No. of Printed Pages : 10

PHE-11

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination-2020

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 calculators. The values of the physical constants are given at the end. Symbols have their usual meaning.

1. Attempt any five parts: 2×5=10

   (a) A spaceship moves relative to an observer at a speed of 0.6 C. The observer measures its length to be 20 m. How long would it be when at rest?

   (b) Calculate the de Broglie wavelength of an electron which has an energy of 10 eV.

   (c) What is the probabilistic interpretation of the wave function?

   (d) Write down the electronic configuration for atoms with $Z = 25$ and $Z = 32$.

(e) State the selection rules for atomic transitions that yield a characteristic X-ray spectrum.

(f) Calculate the binding energy of $_{17}Cl^{35}$. (m_p = 1.0078 u, m_n = 1.0087 u, m_e = 0.0005 u and 1u = 931.3 MeV).

(g) Give any four uses of radioisotopes as tracers.

2. Attempt <u>any two</u> parts: 5×2=10

(a) The average lifetime of muons at rest is 2.2 μs. In a laboratory measurement on muons emerging from a particle accelerator, the average lifetime of the muons as measured in the lab frame is 6.6 μs. What is the speed of the muons and their kinetic energy in the lab frame? (Rest energy of the muon is 10^8 eV).

(b) A transmitter of light flashes with a period τ and frequency $\gamma\left(=\frac{1}{\tau}\right)$ in its rest fram S. Derive an expression for the frequency (γ') of the light wave, as measured in a frame S' moving with a velocity $u\hat{i}$ with S.

(c) Write down the expression for the relativistic force law. Show that the force required to give an acceleration $\vec{a}$ to a particle in the

direction of its motion is $\vec{F} = \gamma^3 m_0 \vec{a}$, where m_0 is the rest mass of the particle and

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1+v^2/c^2}}$$

3. Attempt <u>any two</u> parts: 5×2=10

(a) (i) The wave function of a particle moving along the x-axis is given by: 3

$$\psi(x) = \begin{cases} Nx(a-x) & , \ 0 < x < a \\ 0 & , \ \text{elsewhere} \end{cases}$$

Determine the normalization constant N.

(ii) Show that $[x, p_x] = i\hbar$. 2

(b) Write down the time-dependent Schrödinger equation for the one-dimensional motion of a particle of mass m moving in a potential $V(x, t)$. From this derive the time-independent Schrödinger equation for a potential $V(x)$ which is independent of time.

(c) Show that the rate of change of an observable D which does not depend explicitly on time is given by:

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

4. Attempt <u>any one</u> part: 10

(a) Calculate the mean kinetic energy and mean potential energy for a harmonic oscillator for the ground state defined by the wavefunction:

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

where $a^2 = \frac{m\omega}{\hbar}$. It is given that $V(x) = \frac{1}{2}m\omega^2x^2$. Sketch the eigenfunction of the harmonic oscillator in the ground state. 8+2

(b) (i) State the selection rules for X-ray spectra. Explain with the help of a diagram the transitions that give rise to K_α lines. 4

(ii) Characteristic X-rays of frequency 4.2×10^{18} Hz are produced when transitions from L to K shell, take place in a material. Use Moseley's law to determine the atomic number of the material. Take $\sigma = 1$. 6

5. Attempt any two parts: 5×2=10

(a) Define the activity of a radioactive substance. The initial activity of a radioactive sample of P_{15}^{32} which has a half life of 14.2 days is 5.22×10^{6} Bq. Determine the number of nucleii of P_{15}^{32} which will be left after 10 days. 1+4

(b) Describe the liquid drop model of fission. 5

(c) Draw a schematic diagram of a nuclear reactor showing its general features. Explain the purpose of sheilding and how it is carried out. 3+2

Physical constants:

$h = 6.626\times10^{-34}$ Js

$m_e = 9.1\times10^{-31}$ kg

$c = 3\times10^{8}$ ms^{-1}

—x—

विज्ञान स्नातक (बी.एससी.)

सत्रांत परीक्षा-2020

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-11 : आधुनिक भौतिकी

समय : 2 घण्टे *अधिकतम अंक : 50*

नोट: सभी प्रश्न अनिवार्य हैं। प्रत्येक प्रश्न के अंक सामने दिए गए हैं। आप कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं। भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

1. कोई पाँच भाग कीजिए: 5×2=10

(क) एक अंतरिक्ष यान एक प्रेक्षक के सापेक्ष 0.6 C की चाल से निकलता है। प्रेक्षक उसकी लम्बाई 20 m मापता है। विरामावस्था में अंतरिक्षयान की लम्बाई क्या होगी?

