

1483381

No. of Printed Pages : 8 **BPHE-106/PHE-06**

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)

Term-End Examination

June, 2019

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 calculator or log tables. Symbols have their usual meanings. Marks are indicated against each question.

1. Answer any *three* parts : 5 each
- (a) What is Partition Function ? State its importance in statistical mechanics. Write an expression for single-particle partition function for discrete energy states.
- (b) Define mean free path of the molecules of a gas. Calculate the mean free path for hydrogen molecules at STP if the number of molecules per cubic metre is 3×10^{25} and the diameter of a hydrogen molecule is 2.9×10^{-10} m.

(A-39) P. T. O.

- (c) Write the differential form of the First Law of Thermodynamics. Using this law, show that the work done in an adiabatic process is independent of the path between two equilibrium states.
- (d) Define Joule-Thomson coefficient and obtain its expression for an ideal gas. Give the physical significance of this result.
2. (a) For two states defined by $dV = 0$ and $dT \neq 0$, prove that the thermodynamic variables are connected through the relation :

$$\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_P = -1$$

- (b) What is Entropy ? State Second Law of Thermodynamics in terms of entropy. Calculate the change in entropy when 20 g of ice at 0°C is converted into water at the same temperature. (Latent heat of melting = 334.4 J kg^{-1}).
3. Attempt any *two* parts :

- (a) Consider an assembly of N atoms of liquid He. If N_g are in ground state and N_{ex} are in excited state, obtain the expression for Bose-Einstein condensation temperature. 5

- (b) For a perfect gas undergoing isothermal expansion, obtain an expression for the work by the gas in terms of its temperature T and the expansion ratio of final to initial volumes. 5
- (c) Write Kelvin-Planck statement of Second Law of Thermodynamics. Draw Carnot cycle on (i) p - V diagram and (ii) T - s diagram. 2+3
4. Write down Maxwell's thermodynamic relation. A gas obeys the equation $P(V - b) = RT$, where b is constant. Using deductions based on Maxwell's thermodynamic relations, prove that (i) $C_p - C_v = R$ and (ii) The internal energy, U , of the gas is a function of temperature only. 4+6

Or

What do you understand by Brownian Motion ? Discuss Einstein's theory of Brownian motion and hence derive Einstein's formula for the mean square displacement of a Brownian particle. 2+8

5. (a) For a quantum system derive expressions for (i) Fermi momentum and (ii) Fermi energy. 3+2

- (b) Establish van der Waals' equation of state for a real gas. 5

Or

Define adiabatic lapse rate and show that :

$$\frac{dT}{dh} = -\frac{\gamma - 1}{\gamma} \frac{Mg}{R}$$

Plot $\frac{dT}{dh}$ as a function of altitude. What causes the phenomenon of adiabatic lapse rate ?

1+5+2+2

बी. पी. एच. ई.-106/पी. एच. ई.-06

विज्ञान स्नातक (बी. एस-सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2019

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 कैल्कुलेटरो 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 लिखिए : प्रत्येक 5

(क) बंटन फलन क्या होता है ? सांख्यिकीय यांत्रिकी में इसका क्या महत्त्व है ? विविक्त ऊर्जा अवस्थाओं हेतु एकल-कण विभाजन फलन हेतु एक व्यंजक लिखिए।

(ख) गैस के अणुओं के लिए माध्य मुक्त पथ की परिभाषा लिखिए। मानक तापमान और दाब पर हाइड्रोजन गैस के अणुओं के लिए माध्य मुक्त पथ परिकलित कीजिए। अणुओं की संख्या प्रति घन मीटर 3×10^{25} और हाइड्रोजन अणु का व्यास $2.9 \times 10^{-10} \text{ m}$ है।

(ग) ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम का अवकल रूप लिखिए। इस नियम का उपयोग करके, सिद्ध कीजिए कि रुद्धोष्म प्रक्रिया में किया गया कार्य दो साम्यावस्थाओं के बीच के पथ से स्वतंत्र होता है।

(घ) जूल-थॉमसन गुणांक को परिभाषित कीजिए और आदर्श गैस के लिए इसका व्यंजक प्राप्त कीजिए। इस परिणाम की भौतिक सार्थकता लिखिए।

2. (क) $dV = 0$ एवं $dT \neq 0$ से परिभाषित दो अवस्थाओं के लिए, सिद्ध कीजिए कि ऊष्मागतिक चर निम्नलिखित सम्बन्ध द्वारा जुड़े होते हैं : 5

$$\left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V \left(\frac{\partial T}{\partial V} \right)_P = -1.$$

(ख) एन्ट्रॉपी की परिभाषा लिखिए। एन्ट्रॉपी के पदों में ऊष्मागतिकी का द्वितीय नियम लिखिए। 0°C तापमान पर 20 g बर्फ उसी तापमान पर पानी में परिवर्तित हो जाती है। इस प्रक्रम में एन्ट्रॉपी परिवर्तन का मान परिकलित कीजिए। (गलन की गुप्त ऊष्मा = 334.4 J kg^{-1}) है। 2+1+2

3. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए :

(क) द्रव हीलियम के N परमाणुओं के एक समुच्चय की कल्पना कीजिए। यदि N_g परमाणु मूल अवस्था तथा N_{ex} परमाणु उत्तेजित अवस्था में हैं तो बोस-आइंस्टीन संघनन तापमान का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 5

(ख) एक आदर्श गैस में समतापी प्रसार होता है। उसके द्वारा किए गए कार्य का व्यंजक तापमान T और अन्तिम आयतन तथा प्रारम्भिक आयतन के अनुपात के पदों में परिकलित कीजिए। 5

(ग) ऊष्मागतिकी के द्वितीय नियम से सम्बन्धित केल्विन-प्लांक का कथन लिखिए। कार्नो चक्र का (i) p-V आरेख तथा (ii) T-s आरेख खींचिये। 2+3

4. ऊष्मागतिकी के मैक्सवेल सम्बन्धों को लिखिए। एक गैस समीकरण $P(V - b) = RT$ का अनुपालन करती है,

जहाँ b अचर है। ऊष्मागतिकी के मैक्सवेल सम्बन्धों पर आधारित निगमनों का उपयोग करके सिद्ध कीजिए कि
 (i) $C_p - C_v = R$ और (ii) गैस की आंतरिक ऊर्जा केवल तापमाप का फलन है।

4+6

अथवा

ब्राउनी गति से आप क्या समझते हैं ? ब्राउनी गति के आइन्स्टीन सिद्धान्त की चर्चा कीजिए और ब्राउनी कण का विस्थापन वर्ग माध्य के लिए आइन्स्टीन सूत्र व्युत्पन्न कीजिए।

2+8

5. (क) क्वांटम तंत्र के लिए (i) फर्मी संवेग और (ii) फर्मी ऊर्जा का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

3+2

(ख) वास्तविक गैस के लिए वाण्डर वाल्स अवस्था समीकरण स्थापित कीजिए।

5

अथवा

रुद्धोष्म हास-दर को परिभाषित कीजिए और सिद्ध कीजिए कि :

$$\frac{dT}{dh} = -\frac{\gamma - 1}{\gamma} \frac{Mg}{R}$$

$\frac{dT}{dh}$ का ऊँचाई के सापेक्ष आरेख खींचिए। रुद्धोष्म हास-दर परिघटना उत्पन्न होने के क्या कारण हैं?

1+5+2+2