



'समानो मन्त्रः समितिः समानी'

UNIVERSITY OF NORTH BENGAL
B.Sc. Programme 6th Semester Examination, 2022

DSE1/2/3-P2-PHYSICS

*The figures in the margin indicate full marks.
All symbols are of usual significance.*

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

Time Allotted: 2 Hours

Full Marks: 40

GROUP-A

বিভাগ-ক

সমূহ-ক

1. Answer any *five* questions from the following: 1×5 = 5
নিম্নলিখিত যে-কোন পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাওঃ
तल दिइएका कुनै पाँच प्रश्नहरूको उत्तर दिनुहोस्
- (a) What do you understand by the term semiconductor?
“अर्धপরিবাহী” বলতে কি বোঝ ?
‘Semiconductor’ মন্বালে কে বুজিন্ত ?
- (b) Find the Miller indices for the plane (3a, 3b, 2c).
(3a, 3b, 2c) তলের জন্য মিলার সূচক নির্ণয় কর।
(3a, 3b, 2c) সমতলকো Miller indices খোজ্नुহোस्।
- (c) What is Hall effect?
“হল-এফেক্ট” কি ?
Hall effect কে হো ?
- (d) What is a phonon?
“ফোনন” কি ?
Phonon মন্বালে কে বুজিন্ত ?

(e) What is reciprocal lattice?

“रेसिप्रोक्याल ल्याटिस” कि ?

Reciprocal lattice के हो ?

(f) Which of the following is true:

नीचेर कोनटि सत्यः

तल दिइएका मध्ये कुन सत्य हो ?

(i) $\vec{D} = \epsilon_0 (\epsilon_r - 1) \vec{E}$

(ii) $\vec{F} = \epsilon_0 (\epsilon_r - 1) \vec{P}$

(iii) $\vec{P} = \epsilon_0 (\epsilon_r - 1) \vec{E}$

(iv) $\epsilon_r = (r - 1)$.

(g) What is forbidden energy band?

निषिद्ध शक्ति पट्टा कि ?

वर्जित उर्जाको समुदाय के हो ?

GROUP-B

विभाग-ख

समूह-ख

Answer any *three* questions from the following

5×3 = 15

निम्नलिखित ये-कोन तिनटि प्रश्नर उत्तर दाओ

तल दिइएका कुनै तीन प्रश्नहरूको उत्तर दिनुहोस्

2. Give a comparative study of Einstein's and Debye's theory of specific heat of solid. 5
कठिन पदार्थेर आपेक्षिक ताप सम्पर्कित आइनस्टाइन (Einstein) ओ डिबाई (Debye)-एर तद्धेर तुलना कर।
Einstein अनि Debye को विशिष्ट तापको सिद्धान्तको तुलनात्मक विवरण दिनुहोस्।
3. What is Meissner Effect? Show that a superconductor is a perfect dia-magnetic material. 1+4
मेइसनर (Meissner) एफेक्ट कि ? प्रमाण कर अतिपरिवाही हल विशुद्ध तिरशैत्यक।
Meissner Effect के हो ? एक अतिचालक पूर्णरूपले विषम चुंबकीय हुन्छ भनी देखाउनुहोस्।
4. Define magnetisation and show that $B = \mu_0 (H + M)$. 2+3
चुम्बकीकरण (म्याग्नेटाइजेसन)-एर संज्ञा दाओ। प्रमाण कर $B = \mu_0 (H + M)$ ।
चुम्बकन के हो ? $B = \mu_0 (H + M)$ हुन्छ भनी देखाउनुहोस्।

5. What is doping? What are the extrinsic semiconductor? Describe n -type and p -type semiconductor in terms of donor and acceptor. 1+1+3

ডোপিং কি ? অশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী কী ? n -টাইপ ও p -টাইপ অর্ধপরিবাহীকে “দাতা” ও “গ্রহীতা” পরমাণুর উপস্থিতির দ্বারা ব্যাখ্যা কর।

अपमिश्रण के हो ? Extrinsic semiconductor के हो ? n -type अनि p -type semiconductor लाई दाता अनि स्वीकारकर्ता को रूपमा विवरण गर्नुहोस् ।

6. (a) What do you mean by di-electric susceptibility? 2

“পরা বৈদ্যুতিক গ্রহণশীলতা” বলতে কি বোঝ ?

पारद्युतिक संवेदनशीलता भन्नाले के बुझिन्छ ?

