



‘সমানো মন্ত্র: সমিতি: সমানী’

**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 প্রশ্নহরকো উত্তর লেজ্জুহোস।
- (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।  
এডটা F.C.C. lattice কো এডটা cubic cell শির lattice points কো সংখ্যা খ্রোজ্জুহোস।
- (d) A pure semiconductor behaves as an insulator at  
(i) 273 K                      (ii)  $-273^{\circ}\text{C}$                       (iii) 373 K                      (iv) None  
একটি বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী অস্তরকের মত ব্যবহার করবে যে তাপমাত্রায় তা হল  
(i) 273 K                      (ii)  $-273^{\circ}\text{C}$                       (iii) 373 K                      (iv) কোনটাই নয়  
এডটা খোখ্রো semiconductor লে insulator জস্তো ব্যবহার গর্ছ, কুন তাপক্রমমা ?  
(i) 273 K                      (ii)  $-273^{\circ}\text{C}$                       (iii) 373 K                      (iv) কুনৈ হোইন
- (e) Draw the planes for Miller indices (100).  
মিলার সূচক (100) এমন কৃষ্টীলতল অঙ্কন কর।  
Miller indices(100) কো plane হরু হো খিত্র কোর্নুহোস।

- (f) What is Meissner effect?  
मेइसनार एफेक्ट कि ?  
Meissner effect के हो ?
- (g) What are the basic causes of Paramagnetism?  
पराचौम्बकत्वের मूल कारणगुलि कि कि ?  
Paramagnetism का प्रमुख कारणहरू के के हुन् ?
- (h) Define Packing fraction.  
प्याकिंग फ्र्याकशनेर संज्जा दाओ।  
Packing fraction के हो ?

**GROUP-B / विभाग-ख / समूह-ख**

**Answer any three questions from the following**

5×3 = 15

निम्नलिखित ये-कोन तिनटि प्रश्नेर उत्तर दाओ  
तलका कुनै तीन प्रश्नहरूको उत्तर लेख्नुहोस

2. Derive Curie's law of Paramagnetism from Langevin's theory. 5  
ल्यान्गेविन तद्दु खेके पराचौम्बकत्व संक्रांश कुरिर सूत्राटि निर्णय कर।  
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  
गतिशीलता बलते कि बोबा ? इलेक्ट्रन ओ होल धारणकारी एकाटि अशुद्ध अर्धपरिवाहीर परिवाहीता ओ गतिशीलतार मध्ये सम्पर्क स्थापन कर।  
Mobility के हो ? Electron अनि holes दुवै भएको एउटा extrinsic semiconductor मा Conductivity अनि Mobility माल्नको सम्बन्ध खोज्नुहोस।
4. Define Geometrical structure factor. Obtain an expression for the scattering amplitude in terms of Geometrical structure factor. 2+3  
ज्यामितिक गठन फ्याक्चरेर संज्जा दाओ। ज्यामितिक गठन फ्याक्चरेर परिप्रेक्षिते विक्षेपण अ्याम्प्लिटिउडेरेर राशिमांला निर्णय कर।  
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  
फोनन कि ? फोननेर भरवेग ओ शक्तिर राशिमांला निर्णय कर।  
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 कार्ब अस्कन कर एवं आलोचना कर। B-H कार्बेरेर परिप्रेक्षिते हिस्टेरिसिस ओ शक्तिक्षय व्याख्या कर।



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 दुट्टि प्रश्नेर उत्तर दाओ

तलका कुनै दुई प्रश्नहरूको उत्तर लेखनुहोस

7. (a) What do you mean by dielectric polarisation and dipole moment? 2  
 पराबैद्युतिक मेरुकरण ओ द्विमेरु ड्रामक बलते कि बोका ?  
 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 केलसैर पराबैद्युतिक ध्रुवक तापमात्रार सङ्गे किडारे परिवर्तित ह्य व्याख्या कर।  
 दुट्टि 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  
 डेबाइ-एर  $T^3$  सूत्रटिर संज्ञा दाओ । डेबाइ 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  
 लण्डन समीकरण निर्णय कर एवं पेनिट्रेशन गतीरतार 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

ल्याटिस ও बेसिस বলতে कि बोझ ?

Lattice अनि basis भन्नाले के बुझिन्छ ?

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

SC, BCC एवं FCC ल्याटिसের 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  $4.2 \times 10^{-10}$  m. 3

एकटि सरल घनकाकार केलस यार ल्याटिस ধ্রুবকের মান  $4.2 \times 10^{-10}$  m তার (321) তলের আন্তঃস্তল ব্যবধানের মান নির্ণয় কর।

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

## SECTION-B

### QUANTUM MECHANICS

#### GROUP-A / विभाग-क / समूह-क

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

निम्नलिखित ये-कोन पाँचटि प्रश्नर उत्तर दाओ:

कुनै पाँच प्रश्नहरूको उत्तर लेख्नुहोस।

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

(i)  $\psi = ax^2$  एवं (ii)  $\psi = \frac{a}{x} e^{ikx}$  এই तरङ्ग অপেক্ষক দুটি कि ग्रहणयोग्य ?

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?

उल्लेखित अपारेटर दुटि  $\hat{A} = 3x^2$  एवं  $\hat{B} = \frac{d}{dx}$  परस्परर सङ्गे कमिउट करे कि ? कारण दर्शाओ।

बुई 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 खोजनुहोस।

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

एकটি एकमात्रिक सरल दोलकको  $n$ -तम क्वाण्टम स्तरको शक्ति कति ?

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

- (e) Define probability current density.

संभाव्यता प्रवाह घनत्वको संज्ञा दाओ।

Probability current density परिभाषित गर्नुहोस।

- (f) What is Larmor precession?

