মাজেৰে বিদ্যুৎ প্ৰৱাহিত কৰি ইলেকট্ৰ'ডত (electrode) ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়া সংঘটিত হোৱা লক্ষ্য কৰিছিল। তেওঁ লক্ষ্য কৰিছিল যে এই বিক্ৰিয়াৰ ফলস্বৰূপে ইলেকট্ৰ'ডত পদাৰ্থ উৎপন্ন হয়। এই পৰীক্ষালানিৰ অন্তত তেওঁ দুটা সূত্ৰ প্ৰস্তাৱ কৰে। এই সূত্ৰ দুটাই হ'ল ফেৰাডেৰ বিদ্যুৎ বিশ্লেষণৰ সূত্ৰ (Faraday's laws of electrolysis)। ইয়াৰ বিষয়ে পিচত (দ্বাদশ শ্ৰেণীত) বিতংভাবে পঢ়িবলৈ পাবা। ফেৰাডেৰ পৰীক্ষা সমূহৰপৰা লাভ কৰা তথ্যই বিদ্যুতৰ কণা ধৰ্ম নিৰ্দেশ কৰে।



চিত্ৰ 2.1(a) কেথ'ড ৰশ্মি মোক্ষণ নলী

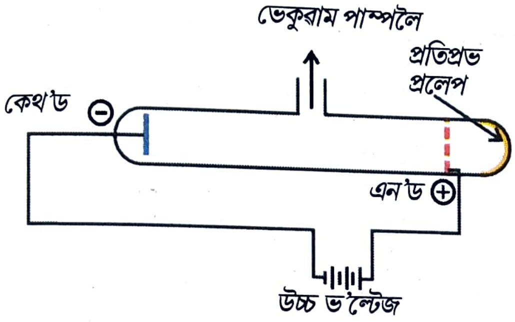
উনৈশ শতিকাৰ মাজভাগত বহু কেইগৰাকী বিজ্ঞানীয়ে গেছৰ মাজেৰে বৈদ্যুতিক মোক্ষণ (electrical discharge) ঘটাই বহুতো পৰীক্ষা কৰিছিল। এই বিজ্ঞানীসকলৰ ভিতৰত ফেৰাডে অন্যতম। তেওঁ আংশিকভাৱে বায়ুশূন্য নলীত (tube) বৈদ্যুতিক মোক্ষণ অধ্যয়ন কৰিছিল। এনেকুৱা সঁজুলিকেই **কেথ'ড ৰশ্মি মোক্ষণ নলী** (cathode ray discharge tube) বোলা হয় (চিত্ৰ 2.1)।

কেথ'ড ৰশ্মি নলী হ'ল গ্লাছৰ এটা নলী। ইয়াৰ দুই মূৰে দুডাল ধাতুৰ দণ্ড লগোৱা থাকে। এই দুডালক ইলেকট্ৰ'ড বা বিদ্যুৎদ্বাৰ (electrode) বোলে। এই ইলেকট্ৰ'ড দুডালৰদ্বাৰা অতি উচ্চ ভ'ল্টেজ (voltage) প্ৰয়োগ কৰি লগে লগে নলীটো বায়ুশূন্য কৰা হয়। বায়ুশূন্য কৰাৰ ফলত নলীটোৰ ভিতৰত বায়ুৰ চাপ কমে। অতি নিম্ন চাপত অতি উচ্চ ভ'ল্টেজ প্ৰয়োগ কৰিলে নলীটোৰ ভিতৰত বিদ্যুৎ প্ৰবাহিত হয়। এই বিদ্যুৎ প্ৰবাহ কিছুমান কণাৰ জৰিয়তে হয়। ঋণাত্মক ইলেকট্ৰ'ডৰপৰা

DAILY ASSAM

(কেথ'ড, cathode) ধনাত্মক ইলেকট্ৰ'ডলৈ (এন'ড, anode) কণাবোৰৰ সোঁতেই হ'ল বিদ্যুৎ প্ৰৱাহ। ইয়াকে **কেথ'ড ৰশ্মি** (cathode ray) বোলা হয় আৰু কণাবোৰ হ'ল **কেথ'ড ৰশ্মি কণা** (cathode ray particles)।

এন'ডডালত কিছুমান ফুটা (hole) কৰি আৰু এন'ডৰ পিচফালে (কেথ'ডৰ বিপৰীতফালে) নলীটোৰ বেৰত জিংক ছালফাইড (ZnS, zinc sulphide) নামৰ



চিত্ৰ 2.1(b) ছিদ্ৰযুক্ত এন'ড থকা কেথ'ড ৰশ্মি নলী

অনুপ্ৰভ (phosphorescent) যৌগটোৰ প্ৰলেপ লগাই আন এটা পৰীক্ষা কৰা হৈছে (চিত্ৰ 2.1(b))। দেখা যায় যে কেথ'ড ৰশ্মিয়ে এন'ডৰ ছিদ্ৰৰ মাজেৰে সৰকি গৈ জিংক ছালফাইডৰ প্ৰলেপটোত আঘাত কৰে। ফলস্বৰূপে প্ৰলেপটোত উজ্জ্বল বিন্দু দাগ (bright spot) পৰে (টেলিভিছনৰ পৰ্দাতো একে ঘটনা ঘটে)।

বিজ্ঞানীসকলে সম্পাদন কৰা এনেকুৱা পৰীক্ষাসমূহৰপৰা নিম্নোক্ত তথ্যসমূহ লাভ কৰিব পাৰি—

i. কেথ'ড ৰশ্মি কেথ'ডত আৰম্ভ হৈ এন'ডৰ ফালে গতি কৰে।

ii. কেথ'ড ৰশ্মি নিজে দৃশ্যমান নহয় ; কিন্তু অনুপ্ৰভ বা প্ৰতিপ্ৰভ (fluorescent) পদাৰ্থত এই ৰশ্মিয়ে আঘাত কৰিলে উজলি উঠে। এই পৰিঘটনাৰ সহায়ত কেথ'ড ৰশ্মিৰ ধৰ্ম অধ্যয়ন কৰিব পাৰি। আমি চাই থকা টেলিভিছনৰ পিক্‌ছাৰ নলীটো (picture tube) হ'ল এটা কেথ'ড ৰশ্মি নলী। টেলিভিছন যন্ত্ৰটোৰ পৰ্দাত অনুপ্ৰভ বা প্ৰতিপ্ৰভ পদাৰ্থৰ প্ৰলেপ লগোৱা থাকে। নলীটোত সৃষ্টি হোৱা কেথ'ড ৰশ্মিয়ে এই প্ৰলেপত আঘাত কৰি প্ৰতিপ্ৰভৰ সৃষ্টি কৰা বাবে আমি টেলিভিছনত ছবিবোৰ দেখোঁ।

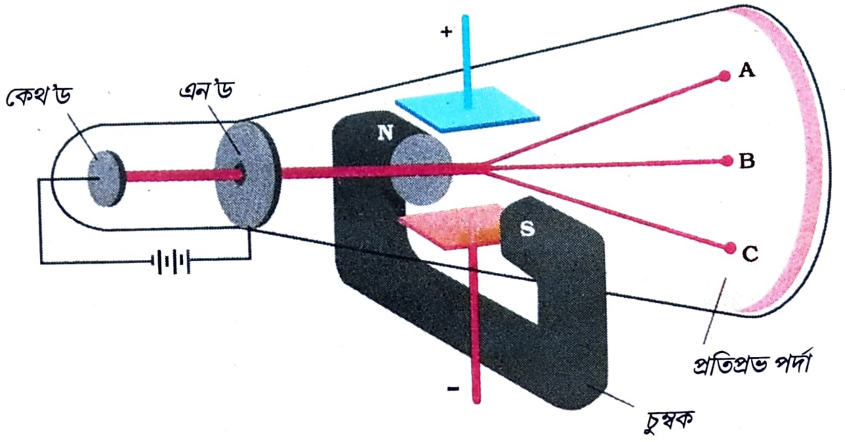
iii. কোনো বৈদ্যুতিক বা চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰ নাথাকিলে কেথ'ড ৰশ্মিয়ে সৰলৰেখাত গতি কৰে (চিত্ৰ 2.2)।

iv. বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ উপস্থিতিত কেথ'ড ৰশ্মি ধনাত্মক মেৰুৰফালে আকৰ্ষিত হয়। কেথ'ড ৰশ্মিৰ গতিপথত ধাতুৰ চকৰি ৰাখিলে চকৰিটোৱে ঘূৰিব ধৰে। এনেকুৱা পৰীক্ষাবোৰে প্ৰমাণ কৰে যে কেথ'ড ৰশ্মি হ'ল ঋণাত্মক আধানযুক্ত কণাৰ সমষ্টি। এই কণাবোৰেই হ'ল **ইলেকট্ৰন**।

v. **ইলেকট্ৰ'ডৰ** প্ৰকৃতি আৰু কেথ'ড ৰশ্মি নলীত থকা গেছৰ ওপৰত কেথ'ড ৰশ্মিৰ ধৰ্ম নিৰ্ভৰ নকৰে; অৰ্থাৎ ইলেকট্ৰ'ডডাল যি ধাতুৰেই গঢ়া নহওক কিয়, বা কেথ'ড ৰশ্মি টিউবত যি গেছেই নাথাকক কিয়, সদায়েই একে ইলেকট্ৰন নিৰ্গত হয়। ইয়াৰ পৰা সিদ্ধান্ত কৰিব পাৰি যে সকলো পদাৰ্থতে ইলেকট্ৰন থাকে ; অৰ্থাৎ ইলেকট্ৰন হ'ল সকলো পৰমাণুৰে মূল উপাদান।

2.1.2 ইলেকট্ৰনৰ আধান আৰু ভৰৰ অনুপাত (Charge to Mass Ratio of Electron)

1897 চনত ইংৰাজ পদাৰ্থবিজ্ঞানী জে জে থমছনে (J J Thomson) এটা পৰীক্ষাৰ সহায়ত ইলেকট্ৰনৰ আধান (e) আৰু ভৰৰ (m_e) অনুপাত নিৰ্ণয় কৰে। এই পৰীক্ষাটোত কেথ'ড ৰশ্মি অৰ্থাৎ ইলেকট্ৰনৰ গতিপথৰ লম্ব দিশত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ আৰু চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰ ৰখা হয়। এই বৈদ্যুতিক আৰু চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰ দুখন আকৌ পৰস্পৰৰ লম্বভাৱে ৰখা হয় (চিত্ৰ 2.2)।



চিত্ৰ 2.2 ইলেকট্ৰনৰ আধান আৰু ভৰৰ অনুপাত নিৰ্ণয় কৰা সঁজুলি

বৈদ্যুতিক বা চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰত কেথʼড ৰশ্মি অৰ্থাৎ ইলেকট্ৰনসমূহ মূল পথৰপৰা বিচ্যুত হয়। থমছনৰ মতে, এই বিচ্যুতিৰ পৰিমাণ নিম্নোক্ত কাৰককেইটাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে—

i. *কেথʼড ৰশ্মিৰ কণা, অৰ্থাৎ ইলেকট্ৰনৰ আধানৰ মান* ঃ কণাটোৰ গাত আধান যিমানেই বেছি হয়, বিচ্যুতিও সিমানেই বেছি হয়।

ii. *কণাৰ ভৰ* ঃ কণাটো পাতল হʼলে, অৰ্থাৎ কম ভৰৰ হʼলে, বিচ্যুতিও বেছি হয়।

iii. *প্ৰযুক্ত বৈদ্যুতিক বা চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰৰ তীব্ৰতা* ঃ প্ৰয়োগ কৰা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ বা চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰৰ তীব্ৰতা বেছি হʼলে বিচ্যুতিৰ পৰিমাণো বাঢ়ে।

কেথʼড ৰশ্মিৰ লম্ব দিশত প্ৰথমে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ প্ৰয়োগ কৰা হয়। তেতিয়া কেথʼড ৰশ্মি বিচ্যুত হৈ প্ৰতিপ্ৰভ পৰ্দাৰ (fluorescent screen) কোনো এক বিন্দুত (ধৰা, A, চিত্ৰ 2.2) পৰিব। একেদৰে অকল চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰ প্ৰয়োগ কৰিলে বিচ্যুত কেথʼড ৰশ্মি প্ৰতিপ্ৰভ পৰ্দাৰ C বিন্দুত পৰে (ধৰা)। বৈদ্যুতিক বা চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰ প্ৰয়োগ নকৰিলে কেথʼড ৰশ্মি পোনে-পোনে গৈ যেনিবা B বিন্দুত পৰে। এতিয়া বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ আৰু চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰৰ মান একে সময়তে এনেদৰে সমতুল কৰা হয় যাতে বিচ্যুত কেথʼড ৰশ্মি বা ইলেকট্ৰন পুনৰ B বিন্দুলৈ ঘূৰি আহে। বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ আৰু চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰত হোৱা ইলেকট্ৰনৰ (কেথʼড ৰশ্মিৰ) বিচ্যুতি থমছনে সঠিকভাৱে জুখিছিল। ইয়াৰ সহায়ত তেওঁ ইলেকট্ৰনৰ আধান আৰু ভৰৰ অনুপাত $\left(\frac{e}{m_e}\right)$ নিৰ্ণয় কৰিবলৈ সক্ষম হৈছিল। থমছনৰ পদ্ধতি অনুসৰি ইলেকট্ৰনৰ

$$\frac{e}{m_e} = 1.758820 \times 10^{11} \text{ C kg}^{-1} \qquad (2.1)$$

ইয়াত m_e হʼল ইলেকট্ৰনৰ ভৰ (kg হিচাপে) আৰু e হʼল ইলেকট্ৰনৰ আধানৰ মান (কুলম্ব, C হিচাপে)। ইলেকট্ৰন ঋণাত্মকভাৱে আহিত বাবে ইলেকট্ৰনৰ আধান $-e$ হʼব ।

2.1.3 ইলেকট্ৰনৰ আধান (Charge on the Electron)

বিজ্ঞানী মিলিকানে (R A Millikan, 1868–1953) ইলেকট্ৰনৰ আধান নিৰ্ণয় কৰিবলৈ এটা পৰীক্ষা কৰিছিল। এই পৰীক্ষাৰ নাম হʼল মিলিকানৰ তেল টোপাল পৰীক্ষা (Millikan's oil drop experiment)। পৰীক্ষাটোৰদ্বাৰা মিলিকানে সিদ্ধান্ত কৰিছিল যে ইলেকট্ৰনৰ আধানৰ মান -1.6×10^{-19}C। সম্প্ৰতি ইলেকট্ৰনৰ আধান -1.6022×10^{-19}C

DAILY ASSAM

বুলি মানি লোৱা হৈছে। সমীকৰণ 2.1ত আধানৰ এই মান বহুৱালে ইলেকট্ৰনৰ ভৰ পোৱা যাব—

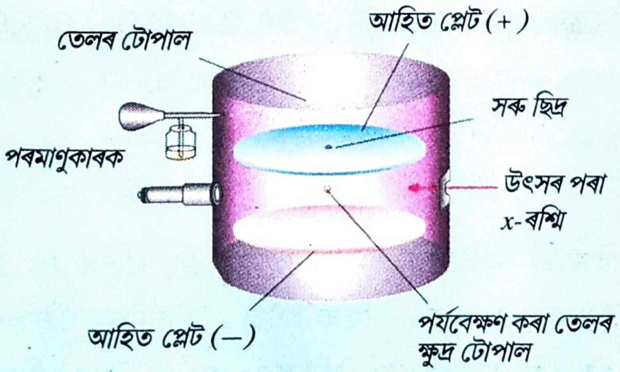
$$m_e = \frac{e}{1.758820 \times 10^{11} \text{C kg}^{-1}}$$

$$= \frac{1.6022 \times 10^{-19} \text{C}}{1.758820 \times 10^{11} \text{ C kg}^{-1}}$$

$$= 9.1094 \times 10^{-31} \text{kg} \quad (2.2)$$

মিলিকানৰ তেল টোপাল পদ্ধতি
(Millikan's Oil Drop Method)

এই পদ্ধতিত পৰমাণুকাৰকৰ (atomiser) সহায়ত তেলৰ ক্ষুদ্ৰ ক্ষুদ্ৰ টোপালৰ (কুঁৱলী সদৃশ ৰূপত) সৃষ্টি কৰা হয়। ক্ষুদ্ৰ তেলৰ টোপালবোৰক বৈদ্যুতিক ধাৰক (condenser) এটাৰ ওপৰৰ প্লেটখনত থকা সৰু ছিদ্ৰ এটাৰে সৰকি আহিব দিয়া হয়। টেলিস্ক'প এটাৰে তললৈ নামি অহা টোপালবোৰ লক্ষ্য কৰি ইয়াৰ অধোগমনৰ গতিবেগ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। এনে গতিবেগ নিৰ্ণয় কৰি মিলিকানে তেলৰ টোপালৰ ভৰ গণনা কৰিছিল। তাৰ পাছত সঁজুলিটোৰ মাজেৰে X-ৰশ্মি পঠিয়াই প্ৰকোষ্ঠটোৰ ভিতৰৰ বায়ুখিনিক আয়নিত কৰা হয়। তেতিয়া গেছীয় আয়নৰপৰা তেলৰ টোপালবোৰে বৈদ্যুতিক আধান লাভ কৰে। আহিত



চিত্ৰ 2.3 ইলেকট্ৰনৰ আধান নিৰ্ণয়ৰ বাবে মিলিকানৰ সঁজুলি। প্ৰকোষ্ঠটোত তেল টোপালৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বলসমূহ হ'ল ঃ মাধ্যাকৰ্ষিক, বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ বাবে স্থিতিবৈদ্যুতিক বল আৰু সান্দ্ৰতা বল।

তেলৰ টোপালৰ অধোগমনৰ বেগ কমাব, বঢ়াব বা ৰোধ কৰিব পাৰি। তেলৰ টোপালৰ আধানৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি প্ৰযুক্ত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান সলনি হোৱাৰ লগে লগে তেলৰ টোপালৰ ওপৰত ইয়াৰ প্ৰভাৱ লক্ষ্য কৰি মিলিকানে সিদ্ধান্ত কৰিছিল যে এই টোপালবোৰত থকা বৈদ্যুতিক আধানৰ মান (q) এটা নিৰ্দিষ্ট আধানৰ (e) অখণ্ড গুণিতক হয়; অৰ্থাৎ

$$q = n\,e, \qquad \text{য'ত } n = 1, 2, 3......$$

2.1.4 প্ৰ'টন আৰু নিউট্ৰনৰ আৱিষ্কাৰ (Discovery of Protons and Neutrons)

1886 চনত জাৰ্মানীত ই. গ'ল্ডষ্টেইনে (E Goldstein) কেথ'ডডালত (ঋণাত্মক ইলেকট্ৰ'ড) কিছুমান বিন্ধা কৰি কেথ'ড ৰশ্মি নলীত বৈদ্যুতিক মোক্ষণ ঘটাইছিল। তেওঁ দেখিছিল যে কিছুমান দীপ্তিমান ৰশ্মি এন'ডৰপৰা সৰলৰেখাত ওলাই কেথ'ডৰ বিন্ধাৰ মাজেৰে পাৰ হৈ গৈছে। এয়াই হ'ল **কেনেল ৰশ্মি** (canal rays) বা **ধনাত্মক ৰশ্মি** (positive rays) বা **এন'ড ৰশ্মি** (anode rays)। এই কেনেল ৰশ্মি ধনাত্মক আধানযুক্ত কণিকাৰ সমষ্টি। এই ৰশ্মিৰ বৈশিষ্ট্যসমূহ তলত উল্লেখ কৰা হ'ল—

i. এন'ড ৰশ্মিৰ ধৰ্ম কেথ'ড ৰশ্মি নলীত থকা গেছৰ প্ৰকৃতিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। অৰ্থাৎ নলীটোত বেলেগ বেলেগ গেছ ল'লে ধনাত্মক আধানযুক্ত কণাবোৰো বেলেগ বেলেগ হয়। এই ধনাত্মক আধানযুক্ত কণাবোৰ আচলতে গেছীয় আয়ন।

ii. যিটো গেছৰপৰা ধনাত্মক আধানযুক্ত কণাবোৰ উৎপন্ন হয় সেই গেছৰ ওপৰত সেই কণাৰ আধান আৰু ভৰৰ অনুপাত নিৰ্ভৰ কৰে।

iii. উৎপন্ন হোৱা কিছুমান ধনাত্মক আধানযুক্ত কণাৰ আধানৰ মান আধানৰ মৌলিক এককৰ গুণিতক হয়।

তালিকা 2.1 মৌলিক কণাসমূহৰ ধৰ্ম

নাম	চিহ্ন	আধান	আপেক্ষিক আধান	ভৰ (SI একক)	ভৰ (amu হিচাপে)	আসন্ন ভৰ
ইলেকট্ৰন	e	-1.6022×10^{-19}C	−1	9.10939×10^{-31}kg	0.00054 u	0
প্ৰ'টন	p	$+1.6022\times10^{-19}$C	+1	1.67262×10^{-27}kg	1.00727 u	1 u
নিউট্ৰন	n	0	0	1.67493×10^{-27}kg	1.00867 u	1 u

iv. বৈদ্যুতিক বা চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰত এই কণাবোৰৰ আচৰণ একে ক্ষেত্ৰত ইলেকট্ৰনে দেখুওৱা আচৰণৰ বিপৰীত হয়।

পৰীক্ষাৰদ্বাৰা দেখা গৈছে যে কেথ'ড ৰশ্মি নলীত হাইড্ৰ'জেন গেছ ৰাখিলে আটাইতকৈ কম ভৰৰ ধনাত্মক কণাটো উৎপন্ন হয়। এই কণাটোকে **প্ৰ'টন** (proton) নাম দিয়া হৈছে। 1919 চনত প্ৰ'টনৰ অস্তিত্ব সাব্যস্ত কৰা হয়। ইলেকট্ৰন যেনেদৰে সকলো পৰমাণুৰ মূল উপাদান, একেদৰে পৰীক্ষাৰদ্বাৰা পিচত প্ৰমাণিত হয় যে সকলো পদাৰ্থ বা পৰমাণুতে প্ৰ'টনো থাকে। ইয়াৰ পাছত পৰমাণুৰ উপাদান হিচাপে আন এবিধ বৈদ্যুতিকভাৱে উদাসীন (electrically neutral) কণাৰ উপস্থিতি প্ৰয়োজনীয় হৈ পৰিল। অৰ্থাৎ ইলেকট্ৰন আৰু প্ৰ'টনৰ উপৰি পৰমাণুত আন এবিধ বিদ্যুৎ নিৰপেক্ষ কণা থকা বুলি বিজ্ঞানীসকলে অনুভৱ কৰিলে। 1932 চনত বিজ্ঞানী চাডউইকে (James Chadwick) এই কণাটো আৱিষ্কাৰ কৰে। তেওঁ বেৰিলিয়ামৰ (Be) পাতল পাত এচটাক α -কণাৰে (α -particle, আলফা কণা) আঘাত কৰোঁতে এই কণাবিধ উৎপন্ন হৈছিল। বিদ্যুৎ নিৰপেক্ষ এই কণাৰ ভৰ প্ৰ'টনৰ ভৰতকৈ সামান্য বেছি। এই কণাবিধকে নিউট্ৰন (neutron) হিচাপে নামকৰণ কৰা হৈছে।

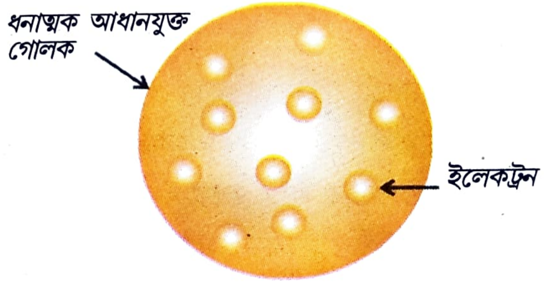
এতিয়ালৈকে জানিব পৰা গ'ল যে পৰমাণু এটা তিনি ধৰণৰ কণাৰে গঠিত— ইলেকট্ৰন, প্ৰ'টন আৰু নিউট্ৰন। তালিকা 3.1ত এই কণা তিনিবিধৰ ধৰ্ম সন্নিবিষ্ট কৰা হৈছে।

2.2 পৰমাণুৰ প্ৰাৰম্ভিক আৰ্হিসমূহ (INITIAL MODELS OF ATOM)

এতিয়ালৈকে আমি গম পালো যে ডেল্টনে ভবাৰ দৰে পৰমাণু অবিভাজ্য নহয়; পৰমাণু হ'ল ইলেকট্ৰন, প্ৰ'টন আৰু নিউট্ৰনেৰে গঠিত। ইয়াৰে ইলেকট্ৰন হ'ল ঋণাত্মক আধানযুক্ত আৰু প্ৰ'টন হ'ল ধনাত্মক আধানযুক্ত। এই কণাবোৰে বাৰু কেনেদৰে সজ্জিত হৈ পৰমাণুটো গঠন কৰিছে? এই সম্বন্ধে বিভিন্ন বিজ্ঞানীয়ে বিভিন্ন আৰ্হি (model) দিছে। তেনেকুৱা দুটা আৰ্হি প্ৰথমে আমি আলোচনা কৰিম।

2.2.1 থমছনৰ পৰমাণু আৰ্হি (Thomson's Model of Atom)

1898 চনত ছাৰ জে জে থমছনে (Sir J J Thomson) পৰমাণুৰ এই আৰ্হিটো দিছিল। সেই সময়ত ইলেকট্ৰন আৱিষ্কাৰ হৈছিল যদিও প্ৰ'টন আৰু নিউট্ৰন আৱিষ্কাৰ হোৱা নাছিল। তেতিয়া পৰমাণুটো ইলেকট্ৰন (ঋণাত্মক আধান) আৰু ধনাত্মক আধানেৰে গঠিত বুলি ভবা হৈছিল।



চিত্ৰ 2.4 থমছনৰ পৰমাণু আৰ্হি

থমছনৰ মতে, পৰমাণুটো হ'ল ধনাত্মক আধানযুক্ত এটা গোলক। গোলকটোৰ ব্যাসাৰ্ধ প্ৰায় 10^{-10} m আৰু ইয়াত ধনাত্মক আধানখিনি সুষমভাৱে বিস্তাৰিত হৈ আছে। এই গোলকটোৰ ভিতৰত ইলেকট্ৰনসমূহ এনেদৰে সোমাই থাকে যাতে পৰমাণুটো সুস্থিৰ হয় (চিত্ৰ 2.4)।

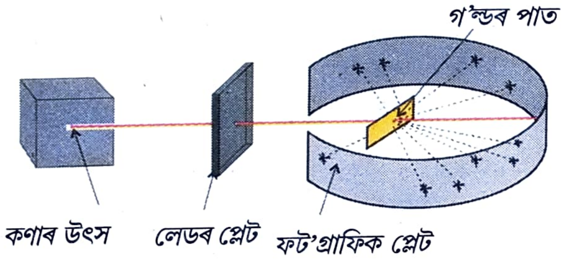
থমছনৰ এই আৰ্হি অনুসৰি পৰমাণুটোক এটা তৰমুজৰ নিচিনা বুলি ভাবিব পাৰি। গোটেই তৰমুজটোতে যেনিবা ধনাত্মক আধান আছে আৰু তৰমুজৰ গুটিবোৰ যেনিবা ইলেকট্ৰন। থমছনৰ আৰ্হিটোক প্লাম-পুডিং আৰ্হি (plum-pudding model) হিচাপেও জনা যায়। সেই হিচাপে পৰমাণুটো যেনিবা আমি খোৱা পুডিঙৰ বল এটা। গোটেই পুডিংখিনিত যেনিবা ধনাত্মক আধান আছে আৰু পুডিঙত থকা বাদাম, কিছমিছ আদি হ'ল ইলেকট্ৰন। থমছনৰ এই আৰ্হিটোত গোটেই পৰমাণুটোতে পৰমাণুটোৰ ভৰ বিস্তৃত হৈ থকা বুলি ভবা হৈছে। থমছনৰ পৰমাণু আৰ্হিয়ে পৰমাণুটো বৈদ্যুতিকভাবে উদাসীন হোৱাৰ কাৰণ ব্যাখ্যা কৰিব পাৰে। কিন্তু পিচত কিছুমান পৰীক্ষালব্ধ পৰ্য্যবেক্ষণে এই আৰ্হিটো শুদ্ধ নহয় বুলি প্ৰতিপন্ন কৰে। বিজ্ঞানী থমছনে গেছৰদ্বাৰা বিদ্যুৎ পৰিবহন সংক্ৰান্তীয় অধ্যয়নৰ বাবে 1906 চনত পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ নবেল বঁটা লাভ কৰে।

উনৈশ শতিকাৰ শেষৰফালে কেথ'ড ৰশ্মি, এন'ড ৰশ্মিৰ উপৰি আন বিভিন্ন ধৰণৰ ৰশ্মি (বা বিকিৰণ) আৱিষ্কাৰ হৈছিল। 1895 চনত বিজ্ঞানী উইলহেল্ম ৰ'ণ্টজেনে (Wilhalm Roentgen, 1845-1923) লক্ষ্য কৰিছিল যে কেথ'ড ৰশ্মি নলীত পদাৰ্থ এটা ৰাখি ইলেকট্ৰনৰদ্বাৰা খুন্দিয়ালে এবিধ ৰশ্মি নিৰ্গত হয়। এই ৰশ্মিটোৱে কেথ'ড ৰশ্মি নলীৰ বাহিৰত থকা প্ৰতিপ্ৰভ পদাৰ্থতো প্ৰভিপ্ৰভাৰ সৃষ্টি কৰে। ৰ'ণ্টজেনে এই ৰশ্মিবিধৰ ধৰ্ম ভালদৰে নজনা বাবে ইয়াৰ নাম **এক্স-ৰশ্মি (X-ray)** ৰাখিছিল। এই নামটো এতিয়াও চলি আছে। দৰাচলতে ইলেকট্ৰনে ডাঠ এন'ডডালক খুন্দিয়ালেও এক্স-ৰশ্মি উৎপন্ন হয়। এক্স-ৰশ্মি বৈদ্যুতিক বা চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰৰদ্বাৰা বিচ্যুত নহয়। ইয়াৰ ভেদন ক্ষমতা (penetrating power) অতি বেছি। সেইবাবে লক্ষ্যবস্তুৰ ভিতৰভাগ অধ্যয়ন কৰিবলৈ ইয়াক ব্যৱহাৰ কৰা হয়। ইয়াৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য অতি কম আৰু ইয়াৰ বিদ্যুৎচুম্বকীয় ধৰ্ম (electromagnetic character) আছে।

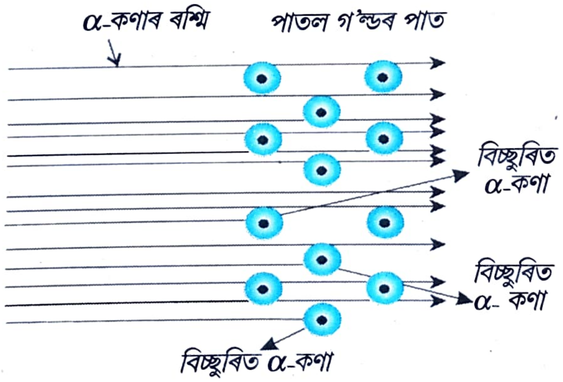
আন এগৰাকী বিজ্ঞানী হেনৰি বেকেৰেলে (Henri Becqueral, 1852-1908) লক্ষ্য কৰিছিল যে প্ৰকৃতিত এনেকুৱা কিছুমান মৌল আছে যিয়ে স্বতঃস্ফূৰ্তভাবে কিছুমান ৰশ্মি নিৰ্গত কৰি থাকে। এই পৰিঘটনাটোক **তেজস্ক্ৰিয়তা** (radioactivity) আৰু ৰশ্মি নিৰ্গত কৰা পদাৰ্থবোৰক **তেজস্ক্ৰিয় পদাৰ্থ** বোলা হয়। তেজস্ক্ৰিয়তা সম্বন্ধে মেৰি কিউৰি (Marie Curie), পিয়েৰ কিউৰি (Piere Curie), ৰাডাৰফ'ৰ্ড (Rutherford) আৰু ফ্ৰেডৰিক ছডিয়ে (Fredrick Soddy) বিশদভাবে অধ্যয়ন কৰিছিল। দেখা গৈছে যে তেজস্ক্ৰিয় পদাৰ্থই তিনি ধৰণৰ ৰশ্মি নিৰ্গত কৰে— α-ৰশ্মি (আলফা ৰশ্মি), β-ৰশ্মি (বিটা ৰশ্মি) আৰু γ-ৰশ্মি (গামা ৰশ্মি)। ৰাডাৰফ'ৰ্ডে অধ্যয়ন কৰি জানিব পাৰিছিল যে α-ৰশ্মি কিছুমান ধনাত্মক আধানযুক্ত কণাৰ সমষ্টি। ইহঁতক α-কণা বোলা হয়। এটা α-কণাৰ আধান দুই একক (অৰ্থাৎ প্ৰ'টনৰ দুগুণ আধান) আৰু ভৰ চাৰি একক (4u)। সেইবাবে α-কণা হ'ল হিলিয়াম নিউক্লিয়াছ। β-ৰশ্মিও কিছুমান কণাৰ সমষ্টি আৰু এই কণাবোৰ হ'ল ইলেকট্ৰন। γ-ৰশ্মি হ'ল অতি শক্তিশালী ৰশ্মি। এক্স-ৰশ্মিৰ দৰে γ-ৰশ্মিও বৈদ্যুতিকভাবে উদাসীন। α-ৰশ্মিৰ ভেদন ক্ষমতা আটাইতকৈ কম; β-ৰশ্মিৰ ভেদন ক্ষমতা α-ৰশ্মিতকৈ প্ৰায় 100 গুণ বেছি। আকৌ γ-ৰশ্মিৰ ভেদন ক্ষমতা আটাইতকৈ বেছি (α-ৰশ্মিৰ প্ৰায় 1000 গুণ)।

2.2.2 ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ নিউক্লীয় পৰমাণু আৰ্হি (Rutherford's Nuclear Model of Atom)

1911 চনত আৰ্নেষ্ট ৰাডাৰফ'ৰ্ডে (Earnest Rutherford) তেওঁৰ দুগৰাকী ছাত্ৰৰ সৈতে (হান্স গাইগাৰ আৰু আৰ্নেষ্ট মাৰ্ছডেন, Hans Geiger and Earnest Marsden) অতি গুৰুত্বপূৰ্ণ এটা পৰীক্ষা সম্পাদন কৰিছিল। পৰীক্ষাটোক ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ **α -কণা বিচ্ছুৰণ পৰীক্ষা** (Rutherford's α-particle scattering experiment) নামেৰে জনা যায়। পৰীক্ষাটোত এটা উৎসৰপৰা (সাধাৰণতে পল'নিয়াম, Po) α-কণাৰ সোঁত আহিবলৈ দিয়া হয়। এই সোঁতটোৰ পথত অতি পাতল (প্ৰায় 100 nm ডাঠ)



A. ৰাডাৰফৰ্ডৰ α-কণা বিচ্ছুৰণ পৰীক্ষা



B. গ'ল্ডৰ পাতৰ নিৰ্দেশক চিত্ৰ

চিত্ৰ 2.5 *ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ আলফা কণা বিচ্ছুৰণ পৰীক্ষা। আলফা কণাৰ ৰশ্মি গ'ল্ডৰ পাতল পাত এখনত পৰিব দিলে বেছিভাগ আলফা কণাই পাতখনৰ মাজেৰে পোনে পোনে সৰকি যায়; অৱশ্যে কমসংখ্যক বিচ্যুত হয়।*

গ'ল্ডৰ পাত (gold foil) এচটা ৰখা হয় (চিত্ৰ 2.5)। গ'ল্ডৰ পাতখনৰ চাৰিওফালে (α-কণাৰ পথটো বাদ দি) জিংক ছালফাইডৰ (ZnS) এখন প্ৰতিপ্ৰভ পৰ্দা থাকে। α-কণাবোৰে আহি গ'ল্ডৰ পাতত খুন্দিওৱাৰ পাছত চাৰিওফালে বিচ্ছুৰিত হয় আৰু প্ৰতিপ্ৰভ পৰ্দাত পৰে। প্ৰতিপ্ৰভ পৰ্দাত α-কণাই উজ্জ্বল বিন্দুৰ সৃষ্টি কৰে বাবে α-কণা কোন দিশত বিচ্ছুৰিত হৈছে জানিব পাৰি। পৰীক্ষাটো কৰি নিম্নোক্ত ধৰণৰ ফলাফল (পৰ্য্যবেক্ষণ) লাভ কৰা হৈছিল—

i. বেছিভাগ α-কণা গ'ল্ডৰ পাত চটাৰ মাজেৰে পোনে-পোনে সৰকি গৈছে।

ii. কম সংখ্যক α-কণা সিহঁতৰ মূল গতিপথৰপৰা বিচ্যুত হৈছে।

iii. অতি কম সংখ্যক α-কণা প্ৰায় 180^0 কোণত ঘূৰি আহিছে।

এতিয়া কথা হ'ল, এনে ফলাফল পোৱাৰ কাৰণনো কি? থমছনৰ মতে, পৰমাণুটো এটা পুডিঙৰ বলৰ নিচিনা। আকৌ α- কণাবোৰে অতি উচ্চ বেগেৰে বন্দুকৰ গুলীৰ দৰে আহি গ'ল্ডৰ পাতত থকা পৰমাণুক খুন্দিয়াইছে। পৰমাণুটো পুডিঙৰ বলৰ নিচিনা হ'লে α-কণাবোৰে তাত খুন্দা খাই ঘূৰি আহিব নোৱাৰে। সেইবাবে ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ পৰীক্ষাৰপৰা নিম্নোক্ত তথ্যসমূহ আহৰণ কৰিব পাৰি।

i. ঘূৰি অহা α-কণাই নিশ্চয় দৃঢ় বাধাৰ সন্মুখীন হৈছিল। যিহেতু অতি কম সংখ্যক α-কণাহে ঘূৰি আহে সেইবাবে বাধাটোৰ আকাৰ অতি সূক্ষ্ম হ'ব লাগিব। গতিকে সিদ্ধান্ত কৰিব পাৰি যে পৰমাণুৰ ভিতৰত এটা অতি সূক্ষ্ম কেন্দ্ৰ আছে। এই কেন্দ্ৰটোত পৰমাণুটোৰ আটাইখিনি ভৰ আৰু ধনাত্মক আধান থূপ খাই আছে। ফলস্বৰূপে α-কণাই কেন্দ্ৰটোক

লৰাব পৰা নাই; নিজে ঘূৰি আহিছে। ৰাডাৰফ'ৰ্ডে এই কেন্দ্ৰটোকে **নিউক্লিয়াছ** (nucleus) হিচাপে নামকৰণ কৰিছে।

ii. পৰমাণুৰ গোটেইখিনি ভৰ আৰু ধনাত্মক আধান নিউক্লিয়াছত থূপ খাই থকা বাবে পৰমাণুটো থমছনে ভবাৰ দৰে হ'ব নোৱাৰে। তাৰ সলনি পৰমাণুৰ বেছি ভাগ ঠাই খালী; ফলত বেছি সংখ্যক α-কণা গ'ল্ডৰ পাতৰ মাজেৰে পোনে পোনে সৰকি গৈছে।

iii. পৰীক্ষাটোৰপৰা ৰাডাৰফ'ৰ্ডে নিউক্লিয়াছৰ বাসাৰ্ধ গণনা কৰি মোটামুটিভাবে 10^{-15}m পাইছিল। আনহাতে পৰমাণুৰ ব্যাসাৰ্ধ প্ৰায় 10^{-10}m বুলি আমি ইতিমধ্যে পাইছো। সেয়েহে পৰমাণুৰ তুলনাত নিউক্লিয়াছৰ আয়তন অতি কম। নিউক্লিয়াছটোক এটা ক্ৰিকেট বল বুলি ভাবিলে পৰমাণুটোৰ ব্যাসাৰ্ধ প্ৰায় 5 km হ'ব।

ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ α-কণা বিচ্ছুৰণ পৰীক্ষাৰ পৰ্য্যবেক্ষণৰ-পৰা গম পোৱা গ'ল যে থমছনৰ পৰমাণু আৰ্হিটো শুদ্ধ নহয়। সেইবাবে 1911 চনত ৰাডাৰফ'ৰ্ডে নিজে এটা নতুন পৰমাণু আৰ্হি দিয়ে। ৰাডাৰফ'ডৰ পৰমাণু আৰ্হিটো নিম্নোক্ত ধৰণৰ—

i. পৰমাণুৰ ভিতৰত এটা সূক্ষ্ম কেন্দ্ৰ আছে। এই কেন্দ্ৰটোত পৰমাণুটোৰ আটাইখিনি ধনাত্মক আধান আৰু ভৰ থূপ খাই থাকে। এইটোৱে হ'ল নিউক্লিয়াছ। ইয়াৰ ঘনত্ব অতি বেছি।

ii. ইলেকট্ৰনবোৰে নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে বৃত্তাকাৰ পথেৰে তীব্ৰ বেগেৰে ঘূৰি থাকে। এই বৃত্তাকাৰ পথক **কক্ষপথ** (orbits) বোলা হয়।

ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ এই ধাৰণাটো আমাৰ সৌৰজগত সৌৰজগতত গ্ৰহবোৰে যিদৰে সূৰ্য্যৰ খনৰ নিচিনা। চাৰিওফালে ঘূৰি থাকে সেইদৰে ইলেকট্ৰনবোৰেও নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে ঘূৰি থাকে।

iii. ইলেকট্ৰন আৰু নিউক্লিয়াছ স্থিতিবৈদ্যুতিক আকৰ্ষণী বলৰদ্বাৰা (electrostatic force of attraction) বান্ধ খাই থাকে।

2.2.3 ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ আৰ্হিৰ আঁসোৱাহ (Drawbacks of Rutherford's Model)

