Total number of printed pages–15

1 (Sem–4/AR) CHE 3 (A)

2026

CHEMISTRY

(Major/Minor–1)

Anandaram Dhekial Phookan College Library
Acc. No.
Date
Nagaon : Assam

Paper : CHE0400304

(Theoretical Chemistry)

Full Marks : 45

Time : 2 hours

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

*Answer **either** in English **or** in Assamese.*

1. Answer the following questions as directed : $1\times5=5$

নির্দেশনা অনুসৰি তলত দিয়া প্ৰশ্নবোৰৰ উত্তৰ দিয়া ঃ

(i) Calculate the number of quanta of radiations of frequency 4.67×10^{13} *Hz* that is required to melt $4g$ of ice is (energy needed to melt $1g$ of ice is $333J$.)

৪ গ্ৰাম বৰফ গলাবলৈ $৪.৬৭\times১০^{১৩}Hz$ কম্পনাংকৰ ৰেডিয়েচনৰ কিমানটা কোৱান্টা (quanta) প্ৰয়োজন হ'ব? (১ গ্ৰাম বৰফ গলাবলৈ প্ৰয়োজনীয় শক্তি ৩৩৩ J)।

(ii) Which of the following is not a linear operator ?

তলৰ কোনটো Linear operator নহয়?

(a) $\frac{d}{dx}$

(b) $\int dx$

(c) ln

(d) None of the above

(iii) For an eigenfunction $cos(2x)$, the eigenvalue of the operator d^2/dx^2 is _____.

এটা eigenfunction $cos(2x)$ ৰ বাবে, operator d^2/dx^2 ৰ eigen মান হ'ল _____।

(iv) The dielectric constant is defined as the ratio of Permittivity of free space to permittivity of the medium.

(True/False)

Dielectric constant মুক্ত স্থানৰ পাৰমিটিভিটি আৰু মাধ্যমৰ পাৰমিটিভিটিৰ অনুপাত হিচাপে সংজ্ঞায়িত কৰা হয়। *(সত্য/মিছা)*

(v) Which of the following statements is true ?

তলৰ বাক্যবোৰৰ কোনটো সত্য?

(a) LS coupling applies to heavy atoms and JJ coupling applies to light atoms.

LS coupling গধুৰপৰমাণুৰ (heavy atoms) ক্ষেত্ৰত আৰু JJ coupling পাতল পৰমাণুৰ (light atoms) ক্ষেত্ৰত প্ৰযোজ্য হয়।

(b) LS coupling applies to light atoms and JJ coupling applies to heavy atoms.

LS coupling পাতল পৰমাণুৰ (light atoms) ক্ষেত্ৰত আৰু গধুৰ JJ coupling পৰমাণুৰ (heavy atoms) ক্ষেত্ৰত প্ৰযোজ্য হয়?

(c) Both LS and JJ coupling applies to heavy atoms.

LS coupling আৰু JJ coupling দুয়োটা গধুৰ পৰমাণুৰ (heavy atoms) ক্ষেত্ৰত প্ৰযোয্য হয়।

(d) Both LS and JJ coupling applies to light atoms.

LS coupling আৰু JJ coupling দুয়োটা পাতল পৰমাণুৰ (light atom) ক্ষেত্ৰত প্ৰযোজ্য হয়।

2. Answer ***any five*** from the following questions : 2×5=10

তলৰ *যিকোনো পাঁচটা* প্ৰশ্নৰ উত্তৰ দিয়া ঃ

(i) The first member of Balmer series of hydrogen atom has a wavelength of 6561Å. Calculate the wavelength of the second member of the Balmer series.

হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ বালমাৰ শ্ৰেণীৰ (Balmer series) প্ৰথম সদস্যৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য 6561Å। বালমাৰ শ্ৰেণীৰ দ্বিতীয় সদস্যৰ তৰংগ দৈৰ্ঘ্য গণনা কৰা।

(ii) Normalise the function :

$$\Psi = \sin(\pi x / a) \; ; \; 0 \le x \le a$$

তলৰ ফলনটো (function) নৰ্মলাইজ (normalise) কৰা ঃ

$$\Psi = \sin(\pi x / a) \; ; \; 0 \le x \le a$$

(iii) What is the significance of space quantization ?

