विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2014

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 । आप कैलकुलेटर या लॉग सारणियों का प्रयोग कर सकते हैं । भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं । प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं ।*

1. कोई ***पाँच*** भाग हल कीजिए : *3×5=15*

(क) विरामावस्था में स्थित एक कण की अर्ध-आयु $1{\cdot}8 \times 10^{-9}$ s है । जब उसकी चाल $0{\cdot}8$ c हो, तब उसकी अर्ध-आयु क्या होगी ?

(ख) एक ऋणात्मक आवेश युक्त कण के रैखिक संवेग का, चाल $0{\cdot}9$ c पर, परिमाण $1{\cdot}8 \times 10^{-21}$ kg ms^{-1} है । उसके विराम द्रव्यमान की गणना कीजिए ।

(ग) एक परमाणु की त्रिज्या $5{\cdot}0 \times 10^{-11}$ m है । अनिश्चितता सिद्धांत प्रयोग करके इस परमाणु में एक इलेक्ट्रॉन की न्यूनतम गतिज ऊर्जा परिकलित कीजिए ।

(घ) रोगाणुनाशन और खाद्य संरक्षण में रेडियो-आइसोटोपों के प्रयोग को समझाइए ।

(ङ) 1 g द्रव्यमान वाले कण की जो 1 ms^{-1} के वेग से गतिमान है और 200 eV इलेक्ट्रॉन की दे-ब्रॉग्ली तरंगदैर्घ्य की गणना कीजिए ।

(च) गैलियम (Z = 31) और रूबीडियम (Z = 37) के लिए इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए ।

(छ) बंधन ऊर्जा वक्र के आधार पर नाभिकीय विखंडन की व्याख्या कैसे की जा सकती है ?

(ज) कारण सहित बताइए कि क्या निम्नलिखित क्षय अभिक्रियाएँ अनुमत हैं :

(i) $\mu \rightarrow e^- + \nu_\mu + \bar{\nu}_e$

(ii) $\bar{\Lambda}^\circ \rightarrow p + \pi^-$

2. कोई ***दो*** भाग हल कीजिए :

(क) लोरेन्ट्ज़ रूपांतरण समीकरणों का प्रयोग करके सिद्ध कीजिए कि

$$x'^2 - c^2 t'^2 = x^2 - c^2 t^2$$ 5

(ख) दिया गया है कि एक कण का त्वरण उसके वेग के समांतर है, उसके लिए आपेक्षिकीय बल नियम का निम्नलिखित स्वरूप व्युत्पन्न कीजिए : 5

$$F = \frac{m_o a}{\left[1 - \frac{v^2}{c^2}\right]^{3/2}}$$

(ग) एक छड़ को इतनी अधिक चाल से अंतरिक्ष में प्रक्षेपित किया जाता है कि उसकी लंबाई उसकी आरंभिक लंबाई की $\frac{1}{3}$ रह जाती है । छड़ की चाल क्या है ? 5

No. of Printed Pages : 8

PHE-11

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

00141

June, 2014

PHYSICS

PHE-11 : MODERN PHYSICS

Time : 2 hours *Maximum Marks : 50*

Note : *Attempt **all** questions. The marks for each question are indicated against it. You may use calculator and log tables. The values of physical constants are given at the end. Symbol have their usual meanings.*

---

1. Attempt any ***five*** parts : *3×5=15*

(a) Half-life of a particle at rest is $1{\cdot}8 \times 10^{-9}$ s. What will its half-life be when its speed is $0{\cdot}8$ c ?

(b) A negatively charged particle has linear momentum of magnitude $1{\cdot}8 \times 10^{-21}$ kg ms^{-1} at a speed of $0{\cdot}9$ c. Calculate its rest mass.

(c) The radius of an atom is $5{\cdot}0 \times 10^{-11}$ m. Determine the minimum kinetic energy of an electron in this atom using the uncertainty principle.

(d) Explain the use of radioisotopes in sterilization and food preservation.

(e) Calculate the de Broglie wavelength of a particle of mass 1 g moving with velocity 1 ms^{-1} and that of a 200 eV electron.

(f) Write down the electronic configurations for Gallium (Z = 31) and Rubidium (Z = 37).

(g) How can nuclear fission be explained on the basis of the binding energy curve ?

