Vikash Chaudhary Sir
9905304440

Chapter 1

ठोस अवस्था

2023

पदार्थ/द्रव्य (Matter) – वह प्रत्येक वस्तु जिसके अंदर द्रव्यमान हो तथा जो स्थान घेरती हो, पदार्थ कहलाती है।

पदार्थ/द्रव्य (Matter)

① ठोस (Solid)
② द्रव्य (Liquid)
③ गैस (Gas)

① **ठोस अवस्था (Solid State)** – द्रव्य की वह अवस्था जिसका आकार व आयतन दोनो निश्चित होते है, तथा जिनके अंदर प्रबल अंतराआण्विक बल उपस्थित हो, ठोस अवस्था कहते है।

② **द्रव अवस्था (Liquid State)** – द्रव्य की वह अवस्था जिसका आकार अनिश्चित तथा आयतन निश्चित होता है, तथा इनमे ठोसो से कम अंतराआण्विक बल उपस्थित हो, द्रव अवस्था कहते है।

③ **गैस अवस्था (Gas State)** – इसमे आकार व आयतन दोनो अनिश्चित होते है, तथा इनमे न्यूनतम अंतराआण्विक बल पाया जाता है, गैस अवस्था कहलाता है।

Vikash Chaudhary Sir

ठोसो के कुछ सामान्य लक्षण :-

① ठोसो का आकार व आयतन निश्चित होता है।
② इनके मध्य प्रबल अंतराआण्विक बल उपस्थित रहता है।
③ प्रबल आकर्षण बल के कारण ठोस असंपीड्य होते हैं।
④ इनमे विसरण का गुण नही पाया जाता।
⑤ ठोसो मे अवयवी कण अपने निश्चित स्थान मे उपस्थित होते हैं।

ठोसो का वर्गीकरण :-

घटक कणो की व्यवस्था के आधार पर ठोस पदार्थो को निम्नलिखित दो भागो मे बाटा गया है।

(i) क्रिस्टलीय ठोस (ii) अक्रिस्टलीय ठोस

(i) **क्रिस्टलीय ठोस** – ऐसे पदार्थ जिनमे अवयवी कणो की निश्चित एवं नियमित व्यवस्था होती है, क्रिस्टलीय ठोस कहलाते हैं। ये दीर्घ परासी होते हैं।

क्रिस्टलीय ठोसो के उपयोग :-

(a) हीरा क्रिस्टलीय ठोस का सबसे अच्छा उदाहरण है, जिसका उपयोग आभूषण बनाने मे किया जाता है।

(b) कच्चे उत्पाद के रूप मे बहुत से क्रिस्टलीय ठोस का उपयोग किया जाता है।

Vikash Chaudhary Sir

(ii) **अक्रिस्टलीय ठोस** – ऐसे ठोस जिनमे अवयवी कणो की निश्चित एवं नियमित व्यवस्था नही होती है, अक्रिस्टलीय ठोस कहलाते है। ये लघुपरासी होते है।

अक्रिस्टलीय ठोसो के **उपयोग** –

(a) रबड एक अक्रिस्टलीय ठोस है, जिसका उपयोग टायर, ट्यूब, जूते आदि बनाने मे किया जाता है।

(b) कांच एक अक्रिस्टलीय ठोस है, जिसका उपयोग सजावटी समान, लेंस आदि बनाने मे किया जाता है।

क्रिस्टलीय एवं अक्रिस्टलीय ठोस मे अंतर

अंतर का आधार	क्रिस्टलीय ठोस	अक्रिस्टलीय ठोस
आकृति	निश्चित एवं नियमित	अनिश्चित
अवयवी कणो की व्यवस्था	निश्चित ज्यामितीय व्यवस्था होती है।	निश्चित ज्यामीतीय व्यवस्था नही होती है।
गलनांक एवं क्वथनांक	गलनांक एवं क्वथनांक निश्चित	गलनांक एवं क्वथनांक अनिश्चित
विदलन गुण	तेज धार वाले चाकू से काटने से स्पष्ट सतह प्राप्त होती है।	खुरदुरी सतह प्राप्त होती है।
प्रकृति	वास्तविक ठोस	आभाषी ठोस या अतिशीतित द्रव
उदाहरण	कापर, आयरन आदि	काँच, रबड, प्लास्टिक आदि।

