वियोज्य / DETACHABLE

भौतिकी (प्रश्न-पत्र II)
PHYSICS (Paper II)

समय : तीन घण्टे Time Allowed : Three Hours	अधिकतम अंक : 250 Maximum Marks : 250

प्रश्नपत्र के लिए निर्देश

उत्तर लिखना शुरू करने से पहले कृपया निम्न निर्देशों में से प्रत्येक को ध्यानपूर्वक पढ़ लीजिए।

आठ प्रश्नों को दो **खंडों** मे बांटा गया है और **हिन्दी** तथा **अंग्रेजी** में छापा गया है।

उम्मीदवार को कुल **पांच** प्रश्नों के उत्तर देने हैं।

प्रश्न **1** एवं **5** अनिवार्य हैं, बाकी में से **तीन** का उत्तर प्रत्येक खंड से न्यूनतम **एक** प्रश्न लेते हुए करना है।

प्रश्न/अंश के अंक उस के सामने दिये गए हैं।

उत्तर उसी माध्यम में दिये जाने हैं जो सार्टिफिकेट में अनुमत है। उसका उल्लेख प्रश्न-सह-उत्तर (QCA) बुकलेट में निर्धारित स्थान पर मुखपृष्ठ पर करना जरूरी है। अनुमत माध्यम से भिन्न माध्यम में दिये उत्तरों पर कोई अंक नहीं दिया जायेगा।

जरूरत होने पर, उचित आंकड़े मान लें, उस का उल्लेख स्पष्टत: करें।

यदि अन्यथा सूचित नहीं हो, सिंबल एवं नोटेशन आम तौर पर प्रयुक्त सामान्य अर्थ वहन करते हैं।

कोई खाली पन्ना या अंश यदि उत्तर पुस्तिका में छोड़ा गया है, उसे स्पष्टत: अवश्य काट दें।

सभी प्रश्नों को क्रमान्वय में गिना जायेगा। प्रश्न आंशिक रूप में किया गया, तो भी गिना जायेगा यदि उसे नहीं काट दिया गया हो।

QUESTION PAPER SPECIFIC INSTRUCTIONS

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

There are EIGHT questions divided into two SECTIONS and printed both in HINDI and in ENGLISH.

Candidate has to attempt FIVE questions in all.

Question No. **1** and **5** are compulsory and out of the remaining, 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 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.

Any page or portion of the page left blank in the answer book must be clearly struck off.

Attempts of questions shall be counted in chronological order. Unless struck off, attempt of a question shall be counted even if attempted partly.

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) = $8{\cdot}8542 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$

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

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

बोल्ट्ज़मेन 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

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) = $8{\cdot}8542 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$

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

खंड 'क'

1. (क) एक ख़ास मूल कण के द्रव्यमान के निर्धारण पर प्रयोगों की एक शृंखला में, परिणामों में $\pm$ 20 m_e का विचरण दिखाई दिया, जहाँ m_e इलेक्ट्रान द्रव्यमान है। कण के जीवन-काल का आकलन कीजिए। 10

(ख) कक्षीय कोणीय संवेग संकारक की $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$ परिभाषा का इस्तेमाल करते हुए, मूल्यांकन कीजिए $[L_x, L_y]$ 10

(ग) हाइड्रोजन परमाणु की निम्नतम अवस्था में इलेक्ट्रान के लिए, प्रसामान्यीकृत तरंग फलन निम्नलिखित द्वारा दत्त है :

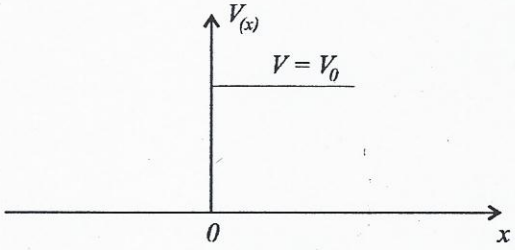
$$\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-\frac{r}{a_0}}$$

जहाँ a_0 प्रथम बोहर कक्षा की त्रिज्या है। निम्नतम अवस्था में, प्रोटान से r_0 दूरी के अंदर-अंदर इलेक्ट्रान के पाए जाने की प्रायिकता का परिकलन कीजिए। 10

(घ) $n = 3$ के लिए विभिन्न उपकोशों में इलेक्ट्रान किस प्रकार से वितरित रहते हैं ? द्वितीय कोश में इलेक्ट्रानों के लिए क्वांटम संख्याएं बताइए। 10

(ङ) आप H-एक (HI) अंतरातारकीय मेघों से और विश्व को समझने में उनके महत्व से क्या अर्थ निकालते हैं ? 10

2. (क)



ऊपर रेखचित्र में ऊर्जा $E > V_0$ वाले एकविम सोपान फलन विभव पर कणों के एक किरणपुंज के आपतन को विचारिए। श्रोडिंगर समीकरण का हल कीजिए और परावर्तन और संचरण गुणांकों के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए। 30

(ख) $E \to V_0$ और $E \to \infty$ के लिए परावर्तन गुणांक की क्या सीमाएं हैं ? 10

(ग) मामलों $0 < E < V_0$ और $E < 0$ पर चर्चा कीजिए। 10

3. (क) हाइड्रोजन परमाणु के ESR स्पैक्ट्रम के लिए, उचित चयन नियमों के साथ, ऊर्जा स्तर आरेख और अनुमत्य संक्रमणों की रचना कीजिए। 30

(ख) क्या कारण है कि CO_2 अणु में रमण सक्रिय कंपन और अवरक्त कंपन एक दूसरे के पूरक होते हैं ? 10

(ग) एक रैखिक त्रिपरमाणुक अणु के रमण स्पैक्ट्रम में, प्रथम तीन लाइनें 4·86, 8·14 और 11·36 cm^{-1} हैं। अणु के घुर्णनी स्थिरांक, B और जड़त्व आघूर्ण का परिकलन कीजिए।
(दत्त $h = 6{\cdot}626 \times 10^{-27}$ J.s, $C = 3{\cdot}0 \times 10^{10}$ cm/sec.) 10

4. (क) परमाण्वीय अवस्थाओं के लिए पद प्रतीकों को $^3P_2$ और $^2D_{5/2}$ बताया जाता है। L, S और J के मान क्या हैं ? 10

(ख) सोडियम D लाइन की बारीक संरचना पर चर्चा कीजिए। ^2P और ^2S स्तरों के बीच संक्रमणों के कारण D_1 और D_2 लाइनों के आरेख बनाइए। 25

(ग) दर्शाइए कि हाइड्रोजन परमाणु की प्रथम कक्षा में इलैक्ट्रान का वेग $\left(\frac{1}{137}\right)C$ होता है, जहाँ C प्रकाश का वेग है। (दत्त इलेक्ट्रानीय आवेश = $1{\cdot}602\times10^{-19}C$ प्लांक स्थिरांक $6{\cdot}63\times10^{-34}$ J.s, विद्युतशीलता = $8{\cdot}85\times10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$) 15

खंड 'ख'

5. (क) अभिक्रिया

$^{9}_{4}Be\left(^{4}_{2}He,\ n\right)^{12}_{6}C$ के Q-मान का परिकलन कीजिए : 10

दत्त :

द्रव्यमान $\left(^{9}_{4}Be\right) = 9{\cdot}01283\ u$

द्रव्यमान $\left(^{4}_{2}He\right) = 4{\cdot}002603\ u$

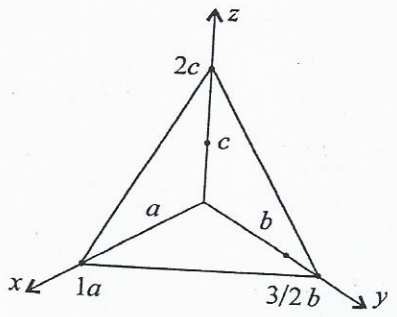
द्रव्यमान $\left(^{12}_{6}C\right) = 12{\cdot}000\ u$

द्रव्यमान $(n) = 1{\cdot}0086652\ u$

(ख) निम्नलिखित के नाभिकीय विन्यास को नाभिकीय कोश माडल की निम्नतम अवस्था में, लिखिए ^{7}Li, ^{12}C, ^{17}O और ^{27}Al और अतएव, संगत निम्नतम अवस्था कोणीय संवेगों और समताओं का परिकलन कीजिए। प्रेक्षित निम्नतम अवस्था कोणीय संवेग और समताएं कोश माडल के आधार पर पूर्वानुमानित संवेगों और समताओं के साथ कितना मेल खाते हैं ? 10

(ग) $u\ d\ s$ क्वार्कों और प्रति-क्वार्कों के लिए क्वांटम संख्याओं I_z, Y और S का कथन कीजिए। इनके किस संयोजन के द्वारा (i) प्रोटान और (ii) न्यूट्रान की रचना होती है ? 10

(घ) 10



ऊपर चित्र में एक क्रिस्टल समतल दिखाया गया है। उसके मिलर सूचकांकों और अंतरातलीय अंतराल को मालूम कीजिए।

10

(ङ) सामान्य उत्सर्जक विन्यास में द्विध्रुवीय संधि ट्रांज़िस्टर के संग्राहक अभिलक्षणों का आरेख बनाइए और उसको स्पष्ट कीजिए। आलेख का इस्तेमाल करते हुए, स्पष्ट कीजिए कि किस प्रकार ट्रांज़िस्टर का औफ-औन स्विच के तौर पर इस्तेमाल किया जा सकता है। 10

6. (क) β-क्षय में समता उल्लंघन को स्पष्ट कीजिए। वर्णन कीजिए कि ^{60}Co के क्षय में समता उल्लंघन किस प्रकार प्रायोगिकतः पहचाना गया था। ऐसे किसी अन्य क्षय प्रक्रम का उल्लेख कीजिए जिसमें समता उल्लंघन पाया गया है। 20

(ख) रेडियोसक्रिय न्यूक्लिआइडों की कमजोर अन्योन्यक्रिया में न्यूट्रीनों की क्या भूमिका होती है ? न्यूट्रीनों की प्रायोगिक पहचान को स्पष्ट कीजिए। 15

(ग) निम्नलिखित अभिक्रियाओं में, स्पष्टीकरण के साथ बताइए कि क्या वे मज़बूत, विद्युत-चुंबकीय या कमज़ोर अन्योन्यक्रिया के द्वारा आगे बढ़ते हैं या कि वे वर्जित हैं :

(i) $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$

(ii) $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$

(iii) $p + \pi^- \rightarrow K^+ + \Sigma^-$

15

7. (क) बैंड में इलैक्ट्रानों के लिए अवस्थाओं के घनत्व के लिए व्यंजक से आरंभ करते हुए, दर्शाइए कि नैज अर्ध-चालक की फर्मी ऊर्जा बैंड अंतराल के मध्य में होती है। 300 K पर इलैक्ट्रान घनत्व का अनुमान लगाने के लिए इन परिणामों का इस्तेमाल कीजिए। (मानिए कि E_g = 1 eV और कि इलैक्ट्रान और विवर के विराम-द्रव्यमान m_e और m_h हैं) 20

(ख) $T_c \sim 10\,K$ सहित एक पूर्ण चालक और एक अतिचालक को निम्नलिखित दशाओं में डाला जाता है :

(i) अनुप्रयुक्त चुंबकीय क्षेत्र के अधीन 4 K तक ठंडा किया जाता है।

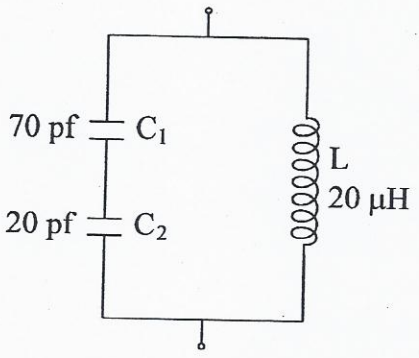
(ii) 4 K तक ठंडा किया जाता है और उसके बाद चुंबकीय क्षेत्र लगाया जाता है।

व्यवस्थात्मक आरेखों के द्वारा, इन सभी स्थितियों में चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं के पथ को स्पष्ट कीजिए। 15

(ग) दर्शाइए कि लंडन समीकरण $\vec{\nabla} \times \vec{J} = -\frac{1}{\mu_0 \lambda_L^2}\vec{B}$ or $\vec{j} = -\frac{C}{4\pi\lambda_L^2}\vec{A}$

माइस्नर प्रभाव तक पहुंचा देता है। 15

8. (क)



स्पष्ट कीजिए कि ऊपर दिखाया गया परिपथ किस प्रकार दोलनों का एक स्रोत हो सकता है। इस परिपथ का ट्रांज़िस्टर दोलक के निर्माण में इस्तेमाल कीजिए और उसकी प्रक्रिया को स्पष्ट कीजिए। इस परिपथ के दोलनों की आवृत्ति क्या है ? 25

(ख) तीन बिटों A, B और C को जोड़ने के लिए और उनका योग प्रदान करने और आउटपुट के तौर पर वहन करने के लिए एक अंकीय परिपथ बनाइए। आउटपुटों को सही साबित करने के लिए, समुचित बूलीय व्यंजकों और सत्यमान सारणी को दर्शाइए। 25

SECTION 'A'

1. (a) In a series of experiments on the determination of the mass of a certain elementary particle, the results showed a variation of $\pm$ 20 m_e, where m_e is the electron mass. Estimate the lifetime of the particle. 10

(b) Using the definition $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$ of the orbital angular momentum operator, evaluate $\left[L_x, L_y\right]$. 10

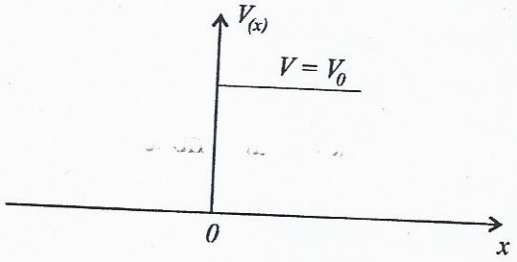
(c) The normalized wave function for the electron in the ground state of the hydrogen atom is given by $\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-\frac{r}{a_0}}$,

where a_0 is the radius of the first Bohr orbit. Calculate the probability of finding the electron within a distance r_0 of the proton in the ground state. 10

(d) How are electrons distributed in the various sub-shells for $n = 3$? Give the quantum numbers for the electrons in the second shell. 10

(e) What do you understand by H-one (HI) interstellar clouds and their importance to understand the universe. 10

2. (a)



Consider a beam of particles incident on a one-dimensional step function potential with energy $E > V_0$ as shown in the above figure. Solve the Schrödinger equation and obtain expressions for the reflection and transmission coefficients. 30

(b) What are the limits of the reflection coefficient for $E \to V_0$ and $E \to \infty$? 10

(c) Discuss the cases $0 < E < V_0$ and $E < 0$. 10

3. (a) With proper selection rules, construct the energy level diagram and allowed transitions for ESR spectrum of hydrogen atom. 30

(b) Why are Raman active vibrations and infrared vibrations in CO_2 molecule complementary to each other ? 10

(c) In a Raman spectrum of a linear triatomic molecule, the first three lines are 4·86, 8·14 and 11·36 cm^{-1}. Calculate the rotational constant, B and the moment of inertia of the molecule.

(Given $h = 6{\cdot}626 \times 10^{-27}$ J.s, $C = 3{\cdot}0 \times 10^{10}$ cm/sec.) 10

4. (a) The term symbol for atomic states are quoted as $^3P_2$ and $^2D_{5/2}$. What are the values of L, S and J ? 10

(b) Discuss the fine structure of sodium D line. Draw D_1 and D_2 lines due to the transitions between ^2P and ^2S levels. 25

(c) Show that the velocity of electron in the first orbit of hydrogen atom is $\left(\frac{1}{137}\right)C$ where C is the velocity of light. (Given electronic charge = $1{\cdot}602\times10^{-19}C$ Planck Constant $6{\cdot}63\times10^{-34}$ J.s, permittivity = $8{\cdot}85\times10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$) 15

SECTION 'B'

5. (a) Calculate the Q-value of the reaction : 10

$^9_4Be\left(^4_2He,\ n\right)^{12}_6C$

Given :

Mass $\left(^9_4Be\right) = 9{\cdot}01283\ u$

Mass $\left(^4_2He\right) = 4{\cdot}002603\ u$

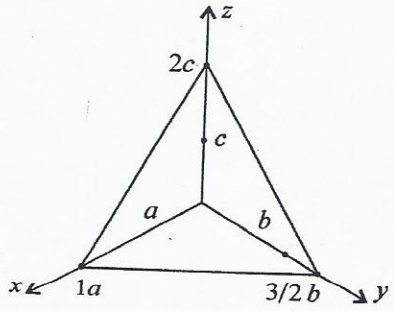
Mass $\left(^{12}_6C\right) = 12{\cdot}000\ u$

Mass $(n) = 1{\cdot}0086652\ u$

(b) Write down the nucleonic configuration of, ^7Li, ^{12}C, ^{17}O and ^{27}Al in the ground state of the nuclear shell model and hence calculate the corresponding ground state angular momenta and parities. How do the observed ground state angular momenta and parities agree with those predicted on the basis of shell model ? 10

(c) State the quantum numbers I_z, Y and S for the $u\ d\ s$ quarks and antiquarks. Which combination of these leads to the formation of (i) proton and (ii) neutron ? 10

(d)



A crystal plane is shown in the above figure. Find its Miller indices and interplanar spacing. 10

(e) Draw and explain the collector characteristics of a bipolar junction transistor in common emitter configuration. Using the plot, explain how the transistor can be used as an ON-OFF switch. 10

6. (a) Explain parity violation in β-decay. Describe how parity violation was experimentally detected in the decay of ^{60}Co. Mention any other decay process in which the parity violation has been demonstrated. 20

(b) What is the role of neutrino in the weak interaction of radioactive nuclides ? Explain the experimental detection of neutrino. 15

(c) In the following reactions indicate with an explanation, whether they proceed by strong, electromagnetic or weak interaction or they are forbidden :

(i) $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$

(ii) $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$

(iii) $p + \pi^- \rightarrow K^+ + \Sigma^-$

15

7. (a) Starting with the expression for the density of states for electrons in a band, show that the Fermi energy of an intrinsic semiconductor is at the middle of the band gap. Use these results to estimate the electron density at 300 K (Assuming $E_g = 1$ eV and the rest masses of electron and hole as m_e and m_h). 20

(b) A perfect conductor and a superconductor with $T_c \sim 10\ K$ are subjected to the following conditions :

(i) cooled under applied magnetic field to 4 K

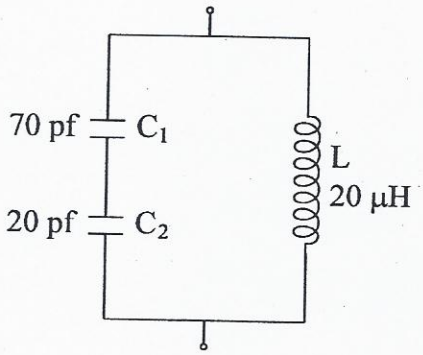
(ii) cooled to 4 K and then magnetic field is applied

with schematic diagrams, explain path of magnetic field lines in all these situations. 15

(c) Show that the London equation $\vec{\nabla} \times \vec{J} = -\frac{1}{\mu_0 \lambda_L^2} \vec{B}$ or $\vec{j} = -\frac{C}{4\pi\lambda_L^2} \vec{A}$

leads to the Meissner effect. 15

8. (a)



Explain how the circuit shown above can be a source of oscillations. Use this circuit to construct a transistor oscillator and explain its working. What is the frequency of oscillations of this circuit ? 25

(b) Construct a digital circuit to add three bits A, B and C and provide their sum and carry as outputs. Show appropriate Boolean expressions and truth table to justify the outputs. 25

भौतिकी
प्रश्न-पत्र—II
PHYSICS
Paper—II

निर्धारित समय : तीन घंटे
Time Allowed : Three Hours

अधिकतम अंक : 250
Maximum Marks : 250

प्रश्न-पत्र के लिए विशिष्ट अनुदेश

उत्तर लिखना शुरू करने से पहले कृपया निम्न निर्देशों में से प्रत्येक को ध्यानपूर्वक पढ़ लीजिए।

आठ प्रश्नों को **दो** खंडों में बांटा गया है और **हिन्दी** तथा **अंग्रेजी** में छापा गया है।

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

प्रश्न संख्या **1** एवं **5** अनिवार्य हैं, बाकी प्रश्नों में से **तीन** का उत्तर प्रत्येक खण्ड से न्यूनतम **एक** प्रश्न लेते हुए करना है।

प्रश्न/अंश के अंक उसके सामने दिए गए हैं।

उत्तर उसी माध्यम में दिये जाने हैं जो सार्टिफिकेट में अनुमत है। उसका उल्लेख प्रश्न-सह-उत्तर (QCA) बुकलेट में निर्धारित स्थान पर मुखपृष्ठ पर करना जरूरी है। अनुमत माध्यम से भिन्न माध्यम में दिये उत्तरों पर कोई अंक नहीं दिया जायेगा।

जरूरत होने पर, उचित आंकड़े मान लें, उसका उल्लेख स्पष्टत: करें।

यदि अन्यथा सूचित नहीं हो, सिंबल एवं नोटेशन आमतौर पर प्रयुक्त सामान्य अर्थ वहन करते हैं।

कोई खाली पन्ना या अंश यदि उत्तर पुस्तिका में छोड़ा गया है, उसे स्पष्टत: अवश्य काट दें।

सभी प्रश्नों को क्रमान्वय में गिना जायेगा। प्रश्न आंशिक रूप में किया गया, तो भी गिना जायेगा यदि उसे नहीं काट दिया गया हो।

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.*

*Question Nos. **1** and **5** are compulsory and out of the remaining, **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 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.

Any page or portion of the page left blank in the answer book must be clearly struck off.

Attempts of questions shall be counted in chronological order. Unless struck off, attempt of a question shall be counted even if attempted partly.

खण्ड—अ
SECTION—A

Q. 1(a) 500 eV गतिज ऊर्जा के साथ गतिमान (i) एक न्यूट्रान और (ii) एक इलेक्ट्रान के डी ब्रोग्ली तरंगदैर्ध्य को मालूम कीजिए। (1 eV = 1.602×10^{-19} J)

Find the deBroglie wave length of (i) a neutron and (ii) an electron moving with a kinetic energy of 500 eV. (1 eV = 1.602×10^{-19} J) 10

Q. 1(b) लेम्बडा (Λ°) कण का माध्य जीवन काल 2.6×10^{-10} s है। इसके द्रव्यमान के eV में निर्धारण में क्या अनिश्चितता होगी ?

