CS (Main) Exam:2015

C-AVZ-O-QIZA

भौतिकी / PHYSICS

प्रश्न-पत्र I / Paper I

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.

खण्ड A

SECTION A

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

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

(a) एक कण की ऊर्जा, रेखीय संवेग और कोणीय संवेग के लिए संरक्षण प्रमेयों को, उनके गणितीय रूपों के साथ, परिशुद्धतापूर्वक लिखिए ।

Write down precisely the conservation theorems for energy, linear momentum and angular momentum of a particle with their mathematical forms. *10*

(b) गणितीय ढंग से सिद्ध कीजिए कि एक कण के किसी भी वेग का मुक्त आकाश में प्रकाश के वेग के साथ योग केवल मुक्त आकाश में प्रकाश के वेग की पुनरुत्पत्ति करता है ।

Prove mathematically that the addition of any velocity of a particle to the velocity of light in free space merely reproduces the velocity of light in free space only. *10*

(c) एक नियत तारे (स्टार) के सापेक्ष, उत्तरी ध्रुव के परित: पृथ्वी का कोणीय वेग $7{\cdot}292 \times 10^{-5}$ sec^{-1} किस प्रकार से प्राप्त होता है ? उपर्युक्त मान का परिकलन करने की अपनी विधि को समझाइए ।

How does one obtain the angular velocity of the Earth about the North Pole with respect to a fixed star as $7{\cdot}292 \times 10^{-5}$ sec^{-1} ? Explain your method of calculating the above value. *10*

(d) 20 cm फोकस दूरी का एक उत्तल लेंस 0·5 mm चौड़ाई के एक रेखाछिद्र (स्लिट) के बाद रखा है । यदि तरंगदैर्घ्य 5000 Å की एक समतल तरंग रेखाछिद्र पर लम्बवत् आपतित होती है, तो केन्द्रीय उच्चिष्ठ के दोनों ओर द्वितीय निम्निष्ठों के बीच पृथक्करण का परिकलन कीजिए ।

A convex lens of focal length 20 cm is placed after a slit of width 0·5 mm. If a plane wave of wavelength 5000 Å falls normally on the slit, calculate the separation between the second minima on either side of the central maximum. *10*

(e) लेज़र में एक प्रकाशीय अनुनादक की क्या भूमिका होती है ? प्रकाशीय अनुनादक की रचना में समतल दर्पणों के बजाय, वक्रित दर्पणों को क्यों तरजीह दी जाती है ?

What is the role of an optical resonator in a laser ? Why does one prefer curved mirrors instead of plane mirrors in designing an optical resonator ? *10*

Q2. (a) जब एक परावैद्युत पृष्ठ पर ब्रूस्टर कोण के बराबर के एक कोण पर प्रकाश की एक समान्तर किरणपुंज आपतित हो तब परावर्तित और अपवर्तित किरणों के बीच कोण ज्ञात कीजिए । स्पष्ट कीजिए कि आप इस अवधारणा को रेखीय ध्रुवित प्रकाश उत्पन्न करने में कैसे उपयोग करते हैं ।

Find out the angle between the reflected and refracted rays when a parallel beam of light is incident on a dielectric surface at an angle equal to the Brewster's angle. Explain how do you use this concept to produce linearly polarized light. *10+10=20*

(b) प्वाज़य सूत्र का प्रयोग करके दर्शाइए कि त्रिज्याओं r_1 और r_2 तथा लम्बाइयाँ l_1 और l_2 की दो केशनलिकाओं की एक श्रेणी से होकर प्रति सेकण्ड गुज़रते हुए श्यानता गुणांक η के एक द्रव का आयतन यह प्राप्त होता है :

$$Q = \frac{\pi p}{8\eta} \Big/ \left[\frac{l_1}{r_1^4} + \frac{l_2}{r_2^4}\right],$$

जहाँ p श्रेणी के आर-पार प्रभावी दाबान्तर है ।

Using Poiseuille's formula, show that the volume of a liquid of viscosity coefficient η passing per second through a series of two capillary tubes of lengths l_1 and l_2 having radii r_1 and r_2 is obtained as

$$Q = \frac{\pi p}{8\eta} \Big/ \left[\frac{l_1}{r_1^4} + \frac{l_2}{r_2^4}\right],$$

where p is the effective pressure difference across the series. *15*

(c) दर्शाइए कि द्रव्यमान M और त्रिज्या R की एक वृत्ताकार डिस्क का जड़त्व आघूर्ण उसके केन्द्र से गुज़रती हुई और उसके तल के लम्बवत् अक्ष के परित: $\frac{1}{2}MR^2$ है ।

