

## یونٹ

# 1

## ٹھوس حالت (The Solid State)



5262CH01

### مقاصد

اونچے درجہ حرارت والے سپر کنڈکٹر، حیات دوست پلاسٹک، سلیکان چپس وغیرہ جیسی اکثر ٹھوس اشیا مستقبل میں سائنس کی ترقی اور توسیع میں اہم رول ادا کریں گی۔

اس سے قبل ہم جو کچھ مطالعہ کر چکے ہیں اس کے مطابق رقیق (Liquids) اور گیسوں کو سیال (Fluids) کہا جاتا ہے کیونکہ ان میں بہنے کی صلاحیت ہوتی ہے۔ مائع اور گیس دونوں حالتوں میں جو سیالیت (Fluidity) ہوتی ہے اس کی وجہ یہ ہے کہ سالمات (Molecules) ادھر ادھر گھومنے میں آزاد ہوتے ہیں۔ اس کے برخلاف، ٹھوسوں میں ترکیبی ذرات کی پوزیشن معین یا فکسڈ (Fixed) ہوتی ہے اور وہ صرف اپنی وسطی (Mean) پوزیشنوں کے گرد ہی اہتراز کر سکتے ہیں۔ اس بات سے ہمیں ٹھوسوں کی سختی (Rigidity) معلوم ہو جاتی ہے۔ یہ خاصیت ان ٹھوسوں کی ترکیبی ذرات کی نوعیت اور ان کے ذرات کے درمیان عامل بندشی قوتوں پر منحصر ہوتی ہے۔ خاصیتوں اور ساخت کے درمیان ہم رشتگی، ایسے نئے ٹھوس میٹریل کی کھوج میں مدد کرتی ہے جن میں مطلوب خاصیتیں پائی جاتی ہیں۔ مثال کے طور پر کاربن نینوٹیوب نئے مادے ہیں جن میں یہ صلاحیت ہوتی ہے کہ وہ ایسے مادے فراہم کر سکیں جن کی قوت اسٹیل سے زیادہ ہو، جو المونیم سے ہلکی ہوں اور جن کی ایصالی قوت تانبہ سے زیادہ ہو۔ ایسی اشیا سائنس اور معاشرے کے مستقبل کے فروغ میں توجیحی (توضیحی) کردار ادا کر سکتے ہیں۔ کچھ دوسری چیزیں جن سے توقع کی جاتی ہے کہ وہ مستقبل میں اہم کردار ادا کریں گی ان میں اونچے درجہ حرارت والے سپر کنڈکٹروں (Superconductors)، مقناطیسی میٹریل پیکنگ کے لیے حیاتیاتی طور پر تنزل پذیر پولیمرس (Biodegradable Polymers) اور سرجیکل امپلانٹس (Surgical Implants) کے لیے حیاتیاتی طور پر مطیع ٹھوسوں (Biocompliant Solids) کا نام لیا جاسکتا ہے۔ لہذا اس حالت کا مطالعہ جدید تناظر میں زیادہ اہم ہو جاتا ہے۔

- اس اکائی کا مطالعہ کرنے کے بعد آپ اس قابل ہو جائیں گے کہ
- ٹھوس حالت کی عام خصوصیات بیان کر سکیں گے
- نقلی (Amorphous) اور قلمی حالتوں کے درمیان امتیاز کر سکیں گے
- بندشی قوتوں کی نوعیت کی بنیاد پر قلمی (Crystalline) ٹھوسوں کی درجہ بندی کر سکیں گے
- قلم جالی (Crystal Lattice) اور یونٹ سیل کی تعریف بیان کر سکیں گے
- ذرات کی نزدیک پیکنگ کی وضاحت کر سکیں گے
- مختلف قسم کے خلاؤں (Voides) اور نزدیکی طور پر پیک شدہ ڈھانچوں (Close Packed Structures) کی وضاحت کر سکیں گے
- مختلف قسم کے مکعبی یونٹ سیلوں کی پیکنگ لیاقت (Packing efficiency) کی تحسب کر سکیں گے
- کسی شے (Substance) کی کثافت کا اس کے یونٹ سیل کی خصوصیات کے ساتھ رشتہ بیان کر سکیں گے
- کسی ٹھوس میں پائی جانے والی کمیوں (Imprefections) اور خصوصیات پر ان کے اثرات کو بیان کر سکیں گے
- ٹھوسوں کی مقناطیسی اور برقی خاصیتوں اور ان کی ساختوں کے رشتے کو بیان کر سکیں گے۔

اس اکائی میں ہم ذرات کی مختلف امکانی ترتیبوں پر گفتگو کریں گے۔ مختلف قسم کی ساختیں اپنی ترتیبوں کا نتیجہ ہوتی ہیں۔ ہم اس بات کا بھی پتہ لگائیں گے کہ ساختی کمیوں (Structural Imperfections) کے سبب یا پھر بہت معمولی مقدار میں ملاوٹ کی موجودگی کی وجہ سے عام طور پر چھوٹے قلموں (Crystal) یہ ان کی خاصیتوں میں ترمیم ہو جاتی ہے۔

گیارہویں کلاس میں ہم پڑھ چکے ہیں کہ کوئی بھی مادہ تین حالتوں میں پایا جاسکتا ہے یعنی ٹھوس، مائع یا گیس کی حالت میں۔ دیئے گئے کسی خاص دباؤ اور خاص درجہ حرارت کی صورت، کسی شے (Substance) کی ان میں سے کون سی حالت سب سے زیادہ قائم (Stable) ہوتی ہوگی اس کا انحصار مخالف عوامل (Opposing Factors) کے مجموعی اثر (Net Effect) پر ہے۔ یہ بین سالماتی قوتیں ہیں جن میں سالمات (یا ایٹموں یا آئینوں) کو ایک دوسرے سے قریب رکھنے کا رجحان ہوتا ہے اور حرارتی توانائی جن میں ان (سالمات) کو ایک دوسرے سے الگ رکھنے کا رجحان ہوتا ہے کیونکہ یہ توانائی ان سالمات کو تیز تر کر دیتی ہے۔ بہت کم درجہ حرارت پر، حرارتی توانائی کم ہوتی ہے اور بین سالماتی قوتیں ان کو اتنا قریب لے آتی ہیں کہ وہ دوسرے سے چپٹ جاتے ہیں اور مقرر حالتوں (Fixed Positions) پر قبضہ کر لیتے ہیں۔ یہ اب بھی اپنی وسطی (Mean) حالت پر اہتزاز کر سکتے ہیں اور جب کہ شے (Substance) ٹھوس حالت میں باقی رہ سکتی ہے۔ ٹھوس حالت میں مندرجہ ذیل خصوصیات پائی جاتی ہیں:

- (i) ان کی ایک طے شدہ کثیت ہوتی ہے، حجم ہوتا ہے اور شکل ہوتی ہے۔
- (ii) بین سالماتی فاصلے کم ہوتے ہیں۔
- (iii) بین سالماتی قوتیں شدید ہوتی ہیں۔
- (iv) ان کے ترکیبی ذرات (ایٹم، سالمے یا آئن) کی پوزیشنیں مقرر ہوتی ہیں اور وہ اپنے وسطی مقامات پر اہتزاز کر سکتے ہیں۔
- (v) وہ داب ناپذیر (Incompressible) اور سخت (Rigid) ہوتے ہیں۔

ٹھوسوں کے ترکیبی ذرات کی ترتیب میں جو الجھام پایا جاتا ہے اس کی نوعیت کی بنا پر ہی ان کی درجہ بندی قلمی اور نقلمی میں کی گئی ہے۔ ایک قلمی ٹھوس عام طور پر چھوٹے قلموں (Crystals) کی بڑی تعداد پر مشتمل ہوتا ہے اور ان میں سے ہر قلم کی ایک متعین اور مخصوص جیومیٹریائی (Geometrical) شکل ہوتی ہے۔ ایک قلم کے اندر ترکیبی ذرات (ایٹم، سالمات یا آئن) کی ترتیب ایک نظام کے تحت ہوتی ہے۔ اور یہ سہ ابعاد میں دہرائے جاتے ہیں اگر ہم قلم کے ایک حصہ میں اس ترتیب کا مطالعہ کریں تو ہم کسی بھی ذرہ کے مقام کی، قلم کے کسی دوسرے حصہ میں بے کم وکاست پیشین گوئی کر سکتے ہیں۔ خواہ وہ مشاہدہ کرنے والی جگہ سے کتنی ہی دوری پر کیوں نہ ہو۔ اس طرح قلم اور اس کے وسیع نظام کا مطلب یہ ہوتا ہے کہ ذرات کی ترتیب میں ایک مقررہ نمونہ (Regular Pattern) پایا جاتا ہے اور تمام قلم پر دوری کے اعتبار سے اس کی تکرار ہوتی رہتی ہے۔ سوڈیم کلورائیڈ اور کوارٹز قلمی ٹھوس کی خصوصی مثالیں

## 1.1 ٹھوس حالت کی عمومی

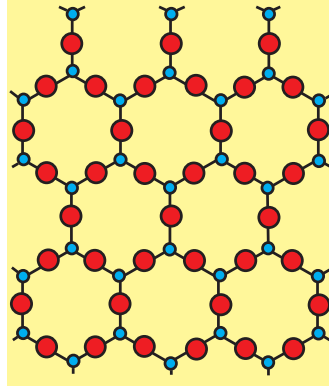
### خصوصیات

(General Characteristics of Solid State)

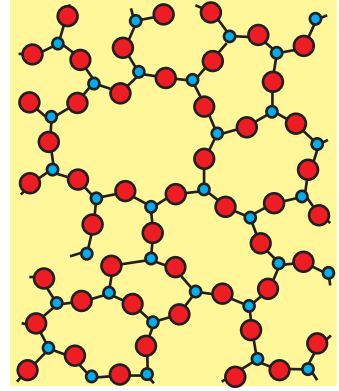
## 1.2 نقلمی اور قلمی ٹھوس

(Amorphous and Crystalline Solids)

ہیں۔ شیشہ، ربر اور بہت سے پلاسٹک قلم نہیں بناتے جب ان کے رقیقوں کو ٹھنڈا کر کے ٹھوس میں تبدیل کیا جاتا ہے۔ ان کو نقلی (Amorphouse) ٹھوس کہا جاتا ہے۔ ایک نقلی ٹھوس بے قاعدہ (Irregular) شکل کے ذرات پر مشتمل ہوتا ہے۔ ایسے کسی ٹھوس میں، ترکیبی ذرات (ایٹم، سالمات یا آئن) کی ترتیب کا نظام (Order) بہت محدود پیمانے پر ہوتا ہے۔ اس قسم کی کسی



(a)



(b)

شکل 1.1: (a) کوارٹز اور (b) کوارٹز گلاس کی دوبعدی ساخت

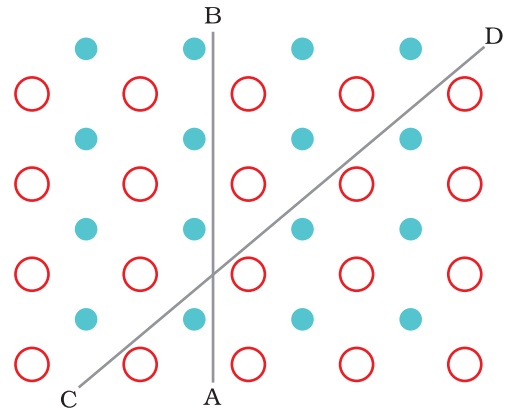
ترتیب میں ایک باقاعدہ (Regular) اور دوری طور پر تکراری ترتیب (Pattern) کی صرف مختصر فاصلوں پر ہی نظر آتی ہے۔ باقاعدہ ترتیب بکھرے ہوئے یا منتشر

ہوتے ہیں اور ان کے درمیان ترتیب غیر منظم (Disordered) ہوتی ہے، کوارٹز (قلمی) اور کوارٹز گلاس (نقلی) کی بناوٹ کو بالترتیب شکل (a) اور (b) میں دکھایا گیا ہے۔ دونوں کے ڈھانچے یکساں ہیں لیکن نقلی کوارٹز گلاس کے معاملے میں کوئی بڑے پیمانے کا نظام نہیں ہے۔ نقلی ٹھوسوں کا ڈھانچہ مائع کے ڈھانچہ جیسا ہے۔ ترکیبی ذرات کی ترتیب میں اختلافات کی بنا پر، ان دونوں قسم کی ٹھوسوں کی خاصیتیں الگ الگ ہوتی ہیں۔

قلمی ٹھوسوں کا نقطہ گداخت بہت تیز (Sharp) ہوتا ہے۔ ایک مخصوص درجہ حرارت پر یہ یکا یک پگھل جاتے ہیں اور رقیق میں تبدیل ہو جاتے ہیں۔ اس کے برخلاف نقلی ٹھوس درجہ حرارت کے ایک سلسلے (Range) پر نرم ہو جاتے ہیں اور پگھل کر بہنا شروع کر دیتے ہیں۔ ان کو مختلف شکلوں میں ڈھالا جاسکتا ہے۔ نقلی ٹھوس کی ساختی خصوصیات رقیق جیسی ہی ہوتی ہیں اور اسی لیے ہم انھیں آسانی کے ساتھ بہت گاڑھے/نیم سیال سمجھ سکتے ہیں اور یہ کسی درجہ حرارت پر پہنچ کر قلمی بن سکتے ہیں۔ قدیم تہذیبوں کی کانچ کی بنی ہوئی کچھ ایسی اشیاء دستیاب ہوئی ہیں جن کی ظاہری شکل قلماء کی وجہ سے دودھیا (Milky) لگتی ہے۔ مائعات (Liquids) کی طرح نقلی ٹھوسوں میں بہنے کا رجحان ہوتا ہے۔ اگرچہ یہ بہاؤ کا رجحان بہت سست رفتار ہوتا ہے۔

اسی لیے کبھی کبھی ان کو نقلی ٹھوس (Pseudo Solids) یا اعلیٰ سرد مائعات (Super Cooled Liquids) بھی کہا جاتا ہے۔

نقلی ٹھوس اپنی فطرت میں ہم طرف (Isotropic) ہوتے ہیں۔ ان کی خصوصیات جیسے کہ میکانی قوت، انعطاف نما (Refractive Index) اور موصلیت (Conductivity) وغیرہ ہر سمت میں یکساں ہوتی ہیں۔ اس کی وجہ یہ ہے کہ ان میں لمبی رینج (Long Range) کا کوئی سلسلہ نہیں ہوتا اور تمام اطراف، جہات میں ذرات کی ترتیب باقاعدہ نہیں ہوتی ہے۔ لہذا کل ترتیب ہر سمت سے معادل (Equivalent) ہو جاتی ہے۔ اسی لیے، کسی بھی طبعی خاصیت کی قدر (Value of Propety) ہر جہت میں یکساں ہوتی ہے۔



شکل 1.2: قلموں میں اختلاف اطراف (Anistoropy) مختلف جہات میں ذرات کی مختلف ترتیب کی وجہ سے ہوتی ہے۔

## جدول 1.1: قلمی اور نقلی ٹھوسوں کے درمیان امتیازات

خاصیت	قلمی ٹھوس	نقلی ٹھوس
شکل	متعین خصوص ہند کی شکل	بے قاعدہ شکل
نقطہ گداخت	ایک تیز اور مخصوص درجہ حرارت پر پگھل جاتا ہے	درجہ حرارت کی ایک رینج پر بتدریج نرم ہو جاتا ہے
شکستگی (Cleavage) کی خاصیت	جب کسی تیز دھار دار آلہ سے قطع کیا جائے تو وہ دو ٹکڑوں میں کٹ جاتے ہیں اور نئی پیدا ہونے والی سطحیں ہموار اور چکنی ہوتی ہیں	جب کسی تیز دھار دار آلے سے کاٹا جائے تو دو ٹکڑوں میں قطع ہو جاتے ہیں لیکن سطحیں بے قاعدہ (Irregular) ہوتی ہیں
گداخت کی انتھالپی (Heat of fusion)	ان کے گداخت کے لیے انتھالپی متعین اور مخصوص ہوتی ہے	ان کے گداخت کی انتھالپی متعین نہیں ہوتی
مختلف الاطرافی (Anisotropy)	یہ اپنی فطرت میں مختلف الاطراف ہوتے ہیں	اپنی فطرت میں ہم طرف ہوتے ہیں
فطرت	اصلی ٹھوس (True Solids)	نقلی (Pseudo) ٹھوس یا اعلیٰ سرد مائع
ترکیبی ذرات میں نظام ترتیب	لمبی رینج کا نظام	صرف مختصر رینج کا نظام

قلمی ٹھوس اپنی فطرت میں مختلف الاطراف (Anisotropic) ہوتے ہیں اس کا مطلب یہ ہے کہ جب انہی قلموں میں مختلف جہات کے ساتھ ان کو ناپا جاتا ہے تو ان کے طبعی خواص جیسے برقی مزاحمت یا انعطاف نما (Refractive Index) مختلف قدروں (Values) کا اظہار کرتے ہیں۔ ایسا مختلف جہتوں میں ذرات کی مختلف ترتیب (Arrangement) کی وجہ سے ہوتا ہے۔ اس بات کو شکل 1.2 میں دکھا گیا ہے۔ یہ شکل دو قسم کے ایٹموں کے دو ابعادی ترتیب کو ظاہر کرتی ہے۔ میکائینکی خصوصیات جیسے کہ شیرنگ اسٹریس (sharing stres) کے تیس

### متن پر مبنی سوالات

- 1.1 ٹھوس، سخت (Rigid) کیوں ہوتے ہیں؟
- 1.2 ٹھوسوں کا ایک متعین حجم کیوں ہوتا ہے؟
- 1.3 درج ذیل کی قلمی اور نقلی ٹھوسوں میں درجہ بندی کیجیے: پولی یوریتھین (Polyurethane)، نفتالین (Naphthalene)، بینزوائک ایسڈ (Benzoic Acid)، ٹیفلون (Teflon)، پوٹاشیم نائٹریٹ، سیلوفین (Cellophane)، پالی وائل، کلورائیڈ، فائبر گلاس، کاپر۔
- 1.4 کانچ کو اعلیٰ سرد مائع (Super Cooled Liquid) کیوں سمجھا جاتا ہے؟
- 1.5 کسی ٹھوس کے تمام اطراف میں ایک ہی قدر حاصل کرنے کے لیے اس کے انعطاف نما کا مشاہدہ کیا جاتا ہے۔ اس ٹھوس کی نوعیت پر تبصرہ کیجیے۔ کیا یہ شکستگی (Cleavage) کی خصوصیت کو ظاہر کرے گا؟

مزاحمت دوسمتوں میں بہت مختلف ہو سکتی ہیں جو شکل میں دکھائی گئی ہیں۔ CD سمت میں بناوٹ کا نقص قطار کے ایٹموں کو ہٹا دیتا ہے جس میں دو مختلف قسم کے ایٹم ہوتے ہیں۔ جبکہ AB سمت میں قطار میں ایک ہی قسم کے ایٹم ہوتے ہیں۔ اس فرق کا جدول 1.1 میں خلاصہ کیا گیا ہے۔

قلمی اور نقلی ٹھوس مادوں کے علاوہ کچھ ایسے ٹھوس بھی ہوتے ہیں جو بظاہر نقلی نظر آتے ہیں لیکن ان کی ساخت خورد قلمی ہوتی ہیں۔ ان کو کثیر قلمی ٹھوس کہا جاتا ہے۔ دھاتیں عام طور پر کثیر قلمی حالتوں میں پائی جاتی ہیں۔ منفرد قلمی بے ترتیب رخ پر تعین ہوتی ہیں لہذا ایک دھاتی نمونہ ہم رخ (Isotropic) نظر آ سکتا ہے اگرچہ ایک منفرد قلم غیر ہم رخ (Anisotropic) ہوتی ہے۔

قلمی ٹھوس مفید اشیا (Materials) ہیں۔ کانچ، ربر اور پلاسٹک کا استعمال آج ہماری روزمرہ کی زندگی میں بہت بڑھ چکا ہے۔ سورج کی روشنی کو بجلی میں تبدیل کرنے کے لیے نقلی سلی کون ایک بہترین اور دستیاب فوٹو وولٹائی (Photovoltaic) شے ہے۔

سیکشن 1.2 میں ہم نے نقلی اشیا (Substance) کے بارے میں پڑھا کہ ان کا نظام مختصر رینج کا ہوتا ہے۔ ٹھوس اشیا (Solid Substances) اپنی فطرت میں اکثر قلمی ہوتے ہیں۔ مثال کے طور پر تمام دھاتی عناصر جیسے لوہا، کاپر اور سلور اور اسی طرح غیر دھاتی عناصر جیسے سلفر، فاسفورس اور ایوڈین نیز مرکبات جیسے سوڈیم کلورائیڈ، زنک سلفائیڈ اور نفتالین (Naphthalene) قلمی ٹھوس بناتے ہیں۔

قلمی دھاتوں کی درجہ بندی مختلف طریقوں سے کی جاسکتی ہے۔ یہ طریقہ ہمارے مقصد پر منحصر ہوتا ہے یہاں ہم ٹھوس اشیا کو ان بین سالماتی (Intermolecular Process) قوتوں کی نوعیت کی بنیاد پر درجہ بند کریں گے۔ یا ان گرفتوں پر جو تشکیلی ذرات کو باندھ کر رکھتے ہیں۔ یہ ہوتے ہیں (i) ونڈروال قوتیں؛ (ii) آبی گرفت؛ (iii) ہم شرکتی گرفت؛ (iv) دھاتی گرفت۔ اس بنیاد پر ٹھوس چار زمروں یعنی سالماتی، آئیونک، ملزاتی (Metallic) اور شریک گرفت (Covalent) میں کی جاتی ہے۔ اب ہم ان زمروں (Categories) کے بارے میں گفتگو کرتے ہیں۔

سالمات، سالماتی ٹھوسوں کے ترکیبی ذرات ہوتے ہیں۔ ان کی ذیلی درجہ بندی درج ذیل زمروں میں کی جاتی ہے۔

