

**PH-09**

**December - Examination 2025**

**B.Sc. (Part-III) Examination**

**PHYSICS**

**(ELEMENTARY QUANTUM MECHANICS AND SPECTROSCOPY)**

**प्रारम्भिक क्वांटम यांत्रिकी एवं स्पेक्ट्रोस्कोपी**

**Paper : PH-09**

[Time: 3 Hours]

[Maximum Marks: 35]

**Note :-** This question paper is divided into three Sections A, B and C. Write answers as per the given instructions.

**निर्देश :-** यह प्रश्नपत्र 'अ', 'ब' और 'स' तीन खण्डों में विभाजित है। दिए गए निर्देशों के अनुसार उत्तर लिखें।

**Section-A**

**7×1=7**

**(Very Short Answer Type Questions)**

**Note :-** Answer all questions. As per the nature of the question delimit your answer in one word, one sentence or maximum up to **30** words. Each question carries **1** mark.

**खण्ड—'अ'**

**(अति लघु उत्तरीय प्रश्न)**

**निर्देश :-** सभी प्रश्नों के उत्तर दीजिए। आप अपने उत्तर को प्रश्नानुसार एक शब्द, एक वाक्य या अधिकतम **30** शब्दों में परिसीमित कीजिए। प्रत्येक प्रश्न **1** अंक का है।

1. (i) Explain the meaning of threshold frequency in the context of the photoelectric effect.

प्रकाश-वैद्युत प्रभाव के संदर्भ में देहली आवृत्ति का अर्थ समझाइए।

(ii) State Heisenberg's uncertainty principle for position-momentum and energy-time.

स्थिति-संवेग तथा ऊर्जा-समय के लिए हाइजेनबर्ग के अनिश्चितता सिद्धांत का कथन दीजिए।

(iii) What is a wave packet? Explain its physical significance.

तरंग पिटक (पैकेट) क्या है? इसके भौतिक महत्त्व को समझाइए।

(iv) What is the physical significance of expectation values?

प्रत्याशा मानों का भौतिक महत्त्व क्या है?

(v) What is meant by the degeneracy of an energy level?

ऊर्जा स्तर की अपभ्रष्टता (डिजनरेसी) से क्या अभिप्राय है?

(vi) What is meant by fine structure?

सूक्ष्म संरचना से आप क्या समझते हैं?

(vii) Why does the CO<sub>2</sub> molecule not exhibit rotational spectra?

CO<sub>2</sub> अणु घूर्णी स्पेक्ट्रा क्यों नहीं दर्शाता है?

## (Short Answer Type Questions)

**Note :-** Answer **any four** questions. Each answer should not exceed **200** words. Each question carries **3½** marks.

खण्ड—'ब'

( लघु उत्तरीय प्रश्न )

**निर्देश :-** किन्हीं चार प्रश्नों के उत्तर दीजिए। आप अपने उत्तर को अधिकतम **200** शब्दों में परिसीमित कीजिए। प्रत्येक प्रश्न **3½** अंक का है।

