

## BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

## Term-End Examination

June, 2010

## PHYSICS

## PHE-13 : PHYSICS OF SOLIDS

Time : 2 hours

Maximum Marks : 50

Note : Attempt four questions in all. Questions No. 1 and 2 are compulsory. Symbols have their usual meaning. You may use log-table or non programmable calculator.

1. Answer any five parts : 5x3=15

(a) Prove that for a close packed hcp lattice

$$\frac{c}{a} = \sqrt{\frac{8}{3}}$$

(b) What are Miller indices ? Discuss a scheme to determine the Miller indices of a plane.

(c) Explain ionic bonding and give two examples.

(d) The energy  $E$  of an electron in a crystalline solid is related to wave number  $k$  by the

$$\text{relation } E = \frac{10\hbar^2 k^2}{m}. \text{ Calculate effective}$$

mass and velocity of the electron.

(e) Distinguish between piezoelectrics and pyroelectrics.

- (f) What is Meissner effect ? How does it influence the perfect conductor model of a superconductor ?
- (g) What are liquid crystals ? Discuss their technological importance.

2. Answer *any three* parts : 3x5=15

(a) List all possible symmetry operations in cubic crystals. Explain your statements. Draw all possible axis of rotational symmetry in a cube.

(b) (i) For a simple cubic lattice with lattice constant  $a$ , calculate the distance between a family of (9, 5, 2) planes.

(ii) Calculate the volume of the unit cell with the following basis vectors :

$$\vec{a}_1 = \frac{a}{2} (\hat{j} + \hat{k}); \vec{a}_2 = \frac{a}{2} (\hat{k} + \hat{i});$$

$$\vec{a}_3 = \frac{a}{2} (\hat{i} + \hat{j})$$

(c) Define mobility of a charge carrier. Obtain an expression for conductivity of an intrinsic semiconductor. How does it vary with temperature ?

(d) Explain the term diamagnetism. Derive an expression for the susceptibility of a diamagnetic substance.

3. Derive the dispersion relation for a linear diatomic lattice. Explain the acoustic and optical modes of propagation in a diatomic crystal. 7+3

OR

State the assumptions of Debye model of lattice heat capacity. Obtain an expression for heat capacity of a solid at low temperatures on the basis of Debye's models. 2+8

4. Derive an expression for fermi energy of free electrons in a crystalline solid for which the number of energy states in the energy range  $E$  and  $E + dE$  is given by : 7+3

$$Z(E)dE = \frac{\pi}{2} \left( \frac{8mL^2}{h^2} \right)^{3/2} E^{1/2} dE.$$

The Fermi Energy of gold is 5.52 eV. Calculate the fraction of electrons excited above the Fermi level at room temperature.

OR

What is the optimum order of X-ray wavelengths and energy to observe diffraction effects? Describe powder method for X-ray diffraction. Discuss formation of diffraction pattern on photographic film. 2+8

5. (a) What are nano-structures? List the methods to obtain nano structures. Describe any one of them. 5

- (b) How is thin film different from a bulk material? Discuss the electrical and thermal properties of thin films. 5
- 

*Physical Constants :*

$$k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}.$$

---

## विज्ञान स्नातक ( बी.एस सी. )

सत्रांत परीक्षा

जून, 2010

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-13 : घन अवस्था भौतिकी

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

नोट : कुल चार प्रश्न करें। प्रश्न सं.1 तथा 2 अनिवार्य हैं। प्रतिकों के अपने सामान्य अर्थ हैं। आप लॉग टेबल या अप्रोग्रामीय कैलकुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं।

1. किन्हीं पाँच भागों के उत्तर लिखें : 5x3=15

(a) सुसंकुलित hcp जालक के लिए सिद्ध करें कि :

$$\frac{c}{a} = \sqrt{\frac{8}{3}}$$

(b) मिलर सूचकांक क्या हैं? किसी समतल के मिलर सूचकांक निर्धारित करने की विधि समझाएं।