আমি ইতিমধ্যে গম পালো যে ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ পৰমাণু আৰ্হিটো আমাৰ সৌৰজগতখনৰ নিচিনা— পৰমাণুৰ নিউক্লিয়াছটো যেনিবা সূৰ্য্যটো আৰু ইলেকট্ৰনবোৰ যেনিবা গ্ৰহ। ইলেকট্ৰন আৰু নিউক্লিয়াছৰ মাজৰ কুলম্ব আকৰ্ষণী বলৰ মান হ'ল $k\frac{q_1q_2}{r^2}$; ইয়াত q_1 আৰু q_2 হ'ল ক্ৰমে ইলেকট্ৰন আৰু নিউক্লিয়াছৰ আধান, r হ'ল দুয়োটাৰ মাজৰ দূৰত্ব আৰু k হ'ল সমানুপাতিক ধ্ৰুৱক। একেদৰে m_1 আৰু m_2 ভৰ দুটা r দূৰত্বৰে পৃথক হৈ থাকিলে দুয়োটাৰে মাজত মাধ্যাকৰ্ষণিক বল হ'ব $G\frac{m_1m_2}{r^2}$; ইয়াত G হ'ল মাধ্যাকৰ্ষণিক ধ্ৰুৱক। গ্ৰহবোৰে নিৰ্দিষ্ট কক্ষপথেৰে সূৰ্য্যৰ চাৰিওফালে ঘূৰে। ধ্ৰুপদী পদাৰ্থবিজ্ঞানৰ (Classical Physics, 1900 চনৰ আগতে উদ্ভাৱন হোৱা পদাৰ্থবিজ্ঞানৰ তত্ত্বসমূহ) তত্ত্ব ব্যৱহাৰ কৰি এই কক্ষপথসমূহ গণনা কৰি উলিয়াব পাৰি। এই গণনা কৰি পোৱা তথ্যখিনি পৰীক্ষালব্ধ ফলাফলৰ সৈতে সম্পূৰ্ণ মিলে। একেদৰে ইলেকট্ৰনেও নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে কিছুমান কক্ষপথত ঘূৰে। কিন্তু যি কোনো বস্তু এটা বৃত্তাকাৰ পথেৰে ঘূৰিলে বস্তুটো ত্বৰিত (accelerated) হয়। কিয়নো বৃত্তাকাৰ পথেৰে ঘূৰোতে প্ৰতি মুহূৰ্ততে বস্তুটোৰ দিশৰ পৰিৱৰ্তন, অৰ্থাৎ বেগৰ পৰিৱৰ্তন ঘটে। গতিকে নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে বৃত্তাকাৰ পথেৰে ঘূৰোতে ইলেকট্ৰনটোৱো ত্বৰণ হয়। মেক্সৱেলৰ বিদ্যুৎচুম্বকীয় তত্ত্ব (electromagnetic theory of Maxwell) অনুসৰি আহিত কণা এটা ত্বৰিত হ'লে ই বিদ্যুৎচুম্বকীয় বিকিৰণ (electromagnetic radiation)

নিৰ্গত কৰে। সেয়েহে বৃত্তাকাৰ পথেৰে ঘূৰা ইলেকট্ৰনটোৱেও বিদ্যুৎচুম্বকীয় বিকিৰণ নিৰ্গত কৰিব। এই বিকিৰণৰ সৈতে জড়িত শক্তিখিনি ইলেকট্ৰনটোৰ পৰাই আহিব। ফলস্বৰূপে ইলেকট্ৰনটোৰ শক্তি লাহে লাহে কমি আহিব। গতিকে ই সৰ্পিল পথেৰে ক্ৰমাগতভাবে নিউক্লিয়াছৰ ওচৰ চাপি আহিব আৰু অৱশেষত নিউক্লিয়াছত মিলি যাব; অৰ্থাৎ পৰমাণুটো সুস্থিৰ নহ'ব। গণনা কৰি দেখা গৈছে যে নিউক্লিয়াছত মিলি যাবলৈ ইলেকট্ৰনটোক মাত্ৰ 10^{-8} s সময় লাগিব। বাস্তৱ ক্ষেত্ৰত পিচে ইলেকট্ৰনটো নিউক্লিয়াছত মিলি নাযায়। সেয়েহে ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ আৰ্হিয়ে পৰমাণুটো কেনেকৈ সুস্থিৰ হ'ল তাৰ ব্যাখ্যা দিব নোৱাৰে। আনহাতে ইলেকট্ৰনটো নিউক্লিয়াছৰপৰা আঁতৰত ৰৈ থাকিব নোৱাৰে। কিয়নো তেনেক্ষেত্ৰত দুয়োটাৰে মাজৰ আকৰ্ষণী বলৰ বাবে ইলেকট্ৰনটো নিউক্লিয়াছত মিলি গৈ থমছনৰ আৰ্হিটোৰ দৰে হ'ব।

ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ আৰ্হিৰ আন এটা আসোৱাহ হ'ল— নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে ইলেকট্ৰনবোৰ কেনেকৈ সজ্জিত হৈ আছে সেই সম্বন্ধে আৰ্হিটোৰপৰা একো জানিব পৰা নাযায়। নাইবা ঘূৰি থকা ইলেকট্ৰনৰ শক্তিৰ ধাৰণাও আৰ্হিটোৱে নিদিয়ে।

2.3 পৰমাণু ক্ৰমাংক আৰু ভৰ ক্ৰমাংক (ATOMIC NUMBER AND MASS NUMBER)

পৰমাণুৰ নিউক্লিয়াছত প্ৰ'টন আৰু নিউট্ৰন থাকে। নিউক্লিয়াছৰ ধনাত্মক আধান প্ৰ'টনৰ বাবে হয়। কোনো মৌলৰ পৰমাণু এটাৰ নিউক্লিয়াছত থকা প্ৰ'টনৰ সংখ্যাকেই মৌলটোৰ **পৰমাণু ক্ৰমাংক** (atomic number, Z) বোলা হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে, হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ নিউক্লিয়াছত এটা প্ৰ'টন আছে। গতিকে হাইড্ৰ'জেনৰ পৰমাণু ক্ৰমাংক 1 হ'ব। তেনেদৰে ছ'ডিয়ামৰ পৰমাণু ক্ৰমাংক 11, কিয়নো ছ'ডিয়াম পৰমাণু এটাৰ নিউক্লিয়াছত 11টা প্ৰ'টন আছে।

আমি ইতিমধ্যে পাইছো যে প্ৰ'টন আৰু ইলেকট্ৰনৰ আধানৰ মান একে যদিও বিপৰীত (তালিকা 2.1); অৰ্থাৎ প্ৰ'টনৰ আধান +1 হ'লে ইলেকট্ৰনৰ আধান –1 হ'ব। সেইবাবে পৰমাণু এটা বৈদ্যুতিকভাবে উদাসীন হ'বলৈ পৰমাণুটোত যিমানটা প্ৰ'টন আছে, ঠিক সিমানটা ইলেকট্ৰনো থাকিব লাগিব। উদাহৰণ স্বৰূপে, হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুত 1টা আৰু ছ'ডিয়াম পৰমাণুত 11টা ইলেকট্ৰন আছে। গতিকে

পৰমাণু ক্ৰমাংক (Z) = পৰমাণু এটাৰ নিউক্লিয়াছত থকা প্ৰ'টনৰ সংখ্যা
= প্ৰশম পৰামাণুটোত থকা ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা

নিউক্লিয়াছৰ ধনাত্মক আধানৰ কাৰক প্ৰ'টন যদিও নিউক্লিয়াছটোৰ ভৰ তাত থকা প্ৰ'টন আৰু নিউটনৰ বাবে হয়। নিউক্লিয়াছত থকা প্ৰ'টন আৰু নিউট্ৰনক একেলগে **নিউক্লিয়ন** (nucleons) বোলা হয়। কোনো মৌলৰ পৰমাণু এটাত থকা নিউক্লিয়নৰ মুঠ সংখ্যাকেই **ভৰ ক্ৰমাংক** (mass number, A) বোলা হয়। গতিকে

ভৰ ক্ৰমাংক (A) = প্ৰ'টনৰ সংখ্যা (Z) + নিউট্ৰনৰ সংখ্যা (n)।

2.4 সমস্থানিক আৰু সমভাৰী (ISOTOPES AND ISOBARS)

যি কোনো পৰমাণু এটাৰ সংযুতি আমি এটা পদ্ধতিৰে উপস্থাপন কৰিব পাৰো। পদ্ধতিটোত মৌলটোৰ চিহ্নটো (ধৰা, X) লিখি তাৰ বাওঁফালে তলত পৰমাণু ক্ৰমাংক (Z) আৰু ওপৰত ভৰ ক্ৰমাংক (A) লিখা হয় ($^{A}_{Z}X$)। উদাহৰণ স্বৰূপে, নাইট্ৰ'জেন (পৰমাণু ক্ৰমাংক, $Z = 7$) পৰমাণু এটাৰ ভৰ ক্ৰমাংক (A) 14 হ'লে পৰমাণুটোক $^{14}_{7}N$ চিহ্নৰে বুজাব পাৰো।

যিবোৰ পৰমাণুৰ পৰমাণু ক্ৰমাংক একে, কিন্তু ভৰ ক্ৰমাংক বেলেগ বেলেগ সেইবোৰ পৰমাণুক সমস্থানিক

(isotopes) বোলা হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে, প্ৰকৃতিত আমি তিনি ধৰণৰ হাইড্ৰ'জেন পৰমাণু ($Z = 1$) পাওঁ। এই পৰমাণু কেইবিধৰ ভৰ ক্ৰমাংক (A) ক্ৰমে 1, 2 আৰু 3; গতিকে এই তিনিটা হ'ল হাইড্ৰ'জেনৰ সমস্থানিক। ইয়াৰে প্ৰথমটোক ($A = 1$) প্ৰ'ছিয়াম (protium, ${}_{1}^{1}H$) দ্বিতীয়টোক ($A = 2$) ডয়টেৰিয়াম (deuterium, ${}_{1}^{2}D$ বা ${}_{1}^{2}H$) আৰু তৃতীয়টোক ($A = 3$) ট্ৰিছিয়াম (tritium, ${}_{1}^{3}T$ বা ${}_{1}^{3}H$) বোলা হয়। প্ৰকৃতিত থকা হাইড্ৰ'জেনৰ 99.985% হ'ল সাধাৰণ হাইড্ৰ'জেন (normal hydrogen) বা প্ৰ'ছিয়াম (${}_{1}^{1}H$)। আনহাতে ডয়টেৰিয়ামৰ পৰিমাণ প্ৰায় 0.015% আৰু ট্ৰিছিয়ামৰ পৰিমাণ অতি কম।

সমস্থানিকসমূহৰ পৰমাণু ক্ৰমাংক একে বাবে ইহঁতৰ প্ৰত্যেকতে একে সংখ্যক প্ৰ'টন আছে। আকৌ ইহঁতৰ ভৰ ক্ৰমাংক বেলেগ বেলেগ। সেইবাবে সমস্থানিকসমূহত বিভিন্ন সংখ্যক নিউট্ৰন থাকিব লাগিব। যেনে, ${}_{1}^{1}H$ত শূন্যটা, ${}_{1}^{2}D$ত 1টা আৰু ${}_{1}^{3}T$ত 2টা নিউট্ৰন আছে। সেইবাবে সমস্থানিকৰ সংজ্ঞাটো আমি এনেদৰেও দিব পাৰো— **একে সংখ্যক প্ৰ'টন, কিন্তু বিভিন্ন সংখ্যক নিউট্ৰন থকা পৰমাণুবোৰেই হ'ল সমস্থানিক।**

প্ৰায় সকলোবোৰ মৌলৰে সমস্থানিক আছে। কাৰ্বনৰ সমস্থানিক কেইটা হ'ল ${}_{6}^{12}C$, ${}_{6}^{13}C$ আৰু ${}_{6}^{14}C$; ইহঁতৰ প্ৰত্যেকতে 6টাকৈ প্ৰ'টন আছে। কিন্তু ${}_{6}^{12}C$ত 6টা, ${}_{6}^{13}C$ত 7টা আৰু ${}_{6}^{14}C$ত 8টা নিউট্ৰন আছে।

পৰমাণুৰ ৰাসায়নিক ধৰ্ম প্ৰধানকৈ পৰমাণুত থকা ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। আকৌ পৰমাণু এটাত কিমানটা ইলেকট্ৰন থাকিব সেয়া নিৰ্ভৰ কৰে পৰমাণুটোৰ নিউক্লিয়াছত থকা প্ৰ'টনৰ সংখ্যাৰ ওপৰত। সেইবাবে মৌলৰ ৰাসায়নিক ধৰ্ম পৰমাণুত থকা ইলেকট্ৰন আৰু প্ৰ'টনৰ সংখ্যাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে বুলি ভাবিব পাৰি। পৰমাণুত থকা নিউট্ৰনৰ সংখ্যাই কিন্তু মৌলটোৰ ৰাসায়নিক ধৰ্মক প্ৰভাবান্বিত নকৰে। একেটা মৌলৰ সমস্থানিকসমূহত একে সংখ্যক ইলেকট্ৰন আৰু প্ৰ'টন থকা বাবে এনে সমস্থানিকবোৰৰ ৰাসায়নিক ধৰ্ম একে হয়।

আকৌ যিবোৰ পৰমাণুৰ ভৰ ক্ৰমাংক একে, কিন্তু পৰমাণু ক্ৰমাংক বেলেগ বেলেগ সেই পৰমাণুবোৰক সমভাৰী (isobars) বোলে। উদাহৰণ স্বৰূপে ${}_{6}^{14}C$ আৰু ${}_{7}^{14}N$ হ'ল সমভাৰী। সমভাৰীবোৰৰ পৰমাণু ক্ৰমাংক বেলেগ বেলেগ বাবে ইহঁত বেলেগ বেলেগ মৌলৰ পৰমাণু।

উদাহৰণ 2.1

${}_{35}^{80}Br$ত থকা প্ৰ'টন, নিউটন আৰু ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা গণনা কৰা।

সমাধান

ব্ৰ'মিনৰ পৰমাণু ক্ৰমাংক, $Z = 35$

ভৰ ক্ৰমাংক, $A = 80$

আৰু ${}_{35}^{80}Br$ পৰমাণুটো প্ৰশম।

∴ প্ৰ'টনৰ সংখ্যা = ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা = 35

ভৰ ক্ৰমাংক (A) = প্ৰ'টনৰ সংখ্যা + নিউট্ৰনৰ সংখ্যা

∴ নিউট্ৰনৰ সংখ্যা = ভৰ ক্ৰমাংক – প্ৰ'টনৰ সংখ্যা

$= 80 - 35 = 45$

উদাহৰণ 2.2

এটা পৰমাণুত থকা ইলেকট্ৰন, প্ৰ'টন আৰু নিউট্ৰনৰ সংখ্যা ক্ৰমে 18, 16 আৰু 16 হ'লে পৰমাণুটোৰ সঠিক চিহ্ন লিখা।

সমাধান

ইয়াত প্ৰ'টনৰ সংখ্যা = 16

নিউট্ৰনৰ সংখ্যা = 16

আৰু ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা = 18

∴ পৰমাণু ক্ৰমাংক = প্ৰ'টনৰ সংখ্যা = 16

গতিকে মৌলটো হ'ল ছালফাৰ (S)

ভৰ ক্ৰমাংক = প্ৰ'টনৰ সংখ্যা + নিউট্ৰনৰ সংখ্যা

$= 16 + 16 = 32$

প্ৰ'টনৰ সংখ্যাতকৈ ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা বেছি বাবে এইটো এটা এনায়ন।

প্ৰ'টনতকৈ ইলেকট্ৰন দুটা বেছি থকা বাবে ইয়াৰ দুই একক ঋণাত্মক আধান (2–) আছে।

গতিকে চিহ্নটো $^{32}_{16}S^{2-}$ হ'ব।

দ্ৰষ্টব্য ঃ $^{A}_{Z}X$ চিহ্নটো লিখাৰ আগেয়ে প্ৰদত্ত পৰমাণুটো প্ৰশম পৰমাণু, নে কেটায়ন, নে এনায়ন নিৰ্ণয় কৰি ল'ব লাগে। প্ৰশম পৰমাণু হ'লে সমীকৰণ 2.3 প্ৰয়োগ হ'ব। আয়ন হ'লে ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যাতকৈ প্ৰ'টনৰ সংখ্যা বেছি (অৰ্থাৎ কেটায়ন) নে কম (অৰ্থাৎ এনায়ন) ঠাৰৰ কৰিব লাগে। পৰমাণুটো প্ৰশমেই হওক বা আধানযুক্তই (অৰ্থাৎ আয়ন) হওক, নিউট্ৰনৰ সংখ্যা সদায়েই $(A - Z)$ হ'ব।

2.5 ব'ৰৰ পৰমাণু আৰ্হিৰ ভেটি নিৰ্ণায়ক বিজ্ঞানৰ বিকাশ (DEVELOPMENTS LEADING TO THE BOHR'S MODEL OF ATOM)

থমছনৰ পৰমাণু আৰ্হিটো শুদ্ধ নহয় বুলি প্ৰমানিত হোৱাৰ পাছত ৰাডাৰফ'ৰ্ডে তেওঁৰ পৰমাণু আৰ্হিটো দিলে। পিছত দেখা গ'ল যে ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ আৰ্হিটোও আসোৱাহপূৰ্ণ। গতিকে পৰমাণুৰ নতুন আৰ্হিৰ প্ৰয়োজন হ'ল। 1913 চনত বিজ্ঞানী নীলছ্ ব'ৰে (Niels Bohr) এটা আৰ্হি দিয়ে। ব'ৰৰ এই আৰ্হিটো দুটা প্ৰধান ধাৰাণাৰ ওপৰত প্ৰতিষ্ঠিত—

i. প্ৰথমটো হ'ল **বিকিৰণৰ দ্বৈত প্ৰকৃতি** (dual nature of radiation)— বিকিৰণে তৰংগৰ আচৰণো দেখুৱায় আৰু কণাৰ ধৰ্মও দেখুৱাব পাৰে।

ii. দ্বিতীয়টো হ'ল **কোৱাণ্টাম ধাৰণা** (quantum concept)— পাৰমাণৱিক বৰ্ণালী (atomic spectra) সংক্ৰান্তীয় পৰীক্ষালব্ধ ফলাফলসমূহ কোৱাণ্টাম ধাৰণা ব্যৱহাৰ কৰিহে ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি।

2.5.1 বিদ্যুৎচুম্বকীয় বিকিৰণৰ তৰংগ ধৰ্ম (Wave Nature of Electromagnetic Radiation)

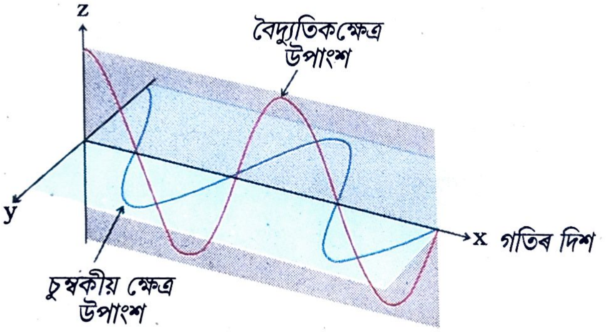
1900 চনলৈকে পদাৰ্থ বিজ্ঞানত যিমানখিনি তত্ত্ব, মতবাদ আদি আৱিষ্কৃত হৈছিল সেই আটাইখিনিকে একেলগে ধ্ৰুপদী পদাৰ্থ বিজ্ঞান (Classical Physics) বোলা হয়। নিউটনৰ সূত্ৰসমূহ (Newton's laws), কেপলাৰৰ সূত্ৰ, তাপগতি বিজ্ঞান (Thermodynamics), বিদ্যুৎ আৰু চুম্বকত্বৰ সূত্ৰসমূহ (theroy of electricity and magnetism), বিদ্যুৎচুম্বকীয় বিকিৰণ সম্বন্ধীয় মেক্সৱেলৰ তত্ত্ব (Maxwell's theroy of electromagnetic radiation) আদি বহুতো তত্ত্ব ধ্ৰুপদী পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ অন্তৰ্গত।

বিদ্যুৎচুম্বকীয় বিকিৰণ সম্বন্ধীয় মেক্সৱেলৰ (James Maxwell, 1870) তত্ত্বটো নিম্নোক্ত ধৰণৰ—

বৈদ্যুতিকভাৱে আহিত কণাৰ ত্বৰণ হৈ থাকিলে পৰিৱৰ্তী বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ (alternating electric field) **আৰু চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰৰ** (magnetic field) **সৃষ্টি হৈ সংসাৰিত** (transmitted) **হয়। এই ক্ষেত্ৰ দুখন তৰংগ ৰূপত সংসাৰিত হয়। এই তৰংগই হ'ল বিদ্যুৎচুম্বকীয় তৰংগ** (electromagnetic waves) **বা বিদ্যুৎচুম্বকীয় বিকিৰণ** (electromagnetic radiation)।

বিকিৰণৰ ৰূপটো হ'ল পোহৰ। এই পোহৰৰ প্ৰকৃতিনো বাৰু কেনেকুৱা? আদিৰেপৰা বিজ্ঞানীসকলে এই সম্পৰ্কে চিন্তা-চৰ্চা কৰি আহিছে। বিজ্ঞানী আইজাক নিউটনে (Isaac Newton) পোহৰক কিছুমান কণাৰ (corpuscles) সমষ্টি বুলি ভাবিছিল। কিন্তু উনৈশ শতিকাত পোহৰ তৰংগৰ সমষ্টি বুলি প্ৰতিপন্ন হয়। পিচত মেক্সৱেলে সাব্যস্ত কৰে যে পোহৰ তৰংগৰ সৈতে দোলায়মান (oscillating) বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ আৰু চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰ জড়িত হৈ থাকে। সেইবাবে পোহৰ তৰংগ হ'ল বিদ্যুৎচুম্বকীয় তৰংগ। বিদ্যুৎচুম্বকীয় তৰংগৰ কিছুমান ধৰ্ম তলত উল্লেখ কৰা হ'ল—

i. বিদ্যুৎচুম্বকীয় তৰংগৰ সৈতে জড়িত দোলায়মান বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ আৰু চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰ পৰস্পৰৰ লম্বভাবে থাকে (চিত্ৰ 2.6)। তদুপৰি দুয়োখন ক্ষেত্ৰই পোহৰৰ গতিৰ লম্ব দিশত থাকে।



চিত্ৰ 2.6 বিদ্যুৎচুম্বকীয় তৰংগৰ বৈদ্যুতিক আৰু চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰ উপাংশ। এই দুয়োটা উপাংশৰে তৰংগদৈৰ্ঘ্য, কম্পনাংক, দ্ৰুতি আৰু বিস্তাৰ একে। কিন্তু উপাংশ দুটা দুখন পৰস্পৰ লম্বভাৱে থকা সমতলত থাকে।

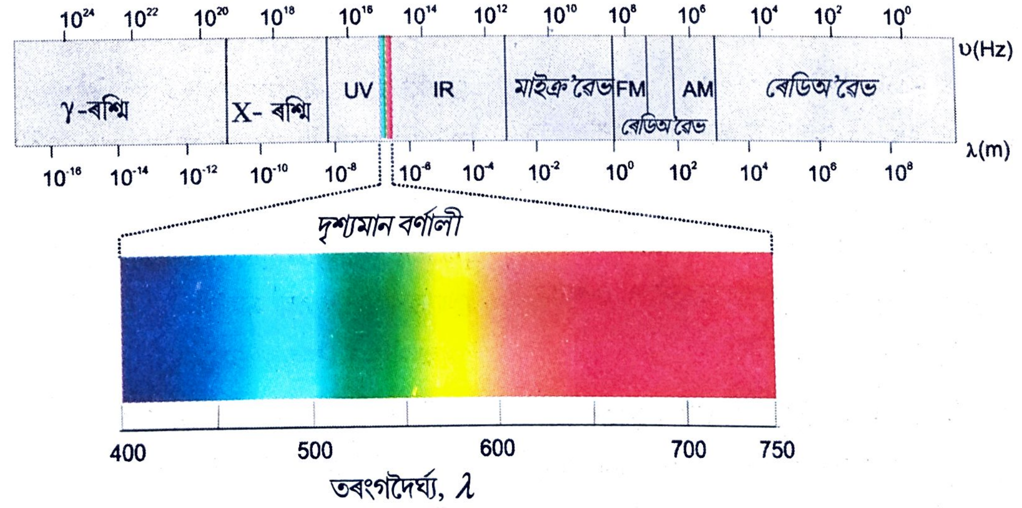
ii. শব্দ তৰংগ মাধ্যমৰ মাজেৰেহে গতি কৰে। একেদৰে পানীত উঠা ঢৌৰ ক্ষেত্ৰতো মাধ্যম হ'ল পানীৰ কণাসমূহ। আনহাতে বিদ্যুৎচুম্বকীয় তৰংগক কোনো মাধ্যম নালাগে। সেয়েহে বায়ুশূন্য (vacuum) মাধ্যমতো পোহৰে গতি কৰে।

iii. বিদ্যুৎচুম্বকীয় তৰংগ বিভিন্ন ধৰণৰ। তৰংগদৈৰ্ঘ্য (wavelength) বা কম্পনাংকৰ (frequency) ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি বিদ্যুৎচুম্বকীয় তৰংগৰ শ্ৰেণীবিভাজন কৰা হৈছে। এই বিভিন্ন ধৰণৰ বিদ্যুৎচুম্বকীয় তৰংগকে বিদ্যুৎচুম্বকীয় বৰ্ণালী (electromagnetic spectum, চিত্ৰ 2.7) বোলা হয়। এইবোৰ হ'ল — ৰেডিঅ'ৱেভ বিকিৰণ (radiowave radiaton), মাইক্ৰ'ৱেভ বিকিৰণ (microwave radiation), অৱলোহিত বা ইনফ্ৰাৰেড বিকিৰণ (infrared radiation), দৃশ্যমান আৰু অতিবেঙুনীয়া বিকিৰণ (visible and ultra-violet radiation), এক্স-ৰশ্মি (X-rays), গামা ৰশ্মি (gama rays or γ-rays), আদি। চিত্ৰ 2.7ত এই বিকিৰণসমূহ দেখুওৱা হৈছে।

সাধাৰণতে অনাতাঁৰ কেন্দ্ৰৰপৰা প্ৰচাৰিত অনুষ্ঠানসমূহ ৰেডিঅ'ৱেভ বিকিৰণ (কম্পনাংকৰ পৰিসৰ 10^6 Hz) হিচাপে প্ৰচাৰ কৰা হয়। ৰাডাৰ আদিত মাইক্ৰ'ৱেভ বিকিৰণৰ (কম্পনাংকৰ পৰিসৰ 10^{10} Hz) প্ৰয়োগ হয়। 10^{13} Hz পৰিসৰৰ কম্পনাংকবিশিষ্ট অৱলোহিত বিকিৰণ বস্তু গৰম কৰিবলৈ ব্যৱহাৰ কৰা হয়। সূৰ্যৰপৰা অতি বেঙুনীয়া ৰশ্মিও (কম্পনাংকৰ পৰিসৰ 10^{16}Hz) নিৰ্গত হয়। চিত্ৰ 2.7ত নিশ্চয় মন কৰিছা যে এই বিদ্যুৎচুম্বকীয় বৰ্ণালীৰ এটা ক্ষুদ্ৰ

(a)

(b)



চিত্ৰ 2.7 (a) বিভিন্ন বিদ্যুৎচুম্বকীয় বিকিৰণসমূহ
(b) দৃশ্যমান পোহৰৰ বৰ্ণালী— সমগ্ৰ বিদ্যুৎচুম্বকীয় বৰ্ণালীৰ এটা অতি সৰু অংশ মাথোন

বিভিন্ন ধৰণৰ বিদ্যুৎচুম্বকীয় বিকিৰণ		
বিকিৰণ	তৰংগদৈৰ্ঘ্য পৰিসৰ (nm)	কম্পনাংক পৰিসৰ (Hz)
ৰেডিঅ'ৱেভ	3×10^{13} ৰ পৰা 3×10^{8}	1×10^{5} ৰ পৰা 1×10^{9}
মাইক্ৰ'ৱেভ	3×10^{8} ৰ পৰা 6×10^{5}	1×10^{9} ৰ পৰা 5×10^{11}
অৱলোহিত (IR)	6×10^{5} ৰ পৰা 750	5×10^{14} ৰ পৰা 8×10^{14}
দৃশ্যমান (Vis)	750 ৰ পৰা 400	4×10^{14} ৰ পৰা 8×10^{14}
অতিবেঙুনীয়া (UV)	400 ৰ পৰা 15	8×10^{14} ৰ পৰা 2×10^{16}
এক্স-ৰশ্মি-(X ray)	15 ৰ পৰা 0.01	2×10^{16} ৰ পৰা 3×10^{19}
γ-ৰশ্মি	0.01 ৰ পৰা 0.001	3×10^{19} ৰ পৰা 3×10^{20}
মহাজাগতিক ৰশ্মি (cosmic ray)	0.001 তকৈ কম	3×10^{20} তকৈ বেছি

অংশহে আমি আমাৰ চকুৰে দেখা পাওঁ। এই অংশটোৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্যৰ পৰিসৰ 400 nm ৰ পৰা 750 nm লৈ। ইয়াকেই **দৃশ্যমান পোহৰ** (visible light) বোলা হয়। সূৰ্য্যৰ ৰশ্মিত থকা সাতোটা ৰং (বেঘনীসেহাসুৰ, VIBGYOR) এই দৃশ্যমান পোহৰৰ অন্তৰ্গত।

iv. বিদ্যুৎচুম্বকীয় বিকিৰণসমূহ বুজাবলৈ বিভিন্ন একক ব্যৱহাৰ কৰা হয়। সাধাৰণতে কম্পনাংক (frequency, ν) আৰু তৰংগদৈৰ্ঘ্য (wavelength, λ) এককত বিকিৰণসমূহ বুজোৱা হয়। প্ৰতি ছেকেণ্ডত এটা নিৰ্দিষ্ট বিন্দুৰ মাজেৰে যিমান তৰংগ পাৰ হয় তাকে **কম্পনাংক** বোলা হয়। ইয়াৰ একক হ'ল হাৰ্জ (Hz, বা s^{-1})। বিজ্ঞানী হাইনৰিখ হাৰ্জৰ (Heinrich Hertz) নাম অনুসাৰে s^{-1} এককটোক Hz বোলা হৈছে। **তৰংগদৈৰ্ঘ্য** হ'ল তৰংগ এটাৰ ওচৰা-উচৰিকৈ থকা দুটা তৰংগশীৰ্ষৰ (crests) বা তৰংগখাদৰ (troughs) মাজৰ দূৰত্ব। আন্তৰ্জাতিক পদ্ধতিত তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ একক হ'ল মিটাৰ (m)।

বায়ুশূন্য মাধ্যমত যি কোনো বিকিৰণে একে বেগেৰে গতি কৰে। এই বেগৰ মান হ'ল $3.0\times10^{8}\,m\,s^{-1}$ (প্ৰকৃততে $2.997925\times10^{8}\,m\,s^{-1}$)। ইয়াক সাধাৰণতে পোহৰৰ বেগ (speed of light) বোলা হয় আৰু 'c'ৰে বুজোৱা হয়। পোহৰৰ কম্পনাংক (ν) তৰংগদৈৰ্ঘ্য (λ) আৰু বেগৰ (c) মাজৰ সম্বন্ধটো হ'ল —

$$c = \nu\lambda \qquad (2.5)$$

কম্পনাংক আৰু তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ উপৰিও বিকিৰণসমূহ বুজাবলৈ আন এটা ৰাশি ব্যৱহাৰ কৰা হয়। সেইটো হ'ল **তৰংগ সংখ্যা** $\left(\text{wave number, } \bar{\nu} = \frac{1}{\lambda}\right)$। প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যত থকা তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ সংখ্যাকে তৰংগ সংখ্যা বোলা হয়। আন্তৰ্জাতিক পদ্ধতিত ইয়াৰ একক m^{-1} যদিও সাধাৰণতে cm^{-1} (CGS একক) এককটো ব্যৱহাৰ কৰা হয়।

উদাহৰণ 2.3

দিল্লী অনাতাঁৰ কেন্দ্ৰৰ বিবিধ ভাৰতীৰপৰা 1,368 kHz (কিল'হাৰ্টজ) কম্পনাংকত অনুষ্ঠান প্ৰচাৰিত হয়। এই বিদ্যুৎচুম্বকীয় বিকিৰণৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য গণনা কৰা। এই বিকিৰণ বিদ্যুৎচুম্বকীয় বৰ্ণালীৰ কোন অংশৰ অন্তৰ্গত?

সমাধান

দিয়া আছে, বিকিৰণটোৰ কম্পনাংক,

$$\nu = 1368 \text{ k Hz}$$
$$= 1368 \times 10^3 \text{ Hz}$$
$$= 1368 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$$

আমি জানো, তৰংগদৈৰ্ঘ্য $\lambda = \frac{c}{\nu}$

ইয়াত, c = পোহৰৰ বেগ = $3.0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

$$\therefore \quad \lambda = \frac{c}{\nu}$$
$$= \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{1368 \times 10^4 \text{ s}^{-1}}$$
$$= 219.3 \text{ m}$$

এই তৰংগদৈৰ্ঘ্য অৰ্থাৎ বিকিৰণ ৰেডিঅ'ৱেভ বিকিৰণৰ অন্তৰ্ভূক্ত।

উদাহৰণ 2.4

দৃশ্যমান পোহৰৰ পৰিসৰ হ'ল বেঙুনীয়াৰপৰা (400 nm) ৰঙা (750 nm)। এই তৰংগদৈৰ্ঘ্যসমূহ কম্পনাংকত প্ৰকাশ কৰা। ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$)

সমাধান

বেঙুনীয়া পোহৰৰ তৰংগদৈৰ্ঘ,

$$\lambda = 400 \text{ nm} = 400 \times 10^{-9}\text{m}$$
$$= 4 \times 10^{-7}\text{m}$$

∴ বেঙুনীয়া পোহৰৰ কম্পানাংক,

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$
$$= \frac{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{4 \times 10^7 \text{ m}}$$
$$= 7.50 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$$
$$= 7.50 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

ৰঙা পোহৰৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য,

$$\lambda = 750 \text{ nm} = 750 \times 10^{-9} \text{ m}$$
$$= 75 \times 10^{-8} \text{ m}$$

∴ ৰঙা পোহৰৰ কম্পনাংক

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{75 \times 10^{-8} \text{ m}}$$
$$= 4.00 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$$
$$= 4.00 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

গতিকে দৃশ্যমান পোহৰৰ কম্পনাংকৰ পৰিসৰ হ'ল 4.00×10^{14} Hz ৰপৰা 7.50×10^{14} Hz

উদাহৰণ 2.5

হালধীয়া পোহৰৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য 5800 Å হ'লে (a) তৰংগ সংখ্যা আৰু (b) কম্পনাংক গণনা কৰা।

সমাধান

দিয়া আছে, তৰংগদৈৰ্ঘ্য,

$$\lambda = 5800 \text{ Å}$$
$$= 5800 \times 10^{-10} \text{ m}$$
$$= 58 \times 10^{-8} \text{ m}$$

(a) ∴ তৰংগ সংখ্যা,

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{58 \times 10^{-8} \text{ m}}$$
$$= 1.724 \times 10^6 \text{ m}^{-1}$$
$$= 1.724 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$$

(b) কম্পনাংক,

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{58 \times 10^{-8} \text{ m}}$$
$$= 5.172 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$$
$$= 5.172 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

2.5.2 বিদ্যুৎচুম্বকীয় বিকিৰণৰ কণা ধৰ্ম ঃ প্লাংকৰ কোৱাণ্টাম তত্ত্ব (Particle nature of electromagnetic radiation : Planck's Quantum Theory)

পোহৰ যে তৰংগৰ সমষ্টি তাৰ প্ৰমাণ আছে। পোহৰে অপবৰ্তন (diffraction) আৰু সমাৰোপন (interference) নামৰ পৰিঘটনা দেখুৱায়। অপবৰ্তন হ'ল তৰংগৰ গতিপথ বেকা হৈ যোৱা পৰিঘটনা। আকৌ দুটা একে বা বিভিন্ন কম্পনাংকৰ তৰংগৰ মিলন হ'ল সমাৰোপন। পোহৰে এই দুয়োটা পৰিঘটনা দেখুওৱা বাবে পোহৰ বিদ্যুৎচুম্বকীয় তৰংগৰ সমষ্টি বুলি আমি ক'ব পাৰো। কিন্তু এনেকুৱা পৰিঘটনা আছে যিবোৰৰ ব্যাখ্যা বিদ্যুৎচুম্বকীয় বিকিৰণ তত্ত্বই দিব নোৱাৰে। তেনেকুৱা পৰিঘটনা কিছুমান হ'ল—

i. উষ্ণ বস্তুৱে নিৰ্গত কৰা বিকিৰণৰ (অৰ্থাৎ কৃষ্ণকায় বিকিৰণ) প্ৰকৃতি।

ii. বিকিৰণ আপতিত হোৱাৰ ফলত ধাতুৰপৰা ইলেকট্ৰন নিৰ্গমন (আলোকবিদ্যুৎ প্ৰভাৱ)।

iii. উষ্ণতাৰ সৈতে কঠিন পদাৰ্থৰ তাপধাৰিতাৰ পৰিবৰ্তন।

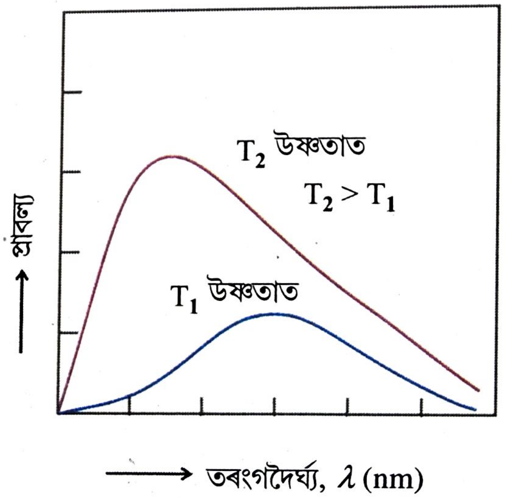
iv. পৰমাণুৰ, বিশেষকৈ হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ৰেখা বৰ্ণালী।

কৃষ্ণকায় বিকিৰণ (Blackbody Radiation)

কঠিন পদাৰ্থ এটাক উত্তপ্ত কৰিলে ই বিভিন্ন তৰংগদৈৰ্ঘ্য বিশিষ্ট বিকিৰণ নিৰ্গত কৰে। উদাহৰণ স্বৰূপে, আইৰনৰ দণ্ড এডাল উত্তপ্ত কৰিলে প্ৰথমে ই শেতা ৰঙা (dull red) হয়। দণ্ডডালৰ উষ্ণতা বঢ়ালে ই বেছি ৰঙা হয়। উষ্ণতা আৰু বঢ়াই গৈ থাকিলে দণ্ডডাল ক্ৰমে কমলা, হালধীয়া, বগা আৰু শেষত উষ্ণতা অতি বেছি হ'লে বগা-নীলা হয়। ইয়াৰ পৰা বুজা যায় যে কম উষ্ণতাত কম কম্পানাংকৰ (অৰ্থাৎ বেছি তৰংদৈৰ্ঘ্যৰ) বিকিৰণ নিৰ্গত হয় ; উষ্ণতা বঢ়াৰ লগে লগে নিৰ্গত বিকিৰণৰ কম্পনাংক বাঢ়ি যায় (বা, তৰংগদৈৰ্ঘ্য কমি যায়)।

যিটো বস্তুৱে তাৰ ওপৰত আপতিত প্ৰায় সকলোখিনি বিকিৰণ শোষণ কৰিব পাৰে তাকে কৃষ্ণকায় (blackbody) বোলে। কৃষ্ণকায়টোৱে যি বিকিৰণ শোষণ কৰে সেয়া নিৰ্গতও কৰে। কৃষ্ণকায়টো যেনেদৰে এটা ভাল শোষক (absorber) তেনেদৰে ই এটা উত্তম নিৰ্গতকাৰী (emitter)। শোষণ কৰাৰ পাছত কৃষ্ণকায়টোৱে নিৰ্গত কৰা বিকিৰণেই হ'ল কৃষ্ণকায় বিকিৰণ (blackbody radiation)।

লুমাৰ (Lummer) আৰু প্ৰিংছেইম (Pringsheim) নামৰ বিজ্ঞানী দুজনে কৃষ্ণকায় বিকিৰণ সম্বন্ধে বিশদভাৱে অধ্যয়ন চলাইছিল (1893-1897)। তেওঁলোকে প্ৰথমতে কৃষ্ণকায়টোৱে এক নিৰ্দিষ্ট উষ্ণতাত নিৰ্গত কৰা বিভিন্ন তৰংগদৈৰ্ঘ্যসমূহ পৃথক কৰিছিল। লগে লগে প্ৰতিটো তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বিকিৰণৰ প্ৰাবল্য (intensity) যন্ত্ৰৰ সহায়ত নিৰ্ণয় কৰিছিল। এই পৰীক্ষালব্ধ তথ্য ব্যৱহাৰ কৰি তেওঁলোকে তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ (λ) বিপৰীতে প্ৰাবল্যৰ লেখ অংকণ কৰিছিল। এনে লেখ চিত্ৰ 2.8ত দেখুওৱা হৈছে।



চিত্ৰ 2.8 কৃষ্ণকায় বিকিৰণৰ প্ৰাবল্যৰ বিপৰীতে তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ লেখ

চিত্ৰৰপৰা দেখা যায় যে নিৰ্দিষ্ট উষ্ণতাত তৰংগদৈৰ্ঘ্য বঢ়াৰ লগে লগে প্ৰথমে প্ৰাবল্য বাঢ়ি এটা সৰ্বোচ্চ মান পায়। ইয়াৰ পাছত তৰংগদৈৰ্ঘ্য বাঢ়িলেও প্ৰাবল্য কমে। পোহৰৰ তৰংগ ধৰ্ম (অৰ্থাৎ ধ্ৰুপদী পদাৰ্থবিজ্ঞান) ব্যৱহাৰ কৰি এই পৰীক্ষালব্ধ ফলাফলৰ ব্যাখ্যা দিব নোৱাৰি। সেইবাবে জাৰ্মান বিজ্ঞানী মেক্স প্লাংকে (Max Planck) 1901 চনত এটা নতুন তত্ত্ব আগবঢ়ায়। এই তত্ত্বটোৰ নাম **প্লাংকৰ কোৱাণ্টাম তত্ত্ব** (Planck's quantum theory)।

