



‘समानो मन्त्रः समितिः समानी’

UNIVERSITY OF NORTH BENGAL

B.Sc. Programme 6th Semester Examination, 2023

DSE1/2/3-P2-PHYSICS

Time Allotted: 2 Hours

Full Marks: 40

The question paper contains Section-A and Section-B. Candidates are required to answer any *one* section from the *two* sections and they should mention it clearly on the Answer Book.

SECTION-A

SOLID STATE PHYSICS

GROUP-A / বিভাগ-ক / সমূহ-ক

1. Answer any *five* questions from the following: 1×5 = 5
নিম্নলিখিত যে-কোন পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাওঃ
তলকা কুনৈ পাঁচ প্রশ্নহরুকো উত্তর লেখ্নুহোস।
- (a) What is a unit cell?
একক সেল কাকে বলে ?
Unit cell কে হো ?
- (b) What do you mean by Curie temperature?
‘কুরি তাপমাত্রা’ বলতে কি বোঝ ?
Curie temperature কে হো ?
- (c) Find the number of lattice points in the cubic cell of F.C.C.-lattice.
F.C.C কেলাসের একটি ঘনকাকার কোষে ল্যাটিস বিন্দুর সংখ্যা নির্ণয় কর।
এতটা F.C.C. lattice কো এতটা cubic cell শির lattice points কো সংখ্যা খোজ্নুহোস।
- (d) A pure semiconductor behaves as an insulator at
(i) 273 K (ii) – 273°C (iii) 373 K (iv) None
একটি বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী অন্তরকের মত ব্যবহার করবে যে তাপমাত্রায় তা হল
(i) 273 K (ii) – 273°C (iii) 373 K (iv) কোনটাই নয়
এতটা চোখো semiconductor লে insulator জস্তো ব্যবহার গর্চ, কুন তাপক্রমমা ?
(i) 273 K (ii) – 273°C (iii) 373 K (iv) কুনৈ হোইন
- (e) Draw the planes for Miller indices (100).
মিলার সূচক (100) এমন কৃষ্টালতল অঙ্কন কর।
Miller indices(100) কো plane হরু হো চিত্র কোর্নুহোস।

(f) What is Meissner effect?

মেইসনার এফেক্ট কি ?

Meissner effect কে হো ?

(g) What are the basic causes of Paramagnetism?

পরাচৌম্বকত্বের মূল কারণগুলি কি কি ?

Paramagnetism का प्रमुख कारणहरु के के हुन् ?

(h) Define Packing fraction.

প্যাকিং ফ্র্যাকশনের সংজ্ঞা দাও।

Packing fraction के हो ?

GROUP-B / বিভাগ-খ / সমূহ-খ

Answer any *three* questions from the following

5×3 = 15

নিম্নলিখিত যে-কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর দাও

तलका कुनै तीन प्रश्नहरुको उत्तर लेख्नुहोस

2. Derive Curie's law of Paramagnetism from Langevin's theory. 5
 ল্যাঙ্গভিন তত্ত্ব থেকে পরাচৌম্বকত্ব সংক্রান্ত কুরির সূত্রটি নির্ণয় কর।
 Langevin को सिद्धान्त देखि Curie को Paramagnetism को नियम खोज्नुहोस।
3. What is Mobility? Establish a relation between Conductivity and Mobility in an extrinsic semiconductor containing both electrons and holes. 2+3
 গতিশীলতা বলতে কি বোঝ ? ইলেকট্রন ও হোল ধারণকারী একটি অশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীর পরিবাহিতা ও গতিশীলতার মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর।
 Mobility के हो ? Electron अनि holes दुवै भएको एउटा extrinsic semiconductor मा Conductivity अनि Mobility माझको सम्बन्ध खोज्नुहोस।
4. Define Geometrical structure factor. Obtain an expression for the scattering amplitude in terms of Geometrical structure factor. 2+3
 জ্যামিতিক গঠন ফ্যাক্টরের সংজ্ঞা দাও। জ্যামিতিক গঠন ফ্যাক্টরের পরিপ্রেক্ষিতে বিক্ষেপণ অ্যাম্প্লিটিউডের রাশিমালা নির্ণয় কর।
 Geometrical structure factor के हो ? Geometrical structure factor को सन्दर्भमा scattering amplitude समीकरण खोज्नुहोस।
5. What is phonon? Derive an expression for the momentum and energy of phonon. 1+4
 ফোনন কি ? ফোননের ভরবেগ ও শক্তির রাশিমালা নির্ণয় কর।
 Phonon के हो ? एउटा Phonon को momentum अनि उर्जाको वाक्यांश खोज्नुहोस।
6. Draw and discuss B-H curve. Explain hysteresis and energy loss in terms of B-H curve. 3+1+1
 B-H কার্ভ অঙ্কন কর এবং আলোচনা কর। B-H কার্ভের পরিপ্রেক্ষিতে হিস্টেরিসিস ও শক্তিক্ষয় ব্যাখ্যা কর।

