

4 SEM FYUGP CHMC4D

2026

(May/June)

CHEMISTRY

(Core)

Paper : CHMC4D

(Symmetry and Quantum Chemistry)

Full Marks : 45

Time : 2 hours

*The figures in the margin indicate full marks
for the questions.*

1. তলত দিয়াবোৰৰ শুদ্ধ উত্তৰটো বাছি উলিওৱা : 1×6=6

Choose the correct answer from the following :

(a) তলৰ কোনটো H_2O অণুত নাই?

H_2O molecule does not possess

(i) C_2 প্রতিসাম্য অক্ষ/ C_2 symmetry axis

(ii) C_4 প্রতিসাম্য অক্ষ/ C_4 symmetry axis

(iii) σ_v সমতল/ σ_v plane

(iv) E

(2)

- (b) তলৰ কোনটোৰ সৈতে ফ'ট'ইলেক্ট্ৰনৰ সৰ্বাধিক গতি শক্তি সলনি নহয়?

The maximum kinetic energy of the photoelectrons does not vary with

- (i) আপতিত পোহৰৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য
wavelength of incident light
- (ii) আপতিত পোহৰৰ কম্পনাংক
frequency of incident light
- (iii) আপতিত পোহৰৰ প্ৰাৰম্ভ
intensity of incident light
- (iv) ধাতুৰ কাৰ্য্যফলন
work function of the material

- (c) C_{3v} পইন্ট গ্ৰুপৰ মাত্ৰা হ'ল
The order of C_{3v} point group is

- (i) 2
- (ii) 3
- (iii) 5
- (iv) 6

- (d) হাৰ্মনিক অচিলেটৰ সমীকৰণৰ সাধাৰণ সমাধান হ'ল
 $X = A \sin \omega t + B \cos \omega t$, য'ত ω ৰ মান হ'ল

The general solution of harmonic oscillator equation is $X = A \sin \omega t + B \cos \omega t$, where the value of ω is

- (i) $1/k$
- (ii) m/k
- (iii) $\sqrt{m/k}$
- (iv) $\sqrt{k/m}$

(3)

- (e) কোৱাণ্টাম বলবিজ্ঞানত তলৰ কোনটো ফাংচন গ্ৰহণযোগ্য, x ৰ প্ৰসাৰ $0 < x < \pi/2$?

Which of the following functions is acceptable in quantum mechanics within the range $0 < x < \pi/2$?

- (i) $\sin x$
- (ii) $\tan x$
- (iii) $\operatorname{cosec} x$
- (iv) ওপৰৰ এটাও নহয়/None of the above

- (f) তলৰ কোনটো অণুৰ ডাইহেড্ৰেল সমতল থাকে?

Which of the following molecules has dihedral plane?

- (i) H_2O
- (ii) NH_3
- (iii) CH_4
- (iv) N_2O

2. তলৰ প্ৰশ্নসমূহৰ যি কোনো ছয়টাৰ উত্তৰ দিয়া : $2 \times 6 = 12$

Answer any six of the following questions :

- (a) অপাৰেটৰ d^2/dx^2 ৰ সহায়ত $\psi = \sin 7x$ ফলনৰ আইগেনমান নিৰ্ণয় কৰা।

Calculate the eigenvalue of the function $\psi = \sin 7x$ using the operator d^2/dx^2 .

26P/1486

(Turn Over)

26P/1486

(Continued)

- (b) ত্রিবিময় বাকচত থকা কণিকা এটাৰ $14h^2/8ma^2$ শক্তি স্তৰৰ ডিজেনেৰেচিৰ মাত্ৰা নিৰ্ণয় কৰা।

Determine the degree of degeneracy of the energy level $14h^2/8ma^2$ of a particle in three-dimensional box.

- (c) প'লাৰ স্থানাংকত H-পৰমাণুৰ বাবে স্ক্ৰ'ডিঞ্জাৰ তৰংগ সমীকৰণ লিখা।

Write down the Schrödinger wave equation for H-atom in polar form.

- (d) প্রমাণ কৰা যে ভিন্ন আইগেন মানৰ এটা হাৰমেটিয়ান অপারেটৰৰ আইগেন ফলনবোৰ অর্থগ'নাল।

Prove that the eigenfunction of a hermitian operator having different eigenvalues are orthogonal.

- (e) NH_3 অণুৰ বাবে সম্ভৱপৰ সকলো চিমেট্ৰি অপাৰেচন প্ৰয়োগ কৰা আৰু পইণ্ট গ্ৰুপ নিৰ্ণয় কৰা।

Considering NH_3 molecule, carry out all possible symmetry operations and predict the point group.

- (f) তলত দিয়া ফলনবোৰৰ ক্ষেত্ৰত অর্থগ'নালিটি ব্যাখ্যা কৰা :

Discuss orthogonality with the following functions :

(i) $\sqrt{1/\pi} \cos nx$

(ii) $\sqrt{1/\pi} \sin nx$

- (g) সমমিতিত ঘূৰ্ণন-প্ৰতিফলন অক্ষ (S_n)ৰ ব্যাখ্যা কৰা।

Explain rotation-reflection axis (S_n) in symmetry.

