

2025

## 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.

প্রাপ্তলিখিত সংখ্যাগুলি পূর্ণমান নির্দেশক।

১নং প্রশ্ন আবশ্যিক এবং প্রতিটি বিভাগ থেকে অন্তত একটি করে প্রশ্ন নিয়ে যে-কোনো পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

১। যে-কোনো পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

৩×৫

- (ক) বিশেষ আপেক্ষিকতাবাদের সূত্রগুলি বিবৃত করো।
- (খ) কেলাসাকার এবং অনিয়তাকার পদার্থ বলতে কী বোঝো? প্রত্যেকটির একটি করে উদাহরণ দাও।
- (গ) 300 K-এর তাপীয় নিউট্রনের সর্বাধিক সম্ভাব্য গতিবেগজনিত ডি-ব্রগলি তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত হবে?  $K_B = 1.38 \times 10^{-23}$  J/K এবং নিউট্রনের ভর =  $1.67 \times 10^{-27}$  kg।
- (ঘ) নরমালাইজ করো :  $\psi(x) = Ae^{-\alpha^2 x^2}$ ,  $-\alpha < x < \alpha$  যেখানে A এবং  $\alpha$  ধ্রুবক।
- (ঙ) তিরশ্চেষ্টক পদার্থের মধ্যে অঞ্চলের অস্তিত্ব ভৌতভাবে ব্যাখ্যা করো।
- (চ)  $[Lx, Px]$  ক্রমবিনিময়কের মান নির্ণয় করো।
- (ছ) কৃষ্ণবস্তুর বিকিরণ সম্পর্কিত প্ল্যাঙ্কের সূত্রটি বিবৃত করো।
- (জ) একটি 2 MeV-র গামা ফোটন একটি মুক্ত ইলেকট্রন দ্বারা  $180^\circ$  বিক্ষেপিত হলে, বিক্ষেপিত ইলেকট্রনের গতিশক্তি কত?

## বিভাগ - ক

- ২। (ক) লোরেন্জ রূপান্তরের সমীকরণগুলি লেখো এবং দেখাও যে, দুটো ঘটনার (ধরে নাও সময় জাতীয় ব্যবধানে) মধ্যবর্তী সময় যে লোরেন্জ ফ্রেমে ঘটনা দুটো একই স্থানে ঘটতে পারে, সেই ফ্রেমেই সবচেয়ে কম।
- (খ) গতি  $v$ -র কোন মানের জন্য দৈর্ঘ্যজনিত গ্যালিলীয় ও লোরেন্জীয় সমীকরণের মধ্যে 2% পার্থক্য হয়?
- (গ) দেখাও যে,  $m$  ভরসম্পন্ন একটি কণার আপেক্ষিকীয় গতিশক্তি হবে  $T = (m - m_0)c^2$ , যেখানে  $m_0$  কণাটির স্থিরভর।  
(২+৪)+৩+৩
- ৩। (ক) ফোটন ধারণার আইনস্টাইনের আলোক-তড়িৎ সমীকরণটি লিখে আলোকতড়িৎ নিঃসরণের বৈশিষ্ট্যগুলি ব্যাখ্যা করো।
- (খ) দেখাও যে, প্ল্যাঙ্কের সূত্র থেকে  $hv \gg KT$  হলে ভিনের সূত্র এবং  $hv \ll KT$  হলে র্যাল-জিন্স-এর সূত্র উপনীত হওয়া যায়।

Please Turn Over

(4635)

- (গ) কম্পটন এফেক্টের তাৎপর্য ব্যাখ্যা করো এবং কম্পটন তরঙ্গদৈর্ঘ্য ব্যাখ্যা করো  $\Delta\lambda = \frac{h}{m_0c}(1 - \cos\phi)$  থেকে, যেখানে  $\phi$  হল বিক্ষেপণ কোণ। (২+২)+(২+২)+(১+৩)

৪। (ক) কণা ও তরঙ্গের দ্বৈত সত্তা ব্যাখ্যা করো। তরঙ্গ প্যাকেট কাকে বলে?

