

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)**Term-End Examination****December, 2014****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) The diamond crystal structure has the cube edge of 3.56 \AA . Calculate the distance between the nearest neighbours and the number of atoms in a unit cell.
- (b) Draw the first Brillouin zone for the 2-D oblique reciprocal lattice.
- (c) Compare ionic and metallic bonds. Give one example of each.

- (d) State Meissner effect.
- (e) Draw the energy band diagram of a p - n junction in thermal equilibrium, labelling the various energy levels.
- (f) Explain the concept of domains in a ferroelectric material.
- (g) What are nano structures ? Why are their band structures different from those of bulk materials ?

2. Attempt any *two* parts : 2×5=10

- (a) Prove that the reciprocal lattice of bcc is an fcc structure. 5
- (b) The first order (100) reflection angle is 18° for a cubic crystal using X-rays of wavelength $\lambda = 1.54 \text{ \AA}$. Determine the distance between the (100) planes and the (111) planes of the crystal. 5
- (c) The lattice constant of an fcc lattice is 6.38 \AA . Calculate (i) the distance between a corner atom at the base and the atom at the centre of the top face, and (ii) the largest distance between two atoms in the cubic cell. 2+3

3. Attempt any **one** part : 1×5=5
- (a) Derive the dispersion relation for a chain of identical atoms. 5
- (b) The interatomic spacing of a 1-D lattice of atoms of mass 5.0×10^{-27} kg is 4.0 Å. The force constant is 2.0×10^{-2} Nm⁻¹. Calculate the maximum frequency which can be supported by this lattice. 5
4. Attempt any **two** parts : 2×5=10
- (a) Starting with 1-D Schrödinger equation, derive the expression for the energy of an electron confined in a 1-D box. 5
- (b) For a 2-D square lattice of side 0.02 Å, calculate the momentum of electron corresponding to the boundary of the first Brillouin zone. 5
- (c) What is superconductivity ? Explain type-I and type-II superconductors with the help of an appropriate diagram. 5
5. Attempt any **two** parts : 2×5=10
- (a) A silicon crystal with doping of 10^{16} boron atoms per cm³ is required. For initial silicon melt load of 60 kg, calculate the mass of boron added. Assume that the value of k_0 remains constant throughout the growth process. Take the density of silicon in melt as 2.53 g cm⁻³. It is given that atomic weight of boron = 10.8 u. 5

(b) Explain liquid phase epitaxy technique of crystal growth. 5

(c) A transformer core of volume 0.01 m^3 is wound with a coil carrying AC at a frequency 50 Hz. Assuming magnetisation to be uniform throughout the core volume, calculate the hysteresis loss. The hysteresis loop has an area of 60,000 units when the axes are drawn in units of $10^{-4} \text{ Wb m}^{-2}$ and 10^{-2} A m^{-1} . 5

Physical constants :

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

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

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

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

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

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2014

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 सारणियाँ अथवा अप्रोग्रामीय कैल्कुलेटरों का प्रयोग
कर सकते हैं । प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं । भौतिक
नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं ।

1. कोई पाँच भाग हल कीजिए :

5×3=15

- (क) हीरक क्रिस्टल संरचना में घन के कोर की लम्बाई 3.56 \AA है । निकटतम प्रतिवेशी परमाणुओं के बीच दूरी तथा एकक कोष्ठिका में परमाणुओं की संख्या परिकलित कीजिए ।
- (ख) एक 2-D तिर्यक व्युत्क्रम जालक के लिए प्रथम ब्रिलुवां क्षेत्र आरेखित कीजिए ।
- (ग) आयनी एवं धात्विक आबन्धों की तुलना कीजिए । प्रत्येक प्रकार के आबन्ध का एक-एक उदाहरण दीजिए ।

- (घ) माइस्नर प्रभाव की व्याख्या कीजिए ।
- (ङ) तापीय साम्यावस्था में $p-n$ सन्धि का ऊर्जा बैंड आरेख खींचिए । विभिन्न ऊर्जा स्तरों को चिह्नित कीजिए ।
- (च) लोह-विद्युत् पदार्थों में प्रान्त की संकल्पना समझाइए ।
- (छ) नैनो-संरचना क्या होती है ? इनकी बैंड संरचनाएँ संगत स्थूल पदार्थों की संरचनाओं से भिन्न क्यों होती हैं ?

