



टिप्पणियाँ



313hi06

6

## ठोस अवस्था

आप जानते हैं कि पदार्थ की तीन अवस्थाएँ होती हैं – ठोस, द्रव और गैस। इनमें घटक कण (परमाणु, अणु और आयन) एक दूसरे से आकर्षण बल के कारण बंधे होते हैं। लेकिन इन बलों की प्रकृति और मात्रा में फर्क होता है। इस मॉड्यूल के पहले दो पाठों में आप द्रव और गैस अवस्था के विषय में पढ़ चुके हैं। इस पाठ में आप ठोस अवस्था के विषय में पढ़ेंगे। ठोस पदार्थों का द्रव और गैसों से अंतर उनकी दृढ़ता, दीर्घ परासी विन्यास, निश्चित आयतन और निश्चित आकार के आधार पर जाना जा सकता है। ठोस अवस्था में घटक कण बहुत पास-पास होते हैं और उनके बीच प्रबल आकर्षण बल होता है। यहाँ आप ठोसों की संरचना, वर्गीकरण और गुणधर्मों के बारे में पढ़ेंगे।



उद्देश्य

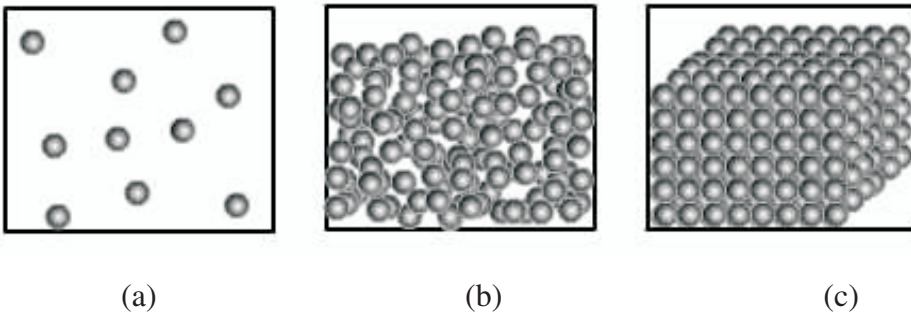
इस पाठ को पढ़ने के बाद आप :

- ठोस अवस्था की प्रकृति के बारे में बता सकेंगे;
- ठोस के गुणधर्मों को कणों के संकुलन और अंतराण्विक बलों के आधार पर समझा सकेंगे;
- क्रिस्टलीय और अक्रिस्टलीय ठोसों के बीच अंतर कर सकेंगे;
- ठोस के गलनांक की व्याख्या कर सकेंगे;
- घटक कणों के बीच कार्य कर रहे बलों के आधार पर क्रिस्टलीय ठोसों का वर्गीकरण कर सकेंगे;
- एकक सेल एवं क्रिस्टल जालक की परिभाषा दे सकेंगे;
- विभिन्न प्रकार के दो आयामी एवं तीन आयामी एकक सेलों की व्याख्या कर सकेंगे;
- ठोस में विभिन्न प्रकार के संकुलन का वर्णन कर सकेंगे;
- समन्वय संख्या को परिभाषित कर सकेंगे;

- सामान्य घनीय, काय केंद्रित घनीय और फलक केंद्रित घनीय एकक सेल में कणों की संख्या का परिकलन कर सकेंगे;
- ठोस के घनत्व को एकक सेल के गुणधर्मों से सम्बन्ध कर सकेंगे;
- सामान्य घनीय, कार्यकेन्द्रित घनीय और CCP/HCP जालको के लिए सकुलन क्षमता की गणना कर सकेंगे;
- अर्धव्यासों के अनुपात की परिभाषा दे सकेंगे;
- अर्धव्यासों के अनुपात का ठोस संरचना के साथ संबंध बता सकेंगे;
- साधारण आयनिक यौगिकों की संरचना की व्याख्या कर सकेंगे;
- फ्रैंकल और शॉटकी दोष के बारे में बता सकेंगे;
- अर्धचालकों में इलेक्ट्रान अभाव और इलेक्ट्रान प्रचुर अपमिश्रण करने होने वाले प्रभाव कर सकेंगे; और
- ठोसों का उनके वैद्युत और चुम्बकीय गुणधर्मों के आधार पर वर्गीकरण कर सकेंगे;

### 6.1 ठोस अवस्था की प्रकृति

आप पाठ 6 में पढ़ चुके हैं कि अणुगतिक सिद्धांत के अनुसार, गैसों में अणुओं की बड़ी संख्या होती है और ये निरंतर, अनियमित ढंग से सभी दिशाओं में गति करते रहते हैं। इन अणुओं के बीच नगण्य अंतराण्विक बल होता है। अणुओं के बीच बहुत अधिक स्थान होने के कारण गैसों को संपीडित किया जा सकता है [चित्र 8.1(a)]। द्रवों में [चित्र 8.1(b)] भी अणु गतिमान होते हैं पर एक निश्चित सीमा में। इनमें अणुओं के बीच दूरी कम होने के कारण ये अपेक्षाकृत असंपीड्य होते हैं।



चित्र 6.1: द्रव्य की तीन अवस्थाओं को आरेख द्वारा प्रदर्शित करना (a) गैस, (b) द्रव, और (c) ठोस अवस्था

ठोस अवस्था में घटक कण बहुत पास होते हैं और इनमें दीर्घ परासी व्यवस्था होती है [चित्र 6.1(c)]। इसके कण स्वतंत्र अवस्था में नहीं घूमते किंतु ये निश्चित स्थिति में दोलन करते हैं।





टिप्पणियाँ

परिणामतः ठोस असंपीड्य, दृढ़ और निश्चित आकार वाले होते हैं। द्रवों के विपरीत ठोस का आयतन पात्र के आकार या नाप पर निर्भर नहीं करता।

## 6.2 ठोसों का वर्गीकरण

घटक कणों की व्यवस्था के अनुसार ठोसों को क्रिस्टलीय और अक्रिस्टलीय में वर्गीकृत किया जाता है।

### 6.2.1 क्रिस्टलीय और अक्रिस्टलीय ठोस

**क्रिस्टलीय ठोसों** में घटक कण एक आवर्ती क्रम में बंधे होते हैं इस कारण उनका सुनिश्चित आकार होता है। क्रिस्टल पद ग्रीक शब्द *क्रस्टालोस (krustallos)* अर्थात् बर्फ से बना है। नियमित व्यवस्था पूरे ठोस में फैली होने के कारण उसे दीर्घ परासी व्यवस्था कहा जाता है। दूसरी तरफ, कुछ ठोसों में कुछ ही भाग में व्यवस्था होती है, शेष अव्यवस्थित ही होता है। ऐसे पदार्थ अक्रिस्टलीय कहलाते हैं। सोडियम क्लोराइड और शक्कर क्रिस्टलीय ठोस के उदाहरण हैं। कांच, अक्रिस्टलीय सिलिका, रबर और उच्च अणु द्रव्यमान वाले बहुलक, अक्रिस्टलीय ठोस के उदाहरण हैं।

क्रिस्टलीय और अक्रिस्टलीय ठोसों के बीच सबसे बड़ा अंतर यह है कि अक्रिस्टलीय ठोस दैशिक (isotropic) होते हैं (यानि कुछ भौतिक गुणधर्मों का सभी दिशाओं में समान मान होता है) जबकि क्रिस्टलीय ठोस विषमदैशिक (anisotropic) होते हैं (यानि कुछ भौतिक गुणधर्मों का विभिन्न दिशाओं में भिन्न मान होता है)। अपवर्तनांक और तापीय प्रसार गुणांक ऐसे दो भौतिक गुणधर्म हैं जो क्रिस्टल में विभिन्न दिशाओं में भिन्न मान दिखाते हैं। इसके अतिरिक्त क्रिस्टलीय ठोस एक निश्चित तापमान पर गलते हैं, अतः इनका निश्चित गलनांक होता है, जबकि अक्रिस्टलीय ठोसों का निश्चित गलनांक नहीं होता। ये एक ताप के परिसर में गलते हैं।

घटक कणों की अन्योन्यक्रियाओं के आधार पर क्रिस्टलीय ठोसों को चार वर्गों में बांटा जा सकता है।

## 6.3 क्रिस्टलीय ठोसों का वर्गीकरण

क्रिस्टलीय ठोसों के घटक कण दीर्घ परिसर व्यवस्था में विभिन्न आकर्षण बलों द्वारा बंधे होते हैं। ये बल कूलम्बिक या विद्युतस्थिर, सहसंयोजनक, धात्विक आबंध या दुर्बल अंतराण्विक प्रकृति के हो सकते हैं। ठोसों के गुणधर्मों में अंतर उनके घटक कणों के बीच बलों में अंतर के कारण होते हैं। घटक कणों को बांधने वाले बलों के आधार पर क्रिस्टलीय ठोसों को चार वर्गों में बांटा जाता है— आयनिक, आण्विक, सहसंयोजी और धात्विक ठोस। विभिन्न प्रकार के ठोसों के उदाहरण और उनके गुणधर्म सारणी 6.1 में दिए गए हैं।

सारणी 6.1: विभिन्न प्रकार के ठोसों के अभिलक्षण और गुणधर्म

ठोसों के प्रकार	कणों के घटक	कणों के बीच अन्योन्यक्रिया की प्रकृति	प्रगटन	गलनांक	उदाहरण
आयनिक	आयन	कूलम्बिक भंगुर	कठोर और	उच्च क्लोराइड	सोडियम जिंक सल्फाइड
आण्विक अघूर्णीय घूर्णीय	अणु	वान-डर-वाल्स द्विध्रुव-द्विध्रुव	कोमल भंगुर	कम	कार्बन डाइऑक्साइड आयोडीन, पानी आदि
सहसंयोजी	परमाणु	सहसंयोजी आबंधन	कठोर	अत्यधिक उच्च	डायमंड ग्रेफाइट, सिलिका आदि
धात्विक	परमाणु	धात्विक आबंधन	कठोर और आघातवर्ध्य	परिवर्तनशील	कॉपर, सिल्वर आदि



टिप्पणियाँ

सोडियम क्लोराइड आयनिक ठोस का उदाहरण है क्योंकि इसमें सोडियम और क्लोराइड आयन, विद्युत स्थिर अन्योन्यक्रियाओं द्वारा एक दूसरे की तरफ आकर्षित होते हैं। दूसरी तरफ आयोडीन आण्विक ठोस का उदाहरण है क्योंकि इसमें अणु दुर्बल वान-डर-वाल्स बलों से आबंध होते हैं। हीरा सहसंयोजी ठोस का उदाहरण है क्योंकि इसके घटक कार्बन परमाणुओं के बीच प्रबल सहसंयोजी बंध होते हैं, जबकि धातुओं में असंख्य धनात्मक आयन इलेक्ट्रॉनों के सागर से जुड़े होते हैं।

### 6.3 क्रिस्टलीय ठोसों के गुणधर्म

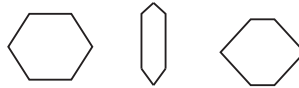
प्रतिदिन के कार्यों में ठोसों के उपयोग के कारण आप उनके निम्नलिखित गुणधर्मों से परिचित हैं :

- ठोस दृढ़ और निश्चित आकार के होते हैं।
- ठोसों का निश्चित आयतन होता है, पात्र के आकार या नाप का उस पर कोई प्रभाव नहीं होता।
- ठोस असंपीड्य होते हैं।

आप अनेक क्रिस्टलीय ठोसों से परिचित हैं जैसे शक्कर, फिटकरी, लवण, बहुमूल्य पत्थर आदि। आपने देखा होगा कि इनकी सतह चिकनी होती है। इन्हें क्रिस्टल का 'फलक' कहते हैं। घटक कणों की नियमित व्यवस्था से क्रिस्टल निर्माण के दौरान ये फलक बनते हैं, और ये असमान रूप से बढ़ते हैं। दो फलकों के बीच के आंतरिक कोण को अंतरफलकीय कोण कहते हैं और इसे विभाजित करने वाले फलकों पर खिंचे लंबों के बीच बने कोण से भी परिभाषित कर सकते हैं। क्रिस्टलीय ठोसों का एक और अभिलक्षण यह है कि किसी भी पदार्थ के क्रिस्टल किसी भी नाप और आकार के हों उनके अंतरफलकीय कोण हमेशा बराबर होते हैं। इस तथ्य को "अंतरफलकीय कोणों की समानता का नियम" के नाम से जाना जाता है जिसे स्टेनो ने दिया था (चित्र 6.2)।



