No. of Printed Pages : 10 **BPHCT–135**

BACHELOR OF SCIENCE

(GENERAL) (BSCG)

Term-End Examination

June, 2025

BPHCT-135 : THERMAL PHYSICS AND STATISTICAL MECHANICS

Time : 2 Hours *Maximum Marks : 50*

Note : (*i*) *All questions are compulsory. However, internal choices are given.*

(*ii*) *The marks for each question are indicated against it.*

(*iii*) *Symbols have their usual meanings.*

(*iv*) *You can use a calculator.*

---

1. Attempt any ***five*** parts : 5×2=10

(a) State third law of thermodynamics and give its mathematical expression.

(b) State van der Waals' assumptions for real gases.

(c) Plot Maxwellian distribution function as a function of molecular speeds at three different temperatures.

(d) Einstein discovered that Brownian displacement was independent of mass of suspended particles. Who verified this finding and how ?

(e) List thermodynamic variables required for specifying a dielectric substance in an electric field.

(f) Write Kelvin-Planck statement of 2nd law of thermodynamics.

(g) Plot M-B, F-D and B-E distribution functions *vs.* $\frac{\in - \mu}{k_\beta T}$. Assume that each system is at the same temperature and has same number of particles.

(h) Draw V-T and P-T diagrams for isobaric process.

2. Answer any *two* parts : 2×5=10

(a) Write the basic assumptions of kinetic theory of ideal gases.

(b) Calculate v_{rms} for helium atoms at 27°C. At what temperature will oxygen molecules have the same value of v_{rms} ? Take $m_{He} = 6.67 \times 10^{-27}$ kg

(c) Calculate the average velocity of a system of particles in random motion.

3. Answer any *two* parts : 2×5=10

(a) State first law of thermodynamics. Show that for an ideal gas, it can be expressed as : 5

$$\delta Q = C_V dT + p dV$$

and $$\delta Q = C_P dT - p dV$$

(b) Obtain an expression for volume expansion coefficient for one mole of van der Waals' gas. 5

(c) Derive equation of state for an adiabatic process and hence obtain the work done during this process. 3+2

4. Write the four Maxwell's relations of thermodynamics. Using these relations, obtain the first and second TdS relations.

4+3+3

Or

Starting with the Planck's radiation law :

$$u_\lambda d\lambda = \frac{8\pi hc}{\lambda^5}\left(\frac{1}{\exp(hc/\lambda k_B \mathrm{T})-1}\right)d\lambda$$

deduce (i) Rayleigh-Jean's law, (ii) Wien's law, and (iii) Stefan' law. 2+2+6

5. The thermodynamic probability for a F-D distribution is given by :

$$\mathrm{W} = \prod_i \frac{g_i\,!}{g_i - \mathrm{N}_i\,!\ \mathrm{N}_i\,!}$$

Obtain expression for F-D distribution function. Plot the Fermi function for T = 0 K and T > 0 K. 8+2

Or

Obtain the partition function for a single particle monoatomic ideal gas. 10

BPHCT–135

विज्ञान स्नातक (सामान्य)

(बी. एस.–सी. जी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2025

बी.पी.एच.सी.टी.-135 : ऊष्मीय भौतिकी और सांख्यिकीय यांत्रिकी

समय : 2 घण्टे *अधिकतम अंक : 50*

नोट : *(i) सभी प्रश्न अनिवार्य हैं। लेकिन आंतरिक विकल्प दिए गए हैं।*

(ii) प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं।

(iii) प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

(iv) आप कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं।

1. किन्हीं ***पाँच*** भागों के उत्तर दीजिए : $5 \times 2 = 10$

(क) ऊष्मागतिकी के तीसरे नियम का कथन लिखिए और इसका गणितीय व्यंजक लिखिए।

(ख) वाण्डर वाल्स द्वारा वास्तविक गैसों के लिए की गई अभिधारणाएँ लिखिए।

(ग) मैक्सवेल के वितरण फलन का तीन भिन्न-भिन्न तापमानों पर आण्विक गतियों के सापेक्ष विचरण दिखाइए।

(घ) आइन्स्टीन ने पाया कि ब्राउनी विस्थापन का व्यंजक निलम्बित कणों के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता। इस खोज को किसने सत्यापित किया और कैसे ?

(ङ) विद्युत क्षेत्र में रखे परावैद्युत पदार्थ को निर्दिष्ट करने के लिए आवश्यक ऊष्मागतिक चरों की सूची बनाइए।

(च) ऊष्मागतिकी के द्वितीय नियम का केल्विन-प्लांक कथन लिखिए।

(छ) M-B, F-D तथा B-E वितरण फलनों को $\frac{\in - \mu}{k_{\beta} T}$ के सापेक्ष आरेख खींचिए। मान लीजिए कि प्रत्येक तंत्र में समान संख्या में कण हैं तथा वे सभी एक ही तापमान पर हैं।

(ज) समदाबी प्रक्रम के लिए V-T और P-T आरेख खींचिए।

2. किन्हीं ***दो*** भागों के उत्तर दीजिए : 2×5=10

(क) आदर्श गैसों के लिए अणुगति सिद्धान्त की आधारभूत अभिधारणाएँ लिखिए।

(ख) हीलियम के परमाणु 27°C तापमान पर हैं। उनकी v_{rms} परिकलित कीजिए। किस तापमान पर ऑक्सीजन के परमाणुओं के v_{rms} का मान समान होगा ? $m_{\text{He}} = 6.67 \times 10^{-27}$ किग्रा लीजिए।

(ग) यादृच्छिक गति कर रहे कणों के एक निकाय के औसत वेग की गणना कीजिए।

3. किन्हीं **दो** भागों के उत्तर दीजिए : 2×5=10

(क) ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम का कथन लिखिए। आदर्श गैस के लिए सिद्ध कीजिए कि इसे निम्नलिखित व्यंजक द्वारा निरूपित किया जा सकता है : 5

$$\delta Q = C_V dT + p dV$$

और $$\delta Q = C_P dT + p dV$$

(ख) एक मोल वाण्डर वाल्स गैस के लिए आयतन प्रसार गुणांक का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 5

(ग) रुद्धोष्म प्रक्रम के लिए अवस्था समीकरण प्राप्त कीजिए और इसमें किए गए कार्य का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 3+2

4. ऊष्मागतिकी के चार मैक्सवेल सम्बन्ध लिखिए। इन सम्बन्धों का उपयोग कर प्रथम और द्वितीय T*d*S सम्बन्ध प्राप्त कीजिए। 4+3+3

अथवा

प्लांक के विकिरण नियम :

$$u_\lambda d\lambda = \frac{8\pi hc}{\lambda^5}\left(\frac{1}{\exp(hc/\lambda k_B T)-1}\right)d\lambda$$

से शुरुआत करके (i)रैले–जीन का नियम, (ii) वीन का नियम, और (iii) स्टीफ़न का नियम व्युत्पन्न कीजिए।

2+2+6

5. F-D वितरण के लिए ऊष्मागतिक प्रायिकता का व्यंजक निम्नलिखित है :

$$W = \prod_i \frac{g_i\,!}{g_i - N_i\,!\; N_i\,!}$$

F-D बंटन फलन का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। T = 0 K और T > 0 K के लिए फर्मी फलन का आरेख खींचिए। 8+2

अथवा

एकपरमाणुक आदर्श गैस के एकल कण के लिए संवितरण फलन प्राप्त कीजिए। 10

× × × × ×