By- Shailendra Shukla Sir

Chapter 1 ठोस अवस्था

ऐसे पदार्थ जिनका निश्चित आकार, निश्चित आयतन तथा स्पष्ट सीमा होती है, ठोस पदार्थ कहलाते हैं । ठोस पदार्थों का यंग मापांक (Young's modulus) तथा अपरूपता मापांक (modulus of deformation) उच्च होता है।

प्रत्येक ठोस अवयवी (रचक) कणों से मिलकर बना होता है। ये अवयवी कण परमाणु, अणु या आयन हो सकते है तथा परस्पर सुसंकुलित या निबिड संकुलित (closely packed) होते है । अतः ठोस कठोर तथा असंपीडिय होते हैं।

ठोस के अवयवी कणों के मध्य रिक्त स्थान बहुत कम होता है तथा इनकी स्थिति स्थिर बनी रहती है । अतः ठोस का आयतन निश्चित बना रहता है ।

इनका घनत्व (Mass/Volume) गैस तथा द्रव की तुलना में अधिक होता है । इनका गलनांक प्राय: उच्च होता है ।

ठोसों के प्रकार (Types of Solids)- ठोस दो प्रकार के होते हैं -

(1) क्रिस्टलीय ठोस (2) अक्रिस्टलीय ठोस

(1) क्रिस्टलीय ठोस (Crystalline Solids)

- **ऐसे ठोस जिनकी एक निश्चित क्रिस्टलीय संरचना तथा निश्चित ज्यामितीय आकार होता है, क्रिस्टलीय ठोस कहलाते हैं ।**
- क्रिस्टलीय ठोसों का एक निश्चित (लाक्षणिक) तथा अभिलाक्षणिक गलनांक (characteristic melting point) होता है । गर्म करने पर ये अपने गलनांक पर तुरंत पिघल जाते हैं ।
- क्रिस्टलीय ठोसों में रचक कणों की दीर्घ परासी व्यवस्था (long range order) पायी जाती है । अर्थात लंबी दूरी तक रचक कणो का विन्यास एक समान होता है ।
- क्रिस्टलीय ठोस विषमदैशिक (anisotropic) होते हैं । अर्थात इनके कुछ भौतिक गुण (physical properties) जैसे विद्युत चालकता, विद्युत प्रतिरोधकता (electrical resistance), अपवर्तनांक (refractive index) आदि भिन्न भिन्न दिशाओं में भिन्न भिन्न होते हैं । इसका कारण क्रिस्टलीय ठोसों में भिन्न भिन्न दिशाओं में रचक कणों की भिन्न भिन्न व्यवस्था है ।
- क्रिस्टलीय ठोस को तेज धार वाले औजार (sharp edged tool) से काटने पर प्राप्त दोनो टुकड़ों की सतहें सपाट तथा चिकनी (plane and smooth) होती हैं ।
- क्रिस्टलीय ठोसों के गलन की उष्मा (heat of fusion) निश्चित तथा अभिलाक्षणिक होती है ।
- क्रिस्टलीय ठोस वास्तविक ठोस होते हैं ।

CHEMISTRYFORCOMPETITION.COM

(2) अक्रिस्टलीय ठोस (Amorphous solids)

