

**BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)**

**Term-End Examination**

**December, 2020**

**PHE-11 : MODERN PHYSICS**

*Time : 2 Hours*

*Maximum Marks : 50*

---

**Note :** (i) Attempt **all** questions. The marks for each question are indicated against it.

(ii) You may use a calculator.

(iii) The values of physical constants are given at the end.

(iv) Symbols have their usual meanings.

---

---

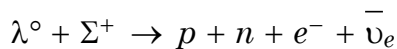
1. Answer any **five** parts : 3 each
- (a) Calculate the mass of an electron having kinetic energy 10 MeV.
- (b) Calculate the de-Broglie wavelength associated with an electron moving with velocity  $10^7 \text{ ms}^{-1}$ .

- (c) A proton is confined to a nucleus of radius  $5 \times 10^{-15}$  m. Calculate the minimum uncertainty in its momentum and its minimum kinetic energy.
- (d) A free neutron at rest has a mean life time of 900 s. If we measure its mean life time to be 1800 s, what is its speed relative to us ?
- (e) Determine  $\langle x \rangle$  for the ground state harmonic oscillator wave function :

$$\psi_0(x) = \left( \frac{a}{\sqrt{\pi}} \right)^{\frac{1}{2}} e^{-a^2 x^2 / 2}$$

where  $a$  is a constant.

- (f) Write down the permissible values of  $l$  and  $m_l$  for  $n = 4$  state of the hydrogen atom. Hence, determine the number of degenerate eigenfunctions.
- (g) Show whether the reaction :



satisfies baryon number, lepton number and charge conservation.

2. Attempt any *one* part :

- (a) Prove the relativistic velocity addition formulae. 5
- (b) A pion at rest decays into a muon and neutrino (zero rest mass). Using the relativistic laws of conservation of energy and momentum, obtain the momentum of muon in terms of  $m_\pi$  and  $m_\mu$ . 5

3. Attempt any *two* parts :

- (a) The wave function of a particle of mass  $m$  inside a 1-D infinite potential well :

$$V(x) = 0 \quad -a \leq x \leq a$$

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

is given by :

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

Calculate A and B and the energy eigen values corresponding to the wave function given above. 2 + 3

- (b) Prove that : 5

$$[L_x, L_y] = i\hbar L_z$$

- (c) The wave function of a particle of mass  $m$  is given by : 5

$$\psi(x) = N e^{-\alpha x^2}, \quad -\infty < x < \infty$$

$$\text{where } N = \left( \frac{2\alpha}{\pi} \right)^{\frac{1}{4}}.$$

Obtain the expectation value of the K. E. of the particle.

4. Attempt any **two** parts : 5 each

- (a) (i) State the conditions that a physically acceptable wave function must satisfy.

3

- (ii) If for two operations P and Q,  $[P, Q] = 1$ , show that :

2

$$[P^2, Q^2] = 2(PQ + QP)$$

- (b) The wavelength of the  $L_\alpha$  X-ray line of platinum (atomic no. 78) is  $1.321 \text{ \AA}$ . An unknown substance emits X-rays of wavelength  $4.174 \text{ \AA}$ . Calculate the atomic number of the unknown substance. It is given that  $b = 7.4$  for  $L_\alpha$  lines.

- (c) Using Hund's rule, obtain the spectral terms and ground state of Sc [ $Z = 21$ ].

- 5- Attempt any *two* parts : 5 each
- (a) Explain the liquid drop model of fission with the help of diagrams.
  - (b) Explain the working of a cyclotron with the help of a schematic diagram.
  - (c) Calculate the time required for 10% of the sample of thorium to disintegrate. Assume the half life of thorium to be  $1.4 \times 10^{10}$  years.

*Physical Constants :*

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

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

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

$$R = 13.6 \text{ eV}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

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

# PHE-11

विज्ञान स्नातक ( बी. एस-सी. )

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2020

पी.एच.ई.-11 : आधुनिक भौतिकी

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

**नोट :** (i) सभी प्रश्न कीजिए। प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं।

(ii) आप कैलकुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं।

(iii) भौतिक स्थिरांकों के मान अंत में दिये गये हैं।

(iv) प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

1. किन्हीं पाँच भागों के उत्तर दीजिए : प्रत्येक 3

(क) गतिज ऊर्जा 10 MeV वाले एक इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान परिकलित कीजिए।

(ख)  $10^7 \text{ms}^{-1}$  की चाल से गतिमान एक इलेक्ट्रॉन का दे-ब्रॉग्ली तरंगदैर्घ्य परिकलित कीजिए।

