

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

June, 2016

00737

PHYSICS

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 non-scientific calculator or log table. Symbols have their usual meanings, unless stated otherwise. Marks are indicated against each question.

1. Answer any *three* parts :

$3 \times 5 = 15$

- (a) Calculate the thermal conductivity of a gas using the following data : $\rho = 1.6 \text{ kg m}^{-3}$, $\bar{v} = 480 \text{ ms}^{-1}$, $\lambda = 8 \times 10^{-8} \text{ m}$, $M = 32$, $\gamma = 1.4$ and $R = 8.31 \text{ kJ kmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.
- (b) Calculate the change in temperature when oxygen gas at 27°C is made to undergo adiabatic throttling and the pressure is reduced by 50 atm. Given : $a = 13.2 \times 10^{-2} \text{ Nm}^4$, $b = 31.2 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$, $R = 8.3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ and $C_p = 3.5 \text{ R}$.

(c) A student is working in a physics laboratory on sonometer, whose wire has cross-sectional area $0.85 \times 10^{-6} \text{ m}^2$. A tension of 20 N is applied at the free end. The wire is stretched between two rigid supports 1.2 m apart. If the temperature is reduced by 12°C , calculate the final tension in the wire. The coefficient of linear expansion and isothermal Young's modulus may be assumed to be constant at the values $1.5 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ and $2.0 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$.

(d) Consider a one level system having energy $E = -k_B T \ln(V/V_0)$, where V is the volume and V_0 is a constant. Obtain an expression for pressure for this system. Discuss the significance of your result.

2. What is thermocouple ? How is it used to measure temperature ? Discuss its merits and limitations. 1+2+1+1

OR

State zeroth law of thermodynamics and write parametric as well as exact equation of state for one mole of a real gas and a paramagnetic substance. 1+2+2

3. (a) What do you understand by the term second order phase transition ? Show that for a second order phase transition : 1+4

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

- (b) Define entropy and show that entropy increases when two gases mix. 1+4
4. Write van der Waals' equation for one mole of a real gas. Show that the critical coefficient is independent of the nature of gas. 2+8

OR

- (a) State two characteristics of Brownian motion. Write down the equation of motion of a free Brownian particle moving along a particular direction using Langevin's arguments. Why do we work with mean squared displacement rather than mean displacement ? 2+1+2
- (b) Calculate the diameter of a molecule of helium using the following data : van der Waals' constant $b = 2.42 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$. 5

5. (a) Show that the phase space of a linear harmonic oscillator is an ellipse. 3
- (b) Obtain an expression for BE condensation temperature. 7

OR

- (a) Write down Planck's formula for black body radiation and show that it contains Wien's law, Rayleigh-Jeans law and Stefan-Boltzmann law. 2+1+1+3
- (b) Plot Fermi-Dirac, Bose-Einstein and Maxwell-Boltzmann distribution functions at a finite temperature as a function of energy on the same graph. 3

Physical constants :

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

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

$$R = 8.31 \text{ kJ kmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2016

भौतिक विज्ञान

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 अवैज्ञानिक कैल्कुलेटर अथवा लॉग सारणी 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 :

3×5=15

(क) निम्नलिखित आँकड़ों के आधार पर गैस की ऊष्मा चालकता परिकलित कीजिए : $\rho = 1.6 \text{ kg m}^{-3}$, $\bar{v} = 480 \text{ ms}^{-1}$, $\lambda = 8 \times 10^{-8} \text{ m}$, $M = 32$, $\gamma = 1.4$ तथा $R = 8.31 \text{ kJ kmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

(ख) 27°C तापमान पर ऑक्सीजन गैस को रुद्धोष्म उपरोधी प्रक्रम के दौरान दाब को 50 atm कम कर दिया जाता है। तापमान में होने वाले परिवर्तन की गणना कीजिए। दिया गया है : $a = 13.2 \times 10^{-2} \text{ Nm}^4$, $b = 31.2 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$, $R = 8.3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ तथा $C_p = 3.5 R$.

