



‘সমান্যো 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 কুনै पाँच प्रश्नहरूको उत्तर लेख्नुहोस।
- (a) What is a unit cell?  
एकक सेल कাকে बले ?  
Unit cell के हो ?
- (b) What do you mean by Curie temperature?  
‘कुरि तापमात्रा’ बलते कि बोवा ?  
Curie temperature के हो ?
- (c) Find the number of lattice points in the cubic cell of F.C.C.-lattice.  
F.C.C केलसैर एकटि घनकाकार कोषे ल्याटिस बिन्दुर संख्या निर्णय कर।  
एउटा F.C.C. lattice को एउटा cubic cell भित्र lattice points को संख्या खोज्नुहोस।
- (d) A pure semiconductor behaves as an insulator at  
(i) 273 K                      (ii) – 273°C                      (iii) 373 K                      (iv) None  
एकटि बिशुद्ध अर्धपरिवाही अस्तुरकेर मत ব্যবহার करबे ये तापमात्राय ता हल  
(i) 273 K                      (ii) – 273°C                      (iii) 373 K                      (iv) कौनटै नय  
एउटा चौरखौ semiconductor ले insulator जस्तौ व्यवहार गर्छ, कुन तापक्रममा ?  
(i) 273 K                      (ii) – 273°C                      (iii) 373 K                      (iv) कुनै होइन
- (e) Draw the planes for Miller indices (100).  
मिलार सूचक (100) एमन कृष्टीलतल अङ्कन कर।  
Miller indices(100) को plane हरू हो चित्र कोर्नुहोस।

- (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 कारणहरू के के हुन् ?
- (h) Define Packing fraction.  
প্যাকিং ফ্র্যাকশনের সংজ্ঞা দাও।  
Packing fraction কে হো ?

**GROUP-B / বিভাগ-খ / সমূহ-খ**

**Answer any three questions from the following**

5×3 = 15

নিম্নলিখিত যে-কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর দাও

তলকা কুনৈ তীন প্রশ্নहरूको उत्तर लेख्नुहोस

2. Derive Curie's law of Paramagnetism from Langevin's theory. 5  
ল্যাঙ্গেভিন 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  
गतिशीलता 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  
ज्यामितीक गठन फ्याक्चरको संज्ञा दाओ। ज्यामितीक गठन फ्याक्चरको परिप्रेक्षिते विक्षेपण अयाम्प्लिटिउडको राशिमात्रा 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 ? फोननको भ्रमण वेग ओ शक्तिको राशिमात्रा 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 कार्भ अंकन कर एवं आलोचना कर। B-H कार्भको 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 दुटि प्रश्नेर 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 भ्रामक 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 केलासेर पराबैद्युतिक क्षुबक तापमात्रार सङ्गे किभावे परिवर्तित ह्य व्याख्या कर।  
 दुटि 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 निमित्त 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  
 लण्डन समीकरण निर्णय कर एवं पेनिट्रेशन गभीरतार संज्ञा दाओ ।  
 London को समीकरण खोज्दै 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।

এক আয়ামীক diatomic lattice को निम्नित 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 ल्याटिसের ব্যাসার্ধের মান निर्णय कर।

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

একটি সরল ঘনকাকার কেলাস যার ল্যাটিস 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 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 দাও:

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 ? कारण दर्शाओ।

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।

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

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

एकटि एकमात्रिक सरल दोलकेर  $n$ -तम क्वाण्टम स्तरेर शक्ति कत ?

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

- (e) Define probability current density.

संभाव्यता प्रवाह घनत्वेर संज्ञा दाओ।

Probability current density परिभाषित गर्नुहोस।

- (f) What is Larmor precession?

लार्मर प्रिसेसन बलते की बोबाय ?

Larmor को precession के हो ?

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

$2S_{1/2}$  पारमाणविक अवस्तर जन्य  $L, S, J$ -एर मान निर्णय कर।

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

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

हाइड्रोजन परमाणु  $n$ -तम स्तरेर डिजेनारेसि कत ?

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

निम्नलिखित ये-कान तिनटि प्रश्नेर उत्तर दाओ

तलका कुनै तीन प्रश्नहरूको उत्तर लेख्नुहोस

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

तरङ्ग अपेक्षकेर नरमालाइजेसन बलते की बोबा ?

एसटा wave function को normalisation भन्नाले के बुझिन्छ ?

- (b) Normalise the following wave function 3

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

निम्नलिखित तरङ्ग अपेक्षकटिके नरमालाइज कर।

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

दिएको wave function लाई normalise गर्नुहोस्

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

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

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

हर्मिशियान अपरेटर बलते की बोबाय ? प्रमाण कर ये एकटि हर्मिशियान अपरेटरेर प्रत्येकटि आइगेनमान वास्तव হয়।

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 हर्मिशियान अपरेटरेर भिन्न आइगेनमान सम्पन्न दुटि आइगेन अपेक्षक परस्पररेर सङ्गे अर्थोगोनल হয়।

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 হয়ে 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 राशिमाला निर्णय कर।

एउटा  $E < V_0$  उर्जा भएको 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 टेबिल 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  
কোয়ান্টাম তত্ত্ব প্রয়োগে নর্মােল Zeeman effect ব্যাখ্যা কর।  
Quantum theory को सहयोगले normal Zeeman effect को वर्णन गर्नुहोस ।

## GROUP-C / বিভাগ-গ / সমূহ-গ

Answer any two questions from the following

10×2=20

নিম্নলিখিত যে-কোন দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও

তলকা কুনै दुई प्रश्नहरूको उत्तर लेख्नुहोस

7. (a) What is position-momentum uncertainty principle? Write down one application of it. 2+1  
অবস্থান ভরবেগের অনিশ্চয়তার তত্ত্বটি কী ? এর একটি প্রয়োগ সম্পর্কে লেখ।  
Position-momentum uncertainty principle के हो ? यसको कूनै 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  $\hat{x}$  ও  $\hat{p}$  যথাক্রমে অবস্থান ও ভরবেগের অপারেটর হয়, দেখাও যে  $[\hat{x}, \hat{p}^2] = 2i\hbar\hat{p}$  ।  
 $\hat{x}$  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  
 $x$  वरारबर अभिन्न कणसमूहरेर एकटि बिम यात्रा करछे याके निम्ललिखित तरङ्ग अपेक्षक द्वारा प्रकाश करा याय  $\psi(x, t) = Ae^{i\hbar(Px-Et)}$  । 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 राशिमाणा 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 सञ्जावना निर्णय कर  
(i) भूमिसूत्रे, (ii) प्रथम उतेजित सूत्रे, (iii) द्वितीय उतेजित सूत्रे।  
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 थुन्य 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 लेख्नुहोस।
- (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।  
 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 गर्नुहोस। Neutral atom को सट्टामा ions चलाएर के Stern-Gerlach को परिक्षण सम्भव छ ?

—x—