No. of Printed Pages : 8

PHE-11

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

December, 2018

01322

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 non-programmable calculators or log tables. The values of physical constants are given at the end.*

1. Answer any ***five*** parts : *5×4=20*

(a) A rocket of proper length 40 m is observed to be 32 m long as it passes an observer. Calculate the speed of the rocket relative to the observer.

(b) Green light has a wavelength of 550 nm. Through what potential difference must an electron be accelerated to have this wavelength ?

(c) How accurately can the position of a non-relativistic proton be determined without giving it more than 1·0 keV kinetic energy ?

(d) Using the properties of the wave function, state which of the following wave function(s) cannot be solution(s) of Schrödinger's equation for all values of x : (i) Ae^{x^2} and (ii) Ae^{-x^2}. Give reasons for your answer.

(e) Obtain the ground state spectral term for Z = 12.

(f) Calculate the activity of 1·0 mg of ^{222}Rn, whose atomic mass is 222 u and half-life is 3·8 days.

(g) Are the following reactions possible ? Give reasons for your answer.

(i) $e^+ + e^+ \longrightarrow \mu^+ + \pi^-$

(ii) $\pi^- + p \longrightarrow n + \pi^0$

2. A reference frame S′ moves with a uniform velocity $V\hat{i}$ relative to the reference frame S. A particle moves with a velocity $\vec{v}$ relative to the S frame. Show that the components of its velocity $\vec{v}'$ relative to the S′ frame are 5

$$v_x' = \frac{v_x - V}{1 - \frac{v_x V}{c^2}}; \qquad v_y' = \frac{v_y}{\gamma\left(1 - \frac{v_x V}{c^2}\right)};$$

$$v_z' = \frac{v_z}{\gamma\left(1 - \frac{v_x V}{c^2}\right)}, \text{ where } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}.$$

OR

In a certain inertial reference frame, a particle is measured to have a total energy of 5 GeV and a momentum of $\frac{3\ \text{GeV}}{c}$. Calculate

(a) the rest mass of the particle in units of $\frac{\text{GeV}}{c^2}$ and

(b) the velocity of the particle. *3+2*

3. Answer any ***one*** part (a) or (b) :

(a) (i) The wave function of a particle confined in a length $0 < x < L$ is

$$\psi(x) = A\left[\sin\frac{\pi x}{L} + \sin\frac{2\pi x}{L}\right].$$

Obtain the normalization constant. *5*

(ii) Show that $[L_x, p_y] = i\hbar\, p_z$ *5*

(b) (i) In a region of space, a particle has a wave function $\psi(x) = Ne^{-x^2/2L^2}$ and energy $E = \frac{\hbar^2}{2\,mL^2}$. Use time independent Schrödinger equation to determine the potential energy of the particle as a function of x. *5*

(ii) For an observable A which does not depend explicitly on time, show that

$$\frac{d}{dt}\langle A\rangle = \frac{1}{i\hbar}\langle [A, H]\rangle$$

Hence, show that

$$\frac{d}{dt}\langle x\rangle = \frac{1}{m}\langle p_x\rangle.$$ *5*

4. Answer any ***one*** part, (a) or (b) :

(a) A free particle is trapped in a length segment lying between $x = 0$ and $x = a$. Derive the expressions for eigen functions and eigen energies of the particle. Determine the normalization constant and the expectation value of the momentum. *5+3+2*

(b) (i) Determine the expectation value of r for the ground state of the hydrogen atom given by the wave function : *5*

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

(ii) Use Moseley's law to calculate the wavelength of the K_α line for molybdenum ($Z = 42$). Take $\sigma = 1$ and $R = 13{\cdot}6$ eV. *5*

5. Describe the shell model for atomic nuclei. *5*

OR

Draw a schematic diagram of a nuclear reactor depicting its general features. State the functions of control rods and the blanket. *3+2*

Physical Constants :

$h = 6{\cdot}6 \times 10^{-34}$ Js

$m_e = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg

$m_p = 1{\cdot}67 \times 10^{-27}$ kg

$N_A = 6{\cdot}023 \times 10^{23}$ mol^{-1}

पी.एच.ई.-11

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 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 । प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं । आप अप्रोग्रामीय कैल्कुलेटरों अथवा लॉग सारणियों का प्रयोग कर सकते हैं । भौतिक स्थिरांकों के मान अंत में दिए गए हैं ।*

1. किन्हीं ***पाँच*** भागों के उत्तर दीजिए : *5×4=20*

   (क) उचित लंबाई 40 m वाले रॉकेट की लंबाई एक प्रेक्षक द्वारा 32 m मापी जाती है जब रॉकेट उसके पास से गुज़रता है । प्रेक्षक के सापेक्ष रॉकेट की चाल परिकलित कीजिए ।

   (ख) हरे प्रकाश का तरंगदैर्घ्य 550 nm है । एक इलेक्ट्रॉन का तरंगदैर्घ्य इसके बराबर हो, इसके लिए उसे कितने विभवांतर द्वारा त्वरित किया जाना चाहिए ?

   (ग) एक ग़ैर-आपेक्षिकीय प्रोटॉन, जिसको 1·0 keV से अधिक गतिज ऊर्जा नहीं दी जाए, की स्थिति को कितनी परिशुद्धता तक मापा जा सकता है ?

