Civil Services (Main) Examination, 2024

**PHKM-B-PHY**

# भौतिकी / PHYSICS

## प्रश्न-पत्र II / Paper II

| निर्धारित समय : **तीन** घंटे<br>Time Allowed : **Three** Hours | अधिकतम अंक : **250**<br>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 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 मुख-पृष्ठ पर अंकित 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 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 (क्यू.सी.ए.) 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 (QCA) Booklet must be clearly struck off.*



Optional Province · optionalprovince.com

## स्थिरांक जिनकी आवश्यकता हो सकती है

| | |
|---|---|
| निर्वात में प्रकाश का वेग (c) | $= 3 \times 10^8$ ms$^{-1}$ |
| इलेक्ट्रॉन का विराम 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 ($\varepsilon_0$) | $= 8{\cdot}8542 \times 10^{-12}$ C$^2$ N$^{-1}$ m$^{-2}$ |
| मुक्त आकाश की पारगम्यता ($\mu_0$) | $= 4\pi \times 10^{-7}$ 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 |
| बोर मैग्नेटॉन ($\mu_B$) | $= 9{\cdot}274 \times 10^{-24}$ J T$^{-1}$ |
| नाभिकीय मैग्नेटॉन ($\mu_N$) | $= 5{\cdot}051 \times 10^{-27}$ J T$^{-1}$ |
| सूक्ष्म संरचना स्थिरांक ($\alpha$) | = 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 |
| $\alpha$-कण का द्रव्यमान ($m_\alpha$) | = 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) |
| आवोगाद्रो संख्या | $= 6{\cdot}023 \times 10^{23}$ mol$^{-1}$ |



Optional Province · optionalprovince.com

## *Constants which may be needed*

| | |
|---|---|
| Velocity of light in vacuum (c) | $= 3 \times 10^8$ ms$^{-1}$ |
| Rest 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 ($\varepsilon_0$) | $= 8{\cdot}8542 \times 10^{-12}$ C$^2$ N$^{-1}$ m$^{-2}$ |
| Permeability of free space ($\mu_0$) | $= 4\pi \times 10^{-7}$ 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 ($\mu_B$) | $= 9{\cdot}274 \times 10^{-24}$ J T$^{-1}$ |
| Nuclear magneton ($\mu_N$) | $= 5{\cdot}051 \times 10^{-27}$ J T$^{-1}$ |
| Fine structure constant ($\alpha$) | = 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 $\alpha$-particle ($m_\alpha$) | = 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) |
| Avogadro Number | $= 6{\cdot}023 \times 10^{23}$ mol$^{-1}$ |



Optional Province · optionalprovince.com

## खण्ड A

## SECTION A

**Q1.** (a) एक कण का तरंग फलन $\phi(x)$, x-अक्ष में $x = 0$ और $x = 2$ के बीच में $bx^2$ है एवं अन्य किसी स्थान पर $\phi(x) = 0$ है ।

(i) $x = 1 \cdot 0$ और $x = 1 \cdot 5$ के बीच में कण के पाए जाने की प्रायिकता ज्ञात कीजिए ।

(ii) कण की स्थिति का प्रत्याशा मान $< x >$ ज्ञात कीजिए ।

A particle limited to the x-axis has the wave function $\phi(x) = bx^2$ between $x = 0$ and $x = 2$; the wave function $\phi(x) = 0$ elsewhere.

(i) Find the probability that the particle can be found between $x = 1 \cdot 0$ and $x = 1 \cdot 5$.

(ii) Find the expectation value $< x >$ of the particle position. *10*

(b) दिखाइए कि कक्षक कोणीय संवेग संकारक का वर्ग $(L^2)$, कोणीय संवेग संकारक L के किसी भी घटक से दिक्परिवर्तक है ।

कारण सहित बताइए कि क्या $L^2$, $L_x$, $L_y$ और $L_z$ को युगपत स्थिति में नापा जा सकता है ।

Show that the square of the orbital angular momentum operator $(L^2)$ commutes with any of the components of angular momentum operator L.

Is it possible to measure $L^2$, $L_x$, $L_y$ and $L_z$ simultaneously ? Give reasons for your answer. *6+4=10*

(c) रिडबर्ग स्थिरांक हाइड्रोजन के स्पेक्ट्रम के उत्सर्जन तरंगदैर्ध्य से किस प्रकार संबंधित है ?