- ऐसे ठोस जिनकी कोई निश्चित क्रिस्टलीय संरचना **तथा निश्चित ज्यामितीय आकार** नही **होता है**, अक्रिस्टलीय ठोस कहलाते हैं।
- अक्रिस्टलीय ठोसों का निश्चित (तीक्ष्ण) तथा अभिलाक्षणिक गलनांक (melting point) नही होता है । गर्म करने पर अक्रिस्टलीय ठोस पहले मुलायम (नरम) होते हैं तथा इसके पश्चात पिघलते हैं।
- अक्रिस्टलीय ठोसों में रचक कणों की लघु परासी व्यवस्था (short range order) पायी जाती है । अर्थात लंबी दूरी तक रचक कणो का विन्यास एक समान नही होता है ।
- अक्रिस्टलीय ठोस समदैशिक (isotropic) प्रकृति के होते हैं । अर्थात इनके भौतिक गुण (physical properties) जैसे विद्युत चालकता, विद्युत प्रतिरोधकता (electrical resistance), अपवर्तनांक (refractive index) आदि सभी दिशाओं में समान होते हैं । इसका कारण यह है कि, इनमें में रचक कणों की दीर्घ परासी व्यवस्था (long range order) नहीं पायी जाती है तथा सभी दिशाओं में रचक कणों का अनियमित विन्यास (irregular arrangement) होता है ।
- अक्रिस्टलीय ठोस को तेज धार वाले औजार (sharp edged tool) से काटने पर प्राप्त दोनो टुकड़ों की सतहें सपाट तथा चिकनी (plane and smooth) नहीं होती, अपितु अनियमित तथा खुरदरी (irregular and rough) होती है ।
- अक्रिस्टलीय ठोसों के गलन की उष्मा (heat of fusion) निश्चित तथा अभिलाक्षणिक नहीं होती है।
- अक्रिस्टलीय ठोस वास्तविक ठोस नहीं होते हैं, अपितु आभासी ठोस या अतिशीतित द्रव होते हैं। जैसे प्लास्टिक, काँच, रबर आदि ।
- अक्रिस्टलीय ठोस ताप के एक निश्चित परास (A range of temperature) पर नरम हो जाते है, इसी कारण अक्रिस्टलीय ठोस को गलाकर साँचे में ढ़ाला जा सकता है।
- गर्म करने पर एक निश्चित ताप पर अक्रिस्टलीय ठोस, क्रिस्टलीय बन जाते हैं। इसी कारण प्राचीन सभ्यता से प्राप्त काँच से निर्मित वस्तुओं में दुधियापन पाया जाता है ।
- अक्रिस्टलीय ठोसों में तरल पदार्थो की भाँति प्रवाह की प्रवृति (fluidity) होती है। तथापि अक्रिस्टलीय ठोसों में प्रवाह की यह प्रवृति बहुत ही धीमी होती है। अक्रिस्टलीय ठोसों में प्रवाह की इस प्रवृति के कारण ही पुरानी इमारतों के खिड़कियों में लगे काँच, ऊपर की अपेक्षा नीचे थोडा मोटे हो जाते हैं ।
- अक्रिस्टलीय ठोस दैनिक जीवन में अत्यधिक उपयोगी हैं। जैसे silicon (अक्रिस्टलीय ठोस) सूर्य के प्रकाश का विद्युत रूपांतरण करने के लिए उपलब्ध श्रेष्टतम photovoltaic पदार्थ है।

CHEMISTRYFORCOMPETITION.COM

क्रिस्टलीय तथा अक्रिस्टलीय ठोसों में अंतर-

क्रिस्टलीय (Crystalline) ठोस	अक्रिस्टलीय (Amorphous) ठोस
इन ठोसों की एक निश्चित क्रिस्टलीय संरचना तथा एक निश्चित ज्यामितीय आकार होता है।	इन ठोसों की कोई निश्चित क्रिस्टलीय संरचना तथा निश्चित ज्यामितीय आकार नहीं होता है।
क्रिस्टलीय ठोस का एक निश्चित (तीक्ष्ण) तथा अभिलाक्षणिक गलनांक (melting point) होता है । गर्म करने पर क्रिस्टलीय ठोस अपने गलनांक पर पिघल जाते हैं ।	अक्रिस्टलीय ठोस का निश्चित (तीक्ष्ण) तथा अभिलाक्षणिक गलनांक नही होता है । गर्म करने पर अक्रिस्टलीय ठोस पहले मुलायम होते हैं तथा इसके पश्चात पिघलते हैं।
क्रिस्टलीय ठोस विषमदैशिक (anisotropic) होते हैं । अर्थात इनके कुछ भौतिक गुण (physical properties) जैसे विद्युत चालकता, विद्युत प्रतिरोधकता (electrical resistance), अपवर्तनांक (refractive index) आदि भिन्न भिन्न दिशाओं में भिन्न भिन्न होते हैं ।	समदैशिक (isotropic) प्रकृति के होते हैं । अर्थात इनके भौतिक गुण (physical properties) जैसे विद्युत चालकता, विद्युत प्रतिरोधकता (electrical resistance), अपवर्तनांक (refractive index) आदि सभी दिशाओं में समान होते हैं।
तेज धार वाले औजार से काटने पर ये सपाट व चिकनी सतह वाले दो भागो में विभक्त हो जाते है।	तेजधार वाले औजार से काटने पर ये समान व चिकनी सतह वाले दो भागो में विभक्त नहीं होते है।
क्रिस्टलीय ठोसों में रचक कणों की दीर्घ परासी व्यवस्था (long range order) पाया जाती है । अर्थात लंबी दूरी तक रचक कणो का विन्यास एक समान होता है ।	अक्रिस्टलीय ठोसों में रचक कणों की लघु परासी व्यवस्था (short range order) पायी जाती है । अर्थात लंबी दूरी तक रचक कणो का विन्यास एक समान नही होता है ।
ये वास्तविक ठोस (true solid) होते हैं।	ये आभासी ठोस (pseudo solid) या अतिशीतित द्रव (super cooled liquid) होते हैं।
उदाहरण- NaCl, ZnS , बेन्जोइक अम्ल, कॉपर, नैफ्थलीन , क्वार्ट्ज़ आदि ।	उदाहरण- काँच, लकड़ी, रबड़, PVC (पोलीविनाइल क्लोराइड) , टेफ्लॉन , रेशा कांच , फाइबर आदि ।

