পদার্থের কঠিন অবস্থা
Solid state

* কঠিন পদার্থের একটি নির্দিষ্ট আকার ও আয়তন আছে এবং কঠিন পদার্থের গঠনকারী কণাগুলির মধ্যে আকর্ষন বল তীব্র হয়, এইজন্য কঠিন পদার্থ সাধারনত দৃঢ় ও অসংনম্য (incompressible) হয়, তাই কঠিন পদার্থের ঘনত্ব, তরল বা গ্যাসীয় পদার্থ অপেক্ষা বেশি হয়।

* কঠিন পদার্থের শ্রেনী বিভাগ:-
  (i) কেলাসাকার কঠিন (ii) অনিয়তাকার কঠিন

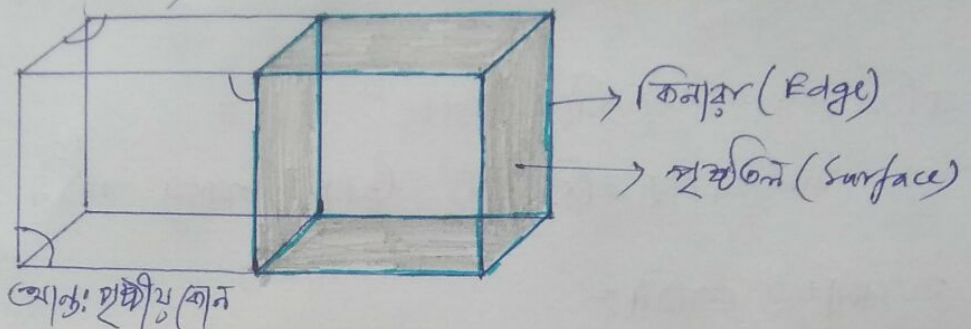
(i) কেলাসাকার কঠিন:-
যে সব কঠিন পদার্থের আকার-আকৃতি ও গলনাঙ্ক নির্দিষ্ট, গঠনকারী কণাগুলি (অনু, পরমানু বা আয়ন) সুনির্দিষ্ট ও সুশৃঙ্খলভাবে বিন্যস্ত থাকে এবং বিন্যাসের এই শৃঙ্খল অনেকদূর পর্যন্ত বিস্তৃত তাদের কেলাসাকার কঠিন বলে।
উদাহরন: NaCl, KCl, সুক্রোজ, হীরক, ইত্যাদি।

(ii) অনিয়তাকার কঠিন:-
যে সব কঠিন পদার্থের আকার ও গলনাঙ্ক নির্দিষ্ট নয় এবং গঠনকারী কণাগুলি সুনির্দিষ্ট ভাবে সজ্জিত থাকেনা তাদের অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ বলে।
উদাহরন: কাঁচ, রবার, প্লাস্টিক, মোম ইত্যাদি।

□ গঠনকারী কনা ও কনাগুলির মধ্যিকার আকর্ষন বলের প্রকৃতির উপর ভিত্তি করে কেলাসাকার কঠিন -চার প্রকার হতে পারে।
(i) আনবিক কেলাসাকার – He, O_2, SO_2, NH_3. ইত্যাদি
(ii) আয়নীয় কেলাসাকার – NaCl, KCl, Na_2SO_4, ZnS ইত্যাদি
(iii) সমযোজী কেলাসাকার – হীরক, গ্রাফাইট, সিলিকন কার্বাইড, ইত্যাদি
(iv) ধাতব কেলাসাকার – সমস্ত ধাতু (Na, K, Au, Ag, Fe ইত্যাদি)

☑ কেলাস (Crystal)

সুনির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকার বিশিষ্ট এবং নির্দিষ্ট সংখ্যক সমতল পৃষ্ঠ দ্বারা সীমাবদ্ধ সমসত্ত্ব কঠিন পদার্থ যার সর্বাংশে গঠনকারী কণাগুলি (অনু, পরমাণু বা আয়ন) সুষমভাবে এবং পর্যায়ক্রমে বিন্যস্ত থাকে, তাকে কেলাস বলে।



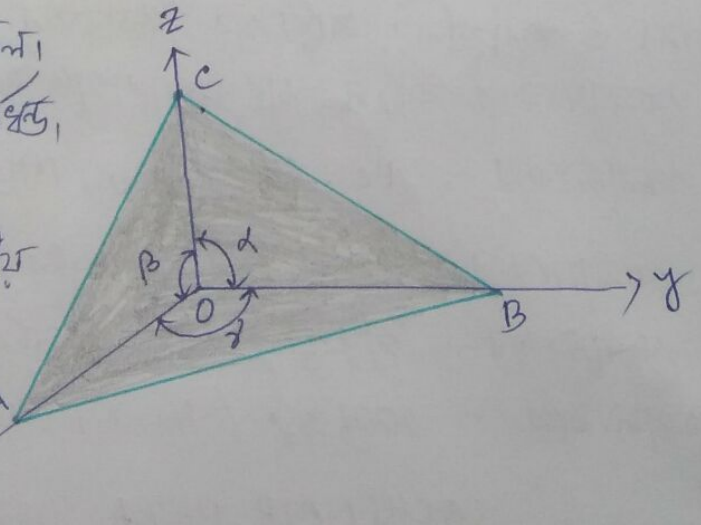
☑ আন্তঃপৃষ্ঠীয় কোন: দুটি পৃষ্ঠতলের মধ্যবর্তী কোনকে আন্তঃপৃষ্ঠীয় কোন বলি।

☑ অন্তর্খন্ড: (Intercept) : ত্রিমাত্রিক গঠন প্রকাশের জন্য কেলাসের মধ্যে উপযুক্ত কোনো একটি বিন্দুকে মূলবিন্দু ধরে তিনটি অসমতলিক অক্ষ (x, y, z) কল্পনা করা হয়, এই অক্ষগুলিকে কেলাসঅক্ষ বলে, এবং আন্তঃঅক্ষীয় কোনগুলিকে সাধারণত α, β, γ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

কোনো কাল্পনিক পৃষ্ঠতল কোনো অক্ষকে যে বিন্দুতে ছেদ করে মূলবিন্দু থেকে ওই ছেদবিন্দুর দূরত্বকে অন্তর্খন্ড (Intercept) বলে।

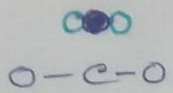
কোনো পৃষ্ঠতল কোনো অক্ষের সঙ্গে সমান্তরাল থাকলে পৃষ্ঠতলটি উক্ত অক্ষকে অসীম দূরত্বে ছেদ করে।

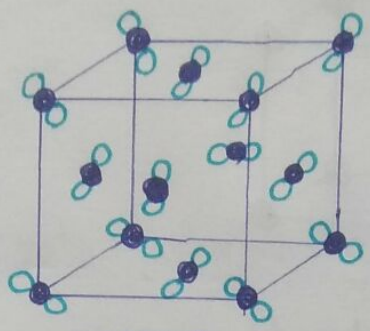
* ABC হল একটি পৃষ্ঠতল।
* OA, OB, OC হল অন্তর্খন্ড।
* O মূলবিন্দু
* α, β, γ হল আন্তঃঅক্ষীয় কোন।



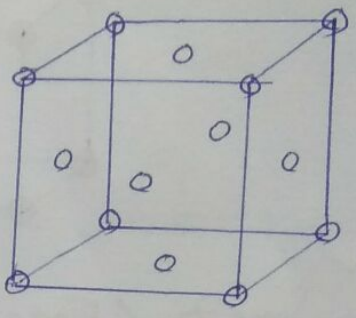
☐ কেলাস জালক (Crystal lattice)

কোনো কেলাসের মধ্যে গঠনকারী এককগুলির (পরমাণু, অণু বা আয়ন) অবস্থানকে বিন্দু দ্বারা সূচিত করলে, বিন্দুগুলির যে সুষম ও পর্যায়ক্রমিক ত্রিমাত্রিক বিন্যাস পাওয়া যায় তাকে কেলাস জালক বলে।





কেলাস



কেলাস জালক

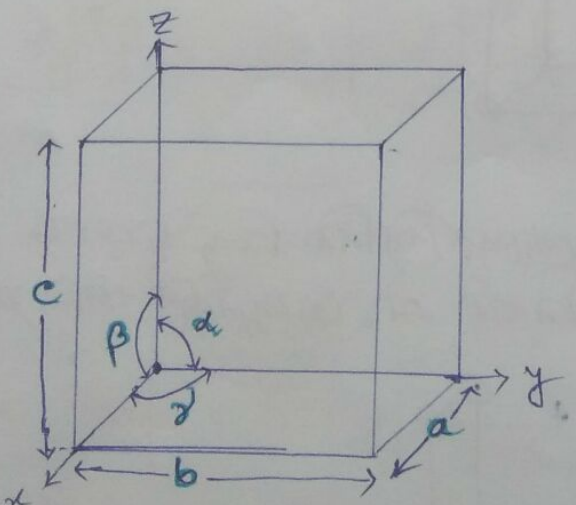
☑ একক কোশ (Unit cell)

কোনো কেলাসের আভ্যন্তরীন গঠন লক্ষ্য করলে দেখা যায় উক্ত কেলাসটির একটি ক্ষুদ্রতম মৌলিক বিন্যাসের সুষম ও পর্যায়ক্রমিক পুনরাবৃত্তির ফলে গঠিত, ঐ ক্ষুদ্রতম মৌলিকবিন্যাসকে একক কোশ বলে।

ত্রিমাত্রিক কেলাসের একক কোশ একটি ঘন-সামন্তরিক, যাকে বর্ণনা করার জন্য 6 টি রাশির প্রয়োজন।

(i) তিনটি কেলাস অক্ষ (x, y, z)

