No. of Printed Pages : 12

PHE–11

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)

Term-End Examination

June, 2025

PHE-11 : MODERN PHYSICS

Time : 2 Hours *Maximum Marks : 50*

Note : *(i) Attempt all questions. The marks for each question are indicated against it.*

(ii) You may use a calculator.

(iii) The values of physical constants are given at the end.

(iv) Symbols have their usual meanings.

1. Answer any *five* parts : 3×5=15

(a) We observe two galaxies receding in opposite directions at speeds 0.5 *c*. What speed would an observer in one of

these galaxies measure for the other galaxy ?

(b) A rod of proper length 1.0 m measures 60 cm in an inertial frame that is moving with respect to the rod. What is the speed of the moving frame ?

(c) What is the potential through which a proton must be accelerated so that its de Broglie wavelength is 2.0 Å ?

(d) The uncertainty in the energy of a short lived particle is measured to be 0.5 MeV. What is the smallest life time of the particle ?

(e) Write down the spectral terms for the carbon atom (Z = 6).

(f) State the selection rules for X-ray spectra. Is the transition L_I to K allowed ?

(g) The mean life of radon is 5.5 days. After how much time will 70% of the sample have decayed ?

(h) Explain any *three* uses of radioisotopes as tracers.

2. Answer any *one* part : 5×1=5

(a) Derive the relation between the relativistic energy and momentum of a free particle.

(b) A star emits light with a wavelength 4500 Å. Suppose in the light from a different galaxy, the same line has a wavelength of 6000 Å on earth. Calculate the 'receding' speed of the galaxy.

3. Answer any *two* parts : 5×2=10

(a) State the properties of an acceptable wave function. Is the following wave function acceptable ?

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

Justify your answer. 3+2

(b) In a region of space a particle of mass m and zero energy has a wave function :

$$\psi(x) = \mathrm{N}\, x\, e^{-x^2/4}$$

Using the time independent Schrödinger equation, determine the potential energy V(x) for the particle. 5

(c) Show that : 5

$$[\mathrm{L}_x, \mathrm{L}_y] = i\hbar\, \mathrm{L}_z .$$

4. Answer any *two* parts : 5×2=10

(a) Consider a particle of mass m confined to a line segment between $x = 0$ and $x = \mathrm{L}$. Obtain the eigen functions for this system.

(b) Calculate the expectation value of r for the ground state of the hydrogen atom which has the following wave function :

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

(c) Calculate the mean potential energy for a one-dimensional simple harmonic oscillator in its ground state, given that

the potential energy function is $V(x) = \frac{1}{2} m\omega^2 x^2$ and the ground state wave function is :

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

where $a^2 = \frac{m\omega}{\hbar}$.

5. Answer any *two* parts : 5×2=10

(a) Draw the graph of the variation of the binding energy per nucleon with mass number and describe its main features. 3+2

(b) Draw a schematic diagram of a nuclear reactor showing its general features. Explain why control rods and reflector are used in a nuclear reactor. 3+2

(c) (i) Explain the working of the Wilson cloud chamber. 3

(ii) Is the following decay reaction allowed ? 2

$$n \rightarrow p + e$$

Explain.

Physical constants :

$h = 6.62 \times 10^{-34}$ Js

$\hbar = 1.054 \times 10^{-34}$ Js

1 eV = 1.6×10^{-19} J

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

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

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

PHE–11

विज्ञान स्नातक (बी-एस. सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2025

पी.एच.ई.-11 : आधुनिक भौतिकी

समय : 2 घण्टे *अधिकतम अंक : 50*

नोट : *(i) सभी प्रश्न हल कीजिए। प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं।*

(ii) आप कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं।

(iii) भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं।

(iv) प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

---

1. किन्हीं **पाँच** भागों के उत्तर दीजिए : $3\times5=15$

(क) हम दो मंदाकिनियों को एक-दूसरे की विपरीत दिशाओं में चाल $0.5\ c$ द्वारा जाते हुए प्रेक्षित करते हैं। इन मंदाकिनियों में से किसी **एक** मंदाकिनी में बैठा प्रेक्षक दूसरी मंदाकिनी की चाल का क्या मान मापेगा ?

(ख) उचित लंबाई 1.0 m वाली छड़ के सापेक्ष गतिमान निर्देश तंत्र में उसकी लंबाई 60 cm मापी जाती है। गतिमान निर्देश तंत्र की चाल क्या है ?

