



'समानो मन्त्रः समितिः समानी'

**UNIVERSITY OF NORTH BENGAL**  
B.Sc. Programme 3rd Semester Examination, 2023

**DSC1/2/3-P3-PHYSICS**

**THERMAL PHYSICS AND STATISTICAL MECHANICS**

Time Allotted: 2 Hours

Full Marks: 40

*The figures in the margin indicate full marks.*

**GROUP-A / বিভাগ-ক / সমূহ-ক**

1. Answer any **five** questions from the following: 1×5 = 5  
নিম্নলিখিত যে-কোন পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাওঃ  
তল দিইएका कुनै पाँच प्रश्नहरूको उत्तर दिनुहोसः
- (a) State the first law of thermodynamics. Mention at least one limitation of this law.  $\frac{1}{2} + \frac{1}{2}$   
तापगतविद्यार प्रथम सूत्रটি विवृत कर। এই सूत्रটির कमपক্ষে एकटि सीमाबद्धता उल्लेख कर।  
Thermodynamics को पहिलो नियम बताउनुहोस। यस नियमको कुनै एक सीमा बताउनुहोस।
- (b) Define entropy and write down the S.I. unit of entropy.  $\frac{1}{2} + \frac{1}{2}$   
एनट्रॉपि संज्ञा दाओ एवं एनट्रॉपि S.I. एकक कि ता लेख।  
Entropy के हो बताउदै यसको S.I.एकाई को मान बताउनुहोस।
- (c) What are the extensive parameters? Give one example. 1  
एक्स्टेंसिभ प्यारामिटर कि ? एकटि उदाहरण दाओ।  
व्यापक प्यारामिटर के हो ? कुनै एक उदाहरण दिनुहोस।
- (d) State the principle of equipartition of energy. 1  
समशक्तिर नीतिटि विवृत कर।  
Equipartition of energy को सिद्धान्त बताउनुहोस।
- (e) Write down a difference between Helmholtz and Gibb's free energy. 1  
हेल्महोल्त्ज एवं गिब्स मुक्त शक्तिर मध्ये एकटि पार्थक्य लेख।  
Helmholtz अनि Gibb को free energy को कुनै एक भिन्नता बताउनुहोस।
- (f) What is the relation between the two types of specific heats of a gas and degrees of freedom? 1  
कोनो ग्यासेर दुई धरनेर आपेक्षिक तापेर अनुपातेर सङ्गे स्वाधीनतार मात्रार सम्पर्क कि ?  
ग्यासको दुइ किसिमका specific heats अनि degrees of freedom मा के सम्बन्ध छ ?

- (g) State Clausius-Clapeyron equation of state. 1  
 Clausius-Clapeyron-এর সূত্রটি বিবৃত কর।  
 कुनै अवस्थामा Clausius-Clapeyron को समीकरण बताउनुहोस्।
- (h) What is the main difference between the Bose-Einstein and Fermi-Dirac statistics? 1  
 बोस-আইনস্টাইন এবং ফার্মি-ডিরাক পরিসংখ্যান-এর মধ্যে প্রধান পার্থক্যটি কি ?  
 Bose-Einstein अनि Fermi-Dirac को statistics मा मुख्य भिन्नता बताउनुहोस्।

**GROUP-B / বিভাগ-খ / সমূহ-খ**

**Answer any three questions**

5×3 = 15

নিম্নলিখিত যে-কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর দাও  
 तल दिइएका कुनै तीन प्रश्नहरूको उत्तर दिनुहोस्

