

# ठोस अवस्था

## Solid State

1. ठोस कठोर क्यों होते हैं?

उत्तर ठोस कठोर होते हैं; क्योंकि इनके अवयवी कण अत्यन्त निविड संकुलित होते हैं। इनमें कोई स्थानान्तरीय गति नहीं होती है तथा ये केवल अपनी माध्य स्थिति के चारों ओर कम्पन कर सकते हैं, इसलिए इनका आयतन भी निश्चित होता है।

2. निम्नलिखित को अक्रिस्टलीय तथा क्रिस्टलीय ठोसों में वर्गीकृत कीजिए  
पॉलीयूरिथेन, बेन्जोइक अम्ल, टेफ्लॉन, पोटैशियम नाइट्रेट, सेलोफेन, पॉलीविनाइल क्लोराइड, रेशा, काँच, ताँबा।

उत्तर अक्रिस्टलीय ठोस पॉलीयूरिथेन, टेफ्लॉन, सेलोफेन, पॉलीविनाइल क्लोराइड, रेशा, काँच।  
क्रिस्टलीय ठोस बेन्जोइक अम्ल, पोटैशियम-नाइट्रेट, ताँबा।

3. काँच को अतिशीतित द्रव क्यों माना जाता है?

उत्तर काँच को अतिशीतित द्रव इसलिए माना जाता है; क्योंकि यह ठोस होते हुए भी द्रवों के कुछ गुण प्रदर्शित करता है। द्रवों के समान इसमें प्रवाहित होने का गुण होता है। इसका यह गुण पुरानी इमारतों के काँच में देखा जा सकता है जो तली पर कुछ मोटा होता है। यह केवल तभी सम्भव है, जबकि यह अत्यन्त मन्द गति से द्रवों के समान प्रवाहित हो।

4. आयनिक ठोस गलित अवस्था में विद्युत चालक होते हैं, परन्तु ठोस अवस्था में नहीं। व्याख्या कीजिए।

उत्तर गलित अवस्था में आयनिक यौगिक वियोजित होकर मुक्त आयन देते हैं तथा विद्युत चालन करते हैं। ठोस अवस्था में आयन गति करने के लिए मुक्त नहीं होते हैं। अतः ये ठोस अवस्था में विद्युत चालन नहीं करते हैं।

5. एक यौगिक का निर्माण दो तत्त्वों M तथा N से होता है। तत्त्व N ccp बनाता है तथा M के परमाणु चतुष्फलकीय रिक्तियों का  $1/3$  भाग घेरते हैं। यौगिक का सूत्र क्या होगा?

छल माना CCP में N परमाणु = n

$\therefore$  चतुष्फलकीय रिक्तियों की संख्या =  $2n$

चूंकि M परमाणु चतुष्फलकीय रिक्तियों का  $1/3$  भाग घेरते हैं,

अतः  $M$  परमाणुओं की संख्या =  $\frac{2n}{3}$

$$M : N = \frac{2n}{3} : n = 2 : 3$$

अतः सूत्र  $M_2N_3$  होगा।

6. क्रिस्टल संरचना पर ताप का क्या प्रभाव पड़ता है?

उत्तर ताप वृद्धि से उप-सहसंयोजन संख्या घटती है। उदाहरणार्थ, 760K पर CsCl क्रिस्टल संरचना (8 : 8 उप-सहसंयोजन), NaCl प्रकार की क्रिस्टल संरचना (6: 6 उप-सहसंयोजन) में परिवर्तित हो जाती है।



(8 : 8 उप-सहसंयोजन) (6 : 6 उप-सहसंयोजन)

7.  $\text{CaF}_2$  क्रिस्टल में  $\text{Ca}^{2+}$  आयन  $fcc$  क्रम में व्यवस्थित हैं। एकक कोष्ठिका में  $\text{F}^-$  आयनों की संख्या ज्ञात कीजिए।

हल प्रति एकक कोष्ठिका में  $\text{Ca}^{2+}$  आयनों की संख्या =  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$

अतः प्रति एकक कोष्ठिका  $\text{F}^-$  आयनों की संख्या =  $2 \times 4 = 8$

8.  $\text{NaCl}$  क्रिस्टल में  $\text{Cl}^-$  आयन  $fcc$  क्रम में व्यवस्थित हैं। एकक कोष्ठिका में  $\text{Cl}^-$  आयनों की संख्या की गणना कीजिए।

हल प्रति एकक कोष्ठिका में  $\text{Cl}^-$  आयनों की संख्या =  $8 \times \frac{1}{8}$  (कोनों पर) +  $6 \times \frac{1}{2}$  (फलक पर) = 4

9. बर्फ का गलनांक तीक्ष्ण होता है जबकि काँच का गलनांक नहीं, क्यों?

उत्तर बर्फ एक क्रिस्टलीय ठोस है। अतः इसका गलनांक तीक्ष्ण होता है। काँच एक अक्रिस्टलीय अथवा छद्म ठोस है। अतः इसका गलनांक तीक्ष्ण नहीं होता है।

10. आण्विक तथा सहसंयोजक जालक दोनों प्रकार के ठोसों में सहसंयोजक बन्ध पाए जाते हैं, फिर इनमें कठोरता तथा गलनांक में इतनी अधिक भिन्नता क्यों पाई जाती है?

उत्तर आण्विक ठोसों में अणुओं के मध्य दुर्बल अन्तर आण्विक बल पाए जाते हैं जबकि सहसंयोजक जालक में परमाणुओं के मध्य प्रबल सहसंयोजक बन्ध स्थित होते हैं। इस कारण इनमें भिन्नता पाई जाती है।

11.  $\text{NaCl}$  का गलनांक, ऑक्सैलिक अम्ल से उच्च क्यों होता है?

