

**BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)**

**Term-End Examination**

**June, 2021**

**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 a calculator. The values of physical constants are given at the end.

---

---

1. Attempt any **five** parts :  $5 \times 3 = 15$
- (a) The total energy of a particle is exactly twice its rest energy. Calculate its speed.
- (b) Calculate the de Broglie wavelength of an electron having kinetic energy 100 MeV.
- (c) Define parity operator and obtain its eigenvalues.

- (d) Write the electronic configuration for atoms having  $Z = 27$  and  $Z = 35$ .
- (e) Calculate the expectation value of the momentum of a particle inside a one-dimensional box of length  $L$ . The wave function of the particle is

$$\psi(x) = \left(\frac{2}{L}\right)^{1/2} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right)$$

- (f) The half-life of a radioactive substance 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 **one** part :  $1 \times 5 = 5$

- (a) Derive the relativistic energy-momentum relation for a free particle.
- (b) The mean life time of a particle is measured as  $4 \times 10^{-8}$  s in the laboratory, when its speed is  $0.6c$ . Determine its proper mean life time.

**3.** Attempt any **two** parts :  $2 \times 5 = 10$

- (a) The wave function of a particle is given by

$$\phi = N \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right), -\infty < x < \infty.$$

Determine the normalization constant  $N$ .

- (b) The position and momentum of a 1 KeV electron are simultaneously determined. If the uncertainty in its position is  $1 \text{ \AA}$ , what is the percentage of uncertainty in its momentum ?
- (c) Calculate the most probable value of  $r$  for the ground state of the hydrogen atom given by

$$\psi(r) = \frac{1}{(\pi a_0^3)^{1/2}} e^{-r/a_0}$$

4. Attempt any **two** parts : 2×5=10

- (a) Define a Hermitian operator and show that it has real eigenvalues.
- (b) What is the maximum frequency of the X-rays produced in a tube operating at 10 kV and 20 kV ?
- (c) State Hund's rules and using them find the ground state of helium atom.

5. Attempt any **two** parts : 2×5=10

- (a) Describe the shell model for atomic nuclei.
- (b) Describe the working of the Wilson Cloud Chamber.
- (c) Draw the schematic diagram of a nuclear reactor. State the function of control rods or a moderator in a nuclear reactor.

***Physical Constants :***

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

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

$$m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_n = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$R_H = 1.09677576 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

$$R_{\text{He}} = 1.09722267 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

---

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2021

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 कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं । भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं ।

1. कोई पाँच भाग कीजिए :

5×3=15

(क) एक कण की कुल ऊर्जा उसकी विराम ऊर्जा की दुगुनी है । कण की चाल परिकलित कीजिए ।

(ख) गतिज ऊर्जा 100 MeV वाले एक इलेक्ट्रॉन का दे ब्रॉग्ली तरंगदैर्घ्य परिकलित कीजिए ।

(ग) पैरिटी संकारक की परिभाषा दीजिए और उसके आइगेनमान प्राप्त कीजिए ।

(घ)  $Z = 27$  और  $Z = 35$  वाले परमाणुओं के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए ।

(ङ) लंबाई  $L$  के एक-विमीय बॉक्स में स्थित एक कण का तरंग फलन निम्नलिखित है :

$$\psi(x) = \left(\frac{2}{L}\right)^{1/2} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right)$$

कण के संवेग का प्रत्याशा मान परिकलित कीजिए ।

(च) एक रेडियोऐक्टिव पदार्थ की अर्ध-आयु 10 दिन है । इस तत्त्व के 70% भाग का क्षय होने में लगे समय की गणना कीजिए ।

(छ) एक फ़ोटॉन और एक प्रोटॉन के लिए आवेश, बेरिऑन संख्या और स्पिन का मान लिखिए ।

2. कोई एक भाग कीजिए :

1×5=5

(क) एक मुक्त कण के लिए आपेक्षिकीय ऊर्जा-संवेग संबंध व्युत्पन्न कीजिए ।

(ख) प्रयोगशाला में  $0.6c$  की चाल से गतिमान एक कण के औसत जीवनकाल का मान  $4 \times 10^{-8} s$  मापा जाता है । कण का उचित औसत जीवनकाल निर्धारित कीजिए ।

3. कोई दो भाग कीजिए :

2×5=10

(क) एक कण का तरंग फलन निम्नलिखित है :

$$\phi = N \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right), -\infty < x < \infty.$$

प्रसामान्यीकरण नियतांक  $N$  निर्धारित कीजिए ।

(ख) ऊर्जा 1 KeV वाले एक इलेक्ट्रॉन के स्थिति और संवेग को एक साथ मापा जाता है । यदि उसकी स्थिति में 1 Å की अनिश्चितता है, तो उसके संवेग की अनिश्चितता का प्रतिशत क्या है ?

(ग) हाइड्रोजन परमाणु की मूल अवस्था के लिए  $r$  का सबसे अधिक प्रसंभाव्यता वाला मान परिकलित कीजिए । उसकी मूल अवस्था निम्नलिखित तरंग फलन द्वारा परिभाषित है :

$$\psi(r) = \frac{1}{(\pi a_0^3)^{1/2}} e^{-r/a_0}$$

4. कोई दो भाग कीजिए :

2×5=10

(क) हर्मिटी संकारक की परिभाषा दीजिए और सिद्ध कीजिए कि इसके आइगेनमान वास्तविक होते हैं ।

(ख) विभवांतर 10 kV और 20 kV पर क्रियान्वित X-किरण नलिका से उत्पन्न X-किरण की अधिकतम आवृत्ति क्या होगी ?

(ग) हुण्ड के नियमों का कथन दीजिए और उनका प्रयोग करते हुए हीलियम (He) परमाणु की मूल अवस्था ज्ञात कीजिए ।

5. कोई दो भाग कीजिए :

2×5=10

(क) परमाण्वीय नाभिकों के कोश मॉडल का वर्णन कीजिए ।

(ख) विल्सन मेघ कक्ष की कार्यप्रणाली का वर्णन कीजिए ।

(ग) नाभिकीय रिऐक्टर का योजनाबद्ध आरेख बनाइए । नाभिकीय रिऐक्टर में नियंत्रण दंड अथवा विमंदक के कार्य बताइए ।

**भौतिक नियतांक :**

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

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

$$m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_n = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$R_H = 1.09677576 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

$$R_{\text{He}} = 1.09722267 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

---