

No. of Printed Pages : 12

PHE-11

**BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)****Term-End Examination, 2019****PHYSICS****PHE-11 : MODERN PHYSICS****Time : 2 Hours]****[Maximum Marks : 50**

---

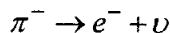
**Note :** Attempt all questions. The marks for each question are indicated against it. Symbols have their usual meanings. You may use non-programmable calculators or log tables. The values of the physical constants are given at the end.

---

---

1. Answer any five parts : [5x4=20]
- (a) Two galaxies are receding in opposite directions at speeds of  $0.4c$ . What speed would an observer in one of these galaxies observe for the other galaxy ?
- (b) Use de-Broglie's relation for the wavelength of a particle of momentum  $p$  to derive Bohr's angular momentum quantization condition.

- (c) A particle of mass  $m$  is confined to a line of length  $L$ . From arguments based on the uncertainty principle, show that the energy of the particle can never be zero.
- (d) State the selection rules for X-ray spectra. Draw the energy level diagram for L and M shells and show all the allowed transitions.
- (e) State Pauli's Exclusion Principle. Obtain the electronic configuration for atoms with atomic number  $Z = 19$  and  $Z = 38$ .
- (f) How much time is required for 5mg of  $^{22}\text{Na}$  to reduce to 1 mg ? ( $T_{1/2}$  for Na = 2.60 years)
- (g) (i) Classify the following elementary particles into leptons, baryons and mesons :
- $\pi^0, \Sigma^+, \nu_e, \lambda$
- (ii) Explain whether the following reaction is allowed or not :



2. Answer any one part :

(a) Explain why we don't observe the effects of time dilation in everyday phenomena. A galaxy is receding from the earth at a speed of  $1.5 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}$ . If it emits light of characteristic wavelength 550 nm, what is the corresponding wavelength measured by astronomers on earth? [1+4=4]

(b) The rest mass of proton is  $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ . Determine the force required to give the proton an acceleration of  $10^{15} \text{ ms}^{-2}$  in the direction of motion when  $v = 0.8c$ . [5]

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

(a) (i) State the properties of a wave function. Can the following wave function represent a Physical System : [5]

$$\psi(x) = N(1 + ix)e^{-x} \quad \text{for } x > 1$$
$$= 0 \quad \text{for } x < 1$$

(ii) Evaluate  $[xp_x, P_x^2]$  [5]

- (b) (i) Write the time-dependent Schrödinger equation and deduce the time independent Schrödinger equation from it. [5]
- (ii) Define the parity operator. Show that the parity operator is a Hermitian operator. [5]

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

- (a) (i) Calculate the mean potential energy for the one dimensional simple harmonic oscillator in its ground state defined by the wave function :

$$\psi_0(x) = \left( \frac{a}{\sqrt{\pi}} \right)^{1/2} \exp\left( -\frac{a^2 x^2}{2} \right)$$

where  $a^2 = \frac{m\omega}{\hbar}$  and the potential energy

$$\text{function is } V(x) = \frac{1}{2} m \omega^2 x^2. \quad [5]$$

- (ii) Write down the orbital and magnetic quantum numbers for  $n=4$ . Hence, deduce the number of degenerate eigen functions for the hydrogen atom for  $n=4$ .

[5]

- (b) (i) Show that for a 1s electron in the hydrogen atom, the average value of  $\frac{1}{r}$  is  $\frac{1}{a_0}$ , where the wave function is :

$$\Psi = \frac{e^{-r/a_0}}{\sqrt{\pi} a_0^{3/2}} \quad [5]$$

- (ii) Determine the probability that a particle in a box of width 'L' can be found between  $x=0$  and  $x = \frac{L}{n}$  in its  $n^{\text{th}}$  state.

use  $\Psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right)$  and write the intermediate steps.

5. Answer any one part : [5]

- (a) Define mass defect and binding energy. Calculate the binding energy per nucleon for  ${}^{96}_{42}\text{Mo}$  ( $M = 95.94\text{u}$ ). Take  $m_n = 1.008665\text{u}$  and  $m_p = 1.007825\text{u}$ . [2+3=5]

- (b) Describe in brief any five uses of radio isotopes as tracers. Distinguish between fast and thermal reactors. [3+2=5]

### Physical constants

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

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

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

$$1u = 1.66 \times 10^{-27} \text{kg}$$

----- X -----

विज्ञान स्नातक (बी.एस.सी.)

सत्रांत परीक्षा, 2019

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-11 : आधुनिक भौतिकी

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

नोट : सभी प्रश्न कीजिए। प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिये गए हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं। आप अप्रोग्रामीय कैल्कुलेटरो या लॉग सारणियों का प्रयोग कर सकते हैं। भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं।

1. किन्हीं पाँच भागों के उत्तर दीजिए : [5x4=20]

(क) दो मंदाकिनियों 0.4c की चाल से एक-दूसरे की विपरीत दिशा में एक-दूसरे से दूर जा रही हैं। इनमें से एक मंदाकिनी में स्थित प्रेक्षक द्वारा दूसरी मंदाकिनी की चाल का मापा गया मान क्या होगा ?