B-H curve कोर्दे वर्णन गर्नुहोस । B-H curve को सन्दर्भमा hysteresis अनि energy loss को वर्णन गर्नुहोस ।

GROUP-C / विभाग-ग / समूह-ग

Answer any two questions from the following

10×2 = 20

निम्नलिखित ये-कोन दुई प्रश्नर उत्तर दाओ

तलका कुनै दुई प्रश्नहरूको उत्तर लेख्नुहोस

7. (a) What do you mean by dielectric polarisation and dipole moment? 2
 पराबैद्युतिक मेरुकरण ओ द्विमेरु ड्रामक बलते कि बोझ ?
 Dielectric polarisation अनि dipole moment भन्नाले के बुझिन्छ ?
- (b) Explain how the dielectric constant of a ferroelectric crystal varies with temperature. Name two ferroelectric materials. What are the applications of ferroelectric materials? 3+2+3
 फेर्रोइलेक्ट्रिक केलसरे पराबैद्युतिक ध्रुवक तापमात्रार सङ्गे किडारे परिवर्तित हय ब्याख्या कर ।
 दुई फेर्रोइलेक्ट्रिक पदार्थेर नाम कर । फेर्रोइलेक्ट्रिक पदार्थेर प्रयोगगुलि कि कि ?
 एउटा ferroelectric crystal को dielectric constant तापक्रमसित कसरी बदलिन्छ, वर्णन गर्नुहोस । कुनै दुई ferroelectric पदार्थहरूको नाम दिनुहोस । Ferroelectric पदार्थहरूको उपयोग के के छन् ?
8. (a) What is the Hall coefficient? Show that for a *p*-type semiconductor the Hall coefficient R_H is given by $R_H = \frac{1}{pe}$. 1+3
 'हल' गुणाङ्क काके बले ? देखाओ ये *p*-टाइप अर्धपरिवाहीर जन्य हल गुणाङ्क हल $R_H = \frac{1}{pe}$
 Hall coefficient के हो ? एउटा *p*-type semiconductor को निम्ति Hall coefficient $R_H = \frac{1}{pe}$ ले दिन्छ भनी प्रमाणित गर्नुहोस् ।
- (b) What are Brillouin zones? 2
 ब्रिलुयाँ जेन काके बले ?
 Brillouin zone के हुन् ?
- (c) Define Debye's T^3 -law. Discuss the limitations of Debye-model. 1+3
 डिबाई-एर T^3 सूत्रटिर संज्ञा दाओ । डिबाई मडेलेर सीमाबद्धता आलोचना कर ।
 Debye को T^3 नियम बताउनुहोस । Debye model को सीमा बताउनुहोस ।
9. (a) What are superconductors? 1
 अतिपरिवाही काके बले ?
 Superconductors के हुन् ?
- (b) Derive London equation and define penetration depth. 3+1
 लन्डन समीकरण निर्णय कर एवं पेनिट्रेशन गभीरतार संज्ञा दाओ ।
 London को समीकरण खोजदै penetration depth को परिभाषा दिनुहोस ।

- (c) Derive the acoustical and optical mode of vibration for one dimensional diatomic lattice. 5

একমাত্রিক দ্বি-পরমাণুক ল্যাটিসের ধ্বনি সংক্রান্ত এবং আলোক সংক্রান্ত কম্পনের দশা নির্ণয় কর।

एक आयामीक diatomic lattice को निम्ति acoustical and optical mode को कम्पनको समीकरण खोज्नुहोस।

- 10.(a) What do you mean by lattice and basis? 2

ল্যাটিস ও বেসিস বলতে কি বোঝ ?

Lattice अनि basis भन्नाले के बुझिन्छ ?

