

**BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)****Term-End Examination****December, 2021****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 a calculator. Symbols have their usual meanings. The values of physical constants are given at the end.

---

---

1. Answer any **five** parts : 5×3=15

- (a) List the symmetry elements of a methane molecule.
- (b) Using the Wigner-Seitz method, construct the first Brillouin zone for a 2D rectangular reciprocal lattice. Clearly indicate the Brillouin zone in the diagram.
- (c) How many independent elastic constants does a cubic crystal have ? Explain the significance of any two of these constants.
- (d) A longitudinal wave is propagating along a linear monatomic chain. Calculate the group velocity and phase velocity of this wave if its frequency is  $\omega = \omega_{oL} = 2\sqrt{\frac{K}{M}}$ . K is the force constant and M is the mass of the atom.

- (e) Energy of the lowest allowed level for an electron in a 1D box is 9.0 eV. Will the electron ever have an energy of 400 eV ? Justify your answer.
- (f) The gap energy of a superconductor is  $2.73 \times 10^{-3}$  eV. Calculate its transition temperature.
- (g) Explain any three types of point defects in a crystal with appropriate diagrams.
- (h) Distinguish between ferromagnets, antiferromagnets and ferrites, based on their spin alignments.

2. Answer any **two** parts :

2×5=10

(a) Define the atomic packing fraction for a crystal lattice. Write down the basis vectors for an fcc structure and calculate its atomic packing fraction.

1+1+3

(b) Show that the reciprocal lattice of a simple cubic lattice also has a simple cubic crystal structure.

5

(c) Describe the experimental arrangement for the Laue method of X-ray diffraction. What is the limitation of this method in studying crystal structure ?

4+1

3. Answer any *one* part :

1×5=5

- (a) Modeling the NaCl as an infinite linear chain of Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> ions, obtain a value for the Madelung constant. 5
- (b) State the differences between Einstein's and Debye's theory for the heat capacity of a solid. The Debye temperature for silver is 225 K. Calculate the highest possible frequency for lattice vibrations in silver. 2+3

4. Answer any *two* parts :

2×5=10

- (a) Derive an expression for the effective mass of an electron in a crystalline solid placed in an electric field. 5
- (b) Describe with the help of a diagram the formation of the depletion region in a p-n junction. Derive an expression for the built-in-potential. 2+3
- (c) Aluminium has three valence electrons per atom, an atomic weight of 0.02698 kg mol<sup>-1</sup>, density 2700 kg m<sup>-3</sup> and conductivity  $3.54 \times 10^7 \Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$ . Calculate the relaxation time. 5

5. Answer any *two* parts :

2×5=10

- (a) Draw the labelled diagram of hysteresis loop (complete cycle of magnetisation) for a ferromagnetic material. Define remanence and coercivity. Explain the kind of hysteresis loop that a ferromagnetic material should have so that it can be used for a transformer core. 2+2+1
- (b) Explain the photolithographic method used to manufacture microelectronic circuits. 5
- (c) What is a transducer ? Explain how a polymer capacitor can be used as a humidity transducer. 1+4

***Physical Constants :***

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

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

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

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

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

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2021

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-13 : घन अवस्था भौतिकी

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

**नोट :** सभी प्रश्न अनिवार्य हैं । किन्तु आंतरिक विकल्प दिए गए हैं ।  
आप 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 के उत्तर दीजिए : 5×3=15

- (क) मेथेन अणु के सममिति अवयवों को सूचीबद्ध कीजिए ।
- (ख) विग्नैर-साइट्ज़ विधि द्वारा, एक 2D आयताकार व्युत्क्रम जालक का प्रथम ब्रिलुवां क्षेत्र आरेखित कीजिए । आरेख में ब्रिलुवां क्षेत्र को स्पष्ट चिह्नित कीजिए ।
- (ग) एक घनीय क्रिस्टल में कितने स्वतंत्र प्रत्यास्थतांक होते हैं ? इनमें से किन्हीं दो नियतांकों की सार्थकता समझाइए ।
- (घ) एकपरमाण्विक रेखीय शृंखला के अनुदिश एक अनुदैर्घ्य तरंग संचरित होती है । इस तरंग का समूह वेग और प्रावस्था वेग परिकल्पित कीजिए यदि इसकी आवृत्ति  $\omega = \omega_{oL} = 2\sqrt{\frac{K}{M}}$  है । K बल नियतांक है और M परमाणु का द्रव्यमान ।

