

2021

## PHYSICS — GENERAL

Paper : DSE-B-2

(Nuclear and Particle Physics)

Full Marks : 65

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 সংক্ষিপ্ত উত্তর দাও : ২×৫
- (ক) ভর ত্রুটির সংজ্ঞা দাও।
- (খ) নিউক্লিয় ম্যাজিক সংখ্যা কী? এদেরকে ম্যাজিক সংখ্যা বলা হয় কেন?
- (গ) একটি অস্থির নিউক্লিয়াসের অর্ধায়ুকাল  $\tau$ । এখন  $2\tau$  সময়ের ব্যবধানে মূল নিউক্লিয়াসের কত ভগ্নাংশ ক্ষয়প্রাপ্ত হবে?
- (ঘ)  $^{18}\text{O}_8(^2\text{H}_1, p)\chi$  বিঘটনে অজানা কণা,  $\chi$ টি কী?
- (ঙ) তেজস্ক্রিয়  $\alpha$ -বিঘটনের গাইগার-নাটাল সূত্রটি লেখো।
- (চ) তড়িৎচুম্বকীয় আবেশের মাধ্যমে পরিচালিত কণাত্বরণ যন্ত্রের উল্লেখ করো।
- (ছ)  $\Omega$  ব্যারিয়নের আইসোস্পিন ও স্ট্রেঞ্জনেস-এর মান কত?

## বিভাগ - খ

যে-কোনো তিনটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

- ২। (ক) ভর সংখ্যার সঙ্গে কণাপ্রতি নিউক্লিয় বন্ধনশক্তির লেখটি এঁকে দেখাও। ৫
- (খ) কম ভর সংখ্যার অঞ্চলে অবস্থিত সূচাল শৃঙ্গগুলির তাৎপর্য কী? ৫
- (গ) প্রতিফলিত নিউক্লিয়াস বলতে কী বোঝা? একটি উদাহরণ দাও। ১+২+২
- ৩। (ক) নিম্নলিখিত  $\alpha$ -বিঘটনের Q মান (MeV এককে) নির্ণয় করো :
- $$^{208}\text{Po}_{84} \rightarrow ^{204}\text{Pb}_{82} + \alpha$$
- (খ) একটি নিউক্লিয়াস থেকে প্রথমে একটি  $\alpha$  কণা এবং তারপরে দুটি  $\beta$  কণা নির্গত হয়। দেখাও যে পরিণত নিউক্লিয়াসটি প্রাথমিক নিউক্লিয়াসের একটি আইসোটোপ। ৩+২
- ৪। সাইক্লোট্রন অনুনাদের শর্তগুলি লেখো। সাইক্লোট্রন অনুনাদের কম্পাঙ্কের রাশিমালা নির্ধারণ করো। ২+৩
- ৫। (ক) আলোকবর্ধক নলের (PMT) কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা করো।
- (খ) একটি PMT-তে 10-টি ডাইনোড আছে যাদের প্রত্যেকটির বিবর্ধন গুণাঙ্ক 5। এই নলে গৌণ ইলেকট্রনগুলির সার্বিক বিবর্ধন নির্ণয় করো। ৩+২

Please Turn Over

৬। (ক) কোয়ার্ক বলতে কী বোঝো? কত রকমের কোয়ার্ক পাওয়া যায়? — তাদের একটি তালিকা প্রস্তুত করো।

