12087CH01

एकक

1

ठोस अवस्था

उद्देश्य

इस एकक के अध्ययन के पश्चात् आप –

- ठोस अवस्था के सामान्य अभिलक्षणों का वर्णन कर सकेंगे;
- अक्रिस्टलीय और क्रिस्टलीय ठोसों के मध्य विभेद कर सकेंगे;
- क्रिस्टलीय ठोसों को बंधन बलों की प्रकृति के आधार पर वर्गीकृत कर सकेंगे;
- क्रिस्टल जालक और एकक कोष्ठिका को परिभाषित कर सकेंगे;
- कणों के निविड संकुलन की व्याख्या कर सकेंगे;
- विभिन्न प्रकार की रिक्तियों और निविड संकुलित संरचनाओं का वर्णन कर सकेंगे;
- विभिन्न प्रकार की घनीय एकक कोष्ठिकाओं की संकुलन क्षमता का परिकलन कर सकेंगे;
- पदार्थ के घनत्व और उसकी एकक कोष्ठिका के गुणों में सहसंबंध स्थापित कर सकेंगे;
- ठोसों में अपूर्णताओं और उनके गुणों पर अपूर्णताओं के प्रभावों का वर्णन कर सकेंगे;
- ठोसों के विद्युतीय व चुंबकीय गुणों और उनकी संरचना में सहसंबंध स्थापित कर सकेंगे।

"ठोस पदार्थों जैसे कि उच्च तापीय अतिचालक, जैव सुसंगत प्लास्टिक, सिलिकॉन चिप्स आदि की विपुल बहुतायत विज्ञान के भविष्य के विकास में चहुँमुखी भूमिका के निर्वहन के लिए नियत है।"

हम अपने पूर्व अध्ययन से जानते हैं कि द्रवों और गैसों को उनकी प्रवाह क्षमता के कारण *तरल* कहा जाता है। इन दोनों अवस्थाओं में तरलता अणुओं की स्वतंत्र गति के कारण होती है। इसके विपरीत, ठोसों के अवयवी कणों की स्थितियाँ नियत होती हैं और वे केवल अपनी माध्य स्थितियों के चारों ओर दोलन करते हैं। इससे ठोसों की कठोरता स्पष्ट होती है। ये गुण अवयवी कणों की प्रकृति और उनके मध्य परिचालित बंधन बलों पर निर्भर करते हैं। संरचना एवं गुणों के मध्य सहसंबंध वांछनीय गुणों वाले नये ठोस पदार्थों की खोज में सहायता करता है। उदाहरणार्थ कार्बन नैनोट्यूब नए पदार्थ हैं, जिनकी क्षमता ऐसे पदार्थ देने की है जो स्टील से अधिक मज़बूत हों, ऐलुमिनियम से हलके हों और ताँबे से अधिक चालकता वाले हों। इस प्रकार के पदार्थ भविष्य में विज्ञान एवं समाज के विकास के लिए विस्तृत भूमिका निभा सकते हैं। कुछ अन्य पदार्थ जिनसे भविष्य में महत्वपूर्ण भूमिका निभाने की अपेक्षा है वे हैं – उच्च तापीय अतिचालक, चुंबकीय पदार्थ, पैकेज के लिए जैव निम्नीकरणीय बहुलक, शल्यक रोपण में प्रयुक्त जैवसुनम्य (Biocompliant) ठोस। अतः वर्तमान स्थितियों में इस अवस्था का अध्ययन और अधिक महत्वपूर्ण हो जाता है।

इस एकक में हम कणों की विभिन्न सम्भव व्यवस्थाओं से प्राप्त अनेक प्रकार की संरचनाओं का विवेचन करेंगे और छान-बीन करेंगे कि संरचनात्मक इकाइयों के अलग-अलग प्रकार से व्यवस्थित होने से ठोसों के गुण क्यों परिवर्तित हो जाते हैं। हम यह भी जानेंगे कि संरचनात्मक अपूर्णताओं अथवा अपद्रव्यों की अल्प मात्रा में उपस्थिति से ये गुण किस प्रकार से रूपांतरित होते हैं।

© NCERT not to be republished

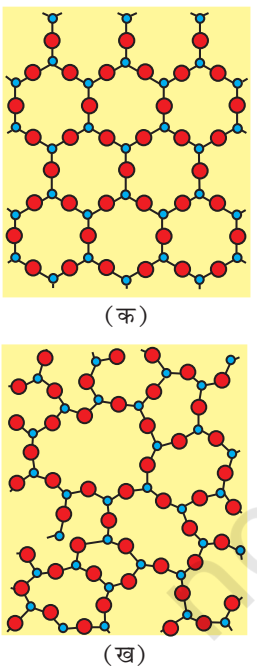
1.1 ठोस अवस्था के सामान्य अभिलक्षण

कक्षा XI में आप सीख चुके हैं कि पदार्थ तीन अवस्थाओं– ठोस, द्रव और गैस में पाये जाते हैं। ताप और दाब की दी गई निश्चित परिस्थितियों में, किसी पदार्थ की इनमें से कौन सी अवस्था अधिक स्थायी होगी, दो विरोधी कारकों के सम्मिलित प्रभाव पर निर्भर करती है। यह हैं अंतराआण्विक बलों की अणुओं, परमाणुओं अथवा आयनों को समीप रखने की प्रवृत्ति एवं उष्मीय ऊर्जा जिसकी प्रवृत्ति उनकी गति बढ़ाकर पृथक रखने की होती है। पर्याप्त निम्न तापमान पर उष्मीय ऊर्जा निम्न होती है और अंतराआण्विक बल उन्हें इतना समीप कर देते हैं कि वे एक-दूसरे के साथ चिपक जाते हैं और निश्चित स्थितियाँ अध्यासित कर लेते हैं। यह अब भी अपनी माध्य स्थितियों के चारों ओर दोलन कर सकते हैं और पदार्थ ठोस अवस्था में रहता है। ठोस अवस्था के अभिलक्षणिक गुणधर्म निम्नलिखित हैं–

(i) वे निश्चित द्रव्यमान, आयतन एवं आकार के होते हैं।
(ii) अंतराआण्विक दूरियाँ लघु होती हैं।
(iii) अंतराआण्विक बल प्रबल होते हैं।
(iv) उनके अवयवी कणों (परमाणुओं, अणुओं अथवा आयनों) की स्थितियाँ निश्चित होती हैं और यह कण केवल अपनी माध्य स्थितियों के चारों ओर दोलन कर सकते हैं।
(v) वे असंपीड्य और कठोर होते हैं।

1.2 अक्रिस्टलीय एवं क्रिस्टलीय ठोस

ठोसों को उनके अवयवी कणों की व्यवस्था में उपस्थित क्रम की प्रकृति के आधार पर *क्रिस्टलीय* और *अक्रिस्टलीय* में वर्गीकृत किया जा सकता है। क्रिस्टलीय ठोस साधारणत: लघु क्रिस्टलों की अत्यधिक संख्या से बना होता है, उनमें प्रत्येक का निश्चित अभिलक्षणिक ज्यामितीय आकार होता है। क्रिस्टल में अवयवी कणों (परमाणुओं, अणुओं अथवा आयनों) का क्रम सुव्यवस्थित होता है तथा इसकी तीनों विभाओं में पुनरावृत्ति होती है। यदि हम क्रिस्टल के एक भाग में कणों की स्थिति का अवलोकन करें तो हम क्रिस्टल के किसी दूसरे भाग में कणों की स्थिति का सही-सही पूर्वानुमान लगा सकते हैं। चाहे वह अवलोकन किए जा रहे भाग से कितनी भी दूर क्यों न हो अत: क्रिस्टल में दीर्घ परासी व्यवस्था होती है अर्थात् कणों की व्यवस्था का पैटर्न नियमित होता है जिसकी संपूर्ण क्रिस्टल में एक से अंतराल पर पुनरावृत्ति होती है। सोडियम क्लोराइड और क्वार्ट्ज़ क्रिस्टलीय ठोसों के विशिष्ट उदाहरण हैं। काँच, रबड़ और बहुत से प्लास्टिकों के द्रव, जब ठंडा करने पर ठोस अवस्था में आते हैं तो क्रिस्टल नहीं बनाते। यह अक्रिस्टलीय ठोस कहलाते हैं। अक्रिस्टलीय ठोस ग्रीक शब्द *अमोरफ़ोस* से बना है जिसका अर्थ है आकृति नहीं होना। अक्रिस्टलीय ठोस असमाकृति के कणों से बने होते हैं। इन ठोसों में अवयवी कणों (परमाणुओं, अणुओं अथवा आयनों) की व्यवस्था केवल *लघु परासी व्यवस्था* होती है। ऐसी व्यवस्था में नियमित और आवर्ती पुनरावृत पैटर्न केवल अल्प दूरियों तक देखा जाता है। नियमित भाग बिखरे होते हैं और इनके बीच व्यवस्था क्रम अनियमित होते हैं। क्वार्ट्ज़ (क्रिस्टलीय) और क्वार्ट्ज़ काँच (अक्रिस्टलीय) की संरचनाएं क्रमश: चित्र 1.1 (क) और (ख) में दर्शायी गई हैं। यद्यपि दोनों संरचनाएं लगभग समरूप हैं, फिर भी अक्रिस्टलीय क्वार्ट्ज़ कांच में *दीर्घ परासी व्यवस्था* नहीं है। अक्रिस्टलीय ठोसों की संरचना द्रवों के सदृश होती हैं। अवयवी कणों की व्यवस्था में अंतर के कारण दोनों प्रकार के ठोसों के गुण भिन्न होते हैं।