(c) आयनी आबंधन समझाएं और उसके दो उदाहरण दीजिए।

(d) क्रिस्टलीय ठोस में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा,  $E$  और तरंग संख्या  $k$  निम्नलिखित संबंध से जुड़े हैं :

$$E = \frac{10\hbar^2 k^2}{m}$$

इस इलेक्ट्रॉन का प्रभावी द्रव्यमान और वेग परिकलित करें।

(e) दाब विद्युत् पदार्थ और ताप विद्युत् पदार्थ में अन्तर बताएं।

- (f) माइस्नर प्रभाव क्या है? यह अतिचालक के पूर्ण चालक मॉडल को किस तरह प्रभावित करता है?
- (g) द्रव - क्रिस्टल क्या हैं? इनका औद्योगिकीय महत्व समझाएं।

2. **किन्हीं तीन भागों के उत्तर लिखें :**

**3x5=15**

- (a) एक घनीय क्रिस्टल के लिए सभी संभव सममिति प्रक्रियाओं की सूची बनाएं और इन्हें समझाएं। एक घन के सभी संभव घूर्णन सममिति अक्ष आरेखित करें।
- (b) (i) जालक स्थिरांक  $a$ , वाले एक सरल घनीय जालक में (9, 5, 2) समतलों के कुल में अंतरातलीय दूरी परिकलित करें।
- (ii) निम्नलिखित बेसिस सदिश वाले एकक कोष्ठिका का आयतन परिकलित करें।

$$\vec{a}_1 = \frac{a}{2} (\hat{j} + \hat{k}); \vec{a}_2 = \frac{a}{2} (\hat{k} + \hat{i});$$

$$\vec{a}_3 = \frac{a}{2} (\hat{i} + \hat{j})$$

- (c) एक आवेश वाहक की गतिशीलता को परिभाषित करें। नैज अर्धचालक की विद्युत चालकता के लिए व्यंजक प्राप्त करें। यह तापमान के साथ किस प्रकार परिवर्तित होता है?
- (d) प्रतिचुंबकत्व से आप क्या समझते हैं? प्रतिचुंबकीय पदार्थ की चुंबकीय प्रवृत्ति के लिए व्यंजक की व्युत्पत्ति करें।

3. रेखीय द्विपरमाण्विक जालक के लिए परिक्षेपण संबंध की व्युत्पत्ति 7+3 करें। द्विपरमाण्वीय क्रिस्टल में प्रकाशीय और ध्वनिक विधा संचारण समझाएं।

अथवा

जालक ऊष्मा धारिता के डिबाई मॉडल की अभिधारणाएं बतायें। 2+8 डिबाई मॉडल के आधार पर न्यून तापमानों पर एक ठोस के ऊष्माधारिता का व्यंजक प्राप्त करें।

4. एक क्रिस्टलीय ठोस में ऊर्जा अंतराल  $E$  और  $E + dE$  में ऊर्जा 7+3 अवस्थाओं की संख्या का व्यंजक निम्नलिखित है :

$$Z(E)dE = \frac{\pi}{2} \left( \frac{8mL^2}{h^2} \right)^{3/2} E^{1/2} dE.$$

ठोस में मुक्त इलेक्ट्रॉन की फर्मी ऊर्जा के लिए व्यंजक प्राप्त करें। सोना की फर्मी ऊर्जा 5.52 eV है। कमरे के तापमान पर फर्मी स्तर से ऊपर के स्तरों में उत्तेजित होकर जाने वाले इलेक्ट्रॉनों की भिन्नात्मक संख्या परिकलित करें।

अथवा

विवर्तन प्रभावों के प्रेक्षण के लिए ऐक्स किरणों के तरंग दैर्ध्य 2+8 तथा ऊर्जा के इष्टतम मान किस कोटि के होने चाहिए? ऐक्स - किरण विवर्तन के पाउडर विधि बताएं। एक फोटोग्राफिक फिल्म पर ऐक्स - किरण प्रतिरूप कैसे बनता है, समझाएं।

5. (a) नैनो-संरचनाएं क्या हैं? नैनो संरचनाएँ बनाने के लिए 5 विभिन्न विधियों को सूचिकृत करें और किसी एक विधि का वर्णन करें।

- (b) तनु फिल्म समष्टि पदार्थ से किस प्रकार भिन्न होती है? 5  
तनु फिल्मों के वैद्युत और तापीय गुणधर्मों का वर्णन करें।
- 

**भौतिक नियतांक :**

$$k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}.$$

---