- (b) For dielectric material, derive the Clausius-Mossotti relation. 3

পরা বৈদ্যুতিক পদার্থের ক্ষেত্রে ক্লসিয়াস-মসোটি সম্পর্কটি নির্ণয় কর।

पारद्युतिक पदार्थको निम्ति Clausius-Mossotti को सम्बन्ध खोज्नुहोस् ।

GROUP-C

বিভাগ-গ

সমূহ-গ

Answer any two questions from the following

10×2 = 20

নিম্নলিখিত যে-কোন দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও

तल दिइएका कुनै दुई प्रश्नहरूको उत्तर दिनुहोस्

7. Distinguish between metals, semi-conductor and insulator. Write down the difference between ‘hole’ current and electron flow. 6+4

धातव परिबাহी, अर्धपरिबাহी ও कुपरिबাহी-এদের মধ্যে পার্থক্য কর। “হোল-প্রবাহ” ও ইলেকট্রন তড়িৎপ্রবাহের মধ্যে পার্থক্য কি কি ?

चालक अर्धचालक अनि अचालक मध्ये भिन्नता बताउनुहोस् । ‘hole’ current अनि इलेक्ट्रोनको प्रवाहमा भिन्नता बताउनुहोस् ।

8. What is Bragg’s Law? Derive the Bragg’s Law of diffraction. Explain Type-I and Type-II superconductor. 1+4+5

ब्राग-सूत्र (Bragg’s Law) कि ? अपवर्तन संक्रांस्त ब्राग सूत्रटि निर्णय कर। टाईप-१ ओ टाईप-२ अतिपरिबাহिता व्याख्या कर।

Bragg को नियम के हो ? Diffraction मा Bragg को नियम खोज्नुहोस् । I अनि II प्रकारका अति चालकहरूको विवरण दिनुहोस् ।

9. (a) In case of a BCC lattice, find: 3
- (i) the volume of the primitive cell
(ii) the lattice point per unit cell
(iii) the number of nearest neighbour.
- BCC ल्याटिस-एर स्फेद्रेः
- (i) प्रिमिटिव सेल-एर आयतन निर्णय कर
(ii) प्रत्येक सेल-ए ल्याटिस बिन्दु संख्या निर्णय कर
(iii) निकटतम प्रतिवेशी परमाणु संख्या निर्णय कर।
- एउटा BCC जालको निम्ति निम्नलिखित खोजनुहोस्
- (i) पहिलो सेल (primitive cell) को परिमाण।
(ii) lattice बिन्दु प्रति एकाइ सेल
(iii) नजीकको छमेकीय बिन्दु
- (b) Draw the crystal plane in case of an FCC structure having Miller indices 6
- (i) (100) (ii) (110) (iii) (112)
- एकटा FCC केलस यार मिलार सूचक हलः
- (i) (100) (ii) (110) (iii) (112)
- एर कृष्ण तल अङ्कन कर।
- निम्नलिखित Miller indices भएको FCC क्रिस्टलको निम्ति क्रिस्टल समतल खोजनुहोस्
- (i) (100) (ii) (110) (iii) (112)
- (c) What is unit cell? 1
- एकक कोष कि ?
एकाइ सेल के हो ?

SECTION-B

QUANTUM MECHANICS

Time Allotted: 2 Hours

Full Marks: 60

GROUP-A

विभाग-क

समूह-क

1. Answer any **four** questions from the following: 3×4 = 12
- निम्नलिखित ये-कान **चार** प्रश्नर उत्तर दाओः
निम्नलिखित कुनै **चार** प्रश्नहरूको उत्तर दिनुहोस्
- (a) What are the conditions for a valid wave function?
- एकटा तरङ्ग-अपेक्षक यथार्थ हवार शर्तगुलि कि कि ?
तरंगफलन मान्य हुनकालागि आवश्यक शर्तहरू के के हुन् ?

- (b) Using the uncertainty principle, show that an electron CANNOT exist inside an atomic nucleus. (Nuclear diameter $\sim 2 \times 10^{-14}$ m)

अनिश्चयता नीतिर साहाय्ये प्रमाण कर ये एकटि इलेक्ट्रन, निउक्लियासेर मध्ये থাকते पारे ना।
(निउक्लियासेर व्यास $\sim 2 \times 10^{-14}$ m)।

अनिश्चयताको सिद्धान्त चलाएर, परमाणविक नामिक भित्र इलेक्ट्रनको अस्तित्व हुदैन भनी देखाउनुहोस्। (परमाणुको व्यास $\sim 2 \times 10^{-14}$ m)

- (c) Show that $[\hat{x}, \hat{p}] = i\hbar$, where the symbols have the usual meanings.