2. What is Carnot's cycle? On what factor does the efficiency of a reversible Carnot's engine depend? Show that the efficiency of a Carnot's heat engine can not be 100%. 1+2+2  
 कार्णট-এর চক্র কি ? বিপরীতমুখী প্রক্রিয়ায় কার্ণট-এর চক্রের দক্ষতা কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে ? প্রমাণ কর যে কার্ণট চক্রের দক্ষতা 100% হতে পারে না।  
 Carnot को cycle के हो ? कुनै एक reversible Carnot को इंजनको सक्षमता कुन तत्थयमा निर्भर गर्छ ? कुनै एउटा Carnot को heat इंजनको सक्षमता 100% हुन सक्दैन भनी देखाउनुहोस्।
3. Prove that  $C_P - C_V = T \left( \frac{\partial P}{\partial T} \right)_V \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$ . Using this relation prove that for an ideal gas  $C_P - C_V = R$ . 4+1  
 प्रमाण कर ये  $C_P - C_V = T \left( \frac{\partial P}{\partial T} \right)_V \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$  এই सम्पर्कটি ব্যবহার করে प्रमाण कर ये একটি आदर्श ग्यासेर ক্ষेत्रे  $C_P - C_V = R$  ।  
 प्रमाण गर्नुहोस  

$$C_P - C_V = T \left( \frac{\partial P}{\partial T} \right)_V \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$$
 यो समीकरण चलाएर कुनै आदर्श ग्यासको निम्नि प्रमाण गर्नुहोस्।  

$$C_P - C_V = R$$
4. (a) What is a black-body? 1+2+2  
 कृष्ण-बस्तु बलते कि बोवा ?  
 एउटा कालो बस्तु के हो ?
- (b) Show that Wien's formula and Rayleigh-Jeans formula are particular cases of the Plank's formula for radiation.  
 देखाओ ये उइनेर सूत्र एवं र्याले-जीनस-एर सूत्र विकिरण संक्रान्त प्ल्याङ्केर सूत्रटिर दुटि विशेष रूप।  
 Wien को सूत्र अनि Rayleigh-Jeans को सूत्रहरू Plank को विकिरणको सूत्रको विशेष मामलाहरू हुन भनी देखाउनुहोस।
5. At what temperature will the average speed of molecules of a hydrogen gas be 5

double the average speed of the molecules of a nitrogen gas at 300 K?

कान तापमात्राय हाईड्रोजन अणुर गड वेग 300 केलडिन तापमात्राय नाईट्रोजन अणुर गड वेगेर द्विगुण हवे ?

कुन तापमानमा एउटा हाइड्रोजन ग्यासको अणुको औसत वेग 300 K तापमानमा नाइट्रोजन ग्यासको अणुको औसत वेगको तुलनामा दुगना हुन्छ ?

6. Write short notes on:

$2\frac{1}{2} + 2\frac{1}{2}$

(i) Joule-Thomson effect

(ii) Spectral distribution of radiation at different temperatures.

टिप्पणी लेखः

(i) जूल-थमसन क्रिया

(ii) विभिन्न तापमात्राय विकिरणेर वर्णली बिन्यास।

छोटो टिप्पणी लेख्नुहोस्

(i) Joule-Thomson effect

(ii) विभिन्न तापमा विकिरणको spectral distribution.

**GROUP-C / विभाग-ग / समूह-ग**

**Answer any two questions from the following**

$10 \times 2 = 20$

निम्नलिखित ये-कान दुटि प्रश्नेर उत्तर दाओ

तलका कुनै दुइ प्रश्नहरूको उत्तर दिनुहोस्

7. (a) Prove that the equation of state of an ideal gas for an adiabatic process is  $PV^\gamma = \text{constant}$ .

5+5

प्रमाण कर ये रुद्धताप पद्धतिते एकटि आदर्श ग्यासेर अवस्थार समीकरणटि हल  $PV^\gamma = \text{constant}$ ।

एउटा adiabatic प्रक्रियाको equation को state  $PV^\gamma = \text{constant}$  हुन्छ भनी प्रमाणित गर्नुहोस्।

(b) Derive the expression for the work done during an adiabatic process.

रुद्धताप पद्धतिते कृतकार्येर समीकरणटि निर्णय कर।

एउटा adiabatic प्रक्रियामा गरिएको कामको समीकरण खोज्नुहोस।

8. (a) Derive Maxwell's four thermodynamical relations.