How is Rydberg constant related to emission wavelength of hydrogen spectrum ? *10*

(d) व्याख्या कीजिए कि हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम किस प्रकार ब्रह्मांड को प्रतिबिंबित करने के लिए उपयोग किया जाता है ।

Explain how the hydrogen spectrum is used for imaging the universe. *10*

(e) उस कण की ऊर्जा ज्ञात कीजिए जिसका द्रव्यमान m है और जो विभव क्षेत्र $V(x) = \dfrac{2\hbar^2 b^2 x^2}{m}$ में गतिमान है और जिसका समय मुक्त तरंग फलन $\psi(x) = \exp(-bx^2)$ है । यहाँ b एक स्थिरांक है ।

Find the energy of the particle of mass m moving in a potential field $V(x) = \dfrac{2\hbar^2 b^2 x^2}{m}$ for which the time independent wave function is $\psi(x) = \exp(-bx^2)$. Here b is a constant. *10*



Optional Province · optionalprovince.com

**Q2.** (a) सिद्ध कीजिए कि :

(i) $[L^2, L_z] = 0$

(ii) $[L_z, L_+] = \hbar L_+$

(iii) $[L_+, L_-] = 2\hbar L_z$

(iv) $L_+ L_y = L^2 - L_z^2 + \hbar L_z$

जहाँ $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ (h प्लांक स्थिरांक है)

Prove that :

(i) $[L^2, L_z] = 0$

(ii) $[L_z, L_+] = \hbar L_+$

(iii) $[L_+, L_-] = 2\hbar L_z$

(iv) $L_+ L_y = L^2 - L_z^2 + \hbar L_z$

where $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ (h is Planck's constant) *5+5+5+5=20*

(b) आद्य (निम्नतम) अवस्था में एक सरल आवर्ती (संनादि) दोलक का तरंग फलन

$$\psi_0(x) = \left(\frac{m\omega}{\hbar\pi}\right)^{1/4} \exp\left(-\frac{m\omega x^2}{2\hbar}\right) \text{ है ।}$$

(i) इसके किस बिंदु पर प्रायिकता घनत्व अधिकतम है ?

(ii) अधिकतम प्रायिकता घनत्व का मान क्या है ?

The ground state wave function of a harmonic oscillator is

$$\psi_0(x) = \left(\frac{m\omega}{\hbar\pi}\right)^{1/4} \exp\left(-\frac{m\omega x^2}{2\hbar}\right).$$

(i) At which point is the probability density maximum ?

(ii) What is the value of the maximum probability density ? *15*

(c) (i) यह मानते हुए कि नाभिक में न्यूट्रॉन द्वारा अनुभव किए गए विभव को $10^{-15}$ मी. लंबाई के एक-आयामी, अनंत दृढ़ दीवार विभव द्वारा योजनाबद्ध रूप से दर्शाया गया है, इलेक्ट्रॉन की न्यूनतम गतिज ऊर्जा का आकलन कीजिए ।

(ii) उपर्युक्त नाभिक में सीमित न्यूट्रॉन की न्यूनतम गतिज ऊर्जा का आकलन कीजिए । व्याख्या कीजिए कि क्या एक इलेक्ट्रॉन को नाभिक के अंदर सीमित किया जा सकता है ।

(i) Assuming the potential seen by a neutron in a nucleus to be schematically represented by a one-dimensional, infinite rigid wall potential of length $10^{-15}$ m, estimate the minimum kinetic energy of the electron.

(ii) Estimate the minimum kinetic energy of neutron bound within the nucleus as described above. Can an electron be confined in a nucleus ? Explain. *15*



Optional Province · optionalprovince.com

**Q3.** (a) रमन प्रभाव के चिरप्रतिष्ठित और क्वांटम सिद्धांत के अनुसार रमन स्पेक्ट्रम में स्टोक्स रेखाएँ किस प्रकार प्रतीत होती हैं ?