(খ) নিম্নলিখিত কণাগুলির কোয়ার্কের গঠনবিন্যাস বর্ণনা করো।

(অ) প্রোটন (আ)  $\Sigma^-$  কণা (ই)  $\pi^+$  কণা (ঈ)  $\Xi^-$  কণা (২+১)+২

### বিভাগ - গ

যে-কোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

৭। (ক) নিউক্লিয়াসের সেল সংগঠনের যৌক্তিকতা সম্পর্কে দুটি সাক্ষ্যপ্রমাণ দাও।

(খ) নিউক্লিয় বলের ধর্মগুলি লেখো।

(গ)  $^{15}\text{N}_7$  নিউক্লিয়াসের বন্ধনশক্তি হিসাব করো। দেওয়া আছে  $M(^{15}\text{N}_7) = 15.000109\text{u}$ ,  $M(^1\text{H}_1) = 1.007825$ ,  
 $M_n = 1.008665\text{u}$  এখান থেকে এক গ্রাম  $^{15}\text{N}_7$ -এর বন্ধনশক্তি নির্ণয় করো। ২+৩+৫

৮। (ক)  $^4\text{He}_2$  নিউক্লিয়াসের স্পিন এবং প্যারিটি নির্ণয় করো।

(খ)  $\text{U}_{238}$  থেকে  $4.27 \text{ MeV}$  শক্তির  $\alpha$ -কণা নির্গত হয়। এই নিউক্লিয়াসের বিঘটন শক্তি নিরূপণ করো।

(গ) ক্ষীণ প্রতিক্রিয়ার বৈশিষ্ট্যগুলি বিবৃত করো। ক্ষীণ প্রতিক্রিয়ার একটি উদাহরণ দাও। ২+৪+(৩+১)

৯। (ক)  $\beta$ -বিঘটন ঘটায় এমন একটি নিউক্লিয়াসের উল্লেখ করো।

(খ) এই নিউক্লিয়াসগুলির প্রত্যেকটি থেকে কি শক্তিসম্পন্ন ইলেকট্রন নির্গত হয়?

(গ)  $\beta$ -বিঘটনের প্রক্রিয়ায় শক্তি সংরক্ষণের সমস্যাগুলি বিশদে বর্ণনা করো।

(ঘ) এই সমস্যা কীভাবে সমাধান করা হয়েছিল? ১+১+৪+৪

১০। (ক) রৈখিক কণাত্বরণ যন্ত্রের কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা করো। দেখাও যে এই LINAC যন্ত্রে  $n$  তম ড্রিফট নলের দৈর্ঘ্য  $\sqrt{n}$ -এর সঙ্গে সমানুপাতিক হবে।

(খ) LINAC যন্ত্রের অসুবিধাগুলি কী কী?

(গ) ভারতে কোথায় কোথায় কণাত্বরণ যন্ত্র আছে? (৪+২)+২+২

১১। (ক) GM গুণকের নিষ্প্রাণ সময় (dead time) এবং পুনর্জীবন সময় (recovery time) সংজ্ঞায়িত করো।

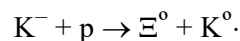
(খ) একটি GM গুণকের নিষ্প্রাণ সময়  $400 \mu\text{s}$ । প্রতি মিনিটে 1000 গণনাকালীন অবস্থায় গুণকের প্রকৃত গণনার হার কত?

(গ) GM গুণকের সাপেক্ষে প্রতিপ্রভা গুণকের সুবিধাগুলি কী কী? (২+২)+৩+৩

১২। (ক) উদাহরণ সহযোগে যৌগিক নিউক্লিয়াস বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।

(খ) নিউক্লিয় বিক্রিয়ার অবচ্ছেদ বর্ণনা করো।

(গ) স্পিন ও আধানের সংরক্ষণের মাধ্যমে নিম্নলিখিত বিক্রিয়াটি হওয়া সম্ভব কি না মন্তব্য করো :



(ঘ) একটি  $\chi$  কণা  $\chi \rightarrow \pi^0 + \mu^+ + \nu_\mu$  বিক্রিয়ার মাধ্যমে বিঘটিত হয়।  $\chi$  কণাটি বোসন না ফার্মিয়ন সেটি নির্ধারণ করো।

৪+২+২+২

**[English Version]**

The figures in the margin indicate full marks.

