Total No. of Printed Pages—8

5 SEM FYUGP PHYC5B

2025

(November)

PHYSICS

(Core)

Paper : PHYC5B

(Quantum Mechanics—I)

Full Marks : 60

Time : 2 hours

The figures in the margin indicate full marks for the questions

1. নিম্নলিখিতবোৰৰ পৰা সঠিক উত্তৰটো বাছি উলিওৱা : 1×6=6

Choose the correct answer from the following :

(a) হামিলটনিয়ান অপাৰেটৰৰ আইগেনমান হৈছে

Eigenvalue of Hamiltonian operator is

(i) গতিশক্তি / kinetic energy

(ii) স্থিতিশক্তি / potential energy

(iii) (i) আৰু (ii) দুয়োটা / Both (i) and (ii)

(iv) মুঠ শক্তি / total energy

(b) যদি $\hat{A} = \frac{d^2}{dx^2}$ আৰু $\psi(x) = ae^{-2x}$ হয়, তেন্তে $\psi(x)$ৰ আইগেনমান হৈছে

If $\hat{A} = \frac{d^2}{dx^2}$ and $\psi(x) = ae^{-2x}$, then the eigenvalue of $\psi(x)$ is

(i) 2 (ii) 4

(iii) 1 (iv) 3

(c) এটা হাৰ্মʼনিক দোলকৰ শূন্য বিন্দু শক্তি হৈছে

The zero-point energy of a harmonic oscillator is

(i) $\frac{5}{2}\hbar\omega$ (ii) $\frac{3}{2}\hbar\omega$

(iii) $\frac{1}{2}\hbar\omega$ (iv) zero

(d) স্পিন কৌণিক ভৰবেগৰ z-উপাংশই লʼব পৰা মানসমূহ হৈছে

The z-component of spin angular momentum can take the values

(i) $\pm h$

(ii) $\pm\frac{\hbar}{2}$

(iii) $\pm\hbar$

(iv) $\pm 2\hbar$

(e) এটা বʼৰ মেগ্নেটনক সংজ্ঞায়িত কৰা হয় কেনেকৈ?

One Bohr magneton is defined as

(i) $\mu_B = \frac{2e\hbar}{m_e}$

(ii) $\mu_B = \frac{\hbar}{2m_e}$

(iii) $\mu_B = \frac{2e\hbar}{2m_e}$

(iv) $\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e}$

(f) স্পিন-অৰ্বিট অন্তঃকাৰ্যৰ কোনো প্ৰভাৱ নাথাকে

The spin-orbit interaction has no effect on

(i) f ষ্টেটৰ ওপৰত / f state

(ii) s ষ্টেটৰ ওপৰত / s state

(iii) d ষ্টেটৰ ওপৰত / d state

(iv) p ষ্টেটৰ ওপৰত / p state

2. তলত দিয়া প্ৰশ্নসমূহৰ উত্তৰ দিয়া : 2×6=12

Answer the following questions :

(a) দেখুওৱা যে, $[\hat{x}, \hat{P}_x] = i\hbar$.

Show that, $[\hat{x}, \hat{P}_x] = i\hbar$.

(b) ৱেভ পেকেটৰ সংজ্ঞা দিয়া। এটা ৱেভ পেকেট কিমান বেগত গতি কৰে?

Define wave packet. With what velocity does a wave packet move?

(c) এটা বিভৱৰ সীমাত এখন তৰংগ ফলন আৰু তাৰ অৱকলজে পূৰণ কৰিবলগীয়া সীমাৰ চৰ্তসমূহ কি কি?

What are the boundary conditions which should be satisfied by a wave function and its derivative at the boundary of a potential?

(d) 10^{-14} m আকাৰৰ এটা নিউক্লিয়াছত সীমাবদ্ধ হোৱা এটা নিউট্ৰনৰ সৰ্বনিম্ন শক্তিৰ মান গণনা কৰা। [নিউট্ৰনৰ ভৰ = $1 \cdot 67 \times 10^{-27}$ kg]

Calculate the value of lowest energy of a neutron confined to a nucleus of size 10^{-14} m. [Mass of the neutron = $1 \cdot 67 \times 10^{-27}$ kg]

(e) এটা ইলেক্ট্ৰনৰ মুঠ কৌণিক ভৰবেগ কিমান? d-কক্ষপথত থকা এটা ইলেক্ট্ৰনৰ বাবে ইয়াৰ মান গণনা কৰা।

What is the total angular momentum of an electron? Calculate its value for an electron in the d-orbital.

(f) জাইৰোমেগনেটিক অনুপাত বুলিলে কি বুজা? এটা ইলেক্ট্ৰনৰ অৰ্বিটাল আৰু স্পিন জাইৰোমেগনেটিক অনুপাতৰ মানসমূহ কি কি?

What do you mean by gyromagnetic ratio? What are the values of orbital and spin gyromagnetic ratios of an electron?

