DAILY ASSAM

অধ্যায় 1

কঠিন অৱস্থা
The Solid State

The vast majority of solid substances like high temperature superconductors, biocompatible plastics, silicon chips, etc. are destined to play an ever expanding role in future development of science.

উদ্দেশ্য (Objectives)

এই অধ্যায়টো অধ্যয়ন কৰি নিম্নোক্ত বিষয় সম্বন্ধে সবিশেষ জানিব পাৰিবা —

- কঠিন অৱস্থাৰ সাধাৰণ বৈশিষ্ট্য
- অনিয়তাকাৰ আৰু ক্ৰিষ্টেলীয় কঠিন পদাৰ্থৰ মাজৰ পাৰ্থক্য
- বান্ধনিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি ক্ৰিষ্টেলীয় কঠিন পদাৰ্থৰ শ্ৰেণী বিভাজন
- ক্ৰিষ্টেল লেটিছ আৰু একক কোষৰ সংজ্ঞা
- কণাবোৰৰ নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন
- বিভিন্ন ধৰণৰ ৰন্ধ্ৰ আৰু নিৰন্ধ্ৰ সংকুলনযুক্ত গঠন
- বিভিন্ন প্ৰকাৰৰ ঘনকীয় একক কোষৰ সংকুলন দক্ষতাৰ গণনা
- পদাৰ্থ এটাৰ ঘনত্বৰ সৈতে একক কোষৰ ধৰ্মৰ সম্বন্ধ
- কঠিন পদাৰ্থত ত্ৰুটি আৰু পদাৰ্থটোৰ ধৰ্মত ইয়াৰ প্ৰভাৱ
- কঠিন পদাৰ্থৰ বৈদ্যুতিক আৰু চুম্বকীয় ধৰ্মৰ সৈতে পদাৰ্থটোৰ গঠনৰ সম্বন্ধ

আমি সদায়ে বিভিন্ন ধৰণৰ পদাৰ্থ ব্যৱহাৰ কৰি থাকোঁ। এইবোৰৰ বেছিভাগেই কঠিন পদাৰ্থ; জুলীয়া আৰু গেছীয় পদাৰ্থৰ ব্যৱহাৰ তুলনামূলকভাৱে কম। বেলেগ বেলেগ কামৰ বাবে আমি বেলেগ বেলেগ কঠিন পদাৰ্থ নিৰ্বাচন কৰোঁ। এনে নিৰ্বাচনৰ আঁৰত আছে পদাৰ্থবোৰৰ ধৰ্ম। বিভিন্ন কঠিন পদাৰ্থৰ ধৰ্ম বেলেগে বেলেগ বাবে সিহঁতৰ ব্যৱহাৰো বেলেগ হয়। কঠিন পদাৰ্থৰ ধৰ্ম প্ৰধানকৈ দুটা কাৰকৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। প্ৰথমটো হ'ল, পদাৰ্থটো যিবোৰ কণাৰে গঠিত সেই কণাবোৰৰ প্ৰকৃতি। দ্বিতীয়টো হ'ল, কণাবোৰৰ মাজত থকা বান্ধনি। এই দুয়োটা দিশৰে জ্ঞান অৰ্জন কৰিব পাৰি পদাৰ্থৰ গঠন অধ্যয়নৰপৰা। কঠিন পদাৰ্থৰ গঠনৰ সৈতে সিহঁতৰ ধৰ্মৰ সম্বন্ধ আছে। এই সম্বন্ধ নিৰ্ণয় কৰাৰ ফলত নিৰ্দিষ্ট ধৰ্মবিশিষ্ট পদাৰ্থৰ সংশ্লেষণ সম্ভৱ হৈছে। তেনে কিছুমান উদাহৰণ হ'ল — উচ্চ উষ্ণতাসহী অতিপৰিবাহী (high temperature superconductor), চুম্বকীয় পদাৰ্থ (magnetic materials), বয়-বস্তু বান্ধিবলৈ ব্যৱহাৰ কৰা জীৱ-অৱনমনক্ষম বহুযোগী (biodegradable polymers), শল্য চিকিৎসাৰে জীৱদেহত সংস্থাপন কৰা কৃত্ৰিম অংগ প্ৰস্তুত কৰিবলৈ প্ৰয়োজন হোৱা জৈৱ নমনীয় (biocompliant) দ্ৰব্য আদি।

আমি জানো যে গেছীয় আৰু জুলীয়া পদাৰ্থক একেলগে তৰল পদাৰ্থ (fluids) বোলা হয়। এই দুই ধৰণৰ পদাৰ্থই বৈ যায়; কিয়নো ইহঁতৰ অণুবোৰে যেনি-তেনি গতি কৰিব পাৰে। আনহাতে এটা কঠিন পদাৰ্থত কণাবোৰৰ (অণু, পৰমাণু বা আয়ন) নিৰ্দিষ্ট অৱস্থান থাকে। এই অৱস্থান সাপেক্ষে কণাবোৰে দুলি থাকে (oscillate)। কণাবোৰৰ নিৰ্দিষ্ট অৱস্থান থকা বাবে কঠিন পদাৰ্থ দৃঢ় (rigid) হয়। ক্ৰিষ্টেলীয় (crystalline) পদাৰ্থত কণাবোৰ এক নিৰ্দিষ্ট ক্ৰমত সজ্জিত হৈ থাকে।

এই অধ্যায়ত আমি কণাবোৰৰ বিভিন্ন প্ৰকাৰৰ সজ্জাৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিম। এনে বিভিন্ন সজ্জাৰ বাবে কঠিন পদাৰ্থৰ গঠনো বিভিন্ন হয়। কণাবোৰৰ মাজত থকা আন্তঃক্ৰিয়াৰ সৈতে কঠিন পদাৰ্থৰ ধৰ্মৰ কেনেকুৱা সম্বন্ধ আছে সেই বিষয়েও আমি অধ্যয়ন কৰিম। গঠনৰ ত্ৰুটি বা অতি সূক্ষ্ম পৰিমাণৰ অশুদ্ধিয়ে কঠিন পদাৰ্থৰ ধৰ্মৰ কেনে পৰিৱৰ্তন ঘটায় সেয়াও ইয়াত আলোচনা কৰা হ'ব।

1.1 কঠিন অৱস্থাৰ সাধাৰণ বৈশিষ্ট্য (General Characteristics of Solid State)

তোমালোকে ইতিমধ্যে পাই আহিছা যে এবিধ পদাৰ্থক আমি তিনিটা অৱস্থাত পাব পাৰোঁ। সেই অৱস্থা তিনিটা হ'ল — কঠিন (solid), জুলীয়া (liquid) আৰু গেছ (gas)। এক নিৰ্দিষ্ট উষ্ণতা আৰু চাপত এবিধ এটা পদাৰ্থ তাৰ আটাইতকৈ সুস্থিৰ অৱস্থাটোত (কঠিন, জুলীয়া বা গেছ) থাকে। এই সুস্থিৰ অৱস্থাটো দুটা পৰস্পৰ বিপৰীতমুখী ক্ৰিয়াৰদ্বাৰা নিৰ্ধাৰিত হয়। ইয়াৰে এটা হ'ল আন্তঃআণৱিক বল (intermolecular forces) আৰু আনটো হ'ল তাপীয় শক্তি (thermal energy)। আন্তঃআণৱিক বলে অণুবোৰক (পৰমাণু বা, আয়ন) ওচৰত ধৰি ৰাখিব বিচাৰে। আনহাতে তাপীয় শক্তিয়ে কণাবোৰৰ বেগ বঢ়াই সিহঁতক পৰস্পৰৰপৰা আঁতৰাই নিব খোজে। এটা পদাৰ্থৰ ক্ষেত্ৰত এক সমুচিতভাৱে নিম্ন উষ্ণতাত তাপীয় শক্তিৰ মান যথেষ্ট কম হয়। তেতিয়া আন্তঃআণৱিক বলে কণাবোৰক ইমান ওচৰ চপাই আনে যে সিহঁতে এটাই আনটোৰ সৈতে প্ৰায় সংলগ্ন হৈ থাকে। এই অৱস্থাত কণাবোৰে নিৰ্দিষ্ট অৱস্থান লাভ কৰে আৰু পদাৰ্থটোৱে কঠিন অৱস্থাপ্ৰাপ্ত হয়। কঠিন অৱস্থাতো কণাবোৰে সিহঁতৰ নিৰ্দিষ্ট অৱস্থান সাপেক্ষে দুলি থাকে।

কঠিন অৱস্থাৰ সাধাৰণ বৈশিষ্ট্যসমূহ হ'ল —

(i) কঠিন পদাৰ্থৰ নিৰ্দিষ্ট ভৰ, আয়তন আৰু আকৃতি আছে।

(ii) কঠিন অৱস্থাত আন্তঃআণৱিক দূৰত্ব (intermolecular distance) অতি কম।

(iii) এইবোৰত আন্তঃআণৱিক বল অতি প্ৰবল।

(iv) কঠিন পদাৰ্থত থকা কণাবোৰৰ (অণু, পৰমাণু বা আয়ন) নিৰ্দিষ্ট অৱস্থান আছে আৰু এই অৱস্থান সাপেক্ষে কণাবোৰে দুলি থাকে।

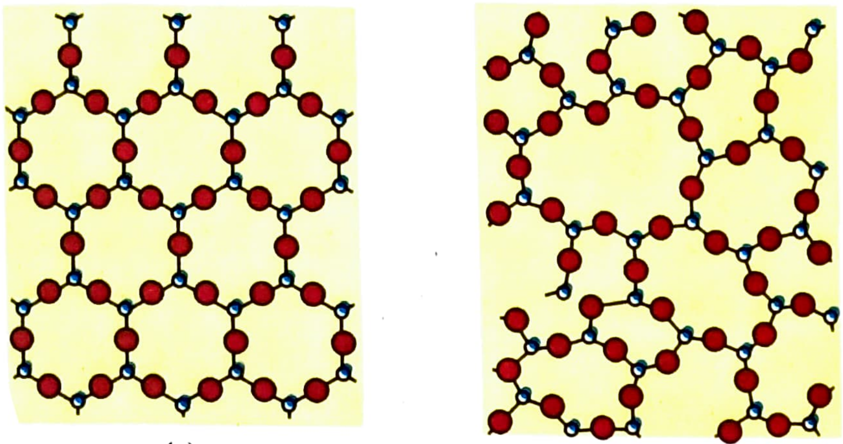
(v) কঠিন পদাৰ্থবোৰক সংকুচিত কৰিব নোৱাৰি আৰু ইহঁত দৃঢ়।

1.2 অনিয়তাকাৰ আৰু ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থ (Amorphous and Crystalline Solids)

কণাবোৰৰ সজ্জাৰ ক্ৰমৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি কঠিন পদাৰ্থবোৰক দুটা ভাগত ভগোৱা হৈছে — **ক্ৰিষ্টেলীয়** (crystalline) আৰু **অনিয়তাকাৰ** (amorphous)। সাধাৰণতে ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থ এটাক অসংখ্য সৰু সৰু ক্ৰিষ্টেলৰ (crystal) সমষ্টি হিচাপে পোৱা যায়। এনে প্ৰতিটো ক্ৰিষ্টেলৰ এক নিৰ্দিষ্ট আকৃতি থাকে। এটা ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থ যিবোৰ কণাৰে (অণু, পৰমাণু বা আয়ন) গঠিত, ক্ৰিষ্টেলটোত সেই কণাবোৰ এক নিৰ্দিষ্ট ক্ৰমত সজ্জিত হৈ থাকে। দৰাচলতে ক্ৰিষ্টেলটোত কণাবোৰৰ সজ্জাৰ একেটা ক্ৰমৰে (order) পুনৰাবৃত্তি হয়। ক্ৰিষ্টেলটো যিমান ডাঙৰ নহ'লেও তাৰ এমূৰৰপৰা আন মূৰলৈ কণাবোৰৰ

সজ্জাৰ একেটা ক্ৰমেই থাকে। সেইবাবে ক্ৰিষ্টেলত **দীৰ্ঘ পৰিসৰৰ ক্ৰম** (long range order) থকা বুলি কোৱা হয়। ইয়াৰ অৰ্থ এই যে কণাবোৰৰ সজ্জাৰ একেটা ক্ৰম ক্ৰিষ্টেলত এমূৰৰপৰা আন মূৰলৈ থাকে। ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থৰ দুটা সাধাৰণ উদাহৰণ হ'ল ছ'ডিয়াম ক্ল'ৰাইড আৰু কোৱাৰ্ট্জ (quartz)।

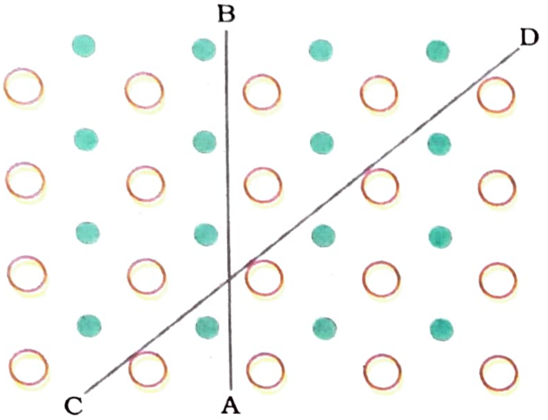
অনিয়তাকাৰ (গ্ৰীক amorphos ৰ অৰ্থ হ'ল গঠনহীন) কঠিন পদাৰ্থত পদাৰ্থটোৰ এমূৰৰপৰা আন মূৰলৈ কণাবোৰৰ সজ্জাৰ নিৰ্দিষ্ট ক্ৰম নাথাকে। ইয়াত হ্ৰস্ব পৰিসৰৰ ক্ৰমহে (short range order) থাকে; অৰ্থাৎ পদাৰ্থটোৰ অতি কম পৰিসৰত কণাবোৰৰ সজ্জাৰ নিৰ্দিষ্ট ক্ৰম থাকে। পদাৰ্থটোত তেনেকুৱা সজ্জাৰ ক্ৰম যেনি-তেনি সিঁচৰতি হৈ থাকে। তেনে যি কোনো দুটা ক্ৰমৰ মাজভাগত কণাবোৰৰ সজ্জাৰ নিৰ্দিষ্ট ক্ৰম নাথাকে। উদাহৰণ হিচাপে, চিত্ৰ 1.1(a) আৰু চিত্ৰ 1.1 (b)ত যথাক্ৰমে কোৱাৰ্টজ (ক্ৰিষ্টেলীয়) আৰু কোৱাৰ্টজ গ্লাছৰ (অনিয়তাকাৰ) গঠন দেখুওৱা হৈছে। কোৱাৰ্টজত দীৰ্ঘ পৰিসৰৰ ক্ৰম আছে; কিন্তু কোৱাৰ্টজ গ্লাছত নাই। সেইবাবে কোৱাৰ্টজ হ'ল ক্ৰিষ্টেলীয় আৰু কোৱাৰ্টজ গ্লাছ হ'ল অনিয়তাকাৰ কঠিন পদাৰ্থ। অনিয়তাকাৰ কঠিন পদাৰ্থৰ গঠন জুলীয়া পদাৰ্থৰ গঠনৰ দৰেই। গ্লাছ, ৰবৰ (rubber) আৰু প্লাষ্টিক হ'ল অনিয়তাকাৰ পদাৰ্থৰ সাধাৰণ উদাহৰণ।


(a) (b)

চিত্ৰ 1.1 : (a) কোৱাৰ্টজ আৰু (b) কোৱাৰ্টজ গ্লাছৰ দ্বিমাত্ৰিক গঠন

কণাবোৰৰ সজ্জাৰ পাৰ্থক্য থকাৰ বাবে ক্ৰিষ্টেলীয় আৰু অনিয়তাকাৰ কঠিন পদাৰ্থই বেলেগ বেলেগ ধৰ্ম দেখুৱায়। ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থৰ গলনাংক অতি সঠিকভাৱে জানিব পাৰি (sharp melting point)। আনহাতে এবিধ অনিয়তাকাৰ পদাৰ্থ উষ্ণতাৰ এটা পৰিসৰত গলে আৰু ইয়াক বিভিন্ন সাঁচত গঢ় দিব পাৰি। উত্তপ্ত কৰিলে কোনো এক উষ্ণতাত অনিয়তাকাৰ পদাৰ্থ ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থলৈ পৰিৱৰ্তিত হ'ব পাৰে। প্ৰাচীন সভ্যতাৰ কিছুমান গ্লাছৰ সামগ্ৰী গাখীৰৰ দৰে বগা হোৱা দেখা যায়। অনিয়তাকাৰ গ্লাছ ক্ৰিষ্টেলীয় অৱস্থালৈ পৰিৱৰ্তিত হোৱা বাবে এনে হয়। জুলীয়া পদাৰ্থৰ দৰে অনিয়তাকাৰ পদাৰ্থয়ো বৈ যাব বিচাৰে — অৱশ্যে অতি লাহে লাহে। সেই কাৰণে ইহঁতক **ভুৱা কঠিন পদাৰ্থ** (pseudo solids) বা **অতিশীতলীকৃত জুলীয়া পদাৰ্থ** (super cooled liquids) বোলা হয়। পুৰণি ঘৰৰ দুৱাৰ-খিৰিকীত থকা গ্লাছৰ ফলকৰ ওপৰৰ অংশতকৈ তলৰ অংশৰ বেধ অলপ বেছি হোৱা দেখা যায়। ওপৰৰপৰা তললৈ গ্লাছ অতি লাহে লাহে বৈ যোৱা বাবে এনে হয়।

ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থসমূহ বিষমদৈশিক (anisotropic)। ইয়াৰ অৰ্থ হ'ল, একেটা ক্ৰিষ্টেলৰে বিভিন্ন দিশত বৈদ্যুতিক ৰোধ (electrical resistance), প্ৰতিসৰণাংক



চিত্ৰ 1.2 : বেলেগ বেলেগ দিশত কণাবোৰৰ সজ্জা বেলেগ বেলেগ হোৱা বাবে ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থ বিষমদৈশিক হয়।

(refractive index) আদিৰ দৰে কিছুমান ভৌতিক ৰাশিৰ মান বিভিন্ন হয়। ক্ৰিষ্টেলটোৰ বেলেগ বেলেগ দিশত কণাবোৰৰ সজ্জা বেলেগ বেলেগ হোৱা বাবে পদাৰ্থটো বিষমদৈশিক হয় (চিত্ৰ 1.2)। বেলেগ বেলেগ দিশত কণাবোৰৰ সজ্জা বেলেগ বেলেগ হোৱা বাবে দিশভেদে একেটা ভৌতিক ধৰ্মৰ মান বিভিন্ন হয়।

অনিয়তাকাৰ কঠিন পদাৰ্থসমূহ সমদৈশিক (isotropic)। অনিয়তাকাৰ পদাৰ্থত দীৰ্ঘ পৰিসৰৰ ক্ৰম নাথাকে। তদুপৰি কণাবোৰৰ সজ্জা সকলো দিশতে অনিয়মিত। সেই কাৰণে একেটা ভৌতিক ধৰ্মৰ মান সকলো দিশতে একে হয়। অনিয়তাকাৰ পদাৰ্থক সেইবাবে সমদৈশিক বোলা হয়।

ক্ৰিষ্টেলীয় আৰু অনিয়তাকাৰ পদাৰ্থৰ পাৰ্থক্য তালিকা 1.1 ত সন্নিবিষ্ট কৰা হৈছে।

তালিকা 1.1 : ক্ৰিষ্টেলীয় আৰু অনিয়তাকাৰ কঠিন পদাৰ্থৰ মাজৰ পাৰ্থক্য

ধৰ্ম	ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থ	অনিয়তাকাৰ কঠিন পদাৰ্থ
আকৃতি	নিৰ্দিষ্ট বৈশিষ্ট্যপূৰ্ণ আকৃতি আছে।	ইহঁতৰ আকৃতি অনিয়মিত।
গলনাংক	বৈশিষ্ট্যপূৰ্ণ সুনিৰ্দিষ্ট গলনাংক আছে।	উষ্ণতাৰ এক পৰিসৰত ই ক্ৰমান্বয়ে কোমল হয় (গলিব ধৰে)।
বিভাজন (cleavage) ধৰ্ম	তীক্ষ্ণ ছুৰীৰে কাটিলে পদাৰ্থটো দুটা টুকুৰাত বিভক্ত হয় — নতুনকৈ সৃষ্টি হোৱা পৃষ্ঠসমূহ সমান আৰু মিহি হয়।	তীক্ষ্ণ ছুৰীৰে কাটিলে দুটা টুকুৰা পোৱা যায় যদিও নতুনকৈ সৃষ্টি হোৱা পৃষ্ঠসমূহ অনিয়মিত হয়।
গলন তাপ (heat of fusion)	প্ৰতিটো পদাৰ্থৰ এক নিৰ্দিষ্ট বৈশিষ্ট্যপূৰ্ণ গলন তাপ আছে।	নিৰ্দিষ্ট গলন তাপ নাই।
বিষমদৈশিতা	বিষমদৈশিক	সমদৈশিক
প্ৰকৃতি	প্ৰকৃত কঠিন পদাৰ্থ।	ভুৱা কঠিন পদাৰ্থ বা অতিশীতলীকৃত জুলীয়া পদাৰ্থ।
কণাবোৰৰ সজ্জাৰ ক্ৰম	দীৰ্ঘ পৰিসৰৰ ক্ৰম আছে।	হ্ৰস্ব পৰিসৰৰ ক্ৰম আছে।

অনিয়তাকাৰ কঠিন পদাৰ্থবোৰ অতি উপযোগী। দৈনন্দিন জীৱনত আমি গ্লাছ, ৰবৰ আৰু প্লাষ্টিক বিভিন্ন কামত ব্যৱহাৰ কৰোঁ। সৌৰশক্তিৰপৰা বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপাদন কৰিবলৈ অনিয়তাকাৰ ছিলিকনক (amorphous silicon) আলোকভ'ল্টীয় (photovoltaic) পদাৰ্থ হিচাপে ব্যৱহাৰ কৰা হয়। এই ক্ষেত্ৰত অনিয়তাকাৰ ছিলিকন সৰ্বোৎকৃষ্ট আলোকভ'ল্টীয় পদাৰ্থসমূহৰ ভিতৰত অন্যতম।

পাঠস্থ প্ৰশ্নমালা

1.1 কঠিন পদাৰ্থসমূহ কিয় দৃঢ় হয় লিখা।

1.2 কঠিন পদাৰ্থৰ নিৰ্দিষ্ট আয়তন থাকে — ইয়াৰ কাৰণ কি?

1.3 তলত দিয়াবোৰৰ কোনকেইটা ক্ৰিষ্টেলীয় আৰু কোনকেইটা অনিয়তাকাৰ লিখা — পলিইউৰেথেন (polyurethane), নেফথালিন (naphthalene), বেনজয়িক এছিড (benzoic acid), টেফলন (teflon), পটাছিয়াম নাইট্ৰেট (potassium nitrate), চেল'ফেন (cellophane), পলিভিনাইল ক্ল'ৰাইড (polyvinyl chloride), ফাইবাৰ গ্লাছ (fibre glass), কপাৰ (copper)।

1.4 গ্লাছক কিয় অতিশীতলীকৃত জুলীয়া পদাৰ্থ বোলা হয় লিখা।

1.5 এবিধ কঠিন পদাৰ্থৰ প্ৰতিসৰণাংকৰ মান সকলো দিশতে একে। কঠিন পদাৰ্থটো কেনেকুৱা প্ৰকৃতিৰ হ'ব মতামত দিয়া। পদাৰ্থটোৱে বিভাজন ধৰ্ম দেখুৱাবনে?