(क)

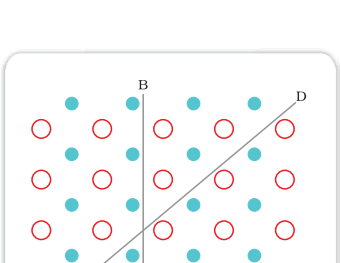
(ख)

चित्र 1.1– (क) क्वार्ट्ज़ और (ख) क्वार्ट्ज़ काँच की द्विविमीय संरचना

क्रिस्टलीय ठोसों का गलनांक निश्चित होता है। यह एक विशिष्ट ताप पर पिघल कर द्रव बन जाते हैं। दूसरी ओर अक्रिस्टलीय ठोस ताप के एक निश्चित परास पर नरम होकर पिघलते हैं और बहने लगते हैं तथा गलाकर साँचे में ढाले जा सकते हैं और इनसे विभिन्न

© NCERT not to be republished

आकृतियाँ बनाई जा सकती हैं। अक्रिस्टलीय ठोसों की संरचना द्रवों के सदृश होती है और इन्हें आसानी से अत्यधिक श्यानता वाले द्रव मान लिया जाता है। किसी एक तापमान पर वे क्रिस्टलीय बन सकते हैं। क्रिस्टलीकरण के कारण, प्राचीन सभ्यता की काँच की कुछ वस्तुओं की दृश्यता में दूधियापन पाया गया है। द्रवों के सदृश, अक्रिस्टलीय ठोसों में प्रवाह की प्रवृत्ति होती है, यद्यपि यह बहुत मंद होता है। अत: कभी-कभी इन्हें *आभासी ठोस* अथवा *अतिशीतित द्रव* कहा जाता है। अक्रिस्टलीय ठोसों की प्रकृति *समदैशिक* होती है। इनके याँत्रिक शक्ति, अपवर्तनांक तथा विद्युत चालकता जैसे गुण सभी दिशाओं में समान होते हैं। इसका कारण यह है कि उनमें *दीर्घ परासी* व्यवस्था नहीं होती और सभी दिशाओं में कणों की व्यवस्था निश्चित नहीं होती अत: सभी दिशाओं में समग्र व्यवस्था एक समान हो जाती है इसलिए किसी भी भौतिक गुण का मान हर दिशा में समान होगा।



चित्र 1.2– क्रिस्टलों में विषम दैशिकता भिन्न-भिन्न दिशाओं में कणों की भिन्न-भिन्न व्यवस्था से प्राप्त होती है।

क्रिस्टलीय ठोस *विषमदैशिक* प्रकृति के होते हैं अर्थात् उनके कुछ भौतिक गुण जैसे विद्युतीय प्रतिरोधकता और अपवर्तनांक एक ही क्रिस्टल में भिन्न-भिन्न दिशाओं में मापने पर भिन्न-भिन्न मान प्रदर्शित करते हैं। यह अलग-अलग दिशाओं में कणों की भिन्न व्यवस्था से उत्पन्न होता है। यह चित्र 1.2 से स्पष्ट होता है। इस चित्र में दो भिन्न प्रकार के परमाणुओं की व्यवस्था का दो विमाओं में साधारण पैटर्न दिखाया गया है। चित्र में दिखाया गया है कि प्रतिरूपण बल जैसा यांत्रिक गुण दो दिशाओं में बिलकुल अलग हो सकता है। CD दिशा में विरूपण से उस पंक्ति में विस्थापन होता है जिसमें दो भिन्न प्रकार के अणु हैं जबकि AB दिशा में एक ही प्रकार के अणुओं का विस्थापन होता है। इन भिन्नताओं को सारणी 1.1 में संक्षेप में दिया गया है।

क्रिस्टलीय और अक्रिस्टलीय ठोसों के अलावा भी कुछ ठोस होते हैं जो देखने से तो अक्रिस्टलीय लगते हैं परंतु इनकी संरचना क्रिस्टली होती है। इन्हें बहुक्रिस्टली ठोस कहते हैं। धातुएँ अक्सर बहुक्रिस्टली अवस्था में होती हैं। इनमें क्रिस्टल इस प्रकार से अभिमुख होते हैं कि धातु का नमूना समदैशिक लगता है यद्यपि अकेला क्रिस्टल विषमदैशिक होता है। अक्रिस्टलीय ठोस उपयोगी पदार्थ होते हैं। काँच, रबर और प्लास्टिक के हमारे दैनिक जीवन में अनेक अनुप्रयोग हैं। अक्रिस्टलीय सिलिकन सूर्य के प्रकाश का विद्युत में रूपांतरण करने के लिए उपलब्ध श्रेष्ठतम प्रकाश-वोल्टीय (photovoltaic) पदार्थ है।

सारणी 1.1– क्रिस्टलीय और अक्रिस्टलीय ठोसों के मध्य विभेद

गुण	क्रिस्टलीय ठोस	अक्रिस्टलीय ठोस
आकार	निश्चित अभिलक्षणिक ज्यामितीय आकार	असमाकृति आकार
गलनांक	निश्चित और अभिलक्षणिक ताप पर पिघलते हैं।	ताप के एक परास में धीरे-धीरे नरम पड़ते हैं
विदलन गुण	तेज धार वाले औज़ार से काटने पर यह दो टुकड़ों में विभक्त हो जाते हैं और नई जनित सतहें सपाट और चिकनी होती हैं।	तेज धार वाले औज़ार से काटने पर, यह अनियमित सतहों वाले दो टुकड़ों में कट जाते हैं।
गलन एन्थैल्पी	इनकी गलन एन्थैल्पी निश्चित और अभिलक्षणिक होती है।	इनकी गलन एन्थैल्पी निश्चित नहीं होती।
दैशिकता	विषमदैशिक प्रकृति के होते हैं।	समदैशिक प्रकृति के होते हैं।
प्रकृति	वास्तविक ठोस	आभासी ठोस अथवा अतिशीतित द्रव
अवयवी कणों की व्यवस्था में क्रम	दीर्घ परासी व्यवस्था	केवल लघु परासी व्यवस्था

© NCERT not to be republished

पाठ्यनिहित प्रश्न

1.1 ठोस कठोर क्यों होते हैं?

1.2 ठोसों का आयतन निश्चित क्यों होता है?

1.3 निम्नलिखित को अक्रिस्टलीय तथा क्रिस्टलीय ठोसों में वर्गीकृत कीजिए।
पॉलियूरिथेन, नैफ़्थैलीन, बेन्ज़ोइक अम्ल, टेफ्लॉन, पोटैशियम नाइट्रेट, सेलोफेन, पॉलिवाइनिल क्लोराइड, रेशाकाँच, ताँबा।

1.4 एक ठोस के अपवर्तनांक का सभी दिशाओं में समान मान प्रेक्षित होता है। इस ठोस की प्रकृति पर टिप्पणी कीजिए। क्या यह विदलन गुण प्रदर्शित करेगा?

1.3 क्रिस्टलीय ठोसों का वर्गीकरण

खंड 1.2 में हमने अक्रिस्टलीय पदार्थों के बारे में जाना और यह भी जाना कि उनमें लघु परासी व्यवस्था होती है। तथापि, अधिकतर ठोस पदार्थ क्रिस्टलीय प्रकृति के होते हैं। उदाहरण के लिए सभी धात्विक तत्व; जैसे– लोहा, ताँबा और चाँदी; अधात्विक तत्व; जैसे– सल्फर, फ़ॉसफ़ोरस और आयोडीन एवं यौगिक जैसे सोडियम क्लोराइड, ज़िंक सल्फाइड और नैफ़्थैलीन क्रिस्टलीय ठोस हैं।

क्रिस्टलीय ठोसों को विभिन्न प्रकार से वर्गीकृत किया जा सकता है। यह विधि उद्देश्य पर निर्भर करती है यहाँ हम क्रिस्टलीय ठोसों को अंतराआण्विक बलों की प्रकृति के आधार पर अथवा आबंधों के आधार पर वर्गीकृत करेंगे जो संरचनात्मक कणों को एक साथ रखते हैं वह हैं – (1) वान्डरवाल्स बल, (2) आयनिक आबंध, (3) सहसंयोजक आबंध, (4) धात्विक आबंध)। इस आधार पर क्रिस्टलीय ठोसों को चार संवर्गों में वर्गीकृत किया जा सकता है। ये हैं, आण्विक, आयनिक, धात्विक और सहसंयोजक ठोस। आइए, अब हम इन संवर्गों के बारे में जानें।

1.3.1 आण्विक ठोस

आण्विक ठोसों के अवयवी कण अणु होते हैं। इन्हें निम्नलिखित संवर्गों में और अधिक प्रविभाजित किया गया है –

