Roll No. …………………..

PH–09

Elementary Quantum Mechanics

(प्रारंभिक क्वांटम यान्त्रिकी)

Bachelor of Science (BSC–12/16)

Third Year, Examination, 2018

Time : 3 Hours **Max. Marks : 40**

Note : This paper is of **forty (40)** marks containing **three (03)** Sections A, B and C. Learners are required to attempt the questions contained in these Sections according to the detailed instructions given therein.

नोट : यह प्रश्न पत्र चालीस (40) अंकों का है जो तीन (03) खण्डों 'क', 'ख' तथा 'ग' में विभाजित है। शिक्षार्थियों को इन खण्डों में दिए गए विस्तृत निर्देशों के अनुसार ही प्रश्नों के उत्तर देने हैं।

Section–A / खण्ड–क

(Long Answer Type Questions) / (दीर्घ उत्तरीय प्रश्न)

Note : Section 'A' contains four (04) long answer type questions of nine and half ($9\frac{1}{2}$) marks each. Learners are required to answer *two* (02) questions only.

नोट : खण्ड 'क' में चार (04) दीर्घ उत्तरीय प्रश्न दिये गये हैं। प्रत्येक प्रश्न के लिए साढ़े नौ ($9\frac{1}{2}$) अंक निर्धारित हैं। शिक्षार्थियों को इनमें से केवल दो (02) प्रश्नों के उत्तर देने हैं।

1. Show that the fractional change in photon energy $\frac{\Delta E}{E}$ in Compton effect is equal to $\frac{h\nu'}{m_0 c^2}(1 - \cos\phi)$, where ν' is the frequency of scattered photon, ϕ is the angle of scattering.

   दिखाइए कि कॉम्पटन प्रभाव में फोटॉन ऊर्जा में आंशिक परिवर्तन $\frac{\Delta E}{E}$, $\frac{h\nu'}{m_0 c^2}(1 - \cos\phi)$ के बराबर है, जहाँ ν' बिखरे फोटॉन की आवृत्ति है, ϕ बिखरने का कोण है।

2. Derive an expression for the wave function and energy of a paricle confined in one-dimensional box using Schrödinger equation.

   श्रोडिन्जर समीकरण का उपयोग करते हुए एक आयामी बॉक्स में कण के तरंग फलन एवं ऊर्जा के लिए एक सूत्र प्राप्त कीजिए।

3. What is the meaning of expectation value ? Show that the expectation value of momentum for a particle in 1 D box is zero.

   प्रत्याशा मान से क्या तात्पर्य है ? दिखाइये कि एक 1 D बॉक्स में स्थित कण के संवेग का प्रत्याशा मान शून्य होता है।

4. Solve the Schrödinger wave equation for hydrogen atom.

   हाइड्रोजन परमाणु के लिए श्रोडिन्जर तरंग समीकरण को हल कीजिए।

Section–B / खण्ड–ख

(Short Answer Type Questions) / (लघु उत्तरीय प्रश्न)

Note : Section 'B' contains eight (08) short answer type questions of four (04) marks each. Learners are required to answer *four* (04) questions only.

नोट : खण्ड 'ख' में आठ (08) लघु उत्तरीय प्रश्न दिये गये हैं। प्रत्येक प्रश्न के लिए चार (04) अंक निर्धारित हैं। शिक्षार्थियों को इनमें से केवल चार (04) प्रश्नों के उत्तर देने हैं।

1. Explain photoelectric effect with the help of Einstein theory.

   प्रकाशवैद्युत प्रभाव को आइंस्टीन के सिद्धान्त द्वारा समझाइए।

2. What is the meaning of zero point energy of harmonic oscillator ?

   सरल आवृत्ति दोलक की शून्य बिन्दु ऊर्जा को समझाइए।

3. Discuss the properties of a "well behaved" wave function.

   "अच्छे व्यवहार वाले" तरंग फलन के गुणों पर चर्चा कीजिए।

4. State the uncertainty principle and explain its physical significance.

   अनिश्चितता का सिद्धान्त लिखिए तथा इसके भौतिकीय महत्व की व्याख्या कीजिए।

5. Derive the time dependent Schrödinger wave equation.

   श्रोडिन्जर की काल आश्रित तरंग समीकरण प्राप्त कीजिए।

6. Find the de-Broglie wavelength of neutron whose energy is 1 eV. Mass of neutron is 1.67×10^{-27} kg,. Planck constant (h) is 6.63×10^{-34} J-s .
1 eV ऊर्जा वाले न्यूट्रॉन की डी-ब्रोग्ली तरंगदैर्घ्य प्राप्त कीजिए। न्यूट्रॉन का द्रव्यमान 1.67×10^{-27} kg है। प्लांक का नियतांक (h) 6.63×10^{-34} J-s है।

7. Define operator in quantum mechanics and explain it with simple examples.
क्वांटम यांत्रिकी के अनुसार संकारक को परिभाषत कीजिए और साधारण उदाहरणों के साथ इसकी व्याख्या कीजिए।

8. Write and explain the energy eigen value and energy levels of hydrogen atom.
हाइड्रोजन परमाणु के ऊर्जा आइगेन मान तथा ऊर्जा स्तरों को लिखिए तथा समझाइए।

Section–C / खण्ड–ग

(Objective Type Questions) / (वस्तुनिष्ठ प्रश्न)

Note : Section 'C' contains ten (10) objective type questions of half $\left(\frac{1}{2}\right)$ mark each. All the questions of this Section are compulsory.

