

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

December, 2016

00974

PHYSICS

PHE-11 : MODERN PHYSICS

Time : 2 hours

Maximum Marks : 50

Note : Attempt all questions. The marks for each question are indicated against it. Symbols have their usual meanings.

1. Answer any **five** parts :

5×3=15

- (a) The proper length of a rod is L . Its length is measured to be $L/3$ in a reference frame that is moving with respect to the rod. What is the speed of the moving reference frame ?
- (b) The momentum of a particle is $2.0 \times 10^{-21} \text{ kg ms}^{-1}$, at a speed of $0.8 c$. Calculate its rest mass.
- (c) Write down the properties of a wave function and boundary conditions on it, for it to be physically acceptable.

- (d) A ball of mass 5.0 kg is moving with a velocity of 10 ms^{-1} . Calculate its de Broglie wavelength. Will it exhibit observable wave behaviour? Explain. ($h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$)
- (e) Write down the electronic configuration for atoms with (i) $Z = 23$ and (ii) $Z = 34$.
- (f) Define the activity of a radioactive sample. A radioactive sample emits, on an average, one β particle every 5 minutes. Determine the activity of the sample.
- (g) State the selection rules for X-ray spectra.
- (h) Explain whether or not the following reactions are allowed :
- (i) $p^+ + n^0 \rightarrow p^+ + p^+$
- (ii) $p^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$

2. Answer any *two* parts :

$2 \times 5 = 10$

- (a) Explain why we do not observe the effects of time dilation in everyday phenomena. A free neutron at rest has a mean life time of 900 s. If the mean life time of the neutron is observed to be 1800 s, what is its speed? $2+3$

(b) Write down the relativistic force law. A charged particle moves perpendicular to a uniform magnetic field at relativistic speed. Determine the radius of its orbit. 1+4

(c) A particle of mass M initially at rest decays into two particles with rest masses m_1 and m_2 , respectively. Show that the total energy of m_1 is $\frac{C^2 [M^2 + m_1^2 - m_2^2]}{2M}$. 5

3. Answer any *two* parts : 2×5=10

(a) Use the uncertainty principle to explain why zero point energy is observed for any particle in a bound state.

(b) A particle is represented at $t = 0$ by the wave function

$$\Psi(x, 0) = \begin{cases} N(L^2 - x^2), & \text{for } -L \leq x \leq L \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Determine the normalization constant N .

(c) Evaluate the commutator : $[L_x, p_y]$.

4. Answer any *one* part : 1×10=10

(a) A particle is confined to a 1-D box located between $x = -L/2$ and $x = L/2$.

(i) Write down the Schrödinger equation for the particle.

- (ii) State the boundary conditions on the wave function.
 - (iii) Solve the Schrödinger equation to obtain the general wave function.
 - (iv) Obtain the energy eigenvalues. 2+2+4+2
- (b) (i) Calculate the average potential energy for the hydrogen atom in its ground state :

$$\Psi_0(r) = \frac{2}{a_0^{3/2}} e^{-r/a_0}; \quad a_0 = \frac{\hbar^2}{\mu e^2}. \quad 5$$

- (ii) Determine all the spectral terms for a hydrogen-like atom with $n = 3$. 5

5. Answer any *one* part : 1×5=5

- (a) Describe the shell model of the nucleus.
- (b) Define multiplication factor. State the conditions for a nuclear reactor to be subcritical, critical and supercritical.

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2016

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-11 : आधुनिक भौतिकी

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

नोट : सभी प्रश्न कीजिए। प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

1. किन्हीं पाँच भागों के उत्तर दीजिए :

5×3=15

(क) एक छड़ की उचित लंबाई L है। छड़ के सापेक्ष गतिमान निर्देश तंत्र में उसकी लंबाई $L/3$ मापी जाती है। गतिमान निर्देश तंत्र की चाल क्या है ?

