

Total number of printed pages-15

1 (Sem-3/FYUGP) CHE42MN/(B)

2025

**CHEMISTRY**

(Minor)

Paper : CHE4300204 MN

**(SET-B)**

**(Molecular Spectroscopy-1)**

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. Write short answer of the following questions : 1×5=5

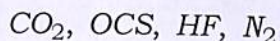
তলত দিয়া প্রশ্নসমূহৰ চমু উত্তৰ লিখা :

- (a) State the main difference between line spectrum and continuous spectrum.

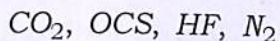
ৰেখা বৰ্ণালী আৰু নিৰবিচ্ছিন্ন বৰ্ণালীৰ মাজত মূল পাৰ্থক্য লিখা।



- (b) Find out which of the following are microwave active.



তলত দিয়াবোৰৰ মাইক্ৰ'ৱেভ সক্ৰিয় অণুকেইটা বাচি উলিওৱা।



- (c) Write *one* difference between chemical reaction and photochemical reaction.

ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়া আৰু আলোকৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ মাজত এটা পাৰ্থক্য লিখা।

- (d) Write the expression for rotational energy of a diatomic molecule.

দ্বিপাৰমাণৱিক অণু এটাৰ ঘূৰ্ণন শক্তিৰ প্ৰকাশ ৰাশিটো লিখা।

- (e) Write the Born-Oppenheimer approximation.

ব'ৰ্ণ-অ'পেনহাইমাৰৰ অনুমানিকতা কি লিখা।

2. Answer **any five** of the following questions :

$$2 \times 5 = 10$$

যিকোনো পাঁচটা প্ৰশ্নৰ উত্তৰ দিয়া :

- (a) State Beer-Lambert law.

বিয়ৰ-লেম্বাৰ্টৰ সূত্ৰটো লিখা।

- (b) What do you mean by zero point energy of anharmonic oscillator ?

এনহাৰমনিক দোলক এটাৰ শূন্য বিন্দু শক্তি (ZPE) বুলিলে কি বুজা?

- (c) What are *P*, *Q* and *R* branches of vibrational rotational spectrum ?

সঞ্চাৰণ ঘূৰ্ণন বৰ্ণালীত *P*, *Q* আৰু *R*-শাখাৰ ৰেখা বুলিলে কি বুজা?

- (d) Why  $\text{N}_2$  is Raman active but microwave and IR inactive ?

$\text{N}_2$  অণুটো ৰমন সক্ৰিয় কিন্তু মাইক্ৰ'ৱেভ আৰু অবলোহিত পৰিসৰত নিষ্ক্ৰিয় কিয়?

- (e) Explain Franck-Condon principle.

ফ্ৰাংক-কন্ডন নীতিটো ব্যাখ্যা কৰা।

- (f) Calculate the energy per mole of light having wavelength of  $8000\text{\AA}$ .

$8000\text{\AA}$  তৰংগদৈৰ্ঘ্যবিশিষ্ট পোহৰ বশ্মি এটাৰ প্ৰতি ম'ল হিচাপত শক্তি নিৰ্ণয় কৰা।

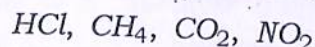
- (g) State the rule of mutual exclusion in connection with Raman spectroscopy.

ৰমন বৰ্ণালীবিদ্যাৰ সৈতে জড়িত 'পৰস্পৰ বাদ' নীতিটো ব্যাখ্যা কৰা।

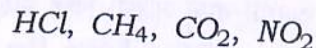
- (h) What are photosensitizers? Give one example.

আলোকসংবেদক কি? এটা উদাহৰণ দিয়া।

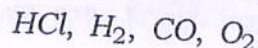
- (i) Find the normal modes of vibration of the following molecules :



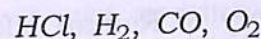
নিম্নলিখিত অণুকেইটাৰ মৌলিক কম্পন প্ৰকাৰৰ সংখ্যা নিৰ্ণয় কৰা :



- (j) Which of the following show rotational spectra and why?



