

স্নাতক পাঠক্রম ( B.D.P.)  
শিক্ষাবর্ষান্ত পরীক্ষা ( Term End Examination )  
ডিসেম্বর, ২০১৪ ও জুন, ২০১৫  
রসায়ন ( Chemistry )  
ঐচ্ছিক পাঠক্রম ( Elective )

ষষ্ঠ পত্র ( 6th Paper : Physical Chemistry-I )

সময় : দুই ঘন্টা পূর্ণমান : ৫০  
Time : 2 hours Full Marks : 50  
( মানের গুরুত্ব : ৭০% )  
Weightage of Marks : 70%

পরিমিত ও যথাযথ উত্তরের জন্য বিশেষ মূল্য দেওয়া হবে।  
অশুদ্ধ বানান, অপরিচ্ছন্নতা এবং অপরিষ্কার হস্তাক্ষরের ক্ষেত্রে নম্বর  
কেটে নেওয়া হবে। উপান্তে প্রশ্নের মূল্যমান সূচিত আছে।

বিভাগ - ক

- ১। যে-কোনো দু'টি প্রশ্নের উত্তর দিন :  $10 \times 2 = 20$
- (ক) গ্যাসের ক্ষেত্রে গড় মুক্তপথ ও সংঘাত ব্যাস-এর মধ্যে সম্পর্কটি উপপাদন করুন। ৪
- (খ) সংকোচনশীলতা কাকে বলে? বিভিন্ন তাপমাত্রায় একটি বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে চাপের বিপরীতে সংকোচনশীলতা (z)-এর রেখাচিত্র অঙ্কন করুন। ৪
- (গ) একটি গ্যাস  $P(V-b) = RT$ , এই সমীকরণ মেনে চলে। গ্যাসটি কি তরলে পরিণত করা সম্ভব? উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দিন। ২

B.Sc-504-G

[ পরের পৃষ্ঠায় দ্রষ্টব্য

- ২। (ক) তরলের পৃষ্ঠটানের একক ও মাত্রা লিখুন। ২
- (খ) কৈশিক নল উত্থান পদ্ধতি দ্বারা কিভাবে তরলের পৃষ্ঠটান নির্ণয় করা হয় ব্যাখ্যা করুন এবং সংশ্লিষ্ট সমীকরণটি উপপাদন করুন। ৪
- (গ) 0.4 cm ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট গোলাকার একটি জলবিন্দুকে 125টি অভিন্ন অতি ক্ষুদ্র গোলাকার ফোঁটায় ভেঙে ফেলা হল। পৃষ্ঠশক্তি বৃদ্ধির মান গণনা করুন। ৪
- ৩। (ক) আদর্শ গ্যাসের পরাবর্ত রুদ্ধতাপীয় সম্প্রসারণের জন্য  $P-V$  সম্পর্ক উপপাদন করুন। ৪
- (খ) তাপগতি বিদ্যার দ্বিতীয় সূত্রের রুসিয়াস ও কেলভিন-প্ল্যাঙ্ক-এর সংজ্ঞা দুটি সমার্থক। প্রমাণ করুন। ৩
- (গ)  $0^\circ\text{C}$  এবং  $100^\circ\text{C}$ -এর মধ্যে কার্যকারী একটি কার্ণো ইঞ্জিন উচ্চ তাপমাত্রা বিশিষ্ট আধার থেকে 840 joule তাপ গ্রহণ করে। সম্পাদিত কার্য ও বর্জিত তাপ নির্ণয় করুন। ৩
- ৪। (ক)  $n$ -অণু গ্যাসের ক্ষেত্রে ভ্যান ডার ওয়ালসের সমীকরণটি উপপাদন করুন। ৪
- (খ) অ্যান্ড্রু (Andrew)-এর লেখচিত্রের সাহায্যে বাস্তব গ্যাসের আচরণ ভ্যান ডার ওয়ালস (van der Waals) সমীকরণের সাহায্যে কতদূর ব্যাখ্যা করা যায় তা দেখান। ৪
- (গ) ভ্যান ডার ওয়ালস সমীকরণের সাহায্যে বয়েল তাপমাত্রার গাণিতিক রূপটি বের করুন। ২
- ৫। (ক)  $P-V$  লেখচিত্রে কার্ণো চক্রের (Carnot cycle) প্রতি ধাপ স্পষ্ট ভাবে চিহ্নিত করুন। এই চক্রীয় পরিবর্তনের সমীকরণটির দক্ষতার রাশিমালা উপপাদন করুন। ৪

