

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

00534

December, 2015

PHYSICS

PHE-13 : PHYSICS OF SOLIDS

Time : 2 hours

Maximum Marks : 50

Note : *All questions are **compulsory**. However, internal choices are given. You may use log tables or non-programmable calculators. Symbols have their usual meanings. The values of physical constants are given at the end.*

1. Attempt any **five** parts : $5 \times 3 = 15$

- (a) List all the symmetry elements of methane (CH_4) molecule.
- (b) Obtain the Miller indices of the plane intersecting the three axes along the basis vectors at 1, 2 and 4. Calculate the interplanar distance for this plane in terms of lattice constant, a .
- (c) Arrange the following bonds in ascending order of their strength and write one example of each :
 - (i) Ionic bond
 - (ii) Van der Waals bond
 - (iii) Covalent bond

- (d) The angular frequency of a longitudinal wave propagating in a 1-D monatomic chain is $\frac{36k}{\pi}$. Calculate the group velocity and phase velocity.
- (e) Depict the energy variation of Fermi function of electrons. Prove that at $E = E_F$, the occupation probability is 0.5.
- (f) What is the effect of dopant concentration on the Fermi energy of n - and p -type semiconductors?
- (g) Plot a typical hysteresis loop and write the characteristics of the hysteresis loop of the magnetic material used in high frequency applications.
- (h) Differentiate between the piezoelectric and pyroelectric crystals.

2. Attempt any **two** parts :

2×5=10

- (a) Define the atomic packing fraction. Calculate the atomic packing fraction of face centred cubic (fcc) system.
- (b) Obtain the reciprocal lattice vectors for the lattice with primitive translation vectors :

$$\mathbf{a}_1 = \hat{\mathbf{i}} + \hat{\mathbf{j}}, \mathbf{a}_2 = 2\hat{\mathbf{j}} \text{ and } \mathbf{a}_3 = \hat{\mathbf{i}} + 2\hat{\mathbf{j}} + 2\hat{\mathbf{k}}$$

- (c) Explain the experimental arrangement for Laue method of X-ray diffraction. Why is it not possible to determine the lattice constant using this method?

3. Attempt any *one* part :

1×5=5

- (a) Under deformation stress, the orthogonal axes in elastic solids get deformed due to strain. Show that the deformed coordinate axes are not orthogonal.
- (b) Debye temperature of aluminium is 418 K. Calculate the maximum frequency of lattice vibrations and the thermal energy for 1 mole of Al at Debye temperature on the basis of classical heat capacity.

4. Attempt any *two* parts :

2×5=10

- (a) The lattice constant of a 2-D square lattice is $3\text{\AA}$. Calculate the momentum of an electron whose wave terminates at the boundary of first Brillouin zone. Then calculate its energy in eV.
- (b) Starting with the expressions for the intrinsic electron concentration $[(n_e)_i]$ and intrinsic hole concentration $[(n_h)_i]$, for a semiconductor, obtain the expression for intrinsic Fermi energy at temperature T in terms of energy gap, and effective masses of holes and electrons.
- (c) Write down important features of the crystal structure of copper oxide based high T_c superconductors. Discuss the role of Cu – O planes in superconductivity.

5. Attempt any *two* parts :

2×5=10

- (a) Depict the five types of point defects in a crystal.
- (b) What is a liquid crystal ? Explain the working of liquid crystal display.
- (c) How is a polymer capacitor used as a humidity transducer ?

Physical Constants :

$$h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$$

$$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$m_p = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2015

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-13 : घन अवस्था भौतिकी

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

नोट: सभी प्रश्न अनिवार्य हैं। किन्तु, आन्तरिक विकल्प दिए गए हैं। आप लॉग सारणियों अथवा अप्रोग्रामीय कैल्कुलेटरो का प्रयोग कर सकते हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं। भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं।

1. किन्हीं पाँच भागों को हल कीजिए :

5×3=15

(क) मेथैन (CH_4) अणु के सभी सममिति अवयवों की सूची बनाइए।

(ख) 1, 2 तथा 4 पर आधार (बेसिस) सदिशों के अनुदिश तीन अक्षों को विच्छेदित करने वाले समतल के मिलर सूचकांक प्राप्त कीजिए। इस समतल की अंतरातलीय दूरी जालक स्थिरांक a के पदों में परिकलित कीजिए।

(ग) निम्नलिखित आबंधनों को इनके बल के आरोही क्रम में व्यवस्थित कीजिए एवं प्रत्येक का एक-एक उदाहरण लिखिए :