उत्तर  $\text{NaCl}$  एक आयनिक ठोस है जबकि ऑक्सैलिक अम्ल एक आण्विक ठोस है।  $\text{NaCl}$  के आयनों के मध्य प्रबल आयनिक बन्ध होता है जबकि ऑक्सैलिक अम्ल के अणुओं में दुर्बल सहसंयोजी बन्ध होता है।

12. शुद्ध क्षार धातु हैलाइडों में फ्रेंकेल त्रुटि क्यों नहीं पाई जाती?

उत्तर क्योंकि अपने बड़े आकार के कारण, धनायन अन्तरकाशी स्थान में नहीं जा पाते।

13. फ्रेंकेल दोष  $\text{AgCl}$  क्रिस्टलों के घनत्व को परिवर्तित क्यों नहीं करता है?

उत्तर चूँकि फ्रेंकेल दोषयुक्त क्रिस्टल में आयनों की संख्या समान रहती है इसलिए यह दोष क्रिस्टलों के घनत्व में कोई परिवर्तन नहीं करता है।

14. घनीय निविड़ संकुलन संरचना युक्त 1 मोल यौगिक में अष्टफलकीय रिक्तियाँ कितनी होंगी?

उत्तर अष्टफलकीय रिक्तियों की संख्या = संकुलन में परमाणुओं की संख्या  
= 1 मोल =  $6.023 \times 10^{23}$

15. क्रिस्टलों में कौन-सा बिन्दु दोष सम्बन्धित ठोस के घनत्व को परिवर्तित नहीं करता है?

उत्तर फ्रेंकेल दोष।

16.  $\text{ZnS}$  क्रिस्टल में पाए जाने वाले बिन्दु दोष का नाम लिखिए।

उत्तर फ्रेंकेल दोष।

17. शॉटकी तथा फ्रेंकेल दोषों का क्रिस्टल की उदासीनता पर क्या प्रभाव पड़ता है?

उत्तर शॉटकी तथा फ्रेंकेल दोष उपस्थित होने पर क्रिस्टल उदासीन बने होते हैं।

18. गैस लाइटर को दबाने पर ज्वाला उत्पन्न होती है, समझाइए।

उत्तर कुछ लाइटरों में दाब विद्युत क्रिस्टल होते हैं। इन पर जब दाब आरोपित किया जाता है तो विद्युत चिंगारी उत्पन्न होती है तथा ईंधन गैस जल उठती है और ज्वाला उत्पन्न होती है।

19. साधारण नमक शुद्ध सफेद के स्थान पर कभी-कभी पीला दिखाई देता है, क्यों?

उत्तर ऐसा जालक स्थलों में ऋणायनों के स्थान पर इलेक्ट्रॉनों की उपस्थिति के कारण होता है। ये स्थल  $\text{F}-$  केन्द्रों की तरह कार्य करते हैं।

20. फलक केन्द्रित घनीय जालक की एकक कोष्ठिका में उपस्थित परमाणुओं की संख्या ज्ञात कीजिए।

उत्तर एकक कोष्ठिका में कोनों पर स्थित कणों की संख्या =  $\frac{1}{8} \times 8 = 1$

फलक पर स्थित कणों की संख्या =  $\frac{1}{2} \times 6 = 3$

अतः एकक कोष्ठिका में उपस्थित परमाणुओं की संख्या =  $1 + 3 = 4$  परमाणु

21. क्रिस्टल जालक की परिभाषा दीजिए।

उत्तर क्रिस्टलीय ठोस में अवयवी कणों (परमाणुओं, आयनों या अणुओं) की त्रिविम व्यवस्था क्रिस्टल जालक कहलाती है।

1. अक्रिस्टलीय ठोस तथा क्रिस्टलीय ठोस से आपका क्या तात्पर्य है?

**What do you mean by amorphous solid and crystalline solids.**

**उत्तर** अक्रिस्टलीय ठोस वे ठोस जिनमें उनके अवयवी कण (अणु, परमाणु या आयन) एक निश्चित क्रम में व्यवस्थित नहीं होते, अक्रिस्टलीय ठोस कहलाते हैं। जैसे—साधारण काँच, रबर, गलित सिलिका, प्लास्टिक आदि।

क्रिस्टलीय ठोस वे ठोस जिनमें उनके अवयवी कण (अणु, परमाणु या आयन) एक निश्चित क्रम में व्यवस्थित होते हैं, क्रिस्टलीय ठोस कहलाते हैं। जैसे—नमक ( $\text{NaCl}$ ), सिलिका ( $\text{SiO}_2$ ), ताँबा, हीरा, गन्धक, बर्फ आदि।

2. क्रिस्टलीय ठोस तथा अक्रिस्टलीय ठोस में अन्तर कीजिए।

**Differentiate between amorphous solids and crystalline solids.**

उत्तर

## क्रिस्टलीय ठोस तथा अक्रिस्टलीय ठोस में अन्तर

क्र० सं०	गुण	क्रिस्टलीय ठोस	अक्रिस्टलीय ठोस
1.	आकृति	निश्चित अभिलाक्षणिक ज्यामितीय आकृति	असमाकृति
2.	गलनांक	निश्चित और अभिलाक्षणिक ताप पर पिघलते हैं।	ताप के एक परास में धीरे-धीरे नरम पड़ते हैं।
3.	विदलन गुण	तेज धार वाले औजार से काटने पर ये दो टुकड़ों में विभक्त हो जाते हैं और नई जनित सतहें सपाट और चिकनी होती हैं।	तेज धार वाले औजार से काटने पर, ये अनियमित सतहों वाले दो टुकड़ों में कट जाते हैं।
4.	गलन ऊष्मा	इनकी गलन ऊष्मा निश्चित और अभिलाक्षणिक होती है।	इनकी गलन ऊष्मा निश्चित नहीं होती है।
5.	दैशिकता	विषमदैशिक	समदैशिक
6.	प्रकृति	वास्तविक ठोस	आभासी ठोस अथवा अतिशीतित द्रव
7.	अवयवी कणों की व्यवस्था में क्रम	दीर्घ परासी व्यवस्था	केवल लघु परासी व्यवस्था