1.3 ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থৰ শ্ৰেণী বিভাজন (Classification of Crystalline Solids)

আমাৰ চাৰিওফালে থকা কঠিন পদাৰ্থবোৰৰ বেছিভাগেই ক্ৰিষ্টেলীয়। উদাহৰণ স্বৰূপে, আইৰন, কপাৰ, ছিলভাৰ আদি সকলোবোৰ ধাতু ক্ৰিষ্টেলীয়। তেনেদৰে ছালফাৰ, ফছফৰাছ, আয়'ডিনৰ দৰে অধাতুসমূহ আৰু ছ'ডিয়াম ক্ল'ৰাইড, জিংক ছালফাইড, নেফথালিনৰ দৰে বহুতো যৌগই ক্ৰিষ্টেলীয়।

আন্তঃআণৱিক বলৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থবোৰক আকৌ চাৰিভাগত ভগোৱা হৈছে। এই চাৰিবিধ হ'ল — আণৱিক কঠিন পদাৰ্থ, আয়নীয় কঠিন পদাৰ্থ, ধাতব কঠিন পদাৰ্থ আৰু সহযোজী কঠিন পদাৰ্থ। আমি এতিয়া এই চাৰিবিধ ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিম।

1.3.1 আণৱিক কঠিন পদাৰ্থ (Molecular Solids)

পদাৰ্থটোৰ অণুবোৰ লগ লাগি আণৱিক কঠিন পদাৰ্থৰ সৃষ্টি হয়। অৰ্থাৎ আণৱিক কঠিন পদাৰ্থৰ উপাদান হ'ল পদাৰ্থটোৰ অণুবোৰ। এই শ্ৰেণীৰ ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থক আকৌ নিম্নোক্ত তিনিভাগত ভগোৱা হৈছে — (i) অধ্ৰুৱীয় আণৱিক কঠিন পদাৰ্থ (Non-polar molecular solids), (ii) ধ্ৰুৱীয় আণৱিক কঠিন পদাৰ্থ (Polar molecular solids), আৰু (iii) হাইড্ৰ'জেন বান্ধনিৰে যুক্ত আণৱিক কঠিন পদাৰ্থ (Hydrogen bonded molecular solids)।

(i) ***অধ্ৰুৱীয় আণৱিক কঠিন পদাৰ্থ ঃ*** এনে ধৰণৰ কঠিন পদাৰ্থবোৰ পৰমাণু (যেনে আৰ্গন, হিলিয়াম আদি) বা অধ্ৰুৱীয় সহযোজী বান্ধনিযুক্ত অণুৰ (যেনে H_2, Cl_2 আৰু I_2 আদি) সমষ্টি। চেঁচা কৰিলে আৰ্গন, হিলিয়াম আদি সম্ভ্ৰান্ত গেছসমূহে কঠিন অৱস্থাপ্ৰাপ্ত হয়। কঠিন আৰ্গন বা হিলিয়াম হ'ল প্ৰত্যেকৰ পৰমাণুৰ সমষ্টি। তেনেদৰে H_2, Cl_2, I_2 আদি হ'ল অধ্ৰুৱীয় সহযোজী বান্ধনিযুক্ত অণু। চেচা কৰিলে ইহঁতেও কঠিন অৱস্থা পায় আৰু ইহঁতৰ প্ৰত্যেকৰে কঠিন অৱস্থা হ'ল অণুৰ সমষ্টি। অধ্ৰুৱীয় আণৱিক কঠিন পদাৰ্থত অণু বা পৰমাণুবোৰ লণ্ডন বল (London force) বা বিস্তাৰণ

বলৰদ্বাৰা (dispersion force) লগ লাগি থাকে। এই বল তুলনামূলকভাৱে দুৰ্বল। সেইবাবে এই কঠিন পদাৰ্থসমূহ কোমল (soft)। এইবোৰ বিদ্যুতৰ অপৰিবাহী। ইহঁতৰ গলনাংক কম; সাধাৰণ উষ্ণতা আৰু চাপত ইহঁত সাধাৰণতে গেছ বা জুলীয়া পদাৰ্থ।

(ii) ***ধ্ৰুৱীয় আণৱিক কঠিন পদাৰ্থ ঃ*** HCl, SO_2 আদিৰ অণুত ধ্ৰুৱীয় সহযোজী বান্ধনি আছে। কঠিন অৱস্থাত ইহঁত প্ৰত্যেকৰে অণুবোৰ তুলনামূলকভাৱে শক্তিশালী দ্বিমেৰু-দ্বিমেৰু আন্তঃক্ৰিয়াৰ (dipole-dipole interactions) দ্বাৰা লগ লাগি থাকে। এই কঠিন পদাৰ্থবোৰো কোমল আৰু বিদ্যুতৰ অপৰিবাহী। ইহঁতৰ গলনাংক অধ্ৰুৱীয় আণৱিক কঠিন পদাৰ্থৰ গলনাংকতকৈ বেছি। তথাপিও সাধাৰণ উষ্ণতা আৰু চাপত ইহঁত গেছ বা জুলীয়া পদাৰ্থ। কঠিন SO_2 আৰু কঠিন NH_3 হ'ল এই শ্ৰেণীৰ যৌগৰ উদাহৰণ।

(iii) ***হাইড্ৰ'জেন বান্ধনিৰে যুক্ত আণৱিক কঠিন পদাৰ্থ ঃ*** এনে কঠিন পদাৰ্থৰ অণুত F, O বা N পৰমাণুৰ সৈতে H পৰমাণুৰ ধ্ৰুৱীয় সহযোজী বান্ধনি থাকে। ফলস্বৰূপে এনে অণুবোৰৰ মাজত শক্তিশালী হাইড্ৰ'জেন বান্ধনি থাকে। উদাহৰণ স্বৰূপে, বৰফত H_2O অণুবোৰ তীব্ৰ হাইড্ৰ'জেন বান্ধনিৰে যোজিত হৈ থাকে। এই পদাৰ্থবোৰ বিদ্যুতৰ অপৰিবাহী। সাধাৰণ উষ্ণতা আৰু চাপত এনে পদাৰ্থবোৰ জুলীয়া পদাৰ্থ নাইবা কোমল কঠিন পদাৰ্থ হয়।

1.3.2 আয়নীয় কঠিন পদাৰ্থ (Ionic Solids)

আয়নীয় কঠিন পদাৰ্থ হ'ল আয়নৰ সমষ্টি। কেটায়ন আৰু এনায়নে ত্ৰিমাত্ৰিকভাৱে সজ্জিত হৈ এই কঠিন পদাৰ্থ গঠন কৰে। ইয়াত কেটায়ন আৰু এনায়নসমূহ তীব্ৰ কুলম্বিক (coulombic বা স্থিতিবৈদ্যুতিক) আকৰ্ষণী বলৰদ্বাৰা যোজিত হৈ থাকে। আয়নীয় কঠিন পদাৰ্থসমূহ টান আৰু চনকা (brittle)। ইহঁতৰ গলনাংক আৰু উতলাংক যথেষ্ট বেছি। কঠিন অৱস্থাত ইহঁতে বিদ্যুৎ পৰিবহন নকৰে। কিন্তু দ্ৰৱত বা গলিত অৱস্থাত পদাৰ্থটোত থকা আয়নবোৰে মুক্তভাৱে গতি কৰিব পাৰে। সেইবাবে দ্ৰৱত বা গলিত অৱস্থাত আয়নীয় কঠিন পদাৰ্থই বিদ্যুৎ পৰিবহন কৰে।

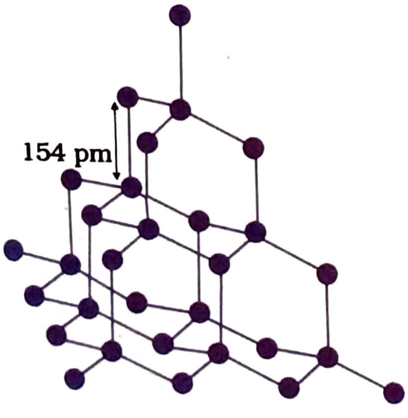
1.3.3 ধাতৱ কঠিন পদাৰ্থ (Metallic Solids)

সকলোবোৰ ধাতু হ'ল ক্ৰিষ্টেলীয় কঠিন পদাৰ্থ (মাৰ্কাৰি একমাত্ৰ ধাতু যি সাধাৰণ অৱস্থাত জুলীয়া পদাৰ্থ)। যি কোনো ধাতু এটুকুৰাৰ আটাইখিনিকে মুক্ত ইলেকট্ৰনৰ সাগৰ বুলি ভবা হয়। ধাতুটোৰ প্ৰতিটো পৰমাণুৰপৰা এটাকৈ বা একাধিক ইলেকট্ৰন ওলাই ইলেকট্ৰনৰ সাগৰৰ সৃষ্টি কৰে। এই ইলেকট্ৰনৰ সাগৰত ধাতুটোৰ ধনাত্মক আয়নসমূহ নিৰ্দিষ্ট ক্ৰমত সজ্জিত হৈ থাকে। ধাতুটোত থকা মুক্ত ইলেকট্ৰনবোৰ সচল। এই মুক্ত সচল ইলেকট্ৰনৰ বাবে ধাতুৰ বিদ্যুৎ আৰু তাপ পৰিবাহিতা অতি বেছি। বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ (electric field) প্ৰভাৱত এই ইলেকট্ৰনবোৰে ধনাত্মক আয়নবোৰৰ মাজেৰে গতি কৰে। তেনেদৰে ধাতু টুকুৰাৰ এটা মূৰত তাপ প্ৰয়োগ কৰিলে মুক্ত ইলেকট্ৰনৰ জৰিয়তে তাপীয় শক্তি টুকুৰাটোত

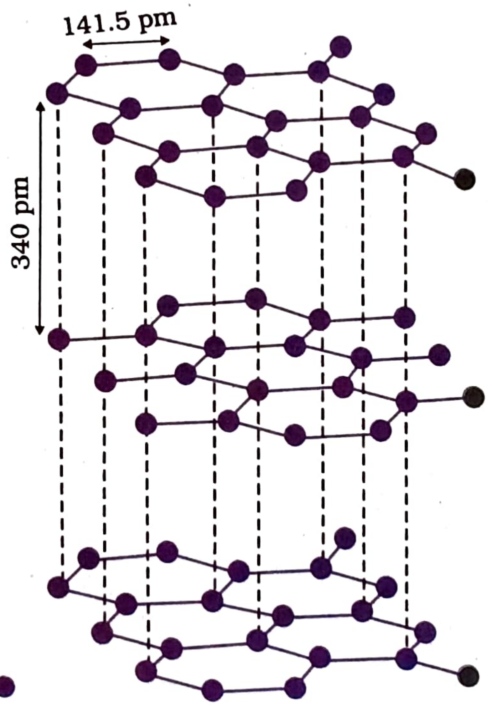
সকলো দিশতে সমভাৱে বিয়পি যায়। ধাতুৰ চিকমিকনি (lustre) আৰু বৰণৰ (কিছুমান ক্ষেত্ৰত) কাৰণো এই মুক্ত ইলেকট্ৰনবোৰেই। ধাতুবোৰ নমনীয় (ductile) আৰু ঘাতসহনীয় (malleable) হয়।

1.3.4 সহযোজী কঠিন পদাৰ্থ (Covalent or Network Solids)

সহযোজী কঠিন পদাৰ্থত পৰমাণুবোৰৰ মাজত সহযোজী বান্ধনি থাকে। পৰমাণুবোৰ এনেদৰে যোজিত হোৱাৰ ফলতে অধাতুৰ বেছিভাগ ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থ উৎপন্ন হয়। সেই বাবে অধাতুৰ এনে ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থক **বৃহৎ অণু** (giant molecule) বুলিও কোৱা হয়। সহযোজী বান্ধনি যথেষ্ট শক্তিশালী আৰু এই বান্ধনি নিৰ্দিষ্ট দিশত গঠিত হয়। বান্ধনি শক্তিশালী হোৱা বাবে সহযোজী কঠিন পদাৰ্থবোৰ যথেষ্ট কঠিন আৰু চনকা হয়। এইবোৰৰ গলনাংক অতি বেছি। সেইবাবে গলাৰ আগেয়ে ইহঁত বিযোজিত হ'ব পাৰে। ইহঁত বিদ্যুতৰ অপৰিবাহী। সহযোজী কঠিন পদাৰ্থৰ সাধাৰণ উদাহৰণ হ'ল হীৰা (diamond, চিত্ৰ 1.3) আৰু ছিলিকন কাৰ্বাইড। গ্ৰেফাইট (graphite) এবিধ ব্যতিক্ৰমী সহযোজী কঠিন পদাৰ্থ। ই কোমল আৰু বিদ্যুৎ পৰিবাহী। গ্ৰেফাইটৰ এই ব্যতিক্ৰমী ধৰ্মৰ মূলতে হ'ল ইয়াৰ গঠন (চিত্ৰ 1.4)। ইয়াত কাৰ্বন পৰামাণুবোৰ বহুতো তৰপত (layer) সজ্জিত হৈ থাকে। এনে প্ৰতিটো তৰপত প্ৰতিটো কাৰ্বন পৰমাণু আন তিনিটা কাৰ্বন পৰমাণুৰ সৈতে যোজিত হৈ থাকে। প্ৰতিটো কাৰ্বন পৰমাণুৰ বাকী থকা যোজ্যতা ইলেকট্ৰনটো তৰপবোৰৰ মাজত থাকে। তৰপবোৰৰ মাজত থকা এই ইলেকট্ৰনবোৰে ইফালে-সিফালে গতি কৰে থাকিব পাৰে। এই মুক্ত ইলেকট্ৰনবোৰৰ বাবে গ্ৰেফাইটে বিদ্যুৎ পৰিবহন কৰিব পাৰে। তদুপৰি এই তৰপবোৰ এটাৰ ওপৰেৰে আনটো পিচলি যাব পাৰে। ফলস্বৰূপে গ্ৰেফাইট কোমল হয় আৰু ই কঠিন পিচ্ছলকাৰক (solid lubricant) হিচাপে ব্যৱহৃত হয়।



চিত্ৰ 1.3 : হীৰাৰ গঠন



চিত্ৰ 1.4 : গ্ৰেফাইটৰ গঠন

ওপৰত বৰ্ণনা কৰা চাৰিবিধ ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থৰ পাৰ্থক্য তালিকা 1.2 ত দেখুওৱা হৈছে।

তালিকা 1.2 : বিভিন্ন ধৰণৰ ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থৰ ধৰ্ম

ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থ	উপাদান কণা	বান্ধনি / আকৰ্ষণী বল	উদাহৰণ	ভৌতিক প্ৰকৃতি	বিদ্যুৎ পৰিবাহিতা	গলনাংক
(1) আণৱিক কঠিন পদাৰ্থ	অণু					
(i) অধ্ৰুৱীয়		বিস্তাৰণ বা লণ্ডন বল	Ar, CCl_4, H_2, I_2, CO_2	কোমল	অন্তৰক	অতি কম
(ii) ধ্ৰুৱীয়		দ্বিমেৰু-দ্বিমেৰু আন্তঃক্ৰিয়া	HCl, SO_2	কোমল	অন্তৰক	কম
(iii) হাইড্ৰ'জেন বান্ধনিযুক্ত		হাইড্ৰ'জেন বান্ধনি	H_2O(বৰফ)	কঠিন	অন্তৰক	কম
(2) আয়নীয় কঠিন পদাৰ্থ	আয়ন	কুলম্বিক বা স্থিতিবৈদ্যুতিক	NaCl, MgO, ZnS, CaF_2	কঠিন যদিও চনকা	কঠিন অৱস্থাত বিদ্যুৎ পৰিবহন নকৰে; গলিত অৱস্থাত বা দ্ৰবত বিদ্যুৎ পৰিবহন কৰে।	বেছি
(3) ধাতব কঠিন পদাৰ্থ	মুক্ত ইলেকট্ৰনৰ সাগৰত থকা ধনাত্মক আয়ন	ধাতব বান্ধনি	Fe, Cu, Ag, Mg	কঠিন যদিও নমনীয় আৰু ঘাত সহনীয়	কঠিন অৱস্থা আৰু গলিত অৱস্থাত বিদ্যুতৰ পৰিবাহী	যথেষ্ট বেছি
(4) সহযোজী কঠিন পদাৰ্থ	পৰমাণু	সহযোজী বান্ধনি	SiO_2(কোৱাৰ্টজ) SiC, C (হীৰা) AlN,	কঠিন	অন্তৰক	অতি বেছি
			C (গ্ৰেফাইট)	কোমল	বিদ্যুৎ পৰিবাহী (ব্যতিক্ৰম)	

পাঠস্থ প্ৰশ্নমালা

1.6 আন্তঃ আণৱিক বলৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি তলত দিয়া কঠিন পদাৰ্থবোৰক শ্ৰেণীবিভক্ত কৰা — পটাছিয়াম ছালফেট, টিন, বেনজিন, ইউৰিয়া, এম'নিয়া, পানী, জিংক ছালফাইড, গ্ৰেফাইট, ৰুবিডিয়াম, আৰ্গন, ছিলিকন কাৰ্বাইড।

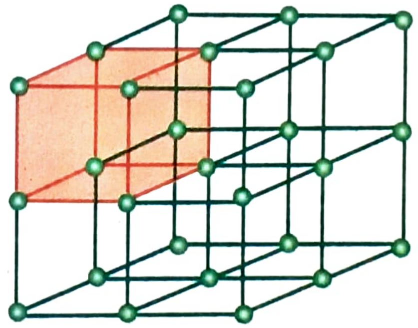
1.7 A কঠিন পদাৰ্থটো কঠিন আৰু গলিত অৱস্থাত বিদ্যুতৰ অপৰিবাহী। পদাৰ্থটো অতি টান আৰু ই অতি উচ্চ উষ্ণতাত গলে। এই কঠিন পদাৰ্থটো কোন শ্ৰেণীৰ?

1.8 আয়নীয় কঠিন পদাৰ্থই গলিত অৱস্থাত বিদ্যুৎ পৰিবহন কৰে যদিও কঠিন অৱস্থাত নকৰে। ইয়াৰ কাৰণ ব্যাখ্যা কৰা।

1.9 কোন শ্ৰেণীৰ কঠিন পদাৰ্থসমূহ বিদ্যুতৰ পৰিবাহী, নমনীয় আৰু ঘাতসহিষ্ণু?

1.4 ক্ৰিষ্টেল লেটিছ আৰু একক কোষ (Crystal lattices and Unit Cells)

যি কোনো এটা ক্ৰিষ্টেল কিছুমান সূক্ষ্ম কণাৰে গঠিত। ক্ৰিষ্টেলটোত কণাবোৰে এটা নিৰ্দিষ্ট ক্ৰমত সজ্জিত হৈ থাকে। দৰাচলতে কণাবোৰৰ সজ্জাৰ এই নিৰ্দিষ্ট ক্ৰমটোৰ পুনৰাবৃত্তি ঘটিয়েই ক্ৰিষ্টেলৰ সৃষ্টি হয়। ধৰা, এটা ক্ৰিষ্টেলৰ ত্ৰিমাত্ৰিক ক্ষেত্ৰত সজ্জিত কণাবোৰক আমি একোটা বিন্দুৰে বুজাইছো। এই বিন্দুবোৰৰ ত্ৰিমাত্ৰিক ক্ষেত্ৰত সজ্জা দেখুৱাই অঁকা চিত্ৰটোকে আমি এটা ক্ৰিষ্টেল লেটিছ (crystal lattice) বুলি ক'ব পাৰো। গতিকে ত্ৰিমাত্ৰিক ক্ষেত্ৰত বিন্দু কিছুমানৰ নিয়মিত সজ্জাকে **ক্ৰিষ্টেল লেটিছ** বোলা হয়।



চিত্ৰ 1.5 : ত্ৰিমাত্ৰিক ঘনকীয় লেটিছৰ এটা অংশ আৰু ইয়াৰ একক কোষ

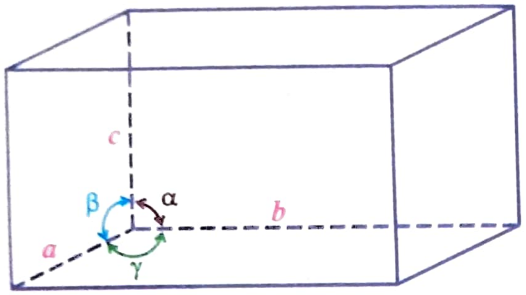
দেখা গৈছে যে সৰ্বমুঠ 14 ধৰণৰ ক্ৰিষ্টেল লেটিছ সম্ভৱ হয়। এই 14 টা লেটিছক **ব্ৰেভেইছ লেটিছ** (Bravais lattice) বোলা হয়। ফৰাছী গণিতজ্ঞ **ব্ৰেভেইছে** উদ্ভাৱন কৰা বাবে তেওঁৰ নাম অনুসৰণ কৰি এই নামটো ৰখা হৈছে। ক্ৰিষ্টেল লেটিছৰ বৈশিষ্ট্যসমূহ তলত উল্লেখ কৰা হ'ল —

(a) লেটিছত থকা প্ৰতিটো বিন্দুকে লেটিছ বিন্দু (lattice point or lattice site) বোলা হয়।

(b) লেটিছত থকা প্ৰতিটো বিন্দুৱে ক্ৰিষ্টেলটো গঠিত হোৱা কণাক বুজায়। সেই কণা এটা পৰমাণু, বা এটা অণু (পৰমাণুৰ থুপ) বা এটা আয়ন হ'ব পাৰে।

(c) লেটিছ বিন্দুবোৰ সৰলৰেখাৰে যোগ কৰি লেটিছটোৰ জ্যামিতীয় আকৃতি নিৰ্ধাৰণ কৰা হয়।

ক্ৰিষ্টেল লেটিছটোৰ সূক্ষ্মতম অংশটোৱে হ'ল একক কোষ। বিভিন্ন দিশত একক কোষৰ পুনৰাবৃত্তিৰ ফলত লেটিছটো পোৱা যায়। তলত উল্লেখ কৰা কাৰকবোৰৰ সহায়ত একক কোষৰ প্ৰকৃতি নিৰ্ধাৰণ কৰা হয় —



চিত্ৰ 1.6 : একক কোষৰ প্ৰাচলসমূহ

(i) এটা বিন্দুত মিলিত হৈ থকা তিনিটা দাঁতিৰ (edge) দৈৰ্ঘ্যৰদ্বাৰা। এই দাঁতি দৈৰ্ঘ্যকেইটাক (edge length) a, b আৰু c ৰে বুজোৱা হয়। এই দাঁতিসমূহ পৰস্পৰৰ সৈতে লম্বভাবে থাকিবও পাৰে, নাথাকিবও পাৰে।

(ii) দাঁতিসমূহৰ মাজৰ কোণৰদ্বাৰা। b আৰু c দাঁতিৰ মাজৰ কোণক α, c আৰু a দাঁতিৰ মাজৰ কোণক β, a আৰু b দাঁতিৰ মাজৰ কোণক γ বোলা হয়। গতিকে দেখা গ'ল, এটা একক কোষক মুঠতে ছয়টা প্ৰাচলেৰে (parameter) নিৰ্দেশ কৰা হয়। এইকেইটা হ'ল a, b, c, α, β আৰু γ (চিত্ৰ 1.6)।

1.4.1 সৰল আৰু কেন্দ্ৰস্থ একক কোষ (Primitive and Centred Unit Cells)

একক কোষসমূহক প্ৰধানকৈ দুটা ভাগত বিভক্ত কৰিব পাৰি — সৰল আৰু কেন্দ্ৰস্থ একক কোষ।

(a) *সৰল একক কোষ*

ক্ৰিষ্টেলটো যিবোৰ কণাৰদ্বাৰা গঠিত সেই কণাবোৰ একক কোষৰ প্ৰতিটো চুকত এটাকৈ থাকিলে তেনে একক কোষক **সৰল একক কোষ** বোলা হয়।

(b) *কেন্দ্ৰস্থ একক কোষ*

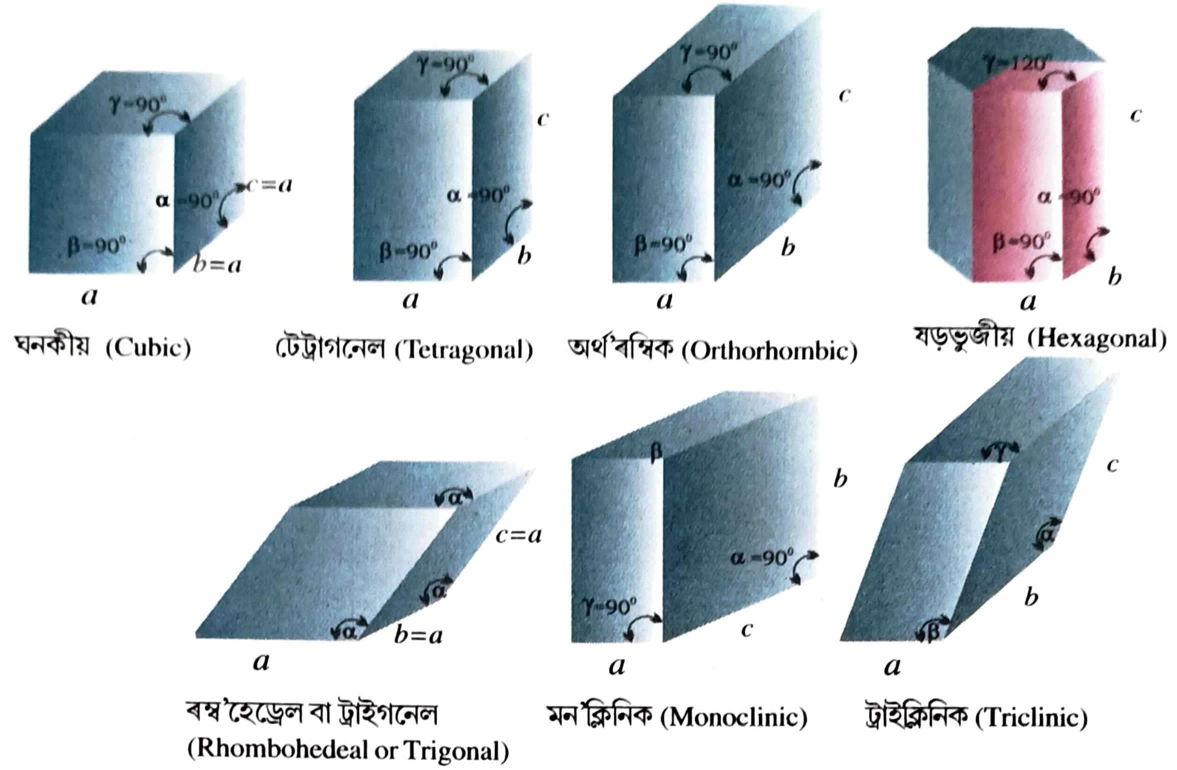
ক্ৰিষ্টেলটো গঠিত হোৱা কণাবোৰ একক কোষৰ প্ৰতিটো চুকত এটাকৈ থকাৰ উপৰি আন স্থানত থাকিলে একক কোষটোক **কেন্দ্ৰস্থ একক কোষ** বোলে। কেন্দ্ৰস্থ একক কোষ তিনি ধৰণৰ —

