No. of Printed Pages : 8

PHE-06

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

December, 2014

PHYSICS

PHE-06 : THERMODYNAMICS AND STATISTICAL MECHANICS

Time : 2 hours *Maximum Marks : 50*

Note : ***All*** *questions are compulsory. Marks allotted for each question are indicated against it. You can use log tables or non-programmable calculators. Symbols have their usual meanings.*

1. Attempt any ***three*** parts : *3×5=15*

(a) A gas undergoes adiabatic transformation. Using the first law of thermodynamics, show that this process is represented by the equation pV^{γ} = constant.

(b) Define the term adiabatic lapse rate. Obtain an expression for adiabatic lapse rate for the Earth's atmosphere.

(c) State the third law of thermodynamics and show that the heat capacities of a substance converge as $T \rightarrow 0$.

(d) The mean free path of the molecules of a gas at 27°C is $6{\cdot}0 \times 10^{-8}$ m. Calculate the pressure exerted by the gas. The radius of the molecule is 1·8 Å. Take $k_B = 1{\cdot}38 \times 10^{-23}$ J K^{-1}.

(e) Obtain the Boltzmann relation between entropy and thermodynamic probability. Discuss its significance.

2. Attempt any ***one*** part : *1×5=5*

(a) Two moles of a perfect gas occupy a volume of 0·060 m^3 and exert a pressure of 4×10^5 Nm^{-2}. It is compressed isobarically to 0·045 m^3. Calculate the work done by the gas.

(b) State and explain Zeroth law of thermodynamics. Discuss its significance.

3. Explain Brownian motion. Obtain an expression for mean square displacement based on Einstein's theory. How can it be used to determine Avogadro's number ? *1+7+2*

OR

What is transport phenomenon ? Obtain an expression for viscosity of the gas. Assume that the average number of molecules crossing an arbitrary plane from either side per unit area per second is $\frac{1}{4} n \bar{v}$. Discuss its pressure and temperature dependence. *2+6+2*

4. Define 1st order phase transition. Depict the temperature variation of Gibbs free energy, entropy and volume for it. Obtain the Clausius – Clapeyron equation to describe temperature variation of pressure of two phases to remain in equilibrium. *1+3+6*

OR

What is adiabatic demagnetization ? How is it used to produce low temperatures ? Obtain an expression for drop in temperature. *2+3+5*

5. (i) The thermodynamic probability for Bose – Einstein distribution is given by

$$W = \frac{(g_i + N_i - 1)!}{N_i!\,(g_i - 1)!}$$

Obtain an expression for Bose – Einstein distribution function. *5*

(ii) Discuss fountain effect observed in liquid He at low temperatures. *5*

OR

(i) Planck's law for distribution of black body radiation is given by

$$u_\nu d\nu = \frac{8\pi h}{c^3} \frac{\nu^3 d\nu}{\exp\left[\frac{h\nu}{k_B T} - 1\right]}$$

Obtain an expression for Stefan's constant. *5*

(ii) Compute Fermi energy of a monovalent metal using the following data : 5

$m_e = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg, $h = 6{\cdot}6 \times 10^{-34}$ Js,

$\frac{N}{V} = 8{\cdot}5 \times 10^{28}\ m^{-3}$.

पी.एच.ई.-06

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2014

भौतिक विज्ञान

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

समय : 2 घण्टे *अधिकतम अंक : 50*

नोट : ***सभी*** *प्रश्न अनिवार्य हैं । प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं । आप लॉग सारणियाँ अथवा अप्रोग्रामीय कैल्कुलेटरों का प्रयोग कर सकते हैं । प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं ।*

---

1. किन्हीं ***तीन*** भागों को हल कीजिए : *3×5=15*

(क) एक गैस का रुद्धोष्म रूपान्तरण होता है । ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम का उपयोग कर, सिद्ध कीजिए कि इस प्रक्रम को समीकरण pV^{γ} = स्थिरांक द्वारा निरूपित किया जाता है ।

(ख) रुद्धोष्म ह्रास दर पद परिभाषित कीजिए । पृथ्वी के वायुमण्डल के लिए रुद्धोष्म ह्रास दर का व्यंजक प्राप्त कीजिए ।

