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: $2\times10 = 20$

নিম্নলিখিত যে-কোনো ***দশটি*** প্রশ্নের উত্তর দাওঃ

(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 2.82Å. The first order Bragg reflection occurs at an angle of 10º. What is the wavelength of the X-rays used?

NaCl কেলাসে একসারি সমান্তরাল তলের অন্তর্তলীয় দূরত্ব 2.82Å। প্রথম ক্রমের ব্র্যাগ প্রতিফলন ঘটেছে 10° 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 বন্টনসূত্রটি লেখো। তোমার ব্যবহৃত প্রতিটি প্রতীক সংজ্ঞায়িত করো।

(j) An insulator has an optical absorption for all wavelengths shorter than 1800Å. Find the width of the forbidden energy band for this insulator. $[h = 6.63\times10^{-34}\,\text{Js}]$.

একটি অন্তরক পদার্থ 1800Å-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 $\omega(k) = \omega_0\,|\sin(\frac{ka}{2})|$, where a is the lattice spacing. Show that the dispersion curve $\omega(k)$ meets normally Brillouin zone boundary at $k = \frac{\pi}{a}$.

একটি একপরমাণুক রৈখিক ল্যাটিস-এ ‘ফোনন’-এর বিচ্ছুরণ সম্পর্ক হল $\omega(k) = \omega_0\,|\sin(\frac{ka}{2})|$, 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 $6\times10^{-30}\,\text{Cm}$, calculate the polarization.

$10^{-3}\,\text{m}$ ব্যাসার্ধের একটি জলের ফোঁটায় আণবিক দ্বিমেরুগুলি (molecular dipoles একই অভিমুখে সজ্জিত আছে। যদি জলের অণুর দ্বিমেরুভ্রামক $6\times10^{-30}\,\text{Cm}$ 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) ডিবাই 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 $k \to 0$. Hence find the velocity of the wave. 2+1

একপরমাণুক রৈখিক ল্যাটিসে, যার ল্যাটিস দূরত্ব (lattice spacing) a, 'ফোনন' বিচ্ছুরণ সম্পর্ক হল $\omega = \omega_0 |\sin(\frac{ka}{2})|$। $k \to 0$ 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°C and one atmosphere is $\varepsilon_r = 1.000435$. Calculate the electronic polarizability of argon atom. Give, $\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ SI units. 3

0°C উষ্ণতা প্রমাণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে আরগনের আপেক্ষিক তড়িৎভেদ্যতা (permittivity) $\varepsilon_r = 1.000435$। আরগন পরমাণুর ইলেকট্রনীয় মেরুবর্তিতা (electronic polarizability) নির্ণয় করো। প্রদত্ত, $\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ 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 1.8×10^{-23} Am^2. Calculate the paramagnetic susceptibility at room temperature (300K). If a bar 0.1m long and 1cm^2 cross-section, constructed from this material, is placed in a field 8×10^4 A/m, determine its dipole moment. 4

কোনো পরাচৌম্বক পদার্থে প্রতি ঘনমিটারে 10^{28} পরমাণু আছে। প্রত্যেক পরমাণুর চৌম্বক ভ্রামক 1.8×10^{-23} Am^2। ঘরের উষ্ণতায় (300 K) এর পরাচৌম্বক প্রবণতা (paramagnetic susceptibility) নির্ণয় করো। 0.1m ও 1cm^2 প্রস্থচ্ছেদের একটি দণ্ড যদি ওই পদার্থ দিয়ে তৈরি করা হয় তবে 8×10^4 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.*

——×——