3. ग्रेफाइट विद्युत का सुचालक है, किन्तु हीरा नहीं, क्यों? इसकी पुष्टि कीजिए।

(UPBTE 2006)

**Graphite is a conductor of electricity but not diamond. Why? Clarify it.**

उत्तर ग्रेफाइट में प्रत्येक कार्बन  $sp^2$  संकरित (hybridized) होता है। ग्रेफाइट की रचना में परमाणुओं की परतें होती हैं और इसकी द्विविम (two dimensional) शीट रचना होती है। ये परतें एक-दूसरे के ऊपर निर्बल वान्डर वाल्स बलों द्वारा जुड़ी होती हैं। यही कारण है कि ग्रेफाइट मुलायम (soft) होता है और यह स्नेहक (lubricant) के रूप में कार्य करता है। ग्रेफाइट में प्रत्येक कार्बन में एक अबन्धित  $p$ -इलेक्ट्रॉन होता है। इस स्वतन्त्र इलेक्ट्रॉन के कारण ग्रेफाइट विद्युत का सुचालक होता है।

हीरा घन आकारीय होता है। इसका प्रत्येक कार्बन  $sp^3$ -संकरित होता है। इसमें प्रत्येक कार्बन अपने आस-पड़ोस के चार कार्बन परमाणुओं के साथ सहसंयोजी बन्ध बनाता है। फलतः हीरा कठोर होता है और इसका द्रवणांक उच्च होता है। हीरे में कार्बन परमाणु के पास कोई स्वतंत्र इलेक्ट्रॉन नहीं होता। अतः हीरा विद्युत का कुचालक होता है।

4. ठोसों के प्रकार एवं विशिष्ट गुणों की तालिका दीजिए।

(UPBTE 2004)

**Give the types of solid and their specific properties in a table.**

उत्तर

**ठोसों के प्रकार एवं विशिष्ट गुणों की तालिका**

क्र० सं०	प्रकार	अवयवी कण	बन्धन बल की प्रकृति	उदाहरण	गुण
1.	आयनिक	आयन	इलेक्ट्रोस्टेटिक	NaCl, LiF, AgCl, CsCl	कठोर, उच्च गलनांक, भंगुर, सुचालक
2.	सहसंयोजी	परमाणु	सहसंयोजी	C (हीरा), SiC, SiO <sub>2</sub>	कठोर, उच्च गलनांक, कुचालक
3.	धात्विक	परमाणु	धनायन व इलेक्ट्रॉन में वैद्युतिकीय आकर्षण	Cu, Ag, Mg	कठोर, उच्च गलनांक, उच्च चालकता
4.	आण्विक	अणु	द्विध्रुवीय-द्विध्रुवीय, वाण्डर वाल्स बल	C (ग्रेफाइट), I <sub>2</sub> , बर्फ, आर्गन	मृदु एवं वाष्पशील, निम्न गलनांक

5. क्रिस्टलीय ठोसों का वर्गीकरण उदाहरण सहित कीजिए। एक प्रकार के ठोस दूसरे से किस प्रकार भिन्न हैं?

(UPBTE 2012)

**Classify crystal line solids with the example. How one type of solid differs from another solid?**

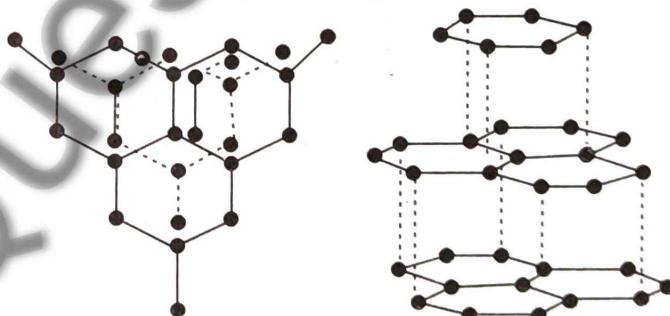
**उत्तर** किसी ठोस में उसके घटक कणों के मध्य विद्यमान बन्धों की प्रकृति के अनुसार ठोस निम्न चार प्रकार के होते हैं