(i) ***দেহকেন্দ্ৰিক একক কোষ (Body-centred Unit Cell)*** ঃ এনে একক কোষত ক্ৰিষ্টেলটো গঠিত হোৱা কণাবোৰ (পৰমাণু, অণু বা আয়ন) একক কোষটোৰ প্ৰতি চুকত এটাকৈ থকাৰ উপৰি একে কণা এটা কোষটোৰ কেন্দ্ৰটোত থাকে।

(ii) ***পৃষ্ঠকেন্দ্ৰিক একক কোষ (Face-centred Unit Cells)*** ঃ এইবিধ একক কোষৰ প্ৰতিটো চুকত ক্ৰিষ্টেলটো গঠিত হোৱা কণা এটাকৈ থকাৰ উপৰি প্ৰতিখন পৃষ্ঠৰ (face) কেন্দ্ৰত একে কণা একোটাকৈ থাকে।

(iii) ***প্ৰান্তকেন্দ্ৰিক একক কোষ (End-centred Unit Cells)*** ঃ এইবিধ একক কোষৰ প্ৰতিটো চুকত ক্ৰিষ্টেলটো গঠিত হোৱা কণা এটাকৈ থকাৰ উপৰি যি কোনো দুখন পৰস্পৰ বিপৰীতফালে থকা পৃষ্ঠৰ কেন্দ্ৰত একোটাকৈ কণা থাকে।

সৰ্বমুঠ সাত ধৰণৰ সৰল একক কোষ আছে। চিত্ৰ 1.7 ত এইবোৰ দেখুওৱা হৈছে। সৰল একক কোষ আৰু সিবোৰে গঠন কৰিবপৰা কেন্দ্ৰস্থ একক কোষসমূহ তালিকা 1.3 ত লিপিবদ্ধ কৰা হৈছে।



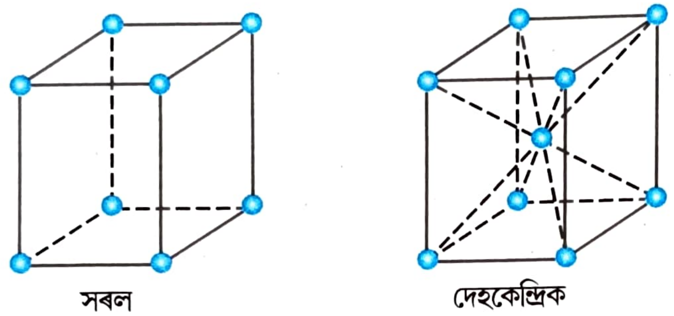
চিত্ৰ 1.7 : ক্রিষ্টেলত সাতবিধ সৰল একক কোষ

তালিকা 1.3 ঃ সাতবিধ সৰল একক কোষ আৰু সিবোৰৰ সম্ভৱপৰ কেন্দ্ৰস্থ একক কোষসমূহ

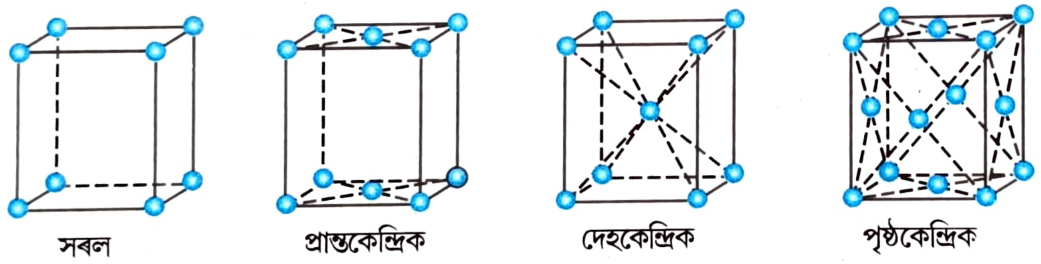
ক্রিষ্টেল তন্ত্র	সম্ভৱপৰ প্ৰকাৰ	দাঁতি দৈৰ্ঘ্য	অক্ষীয় কোণ	উদাহৰণ
ঘনকীয়	সৰল দেহকেন্দ্ৰিক পৃষ্ঠকেন্দ্ৰিক	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^0$	NaCl, জিংক ব্লেণ্ডি, Cu
টেট্ৰাগনেল	সৰল দেহকেন্দ্ৰিক	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^0$	শ্বেত টিন, SnO_2, TiO_2, $CaSO_4$
অৰ্থ'ৰম্বিক	সৰল দেহকেন্দ্ৰিক পৃষ্ঠকেন্দ্ৰিক প্ৰান্তকেন্দ্ৰিক	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^0$	ৰম্বিক ছালফাৰ, KNO_3, $BaSO_4$
ষড়ভুজীয়	সৰল	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = 90^0$ $\gamma = 120^0$	গ্ৰেফাইট, ZnO, CdS
ৰম্ব'হেড্ৰেল বা ট্ৰাইগনেল	সৰল	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^0$	কেলচাইট ($CaCO_3$) চিনাবাৰ (HgS)
মন'ক্লিনিক	সৰল প্ৰান্তকেন্দ্ৰিক	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \gamma = 90^0$ $\beta \neq 120^0$	মন'ক্লিনিক ছালফাৰ $Na_2SO_4.10H_2O$
ট্ৰাইক্লিনিক	সৰল	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^0$	$K_2Cr_2O_7$, $CuSO_4.5H_2O$, H_3BO_3

14 ধৰণৰ ব্ৰেভেইছ লেটিছৰ একক কোষ

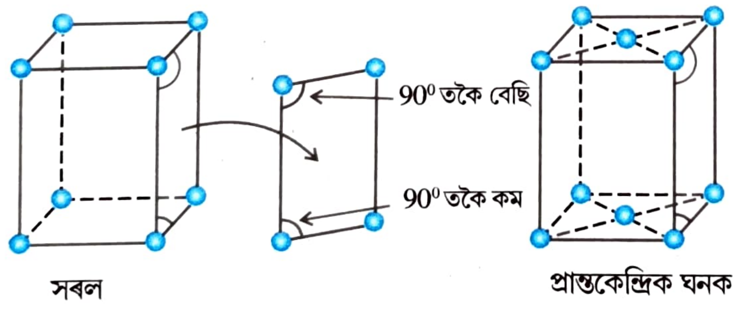
তিনিটা ঘনকীয় লেট্ৰিছ। সকলো দাঁতি সমদৈৰ্ঘ্যৰ; দুটা পৃষ্ঠৰ মাজৰ কোণ 90^0।



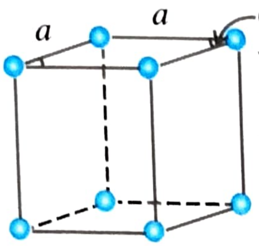
দুটা টেট্ৰাগনেল; এটা দাঁতিৰ দৈৰ্ঘ্য আন দুটা দাঁতি দৈৰ্ঘ্যতকৈ বেলেগ। দুটা পৃষ্ঠৰ মাজৰ কোণ 90^0



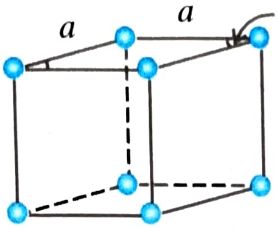
চাৰিটা অৰ্থ'ৰম্বিক লেটিছ; অসমান দাঁতি; দুটা পৃষ্ঠৰ মাজৰ কোণ 90^0



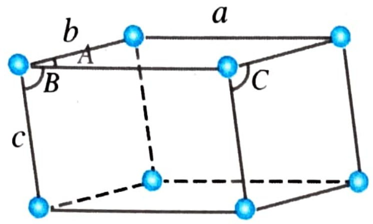
দুটা মন'ক্লিনিক লেটিছ; অসমান দাঁতি; দুটা পৃষ্ঠৰ মাজৰ কোণ 90^0 তকৈ বেলেগ



ষড়ভূজীয় লেটিছ — এটা দাঁতিৰ দৈৰ্ঘ্য আন দুটা দাঁতিৰ দৈৰ্ঘ্যতকৈ বেলেগ। দুটা পৃষ্ঠৰ মাজৰ কোণ 60^0



ৰম্ব'হেড্ৰেল লেটিছ সকলোবোৰ দাঁতিৰ দৈৰ্ঘ্য সমান। দুটা পৃষ্ঠৰ মাজৰ কোণ 90^0তকৈ সৰু



ট্ৰাইক্লিনিক লেটিছ - *a, b, c* দাঁতিবোৰ অসমান। A, B, C কোণবোৰ অসমান; সিহঁতৰ এটা কোণো 90^0 নহয়।

1.5 এটা একক কোষত থকা পৰমাণুৰ সংখ্যা (Number of Atoms in a Unit Cell)

যি কোনো এটা ক্ৰিষ্টেল লেটিছ অসংখ্য একক কোষেৰে গঠিত। ইয়াৰ প্ৰতিটো লেটিছ বিন্দুৰেই হ'ল ক্ৰিষ্টেলটো গঠিত হোৱা একোটা কণা। লেটিছটোত থকা প্ৰতিটো লেটিছ বিন্দু বা কণাৰ কিমান অংশ এটা একক কোষে লাভ কৰে সেয়া গণনা কৰি উলিয়াব পাৰি।

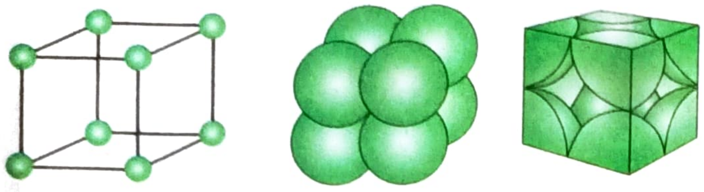
ঘনকীয় একক কোষক উদাহৰণ হিচাপে লৈ আমি এই কথা আলোচনা কৰিম। সুবিধাৰ বাবে ক্ৰিষ্টেলটো গঠিত হোৱা কণাবোৰক পৰমাণু হিচাপে বিবেচনা কৰিম।

1.5.1 সৰল ঘনকীয় একক কোষ (Primitive Cubic Unit Cell)

সৰল ঘনকীয় একক কোষৰ অকল চুককেইটাতহে লেটিছ বিন্দু অৰ্থাৎ পৰমাণু থাকে। চুকত থকা এনেকুৱা এটা পৰমাণু মুঠতে আঠটা নিকটবৰ্তী একক কোষে ভাগ-বতৰা কৰে (চিত্ৰ 1.8)। ইয়াৰে চাৰিটা একক কোষ এটা স্তৰত আৰু আন চাৰিটা একক কোষ সেই স্তৰটোৰ ওপৰৰ (বা, তলৰ) স্তৰত থাকে। সেইবাবে এই পৰমাণুটোৰ (বা অণু বা আয়নৰ) $\frac{1}{8}$ অংশহে এটা একক কোষে লাভ কৰে।

চিত্ৰ 1.8 : সৰল একক কোষৰ চুকত থকা এটা পৰমাণু মুঠতে আঠটা নিকটবৰ্তী একক কোষে ভাগ-বতৰা কৰে।

চিত্ৰ 1.9ত সৰল ঘনকীয় একক কোষ এটাক তিনি ধৰণে দেখুওৱা হৈছে। চিত্ৰ 1.9(a)ত প্ৰতিটো সৰু গোলকে সেই স্থানত থকা কণাটোৰ কেন্দ্ৰক বুজাইছে; সৰু গোলকটো কণাটোৰ প্ৰকৃত আকাৰৰ সমান নহয়। এনেকুৱা গঠনক মুক্ত গঠন (open structures) বোলা হয়। মুক্ত গঠনত কণাবোৰৰ সজ্জা দেখুৱাবলৈ সহজ। চিত্ৰ 1.9 (b)ত কণাবোৰৰ প্ৰকৃত আকাৰ দেখুওৱা হৈছে। এই গঠনটো হ'ল স্থান-পূৰক গঠন (space-filling structure)। আনহাতে প্ৰতিটো পৰমাণুৰ কিমান অংশ এটা ঘনকীয় একক কোষত প্ৰকৃততে থাকে সেয়া চিত্ৰ 1.9(c)ত দেখুওৱা হৈছে।



(a) (b) (c)

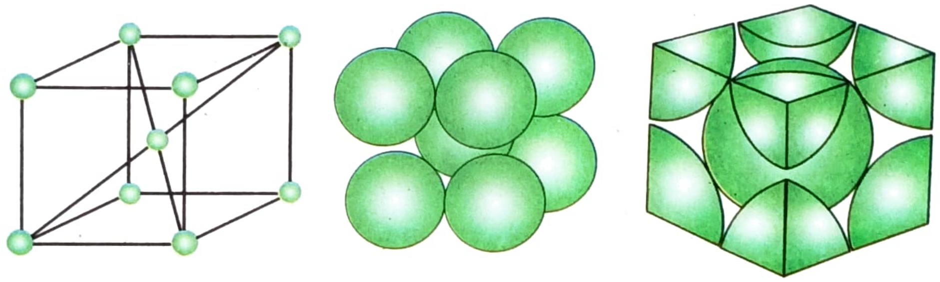
চিত্ৰ 1.9 : সৰল ঘনকীয় একক কোষ
(a) মুক্ত গঠন, (b) স্থান-পূৰক গঠন,
(c) এটা একক কোষে প্ৰকৃততে লাভ কৰা পৰমাণু এটাৰ অংশ

আমি গম পালো যে ঘনকীয় একক কোষ এটাৰ চুকত থকা এটা পৰমাণুৰ $\frac{1}{8}$ অংশহে এটা একক কোষে লাভ কৰে। তেনেকুৱা আঠটা পৰমাণু সৰল ঘনকীয় একক কোষ এটাৰ আটাইকেইটা (আঠটা) চুকত আছে।

গতিকে সৰল ঘনকীয় একক কোষ এটাত থকা মুঠ পৰমাণুৰ সংখ্যা $=8\times\frac{1}{8}=1$

1.5.2 দেহকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় একক কোষ [Body Centred Cubic (bcc) Unit Cell]

দেহকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় একক কোষৰ প্ৰতিটো চুকত একোটাকৈ পৰমাণু থকাৰ উপৰি কোষটোৰ কেন্দ্ৰত এটা পৰমাণু থাকে। এইবিধ একক কোষৰ মুক্ত গঠনটো চিত্ৰ 1.10(a)ত আৰু স্থান-পূৰক গঠনটো চিত্ৰ 1.10(b)ত দেখুওৱা হৈছে। আকৌ প্ৰতিটো পৰমাণুৰ প্ৰকৃততে কিমান অংশ একক কোষটোৱে পায় সেয়া চিত্ৰ 1.10(c)ত উপস্থাপন কৰা হৈছে।



(a) (b) (c)

চিত্ৰ 1.10 : দেহকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় একক কোষ
(a) মুক্ত গঠন, (b) স্থানপূৰক গঠন,
(c) এটা একক কোষে প্ৰকৃততে লাভ কৰা পৰমাণুৰ অংশ

দেহকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় একক কোষৰ চুককেইটাত থকা পৰমাণুকেইটা সৰল ঘনকীয় একক কোষৰ পৰমাণুকেইটাৰ সৈতে একে। কিন্তু দেহকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় একক কোষকেন্দ্ৰত থকা পৰমাণুটো সম্পূৰ্ণৰূপে কোষটোৰেই। সেইবাবে এনে একক কোষত থকা মুঠ পৰমাণুৰ সংখ্যা তলত দিয়া ধৰণে উলিয়াব পাৰোঁ —

(i) চুকত থকা 8 টা পৰমাণুৰ প্ৰতিটোৰ $\frac{1}{8}$ অংশ $=8\times\frac{1}{8}=1$

(ii) কোষকেন্দ্ৰত থকা পৰমাণু 1 টা

গতিকে এটা দেহকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় একক কোষত (bcc) থকা মুঠ পৰমাণুৰ সংখ্যা $=1+1=2$

DAILY ASSAM

1.6 নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত গঠন (Close Packed Structures)

ক্রিষ্টেলত কণাবোৰে পৰস্পৰৰ যথাসম্ভৱ নিকটতম স্থান অধিকাৰ কৰে; সিবোৰৰ মাজত ন্যূনতম খালী ঠাই থাকে। এয়াই হ'ল কণাবোৰৰ **নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন** (close packing)। ক্রিষ্টেলত নিৰন্ধ্ৰ সংকুলনৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিবলৈ আমি কণাবোৰক টান গোলক (hard spheres) হিচাপে বিবেচনা কৰিম। এটা ক্রিষ্টেলত থকা সকলোবোৰ কণা সম্পূৰ্ণৰূপে একে বুলিও আমি ধৰি ল'ম। এনে ধাৰণাৰ সহায়ত ক্রিষ্টেলৰ ত্ৰিমাত্ৰিক গঠন তিনিটা পৰ্যায়ত আলোচনা কৰিম।

(a) একমাত্ৰিক নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন (Close Packing in One Dimension)

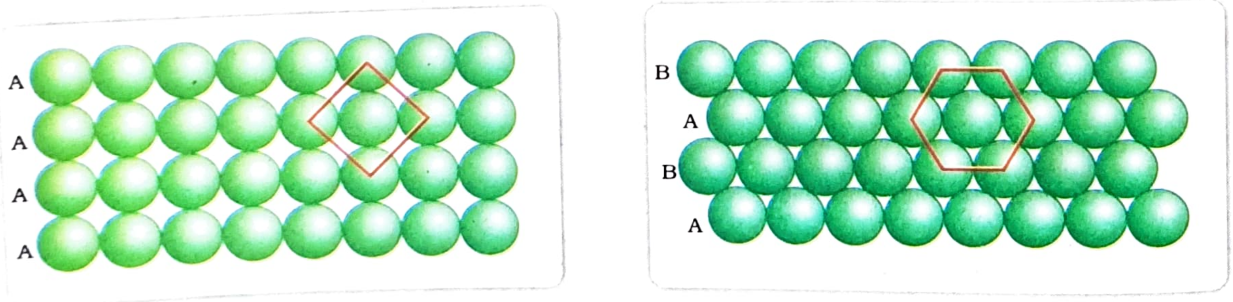
এডাল অক্ষত গোলকবোৰক (কণা) মাত্ৰ একধৰণেই সজাব পৰা যায়। ইটোৱে সিটোক চুই থকাকৈ গোলকবোৰক এটা শাৰীত সজালেই এক মাত্ৰাত নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন পোৱা যাব (চিত্ৰ 1.13)। এই সজ্জাত প্ৰতিটো গোলকে নিকটতম আন দুটা গোলকক প্ৰত্যক্ষভাৱে চুই আছে। এটা গোলক অৰ্থাৎ কণাৰ নিকটতম প্ৰতিৱেশী কণাৰ সংখ্যাকে কণাটোৰ **সমন্বয়ী সংখ্যা** (coordination number) বোলা হয়। গতিকে একমাত্ৰিক নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত গঠনত কণাৰ সমন্বয়ী সংখ্যা 2 হ'ব।

চিত্ৰ 1.13 : গোলকৰ একমাত্ৰিক নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন

(b) দ্বিমাত্ৰিক ক্ষেত্ৰত নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন (Close Packing in Two Dimension)

একমাত্ৰিক নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত গোলকৰ শাৰীবোৰ এখন সমতলত লগ লগাই ৰাখিলে দ্বিমাত্ৰিক ক্ষেত্ৰত নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন পোৱা যায়। এই শাৰীবোৰ দুই ধৰণে লগ লগাব পাৰি —

(i) নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত গোলকৰ প্ৰথম শাৰীটোৰ গোলককেইটাৰ ঠিক পোনে পোনে (একে সৰলৰেখাত) দ্বিতীয় শাৰীৰ গোলককেইটা পৰস্পৰৰ সংস্পৰ্শত ৰাখিব পাৰি। এনে অৱস্থাত আটাইবোৰ গোলক অনুভূমিক আৰু উলম্ব উভয় দিশতে একোডাল সৰলৰেখাত মিলি থাকিব। ইয়াৰ প্ৰথম শাৰীটোক আমি যেনিবা 'A' শাৰী হিচাপে চিহ্নিত কৰিছো। প্ৰথম শাৰীৰ সৈতে দ্বিতীয় শাৰীটো সম্পূৰ্ণৰূপে একে হোৱা বাবে এইটোকো A শাৰী বুলি ক'ব পাৰো। এই দুটা শাৰীৰ সৈতে একে সমতলত একে ধৰণে নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত গোলকৰ শাৰী যোগ কৰিলে AAA ধৰণৰ সজ্জা পোৱা যাব (চিত্ৰ 1.14 (a))।



(a) (b)

চিত্ৰ 1.14 : (a) দ্বিমাত্ৰিক ক্ষেত্ৰত বৰ্গাকাৰ নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন আৰু (b) দ্বিমাত্ৰিক ক্ষেত্ৰত হেক্সাগনেল নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন

এই সজ্জাত প্ৰতিটো গোলকে নিকটতম আন চাৰিটা গোলকৰ সংস্পৰ্শত থাকে। সেয়েহে দ্বিমাত্ৰিক ক্ষেত্ৰৰ এই সজ্জাত সমন্বয়ী সংখ্যা 4 হ'ব। নিকটতম চাৰিটা গোলকৰ কেন্দ্ৰকেইটা সংযোগ কৰিলে এটা বৰ্গক্ষেত্ৰ পোৱা যায়। সেইবাবে এইধৰণৰ সংকুলনক **দ্বিমাত্ৰিক ক্ষেত্ৰত বৰ্গাকাৰ নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন** (square close packing in two dimension) বোলা হয়।

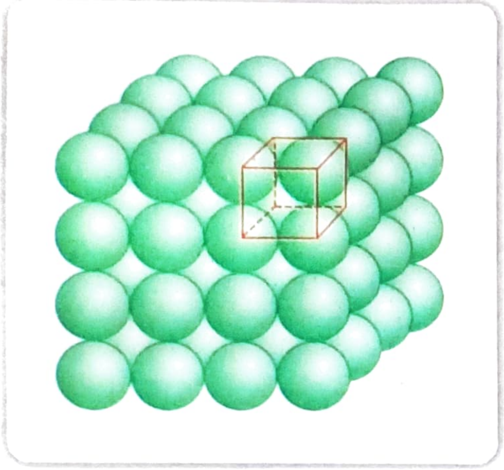
(ii) আন ধৰণৰ সজ্জাত প্ৰথম শাৰীত থকা গোলকৰ মাজৰ দ অংশত দ্বিতীয় শাৰী গোলক স্থাপন কৰিব পাৰোঁ। ইয়াৰে প্ৰথম শাৰীক A হিচাপে চিহ্নিত কৰা হ'ল। দ্বিতীয় শাৰীৰ সজ্জা বেলেগ হোৱা বাবে ইয়াক Bৰে বুজাব পাৰোঁ। এতিয়া দ্বিতীয় শাৰীৰ গোলকবোৰৰ মাজৰ দ অংশত তৃতীয় শাৰীটো বহুৱালে ইয়াৰ গোলকবোৰ প্ৰথম শাৰীৰ গোলকবোৰৰ ঠিক পোনে পোনে থাকিব। সেইবাবে তৃতীয় শাৰীটো A ধৰণৰেই হ'ব। তেনেদৰে চতুৰ্থ শাৰীৰ গোলকবোৰ দ্বিতীয় শাৰীৰ গোলকবোৰৰ ঠিক পোনে পোনে থাকিব। সেইবাবে চতুৰ্থ শাৰীটো B ধৰণৰ হ'ব। গতিকে দেখা গ'ল, দ্বিমাত্ৰিক ক্ষেত্ৰৰ এই সজ্জাটো ABAB ধৰণৰ। এই সজ্জাত খালী ঠাই কম থাকে। বৰ্গ নিৰন্ধ্ৰ সংকুলনতকৈ ইয়াত সংকুলন বেছি। ইয়াত প্ৰতিটো গোলক আন ছয়টা গোলকৰ সংস্পৰ্শত থাকে। সেইবাবে এই দ্বিমাত্ৰিক সজ্জাত সমন্বয়ী সংখ্যা 6 হ'ব। এই ছয়টা গোলকৰ কেন্দ্ৰবোৰ সংযোগ কৰিলে এটা নিয়মিত ষড়্‌ভুজ (regular hexagon) পোৱা যায় (চিত্ৰ 1.14(b)) বাবে এই ধৰণৰ সংকুলনক **দ্বিমাত্ৰিক ষড়্‌ভুজীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন** (two dimensional hexagonal close packing) বোলা হয়। চিত্ৰ 1.14(b)ত তোমালোকে নিশ্চয় কিছুমান ৰন্ধ্ৰ (voids) মন কৰিছা। এই ৰন্ধ্ৰবোৰ ত্ৰিভুজাকৃতিৰ। ত্ৰিভুজাকৃতিৰ ৰন্ধ্ৰবোৰো কিন্তু দুই ধৰণৰ। এক ধৰণত (এক শাৰীত) ত্ৰিভুজৰ শীৰ্ষবিন্দু ওপৰমুৱাকৈ আৰু আন ধৰণত শীৰ্ষ বিন্দু তলমুৱাকৈ আছে।