How do Stokes lines appear in Raman spectrum as per classical and quantum theory of Raman effect ? *20*

(b) हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम की सूक्ष्म संरचना में लैम्ब सृति क्या है ? द्वितीय क्वान्टमीकरण के आधार पर इसके सिद्धांत की चर्चा कीजिए ।

What is Lamb shift in the fine structure of hydrogen spectrum ? Discuss its theory based upon second quantization. *8+7=15*

(c) इलेक्ट्रॉन अनुचुंबकीय अनुनाद का वर्णन कीजिए । इसके NMR से अंतरों को उजागर कीजिए और इसके अनुप्रयोगों की चर्चा कीजिए ।

Describe Electron Paramagnetic Resonance. Highlight its differences with NMR and discuss its applications. *5+10=15*

**Q4.** (a) (i) धातुओं के मुक्त इलेक्ट्रॉन सिद्धांत का प्रयोग करते हुए, परम शून्य पर सोडियम परमाणु के फर्मी ऊर्जा स्तर की गणना कीजिए । मान लीजिए कि सोडियम में एक मुक्त इलेक्ट्रॉन प्रति परमाणु है और इसका घनत्व $0{\cdot}97\ gm/cm^3$ है ।

(ii) निम्नलिखित के लिए ऊर्जा स्तर आरेख बनाइए और गणितीय व्यंजक लिखिए :

I. एक-विमीय बॉक्स में सीमित इलेक्ट्रॉन का $E_n$

II. रैखिक आवर्ती दोलक

उपर्युक्त दोनों की गुणात्मक तुलना भी कीजिए ।

(i) Using free electron theory of metals, calculate the Fermi energy level of sodium atom at absolute zero. Assume that sodium has one free electron per atom and its density is $0{\cdot}97\ gm/cm^3$.

(ii) Draw the energy level diagram and mathematical expressions for the following :

I. $E_n$ of an electron confined in a one-dimensional box

II. Linear harmonic oscillator

Make a qualitative comparison of the above two cases. *10+10=20*



Optional Province · optionalprovince.com

(b) एक द्विपरमाणुक अणु के लिए, जिसमें दोनों नाभिकों का द्रव्यमान 'M' हो और उनकी परस्पर दूरी 'a' हो, दर्शाइए कि नाभिकीय गति की घूर्णन ऊर्जा, इलेक्ट्रॉनिक ऊर्जा से $\frac{m_e}{M}$ गुणा कम है ।

Show that for a diatomic molecule with two nuclei of mass 'M' separated by a distance 'a', the rotational energy of nuclear motion is lower than electronic energy by a factor of $\frac{m_e}{M}$. *15*

(c) L-S युग्मन और J-J युग्मन के बीच अंतर स्पष्ट कीजिए ।

$l = 1$ के संगत, $J = \frac{3}{2}$ और $J = \frac{1}{2}$ स्थितियों के लिए $\vec{J}$ के संभावित अभिविन्यास क्या हैं ?

Differentiate between L-S coupling and J-J coupling.

What are the possible orientations of $\vec{J}$ for the $J = \frac{3}{2}$ and $J = \frac{1}{2}$ states that correspond to $l = 1$? *5+10=15*



Optional Province · optionalprovince.com

## खण्ड B

## SECTION B

**Q5.** (a) हाइड्रोजन ($_1H^1$) के नाभिकीय घनत्व की तुलना इसके आणविक घनत्व से कीजिए। (मान लीजिए कि परमाणु की त्रिज्या इसके प्रथम बोर कक्ष की त्रिज्या के बराबर है)। उपर्युक्त तुलना से कोई क्या निष्कर्ष निकाल सकता है ?

Compare nuclear density of hydrogen ($_1H^1$) with its atomic density. (Assume the atom to have the radius of its first Bohr orbit). What inference can one get from the above comparison ? *8+2=10*

(b) सोडियम क्लोराइड में क्रमिक (100) सतहों के बीच अंतराल 1·41 Å है। X-किरणें जब क्रिस्टल की सतह पर 10° के पृष्ठसर्पी कोण पर पड़ती हैं, तो द्वितीय क्रम के ब्रैग परावर्तन प्राप्त होते हैं। X-किरण के विकिरण के तरंगदैर्ध्य की गणना कीजिए।

The spacing between successive (100) planes in sodium chloride is 1·41 Å. X-rays incident on the surface of the crystal are found to give rise to second order Bragg reflections at a glancing angle 10°. Calculate the wavelength of X-ray radiations. *10*

(c) सिद्ध कीजिए कि ड्यूटरॉन की आद्य (निम्नतम) अवस्था के लिए न्यूक्लिऑन की त्रिज्या लगभग $2{\cdot}15 \times 10^{-13}$ सेमी के बराबर होती है।

For the ground state of deuteron, prove that the radius of nucleon is of the order of $\sim 2{\cdot}15 \times 10^{-13}$ cm. *10*