স্থান কোৱাণ্টাইজেচন (Space Quantization)-ৰ গুৰুত্ব কি?

(iv) Which of the following molecules obey Clausius-Mossotti equation :

H_2O, NH_3 CO_2, CH_4

তলৰ কোনবোৰ অণুৱে ক্লজিয়াছ-মছ'টি (Clausius-Mossotti) সমীকৰণ মানি চলে ঃ

H_2O, NH_3 CO_2, CH_4

(v) Determine the degree of degeneracy energy level $17h^2 / 8ma^2$.

$17h^2 / 8ma^2$ শক্তি স্তৰটোৰ ডিজেনেৰেচিব মাত্রা (degree of degeneracy) নির্ণয় কৰা।

(vi) What is the condition for an observable to be a "Good quantum number"? Mention *any two* good quantum numbers in case of hydrogen atom with the assumption that there is no spin-orbit coupling. 1+1=2

এটা পর্যবেক্ষণযোগ্য (observable) "ভাল কোৱান্টাম সংখ্যা" (Good quantum number) হোৱাৰ চর্তটো কি? স্পিন-অর্বিট সংযোজন (spin-orbit coupling) নাই বুলি ধৰি লৈ হাইড্রজেন পৰমাণুৰ ক্ষেত্রত *যিকোনো দুটা* ভাল কোৱান্টাম সংখ্যা উল্লেখ কৰা।

(vii) What do you mean by "free particle"? Give *one* example.

"মুক্ত কণা" (free particle) বুলিলে কি বুজা? *এটা* উদাহৰণ দিয়া।

(viii) Show that length of the box is an integral multiple of $\lambda/2$ where λ is the wavelength associated with the particle wave. (Use de Broglie relation $P = h/\lambda$)

দেখুওৱা যে বাকচটোৰ দৈর্ঘ্য $\lambda/2$ ৰ এটা অখণ্ড গুণিতক, য'ত λ হ'ল কণা তৰংগটোৰ সৈতে জড়িত তৰংদৈর্ঘ। (ডি ব্রগলীৰ সম্পর্ক $P = h/\lambda$ ব্যৱহাৰ কৰা।)

(ix) What is Radial Probability density?

অর্ধব্যাসার্ধীয় সম্ভাৱনা ঘনত্ব (Radial Probability density) কি?

(x) Draw the 3s and $4p_x$ orbitals.

3s আৰু $4p_x$ orbitals অংকন কৰা।

3. Answer ***any four*** from the following questions : 5×4=20

তলৰ প্রশ্নসমূহৰ *যিকোনো চাৰিটাৰ* উত্তৰ দিয়া ঃ

(i) Justify the quantization of energy and existence of zero-point energy for a particle in one-dimensional box. What will happen if the walls of the box are suddenly removed? 4+1=5

এক-মাত্রিক বাকচত (one-dimensional box) আবদ্ধ এটা কণাৰ শক্তিৰ কোৱান্টাইজেশ্যন (quantization of energy) আৰু শূন্য-বিন্দু শক্তিৰ (zero-point energy) অস্তিত্ব প্রমাণ কৰা। যদি বাক্সটোৰ দেৱালবোৰ হঠাতে আঁতৰাই দিয়া হয়, তেন্তে কি হ'ব?

Nagaon College Library Nagaon : Assam Date Acc. No.

(ii) Show that the third ionization energy of lithium is 9 times the ionization energy of hydrogen atom.

প্রমাণ কৰা যে লিথিয়ামৰ তৃতীয় আয়নীকৰণ শক্তি হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ আয়নীকৰণ শক্তিৰ ৯ গুণ।

(iii) Deduce the expression for the zero-point energy of a harmonic oscillator and show that it is in accordance with Heisenberg's uncertainty principle.

এটা হাৰ্মনিক অ'চিললেটৰৰ (Harmonic Oscillator) শূন্য-বিন্দু শক্তিৰ (Zero-point energy) ৰাশিমালা প্ৰতিপাদন কৰা আৰু দেখুওৱা যে ই হাইজেনবাৰ্গৰ অনিশ্চয়তা নীতিৰ (Heisenberg's uncertainty principle) সৈতে সংগতিপূৰ্ণ।

(iv) Draw the energy levels, wavefunctions and probability densities for a particle in a one-dimensional box for energy levels corresponding to n=1,2,3. 1+2+2=5

এক-মাত্ৰিক বাকচত (one-dimensional box) থকা এটা কণাৰ n=1,2,3 শক্তি স্তৰৰ বাবে শক্তিৰ স্তৰ (energy levels), তৰংগ ফলন (wavefunctions) আৰু সম্ভাৱিতা ঘনত্বৰ (probability densities) চিত্ৰ অংকন কৰা।

College Library ... gaon : Assam

(v) What is the Cartesian co-ordinate representation of the Laplacian operator ?