B.Sc-504-G

- (খ)  $c$  এবং  $c + dc$  এই দ্রুতি ব্যবধানে  $m$  ভর বিশিষ্ট অণুগুলির সংখ্যা নীচের সম্পর্ক দিয়ে প্রকাশিত হয় :

$$dN = A \cdot c^2 \cdot e^{-mc^2/2kT} dc$$

অক্সিজেন গ্যাসের ক্ষেত্রে  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় (i)  $A$  এবং (ii) সবচেয়ে সম্ভবপর দ্রুতি নির্ণয় করুন। উপরের বিন্যাসটি উষ্ণতার সাথে কিভাবে পরিবর্তিত হয় লেখচিত্রের সাহায্যে দেখান।  $2 + 2 + 2$

- ৬। (ক) অঙ্গীকারগুলি বিবৃত করে আইনস্টাইন-এর তাপপ্রাহীতার সমীকরণটি উপপাদন করুন। দেখান যে উচ্চ তাপমাত্রায় এই সমীকরণটি ডুলং-পেটিট-এর সূত্রে পর্যবসিত হয়।  $৬$
- (খ)  $3.5 \text{ \AA}$  তরঙ্গদৈর্ঘ্য যুক্ত  $X$ -রশ্মির সাহায্যে কোন সরল ঘনকাকার কেলাসের (100) তল (যার দৈর্ঘ্য  $1.5 \text{ \AA}$ ) থেকে ব্রাগ প্রতিফলন সম্ভব কি?  $৪$

### বিভাগ - খ

যে-কোনো তিনটি প্রশ্নের উত্তর দিন :  $৬ \times ৩ = ১৮$

- ৭। (ক) আদর্শ গ্যাসের একমাত্রিক গতিবেগের বন্টনের সমীকরণটি লিখুন। তার থেকে আদর্শ গ্যাস অণুর ক্ষেত্রে  $(V_x)$ -এর মান বের করুন। ফলাফলের ভৌতিক ব্যাখ্যা দিন।  $৪$
- (খ) তরলের পৃষ্ঠটান উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে হ্রাস পায়। ব্যাখ্যা করুন।  $২$
- ৮। গিবস-হেলমহোল্জ (Gibbs-Helmholtz) সমীকরণটি উপপাদন করুন এবং এই সমীকরণের প্রয়োগ লিখুন।  $৪ + ২$

- ৯। (ক) যথার্থ ম্যাক্সওয়েলের (Maxwell's) সম্পর্ক ব্যবহার করে দেখান যে

$$\left(\frac{dE}{dV}\right)_T = T \left(\frac{dP}{dT}\right)_V - P \quad ২$$

- (খ) দেখান যে সমতাপীয় পরাবর্ত প্রক্রিয়ায় কাজের পরিমাণ সমতাপীয় অপরাবর্ত প্রক্রিয়ার থেকে বেশী।  $৪$

- ১০। (ক) দুটি ফ্লাস্ক  $A$  এবং  $B$ -এর আয়তন সমান।  $A$  হাইড্রোজেন গ্যাস এবং  $B$  সমভরের মিথেন গ্যাস ধারণ করে।  $A$ -এর উষ্ণতা রাখা হয়েছে  $300\text{K}$  এবং  $B$ -এর উষ্ণতা রাখা হয়েছে  $600\text{K}$ । গ্যাসগুলি আদর্শ আচরণ করে ধরে নিয়ে নিচের প্রশ্নগুলির উত্তর দিন :

- (i) কোন ফ্লাস্কে চাপ বেশী এবং কত গুণ বেশী ?  
(ii) কোন ফ্লাস্কে অণুগুলির গড় মুক্তপথ বেশী এবং কতগুণ বেশী ?

