इकाई-1

ठोस अवस्था
Solid State

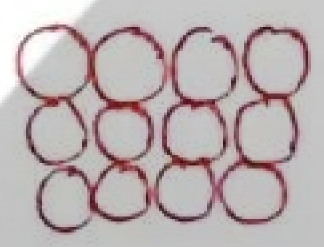
पदार्थ की वह अवस्था जिसमें उसके अवयवी कण (कण, परमाणु, आयन या यौगिक) एक दूसरे को स्पर्श करते हैं, पदार्थ की ठोस अवस्था कहलाती है।

अवयवी कणों के आधार पर ठोसों का वर्गीकरण

अवयवी कणों की व्यवस्था के आधार पर यह दो प्रकार का होता है।

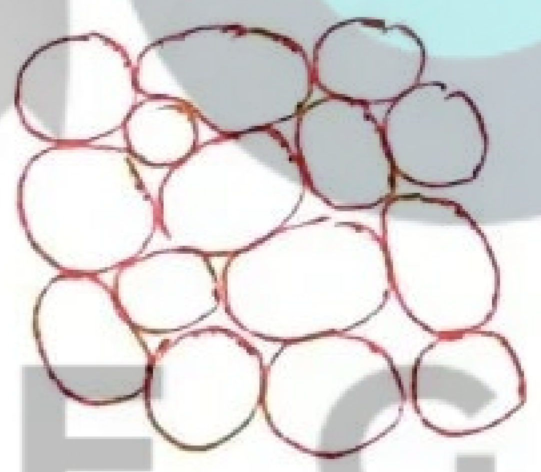
① क्रिस्टलीय ② अक्रिस्टलीय

① **क्रिस्टलीय ठोस (Crystalline solid)** -: ऐसे ठोस जिनके अवयवी कणों की निश्चित व्यवस्था होती है। (रवेदार ठोस)



जैसे- नमक, चीनी, हीरा, ग्रेफाइट, क्वार्ट्ज, सिलिका आदि।

② **अक्रिस्टलीय ठोस (Amorphous solid)** -: ऐसे ठोस जिनके अवयवी कणों की निश्चित व्यवस्था नहीं होती है। (बेरवादार ठोस)



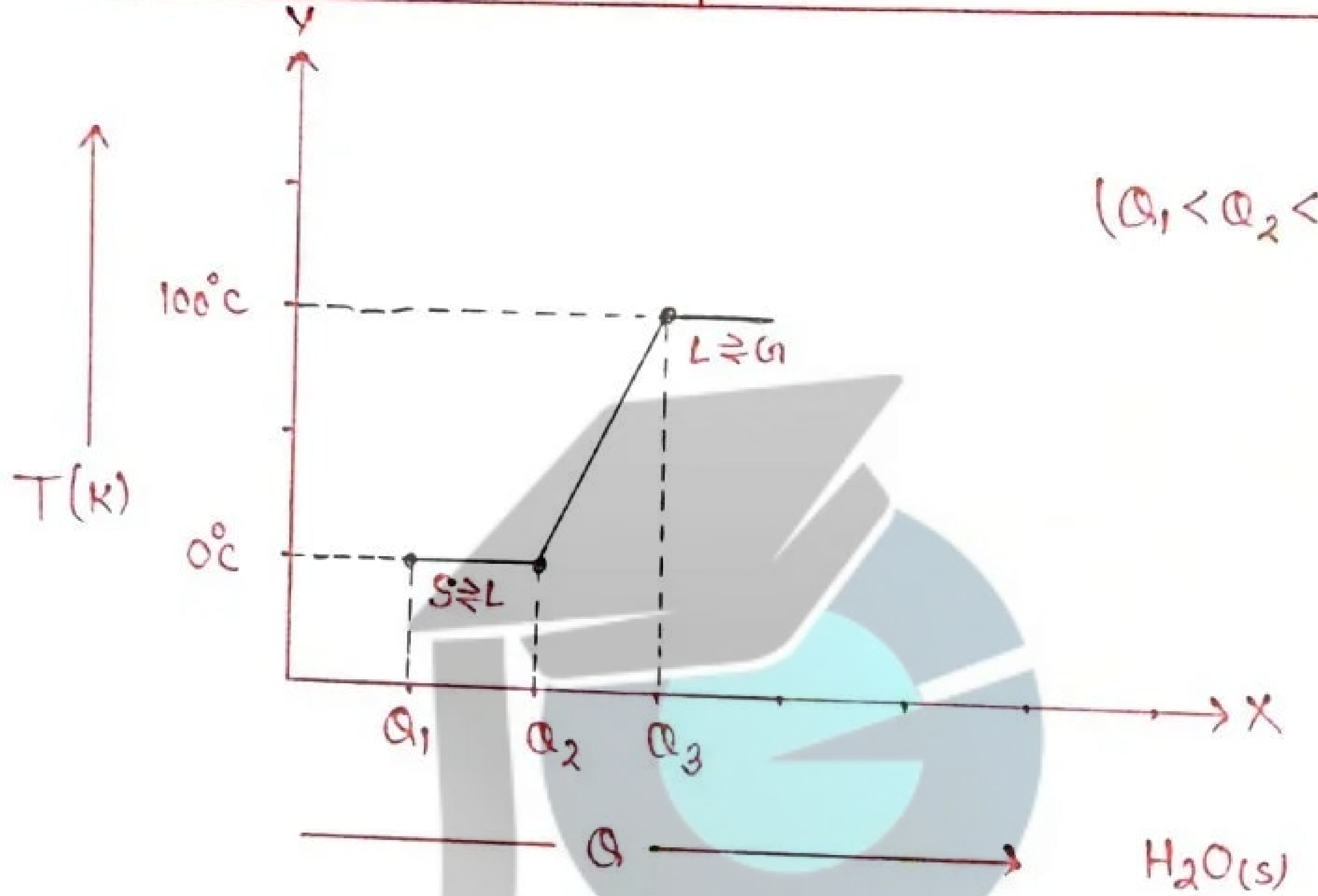
THE GUIDE
ACADEMIC

जैसे- काँच, मोम, रबड़, जिलेटिन आदि।

क्रिस्टलीय व अक्रिस्टलीय ठोसों में अन्तर
Difference between crystalline and amorphous solid

क्रिस्टलीय ठोस	अक्रिस्टलीय ठोस
(i) इनकी एक निश्चित ज्यामिती होती है।	(i) इनकी ज्यामिती निश्चित नहीं होती है।
(ii) इनमें विषमदैशिकता का गुण होता है।	(ii) इनमें समदैशिकता का गुण होता है।
(iii) इन्हे काटने पर समतल पृष्ठ प्राप्त होते हैं।	(iii) इन्हें काटने पर समतल पृष्ठ प्राप्त नहीं होता है।

क्रिस्टलीय ठोस	अक्रिस्टलीय ठोस
(iv) ये दीर्घ परास कोटि वाले होते हैं।	(iv) ये लघु परास कोटि वाले होते हैं।
(v) इनके गलनांक व क्वथनांक निश्चित होता है।	(v) इनके गलनांक व क्वथनांक निश्चित नहीं होते हैं।
(vi) इनका शीतलन वक्र असंतत होता होता है।	(vi) इनका शीतलन वक्र संतत होता है।
(vii) ये वास्तविक ठोस होते हैं।	(vii) इन्हें अतिशीतित द्रव कहा जाता है।



$(Q_1 < Q_2 < Q_3)$

$H_2O_{(s)}$

बंधो के आधार पर ठोसों का वर्गीकरण

THE GUIDE ACADEMIC

① **आण्विक ठोस (Molecular Solid) -:** ऐसे ठोस जिनके अवयवी कण अणु होते हैं।
जैसे- $O_{2(s)}$, $H_2O_{(s)}$, $CO_{2(s)}$ आदि।

② **आयनिक ठोस (Ionic Solid) -:** ऐसे ठोस जिनके अवयवी कण आयन होते हैं।
जैसे- NaCl, K_2SO_4, KOH आदि।

③ **धात्विक ठोस (Metallic Solid) -:** ऐसे ठोस जिनके अवयवी कण धातु आयन होते हैं जो e^- के समुद्र मे डूबे रहते हैं।
जैसे- Fe, Cu, Al आदि।

④ **सहसंयोजक अथवा नेटवर्क ठोस (Co-valent or Network Solid) -:** ऐसे ठोस जिनके अवयवी कण परमाणु होते हैं जो एक-दूसरे से सहसंयोजी बन्ध द्वारा जुड़कर एक जाल का निर्माण करते हैं। इन्हें विशाल अणु भी कहते हैं।

ठोसों के प्रकार	अवयवी कण	आकर्षण बल	उदाहरण	भौतिक प्रकृति	चालकता	गलनांक
1. आण्विक ठोस						
(i) अध्रुवीय	अणु	IDP-IDP या लंडन बल $\mu = 0$	Ar, He, CCl_4, H_2, CO_2 (शुष्क बर्फ)	मुलायम	विद्युतरोधी	अत्यधिक निम्न
(ii) ध्रुवीय	अणु	DP-DP $\mu \neq 0$	HCl, O_2	मुलायम	विद्युतरोधी	निम्न
(iii) हाइड्रोजन बंध	अणु	Special Character DP-DP	F–H, O–H, N–H	कठोर	विद्युतरोधी	निम्न
2. आयनिक	आयन	विद्युतआकर्षण	NaCl, KCl, KNO_3	कठोर परन्तु भंगुर	विद्युतरोधी (ठोस में) चालक (जल में) (द्रव में) Heat↑ Cond↑	उच्च
3. धात्विक Kernels ⇌ free (e^-)	e^- के समुद्र में धनायन	धात्विक बल	Fe, Cu, Ag, Mg	कठोर परन्तु आघातवर्धनीय और तन्य	चालक (ठोस व द्रव) Heat↑ cond↓	साधारण उच्च
4. सहसंयोजक	परमाणु	सहसंयोजी बंध	BN, AlN, Si[illegible] (क्वार्ट्ज), C (हीरा)	कठोर	कुचालक	अत्यधिक उच्च
			C (ग्रेफाइट)	मुलायम	चालक free e^-	

गलनांक का क्रम - Network > ionic > metallic > Molecular

प्र.- P_4, आक्टेन, ग्रेफाइट, Rb, I_2, SiC, प्लास्टिक, Si, Li, Br_2, $(NH_4)_3PO_4$ को वर्गीकृत कीजिए।

आण्विक - P_4, आक्टेन, I_2, Br_2

आयनिक - $(NH_4)_3PO_4$

धात्विक - Rb, Li

सहसंयोजक - ग्रेफाइट, SiC, Si

अक्रिस्टलीय - प्लास्टिक

Note - समभित एकक कोष्ठिका -

Note - SiO_2 (क्वार्ट्ज) - क्रिस्टलीय
SiO_2 (सिलिका) - अक्रिस्टलीय

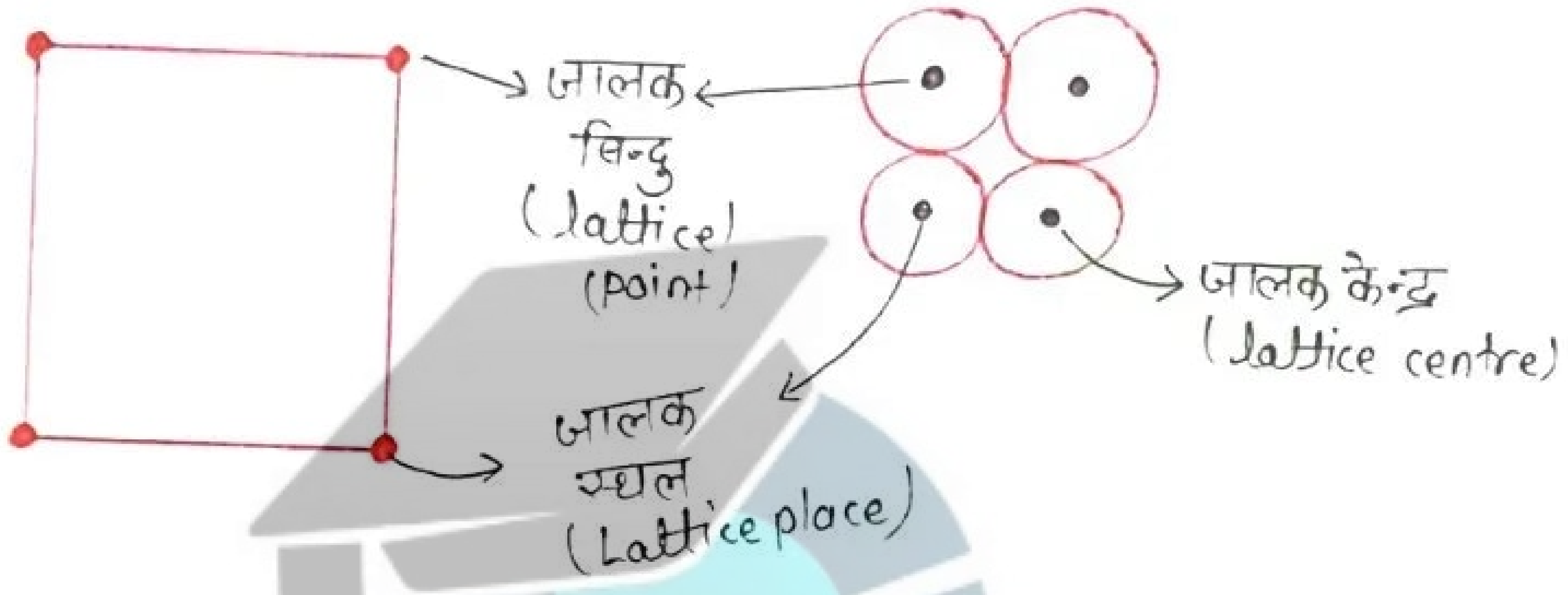
THE GUIDE ACADEMIC

क्रिस्टल जालक
Crystal Lattice

क्रिस्टल ठोसों के अवयवी कणों की त्रिविम आकाश में एक निश्चित जमावट होती है, इसी जमावट को आकाशीय जालक या त्रिविम जालक कहते हैं।

- वैज्ञानिक हॉप के अनुसार- अवयवी कणों की निश्चित क्रमिक (पुनरावृत्ति) से एक जालक प्राप्त होता है जिसे क्रिस्टल जालक कहते हैं।

- क्रिस्टल जालक के आरेख में अवयवी कणों को जिन बिन्दुओं द्वारा दर्शाया जाता है उसे जालक बिन्दु कहते हैं।



एकक कोष्ठिका
(Unit cell)

किसी क्रिस्टल जालक का वह लघुतम भाग जो पूरे क्रिस्टल की ज्यामिती की व्याख्या करता है और जिसे बार-बार दोहराने पर पुनः क्रिस्टल जालक का निर्माण हो जाता है तो वह लघुतम भाग एकक कोष्ठिका कहलाता है।
अवयवी कणों की स्थिति के आधार यह दो प्रकार की होती है।

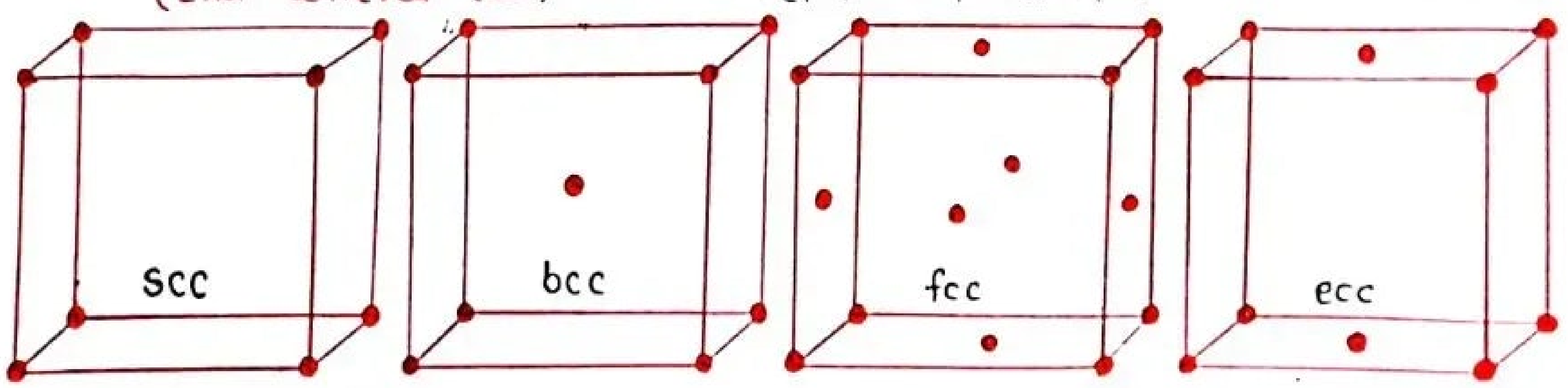
① सरल या आद्य घन एकक कोष्ठिका (Simple or primitiv cubic unit cell) -: ऐसी एकक कोष्ठिका जिसमें अवयवी कण केवल आठ कोनों पर उपस्थित होते हैं। (SCC/PCC)