(i) غیر قطبی سالماتی ٹھوس (Non Polar Molecular Solides) : یہ ٹھوس یا تو ایٹموں جیسے ارگن اور ہیلیم پر مشتمل ہوتے ہیں یا ان سالمات پر مشتمل ہوتے جن کی تشکیل غیر قطبی شریک گرفتی بندشوں سے ہے جیسے  $H_2$ ،  $Cl_2$  اور  $I_2$ ۔ ان ٹھوسوں میں، کمزور انتشاری قوتیں (Dispersion Forces) یا لندن قوتیں، جن کے بارے میں آپ کلاس XI میں پڑھ چکے ہیں، ایٹموں اور سالمات کو باندھے رکھتی ہیں۔ یہ ٹھوس نرم ہوتے ہیں اور غیر موصل ہوتے ہیں ان کا نقطہ گداخت کم ہوتا ہے اور یہ عام طور پر کمرے کے درجہ حرارت اور دباؤ پر مائع یا گسی حالت میں ہوتے ہیں۔

(ii) قطبی سالماتی ٹھوس :  $HCl$ ،  $SO_2$  وغیرہ جیسی اشیا (Substances) کے سالمات کی تشکیل قطبی شریک گرفتی بندشوں سے تشکیل پاتی ہیں۔ ان ٹھوسوں میں سالمات نسبتاً طاقتور (Dipole-dipole) تعاملوں سے بندھے رہتے ہیں یہ ٹھوس نرم اور غیر موصل ہوتے ہیں ان کا نقطہ گداخت غیر قطبی سالماتی ٹھوسوں کے

### 1.3 قلمی ٹھوسوں کی درجہ بندی (Classification of Crystalline Solids)

#### 1.3.1 سالماتی ٹھوس (Molecular Solids)

مقابلے اونچا ہوتا ہے پھر بھی ان میں سے اکثر کمرے کے درجہ حرارت اور دباؤ پر گیس یا مائع حالت میں ہوتے ہیں۔ ٹھوس  $SO_2$  اور ٹھوس  $NH_3$  اسی قسم کے ٹھوسوں کی مثالیں ہیں۔

(iii) ہائڈروجن سے بندھے سالماتی ٹھوس: اس قسم کے ٹھوسوں کے سالمات  $H$ ، اور  $NaO$ ،  $F$  یا  $NI$  ایٹموں کے درمیان قطبی شریک گرتی بندشوں پر مشتمل ہوتے ہیں۔ مضبوط ہائیڈروجن بندش،  $H_2O$  (برف) جیسے ٹھوسوں کے سالمات کو باندھے رکھتی ہے..... یہ غیر موصل ہوتے ہیں۔ عام طور پر یہ کمرے کے درجہ حرارت اور دباؤ پر طیران پذیر (Volatile) مائع یا نرم ٹھوس ہوتے ہیں۔

آئن، آئیونک ٹھوسوں کے ترکیبی ذرات ہوتے ہیں۔ یہ ٹھوس، کیٹائیوں اور اینائیوں کی تین ابعادی ترتیبوں سے تشکیل پانے میں جو مضبوط کولمبی (الیکٹرواسٹیٹک) (برقی سکونی) قوتوں سے بندھے ہوتے ہیں۔ یہ ٹھوس اپنی فطرت میں سخت اور پھونک (Brittle) ہوتے ہیں۔ ان کا نقطہ گداخت اور نقطہ جوش (Boiling Point) اونچا ہوتا ہے۔ چونکہ آئن ادھر ادھر حرکت میں آزاد نہیں ہوتے اس لیے وہ ٹھوس حالت میں برقی اجزا (Electrical Insulator) ہوتے ہیں۔ بہر حال، پگھلی ہوئی حالت میں یا پانی میں حل شدہ حالت میں، آئن ادھر ادھر حرکت کرنے میں آزاد ہوتے ہیں اور پھر وہ برقی موصل بھی ہوتے ہیں۔

### 1.3.2 آئی ٹھوس

(Ionic Solids)

دھاتیں، بے شمار آزاد الیکٹرونوں سے گھرے اور باہم بندھے مثبت آئنوں کی منظم مجموعہ (Orderly Collection) ہوتی ہیں۔ یہ الیکٹرون متحرک (Mobile) ہوتے ہیں اور تمام قلم پر واضح طور پر پھیلے ہوتے ہیں۔ ہر دھاتی ایٹم، متحرک الیکٹرونوں کے اس سمندر میں ایک یا ایک سے زیادہ الیکٹرونوں کا اضافہ کر دیتا ہے۔ یہی آزاد اور متحرک الیکٹرون، دھاتوں کی اونچی، برقی اور حرارتی (Thermal) موصلیت (Conductivity) کے لیے ذمہ دار ہوتے ہیں۔ جب کسی برقی فیئلڈ کا استعمال کیا جاتا ہے تو یہ الیکٹرون مثبت آئنوں کے تمام نیٹ ورک میں بہنے لگتے ہیں۔ اسی طرح جب دھات کے کسی حصے کو حرارت پہنچائی جاتی ہے تو آزاد الیکٹرونوں کے ذریعہ حرارتی توانائی یکساں طور پر ہر جگہ پھیل جاتی ہے۔ دھاتوں کی ایک اور خصوصیت کچھ حالات میں ان کی چمک اور رنگ الگ ہوتا ہے۔ ایسا ان کے اندر موجود الیکٹرونوں کی وجہ سے ہوتا ہے۔ دھاتیں اونچے پیمانے پر متروک اور تمد پذیر (Malleable and Ductile) ہوتی ہیں۔

### 1.3.3 دھاتی ٹھوس

(Metallic Solids)

غیر دھاتی قلمی ٹھوس پورے قلم پر ہمسایہ ایٹموں کے درمیان شریک گرتی بندشوں کی تشکیل کا نتیجہ ہوتے ہیں۔ ان کو ”عظیم سالمات“ (Giant Molecules) بھی کہا جاتا ہے۔ شریک گرتی بندشیں مضبوط ہوتی ہیں اور اپنی فطرت ”جہت نما“ (Directional) ہوتی ہیں اسی لیے ایٹم اپنی اپنی پوزیشنوں پر مضبوطی سے بندھے ہوتے ہیں۔ ایسے ٹھوس بہت سخت اور پھونک ہوتے ہیں۔ ان کے نقطہ گداخت بہت اونچے ہوتے ہیں اور وہ پگھلنے سے تحلیل بھی ہو سکتے ہیں۔ یہ اجزا ہوتے ہیں اور بجلی کا ایصال نہیں کرتے۔ ڈائمنڈ (شکل 1.3) اور سلیکون کاربائیڈ ایسے ٹھوسوں کی مخصوص مثالیں ہیں۔ جس کے بارے میں درجہ نم میں تفصیل سے پڑھ چکے ہیں۔ گریفائٹ یہ بھی قلموں کی جماعت سے تعلق رکھتا ہے لیکن یہ نرم ہوتا ہے اور بجلی کا موصل ہے۔ اس کے ممتاز خواص اس کی مخصوص ساخت کی وجہ سے ہی ہیں۔ شکل (1.4) کاربن کے ایٹموں کی ترتیب مختلف پرتوں میں ہوتی ہے اور ہر ایٹم ہر پرت میں اپنے تین پڑوسی

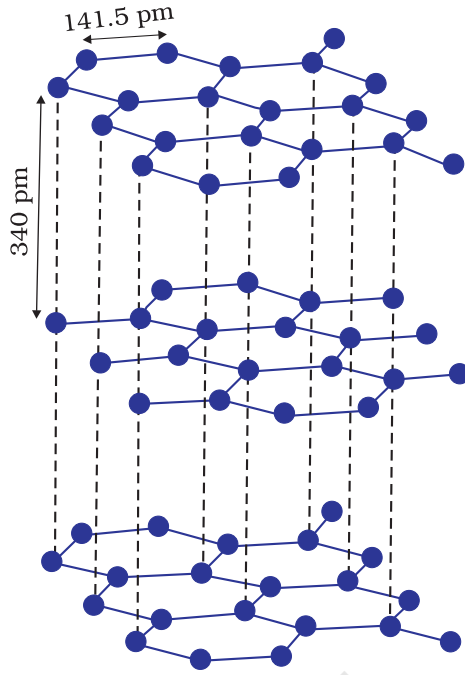
### 1.3.4 شریک گرتی یا

نیٹ ورک ٹھوس

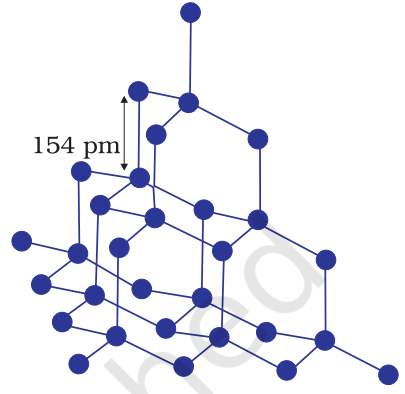
(Covalent or Network Solids)

ایٹموں کے ساتھ شریک گرفتی طور پر بندھا ہوتا ہے۔ ہر ایٹم کا چوتھا گرفتی الیکٹرون مختلف پرتوں کے درمیان موجود ہوتا ہے اور ادھر ادھر حرکت کرنے کے لیے آزاد ہوتا ہے۔ ان آزاد الیکٹرونوں کی وجہ سے گریفائٹ بجلی کا ایک اچھا موصل ہوتا ہے۔ مختلف پرتیں ایک دوسرے پر پھسل سکتی ہیں (Slide)۔ اس کی وجہ سے گریفائٹ ایک نرم ٹھوس اور ایک اچھا ٹھوس مدہن (Solid Lubricant) ہوتا ہے۔

چاروں طرح کے ٹھوسوں کی مختلف خاصیتیں جدول 1.2 میں دی گئی ہیں



شکل 1.4: گریفائٹ کی ساخت



شکل 1.3: ڈائمنڈ کی نیٹ ورک ساخت

جدول 1.2 ٹھوسوں کی مختلف اقسام

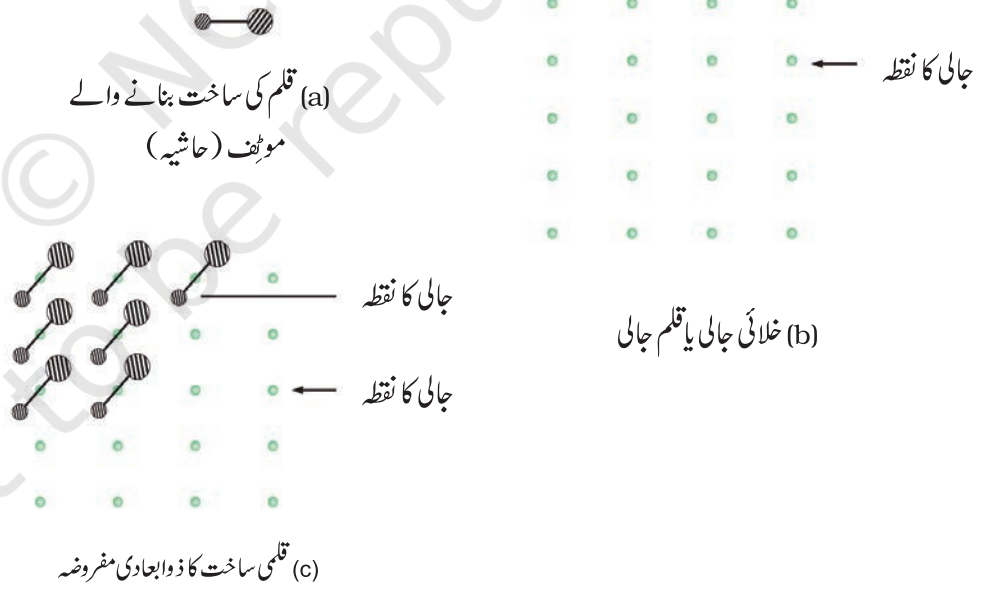
ٹھوس کی قسم	ترکیبی ذرات	بندش کشی قوتیں	مثالیں	طبیعی فطرت	برقی موصلیت	نقطہ گداخت
1- سالماتی ٹائپ (i) غیر قطبی	سالمات	انتشار یا لندن قوتیں	Ar, CCl <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> , I <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>	نرم	حاجز	بہت کم
(ii) قطبی	ڈائی پول۔	ڈائی پول تعامل	HCl, SO <sub>2</sub>	نرم	حاجز	کم
(iii) ہائڈروجن بندش	ہائڈروجن بندش	برف (H <sub>2</sub> O)	سخت	حاجز	کم	کم
2- آئنی ٹھوس	آین	کولمبی یا الیکٹرواسٹیک	NaCl, MgO, ZnS, CaF <sub>2</sub>	سخت لیکن پھونک	سخت حالت میں حاجز لیکن پگھلی ہوئی حالت	اونچا
3- دھاتی ٹھوس	ڈی لوکلائرڈ الیکٹرونوں کے سمندر میں مثبت آین	دھاتی بندش	Fe, Cu, Ag, Mg	سخت لیکن متروق اور تمدد پذیر	ٹھوس اور پگھلی ہوئی حالت	خاصا اونچا
4- شریک گرفتی یا نیٹ ورک ٹھوس	ایٹم	شریک گرفت بندش	SiO <sub>2</sub> , (کوارٹز), SiC, C (ڈائمنڈ), AlN (گریفائٹ), C (گریفائٹ)	سخت	موصول (استثنا)	بہت اونچا

- 1.6 درج ذیل ٹھوسوں کی مختلف زمروں میں درجہ بندی ان کے اندر کارفرما بین سالماتی قوتوں کی بنیاد پر کیجیے۔  
پوٹاشیم سلفیٹ، ٹن، بیسزین، یوریا، امونیا، پانی، زنک، سلفائیڈ، گریفائٹ، روبی ڈیم، آرگن، سلی کون کاربائیڈ۔
- 1.7 ٹھوس A، ٹھوس اور پگھلی ہوئی دونوں حالتوں میں بہت سخت برقی موصل ہے اور بہت ہی اونچے درجہ حرارت پر پگھلتا ہے۔ یہ کس قسم کا ٹھوس ہے؟
- 1.8 آئیونک ٹھوس پگھلی ہوئی حالت میں برق کا ایصال کرتے ہیں لیکن ٹھوس حالت میں نہیں کرتے۔ وضاحت کیجیے۔
- 1.9 کس ٹائپ کے ٹھوس برقی موصل، متروقی اور تمدد پذیر ہوتے ہیں؟

آپ نے نوٹس کیا ہوگا کہ جب فرش پرائمر لگاتے ہیں تو وہ ایک تکراری نمونہ بناتے ہیں۔ اگر زمین پرائمر لگایا کرنے کے بعد ہم ہر ایک ٹائل کے ایک ہی مقام پر ایک نقطہ لگادیں (مثال کے طور پر ٹائل کے مرکز پر) اور ٹائلز کو نظر انداز کرتے ہوئے صرف نقطوں کو دیکھیں تو ہمیں نقطوں کا ایک سیٹ نظر آئے گا۔ نقطوں کا یہ سیٹ ایک چنان ہے جس پر ٹائلز کو رکھ کر نمونے کو بنایا گیا ہے۔ نقطوں کا یہ سیٹ ایک خلائی جالی ہے جس پر ساختی اکائیوں (ٹائلز) کو رکھ کر ذوابعادی نمونہ بنایا گیا ہے۔ ساختی اکائی کو بنیاد

1.4 قلم کی جالیاں اور  
یونٹ سیلز  
(Crystal Lattices  
and Unit Cells)

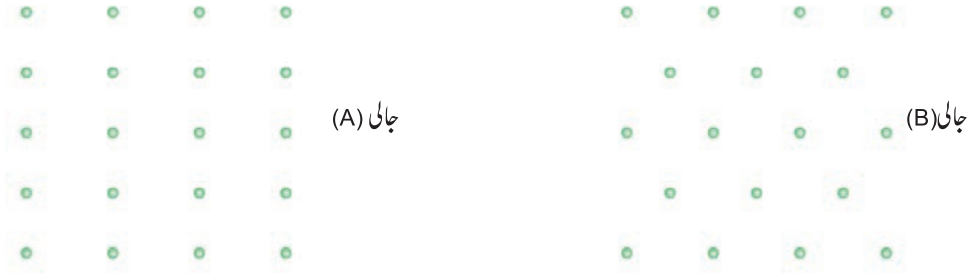
یا حاشیہ (موتیف Motif) کہتے ہیں۔ جب حاشیہ کو خلائی جالی میں نقطوں کے اوپر رکھا جاتا ہے تو نمونہ تیار ہوتا ہے۔ قلمی ساخت میں حاشیہ ایک سالمہ، ایک ایٹم یا آئن ہوتا ہے۔ خلائی جالی جو قلمی جالی بھی کہلاتی ہے نقطوں کا نمونہ ہے جو حاشیہ کے مقام کو ظاہر کرتا ہے۔ دوسرے الفاظ میں قلمی ساخت کے لیے خلائی جالی ایک مجرد حاشیہ ہے۔ جب ہم خلائی جالی کے نقطوں پر حاشیوں کو مسائل طریقہ سے رکھتے ہیں تو ہمیں قلم حاصل ہوتی ہے۔ تصویر 1.5 میں ایک حاشیہ دکھایا گیا ہے ایک ذوابعادی جالی اور ایک مفروضہ ذوابعادی قلمی ساخت جس کو ذوابعادی جالی پر حاشیوں کو رکھ کر حاصل کیا گیا ہے۔



شکل 1.5: (a) موتیف (حاشیہ) (b) خلائی جالی (c) قلمی ساخت کا ذوابعادی مفروضہ



جالی کے نقطوں کی مخصوص ترتیب سے مختلف قسم کی جالیاں بنتی ہیں۔ شکل 1.6 میں دو مختلف قسم کی جالیوں میں نقطوں کی ترتیب دکھائی گئی ہے۔



شکل 1.11: دو مختلف جالیوں میں نقطوں کی ترتیب

قلمی ٹھوس میں خلائی جالی سے ابعادی ہوتی ہے۔ قلمی ٹھوس ساختی حاشیوں کو جالی نقطوں سے وابستہ کر کے حاصل ہوتے ہیں۔ ہر ایک تکراری بنیاد یا حاشیہ کی ساخت ایک جیسی ہوتی ہے اور ان کا مخصوص ماحول ہوتا ہے جیسا کہ قلم میں دوسرے کا ہوتا ہے۔ ہر حاشیہ کا ماحول پورے قلم میں یکساں ہوتا ہے سوائے سطح کے۔

قلمی جالی کی خصوصیات درج ذیل ہیں:

- جالی کا ہر نقطہ یا قلم نقطہ کہلاتی ہے۔
- قلم جالی میں ہر نقطہ ایک جزوی ذرہ کو ظاہر کرتا ہے جو ایک ایٹم، سالمہ (ایٹموں کا گروہ) یا آئن ہو سکتا ہے۔
- جالی کے نقطوں کو سیدھی لائنوں سے جوڑ کر جالی کی جیومیٹری بنائی جاتی ہے۔

ہمیں قلم کو مکمل طور پر بیان کرنے کے لیے قلم کی خلائی جالی کے محض چھوٹے سے حصہ کی ضرورت ہوتی ہے۔ یہ

چھوٹا سا حصہ اکائی خلیہ (Unit cell) کہلاتا ہے۔ اکائی

خلیہ کو مختلف طریقوں سے چنا جاسکتا ہے۔ عام طور پر اس

خلیہ کو چنا جاتا ہے جس کی عمودی سطحوں کی لمبائی سب

سے کم ہو اور سے ابعاد میں اکائی خلیہ کے انتقال/منتقلی سے

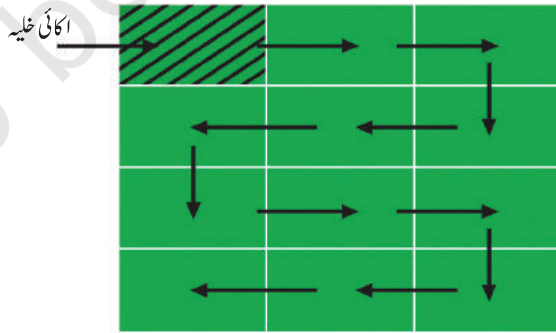
ہم پوری قلم تیار کر سکتے ہیں۔ شکل 1.7 میں پوری قلم کی

ساخت تیار کرنے کے لیے ذوابعاد جالی کے اکائی خلیوں

کی حرکت دکھائی گئی ہے۔ اکائی خلیوں کی وضع ایسی ہے

کہ وہ بغیر خلیوں کے درمیان جگہ چھوڑے ہوئے جالی کی

پوری جگہ کو پُر کر دیں گے۔

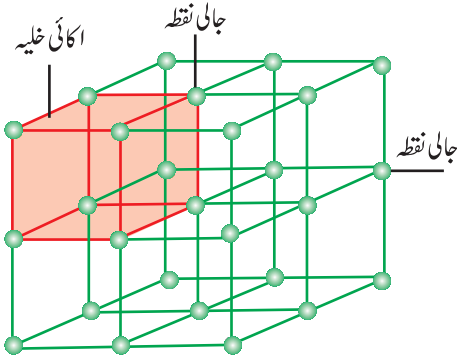


شکل 1.7: تیروں کی سمت میں مربع کو منتقل کر کے

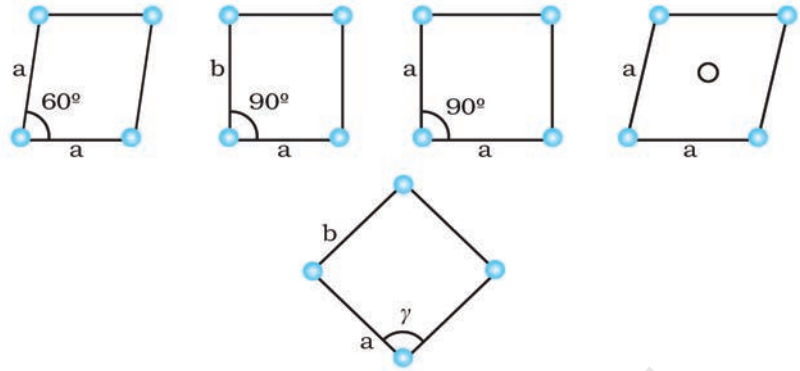
ایک مفروضہ ذوابعادی قلمی ساخت کی تیاری

ذوابعاد میں ایک متوازی الضلع کو جس کے رخ کی لمبائی 'a' اور 'b' ہے اور ان کے درمیان کا زاویہ  $\gamma$  ہے، کو

