

## B.Sc. 5th Semester (General) Examination, 2023 (CBCS)

Subject : Physics

Course : DSE-1A

(Nuclear and Particle Physics)

Time: 3 Hours

Full Marks: 60

*The figures in the right hand margin indicate full marks.**Candidates are required to give their answers in their own words as far as practicable.**দক্ষিণ প্রান্তস্থ সংখ্যাগুলি পূর্ণমান নির্দেশক।**পরীক্ষার্থীদের যথাসম্ভব নিজের ভাষায় উত্তর দিতে হবে।*

1. Answer any ten of the following questions:

2×10=20

নিম্নলিখিত যেকোনো দশটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

- (a) Find the radius of  ${}^{64}_{29}\text{Cu}$ , given the radius of  ${}^{27}_{13}\text{Al}$  is 3.6 fm.  
 ${}^{64}_{29}\text{Cu}$  নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ নির্ণয় করো। দেওয়া আছে  ${}^{27}_{13}\text{Al}$  নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ 3.6 fm।
- (b) A nucleus has positive quadrupole moment. What conclusion can you draw about the shape of the nucleus?  
 কোনো নিউক্লিয়াসের চতুর্ভুজক ধনাত্মক রাশি। নিউক্লিয়াসের আকার সম্বন্ধে তুমি কী ধারণা করতে পারো?
- (c) Define 'mass defect' and 'binding energy' of a nucleus.  
 'ভর ত্রুটি' এবং নিউক্লিয়াসের 'বন্ধন শক্তির' সংজ্ঞা দাও।
- (d) Give two similarities between liquid drop and the nucleus of an atom.  
 তরলবিন্দু ও পরমাণুর নিউক্লিয়াসের মধ্যে দুটি সাদৃশ্য উল্লেখ করো।
- (e) Why does the number of neutrons in a nucleus increases with the increase of mass number?  
 নিউক্লিয়াসের ভরসংখ্যা বাড়ার সাথে সাথে কেবলমাত্র নিউট্রনের সংখ্যা বাড়ে কেন?
- (f) What is magic number? Name a 'doubly magic' nucleus.  
 ম্যাজিক সংখ্যা কী? একটি দ্বি ম্যাজিক নিউক্লিয়াসের নাম লেখো।
- (g) What is meant by the 'range' of an  $\alpha$ -particle?  
 একটি  $\alpha$ -কণার পাল্লা (range) বলতে কী বোঝো?
- (h) What are the different interactions of  $\gamma$ -ray with matter?  
 পদার্থের সঙ্গে  $\gamma$ -রশ্মি কী কী ধরনের মিথস্ক্রিয়া (interaction) ঘটায়?
- (i) Define threshold energy of an endoergic nuclear reaction.  
 একটি শক্তিগ্রাহী (endoergic) নিউক্লীয় বিক্রিয়ার সূচনা (threshold) শক্তির সংজ্ঞা দাও।
- (j) Can we measure the energy of the incoming particle in an Ionization Chamber? Justify your statement.  
 আমরা কি আয়নিত কক্ষ (Ionization Chamber) আগত কণার শক্তি পরিমাপ করতে পারি? উত্তরের যথার্থতা বিচার করো।

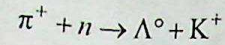
29701

Please Turn Over



- (k) Compare the properties of leptons and baryons.  
লেপ্টন (lepton) এবং বেরিয়ন (baryon)-এর ধর্মের তুলনা করো।
- (l) Write two differences between strong and weak interaction.  
শক্তিশালী এবং দুর্বল মিথস্ক্রিয়ার (interaction) মধ্যে দুটি পার্থক্য লেখো।
- (m) Write down the quark composition of Proton (p) and Kaon ( $K^0$ ).  
প্রোটন (p) এবং কায়ন ( $K^0$ )-এর কোয়ার্ক (quark) গঠন লেখো।

- (n) Indicate whether the following reaction is possible.  
নিম্নলিখিত বিক্রিয়াটি কি সম্ভব বিচার করো—



2. Answer any four questions:

যেকোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

5×4=20

- (a) (i) Draw the binding energy per nucleon against mass number curve and explain the stability of lighter and heavier nuclei.  
প্রতি নিউক্লিয়নের বন্ধনশক্তি ও ভরসংখ্যার লেখচিত্র অঙ্কন করো। এর থেকে হালকা ভরের ও ভারী ভরের নিউক্লিয়াসের স্থায়িত্ব ব্যাখ্যা করো।

- (ii) Draw N-Z plot. Briefly explain the nature of the plot.  
N-Z লেখ অঙ্কন করো। লেখের প্রকৃতি সংক্ষেপে আলোচনা করো।