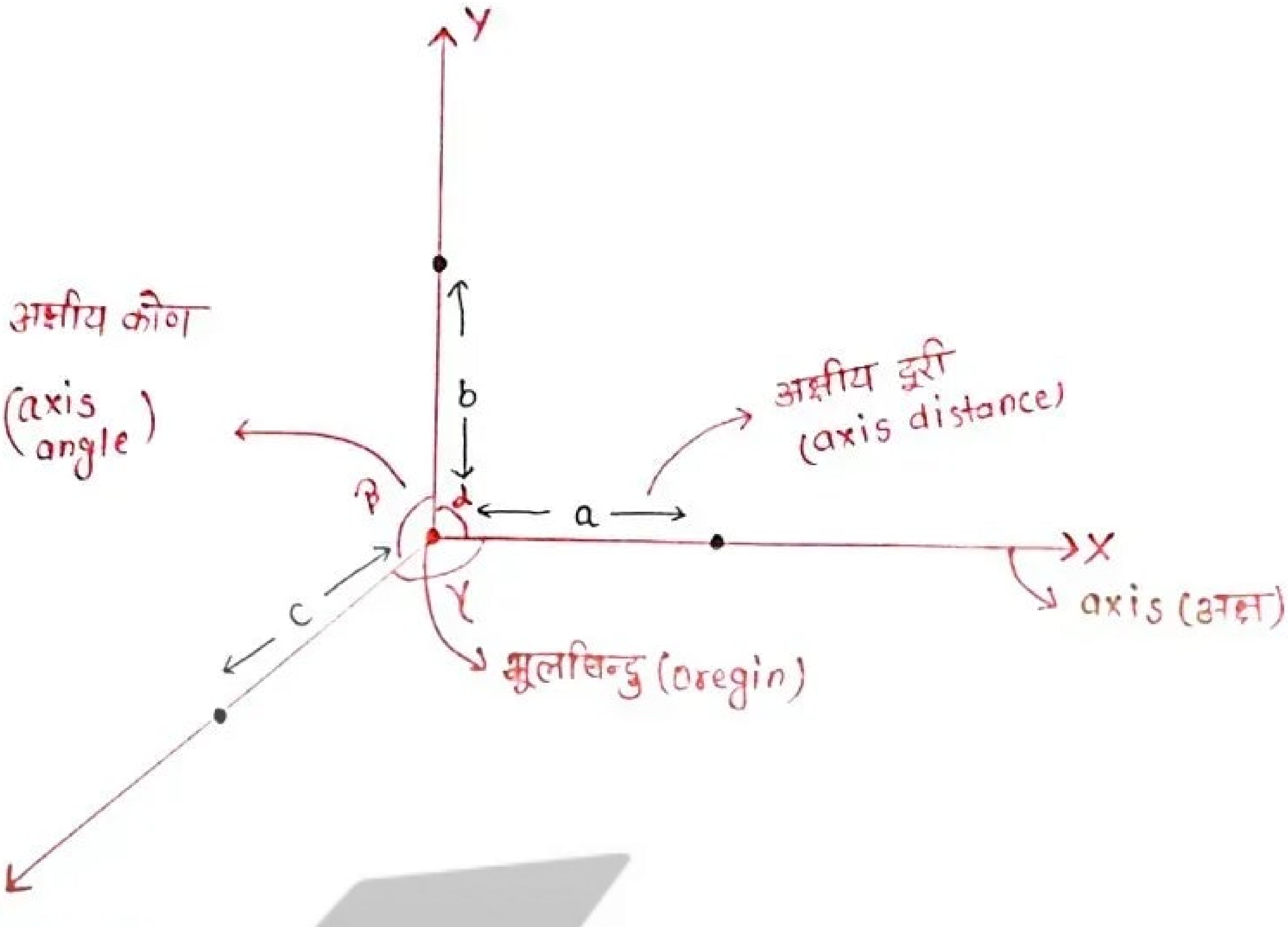
② केन्द्रित घन एकक कोष्ठिका (Centred Cubic unit cell) -: ऐसी एकक कोष्ठिका जिसमें अवयवी कण आठ कोनों के साथ साथ अन्य स्थानों पर भी होते हैं। ये मुख्यतः तीन प्रकार की होती हैं-

ⓐ काय या अन्तः केन्द्रित एकक कोष्ठिका (Body centered cubic unit cell) -: ऐसी एकक कोष्ठिका जिसमें अवयवी कण आठ कोनों के साथ साथ कोष्ठिका के केन्द्र पर भी होती है। (bcc)

ⓑ फलक केन्द्रित एकक कोष्ठिका (Face Centered Unit cell) -: ऐसी एकक कोष्ठिका जिसमें अवयवी कण आठ कोनों के साथ-साथ 6 फलकों के केन्द्र पर भी होता है। (fcc)

ⓒ आधार या अन्त्य केन्द्रित कोष्ठिका (End Centered Cell) -: ऐसी एकक कोष्ठिका जिसमें अवयवी कण आठ कोनों के साथ-साथ किन्हीं दो आमने-सामने के फलकों के केन्द्र पर भी होते हैं।





• पैरामीटर - a, b, c, α, β, γ

क्रिस्टल निकायों के प्रकार
Types of Crystal System

क्रिस्टल को सात (7) निकायों में बाँटा गया है -

क्रिस्टल तंत्र	अक्षीय दूरियाँ	अक्षीय कोण	संभव कोष्ठिकाएँ	
Cubic (घनीय)	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90$	P, b, f	(3)
Tetrahedral (चतुष्कोणीय) द्विसमलंबाक्ष	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90$	P, b	(2)
Orthorhombic (समचतुर्भुज) विषमलंबाक्ष	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90$	P, b, f, e	(4)
Rhombohedral (त्रिकोणीय) त्रिसमनताक्ष	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90$	P	(1)
Hexagonal (षट्कोणीय)	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta \neq \gamma = 90°$	P	(1)
Monoclinic (एकनताक्ष)	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta = \gamma = 90°$	P, e	(2)
Triclinic (त्रिनताक्ष)	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90°$	P	(1)

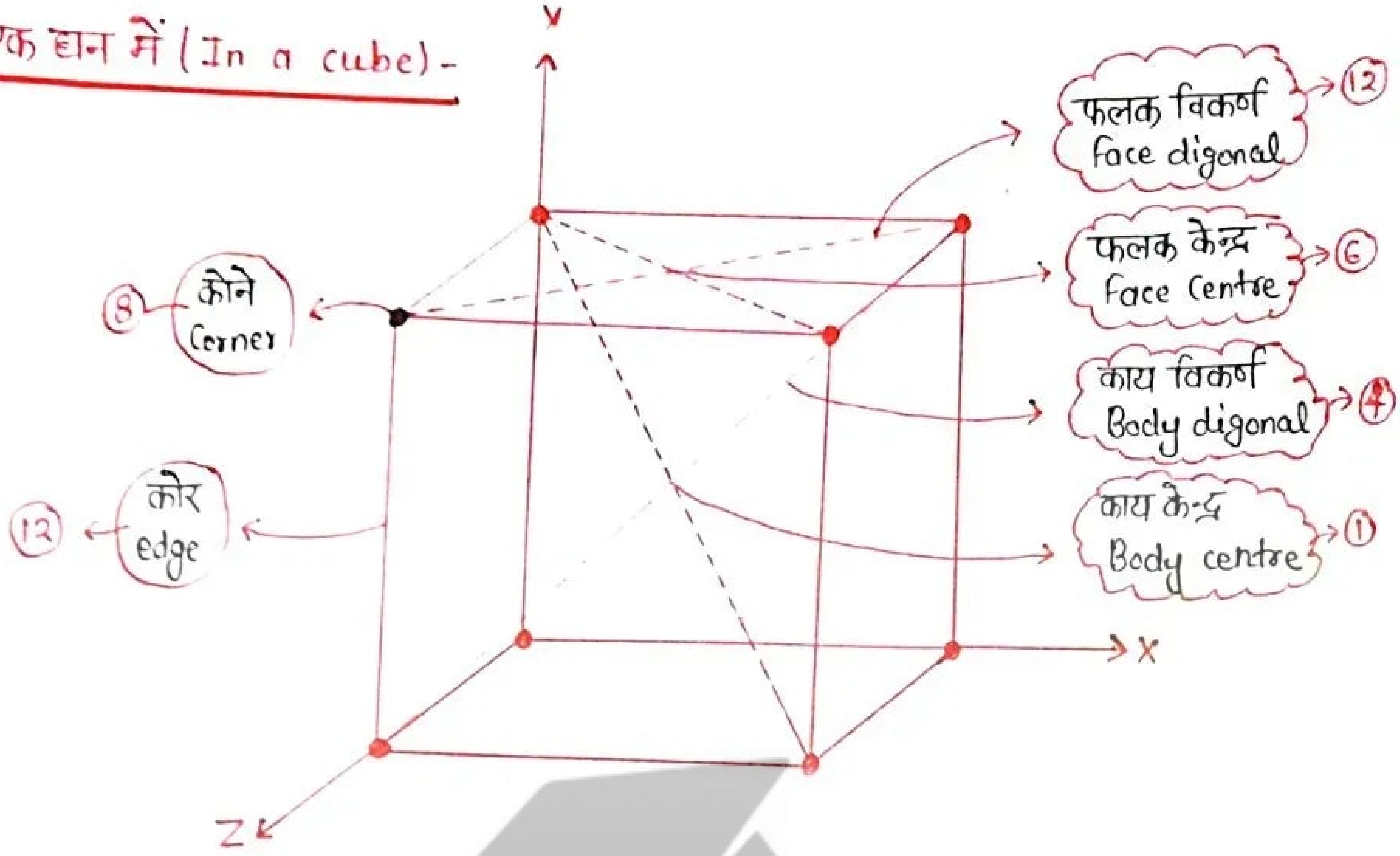
THE GUIDE ACADEMIC

ब्रेवेज जालक (Bravais Lattice) -: फ्रेंच गणितज्ञ ब्रेवेज ने सन 1848 ई॰ में बताया कि त्रिविम आकाश में अवयवी कणों की व्यवस्था से केवल 14 प्रकार के जालक प्राप्त कर सकते हैं जिन्हें ब्रेवेज जालक कहते हैं।

Note-
- सममित एकक कोष्ठिका - Cubic
- असममित एकक कोष्ठिका - Triclinic
- सबसे अधिक ब्रेवेज जालक - Orthorhombic
- माचिस की ज्यामिति - Orthorhombic

THE GUIDE
ACADEMIC

एक घन में (In a cube)-



एकक कोष्ठिका में अवयवी कणों की संख्या
Number of Constituent particles in the unit cell

Body Centre (काय केन्द्र) = 1

Face Centre (फलक केन्द्र) = 1/2

Edge Centre (कोर केन्द्र) = 1/4

Corners (कोनें) = 1/8

THE GUIDE ACADEMIC

एकक कोष्ठिका के प्रभावी कण (z)

① scc = कोने पर × 8 = $\frac{1}{8} \times 8$ = **1 कण**

② bcc = कोनें पर × 8 + काय केन्द्र पर × 1 = $\frac{1}{8} \times 8 + 1 \times 1 = 1 + 1$ = **2 कण**

③ fcc = कोने पर × 8 + फलक केन्द्र पर × 6 = $\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 1 + 3$ = **4 कण**

④ ecc = कोने पर × 8 + फलक केन्द्र × 2 = $\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 2 = 1 + 1$ = **2 कण**

आंकिक प्रश्न

① एक यौगिक A व B तत्वों से बना है जिसमें A परमाणु कोष्ठिका के कोनों पर एवं B परमाणु फलक के केन्द्रों पर स्थित है तो यौगिक का सूत्र ज्ञात करें।

दिया है- A परमाणु = कोनों पर

B परमाणु = फलक के केन्द्रो पर

हल- A परमाणु = 8 × कोनों पर = $8 \times \frac{1}{8} = \boxed{1}$

B परमाणु = 6 × फलक केन्द्र = $6 \times \frac{1}{2} = \boxed{3}$

यौगिक का सूत्र = AB_3 Ans

② एक यौगिक A व B तत्वों से बना है जिसमें A परमाणु घन के कोनों पर व B परमाणु किनारों के केन्द्र पर है तो यौगिक का सूत्र ज्ञात कीजिए।

दिया है- A परमाणु = कोनों पर

B परमाणु = किनारों के केन्द्र पर

हल- A परमाणु = 8 × कोनों पर = $8 \times \frac{1}{8} = \boxed{1}$

B परमाणु = 12 × कोर केन्द्र = $12 \times \frac{1}{4} = \boxed{3}$

यौगिक का सूत्र = AB_3 Ans

③ NaCl क्रिस्टल में Cl^- फलक केन्द्रित घनीय क्रम में व्यवस्थित है। तो एकक कोष्ठिका में Cl^- आयनों की संख्या ज्ञात कीजिए।

दिया है- Cl^- (fcc)

हल- Cl^- आयनों की संख्या = 8 कोनों पर + 6 फलक केन्द्र पर

$= 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2}$

$= 1 + 3$

$\boxed{= 4}$ Ans

④ CaF_2 क्रिस्टल में Ca^{2+} आयन फलक केन्द्रित घनीय (fcc) क्रम में व्यवस्थित है। एकक कोष्ठिका में F^- आयनों की संख्या ज्ञात कीजिए।

दिया है- CaF_2 (fcc)

हल- Ca^{2+} आयनों की संख्या = 8 कोनों पर + 6 फलकों पर

$= 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 1 + 3 = ④$

F^- आयनों की संख्या = $2 \times 4 = 8$ Ans

THE GUIDE ACADEMIC

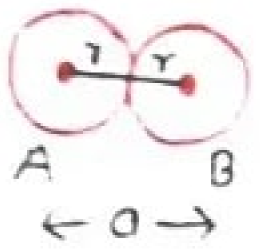
समन्वय संख्या (Co-ordination number)

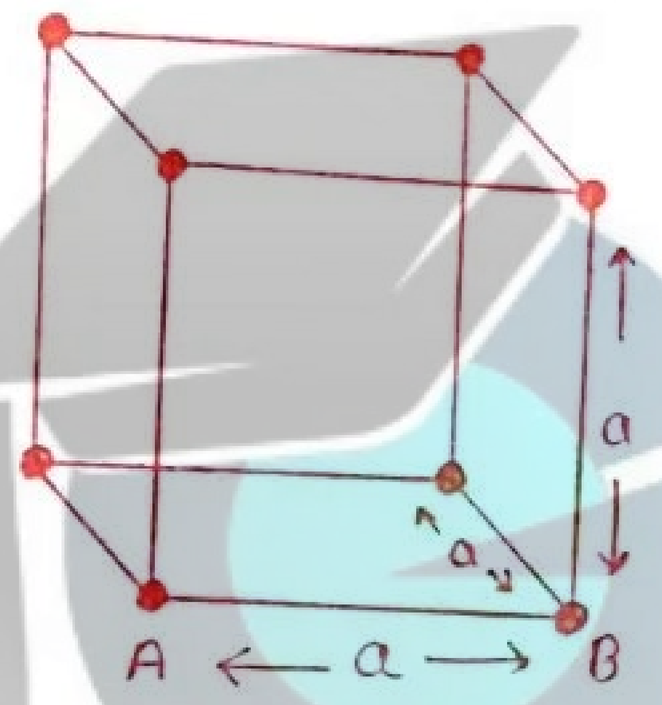
किसी क्रिस्टल जालक में एक अवयवी कण, अन्य जितने अवयवी कणों को स्पर्श करता है वही उस कण की समन्वय संख्या (CN) कहलाती है।

1. scc - CN = 6
2. bcc - CN = 8
3. fcc - CN = 12
4. ecc - CN = 8

घन की कोर व उसकी त्रिज्या में सम्बन्ध
Relation between edge and radius

(1) scc





- निकतम परमाणुओं के बीच की दूरी - $2r = a$

सम्बन्ध - $r = \frac{a}{2}$

THE GUIDE
ACADEMIC

(2) fcc

ΔABC में-

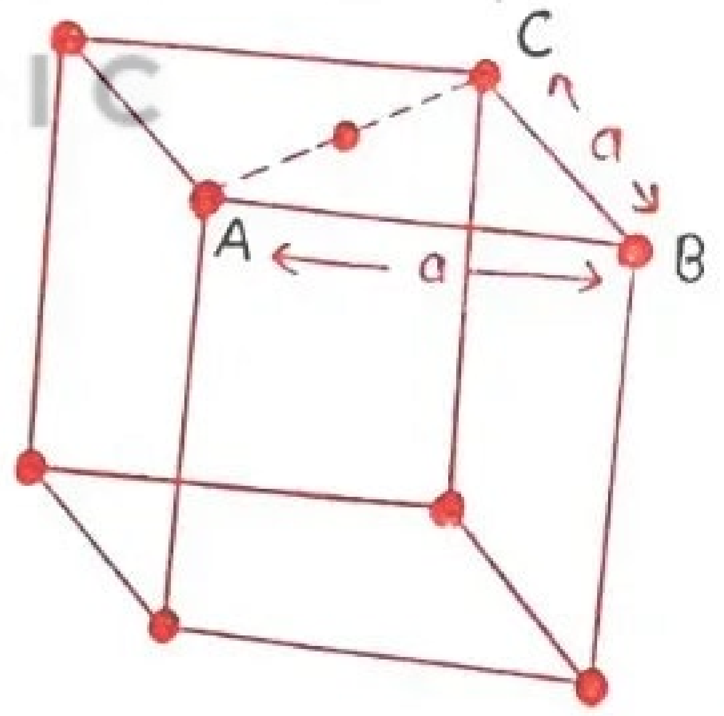
$कर्ण^2 = लम्ब^2 + आधार^2$

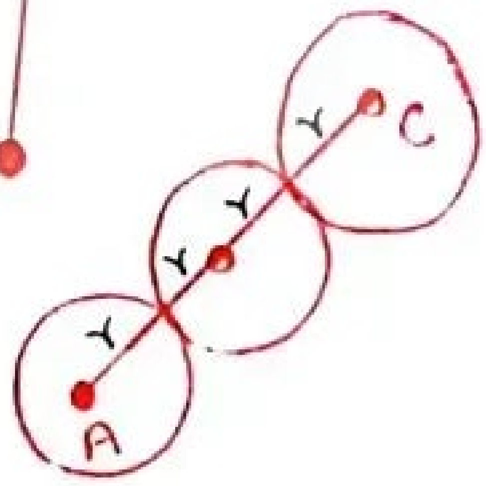
$AC^2 = BC^2 + AB^2$

$AC^2 = a^2 + a^2$

$AC^2 = 2a^2$

$\boxed{AC = \sqrt{2}a}$ → फलक विकर्ण (Face digonal)