তলৰ কোনটো অণুৰে ঘূৰ্ণন বৰ্ণালী দেখুৱাই আৰু কিয়?



3. Answer **any four** questions :  $5 \times 4 = 20$

যিকোনো চাৰিটা প্ৰশ্নৰ উত্তৰ লিখা :

- (a) The first line in the pure rotational spectrum of  $HCl$  appears at  $21.18\text{cm}^{-1}$ . Calculate the bond length of the molecule. Given, atomic masses of  $H$  and  $Cl$  are  $1.008\text{amu}$  and  $35.45\text{amu}$  respectively. ( $1\text{amu} = 1.66 \times 10^{-27}\text{kg}$ )

$HCl$  অণুটোৰ বিশুদ্ধ ঘূৰ্ণন বৰ্ণালীত প্ৰথম ৰেখাডাল  $21.18\text{cm}^{-1}$ ত পৰিলক্ষিত হয়।  $H-Cl$  বান্ধনিদৈৰ্ঘ্য নিৰ্ণয় কৰা।  $H$  আৰু  $Cl$ -ৰ পাৰমাণৱিক ভৰ যথাক্ৰমে  $1.008\text{amu}$  আৰু  $35.45\text{amu}$ ।

$$(1\text{amu} = 1.66 \times 10^{-27}\text{kg})$$

- (b) (i) What do you mean by fingerprint region in IR spectroscopy? Explain with example. 2

অবলোহিত বৰ্ণালীবিদ্যাত 'আঙুলিৰ চাপ অঞ্চল' বুলিলে কি বুজা? উদাহৰণসহ ব্যাখ্যা কৰা।

- (ii) Write the quantum mechanical theory of Raman effect. What do you mean by Raman shift?

2+1=3

ৰমন প্ৰভাৱৰ কোৱাণ্টাম মেকানিকেল তত্ত্বটো লিখা। ৰমন বিচ্যুতি বুলিলে কি বুজা?

- (c) Sketch and explain Jablonski diagram depicting the various types of photophysical processes.

বিভিন্ন প্ৰকাৰৰ আলোকভৌতিক প্ৰক্ৰিয়া চিহ্নিত কৰি জেবলস্কি চিত্ৰ অংকন কৰা আৰু ব্যাখ্যা কৰা।

- (d) (i) Explain the following term :  
Bathochromic shift, Hypsochromic shift, Hyperchromic effect

1+1+1=3

তলত দিয়াবোৰ ব্যাখ্যা কৰা :

বেথ'ক্ৰমিক বিচ্যুতি, হিপ'চ'ক্ৰমিক বিচ্যুতি, হাইপাৰক্ৰমিক প্ৰভাৱ

- (ii) Why is stretching frequency of hydrogen bonded O—H bond is lower than a free O—H bond?

2

হাইড্ৰ'জেন বান্ধনিযুক্ত O—H বান্ধনি এডালৰ সঞ্চাৰণ কম্পনাংক মুক্ত O—H বান্ধনি এডালতকৈ কম কিয়?

- (e) (i) The spacing between two consecutive S-branch lines of rotational Raman spectrum of hydrogen gas is found to be  $243.2\text{cm}^{-1}$ . Calculate bond length of hydrogen.

3

হাইড্ৰ'জেন অণুৰ দুডাল ৰমন S-ৰেখাৰ মাজত পাৰ্থক্য  $243.2\text{cm}^{-1}$  হ'লে হাইড্ৰ'জেনৰ বান্ধনিদৈৰ্ঘ্য নিৰ্ণয় কৰা।

- (ii) The force constant for carbon monoxide molecule is  $1840\text{cm}^{-1}$ . Calculate the vibrational frequency (in  $\text{cm}^{-1}$ ). Given, atomic masses are :  $^{12}\text{C} = 19.9 \times 10^{-27}\text{kg}$

$^{16}\text{O} = 26.6 \times 10^{-27}\text{kg}$ .

