

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

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)

Term-End Examination

December, 2023

**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 *five* parts : 5×2=10
- (a) State Zeroth Law of Thermodynamics.
 - (b) Write any *two* examples each of extensive and intensive variables of a thermodynamic system.
 - (c) Write any *three* assumptions of kinetic theory of gases.
 - (d) How does coefficient of viscosity vary with pressure and temperature ?

P. T. O.

- (e) The efficiency of a Carnot engine is independent of the nature of working substance. Then why do we depend so much on petrol and diesel as fuel ?
- (f) Why is it easier to cook food in a pressure cooker ?
- (g) What is Gibbs Paradox ?
- (h) Draw the plot of Fermi function with energy at different temperatures.
2. Attempt any *two* parts : 2×5=10
- (a) Calculate the temperature at which root mean square speed of oxygen molecules will exceed their most probable speed by 100 ms^{-1} . Assume that the molecules obey Maxwellian law.
- (b) Discuss Andrew's experiments on liquefaction of gases.
- (c) What is Brownian motion ? Describe Perrin's experiments to determine Avogadro's number.
3. Attempt any *two* parts :
- (a) Represent an adiabatic process and isothermal process on P-V diagram. Which curve has greater slope and how much ?
2+3
- (b) What is Seebeck effect ? What are the principal limitations of thermocouples ?
2+3

- (c) Using the relation :

$$C_P - C_V = \left(P + \frac{a}{V^2} \right) \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$$

show that for a van der Waals' gas, the difference between molar heat capacities at constant pressure and constant volume is given by : 5

$$C_P - C_V = R \left(1 + \frac{2a}{RTV} \right)$$

4. Attempt any *two* parts :

- (a) What is entropy ? Can we calculate its absolute value ? If yes, how ? If not, why ?

2+1+2

- (b) A Carnot engine has an efficiency of 50% when the temperature of the sink is 27°C. Calculate the change in the source temperature for increasing the efficiency to 60%. 5

- (c) (i) State Gibbs phase rule. Use it to explain the existence of triple point of water. 3

- (ii) Draw plots of C_P vs. T for first order and second order phase transitions.

1+1

5. Derive Sekar-Tetrode equation based on Boltzmann counting. Show that it is free from Gibbs paradox. 8+2

Or

Obtain Planck's law based on Bose's derivation. Hence, derive Rayleigh-Jean's law and Wien's law as its limiting cases. 6+2+2

PHE-06/BPHE-106

विज्ञान स्नातक (बी. एस-सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2023

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 पाँच भागों के उत्तर दीजिए : $5 \times 2 = 10$

(क) ऊष्मागतिकी के शून्य कोटि नियम का कथन
लिखिये।

(ख) ऊष्मागतिक तंत्र के अविस्तारात्मक और
विस्तारात्मक चरों के कोई दो-दो उदाहरण
लिखिये।

- (ग) गैसों के गतिज सिद्धान्त की कोई तीन अवधारणाएँ लिखिए।
- (घ) श्यानता गुणांक दाब एवं तापमान के साथ कैसे विचरण करता है ?
- (ङ) कार्नों इंजन की दक्षता कार्यकारी पदार्थ पर निर्भर नहीं करती। फिर हम पेट्रोल या डीजल जैसे ईंधन पर इतना निर्भर क्यों होते हैं ?
- (च) प्रेशर कुकर में भोजन पकाना आसान क्यों होता है ?
- (छ) गिब्स विरोधाभास क्या है ?
- (ज) फर्मी फलन को ऊर्जा के सापेक्ष अलग-अलग तापमानों पर आलेखित कीजिए।
2. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए : $2 \times 5 = 10$
- (क) उस तापमान का परिकलन कीजिए जिस पर ऑक्सीजन के अणुओं की V_{rms} उनके V_p से 100 ms^{-1} अधिक होगी। मान लें कि अणु मैक्सवैल नियम का अनुपालन करते हैं।
- (ख) गैसों के द्रवीकरण पर एण्ड्रू के प्रयोगों की विवेचना कीजिए।

(ग) ब्राऊनी गति क्या है ? आवोगैद्रो संख्या ज्ञात करने के लिए पैरिन द्वारा किए गए प्रयोगों का विवरण दीजिए।

3. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए :

(क) रुद्धोष्म प्रक्रम तथा समतापी प्रक्रमों को P-V आलेख पर चित्रित कीजिए। इनमें से कौन-से वक्र की प्रवणता अधिक है और कितनी ? 2+3

(ख) सीबक प्रभाव क्या है ? ताप वैद्युत युग्मों की मुख्य सीमाएँ क्या हैं ? 2+3

(ग) सम्बन्ध :

$$C_P - C_V = \left(P + \frac{a}{V^2} \right) \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$$

का उपयोग करके सिद्ध कीजिए कि वाण्डर वाल्स गैस के लिए अचर दाब एवं अचर आयतन पर मोलर ऊष्माधारिताओं के अन्तर का व्यंजक निम्नलिखित है :

5

$$C_P - C_V = R \left(1 + \frac{2a}{RTV} \right)$$

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

(क) एण्ट्रॉपी क्या है ? क्या हम इसका शुद्ध (absolute) मान ज्ञात कर सकते हैं ? यदि हाँ, तो कैसे ? यदि नहीं, तो क्यों ? 2+1+2

- (ख) जब किसी कार्नो इंजन के अभिगम का ताप 27°C है, तो उसकी दक्षता 50% है। इस इंजन की दक्षता को 60% करने के लिए स्रोत के तापमान में परिवर्तन की गणना कीजिए। 5
- (ग) (i) गिब्स प्रावस्था नियम लिखिये। इसका उपयोग करके जल के त्रिक बिन्दु के अस्तित्व की व्याख्या कीजिए। 3
- (ii) तापमान के सापेक्ष C_P का आरेख प्रथम कोटि एवं द्वितीय कोटि प्रावस्था संक्रमण के लिए खींचिए। 1+1
5. जाकर-टेट्रोड समीकरण व्युत्पन्न कीजिए। इसके लिए आप बोल्ट्जमान की गणना का उपयोग कीजिए। सिद्ध कीजिए कि यह गिब्स विरोधाभास से मुक्त है। 8+2

अथवा

बोस द्वारा दी गई व्युत्पत्ति के आधार पर प्लांक का नियम प्राप्त कीजिए। इसके सीमांत रूप में रैले-जीन और वीन के नियम व्युत्पन्न कीजिए। 6+2+2