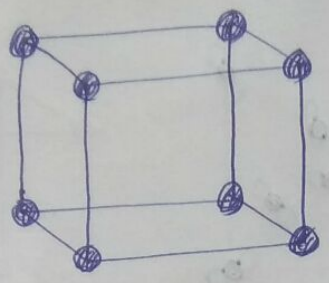
(ii) তিনটি আন্তঃঅক্ষীয় কোন (α, β, γ)



বিভিন্ন ধরনের একক কোশ:

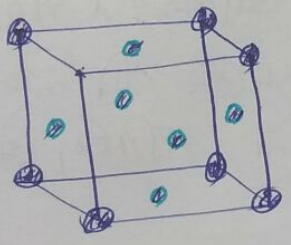
(i) সরল বা আদিম: (Simple or Primitive)

যে একক কোশের কেবলমাত্র কৌনিক বিন্দুগুলিতে কেলাস গঠনকারী কণা অবস্থান করে, তাকে সরল একক কোশ বলে।



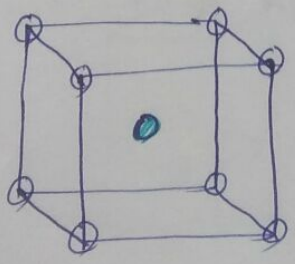
(ii) পৃষ্ঠকেন্দ্রিক (Face centred)

যে একক কোশের কৌনিক বিন্দু ছাড়াও প্রতিটি পৃষ্ঠতলের কেন্দ্রে কেলাস গঠনকারী কণা অবস্থান করে, তাকে পৃষ্ঠকেন্দ্রিক একক কোশ বলে।



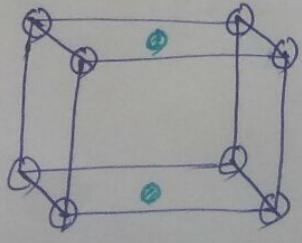
(iii) দেহকেন্দ্রিক (Body centred)

যে একক কোশের কৌনিক বিন্দু ছাড়াও কোশের দেহকেন্দ্রে একটি কেলাস গঠনকারী কণা অবস্থান করে, তাকে দেহকেন্দ্রিক একক কোশ বলে।



(iv) প্রান্তকেন্দ্রিক (End centred)

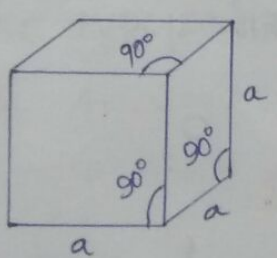
যে একক কোশের কৌনিক বিন্দু ছাড়াও বিপরীত সমান্তরাল পৃষ্ঠের কেন্দ্রে কেলাস গঠনকারী কণা অবস্থান করে তাকে প্রান্তকেন্দ্রিক কোশ বলে।

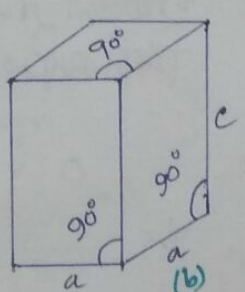


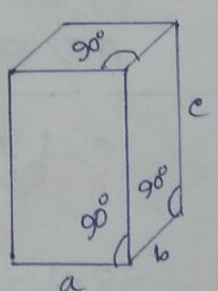
কেলাসের শ্রেনীবিভাগ : (Crystal systems)

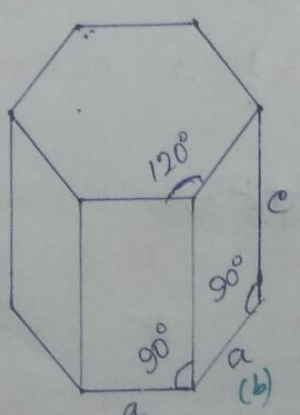
একক কোষগুলির কিনারা দৈর্ঘ্য (a, b, c) এবং কিনারাগুলির মধ্যবর্তী কোন (α, β, γ) উপর ভিত্তি করে কেলাসগুলিকে সাতটি শ্রেনীতে ভাগ করা যায়।

System	কিনারাগুলির মধ্যবর্তী কোন	কিনারা দৈর্ঘ্য	উদাহরন
1) ঘনকাকার Cubic	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	$a=b=c$	NaCl, হীরক, কপার
2) চতুষ্কলকীয় Tetragonal	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	$a=b\neq c$	সাদাটিন, SnO_2 (rutile)
3) অর্থোরম্বিক	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	$a\neq b\neq c$	KNO_3, $BaSO_4$
4) রম্বোহেড্রাল বা ট্রাইগোনাল	$\alpha=\beta=\gamma\neq90^\circ$	$a=b=c$	$NaNO_3$, বরফ, $CaCO_3$
5) ষড়ভলীয় Hexagonal	$\alpha=\beta=90^\circ, \gamma=120^\circ$	$a=b\neq c$	গ্রাফাইট, ZnO
6) মনোক্লিনিক	$\alpha=\gamma=90^\circ, \beta\neq90^\circ$	$a\neq b\neq c$	জিপসাম, মনোক্লিনিক সালফার
7) ট্রাইক্লিনিক	$\alpha\neq\beta\neq\gamma\neq90^\circ$	$a\neq b\neq c$	$K_2Cr_2O_7$, $CuSO_4\cdot5H_2O$









ব্র্যাভিস ল্যাটিস :-

কেলাসের সাতটি বিভিন্ন শ্রেণী এবং চারটি বিভিন্ন ধরনের একক কোষের সমন্বয়ে 14টি ভিন্ন ধরনের ল্যাটিস বিন্যাস পাওয়া যায়, এগুলিকে ব্র্যাভিস ল্যাটিস বলা হয়। 14টি ব্র্যাভিস ল্যাটিসের মধ্যে 7টি সরল, 3টি দেহকেন্দ্রিক, 2টি পৃষ্ঠকেন্দ্রিক ও 2টি প্রান্তকেন্দ্রিক।

1) ঘনকাকার } (i) সরল (ii) দেহকেন্দ্রিক (iii) পৃষ্ঠকেন্দ্রিক
2) অর্থোরম্বিক } (i) সরল (ii) দেহকেন্দ্রিক (iii) পৃষ্ঠকেন্দ্রিক (iv) প্রান্তকেন্দ্রিক

3) ষড়ভলীয় }
4) রম্বোহেড্রাল } (i) সরল
5) ট্রাইক্লিনিক }

6) চতুষ্কোণীয় (i) সরল (ii) দেহকেন্দ্রিক
7) মনোক্লিনিক (i) সরল (ii) প্রান্তকেন্দ্রিক

বিভিন্ন ধরনের ঘনকাকার (cubic) একক কোষে কণার সংখ্যা :-

ঘনকাকার কোষ	একক কোষের কৌনিক বিন্দুতে মোট কণা সংখ্যা	একক কোষের পৃষ্ঠতলগুলিতে মোট কণা সংখ্যা	একক কোষের দেহ কেন্দ্রে মোট কণা সংখ্যা	একক কোষে মোট কণা সংখ্যা
সরল	$8 \times \frac{1}{8} = 1$	0	0	1
দেহকেন্দ্রিক	$8 \times \frac{1}{8} = 1$	0	1	2
পৃষ্ঠকেন্দ্রিক	$8 \times \frac{1}{8} = 1$	$6 \times \frac{1}{2} = 3$	0	4

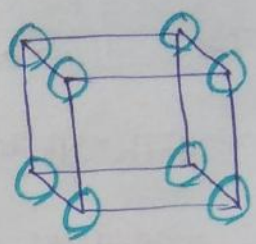
প্যাকিং দক্ষতা:

কোনো একক কোষের মোট আয়তনের যত ভগ্নাংশ উক্ত কোষের কনা বা কনাগুলি দ্বারা অধিকৃত থাকে, তাকে ওই একক কোষের প্যাকিং দক্ষতা বলে।

$$\text{প্যাকিং দক্ষতা} = \frac{\text{একক কোষের কনা গুলি দ্বারা অধিকৃত আয়তন}}{\text{একক কোষের মোট আয়তন}}$$

সরল ঘনকাকার একক কোষের প্যাকিং দক্ষতা:-

ধরা যাক, একটি ঘনকাকার একক কোষের কিনারা বা বাহুর দৈর্ঘ্য a এবং উক্ত একক কোষের কৌনিক বিন্দুতে অবস্থিত কনার ব্যাসার্ধ $= r$ অর্থাৎ $a = 2r$



প্রতিটি কনার আয়তন $= \frac{4}{3}\pi r^3$

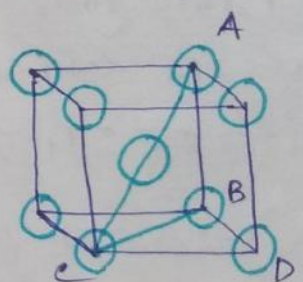
একক কোষটির আয়তন $= a^3 = (2r)^3 = 8r^3$

একক কোষে কনা দ্বারা অধিকৃত আয়তন $= 1 \times \frac{4}{3}\pi r^3$

সুতরাং প্যাকিং দক্ষতা $= \frac{\frac{4}{3}\pi r^3}{8r^3} = \frac{\pi}{6} = 0.52$

দেহকেন্দ্রিক ঘনকাকার এককোষের প্যাকিং দক্ষতা:-

ধরা যাক, একটি দেহকেন্দ্রিক ঘনকাকার একক কোষের কিনারা বা বাহুর দৈর্ঘ্য $= a$ এবং উক্ত একক কোষের কনার ব্যাসার্ধ $= r$



