

**BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)  
(BSCG)**

**Term-End Examination**

**December, 2022**

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

*Time : 2 hours*

*Maximum Marks : 50*

---

**Note :** *All questions are compulsory. However, internal choices are given. You can use a calculator. The marks for each question are indicated against it. Symbols have their usual meanings.*

---

---

1. Attempt any **five** parts :

$5 \times 2 = 10$

- (a) Calculate the temperature at which the mean square speed of nitrogen molecules will be equal to  $9 \text{ km s}^{-1}$ . [Take  $R = 8.3 \text{ J/mol K}$ , molecular weight of nitrogen =  $28 \text{ g mol}^{-1}$ ]
- (b) What is the effect of pressure on viscosity ?
- (c) State the third law of thermodynamics. Write its mathematical expression in terms of entropy.

- (d) Define spectral emissive power of a body. How is it related to emissivity ?
- (e) What is an intensive variable in a thermodynamic system ? Give one example.
- (f) Write down the mathematical form of the first law of thermodynamics applied to a thermally insulated system. Comment on the nature of change in its internal energy.
- (g) Draw the labelled diagram of phase space for a linear harmonic oscillator.
- (h) Define Fermi energy. Plot Fermi function versus energy at  $T = 0$  K.

2. Attempt any **two** parts :

$2 \times 5 = 10$

- (a) One mole of  $\text{CO}_2$  occupies  $200 \text{ cm}^3$  at  $34^\circ\text{C}$ . Calculate the pressures exerted by  $\text{CO}_2$  molecules, assuming that (i) it obeys perfect gas equation, and (ii) it obeys Van der Waal's equation. It is given that

$$a = 3.59 \times 10^{-6} \text{ atm m}^6 \text{ mol}^{-2},$$

$$b = 42.7 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ and}$$

$$R = 8.2 \times 10^{-5} \text{ atm m}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}.$$

2+3

- (b) Define mean free path. How is it related with collision frequency ? If the radius of an oxygen molecule is  $1.8 \text{ \AA}$  and the mean speed of oxygen molecules at room temperature is  $450 \text{ ms}^{-1}$ , calculate mean free path.

Take  $n = 3 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$ . 1+1+3

- (c) Discuss Perrin's method for determination of Avogadro number in Brownian motion. How can this method be used to estimate the mass of a molecule ? 3+2

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

- (a) Explain the classification of boundaries in a thermodynamic system. 5

- (b) State the Zeroth law of thermodynamics. How does it introduce the concept of temperature ? 2+3

- (c) (i) Obtain an expression for work done in expanding a gas from volume  $V_i$  to  $V_f$  in an isobaric process.

- (ii) Two moles of an ideal gas occupy  $0.035 \text{ m}^3$  volume at  $2.6 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$  pressure. It is expanded to volume  $0.050 \text{ m}^3$  by isobaric process. Calculate the work done by the gas. 2+3

4. Attempt any **two** parts : 2×5=10

(a) With the help of Entropy-Temperature diagram of Carnot cycle, obtain an expression of efficiency of a Carnot engine. 5

(b) Obtain an expression for Clausius-Clapeyron equation. Explain why vegetables cook faster in a pressure cooker. 4+1

(c) Write Planck's law in terms of wavelength. Hence, deduce Stefan's Law. 2+3

5. Attempt any **two** parts : 2×5=10

(a) Define thermodynamic probability. How is it related to the entropy of a system ? Two systems have thermodynamic probabilities of  $1.5 \times 10^{26}$  and  $2.0 \times 10^{24}$ . Calculate the entropies of the individual systems and the composite system. 1+1+3

(b) N particles obeying the Maxwell-Boltzmann statistics are distributed among three states with the energies  $E_1 = 0$ ,  $E_2 = 2 k_B T$  and  $E_3 = 3 k_B T$ . If the equilibrium energy of the system is  $1000 k_B T$ , calculate the total number of particles. 5

(c) Derive Planck's Law using the Bose-Einstein Distribution Law for photons. 5

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

(बी.एस.सी.जी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2022

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

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

**नोट :** सभी प्रश्न अनिवार्य हैं । लेकिन आंतरिक विकल्प दिए गए हैं ।  
आप कैल्कुलेटर का उपयोग कर सकते हैं । प्रत्येक प्रश्न के अंक  
उसके सामने दिए गए हैं । प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं ।

1. किन्हीं पाँच भागों के उत्तर दीजिए :

5×2=10

(क) उस तापमान का परिकलन कीजिए जिस पर नाइट्रोजन  
अणुओं की माध्य वर्ग चाल  $9 \text{ km s}^{-1}$  के बराबर  
होगी । [R =  $8.3 \text{ J/mol K}$ , नाइट्रोजन का आण्विक  
भार =  $28 \text{ g mol}^{-1}$  लीजिए]

(ख) श्यानता पर दाब का क्या प्रभाव होता है ?

