

2026

PHYSICS — MDC

Paper : CC-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।

১ নং প্রশ্নের উত্তর দাও (এটি আবশ্যিক) এবং বাকি প্রশ্নগুলি থেকে যে-কোনো পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

১। যে-কোনো পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

৩×৫

- (ক) আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্বের মূল স্বীকার্যগুলি উল্লেখ করো।
- (খ) কম্পটন প্রভাব কী? এর তাৎপর্য ব্যাখ্যা করো।
- (গ) অনিশ্চয়তা নীতির ভিত্তিতে নিউক্লিয়াসের মধ্যে ইলেকট্রনের অস্তিত্বহীনতা প্রমাণ করো।
- (ঘ) 1000 eV গতিশক্তিসম্পন্ন একটি ইলেকট্রনের দ্য-ব্রয় (de Broglie) তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। প্রাপ্ত ফলাফলটিকে সম-শক্তিবিশিষ্ট এক্স-রশ্মির (X-rays) তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সঙ্গে তুলনা করো।
- (ঙ) নিম্নলিখিত কমিউটেটর সম্পর্কটি প্রমাণ করো : $[[A, B], C] + [[B, C], A] + [[C, A], B] = 0$
- (চ) একটি সরল ঘনকীয় একক কোষে একটি তল (a, 2a, a/3) বিন্দুতে ছেদ করে। তলটির মিলার সূচক কী?
- (ছ) কঠিন পদার্থে পটি তত্ত্বের উৎপত্তির জন্য দায়ী মূল ভৌত নীতিটি কী? পটি তত্ত্বের আলোকে পরিবাহী ও অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পার্থক্য করো।
- (জ) দুটি অয়স্টোম্বক বিবেচনা করো : একটির হিস্টেরেসিস বক্ররেখার ক্ষেত্রফল বেশি (প্রশস্ত) এবং অন্যটির ক্ষেত্রফল কম (সংকীর্ণ)। এদের মধ্যে কোনটি স্থায়ী চুম্বক হিসেবে ব্যবহার করা যেতে পারে? যুক্তি দাও।

২। (ক) গ্যালিলীয় রূপান্তর ব্যবহার করে দেখাও যে, পরিমাপকৃত দূরত্ব নির্দেশতত্ত্বের ওপর নির্ভর করে না।

(খ) একটি মিটার স্কেলের দৈর্ঘ্য যদি 0.99 মিটার হিসেবে পরিমাপ করা হয়, তবে স্কেলটির বেগ কত? প্রয়োজনীয় সূত্রটি প্রতিপাদন করো।

(গ) বেগ সংযোজনের আপেক্ষিক তাত্ত্বিক সূত্রটি লেখো।

(ঘ) কোনো কণার গতিশক্তি যদি তার স্থির-ভরশক্তির দ্বিগুণ হয়, তবে কণাটি আলোর বেগের কত ভগ্নাংশ বেগে চলবে?

$3 + (2 + 3) + 2 + 2$

Please Turn Over

(7376)

