

**BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)**

**Term-End Examination**

**December, 2016**

01165

**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 given against it. 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 : **5×3=15**
- (a) With the help of an appropriate diagram explain all the symmetry elements of a methane molecule.
  - (b) Show that nearly half the volume of the unit cell of a simple cubic lattice is occupied by its atoms.
  - (c) Explain three types of Van der Waals bonding.
  - (d) Draw a labelled energy band diagram for a p-type semiconductor.

- (e) The potential energy function is given by

$$U(r) = -\frac{\alpha}{r^6} + \frac{\beta}{r^{12}}$$

Obtain the inter-molecular distance for which the potential energy is minimum.

- (f) Fermi energy of an intrinsic semiconductor is 0.7 eV. The low lying energy levels in the conduction band is 0.2 eV above the Fermi level. Calculate the probability of occupation of this level by an electron, at room temperature.
- (g) Explain with the help of appropriate examples the difference between a piezoelectric and a pyroelectric crystal.
- (h) Explain the application of thin films as interference filters.

2. Answer any *two* parts :

2×5=10

- (a) What is rotational symmetry in a lattice ? Show that 5-fold rotational symmetry is not possible in a 2-D lattice.

1+4

- (b) Describe the Laue's method of crystal structure determination. Write down its limitations.

4+1

- (c) Prove that the reciprocal lattice of a bcc is an fcc structure.

5

3. Answer any *one* part :

1×5=5

- (a) State the basic difference between the Einstein's and Debye's theories of specific heat capacity. The expression for heat capacity according to Debye's theory is given by

$$C_V = \frac{9N}{(k_B T_D)^3} \frac{1}{T} \left[ \frac{(k_B T_D)^4}{\left[ \exp\left(\frac{T_D}{T}\right) - 1 \right]} + \int_0^{k_B T_D} \frac{4\xi^3 d\xi}{\left[ \exp\left(\frac{\xi}{k_B T}\right) - 1 \right]} \right],$$

where symbols have their usual meanings.

Obtain the  $T^3$  law.

1+4

- (b) Derive the expression for dispersion relation for a linear array of the same type of atoms.

5

4. Answer any *two* parts :

2×5=10

- (a) Show that the effective mass of an electron in a crystalline solid is given by

$$m^* = \frac{\hbar^2}{(d^2 E / dk^2)}.$$

5

- (b) (i) Explain how a superconductor can be used for magnetic shielding.

2

- (ii) Calculate the limiting value of the magnetic field for which Nb will act as a superconductor at 4 K. Take  $B_{ac}(0)$  as 1970 Oe and  $T_C$  for Nb to be 9.25 K.

3

- (c) Derive an expression for Hall coefficient. What are its applications ?

4+1

5. Answer any *two* parts : 2×5=10

- (a) Distinguish between dia-, para- and ferro-magnetism. Give two examples of each category. 5
- (b) Classify the defects in crystals. Explain any one of these classes in detail with suitable diagrams. 2+3
- (c) What is a “Transducer” ? Explain the working of any one transducer. 1+4

***Physical Constants :***

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

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

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

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

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

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

---

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2016

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) उपयुक्त आरेख की सहायता से मेथैन अणु के सभी सममिति अवयवों की व्याख्या कीजिए।
- (ख) सिद्ध कीजिए कि सरल घनीय जालक के एकक सेल में लगभग आधा आयतन इसके परमाणुओं से भरा होता है।
- (ग) तीन प्रकार के वाण्डर वाल्स आबंधनों की व्याख्या कीजिए।
- (घ) p-प्रकार के अर्धचालक का नामांकित ऊर्जा बैंड आरेख खींचिए।