(1+2)+(1+1)

- (b) (i) Write down the salient features of shell model of nucleus.  
নিউক্লিয়াসের কক্ষ মডেলের (shell model) বৈশিষ্ট্যগুলি লেখো।

- (ii) Predict the ground state spin and parity of  $^{27}_{13}\text{Al}$ .  
 $^{27}_{13}\text{Al}$  নিউক্লিয়াসের প্রাথমিক স্তরের (ground state) ঘূর্ণন (spin) এবং প্রতিসাম্য (parity) নির্ণয় করো।

3+2

- (c) (i) Derive an expression for  $\beta^-$  disintegration energy. Find out the condition of occurrence of  $\beta^-$  decay.  
 $\beta^-$  বিঘটন শক্তির মান নির্ণয় করো।  $\beta^-$  বিঘটন হওয়ার শর্ত কী?

- (ii) Explain how Pauli neutrino hypothesis solved the  $\beta$ -ray spectrum discrepancies.  
পাউলি নিউট্রিনো প্রকল্প  $\beta$ -রশ্মি বর্ণালি বৈষম্য কীভাবে নিষ্পত্তি করে, ব্যাখ্যা করো।

(2+1)+2

- (d) (i) What do you mean by nuclear reaction cross-section? Find an expression for nuclear reaction cross-section in terms of number of incident particles ( $N_i$ ), the exposed area (A), the number of particles undergoing nuclear reaction (N) and the number of nuclei per unit volume (n).  
নিউক্লীয় বিক্রিয়ার প্রস্থচ্ছেদ বলতে কী বোঝো? নিউক্লীয় বিক্রিয়ার প্রস্থচ্ছেদ, আগত কণার সংখ্যা ( $N_i$ ), উন্মুক্ত ক্ষেত্রফল (A), নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় অংশ নেওয়া কণার সংখ্যা (N), প্রতি একক আয়তনে নিউক্লিয়াসের সংখ্যা (n)-এর সাহায্যে প্রকাশ করো।

- (ii) What is the unit of nuclear reaction cross-section?  
নিউক্লীয় বিক্রিয়ার প্রস্থচ্ছেদের একক কী?

(1+3)+1

- (e) (i) Explain briefly the principle of a Scintillation counter with a neat diagram.  
পরিষ্কার চিত্র সহযোগে স্ফুরণ (Scintillation) কাউন্টার-এর নীতি সংক্ষেপে ব্যাখ্যা করো।
- (ii) What do you mean by 'dead time' of GM counter?  
GM কাউন্টারে নিক্রিয় সময় (dead time) বলতে কী বোঝো?

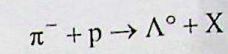
4+1

- (f) (i) What is the maximum kinetic energy of the electron emitted in the  $\beta^-$  decay of free neutron?  
[Given: the neutron-proton mass difference is 1.30 MeV.]

একটি মুক্ত নিউট্রনের  $\beta^-$  বিঘটনে নির্গত ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তির মান কত?  
[দেওয়া আছে নিউট্রন-প্রোটনের ভর পার্থক্য 1.30 MeV।]

3+2

- (ii) In the following reaction name the unknown particle 'X'.  
নিম্নের বিক্রিয়ার অজানা কণা 'X' নির্ণয় করো।



10×2=20

3. Answer any two questions:

যে কোনো দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

- (a) (i) Why is it difficult to explain the  $\alpha$ -decay from a radioactive nucleus by classical theory?  
তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে নির্গত হওয়া  $\alpha$ -বিঘটনের ব্যাখ্যা সনাতন কণাবিদ্যা দিয়ে করা যায় না কেন?

- (ii) Establish the relation between range of  $\alpha$ -particle with velocity.  
 $\alpha$ -কণার পাল্লা ও বেগের মধ্যে সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা করো।

- (iii) Show that the disintegration energy of  $\alpha$ -particle is  $Q_\alpha = T_\alpha \frac{A}{A-4}$ , where  $T_\alpha$  is the kinetic energy of  $\alpha$ -particle, A is the mass number of parent nucleus.  
দেখাও যে কোনো তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে নির্গত  $\alpha$ -কণার বিঘটন শক্তি  $Q_\alpha = T_\alpha \frac{A}{A-4}$ , যেখানে  $T_\alpha$  নির্গত  $\alpha$ -কণার গতিশক্তি ও A ভরসংখ্যা।

2+4+4

- (b) (i) Derive Rutherford's formula for the scattering of  $\alpha$ -particles by a single nucleus.  
নিউক্লিয়াস দ্বারা  $\alpha$ -কণার বিক্ষেপণ সংক্রান্ত রাদারফোর্ডের সূত্রটি প্রতিষ্ঠা করো।

- (ii) Distinguish between internal conversion and photoelectric effect.  
অভ্যন্তরীণ রূপান্তর এবং আলোকতড়িৎক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করো।

- (iii) Discuss the absorption of  $\gamma$ -rays by matter.  
পদার্থ দ্বারা  $\gamma$ -রশ্মির শোষণ আলোচনা করো।

6+2+2



- (c) (i) Describe Fermi gas model of nucleus. What are the basic assumptions of the Fermi gas model?