टिप्पणियाँ



चित्र 6.2 : अंतरफलकीय कोणों की समानता

### 6.3.1 ठोस का गलनांक

ऊष्मा का ठोस पर क्या प्रभाव होता है? आपने देखा होगा कि ठोस गरम होने के बाद धीरे-धीरे द्रव में बदल जाता है। इस प्रक्रम को गलना कहते हैं। आपने यह भी देखा होगा कि विभिन्न ठोसों को द्रव में बदलने के लिए अलग-अलग सीमा तक गरम करना पड़ता है। जिस ताप पर ठोस द्रव में परिवर्तित होता है उसे उसका गलनांक कहते हैं। हर ठोस का एक निश्चित गलनांक होता है जिससे उसकी पहचान होती है और उसकी शुद्धता का पता लगता है। किसी ठोस के गलनांक से उसके घटक कणों के बीच उपस्थित आकर्षण बलों के बारे में भी पता लगता है। सोडियम क्लोराइड ( $m.p = 1077 \text{ K}$ ) जैसे ठोसों का गलनांक बहुत अधिक होता है क्योंकि इसके आयनों के बीच प्रबल कूलम्बिक बल होते हैं। दूसरी तरफ आण्विक ठोस जैसे नैफ्थलीन ( $m.p. = 353 \text{ K}$ ) का गलनांक कम होता है।

ठोस पर ऊष्मा के प्रभाव को घटक कणों की गति और उनकी ऊर्जा के आधार पर समझा जा सकता है। आप जानते हैं कि ठोस के घटक कण अपनी माध्य स्थिति पर ही दोलन करते हैं। जब ठोस को ऊष्मा दी जाती है तो उसके घटक कण ऊर्जा लाभ से अपनी साम्यावस्था की स्थितियों पर और जोर से दोलन करते हैं। जैसे-जैसे और ऊष्मा दी जाती है कणों की ऊर्जा बढ़ती जाती है अंततः उनके बीच के आकर्षण बल टूट जाते हैं और ठोस द्रव में परिवर्तित हो जाता है।



### पाठगत प्रश्न 6.1

1. ठोस, द्रव और गैसीय अवस्थाओं में अंतर बताएँ।
2. अंतराण्विक बलों के आधार पर ठोसों का वर्गीकरण किस प्रकार किया जाता है?
3. स्टेनो का “अंतरफलकीय कोणों की समानता का नियम” क्या है?

### 6.4 क्रिस्टल जालक एवं एकक सेल

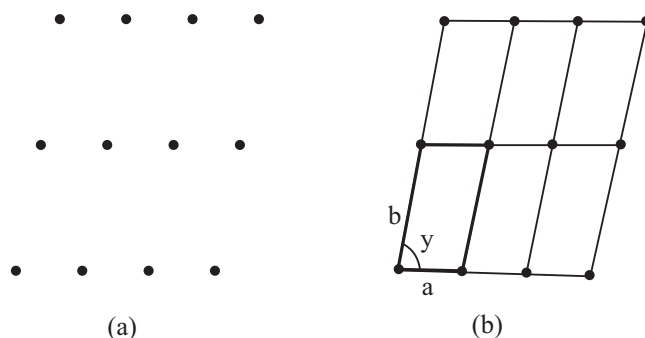
आप जानते हैं कि क्रिस्टलीय ठोसों में दीर्घ परिसर व्यवस्था होती है और संकुलित घटक कण नियमित त्रिविमीय प्रतिरूप में व्यवस्थित होते हैं। क्रिस्टलीय ठोसों को एक नियमित त्रिविमीय बिन्दुओं की व्यवस्था के रूप में निरूपित किया जाता जा सकता है। यहाँ प्रत्येक बिन्दु एक घटक कण को निरूपित करता है और यह जालक बिन्दु और व्यवस्था क्रिस्टल जालक या त्रिविमीय जालक या केवल जालक कहलाता है।



टिप्पणियाँ

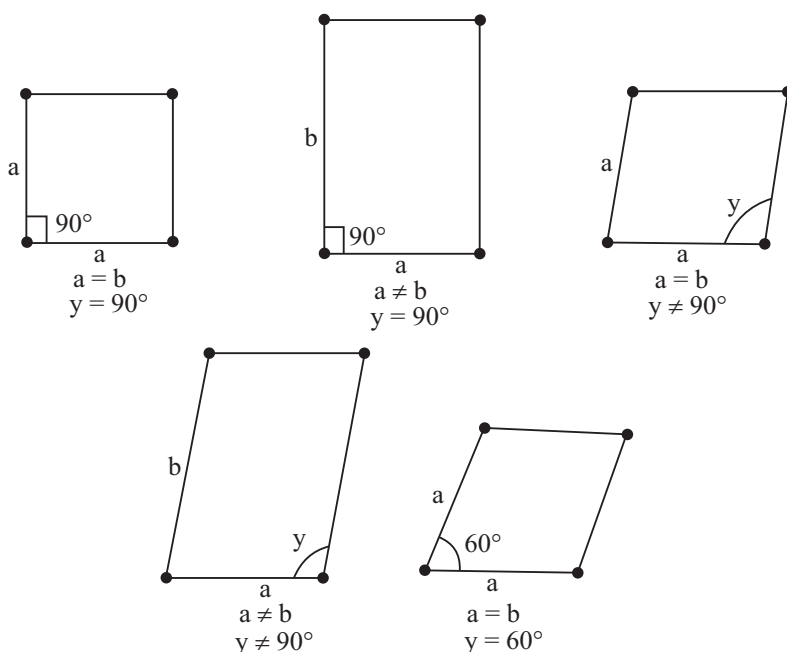
### 6.4.1 द्विविमीय जालक और एकक सेल

जालक का मतलब समझने के लिए पहले हम दो आयामी जालक को समझते हैं। जालक में बिन्दु होते हैं जो कि समतल या पृष्ठ पर (दो आयामों में) एक नियमित क्रम में व्यवस्थित होते हैं। एक ऐसा जालक चित्र 6.3 में दर्शाया गया है।



चित्र 6.3 (a) आयामी जालक और (b) इसकी इकाई सेल

जालक बिंदु व्यवस्था को चित्र 6.3 (b) में दर्शाया गया है। जब ये जालक बिंदु जुड़ते हैं तो जालक की ज्यामिति स्पष्ट हो जाती है। चित्र 6.3 (b) चार बिंदुओं के समूहों को पुनः दोहरा कर समस्त पेटर्न का उत्पन्न किया जा सकता है। इन बिंदुओं को जोड़ने पर हमें जालक की इकाई सेल प्राप्त होती है (गहरे से दर्शाया गया है) दो आयामी जालक की इकाई सेल समानान्तर चर्तुभुज होती है जिसे  $a$  और  $b$  भुजाओं के बीच के कोण के रूप परिभाषित करते हैं। दो आयामी जालक में पाँच प्रकार के इकाई सेल सम्भव होते हैं। ये चित्र 6.4 b में दर्शाये गए हैं।

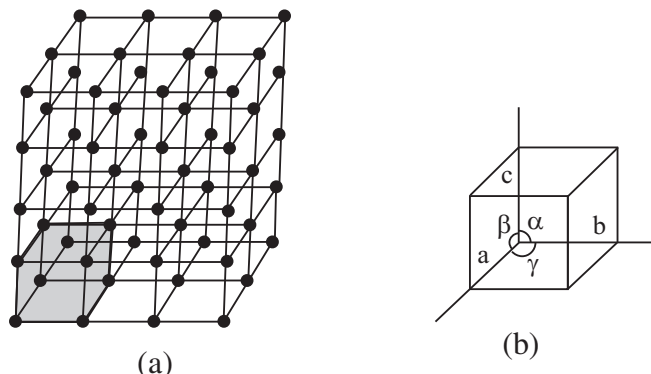


चित्र 6.4 पाँच प्रकार के लिए



टिप्पणियाँ

इसी प्रकार त्रिविम में ठोस क्रिस्टल की संरचना जालक बिन्दुओं के त्रिविमिय जाल से निरूपित की जा सकती है (चित्र 6.5(a))। याद रखें कि जालक बिन्दु ठोस के घटक कणों की स्थिति दर्शाते हैं।



चित्र 6.5: त्रिविमिय ठोस क्रिस्टल जालक की व्यवस्था को दर्शाना

क्रिस्टल जालक के बिन्दुओं का एक समूह चुनकर हम उससे पूरा जालक बना सकते हैं, ऐसे समूह को **बारंबार एकक** या **एकक सेल** कहा जाता है। चित्र 6.5(a) में रंग किया हुआ क्षेत्र क्रिस्टल जालक के एकक सेल को दर्शाता है। त्रिविमिय जालक के एकक सेल की ज्यामिति को तीन प्रतिच्छेदी भुजाओं (जैसे a, b, तथा c) की लंबाई तथा इनके बीच कोणों a, b, तथा c द्वारा निर्दिष्ट किया जाता है जैसा कि चित्र 6.5(b) में दिखाया गया है। एकक सेल को तीनों दिशाओं में बारंबार रखने पर हम पूरा जालक बना सकते हैं।

बाह्य रूपरेखा के आधार पर क्रिस्टलों को सात प्रकारों में वर्गीकृत किया जाता है, ये **क्रिस्टल समुदाय** कहलाते हैं। आंतरिक संरचना के आधार पर भी क्रिस्टल जालकों में सात प्रकार के एकक सेल होते हैं। सात प्रकार के क्रिस्टल समुदाय और उनके एकक सेल, उनकी कोर लंबाई, और अक्षीय कोण के साथ सारणी 6.2 में दिए गए हैं। सात सरल एकक सेल चित्र 6.6 में दिखाए गए हैं।

सारणी 6.2: सात क्रिस्टल पद्धति और उनके सम्भावी जालक प्रकार

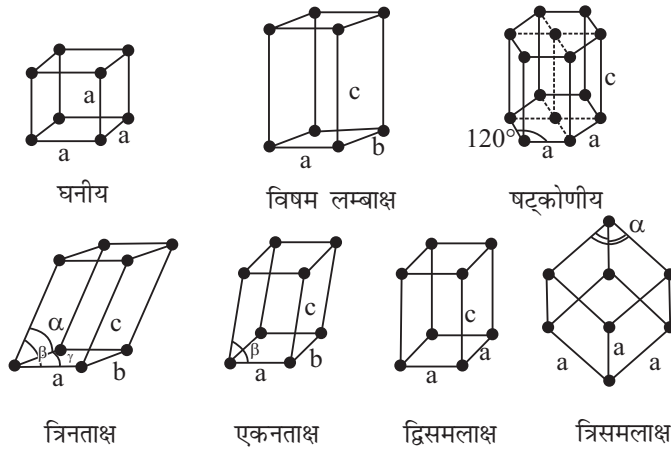
पद्धति	निर्देशांक	कोण	सम्भावी जालक प्रकार
घनीय	$a = b = c$	$a = \beta = \gamma = 90^\circ$	P, F, I
द्विसमलाक्ष	$a = b \neq c$	$a = \beta = \gamma = 90^\circ$	P, I
विषमलम्बाक्ष	$a \neq b = c$	$a = \beta = \gamma = 90^\circ$	P, F, I, C
त्रिसमलाक्ष	$a = b = c$	$a = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	P
षट्कोणीय	$a = b \neq c$	$a = \beta = 90^\circ; \gamma = 120^\circ$	P
एकनताक्ष	$a \neq b = c$	$a = \gamma = 90^\circ; \beta \neq 90^\circ$	P, I
त्रिनताक्ष	$a \neq b \neq c$	$a \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	P

\* P= प्रिमिटिव, I= काय केन्द्रित, F= फलक केन्द्रित, C= अन्त केन्द्रित

चित्र 6.5 और 6.6 में दिखाए गए एकक सेलों के जालक बिन्दु केवल कोनों पर होते हैं।



टिप्पणियाँ

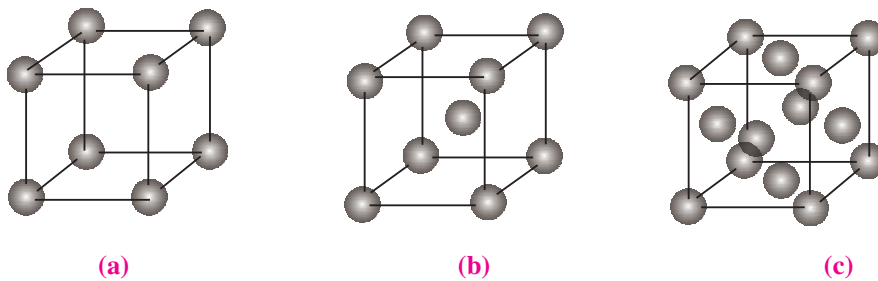


चित्र 6.6: प्रिमिटिव एकक सेल

ऐसे एकक सेल **प्रिमिटिव (P)** एकक सेल कहलाते हैं। कभी-कभी क्रिस्टल के एकक सेल में कोनों के साथ और भी जालक बिन्दु होते हैं। जिस एकक सेल के प्रत्येक फलक के केन्द्र में एक अतिरिक्त बिन्दु होता है वह **फलक केन्द्रित (F)** एकक सेल कहलाता है। जब एकक सेल एक ऐसा घन है जिसके केन्द्र में एक अतिरिक्त बिन्दु होता है तो वह **काय केन्द्रित (I)** एकक सेल कहलाता है। कुछ एकक सेलों में कोनों के जालक बिन्दुओं के अलावा, दो जालक बिन्दु किन्हीं भी दो विपरीत फलकों पर भी होते हैं इन्हें **अन्त केन्द्रित (C)** एकक सेल कहते हैं। सारणी 6.2 में विभिन्न क्रिस्टल समुदायों में जालकों के संभव प्रकार भी बताए गए हैं। सात क्रिस्टल समुदायों को जब इन संभावनाओं के साथ जोड़ा जाता है तो 14 संभव त्रिविमीय जालक मिलते हैं। इन्हें **ब्रवेस जालक** कहते हैं।