এখন, একক কোষটির দেহকর্ণের দৈর্ঘ্য $= 4r$

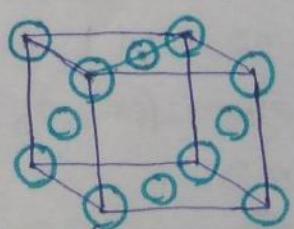
Δ BCD থেকে $BC = \sqrt{a^2+a^2} = a\sqrt{2}$

Δ ABC থেকে $AC = \sqrt{2a^2+a^2} = a\sqrt{3}$

সুতরাং $4r = a\sqrt{3} \Rightarrow a = \frac{4r}{\sqrt{3}}$

অতএব প্যাকিং দক্ষতা $= \frac{2 \times \frac{4}{3}\pi r^3}{a^3} = \frac{\frac{8}{3}\pi r^3}{\left(\frac{4r}{\sqrt{3}}\right)^3} = \frac{8}{3}\pi r^3 \times \frac{3\sqrt{3}}{64r^3} = \frac{\pi\sqrt{3}}{8} = 0.68$

পৃষ্ঠকেন্দ্রিক ঘনকাকার একক কোষের প্যাকিং দক্ষতা:-



ধরা যাক, একক কোষটির কিনারা দৈর্ঘ্য $= a$ এবং কনার ব্যাসার্ধ $= r$,

উক্ত ঘনকাকার একক কোষের পৃষ্ঠকর্ণের দৈর্ঘ্য $AB = \sqrt{a^2+a^2} = a\sqrt{2}$

সুতরাং $a\sqrt{2} = 4r \Rightarrow a = 2r\sqrt{2}$

অতএব প্যাকিং দক্ষতা $= \frac{4 \times \frac{4}{3}\pi r^3}{a^3} = \frac{\frac{16}{3}\pi r^3}{(2\sqrt{2}r)^3} = \frac{16}{3}\pi r^3 \times \frac{1}{16\sqrt{2}r^3} = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} = 0.74$

▨ কেলাসাকার কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট জ্যামিতিক গঠন ও ধর্ম সম্পর্কিত বিষয় চর্চাকে ক্রিস্টালোগ্রাফি (Crystallography) বলে।

□ Crystallography-র তিনটি সূত্র আছে—

১) আন্তঃপৃষ্ঠীয় কেলাস কোন সূত্র : (Laws of ~~Gaudaru~~ Constancy of interfacial angles)

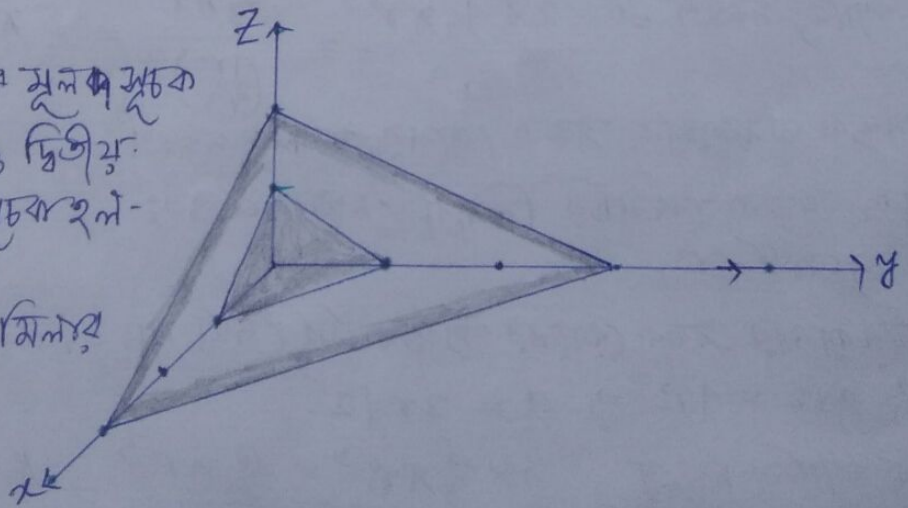
একই পদার্থের কেলাসের বাহিরের আকৃতি আলাদা হলেও আন্তঃপৃষ্ঠীয় কেলাস কোন (interfacial angles) সর্বদাই নির্দিষ্ট বা স্থির থাকে।

(ii) মূলদ সূচকের সূত্র (Law of Rational indices) :

কেলাসের বিভিন্ন পৃষ্ঠতল তিনটি কেলাস অক্ষকে ছেদ করিলে যে অন্তখণ্ডের সৃষ্টি হবে, সেই অন্তখণ্ডগুলি, একক অন্তখণ্ডের (a, b, c) সমান হবে অথবা উহাদের সরল পূর্ণগুনিতক হবে, ইহাকে মূলক সূচকের সূত্র বলে।

▨ মিলার সূচক : সাধারণত কেলাসের কোন বিশিষ্ট পৃষ্ঠকে নির্দেশ করতে হলে অন্তখণ্ড বা তার গুনিতকের বিপরীত সংখ্যা (reciprocals) ব্যবহার করা হয়। এই সংখ্যাগুলিকে মিলার সূচক বলা হয়।

ধরা যাক কোন একটি পৃষ্ঠতল একটি অক্ষকে একক অন্তখণ্ড তৈরি করে এবং অন্য দুটি অক্ষের সমান্তরাল হয় তাহা হইলে উক্ত পৃষ্ঠতলের মিলার সূচক হবে $\frac{1}{1}, \frac{1}{\infty}, \frac{1}{\infty}$ অর্থাৎ 1, 0, 0 বা 100



প্রথম পৃষ্ঠতলটির মূলক সূচক হল- 1 1 1 কিন্তু দ্বিতীয় পৃষ্ঠতলটির মূলক সূচক হল- 2 3 2.

দ্বিতীয় তলটির ক্ষেত্রে মিলার সূচক হবে $\frac{1}{2} : \frac{1}{3} : \frac{1}{2}$

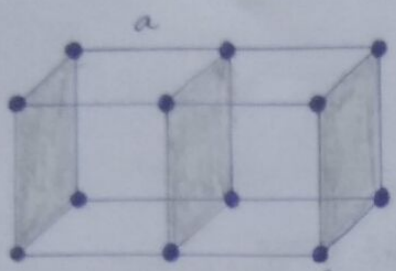
$\Rightarrow 3 : 2 : 3$

$\Rightarrow 323$

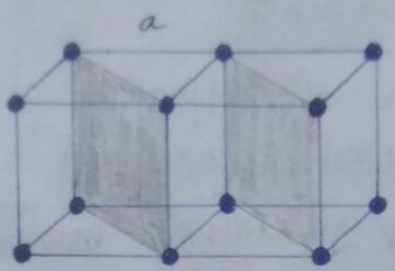
(iii) প্রতিসম সূত্র (law of Symmetry)

ল্যাটিস তল সমূহ এবং পারস্পরিক ব্যবধান :

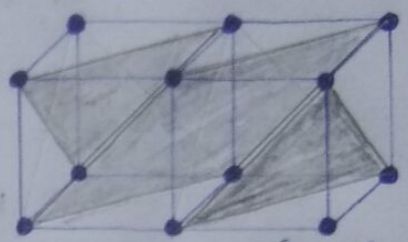
- ঘনকাকার শ্রেনীর কেলাসে উপাদান কনাগুলি তিনরকম তলে অবস্থিত থাকতে পারে। এদের মিলার সূচক যথাক্রমে 100, 110, 111 হয়। নিকটবর্তী দুই তলের মধ্যবর্তী দূরত্ব সর্বক্ষেত্রে সমান হয় না।



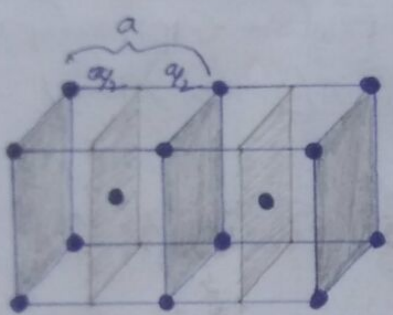
$d_{100} = a$



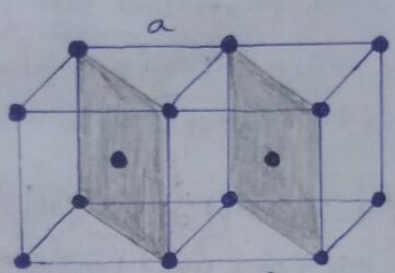
$d_{110} = \frac{a\sqrt{2}}{2} = \frac{a}{\sqrt{2}}$



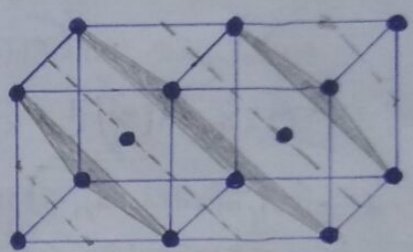
$d_{111} = \frac{a\sqrt{3}}{3} = \frac{a}{\sqrt{3}}$



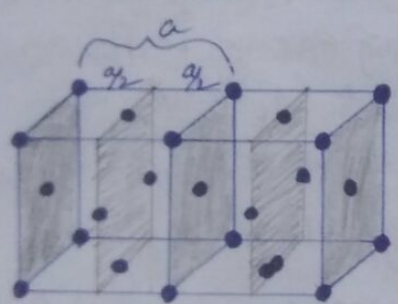
$d_{200} = \frac{a}{2}$



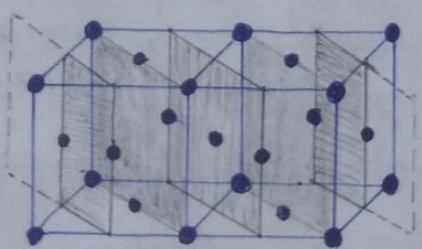
$d_{110} = \frac{a\sqrt{2}}{2} = \frac{a}{\sqrt{2}}$



