No. of Printed Pages : 12 **BPHET–141**

BACHELOR OF SCIENCE (GENERAL)

(B. SC. G)

Term-End Examination

December, 2025

BPHET-141 : ELEMENTS OF MODERN PHYSICS

Time : 2 Hours *Maximum Marks : 50*

Note : *(i) Attempt **all** questions.*

(ii) The marks for each question are indicated against it.

(iii) Symbols have their usual meanings.

(iv) You may use a calculator.

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

Downloaded from www.IGNOUBABA.com

1. Answer any ***five*** parts : 5×2=10

(a) Distinguish between Galilean and Einsteinian principles of relativity.

(b) The mean life time of a free neutron at rest is measured to be 900 s. What is its mean life time measured by an observer with respect to whom the neutron travels at a speed of 0.9 c ?

(c) Calculate the de Broglie's wavelength of a 1.0 MeV electron.

(d) What is the probabilistic interpretation of the wave function ?

(e) Define and draw a step potential of step $V_0 > 0$ at $x = 0$.

(f) Explain briefly how quantum tunneling enables alpha decay from the atomic nucleus.

Downloaded from www.IGNOUBABA.com

(g) What is secular equilibrium in radioactivity ?

(h) Write the functions of slim rods and safety rods in a nuclear reactor.

2. Answer any *two* parts : 2×5=10

(a) Show that simultaneous events that occur in an inertial frame of reference S at different positions are not simultaneous in another inertial frame of reference S' moving uniformly with respect to S. 5

(b) A spaceship is receding from the Earth at a speed of 0.25 c. An observer in the spaceship measures the wavelength of light from a source in it as 500 nm. What is the wavelength of this light as measured by an observer on the Earth ? 5

Downloaded from www.IGNOUBABA.com

(c) The rest energy of a particle is 1000 MeV. Calculate its linear momentum and total energy (in MeV) given that it travels at a speed of 0.6 c.

3+2

3. Answer any *two* parts : 2×5=10

(a) The wave function of a particle of mass m and zero energy is given by :

$$\psi(x) = \text{N}e^{-2x^2},$$

where N is a constant. Write down the time-independent Schrödinger equation for the particle and determine its potential energy.

(b) Use the uncertainty principle to explain the concept of zero-point energy.

(c) Calculate $\langle x \rangle$ for the wave function

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{\text{L}}}\cos\left(\frac{\pi x}{\text{L}}\right), \qquad 0 < x < \text{L}$$

Downloaded from www.IGNOUBABA.com

4. Answer any *one* part : 1×10=10

(a) Write down the time-independent Schrödinger equation for a particle of mass m in a one-dimensional potential barrier of height V_0 and width a. Obtain the general solutions of the equation when the energy of the particle $E > V_0$. Write down the boundary conditions for the problem.

(b) Show that for a symmetric potential function $[V(x) = V(-x)]$, the parity operator commutes with the Hamiltonian.

5. Answer any *two* parts : 2×5=10

(a) Define 'activity' of a radioactive substance. The half life of an element is 6.93 days. After how many days will only 10% of the element be left ?

Downloaded from www.IGNOUBABA.com

(b) Calculate the binding energy of a ^{4}He nucleus using the semi-empirical mass formula. Take $\alpha = 15.8$, $\beta = 17.8$, $\gamma = 23.7$, $\delta = 0.71$ and $\varepsilon = 34$.

(c) Explain how a self-sustained fission chain reaction is achieved in a nuclear reactor.

Physical constants :

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

$h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js

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

Downloaded from www.IGNOUBABA.com

BPHET–141

विज्ञान स्नातक (सामान्य)

(बी. एस.-सी. जी)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2025

बी.पी.एच.ई.टी.-141 : आधुनिक भौतिकी के तत्व

समय : 2 घण्टे *अधिकतम अंक : 50*

नोट : (i) *सभी प्रश्न हल कीजिए।*

(ii) *प्रत्येक प्रश्न के अंक उनके सामने दिए गए हैं।*

(iii) *प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।*

(iv) *आप कैल्कुलेटर का उपयोग कर सकते हैं।*

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

---

1. किन्हीं **पाँच** भागों के उत्तर दीजिए : $5 \times 2 = 10$

(क) गैलीलियो और आइंस्टीन द्वारा दिए गए आपेक्षिकता के सिद्धान्तों में अंतर लिखिए।

Downloaded from www.IGNOUBABA.com

(ख) विरामावस्था में स्थित एक मुक्त न्यूट्रॉन का मध्य जीवन काल 900 s मापा जाता है। उस प्रेक्षक द्वारा उसका माध्य जीवन काल क्या मापा जाएगा जिसके सापेक्ष वह न्यूट्रॉन 0.9 c की चाल से गतिमान हो ?

