No. of Printed Pages : 12 **BPHE-106/PHE-06**

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)

Term-End Examination

June, 2020

BPHE-106/PHE-06 : THERMODYNAMICS AND STATISTICAL MECHANICS

Time : 2 Hours *Maximum Marks : 50*

Note : *(i) All questions are compulsory, but internal choices are given.*

(ii) You can use a calculator.

(iii) Symbols have their usual meanings.

(iv) The marks for each question are indicated against it.

P. T. O.

1. Answer any ***three*** parts : 5 each

(a) Calculate the temperature at which root mean square speed of nitrogen molecules exceeds their most probable speed by 200 ms^{-1}. $m_{N_2} = 28\,kg\,kmol^{-1}$.

(b) Two litres of an ideal gas at a pressure of 5 atm. expands adiabatically to four times its initial volume. Calculate the work done by the gas. It is given that $\gamma = 1.4$.

(c) State Kelvin-Planck and Clausius statements of the second law of thermodynamics. Show that these two statements are equivalent.

(d) Establish the relation between thermodynamic probability and entropy. Discuss its importance.

(e) The van der Waals' equation for one mole of a real gas is :

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

Obtain expressions for critical temperature, critical pressure and critical volume.

2. The partition function for an ideal gas made up of N indistinguishable particles is : 5

$$Z_N = \frac{V^N}{N!}\left(\frac{2\pi m k_B T}{h^2}\right)^{3N/2}$$

Using this expression, obtain Sackur-Tetrode equation in terms of de-Broglie wavelength.

Or

Write mathematical form of first law of thermodynamics. When one mole of a perfect

gas is made to undergo quasi-static adiabatic expansion, show that : 1+4

$$TV^{\gamma-1} = k.$$

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

(a) Define degree of freedom of a molecule. Write its general formula. Calculate the degrees of freedom for a single atom. 2+1+2

(b) Define mean free path of a molecule. Obtain an expression of mean free path when only one molecule is in motion. 1+4

(c) With the help of a schematic diagram, describe the construction of a platinum resistance thermometer. Write any ***two*** principal merits of it. 4+1

4. (a) Establish Clausius-Clayperon equation. 5

(b) Water boils at 101°C at a pressure of 78.8 cm of Hg. If 1 g water occupies 1601 cm^3 on evaporation, calculate the latent heat of steam : Take $J = 4.2 \times 10^7 \text{ erg cal}^{-1}$ and $g = 980 \text{ cm s}^{-2}$. 5

Or

Using Maxwell's relation, obtain the expressions of first and second energy equations. Hence, from first energy equation show that for one mole of a van der Waals' gas

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = \frac{a}{V^2}.$$ 6+4

5. What is Gibbs paradox ? Obtain Sackur-Tetrode equation for entropy. How can Gibbs paradox be resolved ? 2+6+2

Or

(a) Obtain an expression for adiabatic lapse rate. 5

(b) Derive an expression for Bose-Einstein condensation temperature : 5

$$T_c = \frac{h^2}{2\pi m k_B}\left[\frac{N}{2.612\,V}\right]^{2/3}$$

BPHE-106/PHE-06

विज्ञान स्नातक (बी. एस-सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2020

बी.पी.एच.ई.-106/पी.एच.ई.-06 : ऊष्मागतिकी तथा सांख्यिकीय यांत्रिकी

समय : 2 घण्टे *अधिकतम अंक : 50*

नोट : *(i)* सभी प्रश्न **अनिवार्य** हैं, परन्तु आंतरिक विकल्प दिए गए हैं।

(ii) आप कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं।

(iii) प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

(iv) प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं।

---

1. किन्हीं ***तीन*** भागों के उत्तर दीजिए : प्रत्येक 5

(क) वह तापमान परिकलित कीजिए जिस पर नाइट्रोजन अणुओं की वर्ग मूल माध्य चाल प्रायिकतम चाल से 200 ms^{-1} अधिक होती है। $m_{N_2} = 28\ kg\ kmol^{-1}$।