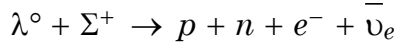
- (ग) एक प्रोटॉन  $5 \times 10^{-15} \text{ m}$  त्रिज्या वाले एक नाभिक में परिरुद्ध है। प्रोटॉन के संवेग में न्यूनतम अनिश्चितता और उसकी न्यूनतम गतिज ऊर्जा परिकलित कीजिए।
- (घ) विरामावस्था में स्थित एक मुक्त न्यूट्रॉन का औसत जीवनकाल 900 s है। अगर हम उसका औसत जीवनकाल 1800 s मापते हैं, तो वह हमारे सापेक्ष किस चाल से चल रहा है?
- (ङ) आवर्ती दोलक के मूल अवस्था तरंग फलन :

$$\psi_0(x) = \left( \frac{a}{\sqrt{\pi}} \right)^{\frac{1}{2}} e^{-a^2 x^2 / 2}$$

के लिए  $\langle x \rangle$  का मान निर्धारित कीजिए, जहाँ  $a$  अचर है।

- (च) हाइड्रोजन परमाणु के  $n = 4$  अवस्था के लिए  $l$  और  $m_l$  के अनुमत मान लिखिए और इससे अपभ्रष्ट आइगेनफलनों की संख्या निर्धारित कीजिए।

(छ) दिखाइए कि निम्नलिखित प्रक्रिया बेरिऑन संख्या, लेप्टॉन संख्या और आवेश संरक्षण का पालन करती है अथवा नहीं :



2. कोई **एक** भाग कीजिए : प्रत्येक 5

(क) आपेक्षिकीय वेग योग संबंधों को सिद्ध कीजिए।

(ख) विरामावस्था में स्थित एक पायॉन का एक म्यूऑन और एक न्यूट्रिनो में क्षय होता है। आपेक्षिकीय ऊर्जा और संवेग नियमों का प्रयोग करते हुए, म्यूऑन के संवेग को  $m_\pi$  और  $m_\mu$  के पदों में निर्धारित कीजिए।

3. कोई **दो** भाग कीजिए : प्रत्येक 5

(क) निम्नलिखित एक-विमीय अनंत विभव कूप :

$$V(x) = 0 \quad -a \leq x \leq$$

$$= 0 \quad \text{अन्यथा}$$



में स्थित द्रव्यमान  $m$  वाले एक कण का तरंग फलन निम्नलिखित है :

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

इस तरंग फलन के लिए  $A$ ,  $B$  और ऊर्जा आइगेन मान परिकलित कीजिए।

2, 3

(ख) सिद्ध कीजिए कि  $[L_x, L_y] = i\hbar L_z$  है।

(ग) द्रव्यमान  $m$  वाले एक कण का तरंग फलन निम्नलिखित है :

$$\psi(x) = N e^{-\alpha x^2} \quad -\infty < x < \infty$$

जहाँ  $N = \left(\frac{2\alpha}{\pi}\right)^{\frac{1}{4}}$ । कण की गतिज ऊर्जा का

प्रत्याशा मान प्राप्त कीजिए।

4. कोई दो भाग कीजिए :

प्रत्येक 5

(क) (i) एक भौतिक निकाय को निरूपित करने के लिए तरंग फलन को किन प्रतिबंधों को संतुष्ट करना होगा, बताइए।

3

(ii) यदि किन्हीं दो संकारकों P और Q के लिए  
 $[P, Q] = 1$ , तो सिद्ध कीजिए कि : 2

$$[P^2, Q^2] = 2(PQ + QP)$$

(ख) प्लैटिनम के  $L_\alpha$  X-किरण रेखा का तरंगदैर्घ्य 1.321 Å है। एक अज्ञात पदार्थ से 4.174 Å तरंगदैर्घ्य वाली X-किरणें उत्सर्जित होती हैं। यदि प्लैटिनम की परमाणु संख्या 78 हो, तो अज्ञात पदार्थ की परमाणु संख्या ज्ञात कीजिए। दिया गया है कि  $L_\alpha$  रेखाओं के लिए  $b = 7.4$  है।

(ग) हुण्ड के नियमों का प्रयोग करते हुए Sc [ $Z = 21$ ] के लिए स्पेक्ट्रमी पद और मूल अवस्था ज्ञात कीजिए।

5. कोई दो भाग कीजिए : प्रत्येक 5

(क) आरेखों की सहायता से विखंडन का द्रव बूँद मॉडल समझाइए।

(ख) एक साइक्लोट्रॉन के सामान्य लक्षण दिखाते हुए उसका आरेख खींचिये और उसकी कार्यप्रणाली समझाइए।

(ग) थोरियम के एक नमूने के 10% भाग के क्षय होने में लगे समय की गणना कीजिए। थोरियम की अर्ध-आयु  $1.4 \times 10^{10}$  वर्ष लें।

### भौतिक नियतांक

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

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

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

$$R = 13.6 \text{ eV}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

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