

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

03121

June, 2014

PHYSICS

PHE-06 : THERMODYNAMICS AND STATISTICAL MECHANICS

Time : 2 hours

Maximum Marks : 50

Note : *All questions are compulsory. Marks are given with each question. You can use log tables and non-programmable calculators. Symbols have their usual meanings.*

1. Attempt any **three** parts : $5 \times 3 = 15$
- (a) What are intensive and extensive thermodynamic variables ? Show by giving examples that (i) the ratio of two extensive variables is intensive, and (ii) the specific value corresponding to an extensive variable is an intensive property.
- (b) A reversible engine converts one-sixth of the heat input into work. If the temperature of the sink is reduced to 335 K, its efficiency is doubled. Calculate the temperatures of the source and the sink.

- (c) What is phase space ? In a system containing N particles, each particle has three translational and two rotational degrees of freedom. Calculate the dimensions of the phase space.
- (d) What is Joule-Thomson effect ? Obtain the expression for the Joule-Thomson coefficient for a real gas.
2. A certain mass of a gas at standard temperature and pressure (STP) is expanded to 3 times its original volume under adiabatic conditions. Calculate the resulting temperature and pressure. (Take $\gamma = 1.4$). 5

OR

With the help of a neat and labelled diagram, explain the working of a constant volume gas thermometer. 5

3. Attempt any *two* parts :

- (a) State Kelvin – Planck and Clausius statements of the second law of thermodynamics. Show by deduction that both the statements are equivalent. 2+3
- (b) Derive Clausius – Clapeyron equation. On the basis of this equation, explain why mountaineers find it difficult to cook their food at high altitudes. 4+1
- (c) For a heat engine working between temperatures T_1 and T_2 , show all the steps of Carnot cycle on a T-S diagram. Hence calculate the efficiency of the engine. 3+2

4. What is Brownian motion ? Give at least three examples of such a motion. Using Einstein's theory, obtain an expression for the mean square displacement of a Brownian particle. 1+3+6

OR

Write the van der Waal's equation of state for a real gas. Obtain the expressions for critical volume, critical pressure and critical temperature for this gas. Calculate the critical temperature of He if the critical pressure is 2.5 atm and critical density is 0.069 g cm^{-3} . 5+5

5. Derive an expression for the partition function of an ideal monoatomic gas. Hence obtain an expression for its entropy. 10

OR

Obtain an expression for the entropy of an assembly of photons. Using this expression, show that the equation for the adiabat of a photon gas is given by $pV^{4/3} = \text{constant}$. 7+3

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2014

भौतिक विज्ञान

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

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

नोट : सभी प्रश्न अनिवार्य हैं। प्रत्येक प्रश्न के साथ अंक दिए गए हैं।
आप लॉग सारणियाँ तथा अप्रोग्रामीय कैल्कुलेटरों का प्रयोग कर सकते हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

1. किन्हीं तीन भागों को हल कीजिए :

5×3=15

- (क) अविस्तारात्मक और विस्तारात्मक ऊष्मागतिक चर क्या होते हैं ? उदाहरणों की सहायता से सिद्ध कीजिए कि (i) दो विस्तारात्मक चरों का अनुपात अविस्तारात्मक होता है, और (ii) किसी भी विस्तारात्मक चर से संबद्ध विशिष्ट मान एक अविस्तारात्मक गुणधर्म होता है।
- (ख) एक उत्क्रमणीय इंजन एक-छिहाई (1/6) निविष्ट ऊष्मा को कार्य में परिवर्तित करता है। यदि अभिगम का तापमान 335 K तक कम कर दिया जाए, तो इंजन की दक्षता दुगुनी हो जाती है। उद्गम और अभिगम का तापमान परिकलित कीजिए।

(ग) प्रावस्था-समष्टि क्या है ? N कणों के तंत्र में प्रत्येक कण की तीन स्थानांतरीय और दो घूर्णनी स्वातंत्र्य कोटियाँ हैं । प्रावस्था-समष्टि की विमाएँ परिकलित कीजिए ।

(घ) जूल-टॉमसन प्रभाव क्या है ? एक वास्तविक गैस के लिए जूल-टॉमसन गुणांक का व्यंजक प्राप्त कीजिए ।

2. गैस का कुछ द्रव्यमान मानक ताप और दाब (STP) पर रुद्धोष्म अवस्थाओं में अपने मूल आयतन से तीन गुणा प्रसारित होता है । परिणामी तापमान और दाब परिकलित कीजिए । ($\gamma = 1.4$ लीजिए)

5

अथवा

स्वच्छ एवं नामांकित चित्र की सहायता से अचर आयतन गैस तापमापी की कार्यप्रणाली की व्याख्या कीजिए ।

5

3. कोई दो भाग कीजिए :

(क) ऊष्मागतिकी के द्वितीय नियम के केल्विन - प्लांक और क्लॉसियस कथन लिखिए । निगमन की सहायता से सिद्ध कीजिए कि दोनों कथन तुल्य हैं ।

2+3

(ख) क्लॉसियस - क्लैपेरॉन समीकरण व्युत्पन्न कीजिए । इस समीकरण की सहायता से स्पष्ट कीजिए कि पर्वतारोहियों को अधिक ऊँचाइयों पर खाना पकाने में कठिनाई क्यों होती है ।

4+1

(ग) एक ऊष्मा इंजन तापमान T_1 और T_2 के बीच कार्य करता है । इसके लिए T-S आरेख की सहायता से कार्नो चक्र के सभी चरण दर्शाएँ । अतएव इस इंजन की दक्षता परिकलित कीजिए ।

3+2

4. ब्राउनी गति क्या है ? ब्राउनी गति के कम-से-कम तीन उदाहरण दीजिए । आइन्स्टाइन सिद्धांत का उपयोग कर ब्राउनी कण के लिए वर्ग माध्य विस्थापन का व्यंजक प्राप्त कीजिए ।

1+3+6

अथवा

एक वास्तविक गैस के लिए वान्डर वाल्स अवस्था समीकरण लिखिए । इस गैस के लिए क्रांतिक आयतन, क्रांतिक दाब और क्रांतिक तापमान का व्यंजक प्राप्त कीजिए । यदि हीलियम का क्रांतिक दाब 2.5 atm और क्रांतिक घनत्व 0.069 g cm^{-3} हों, तो क्रांतिक तापमान परिकलित कीजिए ।

5+5

5. एक आदर्श एक-परमाणुक गैस के संवितरण फलन का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । अतएव इसकी एन्ट्रॉपी का व्यंजक प्राप्त कीजिए ।

10

अथवा

फोटॉनों के संयोजन की एन्ट्रॉपी का व्यंजक प्राप्त कीजिए । इस व्यंजक का उपयोग कर सिद्ध कीजिए कि फोटॉन गैस के ऐडियाबेट का समीकरण निम्नलिखित है :

$$pV^{4/3} = \text{स्थिरांक} ।$$

7+3