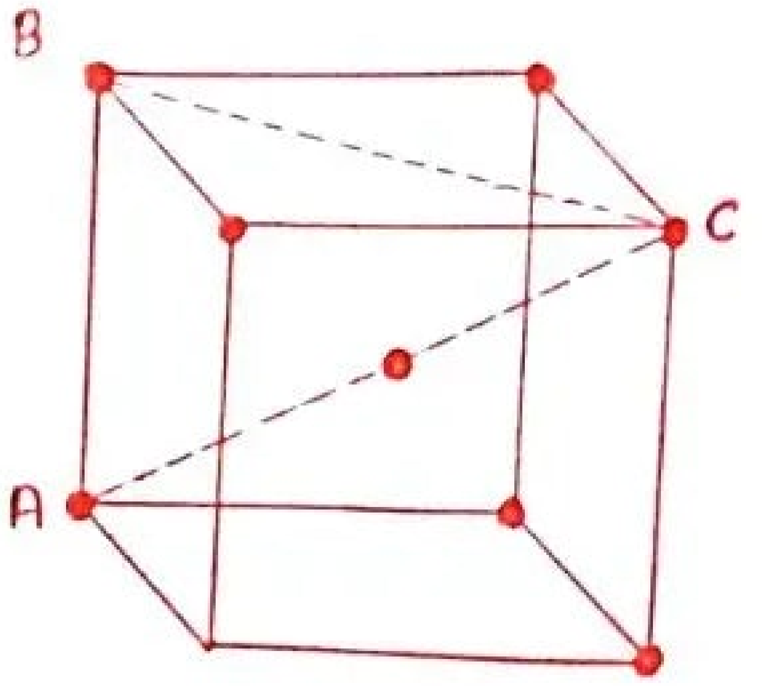




- निकतम परमाणुओं के बीच की दूरी - $2r = \frac{\sqrt{2}a}{2}$

सम्बन्ध - $r = \frac{\sqrt{2}a}{4}$ या $r = \frac{a}{2\sqrt{2}}$

③ bcc -

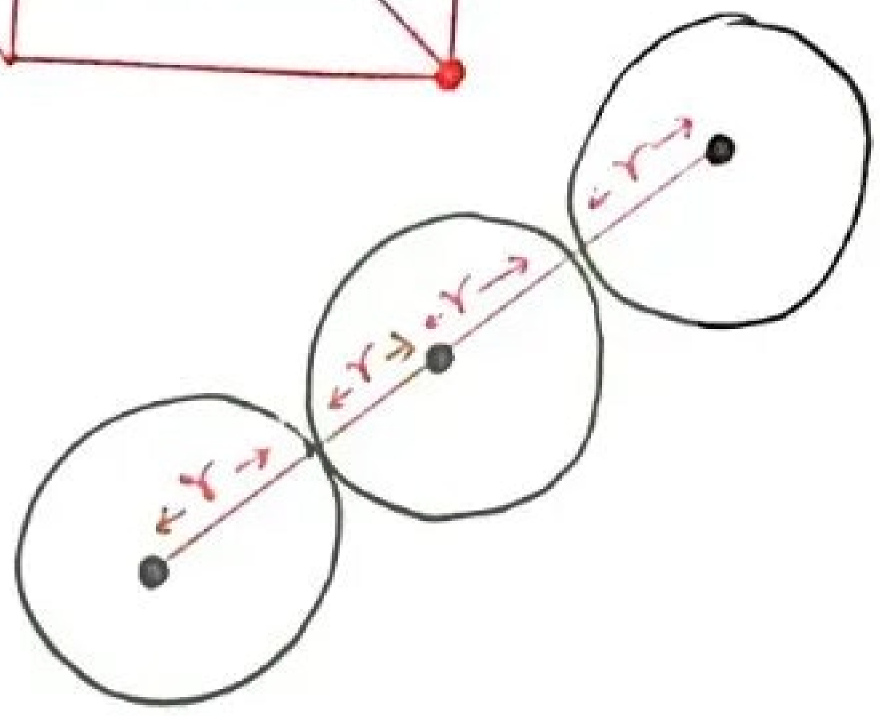


ΔABC में-

$$AC^2 = AB^2 + BC^2$$
$$AC^2 = a^2 + (\sqrt{2}a)^2$$
$$AC^2 = a^2 + 2a^2$$
$$AC^2 = 3a^2$$
$$\boxed{AC = \sqrt{3}a}$$ → काय विकर्ण (Body digonal)

- निकतम परमाणुओं के बीच की दूरी- $2r = \frac{\sqrt{3}a}{2}$

सम्बन्ध- $r = \frac{\sqrt{3}a}{4}$



संकुलन क्षमता (Packing efficiency)

प्रत्येक गोले (अवयवी कण) द्वारा घेरा गया भाग, एवं एकक कोष्ठिका के भाग का प्रतिशत अनुपात उस एकक कोष्ठिका की संकुलन क्षमता (PF) (PE) कहलाती है।

द्विविमीय के लिए (for 2D) - $$PE = \frac{Z \times A_{(atom)}}{(A)_{crystal}} \times 100$$

या

$$PE = \frac{Z \times 4\pi r^2}{a^2} \times 100$$

त्रिविमीय के लिए (for 3D) - $$PE = \frac{Z \times V_{(atoms)}}{V_{(crystal)}} \times 100$$

या

$$PE = \frac{Z \times 4\pi r^3}{a^3 \times 3} \times 100$$

जहाँ Z = प्रति एकक कोष्ठिका में परमाणुओं की संख्या

r = परमाणु (गोले) की त्रिज्या

a = घन की भुजा

THE GUIDE
ACADEMIC

(i) scc के लिए-

$Z=1$, $2r=a$ या $r=a/2$

$$PE = \frac{Z \times 4\pi r^3}{a^3 \times 3} \times 100$$

$$PE = \frac{1 \times 4 \times 3.14 \left(\frac{a}{2}\right)^3}{a^3 \times 3} = \frac{1 \times 4 \times 3.14 \times a^3}{a^3 \times 3 \times 8_2} \times 100$$

$$PE = \frac{314}{6} = \frac{157}{3} = 52.3$$

$PE \approx 52.4\%$

(ii) bcc के लिए-

$Z=2$, $2r=\frac{\sqrt{3}a}{2}$, $r=\frac{\sqrt{3}a}{4}$

$$PE = \frac{Z \times 4\pi r^3}{a^3 \times 3} \times 100$$

$$PE = \frac{2 \times 4 \times 3.14 \times \left(\frac{\sqrt{3}a}{4}\right)^3}{a^3 \times 3} \times 100 = \frac{2 \times 4 \times 3.14 \times \sqrt{3} \times \sqrt{3} \times \sqrt{3} \times a^3}{a^3 \times 3 \times 64_{16_8}} \times 100$$

$$PE = \frac{3.14 \times 3\sqrt{3} \times 100}{3 \times 8} = \frac{\overset{157}{314} \times 1.732}{8_4} = \frac{157 \times \overset{0.433}{1.732}}{4}$$

$$PE = 157 \times 0.433 = 67.98$$

$PE = 67.98$

$PE \approx 68\%$

(iii) fcc के लिए-

$Z=4$, $2r=\frac{\sqrt{2}a}{2}$ या $r=\frac{\sqrt{2}a}{4}$

$$PE = \frac{Z \times 4\pi r^3}{a^3 \times 3} \times 100$$

$$PE = \frac{4 \times 4 \times 3.14 \times \left(\frac{\sqrt{2}a}{4}\right)^3}{a^3 \times 3} \times 100 = \frac{4 \times 4 \times 3.14 \times \sqrt{2} \times \sqrt{2} \times \sqrt{2} \times a^3}{a^3 \times 3 \times 64_4} \times 100$$

$$PE = \frac{3.14 \times 2\sqrt{2} \times 100}{3 \times 4_2} = \frac{3.14 \times 1.414 \times 100}{6} = \frac{314 \times 1.414}{6}$$

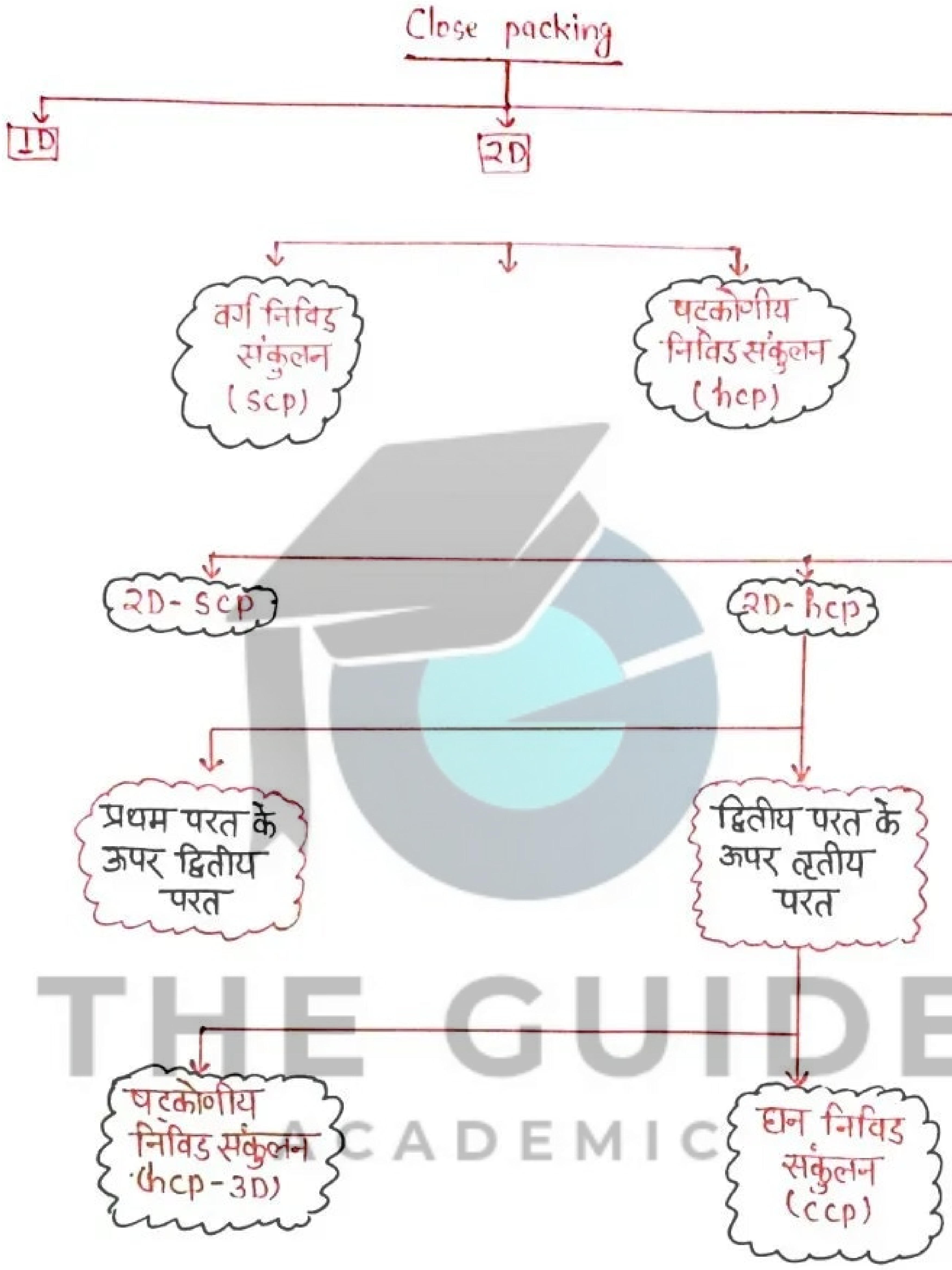
$$PE = \frac{157 \times 1.414}{3} = \frac{221.998}{3} = 73.99$$

$PE \approx 74\%$

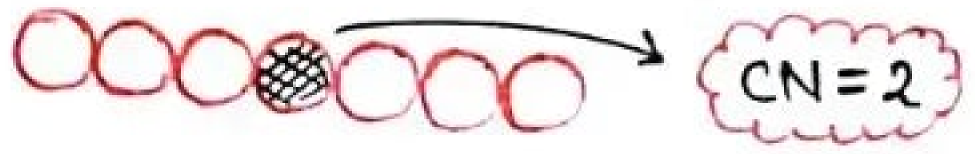
THE GUIDE ACADEMIC

ठोसों में संकुलन
Packing in Solids

किसी ठोस में अवयवी कणों को इस प्रकार व्यवस्थित किया जाए कि ज्यादा से ज्यादा अवयवी कण आ सके, तो इसे ठोसों में संकुलन अथवा निविड या संवृत संकुलन (Close packing) कहते हैं।

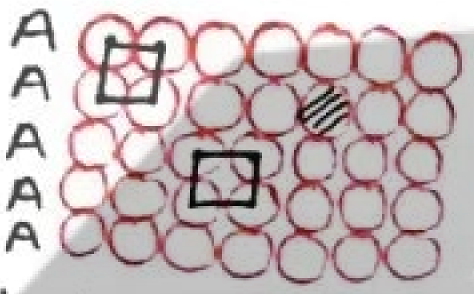


① एकविमीय निविड़ संकुलन -: जब अवयवी कणों को प्रदर्शित करने वाले गोलों को एक पंक्ति में इस प्रकार रखा जाए कि एक गोला अन्य दो गोलों के सम्पर्क में हो, तो इसे एकविमीय निविड़ संकुलन कहते हैं।



② द्विविमीय निविड़ संकुलन -: जब एकविमीय निविड़ संकुलन के गोलों को या पंक्तियों को दो विमाओं अर्थात एक तल में व्यवस्थित ढंग से रखते हैं तो इसे 2D- close packing कहते हैं। जिन्हें दो व्यवस्थाओं में रखा जा सकता है-

(i) वर्ग निविड़ संकुलन (Square close packing) -: एक तल में गोलों को इस प्रकार व्यवस्थित करते हैं कि एक गोला अन्य चार गोलों के सम्पर्क में रहें तो उनके केन्द्रों को मिलाने पर एक वर्ग जैसी आकृति बनती है इसीलिए इसे SCP कहते हैं।



ⓐ व्यवस्था - AAA.... type

ⓑ $Z = 4 \times \frac{1}{4} = 1$

ⓒ CN = 4

ⓓ Relation between r and a → $2r = a$

ⓔ % PF / PE = ?

$$\% PE = \frac{Z \times A_{(atom)}}{A_{(unit\ cell)}} \times 100$$

$$= \frac{1 \times \pi r^2}{a^2} \times 100 = \frac{\pi r^2}{(2r)^2} \times 100$$

$$= \frac{\pi r^2}{4 r^2} \times 100 = \frac{\pi}{4} \times 100$$

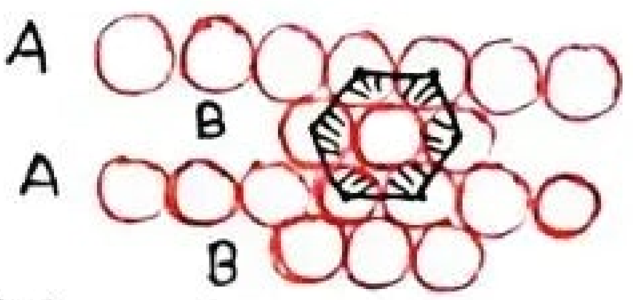
$$\% PE = 78.5\%$$

ⓕ % void → 100 − 78.5

रिक्ति = 21.5%

THE GUIDE
ACADEMIC

(ii) **षट्कोणीय निविड संकुलन (Hexagonal close packing) -:** जब एक तल में गोलों को इस प्रकार व्यवस्थित करते हैं कि एक गोला अन्य 6 गोलों के सम्पर्क में रहे और उनके केन्द्रों को मिलाने पर एक षट्भुज आकृति बनती है, इसीलिए इसे hcp कहते हैं।