(d) मूल कणों की पारस्परिक क्रिया के सामर्थ्य (ताकत) से क्या अभिप्राय है ? इस पारस्परिक क्रिया के सामर्थ्य के आधार पर विभिन्न बलों का वर्गीकरण कीजिए।

What is meant by strength of the interactions of elementary particles ? Classify the different forces on the basis of this strength of interaction. *10*

(e) अतिक्रांतिक चुम्बकीय क्षेत्र किस प्रकार तापमान पर निर्भर करता है ? एक अतिचालक नमूने के लिए, 14 K और 13 K पर क्रांतिक चुम्बकीय क्षेत्र क्रमशः $1{\cdot}45 \times 10^5$ A/m और $4{\cdot}2 \times 10^5$ A/m हैं। अतिचालक संक्रमण तापमान और 0 K पर क्रांतिक क्षेत्र की गणना कीजिए।

How does supercritical magnetic field depend on temperature ? For a superconducting specimen, the critical magnetic fields are respectively $1{\cdot}45 \times 10^5$ A/m and $4{\cdot}2 \times 10^5$ A/m for 14 K and 13 K. Determine the superconducting transition temperature and the critical field at 0 K. *10*



Optional Province · optionalprovince.com

**Q6.** (a) क्या नाभिक का चुंबकीय आघूर्ण होता है ? अपने उत्तर का औचित्य दीजिए । नाभिकीय मेग्नेटॉन ($\mu_N$) और बोर मेग्नेटॉन ($\mu_B$) को परिभाषित कीजिए । इनके मानों की गणना कीजिए ।

Does the nucleus possess magnetic moment ? Justify your answer. Define nuclear magneton ($\mu_N$) and Bohr magneton ($\mu_B$). Calculate their values. *7+8=15*

(b) (i) अर्ध-आनुभविक द्रव्यमान सूत्र लिखिए । उपर्युक्त सूत्र का उपयोग करके दी गई द्रव्यमान संख्या (A) के लिए सबसे स्थिर नाभिक के परमाणु क्रमांक (Z) की गणना कीजिए । (आसंजित गुणांकों के मान कूलॉम ऊर्जा के लिए $a_3 = 0{\cdot}711$ MeV और असममिति ऊर्जा के लिए $a_4 = 23{\cdot}702$ MeV का उपयोग कीजिए)

(ii) निम्नलिखित नाभिकीय अभिक्रिया के Q-मान की गणना कीजिए :

$$_4Be^9 + {}_2He^4 = {}_6C^{12} + {}_0n^1$$

दिया गया है : Be का अनाविष्ट परमाणु द्रव्यमान = 9·015060 amu, He का अनाविष्ट परमाणु द्रव्यमान = 4·003874 amu और C का अनाविष्ट परमाणु द्रव्यमान = 12·003815 amu. न्यूट्रॉन का द्रव्यमान = 1·008986 amu है ।

(i) Write semi-empirical mass formula. Calculate the atomic number (Z) of most stable nucleus for given mass number (A) using the above formula. (Use the value of fitted coefficients for Coulomb energy $a_3 = 0{\cdot}711$ MeV and that for asymmetry energy $a_4 = 23{\cdot}702$ MeV).

(ii) Calculate the Q-value of the following nuclear reaction :

$$_4Be^9 + {}_2He^4 = {}_6C^{12} + {}_0n^1$$

Given : the mass of neutral atoms of Be, He and C are 9·015060, 4·003874 and 12·003815 amu, respectively. The mass of neutron is 1·008986 amu. *15+5=20*

(c) मूल कणों के लिए विभिन्न संरक्षण नियम क्या हैं ? उन संरक्षण नियमों को लागू कर सत्यापित कीजिए कि क्या निम्नलिखित अभिक्रियाएँ संभव हैं या नहीं :

(i) $\pi^+ + n^0 \rightarrow K^0 + K^+$

(ii) $\overline{\nu}_e + p^+ \rightarrow n^0 + e^-$

What are the various conservation laws for elementary particles ? Apply these conservation laws to confirm whether the following reactions are possible or not : *15*

