2025

CHEMISTRY — MINOR

Paper : MN-2

(Fundamentals of Chemistry - II)

Full Marks : 75

Candidates are required to give their answers in their own words as far as practicable.

প্রান্তলিখিত সংখ্যাগুলি পূর্ণমান নির্দেশক।

প্রশ্নসংখ্যা ১, ২, ৩ ও ৪ (বাধ্যতামূলক) এবং অবশিষ্ট থেকে ***যে-কোনো চারটি*** (প্রশ্নসংখ্যা ৫ থেকে ১০) প্রশ্নের উত্তর দাও।

১। ***যে-কোনো দশটি*** প্রশ্নের উত্তর দাও ঃ ২×১০

(ক) ম্যাক্সওয়েলের দ্বিমাত্রিক আণবিক গতিবিন্যাসের সাহায্যে নাইট্রোজেন গ্যাসের অণুর 300 K তাপমাত্রায় গড় গতিবেগ (average speed) নির্ণয় করো।

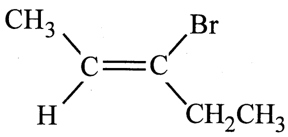
(খ) জলীয় দ্রবণে নাইট্রেট (NO_3^-) মূলকের অস্তিত্ব কীভাবে নির্ণয় করবে?

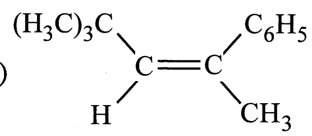
(গ) HOOCCH(OH)CH(OH)COOH (tartaric অ্যাসিড) অণুটির সম্ভাব্য স্টিরিও আইসোমারগুলি অঙ্কন করো।

(ঘ) গ্যাসের সংক্রম্যতা গুণক (compressibility factor) কী?

(ঙ) বর্ন-ল্যান্ডের (Born-Lande) সমীকরণটি লেখো এবং প্রতিটি ব্যবহৃত পদ (term)-এর ব্যাখ্যা করো।

(চ) নিম্নলিখিত যৌগটির *E* অথবা *Z* শ্রেণিকরণ করো ঃ

(অ) 

; (আ) 

(ছ) শক্তির সমবণ্টন নীতি (principle of equipartition of energy)-টি লেখো এবং ব্যাখ্যা করো।

(জ) NH_3 এবং SF_6 অণুর গঠন (shape) অঙ্কন করো। N এবং S পরমাণুর সংকরায়ণের অবস্থা (state of hybridization) উল্লেখ করো।

(ঝ) নিম্নলিখিত মুক্ত মূলক (free radical)-গুলির ব্যাখ্যাসহ স্থায়িত্ব তুলনা করো ঃ

$$(CH_3)_2\dot{C}-H \text{ and } (CH_3)_3\dot{C}$$

(ঞ) লেনার্ড জোনস (Lennard Jones)-এর 6-12 বিভব (potential) কী?

(ট) আয়নিক বন্ধন (ionic bond) গঠনের জন্য যে-কোনো দুটি উপযুক্ত শর্ত উল্লেখ করো।

(ঠ) একটি উদাহরণসহ 'স্টিরিওজেনিসিটি' ব্যাখ্যা করো।

Please Turn Over

২। সংক্ষিপ্ত টীকা লেখো ঃ

(ক) গ্যাসীয় অণুগুলির গড় মুক্ত পথ (Mean free path) (নিম্নলিখিত বিষয়গুলি অনুসরণ করে)—

(অ) সংজ্ঞা

(আ) একটি অণুর প্রতি একক সময়ে সংঘর্ষ সংখ্যার সমীকরণ (Z_A) (expression with derivation)

(ই) গড় মুক্ত পথ এবং Z_A-এর সম্পর্ক। ১+৩+১

অথবা

(খ) অ্যামাগাটের (Amagat) সমতাপ (isotherm) (নিম্নলিখিত বিষয়গুলি অনুসরণ করে)—

(অ) H_2, N_2 এবং CO_2 গ্যাসের উপযুক্ত অক্ষ সহ অ্যামাগাটের সমতাপ (isotherm) লেখচিত্র।

(আ) ভ্যান ডার ওয়ালের সমীকরণ (van der Waals equation) দ্বারা সমতাপগুলির ব্যাখ্যা।

(১/২+১/২+১/২+১/২)+(১+১+১)

৩। সংক্ষিপ্ত টীকা লেখো ঃ

(ক) ফাজানের নিয়মাবলী (Fajan's rules) (নিম্নলিখিত বিষয়গুলি অনুসরণ করে)—

(অ) তিনটি সূত্র।

(আ) যে-কোনো দুটি উপযুক্ত উদাহরণ। ২+৩

অথবা

(খ) গ্রুপ III-B ক্ষারকীয় মূলকগুলির গুণগত বিশ্লেষণ (qualitative analysis) (নিম্নলিখিত বিষয়গুলি অনুসরণ করে)—

