(d) What do you understand by persistent current in superconductors ? Explain its physical significance. **4**

अतिचालकों में स्थायी धारा से आप क्या समझते हैं ? इसके भौतिक महत्त्व की व्याख्या कीजिए।

### Unit I (इकाई I)

**2.** Evaluate the geometrical structure factor $F_{hki}$, for reflection from the (*hkl*) planes in an FCC lattice and show that the factor vanishes unless the numbers *h*, *k* and *l* are all even or all odd. **16**

एक FCC जालक में (*hkl*) तलों से परावर्तन के लिए ज्यामितीय संरचना कारक $F_{hki}$ का मान ज्ञात कीजिए और दर्शाइए कि यह कारक शून्य हो जाता है, सिवाय तब जब संख्याएँ *h*, *k* और *l* सभी सम हों या सभी विषम हों ।



No. of Printed Pages : 10 Roll No. .....

# 55202

## M. Sc. (NEP-2020)

## EXAMINATION, 2026

(Second Semester)

PHYSICS

Solid State Physics

*Time :* 3 *Hours*] [*Maximum Marks :* 80

---

Before answering the question-paper, candidates must ensure that they have been supplied with correct and complete question-paper. No complaint, in this regard will be entertained after the examination.

---

**Note** : Attempt *Five* questions in all, selecting *one* question from each Unit. Q. No. **1** is compulsory. All questions carry equal marks.

प्रत्येक इकाई में से **एक** प्रश्न चुनते हुए, कुल **पाँच** प्रश्नों के उत्तर दीजिए । प्रश्न क्र. **1** अनिवार्य है । सभी प्रश्नों के अंक समान हैं ।

**1.** (a) The Bragg angle for reflection from the (1 10) planes in *bcc* iron is 22° for an X-ray wavelength of $\lambda = 1.54$ A°. Compute the cube edge for iron. **4**

*bcc* लोहे में (1 10) तलों से परावर्तन के लिए ब्रैग कोण 22° है, जब X-किरण की तरंगदैर्घ्य $\lambda = 1.54$ A° है । लोहे के लिए घन के किनारे की लंबाई की गणना कीजिए ।

(b) Derive the phonon density of states for an isotropic solid, if the dispersion relation for lattice vibrations is $\omega = \omega_{max} \left| \sin \frac{ka}{2} \right|$ for all directions. **4**



एक समदैशिक ठोस के लिए फोनन अवस्था घनत्व व्युत्पन्न कीजिए, यदि जालक कंपनों के लिए परिक्षेपण संबंध सभी दिशाओं में $\omega = \omega_{max} \left| \sin \frac{ka}{2} \right|$ हो ।

(c) Find the number of states in a band for a linear crystal of length L extending from $x = 0$ to $x = L$. How many electrons can be accommodated per band ? Take interatomic separation as $a$. **4**

लम्बाई L वाले एक रेखीय क्रिस्टल के लिए, जो $x = 0$ से $x = L$ तक फैला हुआ है, एक बैंड में अवस्थाओं की संख्या ज्ञात कीजिए । प्रति बैंड कितने इलेक्ट्रॉन समायोजित किए जा सकते हैं ? परमाणुओं के बीच की दूरी $a$ मानिए ।

स्थितियों पर स्थित होते हैं । टाइट बाइंडिंग एप्रोक्सीमेशन का उपयोग करने पर पता चलता है कि एक एटॉमिक $s$-स्टेट से, निकटतम पड़ोसियों तक, बनाया गया एनर्जी बैंड इस प्रकार दिया जाता है $E(k) = E_0-\alpha-4\beta(\cos k_x a \cos k_y, a + \cos k_y, a \cos k_z a + \cos k_z a \cos k_x a)$, जहाँ $E_0$ मुक्त परमाणु की ऊर्जा है ।

**7.** (a) A cyclotron resonance experiment was done at a frequency of 68 GHz. Three consecutive resonances were found at magnetic fields of 0.74, 0.59 and 0.49 Tesla. Calculate the effective mass of the electrons in the material. **4**

68 GHz की फ्रीक्वेंसी पर एक साइक्लोट्रॉन रेजोनेंस प्रयोग किया गया । 0.74, 0.59 और 0.49 टेस्ला के चुंबकीय क्षेत्रों पर तीन लगातार रेजोनेंस पाए गए । सामग्री में इलेक्ट्रॉनों का प्रभावी द्रव्यमान ज्ञात कीजिए ।



**3.** (a) Show that Face-Centered Cubic (BCC) is the most closely packed of the three cubic structures by computing their packing fractions. **6**