### 6.5 घनीय एकक सेलों में परमाणुओं की संख्या

सात क्रिस्टल समुदायों में से, आइए घनीय क्रिस्टल समुदाय वाले एकक सेलों के विषय में विस्तार से पढ़ें। सारणी 6.2 में आप देख सकते हैं कि घनीय क्रिस्टल समुदाय में तीनों ओर लंबाई बराबर होती है और तीनों कोण समकोण होते हैं। तीन संभव जालक प्रकारों यानि सामान्य घनीय, काय केन्द्रित घनीय और फलक केन्द्रित घनीय के एकक सेल घनीय क्रिस्टल समुदाय के होते हैं (चित्र 6.7)।



चित्र 6.7 : (a) प्रिमिटिव अथवा सामान्य (b) काय केन्द्रित और (c) फलक केन्द्रित घनीय एकक सेल



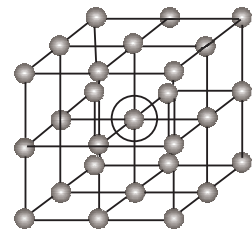
द्रव्य की अवस्थाएँ



टिप्पणियाँ

### एकक सेल में परमाणुओं की संख्या

जैसाकि आप जानते हैं कि एकक सेल में परमाणु, कोनों पर, काय केन्द्रित और फलक केन्द्रित हो सकते हैं। ये परमाणु आस-पास के एकक सेलों में उभयनिष्ठ होते हैं, अतः सभी पूरी तरह एकक सेल में नहीं होते। प्रत्येक एकक सेल में परमाणुओं की संख्या जानना आवश्यक है, आइए इनका परिकलन करना सीखें।



चित्र 6.8 : कोने का जालक बिंदु आठ एकक सेलों द्वारा उभयनिष्ठ है।

#### (क) सामान्य घनीय एकक सेल

सामान्य एकक सेल में घन के कोनों पर परमाणु होते हैं (चित्र 6.7 (a))। एकक सेल के कोने का जालक बिन्दु आठ एकक सेलों में उभयनिष्ठ होता है। चित्र 6.8 में वृत्त के अंदर का परमाणु देखिए। अतः एकक सेल के कोने के परमाणु का योगदान  $1/8$  होगा। प्रति एकक सेल परमाणुओं की गणना इस प्रकार कर सकते हैं :

कोने के परमाणुओं की संख्या = 8

कोने के परमाणु से उभयनिष्ठ एकक सेलों की संख्या = 8

सामान्य घनीय एकक सेल में परमाणुओं की संख्या =  $8 \times \frac{1}{8} = 1$

#### (ख) कार्य केन्द्रित एकक सेल (bcc)

इसमें परमाणु केवल कोनों पर ही नहीं, घन के केन्द्र में भी होता है (चित्र 6.7 (b))। घन के केन्द्र का परमाणु पूरी तरह इस एकक सेल का होता है यानि किसी और एकक सेल से उभयनिष्ठ नहीं होता। कोने वाले परमाणु सामान्य घनीय एकक सेल की तरह होते हैं अतः प्रत्येक एकक सेल में परमाणुओं की संख्या इस प्रकार होगी :

कोने के परमाणुओं की संख्या = 8

कोने के परमाणु से उभयनिष्ठ एकक सेलों की संख्या = 8

$\therefore$  एकक सेल को योगदान =  $8 \times \frac{1}{8} = 1$

घन के केन्द्र में परमाणुओं की संख्या = 1

एकक सेल को योगदान = 1 (क्योंकि उभयनिष्ठ नहीं है)

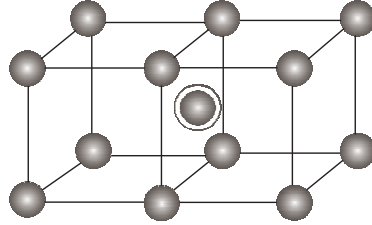
कार्य केन्द्रित घनीय एकक सेल में परमाणुओं की संख्या =  $1 + 1 = 2$



टिप्पणियाँ

**(C) फलक केन्द्रित घनीय एकक सेल (fcc)**

इसमें परमाणु न केवल कोनों पर परंतु प्रत्येक फलक के केन्द्र में भी होते हैं। अतः कोनों पर आठ जालक बिन्दु और फलक केन्द्र पर छः जालक बिन्दु होते हैं (चित्र 6.7 (c))। फलक केन्द्रित जालक बिन्दु दो एकक सेलों में उभयनिष्ठ होता है (चित्र 6.9)। पहले की तरह



चित्र 6.9: फलक केन्द्रित जालक बिन्दु दो एकक सेलों द्वारा उभयनिष्ठ होता है।

कोनों के परमाणुओं की संख्या = 8

इनसे उभयनिष्ठ एकक सेलों की संख्या = 8

प्रत्येक एकक सेल को योगदान =  $8 \times \frac{1}{8} = 1$

फलक केन्द्र पर परमाणुओं की संख्या = 1

फलक केन्द्रित जालक बिन्दु से उभयनिष्ठ एकक सेलों की संख्या = 2

फलक केन्द्रित परमाणु का एकक सेल को योगदान =  $6 \times \frac{1}{2} = 3$

फलक केन्द्रित घनीय एकक सेल में परमाणु बिन्दुओं की संख्या =  $1 + 3 = 4$

विभिन्न घनीय एकक सेलों में, प्रत्येक एकक सेल में परमाणुओं की संख्या सारणी 8.3 में दी गई है।

सारणी 6.3: प्रत्येक एकक सेल में परमाणुओं की संख्या

क्रम संख्या	एकक सेल का प्रकार	प्रत्येक एकक में सेल में परमाणुओं की संख्या
1	साधारण घन	1
2	कार्य केन्द्रित घन	2
3	फलक केन्द्रित घन	4

**6.6 एकक सेल के घनत्व की परिकलन करना**

घनीय इकाई सेल का घनत्व इकाई सेल के गुणधर्मों से सम्बन्धित होता है।

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



टिप्पणियाँ

(i) एकक सेल का आयतन

यदि एकक सेल की लम्बाई 'a' हो तो आयतन  $a^3$  होता है।

(ii) एकक सेल का द्रव्यमान

पदार्थ का मोलर द्रव्यमान = M लेते हैं।

$$\therefore \text{एक परमाणु या अणु का द्रव्यमान} = \frac{M}{N_A}$$

यहाँ पर  $N_A =$  एवोगाड्रो स्थिरांक

पदार्थ के प्रत्येक एकक सेल में उपस्थित परमाणुओं और अणुओं की संख्या = z लेते हैं। विभिन्न प्रकार

विभिन्न प्रकार के घनीय एकक सेलों के लिए z के मान के लिए तालिका 6.3 देखें

$\therefore$  एकक सेल का द्रव्यमान = (उपस्थित परमाणुओं/ अणुओं की संख्या प्रति एकक सेल) × (एक परमाणु का द्रव्यमान)

$$= \frac{z \cdot M}{N_A}$$

(iii) घनत्व

$$\text{घनत्व} = \frac{\text{एक इकाई सेल का द्रव्यमान}}{\text{एक इकाई सेल का आयतन}}$$

$$\text{घनत्व } d = \frac{z \cdot M}{a^3 \cdot N_A}$$

पदार्थ के इकाई सेल का घनत्व पदार्थ के घनत्व के समान ही होता है। आयोनिक पदार्थों के लिए सूत्र इकाई को एक कण के रूप में लिया जाता है (उदाहरण के लिए NaCl की सूत्र इकाई =  $1\text{Na}^+ + 1\text{Cl}^-$  आयन  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  की सूत्र इकाई =  $2\text{Na}^+ + 1\text{SO}_4^{2-}$  आयन)

ऊपर के सम्बन्ध का उपयोग z की गणना और घनीय जालक की प्रकृति का पता लगाने के लिये कर सकते हैं। यदि d तथा M ज्ञात हों या M की गणना की सकते हैं। यदि d तथा z ज्ञात हों।

**उदाहरण:** एक धात्विक तत्व इकाई सेल फलक केंद्रित घनीय होती है और घन की एक भुजा 540.2 pm है। धात्विक के घनत्व ( $\text{cm}^{-3}$ ) की गणना कीजिए यदि इसका सापेक्षित परमाणु द्रव्यमान 202.4 है।

हल

$$d = \frac{z \cdot M}{a^3 \cdot N_A}$$

दिया हुआ है

घन की भुजा =  $a = 540.2 \text{ pm} = 540.2 \times 10^{-10} \text{ cm}$ प्रत्येक फलक एकक इकाई सेल में परमाणुओं की संख्या =  $z = 4$ तत्व का मोलर द्रव्यमान,  $M = 202.4 \text{ g mol}^{-1}$ 

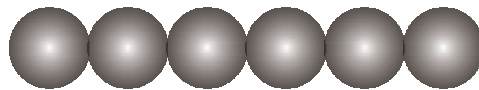
ऊपर दिए गए सम्बन्ध में इनके मान रखने पर

$$d = \frac{4 \times 202.4 \text{ g mol}^{-1}}{(540.2 \times 10^{-10} \text{ cm})^3 \times (6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1})}$$

$$= 8.53 \text{ g cm}^{-3}$$

### 6.7 ठोसों में सुसंकुलित संरचना

क्रिस्टल के निर्माण के प्रक्रम में घटक कण बहुत पास-पास संकुलित होते हैं। ठोसों की क्रिस्टल संरचना दिखाने के लिए कठोर समगोलों (चित्र 8.10) का उपयोग कर सकते हैं। ये अंतराण्विक बलों द्वारा बंधे होते हैं। आइए ठोसों को सुसंकुलित संरचनाओं और उनकी सार्थकता के बारे में पढ़ें।



चित्र 6.10 : एक विमा में समगोलों की व्यवस्था

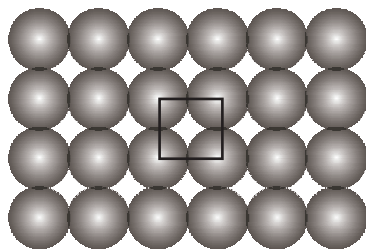
क्रिस्टल के निर्माण के प्रक्रम में घटक कण बहुत पास-पास संकुलित होते हैं। ठोसों की क्रिस्टल संरचना दिखाने के लिए कठोर समगोलों (चित्र 6.10) का प्रयोग कर सकते हैं। ये अंतराण्विक बलों द्वारा बंधे होते हैं। आइए ठोसों की सुसंकुलित संरचनाओं और उनकी सार्थकता के बारे में पढ़ें। समगोलों को एक सीधी ऋजु रेखा में रखने पर एकविमीय रेखा बनती है (चित्र 6.3)। द्विविमीय सुसंकुलित संरचना के लिए ऐसी कई एकविमीय रेखाओं को तल या परत के रूप में व्यवस्थित किया जा सकता है। इसे दो प्रकार से किया जा सकता है, पहला चित्र 6.11 (a) की तरह। यहाँ हर गोला अन्य चार गोलों के संपर्क में है। इस द्विविमीय व्यवस्था को **वर्ग सुसंकुलन** कहते हैं।



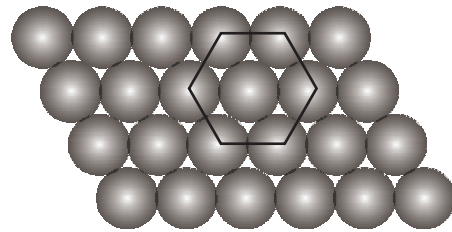
टिप्पणियाँ



टिप्पणियाँ



(a)

