No. of Printed Pages : 8

PHE-11

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

00161

December, 2017

PHYSICS

PHE-11 : MODERN PHYSICS

Time : 2 hours *Maximum Marks : 50*

Note : *Attempt **all** questions. The marks for each question are indicated against it. You may use a calculator or log tables. The values of physical constants are given at the end. Symbols have their usual meanings.*

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

(a) Calculate the velocity of an electron when its mass is equal to twice its rest mass.

(b) Calculate the kinetic energy of an electron whose de Broglie wavelength is 700 nm.

(c) An electron is confined to a box of length 10^{-8} m. Calculate the minimum uncertainty in its velocity.

(d) Calculate the expectation value $< p_x >$ of the momentum of a particle with the wave function

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

(e) The wavelength corresponding to the first transition of Balmer series of hydrogen is 6563 Å. Calculate the wavelength corresponding to the second transition.

(f) A radioactive element has a half-life of 16 years. Calculate the time in which 70% of the sample will decay.

(g) Calculate the binding energy per nucleon in ${}_6C^{12}$.

Given : Mass of ${}_6C^{12} = 12{\cdot}0$ u

$m_p = 1{\cdot}007275$ u

$m_n = 1{\cdot}008665$ u

$m_e = 0{\cdot}00055$ u

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

(a) Light of wavelength $\lambda = 4850$ Å is emitted by atoms in a galaxy receding from the earth with a speed of $0{\cdot}3$ c. Calculate the wavelength of light observed on the earth. *5*

(b) Calculate the annual loss in the mass of the sun if approximately $8{\cdot}4$ J of radiated energy is received by each square cm of the earth's surface per minute. The distance of the sun from the earth's surface is $1{\cdot}15 \times 10^{11}$ m. *5*

(c) Derive the relation between relativistic energy and momentum of a free particle. *5*

3. Attempt any ***two*** parts : *2×5=10*

(a) What is the probabilistic interpretation of the wave function ? Write down the time dependent Schrödinger equation. Obtain the time independent Schrödinger equation. *1+1+3*

(b) The unnormalised wave function of a particle is given by

$$\phi = Nx \exp\left(-x^2 / a^2\right).$$

Determine the normalization constant N. *5*

(c) Show that

$$[L_z, L_x] = i\hbar L_y$$ *5*

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

(a) Consider a particle of mass m confined in a one-dimensional box :

$$V(x) = 0 \qquad -a \leq x \leq a$$
$$= \infty \qquad \text{otherwise}$$

Solve the Schrödinger equation for the particle and obtain its energy eigenvalues. *5*

(b) State Hund's rule. Use Hund's rule to obtain the spectral terms and ground state of Sc (Z = 21). *3+2*

(c) X-rays from cobalt (Z = 27) tube have a strong K line of wavelength 1·785 Å and a weak line due to copper impurity (Z = 29). Using Moseley's law, calculate the wavelength of the other line. 5

5. Answer any *two* parts : 2×5=10

(a) Explain the liquid drop model of fission qualitatively with the help of schematic diagrams. 5

(b) Calculate the distance of closest approach of an α-particle of energy 5·3 MeV fired directly towards a nucleus of gold (Z = 79). Given mass of gold nucleus is ($m = 6{\cdot}7 \times 10^{-27}$ kg). 5

(c) List the basic components of a nuclear reactor and explain the functions of moderator and coolant rods. 2+3

Physical Constants :

$h = 6{\cdot}626 \times 10^{-34}$ Js

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

$m_p = 1{\cdot}6725 \times 10^{-27}$ kg

$m_n = 1{\cdot}6747 \times 10^{-27}$ kg

$c = 3 \times 10^{8}$ m/s

$e = 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ C

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^{9}\ \text{Nm}^2\,\text{C}^2$$

पी.एच.ई.-11

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2017

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

---

1. किन्हीं ***पाँच*** भागों के उत्तर दीजिए : *5×2=10*

(क) इलेक्ट्रॉन का वेग परिकलित कीजिए जब इसका द्रव्यमान, उसके विराम द्रव्यमान के दुगुने के बराबर है ।

(ख) उस इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा परिकलित कीजिए जिसकी दे ब्रॉग्ली तरंगदैर्घ्य 700 nm है ।

(ग) 10^{-8} m की लंबाई वाले बॉक्स में एक इलेक्ट्रॉन परिरुद्ध है । इसके वेग में न्यूनतम अनिश्चितता परिकलित कीजिए ।

(घ) निम्नलिखित तरंग फलन वाले कण के संवेग का प्रत्याशा मान $< p_x >$ परिकलित कीजिए :

