 Roll No. …………………..

# PH–09

## Elementary Quantum Mechanics

(प्रारंभिक क्वाण्टम यान्त्रिकी)

Bachelor of Science (BSC–12/16)

Third Year, Examination, 2017

**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. What is Photoelectric Effect ? Give the experimental results of photoelectric effect. How can photoelectric effect be explained with the help of Einstein's theory ?

   प्रकाशवैद्युत प्रभाव क्या है ? प्रकाशवैद्युत प्रभाव के लिए प्रयोगों द्वारा प्राप्त निष्कर्ष बताइए। आइंस्टीन के सिद्धान्त द्वारा प्रकाश वैद्युत प्रभाव की किस प्रकार व्याख्या की जा सकती है ?

2. Define operator. Give some examples of operators in quantum mechanics. Define linear operators and its properties.

   संकारक की परिभाषा दीजिए। क्वाण्टम यांत्रिकी के प्रयोग में आने वाले कुछ संकारकों के उदाहरण दीजिए। रेखीय संकारक की परिभाषा दीजिए तथा इसकी विशेषताएँ भी लिखिए।

3. Solve the Schrödinger wave equation for a particle in a one-dimensional box. Find out energy eigen value and eigen functions also.

   एकविमीय बॉक्स में कण की गति के लिए श्रोडिन्जर समीकरण को हल कीजिए तथा इसके ऊर्जा आइगन मान तथा आइगेन फलन प्राप्त कीजिए।

4. What is one-dimensional simple harmonic oscillator ? Solve the Schrödinger wave equation for one-dimensional harmonic oscillator. Also draw wave functions.

एकविमीय सरल आवर्ती दोलक क्या है ? एकविमीय सरल आवर्ती दोलक के लिए श्रोडिंजर समीकरण को हल कीजिए। इसके तरंग फलनों के प्रतिरूप चित्र बनाइए।

## 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. In Compton scattering if incident photon has wavelength $2.0 \times 10^{-10}$ m and $\phi = 90°$ deduce :

   (i) Compton shift

   (ii) Wave length of scattered photon

   Given :

   $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}$ kg, $h = 6.67 \times 10^{-34}$ J-s,

   $c = 3 \times 10^{8}$ m/s

कॉम्पटन प्रकीर्णन में यदि आपतित फोटॅान की तरंगदैर्घ्य $2.0 \times 10^{-10}$ m तथा प्रकीर्णन कोण $\phi = 90°$ हो तो गणना कीजिए :

(i) कॉम्पटन विस्थापन

(ii) प्रकीर्णित फोटॉन की तरंगदैर्घ्य

दिया है :

$m_0 = 9.1 \times 10^{-31}$ kg, $h = 6.67 \times 10^{-34}$ J-s, $c = 3 \times 10^{8}$ m/s

2. Explain de-Broglie hypothesis. Give the experimental verification of de-Broglie hypothesis.

दे ब्रॉग्ली परिकल्पना को समझाइए। दे ब्रॉग्ली परिकल्पना का प्रायोगिक सत्यापन दीजिए।

3. Define Hermitian operator. Show that momentum operator $\left(-i\hbar \frac{\partial}{\partial x}\right)$ is a Hermitian operator.

हर्मीशियन संकारक को समझाइए। सिद्ध कीजिए कि संवेग संकारक $\left(-i\hbar \frac{\partial}{\partial x}\right)$ एक हर्मीशियन संकारक है।

4. What is the meaning of expectation value ? Find out the expectation value of position for wave function $\psi(r, t)$.

प्रत्याशा मान से क्या तात्पर्य है ? तरंग फलन $\psi(r, t)$ के लिए स्थिति के प्रत्याशा मान की गणना कीजिए।

5. Find out the stationary state solution of the time independent Schrödinger wave equation.

काल अनाश्रित श्रोडिंजर तरंग समीकरण के लिए स्थाई अवस्था हल प्राप्त कीजिए।

6. Explain zero point energy.

शून्य बिन्दु ऊर्जा की व्याख्या कीजिए।

7. Analyse the spherical Harmonics of hydrogen atom.

हाइड्रोजन परमाणु के लिए गोलीय प्रसंवादी का विश्लेषण कीजिए।

8. Discuss the energy eigen value and energy levels of hydrogen atom.

हाइड्रोजन परमाणु के ऊर्जा आइगेन मान तथा ऊर्जा स्तरों की चर्चा कीजिए।

## Section–C / खण्ड–ग

### (Objective Type Questions) / (वस्तुनिष्ठ प्रश्न)

**Note :** Section 'C' contains ten (10) objective type questions of half ($\frac{1}{2}$) 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 ($\frac{1}{2}$) अंक निर्धारित है। इस खण्ड के सभी प्रश्न अनिवार्य हैं।

