2026

PHYSICS — MINOR

Paper : MN-4

(Modern Physics)

Full Marks : 75

Candidates are required to give their answers in their own words as far as practicable.

প্রান্তলিখিত সংখ্যাগুলি পূর্ণমান নির্দেশক।

১নং প্রশ্ন আবশ্যিক এবং বাকি প্রশ্নগুলো থেকে ***যে-কোনো পাঁচটি*** প্রশ্নের উত্তর দাও।

১। ***যে-কোনো পাঁচটি*** প্রশ্নের উত্তর দাও ঃ ৩×৫

(ক) হাইজেনবার্গ এর অনিশ্চয়তা তত্ত্বটি বিবৃত করো।

(খ) কৃষ্ণ বস্তু বিকিরণ সংক্রান্ত প্ল্যাঙ্ক এর সূত্রটি বিবৃত করো।

(গ) একটি ইলেকট্রন 100 V বিভব পার্থক্যের ভিতর দিয়ে যাত্রা করছে। ইলেকট্রনের ডি-ব্রয় তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো।

(ঘ) কোয়ান্টাম বল বিদ্যায় তরঙ্গ-প্যাকেট কী? একে কি নর্মালাইজ করা যায়?

(ঙ) কেলাসাকার (Crystalline) এবং অ-কেলাসাকার (Amorphus) কঠিন বস্তু কাকে বলে উদাহরণসহ লেখো।

(চ) একটি অপারেটর $\hat{A} = \frac{d}{dx}$ দেওয়া থাকলে, নিচের কোনটি একটি আইগেন অপেক্ষক তা নির্ণয় করো —

$f(x) = e^{4x}$, $g(x) = x^2$।

(ছ) 1.54 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের এক্স-রে একটি ঘনকাকার কেলাসের সমতল থেকে 22.5° তির্যক কোণে প্রথম ক্রমের ব্র্যাগ প্রতিফলন লাভ করে। সমতলগুলির মধ্যবর্তী দূরত্ব নির্ণয় করো।

(জ) শক্তি পটির ভিত্তিতে পরিবাহী, অন্তরক এবং অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পার্থক্য নিরূপণ করো।

২। m ভরের একটি কণা L প্রস্থের একটি এক-মাত্রিক অসীম বিভব কূপে আবদ্ধ। $0 \le x \le L$ অঞ্চলে $V(x) = 0$ এবং এর বাইরে $V(x) = \infty$

(ক) সময়-স্বাধীন শ্রোডিঙ্গার সমীকরণটি প্রতিপাদন করো।

(খ) পরিমিত তরঙ্গ অপেক্ষক নির্ণয় করো।

(গ) শক্তি আইগেনমানগুলির রাশিমালা নির্ণয় করো।

(ঘ) প্রথম উত্তেজিত অবস্থায় $0 \le x \le L/4$ সীমার মধ্যে কণাটিকে পাওয়ার সম্ভাব্যতা গণনা করো। ৪+২+৩+৩

৩। (ক) একটি বডি সেন্টারড কিউবিক গঠনবিশিষ্ট ধাতুর পরমাণুর ব্যাসার্ধ 0.143 nm । জাফরি ধ্রুবক গণনা করো এবং (2, 0, 0) তলের জন্য জাফরি তল ব্যবধান নির্ণয় করো।

(খ) একটি ফেস সেন্টারড কিউবিক কেলাসে এক্স-রে অপবর্তন করার সময় কেন (1, 0, 0) প্রতিফলন অনুপস্থিত থাকে তা ব্যাখ্যা করো। FCC জাফরি গঠনের জন্য অনুমোদিত প্রতিফলনের সাধারণ নিয়মটি উল্লেখ করো।

(গ) কেলাসিত কঠিন পদার্থ কেন অসমদৈশিক এবং অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ কেন সমদৈশিক হয় তা ব্যাখ্যা করো।

(ঘ) মোজলে্র সূত্রটি লেখো এবং এর গুরুত্ব ব্যাখ্যা করো। ৪+(২+১)+২+(২+১)

৪। (ক) (অ) সমযোজী এবং ধাতব বন্ধনের মধ্যে একটি করে পার্থক্য লেখো।

(আ) হাইড্রোজেন এবং ভ্যান ডার ওয়ালস বন্ধনের মধ্যে একটি করে পার্থক্য লেখো।

(খ) প্রত্যক্ষ এবং পরোক্ষ অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পার্থক্য লেখো। প্রতিটির জন্য একটি করে উপাদানের উদাহরণ দাও।

(গ) ফের্মি শক্তির স্তর কী? ডোপিং করার ফলে n-টাইপ এবং p-টাইপ অর্ধপরিবাহীতে ফার্মি স্তর কীভাবে স্থানান্তরিত হয়?

