

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

February, 2021

PHYSICS

**BPHE-106/PHE-06 : THERMODYNAMICS
AND STATISTICAL MECHANICS**

Time : 2 hours

Maximum Marks : 50

Note : *All questions are **compulsory**. However internal choices are given. You can use a calculator. Symbols have their usual meanings. The marks for each question are indicated against it.*

1. Answer any **three** parts :

$3 \times 5 = 15$

- (a) A certain mass of an ideal gas ($\gamma = 1.5$) at 27°C is suddenly expanded to four times its initial volume. Calculate the final temperature of the gas.
- (b) Show that the entropy S and the thermodynamic probability W for a completely ordered system are interconnected through the relation $S = k \ln W$.

(c) At what temperature will the rms speed of hydrogen molecules be double the rms speed of oxygen molecules kept at Standard Temperature and Pressure (STP) ?

(d) What is Joule-Thomson effect ? Calculate the inversion temperature of a Van der Waal's gas into $a = 3.4 \times 10^{-8} \text{ atm m}^6 \text{ mol}^{-2}$ and $b = 23.7 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$.

(Take $R = 8.2 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ atm}^{-1}$)

2+3

2. Write the differential form of first law of thermodynamics explaining the various terms. Show that the ratio of adiabatic to isothermal elasticity for a perfect gas is the ratio of the two heat capacities ($\gamma = c_p/c_v$).

4+6

OR

(a) What is an isothermal process ? For a perfect gas undergoing isothermal expansion, obtain the expression for the work done by the gas in terms of its temperature T and the expansion ratio of final to initial volumes.

1+4

(b) State Kelvin-Planck and Clausius statements of second law of thermodynamics. Show that these two statements are equivalent.

2+3

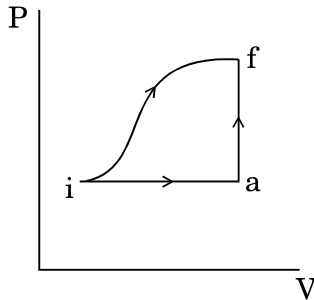
3. What do you understand by the mean free path of the molecules of a gas ? Calculate the mean free path for hydrogen molecules at STP if the number density of molecules is $3 \times 10^{25} \text{ cm}^{-3}$ and the diameter of a hydrogen molecule is $2.9 \times 10^{-10} \text{ m}$. 2+3

4. (a) What is Entropy ? State second law of thermodynamics in terms of entropy.

Calculate the gain in entropy when 30 g of ice at 0°C is converted into water at the same temperature. 2+1+2

(Latent heat of ice = 334.4 Jg^{-1})

- (b) A thermodynamic system is taken from state i to state f along two paths – if and iaf, as shown in the figure. When the system is taken along the path iaf, it is found that $\Delta Q = 40 \text{ cal}$ and $\Delta W = 20 \text{ cal}$. Along the path, if $\Delta Q = 30 \text{ cal}$, what is ΔW along the path if? 5



OR

What is Adiabatic Demagnetisation ? Describe an experimental arrangement for attaining low temperature when a paramagnetic salt is made to undergo this process. 5+5

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

$$W = \prod \frac{g_i}{N_i!(g_i - N_i)!}$$

Derive the expression for the distribution function and plot it as a function of energy for finite temperature. 10

OR

What is Brownian motion ? Using Einstein's arguments of Brownian motion, derive Einstein's formula for the mean square displacement of a Brownian particle. 2+8

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

फरवरी, 2021

भौतिक विज्ञान

बी.पी.एच.ई.-106/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 कैल्कुलेटर 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 आदर्श गैस ($\gamma = 1.5$) का द्रव्यमान अचानक प्रारंभिक आयतन से चार गुना आयतन तक प्रसारित हो जाता है। गैस का अन्तिम तापमान परिकलित कीजिए।

(ख) सिद्ध कीजिए कि पूर्णतः व्यवस्थित अवस्था के लिए एन्ट्रॉपी S और ऊष्मागतिक प्रायिकता W निम्नलिखित संबंध द्वारा अंतःसंबद्ध हैं : $S = k \ln W$.

(ग) हाइड्रोजन अणुओं की वर्ग माध्य मूल चाल किस तापमान पर मानक तापमान और दाब (STP) पर ऑक्सीजन अणुओं की वर्ग माध्य मूल चाल की दुगुनी होगी ?