Vikash Chaudhary Sir

Vikash Chaudhary Sir
9905304440

क्रिस्टलीय ठोसो का वर्गीकरण

क्रिस्टलीय ठोसो को उनके अवयवी कणो के मध्य उपस्थित अंतराणुक बल के कारण निम्नलिखित चार भागो मे बाटा गया है।

(i) **आयनिक ठोस** ⇒ ऐसे ठोस जिनके अवयवी कण धनायन एवं ऋणायन (अर्थात आयन) होते है, आयनिक ठोस कहलाते है। ये आयन परस्पर स्थिर विद्युत आकर्षण बल द्वारा बंधे रहते है।

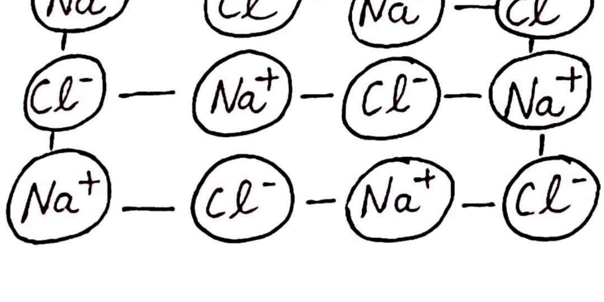
→ प्रबल बलो की उपस्थिति के कारण आयनिक ठोस भंगुर एवं कठोर प्रकृति के होते है।

→ इनके गलनांक एव क्वथनांक भी उच्च होते है।

→ इन ठोसो मे प्रत्येक आयन विपरीत आवेशित आयनो की एक निश्चित संख्या द्वारा घिरा रहता है।

→ ठोस अवस्था मे ये विद्युत के कुचालक होते है, क्योकि आयन गति करने के लिए स्वतंत्र नही होते, परंतु जलीय अवस्था मे ये विद्युत के सुचालक होते है।

Ex. – $NaCl$, KCl, $KClO_3$ etc.



← (NaCl की जालक व्यवस्था)

Vikash Chaudhary Sir

Youtube channel:- Baal Study

Vikash Chaudhary Sir
9905304440

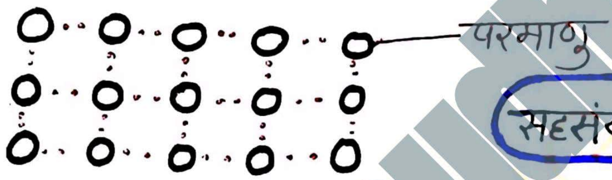
(ii) **सहसंयोजक अथवा नेटवर्क ठोस** – सहसंयोजी ठोसो मे अवयवी कणो के मध्य सह संयोजक बंध पाया जाता है, जिससे यह एक त्रिविम जालक का निर्माण करते हैं, इसी वजह से ये अत्याधिक कठोर होते हैं।

→ त्रिविम संरचना के कारण इनका गलनांक उच्च होता है।

→ ये विद्युत कुचालक होते हैं, लेकिन अपवाद स्वरूप ग्रेफाइट विद्युत का सुचालक होता है।

→ सहसंयोजी ठोस को परमाण्विक ठोस भी कहते हैं।

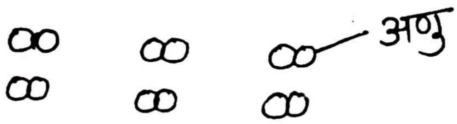
Ex. – हीरा, सिलिकान, ग्रेफाइट etc



सहसंयोजी ठोसो मे कणो की व्यवस्था

(iii) **आण्विक ठोस** – ऐसे ठोस जिनके अवयवी कण अणु होते हैं, आण्विक ठोस कहलाते हैं।

Ex. – H_2, SO_2, H_2O etc



(आण्विक ठोसो को तीन भागो मे बाटा गया है –)

आण्विक ठोसो मे कणो की व्यवस्था

ⓐ ध्रुवीय आण्विक ठोस
ⓑ अध्रुवीय आण्विक ठोस
ⓒ हाइड्रोजन आबन्धित आण्विक ठोस

(iv) **धात्विक ठोस** – ऐसे ठोस जो धातुए हो, धात्विक ठोस कहलाते हैं। धात्विक ठोस तन्य तथा आघातवर्धनीय होते हैं। इन ठोसो मे मुक्त इलेक्ट्रान पाये जाते हैं।

