No. of Printed Pages : 8

PHE-11

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

June, 2015

00388

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. You may use log table or a calculator.*

1. Attempt any ***five*** parts : *5×2=10*

(a) Calculate the energy of an electron that has de-Broglie wavelength of 1·8 Å. ($h = 6{\cdot}63 \times 10^{-34}$ Js; $m_e = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg)

(b) What is the uncertainty in the energy of an atom in an excited state having a lifetime 10^{-9} s ? ($\hbar = 1{\cdot}055 \times 10^{-34}$ Js)

(c) List any four applications of radioisotopes.

(d) For a hydrogen-like atom in n = 2 state, give all possible values of L and J.

(e) Is the following wave function physically permissible ? Give reasons.

$$\psi(x) = A\frac{e^{-x^2}}{x^2 - a^2}, \quad -\infty < x < \infty$$

(f) Which of the following reactions are allowed ? Give reasons.

(i) $n \rightarrow p + e + \gamma$

(ii) $\mu \rightarrow e + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$

(g) Calculate the binding energy for $^{9}_{4}Be$ given

$M(^{9}_{4}Be) = 9{\cdot}0122$ u, $M_p = 1{\cdot}0073$ u,

$M_n = 1{\cdot}0087$ u, $M_e = 0{\cdot}0005$ u and

u = 931 MeV

2. Attempt any ***two*** parts : *2×5=10*

(a) A particle at rest decays into two particles one of which is massless. Using relativistic laws of conservation of energy and momentum, obtain the momentum of the decayed particles. *5*

(b) Two events occurring at the same place in a certain inertial frame of reference are separated by a time interval of 6 μs. In another inertial frame, they appear to be separated by 18 μs. What is the velocity of the second frame relative to the first frame and what is their spatial separation in the second frame ? *5*

(c) Derive the relativistic velocity addition formula. *5*

3. Attempt any ***one*** part : *1×10=10*

(a) Wave function of a particle of mass m in the following one-dimensional square well

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

$$= \infty \qquad x < -a;\ x > a$$

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 eigenvalue corresponding to the above wave function. Explain how the existence of zero point energy for an infinite potential well is consistent with the uncertainty principle. *7+3=10*

(b) For the following function

$$f(p_x) = \sum_{n=0}^{\infty} p_x^n$$

show that

$$[x, f(p_x)] = i\hbar \frac{\partial f(p_x)}{\partial p_x}. \qquad 10$$

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

(a) Calculate the average potential energy of a one-dimensional harmonic oscillator in the 1^{st} excited state

$$\psi_1(x) = \left(\frac{a}{2\sqrt{\pi}}\right)^{1/2} 2 a x e^{-a^2 x^2/2} \qquad 10$$

(b) Obtain the average value of $< r >$ and of potential energy $V(r) = -\frac{e^2}{r}$ of a hydrogen atom in the ground state $\psi_{100}(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-r/2a_0}$.

Show that for n = 2, there are 4 degenerate eigenfunctions for the hydrogen atom. *7+3=10*

5. Attempt any ***two*** parts : *2×5=10*

(a) Due to a nuclear accident, a radioactive substance leaked into the surrounding area and the level of radiation became 100 times the permissible level. If the half-life of the radioactive substance is 50 days, after how many days would the area be safe for occupation ? *5*

(b) Describe the general features of a nuclear reactor with the help of a schematic diagram. *5*

(c) Name the different models of the atomic nucleus. Discuss briefly the shell model. *2+3=5*

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2015

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 । आप लॉग सारणी या कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं ।*

---

1. कोई ***पाँच*** भाग हल कीजिए : *5×2=10*

(क) 1·8 Å दे बॉग्ली तरंगदैर्घ्य वाले इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा परिकलित कीजिए ।

$(h = 6{\cdot}63 \times 10^{-34}\ Js;\ m_e = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}\ kg)$

(ख) उत्तेजित अवस्था में परमाणु का जीवनकाल 10^{-9} s है । इस परमाणु की ऊर्जा में अनिश्चितता क्या होगी ?