(c) ত্ৰিমাত্ৰিক ক্ষেত্ৰত নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন (Close Packing in Three Dimensions)

ক্ৰিষ্টেলবোৰ ত্ৰিমাত্ৰিক। দৰাচলতে সকলো বাস্তৱ গঠনেই ত্ৰিমাত্ৰিক। দ্বিমাত্ৰিক স্তৰসমূহ এখনৰ ওপৰত আন এখনকৈ লগ লগাই ত্ৰিমাত্ৰিক গঠন পাব পাৰি। দ্বিমাত্ৰিক ক্ষেত্ৰত সংকুলন সম্বন্ধে আমি আগৰ খণ্ডত আলোচনা কৰিলো। তাত আমি পাইছো যে দ্বিমাত্ৰিক ক্ষেত্ৰত সংকুলন দুই ধৰণৰ হ'ব পাৰে — বৰ্গাকাৰ নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন আৰু ষড়্‌ভুজীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন। এই দুই ধৰণৰ সংকুলনৰ ফলত পোৱা দ্বিমাত্ৰিক স্তৰৰ সহায়ত ত্ৰিমাত্ৰিক ক্ষেত্ৰত নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন কেনেদৰে পাব পাৰি সেই বিষয়ে আমি এতিয়া আলোচনা কৰিম।

(i) **দ্বিমাত্ৰিক বৰ্গ নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন স্তৰৰপৰা ত্ৰিমাত্ৰিক নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন ঃ** গোলকৰ একমাত্ৰিক শাৰীৰপৰা দ্বিমাত্ৰিক বৰ্গাকাৰ ৰন্ধ্ৰ সংকুলিত স্তৰ গঠন হোৱা পদ্ধতিটোৰ বিষয়ে ইতিমধ্যে জানিব পাৰিছা। ঠিক একে পদ্ধতিৰে দ্বিমাত্ৰিক বৰ্গাকাৰ নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত স্তৰ লগ লগাব পৰা যায়। এনে প্ৰথম স্তৰখনৰ ওপৰত দ্বিতীয় বৰ্গাকাৰ সংকুলিত স্তৰটো আমি এনেদৰে স্থাপন কৰিব পাৰো যাতে প্ৰথম স্তৰৰ গোলকবোৰৰ ঠিক পোনে পোনে দ্বিতীয় স্তৰৰ গোলকবোৰ থাকে। এনে অৱস্থাত গোলকবোৰ অনুভূমিক আৰু উলম্ব দিশত একেডাল সৰলৰেখাত মিলি থাকিব

DAILY ASSAM



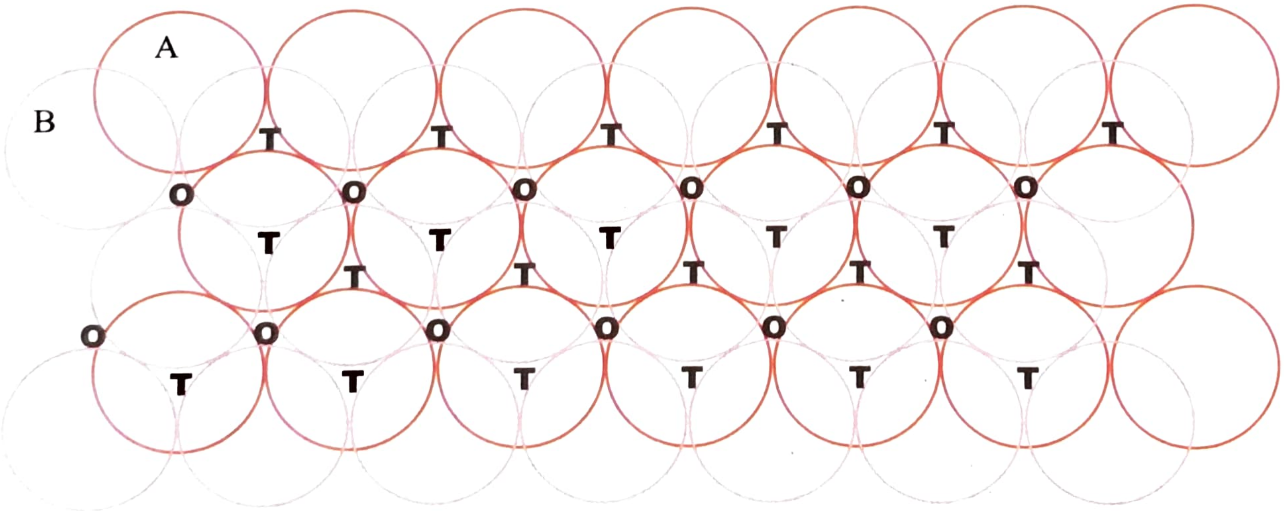
চিত্ৰ 1.15 : AAA..... সজ্জাৰপৰা সৰল ঘনকীয় একক কোষ

(চিত্ৰ 1.15)। একে ধৰণে একে দ্বিমাত্ৰিক স্তৰ কিছুমান এই দুখন স্তৰৰ ওপৰত পৰস্পৰৰ সংস্পৰ্শত সজাব পাৰি। ধৰা, প্ৰথম স্তৰখনৰ সজ্জাক Aৰে চিহ্নিত কৰা হৈছে। আটাইকেইখন স্তৰ একে ধৰণে সজ্জিত হৈ থকা বাবে প্ৰতিখন দ্বিমাত্ৰিক স্তৰকে Aৰে চিহ্নিত কৰিব পৰা যাব। সেই কাৰণে দ্বিমাত্ৰিক বৰ্গাকাৰ নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত স্তৰবোৰক এনেদৰে সজাই পোৱা লেটিছটোৰ সজ্জা AAA.... ধৰণৰ হ'ব। এনে সজ্জাৰপৰা পোৱা ক্ৰিষ্টেল লেটিছটো সৰল ঘনকীয় একক কোষ (simple cubic unit cell) হ'ব (চিত্ৰ 1.15)।

(ii) দ্বিমাত্ৰিক ষড়ভুজীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত স্তৰৰপৰা ত্ৰিমাত্ৰিক নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন ঃ ওপৰত আলোচনা কৰাৰ দৰে দ্বিমাত্ৰিক ষড়ভুজীয় নিৰন্ধ্ৰ স্তৰ এটাৰ ওপৰত আন এটাকৈ লগ লগাই ত্ৰিমাত্ৰিক গঠন পোৱা যায়।

(a) প্ৰথম স্তৰৰ ওপৰত দ্বিতীয় স্তৰ স্থাপন

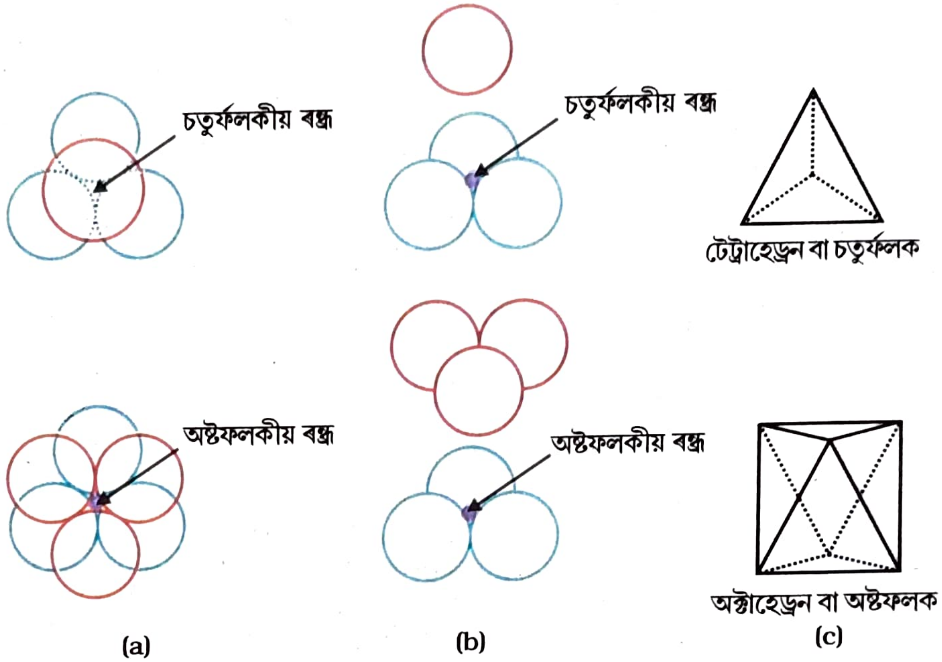
ধৰা, দ্বিমাত্ৰিক ষড়ভুজীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত স্তৰৰ প্ৰথমখনক আমি Aৰে চিহ্নিত কৰিছো। এই স্তৰটোত থকা গোলকবোৰৰ মাজৰ দ অংশবোৰত দ্বিতীয় স্তৰটো স্থাপন কৰিব পাৰো। প্ৰথম স্তৰৰ গোলকবোৰৰ পোনে পোনে দ্বিতীয় স্তৰৰ গোলকসমূহ নথকা বাবে এই স্তৰটোক B হিচাপে চিহ্নিত কৰা হ'ল। এই দুই স্তৰৰ সজ্জা চিত্ৰ 1.16 ত দেখুওৱা হৈছে।



চিত্ৰ 1.16 : দুটা দ্বিমাত্ৰিক ষড়ভুজীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত স্তৰৰ সজ্জা। সজ্জাটোত থকা ৰন্ধ্ৰবোৰক T (চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰ) আৰু O ৰে (অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰ) চিহ্নিত কৰা হৈছে।

ছবিটোত নিশ্চয় লক্ষ্য কৰিছা যে প্ৰথম স্তৰটোত থকা আটাইকেইটা ত্ৰিভুজাকৃতিৰ ৰন্ধ্ৰক দ্বিতীয় স্তৰটোৱে ঢাকিব পৰা নাই। কিছুমান প্ৰথম স্তৰৰ ৰন্ধ্ৰৰ ওপৰত দ্বিতীয় স্তৰৰ গোলক এটাকৈ আছে। যিটো প্ৰথম শ্ৰেণীৰ ৰন্ধ্ৰৰ ওপৰত দ্বিতীয় স্তৰৰ এটা গোলক আছে (বা, দ্বিতীয় স্তৰৰ এটা ৰন্ধ্ৰৰ তলত প্ৰথম স্তৰৰ এটা গোলক) সেই ৰন্ধ্ৰটোক

চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰ (tetrahedral void) বোলে। এই ৰন্ধ্ৰটোৰ সৈতে জড়িত গোলক চাৰিটাৰ কেন্দ্ৰবোৰ সংযোগ কৰিলে এটা চতুৰ্ফলক পোৱা যায় বাবে তাৰ নাম চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰ ৰখা হৈছে। চিত্ৰ 1.16 ত T (T = tetrahedral void) আখৰে এই ৰন্ধ্ৰবোৰ নিৰ্দেশ কৰিছে। এনেকুৱা এটা ৰন্ধ্ৰ পৃথকভাৱে চিত্ৰ 1.17 ত দেখুওৱা হৈছে।



চিত্ৰ 1.17
চতুৰ্ফলকীয় আৰু অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰ।
(a) ওপৰৰপৰা চালে দেখা দৃশ্য
(b) বিস্তাৰিত পাৰ্শ্বীয় দৃশ্য
(c) ৰন্ধ্ৰটোৰ সৈতে জড়িত জ্যামিতীয় আকৃতি

চিত্ৰ 1.16 ত আকৌ নিশ্চয় মন কৰিছা যে প্ৰথম স্তৰটোৰ কিছুমান ত্ৰিভুজাকৃতিৰ ৰন্ধ্ৰৰ ঠিক ওপৰতে দ্বিতীয় স্তৰৰ ত্ৰিভুজাকৃতিৰ ৰন্ধ্ৰ আছে। তথাপিও কিন্তু দুয়োটা স্তৰৰ এনে ৰন্ধ্ৰৰ মাজত পাৰ্থক্য আছে — এটা স্তৰত ত্ৰিভুজাকৃতিৰ ৰন্ধ্ৰৰ শীৰ্ষবিন্দু ওপৰমুৱা আৰু আনটো স্তৰত ই তলমুৱা। এনেকুৱা ৰন্ধ্ৰবোৰক **অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰ** (octahedral voids) বোলা হয়। চিত্ৰ 1.16 ত এই ৰন্ধ্ৰবোৰ 'O' আখৰেৰে নিৰ্দেশ কৰা হৈছে। এনে এটা ৰন্ধ্ৰ পৃথকভাৱে চিত্ৰ 1.17ত দেখুওৱা হৈছে।

চতুৰ্ফলকীয় আৰু অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ সংখ্যা নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত গোলকৰ সংখ্যাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। যদি তন্ত্ৰটোত নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত গোলকৰ সংখ্যা N হয়, তেন্তে,

সৃষ্টি হোৱা অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ সংখ্যা = N

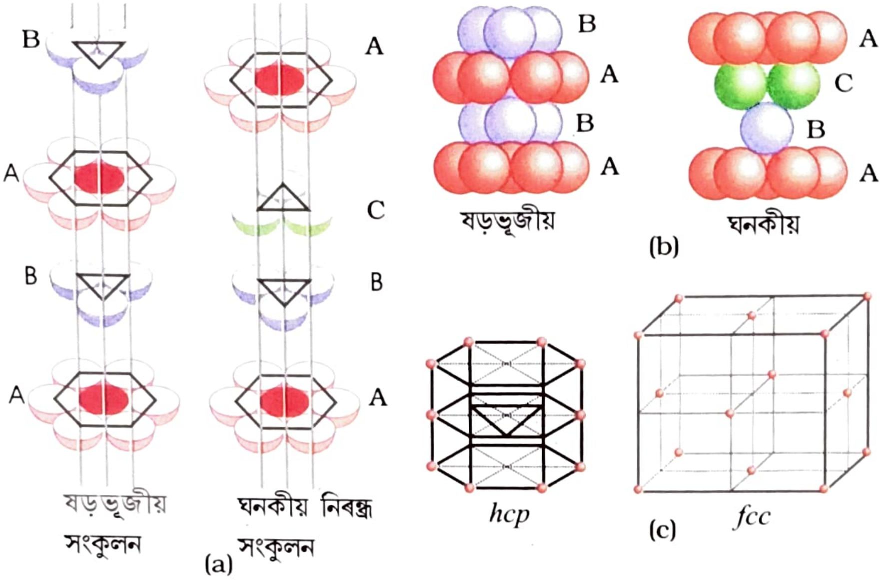
সৃষ্টি হোৱা চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ সংখ্যা = $2N$

(b) দ্বিতীয় স্তৰৰ ওপৰত তৃতীয় স্তৰ স্থাপন

প্ৰথম স্তৰৰ ওপৰত দ্বিতীয় স্তৰ স্থাপন হোৱাৰ পাছত দ্বিতীয় স্তৰৰ ওপৰত তৃতীয় স্তৰটো স্থাপিত হ'ব লাগিব। সেয়া দুই ধৰণে হ'ব পাৰে —

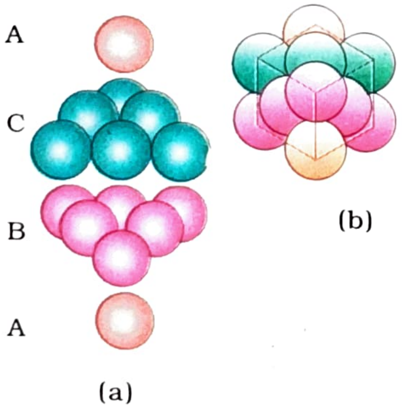
(i) **চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰ আবৰি ঃ** দ্বিতীয় স্তৰৰ চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰবোৰৰ ওপৰে ওপৰে তৃতীয় স্তৰৰ গোলকসমূহ ৰাখিলে এই ৰন্ধ্ৰবোৰ ঢাক খাব। এই অৱস্থাত তৃতীয় স্তৰৰ গোলকবোৰ প্ৰথম স্তৰৰ গোলকসমূহৰ সৈতে একে সৰলৰেখাত থাকিব। সেইবাবে তৃতীয় স্তৰটোক Aৰে বুজাব পৰা হ'ব। তাৰ পাছত চতুৰ্থ স্তৰৰ গোলকবোৰ আৰু

দ্বিতীয় স্তৰৰ গোলকবোৰৰ পোনে পোনে ৰাখিব পৰা যাব। দ্বিমাত্রিক স্তৰসমূহ এনেদৰে স্থাপন কৰি গ'লে ABAB... ধৰণৰ সজ্জা পোৱা যাব। এই গঠনটোক **ষড়ভুজীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত** (hexagonal closed packed, *hcp*) গঠন বোলা হয় (চিত্ৰ 1.18)। মেগনেছিয়াম আৰু জিংককে ধৰি আন বহুতো ধাতুৰ এনে গঠন (*hcp*) দেখা যায়।



চিত্ৰ 1.18
(a) ষড়ভুজীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন গোলকৰ স্তৰবোৰৰ পুঞ্জীভবনৰ বিস্তাৰিত ছবি
(b) চাৰিটা স্তৰৰ পুঞ্জীভবন
(c) সংকুলনৰ জ্যামিতীয় আকাৰ।

(ii) **অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰবোৰ আৱৰি ঃ** দ্বিতীয় স্তৰৰ ওপৰত তৃতীয় দ্বিমাত্রিক ষড়ভুজীয় স্তৰটো এনেভাৱে ৰাখিব পাৰো যাতে অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰবোৰত তৃতীয় স্তৰৰ গোলকসমূহ স্থাপিত হয়। এনেদৰে স্থাপন কৰিলে প্ৰথম নাইবা দ্বিতীয় কোনোটো স্তৰৰ গোলকৰ সৈতে তৃতীয় স্তৰৰ গোলকসমূহ একে সৰলৰেখাত নাথাকে। তৃতীয় স্তৰৰ এই সজ্জাক C ধৰণৰ সজ্জা বুলিব পাৰি। এই তৃতীয় স্তৰটোৰ ওপৰত চতুৰ্থ দ্বিমাত্রিক স্তৰটো স্থাপন কৰিলে দেখা যায় যে চতুৰ্থ স্তৰ আৰু প্ৰথম স্তৰৰ গোলকবোৰ একে সৰলৰেখাত থাকে (চিত্ৰ 1.18 আৰু 1.19)। স্তৰবোৰৰ এনে ধৰণৰ সজ্জাক ABC ABC .... ধৰণে বুজাব পৰা যায়। দ্বিমাত্রিক ষড়ভূজীয় স্তৰবোৰৰ এই গঠনেই হ'ল **ঘনকীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত** (cubic close packed, *ccp*) বা **পৃষ্ঠকেন্দ্রিক ঘনকীয়** (*fcc*) গঠন। কপাৰ, ছিলভাৰ আদি কিছুমান ধাতুৰ ক্রিষ্টেল এই শ্ৰেণীৰ।



চিত্ৰ 1.19
(a) অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰক আৱৰি সৃষ্টি হোৱা স্তৰবোৰৰ ABCABC.... সজ্জা।
(b) এই সজ্জাৰ ফলত সৃষ্টি হোৱা ঘনকীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন (ccp) বা পৃষ্ঠকেন্দ্রিক ঘনকীয় (fcc) গঠন।

ওপৰত বৰ্ণনা কৰা দুই ধৰণৰ গঠনত (*hcp* আৰু *ccp*) সংকুলন যথেষ্ট বেছি। প্ৰতি ধৰণৰ গঠনত ক্রিষ্টেলৰ 74% ঠাই গোলকবোৰে আগুৰি থাকে। প্ৰতিটো গোলক নিকটতম আন 12 টা গোলকৰ সংস্পৰ্শত থাকে। সেই কাৰণে এই দুই গঠনৰ প্ৰত্যেকতে সমন্বয়ী সংখ্যা 12 হ'ব।

1.6.1 যৌগ এটাৰ সংকেত আৰু পৰিপূৰ্ণ হোৱা ৰন্ধ্ৰৰ সংখ্যা (Formula of a compound and the Number of Voids Filled)

আমি ইতিমধ্যে চতুৰ্ফলকীয় আৰু অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিছো। দ্বিমাত্ৰিক অষ্টফলকীয় স্তৰ এখনৰ ওপৰত আন এখন স্তৰ স্থাপন কৰাৰ ফলত এই ৰন্ধ্ৰবোৰৰ সৃষ্টি হয়। এটা লেটিছত থকা অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ সংখ্যা নিৰন্ধ্ৰ সংকুলনত থকা কণাৰ সংখ্যাৰ সমান। আকৌ চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ সংখ্যা নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত কণাৰ সংখ্যাৰ দুগুণ।

আয়নীয় কঠিন পদাৰ্থত কেটায়ন আৰু এনায়ন থাকে। ইয়াত ডাঙৰ আয়নবোৰে (সাধাৰণতে এনায়ন) নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত গঠন এটাৰ সৃষ্টি কৰে আৰু সৰু আয়নবোৰে (সাধাৰণতে কেটায়ন) এই গঠনত থকা ৰন্ধ্ৰবোৰত সোমাই থাকে। তুলনামূলকভাৱে সৰু আয়নটো যথেষ্ট সৰু হ'লে ই চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰত সোমায়; তাতকৈ কিছু ডাঙৰ হ'লে অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰত সোমায়। অৱশ্যে সকলোবোৰ চতুৰ্ফলকীয় বা অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰ সৰু আয়নবোৰে অধিকাৰ নকৰে। এই ৰন্ধ্ৰবোৰৰ কিমান অংশ সৰু আয়নবোৰে অধিকাৰ কৰে সেয়া যৌগটোৰ ৰাসায়নিক সংকেতৰ সৈতে জড়িত। ইয়াৰ ব্যাখ্যা হিচাপে তলত দিয়া উদাহৰণকেইটালৈ মন কৰা।

উদাহৰণ 1.1 X আৰু Y মৌল দুটাই লগ লাগি এটা যৌগ উৎপন্ন কৰিছে। Y পৰমাণুবোৰে (এনায়ন হিচাপে) *ccp* গঠন সৃষ্টি কৰে আৰু X পৰমাণুবোৰে (কেটায়ন হিচাপে) অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰবোৰ অধিকাৰ কৰে। যৌগটোৰ সংকেত নিৰ্ণয় কৰা।

সমাধান *ccp* গঠনটো Y মৌলটোৰদ্বাৰা সৃষ্টি হৈছে। আমি জানো যে লেটিছত থকা অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ সংখ্যা নিৰন্ধ্ৰ সংকুলনত থকা কণাৰ সংখ্যাৰ সমান। সেইবাবে *ccp* লেটিছটোত যিমানটা Y পৰমাণু আছে, অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰও সিমানটা থাকিব। আকৌ যিহেতু আটাইকেইটা অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰত X পৰমাণু আছে সেয়েহে X পৰমাণুৰ সংখ্যা Y পৰমাণুৰ সংখ্যাৰ সমান হ'ব লাগিব। অৰ্থাৎ লেটিছটোত X আৰু Y পৰমাণু 1:1 অনুপাতত আছে। সেইবাবে যৌগটোৰ সংকেত XY হ'ব।

উদাহৰণ 1.2 B মৌলটোৰ পৰমাণুবোৰে *hcp* লেটিছ গঠন কৰে। ইয়াত থকা চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ $\frac{2}{3}$ অংশ মৌল A ৰ পৰমাণুৰদ্বাৰা পৰিপূৰ্ণ হয়। A আৰু B মৌলই গঠন কৰা এই যৌগটোৰ সংকেত নিৰূপণ কৰা।

সমাধান আমি জানো, চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ সংখ্যা চতুৰ্ফলক গঠন কৰা পৰমাণুৰ সংখ্যাৰ দুগুণ। সেয়েহে B পৰমাণুৰ সংখ্যা x হ'লে চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ সংখ্যা 2x হ'ব। যিহেতু চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ $\frac{2}{3}$ অংশ A পৰমাণুবোৰে অধিকাৰ কৰে, সেইবাবে A পৰমাণুৰ সংখ্যা $2x\times\frac{2}{3}$ হ'ব। গতিকে লেটিছটোত A আৰু B পৰমাণুৰ অনুপাত $2\times(2/3):1$, বা 4 : 3 হ'ব। সেইবাবে যৌগটোৰ সংকেত A_4B_3 হ'ব।

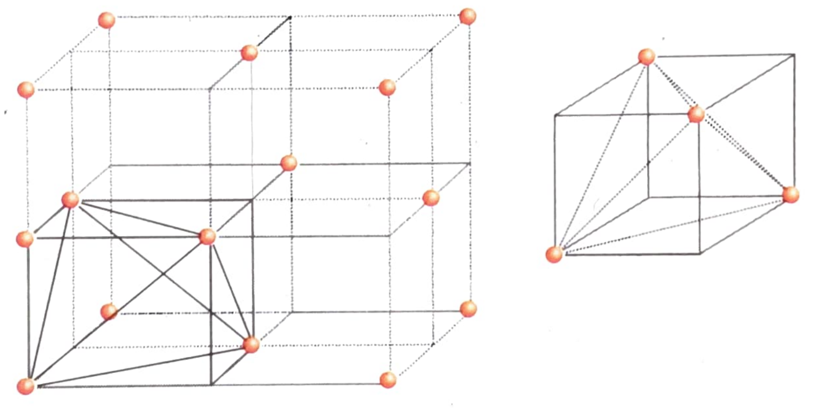
চতুৰ্ফলকীয় আৰু অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ স্থান নিৰূপণ (Locating Tetrahedral and Octahedral Voids)