(i) अध्रुवी आण्विक ठोस

इनके अंतर्गत वे ठोस आते हैं जो या तो परमाणुओं; उदाहरणार्थ, निम्न ताप पर ऑर्गन और हीलियम अथवा अध्रुवी सहसंयोजक बंधों से बने अणुओं, उदाहरणार्थ, निम्न ताप पर H_2, Cl_2 और I_2 द्वारा बने होते हैं। इन ठोसों में परमाणु अथवा अणु दुर्बल परिक्षेपण बलों अथवा लंडन बलों द्वारा बँधे रहते हैं जिनके बारे में आप कक्षा XI में सीख चुके हैं। यह ठोस मुलायम और विद्युत के अचालक होते हैं। यह निम्न गलनांकी होते हैं और सामान्यत: कमरे के ताप और दाब पर द्रव अथवा गैसीय अवस्था में होते हैं।

(ii) ध्रुवीय-आण्विक ठोस

HCl, SO_2 आदि पदार्थों के अणु ध्रुवीय सहसंयोजक बंधों से बने होते हैं। ऐसे ठोसों में अणु अपेक्षाकृत प्रबल द्विध्रुव-द्विध्रुव अन्योन्यक्रियाओं से एक दूसरे के साथ बँधे रहते हैं। यह ठोस मुलायम और विद्युत के अचालक होते हैं। इनके गलनांक अध्रुवी आण्विक ठोसों से अधिक होते हैं फिर भी इनमें से अधिकतर कमरे के ताप और दाब पर गैस अथवा द्रव हैं। ठोस SO_2 और ठोस NH_3 ऐसे ठोसों के कुछ उदाहरण हैं।

© NCERT not to be republished

(iii) हाइड्रोजन आबंधित आण्विक ठोस

ऐसे ठोसों के अणुओं में H, और F,O अथवा N परमाणुओं के मध्य ध्रुवीय-सहसंयोजक बंध होते हैं। प्रबल हाइड्रोजन आबंधन ऐसे ठोसों के अणुओं, जैसे H_2O (बर्फ), को बंधित करते हैं। यह विद्युत के अचालक हैं। सामान्यत: यह कमरे के ताप और दाब पर वाष्पशील द्रव अथवा मुलायम ठोस होते हैं।

1.3.2 आयनिक ठोस

आयनिक ठोसों के अवयवी कण आयन होते हैं। ऐसे ठोसों का निर्माण धनायनों और ऋणायनों के त्रिविमीय विन्यासों में प्रबल कूलॉमी (स्थिर वैद्युत) बलों से बँधने पर होता है। यह ठोस कठोर और भंगुर प्रकृति के होते हैं। इनके गलनांक और क्वथनांक उच्च होते हैं। चूँकि इसमें आयन गमन के लिए स्वतंत्र नहीं होते, अत: ये ठोस अवस्था में विद्युतरोधी होते हैं। तथापि गलित अवस्था में अथवा जल में घोलने पर, आयन गमन के लिए मुक्त हो जाते हैं और वे विद्युत का संचालन करते हैं।

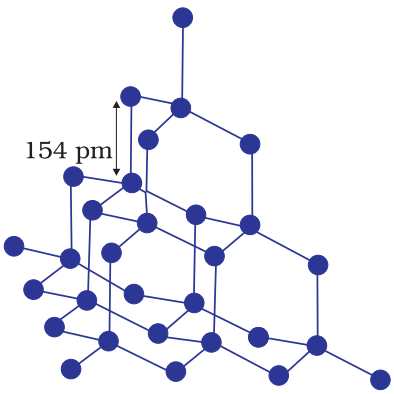
1.3.3 धात्विक ठोस

धातुएं, मुक्त इलेक्ट्रॉनों के समुद्र से घिरे और उनके द्वारा संलग्नित धनायनों का व्यवस्थित संग्रह हैं। ये इलेक्ट्रॉन गतिशील होते हैं और क्रिस्टल में सर्वत्र समरूप से विस्तारित होते हैं। प्रत्येक धात्विक परमाणु इस गतिशील इलेक्ट्रॉनों के समुद्र में एक अथवा अधिक इलेक्ट्रॉनों का योगदान देता है। ये मुक्त और गतिशील इलेक्ट्रॉन, धातुओं की उच्च वैद्युत और ऊष्मीय चालकता के लिए उत्तरदायी होते हैं। विद्युत क्षेत्र प्रयुक्त करने पर, ये इलेक्ट्रॉन धनायनों के नेटवर्क में सतत प्रवाह करते हैं। इसी प्रकार जब धातु के एक भाग में ऊष्मा संभरित की जाती है तो ऊष्मीय ऊर्जा, मुक्त इलेक्ट्रॉनों द्वारा, सर्वत्र एक समान रूप से विस्तारित हो जाती है। धातुओं की दूसरी महत्वपूर्ण विशेषताएं कुछ स्थितियों में उनकी चमक और रंग हैं। यह भी उनमें उपस्थित मुक्त इलेक्ट्रॉनों के कारण होती हैं। धातुएं अत्यधिक आघातवर्धनीय और तन्य होती हैं।

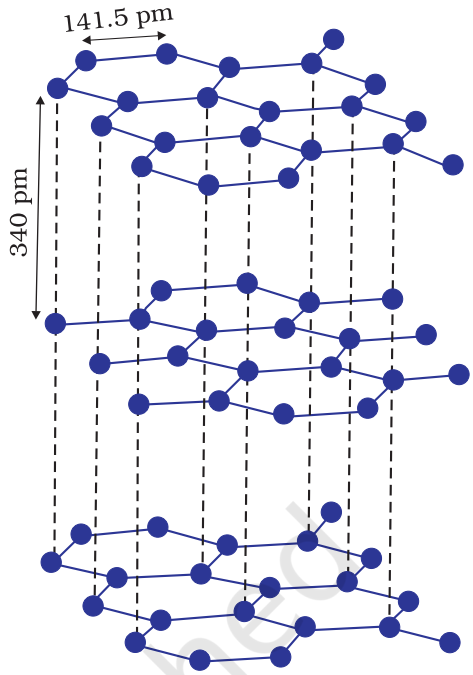
1.3.4 सहसंयोजक अथवा नेटवर्क ठोस

अधात्विक क्रिस्टलीय ठोसों की विस्तृत अनेकरूपता संपूर्ण क्रिस्टल में निकटवर्ती परमाणुओं के मध्य सहसंयोजक बंधों के बनने के कारण होती हैं। इन्हें **विशाल अणु** भी कहा जाता है। सहसंयोजक बंध प्रबल और दिशात्मक प्रकृति के होते हैं; इसलिए परमाणु अपनी स्थितियों पर अति प्रबलता से संलग्न रहते हैं। ऐसे ठोस अति कठोर और भंगुर होते हैं। इनका गलनांक अत्यन्त उच्च होता है और गलन से पूर्व विघटित भी हो सकते हैं। ये विद्युत का संचालन नहीं करते, अत: ये विद्युतरोधी होते हैं। हीरा (चित्र 1.3, पृष्ठ 6) और सिलिकॉन कार्बाइड ऐसे ठोसों के विशिष्ट उदाहरण हैं। ग्रैफाइट भी क्रिस्टलों के इस वर्ग में आता है यद्यपि यह मुलायम और विद्युत चालक है। उसके अपवादात्मक गुण उसकी विशिष्ट संरचना (चित्र 1.4, पृष्ठ 6) के कारण होते हैं। जिसके बारे में आप कक्षा-11 में पढ़ चुके हैं इसमें कार्बन परमाणु विभिन्न परतों में व्यवस्थित होते हैं और प्रत्येक परमाणु उसी परत के तीन निकटवर्ती परमाणुओं से सहसंयोजक बंधन में होता है। प्रत्येक परमाणु का चौथा संयोजकता इलेक्ट्रॉन अलग परतों के मध्य उपस्थित होता है और यह गमन के लिए मुक्त होता है। यही मुक्त इलेक्ट्रॉन ग्रैफाइट को विद्युत का उत्तम चालक बनाते हैं। विभिन्न परतें एक-दूसरे पर सरक सकती हैं। यह ग्रैफाइट को मुलायम ठोस और उत्तम ठोस-चिकनाई बनाते हैं।

© NCERT not to be republished



चित्र 1.3– हीरे की नेटवर्क संरचना



चित्र 1.4– ग्रैफाइट की संरचना

चारों प्रकार के ठोसों के विभिन्न गुणों को सारणी 1.2 में सूचीबद्ध किया गया है।

सारणी 1.2– विभिन्न प्रकार के ठोस

ठोस का प्रकार	अवयवी कण	बंधन आकर्षण बल	उदाहरण	भौतिक प्रकृति	वैद्युत चालकता	गलनांक
1. आण्विक ठोस						
(i) अध्रुवी	अणु	परिक्षेपण अथवा लंडन बल	Ar, CCl_4, H_2, I_2, CO_2	मुलायम	विद्युतरोधी	अत्यधिक निम्न
(ii) ध्रुवीय	अणु	द्विध्रुव-द्विध्रुव अन्योन्यक्रिया	HCl, SO_2	मुलायम	विद्युतरोधी	निम्न
(iii) हाइड्रोजन आबंधित	अणु	हाइड्रोजन आबंध	H_2O (बर्फ)	कठोर	विद्युतरोधी	निम्न
2. आयनिक ठोस	आयन	कूलॉमी अथवा स्थिर वैद्युत	NaCl, MgO, ZnS, CaF_2	कठोर परंतु भंगुर	ठोस अवस्था में विद्युतरोधी परंतु गलित अवस्था और जलीय विलयन में विद्युत चालक	उच्च
3. धात्विक ठोस	विस्थानिकृत इलेक्ट्रॉनों के समुद्र में धनायन	धात्विक आबंध	Fe, Cu, Ag, Mg	कठोर परंतु आघातवर्ध्य और तन्य	ठोस अवस्था एवं गलित अवस्था में चालक	साधारण उच्च
4. सहसंयोजक अथवा नेटवर्क ठोस	परमाणु	सहसंयोजक आबंध	SiO_2 (क्वार्ट्ज़) SiC, C (हीरा), AlN,	कठोर	विद्युतरोधी	अत्यधिक उच्च
			C (ग्रैफाइट)	मुलायम	चालक (अपवाद)	