Show that the commutator $\left[x, \frac{d}{dx}\right] = -1$.

Mention *two* conditions for a well-behaved function. 1+2+2=5

লেপ্লাচিয়ান অপাৰেটৰ (Laplacian operator) ৰ কার্টেচিয়ান স্থানাংকৰ প্ৰকাশটো কি? দেখুওৱা যে কমুটেটৰ $\left[x, \frac{d}{dx}\right] = -1$ । এটা সু-ব্যৱহৃত ফলন (well-behaved) ৰ বাবে প্ৰয়োজনীয় *দুটা* চৰ্ত উল্লেখ কৰা।

(vi) What are orthonormal wavefunctions ? Show that the wavefunctions of a particle in one-dimensional box of width a and infinite height are orthogonal. 1+4=5

অৰ্থনৰ্মেল তৰংগ ফলন (Orthonormal Wavefunctions) কি? দেখুওৱা যে 'a' প্ৰস্থৰ আৰু অসীম উচ্চতাৰ এক-মাত্ৰিক বাকচত থকা এটা কণাৰ তৰংগ ফলনসমূহ অৰ্থ'গ'নেল (orthogonal)।

(vii) What is meant by rigid rotator ? Deduce the expression for the Schrodinger equation of a rigid rotator. 1+4=5

ৰিজড ৰটেটৰ (Rigid Rotator) বুলিলে কি বুজা? এটা ৰিজড ৰটেটৰৰ বাবে শ্ৰোডিঞ্জাৰ সমীকৰণৰ (Schrodinger equation) সমীকৰণটো (expression) প্ৰতিপন্ন কৰা।

(viii) Define quantum mechanical tunneling. Find the lowest kinetic energy of an electron in a three-dimensional box of dimensions $0.1\times10^{-13}\,cm, 1.5\times10^{-13}\,cm$ and $2\times10^{-13}\,cm$. 2+3=5

কোৱাণ্টাম মেকানিকেল টানেলিঙৰ (quantum mechanical tunneling) সংজ্ঞা দিয়া। এটা $0.1\times10^{-13}\,cm, 1.5\times10^{-13}\,cm$ আৰু $2\times10^{-13}\,cm$ মাত্ৰাৰ ত্ৰিমাত্ৰিক বাকচত থকা এটা ইলেক্ট্ৰনৰ সৰ্বনিম্ন গতিশক্তি (kinetic energy) নিৰ্ণয় কৰা।

4. Answer ***any one*** from the following questions : 10×1=10

তলৰ *যিকোনো এটি* প্ৰশ্নৰ উত্তৰ কৰা ঃ

(i) (a) What is a Hermitian operator ? Show that eigenvalue of Hermitian operator is real. 2+3=5

হাৰ্মিটিয়ান অপাৰেটৰ (Hermitian operator) কি? দেখুওৱা যে হাৰ্মিটিয়ান অপাৰেটৰৰ আইগেন মান (eigenvalue) বাস্তৱ।

(b) Write how the molecular orbitals of a homonuclear diatomic molecule can be classified as σ and π. Which of this is doubly degenerated and why ? What is the basis of classifying the MOs as g and u ? 2+2+1=5

সমকেন্দ্ৰীয় দ্বি-পাৰমাণৱিক অণুৰ (homonuclear diatomic molecule) আণৱিক অৰ্বিটালসমূহক (molecular orbitals) σ আৰু π হিচাপে কেনেকৈ শ্ৰেণীবিভাজন কৰিব পাৰি, লিখা। ইয়াৰ ভিতৰত কোনটো doubly degenerated আৰু কিয়? আণৱিক অৰ্বিটালসমূহক (MOs) g আৰু u হিচাপে শ্ৰেণীবিভাজন কৰাৰ ভিত্তি কি?