(মিথেন এর সংঘর্ষ ব্যাস হাইড্রোজেনের সংঘর্ষ ব্যাসের দ্বিগুণ)  $২ + ২$

- (খ) দেখান যে আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে  $P-V$  লেখচিত্রে সমতাপীয় পরাবর্ত প্রক্রিয়া অপেক্ষা রুদ্ধতাপ পরাবর্ত প্রক্রিয়া অধিক নতিযুক্ত।  $২$

- ১১। (ক) দেখান যে  $\mu_{j,T} = -\frac{1}{C_p} \left(\frac{dH}{dP}\right)_T$   $২$

- (খ) প্রমাণ করুন :  $C_p - C_v = (\alpha^2 VT)/\beta$   
যেখানে  $\alpha =$  তাপীয় সম্প্রসারণ গুণাঙ্ক এবং  $\beta =$  সংকোচনশীলতা গুণাঙ্ক।  $৪$

- ১২। (ক) বয়েল তাপমাত্রা কি? কোন গ্যাস  $P(V-b) = RT$  সমীকরণটি মেনে চললে দেখান যে গ্যাসটির কোন বয়েল তাপমাত্রা থাকতে পারে না।  $৪$

- (খ) গ্যাসের সান্দ্রতাংক উষ্ণতার সঙ্গে কিভাবে পরিবর্তিত হয় ? ২
- ১৩। (ক) ব্রাগ (Bragg)-এর সমীকরণটি লিখুন এবং পদগুলি ব্যাখ্যা করুন। কোন কেলাসের গঠন নির্ণয়ে  $X$ -রশ্মি ব্যবহার করা হয় কিন্তু রেডিও তরঙ্গ ব্যবহার করা হয় না কেন, ব্যাখ্যা করুন। ৪
- (খ) একটি ঘনকাকার সিস্টেমের জন্য Bravais lattice সমূহ অঙ্কন করুন। ২
- ১৪। (ক) দেখান যে গিবসের মুক্ত শক্তির হ্রাস প্রাপ্তব্য কাজের পরিমাণের সমান। ৩
- (খ) একটি উদাহরণের সাহায্যে তাপগতীয় পরাবর্ত প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা করুন। ৩
- ১৫। একটি বাস্তব গ্যাসের জন্য পরীক্ষালব্ধ এবং ভ্যান ডার ওয়ালসের সমীকরণভিত্তিক তত্ত্বীয় একগুচ্ছ  $P$ - $V$  সমতাপীয় রেখা পরিকল্পনীয়ভাবে অঙ্কন করুন এবং অবস্থার অনবচ্ছেদ ব্যাখ্যা করুন। ২ + ২ + ২

## বিভাগ - গ

- যে-কোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দিন : ৩ × ৪ = ১২
- ১৬। ভ্যান ডার ওয়ালস (van der Waals) গ্যাসের সংকট ধ্রুবক ( $P_c$ ,  $V_c$ ,  $T_c$ )-এর সাহায্যে  $a$  এবং  $b$  ধ্রুবকের মান প্রকাশ করুন। ৩
- ১৭। তরলের পৃষ্ঠটান এবং পৃষ্ঠশক্তির মধ্যে সম্পর্কটি স্থাপন করুন। ৩