ওপৰৰ আলোচনাৰপৰা আমি জানিলো যে ত্ৰিমাত্ৰিক নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত গঠনত চতুৰ্ফলকীয় আৰু অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰ থাকে। এই ৰন্ধ্ৰবোৰৰ অৱস্থান সম্বন্ধে আমি এতিয়া আলোচনা কৰিম। অৱশ্যে আমাৰ আলোচনা *fcc* (বা, *ccp*) লেটিছতে সীমাবদ্ধ থাকিব।

(a) চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ স্থান নিৰূপণ

এটা *fcc* (বা, *ccp*) একক কোষ বিবেচনা কৰা। চিত্ৰ 1(a) ত এনে *fcc* একক কোষ এটাক আঠটা সৰু ঘনকত বিভক্ত কৰি দেখুওৱা হৈছে।

প্ৰতিটো সৰু ঘনকৰ চুকবোৰত একান্তৰভাবে (অৰ্থাৎ এটা এৰি আনটোত) পৰমাণু আছে। সৰু ঘনক এটাত মুঠতে 4টা পৰমাণু আছে। এই পৰমাণুকেইটাক পৰস্পৰৰ সৈতে সংযোগ কৰিলে এটা নিয়মিত চতুৰ্ফলক পোৱা যায়। গতিকে আমি ক'ব পাৰো যে প্ৰতিটো সৰু ঘনকতে একোটাকৈ চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰ আছে। সেইবাবে *fcc* একক কোষটোত মুঠতে 8টা চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰ থাকে। আমি ইতিমধ্যে পাইছো যে প্ৰতিটো *fcc* একক কোষত 4টা পৰমাণু থাকে। চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ সংখ্যা পৰমাণুৰ সংখ্যাৰ দুগুণ (8টা) হৈছে।

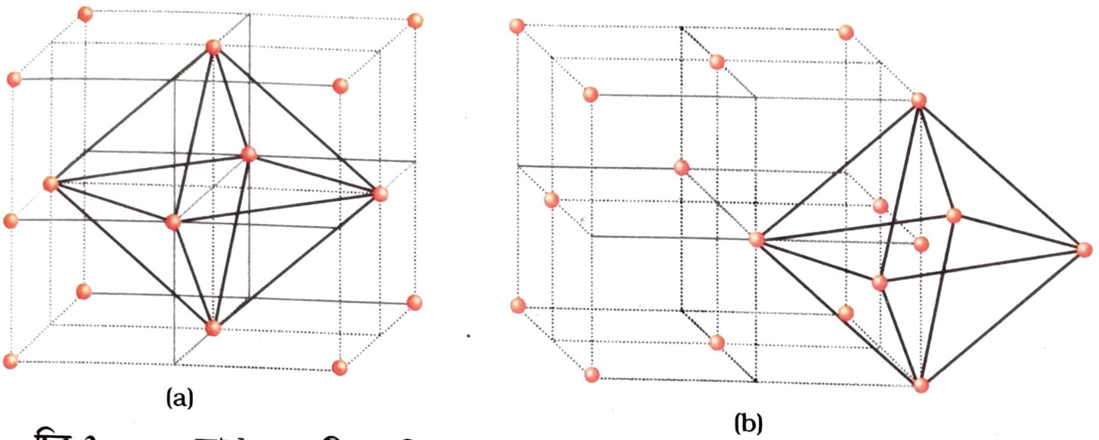


চিত্ৰ 1: (a) প্ৰতিটো ccp (বা fcc) একক কোষৰ 8টা চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰ
(b) জ্যামিতীয় আকৃতিৰ সৈতে এটা চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰ

(b) অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ স্থান নিৰূপণ

চিত্ৰ 1.2(a) ত দেখুওৱা ধৰণে পুনৰ এটা *fcc* একক কোষ বিবেচনা কৰা হ'ল। একক কোষটোৰ কেন্দ্ৰত কোনো পৰমাণু নাই; কিন্তু কেন্দ্ৰটোক আৱৰি 6টা পৰমাণু আছে। এই ছয়টা পৰমাণু হ'ল একক কোষটোৰ পৃষ্ঠৰ কেন্দ্ৰত থকা পৰমাণু। ইহঁতক পৰস্পৰৰ সৈতে সংযোগ কৰিলে এটা অষ্টফলক পোৱা যায়। গতিকে একক কোষটোৰ কেন্দ্ৰটো হ'ল এটা অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰ।

ইয়াৰ উপৰি একক কোষটোত আৰু কেইটামান অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰ আছে। একক কোষটোৰ আটাইকেইটা (12টা) দাঁতিৰ মধ্যবিন্দুকেইটা (12টা) হ'ল অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰ [চিত্ৰ 1.2(b)]। দাঁতিৰ প্ৰতিটো মধ্যবিন্দুক ছয়টা পৰমাণুৱে আৱৰি থাকে। ইয়াৰে তিনিটা (2টা চুকত আৰু এটা পৃষ্ঠৰ কেন্দ্ৰত) একেটা একক কোষৰেই; বাকী তিনিটা দুটা নিকটতম একক কোষৰ।



চিত্ৰ 2 : *ccp আৰু fcc লেটিছৰ প্ৰতি একক কোষত থকা অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ স্থান*
(a) ঘনকৰ দেহকেন্দ্ৰত, (b) প্ৰতিটো দাঁতিৰ কেন্দ্ৰত (অকল এটা এনেকুৱা ৰন্ধ্ৰ দেখুওৱা হৈছে)

প্ৰতিটো দাঁতিয়েই চাৰিটা একক কোষে ভাগ-বতৰা কৰে। গতিকে দাঁতিৰ প্ৰতিটো অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰও চাৰিটা একক কোষে ভাগ-বতৰা কৰিব। সেয়েহে এনে এটা অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ $\frac{1}{4}$ অংশহে একক কোষ এটাই লাভ কৰিব।

গতিকে দাঁতিৰ কেন্দ্ৰত থকা 12 টা অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰপৰা এটা পৃষ্ঠকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় একক কোষে লাভ কৰা অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ সংখ্যা $= 12 \times \frac{1}{4} = 3$

আকৌ এই একক কোষটোৰ কেন্দ্ৰতো এটা অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰ আছে। গতিকে পৃষ্ঠকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় (বা, ঘনকীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত, *ccp*) একক কোষত থকা মুঠ অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ সংখ্যা = 3 + 1 = 4

আমি জানো, *fcc* বা *ccp* একক কোষত থকা পৰমাণুৰ সংখ্যা হ'ল 4; সেইবাবে অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ সংখ্যাও 4 (যিহেতু অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ সংখ্যা নিৰন্ধ্ৰ সংকুলনত থকা পৰমাণুৰ সংখ্যাৰ সমান)।

1.7 সংকুলন দক্ষতা (Packing Efficiency)

ক্ৰিষ্টেলত কণাসমূহ (পৰমাণু, অণু বা আয়ন) যিমানেই সংকুলিত হৈ নাথাকক কিয়, সিবোৰৰ মাজত কিছু খালী ঠাই থাকেই। লেটিছটোৰ মুঠ আয়তনৰ যিমান শতাংশ আয়তন কণাবোৰে আগুৰি থাকে তাকে **সংকুলন দক্ষতা** বোলা হয়। সংকুলন দক্ষতা গণনা কৰি উলিয়াব পাৰি। তলত বিভিন্ন প্ৰকাৰৰ লেটিছত সংকুলন দক্ষতা গণনা কৰি দেখুওৱা হ'ল।

1.7.1 *hcp* আৰু *ccp* গঠনত সংকুলন দক্ষতা (Packing Efficiency in *hcp* and *ccp* Structures)

hcp আৰু *ccp* গঠনৰ দুয়োটাতে সংকুলন দক্ষতা একেই। আমি এতিয়া *ccp* গঠনত সংকুলন দক্ষতা গণনা কৰিম।

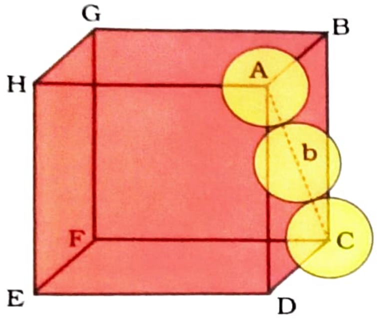
ধৰা হ'ল, লেটিছটোৰ একক কোষৰ দাঁতি দৈৰ্ঘ্য = a

আৰু পৃষ্ঠ কৰ্ণৰ (face diagonal, AC, চিত্ৰ 1.20) দৈৰ্ঘ্য = b

Δ ABC ৰ ক্ষেত্ৰত

$$AC^2 = BC^2 + AB^2$$

বা, $b^2 = a^2 + a^2 = 2a^2$



চিত্ৰ 1.20: ঘনকীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত একক কোষ। বুজি পোৱাৰ সুবিধাৰ বাবে আটাইকেইটা গোলক দেখুওৱা হোৱা নাই।

গতিকে, $b = \sqrt{2}.a$

প্ৰতিটো গোলকৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ r হ'লে, চিত্ৰ 1.20 ৰ পৰা আমি পাওঁ,

$$b = 4r$$

বা, $\sqrt{2}.a = 4r$

বা, $a = \frac{4}{\sqrt{2}} r = 2\sqrt{2}.r$

গতিকে ঘনকীয় একক কোষটোৰ আয়তন $a^3 = (2\sqrt{2}\,r)^3$

আমি জানো যে ccp (বা, fcc) গঠনৰ প্ৰতিটো একক কোষত 4 টাকৈ পৰমাণু (বা, গোলক) থাকে।

এই চাৰিটা গোলকৰ মুঠ আয়তন $= 4 \times \frac{4}{3}\pi r^3$

গতিকে সংকুলন দক্ষতা $= \frac{\text{একক কোষত থকা চাৰিটা গোলকৰ আয়তন} \times 100}{\text{একক কোষটোৰ আয়তন}} \%$

$$= \frac{\left(4 \times \frac{4}{3}\right)\pi r^3 \times 100}{(2\sqrt{2}.r)^3} \%$$

$$= \frac{\left(\frac{16}{3}\right)\pi \times 100}{16\sqrt{2}} \% = \frac{3.14 \times 100}{3\sqrt{2}} \% = 74\%$$

1.7.2 দেহকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় গঠনত সংকুলন দক্ষতা (Packing Efficiency in Body Centred Cubic Structures)

চিত্ৰ 1.21ত দেহকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় (bcc) একক কোষ এটা দেখুওৱা হৈছে। চিত্ৰৰপৰা এইটো স্পষ্ট যে ঘনকটোৰ কেন্দ্ৰত থকা গোলকটো আৰু কৰ্ণ দিশৰ দুই চুকত থকা গোলক দুটা পৰস্পৰৰ সংস্পৰ্শত আছে।

Δ EFD ৰ ক্ষেত্ৰত

$$b^2 = a^2 + a^2 = 2a^2$$

গতিকে $b = \sqrt{2}\,a$

এতিয়া Δ AFD ৰ ক্ষেত্ৰত

$$c^2 = a^2 + b^2 = a^2 + 2a^2 = 3a^2$$

গতিকে $c = \sqrt{3}\,a$

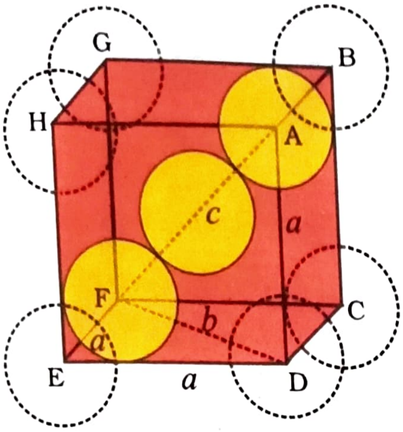
গোলকৰ ব্যাসাৰ্ধ r হ'লে

ঘনকটোৰ কৰ্ণ দৈৰ্ঘ্য $(c) = 4r$

(যিহেতু গোলক তিনিটা পৰস্পৰৰ সংস্পৰ্শত আছে)

বা, $\sqrt{3}a = 4r$

বা, $a = \frac{4}{\sqrt{3}}r$



চিত্ৰ 1.21: দেহকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় একক কোষ

গতিকে ঘনকীয় একক কোষটোৰ আয়তন $= a^3 = \left(\frac{4}{\sqrt{3}}r\right)^3$

bcc গঠনৰ একক কোষত দুটাকৈ গোলক (পৰমাণু) থাকে। এই

গোলক দুটাৰ মুঠ আয়তন $= 2 \times \frac{4}{3}\pi r^3$

গতিকে সংকুলন দক্ষতা $= \frac{\text{একক কোষত থকা গোলক দুটাৰ আয়তন} \times 100}{\text{একক কোষটোৰ আয়তন}} \%$

$$= \frac{2 \times \frac{4}{3}\pi r^3 \times 100}{\left[\left(\frac{4}{\sqrt{3}}\right)r\right]^3} \%$$

$$= \frac{8 \times 3\sqrt{3} \times 3.14 \times 100}{3 \times 64} \%$$

$$= 68\%$$

1.7.3 সৰল ঘনকীয় লেটিছত সংকুলন দক্ষতা (Packing Efficiency in Simple Cubic Lattice)

আমি ইতিমধ্যে পাই আহিছো যে সৰল ঘনকীয় একক কোষৰ অকল চুককেইটাতহে পৰমাণু থাকে। একে দাঁতিত থকা পৰমাণুকেইটাই পৰস্পৰৰ সংস্পৰ্শত থাকে (চিত্ৰ 1.22)। সেইবাবে ঘনকটোৰ দাঁতিদৈৰ্ঘ্য 'a' আৰু গোলকৰ (পৰমাণুৰ) ব্যাসাৰ্ধ 'r' হ'লে,

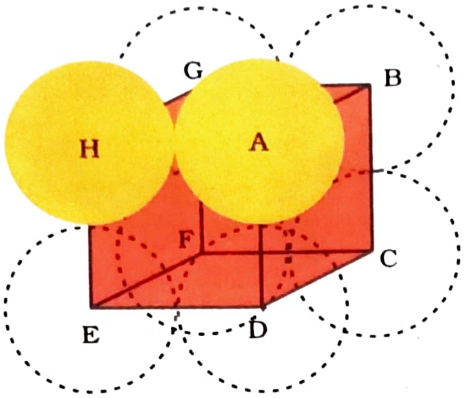
$$a = 2r$$

গতিকে ঘনকীয় একক কোষটোৰ আয়তন $= a^3 = (2r)^3 = 8r^3$

প্ৰতিটো সৰল ঘনকীয় একক কোষত এটাকৈ পৰমাণু থাকে। এই পৰমাণুটোৰ

আয়তন $= \frac{4}{3}\pi r^3$

গতিকে সংকুলন দক্ষতা $= \frac{\text{একক কোষটোত পৰমাণুটোৰ আয়তন} \times 100}{\text{একক কোষটোৰ আয়তন}} \%$



চিত্ৰ 1.22
সৰল ঘনকীয় একক কোষ। পৰমাণুবোৰে (গোলক) দাঁতিৰ দিশত পৰস্পৰৰ সংস্পৰ্শত থাকে।

$$= \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 \times 100}{8r^3}\%$$

$$= \frac{3.14 \times 100}{6}\%$$

$$= 52.36\% \quad = 52.4\%$$

ওপৰৰ আলোচনাৰপৰা দেখা গ'ল যে *ccp* আৰু *hcp* গঠনত সংকুলন দক্ষতা সৰ্বোচ্চ।

1.8 একক কোষৰ মাত্ৰা সম্বন্ধীয় গণনা (Calculations Involving Unit Cell Dimensions)

একক কোষৰ দাঁতিদৈৰ্ঘ্যৰপৰা ইয়াৰ আয়তন গণনা কৰিব পাৰি। আকৌ পদাৰ্থটোৰ (ধৰা, ধাতু) ঘনত্ব জানিব পাৰিলে একক কোষত থকা পৰমাণুকেইটাৰ ভৰ গণনা কৰিব পৰা যায়। এটা পৰমাণুৰ ভৰ সঠিককৈ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰিলে এভ'গ্ৰেড্ৰ' ধ্ৰুৱকৰ মানো শুদ্ধকৈ পাব পাৰি।

X-ৰশ্মি অপবৰ্তন (X-ray diffraction) পদ্ধতিৰে এটা ক্ৰিষ্টেলৰ একক কোষৰ দাঁতিদৈৰ্ঘ্য নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। ধৰা, এনেদৰে নিৰ্ণয় কৰি ঘনকীয় একক কোষ এটাৰ দাঁতিদৈৰ্ঘ্য 'a' পোৱা গৈছে। আকৌ ধৰা, d হ'ল ক্ৰিষ্টেলটোৰ ঘনত্ব আৰু M হ'ল ইয়াৰ ম'লাৰ ভৰ।

ঘনকীয় ক্ৰিষ্টেলটোৰ একক কোষ এটাৰ আয়তন $= a^3$

একক কোষটোৰ ভৰ = একক কোষটোত থকা পৰমাণুৰ সংখ্যা × প্ৰতিটো পৰমাণুৰ ভৰ

$$= z \times m$$

ইয়াত z হ'ল এটা একক কোষত থকা পৰমাণু সংখ্যা আৰু m হ'ল এটা পৰমাণুৰ ভৰ।

কিন্তু এটা পৰমাণুৰ ভৰ, $m = \frac{M}{N_A}$;

ইয়াত M হ'ল ম'লাৰ ভৰ আৰু N_A হ'ল এভ'গ্ৰেড' ধ্ৰুৱক।

$$\text{গতিকে একক কোষৰ ঘনত্ব} = \frac{\text{একক কোষটোৰ ভৰ}}{\text{একক কোষটোৰ আয়তন}}$$

$$= \frac{zm}{a^3} = \frac{zM}{a^3 N_A}$$

$$\text{বা,} \qquad d = \frac{zM}{a^3 N_A}$$

মনত ৰাখিবা, একক কোষৰ ঘনত্ব পদাৰ্থটোৰ ঘনত্বৰ সমান। কঠিন পদাৰ্থ এটাৰ ঘনত্ব সহজে নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। ওপৰৰ সম্বন্ধটোত থকা ৰাশিকেইটাৰ (d, z, M, a, আৰু N_A) ভিতৰত যি কোনো চাৰিটাৰ মান জানিলে পঞ্চমটোৰ মান গণনা কৰি উলিয়াব পাৰি।

DAILY ASSAM

উদাহৰণ 1.3 এটা মৌলৰ ক্ৰিষ্টেলটো দেহকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় (bcc) গঠনযুক্ত। ইয়াৰ একক কোষৰ দাঁতিদৈৰ্ঘ্য 288 pm; মৌলটোৰ ঘনত্ব 7.2 g cm^{-3} হ'লে পদাৰ্থটোৰ 208 g ভৰত কিমানটা পৰমাণু আছে গণনা কৰা।

সমাধান ঘনকীয় একক কোষটোৰ দাঁতিদৈৰ্ঘ্য, a $= 288 \text{ pm} = 288 \times 10^{-12}\text{m}$

$= 288 \times 10^{-10}\text{cm}$

গতিকে এটা একক কোষৰ আয়তন $= a^3 = (288 \times 10^{-10} \text{ cm})^3$

$= 2.39 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$

$$\text{মৌলটোৰ 208 g ৰ আয়তন} = \frac{\text{ভৰ}}{\text{ঘনত্ব}}$$

$$= \frac{208 \text{ g}}{7.2 \text{ g cm}^{-3}} = 28.88 \text{cm}^3$$

গতিকে 28.88 cm^3 আয়তনত থকা একক কোষৰ সংখ্যা

$$= \frac{28.88 \text{ cm}^3}{2.39 \times 10^{-23} \text{cm}^3} = 12.08 \times 10^{23}$$

যিহেতু প্ৰতিটো bcc একক কোষত দুটাকৈ পৰমাণু থাকে, সেইবাবে 12.08×10^{23} টা একক কোষত থকা পৰমাণুৰ সংখ্যা $= 2 \times 12.08 \times 10^{23} = 24.16 \times 10^{23}$

উদাহৰণ 1.4 X- ৰশ্মি অপবৰ্তন পৰীক্ষাৰদ্বাৰা দেখা গৈছে যে কপাৰে fcc লেটিছ্ গঠন কৰে আৰু ইয়াৰ একক কোষৰ দাঁতিদৈৰ্ঘ্য হ'ল 3.608×10^{-8} cm ; আন এক পৰীক্ষাত কপাৰৰ ঘনত্ব 8.92 g cm^{-3} পোৱা গৈছে। কপাৰৰ পাৰমাণৱিক ভৰ গণনা কৰা।

সমাধান fcc লেটিছ্‌ৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰতি একক কোষত থকা পৰমাণুৰ সংখ্যা, $z = 4$

ইয়াত দাঁতিদৈৰ্ঘ্য, $a = 3.608 \times 10^{-8}\text{cm}$

ঘনত্ব, $d = 8.92 \text{ g cm}^{-3}$

এভ'গ্ৰেড' ধ্ৰুৱক $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

আমি জানো, $$d = \frac{zM}{a^3 N_A}$$

গতিকে, $$M = \frac{a^3 N_A d}{z}$$

$$= \frac{(3.608 \times 10^{-8} \text{cm})^3 \times 6.022 \times 10^{23} \text{ atoms mol}^{-1} \times 8.92 \text{ g cm}^{-3}}{4 \text{ atoms}}$$

$= 63.1 \text{ g mol}^{-1}$

গতিকে পাৰমাণৱিক ভৰ $= 63.1$ u

উদাহৰণ 1.5 ছিলভাৰে *ccp* লেটিছ গঠন কৰে। X-ৰশ্মিৰে অধ্যয়ন কৰি ইয়াৰ একক কোষৰ দাঁতিদৈৰ্ঘ্য 408.6 pm পোৱা গৈছে। ছিলভাৰৰ ঘনত্ব গণনা কৰা। (ছিলভাৰৰ পাৰমাণৱিক ভৰ = 107.9 u)

সমাধান যিহেতু লেটিছটো *ccp* গঠনযুক্ত, সেইবাবে প্ৰতিটো একক কোষত থকা পৰমাণুৰ সংখ্যা, $z = 4$

ছিলভাৰৰ ম'লাৰ ভৰ, $M = 107.9 \text{ g mol}^{-1} = 107.9 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}$

একক কোষৰ দাঁতিদৈৰ্ঘ্য, $a = 408.6 \text{ pm} = 408.6 \times 10^{-12} \text{ m}$

ঘনত্ব, $d = \dfrac{zM}{a^3 N_A}$

$$= \frac{4 \times 107.9 \times 10^{-3} \text{kg mol}^{-1}}{(408.6 \times 10^{-12} \text{m})^3 \times 6.022 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}}$$

$= 10.5 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3} = 10.5 \text{ g cm}^{-3}$

পাঠস্থ প্ৰশ্নমালা

1.14 বৰ্গাকাৰ নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত স্তৰত যৌগ এটাৰ দ্বিমাত্ৰিক সমন্বয়ী সংখ্যা কিমান?

1.15 এটা যৌগই ষড়ভুজীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত গঠনৰ সৃষ্টি কৰে। এই যৌগটোৰ 0.5 mol ত মুঠতে কিমানটা ৰন্ধ্ৰ আছে? এইবোৰৰ কিমানটা চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰ?

1.16 M আৰু N মৌল দুটাই এটা যৌগ গঠন কৰে। ইয়াৰে N মৌলটোৰ পৰমাণুবোৰে *ccp* গঠনৰ সৃষ্টি কৰে আৰু M পৰমাণুবোৰে মুঠ চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ $\frac{1}{3}$ অংশ অধিকাৰ কৰে। যৌগটোৰ সংকেত নিৰ্ণয় কৰা।

1.17 তলৰ কোনটো লেটিছত সংকুলন দক্ষতা সৰ্বাধিক?
(i) সৰল ঘনকীয়, (ii) দেহকেন্দ্ৰিক ঘনকীয়, (iii) ষড়ভুজীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত লেটিছ

1.18 এটা মৌলৰ ম'লাৰ ভৰ 2.7×10^{-2} kg mol^{-1}; মৌলটোৱে ঘনকীয় লেটিছ গঠন কৰে। ইয়াৰ একক কোষৰ দাঁতিদৈৰ্ঘ্য 405 pm আৰু মৌলটোৰ ঘনত্ব 2.7×10^3 kg m^{-3} হ'লে ঘনকীয় একক কোষটো কোন শ্ৰেণীৰ?