Show that the moment of inertia of a circular disc of mass M and radius R about an axis passing through its centre and perpendicular to its plane is $\frac{1}{2}MR^2$. *15*

Q3. (a) एक स्पष्ट रेखाचित्र खींचकर, बल के केन्द्र द्वारा कणों के एक आपतित पुंज के प्रकीर्णन को समझाइए ।

Draw a neat diagram to explain the scattering of an incident beam of particles by a centre of force. *10*

(b) दर्शाइए कि अवकल प्रकीर्णन अनुप्रस्थ-परिच्छेद इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है :

$$\sigma(\theta) = \frac{s}{\sin\theta}\left|\frac{ds}{d\theta}\right|,$$

जहाँ s संघट्ट प्राचल है और θ प्रकीर्णन कोण है ।

Show that the differential scattering cross-section can be expressed as

$$\sigma(\theta) = \frac{s}{\sin\theta}\left|\frac{ds}{d\theta}\right|,$$

where s is the impact parameter and θ is the scattering angle. *15*

(c) दर्शाइए कि एक इलेक्ट्रॉन की विराम द्रव्यमान ऊर्जा 0·51 MeV है (भौतिकी प्राचलों के मानक मानों का उपयोग कीजिए) ।

Show that the rest mass energy of an electron is 0·51 MeV (use the standard values of the physical parameters). *10*

(d) अपवर्तनांक $n = \sqrt{1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}}$ के आयनमंडल (परावैद्युत माध्यम की तरह) में आवृत्ति $\omega = \sqrt{2}\,\omega_p$ की एक रेडियो तरंग के कला और समूह वेगों को ज्ञात कीजिए । यहाँ ω_p आयनमंडली प्लाज़्मा आवृत्ति है ।

Find out the phase and group velocities of a radio wave of frequency $\omega = \sqrt{2}\,\omega_p$ in the ionosphere (as a dielectric medium) of refractive index $n = \sqrt{1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}}$. Here, ω_p is the ionospheric plasma frequency. *15*

Q4. (a) तरल के श्यानता गुणांकों और शुद्धगतिक श्यानता को परिभाषित कीजिए । प्वाज़ और स्टोक्स क्या हैं ?

Define coefficients of viscosity and kinematic viscosity of a fluid. What are Poise and Stokes ? *10*

(b) प्वाज़य सूत्र को लिखिए और एक केशनली में से द्रव के प्रवाह का विश्लेषण करने में उसके सीमाबंधनों का उल्लेख कीजिए ।

Write down Poiseuille's formula and mention its limitations in analyzing the flow of a liquid through a capillary tube. *10*

(c) दूरी a से पृथक्कृत फोकस दूरियाँ f_1 और f_2 के दो पतले लेंसों के संयोजन के लिए, आव्यूह (मैट्रिक्स) विधि का इस्तेमाल करते हुए, समतुल्य फोकस दूरी ज्ञात कीजिए ।

Using matrix method, find out the equivalent focal length for a combination of two thin lenses of focal lengths f_1 and f_2 separated by a distance a. *10*

(d) तापीय संतुलन के अधीन एक द्वि-स्तरीय परमाण्विक निकाय के लिए, आइन्स्टाइन के A और B गुणांकों की संकल्पना का इस्तेमाल करते हुए, स्वत: और उद्दीपित उत्सर्जन के लिए, दोनों स्तरों (लेवल्स) में, प्रति एकक आयतन परमाणुओं की संख्या का अनुपात ज्ञात कीजिए। जनसंख्या प्रतिलोमन (इन्वर्ज़न) का सिद्धान्त किस प्रकार एक लेज़र के सक्रिय माध्यम में लब्धि क्रियाविधि का कारण बनता है ?