- ১৮। দেখান যে জুল-থমসন (Joule-Thomson) সম্প্রসারণ একটি আইসোএনথ্যালপিক প্রক্রিয়া। ৩
- ১৯। এক মোল (i) আদর্শ গ্যাস (ii) হাইড্রোজেন এবং (iii) অ্যামোনিয়া  $27^\circ\text{C}$  উষ্ণতায় রাখা হল।  $PV$  বনাম  $P$  লেখচিত্রগুলি একই চিত্রে কেমন হবে অঙ্কন করে দেখান। ৩
- ২০। স্থির উষ্ণতায় গ্যাসগুলির সান্দ্রতা চাপ নির্ভরশীল নয় কিন্তু অতি অল্পচাপে এই নিরপেক্ষতা ঘটে না — ব্যাখ্যা করুন। ৩
- ২১। “তরল-বাষ্প সাম্যের জন্য ক্লসিয়াস-ক্ল্যাপিরন (Clausius-Clayperon) সমীকরণটি ভ্যান্ট হফ (van't Hoff) সমীকরণের একটি বিশেষ রূপ।” বিচার করুন। ৩
- ২২। “দেখান যে পৃষ্ঠকেন্দ্রিক ঘনকের (fcc) আয়তনের প্রায় ২৬% ফাঁকা। ৩
- ২৩। পটাশিয়াম মধ্যকেন্দ্রিক ঘনকীয় কেলাস (bcc) গঠন করে এবং এর ঘনত্ব  $0.856 \text{ g cm}^{-3}$ । পটাশিয়াম কেলাসের একক কোষ-এর দৈর্ঘ্য এবং (110) তলদ্বয়ের মধ্যে দূরত্ব গণনা করুন। ৩
- ২৪। ম্যাঙ্গানিজ-এর দ্রুতি বিন্যাস সমীকরণ থেকে একটি গ্যাসীয় অণুর গড় দ্রুতির গাণিতিক রূপ উপপাদন করুন। ৩
- ২৫। গিবস (Gibbs)-এর মুক্তশক্তির সাপেক্ষে কোনো প্রক্রিয়ার সাম্য এবং স্বতঃস্ফূর্ততার শর্ত নির্ণয় করুন। ৩
- ২৬। বিলোম উষ্ণতা কাকে বলে? একটি আদর্শ গ্যাসের বিলোম উষ্ণতা সম্বন্ধে মন্তব্য করুন। ৩
- ২৭। তরলের সান্দ্রতা গুণাঙ্ক কাকে বলে। সান্দ্রতা গুণাঙ্কের একক এবং মাত্রা লিখুন। ৩

## ( English Version )

**Special credit will be given for precise and correct answer. Marks will be deducted for spelling mistakes, untidiness and illegible handwriting. The figures in the margin indicate full marks.**

**Group-A**

Answer any *two* questions.  $10 \times 2 = 20$

1. (a) Derive a relation between mean free path and collision diameter of a gas. 4
- (b) What is compressibility factor ? Plot compressibility factor ( $z$ ) against pressure for a real gas at various temperatures. 4
- (c) A gas obeys equation  $P(V-b) = RT$ . Is it possible to liquefy the gas ? Justify your answer. 2
2. (a) State unit and dimension of surface tension of a liquid. 2
- (b) Explain briefly how the surface tension of a liquid is measured by capillary rise method and deduce the necessary equation. 4

- (c) A spherical drop of water, 0.4 cm in radius is split up into 125 identical tiny spherical droplets. Calculate the increase in surface energy. 4
3. (a) Derive the  $P - V$  relation for an ideal gas undergoing reversible adiabatic expansion. 4
- (b) Prove the equivalence of Clausius and Kelvin-Planck's statements of the second law of thermodynamics. 3
- (c) A Carnot engine working between  $0^\circ\text{C}$  and  $100^\circ\text{C}$  takes up 840 joules from the high temperature reservoir. Calculate the work done and the heat rejected. 3
4. (a) Derive van der Waals equation for  $n$  moles of a gas. 4

- (b) With the help of Andrew's curves show how far van der Waals equation explains real gas behaviour. 4
- (c) Find the mathematical expression for Boyle's temperature using van der Waals equation. 2
5. (a) Indicate Carnot cycle on a  $P$ - $V$  diagram showing clearly the steps performed. Derive an expression for the efficiency of the cycle. 4
- (b) The number of molecules of mass  $m$  with speed between  $c$  and  $c + dc$  is given by  $dN = A \cdot c^2 \cdot e^{-mc^2/2kT} dc$ . Calculate (i)  $A$  and (ii) the most probable speed for oxygen molecule at  $25^\circ\text{C}$ . How does the above distribution vary with temperature? Give a graphical representation. 2 + 2 + 2
6. (a) Deduce Einstein equation for heat capacity of solid stating assumptions. Show that at high temperature the equation is reduced to Dulong-Petit Law. 6

