No. of Printed Pages : 8

PHE-06

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

0448

June, 2015

PHYSICS

PHE-06 : THERMODYNAMICS AND STATISTICAL MECHANICS

Time : 2 hours *Maximum Marks : 50*

Note : ***All*** *questions are* ***compulsory****. Marks allotted for each question are indicated against it. You can use log tables or non-programmable calculators. Symbols have their usual meanings.*

1. Attempt any ***three*** parts : *3×5=15*

(a) One mole of oxygen at STP is adiabatically compressed to 5 atm. Calculate the final temperature. Take $\gamma = 1{\cdot}4$ and $R = 8{\cdot}31\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$.

(b) State the operational ranges and limitations of platinum resistance thermometer and Fe-Constantan thermocouple.

(c) What is entropy ? Calculate the change in entropy of an ideal gas for an isothermal expansion.

(d) Calculate the mean free path of H_2 molecules at 300 K. The diameter of H_2 molecules is 3 Å and the number density is $3 \times 10^{25}\ m^{-3}$.

(e) Show that the Fermi energy of a gas is given by $\varepsilon_F = \frac{h^2}{2m}\left(\frac{3N}{8\pi V}\right)^{2/3}$.

2. Attempt any ***one*** part : *1×5=5*

(a) For a gaseous system, show that

$$\frac{dV}{V} = \beta\, dT - \kappa dp$$

where symbols have their usual meanings.

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

$$\Delta W = n\, RT\, ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

3. Discuss the significance of Brownian motion in kinetic theory of gases. Obtain the expression for particle concentration in sedimentation process. The motion of soot particles of radius $0{\cdot}5 \times 10^{-4}$ cm in water-glycerine solution characterized by $\eta = 2{\cdot}80 \times 10^{-3}$ kg m^{-1} s^{-1} at 300 K was observed for 10 s. The observed value of $\Delta(\bar{x}^2)$ was $3{\cdot}30 \times 10^{-8}$ cm^2. Calculate Boltzmann constant. *2+6+2=10*

OR

(i) Define mean free path. Assuming that the collision probability is a function of distance, obtain the Survival Equation. *1+4=5*

(ii) The pressure exerted by an ideal gas is given by

$$p = \frac{1}{3} mn\bar{v}^2.$$

Using this expression deduce Avogadro's law. *5*

4. What is Joule-Thomson effect ? Obtain the expression for Joule-Thomson coefficient for an ideal gas. *2+8=10*

OR

Using Maxwell relations, derive 1st and 2nd energy equations. Discuss their physical significance. *8+2=10*

5. What is Gibb's paradox ? Why does it arise ? Obtain Sackur-Tetrode equation and show that it is free from Gibb's paradox. *1+1+6+2=10*

OR

The thermodynamic probability for a Fermi-Dirac system is given by

$$W = \prod_i \frac{g_i}{(g_i - n_i)!\, n_i!}$$

Obtain the expression for Fermi-Dirac distribution function, $f_{FD}(\varepsilon)$. Also plot $f_{FD}(\varepsilon)$ as a function of ε at $T = 0$ K and $T > 0$ K. *7+3=10*

पी.एच.ई.-06

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2015

भौतिक विज्ञान

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

समय : 2 घण्टे *अधिकतम अंक : 50*

नोट : ***सभी*** *प्रश्न अनिवार्य हैं । प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं । आप लॉग सारणियों अथवा अप्रोग्रामीय कैल्कुलेटरों का प्रयोग कर सकते हैं । प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं ।*

1. किन्हीं ***तीन*** भागों को हल कीजिए : *3×5=15*

(क) एक मोल ऑक्सीजन को मानक ताप और दाब पर 5 atm तक रुद्धोष्म संपीडित किया जाता है । इसका अंतिम तापमान परिकलित कीजिए । लीजिए $\gamma = 1{\cdot}4$ एवं $R = 8{\cdot}31\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$.

(ख) प्लैटिनम प्रतिरोध तापमापी और लौह-कान्स्टेन्टन ताप-वैद्युत युग्म के ताप-परिसर और सीमाएँ बताइए ।

(ग) एन्ट्रॉपी क्या है ? आदर्श गैस में समतापी प्रसार के लिए एन्ट्रॉपी परिवर्तन परिकलित कीजिए ।

(घ) 300 K तापमान पर हाइड्रोजन गैस के अणुओं के लिए माध्य मुक्त पथ परिकलित कीजिए । हाइड्रोजन अणुओं का व्यास 3 Å और संख्या घनत्व $3 \times 10^{25}\ m^{-3}$ है ।

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

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

2. कोई ***एक*** भाग हल कीजिए : *1×5=5*

(क) गैसीय तंत्र के लिए सिद्ध कीजिए कि

$$\frac{dV}{V} = \beta\, dT - \kappa dp$$

जहाँ प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं ।

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

$$\Delta W = n\, RT\, ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

3. गैसों के अणुगति सिद्धान्त में ब्राउनी गति के महत्त्व की चर्चा कीजिए । अवसादन प्रक्रिया में कण के संकेंद्रण का व्यंजक प्राप्त कीजिए ।

$T = 300$ K पर $\eta = 2{\cdot}80 \times 10^{-3}$ kg m^{-1} s^{-1} वाले जल-ग्लिसरीन घोल में त्रिज्या $0{\cdot}5 \times 10^{-4}$ cm वाले धूम (कज्जल) कणों की गति का प्रेक्षण 10 s तक किया गया । $\Delta(\bar{x}^2)$ का प्रेक्षित मान $3{\cdot}30 \times 10^{-8}$ cm^2 प्राप्त हुआ । बोल्ट्समान स्थिरांक परिकलित कीजिए । *2+6+2=10*

अथवा

(i) माध्य मुक्त पथ परिभाषित कीजिए । संघट्टन प्रायिकता को दूरी का फलन मानकर, अतिजीविता समीकरण प्राप्त कीजिए । *1+4=5*

(ii) एक आदर्श गैस द्वारा लगाए गए दाब का व्यंजक निम्नलिखित है :

$$p = \frac{1}{3} mn\bar{v}^2$$

इस व्यंजक का उपयोग कर आवोगाद्रो नियम व्युत्पन्न कीजिए । *5*

4. जूल-टामसन प्रभाव क्या है ? आदर्श गैस के लिए जूल-टामसन गुणांक का व्यंजक प्राप्त कीजिए । *2+8=10*

अथवा

मैक्सवेल संबंधों का उपयोग कर, प्रथम ऊर्जा समीकरण और द्वितीय ऊर्जा समीकरण व्युत्पन्न कीजिए । इनके भौतिक महत्त्व की चर्चा कीजिए । *8+2=10*

5. गिब्ज़ विरोधाभास क्या है ? इसकी उत्पत्ति क्यों हुई ? जाक्र-टेट्रोड समीकरण प्राप्त कीजिए और सिद्ध कीजिए कि यह समीकरण गिब्ज़ विरोधाभास से मुक्त है । *1+1+6+2=10*

अथवा

फर्मी-डिराक तंत्र के लिए ऊष्मागतिकी प्रायिकता का व्यंजक निम्नलिखित है :

$$W = \prod_i \frac{g_i}{(g_i - n_i)!\, n_i!}$$

फर्मी-डिराक बंटन फलन $f_{FD}(\varepsilon)$ के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए । $T = 0\ K$ और $T > 0\ K$ पर $f_{FD}(\varepsilon)$ का ε के फलन के रूप में आरेख खींचिए । *7+3=10*