(ঘ) একটি অন্তরকের নিষিদ্ধ শক্তি অঞ্চল সংজ্ঞায়িত করো। পরম শূন্য ও সাধারণ তাপমাত্রায় যোজ্যতা ও পরিবাহী পটির ইলেকট্রন বণ্টন বর্ণনা করো। (১+১)+(২+১)+(২+২)+(১+২)

৫। (ক) ল্যাঞ্জেভিনের তত্ত্ব থেকে পরাচৌম্বকত্বের কুরীর সূত্রটি প্রতিপাদন করো।

(খ) একটি পরাচৌম্বকীয় গ্যাসের ঘনত্ব 4×10^{28} পরমাণু /m^3 । প্রতিটি পরমাণুর দ্বিমেরু ভ্রামক 1 বোর ম্যাগনেটন-এর সমান। এই গ্যাসের কুরি ধ্রুবক এবং 300 K তাপমাত্রায় চৌম্বক প্রবণতা গণনা করো।

1 বোর ম্যাগনেটন = 9.2×10^{-24} Am^2.

(গ) কুরী বিন্দু কী? অয়শ্চৌম্বক, পরাচৌম্বক ও তিরশ্চৌম্বক পদার্থের পারস্পরিক তুলনা করো। ৫+(২+১)+(১+৩)

৬। (ক) L_o দৈর্ঘ্যের একটি দণ্ড কোন এক জড়ত্বীয় নির্দেশতন্ত্রের সাপেক্ষে v সমবেগে গতিশীল। প্রমাণ করো যে, ওই জড়ত্বীয় তন্ত্রে দণ্ডটির পরিবর্তিত দৈর্ঘ্য—

$$L = L_o\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

যেখানে c হল শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ।

(খ) 0.95C বেগে গতিশীল μ-মেসনের পরিমিত গড় জীবনকাল 6×10^{-6} sec. μ-মেসনের স্থির নির্দেশতন্ত্রে গড় জীবনকাল হিসাবে করো। $C = 3 \times 10^8$ m/s.

(গ) বিশেষ আপেক্ষিকতাবাদের আইনস্টাইনের বেগ সংযোজন উপপাদ্য প্রতিষ্ঠা করো। ৪+৪+৪

৭। (ক) একটি কণার স্বাভাবিক তরঙ্গ অপেক্ষকটি $\psi = Ae^{i(kx-\omega t)}$-এর ভরবেগের প্রত্যাশা মান নির্ণয় করো। এখানে প্রতীকগুলি প্রচলিত অর্থে ব্যবহৃত।

(খ) তরঙ্গ অপেক্ষকের অর্থোগোনালিটি ব্যাখ্যা করো।

(গ) দেখাও যে একটি হার্মিশিয়ান সংকারকের আইগেন মানগুলি প্রকৃত।

(ঘ) কণা তরঙ্গের দ্বৈত সত্তা ব্যাখ্যা করো। ৫+২+৩+২

৮। (ক) একটি কণা x-অক্ষ বরাবর নিম্নশর্ত অনুযায়ী সীমাবদ্ধ

$$\psi(x) = \begin{cases} 5-x & \text{যখন } 0 \le x \le 1 \\ 0 & \text{অন্যথায়} \end{cases}$$

$x = 0.42$ থেকে $x = 0.54$ সীমায় সংস্থাটির সম্ভাবনা ও সংস্থাটির x-এর প্রত্যাশা মান নির্ণয় করো।

(খ) তরঙ্গ গতিবিদ্যার মূল স্বীকার্যগুলি লেখো।

(গ) $E^2 = p^2c^2 + m_0^2 c^4$ সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা করো। প্রতীকগুলি প্রচলিত অর্থ বহন করে। ৫+৪+৩

৯। (ক) Dia-magnetism বলতে কী বোঝো? এই বৈশিষ্ট্য দেখা যায় এমন উদাহরণ দাও।

কোনো ডায়া-ম্যাগনেটিক পদার্থের চুম্বক ভেদ্যতার (magnetic susceptibility) রাশিমালা নির্ণয় করো।

(খ) সংক্ষিপ্ত টীকা লেখো ঃ

(অ) ডাইরেক্ট ব্যান্ড-গ্যাপ অর্ধপরিবাহী

(আ) ইনডাইরেক্ট ব্যান্ড-গ্যাপ অর্ধপরিবাহী। ৬+৬

[English Version]

The figures in the margin indicate full marks.

