

**BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)**

**Term-End Examination**

**December, 2015**

00624

**PHYSICS**

**PHE-06 : THERMODYNAMICS AND STATISTICAL  
MECHANICS**

*Time : 2 hours*

*Maximum Marks : 50*

---

**Note :** *All questions are **compulsory** but internal choices are given. You can use non-scientific calculator or log table. Symbols have their usual meanings, unless stated otherwise. Marks are indicated against each question.*

---

1. Answer any **three** parts :

**3×5=15**

- (a) The coefficient of viscosity of helium at 27°C is  $2 \times 10^{-4}$  poise. If the gas molecules have mass  $6.67 \times 10^{-27}$  kg and move with average speed  $1.26 \times 10^3$  ms<sup>-1</sup>, calculate the diameter of a helium molecule.
- (b) The efficiency of a Carnot engine operating between temperatures  $T_1$  and  $T_2$  is 1/6. If the temperature of the sink is lowered by 62°C, its efficiency doubles. Calculate the temperatures of the source and sink.

- (c) A certain mass of an ideal gas at  $27^{\circ}\text{C}$  and 8 atm pressure is expanded suddenly to four times its initial volume. Calculate the final pressure as well as temperature of the gas. Take  $\gamma = 1.5$ .
- (d) The spectral energy curve of the moon shows maxima at 470 nm and  $14\text{ }\mu\text{m}$ . Calculate the corresponding temperatures. What conclusions can you draw from this data? Take  $b = 2.892 \times 10^{-3}\text{ m}\cdot\text{K}$ .

2. One mole of an ideal gas is made to undergo a quasi-static adiabatic change. The pressure and temperature of the gas are related through  $T^{\gamma} p^{1-\gamma} = \text{constant}$ . Use this result to obtain an expression for adiabatic lapse rate.

5

**OR**

The work done by hydrostatic pressure is

defined as  $W = \int_{V_1}^{V_2} p\,dV$ . If  $n$  moles of an ideal gas are made to undergo isothermal process,

calculate the work done.

5

3. (a) For two (or more) phases of one-component system to exist in equilibrium, the specific Gibbs potential must be equal. Use this fact to derive Clausius – Clapeyron equation and discuss why food cooks more efficiently in a pressure cooker.

6

- (b) What is Joule – Thomson effect ? Discuss qualitatively, how it is used to produce low temperatures.

1+3=4

4. What do you understand by the term Transport Phenomena ? Define coefficient of viscosity. Assume that (i) each molecule makes its last collision at two-third mean free path above or below an imaginary surface and (ii) the number of particles crossing this plane from either side per unit area per second is  $\frac{1}{4} n\bar{v}$ . Obtain an expression for  $\eta$ . Discuss its pressure and temperature dependence.

2+2+4+2=10

**OR**

What is Brownian motion ? Discuss its characteristics. For one-dimensional Brownian motion, show that diffusion coefficient is connected to displacement  $s$  of a particle in time  $t$  through the relation  $D = \frac{s^2}{t}$ .

2+3+5=10

5. (a) Define entropy. Show that the change in the entropy during mixing of two gases is given by

$$\Delta S_{\text{mix}} = -n_1 R \ln x_1 - n_2 R \ln x_2$$

where  $x_1$  and  $x_2$  are the mole fractions while  $n_1$  and  $n_2$  are number of moles of the two gases.

1+4=5

- (b) Show that Fermi energy at absolute zero temperature is given by

$$E_F = \frac{h^2}{2m} \left( \frac{3N}{8\pi V} \right)^{2/3} \quad 5$$

**OR**

What is Gibbs paradox ? Derive Sakür – Tetrode equation starting from the expression for thermodynamic probability. Show that it is free from Gibbs paradox. Assume that N-particle partition function is given by

1+4+5=10

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


---

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2015

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-06 : ऊष्मागतिकी तथा सांख्यिकीय  
यांत्रिकी

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

**नोट :** सभी प्रश्न अनिवार्य हैं परन्तु आंतरिक विकल्प दिए गए हैं ।  
आप अप्रोग्रामीय कैल्कुलेटर अथवा लॉग सारणी का प्रयोग कर  
सकते हैं । प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं । प्रत्येक प्रश्न के  
अंक उसके सामने दिए गए हैं ।

1. किन्हीं तीन भागों के उत्तर दीजिए :

3×5=15

(क) 27°C तापमान पर हीलियम का श्यानता गुणांक  
 $2 \times 10^{-4}$  poise है । यदि गैस के अणुओं का द्रव्यमान  
 $6.67 \times 10^{-27}$  kg हो और वे  $1.26 \times 10^3$  ms<sup>-1</sup> की  
औसत चाल से भ्रमण करते हों, तो हीलियम के अणु  
का व्यास परिकलित कीजिए ।

