No. of Printed Pages : 8

PHE-13

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

00355

June, 2018

PHYSICS

PHE-13 : PHYSICS OF SOLIDS

Time : 2 hours *Maximum Marks : 50*

Note : *All questions are* ***compulsory****. You may use log tables or a calculator. Symbols have their usual meanings. The values of physical constants are given at the end.*

1. Attempt any ***five*** parts : *5×3=15*

(a) Arrange the following crystal systems in ascending order of symmetry and write one example each of these crystal systems :

(i) Orthorhombic

(ii) Cubic

(iii) Triclinic

(b) Determine the conditions governing the geometric structure factor of a bcc lattice and list two missing planes.

(c) Differentiate between linear and shear strain components in a crystal.

(d) Draw the potential experienced by an electron in a Kronig-Penney model and state its characteristics.

(e) Draw the resistivity versus temperature plot for an ideal metal and a superconductor.

(f) What conditions should be fulfilled by a material to be suitable for melt-growth process ?

(g) Write any three applications of thin films based on their special optical properties.

2. Attempt any ***two*** parts : *2×5=10*

(a) Calculate the atomic packing fraction of a bcc lattice.

(b) Calculate the reciprocal lattice vectors for the lattice with the following basis vectors :

$$\vec{a}_1 = \hat{i} + \hat{j} + 2\hat{k};\ \vec{a}_2 = 2\hat{i} + \hat{j};\ \vec{a}_3 = \hat{i} + \hat{k}$$

(c) Explain the experimental arrangement of the rotating crystal method of crystal structure determination. What information about the crystal can be obtained from the resultant photograph ?

3. Attempt any ***one*** part : *1×5=5*

(a) Determine the Madelung constant for a linear chain of Na^+ and Cl^- ions.

(b) What are the basic assumptions of Einstein's theory of heat capacity ? What are its limitations ? What modifications were suggested by Debye to overcome these limitations ?

4. Attempt any ***two*** parts : *2×5=10*

(a) The number of electrons in the energy interval E to E + dE in a metallic cube of side L at T = 0 is given by :

$$N(E)\,dE = \frac{\pi}{2}\left(\frac{8\,m\,L^2}{h^2}\right)^{3/2} E^{1/2}\,dE$$

Using this, obtain an expression for the Fermi energy.

(b) Energy of an electron in a crystalline solid is related to the wave number k by :

$$E = \frac{15\,\hbar^2 k^2}{m}$$

Calculate the velocity and effective mass of the electron.

(c) In a silicon p-n junction, $N_d = N_a = 10^{22}\ m^{-3}$. Calculate the built-in potential for silicon at 300 K, if n_i is $10^{16}\ m^{-3}$.

5. Attempt any ***two*** parts : *2×5=10*

(a) What is meant by a "magnetic domain" ? Explain why the number of domains in a ferromagnetic specimen is restricted.

(b) With the help of appropriate diagrams, explain the different types of point defects in a crystal.

(c) Describe the photolithography method of nano-structure fabrication.

Physical Constants :

$h = 6{\cdot}62 \times 10^{-34}$ Js

$N_A = 6{\cdot}023 \times 10^{23}$ mol^{-1}

$1\ eV = 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ J

$k_B = 1{\cdot}38 \times 10^{-23}$ JK^{-1}

$m_e = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg

$m_p = 1{\cdot}66 \times 10^{-27}$ kg

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

पी.एच.ई.-13

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2018

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-13 : घन अवस्था भौतिकी

समय : 2 घण्टे *अधिकतम अंक : 50*

*नोट: सभी प्रश्न **अनिवार्य** हैं । आप लॉग सारणियों अथवा कैल्कुलेटर 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 कीजिए : *5×3=15*

   (क) निम्नलिखित क्रिस्टल समुदायों को सममिति के आरोही क्रम में रखिए और प्रत्येक क्रिस्टल समुदाय का एक उदाहरण भी लिखिए :

   (i) विषमलंबाक्ष

   (ii) घनीय

   (iii) त्रिनताक्ष

   (ख) bcc जालक के लिए ज्यामितीय संरचना गुणक निर्धारित करने वाले प्रतिबंध ज्ञात कीजिए और इस संरचना के लिए दो लुप्त समतलों को सूचीबद्ध कीजिए ।

   (ग) एक क्रिस्टल में रैखिक विकृति घटकों और अपरूपण विकृति घटकों में अंतर बताइए ।

(घ) क्रोयनिग-पेनी मॉडल में इलेक्ट्रॉन द्वारा अनुभूत विभव को आरेखित कीजिए और उसके अभिलक्षण बताइए ।

(ङ) एक आदर्श धातु और एक अतिचालक के लिए प्रतिरोधकता का तापमान के सापेक्ष आरेख बनाइए ।

(च) किसी पदार्थ में कौन-से गुणधर्म होने चाहिए जिससे कि वे गलन-वृद्धि विधि के लिए उपयुक्त हो ?

