

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

June, 2017

00465

PHYSICS

**PHE-06(S) : 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 : $3 \times 5 = 15$
- (a) What are reversible and irreversible processes ? Explain the statement, 'a reversible process can only be idealised and cannot be achieved in practice'. 2+3
- (b) Using Maxwell's relations derive first energy equation. Hence show that the internal energy of an ideal gas is independent of its volume.

- (c) State any five assumptions of elementary kinetic theory for ideal gases.
- (d) Establish the relation $S = k \ln W$ between entropy (S) and thermodynamic probability (W) for a completely ordered system.
- (e) Calculate the difference in heat capacities at constant pressure and constant volume for a Van der Waals' gas, given that the internal energy is $U = \frac{-a}{V} + \text{constant}$.
2. Draw a schematic p-V diagram for a Carnot cycle. Show that the amount of heat absorbed in a reversible cycle is proportional to the temperature of the source. 1+4

OR

Two moles of a perfect gas occupy a volume of 0.050 m^3 and exert a pressure of $3.0 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$. The gas is compressed isobarically to 0.040 m^3 . Calculate the work done by the gas and the fall in its temperature. Given : $R = 8.3 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. 5

3. Attempt any *two* parts :

2×5=10

(a) What is Bose-Einstein condensation ? What are the two components of helium II ? Write any two characteristics of superfluid component of helium II.

2+1+2

(b) Define mean free path. Show that

$$\lambda = \frac{3}{4n\pi d^2}$$

1+4

(c) What is Joule-Thomson effect ? Write the expression for Joule-Thomson coefficient. Show that it is zero for an ideal gas. What does this result imply ?

1+1+2+1

4. (a) Prove that for a pVT-gaseous system

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

where β is isobaric coefficient of volume expansion and k is isothermal compressibility.

5

(b) For a system of N-classical linear harmonic oscillators, obtain the expression of (i) partition function, and (ii) free energy.

5

OR

Write Van der Waals' equation of state. Using this equation, obtain an expression for compressibility factor. What is the value of compressibility factor for an ideal gas? Under what conditions (i) Van der Waals' equation reduces to perfect gas equation, and (ii) the compressibility factor is less than unity? 10

5. Derive Planck's formula for black body radiation and show that it contains Stefan-Boltzmann law. 6+4

OR

Define first order phase transition. Depict the temperature variation of entropy and volume for it. Derive the Clausius-Clapeyron equation. 2+2+6

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2017

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-06(S) : 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 :

$3 \times 5 = 15$

(क) उत्क्रमणीय और अनुत्क्रमणीय प्रक्रम क्या हैं ?
'उत्क्रमणीय प्रक्रम केवल आदर्श रूप में ही हो सकता है तथा व्यवहार में इसे प्राप्त नहीं किया जा सकता' इस कथन को स्पष्ट कीजिए।

2+3

(ख) मैक्सवेल सम्बन्धों का उपयोग करके प्रथम ऊर्जा समीकरण व्युत्पन्न कीजिए। अतः सिद्ध कीजिए कि एक आदर्श गैस की आंतरिक ऊर्जा उसके आयतन पर निर्भर नहीं करती।

- (ग) आदर्श गैसों के लिए प्रारंभिक अणुगति सिद्धान्त की कोई पाँच संकल्पनाएँ लिखिए ।
- (घ) पूर्णतया क्रमित तंत्र के लिए एन्ट्रॉपी (S) और ऊष्मागतिकी प्रायिकता (W), के बीच सम्बन्ध $S = k \ln W$ स्थापित कीजिए ।
- (ङ) वाण्डर वाल्स गैस के लिए अचर दाब ऊष्मा धारिता तथा अचर आयतन ऊष्मा धारिता के बीच अन्तर परिकलित कीजिए । दिया गया है कि आंतरिक ऊर्जा $U = \frac{-a}{V} + \text{अचर है ।}$

2. कार्नो चक्र के लिए व्यवस्थात्मक p-V आरेख खींचिए । सिद्ध कीजिए कि उत्क्रमणीय चक्र में अवशोषित ऊष्मा की मात्रा स्रोत के ताप के समानुपाती होती है ।

1+4

अथवा

दो मोल आदर्श गैस, 0.050 m^3 आयतन ग्रहण करती है और $3.0 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$ दाब डालती है । समदाबतः इस गैस को 0.040 m^3 तक संपीडित कर दिया गया है । गैस द्वारा किया गया कार्य और उसके ताप में हुई कमी परिकलित कीजिए । दिया गया है : $R = 8.3 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

5

3. कोई दो भाग हल कीजिए :

2×5=10

(क) बोस-आइन्स्टाइन संघनन परिघटना क्या है ? हीलियम II के दो घटक क्या हैं ? हीलियम II के अतितरल घटक के कोई दो लक्षण लिखिए ।

2+1+2

(ख) माध्य मुक्त पथ परिभाषित कीजिए । सिद्ध कीजिए कि

$$\lambda = \frac{3}{4n \pi d^2}$$

1+4

(ग) जूल-टॉमसन प्रभाव क्या है ? जूल-टॉमसन गुणांक का व्यंजक लिखिए । सिद्ध कीजिए कि आदर्श गैस के लिए जूल-टॉमसन गुणांक शून्य होता है । यह परिणाम क्या बोध कराता है ?

1+1+2+1

4. (क) सिद्ध कीजिए कि pVT -गैसीय तंत्र के लिए

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

जहाँ β आयतन प्रसार का समदाबी गुणांक और k समतापी संपीड्यता है ।

5

(ख) N -चिरप्रतिष्ठित रैखिक सरल आवर्ती दोलकों के तंत्र के लिए (i) संवितरण फलन, और (ii) मुक्त ऊर्जा के व्यंजक प्राप्त कीजिए ।

5

अथवा

अवस्था के वाण्डर वाल्स समीकरण का व्यंजक लिखिए । इस समीकरण का उपयोग करके संपीड्यता गुणांक का व्यंजक प्राप्त कीजिए । आदर्श गैस के लिए संपीड्यता गुणांक का मान क्या होता है ? किन स्थितियों में (i) वाण्डर वाल्स समीकरण का समानयन आदर्श गैस समीकरण में हो जाता है, और (ii) संपीड्यता गुणांक का मान एक से कम होता है ?

10

5. कृष्णिका विकिरण के प्लांक का सूत्र व्युत्पन्न कीजिए और सिद्ध कीजिए कि स्टेफ़ॉन-बोल्ट्समान नियम इसमें समाहित है ।

6+4

अथवा

प्रथम कोटि प्रावस्था संक्रमण परिभाषित कीजिए । इसके लिए ताप में परिवर्तन के साथ एन्ट्रॉपी और आयतन का आरेख खींचिए । क्लॉसियस-क्लैपेरोन समीकरण व्युत्पन्न कीजिए । 2+2+6