2. Describe the Davisson-Germer experiment and discuss its results.  
डेविसन-जर्मर प्रयोग का वर्णन करें और इसके परिणामों की विवेचना करें।
3. Explain the difference between time-dependent and time-independent Schrödinger equations.  
कालाश्रित और काल-अनाश्रित श्रोडिंगर समीकरणों में अंतर समझाइए।
4. A particle is confined in a one-dimensional box of length L. Its wave function is  $\psi(x) = C \sin(\pi x/L)$  in the region  $0 \leq x \leq L$  and  $\psi(x) = 0$  outside this region. Calculate the expectation value  $\langle x \rangle$  of x.  
लंबाई L के एक आयामी बॉक्स में एक कण सीमित है। इसका तरंग फलन क्षेत्र  $0 \leq x \leq L$  में  $\psi(x) = C \sin(\pi x/L)$  है और इस क्षेत्र के बाहर  $\psi(x) = 0$  है। x के प्रत्याशा मान  $\langle x \rangle$  की गणना करें।
5. What is meant by a stationary state? Derive the eigenfunction of the Schrödinger equation for a stationary state.  
स्थायी अवस्था से क्या अभिप्राय है? स्थायी अवस्था के लिए श्रोडिंगर समीकरण का आइगेन फलन व्युत्पन्न करें।
6. Calculate the expectation value of the potential energy of a one-dimensional harmonic oscillator in its ground state.  
एकविमीय सरल आवर्ती दोलक की मूल अवस्था में औसत विभव ऊर्जा की गणना करें।
7. Write the time-independent Schrödinger equation for a particle in a three-dimensional box. Solve it to find the eigenvalues and eigenfunctions. Explain the degeneracy of the wave function.  
त्रिविमीय बॉक्स में स्थित कण के लिए काल-अनाश्रित श्रोडिंगर समीकरण लिखें। आइगेन मान और आइगेन फलन प्राप्त करने के लिए इसे हल करें। तरंग फलन की अपभ्रष्टता (डिजनरेसी) समझाइए।
8. For the  $H^1F^{19}$  molecule, the fundamental vibrational energy level is 0.256 eV. Calculate the force constant of the molecular bond.  
 $H^1F^{19}$  अणु के लिए मूल कम्पन ऊर्जा स्तर 0.256 eV है। अणु के बंधन बल नियतांक की गणना करें।
9. For the orbital quantum number  $I = 1$ , find the eigenvalues of the angular momentum L and its component  $L_z$  along the magnetic field. Calculate the angle  $\theta$  between L and  $L_z$ .  
कक्षीय क्वांटम संख्या  $I = 1$  के लिए कोणीय संवेग L और चुंबकीय क्षेत्र के अनुदिश इसके घटक  $L_z$  के आइगेन मान ज्ञात करें। L और  $L_z$  के बीच कोण  $\theta$  की गणना करें।

## (Long Answer Type Questions)

**Note :-** Answer **any two** questions. You have to delimit your each answer maximum up to **500** words. Each question carries **7** marks.

खण्ड – स

( दीर्घ उत्तरीय प्रश्न )

**निर्देश :-** किन्हीं दो प्रश्नों के उत्तर दीजिए। आप अपने उत्तर को अधिकतम **500** शब्दों में परिसीमित कीजिए। प्रत्येक प्रश्न **7** अंक का है।

10. Why did Wien's law and Rayleigh-Jeans law fail to explain blackbody radiation? Discuss their limitations and describe Planck's quantum hypothesis. Derive Planck's radiation law.

कृणिका विकिरण को समझाने में वीन का नियम और रैले-जीन्स नियम क्यों विफल रहे? उनकी सीमाओं की विवेचना करें। प्लांक की क्वांटम परिकल्पना का वर्णन करें और प्लांक के विकिरण नियम को व्युत्पन्न करें।

11. What is the difference between a potential step and a potential barrier? Can a particle with energy  $E < V$  cross a potential barrier of height  $V$ ? If yes, calculate the transmission probability.

विभव सीढ़ी और विभव प्राचीर में क्या अंतर है? क्या  $E < V$  ऊर्जा वाला कण  $V$  ऊँचाई की विभव प्राचीर को पार कर सकता है? यदि हाँ, तो पारगमन प्रायिकता की गणना करें।

12. Explain the spectrum of alkali atoms. Draw the energy level diagram of sodium and describe the main features of its spectrum. Discuss the various series observed in the sodium spectrum.

क्षारीय परमाणुओं के स्पेक्ट्रम की व्याख्या करें। सोडियम का ऊर्जा स्तर चित्र बनाएँ और इसके स्पेक्ट्रम के मुख्य लक्षणों का वर्णन करें। सोडियम स्पेक्ट्रम में प्राप्त विभिन्न श्रेणियों पर चर्चा करें।

13. Derive the Schrödinger equation for a one-electron atom in spherical polar coordinates and separate it into its variables.

एकल इलेक्ट्रॉन परमाणु के लिए गोलाकार ध्रुवीय निर्देशांकों में श्रोडिंगर समीकरण व्युत्पन्न करें और इसे इसके चरों में पृथक करें।

-----