भौतिकी / PHYSICS

प्रश्न-पत्र II / Paper II

निर्धारित समय : तीन घंटे Time Allowed : **Three** Hours	अधिकतम अंक : **250** Maximum Marks : **250**

प्रश्न-पत्र के लिए विशिष्ट अनुदेश

कृपया प्रश्नों के उत्तर देने से पूर्व निम्नलिखित प्रत्येक अनुदेश को ध्यानपूर्वक पढ़ें :

इसमें **आठ** प्रश्न हैं जो **दो खण्डों** में विभाजित हैं तथा **हिन्दी** और **अंग्रेज़ी** दोनों में छपे हैं ।

परीक्षार्थी को कुल **पाँच** प्रश्नों के उत्तर देने हैं ।

प्रश्न संख्या **1** और **5** अनिवार्य हैं तथा बाकी में से प्रत्येक खण्ड से कम-से-कम **एक** प्रश्न चुनकर किन्हीं **तीन** प्रश्नों के उत्तर दीजिए ।

प्रत्येक प्रश्न/भाग के अंक उसके सामने दिए गए हैं ।

प्रश्नों के उत्तर उसी माध्यम में लिखे जाने चाहिए जिसका उल्लेख आपके प्रवेश-पत्र में किया गया है, और इस माध्यम का स्पष्ट उल्लेख प्रश्न-सह-उत्तर (क्यू.सी.ए.) पुस्तिका के मुख-पृष्ठ पर अंकित निर्दिष्ट स्थान पर किया जाना चाहिए । उल्लिखित माध्यम के अतिरिक्त अन्य किसी माध्यम में लिखे गए उत्तर पर कोई अंक नहीं मिलेंगे ।

यदि आवश्यक हो, तो उपर्युक्त आँकड़ों का चयन कीजिए, तथा उनको निर्दिष्ट कीजिए ।

जब तक उल्लिखित न हो, संकेत तथा शब्दावली प्रचलित मानक अर्थों में प्रयुक्त हैं ।

प्रश्नों के उत्तरों की गणना क्रमानुसार की जाएगी । यदि काटा नहीं हो, तो प्रश्न के उत्तर की गणना की जाएगी चाहे वह उत्तर अंशतः दिया गया हो । प्रश्न-सह-उत्तर पुस्तिका में खाली छोड़ा हुआ पृष्ठ या उसके अंश को स्पष्ट रूप से काटा जाना चाहिए ।

Question Paper Specific Instructions

Please read each of the following instructions carefully before attempting questions :

*There are **EIGHT** questions divided in **TWO SECTIONS** and printed both in **HINDI** and in **ENGLISH**.*

*Candidate has to attempt **FIVE** questions in all.*

*Questions no. **1** and **5** are compulsory and out of the remaining, any **THREE** are to be attempted choosing at least **ONE** from each section.*

The number of marks carried by a question / part is indicated against it.

Answers must be written in the medium authorized in the Admission Certificate which must be stated clearly on the cover of this Question-cum-Answer (QCA) Booklet in the space provided. No marks will be given for answers written in a medium other than the authorized one.

Assume suitable data, if considered necessary, and indicate the same clearly.

Unless and otherwise indicated, symbols and notations carry their usual standard meaning.

Attempts of questions shall be counted in sequential order. Unless struck off, attempt of a question shall be counted even if attempted partly. Any page or portion of the page left blank in the Question-cum-Answer Booklet must be clearly struck off.

