

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)

Term-End Examination

December, 2025

(PHYSICS)

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 : $5 \times 3 = 15$

- (a) Draw the First Brillouin Zone (FBZ) of a 2-D rectangular reciprocal lattice.

- (b) Differentiate between the unit cell characteristics of hexagonal and cubic crystal lattices.
- (c) State the properties of a metallic bond. Give *one* example of this bond.
- (d) Distinguish between optical and acoustic branches of the ω vs. k curve of a linear diatomic chain.
- (e) The ground state energy level for an electron in a 1-D box is 10 eV. In which energy level the electron has an energy equal to 250 eV ?
- (f) What is the critical magnetic field of a superconductor ? Distinguish between Type-I and Type-II superconductors.
- (g) What are diamagnetic materials ? Give *two* examples.
- (h) What are nano-structures ? Why are their properties different than their bulk counterparts ?

2. Attempt any *two* parts : 2×5=10

- (a) Prove that for a hexagonal close packed (*hcp*) lattice, 5

$$\frac{c}{a} = \sqrt{\frac{8}{3}}$$

- (b) Write down the expression for the geometric structure factor for an *fcc* lattice and obtain the conditions governing the structure factor. 5
- (c) The primitive translation vectors of a lattice are :

$$\vec{a}_1 = 2a\hat{i}, \vec{a}_2 = 3a\hat{i} + 2a\hat{j}, \vec{a}_3 = 3\hat{k}$$

Determine the primitive translation vectors in reciprocal lattice. 5

3. Attempt any *one* part : 1×5=5

- (a) Derive an expression for the heat capacity of a solid on the basis of Debye's theory. 5

- (b) If the potential energy function is expressed as 3+2

$$U(r) = \frac{-a}{r^6} + \frac{b}{r^{12}}$$

- (i) Calculate the inter-molecular distance (r_e) for which the potential energy is minimum.
- (ii) Show that the minimum potential energy is given by,

$$U_{\min} = \left(\frac{-a^2}{4b} \right)$$

4. Answer any *two* parts : 2×5=10
- (a) Obtain the expression for the built-in potential (V_{bi}) in terms of the donor and acceptor dopant concentrations for a *p-n* junction. 5
- (b) Calculate the density of energy states with energy below 3 eV for electrons in a metallic specimen. 5
- (c) Derive an expression for the Hall coefficient. 5
5. Attempt any *two* parts : 2×5=10

- (a) With the help of a diagram, explain the directional freezing technique of crystal growth. 5
- (b) What is a transducer ? Describe the working of a polymer capacitor as a humidity transducer. 1+4
- (c) Calculate the magnetic moment of magnetite (Fe_3O_4) in units of Bohr magneton. 5

Physical constants :

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

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

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

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

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

PHE-13

विज्ञान स्नातक (बी. एस-सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2025

(भौतिक विज्ञान)

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 कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं।

(iii) प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

(iv) भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं।

1. किन्हीं पाँच भागों को हल कीजिए : $5 \times 3 = 15$

(क) एक 2-D आयताकार व्युत्क्रम जालक का प्रथम

ब्रिलुवाँ क्षेत्र (FBZ) आरेखित कीजिए।

- (ख) षट्कोणीय और घनीय क्रिस्टल जालकों की एकक कोष्ठिकाओं की विशिष्टताओं में अंतर बताइए।
- (ग) धात्विक आबंधन के गुणधर्म बनाइए। इस आबंधन का एक उदाहरण दीजिए।
- (घ) द्वि-परमाण्विक रेखीय शृंखला के w प्रति k वक्र की प्रकाशीय और ध्वानिक शाखाओं में अंतर बनाइए।
- (ङ) एक-विमीय बॉक्स में इलेक्ट्रॉन के न्यूनतम स्तर की ऊर्जा का मान 10 eV है। किस ऊर्जा स्तर में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा 250 eV होगी ?
- (च) अतिचालक का क्रांतिक चुम्बकीय क्षेत्र क्या होता है ? प्ररूप-I और प्ररूप-II अतिचालकों में अंतर बताइए।
- (छ) प्रतिचुम्बकीय पदार्थ क्या होते हैं ? दो उदाहरण बनाइए।
- (ज) नैनो संरचनाएँ क्या होती हैं ? इनके गुणधर्म संगत स्थूल पदार्थों के गुणधर्मों से भिन्न क्यों होते हैं ?

2. निम्नलिखित में से किन्हीं दो को हल कीजिए : $2 \times 5 = 10$

(क) सिद्ध कीजिए कि षट्कोणीय सुसंकुलित (hcp)

जालक के लिए 5

$$\frac{c}{a} = \sqrt{\frac{8}{3}}$$

(ख) FCC जालक के ज्यामितीय संरचना गुणक का

व्यंजक लिखिए और संरचना गुणक के मान निर्धारित

करने वाले प्रतिबंध प्राप्त कीजिए। 5

(ग) एक सामान्य जालक के अभाज्य स्थानान्तरण सदिश

निम्नलिखित हैं :

$$\vec{a}_1 = 2a\hat{i}, \vec{a}_2 = 3a\hat{i} + 2a\hat{j}, \vec{a}_3 = 3\hat{k}$$

इस जालक के संगत व्युत्क्रम जालक के अभाज्य

स्थानान्तरण सदिश निर्धारित कीजिए। 5

3. किसी एक भाग को हल कीजिए : $1 \times 5 = 5$

(क) डिबाई सिद्धान्त के आधार पर ठोसों की ऊष्मा-धारिता

का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

(ख) स्थितिज ऊर्जा फलन को निम्नवत निरूपित किया है :

$$U(r) = \frac{-a}{r^6} + \frac{b}{r^{12}}$$

(i) उस अंतरा-अणुक दूरी (r_e) को परिकलित कीजिए, जिसके लिए स्थितिज ऊर्जा का मान न्यूनतम होगा।

(ii) सिद्ध कीजिए कि न्यूनतम स्थितिज ऊर्जा का

$$\text{व्यंजक } U_{\min} = \left(\frac{-a^2}{4b} \right) \text{ है।} \quad 3+2$$

4. निम्नलिखित में से किन्हीं दो को हल कीजिए : $2 \times 5 = 10$

(क) p - n संधि के लिए दाता और ग्राही मादन सांद्रताओं के पदों में निर्मित विभव (V_{bi}) का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 5

(ख) धात्विक प्रतिदर्श के इलेक्ट्रॉनों के लिए 3 eV से कम ऊर्जा वाली ऊर्जा अवस्थाओं का घनत्व परिकलित कीजिए। 5

(ग) हाल गुणांक का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 5

5. निम्नलिखित में से किन्हीं दो को हल कीजिए : $2 \times 5 = 10$
- (क) आरेख की सहायता से क्रिस्टल वृद्धि की दिशिक हिमीकरण तकनीक समझाइए। 5
- (ख) ट्रांसड्यूसर क्या होता है ? आर्द्रता ट्रांसड्यूसर के रूप में बहुलक संधारित्र का कार्य समझाइए। 1+4
- (ग) बोर मैग्नेटॉन के एकक में मैग्नेटाइट (Fe_3O_4) का चुम्बकीय आघूर्ण परिकलित कीजिए। 5

भौतिक नियतांक :

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

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

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

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

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

× × × × ×