

**BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)**

**Term-End Examination**

**December, 2018**

04052

**PHYSICS**

**BPHE-106/PHE-06 : THERMODYNAMICS AND  
STATISTICAL MECHANICS**

*Time : 2 hours*

*Maximum Marks : 50*

---

*Note : All questions are compulsory. However, internal choices are given. You can use calculators or log tables. Symbols have their usual meanings. Marks for each question are indicated against it.*

---

---

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

(a) What do you understand by phase space ?

Draw the phase space for a linear harmonic oscillator of energy  $E$  and angular frequency  $\omega$ . What is the area of the phase space ?

(b) Define mean free path of the molecules of a gas. Show that it is equal to  $1/n\pi d^2$ , where  $n$  is the number of molecules per unit volume and  $d$  is the diameter of a molecule.

- (c) Explain zeroth law of thermodynamics. How does it lead to the concept of temperature ?
- (d) State Gibb's phase rule. Show that at the triple point of water, the values of temperature and pressure are fixed.
2. Derive Ehrenfest's equation for a second-order phase transition :

$$\frac{\Delta p}{\Delta T} = \frac{C_{p_2} - C_{p_1}}{VT(\beta_2 - \beta_1)}$$

where  $C_{p_1}$  and  $C_{p_2}$  are respectively, the heat capacities at constant pressure for the initial and final phases, while  $\beta_1$  and  $\beta_2$  are respectively, the isochoric volume expansivities for the initial and final phases.

5

**OR**

Write down the Van der Waal's equation of state for real gases. Using it, obtain the reduced equation of state. What is its significance ? 1+3+1

3. Answer any *two* parts : 2×5=10
- (a) State the four processes involved in a Carnot cycle and show them on the P-V and T-S diagrams. Write the expression for the efficiency of a reversible Carnot engine. What conclusions can be drawn from it ? 3+1+1

- (b) Write down the expression for the pressure exerted by the gas molecules on the walls of a container in terms of density of gas. Calculate the root mean square velocity of hydrogen molecules at STP, given the density of hydrogen =  $0.09 \text{ kg m}^{-3}$ . 2+3
- (c) What are isothermal and adiabatic processes ? Starting from the first law of thermodynamics, prove that

$$\left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_p = C_p - p \alpha V$$

where the notations have their usual meanings,  $\alpha$  being the volume expansion coefficient. 2+3

4. An ideal gas consists of  $N$  particles. The energy of each particle of the system in terms of its momentum  $p$  is  $E = pc$ , where  $c$  is a constant. Calculate the partition function,  $Z$ ; internal energy,  $U$  and heat capacity at constant volume,  $C_v$  of the system. 7+2+1

**OR**

What do you understand by Brownian motion ? Derive Einstein's formula for the mean square displacement of a Brownian particle. 2+8

5. (a) What is a thermocouple ? How is it used to measure temperature ? State its limitations. 1+2+2
- (b) A metal wire of length 3 m and area of cross-section  $3 \times 10^{-6} \text{ m}^2$  is suspended from a torsion head. Its length is increased by hanging a weight of 10 kg at the free end. Calculate the work done on the wire. Young's modulus of the wire is  $2 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$ . 5

**OR**

Write down Maxwell's thermodynamic relations. Using these relations, derive the first and second energy equations showing, respectively, the volume and pressure dependence of internal energy, at constant temperature. 4+6

---

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2018

भौतिक विज्ञान

बी.पी.एच.ई.-106/पी.एच.ई.-06 : ऊष्मागतिकी तथा  
सांख्यिकीय यांत्रिकी

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

नोट : सभी प्रश्न अनिवार्य हैं। परन्तु आंतरिक विकल्प दिए गए हैं।  
आप कैल्कुलेटर्स अथवा लॉग सारणियों का प्रयोग कर सकते  
हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं। प्रत्येक प्रश्न के अंक  
उसके सामने दिए गए हैं।

1. किन्हीं तीन भागों के उत्तर दीजिए :

$3 \times 5 = 15$

(क) आप प्रावस्था समष्टि से क्या समझते हैं? ऊर्जा  $E$  और  
कोणीय आवृत्ति  $\omega$  वाले सरल आवर्त दोलक की  
प्रावस्था समष्टि खींचिए। इस प्रावस्था समष्टि का  
क्षेत्रफल क्या होगा?