© NCERT not to be republished

पाठ्यनिहित प्रश्न

1.5 उपस्थित अंतराआण्विक बलों की प्रकृति के आधार निम्नलिखित ठोसों को विभिन्न संवर्गों में वर्गीकृत कीजिए – पोटैशियम सल्फेट, टिन, बेन्ज़ीन, यूरिया, अमोनिया, जल, ज़िंक सल्फाइड, ग्रैफाइट, रूबिडियम, ऑर्गन, सिलिकन कार्बाइड।

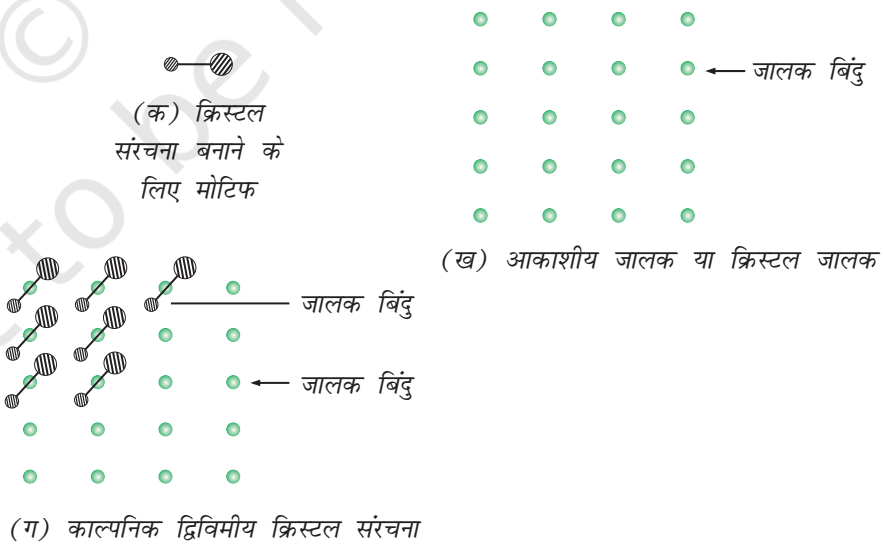
1.6 ठोस A, अत्यधिक कठोर तथा ठोस एवं गलित दोनों अवस्थाओं में विद्युतरोधी है और अत्यंत उच्च ताप पर पिघलता है। यह किस प्रकार का ठोस है?

1.7 आयनिक ठोस गलित अवस्था में विद्युत चालक होते हैं परंतु ठोस अवस्था में नहीं, व्याख्या कीजिए।

1.8 किस प्रकार के ठोस विद्युत चालक, आघातवर्ध्य और तन्य होते हैं?

1.4 क्रिस्टल जालक और एकक कोष्ठिका

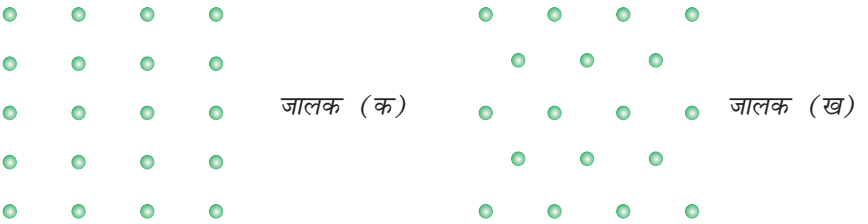
आपने देखा होगा कि जब किसी फर्श को ढ़कने के लिए टाइल बिछाए जाते हैं तो एक पुनरावृत्ति होने वाला पेटर्न बनता है। सारे टाइलों को फर्श पर रखने के बाद यदि हम सभी टाइलों के एक निश्चित स्थान पर बिन्दु लगा दें (उदाहरण के लिए टाइल के मध्य में) तथा टाइल पर ध्यान न देकर केवल बिन्दुओं का अवलोकन करें तों हमें बिंदुओं का एक समुच्चय प्राप्त होता है। यह बिंदुओं का समुच्चय एक ढाँचा है जिसे आकाशीय जालक कहते हैं। यहाँ इसके बिंदुओं पर संरचना-इकाई (यहाँ पर टाइल) रख कर द्विविमीय पैटर्न विकसित किया गया है। संरचना इकाई को बेसिस अथवा मोटिफ कहते हैं। जब आकाशीय जालक के बिंदुओं पर मोटिफ रखते हैं तो पेटर्न बनता है। क्रिस्टल संरचना में मोटिफ एक अणु, परमाणु अथवा आयन होता है। आकाशीय जालक को क्रिस्टल जालक भी कह सकते हैं। यह ऐसे बिंदुओं का पैटर्न है जो मोटिफ की स्थिति को प्रदर्शित करते हैं। दूसरे शब्दों में आकाशीय जालक, क्रिस्टल की संरचना के लिए एक काल्पनिक ढाँचा है। जब हम मोटिफ को आकाशीय जालक के बिंदुओं पर रखते हैं तो हमें क्रिस्टल जालक प्राप्त होता है। चित्र 1.5 में एक मोटिफ, एक द्विविमीय जालक और एक काल्पनिक द्विविमीय क्रिस्टल संरचना प्रदर्शित की गई है। जो मोटिफ को द्विविमीय जालक में रख कर प्राप्त होती है।



चित्र 1.5– (क) मोटिफ (ख) आकाशीय जालक (ग) काल्पनिक द्विविमीय क्रिस्टल संरचना

© NCERT not to be republished

दिक स्थान (स्पेस) में जालक बिंदुओं की व्यवस्था विभिन्न प्रकार के जालक दे सकती है। चित्र 1.6 में दो प्रकार की व्यवस्थाओं से प्राप्त जालक प्रदर्शित किए गए हैं।



चित्र 1.6– दो भिन्न जालकों में बिंदुओं की व्यवस्था।

क्रिस्टलीय ठोसों में आकाशीय जालक बिंदुओं का समूह त्रिविम में होता है। जालक बिंदुओं पर मोटिफ जोड़कर क्रिस्टल संरचना प्राप्त होती है। प्रत्येक पुनरावृत्तित मोटिफ की संरचना एवं त्रिविम विन्यास समान होता है। जैसा कि त्रिविम में किसी भी एक मोटिफ का होता है। सतह को छोड़कर क्रिस्टल में प्रत्येक मोटिफ के आस-पास समान वातावरण होता है।

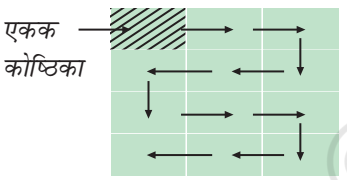
एक क्रिस्टल जालक के अभिलक्षण निम्नलिखित हैं –

(क) जालक में प्रत्येक बिंदु जालक बिंदु अथवा जालक स्थल कहलाता है।

(ख) क्रिस्टल जालक का प्रत्येक बिंदु एक अवयवी कण को निरूपित करता है जो एक परमाणु, एक अणु (परमाणुओं का समूह) अथवा एक आयन हो सकता है।

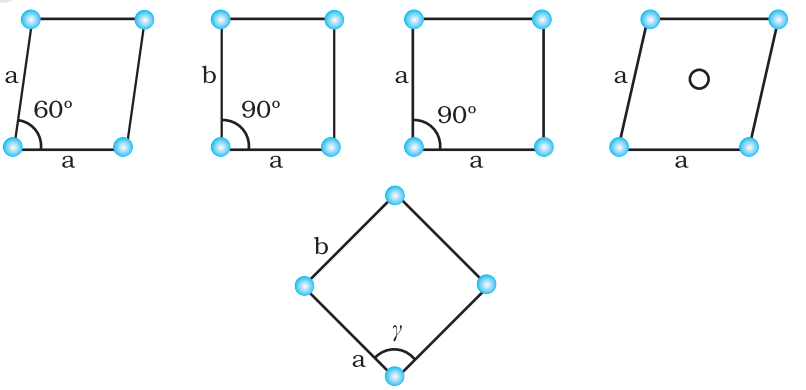
(ग) जालक बिंदुओं को सीधी रेखाओं से जोड़ा जाता है जिससे जालक की ज्यामिति व्यक्त की जा सके।

क्रिस्टल को पूर्ण परिभाषित करने के लिए त्रिविम जालक का केवल छोटा सा भाग आवश्यक होता है। इस छोटे-से भाग को एकक कोष्ठिका कहते हैं। कोई एकक कोष्ठिका का चुनाव कई तरह से कर सकता है। सामान्यत: वह कोष्ठिका चुनी जाती है जिसकी लम्ब भुजाएँ छोटी हों तथा जिनके सभी दिशाओं में पुनरावर्तन से सम्पूर्ण क्रिस्टल का निर्माण हो सके। चित्र 1.7 में कोष्ठिका के पुनरावर्तन द्वारा द्विविमीय क्रिस्टल का निर्माण दर्शाया गया है। पुनश्च: कोष्ठिका का आकार ऐसा होना चाहिए कि सम्पूर्ण जालक में कोष्ठिकाओं के बीच में रिक्त स्थान न रहे।



