

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

June, 2012

PHYSICS

PHE-06 : THERMODYNAMICS AND
STATISTICAL MECHANICS

Time : 2 hours

Maximum Marks : 50

Note : All questions are compulsory but internal choices are given. Marks are indicated with every question. You can use log tables and non-programmable calculator.

1. Answer *any three* parts : 3x5=15

- (a) Starting from the first law of thermodynamics, show that for an adiabatic transformation

$$pV^\gamma = \text{constant}$$

Also show that an adiabat is steeper than an isotherm.

- (b) m gram of water at temperature T_1 is mixed with an equal mass of water at temperature T_2 . Show that the change in entropy is

$$2 mC_p \ln \left(\frac{T_{av}}{\sqrt{T_1 T_2}} \right).$$

(c) The coefficient of viscosity of a gas is $16.6 \times 10^{-6} \text{ Nsm}^{-2}$. Calculate the mean free path, and diameter of the gas molecule. Given $v = 450 \text{ ms}^{-1}$, $\rho = 1.25 \text{ kgm}^{-3}$ and $n = 2.7 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$.

(d) Calculate Fermi temperature of electrons in a white dwarf star using the following

$$\text{data : } \frac{N}{V} = 10^{30} \text{ electron cm}^{-3},$$

$$h = 6.62 \times 10^{-27} \text{ erg-s}, m_e = 9.11 \times 10^{-28} \text{ g}$$

and $k_B = 1.38 \times 10^{-16} \text{ erg K}^{-1}$.

2. (a) For two (or more) phases of one - 5
component system to exist in equilibrium, the specific Gibbs potential must be equal. Using this fact, derive Clausius - Clapeyron equation.
- (b) A cyclic heat engine draws 350 KJ heat from 5
a source at 1000 K. It supplies 125 KJ of heat to the low temperature reservoir at 400 K and performs 225 KJ of work. Is this machine reversible, irreversible, or impossible? Why?
3. A person consumes a diet of 10^4 J per day and 5
spends a total energy of $1.2 \times 10^4 \text{ J}$ per day. Calculate the daily change in her/his internal energy. If the net energy spent comes from sucrose at the rate of $1.6 \times 10^4 \text{ J kg}^{-1}$, in how many days will the person reduce his/her mass by 1 kg.

OR

State the characteristic features of the International Practical Temperature Scale. Give the boiling point of water and triple point of water on IPTS-68. 5

4. Write down the equation of motion of a free Brownian particle moving along a particular direction using Langevin's arguments. Obtain its particular and complimentary solutions. Clearly spell out why we solve it for mean squared displacement. 2+6+2

OR

Define coefficient of viscosity of a gas. Derive its expression. Discuss its temperature and pressure dependence. 1+7+2

5. (a) Show that the phase space of a linear harmonic oscillator is an ellipse. 3
- (b) The partition function for photons can be 7

written as
$$Z_{ph} = \prod_{n=1}^{\infty} \frac{1}{1 - \exp(-\epsilon_n/k_B T)}$$

using the relation $F(T, V) = -Nk_B T \ln Z_{ph}$ show that the specific entropy of an assembly of photons is given by

$$S = \left(\frac{32 \pi^5 k_B^4}{45 h^3 c^3} \right) VT^3$$

विज्ञान स्नातक (बी.एससी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2012

भौतिक विज्ञान

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

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

नोट : सभी प्रश्न अनिवार्य हैं यद्यपि आन्तरिक विकल्प दिए गए हैं।
प्रत्येक प्रश्न के साथ अंक दिए गए हैं। आप लॉग सारणी या
अप्रोग्रामीय परिकलित प्रयोग कर सकते हैं।

1. किन्ही तीन भागों के उत्तर लिखें :

3x5=15

- (a) ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम के अनुप्रयोग द्वारा रूद्धोष्म परिवर्तन के लिए निम्नलिखित संबंध व्युत्पन्न कीजिए :

$$pV^\gamma = \text{अचर}$$

यह भी सिद्ध करें कि एडियाबेट की ढलान समतापी से अधिक होती है।

- (b) m ग्राम पानी को T_1 तापमान पर उतने ही द्रव्यमान के T_2 तापमान वाले पानी में मिलाया जाता है। सिद्ध कीजिए