(ग) एक छात्र भौतिकी प्रयोगशाला में सोनोमीटर पर कार्य कर रहा है। सोनोमीटर के तार का अनुप्रस्थ-परिच्छेद क्षेत्रफल $0.85 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ है। इस तार के मुक्त सिरे पर 20 N का तनाव बल आरोपित किया जाता है। तार को 1.2 मीटर दूरी पर रखे दो दृढ़ सिरों के बीच तानित किया गया है। यदि तापमान को 12°C कम किया जाए, तो तार में अन्तिम तनाव बल का मान परिकलित कीजिए। रेखीय प्रसार गुणांक तथा समतापी यंग गुणांक के अचर मान $1.5 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ तथा $2.0 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$ लीजिए।

(घ) एक स्तरीय तंत्र की ऊर्जा $E = -k_B T \ln(V/V_0)$ है, जहाँ V आयतन है तथा V_0 एक अचर है। इस तंत्र के लिए दाब का व्यंजक प्राप्त कीजिए। अपने परिणाम के महत्त्व की चर्चा कीजिए।

2. ताप-वैद्युत युग्म क्या है ? इसका अनुप्रयोग तापमान मापन में कैसे किया जाता है ? इसकी विशेषताएँ तथा सीमाएँ बताइए।

1+2+1+1

अथवा

ऊष्मागतिकी के शून्य कोटि नियम का कथन लिखिए तथा वास्तविक गैस तथा अनुचुंबकीय पदार्थ (ठोस) के एक मोल के लिए प्राचलिक तथा यथार्थ अवस्था समीकरण लिखिए।

1+2+2

3. (क) द्वितीय कोटि प्रावस्था संक्रमण से आप क्या समझते हैं ? सिद्ध कीजिए कि द्वितीय कोटि प्रावस्था संक्रमण समीकरण के लिए निम्नलिखित व्यंजक प्राप्त होता है :

1+4

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

- (ख) एन्ट्रॉपी की परिभाषा लिखिए तथा सिद्ध कीजिए कि दो गैसों की मिश्रण प्रक्रिया में एन्ट्रॉपी परिवर्तन धनात्मक (बढ़ता) होता है ।

1+4

4. एक वास्तविक गैस के एक मोल के लिए वाण्डर वाल्स समीकरण लिखिए । सिद्ध कीजिए कि क्रांतिक गुणांक गैसों की प्रकृति पर निर्भर नहीं करता है ।

2+8

अथवा

- (क) ब्राउनी गति की दो विशेषताएँ बताइए । लांजर्वे के विश्लेषण (तर्क) के आधार पर विशिष्ट दिशा में गतिमान एक मुक्त कण की ब्राउनी गति का गति समीकरण लिखिए । हम माध्य विस्थापन के स्थान पर विस्थापन वर्ग माध्य क्यों परिकलित करते हैं ? 2+1+2

- (ख) निम्नलिखित आँकड़ों के आधार पर हीलियम के अणु का व्यास परिकलित कीजिए : वाण्डर वाल्स स्थिरांक $b = 2.42 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$.

5

5. (क) सिद्ध कीजिए कि रैखिक आवर्ती दोलक की प्रावस्था समष्टि एक दीर्घवृत्त है । 3
- (ख) बोस-आइन्सटाइन (BE) संघनन तापमान का व्यंजक प्राप्त कीजिए । 7

अथवा

- (क) कृष्णिका विकिरण के प्लांक नियम का सूत्र लिखिए तथा सिद्ध कीजिए कि वीन नियम, रैले-जीन्स नियम तथा स्टेफ़ॉन-बोल्ट्ज़मान नियम इसमें समाहित हैं । 2+1+1+3
- (ख) फर्मी-डिराक, बोस-आइन्सटाइन तथा मैक्सवेल-बोल्ट्ज़मान बंटन फलनों के वक्र ऊर्जा के सापेक्ष किसी परिमित तापमान के लिए एक ही ग्राफ़ पर खींचिए । 3

भौतिक नियतांक :

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

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

$$R = 8.31 \text{ kJ kmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$