Using the concept of Einstein's A and B coefficients for a two-level atomic system under thermal equilibrium, determine the ratio of the number of atoms per unit volume in the two levels experiencing spontaneous and stimulated emission. How does the principle of population inversion lead to the gain mechanism in the active medium of the laser ? *10+10=20*

खण्ड B

SECTION B

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

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

(a) एक-विमीय संरूपण के अधीन आवेश घनत्व दिया गया है $\rho(x) = \frac{\rho_0 x}{5}$; जहाँ ρ_0 एक नियत आवेश घनत्व है । यदि $x = 0$ पर विद्युत्-क्षेत्र $|\vec{E}| = 0$ और $x = 5$ पर विभव $V = 0$ हो, तो V और $|\vec{E}|$ ज्ञात कीजिए ।

Under one-dimensional configuration, the charge density is given by $\rho(x) = \frac{\rho_0 x}{5}$; where ρ_0 is a constant charge density. If the electric field $|\vec{E}| = 0$ at $x = 0$ and potential $V = 0$ at $x = 5$, determine V and $|\vec{E}|$. *10*

(b) 5 cm त्रिज्या के एक चालकीय गोले के पृष्ठ पर कुल आवेश 12 nC मुक्त आकाश में समान रूप से वितरित है । उसके पृष्ठ पर और बाहर गोले के केन्द्र से r दूरी पर, विस्थापन सदिश $\vec{D}$ ज्ञात कीजिए ।

A conducting sphere of radius 5 cm has a total charge of 12 nC uniformly distributed on its surface in free space. Determine the displacement vector $\vec{D}$ on its surface and outside at a distance r from the centre of the sphere. *10*

(c) एक सीरीज़ RLC परिपथ का प्रतिरोध 100 Ω और प्रतिबाधा 210 Ω है । यदि इस परिपथ को वर्ग-माध्य-मूल वोल्टता 220 V के ए.सी. स्रोत से सम्बद्ध किया जाता है, तो परिपथ में कितनी औसत शक्ति (पावर) क्षयित होती है ?

A series RLC circuit has a resistance of 100 Ω and an impedance of 210 Ω. If this circuit is connected to an a.c. source with an r.m.s. voltage of 220 V, how much is the average power dissipated in the circuit ? *10*

(d) समान ताप T के दो गोले A और B ताप T_0 के वातावरण में रखे गए हैं । मान लें $T > T_0$ । गोले एक ही पदार्थ के बने हुए हैं, लेकिन भिन्न त्रिज्याओं r_A और r_B के हैं । स्टेफ़ान – बोल्ट्ज़मान वितरण का इस्तेमाल करते हुए, निर्धारित कीजिए कि उनमें से कौन-सा गोला विकिरण के द्वारा अधिक तेज़ी से ऊष्मा खोएगा ।

Two spheres A and B having same temperature T are kept in the surroundings of temperature T_0. Consider $T > T_0$. The spheres are made of same material but have different radii r_A and r_B. Using Stefan – Boltzmann distribution, determine which of these will lose heat by radiation faster. *10*

(e) एक वान्डर वाल्स गैस का जूल-केल्विन प्रसार 50 atm के दाब ह्रास के साथ होता है । यदि उसका आरम्भिक ताप 300°K हो, तो उसका अन्तिम ताप ज्ञात कीजिए । (दिए गए हैं वान्डर वाल्स नियतांक $a = 0{\cdot}136$ Pa m^6 mol^{-1}, $b = 36{\cdot}5 \times 10^{-6}$ m^3 mol^{-1}, $C_p = 30$ J K^{-1} mol^{-1}, $R = 8{\cdot}3$ J K^{-1} mol^{-1})

A Van der Waals gas undergoes Joule-Kelvin expansion with a pressure drop of 50 atm. If its initial temperature is 300°K, determine its final temperature. (Given Van der Waals constant $a = 0{\cdot}136$ Pa m^6 mol^{-1}, $b = 36{\cdot}5 \times 10^{-6}$ m^3 mol^{-1}, $C_p = 30$ J K^{-1} mol^{-1}, $R = 8{\cdot}3$ J K^{-1} mol^{-1}) *10*

Q6. (a) प्वाइन्टिंग प्रमेय का निरूपण करने वाले समीकरण की व्युत्पत्ति कीजिए । इसका क्या भौतिक महत्त्व है ?

Derive the equation that represents Poynting's theorem. What is its physical significance ? *20*

(b) एक रेडियो स्टेशन 200 kW की औसत शक्ति के साथ, समदैशिक रूप से, विद्युत्-चुम्बकीय तरंगों को संचारित करता है । इससे 5 km की दूरी पर, अधिकतम विद्युत्-क्षेत्र का औसत परिमाण ज्ञात कीजिए ।

A radio station transmits electromagnetic waves isotropically with an average power of 200 kW. Determine the average magnitude of the maximum electric field at a distance of 5 km from it. *15*