1.9 কঠিন পদাৰ্থত ত্ৰুটি (Imperfections in Solids)

ক্ৰিষ্টেলত কণাবোৰৰ সজ্জাৰ হ্ৰস্ব পৰিসৰ ক্ৰম আৰু দীৰ্ঘ পৰিসৰ ক্ৰম দুয়োটাই থাকে। তথাপিও পিছে ক্ৰিষ্টেলসমূহ সম্পূৰ্ণ ত্ৰুটিবিহীন নহয়। সাধাৰণতে এটা কঠিন পদাৰ্থ হ'ল কিছুমান সৰু সৰু ক্ৰিষ্টেলৰ সমষ্টি। এই সৰু ক্ৰিষ্টেলতে ত্ৰুটি (বা খুঁত, defects) থাকে। ত্ৰুটিসমূহ মূলতে হ'ল কণাবোৰৰ অনিয়মিত সজ্জা। ক্ৰিষ্টেলীকৰণ (crystallisation) প্ৰক্ৰিয়াটো অতি বেগেৰে বা মধ্যমীয়া বেগেৰে সংঘটিত হ'লে ত্ৰুটিৰ সৃষ্টি হয়। আনহাতে ক্ৰিষ্টেলীকৰণ প্ৰক্ৰিয়াটো অতি লেহেমীয়া গতিত সংঘটিত হ'লে একক ক্ৰিষ্টেল (single crystal) পোৱা যায়। কিন্তু একক ক্ৰিষ্টেলো সম্পূৰ্ণৰূপে ত্ৰুটিবিহীন নহয়।

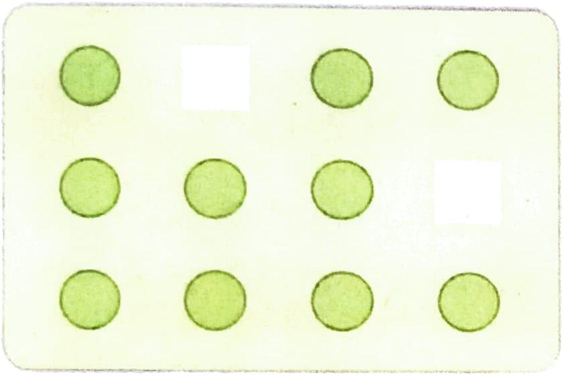
ক্ৰিষ্টেলৰ ত্ৰুটি প্ৰধানকৈ দুই ধৰণৰ — **বিন্দু ত্ৰুটি** (point defects) আৰু **ৰেখা ত্ৰুটি** (line defects)। এটা ক্ৰিষ্টেলৰ এটা বিন্দু বা পৰমাণুৰ সজ্জাৰ ব্যতিক্ৰম ঘটিলে *বিন্দু ত্ৰুটিৰ* সৃষ্টি হয়। এই ক্ষেত্ৰত সেই পৰমাণুটোৰ সজ্জা তাৰ আদৰ্শ সজ্জাতকৈ বেলেগ হয়। আনহাতে লেটিছটোৰ এটা শাৰীত থকা কণাবোৰৰ সজ্জা আদৰ্শ সজ্জাতকৈ বেলেগ হ'লে তাক ৰেখা ত্ৰুটি বোলা হয়। বিন্দু ত্ৰুটি আৰু ৰেখা ত্ৰুটি — এই দুইধৰণৰ ত্ৰুটিকে **ক্ৰিষ্টেল ত্ৰুটি** (crystal defects) বোলে। ইয়াত আমি বিন্দু ত্ৰুটিৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিম।

1.9.1 বিন্দু ত্ৰুটিৰ প্ৰকাৰ (Types of Point Defects)

বিন্দু ত্ৰুটিক তিনি ভাগত ভগাব পাৰি — (a) ষ্টয়কিঅ'মিতীয় ত্ৰুটি (stoichiometric defects), (b) অশুদ্ধি ত্ৰুটি (impurity defects) আৰু (c) অনাষ্টয়কিঅ'মিতীয় ত্ৰুটি (non-stoichiometric defects)।

(a) ষ্টয়কিঅ'মিতীয় ত্ৰুটি

এনে ধৰণৰ ত্ৰুটিৰ ফলত পদাৰ্থটোৰ ষ্টয়কিঅ'মিতীৰ সলনি নহয়। এইবোৰক *আভ্যন্তৰীণ* (intrinsic) বা *তাপগতীয়* (thermodynamic) ত্ৰুটি বুলিও কোৱা হয়। ষ্টয়কিঅ'মিতীয় ত্ৰুটি আকৌ দুই ধৰণৰ— অনধিকাৰ (vacancy) ত্ৰুটি আৰু অন্তৰ্বৰ্তী (interstitial) ত্ৰুটি।

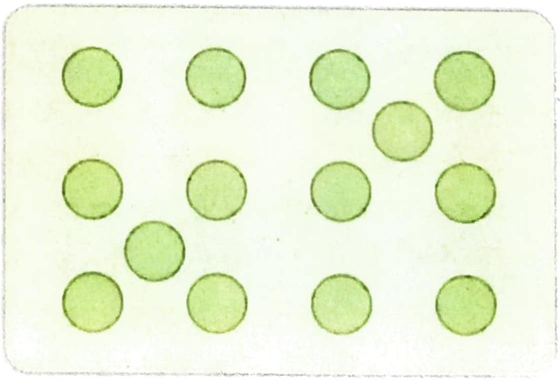


চিত্ৰ 1.23 : অনধিকৃত ত্ৰুটি

(i) ***অনধিকাৰ ত্ৰুটি***ঃ লেটিছ এটাৰ কোনো কোনো স্থান খালী থাকিলে (অৰ্থাৎ সেই স্থানত থাকিব লগীয়া পৰমাণু আদি নাথাকিলে) ক্ৰিষ্টেলটোত অনধিকৃত ত্ৰুটি থকা বুলি কোৱা হয় (চিত্ৰ 1.23)। অনধিকৃত ত্ৰুটিৰ ফলত পদাৰ্থটোৰ ঘনত্ব কমে। পদাৰ্থটোক উত্তপ্ত কৰিলেও এনে ধৰণৰ ত্ৰুটিৰ সৃষ্টি হ'ব পাৰে।

(ii) ***অন্তৰ্বৰ্তী ত্ৰুটি***ঃ ক্ৰিষ্টেলত থকা কোনো কণাই (পৰমাণু বা অণু) লেটিছৰ নিৰ্দিষ্ট স্থানত নাথাকি মাজত সোমাই থাকিলে ক্ৰিষ্টেলটোৰ অন্তৰ্বৰ্তী ত্ৰুটি থকা বুলি কোৱা হয় (চিত্ৰ 1.24)। এই ত্ৰুটিৰ ফলত পদাৰ্থটোৰ ঘনত্ব বাঢ়ে।

আয়নীয় পদাৰ্থৰ বাহিৰে আন কঠিন পদাৰ্থত অনধিকৃত আৰু অন্তৰ্বৰ্তী ত্ৰুটি দেখা যায়। আয়নীয় যৌগসমূহ বৈদ্যুতিকভাৱে উদাসীন। এইবোৰত (আয়নীয় যৌগ) ফ্ৰেংকেল (Frenkel) ত্ৰুটি আৰু শ্বটকি (Schottky) ত্ৰুটি দেখা যায়।



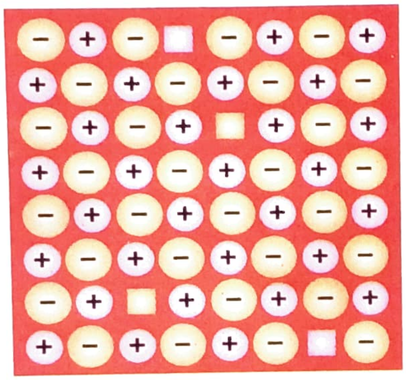
চিত্ৰ 1.24 : অন্তৰ্বৰ্তী ত্ৰুটি

(iii) ***ফ্ৰেংকেল ত্ৰুটি***ঃ ইতিমধ্যে গম পাইছা যে ফ্ৰেংকেল ত্ৰুটি আয়নীয় যৌগত দেখা যায়। লেটিছত এটা সৰু আয়নে (সাধাৰণতে কেটায়ন) তাৰ

সাধাৰণ স্থানৰপৰা বিচ্যুত হৈ আন অন্তৰ্বৰ্তী স্থানত সোমাব পাৰে (চিত্ৰ 1.25)। এয়েই হ'ল ফ্ৰেংকেল ত্ৰুটি। ইয়াৰ ফলত সৰু আয়নটোৰ মূল স্থানত অনধিকাৰ ত্ৰুটিৰ সৃষ্টি হয়। আনহাতে আয়নটোৱে দখল কৰা আন স্থানটোত এই ত্ৰুটি হয়গৈ অন্তৰ্বৰ্তী ত্ৰুটি।

ফ্ৰেংকেল ত্ৰুটিক **স্থানচ্যুতি** (dislocation) ত্ৰুটিও বোলা হয়। এই ত্ৰুটিয়ে কঠিন পদাৰ্থটোৰ ঘনত্বৰ পৰিৱৰ্তন ঘটাব নোৱাৰে। যিবোৰ আয়নীয় যৌগত কেটায়ন আৰু এনায়নৰ আকাৰৰ পাৰ্থক্য বহুত বেছি সেইবোৰত ফ্ৰেংকেল ত্ৰুটি দেখা যায়। উদাহৰণ স্বৰূপে ZnS, AgBr আৰু AgI ত এনায়নকেইটাৰ তুলনাত Zn^{2+} আৰু Ag^{+} আয়নৰ আকাৰ যথেষ্ট সৰু বাবে এইবোৰত ফ্ৰেংকেল ত্ৰুটি দেখা যায়।

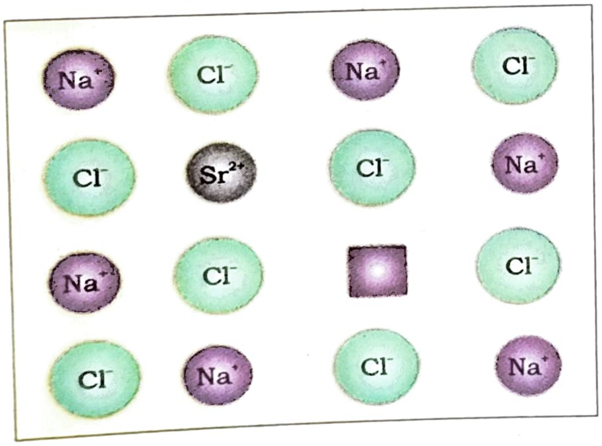
(iv) ***শ্বটকি ত্ৰুটি*** **ঃ** শ্বটকি ত্ৰুটি দৰাচলতে হ'ল আয়নীয় যৌগত অনধিকৃত ত্ৰুটি। লেটিছটোৱে সমসংখ্যক কেটায়ন আৰু এনায়ন হেৰুওৱাৰ বাবে এই ত্ৰুটিৰ সৃষ্টি হয় (চিত্ৰ 1.26)। সমসংখ্যক কেটায়ন আৰু এনায়ন হেৰুওৱা বাবে যৌগটো বৈদ্যুতিকভাৱে নিৰপেক্ষ হয়।



চিত্ৰ 1.26 : শ্বটকি ত্ৰুটি

অনধিকাৰ ত্ৰুটিৰ দৰেই শ্বটকি ত্ৰুটিৰ কাৰণেও পদাৰ্থটোৰ ঘনত্ব কমে। এই ত্ৰুটিৰ সংখ্যা যথেষ্ট গুৰুত্বপূৰ্ণ। উদাহৰণ স্বৰূপে, সাধাৰণ উষ্ণতাত NaCl ক্ৰিষ্টেলৰ 1 cm^3 আয়তনত প্ৰায় 10^6 টা শ্বটকি যুগ্ম (Schottky pair) থাকে। আনহাতে NaClৰ 1 cm^3 আয়তনত প্ৰায় 10^{22} টা আয়ন থাকে। গতিকে আমি ক'ব পাৰো যে প্ৰতি 10^{16} টা আয়নত একোটাকৈ শ্বটকি ত্ৰুটি দেখা যায়।

যিবোৰ আয়নীয় যৌগত কেটায়ন আৰু এনায়নৰ আকাৰ প্ৰায় সমান সেইবোৰ যৌগত শ্বটকি ত্ৰুটি দেখা যায়। উদাহৰণ হিচাপে NaCl, KCl, CsCl আৰু AgBr ত এই ত্ৰুটি পৰিলক্ষিত হয়। মনত ৰাখিবা, AgBr এ এই দুই ধৰণৰ ত্ৰুটিয়েই (ফ্ৰেংকেল আৰু শ্বটকি) দেখুৱাব পাৰে।



চিত্ৰ 1.27 : Na^+ ক Sr^{2+} আয়নেৰে প্ৰতিষ্ঠাপিত কৰাৰ ফলত NaCl ক্ৰিষ্টেলত সৃষ্টি হোৱা কেটায়ন শূন্যতা

(b) ***অশুদ্ধি ত্ৰুটি***

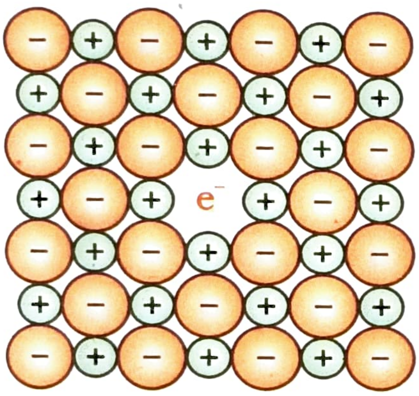
সামান্য পৰিমাণৰ $SrCl_2$ মিহলি হৈ থকা গলিত NaCl ৰ ক্ৰিষ্টেলীভৱন ঘটালেও NaCl ক্ৰিষ্টেল পোৱা যায়। তেতিয়া NaCl ৰ লেটিছত কিছুমান Na^+ ৰ স্থান Sr^{2+} আয়নে অধিকাৰ কৰে। কিন্তু প্ৰতিটো Sr^{2+} আয়নে দুটা Na^+ আয়নক প্ৰতিষ্ঠাপিত কৰে। সেইবাবে এটা Sr^{2+} আয়নে এটা Na^+ আয়নৰ স্থান দখল কৰে আৰু আন এটা Na^+ আয়নৰ স্থান খালী হৈ যায়।

এনেদৰে সৃষ্টি হোৱা কেটায়নৰ অনধিকৃত স্থানৰ সংখ্যা লেটিছটোত থকা Sr^{2+} আয়নৰ সংখ্যাৰ সমান। NaCl ত সামান্য $SrCl_2$ ৰ উপস্থিতিয়ে অশুদ্ধি সৃষ্টি কৰাৰ বাবে এইটো হ'ল অশুদ্ধি ক্ৰটিৰ উদাহৰণ। $CdCl_2$ আৰু AgCl ৰ মিশ্ৰণও হ'ল অশুদ্ধি ক্ৰটিৰ উদাহৰণ।

(c) অনা-ষ্টয়কিঅ'মিতীয় ক্ৰটি

ওপৰত উল্লেখ কৰা ক্ৰটিসমূহে ক্ৰিষ্টেলীয় যৌগৰ ষ্টয়কিঅ'মিতি বিঘ্নিত নকৰে। ষ্টয়কিঅ'মিতীয় যৌগত মৌলবোৰ পূৰ্ণ সংখ্যাৰ অনুপাতত থাকে; অনা-ষ্টয়কিঅ'মিতীয় যৌগত মৌলবোৰৰ মাজত পূৰ্ণ সংখ্যাৰ অনুপাত নাথাকে। বহুতো অজৈৱ যৌগ অনা-ষ্টয়কিঅ'মিতীয় ৰূপত পোৱা যায়। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল ক্ৰিষ্টেল গঠনত থকা ক্ৰটি। এনে অনা-ষ্টয়কিঅ'মিতীয় যৌগত দুই ধৰণৰ ক্ৰটি দেখা যায় — (i) ধাতু-মাত্ৰাধিক্য ক্ৰটি (metal excess defect) আৰু (ii) ধাতু-ন্যূনতা ক্ৰটি (metal deficiency defect)।

(i) ধাতু-মাত্ৰাধিক্য ক্ৰটি



চিত্ৰ 1.28 : ক্ৰিষ্টেলত F- কেন্দ্ৰ

- *এনায়নৰ অনুপস্থিতিৰ বাবে ধাতু-মাত্ৰাধিক্য ক্ৰটি (Metal excess defect due to anionic vacancies)* ঃ NaCl আৰু KCl ৰ লেখীয়া ক্ষাৰধাতুৰ হেলাইডত এই ধৰণৰ ক্ৰটি দেখা যায়। ছ'ডিয়ামৰ বাষ্পৰ উপস্থিতিত NaClৰ ক্ৰিষ্টেল উত্তপ্ত কৰিলে এই ক্ৰিষ্টেলৰ পৃষ্ঠত ছ'ডিয়াম পৰমাণু জমা হয়। তেতিয়া ক্ৰিষ্টেলত থকা Cl^- আয়ন পৃষ্ঠলৈ আহি Na পৰমাণুৰ সৈতে যোজিত হৈ NaCl গঠন কৰে। NaCl গঠনৰ বাবে Na পৰমাণুৱে আগেয়ে ইলেকট্ৰন ত্যাগ কৰি Na^+ আয়ন উৎপন্ন কৰে। এনেদৰে নিৰ্গত ইলেকট্ৰনে ক্ৰিষ্টেলৰ ভিতৰলৈ সোমাই এনায়নৰ স্থান অধিকাৰ কৰে (চিত্ৰ 1.28)।

ফলস্বৰূপে ক্ৰিষ্টেলটোত ছ'ডিয়ামৰ পৰিমাণ মাত্ৰাধিক হয়। অযুগ্ম ইলেকট্ৰনে অধিকাৰ কৰা এই এনায়নৰ স্থানক *F*- কেন্দ্ৰ (F-centre) বোলে। *F*-কেন্দ্ৰ শব্দটো জাৰ্মান শব্দ *Farbenzenter* ৰ (অৰ্থ— বৰণ কেন্দ্ৰ, colour centre) পৰা লোৱা হৈছে। এই *F*- কেন্দ্ৰৰ বাবে NaCl ক্ৰিষ্টেলৰ বৰণ হালধীয়া হয়। এনে NaCl ক্ৰিষ্টেলৰ ওপৰত দৃশ্যমান পোহৰ পৰিলে ইয়াৰ *F*- কেন্দ্ৰত থকা ইলেকট্ৰনে এই পোহৰৰপৰা শক্তি শোষণ কৰে। শক্তি শোষণ কৰি এই ইলেকট্ৰনে উত্তেজিত (excited) অৱস্থালৈ যায়; পুনৰ ভূমিস্তৰ অৱস্থালৈ আহোঁতে ই শোষণ কৰা শক্তিখিনি বিকিৰণ হিচাপে নিৰ্গত কৰে। NaCl ৰ ক্ৰিষ্টেলটো হালধীয়া হোৱাৰ এয়ে কাৰণ। একে ধৰণে LiCl ক্ৰিষ্টেলত লিথিয়ামৰ মাত্ৰাধিক্য ঘটিলে ক্ৰিষ্টেলটোৰ বৰণ ৰঙচুৱা (pink), পটাছিয়ামৰ মাত্ৰাধিক্য ঘটিলে KCl ক্ৰিষ্টেলৰ বৰণ বেঙুনীয়া (violet) হয়।

- *অন্তৰ্বৰ্তী স্থানত অতিৰিক্ত কেটায়ন থকা বাবে ধাতু-মাত্ৰাধিক্য ক্ৰটি (Metal excess defect due to the presence of extra cations at interstitial sites)* ঃ সাধাৰণ উষ্ণতাত জিংক অক্সাইডৰ (ZnO) বৰণ বগা। উত্তপ্ত কৰিলে ই অক্সিজেন হেৰুৱায় আৰু ইয়াৰ বৰণ হালধীয়া হয়।

$$ZnO \xrightarrow[\Delta]{} Zn^{2+} + \frac{1}{2}O_2 + 2e^-$$

ফলস্বৰূপে ক্রিষ্টেলটোত জিংকৰ পৰিমাণ মাত্ৰাধিক হয় আৰু ইয়াৰ সংকেত $Zn_{1+x}O$ হয়গৈ। অতিৰিক্ত Zn^{2+} আয়নে ক্রিষ্টেলটোত অন্তৰ্বৰ্তী স্থান অধিকাৰ কৰে; লগে লগে নিৰ্গত ইলেকট্ৰনেও কাষৰ অন্তৰ্বৰ্তী স্থান দখল কৰে।

(ii) ধাতু-ন্যুনতা ক্ৰটি

কিছুমান যৌগক ষ্টয়কিঅ'মিতীয় অনুপাতত প্ৰস্তুত কৰা সঁচাকৈয়ে কঠিন। এনে যৌগত ধাতুটোৰ পৰিমাণ প্ৰয়োজনতকৈ কম হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে, FeO ক সাধাৰণতে $Fe_{0.95}O$ সংযুতিতহে পোৱা যায়। দৰাচলতে সংযুতিটো $Fe_{0.93}O$ ৰ পৰা $Fe_{0.96}O$ ৰ ভিতৰত থাকে। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল, FeO ক্রিষ্টেলত Fe^{2+} আয়ন কিছুমান স্থানত নাথাকে। ক্রিষ্টেলটোত ধনাত্মক আধানৰ অভাৱ পূৰাবলৈ প্ৰয়োজনীয় সংখ্যক Fe^{3+} আয়ন থাকে। ফলস্বৰূপে ক্রিষ্টেলটোত আইৰনৰ পৰিমাণ কমে।

1.10 বৈদ্যুতিক ধৰ্ম (Electrical Properties)

বিভিন্ন কঠিন পদাৰ্থৰ বিদ্যুৎ পৰিবাহিতাও বিভিন্ন। এইবোৰৰ বিদ্যুৎ পৰিবাহিতাৰ মান 10^{-20} S m^{-1} ৰপৰা 10^{7} S m^{-1} ৰ ভিতৰত থাকে। বিদ্যুৎ পৰিবাহিতাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি কঠিন পদাৰ্থবোৰক তিনি ভাগত ভগাব পাৰি — (i) পৰিবাহী (conductors), (ii) অন্তৰক (insulators) আৰু (iii) অৰ্ধপৰিবাহী (semi conductors)।

(i) ***পৰিবাহী*** ঃ যিবোৰ কঠিন পদাৰ্থৰ পৰিবাহিতা 10^{4} S m^{-1} ৰপৰা 10^{7} S m^{-1} ৰ ভিতৰত থাকে সেইবোৰক পৰিবাহী বোলা হয়। ধাতুৰ পৰিবাহিতাৰ মাত্ৰা 10^{7} S m^{-1}; এইবোৰ হ'ল উত্তম পৰিবাহী (good conductors)।

(ii) ***অন্তৰক*** ঃ যিবোৰ কঠিন পদাৰ্থৰ বিদ্যুৎ পৰিবাহিতা একেবাৰে কম (10^{-20} S m^{-1} ৰপৰা 10^{-10} S m^{-1}) সেইবোৰেই হ'ল অন্তৰক।

(iii) ***অৰ্ধপৰিবাহী*** ঃ এনেবোৰ কঠিন পদাৰ্থৰ বিদ্যুৎ পৰিবাহিতা মধ্যমীয়া (10^{-6} S m^{-1} ৰপৰা 10^{4} S m^{-1})।

1.10.1 ধাতুত বিদ্যুৎ পৰিবাহিতা (Conduction of Electricity in Metals)

পৰিবাহীবোৰ মূলতঃ দুই প্ৰকাৰৰ — ধাতৱ পৰিবাহী (metallic conductor) আৰু বিদ্যুৎবিশ্লেষ্য (electrolyte)। বিদ্যুতৰ উৎসৰ সৈতে সংযোগ কৰিলে ধাতুৰ মাজেৰে ইলেকট্ৰনে গতি কৰে আৰু এই ইলেকট্ৰনৰ প্ৰবাহেই হ'ল বিদ্যুৎ সোঁত; অৰ্থাৎ ধাতৱ পৰিবাহীয়ে ইলেকট্ৰনৰ জৰিয়তে বিদ্যুৎ পৰিবহন কৰে। আনহাতে বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যই আয়নৰ গতিৰ জৰিয়তে বিদ্যুৎ পৰিবহন কৰে।

কঠিন আৰু গলিত — উভয় অৱস্থাতে ধাতুৱে বিদ্যুৎ পৰিবহন কৰে। ধাতুৰ পৰিবাহিতা ইয়াৰ পৰমাণুত থকা যোজ্যতা ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। ধাতুৰ পৰমাণুত থকা অৰবিটেলৰ মাজত অভিলেপন ঘটি আণৱিক অৰবিটেল গঠিত হয়। এই আণৱিক অৰবিটেলবোৰৰ মাজত শক্তিৰ পাৰ্থক্য অতি কম। ফলস্বৰূপে পৰস্পৰৰ অতি ওচৰত থকা এই আণৱিক অৰবিটেলবোৰে এটা **পটি** বা **বেণ্ড** (band) গঠন কৰে। এই বেণ্ডটো (যোজ্যতা বেণ্ড, valence band) ইলেকট্ৰনৰদ্বাৰা আংশিকভাৱে পূৰ্ণ হৈ