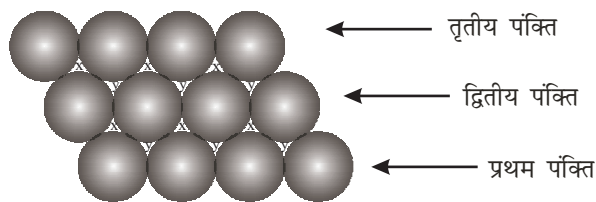


(b)

चित्र 6.11 : (a) वर्ग सुसंकुलन, और (b) समगोलों की षट्कोणीय द्विविमीय व्यवस्था

दूसरे प्रकार में, दूसरी रेखा के गोले पहली रेखा के गोलों के अवनमन में रखे जाते हैं (चित्र 6.11(b))। इस व्यवस्था में एक गोला अन्य छः गोलों के संपर्क में आता है। ऐसी द्विविमीय व्यवस्था षट्कोणीय सुसंकुलित संरचना कहलाती है। इसमें तीसरी रेखा पहली की प्रतिलिपि है। आपने यह भी देखा होगा कि इस संरचना में गोले ज्यादा अच्छी तरह संकुलित हैं। चित्र 6.11 में समान गोलों की संख्या दोनों प्रकार के संकुलन में व्यवस्थित करके दिखाई गई है।

द्विविमीय तलों को एक के ऊपर एक रखकर त्रिविमीय संरचना बनाई जा सकती है। त्रिविमीय संकुलन पर जाने से पहले आइए षट्कोणीय सुसंकुलित तल को करीब से देखें (चित्र 6.12)।



चित्र 6.12: षट्कोणीय सुसंकुलित तल त्रिफलकीय शून्य दर्शाते हुए

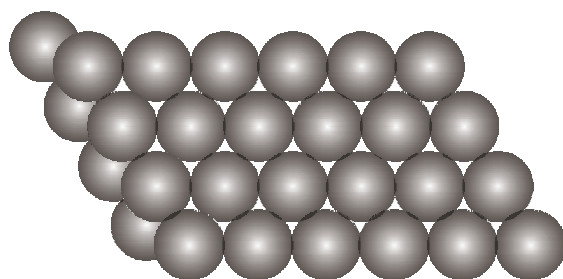
चित्र 6.12 में आप देखेंगे कि षट्कोणीय सुसंकुलित तल में कुछ रिक्त स्थान या शून्य छेद हैं। ये आकार में त्रिकोणीय होते हैं और इन्हें **त्रिफलकीय शून्य** कहते हैं। त्रिकोणीय शून्य दो प्रकार के होते हैं, एक में उच्च बिन्दु ऊपर की ओर और दूसरे में उच्च बिन्दु नीचे की ओर होता है। आइए इन्हें क्रमशः X और Y प्रकार के शून्य कहें (चित्र 6.12)।

### त्रिविमीय सुसंकुलित संरचनाएँ

आइए एक षट्कोणीय सुसंकुलित तल A से लेकर उस पर दूसरा षट्कोणीय सुसंकुलित तल (तल B कहते हैं) रखें। अब दो संभावनाएँ हैं :

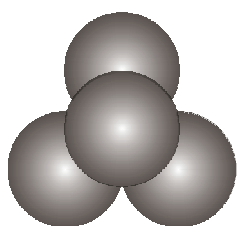
1. दूसरे तल के गोले बिलकुल पहले तल के गोलों के ऊपर रखे जाएँ।
2. दूसरे तल के गोले पहले तल के गोलों के अवनमन में रखे जाएँ। पहली संभावना ऊपर चर्चा किए गए वर्ग सुसंकुलन के समान है और इसमें बहुत स्थान रिक्त रह जाता है। दूसरी संभावना में जब हम दूसरे तल के गोले पहले तल के गोलों के शून्य पर रखते हैं, तो या तो वे X प्रकार के त्रिफलकीय शून्य पर आएंगे या Y पर, दोनों पर नहीं आ सकते। आप यह समान

सिक्कों को रखकर देख सकते हैं। आप देखेंगे कि जब आप सिक्का एक प्रकार के त्रिफलकीय शून्य पर रखते हैं तो दूसरे प्रकार के शून्य पर सिक्का रखने की जगह नहीं है (चित्र 6.13)।

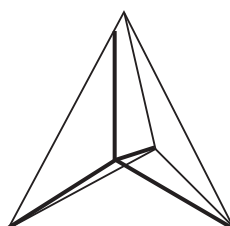


चित्र 6.13: सुसंकुलित गोलों दो तल, पहली तल के एक प्रकार के त्रिफलकीय शून्य पर, दूसरी तल के या तो X या Y पर आयेगा

इस प्रक्रम में दूसरे तल के गोलें पहले तल के त्रिफलकीय शून्य को ढक देते हैं, इससे [चित्र 6.14(a)] चार गोलों से घिरा शून्य बन जाता है जिसे चतुष्फलकीय शून्य कहते हैं। शून्य को बनाने वाले चारों गोलें नियमित चतुष्फलक के चारों कोनों पर व्यवस्थित होते हैं (चित्र 6.4 (b))। इसी प्रकार दूसरे तल के त्रिफलकीय शून्य पहले तल के गोलों पर रखने से चतुष्फलकीय शून्य बनाते हैं।



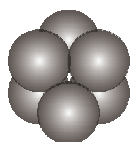
(a)



(b)

चित्र 6.14: एक चतुष्फलकीय शून्य

एक और संभावना में पहले तल का त्रिफलकीय शून्य दूसरे तल के विपरीत त्रिफलकीय शून्य पर (B की तरह का C पर और C की तरह का B पर) आता है। यह एक छः गोलों से घिरा शून्य देता है [चित्र 6.15 (a)] जिसे अष्टफलकीय शून्य कहते हैं। इसमें शून्य को बनाने वाले छः गोलें अष्टफलक के कोनों पर व्यवस्थित होते हैं [चित्र 6.15 (b)]।



(a)



(b)

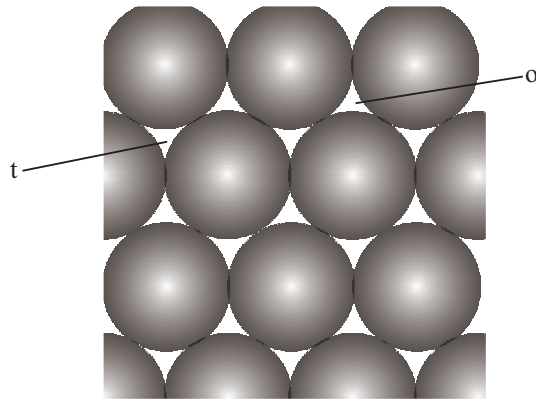
चित्र 6.15: एक अष्टफलकीय शून्य

दूसरे तल को ध्यान से देखने पर पता चलता है कि चतुष्फलकीय शून्य और अष्टफलकीय शून्य नियमित रूप से पुनरावर्त होते हैं जिन्हें क्रमशः 't' और 'o' से चित्र 6.16 में दर्शाया गया है।



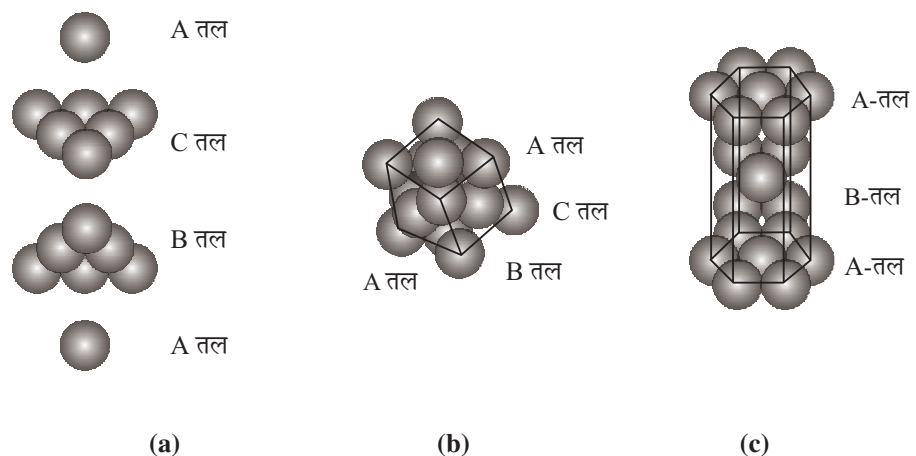


टिप्पणियाँ



चित्र 6.16: द्विफलकीय और अष्टफलकीय शून्य को दर्शाते हुए दूसरे तल का ऊपरी दृश्य

अब जब हम तीसरे तल को दूसरे तल पर रखते हैं तो दो संभावनाएँ होंगी। दूसरे तल के या तो चतुष्फलकीय शून्य या अष्टफलकीय शून्य ढक जाएंगे। आइए, दोनों संभावनाओं को देखें। अगर दूसरे तल के चतुष्फलकीय शून्य ढकते हैं तो तीसरे तल के गोले ठीक पहले तल या A तल के ऊपर आएंगे। अगला तल (चौथा तल) दूसरे तल (B तल) की प्रतिलिपि होगा। दूसरे शब्दों में हर तीसरा तल, पहले की प्रतिलिपि होता है, इसे AB AB .... व्यवस्था या AB AB .... का प्रतिरूप कहते हैं। दूसरी तरफ दूसरे तल का अष्टफलकीय शून्य ढकता है तो तीसरा तल दोनों पहले और दूसरे से भिन्न होगा। इसे C तल कहेंगे। इस स्थिति में अगला तल यानि चौथा तल पहले तल की प्रतिलिपि होगा। इसे ABC ABC .... व्यवस्था या ABC ABC... .... का प्रतिरूप कहते हैं। AB AB .... के प्रतिरूप की त्रिविमीय संरचना षट्कोणीय सुसंकुलित संरचना (hcp) कहलाती है (चित्र 6.17 (c)) जबकि ABC ABC .... का प्रतिरूप घनीय सुसंकुलित संरचना (ccp) कहलाती है (चित्र 6.17 (a))।



चित्र 6.17: (a) सुसंकुचित गोलों ABC पैटर्न के फलस्वरूप ध्रुवीय सुसंकुलित संरचना (b) तलों में (a) फलक-केन्द्रित घन को दर्शाने के लिए नत तथा समीप लाया गया है। (c) सुसंकुचित गोलों के ABAB के पैटर्न के फलस्वरूप षट्कोणीय सुसंकुचित संरचना

यह प्रक्रम जारी रह कर एक त्रिविमीय संकुलित संरचना देता है, जिसमें बहुत बड़ी संख्या में चतुष्फलक और अष्टफलक शून्य होते हैं। संकुलित संरचना में हर परमाणु के साथ एक अष्टफलक और दो चतुष्फलक शून्य जुड़े होते हैं। इन शून्यों को **अंतराल** भी कहते हैं। जैसाकि पहले कहा गया है, समान गोले एक ही प्रकार के परमाणु या आयन को क्रिस्टल संरचना में निरूपित करते हैं। अन्य परमाणु या आयन इन अंतरालों या शून्यों में जाते हैं।

संकुलित संरचनाओं (hcp और ccp) में, जैसाकि पहले कहा गया है, प्रत्येक गोला अपने तल में छः गोलों के संपर्क में होता है (चित्र 6.5) और अपने से ऊपर और नीचे के तल में, प्रत्येक में, तीन गोलों के संपर्क में होता है। इस तरह प्रत्येक गोला बारह गोलों के संपर्क में होता है। इन पास के गोलों की संख्या को **समन्वय संख्या** कहा जाता है। जो कण अंतरालों या शून्य में होते हैं उनकी समन्वय संख्या शून्य की प्रकृति पर निर्भर करती है। उदाहरण के लिए चतुष्फलक शून्य में उपस्थित आयन चार पड़ोसी कणों के संपर्क में होगा इसलिए उसकी समन्वय संख्या चार होगी। इसी प्रकार अष्टफलक शून्य के परमाणु या आयन की समन्वय संख्या छः होगी।



टिप्पणियाँ



### पाठगत प्रश्न 6.2

- वर्ग सुसंकुलित और षट्कोणीय सुसंकुलित संरचना में क्या अंतर है?
- उपर्युक्त दोनों संकुचन में से कौन सा अधिक प्रभावकारी है?
- त्रिफलकीय, चतुष्फलकीय और अष्टफलकीय शून्यों का अंतर स्पष्ट करें।
- एक यौगिक दो तत्वों A एवं B से मिलकर फलक केन्द्रित जालक बनाता है। तत्व A प्रत्येक कोनों पर मौजूद है तथा तत्व B प्रत्येक फलक केन्द्र पर मौजूद है। इस यौगिक के सूत्र की गणना करें।
- सिम्बर फलक केन्द्रित जालक बनाता है। इसके एकक कोष्ठिका के कोर की लम्बाई 408.6 pm है। सिम्बर के घनत्व की गणना कीजिए यदि इसका परमाण्विक द्रव्यमान 107.94 है।