(ख) T<sub>1</sub> और T<sub>2</sub> तापमानों के मध्य कार्यशील कानों इंजन की  
दक्षता 1/6 है । यदि अभिगम के तापमान को 62°C  
घटा दिया जाता है, तो इसकी दक्षता दुगुनी हो जाती  
है । स्रोत एवं अभिगम के तापमान परिकलित कीजिए ।

(ग) एक आदर्श गैस का कुछ द्रव्यमान  $27^{\circ}\text{C}$  तथा  $8 \text{ atm}$  दाब पर है। अचानक इसका आयतन प्रारम्भिक आयतन से चार गुना प्रसारित हो जाता है। गैस का अन्तिम दाब तथा तापमान परिकलित कीजिए।  $\gamma = 1.5$  लीजिए।

(घ) चन्द्रमा से प्राप्त स्पेक्ट्रमी ऊर्जा वक्र में उच्चिष्ठ  $470 \text{ nm}$  तथा  $14 \mu\text{m}$  पर प्राप्त होते हैं। इनके संगत तापमान परिकलित कीजिए। इन आंकड़ों से आप क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं?  $b = 2.892 \times 10^{-3} \text{ m-K}$  लीजिए।

2. एक मोल आदर्श गैस का स्थैतिककल्प रुद्धोष्म रूपान्तरण होता है। इस गैस के दाब एवं तापमान  $T^{\gamma} p^{1-\gamma} = \text{अचर}$  सम्बन्ध से जुड़े हैं। इस परिणाम का प्रयोग कर रुद्धोष्म हास दर का व्यंजक प्राप्त कीजिए।

5

अथवा

द्रवस्थैतिक दाब द्वारा किए गए कार्य को निम्नवत् परिभाषित किया जाता है :

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p \, dV$$

यदि एक आदर्श गैस के  $n$  मोल समतापी प्रक्रम से गुजरें तो किया गया कार्य परिकलित कीजिए।

5

3. (क) एक-घटकीय तंत्र के दो (या अधिक) प्रावस्थाओं के साम्य में रहने के लिए, विशिष्ट गिब्स विभव समान रहना चाहिए । इस तथ्य का उपयोग कर क्लॉसियस - क्लैपेरोन समीकरण व्युत्पन्न कीजिए और चर्चा कीजिए कि प्रेशर कुकर में भोजन जल्दी क्यों पक जाता है ।

6

- (ख) जूल - टॉमसन प्रभाव क्या है ? निम्न तापमान प्राप्त करने के लिए इसकी गुणात्मक चर्चा कीजिए ।

1+3=4

4. अभिगमन परिघटना शब्द से आप क्या समझते हैं ? श्यानता गुणांक परिभाषित कीजिए । मान लीजिए कि (i) प्रत्येक अणु अपना अन्तिम संघट्टन काल्पनिक पृष्ठ से ऊपर या नीचे,  $\frac{2}{3} \lambda$  (माध्य मुक्त पथ) की दूरी पर करता है तथा (ii) इस समतल के दोनों ओर से प्रति इकाई क्षेत्रफल प्रति सेकण्ड पार करने वाले कणों की संख्या  $\frac{1}{4} n \bar{v}$  है ।  $\eta$  का व्यंजक प्राप्त कीजिए । इसके दाब और तापमान पर निर्भरता की चर्चा कीजिए ।

2+2+4+2=10

अथवा

ब्राउनी गति क्या है ? इसके लक्षणों की चर्चा कीजिए । एक-विमीय ब्राउनी गति के लिए, सिद्ध कीजिए कि कण के विसरण गुणांक और विस्थापन  $s$  के बीच सम्बन्ध निम्नलिखित है :

$$D = \frac{s^2}{t}$$

जहाँ  $t$  समय को निरूपित करता है ।

2+3+5=10

5. (क) एन्ट्रॉपी परिभाषित कीजिए । सिद्ध कीजिए कि दो गैसों के मिश्रण के प्रक्रम में एन्ट्रॉपी परिवर्तन का व्यंजक निम्नलिखित है :

$$\Delta S_{\text{mix}} = -n_1 R \ln x_1 - n_2 R \ln x_2$$

जहाँ  $x_1$  तथा  $x_2$  मोल अंश हैं और  $n_1$  तथा  $n_2$  दो गैसों की मोल संख्याएँ हैं ।

1+4=5

- (ख) सिद्ध कीजिए कि परम शून्य तापमान पर फर्मी ऊर्जा का व्यंजक निम्नलिखित है :

5

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

अथवा

गिब्स विरोधाभास क्या है ? सकर - टैट्रोड समीकरण को ऊष्मागतिकी प्रायिकता के व्यंजक से प्रारम्भ कर व्युत्पन्न कीजिए । सिद्ध कीजिए कि यह गिब्स विरोधाभास से मुक्त है । मान लीजिए कि  $N$ -कण विभाजन फलन है :

1+4+5=10

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