(ग) ऊष्मागतिकी का तृतीय नियम लिखिए और सिद्ध कीजिए कि $T \rightarrow 0$ पर किसी भी पदार्थ की ऊष्मा धारिताएँ अभिसरित होती हैं ।

(घ) 27°C तापमान पर किसी गैस के अणुओं का माध्य मुक्त पथ $6{\cdot}0 \times 10^{-8}$ m है । यदि अणु की त्रिज्या 1·8 Å हो, तो गैस का दाब परिकलित कीजिए । $k_B = 1{\cdot}38 \times 10^{-23}\ J\ K^{-1}$ लीजिए ।

(ङ) एन्ट्रॉपी और ऊष्मागतिक प्रायिकता के बीच बोल्ट्ज़मान सम्बन्ध प्राप्त कीजिए । इस सम्बन्ध का महत्त्व बताइए ।

2. कोई ***एक*** भाग हल कीजिए : *1×5=5*

(क) दो मोल आदर्श गैस $0{\cdot}060\ m^3$ का आयतन ग्रहण करती है और $4 \times 10^5\ Nm^{-2}$ का दाब डालती है । समदाबीय रूप से इसे $0{\cdot}045\ m^3$ तक संपीडित किया जाता है । गैस द्वारा किया गया कार्य परिकलित कीजिए ।

(ख) ऊष्मागतिकी का शून्य कोटि नियम लिखिए तथा इसकी व्याख्या कीजिए । इस नियम का महत्त्व भी बताइए ।

3. ब्राउनी गति स्पष्ट कीजिए । आइन्स्टाइन सिद्धान्त के आधार पर विस्थापन वर्ग माध्य के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए । इसे आवोगाद्रो संख्या का निर्धारण करने में किस प्रकार उपयोग किया जा सकता है ? *1+7+2*

अथवा

अभिगमन परिघटना क्या है ? गैस की श्यानता का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । मान लीजिए कि किसी यादृच्छिक समतल के दोनों ओर से प्रति इकाई क्षेत्रफल प्रति सेकण्ड पार करने वाले अणुओं की औसत संख्या $\frac{1}{4} n \bar{v}$ है । इसकी दाब और ताप निर्भरता की चर्चा कीजिए । *2+6+2*

4. प्रथम कोटि प्रावस्था संक्रमण परिभाषित कीजिए । इसके लिए तापमान में परिवर्तन के साथ गिब्ज़ मुक्त ऊर्जा, एन्ट्रॉपी और आयतन का आरेख खींचिए । दो प्रावस्थाओं के साम्य में रहने के लिए तापमान के साथ दाब में परिवर्तन की चर्चा के लिए क्लॉसियस – क्लैपेरॉन समीकरण प्राप्त कीजिए । *1+3+6*

अथवा

रुद्धोष्म विचुम्बकन क्या है ? इसे निम्न तापमान प्राप्त करने के लिए कैसे उपयोग किया जाता है ? तापमान ह्रास के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए । *2+3+5*

5. (i) बोस – आइन्स्टाइन बंटन के लिए ऊष्मागतिकी प्रायिकता का निम्नलिखित व्यंजक दिया गया है :

$$W = \frac{(g_i + N_i - 1)!}{N_i!\,(g_i - 1)!}$$

बोस – आइन्स्टाइन बंटन फलन का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । *5*

(ii) निम्न तापमान पर द्रव He में प्रेक्षित फव्वारा प्रभाव की चर्चा कीजिए । *5*

अथवा

(i) कृष्णिका विकिरण के बंटन के लिए प्लांक नियम निम्नलिखित दिया गया है :

$$u_\nu d\nu = \frac{8\pi h}{c^3} \frac{\nu^3 d\nu}{\exp\left[\frac{h\nu}{k_B T} - 1\right]}$$

इसका उपयोग कर स्टेफ़ान नियतांक का व्यंजक प्राप्त कीजिए । *5*

(ii) निम्नलिखित आँकड़ों का उपयोग कर एकसंयोजक धातु के लिए फर्मी ऊर्जा परिकलित कीजिए : 5

$m_e = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg, $h = 6{\cdot}6 \times 10^{-34}$ Js,

$\frac{N}{V} = 8{\cdot}5 \times 10^{28}\ m^{-3}$.