Ex. → Na, Cu, Ar, Au etc

Youtube channel:- Baal Study

क्रिस्टल – क्रिस्टल निम्न संरचनात्मक इकाईयो (परमाणु, अणु अथवा आयन) को नियमित व्यवस्था से एक निश्चित क्रम मे जोडने से बनता है।

एकक सेल (Unit cell) – वह छोटी से छोटी संरचना जो बार-बार दुहराकर पूरे क्रिस्टल का निर्माण करती है, एकक सेल कहलाती है।

जालक (Lattice) – एकक सेल के बार-बार दुहराने से प्राप्त संरचना जालक कहलाती है।

जालक बिन्दु (Lattice point) – किसी भी जालक मे जहाँ पर अवयवी कण उपस्थित रहते है, उन स्थानो या उन बिन्दुओ को ही जालक बिन्दु कहते है।

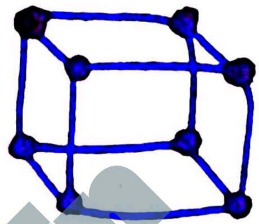
उपसहसंयोजन संख्या (Co-ordination Number) – किसी भी जालक (क्रिस्टल) मे कोई अवयवी कण जितने नजदीकी कणो से घिरा रहता है, उसे ही उपसहसंयोजन संख्या कहते है।

एकक सेल के प्रकार

1. सरल या आद्य घन एकक सेल
2. केन्द्रित घन एकक सेल
   1. अन्तः केन्द्रित घन एकक सेल
   2. फलक केन्द्रित घन एकक सेल
   3. अंत्य केन्द्रित घन एकक सेल

Vikash Chaudhary Sir

1) सरल/आद्य घन एकक सेल (SCC/PCC)



एक ऐसा एकक सेल जिसके सभी कोनो पर एक - एक अवयवी कण उपस्थित हो उसे ही सरल या आद्य घन एकक सेल कहते हैं।

प्रभावी परमाणु संख्या $(z) = 8 \times \frac{1}{8}$

$(z) = 1$

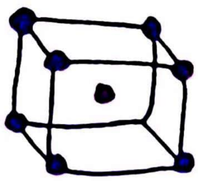
जालक बिन्दु = 8

② केन्द्रित घन एकक सेल

– एक ऐसा एकक सेल जिसमे कोने के अलावा भी किसी अन्य स्थानो पर परमाणु उपस्थित होते हैं, केन्द्रित घन एकक सेल कहते हैं।

एक एकक सेल
- कोने = 8
- फलक = 6
- कोर = 12
- केन्द्र = 1

(i) अन्तः केन्द्रित घन एकक सेल (BCC)



एक ऐसा एकक सेल जिसमे कोने के अलावा घन के केन्द्र पर भी एक परमाणु उपस्थित रहता है, अन्तः केन्द्रित घन एकक सेल कहते हैं।

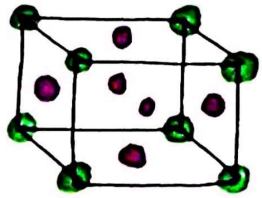
प्रभावी परमाणु संख्या $(z) = 8 \times \frac{1}{8} + 1$

$(z) = 1 + 1 = 2$

जालक बिन्दु = 8+1

Vikash Chaudhary Sir

(ii) फलक केन्द्रित घन एकक सेल (FCC)



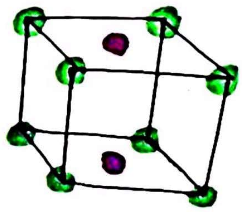
एक ऐसा एकक सेल जिसमे कोने के अलावा सभी फलको के केन्द्र पर भी परमाणु उपस्थित रहता है, उसे फलक केन्द्रित घन एकक सेल कहते हैं।

प्रभावी परमाणु संख्या (Z) $= 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2}$

$(Z) = 1 + 3 = 4$

जालक बिन्दु $= 8 + 6 = 14$

(iii) अंत्य केन्द्रित घन एकक सेल (ECC)



एक ऐसा एकक सेल जिसमे सभी कोनो के अलावा दो विपरीत फलको के केन्द्र पर भी परमाणु उपस्थित रहता है, उसे अंत्य केन्द्रित घन एकक सेल कहते हैं।

