

## BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

June, 2010

PHYSICS

PHE-06 : THERMODYNAMICS & STATISTICAL  
MECHANICS*Time : 2 hours**Maximum Marks : 50*

*Note : Question 1 is compulsory. Attempt any other four questions. Use of log tables and non-programmable calculators is allowed. Symbols have their usual meanings.*

1. Answer *any five* parts : 2x5=10
- (a) Draw the  $P$ - $V$  diagrams for an :
- (i) isochoric process, and an
- (ii) isothermal process
- (b) Define molar heat capacities at constant temperature and constant volume of a gas. How are these related ?
- (c) Write the combined mathematical form of the first and the second laws of thermodynamics for a stretched wire ; mentioning the physical significance of all the terms in the expression.
- (d) Plot the variation of heat capacity with temperature for first order and second order phase transitions.

- (e) Write van der waals equation for a real gas and state the significance of different terms.
- (f) Draw the phase space of a linear harmonic oscillator. Under what condition is this phase space circular ?
- (g) Distinguish between  $^3\text{He}$  and  $^4\text{He}$  on the basis of statistics they obey.
2. (a) With the help of a diagram, explain the construction and working of radiation pyrometer. What are its advantages over other types of thermometers ? **4+1**
- (b) Calculate Fermi energy  $\epsilon_F$  for copper **5**  
 [Given : Density of copper =  $9 \text{ g cm}^{-3}$ , Atomic weight of copper = 63.5, valency = 1] and Avogadro's no.  $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .
3. (a) Mention the four reversible processes in a carnot cycle. A geothermal source has a temperature of  $1000^\circ\text{C}$ . The surface temperature on the earth is  $27^\circ\text{C}$ . Calculate the efficiency of a heat engine operating between these temperatures. **2+3**
- (b) Dust particles suspended in a monatomic gas are in equilibrium with the gas. If the gas is at 300 K, calculate mean kinetic energy of dust particle. If the mass of a dust particle is  $10^{-27} \text{ kg}$  calculate  $v_{rms}$  **3+2**  
 (Given :  $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$ ,  $R = 8314 \text{ Jk}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ,  $N_A = 6.02 \times 10^{26} \text{ k mol}^{-1}$ )

4. (a) 5 moles of an ideal gas at  $27^{\circ}\text{C}$  is expanded isothermally to double its original volume. Then it undergoes an isochoric process till it attains original pressure. Calculate the total work done. 5
- [ Given :  $R = 8.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  ]
- (b) Heat conductivity of helium is 8.7 times that of argon under STP. Calculate the ratio of effective diameter of Ar and He atoms. Atomic weights of He and Ar are 4 and 39.95 u respectively. 5
5. (a) Starting with the expression for availability of a system, obtain the equilibrium conditions for : 1+4
- (i) thermally isolated - isochoric system
  - (ii) thermally isolated - isobaric system
  - (iii) thermally conducting - isochoric system
  - (iv) thermally conducting - isobaric system
- (b) Consider a system of  $N$  particles and a phase space consisting of three cells of energies 0,  $\epsilon$ , and  $2\epsilon$ . Calculate the partition function and internal energy. 2+3

6. (a) Derive an expression for the average **3+2** pressure exerted by an ideal gas comprising of particles enclosed in a box. Give kinetic interpretation of temperature.
- (b) What is Gibb's paradox ? How was it resolved ? Derive relevant expressions.  
some physical constants : **1+1+3**

$$h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$$

विज्ञान स्नातक ( बी.एस सी. )

सत्रांत परीक्षा

जून, 2010

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-06 : ऊष्मागतिकी तथा सांख्यिकीय  
यांत्रिकी

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

**नोट :** प्रश्न 1 अनिवार्य है। बाकी प्रश्नों में से किन्हीं चार प्रश्नों के उत्तर दें। आप लॉग सारणियाँ तथा अप्रोग्रामीय कैल्कुलेटरों का इस्तेमाल कर सकते हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

1. **किन्हीं पाँच** भागों के उत्तर दें : 2x5=10
- (a) (i) समआयतनिक, और  
(ii) समतापी प्रक्रमों के लिए  $P-V$  आरेख खींचें।
- (b) स्थिर तापमान और स्थिर आयतन पर किसी गैस की मोलर उष्मा धारिताएं परिभाषित कीजिए। इनके बीच क्या संबंध है।
- (c) एक तनित तार के लिए उष्मागतिकी के प्रथम और द्वितीय नियम का संयोजित गणितीय रूप लिखिए। व्यंजक में सभी पदों की भौतिक सार्थकता का भी वर्णन कीजिए।
- (d) प्रथम कोटि और द्वितीय कोटि संक्रमणों के लिए तापमान के साथ उष्मा-धारिता के आरेख खींचें।
- (e) वास्तविक गैस के लिए वाण्डर-वाल्स समीकरण लिखिए और सभी पदों की सार्थकता बताइए।