(c) एक कार्बनिक (ऑर्गैनिक) पदार्थ का 40°C पर वाष्प दाब 50×10^3 Pa है । इसका प्रसामान्य क्वथनांक 80°C है । यदि उस पदार्थ को वाष्प प्रावस्था में आदर्श गैस की भाँति मान लें, तो पदार्थ के वाष्पीकरण की गुप्त ऊष्मा ज्ञात कीजिए ।

The vapour pressure of an organic substance is 50×10^3 Pa at 40°C. Its normal boiling point is 80°C. If the substance in vapour phase can be treated like an ideal gas, find the latent heat of vaporization of the substance. *15*

Q7. (a) दिशा $+\hat{z}$ के अनुदिश संचरित होती हुई एक समतल विद्युत्-चुम्बकीय तरंग माध्यम A $(z < 0)$ और माध्यम B $(z > 0)$ के बीच $z = 0$ पर स्थित परिसीमा (बाउंड्री) पर अभिलंबत: आपतित है । तरंग के लिए, परावर्तन गुणांक और पारगमन गुणांक का निर्धारण कीजिए ।

A plane electromagnetic wave propagating along $+\hat{z}$ direction is incident normally on the boundary at $z = 0$ between medium A $(z < 0)$ and medium B $(z > 0)$. Determine the reflection coefficient and transmission coefficient for the wave. *20*

(b) एक RLC सीरीज़ परिपथ में, R = 2 Ω है । परिपथ में संचयित ऊर्जा, दोलन के प्रति आवर्त काल में 1% कम हो जाती है । उसकी प्राकृतिक अवमंदित आवृत्ति 2 kHz है । प्रेरक L और गुणता कारक के मानों को निर्धारित कीजिए ।

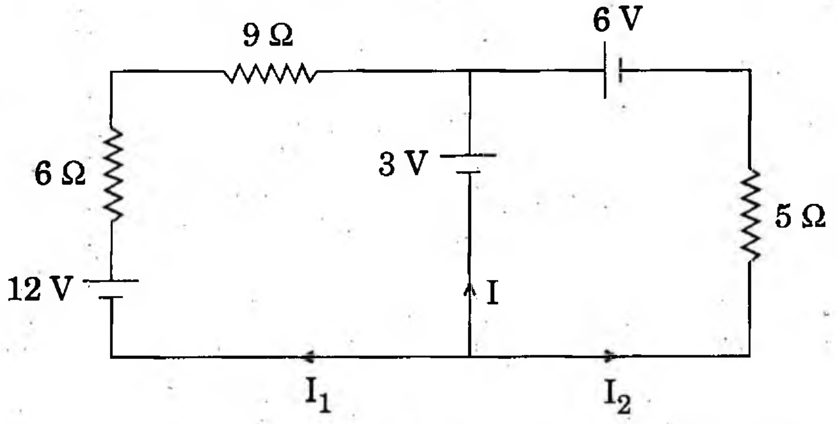
A series RLC circuit has R = 2 Ω. The energy stored in the circuit decreases by 1% per period of oscillation. Its natural undamped frequency is 2 kHz. Determine the values of inductor L and the quality factor. *15*

(c) प्लांक के विकिरण नियम का इस्तेमाल करके वीन के विस्थापन नियम की व्युत्पत्ति कीजिए । यह नियम किस प्रकार से सूर्य या एक तारे (स्टार) के पृष्ठीय ताप का अनुमान लगाने में सहायक होता है ?

Using Planck's radiation law, deduce Wien's displacement law. How does this law enable one to estimate the surface temperature of the Sun or a star ? *15*

Q8. (a) नीचे दिए गए परिपथ में, धाराओं I_1, I_2 और I के मानों को ज्ञात कीजिए ।

In the circuit given below, find the values of currents I_1, I_2 and I. *15*



(b) रैले प्रकीर्णन के विशिष्ट अभिलक्षण क्या हैं ? एक बहुत पतली एकवर्णी प्रकाश की किरणपुंज एक कण पर आपतित है । कण द्वारा प्रकीर्णन रैले प्रकार का है या नहीं, यह सुनिश्चित करने के लिए, एक साधारण प्रायोगिक विधि सुझाइए ।

What are the characteristic features of Rayleigh scattering ? A very thin monochromatic beam of light is incident on a particle. Suggest a simple experimental method to ascertain whether the scattering by the particle is of Rayleigh type. *20*

(c) एक वान्डर वाल्स गैस के लिए, अवस्था समीकरण लिखिए । क्रान्तिक प्रसार β के गुणांक का निर्धारण कीजिए ।

For a Van der Waals gas, write down the equation of state. Determine the coefficient of critical expansion β. *15*