PHE-06

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

December, 2016

00594

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-programmable calculators or log tables. Symbols have their usual meanings. Marks are indicated against each question.*

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

(a) State the assumptions of kinetic theory for ideal gases.

(b) What is Joule-Thomson effect ? Why is it also called isenthalpic effect ? Justify your answer.

(c) A quantity of dry air ($\gamma = 1{\cdot}4$) at 15°C is adiabatically compressed to half its volume. Calculate the final temperature.

(d) Show that entropy S and thermodynamic probability W for a completely ordered system is $S = k \ln W$.

2. Show that a gaseous system can be characterised by the relation

$$\frac{dV}{V} = \beta \, dT - k \, dp$$

where k is isothermal compressibility and β is isobaric expansivity. *5*

OR

Define entropy. Calculate the change in entropy when two gases kept in separate containers are allowed to mix. *5*

3. Attempt any ***two*** parts :

(a) What is an adiabatic process ? Show that the work done during an adiabatic process is

$$W = \frac{1}{\gamma - 1} [p_1 v_1 - p_2 v_2]$$ *2+3*

(b) State Kelvin-Planck and Clausius statements of second law of thermodynamics. Show that these two statements are equivalent. *2+3*

(c) Write Van der Waals equation of state for a real gas. Show that the Boyle's temperature (T_B) is related to critical temperature (T_C) through the relation

$$T_B = 3{\cdot}375\ T_C$$ *1+4*

4. What is Gibbs paradox ? Derive Sackur-Tetrode equation for the entropy of an ideal monoatomic gas and show how it is free from Gibbs paradox. *2+5+3*

OR

What is adiabatic demagnetisation ? Describe an experimental set-up for production of low temperature using this process. *5+5*

5. (a) The energy distribution of black body radiation according to Planck's law 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 the expression for Stefan-Boltzmann constant. *5*

(b) Starting from the relation $\frac{T^{\gamma}}{p^{\gamma-1}}$ = constant, obtain an expression for adiabatic lapse rate. What is its physical significance ? *4+1*

OR

Derive the Clausius-Clapeyron equation. Calculate the depression of the melting point of ice ($L = 80$ cal g^{-1}) per atmospheric increase of pressure, if the ratio of the densities of ice and water at 0°C is $\frac{10}{11}$. *5+5*

पी.एच.ई.-06

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 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 अप्रोग्रामीय कैल्कुलेटरों 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 : *3×5=15*

(क) आदर्श गैसों के लिए अणुगति सिद्धान्त की कल्पनाएँ लिखिए ।

(ख) जूल-टॉमसन प्रभाव क्या है ? इसे सम-एन्थैल्पी प्रभाव भी क्यों कहा जाता है ? अपने उत्तर की पुष्टि कीजिए ।

(ग) 15°C ताप पर शुष्क वायु की मात्रा ($\gamma = 1{\cdot}4$) को उसके आयतन के आधे तक रुद्धोष्म संपीडित किया जाता है । इसका अंतिम ताप परिकलित कीजिए ।

(घ) पूर्णतया क्रमित तंत्र के लिए एन्ट्रॉपी S और ऊष्मागतिकी प्रायिकता W के बीच संबंध $S = k \ln W$ स्थापित कीजिए ।

2. सिद्ध कीजिए कि एक गैसीय तंत्र को निम्नलिखित संबंध द्वारा अभिलक्षित किया जा सकता है :

$$\frac{dV}{V} = \beta \, dT - k \, dp$$

जहाँ k समतापी संपीड्यता और β समदाबी आयतन प्रसार (प्रसरणीयता) है । 5

अथवा

एन्ट्रॉपी की परिभाषा दीजिए । अलग-अलग पात्रों में रखी दो गैसों को जब मिश्रित किया जाता है, तो इस मिश्रण के परिणामस्वरूप एन्ट्रॉपी परिवर्तन परिकलित कीजिए । 5

3. कोई *दो* भाग हल कीजिए :

(क) रुद्धोष्म प्रक्रम क्या होता है ? सिद्ध कीजिए कि रुद्धोष्म प्रक्रम के दौरान किए गए कार्य का व्यंजक निम्नलिखित होता है :

$$W = \frac{1}{\gamma - 1} [p_1 v_1 - p_2 v_2]$$ 2+3

(ख) ऊष्मागतिकी के द्वितीय नियम से संबंधित केल्विन-प्लांक और क्लासियस के कथन लिखिए । सिद्ध कीजिए कि ये दोनों कथन समरूप हैं । 2+3

(ग) वास्तविक गैस के लिए वाण्डर वाल्स अवस्था समीकरण लिखिए । सिद्ध कीजिए कि बॉयल ताप (T_B) और क्रांतिक ताप (T_C) के बीच निम्नलिखित संबंध है :

$$T_B = 3{\cdot}375\ T_C$$ *1+4*

4. गिब्ज़ विरोधाभास क्या है ? आदर्श एकपरमाणुक गैस की एन्ट्रॉपी के लिए ज़ाकूर-टेट्रोड समीकरण व्युत्पन्न कीजिए और दिखाइए कि यह गिब्ज़ विरोधाभास से किस प्रकार मुक्त है । *2+5+3*

अथवा

रुद्धोष्म विचुंबकन क्या होता है ? इस प्रक्रम का उपयोग करके न्यून ताप प्राप्त करने के लिए प्रायोगिक विन्यास का वर्णन कीजिए । *5+5*

5. (क) कृष्णिका विकिरण का ऊर्जा बंटन प्लांक नियम द्वारा निम्नलिखित रूप से दिया जाता है :

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

स्टेफ़ॉन-बोल्ट्ज़मान नियतांक का व्यंजक प्राप्त कीजिए । *5*

(ख) संबंध $\frac{T^{\gamma}}{p^{\gamma-1}}$ = नियतांक का उपयोग करके रुद्धोष्म-ह्रास दर का व्यंजक प्राप्त कीजिए । इसकी भौतिक सार्थकता क्या है ? *4+1*

अथवा

क्लासियस-क्लैपेरॉन समीकरण व्युत्पन्न कीजिए । बर्फ़ के गलनांक ($L = 80 \text{ cal g}^{-1}$) में प्रति वायुमंडलीय दाब बढ़ने पर अवनमन परिकलित कीजिए, यदि 0°C ताप पर बर्फ़ और पानी के घनत्व का अनुपात $\frac{10}{11}$ है । *5+5*