- ৩। (ক) আলোক-তড়িৎ ক্রিয়া ব্যাখ্যা করো। ‘কার্য-অপেক্ষক’ এবং ‘সূচনা কম্পাঙ্ক’-এর সংজ্ঞা দাও।
 (খ) 2000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো একটি ধাতব পৃষ্ঠের ওপর আপতিত হল। যদি পৃষ্ঠটির কার্য অপেক্ষক 4.2 eV হয়, তবে নির্গত দ্রুততম আলোক-ইলেকট্রনের শক্তি কত? এছাড়াও ‘নিবৃত্তি বিভব’-এর মান নির্ণয় করো।
 (গ) হাইড্রোজেন পরমাণুর ক্ষেত্রে বোর-এর স্বীকার্যসমূহ ব্যাখ্যা করো। (৩+১+১)+(২+১)+৪
- ৪। (ক) দ্য ব্রয় (de Broglie)-এর প্রকল্প ব্যাখ্যা করো। আমাদের প্রাত্যহিক পর্যবেক্ষণে পদার্থের তরঙ্গ-প্রকৃতি কেন দৃশ্যমান হয় না?
 (খ) তরঙ্গ অপেক্ষকের (wave function) সম্ভাব্যতা-ভিত্তিক ব্যাখ্যাটি সংক্ষেপে বর্ণনা করো। একটি বহু-মানবিশিষ্ট অপেক্ষককে (multivalued function) কি তরঙ্গ অপেক্ষক হিসেবে গ্রহণ করা যায়? তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও।
 (গ) $\hat{A}$ অপারেটরের জন্য $\psi(x,0) = \frac{1}{\sqrt{2}}\phi_1 + \sqrt{\frac{2}{5}}\phi_2 + \frac{1}{\sqrt{10}}\phi_3$ অবস্থায় অপারেটর $\hat{A}$ -এর প্রত্যাশা মান (expectation value) নির্ণয় করো; যেখানে ϕ_1 , ϕ_2 এবং ϕ_3 হল $\hat{A}$ -এর তিনটি অর্থোনিরমাল আইগেন-স্টেট এবং $\hat{A}\phi_n = n^3\phi_n$ সম্পর্কটি মেনে চলে।
 (ঘ) $[\hat{x}, \hat{p}_x]$ -এর মান নির্ণয় করো, যেখানে $\hat{x}$ এবং $\hat{p}_x$ যথাক্রমে অবস্থান ও ভরবেগ অপারেটর। (২+১)+(২+১+১)+৩+২
- ৫। (ক) একটি অসীম বিভব কূপের জন্য শক্তি আইগেন-মান এবং আইগেন-অপেক্ষকসমূহ নির্ণয় করো।
 (খ) নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে একটি নিউট্রন যে বিভব অনুভব করে তাকে যদি 10 fm দৈর্ঘ্যের এক-মাত্রিক, অসীম ও দৃঢ় দেওয়ালবিশিষ্ট বিভব কূপ হিসেবে বিবেচনা করা হয়, তবে নিউট্রনটির ন্যূনতম গতিশক্তি কত হবে তা নির্ণয় করো।
 [নিউট্রনের ভর = 940 MeV এবং ইলেকট্রনের ভর = 0.511 MeV, $\hbar = 6.5821 \times 10^{-16}$ eVs]
 (গ) হারমোনিক অসিলেটর বিভব ক্ষেত্রের একটি কণা $t = 0$ সময়ে নিম্নলিখিত উপরিপাতন অবস্থায় (superposition state) আছেঃ $\psi(x,0) = \frac{1}{\sqrt{3}}\psi_0(x) + \sqrt{\frac{2}{3}}\psi_2(x)$ যেখানে $\psi_0(x)$ এবং $\psi_2(x)$ হল এক-মাত্রিক হারমোনিক বিভবের জন্য স্থির অবস্থার সমাধান বা আইগেন-অপেক্ষক।
 (অ) $t \neq 0$ সময়ে $\psi(x, t)$ নির্ণয় করো।
 (আ) $\psi_0(x)$ এবং $\psi_2(x)$ আইগেন-অপেক্ষকগুলোর চিত্র অঙ্কন করো। ৫+৩+(২+২)
- ৬। (ক) ব্র্যাগের অপবর্তন সূত্রটি বিবৃত করো এবং কেলাস গঠন বিশ্লেষণে এর গুরুত্ব আলোচনা করো।
 (খ) একটি FCC ল্যাটিস বা কেলাস কাঠামোর চিত্র অঙ্কন করো। অ্যালুমিনিয়ামের গঠন FCC প্রকৃতির। যদি Al-এর পারমাণবিক ভর 27 এবং ঘনত্ব 2.7 গ্রাম/ঘন-সেমি হয়, তবে এর একক কোষের মাত্রা নির্ণয় করো।
 (গ) এক্স-রে নিঃসরণ বর্ণালীর উৎপত্তি সম্পর্কে আলোচনা করো। (২+২)+(২+৩)+৩