(ख) एक गैस के अणुओं की माध्य मुक्त पथ की परिभाषा  
लिखिए। सिद्ध कीजिए कि माध्य मुक्त पथ  $1/n\pi d^2$  के  
बराबर है, जहाँ  $n$  प्रति आयतन अणुओं की संख्या और  
 $d$  अणु का व्यास है।

(ग) ऊष्मागतिकी के शून्य कोटि नियम की व्याख्या कीजिए। इस नियम ने तापमान की संकल्पना को कैसे जन्म दिया ?

(घ) गिब्ज़ प्रावस्था नियम लिखिए। सिद्ध कीजिए कि पानी के त्रिक बिंदु पर तापमान और दाब के मान अचर हैं।

2. द्वितीय कोटि प्रावस्था संक्रमण के लिए ऐरनफेस्ट समीकरण

$$\frac{\Delta p}{\Delta T} = \frac{C_{p2} - C_{p1}}{VT(\beta_2 - \beta_1)}$$

व्युत्पन्न कीजिए, जहाँ  $C_{p1}$  और  $C_{p2}$  क्रमशः प्रारंभिक और अंतिम प्रावस्थाओं के लिए अचर दाब पर ऊष्मा धारिताएँ हैं और  $\beta_1$  और  $\beta_2$  क्रमशः प्रारंभिक और अंतिम प्रावस्थाओं के लिए समदाबी आयतन प्रसारिताएँ हैं।

5

अथवा

वास्तविक गैसों के लिए वाण्डर वाल्स अवस्था समीकरण लिखिए। इसका उपयोग करके समानीत अवस्था समीकरण प्राप्त कीजिए। इसकी सार्थकता लिखिए।

1+3+1

3. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए :

2×5=10

(क) कार्नो चक्र के चार प्रक्रम लिखिए और इन्हें P-V तथा T-S आरेखों पर खींचिए। उत्क्रमणीय कार्नो इंजन की दक्षता का व्यंजक लिखिए। इससे क्या निष्कर्ष निकाले जा सकते हैं ?

3+1+1

(ख) गैस के घनत्व के पदों में एक पात्र की दीवारों पर गैस अणुओं द्वारा लगाए गए दाब का व्यंजक लिखिए । STP पर हाइड्रोजन अणुओं का वर्ग माध्य मूल वेग परिकलित कीजिए । दिया गया है : हाइड्रोजन का घनत्व =  $0.09 \text{ kg m}^{-3}$  है । 2+3

(ग) समतापी और रुद्धोष्म प्रक्रम क्या होते हैं ? ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम से प्रारम्भ करके सिद्ध कीजिए कि

$$\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_p = C_p - p\alpha V$$

जहाँ प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं, और  $\alpha$  आयतन प्रसार गुणांक है । 2+3

4. N कणों वाली एक आदर्श गैस है । आदर्श गैस के प्रत्येक कण की ऊर्जा, संवेग  $p$  के पदों में,  $E = pc$  है जहाँ  $c$  एक अचर है । तंत्र का संवितरण फलन,  $Z$ ; आंतरिक ऊर्जा,  $U$  और अचर आयतन पर ऊष्मा धारिता,  $C_V$  परिकलित कीजिए । 7+2+1

अथवा

ब्राउनी गति से आप क्या समझते हैं ? ब्राउनी कण के वर्ग माध्य विस्थापन के लिए आइन्स्टाइन सूत्र व्युत्पन्न कीजिए । 2+8

5. (क) ताप-वैद्युत युग्म क्या होता है ? इसका ताप मापने के लिए कैसे उपयोग करते हैं ? इसकी सीमाएँ लिखिए । 1+2+2
- (ख) 3 m लंबी और  $3 \times 10^{-6} \text{ m}^2$  अनुप्रस्थ-परिच्छेद वाली एक धातु की तार को एक मरोड़ी शीर्ष से लटकाया गया है । मुक्त सिरे से 10 kg का एक भार लटकाने पर इसकी लम्बाई बढ़ जाती है । तार पर किया गया कार्य परिकलित कीजिए । तार का यंग-गुणांक  $2 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$  है ।

5

#### अथवा

ऊष्मागतिकी के मैक्सवेल संबंध लिखिए । इन संबंधों का उपयोग करके अचर तापमान पर आंतरिक ऊर्जा का क्रमशः आयतन और दाब पर निर्भरता दर्शाने वाले प्रथम और द्वितीय ऊर्जा समीकरण व्युत्पन्न कीजिए ।

4+6