ⓐ व्यवस्था - ABAB AB.... type

ⓑ $Z = 6\times\frac{1}{3}+1 = 2+1 = 3$

ⓒ CN = 6

ⓓ relation between r and a → $2r = a$

ⓔ % PE/PF = $\frac{Z\times A_{(atom)}}{A_{(unit\ cell)}}\times 100$

$$= \frac{3\times\pi r^2}{6\times\frac{\sqrt{3}}{4}a^2}\times 100 = \frac{2\pi r^2\times 100}{\sqrt{3}\times(2r)^2}$$

$$= \frac{2\pi r^2}{\sqrt{3}\times 4r^2}\times 100 = \frac{\pi\times 100}{2\sqrt{3}} = \frac{3.14\times 100}{2\times 1.732}$$

$$= \frac{314\times 1000}{2\times 1732} = \frac{157\times 1000}{1732} = \frac{157\times 500}{866}$$

$$= \frac{157\times 250}{433} = \frac{39250}{433} = 90.6$$

% PE = 91% , ⓕ % void = 9%

③ **त्रिविमीय निविड संकुलन -:** जब अवयवी कणों को प्रदर्शित करने वाले गोलों को त्रिविम आकाश में एक निश्चित व्यवस्था में रखते हैं तो उसे 3D-Close packing कहते हैं।

(i) **द्विविमीय निविड संकुलन से त्रिविमीय निविड संकुलन -:** जब एक वर्ग निविड संकुलन परत के ऊपर अन्य परत के गोलों को इस प्रकार रखते हैं कि ऊपरी परत के गोलें, निचली परत के गोलों के ठीक ऊपर हैं तो सम्पर्क के गोलों को मिलाने पर एक SCC संरचना प्राप्त होती है।

ⓐ व्यवस्था - AAA..... type

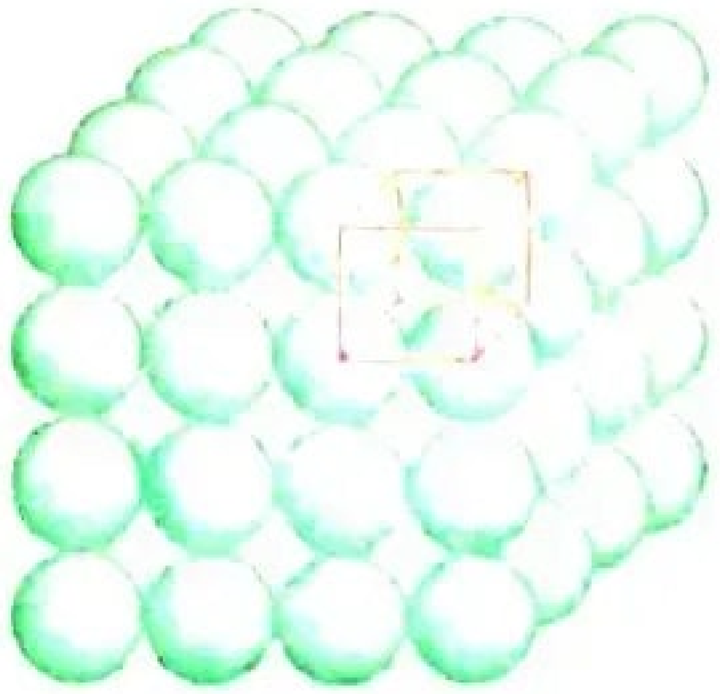
ⓑ Z = 1

ⓒ CN = 6

ⓓ relation between r and a → $2r = a$

ⓔ % PE/PF = 52.4%

ⓕ % Void = 47.6%



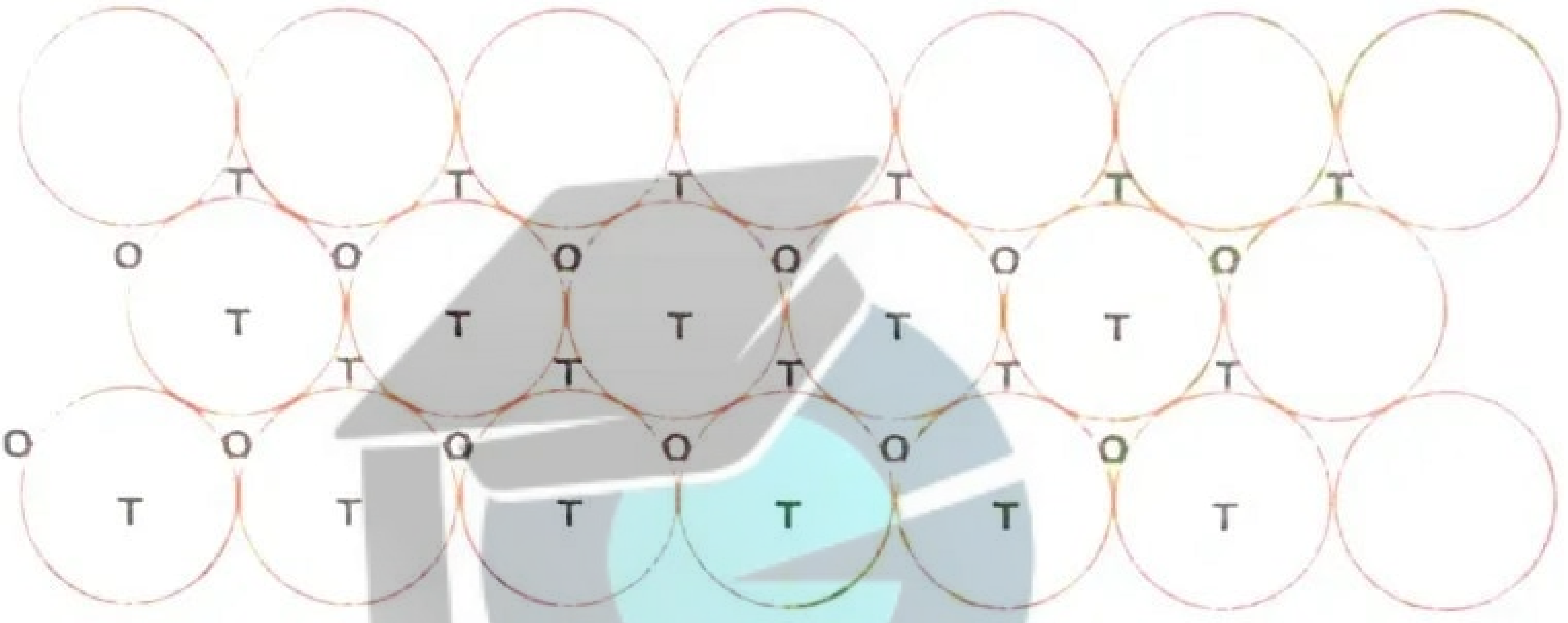
THE GUIDE ACADEMIC

(ii) द्विविमीय षट्कोणीय निविड संकुलन से त्रिविमीय निविड संकुलन :-

• **प्रथम परत के ऊपर द्वितीय परत का अच्छादन :-** जब हम hcp-2D प्रथम परत के ऊपर अन्य hcp-2D की द्वितीय परत को रखते हैं तो दो प्रकार की रिक्तियां प्राप्त होती हैं -

Ⓐ **चतुष्फलकीय रिक्ति :-** hcp-2D की प्रथम परत के ऊपर द्वितीय परत के hcp-2D के गोलों के इस प्रकार रखते हैं कि वे प्रथम परत की रिक्तियों के ऊपर हो तो बनी रिक्ति को THV कहते हैं (T)

Ⓑ **अष्टफलकीय रिक्ति :-** THV के अलावा एक और नयी रिक्ति बनती है जिसे OHV कहते हैं।



• **द्वितीय परत के ऊपर तृतीय परत का अच्छादन :-** जब hcp-2D की द्वितीय परत के ऊपर अन्य hcp-2D के तृतीय परत के गोलों को बनी THV (चतुष्फलकीय रिक्ति) के ऊपर रखते हैं तो प्रथम परत व तृतीय परत के गोले संरेखित हो जाते हैं और इसे hcp-3D- close packing कहते हैं।

(i) व्यवस्था - AB AB AB ----- type

(ii) $Z = \frac{1}{6}\times 12 + 2\times\frac{1}{2} + 3\times 1 = 2+1+3 = \boxed{6}$

(iii) $CN = 6+3+3 = \boxed{12}$

(iv) Relation between r and a → $\boxed{2r = a}$

(v) $\% PE = \frac{Z\times V(atom)}{V(unit\ cell)}\times 100$

$$= \frac{6\times\frac{4}{3}\pi r^3\times 100}{3\sqrt{2}a^3\times ...} = \frac{8\pi r^3\times 100}{3\sqrt{2}\times(2r)^3} = \frac{8\pi r^3\times 100}{3\sqrt{2}\times 8r^3}$$

$$= \frac{3.14\times 100}{3\times 1.414} = \frac{3140\times 100}{3\times 1414} = \frac{1570\times 100}{3\times 707} = \frac{157000}{2121}$$

$\%PE = 74\%$, $\% voids = 26\%$

- जब hcp-2D की द्वितीय परत के ऊपर अन्य hcp-3D की तृतीय परत के गोलों को घनी अष्टफलकीय रिक्तियों में रखते हैं तो उनके कोनों के केन्द्रों को मिलाने पर एक घन (fcc) संरचना प्राप्त होती है। जिसे घन निविड़ संकुलन (ccp) कहते हैं।

(i) व्यवस्था - A B C A BC ABC .... type

(ii) Z = 4

(iii) CN = 12

(iv) Relation between r and a → $r = \frac{\sqrt{2}a}{4}$

(v) % PE = 74%

(vi) % void = 26%

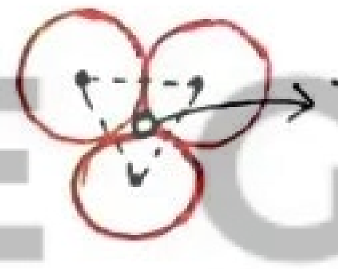
Note - fcc/hcp/ccp of % PE = 74%.

अन्तराकाशीय छिद्र या रिक्तियां
Interstitial holes or Voids

जब निविड़ संकुलित व्यवस्था में गोलों को समावेशित करते हैं तो उनके बीच एक खाली स्थान छूट जाता है जिसे IH या IV कहते हैं।

(1.) त्रिकोणीय रिक्ति (Triangular void) :- एक तल में तीन गोलों को एक-दूसरे से स्पर्श करते हुए रखते हैं तो उनके मध्य जो खाली स्थान छूट जाता है तो इसे TV कहते हैं।

(i) किसमें - hcp-2D



THE GUIDE ACADEMIC

(2.) चतुष्फलकीय रिक्ति (Tetrahedral void) :- यदि हम त्रिकोणीय रिक्ति के ठीक ऊपर एक गोला रख दें तो चारों गोलों के द्वारा बनी रिक्ति THV कहते हैं।

(i) किसमें - fcc, ccp, hcp-3D

(ii) कहाँ - Body digonal ($\sqrt{3}a/4$)

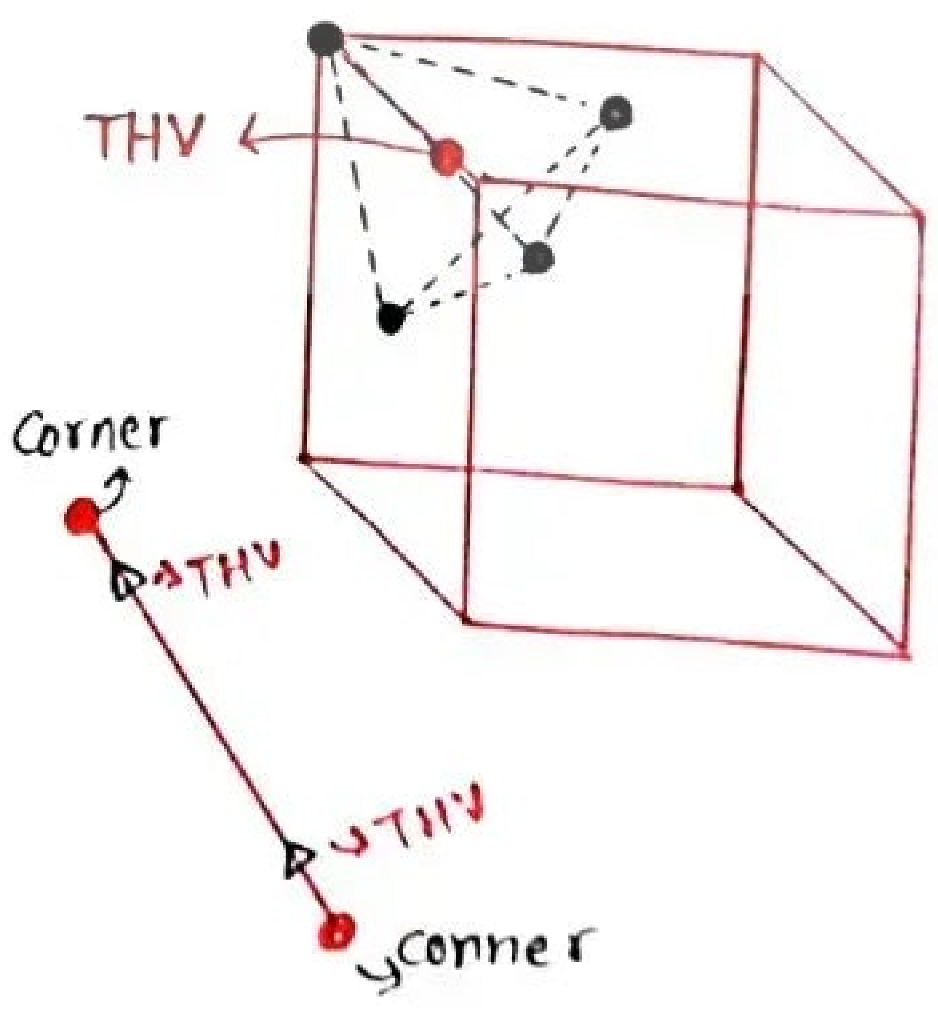
(iii) किसके द्वारा - 1 corner + 3 face centre

(iv) 8 cornes = 8 THV

(v) Body digonal (काय विकर्ण) = $\sqrt{3}a$

(vi) Body centre (काय केन्द्र) = $\sqrt{3}a/2$

(vii) Z = 4 if atoms are = N then THV = 2N



(3.) अष्टफलकीय रिक्ति (Octahedral Void) →

जब एक hcp-2D के तीन गोलों के ऊपर अन्य hcp-2D के तीन गोलों को इस प्रकार रखते हैं कि ~~एक~~ छः गोलों के मध्य में एक रिक्ति स्थान प्राप्त हो तो ऐसी रिक्ति को OHV कहते हैं।

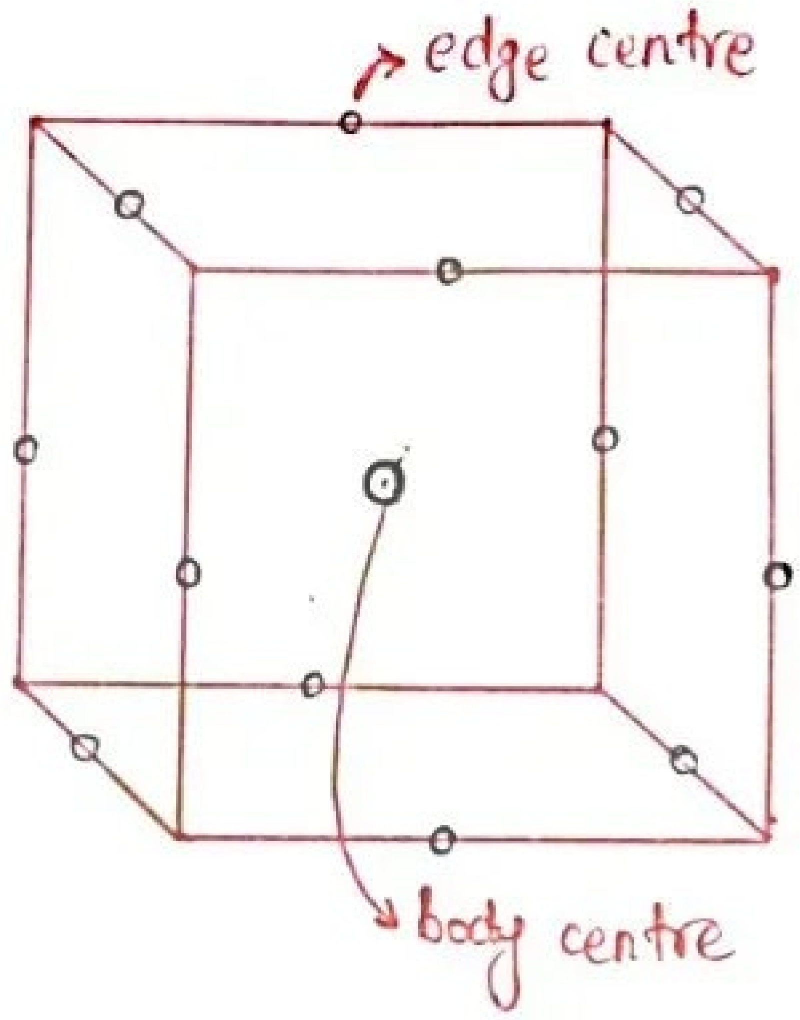
(i) किसमें = fcc , hcp-3D

(ii) कहाँ = Edge centre (कोर केन्द्र)