নিউক্লিয়াসের ফার্মি গ্যাস মডেলটি বর্ণনা করো। ফার্মি গ্যাস মডেলের মূল অনুমানগুলি (basic assumptions) কী কী?

- (ii) Discuss the successes and limitations of the Fermi gas model.

ফার্মি গ্যাস মডেলের সফলতা ও সীমাবদ্ধতা আলোচনা করো।

- (iii) Using the semi-empirical mass formula, calculate the binding energy of  $^{40}_{20}\text{Ca}$ .

[Given  $a_v = 14 \text{ MeV}$ ,  $a_s = 13 \text{ MeV}$ ,  $a_c = 0.60 \text{ MeV}$ ,  $a_{asy} = 19 \text{ MeV}$  and  $a_p = 34 \text{ MeV}$ ]  
(3+2)+2+3

অর্ধপ্রায়োগিক (semi-empirical) ভরসূত্র ব্যবহার করে  $^{40}_{20}\text{Ca}$ -এর বন্ধন শক্তি নির্ণয় করো।

[দেওয়া আছে  $a_v = 14 \text{ MeV}$ ,  $a_s = 13 \text{ MeV}$ ,  $a_c = 0.60 \text{ MeV}$ ,  $a_{asy} = 19 \text{ MeV}$  and  $a_p = 34 \text{ MeV}$ ]

- (d) (i) What are the essential components of a particle accelerator?

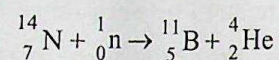
কণাস্বরণ সৃষ্টি যন্ত্রের (particle accelerator) মুখ্য অংশগুলি কী কী?

- (ii) Briefly explain the working principle of a Tandem accelerator with a schematic diagram.

ট্যান্ডেম ত্বরণ সৃষ্টি যন্ত্রের (Tandem accelerator) কার্যনীতি চিত্রসহযোগে সংক্ষেপে ব্যাখ্যা করো।

- (iii) Calculate the threshold energy for the following nuclear reaction. 2+5+3

নিম্নলিখিত নিউক্লীয় বিক্রিয়ার জন্য সূচনা শক্তির (threshold energy) মান নির্ণয় করো।



[Given:  $M(^1_0\text{n}) = 1.008665 \text{ a.m.u}$ ,  $M(^{14}_7\text{N}) = 14.00755 \text{ a.m.u}$ ,  $M(^{11}_5\text{B}) = 11.012811 \text{ a.m.u}$ ,  
and  $M(^4_2\text{He}) = 4.00388 \text{ a.m.u}$ ]

[দেওয়া আছে :  $M(^1_0\text{n}) = 1.008665 \text{ a.m.u}$ ,  $M(^{14}_7\text{N}) = 14.00755 \text{ a.m.u}$ ,

$M(^{11}_5\text{B}) = 11.012811 \text{ a.m.u}$ , এবং  $M(^4_2\text{He}) = 4.00388 \text{ a.m.u}$ ]

# B.Sc. 5th Semester (General) Examination, 2023 (CBCS)

Subject : Physics

Course : DSE-1A (OR)

(Elements of Modern Physics)

Time: 2 Hours

Full Marks: 40

The figures in the right hand margin indicate full marks.

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

দক্ষিণ প্রান্তস্থ সংখ্যাগুলি পূর্ণমান নির্দেশক।

পরীক্ষার্থীদের যথাসম্ভব নিজের ভাষায় উত্তর দিতে হবে।

1. Answer any five of the following questions:

2×5=10

নিম্নলিখিত যেকোনো পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

- (a) The maximum energy of photoelectrons emitted from a metal surface is 1eV. What is the stopping potential of the metal?

একটি ধাতবপৃষ্ঠ থেকে নির্গত আলোক-ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ শক্তি 1eV হলে, ওই ধাতুর নিবৃতি বিভব কত?

- (b) Using Bohr's theory calculate the angular momentum of an electron in second Bohr orbit.

