No. of Printed Pages : 8

# BPHCT-135

## BACHELOR OF SCIENCE (GENERAL)

## (BSCG)

## Term-End Examination

## June, 2023

### 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 : 2×5=10

   (a) Write the van der Waals equation of state for $n$ moles of gas.

   (b) Write *one* example each of a diathermal boundary and adiabatic boundary.

(c) Show Carnot cycle on indicator diagram.

(d) What is Joule-Thomson effect ?

(e) Show graph of spectral energy density of a black body with wavelength at 6000 K.

(f) What is a phase space ? State its significance in statistical mechanics.

(g) B-E and F-D systems are at the same temperature and have same number of particles. Draw B-E and F-D distribution functions versus $(\varepsilon - \mu)/k_B T$.

2. Answer any ***two*** parts : 2×5=10

(a) Discuss Regnault's experiments on hydrogen, nitrogen and carbon dioxide for 273 K.

(b) Calculate $v_{rms}$ for oxygen molecules at 300 K. Given :

$$m_{O_2} = 5.31 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

and $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$.

(c) Discuss Einstein's theory of Brownian motion.

3. Attempt any ***two*** parts : 2×5=10

   (a) The pressure inside a tyre is 3 atm. at 300 K. It bursts suddenly. Assuming the change to be adiabatic, calculate the final temperature. Take $\gamma = 1.4$.

   (b) Write parametric and exact equations of state for paramagnetic solid and stretched wire.

   (c) The coefficient of viscosity of a gas is $16.6 \times 10^{-6}$ Nsm$^{-2}$. Calculate the diameter of gas molecular at STP, when average molecular velocity $\bar{V} = 4.5 \times 10^{2}$ ms$^{-1}$; number density $= 2.7 \times 10^{25}$ molecules m$^{-3}$; and molecular weight of gas = 28. Take Avogadro's number $= 6.023 \times 10^{26}$ K mol$^{-1}$.

4. Starting from first law of thermodynamics, derive Mayer's formula : 10

$$C_p - C_v = R .$$

*Or*

$m$ gram of water at temperature $T_1$ is mixed with an equal mass of water of temperature $T_2$. Show that the change in entropy in this process is :

$$\Delta s = 2\, m\, C_p \ln\left(\frac{T_{av}}{\sqrt{T_1 T_2}}\right),$$

where $T_{av} = \frac{T_1 + T_2}{2}$ is average temperature.

5. The thermodynamic probability for a B-E system is given by : 10

$$W = \prod_i \frac{(g_i + N_i - 1)!}{N_i\,!(g_i - 1)!}$$

Obtain expression for distribution function.

*Or*

Calculate the Fermi energy for copper, if $\frac{N}{V} = 8.53 \times 10^{22}$ electrons $cm^{-3}$. Also calculate the pressure exerted by electrons in a copper wire. Take the mass of electron as $9.1 \times 10^{-28}$ g and $h = 6.62 \times 10^{-27}$ ergs. 5+5

# BPHCT-135

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

## सत्रांत परीक्षा

## जून, 2023

## बी.पी.एच.सी.टो.-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 : $2\times5=10$

(क) गैस के $n$ मोलों के लिए वाण्डर वाल्स अवस्था समीकरण लिखिये।

(ख) ऊष्मा-पार्य परिसीमा और रुद्धोष्म परिसीमा का **एक-एक** उदाहरण लिखिए।

(ग) कानां चक्र को सूचक आलेख पर दर्शाइए।

(घ) जूल-थॉमसन प्रभाव क्या होता है ?

(ङ) कृष्णिका विकिरण का स्पेक्ट्रमी ऊर्जा घनत्व का तरंगदैर्घ्य के सापेक्ष आलेख 6000 K तापमान के लिए खींचिए।

(च) प्रावस्था समष्टि क्या होती है ? सांख्यिकीय यांत्रिकी में इसकी सार्थकता बताइए।

(छ) B-E तथा F-D तंत्रों में समान तापमान पर कणों की संख्या बराबर है। B-E तथा F-D वितरण फलनों का $(\varepsilon - \mu)/k_B T$ के सापेक्ष आलेख खींचिए।

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

(क) हाइड्रोजन, नाइट्रोजन एवं कार्बन डाइऑक्साइड के लिए 273 K पर रेना के प्रयोगों का विवरण दीजिए।

(ख) ऑक्सीजन अणुओं के लिए 300 K तापमान पर $v_{rms}$ का मान ज्ञात कीजिए। दिया है :

$$m_{O_2} = 5.31 \times 10^{-26} \text{kg}$$

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

(ग) ब्राउनी गति के लिए आइन्स्टोन के सिद्धान्त की व्याख्या कीजिए।

3. किन्हीं **दो** भागों के उत्तर लिखिए : $2\times5=10$

(क) एक टायर में $300\,K$ तापमान पर दाब $3\,atm.$ है। यह टायर अचानक फट जाता है। इस परिवर्तन को रुद्धोष्म मानकर अंतिम तापमान परिकलित कीजिए। $\gamma = 1.4$ लीजिए।

(ख) अनुचुम्बकीय ठोस एवं तानित तार के लिए प्राचलिक एवं यथार्थ अवस्था समीकरण लिखिए।

(ग) किसी गैस का श्यानता गुणांक $16.6\times10^{-6}\ Nsm^{-2}$ है। मानक तापमान और दाब पर इसके अणु का व्यास ज्ञात कीजिए, जबकि औसत आण्विक वेग $\bar{V} = 4.5\times10^{2}\ ms^{-1}$, संख्या घनत्व $= 2.7\times10^{25}$ अणु $m^{-3}$ और गैस का अणुभार 28 है। आवोगाद्रो संख्या $= 6.023\times10^{26}\ K\,mol^{-1}$ लीजिए।

4. ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम का प्रयोग करके मेयर सूत्र $C_p - C_v = R$ व्युत्पन्न कीजिए। 10

**अथवा**

तापमान $T_1$ पर $m$ ग्राम जल को इतन ही समान द्रव्यमान के जल के साथ जो तापमान $T_2$ पर है, मिश्रित किया जाता है। सिद्ध कीजिए कि इस प्रक्रम में एन्ट्रॉपी परिवर्तन है :

$$\Delta s = 2\, m\, C_p \ln\left(\frac{T_{av}}{\sqrt{T_1 T_2}}\right)$$

जहाँ $T_{av} = \frac{T_1 + T_2}{2}$ औसत तापमान है।

5. B-E तंत्र के लिए ऊष्मागतिक प्रायिकता का व्यंजक निम्नलिखित है : 10

$$W = \prod_i \frac{(g_i + N_i - 1)!}{N_i\,!(g_i - 1)!}$$

इससे बंटन फलन का व्यंजक प्राप्त कीजिए।

**अथवा**

यदि ताँबे के लिए $\frac{N}{V} = 8.53 \times 10^{22}$ इलेक्ट्रॉन $cm^{-3}$ हो, तो फर्मी ऊर्जा ($\varepsilon_F$) परिकलित कीजिए। साथ ही, ताँबे के तार में इलेक्ट्रॉनों द्वारा लगाया गया दाब भी परिकलित कीजिए। इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान $9.1 \times 10^{-28}$g तथा $h = 6.62 \times 10^{-27}$ergs लीजिए।