2

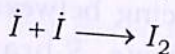
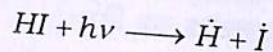
কাৰ্বন মন'অক্সাইড অণুটোৰ বল ধ্ৰুৱকৰ মান  $1840\text{cm}^{-1}$  হলে C—O সঞ্চাৰণ কম্পনাংক ( $\text{cm}^{-1}$ )-ৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

পাৰমাণৱিক ভৰসমূহ :

$^{12}\text{C} = 19.9 \times 10^{-27}\text{kg}$

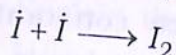
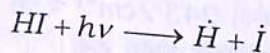
$^{16}\text{O} = 26.6 \times 10^{-27}\text{kg}$

- (f) The decomposition of HI takes place by the following mechanism :



Find an expression for the rate of the reaction. Also find the quantum efficiency of the reaction. 3+2=5

HI অণুটোৰ বিভাজন তলত দিয়া ক্ৰিয়াবিধি অনুসৰি সংঘটিত হয়।



বিক্ৰিয়াটোৰ গতিবেগৰ প্ৰকাশ ৰাশি উলিওৱা। লগতে বিক্ৰিয়াটোৰ কোৱাণ্টাম দক্ষতা নিৰ্ণয় কৰা।

- (g) Show that for a rotational spectrum of a diatomic molecule the rotational quantum number (to the nearest integer value) for the maximum populated level is given by

$$J_{max} = \sqrt{\frac{kT}{2hcB}} - \frac{1}{2}$$

দেখুওৱা যে—

দ্বি-পাৰমাণৱিক অণু এটাৰ ঘূৰ্ণন বৰ্ণালীৰ ক্ষেত্ৰত সৰ্বোচ্চ অধিকৃত স্তৰ এটাৰ ঘূৰ্ণন কোৱাণ্টাম সংখ্যাৰ মান (নিকটতম অখণ্ড সংখ্যাৰ হিচাপত)

$$J_{max} = \sqrt{\frac{kT}{2hcB}} - \frac{1}{2}$$

- (h) (i) Justify the statement—

Fluorescence is favoured by low pressure. 2

নিম্নচাপত প্ৰতিপ্ৰভাৱৰ মান বৃদ্ধি পায়—কাৰণ দৰ্শোৱা।

- (ii) Is it possible to distinguish between linear and non-linear molecules from the vibration-rotation spectra? Give reason. 2

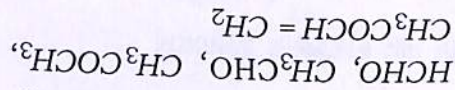
সঞ্চাৰণ-ঘূৰ্ণন বৰ্ণালীবিদ্যাৰ সহায়ত বৈখিক আৰু বক্ৰ অণুৰ মাজত পাৰ্থক্য উলিয়াব পাৰিনে? কাৰণ দৰ্শোৱা।

- (iii) Write one advantage of Raman spectroscopy over Infra-red spectroscopy.
- 1
- অবগোচরিত বর্ণালীবীক্ষণের সুবিধা বর্ণনা করুন।  
 বর্ণালীবীক্ষণের এটা সুবিধা উল্লেখ করুন।

4. Answer **any one** of the following questions : 10

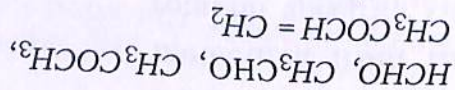
তলত দিয়া প্রদত্ত দুটো যৌগের উত্তর লিখুন :

- (a) (i) Arrange the following in increasing order of stretching frequency :



Justify your answer.  $1+2=3$

তলত দিয়া অণুত্রিগতক সঞ্চারণ ক্রমবর্ধমানভাবে উল্লেখ করুন :