↓ 2 कोनें

↓ 2 छत के केन्द्र द्वारा

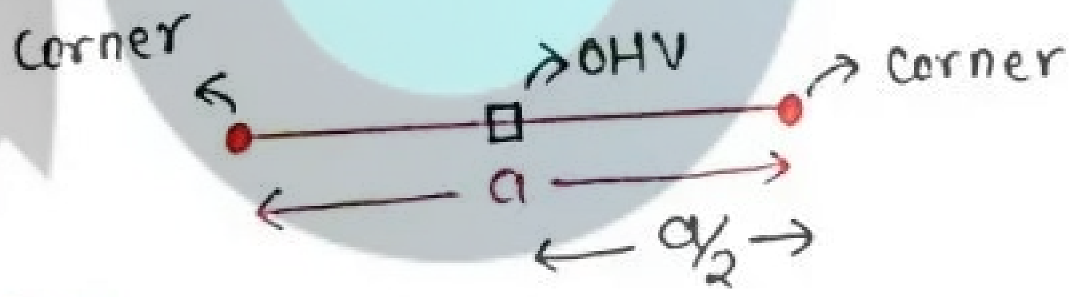
↓ कोनें के द्वारा नीचे की दीवार व ऊपर की दीवार के केन्द्र द्वारा



कहाँ = Body centre (काय केन्द्र)

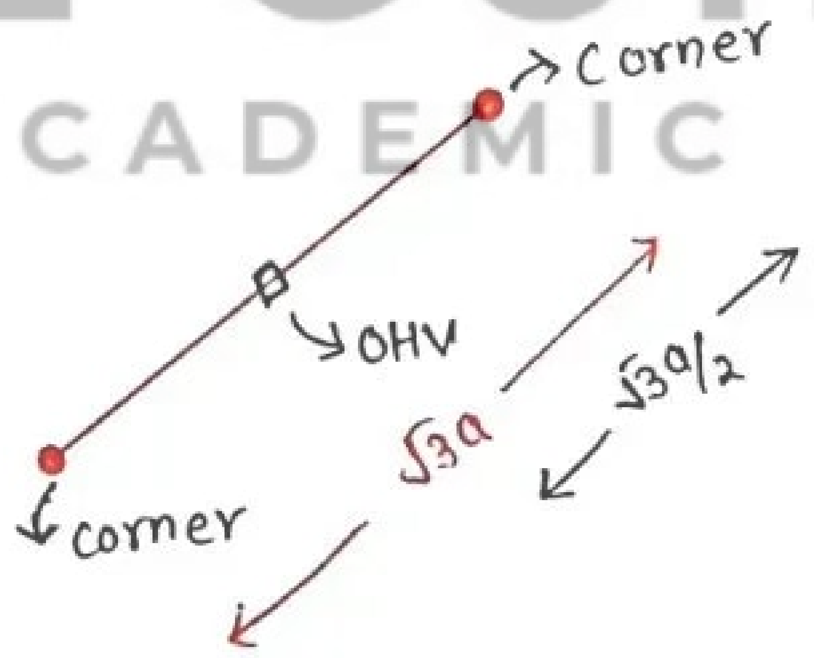
↓ 4 दीवारों के केन्द्र द्वारा

(iii) कोर केन्द्र द्वारा -



$OHV = 12 \times \frac{1}{4} = 3$

(iv) काय केन्द्र द्वारा -



$OHV = 1 \times 1$

$OHV = 1$

(v) कुल $OHV = 4$

(vi) $Z = 4$

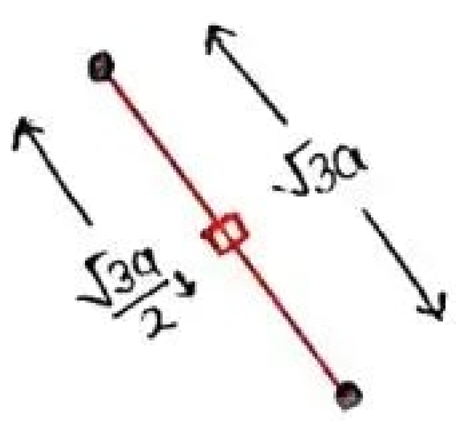
(vii) if atoms are = N

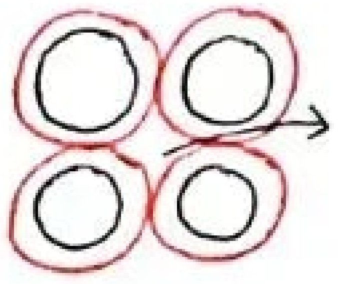
then $OHV = N$

THE GUIDE
ACADEMIC

4. घनीय रिक्ति (Cubical Void)-: जब एक परत के चार गोले एवं दूसरी परत के भी चार गोले मिलकर रिक्ति बनाते हैं तो उसे घनीय रिक्ति कहते हैं।

(i) किसमें - SCC में
(ii) कहाँ - काय केन्द्र पर
(iii) काय केन्द्र द्वारा - $\sqrt{3}a/2$
(iv) CN = 8





THE GUIDE
ACADEMIC

आंकिक प्रश्न

① किसी क्रिस्टलीय ठोस मे A व B परमाणु निम्न क्रम मे व्यवस्थित हैं-

(i) परमाणु A ccp संरचना में हैं।

(ii) B परमाणु सभी अष्टफलकीय रिक्तियों और चतुष्फलकीय रिक्तियों का आधा भाग घेरते हैं। यौगिक का सूत्र ज्ञात कीजिए।

दिया है- A परमाणु = ccp lattice (fcc)

B परमाणु = OHV + THV $\times \frac{1}{2}$

हल- माना A परमाणु = N

B परमाणु = $N + 2N \times \frac{1}{2} = N + N = 2N$

अनुपात = $N : 2N = 1 : 2$

सूत्र = AB_2 Ans

② फेरिक आक्साइड क्रिस्टल में आक्साइड आयन hcp जालक बनाता है और फेरिक आयन (Fe^{3+}) अष्टफलकीय रिक्तियों का $2/3$ स्थान घेरता है तो यौगिक का सूत्र ज्ञात कीजिए।

दिया है- आक्साइड आयन = hcp-3D lattice

फेरिक आयन = $2/3$ OHV

हल- माना आक्साइड आयन = N

फेरिक आयन = $2/3 \times N = \frac{2N}{3}$

अनुपात = $N : \frac{2N}{3} = 3N : 2N$ तब $Fe : O = 2 : 3$

सूत्र = Fe_2O_3 Ans

THE GUIDE
ACADEMIC

③ एक क्रिस्टल में A परमाणु ccp जालक बनाता है और B परमाणु चतुष्फलकीय रिक्तियों का $2/3$ स्थान स्थान घेरते हैं यौगिक का सूत्र कीजिए।

दिया है- A परमाणु = ccp (fcc)

B परमाणु = $2/3$ THV

हल- माना A परमाणु = N

B परमाणु = $\frac{2}{3} \times 2N = \frac{4N}{3}$

अनुपात = $N : \frac{4N}{3} = 3N : 4N = 3 : 4$

सूत्र = A_3B_4 Ans

(4) एक क्रिस्टलीय ठोस में C ऋणायन ccp जालक बनाता है। धनायन A चतुष्फलकीय रिक्ति का 50% एवं धनायन B अष्टफलकीय रिक्ति का 50% स्थान घेरते हैं। यौगिक का सूत्र ज्ञात कीजिए।

दिया है - ऋणायन C = ccp lattice (fcc)

धनायन A = 50% THV

धनायन B = 50% OHV

हल - माना C परमाणु = N

धनायन $A = \frac{1}{2} \times 2N = N$

धनायन $B = \frac{1}{2} \times N = N/2$

$A : B : C = N : \frac{N}{2} : N = 2N : N : N = 2:1:1$

सूत्र = A_2BC_2

महत्वपूर्ण तथ्य -

SCC	BCC	fcc/ccp	hcp-3D
पोलोनियम (Po)	Li, Na, K, Rb, Cs, Ba, Cr, V, W (टंगस्टन)	Ca, Cu, Ni, Au, Ag, Al, At, Co, I_2, हीरा	Be, Mg, Sr, Cd, Ti, Zn, Zr, ग्रेफाइट
	CsCl, TiCl, CsI, CsBr, TiI	• All AB प्रकार के आयनिक यौगिक • सभी AB_2 सभी A_2B	

त्रिज्या अनुपात (Radius Ratio)

किसी क्रिस्टल जालक में धनायन एवं ऋणायन की त्रिज्या का अनुपात, त्रिज्या अनुपात (RR) कहलाता है।

माना धनायन की त्रिज्या = $r^+ = r_c = r$ (छोटी)

ऋणायन की त्रिज्या = $r^- = r_a = R$ (बड़ी)

$$\text{त्रिज्या अनुपात} = \frac{r^+}{r^-} = \frac{r_c}{r_a} = \frac{r}{R} = \frac{\text{छोटी त्रिज्या}}{\text{बड़ी त्रिज्या}} = \frac{\text{रिक्ति के आयन की}}{\text{जालक के आयन की}}$$

THE GUIDE ACADEMIC

त्रिज्या अनुपात	CN	आकृति (Geometry)	उदाहरण (Example)
0·155 < 0·225	3	Triangular	BN (inorganic Graphite), B_2O_3 (Boric an hydride)
0·225 < 0·414	4	THV	ZnS, ZnO, CuCl, CuBr, BaS, SiO_4^{4-}
0·414 < 0·732	6	OHV	NaCl, NaBr, MgO, CaO, AgF, AgCl, CaS
0·732 < 1·000	8	Cubical	CsCl, CsBr, TiCl, TiBr, NH_4Cl, NH_4Br

Compound	Location of ions	Formula Unit (Z)	CN C : A	r_a and r_c
NaCl	Cl^- → ccp (fcc) (4) Na^+ → 100% OHV (4)	4	6 : 6	$r_c + r_a = \frac{a}{2}$
CsCl	Cl^- → scc (4) Cs^+ → Cubical void (1)	1	8 : 8	$r_c + r_a = \frac{\sqrt{3}a}{2}$
CaF_2	Ca^{2+} → fcc (4) F^- → 100% THV (8)	4	8 : 4	$r_c + r_a = \frac{\sqrt{3}a}{4}$
Na_2O	O^{2-} → fcc (4) Na^+ → 100% THV (8)	4	4 : 8	$r_c + r_a = \frac{\sqrt{3}a}{4}$
ZnS	S^{2-} → ccp (fcc) (4) Zn^{2+} → 50% THV (4)	4	4 : 4	$r_c + r_a = \frac{\sqrt{3}a}{4}$

THE GUIDE ACADEMIC

आंकिक प्रश्न

① यदि धनायन एवं ऋणायन की त्रिज्या क्रमशः 95 pm एवं 181 pm है तो धनायन की समन्वय संख्या क्या होगी?

दिया है- $r^+ = 95\,pm$

$r^- = 181\,pm$

हल- त्रिज्या अनुपात $= \frac{r^+}{r^-} = \frac{95}{181} = 0.52$

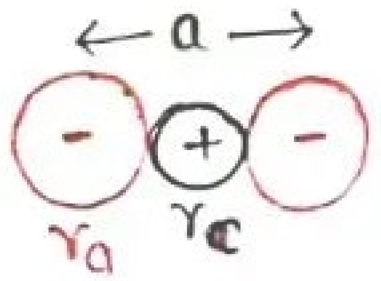
अष्टफलकीय संरचना = OHV

धनायन की समन्वय संख्या = 6 Ans

② एक आयनिक यौगिक के कोर की लम्बाई 7.2 Å है। तो ऋणायन की त्रिज्या क्या होगी? जबकि धनायन की त्रिज्या 1.6 Å है। (आयनिक यौगिक fcc प्रकार का है।)

दिया है- $a = 7.2\,Å$

$r_c = 1.6\,Å$



हल- $r_c + r_a = \frac{a}{2}$

$1.6 + r_a = \frac{7.2}{2}$

$1.6 + r_a = 3.6$

$r_a = 3.6 - 1.2$

$r_a = 2.0\,Å$ Ans

THE GUIDE
ACADEMIC

③ CsBr की कोर की लम्बाई 4.2 Å है तो निकटतम आयनों के बीच की दूरी है।

दिया है- CsBr (fcc), voids → THV(50%)

$a = 4.2\,Å$

हल- $r_c + r_a = \frac{\sqrt{3}a}{4}$

$r_c + r_a = \frac{1.732 \times 4.2}{4} = \frac{0.866 \times 4.2}{2} = 0.433 \times 4.2$

$r_c + r_a = 1.8186$

$r_c + r_a = 1.8\,Å$

④ सोने परमाणु की त्रिज्या 0.4 nm है तो कोर की लम्बाई ज्ञात कीजिए।

दिया- सोने (Au) → fcc lattice

$r = 0.4\ nm$

हल- $r = \frac{\sqrt{2}a}{4} = 1.414 \times 0.4$

$0.4 = \frac{\sqrt{2}a}{4}$

$0.4 = \frac{\sqrt{2}a}{4} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}}$

$0.4 = \frac{2a}{\sqrt{2} \times 4\!\!\!/ 2}$

$a = 2\sqrt{2} \times 0.4$

$a = 0.8 \times 1.414$

$a = 1.1312 = 1.1312$

$a = 1.1\ nm$ Ans

⑤ एक आयनिक पदार्थ fcc जालक बनाता है जिसके कोर की लम्बाई 508 pm एवं धनायन की त्रिज्या 110 pm है तो ऋणायन की त्रिज्या क्या होगी?

दिया है- आयनिक पदार्थ → fcc lattice

$a = 508\ pm$

$r_c = 110\ pm$

हल- $r_c + r_a = \frac{a}{2}$

$r_c + r_a = \frac{508}{2}$

$110 + r_a = 254$

$r_a = 254 - 110$

$r_a = 144\ pm$ Ans

THE GUIDE ACADEMIC

एकक कोष्ठिका का घनत्व [Density of Unit cell]

माना एक परमाणु का द्रव्यमान = M ग्राम-मोल$^{-1}$

∴ 1 मोल परमाणु का द्रव्यमान = M ग्राम ——(i)

∵ 1 मोल में परमाणुओं की संख्या = N_A

तब N_A परमाणुओं का द्रव्यमान = M ग्राम

1 परमाणु का द्रव्यमान = $\frac{M}{N_A}$ ग्राम

Z परमाणुओं का द्रव्यमान = $\frac{Z \times M}{N_A}$ ग्राम ——(ii)

एकक कोष्ठिका का द्रव्यमान = $\frac{Z \times M}{N_A}$ ग्राम

एकक कोष्ठिका का आयतन = a^3 cm^3

एकक कोष्ठिका का घनत्व = $\frac{Z \times M}{a^3 \times N_A}$

कुछ महत्वपूर्ण बिन्दु :-

1 mm = 10^{-3} m = 10^{-1} cm

1 μm = 10^{-6} m = 10^{-4} cm

1 nm = 10^{-9} m = 10^{-7} cm

1 Å = 10^{-10} m = 10^{-8} cm

1 pm = 10^{-12} m = 10^{-10} cm

THE GUIDE
ACADEMIC

आंकिक प्रश्न

प्र 1. 58·5 gm NaCl में इकाई सेलों की संख्या ज्ञात कीजिए।

दिया- NaCl (fcc lattice)

M = 58·5 gm

(मोलर द्रव्यमान) MM = 23 + 35·5 = 58·5 gm/mol

हल- मोलों की संख्या = $\frac{M}{MM} = \frac{58.5}{58.5}$ = 1 mol

1 मोल में परमाणु = 6.023×10^{23}

एकक कोष्ठिका में परमाणु = 4

तब इकाई सेलों की संख्या = $\frac{6.023\times10^{23}}{4}$

इकाई सेलों की संख्या = 1.505×10^{23} Ans

2. एक तत्व BCC जालक बनाता है और इसके कोर की लम्बाई 288 pm है। यदि तत्व का घनत्व 2.7 gm/cm3 है तो 208 gm तत्व में परमाणुओं की संख्या क्या होगी?

