

**BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)****Term-End Examination****December, 2015**

00794

**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.

---

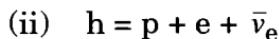
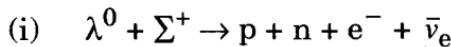
1. Answer any **five** parts :  $5 \times 4 = 20$

- (a) Calculate the kinetic energy of an electron moving with a velocity of  $0.999c$  in the laboratory system where  $c$  is the velocity of light.
- (b) Calculate the de Broglie wavelength of a 100 MeV electron.
- (c) Calculate the minimum uncertainty in the momentum of a proton confined to a nucleus of radius  $10^{-14}$  m. Also calculate the minimum kinetic energy of the proton.

- (d) Obtain the most probable value of  $r$  for the ground state of a hydrogen atom for which the wave function is

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

- (e) List all the spectral terms of a hydrogen-like atom in  $n = 3$  state.
- (f) The half-life of a radioactive element is 26 days. Calculate the time required for 25% of the element to decay.
- (g) Explain whether the following reactions are possible :



**2. Answer any **one** part :**

- (a) An electron is moving with a speed of  $0.85 c$  in a direction opposite to that of a photon. Calculate the relative velocity of the photon with respect to the electron. 5

- (b) A pion at rest decays into a muon and a neutrino (zero rest mass). Using the relativistic law of conservation of energy and momentum obtain the momentum of muon in terms of  $m_\pi$  and  $m_\mu$ . 5

**3. Answer any *one* part :**

(a) (i) Write the time-dependent Schrödinger equation and deduce the time-independent Schrödinger equation. 5

(ii) Obtain the value of the commutator  $[L_x, L_y]$ . 5

(b) (i) State the properties of wave function. 5

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

$$\psi(x) = A \sin \frac{n\pi x}{L}.$$

Obtain the normalisation constant. 5

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

(a) Give the selection rules for atomic transitions that yield a characteristic X-ray spectrum. Draw the approximate energy levels for the L and M shells and show all the allowed transitions. Use Moseley's law to obtain the frequency of an X-ray line when an L to K transition takes place in an Ag atom for  $\sigma = 3$ . 10

- (b) Write down the time-independent Schrödinger equation for a one-dimensional harmonic oscillator which has an angular frequency  $\omega$ . Also calculate the mean kinetic energy and potential energy of the oscillator in the ground state given by the wave function

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

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

10

5. Answer any ***one*** part :

- (a) Define mass defect and binding energy. The energy released when two  ${}^2_1H$  nuclei fuse together to form  ${}^4_2He$  nucleus is 23.6 MeV. Given that the binding energy per nucleon in  ${}^2_1H$  is 1.1 MeV, calculate the binding energy per nucleon for  ${}^4_2He$ . 5

- (b) Explain the working of Wilson cloud chamber.

5

### ***Physical Constants***

$$h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

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

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

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2015

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 या लॉग सारणियों का प्रयोग कर सकते हैं। भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं।

1. किन्हीं पाँच भागों के उत्तर दीजिए :

$5 \times 4 = 20$

- (क) प्रयोगशाला तंत्र में  $0.999\text{c}$  के वेग से गतिमान एक इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा परिकलित कीजिए, जहाँ  $\text{c}$  प्रकाश का वेग है।
- (ख) एक  $100\text{ MeV}$  इलेक्ट्रॉन के संगत दे ब्रॉग्ली तरंगदैर्घ्य की गणना कीजिए।
- (ग)  $10^{-14}\text{ m}$  त्रिज्या वाले एक नाभिक में परिरुद्ध एक प्रोटॉन के संवेग में न्यूनतम अनिश्चितता की गणना कीजिए। प्रोटॉन की न्यूनतम गतिज ऊर्जा भी परिकलित कीजिए।

- (घ) हाइड्रोजन परमाणु की मूल अवस्था का तरंग फलन निम्नलिखित है :

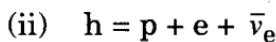
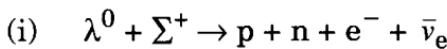
$$\psi(r) = \frac{2}{(a_0^3)^{1/2}} e^{-r/a_0}$$

