A-BRL-M-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 का 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 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 । 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, **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 chronological 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 answer book must be clearly struck off.

खण्ड A

SECTION A

Q1. निम्नलिखित *सभी* पाँच भागों के उत्तर दीजिए :

(a) यह दर्शाइए कि किसी दृढ़ पिंड की बलआघूर्ण मुक्त गति के गतिज ऊर्जा तथा कोणीय संवेग स्थिर रहते हैं ।

(b) मान लीजिए कि एक S′-फ्रेम एक स्थिर फ्रेम के सापेक्ष घूर्णन कर रहा है जिनके मूल-बिन्दु एक ही हैं । कल्पना कीजिए कि S′-फ्रेम का कोणीय वेग $\vec{\omega}$ दिया गया है

$$\vec{\omega} = 2t\,\hat{i} - t^2\hat{j} + (2t + 4)\,\hat{k} \text{ द्वारा,}$$

जहाँ t समय है तथा S′-फ्रेम में समय t पर एक प्रारूपिक कण का स्थिति सदिश $\vec{r}$ दिया गया है

$$\vec{r} = (t^2 + 1)\,\hat{i} - 6\,t\,\hat{j} + 4\,t^3\,\hat{k}.$$

कॉरिऑलिस त्वरण, $t = 1$ सेकण्ड पर परिकलित कीजिए ।

(c) दर्शाइए कि एक कण जिसका विराम-द्रव्यमान m_0, संपूर्ण ऊर्जा E तथा रेखीय संवेग $\vec{p}$ है, इस संबंध को संतुष्ट करता है

$$E^2 = c^2p^2 + m_0^2c^4$$

जहाँ c मुक्त आकाश में प्रकाश का वेग है ।

(d) एक भूकंप के दौरान, एक क्षैतिज शेल्फ़ ऊर्ध्वाधर दोलन करता है । यदि इसकी गति सरल आवर्ती मानी जाए, तो इसके दोलन के आयाम का अधिकतम मान ज्ञात करें, जबकि इस पर रखी पुस्तकें सदैव इसके सम्पर्क में रहती हैं । $g = 9{\cdot}8 \text{ ms}^{-2}$ तथा $T = 0{\cdot}5$ s लें ।

(e) ऐसा क्यों कहा जाता है कि "यदि किसी ऑप्टिकल फाइबर की स्पंद परिक्षेपण में कमी कर दी जाए, तो उसकी सूचना वहन क्षमता को बढ़ाया जा सकता है" ? इस कथन की व्याख्या कीजिए । ग्रेडिड इन्डेक्स ऑप्टिकल फाइबर का प्रयोग करते हुए स्पंद परिक्षेपण को कैसे कम किया जाता है ?

Answer *all* the five parts given below : *10×5=50*

(a) Show that the kinetic energy and angular momentum of the torque free motion of a rigid body is constant. *10*

(b) Suppose that an S′-frame is rotating with respect to a fixed frame having the same origin. Assume that the angular velocity $\vec{\omega}$ of the S′-frame is given by

$$\vec{\omega} = 2t\,\hat{i} - t^2\hat{j} + (2t+4)\,\hat{k}$$

where t is time and the position vector $\vec{r}$ of a typical particle at time t as assumed in S′-frame is given by

$$\vec{r} = (t^2+1)\,\hat{i} - 6\,t\hat{j} + 4\,t^3\hat{k}.$$

Calculate the Coriolis acceleration at t = 1 second. *10*

(c) Show that a particle of rest mass m_0, total energy E and linear momentum $\vec{p}$ satisfies the relation

$$E^2 = c^2p^2 + m_0^2c^4$$

where c is the velocity of light in free space. *10*

(d) During an earthquake, a horizontal shelf moves vertically. If its motion can be regarded simple harmonic, calculate the maximum value of amplitude of oscillation so that the books resting on it stay in contact with it always. Take $g = 9{\cdot}8\ ms^{-2}$ and $T = 0{\cdot}5$ s. *10*

(e) Explain why information carrying capacity of an optical fibre can be enhanced by reducing the pulse dispersion. How does one minimize pulse dispersion using a graded index optical fibre ? *10*

Q2. (a) यदि किसी कण पर लगने वाले बल संरक्षी हैं, तब दर्शाइए कि कण की संपूर्ण ऊर्जा जो उसकी गतिज तथा स्थितिज ऊर्जाओं का योगफल है, संरक्षित है ।

(b) यह सिद्ध कीजिए कि दो कणों के प्रत्यास्थ संघट्टन के फलस्वरूप, जो बराबर द्रव्यमानों के साथ अनापेक्षिकीय क्षेत्र में हैं, प्रकीर्णन कोण 90° होगा । अपने उत्तर को सदिश आरेख की सहायता से स्पष्ट कीजिए ।

(c) यदि एक पिंड, जिसका द्रव्यमान 0·1 kg है, उत्तर की दिशा में क्षैतिज वेग 100 ms^{-1} से पृथ्वी पर 30° N अक्षांश पर गति कर रहा हो, तो उस पर लगने वाले कॉरिऑलिस बल के क्षैतिज घटक को परिकलित कीजिए ।

(d) लोरेन्ट्ज़ रूपान्तरण का उपयोग करते हुए आपेक्षिकीय दैर्घ्य संकोच (लंबाई संकुचन) को व्युत्पन्न कीजिए ।

(a) If the forces acting on a particle are conservative, show that the total energy of the particle which is the sum of the kinetic and potential energies is conserved. *20*

(b) Prove that as a result of an elastic collision of two particles under non-relativistic regime with equal masses, the scattering angle will be 90°. Illustrate your answer with a vector diagram. *5*

(c) Calculate the horizontal component of the Coriolis force acting on a body of mass 0·1 kg moving northward with a horizontal velocity of 100 ms^{-1} at 30° N latitude on the Earth. *15*

(d) Derive the relativistic length contraction using Lorentz transformation. *10*

Q3. (a) गहरी जल तरंगों के लिए परिक्षेपण संबंध दिया गया है

$$\omega^2 = gk + ak^3$$

जहाँ g तथा a स्थिरांक हैं । तरंगदैर्घ्य λ के पदों में प्रावस्था (कला) वेग तथा समूह वेग के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए । ω और k क्रमशः कोणीय आवृत्ति और तरंग-संख्या निरूपित करते हैं ।

(b) He – Ne लेसर (λ = 630 nm) से प्रकाश की एक समान्तर किरणपुंज चौड़ाई $0{\cdot}2 \times 10^{-3}$ m की एक संकीर्ण झिरी पर गिराई गई । 0·3 m की फोकस दूरी के उत्तल लेंस के फोकस समतल में रखे पर्दे पर फ्राउनहोफर विवर्तन चित्र (पैटर्न) प्रेक्षित किया गया । पर्दे पर (i) प्रथम दो निम्निष्ठ तथा (ii) प्रथम दो उच्चिष्ठ के बीच दूरी परिकलित कीजिए ।

(c) एक त्रिविमीय समतल तरंग से संबद्ध विस्थापन दिया गया है

$$\Psi(x, y, z, t) = a \cos\left[\frac{\sqrt{3}}{2}kx + \frac{1}{2}ky - \omega t\right].$$

परिकलित कीजिए कि संचरण कर रही तरंग x, y तथा z-अक्षों से कितना कोण बनाती है ।

(d) संबद्ध गणितीय व्यंजकों के साथ ग्रेटिंग की विभेदन क्षमता का भौतिक महत्त्व स्पष्ट कीजिए ।

(a) The dispersion relation for deep water waves is given by

$$\omega^2 = gk + ak^3$$

where g and a are constants. Obtain expressions for phase velocity and group velocity in terms of the wavelength λ. ω and k represent the angular frequency and wave number, respectively. *5+10=15*

(b) A parallel beam of light from a He – Ne laser (λ = 630 nm) is made to fall on a narrow slit of width $0{\cdot}2 \times 10^{-3}$ m. The Fraunhofer diffraction pattern is observed on a screen placed in the focal plane of a convex lens of focal length 0·3 m. Calculate the distance between the (i) first two minima and (ii) first two maxima on the screen. *15*