### 6.8 संकुलन क्षमता

सभी संवृत संकुलित संरचना में हमेशा कुछ रिक्त या खाली जगह होती है। कुल जगह की प्रतिशत जो कि सघटक कणों से भरी हुई होती है **संकुलन क्षमता** कहलाती है। इसकी गणना निम्नलिखित सम्बन्ध द्वारा की जाती है।

$$\text{संकुलन क्षमता} = \frac{\text{घटक से परमाणुओं भरी हुई जगह}}{\text{कुल जगह}} \times 100$$

यह क्रिस्टल जालक की प्रकृति पर निर्भर करती है तीन प्रकारों के घनीय क्रिस्टलों के लिए संकुलन क्षमता की परिकलन करने की तरीका नीचे दिया गया है।

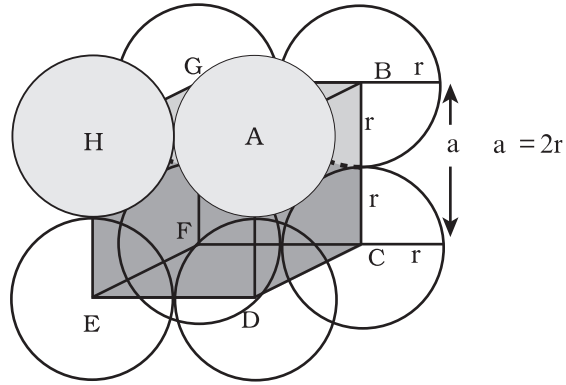


द्रव्य की अवस्थाएँ



टिप्पणियाँ

(1) साधारण घनीय जालक के संकुलन क्षमता



चित्र 6.18: साधारण घनीय इकाई सेल

साधारण घनीय जालक में संघटक कण घनीय इकाई सेल का केवल कोना घेरते हैं। ये कणों घन के किनारों के साथ एक दूसरे को छूते हैं जैसा कि चित्र 6.18 में दिखाया गया है। मान लेते हैं  $a$  घन के किनारे की लम्बाई और  $r$  कणों की त्रिज्या है तब

$$a = 2r$$

घन का आयतन = (किनारे की लम्बाई/भुजा)<sup>3</sup> =  $a^3 = (2r)^3 = 8r^3$

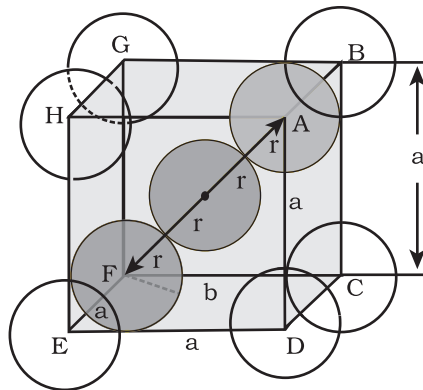
संघटक कणों की संख्या जो कि प्रत्येक इकाई सेल = 1 में उपस्थित है।

भरी हुई जगह का आयतन = एक कण का आयतन =  $\frac{4}{3}\pi r^3$

$$\text{संकुलन क्षमता} = \frac{\text{एक परमाणु द्वारा भरी हुई जगह}}{\text{कुल जगह}} \times 100$$

$$= \frac{\frac{4}{3}\pi r^3}{8r^3} \times 100 = \frac{\pi}{6} \times 100 = 52.36\% = 52.4\%$$

(2) कायकेंद्रित घन जालक की संकुलन क्षमता



चित्र 6.19: काय केंद्रित घन इकाई सेल



टिप्पणियाँ

कायकेंद्रित घन इकाई से संघटक कण समस्त कोनों पर तथा इसके काय केन्द्र में होते हैं। काय केन्द्र के कण कोनों पर स्थित कणों को छूते हैं। इस प्रकार कण घन के काय विकर्ण साथ सम्पर्क में होते हैं  $F$  काय विकर्ण पर विचार करें  $AF$  जो कि केंद्रित कणों के बीच और  $A$  और  $F$  के कोनों के सम्पर्क में है जैसा कि चित्र 2 में दर्शाया गया है।

$$\therefore \Delta AFD \text{ काय-विकर्ण की लम्बाई } AF = 4r \quad (6.1)$$

(समस्त केंद्रित कण  $(2r)$  और आधे से कोनों के कणों का  $(r + r)$  काय-विकर्ण घेरते हैं)  $EFD$  त्रिभुज में,  $EF \perp ED$ .

$$\therefore FD^2 = EF^2 + ED^2$$

$$FD^2 = a^2 + a^2 = 2a^2$$

यहाँ  $a$  कोने की लम्बाई या घन की भुजा

$\Delta AFD$  त्रिभुज में,  $AD \perp FD$

$$\therefore AF^2 = AD^2 + FD^2$$

$$C^2 = a^2 + b^2 = a^2 + 2a^2 = 3a^2 \quad \therefore AC = \sqrt{3}a \quad (6.2)$$

समीकरण (1) एवं (2) को मिलाने पर

$$C = \sqrt{3}a = 4r$$

$$\therefore a = \frac{4r}{\sqrt{3}} \quad (6.3)$$

काय केंद्रित इकाई सेल = 2 में संघटक कणों की संख्या

$$\therefore \text{भरी जगह का आयतन} = 2 \times \frac{4}{3} \pi r^3 \quad (6.4)$$

$$\text{घनीय इकाई सेल का आयतन} = a^3 = \left( \frac{4r}{\sqrt{3}} \right)^3 \quad (6.5)$$

$$\text{संकुलन क्षमता} = \frac{\text{भरी हुई जगह}}{\text{कुल जगह}} \times 100 = \frac{2 \times \frac{4}{3} \pi r^3}{\left( \frac{4r}{\sqrt{3}} \right)^3} \times 100$$

$$= \frac{\frac{8}{3} \pi r^3}{\frac{64}{3\sqrt{3}} r^3} \times 100 = \frac{\sqrt{3} \pi}{8} \times 100 = 68.0\%$$



टिप्पणियाँ

(3) *CCP* और *HCP* जालकों की संकुलन क्षमता

घनीय सुसंकुलित या फलक केंद्रित घन (*FCC*) और षटकोणिय सुसंकुलित जालकों की एक संकुलन क्षमता एक समान होती है। फलक केंद्रित घनीय (*FCC*) या घनीय सुसंकुलित संकुलित इकाई सेल की संकुलन क्षमता की गणना चित्र 6.20 की सहायता से कर सकते हैं यदि किनारे की लम्बाई या घनीय इकाई सेल की भुजा की लम्बाई  $a$  माने और इसका फलक विकर्ण  $AC$  है तो,

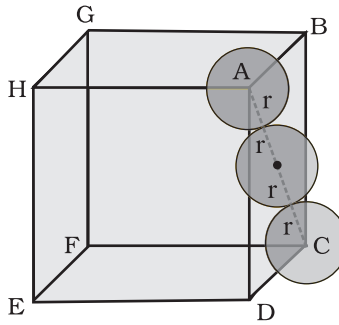
त्रिभुज  $ABC$  में  $AB \perp BC$  है। इसलिए,

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

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

या

$$AC = \sqrt{2}a. \quad (6.6)$$



चित्र 6.20: फलक केंद्रित घनीय या घनीय सुसंकुलित संकुलन इकाई सेल

*fcc* (या *ccp*) जालक की इकाई सेल में संघटक कण समस्त कोना और प्रत्येक फलक के केंद्र पर होते हैं।

फलक केंद्र के कण उसी फलक के कोनों पर उपस्थित कणों को छूते हैं।

$$\therefore \text{फलक विकर्ण की लम्बाई } AC = b = 4r \quad (6.7)$$

यहाँ पर  $r$  संघटक कण की त्रिज्या है (समस्त केंद्रित कण,  $2r$  और आधा प्रत्येक दो कोनों के कण,  $r + r$ )

1 और 2 समीकरणों को मिलाने पर,

$$AC = 4r = \sqrt{2}a$$

या

$$a = \frac{4r}{\sqrt{2}} = 2\sqrt{2}r \quad (6.8)$$

फलक केंद्रिय घनीय इकाई सेल में संघटक कणों की संख्या = 4

$$\therefore \text{भरी हुई जगह का आयतन} = 4 \times \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$\text{घनीय इकाई सेल का आयतन} = (\text{भुजा})^3 = a^3 = (2\sqrt{2}r)^3$$

$$\begin{aligned} \text{संकुलन क्षमता} &= \frac{\text{भरी हुई जगह}}{\text{कुल जगह}} \times 100 = \frac{4 \times \frac{4}{3} \pi r^3}{(2\sqrt{2}r)^3} \times 100 \\ &= \frac{\frac{16}{3} \pi}{16\sqrt{2}} \times 100 = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} = 74\% \end{aligned}$$



टिप्पणियाँ

तीन प्रकार के घनीय जालकों संकुलन क्षमताओं को निम्नलिखित तालिका 6.4 में दी गई है

सारणी 6.4 घनीय एकक सेलों की संकुलन क्षमता

क्र. स.	जालक	संकुलन क्षमता%
1.	सामान्य घनीय	52.4%
2.	काय फलक घनीय	68.0%
3.	फलक केंद्रित घनीय या घनीय सुसंकुलित संकुलन	74.0%

### 6.9 आयनिक ठोसों की संरचना

धात्विक ठोसों की संरचना समझना आसान है क्योंकि जैसे पहले चर्चा की गई है कि उनमें एक ही प्रकार के परमाणु एकत्रित होकर संकुलित संरचनाएँ देते हैं। आयनिक ठोसों में विभिन्न आयनों के आयन होते हैं, अतः क्रिस्टल जालक में धनायनों और ऋणायनों की स्थिति स्पष्ट करनी होती है। इसलिए आयनिक ठोसों की संरचना दोनों प्रकार के आयनों के सापेक्ष आमाप पर निर्भर करती है, इसके लिए इनके अर्धव्यासों का अनुपात ( $r^+/r^-$ ) लिया जाता है जिसे **अर्धव्यास अनुपात** कहा जाता है। यहाँ  $r^+$  धनायन का तथा  $r^-$  ऋणायन का अर्धव्यास है। अर्धव्यास अनुपात और उसके संगत संरचना सारणी 6.4 में दी गई है।

सारणी 6.5: अर्धव्यास अनुपात ( $r^+ / r^-$ ) और संगत संरचना

अर्धव्यास अनुपात	समन्वय संख्या	ग्रहण संरचना
0.225 – 0.414	4	चतुष्फलकीय
0.414 – 0.732	6	अष्टफलकीय
0.732 – 0.91	8	काय केन्द्रित घन
$\geq 1.00$	12	सुसंकुलित संरचना

सामान्य आयनिक यौगिकों के साधारण सूत्र  $MX$ ,  $MX_2$ , और  $MX_3$ , हैं जहाँ M धातु को निरूपित करता है और X ऋणायन को। अब हम  $MX$  और  $MX_2$  प्रकार के आयनिक यौगिकों की चर्चा करेंगे।



टिप्पणियाँ

### 6.9.1 MX प्रकार के आयनिक यौगिकों की संरचना

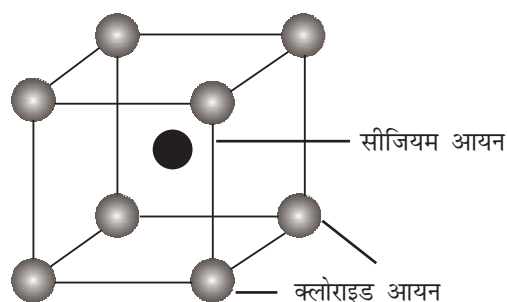
इस प्रकार के यौगिकों में तीन तरह की संभावनाएँ देखी जाती हैं। ये हैं : सोडियम क्लोराइड, जिंक सल्फाइड और सीजियम क्लोराइड संरचना। आइए इन्हें विस्तार से पढ़ें।

#### (क) सीजियम क्लोराइड संरचना

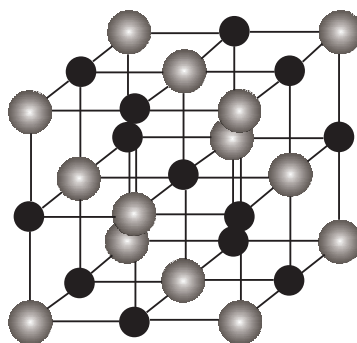
सीजियम क्लोराइड संरचना -  $\text{CsCl}$  में धनायन और ऋणायन तुलनात्मक आकार के हैं (अर्धव्यास अनुपात = 0.93) और इसकी bcc संरचना है जिसमें प्रत्येक आयन विपरीत प्रकार के 8 आयनों से घिरा होता है।  $\text{Cs}^+$  आयन काय केन्द्रित है और 8  $\text{Cl}^-$  आयन घन के कोणों पर है (चित्र 6.21) अतः इसकी समन्वय संख्या 8 है।