(i) $\pi^+ + n^0 \rightarrow K^0 + K^+$

(ii) $\overline{\nu}_e + p^+ \rightarrow n^0 + e^-$



Optional Province · optionalprovince.com

**Q7.** (a) (i) अनुचुंबकत्व का मूल क्या है ? अनुचुंबकीय प्रवृत्ति की तापमान निर्भरता की विवेचना कीजिए ।

(ii) परमाण्विक हाइड्रोजन की मानक ताप दाब पर आद्य (निम्नतम) अवस्था में प्रतिचुंबकीय प्रवृत्ति की गणना कीजिए । मान लीजिए कि परमाण्विक हाइड्रोजन के इलेक्ट्रॉनिक आवेश वितरण की नाभिक से माध्य वर्ग दूरी $r^2 = 3a_0^2$ है, जहाँ $a_0$ हाइड्रोजन की प्रथम बोर कक्ष की त्रिज्या है ।

(i) What is the origin of paramagnetism ? Discuss the temperature dependence of paramagnetic susceptibility.

(ii) Calculate the diamagnetic susceptibility of atomic Hydrogen in the ground state at STP. Assume the mean square distance of electronic charge distribution of atomic Hydrogen from the nucleus $r^2 = 3a_0^2$, $a_0$ being the radius of the first Bohr orbit of Hydrogen. *8+7=15*

(b) (i) इलेक्ट्रॉन के प्रभावी द्रव्यमान की क्या अवधारणा है ?

(ii) संयोजकता बैंड के किनारे पर ऊर्जा स्तर $E(k) = -1 \times 10^{-26} k^2$ ergs दिया गया है । एक इलेक्ट्रॉन ऑर्बिटल $k = 1 \times 10^7 k_x \text{ cm}^{-1}$ से निकाल लिया जाता है । होल के प्रभावी द्रव्यमान के चिह्न एवं परिमाण ज्ञात कीजिए ।

(i) What is the concept of effective mass of the electron ?

(ii) The energy near a valence band edge is given by $E(k) = -1 \times 10^{-26} k^2$ ergs. An electron is removed from the orbital $k = 1 \times 10^7 k_x \text{ cm}^{-1}$. Find the sign and magnitude of effective mass of the hole. *10+10=20*

(c) एक RC-युग्मित ट्रांज़िस्टर ऐम्प्लीफायर का मध्य-आवृत्ति लाभांक (लब्धि) $A_{vm} = 100$ है । नीचे और ऊपर की अंतक (कट-ऑफ) आवृत्तियाँ $f_1 = 20$ Hz और $f_2 = 50$ kHz हैं । उस आवृत्ति को ज्ञात कीजिए जिस पर लाभांक (लब्धि) घट कर 80 हो जाता है ।

An RC-coupled transistor amplifier has mid-frequency gain $A_{vm} = 100$. The values of the lower and upper cut-off frequencies are $f_1 = 20$ Hz and $f_2 = 50$ kHz. Find the frequencies at which the gain is reduced to 80. *15*

**Q8.** (a) गामा किरणों का नाभिकीय अनुनाद अवशोषण क्या है ? मॉसबाउर (Mossbauer) स्पेक्ट्रोमीटर की कार्यविधि और इसके अनुप्रयोगों का वर्णन कीजिए ।

What is nuclear resonance absorption of gamma rays ? Describe the working and applications of Mossbauer spectrometer. *15*



Optional Province · optionalprovince.com

(b) (i) डिजिटल निकाय, एनालॉग निकाय से किस प्रकार भिन्न है ? डिजिटल इलेक्ट्रॉनिक्स के व्यापक उपयोग के मुख्य कारण क्या हैं ?

(ii) AND गेट, OR गेट एवं NOT गेट के तर्क आरेख, बूलीय समीकरण और सत्यमान सारणी दीजिए । दर्शाइए कि NAND और NOR गेटों को सार्वत्रिक (युनिवर्सल) गेट के रूप में प्रयुक्त कर सकते हैं ।

(i) How is digital system different from analog system ? What are the principal reasons for the widespread use of digital electronics ? *4+4=8*

(ii) Give logic diagram, Boolean equation and truth tables of AND, OR and NOT gates. Show that NAND and NOR gates can be utilized as a Universal Gate. *12*

(c) FET और MOSFET की कार्यप्रणाली की तुलना, उनकी संरचना, I – V वक्र और अंतरण अभिलक्षणों के आधार पर कीजिए ।

Compare the working of FET and MOSFET with their structure, I – V curve and transfer characteristics. *15*



Optional Province · optionalprovince.com