ধ্ৰুপদী পদাৰ্থবিজ্ঞানৰ মতে কৃষ্ণকায়ৰ বেৰত থকা পৰমাণুবোৰে যি কোনো পৰিমাণৰ শক্তি শোষণ বা নিৰ্গত কৰিব পাৰে। প্লাংকৰ কোৱাণ্টাম তত্ত্ব অনুসৰি এই পৰমাণুবোৰে (বা অণুবোৰে) বিকিৰণৰপৰা কিছুমান নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ শক্তিহে শোষণ বা নিৰ্গত কৰে; যি কোনো পৰিমাণৰ শক্তি শোষণ বা নিৰ্গত নকৰে। প্লাংকৰ মতে, পৰমাণুবোৰে এটা সৰ্বনিম্ন পৰিমাণৰ শক্তিৰ (E) অখণ্ড গুণিতক (integral multiple) হিচাপেহে শক্তি শোষণ বা নিৰ্গত কৰে; অৰ্থাৎ পৰমাণুবোৰে $E, 2E, 3E, 4E$....... পৰিমাণৰ শক্তি শোষণ বা নিৰ্গত কৰে। শক্তিৰ এই সৰ্বনিম্ন পৰিমাণকে প্লাংকে **কোৱাণ্টাম** (quantum, অৰ্থাৎ পৰিমাণ) বুলি কৈছিল। কোৱাণ্টামক শক্তিৰ টোপোলা বুলিও ভাবিব পাৰি।

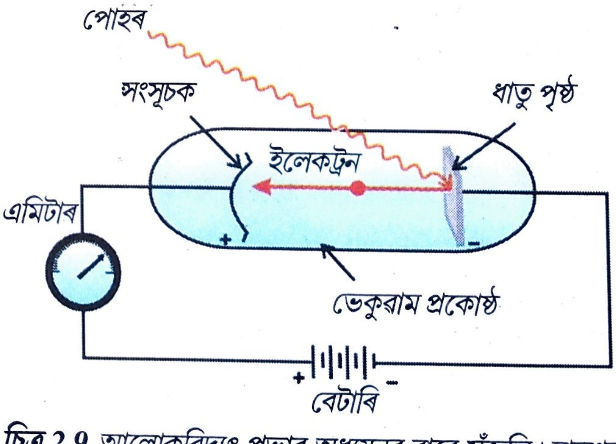
প্লাংকৰ কোৱাণ্টাম তত্ত্ব অনুসৰি বিকিৰণৰ এই কোৱাণ্টামৰ শক্তি (E) কম্পনাংকৰ (ν) সমানুপাতিক। ইহঁতৰ মাজৰ সম্বন্ধটো হ'ল

$$E = h\nu \tag{2.6}$$

ইয়াত h হ'ল সমানুপাতিক ধ্ৰুৱক। ইয়াৰ নাম হ'ল **প্লাংকৰ ধ্ৰুৱক** (Planck's constant)। প্লাংকৰ ধ্ৰুৱক, h ৰ মান হ'ল 6.626×10^{-34} J s (আন্তৰ্জাতিক পদ্ধতিত)। প্লাংকে তেওঁৰ এই কোৱাণ্টাম ধাৰণা ব্যৱহাৰ কৰি শক্তি আৰু তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ মাজত এটা সমীকৰণ উপপাদন কৰিছিল। এই সমীকৰণ ব্যৱহাৰ কৰি তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বিপৰীতে শক্তিৰ লেখ আকিলে পৰীক্ষালব্ধ লেখডাল (চিত্ৰ 2.8) পোৱা যায়। গতিকে আমি ক'ব পাৰো যে প্লাংকৰ কোৱাণ্টাম তত্ত্বই কৃষ্ণকায় বিকিৰণৰ ফলাফল ব্যাখ্যা কৰিব পাৰে।

আলোকবিদ্যুৎ প্ৰভাৱ
(Photoelectric Effect)

1887 চনত হাৰ্ট্জ্ (Hertz) নামৰ বিজ্ঞানীজনে এটা অতি আমোদজনক পৰীক্ষা সম্পাদন কৰিছিল। তেওঁ লক্ষ্য কৰিছিল যে কিছুমান ধাতুৰ (পটেছিয়াম, ৰুবিডিয়াম, ছিজিয়াম আদি) ওপৰত পোহৰ ৰশ্মি পৰিব দিলে সেই ধাতুৰপৰা ইলেকট্ৰন নিৰ্গত হয় (চিত্ৰ 2.9)। এই পৰিঘটনাটোকে আলোকবিদ্যুৎ প্ৰভাৱ বোলে। অৱশ্যে যি কোনো ধাতুৰ ওপৰত যি কোনো পোহৰ পৰিব দিলে ইলেকট্ৰন নিৰ্গত নহয়। যেনে, জিংকৰ ওপৰত অতিবেঙুনীয়া বা তাতকৈ বেছি শক্তিৰ পোহৰ আপতিত হ'লেহে ইলেকট্ৰন নিৰ্গত হয়; তাতকৈ কম শক্তিৰ পোহৰে (যেনে, দৃশ্যমান পোহৰ) জিংকৰপৰা ইলেকট্ৰন নিৰ্গত কৰিব নোৱাৰে। সেয়েহে উপযুক্ত পৰিমাণৰ



চিত্ৰ 2.9 আলোকবিদ্যুৎ প্ৰভাৱ অধ্যয়নৰ বাবে সঁজুলি। বায়ুশূন্য প্ৰকোষ্ঠ এটাত নিৰ্দিষ্ট কম্পনাংকৰ পোহৰ ৰশ্মি পৰিষ্কাৰ ধাতুপৃষ্ঠত পৰিব দিয়া হয়। তেতিয়া ধাতুপৃষ্ঠৰপৰা ইলেকট্ৰন নিৰ্গত হয়। নিৰ্গত ইলেকট্ৰনৰ গতি শক্তি আৰু সংখ্যা সংসূচকৰ (detector) দ্বাৰা নিৰ্ণয় কৰা হয়।

(Max Planck)
(1858-1947)

মেক্স প্লাংক এগৰাকী জাৰ্মান পদাৰ্থ বিজ্ঞানী আছিল। তেওঁ 1879 চনত তাত্ত্বিক পদাৰ্থবিজ্ঞানত (Theoretical Physics) মিউনিক বিশ্ববিদ্যালয়ৰপৰা Ph D সন্মান লাভ কৰে। বাৰ্লিন বিশ্ববিদ্যালয়ৰ Institute of Theoretical Physicsৰ তেওঁ সঞ্চালক নিযুক্ত হয় 1888 চনত। 1918 চনত কোৱাণ্টাম তত্ত্বৰ বাবে তেওঁক পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ নবেল বঁটা প্ৰদান কৰা হয়। প্লাংকে তাপগতিবিজ্ঞান আৰু পদাৰ্থবিজ্ঞানৰ আন শাখাতো গুৰুত্বপূৰ্ণ অৱদান যোগাইছে।

শক্তিসম্পন্ন পোহৰ কোনো ধাতুৰ ওপৰত আপতিত হোৱাৰ ফলত ধাতুটোৰপৰা ইলেকট্ৰন নিৰ্গত হোৱা পৰিঘটনাটোক আলোকবিদ্যুৎ প্ৰভাৱ বোলে।

আলোকবিদ্যুৎ প্ৰভাৱ অধ্যয়ন কৰি নিম্নোক্ত ফলাফল সমূহ লাভ কৰা হৈছে—

i. ধাতুটোৰপৰা নিৰ্গত হোৱা ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা আপতিত পোহৰৰ প্ৰাবল্যৰ (intensity) সমানুপাতিক।

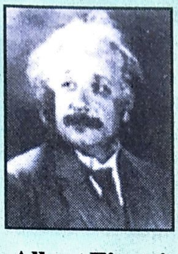
ii. পোহৰ ৰশ্মি ধাতুটোৰ ওপৰত আপতিত হোৱাৰ লগে লগে ইলেকট্ৰন নিৰ্গত হয়। ধাতুটোৰ ওপৰত পোহৰ ৰশ্মি আপতিত হোৱা আৰু ইলেকট্ৰন নিৰ্গত হোৱা এই দুই প্ৰক্ৰিয়াৰ মাজত সময়ৰ ব্যৱধান বা সময় পশ্চতা (time lag) প্ৰায় নাই।

iii. কোনো এবিধ ধাতুৰ ক্ষেত্ৰত আপতিত পোহৰ ৰশ্মিৰ কম্পনাংক এক নিৰ্দিষ্ট কম্পনাংকতকৈ কম হ'লে ধাতুটোৰপৰা ইলেকট্ৰন নিৰ্গত নহয়। পোহৰ ৰশ্মিৰ এই কম্পনাংকক ধাতুটোৰ **প্ৰভাৱসীমা কম্পনাংক** (threshold frequency, ν_0) বোলে। বেলেগ বেলেগ ধাতুৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰভাৱসীমা কম্পনাংকৰ মান বেলেগ বেলেগ। আপতিত পোহৰ ৰশ্মিৰ কম্পনাংক (ν) প্ৰভাৱসীমা কম্পনাংকতকৈ বেছি ($\nu > \nu_0$) হ'লে ধাতুৰপৰা ইলেকট্ৰন নিৰ্গত হয়। প্ৰভাৱসীমা কম্পনাংকৰ ওপৰত পোহৰ ৰশ্মিৰ কম্পনাংক যিমানেই বাঢ়ে নিৰ্গত ইলেকট্ৰনৰ গতি শক্তি সিমানেই বাঢ়ে।

iv. নিৰ্গত ইলেকট্ৰনৰ গতি শক্তি পোহৰ ৰশ্মিৰ প্ৰাৱল্যৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে।

ধ্ৰুপদী পদাৰ্থ বিজ্ঞানত থকা তত্ত্বসমূহে এই ফলাফলসমূহৰ ব্যাখ্যা দিব নোৱাৰে। ধ্ৰুপদী পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ মতে, পোহৰৰ শক্তি ইয়াৰ প্ৰাৱল্যৰ (বা উজ্বলতা) সমানুপাতিক; প্ৰাৱল্য বাঢ়িলে পোহৰৰ শক্তিও বাঢ়ে। ধাতুৰপৰা নিৰ্গত ইলেকট্ৰনে পোহৰৰপৰাই শক্তি লাভ কৰে। সেই বাবে ধ্ৰুপদী পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ মতে, প্ৰাৱল্য বাঢ়িলে নিৰ্গত ইলেকট্ৰনৰ গতি শক্তিও বাঢ়িব লাগে। কিন্তু পৰীক্ষাৰ ফলাফল ওলোটাহে— ইলেকট্ৰনৰ গতি শক্তি পোহৰৰ প্ৰাৱল্যৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। আকৌ যিহেতু ধ্ৰুপদী পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ মতে পোহৰৰ শক্তি ইয়াৰ প্ৰাৱল্যৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে, সেইবাবে যিকোনো কম্পনাংকৰ পোহৰ ৰশ্মি আপতিত হ'লেও ধাতুৰপৰা ইলেকট্ৰন নিৰ্গত হ'ব লাগিছিল; অৰ্থাৎ প্ৰভাৱসীমা কম্পনাংকৰ কোনো অস্তিত্বই থাকিব নালাগিছিল। কিন্তু পৰীক্ষা কৰি দেখা গৈছে যে আপতিত পোহৰ ৰশ্মিৰ প্ৰাৱল্য যিমানেই নহওক কিয়, ইয়াৰ কম্পনাংক প্ৰভাৱসীমা কম্পনাংকতকৈ কম হ'লে ধাতুৰপৰা ইলেকট্ৰন নিৰ্গত নহয়। উদাহৰণ স্বৰূপে, পটেছিয়ামৰ ওপৰত যিমান প্ৰাৱল্যৰ (বা উজ্জ্বলতাৰ) ৰঙা পোহৰ ৰশ্মি [ν = (4.3 ৰপৰা 4.6) $\times 10^{14}$Hz] আপতিত নহ'লেও ইয়াৰপৰা ইলেকট্ৰন নিৰ্গত নহয়। কিন্তু অতি কম প্ৰাৱল্যৰ হালধীয়া পোহৰ ৰশ্মি [ν = (5.1ৰপৰা 5.2)$\times 10^{14}$Hz] আপতিত হ'লেই পটেছিয়ামৰপৰা ইলেকট্ৰন নিৰ্গত হয়। পটেছিয়াম ধাতুটোৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰভাৱশালী কম্পনাংকৰ মান 5.0 $\times 10^{14}$Hz হোৱা বাবে এয়া সম্ভৱ হৈছে।

এলবাৰ্ট আইনষ্টাইনৰ জন্ম জাৰ্মানীত হৈছিল যদিও তেওঁ আমেৰিকান পদাৰ্থ বিজ্ঞানী হিচাপেহে পৰিচিত আছিল। আইজাক নিউটন (Isaac Newton) আৰু আইনষ্টাইন পৃথিৱীৰ শ্ৰেষ্ঠ দুগৰাকী পদাৰ্থ বিজ্ঞানী বুলি স্বীকৃত। তেওঁ বাৰ্ণত (Berne) চুইছ পেটেণ্ট অফিচ (Swiss Patent Office) এটাত কাৰিকৰী সহায়ক (Technical Assistant) হিচাপে কাম কৰি থকা সময়তে 1905 চনত কেইখনমান গৱেষণা পত্ৰ প্ৰকাশ কৰে। প্ৰধানকৈ বিশেষ আপেক্ষিকতাবাদ, ব্ৰাউনীয় গতি আৰু আলোকবিদ্যুৎ প্ৰভাৱ সম্বন্ধীয় তেওঁৰ গৱেষণাপত্ৰই পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ অগ্ৰগতিত অসীম প্ৰভাৱ পেলাইছে। আলোকবিদ্যুৎ প্ৰভাৱৰ ব্যাখ্যা আগবঢ়োৱাৰ বাবে 1921 চনত আইনষ্টাইনক পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ নবেল বঁটাৰে সন্মানিত কৰা হয়।



Albert Einstein (1879-1955)

মহান বিজ্ঞানী আইনষ্টাইনে 1905 চনত প্লাংকৰ কোৱাণ্টাম ধাৰণা ব্যৱহাৰ কৰি আলোকবিদ্যুৎ প্ৰভাৱৰ ব্যাখ্যা দিছিল। তেওঁৰ মতে, পোহৰ কিছুমান কণাৰ সমষ্টি। প্লাংকৰ ধাৰণাৰ কোৱাণ্টামে হ'ল আইনষ্টাইনৰ ধাৰণাৰ কণা। পিছত এই কণাবোৰৰ নাম ফ'টন (photon) ৰখা হৈছে। প্লাংকৰ ধাৰণা অনুসৰি এটা ফ'টনৰ শক্তিৰ পৰিমান হ'ল hv ; ইয়াত h হ'ল প্লাংকৰ ধ্ৰুৱক। এটা পোহৰ ৰশ্মিত থকা ফ'টনবোৰৰ মুঠ শক্তিয়েই হ'ল পোহৰ ৰশ্মিটোৰ শক্তি। পোহৰ ৰশ্মি ধাতুৰ পৃষ্ঠত আপতিত হোৱা কাৰ্য্যটো ফ'টনবোৰে ধাতু পৃষ্ঠক খুন্দিওৱাৰ সৈতে একে। ফ'টন এটাই ধাতুৰ পৰমাণুত থকা এটা ইলেকট্ৰনক খুন্দিয়ালে ইলেকট্ৰনটোৱে ফ'টনটোৰপৰা লগে লগে শক্তি লাভ কৰে। যথেষ্ট পৰিমাণৰ শক্তিসম্পন্ন এটা ফ'টনে খুন্দিয়ালে ইলেকট্ৰনটোৱে শক্তি লাভ কৰি লগে লগে ধাতুপৃষ্ঠৰপৰা ওলাই আহে; প্ৰক্ৰিয়াটোত কোনো সময় পশ্চতা নাথাকে। ফ'টনটোৰ শক্তি যিমানেই বেছি হয় সিমানেই ইলেকট্ৰনটোৰ গতি শক্তি বেছি হয়।

আপতিত ফ'টনটোৰ শক্তি hv হ'লে এই শক্তিখিনি ধাতুপৃষ্ঠত থকা ইলেকট্ৰনটোৱে লাভ কৰে। ইয়াৰে কিছু শক্তি (hv_0) খৰছ হয় ইলেকট্ৰনটো বান্ধ খাই থকা আৰ্কষণী বল ওফৰোৱাত। এই শক্তিখিনিক (hv_0) ধাতুটোৰ **কাৰ্য্য ফলন** (work function, W_0) বোলা হয় (তালিকা 2.3)। বাকী ৰোৱা শক্তিখিনিয়েই ($hv - hv_0$) হ'ল ইলেকট্ৰনটোৰ সৰ্বোচ্চ গতি শক্তি $\left(\frac{1}{2}m_e v^2\right)$

অৰ্থাৎ, $$hv - hv_0 = \frac{1}{2}m_e v^2$$

$$hv = hv_0 + \frac{1}{2}m_e v^2 \qquad (2.7)$$

ইয়াত m_e হ'ল ইলেকট্ৰনৰ ভৰ আৰু v হ'ল নিৰ্গত ইলেকট্ৰনটোৰ বেগ। বেছি প্ৰাবল্যৰ পোহৰ ৰশ্মিত থকা ফ'টনৰ সংখ্যাও বেছি। সেইবাবে আপতিত পোহৰ ৰশ্মিৰ প্ৰাবল্য বঢ়ালে নিৰ্গত হোৱা ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যাও বাঢ়ে।

বিকিৰণৰ দ্বৈত আচৰণ
(Dual Behaviour of Radiation)

কৃষ্ণকায় বিকিৰণ আৰু আলোকবিদ্যুৎ প্ৰভাৱ নামৰ পৰিঘটনা দুটাৰপৰা গম পোৱা গ'ল যে পোহৰ হ'ল কণাৰ সমষ্টি ; অৰ্থাৎ এই দুটা পৰিঘটনাই পোহৰৰ (বা, বিকিৰণৰ) কণা ধৰ্ম (particle nature) সমৰ্থন কৰে। কিন্তু কণা ধৰ্মই পোহৰৰ অপবৰ্তন আৰু সমাৰোপনৰ ব্যাখ্যা দিব নোৱাৰে। পোহৰৰ তৰংগ ধৰ্মইহে অপবৰ্তন আৰু সমাৰোপনৰ ব্যাখ্যা দিব পাৰে। সেইবাবে আমি ক'ব পাৰো যে পোহৰে কণা আৰু তৰংগ ধৰ্ম দুয়োটাই দেখুৱাব পাৰে। কিছুমান পৰীক্ষাত পোহৰে কণা ধৰ্ম আৰু আন কিছুমান পৰীক্ষাত তৰংগ ধৰ্ম দেখুৱায়। পদাৰ্থৰ সৈতে আন্তঃক্ৰিয়াত (interaction) বিকিৰণে কণা ধৰ্ম দেখুৱায়; আনহাতে গতি কৰিলে ই তৰংগ ধৰ্ম দেখুৱায়। এই ধাৰণা ধ্ৰুপদী পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ আওঁতাৰ বাহিৰৰ এটা নতুন ধাৰণা।

তালিকা 2.3 কিছুমান ধাতুৰ কাৰ্য্য ফলনৰ (W_0) মান

ধাতু	Li	Na	K	Mg	Cu	Ag
W_0(eV)	2.42	2.3	2.25	3.7	4.8	4.3

উদাহৰণ 2.6

5×10^{14}Hz কম্পনাংকবিশিষ্ট 1 mol ফ'টনৰ শক্তি গণনা কৰা।

সমাধান

দিয়া আছে, ফ'টনৰ কম্পনাংক,

$$\nu = 5 \times 10^{14}\,\text{Hz} = 5 \times 10^{14}\,\text{s}^{-1}$$

এটা ফ'টনৰ শক্তি, $E = h\nu$

$$= 6.626 \times 10^{-34}\,\text{J s} \times 5 \times 10^{14}\,\text{s}^{-1}$$

$$= 3.313 \times 10^{-19}\,\text{J}$$

$\therefore$ 1 mol ফ'টনৰ শক্তি

$$= 3.313 \times 10^{-19}\,\text{J} \times 6.022 \times 10^{23}$$

$$= 19.951 \times 10^{4}\,\text{J}$$

$$= 199.51\,\text{kJ}$$

উদাহৰণ 2.7

100 watt ৰ বাল্ব এটাই 400 nm তৰংগদৈৰ্ঘ্য বিশিষ্ট একবৰ্ণী (monochromatic) পোহৰ নিৰ্গত কৰে। বাল্বটোৱে প্ৰতি ছেকেণ্ডত কিমান ফ'টন নিৰ্গত কৰে গণনা কৰা।

সমাধান

বাল্বটোৰ ক্ষমতা (power) $= 100$ watt

$= 100\,\text{J s}^{-1}$

নিৰ্গত কৰা পোহৰৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য,

$$\lambda = 400\,\text{nm} = 4 \times 10^{-7}\,\text{m}$$

এটা ফ'টনৰ শক্তি, $E = h\nu = h\dfrac{c}{\lambda}$

$$= \frac{6.626 \times 10^{-34}\,\text{J s} \times 3 \times 10^{8}\,\text{m s}^{-1}}{4 \times 10^{-7}\,\text{m}}$$

$$= 4.969 \times 10^{-19}\,\text{J}$$

$\therefore$ নিৰ্গত কৰা ফ'টনৰ সংখ্যা $= \dfrac{100\,\text{J s}^{-1}}{4.969 \times 10^{-19}\,\text{J}}$

$$= 2.012 \times 10^{20}\,\text{s}^{-1}$$

উদাহৰণ 2.8

300 nm তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বিকিৰণ ছ'ডিয়াম ধাতুৰ পৃষ্ঠত আপতিত হ'লে $1.68 \times 10^{5}\,\text{J mol}^{-1}$ গতি শক্তি বিশিষ্ট ইলেকট্ৰন নিৰ্গত হয়। ছ'ডিয়ামৰপৰা ইলেকট্ৰন নিৰ্গত কৰিবলৈ সৰ্বনিম্ন কিমান শক্তিৰ প্ৰয়োজন হ'ব গণনা কৰা। সৰ্বোচ্চ কিমান তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বিকিৰণ আপতিত হ'লে ছ'ডিয়ামৰপৰা ইলেকট্ৰন নিৰ্গত হ'ব গণনা কৰা।

সমাধান

দিয়া আছে, তৰংগ দৈৰ্ঘ্য $\lambda = 300\,\text{nm}$

$= 3 \times 10^{-7}\,\text{m}$

এটা ফ'টনৰ শক্তি, $h\nu = \dfrac{hc}{\lambda}$

$$= \frac{6.626 \times 10^{-34}\,\text{J s} \times 3 \times 10^{8}\,\text{m s}^{-1}}{3 \times 10^{-7}\,\text{m}}$$

$$= 6.626 \times 10^{-19}\,\text{J}$$

$\therefore$ 1 mol ফ'টনৰ শক্তি

$$= 6.626 \times 10^{-19}\,\text{J} \times 6.022 \times 10^{23}$$

$$= 3.99 \times 10^{5}\,\text{J}$$

বা, 300 nm ফ'টনৰ শক্তি $= 3.99 \times 10^{5}\,\text{J mol}^{-1}$

দিয়া আছে, নিৰ্গত ইলেকট্ৰনৰ গতি শক্তি

$$= 1.68 \times 10^{5}\,\text{J mol}^{-1}$$

∴ ছডিয়ামৰ পৰা 1 mol ইলেকট্ৰন নিৰ্গত কৰিবলৈ প্ৰয়োজনীয় নিম্নতম শক্তি

$= (3.99 \times 10^5 - 1.68 \times 15^5)\ J\ mol^{-1}$

$= (3.99 - 1.68) \times 10^5\ J\ mol^{-1}$

$= 2.31 \times 10^5\ J\ mol^{-1}$

∴ এটা ইলেকট্ৰন নিৰ্গত কৰিবলৈ প্ৰয়োজনীয় নিম্নতম শক্তি, $h\nu = \frac{2.31 \times 10^5\ J\ mol^{-1}}{6.022 \times 10^{23} mol^{-1}}$

বা $h\frac{c}{\lambda} = 3.84 \times 10^{-19}\ J$

$$\therefore\ \lambda = \frac{hc}{3.84 \times 10^{-19}\ J}$$

$$= \frac{6.626 \times 10^{-34}\ J\ s \times 3 \times 10^8\ m\ s^{-1}}{3.84 \times 10^{-19}\ J}$$

$= 5.17 \times 10^{-7}\ m = 517 \times 10^{-9} m$

$= 517\ nm$ (নীলা পোহৰৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য)

উদাহৰণ 2.9

এটা ধাতুৰ প্ৰভাৰশালী কম্পনাংকৰ (ν_0) মান $7.0 \times 10^{14}\ s^{-1}$; ধাতুটোৰ ওপৰত $1.0 \times 10^{15}\ s^{-1}$ কম্পনাংকৰ বিকিৰণ আপতিত হ'লে নিৰ্গত হোৱা ইলেকট্ৰনৰ গতি শক্তি নিৰ্ণয় কৰা।

সমাধান

দিয়া আছে, প্ৰভাৰশালী কম্পনাংক,

$\nu_0 = 7.0 \times 10^{14}\ s^{-1}$

আপতিত ৰশ্মিৰ কম্পনাংক,

$\nu = 1.0 \times 10^{15}\ s^{-1}$

$= 10 \times 10^{14}\ s^{-1}$

আইনষ্টাইনৰ সমীকৰণ অনুসৰি নিৰ্গত ইলেকট্ৰনৰ গতি শক্তি,

$$\frac{1}{2} m_e v^2 = h\nu - h\nu_0$$

$$= h(\nu - \nu_0)$$

$= 6.626 \times 10^{-34}\ J\ s \times (10 \times 10^{14}\ s^{-1} - 7.0 \times 10^{14}\ s^{-1})$

$= 6.626 \times 3 \times 10^{-20}\ J$

$= 19.878 \times 10^{-20}\ J$

$= 1.988 \times 10^{-19}\ J$

2.5.3 ইলেকট্ৰনৰ কোৱাণ্টাকৃত শক্তিস্তৰৰ প্ৰমাণঃ পাৰমাণৱিক বৰ্ণালী (Evidence for the Quantized Electronic Energy Levels : Atomic Spectra)

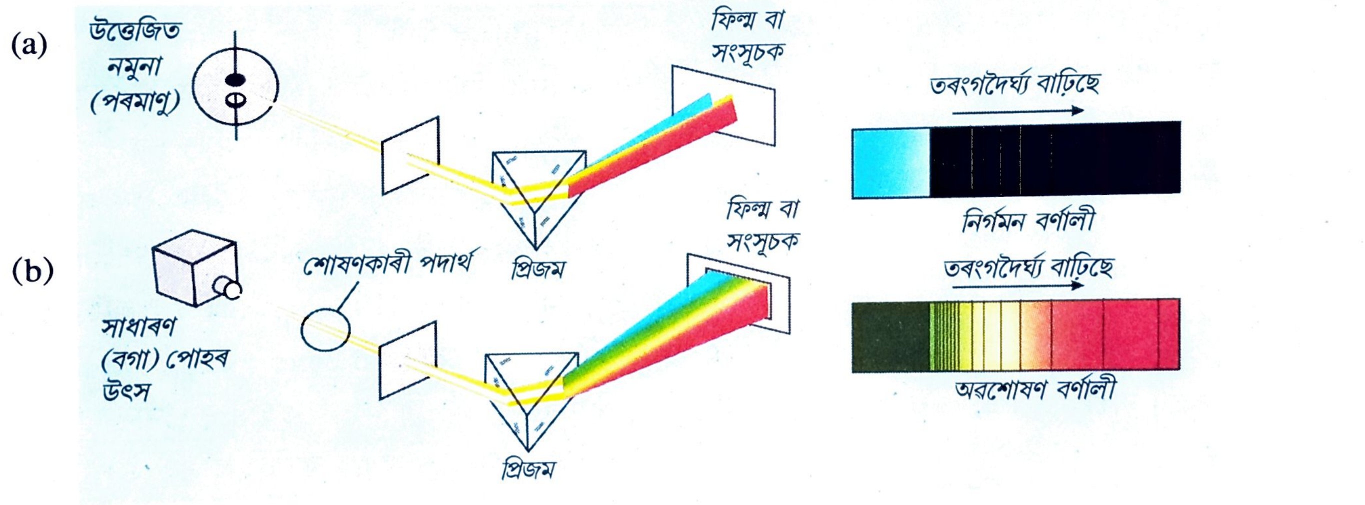
পোহৰৰ গতিবেগ মাধ্যমৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। এটা মাধ্যমৰপৰা আন এটা মাধ্যমলৈ যাওঁতে পোহৰ ৰশ্মি এটাই মূল পথৰপৰা বিচ্যুত বা প্ৰতিসৰিত হয়। আমি জানো যে সূৰ্য্যৰপৰা সাধাৰণতে পাই থকা পোহৰত (দৃশ্যমান পোহৰ) বিভিন্ন তৰংগদৈৰ্ঘ্যযুক্ত (বা, আমি দেখা বিভিন্ন ৰঙৰ) তৰংগ থাকে। এই পোহৰৰ এটা ৰশ্মি প্ৰিজমৰ মাজেৰে যাব দিলে কম তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ তৰংগসমূহ বেছি তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ তৰংগতকৈ বেছি ভাঁজ খায়। দৃশ্যমান পোহৰৰ ভিতৰত ৰঙা পোহৰৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য আটাইতকৈ বেছি বাবে ই আটাইতকৈ কম বিচ্যুত হয়। আনহাতে বেঙুনীয়া পোহৰৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য কম বাবে ই বেছি বিচ্যুত হয়। ফলস্বৰূপে দৃশ্যমান পোহৰ প্ৰিজমৰ মাজেৰে পাৰ হৈ অহাৰ পিচত আমি বিভিন্ন ৰঙৰ পোহৰৰ পটি দেখোঁ। ইয়াকেই **বৰ্ণালী** (spectrum) বোলা হয়। দৃশ্যমান পোহৰৰ এই বৰ্ণালী বেঙুনীয়া ৰঙৰপৰা (কম্পনাংক 7.50×10^{14} Hz) ৰঙালৈকে (কম্পনাংক 4.0×10^{14} Hz) বিস্তৃত হৈ থাকে। এনেকুৱা বৰ্ণালীক **অবিচ্ছিন্ন বৰ্ণালী** (continuous spectrum) বোলা হয়। অবিচ্ছিন্ন বুলি কোৱাৰ কাৰণ এয়ে যে ইয়াত আটাইকেইটা তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ তৰংগ (বা আমি দেখা আটাইকেইটা ৰং) আছে। অৰ্থাৎ বেঙুনীয়া ৰংটো ক্ৰমাগতভাৱে নীলাত বিলীন হৈছে, নীলা ৰংটো সেউজীয়াত বিলীন হৈছে, ইত্যাদি। আকাশত দেখা ৰামধেনুখনো অবিচ্ছিন্ন বৰ্ণালীয়েই।

আমি সম্প্ৰতি দৃশ্যমান পোহৰৰ কথা কৈ আছো যদিও এই পোহৰ বিদ্যুৎচুম্বকীয় বৰ্ণালীৰ ক্ষুদ্ৰ অংশ এটাহে মাথোন। পদাৰ্থৰ সৈতে যিকোনো বিদ্যুৎচুম্বকীয় বিকিৰণৰ আন্তঃক্ৰিয়া ঘটিব পাৰে। তেনে ক্ষেত্ৰত পদাৰ্থটোত থকা অণু-পৰমাণুৱে বিকিৰণৰপৰা শক্তি শোষণ কৰি উচ্চ শক্তিৰ অৱস্থাপ্ৰাপ্ত হ'ব পাৰে। উচ্চ শক্তিৰ অৱস্থাবোৰ সুস্থিৰ নহয়। সেই বাবে অণু-পৰমাণুবোৰে শোষণ কৰা শক্তিখিনি এৰি দি সাধাৰণ সুস্থিৰ অৱস্থালৈ (কম শক্তিৰ অৱস্থা) ঘূৰি আহে। এই শক্তিখিনি বিভিন্ন বিদ্যুৎচুম্বকীয় বিকিৰণ হিচাপে নিৰ্গত হয়।

নিৰ্গমন আৰু অৱশোষণ বৰ্ণালী (Emission and Absorption Spectrum)

শক্তি শোষণ কৰাৰ পাছত পদাৰ্থ এটাই যি বিকিৰণ নিৰ্গত কৰে তাকে **নিৰ্গমন বৰ্ণালী** (emission spectrum) বোলা হয়। শক্তি শোষণ কৰা পৰমাণু বা আয়নক **উত্তেজিত** (excited) অৱস্থাপ্ৰাপ্ত হোৱা বুলি কোৱা হয়। নিৰ্গমন বৰ্ণালীৰ সৃষ্টি কৰিবলৈ প্ৰথমে উত্তপ্ত কৰি বা বিকিৰণৰ সহায়ত পদাৰ্থটোক শক্তি প্ৰদান কৰা হয়। পদাৰ্থটোৱে তেতিয়া উপযুক্ত পৰিমাণৰ শক্তি শোষণ কৰে। পিচ মুহূৰ্ততে ই শোষণ কৰা শক্তিখিনি বিকিৰণ হিচাপে নিৰ্গত কৰে। যন্ত্ৰৰ সহায়ত এই নিৰ্গত বিকিৰণ ধৰা পেলাই (record) আমি নিৰ্গমন বৰ্ণালী লাভ কৰিব পাৰো।

অৱশোষণ বৰ্ণালীত (absorption spectrum) পদাৰ্থটোৱে শোষণ কৰা বিকিৰণসমূহ ধৰা পেলোৱা হয়। পদাৰ্থটোৰ ওপৰত তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বিকিৰণ অবিচ্ছিন্নভাবে আপতিত কৰা হয়। ইয়াৰে কিছুমান নিৰ্দিষ্ট তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ (অৰ্থাৎ নিৰ্দিষ্ট শক্তিৰ) বিকিৰণহে পদাৰ্থটোৱে শোষণ



চিত্ৰ 2.10 (a) ***পাৰমাণৱিক নিৰ্গমন ঃ*** *উত্তেজিত হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৱে (বা, আন পৰমাণু) নিৰ্গত কৰা পোহৰ প্ৰিজমৰ মাজেৰে পঠিয়ালে কিছুমান নিৰ্দিষ্ট তৰংগদৈৰ্ঘ্যবিশিষ্ট বিকিৰণ পোৱা যায়। এই নিৰ্দিষ্ট তৰংগদৈৰ্ঘ্য বিশিষ্ট পোহৰ ফট'গ্ৰাফিক প্লেটত ধৰা পেলোৱা হয়। নিৰ্গত হোৱা নিৰ্দিষ্ট তৰংগদৈৰ্ঘ্যবিশিষ্ট এই পোহৰেই হ'ল ৰেখা বৰ্ণালী। দেখাত পদাৰ্থ এটাৰ অলপমান ল'লেও তাত কোটি কোটি সংখ্যক পৰমাণু থাকে। ইয়াৰে এটা পৰমাণু বিশেষ এটা উত্তেজিত অৱস্থাত থাকিব পাৰে যদিও বিভিন্ন পৰমাণুৰ উত্তেজিত অৱস্থাবোৰো বিভিন্ন হয়। বিভিন্ন উত্তেজিত অৱস্থাৰপৰা নিম্ন শক্তিৰ অৱস্থালৈ পৰমাণুবোৰ অহাৰ ফলত ৰেখা বৰ্ণালী পোৱা যায়।*

(b) ***পাৰমাণৱিক অৱশোষণ ঃ*** *সাধাৰণ বগা পোহৰ ৰশ্মি ভূমিস্তৰ অৱস্থাত থকা পাৰমাণৱিক হাইড্ৰ'জেনৰ মাজেৰে যাব দিলে পোহৰ ৰশ্মিত থকা কিছুমান নিৰ্দিষ্ট তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বিকিৰণ শোষিত হয়। পাৰমাণৱিক হাইড্ৰ'জেনৰ মাজেৰে পাৰ হৈ অহা পোহৰ ৰশ্মিক প্ৰিজমৰ মাজেৰে পঠিয়াই এই সম্বন্ধে অধ্যয়ন কৰিব পাৰি। শোষিত হোৱা বিকিৰণৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্যসমূহ ওপৰৰ (a) অংশত উল্লিখিত নিৰ্গমন হোৱা তৰংগদৈৰ্ঘ্যসমূহৰ সৈতে একে অৱশোষণ বৰ্ণালীও ৰেখা বৰ্ণালী— ই নিৰ্গমন বৰ্ণালীৰ ফট'গ্ৰাফিৰ নিগেটিভৰ দৰে।*

কৰে। যিকেইটা তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বিকিৰণ পদাৰ্থটোৱে শোষণ কৰে সেইকেইটাৰ প্ৰাৱল্য বা উজ্জলতা কমি যায়। বাকীবোৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বিকিৰণৰ প্ৰাৱল্য একে থাকে। ফলস্বৰূপে কোনবোৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বিকিৰণ শোষিত হ'ল সেয়া জানিব পাৰি।

নিৰ্গমন আৰু অৱশোষণ বৰ্ণালীৰ অধ্যয়নেই হ'ল **বৰ্ণালীবিজ্ঞান** বা **স্পেকট্ৰ'স্ক'পি** (spectroscopy)।

দৃশ্যমান পোহৰৰ অবিচ্ছিন্ন বৰ্ণালীৰ কথা আমি ইতিমধ্যে আলোচনা কৰিছো। অবিচ্ছিন্ন বুলি কোৱাৰ কাৰণ এয়ে যে ইয়াত ৰঙাৰপৰা বেঙুনীয়ালৈকে আটাইবোৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বিকিৰণ আছে। কিন্তু গেছীয় পৰমাণুৱে দেখুওৱা নিৰ্গমন বৰ্ণালীত কিছুমান নিৰ্দিষ্ট তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বিকিৰণহে দেখা যায় ; সকলোবোৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য দেখা নাযায়। ফট'গ্ৰাফিক প্লেটত এই নিৰ্দিষ্ট তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বিকিৰণ লক্ষ্য কৰিব পাৰি। নিৰ্দিষ্ট তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ মাজৰ অংশ ফ'টগ্ৰাফিক প্লেটত ক'লা হৈ থাকে। পৰমাণুৱে নিৰ্গত কৰা এই নিৰ্দিষ্ট তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বিকিৰণেই হ'ল **ৰেখা বৰ্ণালী** (line spectra) বা **পাৰমাণৱিক বৰ্ণালী** (atomic spectrum)। নিৰ্গত বিকিৰণসমূহ ফট'গ্ৰাফিক প্লেটত উজ্বল ৰেখাৰ নিচিনা দেখা যায় বাবে পৰমাণুৰ এই বৰ্ণালীক ৰেখা বৰ্ণালী বোলা হয়।

পদাৰ্থৰ ইলেক্ট্ৰনীয় গঠন (electronic structure) অধ্যয়নৰ বাবে **ৰেখা নিৰ্গমন বৰ্ণালীৰ** (line emission spectrum) প্ৰয়োজন অপৰিসীম। প্ৰতিটো মৌলৰে এক নিজস্ব ৰেখা নিৰ্গমন বৰ্ণালী আছে। এই ৰেখা নিৰ্গমন বৰ্ণালী অধ্যয়ন কৰি মৌল এটা চিনাক্ত কৰিব পাৰি। প্ৰত্যেক মানুহৰে আঙুলিৰ ছাপ (finger print) বেলেগ বেলেগ আৰু আঙুলিৰ ছাপ চাই মানুহ এজনক চিনাক্ত কৰিব পাৰি। ৰেখা নিৰ্গমন বৰ্ণালীৰ কথাও তেনেকুৱাই। ৰেখা বৰ্ণালী লক্ষ্য কৰি মৌল চিনাক্তকৰণ কৰা পদ্ধতিটোৰ সৈতে জড়িত বিজ্ঞানীসকলৰ ভিতৰত অন্যতম হ'ল জাৰ্মান ৰসায়নবিদ ৰবাৰ্ট বুনছেন (Robert Bunsen, 1811-1899, চিত্ৰ 2.10)।

ৰুবিডিয়াম (Rb), ছিজিয়াম (Cs), থেলিয়াম (Tl), ইণ্ডিয়াম (In), গেলিয়াম (Ga) আৰু স্কেন্‌ডিয়াম (Sc) নামৰ মৌলকেইটা বৰ্ণালীবিজ্ঞান পদ্ধতিৰে আৱিষ্কাৰ হৈছে। সূৰ্য্যত হিলিয়ামৰ উপস্থিতিও এই একে পদ্ধতিৰে আৱিষ্কৃত হৈছে।

হাইড্ৰ'জেনৰ ৰেখা বৰ্ণালী
(Line Spectrum of Hydrogen)

হাইড্ৰ'জেন গেছৰ মাজেৰে বৈদ্যুতিক মোক্ষণ ঘটালে H_2 অণু পৰমাণুলৈ (H-পৰমাণু) বিয়োজিত হয়। ইয়াৰে উত্তেজিত অৱস্থাত (excited state) থকা H-পৰমাণুবোৰে কিছুমান নিৰ্দিষ্ট তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ (বা, নিৰ্দিষ্ট কম্পনাংকৰ) বিদ্যুৎচুম্বকীয় বিকিৰণ নিৰ্গত কৰে। এয়ে হ'ল হাইড্ৰ'জেনৰ ৰেখা বৰ্ণালী। 1885 চনত জে.জে. বামাৰে হাইড্ৰ'জেনৰ বৰ্ণালীত চাৰিটা তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বিকিৰণ লক্ষ্য কৰিছিল। সেই চাৰিটা হ'ল 656 nm, 486 nm, 434 nm আৰু 410 nm ; এয়েই হ'ল **হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীৰ বামাৰ শ্ৰেণী** (Balmer series of hydrogen spectrum)। এই বিকিৰণ কেইটা দৃশ্যমান পোহৰৰ অন্তৰ্ভূক্ত। বামাৰে লক্ষ্য কৰিছিল যে উপৰিউক্ত তৰংগদৈৰ্ঘ্য চাৰিটা নিম্নোক্ত সম্বন্ধটোৰপৰা গণনা কৰি উলিয়াব পাৰি—

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = 109677 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{cm}^{-1} \qquad (2.8)$$

ইয়াত $n = 3, 4, 5, ...$

বামাৰ শ্ৰেণীৰ উপৰি হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীৰ আন কেইটামান শ্ৰেণী আৱিষ্কৃত হৈছে। সেইবোৰ হ'ল লাইমেন শ্ৰেণী (Lyman series), পাস্কেন শ্ৰেণী (Paschen series), ব্ৰেকেট শ্ৰেণী (Bracket series)

আৰু ফাগু শ্ৰেণী (Pfund series)। চুইডেনৰ বিজ্ঞানী জোহান্স ৰাইড্‌বাৰ্গে (Johannes Rydberg) দেখুৱাইছিল যে নিম্নোক্ত সম্বন্ধটো ব্যৱহাৰ কৰি হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীৰ যিকোনো শ্ৰেণীৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য গণনা কৰি উলিয়াব পাৰি—

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = 109667\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)\text{cm}^{-1} \quad (2.9)$$

ইয়াত $n_1 = 1, 2, 3$ .... আৰু $n_2 = n_1+1, n_1+2,$ .....