Answer ***question no.* 1** which is ***compulsory*** and ***any five*** questions from the rest.

1. Answer ***any five*** questions : 3×5

(a) State Heisenbergs uncertainty principle.

(b) State Planck's law of black-body radiation.

(c) An electron falls through a potential difference of 100V. Calculate the de-Brogle wavelength of the electron.

(d) In quantum mechanics, what is wave packets? Can it be normalised?

(e) What do you mean by crystalline and amorphous solid? Give example.

(f) Given an operator $\hat{A} = \frac{d}{dx}$, find which of the following is an eigenfunction :

$f(x) = e^{4x}$, $g(x) = x^2$.

(g) X-rays with a wavelength $\lambda = 1.54$ Å undergo first order Bragg's reflection from a set of planes in a cubic crystal at a glancing angle 22.5°. Calculate interplanar spacing.

(h) Distinguish between conductors, insulator and semiconductors on the basis of energy bands.

2. A particle of mass m is confined to a one dimensional infinite potential well of width L, such that $V(x) = 0$ for $0 \leq x \leq L$ and $V(x) = \infty$ elsewhere.

   (a) Derive the time independent Schrödinger equation.

   (b) Normalise the wave function.

   (c) Derive the expression for energy eigenvalues.

   (d) Calculate the probability of finding the particle with $0 \leq x \leq L/4$ in the first excited state. 4+2+3+3

3. (a) A metal has a BCC structure. The atomic radius of the metal atom is 0.143 nm. Calculate the lattice constant and find the interplanar spacing for the (2, 0, 0) plane.

   (b) Explain why (1, 0, 0) reflection is completely missing when x-ray diffraction is performed on a FCC crystal. State the general rule allowed in FCC lattice.

   (c) Explain why crystalline solids are anisotropic while amorphous solids are isotropic.

   (d) Define Moseley's law and explain its importance. 4+(2+1)+2+(2+1)

4. (a) Give one difference between (i) covalent and metallic bonds (ii) Hydrogen and Van der Waals bonds.

   (b) Differentiate between direct and indirect semiconductors. Provide one material example for each.

   (c) What is the Fermi energy level? How does doping shifts the Fermi level in n-type and p-type semiconductor?

   (d) Define the forbidden energy gap of an insulator. Describe the distribution of electrons in the valence band and conduction band of an insulator at absolute zero and at ordinary temperature. (1+1)+(2+1)+(2+2)+(1+2)

5. (a) Derive Curie's law of paramagnetism from Langevin's theory.

   (b) A paramagnetic gas has a density of 4×10^{28} atoms/m^3. Each atom has a dipole moment equal to 1 Bohr magneton. Calculate the Curie constant of this gas and the magnetic susceptibility at 300k. 1 Bohr magneton = 9.2×10^{-24} Am^2.

   (c) What is Curie point? Compare the properties of ferromagnetic, paramagnetic and diamagnetic substances. 5+(2+1)+(1+3)

6. (a) A rod of proper length L_o is moving uniformly with velocity 'v' along its length with respect to an inertial frame of reference. Show that the length measured in that inertial frame is

$$L = L_o\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

   where c is the speed of light in vacuum.

   (b) The average life-time of μ-mesons with speed of 0.95C is measured to be 6×10^{-6} sec. Calculate the average life-time of μ-meson in its rest frame. Given that $C = 3 \times 10^8$ m/s.

   (c) Derive the Einstein's velocity addition theorem in special theory of relativity. 4+4+4

7. (a) Find the expectation value of momentum of a particle whose associated normalised wave function is $\psi = Ae^{i(kx - \omega t)}$, where symbols have their usual meaning.

   (b) Explain orthogonality of wave function.

   (c) Prove that eigenvalues of Hermitian operator are real.

   (d) Explain wave particle duality. 5+2+3+2

8. (a) A particle is bounded to x-axis with the following condition :

$$\psi(x) = \begin{cases} 5-x & 0 \leq x \leq 1 \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

   Calculate the probability density between the limit $x = 0.42$ to $x = 0.54$. Also, calculate the expectation value of x.

   (b) Write down the basic postulates of wave mechanics.

   (c) Extablish the relation $E^2 = p^2c^2 + m_0^2 c^4$, where the symbols have their usual significance. 5+4+3

9. (a) What do you mean by dia-magnetism? Give the example of solid where this property is found. Derive the expression for magnetic susceptibility for dia-magnetic sample.

   (b) Write short notes on :

   (i) Direct band-gap semiconductor

   (ii) Indirect band-gap semionductor. 6+6