

PH-05**Thermal and Statistical Physics**

(ऊष्मीय तथा सांख्यिकीय भौतिकी)

Bachelor of Science (BSC-12/16)

Second Year, Examination, 2018

Time : 3 Hours**Max. Marks : 40**

Note : This paper is of **forty (40)** marks containing **three (03)** Sections A, B and C. Learners are required to attempt the questions contained in these Sections according to the detailed instructions given therein.

नोट : यह प्रश्न पत्र चालीस (40) अंकों का है जो तीन (03) खण्डों 'क', 'ख' तथा 'ग' में विभाजित है। शिक्षार्थियों को इन खण्डों में दिए गए विस्तृत निर्देशों के अनुसार ही प्रश्नों के उत्तर देने हैं।

Section-A / खण्ड-क**(Long Answer Type Questions) / (दीर्घ उत्तरीय प्रश्न)**

Note : Section 'A' contains four (04) long answer type questions of nine and half ($9\frac{1}{2}$) marks each. Learners are required to answer *two* (02) questions only.

नोट : खण्ड 'क' में चार (04) दीर्घ उत्तरीय प्रश्न दिये गये हैं।
 प्रत्येक प्रश्न के लिए साढ़े नौ ($9\frac{1}{2}$) अंक निर्धारित हैं।
 शिक्षार्थियों को इनमें से केवल दो (02) प्रश्नों के उत्तर देने हैं।

1. Explain the factors which govern the efficiency of a heat engine. Illustrate your answer with reference to a Carnot cycle. Which is more effective way to increase the efficiency of a Carnot engine : to increase T_1 keeping T_2 constant : or to decrease T_2 keeping T_1 constant ? Give reasons.

ताप इंजन की क्षमता को प्रभावित करने वाले कारकों का वर्णन कीजिए। अपने उत्तर की व्याख्या कार्नोट इंजन के सन्दर्भ में कीजिए। एक कार्नोट इंजन की क्षमता को बढ़ाने का प्रभावी तरीका कौन-सा होगा : T_2 को स्थिर रखकर T_1 को बढ़ाना, या : T_1 को स्थिर रखकर T_2 को घटाना। कारण बताइए।

2. What is meant by critical temperature ? Describe any *two* methods to produce temperature near absolute zero.

क्रांतिक तापमान क्या है ? परम शून्य के आसपास का तापमान उत्पन्न करने की किन्हीं दो विधियों का वर्णन कीजिए।

3. Starting from the Maxwell velocity distribution equation, derive the expressions for most-probable velocity, average velocity and root-mean square velocity.

मैक्सवेल वेग विभाजन समीकरण से प्रारम्भ करते हुए, अधिकतम प्रसंभाव्य वेग, औसत वेग, वर्ग-माध्य मूल वेग के लिए सूत्र निकालिए।

4. Derive an expression for the coefficient of viscosity of a gas on the basis of kinetic theory of the gases. How does the quantity depend on temperature and pressure ?
गैसों के गत्यात्मक सिद्धान्त के आधार पर श्यानता गुणांक का सूत्र निकालिए। यह गुणांक किस तरह से तापमान एवं दाब पर निर्भर करता है, समझाइए।

Section-B / खण्ड-ख

(Short Answer Type Questions) / (लघु उत्तरीय प्रश्न)

Note : Section 'B' contains eight (08) short answer type questions of four (04) marks each. Learners are required to answer *four* (04) questions only.

नोट : खण्ड 'ख' में आठ (08) लघु उत्तरीय प्रश्न दिये गये हैं। प्रत्येक प्रश्न के लिए चार (04) अंक निर्धारित हैं। शिक्षार्थियों को इनमें से केवल चार (04) प्रश्नों के उत्तर देने हैं।

1. Discuss Second Law of Thermodynamics. Give the Kelvin-Planck and Clausius statement of Second Law of Thermodynamics.

ऊष्मागतिकी के द्वितीय नियम का वर्णन कीजिए। इसकी केल्विन-प्लांक तथा क्लासियस द्वारा दी गयी परिभाषाएँ दीजिए।

2. Compare the basic postulates of Maxwell-Boltzmann, Bose-Einstein and Fermi-Dirac statistics.

मैक्सवेल-बोल्ट्जमान, बोस-आइंस्टीन तथा फर्मी-डिराक सांख्यिकी की मूल अवधारणाओं की तुलना कीजिए।