चित्र 1.7– चतुर्भुज वर्ग के तीरों की दिशा में गमन से एक काल्पनिक दो द्विविमीय क्रिस्टल का निर्माण

दो विमाओं में 'a' तथा 'b' लंबाई की भुजाओं वाले समांतर चतुर्भुज को, जिसकी भुजाओं के मध्य γ कोण हो, एकक कोष्ठिका के रूप में चुना जाता है। द्विविमाओं में सम्भावित एकक कोष्ठिाएँ चित्र 1.8 में दर्शाई गई हैं।



चित्र 1.8– दो विमाओं में सम्भावित एकक कोशिकाएँ

© NCERT not to be republished

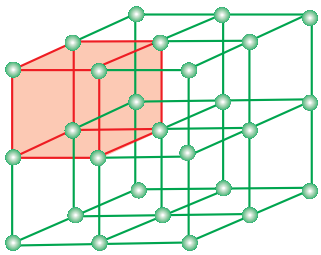
त्रिविम में क्रिस्टल जालक का एक भाग तथा इसकी एकक कोशिका को चित्र 1.9 में प्रदर्शित किया गया है।

एक त्रिविमीय क्रिस्टल संरचना में एकक कोष्ठिका अभिलक्षणित होती है –

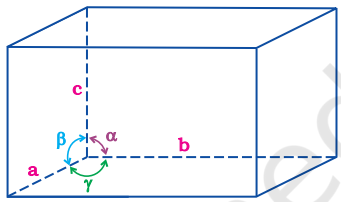
(i) उसके तीनों किनारों की विमाओं a, b और c के द्वारा, जो कि परस्पर लंबवत् हो भी सकते हैं अथवा नहीं भी।

(ii) किनारों (कोरों) के मध्य कोण α (b और c के मध्य), β (a और c के मध्य) और γ (a और b के मध्य) के द्वारा।

इस प्रकार एकक कोष्ठिका छः पैरामीटरों– a, b, c, α, β और γ द्वारा अभिलक्षणित होती है। प्रतिरूपी एकक कोष्ठिका के इन पैरामीटरों को चित्र 1.10 में दिखाया गया है।



चित्र 1.9– एक क्रिस्टल के त्रिविमीय घनीय आकाशीय जालक का एक भाग और उसकी एकक कोष्ठिका।



चित्र 1.10–एकक कोष्ठिका के पैरामीटरों का निदर्श-चित्र।

1.4.1 आद्य एवं केंद्रित एकक कोष्ठिका

एकक कोष्ठिका को विस्तृत रूप से दो संवर्गों में बाँटा जा सकता है, आद्य एवं केंद्रित एकक कोष्ठिका।

(क) आद्य एकक कोष्ठिका

जब अवयवी कण एकक कोष्ठिका के केवल कोनों पर उपस्थित हों, तो उसे **आद्य एकक कोष्ठिका** कहा जाता है।

(ख) केंद्रित एकक कोष्ठिका

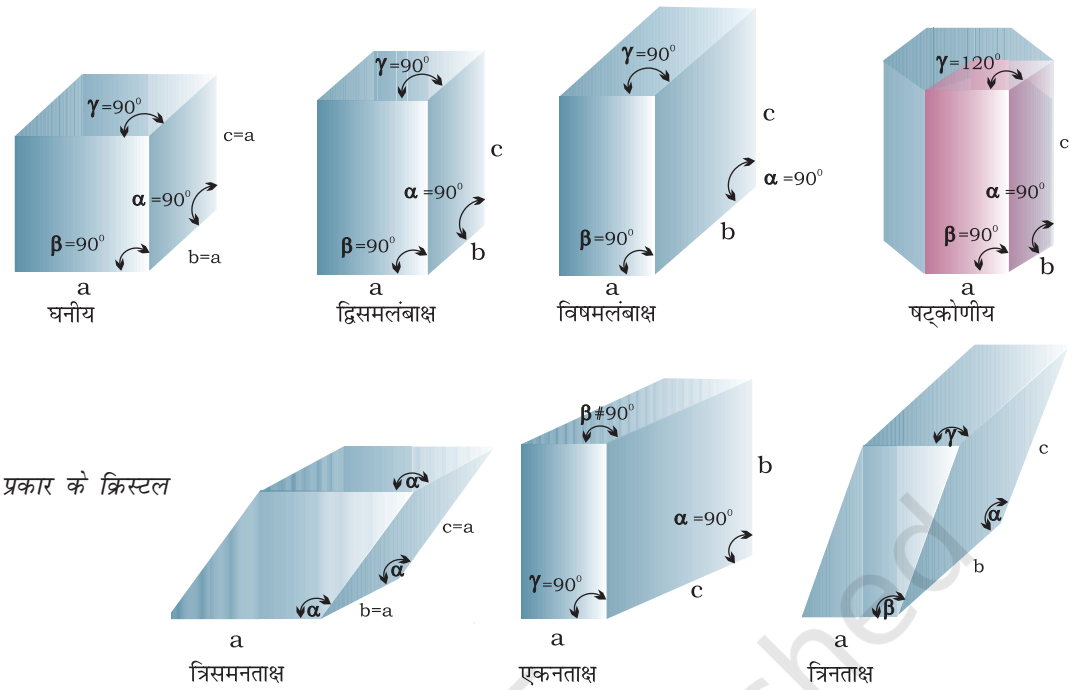
जब एकक कोष्ठिका में एक अथवा अधिक अवयवी कण, कोनों के अतिरिक्त अन्य स्थितियों पर भी उपस्थित होते हैं, तो उसे **केंद्रित एकक कोष्ठिका** कहते हैं। केंद्रित एकक कोष्ठिकाएं तीन प्रकार की होती हैं –

(i) अंत:केंद्रित एकक कोष्ठिका – ऐसी एकक कोष्ठिका में एक अवयवी कण (परमाणु, अणु अथवा आयन) कोनों में उपस्थित कणों के अतिरिक्त उसके अंत: केंद्र में होता है।

(ii) फलक-केंद्रित एकक कोष्ठिका – ऐसी एकक कोष्ठिका में कोनों पर उपस्थित अवयवी कणों के अतिरिक्त एक अवयवी कण प्रत्येक फलक के केंद्र पर भी होता है।

(iii) अंत्य-केंद्रित एकक कोष्ठिका – ऐसी एकक कोष्ठिका में कोनों पर उपस्थित अवयवी कणों के अतिरिक्त एक अवयवी कण किन्हीं दो विपरीत फलकों के केंद्र में पाया जाता है। आद्य यानी सरल एकक कोष्ठिकाओं तथा विभिन्न प्रकार के क्रिस्टलों का निरीक्षण करने से यह निष्कर्ष निकलता है कि यह सभी सात संरचनाओं के सदृश हैं। यह मूल नियमित संरचनाएँ सात क्रिस्टल सिस्टम कहलाते हैं। कोई क्रिस्टल किस सिस्टम के अन्तर्गत आता है यह पता लगाने के लिए क्रिस्टल के फलकों के मध्य कोण को मापा जाता है और यह निर्धारित किया जाता है कि इसके आकार का निर्धारण करने के लिए कितने अक्ष आवश्यक हैं। चित्र 1.11 में सातों क्रिस्टल सिस्टम प्रदर्शित किए गए हैं। इनकी आद्य एकक कोष्ठिकाएं तथा उनसे बनने वाली केंद्रित एकक कोष्ठिकाओं के रूप में उनकी संभव विविधताएं सारणी 1.3 में सूचीबद्ध हैं।

© NCERT not to be republished



चित्र 1.11–सात प्रकार के क्रिस्टल तंत्र

सारणी 1.3– सात आद्य एकक कोष्ठिकाएं और केंद्रित सेलों के रूप में उनकी संभव विविधताएं

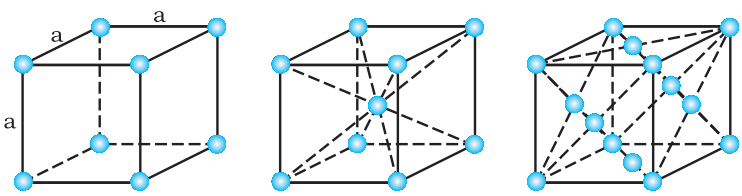
क्रिस्टल तंत्र	संभव विविधताएं	अक्षीय दूरियाँ अथवा कोर लंबाई	अक्षीय कोण	उदाहरण
घनीय	आद्य, अंत:केंद्रित फलक केंद्रित	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	NaCl, यशद–ब्लैंड, Cu
द्विसमलंबाक्ष	आद्य अंत:केंद्रित	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	श्वेत–टिन, SnO_2, TiO_2, $CaSO_4$
विषमलंबाक्ष	आद्य, अंत:केंद्रित, फलक–केंद्रित, अंत्य–केंद्रित	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	विषमलंबाक्ष गंधक, KNO_3, $BaSO_4$
षट्कोणीय	आद्य	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = 90°$ $\gamma = 120°$	ग्रैफाइट, ZnO,CdS
त्रिसमनताक्ष अथवा (त्रिकोणी)	आद्य	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90°$	कैलसाइट ($CaCO_3$), सिनबार (HgS)
एकनताक्ष	आद्य, अंत्य केंद्रित	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \gamma = 90°$ $\beta \neq 90°$	एकनताक्ष गंधक, $Na_2SO_4.10H_2O$
त्रिनताक्ष	आद्य	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90°$	$K_2Cr_2O_7$, $CuSO_4.5H_2O$, H_3BO_3