प्रमाण कर $[\hat{x}, \hat{p}] = i\hbar$, येखाने चिह्नगुलि यथायथ अर्थ बहन करे।

$[\hat{x}, \hat{p}] = i\hbar$ हुन्छ भनी प्रमाण गर्नुहोस् जहाँ प्रतीकहरूको सामान्य अर्थ हुन्छ ?

- (d) What are L-S coupling and J-J coupling?

L-S कापलिङ्ग ओ J-J कापलिङ्ग कि ?

L-S coupling अनि J-J coupling भन्नाले के बुझिन्छ ?

- (e) An atomic state is denoted as $^4D_{5/2}$. What are the values of L, S, J ?

एकटि पारमाणविक अवस्थाले $^4D_{5/2}$ द्वारा चिह्नित करा हले L, S , ओ J -एर मानगुलि कत ?

एउटा परमाणवीय अवस्थालाई $^4D_{5/2}$ ले बुझाउन सकिन्छ भने L, S, J को माण कति हुन्छ ?

- (f) What are the conditions for an anomalous Zeeman effect to occur?

व्यतिक्रान्त ज्जीमान-क्रियार शर्तगुलि कि कि ?

एउटा अनियमित Zeeman effect हुन लागि शर्तहरू के के हुन् ?

GROUP-B

विभाग-ख

समूह-ख

Answer any *four* questions from the following

6×4 = 24

निम्नलिखित ये-कान चारटि प्रश्नर उत्तर दाओ

तल दिइएका कुनै चार प्रश्नहरूको उत्तर दिनुहोस्

2. Explain how you get probability from a wave function, and the probability current density. Derive the relation between the two. 2+4

तरङ्ग-अपेक्षक थेके कितावे सञ्भाव्यता ओ सञ्भाव्यता प्रवाह-घनत्व निर्णय करा हय ? एदेर मध्ये सम्पर्क निर्णय कर।

एउटा संभावना अनि संभावना विद्युतीय घनत्वको मान तरंग फलन देखि कसरी पाउन सकिन्छ ? विस्तार गर्नुहोस्। तिनीहरू दुईको सम्बन्ध पनि खोजनुहोस्।

3. (a) Use the method of separation of variables to get the TIME-INDEPENDENT Schrödinger's equation from the time-dependent Schrödinger's equation in ONE dimension. (Assume the potential energy is independent of time). 3

एकमात्रिक समय-निर्भर श्रोयेडिङ्गर समीकरण थेके Separation of variable पद्धति व्यवहार करे समय-निरपेक्ष श्रोयेडिङ्गर समीकरण निर्णय कर। (येखाने स्थितिशक्ति समय-निरपेक्ष)।

एक आयाममा परिवर्ती राशिको विभाजनको तरीका चलाएर समय निर्भर स्रोडिन्गरको समीकरण देखि समय स्वनिर्भर स्रोडिन्गरको समीकरण खोज्नुहोस्। (स्थिरउर्जा को मान समयदेखि स्वनिर्भर हुन्छ)

- (b) Show that the time-dependent part of the wave function (ψ) is given by 3

$$f(t) = f(0)e^{-iEt/\hbar}$$

प्रमाण कर तरङ्ग-अपेक्षक ψ -एर समय-निर्भर अंशति हल $f(t) = f(0)e^{-iEt/\hbar}$ ।

एउटा तरंगफलनको समय निर्भर हिस्सा $f(t) = f(0)e^{-iEt/\hbar}$ ले दिन्छ भनी देखाउनुहोस्।

4. Write down the first three normalized wave functions for a one-dimensional harmonic oscillator, and draw EACH state graphically. 3+3

एकटा एकमात्रिक सरल दोलक-एर प्रथम तिनटा नर्मालाइज्ड तरङ्ग-अपेक्षकगुलि लेख एबं एदेर प्रत्येकटिके चित्रित कर।

एक आयाममा harmonic oscillator को पहिलो तीन प्रसामान्यीय तरंग फलनहरू लेख्नुहोस् अनि प्रत्येक अवस्थाको रेखाचित्र पनि कोर्नुहोस्।

5. (a) Why do we normalize a wave function? 2

आमरा तरङ्ग-अपेक्षक के नर्मालाइज करि केन ?