Abhishek Kumar · VidBodh Academy · vidbodh.com
Physics Optional · Science & Technology · Ecology & Environment

Constants which may be needed

Velocity of light in vacuum (c) = 3×10^8 ms^{-1}

Mass of electron (m_e) = $9 \cdot 11 \times 10^{-31}$ kg

Charge of electron (e) = $1 \cdot 602 \times 10^{-19}$ C

Specific charge of electron $\left(\frac{e}{m_e}\right) = 1 \cdot 76 \times 10^{11}$ C kg^{-1}

1 u ≡ 1 a.m.u. = $1 \cdot 6605 \times 10^{-27}$ kg = 931·5 MeV

Rest mass energy of electron ($m_e c^2$) = 0·5110 MeV

Permittivity in free space (ε_0) = $8 \cdot 8542 \times 10^{-12}$ $C^2 N^{-1} m^{-2}$

Permeability of free space (μ_0) = $4\pi \times 10^{-7}$ N A^{-2}

Gas constant (R) = 8·314 J mol^{-1} K^{-1}

Boltzmann constant (k_B) = $1 \cdot 381 \times 10^{-23}$ J K^{-1}

Planck constant (h) = $6 \cdot 626 \times 10^{-34}$ J s

($\hbar$) = $1 \cdot 0546 \times 10^{-34}$ J s

Bohr magneton (μ_B) = $9 \cdot 274 \times 10^{-24}$ J T^{-1}

Nuclear magneton (μ_N) = $5 \cdot 051 \times 10^{-27}$ J T^{-1}

Fine structure constant (α) = 1/137·03599

Mass of proton (M_p) = 1·0072766 u = $1 \cdot 6726 \times 10^{-27}$ kg

Mass of neutron (M_n) = 1·0086652 u = $1 \cdot 6749 \times 10^{-27}$ kg

Mass of deuteron (M_d) = 2·013553 u

Mass of α-particle (M_α) = 4·001506 u

Mass of ${}^{12}_{6}C$ = 12·000000 u

Mass of ${}^{16}_{8}O$ = 15·994915 u

Mass of ${}^{87}_{38}Sr$ = 86·99999 u

Mass of ${}^{4}_{2}He$ = 4·002603 u

Abhishek Kumar · VidBodh Academy · vidbodh.com
Physics Optional · Science & Technology · Ecology & Environment

स्थिरांक जिनकी आवश्यकता हो सकती है

निर्वात में प्रकाश का वेग (c) = 3×10^8 ms^{-1}

इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान (m_e) = $9{\cdot}11 \times 10^{-31}$ kg

इलेक्ट्रॉन का आवेश (e) = $1{\cdot}602 \times 10^{-19}$ C

इलेक्ट्रॉन का विशिष्ट आवेश $\left(\frac{e}{m_e}\right) = 1{\cdot}76 \times 10^{11}$ C kg^{-1}

1 u ≡ 1 a.m.u. = $1{\cdot}6605 \times 10^{-27}$ kg = 931·5 MeV

इलेक्ट्रॉन की विरामावस्था द्रव्यमान ऊर्जा ($m_e c^2$) = 0·5110 MeV

मुक्त आकाश में विद्युत्शीलता (ε_0) = $8{\cdot}8542 \times 10^{-12}$ C^{2}N^{-1}m^{-2}

मुक्त आकाश की पारगम्यता (μ_0) = $4\pi \times 10^{-7}$ N A^{-2}

गैस स्थिरांक (R) = 8·314 J mol^{-1} K^{-1}

बोल्ट्ज़मान स्थिरांक (k_B) = $1{\cdot}381 \times 10^{-23}$ J K^{-1}

प्लांक स्थिरांक (h) = $6{\cdot}626 \times 10^{-34}$ J s

($\hbar$) = $1{\cdot}0546 \times 10^{-34}$ J s

बोहर मैग्नेटॉन (μ_B) = $9{\cdot}274 \times 10^{-24}$ J T^{-1}

नाभिकीय मैग्नेटॉन (μ_N) = $5{\cdot}051 \times 10^{-27}$ J T^{-1}

सूक्ष्म संरचना स्थिरांक (α) = 1/137·03599

प्रोटॉन का द्रव्यमान (M_p) = 1·0072766 u = $1{\cdot}6726 \times 10^{-27}$ kg

न्यूट्रॉन का द्रव्यमान (M_n) = 1·0086652 u = $1{\cdot}6749 \times 10^{-27}$ kg

ड्यूटरॉन का द्रव्यमान (M_d) = 2·013553 u

α-कण का द्रव्यमान (M_α) = 4·001506 u

${}^{12}_{6}C$ का द्रव्यमान = 12·000000 u

${}^{16}_{8}O$ का द्रव्यमान = 15·994915 u

${}^{87}_{38}Sr$ का द्रव्यमान = 86·99999 u

${}^{4}_{2}He$ का द्रव्यमान = 4·002603 u

Abhishek Kumar · VidBodh Academy · vidbodh.com
Physics Optional · Science & Technology · Ecology & Environment