বোরের স্বীকার্য ব্যবহার করে বোরের দ্বিতীয় কক্ষে ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ নির্ণয় করো।

- (c) What should be the kinetic energy of an electron so that its de Broglie wavelength is equal to Compton wavelength  $\lambda_c = h/m_0c$ ? ( $m_0$  being rest mass of electron).

একটি ইলেকট্রনের গতিশক্তি কত হলে দ্য ব্রয় তরঙ্গদৈর্ঘ্য কম্পটন তরঙ্গদৈর্ঘ্য ( $\lambda_c = h/m_0c$ )-এর সমান হবে? ( $m_0$  = ইলেকট্রনের স্থিরভর)।

- (d) An electron has a speed of 1 km/s with an accuracy of 0.05%. Calculate the uncertainty with which the position of the electron can be located.

1 km/s বেগে গতিশীল একটি ইলেকট্রনের বেগ পরিমাপের সূক্ষ্মতা 0.05% হলে ইলেকট্রনটির অবস্থান নির্ণয়ের অনিশ্চয়তা নির্ণয় করো।

- (e) Normalize the one-dimensional wavefunction given by

$$\psi(x) = A \sin\left(\frac{\pi x}{l}\right), \quad 0 < x < l$$

$$= 0 \quad \text{outside}$$

একমাত্রিক তরঙ্গ অপেক্ষকটিকে পরিমিতকরণ করো, যেখানে

$$\psi(x) = A \sin\left(\frac{\pi x}{l}\right), \quad 0 < x < l$$

$$= 0 \quad \text{অন্যত্র}$$



- (f) What is half-life of radioactive element? What is its relation with decay constant?  
তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু কাকে বলে? এর সঙ্গে ক্ষয় ধ্রুবকের সম্পর্ক কী?
- (g) Distinguish between nuclear fission and nuclear fusion.  
নিউক্লীয় বিভাজন এবং নিউক্লীয় সংযোজনের মধ্যে পার্থক্য করো।
- (h) What is a moderator? Which substance is used as a moderator in nuclear reaction?  
মন্দনক কী? নিউক্লীয় রিয়াক্টরে মন্দনক রূপে কী বস্তু ব্যবহার করা হয়?

2. Answer any two questions:

5×2=10

যেকোনো দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

- (a) Write down Einstein's photoelectric equation and explain it. Discuss how this equation explains the phenomena that cannot be explained by classical theory. 2+3  
আইনস্টাইন-এর আলোক-তড়িৎক্রিয়া সংক্রান্ত সমীকরণটি লেখো ও ব্যাখ্যা করো। কীভাবে এই সমীকরণ আলোক-তড়িৎক্রিয়ার ঘটনাবলী ব্যাখ্যা করে যেখানে সনাতন বলবিদ্যা এর ব্যাখ্যা করতে পারে না, তা আলোচনা করো।

- (b) A particle of total energy  $E$  ( $E < V_0$ ) is incident on a potential barrier described by

$$\begin{aligned} V(x) &= 0 \text{ for } x < 0 \\ &= V_0 \text{ for } 0 < x < a \\ &= 0 \text{ for } x > a \end{aligned}$$

Obtain the expression for transmission coefficient. What is quantum mechanical tunnelling effect? 4+1

$E$  ( $E < V_0$ ) শক্তি সম্পন্ন কোনো কণা বিভব প্রতিবন্ধক-এর উপর আপতিত হল, যেখানে

$$\begin{aligned} V(x) &= 0, x < 0 \\ &= V_0, 0 < x < a \\ &= 0, x > a \end{aligned}$$

এক্ষেত্রে নিঃসরণ (transmission) গুণকের মান নির্ণয় করো। কোয়ান্টাম বলবিদ্যার টানেল ক্রিয়া কী?

- (c) (i) Write down the semi-empirical mass formula and explain the first three terms.  
অর্ধপ্রায়োগিক (semi-empirical) ভর সূত্র লেখো ও প্রথম তিনটি পদের ব্যাখ্যা করো।

- (ii) Find the radius of  $^{64}_{29}\text{Cu}$  nucleus, given the radius of  $^{27}_{13}\text{Al}$  nucleus is 3.6 fm.

(1+3)+1

$^{64}_{29}\text{Cu}$ -এর নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ নির্ণয় করো। দেওয়া আছে  $^{27}_{13}\text{Al}$  নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ 3.6 fm।

- (d) Write down the basic assumptions of Bohr's theory and hence calculate the energy of hydrogen atom in  $n$ th Bohr orbit. 2+3

বোর তত্ত্বের স্বীকার্যগুলি লেখো।  $n$ তম বোরের কক্ষে হাইড্রোজেন পরমাণুর শক্তি নির্ণয় করো।

3. Answer any two questions:

10×2=20

যেকোনো দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

- (a) (i) Show that de Broglie wavelength associated with a particle of rest mass  $m_0$  and kinetic energy  $K$  is given by  $\lambda = \frac{hc}{\sqrt{K^2 + 2Km_0c^2}}$ .

