

No. of Printed Pages : 11

PHE-13

BACHELOR OF SCIENCE

(B. Sc.)

Term-End Examination

June, 2022

PHE-13 : PHYSICS OF SOLIDS

*Time : 2 Hours*

*Maximum Marks : 50*

---

*Note : All questions are compulsory. However, internal choices are given. Symbols have their usual meanings. You may use a calculator. The values of physical constants are given at the end.*

---

1. Attempt any *five* parts :  $5 \times 3 = 15$
- (a) List the symmetry elements observed in the benzene molecule.
- (b) Distinguish between Type I and Type II superconductors.

[ 2 ]

PHE-13

- (c) A 2D square lattice has side  $5 \text{ \AA}$ . What will be the momentum of an electron whose wave terminates at the boundary of the first Brillouin zone ?
- (d) Obtain Bragg's condition for X-ray diffraction.
- (e) The Debye temperature for aluminium is 418 K. Calculate the thermal energy of one mole of aluminium on the basis of the classical theory at the Debye temperature.
- (f) Amongst the melt growth processes, which crystal growth method is the cleanest ? Give reasons.
- (g) A molecule exhibits dipole moment. If the displacement between its positive and negative charge centres is  $0.2 \text{ \AA}$ , calculate the dipole moment per molecule, given that the number of electrons is 20.
- (h) Write down the electronic configuration of the carbon atom. Explain the types of bonding in diamond crystal.

P. T. O.

2. Attempt any *two* parts :

- (a) Find the Miller indices of a plane that makes intercepts of  $2a_1$ ,  $4a_2$  and  $6a_3$  along the three axes, where  $\vec{a}_1$ ,  $\vec{a}_2$  and  $\vec{a}_3$  are the basis vectors of the lattice. Also determine the interplanar distance if the lattice constant is  $4 \text{ \AA}$ . 3+2
- (b) Show that the reciprocal lattice of the bcc structure in an fcc structure. 5
- (c) Derive the condition governing the geometric structure factor of the bcc lattice. List any *two* missing planes. 3+2

3. Attempt any *one* part :

- (a) Derive an expression for the heat capacity of a solid on the basis of Einstein's theory. 5
- (b) Derive the expression for the cohesive energy of a one-dimensional NaCl lattice and identify the Madelung constant. 4+1

4. Answer any *two* parts :

- (a) The band gap in silicon is  $1.12 \text{ eV}$ . Calculate its intrinsic carrier concentration at room temperature if the effective density of states in the conduction band and valence band are  $2.5 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$  and  $1.5 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$  respectively. (Take  $k_B T$  at room temperature =  $0.025 \text{ eV}$ ). 5
- (b) On the basis of the Sommerfeld model, derive an expression for the allowed energy levels for an electron in a metal. 5
- (c) Describe the arrangement for the Hall effect experiment and obtain an expression for the Hall coefficient. 2+3

5. Answer any *two* parts :

- (a) What are the salient features of ferromagnetism ? Write down *two* important applications of ferromagnets. 3+2

- (b) Explain the bottom up approach method to obtain nanostructures. What are the limitations of this method ? 4+1
- (c) With the help of appropriate diagrams, explain the different types of point defects in a crystal. 5

*Physical constants :*

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

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

$$N_A = 6.023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

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

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

## PHE-13

विज्ञान स्नातक ( बी. एस-सी. )

सत्रांत परीक्षा

जून, 2022

पी. एच. ई.-13 : घन अवस्था भौतिकी

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

नोट : सभी प्रश्न अनिवार्य हैं। परन्तु आन्तरिक विकल्प दिए गए हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं। आप कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं। भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं।

1. कोई पाँच भाग हल कीजिए :

