No. of Printed Pages : 11 **PHE–013**

BACHELOR OF SCIENCE (B. SC.)

PHYSICS

Term-End Examination

June, 2026

PHE-013 : 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.

1. Attempt any *five* parts : 5×3=15

(a) List all the symmetry elements of a benzene molecule.

(b) What is a primitive unit cell ? Draw the Wigner-Seitz construction for a 2D lattice.

(c) Arrange the following bonds in ascending order of their strength and write *one* example of each :

(i) Van der Waals bond

(ii) Ionic bond

(iii) Covalent bond

(d) The energy of an electron in a crystalline solid is given by $\varepsilon(k) = \frac{7\hbar^2 k^2}{m}$.

Calculate its velocity and effective mass.

(e) List independent elastic stiffness constants of the cubic crystal. Explain how any *two* of these constants relate stress and strain.

(f) Draw the resistivity *versus* temperature plot for an ideal metal and a superconductor.

(g) What should be the properties of a material so that its crystals can be produced by the melt-growth process ?

(h) Explain classification of polymers on the basis of their structure.

2. Attempt any *two* parts : 2×5=10

(a) Define atomic packing fraction for a crystal structure. Calculate the atomic packing fraction for an fcc structure.

(b) Determine the primitive translation vectors of the reciprocal lattice for a simple cubic structure. Prove that the volume of the unit cell in the reciprocal lattice is inversely proportional to that of the direct lattice for a simple cubic structure.

(c) Explain why X-rays are used for probing crystal structures. Derive Bragg condition for diffraction maxima.

3. Attempt any *one* part : 1×5=5

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

(b) Derive the dispersion relation for the vibrations of a linear chain of identical atoms.

4. Answer any *two* parts : 2×5=10

(a) (i) State the limitations of the Drude-Lorentz theory.

(ii) The experimentally observed value of electrical conductivity of a metal is $10^7\,\Omega^{-1}\text{m}^{-1}$. Calculate the relaxation time.

Take : $e = 1.6 \times 10^{-19}\,\text{C}$, $m = 9.1 \times 10^{-31}\,\text{kg}$ and $n = 2 \times 10^{28}\,\text{m}^{-3}$. 3+2

(b) (i) Explain the origin of the periodic potential field experienced by electrons in a crystalline solid.

(ii) State Bloch's theorem for the wave function of an electron in a periodic potential. 3+2

(c) The expressions for the electron and hole concentrations in an intrinsic semiconductor are : 4+1

$$n_e = N_C \exp\left[-\frac{(E_C - E_F)}{k_B T}\right]$$

$$n_h = N_V \exp\left[-\frac{(E_F - E_V)}{k_B T}\right]$$

Derive the expression for intrinsic Fermi level E_{Fi}. Obtain the location of Fermi level at T = 0 K.

5. Attempt any *two* parts : 2×5=10

(a) Describe with the help of diagrams the different types of point defects in crystals. 5

(b) Describe the photolithography method of nanostructure fabrication. 5

(c) Describe the salient features of ferro-magnetism. Explain remanence and coercivity in a ferromagnetic material.

3+2

PHE–013

विज्ञान स्नातक (बी. एस-सी.)

भौतिक विज्ञान

सत्रांत परीक्षा

जून, 2026

पी.एच.ई.-013 : 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।

---

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

(क) बेंजीन अणु के सभी सममिति अवयवों की सूची बनाइए।

(ख) अभाज्य एकक कोष्ठिका क्या होती है ? द्विविमीय जालक के लिए विग्नैर–साइट्ज रचना का आरेख खींचिए।

(ग) निम्नलिखित आबंधनों को इनके बल के आधार पर आरोही क्रम में व्यवस्थित कीजिए और प्रत्येक का **एक-एक** उदाहरण दीजिए :

(i) वाण्डर वाल्स आबंध

(ii) आयनी आबंध

(iii) सहसंयोजी आबंध

(घ) किसी क्रिस्टलीय ठोस में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा का व्यंजक $\varepsilon(k) = \dfrac{7\hbar^2 k^2}{m}$ है। इलेक्ट्रॉन का वेग और प्रभावी द्रव्यमान परिकलित कीजिए।

(ङ) एक घनीय क्रिस्टल के स्वतंत्र प्रत्यास्थ दुर्नम्यता गुणांकों को सूचीकृत कीजिए। किन्हीं **दो** गुणांकों के लिए समझाइए कि वह कैसे प्रतिबल और विकृति को संबंधित करते हैं।

(च) एक आदर्श धातु और एक अतिचालक के लिए प्रतिरोधकता के तापमान के सापेक्ष आरेख बनाइए।

(छ) किसी पदार्थ के क्या गुणधर्म होने चाहिये जिससे कि इसे क्रिस्टल, गलन–वृद्धि प्रक्रिया से बनाये जा सके ?