প্রমাণ করো যে  $m_0$  হিরভর এবং  $K$  গতিশক্তি সম্পন্ন কোনো কণার সঙ্গে সংশ্লিষ্ট দ্য ব্রয় তরঙ্গদৈর্ঘ্য

$$\lambda = \frac{hc}{\sqrt{K^2 + 2Km_0c^2}}$$

- (ii) Draw a neat diagram of Davison-Germer experiment on matter wave. Explain how the experiment confirms the existence of matter wave for electron.

ডেভিসন-জার্মার পরীক্ষায় কণার তরঙ্গ ধর্ম প্রকাশের চিত্র আঁকো। কীভাবে ইলেকট্রনের তরঙ্গত্বের প্রমাণ এই পরীক্ষার সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়?

- (iii) Show that electron cannot reside within nucleus, using uncertainty principle.

2+(2+3)+3

অনিশ্চয়তাবাদের সাহায্যে দেখাও যে ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকতে পারে না।

- (b) (i) Deduce an expression for probability current density for a quantum system.

একটি কোয়ান্টাম ব্যবস্থার সম্ভাবনা প্রবাহ ঘনত্বের রাশিমালা প্রতিষ্ঠা করো।

- (ii) Find the probability current density for one-dimensional wavefunction given by  $\psi(x) = Ae^{ikx}$ .

একটি একমাত্রিক তরঙ্গ অপেক্ষকের সমীকরণ  $\psi(x) = Ae^{ikx}$  হলে, সম্ভাবনা প্রবাহ ঘনত্ব (Probability current density) নির্ণয় করো।

- (iii) A one-dimensional wavefunction is given by  $\psi(x) = \sqrt{a}e^{-ax}$ . Find the probability of finding the particle between  $x = \frac{1}{a}$  and  $x = \frac{2}{a}$ . 4+3+3

একটি একমাত্রিক তরঙ্গ অপেক্ষকের সমীকরণ হল  $\psi(x) = \sqrt{a}e^{-ax}$ ।  $x = \frac{1}{a}$  এবং  $x = \frac{2}{a}$ -এর মধ্যে কণাটি থাকার সম্ভাবনা নির্ণয় করো।

- (c) (i) Give a brief account of gamma ray microscope thought experiment to establish Heisenberg uncertainty principle.

হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা সংক্রান্ত গামা রশ্মি মাইক্রোস্কোপের কাল্পনিক পরীক্ষা সংক্ষেপে বিবৃত করো।

- (ii) Find the energy of a particle confined in a one-dimensional potential box of length ' $a$ '.

5+5

' $a$ ' দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একমাত্রিক বাসে আবদ্ধ কোনো কণার শক্তির মান নির্ণয় করো।



- (d) (i) Show that disintegration energy of  $\alpha$ -particle is  $Q_\alpha = T_\alpha \frac{A}{A-4}$ , where  $T_\alpha$  is the kinetic energy of  $\alpha$ -particle,  $A$  is the mass number of the parent nucleus.

দেখাও যে কোনো তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে নির্গত  $\alpha$ -কণার বিঘটন শক্তি  $Q_\alpha = T_\alpha \frac{A}{A-4}$ , যেখানে  $T_\alpha$  নির্গত  $\alpha$ -কণার গতিশক্তি ও  $A$  ভরসংখ্যা।

- (ii) Derive an expression for  $\beta^-$  disintegration energy.

$\beta^-$  বিঘটন শক্তির মান নির্ণয় করো।

- (iii) What do you mean by thermonuclear reaction? Estimate the energy released in the fission of 1 kg  ${}^{235}_{92}\text{U}$  nucleus.

[Given: The energy released per fission of  ${}^{235}_{92}\text{U}$  nucleus is 200 MeV.]  $4+2+(2+2)$

তাপনিউক্লীয় বিক্রিয়া বলতে কী বোঝো? 1 kg  ${}^{235}_{92}\text{U}$  নিউক্লিয়াসের বিভাজন প্রক্রিয়ায় নির্গত শক্তির মান নির্ণয় করো।

[দেওয়া আছে:  ${}^{235}_{92}\text{U}$  নিউক্লিয়াসের প্রতি বিভাজন (fission) বিক্রিয়ায় 200 MeV শক্তি নির্গত হয়।]