कि एन्ट्रॉपी परिवर्तन $2 mC_p \ln \left(\frac{T_{av}}{\sqrt{T_1 T_2}} \right)$ है।

- (c) एक गैस का श्यानता गुणांक $16.6 \times 10^{-6} \text{ Nsm}^{-2}$ है। इसका माध्य मुक्त पथ, तथा गैस के अणुओं का व्यास परिकलित कीजिए। दिया है : $v = 450 \text{ ms}^{-1}$, $\rho = 1.25 \text{ kgm}^{-3}$ तथा $n = 2.7 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$ ।
- (d) श्वेत वामन तारों में इलेक्ट्रॉनों के लिए फर्मी तापमान परिकलित कीजिए। दिया है :

$$\frac{N}{V} = 10^{30} \quad \text{electron} \quad \text{cm}^{-3},$$

$$h = 6.62 \times 10^{-27} \text{ erg-s}, \quad m_e = 9.11 \times 10^{-28} \text{ g}$$

तथा $k_B = 1.38 \times 10^{-16} \text{ erg K}^{-1}$ ।

2. (a) एक घटकीय तंत्र की दो (या अधिक) प्रावस्थाओं में साम्यावस्था स्थिति के लिए विशिष्ट गिब्स विभव बराबर होते हैं। इस तर्क के आधार पर क्लासियस - कलैपेरॉन समीकरण व्युत्पन्न करें। 5
- (b) एक चक्रीय ऊष्मा इंजन 1000 K नाप के स्रोत से 350 KJ ऊष्मा लेता है। यह इंजन 400 K के निम्न नाप वाले ऊष्मा भंडार में 125 KJ ऊष्मा छोड़ देता है तथा 225 KJ ऊष्मा कार्य में परिवर्तित करता है। क्या यह मशीन उत्क्रमणीय है, अनुक्रमणीय है या असंभव है? क्यों? 5
3. एक व्यक्ति प्रतिदिन 10^4 J आहार लेता है और $1.2 \times 10^4 \text{ J}$ ऊष्मा खर्च करता है। प्रतिदिन आंतरिक ऊर्जा में परिवर्तन ज्ञात कीजिए। यदि खर्च हुई ऊर्जा $1.6 \times 10^4 \text{ J kg}^{-1}$ की दर से सुक्रोज से प्राप्त होती है तो ज्ञात कीजिए कि कितने दिनों में उसके द्रव्यमान में 1 kg की कमी होगी? 5

या

अंतर्राष्ट्रीय प्रायोगिक तापमान स्केल की विशेषताएं लिखें। पानी के उबाल बिन्दु तथा triple point के मान IPTS-68 पर क्या है? 5

4. एक स्वतंत्र ब्राउनी गति वाले कण का लांजवेन तर्कों पर आधारित गति समीकरण लिखिए। इसके विशेष तथा पूरक हल ज्ञात कीजिए। विवेचना कीजिए कि हम इसे माध्य वर्ग विस्थापन के लिए ही क्यों हल करते हैं। 2+6+2

या

गैस के श्यानता गुणांक की परिभाषा लिखें तथा इसका व्यंजक व्युत्पन्न करें। उसकी तापमान एवं दाब पर निर्भरता की विवेचना करें। 1+7+2

5. (a) सिद्ध कीजिए कि रैखिक आवर्ती दोलक की प्रावस्था समष्टि एक दीर्घ वृत्त है। 3
- (b) फोटॉन के लिए समवितरण फलन निम्नलिखित है : 7

$$Z_{ph} = \prod_{n=1}^{\infty} \frac{1}{1 - \exp(-\epsilon_n/k_B T)}$$

सिद्ध कीजिए कि फोटॉन तंत्र की विशिष्ट एन्ट्रॉपी निम्नलिखित है : $F(T, V) = -Nk_B T \ln Z_{ph}$

$$S = \left(\frac{32 \pi^5 k_B^4}{45 h^3 c^3} \right) VT^3.$$