The mean life time of Lambda (Λ°) particle is 2.6×10^{-10} s. What will be the uncertainty in the determination of its mass in eV ? 10

Q. 1(c) अगर $\hat{x}$ और $\hat{p}$ स्थिति और संवेग संकारक हैं, तो निम्नलिखित क्रमविनिमय (कौमुटेशन) संबंध को साबित कीजिए : $[\hat{p}^2, \hat{x}] = -2i\hbar p$ ।

If $\hat{x}$ and $\hat{p}$ are the position and momentum operators, prove the commutation relation $[\hat{p}^2, \hat{x}] = -2i\hbar p$. 10

Q. 1(d) दत्त की कार्बन मोनोक्साइड (CO) के कम्पनिक स्तरों के बीच का अंतराल ऊर्जा का 8.45×10^{-2} eV है। अणु के बल-स्थिरांक को मालूम कीजिए।

Given that the spacing between vibrational levels of CO molecules is 8.45×10^{-2} eV of energy. Find the force constant of the molecule. 10

Q. 1(e) पाउली प्रचक्रण आव्यूहों (स्पिन मैट्रिसेस) को लिखिए। पाउली प्रचक्रण आव्यूहों के पदों में J_x, J_y और J_z का व्यंजक ज्ञात कीजिए।

Write down Pauli spin matrices. Express J_x, J_y and J_z in terms of Pauli spin matrices. 10

Q. 2(a) क्रमविनिमय संबंधों

$$[x, p_x] = [y, p_y] = [z, p_z] = i\hbar,$$

का इस्तेमाल करते हुए, कोणीय संवेग संकारक L के घटकों के बीच क्रमविनिमय संबंधों का निगमन कीजिए :

$$[L_x, L_y] = i\hbar L_z$$

$$[L_y, L_z] = i\hbar L_x \text{ और}$$

$$[L_z, L_x] = i\hbar L_y.$$

Using the commutation relations

$$[x, p_x] = [y, p_y] = [z, p_z] = i\hbar,$$

deduce the commutation relation between the components of angular momentum operator L.

$$[L_x, L_y] = i\hbar L_z$$

$$[L_y, L_z] = i\hbar L_x \text{ and}$$

$$[L_z, L_x] = i\hbar L_y.$$

20

Q. 2(b) एक कण के लिए काल-आश्रित श्रोडिंगर समीकरण को प्राप्त कीजिए। यहाँ से, काल-स्वतंत्र श्रोडिंगर समीकरण का निगमन कीजिए।

Obtain the time-dependent Schrödinger equation for a particle. Hence deduce the time-independent Schrödinger equation. 20

Q. 2(c) फ्लक्स घनत्व 0.3 टेसला के एक चुंबकीय क्षेत्र में निश्चित तत्व का एक नमूना रखा जाता है। 4500 Å तरंगदैर्ध्य के स्पेक्ट्रमी रेखा का जीमान घटक कितनी दूर अलग है ? ($e/m = 1.76 \times 10^{11}$ c/kg, $c = 3.0 \times 10^8$ ms^{-1})

A sample of a certain element is placed in a magnetic field of flux density 0.3 tesla. How far apart is the Zeeman component of a spectral line of wavelength 4500 Å ? Given : $e/m = 1.76 \times 10^{11}$ c/kg, $c = 3.0 \times 10^8$ ms^{-1}. 10

Q. 3(a) द्रव्यमान m के एक कण के लिए श्रोडिंगर समीकरण निम्नलिखित एकविमीय विभव कूप (पोटैंशियल वैल) :

$V = 0$, जब $0 \leq x \leq L$

$= \infty$, जब $x < 0, x > L$

में परिरूद्ध द्रव्यमान m के एक कण के लिए श्रोडिंगर समीकरण हल कीजिए।

विविक्त ऊर्जा मानों और प्रसामान्यीकृत आइगेन मानों को प्राप्त कीजिए।

Solve the Schrödinger equation for a particle of mass m confined in a one-dimensional potential well of the form :

$V = 0$, when $0 \leq x \leq L$

$= \infty$, when $x < 0, x > L$

Obtain the discrete energy values and the normalized eigen functions. 20

Q. 3(b) द्विपरमाणुक अणु को एक अप्रसंवादी दोलित्र के रूप में मानते हुए कम्पनिक स्पेक्ट्रमों की चर्चा कीजिए।

Discuss the vibrational spectra of a diatomic molecule treating it as an anharmonic oscillator. 20

Q. 3(c) अनंत ऊँचाई और 1 Å चौड़ाई के एकविमीय कोष्ठ में एक इलेक्ट्रान गतिमान है। इस इलेक्ट्रान की न्यूनतम ऊर्जा मालूम कीजिए।

An electron is moving in a one dimensional box of infinite height and width 1 Å. Find the minimum energy of electron. 10

Q. 4(a) प्रसामान्य जीमान सृति (जीमान शिफ्ट) के लिए एक व्यंजक प्राप्त कीजिए। हाइड्रोजन अणु के स्पेक्ट्रमी रेखाओं का जीमान विपाटन (जीमान स्पीलिटिंग) और $l = 1$ व $l = 2$ अवस्थाओं के लिए अनुमत संक्रमणों को उदाहरण के साथ समझाइये।

Obtain an expression for the normal Zeeman shift. Illustrate the Zeeman splitting of spectral lines of H atom and the allowed transitions for the $l = 1$ and $l = 2$ states. 20

Q. 4(b) समझाइए कि नाभिकीय प्रचक्रण I अणुओं की द्रव्यमान संख्या A और परमाणु क्रमांक Z पर किस प्रकार निर्भर करता है, टिप्पणी कीजिए।

Explain how the nuclear spin I depends on the mass number A and atomic number Z of atoms. 10

Q. 4(c) (i) नाभिकीय चुंबकीय अनुनाद (एन.एम.आर.) में अनुनाद दशा के लिए एक व्यंजक प्राप्त कीजिए।

(ii) नाभिकीय चुंबकीय अनुनाद स्पेक्ट्रोस्कोपी में विश्रांति प्रक्रमों पर टिप्पणी कीजिए।

(i) Obtain an expression for the resonance condition in NMR. 10

(ii) Explain the relaxation processes in NMR spectroscopy. 10

खण्ड—ब

SECTION—B

Q. 5(a) समझाइए कि क्यों स्थायी हल्के नाभिकों में समान संख्या में प्रोटोन और न्यूट्रान होते हैं जबकि भारी नाभिकों में न्यूट्रान की अधिकता होती है।

Explain why stable light nuclei have equal number of protons and neutrons whereas heavy nuclei have excess of neutron. 10

Q. 5(b) अल्फा-क्षय (एल्फा डिके) के अध्ययन से नाभिकीय त्रिज्या का प्राक्कलन करना संभव है। टिप्पणी कीजिए कि किस प्रकार ?

It is possible to estimate the nuclear radius from the study of alpha decay ? Explain how. 10

Q. 5(c) f.c.c. गोल्ड और f.c.c. कॉपर में ध्वनि का वेग क्रमश: 2100 m/s और 3800 m/s है। अगर कॉपर का डिबाय तापमान 348 K है, तो गोल्ड का डिबाय तापमान निर्धारित कीजिए।

मानिये कि गोल्ड का घनत्व = 1.93×10^4 kg/m^3 और कॉपर का घनत्व 0.89×10^4 kg/m^3 है।

The velocity of sound in f.c.c. gold and f.c.c. copper is 2100 m/s and 3800 m/s respectively. If the Debye temperature of copper is 348 K, then determine the Debye temperature of gold. Take the densities of gold and copper as 1.93×10^4 kg/m^3 and 0.89×10^4 kg/m^3 respectively. 10

Q. 5(d) अतिचालकों (सुपरकंडक्टर्स) में ऊर्जा अंतराल इंसुलेटरों के ऊर्जा अंतराल से कैसे भिन्न होता है ? अतिचालकों के लिए यह ताप के साथ किस प्रकार परिवर्तित होता है ?

How does the energy gap in superconductors differ from the energy gap in insulator ? How does it vary with temperature for superconductors ? 10

Q. 5(e) एक घनीय एकक कोष्ठिका (सेल) में समतल (111) और (121) के प्रसामान्यों के बीच का कोण मालूम कीजिए।

In a cubic unit cell, find the angle between normals to the plane (111) and (121). 10

Q. 6(a) सेम (SEM) और टेम (TEM) के कार्य-पद्धतियों पर टिप्पणी कीजिए और इसके सिद्धांतों के मुख्य अंतरों को रेखांकित कीजिए। सुन्दर व्यवस्था रेखाचित्र बनाइये।

Explain the working of SEM and TEM and highlight the major differences in principles. Draw neat schematic diagrams. 20

Q. 6(b) n-चैनल अवक्षय प्रकार के MOSFET के मूल संरचना को दीजिए। अवक्षय और संवृद्धि विधाओं में ड्रेन धारा-ड्रेन वोल्टता अभिलक्षक का रेखाचित्र बनाइये।

Give the basic structure of n-channel depletion type MOSFET. Draw the drain current-drain voltage characteristics both in depletion as well as enhancement modes. 20

Q. 6(c) मूलभूत अन्योन्यक्रिया में अपनी भागीदारी के आधार पर, मूल कणों (एलिमेंटरी पार्टिकल्स) का वर्गीकरण कैसे होता है ?

How are elementary particles classified on the basis of their participation in fundamental interaction ? 10

Q. 7(a) (i) नाभिकीय बलों की प्रमुख्य अभिलक्षण क्या हैं ?

(ii) नाभिकीय बलों की युकावा की थियोरी पर चर्चा कीजिए।

(i) What are salient features of nuclear forces ? 10

(ii) Discuss Yukawa's theory of nuclear forces. 10

Q. 7(b) (i) कैसे द्रव बूंद माडल विखंडण (फिशन) की व्याख्या करता है ?

(ii) कोश मॉडल (शैल मॉडल) की क्या सीमाएं हैं ?

(i) How does liquid drop model explain fission ? 10

(ii) What are the limitations of shell model ? 10

Q. 7(c) अतिचालक अवस्था में सीसे (लेड) का शून्य चुंबकीय क्षेत्र पर 6.2 K का क्रांतिक तापमान और 0 K पर 0.064 MAm^{-1} का एक क्रांतिक क्षेत्र है। 4 K तापमान पर क्रांतिक क्षेत्र का निर्धारण कीजिए।

Lead in the superconducting state has critical temperature of 6.2 K at zero magnetic field and a critical field of 0.064 MAm^{-1} at 0 K. Determine the critical field at 4 K. 10

Q. 8(a) व्युत्क्रम जालक (लैटिस) क्या होती है और इसका नाम यह क्यों है ? दिष्ट जालक के अभाज्य स्थानांतरण वेक्टर के रूप में, व्युत्क्रम जालक का अभाज्य स्थानांतरण वेक्टर के लिए संबंधों का व्युत्पन्न कीजिए।

What is the reciprocal lattice and why is it named so ? Derive the relationships for the primitive translation vectors of the reciprocal lattice in terms of those of the direct lattice. 20

Q. 8(b) नाभिकों में जादुई संख्याएं क्या हैं ? इसके अस्तित्व को बताते हुए प्रायोगिक साक्ष्यों को सूचीबद्ध करें।

What are the magic numbers in nuclei ? List the experimental evidences indicating their existence. 20

Q. 8(c) 100 V/m का विद्युत क्षेत्र n-प्रकार के अर्द्ध-चालक के नमूना पर लगाया जाता है जिसका हाल-गुणांक $-0.0125\ m^3/coulomb$ है। $\mu_x = 0.36\ m^2\ v^{-1}s^{-1}$ का मान मानते हुए, नमूने में धारा-घनत्व निर्धारित कीजिए।

An electric field of 100 V/m is applied to a sample of n-type semiconductor whose Hall coefficient is $-0.0125\ m^3/coulomb$. Determine the current density in the sample assuming $\mu_x = 0.36\ m^2\ v^{-1}s^{-1}$. 10

C–AVZ–O–QIZB

CS (Main) Exam:2015

भौतिकी
प्रश्न-पत्र—II
PHYSICS
Paper—II

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

प्रश्न-पत्र के लिए विशिष्ट अनुदेश

उत्तर लिखना शुरू करने से पहले कृपया निम्न निर्देशों में से प्रत्येक को ध्यानपूर्वक पढ़ लीजिए :

आठ प्रश्नों को दो खंडों में बांटा गया है और हिन्दी तथा अंग्रेजी में छापा गया है।

उम्मीदवार को कुल पाँच प्रश्नों के उत्तर देने हैं।

प्रश्न संख्या 1 एवं 5 अनिवार्य हैं, बाकी प्रश्नों में से तीन का उत्तर प्रत्येक खण्ड से न्यूनतम एक प्रश्न लेते हुए करना है।

प्रश्न/अंश के अंक उसके सामने दिए गए हैं।

उत्तर उसी माध्यम में दिये जाने हैं जो सार्टिफिकेट में अनुमत है। उसका उल्लेख प्रश्न-सह-उत्तर (QCA) बुकलेट में निर्धारित स्थान पर मुखपृष्ठ पर करना जरूरी है। अनुमत माध्यम से भिन्न माध्यम में दिये उत्तरों पर कोई अंक नहीं दिया जायेगा।

जरूरत होने पर, उचित आंकड़े मान लें, उसका उल्लेख स्पष्टत: करें।

यदि अन्यथा सूचित नहीं हो, सिंबल एवं नोटेशन आमतौर पर प्रयुक्त सामान्य अर्थ वहन करते हैं।

कोई खाली पन्ना या अंश यदि प्रश्न-सह-उत्तर पुस्तिका में छोड़ा गया है, उसे स्पष्टत: अवश्य काट दें।

सभी प्रश्नों को क्रमान्वय में गिना जायेगा। प्रश्न आंशिक रूप में किया गया, तो भी गिना जायेगा यदि उसे नहीं काट दिया गया हो।

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.*

*Question Nos. **1** and **5** are compulsory and out of the remaining, **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 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.

Any page or portion of the page left blank in the Question-cum-Answer Booklet must be clearly struck off.

Attempts of questions shall be counted in chronological order. Unless struck off, attempt of a question shall be counted even if attempted partly.

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

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

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

इलेक्ट्रॉन की विरामावस्था द्रव्यमान ऊर्जा (m_ec^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}

बोल्ट्ज़मेन 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

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

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

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

Rest mass energy of electron (m_ec^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

खण्ड—अ

SECTION—A

Q. 1(a) समतल तरंग (प्लेन वेव) $\psi(x, t) = \exp[i(kx - \omega t)]$ के लिए प्रायिकता धारा का एक व्यंजक ज्ञात करें। अपने परिणाम की व्याख्या करें।

Obtain an expression for the probability current for the plane wave $\psi(x, t) = \exp[i(kx - \omega t)]$. Interpret your result. 10

Q. 1(b) विमीय विश्लेषण का इस्तेमाल करते हुए समझाइए कि किसी कण का कोणीय संवेग $\hbar^2$ क्यों नहीं हो सकता है ?

Using dimensional analysis, explain why the angular momentum of a particle cannot be $\hbar^2$. 10

Q. 1(c) HCl के अणु के घूर्णी उत्सर्जन स्पेक्ट्रम में की दो उत्तरोत्तर स्पेक्ट्रमी रेखाओं की तरंग संख्याएं क्रमश: 83.5 cm^{-1} एवं 104.1 cm^{-1} हैं। इससे ऊँची तरंग संख्या पर प्रकट होने वाली अगली रेखा की स्थिति का परिकलन कीजिए।

Two successive lines in the rotational emission spectrum of HCl molecule appear at wave numbers 83.5 cm^{-1} and 104.1 cm^{-1}. Calculate the position of the next line appearing at the higher wave number. 10

Q. 1(d) (i) स्थापित कीजिए कि :

$$hc = 1240 \text{ eV.nm}$$
$$= 1240 \text{ MeV. fm}$$

Establish that :

$$hc = 1240 \text{ eV.nm}$$
$$= 1240 \text{ MeV. fm}$$

5

(ii) हाइड्रोजन परमाणु के ऊर्जा स्तर निम्नानुसार है :

$$E_n = \left(\frac{-1}{n^2}\right) R_{yd}$$

जहां $1\ R_{yd} = hcR$

दर्शाइए $R = 1.097 \times 10^7\ m^{-1}$.

The energy levels of a hydrogen atom are given by $E_n = \left(\frac{-1}{n^2}\right) R_{yd}$ where $1\ R_{yd} = hcR$.

Show that $R = 1.097 \times 10^7\ m^{-1}$. 5

Q. 1(e) यदि प्लेटिनम के K, L, M ऊर्जा स्तर क्रमश: लगभग 78, 12 एवं 3 keV निर्वात स्तर से नीचे हैं, तो K_α एवं K_β लाइनों के तरंगदैर्घ्यों का परिकलन कीजिए।

If K, L and M energy levels of platinum are approximately 78, 12 and 3 keV, respectively, below the vacuum level, calculate the wavelengths of K_α and K_β lines. 10

Q. 2(a) एक त्रिविमीय आयताकार विभव रोधिका में कण के लिए श्रोडिंजर समीकरण को हल करिए। इस संदर्भ में अपभ्रष्ट एवं अनपभ्रष्ट अवस्थाओं को समझाइए।

Solve the Schrödinger equation for a particle in a three dimensional rectangular potential barrier. Explain the terms degenerate and non-degenerate states in this context. 30

Q. 2(b) उछलती हुई गेंद के लिए, काल स्वतंत्र श्रोडिंजर समीकरण लिखिए।

Write the time independent Schrödinger equation for a bouncing ball. 10

Q. 2(c) एक कण का प्रसामान्यीकृत फलन निम्नानुसार है :

$$\psi = N \exp\left(\frac{-x^2}{2a^2} + ikx\right)$$

इस कण की स्थिति के प्रत्याशा मान को मालूम कीजिए।

Normalized wave function of a particle is given below :

$$\psi = N \exp\left(\frac{-x^2}{2a^2} + ikx\right).$$

Find the expectation value of position. 10

Q. 3(a) ज़ीमान प्रभाव क्या है ? क्वांटम यांत्रिकी आधार पर, इसे कैसे समझा जा सकता है ?

What is Zeeman effect ? How can it be understood on the basis of quantum mechanics ? 25

Q. 3(b) सोडियम डी लाइनों के लिए ज़ीमान विपाटन प्राप्त करिए।

Obtain Zeeman splitting for sodium D-lines. 15

Q. 3(c) मामले में LS युग्मन को मानते हुए, $3P_2$ अवस्था में स्थित परमाणु का चुम्बकीय आघूर्ण ज्ञात कीजिए।

Find the magnetic moment of an atom in $3P_2$ state, assuming that LS coupling holds for this case. 10

Q. 4(a) हाईड्रोजन अणु द्विपरमाण्विक है। इस अणु के घूर्णी ऊर्जा स्तरों को ज्ञात कीजिए। वरण नियम लिखिए। न्यूनतम घूर्णी विधा को उत्तेजित करने के लिए आवश्यक न्यूनतम ऊर्जा को ज्ञात कीजिए।

Hydrogen molecule is diatomic. Obtain the rotational energy levels of this molecule. Write down the selection rules. Obtain the smallest energy required to excite the lowest rotational mode. 30

Q. 4(b) CO अणु की प्रेक्षित कंपनिक आवृत्ति 6.42×10^{13} Hz है। अणु का प्रभावी बल नियतांक क्या होगा ?

The observed vibrational frequency of CO molecule is 6.42×10^{13} Hz. What is the effective force constant of the molecule ? 10

Q. 4(c) एक कण अनंत गहराई के a चौड़ाई के वर्गाकार कूप में फंसा हुआ है। इसका तरंग फलन $\psi = \left(\frac{2}{\pi}\right)^{1/2} \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right)$ है। इस कूप की दीवारों को एकाएक अनंत दूरी पर सरका दिया जाता है। कण के संवेग के p तथा p+dp के बीच होने की प्रायिकता ज्ञात करें।

A particle trapped in an infinitely deep square well of width a has a wave function $\psi = \left(\frac{2}{\pi}\right)^{1/2} \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right)$. The walls are suddenly separated by infinite distance. Find the probability of the particle having momentum between p and p+dp. 10

खण्ड—ब

SECTION—B

Q. 5(a) किसी प्रतिक्रिया के Q की परिभाषा कीजिए। निम्न प्रतिक्रिया के Q मान का परिकलन कीजिए :

$${}^{9}_{4}\text{Be}\left({}^{4}_{2}\text{He},\ n\right){}^{12}_{6}\text{C}$$

दिया हुआ है : द्रव्यमान (^{9}Be) = 9.012183 u

द्रव्यमान (^{4}He) = 4.002603 u

द्रव्यमान (^{12}C) = 12.000 u

Define Q of a reaction. Calculate the Q-value of the reaction :

$${}^{9}_{4}\text{Be}\left({}^{4}_{2}\text{He},\ n\right){}^{12}_{6}\text{C}.$$

Given : Mass (^{9}Be) = 9.012183 u

Mass (^{4}He) = 4.002603 u

Mass (^{12}C) = 12.000 u. 10

Q. 5(b) दर्शाइए कि किसी क्रिस्टल जालक में स्वेच्छ घूर्णन अक्ष अनुमत नहीं होता।

Show that any arbitrary rotation axis is not permitted in a crystal lattice. 10

Q. 5(c) uds क्वार्क्स एवं एंटिक्वार्क्स के लिए, क्वांटम संख्याएं I_z, Y एवं S लिखिए। इनके किन संयोजनों के परिणामस्वरूप (i) प्रोटान एवं (ii) न्यूट्रान की रचना होती है।

State the quantum numbers I_z, Y and S for uds quarks and antiquarks. Which combination of these leads to the formation of a (i) proton and (ii) neutron ? 10

Q. 5(d) तर्कसंगत व्यंजक $[A\bar{B}(C + BD) + \bar{A}\,\bar{B}]C$ का सरलीकरण कीजिए।

Simplify the logical expression $[A\bar{B}(C + BD) + \bar{A}\,\bar{B}]C$. 10

Q. 5(e) n-p-n एवं p-n-p ट्रांज़िस्टर्स में अंतर स्पष्ट करिए। जब उनको प्रवर्धक के तौर पर इस्तेमाल किया जाता है, तब उनकी युक्ति संरचना और बायसकरण परिपथों के बारे में बताइए।

Differentiate between n-p-n and p-n-p transistors. Give their device structure and biasing circuits when used as an amplifier. 10

Q. 6(a) ग्रांड यूनिफिकेशन थियोरियों (जी.यू.टी.) का वर्णन करिए।

Describe grand unification theories (GUT). 20

Q. 6(b) कितने प्रकारों के न्यूट्रिनो हैं ? द्रव्यमानों के आधार पर, उनके अंतर को स्पष्ट करिए।

How many types of neutrinos exist ? How do they differ in their masses ? 15

Q. 6(c) निम्नलिखित क्षयों (डिके) को क्वार्क्स के रूप में लिखिए :

(i) $\Omega^- \rightarrow \Lambda^0 + K^-$

(ii) $\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-$

(iii) $K^- \rightarrow \mu^- + \upsilon_\mu$.

Write down the following decays in terms of quarks :

(i) $\Omega^- \rightarrow \Lambda^0 + K^-$

(ii) $\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-$

(iii) $K^- \rightarrow \mu^- + \upsilon_\mu$. 15

Q. 7(a) ट्रांजिस्टर आधारित ऐसे कोलपिट दोलक को डिज़ाइन कीजिए, जो 9 MHz पर दोलन कर सके। समझाइए कि दोलनों का सर्जन एवं प्रतिपालन किस प्रकार होता है ?

Design a transistor based Colpitt oscillator which can oscillate at 9 MHz. Explain how the oscillations are created and sustained. 15

Q. 7(b) संक्रियात्मक प्रवर्धक पर आधारित समाकलक (इंटीग्रेटर) का वर्णन करिए। संक्रियात्मक प्रवर्धक समाकलकों का उपयोग करते हुए, निम्न अवकल समीकरण को हल करने के लिए एक सर्किट का डिज़ाइन तैयार कीजिए :

$$\frac{d^2v}{dt^2} + 2\frac{dv}{dt} + 3v = 0.$$

Describe an operational amplifier based integrator. Using operational amplifier integrators, design a circuit to solve the following differential equation :

$$\frac{d^2v}{dt^2} + 2\frac{dv}{dt} + 3v = 0.$$ 20

Q. 7(c) पी-एन संधि सौर सेल की अभिकल्पना संरचना का रेखाचित्र बनाइए एवं समझाइए कि कैसे प्रकाश ऊर्जा विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है। इसके I-V अभिलक्षणों के रेखाचित्र बनाइए और समझाइए।

Draw the device structure of a p-n junction solar cell and explain how light energy is converted into electrical energy. Draw and explain its I-V characteristics. 15

Q. 8(a) एक ठोस की जालक विशिष्ट ऊष्मा का व्यंजक मालूम करिए तथा इसकी निम्न एवं उच्च ताप की सीमाएं भी ज्ञात करिए। डिबाई ताप क्या है ?

Find an expression for lattice specific heat of a solid, and its low and high temperature limits. What is Debye temperature ? 20

Q. 8(b) इलेक्ट्रान की एकविमीय आवधिक विभव में गति का वर्णन करिए और दर्शाइए कि उससे इलेक्ट्रान ऊर्जा स्पेक्ट्रम में अनुमत्य एवं वर्जित अवस्थाओं के बैंडों का विरचन होता है। बैंड संरचना के आधार पर चालकों, अर्धचालकों और विद्युतरोधियों के बीच किस प्रकार विभेदन किया जाता है ?

Describe the motion of an electron in one dimensional periodic potential and show that it leads to formation of bands of allowed and forbidden states in the electron energy spectrum. How are the conductors, semiconductors and insulators discriminated on the basis of band structure ? 20

Q. 8(c) अतिचालक एवं पूर्ण चालक में अंतर स्पष्ट करिए। स्पष्ट कीजिए कि कूपर युग्म क्या होता है ?

Distinguish between a superconductor and perfect conductor. Explain what is a Cooper pair. 10

M-ESC-D-PHY

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.

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

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) = $8{\cdot}8542 \times 10^{-12}$ $C^2N^{-1}m^{-2}$

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

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*

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 41·6 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 41·6 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*

Q4. (a) एक पद विभव के लिए श्रोडिन्गर 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*

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*

(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) ${}_8O^{15}$

(ii) ${}_8O^{16}$

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

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

(i) ${}_8O^{15}$

(ii) ${}_8O^{16}$

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

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

(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*

वियोज्य DETACHABLE

भौतिकी (प्रश्न-पत्र II)

PHYSICS (Paper II)

समय : तीन घण्टे
Time Allowed : Three Hours

अधिकतम अंक : 250
Maximum Marks : 250

प्रश्न-पत्र के लिए विशिष्ट अनुदेश

उत्तर लिखना शुरू करने से पहले कृपया निम्न निर्देशों में से प्रत्येक को ध्यानपूर्वक पढ़ लीजिए ।

आठ प्रश्नों को **दो खंडों** में बांटा गया है और **हिन्दी** तथा **अंग्रेजी** में छापा गया है ।

उम्मीदवार को कुल **पांच** प्रश्नों के उत्तर देने हैं ।

प्रश्न संख्या **1** एवं **5** अनिवार्य हैं, बाकी प्रश्नों में से **तीन** का उत्तर प्रत्येक खण्ड से न्यूनतम **एक** प्रश्न लेते हुए करना है ।

प्रश्न/अंश के अंक उसके सामने दिए गए हैं ।

उत्तर उसी माध्यम में दिये जाने हैं जो सार्टिफिकेट में अनुमत है । उसका उल्लेख प्रश्न-सह-उत्तर (QCA) बुकलेट में निर्धारित स्थान पर मुखपृष्ठ पर करना जरूरी है । अनुमत माध्यम से भिन्न माध्यम में दिये उत्तरों पर कोई अंक नहीं दिया जायेगा ।

जरूरत होने पर, उचित आंकड़े मान लें, उसका उल्लेख स्पष्टतः करें ।

यदि अन्यथा सूचित नहीं हो, सिंबल एवं नोटेशन आमतौर पर प्रयुक्त सामान्य अर्थ वहन करते हैं ।

कोई खाली पन्ना या अंश यदि उत्तर पुस्तिका में छोड़ा गया है, उसे स्पष्टतः अवश्य काट दें ।

सभी प्रश्नों को क्रमान्वय में गिना जायेगा । प्रश्न आंशिक रूप में किया गया, तो भी गिना जायेगा यदि उसे नहीं काट दिया गया हो ।

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.

Question Nos. **1** and **5** are compulsory and out of the remaining, **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 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.

Any page or portion of the page left blank in the answer book must be clearly struck off.

Attempts of questions shall be counted in sequential order. Unless struck off, attempt of a question shall be counted even if attempted partly.