(ड) स्थितिज ऊर्जा फलन का व्यंजक निम्नलिखित है :

$$U(r) = -\frac{\alpha}{r^6} + \frac{\beta}{r^{12}}$$

स्थितिज ऊर्जा का मान न्यूनतम होने की स्थिति में अंतरा-अणुक दूरी ज्ञात कीजिए ।

(च) एक नैज अर्धचालक की फर्मी ऊर्जा का मान 0.7 eV है । चालन बैंड का न्यूनतम ऊर्जा स्तर फर्मी स्तर से 0.2 eV ऊपर है । कोष्ठ (कक्ष) ताप पर इस स्तर में इलेक्ट्रॉन के पाए जाने की प्रायिकता परिकलित कीजिए ।

(छ) उपयुक्त उदाहरणों की सहायता से समझाइए कि दाब विद्युत् और ताप विद्युत् क्रिस्टलों में अन्तर बताइए ।

(ज) तनु (पतली) फ़िल्मों के व्यतिकरण निस्स्यंदक के रूप में अनुप्रयोग समझाइए ।

2. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए :

2×5=10

(क) जालक में घूर्णन सममिति क्या होती है ? सिद्ध कीजिए कि 2-D जालक में 5-वलन घूर्णन सममिति संभव नहीं है ।

1+4

(ख) क्रिस्टल संरचना निर्धारण की लाउए विधि का वर्णन कीजिए । इसकी सीमाएँ भी लिखिए ।

4+1

(ग) सिद्ध कीजिए कि अंतः केंद्रित घनीय (bcc) संरचना की व्युत्क्रम जालक संरचना फलक केंद्रित घनीय (fcc) होती है ।

5

3. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए : 1×5=5

(क) विशिष्ट ऊष्मा धारिता के आइन्स्टाइन तथा डिबाई सिद्धान्तों के बीच मूलभूत अन्तर बताइए। डिबाई सिद्धान्त के अनुसार ऊष्मा धारिता का व्यंजक निम्नलिखित होता है :

$$C_V = \frac{9N}{(k_B T_D)^3} \frac{1}{T} \left[ \frac{(k_B T_D)^4}{\left[ \exp\left(\frac{T_D}{T}\right) - 1 \right]} + \int_0^{k_B T_D} \frac{4\xi^3 d\xi}{\left[ \exp\left(\frac{\xi}{k_B T}\right) - 1 \right]} \right]$$

जहाँ प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं। इससे  $T^3$  नियम प्राप्त कीजिए। 1+4

(ख) एक ही तरह के परमाणुओं की रेखिक व्यूह (शृंखला) के लिए परिक्षेपण संबंध का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 5

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

(क) सिद्ध कीजिए कि क्रिस्टलीय ठोस में इलेक्ट्रॉन का प्रभावी द्रव्यमान का व्यंजक निम्नवत है : 5

$$m^* = \frac{\hbar^2}{(d^2 E / dk^2)}$$

(ख) (i) समझाइए कि अतिचालक का चुम्बकीय परिरक्षण में उपयोग किस प्रकार किया जा सकता है। 2

(ii) 4 K तापमान पर Nb प्रतिदर्श को अतिचालक बनाए रखने के लिए आवश्यक क्रांतिक चुंबकीय क्षेत्र का सीमांत मान परिकलित कीजिए। लीजिए  $B_{ac}(0) = 1970 \text{ Oe}$  और Nb के लिए  $T_C = 9.25 \text{ K}$ । 3

(ग) हॉल-गुणांक का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। इसके अनुप्रयोग क्या हैं? 4+1

5. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए :

2×5=10

(क) प्रतिचुंबकत्व, अनुचुंबकत्व और लोह-चुंबकत्व में अन्तर बताइए। प्रत्येक वर्ग के दो-दो उदाहरण दीजिए। 5

(ख) क्रिस्टलों में दोषों को वर्गीकृत कीजिए। उपयुक्त आरेखों की सहायता से किसी एक वर्ग की विस्तृत व्याख्या कीजिए। 2+3

(ग) "ट्रान्सड्यूसर" क्या होता है ? किसी एक ट्रान्सड्यूसर का प्रचालन समझाइए। 1+4

**भौतिक नियतांक :**

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

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

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

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

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

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