प्रभावी परमाणु संख्या (Z) $= 8 \times \frac{1}{8} + 2 \times \frac{1}{2}$

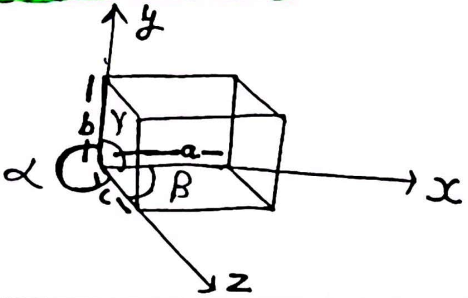
$(Z) = 1 + 1 = 2$

जालक बिन्दु $= 8 + 2 = 10$

एकक सेल के प्राचल (Parameters of Unit cell)

तीन अन्तः खण्ड $= a, b, c$

तीन अन्तः कोण $= \alpha, \beta, \gamma$



Vikash Chaudhary Sir

Vikash Chaudhary Sir
9905304440

क्रिस्टल तन्त्र	अन्तः खण्ड	अन्तः कोण
C ① Cubic (घनीय)	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$
T ② Tetragonal (द्विसमलंबाक्ष)	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$
O ③ Orthorhombic (विषमलबाक्ष)	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$
R ④ Rhombohedral (त्रिसमनताक्ष)	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90$
H ⑤ Hexagonal (षटकोणीय)	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = 90°, \gamma = 120$
M ⑥ Monoclinic (एकनताक्ष)	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \gamma = 90°, \beta \neq 90$
Tri ⑦ Triclinic (त्रिनताक्ष)	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90$

सात क्रिस्टल तंत्रो एवं चार एकक सेलो से कुल 14 प्रकार के जालक संभव होते हैं जिन्हे ब्रेवेस जालक कहा जाता है।

- घनीय → PCC, BCC, FCC
- द्विसमलबांक्ष → BCC, PCC
- विषमलबाक्ष → PCC, BCC, FCC, ECC
- त्रिसमनताक्ष → PCC
- षटकोणीय → PCC
- एकनताक्ष → PCC, ECC
- त्रिनताक्ष → PCC

इन 14 जालको को ही ब्रेवेस जालक कहते हैं।

Vikash Chaudhary Sir

परमाणु की त्रिज्या एवं कोर की लम्बाई मे सम्बन्ध

→ सरल / आद्य एकक सेल के लिए

$$PCC/SCC \Rightarrow a = 2r$$

→ अंतः केन्द्रित एकक सेल के लिए

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

→ फलक केन्द्रित एकक सेल के लिए

$$FCC \Rightarrow a = 2\sqrt{2} r$$

ठोसो की निविड संकुलित संरचना
(Close packing structure of Solids)

जब जालक मे परमाणुओं को इस प्रकार से व्यवस्थित किया जाता है कि उनके मध्य रिक्त स्थान कम से कम रहता है, तो प्राप्त संरचना निविड संकुलित संरचना कहलाती है।

⇒ निविड संकुलित संरचना तीन प्रकार से प्राप्त हो सकती है।

→ एकविमीय निविड संकुलित संरचना

→ द्विविमीय निविड संकुलित संरचना

→ त्रिविमीय निविड संकुलित संरचना

Vikash Sir Chaudhary Sir

एकविमीय निविड संकुलित संरचना

एक ऐसी संरचना जिसमे परमाणुओ को एक सीधी रेखा के अनुदिश व्यवस्थीति किया जाता है, एकविमीय निविड संकुलित संरचना कहलाती है।

इसमे प्रत्येक परमाणु निकटवर्ती दो परमाणुओ से घिरा रहता है।

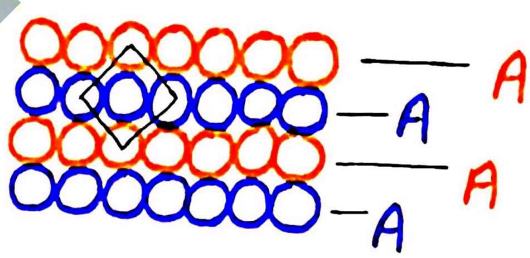
उपसहसंयोजन संख्या = 2
ज्यामिति = रेखीय ।

द्विविमीय निविड संकुलित संरचना

जब परमाणुओ को दो अक्षो के अनुदिश व्यवस्थित किया जाता है, तो प्राप्त संरचना द्विविमीय निविड संकुलित संरचना कहलाती है।

