

**B.Sc. 5th Semester (General) Examination, 2024 (CBCS)****Subject : Physics****Course : DSE-1A****(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:** 2x5=10

নিম্নলিখিত যেকোনো পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

(a) Hydrogen has one electron but we observe many lines.— Explain.

হাইড্রোজেনে একটি ইলেক্ট্রন থাকা সত্ত্বেও একাধিক রেখা দেখা যায়।— ব্যাখ্যা করো।

(b) The energy of an electron in a hydrogen atom in the ground state is  $-13.6\text{ eV}$ , what is the energy in the first excited state?যদি হাইড্রোজেন পরমাণুর ভৌমস্তরে একটি ইলেকট্রনের শক্তি  $-13.6\text{ eV}$  হয়, তাহলে প্রথম উভেজিত অবস্থায় ইলেক্ট্রনটির শক্তি কত হবে?

(c) State and explain Heisenberg's Uncertainty Principle.

হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তাবাদ নীতিটি বিবৃত করো ও ব্যাখ্যা করো।

(d) Find the expectation value of  $\langle x \rangle$  of a particle's position, when the particle is limited to the  $x$ -axis between  $x = 0$  and  $x = 1$  and the particle wave function is  $\psi = 2ax$ .একটি কণার অবস্থানের গড় মান  $\langle x \rangle$  নির্ণয় করো, যখন কণাটি  $x$ -অক্ষ বরাবর  $x = 0$  এবং  $x = 1$ -এর মধ্যে সীমাবদ্ধ এবং কণার তরঙ্গরূপ হল  $\psi = 2ax$ ।(e) A series of radioactive decays transforms  $^{232}_{90}\text{Th}$  to  $^{208}_{82}\text{Pb}$ . How many  $\alpha$ -decays should occur in this series?একটি তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের ধারাবাহিকতা  $^{232}_{90}\text{Th}$  কে  $^{208}_{82}\text{Pb}$ -তে রূপান্তরিত করে। এই ধারাবাহিকতায় কতগুলো  $\alpha$ -ক্ষয় ঘটবে?(f) Find the ratio of Radius of two Nucleus with mass numbers  $A_1$  &  $A_2$ ?দুটি নিউক্লিয়াসের ভরসংখ্যা  $A_1$  ও  $A_2$  হলে, এদের ব্যাসার্ধের অনুপাত কী হবে?**Please Turn Over**

(g) Distinguish between ‘nuclear fission’ and ‘nuclear fusion’.

নিউক্লিয় বিভাজন ও নিউক্লিয় সংযোজনের মধ্যে পার্থক্য লেখো।

(h) What is the Pauli’s neutrino hypothesis?

পাউলির নিউট্রিনোর তত্ত্বটি কি?

2. Answer *any two* questions:

$5 \times 2 = 10$

যেকোনো দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

(a) What is Compton effect? Do you observe Compton effect with visible light?

Show that the change in the wavelength of the photon in Compton effect is given by  $\Delta\lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos\phi)$ .

Where  $m_0$  = rest mass of the electron and  $\phi$  is scattering angle. (1+1+3)

কম্পটন ক্রিয়া কী? দৃশ্যমান আলোর ক্ষেত্রে কী কম্পটন ক্রিয়া দেখা যায়? দেখাও যে কম্পটন ক্রিয়ায় ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পরিবর্তন  $\Delta\lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos\phi)$ ।

যেখানে  $m_0$  = ইলেক্ট্রনের স্থির ভর এবং  $\phi$  = বিক্ষেপণ কোণ।

(b) (i) Write down the time independent Schrödinger equation in one dimension for the

$$\text{potential } V(x) = 0, \text{ for } 0 < x < a \\ = \infty \text{ for } |x| \geq a$$

$$\text{কোনো কণা } V(x) = 0, \text{ for } 0 < x < a \\ = \infty \text{ for } |x| \geq a$$

এই বিভবের মধ্যে আছে। উক্ত কণার ক্ষেত্রে সময় নিরপেক্ষ একমাত্রিক শ্রোডিংগার সমীকরণ লেখো।

(ii) Hence solve the equation and find out the energy values. Show that the energy of the particle is quantized. 1+(3+1)

উক্ত সমীকরণটি সমাধান করো এবং শক্তির মান নির্ণয় করো। দেখাও যে কণাটির শক্তি কোয়ান্টায়িত।

(c) (i) Draw the binding energy per nucleon curve against mass number and explain the stability of lighter and heavier nuclei.