- (b) Calculate the radius of SC, BCC and FCC lattice structures. 5

SC, BCC এবং FCC ল্যাটিসের ব্যাসার্ধের মান নির্ণয় কর।

SC, BCC अनि FCC lattice structure को अर्धव्यास खोज्नुहोस।

- (c) Calculate the interplanar spacing for a (321) plane in a simple cubic crystal whose lattice constant is 4.2×10^{-10} m. 3

একটি সরল ঘনকাকার ক্রিস্টাল যার ল্যাটিস ধ্রুবকের মান 4.2×10^{-10} m তার (321) তলের আন্তঃস্তল ব্যবধানের মান নির্ণয় কর।

एउटा 4.2×10^{-10} m lattice constant भएको साधारण वर्गकार crystal को (321) plane माझको interplanar spacing को मान खोज्नुहोस।

SECTION-B

QUANTUM MECHANICS

GROUP-A / বিভাগ-ক / समूह-क

1. Answer any **five** questions from the following: 1×5 = 5

নিম্নলিখিত যে-কোন পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাওঃ

कुनै पाँच प्रश्नहरूको उत्तर लेख्नुहोस।

- (a) Is (i) $\psi = ax^2$ and (ii) $\psi = \frac{a}{x} e^{ikx}$ are acceptable wave functions?

(i) $\psi = ax^2$ এবং (ii) $\psi = \frac{a}{x} e^{ikx}$ এই তরঙ্গ অপেক্ষক দুটি কি গ্রহণযোগ্য ?

के (i) $\psi = ax^2$ अनि (ii) $\psi = \frac{a}{x} e^{ikx}$ स्वीकार्य wave function हुन् ?

- (b) Find whether the operators $\hat{A} = 3x^2$ and $\hat{B} = \frac{d}{dx}$ commute or not? Why?

উল্লেখিত অপারেটর দুটি $\hat{A} = 3x^2$ এবং $\hat{B} = \frac{d}{dx}$ পরস্পরের সঙ্গে কমিউট করে কি ? কারণ দর্শাও।

दुई operators $\hat{A} = 3x^2$ अनि $\hat{B} = \frac{d}{dx}$ commute गर्छ की गर्दैन भनी खोज्नुहोस ? किन ?

- (c) The eigenfunction corresponding to the operator $\hat{A} = \frac{d^2}{dx^2}$ is $\psi = ae^{-2x}$. Find the eigenvalue.

$\hat{A} = \frac{d^2}{dx^2}$ অপারেটরটির সংশ্লিষ্ট আইগেন অপারেটরটি হল $\psi = ae^{-2x}$ । আইগেন মানটি নির্ণয় কর।

এটা operator $\hat{A} = \frac{d^2}{dx^2}$ को eigenfunction $\psi = ae^{-2x}$ भए त्यसको eigenvalue खोज्नुहोस्।

- (d) What is the energy of a 1-D harmonic oscillator for its n -th quantum state?

একটি একমাত্রিক সরল দোলকের n -তম কোয়ান্টাম স্তরের শক্তি কত ?

n -th quantum state मा 1-D harmonic oscillator को उर्जा कति हुन्छ ?

- (e) Define probability current density.

সম্ভাব্যতা প্রবাহ ঘনত্বের সংজ্ঞা দাও।

Probability current density परिभाषित गर्नुहोस्।

- (f) What is Larmor precession?

লার্মার প্রিভেশন বলতে কী বোঝায় ?

Larmor को precession के हो ?

- (g) Find the value of L, S, J for the atomic state $2S_{1/2}$.

$2S_{1/2}$ পারমাণবিক অবস্থার জন্য L, S, J -এর মান নির্ণয় কর।

एउटा $2S_{1/2}$ atomic state को निम्ति L, S, J को मान खोज्नुहोस्।

- (h) What is the degeneracy of n -th state of Hydrogen atom?

হাইড্রোজেন পরমাণুর n -তম স্তরের ডিজেনারেসি কত ?

Hydrogen अणुको n -th state को degeneracy के हो ?

GROUP-B / বিভাগ-খ / समूह-ख

Answer any three questions from the following

5×3 = 15

নিম্নলিখিত যে-কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর দাও

तलका कुनै तीन प्रश्नहरूको उत्तर लेख्नुहोस्

2. (a) What do you mean by normalisation of wave function?

2

তরঙ্গ অপেক্ষকের নরমালাইজেশন বলতে কী বোঝ ?

एउटा wave function को normalisation भन्नाले के बुझिन्छ ?