दिया है- BCC जालक

$Z = 2$

$a = 288\ pm = 288\times10^{-10}\ cm$

तत्व का घनत्व (ρ) = 2.7 gm/cm3

तत्व का द्रव्यमान$_{(m)}$ = 208 gm

निकालना है- परमाणुओं की संख्या = N [N_A की जगह N रखने पर]

हल-: $\rho = \frac{Z\times m}{a^3\times N}$

तब $N = \frac{Z\times m}{a^3\times\rho} = \frac{2\times208}{(288\times10^{-10})^3\times2.7} = \frac{416}{23887872\times10^{-30}\times27\times10^{-1}}$

$N = \frac{416}{23.9\times10^{-24}\times2.7} = \frac{416\times10^{24}}{64.53}$

$N = 6.446\times10^{-24}$

$N = 64.46\times10^{23}$ परमाणु Ans

THE GUIDE
ACADEMIC

3. धात्विक स्वर्ण क्रिस्टल आकृति में घन जालक केन्द्र है। सोने के 2.0 ग्राम में इकाई सेलों की संख्या क्या है जबकि सोने का परमाणु भार 179 है।

दिया है- Au (fcc)

$Z = 4$

MM = 179 ग्राम/मोल

M = 2 ग्राम

हल- मोलों की संख्या = $\frac{M}{MM} = \frac{2}{179}$ मोल

1 मोल में परमाणुओं की संख्या = 6.022×10^{23}

तब $\frac{2}{179}$ मोल में परमाणुओं की संख्या = $\frac{2\times6.022\times10^{23}}{179}$

इकाई सेलों की संख्या = $\frac{2\times6.022\times10^{23}}{179\times4} = 1.68\times10^{21}$ Ans

7. सिल्वर ccp जालक बनाता है एवं इसके कोर की लम्बाई 408.6 पिकोमीटर है सिल्वर के घनत्व की गणना कीजिए। ($Ag = 107.9\,u$)

दिया है- $Ag \rightarrow ccp(fcc)$

$Z = 4$

$a = 408.6\,pm = 408 \times 10^{-10}\,cm$

$M = 107.9\,gm/mol$

हल- Ag का घनत्व $= \dfrac{Z \times M}{a^3 . N_A}$

$= \dfrac{4 \times 107.9}{(408.6 \times 10^{-10})^3 (6.022 \times 10^{23})}$

$= \dfrac{431.6}{16.7 \times 10^{-26} \times 6.022 \times 10^{23}}$

$= \dfrac{431.6}{100.567 \times 10^{-3}} = \dfrac{431.6 \times 10^3}{100.6}$

$= 4.29 \times 10^3$

घनत्व $= 4.3 \times 10^3\,gm/cm^3$ Ans

दोष या त्रुटि (defect or error)

किसी क्रिस्टल जालक में जब अवयवी कणों की व्यवस्था में कोई विचलन होता है। तो इसे दोष या त्रुटि कहते हैं। यह मुख्यतः दो प्रकार का होता है-

A. बिन्दु दोष (Point defect)

B. रेखीय दोष (Linear defect)

A. बिन्दु दोष (Point defect) :- जब क्रिस्टल जालक में किसी एक या दो कणों के विचलन से दोष उत्पन्न होता है तो इसे बिन्दु दोष कहते हैं। यह मुख्यतः तीन प्रकार का होता है-

1. स्ससमीकरणीयमिति दोष (Stoichiometric defect)
2. अस्ससमीकरणीयमिति दोष (Non-Stoichiometric defect)
3. अशुद्धता दोष (Impurity defect)

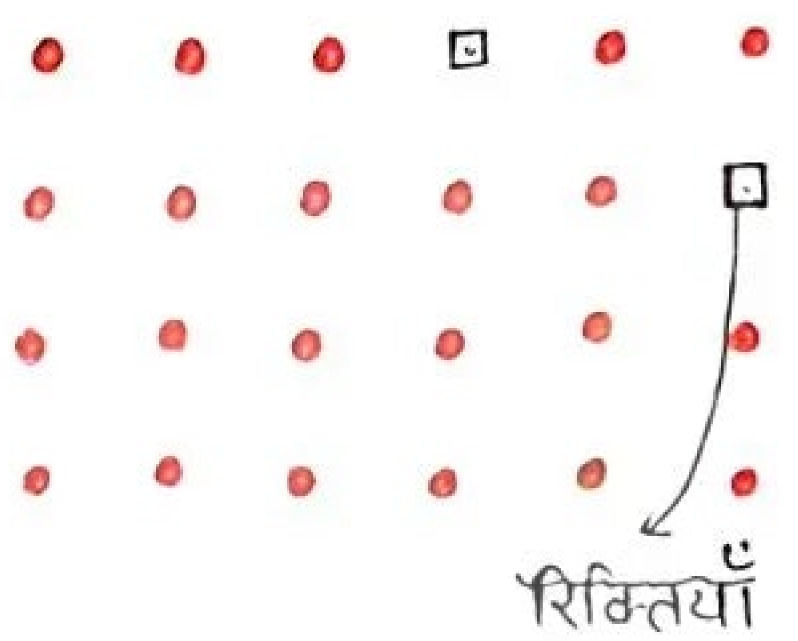
1. रससमीकरणीयमिति दोष -: जब किसी क्रिस्टल जालक में उनके आयनों के अनुपात में कोई परिवर्तन नहीं होता है तो उसे रससमीकरणीयमिति दोष कहते हैं।

- धात्विक जालकों के लिए-

ⓐ रिक्तिका दोष (Vacancy defect) -: जब किसी क्रिस्टल जालक में कुछ अवयवी कण अपना स्थान छोड़कर बाहर चले जाते हैं तो इसे रिक्तिका दोष कहते हैं।

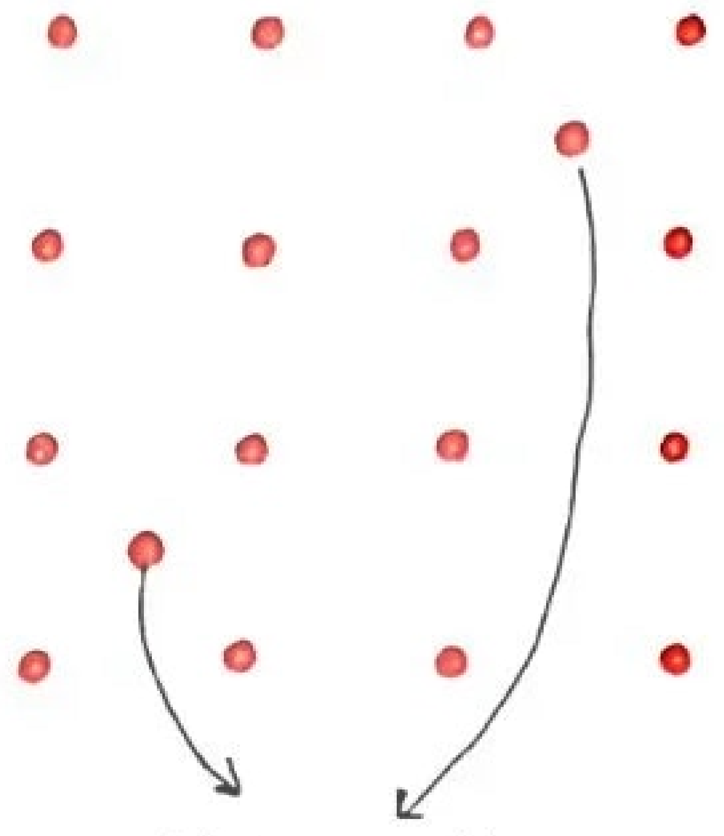
★ पदार्थ का घनत्व कम हो जाता है।

★ गर्म करने पर उत्पन्न होने के कारण इसे ऊष्मागतिकी दोष भी कहते हैं।



ⓑ अन्तराकाशी दोष (Interstitial defect) -: जब क्रिस्टल जालक में कुछ अवयवी कण जब अन्तराकाशी स्थान में आ जाते हैं तो इसे अन्तराकाशी दोष कहते हैं।

★ पदार्थ का घनत्व बढ़ जाता है।

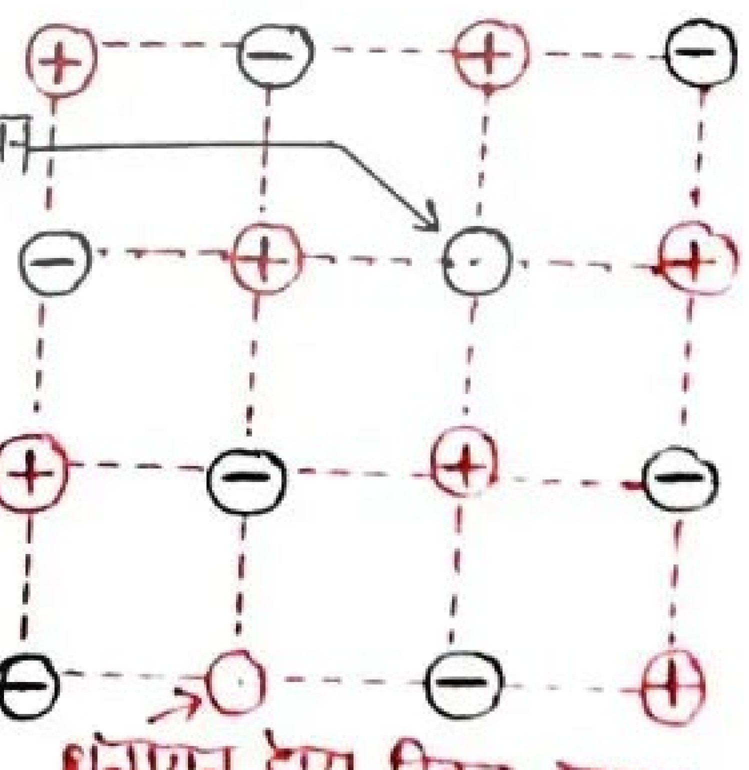


THE GUIDE ACADEMIC

- आयनिक ठोसों के लिए-

ⓐ शॉट्की दोष (Schottky defect) -: जर्मन वैज्ञानिक शॉट्की नें सन् 1930 ई० में बताया कि-

जब किसी आयनिक क्रिस्टल में समान अनुपात में धनायन व ऋणायन अपना स्थान छोड़कर बाहर निकल जाते हैं। तो इसे शॉट्की दोष कहते हैं।

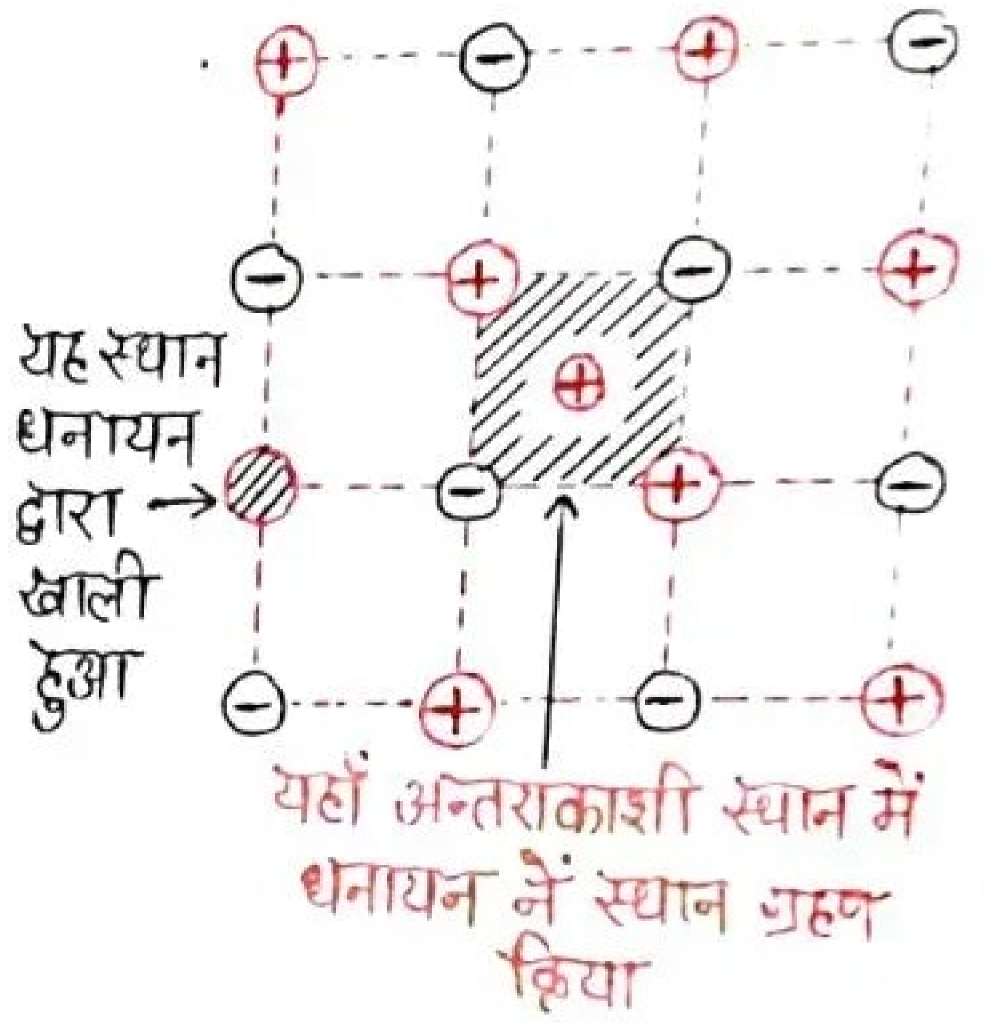


★ प्रभाव- घनत्व कम हो जाता है।

★ किसमें- (i) जिनमें धनायन व ऋणायन का आकार लगभग समान होता है।
(ii) जिसकी समन्वय संख्या (CN = 8, 12) उच्च हो।

★ उदाहरण- NaCl, CsCl, KCl, AgBr → शॉट्की व फ्रेंकल दोनों में

(b) फ्रेंकेल दोष (Frenkel defect) -: रूसी वैज्ञानिक फ्रेंकेल ने सन् 1930 ई॰ में बताया कि - जब किसी आयनिक क्रिस्टल में कोई धनायन या ऋणायन अपना स्थान छोड़कर अन्तराकाशी में चला जाता है, तो इसे फ्रेंकेल दोष कहते हैं।



★ प्रभाव - (i) घनत्व अपरिवर्तित रहता है।
(ii) चालकता बढ़ जाती है।

★ किसमें - (i) जिनके धनायन व ऋणायन के आकार में काफी अन्तर होता है।
(ii) समन्वय संख्या निम्न (CN = 4, 6, 8)

Note - इस दोष को परागमन दोष (dislocation defect) या विस्थापन दोष कहते हैं।

★ उदाहरण - ZnS, AgCl, $BaCl_2$, $MgCl_2$, AgBr → दोनों में।

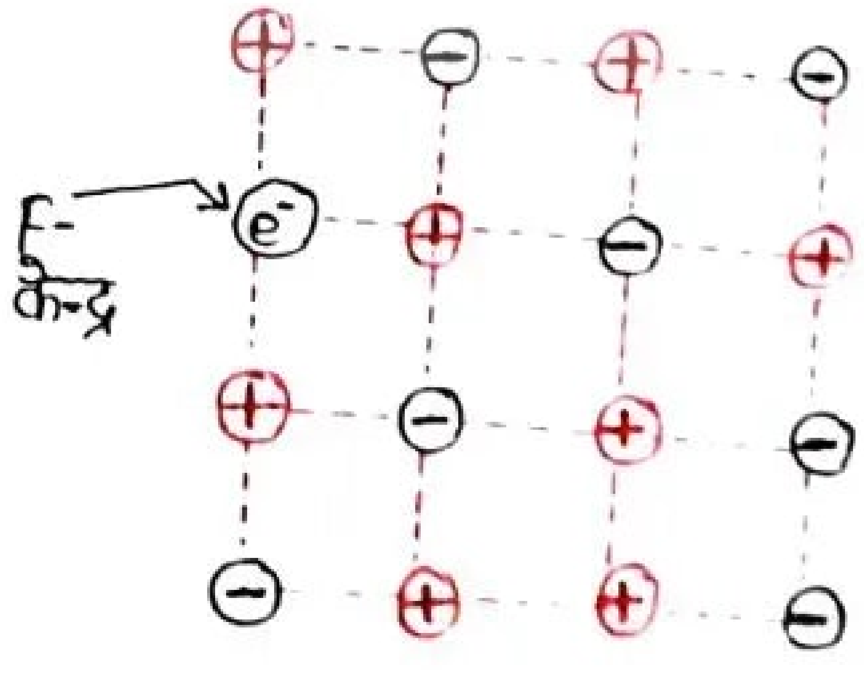
2. अरससमीकरणीयमिति दोष -: जब किसी आयनिक क्रिस्टल में दोष उत्पन्न होने के पश्चात उनके धनायन व ऋणायन के अनुपात में परिवर्तन हो जाता है, तो उसे अरससमीकरणीयमिति दोष कहते हैं।

Note :- ऐसा दोष प्रदर्शित करने वाले यौगिकों को बर्थोलाइड यौगिक कहते हैं।

यह दो प्रकार का होता है -

A. धातु आधिक्य दोष (Metal excess defect) -: यह दोष क्रिस्टल जालक में धातु आयनों की अधिकता के कारण उत्पन्न होता है। जो निम्न है -

(i) ऋणायन रिक्ति दोष (Anion vacancy defect) -: जब किसी आयनिक क्रिस्टल में ऋणायन अपना स्थान छोड़कर चले जाते है परन्तु अपना e^- शेष छोड़ जाते हैं तो इसे ऋणायन रिक्ति दोष कहते हैं।



★ ऋणायन रिक्ति से बन्धे केन्द्र को F- केन्द्र या रंग केन्द्र कहते हैं।

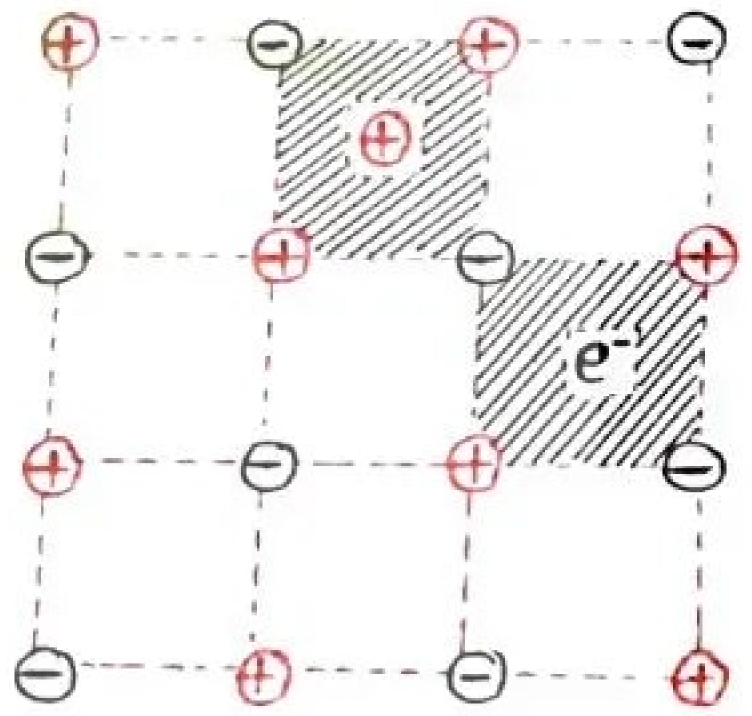
F- केन्द्र ⇒ Farbenzentor centre (जर्मन शब्द) रंग केन्द्र

