2026

CHEMISTRY — MDC

Paper : CC-5

(Physical Chemistry - I)

Full Marks : 75

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

প্রান্তলিখিত সংখ্যাগুলি পূর্ণমান নির্দেশক।

১, ২, ৩ ও ৪ নং প্রশ্নগুলি বাধ্যতামূলক এবং অবশিষ্ট থেকে ***যে-কোনো চারটির*** (প্রশ্ন নং ৫ থেকে ১০-এর মধ্যে) উত্তর লেখো।

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

(ক) একটি কার্নো ইঞ্জিন 127°C তাপমাত্রার উষ্ণ তাপাধার (hot reservoir) এবং 27°C তাপমাত্রার শীতল তাপাধার (cold reservoir) এর মধ্যে কাজ করে। এর সর্বাধিক সম্ভাব্য দক্ষতা গণনা করো।

(খ) আয়নীয় গতিশীলতা (ionic mobility)-র সংজ্ঞা দাও এবং এর একক (unit) উল্লেখ করো।

(গ) গ্যাসের ফুগাসিটি (fugacity) বলতে কী বোঝো?

(ঘ) নিম্নলিখিত সমীকরণের জন্য K_P ও K_C এর মধ্যে সম্পর্কটি লেখো —

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

(ঙ) "সোডিয়াম অ্যাসিটেট এর জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় হয়।"— ব্যাখ্যা করো।

(চ) "উচ্চ তাপমাত্রায় জল আম্লিক হয়।"— যথার্থতা নিরূপণ করো বা সমালোচনা করো।

(ছ) উপযুক্ত ব্যাখ্যাসহ HCl-এর সাথে NaOH-এর Conductometric titration-এর লেখচিত্র অঙ্কন করো।

(জ) গিবস্ মুক্ত শক্তির পরিবর্তন এবং সাম্য ধ্রুবকের মধ্যে সম্পর্কটি লেখো।

(ঝ) অ্যাকটিভিটি এবং অ্যাকটিভিটি কোএফিসিয়েন্ট-এর সংজ্ঞা লেখো।

(ঞ) নিম্নলিখিত রাশিগুলির SI একক লেখো ঃ

$$\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T \text{ এবং } \left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_P$$

(ট) দেখাও যে একটি আদর্শ গ্যাসের সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় $\Delta G = \Delta H$ হয়।

(ঠ) সাম্যাবস্থার এবং স্বতঃস্ফূর্ততার চারটি তাপগতীয় শর্ত লেখো।

২। (ক) নিম্নলিখিত বিষয়গুলি অনুসরণ করে তাপগতিবিদ্যার দ্বিতীয় সূত্রের উপর সংক্ষিপ্ত টীকা লেখো ঃ

(অ) কেলভিন-প্ল্যাঙ্কের বিবৃতি এবং ক্লসিয়াসের বিবৃতি

(আ) কার্নোর দুটি থিওরেম। ৩+২

অথবা

(খ) নিম্নলিখিত বিষয়গুলি অনুসরণ করে গিবস্ হেলমোজ্ সমীকরণের ওপর সংক্ষিপ্ত টীকা লেখো ঃ

(অ) উপপাদন

(আ) দুটি গুরুত্বপূর্ণ প্রয়োগ। ৩+২

৩। (ক) নিম্নলিখিত বিষয়গুলি অনুসরণ করে নার্নস্ট-এর বণ্টন সূত্রের ওপর সংক্ষিপ্ত টীকা লেখো ঃ

(অ) উপপাদন

(আ) দুটি সীমাবদ্ধতা। ৩+২

অথবা

(খ) নিম্নলিখিত বিষয়গুলি অনুসরণ করে রাসায়নিক বিভবের ওপর সংক্ষিপ্ত টীকা লেখো ঃ

(অ) সংজ্ঞা এবং একক

(আ) Escaping tendency হিসাবে ভূমিকা। ৩+২

৪। (ক) নিম্নলিখিত বিষয়গুলি অনুসরণ করে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার ওপর সংক্ষিপ্ত টীকা লেখো ঃ

(অ) সংজ্ঞা এবং একক

(আ) লেখচিত্রের সাহায্যে তীব্র এবং মৃদু তড়িৎবিশ্লেষক দ্রবণের লঘুতার সঙ্গে পরিবর্তন। ২+৩

অথবা

(খ) নিম্নলিখিত বিষয়গুলি অনুসরণ করে বাফার দ্রবণের ওপর সংক্ষিপ্ত টীকা লেখো ঃ

(অ) সংজ্ঞা

(আ) হেনডারসন্ সমীকরণের উপপাদন। ২+৩

৫। (ক) নিম্নলিখিত দুটি তাপগতিবিদ্যার সম্পর্ক উপপাদন করো ঃ

(অ) $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P$

(আ) $\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T = V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$

(খ) একটি দ্বি-আদর্শ (binary ideal) মিশ্রণের জন্য গিবস্ মুক্ত শক্তির রাশিমালা উপপাদন করো। এক্ষেত্রে মিশ্রণের আয়তনের পরিবর্তনের পরিমাণ কত হবে?