- (b) Is it possible to obtain Bragg Reflection from (100) plane of simple cubic crystals with edge length  $1.5 \text{ \AA}$  by using X-ray with wavelength  $3.5 \text{ \AA}$ ? 4

**Group-B**

Answer any *three* questions.  $6 \times 3 = 18$

7. (a) Write down the equation for the distribution of velocity of a gas in one-dimension. Hence find  $(V_x)$  for ideal gas molecules. Give physical interpretation of the result. 4
- (b) Surface tension of a liquid decreases with increase in temperature. Explain. 2
8. Deduce Gibbs-Helmholtz equation and state its applications. 4 + 2
9. (a) Show that 
$$\left(\frac{dE}{dV}\right)_T = T \left(\frac{dP}{dT}\right)_V - P$$
 using appropriate Maxwell's relation. 2
- (b) Show that the work done in an isothermal reversible process is greater than that of irreversible one. 4

10. (a) Two flasks *A* and *B* have equal volumes. *A* contains  $H_2$  and *B* contains an equal mass of  $CH_4$ . *A* is maintained at 300K while *B* is maintained at 600K. Assuming ideal behaviour for the gases, answer the following questions :

- (i) In which flask is the pressure greater and by how many times ?
- (ii) In which flask is the mean free path of molecules greater and by how many times ?

( The collision diameter of  $CH_4$  is twice that of  $H_2$  ) 2 + 2

- (b) Show that for an ideal  $P - V$  curve of an adiabatic reversible process is steeper than the same for an isothermal reversible one. 2

11. (a) Show that

$$\mu_{j,T} = -\frac{1}{C_p} \left( \frac{dH}{dP} \right)_T \quad 2$$

- (b) Prove :  $C_p - C_v = (\alpha^2 VT) / \beta$

where,  $\alpha$  = coefficient of thermal expansion and  $\beta$  = coefficient of compressibility. 4

12. (a) What is Boyle temperature ? Show that a gas obeys the equation  $P(V-b) = RT$  has no Boyle temperature. 4

- (b) How does viscosity coefficient of a gas vary with temperature ? 2

13. (a) Write the Bragg equation explaining the terms involved. Explain why X-rays and not radio waves are suitable for the determination of crystal structure. 4

- (b) Draw the Bravais lattice for a cubic system. 2

14. (a) Show that decrease in Gibbs free energy is a measure of available work. 3

- (b) Explain with example the meaning of a thermodynamically reversible process. 3

15. Draw schematically a set of experimental as well as theoretical  $P - V$  isotherms based on van der Waals equation for real gas. Explain the idea of continuity of state.  $2 + 2 + 2$

**Group-C**

Answer any *four* questions.  $3 \times 4 = 12$

16. Express the constants  $a$  and  $b$  in terms of critical constants ( $P_c, V_c, T_c$ ) of a van der Waals gas.  $3$
17. Establish a relation between surface tension and surface energy of a liquid.  $3$
18. Show that Joule-Thomson expansion is an isenthalpic process.  $3$
19. For 1 mole of (i) ideal gas (ii) hydrogen and (iii) ammonia, kept at  $27^\circ\text{C}$ , draw  $PV$  vs  $P$  plots on the same diagram.  $3$

20. The viscosity of gases is independent of pressure at constant temperature but this independency fails at very low pressures. Explain.  $3$
21. "The Clausius-Clayperon equation is a special case of the van't Hoff equation for liquid-vapour equilibrium." Justify or criticize the statement.  $3$
22. Show that the void space in a *fcc* structure is  $\sim 26\%$ .  $3$
23. Potassium crystallizes with a *bcc* lattice and has density of  $0.856 \text{ g cm}^{-3}$ . Calculate the length of unit cell and the distance between (110) planes.  $3$

24. Deduce the mathematical expression for average speed of a gas molecule from Maxwell's speed distribution equation. 3
25. Find the conditions of equilibrium and spontaneity of a process in terms of Gibbs free energy. 3
26. What is inversion temperature ? Comment on the inversion temperature of an ideal gas. 3
27. Define coefficient of viscosity of a liquid. State its unit and dimension. 3
- 
-