THE GUIDE ACADEMIC

शर्तें- (i) धनायन व ऋणायन के आकार समान।
(ii) समन्वय संख्या उच्च।

प्रभाव- (i) क्रिस्टल रंगीन हो जाते हैं। जैसे- CsCl (गुलाबी), NaCl (पीला), KCl (बैंगनी)
(ii) घनत्व में कमी।
(iii) अनुचुम्बकीय हो जाते हैं।
(iv) विद्युत के सुचालक बन जाते हैं।

(ii) अन्तराकाशी स्थान में अतिरिक्त धनायन दोष (Extra cation in the Interstitial space defect) -: जब किसी आयनिक क्रिस्टल में कोई अन्य धनायन अपने e^- के साथ अन्तराकाशी स्थान में आ जाता है तो इसे अन्तराकाशी स्थान में अतिरिक्त धनायन दोष कहते हैं।



शर्तें- (i) धनायन व ऋणायन के आकार में काफी अन्तर।
(ii) समन्वय संख्या निम्न।

प्रभाव- (i) क्रिस्टल रंगीन। जैसे- ZnO (पीला)
(ii) घनत्व बढ़ जाता है।
(iii) क्रिस्टल विद्युत के सुचालक बन जाते हैं।

उदाहरण- ZnO, CaO, Na_2O आदि।

B. धातु न्यूनता दोष (Metal deficiency defect) -: यह दोष क्रिस्टल जालक में धातु आयनों की कमी के कारण उत्पन्न होता है। जो निम्न है-

★ इन्हे प्राय: अशुद्धि दोष कहते हैं।

(3.) अशुद्धि दोष (Impurity defect) -: जब क्रिस्टल जालक में अशुद्धि मिलानें पर दोष उत्पन्न होता है तो इसे अशुद्धता दोष कहते हैं। यह दो प्रकार का होता है-

A. उदासीन परमाणु अशुद्धता दोष (Neutral atom impurity defect) -: जब किसी सहसंयोजी क्रिस्टल जालक में अल्प मात्रा में उदासीन परमाणु की अशुद्धि मिला देते हैं तो इसे उदासीन परमाणु अशुद्धता दोष कहते हैं।

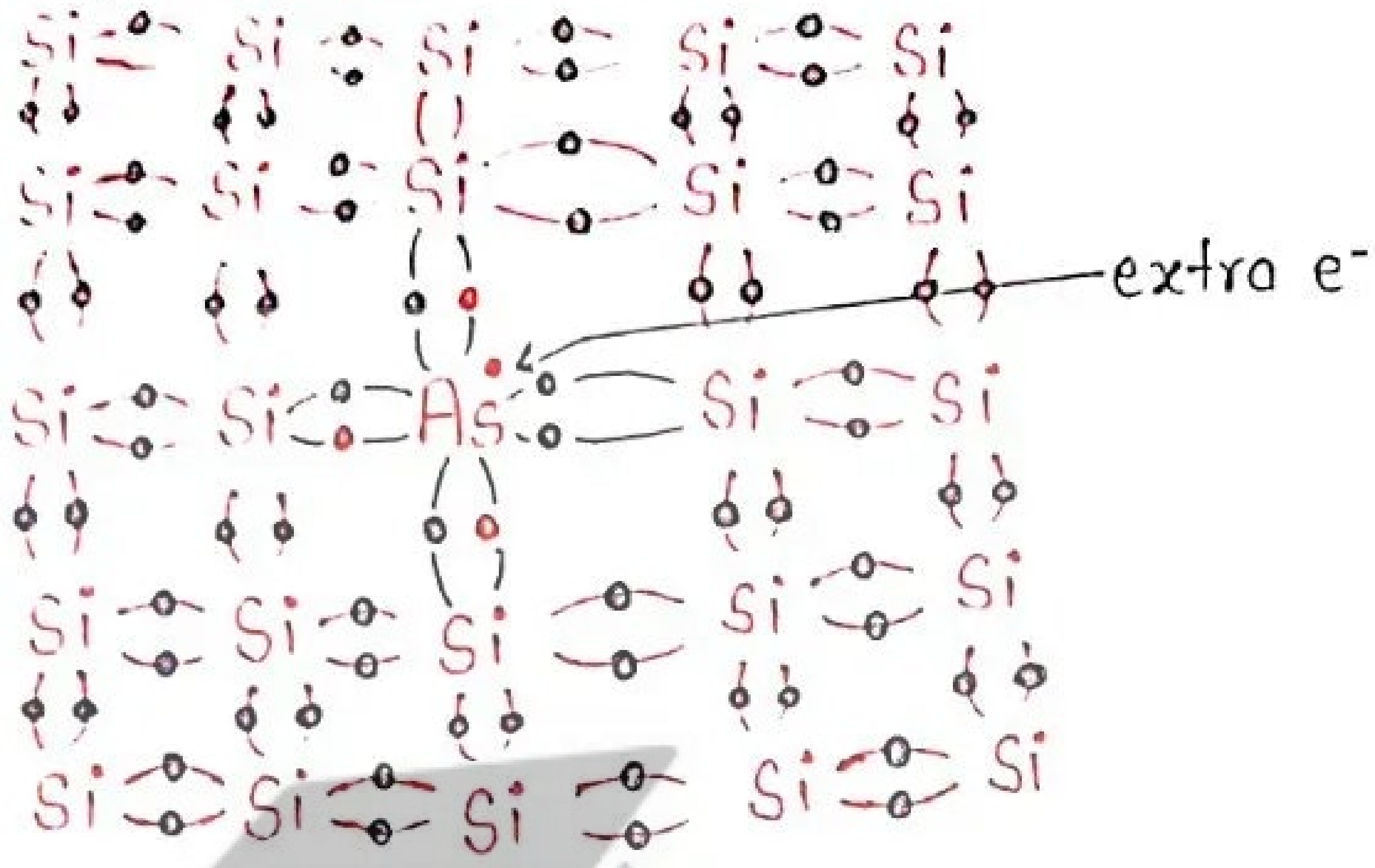
★ इस प्रकार अशुद्धि मिलाने की क्रिया डोपिंग कहलाती है।

★ शुद्ध अर्द्धचालक में एक विशेष विधि से अशुद्धि मिलाने की प्रक्रिया डोपिंग कहलाती है।

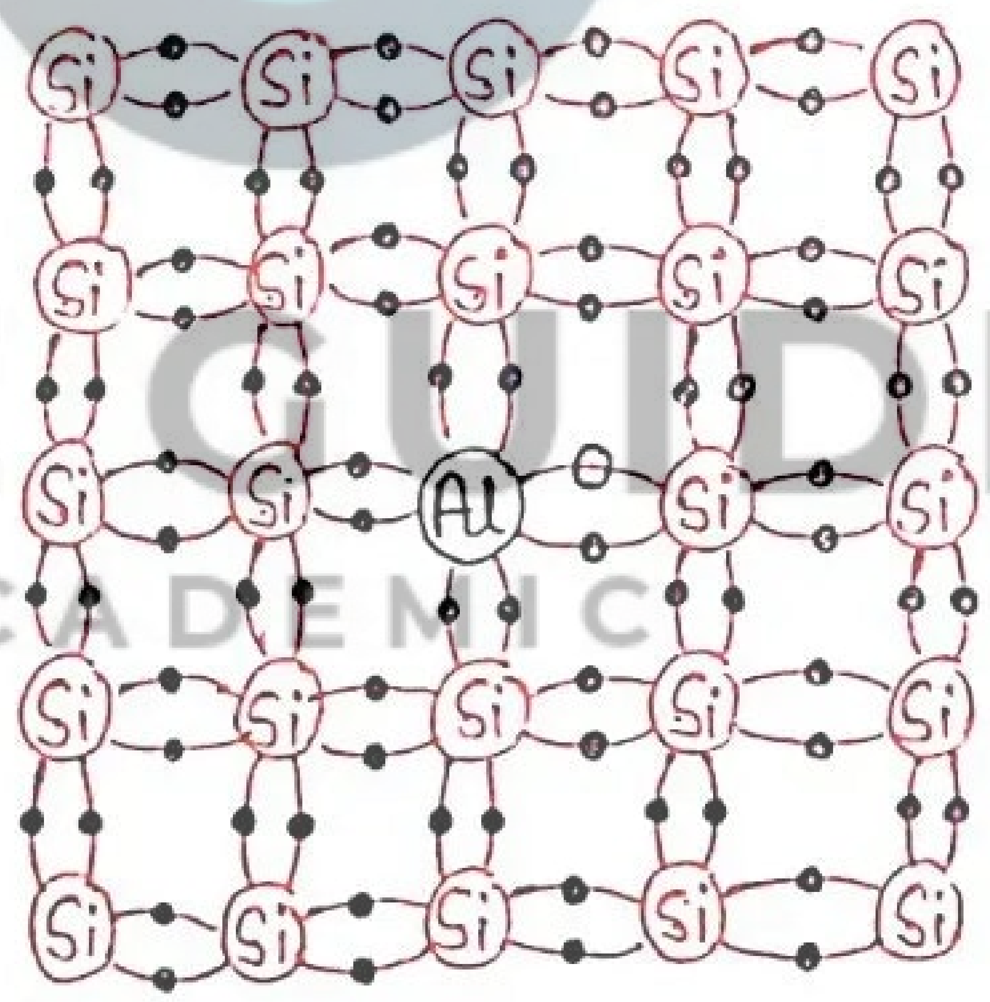
THE GUIDE ACADEMIC

इससे दो प्रकार के अर्द्धचालक प्राप्त होते हैं-

(i) n- प्रकार के अर्द्धचालक (n-type Semiconductor)-: जब वर्ग-14 के तत्वों (Si, Ge) में वर्ग-15 के तत्वों (As, Sb) आदि की डोपिंग करते हैं तो एक e^- शेष रह जाता है जिससे n- प्रकार अर्द्धचालक प्राप्त होते हैं।



(ii) p- प्रकार के अर्द्धचालक (P-type Semiconductor)-: जब वर्ग-14 के तत्वों (Si, Ge) में वर्ग-13 के तत्वों (B, Al) आदि की डोपिंग करते हैं तो एक e^- की कमी के कारण एक Creator शेष रहता है। जिससे p- प्रकार के अर्द्धचालक प्राप्त होते हैं।



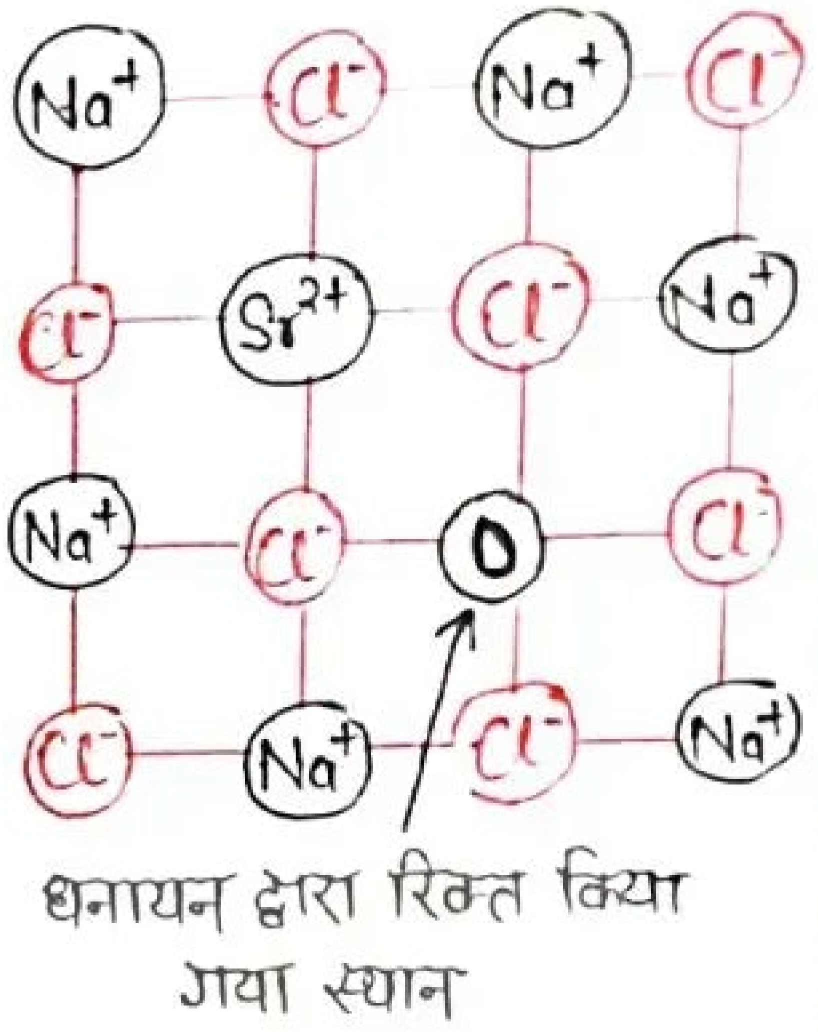
(B.) आयनिक अशुद्धता दोष (Ionic Impurity defect)-: जब किसी आयनिक क्रिस्टल में कोई धनायन अपने स्थान से बाहर निकल जाता है और उदासीनताबनाये रखने के लिए कोई अधिक संयोजकता का धनायन उसका स्थान ग्रहण कर लेता है तो इसे आयनिक अशुद्धता दोष कहते हैं।

आयनिक अशुद्धता दोष दो प्रकार का होता है-

(i) जब एक धनायन की कमी होगी तो इसे धातु न्यूनता दोष कहते हैं। यह (p- type Semi-conductor)

जैसे- $Fe_{0.95}O$ या $Fe_{0.96}O$

$Mn_{0.98}O$

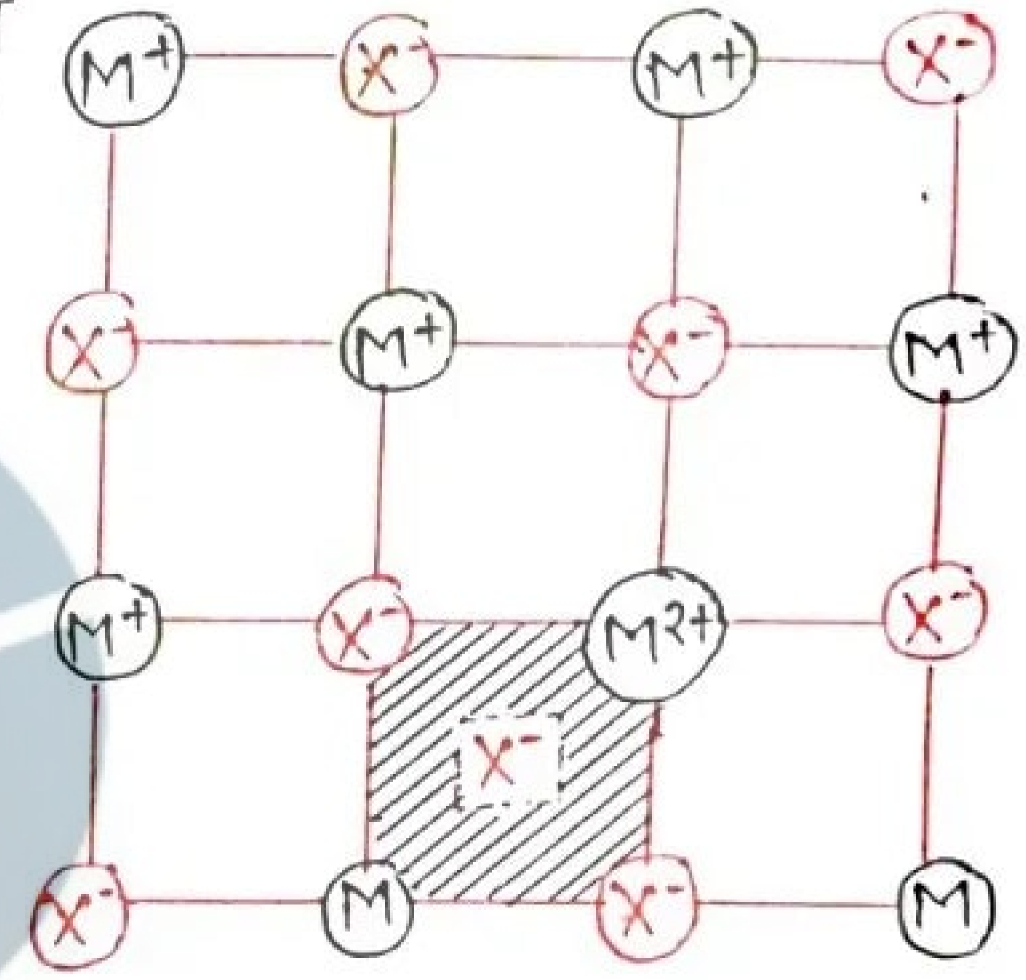


(ii) जब एक अतिरिक्त ऋणायन अन्तराकाशी स्थान में आ जाता है तो इसे भी धातु न्यूनता दोष कहते हैं।

जैसे- NaCl में $SrCl_2$

NaCl में $CaCl_2$

AgCl में $CdCl_2$



ब्रैग समीकरण (Brag's Equation)