Constants which may be needed

Velocity of light in vacuum (c)	=	$3\times10^{8}\ ms^{-1}$
Mass of electron (m_e)	=	$9{\cdot}11\times10^{-31}\ kg$
Charge of electron (e)	=	$1{\cdot}602\times10^{-19}\ C$
Specific charge of electron $\left(\frac{e}{m_e}\right)$	=	$1{\cdot}76\times10^{11}\ C\ kg^{-1}$
1 u ≡ 1 a.m.u. = $1{\cdot}6605\times10^{-27}$ kg	=	931·5 MeV
Rest mass energy of electron (m_ec^2)	=	0·5110 MeV
Permittivity in free space (ε_0)	=	$8{\cdot}8542\times10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$
Permeability of free space (μ_0)	=	$4\pi\times10^{-7}\ N\ A^{-2}$
Gas constant (R)	=	$8{\cdot}314\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$
Boltzmann constant (k_B)	=	$1{\cdot}381\times10^{-23}\ J\ K^{-1}$
Planck constant (h)	=	$6{\cdot}626\times10^{-34}\ J\ s$
($\hbar$)	=	$1{\cdot}0546\times10^{-34}\ J\ s$
Bohr magneton (μ_B)	=	$9{\cdot}274\times10^{-24}\ J\ T^{-1}$
Nuclear magneton (μ_N)	=	$5{\cdot}051\times10^{-27}\ J\ T^{-1}$
Fine structure constant (α)	=	1/137·03599
Mass of proton (M_p)	=	1·0072766 u = $1{\cdot}6726\times10^{-27}$ kg
Mass of neutron (M_n)	=	1·0086652 u = $1{\cdot}6749\times10^{-27}$ 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

स्थिरांक जिनकी आवश्यकता हो सकती है

निर्वात में प्रकाश का वेग (c)	=	$3\times10^{8}\ ms^{-1}$
इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान (m_e)	=	$9{\cdot}11\times10^{-31}\ kg$
इलेक्ट्रॉन का आवेश (e)	=	$1{\cdot}602\times10^{-19}\ C$
इलेक्ट्रॉन का विशिष्ट आवेश $\left(\frac{e}{m_e}\right)$	=	$1{\cdot}76\times10^{11}\ C\ kg^{-1}$
1 u ≡ 1 a.m.u. = $1{\cdot}6605\times10^{-27}$ kg	=	931·5 MeV
इलेक्ट्रॉन की विरामावस्था द्रव्यमान ऊर्जा (m_ec^2)	=	0·5110 MeV
मुक्त आकाश में विद्युत्शीलता (ε_0)	=	$8{\cdot}8542\times10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$

मुक्त आकाश की पारगम्यता (μ_0)	=	$4\pi\times10^{-7}$ N A^{-2}
गैस स्थिरांक (R)	=	8·314 J mol^{-1} K^{-1}
बोल्ट्ज़मान स्थिरांक (k_B)	=	$1\cdot381\times10^{-23}$ J K^{-1}
प्लांक स्थिरांक (h)	=	$6\cdot626\times10^{-34}$ J s
($\hbar$)	=	$1\cdot0546\times10^{-34}$ J s
बोहर मैग्नेटॉन (μ_B)	=	$9\cdot274\times10^{-24}$ J T^{-1}
नाभिकीय मैग्नेटॉन (μ_N)	=	$5\cdot051\times10^{-27}$ J T^{-1}
सूक्ष्म संरचना स्थिरांक (α)	=	1/137·03599
प्रोटॉन का द्रव्यमान (M_p)	=	1·0072766 u = $1\cdot6726\times10^{-27}$ kg
न्यूट्रॉन का द्रव्यमान (M_n)	=	1·0086652 u = $1\cdot6749\times10^{-27}$ 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

खण्ड 'A' SECTION 'A'

1. (a) एक स्रोत से 4·0 keV इलेक्ट्रॉनों का किरणपुंज 50·0 cm दूरी पर एक टार्गेट पर आपतित है । हाइज़नबर्ग के अनिश्चितता सिद्धान्त के कारण इलेक्ट्रॉन किरणपुंज की त्रिज्या ज्ञात कीजिये ।

A beam of 4·0 keV electrons from a source is incident on a target 50·0 cm away. Find the radius of the electron beamspot due to Heisenberg's uncertainty principle. 10

1. (b) एक 10 nm चौड़ाई के 1-विमीय विभव कूप में गतिमान होने के लिये परिरुद्ध एक इलेक्ट्रॉन की निम्नतम ऊर्जा का परिकलन कीजिये ।

Calculate the lowest energy of an electron confined to move in a 1-dimensional potential well of width 10 nm. 10

1. (c) हाइड्रोजन परमाणु की प्रथम उत्तेजित अवस्था में कक्षीय परिक्रमण करते हुए इलेक्ट्रॉन की दे ब्राग्ली तरंगदैर्घ्य का आकलन कीजिये ।

Estimate the de Broglie wavelength of the electron orbitting in the first excited state of the hydrogen atom. 10

1. (d) दर्शाइये कि सामान्य ताप पर एक मध्यम आकार के अणु की दो निकटवर्ती ऊर्जा स्तरों से घूर्णी संक्रमणों के संगत अवशोषण स्पेक्ट्रम में रेखाओं की तीव्रतायें तुलनात्मक (बराबर की) होती हैं ।

Show that the lines in the absorption spectra corresponding to the rotational transitions from two adjacent energy levels of a medium sized molecule at room temperature have comparable intensities. 10

1. (e) प्रदत्त कि HCl अणु का बल नियतांक = 516 Nm^{-1} है । अणु के कम्पन की मूल विधा की तरंग-संख्या निर्धारित कीजिये । सामान्य ताप पर HCl अणु के कम्पन स्पेक्ट्रम में कितनी संक्रमण रेखाओं के होने की आशा की जा सकती है ?

Given the force constant of HCl molecule = 516 Nm^{-1}, determine the wave number of the fundamental mode of vibration of the molecule. How many transition lines one can expect in the vibration spectra of HCl molecule at room temperature ? 10

2. (a) $2p$ अवस्था में हाइड्रोजन परमाणु की नाभिक से इलेक्ट्रॉन की प्रायिकतम दूरी का आकलन कीजिये । इस दूरी पर इलेक्ट्रॉन के पाये जाने की प्रायिकता क्या है ?

Evaluate the most probable distance of the electron from nucleus of a hydrogen atom in its $2p$ state. What is the probability of finding the electron at this distance ? 20

2. (b) श्रोडिंगर समीकरण का उपयोग करते हुये, एक 1-विमीय सरल आवर्ती दोलक के लिये ऊर्जा के अभिलक्षणक फलनों और अभिलक्षणक मानों को प्राप्त कीजिये । पहली तीन ऊर्जा अवस्थाओं के अभिलक्षणक फलनों के प्रोफाइलों के रेखाचित्र बनाइए ।

Using Schrödinger equation, obtain the eigenfunctions and eigenvalues of energy for a 1-dimensional harmonic oscillator. Sketch the profiles of eigenfunctions for first three energy states. 20

2. (c) एक 0·1 nm चौड़ाई और 4·0 eV के विभव प्राचीर में से होकर 1·0 eV ऊर्जा के एक इलेक्ट्रॉन के पारगमन की प्रायिकता का परिकलन कीजिये ।

Calculate the probability of transmission of an electron of 1·0 eV energy through a potential barrier of 4·0 eV and 0·1 nm width. 10

3. (a) ऊर्जा स्तर आरेख की सहायता से स्टोक्स और प्रति-स्टोक्स रमन प्रकीर्णन को समझाइये । एक द्वि-परमाण्विक अणु के लिये, घूर्णनात्मक सूक्ष्म संरचना के साथ रमन स्पैक्ट्रम की संक्रमण ऊर्जाओं के लिये व्यंजक प्राप्त कीजिये और अतः स्टोक्स रेखाओं की तरंग संख्याओं को प्राप्त कीजिये ।

Explain Stokes and anti-Stokes Raman scattering with the help of energy level diagram. For a diatomic molecule, obtain expressions for transition energies of its Raman spectra with rotational fine structure and hence the wave numbers of the Stokes lines. 20

3. (b) समझाइये कि किस कारण कुछ रमन स्पैक्ट्रमों में रेखायें विभिन्न मात्राओं तक समतल ध्रुवित पायी जाती हैं, जबकि उत्तेजक विकिरण पूर्णतः अध्रुवित होता है ।

Explain why lines in some Raman spectra are found to be plane polarized to different extents even though the exciting radiation is completely unpolarized ? 10

3. (c) फ्रांक-कॉन्डन सिद्धान्त का कथन कीजिये । फ्रांक-कॉन्डन गुणकों को परिभाषित कीजिये । व्यवस्थात्मक-आरेख रेखाचित्र का इस्तेमाल करते हुए उत्तेजित अवस्थाओं के क्षय के फलस्वरूप होने वाली प्रतिदीप्ति और स्फुरदीप्ति परिघटनाओं की व्याख्या कीजिये ।

State Franck-Condon principle. Define Franck-Condon factors. Using schematic diagram, explain the decay of excited states leading to the phenomena of fluorescence and phosphorescence. 20

4. (a) समझाइये कि किस कारण कोणीय संवेग के वर्ग (L^2) और L के घटकों (L_x, L_y, L_z) में से केवल एक, गति के स्थिरांक माने जाते हैं ।

Explain why the square of the angular momentum (L^2) and only one of the components (L_x, L_y, L_z) of L are regarded as constants of motion. 15

4. (b) नाभिकीय चुम्बकीय अनुनाद (NMR) के सिद्धान्त को एक ऊर्जा स्तर आरेख की सहायता से समझाइये । NMR को प्रदर्शित करने वाली नाभिकाओं के उदाहरण दीजिये । एक NMR स्पेक्ट्रा से क्या मुख्य निष्कर्ष निकाले जा सकते हैं ?

Explain the principle of Nuclear Magnetic Resonance (NMR) with the help of an energy level diagram. Give examples of nuclei which exhibit NMR. What major inferences can be drawn from an NMR spectra ? 20

4. (c) एक NMR प्रयोग में हाइड्रोजन परमाणुओं पर 5·0 T का चुम्बकीय क्षेत्र प्रयुक्त किया जाता है । हाइड्रोजन परमाणु के नाभिक की दो प्रचक्रण (स्पिन) अवस्थाओं और NMR के लिये आवश्यक विकिरण की आवृत्ति के बीच ऊर्जा में अंतर (kJ/mol) निर्धारित कीजिये ।

In an NMR experiment, hydrogen atoms are subjected to a magnetic field of 5·0 T. Determine the difference in energy (kJ/mol) between two spin states of the nuclei of hydrogen atom and the frequency of radiation required for NMR. 15

खण्ड 'B' SECTION 'B'

5. (a) एक टार्गेट (सीसा) पर आपतित 10 MeV ऊर्जा के अल्फा कणों के वृहत्कोणीय (पश्च) प्रकीर्णन का इस्तेमाल करते हुए सीसा ($Z = 82$) की नाभिकीय त्रिज्या की कोटि का आकलन कीजिये ।
[दिया गया है : $(4\pi\epsilon_0)^{-1} = 9\times10^9\ Nm^2C^{-2}$]

Estimate the order of nuclear radius of lead ($Z = 82$) using the large angle (back) scattering of alpha particles of energy 10 MeV incident on a target (lead).
[Given : $(4\pi\epsilon_0)^{-1} = 9\times10^9\ Nm^2C^{-2}$] 10

5. (b) नाभिकीय बल की आवेश स्वतन्त्रता और आवेश सममिति के बीच विभेदन कीजिए । इनमें से प्रत्येक के लिये एक उदाहरण दीजिये ।

Distinguish between charge independence and charge symmetry of nuclear force. Give one example for each of these. 10

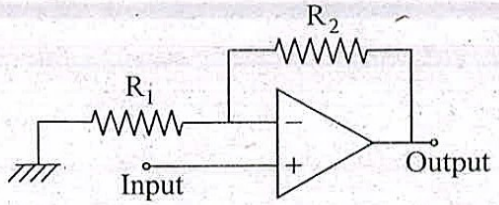
5. (c) संक्षेप में वर्णन कीजिये कि किस तरह β-क्षय में पैरिटी के उल्लंघन को प्रायोगिकतः देखा गया था ? आप 'न्यूट्रिनोस लेफ्ट-हैंडिड होते हैं' कथन से क्या समझते हैं ?

Describe briefly how parity violation in β-decay was experimentally observed ? What do you understand by the statement, 'neutrinos are left-handed' ? 10

5. (d) एक अर्द्धचालक में एक चालक बैंड इलेक्ट्रॉन के लिये ऊर्जा(E) और तरंग सदिश(k) इस प्रकार सम्बद्ध हैं $E = \alpha\frac{\hbar^2k^2}{m_0}$ जहाँ α एक स्थिरांक है और m_0 मुक्त इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान । इलेक्ट्रॉन के प्रभावी द्रव्यमान का परिकलन कीजिये ।

The energy (E) and wave vector (k) for a conduction band electron in a semiconductor are related as $E = \alpha\frac{\hbar^2k^2}{m_0}$ where α is a constant and m_0 is the free electron mass. Calculate the effective mass of the electron. 10

5. (e)



विचारिए ऊपर दिया गया संक्रियात्मक प्रवर्धक परिपथ :

दिया गया है, $R_1 = 10\ k\Omega$, $R_2 = 150\ k\Omega$ और प्रवर्धक के विवृत लूप गेन और उसकी बैंड चौडाई का गुणनफल = 10^6 Hz । प्रवर्धक की संवृत लूप बैंड चौड़ाई निर्धारित कीजिये ।

Consider the operational amplifier circuit given above :

Given, $R_1 = 10\ k\Omega$, $R_2 = 150\ k\Omega$ and the product of the open loop gain of the amplifier and its bandwidth = 10^6 Hz. Determine the closed loop bandwidth of the amplifier. 10

6. (a) (i) ड्यूट्रॉन के दो गुणधर्मों को लिखिये जो अ-केन्द्रीय टेन्सर बल के अस्तित्व का समर्थन करते हैं ।

(ii) दिया गया है कि ड्यूट्रॉन चुम्बकीय आघूर्ण संकारक आपरेटर (न्यूक्लीयर मेग्नेटॉन की यूनिटों में) को इस प्रकार अभिव्यक्त किया जा सकता है

$$\vec{\mu}_d = \mu_n \vec{\sigma}_n + \mu_p \vec{\sigma}_p + \tfrac{1}{2} \vec{l},$$

जहाँ $\vec{l}$ न्यूट्रॉन और प्रोटॉन के बीच सापेक्षिक कोणीय संवेग है, $\vec{\sigma}_n$ और $\vec{\sigma}_p$ पॉउली प्रचक्रण (स्पिन) आपरेटर हैं और μ_n और μ_p क्रमशः चुम्बकीय आघूर्ण हैं । ड्यूट्रॉन तरंग फलन की D-अवस्था प्रायिकता ज्ञात कीजिये ।

[दिया गया है : $\mu_d = 0{\cdot}857\ \mu_N$, $\mu_n = -1{\cdot}913\ \mu_N$
और $\mu_p = 2{\cdot}793\ \mu_N$; μ_N (नाभिकीय मेग्नेटॉन)]

(i) Write two properties of deutron which support the existence of non-central tensor force.

(ii) Given that the deutron magnetic moment operator (in units of nuclear magneton) can be expressed as

$$\vec{\mu}_d = \mu_n \vec{\sigma}_n + \mu_p \vec{\sigma}_p + \tfrac{1}{2} \vec{l},$$

where $\vec{l}$ is the relative angular momentum between neutron and proton, $\vec{\sigma}_n$ and $\vec{\sigma}_p$ are the Pauli spin operators and μ_n and μ_p are the respective magnetic moments. Find out the D-state probability of deutron wave function.

[Given : $\mu_d = 0{\cdot}857\ \mu_N$, $\mu_n = -1{\cdot}913\ \mu_N$
and $\mu_p = 2{\cdot}793\ \mu_N$; μ_N (nuclear magneton)] 5+10=15

6. (b) (i) प्रति-न्यूक्लिऑन बंधन ऊर्जा (BE/A) के द्रव्यमान संख्या A के सापेक्ष आलेख में $30 \leq A \leq 170$ के क्षेत्र में प्रति न्यूक्लिऑन औसत बंधन ऊर्जा (BE/A) की लगभग स्थिरता को कैसे स्पष्ट किया जाता है ?

(ii) आयतन पद, पृष्ठ ऊर्जा पद, कूलॉम और सममिति ऊर्जा संशोधन पदों की भूमिका का उल्लेख करते हुये, अर्ध आनुभाविक द्रव्यमान फार्मूला लिखिये ।

(i) How does one explain the approximate constancy of average binding energy per nucleon (BE/A) of nuclei in the region $30 \leq A \leq 170$ in the plot of BE/A versus mass number A ?

(ii) Write the semi-empirical mass formula pointing out the role of volume term, surface energy term, coulomb and symmetry energy correction terms. 5+10=15

6. (c) (i) एक दूसरे से भेद दिखाते हुये प्रबल, दुर्बल और विद्युत चुम्बकीय बलों के तीन अभिलाक्षणिक गुणधर्मों का कथन कीजिये ।

(ii) उन अन्योन्य क्रियाओं को इंगित कीजिये जिनमें निम्नलिखित संरक्षण नियमों का अनुपालन या उल्लंघन होता है ।

(a) समस्थानिक प्रचक्रण (आइसोटोपिक स्पिन)

(b) अति आवेश

(c) लेप्टान संख्या

(d) चार्ज संयुग्मन

(iii) निम्नलिखित में से प्रत्येक के क्वार्क घटकों को लिखिये :

(a) π^+, (b) K^+, (c) Δ^{++}, (d) Σ°, (e) Ω^-

(i) State the three characteristic properties of strong, weak and electromagnetic forces distinguishing one from the other.

(ii) Point out the interactions in which the following conservation laws are obeyed or violated

(a) Isotopic spin

(b) Hyper charge

(c) Lepton number

(d) Charge conjugation

(iii) Write down the quark constituents of each of the following :

(a) π^+, (b) K^+, (c) Δ^{++}, (d) Σ°, (e) Ω^- 5+10+5=20

7. (a) एक एकसमान बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र H में केवल दो ऊर्जा स्तरों में रहने वाला अनुचुम्बकीय परमाणुओं (N प्रति एकक आयतन) का एक तंत्र ताप T पर है । अगर यह तंत्र बोल्ट्समान के वितरण का अनुसरण करता है, तो तंत्र का चुम्बकन और चुम्बकीय प्रवृत्ति ज्ञात कीजिये ।

A system of paramagnetic atoms (N per unit volume) which can occupy only two energy levels in a uniform external magnetic field H is at a temperature T. If this system follows Boltzman's distribution, find the magnetisation and susceptibility of the system. 20

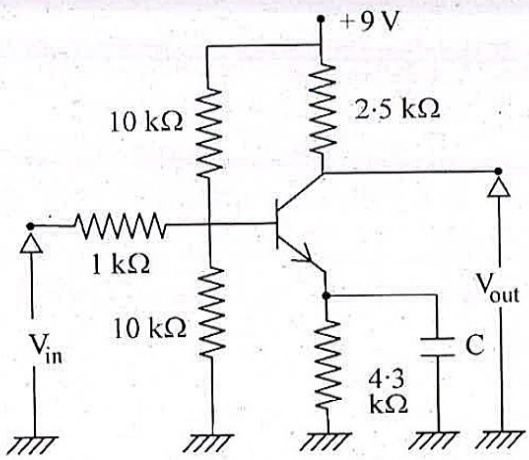
7. (b) अतिचालकता के लंडन के समीकरण का इस्तेमाल करते हुये वेधन गहराई के लिये व्यंजक प्राप्त कीजिये और उसके महत्व को समझाइये ।

Obtain the expression for penetration depth using London's equation of superconductivity and explain its significance. 10+5=15

7. (c) एक अर्द्धचालक में एक इलेक्ट्रॉन और एक विवर (होल) के प्रभावी द्रव्यमान क्रमशः $0{\cdot}07\ m_0$ और $0{\cdot}4\ m_0$ हैं, जहाँ m_0 मुक्त इलेक्ट्रॉन द्रव्यमान है । मानते हुए कि विवर के लिये औसत विश्रान्ति काल इलेक्ट्रॉन के विश्रान्ति काल का आधा है तो विवरों की गतिशीलता का परिकलन कीजिये जब इलेक्ट्रॉनों की गतिशीलता $0{\cdot}8\ m^2\ volt^{-1}\ s^{-1}$ है ।

In a semiconductor, the effective masses of an electron and a hole are $0{\cdot}07\ m_0$ and $0{\cdot}4\ m_0$, respectively, where m_0 is the free electron mass. Assuming that the average relaxation time for the hole is half of that for the electrons, calculate the mobility of the holes when the mobility of the electrons is $0{\cdot}8\ m^2\ volt^{-1}\ s^{-1}$. 15

8. (a)



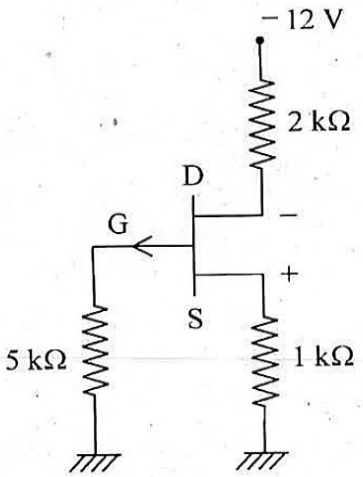
ऊपर दिये रेखाचित्र में एक प्रवर्धक को उभयनिष्ठ उत्सर्जक संरूपण में दर्शाया गया है ।

अगर धारा लब्धि (गेन) $\beta = 100$ और a.c. उत्सर्जक प्रतिरोध = 25·0 Ω हो, तो प्रवर्धक की निवेशी प्रतिबाधा और वोल्टता लब्धि निर्धारित कीजिये ।

An amplifier in common-emitter configuration is shown in the above figure.

If the current gain $\beta = 100$ and the a.c. emitter resistance = 25·0 Ω, determine the input impedance and the voltage gain of the amplifier. 15

8. (b)



ऊपर दिया गया स्व-अभिनत *p*-चैनल JFET का एक परिपथ है :

अगर संकुचन बोल्टता 5·0 V है और $V_{DS} = 6{\cdot}0$ V हो, तो संतृप्ति धारा I_{DSS} का परिकलन कीजिये ।

Given above is a circuit of self biased *p*-channel JFET.

If the pinch off voltage is 5·0 V and V_{DS} = 6·0 V, calculate the saturation current I_{DSS}. 15

8. (c) कोश मॉडल (शैल मॉडल) में प्रचक्रण-कक्षा (स्पिन ऑरबिट) युग्मन को शामिल करते हुये एकल कण के ऊर्जा स्तरों का व्यवस्था चित्र बनाइए । दर्शाइये कि यह किस तरह नाभिकों में मैजिक संख्या की व्याख्या करता है । दो उदाहरण देकर दर्शाइये कि यह स्कीम किस प्रकार विषम द्रव्यमान संख्या A के नाभिकों के कणों और प्रचक्रणों का पूर्वानुमान लगाती है ।

Draw a schematic diagram of the single particle energy levels in a shell model including the effect of spin-orbit coupling. Show how it explains magic numbers in nuclei. Give two examples to show how this scheme predicts the spins and particles of odd A nuclei. 20

CS (MAIN) EXAM:2018

EGT–D–PHY

भौतिकी (प्रश्न-पत्र–II)

समय : तीन घण्टे | अधिकतम अंक : 250

प्रश्न-पत्र सम्बन्धी विशेष 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** एवं **अंग्रेजी** दोनों में छपे हैं।

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

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

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

प्रश्नों के उत्तर उसी प्राधिकृत माध्यम में लिखे जाने चाहिए, जिसका उल्लेख आपके प्रवेश-पत्र में किया गया है, और इस माध्यम का स्पष्ट उल्लेख प्रश्न-सह-उत्तर (क्यू० सी० ए०) पुस्तिका के मुखपृष्ठ पर 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 उपयुक्त आँकड़ों का चयन करें तथा उनको निर्दिष्ट करें।

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।

PHYSICS (PAPER–II)

Time Allowed : Three Hours | Maximum Marks : 250

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.

Question Nos. **1** and **5** are compulsory and out of the remaining, THREE are to be attempted choosing at least ONE question 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 meanings.

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.