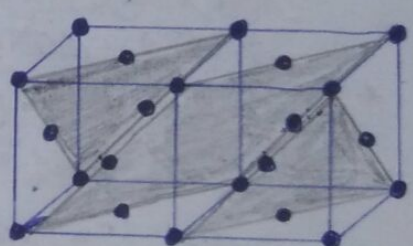
$d_{222} = \frac{a\sqrt{3}}{6} = \frac{a}{2\sqrt{3}}$



$d_{200} = \frac{a}{2}$



$d_{220} = \frac{a\sqrt{2}}{4} = \frac{a}{2\sqrt{2}}$



$d_{111} = \frac{a\sqrt{3}}{3} = \frac{a}{\sqrt{3}}$

* ঘনকাকার কেলাসের ক্ষেত্রে পরপর দুটি সমান্তরাল তলের দূরত্ব =

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2+k^2+l^2}}$$ h, k, l হল মিলার সূচক

অন্য কেলাসের ক্ষেত্রে (কেলাসঅক্ষ যুগলি সমকোনে অবস্থিত) পরপর দুটি সমান্তরাল তলের দূরত্ব d_{hkl} হলে,

$$\frac{1}{d^2_{hkl}} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}$$

a, b, c হল কিনারা দৈর্ঘ্য বা একক অন্তর্ধানের দূরত্ব

ব্র্যাগের সূত্র Bragg's law :-

Bragg's ক্রিস্টাল থেকে বিচ্ছুরিত (Scattered) আলোকরশ্মির গঠনমূলক ব্যতিচার (interference) সম্পর্কিত একটি সূত্রের ধারনা দেন যা ব্র্যাগ'স সূত্র নামে পরিচিত।

$$n\lambda = 2d\sin\theta$$

এখানে n = order of reflection

λ = আলোকরশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য

d = দুটি সমান্তরাল ল্যাটিস তলের দূরত্ব

θ = আলোকরশ্মির আপাতিত কোন।

* ক্রিস্টালের দুটি সমান্তরাল ল্যাটিস তল থেকে বিচ্ছুরিত আলোকরশ্মির গঠনমূলক ব্যতিচার ঘটে যখন বিচ্ছুরিত রশ্মি দুটির মধ্যে পথ পার্থক্য তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পূর্ণসংখ্যার গুনিতক হয়।
* আলোকরশ্মির গঠনমূলক ব্যতিচার, আলোকরশ্মি ল্যাটিসতলের উপর যে কোনে (θ) আপাতিত হয় তার উপর নির্ভর করে।
* ব্র্যাগ'স reflection ক্ষেত্রে $n\lambda \leq 2d$ হবে, সেই কারনে দৃশ্যমান আলোকরশ্মি সেক্ষেত্রে ব্যবহার করা যায় না, আলোকরশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য অবশ্যই ল্যাটিসতলের মধ্যে দূরত্বের প্রায় সমান হতে হবে, (pm order) বা (A° order)
* ক্রিস্টালোগ্রাফির ক্ষেত্রে সাধারনত $n=1$ ধরা হয়। কারন উচ্চ ক্রমের reflection কে $n=1$ ক্রমের reflection হিসাবে দেখানো যায়, যেমন,

d_{100} তল থেকে $n=2$ তর reflection = d_{200} তলের $n=1$ তর reflection.

$$n\lambda = 2d\sin\theta$$

$\Rightarrow 2\lambda = 2d\sin\theta$ $(n=2)$ এ d হল 100 তলের মধ্যে দূরত্ব

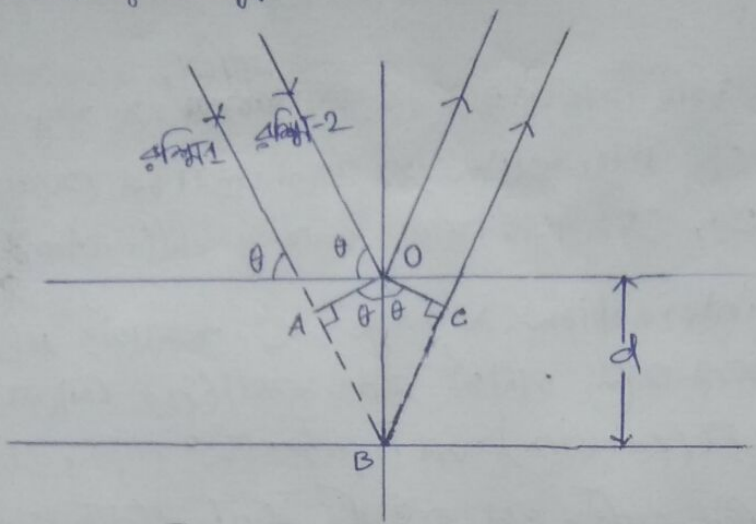
$\Rightarrow \lambda = 2\left(\frac{d}{2}\right)\sin\theta$ $(n=1)$ $\frac{d}{2}$ হল 200 তলের মধ্যে দূরত্ব

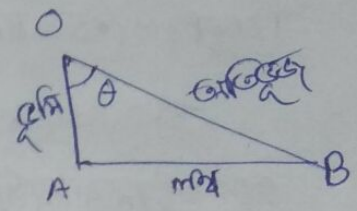
$$d_{100} = \frac{a}{\sqrt{h^2+k^2+l^2}} = \frac{a}{\sqrt{1^2+0^2+0^2}} = a$$

$$d_{200} = \frac{a}{\sqrt{2^2+0^2+0^2}} = \frac{a}{2}$$

অর্থাৎ $d_{200} = \frac{d_{100}}{2}$

Derivation of Bragg's law:-





এখানে আলোকরশ্মি দুটির Path difference (AB+BC), এই দূরত্বকে স্ফটিক তলের দূরত্ব (d) এবং incident কোন (θ) দ্বারা প্রকাশ করা যায়।

Δ AOB থেকে পাই $\sin\theta = \frac{AB}{OB} = \frac{AB}{d}$

$\Rightarrow AB = d\sin\theta$

একইরকমভাবে, Δ COB থেকে পাই $\sin\theta = \frac{BC}{OB} = \frac{BC}{d}$

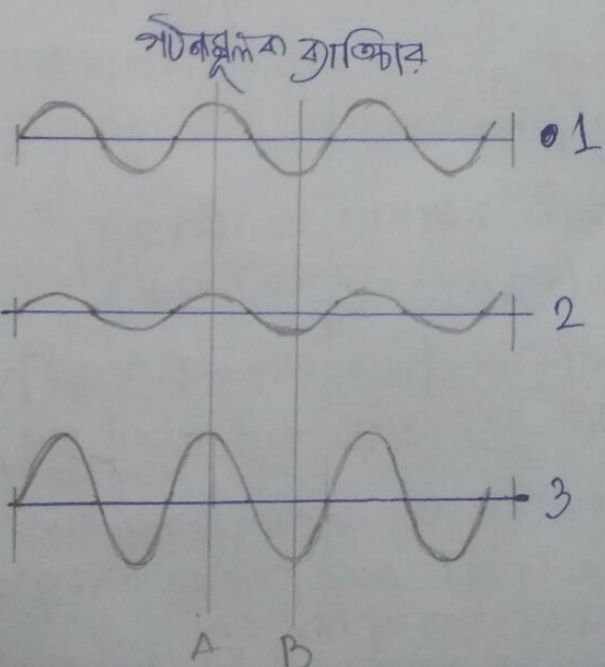
$\Rightarrow BC = d\sin\theta$

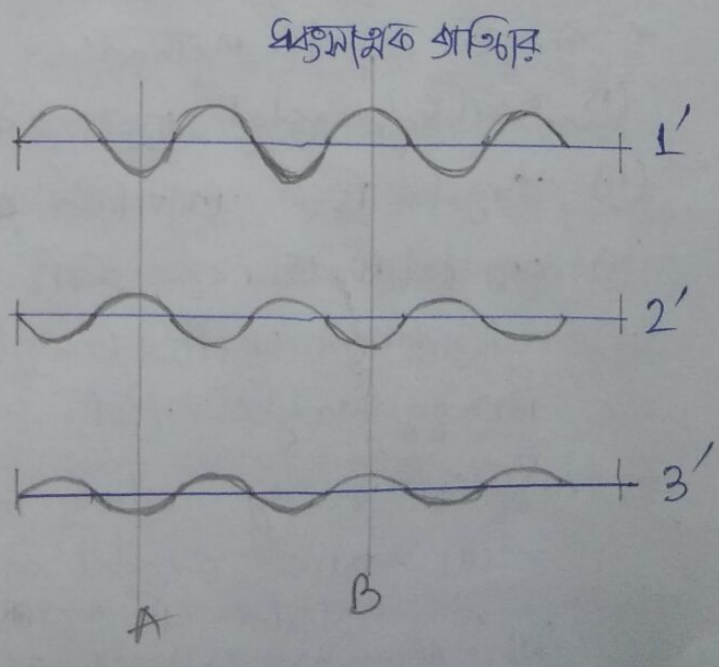
সুতরাং $(AB+BC) = 2d\sin\theta$

এখন, আমরা জানি দুটি আলোকরশ্মির গঠনমূলক ব্যতিকারের ক্ষেত্রে path difference তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পূর্ণসংখ্যক গুণিতক হয়, অর্থাৎ তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ হলে

path difference $= n\lambda$ যেখানে $n = 1, 2, 3$ ইত্যাদি

$\Rightarrow (AB+BC) = n\lambda \Rightarrow n\lambda = 2d\sin\theta$.