(ज) संरचना के आधार पर बहुलकों का वर्गीकरण समझाइए।

2. किन्हीं **दो** भागों को हल कीजिए : 2×5=10

(क) किसी क्रिस्टल संरचना के लिए परमाण्वीय संकुलन गुणांक की परिभाषा दीजिए। फलक केंद्रित घनीय (fcc) संरचना के लिए परमाण्वीय संकुलन गुणांक परिकलित कीजिए।

(ख) एक सरल घनीय संरचना के लिए व्युत्क्रम जालक के अभाज्य स्थानांतरण सदिश निर्धारित कीजिए। सिद्ध कीजिए कि सरल घनीय संरचना के व्युत्क्रम जालक की एकक कोष्ठिका का आयतन, उसके संगत सामान्य जालक की एकक कोष्ठिका के आयतन का व्युत्क्रमानुपाती होता है।

(ग) समझाइए कि क्रिस्टल संरचना निर्धारित करने के लिए एक्स–किरण का उपयोग क्यों किया जाता है ? विवर्तन उच्चिष्ठ के लिए ब्रैग प्रतिबंध व्युत्पन्न कीजिए।

3. किसी **एक** भाग को हल कीजिए : 1×5=5

(क) आइन्स्टीन सिद्धांत के आधार पर ठोसों की ऊष्माधारिता का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

(ख) एक ही प्रकार के परमाणुओं की रेखीय शृंखला के कम्पनों के लिए परिक्षेपण संबंध व्युत्पन्न कीजिए।

4. किन्हीं **दो** भागों को हल कीजिए : 2×5=10

(क) (i) ड्रूडे–लोरेन्ट्स सिद्धान्त की कमियाँ बताइए।

(ii) किसी धातु की वैद्युत चालकता का प्रायोगिक प्रेक्षित मान $10^7\,\Omega^{-1}\text{m}^{-1}$ है। विश्रांति काल परिकलित कीजिए। $e = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$, $m = 9.1 \times 10^{-31}\,\text{kg}$ और $n = 2 \times 10^{28}\text{m}^{-3}$ लें। 3+2

(ख) (i) क्रिस्टलीय ठोस में इलेक्ट्रॉनों के द्वारा अनुभूत आवर्ती विभव क्षेत्र का उद्भव क्या है, समझाइए।

(ii) आवर्ती विभव में उपस्थित इलेक्ट्रॉन के तरंग फलन के लिए ब्लॉख प्रमेय का कथन लिखिए।

3+2

(ग) नैज अर्धचालक में इलेक्ट्रॉन और होल की सान्द्रता के व्यंजक निम्नलिखित हैं :

$$n_e = N_C \exp\left[-\frac{(E_C - E_F)}{k_B T}\right]$$

$$n_h = N_V \exp\left[-\frac{(E_F - E_V)}{k_B T}\right]$$

नैज फर्मी ऊर्जा E_{Fi} का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। T = 0 K पर फर्मी स्तर की स्थिति ज्ञात कीजिए। 4+1

5. किन्हीं **दो** भागों को हल कीजिए : 2×5=10

(क) आरेखों के साथ क्रिस्टल में पाये जाने वाले विभिन्न प्रकार के बिंदु दोषों का विवरण दीजिए। 5

(ख) नैनो–संरचना की भा–अश्मलेखन विधि का वर्णन कीजिए। 5

(ग) लोह–चुम्बकत्व के प्रमुख लक्षणों का विवरण कीजिए। लोह–चुम्बकीय पदार्थों के लिए चुंबकत्वावशेष (remanence) और निग्राहिता (coercivity) समझाइए। 3+2

× × × × ×