(घ) जूल-टॉमसन प्रभाव क्या है ? वाण्डर वाल्स गैस के लिए व्युत्क्रम ताप परिकलित कीजिए जबकि

$$a = 3.4 \times 10^{-8} \text{ atm m}^6 \text{ mol}^{-2} \text{ और}$$

$$b = 23.7 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ है ।}$$

$$(R = 8.2 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ atm}^{-1} \text{ लीजिए})$$

2+3

2. विभिन्न पदों की व्याख्या करते हुए ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम का अवकल रूप लिखिए । सिद्ध कीजिए कि आदर्श गैस के लिए रुद्धोष्म प्रत्यास्थता और समतापी प्रत्यास्थता का अनुपात स्थिर दाब और स्थिर आयतन पर (आदर्श) गैस की ऊष्मा धारिताओं के अनुपात ($\gamma = c_p/c_v$) के बराबर होता है ।

4+6

अथवा

(क) समतापी प्रक्रम क्या होता है ? एक आदर्श गैस के द्वारा, जिसका समतापी प्रसार होता है, किए गए कार्य का व्यंजक ताप T और अंतिम आयतन तथा प्रारंभिक आयतन के अनुपात के पदों में प्राप्त कीजिए ।

1+4

(ख) ऊष्मागतिकी के द्वितीय नियम के लिए केल्विन-प्लांक और क्लासियस द्वारा दिए गए कथनों को लिखिए । सिद्ध कीजिए कि ये दोनों कथन समतुल्य हैं ।

2+3

3. गैस के अणुओं के माध्य मुक्त पथ से आप क्या समझते हैं ? STP पर हाइड्रोजन अणुओं के लिए माध्य मुक्त पथ परिकलित कीजिए यदि अणुओं का संख्या घनत्व $3 \times 10^{25} \text{ cm}^{-3}$ और हाइड्रोजन अणु का व्यास $2.9 \times 10^{-10} \text{ m}$ है ।

2+3

4. (क) एन्ट्रॉपी क्या होती है ? एन्ट्रॉपी के पदों में ऊष्मागतिकी के द्वितीय नियम को लिखिए ।

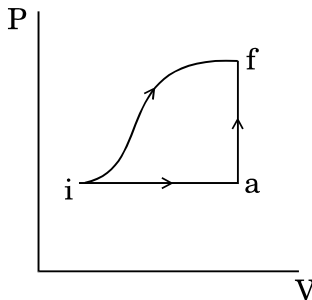
0°C तापमान पर 30 g बर्फ को उसी तापमान पर पानी में परिवर्तित करने पर एन्ट्रॉपी में हुई वृद्धि परिकलित कीजिए ।

2+1+2

(दिया गया है : बर्फ की गुप्त ऊष्मा = 334.4 Jg^{-1})

- (ख) एक ऊष्मागतिक तंत्र को दो पथों – if और iaf के अनुदिश अवस्था i से अवस्था f तक ले जाया जाता है जैसा कि चित्र में दिखाया गया है । जब तंत्र को पथ iaf के अनुदिश ले जाया जाता है तो $\Delta Q = 40 \text{ cal}$ और $\Delta W = 20 \text{ cal}$ प्राप्त होता है । पथ if के अनुदिश $\Delta Q = 30 \text{ cal}$ प्राप्त होता है, तो पथ if के अनुदिश ΔW क्या होगा ?

5



अथवा

रुद्धोष्म विचुंबकन क्या है ? जब किसी अनुचुंबकीय लवण को इस प्रक्रम से गुज़ारा जाता है तो निम्न ताप प्राप्त करने के लिए प्रायोगिक व्यवस्था का वर्णन कीजिए ।

5+5

5. फर्मी-डिराक तंत्र के लिए ऊष्मागतिक प्रायिकता निम्नलिखित व्यंजक द्वारा दी जाती है :

$$W = \prod \frac{g_i}{N_i!(g_i - N_i)!}$$

इस व्यंजक का उपयोग कर बंटन फलन का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए और परिमित तापमान के लिए इसका ऊर्जा के फलन के रूप में चित्र खींचिए ।

10

अथवा

ब्राऊनी गति क्या है ? ब्राऊनी गति के लिए आइन्स्टाइन के तर्कों का उपयोग करके ब्राऊनी कण के विस्थापन वर्ग माध्य के लिए आइन्स्टाइन का सूत्र व्युत्पन्न कीजिए ।

2+8