**Group - A**

1. Answer *any five* questions in brief: 2×5
- Define mass defect.
  - What are the nuclear magic numbers? Why are these numbers called magic numbers?
  - The half life of a unstable nucleus is  $\tau$ . What fraction of the original nucleus will be decayed in time  $2\tau$ ?
  - Determine the unknown particle,  $\chi$  in reaction  $^{18}\text{O}_8 (^2\text{H}_1, \text{p})\chi$ .
  - Write down the Geiger–Nuttal law for  $\alpha$ -decay by radioactive nuclei.
  - Name the accelerator that works on the principle of electromagnetic induction.
  - What is the isospin and strangeness of  $\Omega$  baryon?

**Group - B**

Answer *any three* questions.

- Draw the binding energy per nucleon versus the mass number curve. 5
  - What do the peaks on the curve at lower mass number signify? 5
  - What do you mean by mirror nuclei? Give one example. 1+2+2
- Calculate Q value (in MeV) of the following  $\alpha$ -decay :  

$$^{208}\text{Po}_{84} \rightarrow ^{204}\text{Pb}_{82} + \alpha$$
  - A nucleus emits an  $\alpha$ -particle followed by two  $\beta$ -particles. Show that the final nucleus is an isotope of the original one. 3+2
- Write the condition for cyclotron resonance. Hence derive the expression for cyclotron resonance frequency. 2+3
- Explain the working principle of photo-multiplier tube (PMT).
  - A PMT contains 10 dynodes, each having an amplification factor 5. What is the overall gain of the secondary electrons in the PMT? 3+2
- What do you mean by quarks? How many possible quarks are there? List them.
  - Write quark composition of  
 (i) Proton    (ii)  $\Sigma^-$     (iii)  $\pi^+$     (iv)  $\Xi^-$  (2+1)+2

**Please Turn Over**

**Group - C**Answer *any four* questions.

7. (a) Mention two evidences in support of shell structure in nucleus.  
 (b) Write down the properties of nuclear force.  
 (c) Calculate the binding energy of  $^{15}\text{N}_7$ . Given  $M(^{15}\text{N}_7) = 15.000109\text{u}$ ,  $M(^1\text{H}_1) = 1.007825$ ,  $M_n = 1.008665\text{u}$ . Hence find the binding energy of 1 gm of  $^{15}\text{N}_7$ . 2+3+5
8. (a) Find the spin and parity of  $^4\text{He}_2$ .  
 (b) Uranium - 238 emits  $\alpha$ -particles of kinetic energy 4.27 MeV. Determine the  $\alpha$ -disintegration energy of Uranium - 238.  
 (c) Write down the basic features of weak interaction. Give an example of weak interaction. 2+4+(3+1)
9. (a) Give an example of a nucleus that shows  $\beta$ -decay.  
 (b) Do the electrons come out with the same energy from every such nucleus?  
 (c) Explain clearly what is the energy conservation problem in  $\beta$ -decay phenomenon.  
 (d) How was it solved? 1+1+4+4
10. (a) Explain the working of linear accelerator. Hence show that the length of the  $n$ th drift tube in LINAC is proportional to  $\sqrt{n}$ .  
 (b) What are the disadvantages of LINAC?  
 (c) Where in India accelerator facilities are available? (4+2)+2+2
11. (a) Define 'dead time' and 'recovery time' of GM counter.  
 (b) A GM counter has a dead time of 400  $\mu\text{s}$ . What are the true counting rates when the observed rates are 1000 per minute?  
 (c) What are the main advantages of scintillation counter over GM counter. (2+2)+3+3
12. (a) Explain compound nuclear reaction with example.  
 (b) Define nuclear cross-section.  
 (c) Determine whether the reaction  $\text{K}^- + \text{p} \rightarrow \Xi^0 + \text{K}^0$  is allowed. by conservation of charge and spin.  
 (d) A particle  $\chi$  decays as  $\chi \rightarrow \pi^0 + \mu^+ + \nu_\mu$ . Determine whether  $\chi$  is boson or fermion. 4+2+2+2
-