- आयनिक ठोस** सोडियम क्लोराइड व अन्य लवण, धातु ऑक्साइड, धातु सल्फाइड आदि आयनिक ठोस कहलाते हैं; क्योंकि इन ठोसों के क्रिस्टल जालक (crystal lattice) धनायनों और ऋणायनों से बने होते हैं। आयनिक ठोस में विपरीत आवेशित आयन परस्पर प्रबल स्थिर वैद्युत बलों (electrostatic forces) द्वारा बँधे रहते हैं। आयनिक क्रिस्टल संरचना के कारण आयनिक ठोसों के गलनांक और क्वथनांक ऊँचे (high) होते हैं।
- आण्विक ठोस** आयोडीन, गन्धक, सफेद फॉस्फोरस आदि आण्विक ठोस कहलाते हैं; क्योंकि इन ठोसों के क्रिस्टल जालक (crystal lattice) सरल विविक्त (discrete) अणुओं से बने होते हैं। आण्विक ठोसों में अणु एक-दूसरे से क्षीण (weak) आकर्षण बलों द्वारा बँधे रहते हैं। अणुओं के बीच जो क्षीण आकर्षण बल होते हैं, उन्हें वाण्डर वाल्स बल (Vander Waals forces) कहते हैं। आण्विक ठोसों के गलनांक और क्वथनांक नीचे (low) होते हैं।
- सहसंयोजक ठोस** डायमण्ड (हीरा), ग्रेफाइट, सिलिका आदि परमाण्वीय ठोस या नेटवर्क ठोस कहलाते हैं। इन ठोस पदार्थों के क्रिस्टल जालक (crystal lattice) परमाणुओं से बने होते हैं। परमाण्वीय ठोसों में परमाणु परस्पर प्रबल सहसंयोजक बन्धों (covalent bonds) द्वारा जुड़े होते हैं जिससे एक नेटवर्क (जाल) बन जाता है जो पूर्ण क्रिस्टल में विस्तारित रहता है। परमाण्वीय ठोस सहसंयोजक ठोस (covalent solids) भी कहलाते हैं। इन ठोसों के गलनांक और क्वथनांक बहुत ऊँचे (high) होते हैं। नेटवर्क ठोस, कठोर और दृढ़ (rigid) होते हैं।
- धात्विक ठोस** जो ठोस धातुओं के गुण प्रदर्शित करता है, उसे धात्विक ठोस कहते हैं। धातुएँ धात्विक ठोस हैं। धात्विक ठोसों में अर्धात् धातुओं में जो बल धातु परमाणुओं को एक-दूसरे से बँधे रखते हैं, धात्विक आबन्ध (metallic bonds) कहलाते हैं। धात्विक आबन्धों की प्रकृति आयनिक और सहसंयोजक बन्धों से सर्वथा भिन्न होती है। धातुओं के आयनन विभव नीचे (low) होते हैं; अतः धातु अपने संयोजकता कोश के इलेक्ट्रॉन अपेक्षाकृत सरलता से त्याग करने योग्य होते हैं।
- 6. डायमण्ड और ग्रेफाइट की संरचना की व्याख्या कीजिए।**

(UPBTE 2006)

**उत्तर** डायमण्ड और ग्रेफाइट सह-संयोजक ठोस हैं, जिनकी संरचना निम्न प्रकार है।

**डायमण्ड की संरचना** डायमण्ड में प्रत्येक कार्बन परमाणु उसके चारों ओर चतुष्फलकीय ढंग से व्यवस्थित अन्य चार कार्बन परमाणुओं के चार एकल सह-संयोजक बन्धों के द्वारा जुड़ा होता है। इस प्रकार की त्रिविम संरचना के कारण डायमण्ड बहुत कठोर तथा विद्युत का कुचालक होता है। डायमण्ड में C—C बन्ध की दूरी  $1.554\text{\AA}$  तथा बन्ध कोण  $129^\circ 28'$  होता है। इसमें बन्धक कक्षक पूरे भरे होने के कारण इसका क्रिस्टल विसंवाहक होता है। डायमण्ड की अधिक कठोरता इसमें उपस्थित बन्ध की उच्च प्रबलता तथा दिशात्मक गुणों के कारण होती है।



डायमण्ड की संरचना

ग्रेफाइट की संरचना

**ग्रेफाइट की संरचना** ग्रेफाइट की परत संरचना होती है। इसमें कार्बन परमाणुओं की षट्कोणीय रिंगों से बनी हुई परतें होती हैं, जो एक-दूसरे से दुर्बल वाण्डर वाल्स बलों के द्वारा जुड़ी होती हैं। अतः ग्रेफाइट मूलायम होता है। ग्रेफाइट की परतों में प्रत्येक कार्बन परमाणु त्रिकोणीय ढंग से व्यवस्थित तीन अन्य कार्बन परमाणुओं से तीन एकल सह-संयोजक बन्धों के द्वारा जुड़ा रहता है। तीन सिग्मा बन्ध बनाने में कार्बन के केवल तीन संयोजी इलेक्ट्रॉन प्रयुक्त होते हैं। कार्बन का चौथा इलेक्ट्रॉन पाई ( $\pi$ ) बन्ध बना लेता है।  $\pi$  इलेक्ट्रॉनों की गतिशीलता के कारण ग्रेफाइट विद्युत का चालक होता है। इसका उपयोग स्नेहक के रूप में भी किया जाता है। इसमें C—C बन्ध की दूरी  $1.42\text{\AA}$  होती है।

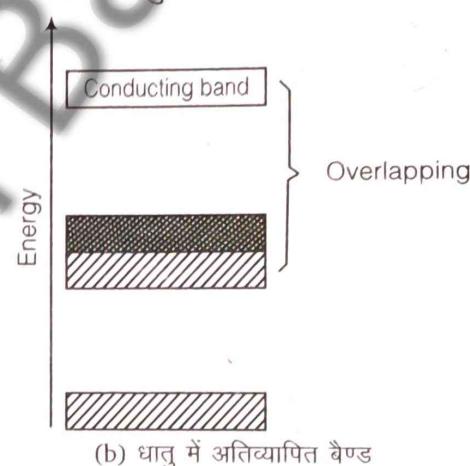
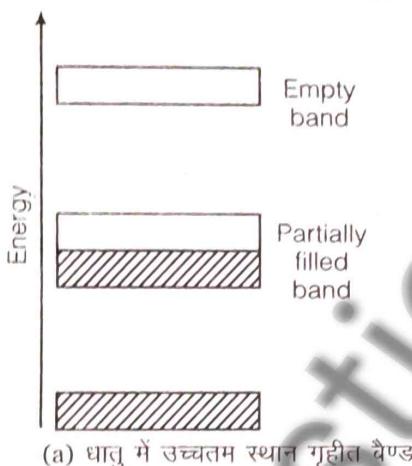
7) ठोस में बैण्ड (band) क्या होते हैं? इनसे ठोसों का चालक, अचालक व अर्द्धचालक में विभेद कैसे होता है? (UPBTE 2003, 05, 13)