3. (a) এটা গতিশীল চলকৰ এক্সপেক্টেশ্বন মানৰ সংজ্ঞা দিয়া। তলত উল্লেখ কৰা তৰংগ ফলনৰ বাবে কৌণিক ভৰবেগৰ এক্সপেক্টেশ্বন মান গণনা কৰা :

$$\psi(x) = \left(\frac{2}{L}\right)^{\frac{1}{2}} \sin\frac{\pi x}{L}$$

$0 < x < L$ অংশত। 1+3=4

Define expectation value of a dynamical variable. Calculate the expectation value of momentum for the wave function

$$\psi(x) = \left(\frac{2}{L}\right)^{\frac{1}{2}} \sin\frac{\pi x}{L}$$

in the region $0 < x < L$.

(b) কক্ষীয় কোৱাণ্টাম সংখ্যা আৰু চুম্বকীয় কোৱাণ্টাম সংখ্যা কি? p আৰু d শ্বেলৰ বাবে এই কোৱাণ্টাম সংখ্যাবোৰৰ মান লিখা। 1+1+1+1=4

What are orbital quantum number and magnetic quantum number? Write down the value of these quantum numbers for p and d shells.

(c) হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ নিম্নতম অৱস্থাৰ বাবে তৰংগ ফলন (ψ_{100}) লিখা। *s*, *p* আৰু *d* শ্বেলৰ প্ৰবাবিলিটি ঘনত্বৰ ধ্ৰুৱীয় উপস্থাপন চিত্ৰৰ সহায়ত দেখুওৱা। 1+3=4

Write down the wave function for ground state (ψ_{100}) of hydrogen atom. Show diagrammatically the polar representation of probability densities for *s*, *p* and *d* shells.

(d) অৱস্থান কো[illegible]জেচনৰ ধাৰণাটো চমুকৈ ব্যাখ্যা কৰা। 3

Briefly explain the concept of space quantization.

(e) একেই ধৰণৰ কণিকাবোৰ কি কি? সমমিত আৰু অসমমিত তৰংগ ফলনৰ ধাৰণা ব্যৱহাৰ কৰি কেনেকৈ পাউলিৰ এক্সক্লুচনৰ নীতি প্ৰমাণ কৰিব পাৰি? 1+3=4

What are identical particles? How can Pauli's exclusion principle be proved using the concept of symmetric and anti-symmetric wave functions?

4. (a) স্থিৰ অৱস্থাৰ সংজ্ঞা দিয়া। সময় নিৰ্ভৰ শ্ৰ'ডিঙাৰ সমীকৰণৰ সাধাৰণ সমাধানৰ বাবে স্থিৰ অৱস্থাসমূহৰ ৰৈখিক সংযোজনৰ ৰূপত এটা সমীকৰণ উলিওৱা। 1+6=7

Define stationary state. Obtain an expression for the general solution of the time-dependent Schrödinger equation in terms of linear combinations of stationary states.

অথবা / Or

ভৰবেগ স্পেচ তৰংগ ফলনবোৰ কি কি? দেখুওৱা যে ভৰবেগ স্পেচ তৰংগ ফলন হৈছে অৱস্থান স্পেচ তৰংগ ফলনৰ ফুৰিয়েৰ ৰূপান্তৰণ। 1+6=7

What are momentum space wave functions? Show that the momentum space wave function is Fourier transform of the position space wave function.

(b) একমাত্ৰিক স্কুৱেয়াৰ ৱেল বিভৱত সীমাবদ্ধ হোৱা কণিকাৰ শক্তিৰ আইগেন মানসমূহ উলিওৱা। 7

Obtain the energy eigenvalues for a particle confined in a one-dimensional square well potential.

অথবা / Or

এটা সৰল হাৰ্ম'নিক দোলকৰ শক্তিৰ আইগেনফাংচনৰ বাবে এটা সমীকৰণ উলিওৱা আৰু হাৰ্মাইট প'লিন'মিয়েল ধাৰণা ব্যৱহাৰ কৰি নিম্নতম অৱস্থিত আইগেনফাংচন প্ৰকাশ কৰা।

Obtain an expression for the energy eigenfunction of a simple harmonic oscillator and hence express the ground state eigenfunction using the concept of Hermite polynomials.

(c) হুণ্ডৰ নিয়ম ব্যৱহাৰ কৰি $3p3d$-বিন্যাসৰ বাবে বিভিন্ন সম্ভাব্য পদসমূহৰ ক্ৰম দেখুওৱা । 5

Show the ordering of various possible terms for $3p3d$-configuration using Hund's rule.

5. তলত দিয়া বিষয়সমূহৰ যি কোনো এটাৰ ওপৰত চমু টোকা লিখা : 4

Write a short note on any *one* of the following :

(a) পাছেন-বেক প্ৰভাৱ

Paschen-Back effect

(b) বিষম জিমান প্ৰভাৱ

Anomalous Zeeman effect

★★★