#### (ख) सोडियम क्लोराइड संरचना

$\text{NaCl}$  में ऋणायन ( $\text{Cl}^-$ ) धनायन ( $\text{Na}^+$ ) से अत्यधिक बड़ा है। यहाँ अर्धव्यास अनुपात 0.52 है। सारणी 3.3 के अनुसार इसकी अष्टफलकीय व्यवस्था होनी चाहिए। सोडियम क्लोराइड में ( $\text{Cl}^-$ ) आयन ccp (या fcc) संरचना देता है और  $\text{Na}^+$  अष्टफलकीय शून्य में चला जाता है। आप इस संरचना को इस प्रकार भी देख सकते हैं—( $\text{Cl}^-$ ) आयन कोनों पर और फलक केन्द्रित तथा  $\text{Na}^+$  आयन कोर केन्द्रित और घन केन्द्रित होते हैं (चित्र 6.22)।



चित्र 6.21: सीजियम क्लोराइड की संरचना



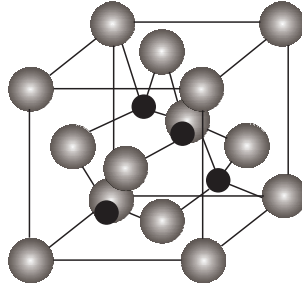
चित्र 6.22: सोडियम क्लोराइड संरचना

#### (ग) जिंक सल्फाइड संरचना

इसमें अर्धव्यास अनुपात = 0.40 है इसलिए सारणी 6.3 के अनुसार इसमें चतुष्फलक व्यवस्था होनी चाहिए। यहाँ सल्फाइड आयन ccp संरचना बनाते हैं और जिंक आयन उस चतुष्फलक के कोनों पर होते हैं जोकि घन के अंदर है (चित्र 6.23)। ये एकांतर चतुष्फलक शून्य में स्थित होते हैं।



टिप्पणियाँ

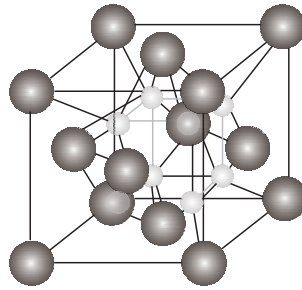


चित्र 6.23: जिंक सल्फेट संरचनायनि

### 6.9.2 $MX_2$ प्रकार के यौगिकों की संरचना

#### (क) कैल्सियम फ्लोराइड या फ्लोराइट संरचना

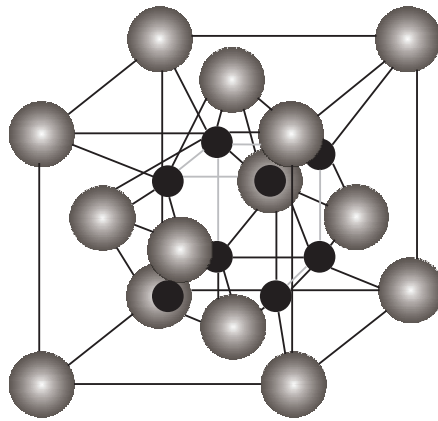
इस संरचना में  $Ca^{2+}$  आयन  $fcc$  जालक बनाते हैं और  $F^-$  आयन चतुष्फलक शून्यों में स्थित होते हैं (चित्र 6.24)।



चित्र 6.24 : कैल्सियम फ्लोराइड या फ्लोराइट संरचना; कैल्सियम आयन घन के कोनों में होते हैं और फलक केन्द्रित होते हैं।  $F^-$  आयन छोटे घन के कोनों पर होते हैं जो चतुष्फलक शून्यों की स्थिति दर्शाते हैं।

#### (ख) एंटीफ्लोराइट संरचना

$Na_2O$  जैसे आयनिक यौगिकों की एंटीफ्लोराइट संरचना होती है। इस संरचना में धनायनों और ऋणायनों की स्थिति फ्लोराइट संरचना के ठीक विपरीत होती है इसलिए इसे एंटीफ्लोराइट संरचना कहते हैं।  $Na_2O$  में ऑक्साइड आयन  $ccp$  जालक बनाते हैं और  $Na^+$  आयन चतुष्फलकीय शून्यों में पाए जाते हैं। (चित्र 6.25)।



चित्र 6.25 :  $Na_2O$  की एंटीफ्लोराइट संरचना; ऑक्साइड आयन घनीय और काय केन्द्रिय और  $Na^+$  (काला दिखाया गया है) छोटे घन के कोनों पर होते हैं, जो चतुष्फलकीय शून्यों की स्थिति दर्शाते हैं।

### 6.10 आयनिक क्रिस्टलों में दोष

आप पढ़ चुके हैं कि क्रिस्टलीय ठोसों में घटक कण नियमित त्रिविमीय जाल में व्यवस्थित होते हैं। वास्तविक क्रिस्टलों में यह व्यवस्था उतनी

द्रव्य की अवस्थाएँ



टिप्पणियाँ

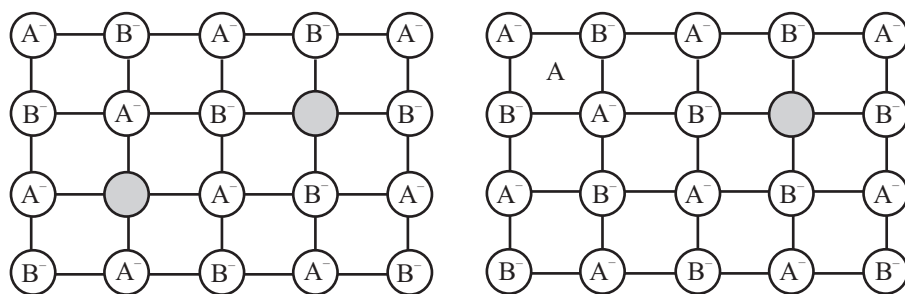
नियमित नहीं होती। प्रत्येक क्रिस्टल विरूपित होता है। यह विरूपता दोष या अव्यवस्था कहलाती है। ये दोष दो प्रकार के होते हैं - स्टॉइकियोमीट्रिक और नॉनस्टॉइकियोमीट्रिक। यह इस पर निर्भर करता है कि दोष क्रिस्टल की स्टॉइकियोमीट्रिक को गड़बड़ करता है या नहीं। यहाँ हम केवल स्टॉइकियोमीट्रिक दोषों के बारे में पढ़ेंगे। ऐसे यौगिकों में धनायन और ऋणायन स्टॉइकियोमीट्रिक अनुपात में होते हैं। स्टॉइकियोमीट्रिक दोष दो प्रकार के होते हैं :

- शॉटकी दोष
- फ्रैंकल दोष

**शॉटकी दोष :** जब कुछ धनायन और ऋणायन अपने वास्तविक जालक स्थान से लुप्त हो जाते हैं तो यह शॉटकी दोष होता है। खाली जालक स्थान को रिक्तिका कहते हैं। यह दोष उन आयनिक यौगिकों में पाया जाता है जिनमें धनायनों और ऋणायनों का आमाप समान होता है। उदाहरणार्थ NaCl और CsCl। लुप्त धनायनों और ऋणायनों की संख्या समान होती है। शॉटकी दोषों की उपस्थिति क्रिस्टल का घनत्व कम कर देती है (चित्र 6.26 (a))।

**फ्रैंकल दोष :** यह दोष तब उत्पन्न होता है जब आयन अपनी जालक स्थिति से हटकर जालक के अंतराल छिद्र में चला जाता है। अंतराल छिद्र आयनों के बीच का स्थान होता है।

आयन के जालक स्थिति से हटने पर वहाँ रिक्त स्थान रह जाता है। ZnS और AgBr वे आयनिक यौगिक हैं जो फ्रैंकल दोष दिखाते हैं। इनमें धनायन और ऋणायन के आमाप में काफी अंतर होता है। अक्सर धनायन ही अपना जालक स्थान छोड़ते हैं क्योंकि ये छोटे होते हैं और ये अंतराल छिद्र में जा सकते हैं। इस दोष से ठोस के घनत्व पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता (चित्र 6.26(b))।



चित्र 6.26: स्टॉइकियोमीट्रिक दोष (a) शॉटकी (b) फ्रैंकल दोष

इन दोषों के कारण क्रिस्टल में कुछ विद्युत चालकता आ जाती है। यह चालकता आयनों की छिद्रों में गति के कारण होती है। जब एक आयन किसी छिद्र में आता है तो वह पीछे छिद्र छोड़ आता है जो दूसरे आयन द्वारा घेर लिया जाता है, इस प्रकार यह प्रक्रम चलता रहता है।



## पाठगत प्रश्न 6.3

1. क्रिस्टल जालक से आप क्या समझते हैं?
2. एकक सेल क्या होता है?
3. FCC एकक सेल में कितने परमाणु होते हैं?



टिप्पणियाँ

## 6.11 विद्युतीय गुणधर्म

एक पदार्थ की विद्युत की चालकता एक महत्वपूर्ण गुणधर्म होती है। ठोस एक बहुत विस्तारित चालकता उच्च  $10^7$  से निम्न  $10^{-20} \text{ Sm}^{-1}$  तक दर्शाते हैं अर्थात् परिमाण के 27 वर्गों तक का फैलाव है। विद्युत चालकता के आधार पर ठोसों को चालक, कुचालक और अर्धचालक रूप में तीन वर्गों में बाँटा गया है।

## 6.11.1 चालक, कुचालक और अर्धचालक

## (i) चालक

ये वे ठोस होते हैं जिनकी चालकता  $10^4$  से  $10^7 \text{ Sm}^{-1}$  होती है। धातुओं में चालकता इनके इलेक्ट्रानों के वहन के कारण होती है और इसे इलेक्ट्रानिक चालक कहते हैं। आयनों के वहन के कारण आयोनिक ठोस गलित अवस्था या जल में विलेय विद्युत के चालक होते हैं।

## (ii) कुचालक

ये वे ठोस होते हैं जिनकी चालकता बहुत कम होती है और इसका विस्तार  $10^{-20}$  से  $10^{-10} \text{ Sm}^{-1}$  होती है। कुचालकों का उपयोग सुचालको पर रक्षात्मक परत चढ़ाने में होता है।

## (iii) अर्धचालक

इन ठोसों की चालकता  $10^{-6}$  से  $10^4 \text{ Sm}^{-1}$  के मध्य होती है यद्यपि अर्धचालकों की चालकता निम्न होती है लेकिन इनकी ठोस अवस्था वाले उपकरणों जैसे कि डायोड और ट्राजिसटरों में उपयोगिता अत्यधिक होती है। इनकी चालकता में उचित अशुद्धता मिलाकर परिवर्तन किया जा सकता है।

## 6.11.2 धातुओं में विद्युत का चालन

इनके इलेक्ट्रानों की गतिविधि के कारण धातुएं विद्युत का चालन करते हैं। इकाई 5 में आप सीख चुके हैं कि जब दो परमाणु एक दूसरे के पास आते हैं तो उनके परमाणु अतिव्याप्त करते हैं और वे बराबर संख्या में आणविक कक्षक बनाते हैं। परमाणु कक्षकों





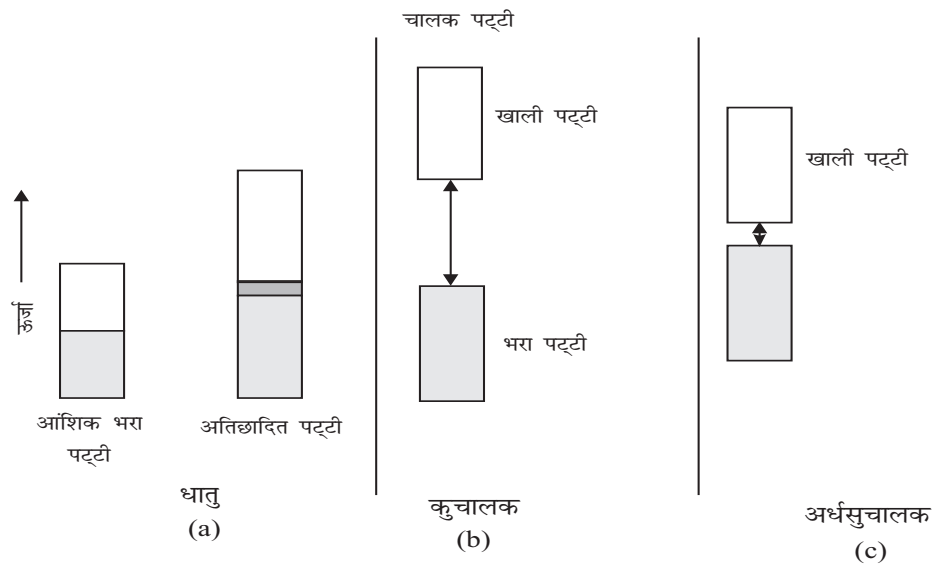
टिप्पणियाँ

की अपेक्षा आधे आणविक कक्षकों की ऊर्जा कम और अन्य आधे कक्षकों की ऊर्जा अधिक होती है।

