

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

**Term-End Examination**

**June, 2024**

**PHE-13 : PHYSICS OF SOLIDS**

*Time : 2 Hours*

*Maximum Marks : 50*

---

**Note :** (i) *All questions are compulsory. However, internal choices are given.*

(ii) *You may use a calculator.*

(iii) *Symbols have their usual meanings.*

(iv) *The values of physical constants are given at the end.*

---

---

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

(a) List the symmetry elements of a methane (CH<sub>4</sub>) molecule.

(b) Write the Bragg condition for diffraction maxima. Calculate the angle of the first order X-ray diffraction maxima for a family of planes with an interplanar spacing of 5Å for an X-ray with wavelength 2Å.

- (c) How many independent elastic stiffness constants does a cubic crystal have ? Explain the significance of any *two* of these constants.
- (d) The Debye temperature for cobalt is 386 K. Calculate the frequency of the highest possible lattice vibration in cobalt.
- (e) State the limitations of the Drude-Lorentz theory.
- (f) Define the following terms for a superconductor :  
Critical temperature, critical magnetic field, critical current density.
- (g) Distinguish between a ferromagnet, an antiferromagnet and ferrite with the help of appropriate diagrams of their spin alignments.
- (h) Distinguish between a piezoelectric and a ferroelectric material. Give *one* example of each.

2. Attempt any *two* parts : 5×2=10

- (a) The primitive translation vectors of a simple hexagonal lattice are  $\vec{a}_1 = a\hat{i}$ ,  
 $\vec{a}_2 = \frac{a}{2}(\hat{i} + \sqrt{3}\hat{j})$ ,  $\vec{a}_3 = c\hat{k}$ . Calculate the

volume of the primitive cell and obtain the primitive lattice vectors of the reciprocal lattice. 2+3

(b) Determine the atomic packing fraction for an *fcc* structure. 5

(c) Describe the rotating crystal method for obtaining the *x*-ray diffraction pattern for a material. 5

3. Answer any *one* part of the following : 5×1=5

(a) Describe the basic features of van der Waals bonding and hydrogen bonding. 3+2

(b) Derive an expression for the heat capacity of a solid based on Einstein's theory. 5

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

(a) Describe the experimental arrangement for the Hall effect experiment with the help of a schematic diagram. Write the expression for the Hall coefficient. 4+1

(b) The number of electrons in an energy interval  $E$  and  $E + dE$  is : 5

$$N(E) dE = \frac{\pi}{2} \left( \frac{8mL^2}{h^2} \right)^{3/2} E^{1/2} \frac{1}{e^{\frac{(E - E_F)}{k_B T}} + 1} dE$$

Obtain the expression for the Fermi energy at  $T = 0K$ .

- (c) Explain the formation of the depletion region in a  $p$ - $n$  junction. What is the built in potential ? On what factors does it depend ? 2+1+2
5. Attempt any *two* parts of the following :  $5 \times 2 = 10$
- (a) Describe the five types of point defects in a crystal with the help of appropriate diagrams. 5
- (b) What is a transducer ? Describe the working of a polymer capacitor as a humidity transducer. 1+4
- (c) What are nanostructures ? Explain how photolithography is used to manufacture microelectronic circuits ? 1+4

**Physical Constants :**

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

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

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

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

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

**PHE-13**

विज्ञान स्नातक ( बी. एस-सी. )

सत्रांत परीक्षा

जून, 2024

पी.एच.ई.-13 : घन अवस्था भौतिकी

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

नोट : (i) सभी प्रश्न अनिवार्य हैं। किन्तु आन्तरिक विकल्प दिए गए हैं।

(ii) आप कैलकुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं।

(iii) प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

(iv) भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिये गये हैं।

1. किन्हीं पाँच भागों के उत्तर दीजिए :  $3 \times 5 = 15$

(अ) मेथेन ( $\text{CH}_4$ ) अणु के सममिति अवयव सूचीबद्ध कीजिए।

(ब) विवर्तन उच्चिष्ठों के लिए ब्रैग प्रतिबंध लिखिए। अन्तरातलीय दूरी  $5\text{\AA}$  वाले समतल समूह के लिए प्रथम कोटि X-किरण विवर्तन उच्चिष्ठ के कोण का मान परिकलित कीजिए। X-किरण तरंगदैर्घ्य  $2\text{\AA}$  है।