ایک اکائی خلیہ کے طور پر چنا گیا۔ ذوابعادی میں ممکنہ اکائی خلیہ شکل 1.8 میں دکھائے گئے ہیں۔



شکل 1.9: تین ابعادی مکعبی جالی اور اس کا یونٹ سیل



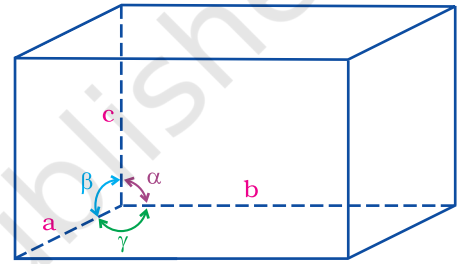
شکل 1.8: ذوابعادی میں ممکنہ اکائی خلیے

سہ ابعادی جالی اور اس کے اکائی خلیہ شکل 1.9 میں دکھائے گئے ہیں۔

ایک سہ ابعادی قلمی ساخت میں ایک یونٹ سیل کی خصوصیات یہ ہیں:

(i) اس کے ابعادیوں کے تینوں کناروں یعنی  $a, b, c$  اور  $\alpha, \beta, \gamma$  کے درمیان میں عمودی ہو بھی سکتے ہیں اور نہیں بھی ہو سکتے ہیں۔

(ii) کناروں کے بیچ زاویے،  $\alpha$  ( $b$  اور  $c$  کے درمیان)  $\beta$  ( $a$  اور  $c$  کے درمیان) اور  $\gamma$  ( $a$  اور  $b$  کے درمیان)۔ اس طرح ایک یونٹ کے چھ پیرامیٹر  $a, b, c, \alpha, \beta, \gamma$  ہوتے ہیں۔ ایک مخصوص یونٹ سیل کے یہ پیرامیٹر شکل 1.10 میں دکھائے گئے ہیں۔



شکل 1.10: ایک یونٹ سیل کے پیرامیٹرز کی وضاحت

یونٹ سیلز کو موٹے طور پر دوزمرروں میں تقسیم کیا جاسکتا ہے۔ ابتدائی اور وسطی یونٹ سیلز میں۔

(a) ابتدائی یونٹ سیل

جب ترکیبی ذرات ایک یونٹ سیل کی صرف کارنر پوزیشن پر ہوں تو اسے ابتدائی یونٹ سیل (Primitive Unit Cell) کہا جاتا ہے۔

(b) وسطی یونٹ سیل (Centred Unit Cells)

جب ایک یا ایک سے زیادہ ترکیبی ذرات کسی یونٹ سیل میں کارنروں کے علاوہ دوسری جگہوں پر موجود ہوں تو اس کو وسطی یونٹ سیل کہا جاتا ہے۔ وسطی یونٹ سیل تین ٹائپ کے ہوتے ہیں۔

(i) جسم. وسطی یونٹ سیل (Body-Centred Unit Cells): ایسے یونٹ سیل میں ایک ترکیبی ذرہ (ایٹم، سالمہ یا آئن) جو اس کی باڈی سینٹر پر ہوتا ہے اور یہ ان کے علاوہ ہوتا ہے اس کے کارنروں پر ہوتے ہیں۔

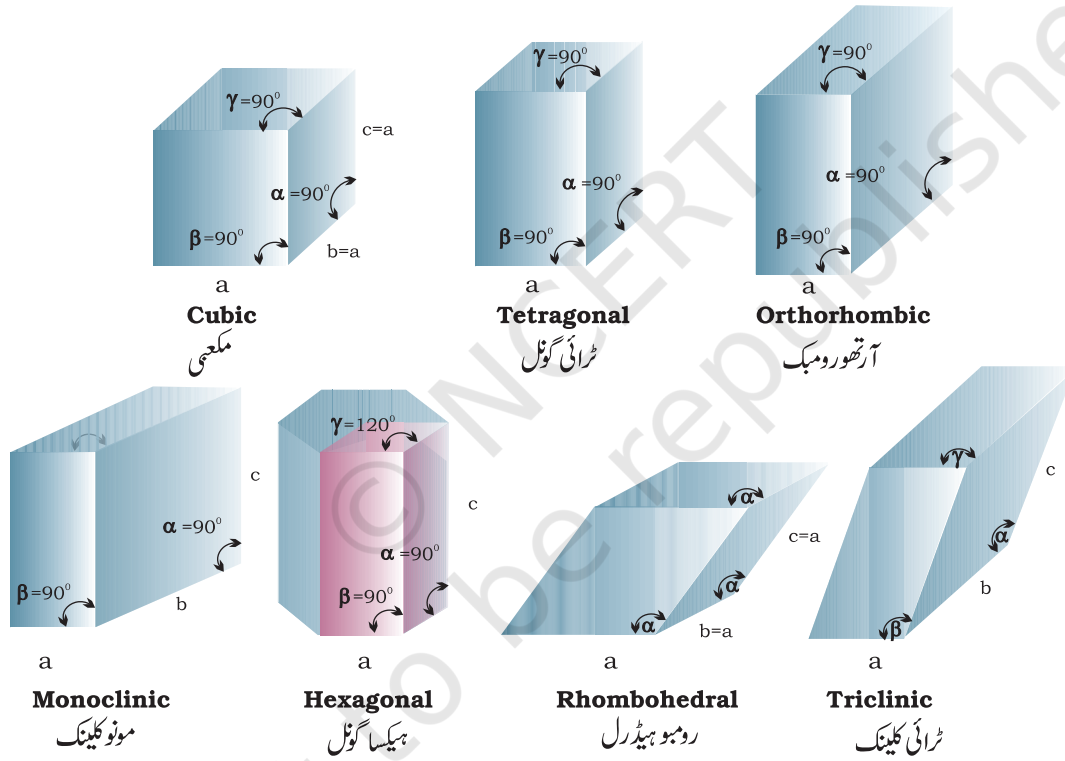
#### 1.4.1 ابتدائی اور وسطی

یونٹ سیل

(Primitive and Centerd Unti cells)

- (ii) رخ مرکزی یونٹ سیلنز (Face-Centred Unit Cells): ایسے یونٹ سیل میں ایک ترکیبی ذرہ ہر چہرہ کے وسط میں ہوتا ہے اور جو ان کے علاوہ ہوتا ہے جو کارنروں پر ہوتے ہیں۔
- (ii) ختم. وسطی یونٹ سیلنز (End-Centred Unit Cells): ایسے یونٹ سیل میں ایک ترکیبی ذرہ کسی بھی دو مخالف چہروں کے وسط میں موجود ہوتا ہے اور یہ ان کے علاوہ ہوتا ہے جو اس کے کارنروں پر ہوتے ہیں۔

مختلف قسم کے قلموں کے معائنہ سے اس نتیجے پر پہنچا گیا کہ یہ تمام سات منضبط شکلوں میں سے کسی ایک سے تعلق رکھتے ہیں۔ یہ بنیادی منضبط شکلیں سات قلمی نظام کہلاتی ہیں۔ دیا ہوا قلم کس نظام سے تعلق رکھتا ہے یہ اس کے دورخوں کے درمیان زاویوں کو ناپ کر کیا جاسکتا ہے اور یہ طے کرنا کہ اس کی ہیئت کی نمایاں خصوصیات کو متعارف کرنے کے لیے کتنے محوروں کی ضرورت ہوگی۔



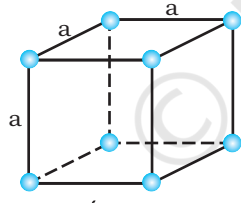
شکل 1.11: سات قلمی نظاموں کو دکھاتا ہے

ایک فرانسیسی ریاضی داں برویز (Bravais) نے بتایا کہ سہ ابعادی جالیاں صرف 14 ہوسکتی ہیں ان کو برویز جالیاں کہا جاتا ہے۔ ان جالیوں کے اکائی خلیوں کو درج ذیل باکس میں دکھایا گیا ہے۔ جن وسطی یونٹ سیلز کی یہ تشکیل کرتے ہیں ان کے ساتھ ساتھ ان کی خصوصیات کو جدول 1.3 میں بیان کیا گیا ہے۔

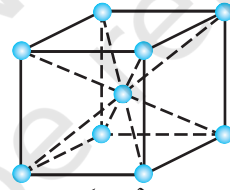
جدول 1.3: سات ابتدائی یونٹ سیلز اور وسطی یونٹ سیلز کی حیثیت سے ان کے ممکنہ تغیرات (Variations)۔

مثالیں	محوری زاویے	محوری فاصلے یا کناری طول	مکملہ تغیرات	نظام قلم
NaCl, Zinc blend, Cu	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a = b = c$	ابتدائی جسم۔ وسطی چہرہ۔ وسطی	مکعبی
سفیدرٹن، سلفر، $\text{CaSO}_4, \text{TiO}_2, \text{SnO}_2$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a = b \neq c$	ابتدائی جسم۔ وسطی	چوگوشی
رومبک سلفر $\text{BaSO}_4, \text{KNO}_3$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a \neq b \neq c$	ابتدائی جسم۔ وسطی	آرتھورومبک
گریفائٹ $\text{CdS}, \text{ZnO}$	$\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma = 120^\circ$	$a = b \neq c$	چہرہ۔ وسطی ختم۔ وسطی ابتدائی	شش گوشی
کیلکسائٹ ( $\text{CaCO}_3$ ) HgS (Cinnabar)	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	$a = b = c$	ابتدائی	رومبوہیڈرل یا ٹرائیگونل
مونوکلنک سلفر $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	$\alpha = \gamma = 90^\circ$ $\beta \neq 120^\circ$	$a \neq b \neq c$	ابتدائی ختم۔ وسطی	یک رخی (Monoclinic)
$\text{H}_3\text{BO}_3, \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}, \text{K}_2\text{Cr}_2$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	$a \neq b \neq c$	ختم۔ وسطی ابتدائی	سہ رخی (Triclinic)

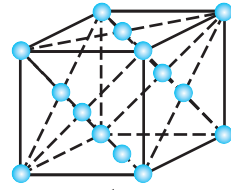
برایوز جالیوں کے چودہ طرح کے یونٹ سیلز Unit Cells of 14 Types of Bravais Lattices



ابتدائی

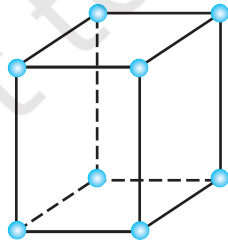


جسم۔ مرکزی

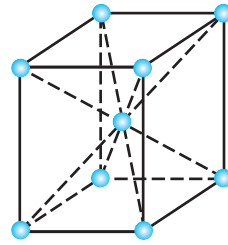


رخ۔ مرکزی

تین مکعبی لیٹس کے اکائی خلیے: سبھی اضلاع کی لمبائی یکساں ہے۔ رخنوں کے درمیان کے زاویے  $90^\circ$  کے ہیں

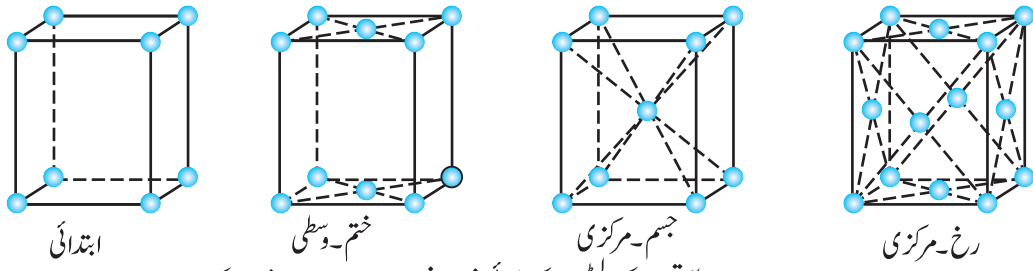


ابتدائی

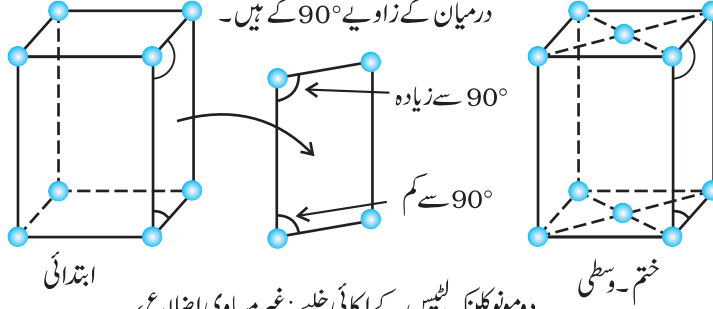


جسم۔ مرکزی

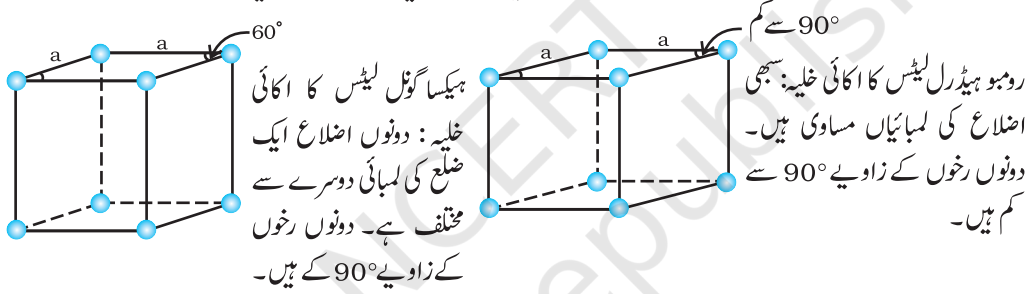
دو ٹیڑا گول جالیوں کے اکائی خلیے: ایک ضلع لمبائی کے اعتبار سے دوسرے سے مختلف ہے۔ رخنوں کے درمیان دونوں زاویے  $90^\circ$  کے ہیں۔



چار آرٹھورومبک لیٹس کے اکائی خلیے: غیر مساوی اضلاع، رخوں کے درمیان کے زاویے  $90^\circ$  کے ہیں۔



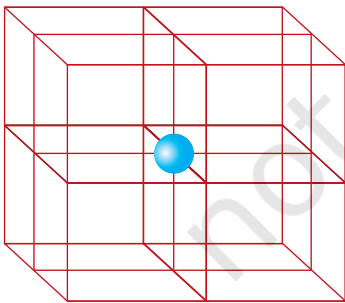
دومونوکلینک لیٹس کے اکائی خلیے: غیر مساوی اضلاع، دو رخوں کے درمیان کے زاویے  $90^\circ$  سے مختلف ہیں۔



ہیکساگونل لیٹس کا اکائی خلیہ: دووں اضلاع ایک ضلع کی لمبائیاں دوسرے سے مختلف ہے۔ دونوں رخوں کے زاویے  $90^\circ$  کے ہیں۔

رومبو ہیڈرل لیٹس کا اکائی خلیہ: سبھی اضلاع کی لمبائیاں مساوی ہیں۔ دونوں رخوں کے زاویے  $90^\circ$  سے کم ہیں۔

ٹرائی کلینک لیٹس کا اکائی خلیہ: اضلاع  $c, b, a$  غیر مساوی ہیں  $C, B, A$  غیر مساوی زاویے ہیں کوئی بھی  $90^\circ$  کے برابر نہیں ہے۔



شکل 1.12: ایک سادہ مکعبی یونٹ سیل میں ہر کارنر ایٹم 8 یونٹ سیلز میں بنا ہوتا ہے

ہم جانتے ہیں کہ ایک قلم کی جالی بہت سے یونٹ سیلز سے بنتی ہے اور جالی کے ہر نقطہ پر کسی ترکیبی ذرے (ایٹم، سالمہ یا آئن) کا قبضہ ہوتا ہے۔ اب ہمیں یہ معلوم کرنا ہے کہ ہر ذرے کا کون سا حصہ کسی مخصوص یونٹ سیل سے متعلق ہوتا ہے۔

ہم مکعبی یونٹ سیلز کے تینوں قسموں کا تذکرہ کریں گے اور بات کو سادہ طور پر بیان کرنے کے لیے یہ مان کر چلیں گے کہ ترکیبی ذرہ ایک ایٹم معلوم ہوتا ہے۔

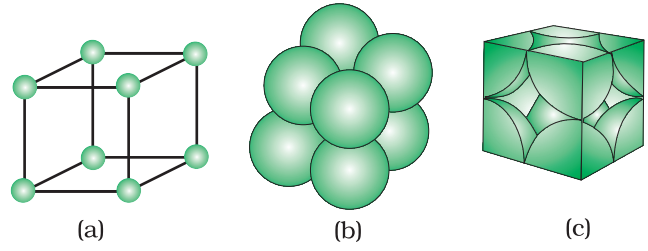
1.5 ایک یونٹ سیل

میں ایٹموں کی تعداد  
(Number of Atoms  
in a Unit Cell)

1.5.1 ابتدائی مکعبی یونٹ

سیل (Primitive  
Cubic Unit Cell)

ابتدائی مکعبی یونٹ سیل کے ایٹم صرف کارنز پر ہوتے ہیں۔ کارنز کا ہر ایٹم آٹھ ہمسایہ یونٹ سیلز کے درمیان بٹا ہوتا ہے (دیکھیے شکل 1.12)۔ اس میں سے چار یونٹ سیل اسی پرت میں اور چار یونٹ سیل اوپری (یا نیچلی) پرت کے ہوتے ہیں۔ اس طرح صرف  $1/8$  ایٹم، سالمہ یا آئن (حقیقت میں کسی مخصوص یونٹ سیل سے متعلق ہوتا ہے۔ شکل 1.13 میں ایک ابتدائی مکعبی یونٹ سیل کو تین مختلف طریقوں سے دکھایا گیا ہے۔ شکل (a) 1.13 کا ہر گولا صرف ذرے کے اس مرکز کو دکھاتا ہے جس پر وہ قابض ہے اور اس کے حقیقی سائز کو نہیں دکھاتا۔ ایسی ساختوں (Structures) کو کھلی ساختیں (Open Structures) کہتے ہیں۔ ذرات کی ترتیب کو کھلی ساختوں میں سمجھنا آسان ہے۔ شکل (b) 1.13 میں یونٹ سیل کی جگہ کو پر کرنے والی ساخت اور ذرے کے حقیقی سائز کو دکھایا گیا ہے۔ شکل (c) 1.13 میں مکعبی یونٹ سیل میں موجود مختلف ایٹموں کے حقیقی حصوں کو دکھایا گیا ہے۔



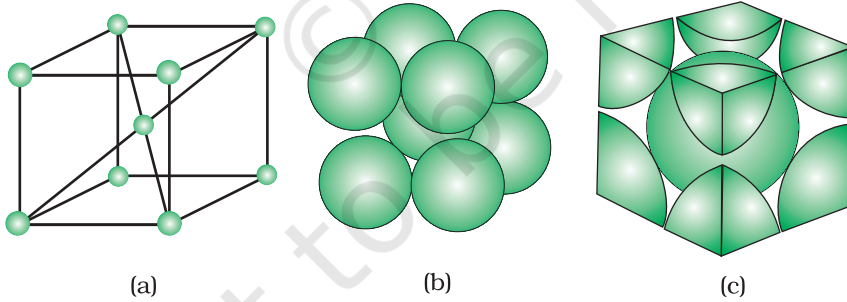
شکل 1.13: ایک ابتدائی مکعبی یونٹ سیل (A Primitive Cubic Unit Cell)

(a) Cell کھلی ساخت (b) جگہ پر کرنے والی ساخت (c) کسی یونٹ سیل سے تعلق رکھنے والے ایٹموں کے حقیقی حصے

مجموعی طور پر کیونکہ ہر مکعبی یونٹ سیل کے کارنز پر آٹھ ایٹم ہوتے ہیں اس لیے ایک یونٹ سیل میں ایٹموں کی تعداد  $1 = 8 \times \frac{1}{8}$  ایٹم ہوتی ہے۔

ایک جسم۔ مرکزی مکعبی (bcc) یونٹ سیل کے ہر کارنز پر ایک ایٹم اور اس کے جسمی مرکز (Body Centred) پر ایک ایٹم ہوتا ہے۔ شکل 1.14 میں (a) کھلی ساخت (b) جگہ پر کرنے والا ماڈل اور (c) یونٹ سیل کو ایٹموں کے ان حصوں کے ساتھ دکھایا گیا ہے جو اس یونٹ سیل سے حقیقت میں تعلق رکھتے ہیں۔ یہ بات دیکھی جاسکتی ہے کہ ہر جسمی مرکز پر

1.5.2 جسم۔ مرکزی مکعبی یونٹ سیل (Body-centred cubic unit cell)



شکل 1.14: ایک جسم مرکزی مکعبی یونٹ سیل (a) کھلی ساخت (b) جگہ پر کرنے والی ساخت (c) ایٹموں کے حقیقی حصے جو ایک یونٹ سیل سے تعلق رکھتے ہیں۔

