



**WEST BENGAL STATE UNIVERSITY**  
B.Sc. Programme 6th Semester Examination, 2022

**PHSGDSE03T-PHYSICS (DSE2)**

**SOLID STATE PHYSICS**

Time Allotted: 2 Hours

Full Marks: 40

*The figures in the margin indicate full marks.  
Candidates should answer in their own words  
and adhere to the word limit as practicable.*

*প্রান্তিক সীমার মধ্যস্থ সংখ্যাটি পূর্ণমান নির্দেশ করে।  
পরীক্ষার্থীরা নিজের ভাষায় যথা সম্ভব শব্দসীমার মধ্যে  
উত্তর করিবে।*

*All symbols are of usual significance.*

**Question No. 1 is compulsory and answer any two from the rest**

১নং প্রশ্ন আবশ্যিক এবং অন্য প্রশ্ন থেকে যে-কোনো দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও

1. Answer any **ten** questions from the following: 2×10 = 20  
নিম্নলিখিত যে-কোনো **দশটি** প্রশ্নের উত্তর দাও:
- (a) Amorphous solids are isotropic but crystalline solids are not. Explain.  
অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ সমদৈশিক (isotropic) কিন্তু কেলাসাকার কঠিন পদার্থ তা নয়। ব্যাখ্যা করো।
- (b) What are ferromagnetic domains?  
অয়শ্চৌম্বক 'ডোমেন' (ferromagnetic domain) কী ?
- (c) Distinguish between polar and nonpolar dielectrics. Give examples.  
মেরুবর্তী (polar) এবং অমেরুবর্তী (nonpolar) অন্তরক (dielectric) পদার্থের পার্থক্য নির্দেশ করো। উদাহরণ দাও।
- (d) What do you mean by critical temperature and critical field of a superconductor?  
অতিপরিবাহীর সংকট উষ্ণতা (critical temperature) ও সংকট ক্ষেত্র প্রাবল্য (critical field) বলতে কী বোঝো ?
- (e) Draw energy level diagrams for *p*-type and *n*-type semiconductors.  
*p* শ্রেণি ও *n* শ্রেণির অর্ধপরিবাহীর শক্তিস্তরের চিত্র আঁকো।
- (f) The primitive translation vectors of a two dimensional lattice are  $\vec{a} = 2\hat{i}$  and  $\vec{b} = \hat{i} - \hat{j}$ . Determine its reciprocal lattice.  
কোনো দ্বিমাত্রিক ল্যাটিস-এর মৌলিক সরণ ভেক্টরগুলি (primitive translation vectors) হল  $\vec{a} = 2\hat{i}$  এবং  $\vec{b} = \hat{i} - \hat{j}$ । এর বিপরীত ল্যাটিস-টি (reciprocal lattice) নির্ণয় করো।
- (g) The interplanar spacing between a set of parallel planes in NaCl crystal is  $2.82\text{Å}$ . The first order Bragg reflection occurs at an angle of  $10^\circ$ . What is the wavelength of the X-rays used?

NaCl কেলাসে একসারি সমান্তরাল তলের অন্তর্তলীয় দূরত্ব  $2.82\text{\AA}$ । প্রথম ক্রমের ব্র্যাগ প্রতিফলন ঘটেছে  $10^\circ$  কোণে। ব্যবহৃত এক্স-রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত ?

(h) Calculate the effective number of lattice points per unit cell in a bcc structure.  
bcc গঠনের প্রতি একক কোষে (unit cell) ল্যাটিস বিন্দুর (lattice points) কার্যকর সংখ্যা নির্ণয় করো।

(i) Write down the Maxwell-Boltzmann distribution law. Define each symbol that you use.

ম্যাক্সওয়েল-বোলৎজম্যান বণ্টনসূত্রটি লেখো। তোমার ব্যবহৃত প্রতিটি প্রতীক সংজ্ঞায়িত করো।

(j) An insulator has an optical absorption for all wavelengths shorter than  $1800\text{\AA}$ . Find the width of the forbidden energy band for this insulator. [ $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$ ].

একটি অন্তরক পদার্থ  $1800\text{\AA}$ -এর কম সকল তরঙ্গদৈর্ঘ্যের জন্য আলোকীয় শোষণ ঘটায়। ওই অন্তরকের নিষিদ্ধ শক্তি পটির (forbidden energy band) বেধ (width) নির্ণয় করো।

(k) What is Bohr magneton?

বোর ম্যাগনেটন (Bohr magneton) কী ?