(অ) ক্ষারকীয় মূলকসমূহ।

(আ) গ্রুপের বিক্রিয়কসমূহ।

(ই) রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ (***যে-কোনো দুটি***র জন্য)। (১/২+১/২+১/২+১/২)+১+২

৪। সংক্ষিপ্ত টীকা লেখো ঃ

(ক) 'হ্যামন্ডের স্বীকার্য' (Hammond's postulate) (নিম্নলিখিত বিষয়গুলি অনুসরণ করে)—

(অ) স্বীকার্যটির বিবৃতি।

(আ) তাপ উৎপাদক এবং তাপগ্রাহী বিক্রিয়ার শক্তি পরিলেখ চিত্রের (Energy profile diagram) দ্বারা উপরোক্ত স্বীকার্যটির ব্যাখ্যা। (কেবলমাত্র শক্তি পরিলেখ চিত্রটি অঙ্কন ও চিহ্নিতকরণ) ৩+(১+১)

অথবা

(খ) 'কার্বোক্যাটায়ন' (নিম্নলিখিত বিষয়গুলি অনুসরণ করে) —

(অ) কার্বোনিয়াম এবং কার্বিনিয়াম আয়নের প্রত্যেকটির একটি করে উদাহরণ।

(আ) উদাহরণসহ কার্বোক্যাটায়নের স্থায়িত্বের তুলনা।

(ই) নন-ক্লাসিক্যাল কার্বোক্যাটায়নের একটি উদাহরণ। ২+২+১

৫। (ক) ম্যাক্সওয়েলের একমাত্রিক আণবিক গতিবিন্যাসের সমীকরণটি লেখো এবং এই সমীকরণ থেকে গ্যাসীয় অণুগুলির গড় গতিবেগ নির্ণয় করো।

(খ) উপযুক্ত চিত্রসহ সবর্গ সংখ্যা - 4 : 4 (coordination no. 4 : 4)-এর ন্যূনতম ব্যসার্ধের অনুপাতের মান $\left({r_+}/{r_-}\right)$ নির্ণয় করো।

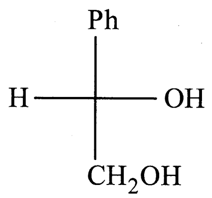
(গ) রেসিমিক মিশ্রণ (racemic mixture) বলতে কী বোঝো? *R*– এবং *S*– ল্যাকটিক অ্যাসিডের গঠন (structure) লেখো।

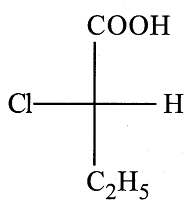
(১+৩)+৩+(১+১+১)

৬। (ক) বর্ন-হেবার (Born-Haber) চক্রের সাহায্যে সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসের 'জালক শক্তি' (lattice energy)-র মান নির্ণয় করো।

[প্রদত্ত ঃ $\Delta H_{sub[Na(S)]} = 110$ kJ mol^{-1};
$\Delta H_{IE(Na\ gas)} = 494$ kJ mol^{-1};
$\Delta H_{Dis[Cl_2\ gas]} = 242$ kJ mol^{-1};
$\Delta H_{EA(Cl\ gas)} = -347$ kJ mol^{-1};
$\Delta H_{for(NaCl)} = -414$ kJ mol^{-1}.

(খ) নিম্নলিখিত যৌগগুলির D/L এবং *R/S* কনফিগারেশন (configuration) নির্ণয় করো। *R/S* কনফিগারেশনের (configuration) ক্ষেত্রে লিগান্ডগুলির অগ্রাধিকার ক্রমে (according to priority sequence) সাজাও।

(অ) 

; (আ) 

(গ) ভ্যান ডার ওয়ালস (van der Waals) সমীকরণ থেকে প্রমাণ করো যে, বয়েলের তাপমাত্রা (T_b) হল

$T_b = \dfrac{a}{R.b}$ (যেখানে a এবং b হল ভ্যান ডার ওয়ালের ধ্রুবক)।

৪+(১+১+১)+৩

৭। (ক) নিম্নলিখিত বিক্রিয়াটির প্রতিটি ধাপের ক্রিয়াকৌশল লেখো ঃ

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3Cl + HCl$$

(খ) ম্যাক্সওয়েলের ত্রিমাত্রিক গতিশক্তিবিন্যাস সমীকরণকে গতিশক্তি সমীকরণে (kinetic energy distribution) রূপান্তরিত করো।

(গ) গ্রুপ-II ধাতব হাইড্রক্সাইডগুলির দ্রাব্যতা গ্রুপের নীচের দিকে ক্রমশঃ বাড়তে থাকে কিন্তু ধাতব সালফেটগুলির দ্রাব্যতা গ্রুপের নীচের দিকে ক্রমশঃ কমতে থাকে। ব্যাখ্যা করো।

৪+৩+৩

৮। (ক) ভ্যান ডার ওয়ালস সমীকরণ মান্যকারী NO ও CCl_4 গ্যাসের T_C ও P_C-এর মান নীচে দেওয়া হল।

	NO	CCl_4
T_C/K	177	500
P_C/atm	64	45

নির্ণয় করো ঃ

(অ) কোন গ্যাসের '*a*'-এর মান কম?