(খ) একটি ইলেকট্রন 10 nm রৈখিক মাত্রার একটি অঞ্চলের মধ্যে সীমাবদ্ধ। এর ভরবেগ অনিশ্চয়তা কত?

(গ) হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা সূত্র ব্যবহার করে দেখাও যে, একটি পরমাণুর কেন্দ্রকের ভেতরে ইলেকট্রন উপস্থিত থাকতে পারে না। (২+২)+৪+৪

৫। (ক) সময় নিরপেক্ষ একমাত্রিক শ্রোডিংগার তরঙ্গ সমীকরণ নির্ণয় করো।

(খ) নিম্নলিখিত তরঙ্গ-অপেক্ষকের পরিমিত করো :

$$\psi_n(x) = A \sin \frac{n\pi x}{L}, \text{ যেখানে কণাটি আবদ্ধ } 0 < x < L\text{-এর মধ্যে।}$$

(গ)  $n$ -তম আইজেন শক্তি ( $E_n$ ) বের করো।

৪+৪+৪

#### বিভাগ - খ

৬। (ক) হীরক ও NaCl কেলাসের জোড় বন্ধনীর প্রকৃতির মধ্যে প্রভেদ সংক্ষেপে আলোচনা করো।

(খ) NaCl কেলাসের গঠন ঘনকাকৃতি। যদি উহার ঘনত্ব  $2.163 \text{ gm/cm}^3$  এবং আণবিক ওজন 58.45 হয়, তবে জাফরি ধ্রুবক (lattice constant) নির্ণয় করো।

(গ) কঠিন কেলাস থেকে X-রশ্মির বিবর্তন সংক্রান্ত ব্রাগের সূত্রটি ব্যাখ্যা করো। (২+২)+৪+(১+৩)

৭। (ক) বস্তুর তরঙ্গের দশা বেগ ও গুচ্ছ বেগের সংজ্ঞা লেখো।

(খ) দেখাও যে, বস্তুর তরঙ্গের দশা বেগ আলোর গতিবেগ অপেক্ষা বেশি হতে পারে।

(গ) একটি ইলেকট্রনের গতিশক্তি 1.5 MeV, এর ভর ' $m$ ' এবং বেগ ' $v$ ' নির্ণয় করো।

(ইলেকট্রনের স্থির ভর  $m_0 = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ , আলোর গতিবেগ  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ )।

৪+৪+৪

৮। (ক) অপচুম্বকত্ব কেন হয় ব্যাখ্যা করো। প্রক্রিয়াটি কি সব পদার্থেই ঘটমান?

(খ) ল্যাঞ্জেভিন তত্ত্বের সাহায্যে উপচুম্বকত্ব বিষয়ক কুরির সূত্র বুৎপন্ন করো।

(গ) সরাসরি পরীক্ষামূলক প্রমাণের সাহায্যে তিরশ্চৌম্বক পদার্থের মধ্যে অঞ্চলের অস্তিত্ব ব্যাখ্যা করো। (২+১)+৫+৪

৯। (ক) ব্যান্ডগ্যাপ কী? পরিবাহী, অর্ধপরিবাহী ও অন্তরকের ব্যান্ডগ্যাপের তুলনা করো।

(খ)  $n$ -টাইপ ও  $p$ -টাইপ অর্ধপরিবাহী বলতে কী বোঝো? এই দুই অর্ধপরিবাহীর ফার্মি শক্তিস্তরের উপর ডোপ্যান্টের গাঢ়ত্বের ভূমিকা কী?

(গ) সংক্ষিপ্ত টীকা লেখো : আয়নিক বন্ধন ও সমযোজী বন্ধন।

(২+২)+(২+২)+(২+২)

**[English Version]**

*The figures in the margin indicate full marks.*

Answer **question no. 1** which is compulsory and **any five** questions, taking **at least one** question from each **Group**.