(c) The displacement associated with a three-dimensional plane wave is given by

$$\Psi(x, y, z, t) = a \cos\left[\frac{\sqrt{3}}{2}kx + \frac{1}{2}ky - \omega t\right].$$

Calculate the angles made by the propagating wave with the x, y and z-axes. 10

(d) Explain the physical significance of resolving power of a grating with relevant mathematical expression. 10

Q4. (a) एक कण वृत्तीय कक्षा में, एक आकर्षक केन्द्रीय बल के प्रभाव में, जो वृत्त पर एक बिन्दु की दिशा में है, गति कर रहा है । सिद्ध कीजिए कि बल, दूरी के व्युत्क्रम पाँचवें घात के अनुसार परिवर्तित होता है ।

(b) एक कण जिसका विराम-द्रव्यमान $M = 4 \times 10^{-27}$ kg है, दो कणों में विघटित हो जाता है जिनके विराम-द्रव्यमान $M_1 = 3 \times 10^{-27}$ kg तथा $M_2 = 1 \times 10^{-27}$ kg हैं । सिद्ध कीजिए कि इन दो भागों में विघटन के पश्चात् ऊर्जाएँ E_1 तथा E_2 , प्रतिबंध $E_1 = 3\,E_2$ को संतुष्ट करती हैं जबकि वे विपरीत दिशा में बराबर रेखीय संवेगों से गति कर रही हैं । आवश्यक गणितीय व्युत्पत्ति दीजिए ।

(c) दर्शाइए कि ऑपरेटर (संकारक) $\left(\nabla^2 - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)$ लोरेन्ट्ज़ रूपांतरणों के अंतर्गत अपरिवर्तनीय (निश्चर) है ।

(a) A particle describes a circular orbit under the influence of an attractive central force directed towards a point on the circle. Show that the force varies as the inverse fifth power of distance. 15

(b) A particle of rest mass $M = 4 \times 10^{-27}$ kg, disintegrates into two particles of rest masses $M_1 = 3 \times 10^{-27}$ kg and $M_2 = 1 \times 10^{-27}$ kg. Show that the energies E_1 and E_2 of these two parts after disintegration satisfy the condition $E_1 = 3\,E_2$ while moving in opposite directions with equal linear momenta. Give necessary mathematical derivation. 15

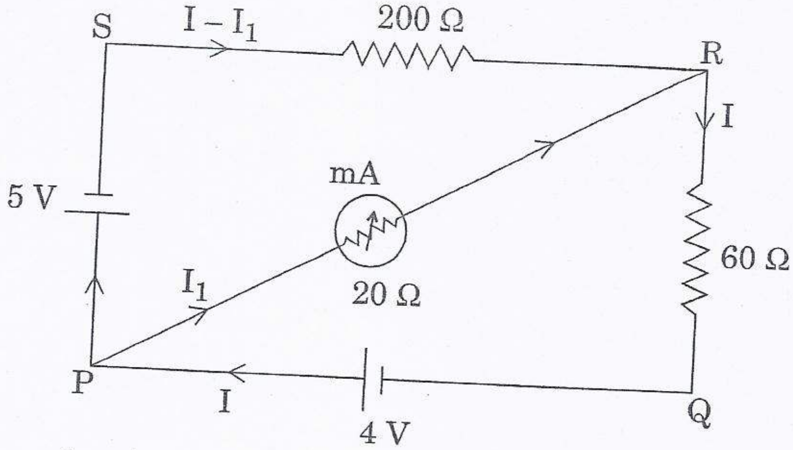
(c) Show that the operator $\left(\nabla^2 - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)$ is invariant under Lorentz transformations. 20

खण्ड B

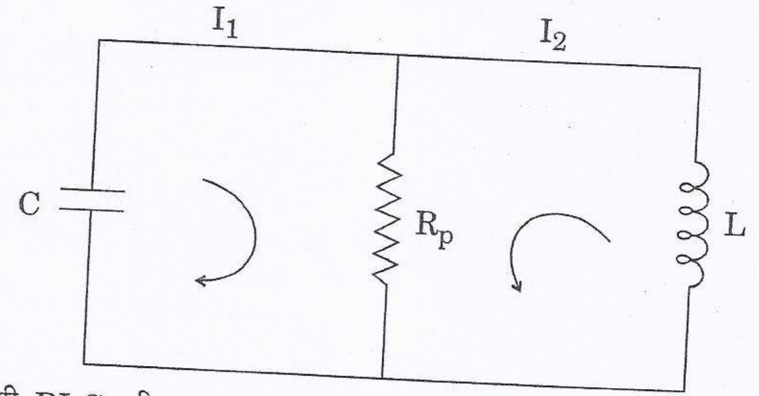
SECTION B

Q5. निम्नलिखित *सभी* पाँच भागों के उत्तर दीजिए :

(a) नीचे दिए गए परिपथ आरेख में, मिलीएमीटर में से प्रवाहित होने वाली धारा की गणना कीजिए ।



(b) श्रेणी RLC परिपथ के लिए समीकरण पर विचार कीजिए तथा इसकी तुलना पार्श्व (समांतर) अनुनादी परिपथ से, जैसा नीचे दिखाया गया है, कीजिए :



यदि श्रेणी RLC परिपथ तथा समान्तर RLC परिपथ के संधारित्र विभव के लिए एकसमान समीकरण होने हों, जबकि उन दोनों में समान L, C तथा Q हों, जहाँ Q संपूर्ण आवेश है, तब R_p का मान परिकलित कीजिए ।

(c) एक ऊष्मारोधित आदर्श गैस को स्थैतिक-कल्प रूप से उसकी आरंभिक अवस्था आयतन V_o, दाब P_o से अंतिम अवस्था के आयतन V_f एवं दाब P_f तक संपीडित किया गया है । दर्शाइए कि इस प्रक्रम में गैस पर संपन्न कार्य दिया गया है

$$W = \frac{C_v}{R}\,(P_f V_f - P_o V_o)$$

द्वारा, जहाँ C_v तथा R के मानक अर्थ हैं ।

(d) टंग्स्टेन तंतु (फिलामेंट) लैम्प में, तापायनिक उत्सर्जन $1{\cdot}2 \times 10^3$ K पर घटित होता है । अनपभ्रष्ट ऊर्जा स्तरों के लिए स्वत: उत्सर्जन का उद्दीपित उत्सर्जन से अनुपात परिकलित कीजिए । भौतिक रूप से अपने परिणाम की व्याख्या कीजिए ।

लीजिए $\lambda = 550$ nm, $k_B = 1{\cdot}38 \times 10^{-23}$ JK^{-1}, $h = 6{\cdot}67 \times 10^{-34}$ Js तथा $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}.

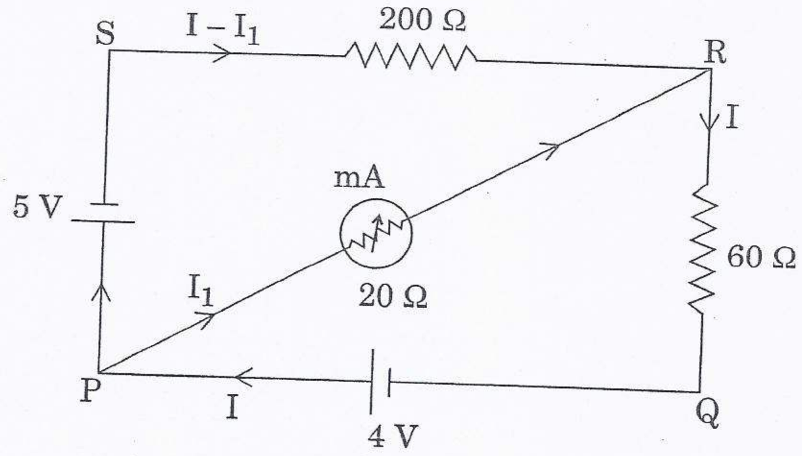
(e) एक समतल विद्युत्-चुम्बकीय (e.m.) तरंग जो z-अक्ष के अनुदिश गतिमान हो, का विद्युत्-क्षेत्र दिया गया है