**What are bands in solids? How we can differentiate conductors, insulators and semiconductors through them.**

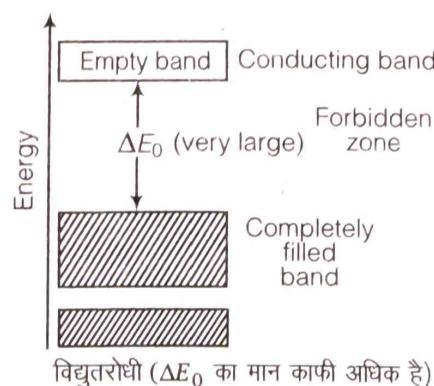
**उत्तर** ठोसों में बैण्ड एक धातु क्रिस्टल में परमाणु पर्याप्त संख्या में विद्यमान होते हैं। इनके ऊर्जा स्तरों (energy levels) को ऊर्जा बैण्ड (energy bands) द्वारा व्यक्त करते हैं। ये ऊर्जा बैण्ड ऊर्जा दरार (gap) द्वारा पृथक् होते हैं। आंशिक पूर्ण बैण्ड को संयोजकता बैण्ड (VB) कहते हैं क्योंकि इनमें संयोजकता इलेक्ट्रॉन रहते हैं। इनके ऊपर कण्डक्षण बैण्ड (conduction band) होता है, जिसमें इलेक्ट्रॉन प्रवाह कर सकते हैं। धातुओं में विद्युत चालकता परमाणुओं के संयोजकता इलेक्ट्रॉन की संख्या पर निर्भर करती है। परमाणु कक्षकों (orbitals) के अतिव्याप्त (overlapping) से आण्विक कक्षक बनते हैं, जिनकी ऊर्जा परस्पर अत्यन्त समीप होती है जिससे बैण्ड बन जाता है। संयोजकता बैण्ड तथा कण्डक्षण बैण्ड में ऊर्जा दरार के आधार पर ठोसों की चालकता व्यक्त करने के सिद्धान्त को ठोसों का बैण्ड सिद्धान्त कहते हैं।

### ठोसों का चालक, अचालक तथा अर्द्धचालक में विभेद

**1. धातु (चालक)** जिन ठोसों में उच्चतम स्थान गृहीत बैण्ड (highest occupied band) या तो आंशिक स्थान गृहीत (partially occupied) होता है [चित्र (a)] अथवा किसी चालक बैण्ड (conduction band) के साथ अतिव्याप्ति [चित्र (b)] होती है, वे ठोस एक धातु अथवा चालक की भाँति व्यवहार करते हैं। जब इस प्रकार के ठोस (धातु) में एक विभवान्तर आरोपित किया जाता है तो आंशिक स्थान गृहीत बैण्ड से निकलकर इलेक्ट्रॉन उसी बैण्ड के किसी उच्च ऊर्जा स्तर में चले जाते हैं और इस प्रकार विद्युत धारा का संचरण करते हैं।



**2. विद्युतरोधी (अचालक)** जिन ठोसों में प्रत्येक स्थान गृहीत बैण्ड पूर्ण होता है तथा उच्चतम स्थान गृहीत बैण्ड एवं अगले चालक बैण्ड के मध्य ऊर्जा अन्तराल ( $\Delta E_0$ ) काफी अधिक होता है, वे ठोस विद्युतरोधी की भाँति व्यवहार करते हैं।



विद्युतरोधी ठोसों में उच्चतम स्थान गृहीत बैण्ड तथा अगले चालक बैण्ड के मध्य ऊर्जा अन्तराल ( $\Delta E_0$ ) इतना अधिक होता है कि पूर्ण बैण्ड से चालक बैण्ड में इलेक्ट्रॉनों का पदार्पण सामंजस्य रूप से सम्भव नहीं हो पाता। यही कारण है कि विद्युतरोधी पदार्थ विद्युत का संचरण नहीं कर पाते हैं।

- 3. अर्द्धचालक** जिन ठोसों में प्रत्येक स्थान गृहीत बैण्ड पूर्ण होता है, लेकिन उच्चतम स्थान गृहीत बैण्ड तथा चालक बैण्ड के मध्य एक अल्प ऊर्जा अन्तराल ( $\Delta E_0$ ) पाया जाता है, वे ठोस अर्द्धचालकों की भाँति व्यवहार करते हैं।

अर्द्धचालकों में सभी स्थान गृहीत बैण्ड पूर्ण होते हैं, लेकिन निषिद्ध बैण्ड काफी कम आयाम का होता है अर्थात् उच्चतम स्थान गृहीत बैण्ड तथा चालक बैण्ड (जो रिक्त होता है) के मध्य ऊर्जा अन्तराल  $\Delta E_0$  का मान अधिक नहीं होता है। अतः ऊपरी ऊर्जा के कारण कुछ इलेक्ट्रॉन पूर्ण स्थान गृहीत बैण्ड से रिक्त चालक बैण्ड में उत्तेजित हो जाते हैं जिससे अल्प मात्रा में विद्युत संचरण सम्पन्न हो जाता है। इस प्रकार के अर्द्धचालकों की विद्युत चालकता कमरे के ताप पर अधिक नहीं होती है, लेकिन ताप में वृद्धि होने पर चालकता में भी वृद्धि होती है।