Nagaon Dhekial Phukan College Library * Nagaon : Assam * Acc. No. Date

(ii) (a) Define orientation polarization. Mention *any two* applications of Debye equation. 1+2=3

অৰিয়েণ্টেচন পোলাৰাইজেচনৰ (orientation polarization) সংজ্ঞা দিয়া। ডেবাই সমীকৰণৰ (Debye equation) *যিকোনো দুটা* ব্যৱহাৰ উল্লেখ কৰা।

(b) The bond angle in H_2O is 104.5° and the dipole moment is 1.85D. Calculate the bond moment for the O–H bond. Also estimate the percent ionic character of the O–H bond, given that the O–H bond distance is 96 pm. 3

H_2O-ৰ বান্ধনি কোণ (bond angle)104.5° আৰু ইয়াৰ দ্ব মেৰু ভ্ৰামক (dipole moment) 1.85D. O–H bond বান্ধনিৰ বাবে বান্ধনি ভ্ৰামক (bond moment) গণনা কৰা। লগতে O–H বান্ধনিৰ শতকৰা আয়নীয় চৰিত্ৰ (percent ionic character) নিৰ্ণয় কৰা, O–H বান্ধনিৰ দৈৰ্ঘ্য 96 pm বুলি দিয়া হয়।

(c) How can dipole moment explain the following statement : 2

BF_3 is non-polar but NH_3 is polar.

দ্ব মেৰু ভ্ৰামকৰ (dipole moment) সহায়ত তলত দিয়া কথাষাৰ কেনেকৈ ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি ঃ

BF_3 অধ্ৰুৱীয় (non-polar) কিন্তু NH_3 ধ্ৰুৱীয় (polar)।

(d) Write down the Clausius-Mosotti equation and define the terms involved. 2

ক্লছিয়াছ-মছ'টি সমীকৰণটো (Clausius-Mosotti equation) লিখা আৰু ইয়াত ব্যৱহৃত পদসমূহৰ সংজ্ঞা দিয়া।

(iii) (a) Deduce the expression for the hydrogen atom in terms of polar coordinates. Also show the graphical representation of polar coordinates. 3+2=5

মেৰু স্থানাংকৰ (polar coordinates) সহায়ত হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ সমীকৰণটো নিৰ্ণয় কৰা। লগতে মেৰু স্থানাংকৰ এটা লেখীয় উপস্থাপন (graphical representation) দেখুওৱা।

(b) Show that $[\hat{L}_x, \hat{L}_y] = \frac{ih}{2x}\hat{L}_z$ (The terms have their usual meaning). 5

দেখুওৱা যে $[\hat{L}_x, \hat{L}_y] = \frac{ih}{2x}\hat{L}_z$ (পদসমূহৰ অর্থ সদায় ব্যৱহাৰ হোৱাৰ দৰেই)।

(iv) (a) Determine the term symbols associated with an np^1 electron configuration. Show that these term symbols are the same as for np^5 electron configuration. Which term symbols of np^1 and np^5 configuration represents the ground state. 2+2+2=6

np^1 ইলেক্ট্রন বিন্যাসৰ সৈতে জড়িত 'টার্ম চিম্বল' (term symbols) সমূহ নির্ণয় কৰা। দেখুওৱা যে এই টার্ম চিম্বলসমূহ np^5 ইলেক্ট্রন বিন্যাসৰ বাবে একেই হয়। np^1 আৰু np^5 বিন্যাসৰ কোনটো টার্ম চিম্বলে ভূমি অৱস্থা (ground state) প্রতিনিধিত্ব কৰে?

(b) Write down *two* assumptions of the valence bond theory developed by Heitler and London. Write down the ground state wavefunction of the hydrogen molecule as given by the above theory. (Define all the involved terms defined) 2+2=4

হাইটলাৰ আৰু লণ্ডনে আগবঢ়োৱা যোজ্যতা বান্ধনি তত্ত্ব (valence bond theory) *দুটা* ধাৰণা লিখা। এই তত্ত্ব অনুসৰি হাইড্রজেন অণুৰ ভূমি অৱস্থাৰ তৰংগ ফলনটো (ground state wavefunction) লিখা। (ইয়াত ব্যৱহৃত সকলো পদৰ সংজ্ঞা দিয়া।)

Kalanadi Dhekial Phookan College Library Nagaon, Assam