- (b) Normalise the following wave function

3

$$\begin{aligned}\psi(x) &= A \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right), & 0 < x < a \\ &= 0, & \text{outside}\end{aligned}$$

নিম্নলিখিত তরঙ্গ অপেক্ষকটিকে নরমালাইজ কর।

$$\begin{aligned}\psi(x) &= A \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right), & 0 < x < a \\ &= 0, & \text{এর বাইরে}\end{aligned}$$

দিহকো wave function লাই normalise গনুহোস

$$\begin{aligned}\psi(x) &= A \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right), \quad 0 < x < a \\ &= 0, \quad \text{outside}\end{aligned}$$

3. (a) What is a Hermitian operator? Prove that every eigenvalue of a Hermitian operator is real. 3

হারমিশিয়ান অপারেটর বলতে কী বোঝায়? প্রমাণ কর যে একটি হারমিশিয়ান অপারেটরের প্রত্যেকটি আইগেনমান বাস্তব হয়।

Hermitian operator কে হী? Hermitian operator কো উর্জাকো eigenvalue বাস্তবিক হুন্ট ভনী প্রমাণিত গনুহোস্।

- (b) Show that two eigen functions of a Hermitian operator belonging to different eigen values are orthogonal. 2

প্রমাণ কর যে হারমিশিয়ান অপারেটরের ভিন্ন আইগেনমান সম্পন্ন দুটি আইগেন অপেক্ষক পরস্পরের সঙ্গে অর্থোগোনাল হয়।

এউটা Hermitian operator কো বিখিন্ন eigen values সিত সম্বন্ধিত দুই eigen function হরু orthogonal হুন্ট ভনী দেখাউনুহোস।

4. A particle of energy $E < V_0$ is incident from the left on the potential step of the form 5

$$V = \begin{cases} 0 & \text{for } x < 0 \\ V_0 & \text{for } x > 0 \end{cases}$$

Obtain an expression for the transmission coefficient.

$E < V_0$ শক্তির একটি কণা বামদিক থেকে আগত হয়ে নিম্নলিখিত Potential step-এর উপর আপতিত হল।

$$V = \begin{cases} 0 & \text{যখন } x < 0 \\ V_0 & \text{যখন } x > 0 \end{cases}$$

নিঃসরণ গুণাঙ্কের রাশিমালা নির্ণয় কর।

এউটা $E < V_0$ উর্জা ভেকো কণ এউটা potential step কো দেব্রদেখি ঠাকিন্চ, জহাঁ

$$V = \begin{cases} 0 & \text{for } x < 0 \\ V_0 & \text{for } x > 0 \end{cases}$$

Transmission coefficient কো expression খোজুহোস।

5. (a) State Pauli's exclusion principle. 2

পাউলির অপবর্জন নীতি বর্ণনা কর।

Pauli কো exclusion কো সিদ্ধান্ত বতানুহোস।

- (b) Explain how Pauli's exclusion principle assists in the interpretation of the periodic table. 3

পিরিওডিক টেবিল ব্যাখ্যা করতে পাউলির অপবর্জন নীতি কীভাবে সাহায্য করে তা ব্যাখ্যা কর।

Periodic table কো ব্যাখ্যা গনুমা Pauli কো exclusion principle লে কসরী সহযোগ গর্চ? বর্ণন গনুহোস্।

6. Using quantum theory, explain normal Zeeman effect. 5
 कोयान्टाम तद्ध प्रयोगे नर्मल Zeeman effect व्याख्या कर।
 Quantum theory को सहयोगले normal Zeeman effect को वर्णन गर्नुहोस।