ایٹم مکمل طور پر اسی یونٹ سیل سے متعلق ہوتا ہے جس میں وہ موجود ہے۔ اس طرح ایک جسم مرکزی مکعبی (bcc) یونٹ سیل ہیں:

$$1 = \text{ایٹم}$$

$$(i) \quad 8 \text{ کارنز } \frac{1}{8} \text{ فی کارنز ایٹم} = 8 \times \frac{1}{8}$$

$$1 = \text{ایٹم}$$

$$(ii) \quad 1 = \text{ایٹم مرکزی} = 1$$

∴ اس لیے فی یونٹ سیل ایٹموں کی مجموعی تعداد = 2 ایٹم

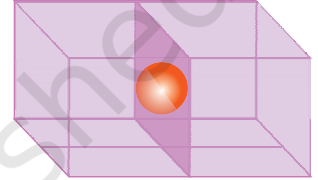
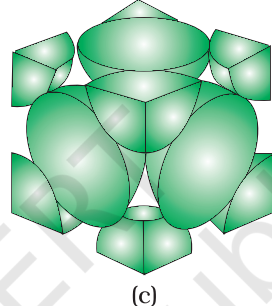
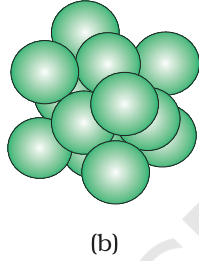
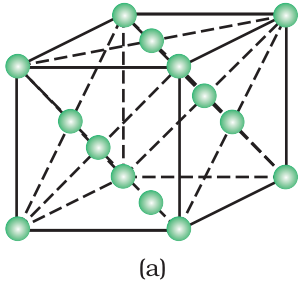
ایک چہرہ مکعبی (fcc) یونٹ سیل ان ایٹموں پر مشتمل ہوتا ہے جو مکعب کے تمام چہروں کے مرکز اور کارنروں پر ہوتے ہیں۔ شکل 1.15 میں دیکھا جاسکتا ہے کہ چہرہ-مرکز (Face-centre) پر واقع ہر ایٹم دو ہمسایہ یونٹ سیلز کے درمیان بٹا ہوتا ہے اور ہر ایٹم  $\frac{1}{2}$  ایک یونٹ سیل سے متعلق ہوتا ہے۔ شکل 1.16 (a) کھلی ساخت (b) جگہ پر کرنے والا ماڈل اور (c) یونٹ سیل اور ایٹموں کے ان حصوں کو دکھاتی ہے جو حقیقت میں اس سے تعلق رکھتے ہیں۔ اس طرح ایک رخ-مرکزی مکعبی (fcc) یونٹ سیل میں:

1.5.3 رخ مرکزی مکعبی  
یونٹ سیل  
-Centred  
Cubic Unit  
Cell

(i) 8 کارنر ایٹم  $\frac{1}{8}$  فی یونٹ سیل =  $8 \times \frac{1}{8} = 1$  ایٹم

(ii) 6 رخ-مرکزی ایٹم  $\frac{1}{2}$  ایٹم فی یونٹ سیل =  $6 \times \frac{1}{2} = 3$  ایٹم

∴ فی یونٹ سیل ایٹموں کی مجموعی تعداد = 4 ایٹم



شکل 1.15:

یونٹ سیل کے رخ - مرکز پر ایک ایٹم دو یونٹ سیلز میں بٹا ہوتا ہے۔

شکل 1.16: ایک رخ مرکزی مکعبی یونٹ سیل (a) کھلی ساخت (b) جگہ پر کرنے والی ساخت (c) ایک یونٹ سیل سے تعلق رکھنے والے ایٹموں کے حقیقی حصہ

### متن پر مبنی سوالات

- 1.10 'جالی کے نقطے' کی اہمیت بتائیے۔  
1.11 ایک یونٹ سیل کے مخصوص پیرامیٹرز کو بتائیے۔  
1.12 مندرجہ ذیل کے درمیان فرق واضح کیجیے:  
(i) شش گوش اور یک رخ (Mono Clinic) یونٹ سیلز  
(ii) چہرہ-مرکزی اور ختم-مرکزی (End-centred) یونٹ سیلز  
1.13 واضح کیجیے کہ (a) ایک مکعبی یونٹ سیل کے جسم-مرکز پر اور (b) کارنر پر واقع ایک ایٹم کا کتنا حصہ اپنے ہمسایہ یونٹ سیل کا حصہ ہوتا ہے۔

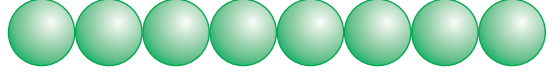
ٹھوسوں میں، ترکیبی ذرات بہت قریب قریب بندھے ہوتے ہیں اور ان کے درمیان خالی جگہ کم ترین ہوتی ہے۔ ہم ترکیبی ذرات کو یکساں سخت گولے (Identical Hard Spheres) کہہ سکتے ہیں اور تین اقداموں میں تین ابعادی ساخت بنا سکتے ہیں۔

1.6 قریب قریب  
بندھی ہوئی ساختیں  
(Close Packed  
Structures)

(a) ایک بُعد میں قریب قریب پیکنگ

ایک یک بُعدی قریب قریب پیکنگ ساخت میں، گولوں کو ترتیب دینے کا صرف ایک ہی طریقہ ہے۔ اور وہ طریقہ ان کو ایک ہی قطار میں اس طرح ترتیب دینے کا ہے اس طرح کہ وہ ایک دوسرے کو چھوتے رہیں۔ (شکل 1.17)

اس ترتیب میں، ہر گولا اپنے دو پڑوسیوں سے جڑا ہوتا ہے۔ کسی ذرے کے



قریب ترین ہمسایوں کی تعداد کو آرڈی نیشن نمبر (Co ordination Number) کہا جاتا ہے۔ اس طرح، ایک یک بُعدی قریب قریب بندھی ترتیب

شکل 1.17: ایک بُعد میں گولوں کی قریب قریب پیکنگ

میں، کو آرڈی نیشن نمبر 2 ہوتا ہے۔

میں، کو آرڈی نیشن نمبر 2 ہوتا ہے۔

(b) دو ابعاد میں قریب قریب پیکنگ (Close Packing in Two Dimensions)

دو ابعادی قریب قریب پیکنگ والی ساخت کو قریب قریب پیک شدہ گولوں کی قطاروں میں رکھ کر بنایا جاسکتا ہے۔ یہ کام دو طریقوں سے کیا جاسکتا ہے۔

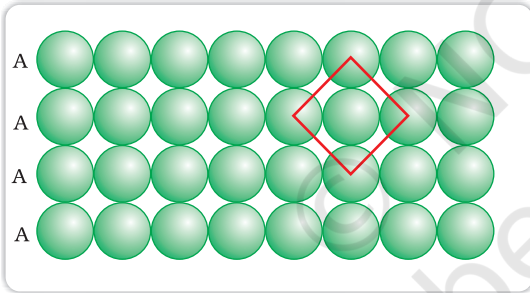
(i) دوسری قطار کو پہلی قطار سے مس کر کے اس طرح رکھا جائے کہ دوسری قطار کے گولے ٹھیک پہلی قطار کے

گولوں کے اوپر ہوں۔ دونوں قطاروں کے گولے عمودی اور افقی دونوں طریقوں سے قطار میں ہوں۔ اگر ہم

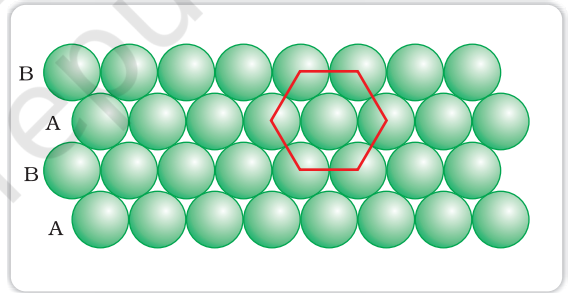
پہلی قطار کو 'A ٹائپ قطار' کہیں تو دوسری قطار بھی بالکل پہلی قطار کی طرح ہوگی اور وہ بھی 'A ٹائپ' ہوگی۔

اس طرح ہم ترتیب کی AAA ٹائپ قطاروں کو حاصل کرنے کے لیے اور قطاریں بڑھا سکتے ہیں۔ دیکھیے

شکل 1.18 (a)



(a)



(b)

شکل 1.18: (a) مربع نما قریبی پیکنگ (b) دو ابعاد میں گولوں کی شش گوشہ قریبی پیکنگ۔

اس ترتیب میں ہر گولا اپنے چار پڑوسیوں کے تماس میں ہے۔ اس طرح دو ابعادی ہم ربط عدد

(Coordination Number) 4 ہوتا ہے۔ پھر اگر ان چاروں قریبی ہمسایوں کے مرکز جڑے ہوں تو ایک مربع

بن جاتا ہے۔ اسی لیے اس پیکنگ کو دو ابعادی مربع نما قریبی پیکنگ کہا جاتا ہے۔

(ii) دوسری قطار کو پہلی قطار کے اوپر ایک لغزیدہ (Staggered) طریقے سے اس طرح رکھنا چاہیے تاکہ اس کے

گولے پہلی قطار کے جوف (Depression) میں فٹ ہو جائیں۔ اگر پہلی قطار میں گولوں کی ترتیب کو A

ٹائپ کیا جائے تو دوسری قطار میں یہ ترتیب مختلف ہوگی اور اس کو B ٹائپ کہا جائے گا۔ اور جب تیسری قطار

کو دوسری قطار کی ہمسائیگی میں ایک (Staggered) طریقہ پر رکھا جائے گا تو اس کے گولے پہلی پرت کے



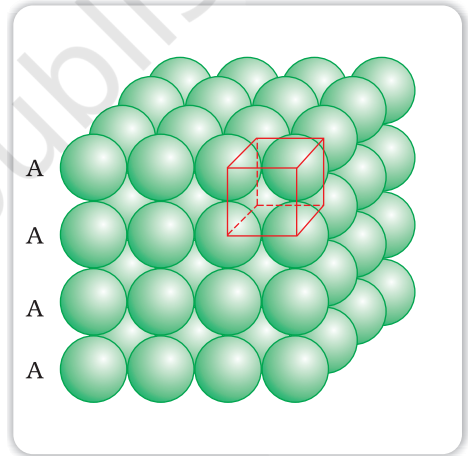
گولوں کی قطار میں ہوں گے اس طرح یہ پرت بھی A ٹائپ کی ہوگی۔ پھر اس طرح رکھی گئی چوتھی قطار کے گولے بھی دوسری قطار کے گولوں کی قطار (B ٹائپ) میں ہوں گے۔ اس طریقے پر یہ ترتیب ABAB ٹائپ کی ہوگی۔ اس طرح میں آزاد جگہ کم ہوگی اور مربع نما قریبی پیکنگ کی بہ نسبت یہ پیکنگ زیادہ کارآمد (Efficient) ہوگی۔ ہر گولا اپنے پڑوسیوں میں سے چھ پڑوسیوں کے قاس میں ہوگا۔ اور دو ابعادی کو آرڈی نیشن نمبر 6 ہوگا۔ ان 6 گولوں کے مرکز ایک باقاعدہ شش گوشے کے کارز ہوں گے۔ (شکل (b) 1.18) اس پیکنگ کو دو ابعادی شش گوشے قریبی پیکنگ کہا جاتا ہے۔ دیکھے شکل (b) 1.18) دیکھے پہلی شکل میں کچھ جگہیں خالی ہیں اور خالی جگہیں شکل میں مستطیل نما ہیں۔ مستطیل نما خالی جگہیں دو متقف ٹائپ کی ہیں۔ مستطیلوں کی اوپری پرت (Apex) اوپر کی طرف اور نچلی پرت نیچے کی طرف اشارہ کرتی ہے۔

### (c) تین ابعاد میں قریبی پیکنگ (Close Packing in Three Dimension)

تمام حقیقی ساختیں تین ابعادی ساختیں ہوتی ہیں۔ ان ابعادی پرتوں کو ایک دوسرے پر رکھنے سے یہ ساختیں حاصل ہوتی ہیں۔ پچھلے سیکشن میں ہم نے دو ابعادی قریبی پیکنگ پر بحث کی ہے۔ یہ دو ابعادی قریبی پیکنگ دو ٹائپ کی تھی ایک مربع نما اور دوسری شش گوشے قریبی پیکنگ۔ اب ہمیں یہ دیکھنا ہے کہ تین ابعادی قریبی پیکنگ کے کون سے ٹائپ ان سے حاصل ہو سکتے ہیں۔

#### (i) دو ابعادی مربع نما قریبی پیکنگ والی پرتوں سے تین ابعادی قریبی پیکنگ:

جب ہم دوسری قریبی پیکنگ والی مربع نما پرت کو پہلی کے اوپر رکھتے ہیں تو ہم اس اصول کی تقلید کرتے ہیں جس کی تقلید اس وقت کی جاتی ہے جب ایک قطار کو دوسری قطار کے متصل (Adjacent) رکھا جاتا ہے۔ دوسری پرت، پہلی پرت کے اوپر اس طرح رکھی جاتی ہے کہ اوپری پرت کے گولے پہلی پرت کے گولوں کے اوپر ہوتے ہیں۔ اس ترتیب میں دونوں پرتوں کے گولے مکمل طریقے سے افقی طور پر قطاروں میں ہوتے ہیں اور عمودی طور پر بھی (دیکھئے شکل 1.19) اسی طرح ہم ایک کے اوپر ایک اور پرتیں بھی رکھ سکتے ہیں۔ اگر پہلی پرت کے گولوں کی ترتیب A ٹائپ کہلاتی ہے تو تمام پرتوں کی ترتیب اسی طرح ہوگی اس طرح کا پیٹرن ٹائپ AAA ہوگا۔ اور اس طرح جو جالی بنے گی وہ سادہ مکعبی جالی ہوگی اور اس کا کائی خلیہ ابتدائی مکعبی اکائی خلیہ (دیکھئے شکل 1.19)



شکل 1.19: AAA ترتیب کے ذریعہ بنائی گئی

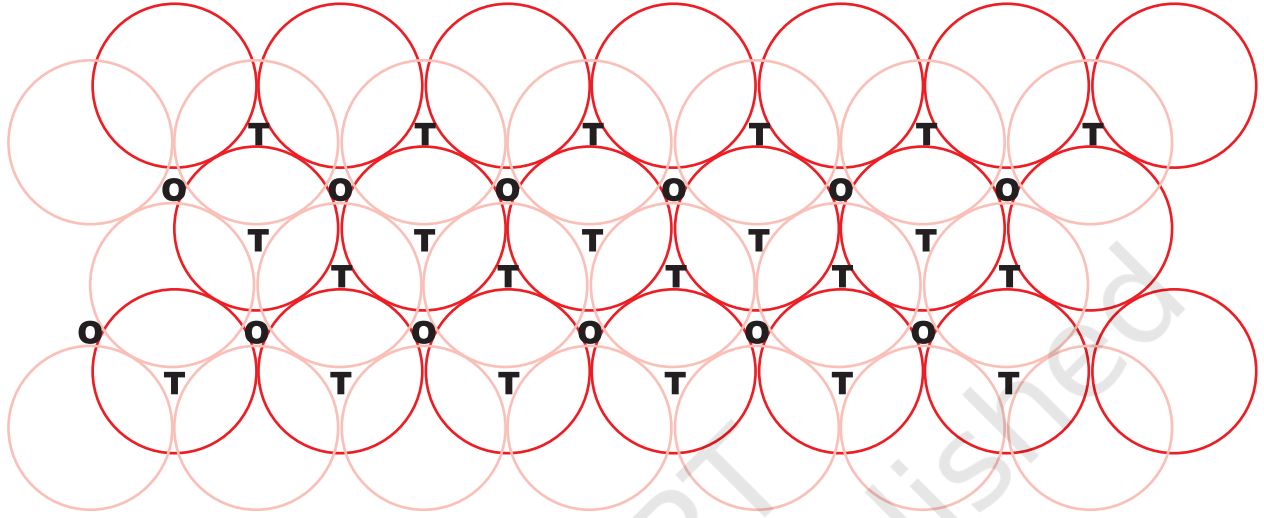
سادہ مکعبی جالی۔

(ii) دو ابعادی شش گوشے قریبی پیکنگ والی پرتوں سے تین ابعادی قریبی پیکنگ: تین ابعادی قریبی پیکنگ والی ساخت، پرتوں کو ایک دوسرے پر رکھ کر بنائی جاسکتی ہے۔

#### (a) پہلی پرت پر دوسری پرت رکھ کر

ہم ایک دو ابعادی شش گوشے قریبی پیکنگ والی پرت A کو لیتے ہیں اور اس کے اوپر ایسی ہی ایک اور پرت اس طرح رکھتے ہیں کہ دوسری پرت کے گولے پہلی پرت کے جوف (Depression) میں رکھے جائیں۔ کیونکہ دونوں

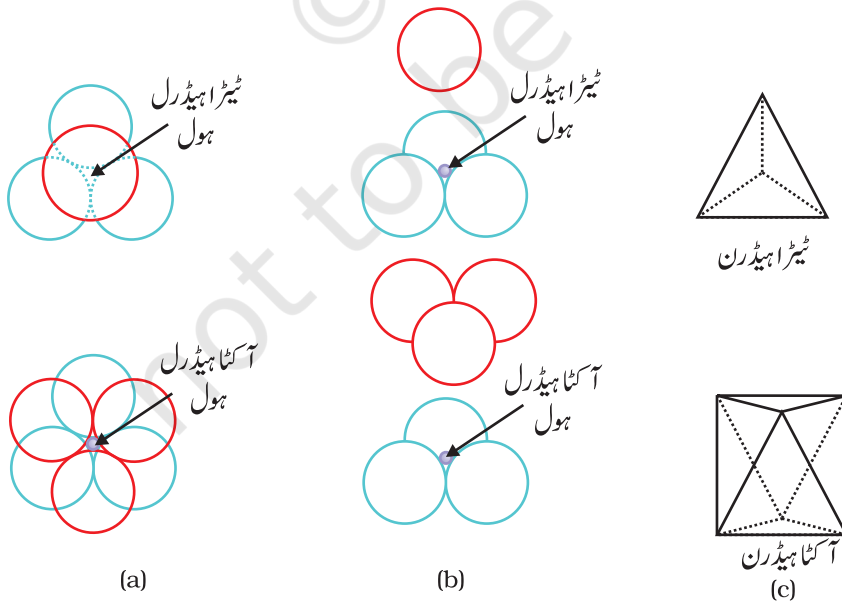
پرتوں کے گولے مختلف قطاروں میں ہیں اس لیے ہم دوسری پرت کو B کہیں گے۔ شکل 1.20 کو دیکھیے کہ پہلی پرت کے تمام مستطیل نما خلا (Voids) دوسری پرت کے گولوں سے ڈھکے ہوئے ہیں اس سے مختلف پرتیں پیدا ہوتی ہیں۔ جب کبھی دوسری پرت کا گولا پہلی پرت کے خلا کے اوپر ہوتا ہے (یا اس کے برعکس ہوتا ہے) تو ایک چو پہلو خلا بن جاتا ہے۔



شکل 1.20: قریبی پیکنگ والے گولوں کی دو پرتیں اور ان میں پیدا شدہ خلا

T = Tetrahedral (چو پہلو) O = Octahedral (ہشت پہلو)

ان خلاؤں کو چو پہلو خلا کہا جاتا ہے کیونکہ ایسا چو پہلو خلا اس وقت بنتا ہے جب ان چاروں گولوں کے مرکز مل جائیں۔ شکل 1.20 میں ان کو T سے دکھایا گیا ہے۔ ایسا ہی ایک خلا جدا گانہ طریقے سے شکل 1.21 میں دکھایا گیا ہے۔



شکل 1.21:

چو پہلو اور ہشت پہلو خلائیں۔ (a) اوپر سے منظر (b) ترقی ہوئے پہلو کا منظر اور (c) خلا کی جیومیٹریکل شکل۔

دوسری جگہوں پر دوسری پرت کے مستطیل نما خلا پہلی پرت کے مستطیل نما خلا کے اوپر ہیں اور ان کی مستطیل نما شکلیں ایک دوسرے پر چڑھتی نہیں ہیں۔ ان میں سے ایک خلا مستطیل نما کی اوپری پرت (Apex) ہوتی ہے جو اوپر کی طرف اشارہ کرتی ہے جبکہ دوسری نیچے کی طرف اشارہ کرتی ہیں۔ ان خلاؤں کو شکل 1.20 میں 'O' کے طور پر دکھایا گیا ہے۔ ایسے خلا چھ گولوں سے گھرے ہوتے ہیں اور ان کو ہشت پہلو (Octohedral Voids) کہا جاتا ہے۔ ایسا ہی ایک خلا شکل 1.21 میں جدا طور پر دکھایا گیا ہے۔ ان دونوں ٹائپ کے خلاؤں کی تعداد قریبی پیک شدہ گولوں کی تعداد پر منحصر ہوتی ہے۔

فرض کیجیے قریبی پیک شدہ گولوں کی تعداد  $N$  ہے، تو

$$N = \text{ہشت پہلو خلاؤں کی بننے والی تعداد}$$

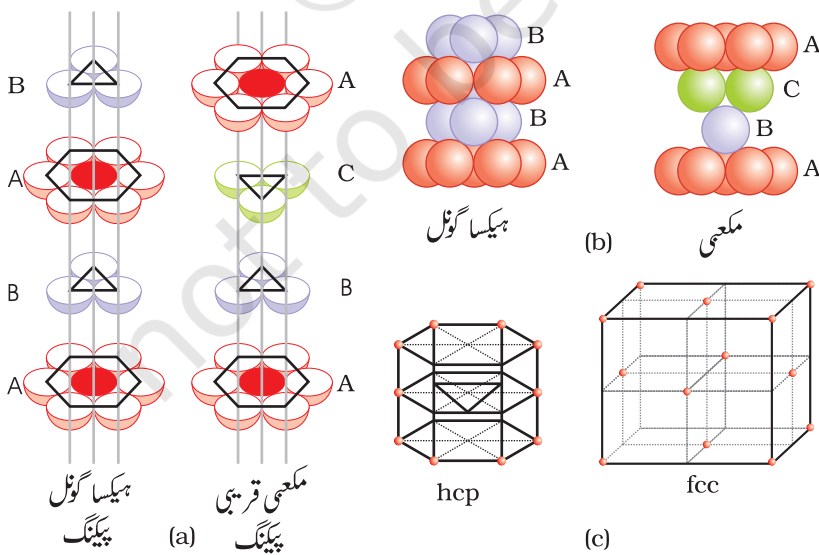
$$2N = \text{بننے والی چو پہلو خلاؤں کی تعداد ہوگی}$$

(b) دوسری پرت پر تیسری پرت رکھنا

(Placing third Layer over the Second Layer)