यह दो प्रकार से प्राप्त हो सकती है।

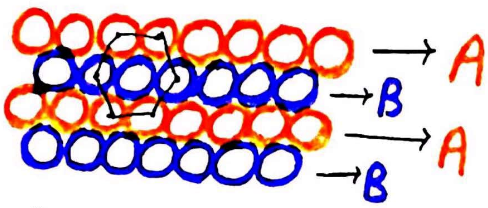
① वर्गाकार द्विविमीय निविड संकुलित संरचना (AAAA)



उपसहसंयोजन संख्या = 4
ज्यामितीय = वर्गाकार

Vikash Chaudhary Sir

② षटकोणीय निविड संकुलित संरचना (ABAB)



उपसहसंयोजन संख्या = 6
ज्यामितीय = षटकोणीय

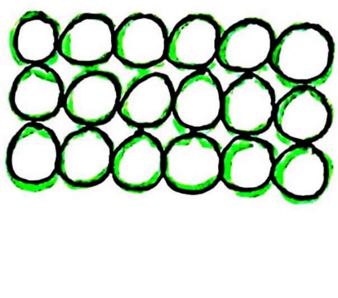
त्रिविमीय निविड संकुलित संरचना

जब परमाणुओ को तीनो अक्षो के अनुदिश व्यवस्थित करते है तो प्राप्त संरचना त्रिविमीय निविड संकुलित संरचना कहलाती है।

जब द्विविमीय निविड संकुलित संरचना की परतो को एक दूसरे के ऊपर व्यवस्थित किया जाता है तो प्राप्त संरचना त्रिविमीय होती है।

यह दो प्रकार से प्राप्त होती है –

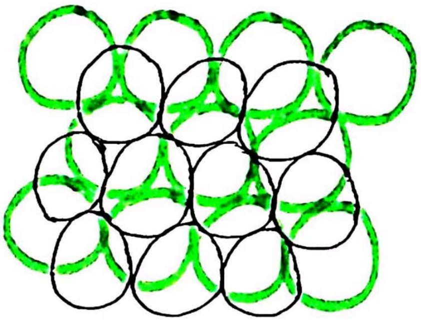
① द्विविमीय वर्गाकार निविड संकुलित संरचना की सहायता से त्रिविमीय निविड संकुलन



उपसहसंयोजन संख्या = 6

Vikash Chaudhary Sir

② द्विविमीय षटकोणीय निविड संकुलित संरचना की सहायता से त्रिविमीय निविड संकुलन



उपसहसंयोजन संख्या = 12

संकुलन क्षमता (Packing Efficiency)

किसी जालक मे परमाणुओ द्वारा घेरा गया स्थान उस जालक की संकुलन क्षमता कहलाती है।

$$\text{संकुलन क्षमता} = \frac{\text{जालक मे परमाणुओ द्वारा घेरा गया स्थान}}{\text{जालक का कुल स्थान}} \times 100$$

$$P.E. = \frac{Z \times \frac{4}{3}\pi r^3}{a^3} \times 100$$

① सरल घन जालक की संकुलन क्षमता

[Z = 1] [a = 2r]

Vikash Chaudhary Sir

$$P.E. = \frac{Z \times \frac{4}{3}\pi r^3}{a^3} \times 100$$

$$= \frac{1 \times \frac{4}{3} \times 3.14 \times r^3}{(2r)^3} \times 100$$

$$= \frac{1 \times 4 \times 3.14 \times 100}{8 \times 3} = \frac{3.14 \times 50}{3}$$

संकुलन क्षमता = 52.33 %

रिक्त स्थान = 100 − 52.33
= 47.67 %

② काय / अंतः केन्द्रित घनीय जालक की संकुलन क्षमता :-

$[Z = 2]$ $\left(a = \frac{4}{\sqrt{3}} r\right)$

$$= \frac{Z \times \frac{4}{3}\pi r^3}{a^3} \times 100 = \frac{2 \times \frac{4}{3} \times 3.14 \times r^3}{\left(\frac{4}{\sqrt{3}} r\right)^3}$$

$$= \frac{2 \times 4 \times 3.14 \times r^3}{3 \times \frac{64 r^3}{3\sqrt{3}}} \times 100 = \frac{2 \times 4 \times 3.14 \times \sqrt{3} \times 100}{64}$$

$$= \frac{3.14 \times 1.732 \times 25}{2}$$

P.E. = 68%

रिक्त स्थान
100 − 68 = 32%

Vikash Chaudhary Sir

③ फलक केन्द्रित घनीय जालक

[$Z = 4$] [$a = 2\sqrt{2}r$]

$$P.E. = \frac{Z \times \frac{4}{3}\pi r^3}{a^3} \times 100 = \frac{4 \times \frac{4}{3} \times 3.14 \times r^3}{(2\sqrt{2}r)^3} \times 100$$

$$\frac{4 \times 4 \times 3.14 \times r^3}{3 \times 8 \times 2\sqrt{2}\, r^3} \times 100 = \frac{3.14 \times 100}{3 \times 1.414}$$