इस अवस्था के लिए  $r$  का सबसे अधिक प्रायिकता (प्रसंभाव्य) वाला मान प्राप्त कीजिए।

- (ङ) एक हाइड्रोजन-सम परमाणु की  $n = 3$  अवस्था के लिए सभी स्पेक्ट्रमी पदों को सूचीबद्ध कीजिए।

- (च) एक रेडियोऐक्टिव तत्त्व की अर्ध-आयु 26 दिन है। इस तत्त्व के 25% भाग को क्षय होने में लगे समय को परिकलित कीजिए।

- (छ) समझाइए कि निम्नलिखित अभिक्रियाएँ सम्भव हैं या नहीं :



## 2. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए :

- (क) एक इलेक्ट्रॉन,  $0.85 c$  की चाल से, एक फ़ोटॉन के विपरीत दिशा में गतिमान है। इलेक्ट्रॉन के सापेक्ष फ़ोटॉन का आपेक्षिक वेग परिकलित कीजिए।

5

- (ख) एक पाइऑन जो विरामावस्था में है, एक म्यूऑन और एक न्यूट्रिनो (जिसका विराम द्रव्यमान शून्य है) में क्षय होता है। आपेक्षिकीय संवेग और ऊर्जा के संरक्षण नियमों का प्रयोग करते हुए,  $m_\pi$  और  $m_\mu$  के पदों में म्यूऑन का संवेग प्राप्त कीजिए।

5

**3. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए :**

(क) (i) कालाश्रित श्रोडिनर समीकरण लिखिए और उससे काल-स्वतंत्र श्रोडिनर समीकरण व्युत्पन्न कीजिए । 5

(ii) कम्प्यूटर  $[L_x, L_y]$  का मान प्राप्त कीजिए । 5

(ख) (i) तरंग फलन के गुणधर्म बताइए । 5

(ii)  $0 < x < L$  लम्बाई में परिरुद्ध, एक कण का तरंग फलन निम्नलिखित है :

$$\psi(x) = A \sin \frac{n \pi x}{L}$$

इसका प्रसामान्यीकरण नियतांक प्राप्त कीजिए । 5

**4. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए :**

(क) अभिलक्षणिक X-किरण स्पेक्ट्रम उत्पन्न करने वाले परमाणवीय संक्रमणों के लिए वरण नियम बताइए । L और M कोशों के लिए सन्निकट ऊर्जा-स्तरों के आरेख बनाइए और उसमें सभी अनुमत संक्रमणों को दिखाइए । मोज़ले के नियम का इस्तेमाल करके चाँदी (Ag) के परमाणु में जब L से K संक्रमण होने पर उत्पन्न X-किरण रेखा की आवृत्ति प्राप्त कीजिए ।  $\sigma = 3$  लीजिए । 10

(ख) एक एकविमीय सरल आवर्ती दोलक की कोणीय आवृत्ति  $\omega$  है। इसके लिए काल-स्वतंत्र श्रोडिनगर समीकरण लिखिए। मूल अवस्था में स्थित सरल आवर्ती दोलक के लिए औसत गतिज ऊर्जा और स्थितिज ऊर्जा का मान भी परिकलित कीजिए। मूल अवस्था में तरंग फलन

$$\psi(x) = \left(\frac{a}{\pi}\right)^{1/2} \exp\left(\frac{-a^2x^2}{2}\right) \text{लीजिए,}$$

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

10

5. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए :

(क) द्रव्यमान क्षति और बंधन ऊर्जा की परिभाषा दीजिए।

जब दो  ${}^2_1H$  नाभिक संगलित होकर एक साथ  ${}^4_2He$  नाभिक बनाते हैं तो 23.6 MeV ऊर्जा उत्सर्जित होती है। दिया गया है कि  ${}^2_1H$  के लिए प्रति न्यूक्लिओन बंधन ऊर्जा 1.1 MeV है, तो  ${}^4_2He$  के लिए प्रति न्यूक्लिओन बंधन ऊर्जा परिकलित कीजिए।

5

(ख) विल्सन मेघ कक्ष की कार्यप्रणाली समझाइए।

5

### भौतिक नियतांक

$$h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

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

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