$(\hbar = 1{\cdot}055 \times 10^{-34}\ Js)$

(ग) रेडियोआइसोटोप के किन्हीं चार अनुप्रयोगों की सूची बनाइए ।

(घ) हाइड्रोजन-सम परमाणु की $n = 2$ अवस्था के लिए, L और J के सभी सम्भव मान लिखिए ।

(ङ) क्या निम्नलिखित तरंग फलन भौतिकत: सम्भव है ? कारण दीजिए ।

$$\psi(x) = A\frac{e^{-x^2}}{x^2 - a^2}, \quad -\infty < x < \infty$$

(च) निम्नलिखित में से कौन-सी अभिक्रियाएँ अनुमत हैं ? कारण दीजिए ।

(i) $n \rightarrow p + e + \gamma$

(ii) $\mu \rightarrow e + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$

(छ) ${}^{9}_{4}Be$ के लिए बंधन ऊर्जा परिकलित कीजिए,

दिया गया है कि $M({}^{9}_{4}Be) = 9{\cdot}0122$ u,

$M_p = 1{\cdot}0073$ u, $M_n = 1{\cdot}0087$ u,

$M_e = 0{\cdot}0005$ u और u = 931 MeV

2. कोई *दो* भाग हल कीजिए : *2×5=10*

(क) विरामावस्था में स्थित एक कण का दो कणों में क्षय होता है जिसमें एक कण द्रव्यमान रहित है । ऊर्जा और संवेग के संरक्षण के आपेक्षिकीय नियमों का उपयोग कर क्षयित कणों का संवेग प्राप्त कीजिए । *5*

(ख) जड़त्वीय निर्देश तंत्र में दो घटनाएँ एक ही स्थान पर घटती हैं जो कि 6 μs के समय अंतराल से अलग हैं और दूसरे जड़त्वीय निर्देश तंत्र में वे 18 μs से अलग दिखती हैं । दूसरे निर्देश तंत्र का वेग पहले निर्देश तंत्र के सापेक्ष क्या होगा और उनका दूसरे निर्देश तंत्र में स्थानिक अंतराल क्या होगा ? *5*

(ग) आपेक्षिकीय वेग योग फॉर्मूले को व्युत्पन्न कीजिए । *5*

3. कोई ***एक*** भाग हल कीजिए : *1×10=10*

(क) निम्नलिखित एकविम आयत कूप में

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

$$= \infty \qquad x < -a;\ x > a$$

द्रव्यमान m वाले एक कण का तरंग फलन है

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

उपर्युक्त तरंग फलन के संगत ऊर्जा-आइगेनमान और A और B परिकलित कीजिए । व्याख्या कीजिए कि अनन्त विभव कूप के लिए कैसे शून्य बिन्दु ऊर्जा का अस्तित्व अनिश्चितता सिद्धान्त के संगत है । *7+3=10*

(ख) निम्नलिखित फलन

$$f(p_x) = \sum_{n=0}^{\infty} p_x^n$$

के लिए सिद्ध कीजिए कि

$$[x, f(p_x)] = i\hbar \frac{\partial f(p_x)}{\partial p_x} \qquad 10$$

4. कोई ***एक*** भाग हल कीजिए : *1×10=10*

(क) प्रथम उत्तेजित अवस्था में एकविम आवर्ती दोलक

$$\psi_1(x) = \left(\frac{a}{2\sqrt{\pi}}\right)^{1/2} 2\, a\, x\, e^{-a^2 x^2/2}$$

के लिए औसत स्थितिज ऊर्जा परिकलित कीजिए । *10*

(ख) हाइड्रोजन परमाणु की मूल अवस्था

$$\psi_{100}(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-r/2a_0}$$

के लिए $< r >$ का औसत मान और स्थितिज ऊर्जा $V(r) = -\frac{e^2}{r}$ का मान प्राप्त कीजिए ।

सिद्ध कीजिए कि $n = 2$ के लिए हाइड्रोजन परमाणु के 4 अपभ्रष्ट आइगेनफलन होते हैं । *7+3=10*

5. कोई ***दो*** भाग हल कीजिए : *2×5=10*

(क) एक नाभिकीय दुर्घटना के कारण आसपास के क्षेत्र में रेडियोऐक्टिव पदार्थ रिस गया और इसके नतीजतन विकिरण का स्तर सामान्यत: अनुमत स्तर का 100 गुना हो गया । यदि रेडियोऐक्टिव पदार्थ की अर्ध-आयु 50 दिन है, गणना कीजिए कि कितने दिनों के बाद इस क्षेत्र में सुरक्षापूर्वक कार्य किया जा सकेगा ? *5*

(ख) व्यवस्था चित्र की सहायता से नाभिकीय रिऐक्टर के सामान्य लक्षणों का वर्णन कीजिए । *5*

(ग) परमाणु नाभिक के विभिन्न मॉडलों के नाम बताइए । संक्षिप्त में कोश मॉडल की विवेचना कीजिए । *2+3=5*