

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)**Term-End Examination****December, 2014**

02982

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) The life-time of muon in its rest frame is 2 μ s. How fast is it moving if its life-time appears to be 20 μ s in the lab frame ?
- (b) Calculate the kinetic energy of an electron ($m_0 = 0.5 \text{ MeV}/c^2$) moving with a speed of $0.8 c$.
- (c) If an electron is assumed to be confined inside the nucleus of size 10^{-15} m , calculate the uncertainty in its momentum. Take $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$.

- (d) The half-life of a radioactive element is 8 years. How much time will be required for 100 g of the material to disintegrate to 12.5 g ?
- (e) Show that for any operator A , $i(A - A^\dagger)$ is Hermitian.
- (f) Which of the following transitions is allowed ? Give reasons.

$${}^1S_{1/2} \longrightarrow {}^1P_{1/2}$$

$${}^1S_{1/2} \longrightarrow {}^1D_{3/2}$$

- (g) Give the charge and spin of up and strange quarks.

2. Answer any *two* parts : 2×5=10

- (a) A rocket is fired from the Earth at a speed of $0.6c$ and another at a speed of $0.4c$ in the same direction. What is the relative speed of the second rocket with respect to the observer in the first rocket ? 5
- (b) Derive the relativistic energy – momentum relation for a free particle. 5
- (c) An event occurs at $x = 20$ km, $y = 5$ km, $z = 10$ km at $t = 0$ in a frame of reference S . What are the coordinates of the event in another frame S' moving along the x -axis with a speed $0.8c$? 5

3. Answer any **one** part :

1×10=10

- (a) A particle of mass m is confined in a one-dimensional box of length L such that

$$V(x) = 0 \quad 0 \leq x \leq L$$
$$= \infty \quad x < 0 \text{ and } x > L$$

Solve the Schrödinger equation to obtain the energy eigenvalues

$$E_n = \frac{\hbar^2 \pi^2 n^2}{2 mL^2}$$

and the normalized wave function

$$\Psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin \frac{n\pi x}{L} \quad 10$$

- (b) (i) Define parity operator and obtain its eigenvalues.
(ii) Establish the commutator

$$[L_x, L_y] = i \hbar L_z \quad 5+5$$

4. Answer any **one** part :

1×10=10

- (a) The wave function of hydrogen atom in the second excited state is given by

$$\Psi(r, \theta, \phi) = A r e^{-r/2a_0} \cos \theta$$

Calculate the normalization constant A and the expectation value of the potential energy

$$V(r) = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{h} \quad 10$$

- (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. An X-ray tube with a silver anode emits K_{α} line at 21.99 keV and another K_{α} line at 15.8 keV due to the presence of an impurity. Atomic number of silver is 47. Calculate the atomic number of the impurity. 2+3+5=10

5. Answer any *two* parts : 2×5=10

- (a) What do you understand by the term radioactive equilibrium ? Obtain the condition for transient equilibrium in the decay of ^{238}U . 5
- (b) Explain how the synchrocyclotron is used to accelerate particles to a few hundred MeV of energy. 5
- (c) How is energy released in a controlled manner in a nuclear reactor ? Discuss the importance of control rods in a reactor. 5
-

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 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 । 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) विरामावस्था तंत्र में म्यूऑन का जीवनकाल $2 \mu\text{s}$ है । यदि प्रयोगशाला तंत्र में इसका जीवनकाल $20 \mu\text{s}$ दिखता है, तो म्यूऑन किस चाल से चल रहा है ?

(ख) $0.8c$ की चाल से गति करने वाले इलेक्ट्रॉन ($m_0 = 0.5 \text{ MeV}/c^2$) की गतिज ऊर्जा परिकलित कीजिए ।

(ग) यदि 10^{-15} m आमाप वाले नाभिक के अन्दर एक इलेक्ट्रॉन परिरुद्ध है, तो इस इलेक्ट्रॉन के संवेग में अनिश्चितता की गणना कीजिए ।

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js लीजिए ।}$$

(घ) एक रेडियोएक्टिव तत्व की अर्ध-आयु 8 वर्ष है ।
100 g तत्व को 12.5 g तत्व में क्षय होने में कितना
समय लगेगा ?