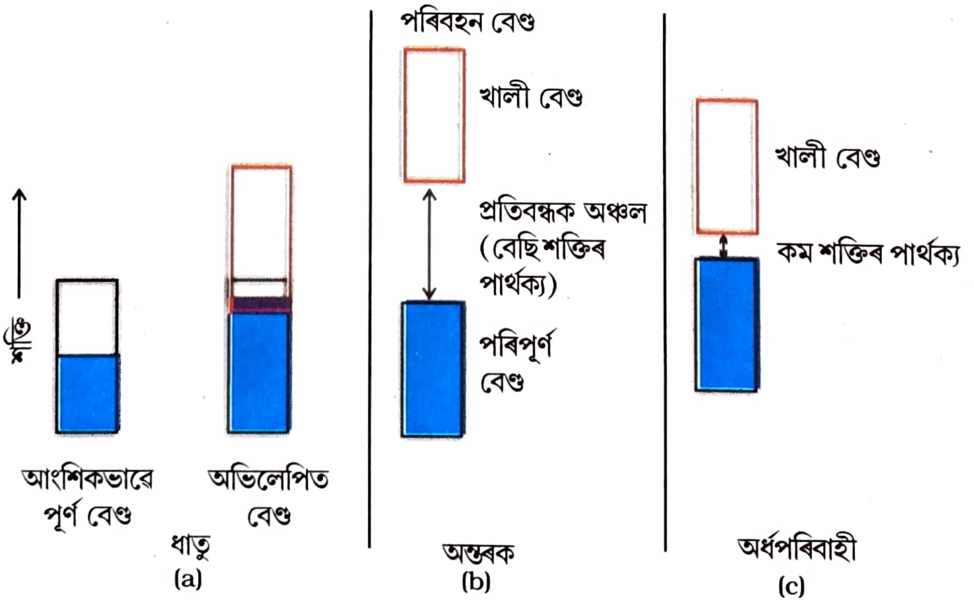
থাকিব পাৰে। তেতিয়া বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰপৰা এই ইলেকট্ৰনে শক্তি লাভ কৰি কম শক্তিস্তৰৰপৰা উচ্চ শক্তিস্তৰলৈ যাব পাৰে; অৰ্থাৎ ইলেকট্ৰনৰ গতি সম্ভৱ হয়। অৱশ্যে আন এক পৰিঘটনাৰ জৰিয়তেও ইলেকট্ৰনৰ চলাচল হয়। ইলেকট্ৰনেৰে পূৰ্ণ বেণ্ড এটাৰ লগত ইলেকট্ৰন নথকা বেণ্ড এটাৰ অভিলেপন ঘটিব পাৰে (চিত্ৰ 1.29a)। তেতিয়াও বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ দিশত ইলেকট্ৰনৰ গতি সম্ভৱ হয়।

কিছুমান পদাৰ্থত যোজ্যতা বেণ্ডটো ইলেকট্ৰনৰদ্বাৰা সম্পূৰ্ণ হৈ থাকে আৰু পৰবৰ্তী উচ্চ শক্তিৰ বেণ্ডটোত ইলেকট্ৰন নাথাকে। পৰবৰ্তী এই বেণ্ডটোক পৰিবহন বেণ্ড (conduction band) বোলা হয়। এনে পদাৰ্থত যোজ্যতা বেণ্ড আৰু পৰিবহন বেণ্ডৰ মাজত শক্তিৰ পাৰ্থক্য অতি বেছি হ'লে ইলেকট্ৰনে গতি কৰিব নোৱাৰে (চিত্ৰ 1.29 b)। ফলস্বৰূপে পদাৰ্থটোৱে অন্তৰকৰ আচৰণ দেখুৱায়।

1.10.2 অৰ্ধপৰিবাহীত বিদ্যুৎ পৰিবহন (Conduction of Electricity in Semiconductors)

অৰ্ধপৰিবাহীত যোজ্যতা বেণ্ড আৰু পৰিবহন বেণ্ডৰ মাজত শক্তিৰ পাৰ্থক্য কম (চিত্ৰ 1.29 c)। সেইবাবে কিছু ইলেকট্ৰন যোজ্যতা বেণ্ডৰপৰা পৰিবহন বেণ্ডলৈ যাব পাৰে। ফলস্বৰূপে পদাৰ্থটোৱে কিছু পৰিমাণে বিদ্যুৎ পৰিবহন কৰে। উষ্ণতা বঢ়ালে বেছি সংখ্যক ইলেকট্ৰনে পৰিবহন বেণ্ডলৈ গতি কৰে। সেয়েহে উচ্চ উষ্ণতাত অৰ্ধপৰিবাহীৰ পৰিবাহিতাও বাঢ়ে। ছিলিকন আৰু জাৰ্মেনিয়ামে এনে ধৰ্ম দেখুৱায়। এনেবোৰ পদাৰ্থক *অন্তৰ্নিহিত (আভ্যন্তৰিক) অৰ্ধপৰিবাহী* (intrinsic semiconductors) বোলা হয়।

অন্তৰ্নিহিত অৰ্ধপৰিবাহীৰ পৰিবাহিতা অতি কম। নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ উপযুক্ত অশুদ্ধি যোগ কৰি ইহঁতৰ পৰিবাহিতা বঢ়োৱা হয়। এই পদ্ধতিটোক **ড'পিং** (doping) বোলা হয়। অন্তৰ্নিহিত অৰ্ধপৰিবাহীতকৈ (ছিলিকন বা জাৰ্মেনিয়াম) ইলেকট্ৰনত চহকী বা ইলেকট্ৰনৰ ঘাটি থকা অশুদ্ধিৰে ড'পিং কৰিব পাৰি। এনে অশুদ্ধিয়ে এই অৰ্ধপৰিবাহীত ***ইলেকট্ৰনীয় ত্ৰুটিৰ*** (electronic defects) সৃষ্টি কৰে।



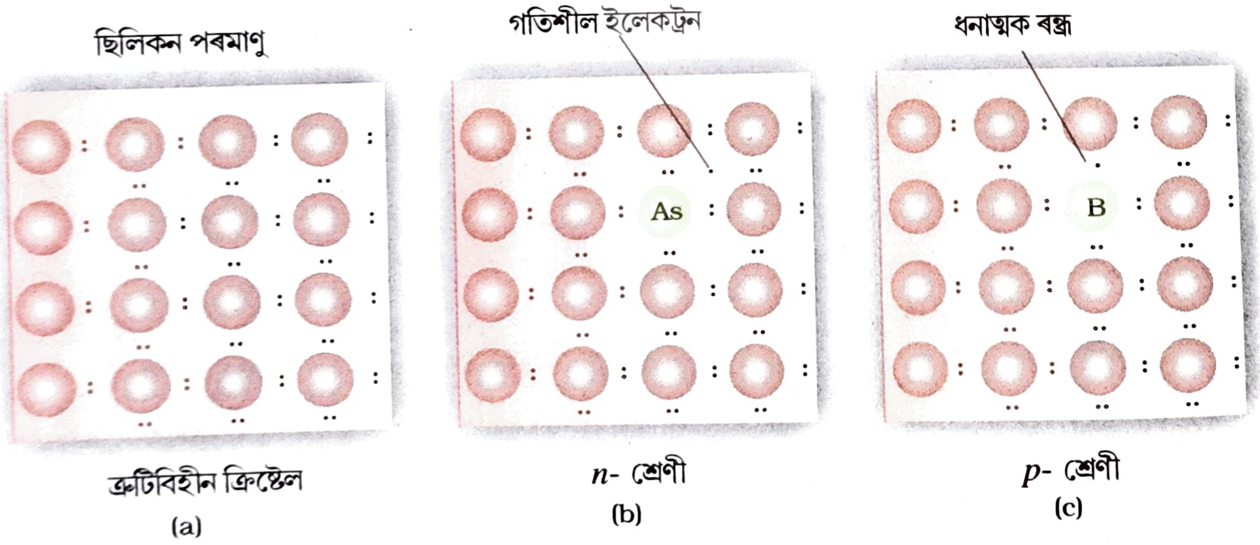
চিত্ৰ 1.29
(a) ধাতু, (b) অন্তৰক, আৰু (c) অৰ্ধপৰিবাহীৰ পাৰ্থক্য। প্ৰত্যেক ক্ষেত্ৰতে ছায়াকৃত (shaded) অঞ্চলবোৰে পৰিবহন অঞ্চল বুজাইছে।

(a) ইলেকট্ৰন-চহকী অশুদ্ধি (Electron-rich impurities)

ছিলিকন আৰু জাৰ্মেনিয়াম হ'ল পৰ্যাবৃত্ত তালিকাৰ বৰ্গ 14 ৰ মৌল। ইহঁতৰ প্ৰত্যেকৰে পৰমাণুত চাৰিটাকৈ যোজ্যতা ইলেকট্ৰন আছে। ইহঁতৰ ক্ৰিষ্টেলত প্ৰতিটো পৰমাণুৱে আন চাৰিটা পৰমাণুৰ সৈতে চাৰিডাল সহযোজী বান্ধনিৰে যোজিত হৈ থাকে (চিত্ৰ 1.30a)। ছিলিকন বা জাৰ্মেনিয়ামত বৰ্গ 15ৰ মৌল ফছফৰাছ (P) বা আৰ্চেনিকেৰে (As) ড'পিং কৰিব পাৰি। P আৰু Asৰ প্ৰত্যেকৰে পৰমাণুত পাঁচটাকৈ যোজ্যতা ইলেকট্ৰন আছে। ধৰা, ছিলিকন বা জাৰ্মেনিয়ামত P বা Asৰে ড'পিং কৰা হৈছে। তেতিয়া ইয়াৰ (Si বা Ge) লেটিছৰ কিছুমান স্থান P বা Asৰ পৰমাণুৱে অধিকাৰ কৰিব। তেনে অৱস্থাত প্ৰতিটো P বা As পৰমাণুৰ বহিৰতম পাঁচটা ইলেকট্ৰনৰ চাৰিটাই কাষৰ ছিলিকন (বা জাৰ্মেনিয়াম) পৰমাণুৰ সৈতে বান্ধনি গঠন কৰে। প্ৰতিটো P বা As পৰমাণুৰ বাকী ৰোৱা বহিৰতম পঞ্চম ইলেকট্ৰনটো অস্থানীভূত (delocalised) হৈ থাকে। এই অস্থানীভূত ইলেকট্ৰনৰ বাবে P বা Asৰে ড'পিং কৰা ছিলিকনৰ (বা জাৰ্মেনিয়ামৰ) বিদ্যুৎ পৰিবাহিতা বৃদ্ধি পায়। ইলেকট্ৰনৰ (ঋণাত্মক, negative) উপস্থিতিৰ বাবে বিদ্যুৎ পৰিবাহিতা বৃদ্ধি পোৱা বাবে এনে ধৰণৰ ইলেকট্ৰন-চহকী অশুদ্ধিৰে ড'পিং কৰা Si ক (বা, Ge) *n*-শ্ৰেণীৰ (*n*-type) অৰ্ধপৰিবাহী বোলা হয়।

(b) ইলেকট্ৰন-ঘাটি অশুদ্ধি (Electron-deficient impurities)

বৰ্গ 13ৰ মৌল B, Al বা Ga ৰদ্বাৰাও ছিলিকন বা জাৰ্মেনিয়ামৰ ড'পিং কৰিব পাৰি। এই বৰ্গৰ মৌলৰ পৰমাণুৰ বহিৰতম খোলত তিনিটাকৈ ইলেকট্ৰন থাকে। ইহঁতৰ যি কোনো এটা মৌলৰে ছিলিকন বা জাৰ্মেনিয়ামৰ ড'পিং কৰিলে ইহঁতৰ পৰমাণুৱে অৰ্ধপৰিবাহীৰ লেটিছৰ কিছুমান স্থান দখল কৰে। এই অৱস্থাত এনে প্ৰতি পৰমাণুৰ (B, Al বা Ga) যোজ্যতা খোলত এটাকৈ ইলেকট্ৰন কম (অষ্টকৰ তুলনাত) থাকে (চিত্ৰ



চিত্ৰ 1.30 : বৰ্গ 13 আৰু বৰ্গ 15 মৌল ড'পিং কৰি *n*-শ্ৰেণী আৰু *p*- শ্ৰেণীৰ অৰ্ধপৰিবাহী সৃষ্টি।

1.30 c)। ইয়াকে *ইলেকট্ৰন ৰন্ধ্ৰ* (electron hole বা electron vacancy) বোলা হয়। নিকটতম পৰমাণুৰ ইলেকট্ৰনে এই ৰন্ধ্ৰ পূৰাব পাৰে; কিন্তু তেনে ক্ষেত্ৰত মূল স্থানত একে ধৰণৰ ৰন্ধ্ৰৰ সৃষ্টি হ'ব। এনে ঘটনা সম্ভৱ হ'লে ইলেকট্ৰনৰ গতিৰ দিশৰ বিপৰীত দিশত ইলেকট্ৰন ৰন্ধ্ৰই গতি কৰাৰ নিচিনা হ'ব। বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ উপস্থিতিত ইলেকট্ৰন ৰন্ধ্ৰৰ জৰিয়তে ইলেকট্ৰনবোৰে ধনাত্মক ইলেকট্ৰ'ডৰ ফালে গতি কৰে। এই প্ৰক্ৰিয়াত ইলেকট্ৰন ৰন্ধ্ৰবোৰে ঋণাত্মক ইলেকট্ৰ'ডৰ দিশত গতি কৰা ধনাত্মক আধানবিশিষ্ট কণাৰ দৰে আচৰণ কৰিব। সেইবাবে ইলেকট্ৰন-ঘাটি থকা অশুদ্ধিৰে ড'পিং কৰা এনে অৰ্ধপৰিবাহী হ'ল *p* -শ্ৰেণীৰ অৰ্ধপৰিবাহী (*p*-type semiconductors)।

n -শ্ৰেণী আৰু p- শ্ৰেণীৰ অৰ্ধপৰিবাহীৰ প্ৰয়োগ
(Applications of n-type and p-type semiconductors)

ইলেকট্ৰনিক আহিলা (components) প্ৰস্তুত কৰিবলৈ *n*-শ্ৰেণী আৰু *p*-শ্ৰেণীৰ অৰ্ধপৰিবাহীৰ বিভিন্ন সংযুতি ব্যৱহাৰ কৰা হয়। ডায়'ড (diode) হ'ল *n*-শ্ৰেণী আৰু *p*-শ্ৰেণী অৰ্ধপৰিবাহীৰ সংমিশ্ৰণ; ই পৰিশোধক (rectifier) হিচাপে ব্যৱহৃত হয়। আনহাতে একে শ্ৰেণীৰ অৰ্ধপৰিবাহীৰ দুটা স্তৰৰ মাজত আন শ্ৰেণীৰ অৰ্ধপৰিবাহীৰ স্তৰ ৰাখি ট্ৰানজিষ্টৰ (transistor) প্ৰস্তুত কৰা হয়। *npn* বা *pnp* শ্ৰেণীৰ ট্ৰানজিষ্টৰসমূহ ৰেডিঅ' সংকেত ধৰা পেলাবলৈ বা এনে সংকেতৰ পৰিবৰ্ধন (amplify) ঘটাবলৈ ব্যৱহাৰ কৰা হয়। আকৌ সৌৰ কোষসমূহ (solar cell) হ'ল শক্তিশালী আলোক-ডায়'ড (photo-diode); পোহৰ শক্তিক বিদ্যুৎ শক্তিলৈ পৰিৱৰ্তিত কৰাত এইবোৰ ব্যৱহৃত হয়।

ইতিমধ্যে উল্লেখ কৰা হৈছে যে ছিলিকন আৰু জাৰ্মেনিয়াম হ'ল বৰ্গ 14 ৰ মৌল। ইহঁতৰ প্ৰত্যেকৰে যোজ্যতা চাৰি; অৰ্থাৎ ইহঁতৰ পৰমাণুৱে চাৰিডালকৈ বান্ধনি গঠন কৰে। সম্প্ৰতি বৰ্গ 13 আৰু বৰ্গ 15 অথবা বৰ্গ 12 আৰু বৰ্গ 16 ৰ মৌলৰ সংমিশ্ৰণেৰে বিভিন্ন কঠিন পদাৰ্থ প্ৰস্তুত কৰা হৈছে। তেতিয়া প্ৰতিযোৰ বৰ্গত (13 আৰু 15 বা, 12 আৰু 16) থকা মৌলৰ গড় যোজ্যতা চাৰিৰ (Si বা Ge ৰ যোজ্যতাৰ সমান) নিচিনা হয়। বৰ্গ 13, বৰ্গ 15 ৰ এনে যৌগৰ উদাহৰণ হ'ল InSb, AlP আৰু GaAs; এইকেইটাৰ ভিতৰত গেলিয়াম আৰ্ছেনাইডে (GaAs, gallium arsenide) অৰ্ধপৰিবাহীযুক্ত সামগ্ৰী নিৰ্মাণত বিপ্লৱৰ সূচনা কৰিছে। একেদৰে ZnS, CdS, CdSe আৰু HgTe হ'ল বৰ্গ 12- বৰ্গ 16ৰ যৌগ। ওপৰত উনুকিওৱা আটাইবোৰ যৌগতে পৰমাণুৰ মাজত থকা বান্ধনিসমূহ সম্পূৰ্ণৰূপে সহযোজী নহয়; এই বান্ধনিৰ আয়নীয় ধৰ্ম যৌগটোত থকা মৌল দুটাৰ বিদ্যুৎঋণাত্মকতাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে।

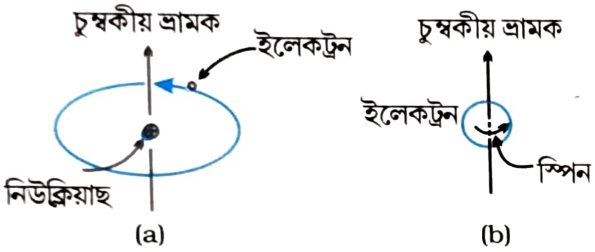
সংক্ৰমণশীল মৌলৰ অক্সাইডসমূহৰ বৈদ্যুতিক ধৰ্মৰ পাৰ্থক্যও মন কৰিবলগীয়া। TiO, CrO_2 আৰু ReO_3 - এই অক্সাইডকেইটাই ধাতুৰ আচৰণ দেখুৱায়। ৰেনিয়াম অক্সাইড (ReO_3, rhenium oxide) দেখাত কপাৰৰ দৰে; ইয়াৰ পৰিবাহিতাও প্ৰায় কপাৰৰ সমান। উষ্ণতাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি আন কিছুমান অক্সাইডে (যেনে - VO, VO_2, VO_3 আৰু TiO_3) ধাতু বা অন্তৰকৰ ধৰ্ম দেখুৱায়।

1.11 চুম্বকীয় ধৰ্ম (Magnetic Properties)

প্ৰতিটো পদাৰ্থই চুম্বকীয় ধৰ্মবিশিষ্ট। চুম্বকীয় ধৰ্মৰ মূলতে আছে পদাৰ্থটোত থকা ইলেকট্ৰনসমূহ। দৰাচলতে অণু বা পৰমাণুত থকা প্ৰতিটো ইলেকট্ৰনে এডাল সূক্ষ্ম চুম্বকৰ আচৰণ দেখুৱায়। গতিকে আমি ক'ব পাৰো যে প্ৰতিটো ইলেকট্ৰনৰে চুম্বকীয় ভ্ৰামক (magnetic moment) থাকে। দুই ধৰণৰ গতিৰ বাবে ইলেকট্ৰনে চুম্বকীয় ভ্ৰামক লাভ কৰে —

(i) নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে ইয়াৰ আবৰ্তন, আৰু

(ii) স্পিন (চিত্ৰ 1.31)



চিত্ৰ 1.31: (a) আৱৰ্তিত আৰু (b) স্পিনযুক্ত ইলেকট্ৰনৰ সৈতে জড়িত চুম্বকীয় ভ্ৰামক

আমি জানো, ইলেকট্ৰন হ'ল ঋণাত্মক আধানযুক্ত। ইয়াৰ আবৰ্তন বা ঘূৰ্ণন বিদ্যুৎ প্ৰবাহৰ লুপৰ (loop) দৰে। আমি জানো যে বিদ্যুৎ প্ৰবাহৰ ফলত চুম্বক ক্ষেত্ৰৰ সৃষ্টি হয়। সেইবাবে ঘূৰি থকা ইলেকট্ৰন এটাক ক্ষুদ্ৰ দণ্ড চুম্বকৰ লগত ৰিজাব পাৰি। অৰ্থাৎ পৰমাণুত থকা প্ৰতিটো ইলেকট্ৰনৰে অৰবিটেল চুম্বকীয় ভ্ৰামক (orbital magnetic moment) আৰু স্পিন চুম্বকীয় ভ্ৰামক (spin magnetic moment) থাকে। ইলেকট্ৰনৰ এই চুম্বকীয় ভ্ৰামকৰ মান অতি কম। ইয়াক **ব'ৰ মেগনেটন** (Bohr magneton, μB) এককত প্ৰকাশ কৰা হয়। ব'ৰ মেগনেটনৰ (μB) মান হ'ল 9.27×10^{-24} Am^2 (A = এম্পিয়াৰ, m = মিটাৰ)।

চুম্বকীয় ধৰ্মৰ ওপৰত ভিত্তি কৰি পদাৰ্থবোৰক পাঁচ ভাগত ভগাব পাৰি — (i) অনুচুম্বকীয় (paramagnetic), (ii) অপচুম্বকীয় (diamagnetic), (iii) ফেৰ'চুম্বকীয় (ferromagnetic), (iv) প্ৰতিফেৰ'চুম্বকীয় (antiferromagnetic), আৰু (v) ফেৰিচুম্বকীয় (ferrimagnetic)।

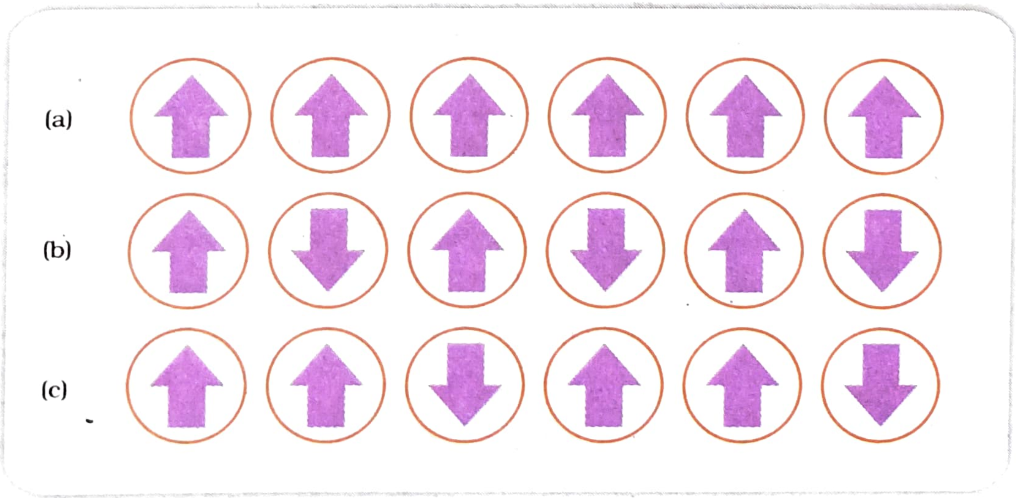
(i) অনুচুম্বকত্ব (Paramagnetism) : অনুচুম্বকীয় পদাৰ্থসমূহ চুম্বকৰদ্বাৰা অতি কম পৰিমাণে আকৰ্ষিত হয়। চুম্বক ক্ষেত্ৰৰ উপস্থিতিত ক্ষেত্ৰৰ দিশতে ইহঁতে চুম্বকত্ব লাভ কৰে; চুম্বক ক্ষেত্ৰ আঁতৰালে ইহঁতে চুম্বকত্ব হেৰুৱায়। পদাৰ্থ এটাৰ অণু বা পৰমাণুত অযুগ্ম ইলেকট্ৰন থাকিলে পদাৰ্থটো অনুচুম্বকীয় হয়। O_2, Cu^{2+}, Fe^{3+}, Cr^{3+} আদি হ'ল অনুচুম্বকীয় পদাৰ্থৰ কেইটামান উদাহৰণ।

(ii) অপচুম্বকত্ব (Diamagnetism) : অপচুম্বকীয় পদাৰ্থবোৰ চুম্বকৰদ্বাৰা মৃদুভাৱে বিকৰ্ষিত হয়। H_2O, NaCl, C_6H_6 আদি কিছুমান হ'ল অপচুম্বকীয় পদাৰ্থৰ উদাহৰণ। চুম্বক ক্ষেত্ৰৰ উপস্থিতিত ক্ষেত্ৰৰ বিপৰীত দিশত ইহঁতে মৃদু চুম্বকত্ব লাভ কৰে। যিটো পদাৰ্থত আটাইবোৰ ইলেকট্ৰন যোৰ বান্ধি থাকে (অৰ্থাৎ অযুগ্ম ইলেকট্ৰন নাই) সেই পদাৰ্থই অপচুম্বকত্ব দেখুৱায়। ইলেকট্ৰনে যোৰ পতাৰ ফলত এটাই আনটোৰ চুম্বকীয় ভ্ৰামক বিলোপ কৰে। ফলস্বৰূপে সিহঁতে চুম্বকীয় ধৰ্ম হেৰুৱায়।