5×3=15

(क) बेंजीन अणु में प्रेक्षित सममितियाँ सूचीबद्ध कीजिए।

- (ख) प्ररूप I और प्ररूप II अतिचालकों में अन्तर बताइए।
- (ग) द्विविमीय वर्गाकार जालक की एक भुजा की लम्बाई  $5 \text{ \AA}$  है। उस इलेक्ट्रॉन के संवेग का मान क्या होगा जिसकी संगत तरंग, प्रथम ब्रिलुआँ क्षेत्र की सीमा पर समाप्त हो जाती है ?
- (घ) एक्स-किरण विवर्तन के लिए ब्रैग प्रतिबंध प्राप्त कीजिए।
- (ङ) एलुमिनियम का डिबाई तापमान  $418 \text{ K}$  है। चिरप्रतिष्ठित सिद्धान्त के आधार पर डिबाई तापमान पर एलुमिनियम के एक मोल की ऊष्मीय ऊर्जा परिकलित कीजिए।
- (च) गलन वृद्धि की तकनीकों में से क्रिस्टल वृद्धि की सबसे साफ़ विधि कौन-सी है ? कारण बताइए।

- (छ) एक अणु द्विध्रुव आघूर्ण प्रदर्शित करता है। यदि इसके धनात्मक और ऋणात्मक आवेश केन्द्रों के बीच की दूरी  $0.2 \text{ \AA}$  और इलेक्ट्रॉनों की संख्या 20 हो, तो प्रति अणु द्विध्रुव आघूर्ण परिकलित कीजिए।
- (ज) कार्बन परमाणु का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए। हीरक के क्रिस्टल में किस प्रकार का आबंधन पाया जाता है, समझाइए।
2. कोई दो भाग हल कीजिए :
- (क) एक ऐसे समतल के मिलर सूचकांक प्राप्त कीजिए जो तीन अक्षों पर क्रमशः  $2a_1, 4a_2$  और  $6a_3$  के अनुच्छेद बनाता है, जहाँ  $\vec{a}_1, \vec{a}_2$  एवं  $\vec{a}_3$  बेसिस सदिश हैं। यदि जालक स्थिरांक  $4 \text{ \AA}$  हो, तो अंतरातलीय दूरी भी परिकलित कीजिए।

(ख) सिद्ध कीजिए कि अंतःकेंद्रित घनीय (bcc) संरचना की व्युत्क्रम जालक संरचना, फलक केंद्रित घनीय (fcc) होती है। 5

(ग) bcc जालक के लिए ज्यामितीय संरचना गुणक निर्धारित करने वाले प्रतिबंध की व्युत्पत्ति कीजिए और किन्हीं दो लुप्त समतलों को सूचीबद्ध कीजिए। 3+2

3. कोई एक भाग हल कीजिए :

(क) आइन्स्टीन के सिद्धान्त के आधार पर किसी ठोस की ऊष्माधारिता का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 5

(ख) एकविमीय NaCl जालक के लिए ससंजक ऊर्जा का व्यंजक प्राप्त कीजिए और मेडलंग नियतांक की पहचान कीजिए। 4+1

4. कोई दो भाग हल कीजिए :

(क) सिलिकॉन में बैंड अन्तराल का मान  $1.12 \text{ eV}$  है। यदि चालन और संयोजकता बैंडों में प्रभावी अवस्था घनत्व क्रमशः  $2.5 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$  और  $1.5 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$  हों, तो कमरे के तापमान पर इसकी नैज वाहक सान्द्रता परिकलित कीजिए। (कमरे के तापमान पर  $k_B T = 0.025 \text{ eV}$  लें।) 5

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

(ग) हाल प्रभाव प्रयोग की व्यवस्था समझाइए और हाल नियतांक का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 2+3

5. कोई दो भाग हल कीजिए :

(क) लौहचुम्बकत्व के प्रमुख लक्षण क्या हैं ? लौहचुम्बक के दो महत्वपूर्ण अनुप्रयोग बताइए। 3+2

(ख) नैनो संरचना बनाने की अधस्थल उत्थापन विधि

(bottom up method) समझाइए। इस विधि की

कमियाँ क्या हैं ?

4+1

(ग) उपयुक्त आरेखों की सहायता से क्रिस्टल में

विभिन्न प्रकार के बिन्दु दोष समझाइए।

5

भौतिक नियतांक :

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

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

$$N_A = 6.023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

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

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