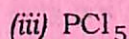
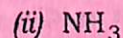
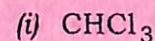
UNIT—I

3. তলৰ প্ৰশ্নসমূহৰ যি কোনো তিনিটাৰ উত্তৰ দিয়া : $3 \times 3 = 9$

Answer any three of the following questions :

- (a) তলত দিয়া অণুসমূহৰ চিমেট্ৰি এলিমেন্ট আৰু পইণ্ট গ্ৰুপ লিখা :

Write the symmetry elements and point groups of the following :



- (b) C_{2v} পইণ্ট গ্ৰুপৰ বাবে গ্ৰুপ মাল্টিপ্লিকেচন টেবুল গঠন কৰা।

Construct the group multiplication table for C_{2v} point group.

- (c) এবেলিয়ান আৰু নন-এবেলিয়ান গ্ৰুপ কি উদাহৰণসহ আলোচনা কৰা।

Discuss Abelian and non-Abelian group with example.

- (d) তলত দিয়াবোৰৰ যি কোনো এটাৰ ওপৰত চমু টোকা লিখা :

Write a short note on any one of the following :

- (i) গ্ৰেট অৰ্থগ'নালিটি সূত্র

Great orthogonality theorem

- (ii) হ্ৰাসযোগ্য আৰু অহ্ৰাসযোগ্য উপস্থাপন

Reducible and irreducible representation

UNIT—II

যি কোনো দুটা প্ৰশ্নৰ উত্তৰ দাও।

Answer any two questions.

4. (a) একমাত্রিক বাকচৰ ক্ষেত্ৰত আবদ্ধ কোনো এটা কণিকাৰ $n = 2$ আৰু $n = 3$ শক্তিস্তৰৰ বাবে ψ আৰু ψ^2 চিত্ৰ অংকন কৰা ($0 < x < a$)। অংকিত কৰা গ্ৰাফৰ ফলাফল চমুকৈ ব্যাখ্যা কৰা।

4

Sketch ψ and ψ^2 for the energy states $n = 2$ and $n = 3$ for a particle in a 1-D box ($0 < x < a$). Briefly discuss the results of the graphs.

- (b) একমাত্রিক বাকচৰ ক্ষেত্ৰত আবদ্ধ কোনো এটা কণিকাৰ বাবে জিবোপইণ্ট শক্তি বুলিলে কি বুজা? “কণিকা এটাৰ বাবে 0 Kত ইয়াৰ গতিশক্তি শূন্য হোৱাটো কোৱান্টাম বলবিজ্ঞানৰ মতে অপ্ৰত্যাশিত”। ব্যাখ্যা কৰা।

3

What is zero-point energy for a particle inside a 1-D box? Explain that “zero kinetic energy at 0 K for a particle is quantum mechanically undesirable”.

- (c) একমাত্রিক বাকচৰ ক্ষেত্ৰত m ভৰৰ কণিকা এটাৰ বাবে হেমিল্ট'নিয়ান অপাৰেটৰ নিৰ্ণয় কৰা।

2

Find the Hamiltonian operator for a particle of mass m in one-dimensional box.

5. (a) স্ক্ৰ'ডিনজাৰ তৰংগ সমীকৰণৰ সহায়ত ত্ৰিমাত্রিক বাকচ ক্ষেত্ৰত গতি কৰি থকা কণিকা এটাৰ মুঠ গতিশক্তিৰ প্ৰকাশবাণী উপস্থাপন কৰা।

4

Starting from Schrödinger wave equation for a particle moving in 3-D box, deduce the expression for total kinetic energy.

- (b) ‘ডিজেনেৰেট শক্তিস্তৰ’ বুলিলে কি বুজা? ঘনকীয় বাকচত থকা এটা কণিকাৰ সহায়ত ব্যাখ্যা কৰা। ঘনকটো বিকৃত কৰিলে কি হ’ব?

3

Explain the term ‘degenerate energy level’ by taking example of a particle in a cubical box. What would happen if the box is distorted?

- (c) দেখুওৱা যে ভৰবেগ অপাৰেটৰ $\frac{\hbar}{i} \frac{d}{dx}$ হ’ল এটা হাৰমেটিয়ান অপাৰেটৰ।

2

Show that momentum operator $\frac{\hbar}{i} \frac{d}{dx}$ is Hermitian.

6. (a) 1s কক্ষত H পৰমাণুৰ নৰ্মেলাইজড তৰংগ ফলন হ'ল $\psi_{1s} = (\pi a_0^3)^{-1/2} e^{-r/a_0}$. দেখুওৱা যে কেন্দ্ৰত থকা প্ৰ'টনৰ পৰা ইলেক্ট্ৰনৰ অতি সম্ভাৱ্য দূৰত্ব a_0 . 3

The normalized wave function of H-atom for 1s state is $\psi_{1s} = (\pi a_0^3)^{-1/2} e^{-r/a_0}$. Show that most probable distance from proton to electron is a_0 .

- (b) দেখুওৱা যে e^{-ax^2} (a এটা ধ্ৰুৱক) হৈছে অপাৰেটৰ $\frac{1}{x} \frac{d}{dx}$ ৰ বাবে আইগেন ফলন, কিন্তু $\frac{d^2}{dx^2}$ অপাৰেটৰৰ বাবে নহয়। 3

Show that e^{-ax^2} (a is constant) is an eigenfunction of the operator $\frac{1}{x} \frac{d}{dx}$ but not of $\frac{d^2}{dx^2}$.

- (c) তৰংগ ফলনৰ বেডিয়েল আৰু এঙ্গুলাৰ অংশৰ ওপৰত এটা চমু টোকা লিখা। 3

Write a short note on radial and angular part of wave function.