- (f) एक सरल आवर्त दोलक की प्रावस्था समष्टि खींचें।  
किस अवस्था में यह प्रावस्था समष्टि वृताकार होगी ?
- (g)  ${}^3\text{He}$  और  ${}^4\text{He}$  में उनके द्वारा प्रतिपालित सांख्यिकी के  
अधार पर विभेदन कीजिए।

2. (a) चित्र की सहायता से, विकिरण उत्तापमापी की रचना **4+1**  
(Construction) और प्रचालन की व्याख्या कीजिए।  
अन्य तापमापियों की तुलना में इसके क्या लाभ हैं ?
- (b) तांबे के लिए फर्मी-ऊर्जा  $\epsilon_F$  परिकलित कीजिए। (दिया **5**  
है : तांबे का घनत्व  $= 9 \text{ gcm}^{-3}$ , परमाणु भार  $= 63.5$ ,  
संयोजकता  $= 1$ , और आवोगाद्रो की  
संख्या  $= 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ )
3. (a) कार्नो चक्र के चार उत्क्रमणीय प्रक्रम लिखें। एक **2+3**  
भूतापीय स्रोत का तापमान  $1000^\circ\text{C}$  है। धरती के तल  
का तापमान  $27^\circ\text{C}$  है। इन तापमानों के बीच कार्यरत  
इंजन की दक्षता परिकलित करें।
- (b) एक-परमाणुक गैस में निलंबित धूल के कण साम्यावस्था **3+2**  
में है। यदि गैस का तापमान  $300 \text{ K}$  हो तो धूल कणों की  
माध्य गतिज ऊर्जा परिकलित कीजिए। धूल कणों का  
द्रव्यमान  $10^{-27} \text{ kg}$  लेकर  $v_{rms}$  परिकलित करें।  
दिया है :  $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ Jk}^{-1}$ ,  $R = 8314$   
 $\text{KJk}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ,  $N_A = 6.02 \times 10^{26} \text{ k mol}^{-1}$

4. (a)  $27^{\circ}\text{C}$  तापमान पर 5 मोल आदर्श गैस को मूल आयतन 5 से दो गुने आयतन में समतापीय रूप में प्रसारित किया जाता है। फिर इसे समआयतनिक रूप में तब तक दाबित किया जाता है जब तक इसका मूल दाब प्राप्त नहीं होता। इन प्रक्रमों में किया गया कुल कार्य परिकलित कीजिए।
- दिया है :  $R = 8.3 \text{ Jk}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ .
- (b) मानक तापमान और दाब पर हीलियम की उष्मा-चालकता 5 ऑर्गान (Ar) की उष्मा चालकता से 8.7 गुणा है। ऑर्गान और हीलियम अणुओं के प्रभावी व्यास का अनुपात परिकलित करें। हीलियम और आर्गान के परमाणु भार क्रमशः 4 और 39.95 u हैं।
5. (a) तंत्र की प्राप्यता के व्यंजक से आरम्भ कर, निम्न के लिए 1+4 साम्य प्रतिबंध ज्ञात करें :
- (i) ताप-वियुक्त, सम-आयतनिक तंत्र  
(ii) ताप-वियुक्त, समदाबी तंत्र  
(iii) उष्मा-चालक समआयतनिक तंत्र  
(iv) ताप चालक समदाबी तंत्र
- (b)  $N$ -कणों के एक तंत्र तथा प्रावस्था समष्टि में  $O$ ,  $\epsilon$  तथा  $2+3$   $2\epsilon$  ऊर्जाओं के संगत सेलों की कल्पना कीजिए। इनके संगत संवितरण फलन और आंतरिक उर्जा परिकलित कीजिए।

6. (a) एक बाक्स में आदर्श गैस के  $N$  अणुओं द्वारा डाले गए  $3+2$   
औसत दाब का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। तापमान का  
अणुगति निर्वचन दें।
- (b) गीब्ज विरोधाभास क्या है? इसे कैसे वियोजित किया  
गया? उपयुक्त व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।  $1+1+3$

**कुछ भौतिक स्थिरांक :**

$$h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$$

---