

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

June, 2017

01853

PHYSICS

PHE-13 : PHYSICS OF SOLIDS

Time : 2 hours

Maximum Marks : 50

Note : Attempt all questions. However, internal choices are given. The marks for each question are indicated against it. You can 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 :

5×3=15

- (a) Draw the (110) plane for a simple cubic structure. Calculate the interplanar distance for a family of (110) planes in a lattice with cube edge 4 Å.
- (b) List the symmetry elements in a benzene molecule.
- (c) What are polar and non-polar molecules ? Explain with the help of suitable diagrams.

- (d) Debye's temperature for copper is 445 K. Calculate the thermal energy of 1 mole of copper at Debye temperature, on the basis of the classical theory of heat capacity.
- (e) Draw the first Brillouin zones of a 2-D square lattice crystal.
- (f) Describe the Meissner effect in a superconductor.
- (g) Distinguish between ferromagnets, anti-ferromagnets and ferrites, based on their spin alignments.
- (h) What is the difference between piezoelectric, pyroelectric and ferroelectric materials ? Give one example of each.

2. Answer any *two* parts :

2×5=10

- (a) Determine the conditions governing geometric structure factor for FCC lattice. List any two missing planes. 4+1
- (b) Define the atomic packing fraction for a crystal lattice. Obtain the atomic packing fraction for a BCC lattice. 1+4
- (c) (i) List seven crystal systems divided into their respective Bravais lattices. 3
- (ii) Explain the Wigner-Seitz method to construct a primitive unit cell for any given lattice structure. 2

3. Answer any *one* part :

1×5=5

(a) Why did the classical theory fail to explain the specific heat capacity of solids ? Obtain the expression for the heat capacity of solids using Einstein's theory.

1+4

(b) For an NaCl crystal with N positive and N negative ions, show that the lattice energy is given by :

5

$$U = - \left[\frac{N\alpha e^2}{4\pi \epsilon_0 r_e} \right] \left[\frac{n-1}{n} \right]$$

4. Answer any *two* parts :

2×5=10

(a) On the basis of the Sommerfeld model, derive an expression for allowed energy levels of an electron in a metal.

5

(b) (i) Show that in a completely filled band, the effective number of free electrons is zero.

3

(ii) For a 2-D square lattice, of side 2 \AA , calculate the momentum of an electron corresponding to the First Brillouin Zone.

2

(c) The band gap in silicon is 1.12 eV. Calculate its intrinsic carrier concentration at room temperature, if the effective density of states in the conduction band and valence band are $N_C = 2.8 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$ and $N_V = 1.4 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$, respectively.

5

5. Answer any *two* parts :

2×5=10

- (a) With the help of a suitable diagram, explain the construction and working of a solar cell. 5
- (b) With the help of a diagram, explain the float zone technique of crystal growth. For which type of crystal growth is this technique most suited? 4+1
- (c) Calculate the magnetic moment of $\text{Ni}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$, given that Ni^{2+} has $4s^0 3d^8$ valence configuration. 5

Physical Constants :

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

$$\hbar = 1.05 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

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

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

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

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

$$\mu_B = 9.274 \times 10^{-24} \text{ JT}^{-1}$$

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2017

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-13 : घन अवस्था भौतिकी

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

नोट: सभी प्रश्न हल कीजिए। किन्तु, आन्तरिक विकल्प दिए गए हैं। प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं। आप लॉग सारणियों अथवा अप्रोग्रामीय कैल्कुलेटर्स 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) सरल घनीय संरचना के लिए (110) समतल बनाइए।
4 Å घन कोर वाले जालक में (110) समतलों के समूह के लिए अंतरातलीय दूरी परिकलित कीजिए।
- (ख) बेंज़ीन अणु में सममिति अवयवों की सूची बनाइए।
- (ग) ध्रुवीय तथा अध्रुवीय अणु क्या होते हैं? उचित आरेखों की सहायता से समझाइए।