সম্বন্ধটোত থকা 109667 cm^{-1} সংখ্যাটোক হাইড্ৰ'জেনৰ বাবে ৰাইডবাৰ্গ ধ্ৰুৱক (Rydberg constant) বোলা হয়। ইয়াত n_1ৰ মান 1 হ'লে লাইমেন শ্ৰেণী, 2 হ'লে বামাৰ শ্ৰেণী, 3 হ'লে পাস্কেন শ্ৰেণী, 4 হ'লে ব্ৰেকেট শ্ৰেণী আৰু 5 হ'লে ফাগু শ্ৰেণীৰ বিকিৰণৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য পোৱা যায় (তালিকা 2.3)।

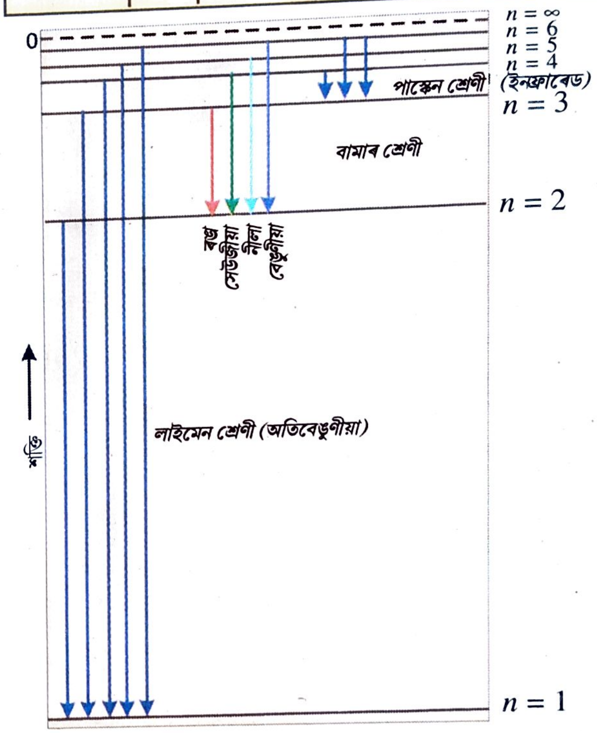
সকলোবোৰ মৌলৰ ভিতৰত হাইড্ৰ'জেনৰ ৰেখা বৰ্ণালী আটাইতকৈ সৰল। হাইড্ৰ'জেন সকলোতকৈ পাতল মৌল। গধুৰ মৌলবোৰৰ ৰেখা বৰ্ণালী তুলনামূলকভাবে জটিল। কিন্তু সকলোবোৰ ৰেখা বৰ্ণালীৰে কিছুমান সাধাৰণ বৈশিষ্ট (feature) থাকে। সেইবোৰ হ'ল —

(i) প্ৰতিটো মৌলৰ ৰেখা বৰ্ণালী সুকীয়া, আৰু

(ii) প্ৰতিটো মৌলৰ ৰেখা বৰ্ণালীসমূহৰ মাজত এক সম্বন্ধ আছে। প্ৰশ্ন হয়— এনেকুৱা সাদৃশ্যৰ কাৰণনো কি? ইয়াত পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাসৰ কিবা ভূমিকা আছে নেকি? এনে ধৰণৰ প্ৰশ্নৰ উত্তৰ পাবলৈ আমি এতিয়া চেষ্টা কৰিম। এই উত্তৰসমূহেই দৰাচলতে আমাক পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনীয় গঠন বুজি পোৱাত সহায় কৰে।

তালিকা 2.3 হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীসমূহ

শ্ৰেণী	n_1	n_2	বৰ্ণালীৰ পৰিসৰ
লাইমেন	1	2,3..	অতিবেঙুনীয়া
বামাৰ	2	3,4...	দৃশ্যমান
পাস্কেন	3	4,5...	অৱলোহিত (ইনফ্ৰাৰেড)
ব্ৰেকেট	4	5,6...	অৱলোহিত (ইনফ্ৰাৰেড)
ফাগু	5	6,7...	অৱলোহিত (ইনফ্ৰাৰেড)



চিত্ৰ 2.11 হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰন সংক্ৰমণ (ইয়াত লাইমেন শ্ৰেণী, বামাৰ শ্ৰেণী আৰু পাস্কেন শ্ৰেণী দেখুওৱা হৈছে)

2.6 হাইড্ৰ'জেন পৰমাণু সম্পৰ্কীয় ব'ৰৰ আৰ্হি (BOHR'S MODEL FOR HYDROGEN ATOM)

1913 চনত নীল্‌ছ ব'ৰে (Niels Bohr) পোনপ্ৰথমে হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ গঠন আৰু ইয়াৰ বৰ্ণালীৰ মাত্ৰাত্মক (quantitative) ব্যাখ্যা দিয়ে। ব'ৰৰ এই আৰ্হিটো নিম্নোক্ত মতবাদসমূহৰ ওপৰত প্ৰতিষ্ঠিত—

i. হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনটোৱে নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে নিৰ্দিষ্ট ব্যাসাৰ্ধ আৰু নিৰ্দিষ্ট শক্তিৰ বৃত্তাকাৰ পথেৰে ঘূৰে। এই পথবোৰ নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে এককেন্দ্ৰিকভাৱে থাকে।

ii. ইলেকট্ৰনটোৱে এই নিৰ্দিষ্ট ব্যাসাৰ্ধ আৰু শক্তিৰ পথেৰে ঘূৰিলে তাৰ শক্তি সময়ৰ সৈতে সলনি নহয়। এই বৃত্তাকাৰ পথবোৰক **স্থিৰ কক্ষপথ** (stationary orbits), **স্থিতাৱস্থা** (stationary states) বা **অনুমোদিত শক্তি অৱস্থা** (allowed energy states) বোলা হয়। ইলেকট্ৰনটোৱে কিন্তু এটা কক্ষপথৰপৰা আন এটা কক্ষপথলৈ যাব পাৰে। ইলেকট্ৰনটোৱে উপযুক্ত পৰিমাণৰ শক্তি শোষণ কৰি কম শক্তিৰ কক্ষপথৰপৰা বেছি শক্তিৰ কক্ষপথলৈ যাব পাৰে। অথবা ই বেছি শক্তিৰ কক্ষপথৰপৰা কম শক্তিৰ কক্ষপথলৈ আহিলে নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ শক্তি নিৰ্গত কৰে।

iii. ইলেকট্ৰনটোৱে এটা স্থিতাৱস্থাৰপৰা (বা কক্ষপথৰ পৰা) আন এটা স্থিতাৱস্থালৈ যোৱাকে ইলেকট্ৰনৰ সংক্ৰমণ (transition) হোৱা বুলি কোৱা হয়। যি দুটা শক্তিস্তৰৰ মাজত ইলেকট্ৰনৰ সংক্ৰমণ হয় সিহঁতৰ মাজত শক্তিৰ পাৰ্থক্য ΔE হ'লে এই পৰিমাণৰ শক্তি বিকিৰণৰপৰা শোষণ কৰে বা বিকিৰণ হিচাপে নিৰ্গত কৰে। তেনে ক্ষেত্ৰত শোষিত বা নিৰ্গত হোৱা বিকিৰণৰ কম্পনাংক (ν) হ'ব—

$$\nu = \frac{\Delta E}{h} = \frac{E_2 - E_1}{h} \qquad (2.10)$$

ইয়াত, E_1 আৰু E_2 হ'ল স্থিতাৱস্থা দুটাৰ শক্তি, য'ত $E_1 < E_2$; অৰ্থাৎ E_1 হ'ল কম শক্তিৰ স্থিতাৱস্থা (বা, কক্ষপথ) আৰু E_2 হ'ল বেছি শক্তিৰ স্থিতাৱস্থা (বা কক্ষপথ)।

iv. এটা নিৰ্দিষ্ট স্থিতাৱস্থাত (বা কক্ষপথত) ইলেকট্ৰন এটাৰ কৌণিক ভৰবেগৰ (angular momentum, $m_e vr$) মান হ'ব—

$$m_e vr = n.\frac{h}{2\pi} = n.\hbar; \quad n = 1, 2, 3.... \quad (2.11)$$

সেইবাবে ইলেকট্ৰনটোৱে অকল সেইকেইটা কক্ষপথেৰেহে ঘূৰিব পাৰে যিকেইটাৰ বাবে ইলেকট্ৰনটোৰ কৌণিক ভৰবেগৰ মান $\frac{h}{2\pi}$ ৰ (বা, $\hbar = \frac{h}{2\pi}$) অখণ্ড গুণিতক (integral multiple) হয়। ইয়াৰপৰা স্পষ্ট যে ইলেকট্ৰনটোৱে নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে কিছুমান নিৰ্দিষ্ট কক্ষপথেৰেহে ঘূৰিব পাৰে।

কৌণিক ভৰবেগ (Angular Momentum)

আমি জানো যে 'm' ভৰৰ কণা এটাই 'v' বেগেৰে সৰলৰেখাত গতি কৰি থাকিলে তাৰ ৰৈখিক ভৰবেগ (linear momentum) থাকে। এই ৰৈখিক ভৰবেগৰ মান ভৰ আৰু বেগৰ পূৰণফলৰ সমান (ৰৈখিক ভৰবেগ = $m.v$)। একেদৰে কণাটোৱে বৃত্তাকাৰ পথেৰে ঘূৰি থাকিলে তাৰ কৌণিক ভৰবেগ থাকে। কৌণিক ভৰবেগৰ মান জড় ভ্ৰামক (moment of inertia, I) আৰু কৌণিক বেগৰ (angular velocity, ω) পূৰণফলৰ সমান। ধৰা, ইলেকট্ৰন এটাই (ভৰ = m_e) নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে r ব্যাসাৰ্ধৰ বৃত্তাকাৰ পথেৰে গতি কৰি আছে। এই ইলেকট্ৰনটোৰ কৌণিক ভৰবেগ = $I \times \omega$

কিন্তু জড় ভ্ৰামক, $I = m_e r^2$ আৰু $\omega = \frac{v}{r}$, য'ত v হ'ল ইলেকট্ৰনটোৰ ৰৈখিক বেগ।

কৌণিক ভৰবেগ $= m_e r^2 \times \frac{v}{r} = m_e vr$

ওপৰত উনুকিওৱা মতবাদসমূহ ব্যৱহাৰ কৰি ব'ৰে কোনো এক কক্ষপথত হাইড্ৰ'জেনৰ ইলেকট্ৰনটোৰ শক্তি গণনা কৰি উলিয়াইছিল। ব'ৰে ব্যৱহাৰ

কৰা গাণিতিক পদ্ধতিখিনি আমি ইয়াত আলোচনা নকৰো; অকল ফলাফলখিনিহে উল্লেখ কৰিম। হাইড্ৰ'জেন পৰমাণু সম্পৰ্কীয় ব'ৰৰ তত্ত্বৰপৰা আমি নিম্নোক্ত তথ্য লাভ কৰিব পাৰো—

a. ইলেকট্ৰনটোৰ স্থিৰ কক্ষপথবোৰক (স্থিতাৱস্থাক) $n = 1,2,3, ...$ ধৰণেৰে চিহ্নিত কৰা হৈছে। নিউক্লিয়াছৰ নিকটতম কক্ষপথৰ ক্ষেত্ৰত $n = 1$; ইয়াৰে বাহিৰৰ কক্ষপথটোৰ ক্ষেত্ৰত $n = 2$ আদি। n ক মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যা (principal quantum number, 2.8.2 অনুচ্ছেদ) বোলা হয়।

b. হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ স্থিৰ কক্ষপথবোৰৰ ব্যাসাৰ্ধ (r) নিম্নলিখিত সম্বন্ধটোৰ সহায়ত উলিয়াব পাৰি

$$r_n = n^2 a_0 \qquad (2.12)$$

a_0ক হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ প্ৰথম ব'ৰ ব্যাসাৰ্ধ (first Bohr radius) বোলা হয়। ইয়াৰ মান হ'ল 52.9 pm; এই বাসাৰ্ধবিশিষ্ট কক্ষপথটোতে ($n = 1$) সাধাৰণ অৱস্থাত হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনটো থাকে। n ৰ মান বঢ়াৰ লগে লগে r ৰ মানো বাঢ়ে ; অৰ্থাৎ নিউক্লিয়াছ আৰু ইলেকট্ৰনৰ মাজৰ দূৰত্ব বাঢ়ে।

c. যি কোনো এটা স্থিৰ কক্ষপথত ইলেকট্ৰনটোৰ শক্তি কিমান সেয়া জনা অতি প্ৰয়োজনীয়। ব'ৰৰ তত্ত্ব অনুসৰি স্থিৰ কক্ষপথ এটাত ইলেকট্ৰনটোৰ শক্তিৰ (E_n) প্ৰকাশ ৰাশিটো হ'ল

$$E_n = -2.18\times10^{-18}\times\frac{1}{n^2}\ \text{J} \quad ..... (2.13)$$

$n = 1$ (প্ৰথম কক্ষপথ) হ'লে ইলেকট্ৰনটোৰ শক্তি (E হ'ব—

$$E_1 = -2.18\times10^{-18}\times\frac{1}{1^2}\text{J} = -2.18\times10^{-18}\text{J}$$

এয়া (E_1) হ'ল ইলেকট্ৰনটোৰ সৰ্বনিম্ন শক্তি। সৰ্বনিম্ন শক্তিৰ স্থিতাৱস্থাটোকে **ভূমিস্তৰ অৱস্থা** (ground state) বোলা হয়। দ্বিতীয় কক্ষপথত (n=2) ইলেকট্ৰনটোৰ শক্তি হ'ব—

$$E_2 = -2.18\times10^{-18}\times\frac{1}{2^2}\text{J} = -\ 0.545\times10^{-18}\text{J}$$

হাইড্ৰ'জেন পৰমাণু বা হাইড্ৰ'জেনসদৃশ পৰমাণুৰ (এটা নিউক্লিয়াছ আৰু এটা ইলেকট্ৰন থকা পৰমাণু; He^+, Li^{2+} আদি) n-তম কক্ষপথত থকা ইলেকট্ৰনটোৰ শক্তিৰ (E_n) প্ৰকাশ ৰাশিটো হ'ল

$$E_n = \frac{-Z^2 m_e e^4}{8\epsilon_0^2 n^2 h^2} = -\frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2}\cdot\frac{Z^2}{n^2}$$

$$= -2.18\times10^{-18}\times\frac{Z^2}{n^2}J$$

ইয়াৰ Z = পৰমাণু ক্ৰমাংক, m_e = ইলেকট্ৰনৰ ভৰ, e = ইলেকট্ৰনৰ আধান, ϵ_0= ভেকুৱাম বিদ্যুৎ মাধ্যমাংক = $8.854\times10^{12}\,C^2N^{-1}m^{-2}$, h = প্লাংকৰ ধ্ৰুৱক। হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ($Z = 1$) ইলেকট্ৰনটোৰ n-তম কক্ষপথত শক্তি হ'ল—

$$E_n = -2.18\times10^{-18}\times\frac{1}{n^2}\text{J}$$

এনেদৰে হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ বিভিন্ন কক্ষপথত (বা স্থিতাৱস্থাত) ইলেকট্ৰনটোৰ শক্তি গণনা কৰিব পৰা যায়। চিত্ৰ 2.11ত হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ বিভিন্ন স্থিতাৱস্থাৰ শক্তি দেখুওৱা হৈছে। এইবোৰক **শক্তি স্তৰ** (energy levels) বুলিও কোৱা হয়। এই চিত্ৰটোক **শক্তি স্তৰ চিত্ৰ** (energy level diagram) বোলা হয়।

(Niles Bohr)
(1885-1962)

ডেনিছ পদাৰ্থবিজ্ঞানী নীলছ ব'ৰে 1911 চনত ক'পেনহেগেন বিশ্ববিদ্যালয়ৰপৰা পদাৰ্থ বিজ্ঞানত Ph D সন্মান লাভ কৰিছিল। তাৰ পাছত তেওঁ ইংলেণ্ডত জে জে থমছন আৰু আৰ্নেষ্ট ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ সৈতে এবছৰ অধ্যয়ন কৰি 1913 চনত পুনৰ ক'পেনহেগেনলৈ ঘূৰি আহে। তাতে তেওঁ 1920 চনত Institute of Theoretical Physics ৰ সঞ্চালক নিযুক্ত হয়। প্ৰথম বিশ্বযুদ্ধৰ পাছত তেওঁ শান্তিৰ হকে পাৰমাণৱিক শক্তিৰ ব্যৱহাৰৰ বাবে উঠি পৰি লাগে। 1957 চনত তেওঁ প্ৰথম Atom for Peace বঁটা লাভ কৰে। 1922 চনত নীলছ ব'ৰক পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ নবেল বঁটা প্ৰদান কৰা হয়।

হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনটোৰ শক্তি ঋণাত্মক হোৱাৰ অৰ্থ কি ?

আমি দেখিলো যে যি কোনো কক্ষপথত হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনটোৰ শক্তি ঋণাত্মক। ইয়াৰ অৰ্থ এয়ে যে স্থবিৰ মুক্ত ইলেকট্ৰন এটাতকৈ পৰমাণুত থকা ইলেকট্ৰনৰ শক্তি কম। নিউক্লিয়াছৰপৰা অসীম দূৰত্বত থকা ইলেকট্ৰনটোক মুক্তি স্থবিৰ ইলেকট্ৰন বুলি কোৱা হয় আৰু ইয়াৰ শক্তি শূন্য বুলি ধৰা হয়। গাণিতিকভাৱে, সমীকৰণ 2.13ত $\left(E_n = -2.18\times10^{-18}\text{J}.\frac{1}{n^2} = -2.18\times10^{-18}\text{J} \cdot \frac{a_0}{r_n}\right)$

$n=\infty$ বা $r_n=\infty$ বহুৱালে শক্তিৰ মান শূন্য $(E_\infty = 0)$ হ'ব। ইলেকট্ৰনটো নিউক্লিয়াছৰ ওচৰ চাপি আহিলে (অৰ্থাৎ n ৰ মান কমিলে) শক্তিৰ ঋণাত্মক মান বাঢ়ে; অৰ্থাৎ শক্তি কমে। প্ৰথম কক্ষপথত (n=1) ইলেকট্ৰনটোৰ শক্তি আটাইতকৈ কম। ইয়াকে ভূমিস্তৰ অৱস্থা বোলে।

নিউক্লিয়াছৰ আকৰ্ষণৰ বাহিৰত থাকিলে ইলেকট্ৰনৰ শক্তি শূন্য বুলি ধৰা হয়। তেনেক্ষেত্ৰত মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যা, n ৰ মান অসীম ($n=\infty$) হ'ব আৰু পৰমাণুটোক **আয়ন** (ion) বোলা হ'ব। ইলেকট্ৰনটো নিউক্লিয়াছৰদ্বাৰা আকৰ্ষিত হৈ ওচৰ চাপি আহিলে সি শক্তি নিৰ্গত কৰে। ফলত ইলেকট্ৰনটোৰ শক্তি কমে। শক্তি শূন্যৰপৰা কমা বাবে ইয়াৰ মান ঋণাত্মক হয়। শক্তি কমা মানে সুস্থিৰতা লাভ কৰা। সেয়েহে মুক্ত ইলেকট্ৰনতকৈ ($n=\infty$) পৰমাণুত থকা ইলেকট্ৰন বেছি সুস্থিৰ।

d. ব'ৰৰ তত্ত্বটো এটা ইলেকট্ৰন থকা আয়নৰ ক্ষেত্ৰতো ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰি। হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ দৰে এটা ইলেকট্ৰন আৰু এটা নিউক্লিয়াছযুক্ত এই আয়নক **হাইড্ৰ'জেন-সদৃশ পৰমাণু** (hydrogen-like atoms) বোলা হয়; যেনে- He^+, Li^{2+}, Be^{3+} আদি। এনেকুৱা হাইড্ৰ'জেন সদৃশ পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনটোৰ শক্তিৰ প্ৰকাশ ৰাশিটো হ'ল-

$$E_n = -2.18\times10^{-18}.\frac{Z^2}{n^2}\ \text{J} \qquad (2.14)$$

ইলেকট্ৰনৰ কক্ষপথৰ ব্যাসাৰ্ধ নিম্নলিখিত সমীকৰণৰ সহায়ত গণনা কৰিব পাৰি।

$$r_n = 52.9\ \frac{n^2}{Z}\ \text{pm} \qquad (2.15)$$

ইয়াত Z হ'ল পৰমাণু ক্ৰমাংক হিলিয়ামৰ বাবে Z = 2, লিথিয়ামৰ বাবে Z = 3 আদি। সমীকৰণ 2.14 আৰু 2.15 ৰ পৰা এইটো স্পষ্ট যে পৰমাণু ক্ৰমাংক বাঢ়িলে শক্তি আৰু ব্যাসাৰ্ধ দুয়োটাৰে মান কমে। ইয়াৰ অৰ্থ হ'ল, পৰমাণু ক্ৰমাংক বঢ়াৰ লগে লগে ইলেকট্ৰন আৰু নিউক্লিয়াছৰ মাজৰ আকৰ্ষণী বলো বাঢ়ে।

e. কক্ষপথত ঘূৰি থকা ইলেকট্ৰনৰ বেগো গণনা কৰিব পাৰি। পৰমাণু ক্ৰমাংক (অৰ্থাৎ নিউক্লিয়াছৰ ধনাত্মক

আধান) বাঢ়িলে ইলেকট্ৰনৰ বেগো বাঢ়ে। আনহাতে মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ n মান বাঢ়িলে ইয়াৰ বেগ কমে।

2.6.1 হাইড্ৰ'জেনৰ ৰেখা বৰ্ণালীৰ ব্যাখ্যা (Explanation of Line Spectrum of Hydrogen)

হাইড্ৰ'জেনৰ ৰেখা বৰ্ণালীৰ বিষয়ে আমি ইতিমধ্যে আলোচনা কৰিছো (2.5.3 অংশ)। হাইড্ৰ'জেনে কিয় ৰেখা বৰ্ণালী দেখুৱায় তাৰ উত্তৰ ব'ৰৰ তত্ত্বৰপৰা পাব পাৰো। ব'ৰৰ তত্ত্ব (মতবাদ ii) অনুসৰি হাইড্ৰ'জেনৰ ইলেকট্ৰনটোৱে কম শক্তিৰ (অৰ্থাৎ মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ মান কম) কক্ষপথৰপৰা বেছি শক্তিৰ (মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ মান বেছি) কক্ষপথলৈ সংক্ৰমিত হ'লে বিকিৰণ (অৰ্থাৎ শক্তি) শোষণ কৰে। আনহাতে ই বেছি শক্তিৰ কক্ষপথৰপৰা কম শক্তিৰ কক্ষপথলৈ আহিলে বিকিৰণ (অৰ্থাৎ শক্তি) নিৰ্গত কৰে। যি দুটা কক্ষপথৰ (বা স্থিতাৱস্থাৰ) মাজত ইলেকট্ৰনৰ সংক্ৰমণ হয় সেই দুটাৰ মাজৰ শক্তিৰ পাৰ্থক্য (ΔE) আমি নিম্নোক্ত ধৰণে দেখুৱাব পাৰোঁ -

$$\Delta E = E_f - E_i \qquad (2.16)$$

ইয়াত E_i হ'ল প্ৰাৰম্ভিক কক্ষপথৰ (যিটোৰপৰা সংক্ৰমণ হৈছে) শক্তি আৰু E_f হ'ল অন্তিম কক্ষপথৰ (যিটোলৈ সংক্ৰমণ হৈছে) শক্তি। সমীকৰণ 2.1 ব্যৱহাৰ কৰি সমীকৰণ 2.16ৰ পৰা পাওঁ -

$$\Delta E = \left(-\frac{2.18\times10^{-18}\,\text{J}}{n_2^f}\right) - \left(-\frac{2.18\times10^{-18}\,\text{J}}{n_2^f}\right)$$

$$= 2.18\times10^{-18}\left(\frac{1}{n_i^2}-\frac{1}{n_f^2}\right)\,\text{J} \qquad (2.17)$$

ইয়াত n_i আৰু n_fএ প্ৰাৰম্ভিক আৰু অন্তিম কক্ষপথ বুজাইছে। গতিকে n_i কক্ষপথৰপৰা n_f কক্ষপথলৈ ইলেকট্ৰনটোৱে যাওঁতে এই ΔE পৰিমাণৰ (সমীকৰণ 2.17) শক্তি শোষণ বা নিৰ্গত কৰিব। এই শক্তিখিনি বিকিৰণৰপৰা শোষিত হ'ব বা বিকিৰণ হিচাপে নিৰ্গত হ'ব। সেইবাবে শোষিত বা নিৰ্গত হোৱা বিকিৰণৰ ফ'টনটোৰ শক্তি ($h\nu$) এই শক্তিৰ পাৰ্থক্যৰ (ΔE) সমান হ'ব। অৰ্থাৎ

$$h \;\; = \Delta E$$

$$\therefore\ \nu = \frac{\Delta E}{h}$$

$$= \frac{2.18\times10^{-18}\ \text{J}}{6.626\times10^{-34}\ \text{J s}}\left(\frac{1}{n_i^2}-\frac{1}{n_f^2}\right) \qquad (2.18)$$

গতিকে

$$\nu = 3.29\times10^{14}\left(\frac{1}{n_i^2}-\frac{1}{n_f^2}\right)\ \text{Hz} \qquad (2.19)$$

আকৌ যিহেতু $\nu = \frac{c}{\lambda}$, গতিকে

$$\frac{c}{\lambda} = 3.29\times10^{14}\left(\frac{1}{n_i^2}-\frac{1}{n_f^2}\right)\ \text{Hz} \qquad (2.20)$$

গতিকে, $$\frac{1}{\lambda} = \bar{\nu} = \frac{3.29\times10^{14}\ \text{s}^{-1}}{3\times10^{8}\ \text{m s}^{-1}}\left(\frac{1}{n_i^2}-\frac{1}{n_f^2}\right)$$

$$= 1.09677\times10^{7}\left(\frac{1}{n_i^2}-\frac{1}{n_f^2}\right)\ \text{m}^{-1} \qquad (2.21)$$

$$= \text{R}_\text{H}\left(\frac{1}{n_i^2}-\frac{1}{n_f^2}\right)$$

ইয়াত $1.09677\times10^{7}\ \text{m}^{-1}$ হ'ল ৰাইডবাৰ্গৰ ধ্ৰুৱক (Rydberg's constant, R_H)।

গতিকে হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনটোৰ n_i কক্ষপথৰপৰা n_f কক্ষপথলৈ সংক্ৰমণ হওঁতে শোষিত বা নিৰ্গত হোৱা বিকিৰণৰ কম্পনাংক (ν) আৰু তৰংগসংখ্যা ($\bar{\nu}$) ওপৰৰ সমীকৰণকেইটা ব্যৱহাৰ কৰি গণনা কৰিব পাৰি। অৱশোষণ বৰ্ণালীত ইলেকট্ৰনটোৱে

কম শক্তিৰ কক্ষপথৰপৰা বেছি শক্তিৰ কক্ষপথলৈ যায় (অর্থাৎ $n_f > n_i$)। সেইবাবে ΔEৰ মান ধনাত্মক (সমীকৰণ 2.17)। ΔEৰ মান ধনাত্মক মানে শক্তি শোষিত হোৱা বুজায়। আনহাতে নির্গমন বর্ণালীত ইলেকট্ৰনে বেছি শক্তিৰ কক্ষপথৰপৰা কম শক্তিৰ কক্ষপথলৈ আহে ($n_i > n_f$)। গতিকে ΔEৰ মান ঋণাত্মক হ'ব আৰু ই শক্তি নির্গত হোৱা বুজায়।

ব'ৰৰ তত্ত্ব ব্যৱহাৰ কৰি পোৱা সমীকৰণৰ সৈতে (2.21) ৰাইডবার্গৰ সমীকৰণৰ (2.9) মিল আছে। ৰাইডবার্গৰ সমীকৰণটো পিচে আনুভবিকহে ; উপপাদন কৰা নহয়। সমীকৰণ 2.21ত n_f=2 আৰু n_i=3, 4,... বহুৱাই সমাধান কৰিলে বামাৰ শ্ৰেণীৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্যসমূহ পোৱা যায়। গতিকে আমি ক'ব পাৰো যে হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনে $n_i = 3, 4,...$ কক্ষপথৰপৰা $n_f = 2$ কক্ষপথলৈ অহা বাবে বামাৰ শ্ৰেণীৰ বিকিৰণসমূহ নির্গত হৈছে।

হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনৰ n_i = 2,3,..... কক্ষপথৰপৰা n_f =1 কক্ষপথলৈ সংক্ৰমণ হোৱা বাবে লাইমেন শ্ৰেণীৰ বর্ণালী পোৱা যায়। অর্থাৎ লাইমেন শ্ৰেণীৰ বাবে

$$\bar{v} = \frac{1}{\lambda} = 1.09677\times10^{7}\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{1^2}\right)\ \text{m}^{-1},\quad n_i = 2, 3....$$

তেনেদৰে পাস্কেন শ্ৰেণীৰ ক্ষেত্ৰত

$$\bar{v} = \frac{1}{\lambda} = 1.09677\times10^{7}\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{3^2}\right)\ \text{m}^{-1},\quad n_i = 4, 5....$$

ব্ৰেকেট শ্ৰেণীৰ ক্ষেত্ৰত

$$\bar{v} = \frac{1}{\lambda} = 1.09677\times10^{7}\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{4^2}\right)\ \text{m}^{-1},\quad n_i = 5, 6....$$

আৰু ফাণ্ড শ্ৰেণীৰ বাবে

$$\bar{v} = \frac{1}{\lambda} = 1.09677\times10^{7}\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{5^2}\right)\ \text{m}^{-1},\quad n_i = 6, 7....$$

হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ সংখ্যা বেছি হ'লে বেছিসংখ্যক ফ'টন শোষিত বা নির্গত হ'ব পাৰে। তেনেক্ষেত্ৰত বর্ণালী ৰেখাৰ প্ৰাবল্যও বাঢ়ে।

উদাহৰণ 2.10

হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনটোৰ n =5 স্থিতাৱস্থাৰপৰা n =2 স্থিতাৱস্থালৈ সংক্ৰমণ হ'লে নির্গত হোৱা ফ'টনৰ কম্পনাংক আৰু তৰংগদৈৰ্ঘ্য গণনা কৰা।

সমাধান

ইয়াত n_i = 5 আৰু n_f = 2

$$\therefore\quad \Delta E = 2.18\times10^{-18}\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{2^2}\right)\ \text{J}$$

$$= 2.18\times10^{-18}\left(\frac{1}{25} - \frac{1}{4}\right)\ \text{J}$$

$$= -4.58\times10^{-19}\ \text{J}$$

অর্থাৎ নির্গত হোৱা শক্তিৰ পৰিমাণ

$\Delta E = 4.58\times10^{-19}$ J (ধনাত্মক মান লোৱা হৈছে)

$\therefore$ নির্গত ফ'টনৰ কম্পনাংক,

$$v = \frac{\Delta E}{h}$$

$$= \frac{4.58\times10^{-19}\ \text{J}}{6.626\times10^{14}\ \text{J s}}$$

$$= 6.91\times10^{14}\ \text{Hz}$$

আৰু তৰংগদৈৰ্ঘ্য, $\lambda = \frac{c}{v}$

$$= \frac{3\times10^{8} m\, s^{-1}}{6.91\times10^{14}\ s^{-1}}$$

$$= 0.434\times10^{-6}\ \text{m}$$

$$= 434\ \text{nm}$$

উদাহৰণ 2.11

He^+ ৰ ইলেক্ট্ৰনটো প্ৰথম কক্ষপথত থাকিলে শক্তি কিমান হ'ব গণনা কৰা। এই কক্ষপথটোৰ ব্যাসাৰ্ধ কিমান?

সমাধান

আমি জানো, $E_n = -\frac{2.18 \times 10^{-18} . Z^2}{n^2}$ J

He^+ ৰ বাবে $Z = 2$ আৰু ইয়াত $n = 1$

$$\therefore E_1 = -\frac{2.18 \times 10^{-18} \times 4}{1} \text{ J} = -8.72 \times 10^{-18} \text{ J}$$

কক্ষপথটোৰ ব্যাসাৰ্ধ

$$= \frac{52.9 n^2}{Z} \text{pm} = \frac{52.9 \times 1^2}{2} \text{pm}$$

$= 26.45$ pm $= 0.02645$ nm

2.6.2 ব'ৰৰ তত্ত্বৰ সীমাবদ্ধতা (Limitations of Bohr's Theory)

সন্দেহ নাই, ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ পৰমাণু আৰ্হিতকৈ ব'ৰৰ আৰ্হিটো যথেষ্ট উন্নত। ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ আৰ্হিয়ে সুস্থিৰ পৰমাণু নিদিয়ে ; কিন্তু ব'ৰৰ আৰ্হিৰ পৰমাণুটো সুস্থিৰ। ব'ৰৰ আৰ্হি ব্যৱহাৰ কৰি হাইড্ৰ'জেন পৰমাণু বা হাইড্ৰ'জেন সদৃশ পৰমাণুৰ (He^+, Li^{2+} আদি) ৰেখা বৰ্ণালী ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি। তথাপিও ব'ৰৰ আৰ্হিটো দোষমুক্ত নহয়। ব'ৰৰ আৰ্হিৰ আসোঁৱাহ তলত উল্লেখ কৰা হ'ল।

i. আধুনিক উন্নত বৰ্ণালীবীক্ষণ যন্ত্ৰেৰে পৰ্য্যবেক্ষণ কৰি দেখা গৈছে যে হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীৰ প্ৰতিডাল ৰেখা বৰ্ণালীয়ে আচলতে কিছুমান অতি ওচৰা-ওচৰিকৈ থকা ৰেখা বৰ্ণালীৰ সমষ্টি। ইয়াকেই বৰ্ণালীৰ সূক্ষ্ম গাঠনি (fine structure) বোলা হয়। ব'ৰৰ তত্ত্বই হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীৰ এই সূক্ষ্ম গাঁঠনিৰ ব্যাখ্যা দিব নোৱাৰে।

ii. ব'ৰৰ তত্ত্বই হাইড্ৰ'জেন আৰু হাইড্ৰ'জেন-সদৃশ পৰমাণুৰ বাহিৰে আন পৰমাণুৰ (অৰ্থাৎ এটাতকৈ বেছি ইলেকট্ৰন থকা পৰমাণুৰ) বৰ্ণালীও ব্যাখ্যা কৰিব নোৱাৰে। উদাহৰণ স্বৰূপে, হিলিয়াম পৰমাণুৰ (দুটা ইলেকট্ৰন) বৰ্ণালীৰ ব্যাখ্যাও ব'ৰৰ তত্ত্বৰপৰা পোৱা নাযায়।

iii. চৌম্বক ক্ষেত্ৰত ৰেখা বৰ্ণালীৰ বিভাজন (splitting) হয় (জিমান প্ৰভাৱ, Zeeman effect)। একেদৰে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰতো ৰেখা বৰ্ণালীৰ বিভাজন হয় (ষ্টাৰ্ক প্ৰভাৱ, Stark effect)। ব'ৰৰ তত্ত্বই ইয়াৰ ব্যাখ্যা দিব নোৱাৰে।

iv. পৰমাণু লগ লাগি অণু গঠিত হয়। পৰমাণুৱে কেনেদৰে ৰাসায়নিক বান্ধনিৰদ্বাৰা অণু গঠন কৰে তাৰ ব্যাখ্যাও ব'ৰৰ তত্ত্বৰপৰা পোৱা নাযায়।

গতিকে দেখা গ'ল যে থমছন আৰু ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ পৰমাণু আৰ্হিৰ দৰে ব'ৰৰ আৰ্হিটোও শুদ্ধ নহয়। সেইবাবে পৰমাণুৰ শুদ্ধ আৰ্হি এটাৰ প্ৰয়োজন।

2.7 পৰমাণুৰ কোৱাণ্টাম বলবিজ্ঞানীয় আৰ্হিৰ দুৱাৰদলি (TOWARDS QUANTUM MECHANICAL MODEL OF ATOM)

ব'ৰৰ পৰমাণু আৰ্হিৰ সীমাবদ্ধতা সাব্যস্ত হোৱাৰ লগে লগে নতুন গ্ৰহণযোগ্য আৰ্হিৰ প্ৰয়োজন হ'ল। কোৱাণ্টাম বলবিদ্যাৰপৰা (Quantum Mechanics) তেনেকুৱা আৰ্হি এটা পোৱা সম্ভৱ হৈছে। কোৱাণ্টাম বলবিদ্যাৰ বিকাশৰ মূলতে আছে দুটা প্ৰধান ধাৰণা। সেই দুটা হ'ল—

1. পদাৰ্থৰ দ্বৈত প্ৰকৃতি (Dual nature of matter)
2. হাইজেনবাৰ্গৰ অনিশ্চয়তা সূত্ৰ (Heisenberg uncertaintly principle)

2.7.1 পদাৰ্থৰ দ্বৈত প্ৰকৃতি (Dual Behaviour of Matter)

1924 চনত ফৰাছী পদাৰ্থবিদ লুই দ্য ব্ৰয়লিয়ে এটা নতুন ধাৰণা দিয়ে। তেওঁৰ ধাৰণা মতে, বিকিৰণৰ দৰে পদাৰ্থয়ো দ্বৈত আচৰণ দেখুৱাব পাৰে ; অৰ্থাৎ পদাৰ্থয়ো কণিকা ধৰ্মৰ উপৰি তৰংগ ধৰ্ম দেখুৱাব পাৰে। পোহৰৰ কণা ফ'টনৰ ভৰবেগ (momentum) আছে। আকৌ ফ'টনে তৰংগ ধৰ্ম দেখুওৱা বাবে ইয়াৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্যও আছে। একে ধৰণে আমি ইলেক্ট্ৰনৰ কথাও বিবেচনা কৰিব পাৰো। ইলেক্ট্ৰনৰ ভৰ আৰু ভৰবেগ আছে। দ্য ব্ৰয়লিৰ ধাৰণা অনুসৰি ইলেক্ট্ৰনে তৰংগ ধৰ্মও দেখুৱাব পাৰে বাবে ইয়াৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্যও থাকিব। তেনেদৰে এই ধাৰণা মতে অণু, পৰমাণু আদি সকলোবোৰ পদাৰ্থই এই দুটা ধৰ্ম দেখুৱাব পাৰে। দ্য ব্ৰয়লিয়ে পদাৰ্থ এটাৰ ভৰবেগ ($mv = p$) আৰু তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ (λ) মাজত এটা সম্বন্ধ দিছিল। তেওঁৰ মতে 'm' ভৰৰ কণা এটাই 'v' বেগেৰে গতি কৰি থাকিলে পদাৰ্থ কণাটোৰ সৈতে জড়িত তৰংগৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য (λ) হ'ব—

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p} \qquad (2.22)$$

দ্য ব্ৰয়লিৰ এই ধাৰণাটো পৰীক্ষাৰদ্বাৰা প্ৰমাণ কৰা হৈছে। ইলেক্ট্ৰন ৰশ্মি ধাতুত আপতিত হ'লে পোহৰৰ লেখীয়া অপবৰ্তন চানেকিৰ (diffraction pattern) সৃষ্টি হয়। যিহেতু তৰংগইহে অপবৰ্তন দেখুৱায় সেইবাবে আমি সিদ্ধান্ত কৰিব পাৰো যে ইলেক্ট্ৰনৰ তৰংগ ধৰ্ম আছে। ইলেক্ট্ৰন মাইক্ৰ'স্ক'প সজাত এই পৰিঘটনাৰ প্ৰয়োগ হয়। ইলেক্ট্ৰন মাইক্ৰ'স্ক'পৰ সহায়ত লক্ষ্যবস্তু 15 নিযুত গুণ ডাঙৰকৈ চাব পাৰি। সেইবাবে আধুনিক গৱেষণাত ইয়াৰ প্ৰয়োগ অপৰিসীম। ইলেকট্ৰনৰ দৰে হাইড্ৰ'জেন পৰমাণু, অণু আদিৰ ক্ষেত্ৰতো তৰংগ ধৰ্ম সাব্যস্ত হৈছে। দ্য ব্ৰয়লিৰ ধাৰণা অনুসৰি প্ৰতিটো গতি কৰি থকা বস্তুৰে তৰংগ ধৰ্ম থাকে। আমি সাধাৰণতে দেখি থকা বস্তুবোৰৰ ভৰ সূক্ষ্ম কণাৰ ভৰতকৈ বহুত বেছি। সিহঁতৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য ইমানেই চুটি যে তেনেকুৱা তৰংগ পৰীক্ষাৰদ্বাৰা ধৰা পেলাব পৰা হোৱা নাই। কিন্তু সূক্ষ্ম কণাৰ (ইলেকট্ৰন, পৰমাণু আদি) তৰংগ পৰীক্ষাৰ সহায়ত সাব্যস্ত কৰা হৈছে।

