

No. of Printed Pages :12

**PHE-11**

**Bachelor of Science (B.Sc.)**

**Term-End Examination**

**June, 2024**

**PHE-11 : MODERN PHYSICS**

*Time : 2 Hours*

*Maximum Marks : 50*

---

**Note :**

1. *Attempt all questions. The marks for each question are indicated against it.*
  2. *Your may use a calculator.*
  3. *The values of physical constants are given at the end.*
  4. *Symbols have their usual meaning.*
- 
- 

1. Answer any *five* parts :  $3 \times 5 = 15$

- (a) A rocket of proper length 50 m is observed to 30 m long as it passes an observer.

**P. T. O.**

Calculate the speed of the rocket relative to the observer.

- (b) The linear momentum of a particle is  $4.0 \times 10^{-21} \text{ kg ms}^{-1}$  at a speed of  $0.6 c$ . Calculate its rest mass.
- (c) A proton is confined to a nucleus of radius  $4.0 \times 10^{-15} \text{ m}$ . Calculate the minimum uncertainty in its momentum and its minimum kinetic energy.
- (d) State *three* properties of a physically acceptable wave function.
- (e) Write down the electronic configuration of atoms with  $Z = 14$ ,  $Z = 25$  and  $Z = 37$ .
- (f) Draw the approximate energy levels for the L and K shells and show all the allowed transitions.

- (g) The mean life of a radioactive element is 18 months. Calculate the time required for 75% of the element to decay.
- (h) Classify the following particles as leptons, mesons and baryon :

$$\lambda, \pi^0, p, \mu, \eta^0, \tau$$

2. Answer *any one* part : 5 × 1 = 5

- (a) Explain why we do not observe the effects of time dilation in everyday phenomena. A galaxy is receding from the earth at a speed of  $2.5 \times 7 \text{ ms}^{-1}$ . If it emits light of characteristic wavelength 500 nm, what is the corresponding wavelength measured on earth ? 2 + 3
- (b) Derive the realistics energy-momentum relation for a free particle. 5

3. Answer any *two* parts :  $5 \times 2 = 10$

(a) Write down the time-dependent one-dimensional Schrödinger equation. Deduce the time independent Schrödinger equation from it. 1 + 4

(b) State the probabilistic interpretation of the wave function. The wave function for a particle is given by :

$$\psi(x) = \begin{cases} \frac{2}{\sqrt{L}} \cos\left(\frac{2\pi x}{L}\right) & \text{for } -\frac{L}{4} \leq x \leq \frac{L}{4} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Calculate the probability that the particle will be found between  $x = 0$  and  $x = L/6$ .

1 + 4

(c) Evaluate the commutator  $[xp_x, p_x^2]$  5

4. Answer any *one* part : 10 × 1 = 10

- (a) Obtain the expectation value of the potential energy  $V(r) = \frac{-e^2}{r}$  of a hydrogen atom in its ground state given by the wave function

$$\Psi_0(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-r/a_0}$$

Show that for  $n = 3$ , there are 9 degenerate Eigen functions for the hydrogen atom.

6 + 4

- (b) The wave function of a particle of mass  $m$  inside an infinite square well of width  $2a$  (between  $x = -a$  and  $x = a$ ) is given by :

$$\Psi(x) = A \cos \frac{5\pi x}{2a} + B \sin \frac{5\pi x}{2a}$$

Determine the values of B, A and the eigen energy corresponding to this eigen function

1 + 4 + 5

5. Answer any *two* parts : 5 × 2 = 10
- (a) Describe the liquid drop model of fission. 5
- (b) Define multiplication factor. State the conditions for a nuclear reactor to be subcritical, critical and supercritical. 5
- (c) With the help of a diagram explain the working of a cyclotron. 5

*Physical constants :*

$$h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\hbar = 1.05 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$c = 3.0 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

**PHE-11**

विज्ञान स्नातक (बी.एस.सी)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2024

पीएचई-11 : आधुनिक भौतिकी

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

**नोट :**

1. सभी प्रश्न करें। प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं।
2. आप कैलकुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं।
3. भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं।
4. प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

1. कोई पाँच भाग हल कीजिए—  $3 \times 5 = 15$

(क) किसी रॉकेट की उचित लम्बाई 50 मी है। जब रॉकेट किसी प्रेक्षक के सामने से गुजरता है, तो