खण्ड A

SECTION A

Q1. **निम्नलिखित सभी प्रश्नों के उत्तर दीजिए :**

Answer all the following questions : *10×5=50*

(a) एक हाइड्रोजन परमाणु उत्तेजित अवस्था n = 10 से निम्नतम अवस्था में प्रत्यक्ष संक्रमण करते हुए फ़ोटॉन उत्सर्जित करता है । इस फ़ोटॉन की ऊर्जा, संवेग एवं तरंगदैर्घ्य ज्ञात कीजिए । इस प्रक्रम में हाइड्रोजन परमाणु की प्रतिक्षिप्त गति भी ज्ञात कीजिए ।

Find the energy, momentum and wavelength of a photon emitted by a hydrogen atom making a direct transition from an excited state with n = 10 to the ground state. Also find the recoil speed of the hydrogen atom in this process. *10*

(b) एक इलेक्ट्रॉन 10^{-9} m की दूरी पर स्थित दो दृढ़ भित्तियों के बीच घूमने के लिए परिरुद्ध है । पहली तीन अनुमत ऊर्जा अवस्थाओं के लिए इलेक्ट्रॉन की दे ब्रोगली तरंगदैर्घ्यों एवं संगत ऊर्जाओं का परिकलन कीजिए ।

An electron is confined to move between two rigid walls separated by 10^{-9} m. Compute the de Broglie wavelengths representing the first three allowed energy states of the electron and the corresponding energies. *10*

(c) एक प्रारूपिक परमाण्वीय त्रिज्या लगभग 5×10^{-15} m है और नाभिक से उत्सर्जित बीटा कण की ऊर्जा अधिकतम 1 MeV की कोटि की है । अनिश्चितता के सिद्धांत के आधार पर सिद्ध कीजिए कि इलेक्ट्रॉन नाभिक में विद्यमान नही हैं ।

A typical atomic radius is about 5×10^{-15} m and the energy of β-particle emitted from a nucleus is at most of the order of 1 MeV. Prove on the basis of uncertainty principle that the electrons are not present in nuclei. *10*

(d) स्टर्न-गेरलाच प्रयोग में, जिसमें Ag परमाणु उपयोग हो रहे हैं, भट्टी ताप 1000 K, $l \approx 25$ cm तथा $\frac{\partial B_z}{\partial z} \simeq 10^{+3}$ टेस्ला/m है । दोनों घटकों के बीच के अंतराल का परिकलन कीजिए ।

In the Stern-Gerlach experiment using Ag atoms, the oven temperature is 1000 K, $l \approx 25$ cm and $\frac{\partial B_z}{\partial z} \simeq 10^{+3}$ Tesla/m. Calculate the separation of the two components. *10*

(e) अनिश्चितता के सिद्धांत का उपयोग करते हुए, हाइड्रोजन परमाणु की निम्नतम अवस्था का आकार और ऊर्जा का परिकलन कीजिए ।

Using uncertainty principle, calculate the size and energy of the ground state of hydrogen atom. *10*

Abhishek Kumar · VidBodh Academy · vidbodh.com
Physics Optional · Science & Technology · Ecology & Environment

Q2. (a) स्टर्न-गेरलाच प्रयोग का वर्णन कीजिए । चर्चा कीजिए कि किस प्रकार इसने आकाशी क्वान्टीकरण एवं इलेक्ट्रॉन प्रचक्रण (स्पिन) को समझाया था । बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B}$ में घूम रहे इलेक्ट्रॉन के प्रचक्रण कोणीय संवेग $\vec{S}$ एवं उसके z-घटक के बीच के कोण का मान ज्ञात कीजिए ।

