# 2026

## PHYSICS — MDC

### Paper : CC-7

### (Nuclear and Particle Physics)

### Full Marks : 75

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

*প্রান্তলিখিত সংখ্যাগুলি পূর্ণমান নির্দেশক।*

### বিভাগ - ক

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

(ক) নরমাল জিম্যান ক্রিয়া এবং অ্যানামোলাস জিম্যান ক্রিয়া বলতে কী বোঝো?

(খ) স্পেস কোয়ান্টাইজেশন বলতে কী বোঝো? একটি উপযুক্ত চিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করো।

(গ) বিশুদ্ধ ঘূর্ণন বর্ণালির জন্য নির্বাচন বিধি (Selection rule) বিবৃত করো।

(ঘ) প্রতিবিম্ব নিউক্লিয়াস বলতে কী বোঝো? একটি উদাহরণ দাও।

(ঙ) 1 KeV শক্তিসম্পন্ন একটি $\gamma$-রশ্মি কোনো পদার্থের সাথে কী কী পদ্ধতিতে মিথস্ক্রিয়া করবে লেখো।

(চ) কণা পদার্থবিজ্ঞানের চারটি মৌলিক আন্তঃক্রিয়ার নাম লেখো।

(ছ) নিউক্লিয় বিভাজন এবং নিউক্লিয় সংযোজন প্রক্রিয়া সংজ্ঞায়িত করো।

(জ) $\pi^+$ মেসন ও $\Omega^-$ ব্যারিয়নের কোয়ার্ক গঠন লেখো।

### বিভাগ - খ

*যে-কোনো পাঁচটি* প্রশ্নের উত্তর দাও।

২। (ক) স্টার্ন-গারলাখ পরীক্ষায়, 'J' মোট কৌণিক ভরবেগের কোয়ান্টাম সংখ্যাবিশিষ্ট একটি পরমাণুর ক্ষেত্রে শনাক্তকারী পর্দায় কতগুলি দাগরেখা (lines of spots) উৎপন্ন হয়? কেন এই পরীক্ষায় আয়নের পরিবর্তে আধানহীন পরমাণুর রশ্মি ব্যবহার করা আবশ্যক?

(খ) স্টার্ন-গারলাখ পরীক্ষায়, একটি আধানহীন নিকেল পরমাণুর রশ্মি নয়টি উপাংশে বিভক্ত হয়। নিকেল পরমাণুর ভূমিস্তরের মোট কৌণিক ভরবেগের কোয়ান্টাম সংখ্যা নির্ণয় করো।

(গ) একটি দৃঢ় দ্বিপরমাণুক অণুর ঘূর্ণনশীল শক্তিস্তরের রাশি প্রতিপাদন করো। যদি ঘূর্ণন ধ্রুবক $B = 2\ \text{cm}^{-1}$ হয়, তবে $J = 3$ অবস্থায় অণুর ঘূর্ণনশীল শক্তি নির্ণয় করো। (২+৩)+২+(৩+২)

৩। (ক) দুটি ইলেকট্রনবিশিষ্ট একটি পরমাণুর জন্য যেখানে প্রথম ইলেকট্রনের কক্ষীয় কৌণিক ভরবেগ কোয়ান্টাম সংখ্যা $l_1 = 1$ এবং দ্বিতীয় ইলেকট্রনের কক্ষীয় কৌণিক ভরবেগ কোয়ান্টাম সংখ্যা $l_2 = 3$, সেখানে (L-S) যুগ্মন পদ্ধতি সম্ভাব্য অবস্থাগুলি নির্ণয় করো। $^2D_{5/2}$ অবস্থায় একটি ইলেকট্রনের চৌম্বক দ্বিমেরু ভ্রামক নির্ণয় করো।

(খ) একটি পরমাণুর Landé – g গুণকের রাশিমালাটি লেখো। এমন একটি অবস্থার বর্ণালি টার্ম প্রতীক লেখো যার জন্য $s = 1/2$, $j = 5/2$ এবং Landé – g গুণক 6/7।

(গ) রামন ক্রিয়া কী? (২+৩)+(২+৩)+২

৪। (ক) ভর ত্রুটির সংজ্ঞা দাও। নিউক্লিয় বলের সম্পৃক্তি ধর্ম এবং স্বল্প-পাল্লার ধর্ম বলতে কী বোঝো?