- (स) किसी घनीय क्रिस्टल के कितने स्वतंत्र प्रत्यास्थ दर्नम्यता नियतांक होते हैं ? इनमें से किन्हीं दो नियतांकों की सार्थकता समझाइए।
- (द) कोबाल्ट का डिबाई तापमान 386 K है। कोबाल्ट में सम्भव जालक कम्पन की आवृत्ति का उच्चतम मान परिकलित कीजिए।
- (य) ड्रूडे-लोरेन्ट्ज सिद्धान्त की कमियाँ बताइए।
- (र) एक अतिचालक के लिए निम्नलिखित पदों की परिभाषा लिखिए :
- क्रान्तिक तापमान, क्रान्तिक चुम्बकीय क्षेत्र, क्रान्तिक धारा घनत्व
- (ल) प्रचक्रण सरैखन के उपयुक्त आरेखों की सहायता से लौह चुम्बक, प्रतिलाहचुम्बक और फेराइट में अन्तर बताइए।
- (व) दाब-विद्युत् और लाह-विद्युत् पदार्थों में अन्तर बताइए। प्रत्येक का एक उदाहरण कीजिए।

2. कोई दो भाग हल कीजिए : 5×2=10

- (अ) षट्कोणीय सामान्य जालक के अभाज्य स्थानान्तरण सदिश निम्नलिखित हैं :

$$\vec{a}_1 = a\hat{i}, \quad \vec{a}_2 = \frac{a}{2}(\hat{i} + \sqrt{3}\hat{j}), \quad \vec{a}_3 = c\hat{k}$$

अभाज्य कोष्ठिका का आयतन तथा व्युत्क्रम जालक के अभाज्य स्थानान्तरण सदिश निर्धारित कीजिए। 2+3

(ब) फलक केन्द्रित घनीय (fcc) संरचना के लिए परमाण्वीय संकुलन गुणक परिकलित कीजिए। 5

(स) किसी पदार्थ के लिए X-किरण विवर्तन प्रतिरूप प्राप्त करने की घूर्णी क्रिस्टल विधि का वर्णन कीजिए। 5

3. कोई एक भाग हल कीजिए : 5×1=5

(अ) वान्डर वाल्स आबंधन और हाइड्रोजन आबंधन के मूलभूत लक्षणों का वर्णन कीजिए। 3+2

(ब) आइन्सटीन सिद्धान्त के आधार पर ठोस की ऊष्माधारिता का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 5

4. कोई दो भाग हल कीजिए : 5×2=10

(अ) एक व्यवस्थित आरेख की सहायता से हाल प्रभाव के लिए प्रयोगात्मक योजना का विवरण दीजिए। हाल गुणांक का व्यंजक लिखिए। 4+1

(ब) ऊर्जा परास  $E$  से  $E + dE$  में इलेक्ट्रॉनों की संख्या निम्नलिखित है :

$$N(E) dE = \frac{\pi}{2} \left( \frac{8mL^2}{h^2} \right)^{3/2} E^{1/2} \frac{1}{e^{\frac{(E - E_F)}{k_B T}} + 1} dE$$

$T = 0K$  पर फर्मी ऊर्जा का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 5

(स)  $p-n$  संधि में अवक्षय क्षेत्र कैसे बनता है ?  
समझाइए। निर्मित विभव क्या होता है ? यह किन  
कारकों पर निर्भर करता है ? 2+1+2

5. कोई दो भाग हल कीजिए : 5×2=10

(अ) उपयुक्त आरेखों की सहायता से, क्रिस्टल में पाये  
जाने वाले पाँच प्रकार के बिन्दु दोषों का विवरण  
दीजिए। 5

(ब) ट्रांसड्यूसर क्या होता है ? एक बहुलक संधारित्र  
आर्द्रता ट्रांसड्यूसर के रूप में कैसे कार्य करता  
है ? समझाइए। 1+4

(स) नैनो संरचनाएँ क्या होती हैं ? भा-अश्म लेखन  
(photolithography) का अनुप्रयोग माइक्रो  
इलेक्ट्रॉनिक परिपथों के निर्माण में कैसे किया  
जाता है ? समझाइए। 1+4

**भौतिक नियतांक :**

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

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

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

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

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