Describe Stern-Gerlach experiment. Discuss how it has explained space quantization and electron spin. Find the value of angle between the spin angular momentum $\vec{S}$ and its z-component of an electron moving along the external magnetic field $\vec{B}$. *10+10+10=30*

(b) हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम में बामर श्रेणी का श्रेणी सीमांत तरंगदैर्घ्य प्रायोगिक रूप से 3646 Å पाया जाता है । इस श्रेणी की प्रथम रेखा का तरंगदैर्घ्य ज्ञात कीजिए ।

The series limit wavelength of Balmer series in hydrogen spectrum is experimentally found to be 3646 Å. Find the wavelength of the first line of this series. *10*

(c) पाउली के अपवर्जन सिद्धांत के आधार पर, दो अतुल्य p-इलेक्ट्रॉनों के लिए अनुमत स्पेक्ट्रमी पदों का परिकलन कीजिए ।

Compute the allowed spectral terms for two non-equivalent p-electrons on the basis of Pauli's exclusion principle. *10*

Q3. (a) रामन प्रभाव क्या है ? संक्षेप में शुद्ध घूर्णन स्पेक्ट्रम के मुख्य अभिलक्षणों का वर्णन कीजिए । HCl अणु के लिए अल्प घूर्णनीय रामन विस्थापन $41{\cdot}6\ cm^{-1}$ है । अणु जिन परमाणुओं से बना है, उनके बीच अंतरानाभिक दूरी ज्ञात कीजिए ।

What is Raman effect ? Describe briefly the chief characteristics of pure rotational spectra. The small rotational Raman displacement for HCl molecule is $41{\cdot}6\ cm^{-1}$. Find the internuclear distance between the atoms forming the molecule. *10+10+10=30*

(b) एल-एस युग्मन और जे-जे युग्मन योजनाओं को विस्तारपूर्वक स्पष्ट कीजिए ।

Explain in detail L-S coupling and j-j coupling schemes. *10*

(c) लैम्ब शिफ्ट क्या है ? हाइड्रोजन परमाणु में H_α बामर रेखा की सूक्ष्म संरचना का निर्धारण करने में इसका क्या महत्त्व है ?

What is Lamb shift ? What is its significance in determining the fine structure of H_α Balmer line in hydrogen atom ? *10*

Abhishek Kumar · VidBodh Academy · vidbodh.com
Physics Optional · Science & Technology · Ecology & Environment

Q4. (a) एक पद विभव के लिए श्रोडिन्गार समीकरण हल कीजिए और जब कण की गतिज ऊर्जा E_0, स्थितिज ऊर्जा V से अधिक हो ($E_0 > V$) तब उस मामले के लिए पारगमन और परावर्तन गुणांक का परिकलन कीजिए ।

Solve the Schrödinger equation for a step potential and calculate the transmission and reflection coefficient for the case when the kinetic energy of the particle E_0 is greater than the potential energy V (i.e., $E_0 > V$). *20*

(b) तीनों पाउली आव्यूहों σ_x, σ_y एवं σ_z का मेट्रिक्स निरूपण लिखिए । सिद्ध कीजिए कि ये आव्यूह निम्नलिखित सर्वसमिकाओं को संतुष्ट करते हैं :

(i) $[\sigma_x, \sigma_y] = 2\,i\,\sigma_z$

(ii) $[\sigma^2 . \sigma_x] = 0$

(iii) $(\vec{\sigma} . \vec{A})(\vec{\sigma} . \vec{B}) = \vec{A} . \vec{B} + i\,\vec{\sigma} . (\vec{A} \times \vec{B})$

यदि $\vec{A}$ एवं $\vec{B}$ पाउली आव्यूहों के साथ कम्यूट करते हैं ।

Write down the matrix representation of the three Pauli matrices σ_x, σ_y and σ_z. Prove that these matrices satisfy the following identities :