(খ) নিউক্লিয় পদার্থ অসংকোচনীয় ধরে দেখাও যে ভরসংখ্যা 'A'-বিশিষ্ট একটি নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ '$R$' কে $R = R_0A^{1/3}$ আকারে প্রকাশ করা যায়, যেখান $R_0$ একটি ধ্রুবক।

(গ) হাইড্রোজেন পরমাণু এবং নিউট্রনের ভর যথাক্রমে 1.008142 u এবং 1.008982 u। $^{16}O$ নিউক্লিয়াসের প্রতি নিউক্লিয়নের বন্ধনশক্তি নির্ণয় করো।

প্রদত্ত ঃ $^{16}O$ নিউক্লিয়াসের ভর = 15.994915 u। (২+৪)+৩+৩

৫। (ক) একটি নিউক্লিয়াসের বন্ধনশক্তি বলতে কী বোঝো?

(খ) প্রতি নিউক্লিয়নের বন্ধনশক্তি বনাম ভরসংখ্যার লেখচিত্র অঙ্কন করো। কম ভরসংখ্যার ক্ষেত্রে লেখচিত্রে যে শিখরগুলি দেখা যায়, সেগুলি কী নির্দেশ করে?

(গ) $_{92}U^{235}$ নিউক্লিয়াসটির কুলম্ব-শক্তি অংশটির মান নির্ণয় করো। ২+(৩+৩)+৪

৬। (ক) $\alpha$-কণার 'পাল্লা' বলতে কী বোঝো? এই পাল্লা কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে?

(খ) তেজস্ক্রিয় নিউক্লিয়াসের $\alpha$-ক্ষয়ের জন্য Geiger-Nuttall সূত্রটি বিবৃত করো।

(গ) $\beta$-ক্ষয়ে অন্তিম শক্তি বলতে কী বোঝো?

(ঘ) একটি নিউক্লিয়াস একটি $\alpha$-কণা নির্গত করার পর দুটি $\beta$-কণা নির্গত করে। দেখাও যে চূড়ান্ত নিউক্লিয়াসটি মূল নিউক্লিয়াসের একটি সমস্থানিক। (২+৩)+২+২+৩

৭। (ক) 'আজব কণা' (Strange Particle) বলতে কী বোঝো? এদের 'আজব' বলা হয় কেন?

(খ) ব্যারিয়ন সংখ্যা ও আজব-সংখ্যার সংরক্ষণসূত্র ব্যবহার করে নীচের বিক্রিয়াগুলি সম্ভব কি না লেখো ঃ

(অ) $\pi^- + p^+ \rightarrow \Lambda^\circ + k^\circ$

(আ) $\pi^- + p^+ \rightarrow \Lambda^\circ + \pi^\circ$ ।

(গ) কোনো কণার আধান, গড় আধান এবং হাইপার আধান বলতে কী বোঝো?

(ঘ) তড়িৎচৌম্বকীয় এবং সবল আন্তঃক্রিয়ার বিনিময় কণার নাম লেখো। ৩+(২+২)+৩+২

৮। (ক) সাইক্লোট্রন কী? এর কার্যনীতি সংক্ষেপে ব্যাখ্যা করো।

(খ) একটি সাইক্লোট্রনের প্রতিটি ডি-এর ব্যাসার্ধ 1.5 m। প্রোটন কণার গতি বৃদ্ধির জন্য 2T চৌম্বক ক্ষেত্রের ব্যবহার করা হয়েছে। প্রোটনটির সর্বাধিক গতিশক্তি নির্ণয় করো। (প্রোটনের আধান = $1.6\times10^{-19}$ C, প্রোটনের ভর = $1.67\times10^{-27}$ kg)।

(গ) তেজস্ক্রিয় নিউক্লাইডের অর্ধায়ুর সংজ্ঞা লেখো। একটি রেডন নমুনায় 60% ক্ষয় হতে কত সময় লাগে? (দেওয়া আছে ঃ রেডনের অর্ধায়ু = 3.825 দিন)।

(ঘ) ভারতে অবস্থিত যে-কোনো একটি ত্বরক কেন্দ্রের নাম লেখো। (২+৩)+২+(২+২)+১

৯। (ক) নক্ষত্রে শক্তি উৎপাদনের জন্য দায়ী প্রোটন-প্রোটন শৃঙ্খল বিক্রিয়াগুলি বর্ণনা করো।

(খ) নাক্ষত্রিক শক্তি উৎপাদনের ক্ষেত্রে প্রোটন-প্রোটন শৃঙ্খল এবং CNO চক্রের মধ্যে পার্থক্যগুলি লেখো।

(গ) একটি ইলেকট্রন রৈখিক ত্বরণ যন্ত্রে (LINAC) ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ শক্তির মান 30 GeV।

(অ) ইলেকট্রনের বেগ ও আলোর গতিবেগের পার্থক্য নির্ণয় করো।

(আ) একই গতিবেগে ধাবিত প্রোটনের গতিশক্তি কত হবে?

