No. of Printed Pages : 10

BPHE–106/PHE-006

BACHELOR OF SCIENCE
(B. SC.)
Term-End Examination
June, 2026

BPHE-106/PHE–006 : 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.

---

1. Answer any *three* parts : 3×5=15

   (a) Calculate the temperature at which root-mean square speed of nitrogen molecules exceeds their most probable speed by 200 ms^{-1}.

(b) What is transport phenomenon ? Obtain an expression for viscosity of the gas. Assume that the average number of molecules crossing an arbitrary plane from either side per unit area per second is $\frac{1}{4} n\bar{V}$.

(c) What are intensive and extensive variables ? Write the intensive and extensive variables for the following thermodynamic systems :

(i) Gas in a cylinder

(ii) Paramagnetic solid

(iii) Surface film

(d) One mole of an ideal gas expands isothermally to three times its initial volume. Calculate the entropy change in terms of gas constant R.

(e) Define Fermi energy. Show that the Fermi energy of a gas is given by :

$$\in_F = \frac{h^2}{2m}\left(\frac{3N}{8\pi V}\right)^{2/3}$$

2. Define mean free path of a molecule. Derive an expression of mean free path when only one molecule is in motion. 1+4

Or

What is Brownian motion of a particle ? Obtain an expression for particle concentration in sedimentation process. 1+4

3. Attempt any *two* parts : 2×5=10

(a) Show that for an ideal gas : 5

$$\beta_T = \frac{1}{P} \text{ and } \alpha = \frac{1}{T}$$

where the symbols have their usual meanings.

(b) Show that the work done by a gas in an isothermal process is : 5

$$\Delta W = nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

(c) What is a thermistor ? What materials are generally used to make the thermistor ? What is their range of temperatures ? Draw a resistance versus temperature curve for a thermistor. 1+1+1+2

4. Derive the Ehrenfest's equation for a second order phase transition :

$$\frac{\Delta p}{\Delta T} = \frac{C_{p_2} - C_{p_1}}{TV\left(\alpha_{p_2} - \alpha_{p_1}\right)}$$

Also draw temperature variation of heat capacity for second order transition. 8+2

Or

What is Joule-Thomson Effect ?

Derive the relation of Joule-Thomson coefficient (μ) :

$$\mu = -\frac{1}{C_p}\left[V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p\right]$$

Also obtain the expression of μ for an ideal gas. What does this result imply ? 1+6+2+1

5. (i) Discuss fountain effect observed in liquid He at low temperatures. 5

(ii) Planck's law for distribution of black body radiation is given by :

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

Using this relation obtain an expression for Stefan's constant. 5

Or

The thermodynamic probability for Bose-Einstein distribution is given as :

$$W = \frac{(g_i + N_i - 1)!}{N_i!(g_i - 1)!}$$

Obtain an expression for Bose-Einstein distribution function.

Also, plot Bose-Einstein and Fermi-Dirac distribution functions at a finite temperature as a function of energy on the same graph. 7+3

BPHE–106/PHE–006

विज्ञान स्नातक

(बी. एस-सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2026

बी.पी.एच.ई.-106/पी.एच.ई - 006 : ऊष्मागतिकी तथा सांख्यिकीय यांत्रिकी

समय : 2 घण्टे *अधिकतम अंक : 50*

नोट : *(i) सभी प्रश्न अनिवार्य हैं, परन्तु आन्तरिक 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 : $3\times5=15$

(क) वह तापमान परिकलित कीजिए जिस पर नाइट्रोजन अणुओं की वर्ग मूल माध्य चाल प्रायिकतम चाल से $200\ ms^{-1}$ अधिक होती है।

(ख) अभिगमन परिघटना क्या है ? गैस की श्यानता का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। मान लीजिए कि किसी यादृच्छिक समतल के दोनों ओर से प्रति इकाई क्षेत्रफल प्रति सेकण्ड पार करने वाले अणुओं की औसत संख्या $\frac{1}{4}n\bar{V}$ है।

