No. of Printed Pages : 7

PHE–06

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

00629

December, 2010

PHYSICS

PHE–06 : THERMODYNAMICS AND 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 are **allowed**. Symbols have their usual meanings.*

1. Answer ***any five*** parts : **2x5=10**

(a) Imagine a tray filled with water placed in a freezer. For the contents of the tray, state with justification the signs of δQ and du.

(b) State Hess's law and explain it, in brief.

(c) Write the combined mathematical form of the first and second law of thermodynamics for a pVT system.

(d) What are the four thermodynamic potentials ? Name the thermodynamic variables associated with one of these potentials.

(e) Write an expression for the ratio of two heat capacities, γ, in terms of degree of freedom. Hence calculate the value of γ for monoatomic and diatomic gases.

(f) Draw labelled diagram of the phase space for a linear harmonic oscillator.

(g) Plot the Fermi function at $T=0$ and for $T > 0$.

(h) Define mean free path. Write an expression for it (without deriving) based on elementary derivation.

2. (a) Write the first law of thermodynamics for an adiabatic process. Show that the work done during an adiabatic process is **1+4**

$$w = \frac{R}{\gamma - 1} (T_1 - T_2)$$

(b) Calculate the thermo e.m.f across the two junctions of a thermocouple with $C_1 = 55.0$ $\mu V^0 C^{-2}$ and $C_2 = 0.05$ $\mu V^0 C^{-2}$ when its hot junction is at 700°C with respect to the cold junction. **5**

3. (a) What is adiabatic lapse rate ? Derive its expression for a perfect gas. **1+4**

(b) 10 kg of water is heated from 0°C to 100°C and converted into steam at the same temperature. Calculate the increase in entropy. Given specific heat of water = 4.18×10^3 J kg^{-1} k^{-1} and latent heat of vaporisation = 2.24×10^6 J kg^{-1}. 5

4. (a) What are second order phase transitions ? Derive Ehrenfest's equations for second order phase transitions. 2+5

(b) State Gibbs phase rule and illustrate it by considering the existence of triple point of water. 3

5. Derive Van-der-Waal's equation of state for real gases. What are the limitations of this equation ? 6+4

6. (a) Describe briefly any one example of Brownian motion in physics. 2

(b) Show that the temperature at which Bose-Einstein condensation starts is given by 6

$$T_C = \frac{h^2}{2\pi m k_B}\left[\frac{N}{2.612\, V}\right]^{2/3}$$

(c) What is fountain effect ? 2

Values of physical constants :

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

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

$k_B = 1.38 \times 10^{-23}$ Jk^{-1}

पी.एच.ई.–06

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2010

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.–06 : ऊष्मागतिकी और 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 है।*

1. ***किन्हीं पाँच*** भागों के उत्तर दें। **2x5=10**

   (a) मान लें कि पानी से भरी एक ट्रे फ्रीजर में रखी है। ट्रे में रखी वस्तुओं के लिए δQ और du के चिन्ह क्या होंगे उत्तर की पुष्टि करें।

   (b) हैस का नियम बताएं और इसकी संक्षेप में व्याख्या करें।

   (c) pVT तंत्र के लिए ऊष्मागतिकी के प्रथम और द्वितीय नियम का संयोजित गणितीय रूप लिखें।

   (d) चार ऊष्मागतिक विभव क्या हैं? उन ऊष्मागतिक चरों के नाम लिखें जो इनमें से किसी एक विभव से संबंधित हैं।

   (e) स्वातंत्रय कोटि के पदों में दो ऊष्माधारिताओं के अनुपात γ, का व्यंजक लिखें। अतएव, एक–परमाणुक और द्वि–परमाणुक गैसों के लिए γ का मान परिकलित करें।

(f) सरल आवर्त दोलक की प्रावस्था समष्टि का रेखांकित चित्र खींचें।

(g) $T=0$ और $T>0$ पर फर्मी फलन का आरेख खींचें।

(h) माध्य मुक्त पथ की परिभाषा लिखे। प्रारंभिक व्युत्पत्ति पर आधारित (बिना व्युत्पन्न किए) इसका व्यंजक लिखें।

2. (a) रूद्धोष्म प्रक्रम के लिए ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम लिखें। सिद्ध करें कि रूद्धोष्म प्रक्रम में किया गया कार्य है : 1+4

$$w=\frac{R}{\gamma-1}\ (T_1-T_2)$$

(b) दो ताप-वैद्युत युग्म पर तापीय e.m.f. परिकलित करें जबकि शीत संधि के सापेक्ष इसकी तप्त संधि 700°C पर है। दिया है : 5

$C_1=55.0\ \mu V^0\ C^{-2}$ और $C_2=0.05\ \mu V^0\ C^{-2}$

3. (a) रूद्धोष्म ह्रास दर की परिभाषा दें। आदर्श गैस के लिए इसका व्यंजक व्युत्पन्न करें। 1+4

(b) 10 kg पानी को 0°C से 100°C तक गर्म किया जाता है और उसी तापमान पर भाप में बदल जाता है। एन्ट्रॉपी में हुई वृद्धि मालूम करें। दिया है : पानी की विशिष्ट उष्मा= $4.18\times10^3\ J\ kg^{-1}\ k^{-1}$ और वाष्पन गुप्त ऊष्मा= $2.24\times10^6\ J\ kg^{-1}$. 5

4. (a) द्वितीय कोटि प्रावस्था संक्रमण की परिभाषा बताएं। द्वितीय कोटि प्रावस्था संक्रमण के लिए ऐरनफेस्ट समीकरण व्युत्पन्न करें। 2+5

(b) गिब्ज़ प्रावस्था नियम की परिभाषा बताएं और इस नियम को पानी के त्रिक बिंदु के अस्तित्व के उदाहरण द्वारा समझाएं। 3

5. वास्तविक गैसों के लिए वाण्डरवाल्स अवस्था समीकरण को व्युत्पन्न करें। इस समीकरण की सीमाएं क्या हैं? 6+4

6. (a) भौतिकी में ब्राउनी गति के किसी एक उदाहरण का संक्षेप में वर्णन करें। 2

(b) सिद्ध करें कि वह तापमान जिस पर बोस-आइन्स्टाईन संघनन शुरु होता है, निम्नलिखित व्यंजक द्वारा दिया जाता है : 6

$$T_C = \frac{h^2}{2\pi\, m\, k_B}\left[\frac{N}{2.612\, V}\right]^{2/3}$$

(c) फब्बारा प्रभाव को समझाएं। 2

भौतिक स्थिरांक :

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

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

$k_B = 1.38 \times 10^{-23}$ Jk^{-1}