CHEMISTRYFORCOMPETITION.COM

➢ क्रिस्टलीय ठोसों का वर्गीकरण (Classification of Crystalline Solids)-

➢ रचक कणों के मध्य कार्यरत बलों (forces operating between constituent particles) की प्रकृति के आधार पर क्रिस्टलीय ठोस निम्नलिखित चार प्रकार के होते हैं-

(1) आणविक ठोस (Molecular Solids)

➢ ऐसे क्रिस्टलीय ठोस जिनके रचक कण अणु (Molecule) होते हैं, **आणविक ठोस** (Molecular Solid) कहलाते है । **आणविक ठोस** स्वयं तीन प्रकार के होते हैं-

(a) अध्रुवी आणविक **ठोस (Non-polar Molecular solids)-** परमाणुओं (जैसे निम्न ताप पर हीलियम, आर्गन आदि) अथवा अध्रुवी अणुओं (जैसे निम्न ताप पर H_2, Cl_2 और I_2 आदि) से बने ठोस अध्रुवीय **आणविक** ठोस कहलाते हैं । अध्रुवीय ठोसों के रचक कण (परमाणु अथवा अणु) परस्पर दुर्बल परिक्षेपण बलों (Weak Dispersion Forces or London Forces) द्वारा बँधे रहते हैं। अध्रुवीय ठोसों के गलनांक अत्यधिक निम्न होते हैं । कमरे के ताप और दाब पर ये सामान्यत: द्रव अथवा गैसीय अवस्था में पाए जाते हैं।

(b) ध्रुवीय आणविक ठोस (Polar Molecular Solids)-ध्रुवीय अणुओं (HCl, SO_2, NO_2 आदि) से बने ठोस ध्रुवीय आणविक ठोस कहलाते हैं । ध्रुवीय ठोसों के रचक कण (ध्रुवीय अणु) अपेक्षाकृत प्रबल द्विध्रुव-द्विध्रुव अन्योन्यक्रियाओं (dipole-dipole interactions) द्वारा एक दूसरे से बंधे होते हैं ।

ध्रुवीय आणविक ठोसों के गलनांक (melting point) अध्रुवीय आण्विक ठोसों की अपेक्षा अधिक होते हैं। तथापि ये कमरे के ताप और दाब पर सामान्यत: द्रव अथवा गैसीय अवस्था में पाए जाते हैं।

(c) हाइड्रोजन आबंधित आणविक ठोस (Hydrogen bonded Molecular Solids)-

➢ हाइड्रोजन आबंधित अणुओं (H_2O, NH_3, HF आदि) से बने ठोस हाइड्रोजन आबंधित आणविक ठोस कहलाते हैं । इन ठोसों के अणुओं के मध्य प्रबल हाइड्रोजन आबंधन पाया जाता है । हाइड्रोजन आबंधित आणविक ठोस विद्युत के कुचालक होते हैं। कमरे के ताप और दाब पर ये सामान्यत: वाष्पशील द्रव अथवा मुलायम ठोस होते हैं।

(2) आयनिक ठोस (Ionic Solids)

➢ ऐसे क्रिस्टलीय ठोस जिनके रचक कण विपरीत प्रकार से आवेशित आयन होते हैं, आयनिक ठोस (Ionic Solid) कहलाते हैं।

➢ आयनिक ठोसों (Ionic Solids) का निर्माण धनायनों (positively charged ions or cations) तथा ऋणायनों (negatively charged ions or anions) के त्रिविमीय विन्यासों (three dimensional

CHEMISTRYFORCOMPETITION.COM

arrangement) के कारण होता है। आयनिक ठोसों में विपरीत प्रकार से आवेशित आयनों के मध्य प्रबल स्थिर वैद्युत विद्युत स्थैतिक आकषण बल कार्य करता है।

- **आयनिक ठोस कठोर और भंगुर (brital) प्रकृति के होते हैं।**
- आयनिक ठोस के गलनांक (Melting point) और क्वथनांक (Boiling point) उच्च होते हैं।
- आयनिक ठोस में आयन गमन के लिए स्वतंत्र नहीं होते हैं, अत: ये ठोस अवस्था में विद्युत के कुचालक होते हैं। गलित अवस्था अथवा जल में घोलने पर इनके आयन गमन के लिए मुक्त हो जाते हैं तथा ये विद्युत का संचालन करने लगते हैं। इस तरह, आयनिक ठोस, ठोस अवस्था में विद्युत के कुचालक होते हैं जबकि गलित अवस्था तथा जलीय विलयन में विद्युत के सुचालक होते हैं।