(l) The dispersion relation of phonons in a monatomic linear lattice is given by  $\omega(k) = \omega_0 \left| \sin\left(\frac{ka}{2}\right) \right|$ , where  $a$  is the lattice spacing. Show that the dispersion curve  $\omega(k)$  meets normally Brillouin zone boundary at  $k = \frac{\pi}{a}$ .

একটি একপারমাণুক রৈখিক ল্যাটিস-এ ‘ফোনন’-এর বিচ্ছুরণ সম্পর্ক হল  $\omega(k) = \omega_0 \left| \sin\left(\frac{ka}{2}\right) \right|$ , যেখানে  $a$  হল ল্যাটিস দূরত্ব (Lattice spacing)। দেখাও যে বিচ্ছুরণ লেখ  $\omega(k)$  ব্রিলোয়াঁ অঞ্চল (Brillouin zone) সীমান্তে,  $k = \frac{\pi}{a}$  তে অভিলম্বভাবে মিলিত হয়।

(m) In a drop of water of radius  $10^{-3} \text{ m}$ , the molecular dipoles are pointing in the same direction. If the dipole moment of the water molecule is  $6 \times 10^{-30} \text{ Cm}$ , calculate the polarization.

$10^{-3} \text{ m}$  ব্যাসার্ধের একটি জলের ফোঁটায় আণবিক দ্বিমেরুগুলি (molecular dipoles) একই অভিমুখে সজ্জিত আছে। যদি জলের অণুর দ্বিমেরুভ্রামক  $6 \times 10^{-30} \text{ Cm}$  হয়, তাহলে এর মেরুবর্তিতা (polarization) নির্ণয় করো।

(n) How does the specific heat of a crystalline solid (insulator) depend on its temperature  $T$  (when  $T$  is low) within (a) Einstein model and (b) Debye model?

কেলাসাকার (অন্তরক) কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ ওর উষ্ণতা  $T$ -এর উপর (যখন  $T$  কম) কীভাবে নির্ণয় করে যদি (a) আইনস্টাইন মডেল ও (b) ডিভাই মডেল ব্যবহার করা হয় ?

(o) Plot the magnetic susceptibility of a paramagnet as a function of its temperature.

একটি পরাচুম্বকের চৌম্বক প্রবণতাকে ওর উষ্ণতার অপেক্ষক হিসাবে লেখচিত্রে অঙ্কন করো।

2. (a) Define a crystal lattice. What is a primitive cell? Is it unique?

1+1+1

কেলাসের ল্যাটিস-এর সংজ্ঞা লেখো। আদি কোষ (primitive cell) কী ? এটি কি অনন্য (unique) ?

(b) Plot resistivity of a normal metal and that of a superconductor as functions of temperature  $T$ .

3

একটি সাধারণ ধাতু ও একটি অতিপরিবাহীর রোধাঙ্ক উষ্ণতা  $T$ -এর সঙ্গে লেখচিত্রে আঁকো।