(ग) अविस्तारात्मक और विस्तारात्मक चर क्या होते हैं? निम्नलिखित ऊष्मागतिक तंत्रों के लिए अविस्तारात्मक और विस्तारात्मक चर लिखिए :

(i) सिलिंडर में गैस

(ii) अनुचुंबकीय ठोस

(iii) पृष्ठ फिल्म

(घ) एक मोल आदर्श गैस समतापीय प्रसार में अपने प्रारम्भिक आयतन से तीन गुना जगह घेरती है। गैस नियतांक R के पदों में एन्ट्रापी परिवर्तन परिकलित कीजिए।

(ङ) फर्मी ऊर्जा को परिभाषित कीजिए। सिद्ध कीजिए कि गैस की फर्मी ऊर्जा का व्यंजक निम्नलिखित है :

$$\in_F = \frac{h^2}{2m}\left(\frac{3N}{8\pi V}\right)^{2/3}$$

2. अणु के माध्य मुक्त पथ को परिभाषित कीजिए। माध्य मुक्त पथ का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए जब केवल एक अणु गतिमान है। 1+4

अथवा

अणु की ब्राऊनी गति क्या होती है ? अवसादन प्रक्रम में कणों के संकेन्द्रण का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 1+4

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

(क) सिद्ध कीजिए कि आदर्श गैस के लिए 5

$$\beta_T = \frac{1}{P} \text{ और } \alpha = \frac{1}{T}$$

प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

(ख) समतापी प्रक्रम में गैस द्वारा किए गए कार्य का व्यंजक निम्नलिखित है : 5

$$\Delta W = nRT \ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right)$$

(ग) तापी प्रतिरोधक क्या होता है ? तापी प्रतिरोधक को बनाने के लिए साधारणतया किन पदार्थों का उपयोग किया जाता है ? उनका तापमापन परिसर कितना होता है ? तापी प्रतिरोध के लिए प्रतिरोध का ताप के सापेक्ष आरेख खींचिए। 1+1+1+2

4. द्वितीय कोटि प्रावस्था संक्रमण के लिए निम्नलिखित ऐरनफेस्ट समीकरण व्युत्पन्न कीजिए :

$$\frac{\Delta p}{\Delta T} = \frac{C_{p_2} - C_{p_1}}{TV(\alpha_{p_2} - \alpha_{p_1})}$$

और द्वितीय कोटि प्रावस्था के लिए ताप के सापेक्ष ऊष्माधारिता का आलेख खींचिए। 8+2

अथवा

जूल–टॉमसन प्रभाव क्या होता है ?जूल–टॉमसन गुणांक (μ) का निम्नलिखित व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए :

$$\mu = -\frac{1}{C_p}\left[V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p\right]$$

आदर्श गैस के लिए भी μ का व्यंजक प्राप्त कीजिए। बताइए कि यह परिणाम हमें क्या बोध कराता है ? 1+6+2+1

5. (i) निम्न तापमान पर द्रव He में प्रेक्षित फव्वारा प्रभाव की चर्चा कीजिए। 5

(ii) कृष्णिका विकिरण के बंटन के लिए प्लांक नियम निम्नलिखित व्यंजक द्वारा दिया जाता है :

$$u_{\nu} d\nu = \frac{8\pi h}{c^3} \frac{\nu^3 d\nu}{\exp\left(h\nu / k_{\mathrm{B}}\mathrm{T}\right) - 1}$$

इस सम्बन्ध का उपयोग कर स्टीफन नियतांक का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 5

अथवा

बोस–आइन्सटाइन बंटन के लिए ऊष्मागतिकी प्रायिकता का व्यंजक निम्नलिखित है :

$$\mathrm{W} = \frac{(\mathrm{g}_i + \mathrm{N}_i - 1)!}{\mathrm{N}_i ! \, (\mathrm{g}_i - 1)!}$$

बोस–आइन्सटाइन बंटन फलन का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

फर्मी–डिराक और बोस–आइन्सटाइन बंटन फलनों के वक्र ऊर्जा के सापेक्ष किसी परिमित तापमान के लिए एक ही ग्राफ पर खींचिए। 7+3

× × × × ×