$$\vec{E} = (E_{ox}\hat{x} + E_{oy}\hat{y})\sin(\omega t - kz + \phi).$$

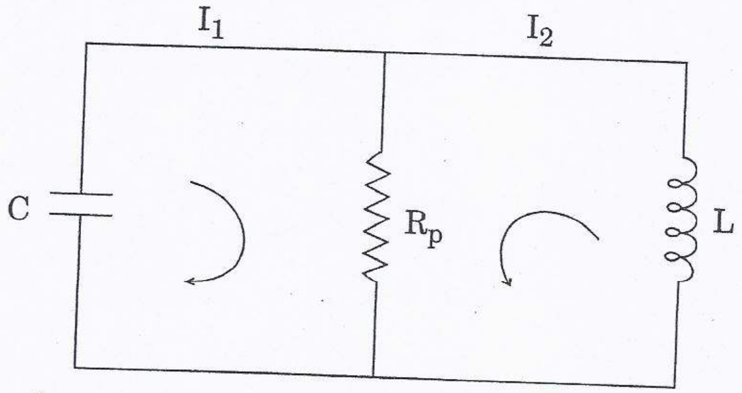
चुम्बकीय क्षेत्र ज्ञात कीजिए ।

Answer ***all*** the five parts given below : *10×5=50*

(a) In the circuit diagram shown below, calculate the current passing through the milliammeter. *10*



(b) Consider the equation for a series RLC circuit and compare this to the parallel resonant circuit shown below :



Calculate the value of R_p if a series RLC circuit and the parallel RLC circuit are to have same equations for the potential of capacitance while they both have the same L, C and Q with Q being the total charge. *10*

(c) A thermally insulated ideal gas is compressed quasi-statically from an initial state with volume V_0 and pressure P_0 to a final state of volume V_f and pressure P_f. Show that the work done on the gas in the process is given by

$$W = \frac{C_V}{R}\left(P_f V_f - P_0 V_0\right)$$

where C_V and R having standard meanings. 10

(d) In a tungsten filament lamp, thermionic emission takes place at $1 \cdot 2 \times 10^3$ K. Calculate the ratio of spontaneous emission to stimulated emission for non-degenerate energy levels. Interpret your result physically.

Take $\lambda = 550$ nm, $k_B = 1 \cdot 38 \times 10^{-23}$ JK^{-1}, $h = 6 \cdot 67 \times 10^{-34}$ Js and $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}. 10

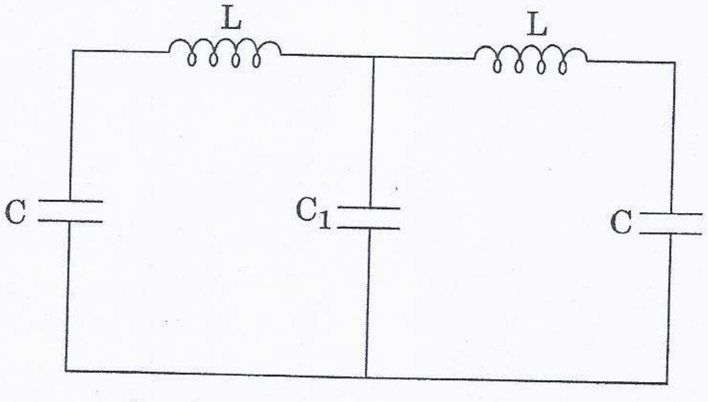
(e) The electric field of a plane e.m. wave travelling along the z-axis is

$$\vec{E} = (E_{ox}\hat{x} + E_{oy}\hat{y}) \sin(\omega t - kz + \phi).$$

Determine the magnetic field. 10

Q6. (a) एक श्रेणी LCR परिपथ की अनुनादी आवृत्ति ω_0 तथा एक दीर्घ गुणता कारक Q है । R, ω, ω_0 तथा Q के पदों में लिखिए, इसके (i) अनुनाद पर प्रतिबाधा, (ii) आधी-शक्ति बिन्दुओं पर प्रतिबाधा एवं (iii) न्यून तथा उच्च आवृत्तियों पर इसकी प्रतिबाधा के सन्निकट स्वरूप ।

(b) निम्नलिखित युग्मित प्रेरक – संधारित्र परिपथ पर ध्यान दीजिए :

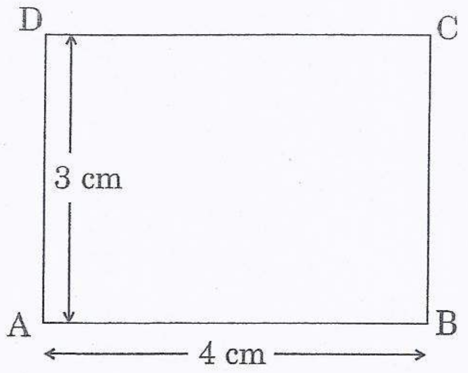


असममित तथा सममित विधाओं की आवृत्तियों के अनुपात ω_a/ω_s का परिकलन कीजिए ।

$\left(\text{दिया गया है } k = \frac{1}{LC},\ k' = \frac{1}{LC_1}\right)$

(c) विद्युत्-चुंबकत्व की मूल संकल्पनाओं का उपयोग करते हुए, एक विद्युत् द्विध्रुव $\vec{p}$ का दूरी $\vec{r}$ पर विद्युत्-क्षेत्र एवं एक विद्युत्-क्षेत्र $\vec{E}$ में उसकी ऊर्जा ज्ञात कीजिए ।

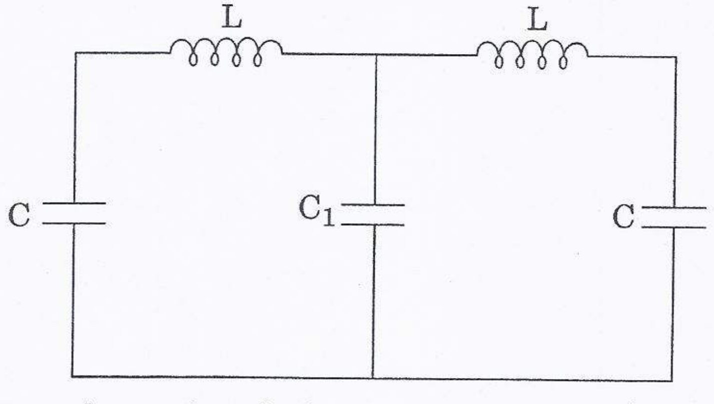
(d) ABCD एक आयत है जिसमें आवेश $+10^{-11}$ C, -2×10^{-11} C एवं 10^{-11} C क्रमश: कोनों B, C तथा D पर रखे गए हैं ।



कोने A पर विभव तथा 2 कूलॉम के एक आवेश को A तक ले जाने में किए जाने वाले कार्य की गणना कीजिए ।

(a) A series LCR circuit has resonant frequency ω_0 and a large quality factor Q. Write down in terms of R, ω, ω_0 and Q, its (i) impedance at resonance, (ii) impedance at half-power points and (iii) the approximate forms of its impedance at low and high frequencies. *15*

(b) Consider the following coupled inductor – capacitor circuit :

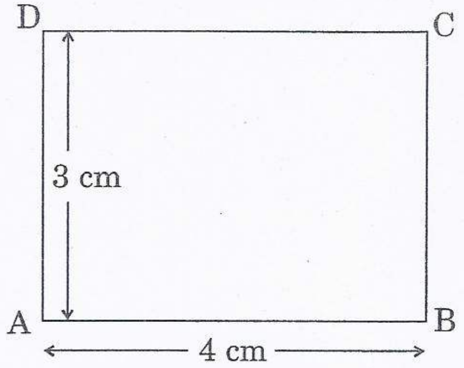


Calculate the ratio of the frequencies of the anti-symmetric and symmetric modes ω_a/ω_s.

$$\left(\text{Given } k = \frac{1}{LC},\ k' = \frac{1}{LC_1}\right)$$ *10*

(c) Using the fundamental concepts of electromagnetism, determine the electric field of an electric dipole $\vec{p}$ at a distance $\vec{r}$ and its energy in an electric field $\vec{E}$. *15*

(d) ABCD is a rectangle in which charges of $+10^{-11}$ C, -2×10^{-11} C and 10^{-11} C are placed at corners B, C and D, respectively.