(3) धात्विक ठोस (Metallic Solid)

- धातु परमाणुओं से बने ठोस धात्विक ठोस कहलाते हैं। धात्विक ठोस के अवयवी कण धनायन होते हैं। वास्तव में धातुएं मुक्त इलेक्ट्रॉन से घिरे और उनके द्वारा संलग्नित धनायनों का व्यवस्थित संग्रह हैं। ये इलेक्ट्रॉन निरंतर गतिशील होते हैं तथा क्रिस्टल में सर्वत्र समरूप से विस्तारित होते हैं।
- ये मुक्त और गतिशील इलेक्ट्रॉन ही धातुओं की उच्च वैद्युत और उष्मीय चालकता के लिये उत्तरदायी होते हैं। जब धातुओं में विद्युत धारा प्रवाहित की जाती है, तो ये इलेक्ट्रॉन धनायनों के नेटवर्क में सतत प्रवाह करते हैं तथा विद्युत धारा प्रवाहित होने लगती है। इसी तरह जब धातु के एक भाग को उष्मा प्रदान की जाती है तो इसके मुक्त तथा गतिशील इलेक्ट्रॉन इस उष्मीय उर्जा को धातु के पूरे भाग में समान रूप से विस्तारित कर देते हैं।
- धातुओं की विशेष चमक उनमें उपस्थित मुक्त तथा गतिशील इलेक्ट्रॉनो के कारण होती है। धातुएँ अत्यधिक अधातवर्धनीय (malleable) तथा तन्य (ductile) होती हैं।

(4) सहसंयोजक अथवा नेटवर्क ठोस (Covalent or Network Solids)

- ऐसे अधात्विक क्रिस्टलीय ठोस जिनमे रचक कण परमाणु होते हैं तथा संपूर्ण क्रिस्टल में निकटवर्ती परमाणुओं के बीच सहसंयोजक बंध बनने के कारण विस्तृत अनेकरूपता होती है, सहसंयोजक अथवा नेटवर्क ठोस कहलाते हैं।
- सहसंयोजक अथवा नेटवर्क ठोसों को विशाल अणु (Giant Molecule) भी कहा जाता है।
- सहसंयोजक अथवा नेटवर्क ठोस (Covalent or Netwok solids) के परमाणुओं के बीच पाए जाने वाले सहसंयोजक बंध दिशात्मक (Directional) प्रकृति के होते हैं, इसलिये परमाणु अपनी स्थितिओं पर अत्यधिक प्रबलता से स्थिर रहते हैं।
- ये अति कठोर तथा भंगुर होते हैं।

CHEMISTRYFORCOMPETITION.COM

- इनका गलनांक (Melting point) अत्यधिक उच्च होता है तथा ये गलन से पूर्व विघटित भी हो सकते हैं।
- सहसंयोजक अथवा नेटवर्क ठोस (Covalent or Netwok solids) विद्युतरोधी होते हैं, अर्थात विद्युत का संचालन नहीं करते हैं।
- Diamond, Graphite, Silicon carbide (SiC), quartz (SiO_2) आदि सहसंयोजक अथवा नेटवर्क ठोस के विशिष्ट उदाहरण हैं।

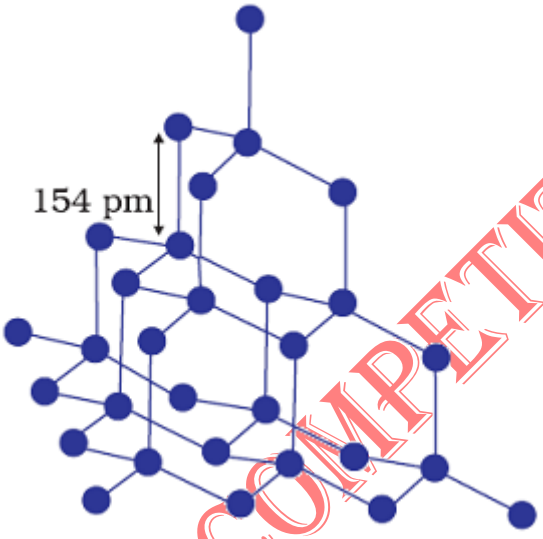

Fig.-Structure of Diamond

- ग्रेफाइट सहसंयोजक अथवा नेटवर्क ठोस का एक उदाहरण है, परंतु अपवाद स्वरूप ग्रेफाइट मुलायम तथा विद्युत का सुचालक है। ग्रेफाइट का यह अपवादी गुण उसकी विशिष्ट संरचना के कारण होता है।

- Download our Mobile App - "Exacademy" from App Store
- Download pdf at- https://chemistryforcompetition.com/
- For Video Lectures Visit- pradeep kshetrapal youtube channel

CHEMISTRYFORCOMPETITION.COM