BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

01177

Term-End Examination

June, 2016

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 non-programmable calculators or log tables. The values of physical constants are given at the end.*

1. Answer any ***five*** parts : *5×4=20*

   (a) Obtain the velocity of a 100 MeV kinetic energy electron of rest mass $\frac{0{\cdot}5}{c^2}$ MeV.

   (b) A ball of mass 92 g moves with a speed 72 ms^{-1}. Calculate the de Broglie wavelength associated with it. Would you be able to observe the ball's wave characteristics ?

   (c) The average lifetime of an excited atom is about 10^{-8} s. Calculate the uncertainty in the energy emitted.

(d) Write the electronic configuration for atoms having (i) Z = 20 and (ii) Z = 31.

(e) The wave function of a particle of mass m inside an infinite square well of width 2 L (– L to L) is

$$\psi(x) = A \cos \frac{3\pi x}{2L} + B \sin \frac{3\pi x}{2L}.$$

Obtain expressions for A and B.

(f) A rod of proper length 2 m measures only 1 m in a reference frame that is moving with respect to the rod. What is the speed of the moving reference frame ?

(g) Obtain an expression for the cyclotron frequency.

2. Answer any ***one*** part :

(a) Derive an expression for the relativistic force law. Show that in the absence of external forces, relativistic momentum is conserved. *5*

(b) Show that the Lorentz transformation reduces to the Galilean transformation for $v << c$. *5*

3. Answer any *one* part :

(a) Discuss the statistical interpretation of wave function. Define Hermitian operator and show that its expectation value is real. *4+6*

(b) If two non-commuting operators A and B commute with their commutator [A, B], show that $[A, B^n] = n B^{n-1} [A, B]$, where n is an integer. Hence obtain the value of $[e^x, p_x]$. *10*

4. Answer any *one* part :

(a) Write down the Schrödinger equation for a particle confined in a potential of the form :

$$V(x) = \begin{cases} 0, & x < -a \\ V_0, & -a < x < a \\ 0, & x > a \end{cases}$$

Write down the boundary conditions and obtain the general solution in all three regions. *10*

(b) State Hund's rules. Using Hund's rules obtain the spectral terms and ground state of the He atom. *10*

5. Answer any ***one*** part :

(a) Define half-life period of a radioactive material. How long does it take for 60% of a sample of radon to decay ? Half-life of radon is 3·8 days. *5*

(b) Define multiplication factor. Obtain an expression for the time behaviour of a neutron chain reaction. *5*

Physical Constants :

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

$m_e = 9{\cdot}109 \times 10^{-31}$ kg

$m_p = 1{\cdot}672 \times 10^{-27}$ kg

पी.एच.ई.-11

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 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 । आप अप्रोग्रामीय कैल्कुलेटरों या लॉग सारणियों का प्रयोग कर सकते हैं । भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं ।*

1. किन्हीं ***पाँच*** भागों के उत्तर दीजिए : *5×4=20*

   (क) एक इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा 100 MeV है । उसका वेग परिकलित कीजिए यदि उसका विराम द्रव्यमान $\frac{0 \cdot 5}{c^2}$ MeV है ।

   (ख) द्रव्यमान 92 g वाली एक गेंद 72 ms^{-1} की चाल से गतिमान है । इस गेंद की दे ब्रॉग्ली तरंगदैर्घ्य परिकलित कीजिए । क्या आप गेंद के तरंग अभिलक्षणों का प्रेक्षण कर पाएँगे ?

   (ग) एक उत्तेजित परमाणु का औसत जीवनकाल लगभग 10^{-8} s है । इन परमाणुओं द्वारा उत्सर्जित ऊर्जा में अनिश्चितता की गणना कीजिए ।

(घ) (i) Z = 20 और (ii) Z = 31 वाले परमाणुओं के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए ।

(ङ) अनन्त वर्ग कूप जिसकी चौड़ाई 2 L (– L से L) है, में स्थित द्रव्यमान m के एक कण का तरंग फलन है :

$$\psi(x) = A \cos \frac{3\pi x}{2L} + B \sin \frac{3\pi x}{2L} .$$

A और B के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए ।

(च) उचित लंबाई 2 m वाली छड़ के सापेक्ष गतिमान निर्देश तंत्र में उसकी लंबाई केवल 1 m मापी जाती है । गतिमान निर्देश तंत्र की चाल क्या है ?

(छ) साइक्लोट्रॉन आवृत्ति के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए ।

2. किसी ***एक*** भाग का उत्तर दीजिए :

(क) आपेक्षिकीय बल नियम के व्यंजक की व्युत्पत्ति कीजिए । दिखाइए कि बाह्य बलों के शून्य होने पर, आपेक्षिकीय संवेग संरक्षित रहता है । *5*

(ख) सिद्ध कीजिए कि v << c के लिए लॉरेन्ट्ज़ रूपांतरण, गैलीलीय रूपांतरण में समानीत हो जाता है । *5*

3. किसी *एक* भाग का उत्तर दीजिए :

(क) तरंग फलन की प्रायिकतात्मक (सांख्यिकीय) व्याख्या बताइए । एक हर्मिटी संकारक की परिभाषा दीजिए तथा सिद्ध कीजिए कि हर्मिटी संकारकों के प्रत्याशा मान वास्तविक होते हैं । *4+6*

(ख) यदि दो नॉन-कम्यूटिंग संकारक A और B अपने कम्यूटेटर [A, B] से कम्यूट करते हैं, तो सिद्ध कीजिए कि $[A, B^n] = n\, B^{n-1}\, [A, B]$, जहाँ n एक पूर्णांक है । अत: $[e^x, p_x]$ के मान की गणना कीजिए । *10*

4. किसी *एक* भाग का उत्तर दीजिए :

(क) एक कण की स्थितिज ऊर्जा V(x) निम्नलिखित है :

$$V(x) = \begin{cases} 0, & x < -a \\ V_0, & -a < x < a \\ 0, & x > a \end{cases}$$

कण के लिए श्रोडिन्गर समीकरण लिखिए । परिसीमा प्रतिबन्ध लिखिए और सभी तीनों क्षेत्रों के लिए व्यापक हल प्राप्त कीजिए । *10*

(ख) हुण्ड के नियमों को बताइए । हुण्ड के नियमों का प्रयोग कर He परमाणु के स्पेक्ट्रमी पदों और मूल अवस्था की गणना कीजिए । *10*

5. किसी ***एक*** भाग का उत्तर दीजिए :

(क) एक रेडियोऐक्टिव पदार्थ की अर्ध-आयु की परिभाषा दीजिए । रेडॉन के एक प्रतिदर्श के 60% भाग को क्षय होने में कितना समय लगेगा ? रेडॉन की अर्ध-आयु 3·8 दिन है । *5*

(ख) गुणन कारक की परिभाषा दीजिए । एक न्यूट्रॉन शृंखला अभिक्रिया का समय के साथ आचरण व्यक्त करने के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए । *5*

भौतिक नियतांक :

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

$m_e = 9{\cdot}109 \times 10^{-31}$ kg

$m_p = 1{\cdot}672 \times 10^{-27}$ kg