

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

December, 2016

00213

PHYSICS

PHE-11(S) : 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. The values of physical constants are given at the end.*

1. Answer any **five** parts :

$5 \times 3 = 15$

- (a) A particle at rest has a mean lifetime of 800 s. If we measure its mean lifetime as 2400 s, what is its speed relative to us ?
- (b) What is the uncertainty in the energy of an atom in an excited state having a lifetime of 10^{-9} s ? What is the order of the natural width of the line emitted by the atoms ?
- (c) The rest mass of a free proton is $938 \text{ MeV}/c^2$. A proton has a kinetic energy of 150 MeV. Calculate its total energy and relativistic mass.

- (d) A ball of mass 100 g moves with a speed of 80 ms^{-1} . Calculate the de Broglie wavelength associated with it. Would you be able to observe the wave characteristics ?
- (e) Write down one use each of nuclear radiations from isotopes in agriculture, medicine and industry.
- (f) Determine the electronic configuration for the atoms having $Z = 26$ and $Z = 45$.
- (g) State, giving reasons, whether the following transitions are allowed or not for a multi-electron atom :
- (i) ${}^2P_{1/2} \longrightarrow {}^2S_{1/2}$
- (ii) ${}^3S_1 \longrightarrow {}^1S_0$
- (h) Derive the expression for cyclotron frequency.

2. Answer any *two* parts :

$2 \times 5 = 10$

- (a) Derive the relativistic velocity addition formula.
- (b) A pion at rest decays into a muon and a neutrino (which is massless). Using the relativistic laws of conservation of energy and momentum, obtain the momentum of the muon in terms of m_π and m_μ .

- (c) The Doppler shift in the wavelength of the sodium line (5890 Å) in the light observed from a distant star is 100 Å. Determine the speed at which the star is receding.

3. Answer any *two* parts :

2×5=10

- (a) Write the properties and boundary conditions that a wave function must satisfy in order to be acceptable. Explain whether $\psi(x) = Ne^{ax^2}$ is an acceptable wave function or not.

- (b) A particle with zero energy has a wave function $\psi(x) = Ax e^{-x^2/L^2}$.

Determine the potential function $V(x)$.

- (c) Define the parity operator. Determine whether the parity operator is Hermitian or not.

4. Answer any *one* part :

1×10=10

- (a) Write down the time independent Schrödinger equation for a one-dimensional simple harmonic oscillator with angular frequency ω . What is its zero point energy? Calculate $\langle x \rangle$ and $\langle p_x \rangle$ for the oscillator in its ground state given by the wave function

$$\psi(x) = \left(\frac{a}{\sqrt{\pi}}\right)^{\frac{1}{2}} \exp\left(-\frac{a^2 x^2}{2}\right); \quad a^2 = \frac{m\omega}{\hbar}.$$

- (b) State the selection rules for X-ray spectra. Explain with the help of a diagram, the transitions that give rise to K_{α} lines. If the K_{α} line of Mo ($Z = 42$) has a wavelength of 0.71 \AA , calculate the wavelength of the K_{α} line for Cu ($Z = 29$). (Take $\sigma = 1$)

5. Answer any *one* part :

$1 \times 5 = 5$

- (a) What do you understand by radioactive equilibrium ? Obtain the condition for transient equilibrium in the decay of ^{238}U .
- (b) Describe the liquid drop model of nuclear fission.

Physical constants :

$$h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

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

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2016

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-11(S) : 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। भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं।

1. किन्हीं पाँच भागों के उत्तर दीजिए :

5×3=15

(क) विरामावस्था में स्थित एक कण का औसत जीवनकाल 800 s है। यदि हम कण का औसत जीवनकाल 2400 s मापते हैं, तो हमारे सापेक्ष उसकी चाल क्या है ?

(ख) उत्तेजित अवस्था में एक परमाणु का जीवनकाल 10^{-9} s है। इस परमाणु की ऊर्जा में अनिश्चितता क्या होगी ? उन परमाणुओं द्वारा उत्सर्जित रेखा की प्राकृतिक चौड़ाई किस कोटि की है ?