Calculate the potential at the corner A and the work done in carrying a charge of 2 coulombs to A. *10*

Q7. (a) (i) एक समदैशिक, रेखीय, अचालकीय, अचुम्बकीय एवं असमांगी परावैद्युत माध्यम जिसमें

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E} = \varepsilon_0 n^2 (x, y, z) \vec{E} \quad \text{है,}$$

के लिए दर्शाइए कि क्षेत्र $\vec{E}$ के लिए विद्युत्-चुम्बकीय तरंग समीकरण दिया गया है

$$\nabla^2 \vec{E} + \vec{\nabla} \left(\frac{1}{n^2} \vec{\nabla} n^2 . \vec{E} \right) - \mu_0 \varepsilon_0 n^2 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0.$$

(ii) उपर्युक्त समीकरण द्वारा E_x के लिए अदिश समीकरण लिखिए ।

(iii) भौतिक रूप से उस परिस्थिति का अर्थबोध कीजिए जब हम समांगी माध्यम से असमांगी माध्यम की ओर चलते हैं ।

(iv) किसी असमांगी माध्यम में चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{H}$ के लिए उसी प्रकार का सदिश समीकरण प्राप्त कीजिए ।

(b) किसी एकसमान तार, जिसकी लंबाई L और अर्धव्यास a तथा उसके सिरों के मध्य विभवांतर V हो तथा उसमें धारा I उसकी लंबाई की दिशा में हो, के लिए प्वाइन्टिंग सदिश द्वारा तार को दी गई प्रति एकांक समय में ऊर्जा की गणना कीजिए ।

(a) (i) Considering an isotropic, linear, non-conducting, non-magnetic and inhomogeneous dielectric medium with

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E} = \varepsilon_0 n^2 (x, y, z)\, \vec{E},$$

show that the electromagnetic wave equation for the field $\vec{E}$ is given by

$$\nabla^2 \vec{E} + \vec{\nabla} \left(\frac{1}{n^2} \vec{\nabla} n^2 . \vec{E} \right) - \mu_0 \varepsilon_0 n^2 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0.$$ 15

(ii) Write down the scalar equation for E_x from the above equation. 5

(iii) Interpret physically the situation if we move from homogeneous to an inhomogeneous medium. 5

(iv) Obtain the similar vector equation for the magnetic field $\vec{H}$ in inhomogeneous medium. 15

(b) For a uniform wire of length L and radius a having a potential difference V between the ends and a current I along it, calculate the energy per unit time delivered to the wire by Poynting vector. 10

Q8. (a) ठोस अवस्था में एक पदार्थ का Hg के mm में वाष्प दाब सम्बन्ध $\ln p = 23{\cdot}03 - \frac{3754}{T}$ द्वारा दिया गया है, जहाँ T केल्विन में है । द्रव अवस्था में उस पदार्थ का Hg के mm में वाष्प दाब सम्बन्ध $\ln p = 19{\cdot}49 - \frac{3063}{T}$ द्वारा दिया गया है । परिकलित कीजिए (i) त्रिक बिन्दु के निर्देशांक, तथा (ii) त्रिक बिन्दु पर वाष्पन की गुप्त ऊष्मा । लीजिए गैस नियतांक $R = 8{\cdot}314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

(b) लेह में, ठण्डी शीत रात्रि में बर्फ का ताप – 20°C मापा गया । जब 1 kg बर्फ को 100°C पर भाप में परिवर्तित किया गया, तो एन्ट्रॉपी में परिवर्तन ज्ञात कीजिए । दिया गया है बर्फ की विशिष्ट ऊष्मा धारिता $500 \text{ cal kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ है, बर्फ की गुप्त ऊष्मा $3{\cdot}36 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$ है, भाप की गुप्त ऊष्मा $2{\cdot}26 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$ है तथा $J = 4{\cdot}2 \text{ J cal}^{-1}$.

(c) 27°C पर हीलियम का श्यानता गुणांक $2 \times 10^{-5} \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ है । परिकलित कीजिए (i) औसत चाल तथा (ii) हीलियम अणु का व्यास, यदि यह मान लें कि गैस मैक्सवेल – बोल्ट्ज़मान बंटन का पालन करती है । दिया गया है बोल्ट्ज़मान नियतांक $k_B = 1{\cdot}38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ तथा हीलियम परमाणु का द्रव्यमान $= 6{\cdot}67 \times 10^{-27}$ kg.

(d) N कण चिरप्रतिष्ठित सांख्यिकी का पालन करते हुए तीन अवस्थाओं में वितरित किए जाते हैं जिनकी ऊर्जाएँ हैं $\varepsilon_1 = 0, \varepsilon_2 = k_B T$ तथा $\varepsilon_3 = 2\ k_B T$, जहाँ k_B बोल्ट्ज़मान नियतांक है । यदि निकाय की संपूर्ण संतुलन ऊर्जा $1000\ k_B T$ है, तो N का मान परिकलित कीजिए ।

(a) The vapour pressure, in mm of Hg, of a substance in solid state is given by the relation $ln\ p = 23{\cdot}03 - \frac{3754}{T}$, where T is in Kelvin. The vapour pressure, in mm of Hg, of the substance in liquid state is given by the relation $ln\ p = 19{\cdot}49 - \frac{3063}{T}$. Calculate (i) the coordinates of the triple point, and (ii) the latent heat of vaporisation at the triple point. Take Gas constant $R = 8{\cdot}314\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$. *15*

(b) In Leh, temperature of ice on a cold winter night is measured as – 20°C. Calculate the change in entropy when 1 kg of ice is converted into steam at 100°C. Given specific heat capacity of ice is 500 cal $kg^{-1}\ K^{-1}$, latent heat of ice is $3{\cdot}36 \times 10^5\ J\ kg^{-1}$, latent heat of steam is $2{\cdot}26 \times 10^6\ J\ kg^{-1}$ and $J = 4{\cdot}2\ J\ cal^{-1}$. *15*

(c) The coefficient of viscosity of helium at 27°C is $2 \times 10^{-5}\ kg\ m^{-1}\ s^{-1}$. Calculate (i) the average speed and (ii) the diameter of a helium molecule, if it is assumed that the gas obeys Maxwell – Boltzmann distribution. Given Boltzmann constant $k_B = 1{\cdot}38 \times 10^{-23}\ J\ K^{-1}$ and mass of helium atom $= 6{\cdot}67 \times 10^{-27}$ kg. *10*

(d) N particles obeying Classical Statistics are distributed among three states having energies $\varepsilon_1 = 0$, $\varepsilon_2 = k_B T$ and $\varepsilon_3 = 2\ k_B T$, where k_B is Boltzmann constant. If the total equilibrium energy of the system is $1000\ k_B T$, calculate the value of N. *10*

CS (Main) Exam : ,2014

C-DRN-N-RIZA

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, **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 chronological 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*** के उत्तर दीजिए :

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

(a) त्रिज्या a के एक ठोस गोले के अंदर घनत्व $\rho = \frac{\rho_0\, a}{r}$ के द्वारा प्रदत्त है, जहाँ ρ_0 पृष्ठ पर घनत्व है और r केंद्र से दूरी है । इस गोले के कारण, उसके केंद्र से 2a की दूरी पर, गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र ज्ञात कीजिए ।

The density inside a solid sphere of radius a is given by $\rho = \frac{\rho_0\, a}{r}$, where ρ_0 is the density at the surface and r denotes the distance from the centre. Find the gravitational field due to this sphere at a distance 2a from its centre. *10*

(b) यदि I' और I क्रमशः एक स्वेच्छ (आर्बिट्रेरी) मूल में से गुज़रते हुए एक अक्ष के इर्द-गिर्द, और संहति-केंद्र (सैंटर ऑफ मास) में से गुज़रते हुए एक समांतर अक्ष के इर्द-गिर्द एक पिंड के जड़त्व आघूर्ण हों, तो दर्शाइए कि $I' = MR^2 + I$, जहाँ $\vec{R}$ स्वेच्छ मूल के सापेक्ष संहति-केंद्र का स्थिति सदिश है और M पिंड का द्रव्यमान है ।

If I' and I be the Moments of Inertia of a body about an axis passing through an arbitrary origin and about a parallel axis through the centre of mass respectively, show that $I' = MR^2 + I$, where $\vec{R}$ is the position vector of the centre of mass with respect to the arbitrary origin and M is the mass of the body. *10*

(c) त्रिज्या R का एक गोला एक असंपीड्य, श्यानताहीन (नॉन-विस्कस) आदर्श तरल में वेग $\vec{u}$ के साथ गति करता है । गोले के पृष्ठ के ऊपर दाब के वितरण का परिकलन कीजिए । क्या आपके विचार में गोले को एकसमान गति में बनाए रखने के लिए एक बल की आवश्यकता है ?

