

No. of Printed Pages : 12 **BPHE-106/PHE-06**

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)

Term-End Examination

June, 2021

BPHE-106/PHE-06 : THERMODYNAMICS 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) Marks are indicated against each question.

1. Answer any **three** parts : $3 \times 5 = 15$

- (a) A mass of an ideal gas ($\gamma = 1.5$) at 27°C is suddenly compressed to eight times its original pressure. Calculate the final temperature of the gas.

P. T. O.

- (b) Describe in brief the phenomenon of the Brownian motion of a galvanometer mirror. What is Johnson noise ?
- (c) For a mono-atomic gas consisting of N identical yet distinguishable particles, the partition function is given by :

$$Z_N = V^N \left(\frac{2\pi m k_B T}{h^2} \right)^{3N/2}$$

Show that energy per molecule is $\frac{3}{2} k_B T$.

- (d) What do you mean by entropy of a thermodynamic system ? State second law of thermodynamics in terms of entropy. Draw the T-S diagram for a reversible Carnot cycle.

2. Attempt any **one** part :

- (a) What do you understand by the mean free path of the molecules of a gas ? Show that it is equal to $\frac{1}{n\pi d^2}$, where n is the number of gas molecules per unit volume and d is the diameter of a gas molecule. 2+3

[3] BPHE-106/PHE-06

- (b) Starting from the van der Waals' equation of state for real gases, obtain reduced equation of state that is applicable to all gases. 5

3. Attempt any *two* parts :

- (a) Obtain an expression for change in entropy when two gases left in separate containers are allowed to mix. 5

- (b) Starting from the relation $\frac{T^\gamma}{p^{\gamma-1}} = \text{constant}$, obtain an expression for adiabatic lapse rate. What is its physical significance ? 4+1

- (c) State Kelvin-Planck and Clausius statements of second law of thermodynamics. Show that these two statements are equivalent. 2+3

P. T. O.

[4] BPHE-106/PHE-06

4. (a) The energy distribution of blackbody radiation, according to Planck's law, is given by :

$$u_\nu d\nu = \frac{8\pi h}{c^3} \frac{\nu^3 d\nu}{\exp\left[\frac{h\nu}{k_B T} - 1\right]}$$

By calculating the total energy (u), obtain the expression for Stefan-Boltzmann's law.

5

- (b) Show that a gaseous system can be characterised by the relation :

$$\frac{dV}{V} = \beta dT - k dp$$

where k is isothermal compressibility and β is isobaric expansivity. 5

Or

What is adiabatic demagnetisation ? Describe an experimental arrangement for attaining low temperature when a paramagnetic salt is made to undergo this process. 5+5

[5] BPHE-106/PHE-06

5. (a) What is zero point energy ? Obtain an expression for zero point energy of an fermion. 5

(b) 4.2×10^{21} electrons are confined in a box of volume 1 cm^3 . Calculate their Fermi energy. 5

Take $m_e = 9.1 \times 10^{-28} \text{ g}$

and $h = 6.62 \times 10^{-27} \text{ erg} \cdot \text{s}$.

Or

What do you understand by the phenomenon of Brownian motion ? Give an outline of Einstein's theory of Brownian motion and hence derive Einstein's formula for the mean square displacement of a Brownian particle. 10

P. T. O.

[6] BPHE-106/PHE-06

BPHE-106/PHE-06

विज्ञान स्नातक (बी. एस-सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2021

बी.पी.एच.ई.-106/पी.एच.ई.-06 : 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।

[7]

BPHE-106/PHE-06

1. किन्हीं *तीन* भागों के उत्तर दीजिए : $3 \times 5 = 15$

(क) 27°C तापमान पर आदर्श गैस ($\gamma = 1.5$) का कुछ द्रव्यमान अचानक प्रारंभिक दाब से आठ गुणा तक संपीडित किया जाता है। गैस का अन्तिम तापमान परिकलित कीजिए।

(ख) गैल्वेनोमीटर दर्पण की ब्राऊनी गति की परिघटना का संक्षेप में वर्णन कीजिए। जॉनसन शोरव क्या है ?