(ख) 5 atm. दाब पर दो लीटर आदर्श गैस रुद्धोष्म प्रक्रम में अपने प्रारम्भिक आयतन से चार गुना आयतन तक प्रसारित होती है। गैस द्वारा किया गया कार्य परिकलित कीजिए। दिया है : $\gamma = 1.4$।

(ग) केल्विन-प्लांक तथा क्लासियस के ऊष्मागतिकी के द्वितीय नियम के कथन लिखिए। सिद्ध कीजिए कि ये दोनों कथन समतुल्य हैं।

(घ) ऊष्मागतिक प्रायिकता और एन्ट्रॉपी के बीच सम्बन्ध स्थापित कीजिए। इस सम्बन्ध का महत्त्व लिखिए।

(ङ) एक मोल वास्तविक गैस के लिए वाण्डर वाल्स समीकरण निम्नलिखित है :

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

क्रांतिक ताप, क्रांतिक दाब एवं क्रांतिक आयतन हेतु व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

2. N अविभेद्य कणों वाली आदर्श गैस के संवितरण फलन : 5

$$Z_N = \frac{V^N}{N!}\left(\frac{2\pi m k_B T}{h^2}\right)^{3N/2}$$

का उपयोग कर डी-ब्रोग्ली तरंगदैर्ध्य के पदों में जाकर-टैट्रोड समीकरण प्राप्त कीजिए।

अथवा

ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम का गणितीय रूप लिखिए। जब किसी आदर्श गैस के एक मोल को स्थैतिक-कल्प रुद्धोष्म प्रसारित किया जाता है, तो सिद्ध कीजिए कि : $TV^{\gamma-1} = k$। 1+4

3. कोई **दो** भाग कीजिए :

(क) अणु की स्वातंत्र्य कोटि की परिभाषा लिखिए। अणु की स्वातंत्र्य कोटि संख्या के लिए सूत्र लिखिए। एकल परमाणु के लिए स्वातंत्र्य कोटियाँ परिकलित कीजिए। 2+1+2

(ख) माध्य मुक्त पथ की परिभाषा लिखिए। जब केवल एक अणु गतिमान है, तो माध्य मुक्त पथ का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 1+4

(ग) व्यवस्था आरेख की सहायता से प्लैटिनम प्रतिरोध तापमापी की रचना की व्याख्या कीजिए। इसकी कोई दो मुख्य विशिष्टताएँ लिखिए। 4+1

4. (क) क्लासियस-क्लैपेरॉन समीकरण स्थापित कीजिए। 5

(ख) 78.8 cm पारद स्तंभ दाब पर जल 101°C पर उबल जाता है। यदि 1 g जल 1601 cm^3 आयतन घेरे, तो भाप की गुप्त ऊष्मा परिकलित कीजिए।

दिया है : $J = 4.2 \times 10^7 \text{ erg cal}^{-1}$ और $g = 980 \text{ cm s}^{-2}$। 5

अथवा

मैक्सवेल संबंधों का उपयोग कर प्रथम तथा द्वितीय ऊर्जा समीकरणों के व्यंजक प्राप्त कीजिए। अतएव प्रथम ऊर्जा समीकरण का उपयोग करके

सिद्ध कीजिए कि एक मोल वाण्डर वाल्स गैस के लिए $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = \frac{a}{V^2}$ होता है। 6+4

5. गिब्स विरोधाभास क्या है ? एन्ट्रॉपी के लिए जाकर-टेट्रोड समीकरण प्राप्त कीजिए। गिब्स विरोधाभास का किस प्रकार निराकरण हो सकता है ? 2+6+2

अथवा

(क) रुद्धोष्म ह्रास दर का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 5

(ख) बोस-आइंस्टीन संघनन ताप का निम्नलिखित व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए : 5

$$T_c = \frac{h^2}{2\pi m k_B}\left[\frac{N}{2.612\,V}\right]^{2/3}$$