

No. of Printed Pages : 7 **BPHE-106/PHE-06**

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)

Term-End Examination

June, 2023

PHYSICS

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

Time : 2 Hours

Maximum Marks : 50

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

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

(iii) *Symbols have their usual meanings.*

(iv) *You can use a calculator.*

(v) *The values of physical constants are given at the end.*

1. Answer any *three* parts : 3×5=15

(a) Calculate the root mean square speed and the most probable speed for a gas whose density is 1.4 gm^{-3} at a pressure of 10^6 Nm^{-2} . 5

(b) Obtain expression for Boyle temperature for a gas obeying Berthelot equation of state : 5

$$\left[\left(P + \frac{a'}{TV^2} \right) (V - b) = RT \right]$$

P. T. O.

- (c) Write the mathematical form of first law of thermodynamics. What is its significance ?
What are its limitations ? 1+2+2
- (d) A freezer is operated between -5°C and 25°C . Calculate its coefficient of performance. If 1 kg. of water, initially at 0°C is to be frozen by it, then how much electrical energy would be required ?
(Specific latent heat of fusions for water = 334 kJ kg^{-1}). 3+2
- (e) Define microstate and macrostate of a system. If two indistinguishable particles are to be placed in 4 cells, enumerate the possible microstates and the corresponding microstates. 2+3
2. If average speed and radius of hydrogen molecules is 920 ms^{-1} and $1.37 \times 10^{-10} \text{ m}$, respectively, then calculate : 1+2+2
- (a) Collision cross section
(b) Collision frequency and
(c) Mean free path
(No. of molecules per unit volume is $3 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$).

Or

Show that the ratio of adiabatic and isothermal elasticities is equal. 5

3. Attempt any *two* parts : 2×5=10
- (a) Write any *four* characteristics of Brownian motion. Describe Perrin's experiment for determination of Avogadro's number. 2+3

- (b) What is thermocouple ? Give one example. Explain, how it can be used to measure temperature. Write any *two* of its limitations. (1+1+2+1)
- (c) Explain Gibbs Phase rule with the example of sulphur. 5
4. Derive Clausius-Clapeyron equation for liquid-vapour phase transition. Explain why vegetable is cooked faster in a pressure cooker. 7+3

Or

Explain the Joule-Thomson experiment. Derive an expression for Joule-Thomson coefficient. (4+6)

5. Give an account of Bose's derivation of Planck's law. Discuss its limiting cases for long wavelength and short wavelengths. (6+2+2)

Or

Derive the expression for Fermi-Dirac distribution function. Draw the function at $T = 0$ K and $T > 0$ K. 8+2

Physical Constants

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

$$1 \text{ atm} = 1.05 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$$

$$1 \text{ cal} = 4.18 \text{ J}$$

$$1 u = 1.673 \times 10^{-27} \text{ K}$$

$$g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$$

$$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$R = 8.314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

BPHE-106/PHE-06**विज्ञान स्नातक (बी. एस-सी.)****सत्रांत परीक्षा****जून, 2023****भौतिक विज्ञान****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।

(v) भौतिक नियतांकों के मान अन्त में दिए गए हैं।

1. किन्हीं **तीन** भागों के उत्तर दीजिए : $3 \times 5 = 15$ (क) एक गैस जिसका घनत्व 1.4 gm^{-3} है, 10^6 Nm^{-2} दाब पर है। गैस की मूल माध्य वर्ग चाल और प्रायिकतम चाल परिकलित कीजिए। 5

(ख) बर्थेलो अवस्था समीकरण

$$\left[\left(P + \frac{a'}{TV^2} \right) (V-b) = RT \right] \text{ का अनुसरण करने}$$

वाली गैस के लिए बॉयल ताप का व्यंजक पाप्त कीजिए। 5

(ग) ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम का गणितीय रूप लिखिए। इसकी सार्थकता क्या है ? प्रथम नियम की सीमाएँ क्या हैं ? 1+2+2

(घ) एक फ्रीजर -5°C और 25°C के बीच प्रचालित होता है। इसका निष्पादन गुणांक परिकल्पित कीजिए। इस फ्रीजर में 0°C पर रखे 1 kg जल को संलयित करने के लिए कितनी विद्युत ऊर्जा की आवश्यकता होगी ? (जल की विशिष्ट संलयन गुप्त ऊष्मा $= 334 \text{ kJ kg}^{-1}$ है)। 3+2

(ङ) तंत्र की सूक्ष्म अवस्थाओं और स्थूल अवस्थाओं को परिभाषित कीजिए। अगर दो अविभद्य कणों को चार कोष्ठिकाओं में रखा जाता है तो सम्भावित स्थूल अवस्थाओं तथा सूक्ष्म अवस्थाओं की गणना कीजिए। 2+3

2. हाइड्रोजन अणुओं की माध्य चाल और त्रिज्या क्रमशः 920 ms^{-1} और $1.37 \times 10^{-10} \text{ m}$ हैं, तो : 1+2+2

(i) संघट्टन अनुप्रस्थ परिच्छेद

(ii) संघट्टन-आवृत्ति, और

(iii) माध्य मुक्त पथ

परिकलित कीजिए। (पति इकाई आयतन में अणुओं की संख्या $3 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$ है)।

अथवा

सिद्ध कीजिए कि रुद्धोष्म तथा समतापी प्रत्यास्थताओं का अनुपात C_p/C_v के बराबर होता है। 5

3. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए : $2 \times 5 = 10$

(क) ब्राऊनी गति के कोई चार अभिलक्षण लिखिए।
आवोगाद्रों संख्या के निर्धारण के लिए पेरिन के प्रयोग का वर्णन कीजिए। 2+3

(ख) ताप-वैद्युतयुग्म क्या होता है ? कोई एक उदाहरण दीजिए। इसका तापमान मापन के लिए कैसे प्रयोग किया जाता है ? इसकी कोई दो सीमाएँ लिखिए। 1+1+2+1

(ग) सल्फर (गंधक) का उदाहरण लेकर गिब्ज़ प्रावस्था नियम को समझाइए। 5

4. द्रव-वाष्प प्रावस्था संक्रमण के लिए क्लासियस-क्लैपेरॉन समीकरण व्युत्पन्न कीजिए। समझाइए कि प्रेशर कुकर में सब्जी जल्दी क्यों पक जाती है ? 7+3

अथवा

जूल-टॉमसन प्रयोग की व्याख्या कीजिए। जूल-टॉमसन गुणांक का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 4+6

5. प्लांक नियम की बास द्वारा दी गई व्युत्पत्ति का विवरण दीजिए। इसके दीर्घ तरंगदैर्घ्यों और लघु तरंगदैर्घ्यों के लिए इसके सीमान्त रूपों की चर्चा कीजिए। 6+2+2

अथवा

फर्मी-डिरैक बंटन फलन का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। फलन का $T = 0$ K और $T > 0$ K पर चित्र बनाइए। 8+2

भौतिक नियतांक

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

$$1 \text{ atm} = 1.05 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$$

$$1 \text{ cal} = 4.18 \text{ J}$$

$$1u = 1.673 \times 10^{-27} \text{ K}$$

$$g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$$

$$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$R = 8.314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$