□ X-ray diffraction :

ল্যাটিস তলগুলির মধ্যে একটি নির্দিষ্ট দূরত্বের জন্য ল্যাটিস, X-ray আলোকরশ্মির সঙ্গে interaction করে। এই interaction এর ফলে ল্যাটিস থেকে আলোকরশ্মি বিচ্ছুরিত (scattering) হয়, এই ঘটনাকে X-ray diffraction বলা হয়।

প্রকৃতপক্ষে, এই interaction X-rays এবং পদার্থের মধ্যেকার ইলেকট্রনের মধ্যে ঘটে, যার ফলে পদার্থ একই কম্পাঙ্কের আলোকরশ্মি (photon) বিচ্ছুরিত করে। এই বিচ্ছুরণ (emission) সব দিকেই ঘটতে পারে। বিচ্ছুরিত আলোকরশ্মির ধর্মটি বিভিন্ন ল্যাটিস তল গুলির গঠনের উপর নির্ভর করে। এই diffracted আলোকরশ্মি থেকে পদার্থের গঠন সম্পর্কিত নানান তথ্য পাওয়া যায়। মনে রাখতে হবে X-rays diffraction এর ক্ষেত্রে অবশ্যই Bragg's law এর শর্ত মানতে হবে।

সাধারণত দুই ধরনের X-ray diffraction পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়-
(i) Powder method (ii) Single crystal method.

* Powder Method :-
(i) খুব সুক্ষ্ম powder sample ব্যবহার করা হয়,
(ii) powder sample কে খুব ক্ষুদ্র ক্রিস্টালের assemble হিসাবে ধরা হয় যারা বিভিন্ন (random) ভাবে অবস্থান করে। আপতিত রশ্মির সাপেক্ষে,
(iii) powder sample অবস্থিতে সম্ভাব্য সকল প্রকার তল থেকে X-রশ্মির বিচ্ছুরণ (diffraction) ঘটে।

* Single crystal Method:
(i) একটি Single crystal ব্যবহার করা হয়,
(ii) crystal টি কে আপতিত রশ্মির সঙ্গে লম্বভাবে বসানো হয়,
(iii) crystal টি অনবরত একটি অক্ষকে কেন্দ্র করে ঘুরতে থাকে,
(iv) ঘূর্ণনের ফলে ল্যাটিস তলগুলি আলোকরশ্মির সাথে প্রয়োজনীয় Bragg angle তৈরি করতে পারে এবং রশ্মি diffracted হয়,

ব্যবহার :- (i) X-ray study দ্বারা পদার্থের গঠন সম্পর্কে জানা যায়,
(ii) পদার্থের Crystal structure অর্থাৎ একক কোষের আকার-আকৃতি এবং কণাগুলি কিভাবে অবস্থান করে তা জানা যায়,
(iii) Atom এবং Unit cell এর মধ্যে ইলেকট্রনের অবস্থান সম্পর্কে জানা যায়,
(iv) কেলাসাকার ও অনুপ্রস্থকার পদার্থের মধ্যে পার্থক্য করা যায়,
(v) crystal এর কোনো ত্রুটি থাকলে তা জানা যায়,

☐ Determination of Structure SMHGC

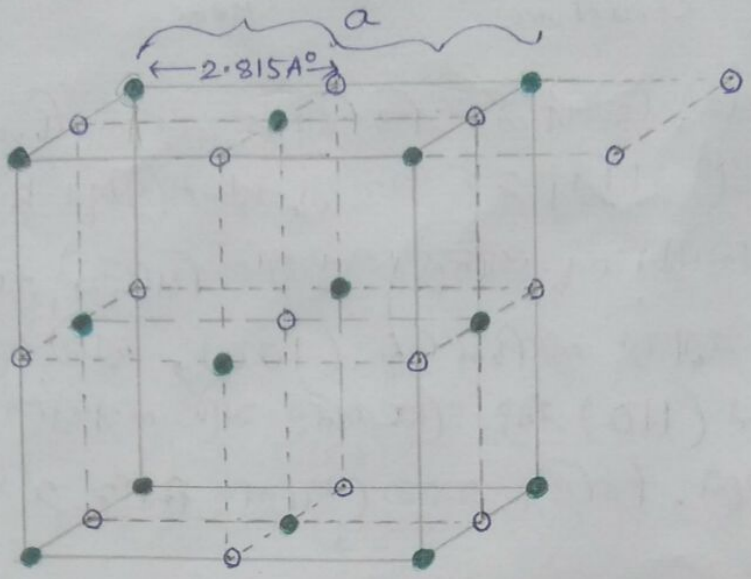
পরীক্ষামূলক ভাবে বিভিন্ন ক্রিস্টালের বিভিন্ন ধরনের ল্যাটিস তল (100, 110, 111) থেকে দূরত্ব নির্ণয় করতে পারি। এই তলগুলির মধ্যকার দূরত্ব বিভিন্ন ক্রিস্টালের জন্য আলাদা কিন্তু তাদের অনুপাত নির্দিষ্ট, যেমন ক্রিস্টালের পৃষ্ঠতল বরাবর ল্যাটিস তল (100), পৃষ্ঠ কর্ণের লম্বভাবে অবস্থিত ল্যাটিস তল (110) এবং দেহকর্ণের সঙ্গে লম্বভাবে অবস্থিত ল্যাটিস তল (111) হলে, বিভিন্ন সরল ঘনকের ক্ষেত্রে এই তল গুলির অনুপাত হবে,

সরল ঘনকাকার	$d_{100} : d_{110} : d_{111}$
সরল ঘনকাকার	$a : \frac{a}{\sqrt{2}} : \frac{a}{\sqrt{3}} = 1 : 0.707 : 0.577$
দেহকেন্দ্রিক ঘনকাকার	$\frac{a}{2} : \frac{a}{\sqrt{2}} : \frac{a}{2\sqrt{3}} = 1 : 1.414 : 0.577$
পৃষ্ঠকেন্দ্রিক ঘনকাকার	$\frac{a}{2} : \frac{a}{2\sqrt{2}} : \frac{a}{\sqrt{3}} = 1 : 0.707 : 1.154$

এখন, কোনো ক্রিস্টাল থেকে প্রাপ্ত বিভিন্ন ল্যাটিস তলগুলির অনুপাতটি উপরোক্ত অঙ্কিকমানের সাথে মিলে যায় তবে ঐ ক্রিস্টালটির সরক কোশ সম্পর্কে জানা যায় যে সেটি কোন ধরনের ল্যাটিস।

☐ NaCl গঠন:-

NaCl ক্রিস্টালের x-ray diffraction পরীক্ষা থেকে প্রাপ্ত বিভিন্ন ল্যাটিস তলের অনুপাত থেকে জানা যায় যে সেটি পৃষ্ঠকেন্দ্রিক ঘনকাকার ক্রিস্টাল ল্যাটিস, রোডিয়াম ক্লোরাইডের গঠনমূলক সরক হল Na^+ ও Cl^- যেখানে Na^+ এবং Cl^- একটি নির্দিষ্ট দূরত্বে অবস্থান করে। প্রকৃতপক্ষে Na^+ এবং Cl^- আয়নই পৃষ্ঠকেন্দ্রিক ঘনকাকার ল্যাটিস গঠন করে। এই দুটি আলাদা ল্যাটিস পরস্পরকে ভেদ করে একটি নির্দিষ্ট দূরত্ব বজায় রাখে, অর্থাৎ দুই ঘনকাকার ল্যাটিসের গঠনমূলক সরক যথাক্রমে Na^+ এবং Cl^- আয়ন। এটা দেখা যায় যে, Cl^- এর ল্যাটিস, Na^+ ল্যাটিসের কিনারার দৈর্ঘ্যের অর্ধেক দূরত্ব ($a/2$) ভেদ করে অবস্থান করে, যার ফলে Na^+ এবং Cl^- alternatively অবস্থান করে এবং সম্পূর্ন ঘনকটি ৪ টি ছোট ঘনকের সমন্বয়ে গঠিত হয়ে থাকে, NaCl ক্রিস্টালের প্রেক্ষিতে 100 এবং 110 ল্যাটিস তলে Na^+ এবং Cl^- দুটি আয়ন উপস্থিত থাকে কিন্তু 111 তলে কেবলমাত্র যেকোনো একটি আয়ন অবস্থান করে, Na^+ এবং Cl^- এর কোঅর্ডিনেশন সংখ্যা 6,



□ KCl এর গঠনঃ KCl এবং NaCl এর সমাকৃতিক (isomorphous) হিসেবে, সমক্রম reflection এর ক্ষেত্রে glancing angle প্রায় সমান, $\theta_{KCl} = 5.3°$ এবং $\theta_{NaCl} = 5.9$, ঘনকাকার একক কোষের কিনারা দৈর্ঘ্যের অনুপাত $= 1.113 \simeq 1$, সুতরাং সাধারণভাবে NaCl এর মতো KCl ও পৃষ্ঠকেন্দ্রিক ঘনকাকার স্ফটিক, কিন্তু 100, 110, 111 স্ফটিক তলের অনুপাত হল 1 : 0.707 : 577 যারা সরল ঘনকাকার স্ফটিকের অংশে মিলে যায়, কিন্তু প্রকৃতপক্ষে KCl এর গঠন NaCl এর মতো; পৃষ্ঠকেন্দ্রিক ঘনকাকার, এর বিপরীত এই বৈপরীত্যের কারণ হল পটাশিয়াম ও ক্লোরাইড ঋণ আয়নের ইলেকট্রন সংখ্যা সমান, তাই Cl^- এবং K^+ স্ফটিক তলের diffracting ক্ষমতা সমান, যার ফলে পৃষ্ঠকেন্দ্রিক ঘনক, সরল ঘনকের মতো আচরণ করে, সেক্ষেত্রে স্ফটিক তলে Cl^- এবং K^+ ক্রমবিন্যাস নিরপেক্ষ হয়, অর্থাৎ Cl^- এবং K^+ দুজনেই সমান হিসাবে চিহ্নিত হয়,