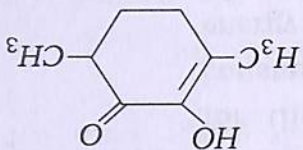
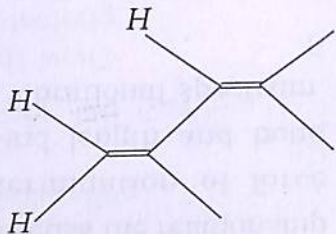
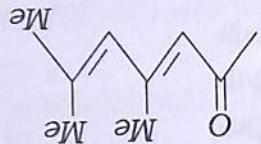
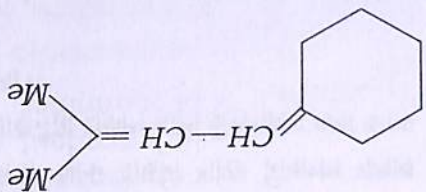
তোমার উত্তর সঙ্গক্ষে যুক্তি দাও।

- (ii) State the Einstein's law of photochemical equivalence. 1

আলোকরাসায়নিক সমতুল্যতার বিষয়ে আইনস্টাইনের সূত্রটি লিখুন।

Considering diatomic molecule to be an anharmonic oscillator, deduce the energy expression for the allowed vibrational transitions. Explain fundamental absorption and overtones. 5

(b) (i)



(বিবেচনা করুন)

তলত দিয়া অণুত্রিগতক  $\lambda_{max}$  মান নির্ণয় করুন :

$$2 \times 3 = 6$$

following molecules : (**any three**)

- (iii) Calculate  $\lambda_{max}$  value of the

এটা দ্বি-পাৰমাণৱিক অণুক এনহাৰমণিক দোলক হিচাপে বিবেচনা কৰি ইয়াৰ গ্ৰহণযোগ্য কম্পনস্তৰ পৰিবৰ্তনৰ প্ৰকাশ ৰাশি উপপাদন কৰা। মৌলিক অধিশোধণ (fundamental) আৰু অভাৱটন মানে কি বুজাই লিখা।

- (ii) Derive and discuss the relationship for the determination of force constant, bond length and bond energy from vibrational spectrum.

5

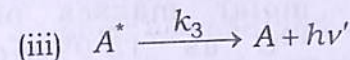
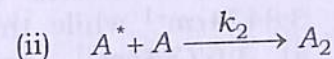
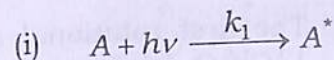
কম্পন বৰ্ণালীৰ সহায়ত অণু এটাৰ বল ধ্ৰুবক, বান্ধনি দৈৰ্ঘ্য আৰু বান্ধনি শক্তি নিৰ্দ্ধাৰণ কৰাৰ বাবে প্ৰয়োজনীয় প্ৰকাশ ৰাশি উপপাদন কৰা আৰু ব্যাখ্যা কৰা।

- (c) (i) What do you understand by degrees of freedom? Calculate and explain diagrammatically the different normal modes of vibration of  $H_2O$  molecule.

1+4=5

অণু এটাৰ স্বাধীনতাৰ মাত্ৰা বুলিলে কি বুজা?  $H_2O$  অণুৰ সাধাৰণ সঞ্চাৰণৰ প্ৰকাৰ কিমানটা নিৰ্ণয় কৰা আৰু চিত্ৰ আঁকি বুজাই দিয়া।

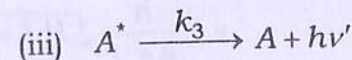
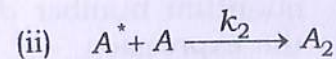
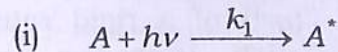
- (ii) What is called photostationary state of a photochemical reaction? The following mechanism has been proposed for the dimerisation of anthracene.



Show that when the reaction is at photostationary state and presence of large amount of monomer, the concentration of dimer is independent of the concentration of monomer.