स्थिरांक जिनकी आवश्यकता हो सकती है

निर्वात में प्रकाश का वेग (c)	=	3×10^{8} m s^{-1}
इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान (m_e)	=	$9{\cdot}11\times10^{-31}$ kg
इलेक्ट्रॉन का आवेश (e)	=	$1{\cdot}602\times10^{-19}$ C
इलेक्ट्रॉन का विशिष्ट आवेश $\left(\frac{e}{m_e}\right)$	=	$1{\cdot}76\times10^{11}$ C kg^{-1}
1 u = 1 a.m.u. = $1{\cdot}6605\times10^{-27}$ kg	=	931·5 MeV
इलेक्ट्रॉन की विरामावस्था द्रव्यमान ऊर्जा $(m_e c^2)$	=	0·5110 MeV
मुक्त आकाश में विद्युत्शीलता (ε_0)	=	$8{\cdot}8542\times10^{-12}$ C^2 N^{-1} m^{-2}
मुक्त आकाश की पारगम्यता (μ_0)	=	$4\pi\times10^{-7}$ N A^{-2}
गैस स्थिरांक (R)	=	8·314 J mol^{-1} K^{-1}
बोल्ट्ज़मान स्थिरांक (k_B)	=	$1{\cdot}381\times10^{-23}$ J K^{-1}
प्लांक स्थिरांक (h)	=	$6{\cdot}626\times10^{-34}$ J s
$(\hbar)$	=	$1{\cdot}0546\times10^{-34}$ J s
बोर मैग्नेटॉन (μ_B)	=	$9{\cdot}274\times10^{-24}$ J T^{-1}
नाभिकीय मैग्नेटॉन (μ_N)	=	$5{\cdot}051\times10^{-27}$ J T^{-1}
सूक्ष्म संरचना स्थिरांक (α)	=	1/137·03599
प्रोटॉन का द्रव्यमान (m_p)	=	1·0072766 u = $1{\cdot}6726\times10^{-27}$ kg
न्यूट्रॉन का द्रव्यमान (m_n)	=	1·0086652 u = $1{\cdot}6749\times10^{-27}$ 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
कक्षीय घूर्णचुम्बकीय अनुपात (g_l)	=	0 (न्यूट्रॉन), 1 (प्रोटॉन)
स्पिन घूर्णचुम्बकीय अनुपात (g_s)	=	−3·8260 (न्यूट्रॉन), 5·5856 (प्रोटॉन)

Constants which may be needed

Velocity of light in vacuum (c)	=	3×10^{8} m s^{-1}
Mass of electron (m_e)	=	$9{\cdot}11\times10^{-31}$ kg
Charge of electron (e)	=	$1{\cdot}602\times10^{-19}$ C
Specific charge of electron $\left(\frac{e}{m_e}\right)$	=	$1{\cdot}76\times10^{11}$ C kg^{-1}

$1\ u \equiv 1$ a.m.u. $= 1{\cdot}6605 \times 10^{-27}$ kg	=	$931{\cdot}5$ MeV
Rest mass energy of electron $(m_e c^2)$	=	$0{\cdot}5110$ 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)	=	$8{\cdot}314\ J\ mol^{-1} K^{-1}$
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)	=	$1/137{\cdot}03599$
Mass of proton (m_p)	=	$1{\cdot}0072766$ u $= 1{\cdot}6726 \times 10^{-27}$ kg
Mass of neutron (m_n)	=	$1{\cdot}0086652$ u $= 1{\cdot}6749 \times 10^{-27}$ kg
Mass of deuteron (m_d)	=	$2{\cdot}013553$ u
Mass of α-particle (m_α)	=	$4{\cdot}001506$ u
Mass of ${}^{12}_{6}C$	=	$12{\cdot}000000$ u
Mass of ${}^{16}_{8}O$	=	$15{\cdot}994915$ u
Mass of ${}^{87}_{38}Sr$	=	$86{\cdot}99999$ u
Mass of ${}^{4}_{2}He$	=	$4{\cdot}002603$ u
Orbital gyromagnetic ratio (g_l)	=	0 (neutron), 1 (proton)
Spin gyromagnetic ratio (g_s)	=	$-3{\cdot}8260$ (neutron), $5{\cdot}5856$ (proton)

खण्ड—A / SECTION—A

1. (a) एक कण का तरंग फलन $\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} e^{-|x|/a}$ के द्वारा दत्त है। परास $-a \le x \le a$ में कण के पाए जाने की प्रायिकता ज्ञात कीजिए।

   The wave function of a particle is given as $\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} e^{-|x|/a}$. Find the probability of locating the particle in the range $-a \le x \le a$. 10

   (b) एक ऐसे तन्त्र की शून्य-बिन्दु ऊर्जा का परिकलन कीजिए, जिसमें 10^{-3} kg का द्रव्यमान एक नियत बिन्दु से 10^{-1} N के बल से 10^{-2} m तक खिंच जाने वाले स्प्रिंग के द्वारा जुड़ा हुआ हो। तन्त्र केवल एक दिशा में गति के लिए व्यवरुद्ध है।

   Calculate the zero-point energy of a system consisting of a mass of 10^{-3} kg connected to a fixed point by a spring which is stretched by 10^{-2} m by a force of 10^{-1} N. The system is constrained to move only in one direction. 10

(c) सरल आवर्ती दोलक (एक-विमीय) के सामान्य तरंग फलनों का प्रारूप

$$u_n(x) = \sum_{k=0}^{\infty} a_k y^k e^{-y^2/2}$$

है, जहाँ $y = \sqrt{\frac{m\omega}{\hbar}}\, x$ है, और गुणांकों a_k का निर्धारण पुनरावर्ती सम्बन्धों

$$a_{k+2} = \frac{2(k-n)}{(k+1)(k+2)} a_k$$

से होता है। तदनुरूपी ऊर्जा-स्तर $E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right)\hbar\omega$ हैं। इन तरंग फलनों की समता की विवेचना कीजिए। यदि $x \leq 0$ के लिए विभव अनन्त हो जाए (आधा सरल आवर्ती दोलक), तो क्या होगा?

The general wave functions of harmonic oscillator (one-dimensional) are of the form

$$u_n(x) = \sum_{k=0}^{\infty} a_k y^k e^{-y^2/2}$$

with $y = \sqrt{\frac{m\omega}{\hbar}}\, x$, and coefficients a_k are determined by recurrence relations

$$a_{k+2} = \frac{2(k-n)}{(k+1)(k+2)} a_k$$

Corresponding energy levels are $E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right)\hbar\omega$. Discuss the parity of these wave functions. What happens, if the potential for $x \leq 0$ is infinite (half harmonic oscillator)? 10

(d) नाभिकीय पुरस्सरण क्या है? एन० एम० आर० के कार्यकरण के सिद्धान्त में इसका किस प्रकार इस्तेमाल किया जाता है?

What is nuclear precession? How is it used in the principle of working of an NMR? 10

(e) निम्नतम अवस्था में Li^{++} के लिए इलेक्ट्रॉन कक्षा की त्रिज्या का परिकलन कीजिए।

Calculate the radius of electron orbit for Li^{++} in ground state. 10

2. (a) हाइड्रोजन परमाणु की निम्नतम अवस्था का तरंग फलन

$$\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-r/a_0}$$

है, जहाँ a_0 बोर त्रिज्या है। पार्थक्य दूरी r के फलन के रूप में प्रायिकता घनत्व और तरंग फलन का रेखाचित्र बनाइए। निम्नतम अवस्था में इलेक्ट्रॉन के बोर त्रिज्या के बाहर पाए जाने की प्रायिकता का परिकलन कीजिए।

The ground state wave function for hydrogen atom is

$$\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-r/a_0}$$

where a_0 is the Bohr radius. Sketch the wave function and the probability density as a function of the separation distance r. Calculate the probability that the electron in the ground state is found beyond the Bohr radius. 20

(b) निम्नलिखित सर्वसमिकाओं को सिद्ध कीजिए :

(i) $[\hat{p}_x, \hat{L}_y] = i\hbar\,\hat{p}_z$

(ii) $e^{i(\hat{\sigma}\cdot\hat{n})\theta} = \cos\theta + i(\hat{\sigma}\cdot\hat{n})\sin\theta$

Prove the following identities :

(i) $[\hat{p}_x, \hat{L}_y] = i\hbar\,\hat{p}_z$ 7

(ii) $e^{i(\hat{\sigma}\cdot\hat{n})\theta} = \cos\theta + i(\hat{\sigma}\cdot\hat{n})\sin\theta$ 8

(c) निम्नलिखित में से कौन-सा/से फलन श्रोडिन्गर समीकरण का/के ग्राह्य हल है/हैं?

(i) $\psi(x) = Ae^{-ikx} + Be^{ikx}$

(ii) $\psi(x) = Ae^{-kx} + Be^{kx}$

(iii) $\psi(x) = A\sin 3kx + B\cos 5kx$

(iv) $\psi(x) = A\sin 3kx + B\sin 5kx$

(v) $\psi(x) = A\tan kx$

अपने उत्तर को समझाइए।

Which of the following functions is/are acceptable solution(s) of the Schrödinger equation?

(i) $\psi(x) = Ae^{-ikx} + Be^{ikx}$

(ii) $\psi(x) = Ae^{-kx} + Be^{kx}$

(iii) $\psi(x) = A\sin 3kx + B\cos 5kx$

(iv) $\psi(x) = A\sin 3kx + B\sin 5kx$

(v) $\psi(x) = A\tan kx$

Explain your answer. 15

3. (a) ऊर्जा 9 eV का एक कणकिरणपुंज 8 eV ऊँचे विभव सोपान पर बाईं ओर से आपतित होता है। कणों की कितनी प्रतिशतता परावर्तित होगी?

A beam of particles of energy 9 eV is incident on a potential step 8 eV high from the left. What percentage of particles will reflect back? 15

(b) दर्शाइए कि मुक्त इलेक्ट्रॉन गैस में त्रिविमीय (3D) ऊर्जा-स्तर घनत्व $E^{1/2}$ के अनुसार परिवर्तित होता है, तथा यह निर्भरता क्वान्टम कुआँ (2D) के लिए E^0, क्वान्टम तार (1D) के लिए $E^{-1/2}$ और क्वान्टम डॉट (0D) के लिए δ फलन होती है।

Show that for free electron gas, the density of states in three dimensions (3D) varies as $E^{1/2}$, and this dependence changes to E^0 for 2D (quantum well), $E^{-1/2}$ for 1D (quantum wire) and δ function for 0D (quantum dot). 15

(c) परमाण्वीय स्पेक्ट्रमिकी में *L-S* और *J-J* युग्मन के महत्त्व का वर्णन कीजिए। इनके विद्यमान होने के प्रायोगिक साक्ष्य क्या हैं?

Describe the importance of *L-S* and *J-J* coupling in atomic spectroscopy. What are experimental evidences of their existence? 20

4. (a) ज़ेमान प्रभाव क्या है? लारमोर आवृत्ति जिन कारकों पर निर्भर करती है उनकी विवेचना कीजिए।

What is Zeeman effect? Discuss the factors on which Larmor frequency is dependent. 15

(b) हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम की सूक्ष्म संरचना पर चर्चा कीजिए। खगोलीय प्रेक्षणों में यह किस प्रकार महत्त्वपूर्ण होती है?

Discuss the fine structure of hydrogen spectrum. How is it of importance in the astronomical observations? 15

(c) द्विपरमाणुक अणुओं के घूर्णनी और कम्पनिक स्पेक्ट्रमों के सिद्धान्त पर चर्चा कीजिए। प्रतिदीप्ति और स्फुरदीप्ति में क्या अन्तर है?

Discuss the theory of rotational and vibrational spectra of diatomic molecules. What is the difference between fluorescence and phosphorescence? 20

खण्ड—B / SECTION—B

5. (a) नाभिकीय बल 140 MeV विश्राम संहति के π-मेसॉनों के विनिमय द्वारा समामेलित होते हैं। नाभिकीय बलों के परास का प्राक्कलन कीजिए।

Nuclear forces are mediated by exchange of π-mesons of rest mass 140 MeV. Estimate the range of nuclear forces. 10

(b) ${}_6C^{13}$ परमाणु के ${}_7N^{13}$ परमाणु में क्षय होने पर निर्मुक्त पॉजिट्रॉन (e^+) की अधिकतम ऊर्जा 1·202 MeV है। यदि ${}_6C^{13}$ परमाणु की संहति 13·003354 u है, तो ${}_7N^{13}$ परमाणु की संहति का परिकलन कीजिए।

The maximum energy of a positron (e^+) released in the decay of ${}_6C^{13}$ atom into a ${}_7N^{13}$ atom is 1·202 MeV. If the mass of the ${}_6C^{13}$ atom is 13·003354 u, calculate the mass of the ${}_7N^{13}$ atom. 10

(c) विभिन्न संरक्षण नियमों के अधीन निम्नलिखित में से कौन-सी मूल कण अभिक्रियाएँ/क्षय अनुमत्य हैं? यदि अनुमत्य हैं, तो अन्योन्यक्रिया का प्रकार और इसके आगे बढ़ने का लाक्षणिक समय लिखिए :

(i) $p + n \rightarrow \Lambda^0 + \Sigma^+$

(ii) $\pi^+ + n \rightarrow \Lambda^0 + K^+$

(iii) $p + n \rightarrow K^+ + \Sigma^+$

(iv) $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$

(v) $\overline{n} \rightarrow \overline{p} + e^+ + \nu_e$

Which of the following elementary particle reactions/decays are allowed under various conservation laws? If allowed, write down the type of interaction and the characteristic time by which it would proceed :

(i) $p + n \rightarrow \Lambda^0 + \Sigma^+$

(ii) $\pi^+ + n \rightarrow \Lambda^0 + K^+$

(iii) $p + n \rightarrow K^+ + \Sigma^+$

(iv) $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$

(v) $\overline{n} \rightarrow \overline{p} + e^+ + \nu_e$ 10

(d) एफ० सी० सी० और एच० सी० पी० संरचनाओं के लिए परमाण्वीय संकुलन गुणांक (ए० पी० एफ०) का परिकलन कीजिए और दर्शाइए कि ये संरचनाएँ सबसे अधिक सुसंकुलित हैं।

Calculate Atomic Packing Fraction (APF) for FCC and HCP structures, and show that these are the most closely packed structures. 10

(e) X-किरण विवर्तन के लिए ब्रैग विवर्तन नियम को व्युत्पन्न कीजिए। क्रिस्टल संरचना निर्धारण के लिए लाउए और डिबाई-शेरर विधियों की तुलना कीजिए।

Derive Bragg diffraction law for X-ray diffraction. Compare Laue and Debye-Scherrer methods for crystal structure determination. 10

6. (a) यह मानते हुए कि न्यूट्रॉन-प्रोटॉन अन्योन्यक्रिया का वर्ग कूप प्रारूप है

$$V(r) = -V_0\ , \quad r \le b \text{ के लिए}$$
$$= 0\ , \quad r > b \text{ के लिए}$$

ड्यूटरॉन नाभिक की निम्नतम अवस्था का तरंग फलन

$$\psi(r) = A \sin kr\ , \quad r \le b \text{ के लिए}$$
$$= Ce^{-\gamma r}\ , \quad r > b \text{ के लिए}$$

के रूप में दिया गया है, जहाँ $k = \sqrt{\frac{M}{\hbar^2}(V_0 + W)}$ और $\gamma = \sqrt{\frac{MW}{\hbar^2}}$.

यहाँ M न्यूक्लिऑन संहति, W ड्यूटरॉन की बंधन ऊर्जा और A तथा C नियतांक हैं।

(i) दर्शाइए कि ड्यूटरॉन की मात्र बद्ध अवस्था के लिए

$$V_0 b^2 = \frac{\pi^2 \hbar^2}{4M}$$

(ii) समझाइए कि ड्यूटरॉन किस कारण एक शिथिल बद्ध विस्तारित संरचना है।

Assuming that the neutron-proton interaction has a square well form

$$V(r) = -V_0 \quad \text{for} \quad r \le b$$
$$= 0 \quad \text{for} \quad r > b$$

the ground state wave function of deuteron nucleus is given as

$$\psi(r) = A \sin kr \quad \text{for} \quad r \le b$$
$$= Ce^{-\gamma r} \quad \text{for} \quad r > b$$

where $k = \sqrt{\frac{M}{\hbar^2}(V_0 + W)}$ and $\gamma = \sqrt{\frac{MW}{\hbar^2}}$.

Here M is the nucleon mass, W is the binding energy of deuteron and A and C are constants.

(i) Show that for a just bound state of deuteron

$$V_0 b^2 = \frac{\pi^2 \hbar^2}{4M}$$ 10

(ii) Explain why deuteron is a loosely bound extended structure. 10

(b) एक π^--मेसॉन विश्राम अवस्था में क्षयित होकर एक μ^--मेसॉन

$$\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$$

में बदल जाता है :

अभिक्रिया में उत्सर्जित μ^--मेसॉन की गतिज ऊर्जा का परिकलन कीजिए।

A π^--meson at rest decays into a μ^--meson :

$$\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$$

Calculate the kinetic energy of the μ^--meson emitted in the reaction. 15

(c) नाभिकों के लिए अर्ध-आनुभविक द्रव्यमान सूत्र लिखिए और इसके आधार पर सम और विषम समभारिकों के लिए द्रव्यमान परवलयों के रेखाचित्र बनाइए। प्रत्येक दशा में सबसे ज्यादा स्थायी समभारिक क्या होगा?

Write the semi-empirical mass formula for nuclei and on its basis draw mass parabolas for odd and even isobars. What would be the most stable isobar in each case? 15

7. (a) संवृत क्रोड के बाहर एक न्यूक्लिऑन वाले एक नाभिक के चुम्बकीय आघूर्ण के लिए एक व्यंजक प्राप्त कीजिए। इसका उपयोग कर $_8O^{17}$ नाभिक के चुम्बकीय आघूर्ण का परिकलन कीजिए।

Obtain an expression for the magnetic moment of a nucleus having one nucleon outside the closed core. Use this to calculate the magnetic moment of $_8O^{17}$ nucleus. 20

(b) डिबाई मॉडल में जालक विशिष्ट ऊष्मा के लिए एक व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। इसकी अल्प तापक्रम सीमा (डिबाई T^3 नियम) ज्ञात कीजिए।

Derive an expression for lattice specific heat in Debye model. Find its low temperature limit (Debye T^3 law). 15

(c) नैज और अपद्रव्यी अर्धचालक क्या होते हैं? दर्शाइए कि नैज अर्धचालकों में फर्मी तल, चालन बैंड के अधस्तल और संयोजकता बैंड के शीर्ष के बिल्कुल बीच में रहता है।

What are intrinsic and extrinsic semiconductors? Show that in the intrinsic semiconductors, Fermi level lies exactly in the middle of bottom of conduction band and top of valence band. 15

8. (a) प्रकार I और प्रकार II अतिचालक क्या होते हैं? उदाहरण दीजिए। प्रकार I और प्रकार II अतिचालकों के लिए माइस्नर प्रभाव और पूर्ण प्रतिचुम्बकीय बर्ताव पर चर्चा कीजिए और उनकी तुलना कीजिए।

What are type I and type II superconductors? Give examples. Discuss and compare Meissner effect and perfect diamagnetic behaviour for type I and type II superconductors. 20

(b) संक्रियात्मक प्रवर्धक क्या होते हैं? इन्हें प्रेरक की तरह कैसे इस्तेमाल किया जा सकता है? इसे गणितानुसार सिद्ध कीजिए।

What are operational amplifiers? How can it be used as an inductor? Prove it mathematically. 15

(c) रूपरेखा चित्र से एक माइक्रोप्रोसेसर सिस्टम की कार्यप्रणाली का वर्णन कीजिए। एक पाइपलाइन्ड प्रोसेसर में इसका निष्पादन किस तरह प्रभावित होता है?

Describe the working of a microprocessor system in block diagram. How is its performance affected in a pipelined processor? 15

★★★

CS (Main) Exam, 2019

भौतिकी (प्रश्न-पत्र–II)

समय : तीन घण्टे

अधिकतम अंक : 250

प्रश्न-पत्र सम्बन्धी विशेष अनुदेश

(उत्तर देने के पूर्व निम्नलिखित निर्देशों को कृपया सावधानीपूर्वक पढ़ें)

इसमें **आठ** प्रश्न हैं जो दो खण्डों में विभाजित हैं तथा **हिन्दी** एवं **अंग्रेजी** दोनों में छपे हैं।

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

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

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

प्रश्नों के उत्तर उसी प्राधिकृत माध्यम में लिखे जाने चाहिए, जिसका उल्लेख आपके प्रवेश-पत्र में किया गया है, और इस माध्यम का स्पष्ट उल्लेख प्रश्न-सह-उत्तर (क्यू० सी० ए०) पुस्तिका के मुखपृष्ठ पर 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 उपयुक्त आँकड़ों का चयन करें तथा उनको निर्दिष्ट करें।

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।

PHYSICS (PAPER–II)

Time Allowed : Three Hours

Maximum Marks : 250

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.

Question Nos. **1** and **5** are compulsory and out of the remaining, THREE are to be attempted choosing at least ONE question 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 meanings.

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.

स्थिरांक जिनकी आवश्यकता हो सकती है

निर्वात में प्रकाश का वेग (c)	=	3×10^{8} m s^{-1}
इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान (m_e)	=	$9{\cdot}11\times10^{-31}$ kg
इलेक्ट्रॉन का आवेश (e)	=	$1{\cdot}602\times10^{-19}$ C
इलेक्ट्रॉन का विशिष्ट आवेश $\left(\frac{e}{m_e}\right)$	=	$1{\cdot}76\times10^{11}$ C kg^{-1}
1 u ≡ 1 a.m.u. = $1{\cdot}6605\times10^{-27}$ kg	=	931·5 MeV
इलेक्ट्रॉन की विरामावस्था द्रव्यमान ऊर्जा ($m_e c^2$)	=	0·5110 MeV
मुक्त आकाश में विद्युत्शीलता (ε_0)	=	$8{\cdot}8542\times10^{-12}$ C^2 N^{-1} m^{-2}
मुक्त आकाश की पारगम्यता (μ_0)	=	$4\pi\times10^{-7}$ N A^{-2}
गैस स्थिरांक (R)	=	8·314 J mol^{-1} K^{-1}
बोल्ट्ज़मान स्थिरांक (k_B)	=	$1{\cdot}381\times10^{-23}$ J K^{-1}
प्लांक स्थिरांक (h)	=	$6{\cdot}626\times10^{-34}$ J s
($\hbar$)	=	$1{\cdot}0546\times10^{-34}$ J s
बोर मैग्नेटॉन (μ_B)	=	$9{\cdot}274\times10^{-24}$ J T^{-1}
नाभिकीय मैग्नेटॉन (μ_N)	=	$5{\cdot}051\times10^{-27}$ J T^{-1}
सूक्ष्म संरचना स्थिरांक (α)	=	1/137·03599
प्रोटॉन का द्रव्यमान (m_p)	=	1·0072766 u = $1{\cdot}6726\times10^{-27}$ kg
न्यूट्रॉन का द्रव्यमान (m_n)	=	1·0086652 u = $1{\cdot}6749\times10^{-27}$ 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
कक्षीय घूर्णचुम्बकीय अनुपात (g_l)	=	0 (न्यूट्रॉन), 1 (प्रोटॉन)
स्पिन घूर्णचुम्बकीय अनुपात (g_s)	=	–3·8260 (न्यूट्रॉन), 5·5856 (प्रोटॉन)

Constants which may be needed

Velocity of light in vacuum (c)	=	3×10^{8} m s^{-1}
Mass of electron (m_e)	=	$9{\cdot}11\times10^{-31}$ kg
Charge of electron (e)	=	$1{\cdot}602\times10^{-19}$ C
Specific charge of electron $\left(\frac{e}{m_e}\right)$	=	$1{\cdot}76\times10^{11}$ C kg^{-1}
1 u ≡ 1 a.m.u. = $1{\cdot}6605\times10^{-27}$ kg	=	931·5 MeV
Rest mass energy of electron ($m_e c^2$)	=	0·5110 MeV
Permittivity in free space (ε_0)	=	$8{\cdot}8542\times10^{-12}$ C^2 N^{-1} m^{-2}
Permeability of free space (μ_0)	=	$4\pi\times10^{-7}$ N A^{-2}
Gas constant (R)	=	8·314 J mol^{-1} K^{-1}
Boltzmann constant (k_B)	=	$1{\cdot}381\times10^{-23}$ J K^{-1}
Planck constant (h)	=	$6{\cdot}626\times10^{-34}$ J s
($\hbar$)	=	$1{\cdot}0546\times10^{-34}$ J s
Bohr magneton (μ_B)	=	$9{\cdot}274\times10^{-24}$ J T^{-1}
Nuclear magneton (μ_N)	=	$5{\cdot}051\times10^{-27}$ J T^{-1}
Fine structure constant (α)	=	1/137·03599
Mass of proton (m_p)	=	1·0072766 u = $1{\cdot}6726\times10^{-27}$ kg
Mass of neutron (m_n)	=	1·0086652 u = $1{\cdot}6749\times10^{-27}$ 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
Orbital gyromagnetic ratio (g_l)	=	0 (neutron), 1 (proton)
Spin gyromagnetic ratio (g_s)	=	–3·8260 (neutron), 5·5856 (proton)

खण्ड—A / SECTION—A

1. *(a)* दर्शाइए कि क्वांटम यांत्रिकीय कण का द्रव्यमान और रेखीय संवेग क्रमशः $m = h/(\lambda v)$ एवं $p = h/\lambda$ के द्वारा द्योतित होता है, जहाँ h, λ और v क्रमशः प्लांक स्थिरांक, तरंगदैर्घ्य और कण के वेग हैं। इन संबंधों से तरंग-कण द्वैतता (द्वन्द्व) पर टिप्पणी कीजिए।

Show that the mass and linear momentum of a quantum mechanical particle can be given by $m = h/(\lambda v)$ and $p = h/\lambda$, respectively, where h, λ and v are Planck's constant, wavelength and velocity of the particle, respectively. Comment on the wave-particle duality from these relations. 10

(b) हाइजेनबर्ग के तीन अनिश्चितता सिद्धांतों को बताइए और गणितीय रूप में अभिव्यक्त कीजिए। क्वांटम यांत्रिकी के विकास में इन सिद्धांतों के भौतिकीय महत्त्व को उजागर कीजिए।

State and express mathematically the three uncertainty principles of Heisenberg. Highlight the physical significance of these principles in the development of Quantum Mechanics. 10

(c) एक-आयामी विभव के प्रभाव में एक मुक्त क्वांटम यांत्रिकीय कण के लिए यह दिखाइए कि ऊर्जा विविक्त रूप से प्रमात्रीकृत (क्वान्टित) होती है। ये ऊर्जा मान एक रैखिक आवर्ती दोलक के मान से किस प्रकार भिन्न हैं?

For a free quantum mechanical particle under the influence of a one-dimensional potential, show that the energy is quantized in discrete fashion. How do these energy values differ from those of a linear harmonic oscillator? 10

(d) क्या कारण है कि द्वि-स्तरीय लेसर प्रणाली में समष्टि प्रतिलोमन सामान्यतया संभव नहीं है? इसे स्पष्ट कीजिए।

Why is population inversion in general not possible in a two-level laser system? Explain it. 10

(e) क्या कारण है कि CO_2 अणु में रमन सक्रिय कंपन और अवरक्त कंपन एक-दूसरे के पूरक होते हैं?

