No. of Printed Pages : 10 **BPHCT–135**

# BACHELOR OF SCIENCE

# (GENERAL)

# (BSCG)

## Term-End Examination

## December, 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 : 5×2=10

(a) Define the degree of freedom of a molecule and write its mathematical expression.

(b) Draw the Maxwell distribution curve *vs.* speed for any three temperatures $T_1$, $T_2$, $T_3$ such that $T_1 > T_2 > T_3$.

(c) Write down the differential form of the first law of thermodynamics.

(d) Draw isobaric and isochoric processes in a P-V diagram.

(e) Draw the phase diagram of water.

(f) Define the spectral energy density for a blackbody radiation.

(g) State any *two* assumptions for the Maxwell-Boltzmann statistics.

(h) Explain what are the microstates and macrostates of a thermodynamic system.

2. Answer any *two* parts : 2×5=10

(a) Obtain an expression for mean translational energy per degree of freedom for molecules of a Maxwellian gas. 5

(b) What is Brownian motion ? State its observed characteristics. 1+4

(c) Define mean free path and obtain an expression for it in zeroth approximation.

1+4

3. Answer any *two* parts : 2×5=10

(a) What do you understand by the term thermodynamic system ? How do you classify boundaries to determine the nature of a system ? 5

(b) Obtain the following expressions for isothermal compressibility and volume expansion coefficient : 5

$$\beta_T = \frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial \rho}{\partial E}\right)_T \text{ and } \alpha = -\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial \rho}{\partial T}\right)_P$$

(c) Show that for an ideal gas, the difference in heat capacities at constant pressure and at constant volume is equal to R. 5

4. Answer any *two* parts : 2×5=10

(a) Depict Carnot cycle on P-V diagram and obtain the expression for efficiency of a Carnot engine. 1+4

(b) Define entropy. Obtain the expression for change in entropy of a gas when it undergoes an isothermal change. 1+4

(c) Write Maxwell's relations and show that for a van der Waals' gas : 2+3

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

5. Answer any *one* part : 1×10=10

(a) Obtain an expression for the single particle partition function of a monoatomic ideal gas. 10

(b) Starting from the expression :

$$W = \prod_i \frac{g_i!}{(g_i - N_i)} N_i!$$

obtain the expression for Fermi-Dirac distribution function. Plot it *vs.* energy of different temperatures. 8+2

# BPHCT–135

## विज्ञान स्नातक ( सामान्य )

## ( बी.एस.सी.जी. )

## सत्रांत परीक्षा

## दिसम्बर, 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*** भागों के उत्तर लिखिए : 5×2=10

(क) अणु की स्वातंत्र्य कोटि को परिभाषित कीजिए और इसका गणितीय सूत्र लिखिए।

(ख) तीन तापमानों $T_1 > T_2 > T_3$ पर मैक्सवेली बंटन फलन का वेग के सापेक्ष आरेख खींचिए।

(ग) ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम का अवकल रूप लिखिए।

(घ) समदाबी और समआयतनिक प्रक्रमों का P-V आरेख पर निरूपण कीजिए।

(ङ) जल का प्रावस्था आरेख खींचिए।

(च) कृष्णिका विकिरण के लिए स्पेक्ट्रमी ऊर्जा घनत्व को परिभाषित कीजिए।

(छ) मैक्सवेल–बोल्ट्ज़मान सांख्यिकी की कोई **दो** अवधारणाओं के कथन लिखिए।

(ज) ऊष्मागतिक तंत्र में सूक्ष्म अवस्थाएँ और स्थूल अवस्थाएँ क्या होती हैं, समझाइए।

2. किन्हीं ***दो*** भागों के उत्तर लिखिए : 2×5=10

(क) मैक्सवेली गैस के अणुओं के लिए प्रति स्वातंत्र्य कोटि माध्य स्थानांतरी ऊर्जा का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 5

(ख) ब्राउनी गति क्या होती है ? इसके प्रेक्षित अभिलक्षण बताइए। 1+4

(ग) माध्य मुक्त पथ को परिभाषित कीजिए तथा शून्य कोटि सन्निकटन में इसका व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 1+4

3. किन्हीं ***दो*** भागों के उत्तर लिखिए : 2×5=10

(क) ऊष्मागतिक तंत्र से आप क्या समझते हैं ? किसी तंत्र की प्रकृति जानने के लिए परिसीमाओं का वर्गीकरण कैसे किया जाता है ? 5

(ख) समतापीय संपीड्यता तथा आयतन प्रसार गुणांक के निम्नलिखित व्यंजक प्राप्त कीजिए : 5

$$\beta_T = \frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial \rho}{\partial P}\right)_T \text{ और } \alpha = -\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial \rho}{\partial T}\right)_P$$

(ग) सिद्ध कीजिए कि एक आदर्श गैस के लिए अचर दाब एवं अचर आयतन पर ऊष्माधारिताओं का अन्तर R के बराबर होता है। 5

4. किन्हीं ***दो*** भागों के उत्तर लिखिए : 2×5=10

(क) कार्नो चक्र को P-V आरेख पर निरूपित कीजिए तथा कार्नो इंजन की दक्षता का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 1+4

(ख) एन्ट्रॉपी को परिभाषित कीजिए। समतापी परिवर्तन के लिए एक गैस के एन्ट्रॉपी परिवर्तन का व्यंजक ज्ञात कीजिए। 1+4

(ग) मैक्सवेल के संबंधों को लिखिए तथा सिद्ध कीजिए कि वाण्डर वाल्स गैस के लिए : 2+3

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

5. किसी ***एक*** भाग का उत्तर लिखिए : 1×10=10

(क) एकपरमाणुक आदर्श गैस के एकल कण संवितरण फलन का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 10

(ख) व्यंजक $W = \prod_i \frac{g_i!}{(g_i - N_i)} N_i!$ से आरम्भ करके फर्मी–डिराक संवितरण फलन का व्यंजक प्राप्त कीजिए तथा विभिन्न तापों पर इसे ऊर्जा के सापेक्ष आरेखित कीजिए। 8+2

× × × × × × ×