$P.E. = 74\%$ रिक्त स्थान $= 100 - 74 = 26\%$

रिक्ति (Void)

परमाणुओ के मध्य उपस्थित खाली स्थान, रिक्ति कहलाती है।

रिक्ति के प्रकार

- त्रिभुजीय रिक्ति [त्रिज्या $r = 0.155R$]
- चतुष्फलकीय रिक्ति (त्रिज्या $r = 0.225R$)
- अष्टफलकीय रिक्ति (त्रिज्या $r = 0.414R$)

Vikash Chaudhary Sir

एकक सेल का घनत्व (Density of Unit cell)

घनत्व = $\frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{आयतन}}$

1 मोल = N_A परमाणु

माना, N_A परमाणुओ का द्रव्यमान ⇒ m ग्राम

1 परमाणु का द्रव्यमान ⇒ $\frac{m}{N_A}$

z परमाणुओ का द्रव्यमान ⇒ $\frac{z \cdot m}{N_A}$

एकक सेल का द्रव्यमान ⇒ $\frac{z \cdot m}{N_A}$

एकक सेल का आयतन ⇒ a^3

एकक सेल का घनत्व (ρ) ⇒ $\frac{\frac{z \cdot m}{N_A}}{a^3}$

$$\rho = \frac{z \cdot m}{N_A \cdot a^3}$$

क्रिस्टल दोष या क्रिस्टलो मे अपूर्णताएँ

क्रिस्टल की पूर्ण क्रमिक व्यवस्था मे कोई भी अनियमितता या विचलन, क्रिस्टल दोष कहलाता है।

क्रिस्टल दोषो के प्रकार

Vikash Chaudhary Sir

Vikash Chaudhary Sir
9905304440

क्रिस्टल दोष

① बिन्दु दोष (Point defect)
- (i) रस समीकरण मितीय दोष
  - ⓐ शाटकी दोष } आयनिक दोष
  - ⓑ फ्रेकेल दोष } आयनिक दोष
  - ⓒ रिक्तिका दोष } अनआयानिक दोष
  - ⓓ अन्तराकाशी दोष } अनआयानिक दोष
- (ii) अरस समीकरण मितीय दोष
  - ⓐ धातु आधिक्य दोष
  - ⓑ धातु न्यूनता दोष
  - ⓒ अशुद्धि दोष

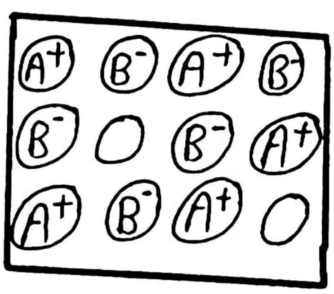
② रेखीय दोष (Line defect)

① **बिन्दु दोष (Point defect)** – अवयवी कणो की सामान्य आवर्ती व्यवस्था मे विचलन से उत्पन्न दोष बिन्दु दोष कहलाते है।

② **रेखीय दोष (Line defect)** – जालक बिन्दुओ की पूर्ण पंक्तियो मे दोष हो तो उसे रेखीय दोष कहते है।

(i) रस समीकरण मितीय दोष

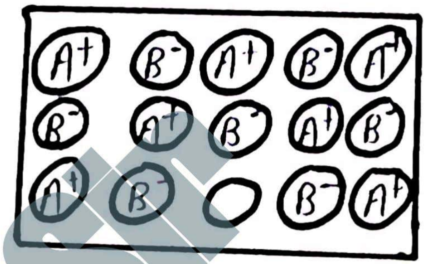
ⓐ **शॉट्की दोष** – वह दोष जो क्रिस्टल मे धनायन तथा ऋणायन के समान संख्या मे अपने स्थानो से लुप्त होने के कारण उत्पन्न रिक्त स्थान शॉट्की दोष कहलाता है।