(ख) $0.8c$ की चाल से गतिमान एक कण का संवेग $2.0 \times 10^{-21} \text{ kg ms}^{-1}$ है। कण का विराम द्रव्यमान परिकलित कीजिए।

(ग) एक तरंग फलन को भौतिक रूप से अनुमत होने के लिए उसके गुणधर्म और उस पर परिसीमा प्रतिबंध क्या होने चाहिए, लिखिए।

- (घ) द्रव्यमान 5.0 kg की एक गेंद 10 ms^{-1} के वेग से गतिमान है । उसकी दे ब्रॉग्ली तरंगदैर्घ्य परिकलित कीजिए । क्या गेंद प्रेक्षणीय तरंग व्यवहार दिखाएगी ? समझाइए । ($h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$)
- (ङ) (i) $Z = 23$ और (ii) $Z = 34$ वाले परमाणुओं के लिए इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए ।
- (च) एक रेडियोऐक्टिव नमूने की सक्रियता परिभाषित कीजिए । एक रेडियोऐक्टिव नमूना औसतन प्रति 5 मिनट एक β -कण उत्सर्जित करता है । नमूने की सक्रियता निर्धारित कीजिए ।
- (छ) X-किरण स्पेक्ट्रम के वरण नियम बताइए ।
- (ज) समझाइए कि निम्नलिखित अभिक्रियाएँ अनुमत हैं या नहीं :
- (i) $p^+ + n^0 \rightarrow p^+ + p^+$
- (ii) $p^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$

2. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए :

$2 \times 5 = 10$

- (क) समझाइए कि काल वृद्धि का प्रभाव हमें रोज़ाना की परिघटनाओं में क्यों नहीं दिखाई देता । विरामावस्था में स्थित एक मुक्त न्यूट्रॉन का औसत जीवनकाल 900 s है । यदि हम एक मुक्त न्यूट्रॉन का औसत जीवनकाल 1800 s मापते हैं, तो वह किस चाल से चल रहा है ? $2+3$

(ख) आपेक्षिकीय बल नियम लिखिए । एक आवेशित कण आपेक्षिकीय चाल से एकसमान चुंबकीय क्षेत्र के लंबवत् गतिमान है । इस कण की कक्षा की त्रिज्या की गणना कीजिए । 1+4

(ग) द्रव्यमान M वाला एक कण जो आरंभ में विरामावस्था में है, दो कणों में क्षय होता है जिनके विराम द्रव्यमान क्रमशः m_1 और m_2 हैं । सिद्ध कीजिए कि m_1 की कुल ऊर्जा निम्नलिखित है :

$$\frac{C^2 [M^2 + m_1^2 - m_2^2]}{2M} \quad 5$$

3. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए : 2×5=10

(क) अनिश्चितता सिद्धांत का प्रयोग करते हुए समझाइए कि बद्ध अवस्था में स्थित किसी भी कण के लिए शून्य बिन्दु ऊर्जा क्यों प्रेक्षित की जाती है ।

(ख) $t=0$ पर एक कण निम्नलिखित तरंग फलन द्वारा निरूपित होता है :

$$\Psi(x, 0) = \begin{cases} N(L^2 - x^2), & -L \leq x \leq L \text{ के लिए} \\ 0, & \text{अन्यथा।} \end{cases}$$

प्रसामान्यीकरण नियतांक N निर्धारित कीजिए ।

(ग) कम्यूटेटर $[L_x, p_y]$ का मूल्यांकन कीजिए ।

4. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए : 1×10=10

(क) एक कण $x = -L/2$ और $x = L/2$ के बीच स्थित एक एक-विमीय बक्स में परिरुद्ध है ।

(i) कण के लिए श्रोडिंजर समीकरण लिखिए ।

- (ii) तरंग फलन के लिए परिसीमा प्रतिबंध लिखिए ।
 (iii) श्रोडिंजर समीकरण का हल करके व्यापक तरंग फलन प्राप्त कीजिए ।
 (iv) ऊर्जा आइगेनमान प्राप्त कीजिए । 2+2+4+2

(ख) (i) मूल अवस्था

$$\Psi_0(r) = \frac{2}{a_0^{3/2}} e^{-r/a_0}; \quad a_0 = \frac{\hbar^2}{\mu e^2}$$

में स्थित हाइड्रोजन परमाणु के लिए औसत स्थितिज ऊर्जा परिकलित कीजिए । 5

(ii) हाइड्रोजन-सम परमाणु के लिए $n = 3$ के संगत सभी स्पेक्ट्रमी पद निर्धारित कीजिए । 5

5. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए : 1×5=5

(क) नाभिक के लिए कोश मॉडल का वर्णन कीजिए ।

(ख) गुणन कारक की परिभाषा दीजिए । वह प्रतिबंध क्या है जिसके अंतर्गत एक नाभिकीय रिऐक्टर उपक्रांतिक, क्रान्तिक और अतिक्रान्तिक हो सकता है, बताइए ।