A sphere of radius R moves with velocity $\vec{u}$ in an incompressible, non-viscous ideal fluid. Calculate the pressure distribution over the surface of the sphere. Do you think that a force is necessary to keep the sphere in uniform motion ? *10*

(d) आइन्स्टाइन के A-गुणांक का भौतिक महत्त्व क्या है ? समझाइए कि किस कारण से अवरक्त (इन्फ्रा-रेड) तरंगदैर्घ्य की अपेक्षा एक्स-रे तरंगदैर्घ्य पर लेसन क्रिया (लेसिंग ऐक्शन) प्राप्त करना अधिक कठिन है ।

What is the physical significance of Einstein's A-coefficient ? Explain why it is more difficult to achieve Lasing action at X-ray wavelength than at infra-red wavelength. *10*

(e) एक बहुविधा सोपानी सूचकांक प्रकाशिक तंतु के लिए, क्रोड अपवर्तनांक (रिफ्रैक्टिव इंडैक्स) 1·5 है और भिन्नात्मक (फ्रैक्शनल) सूचकांक अंतर 0·001 है । उस तंतु की 1 km लंबाई के लिए स्पंद विस्तृतिकरण (पल्स ब्रौडनिंग) का परिकलन कीजिए । तंतु की 2 km लंबाई पर अतिव्याप्ति के बिना संचरित किए जा सकने वाले न्यूनतम स्पंद पृथक्करण का परिकलन कीजिए ।

For a multimode step index optical fibre, the core refractive index is 1·5 and fractional index difference is 0·001. Calculate the pulse broadening for 1 km length of the fibre. Over a length of 2 km of the fibre, calculate the minimum pulse separation that can be transmitted without overlap. *10*

Q2. (a) विचारिए एक ऐसा दृढ़ पिंड जो कोणीय वेग $\vec{\omega}$ के साथ, पिंड में एक नियत बिन्दु में से गुज़रते हुए एक अक्ष के इर्द-गिर्द घूर्णन कर रहा हो । मुख्य अक्ष के निर्देश तंत्र (कोऑर्डिनेट सिस्टम) में इस प्रकार घूर्णन करते हुए पिंड की गतिज ऊर्जा का निर्धारण कीजिए । यदि पृथ्वी अचानक घूर्णन करना बंद कर दे, तो घूर्णन गतिज ऊर्जा का क्या होगा ? विस्तार से टिप्पणी कीजिए ।

Consider a rigid body rotating about an axis passing through a fixed point in the body with an angular velocity $\vec{\omega}$. Determine the kinetic energy of such a rotating body in a coordinate system of principal axis. If the Earth suddenly stops rotating, what will happen to the rotational kinetic energy ? Comment in detail. *25*

(b) एक पिंड एक नियत बिन्दु के इर्द-गिर्द उलटता है । दर्शाइए कि एक नियत बिन्दु के इर्द-गिर्द उसके कोणीय वेग सदिश और उसके कोणीय संवेग सदिश के बीच का कोण हमेशा न्यूनकोण होगा ।

A body turns about a fixed point. Show that the angle between its angular velocity vector and its angular momentum vector about a fixed point is always acute. *15*

(c) एक 3-स्तर लेज़र के कार्यकारी सिद्धांत को, विशिष्ट उदाहरण सहित समझाइए । टिप्पणी कीजिए कि किस कारण से तीसरे स्तर की ज़रूरत होती है ।

Explain the working principle of a 3-level laser with a specific example. Comment on why the third level is needed. *10*

Q3. (a) एक दर्पण x-दिशा में आपेक्षिकीय गति v के साथ एक निर्वात (वैक्यूम) के मध्य गति कर रहा है । ω_i आवृत्ति वाला एक प्रकाश किरणपुंज दर्पण पर अभिलंबतः आपतित है ($x = \infty$ से) ।

(i) परावर्तित प्रकाश (रिफ्लैक्टेड लाइट) की ω_i, c और v के रूप में व्यंजित आवृत्ति क्या है ?

(ii) प्रत्येक परावर्तित फ़ोटॉन की ऊर्जा क्या है ?

A mirror is moving through vacuum with a relativistic speed v in the x-direction. A beam of light with frequency ω_i is normally incident (from $x = \infty$) on the mirror.

(i) What is the frequency of the reflected light expressed in terms of ω_i, c and v ?

(ii) What is the energy of each reflected photon ? *25*

(b) प्रश्न 3(a) में, यदि आपतित किरणपुंज का औसत ऊर्जा फ्लक्स P_i (वाट/m^2) हो, तो परावर्तित किरणपुंज का औसत ऊर्जा फ्लक्स क्या होगा ?

In question 3(a), if the average energy flux of the incident beam is P_i (watts/m^2), what is the average energy flux of the reflected beam ? *15*

(c) एक इंजन में, पिस्टन में 10 cm आयाम के साथ, ऊर्ध्वाधर SHM होता है । पिस्टन के शिखर पर एक वाशर लगा है । जैसे-जैसे मोटर को धीमे-धीमे तेज़ किया जाता है, वैसे-वैसे किस आवृत्ति पर वाशर पिस्टन के संपर्क में नहीं रहेगा ?

In a certain engine, a piston undergoes vertical SHM with an amplitude of 10 cm. A washer rests on the top of the piston. As the motor is slowly speeded up, at what frequency will the washer no longer stay in contact with the piston ? *10*

Q4. (a) कूलंब क्षेत्र के द्वारा आवेशित कण के प्रकीर्णन (स्कैटरिंग) की समस्या पर चर्चा कीजिए । अतएव, रदरफोर्ड प्रकीर्णन परिच्छेद के लिए एक व्यंजक प्राप्त कीजिए । उपर्युक्त व्यंजक का क्या महत्त्व है ?

Discuss the problem of scattering of charged particle by a coulomb field. Hence, obtain an expression for Rutherford scattering cross-section. What is the importance of the above expression ? *25*

(b) एक आवेशित कण एक बिन्दु नाभिक (न्यूक्लिअस) के प्रभाव के अधीन गति कर रहा है। दर्शाइए कि कण की कक्षा (ऑर्बिट) एक दीर्घवृत्त होगी। गति के अवधि-काल (टाइम पीरियड) को ज्ञात कीजिए।

A charged particle is moving under the influence of a point nucleus. Show that the orbit of the particle is an ellipse. Find out the time period of the motion. *15*

(c) एक समतल पारगमन विवर्तन ग्रेटिंग (ट्रांसमिशन डिफ्रैक्शन ग्रेटिंग) पर विचार करते हुए, जहाँ d दो क्रमागत रेखांकित लाइनों के बीच की दूरी हो, m कोटि संख्या और θ अभिलंब आपतन के लिए विवर्तन कोण हो, तरंगदैर्घ्य λ के एक आपतित प्रकाश के लिए कोणीय वर्ण-विक्षेपण $\frac{d\theta}{d\lambda}$ का परिकलन कीजिए।

Considering a plane transmission diffraction grating, where d is the distance between two consecutive ruled lines, m as the order number and θ as the angle of diffraction for normal incidence, calculate the angular dispersion $\frac{d\theta}{d\lambda}$ for an incident light of wavelength λ. *10*

खण्ड B

SECTION B

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

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

(a) एक यंग द्वि-स्लिट प्रयोग में, प्रथम दीप्त अधिकतम, $y = 2$ cm के द्वारा केंद्रीय अधिकतम से विस्थापित होता है । यदि स्लिटों के बीच अंतराल और स्क्रीन से दूरी क्रमशः 0·1 mm और 1 m हों, तो प्रकाश का तरंगदैर्घ्य ज्ञात कीजिए ।

In a Young double slit experiment, the first bright maximum is displaced by $y = 2$ cm from the central maximum. If the spacing between slits and distance from the screen are 0·1 mm and 1 m respectively, find the wavelength of light. *10*

(b) ऐन्थैल्पी की परिभाषा दीजिए और दर्शाइए कि वह उपरोधी प्रक्रम (थ्रौटलिंग प्रौसेस) में अपरिवर्तित रहती है ।

Define Enthalpy and show that it remains constant in a throttling process. *10*

(c) होलोग्राफी किस प्रकार पारंपरिक फोटोग्राफी से भिन्न होती है ? होलोग्राम के विरचन और पठन के लिए क्या-क्या आवश्यकताएँ हैं ?