GROUP-C / विभाग-ग / समूह-ग

Answer any two questions from the following

10×2=20

निम्नलिखित ये-कौन दुटि प्रश्नर उतर दाओ

तलका कुनै दुई प्रश्नहरूको उत्तर लेख्नुहोस

7. (a) What is position-momentum uncertainty principle? Write down one application of it. 2+1
 अवस्थान भ्रवेगेर अनिश्चयतार तद्धटि की ? एर एकटि प्रयोग सम्पर्के लेख।
 Position-momentum uncertainty principle के हो ? यसको कुनै एउटा उपयोग बताउनुहोस।
- (b) If $\hat{x}$ and $\hat{p}$ are position and momentum operators, show that $[\hat{x}, \hat{p}^2] = 2i\hbar\hat{p}$. 4
 यदि $\hat{x}$ ओ $\hat{p}$ यथाक्रमे अवस्थान ओ भ्रवेगेर अपारेटर हय, देखाओ ये $[\hat{x}, \hat{p}^2] = 2i\hbar\hat{p}$ ।
 $\hat{x}$ अनि $\hat{p}$ यदि position अनि momentum operator भए $[\hat{x}, \hat{p}^2] = 2i\hbar\hat{p}$ हुन्छ भनी देखाउनुहोस।
- (c) A beam of identical particles going in the x -direction is represented by the wave function $\psi(x, t) = Ae^{i/\hbar(Px-Et)}$. Calculate the probability current density. 3
 x बराबर अभिन कणसमूहेर एकटि बिम यात्रा करछे याके निम्नलिखित तरङ्ग अपेक्षक द्वारा प्रकाश करा याय $\psi(x, t) = Ae^{i/\hbar(Px-Et)}$ । एर सभाव्यता प्रवाह घनत्व निर्णय कर।
 एउटा x -direction तर्फ गइरहेको beam लाई $\psi(x, t) = Ae^{i/\hbar(Px-Et)}$ wave function ले बुझाउन सकिन्छ। त्यसको probability current density खोज्नुहोस।
8. (a) Derive the expression for the normalised wave functions of a particle confined in a one dimensional box. 4
 एकटि एकमात्रिक बाक्लेर मध्ये आवद्ध कणार नर्मलाइज्ड तरङ्ग अपेक्षकेर राशिमांला निर्णय कर।
 एउटा एक आयामिक बाक्सभित्र सिमित भएको कणको normalised wave function को समीकरण खोज्नुहोस।
- (b) Find the probability that a particle in one dimensional box of length L can be found between $0.4L$ and $0.6L$ (i) for the ground state, (ii) for the first excited state, (iii) for the second excited state. 1+1+1
 L दैर्घ्येर एकटि एकमात्रिक बाक्ले आवद्ध कणार $0.4L$ ओ $0.6L$ -एर मध्ये थाकार सभावना निर्णय कर
 (i) भूमिस्तर, (ii) प्रथम उद्देजित स्तर, (iii) द्वितीय उद्देजित स्तर।
 एउटा $0.4L$ देखि $0.6L$ भित्र लम्बाई भएको 1D बाक्सभित्र एउटा कणलाई पाउन सकिने probability खोज्नुहोस ;
 (i) Ground state को निम्ति
 (ii) First excited state
 (iii) Second excited state

- (c) Explain why the minimum energy for a particle in a box cannot be zero. 3
 একমাত্রিক বাক্সে আবদ্ধ কণার ক্ষেত্রে সর্বনিম্ন শক্তির মান শূন্য হতে পারে না — ব্যাখ্যা কর।
 एउटा बाक्सभित्र भएको कणको कम से कम उर्जा किन शून्य हुन सक्दैन ?
9. (a) Write down the Schrödinger's equation for hydrogen atom in spherical polar coordinates. 2
 স্ফেরিকাল পোলার কোঅর্ডিনেটে হাইড্রোজেন পরমাণুর ক্ষেত্রে শ্রোডিংগার ইকুয়েশনটি লেখ।
 Spherical polar coordinate मा hydrogen अणुको निम्ति Schrödinger को समीकरण लेख्नुहोस्।
- (b) What are the quantum numbers for the hydrogen atom? What values can these quantum numbers assume? 2+2
 হাইড্রোজেন অ্যাটমের জন্য কোয়ান্টাম নম্বরগুলি কী কী? তাদের আনুমানিক মানগুলি লেখ।
 एउटा hydrogen अणुको निम्ति quantum number हरू के के हुन्? यी number हरूले कुन मान लिन सक्छ ?
- (c) Explain the term degeneracy. 2
 ডিজেনারেশি শব্দটি ব্যাখ্যা কর।
 Degeneracy को वर्णन गर्नुहोस्।
- (d) Discuss about the zero point energy of linear harmonic oscillator. 2
 একটি সরলরৈখিক দোলকের জিরো পয়েন্ট এনার্জি সম্বন্ধে আলোচনা কর।
 Linear harmonic oscillator को zero point energy को वर्णन गर्नुहोस्।
10. Describe Stern-Gerlach experiment with necessary theory. Can Stern-Gerlach experiment be performed with ions rather than neutral atoms? 8+2
 প্রয়োজনীয় তত্ত্বসহ স্টার্ন ও গারল্যাকের পরীক্ষাটি বর্ণনা কর। স্টার্ন-গারল্যাকের পরীক্ষাটি কি আধানহীন পরমাণুর পরিবর্তে আয়ন দ্বারা করা সম্ভব ?
 जरुरी सिद्धान्त सहित Stern-Gerlach को परिक्षणको वर्णन गर्नुहोस्। Neutral atom को सट्टामा ions चलाएर के Stern-Gerlach को परिक्षण सम्भव छ ?

—x—