

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

**Term-End Examination**

**December, 2022**

**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) Determine the speed of an electron having kinetic energy of 1.0 MeV and rest mass  $0.5 \text{ MeV}/c^2$ .

**P. T. O.**

- (b) A microscope is used to locate the position of an electron within a distance of  $0.2 \text{ \AA}$ . Calculate the uncertainty in the momentum of the electron.
- (c) Calculate the de Broglie wavelength of a  $100 \text{ eV}$  electron.
- (d) In the lab-frame, two particles are observed to travel in opposite directions with speed  $2.0 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ . Calculate the relative speed of the particles.
- (e) How long does it take for 70% of a sample of radon to decay ? Half life of radon is 3.8 days.
- (f) Write the charge, baryon number and spin for a photon and a proton.
- (g) Write the values of  $l$  and  $m_l$  for  $n = 3$ . What is the number of degenerate eigen functions for  $n = 3$  state of the hydrogen atom ?

(h) Write down the selection rules for X-ray spectra. Which one of the following transitions is allowed for X-rays ?

(i)  $L_I \rightarrow K$

(ii)  $L_{III} \rightarrow K$

2. Attempt any **one** part :

(a) An observer on earth measures the wavelength of light emitted by a distant galaxy to be  $6840 \text{ \AA}$ . If the wavelength of the light emitted in the galaxy is  $4000 \text{ \AA}$ , calculate the velocity of galaxy with respect to the earth. 5

(b) Using the Lorentz transformation equations, derive the relativistic velocity addition formula. 5

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

(a) Define the parity operator and obtain its eigen values.

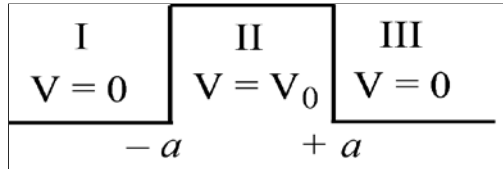
(b) State the properties of a physically acceptable wave function.

(c) Show that :

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

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

- (a) Consider a one-dimensional potential barrier as shown in the figure :



Write the Schrödinger equation for regions I, II and III. Determine the wave functions in region II.

- (b) Determine the mean potential energy of a simple harmonic oscillator in its ground state given by :

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

where  $a^2 = \frac{m\omega}{\hbar}$ .

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

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

- (a) Define multiplication factor ( $k$ ) for a nuclear chain reaction. Explain how the chain reaction proceeds for (i)  $k > 1$ , (ii)  $k < 1$  and (iii)  $k = 1$ .

- (b) Describe the shell model of the nucleus.
- (c) Explain the working of a cyclotron with the help of a schematic diagram.

**Physical constants :**

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J-s}$$

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

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

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

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

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

**PHE-11**

विज्ञान स्नातक ( बी. एस-सी. )

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2022

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 कैल्कुलेटर 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 1.0 MeV और विराम द्रव्यमान  $0.5 \text{ MeV}/c^2$  के एक इलेक्ट्रॉन की चाल की गणना कीजिए।

- (ख) एक सूक्ष्मदर्शी का प्रयोग करके किसी इलेक्ट्रॉन की स्थिति को  $0.2 \text{ \AA}$  तक की दूरी के भीतर मापा जा सकता है। इलेक्ट्रॉन के संवेग में अनिश्चितता परिकलित कीजिए।
- (ग)  $100 \text{ eV}$  ऊर्जा वाले एक इलेक्ट्रॉन का डी ब्रोग्ली तरंगदैर्घ्य परिकलित कीजिए।
- (घ) प्रयोगशाला तंत्र में दो कण विपरीत दिशाओं में  $2.0 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$  की एकसमान चाल से गतिमान हैं। कणों की आपेक्षिक चाल परिकलित कीजिए।
- (ङ) रेडॉन के एक प्रतिदर्श के 70% भाग के क्षय होने में लगे समय की गणना कीजिए। रेडॉन की अर्ध-आयु 3.8 दिन है।
- (च) एक फोटॉन और एक प्रोटॉन के लिए आवेश, बेरिऑन संख्या और स्पिन लिखिए।
- (छ)  $n = 3$  के लिए  $l$  और  $m_l$  के मान लिखिए। हाइड्रोजन परमाणु की  $n = 3$  अवस्था के लिए अपभ्रष्ट आइगेन फलनों की संख्या क्या है ?
- (ज) X-किरण स्पेक्ट्रम के लिए वरण नियम लिखिए। X-किरण के लिए निम्नलिखित में से कौन-सा संक्रमण अनुमत है ?
- (i)  $L_I \rightarrow K$
- (ii)  $L_{III} \rightarrow K$

2. कोई एक भाग कीजिए :

(क) पृथ्वी पर स्थित एक प्रेक्षक एक दूरस्थ मंदाकिनी से उत्सर्जित प्रकाश के तरंगदैर्घ्य का मान  $6840 \text{ \AA}$  मापता है। यदि मंदाकिनी में उत्सर्जित प्रकाश का तरंगदैर्घ्य  $4000 \text{ \AA}$  हो, तो पृथ्वी के सापेक्ष मंदाकिनी का वेग परिकलित कीजिए। 5

(ख) लॉरेंज रूपांतरण समीकरणों का प्रयोग करते हुए आपेक्षिकीय वेग योग संबंध व्युत्पन्न कीजिए। 5

3. कोई दो भाग कीजिए : प्रत्येक 5

(क) पैरिटी संकारक की परिभाषा दीजिए और उसके आइगेन मान प्राप्त कीजिए।

(ख) एक भौतिक निकाय के लिए मान्य तरंग फलन के गुणधर्म बताइए।

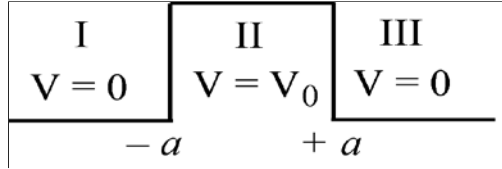


(ग) सिद्ध कीजिए कि :

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

4. कोई दृष्ट भाग कीजिए : प्रत्येक 5

(क) एक एकविमीय विभव रोधिका लें जैसा कि नीचे चित्र में दिखाया गया गया है :



क्षेत्र I, II और III के लिए श्रोडिंगर समीकरण लिखिए और क्षेत्र II में तरंग फलन निर्धारित कीजिए।

(ख) मूल अवस्था में स्थित सरल आवर्ती दोलक के लिए औसत स्थितिज ऊर्जा परिकलित कीजिए, यदि मूल अवस्था का तरंग फलन निम्नलिखित है :

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

$$\text{जहाँ } a^2 = \frac{m\omega}{\hbar}$$

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

5. कोई **दो** भाग कीजिए : प्रत्येक 5

(क) नाभिकीय शृंखला अभिक्रिया के लिए गुणन कारक ( $k$ ) की परिभाषा दीजिए। समझाइए कि (i)  $k > 1$ , (ii)  $k < 1$  और (iii)  $k = 1$  के लिए शृंखला अभिक्रिया कैसे आगे बढ़ती है।

(ख) नाभिक के कोश मॉडल का विवरण दीजिए।

(ग) एक व्यवस्थित आरेख की सहायता से साइक्लोट्रॉन की कार्यप्रणाली को समझाइए।

**भौतिक नियतांक :**

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J-s}$$

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

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

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

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

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