(Louis de Broglie)
(1892-1987)

ফ্ৰান্সৰ পদাৰ্থ বিজ্ঞানী লুই দ্য ব্ৰয়লি স্নাতক পৰ্য্যায়ত ইতিহাসৰ ছাত্ৰ আছিল। প্ৰথম বিশ্বযুদ্ধত তেওঁ ৰেডিঅ' যোগাযোগ ব্যৱস্থাৰ সৈতে জড়িত হৈ বিজ্ঞানৰ প্ৰতি আকৰ্ষিত হয়। 1924 চনত তেওঁ পেৰিছ বিশ্ববিদ্যালয়ৰপৰা D Sc সন্মান লাভ কৰে। তেওঁ 1932 চনৰপৰা 1962 চনলৈ পেৰিছ বিশ্ববিদ্যালয়ত তাত্ত্বিক পদাৰ্থবিজ্ঞানৰ অধ্যাপনা কৰিছিল। 1929 চনত দ্য ব্ৰয়লিয়ে পদাৰ্থবিজ্ঞানৰ নবেল বঁটা লাভ কৰে।

উদাহৰণ 2.12

0.1 kg ভৰৰ বল এটাই 10 m s^{-1} বেগেৰে গতি কৰি থাকিলে তৰংগদৈৰ্ঘ্য গণনা কৰা।

সমাধান

দিয়া আছে

ভৰ, $m = 0.1$ kg

বেগ, $v = 10$ m s^{-1}

গতিকে দ্য ব্ৰয়লিৰ সমীকৰণ (2.22) মতে,

$$\text{তৰংগদৈৰ্ঘ্য, } \lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.626\times10^{-34}\ \text{J s}}{0.1\ \text{kg}\ \times10^{-34}\ \text{m}}$$

$$= 6.626\times10^{-34}\ \text{m}$$

$$(\text{J} = \text{kg m}^2\text{s}^{-2})$$

উদাহৰণ 2.13

এটা ইলেকট্ৰনৰ ভৰ 9.1×10^{-31}kg আৰু গতি শক্তি 3.0×10^{-25}J হ'লে ইয়াৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য গণনা কৰা।

সমাধান

দিয়া আছে,

ইলেকট্ৰনৰ ভৰ, $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg

গতি শক্তি, $KE = 3.0 \times 10^{-25}$ J

আমি জানো, গতি শক্তি, $KE = \frac{1}{2}mv^2$

$$\therefore \quad v^2 = \frac{2 \times KE}{m}$$

$$\therefore \quad v = \left(\frac{2 \times KE}{m}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{2 \times 3.0 \times 10^{-25}\text{ J}}{9.1 \times 10^{-31}\text{ kg}}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 812 \text{ m s}^{-1}$$

$\therefore$ তৰংগদৈৰ্ঘ্য,

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.626 \times 10^{-34}\text{ J s}}{9.1 \times 10^{-31}\text{kg} \times 812\ m\ s^{-1}}$$

$$= 8967 \times 10^{-10}\text{m}$$

$$= 896.7 \text{ nm}$$

উদাহৰণ 2.14

3.6 A^0 তৰংগদৈৰ্ঘ্য বিশিষ্ট ফ'টনৰ ভৰ গণনা কৰা।

সমাধান

দিয়া আছে

তৰংগদৈৰ্ঘ্য, $\lambda = 3.6\ A^0 = 3.6 \times 10^{-10}$ m

ফ'টনৰ বেগ = পোহৰৰ বেগ (v) = 3×10^8 m s^{-1}

আমি জানো, $\lambda = \frac{h}{mv}$

$$\therefore\ m = \frac{h}{\lambda v} = \frac{6.626 \times 10^{-34}\text{ J s}}{3 \times 10^8\text{ m s}^{-1} \times 3.6 \times 10^{-10}\text{ m}}$$

$$= 6.135 \times 10^{-29}\text{ kg}$$

2.7.2. হাইজেনবাৰ্গৰ অনিশ্চয়তা সূত্ৰ (Heisenberg's Uncertainty Principle)

দ্য ব্ৰয়লিৰ ধাৰণাৰ আনুসঙ্গিক হিচাপে 1927 চনত জাৰ্মান পদাৰ্থবিদ বাৰ্ণাৰ হাইজেনবাৰ্গে (Werner Heisenberg) অনিশ্চয়তা সূত্ৰটো দিয়ে। এই সূত্ৰটো হ'ল, **সূক্ষ্মকণা এটাৰ অৱস্থান** (position) **আৰু ভৰবেগৰ (বা, বেগৰ) মান একে সময়তে সঠিকভাৱে পাব নোৱাৰি।** 'm' ভৰৰ কণা এটাৰ ক্ষেত্ৰত সূত্ৰটোৰ গাণিতিক ৰূপ হ'ল —

$$\Delta x \times \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi} \qquad (2.23)$$

$$\text{বা, } \Delta x \times m\Delta v_x \geq \frac{h}{4\pi} \qquad (\because p_x = mv_x)$$

$$\text{গতিকে } \Delta x . \Delta v_x \geq \frac{h}{4\pi m}$$

ইয়াত Δx হ'ল কণাটোৰ অৱস্থানৰ অনিশ্চয়তা (uncertainly in position), Δp_x হ'ল ভৰবেগৰ (x দিশত) অনিশ্চয়তা আৰু Δv_x হ'ল বেগৰ অনিশ্চয়তা (x দিশত)। কণাটো এটা ইলেকট্ৰন ($m = m_e$) হ'লে Δx, Δp_x আৰু Δv_x হ'ব ক্ৰমে ইয়াৰ অৱস্থান, ভৰবেগ আৰু বেগৰ অনিশ্চয়তা। ইলেকট্ৰনটোৰ অৱস্থান সঠিকভাৱে জানিলে (অৰ্থাৎ Δx ৰ মান অতি কম) বেগৰ মান সম্বন্ধে অনিশ্চয়তা বহুত বেছি (অৰ্থাৎ Δv_x ৰ মান অতি বেছি) হ'ব। তেনেদৰে ইয়াৰ বেগৰ মান সঠিকভাৱে জানিলে (অৰ্থাৎ Δv_x ৰ মান অতি কম) অৱস্থান অনিশ্চিত (অৰ্থাৎ Δx ৰ মান বহুত বেছি) হৈ পৰিব।

এটা উদাহৰণৰ সহায়ত হাইজেনবাৰ্গৰ অনিশ্চয়তা সূত্ৰটো ভালদৰে বুজিব পাৰি। ধৰা, তুমি তোমাৰ বহীখনৰ পাত এখিলা কিমান ডাঠ জুখিব লাগে। সাধাৰণ স্কেল এডালেৰে জুখিলে জোখটো নিশ্চয় সঠিক নহ'ব। কাগজখনৰ বেধতকৈ (thickness) সৰু এককত দাগ কটা

স্কেল এডালেৰেহে কাগজখন কিমান ডাঠ জুখিব পৰা যাব। একেদৰে ইলেকট্ৰন এটাৰ অৱস্থান জানিবলৈ হ'লে ইলেকট্ৰনৰ আকাৰতকৈ (আচলতে ইলেকট্ৰনক বিন্দু আধান বুলিহে ভবা হয়, গতিকে আকাৰ নাই) সৰু এককত দাগ কটা স্কেল এডালৰ প্ৰয়োজন হ'ব। আকৌ ইলেকট্ৰনটোক লক্ষ্য কৰিবলৈ এনেকুৱা বিকিৰণৰ প্ৰয়োজন হ'ব যাৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য ইলেকট্ৰনৰ আকাৰতকৈ কম। বিকিৰণৰ ফ'টনৰ ভৰবেগ $\left(p=\frac{h}{\lambda}\right)$ বহুত বেছি। ফ'টনে ইলেকট্ৰনক আঘাত কৰিলে ইলেকট্ৰনটোৰ শক্তিৰো পৰিবৰ্তন ঘটিব। এই পদ্ধতিৰে ইলেকট্ৰনৰ অৱস্থান জানিব পৰা হ'ব। কিন্তু সংঘাতৰ পাছত ইলেকট্ৰনটোৰ বেগৰ মান জনাটো কঠিন হ'ব।

অনিশ্চয়তা সূত্ৰৰ তাৎপৰ্য্য
(Significance of Uncertainty Principle)

হাইজেনবাৰ্গৰ অনিশ্চয়তা সূত্ৰই প্ৰতিপন্ন কৰে যে ইলেকট্ৰন বা আন সূক্ষ্মকণাৰ নিৰ্দিষ্ট পথ বা কক্ষপথ থাকিব নোৱাৰে। এইটো অতি গুৰুত্বপূৰ্ণ সূচনা। এটা নিৰ্দিষ্ট গতিপথ থাকিব লাগিলে বিভিন্ন মূহূৰ্তত কণাটোৰ অৱস্থান আৰু বেগৰ মান শুদ্ধকৈ জানিব লাগিব। আমি যদি কোনো এক মূহূৰ্তত বস্তু এটাৰ অৱস্থান, বেগ আৰু বস্তুটোৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বলৰ মান জানো তেন্তে এক নিৰ্দিষ্ট সময়ৰ পিচত বস্তুটোৰ অৱস্থান কি হ'ব গণনা কৰি উলিয়াব পাৰো। অৰ্থাৎ বস্তু এটাৰ অৱস্থান আৰু বেগৰ নিৰ্দিষ্ট মানে এটা নিৰ্দিষ্ট কক্ষপথ নিৰ্দেশ কৰে। কিন্তু হাইজেনবাৰ্গৰ অনিশ্চয়তা সূত্ৰৰপৰা আমি পাওঁ যে সূক্ষ্মকণা এটাৰ অৱস্থান আৰু বেগৰ সঠিক মান একে সময়তে পাব নোৱাৰি। সেইবাবে ইলেকট্ৰনকে ধৰি সূক্ষ্ম কণাৰ নিদিষ্ট গতি পথ (কক্ষপথ) থাকিব নোৱাৰে।

হাইজেনবাৰ্গৰ অনিশ্চয়তা সূত্ৰটো মূলতঃ সূক্ষ্মকণাৰ ক্ষেত্ৰতহে প্ৰযোজ্য; বৃহৎ কণাৰ ক্ষেত্ৰত অনিশ্চয়তা সূত্ৰৰ প্ৰভাৱ নগণ্য। নিম্নোক্ত উদাহৰণৰ সহায়ত এই কথা বুজিব পাৰি।

ধৰা হ'ল, এটা বস্তুৰ ভৰ 1 mg (10^{-6} kg) ; এই বস্তুটোৰ ক্ষেত্ৰত

$$\Delta v.\Delta x=\frac{h}{4\pi m}$$

$$=\frac{6.626\times10^{-34}\,\text{J s}}{4\times3.1416\times10^{-6}\,\text{kg}}\approx10^{-28}\,\text{m}^2\,\text{s}^{-1}$$

$\Delta v.\Delta x$ ৰ এই মান অতি ক্ষুদ্ৰ আৰু নগণ্য।

আনহাতে এটা ইলেকট্ৰনৰ (ভৰ = 9.1×10^{-31}kg) ক্ষেত্ৰত

$$\Delta v.\Delta x=\frac{h}{4\pi m}$$

$$=\frac{6.626\times10^{-34}\,\text{J s}}{4\times3.1416\times9.1\times10^{-34}\,\text{kg}}$$

$$=10^{-4}\,\text{m}^2\text{s}^{-1}$$

গতিকে দেখা গ'ল ইলেকট্ৰনৰ ক্ষেত্ৰত $\Delta v.\Delta x$ ৰ মান ডাঙৰ বস্তুতকৈ (ওপৰৰ উদাহৰণত ভৰ 1 mg) বহুত বেছি। সেই বাবে আমি ক'ব পাৰো যে সূক্ষ্মকণাৰ ক্ষেত্ৰত অনিশ্চয়তাৰ মান বহুত বেছি; কিন্তু বৃহৎ কণাৰ (macroparticle) ক্ষেত্ৰত অনিশ্চয়তা নগণ্য। সূক্ষ্মকণাৰ ক্ষেত্ৰত অনিশ্চয়তা থাকেই।

এটা ইলেকট্ৰনৰ অৱস্থানৰ অনিশ্চয়তা (Δx) 10^{-8}m হ'লে, ইয়াৰ বেগৰ অনিশ্চয়তাৰ (Δv) মান নিম্নোক্ত ধৰণে উলিয়াব পাৰি -

$$\Delta x.\,m\Delta v=\frac{h}{4\pi}$$

$$\therefore\ \Delta v=\frac{h}{4\pi\,m.\Delta x}$$

$$=\frac{6.626\times10^{-34}\,\text{J s}}{4\times3.14\times9.1\times10^{-31}\,\text{kg}\times10^{-8}\,\text{m}}$$

$$=10^{4}\,\text{m s}^{-1}$$

দেখা গ'ল যে অৱস্থানৰ অনিশ্চয়তা 10^{-8} হ'লে বেগৰ অনিশ্চয়তা বহুত বেছি (10^4 m s^{-1}) হয়; অর্থাৎ বেগৰ মান শুদ্ধকৈ পাব নোৱাৰি। সেইবাবে ইলেকট্ৰনৰ নির্দিষ্ট কক্ষপথ থকা কথাটো (ব'ৰৰ আৰ্হি) শুদ্ধ নহয়। গতিকে ইলেকট্ৰনৰ অৱস্থান আৰু ভৰবেগৰ সঠিক মানৰ কথা আমি নকওঁ; ইহঁতৰ সম্ভাব্য মানহে পাব পাৰো। পৰমাণুৰ কোৱাণ্টাম বলবিজ্ঞানীয় আৰ্হিত এনেকুৱা সম্ভাবিতাৰ (probability) কথাকে বিবেচনা কৰা হয়।

উদাহৰণ 2.15

এটা পৰমাণুত এটা ইলেকট্ৰনৰ অৱস্থান 0.1 A^0 দূৰত্বৰ ভিতৰত নির্ণয় কৰিবলৈ উপযুক্ত ফ'টন ব্যৱহাৰ কৰি এটা মাইক্ৰ'স্ক'পৰ সহায় লোৱা হৈছে। ইলেকট্ৰনটোৰ বেগৰ অনিশ্চয়তাৰ মান গণনা কৰা।

সমাধান

ইয়াত অৱস্থানৰ অনিশ্চয়তা,

$$\Delta x = 0.1\ A^0 = 0.1 \times 10^{-10} m$$
$$= 10^{-11} m$$

গতিকে বেগৰ অনিশ্চয়তা,

$$\Delta v = \frac{h}{4\pi m \Delta x}$$
$$= \frac{6.626 \times 10^{-34}\ J\ s}{4 \times 3.14 \times 9.1 \times 10^{-31} kg \times 10^{-11} m}$$
$$= 0.579 \times 10^7\ m\ s^{-1}$$
$$= 5.79 \times 10^6\ m\ s^{-1}$$

উদাহৰণ 2.16

এটা গ'লফ্ বলৰ ভৰ 40 g আৰু বেগ 45 m s^{-1}; বলটোৰ বেগ 2% শুদ্ধকৈ জানিব পাৰিলে অৱস্থানৰ অনিশ্চয়তা গণনা কৰা।

সমাধান

দিয়া আছে,

বলটোৰ ভৰ, $m = 40\ g = 40 \times 10^{-3}\ kg$

বেগৰ অনিশ্চয়তা, $\Delta v = 45\ m\ s^{-1}$ ৰ 2%

$$= 45\ m\,s^{-1} \times \frac{2}{100}$$
$$= 0.9\ m\ s^{-1}$$

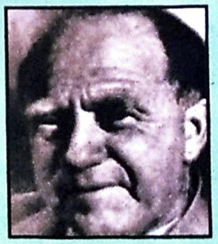
অৱস্থানৰ অনিশ্চয়তা,

$$\Delta x = \frac{h}{4\pi m \Delta v}$$
$$= \frac{6.626 \times 10^{-34}\ J\ s}{4 \times 3.14 \times 40 \times 10^{-3} kg \times 0.9\ m\ s^{-1}}$$
$$= 1.46 \times 10^{-33} m$$

অৱস্থানৰ অনিশ্চয়তাৰ এই মান অতি ক্ষুদ্ৰ। পৰমাণুৰ নিউক্লিয়াছতকৈও এই মান প্ৰায় 10^{18} গুণ সৰু। আমি ইতিমধ্যে উল্লেখ কৰাৰ দৰে স্থূলকণাৰ ক্ষেত্ৰত অনিশ্চয়তা নগণ্য হয়। অর্থাৎ অনিশ্চয়তা সূত্ৰটো স্থূলকণাৰ ক্ষেত্ৰত অর্থবহ নহয়।

ৱাৰ্ণাৰ হাইজেনবাৰ্গ

ৱাৰ্ণাৰ হাইজেনবাৰ্গে মিউনিক বিশ্ববিদ্যালয়ৰপৰা 1923 চনত পদার্থবিজ্ঞানৰ Ph D সন্মান লাভ কৰিছিল। তাৰ পাছত তেওঁ গটিনজেনত মেক্স বৰ্ণৰ সৈতে এবছৰ আৰু ক'পেনহেগেনত নীলছ ব'ৰৰ সৈতে তিনিবছৰ অধ্যয়ন কৰিছিল। তেওঁ 1927 চনৰপৰা 1941 চনলৈ লিপজিগ (Leipzig) বিশ্ববিদ্যালয়ত পদার্থবিজ্ঞানৰ অধ্যাপনা কৰে। দ্বিতীয় বিশ্বযুদ্ধৰ সময়ত তেওঁ জাৰ্মানীত পাৰমাণৱিক বোমাৰ গৱেষণাৰ দায়িত্বত আছিল। যুদ্ধৰ পাছত তেওঁ গটিনজেনত Max Planck Institute for Physicsৰ সঞ্চালক নিযুক্ত হয়। তেওঁ এগৰাকী পাকৈত পৰ্বতাৰোহণকাৰী আছিল। 1932 চনত হাইজেনবাৰ্গক পদার্থবিজ্ঞানৰ নবেল বঁটা প্ৰদান কৰা হয়।



Werner Heisenberg
(1901-1976)

ব'ৰৰ পৰমাণু আৰ্হিৰ ব্যৰ্থতাৰ কাৰণ (Reasons for the Failure of the Bohr Model)

ব'ৰৰ হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ আৰ্হি অনুসৰি ইলেকট্ৰনটো হ'ল নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে নিৰ্দিষ্ট বৃত্তাকাৰ পথেৰে ঘূৰা এটা আধানযুক্ত কণা। এই আৰ্হিত ইলেকট্ৰনৰ তৰংগ ধৰ্মৰ কথা বিবেচনা কৰা হোৱা নাই। আকৌ ইলেকট্ৰনৰ অৱস্থান আৰু বেগৰ মান একে সময়তে সঠিকভাৱে জানিলেহে এটা নিৰ্দিষ্ট কক্ষপথ সম্ভৱ হয়। কিন্তু হাইজেনবাৰ্গৰ অনিশ্চয়তা সূত্ৰ অনুসৰি ইলেকট্ৰনৰ অৱস্থান আৰু বেগ এক সময়তে শুদ্ধকৈ জানিব নোৱাৰি। মুঠতে ব'ৰৰ আৰ্হিয়ে পদাৰ্থৰ দ্বৈত আচৰণক উপেক্ষা কৰাৰ উপৰিও হাইজেনবাৰ্গৰ অনিশ্চয়তা সূত্ৰৰ বিৰোধিতা কৰিছে। এনেকুৱা আসোঁৱাহৰ বাবে ব'ৰৰ আৰ্হিটো গ্ৰহণযোগ্য নহয় ; নাইবা ইয়াক আন পৰমাণুৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰয়োগ কৰাৰ কথাও চিন্তা কৰা নাযায়। পৰমাণুৰ এনেকুৱা এটা আৰ্হিৰ প্ৰয়োজন যিটোৱে পদাৰ্থৰ দ্বৈত আচৰণ আৰু হাইজেনবাৰ্গৰ অনিশ্চয়তা সূত্ৰ মানি চলে। এয়া সম্ভৱ হয় কোৱাণ্টাম বলবিজ্ঞানৰ (Quantum Mechanics) জৰিয়তে।

2.8 পৰমাণুৰ কোৱাণ্টাম বলবিজ্ঞানীয় আৰ্হি (QUANTUM MECHANICAL MODEL OF ATOM)

ধ্ৰুপদী পদাৰ্থবিজ্ঞানত বলবিজ্ঞান (Mechanics) অধ্যায়টো নিশ্চয় পঢ়িছা। ইয়াক আমি ধ্ৰুপদী বলবিজ্ঞান (Classical Mechanics) বুলিও কওঁ। ইয়াৰ মূল ভেটি হ'ল নিউটনৰ গতিৰ সূত্ৰসমূহ (Newton's laws of motion)। যিকোনো স্থূলকণাৰ (যেনে— অধোগামী বস্তু, কক্ষপথত ঘূৰি থকা গ্ৰহ আদি) ক্ষেত্ৰত ধ্ৰুপদী বলবিজ্ঞান প্ৰয়োগ কৰিব পাৰি। কিন্তু ইলেকট্ৰন, পৰমাণু, অণু আদি সূক্ষ্মকণাৰ ক্ষেত্ৰত ই প্ৰযোজ্য নহয়। ইয়াৰ কাৰণ এয়ে যে ধ্ৰুপদী বলবিজ্ঞানত পদাৰ্থৰ দ্বৈত আচৰণ আৰু অনিশ্চয়তা সূত্ৰৰ ধাৰণা নাই। এই দুয়োটা ধাৰণা সামৰি লোৱা বিজ্ঞানৰ শাখাটো হ'ল কোৱাণ্টাম বলবিজ্ঞান।

কোৱাণ্টাম বলবিজ্ঞান হ'ল তাত্ত্বিক বিজ্ঞান (theoretical science)। ইয়াত সূক্ষ্মকণাৰ গতি সম্বন্ধে অধ্যয়ন কৰা হয়। এই সূক্ষ্মকণাই তৰংগ আৰু কণা দুয়োটাৰে ধৰ্ম দেখুৱাব পাৰে। স্থূলকণাৰ ক্ষেত্ৰত কোৱাণ্টাম বলবিজ্ঞান আৰু ধ্ৰুপদী বলবিজ্ঞানে একে ফলাফল দেখুৱায়।

1926 চনত ৱাৰ্ণাৰ হাইজেনবাৰ্গ আৰু এৰউইন শ্ৰুডিঞ্জাৰে (Erwin Schrödinger) সুকীয়াভাবে কোৱাণ্টাম বলবিজ্ঞানৰ জন্ম দিয়ে। আমি ইয়াত শ্ৰুডিঞ্জাৰে সূচনা কৰা কোৱাণ্টাম বলবিজ্ঞানৰ কথাহে আলোচনা কৰিম। এই কোৱাণ্টাম বলবিজ্ঞানৰ মূল ভেটি হ'ল এটা মৌলিক সমীকৰণ আৰু সমীকৰণটো শ্ৰুডিঞ্জাৰৰ অৱদান। ইয়াৰ বাবে তেওঁ 1933 চনত পদাৰ্থ বিজ্ঞানৰ নবেল বঁটা লাভ কৰিছিল। সমীকৰণটোত পদাৰ্থৰ দ্বৈত আচৰণ সম্পৰ্কীয় দ্য ব্ৰয়লিৰ ধাৰণা সন্নিবিষ্ট হৈ আছে। শ্ৰুডিঞ্জাৰ সমীকৰণটো এটা অৱকলজ সমীকৰণ (differential equation)। বিভিন্ন তন্ত্ৰৰ বাবে সমীকৰণটো লিখিব পাৰি। আকৌ অৱকলজ সমীকৰণ এটা সমাধান কৰিব পাৰি। সেয়েহে শ্ৰুডিঞ্জাৰৰ সমীকৰণটোও সমাধান কৰা সম্ভৱ।

উদাহৰণ স্বৰূপে, যিকোনো সূক্ষ্মকণা এটাৰ কথা

অষ্ট্ৰিয়াৰ পদাৰ্থবিজ্ঞানী এৰৱিন শ্ৰুডিঞ্জাৰে ভিয়েনা বিশ্ববিদ্যালয়ৰ পৰা 1910 চনত তাত্ত্বিক পদাৰ্থবিজ্ঞানত (Theoretical Physics) Ph D সন্মান লাভ কৰিছিল। পিছত 1927 চনত বিজ্ঞানী মেক্স প্লাংকৰ উত্তৰসুৰী হিচাপে বাৰ্লিন বিশ্ববিদ্যালয়ত প্লাংকৰ অনুৰোধ মৰ্মে যোগদান কৰে। কিন্তু ছয় বছৰ পাছতে (1933 চন) হিটলাৰ আৰু তেওঁৰ নাজি বিদ্বেষী ৰাজনীতিৰ প্ৰতিবাদত শ্ৰুডিঞ্জাৰে বাৰ্লিন ত্যাগ কৰে আৰু 1936 চনত অষ্ট্ৰিয়ালৈ ঘূৰি আহে। পিচত জাৰ্মানীয়ে অষ্ট্ৰিয়া আক্ৰমণ কৰোতে তেওঁক অধ্যাপনাৰ পৰা বলপূৰ্বকভাৱে অব্যাহতি দিয়া হয়। পাছত তেওঁ আয়াৰলেণ্ডৰ ডাবলিনলৈ আহে আৰু তাতে সোতৰ বছৰ থকে। 1933 চনত শ্ৰুডিঞ্জাৰক বিজ্ঞানী পি এ এম ডিৰাকৰ (P A M Dirac) সৈতে যুটীয়াভাৱে পদাৰ্থবিজ্ঞানৰ ন'বেল বঁটা প্ৰদান কৰা হয়।

Erwin Schrödinger (1887-1961)

বিবেচনা কৰা। ধৰা, কণাটোৰ শক্তি সময়ৰ সৈতে সলনি নহয়। এই কণাটোৰ বাবে শ্ৰডিঞ্জাৰৰ সমীকৰণটো তলত দিয়া ধৰণে লিখিব পাৰি-

$$\hat{H}\psi = E\psi \qquad (\psi = \text{ছাই, psi})$$

ইয়াত H হ'ল এটা গাণিতিক সংকাৰক (mathematical operator)। ইয়াক হেমিল্টনিয়ান অপাৰেটৰ (Hamiltonian opeator) বোলা হয়। E হ'ল কণাটোৰ মুঠ শক্তি (মুঠ শক্তি = মুঠ গতি শক্তি + মুঠ স্থিতি শক্তি)। হেমিল্টনিয়ান অপাৰেটৰে কণাটোৰ মুঠ শক্তি নির্দেশ কৰে। কণাটো এটা অণু বা পৰমাণু হ'লে ইয়াৰ মুঠ গতি শক্তি (kinetic energy) ইয়াত থকা ইলেকট্ৰন আৰু নিউক্লিয়াছৰ প্ৰতিটোৰ গতি শক্তিৰ যোগফলৰ সমান হ'ব। আকৌ ইলেকট্ৰন-নিউক্লিয়াছৰ মাজৰ আকৰ্ষণ, ইলেকট্ৰন-ইলেকট্ৰন বিকৰ্ষণ আৰু নিউক্লিয়াছ-নিউক্লিয়াছ বিকৰ্ষণৰ বাবে স্থিতি শক্তিৰ (potential energy) উদ্ভৱ হয়। এনেকুৱা আন্তঃক্ৰিয়াৰ (interaction, আকৰ্ষণ আৰু বিকৰ্ষণ) বাবে হোৱা আটাইবোৰ স্থিতি শক্তিৰ যোগফলেই হ'ল মুঠ স্থিতি শক্তি। সমীকৰণটোত থকা ψক তৰংগ ফলন (wave function) বোলা হয়। যিটো কণাৰ বাবে সমীকৰণটো লিখা হয়, তৰংগ ফলন ψএ সেই কণাটোৰ অৱস্থা (state) নির্দেশ কৰে। কণাটো সম্বন্ধে সকলো তথ্য তৰংগ ফলন ψত সন্নিবিষ্ট হৈ থাকে; ই কোনো এটা নির্দিষ্ট ৰাশিৰ মান নিদিয়ে। আনহাতে তৰংগ ফলনৰ বৰ্গই ($|\psi|^2$) কোনো এক বিন্দুত কণাটো থকাৰ সম্ভাৱিতাৰ (probability) মান দিয়ে। এই ধাৰণাটো জাৰ্মান বিজ্ঞানী মেক্স বৰ্নে (Max Born) দিছে। উপৰোক্ত শ্ৰডিঞ্জাৰৰ সমীকৰণটো সমাধান কৰিব পাৰি। সমাধান কৰিলে E আৰু ψ ৰ মান পোৱা যায়।

হাইড্ৰ'জেন পৰমাণু আৰু শ্ৰডিঞ্জাৰ সমীকৰণ *(Hydrogen Atom and the Schrödinger Equation)*

হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ (বা, হাইড্ৰ'জেন-সদৃশ পৰমাণুৰ) ইলেকট্ৰনটোৰ বাবেও শ্ৰডিঞ্জাৰ সমীকৰণ লিখিব পাৰি—

$$\hat{H}\psi = E\psi$$

ইয়াত H, E আৰু ψ হ'ল ক্ৰমে ইলেকট্ৰনটোৰ হেমিল্টনিয়ান অপাৰেটৰ, মুঠ শক্তি আৰু তৰংগ ফলন। সমীকৰণটো সমাধান কৰি ψ আৰু E ৰ মান নির্ণয় কৰা হৈছে। গণনা কৰি দেখা গৈছে যে ψৰ মান তিনিটা ৰাশিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। এই তিনিটা ৰাশিক **কোৱাণ্টাম সংখ্যা** (quantum number) বোলা হয়। ইহঁতক n, l আৰু m_l ৰে (বা, m) চিহ্নিত কৰা হয়। nক **মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যা** (principal quantum number), lক **এজিমিউথেল কোৱাণ্টাম সংখ্যা** (azimuthal quantum number) আৰু m_lক চুম্বকীয় কোৱাণ্টাম সংখ্যা (magnetic quantum number) বোলা হয়। ψৰ মান n, l আৰু m_lৰ (বা m) ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰা কথাটো আমি ψ_{nlm} চিহ্নৰে বুজাব পাৰোঁ।

গণনাৰ ফলত দেখা গৈছে যে কোৱাণ্টাম সংখ্যা তিনিটাৰ মান নিম্নোক্ত ধৰণৰ হয় -

$n = 1, 2, 3, 4, ...$

$l = 0, 1, 2, 3, ..., (n-1)$

m বা, $m_l = 0, \pm 1, \pm 2, ..., \pm l$

$= -l, -(l-1), -(l-2), ..., 0, 1, ... (l-2), (l-1), l$

মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যা, $n = 1$ হ'লে এজিমিউথেল কোৱাণ্টাম সংখ্যা $l = 0$ আৰু চুম্বকীয় কোৱাণ্টাম সংখ্যা

> যিকোনো কণা এটাৰ অৱস্থা (state) তিনিটা কাৰকৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে - ইয়াৰ অৱস্থান (position), বেগ (velocity) আৰু ইয়াৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বল (force)। ধ্ৰুপদী পদাৰ্থ বিজ্ঞান অনুসৰি এই তিনিটাৰ মান সঠিকভাৱে জানিব পাৰি। গতিকে এক নির্দিষ্ট সময়ত স্থূলকণাৰ অৱস্থাও সঠিকভাৱে জানিব পাৰি। কিন্তু সূক্ষ্মকণাৰ বেগ, অৱস্থান একে সময়তে সঠিকভাৱে জনা নাযায়; সেইবাবে অৱস্থাও (এক নির্দিষ্ট সময়ত) সঠিকভাৱে জানিব নোৱাৰি। তৰংগ ফলন ψ সূক্ষ্মকণাৰ অৱস্থাৰ সৈতে জড়িত।

$m_1 = 0$ হ'ব। এই চৰ্ত সাপেক্ষে ($n = 1, l = 0, m_1 = 0$) তৰংগফলন ψ ৰ এটা নিৰ্দিষ্ট মান পোৱা যাব। ψ ৰ এই মানক ψ_{100} চিহ্নৰে ($\psi_{nlm} = \psi_{100}$) বুজাব পাৰোঁ।

তেনেদৰে $n = 2$ হ'লে $l = 0, 1$ হ'ব। আকৌ $l = 0$ হ'লে $m_l = 0$ আৰু $l = 1$ হ'লে $m_l = -1, 0, +1$ হ'ব। অৰ্থাৎ

$n = 2, \quad l = 0, \quad m_l = 0$

$n = 2, \quad l = 1, \quad m_l = 1$

$n = 2, \quad l = 1, \quad m_l = 0$

$n = 2, \quad l = 1, \quad m_l = 0$

n, l আৰু m_1 ৰ প্ৰতিটো সংযুক্তিৰ বাবে তৰংগ ফলন ψ ৰ একোটা মান পোৱা যায়। কোৱাণ্টাম সংখ্যা তিনিটাৰ আন বিভিন্ন মানৰ বাবেও এয়া সম্ভৱ।

2.8.1 অৰবিটেল (Orbital)

আমি জানো যে হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুত (বা, হাইড্ৰ'জেন সদৃশ পৰমাণুত) এটা মাত্ৰ ইলেকট্ৰন থাকে। গতিকে ওপৰত উল্লেখ কৰা ψ ৰ প্ৰতিটো মানেই এটা ইলেকট্ৰনৰ বাবেহে মাথোন। এটা **ইলেকট্ৰনৰ ক্ষেত্ৰত পোৱা তৰংগ ফলনকে অৰবিটেল** (orbital) বোলা হয়। সেয়েহে ওপৰত উল্লেখ কৰা ধৰণে n, l আৰু m_1 ৰ বিভিন্ন সংযুতিৰ বাবে বিভিন্ন অৰবিটেল পোৱা যায়। অৰবিটেলবোৰক l ৰ মান অনুসৰি চিহ্নিত কৰা হৈছে। যেনে,

$l = 0$ হ'লে অৰবিটেলটোক s অৰবিটিল,

$l = 1$ হ'লে p অৰবিটেল,

$l = 2$ হ'লে d অৰবিটেল,

$l = 3$ হ'লে f অৰবিটেল বোলা হয়।

তালিকা 2.4 ত কিছুমান অৰবিটেল লিপিবদ্ধ কৰা হৈছে। এই অৰবিটেলবোৰ হৈছে হাইড্ৰ'জেন পৰমাণু বা হাইড্ৰ'জেনসদৃশ পৰমাণুৰ (অৰ্থাৎ য'ত মাত্ৰ এটা ইলেকট্ৰন আছে)। বহু-ইলেকট্ৰনযুক্ত পৰমাণুৰ (multi-electron atom, য'ত ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা এটাতকৈ বেছি) ইলেকট্ৰনবোৰৰ বাবেও শ্ৰডিঞ্জাৰৰ সমীকৰণ লিখিব পাৰি। ইয়াক পিচে সম্পূৰ্ণ সঠিকভাবে সমাধান কৰিব নোৱাৰি; মোটামুটিভাৱেহে পাৰি। এনেকুৱা শ্ৰডিঞ্জাৰ সমীকৰণ কম্পিউটাৰৰ সহায়ত মোটামুটিভাবে সমাধান কৰি দেখা গৈছে যে বহু-ইলেকট্ৰনযুক্ত পৰমাণুৰ অৰবিটেল আৰু হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ অৰবিটেলৰ মাজত বিশেষ পাৰ্থক্য নাই। দুয়োটাৰ মাজত মূল পাৰ্থক্যটো হ'ল, হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ নিউক্লীয় আধানতকৈ বহু-ইলেকট্ৰনযুক্ত পৰমাণুৰ নিউক্লীয় আধান (nuclear charge) বেছি। ইয়াৰ ফলত বহু-ইলেকট্ৰনযুক্ত পৰমাণুৰ অৰবিটেলবোৰ কিছু সংকুচিত হয় (অৰ্থাৎ ব্যাসাৰ্ধ কম)। আকৌ হাইড্ৰ'জেন বা হাইড্ৰ'জেনসদৃশ পৰমাণুৰ অৰবিটেলৰ শক্তি মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ (n) ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। কিন্তু বহু-ইলেকট্ৰনযুক্ত পৰমাণুৰ অৰবিটেলৰ শক্তি n আৰু l ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে।

তালিকা 2.4 বিভিন্ন অৰবিটেলসমূহ

n	l	m_l	বিভিন্ন অৰবিটেল
1	0	0	$1s$
2	0	0	$2s$
2	1	$0, \pm 1$	$2p_z, 2p_x, 2p_y$
3	0	0	$3s$
3	1	$0, \pm 1$	$3p_z, 3p_x, 3p_y$
3	2	$0, \pm 1, \pm 2$	$3d$
4	0	0	$4s$
4	1	$0, \pm 1$	$4p_z, 4p_x, 4p_y$
4	2	$0, \pm 1, \pm 2$	$4d$
4	3	$0, \pm 1, \pm 2, \pm 3$	$4f$

পৰমাণুৰ কোৱাণ্টাম বলবিজ্ঞানীয় আৰ্হিৰ গুৰুত্বপূৰ্ণ বৈশিষ্ট্য
(Important Features of the Quantum Mechanical Model of Atom)

হাইড্ৰ'জেন বা হাইড্ৰ'জেনসদৃশ পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনৰ বাবে লিখা শ্ৰুডিঞ্জাৰৰ সমীকৰণ সমাধান কৰা হয়। ইয়াৰ ফলাফলখিনিৰ ওপৰত ভেটি কৰি পৰমাণুৰ কোৱাণ্টাম বলবিজ্ঞানীয় আৰ্হি সম্ভৱ হৈছে। এই আৰ্হিৰ গুৰুত্বপূৰ্ণ বৈশিষ্ট্যসমূহ হ'ল —

i. পৰমাণুত ইলেকট্ৰনৰ শক্তি কোৱাণ্টাকৃত (quantized)। ইয়াৰ অৰ্থ হ'ল পৰমাণুত ইলেকট্ৰনৰ কিছুমান নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ শক্তিহে থাকিব পাৰে; যি কোনো পৰিমাণৰ শক্তি সম্ভৱ নহয়।

ii. ইলেকট্ৰনৰ কোৱাণ্টাকৃত শক্তি হ'ল ইয়াৰ তৰংগ ধৰ্মৰ প্ৰত্যক্ষ ফল।

iii. পৰমাণুত থকা ইলেকট্ৰনৰ সঠিক অৱস্থান আৰু বেগ একে সময়তে পাব নোৱাৰি (হাইজেনবাৰ্গৰ অনিশ্চয়তা নীতি)। সেইবাবে পৰমাণুত ইলেকট্ৰনৰ নিৰ্দিষ্ট গতিপথ থাকিব নোৱাৰে। গতিকে পৰমাণুৰ ভিতৰত বিভিন্ন বিন্দুত (স্থানত) ইলেকট্ৰনটো থকাৰ সম্ভাবিতা কিমান সেয়া বিচাৰ কৰি চোৱা হয়।

iv. **এটা পৰমাণুত থকা ইলেকট্ৰন এটাৰ বাবে পোৱা তৰংগ ফলনেই (ψ) হ'ল পাৰমাণৱিক অৰবিটেল (atomic orbital)**। ইলেকট্ৰন এটাৰ বাবে যিটো তৰংগ ফলন সম্ভৱ হয় ইলেকট্ৰনটো সেই অৰবিটেলটোতে থকা বুলি কোৱা হয়। তৰংগ ফলনৰ মান যিহেতু বিভিন্ন হ'ব পাৰে, সেয়েহে পৰমাণুত বিভিন্ন অৰবিটেল থাকে। অৰবিটেলৰ ধাৰণাটোৰেই হ'ল পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনীয় গঠনৰ ভেটি। এটা অৰবিটেলত দুটাতকৈ বেছি ইলেকট্ৰন থাকিব নোৱাৰে। বহু-ইলেকট্ৰনযুক্ত পৰমাণুৰ অৰবিটেলবোৰ শক্তিৰ বৰ্ধমান ক্ৰমত ইলেকট্ৰনৰদ্বাৰা পৰিপূৰ্ণ হয়। এনেকুৱা পৰমাণুত প্ৰতিটো ইলেকট্ৰনৰ বাবে এটা তৰংগ ফলন থাকে।

v. পৰমাণুটোৰ ভিতৰত যিকোনো এটা বিন্দুত ইলেকট্ৰনটো থকাৰ সম্ভাবিতাৰ মান তৰংগ ফলনৰ বৰ্গৰপৰা ($|\psi|^2$) পোৱা যায়। বিভিন্ন বিন্দুত পোৱা $|\psi|^2$ ৰ মানৰপৰা নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে কোনখিনি ঠাইত ইলেকট্ৰনটো পোৱাৰ সম্ভাৱনা সৰ্বাধিক সেয়া নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি।

2.8.2 কোৱাণ্টাম সংখ্যা (Quantum Numbers)

আমি ইতিমধ্যে গম পালো যে প্ৰতিটো অৰবিটেলৰ সৈতে তিনিটা কোৱাণ্টাম সংখ্যা জড়িত হৈ থাকে। সেই তিনিটা হ'ল— মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যা (n), এজিমিউথেল কোৱাণ্টাম সংখ্যা (l) আৰু চুম্বকীয় কোৱাণ্টাম সংখ্যা (m_l)। বেলেগ বেলেগ অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত এই কোৱাণ্টাম সংখ্যা কেইটাৰ মানো বেলেগ বেলেগ হয়। বেলেগ বেলেগ অৰবিটেলৰ আকাৰ (size), আকৃতি (shape) আৰু দিকবিন্যাস (orientation) বেলেগ বেলেগ হয়। অৰবিটেলৰ আকাৰ সৰু হ'লে তাত থকা ইলেকট্ৰনটোক নিউক্লিয়াছৰ ওচৰত পোৱাৰ সম্ভাৱনা বেছি হয়। আকৃতি আৰু দিকবিন্যাসে ইয়াকে বুজায় যে ইলেকট্ৰনটো পোৱাৰ সম্ভাৱিতা সকলো দিশতে একে নহয়। অৰবিটেলৰ আকাৰ, আকৃতি আৰু দিকবিন্যাস কোৱাণ্টাম সংখ্যা তিনিটাৰপৰা পোৱা যায়।

মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যা (Principal Quantum Number, n)

ইতিমধ্যে উল্লেখ কৰা হৈছে যে মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যা হ'ল ধনাত্মক অখণ্ড সংখ্যা (1, 2, 3,...)। হাইড্ৰ'জেন আৰু হাইড্ৰ'জেন-সদৃশ পৰমাণুৰ অৰবিটেলৰ শক্তি আৰু আকাৰ মূলতঃ মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যাই নিৰ্দেশ কৰে। অৰবিটেলৰ শক্তি মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যা (n) আৰু এজিমিউথেল

কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ (l) ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। একে পৰমাণুৰ ক্ষেত্ৰত মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ মান বেছি হ'লে শক্তি বাঢ়ে। শক্তিৰ প্ৰতিটো মানকে **শক্তি স্তৰ** (energy level) বুলিও কোৱা হয়। ইয়াক খোল (shell) বুলিও কোৱা হয়। যেনে n =1 হ'লে K খোল, n =2 হ'লে L খোল, n =3 হ'লে M খোল, n = 4 হ'লে N খোল আদি।

nৰ মান বঢ়াৰ লগে লগে অৰবিটেলৰ আকাৰো বাঢ়ে। অৰবিটেলৰ আকাৰ বঢ়াৰ লগে লগে নিউক্লিয়াছৰপৰা ইলেকট্ৰনৰ দূৰত্বও বাঢ়ে।

এটা নিৰ্দিষ্ট খোলত n^2 সংখ্যক অৰবিটেল থাকে; যেনে— K খোলত একেটাই (1^2=1) অৰবিটেল, L খোলত চাৰিটা (2^2 = 4) অৰবিটেল, আদি। অৰ্থাৎ n ৰ মান বাঢ়িলে খোলত থকা অৰবিটেলৰ সংখ্যাও বাঢ়ে। গতিকে আমি ক'ব পাৰো যে nৰ এক নিৰ্দিষ্ট মানবিশিষ্ট অৰবিটেলবোৰে এটা খোল গঠন কৰে।

এজিমিউথেল কোৱাণ্টাম সংখ্যা (*Azimuthal Quantam Number, l*)

এই কোৱাণ্টাম সংখ্যাই অৰবিটেলৰ আকৃতি নিৰ্দেশ কৰে। ইয়াৰ মান nৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। nৰ এক নিৰ্দিষ্ট মানৰ বাবে l ৰ nটা মানেই পোৱা যায় ; এই মানবোৰ 0 (শূন্য) আৰু (n–1) ৰ ভিতৰত থাকে। অৰ্থাৎ n ৰ এক নিৰ্দিষ্ট মানৰ বাবে l ৰ সম্ভৱপৰ মানসমূহ হ'ল—

0, 1, 2,............. , (n–1)

আমি ইতিমধ্যে পাই আহিছো যে l ৰ মানে অৰবিটেল নিৰ্দেশ কৰে। যেনে ঃ l = 0 হ'লে s অৰবিটেল, l =1 হ'লে p অৰবিটেল, l =2 হ'লে d অৰবিটেল আদি। ইহঁতক উপখোলো (subshell) বোলা হয়।

চুম্বকীয় কোৱাণ্টাম সংখ্যা (*Magnatic Quantum Number, m_l*)

চুম্বকীয় কোৱাণ্টাম সংখ্যা আৰু এজিমিউথেল কোৱাণ্টাম সংখ্যাই একলগে ত্ৰি-বিমীয় অক্ষ সাপেক্ষে অৰবিটেলৰ দিকবিন্যাস নিৰ্দেশ কৰে। চুম্বকীয় কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ মান l ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে ; l ৰ এক নিৰ্দিষ্ট মানৰ বাবে m_l ৰ ($2l$+1) টা মান পোৱা যায়। যেনে, $l = 0$ হ'লে m_l ৰ এটা ($2\times0+1=1$) মানেই সম্ভৱ আৰু সেই মানটো হ'ল 0 (শূন্য)। ইয়াৰ অৰ্থ এয়েই যে n ৰ এক নিৰ্দিষ্ট মানৰ বাবে s অৰবিটেল (l = 0) একেটাই। l =1 হ'লে m_l ৰ তিনিটা (2×1+1=3) মান (–1, 0, +1) সম্ভৱ হ'ব ; অৰ্থাৎ n ৰ এক নিৰ্দিষ্ট মানৰ বাবে p অৰবিটেল (l =1) তিনিটা থাকিব। উদাহৰণ স্বৰূপে, n =2 হ'লে l =1 হ'ব পাৰে

এজিমিউথেল কোৱাণ্টাম সংখ্যাই ইলেকট্ৰনৰ অৰবিটেল কৌণিক ভৰবেগৰ (orbital angular momentum) মান নিৰ্দেশ কৰে। এটা ইলেকট্ৰনৰ বাবে অৰবিটেল কৌণিক ভৰবেগৰ মান,

$$|L| = \sqrt{l(l+1)}\ \hbar$$

এটা ইলেকট্ৰন s অৰবিটেলত (l=0) থাকিলে $|L| = 0$ হ'ব। তেনেদৰে p অৰবিটেলত (l =1) থকা এটা ইলেকট্ৰনৰ অৰবিটেল কৌণিক ভৰবেগ,

$$|L| = \sqrt{l(l+1)}\ \hbar = \sqrt{2}\ \hbar \text{ হ'ব।}$$

কৌণিক ভৰবেগ এটা ভেক্টৰ ৰাশি। এক নিৰ্দিষ্ট দিশত প্ৰয়োগ কৰা চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰৰ উপস্থিতিত কৌণিক ভৰবেগ ভেক্টৰ কিছুমান নিৰ্দিষ্ট দিশত সজ্জিত হয়। ইয়াকে দিকবিন্যাস (orientation) বোলে। চুম্বকীয় কোৱাণ্টাম সংখ্যাই অৰবিটেল কৌণিক ভৰবেগৰ দিকবিন্যাস নিৰ্দেশ কৰে।

আৰু তেতিয়া $m_l = -1, 0, +1$ হ'ব। এই p অৰবিটেল (l =1) তিনিটাক $2p_x$, $2p_y$ আৰু $2p_z$ হিচাপে লিখা হয়। তেনেদৰে n =3, l =1, m = −1, 0, +1 হ'লে p অৰবিটেল (l =1) তিনিটা $3p_x$, $3p_y$,আৰু $3p_z$ হ'ব। l =2 হ'লে m_l ৰ পাঁচটা (2×2+1=5) মান (−2, −1, 0,+1,+2) সম্ভৱ হ'ব। সেইবাবে আমি ক'ব পাৰো যে n ৰ নিৰ্দিষ্ট মান সাপেক্ষে d অৰবিটেল (l =2) পাঁচটা থাকে। তলৰ তালিকাখনত অৰবিটেলৰ এই সংখ্যা লিপিবদ্ধ কৰা হৈছে।

l ৰ মান	0	1	2	3	4	5
অৰবিটেল বা উপখোলৰ চিহ্ন	*s*	*p*	*d*	*f*	*g*	*h*
অৰবিটেলৰ সংখ্যা	1	3	5	7	9	11

ওপৰৰ কথাখিনিৰপৰা আমি গম পালো যে প্ৰতিটো অৰবিটেলৰ সৈতে তিনিটা কোৱাণ্টাম সংখ্যা জড়িত হৈ থাকে। সেইকেইটা হ'ল n, l আৰু m_l (তালিকা 2.4)। উদাহৰণ স্বৰূপে, $2s$ অৰবিটেলৰ বাবে কোৱাণ্টাম সংখ্যা তিনিটাৰ মান $n = 2$, $l = 0$, $m_l = 0$ হ'ব। একেদৰে $3p$ অৰবিটেলৰ বাবে কোৱাণ্টাম তিনিটাৰ মান n =3, l =1, m_l = −1, 0, +1 হ'ব।

উদাহৰণ 2.17

মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ (n) মান 3 হ'লে মুঠতে কিমানটা অৰবিটেল সম্ভৱ হ'ব দেখুওৱা।

সমাধান

n =3 হ'লে l ৰ সম্ভাব্য মান হ'ব 0, 1 আৰু 2।

এতিয়া n =3, l = 0, m_l=0 হ'লে অৰবিটেলটো হ'ব $3s$ আৰু $3s$ অৰবিটেল একেটাই।

n =3, l =1 হ'লে $3p$ অৰবিটেল হ'ব। l =1 হ'লে m_l = −1, 0, +1 হয় বাবে $3p$ অৰবিটেল তিনিটা।

l = 2 হ'লে m_l = −2, −1, 0, +1,+2 বাবে $3d$ অৰবিটেল পাঁচটা।

গতিকে মুঠ অৰবিটেলৰ সংখ্যা = 1+3+5=9

একেটা ফলাফল নিম্নোক্ত ধৰণেও পাব পাৰি।

অৰবিটেলৰ সংখ্যা = $n^2 = 3^2$ =9

উদাহৰণ 2.18

নিম্নোক্ত কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ প্ৰতিটো জোঁটে কি অৰবিটেল নিৰ্দেশ কৰিছে লিখা -

a. $n = 2$, l =1 b. $n = 4$, $l = 0$

কক্ষপথ, অৰবিটেল আৰু ইয়াৰ গুৰুত্ব (Orbit, Orbital and its importance)

কক্ষপথ (orbit) আৰু অৰবিটেলৰ (orbital) মাজত আচলতে কোনো সম্পৰ্ক নাই যদিও ইংৰাজী নাম দুটাৰপৰা সিহঁতক ওচৰ সম্বন্ধীয় যেন লাগে। কক্ষপথৰ ধাৰণাটো ব'ৰে তেওঁৰ পৰমাণু আৰ্হিত দিছে। সেই হিচাপে ইলেকট্ৰনে যিটো বৃত্তাকাৰ পথেৰে নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে ঘূৰে সেই পথটোৱে হ'ল কক্ষপথ। কিন্তু হাইজেনবাৰ্গৰ অনিশ্চয়তা সূত্ৰ অনুসৰি ইলেকট্ৰন এটাৰ নিৰ্দিষ্ট গতিপথ থকাটো অসম্ভৱ। এনেকুৱা কক্ষপথৰ অস্তিত্ব পৰীক্ষাৰদ্বাৰা সাব্যস্ত কৰিবও নোৱাৰি। আনহাতে অৰবিটেল হ'ল কোৱাণ্টাম বলবিজ্ঞানীয় ধাৰণা— এটা ইলেকট্ৰনৰ তৰংগ ফলন (ψ)। ইয়াৰ মান তিনিটা কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ (n, l, m_l) ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে (পৰমাণুৰ ক্ষেত্ৰত)। ই ইলেকট্ৰনটোৰ অৱস্থা নিৰ্দেশ কৰে যদিও ইয়াৰ সুনিৰ্দিষ্ট অৰ্থ নাই। তৰংগ ফলনৰ বৰ্গই ($|\psi|^2$) পৰমাণুটোৰ কোনো এক বিন্দুত সম্ভাবিতা ঘনত্বৰ (probability density) মান দিয়ে। সম্ভাবিতা ঘনত্ব মানে হ'ল একক আয়তনত সম্ভাবিতা। এক সূক্ষ্ম আয়তনত ($d\tau$) সম্ভাৱিতাৰ মান পাবলৈ হ'লে $|\psi|^2$ ক সেই আয়তনেৰে পূৰণ ($|\psi|^2. d\tau$) কৰিব লাগিব। এই পূৰণফলসমূহ ($|\psi|^2. d\tau$) যোগ কৰিলে এক নিৰ্দিষ্ট আয়তনত মুঠ সম্ভাৱিতাৰ মান পোৱা যায়। এনেকৈ এটা অৰবিটেলত ইলেকট্ৰন এটাৰ সম্ভাব্য বিতৰণ (probable distribution) পাব পাৰি।

c. $n = 5, l = 3$ d. $n = 3, l = 2$

সমাধান

a. $n = 2, l = 1$ হ'লে $2p$ অৰবিটেল

b. $n = 4, l = 0$ হ'লে $4s$ অৰবিটেল

c. $n = 5, l = 3$ হ'লে $5f$ অৰবিটেল

d. $n = 3, l = 2$ হ'লে $3d$ অৰবিটেল বুজাব

ইলেকট্ৰন স্পিন (Electron Spin)

আমি এতিয়ালৈকে গম পালো যে অৰবিটেলৰ শক্তি, আকাৰ আৰু আকৃতি তিনিটা কোৱণ্টাম সংখ্যাই (n, l আৰু m_l) নিৰ্দেশ কৰে। এই কোৱাণ্টাম সংখ্যা ব্যৱহাৰ কৰি হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীৰ লাইমেন শ্ৰেণী, বামাৰ শ্ৰেণী আদিৰ ব্যাখ্যা দিব পাৰি; কিন্তু বৰ্ণালীৰ সূক্ষ্ম গঠন ব্যাখ্যা কৰিব নোৱাৰি। গতিকে এই তিনিটা কোৱাণ্টাম সংখ্যা নিশ্চয় যথেষ্ট নহয়।

1921 চনত ষ্টাৰ্ন (Stern) আৰু গাৰ্লাকে (Gerlach) এটা পৰীক্ষা সম্পাদন কৰে। এই পৰীক্ষাটোৰ পৰ্য্যবেক্ষণৰপৰা সিদ্ধান্ত কৰা হয় যে ইলেকট্ৰনৰ অৰবিটেল কৌণিক ভৰবেগৰ উপৰি আন এবিধ কৌণিক ভৰবেগ থাকে। ইয়াক স্পিন কৌণিক ভৰবেগ (spin angular momentum) বোলা হয়। স্পিন কৌণিক ভৰবেগৰ মান এটা কোৱাণ্টাম সংখ্যাই নিৰ্দেশ কৰে। ইয়াক **স্পিন কোৱাণ্টাম সংখ্যা** (spin quantum number, s) বোলা হয়। ইলেকট্ৰনৰ বাবে স্পিন কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ মান হ'ল $\frac{1}{2}$ $\left(s = \frac{1}{2}\right)$।

কৌণিক ভৰবেগ এটা ভেক্টৰ ৰাশি। স্পিন কৌণিক ভৰবেগো ভেক্টৰ ৰাশি। নিৰ্দিষ্ট দিশত প্ৰয়োগ কৰা চুম্বক ক্ষেত্ৰত স্পিন কৌণিক ভৰবেগ কিছুমান নিৰ্দিষ্ট দিশত সজ্জিত হয়। এয়েই হৈছে স্পিন কৌণিক ভৰবেগৰ দিকবিন্যাস (orientation)। এটা ইলেকট্ৰনৰ স্পিন কৌণিক ভৰবেগৰ মাত্ৰ দুটা দিকবিন্যাস সম্ভৱ। এই দিকবিন্যাস দুটাক $m_s = +\frac{1}{2}$ আৰু $m_s = -\frac{1}{2}$ ৰে বুজোৱা হয়। $m_s = +\frac{1}{2}$ ক $\uparrow$ চিহ্নৰে (স্পিন আপ, spin up) আৰু $m_s = -\frac{1}{2}$ ক $\downarrow$ চিহ্নৰে (স্পিন ডাউন, spin down) নিৰ্দেশ কৰা হয়। ইয়াকে ইলেকট্ৰনটোৰ দুই স্পিন অৱস্থা (two spin states of the electron) বোলা হয়।

দুটা ইলেকট্ৰনৰ m_s মান বেলেগ বেলেগ হ'লে [অৰ্থাৎ এটা ইলেকট্ৰনৰ $m_s = +\frac{1}{2}$ (বা $\uparrow$) আৰু আনটোৰ $m_s = -\frac{1}{2}$ (বা, $\downarrow$)] সিঁহতৰ স্পিন বিপৰীত (opposite) বুলি কোৱা হয়। একেটা অৰবিটেলত দুটাতকৈ বেছি ইলেকট্ৰন থাকিব নোৱাৰে; অৰবিটেলটোত থকা ইলেকট্ৰন দুটাৰ স্পিন বিপৰীত হ'ব লাগিব।

1925 চনত জৰ্জ উলেনবেক (George Uhlenbeck) আৰু ছেমুৱেল গ'ডস্মিটে (Samuel Goudsmit) স্পিন আৰু m_s কোৱাণ্টাম সংখ্যাটোৰ ধাৰণা দিয়ে।

পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনসমূহ অৰবিটেলত ($1s$, $2s$ আদিত) থাকে। আকৌ প্ৰতিটো অৰবিটেলৰ সৈতে তিনিটা কোৱাণ্টাম সংখ্যা (n, l, m_l) জড়িত হৈ থাকে। সেইবাবে পৰমাণুত থকা যিকোনো ইলেকট্ৰন এটাৰ সৈতে এই তিনিটা কোৱাণ্টাম সংখ্যা থাকে। তাৰোপৰি স্পিনৰ বাবেও ইলেকট্ৰনটোৱে এটা কোৱাণ্টাম সংখ্যা (m_s) পায়। গতিকে আমি ক'ব পাৰো যে পৰমাণুত থকা যিকোনো এটা ইলেকট্ৰনৰ চাৰিটা কোৱাণ্টাম সংখ্যা (n, l, m আৰু m_s) থাকে। এই চাৰিটা কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰপৰা আমি নিম্নোক্ত তথ্য পাব পাৰো—

i. nএ খোল আৰু অৰবিটেলৰ আকাৰ বুজায়। ই বহুলাংশে অৰবিটেলৰ শক্তিও নিৰ্দেশ কৰে।

ii. l ৰ মানে অৰবিটেল বা উপখোল নিৰ্দেশ কৰে। n-তম খোলত n ধৰণৰ অৰবিটেল বা উপখোল থাকে। এটা নিৰ্দিষ্ট খোলত কোনো এবিধ অৰবিটেলৰ মুঠ সংখ্যা হ'ল $(2l+1)$; যেনে, s-অৰবিটেল $(l = 0)$ একেটাই, p অৰবিটেল $(l=1)$ তিনিটা, d অৰবিটেল $(l = 2)$ পাঁচটা আদি। বহু-ইলেকট্ৰনযুক্ত পৰমাণুৰ অৰবিটেলৰ শক্তি l ৰ ওপৰতো নিৰ্ভৰ কৰে।

iii. m_l-এ অৰবিটেলৰ দিকবিন্যাস নিৰ্দেশ কৰে। l ৰ এটা নিৰ্দিষ্ট মানৰ বাবে m_l ৰ $(2l+1)$ টা মান পোৱা যায় বাবে l- এ বুজোৱা অৰবিটেলটোৰ সংখ্যাও সিমানেই হয়।

iv. m_s কোৱাণ্টাম সংখ্যাটোৱে ইলেকট্ৰনৰ স্পিন (বা, স্পিন কৌণিক ভৰবেগৰ) দিকবিন্যাস নিৰ্দেশ কৰে।

2.8.3 পাৰমাণৱিক অৰবিটেলৰ আকৃতি (*Shapes of Atomic Orbitals*)

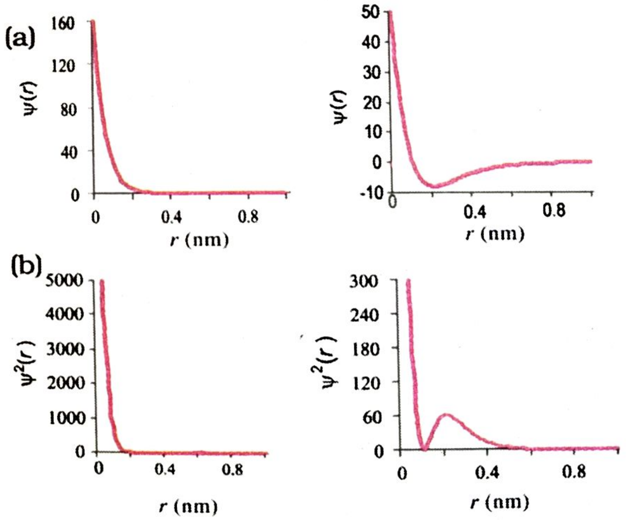
আমি এতিয়ালৈকে জানিছো যে অৰবিটেল হ'ল এটা ইলেকট্ৰনৰ তৰংগ ফলন (ψ)। প্ৰতিটো অৰবিটেলৰ বাবে

> হাইড্ৰ'জেন বা হাইড্ৰ'জেন সদৃশ পৰমাণুৰ $1s$ অৰবিটেলৰ গাণিতিক প্ৰকাশৰাশিটো হ'ল
>
> $$1s = \quad = \left(\frac{Z^3}{\pi a_0^{\ 3}}\right)^{1/2} e^{-\frac{Zr}{a_0}}$$
>
> ইয়াত Z = পৰমাণু ক্ৰমাংক
>
> $a_0 = 53$ pm
>
> r = নিউক্লিয়াছৰপৰা ইলেকট্ৰনৰ দূৰত্ব

একোটা গাণিতিক প্ৰকাশৰাশি আছে। উদাহৰণ স্বৰূপে, $1s$ অৰবিটেলৰ কথা বিবেচনা কৰিব পাৰো। এক নিৰ্দিষ্ট পৰমাণুৰ ক্ষেত্ৰত $1s$ তৰংগ ফলনটোৰ মান r ৰ (নিউক্লিয়াছৰপৰা ইলেকট্ৰনৰ দূৰত্ব) ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে; অৰ্থাৎ r ৰ মান সলনি হ'লে তৰংগ ফলনৰ মানো সলনি হয়। এই পৰিৱৰ্তন দেখুৱাবলৈ আমি r ৰ বিপৰীত তৰংগ ফলনৰ লেখ আঁকিব পাৰোঁ। চিত্ৰ 2.12 (a) ত r ৰ বিপৰীতে $1s$ আৰু $2s$ অৰবিটেলৰ লেখ দেখুওৱা হৈছে।

আকৌ ψ ৰ মানৰপৰা $|\psi|^2$ ৰ মানো পোৱা যাব। আমি জানো যে $|\psi|^2$এ পৰমাণুটোৰ কোনো এক বিন্দুত ইলেকট্ৰনটো থকাৰ সম্ভাৱিতা ঘনত্বৰ মান দিয়ে। r ৰ মান সলনি হোৱাৰ লগে লগে সম্ভাবিতা ঘনত্বৰ ($|\psi|^2$) মানো সলনি হ'ব। $1s$ আৰু $2s$ অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত এই পৰিৱৰ্তন চিত্ৰ 2.12 (b) ত দেখুওৱা হৈছে। অৱশ্যে বেলেগ বেলেগ অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত ψ ৰ বিপৰীত r আৰু $|\psi|^2$ ৰ বিপৰীতে r ৰ লেখ বেলেগ বেলেগ হয়।

চিত্ৰ 2.12ৰ পৰা দেখা যায় যে দুয়োটা অৰবিটেলৰ বাবে নিউক্লিয়াছত $(r = 0)$ তৰংগ ফলনৰ মান সৰ্বোচ্চ হয়। একেদৰে দুয়োটা অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত ইলেকট্ৰনটো থকাৰ সম্ভাবিতা ঘনত্ব ($|\psi|^2$) নিউক্লিয়াছত সৰ্বোচ্চ। $1s$ অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত নিউক্লিয়াছৰপৰা দূৰত্ব বাঢ়ি যোৱাৰ লগে লগে সম্ভাবিতা ঘনত্ব দ্ৰুতভাবে কমে। $2s$ অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত r ৰ মান বঢ়াৰ লগে লগে সম্ভাবিতা ঘনত্ব প্ৰথমে দ্ৰুতভাবে কমি শূন্য হয়, তাৰ



চিত্ৰ 2.12 (a) 1s আৰু 2s অৰবিটেলৰ বাবে তৰংগ ফলন $\psi(r)$ ৰ বিপৰীতে r ৰ লেখ;
(b) একে অৰবিটেলৰ বাবে সম্ভাৱিতা ঘনত্বৰ $\{\psi^2(r)\}$ বিপৰীতে r ৰ লেখ

পিচত বাঢ়ে আৰু শেষত কমি শূন্যৰ ওচৰ চাপে। যিখিনি ঠাইত সম্ভাৰিতা ঘনত্বৰ মান শূন্য হয় তাকে ন'ড (node) বা নডেল পৃষ্ঠ (nodal surface) বোলা হয়। *1s* অৰবিটেলৰ ন'ড নাথাকে যদিও *2s* অৰবিটেলৰ এটা ন'ড আছে। তেনেদৰে *3s* অৰবিটেলৰ দুটা , *4s* অৰবিটেলৰ তিনিটা ন'ড থাকে। মুঠতে *ns* অৰবিটেলৰ $(n-1)$ টা ন'ড থাকে। সম্ভাৰিতা ঘনত্বৰ এই পৰিবৰ্তন চাৰ্জ ক্লাউড ছবিৰে (charge cloud diagram, চিত্ৰ 2.13) সহজে বুজিব পাৰি। এই চিত্ৰত বিন্দুবোৰৰ ঘনত্বই ইলেকট্ৰন থকাৰ সম্ভাৰিতা ঘনত্ব বুজাইছে।

যিকোনো এটা অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে আমি এক পৃষ্ঠৰ কথা ভাবিব পাৰো য'ত সম্ভাৰিতা ঘনত্ব ধ্ৰুৱক হয়। চাৰ্জ ক্লাউড ছবিত এনেকুৱা পৃষ্ঠ আঁকি দেখুৱাব পাৰি। ইয়াকে **স্থিৰ সম্ভাৰিতা ঘনত্বৰ সীমা পৃষ্ঠ ছবি** (boundary surface diagram) বোলা হয়। একেটা অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত এনেকুৱা সীমা পৃষ্ঠ ছবি বহুত হ'ব পাৰে। কিন্তু আমি এনেকুৱা পৃষ্ঠ এটাৰ কথা বিবেচনা কৰো যিয়ে আগুৰা অঞ্চলটোত সম্ভাৰিতা ঘনত্ব অতি বেছি (ধৰা 90%) হয়। *1s* আৰু *2s* অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত এনেকুৱা সীমা পৃষ্ঠ ছবি চিত্ৰ 2.13ত দেখুওৱা হৈছে।

আমি এনেকুৱা সীমা পৃষ্ঠ এটা কেতিয়াও নাপাও যিয়ে আগুৰা ক্ষেত্ৰত ইলেকট্ৰনটো থকাৰ সম্ভাৱনা 100% হয়। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল — নিউক্লিয়াছৰপৰা যি কোনো এক অসীম দূৰত্বত কমকৈ হ'লেও ইলেকট্ৰন থকাৰ সম্ভাৱনা থাকেই ; শূন্য নহয়। এই কাৰণে ইলেকট্ৰন থকাৰ সম্ভাৱনা অতি বেছি হোৱা অঞ্চলটোৰ কথা বিবেচনা কৰা হয়।

সীমা পৃষ্ঠ ছবিৰপৰা অৰবিটেলৰ আকৃতি পোৱা যায়। *1s* আৰু *2s* অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত সীমা পৃষ্ঠ ছবি দুটা গোলকৰ নিচিনা (চিত্ৰ 2.13)। গতিকে আমি ক'ব পাৰো যে *1s* আৰু *2s* অৰবিটেল গোলকাকাৰ (spherical)। দৰাচলতে প্ৰতিটো *s* অৰবিটেল (*1s, 2s, 3s* আদি) গোলকীয়ভাবে সমমিত (spherically symmetric)।

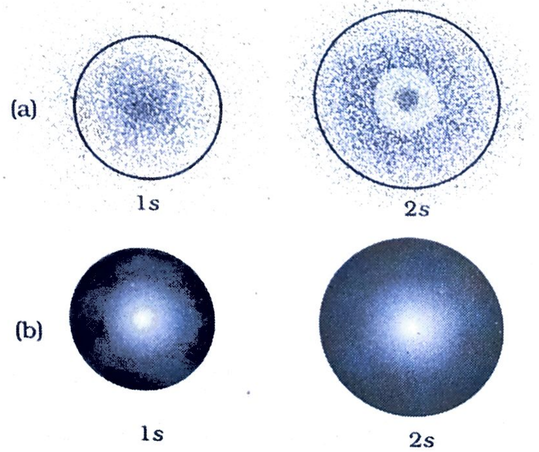
ইয়াৰ অৰ্থ এই যে পৰমাণু এটাৰ যিকোনো *s* অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত নিউক্লিয়াছৰপৰা এক নিৰ্দিষ্ট দূৰত্বত ইলেকট্ৰন থকাৰ সম্ভাৱনা সকলো দিশতে একে। আকৌ এটা নিৰ্দিষ্ট পৰমাণুৰ ক্ষেত্ৰত n ৰ মান বঢ়াৰ লগে লগে *s* অৰবিটেলৰ আকাৰো বৃদ্ধি পায় ; যেনে —

$$1s < 2s < 3s < 4s....$$

আকাৰ বাঢ়িছে (n ৰ মান বাঢ়িছে) →

অৰবিটেলৰ আকাৰ বঢ়াৰ লগে লগে নিউক্লিয়াছৰপৰা ইলেকট্ৰনৰ দূৰত্বও বাঢ়ে।

2p অৰবিটেলৰ সীমা পৃষ্ঠ ছবি (চিত্ৰ 2.14) *s* অৰবিটেলতকৈ বেলেগ। উদাহৰণ স্বৰূপে $2p_z$ অৰবিটেলৰ কথাকে বিবেচনা কৰিব পাৰো। নিউক্লিয়াছৰ দুয়োফালে z-অক্ষত থকা দুটা খণ্ড বা ল'বৰ (lobe) সমষ্টিয়েই হ'ল $2p_z$ অৰবিটেল। এই দুটা ল'বতহে ইলেকট্ৰন থকাৰ সম্ভাৱনা সৰ্বাধিক। আনহাতে $2p_z$ অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত নিউক্লিয়াছৰ মাজেৰে xy সমতলত ইলেকট্ৰন থকাৰ সম্ভাৱনা নাই। (সম্ভাৰিতা ঘনত্ব = 0)। $2p_x$ অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত একে ধৰণৰ দুটা ল'ব x অক্ষত থাকে আৰু নিউক্লিয়াছৰ মাজেৰে yz সমতলত সম্ভাৰিতা ঘনত্ব শূন্য। তেনেদৰে $2p_y$ অৰবিটেলৰ ল'ব দুটা y অক্ষত



চিত্ৰ 2.13 (a) 1s আৰু 2s অৰবিটেলৰ বাবে সম্ভাৰিতা ঘনত্ব— বিন্দুবোৰৰ ঘনত্বই ইলেকট্ৰন থকাৰ সম্ভাৱ্যতা ঘনত্ব বুজাইছে।
(b) 1s আৰু 2s অৰবিটেলৰ সীমা পৃষ্ঠ ছবি

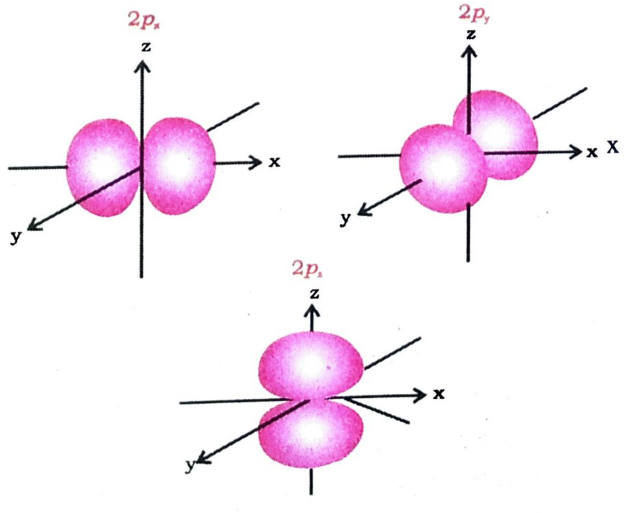
থাকিব আৰু xy সমতলত সম্ভাৱিতা ঘনত্ব শূন্য হ'ব। আমি জানো যে x-, y- আৰু z- অক্ষ তিনিডাল পৰস্পৰৰ লম্বভাবে থাকে। সেয়েহে $2p_x$, $2p_y$ আৰু $2p_z$ অৰবিটেল তিনিটাও পৰস্পৰৰ লম্বভাবে থাকে। ওপৰৰ কথাখিনি যিকোনো p অৰবিটেলৰ ($3p$, $4p$...) ক্ষেত্ৰতে প্ৰযোজ্য। একেটা পৰমাণুৰ ক্ষেত্ৰত n ৰ মান বঢ়াৰ লগে লগে p অৰবিটেলৰ আকাৰো বাঢ়ে।

$$2p < 3p < 4p....$$

আকাৰ বাঢ়িছে →

p- অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত নিউক্লিয়াছত সম্ভাবিতা ঘনত্ব শূন্য হয়; নিউক্লিয়াছৰপৰা দূৰত্ব বঢ়াৰ লগে লগে সম্ভাবিতা ঘনত্ব বাঢ়ি আকৌ কমে। p- অৰবিটেলৰ ন'ডৰ সংখ্যা (n –2) হয়।

d- অৰবিটেলৰ সীমা পৃষ্ঠ ছবি চিত্ৰ 2.15ত দেখুওৱা হৈছে। d-অৰবিটেল পাঁচটাক d_{xy}, d_{yz}, d_{zx}, $d_{x^2-y^2}$ আৰু (d_{z^2}) চিহ্নৰে নিৰ্দেশ কৰা হয়। ইয়াৰে প্ৰথম চাৰিটা d-অৰবিটেলৰ আকৃতি এক ধৰণৰ যদিও শেষৰটোৰ (d_{z^2}) আকৃতি বেলেগ। আন d- অৰবিটেলৰ ($4d$, $5d$,...) আকৃতি একে ধৰণৰ যদিও n-ৰ মান বঢ়াৰ লগে লগে আকাৰ আৰু শক্তি বাঢ়ে।



চিত্ৰ 2.14 *তিনিওটা 2p অৰবিটেলৰ ($2p_x$, $2p_y$, $2p_z$) সীমাপৃষ্ঠ ছবি*

p- অৰবিটেলৰ দৰে d- অৰবিটেলৰো ন'ড থাকে। উদাহৰণ স্বৰূপে, d_{xy} অৰবিটেলৰ দুখন ন'ডেল তল (nodal plane) আছে। প্ৰতিখন ন'ডেল তলে নিউক্লিয়াছৰ মাজেৰে z অক্ষক সামৰি লৈ xy সমতলক দ্বিখণ্ডিত কৰিছে। ন'ডেল তলক কৌণিক ন'ড (angular node) বোলা হয়। কৌণিক ন'ডৰ সংখ্যা l ৰ মানৰ সমান। আকৌ ৰেডিয়েল ন'ডৰ (radial node) সংখ্যা হ'ল (n – l – 1)। সেয়েহে মুঠ ন'ডৰ (কৌণিক ন'ড + ৰেডিয়েল ন'ড) সংখ্যা হ'ল (n –1)।

2.8.4 অৰবিটেলৰ শক্তি (Energies of orbitals)

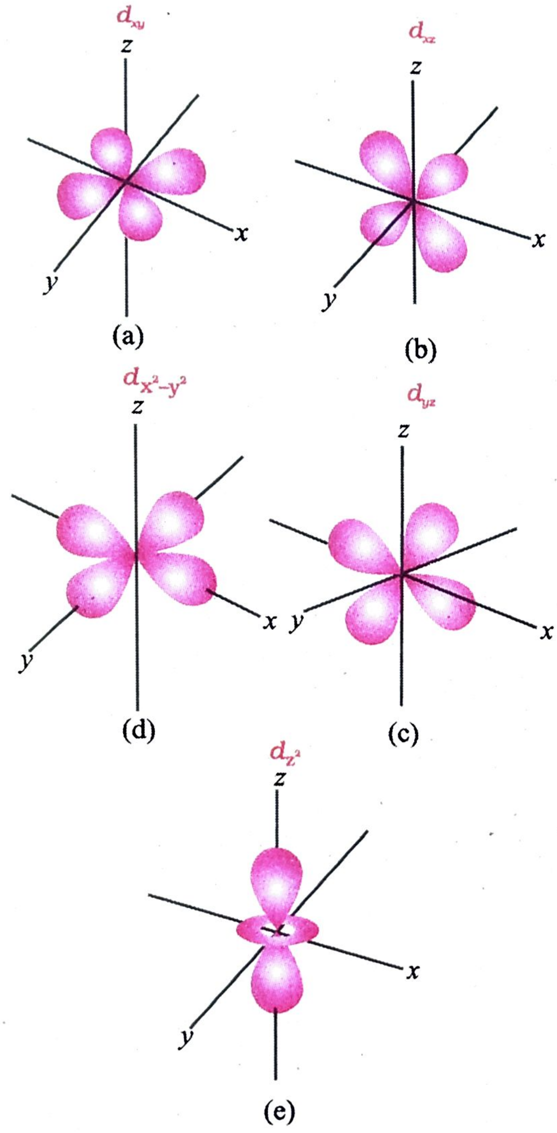
ভূমিস্তৰ অৱস্থাত (ground state) হাইড্ৰ'জেন বা হাইড্ৰ'জেন-সদৃশ পৰমাণুৰ অৰবিটেলৰ শক্তি মূলতঃ মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। এই অৰবিটেলসমূহৰ শক্তি নিম্নোক্ত ক্ৰমত বাঢ়ে—

$$1s < 2s = 2p < 3s = 3p = 3d < 4s < 4p = 4d = 4f < .... \quad (2.23)$$

এই ক্ৰমটো চিত্ৰ 2.16ত দেখুওৱা হৈছে।

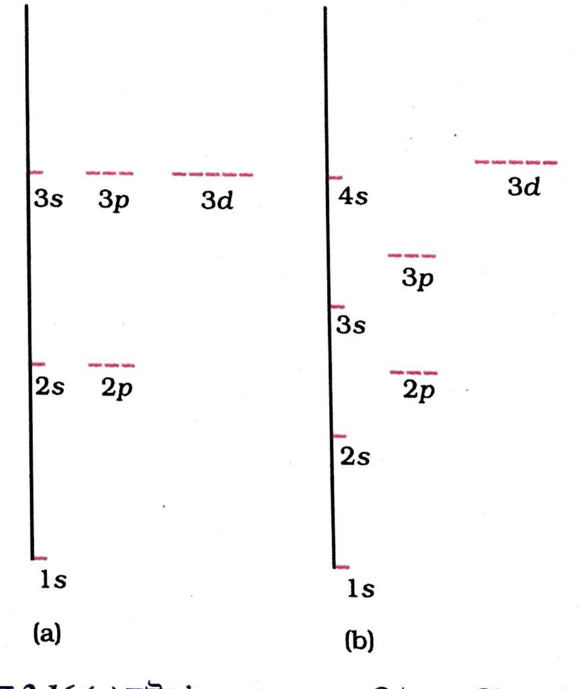
দেখা গৈছে যে হাইড্ৰ'জেন বা হাইড্ৰ'জেন-সদৃশ পৰমাণুৰ $2s$ আৰু $2p$ অৰবিটেলৰ শক্তি সমান। তেনেদৰে $3s$, $3p$ আৰু $3d$ ৰ শক্তি সমান; $4s$, $4p$, $4d$ আৰু $4f$ ৰ শক্তি সমান। একে শক্তিসম্পন্ন অৰবিটেলবোৰক ডিজেনেৰেট অৰবিটেল (degenerate orbitals) বোলা হয়। ইয়াত $2s$ আৰু $2p$ ডিজেনেৰেট; $3s$, $3p$ আৰু $3d$ অৰবিটেলো ডিজেনেৰেট।

$1s$ অৰবিটেলৰ শক্তি আটাইতকৈ কম। হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনটো $1s$ অৰবিটেলত থাকিলে শক্তি আটাইতকৈ কম হ'ব ; অৰ্থাৎ সুস্থিৰ হ'ব। আটাইতকৈ কম শক্তিৰ অৱস্থাটোকে **ভূমিস্তৰ অৱস্থা** (ground state) বোলা হয়। হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনটো ভূমিস্তৰ অৱস্থাত ($1s$) থাকিলে নিউক্লিয়াছৰদ্বাৰা আটাইতকৈ বেছি জোৰে আকৰ্ষিত হৈ থাকিব। কিন্তু হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনটো $2s$,



চিত্ৰ 2.15 পাঁচোটা 3d অৰবিটেলৰ সীমাপৃষ্ঠ ছবি

2p বা আন কোনো অৰবিটেলত থাকিলে শক্তি বেছি হ'ব। তেতিয়া ইয়াক **উত্তেজিত অৱস্থাত** (excited state) থকা বুলি কোৱা হয়। বহু-ইলেকট্ৰনযুক্ত পৰমাণুৰ অৰবিটেলৰ শক্তি মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যা, এজিমিউথেল কোৱাণ্টাম সংখ্যা আৰু স্পিন কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। এনেকুৱা এটা পৰমাণুৰ 2s আৰু 2p অৰবিটেল ডিজেনেৰেট নহয়। তেনেদৰে 3s, 3p, 3d আদিও ডিজেনেৰেট নহয়। অৰ্থাৎ মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ এক নিৰ্দিষ্ট মানযুক্ত s, p, d, f, ... অৰবিটেল সমূহৰ শক্তি বেলেগ বেলেগ হয়। মূলতঃ ইলেকট্ৰনবোৰৰ মাজত হোৱা বিকৰ্ষণৰ বাবে এই অৰবিটেলসমূহৰ শক্তি বেলেগ বেলেগ হয়। হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুত মাত্ৰ একধৰণৰ আন্তঃক্ৰিয়া (interaction) থাকে। সেয়া হ'ল নিউক্লিয়াছ (ধনাত্মক আধান) আৰু ইলেকট্ৰনৰ (ঋণাত্মক আধান) মাজৰ আকৰ্ষণ। বহু-ইলেকট্ৰনযুক্ত পৰমাণুত কিন্তু দুই ধৰণৰ আন্তঃক্ৰিয়া হয়— ইলেকট্ৰন-নিউক্লিয়াছৰ মাজত আকৰ্ষণ আৰু ইলেকট্ৰন-ইলেকট্ৰন বিকৰ্ষণ। প্ৰতিটো ইলেকট্ৰনকে নিউক্লিয়াছে আকৰ্ষণ কৰে। তেনেদৰে প্ৰতিটো ইলেকট্ৰন আৰু পৰমাণুটোৰ আনবোৰ ইলেকট্ৰনৰ মাজত বিকৰ্ষণ হয়। ইলেকট্ৰন-ইলেকট্ৰন বিকৰ্ষণতকৈ নিউক্লিয়াছ আৰু ইলেকট্ৰনৰ মাজৰ আকৰ্ষণী বল বেছি হোৱা বাবে ইলেকট্ৰন পৰমাণুটোত থাকে। এই আকৰ্ষণী আৰু বিকৰ্ষণী বলেই অৰবিটেলৰ শক্তি নিৰ্ধাৰণ কৰে। নিউক্লিয়াছৰ আধান (nuclear charge, Ze ; Z = পৰমাণু