(গ) একটি উদাহরণসহ আয়নের স্বাধীন বিচরণ সংক্রান্ত কোলরাশ-এর সূত্রটি বিবৃত করো। ৪+৩+৩

৬। (ক) Le Chatelier-এর নীতিটি বিবৃত করো। নিম্নলিখিত সাম্যাবস্থার ওপর তাপমাত্রার প্রভাব কি হবে?

$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g) + 42 \text{ Kcal.}$$

(খ) 25°C-এ অসীম লঘুতায় HCl, NaCl এবং CH_3COONa-এর তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার মান যথাক্রমে 426.2, 126.5 এবং 91.0 $ohm^{-1}\ cm^{-1}\ gmeq^{-1}$ । 25°C এ $\wedge^o$ CH_3COOH গণনা করো।

(গ) 100 g জল 90°C তাপমাত্রায় এবং 100 gm জল 10°C তাপমাত্রায় একটি তাপ নিরোধক (insulated) পাত্রে মেশানো হল। জলের মোলার তাপধারণ ক্ষমতা : $C_P = 75.48\ JK^{-1}mol^{-1}$। Entropy পরিবর্তন নির্ণয় করো। ৪+৩+৩

৭। (ক) Debye-Hückel-এর ion atmosphere তত্ত্ব অনুসারে Asymmetric effect এবং relaxation effect সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করো।

(খ) 2 মোল আদর্শ একপরমাণু গ্যাস 300 K তাপমাত্রায় 5 lit থেকে 10 lit পর্যন্ত সমতাপীয় (Isothermal) ও পরাবর্ত (Reversible) ভাবে প্রসারিত হয়। এই প্রক্রিয়ার জন্য ΔS এবং ΔG-এর মান নির্ণয় করো।

(গ) রাসায়নিক সাম্য ধ্রুবক (equilibrium constant) কি নিম্নলিখিত বিষয়গুলির ওপর নির্ভর করে?

(অ) বিক্রিয়ক ও উৎপাদিত যৌগের Standard State

(আ) বিক্রিয়ার Stoichiometric representation

উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও। ৪+৩+৩

৮। (ক) প্রতিটি ধাপের উল্লেখসহ কার্নো চক্রের T – S লেখচিত্রটি অঙ্কন করো। লেখচিত্রটির আবদ্ধ ক্ষেত্রটির ক্ষেত্রফলের তাৎপর্য লেখো।

(খ) ক্যাডমিয়াম ক্লোরাইডকে সূচক তড়িৎ বিশ্লেষ্য হিসাবে ব্যবহার করে moving boundary পদ্ধতিতে নিম্নলিখিত তথ্য থেকে H^+ ও Cl^- এর পরিবহন সংখ্যা নির্ণয় করো।

[HCl দ্রবণের ঘনত্ব = 0.1 (N), কুলোমিটারে জমা হওয়া রূপার ভর = 0.1209 gm, সীমারেখার স্থানান্তর = 7.5 cm, নলের ক্রস-সেকশন = 1.24 cm^2]

(গ) ক্ষার বা অ্যাসিড যোগ করার ফলে pH-এর পরিবর্তন কীভাবে একটি বাফার দ্রবণ প্রতিরোধ করে, তার ব্যাখ্যা করো। ৪+৩+৩

৯। (ক) $P(V_m - b) = RT$ এই সমীকরণ মেনে চলে এমন একটি গ্যাসের fugacity রাশিমালা উপপাদন করো।

(খ) মৃদু অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারকের লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণের pH-এর সমীকরণ প্রতিপাদন করো।

(গ) একটি আদর্শ গ্যাসের জন্য জুল-থমসন গুণাঙ্কের (μ_{JT}) মান নির্ণয় করো। ৪+৩+৩

১০। (ক) Debye-Hückel-এর limiting সূত্রটি লেখো। 25°C তাপমাত্রায় একটি 0.01(M) KCl দ্রবণের ক্ষেত্রে $\gamma_{\pm}$ (গড় আয়নিক ক্রিয়াশীলতা সহগ)-এর মান নির্ণয় করো।

(খ) Maxwell's-এর চারটি প্রচলিত সম্পর্ক লেখো।

(গ) রাসায়নিক বিভবের ধারণা থেকে ভ্যান্ট হফ্-এর reaction isotherm-এর সমীকরণটি উপপাদন করো। ৪+৩+৩

[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) A Carnot engine operates between a hot reservoir at 127°C and a cold reservoir at 27°C. Calculate its maximum possible efficiency.

