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

BACHELOR OF SCIENCE (GENERAL)

(BSCG)

Term-End Examination

December, 2022

BPHET-141 : ELEMENTS OF MODERN PHYSICS

Time : 2 Hours *Maximum Marks : 50*

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

(ii) Symbols have their usual meanings.

(iii) You may use a calculator or log tables.

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

---

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

(a) In an inertial frame of reference S, one of Maxwell's equations is written as :

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

Write this equation in another inertial frame S′ moving uniformly with respect to S. State the postulate of special relativity that explains this.

(b) The length of a scale is measured to be 1.0 m in the frame S in which it is at rest. What is its length as measured by an observer moving at the speed of 0.8 c with respect to the frame S ?

(c) The average life time of an excited atom is 1.0×10^{-8} s. Calculate the minimum uncertainty in the energy of the emitted photon.

(d) Calculate the average energy of a Planck oscillator which has an energy of $h\upsilon = 0.20\, k_B T$ at temperature T.

(e) Explain why the wavelength of light emitted by a quantum dot changes with the size of the dot.

(f) Define parity operator and state its eigen values.

(g) Explain multiplication factor. When is reactor said to be critical ?

(h) What is beta decay process ? Give ***one*** example of a beta decay process.

2. Answer any ***two*** parts : 2×5=10

(a) An object moves with a uniform velocity $\vec{v}(v_x, v_y, v_z)$ with respect to an inertial frame S which is at rest. Derive the expression for the velocity of the object $\vec{v}'(v'_x, v'_y, v'_z)$ relative to the inertial frame S′ which is moving with a constant speed V in the positive *x*-direction with respect to S.

(b) Light takes 4.8 years to travel from a star to the earth. If an astronaut travelled from earth to this star at a speed of 0.80 *c*, how long would it take, according to the astronaut's clock, to reach there ?

(c) Calculate the linear momentum, total energy (in MeV) and kinetic energy (in MeV) of a proton travelling with a speed of 0.6 *c*, given that its rest energy is 938 MeV.

3. Answer any ***two*** parts :

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

$$\psi(x) = \begin{cases} e^{x}, & \text{for } x < 0 \\ e^{-x}, & \text{for } x > 0 \end{cases}$$

(i) Is the wave function normalized ? 2

(ii) Calculate the probability of finding the particle between $0 \leq x \leq 2$. 3

(b) Use the uncertainty principle to estimate the approximate size of an atom. 5

(c) Define a Hermitian operator. Show that Hermitian operators have real eigen values. 5

4. Answer any ***one*** part :

(a) A particle is confined within a length segment lying between $x = 0$ and $x = L$. Solve the time independent Schrödinger equation for the particle and obtain the eigen functions and energy eigen values. Show that the eigen functions are orthogonal. 7+3

(b) A particle of mass m is moving in a step potential defined by :

$$V(x) = \begin{cases} 0 & , \text{ for } x < 0 \\ V_0 > 0, & \text{for } x > 0 \end{cases}$$

Obtain the general solution of the Schrödinger equation for this system when the energy of the particle $E < V_0$. State the boundary conditions.

Write down the reflected and transmitted probability densities. 5+2+3

5. Answer any ***two*** parts :

(a) Plot a graph between binding energy per nucleon as a function of mass number. Write the main features of the curve. 3+2

(b) Define mean life of a radioactive element. The mean life of a radioactive element is 14.43 months. Calculate the time required for 75% of the element to decay. 1+4

(c) For two radioactive elements A and B in transient equilibrium, show that the activity of the daughter nucleii is greater than that of the parent nucleii by a factor $\frac{\lambda_B}{\lambda_B - \lambda_A}$. 5

Physical constants :

$h = 6.626 \times 10^{-34}$ J-s

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

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

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

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

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

1 eV = 1.6×10^{-19} J

BPHET-141

विज्ञान स्नातक (सामान्य)

(बी. एस. सी. जी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2022

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

समय : 2 घण्टे *अधिकतम अंक : 50*

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

(ii) प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

(iii) आप कैल्कुलेटर या लॉग सारणी का उपयोग कर सकते हैं।

(iv) भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गये हैं।

---

1. कोई **पाँच** भाग कीजिए : 5×2=10

(क) एक जड़त्वीय निर्देश तंत्र S में मैक्सवेल के एक समीकरण को लिखा जाता है :

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

S के सापेक्ष एकसमान गति कर रहे जड़त्वीय तंत्र S′ में इस समीकरण को लिखिए। विशिष्ट आपेक्षिकता के उस अभिगृहीत का कथन लिखिए जो इसे समझाता है।

(ख) तंत्र S में विरामावस्था में स्थित एक पैमाने की लंबाई 1.0 m मापी जाती है। तंत्र S के सापेक्ष चाल $0.8\ c$ से गतिमान प्रेक्षक उस पैमाने की लंबाई क्या मापेगा ?