यदि एक्स-रे किरणों को किसी समतल क्रिस्टल के ऊपर गिराते हैं तो वे भिन्न-भिन्न दूरियां तय करती हैं और दोनों दूरियों का अन्तर तरंगदैर्ध्य $n\lambda$ के बराबर होता है।

ΔXMY से-

$$\sin\theta = \frac{MY}{XY}$$

$\therefore MY = XY \sin\theta$ —— (i)

समतल पृष्ठ होने के कारण-

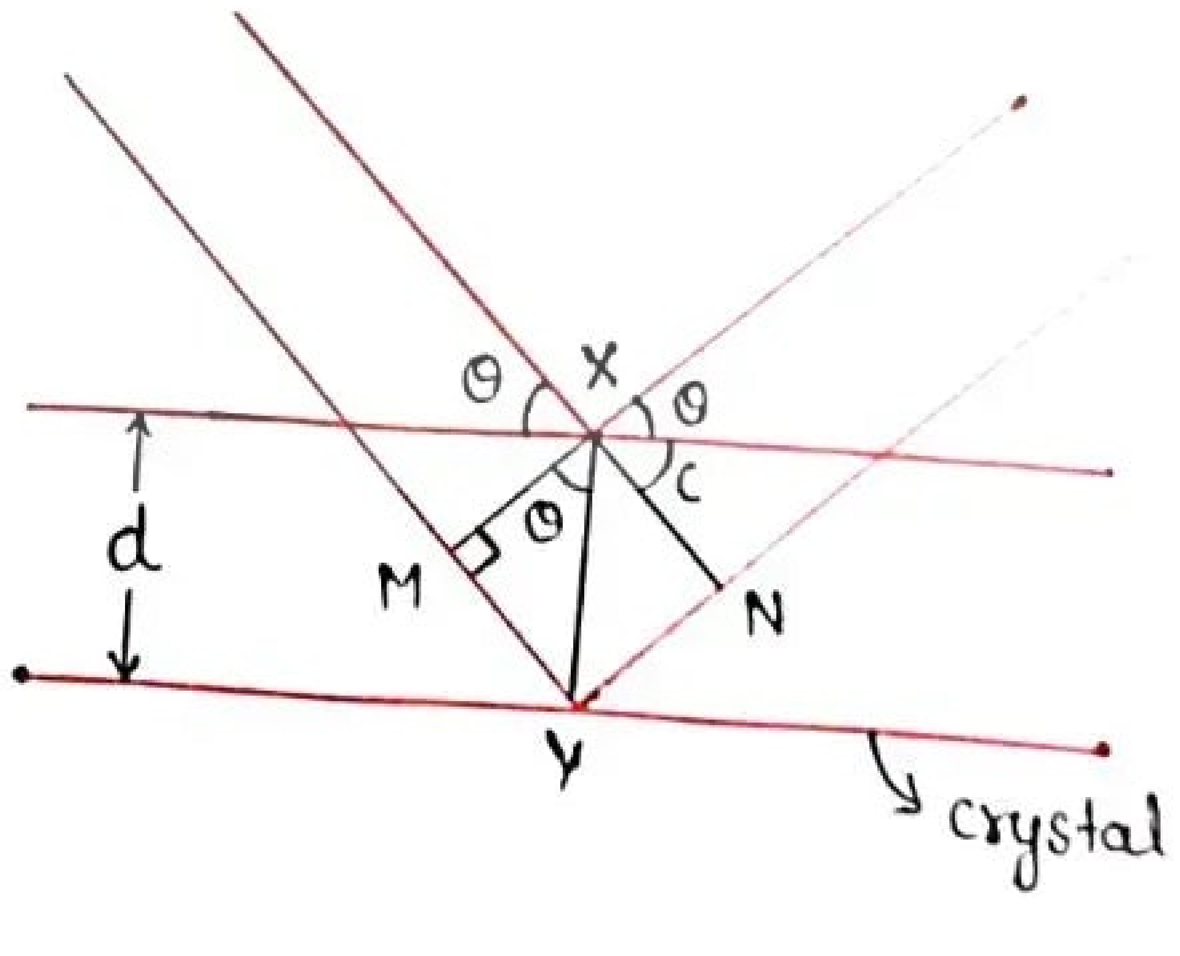
$MY = YN$

पथ अन्तर → $n\lambda = MY + YN$

$n\lambda = MY + MY = 2MY$

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

$\boxed{n\lambda = 2d \sin\theta}$ ब्रैग समीकरण



ठोसों के विद्युतीय गुण
Electrical Properties of Solids

ठोसों के विद्युतीय गुण उनकी चालकता पर निर्भर करता है। जो निम्न है-

1. **चालक या परिचालक (Conductor) -:** वे ठोस जिनमें विद्युत धारा का चालन सुगमता पूर्वक होता है और जिनकी चालकता परास 10^4 से 10^7 ओम$^{-1}$ मीटर$^{-1}$ होती है।
उदाहरण- सभी धातुएँ। [T↑C↑], ग्रेफाइट आदि।

2. **कुचालक या अवरोधक या प्रतिरोधी (Bad Conductor or Insulator) -:** वे ठोस जिनमें विद्युत धारा का चालन नहीं होता है और जिनकी चालकता परास 10^{-20} से 10^{-10} ओम$^{-1}$ मीटर$^{-1}$ होती है।
उदाहरण- अधातुएँ, हीरा आदि।

3. **अर्द्धचालक (Semi-conductor) -:** वे ठोस जिनमें विद्युत धारा का चालन केवल एक ही दिशा में होता है और जिनकी चालकता परास 10^{-6} से 10^{+4} ओम$^{-1}$ मीटर$^{-1}$ होती है।
उदाहरण- n- प्रकार व p- प्रकार के अर्द्धचालक

Note:- $-273°C$ पर इनकी चालकता का मान शून्य होता है और ताप बढ़ाने पर इनकी चालकता का मान बढ़ता है।

THE GUIDE
ACADEMIC

Note:- अर्द्धचालक तत्वों Si व Ge की चालकता ताप बढ़ाने पर बढ़ती है जिन्हें नैज अर्द्धचालक (Intrinsic Semi-conductor) कहते हैं। इनकी व्याख्या चालकता बैण्ड सिद्धान्त के आधार पर कर सकते हैं।

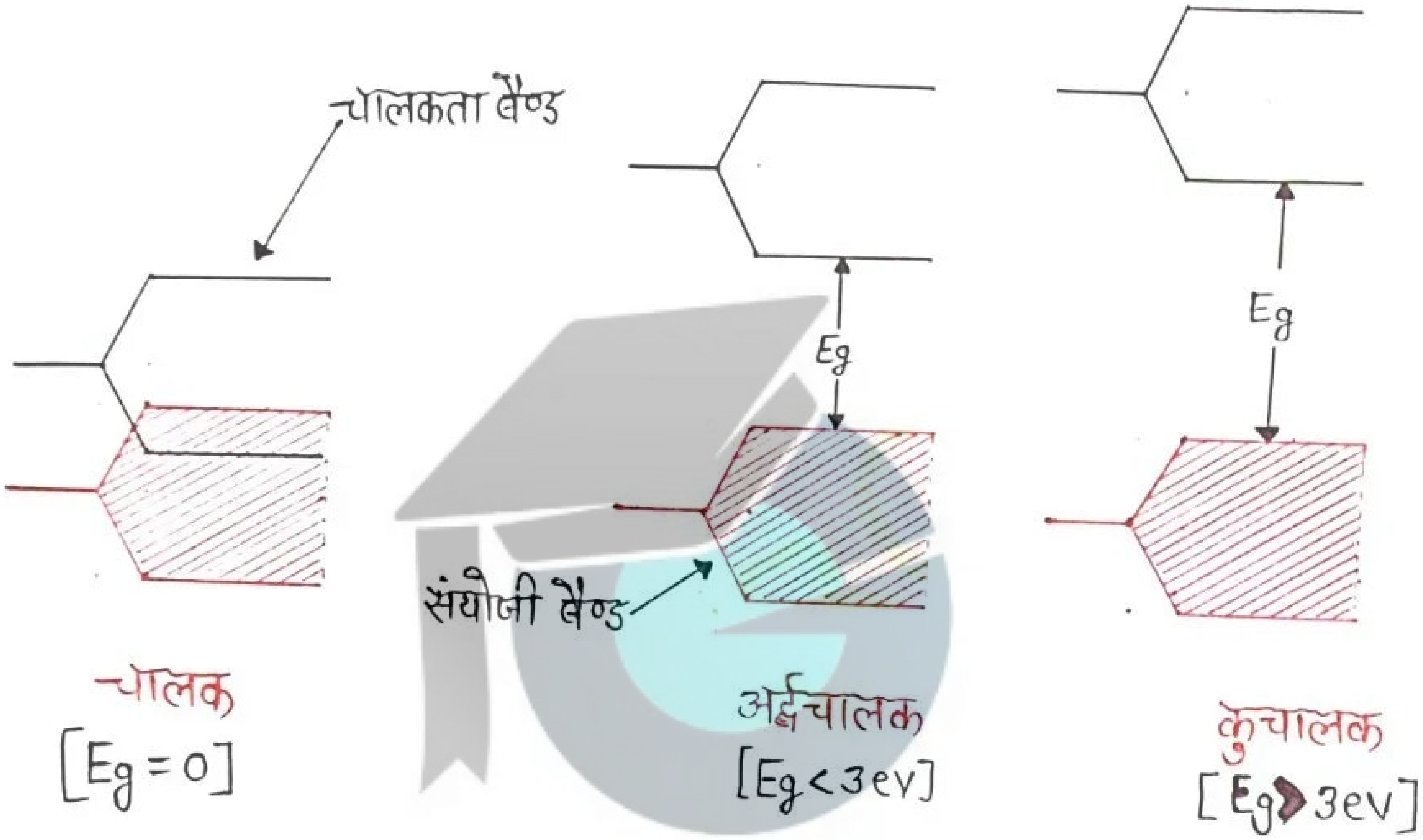
संयोजकता बैण्ड सिद्धान्त
Valance Band Theory

जब धातु परमाणु के संयोजी कोश के परमाण्विक कक्षक आपस में मिलकर आण्विक कक्षक बनाते हैं तो ऊर्जा में एक बैण्ड बनता है।

- **संयोजी बैण्ड (Valance band) -:** किसी पदार्थ के अर्द्ध भरे अधिकतम ऊर्जा वाले बैण्ड को संयोजी बैण्ड कहते हैं।

* संयोजी बैण्ड के e^- न ही चालन में भाग लेते हैं और न ही मुक्त होते हैं।

- **चालकता बैण्ड (Coduction Band) -:** पूर्ण रूप से रिक्त बैण्ड को चालकता बैण्ड कहते हैं।
- **वर्जित क्षेत्र (Forbidden zone)** संयोजी बैण्ड और चालकता बैण्ड के मध्य भाग को को ऊर्जा अन्तराल (Energy gap) या वर्जित क्षेत्र कहते हैं।

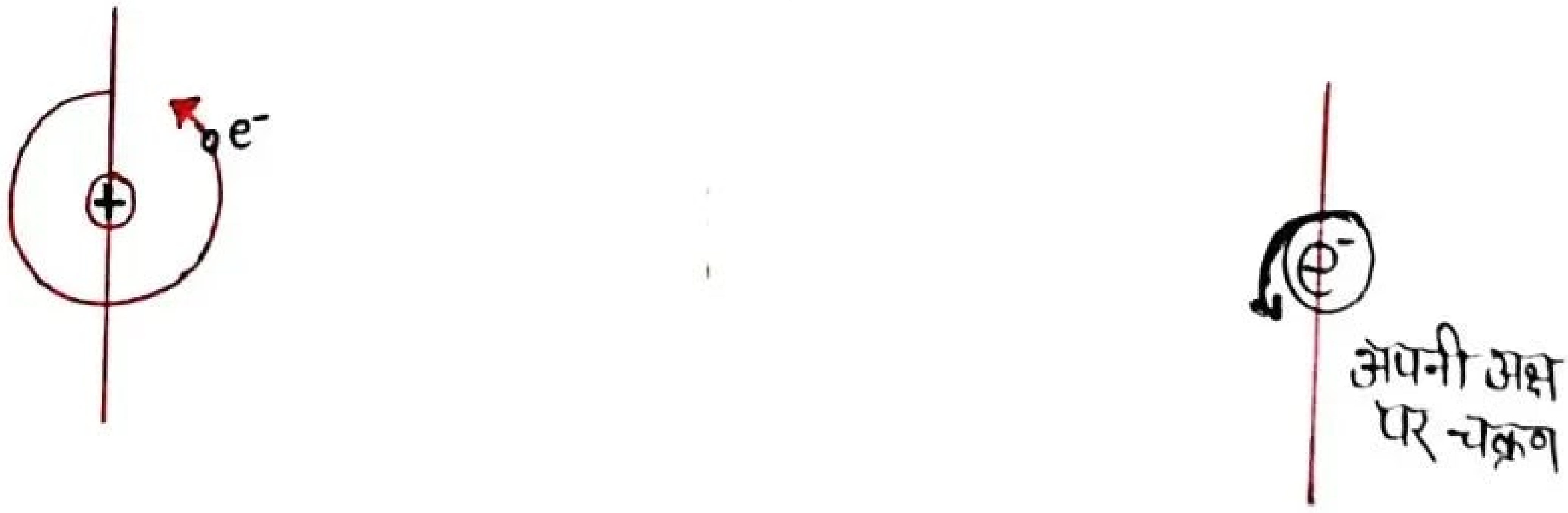


THE GUIDE ACADEMIC

ठोसों में चुम्बकीय गुण
Magnetic Properties of Solids

ठोसों में चुम्बकीय गुण इलेक्ट्रान के चुम्बकीय आघूर्ण की गतियों पर निर्भर करता है जो दो बातों पर निर्भर करता है-

(i) नाभिक के चारों ओर e^- की कक्षीय गति।
(ii) e^- का अपना अक्ष पर चारों ओर चक्रण।



Note:- चुम्बकीय आघूर्ण को मापने की इकाई बोर मैग्नेटॉन (μ_B) कहते हैं।

$$\mu_B = 9.27 \times 10^{-24}\ A\text{-}m^2$$

- चुम्बकीय व्यवहार के आधार पर इन्हें पाँच श्रेणियों में बाँटा गया है-

(1) **प्रतिचुम्बकीय पदार्थ (Diamagnetic substance)**:- वे पदार्थ जो बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र द्वारा दुर्बल रूप से प्रतिकर्षित होते हैं प्रतिचुम्बकीय पदार्थ कहलाते हैं। इनमें सभी e^- युग्मित होते हैं।
जैसे- $NaCl$, V_2O_5, V_2O_3, Zn, Zn^{2+} आदि।

(2) **अनुचुम्बकीय पदार्थ (Paramagnetic subtance)**:- वे पदार्थ जो बाह्य क्षेत्र द्वारा प्रबलता से आकर्षित होते हैं। और चुम्बक जैसा व्यवहार प्रदर्शित करते हैं तथा चुम्बकीय क्षेत्र हटा लेने पर ये चुम्बकत्व का गुण खो देते हैं अनुचुम्बकीय पदार्थ कहलाते हैं और इनमें कम से कम एक अयुग्मित e^- होता है।
जैसे- Cu^{2+}, Fe^{3+}, Cr^{3+} (आयन) } TiO, Ti_2O_3, VO, CuO, TiO_2
O_2, NO (नाइट्रोसो), Na } आदि।

(3) **लौह-चुम्बकीय पदार्थ (Ferromagnetic substance)**:- वे पदार्थ जो बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र की ओर आसानी से आकर्षित होते हैं और चुम्बकीय हटा लेने पर भी कुछ समय तक चुम्बकत्व का गुण प्रदर्शित करते हैं, लौहचुम्बकीय पदार्थ कहलाते हैं।
जैसे- Fe, Ni, Co, Mn, Sn, CrO_2, Fe_3O_4 आदि।

- ठोस अवस्था में लौह-चुम्बकीय पदार्थों के धातु के आयन छोटे खण्डों में एक साथ सामूहिक हो जाते हैं, जिन्हें डोमेन (Domain) कहते हैं।
सभी डोमेन एक ही दिशा में होंगे।

↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ या ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓

THE GUIDE ACADEMIC

④ फेरीचुम्बकीय पदार्थ (Ferrimagnetic substance) -: ये ठोस पदार्थ लौह चुम्बकीय पदार्थों के भाँति ही होते हैं और चुम्बकीय क्षेत्र की ओर दुर्बल रूप से आकर्षित होते हैं। परन्तु इनके डोमेन की दिशा विपरीत एवं असमान होती है।

उदाहरण- $MgFe_2O_4$, $ZnFe_2O_4$, Fe_3O_4 आदि।

↑ ↑ ↓ ↑ ↑ ↓ ↑ ↑ ↓

⑤ प्रतिलौहचुम्बकीय पदार्थ (Antiferromagnetic subtance) -: ये ठोस पदार्थ भी लौहचुम्बकीय पदार्थों की भाँति होते हैं और इनमें अयुग्मित e^- होते हैं परन्तु इनके डोमेन एक-दूसरे के विपरीत एवं समान होते हैं। जो चुम्बकीय आघूर्ण को निरस्त कर देते हैं।

उदाहरण- MnO, MnO_2, Mn_2O_3, Cr_2O_3, FeO, NiO आदि।

↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓

THE GUIDE
ACADEMIC