एक फ्रेंच गणितज्ञ ने दर्शाया कि तीन विमाओं में केवल 14 प्रकार के जालक संभव हैं। इन्हें ब्रेविस जालक कहते हैं। इन जालकों की एकक कोष्ठिकाओं को आगे दिए बॉक्स में दर्शाया गया है।

© NCERT not to be republished

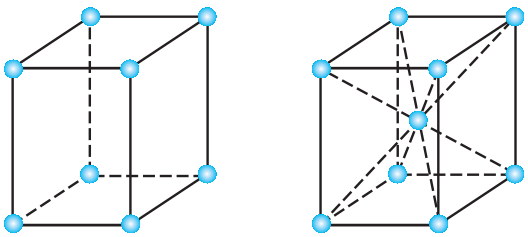
14 प्रकार के ब्रेवे जालकों की एकक कोष्ठिकाएं

तीन घनीय जालकों की एकक कोष्ठिकाएँ – सभी भुजाएं समान एवं सभी फलकों के मध्य 90° कोण



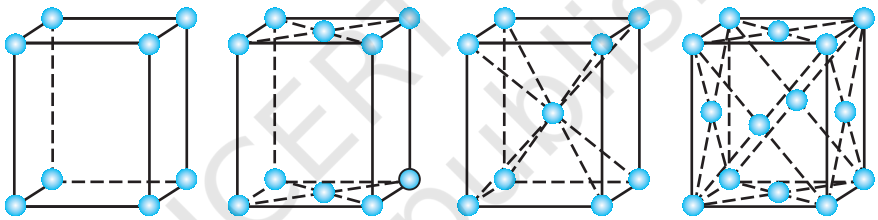
आद्य (अथवा सरल) अंत:केंद्रित फलक-केंद्रित

दो द्विसमलंबाक्ष जालकों की एकक कोष्ठिकाएँ – लंबाई में एक भुजा अन्य दो से भिन्न एवं सभी फलकों के मध्य 90° कोण



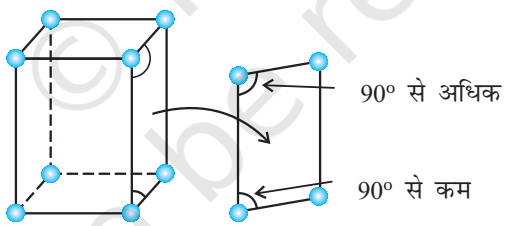
आद्य अंत:केंद्रित

चार विषमलंबाक्ष जालकों की एकक कोष्ठिकाएँ – असमान भुजाएं; सभी फलकों के मध्य 90° कोण

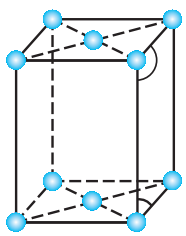


आद्य अंत्य-केंद्रित अंत:केंद्रित फलक-केंद्रित

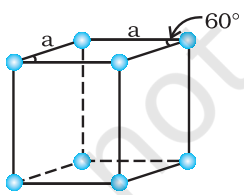
दो एकनताक्ष जालकों की एकक कोष्ठिकाएँ – असमान भुजाएं दो फलकों के मध्य कोण 90° से भिन्न है।



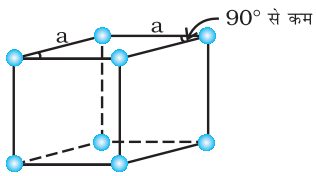
आद्य



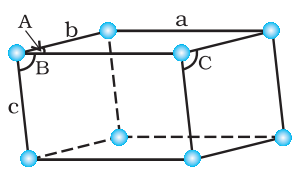
अंत्य-केंद्रित



षट्कोणीय जालक की एकक कोष्ठिका – एक भुजा लंबाई में अन्य दो से भिन्न, दो फलकों पर चिह्नित कोण 60° है।



त्रिसमनताक्ष जालक की एकक कोष्ठिका – सभी भुजाएं समान लंबाई, दो फलकों पर कोण 90° से कम है।



त्रिनताक्ष जालक की एकक कोष्ठिका – असमान भुजाएं a, b, c; A, B, C असमान कोण हैं जिनमें से कोई भी 90° का नहीं है।

© NCERT not to be republished

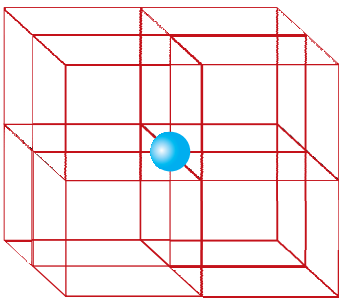
1.5 एक एकक कोष्ठिका में अवयवी कणों की संख्या

हम जानते हैं कि कोई भी क्रिस्टल जालक, एकक कोष्ठिकाओं की अत्यधिक संख्या से बना होता है और प्रत्येक जालक बिंदु पर एक अवयवी कण (परमाणु, अणु अथवा आयन) रहता है। अब हम देखेंगे कि प्रत्येक अवयवी कण का कौन सा भाग एक विशिष्ट एकक कोष्ठिका से संबद्धित है।

हम तीन प्रकार के घनीय एकक कोष्ठिकाओं पर विचार करेंगे और सरलता के लिए परमाणु को अवयवी कण मानेंगे।

1.5.1 आद्य घनीय एकक कोष्ठिका

आद्य घनीय एकक कोष्ठिका में परमाणु (अथवा अवयवी कण) केवल कोनों पर होते हैं। कोने का प्रत्येक परमाणु आठ निकटवर्ती एकक कोष्ठिकाओं के मध्य सहभाजित होता है जैसा चित्र 1.12 में दिखाया गया है। चार एकक कोष्ठिकाएं समान परत में और चार एकक कोष्ठिकाएं ऊपरी (अथवा निचली) परत की होती हैं, अत: वास्तव में एक परमाणु (अथवा अणु अथवा आयन) का $\frac{1}{8}$ वाँ भाग एक विशिष्ट एकक कोष्ठिका से संबंधित रहता है।

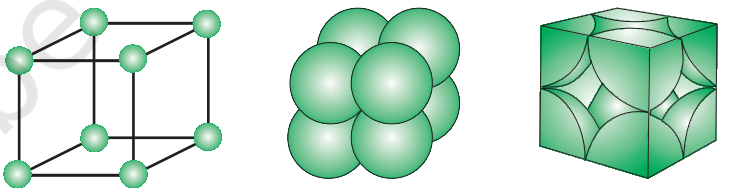


चित्र 1.12–एक सरल एकक कोष्ठिका में प्रत्येक कोने का परमाणु 8 एकक कोष्ठिकाओं के मध्य सहभाजित हैं।

चित्र 1.13 में एक आद्य घनीय एकक कोष्ठिका को तीन भिन्न प्रकारों से चित्रित किया गया है। चित्र 1.13 (क) में प्रत्येक छोटा गोला, उस स्थिति पर उपस्थित कण के केवल केंद्र को निरूपित करता है, उसके वास्तविक आकार को नहीं। ऐसी संरचनाओं को विवृत संरचनाएं कहा जाता है। विवृत संरचनाओं में कणों की व्यवस्था को समझना आसान है। चित्र 1.13 (ख) एकक कोष्ठिका के दिक्स्थान-भराव निरूपण को कणों के वास्तविक आकार के साथ चित्रित करता है तथा चित्र 1.13 (ग) एक घनीय एकक कोष्ठिका में उपस्थित विभिन्न परमाणुओं के वास्तविक भागों को दर्शाता है।

चूँकि कुल मिलाकर प्रत्येक घनीय एकक कोष्ठिका में उसके कोनों पर 8 परमाणु हैं, अत: एक एकक कोष्ठिका में परमाणुओं की कुल संख्या $8\times\frac{1}{8}=1$ परमाणु होगी।

चित्र 1.13–एक आद्य घनीय एकक कोष्ठिका (क) विवृत संरचना, (ख) दिक्स्थान-भराव संरचना, (ग) एक एकक कोष्ठिका से संबंधित परमाणुओं के वास्तविक भाग

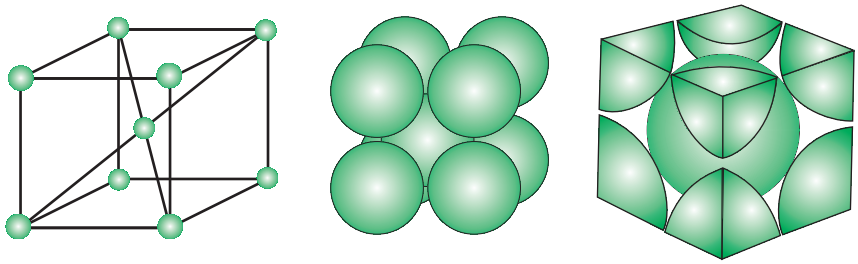


(क) (ख) (ग)