- 8. कॉपर fcc जालक के रूप में क्रिस्टलीकृत होता है जिसके कोर की लम्बाई  $3.61 \times 10^{-8} \text{ cm}$  है। यह दर्शाइए कि गणना किये गये घनत्व के मान तथा मापे गये घनत्व  $8.92 \text{ g cm}^{-3}$  में समानता है।**

**Copper is crystallised in the form of fcc whose core length is  $3.6 \times 10^{-8} \text{ cm}$ . Show that there is a similarity between calculated density value and measured density value i.e.,  $8.92 \text{ g cm}^{-3}$ .**

**हल**

fcc जालक में

$$Z = 4$$

कोर की लम्बाई,  $a = 3.61 \times 10^{-8} \text{ cm}$ ; घनत्व  $\rho = ?$

कॉपर का परमाणिक द्रव्यमान,

$$M = 63.5 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\text{घनत्व}, \rho = \frac{Z \times M}{N_A \times a^3}$$

$$= \frac{4 \times 63.5 \text{ g mol}^{-1}}{6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \times (3.61 \times 10^{-8} \text{ cm})^3}$$

$$\rho = 8.97 \text{ g cm}^{-3}$$

अतः घनत्व का गणनात्मक मान  $8.97 \text{ g cm}^{-3}$  तथा मापे गये घनत्व का मान  $8.92 \text{ g cm}^{-3}$  लगभग समान हैं।

- 9. चाँदी का क्रिस्टलीकरण fcc जालक में होता है। यदि इसकी कोण्ठिका के कोरों की लम्बाई  $4.077 \times 10^{-8} \text{ cm}$  तथा घनत्व  $10.5 \text{ g cm}^{-3}$  हो तो चाँदी का परमाणिक द्रव्यमान ज्ञात कीजिए।**

**Silver crystallisation has done in fcc structure. If its block corner length is  $4.077 \times 10^{-8} \text{ cm}$  and density be  $10.5 \text{ g cm}^{-3}$ , then find out atomic mass of silver.**

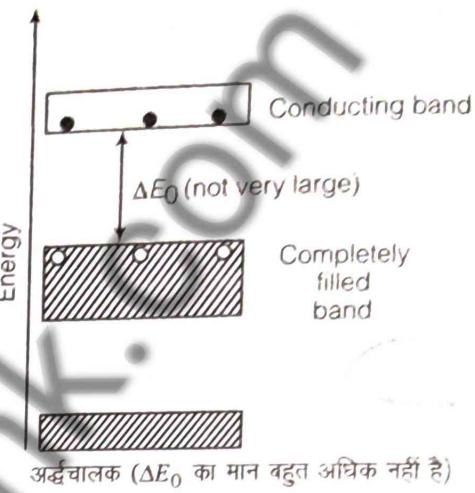
**हल**

fcc जालक के लिए  $Z = 4$

कोर की लम्बाई,  $a = 4.077 \times 10^{-8} \text{ cm}$ , घनत्व  $\rho = 10.5 \text{ g cm}^{-3}$

$$\text{घनत्व}, \rho = \frac{Z \times M}{N_A \times a^3}$$

$$M = \frac{\rho \times N_A \times a^3}{Z}$$



अर्द्धचालक ( $\Delta E_0$  का मान बहुत अधिक नहीं है)

$$M = \frac{10.5 \text{ g cm}^{-3} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \times (4.077 \times 10^{-8} \text{ cm})^3}{4} = 107.14 \text{ g mol}^{-1}$$

अतः सिल्वर का परमाणुक द्रव्यमान = **107.14 g mol<sup>-1</sup>** होगा।

10. रेखाचित्र सहित सरल घनीय इकाई सेल (cell), अन्तः केन्द्रित घनीय इकाई सेल और केन्द्रित घनीय इकाई सेल का वर्णन कीजिए। A तथा B तत्वों से बना एक यौगिक ऐसी घनीय संरचना (cubic structure) में क्रिस्टलित (crystallize) होता है जिसमें A परमाणु घन के शीर्षों (corners) पर तथा B परमाणु फलक-केन्द्रों (face centers) पर रहते हैं। यौगिक का सूत्र क्या है? (UPBTE 2014)

**Describe simple cubic unit cell, body centred cubic unit cell and face centred cubic unit cell with the diagram. A compound which is made through the elements 'A' & 'B' crystallizes in that cubic structure in which A atoms are present on the corners of cube & B atoms are present on face centres, what is the formula of the compound?**

यूनिट सेल (unit cell) क्या है?