एउटा तरंग फलनलाई हामी किन प्रसामान्यीय गर्छौ ?

- (b) Define the gyromagnetic ratio and the Bohr Magneton. 2+2

Gyromagnetic-अनुपात ओ बोर-Magneton-एर संज्ञा दाओ।

Gyromagnetic अनुपात र Bohr Magneton भन्नाले के बुझिन्छ ?

6. (a) In a Stern-Gerlach experiment, silver atoms traverse a distance of 0.1 m in a non-homogeneous magnetic field with a gradient of 55 Tm^{-1} . If the velocity of the silver atom is 450 ms^{-1} , then calculate the separation between the two traces on the collector plate. (Mass of silver atom = $1.79 \times 10^{-25} \text{ kg}$, Bohr Magneton = $9.27 \times 10^{-24} \text{ JT}^{-1}$). 4

एकटा Stern-Gerlach परीक्षाय, 55 टेसला/मिटर ग्याडियेन्ट सम्पन्न, अ-समसत्त चुम्बक क्षेत्र मध्ये दिने सिलभर-परमाणुगुलि 0.1 मिटर दूरत अतिक्रम करे। यदि सिलभर परमाणुगुलि गतिवेग 450 मिटर/सेकेन्ड हय, तहले संग्रहक तलेर उपरे अवस्थित दुटा रेखार मध्ये व्यवधान निर्णय कर। (Mass of silver atom = $1.79 \times 10^{-25} \text{ kg}$, Bohr Magneton = $9.27 \times 10^{-24} \text{ JT}^{-1}$)

Stern-Gerlach परीक्षणमा silver परमाणु 0.1 m को दुरी 55 Tm^{-1} को ढालमा एउटा असमान चुम्बकीय क्षेत्रमा तय गर्छ। यदि silver परमाणुको वेग 450 ms^{-1} भए दुई collector plate बीचको वियोजन खोज्नुहोस्।

(silver परमाणुको द्रव्यमान = $1.79 \times 10^{-25} \text{ kg}$, Bohr Magneton = $9.27 \times 10^{-24} \text{ JT}^{-1}$)

- (b) Can the Stern-Gerlach experiment be performed with ions instead of neutral atoms? Explain your answer. 2

Stern-Gerlach परीक्षाय निस्त्रिं परमाणु परिवर्ते तडिंश्र परमाणु व्यवहार करा यय कि ? तोमार उतरेर सपक्षे युक्ति दाओ।

एउटा निष्पक्ष परमाणुको सहा आयनको प्रयोग गरेर के Stern-Gerlach को परिक्षण गर्न सकिन्छ ?

7. Using quantum theory, explain the effect of an external magnetic field on the energy levels of an atom. Hence explain the splitting of spectral lines observed in the normal Zeeman effect. 4+2

परमाणु शक्तिस्तरांशुलि बहिस्त्र चुम्बकक्षेत्रेण द्वारा किभावे प्रभावित हय ता कोयान्टाम तद्धेर साहाये व्याख्या कर एवं तार द्वारा नर्म्याल Zeeman एफेक्स्ट-ए वर्णाली रेखार विभाजन व्याख्या कर।

क्वान्टम सिद्धान्तको प्रयोग गरेर परमाणुको उर्जाको स्तरमा बाहिरी चुम्बकीय क्षेत्रवलको असर बताउनुहोस्। त्यसबाट सामान्य Zeeman effect मा spectral धर्काको विभाजन को विस्तार गर्नुहोस्।

GROUP-C

विभाग-ग

समूह-ग

Answer any two questions from the following

12×2 = 24

निम्नलिखित ये-कोन दुटि प्रश्नेर उत्तर दाओ

तल दिइएका कुनै दुई प्रश्नहरूको उत्तर दिनुहोस्

8. (a) Derive the expressions for the energy eigen values and the NORMALIZED Eigen functions of a particle confined in a one-dimensional box. 4+4

एकटि एकमात्रिक बक्सेर मध्ये आवद्ध कणार नर्म्यालाइज्ड तरङ्ग-अपेक्षक ओ तार शक्तिर Eigen value निर्णय कर।

एक आयामको बक्सामा सिमित एउटा कणको निम्ति eigen उर्जाको मान अनि प्रसामान्यीय Eigen प्रतिफलनको समीकरण खोज्नुहोस्।

- (b) What is the “Tunneling effect”? Give an example of the phenomena. 4

“Tunneling effect” कि ? এই effect-एर उदाहरण दाओ।

“Tunneling effect” के हो ? यसको एउटा उदाहरण दिनुहोस्।

9. (a) What is the value of β that makes $e^{-\alpha x^2}$ an Eigen function of the operator $\left(\frac{d^2}{dx^2} - \beta x^2\right)$? 4

β -एर कोन मानेर जन्य $e^{-\alpha x^2}$ अपेक्षकटि $\left(\frac{d^2}{dx^2} - \beta x^2\right)$ अपारेटर-एर Eigen function -ए परिणत हवे ?

