

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

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)
Term-End Examination
June, 2024

**PHE-06/BPHE-106 : 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.*

1. Answer 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 and calculate efficiency of a Carnot engine. 1+4
- (c) Define mean free path. Obtain the expression for survival equation. 1+4

P. T. O.

- (d) Starting from the expression for thermodynamic probability for a Fermi system, show that the Fermi-Dirac distribution function is given by : 5

$$f(\epsilon) = \frac{1}{\exp[\beta(\epsilon - \mu)] + 1}.$$

- (e) Using Maxwell's relations, derive first and second TdS equations. 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 capacity of water is $4.18 \times 10^3 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ and latent heat of vaporization is $2.27 \times 10^7 \text{ Jkg}^{-1}$. 5

Or

What are bosons and fermions ? Give *two* examples of each. Of the two isotopes of helium, ^3He and ^4He , which one is boson ? Justify your answer. 2+2+1

3. Attempt any *two* parts : 2×5=10

- (a) The initial temperature of a gas is 27°C . Calculate the rise in its temperature when it is compressed suddenly to 8 times its original pressure. Take $\gamma = 1.5$. 5

- (b) What is Brownian motion ? Show that during sedimentation, particle concentration decreases exponentially with height. 1+4
- (c) Two ideal gases having n_1 moles and n_2 moles, respectively, are enclosed in two separate containers initially at constant temperature T and pressure p . If these gases are made to mix, obtain an expression for the entropy of mixing per mole of mixture. 5
4. Write the mathematical form of Planck's law of blackbody radiation. Obtain expressions for Wien's law, Rayleigh-Jean's law and Stefan-Boltzmann's law. 1+2+2+5

Or

- For second order phase transition, derive the Ehrenfest equation. 10
5. Attempt any *two* parts : 2×5=10
- (a) Explain the classification of boundaries in a thermodynamic system. 5

- (b) The average energy of helium molecules is $\bar{E} = 3 \times 10^{-21} \text{ J}$. Calculate their average speed (\bar{v}). 5
- (c) Explain the construction of platinum resistance thermometer. Write its *two* principal merits. 3+2

Physical constants :

Planck's constant $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J-s}$

Mass of electron, $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

Mass of proton, $m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Avogadro constant $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Boltzmann constant $K_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$

PHE-06/BPHE-106

विज्ञान स्नातक (बी. एस-सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2024

पी.एच.ई.-06/बी.पी.एच.ई.-106 : 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 : $3 \times 5 = 15$

(क) समतापी वक्र और रुद्धोष्म वक्र (एडियाबेट) क्या होते हैं ? सिद्ध कीजिए कि रुद्धोष्म वक्र की प्रवणता, समतापी वक्र की प्रवणता की $\gamma = (C_p/C_v)$ गुना होती है। $2+3$

- (ख) कार्ना चक्र के लिए T-s आरेख खींचिए।
कार्ना इंजन की दक्षता का व्यंजक व्युत्पन्न
कीजिए। 1+4
- (ग) माध्य मुक्त पथ को परिभाषित कीजिए।
अतिजीविता (survival) समीकरण का व्यंजक
प्राप्त कीजिए। 1+4
- (घ) फर्मी तंत्र के लिए ऊष्मागतिक प्रायिकता के
व्यंजक से प्रारम्भ करते हुए सिद्ध कीजिए कि
फर्मी-डिराक बंटन फलन का व्यंजक निम्नवत्
है : 5

$$f(\varepsilon) = \frac{1}{\exp[\beta(\varepsilon - \mu)] + 1}$$

- (ङ) मैक्सवैल सम्बन्धों का उपयोग कर प्रथम एवं
द्वितीय TdS समीकरण व्युत्पन्न कीजिए। 5

2. 1 kg जल को 0°C से 100°C तक गर्म किया जाता
है। इसी ताप पर इसे माप में परिवर्तित किया जाता है।
इस प्रक्रम में एन्ट्रॉपी में हुई वृद्धि परिकलित कीजिए।
दिया है : जल की विशिष्ट ऊष्माधारिता
 $4.18 \times 10^3 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ तथा वाष्पन की गुप्त ऊष्मा
 $2.27 \times 10^7 \text{ Jkg}^{-1}$ हैं। 5

अथवा

बोसॉन और फर्मिऑन क्या होते हैं ? प्रत्येक के दो-दो उदाहरण दीजिए। हीलियम के दो आइसोटोप ^3He तथा ^4He में से कौन-सा बोसॉन है ? अपने उत्तर की पुष्टि कीजिए।

2+2+1

3. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए : $2 \times 5 = 10$

(क) किसी गैस का प्रारंभिक तापमान 27°C है। जब इस गैस को अचानक प्रारंभिक दाब से 8 गुना संपीडित किया जाता है, तो इसके तापमान में वृद्धि परिकल्पित कीजिए। $\gamma = 1.5$ लें। 5

(ख) ब्राउनी गति क्या होती है ? सिद्ध कीजिए कि अवसादन के दौरान ऊँचाई के साथ कणों के संकन्द्रण (concentration) में चरघातांकी कमी आती है। 1+4

(ग) दो अलग-अलग पात्रों में अचर तापमान T और दाब p पर दो आदर्श गैसों के क्रमशः n_1 और n_2 मोल हैं। यदि इन गैसों को मिश्रित किया जाए, तो मिश्रण की प्रतिमोल मिश्रण एन्ट्रॉपी का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 5

4. कृष्णिका विकिरण के लिए प्लांक के नियम का गणितीय व्यंजक लिखिये। वीन के नियम, रैले-जीन के नियम तथा स्टीफन-बोल्जमान के नियमों के व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 1+2+2+5

अथवा

द्वितीय कोटि प्रावस्था संक्रमण के लिए एहरेनफेस्ट समीकरण व्युत्पन्न कीजिए। 10

5. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए : $2 \times 5 = 10$

(क) ऊष्मागतिक तंत्र में परिसीमाओं का वर्गीकरण समझाइए। 5

(ख) हीलियम अणुओं की माध्य ऊर्जा $\bar{E} = 3 \times 10^{-21} \text{ J}$ है। हीलियम अणुओं की माध्य चाल (\bar{v}) परिकलित कीजिए। 5

(ग) प्लैटिनम प्रतिरोध तापमापी की संरचना की व्याख्या कीजिए। इसकी दो मुख्य विशेषताएँ लिखिए। 3+2

भौतिक नियतांक :

प्लांक का नियतांक $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J-s}$

इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान, $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

प्रोटॉन का द्रव्यमान, $m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

आवोगाद्रो नियतांक $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

बोल्ट्समान नियतांक $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$