(ग) ऊष्मागतिकी के तृतीय नियम का कथन लिखिए ।  
एन्ट्रॉपी के पदों में इसका गणितीय व्यंजक लिखिए ।

- (घ) किसी पिंड की स्पेक्ट्रमी उत्सर्जन क्षमता को परिभाषित कीजिए। यह उत्सर्जकता से किस तरह से संबंधित है ?
- (ङ) ऊष्मागतिक तंत्र में अविस्तारात्मक चर क्या होते हैं ? एक उदाहरण दीजिए।
- (च) एक ऊष्मारोधित तंत्र के लिए ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम का गणितीय रूप लिखिए। इसकी आंतरिक ऊर्जा में परिवर्तन की प्रकृति पर टिप्पणी कीजिए।
- (छ) एक रैखिक आवर्ती दोलक की प्रावस्था समष्टि का नामांकित आरेख खींचिए।
- (ज) फर्मी ऊर्जा की परिभाषा दीजिए। तापमान  $T = 0 \text{ K}$  पर फर्मी फलन ऊर्जा के साथ परिवर्तन का आरेख खींचिए।

2. कोई दो भागों के उत्तर दीजिए :

$2 \times 5 = 10$

- (क)  $34^\circ\text{C}$  पर कार्बन डाइऑक्साइड गैस के एक मोल का आयतन  $200 \text{ cm}^3$  है। यह मानते हुए कि यह गैस (i) आदर्श गैस समीकरण, तथा (ii) वाण्डर वाल्स समीकरण का अनुपालन करती है,  $\text{CO}_2$  के अणुओं द्वारा आरोपित दाबों का परिकलन कीजिए। यह दिया गया है :

$$a = 3.59 \times 10^{-6} \text{ atm m}^6 \text{ mol}^{-2},$$

$$b = 42.7 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ और}$$

$$R = 8.2 \times 10^{-5} \text{ atm m}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}.$$

2+3

(ख) माध्य मुक्त पथ की परिभाषा लिखिए । यह संघट्टन आवृत्ति से किस प्रकार संबंधित है ? कक्ष तापमान पर ऑक्सीजन अणुओं की माध्य चाल  $450 \text{ ms}^{-1}$  है । यदि ऑक्सीजन के अणु की त्रिज्या  $1.8 \text{ \AA}$  हो, तो माध्य मुक्त पथ परिकलित कीजिए ।  
 $n = 3 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$  लीजिए । 1+1+3

(ग) ब्राऊनी गति में आवोगाद्रो संख्या के निर्धारण के लिए पैरॉ विधि की चर्चा कीजिए । इस विधि का उपयोग अणु के द्रव्यमान का आकलन करने के लिए किस प्रकार किया जा सकता है ? 3+2

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

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

(ख) ऊष्मागतिकी का शून्य कोटि नियम लिखिए । यह ताप की संकल्पना कैसे प्रस्तुत करता है ? 2+3

(ग) (i) समदाबी प्रक्रम में एक गैस का आयतन  $V_i$  से  $V_f$  तक बढ़ाने में किए गए कार्य का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए ।

(ii) दो मोल आदर्श गैस  $2.6 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$  दाब पर  $0.035 \text{ m}^3$  आयतन घेरती है । इसे समदाबी प्रक्रम से  $0.050 \text{ m}^3$  आयतन तक प्रसारित किया जाता है । गैस द्वारा किया गया कार्य परिकलित कीजिए । 2+3

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

(क) कार्नों चक्र के लिए एन्ट्रॉपी-तापमान आरेख की सहायता से, कार्नों इंजन की दक्षता का व्यंजक प्राप्त कीजिए । 5

(ख) क्लासियस-क्लैपेरॉन समीकरण का व्यंजक प्राप्त कीजिए । समझाइए कि प्रेशर कुकर में सब्जी जल्दी क्यों पक जाती है । 4+1

(ग) तरंगदैर्घ्य के पदों में प्लांक नियम लिखिए । अतएव, स्टीफन नियम व्युत्पन्न कीजिए । 2+3

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

(क) ऊष्मागतिक प्रायिकता को परिभाषित कीजिए । इसका किसी निकाय के एन्ट्रॉपी से क्या संबंध है ? दो निकायों की ऊष्मागतिक प्रायिकताएँ क्रमशः  $1.5 \times 10^{26}$  और  $2.0 \times 10^{24}$  हैं । स्वतंत्र रूप से प्रत्येक तंत्र की एन्ट्रॉपी तथा संयुक्त तंत्र की एन्ट्रॉपी परिकलित कीजिए । 1+1+3

(ख) N कण मैक्सवेल-बोल्ट्ज़मान सांख्यिकी का अनुपालन करते हैं । ये तीन ऊर्जा अवस्थाओं  $E_1 = 0$ ,  $E_2 = 2 k_B T$  और  $E_3 = 3 k_B T$  में वितरित हैं । यदि तंत्र में साम्यावस्था ऊर्जा  $1000 k_B T$  है, तो कणों की कुल संख्या परिकलित कीजिए । 5

(ग) फोटोनों के लिए बोस-आइन्सटाइन बंटन नियम का प्रयोग करते हुए प्लांक का नियम व्युत्पन्न कीजिए । 5