

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

June, 2017

06159

PHYSICS

**PHE-06 : THERMODYNAMICS AND
STATISTICAL MECHANICS**

Time : 2 hours

Maximum Marks : 50

Note : *All questions are compulsory. But internal choices are given. The marks 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) What are isotherms and adiabats ? Show that the slope of an adiabat is $\gamma (= C_p / C_v)$ times the slope of an isotherm. 2+3
- (b) Draw T-S diagram for a Carnot cycle. Calculate efficiency of a Carnot engine. 1+4
- (c) Define mean free path. Obtain the expression for survival equation. 1+4

(d) Starting from the expression

$$W = \prod_i \frac{g_i}{(g_i - N_i)! N!}$$

show that the distribution function for a Fermi-Dirac system is given by

$$f(\epsilon) = \frac{1}{e^{\beta(\epsilon - \mu)} + 1} \quad 5$$

2. 1 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 that specific heat of water is $4.18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ and latent heat of vaporisation is $2.27 \times 10^7 \text{ J kg}^{-1}$. 5

OR

A mass m of a liquid at temperature T_1 is mixed with an equal mass of the same liquid at temperature T_2 . The system is thermally insulated. Show that the change in entropy is

$$\Delta S = 2 m C_p \ln \left[\frac{(T_1 + T_2)}{2\sqrt{T_1 T_2}} \right] \quad 5$$

3. Attempt any *two* parts : 2×5=10

(a) The initial temperature of a gas is 27°C. Calculate the rise in temperature when it is compressed suddenly to 10 times its original pressure ($\gamma = 1.5$). 5

(b) What are bosons and fermions ? Give at least two examples of each. Of the two isotopes of helium, ^3He and ^4He , which one is boson and which one is fermion ? Justify your conclusion. 2+1+1+1

(c) What is Brownian motion ? Discuss its significance for kinetic theory of gases. How did Perrin use mean square displacement of a Brownian particle to weigh a nitrogen molecule ? 1+2+2

4. Using Maxwell's relations, derive First and Second (i) TdS equations, and (ii) Energy equations. 5+5

OR

What do you understand by the term transport phenomenon ? Obtain an expression for average height at which a molecule moving in a viscous medium endowed with mass motion makes its last collision before crossing an imaginary plane. 2+8

5. Show that for second order phase transition

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

$$\text{and } \frac{\Delta p}{\Delta T} = \frac{\beta_2 - \beta_1}{K_{T_2} - K_{T_1}}. \quad 7+3$$

OR

Derive an expression for Planck's law of black body radiation. Using this law obtain Wien's displacement law and Stefan's law.

6+4

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2017

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। प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं। आप लॉग सारणियों या अप्रोग्रामीय कैल्कुलेटर्स का प्रयोग कर सकते हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

1. कोई तीन भाग हल कीजिए :

3×5=15

(क) समताप रेखा और ऐडियाबेट क्या होते हैं ? सिद्ध कीजिए कि ऐडियाबेट की प्रवणता, समताप रेखा की प्रवणता से $\gamma (= C_p / C_v)$ गुना अधिक होती है।

2+3

(ख) कार्नो चक्र के लिए T-S आरेख खींचिए। कार्नो इंजन की दक्षता परिकलित कीजिए।

1+4

(ग) माध्य मुक्त पथ परिभाषित कीजिए। अतिजीविता समीकरण का व्यंजक प्राप्त कीजिए।

1+4

(घ) निम्नलिखित व्यंजक से प्रारंभ कर

$$W = \prod_i \frac{g_i}{(g_i - N_i)! N_i!}$$

सिद्ध कीजिए कि फर्मी-डिराक तंत्र के लिए बंटन फलन निम्नलिखित होता है

$$f(\epsilon) = \frac{1}{e^{\beta(\epsilon - \mu)} + 1} \quad 5$$

2. 1 kg पानी को 0°C से 100°C तक गर्म किया जाता है और उसी ताप पर भाप में बदल दिया जाता है। एन्ट्रॉपी में हुई वृद्धि परिकलित कीजिए, दिया गया है कि पानी की विशिष्ट ऊष्मा $4.18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ है और वाष्पन की गुप्त ऊष्मा $2.27 \times 10^7 \text{ J kg}^{-1}$ है।

5

अथवा

m द्रव्यमान के द्रव को T_1 ताप पर उतनी ही मात्रा के T_2 ताप वाले द्रव में मिला दिया जाता है। यह तंत्र ऊष्मागतिक रूप से अचालक है। सिद्ध कीजिए कि एन्ट्रॉपी परिवर्तन

$$\Delta S = 2 m C_p \ln \left[\frac{(T_1 + T_2)}{2\sqrt{T_1 T_2}} \right] \text{ है।} \quad 5$$

3. कोई दो भाग हल कीजिए :

2×5=10

(क) एक गैस का प्रारंभिक ताप 27°C है। जब इस गैस को अचानक प्रारंभिक दाब से 10 गुना तक संपीडित किया जाता है, तो गैस का बढ़ा हुआ ताप परिकलित कीजिए ($\gamma = 1.5$)।

5

(ख) बोसॉन और फर्मिऑन क्या होते हैं ? प्रत्येक के कम-से-कम दो उदाहरण दीजिए। हीलियम के दो आइसोटोप, ^3He और ^4He , में से कौन-सा बोसॉन है और कौन-सा फर्मिऑन ? अपने निष्कर्ष की पुष्टि कीजिए।

2+1+1+1

(ग) ब्राउनी गति क्या होती है ? गैसों के अणुगति सिद्धान्त के लिए इसके महत्त्व की चर्चा कीजिए। पैरां ने किस प्रकार ब्राउनी कण के लिए विस्थापन वर्ग माध्य का उपयोग करके नाइट्रोजन अणु की संहति प्राप्त की ?

1+2+2

4. मैक्सवेल सम्बन्धों का उपयोग कर, पहला और दूसरा (i) TdS समीकरण, और (ii) ऊर्जा समीकरण व्युत्पन्न कीजिए।

5+5

अथवा

अभिगमन परिघटना पद से आप क्या समझते हैं ? औसत ऊँचाई का व्यंजक प्राप्त कीजिए जिससे श्यान (आर्द्र) माध्यम में विचरण करता हुआ कोई अणु काल्पनिक पृष्ठ (समतल) को पार करने से पहले अंतिम बार संघट्ट करता है। मान लीजिए कि माध्यम में संहति गति विद्यमान है।

2+8

5. द्वितीय कोटि प्रावस्था संक्रमण के लिए सिद्ध कीजिए कि

$$\frac{\Delta p}{\Delta T} = \frac{C_{P_2} - C_{P_1}}{TV(\beta_2 - \beta_1)}$$

और
$$\frac{\Delta p}{\Delta T} = \frac{\beta_2 - \beta_1}{K_{T_2} - K_{T_1}}$$

7+3

अथवा

कृष्णिका विकिरण का प्लांक नियम का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। इस नियम का उपयोग करके वीन विस्थापन नियम और स्टेफ़ॉन नियम प्राप्त कीजिए।

6+4