जैसे जैसे कक्षकों की संख्या बढ़ती है उनके बीच में ऊर्जा का अंतर कम हो जाता है।

एक धातु के टुकड़े में धातु परमाणुओं की संख्या बहुत अधिक होती है और इसलिए इनके संयोजक कक्षक भी अधिक होते हैं। इसके परिणाम स्वरूप बराबर संख्या में आणविक कक्षक बनते हैं जो कि एक दूसरे के पास पास होते हैं और ये सतत् पट्ट बनाते हैं। जिस पट्ट में संयोजक इलेक्ट्रान होते हैं वह संयोजक पट्ट कहलाती है। इस पट्ट में उपस्थित इलेक्ट्रान नाभिक से प्रवलता में बंधे होते हैं और विद्युत प्रवाह नहीं कर सकते हैं। उच्च ऊर्जा वाले रिक्त आणविक कक्षकों से बनने वाली धारी को चालकता पट्ट कहते हैं। जब इलेक्ट्रान उत्तेजित होकर संयोजक पट्ट से चालकता धारी में पहुँचते हैं तो वे नाभिक से ढीले बंधे होते हैं इसलिए विद्युत क्षेत्र के प्रभाव में विद्युत प्रवाह करते हैं। ऐसे इलेक्ट्रान स्वतंत्र इलेक्ट्रान कहलाते हैं। ठोस की चालकता कितनी आसानी से और कितनी मुश्किल से संयोजक इलेक्ट्रान चालकता पट्ट में जाते हैं पर निर्भर करती है।

(i) सुचालकों में या तो संयोजक पट्ट भरा हुआ होता है या कुछ अधिक ऊर्जा वाले रिक्त चालकता धारी से अतिव्याप्त करती है। दोनों स्थितियों में इसके इलेक्ट्रान विद्युत के प्रभाव में बहने लगते हैं और ठोस सुचालक की तरह व्यवहार करता है। (चित्र 6.27 (a))



चित्र 6.27: (a) धातुओं, कुचालकों और अर्धसुचालकों में संयोजक और चालकता धारीयाँ

(ii) कुचालकों में संयोजक पट्ट और चालकता धारी के बीच में अधिक अंतर होता है। इस कारण संयोजक इलेक्ट्रान चालकता धारी में नहीं जा सकते हैं और विद्युत प्रवाह नहीं करते हैं। चित्र 6.27: (a)

(iii) अर्धचालकों में संयोजक पट्ट और पास वाले चालकता पट्ट के बीच में कम अंतर होता है (चित्र 6.23(c))। विद्युत क्षेत्र प्रयोग करने पर कुछ इलेक्ट्रान चालकता धारी में चले जाते हैं और निम्न चालकता उत्पन्न करते हैं।

तापमान में वृद्धि करने पर चालकता पट्ट में अधिक इलेक्ट्रान चले जाते हैं और चालकता में वृद्धि हो जाती है। सिलिकान और जर्मेनियम इस तरह का व्यवहार दर्शाते हैं। ये नैज अर्धसुचालक कहलाते हैं।



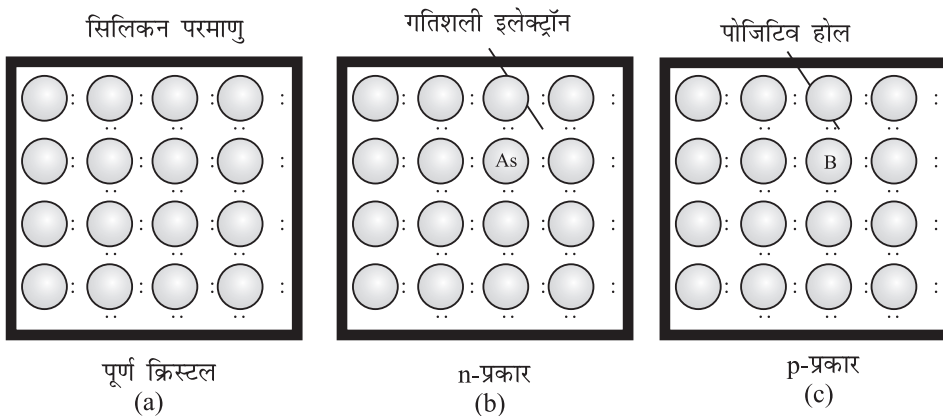
टिप्पणियाँ

### 6.11.3 अर्धचालकों का अपमिश्रण ( डोपिंग )

प्रयोगात्मक उपयोग के लिए सिलिकन और जर्मेनियम की चालकतायें कम होती हैं। नियंत्रित मात्राओं में अशुद्धियाँ मिलाने पर इनकी चालकता में सुधार किया जा सकता है जो कि इन तत्वों की अपेक्षा या तो इलेक्ट्रान प्रचुर या इलेक्ट्रान अभाव होती है। यह प्रक्रम **अपमिश्रण** कहलाता है।

#### (क) इलेक्ट्रान प्रचुर अशुद्धियों के साथ अपमिश्रण ( डोपिंग )

दोनों सिलिकन और जर्मेनियम आवर्त सारणी के वर्ग 14 से सम्बन्धित होते हैं और प्रत्येक में 4 संयोजकता इलेक्ट्रान होते हैं अपने क्रिस्टल जालक में प्रत्येक सिलिकन (या जर्मेनियम) परमाणु अपने पड़ोसी के साथ चार सहसंयोजक आवंध बनाता है जब इसे वर्ग 15 के तत्वों जैसे कि As या P के साथ अपमिश्रित करते हैं जिसके प्रत्येक परमाणु के पास 5 संयोजकता इलेक्ट्रान होते हैं जो कि सिलिकन की अपेक्षा एक अधिक है। अपने चार इलेक्ट्रानों को चार पड़ोसी Si परमाणुओं के साथ साझा करने के बाद इसके संयोजकता कोण (चित्र 6.24(b)) 9 इलेक्ट्रान होते हैं जो कि अत्यधिक अस्थायी इलेक्ट्रानिक विन्यास है। नौवा इलेक्ट्रान अत्यधिक अस्थायी होता है और समस्त क्रिस्टल जालक में अनियमितीय स्वतंत्र रूप से घुमता है। विद्युत क्षेत्र की उपस्थिति में यह इलेक्ट्रान (बाहक इलेक्ट्रान) ऋणात्मक से धनात्मक छोर की तरफ जाता है और Si(या Ge) की चालकता में ऋणात्मक आवेधित वाहक इलेक्ट्रानों के कारण वृद्धि होती है इसलिए इलेक्ट्रान प्रचुर अशुद्धियाँ Si के साथ मिश्रित करने पर **n-प्रकार के अर्धचालक** प्राप्त होते हैं।



चित्र 6.28: n-प्रकार और p-प्रकार के अर्धचालक रचना

## (ख) इलेक्ट्रान अभाव अशुद्धियों से अपमिश्रण (डोपिंग)

जब Si (या Ge) को 3 सयोजकता वाले (Si/Ge की अपेक्षा एक इलेक्ट्रान कम) वर्ग 13 के तत्व जैसे कि B या Al के साथ अपमिश्रित (डोप) करते हैं। तो संरचना में एक इलेक्ट्रान की रिक्त स्थान होता है जो कि इलेक्ट्रान छिद्र कहलाता है। एक इलेक्ट्रान इसके निकट के परमाणु से आकर इसे घेर लेता है, और मूल स्थान या छिद्र छोड़ देता है। इलेक्ट्रान छिद्रों को अनियमित रूप से घेर लेते हैं और इलेक्ट्रान छिद्र अनियमित रूप से स्थान बदलते हुए प्रतीत होते हैं। विद्युत क्षेत्र का प्रयोग करने पर इलेक्ट्रान ऋणात्मक छोर से धनात्मक छोर की तरफ जाते हैं और छिद्रों विपरीत दिशा में जाता हुआ प्रतीत होता है अर्थात् धनात्मक से ऋणात्मक छोर की तरफ और धनात्मक आवेशित की भाँति व्यवहार करता है। ऐसे अर्धचालकों का **p-प्रकार के अर्धचालक** कहते हैं। इलेक्ट्रानों और छिद्रों का चलना और Si की चालकता में वृद्धि कर देते हैं। Si जैसे अर्धचालक इलेक्ट्रान छिद्रों अभाव अशुद्धियों के अमिश्रित (डोप) करने पर बनने वाले **अपद्रव्यी** अर्धचालक कहलाते हैं।

## n- और p-प्रकार के अर्धचालकों के उपयोग

विशेष गुणधर्म होने के कारण n- और p-प्रकार के अर्धचालकों के बहुत उपयोग होते हैं

(i) **डायोड:** डायोड n- और p-प्रकार के अर्धचालकों का संयोजन होता है डायोड का उपयोग रेक्टिफायर के रूप में AC संकेत से DC संकेत में परिवर्तित करने में होता है।

(ii) **ट्राजिस्टर:** ट्राजिस्टर अर्धचालकों की तीन परतों के संयोजन से बनते हैं। n-p-n प्रकार p-प्रकार के अर्ध चालकों को n-प्रकार की दो परतों के बीच सडविच करके और p-n-p प्रकार के n-प्रकार अर्धचालक को p-प्रकार अर्धचालक की दो परतों के साथ सडविच करके बनते हैं। ट्राजिस्टर का उपयोग संसूचकों और रेडियो एम्पलीफायर या रेडियो आवृत्ति संकेत के रूप में होता है। इनका उपयोग ठोस अवस्था उपकरणों में परिपथ में होता है।

(iii) **सोलर सेल:** सोलर सेल प्रकाश डायोड होते हैं जिनमें प्रकाश डालने पर इलेक्ट्रान उत्सर्जन की विशेष गुणधर्म होता है। इनका उपयोग सोलर ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करने में होता है।

## 6.12 चुम्बकीय गुणधर्म

सभी पदार्थ चुम्बकीय क्षेत्र के द्वारा प्रभावित (आकर्षित या प्रतिकर्षित) होते हैं। पदार्थ में चुम्बकीय गुणधर्म उसमें उपस्थित इलेक्ट्रानों के द्वारा होता है। परमाणु में प्रत्येक इलेक्ट्रान एक छोटे चुम्बक की भाँति व्यवहार करता है। इलेक्ट्रान ऋणात्मक आवेशित कण होते हैं जब इलेक्ट्रान नाभिक के चारों ओर घूमता है और अपनी अक्ष पर प्रचक्रण करता है तो दो प्रकार चुम्बकीय आघूर्ण कक्षक चुम्बकीय आघूर्ण इलेक्ट्रान का नाभिक के चारों ओर भ्रमण के कारण और प्रचक्रण चुम्बकीय आघूर्ण प्रचक्रण के द्वारा होते हैं। कुल मिलाकर पदार्थों के चुम्बकीय गुणधर्म इन छोटे चुम्बकों के दिक्विन्यास पर निर्भर करते हैं।

चुम्बकीय गुणधर्मों के आधार पर समस्त पदार्थों को पाँच वर्गों में विभाजित किया जा सकता है।

(i) अनुचुम्बकीय, (ii) प्रतिचुम्बकीय, (iii) लौहचुम्बकीय, (iv) प्रतिलौहचुम्बकीय और (v) लघु लौह चुम्बकीय

### 6.12.1 अनुचुम्बकीय पदार्थ

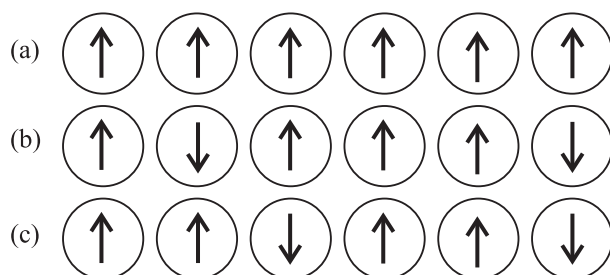
इन पदार्थों को चुम्बकीय क्षेत्र में रखने पर ये इसके द्वारा कमजोर रूप में आकर्षित होते हैं।  $O_2$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  और  $Cr^{3+}$  अनुचुम्बकीय पदार्थों के कुछ उदाहरण हैं। परमाणु अणु और आयन में एक या एक से अधिक एकाकी युग्म इलेक्ट्रान की उपस्थिति के कारण अनुचुम्बकीयता होती है।