1+4=5

আলোকৰাসায়নিক বিক্ৰিয়া এটাৰ আলোকস্থিতিক অবস্থা বুলিলে কি বুজা? এনথ্ৰাছিন অণুৰ দ্বিযোগীকৰণ বিক্ৰিয়াটোৰ ক্ৰিয়াবিধি তলত দিয়া ধৰণে প্ৰস্তাব কৰা হৈছে—



বিক্রিয়াটোৰ আলোকনৈতিক অবস্থাত আৰু প্ৰচুৰ একযোগীৰ উপস্থিতিত, দেখুওৱা যে দ্বিযোগী যৌগটোৰ গাঢ়তা একযোগী যৌগৰ গাঢ়তাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে।

- (d) (i) The first rotational absorption of  $^{12}\text{C}^{16}\text{O}$  is found to occur at  $3.8424\text{cm}^{-1}$  while that of  $^{13}\text{C}^{16}\text{O}$  at  $3.6734\text{cm}^{-1}$ . Assuming the molar masses of  $^{16}\text{O}$  and  $^{12}\text{C}$  as  $15.9994\text{g mol}^{-1}$  and  $12.0000\text{g mol}^{-1}$  respectively, calculate the molar mass of  $^{13}\text{C}$ . 3

$^{12}\text{C}^{16}\text{O}$  অণুটোৰ প্ৰথমটো ঘূৰ্ণন অধিশোষণ  $3.8424\text{cm}^{-1}$ ত ঘটে আৰু  $^{13}\text{C}^{16}\text{O}$ -ৰ ক্ষেত্ৰত এইটো সংঘটিত হয়  $3.6734\text{cm}^{-1}$ ত।  $^{16}\text{O}$  আৰু  $^{12}\text{C}$ -ৰ মলাৰ ভৰ যথাক্ৰমে  $15.9994\text{g mol}^{-1}$  আৰু  $12.0000\text{g mol}^{-1}$  হলে  $^{13}\text{C}$ -ৰ মলাৰ ভৰ গণনা কৰা।

- (ii) Show that frequency of rotation ( $\text{s}^{-1}$ ) of a rigid rotator increases with increase in rotational quantum number  $J$  according to the expression

$$\nu = \frac{h}{4\pi^2 I} \sqrt{J(J+1)}. \quad 4$$

দেখুওৱা যে দৃঢ় ঘূৰ্ণক এটাৰ ঘূৰ্ণন কম্পনাংক ( $\text{s}^{-1}$ ) ঘূৰ্ণন কোৱাণ্টাম সংখ্যা ( $J$ )-ৰ বৃদ্ধিৰ অনুপাতে তলত দিয়া প্ৰকাশৰাশিৰ হিচাপত বৃদ্ধি পায়।

$$\nu = \frac{h}{4\pi^2 I} \sqrt{J(J+1)}$$

- (iii) Using IR data how will you distinguish between—ethanol and ethanal, acetone and acetic acid, acetonitrile and acetamide. 3

IR তথ্য ব্যবহাৰ কৰি তলত দিয়া যৌগ দুটাৰ মাজত কেনেকৈ পাৰ্থক্য উলিওৱা—ইথানল আৰু ইথানেল, এছিটন আৰু এচিটিক এচিড, এচিটনাইট্ৰাইল আৰু এচিটেমাইড।

কোনো এক প্রকারের পদার্থকে অন্য এক প্রকারে পরি-  
বর্তিত করার প্রক্রিয়াকে রাসায়নিক পরিবর্তন বলে।  
যেমন: লৌহকে ইস্পাত করে।

এই পরিবর্তনকে রাসায়নিক পরিবর্তন বলে।  
যেমন: লৌহকে ইস্পাত করে।

এই পরিবর্তনকে রাসায়নিক পরিবর্তন বলে।  
যেমন: লৌহকে ইস্পাত করে।

এই পরিবর্তনকে রাসায়নিক পরিবর্তন বলে।  
যেমন: লৌহকে ইস্পাত করে।

এই পরিবর্তনকে রাসায়নিক পরিবর্তন বলে।  
যেমন: লৌহকে ইস্পাত করে।

এই পরিবর্তনকে রাসায়নিক পরিবর্তন বলে।  
যেমন: লৌহকে ইস্পাত করে।

এই পরিবর্তনকে রাসায়নিক পরিবর্তন বলে।  
যেমন: লৌহকে ইস্পাত করে।