(ग) एक उत्तेजित परमाणु का औसत जीवनकाल 1.0×10^{-8} s है। उत्सर्जित फोटॉन की ऊर्जा में न्यूनतम अनिश्चितता परिकलित कीजिए।

(घ) एक प्लांक दोलित्र की औसत ऊर्जा परिकलित कीजिए, जिसकी तापमान T पर ऊर्जा $h\upsilon = 0.20\, k_{\mathrm{B}}\mathrm{T}$ है।

(ङ) समझाइए कि एक क्वांटम डॉट द्वारा उत्सर्जित ऊर्जा का तरंगदैर्घ्य, डॉट के आमाप के साथ क्यों बदलता है।

(च) पैरिटी संकारक की परिभाषा दीजिए और उसके आइगेन मान लिखिए।

(छ) गुणन कारक को परिभाषित कीजिए। रिएक्टर को क्रांतिक कब कहा जाता है ?

(ज) बीटा क्षय प्रक्रम क्या होता है ? बीटा क्षय प्रक्रम का एक उदाहरण दीजिए।

2. कोई **दो** भाग कीजिए : $2\times5=10$

(क) एक पिंड विरामस्थ निर्देश तंत्र S के सापेक्ष एकसमान वेग $\vec{v}(v_x, v_y, v_z)$ से चल रहा है। इस पिंड के लिए, तंत्र S′ के सापेक्ष वेग $\vec{v'}(v'_x, v'_y, v'_z)$ के व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए यदि दिया गया हो कि तंत्र S′, तंत्र S के सापेक्ष धनात्मक x–दिशा में अचर चाल V से गतिमान है।

(ख) प्रकाश को एक तारे से पृथ्वी पर पहुँचने में 4.8 वर्ष लगते हैं। अगर एक अंतरिक्ष यात्री पृथ्वी से उस तारे तक $0.80\,c$ की चाल से चलता है, तो अंतरिक्ष यात्री की घड़ी के मुताबिक उसे वहाँ पहुँचने में कितना समय लगेगा ?

(ग) $0.6\ c$ की चाल से गतिमान प्रोटॉन के रैखिक संवेग, कुल ऊर्जा (MeV में) और गतिज ऊर्जा (MeV में) ज्ञात कीजिए, यदि दिया गया है कि उसकी विराम ऊर्जा 938 MeV है।

3. कोई **दो** भाग कीजिए :

(क) किसी कण का तरंग फलन निम्नलिखित है :

$$\psi(x) = \begin{cases} e^{x} & , \ x < 0 \\ e^{-x} & , \ x > 0 \end{cases}$$

(i) क्या तरंग फलन प्रसामान्यीकृत है ? 2

(ii) कण के $0 \leq x \leq 2$ में पाये जाने की प्रायिकता परिकलित कीजिए। 3

(ख) अनिश्चितता सिद्धान्त का उपयोग करके परमाणु के आमाप का अनुमान लगाइए। 5

(ग) हर्मिटी संकारक की परिभाषा दीजिए। सिद्ध कीजिए कि हर्मिटी संकारक के आइगेन मान वास्तविक होते हैं। 5

4. कोई **एक** भाग कीजिए :

(क) एक कण $x = 0$ और $x = \mathrm{L}$ के बीच अवस्थित लंबाई के एक अवयव में परिरुद्ध है। कण के

लिए काल-स्वतंत्र श्रोडिंगर समीकरण को हल कीजिए और आइगेन फलन और ऊर्जा आइगेन मान प्राप्त कीजिए। सिद्ध कीजिए कि आइगेन फलन लांबिक हैं। 7+3

(ख) द्रव्यमान m का एक कण निम्नलिखित सोपान विभव में गतिमान है :

$$V(x) = \begin{cases} 0 & , \ x < 0 \\ V_0 > 0 & , \ x > 0 \end{cases}$$

श्रोडिंगर समीकरण का व्यापक हल प्राप्त कीजिए जब कण की ऊर्जा $E < V_0$ हो। परिसीमा प्रतिबंध लिखिए। परावर्तित और संचरित प्रायिकता घनत्वों के व्यंजक लिखिए। 5+2+3

5. कोई **दो** भाग कीजिए :

(क) प्रति न्यूक्लिऑन बंधन ऊर्जा तथा द्रव्यमान संख्या के बीच वक्र खींचिए और उस वक्र की मुख्य विशेषताएँ लिखिए। 3+2

(ख) रेडियोएक्टिव तत्व की माध्य आयु परिभाषित कीजिए। किसी रेडियोएक्टिव तत्व की माध्य आयु 14.43 माह है। इस तत्व की 75% मात्रा कितने समय में क्षयित हो जायेगी ? 1+4

(ग) दो रेडियोएक्टिव तत्वों A और B के लिए जो क्षणिक साम्यावस्था में हैं, सिद्ध कीजिए कि संतति नाभिकों की सक्रियता, पितृ नाभिकों की सक्रियता से $\frac{\lambda_B}{\lambda_B - \lambda_A}$ गुणा ज्यादा है। 5

भौतिक नियतांक :

$h = 6.626 \times 10^{-34}$ J-s

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

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

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

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

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

1 eV = 1.6×10^{-19} J