(ग) 1.0 MeV इलेक्ट्रॉन की दी–ब्रॉग्ली तरंगदैर्घ्य की गणना कीजिए।

(घ) तरंग फलन की प्रायिकतात्मक व्याख्या क्या है ?

(ङ) $x = 0$ पर सोपान $V_0 > 0$ वाले सोपान विभव की परिभाषा दीजिए और उसका चित्र खींचिए।

(च) संक्षेप में समझाइए कि परमाण्वीय नाभिक से एल्फा क्षय क्वांटम सुरंगन के कारण किस प्रकार संभव होता है।

(छ) रेडियोसक्रियता में सेक्यूलर साम्यावस्था क्या होती है ?

(ज) एक नाभिकीय रिएक्टर में शिम नियंत्रक दंडों और सुरक्षा दंडों के प्रकार्य लिखिए।

Downloaded from www.IGNOUBABA.com

2. किन्हीं **दो** भागों के उत्तर दीजिए : $2\times5=10$

(क) सिद्ध कीजिए कि जड़त्वीय तंत्र S में अलग–अलग स्थितियों पर घटने वाली समकालिक घटनाएँ किसी अन्य जड़त्वीय तंत्र S' में, जो S के सापेक्ष अचर चाल से गतिमान हो, समकालिक नहीं होतीं। 5

(ख) एक अंतरिक्षयान चाल $0.25\ c$ से पृथ्वी से दूर जा रहा है। अंतरिक्षयान में एक प्रेक्षक उसमें रखे स्रोत से आने वाले प्रकाश की तरंगदैर्ध्य $500\ \text{nm}$ मापता है। पृथ्वी पर स्थित प्रेक्षक द्वारा मापी गई इस प्रकाश की तरंगदैर्ध्य क्या होगी ? 5

(ग) एक कण की विराम ऊर्जा $1000\ \text{MeV}$ है। यदि वह $0.6\ c$ की चाल से गतिमान है, तो उसके रैखिक संवेग और (MeV में) कुल ऊर्जा की गणना कीजिए। 3+2

Downloaded from www.IGNOUBABA.com

3. किन्हीं **दो** भागों के उत्तर दीजिए : 2×5=10

(क) द्रव्यमान m और शून्य ऊर्जा वाले एक कण का तरंग फलन है :

$$\psi(x) = Ne^{-2x^2},$$

जहाँ N एक अचर है। कण के लिए काल-स्वतंत्र श्रोडिंगर समीकरण लिखिए और उसकी स्थितिज ऊर्जा की गणना कीजिए।

(ख) अनिश्चितता सिद्धान्त का उपयोग करके शून्य बिन्दु ऊर्जा की अवधारणा को समझाइए।

(ग) तरंग फलन

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \cos\left(\frac{\pi x}{L}\right), \quad 0 < x < L$$

के लिए $\langle x \rangle$ परिकलित कीजिए।

4. किसी **एक** भाग का उत्तर दीजिए : 1×10=10

(क) ऊँचाई V_0 और चौड़ाई a वाली एकविम विभव रोधिका में स्थित द्रव्यमान m वाले कण के लिए काल

Downloaded from www.IGNOUBABA.com

स्वतंत्र श्रोडिंगर समीकरण लिखिए। इस समीकरण के हल प्राप्त कीजिए जब कण की ऊर्जा $E > V_0$ हो। इस समस्या के लिए परिसीमा प्रतिबंध लिखिए।

(ख) सिद्ध कीजिए कि एक सममित विभव फलन $[V(x) = V(-x)]$ के लिए समता संकारक हैमिल्टोनियन के साथ कम्यूट करता है।

5. किन्हीं **दो** भागों के उत्तर दीजिए : $2\times5=10$

(क) एक रेडियोएक्टिव पदार्थ की 'सक्रियता' की परिभाषा दीजिए। एक तत्व की अर्ध आयु 6.93 दिन है। कितने दिनों के बाद उस तत्व का केवल 10% भाग बचा रह जायेगा ?

(ख) अर्ध-अनुभवजन्य द्रव्यमान सूत्र का उपयोग करके ^4He नाभिक की बंधन ऊर्जा परिकलित कीजिए। $\alpha = 15.8$, $\beta = 17.8$, $\gamma = 23.7$, $\delta = 0.71$ और $\varepsilon = 34$ लीजिए।

Downloaded from www.IGNOUBABA.com

(ग) समझाइए कि नाभिकीय रिएक्टर में स्वपोषी विखंडन शृंखला अभिक्रिया किस प्रकार प्राप्त की जाती है।

भौतिक नियतांक :

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

$h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js

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

× × × × ×

Downloaded from www.IGNOUBABA.com