1. Answer **any five** questions :

3×5

- State the postulates of special theory of relativity.
- What do you mean by crystalline and amorphous solid? Cite one example of each.
- Calculate de-Broglie wavelength corresponding to the most probable velocity of thermal neutron at 300 K. Given  $K_B = 1.38 \times 10^{-23}$  J/K and neutron mass =  $1.67 \times 10^{-27}$  kg.
- Normalize :  $\psi(x) = Ae^{-\alpha^2 x^2}$ ,  $-\alpha < x < \alpha$  where  $A$  and  $\alpha$  are constants.
- Explain the existence of domains in a ferromagnetic material.
- Find  $[L\hat{x}, P\hat{x}]$  commutator for evaluation.
- State Planck's law of blackbody radiation.
- A 2 MeV gamma photon is scattered through an angle of  $180^\circ$  by a free electron. What is the recoil kinetic energy of the electron?

**Group – A**

- Write down Lorentz transformation equations and show that the time interval between two events is minimum in the Lorentz frame in which events (assuming time separation) take place at the same place.
  - At what speed  $v$  will the Galilean and Lorentz expressions for length differ by 2%?
  - Show that the relativistic kinetic energy of a particle of mass  $m$  is  $T = (m - m_0)c^2$ , where  $m_0$  is the rest mass of the particle. (2+4)+3+3
- Using the photon concept write down Einstein's photoelectric equation and explain the characteristics of photoelectric emission.
  - Show that Planck's law of radiation reduces to Wein's law for  $h\nu \gg KT$  and to Raleigh-Jeans law for  $h\nu \ll KT$ .
  - Explain Compton effect and explain the Compton wavelength from  $\Delta\lambda = \frac{h}{m_0c}(1 - \cos\phi)$ , where  $\phi$  is scattering angle. (2+2)+(2+2)+(1+3)

Please Turn Over

4. (a) Explain wave particle duality. What is wave packet?  
 (b) What is the uncertainty in the momentum of an electron, which is restricted to a region of linear dimension of 10 nm?  
 (c) Using Heisenberg uncertainty principle, show that an electron cannot reside inside the nucleus of an atom. (2+2)+4+4
5. (a) Derive the time independent one-dimension Schrödinger wave equation.  
 (b) Normalise the following wave function :  

$$\psi_n(x) = A \sin \frac{n\pi x}{L}$$
, for particle confined in a length  $0 < x < L$ .  
 (c) Find the eigenvalue ( $E_n$ ) for  $n$ -th state. 4+4+4

### Group – B

6. (a) Discuss briefly the differences in the nature of bonding found in diamond and NaCl crystal.  
 (b) NaCl crystal has a cubic structure. If its density is 2.163 gm/cm<sup>3</sup> and its molecular weight is 58.45, calculate its lattice constant.  
 (c) Write down and explain Bragg's law of X-ray diffraction. (2+2)+4+(1+3)
7. (a) Define phase velocity and group velocity of matter wave.  
 (b) Show that the phase velocity of the matter wave can be greater than velocity of light.  
 (c) Compute the mass ' $m$ ' and speed ' $v$ ' of an electron having Kinetic energy = 1.5 MeV.  
 [Given rest mass of electron,  $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}$  kg, velocity of light,  $c = 3 \times 10^8$  m/s]. 4+4+4
8. (a) Explain the occurrence of diamagnetism. Does the mechanism take place in all substance?  
 (b) Derive Curie's law of Paramagnetism using Langevin's theory.  
 (c) Explain domain structure in a ferromagnetic material with direct experimental evidence. (2+1)+5+4
9. (a) What is bandgap? Compare the bandgap values of conductors, semiconductors and insulators.  
 (b) What do you mean by  $n$ -type and  $p$ -type semiconductors? What is the role of dopant concentration on the Fermi-energy of  $n$ -type and  $p$ -type semiconductors?  
 (c) Write short notes on : Ionic bond and Covalent bond. (2+2)+(2+2)+(2+2)