Why are Raman active vibrations and IR vibrations in CO_2 molecule complementary to each other? 10

2. *(a)* आप ऊर्जा-स्तर घनत्व को किस प्रकार परिभाषित करते हैं? दिखाइए कि $\vec{k}$ का कम तरंग सदिश वाला ऊर्जा-स्तर घनत्व, आयतन V के तीन-आयामी घनीय बॉक्स में

$$D(\omega) = \frac{V}{2\pi^2} k^2 \left(\frac{dk}{d\omega}\right)$$

होता है, जो ω और $\omega + d\omega$ के बीच के आवृत्ति स्पेक्ट्रम में होता है। यहाँ मान लीजिए कि k की प्रति इकाई रेंज के मोडों की संख्या $L/(2\pi)$ है, जहाँ L घनीय बॉक्स के प्रत्येक पार्श्व की लम्बाई है।

How do you define density of states? Show that the density of states with wave vector less than $\vec{k}$ in a three-dimensional cubic box of volume V can be given by

$$D(\omega) = \frac{V}{2\pi^2} k^2 \left(\frac{dk}{d\omega}\right)$$

in the frequency spectrum between ω and $\omega + d\omega$. Here, assume that the number of modes per unit range of k is $L/(2\pi)$, L being the length of each side of the cubic box. 20

(b) हाइड्रोजन परमाणु की बोर त्रिज्या को गणितीय रूप में परिभाषित कीजिए और दिखाइए कि इस परमाणु की n अवस्था पर बंधन ऊर्जा

$$E_n = -\frac{1}{2}\frac{Ze^2}{(a/Z)}\frac{1}{4n^2\pi\varepsilon_0}$$

होती है, जहाँ Z, H परमाणु का परमाणु क्रमांक है। H परमाणु के a और E_1 के अंकीय मानों का परिकलन कीजिए।

Define mathematically the Bohr radius of a hydrogen atom and show that the binding energy at state n of this atom can be given by

$$E_n = -\frac{1}{2}\frac{Ze^2}{(a/Z)}\frac{1}{4n^2\pi\varepsilon_0}$$

where Z is the atomic number of H atom. Calculate the numerical values of a and E_1 of H atom. 15

(c) अनिश्चितता के सिद्धांत से हाइड्रोजन परमाणु के आकार और निम्नतम अवस्था ऊर्जा का आकलन कीजिए।

Estimate the size of hydrogen atom and the ground state energy from the uncertainty principle. 15

3. *(a)* प्रसामान्य और अपसामान्य ज़ेमान प्रभाव का वर्णन कीजिए। समझाइए कि यह हाइड्रोजन परमाणु में अपभ्रष्टता को कैसे उठा देता है।

Describe normal and anomalous Zeeman effect. Explain how it lifts the degeneracy in hydrogen atom. 20

(b) लैम्ब सृति (शिफ्ट) क्या है? हाइड्रोजन परमाणु में H_α बामर रेखा की सूक्ष्म संरचना का निर्धारण करने में इसके महत्त्व पर चर्चा कीजिए।

What is Lamb shift? Discuss its significance in determining the fine structure of H_α Balmer line in hydrogen atom. 15

(c) पाउली प्रचक्रण आव्यूहों σ_x, σ_y और σ_z को परिभाषित कीजिए। इन परिभाषाओं का उपयोग करते हुए निम्न को सिद्ध कीजिए :

Define Pauli spin matrices σ_x, σ_y and σ_z. Using these definitions, prove the following :

(i) $\sigma_x^2 = \sigma_y^2 = \sigma_z^2 = 1$

(ii) $\sigma_x \sigma_y = i\sigma_z$; $\sigma_z \sigma_x = i\sigma_y$; $\sigma_y \sigma_z = i\sigma_x$ 15

4. (a) कण के कोणीय संवेग को परिभाषित कीजिए और कार्तीय निर्देशांक में कोणीय संवेग संकारक $\hat{L}$ के तीनों घटकों का पता लगाइए। दर्शाइए कि

$$\hat{L}^2 = -\hbar^2\left[r^2\nabla^2 - \frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial}{\partial r}\right)\right]$$

होता है। साबित कीजिए कि संकारक $\hat{L}^2$ को गोलीय ध्रुवीय निर्देशांकों (r, θ, ϕ) में

$$\hat{L}^2 = -\hbar^2\left[\frac{1}{\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(\sin\theta\frac{\partial}{\partial\theta}\right) + \frac{1}{\sin^2\theta}\frac{\partial^2}{\partial\phi^2}\right]$$

से भी व्यक्त किया जा सकता है।

Define angular momentum of a particle and find out the three components of the angular momentum operator $\hat{L}$ in Cartesian coordinates. Show that

$$\hat{L}^2 = -\hbar^2\left[r^2\nabla^2 - \frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial}{\partial r}\right)\right]$$

Prove that the operator $\hat{L}^2$ can also be expressed as

$$\hat{L}^2 = -\hbar^2\left[\frac{1}{\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(\sin\theta\frac{\partial}{\partial\theta}\right) + \frac{1}{\sin^2\theta}\frac{\partial^2}{\partial\phi^2}\right]$$

in spherical polar coordinates (r, θ, ϕ). 20

(b) एक रैखिक आवर्ती दोलक के लिए हैमिल्टनी प्रचालक (संकारक) को लिखिए। दर्शाइए कि उसी के ऊर्जा अभिलाक्षणिक (आइगेन) मान को $E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right)\hbar\omega_0$ द्वारा ऊर्जा स्थिति n पर अभिव्यक्त किया जा सकता है, जिसमें ω_0 रैखिक दोलक के कंपन की प्राकृतिक आवृत्ति है। सिद्ध कीजिए कि $n = 0$ ऊर्जा स्थिति में विशिष्ट गाउसीय रूप का एक तरंग फलन है।

Write down the Hamiltonian operator for a linear harmonic oscillator. Show that the energy eigenvalue of the same can be given by $E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right)\hbar\omega_0$ at energy state n with ω_0 being the natural frequency of vibration of the linear oscillator. Prove that $n = 0$ energy state has a wave function of typical Gaussian form. 15

(c) फ्रांक-कॉन्डन सिद्धांत क्या है? इस सिद्धांत के आधार पर एक द्विपरमाण्विक अणु के कम्पनिक इलेक्ट्रॉनिक स्पेक्ट्रमों में तीव्रता वितरण पर चर्चा कीजिए।

What is Franck-Condon principle? Discuss the intensity distribution in the vibrational electronic spectra of a diatomic molecule on the basis of this principle. 15

खण्ड—B / SECTION—B

5. (a) स्थायी हल्के नाभिकों में समान संख्या में प्रोटॉन और न्यूट्रॉन होते हैं, जबकि भारी नाभिकों में न्यूट्रॉनों की अधिकता होती है। समझाइए क्यों।

Stable light nuclei have equal number of protons and neutrons, whereas heavy nuclei have excess of neutrons. Explain why. 10

(b) अप (u) और डाउन (d) क्वार्कों के लिए बराबर द्रव्यमान मानते हुए न्यूट्रॉन और प्रोटॉन के चुम्बकीय आघूर्णों का अनुपात (μ_n / μ_p) ज्ञात कीजिए।

Assuming equal masses for up (u) and down (d) quarks, find the ratio (μ_n / μ_p) of the magnetic moments of neutron and proton. 10

(c) एफ० सी० सी० जालक में परमाणुओं के सुसंकुलित तलों के मिलर सूचकांकों (इन्डिसेस) को निगमित कीजिए।

Deduce the Miller indices of the close-packed planes of atoms in the f.c.c. lattice. 10

(d) हीरे के चतुष्फलकीय बंधकों के बीच के कोण उभयनिष्ठ किनारों न कि फलक वाले पड़ोसी घनों के स्तंभ के वस्तु विकर्ण के बीच के कोण के समान होते हैं। कोण के मान को ज्ञात करने के लिए सदिश विश्लेषण का उपयोग कीजिए।

The angles between the tetrahedral bonds of diamond are the same as the angles between the body diagonals of a stack of neighbouring cubes having common edges and not faces. Use vector analysis to find the value of the angle. 10

(e) $T = 300$ K ताप पर एक सिलिकॉन अर्धचालक नमूने का अनुप्रस्थ-काट क्षेत्रफल $0{\cdot}5\ \mu m^2$ है, जिसका पंचसंयोजक डोनर डोपिंग प्रोफाइल $C(x) = 5 \times 10^{16}\ e^{(-x/L_n)}\ cm^{-3}$ है। नमूने में इलेक्ट्रॉनों की गतिशीलता $1250\ cm^2\ V^{-1}\ s^{-1}$ दी गई है और इलेक्ट्रॉनों की विसरण लम्बाई, L_n, $4\ \mu m$ है। नमूने में दूरी $x = 2\ \mu m$ पर विसरण धारा का परिकलन कीजिए।

A silicon semiconductor sample at $T = 300$ K having cross-sectional area of $0{\cdot}5\ \mu m^2$ has a pentavalent donor doping profile given by $C(x) = 5 \times 10^{16}\ e^{(-x/L_n)}\ cm^{-3}$. Given, the mobility of the electrons in the sample is $1250\ cm^2\ V^{-1}\ s^{-1}$ and the diffusion length of the electrons, L_n, is $4\ \mu m$. Calculate the diffusion current in the sample at distance $x = 2\ \mu m$. 10

6. (a) नाभिक के आकार को मालूम करने के विभिन्न तरीकों की व्याख्या कीजिए। जब प्रारंभिक और अंतिम नाभिक दर्पण नाभिक हों, तो आप नाभिकीय संक्रमण से उत्पन्न बीटा किरणों के प्रेक्षण से नाभिकीय त्रिज्या का निर्धारण किस प्रकार करेंगे?

Explain the various methods of finding the size of the nucleus. How will you determine the nuclear radius from the observation of beta rays resulting from nuclear transition when the initial and final nuclei are mirror nuclei? 5+15

(b) दिया गया है कि ^{17}O में $1d_{5/2}$ और $1d_{3/2}$ के बीच एकल कण ऊर्जा पृथकन 5 MeV है। प्रचक्रण-कक्षा अन्योन्यक्रिया की प्रबलता (ताकत) का परिकलन कीजिए। देखा जाता है कि $1d_{5/2}$ स्तर, $1d_{3/2}$ स्तर से नीचे है।

Given that the single particle energy separation between $1d_{5/2}$ and $1d_{3/2}$ in ^{17}O is 5 MeV. Calculate the strength of spin-orbit interaction. It is observed that $1d_{5/2}$ level is lower than $1d_{3/2}$ level. 15

(c) केवल बीटा क्षय दर को देखकर दुर्बल अन्योन्यक्रिया में पैरिटी उल्लंघन को पहचानना क्यों संभव नहीं है? अपने उत्तर का औचित्य साबित कीजिए।

Why is it not possible to detect the parity violation in weak interaction by observing only the beta decay rate? Justify your answer. 15

7. (a) भुजा a वाले फलक-केन्द्रित घनीय जालक पर विचार कीजिए। निगमित कीजिए—

(i) अभाज्य स्थानांतरण सदिशों को;

(ii) अभाज्य कोष्ठिका के आयतन को;

(iii) व्युत्क्रम अभाज्य स्थानांतरण सदिशों को;

(iv) व्युत्क्रम जालक के आयतन को।

Consider a face-centred cubic lattice of side a. Deduce—

(i) the primitive translation vectors;

(ii) the volume of the primitive cell;

(iii) the reciprocal primitive translation vectors;

(iv) the volume of the reciprocal lattice. 20

(b) ν आवृत्ति के एक क्वांटम दोलन की औसत ऊर्जा के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। फर्मी-डिराक वितरण और $E - E_F > 2$ मान लीजिए, जहाँ E_F फर्मी स्तर है।

Derive the expression for the average energy of a quantum oscillation of frequency ν. Assume Fermi-Dirac distribution and $E - E_F > 2$, where E_F is the Fermi level. 15

(c) एक वृद्धि (इन्हान्समेन्ट) मोड MOSFET की अनुप्रस्थ-काट संरचना का रेखाचित्र बनाइए और इसके निर्गत (आउटपुट) अभिलक्षणों की मदद से इसके संचालन के सिद्धांतों की व्याख्या कीजिए।

Sketch the cross-sectional structure of an enhancement mode MOSFET and explain its principles of operation with the help of its output characteristics. 15

8. (a) एक सिलिकॉन अर्धचालक के नमूने को $6 \times 10^{16}\ cm^{-3}$ ऐलुमिनियम परमाणुओं और $7 \times 10^{15}\ cm^{-3}$ फॉस्फोरस परमाणुओं से मादित किया गया है। $T = 300\ K$ पर दिया गया है, नैज वाहक सांद्रण, $n_i = 1{\cdot}5 \times 10^{10}\ cm^{-3}$; बैंड अंतराल, $E_g = 1{\cdot}1\ eV$; इलेक्ट्रॉन गतिशीलता, $\mu_n = 1250\ cm^2\ V^{-1}\ s^{-1}$ और होल गतिशीलता $\mu_p = 480\ cm^2\ V^{-1}\ s^{-1}$ है। नमूने में निम्न का निर्धारण कीजिए :

(i) अर्धचालक का प्रकार, n या p

(ii) होल वाहक सांद्रण

(iii) इलेक्ट्रॉन वाहक सांद्रण

(iv) चालन बैंड के तली के सापेक्ष नमूने में फर्मी-स्तर का स्थान

(v) नमूने की चालकता

A silicon semiconductor sample is doped with 6×10^{16} cm^{-3} of aluminium and 7×10^{15} cm^{-3} of phosphorus atoms. Given at $T = 300$ K, the intrinsic carrier concentration, $n_i = 1{\cdot}5 \times 10^{10}$ cm^{-3}; the band gap, $E_g = 1{\cdot}1$ eV; the electron mobility, $\mu_n = 1250\ cm^2\ V^{-1}\ s^{-1}$ and the hole mobility, $\mu_p = 480\ cm^2\ V^{-1}\ s^{-1}$. Determine in the sample of the following :

(i) The type of the semiconductor, n or p

(ii) The hole carrier concentration

(iii) The electron carrier concentration

(iv) The position of the Fermi level in the sample with respect to the bottom of the conduction band

(v) The conductivity of the sample 20

(b) 2 nA अदीप्त प्रतिलोम संतृप्ति धारा वाले एक $5\ cm^2$ Ge सौर सेल पर सौर विकिरण आपतित होती है, जिससे प्रति सेकण्ड 4×10^{17} इलेक्ट्रॉन-होल युग्मों का निर्माण होता है। इलेक्ट्रॉन और होल विसरण लम्बाइयाँ क्रमशः 5 μm और 2 μm हैं। सेल के लिए निम्न की गणना कीजिए :

(i) लघु-परिपथ धारा

(ii) खुला-परिपथ वोल्टता

A $5\ cm^2$ Ge solar cell with a dark reverse saturation current of 2 nA has solar radiation incident upon it, producing 4×10^{17} electron-hole pairs per second. The electron and hole diffusion lengths are given to be 5 μm and 2 μm, respectively. Calculate for the cell of the following :

(i) The short-circuit current

(ii) The open-circuit voltage 10

(c) (i) नाभिकीय चुंबकीय आघूर्ण की उत्पत्ति को स्पष्ट कीजिए। शिमट के एकल कण मॉडल की मदद से चुंबकीय द्विध्रुवीय आघूर्ण के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

(ii) एक प्रोटॉन और एक न्यूट्रॉन से युक्त एक तंत्र (ज़रूरी नहीं कि ड्यूटरॉन हो) के लिए स्पष्ट रूप से इसके समभारिक प्रचक्रण (आइसोस्पिन), प्रचक्रण (स्पिन) और कक्षीय क्वांटम संख्याओं को निर्दिष्ट करते हुए विभिन्न संभावित अवस्थाओं को लिखिए।

(i) Explain the origin of the nuclear magnetic moment. Deduce expression for the magnetic dipole moment with the help of the Schmidt single particle model. 10

(ii) For a system consisting of one proton and one neutron (not necessarily a deuteron), write down the various possible states specifying clearly its isospin, spin and orbital quantum numbers. 10

★★★

भौतिकी (प्रश्न-पत्र–II)

समय : तीन घण्टे

अधिकतम अंक : 250

प्रश्न-पत्र सम्बन्धी विशेष अनुदेश

(उत्तर देने के पूर्व निम्नलिखित निर्देशों को कृपया सावधानीपूर्वक पढ़ें)

इसमें **आठ** प्रश्न हैं जो दो खण्डों में विभाजित हैं तथा **हिन्दी** एवं **अंग्रेजी** दोनों में छपे हैं।

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

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

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

प्रश्नों के उत्तर उसी प्राधिकृत माध्यम में लिखे जाने चाहिए, जिसका उल्लेख आपके प्रवेश-पत्र में किया गया है, और इस माध्यम का स्पष्ट उल्लेख प्रश्न-सह-उत्तर (क्यू० सी० ए०) पुस्तिका के मुखपृष्ठ पर निर्दिष्ट स्थान पर किया जाना चाहिए। प्राधिकृत माध्यम के अतिरिक्त अन्य किसी माध्यम में लिखे गए उत्तर पर कोई अंक नहीं मिलेंगे।

यदि आवश्यक हो, तो उपयुक्त 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।

PHYSICS (PAPER–II)

Time Allowed : Three Hours

Maximum Marks : 250

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.

Question Nos. **1** and **5** are compulsory and out of the remaining, THREE are to be attempted choosing at least ONE question 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 meanings.

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.

स्थिरांक जिनकी आवश्यकता हो सकती है

निर्वात में प्रकाश का वेग (c)	=	3×10^{8} m s^{-1}
इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान (m_e)	=	$9{\cdot}11\times10^{-31}$ kg
इलेक्ट्रॉन का आवेश (e)	=	$1{\cdot}602\times10^{-19}$ C
इलेक्ट्रॉन का विशिष्ट आवेश $\left(\frac{e}{m_e}\right)$	=	$1{\cdot}76\times10^{11}$ C kg^{-1}
1 u ≡ 1 a.m.u. = $1{\cdot}6605\times10^{-27}$ kg	=	931·5 MeV
इलेक्ट्रॉन की विरामावस्था द्रव्यमान ऊर्जा ($m_e c^2$)	=	0·5110 MeV
मुक्त आकाश में विद्युत्शीलता (ε_0)	=	$8{\cdot}8542\times10^{-12}$ C^2 N^{-1} m^{-2}
मुक्त आकाश की पारगम्यता (μ_0)	=	$4\pi\times10^{-7}$ N A^{-2}
गैस स्थिरांक (R)	=	$8{\cdot}314$ J mol^{-1} K^{-1}
बोल्ट्ज़मान स्थिरांक (k_B)	=	$1{\cdot}381\times10^{-23}$ J K^{-1}
प्लांक स्थिरांक (h)	=	$6{\cdot}626\times10^{-34}$ J s
($\hbar$)	=	$1{\cdot}0546\times10^{-34}$ J s
बोर मैग्नेटॉन (μ_B)	=	$9{\cdot}274\times10^{-24}$ J T^{-1}
नाभिकीय मैग्नेटॉन (μ_N)	=	$5{\cdot}051\times10^{-27}$ J T^{-1}
सूक्ष्म संरचना स्थिरांक (α)	=	1/137·03599
प्रोटॉन का द्रव्यमान (m_p)	=	1·0072766 u = $1{\cdot}6726\times10^{-27}$ kg
न्यूट्रॉन का द्रव्यमान (m_n)	=	1·0086652 u = $1{\cdot}6749\times10^{-27}$ 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
कक्षीय घूर्णचुम्बकीय अनुपात (g_l)	=	0 (न्यूट्रॉन), 1 (प्रोटॉन)
स्पिन घूर्णचुम्बकीय अनुपात (g_s)	=	–3·8260 (न्यूट्रॉन), 5·5856 (प्रोटॉन)

Constants which may be needed

Velocity of light in vacuum (c)	=	3×10^{8} m s^{-1}
Mass of electron (m_e)	=	$9{\cdot}11\times10^{-31}$ kg
Charge of electron (e)	=	$1{\cdot}602\times10^{-19}$ C
Specific charge of electron $\left(\frac{e}{m_e}\right)$	=	$1{\cdot}76\times10^{11}$ C kg^{-1}
1 u ≡ 1 a.m.u. = $1{\cdot}6605\times10^{-27}$ kg	=	931·5 MeV
Rest mass energy of electron ($m_e c^2$)	=	0·5110 MeV
Permittivity in free space (ε_0)	=	$8{\cdot}8542\times10^{-12}$ C^2 N^{-1} m^{-2}
Permeability of free space (μ_0)	=	$4\pi\times10^{-7}$ N A^{-2}
Gas constant (R)	=	8·314 J mol^{-1} K^{-1}
Boltzmann constant (k_B)	=	$1{\cdot}381\times10^{-23}$ J K^{-1}
Planck constant (h)	=	$6{\cdot}626\times10^{-34}$ J s
($\hbar$)	=	$1{\cdot}0546\times10^{-34}$ J s
Bohr magneton (μ_B)	=	$9{\cdot}274\times10^{-24}$ J T^{-1}
Nuclear magneton (μ_N)	=	$5{\cdot}051\times10^{-27}$ J T^{-1}
Fine structure constant (α)	=	1/137·03599
Mass of proton (m_p)	=	1·0072766 u = $1{\cdot}6726\times10^{-27}$ kg
Mass of neutron (m_n)	=	1·0086652 u = $1{\cdot}6749\times10^{-27}$ 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
Orbital gyromagnetic ratio (g_l)	=	0 (neutron), 1 (proton)
Spin gyromagnetic ratio (g_s)	=	–3·8260 (neutron), 5·5856 (proton)

खण्ड—A / SECTION—A

1. *(a)* सिद्ध कीजिए कि बोर हाइड्रोजन परमाणु चिरप्रतिष्ठित (क्लासिकी) अवस्था के निकट पहुँचता है, जब n बहुत ज्यादा हो जाय और लघु क्वान्टम झंप अंतर्निहित हों।

Prove that Bohr hydrogen atom approaches classical conditions, when n becomes very large and small quantum jumps are involved. 10

(b) तरंग फलन $\psi(x, t) = [Ae^{ipx/\hbar} + Be^{-ipx/\hbar}]e^{-ip^2t/2m\hbar}$ के लिए प्रायिकता धारा घनत्व ज्ञात कीजिए। परिणाम की भौतिक व्याख्या कीजिए।

Find the probability current density for the wave function

$$\psi(x, t) = [Ae^{ipx/\hbar} + Be^{-ipx/\hbar}]e^{-ip^2t/2m\hbar}$$

Interpret the result physically. 10

(c) एक नीले रंग का लैम्प 4500 Å के औसत तरंगदैर्घ्य के प्रकाश को उत्सर्जित करता है। लैम्प का अनुमतांक (रेटिंग) 150 W है तथा उसकी 8% ऊर्जा प्रकाश के रूप में प्रकट होती है। लैम्प के द्वारा कितने फोटॉन प्रति सेकन्ड उत्सर्जित किए जाते हैं?

A blue lamp emits light of mean wavelength of 4500 Å. The rating of the lamp is 150 W and its 8% of the energy appears as light. How many photons are emitted per second by the lamp? 10

(d) किसी साइक्लोट्रॉन में एक ड्यूटरॉन के पथ की अधिकतम त्रिज्या, चुम्बकीय क्षेत्र से बाहर विक्षेपित होने से पूर्व, 20 cm हो सकती है।

(i) इस त्रिज्या पर ड्यूटरॉन के वेग की गणना कीजिए।

(ii) ड्यूटरॉन की ऊर्जा MeV में कितनी है?

दिया गया है, चुम्बकीय क्षेत्र = 1500 गाउस और ड्यूटरॉन का द्रव्यमान = $3{\cdot}34\times10^{-27}$ kg.

In a certain cyclotron, the maximum radius that the path of a deuteron may have before it is deflected out of the magnetic field is 20 cm.

(i) Calculate the velocity of the deuteron at this radius.

(ii) What is the energy of deuteron in MeV?

Given, magnetic field = 1500 gauss and mass of deuteron = $3{\cdot}34\times10^{-27}$ kg. 10

(e) एक डायमन्ड क्रिस्टल का जालक प्राचल (पैरामीटर) एवं परमाणु द्रव्यमान क्रमशः 3·57 Å और 12 है। इस क्रिस्टल के घनत्व की गणना कीजिए। दिया गया है, आवोगाद्रो संख्या, $N = 6{\cdot}023\times10^{26}$ (kg mol)$^{-1}$.

The lattice parameter and the atomic mass of a diamond crystal are 3·57 Å and 12, respectively. Calculate the density of the crystal. Given, Avogadro's number, $N = 6{\cdot}023\times10^{26}$ (kg mol)$^{-1}$. 10

2. *(a)* एक कण को तरंग फलन $\psi(x) = \left(\frac{\pi}{4}\right)^{-1/4} e^{-ax^2/2}$ के द्वारा निरूपित किया जाता है। कण के लिए Δx और Δp का परिकलन कीजिए तथा अनिश्चितता सम्बन्ध $\Delta x \Delta p = \frac{\hbar}{2}$ को सत्यापित कीजिए।

A particle is described by the wave function $\psi(x) = \left(\frac{\pi}{4}\right)^{-1/4} e^{-ax^2/2}$.. Calculate Δx and Δp for the particle, and verify the uncertainty relation $\Delta x \Delta p = \frac{\hbar}{2}$. 15

(b) गुणधर्म $A^3 = 1$ के एक हर्मिटी संकारक A को लीजिए। दर्शाइए कि $A = 1$.

Consider a Hermitian operator A with property $A^3 = 1$. Show that $A = 1$. 15

(c) नाभिकीय चुम्बकीय अनुनाद (एन० एम० आर०) के सिद्धान्त को लिखिए। नाभिकीय चुम्बकीय अनुनाद के डिज़ाइन एवं कार्यप्रणाली को समझाइए तथा इसके महत्त्वपूर्ण उपयोगों के बारे में लिखिए।

Write the principle of nuclear magnetic resonance (NMR). Explain the design and working of NMR, and write its important applications. 20

3. *(a)* कैडमियम की 6438 Å की लाल रेखा के सरल ज़ेमानी विपाटन को ज्ञात कीजिए, जबकि परमाणुओं को 0·009 T के चुम्बकीय क्षेत्र में रखा गया है।

Determine the normal Zeeman splitting of the cadmium red line of 6438 Å, when the atoms are placed in a magnetic field of 0·009 T. 15

(b) समझाइए कि कैसे स्टर्न-गर्लैक प्रयोग का उपयोग करते हुए परमाणु के चुम्बकीय आघूर्ण, कोणीय संवेग के आकाशी क्वान्टमीकरण और इलेक्ट्रॉन के प्रचक्रण का आकलन किया जा सकता है।

Explain how the magnetic moments of atoms, the space quantization of angular momentum and the spin of electron are measured using Stern-Gerlach experiment. 15

(c) यदि किसी इलेक्ट्रॉन के प्रचक्रण का z-अवयव $+\frac{\hbar}{2}$ हो, तो इसकी क्या प्रायिकता है कि इसका किसी z' दिशा में (जो कि z-अक्ष से θ कोण बनाती है) अवयव $\frac{\hbar}{2}$ या $-\frac{\hbar}{2}$ है? z' दिशा में प्रचक्रण का औसत मान क्या है?

