

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)**Term-End Examination****June, 2018**

02575

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 a calculator or log tables. The values of physical constants are given at the end. Symbols have their usual meanings.

1. Attempt any *five* parts :

5×2=10

- (a) Calculate the kinetic energy of an electron moving with a velocity of 0.98 c.
- (b) Show that the de Broglie wavelength associated with an electron of energy V electron volts is approximately $1.227/\sqrt{V}$ nm.
- (c) Are the following wave functions physically acceptable? Justify your answer.
- (i) $\psi(x) = Ax e^{-x^2}$, $-\infty < x < \infty$
- (ii) $\psi(x) = \frac{A}{x^2 - a^2}$, $-\infty < x < \infty$

- (d) The average lifetime of an excited atom is about 10^{-8} s. Obtain the uncertainty in its energy.
- (e) Determine the spectral terms of a hydrogen atom in $n = 2$ state.
- (f) The mean half-life of a radioactive element is 10 days. Calculate the time required for 70% of the element to decay.
- (g) Give the charge, baryon number and spin of a photon and a proton.

2. Attempt any *two* parts :

$2 \times 5 = 10$

- (a) A pion at rest decays into a muon and a neutrino (zero rest mass). Using the law of conservation of energy and momentum, obtain the momentum of muons in terms of m_π and m_μ .
- (b) The mean lifetime of a particle measured when it moves with a speed $0.9c$ is 10^{-10} s. What is its proper mean lifetime ?
- (c) Derive the relativistic velocity addition law.

3. Attempt any *two* parts : 2×5=10

- (a) Using Heisenberg's uncertainty principle, explain why an electron cannot exist inside the atomic nucleus.
- (b) Determine the normalisation constant N for the wave function

$$\psi(x) = N \sin \frac{n\pi x}{L}, \quad 0 < x < L.$$

- (c) Show that

$$\frac{d \langle x \rangle}{dt} = \frac{\langle px \rangle}{m}.$$

4. Attempt any *two* parts : 2×5=10

- (a) Write the selection rules for X-ray spectra. What is the maximum frequency of the X-rays produced in a tube operating at 10 kV? 2+3
- (b) Obtain the expectation value of r for the ground state of hydrogen atom, given by 5

$$\psi_0(r) = \frac{2}{a_0^{3/2}} e^{-r/a_0}$$

- (c) State Hund's rules and using them find the ground state of helium atom. 3+2

5. Attempt any *two* parts :

2×5=10

- (a) With the help of binding energy curve for nuclei, explain the phenomena of nuclear fusion and nuclear fission.
- (b) Describe the working of the Wilson Cloud Chamber.
- (c) Define multiplication factor for a nuclear reactor. Derive the equation for the number of neutrons as a function of time.

Physical Constants :

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

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

$$m_p = 1.6725 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_n = 1.6747 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

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

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2018

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 कैल्कुलेटर अथवा लॉग सारणियों का प्रयोग कर सकते हैं । भौतिक स्थिरांकों के मान अंत में दिए गए हैं । प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं ।

1. किन्हीं पाँच भागों के उत्तर दीजिए : 5×2=10

(क) 0.98 c के वेग से गतिमान इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा परिकलित कीजिए ।

(ख) सिद्ध कीजिए कि V इलेक्ट्रॉन वोल्ट ऊर्जा वाले इलेक्ट्रॉन से संबंधित दे ब्राग्ली तरंगदैर्घ्य लगभग $1.227/\sqrt{V}$ nm है ।

(ग) क्या निम्नलिखित तरंग फलन भौतिक रूप से मान्य हैं ? अपने उत्तर की पुष्टि कीजिए ।

(i) $\psi(x) = Ax e^{-x^2}$, $-\infty < x < \infty$

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

- (घ) एक उत्तेजित अणु का औसत जीवन-काल लगभग 10^{-8} s है । इसकी ऊर्जा में अनिश्चितता प्राप्त कीजिए ।
- (ङ) $n = 2$ अवस्था में हाइड्रोजन अणु के स्पेक्ट्रमी पदों को ज्ञात कीजिए ।
- (च) रेडियोऐक्टिव तत्व की माध्य अर्ध-आयु 10 दिन है । 70 प्रतिशत तत्व को क्षय होने में लगने वाला समय परिकलित कीजिए ।
- (छ) फोटॉन और प्रोटॉन के आवेश, बैरिऑन संख्या और स्पिन बताइए ।

2. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए :

$2 \times 5 = 10$

- (क) विरामावस्था में एक पाइऑन, एक म्यूऑन और एक न्यूट्रिनो (विराम द्रव्यमान शून्य) में क्षयित होता है । ऊर्जा और संवेग संरक्षण के नियम का उपयोग कर म्यूऑन का संवेग m_π और m_μ के पदों में प्राप्त कीजिए ।
- (ख) $0.9c$ चाल से गतिमान किसी कण का माध्य जीवन-काल 10^{-10} s मापा गया । इसका उचित माध्य जीवन-काल क्या होगा ?
- (ग) आपेक्षिकीय वेगों का योग नियम व्युत्पन्न कीजिए ।

3. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए :

2×5=10

(क) हाइजेनबर्ग के अनिश्चितता सिद्धान्त का प्रयोग कर समझाइए कि परमाणु न्यूक्लियस के अन्दर एक इलेक्ट्रॉन क्यों नहीं रह सकता ।

(ख) निम्नलिखित तरंग फलन के लिए प्रसामान्यीकरण नियतांक N ज्ञात कीजिए :

$$\psi(x) = N \sin \frac{n\pi x}{L}, \quad 0 < x < L.$$

(ग) सिद्ध कीजिए कि

$$\frac{d \langle x \rangle}{dt} = \frac{\langle px \rangle}{m}.$$

4. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए :

2×5=10

(क) X-किरण स्पेक्ट्रम के वरण नियम लिखिए । 10 kV पर कार्यशील नलिका से X-किरणों की अधिकतम आवृत्ति क्या होगी ?

2+3

(ख) निम्नलिखित मूल अवस्था में दिए गए हाइड्रोजन अणु के लिए r का प्रत्याशा मान प्राप्त कीजिए :

5

$$\psi_0(r) = \frac{2}{a_0^{3/2}} e^{-r/a_0}$$

(ग) हुण्ड के नियम लिखिए और इनका प्रयोग कर हीलियम अणु की मूल अवस्था प्राप्त कीजिए ।

3+2

5. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए :

2×5=10

- (क) नाभिकों के लिए बंधन ऊर्जा वक्र की सहायता से नाभिकीय संगलन और नाभिकीय विखंडन परिघटनाओं की व्याख्या कीजिए ।
- (ख) विल्सन मेघ कक्ष की कार्यप्रणाली का वर्णन कीजिए ।
- (ग) नाभिकीय रिऐक्टर के लिए गुणन कारक की परिभाषा लिखिए । समय के फलन के रूप में न्यूट्रॉनों की संख्या का समीकरण व्युत्पन्न कीजिए ।

भौतिक स्थिरांक :

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

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

$$m_p = 1.6725 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_n = 1.6747 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

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