(ग) मुक्त प्रोटॉन का विराम द्रव्यमान $938 \text{ MeV}/c^2$ होता है। एक प्रोटॉन की गतिज ऊर्जा 150 MeV है। इस प्रोटॉन की कुल ऊर्जा और आपेक्षिकीय द्रव्यमान की गणना कीजिए।

(घ) द्रव्यमान 100 g वाली एक गेंद 80 ms^{-1} की चाल से गतिमान है। इस गेंद से संबंधित दे ब्रॉली तरंगदैर्घ्य परिकलित कीजिए। क्या आप तरंग अभिलक्षणों का प्रेक्षण कर पाएँगे ?

(ङ) कृषि, चिकित्सा और उद्योग में समस्थानिकों से नाभिकीय विकिरणों का एक-एक अनुप्रयोग बताइए।

(च) $Z = 26$ और $Z = 45$ वाले परमाणुओं का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास निर्धारित कीजिए।

(छ) कारण सहित बताइए कि बहु-इलेक्ट्रॉन परमाणु के लिए निम्नलिखित संक्रमण अनुमत हैं या नहीं :

(i) ${}^2P_{1/2} \longrightarrow {}^2S_{1/2}$

(ii) ${}^3S_1 \longrightarrow {}^1S_0$

(ज) साइक्लोट्रॉन आवृत्ति का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

2. किन्हीं दो भागों का उत्तर दीजिए :

$2 \times 5 = 10$

(क) आपेक्षिकीय वेग योग संबंध को व्युत्पन्न कीजिए।

(ख) एक पाइऑन, जो विरामावस्था में है, एक म्यूऑन और एक न्यूट्रिनो (जिसका द्रव्यमान शून्य है) में क्षय होता है। आपेक्षिकीय संवेग और ऊर्जा के संरक्षण नियमों का प्रयोग करते हुए, m_π और m_μ के पदों में म्यूऑन का संवेग प्राप्त कीजिए।

- (ग) एक दूरस्थ तारे से प्रेक्षित प्रकाश में सोडियम रेखा के तरंगदैर्घ्य (5890 Å) में डॉप्लर विस्थापन 100 Å है। निर्धारित कीजिए कि तारा किस वेग से दूर जा रहा है।

3. किन्हीं दो भागों का उत्तर दीजिए :

2×5=10

- (क) बताइए कि एक मान्य तरंग फलन के गुणधर्म और उस पर लगने वाले परिसीमा प्रतिबंध क्या होते हैं। समझाइए कि $\psi(x) = Ne^{ax^2}$ एक मान्य तरंग फलन है अथवा नहीं।

- (ख) शून्य ऊर्जा वाले एक कण का तरंग फलन निम्नलिखित है :

$$\psi(x) = A x e^{-x^2/L^2}$$

विभव फलन $V(x)$ निर्धारित कीजिए।

- (ग) पैरिटी संकारक की परिभाषा दीजिए। पता लगाइए कि पैरिटी संकारक हर्मिटी है या नहीं।

4. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए :

1×10=10

- (क) कोणीय आवृत्ति ω वाले एक-विमीय सरल आवृत्ति दोलक के लिए काल स्वतंत्र श्रोडिंजर समीकरण लिखिए। इसकी शून्य बिन्दु ऊर्जा का मान क्या है? तरंग फलन

$$\psi(x) = \left(\frac{a}{\sqrt{\pi}}\right)^{\frac{1}{2}} \exp\left(\frac{-a^2 x^2}{2}\right); a^2 = \frac{m\omega}{\hbar}$$

से परिभाषित दोलक की मूल अवस्था के लिए $\langle x \rangle$ और $\langle p_x \rangle$ के मानों की गणना कीजिए।

(ख) X-किरण स्पेक्ट्रा के वर्णन नियम बताइए। K_{α} रेखाएँ उत्सर्जित करने वाले संक्रमणों को चित्र की सहायता से समझाइए। यदि Mo ($Z = 42$) की K_{α} रेखा का तरंगदैर्घ्य 0.71 \AA है, तो Cu ($Z = 29$) की K_{α} रेखा का तरंगदैर्घ्य परिकलित कीजिए। ($\sigma = 1$ लीजिए)

5. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए :

$1 \times 5 = 5$

(क) रेडियोएक्टिव साम्यावस्था से आप क्या समझते हैं ? ^{238}U क्षय के लिए अल्पस्थायी साम्यावस्था की शर्त प्राप्त कीजिए।

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

भौतिक नियतांक :

$$h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

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