3. Describe the method of production of low temperature by adiabatic demagnetization of a paramagnetic salt.

एक पराचुम्बकीय लवण में रुद्धोष्म विचुम्बकन द्वारा निम्न तापमान प्राप्त करने की विधि का वर्णन कीजिए।

4. Define phase space and ensembles.

कला आकाश तथा एन्सेम्बल को परिभाषित कीजिए।

5. Derive the Boltzmann's statistical relation for entropy

$$(s = k \log \Omega) .$$

बोल्ट्जमान के एन्ट्रॉपी के लिए सांख्यिकीय सम्बन्ध $(s = k \log \Omega)$ को प्राप्त कीजिए।

6. Two Carnot engines A and B operate in series. The first one A, receives heat at 900 K and rejects to reservoir at temperature T K. The second engine B receives the heat rejected by the first engine and in turn rejects to a heat reservoir at 400 K. Determine T when the work outputs of two engines are similar.

दो कार्नोट इंजन A और B श्रेणी में काम कर रहे हैं। पहला इंजन A, 900 K पर ऊष्मा प्राप्त करता है तथा तापमान T K पर गुहिका को ऊष्मा अवमोचित करता है। दूसरा इंजन B, पहले इंजन द्वारा अवमोचित ऊष्मा को प्राप्त करता है तथा 400 K पर गुहिका को ऊष्मा अवमोचित करता है। यदि दोनों इंजनों द्वारा बराबर कार्य किया गया हो, तो T का मान निकालिए।

7. One gram mole of a perfect gas expands isothermally to four times its initial volume. Calculate the change in its entropy, in terms of gas constant R .

आदर्श गैस का एक ग्राम मोल, समतापीय अवस्था में अपने प्रारंभिक आयतन का चार गुना फैलता है। एन्ट्रॉपी में अन्तर का मान गैस स्थिरांक के पदों में निकालिए।

8. Find the ratio of the root mean square velocity to average velocity for an assembly of two molecules, one with a speed of 3 m/s and the other with a speed of 5 m/s.

दो अणुओं के समूह के लिए वर्ग-माध्य मूल वेग तथा औसत वेग का अनुपात निकालिए, जब की पहले अणु की चाल 3 m/s तथा दूसरे अणु की चाल 5 m/s है।

Section-C / खण्ड-ग

(Objective Type Questions) / (वस्तुनिष्ठ प्रश्न)

Note : Section 'C' contains ten (10) objective type questions of half ($\frac{1}{2}$) mark each. All the questions of this Section are compulsory.

नोट : खण्ड 'ग' में दस (10) वस्तुनिष्ठ प्रश्न दिये गये हैं। प्रत्येक प्रश्न के लिए आधा ($\frac{1}{2}$) अंक निर्धारित है। इस खण्ड के सभी प्रश्न अनिवार्य हैं।

Choose the correct option :

सही विकल्प चुनिए :

1. For metals the average velocity \bar{v} of free electrons at absolute zero in terms of Fermi velocity v_F is :

(a) $\bar{v} = \frac{4}{3} v_F$

$$(b) \quad \bar{v} = \frac{3}{4} v_F$$

$$(c) \quad \bar{v} = \frac{2}{3} v_F$$

$$(d) \quad \bar{v} = \frac{3}{2} v_F$$

धातुओं के लिए, फर्मी ऊर्जा v_F के पदों में इलेक्ट्रॉन का औसत वेग \bar{v} निम्न में से क्या होगा ?

$$(अ) \quad \bar{v} = \frac{4}{3} v_F$$

$$(ब) \quad \bar{v} = \frac{3}{4} v_F$$

$$(स) \quad \bar{v} = \frac{2}{3} v_F$$

$$(द) \quad \bar{v} = \frac{3}{2} v_F$$

2. The efficiency of all reversible heat engines operating between the same heat reservoirs is :

- (a) same
- (b) independent of the nature of working substance
- (c) independent of the amount of working substance
- (d) All of the mentioned

सभी व्युत्क्रमणीय ताप इंजनों की दक्षता, जो कि समान ताप गुहिकाओं के बीच कार्य कर रहे हों :

- (अ) एक समान होगी

- (ब) कार्यरत पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर नहीं करेगी
- (स) कार्यरत पदार्थ की मात्रा पर निर्भर नहीं करेगी
- (द) उपर्युक्त सभी

3. A gas behaves as an ideal gas at :

- (a) Low pressure and high temperature
- (b) Low pressure and low temperature
- (c) High pressure and low temperature
- (d) High pressure and high temperature