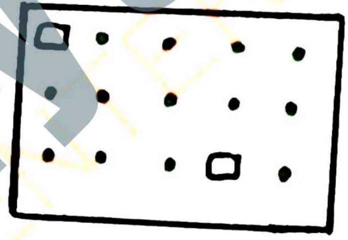
Vikash Chaudhary Sir

Youtube channel:- Baal Study

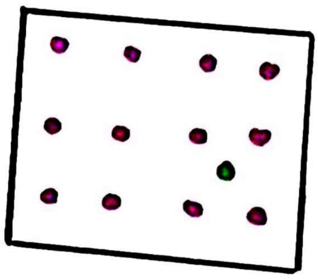
ⓑ फ्रेंकेल दोष – जब कोई आयन अपना निश्चित स्थान छोड़कर अंतराकाशी स्थान मे चला जाता है जिससे इसके स्थान पर छिद्र बन जाता है। क्रिस्टल मे उत्पन्न इस दोष को फ्रेंकेल दोष कहते हैं।



ⓒ रिक्तिका दोष – यदि क्रिस्टल जालक से अवयवी कण अपने नियमित स्थान से बाहर निकल जाते हैं, तो उत्पन्न दोष रिक्तिका दोष कहलाता है।
इस दोष के कारण पदार्थ का घनत्व कम हो जाता है।



ⓓ अन्तराकाशी दोष – जब कुछ अवयवी कण अन्तराकाशी स्थान पर पाए जाते है तब उत्पन्न दोष अन्तराकाशी दोष कहलाता है।
यह दोष घनत्व को बढा देता है।



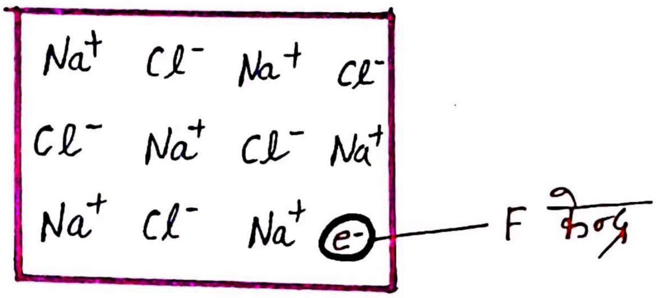
(ii) अरस समीकरण मितीय दोष

ⓐ धातु आधिक्य दोष – जब किसी क्रिस्टल मे दोष उत्पन्न होने के बाद धातुओ की संख्या मे वृद्धि हो जाती है तो उसे धातु आधिक्य दोष कहते है।
ये दोष दो तरीके से हो सकता है।

Vikash Chaudhary Sir

Vikash Chaudhary Sir
9905304440

(i) ऋणायन के अपने स्थान से विलुप्त होने के कारण



→ जब किसी क्रिस्टल मे से कोई ऋणायन अपने स्थान से विलुप्त हो जाता है। और क्रिस्टल की विद्युत उदासीनता बनाये रखने के लिए उस स्थान पर इलेक्ट्रान आ जाता है तो इसे धातु आधिक्य दोष कहते है

→ जिस स्थान पर इलेक्ट्रान प्रवेश करता है, उसे F केन्द्र कहते है। जो क्रिस्टल के रंग के लिए उत्तरदायी होता है।

(ii) अतिरिक्त धनायन के प्रवेश के कारण

इस प्रकार के दोष मे कोई अतिरिक्त धनायन क्रिस्टल के अन्तराकाशी स्थान मे प्रवेश कर जाता है। और क्रिस्टल की उदासीनता को बनाये रखने के लिए इलेक्ट्रान भी क्रिस्टल मे प्रवेश कर जाते है। तो इसे भी धातु आधिक्य दोष कहते है।

ⓑ **धातु न्यूनता दोष** – जब किसी क्रिस्टल मे दोष उत्पन्न होने के कारण धातु की संख्याओ मे कमी हो जाती है तो धातु न्यूनता दोष कहलाता है।
जैसे – FeO, FeS आदि द्वारा दर्शाया जाता है।

Vikash Chaudhary Sir

(c) **अशुद्धि दोष** - यह दोष किसी बाह्य आयन की उपस्थिति के कारण होता है।

जैसे ⇒ NaCl मे $SrCl_2$ की सूक्ष्म मात्रा मिलाने पर कुछ Sr^{2+} आयन Na^+ का स्थान ले लेते हैं। अतः उत्पन्न रिक्तियो की संख्या $SrCl_2$ की मात्रा के बराबर होती है।

Vikash Chaudhary Sir