ভর সংখ্যার বিপরীতে প্রতি নিউক্লিয়নে আবদ্ধ শক্তির বক্ররেখা অঙ্কন করো এবং হালকা ও ভারী নিউক্লিয়াসের স্থিতিশীলতা ব্যাখ্যা করো।

(ii) Calculate the binding energy per nucleon of an  $\alpha$ -Particle. 3+2

একটি  $\alpha$ -কণার প্রতি নিউক্লিয়নে আবদ্ধ শক্তির মান গণনা করো।

$$[\text{atomic mass of } {}^4_2 \text{He} = 4.002603 \text{u}, {}^1 \text{H} = 1.007825 \text{u} \text{ & } {}^1 \text{N} = 1.008665 \text{u}]$$

- (d) (i) What is a nuclear reactor? What are the essential components of a nuclear reactor?

নিউক্লিয়ার রিয়াক্টর কী? নিউক্লিয়ার রিয়াক্টরের মুখ্য অংশগুলি কী কী?

- (ii) What do you mean by thermonuclear reaction?

3+2

তাপনিউক্লীয় বিক্রিয়া বলতে কী বোঝো?

**3. Answer any two questions:**

10×2=20

যে কোনো দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

- (a) (i) What are the limitations of Rutherford's atomic model?

রাদারফোর্ড পরমাণু মডেলের ক্রিটিগুলি কী কী?

- (ii) Write down the basic assumptions of Bohr's theory.

বোর তত্ত্বের স্থিকার্যগুলি লেখো।

- (iii) What characteristics are observed in photoelectric effect? Establish Einstein's equation in this regard and discuss how this equation explains the characteristics.

3+2+(1+2+2)

আলোক-তড়িৎ ক্রিয়ায় কী কী বৈশিষ্ট্য দেখা যায়? এ সম্পর্কে আইনস্টাইনের সমীকরণটি প্রতিষ্ঠা করো এবং কীভাবে এই সমীকরণ বৈশিষ্ট্যগুলির ব্যাখ্যা দেয়, আলোচনা করো।

- (b) (i) Show from Heisenberg's uncertainty principle that electron can not reside in the nucleus .

হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তাবাদ নীতি থেকে প্রমাণ করো ইলেক্ট্রন নিউক্লিয়াসে থাকতে পারে না।

- (ii) Starting from time dependent Schrödinger equation, find the time independent Schrödinger equation.

সময়সাপেক্ষ শ্রডিংগার সমীকরণ থেকে সময় নিরপেক্ষ শ্রডিংগার সমীকরণটি নির্ণয় করো।

- (iii) The wave function of the particle is given by-  $\psi(x) = A \sin \frac{\pi x}{a}$ ,  $0 \leq x \leq a$

Normalize this wavefunction and find the probability of finding the particle in the region  $0 < x < \frac{a}{2}$ .

3+3+(2+2)

একটি কণার তরঙ্গ অপেক্ষক হল  $\psi(x) = A \sin \frac{\pi x}{a}$ ,  $0 \leq x \leq a$

তরঙ্গ অপেক্ষকটি পরিমিতকরণ করো এবং  $0 < x < \frac{a}{2}$  অঞ্চলে কণাটি থাকার সম্ভাবনা নির্ণয় করো।

- (c) (i) Find the relation between half life and decay constant from the law of radioactive disintegration. Prove that the product of mean life and decay constant for any radioactive substance is 1.

তেজস্ক্রিয় বিষটনের সূত্র থেকে অর্ধায়ু ও ক্ষয়ক্রমকের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করো। প্রমাণ করো, গড় আয়ু ও ক্ষয়ক্রমকের গুণফল যেকোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের ক্ষেত্রে 1।

- (ii) The half life of radon is 4 days. After how many days will only  $\frac{1}{10}$  th of the sample be left behind?

রেডনের অর্ধায়ু 4 দিন। কতদিন পর রেডনের  $\frac{1}{10}$  অংশ অবশিষ্ট থাকবে?

- (iii) What is nuclear chain reaction? Distinguish between controlled and uncontrolled chain reaction. (3+2)+2+(2+1)

নিউক্লিয় শৃঙ্খল বিক্রিয়া কাকে বলে? নিয়ন্ত্রিত এবং অনিয়ন্ত্রিত শৃঙ্খল বিক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্য লেখো।

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

হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা নীতি সংক্রান্ত গামা রশ্মি মাইক্রোস্কোপের কানুনিক পরীক্ষা সংক্ষেপে বিবৃত করো।

- (ii) State the properties of Nuclear force.