एक गैस आदर्श गैस की तरह व्यवहार करेगी :

- (अ) कम दाब और उच्च ताप पर
- (ब) कम दाब और कम ताप पर
- (स) उच्च दाब और कम ताप पर
- (द) उच्च दाब और उच्च ताप पर

4. A bulb contains one mole of hydrogen mixed with one mole of oxygen at temperature T. The ratio of r.m.s. values of velocity of hydrogen molecules to that of oxygen molecules is :

- (a) 1 : 16
- (b) 1 : 4
- (c) 4 : 1
- (d) 16 : 1

एक पात्र में एक मोल हाइड्रोजन तथा एक मोल ऑक्सीजन T तापमान पर मिश्रित की जाती है। हाइड्रोजन और ऑक्सीजन की वर्ग-माध्य मूल वेग का अनुपात होगा :

- (अ) 1 : 16

(ब) 1 : 4

(स) 4 : 1

(द) 16 : 1

5. Viscosity is transfer.

(a) Energy

(b) Mass

(c) Momentum

(d) Force

श्यानता का स्थानांतरण है।

(अ) उर्जा

(ब) द्रव्यमान

(स) संवेग

(द) बल

6. Which of the following is an irreversible process ?

(a) Isothermal expansion of a gas

(b) Passage of current through a resistor

(c) Joule-Thomson effect

(d) Extremely slow compression of a spring

निम्नलिखित में से कौन-सी एक अव्युत्क्रमणीय प्रक्रिया है ?

(अ) एक गैस का समतापीय विस्तार

(ब) एक प्रतिरोध से विद्युत प्रवाहित होना

(स) जूल-थॉमसन प्रभाव

(द) एक स्प्रिंग का अतिसूक्ष्म गति से संकुचन

7. If the energy of a quantum harmonic oscillator is $E_n = nh\nu$, where $n = 0, 1, 2, \dots, \infty$. The partition function of the system of oscillator is :

(a) $e^{-\frac{h\nu}{kT}}$

(b) $e^{\frac{h\nu}{kT}}$

(c) $\frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$

(d) $\frac{1}{1 - e^{\frac{h\nu}{kT}}}$

यदि एक क्वांटम आवर्ती दोलित्र की ऊर्जा $E_n = nh\nu$ हो, जहाँ $n = 0, 1, 2, \dots, \infty$, तो दोलित्रों के निकाय का विभाजन फलन होगा :

(अ) $e^{-\frac{h\nu}{kT}}$

(ब) $e^{\frac{h\nu}{kT}}$

(स) $\frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$

(द) $\frac{1}{1 - e^{\frac{h\nu}{kT}}}$

8. A quasi-static process has main characteristics as it is :

- (a) a stationary process
- (b) an infinitely slow process
- (c) a random process
- (d) a spontaneous process

एक क्वासी-स्टेटिक प्रक्रिया का मुख्य गुण :

- (अ) एक स्थिर प्रक्रिया
- (ब) एक अपरिमित मंद प्रक्रिया
- (स) एक यादृच्छ प्रक्रिया
- (द) एक स्वतः प्रक्रिया

9. Which of the following is a not a property of the system ?

- (a) Temperature
- (b) Pressure
- (c) Specific volume
- (d) Heat
- (e) None of the above

निम्नलिखित में से कौन-सा एक निकाय का गुण नहीं है ?

- (अ) तापमान
- (ब) दाब
- (स) विशिष्ट आयतन
- (द) ऊष्मा
- (य) उपर्युक्त में से कोई नहीं

10. The First Law of Thermodynamics for steady flow :

- (a) accounts for all energy entering and leaving a control volume
- (b) is an energy balance for a specified mass of fluid
- (c) is an expression of the conservation of linear momentum
- (d) is primarily concerned with heat transfer
- (e) is restricted in its application to perfect gases

एक अनवरत बहाव के लिए ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम :

- (अ) एक नियंत्रण आयतन में आने-जाने वाली सारी ऊष्मा से सम्बद्ध है
- (ब) एक द्रव्य के विशेष द्रव्यमान के लिए ऊर्जा का सामंजस्य
- (स) संवेग संरक्षण का एक फलन
- (द) प्रारम्भिक रूप से ऊष्मा परिवर्तन से संबद्ध
- (य) इसके उपयोग में सिर्फ आदर्श गैसों तक ही सीमित है

