

No. of Printed Pages : 8

BPHCT-135

**BACHELOR OF SCIENCE (GENERAL)
(BSCG)**

Term-End Examination

June, 2024

**BPHCT-135 : THERMAL PHYSICS AND
STATISTICAL MECHANICS**

Time : 2 Hours

Maximum Marks : 50

Note : (i) *All questions are compulsory. However, 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. Attempt any **five** parts : $5 \times 2 = 10$

- (a) Write van der Waals' equation of state for one mole of gas and explain the terms.

P. T. O.

- (b) Explain the difference between intensive and extensive variables with the help of an example.
- (c) Write the principle of equipartition of energy.
- (d) Differentiate between open and isolated thermodynamic systems.
- (e) Write the Kelvin-Planck and Clausius statements of the second law of thermodynamics.
- (f) Represent the Carnot cycle on T-s diagram.
- (g) Explain, what is a phase space.
- (h) Distinguish between bosons and fermions and give *one* example of each.

2. Answer any **two** parts :

- (a) State any *three* basic assumptions of kinetic theory of gases. How were these modified by van der Waals for a real gas ?

3+2

- (b) Starting from Maxwell's distribution function :

$$dN_v = 4\pi N \left(\frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} v^2 \exp\left(-\frac{mv^2}{2k_B T} \right) dV$$

obtain expressions for average speed. 5

- (c) Define mean free path and obtain an expression for the survival equation. 1+4

3. Attempt any *two* parts :

(a) Show that the work done by a gaseous system on its surrounding for an isothermal process is $2.303 nRT \log_{10} \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$.

5

(b) Show that for an ideal gas $\beta_T = \frac{1}{p}$ and

$$\alpha = \frac{1}{T}. \quad 3+2$$

(c) Explain the zeroth law of thermodynamics with appropriate diagrams. Write its physical significance. 4+1

4. Answer any *two* parts :

(a) 1 kg water is heated from 0°C to 90°C. Calculate the increase in its entropy. Given that specific heat capacity of water is $4.18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$. 5

(b) Using Maxwell's relations, derive the three T-dS equations. 5

(c) Write expression for Planck's law for blackbody radiation. Use it to obtain (i) Wien's law and (ii) Stefan's law. 1+2+2

5. Answer any *two* parts : 2×5=10

- (a) Plot Maxwell-Boltzmann, Bose-Einstein and Fermi-Dirac distribution functions as a function of $\frac{(\varepsilon - \mu)}{k_B T}$. Given that each system is at the same temperature and has the same number of particles.
- (b) Calculate Fermi wavelength of electrons in a box of volume 1 cm^3 which contains 4.2×10^{21} electrons.
- (c) Derive Boltzmann relation

$$S = k_B \ln W$$

for a system in equilibrium state.

BPHCT-135

विज्ञान स्नातक (सामान्य) (बी.एस.-सी.जी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2024

बी.पी.एच.सी.टी.-135 : ऊष्मीय भौतिकी और

सांख्यिकीय यांत्रिकी

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

नोट : (i) सभी प्रश्न अनिवार्य हैं। लेकिन 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 पाँच प्रश्नों के उत्तर लिखिए : $5 \times 2 = 10$

(क) एक मोल गैस के लिए वाण्डर वाल्स अवस्था समीकरण लिखिए और इसके पदों की व्याख्या कीजिए।

- (ख) उदाहरण की सहायता से अविस्तारात्मक चर और विस्तारात्मक चर के बीच अन्तर समझाइए।
- (ग) ऊर्जा समविभाजन का नियम लिखिए।
- (घ) खुला ऊष्मागतिक तंत्र और विलगित ऊष्मागतिक तंत्र में अन्तर लिखिए।
- (ङ) ऊष्मागतिकी के द्वितीय नियम के केल्विन-प्लांक तथा क्लासियस के कथन लिखिए।
- (च) कानॉ चक्र का T-s आरेख पर निरूपण कीजिए।
- (छ) प्रावस्था समष्टि क्या होती है, समझाइए।
- (ज) बोसॉन और फर्मिऑन के बीच अन्तर लिखिए एवं प्रत्येक का एक उदाहरण लिखिए।

2. किन्हीं दो प्रश्नों के उत्तर दीजिए :

- (क) अणुगति सिद्धान्त की कोई तीन आधारभूत मान्यताएँ लिखिए। वाण्डर वाल्स न वास्तविक गैसों के लिए इन्हें कैसे संशोधित किया ? 3, 2
- (ख) मैक्सवेल वितरण फलन

$$dN_v = 4\pi N \left(\frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} v^2 \exp\left(-\frac{mv^2}{2k_B T} \right) dV$$

से आरम्भ करके माध्य चाल (average speed) का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

(ग) माध्य मुक्त पथ को परिभाषित कीजिए तथा अतिजीविता समीकरण का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 1+4

3. किन्हीं दो प्रश्नों के उत्तर दीजिए :

(क) सिद्ध कीजिए कि समतापी प्रक्रम में गैसीय तंत्र द्वारा अपने परिवेश पर किया गया कार्य $2.303 nRT \log_{10} \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$ होता है। 5

(ख) आदर्श गैस के लिए सिद्ध कीजिए कि : 3+2

$$\beta_T = \frac{1}{p} \text{ और } \alpha = \frac{1}{T}$$

होता है।

(ग) उपयुक्त रेखाचित्रों की सहायता से ऊष्मागतिकी का शून्यवें नियम की व्याख्या कीजिए। इसकी भौतिक सार्थकता बताइए। 4+1

4. किन्हीं दो प्रश्नों के उत्तर दीजिए :

(क) 1 kg जल को 0° से 90°C गर्म किया जाता है। इसकी एन्ट्रॉपी में वृद्धि परिकलित कीजिए। दिया है : जल की ऊष्मा धारिता $4.18 \times 10^3 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ है। 5

(ख) मैक्सवैल संबंधों का प्रयोग करके तीन $T-dS$ समीकरण व्युत्पन्न कीजिए। 5

(ग) कृष्णिका विकिरण के लिए प्लांक के नियम का व्यंजक लिखिए तथा इसके अनुप्रयोग से (i) वीन के नियम तथा (ii) स्टीफन के नियम के व्यंजक प्राप्त कीजिए। 1+2+2

5. किन्हीं दो प्रश्नों के उत्तर दीजिए : 2×5=10

(क) मैक्सवेल-बोल्ट्जमान, बोस-आइन्स्टोन और फर्मी-डिराक बंटन फलनों का $\frac{(\varepsilon - \mu)}{k_B T}$ के सापेक्ष आलेख खींचिए। दिया है कि प्रत्येक तंत्र समान ताप पर है तथा इनमें कणों की संख्या समान है।

(ख) एक 1 cm^3 आयतन के बॉक्स में 4.2×10^{21} इलेक्ट्रॉन हैं। इनका फर्मी तरंगदैर्घ्य परिकलित कीजिए।

(ग) साम्यावास्था तंत्र के लिए बोल्ट्जमान संबंध $S = k_B \ln W$ व्युत्पन्न कीजिए।