No. of Printed Pages : 10

PHE–13

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)
Term-End Examination
June, 2025

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 : 5×3=15

(a) What are Miller indices ? Determine the Miller indices of a crystal plane which intersects the three axes at the points $3a_1, 2a_2$ and $1a_3$, respectively, where $\vec{a}_1$, $\vec{a}_2$ and $\vec{a}_3$ are the basis vectors.

(b) Show that reciprocal lattice of simple cubic structure is also a simple cube.

(c) For a linear monatomic chain of atoms, the dispersion relation is given by :

$$\omega = \omega_{OL} \left| \sin \frac{ka}{2} \right|$$

Determine the expression for the group velocity for $ka << 1$.

(d) The potential energy is expressed as :

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

Calculate the inter-molecular distance (r_e) for which the potential energy is minimum.

(e) State the limitations of the Drude-Lorentz's theory for electrical conductivity in metals.

(f) Write the expression for the Hall coefficient. State its *two* uses.

(g) Distinguish between piezoelectric and ferroelectric materials. Give *one* example of each.

(h) What are the factors that determine the amount of power available from a photovoltaic device ?

2. Attempt any *two* parts : $2\times5=10$

(a) What is a rotational symmetry ? Show that 5-fold rotational symmetry is not possible in a 2-D lattice. 1+4

(b) Calculate the atomic packing fraction of a bcc lattice structure. 5

(c) Explain the Laue method for X-ray diffraction. What are the limitations of this method ? 4+1

3. Attempt any *one* part : $1\times5=5$

(a) Derive an expression for the heat capacity of a solid on the basis of Einstein's theory. State its limitation at low temperature. 4+1

(b) Derive the Madelung constant for an NaCl lattice assumed to be arranged in one dimension. 5

4. Attempt any *two* parts : 2×5=10

(a) On the basis of the Sommerfeld model, derive an expression for the allowed values of energy of an electron in metals. 5

(b) Consider a 1-D crystal of length L having N unit cells. Show that the total number of energy states (n) for an electrons in an allowed band of a crystalline solid is equal to the number of unit cells. 5

(c) Explain qualitatively phonon-mediated electron interaction leading to the formation of Cooper pairs in the BCS theory of superconductivity. 5

5. Attempt any *two* parts : 2×5=10

(a) With the help of a diagram, explain the float zone technique of crystal growth. 5

(b) What are nanostructures ? Describe the bottom up method to obtain nano-structures using a schematic diagram. 1+4

(c) What are transducers ? Derive the expression for gauge factor of a resistive strain transducer. 1+4

Physical constants :

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

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

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

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

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

PHE–13

विज्ञान स्नातक (बी. एस-सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2025

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 : 5×3=15

(क) मिलर सूचकांक क्या होते हैं ? $\vec{a}_1$, $\vec{a}_2$ और $\vec{a}_3$ बेसिस सदिशों के अनुदिश तीन अक्षों को क्रमशः $3a_1$, $2a_2$ और $1a_3$ पर विच्छेदित करने वाले क्रिस्टल समतल के मिलर सूचकांक ज्ञात कीजिए।

(ख) सिद्ध कीजिए कि सरल घनीय संरचना का व्युत्क्रम जालक भी सरल घनीय होता है।

(ग) एकपरमाण्विक परमाणुओं की रेखीय शृंखला का परिक्षेपण सम्बन्ध निम्नलिखित होता है :

$$\omega = \omega_{OL}\left|\sin\frac{ka}{2}\right|$$

$ka << 1$ के लिए समूह वेग का व्यंजक प्राप्त कीजिए।

(घ) स्थितिज ऊर्जा को निम्नलिखित व्यंजक से निरूपित किया गया है :

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

स्थितिज ऊर्जा के न्यूनतम मान के लिए अंतरा–अणुक दूरी (r_e) परिकलित कीजिए।

(ङ) धातुओं में वैद्युत चालन के संदर्भ में ड्रूडे–लॉरेंज सिद्धान्त की कमियाँ बताइए।

(च) हाल गुणांक का व्यंजक लिखिए। इसके **दो** उपयोग बताइए।

(छ) दाबविद्युत् और लौहविद्युत् पदार्थों में अन्तर बताइए। प्रत्येक का **एक-एक** उदाहरण दीजिए।

(ज) प्रकाश वोल्टीय युक्ति से उपलब्ध शक्ति का मान किन कारकों से निर्धारित होता है ?

2. किन्हीं **दो** भागों को हल कीजिए : $2 \times 5 = 10$

(क) घूर्णन सममिति क्या होती है ? सिद्ध कीजिए कि 2-D जालक में 5-वलन घूर्णन सममिति सम्भव नहीं है। 1+4

(ख) अन्त:केन्द्रित घनीय (bcc) जालक संरचना का परमाण्वीय संकुलन गुणक परिकलित कीजिए। 5

(ग) X–किरण विवर्तन की लाउए विधि को समझाइए। इस विधि की क्या कमियाँ होती हैं ? 4+1

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

(क) आइन्स्टीन के सिद्धान्त के आधार पर ठोसों की ऊष्मा धारिता का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। न्यून तापमानों पर इसकी कमी बताइए। 4+1

(ख) एक विमा में संरचित NaCl जालक का मेडलंग नियतांक व्युत्पन्न कीजिए। 5

4. किन्हीं **दो** भागों को हल कीजिए : $2 \times 5 = 10$

(क) सोमरफैल्ड मॉडल के आधार पर धातुओं में इलेक्ट्रॉनों की ऊर्जा के अनुमत मानों के लिए व्यंजक को व्युत्पन्न कीजिए। 5

(ख) L-लम्बाई के N एकक कोष्ठिकाओं वाले एक–विमीय क्रिस्टल के लिए सिद्ध कीजिए कि अनुमत बैंड में इलेक्ट्रॉनों की कुल ऊर्जा अवस्थाओं की संख्या (n) क्रिस्टल की कुल एकक कोष्ठिकाओं की संख्या के बराबर होती है। 5

(ग) अतिचालकता के BCS सिद्धान्त में कूपर युग्मों के जनन की, फोनॉन की मध्यस्थता के कारण इलेक्ट्रॉनों के बीच अन्योन्यक्रिया के आधार पर व्याख्या कीजिए। 5

5. किन्हीं **दो** भागों को हल कीजिए : $2 \times 5 = 10$

(क) उचित आरेख की सहायता से प्लवी जोन क्रिस्टल वृद्धि तकनीक की व्याख्या कीजिए। 5

(ख) नैनोसंरचनाएँ क्या होती हैं ? उचित ओरख की सहायता से अधस्थल उत्थापन से नैनोसंरचना प्राप्त करने की विधि को समझाइए। 1+4

(ग) ट्रांसड्यूसर क्या होते हैं ? प्रतिरोधी विकृति ट्रांसड्यूसर के गेज कारक का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 1+4

भौतिक नियतांक :

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

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

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

$k_\mathrm{B} = 1.38 \times 10^{-23}\,\mathrm{JK^{-1}}$

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

× × × × ×