### 6.12.2 प्रतिचुम्बकीय पदार्थ

जब प्रतिचुम्बकीय पदार्थों को चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है तो ये पदार्थ कमजोर रूप में इसके द्वारा प्रतिकर्षित होते हैं।  $H_2O$ ,  $NaCl$  और  $C_6H_6$  ऐसे पदार्थों के कुछ उदाहरण हैं। जिन पदार्थों में युग्मित इलेक्ट्रान होते हैं प्रतिकर्षीयता दर्शाते हैं।

### 6.12.3 लौह चुम्बकीय पदार्थ

जब इन पदार्थों को चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है तो ये पदार्थ प्रबलता से चुम्बक की तरफ आकर्षित होते हैं।  $Fe$ ,  $Ni$ ,  $Co$ ,  $Gd$ ,  $MnAs$ ,  $CrBr_3$  और  $CrO_2$  ऐसे पदार्थ हैं। इन पदार्थों को स्थाई चुम्बकत्व कर सकते हैं। ठोस अवस्था में लौह चुम्बकीय पदार्थों के धातु आयन छोटे क्षेत्र में समूह बना लेते हैं और क्षेत्र कहलाते हैं। प्रत्येक क्षेत्र में, धातु आयन का अपना चुम्बकीय आघूर्ण एक ही दिशा में होता है और जुड़ जाता है। इसके परिणाम स्वरूप प्रत्येक क्षेत्र के छोटे चुम्बक की भाँति कार्य करता है। सामान्यतः ये क्षेत्र अनियमिता दिक्विन्यासित होते हैं जो कि अपने चुम्बकीय क्षेत्र में रखे जाते हैं तो सभी क्षेत्र चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में दिक्विन्यासित हो जाते हैं। इससे उनका चुम्बकीय आघूर्ण जुड़ जाता है और एक प्रबल चुम्बकीय बनाते हैं। (चित्र 6.29(a))। ये देने या एक निश्चित गर्म करने पर क्यूरी तापमान कहलाता है अपना लौह चुम्बकीय गुणधर्म खो देते हैं और अनुचुम्बकीय हो जाते हैं।



चित्र 6.29 प्रक्षेत्र में चुम्बकीय आघूर्णों की व्यवस्था (a) लौह चुम्बकीय (b) प्रति लौह चुम्बकीय और (c) लघु लौह चुम्बकीय



टिप्पणियाँ

#### 6.12.4 प्रतिलौहचुम्बकीय पदार्थ

कुछ पदार्थों में लौह चुम्बकीय पदार्थों जैसे प्रक्षेत्र होते हैं लेकिन इनके प्रक्षेत्र विपरीत दिक्विन्यासित होते हैं और दूसरे का चुम्बकीय आघूर्ण खत्म कर देते हैं ऐसे पदार्थ प्रति चुम्बकीय कहलाते हैं (चित्र 6.29 (b))  $\text{FeO}$ ,  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  और  $\text{MnO}_2$  प्रति लौह चुम्बकीय पदार्थों के उदाहरण हैं एक निश्चित तापमान के ऊपर गर्म करने पर ये भी अनुचुम्बकीय हो जाते हैं।

#### 6.12.5 लघु लौह चुम्बकीय पदार्थ

कुछ पदार्थ जैसे कि  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (मैग्नेटाइट) और फ़ैराइट (यहाँ M द्वि संयोजक धनायन जैसे कि  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ) लौहचुम्बकीय और प्रतिलौहचुम्बकीय पदार्थों के बीच में चुम्बकीय व्यवहार दर्शाते हैं अनुचुम्बकीय पदार्थों की अपेक्षा ये चुम्बकीय क्षेत्र में प्रबलता से आकर्षित होते हैं लेकिन लौह चुम्बकीय पदार्थों की अपेक्षा दुर्बलता से इनके प्रक्षेत्र असमान सप्यायों में समानान्तर और असमानान्तर दिशाओं में पंक्तिबद्ध हो जाते हैं (चित्र 6.29(c))। एक निश्चित तापमान के ऊपर गर्म करने पर यह भी अनुचुम्बकीय हो जाते हैं।



#### आपने क्या सीखा

- ठोस अवस्था में घटक कण नियमित संकुलित व्यवस्था में होते हैं और उनके बीच रिक्त स्थान नगण्य होता है। ये प्रबल आकर्षण बलों द्वारा आबद्ध होते हैं और अपने नियत स्थान पर दोलन करते हैं। ठोस निश्चित आकार के, दृढ़ और असंपीड्य होते हैं।
- ठोसों को क्रिस्टलीय और अक्रिस्टलीय में वर्गीकृत किया जाता है। क्रिस्टलीय ठोसों में दीर्घ परिसर व्यवस्था होती है जबकि अक्रिस्टलीय ठोसों में लघु परिसर व्यवस्था होती है।
- क्रिस्टलीय ठोसों को चार भिन्न प्रकारों में वर्गीकृत किया जाता है—आयनिक, आण्विक, सहसंयोजी और धात्विक। यह इनके घटक कणों के बीच आकर्षण बल की प्रकृति के आधार पर किया जाता है।
- ठोस अवस्था में धन सुसंकुचित व्यवस्था में घटक कण द्रव इस प्रकार व्यवस्थित होते हैं ताकि उनके रिक्त स्थान लगभग न के बराबर हों। यह निश्चित स्थान पर कंपन करते हैं। ठोस पदार्थ असंपीड्य द्रढ़ और निश्चित आकार वाले होते हैं।
- ठोसों को अक्रिस्टलीय और क्रिस्टलीय वर्गों में विभाजित किया जा सकता है। क्रिस्टलीय ठोसों में दीर्घ परासी व्यवस्था और अक्रिस्टलीय ठोसों में लघु परासी व्यवस्था होती है।
- क्रिस्टलीय ठोसों को उनके घटक कणों के बीच आकर्षण बलों की प्रकृति के आधार पर चार वर्गों में बाँटा जा सकता है, जैसे आयनिक, आण्विक, सहसंयोजी और धात्विक।
- गलनांक वह ताप है जिस पर ठोस, द्रव अवस्था में बदलता है।



टिप्पणियाँ

- क्रिस्टलीय ठोसों की त्रिविमीय आंतरिक संरचना क्रिस्टल जालक के रूप में निरूपित की जा सकती है, जहाँ प्रत्येक घटक कण एक बिन्दु द्वारा दर्शाया जाता है।
- एकक सेल को त्रिविम में बारंबार रखने से पूरा क्रिस्टल जालक बनाया जा सकता है।
- ठोसों की क्रिस्टल संरचना समगोलों के संकुचन द्वारा समझाई जा सकती है।
- त्रिविम में समगोलों के संकुचन के दो ढंग हो सकते हैं—षट्कोणीय सुसंकुचन (hcp) और घनीय सुसंकुचन (ccp)। द्विविमीय तलों की ABAB प्रकार की पुनरावृत्ति ccp व्यवस्था होती है।
- बाह्य रूपरेखा के आधार पर क्रिस्टलों को सात वर्गों में बांटा गया है जिन्हें क्रिस्टल समूह कहते हैं।
- घनीय क्रिस्टल समूह के एकक सेल के तीन जालक प्रकार हो सकते हैं—सामान्य घनीय, काय केन्द्रित घनीय और फलक केन्द्रित घनीय।
- घनीय एकक सेल के कोने का प्रत्येक परमाणु आठ एकक सेलों में उभयनिष्ठ होता है जबकि फलक केन्द्रित परमाणु दो एकक सेलों के बीच उभयनिष्ठ होता है। काय केन्द्रित परमाणु उसी एकक सेल का होता है यानि उभयनिष्ठ नहीं होता।
- सामान्य घनीय, bcc और fcc एकक सेलों के प्रत्येक एकक सेल में परमाणुओं की संख्या क्रमशः 1, 2 और 4 होती है।
- आयनिक ठोसों की संरचना, आयनों के अर्धव्यासों के अनुपात ( $r^+/r^-$ ), पर निर्भर करती है।
- सामान्य आयनिक ठोसों की संरचना में एक आयन ccp जालक बनाता है और दूसरा आयन रिक्त स्थानों में स्थित हो जाता है।
- वास्तविक क्रिस्टलों की आंतरिक संरचना में कुछ प्रकार की अव्यवस्थाएँ होती हैं, जिन्हें दोष कहते हैं।
- दोष दो प्रकार के होते हैं—स्टॉइकियोमीट्रिक और नानस्टॉइकियोमीट्रिक। यह इस पर निर्भर करता है कि वे क्रिस्टलीय पदार्थ की स्टॉइकियोमीट्रिक को गड़बड़ करते हैं या नहीं।
- स्टॉइकियोमीट्रिक दोष दो प्रकार के होते हैं—इन्हें शॉटकी और फ्रैंकल दोष कहते हैं।
- विद्युत चालकता के आधार पर ठोसों को चालकों, कुचालकों और अर्धचालकों में वर्गीकृत किया जा सकता है।
- ठोसों के विद्युत गुणधर्मों की व्याख्या बैंड-सिद्धांत के आधार पर की जा सकती है।
- बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र के साथ परस्पर क्रिया के आधार पर ठोसों को अनुचुम्बकीय, प्रतिचुम्बकीय, लौह चुम्बकीय, लघु लौह चुम्बकीय और प्रति लौह चुम्बकीय पदार्थों में बाँटा जा सकता है।



टिप्पणियाँ



पाठांत प्रश्न

- क्रिस्टलीय और अक्रिस्टलीय ठोस में अंतर बताएँ।
- घटक कोणों के बीच आकर्षण बल की प्रकृति के आधार पर आप ठोसों को किस प्रकार वर्गीकृत करते हैं?
- ठोस के गलनांक से आप क्या समझते हैं? इससे घटक कणों के बीच आकर्षण बल के बारे में क्या पता चलता है?
- समन्वय संख्या से आप क्या समझते हैं? अष्टफलकीय शून्य में स्थित एक आयन की समन्वय संख्या क्या होगी?
- उदाहरण सहित निम्नलिखित की व्याख्या कीजिए :
  - शॉटकी दोष
  - फ्रैंकल दोष
- बैंड सिद्धांत के आधारपर व्याख्या कीजिये कि क्यूँ कोई विशेष ठोय या तो चालक, या अर्धचालक और कुचालक की तरह व्यवहार करता है।
- (i) अनुचुम्बकीय (ii) प्रति चुम्बकीय (iii) लौह चुम्बकीय पदार्थ क्या होते हैं?



पाठगत प्रश्नों के उत्तर

6.1

- ठोसों का निश्चित आकार और आयतन होता है।  
द्रवों का आयतन निश्चित होता है पर आकार अनिश्चित।  
गैसों का आकार व आयतन दोनों अनिश्चित होते हैं।
- कूलम्बिक बल, द्विध्रुवीय-द्विध्रुवीय आकर्षण, सह-संयोजनक आबंध, धात्विक आबंध।
- पदार्थ के क्रिस्टल का आकार और आमाप कुछ भी हो, अंतरफलकीय कोण हमेशा समान होते हैं।

6.2

- भाग 6.2 देखिए
- षट्कोणीय सुसंकुचन
- भाग 6.4 देखिए।

4. प्रति इकाई तत्व A की संख्या = 1  
 प्रति इकाई तत्व B की संख्या =  $6 \times 1/2 = 3$   
 यौगिक का सूत्र =  $AB_3$
5. FCC जालक में प्रति एकक कोष्ठिका में सिल्वर परमाणुओं की संख्या  $Z = 4$  है।

$$\text{मोलर द्रव्यमान} = 107.94 \text{ g / मोल}$$

$$(M) = 107.94 \times 10^{-3} \text{ kg / मोल}$$

$$\text{मोलर की लम्बाई} = a = 408.6 \text{ m}$$

$$= 408.6 \times 10^{12} \text{ m}$$

$$d = \frac{z.M}{a^3 .NA}$$

$$= \frac{4 \times (107.9 \times 10^{-3})}{(408.6 \times 10^{-12})^3 (6.022 \times 10^{23})} = 10.5 \text{ g/cm}^3$$

### 6.3

1. बिन्दुओं की नियमित त्रिविमीय व्यवस्था जो घटक कणों की स्थिति दिखाती है।
2. चुने हुए बिन्दुओं का समूह जिससे पूरा जालक बनाया जा सकता है एकक सेल जालक के तीनों कोनों और उनके बीच के कोणों द्वारा निर्धारित किया जाता है।
3. चार