(ङ) संकारक A के लिए सिद्ध कीजिए कि $i(A - A^+)$ हर्मिटी
है ।

(च) निम्नलिखित में से कौन-सा/से संक्रमण अनुमत हैं ?
कारण सहित बताइए ।

$${}^1S_{1/2} \longrightarrow {}^1P_{1/2}$$

$${}^1S_{1/2} \longrightarrow {}^1D_{3/2}$$

(छ) अप और स्ट्रेंज क्वार्क के लिए आवेश और स्पिन
बताइए ।

2. कोई दो भाग हल कीजिए : 2×5=10

(क) पृथ्वी से एक रॉकेट को $0.6c$ की चाल से तथा दूसरे
रॉकेट को उसी दिशा में $0.4c$ की चाल से छोड़ा जाता
है । दूसरे रॉकेट का पहले रॉकेट में बैठे हुए प्रेक्षक के
सापेक्ष आपेक्षिकीय चाल क्या होगी ? 5

(ख) एक मुक्त कण के लिए आपेक्षिकीय ऊर्जा - संवेग
सम्बन्ध व्युत्पन्न कीजिए । 5

(ग) एक निर्देश तंत्र S में एक घटना $t = 0$, $x = 20$ km,
 $y = 5$ km, $z = 10$ km पर घटती है । इस घटना के
एक अन्य तंत्र S' में क्या निर्देशांक होंगे जो कि x -अक्ष
के अनुदिश $0.8c$ की चाल से चल रहा है ? 5

3. कोई एक भाग हल कीजिए :

1×10=10

(क) द्रव्यमान m वाले एक कण को लम्बाई L वाले एक-विमीय बक्से में सीमित किया (अन्दर रखा) जाता है जहाँ

$$\begin{aligned} V(x) &= 0 & 0 \leq x \leq L \\ &= \infty & x < 0 \text{ और } x > L \end{aligned}$$

ऊर्जा आइगेनमान

$$E_n = \frac{\hbar^2 \pi^2 n^2}{2 mL^2}$$

और प्रसामान्यीकृत तरंग फलन

$$\Psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin \frac{n \pi x}{L}$$

प्राप्त करने के लिए श्रोडिन्गर समीकरण को हल कीजिए ।

10

(ख) (i) पैरिटी संकारक की परिभाषा दीजिए और इसके आइगेनमान प्राप्त कीजिए ।

(ii) निम्नलिखित कम्यूटेटर को स्थापित कीजिए :

$$[L_x, L_y] = i \hbar L_z \quad 5+5$$

4. कोई एक भाग हल कीजिए :

1×10=10

(क) हाइड्रोजन परमाणु का दूसरी उत्तेजित अवस्था में तरंग फलन निम्नलिखित है :

$$\Psi(r, \theta, \phi) = A r e^{-r/2a_0} \cos \theta$$

प्रसामान्यीकरण नियतांक A और स्थितिज ऊर्जा

$$V(r) = -\frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{e^2}{h}$$

का प्रत्याशा मान परिकलित कीजिए ।

10

(ख) X-किरण स्पेक्ट्रम के वरण नियम बताइए। K_{α} रेखाएँ उत्सर्जित करने वाले संक्रमणों को चित्र की सहायता से समझाइए। X-किरण नलिका चाँदी के ऐनोड में मिलावटी तत्त्व (अपद्रव्य) होने के कारण 21.99 keV पर एक K_{α} रेखा तथा 15.8 keV पर दूसरी K_{α} रेखा उत्पन्न होती है। मिलावटी तत्त्व (अपद्रव्य) का परमाणु क्रमांक परिकलित कीजिए। चाँदी का परमाणु क्रमांक 47 है।

2+3+5=10

5. कोई दो भाग हल कीजिए :

2×5=10

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

5

(ख) व्याख्या कीजिए कि किस तरह से सिन्क्रोसाइक्लोट्रॉन को कणों की सैकड़ों MeV ऊर्जा बढ़ाने (त्वरित करके) में उपयोग किया जाता है।

5

(ग) नाभिकीय रिएक्टर द्वारा ऊर्जा नियंत्रित तरीके से कैसे उत्पन्न (निर्मुक्त) की जाती है ? रिएक्टर में नियन्त्रक छड़ों का क्या महत्त्व है ?

5