If the z-component of an electron spin is $+\frac{\hbar}{2}$, what is the probability that its component along a direction z' (forming an angle θ with z-axis) is $\frac{\hbar}{2}$ or $-\frac{\hbar}{2}$? What is the average value of spin along z'? 20

4. *(a)* ड्यूटरॉन के ${}^3S_1$ अवस्था का चुम्बकीय द्विध्रुव आघूर्ण, नाभिकीय मैग्नेटॉन, μ_N, के पद में ज्ञात कीजिए। दिया गया है, $\mu_p = 2{\cdot}792847\mu_N$ और $\mu_n = -1{\cdot}913042\mu_N$.

Calculate in terms of the nuclear magneton, μ_N, the magnetic dipole moment of ${}^3S_1$ state of deuteron. Given, $\mu_p = 2{\cdot}792847\mu_N$ and $\mu_n = -1{\cdot}913042\mu_N$. 15

(b) नाभिकों के आधारभूत दुर्बल अन्योन्यक्रिया प्रक्रमों को लिखिए। *(i)* न्यूट्रॉन और *(ii)* प्रोटॉन के बीटा क्षयों को भी स्पष्ट कीजिए।

Write down the basic weak interaction processes in the nuclei. Also illustrate the beta decays of *(i)* neutron and *(ii)* proton. 15

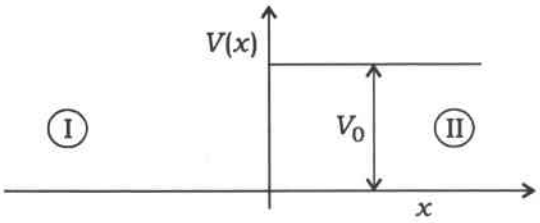
(c) एक चालक की द्वि-तरल (सामान्य और अतिचालक) अवधारणा तथा मैक्सवेल समीकरणों का उपयोग करते हुए अतिचालकता के दो लंडन समीकरणों की व्युत्पत्ति कीजिए।

Using the two-fluid model of a conductor (normal and superconducting) and the Maxwell's equations, derive the two London equations of superconductivity. 20

खण्ड—B / SECTION—B

5. (a) एक सोपान विभव के दोनों तरफ एक कण के लिए तरंग फलनों को, $E > V_0$ के लिए, लिखिए :

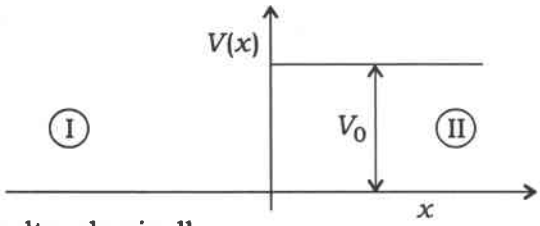
$$V(x) = \begin{cases} V_0, & x > 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$$



परिणामों की भौतिक व्याख्या कीजिए।

Write the wave functions for a particle on both sides of a step potential, for $E > V_0$:

$$V(x) = \begin{cases} V_0, & x > 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$$



Interpret the results physically. 10

(b) मॉसबौर प्रभाव की व्याख्या कीजिए।

Explain the Mössbauer effect. 10

(c) पृथ्वी के ऊपरी पटल में पाए गए प्राकृतिक यूरेनियम में दो समस्थानिक $^{235}_{92}U$ और $^{238}_{92}U$, $7{\cdot}3\times10^{-3}$ तथा 1 के परमाणुक अनुपात में हैं। यह मानते हुए कि दोनों समस्थानिकों के निर्माण के समय दोनों समस्थानिक समान मात्रा में उत्पन्न हुए, उनके निर्माण के समय का आकलन कीजिए। दिया गया है कि दोनों समस्थानिकों की औसत आयु क्रमशः $1{\cdot}03\times10^{9}$ वर्ष तथा $6{\cdot}49\times10^{9}$ वर्ष है।

Natural uranium found in the earth's crust contains the isotopes $^{235}_{92}U$ and $^{238}_{92}U$ in the atomic ratio $7{\cdot}3\times10^{-3}$ to 1. Assuming that at the time of formation these two isotopes were produced equally, estimate the time since formation.

Given that the mean lives of both the isotopes are $1{\cdot}03\times10^{9}$ years and $6{\cdot}49\times10^{9}$ years, respectively. 10

(d) एक लगभग शुद्ध मोटी ऐल्युमिनियम चादर (शीट) में 0·19 परमाणुक प्रतिशत ताम्र (कॉपर) शीट की सतह पर तथा 0·18 परमाणुक प्रतिशत ताम्र सतह से 1·2 mm की गहराई पर है। 550 °C पर सतह से ताम्र परमाणुओं के फ्लक्स का परिकलन कीजिए, यदि इस तापमान पर ताम्र का ऐल्युमिनियम में विसरण गुणांक $5{\cdot}25\times10^{-13}\ m^2\ s^{-1}$ है। दिया गया है, Al FCC जालक पैरामीटर, $a = 4{\cdot}05$ Å.

In an almost pure thick aluminium sheet, there are 0·19 atomic percent of copper at the surface and 0·18 atomic percent at a depth of 1·2 mm from the surface. Calculate the flux of the copper atoms from the surface at 550 °C, if the diffusion coefficient of copper in aluminium at this temperature is $5{\cdot}25\times10^{-13}\ m^2\ s^{-1}$. Given, Al FCC with lattice parameter, $a = 4{\cdot}05$ Å. 10

(e) मुक्त इलेक्ट्रॉन मॉडल को मानते हुए सोडियम के हॉल गुणांक का परिकलन कीजिए। सोडियम की संरचना BCC है तथा घन की एक भुजा 4·28 Å है।

Calculate the Hall coefficient of sodium based on the free electron model. Sodium has BCC structure and the side of the cube is 4·28 Å. 10

6. *(a)* नाभिकीय बंधन ऊर्जा के लिए वाइज़ेकर द्रव्यमान सूत्र को लिखिए। सूत्र में प्रयुक्त प्रत्येक पद का संक्षेप में औचित्य दीजिए।

Write down the Weizsäcker mass formula for the nuclear binding energy. Give short justification for each term of the formula. 20

(b) नैज अर्धचालक क्या है? नैज सिलिकॉन का बैन्ड अन्तराल 1·1 eV है फिर भी $T = 300$ K पर इसकी चालकता शून्य नहीं है। समझाइए। उपयुक्त व्यंजक की सहायता से नैज अर्धचालक में फर्मी स्तर की स्थिति पर टिप्पणी कीजिए।

What is an intrinsic semiconductor? Intrinsic silicon has a band gap of 1·1 eV and yet at $T = 300$ K, the conductivity is non-zero. Explain. Comment, with the help of relevant expression, on the position of the Fermi level of an intrinsic semiconductor. 15

(c) एक प्रवर्धक की परिकल्पना कीजिए, जिसकी खुला पाश (पुनर्भरण के बिना) लब्धि (गेन) A है तथा पुनर्भरण गुणक (फीडबैक फैक्टर) β है। इसकी पुनर्भरण लब्धि A_f के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए। पुनर्भरण प्रवर्धक के लिए उस शर्त की व्युत्पत्ति कीजिए, जिसके अन्तर्गत यह एक दोलक की तरह कार्य करता है। A में परिवर्तन के साथ A_f में होने वाले परिवर्तन पर टिप्पणी कीजिए।

Consider an amplifier with an open-loop (no feedback) gain of A and a feedback factor β. Derive the expression for the gain with feedback, A_f. Derive the condition for the amplifier with feedback to act as an oscillator. Comment on the change in A_f with a change in A. 15

7. *(a)* अनिश्चितता के सिद्धान्त $\Delta x\,\Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$ का उपयोग करते हुए एक आवर्ती दोलक के निम्नतम ऊर्जा स्तर का आकलन कीजिए।

Using the uncertainty principle $\Delta x\,\Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$, estimate the ground state energy of a harmonic oscillator. 15

(b) कोणीय संवेग के लिए क्रमविनिमय (कम्युटेशन) सम्बन्ध सिद्ध कीजिए :

$$[L^2, L_z] = 0$$

यह भी दर्शाइए कि $(\vec{L} \times \vec{L}) = i\hbar\vec{L}$.

Prove the commutation relation for the angular momentum :

$$[L^2, L_z] = 0$$

Also show that $(\vec{L} \times \vec{L}) = i\hbar\vec{L}$. 15

(c) एक द्विपरमाणुक अणु की स्थितिज ऊर्जा, अन्तरापरमाणुक अंतरण R के पद में निम्नलिखित रूप में दी जाती है :

$$U(R) = \frac{-A}{R^2} + \frac{B}{R^{10}}$$

जहाँ $A = 1{\cdot}44\times10^{-39}\ \text{J m}^2$ तथा $B = 2{\cdot}19\times10^{-115}\ \text{J m}^{10}$ हैं। साम्य अन्तरण, R_e और वियोजन ऊर्जा का परिकलन कीजिए।

The potential energy of a diatomic molecule in terms of the interatomic spacing R is given by

$$U(R) = \frac{-A}{R^2} + \frac{B}{R^{10}}$$

where $A = 1{\cdot}44\times10^{-39}\ \text{J m}^2$ and $B = 2{\cdot}19\times10^{-115}\ \text{J m}^{10}$. Calculate the equilibrium spacing, R_e and the dissociation energy. 20

8. (a) हाइड्रोजन परमाणु की प्रथम बोर कक्षा में इलेक्ट्रॉन की आवृत्ति की गणना कीजिए।

Calculate the frequency of the electron in the first Bohr orbit of hydrogen atom. 15

(b) ज़ेमान प्रभाव क्या है? ज़ेमान प्रभाव को चिरप्रतिष्ठित (क्लासिकी) इलेक्ट्रॉन सिद्धान्त के आधार पर समझाइए।

What is Zeeman effect? Explain Zeeman effect on the basis of classical electron theory. 15

(c) (i) तारकीय नाभिक-संश्लेषण (स्टेलर न्यूक्लियोसिन्थेसिस) के दौरान हाइड्रोजन से हीलियम तक *pp* शृंखला में होने वाली प्रमुख अभिक्रियाओं को सूचीबद्ध कीजिए। अभिक्रियाओं के परिणामी निवल प्रभाव का भी उल्लेख कीजिए।

(ii) कणों की दुर्बल अन्योन्यक्रिया में संरक्षित और असंरक्षित रहने वाली राशियों को दो अलग-अलग स्तम्भों में सूचीबद्ध कीजिए।

(i) List the main reactions in the *pp* chain leading from hydrogen to helium during stellar nucleosynthesis. Also mention the net effect of the reactions. 10

(ii) List in two separate columns, the quantities that are conserved and not conserved in the weak interaction of particles. 10

★ ★ ★

वियोज्य DETACHABLE

भौतिकी (प्रश्न-पत्र II)

PHYSICS (Paper II)

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

प्रश्न-पत्र सम्बन्धी विशेष अनुदेश

उत्तर देने के पूर्व निम्नलिखित निर्देशों को कृपया सावधानीपूर्वक पढ़ें :

इसमें **आठ** प्रश्न हैं जो **दो खण्डों** में विभाजित हैं तथा **हिन्दी** एवं **अंग्रेजी** दोनों में छपे हुए हैं ।

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

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

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

प्रश्नों के उत्तर उसी प्राधिकृत 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 मुखपृष्ठ पर निर्दिष्ट स्थान पर किया जाना चाहिए । प्राधिकृत माध्यम के अतिरिक्त अन्य किसी माध्यम में लिखे गए उत्तर पर कोई अंक नहीं मिलेंगे ।

यदि आवश्यक हो, तो उपयुक्त 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.

Question Nos. **1** and **5** are compulsory and out of the remaining, **THREE** are to be attempted choosing at least **ONE** question 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 meanings.

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.

खण्ड 'A' SECTION 'A'

1.(a) 400 nm तरंग-दैर्घ्य की स्पेक्ट्रम रेखा में देखे जाने के लिए जीमॉन प्रभाव के लिए आवश्यक न्यूनतम चुंबकीय क्षेत्र का पता लगाएँ जब कि एक स्पेक्ट्रोमीटर जिसका विभेदन 0·010 nm है, का उपयोग किया जाता है । उत्तर को निकटतम उच्च पूर्णांक में लिखें ।

Find the minimum magnetic field needed for the Zeeman effect to be observed in a spectral line of 400 nm wavelength when a spectrometer whose resolution is 0·010 nm is used. Write the answer in the nearest high integer. 10

1.(b) हाइड्रोजन परमाणु की $1s$ अवस्था में इलेक्ट्रॉन के लिए सामान्यीकृत तरंग फलन निम्नलिखित है :

$$\psi_{100} = \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-r/a_0}, \text{ जहाँ } a_0 = \frac{\hbar^2}{me^2}$$

बोहर त्रिज्या है । इस अवस्था में स्थितिज ऊर्जा के अपेक्षित मान की गणना कीजिए ।

Normalised wave function of hydrogen atom for $1s$ state is

$$\psi_{100} = \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-r/a_0}, \text{ where } a_0 = \frac{\hbar^2}{me^2}$$

being the Bohr radius. Calculate the expectation value of potential energy in this state. 10

1.(c) 25 eV ऊंचाई और 0·5 nm चौड़ाई के विभव रोध पर 12 eV इलेक्ट्रॉन का एक किरण-पुंज आपतित होता है । संचरण गुणांक की गणना कीजिए ।

A beam of 12 eV electron is incident on a potential barrier of height 25 eV and width 0·05 nm. Calculate the transmission coefficient. 10

EXPONENTIAL AND HYPERBOLIC FUNCTIONS

x	e^x	e^{-x}	sinh x	cosh x	x	e^x	e^{-x}	sinh x	cosh x
.02	1·0202	·9802	·0200	1·0002	**1·0**	2·7183	·3679	1·1752	1·5431
.04	1·0408	·9608	·0400	1·0008	1·1	3·0042	·3329	1·3356	1·6685
.06	1·0618	·9418	·0600	1·0018	1·2	3·3201	·3012	1·5095	1·8107
.08	1·0833	·9231	·0801	1·0032	1·3	3·6693	·2725	1·6984	1·9709
.10	1·1052	·9048	·1002	1·0050	1·4	4·0552	·2466	1·9043	2·1509
.11	1·1163	·8958	·1102	1·0061	**1·5**	4·4817	·2231	2·1293	2·3524
.12	1·1275	·8869	·1203	1·0072	1·6	4·9530	·2019	2·3756	2·5775
.13	1·1388	·8781	·1304	1·0085	1·7	5·4739	·1827	2·6456	2·8283
.14	1·1503	·8694	·1405	1·0098	1·8	6·0497	·1653	2·9422	3·1075
.15	1·1618	·8607	·1506	1·0113	1·9	6·6859	·1496	3·2682	3·4177
.16	1·1735	·8521	·1607	1·0128	**2·0**	7·3891	·1353	3·6269	3·7622
.17	1·1853	·8437	·1708	1·0145	2·1	8·1662	·1225	4·0219	4·1443
.18	1·1972	·8353	·1810	1·0162	2·2	9·0250	·1108	4·4571	4·5679
.19	1·2092	·8270	·1911	1·0181	2·3	9·9742	·1003	4·9370	5·0372
.20	1·2214	·8187	·2013	1·0201	2·4	11·023	·0907	5·4662	5·5569
.21	1·2337	·8106	·2115	1·0221	**2·5**	12·182	·0821	6·0502	6·1323
.22	1·2461	·8025	·2218	1·0243	2·6	13·464	·0743	6·6947	6·7690
.23	1·2586	·7945	·2320	1·0266	2·7	14·880	·0672	7·4063	7·4735
.24	1·2712	·7866	·2423	1·0289	2·8	16·445	·0608	8·1919	8·2527
.25	1·2840	·7788	·2526	1·0314	2·9	18·174	·0550	9·0596	9·1146
.26	1·2969	·7711	·2629	1·0340	**3·0**	20·085	·0498	10·018	10·068
.27	1·3100	·7634	·2733	1·0367	3·1	22·198	·0450	11·076	11·121
.28	1·3231	·7558	·2837	1·0395	3·2	24·532	·0408	12·246	12·287
.29	1·3364	·7483	·2941	1·0423	3·3	27·113	·0369	13·538	13·575
.30	1·3499	·7408	·3045	1·0453	3·4	29·964	·0334	14·965	14·999
.31	1·3634	·7335	·3150	1·0484	**3·5**	33·115	·0302	16·543	16·573
.32	1·3771	·7261	·3255	1·0516	3·6	36·598	·0273	18·285	18·313
.33	1·3910	·7189	·3360	1·0550	3·7	40·447	·0247	20·211	20·236
.34	1·4050	·7118	·3466	1·0584	3·8	44·701	·0224	22·339	22·362
.35	1·4191	·7047	·3572	1·0619	3·9	49·402	·0202	24·691	24·711
.36	1·4333	·6977	·3678	1·0655	**4·0**	54·598	·0183	27·290	27·308
.37	1·4477	·6907	·3785	1·0692	4·1	60·340	·0166	30·162	30·178
.38	1·4623	·6839	·3892	1·0731	4·2	66·686	·0150	33·336	33·351
.39	1·4770	·6771	·4000	1·0770	4·3	73·700	·0136	36·843	36·857
.40	1·4918	·6703	·4107	1·0811	4·4	81·451	·0123	40·719	40·732
.41	1·5068	·6636	·4216	1·0852	**4·5**	90·017	·0111	45·003	45·014
.42	1·5220	·6570	·4325	1·0895	4·6	99·484	·0100	49·737	49·747
.43	1·5373	·6505	·4434	1·0939	4·7	109·95	·00910	54·969	54·978
.44	1·5527	·6440	·4543	1·0984	4·8	121·51	·00823	60·751	60·759
.45	1·5683	·6376	·4653	1·1030	4·9	134·29	·00745	67·141	67·149
.46	1·5841	·6313	·4764	1·1077	**5·0**	148·41	·00674	74·203	74·210
.47	1·6000	·6250	·4875	1·1125	5·1	164·02	·00610	82·008	82·014
.48	1·6161	·6188	·4986	1·1174	5·2	181·27	·00552	90·633	90·639
.49	1·6323	·6126	·5098	1·1225	5·3	200·34	·00499	100·17	100·17
.50	1·6487	·6065	·5211	1·1276	5·4	221·41	·00452	110·70	110·71
.60	1·8221	·5488	·6367	1·1855	**5·5**	244·69	·00409	122·34	122·35
.70	2·0138	·4966	·7586	1·2552	5·6	270·43	·00370	135·21	135·21
.80	2·2255	·4493	·8881	1·3374	5·7	298·87	·00335	149·43	149·43
.90	2·4596	·4066	1·0265	1·4331	5·8	330·30	·00303	165·15	165·15
					5·9	365·04	·00274	182·52	182·52
					6·0	403·43	·00248	201·71	201·72

1.(d) 0·5 T के चुंबकीय प्रेरण क्षेत्र के लिए लार्मर पुरस्सरण आवृत्ति की गणना कीजिए । समान क्षेत्र के लिए सामान्य जीमॉन प्रभाव के कारण स्पेक्ट्रम रेखाओं की तरंग संख्याओं में विपाटन की गणना कीजिए ।

Calculate the Larmor precessional frequency for a magnetic induction field of 0·5 T. Hence calculate the splitting in wave numbers of a spectral line due to normal Zeeman effect for the same field. 10

1.(e) HCl के शुद्ध घूर्णीय वर्णक्रम (स्पेक्ट्रम) में पहली पंक्ति 21·18 cm^{-1} पर दिखाई देती है । अणु की बंधन लंबाई की गणना कीजिए । हाइड्रोजन परमाणु का द्रव्यमान 1·008 और क्लोरीन परमाणु का द्रव्यमान 35·45 amu है जहाँ amu परमाण्विक द्रव्यमान इकाई है ।

The first line in the pure rotational spectrum of HCl appears at 21·18 cm^{-1}. Calculate bond length of the molecule. Given atomic masses of H and Cl are 1·008 and 35·45 amu, respectively. 10

2.(a) पाउली प्रचक्रण आव्यूहों का उपयोग करते हुए सिद्ध कीजिए कि,

(i) $\sigma_x\sigma_y+\sigma_y\sigma_x=0;\ \sigma_y\sigma_z+\sigma_z\sigma_y=0;\ \sigma_x\sigma_z+\sigma_z\sigma_x=0$

(ii) $\sigma_+\sigma_-=2(1+\sigma_z)$

(iii) $\sigma_\alpha+\sigma_\beta=i\sigma_\gamma$ जहाँ $\alpha\neq\beta\neq\gamma$

Using Pauli spin matrices prove that,

(i) $\sigma_x\sigma_y+\sigma_y\sigma_x=0;\ \sigma_y\sigma_z+\sigma_z\sigma_y=0;\ \sigma_x\sigma_z+\sigma_z\sigma_x=0$

(ii) $\sigma_+\sigma_-=2(1+\sigma_z)$

(iii) $\sigma_\alpha+\sigma_\beta=i\sigma_\gamma$ where $\alpha\neq\beta\neq\gamma$ 8+6+6

2.(b) एक कण के संवेग में अनिश्चितता का पता लगाइए जब उसकी स्थिति 0·02 cm के भीतर निर्धारित की जाती है । एक इलेक्ट्रॉन और अल्फा कण के वेग में अनिश्चितता का पता लगाइए जब वे 15×10^{-8} cm के भीतर स्थित हों ।

Find the uncertainty in the momentum of a particle when its position is determined within 0·02 cm. Find also the uncertainty in the velocity of an electron and α-particle respectively when they are located within 15×10^{-8} cm. 15

2.(c) एक कण 50Å चौड़ाई और अनंत ऊंचाई के एकविमीय कोष्ठ (बाक्स) में घूम रहा है । कोष्ठ (बाक्स) के केन्द्र पर 15Å के अंतराल के भीतर कण को खोजनें की संभावना (प्रायिकता) की गणना कीजिए जब वह अपनी न्यूनतम ऊर्जा की स्थिति में हो ।

A particle is moving in a one dimensional box of width 50Å and infinite height. Calculate the probability of finding the particle within an interval of 15Å at the centres of the box when it is in its state of least energy. 15

3.(a) 3637Å के उत्तेजन रेखा के रूप में उपयोग करते हुए एक नमूने के रमन वर्णक्रम (स्पेक्ट्रम) को देखने में 3980Å पर स्टोक्स रेखा मिलती है । मीटर$^{-1}$ इकाई में रमन विस्थापन (शिफ्ट) का पता लगाइए । संबंधित स्टोक्स और एंटी-स्टोक्स लाइनों के लिए Å में तरंग दैर्घ्य की गणना कीजिए यदि उत्तेजन रेखा 6465Å है ।

In observing the Raman spectrum of a sample using 3637Å as the exciting line, one gets stoke line at 3980Å. Deduce the Raman shift in m^{-1} units. Compute the wavelength in Å for corresponding stokes and antistokes lines if the exciting line is 6465Å. 20

3.(b) प्रचक्रण-कक्षा युग्मन की व्याख्या कीजिए । प्रचक्रण-कक्षा युग्मन के कारण हाइड्रोजन-परमाणु की स्पेक्ट्रमी (वर्णक्रम) रेखाओं के विपाटन की चर्चा कीजिए ।

Explain spin-orbit coupling. Discuss the splitting of spectral lines of H-atom due to spin-orbit coupling. 15

3.(c) एक दो संयोजकता वाले इलेक्ट्रॉन परमाणु में दोनों इलेक्ट्रानों की क्वांटम संख्याएँ हैं;

$n_1 = 8 \quad l_1 = 4 \quad s_1 = \frac{1}{2}$

$n_2 = 7 \quad l_2 = 2 \quad s_2 = \frac{1}{2}$

(i) *L-S* युग्मन को मानते हुए *L* का संभावित मान ज्ञात कीजिए और *J* का भी ।

(ii) *j-j* युग्मन को मानते हुए *J* का संभावित मान ज्ञात कीजिए ।

The quantum numbers of two electrons in a two valence electron atom are;

$n_1 = 8 \quad l_1 = 4 \quad s_1 = \frac{1}{2}$

$n_2 = 7 \quad l_2 = 2 \quad s_2 = \frac{1}{2}$

(i) Assuming *L-S* coupling, find the possible value of *L* and hence of *J*.

(ii) Assuming *j-j* coupling, find the possible values of *J*. 7+8

4.(a) विराम-द्रव्यमान m_0 के एक कण की गतिज ऊर्जा K है, दर्शाइए कि इसकी डी. ब्रोग्ली तरंगदैर्घ्य निम्नलिखित द्वारा निर्धारित है :

$$\lambda = \frac{hc}{\sqrt{[K(K+2m_0c^2)]}}$$

अत: 2 MeV गतिज ऊर्जा के एक इलेक्ट्रॉन के तरंगदैर्घ्य की गणना कीजिए । यदि $K << m_0c^2$ हो तो λ का मान क्या होगा ?