(छ) तनु फिल्मों के विशिष्ट प्रकाशिक गुणधर्मों पर आधारित उनके कोई तीन अनुप्रयोग बताइए ।

2. किन्हीं ***दो*** भागों को कीजिए : *2×5=10*

(क) एक bcc जालक के लिए परमाण्वीय संकुलन गुणांक परिकलित कीजिए ।

(ख) निम्नलिखित बेसिस सदिश वाले जालक के लिए व्युत्क्रम जालक सदिश परिकलित कीजिए :

$$\vec{a}_1 = \hat{i} + \hat{j} + 2\hat{k};\ \vec{a}_2 = 2\hat{i} + \hat{j};\ \vec{a}_3 = \hat{i} + \hat{k}$$

(ग) क्रिस्टल संरचना निर्धारित करने की घूर्णी क्रिस्टल विधि की प्रायोगिक व्यवस्था समझाइए । इस विधि से मिलने वाले छायाचित्र से हमें क्रिस्टल के विषय में क्या जानकारी मिल सकती है ?

3. किसी *एक* भाग को कीजिए : *1×5=5*

(क) Na^+ और Cl^- आयनों की रैखिक शृंखला के लिए मैडेलुंग नियतांक निर्धारित कीजिए ।

(ख) आइन्स्टाइन के ऊष्मा-धारिता सिद्धान्त की मूल अभिधारणाएँ क्या हैं ? इस सिद्धान्त की कमियाँ क्या हैं ? डिबाई ने कौन-से संशोधन प्रस्तावित किए जिससे ये कमियाँ दूर हो सकें ?

4. किन्हीं *दो* भागों को कीजिए : *2×5=10*

(क) लंबाई L वाले धातु के एक घन में ऊर्जा परास E से E + dE में तापमान T = 0 पर इलेक्ट्रॉनों की संख्या का व्यंजक है :

$$N(E)\,dE = \frac{\pi}{2}\left(\frac{8\,m\,L^2}{h^2}\right)^{3/2} E^{1/2}\,dE$$

इस व्यंजक का प्रयोग करते हुए फर्मी ऊर्जा का व्यंजक प्राप्त कीजिए ।

(ख) क्रिस्टल ठोस में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा और तरंग संख्या k का संबंध है :

$$E = \frac{15\,\hbar^2 k^2}{m}$$

इलेक्ट्रॉन का वेग और प्रभावी द्रव्यमान परिकलित कीजिए ।

(ग) सिलिकॉन की एक p-n संधि में $N_d = N_a = 10^{22}\ m^{-3}$ है । तापमान 300 K पर सिलिकॉन में निर्मित विभव परिकलित कीजिए, यदि $n_i = 10^{16}\ m^{-3}$ है ।

5. किन्हीं ***दो*** भागों को कीजिए : *2×5=10*

(क) "चुंबकीय प्रांत" का क्या अर्थ है ? समझाइए कि एक लौह-चुंबकीय प्रतिदर्श में चुंबकीय प्रांतों की संख्या प्रतिबंधित क्यों होती है ।

(ख) उचित आरेखों की सहायता से एक क्रिस्टल के विभिन्न प्रकार के बिंदु दोष समझाइए ।

(ग) नैनो-संरचना की भा-अश्मलेखन विधि का वर्णन कीजिए ।

भौतिक नियतांक :

$h = 6{\cdot}62 \times 10^{-34}$ Js

$N_A = 6{\cdot}023 \times 10^{23}$ mol^{-1}

$1\ eV = 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ J

$k_B = 1{\cdot}38 \times 10^{-23}$ JK^{-1}

$m_e = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg

$m_p = 1{\cdot}66 \times 10^{-27}$ kg

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