جب تیسری پرت دوسری پرت پر رکھی جاتی ہے تو دو باتیں ممکن ہوتی ہیں۔

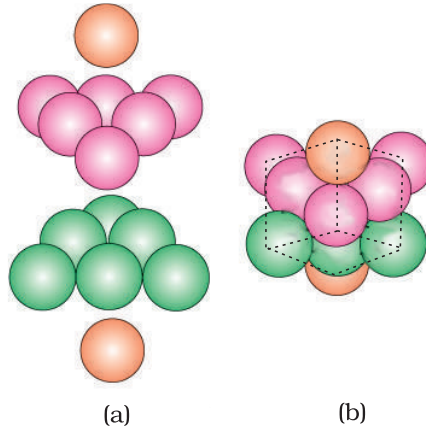
(i) جو پہلو خلاؤں کا ڈھک جانا۔ دوسری پرت کو چوملے خلا تیسری پرت کے گولوں سے ڈھکے ہو سکتے ہیں۔ ایسی صورت میں تیسری پرت کے گولے ٹھیک پہلی پرت کے گولوں کی قطار میں ہیں۔ اس طرح گولوں کے پیٹرن (Pattern) کی تکرار متبادل پرتوں (Alternate Layers) میں ہوتی ہے۔ اس پیٹرن کو اکثر ABAB لکھا جاتا ہے۔ اس ساخت کو شش گولی قریبی پیک شدہ (hcp) ساخت کہا جاتا ہے۔ (شکل 1.22) ایٹموں کی اس قسم کی ترتیب میگنیشیم اور زنک جیسی بہت سی دھاتوں میں پائی جاتی ہے۔



شکل 1.22

(a) شش گوشہ مکعبی قریبی پیک شدہ (hcp) کا ترقیرہ منظر (Exploded View) جو گولوں کی پرتوں کے تالا اوپر ہونے کو دکھاتا ہے۔

شکل 1.23 :



(a) ہشت پہلو خلا کے ڈھکا ہونے کی صورت میں پرتوں کی ترتیب ABC ABC ..... کی (b) اس ترتیب سے تشکیل شدہ ساخت کا حصہ جس کے نتیجے میں مکعبی قریبی پیکنگ والی (CCP) یا چہرہ مرکزی مکعبی (FCC) ساخت بنتی ہے۔

(ii) ہشت پہلو خلاؤں کا ڈھکا ہونا (Covering Octahedral Voids) تیسری پرت کو دوسری پرت پر اس طرح رکھا جاسکتا ہے کہ اس کے گولے ہشت پہلو خلاؤں کو ڈھک لیں۔ جب تیسری پرت کو دوسری پرت پر اس طرح رکھا جائے گا تو تیسری پرت کے گولے نہ تو پہلی پرت کی قطار میں ہوں گے اور نہ ہی دوسری پرت کی قطار میں۔ اس ترتیب کو C ٹائپ کہا جاتا ہے۔ ہاں جب چوتھی پرت رکھی جائے گی

تب گولے پہلی پرت کے گولوں کی قطار میں ہوں گے۔ (دیکھئے شکل 1.22 اور شکل 1.23) پرتوں کے اس پیٹرن (Pattern) کو ABC ABC ..... لکھا جاتا ہے۔ اس ساخت کو مکعبی قریب پیکنگ (CCP) یا چہرہ مرکزی مکعبی (FCC) ساخت کہا جاتا ہے۔ کا پر اور سلور جیسی دھاتیں اس طریقے پر قلمبند ہوتی ہیں۔

لیکن قریبی پیکنگ کے یہ ٹائپ اونچے درجے کے کارگر (Efficient) ہوتے ہیں اور قلمبندی 74% جگہ کو بھرتے ہیں۔ ان میں سے ہر ایک میں ایک گولا بارہ گولوں کے تماس (Contact) میں ہوتا ہے۔ اس طرح ان میں سے ہر ایک ساخت میں کوآرڈینیٹیشن نمبر (Coordination Number) 12 ہوتا ہے۔

اس سیکشن میں اس سے قبل ہم نے یہ سیکھا ہے کہ جب ذرات کی پیکنگ قریب ہوتی ہے اور نتیجتاً ان کی ساخت CCP یا hcp ہوتی ہے تو دو قسم کے خلا پیدا ہوتے ہیں۔ اس صورت میں جب کہ جالی میں موجود ہشت پہلو خلاؤں کی تعداد قریبی پیکنگ والے ذرات کی تعداد کے مساوی ہوتی ہے، تو پیدا شدہ چھوٹے خلاؤں کی تعداد دوگنی ہوتی ہے۔ ایونک ٹھوسوں میں بڑے آئن (عام طور پر این آئن) قریبی پیکنگ والی ساخت کی تشکیل کرتے ہیں اور چھوٹے آئن (عام طور پر کیٹائن) خلاؤں کی جگہ لے لیتے ہیں۔ اگر موخر الذکر آئن بہت چھوٹے ہیں تو چھوٹے خلاؤں کی جگہ گھر جاتی ہے اور اگر ذرا بڑے ہیں تو ہشت پہلو خلاؤں کی جگہ گھر جاتی ہے۔ کسی مرکب (Compound) میں ان ہشت پہلو یا چھوٹے خلاؤں کا حصہ جن کی جگہ گھر جاتی ہے، کمپاؤنڈ کے کیمیائی فارمولے پر منحصر ہے۔ اس بات کو مندرجہ ذیل مثالوں سے سمجھا جاسکتا ہے۔

1.6.1 کسی مرکب کا

فارمولا اور بھرے

ہوئے خلاؤں کی تعداد

(Formula of a Compound and Number of Voids Filled)

دو عناصر X اور Y سے کسی مرکب کی تشکیل ہوتی ہے۔ عنصر Y اور کے ایٹم (این آئن کے روپ میں) CCP بناتے ہیں اور عنصر X کے ایٹم (کیٹائن کے روپ) ہشت پہلو خلاؤں کی جگہ گھیرتے ہیں۔ بتائیے کمپاؤنڈ کا فارمولہ کیا ہے؟

خالی CCP کی تشکیل عنصر Y سے ہوتی ہے۔ پیدا شدہ ہشت پہلو خلاؤں کی تعداد اس میں موجود Y ایٹموں کی تعداد کے مساوی ہوتی ہے۔ چونکہ عنصر X کے ایٹم ہشت پہلو خلاؤں کی جگہ گھیر لیتے ہیں اس طرح ان کی تعداد بھی عنصر Y کے ایٹموں کی تعداد کے مساوی ہوتی ہے۔ اس طرح عناصر X اور Y کے ایٹم مساوی تعداد میں یا 1:1 نسبت میں موجود ہوتے ہیں۔ اس سے کمپاؤنڈ کا فارمولا XY ہے۔

مثال 1.1

حل

## مثال 1.2

عنصر B کے ایٹم hcp جالی بناتے ہیں اور عنصر A کے ایٹم چو پہلو خلاؤں کا  $\frac{2}{3}$  حصہ گھیر لیتے ہیں۔ عناصر A اور B کے ذریعہ تشکیل شدہ کمپاؤنڈ کا فارمولا ہے؟

## حل

تشکیل شدہ چو پہلو خلاؤں کی تعداد عنصر B کے ایٹموں کی تعداد کے دو گنے کے برابر ہوگی اور عنصر A کے ایٹم ان کے  $\frac{2}{3}$  تہائی حصے کو گھیر لیں گے۔ اس طرح عناصر A اور B کی تعداد کی نسبت 1:  $2(2/3)$  یا 3:4 ہوگی اور کمپاؤنڈ کا فارمولا  $A_4 B_3$  ہوگا۔

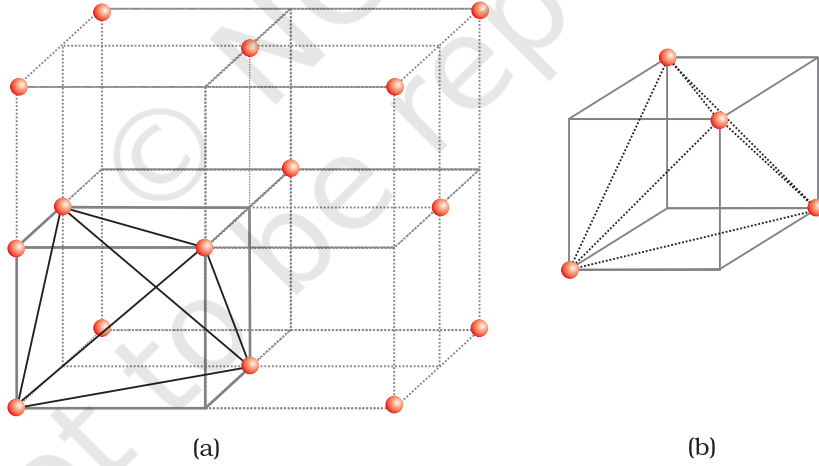
## چو پہلو اور ہشت پہلو خلاؤں کا معلوم کرنا: (Locating Tetrahedral and Octahedral Voids)

ہم یہ جانتے ہیں کہ قریبی بیکنگ والی ساختوں سطحی خلا چو پہلو یا ہشت پہلو ہوتے ہیں۔ ہم CCP (یا FCC) ساخت کو لیتے ہیں اور اس میں ان خلاؤں کا پتہ لگاتے ہیں۔

(a) چو پہلو خلاؤں کا پتہ لگانا۔

ہم CCP یا FCC جالی کے ایک یونٹ سیل پر غور کرتے ہیں (دیکھئے شکل (a)) یہ یونٹ سیل آٹھ چھوٹے مکعبوں میں منقسم ہے۔

ہر چھوٹے مکعب کے ایٹم متبادل کارنروں (Alternate Corners) پر ہیں (دیکھئے شکل (a)) ہر چھوٹے مکعب میں چار ایٹم ہیں۔ جب یہ ایک دوسرے سے متصل ہوتے ہیں تو ایک باقاعدہ چو پہلو (Tetra hedron) بناتے ہیں۔ اس طرح ہر چھوٹے مکعب میں ایک چو پہلو خلا ہوتا ہے اور مجموعی طور پر آٹھ چو پہلو خلا ہوتے ہیں۔ CCP ساخت کے ہر یونٹ سیل میں آٹھوں چھوٹے مکعبوں کا ایک خلا ہوتا ہے۔ اس طرح چو پہلو خلاؤں کی تعداد ایٹموں کی تعداد کا دو گنا ہوتی ہے۔

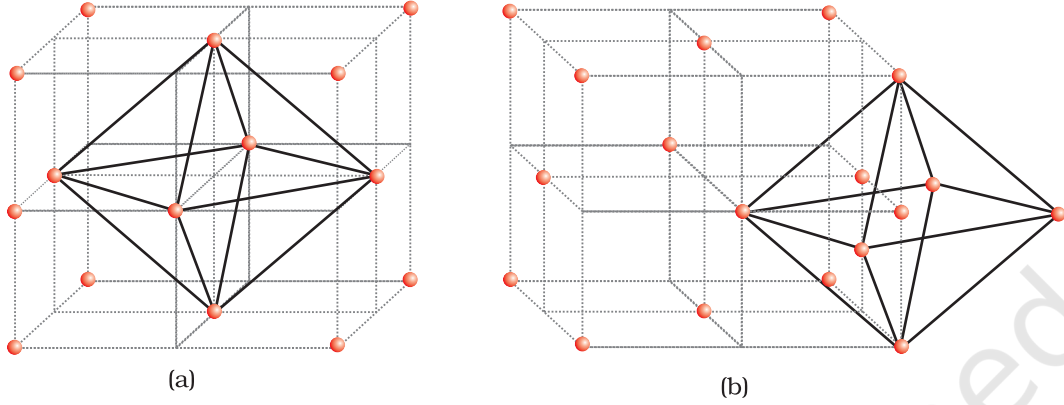


شکل 1: (a) CCP ساخت ہر یونٹ سیل میں آٹھ چو پہلو خلا (b) ایک چو پہلو خلا جیو میٹری دکھاتا ہے۔

(b) ہشت پہلو خلاؤں کا پتہ لگانا۔

ہم CCP یا FCC جالی کے ایک یونٹ سیل پر پھر غور کرتے ہیں (دیکھئے شکل (a) 2) مکعب C کے جسمی مرکز (Body Centre) کی جگہ بھری ہوئی نہیں ہے لیکن رُخ مرکزوں (Face Centres) پر وہ چھ ایٹموں سے گھرا ہوا ہے۔ اگر یہ رُخ مرکز (Face Centres) متصل ہو جائیں تو ایک ہشت پہلو بن جاتا ہے۔ اس طرح مکعب کے جسمی مرکز (Body Centre) پر اس یونٹ سیل کا ایک ہشت پہلو خلا

ہوگا۔ جسمی مرکز کے علاوہ ہر تمام بارہ کناروں کے مرکز پر ایک ہشت پہلو خلا ہوگا۔ (دیکھئے شکل (b) 2) یہ چھ ایٹموں سے گھرا ہوگا۔ ان میں تین کا تعلق اس یونٹ سیل سے ہوگا (2 کارنوں پر اور ایک رخ مرکز پر) اور تین کا تعلق پڑوسی یونٹ سیلوں سے ہوگا۔ چونکہ ہر مکعب کا کنارہ چار پڑوسی یونٹ سیلوں کے درمیان بٹا ہوتا ہے اس لیے ہشت پہلو خلا بھی اس پر واقع ہوگا۔ ہر خلا کا صرف 1/4 چوتھا حصہ ایک مخصوص یونٹ سیل سے تعلق رکھتا ہے۔



شکل 2: CCP یا شکل FCC جالی کے ایک یونٹ سیل ہشت پہلو خلاؤں کا وقوع (a) مکعب کے جسمی مرکز (Body Centre) اور (b) ہر کنارے کے مرکز پر (یہاں صرف ایک خلا دکھایا گیا ہے)

اس طرح ہر مکعبی قریبی پیک شدہ ساخت میں:

مکعب کے جسمی مرکز پر ہشت پہلو خلا = 1

ہر کنارے پر واقع چار یونٹ سیلوں میں سے 12 ہشت پہلو خلا

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

∴ ہشت پہلو خلاؤں کی کل تعداد = 4

ہم جانتے ہیں کہ CCP ساخت میں ہر یونٹ سیل کے 4 ایٹم ہوتے ہیں اس طرح ہشت پہلو خلاؤں کی تعداد اس تعداد کے مساوی ہوتی ہے۔

تشکیلی ذرات (ایٹم سالمات یا آئن) کسی بھی طور پر پیک ہوں وہاں خلاؤں کی شکل میں کچھ نہ کچھ خالی جگہ (Free Space) ہمیشہ ہوگی۔ پیکنگ کارکردگی کے ذرات کے ذریعے بھری جانے والی مجموعی جگہ کا فیصد ہوتا ہے۔ اب ہم مختلف قسم کی ساختوں میں پیکنگ کارکردگی (Efficiency) کی تحسیب کرتے ہیں۔

## 1.7 پیکنگ کارکردگی (Packing Efficiency)

دونوں ٹائپ کی قریبی پیکنگ (hcp اور ccp) مساوی طور پر کارگر (Efficient) ہوتی ہے۔ پہلے ہم ccp ساخت میں پیکنگ کی کارکردگی کا حساب لگاتے ہیں۔ شکل 1.24 میں یونٹ سیل کے کنارے کے لمبائی مان لیجیے 'a' ہے اور

1.7.1 hcp اور ccp

ساختوں میں

پیکنگ کی کارکردگی

$$b = \text{Face Diagonal } a$$

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

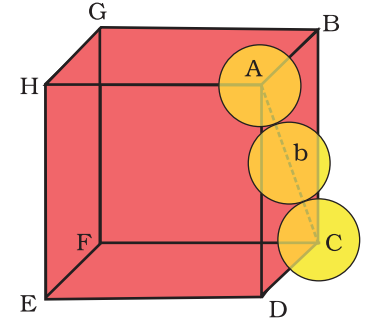
$$= a^2 + a^2 = 2a^2 \text{ or}$$

$$b = \sqrt{2}a$$

اگر گولے کا قطر  $r$  ہے تو ہمیں علم ہو جاتا ہے

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

$$a = \frac{4r}{\sqrt{2}} = 2\sqrt{2}r \text{ یا}$$



شکل 1.24: مکعبی وضاحت کے

خیال سے قریبی پیکنگ کی  
دوسری اطراف گولوں کے  
ساتھ نہیں دی گئی ہیں۔

ہم اس طرح بھی لکھ سکتے ہیں  $r = \frac{a}{2\sqrt{2}}$   
ہم جانتے ہیں کہ ccc ساخت میں ہر یونٹ سیل کے موثر طور پر چار گولے ہوتے ہیں چاروں گولوں کا  
مجموعی حجم  $4 \times \frac{4}{3}\pi r^3$  اور مکعب کا حجم  $a^3$  or  $(2\sqrt{2}r)^3$

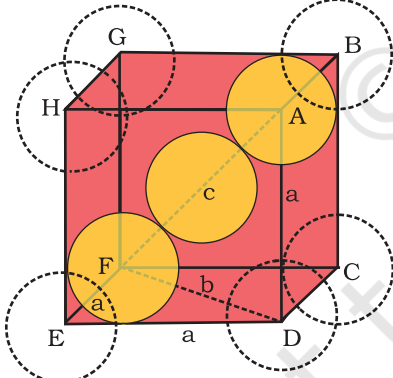
اس لیے

$$\text{پیکنگ کارکردگی} = \frac{100 \times \text{یونٹ سیل میں موجود چاروں گولوں کے ذریعہ گھیرا گیا حجم}}{\text{یونٹ سیل کا کل حجم}} \%$$

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

$$= \frac{(16/3)\pi r^3 \times 100}{16\sqrt{2}r^3} \% = 74\%$$

شکل 1.25 سے یہ بات واضح ہو جاتی ہے کہ مرکز پر ایٹم ان دونوں دوسرے ایٹموں سے ملا ہوا رہتا ہے جن کی ترتیب  
وتری (Digonal) ہوتی ہے۔



شکل 1.25: جسم مرکزی مکعبی

یونٹ سیل (گولے مع  
وتری (Digonal)  
Body کے ٹھوس  
حدوں (Solid  
Boundaries) کے ساتھ  
دکھائے گئے ہیں)

جسمی وتر (Body Diagonal)  $4r$  کے مساوی ہے  
جب کہ  $r$  گولے (ایٹم) کا قطر ہے کیونکہ تینوں گولے وتر کے  
ساتھ ساتھ ایک دوسرے کو چھوتے ہیں۔

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

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

## 1.7.2 جسم مرکزی مکعبی

ساختوں میں پیکنگ

کی کارکردگی

(Efficiency of

Packing in

Body-Centred

Cubic

Structures)

ہم اس طرح بھی لکھ سکتے ہیں  $r = \frac{\sqrt{3}}{4} a$   
 اس ٹائپ کی ساخت میں ایٹموں کی کل تعداد 2 ہوتی ہے اور ان کا حجم  $2 \times \left(\frac{4}{3}\right) \pi r^3$  ہوتا ہے۔  
 مکعب  $a^3$  کا حجم  $\left(\frac{4}{\sqrt{3}} r\right)^3$  یا  $\left(\frac{4}{\sqrt{3}} r\right)^3$  کے مساوی ہوگا۔

اس لیے

$$\begin{aligned} \text{پیکنگ کارکردگی} &= \frac{100 \times \text{یونٹ سیل میں موجود چاروں گولوں کے ذریعہ گھیرا گیا حجم}}{\text{یونٹ سیل کا کل حجم}} \% \\ &= \frac{2 \times \left(\frac{4}{3}\right) \pi r^3 \times 100}{\left[\left(\frac{4}{\sqrt{3}} r\right)^3\right]} \% \\ &= \frac{(8/3) \pi r^3 \times 100}{64 / (3\sqrt{3}) r^3} \% = 68\% \end{aligned}$$

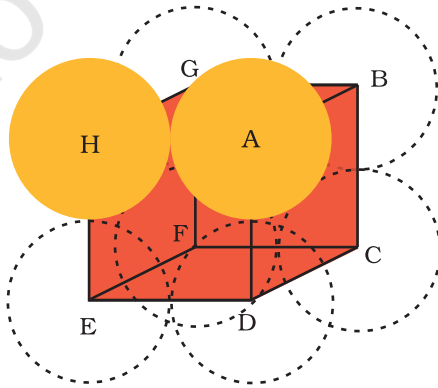
1.7.3 سادہ مکعبی جالی میں  
 پیکنگ کارکردگی  
 (Packing Efficiency in Simple Cubic Lattice)

ایک سادہ مکعبی جالی میں ایٹم صرف مکعب کے کارنروں پر واقع ہوتے ہیں اور ذرات کنارے کے ساتھ ساتھ ایک دوسرے کو چھوتے ہیں۔ (شکل 1.26) اس طرح کنارے کی لمبائی یا مکعب کی سائڈ 'a' اور ہر ذرے کا قطر r اس طرح مربوط ہوتے ہیں

$$\begin{aligned} a &= 2r \\ a^3 &= (2r)^3 = 8r^3 \\ \text{یونٹ سیل کا حجم} &= 8r^3 \\ \text{چونکہ ایک سادا یونٹ سیل میں صرف 1 ایٹم ہوتا ہے} & \\ \text{مقبوضہ (Occupied) جگہ کا حجم} &= \frac{4}{3} \pi r^3 \\ \text{پیکنگ کارکردگی} &= \frac{\text{ایک ایٹم کا حجم}}{\text{مکعبی یونٹ سیل کا حجم}} \times 100\% \end{aligned}$$

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

اس طرح ہم یہ نتیجہ نکال سکتے ہیں کہ  
 ccp اور hcp ساختوں کی پیکنگ کارکردگی  
 زیادہ سے زیادہ ہوتی ہے۔



شکل 1.26:

سادا مکعبی یونٹ سیل۔ گولے  
 مکعب کے تمام کنارے کے  
 ساتھ ساتھ ایک دوسرے کے  
 تماس میں ہیں



1.8 تحسیب جس میں

یونٹ سیل ابعاد

شامل ہیں

(Calculations  
Involving Unit  
Cell  
Dimensions)