- ৭। (ক) উপযুক্ত উদাহরণসহ অনিয়তাকার ও কেলাসাকার কঠিন পদার্থের মধ্যে পার্থক্য করো।
 (খ) কার্বনের হীরারূপে বিদ্যমান বন্ধনের প্রকৃতি উল্লেখ করো এবং এই ধরনের বন্ধন গঠনের প্রক্রিয়াটি সংক্ষেপে ব্যাখ্যা করো।
 (গ) প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষ অর্ধপরিবাহীর ধারণাটি ব্যাখ্যা করো।
 (ঘ) উদাহরণ দাও : (অ) ধাতব বন্ধন, (আ) আয়নীয় বন্ধন এবং (ই) ভ্যান ডার ওয়ালস বন্ধন।
 (২+১)+(১+২)+৩+(১+১+১)
- ৮। (ক) তিরশ্চৌম্বক, পরাচৌম্বক এবং অয়শ্চৌম্বক পদার্থের বৈশিষ্ট্যগুলি কী কী? পরীক্ষামূলকভাবে আপনি কীভাবে এই তিন ধরনের পদার্থের মধ্যে পার্থক্য করবে?
 (খ) নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি কেন পরাচৌম্বকত্ব প্রদর্শন করে না, তা ব্যাখ্যা করো।
 (গ) 500 K কুরি তাপমাত্রাবিশিষ্ট একটি অয়শ্চৌম্বক পদার্থের আণবিক ক্ষেত্র নির্ণয় করো।
 (ঘ) তাপমাত্রার সাপেক্ষে একটি অয়শ্চৌম্বকের স্বতঃস্ফূর্ত চুম্বকনের লেখচিত্র অঙ্কন করো এবং লেখচিত্রটির সাথে সম্পর্কিত সার্বজনীন বৈশিষ্ট্যটি নির্দেশ করো।
 (৩+২)+২+৩+(১+১)
- ৯। (ক) একটি ইলেকট্রন ও একটি প্রোটনের দ্য-ব্রয় (de Broglie) তরঙ্গদৈর্ঘ্য সমান হলে, তাদের গতিশক্তির অনুপাত কত হবে?
 (খ) পরিবহন পটের তলদেশকে মূলবিন্দু ধরে, 0.02 eV শক্তির একটি মুক্ত ইলেকট্রনের ক্রিস্টাল মোমেন্টাম গণনা করো। দেওয়া আছে, ইলেকট্রনের কার্যকর ভর = $0.2 m_0$ ।
 (গ) এক্স-রে বর্ণালীর ক্ষেত্রে মোসলের সূত্রটি বিবৃত করো এবং এর তাৎপর্য আলোচনা করো।
 (ঘ) $\sin(2x) + d/dx$ অপারেটরটির আইগেন-ফাংশন নির্ণয় করো।
 ৩+৩+৩+৩

[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

- State the basic postulates of Special Theory of Relativity.
- What is the Compton effect? Explain its significance.
- Prove the non-existence of electron in the nucleus on the basis of uncertainty principle.
- Calculate the de Broglie wavelength of electron having a kinetic energy of 1000 eV. Compare the result with the wavelength of X-rays having the same energy.
- Prove the following commutator relation : $[[A, B], C] + [[B, C], A] + [[C, A], B] = 0$.
- A plane intercepts at (a, 2a, a/3) in a simple cubic unit cell. What are the Miller indices of the plane?
- What is the basic physical principle responsible for the origin of band theory in solids? Distinguish between a conductor and semi-conductor in light of band theory.