(ख) ऊर्जा 10 eV वाले एक इलेक्ट्रॉन की दे ब्राग्ली तरंगदैर्घ्य परिकलित कीजिए।

(ग) तरंग फलन की सांख्यिकीय व्याख्या क्या है? बताइये।

(घ) $Z = 25$ और $Z = 32$ वाले परमाणुओं का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिये।

(ङ) उन परमाण्वीय संक्रमणों के लिए वरण नियम बताइये, जिनसे अभिलाणिक X-किरण स्पेक्ट्रम उत्पन्न होता है।

(च) $_{17}Cl^{35}$ के लिए बंधन ऊर्जा परिकलित कीजिए। (m_p = 1.0078 u, m_n = 1.0087 u, m_e = 0.0005 u और $1u$ = 931.3 MeV)

(छ) ट्रेसर के रूप में रेडियोआइसोटोप के कोई चार अनुप्रयोग बताइये।

2. कोई दो भाग कीजिए: 5×2=10

(क) विरामावस्था में स्थित म्यूऑनों का औसत जीवनकाल 2.2 μs है। प्रयोगशाला में एक कण त्वरित्र से निकलने वाले म्यूऑनों का औसत जीवनकाल , प्रयोगशाला तंत्र में 6.6 μs मापा जाता है। म्यूऑनों की चाल और गतिज ऊर्जा परिकलित कीजिए। (म्यूऑन की विराम ऊर्जा 10^8 eV है).

(ख) एक प्रकाश का स्रोत अपने विराम तंत्र S में आवर्तकाल τ और आवृत्ति $\gamma\left(=\frac{1}{\tau}\right)$ से प्रकाश उत्सर्जित करता है। S के सापेक्ष वेग $u\hat{i}$ से गतिमान तंत्र S' में इस प्रकाश तरंग की आवृत्ति γ' का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

(ग) आपेक्षिकीय बल नियम का व्यंजक लिखिये। सिद्ध कीजिए कि एक कण को उसकी गति की दिशा में त्वरण $\vec{a}$ देने के लिए आवश्यक बल $\vec{F} = \gamma^3 m_0 \vec{a}$,है, जहाँ m_0 कण का विराम द्रव्यमान है और $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1+v^2/c^2}}$

3. कोई दो भाग कीजिए: 5×2=10

(क) (i) x-अक्ष के अनुदिश गतिमान एक कण का तरंग-फलन निम्नलिखित है: 3

$$\psi(x) = \begin{cases} Nx(a-x) & , \ 0 < x < a \\ 0 & , \ \text{अन्यथा} \end{cases}$$

प्रसामान्यीकरण नियतांक N परिकलित कीजिए।

(ii) सिद्ध कीजिए कि $[x, p_x] = i\hbar$. 2

(ख) $V(x, t)$ के अधीन गतिमान द्रव्यमान m वाले कण की एकविम गति के लिए कालाश्रित श्रोडिन्गर समीकरण लिखिये। इससे काल स्वतंत्र श्रोडिन्गर समीकरण व्युत्पन्न कीजिए जिसमें विभव $V(x)$, समय से स्वतंत्र हो।

(ग) D एक प्रेक्षणीय है, जो स्पष्ट रूप से समय पर निर्भर नहीं करता। सिद्ध कीजिए कि इसके परिवर्तन की दर निम्नलिखित है:

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

4. कोई एक भाग कीजिए: 10

(क) मूल अवस्था में स्थित आवर्ती दोलक के लिए औसत गतिज ऊर्जा और औसत स्थितिज ऊर्जा परिकलित कीजिए, यदि मूल अवस्था के लिए तरंग फलन निम्नलिखित है:

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

जहाँ $a^2 = \frac{m\omega}{\hbar}$ है। दिया गया है कि $V(x) = \frac{1}{2}m\omega^2x^2$.

मूल अवस्था में आवर्ती दोलक का आइगेन फलन आरेखित कीजिए। 8+2

(ख) (i) X-किरण स्पेक्ट्रम के लिए वरण नियम बताइये। आरेख की सहायता से K_α रेखाएँ उत्पन्न करने वाले संक्रमण समझाइये। 4

(ii) L से K कोश के संक्रमण से एक पदार्थ में 4.2×10^{18} Hz आवृत्ति वाले अभिलाक्षणिक X-किरणें उत्पन्न होती हैं। मोज़्ले के नियम का प्रयोग करके पदार्थ की परमाणु संख्या निर्धारित कीजिए। $\sigma = 1$ लें। 6

5. **कोई दो** भाग कीजिए: 5×2=10

(क) एक रेडियोएक्टिव पदार्थ की सक्रियता की परिभाषा दीजिए। P_{15}^{32} के रेडियोएक्टिव प्रतिदर्श की प्रारम्भिक सक्रियता 5.22×10^6 Bq है। इसकी अर्द्ध-आयु 14.2 दिन है। निर्धारित कीजिए कि 10 दिन के बाद P_{15}^{32} के कितने नाभिक रह जाएंगे। 1+4

(ख) विखण्डन के द्रव बूंद मॉडल का वर्णन कीजिए। 5

(ग) एक नाभिकीय रिएक्टर का व्यवस्था चित्र बनाइये और उसमें उसके सामान्य लक्षण दिखाइये। बताइये कि परिरक्षण

की आवश्यकता क्यों होती है और वह कैसे की जाती है। 3+2

भौतिक स्थिरांकः

$h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js

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

$c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}

—x—