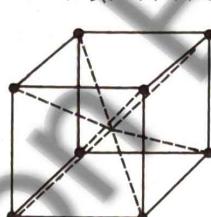
(UPBTE 2015)

**What is unit cell?**

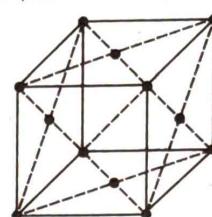
उत्तर इकाई सेल क्रिस्टल जालक में बिन्दु वास्तविक परमाणुओं, आयनों या अणुओं को प्रदर्शित नहीं करते हैं, परन्तु केवल क्रिस्टल में परमाणुओं, आयनों या अणुओं के केन्द्रों की स्थितियों को प्रदर्शित करते हैं। क्रिस्टल जालक का जो लघुतम अंश पूर्ण जालक का पैटर्न निर्धारित करता है, इकाई सेल कहलाता है। इकाई सेल को तीनों विमाओं में स्थानान्तरण द्वारा त्रिविमीय पूर्ण क्रिस्टल जालक निर्मित किया जाता है। घन क्रिस्टल निकाय (cubic crystal system) के तीन प्रकार के जालकों के इकाई सेल निम्नांकित चित्र में प्रदर्शित हैं। त्रिविम क्रिस्टल जालक में काले बिन्दु परमाणुओं के केन्द्रों की स्थितियों को प्रदर्शित करते हैं।



(i) सरल घन



(ii) अन्तःकेन्द्रित घन



(iii) फलक-केन्द्रित घन

घन क्रिस्टल निकाय के तीन भिन्न इकाई सेल (इकाई कोष्ठिकाएँ)

- सरल घन इकाई सेल सरल घन इकाई सेल के जालक बिन्दु (lattice points) केवल कोनों पर होते हैं। ठोस ऑक्सीजन के और PO के क्रिस्टलों का सरल घन जालक होता है।
- अन्तःकेन्द्रित घन इकाई सेल इस इकाई सेल के जालक बिन्दु 8 कोनों पर और एक जालक बिन्दु इकाई सेल के केन्द्र में होती है। आयरन, क्रोमियम और टंगस्टन धातुओं के क्रिस्टलों का अन्तःकेन्द्रित घन जालक होता है।
- फलक-केन्द्रित घन इकाई सेल इस इकाई सेल के जालक बिन्दु 8 कोनों पर और एक जालक बिन्दु इसके 6 फलकों के प्रत्येक के केन्द्र में होता है। निकिल, कॉपर, सिल्वर, गोल्ड और ऐलुमिनियम धातुओं के क्रिस्टलों का फलक-केन्द्रित घन जालक होता है।

**उदाहरणार्थ**— एक fcc जालक A तथा B परमाणुओं से बना है। यदि परमाणु A घन के कोने पर तथा B परमाणु फलक पर उपस्थित हों तो यौगिक का सूत्र निम्नवत् ज्ञात किया जा सकता है

घन के 8 कोनों पर परमाणु A का योगदान =  $\frac{1}{8} \times 8 = 1$  परमाणु

परमाणु B का प्रत्येक फलक पर योगदान =  $\frac{1}{2}$  परमाणु

$\therefore$  घन के 6 फलक पर परमाणु B =  $\frac{1}{2} \times 6 = 3$  परमाणु

अतः यौगिक का सूत्र = **AB<sub>3</sub>**

### 11. निम्नलिखित पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।

**Write short notes on the following :**

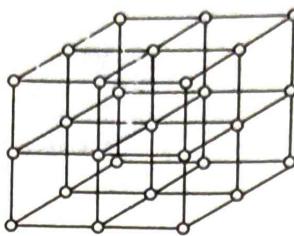
(i) एकक सेल (unit cell)

(ii) त्रिविमीय क्रिस्टल जालक (three dimensional crystal lattice)

उत्तर

(i) एकक सेल इसके लिए प्रश्न संख्या 10 का आरम्भिक भाग देखिए।

(ii) त्रिविमीय क्रिस्टल जालक क्रिस्टलीय ठोस में अवयवी कण त्रिविमीय दिक् स्थान में एक निरन्तर क्रम में व्यवस्थित होते हैं। यदि क्रिस्टल में अवयवी कणों की त्रिविमीय व्यवस्था को आरेख के रूप में निरूपित किया जाए जिसमें प्रत्येक कण को बिन्दु द्वारा चित्रित किया गया हो तो प्राप्त व्यवस्था दिए गए चित्र के समान प्राप्त होती है। यह केवल एक प्रकार की व्यवस्था है यद्यपि और व्यवस्थाएँ भी सम्भव हैं।



त्रिविमीय घनीय जालक का एक भाग और उसकी एकक कोष्ठिका

दिक् स्थान (space) में अवयवी कणों की नियमित त्रिविमीय व्यवस्था दिक् स्थान जालक (space lattice) अथवा क्रिस्टल जालक (crystal lattice) कहलाती है।

इस प्रकार की व्यवस्था वाले केवल 14 त्रिविमीय जालक सम्भव हैं। फ्रांसीसी गणितज्ञ के नाम पर जिन्होंने सर्वप्रथम इनका वर्णन किया, इन्हें ब्रेविस जालक (Bravais lattice) भी कहते हैं।

12. एक तत्त्व की कोष्ठिका की संरचना अंतःकेन्द्रित घन (bcc) है। कोष्ठिका के कोर की लम्बाई 288 pm है तथा तत्त्व का घनत्व  $7.2 \text{ g/cm}^3$  है। ज्ञात कीजिए कि 208 ग्राम तत्त्व में कितने परमाणु हैं?