(আ) কোন গ্যাসের '*b*'-এর মান কম?

(ই) কোন গ্যাস 300 K এবং 10 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে?

(খ) বেন্টের নীতি (Bent's rule) বিবৃত করো। এই নীতির সাহায্যে $PF_3(CH_3)_2$ অণুর গঠনটি লেখো।

(গ) *R*-Me-CH(OH)-Et অণুটি জলীয় অ্যাসিড দ্রবণে কিছুক্ষণ রাখার পর কী পর্যবেক্ষণ করা যায়? ক্রিয়াকৌশলসহ ব্যাখ্যা করো। (১+১+২)+(১+২)+(১+২)

৯। (ক) VSEPR তত্ত্বের সাহায্যে নিম্নলিখিত অণুগুলির আকার (shape) ব্যাখ্যাসহ বর্ণনা করো।

(অ) ClF_3; (আ) BrF_5

(খ) নিম্নলিখিত যৌগটি *erythro* / *threo* অভিধায় বর্ণনা করো।

$$CH_3 — CH(OH) — CH(OH) — C_2H_5$$

(গ) 273 K তাপমাত্রা এবং 1 atm চাপে কোনো গ্যাসের সংকোচ্যতা গুণক (z) = 1.0054 এবং বয়েল তাপমাত্রা 107 K হলে, ভ্যান ডার ওয়াল (van der Waals) ধ্রুবক '*a*' এবং '*b*'-এর মান নির্ণয় করো। (২+২)+৩+৩

১০। (ক) নিম্নলিখিত বিক্রিয়া দুটির একত্রে শক্তি লেখচিত্র অঙ্কন করো (in the same energy profile diagram) ঃ

$$A \longrightarrow \text{Product (Path - I)}$$

$$B \xrightarrow{\text{Catalyst (অনুঘটক)}} \text{Product (Path - II)}$$

রাসায়নিক বিক্রিয়াটির গতির উপর অনুঘটকটির প্রভাব ব্যাখ্যা করো।

(খ) ম্যাক্সওয়েলের দ্বিমাত্রিক গতিবিন্যাস সমীকরণ থেকে সর্বাধিক সম্ভাব্য গতিবেগের (most probable speed) সমীকরণ (expression)-টি নির্ণয় করো।

(গ) অজৈব গুণগত বিশ্লেষণের দ্বারা PO_4^{3-} মূলক কীভাবে শনাক্ত করবে? সংশ্লিষ্ট রাসায়নিক বিক্রিয়াটি লেখো। (১+২+১)+৩+(২+১)

[English Version]

The figures in the margin indicate full marks.

Answer ***question nos.*** **1, 2, 3** and **4** (compulsory) and ***any four*** from the rest (***question nos.*** **5** to **10**).

1. Answer ***any ten*** questions : 2×10

(a) Calculate the average speed of the molecules of nitrogen gas at 300 K using two-dimensional Maxwell distribution of molecular speed.

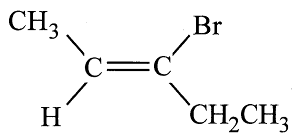
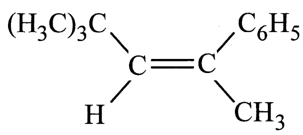
(b) How can you detect nitrate (NO_3^-) radical in aqueous solution?

(c) Draw all the possible stereoisomers of tartaric acid HOOCCH(OH)CH(OH)COOH.

(d) What is compressibility factor (z) of a gas?

(e) Write the Born-Lande equation mentioning the meaning of the each term used.

(f) Classify the following compounds as E or Z isomer :

(i)  ; (ii) 

(g) State and explain the principle of equipartition of energy.

(h) Draw the shapes of SF_6 and NH_3. Mention the states of hybridisation of S and N atoms.

(i) Compare the stability of the following free radicals with explanation :

$(CH_3)_2\dot{C}-H$ and $(CH_3)_3\dot{C}$

(j) What is Lennard-Jones 6-12 potential?

(k) Write two suitable factors which influence the formation of an ionic bond.

(l) Explain 'stereogenicity' with an example.

2. Write short notes on :

(a) Mean free path of gas molecules using the following points :

(i) Definition.

(ii) Expression for total number of collisions suffered by a molecule per unit time (Z_A) (with derivation).

