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 ।

$$V(x) = 0 \quad \text{for } x \leq 0$$

$$V(x) = \frac{3E}{4} \quad \text{for } x > 0$$

$x=0$ 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

$$V(x) = 0 \quad \text{for } x \leq 0$$

$$V(x) = \frac{3E}{4} \quad \text{for } x > 0$$

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 ? ^{6}C परमाणु के $2p3s$ विन्यास के $^{3}P_1$ 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 $^{3}P_1$ level in the $2p3s$ configuration of the ^{6}C 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 : $1\times10=10$

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 ।

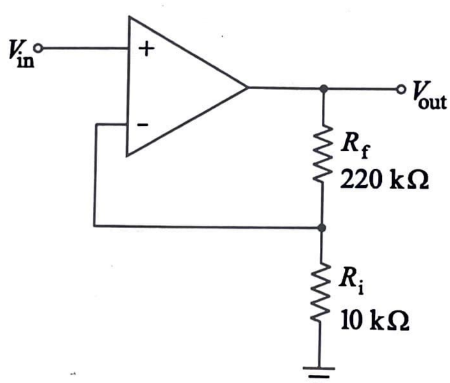
What do you understand by the critical size of a reactor ? Explain the main features of nuclear reactors. 5+15=20

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