নিউক্লিয় বলের বৈশিষ্ট্যগুলি লেখো।

- (iii) What is packing fraction? Show the nature of the variation of packing fraction with mass number. 4+3+(1+2)

প্যাকিং ভগ্নাংশ কী? এই প্যাকিং ভগ্নাংশ ভর সংখ্যার সাথে কীভাবে পরিবর্তিত হয়, তা একটি লেখচিত্রের মাধ্যমে প্রকাশ করো।

**B.Sc. 5th Semester (General) Examination, 2024 (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 প্রাতসূ সংখ্যাগুলি পূর্ণমান নির্দেশক।  
পরীক্ষার্থীদের যথাসম্ভব নিজের ভাষায় উত্তর দিতে হবে।

**1. Answer any ten of the following questions:** **$2 \times 10 = 20$** 

নিম্নলিখিত যেকোনো দশটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

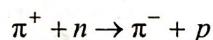
(a) Define 'mass defect' and 'binding energy' of a nucleus.

ভৱ ক্রটি এবং নিউক্লিয়াসের বন্ধন শক্তির সংজ্ঞা দাও।

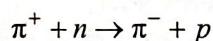
(b) Give two similarity between liquid drop and the nucleus of an atom.

তরল বিন্দু ও পরমাণুর নিউক্লিয়াসের মধ্যে দুটি সাদৃশ্য উল্লেখ করো।

(c) Indicate whether the following reaction is possible?



নিম্নলিখিত বিক্রিয়াটি কী সম্ভব?— বিচার করো।



(d) Distinguish between ionization chamber and proportional counter.

আয়নিত কক্ষ (Ionization) এবং আনুপাতিক (Proportional) কাউন্টার-এর মধ্যে পার্থক্য করো।

(e) What is Cerenkov radiation?

সেরেনকভ (Cerenkov) বিকিরণ কী?

(f) The half life of a radioactive substance is 10 days. After how many days will only  $\frac{1}{32}$  th of the substance be left behind?একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায় 10 দিন হলে কতদিন পর তার  $\frac{1}{32}$  অংশ অবশিষ্ট পড়ে থাকবে?(g) What is meant by the range of an  $\alpha$ -particle?একটি  $\alpha$ -কণার পাল্লা (range) বলতে কী বোঝো?

(h) Write two differences between strong and weak interaction.

শক্তিশালী এবং দুর্বল মিথস্ক্রিয়ার মধ্যে দুটি পার্থক্য লেখো।

(i) 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?

(j) Can we accelerate an electron in a cyclotron? Give reason.

আমরা কী সাইক্লট্রন (cyclotron) যদ্বি ইলেকট্রনকে দ্বরাপিত করতে পারি? কারণ দর্শাও।

(k) The radius of a nucleus is  $R = 1.4 A^{1/3}$  fm, where  $A$  is mass number. Determine the density of a nucleus when mass of a nucleus is  $1.7 \times 10^{-27}$  kg.

একটি নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ  $R = 1.4 A^{1/3}$  fm,  $A$  ভরসংখ্যা, একটি নিউক্লিয়াসের ভর  $1.7 \times 10^{-27}$  kg হলে, নিউক্লিয়াসের ঘনত্ব নির্ণয় করো।

(l) Write down the quark composition of proton and kaon ( $K^+$ ).

প্রোটন এবং কায়ন ( $K^+$ )-এর কোয়ার্ক (quark) গঠন লেখো।

(m) What is Synchrotron?

সিনক্রেট্রন কী?

(n) What is quantum mechanical tunnelling?

কোয়ান্টাম বলবিদ্যার টানেল ক্রিয়া কী?

2. Answer any four questions:

$5 \times 4 = 20$

যেকোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

(a) Write down the semi-empirical mass formula and explain the first three terms. 2+3

অর্ধপ্রায়োগিক (semi-empirical) ভরসূত্রটি লেখো ও প্রথম তিনটি পদের ব্যাখ্যা করো।

(b) (i) What do you mean by the activity of a radioactive element? Find an expression for the activity of a radioactive element in later time 't' in terms of activity at initial time.