(ग) N सर्वसम लेकिन विभेद्य कणों वाली एकपरमाणुक गैस के लिए संवितरण फलन निम्नलिखित है :

$$Z_N = V^N \left(\frac{2\pi m k_B T}{h^2} \right)^{3N/2}$$

सिद्ध कीजिए कि प्रति अणु ऊर्जा $\frac{3}{2} k_B T$ होती है।

P. T. O.

[8]

BPHE-106/PHE-06

(घ) ऊष्मागतिक तंत्र की एन्ट्रॉपी से आप क्या समझते हैं ? एन्ट्रॉपी के पदों में ऊष्मागतिकी के दूसरे नियम का कथन लिखिए। उत्क्रमणीय कार्नो चक्र के लिए T-S आरेख खींचिए।

2. किसी **एक** प्रश्न को हल कीजिए :

(क) गैस के अणुओं के लिए माध्य मुक्त पथ से आप क्या समझते हैं ? सिद्ध कीजिए कि यह $\frac{1}{n\pi d^2}$ के बराबर होता है, जहाँ n प्रति इकाई आयतन गैस अणुओं की संख्या और d गैस अणु का व्यास है।

2+3

(ख) वास्तविक गैसों के लिए वाण्डर वाल्स अवस्था समीकरण से प्रारम्भ कर समानीत अवस्था समीकरण प्राप्त कीजिए जो कि सभी गैसों के लिए मान्य है।

5

3. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए :

(क) जब दो पात्रों में रखी अलग-अलग गैसों को मिश्रण करने दिया जाता है, तो एन्ट्रॉपी परिवर्तन का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 5

(ख) संबंध $\frac{T^\gamma}{p^{\gamma-1}} = \text{स्थिरांक}$ से प्रारम्भ कर रुद्धोष्म ताप-दर का व्यंजक प्राप्त कीजिए। इस संबंध की भौतिक सार्थकता क्या है ? 4+1

(ग) ऊष्मागतिकी के द्वितीय नियम के लिए कोल्विन-प्लांक और क्लासियस द्वारा दिए गए कथनों को लिखिए। सिद्ध कीजिए कि ये दोनों कथन समतुल्य हैं। 2+3

P. T. O.

4. (क) प्लांक के नियम के अनुसार कृष्णिका विकिरण का ऊर्जा फलन निम्नलिखित व्यंजक द्वारा दिया जाता है :

$$u_\nu d\nu = \frac{8\pi h}{c^3} \frac{\nu^3 d\nu}{\exp\left[\frac{h\nu}{k_B T} - 1\right]}$$

कुल ऊर्जा (u) का मान परिकलित करके स्टीफ़न-बोल्जमान के नियम का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 5

(ख) सिद्ध कीजिए कि एक गैसीय तंत्र को निम्नलिखित संबंध द्वारा अभिलक्षित किया जा सकता है :

$$\frac{dV}{V} = \beta dT - k dp$$

जहाँ k समतापी संपीड्यता और β समदाबी प्रत्यास्थता है। 5

[11]

BPHE-106/PHE-06

अथवा

रुद्धोष्म विचुंबकन क्या है ? जब किसी अनुचुंबकीय लवण को इस प्रक्रम से गुजारा जाता है, तो निम्न ताप प्राप्त करने के लिए प्रायोगिक व्यवस्था की व्याख्या कीजिए।

5+5

5. (क) शून्य बिन्दु ऊर्जा क्या होती है ? फर्मियान के लिए शून्य बिन्दु ऊर्जा का व्यंजक प्राप्त कीजिए।

5

- (ख) 1 cm^3 आयतन के एक बॉक्स में 4.2×10^{21} इलेक्ट्रॉन परिबद्ध हैं। इनकी फर्मी ऊर्जा परिकलित कीजिए।

5

$$m_e = 9.1 \times 10^{-28} \text{ g} \quad \text{और} \quad h = 6.62 \times 10^{-27}$$

erg लें।

[12]

BPHE-106/PHE-06

अथवा

ब्राऊनी गति की परिघटना से आप क्या समझते हैं ? ब्राऊनी गति के आइन्स्टाइन सिद्धान्त की रूपरेखा दीजिए। अतएव ब्राऊनी कण के विस्थापन वर्ग माध्य के लिए आइन्स्टाइन का सूत्र व्युत्पन्न कीजिए।

10

BPHE-106/PHE-06

4,090

P. T. O.