उसकी लम्बाई 30 मी मापी जाती है। प्रेक्षक के सापेक्ष रॉकेट की चाल ज्ञात कीजिए।

- (ख) चाल  $0.6c$  से गतिमान किसी कण का रैखिक संवेग  $4.0 \times 10^{-21} \text{ kg ms}^{-1}$  है। कण का विराम द्रव्यमान परिकलित कीजिए।
- (ग) एक प्रोटॉन  $4.0 \times 10^{-15} \text{ m}$  के नाभिक में परिवर्द्ध है। उसके संवेग में न्यूनतम अनिश्चितता और गतिज ऊर्जा का न्यूनतम मान परिकलित कीजिए।
- (घ) भौतिक रूप से मान्य तरंग फलन के तीन गुणधर्म लिखिए।
- (ङ)  $Z = 14$ ,  $Z = 25$  और  $Z = 37$  वाले परमाणुओं के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए।
- (च) L और K कोशों के लिए सन्निकट ऊर्जा स्तर आरेख खींचिए और उसमें सभी अनुमत संक्रमणों को दिखाइए।



- (छ) एक रेडियोएक्टिव तत्व की औसत आयु 18 महीने हैं। इस तत्व के 75% भाग का क्षय होने में लगे समय की गणना कीजिए।
- (ज) निम्नलिखित कणों को लेप्टॉन, बेरिऑन और मीसॉन में वर्गीकृत करें—

$$\lambda, \pi^0, p, \mu, \eta^0, \tau$$

2. कोई एक भाग हल कीजिए— 5 × 1 = 5

- (क) काल वृद्धि का प्रभाव हमें रोजाना की परिघटनाओं में क्यों नहीं दिखाई देता, समझाइए। एक मंदाकिनी  $2.5 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$  की चाल से पृथ्वी से दूर जा रही है। उसके द्वारा उत्सर्जित प्रकाश का अभिलक्षणिक तरंगदैर्घ्य 500 nm है। पृथ्वी पर मापे गये तरंगदैर्घ्य का मान क्या होगा ?
- (ख) एक मुक्त कण के लिए ऊर्जा-संवेग सम्बन्ध व्युत्पन्न कीजिए। 5

3. कोई दो भाग हल कीजिए—

$$5 \times 2 = 10$$

(क) एकविम कालाश्रित श्रोडिंगर समीकरण लिखिए।

इससे काल-स्वतंत्र श्रोडिंगर समीकरण व्युत्पन्न

करें।

$$1 + 4$$

(ख) तरंग फलन की सांख्यिकीय व्याख्या लिखिए।

किसी कण का तरंग फलन निम्नलिखित है :

$$\psi(x) = \begin{cases} \frac{2}{\sqrt{L}} \cos\left(\frac{2\pi x}{L}\right) & \text{के लिए } -\frac{L}{4} \leq x \leq \frac{L}{4} \\ 0 & \text{अन्यथा} \end{cases}$$

के लिए कण के  $x = 0$  और  $x = L/6$  के बीच पाये

जाने की प्रायिकता परिकलित कीजिए।

$$1 + 4$$

(ग) कम्यूटेटर  $[xp_x, p_x^2]$  का मान प्राप्त कीजिए।

$$5$$

4. कोई एक भाग हल करें—

$$10 \times 1 = 10$$

(क) मूल अवस्था में स्थित हाइड्रोजन परमाणु की

स्थितिज ऊर्जा  $V(r) = \frac{-e^2}{r}$  का प्रत्याशा मान प्राप्त

कीजिए। मूल अवस्था का तरंग फलन निम्नलिखित

है—

$$\Psi_0(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-r/a_0}$$

सिद्ध कीजिए कि  $n = 3$  के लिए हाइड्रोजन परमाणु के 9 अपभ्रष्ट आइगेन फलन होते हैं। 6 + 4

(ख) एक अनंत वर्ग कूप जिसकी चौड़ाई  $2a$  ( $x = -a$  से  $x = a$  तक) है, में स्थित द्रव्यमान  $m$  के एक कण का तरंग फलन है-

$$\Psi(x) = A \cos \frac{5\pi x}{2a} + B \sin \frac{5\pi x}{2a}$$

B, A और इस तरंग फलन के संगत आइगेन ऊर्जा का मान निर्धारित कीजिए। 1 + 4 + 5

5. कोई दो भाग हल कीजिए— 5 × 2 = 10

(क) विखंडन के द्रव बूँद मॉडल का विवरण दें। 5

(ख) गुणन कारक की परिभाषा दीजिए। नाभिकीय रिएक्टर के अतिक्रांतिक, क्रांतिक और उपक्रांतिक होने के लिए प्रतिबंध लिखिए। 2+3

(ग) आरेख की सहायता से साइक्लोट्रॉन की कार्यविधि

समझाइए।

5

*भौतिक नियतांक :*

$$h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\lambda = 1.05 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$c = 3.0 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

\*\*\*