**An element has bcc type cell structure. Cell core length is 288 pm and element density is  $7.2 \text{ g/cm}^3$ . Find out how many atom are there in 208 g element.**

हल

$$\text{एक कोष्ठिका का आयतन} = (288 \text{ pm})^3 = (288 \times 10^{-10} \text{ cm})^3 = 2.39 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$$

$$208 \text{ g तत्त्व का आयतन} = \frac{\text{इव्यमान}}{\text{घनत्व}} = \frac{208 \text{ g}}{7.2 \text{ g cm}^{-3}} = 28.88 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{इस आयतन में एकक कोष्ठिकाओं की संख्या} &= \frac{28.88 \text{ cm}^3}{2.39 \times 10^{-23} \text{ cm}^3 / \text{एकक कोष्ठिका}} \\ &= 12.08 \times 10^{23} \text{ एकक कोष्ठिकाएँ} \end{aligned}$$

चूँकि प्रत्येक bcc एकक कोष्ठिका में 2 परमाणु होते हैं; अतः

$$\begin{aligned} 208 \text{ ग्राम तत्त्व में परमाणुओं की संख्या} &= 2 \times (परमाणु/एकक कोष्ठिका) \times 12.08 \times 10^{23} \text{ एकक कोष्ठिकाएँ} \\ &= 24.16 \times 10^{23} \text{ परमाणु} \end{aligned}$$

13. एक तत्त्व fcc एकक कोष्ठिका जिसकी कोर की लम्बाई 200 pm है, वाली संरचना में क्रिस्टलीकृत होता है। यदि इस तत्त्व के 200 ग्राम में  $24 \times 10^{23}$  परमाणु हों तो घनत्व की गणना कीजिए।

**An element whose core length is 200 pm crystallizes in single fcc structure. Determine the density if there are  $24 \times 10^{23}$  atoms in 200 g of this element.**

**छल** कोर की लम्बाई =  $200 \text{ pm} = 200 \times 10^{-12} \text{ m} = 200 \times 10^{-10} \text{ cm}$

कठिन

एकक कोष्ठिका का आयतन =  $(200 \times 10^{-10} \text{ cm})^3 = 8 \times 10^{-24} \text{ cm}^3$

संभव

एकक कोष्ठिका का द्रव्यमान = एकक कोष्ठिका में परमाणुओं की संख्या  $\times$  प्रत्येक परमाणु का द्रव्यमान

चौंकि तत्त्व में fcc व्यवस्था है; अतः प्रति एकक कोष्ठिका में 4 परमाणु होंगे।

$$\text{परमाणु का द्रव्यमान} = \frac{200}{24 \times 10^{23}}$$

$$\text{एकक कोष्ठिका का द्रव्यमान} = \frac{200}{24 \times 10^{23}} \times 4 = 33.3 \times 10^{-23} \text{ g}$$

$$\text{एकक कोष्ठिका का घनत्व} = \frac{\text{एकक कोष्ठिका का द्रव्यमान}}{\text{एकक कोष्ठिका का आयतन}}$$

$$\text{एकक कोष्ठिका का घनत्व} = \frac{33.3 \times 10^{-23}}{8 \times 10^{-24}} \text{ g cm}^{-3} = 41.6 \text{ g cm}^{-3}$$

या तत्त्व के  $W \text{ g}$  में उपस्थित कुल परमाणुओं की संख्या =  $Z \times \frac{W}{d \times a^3}$

$$d = \frac{Z \times W}{\text{परमाणुओं की संख्या} \times a^3} = \frac{4 \times 200}{24 \times 10^{23} \times 8 \times 10^{-24}}$$

$$\text{घनत्व} (d) = 41.6 \text{ g cm}^{-3}$$

**14. रिक्तिका दोष तथा अन्तराकाशी दोष से क्या तात्पर्य है?**

**What do you mean by vacancies and interstitial sites?**

**उत्तर** **रिक्तिका दोष** जब क्रिस्टलीय ठोस में कुछ जालक स्थल रिक्त होते हैं तो उसे रिक्तिका दोष कहा जाता है। ऐसा सामान्यतः वातावरण से ऊष्मा अवशोषण के कारण होता है। इस दोष के परिणामस्वरूप पदार्थ का घनत्व कम हो जाता है।

**अन्तराकाशी दोष** जब क्रिस्टल के अन्तराकाशी स्थलों पर कुछ अतिरिक्त अवयवी कण उपस्थित होते हैं तो क्रिस्टल में अन्तराकाशी दोष कहा जाता है। यह दोष पदार्थ के घनत्व को बढ़ाता है।

**15. शॉटकी तथा फ्रेंकेल दोषों में अन्तर लिखिए।**

**Differentiate between Schottky and Frenkel defect.**

**उत्तर** **शॉटकी तथा फ्रेंकेल दोषों में अन्तर**

क्र०सं०	शॉटकी दोष	फ्रेंकेल दोष
1.	इस दोष में धनायन तथा ऋणायन अपने जालक स्थलों से पूर्णतः हट जाते हैं तथा धनायन और ऋणायन संख्या में परस्पर बराबर हो जाते हैं।	इस दोष में एक आयन (धनायन या ऋणायन) अपने जालक बिन्दु को छोड़कर अन्तराकाशी स्थल में आ जाता है।
2.	इस दोष में क्रिस्टल का घनत्व घट जाता है।	इस दोष में घनत्व में परिवर्तन नहीं होता है।
3.	यह दोष अधिक उप-सहसंयोजन संख्या वाले प्रबल आयनिक क्रिस्टलों में पाया जाता है तथा क्रिस्टल में धनायन एवं ऋणायन लगभग समान आकार के होते हैं। उदाहरणार्थ—NaCl, CsCl आदि।	यह दोष उन क्रिस्टलों में पाया जाता है जिनकी उप-सहसंयोजन संख्या निम्न तथा धनायन का आकार ऋणायन से कम होता है।
4.	इस दोष में रिक्तियों के बनने से क्रिस्टल का स्थायित्व घटता है।	इस दोष के कारण क्रिस्टल का स्थायित्व घटता है। इस दोष से क्रिस्टल का परा-वैद्युतांक (dielectric constant) बढ़ता है।