- (c) What is Meissner effect? Plot magnetization of a type I superconductor as a function of the applied magnetic field. Mark the critical field. 2+1+1  
 মাইসনার ক্রিয়া কী? টাইপ-I অতিপরিবাহীর চৌম্বকত্ব (magnetization) প্রযুক্ত চৌম্বক ক্ষেত্রের অপেক্ষক হিসাবে লেখচিত্রে আঁকো। সংকট ক্ষেত্র প্রাবল্য (critical field) চিহ্নিত করো।
3. (a) For a monatomic linear lattice of lattice spacing  $a$ , the phonon dispersion relation is given by  $\omega = \omega_0 |\sin(\frac{ka}{2})|$ . Find  $\omega(k)$  as  $k \rightarrow 0$ . Hence find the velocity of the wave. 2+1  
 একপরমাণুক রৈখিক ল্যাটিসে, যার ল্যাটিস দূরত্ব (lattice spacing)  $a$ , 'ফোনন' বিচ্ছুরণ সম্পর্ক হল  $\omega = \omega_0 |\sin(\frac{ka}{2})|$ ।  $k \rightarrow 0$  সীমায়  $\omega(k)$  নির্ণয় করো। এখান থেকে তরঙ্গের বেগ নির্ণয় করো।
- (b) How do the acoustic and optical branches of phonon dispersion differ in case of a linear diatomic lattice? Why is the acoustic branch named so? 2+1  
 দ্বিপরমাণুক রৈখিক ল্যাটিস-এ ফোনন বিচ্ছুরণের 'অ্যাকস্টিক' (acoustic) ও 'অপটিক্যাল' (optical) শাখাদুটির পার্থক্য কী? 'অ্যাকস্টিক' শাখার অনুরূপ নামকরণের কারণ কী?
- (c) (i) Define Miller indices of a plane in a crystal. 1+3  
 কেলাসের কোনো তলের মিলার সূচকের সংজ্ঞা দাও।  
 (ii) Show that for a simple cubic lattice  $d_{100} : d_{110} : d_{111} = \sqrt{6} : \sqrt{3} : \sqrt{2}$ , where  $d_{hkl}$  is the separation between adjacent (hkl) Parallel planes.  
 একটি সরল ঘনাকৃতি জালকের ক্ষেত্রে দেখাও  $d_{100} : d_{110} : d_{111} = \sqrt{6} : \sqrt{3} : \sqrt{2}$  যেখানে  $d_{hkl}$  হল পাশাপাশি (hkl) সমান্তরাল তলের ভিতর দূরত্ব।
4. (a) Write down the form of the potential used in the Kronig-Penny model. Sketch the potential. Hence form the Schrodinger equation for finding the electronic energy. 2+1+2  
 ক্রোনিগ-পেনি (Kronig-Penny) মডেল-এ ব্যবহৃত স্থিতিশক্তি অপেক্ষকের আকারটি লেখো। একে লেখচিত্র এঁকে দেখাও। এখান থেকে ইলেকট্রনের শক্তি নির্ধারণ করার জন্য প্রয়োজনীয় শ্রোডিংগার সমীকরণ গঠন করো।  
 (b) Plot magnetization as a function of the applied magnetic field for a ferromagnet above its Curie temperature. 2  
 কুরি উষ্ণতার উপরে কোনো অয়শ্চৌম্বকের চৌম্বকত্ব (magnetization) প্রযুক্ত চৌম্বক ক্ষেত্রের সঙ্গে কীভাবে পরিবর্তিত হয় লেখচিত্র এঁকে দেখাও।  
 (c) The relative permittivity of argon at  $0^\circ\text{C}$  and one atmosphere is  $\epsilon_r = 1.000435$ . Calculate the electronic polarizability of argon atom. Give,  $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$  SI units. 3  
 $0^\circ\text{C}$  উষ্ণতা প্রমাণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে আরগনের আপেক্ষিক তড়িৎভেদ্যতা (permittivity)  $\epsilon_r = 1.000435$ । আরগন পরমাণুর ইলেকট্রনীয় মেরুবর্তিতা (electronic polarizability) নির্ণয় করো। প্রদত্ত,  $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$  এস আই একক।
5. (a) What is the origin of paramagnetism? Explain, why the inert gases do not exhibit paramagnetism. 2+1  
 পরাচৌম্বকত্বের উৎপত্তি কীভাবে ঘটে? নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি কেন পরাচৌম্বকত্ব দেখায় না, ব্যাখ্যা করো।

- (b) A paramagnetic material has  $10^{28}$  atoms/ $m^3$ . The magnetic moment of each atom is  $1.8 \times 10^{-23} \text{ Am}^2$ . Calculate the paramagnetic susceptibility at room temperature (300K). If a bar 0.1m long and  $1 \text{ cm}^2$  cross-section, constructed from this material, is placed in a field  $8 \times 10^4 \text{ A/m}$ , determine its dipole moment.

4

কোনো পরাচৌম্বক পদার্থে প্রতি ঘনমিটারে  $10^{28}$  পরমাণু আছে। প্রত্যেক পরমাণুর চৌম্বক ভ্রামক  $1.8 \times 10^{-23} \text{ Am}^2$ । ঘরের উষ্ণতায় (300 K) এর পরাচৌম্বক প্রবণতা (paramagnetic susceptibility) নির্ণয় করো।  $0.1 \text{ m}$  ও  $1 \text{ cm}^2$  প্রস্থচ্ছেদের একটি দণ্ড যদি ওই পদার্থ দিয়ে তৈরি করা হয় তবে  $8 \times 10^4 \text{ A/m}$  প্রাবল্যের চৌম্বক ক্ষেত্রে ওর চৌম্বক ভ্রামক কত হবে ?

- (c) What are the basic assumptions in Einstein's theory of specific heat of a solid? What is the major drawback of this theory?

2+1

কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ সংক্রান্ত আইনস্টাইনের তত্ত্বের মূল স্বীকার্যগুলি কী কী ? এই তত্ত্বের মুখ্য ত্রুটি কী ?

**N.B. :** *Students have to complete submission of their Answer Scripts through E-mail / Whatsapp to their own respective colleges on the same day / date of examination within 1 hour after end of exam. University / College authorities will not be held responsible for wrong submission (at in proper address). Students are strongly advised not to submit multiple copies of the same answer script.*

————x————