(iii) *ফেৰ'চুম্বকত্ব* (*Ferromagnetism*) : আইৰন, ক'বাল্ট, নিকেল, গেড'লিনিয়াম আৰু CrO_2 ক চুম্বকে তীব্ৰভাৱে আকৰ্ষণ কৰে। এনে পদাৰ্থবোৰক ফেৰ'চুম্বকীয় পদাৰ্থ বোলে। এইবোৰ পদাৰ্থক স্থায়ীভাৱে চুম্বকত পৰিণত কৰিব পাৰি। কঠিন অৱস্থাত ফেৰ'চুম্বকীয় পদাৰ্থত থকা ধাতুৰ আয়নবোৰে সৰু সৰু অঞ্চলত দল বান্ধি থাকে। ধাতুৰ আয়নৰ এই থুপক প্ৰভাৱক্ষেত্ৰ (domain) বোলে। এনে প্ৰতি প্ৰভাৱক্ষেত্ৰই একোডাল সূক্ষ্ম চুম্বকৰ দৰে আচৰণ কৰে। চুম্বকত্ব প্ৰদান নকৰা ফেৰ'চুম্বকীয় পদাৰ্থ এটাৰ টুকুৰা এটাত এনে প্ৰভাৱক্ষেত্ৰসমূহ যাদৃচ্ছিক ক্ৰমত সিঁচৰতি হৈ থাকে। ফলস্বৰূপে লব্ধ চুম্বকীয় ভ্ৰামকৰ মান শূন্য হয়। কিন্তু পদাৰ্থটোক চুম্বক ক্ষেত্ৰত ৰাখিলে এই প্ৰভাৱক্ষেত্ৰসমূহৰ সজ্জা অটুট থাকে। সেইবাবে ফেৰ'চুম্বকীয় পদাৰ্থটো স্থায়ী চুম্বকত পৰিণত হয়।

(iv) *প্ৰতিফেৰ'চুম্বকত্ব* (*Antiferromagnetism*) : MnOৰ লেখীয়া প্ৰতিফেৰ'চুম্বকত্ব বিশিষ্ট পদাৰ্থৰো ফেৰ'চুম্বকীয় পদাৰ্থৰ দৰে প্ৰভাৱক্ষেত্ৰ থাকে। এই দুয়োবিধ পদাৰ্থৰ মাজৰ পাৰ্থক্য এই যে প্ৰতিফেৰ'চুম্বকীয় পদাৰ্থত প্ৰভাৱক্ষেত্ৰসমূহ পৰস্পৰ বিপৰীত দিশত সজ্জিত হৈ থাকে (চিত্ৰ 1.32 b)। ফলস্বৰূপে পদাৰ্থৰ লব্ধ চুম্বকীয় ভ্ৰামকৰ মান শূন্য হয়।

(v) *ফেৰিচুম্বকত্ব* (*Ferrimagnetism*) : এটা পদাৰ্থত থকা প্ৰভাৱক্ষেত্ৰসমূহৰ চুম্বকীয় ভ্ৰামকসমূহৰ কিছুমান সমান্তৰাল আৰু আন কিছুমান (একে সংখ্যক নহয়) বিপৰীত দিশত সজ্জিত হৈ থাকিলে পদাৰ্থটোৱে ফেৰিচুম্বকত্ব ধৰ্ম দেখুৱায় (চিত্ৰ 1.32 c)। ফেৰ'চুম্বকীয় পদাৰ্থৰ তুলনাত এই পদাৰ্থবোৰ চুম্বকৰদ্বাৰা দুৰ্বলভাৱে আকৰ্ষিত হয়। Fe_3O_4 (মেগনেটাইট, magnetite), আৰু $MgFe_2O_4$ আৰু $ZnFe_2O_4$ ৰ লেখীয়া ফেৰাইটসমূহ (ferrites) হ'ল এই শ্ৰেণীৰ পদাৰ্থৰ উদাহৰণ। উত্তপ্ত কৰিলে এই পদাৰ্থসমূহে ফেৰিচুম্বকত্ব হেৰুৱায় আৰু অনুচুম্বকীয় পদাৰ্থত পৰিণত হয়।



চিত্ৰ 1.32 : চুম্বকীয় ভ্ৰামকৰ পটচিত্ৰ (sheme)
(a) ফেৰ'চুম্বকীয় পদাৰ্থ, (b) প্ৰতিফেৰ'চুম্বকীয় আৰু
(c) ফেৰিচুম্বকীয় পদাৰ্থ

পাঠস্থ প্ৰশ্নমালা

1.19 উত্তপ্ত কৰিলে কঠিন পদাৰ্থ এটাত কেনে ধৰণৰ ত্ৰুটিৰ সৃষ্টি হ'ব পাৰে? ইয়াৰ ফলত পদাৰ্থটোৰ কি ভৌতিক ধৰ্ম কেনে ধৰণে প্ৰভাবান্বিত হ'ব পাৰে লিখা।

1.20 তলত উল্লেখ কৰা কঠিন পদাৰ্থ দুটাই কেনেধৰণৰ ষ্টয়কিঅ'মিতীয় ত্ৰুটি দেখুৱায় —
(i) ZnS (ii) AgBr

1.21 অশুদ্ধি হিচাপে বেছি যোজ্যতাবিশিষ্ট কেটায়ন আয়নীয় কঠিন পদাৰ্থত সোমালে কেনেদৰে অনধিকৃত স্থানৰ সৃষ্টি হয় ব্যাখ্যা কৰা।

1.22 ধাতু-মাত্ৰাধিক্য ত্ৰুটিৰ ফলত আয়নীয় কঠিন পদাৰ্থত এনায়নীয় অনধিকৃত স্থানৰ সৃষ্টি হ'লে পদাৰ্থটো ৰঙীণ হয়। উপযুক্ত উদাহৰণেৰে এই পৰিঘটনা ব্যাখ্যা কৰা।

1.23 উপযুক্ত অশুদ্ধিৰে ড'পিং কৰি বৰ্গ 14 ৰ মৌল এটাক *n*- শ্ৰেণীৰ অৰ্ধপৰিবাহীলৈ পৰিবৰ্তিত কৰিব লাগে। এই অশুদ্ধিটো কোন বৰ্গৰ মৌল হ'ব লাগিব?

1.24 ভাল স্থায়ী চুম্বকত পৰিণত কৰিবলৈ কেনে ধৰণৰ পদাৰ্থ উপযুক্ত ঃ ফেৰ'চুম্বকীয় নে ফেৰিচুম্বকীয়? তোমাৰ উত্তৰৰ সপক্ষে যুক্তি দিয়া।

সাৰাংশ

কঠিন পদাৰ্থৰ নিৰ্দিষ্ট ভৰ, আয়তন আৰু আকৃতি আছে। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল — পদাৰ্থটোত থকা কণাবোৰৰ নিৰ্দিষ্ট অৱস্থান, সিহঁতৰ মাজৰ নিম্নতম দূৰত্ব আৰু তীব্ৰ আন্তঃক্ৰিয়া। **অনিয়তাকাৰ কঠিন পদাৰ্থত** ইয়াৰ কণাবোৰৰ সজ্জাৰ **হ্ৰস্ব পৰিসৰৰ ক্ৰম** থাকে। এনে পদাৰ্থই অতিশীতলীকৃত **জুলীয়া পদাৰ্থৰ** আচৰণ দেখুৱায়। অনিয়তাকাৰ কঠিন পদাৰ্থৰ সুনিৰ্দিষ্ট গলনাংক নাথাকে আৰু ই **সমদৈশিক**। ক্ৰিষ্টেলীয় কঠিন পদাৰ্থত দীৰ্ঘ পৰিসৰৰ ক্ৰম থাকে। এইবোৰ বিষমদৈশিক আৰু ইহঁতৰ সুনিৰ্দিষ্ট গলনাংক থাকে। **ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থৰ ধৰ্ম** ইয়াত থকা কণাবোৰৰ মাজৰ আন্তঃক্ৰিয়াৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। কণাবোৰৰ মাজত থকা আন্তঃক্ৰিয়াৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থবোৰক চাৰিভাগত ভগোৱা হৈছে — **আণৱিক, আয়নীয়, ধাতৱ** আৰু **সহযোজী** কঠিন পদাৰ্থ। ইহঁতৰ ধৰ্মৰ যথেষ্ট পাৰ্থক্য আছে।

ক্ৰিষ্টেলীয় পদাৰ্থত থকা কণাসমূহ পদাৰ্থটো এমূৰৰপৰা আন মূৰলৈ এক নিৰ্দিষ্ট ক্ৰমত সজ্জিত হৈ থাকে। কণাবোৰৰ এই সজ্জা ত্ৰিমাত্ৰিক ক্ষেত্ৰত অঁকা কিছুমান বিন্দুৰে উপস্থাপন কৰিব পাৰি। ত্ৰিমাত্ৰিক ক্ষেত্ৰত বিন্দুবোৰৰ এই সজ্জাক ক্ৰিষ্টেল লেটিছ বোলা হয়। প্ৰতিটো **লেটিছ বিন্দুৱে** ক্ৰিষ্টেলটো গঠিত হোৱা কণাক নিৰ্দেশ কৰে। ত্ৰিমাত্ৰিক ক্ষেত্ৰত সৰ্বমুঠ 14 ধৰণৰ লেটিছ সম্ভৱ হ'ব পাৰে। এইবোৰক **ব্ৰেভেইছ লেটিছ** বোলা হয়। লেটিছৰ যিটো ক্ষুদ্ৰতম অংশ পুনৰাবৃত্তি ঘটি লেটিছটো গঠিত হয় তাকে একক কোষ বোলা হয়। একক কোষক দাঁতি দৈৰ্ঘ্য আৰু দাঁতিৰ মাজৰ কোণেৰে বুজোৱা হয়। **একক কোষ** এটাৰ অকল চুককেইটাত ক্ৰিষ্টেলটো গঠিত হোৱা কণা থাকিলে সেই একক কোষক **সৰল একক কোষ** বোলা হয়। চুককেইটাৰ উপৰি একক কোষটোৰ কেন্দ্ৰত কণা থাকিলে তাক **দেহকেন্দ্ৰিক** একক কোষ বোলে। আনহাতে চুককেইটাৰ উপৰি প্ৰতিখন পৃষ্ঠৰ কেন্দ্ৰত এটাকৈ

কণা থাকিলে সেইটো হ'ব **পৃষ্ঠকেন্দ্ৰিক** একক কোষ। আকৌ চুককেইটাৰ উপৰি দুখন বিপৰীত পৃষ্ঠৰ কেন্দ্ৰত কণা থাকিলে **প্ৰান্ত-কেন্দ্ৰিক** একক কোষ পোৱা যায়। সৰল একক কোষ **সাত ধৰণৰ**। সৰল, দেহকেন্দ্ৰিক, পৃষ্ঠকেন্দ্ৰিক আৰু প্ৰান্তকেন্দ্ৰিক — এই আটাইবোৰ মিলি 14 ধৰণৰ একক কোষ হয়। এয়েই হ'ল 14 টা ব্ৰেভেইছ লেটিছ।

কণাবোৰৰ নিৰন্ধ্ৰ সংকুলনৰ ফলত দুই ধৰণৰ লেটিছ সম্ভৱ হ'ব পাৰে — **ষড়ভুজীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত** *(hcp)* আৰু **ঘনকীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত** *(ccp)* লেটিছ। ঘনকীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত লেটিছক পৃষ্ঠকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় *(fcc)* লেটিছ বুলিও কোৱা হয়। *hcp* আৰু *ccp* (বা *fcc*) — এই প্ৰতি ধৰণৰ লেটিছতে কণাবোৰে লেটিছৰ 74% ঠাই অধিকাৰ কৰি থাকে। খালী ঠাইখিনি অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰ আৰু চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰ হিচাপে থাকে। আন ধৰণৰ সংকুলনক নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন বুলি কোৱা নহয়। তেনেবোৰত সংকুলন কম হয়। যেনে, **দেহকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় লেটিছত** 68% আৰু **সৰল ঘনকীয় লেটিছত** 52.4% সংকুলন হয়।

কঠিন পদাৰ্থত বিভিন্ন ধৰণৰ ত্ৰুটি থাকিব পাৰে। সাধাৰণতে দেখা ত্ৰুটি দুবিধ হ'ল — বিন্দু ত্ৰুটি আৰু ৰেখা ত্ৰুটি। বিন্দু ত্ৰুটি তিনি ধৰণৰ — ষ্টয়কিঅ'মিতীয় ত্ৰুটি, অশুদ্ধি ত্ৰুটি আৰু অনা-ষ্টয়কিঅ'মিতীয় ত্ৰুটি। ষ্টয়কিঅ'মিতীয় বিন্দু ত্ৰুটি দুই ধৰণৰ — অনধিকাৰ ত্ৰুটি আৰু অন্তৰ্বৰ্তী ত্ৰুটি। আয়নীয় কঠিন পদাৰ্থত এই ত্ৰুটি **ফেংকেল ত্ৰুটি** আৰু **শ্বটকি ত্ৰুটি** হিচাপে পৰিলক্ষিত হয়। ক্ৰিষ্টেলত অশুদ্ধি থাকিলে অশুদ্ধি ত্ৰুটি দেখা যায়। আয়নীত কঠিন পদাৰ্থ এটাত থকা আয়নৰ যোজ্যতাতকৈ বেলেগ যোজ্যতাৰ আয়ন অশুদ্ধি হিচাপে থাকিলে লেটিছটোত অনধিকাৰ ত্ৰুটিৰ সৃষ্টি হয়। অনাষ্টয়কিঅ'মিতীয় ত্ৰুটি দুই ধৰণৰ — **ধাতু-মাত্ৰাধিক্য ত্ৰুটি** আৰু **ধাতু-ন্যূনতা ত্ৰুটি**। নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ অশুদ্ধিৰে **অৰ্ধপৰিবাহীত ড'পিং** কৰি পদাৰ্থটোৰ বিদ্যুৎ পৰিবাহিতাৰ পৰিবৰ্তন সাধিব পৰা যায়। এনেকুৱা ড'পিং কৰা পদাৰ্থ ইলেকট্ৰনিক শিল্পোদ্যোগত বহুলভাৱে ব্যৱহৃত হয়। কঠিন পদাৰ্থই বিভিন্ন ধৰণৰ চুম্বকীয় ধৰ্ম দেখুৱাব পাৰে। সেইবোৰ হ'ল — **অনুচুম্বকত্ব, অপচুম্বকত্ব, ফেৰ'চুম্বকত্ব, প্ৰতিফেৰ'চুম্বকত্ব** আৰু **ফেৰিচুম্বকত্ব**। এনে পদাৰ্থ দৃশ্য, শ্ৰাব্য যন্ত্ৰ-পাতিত ব্যৱহৃত হয়। এই সকলোবোৰ ধৰ্মৰ ব্যাখ্যা ইলেকট্ৰনীয় বিন্যাস বা গঠনৰ সহায়ত দিব পৰা যায়।

অনুশীলনী

1.1 অনিয়তাকাৰ কঠিন পদাৰ্থৰ সংজ্ঞা লিখা। এনে পদাৰ্থৰ কেইটামান উদাহৰণ দিয়া।

1.2 কোৱাৰ্টজৰ দৰে কঠিন পদাৰ্থৰ সৈতে গ্লাছৰ (কাঁচ) পাৰ্থক্য কোনখিনিত? কি চৰ্ত সাপেক্ষে কোৱাৰ্টজক গ্লাছলৈ পৰিবৰ্তিত কৰিব পাৰি?

1.3 তলত উল্লেখ কৰা পদাৰ্থবোৰক আয়নীয়, ধাতব, আণৱিক, সহযোজী বা অনিয়তাকাৰ কঠিন পদাৰ্থ হিচাপে শ্ৰেণীবিভক্ত কৰা —

(i) টেট্ৰাফছফৰাছ ডেকক্সাইড (P_4O_{10})
(ii) এম'নিয়াম ফছফেট, $(NH_4)_3PO_4$
(iii) SiC
(iv) I_2
(v) P_4
(vi) প্লাষ্টিক
(vii) গ্ৰেফাইট
(viii) ব্ৰাছ (পিতল)
(ix) Rb
(x) LiBr
(xi) Si

1.4 (i) 'সমন্বয়ী সংখ্যা' বুলিলে কি বুজা?

(ii) তলত উল্লেখ কৰা প্ৰতিটোৰ ক্ষেত্ৰত পৰমাণুৰ সমন্বয়ী সংখ্যা কিমান হ'ব লিখা —

(a) ঘনকীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত লেটিছ

(b) দেহকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় লেটিছ

1.5 ধাতু এটাৰ ঘনত্ব আৰু একক কোষৰ দাঁতিদৈৰ্ঘ্য জানিলে তাৰপৰা ধাতুটোৰ পাৰমাণৱিক ভৰ কেনেদৰে নিৰ্ধাৰণ কৰিব পাৰি ব্যাখ্যা কৰা।

1.6 'ক্ৰিষ্টেলৰ সুস্থিৰতা তাৰ গলনাংকৰ মানত প্ৰতিফলিত হয়' — এই সম্পৰ্কে তোমাৰ মতামত দাঙি ধৰা। কঠিন অৱস্থাত থকা পানী, ইথানল, ডাইইথানল ইথাৰ আৰু মিথেনৰ গলনাংকৰ মান সংগ্ৰহ কৰা। ইয়াৰ সহায়ত এই পদাৰ্থকেইটাত থকা আন্তঃআণৱিক বল সম্বন্ধে তুমি কেনেকুৱা ধাৰণা কৰিব পাৰা?

1.7 নিম্নোক্তবোৰৰ মাজত পাৰ্থক্য দেখুওৱা —

(i) ষড়ভুজীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন আৰু ঘনকীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলন

(ii) ক্ৰিষ্টেল লেটিছ আৰু একক কোষ

(iii) চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰ আৰু অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰ

1.8 তলত উল্লেখ কৰা প্ৰতিটো লেটিছৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰতি একক কোষত থকা লেটিছ বিন্দুৰ সংখ্যা কিমান হ'ব —

(i) পৃষ্ঠকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় লেটিছ

(ii) পৃষ্ঠকেন্দ্ৰিক চতুৰ্ভুজীয় লেটিছ

(iii) দেহকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় লেটিছ

1.9 ব্যাখ্যা কৰা —

(i) ধাতব আৰু আয়নীয় ক্ৰিষ্টেলৰ মাজত সাদৃশ্য আৰু পাৰ্থক্যৰ ভেটি

(ii) আয়নীয় কঠিন পদাৰ্থসমূহ টান (hard) যদিও চনকা।

1.10 নিম্নোক্ত প্ৰতিটো ধাতব লেটিছৰ ক্ষেত্ৰত সংকুলনৰ মাত্ৰা গণনা কৰা —

(i) সৰল ঘনকীয়

(ii) দেহকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় লেটিছ

(iii) পৃষ্ঠকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় লেটিছ (পৰমাণুকেইটাই পৰস্পৰে পৰস্পৰৰ সংস্পৰ্শত থকা বুলি বিবেচনা কৰা)

1.11 ছিলভাৰে *fcc* লেটিছ গঠন কৰে। ইয়াৰ একক কোষৰ দাঁতিদৈৰ্ঘ্য 4.07×10^{-8} cm; ছিলভাৰৰ ঘনত্ব 10.5 g cm^{-3} হ'লে পাৰমাণৱিক ভৰ গণনা কৰা।

1.12 P আৰু Q মৌল দুটাই লগ লাগি ঘনকীয় লেটিছযুক্ত কঠিন পদাৰ্থ এটা গঠন কৰে। Q মৌল পৰমাণুবোৰ ঘনকটোৰ চুককেইটাত আৰু P মৌলৰ পৰমাণুবোৰ ঘনকৰ কেন্দ্ৰত আছে। যৌগটোৰ সংকেত নিৰ্ণয় কৰা। P আৰু Q ৰ সমন্বয়ী সংখ্যা কিমান হ'ব?

1.13 নায়'বিয়ামে দেহকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় লেটিছ গঠন কৰে। নায়'বিয়ামৰ ঘনত্ব 8.55 g cm^{-3} আৰু পাৰমাণৱিক ভৰ 93u হ'লে ইয়াৰ পাৰমাণৱিক ব্যাসাৰ্ধ গণনা কৰা।

1.14 অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ ব্যাসাৰ্ধ r আৰু নিৰন্ধ্ৰ সংকুলনত থকা পৰমাণুৰ ব্যাসাৰ্ধ R হ'লে, r আৰু R ৰ মাজত সম্বন্ধ স্থাপন কৰা।

1.15 কপাৰে *fcc* লেটিছ গঠন কৰে। ইয়াৰ একক কোষৰ দাঁতিদৈৰ্ঘ্য 3.61×10^{-8} cm হ'লে ঘনত্ব গণনা কৰা। দেখুওৱা যে গণনা কৰি পোৱা ঘনত্বৰ এই মান ইয়াৰ পৰীক্ষালব্ধ ঘনত্বৰ মানৰ (8.92 g cm^{-3}) সমান।

1.16 বিশ্লেষণ কৰি নিকেল অক্সাইডৰ সংকেত $Ni_{0.98}O_{1.00}$ পোৱা গৈছে। যৌগটোত Ni^{2+} আৰু Ni^{3+} অনুপাত (অংশ) কিমান হ'ব?

1.17 অৰ্ধপৰিবাহী বুলিলে কি বুজা? মূল অৰ্ধপৰিবাহী দুবিধৰ বিষয়ে বৰ্ণনা কৰা আৰু সিহঁতৰ বিদ্যুৎ পৰিবহনৰ ক্ৰিয়াবিধিৰ পাৰ্থক্য দেখুওৱা।

1.18 অনা-ষ্টয়কিঅ'মিতীয় কিউপ্ৰাছ অক্সাইড (Cu_2O) পৰীক্ষাগাৰত প্ৰস্তুত কৰিব পাৰি। এই অক্সাইডটোত কপাৰ আৰু অক্সিজেনৰ অনুপাত 2 : 1 তকৈ সামান্য কম। এই পদাৰ্থটোৱে p-শ্ৰেণীৰ অৰ্ধপৰিবাহীৰ আচৰণ কিয় দেখুৱায়? কাৰণ দৰ্শোৱা।

1.19 ফেৰিক অক্সাইড যৌগটোত অক্সাইড আয়নে ষড়ভুজীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত গঠনৰ সৃষ্টি কৰে। এনেকুৱা প্ৰতি তিনিটা অষ্টফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ ভিতৰত দুটা ৰন্ধ্ৰ ফেৰিক আয়নে অধিকাৰ কৰে। ফেৰিক অক্সাইডৰ সংকেত নিৰূপণ কৰা।

1.20 তলত উল্লেখ কৰাবোৰক p- শ্ৰেণী বা n- শ্ৰেণীৰ অৰ্ধপৰিবাহী হিচাপে শ্ৰেণীবিভক্ত কৰা —

(i) In ৰে ড'পিং কৰা Ge (ii) Si ৰে ড'পিং কৰা B

1.21 গ'ল্ডে (পাৰমাণৱিক ব্যাসাৰ্ধ = 0.144 nm) পৃষ্ঠকেন্দ্ৰিক ঘনকীয় একক কোষ গঠন কৰে। ইয়াৰ একক কোষৰ দাঁতিদৈৰ্ঘ্য কিমান হ'ব?

1.22 বেণ্ড তত্ত্ব (Band theory) ব্যৱহাৰ কৰি নিম্নোক্ত যোৰবোৰৰ মাজত পাৰ্থক্য দেখুওৱা —

(i) পৰিবাহী আৰু অন্তৰক

(ii) পৰিবাহী আৰু অৰ্ধপৰিবাহী

1.23 উপযুক্ত উদাহৰণেৰে ব্যাখ্যা কৰা —

(i) শ্বটকি ত্ৰুটি (ii) ফ্ৰেংকেল ত্ৰুটি (iii) F- কেন্দ্ৰ আৰু (iv) অন্তৰৱৰ্তী (interstitials)

1.24 এলুমিনিয়ামে ঘনকীয় নিৰন্ধ্ৰ সংকুলিত গঠন প্ৰস্তুত কৰে। ইয়াৰ ধাতব ব্যাসাৰ্ধ 125 pm হ'লে,

(i) একক কোষটোৰ দাঁতিদৈৰ্ঘ্য কিমান হ'ব?

(ii) এলুমিনিয়ামৰ 1 cm^3 আয়তনত কিমানটা একক কোষ থাকিব?

1.25 NaCl ত 10^{-3} mol% $SrCl_2$ৰে ড'পিং কৰিলে কেটায়ন অনধিকাৰৰ গাঢ়তা কিমান হ'ব?

1.26 উপযুক্ত উদাহৰণেৰে ব্যাখ্যা কৰা —

(i) ফেৰ'চুম্বকত্ব (ii) অনুচুম্বকত্ব

(iii) ফেৰিচুম্বকত্ব (iv) প্ৰতিফেৰ'চুম্বকত্ব

(v) বৰ্গ 12-16 যৌগ আৰু বৰ্গ 13-15 যৌগ

কিছুমান পাঠস্থ প্ৰশ্নৰ উত্তৰ

1.14 4

1.15 মুঠ ৰন্ধ্ৰৰ সংখ্যা = 9.033×10^{23}

চতুৰ্ফলকীয় ৰন্ধ্ৰৰ সংখ্যা = 6.022×10^{23}

1.16 M_2N_3

1.18 *ccp*