How does holography differ from conventional photography ? What are the requirements for the formation and reading of a hologram ? *10*

(d) विकिरण नियमों को व्युत्पन्न करने में, हम साम्यावस्था में फ़ोटॉन गैस से भरे हुए आयतन V के एक घनीय पात्र पर विचार करते हैं । आवृत्ति ω की अनुमत नॉर्मल विधाओं की विभेदी संख्या का परिकलन कीजिए ।

In deriving radiation laws, we consider a cubical container of volume V containing a photon gas in equilibrium. Calculate the differential number of allowed normal modes of frequency ω. *10*

(e) मैक्सवेल के समीकरण से शुरू करते हुए, मुक्त आकाश में विद्युत्-क्षेत्र $\vec{E}$ के लिए तरंग समीकरण और विद्युत्-क्षेत्र $\vec{E} = E_z(x, y, z)\,\hat{z}$ के लिए उपयुक्त तरंग समीकरण प्राप्त कीजिए ।

Starting from Maxwell's equation, obtain the wave equation for the electric field $\vec{E}$ in free space and appropriate wave equation for the electric field $\vec{E} = E_z(x, y, z)\,\hat{z}$. *10*

Q6. (a) दर्शाइए कि समूह वेग (ग्रुप विलौसिटी) कण वेग के बराबर होता है । साथ ही यह भी सिद्ध कीजिए कि फ़ोटॉनों का समूह वेग c, प्रकाश के वेग, के बराबर होता है ।

Show that the group velocity is equal to particle velocity. Also prove that the group velocity of the photons is equal to c, the velocity of light. *15*

(b) आरंभिक विद्युत् प्रवाह (करेंट) दशाओं $I = I_0$ और $t = 0$ पर $\frac{dI}{dt} = 0$ के लिए, दर्शाइए कि किसी LCR परिपथ के लिए क्रांतिक अवमंदन मामले में काल आधारित विद्युत् प्रवाह (करेंट) निम्नलिखित के द्वारा प्रदत्त है :

$$I = I_0 \left(1 + \frac{\gamma t}{2}\right) e^{-\gamma t/2}$$

जहाँ $\gamma = \frac{R}{L}$, $\omega_o^2 = \frac{1}{LC}$, $\omega = \sqrt{\omega_o^2 - \frac{\gamma^2}{4}}$ और $\tan\delta = \frac{-\gamma}{2\omega}$.

For initial current conditions $I = I_0$ and $\frac{dI}{dt} = 0$ at $t = 0$, show that the time dependent current in the critical damping case for an LCR circuit is given by

$$I = I_0 \left(1 + \frac{\gamma t}{2}\right) e^{-\gamma t/2}$$

where $\gamma = \frac{R}{L}$, $\omega_o^2 = \frac{1}{LC}$, $\omega = \sqrt{\omega_o^2 - \frac{\gamma^2}{4}}$ and $\tan\delta = \frac{-\gamma}{2\omega}$. *20*

(c) ऐम्पीयर के नियम और सांतत्य समीकरण का इस्तेमाल करते हुए, दर्शाइए कि कुल विद्युत् प्रवाह (करेंट) घनत्व का अपसरण शून्य होता है ।

Using Ampere's Law and continuity equation, show that the divergence of the total current density is zero. *15*

Q7. (a) स्टेफ़ॉन-बोल्ट्ज़मान नियम का कथन कीजिए और उसको स्पष्ट कीजिए । दर्शाइए कि $\log P = \log K + 4 \log R$, जहाँ P कृष्णिका (ब्लैक बॉडी) के द्वारा उत्सर्जित शक्ति है और R कृष्णिका का प्रतिरोध है, K नियतांक है ।

State and explain Stefan-Boltzmann Law. Show that $\log P = \log K + 4 \log R$, where P is the power emitted by black body and R is the resistance of the black body, K is a constant. *10*

(b) 20°C पर पानी के एक किलोग्राम (kg) को नियत दाब पर –10°C पर बर्फ में बदला जाता है । पानी की ऊष्मा धारिता (हीट केपैसिटी) 4,200 J/kg.K है और बर्फ की ऊष्मा धारिता 2,100 J/kg.K है । 0°C पर बर्फ के संलयन (फ़्यूज़न) की ऊष्मा 335×10^3 J/kg है । तंत्र की ऐंट्रॉपी में पूर्ण परिवर्तन का परिकलन कीजिए ।

One kg of water at 20°C is converted into ice at –10°C at constant pressure. Heat capacity of water is 4,200 J/kg.K and that of ice is 2,100 J/kg.K. Heat of fusion of ice at 0°C is 335×10^3 J/kg. Calculate the total change in entropy of the system. *15*

(c) जब सीरीज़ में योजित हों, तब L_1, C_1 की वही अनुनादी आवृत्ति है, जो सीरीज़ में योजित L_2, C_2 की है । सिद्ध कीजिए कि यदि इन सभी परिपथ अवयवों को सीरीज़ में योजित कर दिया जाए, तो नए परिपथ की भी वही अनुनादी आवृत्ति होगी जो पहले उल्लिखित परिपथों में से किसी की भी थी ।

When connected in series, L_1, C_1 have the same resonant frequency as L_2, C_2 also connected in series. Prove that if all these circuit elements are connected in series, the new circuit will have the same resonant frequency as either of the circuits first mentioned. *15*

(d) दर्शाइए कि एक परावैद्युत (डाईइलैक्ट्रिक) माध्यम में z-दिशा के साथ संचरण कर रही एक समतल विद्युत्-चुंबकीय तरंग के कारण ऊर्जा प्रवाह निम्नलिखित के द्वारा प्रदत्त है :

$$\hat{z}\,\frac{k}{\omega\mu}\,E_0^2\cos^2(kz-\omega t),$$

जहाँ k और ω संचरण सदिश और कोणीय आवृत्ति हैं, E_0 विद्युत्-क्षेत्र आयाम है, μ माध्यम की आपेक्षिक पारगम्यता (परमीएबिलिटी) है ।

Show that the energy flow due to a plane electromagnetic wave propagating along z-direction in a dielectric medium is given by

$$\hat{z}\,\frac{k}{\omega\mu}\,E_0^2\cos^2(kz-\omega t),$$

where k and ω are the propagation vector and angular frequency, E_0 is electric field amplitude, μ is the relative permeability of the medium. *10*

Q8. (a) विचारिए स्वतंत्रता की f कोटि वाले मुक्त गैस कणों का एक तंत्र । निम्नलिखित सम्बन्ध स्थापित करने के लिए समविभाजन प्रमेय का इस्तेमाल कीजिए :

$$f = \frac{2}{\left(\frac{C_p}{C_V} - 1\right)},$$

जहाँ C_p और C_V क्रमशः अचर दाब और अचर आयतन पर मोलीय विशिष्ट ऊष्माएँ हैं । $\frac{C_p}{C_V}$ के द्विपरमाणुक और त्रिपरमाणुक गैसों के लिए मान प्राप्त कीजिए ।

Consider a system of free gas particles having f degrees of freedom. Use equipartition theorem to establish the relation

$$f = \frac{2}{\left(\frac{C_p}{C_V} - 1\right)},$$

where C_p and C_V are molar specific heats at constant pressure and constant volume respectively. Obtain the values of $\frac{C_p}{C_V}$ for diatomic and triatomic gases. *15*