(i) $[\sigma_x, \sigma_y] = 2\,i\,\sigma_z$

(ii) $[\sigma^2 . \sigma_x] = 0$

(iii) $(\vec{\sigma} . \vec{A})(\vec{\sigma} . \vec{B}) = \vec{A} . \vec{B} + i\,\vec{\sigma} . (\vec{A} \times \vec{B})$

if $\vec{A}$ and $\vec{B}$ commute with Pauli matrices. *8+4+4+4=20*

(c) एक बॉक्स में मुक्त कण के लिए क्वांटम यांत्रिकीय श्रोडिंगर के समीकरण की सहायता से किसी धातु में निर्बाध विचरण कर रहे इलेक्ट्रॉन के लिए ऊर्जा-स्तर घनत्व (डेन्सिटी ऑफ स्टेट्स) का परिकलन कीजिए ।

Calculate the density of states for an electron moving freely inside a metal with the help of quantum mechanical Schrödinger's equation for free particle in a box. *10*

Abhishek Kumar · VidBodh Academy · vidbodh.com
Physics Optional · Science & Technology · Ecology & Environment

खण्ड B

SECTION B

Q5. **निम्नलिखित सभी प्रश्नों के उत्तर दीजिए :**

Answer all the following questions : *10×5=50*

(a) समझाइए कि किस कारण ड्यूटरॉन की उत्तेजित अवस्था नहीं होती ।

Explain why the deuteron has no excited state. *10*

(b) NAND एवं NOR द्वार सार्वत्रिक द्वार क्यों कहलाते हैं ? एक NAND द्वार के लिए, तर्क आरेख, बूलीय समीकरण एवं सत्यमान सारणी दीजिए ।

Why are NAND and NOR gates called universal gates ? Give the logic diagram, Boolean equation and the truth table of a NAND gate. *10*

(c) मूल कण क्या हैं और उन्हें किस प्रकार वर्गीकृत किया जाता है ? मूल कणों के बीच विभिन्न प्रकार की अन्योन्यक्रियाओं का संक्षेप में वर्णन कीजिए ।

What are elementary particles and how are they classified ? Describe in brief the different types of interactions that can occur between the elementary particles. *6+4=10*

(d) एक द्विविमीय जालक के अभाज्य स्थानांतरण सदिश निम्नानुसार हैं :

$$a = 2\hat{i} + \hat{j}, \quad b = 2\hat{j}$$

इसके व्युत्क्रम जालक के अभाज्य स्थानांतरण सदिश का निर्धारण कीजिए ।

The primitive translation vectors of a two-dimensional lattice are

$$a = 2\hat{i} + \hat{j}, \quad b = 2\hat{j}.$$

Determine the primitive translation vectors of its reciprocal lattice. *10*

(e) व्यवस्था आरेख की सहायता से दर्शाइए कि किसी अतिचालक के लिए एन्ट्रॉपी एवं विशिष्ट ऊष्मा में किस प्रकार ताप के साथ-साथ परिवर्तन होता है ।

With the help of a schematic diagram, show how entropy and specific heat vary with temperature for a superconductor. *10*

Q6. (a) एकल कण कोश मॉडल के मूल अभिगृहीत का कथन कीजिए । अपकेंद्रीय एवं प्रचक्रण-कक्षा पद त्रिविमीय गोलीय सरल आवर्ती दोलक की अपभ्रष्टता (डिजनरेसी) को किस प्रकार समाप्त कर देते हैं ?

State the basic assumption of single particle shell model. How do the centrifugal and spin-orbit terms remove the degeneracy of a three-dimensional spherical harmonic oscillator ? *10+15=25*

Abhishek Kumar · VidBodh Academy · vidbodh.com
Physics Optional · Science & Technology · Ecology & Environment

(b) दर्शाइए कि नाभिकीय कोश मॉडल में, मुख्य दोलित्र कोशों के मध्य स्तर अंतराल लगभग $\hbar\omega = 41\ A^{-1/3}$ MeV होता है ।

Show that in the nuclear shell model, the level spacing between major oscillator shells is approximately $\hbar\omega = 41\ A^{-1/3}$ MeV. *15*