1.5.2 अंत:केंद्रित घनीय एकक कोष्ठिका

एक अंत:केंद्रित घनीय (*bcc*) एकक कोष्ठिका में एक परमाणु उसके प्रत्येक कोने पर और इसके अतिरिक्त एक परमाणु उसके अंत: केंद्र में भी होता है। चित्र 1.14 अंत:केंद्रित घनीय एकक कोष्ठिका की– (क) विवृत संरचना, (ख) दिकस्थान-भराव मॉडल और (ग) एक एकक कोष्ठिका को वास्तविक रूप से संबंधित परमाणुओं के भागों के साथ दर्शाता है। यहाँ यह देखा जा सकता है कि अंत:केंद्र का परमाणु पूर्णतया उस एकक कोष्ठिका से संबंधित होता है जिसमें वह उपस्थित होता है। इस प्रकार से एक अंत:केंद्रित एकक कोष्ठिका में –

© NCERT not to be republished



(क) (ख) (ग)

चित्र 1.14– एक अंत: केंद्रित घनीय एकक कोष्ठिका (क) विवृत संरचना, (ख) दिक्स्थान-भराव संरचना, (ग) एक एकक कोष्ठिका से संबंधित परमाणुओं के वास्तविक भाग

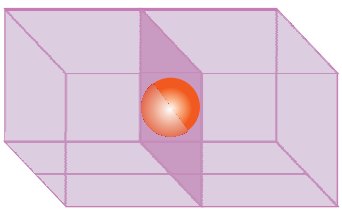
(i) 8 कोने $\times \frac{1}{8}$ प्रति कोना परमाणु $= 8 \times \frac{1}{8} = 1$ परमाणु

(ii) 1 अंत: केंद्र परमाणु $= 1 \times 1 = 1$ परमाणु

$\therefore$ प्रति एकक कोष्ठिका में परमाणुओं की कुल संख्या $= 2$ परमाणु

1.5.3 फलक-केंद्रित घनीय एकक कोष्ठिका

फलक-केंद्रित घनीय (*fcc*) एकक कोष्ठिका में परमाणु सभी कोनों पर और घन के सभी फलकों के केंद्रों पर पाए जाते हैं। चित्र 1.15 में देखा जा सकता है कि फलक केंद्र पर उपस्थित प्रत्येक परमाणु दो निकटवर्ती एकक कोष्ठिकाओं के मध्य सहभाजित होता है। प्रत्येक फलक के केंद्र पर उपस्थित परमाणु दो सन्निकट कोष्ठिकाओं के मध्य सहभाजित होता है तथा प्रत्येक परमाणु का केवल ½ भाग एक एकक कोष्ठिका में सम्मिलित होता है। चित्र 1.16 में फलक-केंद्रित एकक कोष्ठिका की– (क) विवृत संरचना, (ख) दिक्स्थान-भराव मॉडल और (ग) एक एकक कोष्ठिका को वास्तविक रूप से संबंधित परमाणुओं के भागों के साथ दर्शाया गया है।



चित्र 1.15– एकक कोष्ठिका के फलक केंद्र पर एक परमाणु दो एकक कोष्ठिकाओं के मध्य सहभाजित है।

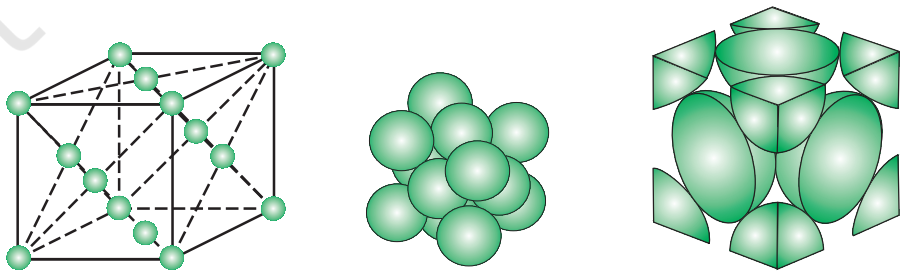
(i) 8 कोने के परमाणु $\times \frac{1}{8}$ परमाणु प्रति एकक कोष्ठिका $= 8 \times \frac{1}{8}$

$= 1$ परमाणु

(ii) 6 फलक-केंद्रित परमाणु $\times \frac{1}{2}$ परमाणु प्रति एकक कोष्ठिका $= 6 \times \frac{1}{2}$

$= 3$ परमाणु

$\therefore$ प्रति एकक कोष्ठिका परमाणुओं की कुल संख्या $= 1 + 3 = 4$ परमाणु



(क) (ख) (ग)

चित्र 1.16– एक फलक-केंद्रित घनीय एकक कोष्ठिका (क) विवृत संरचना, (ख) दिक्स्थान-भराव संरचना, (ग) एक एकक कोष्ठिका से संबंधित अणुओं के वास्तविक भाग।

© NCERT not to be republished

पाठ्यनिहित प्रश्न

1.9 'जालक बिंदु' से आप क्या समझते हैं?

1.10 एकक कोष्ठिका को अभिलक्षणित करने वाले पैरामीटरों के नाम बताइए।

1.11 निम्नलिखित में विभेद कीजिए।

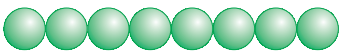
(i) षट्कोणीय और एकनताक्ष एकक कोष्ठिका

(ii) फलक केंद्रित और अंत्य-केंद्रित एकक कोष्ठिका।

1.12 स्पष्ट कीजिए कि एक घनीय एकक कोष्ठिका के– (i) कोने और (ii) अंत:केंद्र पर उपस्थित परमाणु का कितना भाग सन्निकट कोष्ठिका से सहभाजित होता है।

1.6 निविड संकुलित संरचनाएं

ठोसों में, अवयवी कण निविड संकुलित होते हैं तथा उनके मध्य न्यूनतम रिक्त स्थान होता है। आइए, हम अवयवी कणों को समरूप कठोर गोले मानते हुए तीन पदों में त्रिविमीय संरचना को निर्मित करें।

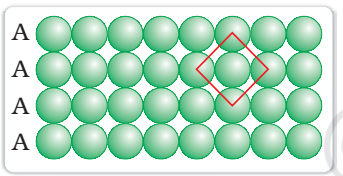


चित्र 1.17– एक विमा में गोलों का निविड संकुलन

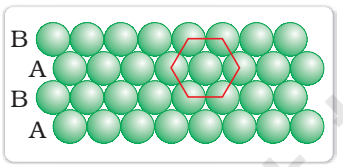
(क) एक विमा में निविड संकुलन

एकविमीय निविड संकुलित संरचना में गोलों को व्यवस्थित करने की केवल एक विधि है, जिसमें उन्हें एक पंक्ति में एक-दूसरे को स्पर्श करते हुए व्यवस्थित किया जाता है (चित्र 1.17)।

इस व्यवस्था में, प्रत्येक गोला दो निकटवर्ती गोलों के संपर्क में होता है। एक कण के निकटतम गोलों की संख्या को उसकी **उपसहसंयोजन संख्या** कहा जाता है। इस प्रकार एकविमीय निविड संकुलित व्यवस्था में उपसहसंयोजन संख्या दो हैं।



(क)



(ख)

चित्र 1.18– द्विविम में
(क) वर्ग निविड संकुलन
(ख) गोलों का षट्कोणीय निविड संकुलन

(ख) द्विविमा में निविड संकुलन

द्विविमीय निविड संकुलित संरचना, निविड संकुलित गोलों की पंक्तियों को एक साथ व्यवस्थित करके (रखकर) जनित की जा सकती है। इसे दो भिन्न प्रकार से किया जा सकता है।

(i) द्वितीय पंक्ति को प्रथम के संपर्क में इस प्रकार रखा जा सकता है कि द्वितीय पंक्ति के गोले प्रथम पंक्ति के गोलों के ठीक ऊपर हों एवं दोनों पंक्तियों के गोले क्षैतिजीय तथा साथ ही ऊर्ध्वाधर रूप से सरेखित हों। यदि प्रथम पंक्ति को हम 'A' प्रकार की पंक्ति कहते हैं तो द्वितीय पंक्ति प्रथम पंक्ति के ठीक समान होने से, वह भी 'A' प्रकार की होगी। इसी प्रकार से अधिक पंक्तियों को रखकर AAA प्रकार की व्यवस्था प्राप्त की जा सकती है जैसा कि चित्र 1.18(क) में दिखाया गया है।

इस व्यवस्था में, प्रत्येक गोला चार निकटवर्ती गोलों के संपर्क में रहता है। इस प्रकार द्विविमीय उपसहसंयोजन संख्या चार है। साथ ही यदि इन सन्निकट चार गोलों के केंद्रों को जोड़ा जाए तो एक वर्ग प्राप्त होता है। अत: इस संकुलन को **द्विविम में वर्ग निविड संकुलन** कहा जाता है।

(ii) द्वितीय पंक्ति को प्रथम के ऊपर सांतरित रूप से इस प्रकार रखा जा सकता है कि उसके गोले प्रथम पंक्ति के अवनमनों में ठीक आ जाएं। यदि प्रथम पंक्ति के गोलों