6+4

तापगतविद्या संक्रांश म्याक्सवेल-एर चारटि सूत्र निर्णय कर।

Maxwell को चार thermodynamical सम्बन्धहरू खोज्नुहोस।

(b) Show that  $\left[\frac{\partial C_P}{\partial P}\right]_T = -T \left[\frac{\partial^2 V}{\partial T^2}\right]_P$ .

प्रमाण कर ये,

$$\left[\frac{\partial C_P}{\partial P}\right]_T = -T \left[\frac{\partial^2 V}{\partial T^2}\right]_P$$

देखाउनुहोस:

$$\left[\frac{\partial C_P}{\partial P}\right]_T = -T \left[\frac{\partial^2 V}{\partial T^2}\right]_P$$

9. (a) Define Phase space. 2+2+(1+2)+2+1  
 Phase space-এর সংজ্ঞা দাও।  
 Phase space को परिभाषा दिनुहोस्।
- (b) Write down the relation between entropy and thermodynamical probability.  
 এনট্রপি ও তাপগতীয় সম্ভাব্যতার মধ্যে সম্পর্কটি লেখ।  
 Entropy and thermodynamical probability মাজকো সম্বন্ধ লেখুহোস।
- (c) Write down the distribution function of Fermi-Dirac distribution and plot the distribution function at (i)  $T = 0$  K (ii)  $T =$  finite but close to 0 K temperature.  
 ফার্মি-ডিরাক বিন্যাসের অপেক্ষকটি লেখ এবং (i) শূন্য ডিগ্রী কেলভিন তাপমাত্রায় ও (ii) শূন্য নয় কিন্তু শূন্যের কাছাকাছি একটি তাপমাত্রায় ওই বিন্যাসটির একটি করে লেখচিত্র অঙ্কন কর।  
 Fermi-Dirac distribution को distribution function লেখুই  
 (i)  $T = 0$  K and (ii)  $T =$  finite तर 0 K को नजीकको लागि distribution function को रेखाचित्रण गर्नुहोस्।
- (d) From this plot define Fermi-level.  
 এই লেখচিত্রটি হইতে ফার্মি-স্তরের সংজ্ঞা দাও।  
 त्यस रेखाचित्रण देखि Fermi-level को परिभाषा दिनुहोस्।
- (e) Give an example of a system of particles that follows the F-D distribution.  
 এমন একটি কণাতন্ত্রের উদাহরণ দাও যেটি ফার্মি-ডিরাক বিন্যাস মেনে চলে।  
 F-D distribution पालन गर्ने कुनै एउटा system of particle को उदाहरण दिनुहोस्।
- 10.(a) Define and explain macro and micro-states of a system with appropriate examples. What do you understand by an ensemble of systems? (2+2)+2+4  
 উপযুক্ত উদাহরণসহ একটি তন্ত্রের ম্যাক্রো এবং মাইক্রো-দশা কাকে বলে তা ব্যাখ্যা কর। তন্ত্রের এনসেম্বল বলতে কি বোঝ তা লেখ।  
 Macro and micro-states को परिभाषा दिई उदाहरण सहित वर्णन गर्नुहोस्। तपाईं प्रणाली को एक समूह द्वारा के बुझनुहुन्छ ?
- (b) What are the main difference between classical and quantum statistics?  
 সনাতন এবং কোয়ান্টাম পরিসংখ্যানের মধ্যকার মূল পার্থক্যগুলি লেখ।  
 Classical and quantum statistics को प्रमुख भिन्नताहरू के के हुन् ?
- (c) Show that under appropriate limiting conditions, both Fermi-Dirac and Bose-Einstein distributions reduce to Maxwell-Boltzmann distribution.  
 দেখাও যে উপযুক্ত সীমাত্ত অবস্থায় ফার্মি-ডিরাক এবং বোস-আইনস্টাইন পরিসংখ্যানদ্বয় ম্যাক্সওয়েল-বোল্টজম্যান পরিসংখ্যানে রূপান্তরিত হয়।  
 उपयुक्त सीमित वातावरणमा Fermi-Dirac and Bose-Einstein दुनै distributions Maxwell-Boltzmann distribution मा परिणत हुन्छ भनी प्रमाण गर्नुहोस्।

—x—