- (ड) एक-विमीय बॉक्स में इलेक्ट्रॉन के न्यूनतम अनुमत स्तर की ऊर्जा का मान  $9.0 \text{ eV}$  है। क्या कभी भी इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा का मान  $400 \text{ eV}$  हो सकता है? अपने उत्तर की पुष्टि कीजिए।
- (च) एक अतिचालक की अंतराल ऊर्जा का मान  $2.73 \times 10^{-3} \text{ eV}$  है। इसका संक्रमण तापमान परिकलित कीजिए।
- (छ) उचित आरेखों के साथ क्रिस्टल में किन्हीं तीन प्रकार के बिन्दु दोष समझाइए।
- (ज) प्रचक्रणों के अभिविन्यास के आधार पर लोह-चुंबक, प्रति-लोहचुंबक और फेराइट में अन्तर स्पष्ट कीजिए।

2. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए :

$2 \times 5 = 10$

- (क) क्रिस्टल जालक के लिए परमाण्वीय संकुलन गुणांक की परिभाषा दीजिए। fcc संरचना के लिए आधार सदिश लिखिए और उसका परमाण्वीय संकुलन गुणांक परिकलित कीजिए।

$1+1+3$

- (ख) दिखाइए कि एक सरल घनीय जालक के व्युत्क्रम जालक की क्रिस्टल संरचना भी सरल घनीय होती है।

5

- (ग) एक्स-किरण विवर्तन की लाउए विधि के लिए प्रायोगिक व्यवस्था का वर्णन कीजिए। क्रिस्टल संरचना के अध्ययन में इस विधि की क्या कमी है?

$4+1$

3. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए :

1×5=5

(क) NaCl को Na<sup>+</sup> और Cl<sup>-</sup> आयनों की एक अनन्त रेखीय शृंखला के रूप में मॉडल करते हुए माडेलुंग नियतांक का मान प्राप्त कीजिए ।

5

(ख) ठोस की ऊष्मा-धारिता के लिए आइन्स्टाइन और डिबाई के सिद्धांतों में अन्तर बताइए । चाँदी का डिबाई तापमान 225 K है । चाँदी में सम्भव जालक कम्पन की आवृत्ति का उच्चतम मान परिकलित कीजिए ।

2+3

4. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए :

2×5=10

(क) विद्युत् क्षेत्र में रखे एक क्रिस्टलीय ठोस में इलेक्ट्रॉन के प्रभावी द्रव्यमान का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए ।

5

(ख) आरेख की सहायता से एक p-n संधि में अवक्षय परत बनने की प्रक्रिया का वर्णन कीजिए । निर्मित विभव का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए ।

2+3

(ग) ऐलुमिनियम के प्रत्येक परमाणु में तीन संयोजकता इलेक्ट्रॉन होते हैं । यदि ऐलुमिनियम का परमाणु भार 0.02698 kg mol<sup>-1</sup> हो, घनत्व 2700 kg m<sup>-3</sup> हो और चालकता 3.54 × 10<sup>7</sup> Ω<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> हो, तो इसके लिए विश्रांति काल परिकलित कीजिए ।

5

5. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए :

2×5=10

(क) एक लोह-चुंबकीय पदार्थ के लिए शैथिल्य पाश (चुंबकीय प्रक्रम का पूर्ण आवर्तन) का नामांकित आरेख बनाइए। चुंबकत्वावशेष और निग्राहिता की परिभाषा दीजिए। एक लोह-चुंबकीय पदार्थ का शैथिल्य पाश किस प्रकार का होना चाहिए जिससे कि उसका प्रयोग एक ट्रॉन्सफॉर्मर क्रोड में किया जा सके।

2+2+1

(ख) भा-अश्मलेखन विधि द्वारा माइक्रोइलेक्ट्रॉनिक परिपथों के निर्माण की विधि समझाइए।

5

(ग) ट्रॉन्सड्यूसर क्या होता है ? समझाइए कि आर्द्रता ट्रॉन्सड्यूसर के रूप में बहुलक संधारित्र का प्रयोग कैसे किया जाता है।

1+4

**भौतिक नियतांक :**

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

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

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

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

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