

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 :

5×4=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 :

(i) $\lambda^0 + \Sigma^+ \rightarrow p + n + e^- + \bar{\nu}_e$

(ii) $h = p + e + \bar{\nu}_e$

2. Answer any **one** part :

- (a) An electron is moving with a speed of $0.85c$ 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_π and m_μ .

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 ω . Also calculate the mean kinetic energy and potential energy of the oscillator in the ground state given by the wave function

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

$$\text{where } a = \frac{m\omega}{\hbar}. \quad 10$$

5. Answer any **one** part :

- (a) Define mass defect and binding energy. The energy released when two ${}^2_1\text{H}$ nuclei fuse together to form ${}^4_2\text{He}$ nucleus is 23.6 MeV. Given that the binding energy per nucleon in ${}^2_1\text{H}$ is 1.1 MeV, calculate the binding energy per nucleon for ${}^4_2\text{He}$. 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 कैल्कुलेटर्स या लॉग सारणियों का प्रयोग कर सकते हैं । भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं ।

1. किन्हीं पाँच भागों के उत्तर दीजिए :

5×4=20

(क) प्रयोगशाला तंत्र में $0.999c$ के वेग से गतिमान एक इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा परिकलित कीजिए, जहाँ c प्रकाश का वेग है ।

(ख) एक 100 MeV इलेक्ट्रॉन के संगत दे ब्रॉग्ली तरंगदैर्घ्य की गणना कीजिए ।

(ग) 10^{-14} 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 रेडियोएक्टिव 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 :
- (i) $\lambda^0 + \Sigma^+ \rightarrow p + n + e^- + \bar{\nu}_e$
- (ii) $h = p + e + \bar{\nu}_e$

2. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए :

- (क) एक इलेक्ट्रॉन, $0.85c$ की चाल से, एक फोटॉन के विपरीत दिशा में गतिमान है । इलेक्ट्रॉन के सापेक्ष फोटॉन 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_π और m_μ के पदों में म्यूऑन का संवेग प्राप्त कीजिए । 5

3. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए :

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

(ii) कम्यूटेटर $[L_x, L_y]$ 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 परमाण्वीय 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 ω है। इसके लिए काल-स्वतंत्र श्रोडिन्गर 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

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

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

10

5. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए :

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

जब दो ${}^2_1\text{H}$ नाभिक संगलित होकर एक साथ ${}^4_2\text{He}$ नाभिक बनाते हैं तो 23.6 MeV ऊर्जा उत्सर्जित होती है। दिया गया है कि ${}^2_1\text{H}$ के लिए प्रति न्यूक्लिऑन बंधन ऊर्जा 1.1 MeV है, तो ${}^4_2\text{He}$ के लिए प्रति न्यूक्लिऑन बंधन ऊर्जा परिकलित कीजिए।

5

(ख) विल्सन मेघ कक्ष की कार्यप्रणाली समझाइए।

5

भौतिक नियतांक

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

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

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