Unit I (इकाई I)

2. (a) Discuss the Kronig-Penney Model in detail and explain how it leads to the formation of energy bands and forbidden gaps. **10**

क्रोनिग-पेनी मॉडल पर विस्तार से चर्चा कीजिए और बताइए कि यह कैसे ऊर्जा बैंड और निषिद्ध अंतराल के निर्माण की ओर ले जाता है ।

(b) Distinguish among Metals, Insulators and Semiconductors based on Band Theory. **4**

बैंड सिद्धांत के आधार पर धातुओं, कुचालकों और अर्धचालकों के बीच अंतर स्पष्ट कीजिए।

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

55721

M. Sc. (NEP-2020)

EXAMINATION, 2026

(Fourth Semester)

PHYSICS

Physics of Nano-Materials

Time : 3 *Hours*] [*Maximum Marks :* 70

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. Answer all of the following : **7×2=14**

(a) State *two* main features of the Free Electron Theory.

(b) Define 'Effective Mass' of an electron in a crystal.

(c) What is the difference between a Quantum Wire and a Quantum Dot ?

(d) Explain the concept of 'Coulomb Blockade'.

(e) Mention *one* major difference between Bottom-up and Top-down synthesis.

(f) Write down the Debye-Scherrer formula and define the symbols.

(g) Why do Raman peaks shift or broaden in nanomaterials ?

निम्नलिखित सभी का उत्तर दीजिए :

(अ) मुक्त इलेक्ट्रॉन सिद्धांत की **दो** मुख्य विशेषताएँ बताइए ।

(ब) एक क्रिस्टल में एक इलेक्ट्रॉन के 'प्रभावी द्रव्यमान' को परिभाषित कीजिए ।

(स) क्वांटम वायर और क्वांटम डॉट के बीच क्या अंतर है ?

(द) 'कूलम्ब नाकाबंदी' की अवधारणा को समझाइए ।

(इ) बॉटम-अप और टॉप-डाउन संश्लेषण के बीच **एक** प्रमुख अंतर का उल्लेख कीजिए ।

(फ) डेबी-शेरर सूत्र लिखिए और प्रतीकों को परिभाषित कीजिए ।

(ग) नैनोमटेरियल्स में रमन शिखर क्यों बदलते या चौड़े होते हैं ?

नैनोमटेरियल्स को संश्लेषित करने के लिए टॉप-डाउन दृष्टिकोण के रूप में बॉल मिलिंग पर चर्चा कीजिए ।

(b) Explain the Electrochemical Deposition method for the synthesis of 1D nanostructures. **7**

1डी नैनोसंरचनाओं के संश्लेषण के लिए इलेक्ट्रोकेमिकल जमाव विधि की व्याख्या कीजिए।

Unit IV (इकाई IV)

8. (a) Explain the principle and instrumentation of Transmission Electron Microscopy (TEM). **8**

ट्रांसमिशन इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी (टीईएम) के सिद्धांत और उपकरणों की व्याख्या कीजिए ।

Or (अथवा)

3. (a) Derive the expression for the Density of States in a 3D (Bulk) system. **8**

3डी (बल्क) प्रणाली में अवस्था घनत्व के लिए अभिव्यक्ति प्राप्त कीजिए ।

(b) Explain the nature and characteristics of Frenkel and Mott-Wannier Excitons. **6**

फ्रेनकेल और मॉट-वानियर एक्साइटन्स की प्रकृति और विशेषताओं की व्याख्या कीजिए ।

Unit II (इकाई II)

4. (a) What is Quantum Confinement ? Discuss the energy levels and wave functions for an electron in an infinitely deep square well potential. **8**

क्वांटम बंधन क्या है ? एक अनंत रूप से गहरे वर्गाकार कूप विभव में एक इलेक्ट्रॉन के लिए ऊर्जा स्तर और तरंग कार्यों पर चर्चा कीजिए ।

(b) Describe the working principle and advantages of a Quantum Dot Laser. **6**

क्वांटम डॉट लेजर के कार्य सिद्धांत और लाभों का वर्णन कीजिए ।

Or (अथवा)

5. (a) Derive the Density of States for a 2D (Quantum Well) system. **7**

2डी (क्वांटम वेल) प्रणाली के लिए अवस्था घनत्व प्राप्त कीजिए ।

(b) Explain the structure and operation of a Single Electron Transistor (SET). **7**

एकल इलेक्ट्रॉन ट्रांजिस्टर (एस.ई.टी.) की संरचना और संचालन की व्याख्या कीजिए ।

Unit III (इकाई III)

6. (a) Explain the Sol-Gel Process for the synthesis of nanoparticles. **7**

नैनोकणों के संश्लेषण के लिए सोल-जेल प्रक्रिया की व्याख्या कीजिए ।

(b) Describe the Molecular Beam Epitaxy (MBE) technique for growing high-quality thin films. **7**

उच्च गुणवत्ता वाली पतली फिल्मों को विकसित करने के लिए आणविक बीम एपिटैक्सी (एम.बी.ई.) तकनीक का वर्णन कीजिए ।

Or (अथवा)

7. (a) Discuss Ball Milling as a top-down approach for synthesizing nanomaterials. **7**

(b) Discuss Photoluminescence (PL) Spectroscopy and how it helps in estimating the width of quantum wells. **6**

फोटोल्यूमिनसेंस (पी.एल.) स्पेक्ट्रोस्कोपी पर चर्चा कीजिए और यह क्वांटम कुओं की चौड़ाई का अनुमान लगाने में कैसे सहायता करती है ?

Or **(अथवा)**

9. (a) What is the Williamson-Hall Plot ? Explain, how it is used to separate the effects of particle size and strain on XRD peak width. **8**

विलियमसन-हॉल प्लॉट क्या है ? बताइए, इसका उपयोग एक्स.आर.डी. शिखर चौड़ाई पर कण आकार और तनाव के प्रभावों को अलग करने के लिए कैसे किया जाता है ।

(b) Discuss the application of Raman Spectroscopy in characterizing Carbon Nanotubes and Graphene. **6**

कार्बन नैनोट्यूब और ग्राफीन के लक्षण वर्णन में रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी के अनुप्रयोग पर चर्चा कीजिए ।

❖❖❖❖❖❖❖