(h) Explain giving reasons whether the following decay reactions are allowed :

(i) $\mu \to e^- + \nu_\mu + \bar{\nu}_e$

(ii) $\bar{\Lambda}^\circ \to p + \pi^-$

2. Attempt any ***two*** parts :

(a) Using Lorentz transformation equations, show that

$$x'^2 - c^2 t'^2 = x^2 - c^2 t^2$$ 5

(b) Given that the acceleration of a particle is parallel to its velocity, express the relativistic force law in the form 5

$$F = \frac{m_0 a}{\left[1 - \frac{v^2}{c^2}\right]^{3/2}}.$$

(c) A rod is projected in the space at such a high speed that its length appears contracted to $\frac{1}{3}$rd of its initial value. How fast is it moving ? 5

3. Attempt any *one* part :

(a) A particle is described by a one-dimensional wave function

$$\psi(x, t) = N\ e^{i(kx - \omega t)} \text{ for } -a < x < a$$

Determine the normalisation constant N. Obtain the expectation values of momentum and position of the particle. *3+4+3=10*

(b) Prove the Ehrenfest theorems : *5+5=10*

$$\frac{d\langle x \rangle}{dt} = \frac{1}{m} \langle p_x \rangle \text{ and}$$

$$\frac{d\langle p_x \rangle}{dt} = \left\langle -\frac{\partial V}{\partial x} \right\rangle$$

4. Attempt any *one* part :

(a) Write down the Schrödinger equation for a particle of energy E in a one-dimensional rectangular potential barrier of height V_0 and width 2a. Obtain its general solutions for the case when $E < V_0$. *10*

(b) State Hund's rules. Apply them and obtain the ground state term for Z = 14. *3+7=10*

5. Attempt any *one* part :

(a) The half-life of a radioactive substance is 30 days. What is the time taken for $\left(\frac{3}{4}\right)^{th}$ of its original mass to disintegrate ? *5*

(b) Describe the liquid drop model of nuclear fission. 5

Physical Constants :

$$h = 6{\cdot}626 \times 10^{-34}\ \text{Js}$$

$$m_e = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}\ \text{kg}$$

$$m_p = 1{\cdot}6725 \times 10^{-27}\ \text{kg}$$

$$m_n = 1{\cdot}6747 \times 10^{-27}\ \text{kg}$$

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

3. कोई ***एक*** भाग हल कीजिए :

(क) एक कण का एकविम तरंग फलन निम्नलिखित है :

$$\psi(x, t) = N\, e^{i(kx - \omega t)}, \; -a < x < a$$

प्रसामान्यीकरण नियतांक N निर्धारित कीजिए । कण के संवेग और स्थिति के प्रत्याशा मान प्राप्त कीजिए । *3+4+3=10*

(ख) एहरेनफेस्ट प्रमेयों को सिद्ध कीजिए : *5+5=10*

$$\frac{d\langle x \rangle}{dt} = \frac{1}{m} \langle p_x \rangle \text{ और}$$

$$\frac{d\langle p_x \rangle}{dt} = \left\langle -\frac{\partial V}{\partial x} \right\rangle$$

4. कोई ***एक*** भाग हल कीजिए :

(क) ऊँचाई V_0 और चौड़ाई 2a वाली एकविम आयताकार विभव रोधिका में ऊर्जा E वाले कण का श्रोडिन्गर समीकरण लिखिए । $E < V_0$ के लिए इसके व्यापक हल प्राप्त कीजिए । *10*

(ख) हुन्ड के नियम लिखिए । इन्हें लागू करके Z = 14 के लिए मूल अवस्था का पद प्राप्त कीजिए । *3+7=10*

5. कोई ***एक*** भाग हल कीजिए :

(क) एक रेडियोऐक्टिव पदार्थ की अर्ध-आयु 30 दिन है । इसके मूल द्रव्यमान के $\left(\frac{3}{4}\right)$ भाग को क्षय होने में कितना समय लगता है ? *5*

(ख) नाभिकीय विखंडन के द्रव बूँद मॉडल का वर्णन कीजिए । 5

भौतिक नियतांक :

$h = 6{\cdot}626 \times 10^{-34}$ Js

$m_e = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg

$m_p = 1{\cdot}6725 \times 10^{-27}$ kg

$m_n = 1{\cdot}6747 \times 10^{-27}$ kg

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