یونٹ سیل ابعاد سے، یونٹ سیل کے حجم کی تحسیب (Calculation) ممکن ہے۔ اگر دھات کی کثافت معلوم ہے تو ہم یونٹ سیل میں ایٹموں کی کمیت کی تحسیب کر سکتے ہیں۔ ایک تنہا ایٹم کی کمیت کے تعین سے ہمیں ایووگیڈرو مستقل (Avogadro Constant) کے تعین کا ٹھیک ٹھیک طریقہ معلوم ہو سکتا ہے۔ فرض کر لیجئے ایک مکعبی قلم کے یونٹ سیل کے کنارے کے لمبائی (Edge Length) جسے ایکسرے انکسار (X-ray Diffraction) کے ذریعہ متعین کیا گیا  $a$  ہے، ٹھوس شے (Substance) کی کثافت  $d$  ہے اور مولر ماس  $m$  (Molar Mass) ہے۔ ایک مکعبی قلم کے معالے میں:

$$a^3 = \text{یونٹ سیل کا حجم}$$

$$\text{یونٹ سیل کی کمیت} = \text{ہر ایٹم کی کمیت} \times \text{کمیت میں ایٹموں کی تعداد} = z \times m$$

یہاں  $z$  ایک یونٹ سیل میں موجود ایٹموں کی تعداد ہے اور  $m$  ایک تنہا ایٹم کی کمیت ہے۔

یونٹ سیل میں موجود ایک ایٹم کی کمیت:

$$m = \frac{M}{N_A} \quad (M \text{ is molar mass})$$

اس لیے

$$\text{یونٹ سیل کی کمیت} = \frac{\text{یونٹ سیل کا حجم}}{\text{یونٹ سیل کی کثافت}}$$

$$= \frac{z \cdot m}{a^3} = \frac{z \cdot M}{a^3 \cdot N_A} \quad \text{or} \quad d = \frac{zM}{a^3 N_A}$$

یاد رکھیے کہ یونٹ سیل کی کثافت وہی ہے جو شے کثافت ہے۔ ٹھوس کی کثافت کو دوسرے طریقوں سے معلوم کیا جاتا ہے۔ پانچ پیرامیٹروں ( $d, z, M, a, N_A$ ) میں سے اگر کوئی سے چار معلوم ہیں تو ہم پانچویں کو معلوم کر سکتے ہیں۔

مثال 1.3

ایک عنصر کی ساخت bcc (جسم مرکزی مکعبی) ہے جس میں 288 pm سیل کی گھر (Cell Edge) ہے۔ عنصر کی کثافت  $7.2 \text{ g/cm}^3$  ہے عنصر کے 208 g میں کتنے ایٹم موجود ہیں۔

$$\text{یونٹ سیل کا حجم} = (288 \text{ pm})^3$$

$$= (288 \cdot 10^{-12} \text{ m})^3 = (288 \cdot 10^{-10} \text{ cm})^3$$

$$= 2.391 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3$$

$$\text{عنصر کے } 208 \text{ g کا حجم} = \frac{\text{کمیت}}{\text{کثافت}} = \frac{208 \text{ g}}{7.2 \text{ g cm}^{-3}} = 28.88 \text{ cm}^3$$

حل

اس حجم میں یونٹ سیلوں کی تعداد

$$= \frac{28.88 \text{ cm}^3}{2.39 \times 10^{-23} \text{ cm}^3 / \text{unit cell}} = 12.08 \times 10^{23} \text{ unit Cells}$$

کیونکہ ہر bcc مکعبی یونٹ سیل میں 2 ایٹم شامل ہوتے ہیں اس لیے 208 g میں

$$2 \text{ (atoms/unit cell)} \times 12.08 \times 10^{23} \text{ unit cells} = \text{تعداد}$$

$$= 24.16 \times 10^{23} \text{ atoms.}$$

ایکسرے انکسار (X-ray diffraction) کا مطالعہ بتاتا ہے کہ کاپر ایک FCC یونٹ سیل میں قلمبند ہوتا ہے جس کا سیل گٹر (Cell Edge)  $3.608 \times 10^{-8} \text{ cm}$  کا ہوتا ہے۔ ایک دوسرے تجربہ میں کاپر کی کثافت کا تعین  $8.92 \text{ g/cm}^3$  ہوتا ہے۔ کاپر کی ایٹمی کمیت کی معلوم کیجیے۔

مثال 1.4

fcc جالی کی صورت میں فی یونٹ سیل، ایٹموں کی تعداد  $z = 4 \text{ atom}$

حل

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

$$= \frac{8.92 \text{ g cm}^{-3} \times 6.022 \times 10^{23} \text{ atoms mol}^{-1} \times (3.608 \times 10^{-8} \text{ cm})^3}{4 \text{ atoms}}$$

$$= 63.1 \text{ g/mol}$$

$$= 63.14 = \text{کاپر کی ایٹمی کمیت}$$

سلور ccc جالی بناتی ہے اور اس کے قلموں کا مطالعہ بتاتا ہے کہ اس کے یونٹ سیل کے کنارے کی لمبائی 408.6 pm (Edge Length) ہے سلور کی کثافت معلوم کیجیے (ایٹمی کمیت = 107.94)

مثال 1.5

چونکہ جالی CCP ہے، فی یونٹ سیل سلور ایٹموں کی تعداد ہے  $z = 4$

حل

$$107.9 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1} = 107.9 \text{ g mol}^{-1} = \text{چاندی کی مولر کمیت}$$

$$a = 408.6 \text{ pm} = 408.6 \times 10^{-12} \text{ m} = \text{یونٹ سیل کی کنارہ کی لمبائی}$$

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

$$= \frac{4 \times (107.9 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1})}{(408.6 \times 10^{-12} \text{ m})^3 (6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1})} = 10.510^3 \text{ kg m}^{-3}$$

$$= 10.5 \text{ g cm}^{-3}$$

متن پر مبنی سوالات

1.14 ایک مربع نما قریبی پیک شدہ پرت میں ایک سالے کا دو ابعادی کوارڈینیٹیشن نمبر کیا ہے؟

1.15 ایک کمپاؤنڈ، شش گوش قریبی پیک شدہ ساخت بناتا ہے۔ اس کے 0.5 mol میں خلاؤں کی مجموعی تعداد کیا ہوگی۔ ان

میں سے کتنے خلا چوتھی (Tetra Hedral) ہوں گے۔

1.16 ایک مرکب دو عناصر M اور N سے تشکیل پاتا ہے۔ عنصر N ccp, N بناتا ہے اور M کے ایٹم چوپہلو خلاؤں کے 1/3 حصے پر قبضہ کرتے ہیں۔ کمپاؤنڈ کا فارمولہ کیا ہے؟

1.17 مندرجہ ذیل جالیوں میں سے کس جالی کی پیکنگ کارکردگی سب سے اونچی ہے؟

(i) سادہ مکعبی (ii) جسم مرکزی مکعبی (iii) شش گوشہ قریبی پیک شدہ جالی

1.18 ایک عنصر جس کی مولر کمیت  $2.170 \times 10^{-2} \text{ kg mol}^{-1}$  ہے ایک مکعبی یونٹ سیل بناتا ہے جس کی گہرائی 405 pm (Edge Length) ہے اگر اس کی کثافت  $2.710^3 \text{ kg}^3$  ہے تو اس کے مکعبی یونٹ سیل کی نوعیت (Nature) کیا ہوگی؟

قلمی ٹھوسوں کے ترکیبی ذرات کی ترتیب میں اگرچہ ان ٹھوسوں کا نظام مختصر رینج (Range) کا بھی ہوتا ہے اور طویل رینج کی بھی قسمیں کامل (Perfect) نہیں ہوتے۔ عام طور پر ایک ٹھوس چھوٹی قلموں کی بڑی تعداد کے ایک مجموعے پر مشتمل ہوتا ہے۔ ان چھوٹی قلموں (Crystals) میں نقائص (defects) ہوتے ہیں۔ ایسا اس وقت ہوتا ہے جب کرسٹلائزیشن کا عمل تیز یا درمیانی شرح پر وقوع پذیر ہوتا ہے۔ تنہا کرسٹل اس وقت تشکیل پاتے ہیں جب کرسٹلائزیشن کا عمل بہت ہی سست شرح سے وقوع پذیر ہوتا ہے۔ یہ کرسٹل بھی نقائص سے آزاد نہیں ہوتے۔ یہ نقائص بنیادی طور سے وہ بے قاعدگیوں (Irregularities) ہیں جو ترکیبی ذرات کی ترتیب میں ہوتی ہیں۔ اگر ذرا وسیع پیمانے پر کہیں تو یہ نقائص دو ٹائپ کے ہوتے ہیں ایک ان میں سے نقطی نقائص (Point Defects) کہلاتے ہیں اور دوسرے خطی نقائص (Line Defects)۔ ایک قلمی شے (Crystalline Substance) میں کسی ایٹم یا نقطے کے چاروں طرف مثالی ترتیب (Ideal Arrangement) سے انحرافات یا بے قاعدگیوں کو نقطی نقائص کہتے ہیں جب کہ جالی کے نقطوں کی تمام قطاروں میں مثالی ترتیب سے انحرافات یا بے قاعدگیوں کو خطی نقائص کہتے ہیں۔ قلمی نقائص (Crystal Defects) کہلاتے ہیں۔ ہم اپنی بحث کو صرف نقطی نقائص (Point Defects) تک ہی محدود رکھیں گے۔

نقطی نقائص کی زمرہ بندی تین قسموں میں کی جاسکتی ہے: (i) تناسب پیمائی نقائص (Stoichiometric Defects) (ii) ملاوٹی نقائص (Impurity Defects) (iii) غیر تناسب پیمائی نقائص (Non-Stoichiometric Defects)

(a) تناسب پیمائی نقائص (Stoichiometric Defects)

یہ وہ نقطی نقائص ہیں جو ٹھوسوں کی تناسب پیمائی (Stoichiometry) میں خلل نہیں ڈالتے۔ ان کو ذاتی (Intrinsic) یا حرکیاتی (Thermodynamic Defect) نقائص بھی کہا جاتا ہے۔ یہ بنیادی طور پر دو قسم کے ہوتے ہیں یعنی ایک خلائی نقائص (Vacancy Defects) اور دوسرے شگافی نقائص (Interstitial Defects)

(i) خلائی نقص (Vacancy Defect): جب جالی کے کچھ مقامات خالی ہوتے ہیں تو کہا جاتا ہے کہ کرسٹل میں خلائی نقص (Vacancy Defect) ہے۔ (دیکھیے شکل 1.27) اس کے نتیجے میں شے (Substance)

1.9 ٹھوسوں میں کمیائیں  
(Imperfections in Solids)

1.9.1 نقطی نقائص کی  
قسمیں

(Types of Point Defects)

کی کثافت میں کمی ہوتی ہے۔ یہ نقص (Defect) اس وقت بھی رونما ہو جاتا ہے جب ایک شے (Substance) کو گرم کیا جاتا ہے۔

(ii) شگافی نقص (Interstitial Defect) جب کچھ ترکیبی ذرات (ایٹم یا سالمے) کسی شگافی جگہ کو گھیر لیتے ہیں تو کہا جاتا ہے کہ کرسٹل میں شگافی نقص ہے (دیکھیے شکل 1.28) یہ نقص شے کی کثافت کو بڑھا دیتا ہے۔

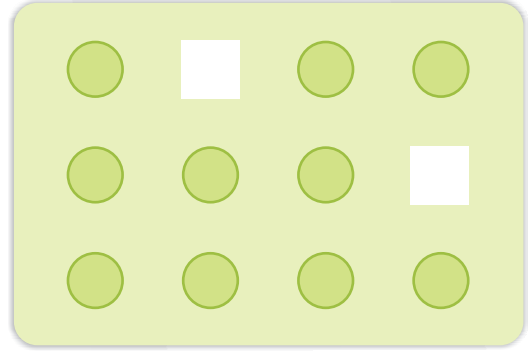
خلائی اور شگافی نقائص کو جن کی اوپر تشریح کی گئی ہے غیر آئیونک ٹھوسوں کے ذریعے دکھایا جاسکتا ہے۔ آئیونک ٹھوس برقی تعدیلیت (Electrical Neutrality) کو ہمیشہ برقرار رکھتے ہیں۔ سادہ خلائی اور شگافی نقائص سے زیادہ آئیونک ٹھوس ان نقائص کو Frenkel اور Schottky نقائص کے طور پر ظاہر کرتے ہیں۔

(iii) فرینکل نقص (Frenkel Defect): آئیونک ٹھوس اس طرح کے نقص (Defect) کو ظاہر کرتے ہیں۔ زیادہ چھوٹا آئن (عام طور پر کیٹائن) اپنی عام جگہ (Normal Site) سے ہٹ کر شگافی جگہ (Interstitial Site) لے لیتا ہے (دیکھیے شکل 1.29) اس طرح یہ اپنے اصلی محل وقوع پر خلائی نقص اور اپنے نئے محل وقوع پر شگافی نقص (Interstitial Defect) پیدا کرتا ہے۔

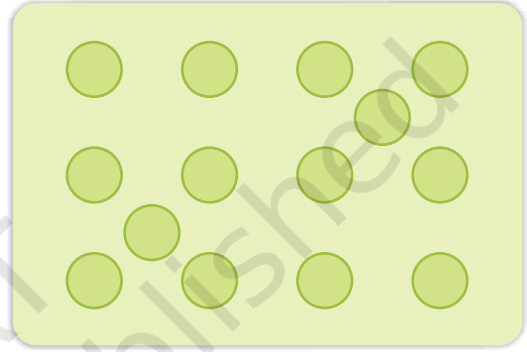
فرینکل نقص کو خلای قلمی (Dislocation Defect) بھی کہتے ہیں۔ یہ نقص، ٹھوس کی کثافت کو تبدیل نہیں کرتا۔ فرینکل نقص آئیونک شے کے ذریعے ظاہر ہوتا ہے جس میں آئیونوں کے سائز میں زیادہ فرق ہوتا ہے۔ مثلاً  $AgCl$ ,  $AgBr$ ,  $ZnS$  اور  $AgI$  جو  $Ag^+$  اور  $Zn^{2+}$  آئیونوں کے چھوٹے سائزوں کی وجہ سے ہوتا ہے۔

(iv) شات کی نقص (Schottky Defect): یہ بنیادی طور پر آئیونک ٹھوسوں میں ایک خلائی نقص ہے۔ برقی تعدیلیت (Electrical Neutrality) کو برقرار رکھنے کے لیے مفقود کیٹائینوں (Missing Cations) اور اینائیونوں کی تعداد برابر ہوتی ہے۔ (شکل 1.30)

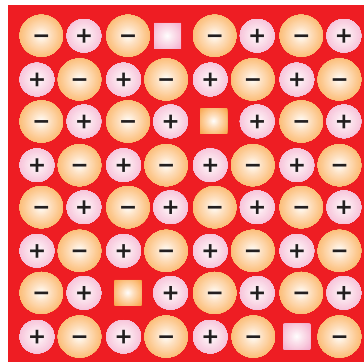
سارے خلائی نقص (Simple Vacancy Defect) کی طرح شات کی نقص (Schottky Defect) بھی شے (Substance) کی کثافت کو گھٹا دیتا ہے۔ آئیونک ٹھوسوں میں ایسے نقائص کا نمبر بہت اہم ہے۔ مثال کے طور پر  $NaCl$  کمرے کے درجہ حرارت پر تقریباً  $10^{16}$  شات کی جوڑے (Schottky Pairs) فی مربع  $cm^3$  ہوتے



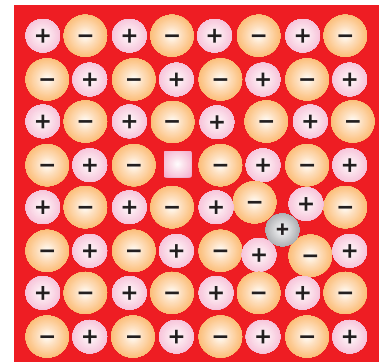
شکل 1.27: خلائی نقائص



شکل 1.28: شگافی نقائص



شکل 1.30: شات کی نقائص



شکل 1.29: فرینکل نقائص

ہیں۔  $1 \text{ cm}^3$  میں تقریباً  $10^{22}$  آئن ہوتے ہیں۔ اس طرح فی  $10^{16}$  آئینوں میں ایک شائکی نقص ہوتا ہے۔ شائکی نقص ان ایونک اشیا (Substance) میں ظاہر ہوتا ہے جن میں کیٹائن اور اینائن تقریباً یکساں سائز کے ہوتے ہیں۔ مثلاً  $\text{NaCl}$ ،  $\text{KCl}$ ،  $\text{AgBr}$  اور  $\text{CsCl}$  اور یہ بات یاد رکھنے کی ہے کہ  $\text{AgBr}$  دونوں کا اظہار کرتا ہے یعنی فرینکل نقص کا بھی اور شائکی نقص کا بھی۔

(b) ملاوٹی نقائص (Impurity Defects)

اگر پگھلا ہوا  $\text{NaCl}$  جس میں  $\text{SrCl}_2$  کی تھوڑی تعداد شامل ہو کر سٹلائزڈ ہوتا ہے،  $\text{Na}^+$  آئینوں کی کچھ جگہیں  $\text{Sr}^{2+}$  کے ذریعے گھر جاتی ہیں۔ (دیکھیے شکل 1.31) ہر  $\text{Sr}^{2+}$  دو  $\text{Na}^+$  کی جگہ لیتا ہے۔ یہ ایک آئن کی تو جگہ لے لیتا ہے اور دوسری جگہ خالی رہتی ہے۔ اس طرح جو کیٹائنک (Cationic) خالی جگہیں

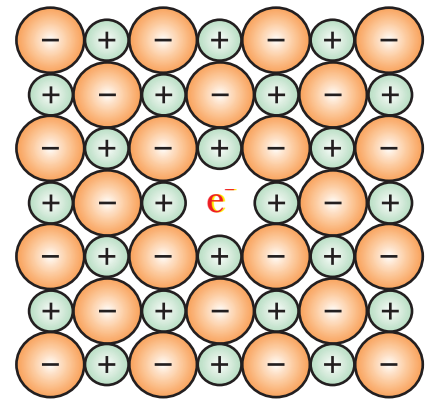
پیدا ہوتی ہیں ان کا نمبر  $\text{Sr}^{2+}$  آئینوں کے نمبر کے برابر ہوتا ہے۔ اسی طرح کی ایک دوسری مثال  $\text{CdCl}_2$  اور  $\text{AgCl}$  کا ٹھوس محلول ہے۔

(c) غیر تناسبی نقائص (Non-Stoichiometric Defects)

اب تک جن نقائص کا ذکر ہوا وہ قلمی اشیا (Substance) کی تناسب پیمائی (Stoichiometry) میں خلل نہیں ڈالتے۔ بہر حال بہت سے ایسے غیر تناسبی (Non-Stoichiometric) غیر نامیاتی (Inorganic) ٹھوس معلوم ہیں جن کے ترکیبی عناصر اپنی کرشل ساختوں میں نقائص کی وجہ سے غیر تناسب نسبت میں ہوتے ہیں۔ یہ نقائص دو ٹائپ کے ہوتے ہیں: ایک کثیر دھاتی نقص (Metal Excess Defect) اور دوسرا قلیل دھاتی نقص (Metal Deficiency Defect)

(i) کثیر دھاتی نقص (Metal Excess Defect)

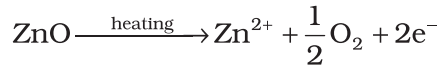
• اینائیونک خلاؤں (Anionic Vacancies) کی وجہ سے کثیر دھاتی نقص:  $\text{NaCl}$  اور  $\text{KCl}$  جیسے القی ہیلانڈ اس ٹائپ کے نقص (Defect) کا اظہار کرتے ہیں۔ جب  $\text{NaCl}$  کے کرشل سوڈیم واپر (Vapour) کی فضا میں گرم کیے جاتے ہیں تو سوڈیم ایٹم کرشل کی سطح (Surface) پر اکٹھے ہو جاتے ہیں۔  $\text{Cl}^-$  آئن کرشل کی سطح پر نفوذ کرتے ہیں اور  $\text{Na}$  ایٹموں سے متحد ہو کر  $\text{NaCl}$  بناتے ہیں۔ ایسا اس وقت ہوتا ہے جب سوڈیم ایٹم  $\text{Na}^+$  آئن بنانے کے لیے الیکٹرون ضائع کرتے ہیں۔ اخراج شدہ الیکٹرون کرشل میں نفوذ کرتے ہیں اور اینائیونک جگہوں کو گھیر لیتے ہیں۔ (دیکھیے شکل 1.32) نتیجے کے طور پر اب کرشل میں سوڈیم کی کثرت ہو جاتی ہے۔ اینائیونک جگہیں (Anionic Sites) جنہیں غیر جوڑی دار (Unpaired) الیکٹرون گھیر لیتے ہیں ایف سینٹر (F-Centre) کہلاتی ہیں۔ یہ لفظ  $\text{F-Centre}$  جرمن لفظ  $\text{Farbenzenter}$  سے بنایا گیا ہے جس کے معنی کلر سینٹر (Colour Centre) ہیں۔



شکل 1.32: ایک کرشل میں ایف سینٹر (F-Centre)

(Centre) یہ NaCl کے کرشلوں کو پیلا رنگ دے دیتے ہیں۔ یہ رنگ، ان الیکٹرونوں کی براہمختگی کا نتیجہ ہوتا ہے جو کرشلوں پر پڑنے والی مرئی روشنی سے توانائی جذب (Absorb) کر لیتے ہیں۔ اسی طرح لیتیم (Lithium) کی کثرات LiCl کرشلوں کو گلابی (Pink) بنا دیتی ہے اور پوٹاشیم کی کثرات سے KC1 کرشل بنفشی (Violet) یا ارغوانی (Lilac) بن جاتا ہے۔

• شگافی جگہوں (Interstitial Sites) پر ایکسٹرا کیتائینوں کی موجودگی کی وجہ سے کثیر دھاتی نقص: کمرے کے درجہ حرارت پر زنک آکسائیڈ کا رنگ سفید ہوتا ہے۔ گرم کرنے پر یہ آکسیجن کھو بیٹھتا ہے اور پیلا پڑ جاتا ہے۔