(ग) उस विभव का मान निर्धारित कीजिए जिससे एक प्रोटॉन को त्वरित किए जाने पर उसके दे ब्रॉग्ली तरंगदैर्घ्य का मान 2.0 Å होगा।

(घ) एक अल्पजीवी कण की ऊर्जा में 0.5 MeV की अनिश्चितता मापी जाती है। कण का न्यूनतम जीवनकाल क्या होगा ?

(ङ) कार्बन परमाणु (Z = 6) के लिए स्पेक्ट्रमी पद लिखिये।

(च) X-किरण स्पेक्ट्रम के लिए वरण नियम लिखिए। क्या L_I से K में संक्रमण अनुमत है ?

(छ) रेडॉन की औसत आयु 5.5 दिन है। इस तत्व के 70% भाग को क्षय होने में लगे समय की गणना कीजिए।

(ज) ट्रेसर के रूप में रेडियोआइसोटोप के कोई **तीन** उपयोग समझाइए।

2. कोई **एक** भाग हल कीजिए : $5\times1=5$

(क) एक मुक्त कण के लिए आपेक्षिकीय ऊर्जा और संवेग में सम्बन्ध व्युत्पन्न कीजिए।

(ख) एक तारा तरंगदैर्घ्य 4500 Å वाला प्रकाश उत्सर्जित करता है। मान लीजिए कि एक दूरस्थ मंदाकिनी से आ रहे प्रकाश में इसी रेखा की पृथ्वी पर मापी गई तरंगदैर्घ्य का मान 6000 Å है, तो दूर जा रही मंदाकिनी की चाल क्या होगी ?

3. कोई **दो** भाग हल कीजिए : $5\times2=10$

(क) एक मान्य तरंग फलन के गुणधर्म लिखिए। क्या निम्नलिखित तरंग फलन मान्य है ?

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

अपने उत्तर की पुष्टि कीजिए। $3+2$

(ख) समष्टि के किसी क्षेत्र में द्रव्यमान m और शून्य ऊर्जा वाले एक कण का तरंग फलन :

$$\psi(x) = \mathrm{N}\, x\, e^{-x^2/4}$$

है। काल स्वतंत्र श्रोडिंगर समीकरण का प्रयोग करते हुए, कण के लिए स्थितिज ऊर्जा $\mathrm{V}(x)$ निर्धारित कीजिए। 5

(ग) सिद्ध कीजिए कि : 5

$$[\mathrm{L}_x, \mathrm{L}_y] = i\hbar \mathrm{L}_z$$

4. कोई **दो** भाग हल कीजिए : $5\times2=10$

(क) द्रव्यमान m का एक कण $x = 0$ और $x = \mathrm{L}$ के बीच रेखा खंड में परिरुद्ध है। इस निकाय के लिए आइगेन फलन प्राप्त कीजिए।

(ख) हाइड्रोजन परमाणु की मूल अवस्था के लिए r का प्रत्याशा मान परिकलित कीजिए। मूल अवस्था तरंग फलन निम्नलिखित है :

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

(ग) मूल अवस्था में स्थित एकविम सरल आवर्ती दोलक के लिए औसत स्थितिज ऊर्जा का परिकलन कीजिए। स्थितिज ऊर्जा फलन $V(x) = \frac{1}{2} m\omega^2 x^2$ है और मूल अवस्था तरंग फलन निम्नलिखित है :

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

जहाँ $a^2 = \frac{m\omega}{\hbar}$ है।

5. कोई **दो** भाग हल कीजिए : 5×2=10

(क) द्रव्यमान संख्या के साथ प्रति न्यूक्लिऑन बंधन ऊर्जा के विचरण का आरेख बनाइए और उसके प्रमुख लक्षण लिखिए। 3+2

(ख) नाभिकीय रिएक्टर के सामान्य लक्षण दिखाते हुए एक व्यवस्था चित्र बनाइए। नाभिकीय रिएक्टर में नियंत्रक दंडों और परावर्तक का इस्तेमाल क्यों किया जाता है, समझाइए। 3+2

(ग) (i) विल्सन मेघ कक्ष की कार्यप्रणाली को समझाइए। 3

(ii) क्या निम्नलिखित क्षय प्रतिक्रिया अनुमत है ?

$$n \rightarrow p + e$$

समझाइए। 2

भौतिक नियतांक :

$h = 6.62 \times 10^{-34}$ Js

$\hbar = 1.054 \times 10^{-34}$ Js

$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19}$ J

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

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

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

× × × × ×