नोट : खण्ड 'ग' में दस (10) वस्तुनिष्ठ प्रश्न दिये गये हैं। प्रत्येक प्रश्न के लिए आधा $\left(\frac{1}{2}\right)$ अंक निर्धारित है। इस खण्ड के सभी प्रश्न अनिवार्य हैं।

1. Which of the following is not the property of photons ?
(a) Momentum

(b) Energy

(c) Frequency

(d) Mass

निम्नलिखित में से कौन-सा फोटॉन का गुण नहीं है ?

(अ) संवेग

(ब) ऊर्जा

(स) आवृत्ति

(द) द्रव्यमान

2. The dimension of the quantity $\frac{h}{m c^2}$ is equivalent to :

(a) Momentum

(b) Energy

(c) Time

(d) Length

$\frac{h}{m c^2}$ की विमा बराबर है :

(अ) संवेग के

(ब) ऊर्जा के

(स) समय के

(द) लम्बाई के

3. The energy of one-dimensional harmonic oscillator in the ground state is :

(a) 0

(b) $\frac{1}{2}\hbar\omega$

(c) $\frac{3}{2}\hbar\omega$

(d) $\frac{5}{2}\hbar\omega$

एकविमीय आवृत्ति दोलित्र की ग्राउंड अवस्था की ऊर्जा का मान है :

(अ) 0

(ब) $\frac{1}{2}\hbar\omega$

(स) $\frac{3}{2}\hbar w$

(द) $\frac{3}{2}\hbar\omega$

4. The wave function for a particle must be normalised :

(a) because the charge must be conserved.

(b) because the particle's angular momentum must be conserved.

(c) because the particle cannot be in two places at the same time.

(d) because the particle must be somewhere.

एक कण के लिए तरंग फलन नॉर्मेलाइज्ड होना चाहिए :

(अ) क्योंकि कण का आवेश संरक्षित होना चाहिए।

(ब) क्योंकि कण का कोणीय संवेग संरक्षित होना चाहिए।

(स) क्योंकि कण एक साथ दो स्थानों पर नहीं हो सकता।

(द) क्योंकि कण को कहीं न कहीं होना चाहिए।

5. The energy of a particle in 1D box is directly proportional to :

(a) n

(b) $\frac{1}{n}$

(c) n^2

(d) $\frac{1}{n^2}$

एकविमीय बॉक्स में किसी कण की ऊर्जा अनुक्रमानुपाती होती है :

(अ) n

(ब) $\frac{1}{n}$

(स) n^2

(द) $\frac{1}{n^2}$

6. If E_1, E_2 and E_3 are the respective kinetic energies of an electron, an alpha particle and a proton each having the same de-Broglie wavelength, then :

(a) $E_1 = E_2 = E_3$

(b) $E_2 > E_3 > E_1$

(c) $E_1 > E_3 > E_2$

(d) $E_1 > E_2 > E_3$

यदि एकसमान डी-ब्रोग्ली तरंगदैर्घ्य वाले एक इलेक्ट्रॉन, एक अल्फा कण तथा एक प्रोटॉन की गतिज ऊर्जा क्रमशः E_1, E_2 एवं E_3 हैं, तो :

(अ) $E_1 = E_2 = E_3$

(ब) $E_2 > E_3 > E_1$

(स) $E_1 > E_3 > E_2$

(द) $E_1 > E_2 > E_3$

7. The nature of wave function ψ of a particle is :

(a) Real

(b) Complex

(c) Imaginary

(d) None of these

एक कण के तरंग फलन की प्रकृति होती है :

(अ) वास्तविक

(ब) मिश्रित

(स) काल्पनिक

(द) इनमें से कोई नहीं

8. A photon of frequency v has a momentum associated with it. If c is the velocity of light, then the momentum is :

(a) $\frac{hv}{c^2}$

(b) $\frac{hv}{c}$

(c) $\frac{v}{c}$

(d) $\frac{v}{c^2}$

एक v आवृत्ति वाले फोटॉन से संवेग सम्बद्ध है। यदि प्रकाश का वेग c है, तो संवेग है :

(अ) $\frac{hv}{c^2}$

(ब) $\frac{hv}{c}$

(स) $\frac{v}{c}$

(द) $\frac{v}{c^2}$

9. In quantum mechanics, it is possible for a particle confined to a region surrounded by high potential barrier to escape by :

(a) tunneling

(b) barrier climbing

(c) energy relocation

(d) conservation of mass and energy

क्वांटम यांत्रिकी में, उच्च बैरियर से बद्ध एक कण का पलायन निम्न के द्वारा संभव है :

(अ) सुरंग द्वारा

(ब) बैरियर पर चढ़ाई द्वारा

(स) ऊर्जा स्थानान्तरण द्वारा

(द) द्रव्यमान तथा ऊर्जा के संरक्षण द्वारा

10. The rest mass energy of an electron is :

    (a) 1.02 MeV

    (b) 0.51 MeV

    (c) 0 MeV

    (d) 2.06 MeV

    इलेक्ट्रॉन की स्थिर द्रव्यमान ऊर्जा होती है :

    (अ) 1.02 MeV

    (ब) 0.51 MeV

    (स) 0 MeV

    (द) 2.06 MeV