اب کرشل میں زنک کی زیادتی ہو جاتی ہے اور فارمولہ  $\text{Zn}_{1+x}\text{O}$  بن جاتا ہے۔  $\text{Zn}^{2+}$  آئیونوں کی زیادتی شگافی جگہوں (Interstitial Sites) کی طرف بڑھتی ہے اور الیکٹرون ہمسایہ شگافی جگہوں کی طرف بڑھتے ہیں۔

(ii) قلیل دھاتی نقص (Metal Deficiency Defect)

بہت سے ایسے ٹھوس ہیں جن کو تناسب پیماساخت (Stoichiometric Composition) میں تیار کرنا مشکل ہے اور جن میں اسٹوئیکیومیٹری پروپورشن کے مقابلے دھات کی مقدار کم ہوتی ہے۔  $\text{FeO}$  اس ٹائپ کی اہم مثال ہے جو اکثر  $\text{Fe}_{0.95}\text{O}$  کمپوزیشن کے ساتھ پایا جاتا ہے۔ اس کی ریخ  $\text{Fe}_{0.93}\text{O}$  سے  $\text{Fe}_{0.96}\text{O}$  تک ہو سکتی ہے۔  $\text{FeO}$  کے کرشلوں میں کچھ  $\text{Fe}^{2+}$  کیٹائین مفقود (Missing) ہوتے ہیں اور مثبت چارج کی کمی کو  $\text{Fe}^{3+}$  آئیونوں کی مطلوبہ تعداد کی موجودگی سے پورا کیا جاتا ہے۔

ٹھوس برقی موصلیت (Electrical Conductivities) کی حیرت انگیز ریخ کا اظہار کرتے ہیں جو  $10^{-20}$  سے  $10^7 \text{ohm}^{-1} \text{m}^{-1}$  تک 27 سے زیادہ درجوں پر مربوط ہے۔ موصلیت کے اعتبار سے ٹھوسوں کو تین زمروں میں تقسیم کیا جاسکتا ہے۔

(i) موصل (Conductors): وہ ٹھوس جن کی موصلیت کی ریخ  $10^4$  سے  $10^7 \text{ohm}^{-1} \text{m}^{-1}$  تک ہے موصل کہلاتے ہیں۔ جن دھاتوں کی موصلیت (Conductivities)  $10^7 \text{ohm}^{-1} \text{m}^{-1}$  درجہ کی ہے وہ اچھی موصل (Good Conductor) کہلاتی ہیں۔

(ii) حاجز (Insulators): یہ وہ ٹھوس ہیں جن کی موصلیت بہت پست یعنی  $10^{-20}$  سے  $10^{-10} \text{ohm}^{-1} \text{m}^{-1}$  درجے کے درمیان ہے۔

(iii) نیم موصل (Semi Conductors): یہ وہ ٹھوس ہیں جن کی موصلیت درمیانی ریخ  $10^{-6}$  سے  $10^4 \text{ohm}^{-1} \text{m}^{-1}$  (Intermidate Range) کی ہے۔

ایک موصل (Conductor) الیکٹرونوں یا آئیونوں کی حرکت (Movement) کے وسیلے سے برق کا ایصال (Conduction) کرتا ہے۔ دھاتی موصل پہلی کٹیگری سے تعلق رکھتے ہیں اور برق پانے (Electrolytes) دوسری سے۔ دھاتیں برق کا ایصال کرتی ہیں چاہے یہ دھاتیں ٹھوس حالت میں ہوں یا پگھلی ہوئی حالت میں دھاتوں کی موصلیت، فی ایٹم موجود گرنفی الیکٹرونوں (Valence Electrons) کی تعداد پر منحصر ہوتی ہے۔ دھاتی ایٹوں کی

1.10 برقی خواص  
(Electrical Properties)

1.10.1 دھاتوں میں  
ایصال برق

ایٹمی آرٹھل (Orbitals) سالماتی آرٹھل (Orbitals) بناتے ہیں جو توانائی میں ایک دوسرے سے اتنے قریب ہوتے ہیں کہ ان کی ایک پٹی (Band) بن جاتی ہے۔ اگر یہ پٹی جزوی طور پر بھری ہو یا اونچی توانائی کے ساتھ خالی ایصالی پٹی (Unoccupied Conduction Band) پر چڑھی ہوئی ہو تو اس وقت الیکٹرون ایک برقی فیئلڈ کے تحت آسانی کے ساتھ بہہ سکتے ہیں اور تب دھات موصلیت کا اظہار کرتی ہے (شکل 1.33(a))

اگر بھری ہوئی گرفتی پٹی (Valence Band) اور قریبی اونچی خالی پٹی (ایصالی پٹی) کے درمیان خلیج (Gap) زیادہ ہے تو الیکٹرون وہاں تک نہیں پہنچ سکتے اور نتیجتاً ایسی شے (Substance) کی موصلیت بہت کم ہوتی ہے اور اس کا عمل ایک حاجز (Insulator) کا ہوتا ہے۔ (دیکھیے شکل 1.33(b))

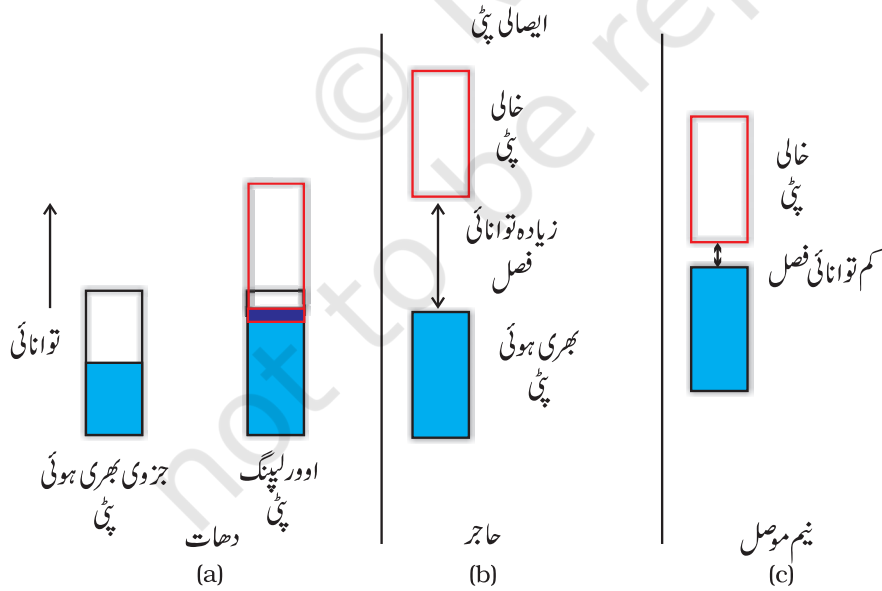
نیم موصلوں میں گرفتی پٹی اور ایصالی پٹی کے درمیان خلیج (Gap) کم ہوتا ہے (شکل 1.33(c)) اس طرح کچھ الیکٹرون ایصالی پٹی تک پہنچ جاتے ہیں اور موصلیت کا اظہار کرتے ہیں۔ نیم موصلوں کی برقی موصلیت درجہ حرارت میں اضافہ کے ساتھ بڑھتی ہے کیونکہ ایسی صورت میں زیادہ الیکٹرون ایصالی پٹی تک پہنچ پاتے ہیں۔ سلی کون اور جرمنیم جیسی اشیا اس طرح کے رویوں (Behaviours) کا اظہار کرتی ہیں اور ایسی اشیا (Substance) کو ذاتی نیم موصل (Intrinsic Semiconductors) کہا جاتا ہے۔

1.10.2 نیم موصلوں میں

ایصال برق

Conduction of Electricity in Semiconductors

ایسے ہم ذاتی نیم موصلوں کی موصلیت پر میکینیکل استعمال کے لیے بہت ہی کم ہوتی ہے۔ موزوں ملاوٹوں کی مناسب مقدار کا اضافہ کر کے ان کی موصلیت کو بڑھایا جاسکتا ہے۔ اس عمل کو ڈوپنگ (Doping) کہا جاتا ہے۔ ڈوپنگ Doping کا عمل کسی بھی ایسی ملاوٹی چیز (Impurity) کی آمیزش سے انجام پاسکتا ہے جو الیکٹرونوں سے مالا مال ہو یا جس میں الیکٹرونوں کی کمی ہو (ذاتی نیم موصل سلی کون یا جرمنیم کا موازنہ کیجیے) یہ ملاوٹیں ان میں الیکٹرانک نقائص کو داخل کر دیتی ہیں۔



شکل 1.33 امتیاز مابین (a) دھات (b) حاجز اور (c) نیم موصل۔ ان میں سے ہر ایک صورت میں، بنا شیڈ کا حصہ ایصالی پٹی کا اظہار ہے۔

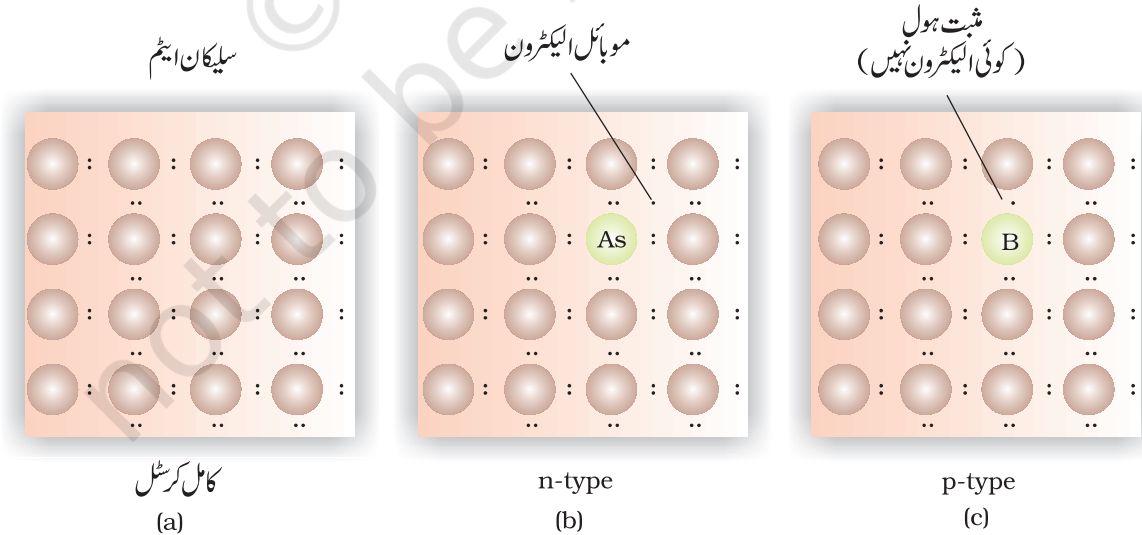
(a) الیکٹرون سے مالا مال ملاوٹیں (Electron-rich Impurities)

سلی کون اور جرمنیم کا تعلق دوری جدول کے گروپ 14 سے ہے اور ان میں سے ہر ایک کے چار، گرفتی الیکٹرون ہیں۔ ان کے کرشلوں میں، ہر ایٹم اپنے ہمسایوں کے ساتھ چار شریک گرفتی پٹی (Covalent Band) بناتا ہے۔ (دیکھیے شکل 1.34 (a))

جب گروپ 15 کے عنصر جیسے As یا p کے ساتھ جس میں پانچ گرفتی الیکٹرون ہوتے ہیں، اس کی ڈوپنگ کی جاتی ہے تو یہ سلی کون یا جرمنیم کے کرشل میں جالی کی کچھ جگہوں کو گھیر لیتے ہیں۔ (دیکھیے شکل 1.34 (b)) پانچ میں سے چار الیکٹرون کا استعمال، چار ہمسایہ سلی کون ایٹموں کے ساتھ چار شریک گرفتی بندوں کی تشکیل کے لیے کیا جاتا ہے۔ پانچواں الیکٹرون ایکسٹرا ہوتا ہے اور غیر مقامی ساختہ (Delocalized) ہو جاتا ہے۔ یہ ڈی لوکلائزڈ (Delocalized) الیکٹرون ڈوپنگ شدہ سلی کون یا جرمنیم کی موصلیت کو بڑھا دیتے ہیں۔ موصلیت میں یہ اضافہ منفی طور پر چارج شدہ الیکٹرون کی وجہ سے ہوتا ہے اس لیے الیکٹرون سے مالا مال ملاوٹ کے ساتھ ڈوپنگ شدہ سلی کون کو n-type نیم موصل کہا جاتا ہے۔

(b) کم الیکٹرون والی ملاوٹیں (Electron-Deficient Impurities)

سلی کون یا جرمنیم کی ڈوپنگ گروپ 13 کے عنصر جیسے Ga یا Al، B سے بھی کی جاسکتی ہے جو صرف تین گرفتی الیکٹرونوں پر مشتمل ہوتا ہے۔ وہ جگہ جہاں چوتھا گرفتی الیکٹرون مفقود (Missing) ہوتا ہے اس کو الیکٹرون ہول (Electron Hole) یا الیکٹرون خلا (Electron Vacancy) کہا جاتا ہے۔ (دیکھیے شکل 1.34 (c)) کوئی الیکٹرون ہمسایہ ایٹم سے آسکتا ہے اور الیکٹرون ہول (Hole) کو پر کر سکتا ہے لیکن اس طرح ڈوپنگ کرنے میں یہ، ایک الیکٹرون ہول کو اپنی اور بجٹل پوزیشن پر چھوڑے گا۔ اگر ایسا ہوتا ہے تو پھر یوں لگے گا گویا الیکٹرون ہول اس الیکٹرون کی مخالف سمت میں آگے بڑھ گیا ہے جس نے اس کی جگہ بھری تھی۔ برقی فیلڈ کے اثر کے تحت، الیکٹرون، الیکٹرونک ہولز (Holes) کے وسیلے سے مثبت طور پر چارج شدہ پلیٹ کی طرف بڑھتے ہیں لیکن لگے گا یوں گویا



شکل 1.34: گروپ 13 اور گروپ 14 کے عناصر کی ڈوپنگ کے ذریعہ n-ٹائپ اور p-ٹائپ نیم موصلوں کی تخلیق۔



الیکٹرون ہول مثبت طور پر چارج ہیں اور منفی طور پر چارج شدہ پلیٹ کی طرف بڑھ رہے ہیں۔ اس قسم کے نیم موصل p ٹائپ، نیم موصل کہلاتے ہیں۔

(Applications of n-type and p-type semiconductors)

p-type semiconductors)

n-ٹائپ اور p ٹائپ نیم موصلوں کے مختلف اتحاد (Combinations) الیکٹرونک گل پرزے بنانے میں استعمال کیے جاتے ہیں۔ n 'Diode اور p ٹائپ نیم موصلوں کا ایک اتحاد ہے جس کا استعمال ایک Rectifier کی شکل میں کیا جاتا ہے۔ ایک ٹائپ کے نیم موصل کی پرت کو دوسرے ٹائپ کے نیم موصل کی دوپرتوں کے درمیان رکھ کر ٹرانسسٹر بنائے جاتے ہیں۔ npn اور pnp ٹائپ کے ٹرانسسٹروں کا استعمال ریڈیو یا آڈیو سگنلوں کی کھوج کرنے یا ان کو بڑھانے (Amplify) کے لیے کیا جاتا ہے۔ شمسی سیل (Solar Cell) ایک کارگر Photo-Diode ہے جس کا استعمال نوری توانائی (Light Energy) کو برقی توانائی میں تبدیل کرنے کے لیے کیا جاتا ہے۔

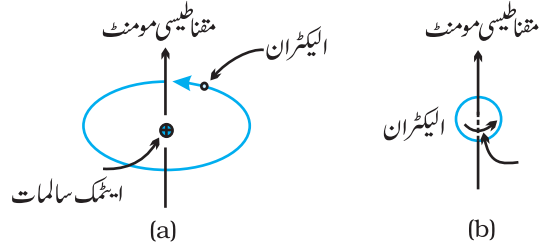
جرمنیم اور سلی کون گروپ 14 کے عناصر ہیں اور اسی وجہ سے چار کی گرفت ان کی خصوصیت ہے اور وہ چار بند (Bonds) بناتے ہیں جیسے کہ ڈائمنڈ میں۔ ٹھوس حالت والی اشیا کی بہت سی قسمیں چار کے اوسط گرفت کی تحریک کے لیے گروپ 13 اور 15 یا گروپ 12 اور 16 کے اتحاد سے تیار کی جاتی ہیں۔ جیسا کہ Ge اور Si میں ہے۔ گروپ 13-15 خصوصی مرکبات AlP، InSb اور GaAs ہیں۔ گلیم آرسینائیڈ (GaAs) نیم موصلوں کی کارکردگی بہت تیز ہوتی ہے اور انھوں نے نیم موصلوں کی ڈیزائن اور طریق کار میں انقلاب پیدا کر دیا ہے۔ CdS، ZnS، CdSe اور HgTe، گروپ 16-12 کے مرکبات کی مثالیں ہیں۔ ان مرکبات (Compounds) میں بند کامل طور پر شریک گرفتی نہیں ہوتے اور آئیونک کردار دونوں عناصر کی برقی منفیوں (Electronegativities) پر منحصر ہوتا ہے۔

دلچسپ بات یہ ہے کہ عبوری دھاتی آکسائیڈ (Transition Metal Oxides)، برقی خواص میں نمایاں اختلافات کا اظہار کرتے ہیں۔  $ReO_3$ ،  $CrO_2$ ،  $TiO$  اور دھات جیسا رویہ (Behaviour) ظاہر کرتے ہیں (Rhenium Oxide)،  $ReO_3$ ، اپنی موصلیت اور ظاہری شکل میں دھاتی کا پرکی طرح ہوتا ہے۔ کچھ اور آکسائیڈ جیسے  $VO$ ،  $VO_2$ ،  $VO_3$  اور  $TiO_3$  دھات یا ایک عاجز کے خواص کا اظہار کرتے ہیں جس کا انحصار درجہ حرارت پر ہے۔

ہر شے سے کچھ مقناطیسی خواص وابستہ ہوتے ہیں۔ ان خواص کا منبع الیکٹرون میں موجود ہوتا ہے۔ ایٹم کا ہر الیکٹرون ایک چھوٹے سے مقناطیس کی طرح اپنے رویے کا اظہار کرتا ہے۔ اس کا مقناطیسی معیار اثر (Magnetic Moment) دو ٹائپ کی حرکتوں سے وجود میں آتا ہے (i) ایک نیوکلیس کے چاروں طرف اربطل حرکت سے اور (ii) دوسرے اس کے اپنی دھری کے چاروں طرف گردش سے (دیکھیے شکل 1.35) الیکٹرون کو جو ایک چارج شدہ ذرہ ہوتا ہے اور ان حرکتوں (Motions) کے زیر اثر ہوتا ہے، کرنٹ کا سب سے چھوٹا حلقہ (Loop) سمجھا جاسکتا ہے جو

1.11 مقناطیسی خصوصیات (Magnetic Properties)

ایک مقناطیسی معیار اثر کا مالک ہوتا ہے۔ اس طرح ہر الیکٹرون کا ایک مستقل چکر اور ایک آرٹھل مقناطیسی معیار اثر ہوگا جو اس سے تعلق رکھتا ہے۔ اس مقناطیسی معیار اثر کی ضخامت (Magnitud) بہت چھوٹی ہوتی ہے اور اس کو جس یونٹ میں ناپا جاتا ہے اسے Bohr LiB Magneton کہا جاتا ہے۔ یہ  $9.2710^{-24} \text{ Am}^2$  کے مساوی ہوتا ہے۔



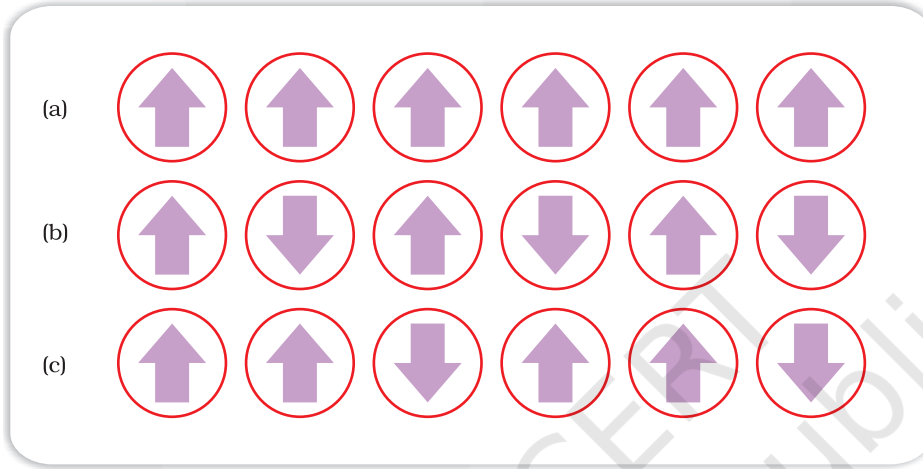
شکل 1.35: اس مقناطیسی معیاری اثر کا اظہار جو وابستہ ہے (a) کسی آرٹھنگ الیکٹرون سے اور (b) گردشی الیکٹرون سے

مقناطیسی خواص کی بنیاد پر۔ اشیا (Substance) کی پانچ زمروں میں درجہ بندی کی جاسکتی ہے:

- (i) پیرامیگنیٹک (ii) ڈایا میگنیٹک (iii) فیرو میگنیٹک (iv) اینٹی فیرو میگنیٹک اور (v) فیرو میگنیٹک پیرامیگنیٹک: پیرامیگنیٹک اشیا کی میگنیٹک فیلڈ میں کشش بہت کمزور ہوتی ہے۔ کسی میگنیٹک فیلڈ میں ان کا مقناطیسی (Magnetization) اسی سمت میں ہوتا ہے۔ یہ میگنیٹک فیلڈ کی عدم موجودگی میں اپنی مقناطیسی (Magnetsim) کھو بیٹھتی ہیں۔ پیرامیگنیٹکزم۔ ایک یا زیادہ غیر جوڑی دار الیکٹرونوں (Unpaired Electrons) کی وجہ سے ہوتا ہے جن کو میگنیٹک فیلڈ کے ذریعے کھینچا جاتا ہے۔ ہے۔  $\text{O}_2$ ،  $\text{Cu}^{2+}$ ،  $\text{Fe}^{3+}$  اور  $\text{Cr}^{3+}$  اس قسم کی اشیا (Substances) کی ہی کچھ مثالیں ہیں۔
- (ii) ڈایا میگنیٹکزم: ڈایا میگنیٹک اشیا کسی میگنیٹک فیلڈ کے ذریعے بہت کمزور طور پر دفع کی جاتی ہیں۔  $\text{NaCl}$ ،  $\text{H}_2\text{O}$  اور  $\text{C}_6\text{H}_6$  ایسی ہی اشیا کی مثالیں ہیں۔ ایک مقناطیسی میدان میں ان کی مخالف سمت میں بہت کمزور طریقے پر مقناطیسی ہوتا ہے۔ ڈایا میگنیٹکزم کا اظہار ان اشیا کے ذریعے ہوتا ہے جن میں الیکٹرون جوڑے دار (Paired) ہوتے ہیں اور وہاں غیر جوڑے دار الیکٹرون نہیں ہوتے۔ الیکٹرون کی جوڑے داری (Pairing) اپنے مقناطیسی معیاری اثرات کو مسترد کر دیتی ہے اور وہ اپنے مقناطیسی کردار کو چھوڑ بیٹھتے ہیں۔
- (iii) فیرو میگنیٹکزم: کچھ اشیا جیسے لوہا، کوبالٹ، نکل، گڈ وینیم اور  $\text{Cr}_2\text{O}_2$  کی مقناطیسی میدان کے ذریعے بہت شدید کشش ہوتی ہے۔ ایسی اشیا کو فیرو میگنیٹک اشیا (Ferromagnetic Substances) کہتے ہیں۔ شدید کشش کے علاوہ، ان اشیا کا مستقل طور پر مقناطیسی کیا جاسکتا ہے۔ ٹھوس حالت میں فیرو میگنیٹک اشیا کے دھاتی آئینوں کی باہم گروپنگ چھوٹے چھوٹے علاقوں (regions) میں کی جاتی ہے۔ ان علاقوں کو قلمرو (غیر مخلوط مقناطیسی علاقہ) (Domains) کہا جاتا ہے۔ اس طرح ہر قلمرو (domain) ایک چھوٹے مقناطیسی کی طرح عمل کرتی ہے۔ ایک فیرو میگنیٹک شے کے غیر مقناطیسی شدہ (Unmagnetized) ٹکڑے میں غیر مخلوط مقناطیسی علاقوں (Domains) کی تشریح (Orientation) انکل پچھو ہوتی ہے اور ان کے مقناطیسی معیاری میدان میں رکھا جاتا ہے تو تمام قلمروؤں کی تشریح (Orientation) مقناطیسی میدان کی سمت میں ہو جاتی ہے۔ (شکل 1.36 (a)) اور ایک شدید مقناطیسی اثر پیدا ہوتا ہے۔ قلمروؤں کی یہ نظم و ترتیب اس وقت بھی باقی رہتی ہے جب مقناطیسی میدان ختم ہو جاتا ہے اور فیرو میگنیٹک شے مستقل میگنیٹ بن جاتی ہے۔
- (iv) اینٹی فیرو میگنیٹکزم:  $\text{MnO}$  جیسی اشیا (Substances) کی جو اینٹی فیرو میگنیٹکزم کا اظہار کرتی ہیں قلمرو ساخت (Domain Structure) ایسی ہی ہوتی ہے جیسی فیرو میگنیٹک اشیا کی لیکن ان قلمرو

(Domains) کی تشریح مخالف سمت میں ہوتی ہے اور وہ ایک دوسرے کے مقناطیسی معیار اثر کو ختم کر دیتی ہیں۔ (شکل 1.36 (b))

(v) فیری میگنیٹزم: فیری میگنیٹزم کا مشاہدہ اس وقت ہوتا ہے جب شے میں قلمروؤں (Domains) کے مقناطیسی مومنٹ (Moments) متوازی اور مخالف متوازی سمتوں میں غیر مساوی تعداد میں قطار بند ہوتے ہیں۔ (شکل 1.36 (c))۔ فیرو میگنیٹک اشیاء کے مقابلے، یہ مقناطیسی میدان کے ذریعے بہت کمزور طریقے پر کھینچتے ہیں۔  $Fe_3O_4$  (Magnetite) اور فیری ٹائٹ (Ferrites) جیسے  $MgFe_2O_4$  اور  $MgFe_2O_4$  ایسی ہی اشیاء کی مثالیں ہیں۔ گرم کرنے پر یہ اشیاء فیری میگنیٹزم کو کھودتی ہیں اور پیرامیگنیٹک ہو جاتی ہیں۔



شکل 1.36: (a) فیرو میگنیٹک (b) اینٹی فیرو میگنیٹک اور (c) فیری میگنیٹک میں مقناطیسی معیارات کی قیاسی قطار بندی (Schematic Alignment)

### متن پر مبنی سوالات

1.19 جب ایک ٹھوس کو گرم کیا جاتا ہے تو کون سا نقص (Defect) پیدا ہو جاتا ہے؟ اس سے کون سی طبعی خاصیت (Property) متاثر ہوتی ہے اور کس طریقے سے ہوتی ہے؟

1.20  $AgBr$  اور  $ZnS$  کس ٹائپ کے تناسب پیمائشی (Stoichiometric) نقص کا اظہار کرتے ہیں؟

1.21 جب کسی ایونک ٹھوس میں اونچی گرفت کے کیٹائین کا اضافہ ایک ملاوٹ کے روپ میں کر دیا جاتا ہے تو اس میں کس طرح خلاؤں (Vacancies) کو داخل (Introduce) کیا جاتا ہے۔ وضاحت کیجیے۔

1.22 ایونک ٹھوس جو کثیر دھاتی نقص (Metal Excess Defect) کی وجہ سے این ایونک خلا (Vacancy) رکھتے ہیں، رنگ بناتے ہیں مناسب مثال کی مدد سے وضاحت کیجیے۔

1.23 گروپ 14 کا عنصر کسی مناسب ملاوٹ کی ڈوپنگ کے ذریعے n ٹائپ کے نیم موصل میں تبدیل ہو جاتا ہے۔ یہ ملاوٹ کس گروپ سے متعلق ہونی چاہیے؟

1.24 کس قسم کی اشیاء (Substances) بہتر اور مستقل میگنیٹس — فیرو میگنیٹک یا فیری میگنیٹک — بناتے ہیں مدلل لکھیے۔

ٹھوس مستقل کمیت، حجم اور شکل رکھتے ہیں۔ ایسا ان کے ترکیبی ذرات کی مقررہ (Fixed) پوزیشن اور ان کے درمیان، مختصر فاصلوں اور شدید تعاملوں کی وجہ سے ہوتا ہے۔ قلمی یعنی امورفس (Amorphous) ٹھوسوں میں، ترکیبی ذرات کی ترتیب میں صرف مختصر رینج کا نظام (short range order) ہوتا ہے اور نتیجے میں ان کا رویہ اعلیٰ سرد مائع (Supre Cooled Liquids) کا ہوتا ہے نیز ان کا نقطہ گداخت..... (Sharp) نہیں ہوتا اور وہ اپنی فطرت میں ہم طرف (Iso tropic) ہوتے ہیں۔ قلمی ٹھوسوں کے ترکیبی ذرات کی ترتیب میں ایک لمبی رینج کا نظام (Long range order) ہوتا ہے۔ ان کا نقطہ گداخت بہت زیادہ (Sharp) ہوتا ہے اور وہ اپنی فطرت میں غیر ہم طرف (Aniso tropic) ہوتے ہیں نیز ان کے ذرات مخصوص شکل والے ہوتے ہیں۔ قلمی ٹھوسوں کے خواص، ان کی ترکیبی ذرات کے مابین تعاملات کی نوعیت پر منحصر ہوتے ہیں۔ اس اعتبار سے وہ چار زمروں میں درجہ بند کیے جاسکتے ہیں یعنی، سالماتی (Molecular)، آیونک، (Ionic)، دھاتی اور شریک گرتی (Covalent) ٹھوس، خواص کے اعتبار سے ان کے درمیان بہت اختلافات ہیں۔

قلمی ٹھوسوں میں ترکیبی ذرات ایک باقاعدہ نمونے (Pattern) پر مرتب ہوتے ہیں اور یہ نمونہ (Pattern) تمام قلم (Crystal) میں چلتا ہے یہ ترتیب اکثر نقطوں کی تین ابعادی قطار کی شکل میں ظاہر ہوتی ہے جس کو قلمی جالی (Crystal Lattice) کہا جاتا ہے۔ جالی کا ہر نقطہ کسی خلا (Space) میں ایک ذرہ کے وقوع (Location) کو بتاتا ہے۔ مجموعی طور پر چودہ مختلف قسم کی جالیاں ممکن ہیں جنہیں (Bravice Lattices) کہا جاتا ہے۔ ہر جالی اس کے خصوصی حصے (Characteristic Portion) کی تکرار سے بنایا جاسکتا ہے جسے یونٹ سیل کہتے ہیں۔ ایک یونٹ سیل کی خصوصیت اس کی حاشیائی لمبائیاں (Edge Length) اور ان حاشیوں کے درمیان تین زاویے ہیں۔ یونٹ سیل یا تو ابتدائی (Primitive) ہوں گے جن کے ذرات صرف ان کی کارنر پوزیشنوں پر ہوتے ہیں یا پھر مرکزی Centred ہوں گے۔ مرکزی یونٹ سیل اپنے جسمی مرکز (Body Centre) پر، ہر رخ کے مرکز (Face Centred) پر یا دو متضاد رُخوں کے مرکز (End Centred) پر اضافی ذرات کے حامل ہوتے ہیں۔ ابتدائی (Primitive) یونٹ سیل سات طرح کے ہوتے ہیں۔ مرکزی (Centred) یونٹ سیل کے حساب سے، یونٹ سیل کی کل تعداد سات قسم کی بنیادی اکائی سیل ہیں۔ مرکزی یونٹ سیل کو اگر شامل کر لیا جائے تو کل ملا کر چودہ قسم کی یونٹ سیل ہیں جس کے نتیجے میں چودہ Breavais Lattices بنتے ہیں۔

ذرات کی کلوز پیکنگ کے نتیجے میں دو بہت زیادہ کارگر لیٹس حاصل ہوتے ہیں یعنی (Hexagonal Closed) اور (Cubic Colsed Packed) ccp اور (Pakced) hcp (آخر الذکر (Face Centrel Cubic) fcc لیٹس بھی کہلاتی ہے۔ ان دونوں قسم کی پیکنگ میں 74% جگہ بھری رہتی ہے۔ باقی جگہ دو قسم کے واڈ (Voids) کی شکل میں موجود ہوتی ہے جنہیں آکٹا ہیڈرل واڈ (Octa hedral Voids) اور ٹیٹرا ہیڈرل واڈ (Tetra hedral Voids) کہتے ہیں۔ دیگر قسم کی پیکنگ کلوز پیکنگ نہیں ہیں اور ان میں ذرات کی پیکنگ زیادہ کارگر نہیں ہوتی ہے جب کہ (Body Centrel Cubic) bcc لیٹس میں 68% جگہ پر ہوتی ہے۔ سادہ مکعبی لیٹس میں صرف 52.4% جگہ پر ہی ہوتی ہے۔

ٹھوس اشیاء کی ساخت کامل نہیں ہوتی۔ ان میں کئی قسم کے نقص (defects) پائے جاتے ہیں۔ نقطہ نقص (Point defect) اور خطی نقص (Line Defect) عام قسم کے نقص ہیں۔ نقطہ نقص تین قسم کے ہوتے ہیں۔ تناسبی پیمائی نقص (Stoichiometric

(Defect، ملاوٹ کا نقص) (Impurity Defect) اور غیر تناسب پیمائی نقص۔ ویکینی نقص اور انٹرا سٹیشل نقص، تناسب پیمائی نقطہ نقص کی دو بنیادی قسمیں ہیں۔ آئی ٹھوس اشیاء میں یہ نقص فرینکل (Frenkel) اور شٹاٹ کی نقص (Shottky Defect) کی شکل میں موجود ہوتے ہیں۔ ملاوٹ کے نقص کرسٹل میں موجود دو ملاوٹوں کی وجہ سے ہوتے ہیں۔ آئی ٹھوس اشیاء میں جب ملاوٹ کا ویلنس خاص مرکب کے ویلنس سے مختلف ہوتا ہے تو کچھ ویکینی پیدا ہو جاتی ہیں غیر تناسب پیمائی نقص دھاتوں کی زیادتی (Metal excess) یا دھاتوں کی کمی (Metal Deficient) قسم کے ہوتے ہیں۔ بعض اوقات ملاوٹوں کی تحسب شدہ مقدار کو کچھ نیم موصلوں میں ملا دیا جاتا ہے جس سے ان کی برقی خصوصیات تبدیل ہو جاتی ہیں۔ اس قسم کے مادوں کا استعمال الیکٹرانک صنعت میں بڑے پیمانے پر کیا جاتا ہے۔ ٹھوس اشیاء کئی قسم کی مقناطیسی خصوصیات کو ظاہر کرتی ہیں مثلاً پیرامقناطیسیت، ڈایا مقناطیسیت، فیرو مقناطیسیت، اینٹی فیرو مقناطیسیت اور فیری مقناطیسیت ان خصوصیات کا استعمال سمعی بصری اور دیگر ریکارڈنگ کے آلات میں کیا جاتا ہے۔ یہ سبھی خصوصیات ان کے الیکٹران تشکل یا ساختوں سے مربوط ہیں۔

## مشقیں

- 1.1 اصطلاح غیر قلمی (Amorphous) کی تعریف بیان کیجیے۔ غیر قلمی ٹھوس اشیا کی چند مثالیں پیش کیجیے۔
- 1.2 کس وجہ سے کانچ، کوارٹز جیسے ٹھوس کے مقابلے مختلف ہوتا ہے؟ کن حالات میں کوارٹز کو کانچ میں تبدیل کیا جاسکتا ہے؟
- 1.3 مندرجہ ذیل ٹھوس اشیاء کی درجہ بندی آئی، دھاتی، سالماتی، نیٹ ورک (شریک گرفت) یا امارنس کے تحت کیجیے۔

(i) ٹیٹرا فاسفورس ڈیک آکسائیڈ (CP<sub>4</sub>O<sub>10</sub>)

(ii) امونیم فاسفیٹ (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

(iii) SiC

(iv) I<sub>2</sub>

(v) P<sub>4</sub>

(vi) پلاسٹک

(vii) گریفائٹ

(viii) پیتل

(ix) Rb

(x) LiBr

(xi) Si

- 1.4 (i) اصطلاح کو آرڈینیشن نمبر، سے کیا مراد ہے؟  
(ii) مندرجہ ذیل میں ایٹموں کا کوآرڈینیشن نمبر کیا ہوگا۔
- (a) ccp ساخت میں  
(b) bcc ساخت میں
- 1.5 آپ کسی نامعلوم دھات کی ایٹمی کمیت کا تعین کس طرح کریں گے اگر آپ کو اس کی کثافت اور یونٹ سیل کی جسامت معلوم ہے؟ تشریح کیجیے۔
- 1.6 کسی کرشل کے استحکام کی عکاسی اس کے نقطہ گداخت کی قدر سے ہوتی ہے۔ اپنے خیالات کا اظہار کیجیے۔ ٹھوس پانی، استھائل الکوحل، ڈائی استھائل ایٹر اور میتھین کے نقطہ گداخت جمع کیجیے۔ ان سالمات کے درمیان بین سالماتی قوتوں کے بارے میں آپ کیا کہہ سکتے ہیں؟
- 1.7 مندرجہ ذیل اصطلاحات کے جوڑوں کے درمیان آپ کس طرح فرق کریں گے؟
- (i) ccp اور hcp  
(ii) قلمی جالی (کرشل لیٹس) اور یونٹ سیل  
(iii) چوڑی خلا اور ہشت سٹی خلا
- 1.8 مندرجہ ذیل ہر ایک لیٹس کی یونٹ سیل میں کتنے لیٹس پوائنٹ ہوتے ہیں؟
- (i) رخ مرکزی مکعبی (fcc)  
(ii) رخ مرکزی ٹیٹراگونل (fct)  
(iii) جسم مرکزی
- 1.9 تشریح کیجیے۔
- (i) دھاتی اور آئینی کرشلوں میں یکسانیت اور فرق کی بنیاد۔  
(ii) آئینی ٹھوس سخت اور پھونک ہوتے ہیں۔
- 1.10 مندرجہ ذیل کے لیے دھاتی کرشل کے معاملے میں پیکنگ کی کارکردگی کی تحسیب کیجیے۔
- (i) سادہ مکعبی  
(ii) جسم مرکزی مکعبی  
(iii) رخ مرکزی مکعبی (فرض کیجیے کہ ایٹم ایک دوسرے کو مس کر رہے ہیں)
- 1.11 سلور fcc لیٹس میں کرشٹلائز ہو جاتی ہے۔ اگر سیل کے کنارے کی لمبائی  $4.07 \times 10^{-8}$  اور کثافت  $10.5 \text{ g cm}^{-3}$  ہو تو سلور کی ایٹمی کمیت معلوم کیجیے۔
- 1.12 ایک متعلی ٹھوس p اور Q دو عناصر سے بنا ہے۔ Q کے ایٹم کعب کے کونوں پر ہیں اور p کے اندر ایٹم مرکز میں ہیں۔ مرکب کا فارمولہ کیا

ہوگا؟ اور  $Q$  کا کوآرڈینیٹس نمبر کیا ہوگا؟

1.13 نیوہیم جسم مرکزی مکعبی ساخت میں کرسٹلائز ہوتا ہے۔ اگر کثافت  $8.55 \text{ g cm}^{-3}$  ہو تو نیوہیم کا ایٹمی نصف قطر معلوم کیجیے۔ اس کی ایٹمی کمیت  $93U$  ہے۔

1.14 اگر آکٹاہیڈرل وانڈ کا نصف قطر اور کلوز پیکنگ میں ایٹموں کی نصف قطر  $R$  ہے تو  $r$  اور  $R$  کے درمیان تعلق واضح کیجیے۔

1.15  $fcc$  لیٹس میں کرسٹلائز ہوتا ہے جس کے کنارے کی لمبائی  $3.61 \times 10^{-8} \text{ cm}$  ہے۔ دکھائیے کہ تحسب شدہ کثافت، پیمائش کی گئی قدر کے مطابق ہے۔

1.16 تجزیہ کرنے پر معلوم ہوتا ہے کہ نکل آکسائیڈ کا فارمولہ  $NiO_{0.98}O_{1.00}$  ہے۔ نکل کا کتنا حصہ  $Ni^{2+}$  اور کتنا حصہ  $Ni^{3+}$  آئینوں کی شکل میں ہے؟

1.17 نیم موصل (Semi Conductor) کیا ہے؟ نیم موصلوں کی دو خاص قسمیں بیان کیجیے اور ان کے ایصال میکانزم کا موازنہ کیجیے۔

1.18 غیر تناسب پیمائی کیو پرسی آکسائیڈ  $Cu_2O$  کو تجربہ گاہ میں تیار کیا جاسکتا ہے۔ اس آکسائیڈ میں، کاپر کی آکسیجن سے نسبت 2:1 سے تھوڑا کم ہے۔ کیا آپ اس حقیقت کی وجہ بتا سکتے ہیں کہ یہ  $p$ -قسم کی نیم موصل ہے۔

1.19 فیرک آکسائیڈ آئینوں کی  $hcp$  ترتیب میں کرسٹلائز ہوتا ہے جس میں تین میں سے دو آکٹاہیڈرل سوراخ فیرک آئینوں کے ذریعہ گھیر لیے جاتے ہیں۔ فیرک آکسائیڈ کا فارمولہ معلوم کیجیے۔

1.20 مندرجہ ذیل میں ہر ایک کی درجہ بندی  $p$  قسم یا  $n$  قسم کے نیم موصل کے تحت کیجیے۔

(i)  $Ge$  میں  $In$  کی آمیزش

(ii)  $B$  میں  $Si$  کی آمیزش

1.21 گولڈ (ایٹمی نصف قطر =  $0.144 \text{ nm}$ ) رخ مرکزی یونٹ سیل میں کرسٹلائز ہوتا ہے۔ سیل کے ایک ضلع کی لمبائی کیا ہوگی؟

1.22 بیڈ تھیوری کے مطابق مندرجہ ذیل میں فرق بتائیے۔

(i) موصل اور حاجز

(ii) موصل اور نیم موصل

1.23 مندرجہ ذیل اصطلاحات کی وضاحت مع مثال کیجیے۔

(i) شاٹ کی نقص (ii) فرینکل نقص (iii) انٹرا سٹیٹل اور (iv) مرکزی

1.24 ایلیمینیم  $ccp$  ساخت میں کرسٹلائز ہوتا ہے۔ اس کا دھاتی نصف قطر  $125 \text{ pm}$  ہے۔

(i) یونٹ سیل کے ضلع کی لمبائی کیا ہوگی؟

(ii) ایلیمینیم کے  $1.00 \text{ cm}^3$  میں کتنی یونٹ سیل ہوں گی؟

1.25 اگر  $NaCl$  کے  $10^{-3} \text{ mol\%}$  میں ڈوپنگ کی جائے تو کیٹ آئن ویکسٹی کا ارتکاز کیا ہوگا؟

1.26 مندرجہ ذیل کی وضاحت مع مثالوں کے کیجیے۔

- (i) فیرومقناطیسیت  
(ii) پیرامقناطیسیت  
(iii) فیری مقناطیسیت  
(iv) اینٹی فیرومقناطیسیت  
(v) 12-16 اور 13-15 گروپ مرکبات

متن پر مبنی کچھ سوالوں کے جوابات

4 1.14

1.15 وائڈ کی کل تعداد  $9.033 \times 10^{23}$

ٹیٹراہیڈرل وائڈ کی تعداد  $6.022 \times 10^{23}$

$M_2N_3$  1.16

ccp 1.18