एउटा प्रचालक $\left(\frac{d^2}{dx^2} - \beta x^2\right)$ ले eigen को फलनको मान $e^{-\alpha x^2}$ दिन्छ भने β को मान कति हुन्छ ?

- (b) Given that $\psi(x) = \sqrt{\alpha} e^{-\alpha x}$ where $0 \leq x \leq \infty$ and α is a constant, what is the probability of finding the particle between $x = \frac{1}{\alpha}$ and $x = \frac{2}{\alpha}$? 3

দেওয়া আছে $\psi(x) = \sqrt{\alpha} e^{-\alpha x}$, যেখানে $0 \leq x \leq \infty$ এবং α একটি ধ্রুবক। তাহলে $x = \frac{1}{\alpha}$ এবং $x = \frac{2}{\alpha}$ এই ব্যবধানে কণাটি খুঁজে পাবার সম্ভাবনা কত ?

दिइएको छ $\psi(x) = \sqrt{\alpha} e^{-\alpha x}$ जहाँ $0 \leq x \leq \infty$ छ अनि α को मान स्थिर रहन्छ भने एउटा कणलाई $x = \frac{1}{\alpha}$ अनि $x = \frac{2}{\alpha}$ मा पाउने सम्भावना कति हुन्छ ?

- (c) Calculate the expectation values for the position and the kinetic energy. 3+2

উপরোক্ত তরঙ্গ-অপেক্ষক-এর ক্ষেত্রে কণাটির গড় (Expectation) অবস্থান ও গড় (Expectation) গতিশক্তি নির্ণয় কর।

स्थिति अनि गतिक उर्जाको अपेक्षाको मान खोज्नुहोस्।

- 10.(a) Derive an expression for the total magnetic moment of an electron in an atom due to the interaction of its orbital and spin angular moments. Hence find the value of Lande's g-factor. 6+2

ইলেকট্রনের কক্ষীয় ভ্রামক ও ঘূর্ণন ভ্রামকের পারস্পারিক ক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন মোট চুম্বকীয় ভ্রামকের রাশিমালা নির্ণয় কর। এর সাহায্যে Lande-g factor-এর মান নির্ণয় কর।

कक्षीय अनि घुमावको कोणीय आवेगको अन्तरक्रियाको कारणले उत्पन्न हुने सम्पूर्ण चुम्बकीय आवेगको समीकरण खोज्नुहोस्। त्यसबाट Lande's g-factor को मान पनि निकाल्नुहोस्।

- (b) Calculate Lande's g-factor for a 'p' state electron. 4

'p' state ইলেকট্রনের Lande-g factor নির্ণয় কর।

P-স্তর इलेक्ट्रोनको निम्ति Lande's g-factor निकाल्नुहोस्।

- 11.(a) State and explain Pauli's exclusion principle. How does our knowledge of symmetric and antisymmetric wave functions lead to this principle? 4+4

পাউলির অপবর্জন নীতি বর্ণনা ও ব্যাখ্যা কর। তরঙ্গ-অপেক্ষকের প্রতিসমতা বা অপ্রতিসমতা ধর্মের দ্বারা কিভাবে এই নীতিতে পৌঁছানো যায়।

Pauli को exclusion को सिद्धान्त बताउँदै वर्णन गर्नुहोस्। Symmetric अनि antisymmetric तरंग फलनको जानले कसरी यो सिद्धान्तमा धकेल्छ ?

- (b) Prove that the total wave function of two identical Fermions is antisymmetric. 4

প্রমাণ কর দুটি সমধর্মী Fermion-এর সম্পূর্ণ তরঙ্গ-অপেক্ষকটি অপ্রতিসম।

दुईवटा एकैरूप भएको Fermions को पूर्ण तरंग फलन antisymmetric हुन्छ भनी देखाउनुहोस्।

—x—