চিত্ৰ 2.16 (a) হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ অৰবিটেলৰ শক্তি স্তৰ চিত্ৰ। যিবোৰ অৰবিটেলৰ মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ মান একে সেইবোৰৰ শক্তি সমান।

(b) বহু-ইলেকট্ৰনযুক্ত পৰমাণুৰ অৰবিটেলৰ শক্তি স্তৰ চিত্ৰ। মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ মান একে হ'লেও বেলেগ বেলেগ অৰবিটেলৰ শক্তি বেলেগ বেলেগ।

ক্ৰমাংক, e = প্ৰ'টনৰ আধান) বাঢ়িলে নিউক্লিয়াছ আৰু ইলেকট্ৰনৰ মাজৰ আকৰ্ষণী বলো বাঢ়ে। ভিতৰৰ খোল (inner shell) আৰু বাহিৰৰ খোলত (outer shell) থকা সকলো ইলেকট্ৰনকেই নিউক্লিয়াছে আকৰ্ষণ কৰে। কিন্তু ভিতৰৰ ইলেকট্ৰনৰদ্বাৰা বাহিৰৰ ইলেকট্ৰন বিকৰ্ষিত হয়। ফলস্বৰূপে বাহিৰৰ ইলেকট্ৰন এটাই গোটেইখিনি নিউক্লীয় আধান (Ze) অনুভৱ নকৰে; ই কম নিউক্লীয় আধানৰ আকৰ্ষণী বল অনুভৱ কৰিব। আমি ক'ব পাৰো, ভিতৰৰ খোলৰ ইলেকট্ৰনে বাহিৰৰ খোলৰ ইলেকট্ৰনৰ প্ৰতি নিউক্লিয়াছৰ আকৰ্ষণ কমাই দিয়ে। অৰ্থাৎ ভিতৰৰ খোলৰ ইলেকট্ৰনবোৰে নিউক্লিয়াছ আৰু আৰু বাহিৰৰ খোলৰ ইলেকট্ৰনৰ মাজৰ এখন পৰ্দাৰ কাম কৰে। ইয়াকে **ছিল্ডিং বা স্ক্ৰিনিং** (shielding or screening) বোলা হয়। ছিল্ডিংৰ বাবে বাহিৰৰ খোলৰ ইলেকট্ৰনে কম নিউক্লীয় আধান অনুভৱ কৰে। ইলেকট্ৰন এটাই যিমানখিনি নিউক্লীয় আধান অনুভৱ কৰে তাকে সেই ইলেকট্ৰনটোৰ **কাৰ্যকৰী নিউক্লীয় আধান** (effective nuclear charge, $Z_{eff}\,e$) বোলা হয়। ছিল্ডিং থাকিলেও কিন্তু নিউক্লীয় আধান বাঢ়িলে বাহিৰৰ খোলৰ প্ৰতি নিউক্লিয়াছৰ আকৰ্ষণ বাঢ়ে। নিউক্লিয়াছৰ আৰ্কষণ বাঢ়িলে অৰবিটেলৰ শক্তি কমে। আন কথাত পৰমাণু ক্ৰমাংক (Z) বাঢ়িলে অৰবিটেলৰ শক্তি কমে। উদাহৰণ স্বৰূপে, লিথিয়াম পৰমাণুৰ (Z= 3) $2s$ অৰবিটেলৰ শক্তি হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ (Z =1) $2s$ অৰবিটেলৰ শক্তিতকৈ কম। তেনেদৰে ছডিয়ামৰ (Z=11) $2s$ অৰবিটেলৰ শক্তিতকৈ লিথিয়ামৰ $2s$ অৰবিটেলৰ শক্তি বেছি। অৰ্থাৎ,

$$E_{2s}(\mathrm{H}) > E_{2s}(\mathrm{Li}) > E_{2s}(\mathrm{Na}) > E_{2s}(\mathrm{K})$$

নিউক্লিয়াছ-ইলেকট্ৰন আকৰ্ষণ আৰু ইলেকট্ৰন-ইলেকট্ৰন বিকৰ্ষণ (অৰ্থাৎ অৰবিটেলৰ শক্তি) খোল আৰু অৰবিটেলৰ আকৃতিৰ ওপৰতো নিৰ্ভৰ কৰে। উদাহৰণ স্বৰূপে, s অৰবিটেলৰ আকৃতি গোলাকাকাৰ হোৱা বাবে ইয়াত থকা ইলেকট্ৰনে বাহিৰৰ ইলেকট্ৰনক বেছিকৈ ছিল্ডিং কৰিব পাৰে। একে খোলত থকা p অৰবিটেলৰ ছিল্ডিং s অৰবিটেলতকৈ কম হয়, d অৰবিটেলৰ আৰু কম হয়। আকৌ s অৰবিটেলত থকা ইলেকট্ৰন এটাক নিউক্লিয়াছৰ একেবাৰে ওচৰত পোৱাৰ সম্ভাৱনা সৰ্বাধিক। একেটা খোলত থকা p, d, আদি অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত নিউক্লিয়াছত ইলেকট্ৰন থকাৰ সম্ভাৱনা নাই (শূন্য)। p অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত নিউক্লিয়াছৰ অলপ আতৰত সম্ভাৱনা সৰ্বাধিক, d অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত আৰু অধিক দূৰত্বতহে সম্ভাৱনা সৰ্বাধিক হয়। সেইবাবে একেটা খোলত থাকিলেও বেলেগ বেলেগ অৰবিটেলৰ বাবে কাৰ্যকৰী নিউক্লীয় আধান (Z_{eff}) বেলেগ বেলেগ হয়। s অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত কাৰ্যকৰী নিউক্লীয় আধানৰ মান সৰ্বাধিক ; p, d আদি অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত ইয়াৰ মান কমি গৈ থাকে। অৰ্থাৎ আমি ক'ব পাৰো যে এজিমিউথেল কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ মান বাঢ়িলে Z_{eff} ৰ মান কমে। গতিকে s অৰবিটেলত থকা ইলেকট্ৰনক নিউক্লিয়াছে আটাইতকৈ বেছি জোৰে আকৰ্ষণ কৰিব। একে খোলৰ p অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত এই আকৰ্ষণ কম হ'ব; d-অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত আৰু কম হ'ব। সেই কাৰণে একেটা খোলৰ s অৰবিটেলৰ শক্তি সৰ্বনিম্ন হয়, p অৰবিটেলৰ তাতকৈ বেছি, d অৰবিটেলৰ আৰু বেছি— এই ক্ৰমত অৰবিটেলৰ শক্তি বাঢ়ি যায়। গতিকে আমি ক'ব পাৰো যে অৰবিটেলৰ শক্তি মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ (n) লগতে এজিমিউথেল কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ (l) ওপৰতো নিৰ্ভৰ কৰে।

বহু-ইলেকট্ৰনযুক্ত পৰমাণুত থকা অৰবিটেলৰ শক্তিৰ ক্ৰম **(n + l) নীতিৰ** [($n+l$) rule] সহায়ত ঠাৱৰ কৰিব পাৰি। ($n+l$) নীতিটো হ'ল—

যিটো অৰবিটেলৰ ($n+l$) মান কম সেই অৰবিটেলৰ শক্তি কম। দুটা অৰবিটেলৰ (n + l) মান একে হ'লে যিটো অৰবিটেলৰ n ৰ মান কম সেই অৰবিটেলৰ শক্তিও কম হয়।

তালিকা 2.5 ত ($n+l$) নীতিৰ প্ৰয়োগ দেখুওৱা হৈছে। চিত্ৰ 2.16 (b)ত বহু-ইলেকট্ৰনযুক্ত পৰমাণুৰ অৰবিটেলৰ শক্তি স্তৰ দেখুওৱা হৈছে।

তালিকা 2.5 $(n + l)$ নীতিৰ ভিত্তিত অৰবিটেলৰ শক্তি নিৰ্ধাৰণ

অৰবিটেল	n ৰ মান	l ৰ মান	$(n + l)$ৰ মান	
1s	1	0	1 + 0 = 1	
2s	2	0	2 + 0 = 2	
2p	2	1	3 + 1 = 3	2p ৰ $(n = 2)$ শক্তি 3s তকৈ $(n = 3)$ কম
3s	3	0	3 + 0 = 3	
3p	3	1	3 + 1 = 4	3p ৰ $(n = 3)$ শক্তি 4s তকৈ $(n = 4)$ কম
4s	4	0	4 + 0 = 4	
3d	3	2	3 + 2 = 5	3d ৰ $(n = 3)$ শক্তি 4p তকৈ $(n = 4)$ কম
4p	4	1	4 + 1 = 5	

2.8.5 পৰমাণুত অৰবিটেলৰ পৰিপূৰ্ণকৰণ (*Filling of Orbitals in Atom*)

যিকোনো এটা পৰমাণুৰ আটাইবোৰ ইলেকট্ৰন পৰমাণুটোৰ কিছুমান অৰবিটেলত থাকে। এটা নীতি অনুসৰি অৰবিটেলসমূহ ইলেকট্ৰনৰদ্বাৰা পৰিপূৰ্ণ হয়। এই নীতিটোৰ নাম হ'ল **আফবাও নীতি** (aufbau principle)। আফবাও নীতিটো আকৌ আন দুটা নীতিৰ ওপৰত প্ৰতিষ্ঠিত। সেই নীতি দুটা হ'ল— **পাউলিৰ নিষেধ নীতি** আৰু **হুণ্ডৰ সৰ্বোচ্চ গুণিতক নীতি**। তদুপৰি আফবাও নীতিৰ মূল ভেটিটো হ'ল অৰবিটেলৰ শক্তি।

আফবাও নীতি (*Aufbau Principle*)

'*Aufbau*' হ'ল এটা জাৰ্মান শব্দ আৰু ইয়াৰ অৰ্থ হ'ল 'গঠন হোৱা' (building up)। ইয়াত পৰমাণুটো 'গঠন হোৱা'ৰ অৰ্থ হ'ল অৰবিটেলসমূহ ইলেকট্ৰনৰদ্বাৰা পৰিপূৰ্ণ হোৱা। আফবাও নীতিটো হ'ল—

পৰমাণুৰ ভূমিস্তৰ অৱস্থাত অৰবিটেলসমূহ শক্তিৰ বৰ্ধমান ক্ৰমত ইলেকট্ৰনৰদ্বাৰা পৰিপূৰ্ণ হয়।

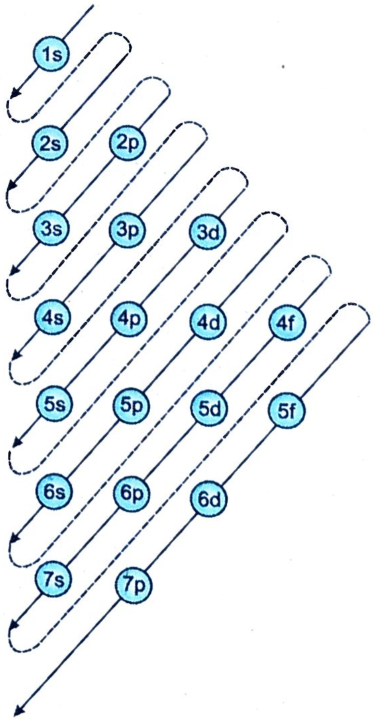
অৰ্থাৎ পৰমাণুটোত থকা আটাইতকৈ কম শক্তিৰ অৰবিটেলটো প্ৰথমে ইলেকট্ৰনৰদ্বাৰা পৰিপূৰ্ণ হয়; ইয়াৰ পাছত যিটো অৰবিটেলৰ শক্তি প্ৰথমটোতকৈ বেছি সেইটো ইলেকট্ৰনৰদ্বাৰা পৰিপূৰ্ণ হয়। এনেদৰে কম শক্তিৰপৰা বেছি শক্তিলৈ একাদিক্ৰমে অৰবিটেলবোৰ ইলেকট্ৰনেৰে পৰিপূৰ্ণ হয়।

বহু-ইলেকট্ৰনযুক্ত পৰমাণু এটাৰ অৰবিটেলৰ শক্তি নিম্নোক্ত ক্ৰমত বাঢ়ে—

1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 4f, 5d, 6p, 7s,....

অৰবিটেলৰ শক্তি বাঢ়িছে →

সেইবাবে অৰবিটেলবোৰ এইটো ক্ৰমতে ইলেকট্ৰনৰদ্বাৰা পৰিপূৰ্ণ হ'ব। প্ৰথমে *1s* অৰবিটেলত ইলেকট্ৰন সোমাব, তাৰ পাছত *2s* আৰু তাৰ পাছত *2p* ত সোমাব।



চিত্ৰ 2.17 অৰবিটেলবোৰ ইলেকট্ৰনৰদ্বাৰা পৰিপূৰ্ণ হোৱাৰ ক্ৰম

এনেদৰে অৰবিটেলবোৰ ইলেকট্ৰনৰদ্বাৰা পৰিপূৰ্ণ হ'ব। অৰবিটেলৰ শক্তিৰ বৰ্ধমান ক্ৰমটো চিত্ৰ 2.17ত দেখুওৱা পদ্ধতিৰ সহায়তো মনত ৰাখিব পাৰি। চিত্ৰত ওপৰৰপৰা তললৈ কাঁড় চিনেৰে দেখুওৱা পথেৰে অৰবিটেলৰ শক্তি বাঢ়ি গৈছে।

পাউলিৰ নিষেধ নীতি
(Pauli's Exclusion Principle)

কোনো এটা অৰবিটেলত সৰ্বোচ্চ কিমানটা ইলেকট্ৰন থাকিব পাৰে সেয়া পাউলিৰ নিষেধ নীতিৰ সহায়ত ঠাৰৰ কৰিব পাৰি। এই নীতিটো অষ্ট্ৰিয়াৰ বিজ্ঞানী উলফ্গেং পাউলিয়ে (Wolfgang Pauli) 1926 চনত দিছিল। পাউলিৰ নিষেধ নীতিটো হ'ল—

এটা পৰমাণুত থকা যি কোনো দুটা ইলেকট্ৰনৰ চাৰিওটা কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ মান কেতিয়াও একে হ'ব নোৱাৰে।

পাউলিৰ নিষেধ নীতিটোৰপৰা আমি সিদ্ধান্ত কৰিব পাৰো যে **এটা অৰবিটেলত মাত্ৰ দুটা ইলেকট্ৰনহে থাকিব পাৰে আৰু এই ইলেকট্ৰন দুটাৰ স্পিন বিপৰীত হ'ব।** একেটা অৰবিটেলত দুটা ইলেকট্ৰন থাকিলে দুয়োটাৰ n, l আৰু m_l ৰ মান একে হ'বই লাগিব। তেতিয়া এটা ইলেকট্ৰনৰ স্পিন $+\frac{1}{2}$ হ'লে আনটোৰ স্পিন $-\frac{1}{2}$ হ'ব ; অৰ্থাৎ স্পিন বিপৰীত হ'ব। ইয়াকে **ইলেকট্ৰনৰ যুগ্মন** (pairing of electrons) বোলা হয়। আমি জানো যে মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ (n) এক নিৰ্দিষ্ট মান বিশিষ্ট s অৰবিটেল এটা পৰমাণুত একেটাই থাকে। সেইবাবে s অৰবিটেলত সৰ্বোচ্চ দুটা ইলেকট্ৰনহে থাকিব পাৰে। অৰ্থাৎ একেটা পৰমাণুৰ $1s$, $2s$, $3s$ আদি অৰবিটেলৰ প্ৰতিটোতে সৰ্বোচ্চ দুটাকৈ ইলেকট্ৰন থাকিব পাৰে; দুটাৰ বেছি নোৱাৰে।

n ৰ এক নিৰ্দিষ্ট মানৰ বাবে p অৰবিটেল তিনিটা (p_x, p_y, আৰু p_z) থাকে। সেইবাবে p অৰবিটেলত সৰ্বোচ্চ 6 টা ইলেকট্ৰন থকাটো সম্ভৱ। একেটা পৰমাণুৰ $2p$, $3p$.... আদি অৰবিটেলৰ (বা উপখোলৰ) প্ৰতিটোতে সৰ্বোচ্চ 6 টাকৈ ইলেকট্ৰন থাকিব পাৰে। তেনেদৰে d অৰবিটেলত (d অৰবিটেল 5 টা) সৰ্বাধিক 10 টা আৰু f অৰবিটেলত (f অৰবিটেল 7টা) সৰ্বাধিক 14টা ইলেকট্ৰন থাকিব পাৰে। কোনো এটা অৰবিটেলত সৰ্বোচ্চ সংখ্যক ইলেকট্ৰন থাকিলে অৰবিটেলটো **সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ** (completely filled) হয়। যেনে, s অৰবিটেলত 2টা ইলেকট্ৰন থাকিলে ই সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ হ'ব। তেনেদৰে p অৰবিটেলত 6টা, d অৰবিটেলত 10টা আৰু f অৰবিটেলত 14 টা ইলেকট্ৰন থাকিলে অৰবিটেলবোৰ **সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ** হ'ব। আকৌ অৰবিটেলত সৰ্বোচ্চ সংখ্যকৰ আধা ইলেকট্ৰন থাকিলে অৰবিটেলটো **অৰ্ধপূৰ্ণ** (half-filled) হয়। যেনে, p অৰবিটেলত 3টা dত 5টা ইলেকট্ৰন থাকিলে ইহঁত অৰ্ধপূৰ্ণ হ'ব।

আমি ইতিমধ্যে পাইছো যে এটা খোলত (অৰ্থাৎ মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ নিৰ্দিষ্ট মান, n) সৰ্বোচ্চ n^2 সংখ্যক অৰবিটেল থাকে। **সেয়েহে এটা খোলত সৰ্বাধিক $2n^2$ সংখ্যক ইলেকট্ৰন থকা সম্ভৱ** ; ইয়াতকৈ বেছি ইলেকট্ৰন থাকিব নোৱাৰে।

হুণ্ডৰ সৰ্বোচ্চ গুনিতক নীতি
(Hund's Rule of Maximum Multiplicity)

ডিজেনেৰেট অৰবিটেলবোৰ (সমশক্তি সম্পন্ন অৰবিটেল) ইলেকট্ৰনৰদ্বাৰা পৰিপূৰ্ণ হওঁতে এই নীতি প্ৰযোজ্য হয়। হুণ্ডৰ সৰ্বোচ্চ গুনীতক নীতিটো হ'ল—

ডিজেনেৰেট অৰবিটেলবোৰ (একেটা পৰমাণুৰ p, d, f আদি অৰবিটেল) ইলেকট্ৰনৰদ্বাৰা পৰিপূৰ্ণ হওতে প্ৰথমে এনেকুৱা প্ৰতিটো অৰবিটেলতে একে স্পিনযুক্ত ইলেকট্ৰন এটাকৈ সোমায়; প্ৰতিটো অৰবিটেলত এটাকৈ ইলেকট্ৰন হোৱাৰ পাছতহে ইলেকট্ৰনৰ যুগ্মন হ'ব পাৰে।

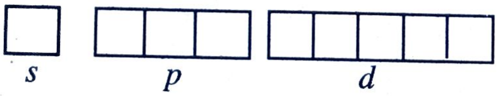
উদাহৰণ স্বৰূপে, p অৰবিটেলত তিনিটা ইলেকট্ৰন থাকিলে প্ৰতিটো p অৰবিটেলত (p_x, p_y আৰু p_z) এটাকৈ ইলেকট্ৰন থাকিব। আনহাতে p অৰবিটেলত চাৰিটা ইলেকট্ৰন থাকিলে প্ৰথমে প্ৰতিটো p অৰবিটেলত এটাকৈ ইলেকট্ৰন সোমাব। সেয়েহে চতুৰ্থ ইলেকট্ৰনটোৰ

পৰা যুগ্মন আৰম্ভ হ'ব। তেনেদৰে d অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত ষষ্ঠ আৰু f অৰবিটেলৰ ক্ষেত্ৰত অষ্টম ইলেকট্ৰনটোৰ-পৰা যুগ্মন হ'ব। এইখিনিতে উল্লেখ কৰিব পাৰি যে সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ আৰু অৰ্ধপূৰ্ণ ডিজেনেৰেট অৰবিটেলসমূহ যথেষ্ট সুস্থিৰ হয়। ইয়াৰ কাৰণ পিচত (2.8.8 অংশ চোৱা) আলোচনা কৰা হৈছে।

2.8.6 পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস (*Electronic Configuration of Atoms*)

এটা পৰমাণুৰ বিভিন্ন অৰবিটেলত ইলেকট্ৰনৰ বিতৰণকে পৰমাণুটোৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস (electronic configuration) বোলা হয়। ওপৰত উল্লেখ কৰা নীতিসমূহ প্ৰয়োগ কৰি আমি ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস লিখিব পাৰো। পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস দুই ধৰণে উপস্থাপন কৰিব পাৰি—

i. $s^a\, p^b\, d^c$..... লিপিৰে (notation)
ii. অৰবিটেল ছবিৰে



প্ৰথম পদ্ধতিটোত অৰবিটেলবোৰ (1s, 2s, 2p আদি) লিখি প্ৰতিটো অৰবিটেলত থকা ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা (a, b, c...আদি) অৰবিটেলৰ চিহ্নটোৰ সোঁফালে ওপৰত লিখা হয়। প্ৰতিটো অৰবিটেলৰ বাওফালে নিৰ্দিষ্ট মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যাটো লিখা হয়।

দ্বিতীয় পদ্ধতিটোত প্ৰতিটো অৰবিটেলক একোটা চতুৰ্ভুজেৰে (box) উপস্থাপন কৰা হয়। প্ৰতিটো অৰবিটেলত থকা ইলেকট্ৰনক ↑ বা ↓ চিনেৰে বুজোৱা হয়। প্ৰথম পদ্ধতিতকৈ এই পদ্ধতিটোৰ এটা অতিৰিক্ত সুবিধা হ'ল ই ইলেকট্ৰনৰ চাৰিওটা কোৱাণ্টাম সংখ্যা নিৰ্দেশ কৰে।

এটা হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুত মাত্ৰ এটা ইলেকট্ৰন থাকে। ভূমিস্তৰ অৱস্থাত এই ইলেকট্ৰনটো সৰ্বনিম্ন শক্তিৰ অৰবিটেল 1s ত থাকে। এই কথাখিনি আমি 1s^1 হিচাপে লিখিব পাৰো—

মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যা → $1s^1$ ← *ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা* ; ↖ *অৰবিটেল*

আৰু এয়েই হ'ল হাইড্ৰ'জেনৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস। $1s^1$ বিন্যাসটোৱে 1s অৰবিটেলত 1টা ইলেকট্ৰন থকা বুজাইছে।

হিলিয়াম (He) পৰমাণুত দুটা ইলেকট্ৰন আছে। যিহেতু এটা অৰবিটেলত সৰ্বোচ্চ দুটা ইলেকট্ৰন থাকিব পাৰে সেয়েহে ভূমিস্তৰ অৱস্থাত He পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰন দুটা 1s অৰবিটেলত থাকিব। সেইবাবে He পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস $1s^2$ হ'ব। একে অৰবিটেলত (1s) থকা এই ইলেকট্ৰন দুটাৰ স্পিন বিপৰীত হ'ব লাগিব (পাউলিৰ নিষেধ নীতি) ; অৰ্থাৎ এটা ইলেকট্ৰনৰ স্পিন $\frac{1}{2}$ (↑) আৰু আনটো ইলেকট্ৰনৰ স্পিন $-\frac{1}{2}$ (↓) হ'ব। অৰবিটেল ছবিৰে হাইড্ৰ'জেন আৰু হিলিয়ামৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস হ'ব—

Heত 1s অৰবিটেলটো সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ হৈছে।

লিথিয়াম (Li) পৰমাণুত তিনিটা ইলেকট্ৰন আছে। ইয়াৰে দুটা ইলেকট্ৰন 1s অৰবিটেলত থাকিব, কিয়নো এটা অৰবিটেলত সৰ্বোচ্চ দুটা ইলেকট্ৰনহে থাকিব পাৰে। বাকী ৰোৱা ইলেকট্ৰনটো 2s অৰবিটেলত (1sৰ পাছতে 2sৰ শক্তি বেছি।) থাকিব। সেইকাৰণে ভূমিস্তৰ অৱস্থাত Li ৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস $1s^2 2s^1$ হ'ব। বেৰিলিয়াম পৰমাণুত (Be, 4টা ইলেকট্ৰন) 1s অৰবিটেলটো সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ হোৱাৰ পাছত 2s অৰবিটেলটোও সম্পূৰ্ণৰূপে ইলেকট্ৰনৰদ্বাৰা পৰিপূৰ্ণ হ'ব। সেয়েহে Be ৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস হ'ল $1s^2 2s^2$ (তালিকা 2.6 চোৱা)।

ব'ৰন পৰমাণুত (B, 5টা ইলেকট্ৰন) 1s আৰু 2s অৰবিটেল দুটা সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ হোৱাৰ পাছত বাকী

ৰোৱা ইলেকট্ৰনটো $2p$ অৰবিটেলত সোমায়। গতিকে B ৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^1$ হ'ব। ইয়াৰ পাছত কাৰ্বন (C, $1s^2 2s^2 2p^2$), নাইট্ৰ'জেন (N, $1s^2 2s^2 2p^3$), অক্সিজেন (O, $1s^2 2s^2 2p^4$) আৰু ফ্লুৰিন পৰমাণুত (F, $1s^2 2s^2 2p^5$) $2p$ অৰবিটেল ক্ৰমান্বয়ে পূৰ হৈ আছে ; শেষত নিয়নত (Ne, $1s^2 2s^2 2p^6$) $2p$ অৰবিটেল সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ হয়।

অৰবিটেল ছবিৰে এই পৰমাণুবোৰৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস হ'ব-

	$1s$	$2s$	$2p$		
Li	↑↓	↑			
Be	↑↓	↑↓			
B	↑↓	↑↓	↑		
C	↑↓	↑↓	↑	↑	
N	↑↓	↑↓	↑	↑	↑
O	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑
F	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑
Ne	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓

তোমালোকে নিশ্চয় মন কৰিছা যে Li পৰমাণুত $2s$ অৰবিটেল পূৰ হোৱা আৰম্ভ হোৱাৰ পাছত Ne ত $2p$ অৰবিটেলটো সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ হৈছে। একেদৰে ছ'ডিয়ামত (Na, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$) $3s$ অৰবিটেল পূৰ হোৱা আৰম্ভ হয় আৰু আৰ্গনত (Ar, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$) $3p$ অৰবিটেলটোও ইলেকট্ৰনৰদ্বাৰা পৰিপূৰ্ণ হয়। প্ৰথম আৰু দ্বিতীয় খোলত থকা ইলেকট্ৰন দহটাক ($1s^2 2s^2 2p^6$) আমি [Ne] চিহ্নৰে বুজাব পাৰো, কাৰণ Ne ৰ দহটা ইলেকট্ৰন (ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস একেই) আছে। সেইবাবে Na আৰু Ar-ৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস ক্ৰমে [Ne]$3s^1$ আৰু [Ne]$3s^2 3p^6$ ধৰণে লিখিব পাৰো। ইহঁতৰ মাজৰ (পৰমাণু ক্ৰমাংক 12ৰ পৰা 17) মৌলকেইটাৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাসো একে ধৰণে লিখিব পাৰি।

পৰমাণু এটাৰ বহিৰতম খোলত (মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ সৰ্বোচ্চ মান যুক্ত) থকা ইলেকট্ৰনবোৰক **যোজ্যতা ইলেকট্ৰন** (valence electron) বোলা হয়। ইয়াৰ ভিতৰৰ সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ হৈ থকা খোলৰ ইলেকট্ৰনবোৰক **ক'ৰ ইলেকট্ৰন** (core electrons) বোলা হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে, Na ৰ $3s^1$ ইলেকট্ৰনটো ($n = 3$) হ'ল যোজ্যতা ইলেকট্ৰন আৰু [Ne] ইলেকট্ৰনকেইটা ($1s^2 2s^2 2p^6$, $n = 1$ আৰু $n = 2$) হ'ল ক'ৰ ইলেকট্ৰন।

পৰমাণু ক্ৰমাংক অনুসৰি Arৰ পিচৰ মৌলটো হ'ল পটেছিয়াম (K)। K-পৰমাণুত $1s$ ৰ পৰা $3p$লৈকে অৰবিটেলকেইটা ইলেকট্ৰনৰদ্বাৰা সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ হোৱাৰ পাছত বাকী ৰোৱা ইলেকট্ৰনটো $4s$ অৰবিটেলত সোমায় (K, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$)। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল $3p$ ৰ পিচতে $4s$ অৰবিটেলৰ শক্তি বেছি আৰু $3d$ৰ শক্তি $4s$তকৈ বেছি। কেলছিয়াম পৰমাণুত আকৌ $4s$ অৰবিটেলটোও সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ হয় (Ca, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$) ।

শক্তিৰ বৰ্ধমান ক্ৰমত $4s$ৰ পিচতে হ'ল $3d$ অৰবিটেল। আকৌ পৰমাণু ক্ৰমাংকৰ হিচাপত কেলছিয়ামৰ পিচৰ মৌলটো হ'ল স্কেন্‌ডিয়াম (Sc)। Sc পৰমাণুত $1s$ ৰ পৰা $4s$লৈকে আটাইকেইটা অৰবিটেল সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ হয় আৰু অন্তিম ইলেকট্ৰনটো $3d$ অৰবিটেলত সোমায় (Sc, $1s^2 2s^2 2p^6 2s^2 3p^6 4s^2 3d^1$)। আমি জানো যে d অৰবিটেল পাঁচটা আৰু ইয়াত মুঠতে 10টা ইলেকট্ৰন থাকিব পাৰে। সেইবাবে Scৰ পৰা আৰম্ভ হৈ টিটানিয়াম (Ti), ভেনেডিয়াম (V), ক্ৰ'মিয়াম (Cr), মেংগানিজ (Mn), আইৰণ (Fe), ক'বাল্ট (Co), নিকেল (Ni) আৰু কপাৰত (Cu) $3d$ অৰবিটেল ক্ৰমান্বয়ে পূৰ হৈ আছে। শেষত জিংক পৰমাণুত (Zn) $3d$ অৰবিটেলো সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ হয়। এইখিনিতে এটা কথা মন কৰিবলগীয়া যে Cr ৰ $3d$ অৰবিটেলত 4টা, Cu ৰ $3d$ অৰবিটেলত 9টা থকাৰ উপৰিও সিহঁত প্ৰত্যেকৰে $4s$ত 2 টাকৈ ইলেকট্ৰন থাকিব লাগিছিল। তাৰ সলনি Crৰ $3d$ অৰবিটেলত

ক্ৰমে 5টা, Cu ৰ 3d অৰবিটেলত 10 টা ইলেকট্ৰন আৰু সিহঁতৰ প্ৰত্যেকৰে $4s$ত এটাকৈ ইলেকট্ৰন থাকে। অৰ্ধপূৰ্ণ বা সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ অৰবিটেলবোৰ (p^3, p^6, d^5, d^{10}, f^7, f^{14} আদি) বেছি সুস্থিৰ বাবে তেনেকুৱা হয় (মনত ৰাখিবা, ইয়াৰ ব্যতিক্ৰমো হয়)।

$3d$ অৰবিটেল ইলেকট্ৰনেৰে পৰিপূৰ্ণ হোৱাৰ পাছত $4p$ অৰবিটেলৰ পৰিপূৰণ আৰম্ভ হয়। গেলিয়াম (Ga) পৰমাণুত $4p$ অৰবিটেলৰ পৰিপূৰণ আৰম্ভ হয় আৰু ক্ৰিপ্‌টনত (Kr) ই সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ হয়। ইয়াৰ পাছৰ 18টা মৌলত [ৰুবিডিয়ামৰপৰা (Rb) জেননলৈ (Xe)] ক্ৰমে $5s$, $4d$ আৰু $5p$ অৰবিটেল কেইটা পৰিপূৰ্ণ হয়। এই অৰবিটেলকেইটাৰ পৰিপূৰণ $4s$, $3d$ আৰু $4p$ৰ সৈতে একে।

$5p$ৰ পাছত $6s$ অৰবিটেলৰ পৰিপূৰণ হয়। চিজিয়াম (Cs) আৰু বেৰিয়াম (Ba) পৰমাণুৰ $6s$ অৰবিটেলত ক্ৰমে এটা আৰু 2টা ইলেকট্ৰন থাকে ; অৰ্থাৎ Baত $6s$ অৰবিটেল সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ হয়। তাৰ পাছত লেন্থেনামৰপৰা (La) মাৰ্কাৰিলৈ (Hg) এই 24টা মৌলত ক্ৰমান্বয়ে $4f$ আৰু $5d$ অৰবিটেলকেইটা ইলেকট্ৰনেৰে পৰিপূৰ্ণ হয়। মাৰ্কাৰিৰ (পৰমাণু ক্ৰমাংক = 80) পিচৰ মৌলবোৰত ক্ৰমান্বয়ে $6p$, $7s$, $5f$ আৰু $6d$ অৰবিটেলবোৰ পূৰ্ণ হয়।

ইউৰেনিয়ামৰ (U, পৰমাণু ক্ৰমাংক = 92) পাছৰ মৌলবোৰ প্ৰকৃতিত পোৱা নাযায়; এইবোৰ পৰীক্ষাগাৰত প্ৰস্তুত কৰা মৌল। তদুপৰি এই মৌলবোৰ ক্ষণস্থায়ী।

মনত ৰাখিবা, আমি ইয়াত ভূমিস্তৰ অৱস্থাত থকা পৰমাণুৰহে ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস আলোচনা কৰিছো। উত্তেজিত অৱস্থাত পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস বেলেগ হ'ব।

এইখিনিতে প্ৰশ্ন হ'ব পাৰে, মৌলৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস জানিলেনো কি লাভ হ'ব? ইয়াৰ সহজ উত্তৰ হ'ল — ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস জানিলেহে আমি মৌলৰ ৰাসায়নিক ধৰ্ম বুজি পাম আৰু ব্যাখ্যা কৰিব পাৰিম। সেইবাবে আধুনিক ৰসায়ন প্ৰধানকৈ মৌলৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাসৰ ওপৰতে নিৰ্ভৰশীল। মৌলৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাসৰ সহায়ত আমি বহুতো প্ৰশ্নৰ উত্তৰ দিব পাৰো; যেনে- দুটা বা ততোধিক পৰমাণুৰে লগ লাগি কিয় অণু গঠন কৰে, কিছুমান মৌলক ধাতু আৰু আন কিছুমানক অধাতু হিচাপে কিয় পোৱা যায়, কিছুমান মৌল (যেনে, হিলিয়াম, আৰ্গন) সক্ৰিয় নহয় যদিও আন কিছুমান মৌল (যেনে, হেল'জেন) অতি সক্ৰিয় কিয়, আদি। সেইবাবে পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনীয় গঠন ভালদৰে জনাটো একান্ত প্ৰয়োজন।

2.8.7 অৰ্ধপূৰ্ণ আৰু সম্পূৰ্ণৰূপে পূৰ্ণ অৰবিটেলৰ সুস্থিৰতা (*Stability of Completely Filled and Half-Filled Orbitals*)

ভূমিস্তৰ অৱস্থাত প্ৰায় সকলোবোৰ মৌলৰ পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস ওপৰত উনুকিওৱা নীতিসমূহ (2.8.6 অংশ) ব্যৱহাৰ কৰি লিখিব পাৰো। কিন্তু কিছুমান মৌলৰ ক্ষেত্ৰত (যেনে, Cu আৰু Cr) কিছু ব্যতিক্ৰম ঘটে। Cu আৰু Cr ৰ কথা বিবেচনা কৰিলে দেখা যায় যে ইহঁতৰ প্ৰত্যেকৰে $3d$ আৰু $4s$ অৰবিটেলৰ মাজত শক্তিৰ পাৰ্থক্য অতি কম। প্ৰতিটোতে কম শক্তিৰ অৰবিটেলৰপৰা ($4s$) এটা ইলেকট্ৰন বেছি শক্তিৰ অৰবিটেললৈ ($3d$) গৈছে ; ফলস্বৰূপে বেছি শক্তিৰ অৰবিটেলটো ($3d$) অৰ্ধপূৰ্ণ (Crত) বা সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ (Cuত) হৈছে। সেইকাৰণে Cr আৰু Cuৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস ক্ৰমে $1s^22s^22p^63s^23p^64s^13d^5$ আৰু $1s^22s^22p^23s^23p^64s^13d^{10}$ হয় ; কিন্তু $1s^22s^22p^63s^23p^64s^23d^4$ আৰু $1s^22s^22p^63s^23p^6 4s^23d^9$ নহয়। অৰ্ধপূৰ্ণ ($3d^5$) আৰু সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ অৰবিটেলসমূহ বেছি সুস্থিৰ বাবে Cr আৰু Cuৰ এই ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস সম্ভৱ হৈছে।

সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ আৰু অৰ্ধপূৰ্ণ অৰবিটেলবোৰ সুস্থিৰ হোৱাৰ কাৰণ
(Causes of stability of completely filled and half filled orbitals)

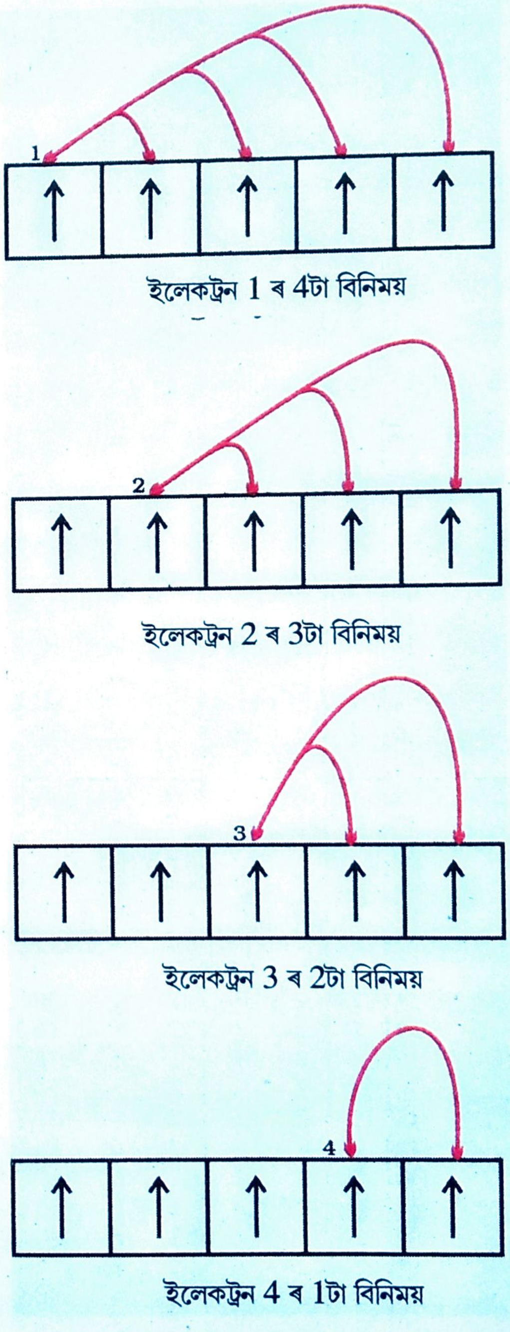
সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ আৰু অৰ্ধপূৰ্ণ অৰবিটেলসমূহ সুস্থিৰ হোৱাৰ কাৰণ প্ৰধানকৈ দুটা— i. ইলেকট্ৰনৰ সমমিত বিতৰণ আৰু ii. বিনিময় শক্তি।

i. *ইলেকট্ৰনৰ সমমিত বিতৰণ* (*Symmetrical distribution of electron*)

অৰবিটেলবোৰ অৰ্ধপূৰ্ণ বা সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ হৈ থাকিলে ইলেকট্ৰনৰ বিতৰণ সমমিত হয়। সমমিতি বাঢ়িলে সুস্থিৰতাও বাঢ়ে। উদাহৰণ স্বৰূপে, অৰ্ধপূৰ্ণ বা সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ $3d$ অৰবিটেলৰ কথাকে বিবেচনা কৰিব পাৰো। ইয়াত থকা ইলেকট্ৰনবোৰৰ শক্তি একে যদিও এইবোৰ কিছুমান নিৰ্দিষ্ট দিশত থাকে। এই অৱস্থাত ইলেকট্ৰনবোৰৰ মাজত বিকৰ্ষণ কম হয় আৰু এটা ইলেকট্ৰনে আনটোক কমকৈ ছিল্ডিং কৰে। ফলস্বৰূপে ইলেকট্ৰনবোৰ নিউক্লিয়াছৰদ্বাৰা বেছি তীব্ৰভাৱে আকৰ্ষিত হয়।

ii. ***বিনিময় শক্তি* (*Exchange energy*)** ঃ পৰমাণু এটাৰ ডিজেনেৰেট অৰবিটেলত একাধিক একে স্পিনযুক্ত ইলেকট্ৰন থাকিলে এই ইলেকট্ৰনবোৰে নিজৰ স্থান বিনিময় কৰিব পাৰে। এনেকুৱা স্থান বিমিয়ৰ ফলত শক্তি নিৰ্গত হয়। ইয়াকে **বিনিময় শক্তি** বোলা হয়। ডিজেনেৰেট অৰবিটেলবোৰ অৰ্ধপূৰ্ণ বা সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ হৈ থাকিলে ইলেকট্ৰনৰ বিনিময় সৰ্বোচ্চ হয় ; সেইবাবে বিনিময় শক্তিও সৰ্বোচ্চ হয়।