(c) निम्नलिखित नाभिकों की मूल अवस्थाओं (ग्राउंड स्टेट्स) के लिए कोश मॉडल के आधार पर स्पिन एवं पैरिटी के मान का पूर्वानुमान लगाइए :

(i) $_{8}O^{15}$

(ii) $_{8}O^{16}$

(iii) $_{17}Cl^{38}$

Predict the spin and parity of ground states of the following nuclei on the basis of shell model : *10*

(i) $_{8}O^{15}$

(ii) $_{8}O^{16}$

(iii) $_{17}Cl^{38}$

Q7. (a) लेप्टॉनिक परिवार के विभिन्न सदस्यों को स्पष्ट कीजिए । लेप्टॉनिक नम्बर संरक्षण क्या है ? इस संरक्षण के नियम के आधार पर, बताइए कि निम्नलिखित अभिक्रियाएँ सम्भव हैं या नहीं :

(i) $\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\tau$

(ii) $n \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}_e$

Explain the various leptonic family members. What is leptonic number conservation ? Based on this conservation law, state whether the following reactions are possible or not : *10+5+5+5=25*

(i) $\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\tau$

(ii) $n \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}_e$

(b) निम्नलिखित हैड्रॉनों की क्वार्क संरचना लिखिए :

$\Delta^{++}, \Omega^-, \Sigma^-$ और Λ°

निम्नलिखित क्षयों (डिकेज़) को क्वार्क्स के पदों में लिखिए :

(i) $n \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}_e$

(ii) $\Delta^+ \rightarrow \pi^+ + n$

(iii) $\Sigma^+ \rightarrow p^+ + \pi^0$

Abhishek Kumar · VidBodh Academy · vidbodh.com
Physics Optional · Science & Technology · Ecology & Environment

Write down the quark structure of the following hadrons :

$$\Delta^{++}, \Omega^{-}, \Sigma^{-} \text{ and } \Lambda^{\circ}$$

Write down the following decays in terms of quarks : *6+9=15*

(i) $n \rightarrow p^{+} + e^{-} + \overline{\nu}_{e}$

(ii) $\Delta^{+} \rightarrow \pi^{+} + n$

(iii) $\Sigma^{+} \rightarrow p^{+} + \pi^{0}$

(c) विद्युत्-चुम्बकीय एवं दुर्बल अन्योन्यक्रियाओं के एकीकरण को समझाइए । Z°-बोसॉन क्या है ? इलेक्ट्रॉवीक एकीकरण में इसकी क्या प्रासंगिकता है ?

Explain unification of electromagnetic and weak interactions. What is Z°-boson ? What is its relevance in electroweak unification ? *10*

Q8. (a) प्रत्यक्ष एवं अप्रत्यक्ष आबंध अंतराल अर्द्धचालकों में क्या अंतर है ? सोलर सेलों में उपयोग के लिए इनमें से कौन-सा उपयुक्त है ?

What is the difference between direct and indirect band gap semiconductors ? Which one is suitable for use in solar cells ? *10+10=20*

(b) क्रिस्टलों के द्वारा, एक्स-किरण विवर्तन के लिए लाउए के समीकरणों को प्राप्त कीजिए । दर्शाइए कि ये समीकरण ब्रैग के नियम के संगत हैं ।

Obtain Laue's equations for X-ray diffraction by crystals. Show that these are consistent with the Bragg's law. *15+5=20*

(c) जालक ऊष्मा धारिता की आइन्स्टाइन की थियोरी के प्रमुख अभिलक्षणों को लिखिए । इसके आगे आइन्स्टाइन की थियोरी में विशिष्ट ऊष्मा के लिए व्यंजक को लिखिए तथा उसकी उच्च एवं निम्न ताप सीमाओं को स्पष्ट कीजिए ।

Write down the salient features of the Einstein's theory of lattice heat capacity. Further write down the expression for specific heat in Einstein's theory and explain its high and low temperature limits. *4+6=10*

Abhishek Kumar · VidBodh Academy · vidbodh.com
Physics Optional · Science & Technology · Ecology & Environment