Please Turn Over

(7376)

- (h) Consider two ferromagnets : one having a hysteresis curve with broad area and another with a narrow area. Which one can be used as permanent magnet? Justify.
2. (a) Use Galilean Transformation to show that the distance measured is independent frame of reference.
 (b) What is the velocity of a meter scale if its length is observed to be 0.99 m? Derive the formula required.
 (c) Write down the relativistic law of addition of velocities.
 (d) At what fraction of the speed of light does a particle travel if its kinetic energy is twice its rest mass energy? 3+(2+3)+2+2
3. (a) Explain photoelectric effect. Define the terms : work function and threshold frequency.
 (b) Light of wavelength $2000 \text{ \AA}$ falls on a metallic surface. If the work function of the surface is 4.2 eV , what is the energy of the fastest photoelectron emitted? Also calculate the stopping potential.
 (c) Explain the postulates of Bohr with regard to Hydrogen atom. (3+1+1)+(2+1)+4
4. (a) Explain de Broglie's hypothesis. Why the wave nature of matter is not apparent in our daily observations?
 (b) Outline the probability interpretation of the wave function. Can a multivalued function be accepted as a wave function? Justify your answer.
 (c) Find the expectation value of an operator $\hat{A}$ for a state $\psi(x,0) = \frac{1}{\sqrt{2}}\phi_1 + \sqrt{\frac{2}{5}}\phi_2 + \frac{1}{\sqrt{10}}\phi_3$ where ϕ_1, ϕ_2 and ϕ_3 are three orthonormal eigenstates of $\hat{A}$ such that $\hat{A}\phi_n = n^3\phi_n$.
 (d) Evaluate $[\hat{x}, \hat{p}_x]$, where $\hat{x}$ and $\hat{p}_x$ are the position and momentum operator respectively. (2+1)+(2+1+1)+3+2
5. (a) Find the energy eigenvalues and eigenfunctions for an infinite potential well.
 (b) Assuming the potential seen by a neutron in a nucleus to be schematically represented by a one-dimensional, infinite rigid walls potential well of length 10 fm , estimate the minimum kinetic energy of the neutron.
 [Mass of neutron = 940 MeV and mass of electron = 0.511 MeV , $\hbar = 6.5821 \times 10^{-16} \text{ eVs}$]
 (c) A particle in the harmonic oscillator potential is in the following superposition state at $t = 0$: $\psi(x,0) = \frac{1}{\sqrt{3}}\psi_0(x) + \sqrt{\frac{2}{3}}\psi_2(x)$ where $\psi_0(x)$ and $\psi_2(x)$ are the stationary state solutions (eigenfunctions) for the one dimensional harmonic potential.
 (i) Find the $\psi(x, t)$ at $t \neq 0$.
 (ii) Sketch the eigenfunctions $\psi_0(x)$ and $\psi_2(x)$. 5+3+(2+2)

6. (a) State Bragg's law of diffraction and discuss its importance in crystal structure analysis.
 (b) Draw an FCC lattice structure. Aluminium has an FCC structure. Find its unit cell dimension if the atomic weight of Al is 27 and density 2.7 gm/c.c.
 (c) Discuss about the origin of X-ray emission spectra. (2+2)+(2+3)+3
7. (a) Distinguish between amorphous and crystalline solid with suitable examples.
 (b) Write down the nature of bonding found in diamond form of carbon and explain briefly the mechanism of such bonding.
 (c) Explain the concept of direct and indirect semiconductor.
 (d) Give examples of (i) metallic bonding, (ii) ionic bonding and (iii) van der Waals bonding. (2+1)+(1+2)+3+(1+1+1)
8. (a) What are the characteristics of diamagnetic, paramagnetic and ferromagnetic substances? How would you distinguish between the three types of substances experimentally?
 (b) Explain why the inert gases do not exhibit paramagnetism.
 (c) Estimate the molecular field for a ferromagnetic material having Curie temperature 500 K.
 (d) Sketch the spontaneous magnetization of a ferromagnet as a function of temperature. Indicate the universal feature associated with the graph. (3+2)+ 2+3+(1+1)
9. (a) What is the ratio of the kinetic energy of an electron to that of a proton if their de Broglie wavelengths are equal?
 (b) Taking the origin at the bottom of the conduction band, calculate the crystal momentum for a free electron of energy 0.02 eV. Given, effective mass of electron = $0.2 m_0$.
 (c) State Moseley's law of X-ray spectra and discuss its significance.
 (d) Find the eigenfunctions of the operator $\sin(2x) + d/dx$, 3+3+3+3
-