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

(ङ) हाइड्रोजन की बामर श्रेणी के प्रथम संक्रमण के संगत तरंगदैर्घ्य 6563 Å है । इसकी द्वितीय संक्रमण के संगत तरंगदैर्घ्य परिकलित कीजिए ।

(च) एक रेडियोऐक्टिव तत्त्व की अर्ध-आयु 16 वर्ष है । वह समय परिकलित कीजिए जिसमें इसके 70 प्रतिशत नमूने का क्षय हो जाता है ।

(छ) $_6C^{12}$ के लिए प्रति न्यूक्लिऑन बंधन ऊर्जा परिकलित कीजिए ।

दिया गया है : $_6C^{12}$ का द्रव्यमान = 12·0 u

$m_p = 1{\cdot}007275$ u

$m_n = 1{\cdot}008665$ u

$m_e = 0{\cdot}00055$ u

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

(क) एक मंदाकिनी में परमाणुओं द्वारा विसर्जित प्रकाश का तरंगदैर्घ्य λ = 4850 Å है, जबकि मंदाकिनी 0·3 c की चाल से पृथ्वी से दूर जा रही है । पृथ्वी पर प्रेक्षित प्रकाश का तरंगदैर्घ्य परिकलित कीजिए । *5*

(ख) सूर्य के द्रव्यमान में वार्षिक क्षति (annual loss) परिकलित कीजिए यदि पृथ्वी की सतह द्वारा प्रति मिनट प्रत्येक वर्ग सेन्टीमीटर पर लगभग 8·4 J की विकिरण ऊर्जा प्राप्त होती है । पृथ्वी की सतह से सूर्य की दूरी $1{\cdot}15 \times 10^{11}$ m है । *5*

(ग) मुक्त कण के आपेक्षिकीय ऊर्जा और संवेग के बीच संबंध व्युत्पन्न कीजिए । 5

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

(क) तरंग फलन की प्रायिकतात्मक व्याख्या क्या है ? कालाश्रित श्रोडिन्गर समीकरण लिखिए । काल स्वतंत्र श्रोडिन्गर समीकरण प्राप्त कीजिए । 1+1+3

(ख) किसी कण के लिए अप्रसामान्यीकृत (unnormalised) तरंग फलन का व्यंजक निम्नलिखित है :

$$\phi = Nx \exp\left(-x^2/a^2\right)$$

प्रसामान्यीकरण नियतांक N निर्धारित कीजिए । 5

(ग) सिद्ध कीजिए कि

$$[L_z, L_x] = i\hbar L_y$$ 5

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

(क) मान लीजिए कि m द्रव्यमान का एक कण एक-विमीय बॉक्स में सीमित (confined) है :

$$V(x) = 0 \qquad -a \le x \le a$$
$$= \infty \qquad \text{अन्यथा}$$

इस कण के लिए श्रोडिन्गर समीकरण हल कीजिए और इसके ऊर्जा आइगेनमान प्राप्त कीजिए । 5

(ख) हुण्ड के नियमों को लिखिए । इनका उपयोग कर Sc (Z = 21) के स्पेक्ट्रमी पद और मूल-अवस्था प्राप्त कीजिए । 3+2

(ग) कोबाल्ट (Z = 27) नलिका से X-किरणों में तरंगदैर्घ्य 1·785 Å की प्रबल K रेखा उत्सर्जित होती है और ताँबे (Z = 29) की अशुद्धि के कारण एक दुर्बल रेखा प्राप्त होती है । मोज़्ले नियम का प्रयोग कर, दूसरी रेखा का तरंगदैर्घ्य परिकलित कीजिए । *5*

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

(क) योजनाबद्ध आरेखों की सहायता से विखंडन के द्रव बूँद मॉडल की गुणात्मकता (qualitatively) की व्याख्या कीजिए । *5*

(ख) 5·3 MeV ऊर्जा के एक α-कण को सोने (Z = 79) के नाभिक की तरफ सीधे भेजा (fired) जाता है । इसके लिए निकटतम उपगमन दूरी परिकलित कीजिए । दिए गए सोने के नाभिक का द्रव्यमान ($m = 6{\cdot}7 \times 10^{-27}$ kg) है । *5*

(ग) नाभिकीय रिऐक्टर के बुनियादी/मूलभूत अवयवों को सूचीबद्ध कीजिए तथा विमंदक और शीतलक दंडों के कार्यों की व्याख्या कीजिए । *2+3*

भौतिक नियतांक/स्थिरांक :

$$h = 6{\cdot}626 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

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

$$m_p = 1{\cdot}6725 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_n = 1{\cdot}6747 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$e = 1{\cdot}6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\frac{1}{4\pi \varepsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^2$$