- (घ) ताँबे का डिबाई तापमान 445 K है। ऊष्मा धारिता के चिरप्रतिष्ठित सिद्धान्त के आधार पर डिबाई तापमान पर 1 मोल ताँबे की ऊष्मीय ऊर्जा का मान परिकलित कीजिए।
- (ङ) 2-D वर्गाकार जालक क्रिस्टल के प्रथम ब्रिलुवां क्षेत्र का आरेख खींचिए।
- (च) अतिचालक में माइस्नर प्रभाव का वर्णन कीजिए।
- (छ) लोह-चुंबक, प्रतिलोह-चुंबक और फेराइट के बीच उनके प्रचक्रणों के संरेखन के आधार पर भेद बताइए।
- (ज) दाब-विद्युत्, ताप-विद्युत् तथा लोह-विद्युत् पदार्थों में क्या अंतर होता है ? प्रत्येक का एक-एक उदाहरण दीजिए।

2. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए : 2×5=10

- (क) फलक-केन्द्रित घनीय (fcc) जालक के लिए ज्यामितीय संरचना गुणक निर्धारित करने वाले प्रतिबंधों की व्युत्पत्ति कीजिए। इस संरचना के लिए किन्हीं दो लुप्त समतलों की सूची बनाइए। 4+1
- (ख) क्रिस्टल जालक के लिए परमाण्वीय संकुलन गुणांक परिभाषित कीजिए। अंतः केंद्रित घनीय (bcc) जालक के लिए परमाण्वीय संकुलन गुणांक परिकलित कीजिए। 1+4
- (ग) (i) सात क्रिस्टल समुदायों की उनके संगत ब्रेवे जालकों के साथ सूची बनाइए। 3
- (ii) किसी दी गई जालक संरचना की अभाज्य एकक कोष्ठिका बनाने की विग्नैर-साइट्ज़रचना विधि समझाइए। 2

3. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए : 1×5=5

(क) ठोसों की विशिष्ट ऊष्मा धारिता की व्याख्या करने में चिरप्रतिष्ठित सिद्धान्त असमर्थ क्यों रहा ? आइन्स्टाइन सिद्धान्त का उपयोग करके ठोसों की ऊष्मा धारिता का व्यंजक प्राप्त कीजिए । 1+4

(ख) सिद्ध कीजिए कि N धन एवं N ऋण आयनों से बने NaCl क्रिस्टल की जालक ऊर्जा निम्नलिखित व्यंजक से व्यक्त की जा सकती है : 5

$$U = - \left[\frac{N\alpha e^2}{4\pi \epsilon_0 r_e} \right] \left[\frac{n-1}{n} \right]$$

4. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए : 2×5=10

(क) सोमरफैल्ड मॉडल के आधार पर, किसी धातु में इलेक्ट्रॉन के लिए अनुमत ऊर्जा स्तरों का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । 5

(ख) (i) सिद्ध कीजिए कि पूर्ण रूप से भरे बैंड में स्वतंत्र इलेक्ट्रॉनों की प्रभावी संख्या शून्य होती है । 3

(ii) 2 Å भुजा वाले 2-D (द्विविमीय) वर्गाकार जालक के लिए प्रथम ब्रिलुवा क्षेत्र के संगत इलेक्ट्रॉन का संवेग परिकलित कीजिए । 2

(ग) सिलिकॉन का बैंड अंतराल 1.12 eV है । यदि चालन तथा संयोजकता बैंडों में प्रभावी अवस्था घनत्व क्रमशः $N_C = 2.8 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$ और $N_V = 1.4 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$ हों, तो कोष्ठ ताप पर इसकी नैज वाहक सांद्रता परिकलित कीजिए । 5

5. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए :

2×5=10

(क) उचित आरेख की सहायता से सौर सेल की संरचना और प्रचालन (कार्यप्रणाली) समझाइए । 5

(ख) आरेख की सहायता से प्लवी ज़ोन क्रिस्टल वृद्धि तकनीक समझाइए । किस प्रकार की क्रिस्टल वृद्धि प्राप्त करने के लिए यह विधि सर्वाधिक उपयुक्त है ? 4+1

(ग) Ni^{2+} का संयोजकता विन्यास $4s^0 3d^8$ दिया गया है । $\text{Ni}^{2+} \text{Fe}^{3+} \text{O}_4$ का चुंबकीय आघूर्ण परिकलित कीजिए । 5

भौतिक नियतांक :

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

$$\hbar = 1.05 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

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

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

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

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

$$\mu_B = 9.274 \times 10^{-24} \text{ JT}^{-1}$$