A particle of rest mass m_0 has a kinetic energy K, show that its de Broglie wavelength is given by

$$\lambda = \frac{hc}{\sqrt{[K(K+2m_0c^2)]}}$$

Hence calculate the wavelength of an electron of kinetic energy 2 MeV. What will be the value of λ if $K << m_0c^2$? 15

4.(b) चिरप्रतिष्ठित सीमाओं के अन्दर एक सरल आवर्ती दोलक की प्रायिकता की गणना कीजिए यदि दोलक अपनी सामान्य अवस्था में है । यह भी दर्शाइए कि यदि दोलक अपनी सामान्य अवस्था में है तो कण के चिरप्रतिष्ठित सीमा से बाहर निकलने की प्रायिकता लगभग 16% (प्रतिशत) है ।

Calculate the probability of finding a simple harmonic oscillator within the classical limits if the oscillator is in its normal state. Also show that if the oscillator is in its normal state, then the probability of finding the particle outside the classical limits is approximately 16%. 15

4.(c) सामान्य और असंगत जीमॉन प्रभाव का वर्णन कीजिए । समझाइए कि यह हाइड्रोजन परमाणु में अपभ्रष्टता को कैसे उठा देता है ।

Describe normal and anomalous Zeeman effect. Explain how it lifts the degeneracy in hydrogen atom. 20

खण्ड 'B' SECTION 'B'

5.(a) λ_1 तरंग-दैर्घ्य का एक एक्सरे किरणपुंज 30° के ब्रेग-कोण पर पहले क्रम के ब्रेग परावर्तन से गुजरता है । 97 nm तरंग-दैर्घ्य का एक्सरे 60° के ब्रेग कोण पर तृतीय क्रम के परावर्तन से गुजरता है । मान लीजिए कि दोनों किरणपुंज (बीम) एक ही तल से परावर्तित होते हैं तो λ_1 का मान ज्ञात कीजिए ।

An X-ray beam of wavelength (λ_1) undergoes a first order Bragg reflection at a Bragg angle of 30°. X-ray of wavelength 97 nm undergoes 3rd order reflection at a Bragg angle of 60°. Consider that the two beams are reflected from the same set of planes. Find the value of λ_1. 10

5.(b) आंतरिक ऊर्जा के व्यंजक

$$U = 3N\frac{\hbar\omega}{e^{\hbar\omega/k_BT} - 1}$$

का इस्तेमाल करते हुए दिखाइए कि आइंस्टीन की विशिष्ट ऊष्मा धारिता निम्नलिखित द्वारा निर्धारित है;

$$C = 3R\left(\frac{\hbar\omega}{k_BT}\right)^2 \frac{e^{\hbar\omega/k_BT}}{\left(e^{\hbar\omega/k_BT} - 1\right)^2}$$

यह भी दिखाइए कि ऊपर दी गई आइंस्टीन की विशिष्ट ऊष्मा धारिता कम तापमान पर $e^{-\hbar\omega/k_BT}$ के समानुपाती होती है ।

Using the expression for internal energy

$U=3N\frac{\hbar\omega}{e^{\hbar\omega/k_BT}-1}$, show that Einstein specific heat capacity is given by;

$$C=3R\left(\frac{\hbar\omega}{k_BT}\right)^2\frac{e^{\hbar\omega/k_BT}}{\left(e^{\hbar\omega/k_BT}-1\right)^2}$$

Also show that Einstein specific heat capacity given above is proportional to $e^{-\hbar\omega/k_BT}$ at very low temperature. 10

5.(c) ρ° और K° मेसोन दोनों ही अधिकतर π^+ और π^- में क्षय होते हैं । समझाइए कि ρ° का औसत जीवन काल ($\backsim 10^{-23}$s) K° के औसत जीवन काल ($\backsim 10^{-10}$s) की तुलना में छोटा क्यों है ।

ρ° and K° mesons both decay mostly to π^+ and π^-. Explain why the mean lifetime of ρ° is shorter ($\backsim 10^{-23}$s) compared to the mean lifetime of K°($\backsim 10^{-10}$s). 10

5.(d) निम्नलिखित क्वार्कों से बने हुए कणों के गुण क्या हैं ?

(a) $u\bar{d}$ (b) $\bar{u}d$ (c) dds (d) uss

What are the properties of the particles made up of the following quarks ?

(a) $u\bar{d}$ (b) $\bar{u}d$ (c) dds (d) uss 10

5.(e) शृंखला अभिक्रियाएँ क्या होती हैं ? क्रोड के क्रांतिक परिमाण से, जिसके भीतर शृंखला अभिक्रिया होती हैं, आप क्या अर्थ निकालते हैं ?

What are chain reactions ? What do you mean by critical size of the core in which chain reaction takes place ? 10

6.(a) ड्यूटेरॉन के अध्ययन का क्या महत्व है ? ड्यूटेरॉन की निम्नतम अवस्था के लिए श्रोडिंगर समीकरण का हल प्राप्त कीजिए और दर्शाइए कि ड्यूटेरॉन एक ढ़ीले तरीके से बद्ध तंत्र होता है ।

What is the importance of study of deuteron ? Obtain the solution of Schrödinger equation for ground state of deuteron and show that deuteron is a loosely bound system. 20

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

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

6.(c) कितने प्रकार के न्यूट्रिनों पाये जाते हैं ? द्रव्यमानों के आधार पर उनके अंतर को स्पष्ट करिए ।

How many types of neutrinos exist ? How do they differ in their masses ? 15

7.(a) $\beta = 49$ के साथ एक *n-p-n* ट्राँजिस्टर उभयनिष्ठ उत्सर्जक प्रवर्धक विधा में $V_{cc} = 10\text{V}$ और $R_L = 2\ \text{k}\Omega$ के साथ प्रयोग किया जाता है । यदि ट्रांजिस्टर के संग्राहक और आधार (बेस) के बीच एक $100\ \text{k}\Omega$ प्रतिरोधक जुड़ा हुआ है तो शांत संग्राहक धारा की गणना कीजिए । मान लीजिए $V_{BE} = 0$ ।

An *n-p-n* transistor with $\beta = 49$ is used in common-emitter amplifier mode with $V_{cc} = 10\text{V}$ and $R_L = 2\ \text{k}\Omega$. If a $100\ \text{k}\Omega$ resistor is connected between the collector and the base of the transistor, calculate the quiescent collector current. Assume $V_{BE} = 0$. 20

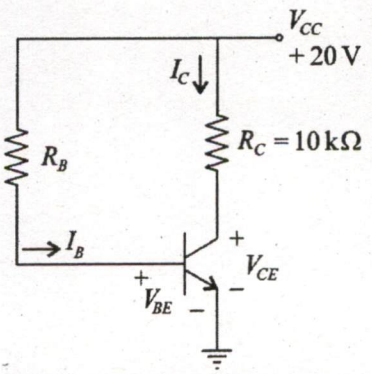
7.(b) धात्विक अवस्था में संक्रमण धातु स्केन्डियम के $3d$ उपकोश में एक एकल इलेक्ट्रॉन होता है । कुल कोणीय संवेग J और लांडे विपाटन गुणक g के मानों की गणना कीजिए और इन मानों का उपयोग $0{\cdot}5\,T$ के क्षेत्र में सबसे कम ऊर्जा के द्विध्रुव आघूर्ण की ऊर्जा को निर्धारित करने के लिए कीजिए ।

In the metallic state the transition metal scandium has a single electron in $3d$ subshell. Calculate the values of total angular momentum J and the Lande splitting factor g and use these values to determine the energy of the lowest energy dipole moment in a field of $0{\cdot}5\,T$. 20

7.(c) 6×10^{-4} cm की चैनल परास और $10^{15}\ \text{cm}^{-3}$ के दाता सांद्रता के साथ *n*-चैनल सिलिकॉन FET के लिए संकुचन वोल्टता की गणना कीजिए । सिलिकॉन का परावैद्युतांक 12 दिया हुआ है ।

Calculate the pinch-off voltage for *n*-channel silicon FET with a channel width of 6×10^{-4} cm and a donor concentration of $10^{15}\ \text{cm}^{-3}$. Given that dielectric constant of silicon is 12. 10

8.(a) दिखाये गये परिपथ के लिए डी.सी. भार रेखा को रेखांकित कीजिए ।



Sketch the dc load line for the circuit shown. 10

8.(b) एक ठोस में Nd^{3+} आयनों की तनु सांद्रता होती है जिनमें से प्रत्येक में तीन $4f$ इलेक्ट्रॉन होते हैं । यह मानते हुए कि यह आयन $10^{25}\ m^{-3}$ हैं, $1K$ पर नमूने की चुंबकीय प्रवृत्ति की गणना कीजिए ।

A solid contains a dilute concentration of Nd^{3+} ions, each of which possess three $4f$ electrons. Assuming that there are $10^{25}\ m^{-3}$ of these ions, calculate the magnetic susceptibility of the sample at $1K$. 20

8.(c) आंतरिक रूपांतरण की घटना की व्याख्या कीजिए और अभ्यंतर रूपांतरण गुणांक को परिभाषित कीजिए । चर्चा कीजिए कि किन परिस्थितियों में आंतरिक रूपांतरण प्रक्रिया महत्वपूर्ण हो जाती है ।

Explain the phenomenon of internal conversion and define the internal conversion coefficient. Discuss under what conditions the internal conversion process becomes important. 20

वियोज्य DETACHABLE

CIVIL SERVICES (MAIN) EXAM-2022

भौतिकी (प्रश्न-पत्र II)

PHYSICS (Paper II)

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

प्रश्न-पत्र सम्बन्धी विशेष अनुदेश

उत्तर देने के पूर्व निम्नलिखित निर्देशों को कृपया सावधानीपूर्वक पढ़ें :

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

उम्मीदवार को कुल **पांच** प्रश्नों के उत्तर देने हैं।

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

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

प्रश्नों के उत्तर उसी प्राधिकृत 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 मुखपृष्ठ पर निर्दिष्ट स्थान पर किया जाना चाहिए। प्राधिकृत माध्यम के अतिरिक्त अन्य किसी माध्यम में लिखे गए उत्तर पर कोई अंक नहीं मिलेंगे।

यदि आवश्यक हो, तो उपयुक्त 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.

Question Nos. **1** and **5** are compulsory and out of the remaining, **THREE** are to be attempted choosing at least **ONE** question 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 meanings.

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.

स्थिरांक जिनकी आवश्यकता हो सकती है

निर्वात में प्रकाश का वेग (c)	=	3×10^{8} m s^{-1}
इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान (m_e)	=	$9{\cdot}11\times10^{-31}$ kg
इलेक्ट्रॉन का आवेश (e)	=	$1{\cdot}602\times10^{-19}$ C
इलेक्ट्रॉन का विशिष्ट आवेश $\left(\frac{e}{m_e}\right)$	=	$1{\cdot}76\times10^{11}$ C kg^{-1}
1 u ≡ 1 a.m.u. = $1{\cdot}6605\times10^{-27}$ kg	=	931·5 MeV
इलेक्ट्रॉन की विरामावस्था द्रव्यमान ऊर्जा (m_ec^2)	=	0·5110 MeV
मुक्त आकाश में विद्युत्शीलता (ε_0)	=	$8{\cdot}8542\times10^{-12}$ C^2 N^{-1} m^{-2}
मुक्त आकाश की पारगम्यता (μ_0)	=	$4\pi\times10^{-7}$ N A^{-2}
गैस स्थिरांक (R)	=	8·314 J mol^{-1} K^{-1}
बोल्ट्ज़मान स्थिरांक (k_B)	=	$1{\cdot}381\times10^{-23}$ J K^{-1}
प्लांक स्थिरांक (h)	=	$6{\cdot}626\times10^{-34}$ J s
($\hbar$)	=	$1{\cdot}0546\times10^{-34}$ J s
बोर मैग्नेटॉन (μ_B)	=	$9{\cdot}274\times10^{-24}$ J T^{-1}
नाभिकीय मैग्नेटॉन (μ_N)	=	$5{\cdot}051\times10^{-27}$ J T^{-1}
सूक्ष्म संरचना स्थिरांक (α)	=	1/137·03599
प्रोटॉन का द्रव्यमान (m_p)	=	1·0072766 u = $1{\cdot}6726\times10^{-27}$ kg
न्यूट्रॉन का द्रव्यमान (m_n)	=	1·0086652 u = $1{\cdot}6749\times10^{-27}$ 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
कक्षीय घूर्णचुम्बकीय अनुपात (g_l)	=	0 (न्यूट्रॉन), 1 (प्रोटॉन)
स्पिन घूर्णचुम्बकीय अनुपात (g_s)	=	–3·8260 (न्यूट्रॉन), 5·5856 (प्रोटॉन)

Constants which may be needed

Velocity of light in vacuum (c)	=	3×10^{8} m s^{-1}
Mass of electron (m_e)	=	$9{\cdot}11\times10^{-31}$ kg
Charge of electron (e)	=	$1{\cdot}602\times10^{-19}$ C
Specific charge of electron $\left(\frac{e}{m_e}\right)$	=	$1{\cdot}76\times10^{11}$ C kg^{-1}
1 u ≡ 1 a.m.u. = $1{\cdot}6605\times10^{-27}$ kg	=	931·5 MeV
Rest mass energy of electron ($m_e c^2$)	=	0·5110 MeV
Permittivity in free space (ε_0)	=	$8{\cdot}8542\times10^{-12}$ C^2 N^{-1} m^{-2}
Permeability of free space (μ_0)	=	$4\pi\times10^{-7}$ N A^{-2}
Gas constant (R)	=	8·314 J mol^{-1} K^{-1}
Boltzmann constant (k_B)	=	$1{\cdot}381\times10^{-23}$ J K^{-1}
Planck constant (h)	=	$6{\cdot}626\times10^{-34}$ J s
($\hbar$)	=	$1{\cdot}0546\times10^{-34}$ J s
Bohr magneton (μ_B)	=	$9{\cdot}274\times10^{-24}$ J T^{-1}
Nuclear magneton (μ_N)	=	$5{\cdot}051\times10^{-27}$ J T^{-1}
Fine structure constant (α)	=	1/137·03599
Mass of proton (m_p)	=	1·0072766 u = $1{\cdot}6726\times10^{-27}$ kg
Mass of neutron (m_n)	=	1·0086652 u = $1{\cdot}6749\times10^{-27}$ 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
Orbital gyromagnetic ratio (g_l)	=	0 (neutron), 1 (proton)
Spin gyromagnetic ratio (g_s)	=	–3·8260 (neutron), 5·5856 (proton)

खण्ड 'A' SECTION 'A'

1. (a) द्रव्य तरंग की डी-ब्रोगली संकल्पना क्या है ? 300 V द्वारा त्वरित हीलियम के डी-ब्रोगली तरंगदैर्घ्य का मूल्यांकन कीजिए ।

(प्रोटॉन का दिया हुआ द्रव्यमान = न्यूट्रॉन का द्रव्यमान = $1{\cdot}67\times10^{-27}$ kg)

What is de Broglie concept of matter wave ? Evaluate de Broglie wavelength of Helium that is accelerated through 300 V.

(Given mass of proton = Mass of neutron = $1{\cdot}67\times10^{-27}$ kg) 10

1. (b) एक-आयामी अनंत विभव कूप में एक इलेक्ट्रॉन

$V(x) = 0$ $-a \leq x \leq a$ के लिए, अन्यथा $V(x) = \infty$

द्वारा परिभाषित होता है और $n = 4$ से $n = 2$ स्तर तक जाता है तथा $3{\cdot}43\times10^{14}$ Hz आवृत्ति का फोटॉन उत्सर्जित करता है । कूप की चौड़ाई की गणना कीजिए । (मान लीजिए कि प्लाँक्स स्थिरांक $h = 6{\cdot}626\times10^{-34}$ J.S. तथा इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान $m = 9{\cdot}11\times10^{-31}$ kg है ।)

An electron in a one-dimensional infinite potential well, defined by

$V(x) = 0$ for $-a \leq x \leq a$ and $V(x) = \infty$

otherwise, goes from $n = 4$ to $n = 2$ level and emits photon of frequency $3{\cdot}43\times10^{14}$ Hz. Calculate the width of the well. (Assume Plank's constant $h = 6{\cdot}626\times10^{-34}$ J.S. and mass of electron $m = 9{\cdot}11\times10^{-31}$ kg) 10

1. (c) 120 MHz पर बैंजीन में प्रोटॉन के NMR स्पेक्ट्रम का निरीक्षण करने के लिए आवश्यक चुंबकीय क्षेत्र की ताकत की गणना कीजिए । [प्रोटॉन के लिए नाभिकीय g-कारक (g_N) = 5·585]

Calculate the magnetic field strength required to observe the NMR spectrum of protons in benzene at 120 MHz. [Given the value of nuclear g-factor g_N for protons is 5·585] 10

1. (d) दिखाइए कि शुद्ध कक्षीय कोणीय संवेग और शुद्ध स्पिन कोणीय संवेग के लिए लंडे g-कारक क्रमशः 1 और 2 है । $^3P_1$ अवस्था के लिए g-कारक का मूल्यांकन कीजिए ।

Show that the Landé g-factor for pure orbital angular momentum and pure spin angular momentum are 1 and 2 respectively. Further, evaluate the g-factor for the state $^3P_1$. 10

1. (e) उठते (J_+) और गिरते (J_-) हुए आपरेटरों को क्रमशः $J_+ = J_x + iJ_y$ और $J_- = J_x - iJ_y$ द्वारा परिभाषित किया जाता है । निम्नलिखित सर्वसमिकाओं को सिद्ध कीजिए :

(i) $[J_z, J_\pm] = \pm\hbar J_\pm$

(ii) $J_- J_+ = J^2 - J_z^2 - \hbar J_z$

The raising (J_+) and lowering (J_-) operators are defined by $J_+ = J_x + iJ_y$ and $J_- = J_x - iJ_y$ respectively. Prove the following identities :

(i) $[J_z, J_\pm] = \pm\hbar J_\pm$

(ii) $J_- J_+ = J^2 - J_z^2 - \hbar J_z$ 10

2. (a) एक आयामी विभव प्राचीर के लिए श्रोडिंगर का तरंग समीकरण स्थापित कीजिए और इसकी सुरंगन (टनलिंग) की संभावना ज्ञात कीजिये ।

Set up the Schrodinger's wave equation for one dimensional potential barrier and obtain the probability of tunneling. 20

2. (b) दिखाइए कि हाइड्रोजन परमाणु के स्थायी अवस्थाओं में $E_n = < V >$ होता है ।

Show that $E_n = < V >$ in the stationary states of the hydrogen atom. 15

2. (c) (i) दिखाइए कि एक दिये गये मुख्य क्वांटम संख्या n के लिए परमाणु की संभावित अवस्थायें n^2 होती हैं ।

(ii) एक परमाणु अवस्था को ${}^4D_{5/2}$ द्वारा निरूपित किया जाता है, तो :
L, S और J का मान ज्ञात कीजिए । इस अवस्था के लिए शामिल इलेक्ट्रॉनों की न्यूनतम संख्या कितनी होनी चाहिए ? एक संभावित इलेक्ट्रॉनिक संरूपण का सुझाव दीजिए ।

(i) Show that for a given principal quantum number n, there are n^2 possible states of the atom.

(ii) An atomic state is denoted by ${}^4D_{5/2}$. Find the values of L, S and J. For this state, what should be the minimum number of electrons involved ? Suggest a possible electronic configuration. 7+8=15

3. (a) यदि इकाई सदिश η की दिशा में स्पिन घटक का मान $\frac{1}{2}\hbar$ है तो $s = \frac{1}{2}$ के लिए स्पिन तरंग फलन क्या है ?

What is the spin wave function (for $s = \frac{1}{2}$) if the spin component in the direction of unit vector η has a value of $\frac{1}{2}\hbar$? 15

3. (b) (i) परमाणु भौतिकी में स्टर्न-गेरलॉच प्रयोग का इतना महत्त्व क्यों है ?

(ii) इस प्रयोग का योजनाबद्ध आरेख बनाइए और चुंबक के ध्रुवीय खंडों की आकृतियों पर टिप्पणी कीजिए ।

(iii) इस प्रयोग में चाँदी के परमाणु पुंज का प्रयोग क्यों किया गया था ?

(i) Why does Stern-Gerlach experiment enjoy so much importance in atomic physics ?

(ii) Draw the schematic diagram of this experiment and comment on the shapes of the magnet pole pieces.

(iii) Why was the atomic beam of silver used in this experiment ? 20

3. (c) फ्रांक-कॉन्डन सिद्धांत को परिभाषित कीजिए । यह द्विपरमाणुक अणुओं के कंपनिक और इलेक्ट्रॉनिक स्पेक्ट्रमों के तीव्रता वितरण को समझाने में कैसे मदद करता है ।

Define Franck-Condon principle. How does it help in explaining the intensity distribution of vibrational-electronic spectra of diatomic molecules. 15

4. (a) (i) एक द्विपरमाणुक अणु में जब एक घटक परमाणु को उसके भारी समस्थानिकों में से एक द्वारा प्रतिस्थापित किया जाता है तो घूर्णनी स्पेक्ट्रम में क्या परिवर्त्तन होते हैं ?

(ii) जब हाइड्रोजन अणु में हाइड्रोजन को ड्यूटेरियम द्वारा प्रतिस्थापित किया जाता है तो घूर्णनी स्थिरांक B में परिवर्त्तन की गणना कीजिए ।

(iii) घूर्णनी ऊर्जा स्तरों के योजनाबद्ध निरूपण का उपयोग करके कठोर और गैर-कठोर रोटरों का स्पेक्ट्रा बनाइए और उस पर टिप्पणी कीजिए ।

(i) In a diatomic molecule when one constituent atom is replaced by one of its heavier isotopes, what change takes place in the rotational spectrum ?

(ii) Calculate the change in rotational constant B when hydrogen is replaced by deuterium in the hydrogen molecule.

(iii) Draw the spectra of rigid and non-rigid rotors by using the schematic representation of the rotational energy levels and comment on it. 20

4. (b) (i) द्विपरमाणुक अणुओं के कंपनिक स्पेक्ट्रा पर अप्रसंवादिता (एनहार्मोनिसिटी) के प्रभाव को संक्षेप में समझाइए ।

(ii) HCl अणु के घूमने (घूर्णन) की औसत अवधि की गणना कीजिए यदि यह $J = 3$ अवस्था में है । HCl की अंतरा-अणुक दूरी और जड़त्व-आघूर्ण क्रमशः 0·1274 nm और $0{\cdot}0264 \times 10^{-45}$ kg.m^2 है ।

(i) Briefly explain the effect of anharmonicity on the vibrational spectra of diatomic molecules.

(ii) Calculate the average period of rotation of HCl molecule if it is in the $J = 3$ state. The internuclear distance and the moment of inertia of HCl are 0·1274 nm and $0{\cdot}0264 \times 10^{-45}$ kg.m^2 respectively. 15

4. (c) σ_x और σ_y आव्यूहों के सामान्यीकृत अभिलक्षणिक सदिशों को प्राप्त कीजिए ।

Obtain the normalized eigenvectors of σ_x and σ_y matrices. 15

खण्ड 'B' SECTION 'B'

5. (a) यदि नाभिकीय बल आवेश से स्वतंत्र है और एक न्यूट्रॉन और एक प्रोटॉन बाध्य अवस्था बनाते हैं तो दो न्यूट्रॉनों के लिए बाध्य अवस्था क्यों नहीं है ? यह न्यूक्लिऑन-न्यूक्लिऑन बल पर क्या जानकारी प्रदान करता है ?

If the nuclear force is charge independent and a neutron and proton form a bound state then why is there no bound state for two neutrons ? What information does this provide on the nucleon-nucleon force ? 10

5. (b) स्पष्ट कीजिए कि इनमें से प्रत्येक कण क्वार्क-माडल के अनुसार क्यों विद्यमान नहीं हो सकता ।

(i) 1 स्पिन (प्रचक्रण) का एक बेरियान एवं

(ii) विद्युत आवेश +2 का एक एंटी-बेरियान

Explain why each of the following particles cannot exist according to the quark model.

(i) A Baryon of spin 1 and

(ii) An anti-Baryon of electric charge +2 10

5. (c) व्याख्या कीजिए कि क्यों अतिचालक चुंबकों के अनुप्रयोग में टाइप-II अतिचालक टाइप-I अतिचालक से बेहतर होता है ।

Explain why Type-II superconductor is better than Type-I superconductor in the application of superconductor magnets. 10

5. (d) क्षेत्र प्रभाव ट्रांजिस्टर (फेट) को क्यों एक ध्रुवी ट्रांजिस्टर कहा जाता है ? कैसे यह द्विध्रुवी संधि ट्रांजिस्टर से श्रेष्ठ है, व्याख्या कीजिए ।

Why is the Field Effect Transistor (FET) called Unipolar Transistor ? Discuss how it is superior than Bipolar Junction Transistor. 10

5. (e) NAND और NOR गेट्स को सार्वत्रिक गेट्स क्यों कहा जाता है ? X–OR गेट का तर्क-आरेख, बूलियन समीकरण, और सत्य-टेबल दीजिए ।

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

6. (a) दर्शाइए कि एक विशिष्ट स्तर (n, l) के लिए क्वांटम संख्या (N) की विशेषता वाली ऊर्जा के सापेक्ष एक बड़ी अपभ्रष्टता (डि-जनरेसी) होती है । आवर्त्ती दोलक विभव द्वारा अनुमानित शेल क्लोजर और जादुई संख्याओं को ज्ञात कीजिए ।

Show that for a specific value (n, l), there exists a large degeneracy relative to the energy characterized by the quantum number (N). Find the shell closures and the magic numbers predicted by harmonic oscillator potential. 15

6. (b) परमाणुओं को कठोर, एकसमान गोले मानते हुए साधारण घन, बीसीसी और एफ़सीसी संरचनाओं के लिए प्रति एकक कोष्ठिका (सेल) परमाणुओं की संख्या और संकुलन गुणांक ज्ञात कीजिए ।

Considering atoms hard, uniform spheres, find the number of atoms per unit cell and packing fraction for simple cubic, bcc and fcc structures. 15

6. (c) वाइजेकर के अर्ध अनुभवसिद्ध द्रव्यमान सूत्र को लिखिए और प्रत्येक पद की व्याख्या कीजिए । समझाइए कि क्यों $^{238}_{92}U$ एक α-उत्सर्जक है और क्यों यह β^--उत्सर्जक नहीं है ?

Write down the Weizsäcker semi-emperical mass formula and explain each term. Explain why $^{238}_{92}U$ nuclide is an α-emitter and not a β^--emitter ? 10+10

7. (a) आइंस्टीन के विशिष्ट ऊष्मा सिद्धांत की कमियों की व्याख्या कीजिए और यह भी समझाइए कि कैसे डिबाय के द्वारा इसे दूर किया गया था ।

Explain the drawbacks of Einstein's theory of specific heat and how it was overcome by Debye. 20

7. (b) दर्शाइए कि एक न्यूट्रॉन और एक प्रोटॉन विराम अवस्था में विकिरणी प्रग्रहण कर सकते हैं :

$$n + p \longrightarrow d + \gamma$$

इसे प्रग्रहण में उत्सर्जित फोटोन की ऊर्जा प्राप्त कीजिए । क्या ड्यूटरॉन का प्रतिक्षेप महत्त्वपूर्ण है ?