(b) Define ionic mobility and mention its unit.

(c) What is fugacity of a gas?

(d) Write down the relationship between K_P and K_C for the following reaction :

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

(e) "A solution of Sodium Acetate in water is alkaline."— Explain.

(f) "At high temperature, water becomes acidic."— Justify or criticize.

(g) Draw the conductometric titration curve for HCl with NaOH with explanation.

(h) Write down the relation between Gibbs free energy change and equilibrium constant.

(i) Define activity and activity coefficient.

(j) Write down the SI units of the following two quantities :

$$\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T \text{ and } \left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_P$$

(k) Show for an isothermal process undergone by an ideal gas, $\Delta G = \Delta H$.

(l) State four different thermodynamic criteria for equilibrium and spontaneity.

2. (a) Write short notes on second law of thermodynamics covering the following points :

(i) Kelvin Planck statement and Clausius statement.

(ii) Carnot's two theorems. 3+2

Or

(b) Write short notes on Gibbs-Helmholtz equation using the following points :

(i) Derivation

(ii) Two important applications. 3+2

3. (a) Write short notes on Nernst Distribution law using the following points :

(i) Derivation

(ii) Two limitations. 3+2

Or

(b) Write short notes on chemical potential covering the following points :

(i) Definition and unit

(ii) Role as escaping tendency. 3+2

4. (a) Write short notes on equivalent conductance covering the following points :

(i) Definition and unit

(ii) Variation with dilution for strong and weak electrolytes with graphs. 2+3

Or

(b) Write short notes on buffer solutions covering the following points :

(i) Definition

(ii) Derivation of Henderson equation. 2+3

5. (a) Derive the following two thermodynamic relationships :

(i) $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P$

(ii) $\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T = V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$

(b) Derive the expression of Gibbs free energy of mixing for a binary ideal mixture. What is the value of the change of volume of mixing here?

(c) State the Kohlrausch's law of independent migration of ion with one example. 4+3+3

6. (a) State the Le Chatelier's principle. What will be the effect of temperature and pressure on equilibrium constant for the following reaction?

$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g) + 42$ Kcal.

(b) Equivalent conductance at infinite dilution of HCl, NaCl and CH_3COONa are 426.2, 126.5 and 91.0 $ohm^{-1}\ cm^{-1}\ gmeq^{-1}$ respectively at 25°C. Calculate $\wedge^o$ for CH_3COOH at 25°C.

(c) Calculate the change in entropy when 100 gms of hot water at 90°C is added to 100 gms of water at 10°C in an insulated vessel. The molar heat capacity of water at constant pressure = 75.48 $JK^{-1}mol^{-1}$. 4+3+3

7. (a) Briefly discuss the asymmetric and relaxation effect in connection of Debye-Hückel ion atmosphere.

(b) 2 moles of an ideal monoatomic gas expand isothermally and reversibly from 5 lit to 10 lit at 300 K. Calculate ΔS and ΔG for the process.

(c) Does the equilibrium constant of chemical reaction depend on :

(i) Standard state chosen for the reactants and products?

(ii) Stoichiometric representation of the reaction?

Justify your answer. 4+3+3

8. (a) Draw the T–S diagram for Carnot cycle mentioning all the steps. What is the significance of the enclosed area of the graph?

(b) Calculate the transport number of H^+ and Cl^- from the following data obtained by the moving boundary method using cadmium chloride as the indicator electrolyte.

[Concentration of the HCl solution is 0.1(N); mass of silver deposited in the coulometer is 0.1209 gm, movement of boundary is 7.5 cm, cross section of the tube is 1.24 cm^2]

(c) Explain how a Buffer solution prevents pH change upon the addition of a base or an acid. 4+3+3

9. (a) Derive an expression of fugacity of a gas obeying the equation $P(V_m - b) = RT$.

(b) Write down the expression of pH of hydrolysis of salt of weak acid and strong base.

(c) Find the expression for μ_{JT} (Joule-Thomson coefficient) for an ideal gas. 4+3+3

10. (a) State Debye-Hückel limiting law. Calculate the $\gamma_{\pm}$ (mean ionic activity coefficient) for a 0.01 (M) KCl solution at 25°C.

(b) Write the four common Maxwell's relations.

(c) Derive the Van't Hoff's reaction isotherm from the concept of chemical potential. 4+3+3