2. कोई दो भाग हल कीजिए :

$2 \times 5 = 10$

- (क) सिद्ध कीजिए कि अन्तः केन्द्रित घनीय (bcc) संरचना की व्युत्क्रम जालक संरचना, फलक केन्द्रित घनीय (fcc) होती है । 5
- (ख) एक घनीय संरचना के लिए $\lambda = 1.54 \text{ \AA}$ तरंगदैर्घ्य के X-किरणों का प्रयोग करने पर (100) का प्रथम कोटि विवर्तन कोण 18° है । एक क्रिस्टल में (100) और (111) समतलों के बीच की दूरियाँ परिकलित कीजिए । 5
- (ग) एक फलक केन्द्रित घनीय (fcc) जालक का जालक स्थिरांक 6.38 \AA है । इसकी घनीय कोष्ठिका में (i) निम्न (आधार) फलक के कोने के परमाणु और ऊपरी फलक के मध्य में स्थित परमाणु के बीच की दूरी और (ii) घनीय कोष्ठिका में अत्यधिक दूरी पर स्थित दो परमाणुओं के बीच की दूरी परिकलित कीजिए । 2+3

3. कोई एक भाग हल कीजिए : 1×5=5

(क) एक ही प्रकार के परमाणुओं की रेखीय शृंखला के लिए परिक्षेपण सम्बन्ध व्युत्पन्न कीजिए । 5

(ख) 5.0×10^{-27} kg द्रव्यमान वाले परमाणुओं से बनी एक-विमीय जालक में अन्तरापरमाणुक दूरी 4.0 \AA है । बल नियतांक $2.0 \times 10^{-2} \text{ Nm}^{-1}$ है । इस जालक द्वारा समर्थित अधिकतम आवृत्ति परिकलित कीजिए । 5

4. कोई दो भाग हल कीजिए : 2×5=10

(क) एक-विमीय श्रोडिंगर समीकरण से आरम्भ करके एक-विमीय बॉक्स में स्थित इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । 5

(ख) 0.02 \AA भुजा वाले द्विविमीय वर्गाकार जालक के लिए प्रथम ब्रिलुवां क्षेत्र की सीमा के संगत इलेक्ट्रॉन का संवेग परिकलित कीजिए । 5

(ग) अतिचालकता क्या होती है ? उचित आरेख की सहायता से प्ररूप-I और प्ररूप-II अतिचालकों की व्याख्या कीजिए । 5

5. कोई दो भाग हल कीजिए : 2×5=10

(क) एक 10^{16} बोरॉन परमाणु प्रति cm^3 मादन वाले सिलिकन क्रिस्टल की आवश्यकता है । 60 kg भार के प्रारंभिक सिलिकन गलन के लिए आवश्यक बोरॉन का द्रव्यमान परिकलित कीजिए । मान लीजिए कि क्रिस्टल वृद्धि प्रक्रम में k_0 का मान अचर रहता है । गलित प्रावस्था में सिलिकन का घनत्व 2.53 g cm^{-3} तथा बोरॉन का परमाणु भार 10.8 u है । 5

(ख) क्रिस्टल वृद्धि की द्रव प्रावस्था अधिरोहण तकनीक समझाइए ।

5

(ग) 0.01 m^3 आयतन के एक ट्रान्सफॉर्मर क्रोड पर एक कुण्डली लिपटी हुई है, जिसमें 50 Hz आवृत्ति वाली प्रत्यावर्ती धारा प्रवाहित हो रही है । पूरे क्रोड आयतन में एकसमान चुम्बकत्व मान कर शैथिल्य हानि परिकलित कीजिए । शैथिल्य पाश का क्षेत्रफल $60,000$ इकाई है, जबकि अक्षों की इकाई $10^{-4} \text{ Wb m}^{-2}$ और 10^{-2} A m^{-1} हैं ।

5

भौतिक नियतांक :

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

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

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

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

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