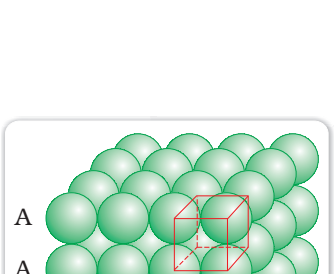
© NCERT not to be republished

की व्यवस्था को 'A' प्रकार कहा जाए तो द्वितीय पंक्ति जो कि भिन्न है, उसे 'B' प्रकार कहा जा सकता है। जब तृतीय पंक्ति को द्वितीय के निकट सांतरित रूप से रखा जाता है तो उसके गोले प्रथम तल के गोलों से संरेखित होते हैं। अतः यह तल भी 'A' प्रकार का है। इसी प्रकार से रखे गए चौथी पंक्ति के गोले द्वितीय पंक्ति ('B' प्रकार) से संरेखित होते हैं। अतः यह व्यवस्था ABAB प्रकार की है। इस व्यवस्था में मुक्त स्थान कम होता है और इसमें संकुलन, वर्ग निविड संकुलन से अधिक दक्ष है। प्रत्येक गोला छः निकटवर्ती गोलों के संपर्क में रहता है और द्विविमीय उपसहसंयोजन संख्या छः है। इन छः गोलों के केंद्र सम-षट्कोण के कोनों पर हैं (चित्र 1.18 ख)। इस प्रकार इस संकुलन को **द्विविम षट्कोणीय निविड संकुलन** कहा जाता है। चित्र 1.18 (ख) में यह देखा जा सकता है कि इस तल में कुछ रिक्तियाँ (रिक्त स्थान) हैं। यह त्रिकोणीय आकृति की हैं। त्रिकोणीय रिक्तियाँ दो प्रकार की हैं। एक पंक्ति में त्रिकोण का शीर्ष ऊर्ध्वमुखी और अगली पंक्ति में अधोमुखी है।

(ग) त्रिविमा में निविड संकुलन

सभी वास्तविक संरचनाएं त्रिविम संरचनाएं होती हैं। यह द्विविमीय परतों को एक-दूसरे के ऊपर रखने से प्राप्त की जा सकती हैं। पिछले खंड में हमने द्विविम में निविड संकुलन की विवेचना की जो कि दो प्रकार की हो सकती है; वर्ग निविड संकुलित और षट्कोणीय निविड संकुलित। आइए, हम देखते हैं कि इनसे कितने प्रकार के त्रिविमीय निविड संकुलन प्राप्त किए जा सकते हैं।

(i) *द्विविम वर्ग निविड संकुलित परतों से त्रिविम निविड संकुलन* – जब द्वितीय वर्ग निविड संकुलित परत को प्रथम के ऊपर रखा जाता है तब हम उसी नियम का अनुपालन करते हैं जिसका पालन हमने एक पंक्ति को दूसरी के निकट रखने में किया था। द्वितीय परत को प्रथम परत के ऊपर इस प्रकार रखा जाता है कि ऊपरी परत के गोले प्रथम परत के गोलों के ठीक ऊपर रहें। इस व्यवस्था में दोनों परतों के गोले पूर्णतया क्षैतिज तथा साथ ही ऊर्ध्वाधर रूप से सीध में होते हैं जैसा चित्र 1.19 में दिखाया गया है। इसी प्रकार से हम और परतों को एक-दूसरे के ऊपर रख सकते हैं। यदि प्रथम परत के गोलों की व्यवस्था को 'A' प्रकार कहा जाए तो सभी परतों में समान व्यवस्था होती है। इस प्रकार इस जालक में AAA प्रकार का पैटर्न है। इस प्रकार जनित होने वाला जालक सामान्य घनीय जालक और उसकी एकक कोष्ठिका आद्य-घनीय एकक कोष्ठिका है (चित्र 1.19)।

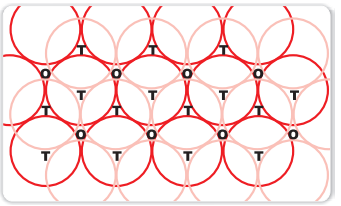


चित्र 1.19– AAA... व्यवस्था से बनने वाला सरल घनीय जालक

(ii) *द्विविम-षट्कोणीय निविड संकुलित परतों से त्रिविम निविड संकुलन* – इसमें परतों को एक-दूसरे पर रखकर त्रिविमीय निविड संकुलित संरचना निम्न प्रकार से जनित की जा सकती है।

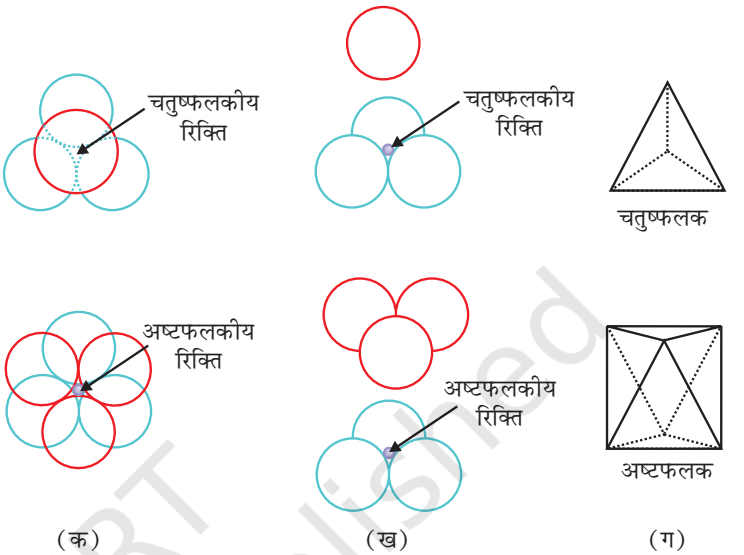
(क) द्वितीय परत को प्रथम के ऊपर रखना - आइए, हम एक द्विविम-षट्कोणीय निविड संकुलित परत 'A' लेते हैं और एक वैसी ही परत उसके ऊपर इस प्रकार रखते हैं कि द्वितीय परत के गोले प्रथम परत के अवनमनों में आ जाते हैं। चूँकि दो परतों के गोले भिन्न प्रकार से संरेखित हैं, अतः द्वितीय परत को हम B परत कहते हैं। यह चित्र 1.20 में देखा जा सकता है कि प्रथम परत की सभी त्रिकोणीय रिक्तियाँ द्वितीय परत के गोलों से आवृत नहीं हैं। इससे अलग-अलग व्यवस्थाओं की उत्पत्ति होती है। जब भी द्वितीय परत का एक गोला प्रथम परत

© NCERT not to be republished



चित्र 1.20– निविड संकुलित गोलों की दो परतों का एक स्तंभ और उनमें जनित होने वाली रिक्तियाँ।
T = चतुष्फलकीय रिक्ति
O = अष्टफलकीय रिक्ति

की रिक्ति के ऊपर होता है (अथवा विलोमत:) तब एक चतुष्फलकीय रिक्ति बनती है। इन रिक्तियों को **चतुष्फलकीय रिक्तियाँ** कहते हैं क्योंकि जब इन चार गोलों के केंद्रों को मिलाया जाता है तब एक चतुष्फलक बनता है। इन्हें चित्र 1.20 में 'T' से अंकित किया गया है। ऐसी एक रिक्ति को अलग से चित्र 1.21 में दिखाया गया है।



चित्र 1.21– चतुष्फलकीय और अष्टफलकीय रिक्तियाँ
(क) ऊपरी दृश्य
(ख) खंडित पार्श्व दृश्य
(ग) रिक्ति का ज्यामितीय आकार

अन्य स्थानों पर, द्वितीय परत की त्रिकोणीय रिक्तियाँ, प्रथम परत की त्रिकोणीय रिक्तियों के ऊपर हैं और इनकी त्रिकोणीय आकृतियाँ अतिव्यापित नहीं होतीं। उनमें से एक में त्रिकोण का शीर्ष ऊर्ध्वमुखी और दूसरे में अधोमुखी होता है। इन रिक्तियों को चित्र 1.20 में 'O' से अंकित किया गया है। ऐसी रिक्तियाँ छ: गोलों से घिरी होती हैं और इन्हें **अष्टफलकीय रिक्तियाँ** कहा जाता है। ऐसी एक रिक्ति को अलग से चित्र 1.21 में दिखाया गया है। इन दोनों प्रकार की रिक्तियों की संख्या निविड संकुलित गोलों की संख्या पर निर्भर करती है।

माना कि निविड संकुलित गोलों की संख्या N है, तब –

जनित अष्टफलकीय रिक्तियों की संख्या = N

जनित चतुष्फलकीय रिक्तियों की संख्या = 2N

(ख) तृतीय परत को द्वितीय परत पर रखना – जब तृतीय परत को द्वितीय परत पर रखा जाता है, तब दो संभावनाएं होती हैं।

(i) चतुष्फलकीय रिक्तियों का आच्छादन – द्वितीय परत की चतुष्फलकीय रिक्तियों को तृतीय परत के गोलों द्वारा आच्छादित किया जा सकता है। इस स्थिति में तृतीय परत के गोले प्रथम परत के गोलों के साथ पूर्णत: संरेखित होते हैं। इस प्रकार गोलों का पैटर्न एकांतर परतों में पुनरावृत्त होता है। इस पैटर्न को प्राय: ABAB... पैटर्न लिखा जाता है। इस संरचना

© NCERT not to be republished