(b) दर्शाइए कि ऊर्जा E पर फर्मी-डिरैक और बोस-आइन्स्टाइन दोनों वितरण फलन निम्नलिखित के द्वारा प्रदत्त हैं :

$$f(E) \simeq \exp[(\mu - E) / k_B T],$$

जहाँ f(E) इकाई से बहुत छोटा है, μ और $k_B T$ परमाणु के रासायनिक विभव और ऊष्मीय ऊर्जा हैं ।

Show that both Fermi-Dirac and Bose-Einstein distribution functions at an energy E are given by :

$$f(E) \simeq \exp[(\mu - E) / k_B T],$$

where f(E) is much smaller than unity, μ and $k_B T$ are the chemical potential and thermal energy of the atom. *10*

(c) मैक्सवेल के चार ऊष्मागतिक सम्बन्ध स्पष्ट कीजिए । उसी का इस्तेमाल करते हुए, क्लॉसियस-क्लैपेरॉन समीकरण

$$\frac{dP}{dT} = \frac{L}{T(V_2 - V_1)}$$

प्राप्त कीजिए ।

Explain the four thermodynamic relations of Maxwell. Using the same, obtain the Clausius-Clapeyron equation 15

$$\frac{dP}{dT} = \frac{L}{T(V_2 - V_1)}.$$

(d) मैक्सवेल-बोल्ट्ज़मान वितरण नियम का इस्तेमाल करते हुए सिद्ध कीजिए कि कोई भी ऋणात्मक परम ताप नहीं हो सकता है ।

Using Maxwell-Boltzmann distribution law prove that there cannot be any negative absolute temperature. 10

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 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.*

*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 $7{\cdot}292 \times 10^{-5}\ \text{sec}^{-1}$ 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 $7{\cdot}292 \times 10^{-5}\ \text{sec}^{-1}$? 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 :

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

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

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

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, $R = 2\ \Omega$ 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 ।

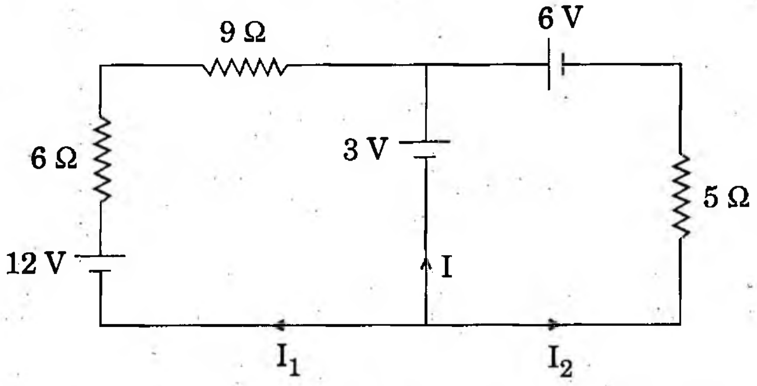
A series RLC circuit has $R = 2\ \Omega$. The energy stored in the circuit decreases by 1% per period of oscillation. Its natural undamped frequency is 2 kHz. Determine the values of inductor L and the quality factor. *15*

(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*

CS (MAIN) Exam:2016

M–ESC–U–PHY

भौतिकी (प्रश्न-पत्र–I)

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 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। उल्लिखित 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–I)

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 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.

भौतिक नियतांक / Physical Constants

$e = 1 \cdot 6 \times 10^{-19}$ C

$\varepsilon_0 = 8 \cdot 854 \times 10^{-12}$ F/m

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m

$k_B = 1 \cdot 38 \times 10^{-23}$ J/K

$h = 6 \cdot 63 \times 10^{-34}$ J s

$m_p = 1 \cdot 67 \times 10^{-27}$ kg

खण्ड—A / SECTION—A

1. (a) (i) कार्बन मोनो-ऑक्साइड (CO) गैस के अणु में कार्बन तथा ऑक्सीजन के परमाणुओं के केन्द्रों के बीच की दूरी $1 \cdot 130 \times 10^{-10}$ m है। कार्बन परमाणु के सापेक्ष अणु के संहति-केन्द्र का परिकलन करें।

The distance between the centres of the carbon and oxygen atoms in the carbon monoxide (CO) gas molecule is $1 \cdot 130 \times 10^{-10}$ m. Locate the centre of mass of the molecule relative to the carbon atom.

(ii) त्रिज्या a के समांगी अर्धवृत्ताकार प्लेट का संहति-केन्द्र ज्ञात करें।

Find the centre of mass of a homogeneous semicircular plate of radius a. 10

(b) कोरिऑलिस बल का व्यंजक प्राप्त करें तथा दर्शाएँ कि यह बल वेग एवं घूर्णन-अक्ष के समलंब है। इस बल की प्रकृति के बारे में लिखें।

Derive the expression for Coriolis force and show that this force is perpendicular to the velocity and to the axis of rotation. What is the nature of this force? 10

(c) दर्शाएँ कि यंग गुणांक Y, दृढ़ता गुणांक n तथा प्वासों अनुपात σ के बीच संबंध समीकरण $Y = 2n(1 + \sigma)$ द्वारा स्थापित होता है।

Show that the Young's modulus Y, modulus of rigidity n and Poisson's ratio σ are related by the equation $Y = 2n(1 + \sigma)$. 10

(d) चरण सूचक प्रकाशिक तंतु के क्रोड एवं परिनिधान के अपवर्तनांक क्रमशः $1 \cdot 52$ तथा $1 \cdot 48$ हैं। क्रोड का व्यास 30 μm है। यदि प्रचालन तरंगदैर्घ्य $1 \cdot 3$ μm हो, तो तंतु द्वारा आश्रित विधाओं की अधिकतम संख्या तथा प्राचल का परिकलन करें।

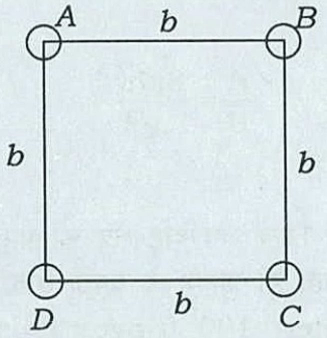
The refractive indices of core and cladding in a step index optical fiber are $1 \cdot 52$ and $1 \cdot 48$ respectively. The diameter of the core is 30 μm. If the operating wavelength is $1 \cdot 3$ μm, calculate the V parameter and the maximum number of modes supported by the fiber. 10

(e) द्वितीय कोटि स्पेक्ट्रम में यदि दिए गए ग्रेटिंग में रेखाओं की संख्या 450 हो, तो क्या सोडियम के प्रकाश से उत्सर्जित D_1 तथा D_2 रेखाओं ($\lambda_{D_1} = 5890$ Å तथा $\lambda_{D_2} = 5896$ Å) को वियोजित किया जा सकता है? स्पष्ट करें।

Can D_1 and D_2 lines of sodium light ($\lambda_{D_1} = 5890$ Å and $\lambda_{D_2} = 5896$ Å) be resolved in second-order spectrum if the number of lines in the given grating is 450? Explain. 10

2. *(a)* चार ठोस गोलों *A*, *B*, *C* तथा *D*, जिनमें प्रत्येक की संहति *m* तथा त्रिज्या *a* है, के केन्द्र-बिन्दुओं को भुजा *b* के एक वर्ग के चारों कोनों पर रखा गया है, जैसा कि नीचे चित्र में दिखाया गया है :

Four solid spheres *A*, *B*, *C* and *D*, each of mass *m* and radius *a*, are placed with their centres on the four corners of a square of side *b* as shown in the figure below :



वर्ग की एक भुजा के सापेक्ष इस निकाय के जड़त्व आघूर्ण का परिकलन करें। साथ ही वर्ग के एक विकर्ण के सापेक्ष इस निकाय के जड़त्व आघूर्ण का भी परिकलन करें।

Calculate the moment of inertia of the system about one side of the square. Also calculate the moment of inertia of the system about a diagonal of the square. 20

(b) एक निर्देश तंत्र $0 \cdot 8c$ वेग से किसी छड़ की (i) लम्बाई के समांतर तथा (ii) लम्बाई से 30° कोण की दिशा में गतिमान है। इन स्थितियों के लिए छड़ की लम्बाई में प्रतिशत संकुचन परिकलित करें। (ii) के मामले में गतिमान निर्देश तंत्र में छड़ का दिक्-विन्यास क्या होगा?