A neutron and a proton can undergo radiative capture at rest :

$$n + p \longrightarrow d + \gamma$$

Find the energy of the photon emitted in this capture. Is the recoil of the deuteron important ? 15

7. (c) एक अतिचालक के तापक्रम पर एक सामान्य चालक के साथ प्रतिरोध की निर्भरता की तुलना कीजिए। कूपर-युग्मों के निर्माण का संक्षेप में वर्णन कीजिए।

Compare the dependence of resistance on temperature of a superconductor with that of a normal conductor. Describe briefly the formation of Cooper pairs. 15

8. (a) दिखाइए कि एक n-प्रकार के अर्द्धचालक के लिए फर्मी-स्तर कम तापक्रम पर दाता अवस्थाओं और चालन बैंड कोर के बीच में स्थित होता है। ($E_v = 0$ मानते हुए)

Show that for an n-type semiconductor, the Fermi level lies midway between the donor states and the conduction band edge at low temperature (assuming $E_v = 0$). 20

8. (b) तांबे के लक्ष्य (टारगेट) से निर्गत एक प्रमुख एक्स-रे लाइन की तरंग दैर्घ्य 0·1512 m है। fcc संरचना वाले क्रिस्टल के (111) तलों से विवर्तित विकिरण 20·2° के ब्रेग-कोण के अनुरूप होता है। यदि क्रिस्टल का घनत्व 2698 kg/m^3 है और परमाणु-भार 26·98 kg/k mol है तो अवगाद्रो संख्या की गणना कीजिए।

The wavelength of a prominent X-ray line from a copper target is 0·1512 m. The radiation, when diffracted with (111) plane of a crystal with fcc structure, corresponded to a Bragg angle of 20·2°. If the density of the crystal is 2698 kg/m^3 and atomic weight is 26·98 kg/k mol, calculate the Avogadro number. 15

8. (c) निम्नलिखित में से कौन से क्षय अनुमन्य और कौन से वर्जित हैं ? अगर क्षय अनुमन्य है तो उल्लिखित कीजिए कि कौन सी अन्योन्यक्रिया इसके लिए उत्तरदायी है। अगर क्षय वर्जित है तो उल्लेख कीजिए कि इसमें कौन से संरक्षण नियम का उल्लंघन होगा।

(a) $n \longrightarrow p + e^- + \overline{\nu}_e$

(b) $\wedge^\circ \longrightarrow \pi^+ + \pi^-$

(c) $\pi^- \longrightarrow e^- + \gamma$

(d) $\pi^\circ \longrightarrow e^- + e^+ + \nu_e + \overline{\nu}_e$

(e) $\pi^+ \longrightarrow e^- + e^+ + \mu^+ + \nu_\mu$

Which of the following decays are allowed and which are forbidden ? If the decay is allowed, state which interaction is responsible. If it is forbidden, state which conservation law its occurrence would violate.

(a) $n \longrightarrow p + e^- + \overline{\nu}_e$

(b) $\wedge^\circ \longrightarrow \pi^+ + \pi^-$

(c) $\pi^- \longrightarrow e^- + \gamma$

(d) $\pi^\circ \longrightarrow e^- + e^+ + \nu_e + \overline{\nu}_e$

(e) $\pi^+ \longrightarrow e^- + e^+ + \mu^+ + \nu_\mu$ 15

वियोज्य *DETACHABLE*

भौतिकी (प्रश्न-पत्र II)

PHYSICS (Paper II)

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

प्रश्न-पत्र सम्बन्धी विशेष अनुदेश

उत्तर देने के पूर्व निम्नलिखित निर्देशों को कृपया सावधानीपूर्वक पढ़ें ।

इसमें **आठ** प्रश्न हैं जो **दो खण्डों** में विभाजित हैं तथा **हिन्दी** एवं **अंग्रेजी** दोनों में छपे हुए हैं ।

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

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

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

प्रश्नों के उत्तर उसी प्राधिकृत 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 मुखपृष्ठ पर निर्दिष्ट स्थान पर किया जाना चाहिए । प्राधिकृत माध्यम के अतिरिक्त अन्य किसी माध्यम में लिखे गए उत्तर पर कोई अंक नहीं मिलेंगे ।

यदि आवश्यक हो, तो उपयुक्त 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.

Question Nos. **1** and **5** are compulsory and out of the remaining, **THREE** are to be attempted choosing at least **ONE** question 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 meanings.

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.

स्थिरांक जिनकी आवश्यकता हो सकती है

निर्वात में प्रकाश का वेग (c)	=	$3\times10^{8}\ \text{m s}^{-1}$
इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान (m_e)	=	$9{\cdot}11\times10^{-31}\ \text{kg}$
इलेक्ट्रॉन का आवेश (e)	=	$1{\cdot}602\times10^{-19}\ \text{C}$
इलेक्ट्रॉन का विशिष्ट आवेश $\left(\frac{e}{m_e}\right)$	=	$1{\cdot}76\times10^{11}\ \text{C kg}^{-1}$
$1\ \text{u} = 1\ \text{a.m.u.} = 1{\cdot}6605\times10^{-27}\ \text{kg}$	=	931·5 MeV
इलेक्ट्रॉन की विरामावस्था द्रव्यमान ऊर्जा ($m_e c^2$)	=	0·5110 MeV
मुक्त आकाश में विद्युत्शीलता (ε_0)	=	$8{\cdot}8542\times10^{-12}\ \text{C}^2\ \text{N}^{-1}\ \text{m}^{-2}$
मुक्त आकाश की पारगम्यता (μ_0)	=	$4\pi\times10^{-7}\ \text{N A}^{-2}$
गैस स्थिरांक (R)	=	$8{\cdot}314\ \text{J mol}^{-1}\ \text{K}^{-1}$
बोल्ट्ज़मान स्थिरांक (k_B)	=	$1{\cdot}381\times10^{-23}\ \text{J K}^{-1}$
प्लांक स्थिरांक (h)	=	$6{\cdot}626\times10^{-34}\ \text{J s}$
($\hbar$)	=	$1{\cdot}0546\times10^{-34}\ \text{J s}$
बोर मैग्नेटॉन (μ_B)	=	$9{\cdot}274\times10^{-24}\ \text{J T}^{-1}$
नाभिकीय मैग्नेटॉन (μ_N)	=	$5{\cdot}051\times10^{-27}\ \text{J T}^{-1}$
सूक्ष्म संरचना स्थिरांक (α)	=	1/137·03599
प्रोटॉन का द्रव्यमान (m_p)	=	$1{\cdot}0072766\ \text{u} = 1{\cdot}6726\times10^{-27}\ \text{kg}$
न्यूट्रॉन का द्रव्यमान (m_n)	=	$1{\cdot}0086652\ \text{u} = 1{\cdot}6749\times10^{-27}\ \text{kg}$
ड्यूटरॉन का द्रव्यमान (m_d)	=	2·013553 u
α-कण का द्रव्यमान (m_α)	=	4·001506 u
$^{12}_{6}\text{C}$ का द्रव्यमान	=	12·000000 u
$^{16}_{8}\text{O}$ का द्रव्यमान	=	15·994915 u
$^{87}_{38}\text{Sr}$ का द्रव्यमान	=	86·99999 u
$^{4}_{2}\text{He}$ का द्रव्यमान	=	4·002603 u
कक्षीय घूर्णचुम्बकीय अनुपात (g_l)	=	0 (न्यूट्रॉन), 1 (प्रोटॉन)
स्पिन घूर्णचुम्बकीय अनुपात (g_s)	=	–3·8260 (न्यूट्रॉन), 5·5856 (प्रोटॉन)

Constants which may be needed

Velocity of light in vacuum (c)	=	3×10^{8} m s^{-1}
Mass of electron (m_e)	=	$9{\cdot}11\times10^{-31}$ kg
Charge of electron (e)	=	$1{\cdot}602\times10^{-19}$ C
Specific charge of electron $\left(\frac{e}{m_e}\right)$	=	$1{\cdot}76\times10^{11}$ C kg^{-1}
1 u ≡ 1 a.m.u. = $1{\cdot}6605\times10^{-27}$ kg	=	931·5 MeV
Rest mass energy of electron ($m_e c^2$)	=	0·5110 MeV
Permittivity in free space (ε_0)	=	$8{\cdot}8542\times10^{-12}$ C^2 N^{-1} m^{-2}
Permeability of free space (μ_0)	=	$4\pi\times10^{-7}$ N A^{-2}
Gas constant (R)	=	8·314 J mol^{-1} K^{-1}
Boltzmann constant (k_B)	=	$1{\cdot}381\times10^{-23}$ J K^{-1}
Planck constant (h)	=	$6{\cdot}626\times10^{-34}$ J s
($\hbar$)	=	$1{\cdot}0546\times10^{-34}$ J s
Bohr magneton (μ_B)	=	$9{\cdot}274\times10^{-24}$ J T^{-1}
Nuclear magneton (μ_N)	=	$5{\cdot}051\times10^{-27}$ J T^{-1}
Fine structure constant (α)	=	1/137·03599
Mass of proton (m_p)	=	1·0072766 u = $1{\cdot}6726\times10^{-27}$ kg
Mass of neutron (m_n)	=	1·0086652 u = $1{\cdot}6749\times10^{-27}$ 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
Orbital gyromagnetic ratio (g_l)	=	0 (neutron), 1 (proton)
Spin gyromagnetic ratio (g_s)	=	–3·8260 (neutron), 5·5856 (proton)

खण्ड 'A' SECTION 'A'

1. (a) एक कण को अनन्त विभव कूप में रखने पर निम्न स्थितियों के लिए शून्य बिंदु ऊर्जा की गणना करें :

(i) एक 100 g की गेंद जो 5 m लम्बी रेखा पर प्रतिबंधित है ।

(ii) एक आक्सीजन परमाणु जो 2×10^{-10} m जालक पर प्रतिबंधित है ।

(iii) एक इलैक्ट्रान जो 10^{-10} m परमाणु में प्रतिबंधित है ।

स्थूल वस्तुओं के लिए शून्य बिंदु ऊर्जा का महत्व क्यों नहीं है ? टिप्पणी करें ।

Calculate the zero point energy for a particle in an infinite potential well for the following cases :

(i) a 100 g ball confined on a 5 m long line.

(ii) an oxygen atom confined to a 2×10^{-10} m lattice.

(iii) an electron confined to a 10^{-10} m atom.

Why zero point energy is not important for macroscopic objects ? Comment. 10

1. (b) द्रव्यमान m और आवेश q का एक कण एक एकविमीय आवर्ती दोलक विभव के प्रभाव के अधीन गतिशील है । मान लीजिये कि इसे एक स्थिर विद्युत क्षेत्र E में रखा गया है । इसलिये इस कण का हैमिल्टोनियन $H=\frac{p^2}{2m}+\frac{1}{2}m\omega^2X^2-qEX$ द्वारा प्रदत्त है । कण की nth उत्तेजित अवस्था के लिये ऊर्जा व्यंजक और तरंग फलन प्राप्त कीजिये ।

Consider a particle of mass m and charge q moving under the influence of a one dimensional harmonic oscillator potential. Assume it is placed in a constant electric field E. The Hamiltonian of this particle is therefore given by $H=\frac{p^2}{2m}+\frac{1}{2}m\omega^2X^2-qEX$. Obtain the energy expression and the wave function of the nth excited state of the particle. 10

1. (c) द्रव्यमान m का एक कण अर्द्धव्यास a के गोलीय सममित आकर्षक विभव में है । शून्य कोणीय संवेग की दो परिबद्ध अवस्थाओं के लिये आवश्यक विभव की न्यूनतम गहराई ज्ञात कीजिये ।

A particle of mass m is in a spherically symmetric attractive potential of radius a. Find the minimum depth of the potential needed to have two bound states of zero angular momentum. 10

1. (d) तापमान 400 k पर एक अवन से उत्सर्जित हाइड्रोजन परमाणुओं का एक पुंज स्टर्न-गर्लैक प्रयोग में, जिसके चुम्बक की लम्बाई 1 m व चुम्बकीय प्रवणता क्षेत्र 10 टेस्ला/मीटर है, भेजा जाता है । उस बिन्दु पर जहाँ पुंज चुम्बक को छोड़ता है, अनुप्रस्थ विक्षेपण की गणना कीजिये ।

A beam of hydrogen atoms emitted from an oven at 400 k is sent through a Stern-Gerlach experiment having magnet of length 1 m and a gradient field of 10 tesla/m. Calculate the transverse deflection of an atom at the point where the beam leaves the magnet. 10

1. (e) यदि एक परमाणु को 0·1 weber/m^2 तीव्रता के चुम्बकीय क्षेत्र में रखा है, तब एक इलैक्ट्रोन जो परमाणु में $l = 3$ अवस्था में है की पुरस्सरण की दर एवं बल आघूर्ण की गणना कीजिये ।

दिया गया है कि इलेक्ट्रान का चुम्बकीय आघूर्ण चुम्बकीय क्षेत्र से 30° का कोण बनाता है ।

If an atom is placed in a magnetic field of strength 0·1 weber/m^2, then calculate the rate of precession and torque on an electron with $l = 3$ in the atom.

Given that the magnetic moment of the electron makes an angle of 30° with the magnetic field. 10

2. (a) दो प्रचक्रण $\frac{1}{2}$ के कणों की पारस्परिक क्रिया को एक संकारक $P = a + b\vec{\sigma}_1 \cdot \vec{\sigma}_2$ से दर्शाया गया है जहाँ a व b स्थिरांक एवं $\vec{\sigma}_1$, $\vec{\sigma}_2$ दोनों प्रचक्रण के पाउली आव्यूह हैं । कुल प्रचक्रण कोणीय संवेग $\vec{S} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2 = \frac{1}{2}\hbar(\vec{\sigma}_1 + \vec{\sigma}_2)$ है । दर्शाइये कि P, S^2 एवं S_z का एक साथ मापन किया जा सकता है ।

An operator P describing the interaction of two spin $\frac{1}{2}$ particles is $P = a + b\vec{\sigma}_1 \cdot \vec{\sigma}_2$, where a and b are constants, and $\vec{\sigma}_1$ and $\vec{\sigma}_2$ are Pauli matrices of the two spins. The total spin angular momentum $\vec{S} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2 = \frac{1}{2}\hbar(\vec{\sigma}_1 + \vec{\sigma}_2)$. Show that P, S^2 and S_z can be measured simultaneously. 15

2. (b) विचार कीजिए कि m द्रव्यमान के और गतिज ऊर्जा E के कणों की एक धारा धनात्मक x-दिशा में एक विभव अवरोधक की ओर गतिमय है ।

$$V(x) = 0 \quad \text{for} \quad x \leq 0$$
$$V(x) = \frac{3E}{4} \quad \text{for} \quad x > 0$$

$x = 0$ पर परावर्तित कणों का अंश ज्ञात कीजिये ।

Consider a stream of particles of mass m each moving in the positive x-direction with kinetic energy E towards the potential barrier

$$V(x) = 0 \quad \text{for} \quad x \leq 0$$
$$V(x) = \frac{3E}{4} \quad \text{for} \quad x > 0$$

Find the fraction of particles reflected at $x = 0$. 15

2. (c) मान लें, विभव $V(x) = \begin{cases} 0, & 0 < x < a \\ \infty, & \text{बाकी सब जगह} \end{cases}$

तब

(a) आद्य अवस्था तथा पहली व दूसरी उत्तेजित अवस्थाओं की ऊर्जाओं का आकलन कीजिये । जबकि

(i) एक इलेक्ट्रान एक बाक्स के अन्दर परिबद्ध है जिसका आकार $a = 10^{-10}$ m है ।

(ii) 1 g की वृत्ताकार धातु जो आकार $a = 10$ cm के बाक्स में गतिशील है ।

(b) ऊपर दिये गये दोनों निकायों के लिये क्वांटम प्रभाव के महत्व की चर्चा कीजिये ।

(c) अनिश्चितता सिद्धांत का प्रयोग कर इलेक्ट्रॉन व वृत्ताकार धातु के वेगों का आकलन कीजिये ।

Consider the potential $V(x) = \begin{cases} 0, & 0 < x < a \\ \infty, & \text{elsewhere} \end{cases}$

(a) Estimate the energies of the ground state as well as those of the first and the second excited states for

(i) an electron enclosed in a box of size $a = 10^{-10}$ m.

(ii) a 1 g metallic sphere which is moving in a box of size $a = 10$ cm.

(b) Discuss the importance of the Quantum effects for both of these systems.

(c) Estimate the velocities of the electron and the metallic sphere using uncertainty principle. 20

3. (a) परमाणु का सदिश मॉडल क्या है ? सदिश परमाणु मॉडल की प्रमुख विशेषताओं की स्टर्न-गर्लैक प्रयोग द्वारा किस प्रकार व्याख्या की गई थी ?

What is vector atom model ? How the principal features of vector atom model were explained by Stern-Gerlach experiment ? 5+10=15

3. (b) लैंडे g फैक्टर क्या है ? ^6C परमाणु के $2p3s$ विन्यास के $^3P_1$ स्तर के लिए लैंडे g फैक्टर का मूल्यांकन करिए । जब परमाणु को 0·1 tesla के बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाये तो स्तर के विभाजन की भी गणना करें ।

What is Lande's g factor ? Evaluate the Lande's g factor for the $^3P_1$ level in the $2p3s$ configuration of the ^6C atom. Also calculate the splitting of the level when the atom is placed in an external magnetic field of 0·1 tesla. 5+5+5=15

3. (c) रमन प्रभाव क्या है ? रमन प्रभाव के क्वांटम सिद्धान्त एवं रमन वर्णक्रम (स्पेक्ट्रम) की घूर्णी संरचना की व्याख्या कीजिये ।

What is Raman effect ? Explain Quantum theory of Raman effect and Rotational Structure of a Raman spectrum. 5+10+5=20

4. (a) x-अक्ष के अनुदिश गतिशील और $0 \leq x \leq L$ प्रान्त (डोमेन) में प्रतिबंधित एक कण का तरंगफलन $\psi(x) = \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right)$ है; जहाँ n एक पूर्णांक है । तरंगफलन का प्रसामान्यीकरण कीजिये और कणके संवेग के प्रत्याशा मान का मूल्यांकन कीजिये ।

A particle constrained to move along x-axis in the domain $0 \leq x \leq L$ has a wave function $\psi(x) = \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right)$, where n is an integer. Normalize the wave function and evaluate the expectation value of momentum of the particle. 15

4. (b) हाइड्रोजन परमाणु की $2p$ अवस्था के इलेक्ट्रॉन के लिए सबसे संभावित दूरी का मूल्यांकन कीजिये । इस दूरी पर त्रिज्य प्रायिकता घनत्व क्या है ?

Evaluate the most probable distance of the electron of the hydrogen atom in its $2p$ state. What is the radial probability density at that distance ? 15

4. (c) नाभिकीय चुम्बकीय अनुनाद क्या है ? इसके कार्यकारी सिद्धान्त और चुम्बकीय अनुनाद इमेजिंग प्रणाली में इसके उपयोग का वर्णन कीजिये ।

What is nuclear magnetic resonance ? Explain its working principle and use in magnetic resonance imaging systems. 5+5+10=20

खण्ड 'B' SECTION 'B'

5. (a) आप किस प्रकार स्थापित करेंगे कि ν_e एवं $\bar{\nu}_e$ दो विभिन्न प्रकार के कण हैं ?

How could you establish that ν_e and $\bar{\nu}_e$ are two different particles ? 10

5. (b) जिस जीवाश्म में 6 g कार्बन ^{14}C है एवं उसकी क्षय दर 27 क्षय प्रति मिनट है, उसकी आयु क्या है ?

दिया गया है : $\frac{^{14}C}{^{12}C}$ का अनुपात $= 1{\cdot}3\times10^{-13}$, ^{14}C की अर्द्ध-आयु $(T_{1/2}) = 5730$ वर्ष ।

What is the age of a fossil that contains 6 g of carbon ^{14}C and has a decay rate of 27 decays per minute ?

Given : Ratio $\frac{^{14}C}{^{12}C} = 1{\cdot}3\times10^{-13}$, Half life $(T_{1/2})$ of $^{14}C = 5730$ yrs. 10

5. (c) उन अन्योन्य क्रियाओं को नामित कीजिये जिनके द्वारा निम्नलिखित नाभिकीय क्षय घटित होते हैं :

(i) $K^+ \longrightarrow \Pi^+ + \Pi^+ + \Pi^-$

(ii) $\Pi^+ + \rho \longrightarrow \Pi^+ + \Pi^+ + n$

(iii) $\Pi^+ + \rho \longrightarrow \Delta^{++} \longrightarrow \Pi^+ + \rho$

(iv) $\Sigma^\circ \longrightarrow \lambda^\circ + \gamma$

(v) $\Sigma^+ \longrightarrow \lambda^\circ + e^+ + \nu_e$

(vi) $K^- + \rho \longrightarrow K^+ + K^\circ + \Omega^-$

(vii) $\Pi^\circ \longrightarrow \gamma + e^+ + e^-$

(viii) $\Sigma^- \longrightarrow n + e^- + \bar{\nu}_e$

(ix) $\lambda^\circ \longrightarrow \rho + e^- + \bar{\nu}_e$

(x) $e^+ + e^- \longrightarrow \gamma + \gamma$

Name the interactions via which the above nuclear decays occur : 1×10=10

5. (d) व्युत्क्रम जालक अवधारणा का उपयोग करके विवर्तन की शर्तों की व्युत्पत्ति कीजिये । इन शर्तों को किस रूप में जाना जाता है ?

Derive diffraction conditions using reciprocal lattice concept. What are these conditions known as ? 10

5. (e) दर्शाइए कि फरमी स्तर n-प्रकार के अर्धचालक में ऊपर की तरफ चालन बैंड के नजदीक विस्थापित होता है और p-प्रकार के अर्धचालक में नीचे की तरफ संयोजकता बैंड के नजदीक विस्थापित होता है ।

Show that the Fermi level shifts upward, closer to the conduction band in an n-type semiconductor and shifts downward, closer to the valence band in a p-type semiconductor. 10

6. (a) मानक अभिधारणाओं एवं प्रतीकों को लेकर α-कणों के लिए रदरफोर्ड के प्रकीर्णन परिक्षेत्र के सूत्र को स्थापित कीजिए ।

Establish the Rutherford's scattering cross section formula for α-particle by considering the standard assumptions and symbols. 20

6. (b) नाभिक को नाभिक व्यास 10^{-12} cm के समतुल्य लम्बाई का एक घनीय बॉक्स मान कर उच्चतम स्तर पर अधिष्ठित आयरन-56 नाभिक के न्यूक्लिऑन की गतिज ऊर्जा की गणना कीजिये ।

By assuming the nucleus as a cubical box of length equal to the nuclear diameter 10^{-12} cm, calculate the kinetic energy of the highest level occupied nucleon of iron-56 nucleus. 15

6. (c) नाभिकीय बलों से आप क्या समझते हैं ? विनिमय बलों के मेसॉन सिद्धान्त की व्याख्या कीजिये ।

What do you understand by nuclear forces ? Explain meson theory of exchange forces. 5+10=15

7. (a) प्रतिचुम्बकत्व के चिरप्रतिष्ठित सिद्धांत की व्याख्या कीजिए । दर्शाइए कि प्रतिचुम्बकीय पदार्थों की प्रवृत्ति सीधे परमाणु संख्या के समानुपाती होती है । एक परमाणु के सभी इलेक्ट्रॉन प्रतिचुम्बकत्व में योगदान क्यों करते हैं ?

Explain classical theory of diamagnetism. Show that the susceptibility of diamagnetic substances is directly proportional to the atomic number. Why all the electrons in an atom contribute to diamagnetism ? 5+8+2=15

7. (b) डिबाई सिद्धांत से एक ठोस पदार्थ की विशिष्ट उष्मा के लिए व्यंजक प्राप्त करें और दिखाइए कि प्रायोगिक मानों से यह कितना संगत है । आइंस्टाइन सिद्धांत की तुलना में डिबाई सिद्धांत में सबसे महत्वपूर्ण अभिधारणा क्या है ? डिबाई सिद्धांत में क्या कोई कमी है ?

Derive an expression for the specific heat of a solid based on the Debye theory and show how it agrees with the experimental values. What is the most important assumption of Debye theory in comparison to Einstein theory ? Is there any drawback of Debye theory ? 15+3+2=20

7. (c) एक स्पष्ट परिपथ आरेख के साथ वीन-ब्रिज दोलक की कार्य प्रणाली की व्याख्या कीजिये ।

With a neat circuit diagram, explain the working of Wien-Bridge oscillator. 15

8. (a) रिऐक्टर के क्रांतिक आकार से आप का क्या अभिप्राय है ? नाभिकीय रिऐक्टरों की मुख्य विशेषताओं का वर्णन कीजिए ।

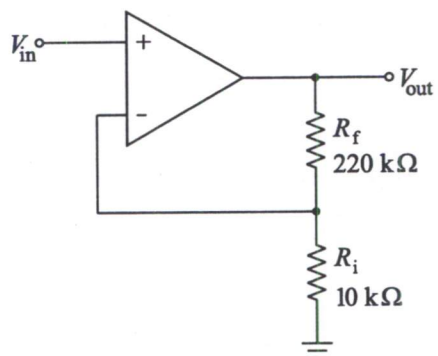
What do you understand by the critical size of a reactor ? Explain the main features of nuclear reactors. 5+15=20

8. (b) अतिचालकता क्या है ? माइस्नर प्रभाव की व्याख्या कीजिए । अतिचालक पदार्थ क्यों एक प्रतिचुम्बकीय पदार्थ होते हैं ?

What is superconductivity ? Explain Meissner effect. Why superconductors should be a diamagnetic material ? 15

8. (c) (i) दर्शाए गए चित्र में प्रवर्धक का निवेशी और निर्गत प्रतिवाधाओं का मान निर्धारित कीजिये । संक्रियात्मक प्रवर्धक के डेटाशीट के अनुसार $Z_{in} = 2\ M\Omega$, $Z_{out} = 75\ \Omega$ और A_{ol} (खुला पाश वोल्टता गेन) = 200,000 है ।

(ii) संवृत पाश वोल्टता गेन का मान प्राप्त कीजिए ।



(i) Determine the input and output impedances of the amplifier in given figure. The op-amp datasheet gives $Z_{in} = 2\ M\Omega$, $Z_{out} = 75\ \Omega$ and A_{ol} = 200,000 (open loop voltage gain). 10

(ii) Find the closed-loop voltage gain. 5