(iii) Relation between mean free path and Z_A. 1+3+1

Or

(b) Amagat's isotherms using the following points :

(i) Graphical presentation of Amagat's isotherm for H_2, N_2 and CO_2 gases with proper axes.

(ii) Explanation of the isotherms using van der Waals equation. (½+½+½+½)+(1+1+1)

3. Write short notes on :

(a) 'Fajan's rules' using the following points :

(i) Three rules.

(ii) Any two proper examples. 2+3

Or

(b) Qualitative analysis of group III-B basic radicals using the following points :

(i) Basic radicals.

(ii) Group reagents.

(iii) Chemical reactions (for *any two*). (½+½+½+½)+1+2

4. Write short notes on :

(a) 'Hammond's postulate using the following points :

(i) Statement of postulate.

(ii) Explanation of the postulate through energy profile diagram corresponding to an exothermic reaction and an endothermic reaction (Labelled energy profile diagram only with proper designation). 3+(1+1)

Or

(b) 'Carbocation' using the following points :

(i) Carbenium and carbonium ions with one example for each.

(ii) Comparison of stability of carbocations with examples.

(iii) One example of non-classical carbocation. 2+2+1

5. (a) Write down the Maxwell distribution of molecular velocity expression in one-dimension and determine the value of the average velocity of the gas molecules from this expression.

(b) Find out the limiting radius ratio value $\left({r_+}/{r_-} \right)$ for 4 : 4 coordination number using suitable diagram.

(c) What is racemic mixture? Draw the structures of *R*– and *S*– lactic acid. (1+3)+3+(1+1+1)

6. (a) Calculate the lattice energy value of sodium chloride crystal using Born-Haber cycle.

[Given : $\Delta H_{sub[Na(S)]} = 110 \text{ kJmol}^{-1}$;

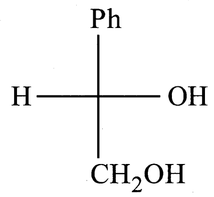
$\Delta H_{IE(Na\ gas)} = 494 \text{ kJmol}^{-1}$;

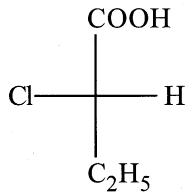
$\Delta H_{Dis[Cl_2\ gas]} = 242 \text{ kJmol}^{-1}$;

$\Delta H_{EA(Cl\ gas)} = -347 \text{ kJmol}^{-1}$;

$\Delta H_{for(NaCl)} = -414 \text{ kJmol}^{-1}$]

(b) Assign D/L and *R/S* configurations of the following compounds. In case of R/S configuration, show the priority sequence of the ligands or groups :

(i) 

; (ii) 

(c) Starting from van der Waals equation prove that Boyle temperature (T_b) is

$$T_b = \frac{a}{R.b},$$

where, a and b are van der Waals constants. 4+(1+1+1)+3

7. (a) Write down the stepwise mechanism of the following reaction :

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3Cl + HCl$$

(b) Convert Maxwell's distribution of molecular speed in three dimension into kinetic energy distribution.

(c) Explain why solubility of Group-II metal hydroxides increases down the group while that of metal sulphates of the same group decreases gradually. 4+3+3

8. (a) Gases NO and CCl_4 obeying van der Waals equation have T_C and P_C values as given below :

	NO	CCl_4
T_C/K	177	500
P_C/atm	64	45

For which gas,

(i) has smaller value of 'a'

(ii) has smaller value of 'b'

(iii) behaves nearly ideal at 300 K and 10 atm.

(b) State Bent's rule. Using this rule, predict the structure of the molecule $PF_3(CH_3)_2$.

(c) What do you observe when *R*-Me-CH(OH)-Et is allowed to stand in aqueous acid solution for a long time? Explain mechanistically. (1+1+2)+(1+2)+(1+2)

9. (a) Using VSEPR theory predict the shapes of the following molecules with explanation :

(i) ClF_3, (ii) BrF_5.

(b) Represent *erythro* / *threo* form of the following compound :

$$CH_3 - CH(OH) - CH(OH) - C_2H_5$$

(c) If compressibility factor (z) = 1.0054 at 273 K and 1 atm and the Boyle temperature of the gas is 107 K, estimate the value of 'a' and 'b' for the van der Waals gas. (2+2)+3+3

Please Turn Over

10. (a) Depict the following two reactions in the same energy profile diagram :

$$A \longrightarrow \text{Product (Path - I)}$$

$$B \xrightarrow{\text{Catalyst}} \text{Product (Path - II)}$$

What effect does the catalyst have on the reaction rate? Explain your answer.

(b) Determine the most probable speed of gas molecules using Maxwell's distribution of molecular speed in two dimension.

(c) How will you detect PO_4^{3-} radical by an inorganic qualitative analysis? Write down chemical reaction involved. (1+2+1)+3+(2+1)