মুঠৰ ওপৰত অৰ্ধপূৰ্ণ বা সম্পূৰ্ণৰূপে পৰিপূৰ্ণ অৰবিটেলৰ সুস্থিৰতাৰ কাৰণ হ'ল— i. তুলনামূলকভাবে কম ছিল্ডিং, ii. ইলেকট্ৰনবোৰৰ মাজত কম বিকৰ্ষণ আৰু iii. বেছি বিনিময় শক্তি।



চিত্ৰ **2.18** d^5 বিন্যাসৰ সম্ভাব্য বিনিময়

তালিকা 2.6 মৌলসমূহৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস

মৌল	Z	*1s*	*2s*	*2p*	*3s*	*3p*	*3d*	*4s*	*4p*	*4d*	*4f*	*5s*	*5p*	*5d*	*5f*	*6s*	*6p*	*6d*	*7s*
H	1	1																	
He	2	2																	
Li	3	2	1																
Be	4	2	2																
B	5	2	2	1															
C	6	2	2	2															
N	7	2	2	3															
O	8	2	2	4															
F	9	2	2	5															
Ne	10	2	2	6															
Na	11	2	2	6	1														
Mg	12	2	2	6	2														
Al	13	2	2	6	2	1													
Sl	14	2	2	6	2	2													
P	15	2	2	6	2	3													
S	16	2	2	6	2	4													
Cl	17	2	2	6	2	5													
Ar	18	2	2	6	2	6													
K	19	2	2	6	2	6		1											
Ca	20	2	2	6	2	6		2											
Sc	21	2	2	6	2	6	1	2											
Ti	22	2	2	6	2	6	2	2											
V	23	2	2	6	2	6	3	2											
Cr	24	2	2	6	2	6	5	1											
Mn	25	2	2	6	2	6	5	2											
Fe	26	2	2	6	2	6	6	2											
Co	27	2	2	6	2	6	7	2											
Ni	28	2	2	6	2	6	8	2											
Cu*	29	2	2	6	2	6	10	1											
Zn	30	2	2	6	2	6	10	2											
Ga	31	2	2	6	2	6	10	2	1										
Ge	32	2	2	6	2	6	10	2	2										
As	33	2	2	6	2	6	10	2	3										
Se	34	2	2	6	2	6	10	2	4										
Br	35	2	2	6	2	6	10	2	5										
Kr	36	2	2	6	2	6	10	2	6										
Rb	37	2	2	6	2	6	10	2	6		1								
Sr	38	2	2	6	2	6	10	2	6		2								
Y	39	2	2	6	2	6	10	2	6	1	2								
Zr	40	2	2	6	2	6	10	2	6	2	2								
Nb*	41	2	2	6	2	6	10	2	6	4	1								
Mo*	42	2	2	6	2	6	10	2	6	5	1								
Tc	43	2	2	6	2	6	10	2	6	5	2								
Ru*	44	2	2	6	2	6	10	2	6	7	1								
Rh*	45	2	2	6	2	6	10	2	6	8	1								
Pd*	46	2	2	6	2	6	10	2	6	10									
Ag*	47	2	2	6	2	6	10	2	6	10	2								
Cd	48	2	2	6	2	6	10	2	6	10	2								
In	49	2	2	6	2	6	10	2	6	10	2	1							
Sn	50	2	2	6	2	6	10	2	6	10	2	2							
Sb	51	2	2	6	2	6	10	2	6	10	2	3							
Te	52	2	2	6	2	6	10	2	6	10	2	4							
I	53	2	2	6	2	6	10	2	6	10	2	5							
Xe	54	2	2	6	2	6	10	2	6	10	2	6							

মৌল	Z	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	6s	6p	6d	7s
Cs	55	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6			1			
Ba	56	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6			2			
La*	57	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6	1		2			
Ce*	58	2	2	6	2	6	10	2	6	10	2	2	6			2			
Pr	59	2	2	6	2	6	10	2	6	10	3	2	6			2			
Nd	60	2	2	6	2	6	10	2	6	10	4	2	6			2			
Pm	61	2	2	6	2	6	10	2	6	10	5	2	6			2			
Sm	62	2	2	6	2	6	10	2	6	10	6	2	6			2			
Eu	63	2	2	6	2	6	10	2	6	10	7	2	6			2			
Gd*	64	2	2	6	2	6	10	2	6	10	7	2	6	1		2			
Tb	65	2	2	6	2	6	10	2	6	10	9	2	6			2			
Dy	66	2	2	6	2	6	10	2	6	10	10	2	6			2			
Ho	67	2	2	6	2	6	10	2	6	10	11	2	6			2			
Er	68	2	2	6	2	6	10	2	6	10	12	2	6			2			
Tm	69	2	2	6	2	6	10	2	6	10	13	2	6			2			
Yb	70	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6			2			
Lu	71	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	1		2			
Hf	72	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	2		2			
Ta	73	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	3		2			
W	74	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	4		2			
Re	75	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	5		2			
Os	76	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	6		2			
Ir	77	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	7		2			
Pt*	78	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	9		1			
Au	79	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		1			
Hg	80	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2			
Tl	81	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	1		
Pb	82	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	2		
Bi	83	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	3		
Po	84	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	4		
At	85	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	5		
Rn	86	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6		
Fr	87	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6		1
Ra	88	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6		2
Ac	89	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6	1	2
Th	90	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6	2	2
Pa	91	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	2	2	6	1	2
U	92	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	3	2	6	1	2
Np	93	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	4	2	6	1	2
Pu	94	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	6	2	6		2
Am	95	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6		2
Cm	96	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6	1	2
Bk	97	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	8	2	6	1	2
Cf	98	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	10	2	6		2
Es	99	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	11	2	6		2
Fm	100	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	12	2	6		2
Md	101	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	13	2	6		2
No	102	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6		2
Lr	103	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	1	2
Rf	104	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	10	2	6	2	2
Db	105	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	11	2	6	3	2
Sg	106	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	12	2	6	4	2
Bh	107	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	13	2	6	5	2
Hs	108	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	6	2
Mt	109	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	7	2
Ds	110	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	8	2
Rg**	111	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	10	1

** 112 বা ততোধিক পৰমাণু ক্ৰমাংক বিশিষ্ট মৌলৰ আৱিষ্কাৰ হোৱা বুলি ঘোষণা কৰা হৈছে যদিও সাব্যস্ত কৰা হোৱা নাই বা ইহঁতৰ নামকৰণো হোৱা নাই।

সাৰাংশ

পৰমাণুবোৰ হ'ল মৌলৰ সূক্ষ্মতম কণিকা যিয়ে বিক্ৰিয়াত অংশগ্ৰহণ কৰে। 1808 চনত জন ডেল্টনে প্ৰথমে **পাৰমাণৱিক তত্ত্ব**টো দিছিল। এই তত্ত্ব অনুসৰি পদাৰ্থৰ সূক্ষ্মতম অবিভাজ্য কণাটোৱেই হ'ল পৰমাণু। কিন্তু ঊনৈশ শতিকাৰ শেষ ভাগত প্ৰমাণিত হয় যে পৰমাণু অবিভাজ্য নহয় ; ইয়াক বিভাজিত কৰিব পাৰি। এটা পৰমাণু তিনি ধৰণৰ মৌলিক কণাৰে গঠিত — **ইলেকট্ৰন, প্ৰ'টন** আৰু **নিউট্ৰন**। এই কণাবোৰৰ আৱিষ্কাৰৰ লগে লগে পৰমাণুৰ আৰ্হিৰ প্ৰয়োজন হ'ল।

1898 চনত **থমছনে** পৰমাণুৰ এটা আৰ্হি দিয়ে। থমছনৰ আৰ্হি মতে, পৰমাণুটো এটা ধনাত্মক আধানযুক্ত গোলক আৰু ইলেকট্ৰনবোৰ ইয়াৰ ভিতৰত সোমাই থাকে। এই আৰ্হিটোত পৰমাণু এটাৰ ভৰ গোটেই পৰমাণুটোতে সুষমভাবে বিস্তাৰিত হৈ থকা বুলি ভবা হৈছে। 1909 চনত ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ আলফা-কণা বিচ্ছুৰণ পৰীক্ষাৰ সহায়ত থমছনৰ আৰ্হিটো ভুল বুলি প্ৰতিপন্ন হয়। ৰাডাৰফ'ৰ্ডে সিদ্ধান্ত কৰে যে পৰমাণুৰ ভিতৰত এটা ধনাত্মক আধানযুক্ত সূক্ষ্ম **নিউক্লিয়াছ** থাকে আৰু ইলেকট্ৰনবোৰ নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে বৃত্তাকাৰ পথেৰে ঘুৰি থাকে। **ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ আৰ্হি**টো আমাৰ সৌৰজগতখনৰ নিচিনাই। এই আৰ্হিটো **থমছনৰ আৰ্হি**তকৈ উন্নত যদিও ইয়াৰো আঁসোৱাহ আছে। ইলেকট্ৰন নিউক্লিয়াছত কিয় মিলি নাযায় তাৰ ব্যাখ্যা ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ আৰ্হিয়ে দিব নোৱাৰে। তদুপৰি পৰমাণুত ইলেকট্ৰনৰ শক্তি আৰু বিতৰণ সম্বন্ধে ইয়াত কোনো উল্লেখ নাই। ৰাডাৰফ'ৰ্ডৰ আৰ্হিৰ আঁসোৱাহ দূৰ কৰি 1913 চনত **নীলছ্ ব'ৰে** হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ আৰ্হিটো দিয়ে। ব'ৰৰ মতে ইলেকট্ৰনটোৱে নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে কিছুমান নিৰ্দিষ্ট বৃত্তাকাৰ পথেৰে ঘূৰে। এনেকুৱা প্ৰতিটো কক্ষপথতে ইলেকট্ৰনৰ এক নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ শক্তি থাকে। ব'ৰে প্ৰতিটো কক্ষপথত ইলেকট্ৰনৰ শক্তি আৰু নিউক্লিয়াছৰপৰা ইলেকট্ৰনৰ দূৰত্ব গণনা কৰি উলিয়াইছিল। ব'ৰৰ আৰ্হিৰ সহায়ত **হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালী** কিছু পৰিমাণে ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি যদিও বহু-ইলেকট্ৰনযুক্ত পৰমাণুৰ বৰ্ণালী ব্যাখ্যা কৰিব নোৱাৰি। ইয়াৰ কাৰণ এনেকুৱা — ব'ৰৰ আৰ্হিত ইলেকট্ৰনটোক আধানযুক্ত সূক্ষ্ম কণা বুলি ভবা গৈছে। ব'ৰৰ মতে এই কণাটোৱে **নিৰ্দিষ্ট বৃত্তাকাৰ** পথেৰে ঘুৰি থাকে। ইয়াত ইলেকট্ৰনৰ তৰংগ ধৰ্ম বিবেচনা কৰা হোৱা নাই। আকৌ নিৰ্দিষ্ট কক্ষপথত ইলেকট্ৰনটোৱে ঘুৰি থাকিলে তাৰ অৱস্থান আৰু বেগ একে সময়তে সঠিকভাৱে জনা সম্ভৱ হ'ব। কিন্তু হাইজেনবাৰ্গৰ অনিশ্চয়তা সূত্ৰমতে এয়া সম্ভৱ নহয়। সেয়েহে ব'ৰৰ আৰ্হিয়ে **হাইজেনবাৰ্গৰ অনিশ্চয়তা সূত্ৰৰ** বিৰুদ্ধাচৰণ কৰে।

দ্য ব্ৰয়লিৰ তৰংগ-কণিকা দ্বৈতবাদৰ ধাৰণা সামৰি এৰৱিন শ্ৰুডিঞ্জাৰে 1926 চনত এটা সমীকৰণ দিয়ে। সমীকৰণটোক **শ্ৰুডিঞ্জাৰ সমীকৰণ** বোলা হয়। হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনৰ বাবে সমীকৰণটো সমাধান কৰিলে সমীকৰণটোত থকা তৰংগফলন (ψ) আৰু শক্তিৰ (E) মান পোৱা যায়। তৰংগফলনে ইলেকট্ৰনৰ অৱস্থা আৰু E এ ইলেকট্ৰনটোৰ শক্তি স্তৰ নিৰ্দেশ কৰে। সমীকৰণটো সমাধান কৰি পোৱা যায় যে তৰংগফলনৰ মান তিনিটা কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে— মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যা (n), এজিমিউথেল কোৱাণ্টাম সংখ্যা (l) আৰু চুম্বকীয় কোৱাণ্টাম সংখ্যা (m_l)। এই কোৱাণ্টাম সংখ্যাকেইটাৰ কিছুমান নিৰ্দিষ্ট মানহে সম্ভৱ।

DAILY ASSAM

কোৱাণ্টাম সংখ্যা তিনিটাৰ বিভিন্ন মানৰ বাবে তৰংগ ফলনৰ বিভিন্ন মান পোৱা যায়। এটা ইলেকট্ৰনৰ বাবে পোৱা তৰংগ ফলনকেই **অৰবিটেল** বোলা হয়। এজিমিউথেল কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ মানে অৰবিটেল বা উপখোল নিৰ্দেশ কৰে। মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ মানে **খোল** নিৰ্দেশ কৰে। মুখ্য কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ এক নিৰ্দিষ্ট মানবিশিষ্ট অৰবিটেলবোৰে এটা খোল গঠন কৰে। হাইড্ৰজেন পৰমাণু বা হাইড্ৰ'জেন-সদৃশ পৰমাণুৰ (যেনে - He^+, Li^{2+} আদি) ক্ষেত্ৰত এক নিৰ্দিষ্ট খোলত থকা অৰবিটেল সমূহৰ শক্তি সমান হয়। বহু-ইলেকট্ৰনযুক্ত পৰমাণুৰ অৰবিটেলৰ শক্তি n আৰু l ৰ (লগতে স্পিন) ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। $(n+l)$ মান ব্যৱহাৰ কৰি কোনটো আৰবিটেলৰ শক্তি বেছি, কোনটোৰ কম সেইটো ঠাৰৰ কৰিব পাৰি। যিটো আৰবিটেলৰ $(n+l)$ মান কম তাৰ শক্তিও কম হয়। আকৌ দুটা অৰবিটেলৰ $(n+l)$ মান একে হ'লে যিটো অৰবিটেলৰ n ৰ মান কম সেইটোৰ শক্তিও কম হয়। পৰমাণু এটাত এনেকুৱা অৰবিটেল বহুতো থাকিব পাৰে। শক্তিৰ বৰ্ধমান ক্ৰমত এই অৰবিটেলবোৰ ইলেকট্ৰনৰ দ্বাৰা পৰিপূৰ্ণ হয়। এইক্ষেত্ৰত পাউলিৰ নিষেধ নীতি আৰু হুণ্ডৰ সৰ্বোচ্চ গুণীতক নীতিৰ প্ৰয়োগ হয়। পাউলিৰ নিষেধ নীতি হ'ল— এটা পৰমাণুত থকা যি কোনো দুটা ইলেকট্ৰনৰ চাৰিওটা কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ মান কেতিয়াও একে হব নোৱাৰে। **হুণ্ডৰ সৰ্ব্বোচ্চ গুণিতক নীতি**টো হ'ল — ডিজেনেৰট অৰবিটেলবোৰ (একে শক্তিৰ অৰবিটেল) ইলেকট্ৰনৰদ্বাৰা পৰিপূৰ্ণ হওঁতে প্ৰথমে এনেকুৱা প্ৰতিটো অৰবিটেলত একে স্পিনযুক্ত ইলেকট্ৰন এটাকৈ সোমায়; প্ৰতিটো অৰবিটেলত এটাকৈ ইলেকট্ৰন হোৱাৰ পাছতহে ইলেকট্ৰনৰ যুগ্মন হয়।

অনুশীলনী

2.1. (i) 1g ইলেকট্ৰনত থকা ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা গণনা কৰা।

(ii) 1 mol ইলেকট্ৰনৰ ভৰ আৰু আধান গণনা কৰা।

2.1. (i). 1 mol মিথেনত থকা সৰ্বমুঠ ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা গণনা কৰা।

(ii) 7 mg ^{14}C ত থকা (a) নিউট্ৰনৰ সংখ্যা আৰু (b) নিউট্ৰনৰ ভৰ গণনা কৰা।
(নিউট্ৰনৰ ভৰ $=1.675\times10^{-27}$kg)

(iii) STP ত 34 mg NH_3ত থকা প্ৰ'টনৰ (a) সংখ্যা আৰু (b) ভৰ গণনা কৰা। উষ্ণতা আৰু চাপ সলনি কৰিলে উত্তৰ সলনি হ'ব নেকি?

2.3 নিম্নোক্ত নিউক্লিয়াছবোৰৰ প্ৰতিটোতে কিমানটাকৈ নিউট্ৰন আৰু প্ৰ'টন আছে লিখা—

$^{13}_{6}C$, $^{16}_{8}O$, $^{24}_{12}Mg$, $^{56}_{26}Fe$, $^{88}_{38}Sr$

2.4 নিম্নোক্ত পৰমাণু ক্ৰমাংক (Z) আৰু ভৰ ক্ৰমাংক (A) ব্যৱহাৰ কৰি ইহঁতে নিৰ্দেশ কৰা মৌলৰ সম্পূৰ্ণ চিহ্ন লিখা।

i. $Z = 17, A = 35$ ii. $Z = 92, A = 233$ iii. $Z = 4, A = 9$

2.5 ছ'ডিয়াম লেম্পৰপৰা নিৰ্গত হালধীয়া পোহৰৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য (λ) 580 nm হ'লে কম্পনাংক (ν) আৰু তৰংগ সংখ্যা ($\bar{\nu}$) গণনা কৰা।

2.6 নিম্নোক্ত প্ৰতিটো ফ'টনৰ শক্তি গণনা কৰা—

i. 3×10^{15} Hz কম্পনাংকযুক্ত পোহৰ ii. 0.50 A^0 তৰংগদৈৰ্ঘ্যযুক্ত পোহৰ

2.7 2.0×10^{-10} s পৰ্য্যায়বিশিষ্ট পোহৰৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য, কম্পনাংক আৰু তৰংগসংখ্যা গণনা কৰা।

2.8 4000 pm তৰংগদৈৰ্ঘ্যবিশিষ্ট পোহৰে 1 J পৰিমাণৰ শক্তি নিৰ্গত কৰিলে কিমানটা ফ'টন থাকিব গণনা কৰা।

2.9 4×10^{-7}m তৰংগদৈৰ্ঘ্যবিশিষ্ট ফ'টনে 2.13 eV কাৰ্য্য ফলন যুক্ত ধাতুপৃষ্ঠত আঘাত কৰিলে

i. ফ'টনৰ ইলেকট্ৰন ভ'ল্ট (eV) হিচাপে শক্তি,

ii. নিৰ্গত ফট'ইলেকট্ৰনৰ গতি শক্তি, আৰু

iii. ফট'ইলেকট্ৰনৰ বেগ গণনা কৰা। (1 eV = 1.6020×10^{-19}J)

2.10 242 nm তৰংগদৈৰ্ঘ্যবিশিষ্ট বিদ্যুৎচুম্বকীয় তৰংগই ছডিয়াম পৰমাণুক অকল আয়নিত্‌হে কৰে। ছডিয়ামৰ আয়নীকৰণ শক্তি kJ mol^{-1} এককত গণনা কৰা।

2.11 25 ৱাটৰ বাল্ব এটাই 0.57μm তৰংগদৈৰ্ঘ্যযুক্ত হালধীয়া পোহৰ নিৰ্গত কৰিলে প্ৰতি ছেকেণ্ডত কিমানটা কোৱাণ্টা নিৰ্গত হ'ব গণনা কৰা।

2.12 এটা ধাতুৰ পৃষ্ঠত 6800 A^0 তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বিকিৰণ আপতিত হ'লে শূন্য বেগেৰে ইলেকট্ৰন নিৰ্গত হয়। ধাতুটোৰ কাৰ্য্যফলন (W_0) আৰু প্ৰভাৰসীমা কম্পনাংক (v_0) গণনা কৰা।

2.13 হাইড্ৰ'জেন পৰমাণু এটাৰ ইলেকট্ৰনৰ $n = 4$ শক্তিস্তৰৰ পৰা $n = 2$ শক্তিস্তৰলৈ সংক্ৰমিত হ'লে নিৰ্গত হোৱা বিকিৰণৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য গণনা কৰা।

2.14 H-পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনটো $n = 5$ কক্ষপথত থাকিলে পৰমাণুটোক আয়নীত কৰিবলৈ কিমান শক্তিৰ প্ৰয়োজন হ'ব গণনা কৰা। এই প্ৰশ্নৰ উত্তৰটোক H-পৰমাণুৰ আয়নীকৰণ শক্তিৰ সৈতে (n =1 কক্ষপথৰপৰা ইলেকট্ৰনটোক আতৰাবলৈ প্ৰয়োজনীয় শক্তি) তুলনা কৰা।

2.15 হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনটো $n = 6$ কক্ষপথৰপৰা ভূমিস্তৰ অৱস্থালৈ সংক্ৰমিত হ'লে কিমান সংখ্যক বৰ্ণালী ৰেখা পোৱা যায়?

2.16 i. হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ প্ৰথম কক্ষপথত ইলেকট্ৰনটোৰ শক্তি -2.18×10^{-18} J হ'লে পঞ্চম কক্ষপথত শক্তি গণনা কৰা। ii. হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ পঞ্চম কক্ষপথৰ ব'ৰৰ ব্যাসাৰ্ধ গণনা কৰা।

2.17 হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীৰ বামাৰ শ্ৰেণীৰ আটাইতকৈ দীঘল তৰংগদৈৰ্ঘ্যযুক্ত বিকিৰণৰ তৰংগসংখ্যা গণনা কৰা।

DAILY ASSAM

2.18 হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনটোক প্ৰথম ব'ৰ কক্ষপথৰ পৰা পঞ্চম ব'ৰ কক্ষপথলৈ স্থানান্তৰিত কৰিবলৈ প্ৰয়োজন হোৱা শক্তিৰ পৰিমাণ জুল একককত গণনা কৰা। ইলেকট্ৰন পুনঃ ভূমি স্তৰ অৱস্থালৈ আহিলে কিমান তৰংগদৈৰ্ঘ্য বিশিষ্ট বিকিৰণ নিৰ্গত হ'ব? দিয়া আছে, হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনটোৰ ভূমি স্তৰ শক্তি হ'ল -2.18×10^{-11} erg।

2.19 হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ n-তম কক্ষপথত ইলেকট্ৰনটোৰ শক্তি হ'ল $E_n = -2.18 \times 10^{-18}/n^2$ J। n = 2 কক্ষপথৰ পৰা ইলেকট্ৰনটোক সম্পূৰ্ণৰূপে আতৰাবলৈ প্ৰয়োজন হোৱা শক্তি গণনা কৰা। এই সংক্ৰমণ ঘটাবলৈ প্ৰয়োজন হোৱা পোহৰৰ দীৰ্ঘতম তৰংগদৈৰ্ঘ্য cm একককত গণনা কৰা।

2.20 2.05×10^7 m s^{-1} বেগেৰে গতি কৰি থকা ইলেকট্ৰনৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য গণনা কৰা।

2.21 ইলেকট্ৰন এটাৰ গতি শক্তি 3.0×10^{-25} J আৰু ইয়াৰ ভৰ 9.1×10^{-31} kg হ'লে তৰংগদৈৰ্ঘ্য গণনা কৰা।

2.22 তলৰ কোনকেইটা সমইলেকট্ৰনীয় বাচি উলিওৱা -

Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, S^{2-}, Ar

2.23 (i) নিম্নোক্ত আয়নবোৰৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস লিখা -

(a) H^- (b) Na^+ (c) O^{2-} (d) F^-

(ii) তলত কিছুমান মৌলৰ পৰমাণুৰ বহিৰতম ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস দিয়া হৈছে - মৌল তিনিটাৰ প্ৰতিটোৰে পৰমাণু ক্ৰমাংক কি হ'ব লিখা।

(iii) তলত দিয়া ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাসে কি কি মৌল নিৰ্দেশ কৰিছে লিখা -

2.24 মুখ্য কোৱান্টাম সংখ্যাৰ (n - ৰ) সৰ্বনিম্ন কি মানৰ বাবে g অৰবিটেল পোৱা যাব?

2.25 এটা ইলেকট্ৰন 3d অৰবিটেলত থাকিলে n, l আৰু m_l ৰ সম্ভাব্য মানবোৰ লিখা।

2.26 এটা মৌলৰ পৰমাণু এটাত 29 টা ইলেকট্ৰন আৰু 35 টা নিউট্ৰন আছে। ইয়াত থকা প্ৰ'টনৰ সংখ্যা আৰু পৰমাণুটোৰ ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস লিখা।

2.27 তলত দিয়া প্ৰতিটোতে কিমানটাকৈ ইলেকট্ৰন আছে লিখা—

H_2^+, H_2 আৰু O_2^+

2.28 (i) এটা পাৰমাণৱিক অৰবিটেলৰ বাবে $n = 3$ হ'লে l আৰু m_l ৰ মান লিখা।

(ii) 3d অৰবিটেলত থকা ইলেকট্ৰনৰ বাবে l আৰু m_l ৰ সম্ভাব্য মান লিখা।

(iii) তলত দিয়াবোৰৰ ভিতৰত কোনবোৰ অৰবিটেল সম্ভৱ হয় লিখা—

1p, 2s, 2p আৰু 2f

2.29 তলৰ কোৱান্টাম সংখ্যাৰ সংহতিবোৰে কি কি অৰবিটেল নিৰ্দেশ কৰিছে লিখা—

(a) $n = 1, l = 0$ (b) $n = 3, l = 1$ (c) $n = 4, l = 2$ (d) $n = 4, l = 3$

DAILY ASSAM

2.30 তলৰ কোৱান্টাম সংখ্যাৰ সংহতিবোৰৰ কোনকেইটা অশুদ্ধ লিখা —

(a) $n=0, \quad l=o, \quad m_l=0, \quad m_s=+\frac{1}{2}$

(b) $n=1, \quad l=0, \quad m_l=0, \quad m_s=-\frac{1}{2}$

(c) $n=1, \quad l=1, \quad m_l=0, \quad m_s=+\frac{1}{2}$

(d) $n=2, \quad l=1, \quad m_l=0, \quad m_s=-\frac{1}{2}$

(e) $n=3, \quad l=3, \quad m_l=-3, \quad m_s=+\frac{1}{2}$

(f) $n=3, \quad l=1, \quad m_l=0, \quad m_s=+\frac{1}{2}$

2.31 এটা পৰমাণুত থকা কিমানটা ইলেকট্ৰনৰ তলত দিয়া কোৱান্টাম সংখ্যাৰ মান সম্ভব হ'ব—

(a) $n=4, \ m_l=-\frac{1}{2}$, (b) $n=3, \ l_l=0$

2.32 প্ৰমাণ কৰা যে হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনটো যিটো কক্ষপথেৰে ঘূৰি থাকে সেই কক্ষপথটোৰ পৰিধি ইলেকট্ৰনটোৰ দ্য ব্ৰয়লি তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ অখণ্ড গুণীতক।

2.33 হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীৰ কোনটো সংক্ৰমণৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য He^+ ৰ $n = 4$ ৰ পৰা $n = 2$ সংক্ৰমণৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ সমান হ'ব?

2.34 $He^+(g) \rightarrow He^{2+}(g) + e^-$ প্ৰক্ৰিয়াটোৰ বাবে প্ৰয়োজনীয় শক্তি বৰ্ণনা কৰা। ভূমিস্তৰ অৱস্থাত H পৰমাণুৰ শক্তি 2.18×10^{-18} J atom^{-1}।

2.35 কাৰ্বন পৰমাণু এটাৰ ব্যাস 0.15 nm হ'লে 20cm দীঘল সৰলৰেখা এডালত এটাৰ পাছত এটাকৈ কিমানটা কাৰ্বন পৰমাণু ৰাখিব পৰা যাব?

2.36 2×10^8 টা কাৰ্বন পৰমাণু এটাৰ পাছত এটাকৈ সজাই যাওতে 2.4cm দৈৰ্ঘ্য আগুৰিলে। কাৰ্বন পৰমাণুৰ ব্যাসাৰ্ধ গণনা কৰা।

2.37 জিংক পৰমাণুৰ ব্যাস 2.6 Å হ'লে

(a) জিংক পৰমাণুৰ ব্যাসাৰ্ধ pm এককত গণনা কৰা;

(b) জিংক পৰমাণুবোৰ এটাৰ পাছত এটাকৈ লগ লগাই গ'লে যদি 1.6 cm দৈৰ্ঘ্য আগুৰে তেন্তে ইয়াত থকা জিংক পৰমাণুৰ সংখ্যা গণনা কৰা।

2.38 এটা কণাৰ আধান 2.5×10^{-16}C ইয়াত থকা ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা গণনা কৰা।

2.39 মিলিকানৰ পৰীক্ষাত X-ৰশ্মি আপতিত হোৱাৰ ফলত তেল টোপালত আধান জমা হয়। তেল টোপালৰ আধান -1.282×10^{-18}C হ'লে ইয়াত কিমানটা ইলেকট্ৰন আছে গণনা কৰা।

2.40 ৰাডাৰফৰ্ডৰ পৰীক্ষাত সাধাৰণতে গ'ল্ড, প্লেটিনাম আদি গধুৰ পৰমাণুৰ পাতল পাতক α-কণাৰে আঘাত কৰা হয়। এলুমিনিয়ামৰ দৰে পাতল পৰমাণুৰ পাতল পাত এচটাক α-কণাৰে আঘাত কৰিলে পৰ্য্যবেক্ষণ কৰা ফলাফলৰ কিবা পৰিৱৰ্তন হ'ব নেকি?

DAILY ASSAM

2.41 $^{79}_{35}Br$ আৰু ^{79}Br - এনেকুৱা চিহ্ন ব্যৱহাৰ কৰা হয়; কিন্তু $^{35}_{79}Br$ আৰু ^{35}Br ধৰণৰ চিহ্ন ব্যৱহাৰ কৰা নহয়। ইয়াৰ কাৰণ কি লিখা।

2.42 এটা মৌলৰ ভৰ ক্ৰমাংক 81 আৰু ইয়াৰ পৰমাণুত প্ৰ'টনৰ তুলনাত 31.7% বেছি নিউট্ৰন আছে। মৌলটোৰ পাৰমাণৱিক চিহ্ন লিখা।

2.43 এটা আয়নৰ ভৰ ক্ৰমাংক 37 আৰু ইয়াৰ এটা ঋণাত্মক আধান আছে। আয়নটোত ইলেকট্ৰনতকৈ 11.1% বেছি নিউট্ৰন আছে। আয়নটোৰ চিহ্ন কি হ'ব?

2.44 এটা আয়নৰ ভৰ ক্ৰমাংক 56 আৰু ইয়াৰ 3 টা ধনাত্মক আধান আছে। আয়নটোত থকা নিউট্ৰনৰ সংখ্যা ইলেকট্ৰনতকৈ 30.4% বেছি। আয়নটোৰ চিহ্ন লিখা।

2.45 তলৰ বিকিৰণবোৰক কম্পনাংকৰ বৰ্দ্ধিত ক্ৰমত সজোৱা— (a) মাইক্ৰ'ৱেভ অভেনৰ পৰা নিৰ্গত বিকিৰণ, (b) ট্ৰেফিক সংকেতৰ হালধীয়া পোহৰ, (c) FM ৰেডিঅ'ৰ বিকিৰণ, (d) মহাজাগতিক ৰশ্মি, (e) X-ৰশ্মি।

2.46 নাইট্ৰ'জেন লেজাৰ বিকিৰণৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য 337.1 nm; এই বিকিৰণৰ 5.6×10^{24} টা ফ'টন নিৰ্গত হ'লে লেজাৰটোৰ মুঠ শক্তি গণনা কৰা।

2.47 নিয়ন গেছ সাধাৰণতে নামাংকিত ফলনত (sign board) ব্যৱহাৰ কৰা হয়। ইয়াৰ পৰা 616 nm তৰংগদৈৰ্ঘ্য বিশিষ্ট বিকিৰণ নিৰ্গত হয় হ'লে নিম্নোক্তবোৰ গণনা কৰা—

(a) ইয়াৰ কম্পনাংক, (b) 30 s সময়ত বিকিৰণটোৱে অতিক্ৰম কৰা দূৰত্ব, (c) ইয়াৰ ফ'টনৰ শক্তি, আৰু (d) বিকিৰণটোৰ পৰা 2 J শক্তি পোৱা গ'লে নিৰ্গত ফ'টনৰ সংখ্যা।

2.48 জ্যোতিৰ্বিজ্ঞানৰ পৰ্য্যবেক্ষণত দূৰৰ তৰাৰ পৰা পোৱা সংকেতসমূহ সাধাৰণতে দুৰ্বল। যদি ফ'টন ধৰা পেলোৱা যন্ত্ৰটোৱে 600 nm তৰংগদৈৰ্ঘ্য বিশিষ্ট বিকিৰণৰ 3.15×10^{-18}J শক্তি পায় তেন্তে যন্ত্ৰটোৱে পোৱা ফ'টনৰ সংখ্যা গণনা কৰা।

2.49 উত্তেজিত অৱস্থাৰ অণুৰ জীৱনকাল স্পন্দিত বিকিৰণ উৎসৰ (Pulsed radiation source) দ্বাৰা উত্তেজিত অৱস্থাৰ অণুৰ জীৱন কাল, নেন'ছেকেণ্ড (ns)ত জোখা হয়। বিকিৰণৰ উৎস 2 নেন'ছেকেণ্ড (ns) আৰু স্পন্দিত উৎসৰ পৰা নিৰ্গত হোৱা ফ'টনৰ সংখ্যা 2.5×10^{15} হ'লে উৎসটোৰ শক্তি গণনা কৰা।

2.50 589 nm আৰু 589.6 nm ত আটাইতকৈ দীঘল তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ দ্বয়ী (doublet) শোষণ দেখা যায়। প্ৰতিটোৰ কম্পনাংক আৰু দুয়োটা উত্তেজিত অৱস্থাৰ মাজৰ শক্তিৰ পাৰ্থক্য গণনা কৰা।

2.51 চিজিয়াম ধাতুৰ কাৰ্য্য ফলন 1.9 eV হ'লে (a) প্ৰভাবসীমা তৰংগদৈৰ্ঘ্য, আৰু (b) প্ৰভাবসীমা কম্পনাংক গণনা কৰা। চিজিয়ামৰ ওপৰত 500 nm তৰংগদৈৰ্ঘ্য বিকিৰণ আপতিত হ'লে নিৰ্গত ফট'ইলেকট্ৰনৰ গতি শক্তি আৰু বেগ গণনা কৰা।

2.52 ছডিয়াম ধাতুৰ ওপৰত বেলেগ বেলেগ তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বিকিৰণ আপতিত হ'ব দিয়াত তলত দিয়া ফলাফল পোৱা গৈছে—

λ (nm) :	500	450	400
$v \times 10^{-5}$(cm s^{-1}) :	2.55	4.35	5.35

(a) প্ৰভাবসীমা তৰংগদৈৰ্ঘ্য আৰু (b) প্লাংকৰ ধ্ৰুবকৰ মান গণনা কৰা।

2.53 আলোকবিদ্যুৎ প্ৰভাব অধ্যয়নৰ পৰীক্ষা এটাত ছিলভাৰ ধাতুৰ ওপৰত 256.7 nm তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বিকিৰণ আপতিত কৰি সংগ্ৰাহক প্লেটত (collector plate) 0.35V বিভৱ প্ৰয়োগ কৰিলে ফট'ইলেকট্ৰন নিৰ্গত হোৱা বন্ধ হয়। ছিলভাৰৰ কাৰ্য্য ফলন গণনা কৰা।

2.54 150 pm তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ বিকিৰণে পৰমাণু এটাক আঘাত কৰাত পৰমাণুটো ভিতৰৰ ইলেকট্ৰন এটা 1.5×10^7 m s^{-1} বেগেৰে নিৰ্গত হয়। নিউক্লিয়াছটোৱে কিমান শক্তিৰে ইলেকট্ৰনটোক ধৰি ৰাখিছিল গণনা কৰা।

2.55 হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীৰ পাস্কেন শ্ৰেণীত বাহিৰৰ n-তম কক্ষপথৰপৰা $n = 3$ কক্ষপথলৈ ইলেকট্ৰনৰ সংক্ৰমন হওতে নিৰ্গত বিকিৰণৰ কম্পনাংকৰ (v) মান হয়,

$$v = 3.29 \times 10^{15} \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right) \; Hz$$

পাস্কেন শ্ৰেণীত 1285 nm তৰংগদৈৰ্ঘ্যত সংক্ৰমন হ'লে n ৰ মান নিৰ্ণয় কৰা। কি পৰিসৰত এই বৰ্ণালী দেখা যাব উলিওৱা।

2.56 হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ 1.3225 nm ব্যাসাৰ্ধবিশিষ্ট কক্ষপথৰপৰা 211.6 pm ব্যাসাৰ্ধবিশিষ্ট কক্ষপথলৈ ইলেকট্ৰনৰ সংক্ৰমন হ'লে নিৰ্গত বিকিৰণৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য গণনা কৰা। এই সংক্ৰমন হাইড্ৰ'জেন বৰ্ণালীৰ কোনটো শ্ৰেণীৰ? এই বৰ্ণালী কোনটো পৰিসৰৰ?

2.57 দ্য ব্ৰয়লিৰ পদাৰ্থৰ দ্বৈত আচৰণ শীৰ্ষক ধাৰণাৰ ওপৰত ভেটি কৰিয়েই ইলেকট্ৰন মাইক্ৰ'স্ক'প আৱিস্কাৰ কৰা হৈছে। এই মাইক্ৰ'স্কপ অণুৰ গঠন অধ্যয়নত ব্যৱহৃত হয়। ইয়াত ইলেকট্ৰনৰ বেগ 1.6×10^6 m s^{-1} হ'লে ইয়াৰ দ্য ব্ৰয়লি তৰংগদৈৰ্ঘ্য গণনা কৰা।

2.58 ইলেকট্ৰন অপবৰ্তনৰ দৰে নিউট্ৰন অপবৰ্তন মাইক্ৰ'স্কপ নামৰ সঁজুলিও অণুৰ গঠন অধ্যয়নৰ বাবে ব্যৱহৃত হয়। ইয়াত নিউট্ৰনৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য 800 pm হ'লে ইয়াৰ বেগ গণনা কৰা।

2.59 ব'ৰৰ প্ৰথম কক্ষপথত ইলেকট্ৰনৰ বেগ 2.19×10^6 m s^{-1} হ'লে দ্য ব্ৰয়লি তৰংগদৈৰ্ঘ্য গণনা কৰা।

2.60 1000 V বিভৱভেদত প্ৰ'টনৰ বেগ 4.37×10^6 m s^{-1}; 0.1 kg ভৰৰ হকি খেলৰ বল এটা একে বেগেৰে গতি কৰি থাকিলে ইয়াৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য গণনা কৰা।

2.61 ইলেকট্ৰন এটাৰ অবস্থান ± 0.002 nm শুদ্ধকৈ জানিলে ইয়াৰ ভৰবেগৰ অনিশ্চয়তা গণনা কৰা। ইলেকট্ৰনটোৰ ভৰবেগ $h/4\pi\, m \times 0.05$ nm বুলি ধৰিলে এই মানটোৰ সংজ্ঞা লিখাত কিবা সমস্যা হ'ব নেকি?

2.62 ছয়টা ইলেকট্ৰনৰ কোৱান্টাম সংখ্যাৰ মান তলত দিয়া হৈছে—

DAILY ASSAM

1. $n = 4,\ l = 2,\ m_l = -2,\ m_s = -\frac{1}{2}$
2. $n = 3,\ l = 2,\ m_l = 1,\ m_s = +\frac{1}{2}$
3. $n = 4,\ l = 1,\ m_l = 0,\ m_s = +\frac{1}{2}$
4. $n = 3,\ l = 2,\ m_l = -2,\ m_s = -\frac{1}{2}$
5. $n = 3,\ l = 1,\ m_l = -1,\ m_s = +\frac{1}{2}$
6. $n = 4,\ l = 1,\ m_l = 0,\ m_s = +\frac{1}{2}$

ইহঁতক শক্তিৰ বৰ্ধিত ক্ৰমত সজোৱা। ইহঁতৰ কেইটামানৰ শক্তি একে হ'ব নেকি? যদি হয়, কোনকেইটাৰ?

2.63 ব্ৰ'মিন পৰমাণুত 35টা ইলেকট্ৰন আছে। ইয়াৰে 6টা $2p$ অৰবিটেলত, 6 টা $3p$ অৰবিটেলত আৰু 5টা $4p$ অৰবিটেলত আছে। এইবোৰৰ ভিতৰত কাৰ ক্ষেত্ৰত কাৰ্য্যকৰী নিউক্লীয় আধান আটাইতকৈ কম।

2.64 তলৰ প্ৰতিযোৰৰ কাৰ ক্ষেত্ৰত কাৰ্য্যকৰী নিউক্লীয় আধান বেছি হ'ব — (i) $2s$ আৰু $3s$, (ii) $4d$ আৰু $4f$, (iii) $3d$ আৰু $3p$

2.65 Al আৰু Si ৰ অযুগ্ম ইলেকট্ৰন $3p$ অৰবিটেলত আছে। কাৰ ক্ষেত্ৰত কাৰ্য্যকৰী নিউক্লীয় আধানৰ মান বেছি হ'ব?

2.66 কোনটোত কিমান অযুগ্ম ইলেকট্ৰন আছে উলিওৱা—

(a) P (b) Si (c) Cr (d) Fe (e) Kr

2.67 (a) $n = 4$ হ'লে কিমান ধৰণৰ অৰবিটেল (উপখোল) থাকিব?

(b) এই অৰবিটেলবোৰত $m_s = -\frac{1}{2}$ যুক্ত ইলেকট্ৰন কিমান থাকিব?