दर्शाइए कि फलक-केंद्रित घनीय (BCC) संरचना, तीनों घनीय संरचनाओं में सबसे अधिक सघन रूप से संकुलित है; इसके लिए उनकी संकुलन भिन्नों की गणना कीजिए ।

(b) Derive Laue equations and hence deduce Bragg's law of X-ray diffraction. **10**

लाउए समीकरण व्युत्पन्न कीजिए और इस आधार पर X-किरण विवर्तन के ब्रैग नियम को निगमित कीजिए ।

## Unit II (इकाई II)

**4.** Obtain dispersion relation for one-dimensional atomic crystal and discuss the nature of acoustic and optical modes. Show that group velocity vanishes at the zone-boundary. Also give the physical interpretation of the result. **16**

एक-विमीय परमाण्विक क्रिस्टल के लिए परिक्षेपण संबंध प्राप्त कीजिए और ध्वनिक तथा प्रकाशीय विधाओं की प्रकृति की चर्चा कीजिए। दर्शाइए कि जोन-सीमा पर समूह वेग शून्य हो जाता है । साथ ही, इस परिणाम की भौतिक व्याख्या भी प्रस्तुत कीजिए ।

**5.** (a) Write down the characteristics of lattice vibrations or phonons. Describe inelastic scattering of neutrons for the experimental determination of phonon spectra. **12**

जालक कंपनों अथवा फोननों की विशेषताएँ लिखिए । फोनन स्पेक्ट्रा के प्रायोगिक निर्धारण हेतु न्यूट्रॉनों के अप्रत्यास्थ प्रकीर्णन का वर्णन कीजिए ।

(b) For a three-dimensional crystal having N primitive unit cells with a basis of $p$ atoms, find the number of optical branches. **4**



N आदिम एकक कोष्ठिकाओं वाले एक त्रि-विमीय क्रिस्टल के लिए, जिसमें $p$ परमाणुओं का एक आधार हो, प्रकाशीय शाखाओं की संख्या ज्ञात कीजिए ।

## Unit III (इकाई III)

**6.** Discuss tight binding approximation. The *fcc* lattice has 12 neighbors at $a$ (0, ± 1, ± 1), $a$ (±1, 0, ± 1) and $a$ (± 1, ± 1, 0). Using tight binding approximation shows that the energy band constructed from an atomic $s$-state, upto nearest neighbors, is given as $E(k) = E_0 - \alpha - 4\beta(\cos k_x a \cos k_y, a + \cos k_y, a \cos k_z a + \cos k_z a \cos k_x a)$, where $E_0$ is the free atom energy. **16**

दृढ़ बंधन सन्निकटन की चर्चा कीजिए । *fcc* जालक में 12 निकटतम पड़ोसी होते हैं, जो $a$ (0, ± 1, ± 1), $a$ (±1, 0, ± 1) और $a$ (± 1, ± 1, 0)

(b) Derive London equation and explain the concept of London penetration depth in superconductors. **10**

लंदन समीकरण व्युत्पन्न कीजिए और सुपरकंडक्टरों में लंदन पेनेट्रेशन डेप्थ की अवधारणा की व्याख्या कीजिए ।

**9.** Explain the origin of ferromagnetism with reference to Weiss theory. Show, how the susceptibility of ferromagnetic materials varies with temperature. Also explain what the Cuire temperature is. **16**

वाइस सिद्धांत के संदर्भ में फेरोमैग्नेटिज्म की उत्पत्ति की व्याख्या कीजिए । दर्शाइए कि फेरोमैग्नेटिक सामग्रियों की ससेप्टिबिलिटी (चुंबकीय प्रवृत्ति) तापमान के साथ कैसे बदलती है । साथ ही, यह भी समझाइए कि क्यूरी तापमान क्या है ।

❖❖❖❖❖❖❖



(b) Discuss the Nearly Free Electron approximation for a 1D lattice and find E *versus* K relations. Explain the discontinuity in the E-K curve at the zone boundaries. **12**

1D लैटिस के लिए नियरली फ्री इलेक्ट्रॉन एप्रोक्सीमेशन पर चर्चा कीजिए और E **बनाम** K संबंध ज्ञात कीजिए । जोन सीमाओं पर E-K वक्र में असंततता की व्याख्या कीजिए ।

## Unit IV (इकाई IV)

**8.** (a) Describe how Cooper pairs are formed. What is the importance of cooper pairs in superconductivity ? **6**

बताइए कि कूपर जोड़े कैसे बनते हैं । सुपरकंडक्टिविटी में कूपर जोड़ों का क्या महत्व है ?