কোনো তেজস্ক্রিয় মৌলের সক্রিয়তা বলতে কী বোঝো? তেজস্ক্রিয় মৌলের সক্রিয়তা 't' সময় পরে প্রাথমিক সক্রিয়তার সাহায্যে প্রকাশ করো।

(ii) Find the activity of 1.0 mg of Radon ( $^{222}_{86}\text{Rn}$ ) after one week. (Half life of  $^{222}_{86}\text{Rn}$  is 3.8 days) (1+2)+2

1.0 mg রেডন ( $^{222}_{86}\text{Rn}$ )-এর তেজস্ক্রিয় সক্রিয়তা এক সপ্তাহ পরে নির্ণয় করো। রেডনের অর্ধায়ু 3.8 দিন।

(c) (i) Explain briefly the principle of a Scintillation counter with a neat diagram.

পরিষ্কার চিত্রসহযোগে স্ফূরণ (Scintillation) কাউন্টারের নীতি সংক্ষেপে ব্যাখ্যা করো।

(ii) What are the essential components of a particle accelerator? 3+2

কণা ভরণ সৃষ্টিকারী যন্ত্রের (Particle accelerator) মুখ্য অংশগুলি কী কী?

(d) (i) What are the different interactions of  $\gamma$ -ray with matter?

পদার্থের সঙ্গে  $\gamma$ -রশ্মি কী কী ধরনের মিথস্ক্রিয়া (interaction) ঘটায়?

(ii) Write down Einstein's equation for photoelectric effect and mention the importance of the cut off frequency. 2+(1+2)

আলোক তড়িৎক্রিয়া সংক্রান্ত আইনস্টাইনের সমীকরণ লেখো ও সূচনা কম্পাক্ষের গুরুত্ব উল্লেখ করো।

- (e) (i) Draw the binding energy curve per nucleon against mass number and explain the stability of lighter and heavier nuclei.

প্রতি নিউক্লিয়ন বন্ধন শক্তি ও ভরসংখ্যার লেখচিত্র অঙ্কন করো। এর থেকে হালকা ভরের ও ভারী ভরের নিউক্লিয়াসের স্থায়িত্ব ব্যাখ্যা করো।

- (ii) Find the radius of  $^{64}_{29}\text{Cu}$ , given the radius of  $^{27}_{13}\text{Al}$  is 3.6 fm. (1+2)+2

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

- (f) What are quarks? Mention different types of quarks. How do the quarks combine to form baryons and mesons? (1+2+2)

কোয়ার্ক কী? বিভিন্ন প্রকার কোয়ার্কের নাম উল্লেখ করো। বেরিয়ন এবং মেসন গঠনে কোয়ার্ক কীভাবে যুক্ত হয়?

3. Answer any two questions: 10×2=20

যেকোনো দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

- (a) (i) Show from Heisenberg's Uncertainty principle that electron cannot reside in the nucleus.

হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তাবাদ নীতি থেকে প্রমাণ করো ইলেক্ট্রন নিউক্লিয়াসে থাকতে পারে না।

- (ii) Write down the properties of nuclear force.

নিউক্লীয় বন্ডের ধর্মবলি লেখো।

- (iii) Predict the ground state spin parity of  $^{12}_6\text{C}$  and  $^{33}_{16}\text{S}$ . 3+3+(2+2)

$^{12}_6\text{C}$  এবং  $^{33}_{16}\text{S}$  নিউক্লিয়াসের ভূমি স্তরের (ground state) ঘূর্ণন (spin) ও প্রতিসাম্য (parity) নির্ণয় করো।

- (b) (i) Establish the relation between range of  $\alpha$ -particle with velocity.

$\alpha$ -কণার পাল্লা ও বেগের মধ্যে সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা করো।

- (ii) 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 the parent nucleus.

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

- (iii) Discuss Gamow's theory of emission of  $\alpha$ -particles from radioactive substance.

4+4+2

তেজস্ক্রিয় পদার্থ থেকে  $\alpha$ -কণার নির্গমন সংক্রান্ত গ্যামো (Gamow)-তত্ত্ব আলোচনা করো।

- (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 স্বীকার্যগুলো (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

অর্থপ্রয়োগিক (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) Describe in detail the construction and working of a GM Counter.

GM কাউন্টার-এর গঠন ও কার্যপ্রণালী বিস্তারিতভাবে আলোচনা করো।

- (ii) A GM Counter cannot detect neutron.— Why?

একটি GM কাউন্টার নিউট্রনকে শনাক্ত করতে পারে না— কেন?

- (iii) What do you mean by 'Self quenching' in GM Counter?

6+2+2

GM কাউন্টারে নিজস্ব কোয়েন্চিং বলতে কী বোঝায়?