लार्मर प्रिसेसन बलको की बोझा ?

Larmor को precession के हो ?

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

$2S_{1/2}$  पारमाणविक अवस्थाको लागि  $L, S, J$ -को मान निर्णय कर।

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

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

हाइड्रोजन परमाणुको  $n$ -तम स्तरको डिजेनरिसि कति ?

Hydrogen अणुको  $n$ -th state को degeneracy के हो ?

**GROUP-B / विभाग-ख / समूह-ख**

Answer any *three* questions from the following

5×3 = 15

निम्नलिखित ये-कौन *तीन* प्रश्नको उत्तर दाओ

तलका कुनै *तीन* प्रश्नहरूको उत्तर लेखनुहोस

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

2

तरङ्ग अपेक्षकको नरमालाईजेशन बलको की बोझा ?

एउटा wave function को normalisation भन्नाले के बुझिन्छ ?

- (b) Normalise the following wave function

3

$$\psi(x) = A \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right), \quad 0 < x < a$$

$$= 0, \quad \text{outside}$$

निम्नलिखित तरङ्ग अपेक्षकको नरमालाईज कर।

$$\psi(x) = A \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right), \quad 0 < x < a$$

$$= 0, \quad \text{एर बाहिर}$$

दिइएको wave function लाई normalise गर्नुहोस्

$$\psi(x) = A \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right), \quad 0 < x < a$$

$$= 0, \quad \text{outside}$$

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

हारमिशियान अपारेटर बलते की बोबाय ? प्रमाण कर ये एकटि हारमिशियान अपारेटरेर प्रत्येकटि आइगेनमान वास्तव हय।

Hermitian operator के हो ? Hermitian operator को उर्जाको eigenvalue वास्तविक हुन्छ भनी प्रमाणित गर्नुहोस्।

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

प्रमाण कर ये हारमिशियान अपारेटरेर भिन्न आइगेनमान सम्पन्न दुटि आइगेन अपेक्षक परस्परेर सङ्गे अर्थोगोनल हय।

एउटा Hermitian operator को विभिन्न eigen values सित सम्बन्धित दुई eigen function हरू orthogonal हुन्छ भनी देखाउनुहोस्।

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.

$E < V_0$  शक्तिर एकटि कण वामदिक थेके आगत हये निम्नलिखित Potential step-एर उपर आपतित हल।

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

निःसरण गुणाङ्केर राशिमांला निर्णय कर।

एउटा  $E < V_0$  उर्जा भएका कण एउटा potential step को देब्रेदेखि ठाकिन्छ, जहाँ

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

Transmission coefficient को expression खोजनुहोस्।

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

पाउलिर अपवर्जन नीति वर्णना कर।

Pauli को exclusion को सिद्धान्त बताउनुहोस्।

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

पिरिडिक टेबल व्याख्या करते पाउलिर अपवर्जन नीति कीभावे साहाय्य करे ता व्याख्या कर।

Periodic table को व्याख्या गर्नुमा Pauli को exclusion principle ले कसरी सहयोग गर्छ ? वर्णन गर्नुहोस्।



6. Using quantum theory, explain normal Zeeman effect. 5  
 कोयान्टाँम तद्ध प्रयोगे नर्माल 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-कोन दूटि प्रश्नर उत्तर दाओ

तलका कुनै बुई प्रश्नहरूको उत्तर लेख्नुहोस

7. (a) What is position-momentum uncertainty principle? Write down one application of it. 2+1  
 अवस्थान भरवेगेर 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 भरवेगेर 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 विम यात्रा करछे याके निम्नलिखित तरङ्ग अपेक्षक द्वारा प्रकाश करा यय  $\psi(x, t) = Ae^{i/\hbar(Px-Et)}$ । एर सञ्जाव्यता 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 नर्मालाइज्ड तरङ्ग अपेक्षकेर राशिमाला निर्णय कर।  
 एउटा एक आयामिक बाक्लसभिन 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  
 $L$  देर्घेर एकटि एकमात्रिक बाक्ले आवद्ध कणार  $0.4L$  ओ  $0.6L$ -एर मध्ये थाकार सञ्जावना निर्णय कर (i) भूमिस्तरे, (ii) प्रथम उन्तेजित स्तरे, (iii) द्वितीय उन्तेजित स्तरे।  
 एउटा  $0.4L$  देखि  $0.6L$  भिन लम्बाई भएको 1D बाक्लसभिन 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।  
 এতটা বাক্সমিত্র ভেক্টর কণাকো কম সে কম উর্জা কিন শূন্য হুন সবদৈন ?
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 মা hydrogen অণুকো নিমিত্ত Schrödinger কো সমীকরণ লেখুনহোস।
- (b) What are the quantum numbers for the hydrogen atom? What values can these quantum numbers assume? 2+2  
 হাইড্রোজেন অ্যাটমের জন্য কোয়ান্টাম নাম্বারগুলি কী কী ? তাদের আনুমানিক মানগুলি লেখ।  
 এতটা hydrogen অণুকো নিমিত্ত quantum number হরু কে কে হুন ? যী number হরুলে কুন মান লিন সবচ্চ ?
- (c) Explain the term degeneracy. 2  
 ডিজেনারেশি শব্দটি ব্যাখ্যা কর।  
 Degeneracy কো বর্ণন গর্নুহোস।
- (d) Discuss about the zero point energy of linear harmonic oscillator. 2  
 একটি সরলরেখিক দোলকের জিরো পয়েন্ট এনার্জি সম্বন্ধে আলোচনা কর।  
 Linear harmonic oscillator কো zero point energy কো বর্ণন গর্নুহোস।
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 सहामा ions चलाएर के Stern-Gerlach को परिक्षण सम्भव छ ?

—x—