

No. of Printed Pages : 10

BPHE-106/PHE-06

BACHELOR OF SCIENCE (B. SC.)

Term-End Examination

December, 2025

BPHE-106/PHE-06 : THERMODYNAMICS AND STATISTICAL MECHANICS

Time : 2 Hours

Maximum Marks : 50

Note : (i) *All questions are compulsory, but internal choices are provided.*

(ii) *The marks for each question are indicated against it.*

(iii) *Symbols have their usual meanings.*

(iv) *You can use a calculator.*

1. Attempt any *three* parts : 3×5=15

- (a) Two moles of a perfect gas occupy a volume of 0.060 m^3 and exert a pressure of $4 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$. It is compressed isobarically to 0.050 m^3 . Calculate the work done by the gas. 5

- (b) The expression for the number of molecules in a Maxwellian gas having speeds in the range V to $V+dV$ is given by :

$$dN_V = 4\pi N \left(\frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} V^2 \exp \left[- \left(\frac{mV^2}{2k_B T} \right) \right] dV$$

Using this relation, obtain the expression for average speed. 5

- (c) Using Maxwell's relations, derive 1st and 2nd TdS equations. 5

- (d) Draw the phase space for a linear harmonic oscillator. 5

- (e) Define mean free path of a molecule. The mean speed of oxygen molecules at room temperature is 450 ms^{-1} . If the radius of an oxygen molecule is 1.8 \AA , calculate (i) collision frequency and (ii) mean free path.

Given : $n = 3 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$. 5

2. Derive van der Waals' equation of state for one mole of the gas. 5

Or

Define degree of freedom of a molecule. Write its general formula in terms of total number of constraints. Determine the degree of freedom for a rigid diatomic molecule. 2+1+2

3. Attempt any *two* parts : 2×5=10

(a) Prove that for a PVT system :

$$\frac{dV}{V} = \alpha dT - \beta_T dP$$

where α is thermal expansivity and β_T is isothermal compressibility of a substance. 5

(b) With the help of a schematic diagram of a platinum resistance thermometer, explain its construction. Write any *two* reasons for choosing platinum for fabrication of a resistance thermometer.

3+2

- (c) Define adiabatic lapse rate. Obtain an expression for adiabatic lapse rate for the Earth's atmosphere. 1+4
4. What is Joule-Thomson effect ? Obtain the expression for Joule-Thomson coefficient for an ideal gas. 2+8

Or

Define entropy and show that entropy increases when two gases mix with each other.

Equal volumes of two gases are mixed under same temperature and pressure. The pressure remains unchanged but the total volume is doubled. Calculate the entropy of mixing for one mole of the mixture. 2+4+4

5. Write down Planck's formula for blackbody radiation and derive the expressions of Wien's law, Rayleigh-Jean's law and Stefan-Boltzmann's law. 2+2+2+4

[5]

BPHE-106/PHE-06

Or

What is Gibbs' paradox ? Why does it arise ?
Obtain Sackur-Tetrode equation and
show that it is free from Gibbs' paradox.

2+1+6+1

BPHE-106/PHE-06

विज्ञान स्नातक (बी. एस-सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2025

बी.पी.एच.ई.-106/पी.एच.ई.-06 : ऊष्मागतिकी और
सांख्यिकीय यांत्रिकी

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

नोट : (i) सभी प्रश्न अनिवार्य हैं, परन्तु आंतरिक विकल्प दिए गए हैं।

(ii) प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं।

(iii) प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

(iv) आप कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं।

1. किन्हीं तीन भागों के उत्तर दीजिए :

3×5=15

(क) दो मोल आदर्श गैस 0.060 m^3 का आयतन ग्रहण करती है और $4 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$ का दाब डालती है। समदाबीय रूप से इसे 0.050 m^3 तक संपीडित किया जाता है। गैस द्वारा किया गया कार्य परिकलित कीजिए।

5

- (ख) एक मैक्सवेली गैस में चाल परिसर V से $V + dV$ में अणुओं की संख्या को निम्नलिखित व्यंजक द्वारा व्यक्त किया जाता है :

$$dN_V = 4\pi N \left(\frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} V^2 \exp \left[- \left(\frac{mV^2}{2k_B T} \right) \right] dV$$

इस सम्बन्ध का उपयोग कर माध्य चाल का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 5

- (ग) मैक्सवेल के सम्बन्धों का उपयोग करके प्रथम TdS समीकरण और द्वितीय TdS समीकरण व्युत्पन्न कीजिए। 5

- (घ) एक सरल आवर्ती दोलक की प्रावस्था समष्टि का आरेख खींचिए। 5

(ड) अणु के माध्य मुक्त पथ को परिभाषित कीजिए।
कोष्ठ तापमान पर ऑक्सीजन अणुओं की माध्य चाल 450 ms^{-1} है। यदि ऑक्सीजन अणु की त्रिज्या 1.8 \AA हो, तो (i) संघट्टन आवृत्ति और (ii) माध्य मुक्त पथ का मान परिकलित कीजिए।

दिया है : $n = 3 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$ । 5

2. एक मोल गैस के लिए वाण्डर वाल्स समीकरण व्युत्पन्न कीजिए। 5

अथवा

अणु की स्वातंत्र्य कोटि को परिभाषित कीजिए। व्यवरोधों की कुल संख्या के पदों में इसका सामान्य सूत्र लिखिए। दृढ़ द्विपरमाणुक अणु के लिए स्वातंत्र्य कोटि परिकलित कीजिए। 2+1+2

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

(क) PVT तंत्र के लिए सिद्ध कीजिए कि :

$$\frac{dV}{V} = \alpha dT - \beta_T dP$$

जहाँ α पदार्थ की तापीय प्रसारणीयता और β_T समतापीय संपीड्यता है। 5

(ख) प्लेटिनम प्रतिरोध तापमापी के संयोजित आरेख की सहायता से इसकी संरचना की व्याख्या कीजिए। प्रतिरोध तापमापी बनाने के लिए प्लेटिनम का उपयोग क्यों किया जाता है, इसके कोई दो कारण बताइए।

3+2

(ग) रुद्धोष्म हास दर को परिभाषित कीजिए। पृथ्वी के वायुमण्डल के लिए रुद्धोष्म हास दर का व्यंजक प्राप्त कीजिए।

1+4

4. जूल-टामसन प्रभाव क्या है ? आदर्श गैस के लिए जूल-टामसन गुणांक का व्यंजक प्राप्त कीजिए।

2+8

अथवा

एन्ट्रॉपी की परिभाषा लिखिए तथा सिद्ध कीजिए कि दो गैसों की मिश्रण प्रक्रिया में एन्ट्रॉपी बढ़ती है।

एक ही तापमान और दाब पर समान आयतनों में ली गई दो गैसों को मिश्रित किया गया है। दाब अचर रहता है परन्तु आयतन इन गैसों के मूल आयतनों से दोगुना हो जाता है। एक मोल मिश्रण के लिए गैसों की मिश्रण एन्ट्रॉपी परिकलित कीजिए।

2+4+4

5. कृष्णिका विकिरण के प्लांक नियम का सूत्र लिखिए और वीन के नियम, रैले-जीन के नियम तथा स्टीफन-बोल्जमान के नियम के सूत्र व्युत्पन्न कीजिए। $2+2+2+4$

अथवा

गिब्स विरोधाभास क्या है ? इसकी उत्पत्ति क्यों हुई ? साकर-टेट्रोड समीकरण प्राप्त कीजिए और सिद्ध कीजिए कि यह समीकरण गिब्स विरोधाभास से मुक्त है। $2+1+6+1$

× × × × ×