(দেওয়া আছে ঃ ইলেকট্রনের ভর = $9.1\times10^{-31}$ kg ও প্রোটনের ভর = $1.67\times10^{-27}$ kg) ৫+৩+(২+২)

## [English Version]

*The figures in the margin indicate full marks.*

### Group - A

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

(a) What is normal and anomalous Zeeman effect?

(b) What is space quantization? Explain with a suitable diagram.

(c) State the selection rule for pure rotational spectra.

(d) What do you mean by mirror nuclei? Give one example.

(e) What are the processes through which a $\gamma$-ray of 1 KeV energy will interact with matter?

(f) Name all four fundamental interactions in particle physics.

(g) Define fission and fusion process.

(h) Write the quark content of $\pi^+$ meson and $\Omega^-$ baryon.

## Group - B

Answer ***any five*** questions.

**2.** (a) In the Stern-Gerlach experiment, how many lines of spots are produced on the detecting screen for an atom having total angular momentum quantum number J? Why is it necessary to use a beam of neutral atoms instead of ions in this experiment?

(b) In a Stern-Gerlach experiment, a beam of neutral nickel atoms splits into nine components. Determine the total angular momentum quantum number of the nickel atom in its ground state.

(c) Derive the expression for the rotational energy levels of a rigid diatomic molecule. Calculate the rotational energy of a molecule in the state $J = 3$, if the rotational constant $B = 2\ cm^{-1}$.

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

**3.** (a) For a two-electron atom with $l_1 = 1$ and $l_2 = 3$, determine the possible states in the L – S coupling scheme. Find the magnetic dipole moment of an electron in the state $^2D_{5/2}$.

(b) Write the expression for the Landé g-factor of an atom. Write the spectral symbol of the term with $s = 1/2$, $j = 5/2$, and Landé g-factor = 6/7.

(c) What is Raman Effect? (2+3)+(2+3)+2

**4.** (a) Define mass defect. What is meant by the saturation property and short-range nature of nuclear forces?

(b) Assuming that nuclear matter is incompressible, justify that the radius ($R$) of a nucleus of mass number '$A$' can be expressed as $R = R_0 A^{1/3}$, where $R_0$ is a constant.

(c) The masses of the hydrogen atom and neutron are 1.008142 u and 1.008982 u respectively. Calculate the binding energy per nucleon of the $O^{16}$ nucleus. Given : Mass of $O^{16}$ nucleus = 15.994915 u.

(2+4)+3+3

**5.** (a) What do you mean by the binding energy of a nucleus?

(b) Draw the curve of binding energy per nucleon versus mass number. What do the peaks on the curve at lower mass number signify?

(c) Calculate the coulomb energy term of $_{92}U^{235}$ nucleus. 2+(3+3)+4

**6.** (a) What is mean by the 'range' of α-particles? On which factors does this range depend?

(b) State the Geiger-Nuttall law for α-decay of radioactive nuclei.

(c) Define the end-point energy in β-decay.

(d) A nucleus emits an α-particle followed by two β-particles. Show that the final nucleus is an isotope of the original nucleus. (2+3)+2+2+3

7. (a) What are 'strange particles'? Why are they called 'strange'?

   (b) Using the baryon numbers and the strangeness numbers, find whether the following reactions are allowed :

   (i) $\pi^- + p^+ \rightarrow \Lambda^\circ + k^\circ$

   (ii) $\pi^- + p^+ \rightarrow \Lambda^\circ + \pi^\circ$.

   (c) What do you mean by charge, average charge, and hyper-charge of a particle?

   (d) What are the exchange particles of electro-magnetic and strong interaction? 3+(2+2)+3+2

8. (a) What is a cyclotron? Explain its principle briefly.

   (b) Calculate the maximum kinetic energy of protons accelerated by a cyclotron with a magnetic field of 2T and a radius of each dee 1.5 m.

   (Given : charge of proton = $1.6\times10^{-19}$C, mass of proton = $1.67\times10^{-27}$kg)

   (c) Define the half-life of a radioactive nuclide. How long does it take for 60% of a sample of Radon to decay? (Given : half-life of Radon = 3.825 days).

   (d) Name any one accelerator facility available in India. (2+3)+2+(2+2)+1

9. (a) Describe the proton-proton $(p-p)$ chain reactions responsible for energy production in stars.

   (b) Write the differences between the proton-proton $(p-p)$ chain and the CNO cycle for stellar energy production.

   (c) In an electron LINAC, electrons are accelerated to 30 GeV.

   (i) What is the difference between the electron's speed and the speed of light?

   (ii) What would be the kinetic energy of a proton moving at the same speed?

   (Given : mass of electron = $9.1\times10^{-31}$ kg and mass of proton = $1.67\times10^{-27}$ kg).

   5+3+(2+2)

---