1. The momentum of photon is given by :

(a) $h/\lambda c$

(b) $\hbar k$

(c) $hc/\lambda$

(d) $\hbar \omega/ck$

फोटॉन के संवेग को दिया जाता है :

(अ) $h/\lambda c$

(ब) $\hbar k$

(स) $hc/\lambda$

(द) $\hbar\omega/ck$

2. If an electron can be stopped by a potential 5 volt, its kinetic energy is :

(a) 5 Volt

(b) 5 Joule

(c) 5 Calorie

(d) 5 eV

यदि किसी इलेक्ट्रॉन को 5 वोल्ट के विभव से रोका जा सकेए तो इसकी गतिज ऊर्जा होगी :

(अ) 5 वोल्ट

(ब) 5 जूल

(स) 5 कैलोरी

(द) 5 eV

3. Heisenberg's uncertainity principle is :

(a) $\Delta E . \Delta x \geq \hbar$

(b) $\Delta E . \Delta t \geq \hbar/2$

(c) $\Delta p . \Delta t \geq \hbar/2$

(d) $\Delta x . \Delta t \geq \hbar/2$

हाइजेनबर्ग का अनिश्चितता का सिद्धान्त है :

(अ) $\Delta E . \Delta x \geq \hbar$

(ब) $\Delta E . \Delta t \geq \hbar/2$

(स) $\Delta p . \Delta t \geq \hbar/2$

(द) $\Delta x . \Delta t \geq \hbar/2$

4. A free particle has :

(a) definite energy but indefinite momentum

(b) definite momentum but indefinite energy

(c) definite energy and definite momentum

(d) indefinite energy and indefinite momentum

एक मुक्त कण की होती है :

(अ) निश्चित ऊर्जा तथा अनिश्चित संवेग

(ब) निश्चित संवेग तथा अनिश्चित ऊर्जा

(स) निश्चित ऊर्जा तथा निश्चित संवेग

(द) अनिश्चित ऊर्जा तथा अनिश्चित संवेग

5. The energy of a one-dimensional harmonic oscillator in the first excited state is :

(a) 0

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

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

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

एकविमीय आवर्ती दोलित्र की प्रथम उत्तेजित अवस्था की ऊर्जा का मान है :

(अ) 0

(ब) $\frac{1}{2}\hbar\omega$

(स) $\frac{3}{2}\hbar\omega$

(द) $\frac{5}{2}\hbar\omega$

6. The reflection coefficient for a particle incident on a potential step with energy E less than the height of the slip is :

(a) 1

(b) 0

(c) 1/2

(d) 1/3

यदि कण की ऊर्जा E का मान विभव सीढ़ी की ऊँचाई से कम हो तो कण के परावर्तन गुणांक का मान होगा :

(अ) 1

(ब) 0

(स) 1/2

(द) 1/3

7. The wave function of hydrogen atom depends on :

(a) $n$

(b) $l$

(c) $n$ and $l$

(d) $n$, $l$ and $m_l$

हाइड्रोजन परमाणु का तरंग फलन निर्भर करता है :

(अ) $n$ पर

(ब) $l$ पर

(स) $n$ तथा $l$ पर

(द) $n, l$ तथा $m_l$ पर

8. The $z$ component of orbital angular momentum in the ground state of hydrogen :

(a) 0

(b) 1

(c) 2

(d) 3

हाइड्रोजन परमाणु की मूल अवस्था में कक्षीय कोणीय संवेग के $z$ अक्ष में घटक का मान है :

(अ) 0

(ब) 1

(स) 2

(द) 3

9. The maximum value allowed for orbital quantum number for a given principal quantum number $n$ is :

(a) $n$

(b) $n + 1$

(c) $n - 1$

(d) $n - 2$

मुख्य क्वाण्टम संख्या $n$ के लिए अधिकतम सम्भव कक्षीय क्वाण्टम संख्या का मान होगा :

(अ) $n$

(ब) $n + 1$

(स) $n - 1$

(द) $n - 2$

10. The ratio of proton mass to electron mass is :

(a) 1.837

(b) 18.37

(c) 183.7

(d) 1837

प्रोटॉन के द्रव्यमान तथा इलेक्ट्रॉन के द्रव्यमान के अनुपात का मान है :

(अ) 1.837

(ब) 18.37

(स) 183.7

(द) 1837