কেলাসের ত্রুটি বা অপূর্ণতা :-

যখন কোনো কেলাস গঠনকারী কণাগুলির বিন্যাস তার নিখুঁত, সুশৃঙ্খল ও পর্যায়ক্রমিক বিন্যাস থেকে বিচ্যুত হয়, তখন সেই বিচ্যুতিকে উক্ত কেলাসের ত্রুটি (defect) বা অপূর্ণতা বলে।

কেলাসের মধ্যে মূলত তিন ধরনের ত্রুটি সৃষ্টি হয়। (i) বিন্দু ত্রুটি (ii) রেখা ত্রুটি এবং (iii) তলত্রুটি।

(i) বিন্দুত্রুটি ত্রুটি (Point defect)

কেলাস জালক (crystal lattice) কেলাস গঠনকারী কণা যদি তার নিজস্ব জালক বিন্দু (lattice point) থেকে অপসারিত হয় বা জালক মধ্যস্থ অন্তঃস্থানিক স্থানে (interstitial space) অবস্থান করে, তবে যে ত্রুটির সৃষ্টি হয় তাকে বিন্দুত্রুটি ত্রুটি বলে।

এই ধরনের ত্রুটি সাধারণত তিনপ্রকার —

(i) স্টয়িকিওমেট্রিক (ii) নন-স্টয়িকিওমেট্রিক (iii) অমুদ্ধি জনিত ত্রুটি।

স্টয়িকিওমেট্রিক ত্রুটি :

কোনো কেলাসে যে বিন্দুত্রুটি ত্রুটির ফলে উক্ত কেলাসের স্টয়িকিওমেট্রি বা রাসায়নিক সংযোজনের কোনো পরিবর্তন ঘটেনা, তাকে স্টয়িকিওমেট্রিক ত্রুটি বলে।

এধরনের ত্রুটিকে প্রকৃতজাত ত্রুটিও বলা হয়। আবার ত্রুটির সংখ্যা উষ্ণতার উপর নির্ভরশীল, এই কে তাপমাত্রীয় ত্রুটিও বলা হয়,

এই ত্রুটি দুই প্রকারের —

(i) স্কটকি ত্রুটি (ii) ফ্রেনকেল ত্রুটি

(i) স্কটকি ত্রুটি :-

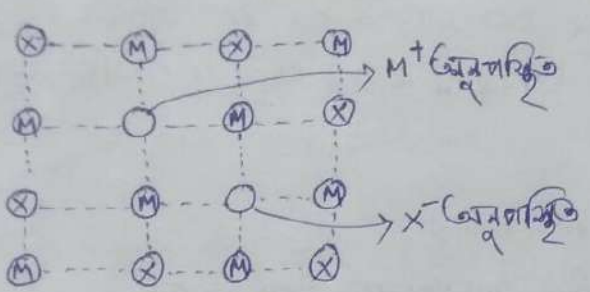
কোনো কেলাসের আয়নীয় যৌগের কেলাস জালক বা ল্যাটিস থেকে সমসংখ্যক ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন অনুপস্থিত হওয়ার ফলে উক্ত কেলাসে যে ত্রুটির সৃষ্টি হয়, তাকে স্কটকি ত্রুটি বলে।

এই জাতীয় ত্রুটিকে শূন্যস্থজনিত ত্রুটিও বলে। এই ত্রুটির ফলে কঠিনের ঘনত্ব কমে যায়।

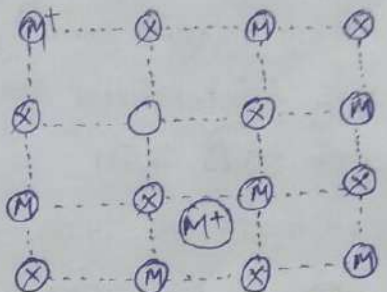
উদাহরণ — NaCl, KCl, CsCl, KBr ইত্যাদি যৌগে এই ত্রুটি দেখা যায়,

(2) ফ্রেনকেল ত্রুটি:- কোনো আয়নীয় কেলাসে যদি কোনো আয়ন সাধারনত ক্যাটায়ন তার নিজস্ব স্থান পরিত্যাগ করে একটি অন্তঃস্থানিক বা interstitial স্থানে অবস্থান করে, তবে যে ত্রুটির সৃষ্টি হয় তাকে ফ্রেনকেল ত্রুটি বলে।

এই ধরনের ত্রুটিকে অন্তঃস্থানিক ত্রুটিও বলে। সাধারনত ক্যাটায়নের আকার অ্যানায়ন অপেক্ষা ছোটো হওয়ায় এই ত্রুটি ঘটে। এই ত্রুটির ফলে কঠিনের ঘনত্ব একই থাকে।
উদাহরন— AgCl, AgBr, AgI, ZnS ইত্যাদি যৌগে দেখা যায়।



শ্কটকি ত্রুটি



ফ্রেনকেল ত্রুটি

শ্কটকি এবং ফ্রেনকেল ত্রুটির মধ্যে পার্থক্য—

শ্কটকি	ফ্রেনকেল
(i) আয়নীয় কেলাস থেকে সমসংখ্যক ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন তাদের নিজস্ব স্থান থেকে সরে যায়।	(i) আয়নীয় কেলাস থেকে সাধারনত ক্যাটায়ন তার নিজস্ব স্থান পরিত্যাগ করে অন্তঃস্থানিক স্থানে অবস্থান করে।
(ii) যে সব আয়নীয় যৌগে আয়নের কোঅর্ডিনেশন সংখ্যা বেশি এবং ক্যাটায়নের আকার ও অ্যানায়নের আকার প্রায় সমান তাদের ক্ষেত্রে এই ত্রুটি দেখা যায়।	(ii) যে সব আয়নীয় যৌগে আয়নের কোঅর্ডিনেশন সংখ্যা কম এবং অ্যানায়নের আকার ক্যাটায়নের আকার অপেক্ষা অনেক বড় হয় তাদের ক্ষেত্রে এই ত্রুটি দেখা যায়।
(iii) এই ধরনের ত্রুটির ফলে কেলাসের ঘনত্ব হ্রাস পায়।	(iii) এই ধরনের ত্রুটির ফলে কেলাসের ঘনত্বের কোনো পরিবর্তন ঘটে না।
(iv) NaCl, KCl, KBr ইত্যাদি যৌগে এই ত্রুটি দেখা যায়।	(iv) AgBr, AgCl, ZnS, AgI যৌগে এই ধরনের ত্রুটি দেখা যায়।
(v) এই ধরনের ত্রুটিকে শূন্যস্থানিত ত্রুটিও বলে।	(v) এই ধরনের ত্রুটিকে অন্তঃস্থানিক ত্রুটিও বলে

ননস্টয়িকিওমেট্রিক ত্রুটি:-

কোনো আয়নীয় যৌগের কেলাসে যে বিন্দুত্রুটির ফলে কেলাসের স্টয়িকিওমেট্রিক পরিবর্তন ঘটে অর্থাৎ কেলাসের গঠনকারী ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন সংখ্যার অনুপাত যৌগটির রাসায়নিক সংকেত দ্বারা নির্দেশিত অনুপাত থেকে আলাদা হয়, তাকে নন-স্টয়িকিওমেট্রিক ত্রুটি বলে।

এই ধরনের যৌগকে অনেক সময় বার্থোলাইড যৌগও বলা হয়।

$Fe_{0.88}O$, $Fe_{0.88}S$, $Cu_{1.87}S$ ইত্যাদি।

এই ধরনের ত্রুটি দুই প্রকারের হয়—

(i) ধাতব আধিক্যজনিত ত্রুটি (Metal excess defect)
(ii) ধাতব ঘাটতি জনিত ত্রুটি (Metal deficiency defect)

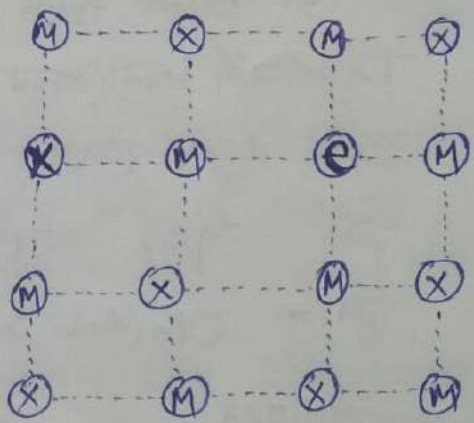
ধাতব আধিক্যজনিত ত্রুটি—

এই ধরনের ত্রুটি দুটি কারনে ঘটে থাকে।

(i) অ্যানায়নের শূন্যতার জন্য (ii) অন্তঃস্থানিক স্থানে ক্যাটায়নের উপস্থিতির জন্য

(i) অ্যানায়নের শূন্যতার জন্য ধাতব আধিক্যজনিত ত্রুটি—

যখন কোনো আয়নীয় কেলাসে একটি অ্যানায়ন তার নিজস্ব ল্যাটিস বিন্দু পরিত্যাগ করে কেলাস থেকে নিষ্ক্রান্ত (missing) হয় এবং কেলাসের তড়িৎ প্রশমতা রক্ষার জন্য ওই বিন্দুতে সৃষ্ট শূন্যস্থানে একটি ইলেকট্রন দ্বারা অধিকৃত হয়, তখন এই ধরনের ত্রুটি সৃষ্টি হয়।



* সাধারনত যে সব আয়নীয় যৌগে স্কটকি ত্রুটির সম্ভাবনা থাকে তাদের ক্ষেত্রে এরূপ ত্রুটির সৃষ্টি হয়, NaCl, KCl, KBr, CsCl ইত্যাদি।