(i) आयनी आबंध

(ii) वाण्डर वाल्स आबंध

(iii) सहसंयोजी आबंध

- (घ) एकविमीय एकपरमाण्विक शृंखला के अनुदिश संचरित अनुदैर्घ्य तरंग की कोणीय आवृत्ति $\frac{36k}{\pi}$ है। इस तरंग का समूह वेग और प्रावस्था वेग परिकलित कीजिए।
- (ङ) इलेक्ट्रॉनों के लिए फर्मी फलन का ऊर्जा-विचरण आरेखित कीजिए। सिद्ध कीजिए कि $E = E_F$ पर अधिष्ठान प्रायिकता 0.5 होती है।
- (च) n - और p -प्रकार के अर्धचालकों की फर्मी ऊर्जा पर मादन सांद्रता का क्या प्रभाव होता है?
- (छ) प्रारूपिक शैथिल्य पाश खींचिए और उच्च आवृत्ति अनुप्रयोगों में प्रयुक्त चुम्बकीय पदार्थ के शैथिल्य पाश के अभिलक्षण लिखिए।
- (ज) दाब-विद्युत् एवं ताप-विद्युत् क्रिस्टलों में भेद बताइए।

2. किन्हीं दो भागों को हल कीजिए :

$2 \times 5 = 10$

- (क) परमाण्वीय संकुलन गुणांक परिभाषित कीजिए। फलक केन्द्रित घनीय (fcc) तंत्र के लिए परमाण्वीय संकुलन गुणांक परिकलित कीजिए।
- (ख) निम्नलिखित अभाज्य स्थानान्तरण सदिशों से निरूपित जालक के संगत व्युत्क्रम जालक सदिश प्राप्त कीजिए :

$$\mathbf{a}_1 = \hat{\mathbf{i}} + \hat{\mathbf{j}}, \mathbf{a}_2 = 2\hat{\mathbf{j}} \text{ तथा } \mathbf{a}_3 = \hat{\mathbf{i}} + 2\hat{\mathbf{j}} + 2\hat{\mathbf{k}}$$

- (ग) X-किरण विवर्तन की लाउए विधि की प्रायोगिक व्यवस्था की व्याख्या कीजिए। इस विधि से जालक स्थिरांक मान क्यों नहीं ज्ञात किया जा सकता है?

3. किसी एक भाग को हल कीजिए :

1×5=5

(क) विरूपण प्रतिबल के अंतर्गत, विकृति के कारण प्रत्यास्थ ठोस के लम्बकोणिक अक्ष विरूपित होते हैं । सिद्ध कीजिए कि विरूपित निर्देशांक अक्ष लम्बकोणिक नहीं होते ।

(ख) ऐलुमिनियम का डिबाई तापमान 418 K है । ऊष्मा-धारिता के चिरप्रतिष्ठित सिद्धान्त के आधार पर डिबाई तापमान पर 1 मोल ऐलुमिनियम की उच्चतम जालक कम्पन आवृत्ति तथा ऊष्मीय ऊर्जा परिकलित कीजिए ।

4. किन्हीं दो भागों को हल कीजिए :

2×5=10

(क) एक द्विविमीय वर्गाकार जालक का जालक स्थिरांक $3\text{\AA}$ है । उस इलेक्ट्रॉन संवेग का मान परिकलित कीजिए, जिसकी संगत तरंग प्रथम ब्रिलुवां क्षेत्र की सीमा पर समाप्त हो जाती है । इस इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा eV के परिमाण में परिकलित कीजिए ।

(ख) अर्धचालक की नैज इलेक्ट्रॉन सांद्रता $[(n_e)_i]$ तथा नैज होल सांद्रता $[(n_h)_i]$ के व्यंजकों का उपयोग करके तापमान T पर नैज फर्मी ऊर्जा का व्यंजक, ऊर्जा (बैण्ड) अंतराल एवं होलों और इलेक्ट्रॉनों के प्रभावी द्रव्यमानों के पदों में, प्राप्त कीजिए ।

(ग) कॉपर ऑक्साइड आधारित उच्च T_c अतिचालकों की क्रिस्टल संरचना के महत्वपूर्ण लक्षण लिखिए । अतिचालकता में Cu - O समतलों की भूमिका की चर्चा कीजिए ।

5. किन्हीं दो भागों को हल कीजिए :

2×5=10

- (क) किसी क्रिस्टल में पाए जाने वाले 5 प्रकार के बिन्दु दोषों के चित्र बनाइए ।
- (ख) द्रव-क्रिस्टल क्या होता है ? द्रव-क्रिस्टल प्रदर्श का प्रचालन (कार्यप्रणाली) समझाइए ।
- (ग) बहुलक संधारित्र का उपयोग आर्द्रता ट्रान्सड्यूसर के रूप में कैसे किया जाता है ?

भौतिक नियतांक :

$$h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$$

$$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$m_p = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$$