(घ) तरंग फलन के गुणधर्मों का प्रयोग करके बताइए कि x के सभी मानों के लिए निम्नलिखित में से कौन-सा/कौन-से तरंग फलन श्रोडिन्गर समीकरण का/के हल नहीं हो सकता/सकते : (i) Ae^{x^2} और (ii) Ae^{-x^2}. अपने उत्तर के कारण लिखिए ।

(ङ) $Z = 12$ के लिए मूल अवस्था का स्पेक्ट्रमी पद प्राप्त कीजिए ।

(च) ^{222}Rn की 1·0 mg मात्रा की सक्रियता की गणना कीजिए, जिसका परमाण्वीय द्रव्यमान 222 u है और अर्ध-आयु 3·8 दिन है ।

(छ) क्या निम्नलिखित अभिक्रियाएँ संभव हैं ? अपने उत्तर के कारण लिखिए ।

(i) $e^+ + e^+ \longrightarrow \mu^+ + \pi^-$

(ii) $\pi^- + p \longrightarrow n + \pi^o$

2. निर्देश तंत्र S के सापेक्ष निर्देश तंत्र S′ एकसमान वेग $V\hat{i}$ से गतिमान है । एक कण वेग $\vec{v}$ से तंत्र S के सापेक्ष गतिमान है । सिद्ध कीजिए कि तंत्र S′ के सापेक्ष कण के वेग $\vec{v}'$ के घटक हैं : *5*

$$v_x' = \frac{v_x - V}{1 - \frac{v_x V}{c^2}}; \qquad v_y' = \frac{v_y}{\gamma\left(1 - \frac{v_x V}{c^2}\right)};$$

$$v_z' = \frac{v_z}{\gamma\left(1 - \frac{v_x V}{c^2}\right)}, \text{ जहाँ } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}.$$

अथवा

किसी जड़त्वीय निर्देश तंत्र में एक कण की कुल ऊर्जा 5 GeV और संवेग $\frac{3\,GeV}{c}$ मापे जाते हैं ।

(क) $\frac{GeV}{c^2}$ की इकाई में कण का विराम द्रव्यमान परिकलित कीजिए और

(ख) कण का वेग परिकलित कीजिए । *3+2*

3. किसी *एक* भाग (क) या (ख) का उत्तर दीजिए :

(क) (i) लंबाई $0 < x < L$ में परिरुद्ध एक कण का तरंग फलन है :

$$\psi(x) = A\left[\sin\frac{\pi x}{L} + \sin\frac{2\pi x}{L}\right].$$

फलन का प्रसामान्यीकरण नियतांक प्राप्त कीजिए । *5*

(ii) सिद्ध कीजिए कि $[L_x, p_y] = i\hbar\, p_z$ *5*

(ख) (i) समष्टि के एक क्षेत्र में, एक कण का तरंग फलन $\psi(x) = Ne^{-x^2/2L^2}$ है और ऊर्जा $E = \frac{\hbar^2}{2\,mL^2}$ है । काल स्वतंत्र श्रोडिन्गर समीकरण का प्रयोग करके, x के फलन के रूप में कण की स्थितिज ऊर्जा ज्ञात कीजिए । *5*

(ii) एक प्रेक्षणीय राशि A जो समय पर स्पष्ट रूप से निर्भर नहीं करती, के लिए सिद्ध कीजिए कि

$$\frac{d}{dt}\langle A\rangle = \frac{1}{i\hbar}\langle [A, H]\rangle$$

अतएव सिद्ध कीजिए कि

$$\frac{d}{dt}\langle x\rangle = \frac{1}{m}\langle p_x\rangle .$$ *5*

4. किसी *एक* भाग (क) या (ख) का उत्तर दीजिए :

(क) एक मुक्त कण $x = 0$ और $x = a$ के बीच स्थित रेखा खंड में परिरुद्ध है । कण के आइगेन फलनों और आइगेन ऊर्जाओं के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । प्रसामान्यीकरण नियतांक ज्ञात कीजिए और संवेग का प्रत्याशा मान ज्ञात कीजिए । *5+3+2*

(ख) (i) हाइड्रोजन परमाणु की मूल अवस्था

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

के लिए r का प्रत्याशा मान ज्ञात कीजिए । *5*

(ii) मोज़्ले नियम का प्रयोग करके, मॉलिब्डेनम ($Z = 42$) के लिए K_α रेखा के तरंगदैर्घ्य की गणना कीजिए । $\sigma = 1$ और $R = 13{\cdot}6$ eV लीजिए । *5*

5. परमाण्वीय नाभिकों के कोश मॉडल का वर्णन कीजिए । *5*

अथवा

एक नाभिकीय रिएक्टर के सामान्य लक्षण दिखाते हुए उसका आरेख खींचिए । नियंत्रण दंड और समाच्छद के कार्य बताइए । *3+2*

भौतिक स्थिरांक :

$h = 6{\cdot}6 \times 10^{-34}$ Js

$m_e = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg

$m_p = 1{\cdot}67 \times 10^{-27}$ kg

$N_A = 6{\cdot}023 \times 10^{23}$ mol^{-1}