* উদাহরন:- NaCl এর বর্ন সাদা কিন্তু NaCl কে Na-বাষ্পের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে NaCl এর বর্ন হলুদ হয়, উত্তপ্ত করার সময় Na-বাষ্প থেকে Na পরমানু NaCl কেলাসের পৃষ্ঠতলে সমেজড়া হয়, কেলাসের এ সাথে Na পরমানু যুক্ত হয়ে NaCl গঠন করে ফলে কেলাসে এ বিন্দুতে শূন্যতা সৃষ্টি হয়, এক্ষেত্রে Na-পরমানু ইলেকট্রন ত্যাগ করে Na^+ পরিনত হয় এবং বর্জিত ইলেকট্রন অ্যানায়ন বিন্দুতে সৃষ্ট শূন্যতায় অবস্থান করে।

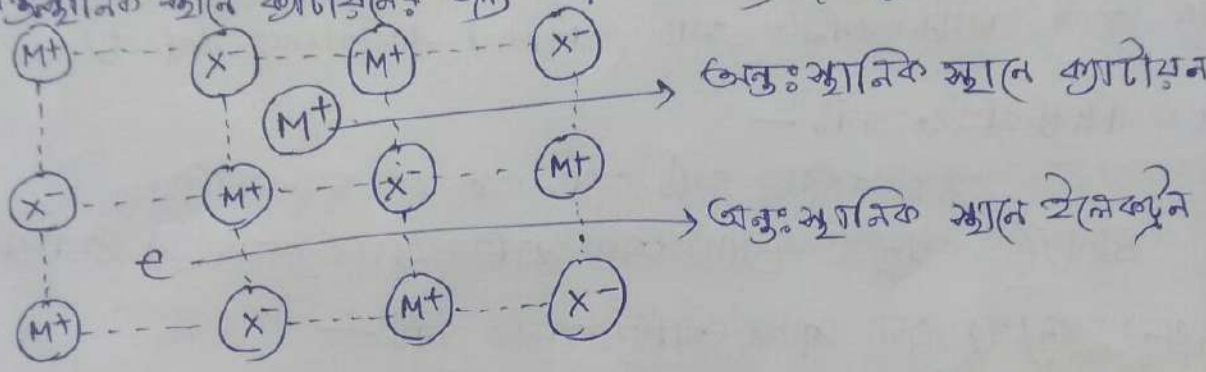
■ F কেন্দ্র :

ধাতব আধিক্যজনিত ত্রুটিযুক্ত আয়নীয় কেলাসে অযুগ্ম ইলেকট্রন দ্বারা অধিকৃত অ্যানায়ন শূন্যতাকে F কেন্দ্র বা বর্ণবিন্দু বলা হয়। কারণ এগুলির উপস্থিতিতে বর্ণহীন কেলাস নানারকম বর্ণ ধারণ করে।

F অক্ষরটি জার্মানশব্দ Farbe থেকে এসেছে, যার অর্থ Colour বা বর্ণ, কেলাসের উপর পতিত দৃশ্যমান আলো থেকে F- কেন্দ্রের ইলেকট্রন শক্তিশোষণ করে নিম্নশক্তি স্তর থেকে উচ্চ শক্তিস্তরে উন্নীত হয়, ইলেকট্রনের এরূপ স্থানান্তরের জন্য বর্ণময় আলোকরশ্মির বিকিরণ ঘটে এবং কেলাস বিভিন্ন বর্ণ দেখায়।

এই কারণে, নন-স্টয়িওমেট্রিক NaCl এর কেলাস হলুদ বর্ণের হয়। KCl কেলাস বেগুনি বর্ণের হয়।

(ii) অন্তঃস্থানিক স্থানে ক্যাটায়নের জন্য ধাতব আধিক্য জনিত ত্রুটি :-



যখন আয়নীয় যৌগের কেলাসে গঠনকারী অ্যানায়ন ইলেকট্রন বর্জন করে গ্যাসীয় গ্রীলরূপে কেলাস থেকে বেরিয়ে যায় তখন এ ধরনের ত্রুটির সৃষ্টি হয়, এর ফলে কেলাসে ক্যাটায়নের সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। অতিরিক্ত ক্যাটায়নগুলি অন্তঃস্থানিক স্থানে অবস্থান করে এবং অ্যানায়ন বর্জিত ইলেকট্রনগুলি নিকটবর্তী অন্যকোনো অন্তঃস্থানিক স্থানে অবস্থান করে, তড়িৎ প্রশমতা রক্ষা করে। যেহেতু অ্যানায়ন অপেক্ষা ক্যাটায়নের সংখ্যা বেশি তাই এটি ধাতব আধিক্য জনিত ত্রুটি। সাধারণত যেসব আয়নীয় যৌগে ফ্রেনকেল ত্রুটির সম্ভাবনা থাকে তাদের ক্ষেত্রে এই ত্রুটি দেখা যায়।

উদাহরণ :-

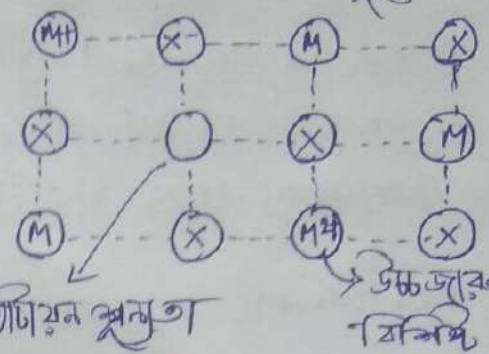
$$ZnO(s) \xrightarrow{\text{তাপ}} Zn^{2+} + \tfrac{1}{2}O_2 + 2e$$

সাদা $\xrightarrow{\text{তাপ}}$ হলুদ

উত্তপ্ত করার ফলে অন্তঃস্থানিক ইলেকট্রনের স্থানান্তরণ (transition) ঘটে তাই ZnO এর বর্ণ হলুদ হয়।

ধাতব ঘাটতি জনিত ত্রুটি (Metal deficiency)

যখন আয়নীয় কেলাসে একটি ক্যাটায়ন তার নিজস্ব ল্যাটিসবিন্দু থেকে নিষ্কাশিত হওয়ার ফলে ওই বিন্দুতে একটি ক্যাটায়ন শূন্যস্থান সৃষ্টি হয়, এবং কেলাসের তড়িৎ প্রশমতা রক্ষার জন্য নিকটবর্তী একটি ক্যাটায়ন অতিরিক্ত ধনাত্মক আধান অর্জন করে, উচ্চ জারনস্তরে উন্নীত হয় তখন, এই ধাতব ঘাটতি জনিত ত্রুটির সৃষ্টি হয়।



উদাহরণ:- যে সব ধাতুর একাধিক জারনস্তর সম্ভব তাদের আয়নীয়যৌগে এই ধরনের ত্রুটির সৃষ্টি হয়, FeO, NiO, FeS ইত্যাদি,

অশুদ্ধি জনিত ত্রুটি:-

অনেক সময় বিশুদ্ধ পদার্থের কেলাসে অশুদ্ধিরূপে কোনো বহিরাগত পদার্থ স্বল্প পরিমানে উপস্থিত থাকলে উক্ত কেলাসে ত্রুটি তৈরি হয়, এই ত্রুটিকে অশুদ্ধি জনিত ত্রুটি বলে।

যে পদ্ধতিতে কোনো বিশুদ্ধ পদার্থের কেলাসে স্বল্প পরিমানে বহিরাগত পদার্থ যোগ করে ত্রুটির সৃষ্টি করা হয়, তাকে ডোপিং বলে। ত্রুটি আবার দুই ধরনের হয়।

(i) প্রতিস্থাপক অশুদ্ধি:- এক্ষেত্রে, অশুদ্ধ পদার্থের কণা কেলাসের জালক বিন্দুতে অবস্থিত কণাকে প্রতিস্থাপিত করে। আগত কঠিন পদার্থকে বলা হয় প্রতিস্থাপিত কঠিন দ্রবন।

(ii) অন্তঃস্থানিক অশুদ্ধি:- এক্ষেত্রে, অশুদ্ধ পদার্থের কণা কেলাস মধ্যস্থ অন্তঃস্থানিক স্থান অধিকার করে। এভাবে প্রাপ্ত কঠিনকে বলা হয় অন্তঃস্থানিক কঠিন দ্রবন।

উদাহরন— গলিত NaCl এর মধ্যে অতি সামান্য পরিমানে $SrCl_2$ যোগ করে কেলাসন করা হলে, Na^+ আয়ন, Sr^{2+} আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। এক্ষেত্রে, তড়িৎ প্রশমতার জন্য প্রতিটি Sr^{2+} আয়নের জন্য দুটি Na^+ আয়ন কেলাস থেকে নিষ্কাশিত হয়, ফলে যে দুটি স্থান ফাঁকা হয় তার একটিকে Sr^{2+} অধিকার করে এবং অন্যটি ফাঁকা থাকে।

* AgCl কেলাসে Cd^{2+} যোগ করলেও এই ধরনের ত্রুটির সৃষ্টি হয়।

□ **Liquid Crystal :** 'liquid crystal (তরল কেলাস) হল পদার্থের তরল ও কঠিন অবস্থার মধ্যবর্তী অবস্থা, অর্থাৎ এদের কিছু ধর্ম তরলের মতো যেমন তরলতা (fluidity) বিশেষ করা যায় না, বিন্দু বা ফোঁটা (droplet) তৈরি করা এরা মিলিত হয়ে যাওয়া আবার কিছু ধর্ম কঠিনের মতো যেমন অনুগুলির একটি সুনির্দিষ্ট বিন্যাস, আলোক, তড়িৎ এবং চৌম্বক ধর্মের অ্যানাইসোট্রপিসিটি ইত্যাদি।

□ কিছু যৌগিক এরা কোন বিশেষ ধরনের অনু liquid crystal তৈরি করে—

(i) liquid crystal এর অনুগুলি (mesogen) একটি নির্দিষ্ট দিকে সজ্জিত থাকে,

(ii) অনুগুলির সজ্জার ধরন কঠিন ও তরল পদার্থের অনুগুলির মধ্যবর্তী অবস্থা,

(iii) বিভিন্ন ধর্ম যেমন আলোক ধর্ম, তড়িৎ ধর্ম, চৌম্বক ধর্ম পদার্থের কোন দিক বরাবর নির্ণয় করা হয় তার উপর নির্ভর করে অর্থাৎ anisotropic.