(ख) संवेग  $p$  वाले कण के लिए तरंगदैर्घ्य के दी-ब्रॉग्ली संबंध से बोअर का कोणीय संवेग क्वांटमीकरण प्रतिबंध व्युत्पन्न कीजिए।

(ग) द्रव्यमान  $m$  का एक कण लम्बाई  $L$  के रेखाखंड में परिरुद्ध है। अनिश्चितता सिद्धांत पर आधारित तर्कों से सिद्ध कीजिए कि कण की ऊर्जा कभी भी शून्य नहीं हो सकती।

(घ) X- किरण स्पेक्ट्रम के लिए वरण नियम लिखिए।  $L$  और  $M$  कोश के लिए ऊर्जा-स्तर आरेख खींचिए और उनमें सभी अनुमत संक्रमण दिखाइए।

(च) पाउली अपवर्जन सिद्धांत का कथन दीजिए।  $Z = 19$  और  $Z = 38$  परमाणु संख्या वाले परमाणुओं के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए।

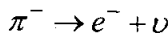
(छ)  $^{22}\text{Na}$  के 5mg को घटकर 1mg रह जाने में कितना समय लगता है ?

(  $\text{Na}$  के लिए  $T_{1/2}$  2.60 वर्ष )

(ज) (i) निम्नलिखित मूल कणों को लेप्टॉन, बेरिऑन और मीसॉन वर्गों में वर्गीकृत कीजिए :

$$\pi^0, \Sigma^+, \nu_e, \lambda$$

(ii) समझाइए कि निम्नलिखित अभिक्रिया अनुमत है या नहीं :





2. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए :

(क) समझाइए कि रोजाना की घटनाओं में हमें काल वृद्धि का प्रभाव क्यों नहीं दिखता। एक मंदाकिनी पृथ्वी से  $1.5 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}$  की चाल से दूर जा रही है। यदि वह 550 nm की अभिलाक्षणिक तरंगदैर्घ्य का प्रकाश उत्सर्जित करती है, तो पृथ्वी के खगोल वैज्ञानिक उस प्रकाश की क्या तरंगदैर्घ्य मापेंगे ? [1+4=4]

(ख) प्रोटॉन का विराम द्रव्यमान  $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$  है। गति की दिशा में प्रोटॉन को  $10^{15} \text{ ms}^{-2}$  त्वरण देने के लिए आवश्यक बल की गणना कीजिए जबकि  $v = 0.8c$  [5]

3. कोई एक भाग, (क) या (ख) कीजिए :

(क) (i) तरंगफलन के गुणधर्म लिखिए। क्या निम्नलिखित तरंगफलन एक भौतिक निकाय को निरूपित कर सकता है : [5]

$$\psi(x) = N(1+ix)e^{-x} \quad , x > 1 \text{ के लिए}$$

$$= 0 \quad , x < 1 \text{ के लिए}$$

(ii)  $[xp_x, P_x^2]$  का मान प्राप्त कीजिए। [5]

(ख) (i) कालाश्रित श्रोडिन्गर समीकरण लिखिए और उसके काल स्वतंत्र श्रोडिन्गर समीकरण प्राप्त कीजिए।

[5]

- (ii) पैरिटी संकारक की परिभाषा दीजिए। सिद्ध कीजिए कि पैरिटी संकारक, हर्मिटी संकारक है। [5]

4. कोई एक भाग, (क) या (ख) कीजिए :

- (क) (i) एकविम सरल आवर्ती दोलक की मूल अवस्था के लिए माध्य स्थितिज ऊर्जा की गणना कीजिए। मूल अवस्था का तरंग फलन है :

$$\psi_0(x) = \left( \frac{a}{\sqrt{\pi}} \right)^{1/2} \exp\left( -\frac{a^2 x^2}{2} \right)$$

जहाँ  $a^2 = \frac{m\omega}{\hbar}$  और स्थितिज ऊर्जा फलन है

$$V(x) = \frac{1}{2} m \omega^2 x^2 \quad [5]$$

- (ii)  $n = 4$  के लिए कक्षीय और चुंबकीय क्वांटम अंकों के मान लिखिए। अतएव,  $n = 4$  के लिए हाइड्रोजन परमाणु के अपभ्रष्ट तरंगफलनों की संख्या प्राप्त कीजिए। [5]

- (ख) (i) सिद्ध कीजिए कि हाइड्रोजन परमाणु के  $1s$  इलेक्ट्रॉन के लिए  $\frac{1}{r}$  का औसत मान  $\frac{1}{a_0}$  है, जहाँ तरंगफलन है :

$$\Psi = \frac{e^{-r/a_0}}{\sqrt{\pi} a_0^{3/2}} \quad [5]$$

- (ii) इस बात की प्रायिकता ज्ञात कीजिए कि कोई कण अपनी  $n$ वीं अवस्था में चौड़ाई 'L' वाले बक्स में  $x=0$  और  $x = \frac{L}{n}$  के बीच पाया जा सकता है। इसके लिए

$$\Psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \text{ लें और गणना में बीच के चरण लिखिए।} \quad [5]$$

5. कोई एक भाग कीजिए :

- (क) द्रव्यमान क्षति और बंधन ऊर्जा की परिभाषा दीजिए।  ${}_{42}^{96}\text{Mo}$  ( $M = 95.94u$ ) के लिए प्रति न्यूक्लियॉन बंधन ऊर्जा की गणना कीजिए।  $m_n = 1.008665u$  और  $m_p = 1.007825u$  लीजिए। [2+3=5]

- (ख) ट्रेसर के रूप में रेडियोआइसोटोप के पाँच उपयोग लिखिए। द्रुत रिएक्टर और तापीय रिएक्टर में अंतर बताइए। [3+2=5]

## भौतिक नियतांक

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

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

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

$$1u = 1.66 \times 10^{-27} \text{kg}$$

----- X -----