(iv) liquid crystallinity দেখানোর জন্য কাঠিন্যতা প্রয়োজন সেজন্য পদার্থের অনুগুলি নিজের ইচ্ছামতো এদিক ওদিক ঘুরতে না পারে অর্থাৎ তাদের মধ্যে resonance or steric hindrance থাকতে হবে,

(v) অনুগুলির axial ratio (অক্ষীয় অনুপাত) তিনের বেশি হতে হবে, liquid crystal ধর্ম দেখানোর জন্য,

(vi) অনুগুলি সাধারণত flat; বেঞ্চুনের মতো অথবা লম্বা (elongated) হয়,

(vii) অনুগুলির মধ্যে ধ্রুবীয় (polar) গ্রুপ or polarizable গ্রুপ থাকলে ভালো হয়,

(viii) অর্থাৎ গঠনমূলক কাঠিন্য (structural rigidity) এবং anisotropic আকার এই অনুগুলির প্রধান বৈশিষ্ট্য liquid crystal তৈরির জন্য,

□ বিভিন্ন ধরনের liquid crystal :-

(i) Thermotropic liquid Crystal (para-azoxyanisole)

- নিম্ন উষ্ণতায় কঠিনের মতো এবং উচ্চ তাপমাত্রায় তরলের ধর্ম প্রকাশ করে,

(ii) Lyotropic liquid crystal (Surfactant অনু)

- সাধারণত ঘনত্ব নির্ভর, Amphilic অনু অর্থাৎ hydrophilic এবং hydrophobic দুই ধরনের অংশ থাকে,

(iii) মেটালোট্রপিক liquid crystal : ধোগলনাঙ্ক বিশিষ্ট যৌগের যেমন জল এবং এই সঙ্গে লম্বা আঁশযুক্ত soap-like অনু মিশলে এই ধরনের liquid crystal তৈরি করে হয়,

□ liquid-crystal phase : তরল স্ফটিকের বিভিন্ন দশা

Liquid crystal-এ অনুগুলি (mesogens) বিভিন্নভাবে সজ্জিত থাকতে পারে বলে liquid crystal বিভিন্ন দশা প্রদর্শন করে, এই দশার গুলিকে mesophase বলা হয়। অণুগুলির সজ্জা অবস্থান গত অর্থাৎ অণু থেকে অণুর দূরত্ব এবং দিক নির্দেশক অর্থাৎ অণুগুলি একই দিকে না অন্যান্য দিকে হয় তার ভিত্তিতে সাধারণত উচ্চ তাপমাত্রায় liquid crystal, isotropic দশায় এবং নিম্ন তাপমাত্রায় anisotropic দশায় থাকে।

সাধারণত তাপমাত্রা, চাপ, বা pH-এর পরিবর্তনের ফলে liquid crystal একটি দশার থেকে অন্য দশাতে পরিবর্তিত হয়।

এইদশাগুলি হল – (I) Nematics (II) Smectics (III) Cholesterics (IV) Columnar (V) Discotic (VI) Conic (VII) chiral or twisted nematics (IX) Hexagonal (X) lamellar (XI) Cubic (XII) Inverse Cubic phase etc.

□ liquid Crystal এর ব্যবহার :–

1) liquid Crystal displays হিসাবে ব্যবহৃত হয় যেমন LCDs

(II) অক্সিজেনী যন্ত্রের তৈরি করতে পলিমার liquid Crystal ব্যবহার করা হয় এই যন্ত্রগুলি ধমনীর কিন্তু অক্সিজেনী হয়।

(III) Drug delivery করতে lyotropic liquid crystal ব্যবহার করা যা drug এর উপর Coating বা আবরণ হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(IV) Biological membrane (কোষপর্দা) এক ধরনের lytropic liquid crystal যা কোষের মধ্যে বিভিন্ন পদার্থের আদান-প্রদান সক্রিয়ভাবে বা নিষ্ক্রিয়ভাবে করে।

(V) Optical imaging হিসাবে ব্যবহৃত হয় কারণ liquid crystal এর উপর আলো পড়লে electric field তৈরি হয়।

(VI) liquid Crystal thermometer – যা তাপমাত্রা সংবেদনশীল liquid crystal দিয়ে তৈরি, যখন তাপমাত্রা পরিবর্তনের সাথে সাথে বর্ণ পরিবর্তন করে তাপমাত্রা নির্দেশ করে।

(VII) Liquid Crystal film বিভিন্ন যন্ত্র যেমন digital clock, mobile phone, Calculator, television ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়।

□ কাঁচ (Glass) — ক্ষারীয় ধাতুর (Na, K) সিলিকেট ও অতিরিক্ত ধাতু বা ক্ষারীয় ধাতু (Ca, Pb) সিলিকেটের মিশ্রণ, অনিয়তাকার, কঠিন মিশ্রণকে কাঁচ বলে, মিশ্রণের গলনের ফলে গলিত অংশ কেলাসিত না হয়ে সরাসরি কঠিন বস্তুতে পরিণত হয়।

□ সংযুক্তি :- Composition — সাধারণ কাঁচ হল সোডিয়াম ও ক্যালসিয়াম সিলিকেটের মিশ্রণ, এর মোটামুটি সংকেত হল $Na_2O, CaO, 5SiO_2$। এছাড়াও K_2O, BaO, MgO, PbO, ZnO, বোরেট, ফসফেট ইত্যাদি যৌগও কাচের মধ্যে থাকে।

□ কাচের প্রকারভেদ :- Different types of Glass :-
কাঁচের ধর্ম নির্ভর করে সংযুক্তির উপর, তাই এই সংযুক্তির উপর নির্ভর করে কাঁচকে বিভিন্ন ভাগে ভাগ করা হয়।

(i) সুদ্ধ কাঁচ বা সোডা গ্লাস — এই জাতীয় কাঁচের মধ্যে সোডিয়াম ও ক্যালসিয়াম সিলিকেট থাকে, এই কাঁচ কম উষ্ণতায় গলে যায় এবং এগুলি ল্যাবরেটরিতে সাধারণ কাঁচের দ্রব্য বোতল, জোনালর কাঁচ ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়।

(ii) শক্ত কাঁচ বা পটাশ গ্লাস — এর মধ্যে পটাশিয়াম ও ক্যালসিয়াম সিলিকেট থাকে, এই কাঁচ অপেক্ষাকৃত শক্ত, রাসায়নিক যন্ত্রপাতি, হাইলনল তৈরির কাজে ব্যবহৃত হয়।

(iii) অপটিক্যাল গ্লাস :- এই গ্লাসের মধ্যে কিছু সিলিকেটের পরিবর্তে B_2O_3, P_2O_5 এবং CaO এর পরিবর্তে BaO, ZnO থাকে, এই গ্লাস সমসত্ত্ব ও স্বচ্ছতা বেশি হওয়ায় বিশেষ আলোক ধর্ম দেখায়, এই জাতীয় কাঁচ লেন্স, মাইক্রোস্কোপ, টেলিস্কোপ, ক্যামেরা ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়, ফটোক্রোমাটিক গ্লাসে AgCl ব্যবহৃত হয়।

(iv) পাইরেক্স গ্লাস :- সোডিয়াম এবং অ্যালুমিনিয়াম বোরো সিলিকেট থাকে, এগুলি উচ্চ তাপসহনশীল হয়।

(v) জেনা গ্লাস :- এই জাতীয় গ্লাসে কিছু সিলিকেটের পরিবর্তে ZnO, BaO, B_2O_3 থাকে, এর মধ্যে সোডিয়াম কম এবং Al_2O_3 বেশি থাকে, এই গ্লাসগুলি উচ্চ উষ্ণতায় তাপীয় অসীম, রাসায়নিক বিক্রিয়ক — সংরক্ষণ ও সেঁকার কাজে ব্যবহৃত হয়।

(vi) রঙীন কাঁচ :- কিছু অবক্ষয় রঙিন পদার্থ (যেমন ধাতব অক্সাইড) কাঁচ তৈরির সময় মিশিয়ে দেওয়ার ফলে রঙীন কাচের সৃষ্টি হয়। কৃত্রিম দামী রত্ন হল এক রকমের রঙীন কাঁচ। সবুজ রঙ — ক্রোমিয়াম অক্সাইড, হলদে রঙ — CdS, MnO_2, Se, লাল রঙ — কলয়ডীয় গোল্ড, নীল রঙ — কোবাল্ট অক্সাইড, ইত্যাদি।

(vii) গ্লাস উল (Glass wool) গলিত কাঁচের মিশ্রণকে বৈদ্যুতিক সরু নলের মধ্য দিয়ে উচ্চচাপে পাঠালে সরু নমনীয় সুতোর মতো কাঁচের তন্তু তৈরি হয়, যাকে পশমের গ্লাস বা গ্লাস উল বলে। এই কাঁচকে টেপযন্ত্রে, তাপ নিরোধক হিসাবে ব্যবহার করা হয়। (viii) বোরোসিল কাঁচ — এই কাঁচে সিলিকা আংশিক পরিমাণে B_2O_3 দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।