Calculate the percentage contraction in the length of a rod in a frame of reference, moving with velocity $0 \cdot 8c$ in a direction (i) parallel to its length and (ii) at an angle of 30° with its length. What is the orientation of the rod in the moving frame of reference in case (ii)? 20

(c) व्युत्क्रम वर्ग आकर्षण क्षेत्र में कोई पिंड दीर्घवृत्तीय कक्षा में उत्केन्द्रता *e* तथा आवर्तकाल γ से गतिमान है। मालूम करें कि बल के केन्द्र के ज्यादा पास इस कक्षा को आधा पूरा करने में पिंड को कितना समय लगेगा। संक्षेप में व्याख्या करें कि सूर्य के पास वाली अपनी अर्धकक्षा में धूमकेतु को केवल 18% समय ही क्यों लगता है।

A body moving in an inverse square attractive field traverses on elliptical orbit with eccentricity *e* and period γ. Find the time taken by the body to traverse the half of the orbit that is nearer the centre of force. Explain briefly why a comet spends only 18% of its time on the half of its orbit that is nearer the sun. 10

3. *(a)* एक डोरी पर गतिमान किसी प्रगामी तरंग का समीकरण है $y = 5 \sin \pi(0 \cdot 01x - 2t)$. इस समीकरण में y और x सेंटीमीटर में हैं तथा t सेकंड में व्यक्त है। तरंग के आयाम, आवृत्ति और वेग का परिकलन करें। यदि किसी क्षण कोई दो कण एक-दूसरे से 200 cm दूरी पर स्थित हों, तो उन कणों के बीच कलांतर (फेज़ अंतर) क्या होगा?

The equation of a progressive wave moving on a string is $y = 5 \sin \pi(0 \cdot 01x - 2t)$. In this equation, y and x are in centimetres and t is in seconds. Calculate amplitude, frequency and velocity of the wave. If two particles at any instant are situated 200 cm apart, what will be the phase difference between these particles? 10

(b) (i) प्रेरित अवशोषण, (ii) स्वतः उत्सर्जन तथा (iii) उद्दीपित उत्सर्जन के सिद्धान्तों की व्याख्या करें। दर्शाएँ कि आइन्स्टाइन गुणांकों का अनुपात $\frac{A}{B} = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3}$ के द्वारा दत्त है।

Explain the principle of (i) induced absorption, (ii) spontaneous emission and (iii) stimulated emission. Show that the ratio of Einstein's coefficients is given by

$$\frac{A}{B} = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3}$$

20

(c) माइकेल्सन व्यतिकरणमापी में, 100 फ्रिन्जें तब दृष्टि-क्षेत्र को पार करती हैं, जब इसके चलायमान दर्पण को $0 \cdot 029$ mm विस्थापित किया जाता है। प्रकाश के प्रयुक्त स्रोत के तरंगदैर्घ्य का परिकलन करें।

In Michelson interferometer, 100 fringes cross the field of view when the movable mirror is displaced through $0 \cdot 029$ mm. Calculate the wavelength of the light source used. 5

(d) वियोजन की रैले की कसौटी की व्याख्या करते हुए ग्रेटिंग की वियोजन क्षमता का एक व्यंजक प्राप्त करें।

Obtain an expression for the resolving power of a grating explaining the Rayleigh's criterion of resolution. 15

4. *(a)* असमान बोर के एक क्षैतिज पाइप में पानी इस प्रकार बह रहा है कि जिस बिन्दु पर दाब 2 cm पारद स्तम्भ का है वहाँ बहाव का वेग 40 cm/s है। उस बिन्दु पर दाब क्या होगा, जहाँ बहाव का वेग 60 cm/s है? ($g = 980 \text{ cm/s}^2$ तथा जल का घनत्व = 1 g/c.c. लें।)

A horizontal pipe of non-uniform bore has water flowing through it such that the velocity of flow is 40 cm/s at a point where the pressure is 2 cm of mercury column. What is the pressure at a point where the velocity of flow is 60 cm/s? (Take, $g = 980 \text{ cm/s}^2$ and density of water = 1 g/c.c.) 10

(b) प्रयोगशाला में प्रोटॉन के लिए $\beta = 0 \cdot 995$ मापा गया। इसके संगत आपेक्षिकीय ऊर्जा तथा संवेग क्या हैं? $m_p = 1 \cdot 67 \times 10^{-24}$ g लें।

Given a proton for which $\beta = 0 \cdot 995$ measured in the laboratory. What are the corresponding relativistic energy and momentum? Take, $m_p = 1 \cdot 67 \times 10^{-24}$ g. 10

(c) स्वच्छ आरेखों की सहायता से परावर्तन, अपवर्तन तथा द्वि-अपवर्तन विधि द्वारा ध्रुवित प्रकाश के उत्पादन के सिद्धांत को स्पष्ट करें।

Explain the principle of producing polarized light by the method of reflection, refraction and double refraction with the help of neat diagrams. 15

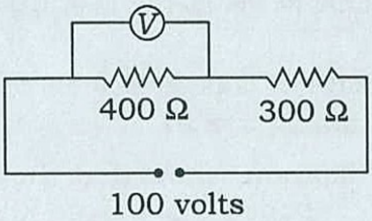
(d) परावर्तित प्रकाश के कारण तनु फिल्म में संपोषी व्यतिकरण तथा विनाशी व्यतिकरण की दशाओं को प्राप्त करें।

Obtain the conditions for constructive interference and destructive interference in a thin film due to reflected light. 15

खण्ड—B / SECTION—B

5. (a) नीचे दिखाए गए परिपथ आरेख में जब वोल्टतामापी को 400 Ω प्रतिरोध के आर-पार लगाया जाता है, तो इसमें 50 वोल्ट रीडिंग प्राप्त होती है। यदि इसी वोल्टतामापी को 300 Ω प्रतिरोध के आर-पार लगाया जाए, तो रीडिंग क्या होगी?

In the circuit diagram shown below, the voltmeter reads 50 volts when it is connected across the 400 Ω resistance. Calculate what the same voltmeter will read when connected across the 300 Ω resistance.



10

(b) मुक्त आकाश में किसी विद्युत्-चुम्बकीय तरंग के विद्युत् क्षेत्र को $\vec{E}(x, t) = 120\cos(\omega t - kx)\hat{y}$ V/m द्वारा निरूपित किया गया है। yz-समतल में एक मीटर त्रिज्या के वृत्ताकार क्षेत्र में से गुजरने वाली औसत शक्ति का मान ज्ञात करें।

In free space, the electric field of electromagnetic wave is given as $\vec{E}(x, t) = 120\cos(\omega t - kx)\hat{y}$ V/m. Find the average power crossing a circular area of radius one metre in the yz-plane. 10

(c) चन्द्रमा के स्पेक्ट्रमी ऊर्जा वक्र में उच्चिष्ठ 470 nm और 14 μm पर प्राप्त होते हैं। इस डाटा से आप क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं? इसके साथ ही दोनों मामलों में ऊर्जा घनत्व एवं विकिरण दाब भी परिकलित करें। दिया है, वीन स्थिरांक $b = 2 \cdot 892 \times 10^{-3}$ m K, स्टेफान स्थिरांक $\sigma = 5 \cdot 67 \times 10^{-8}$ J m^{-2}s^{-1}K^{-4} तथा प्रकाश का वेग $c = 3 \times 10^{8}$ m s^{-1}.

The spectral energy curve of the moon shows maxima at 470 nm and 14 μm. What inference can you draw from this data? Also calculate the energy density and radiation pressure in both cases. Given, Wien's constant $b = 2 \cdot 892 \times 10^{-3}$ m K, Stefan's constant $\sigma = 5 \cdot 67 \times 10^{-8}$ J m^{-2}s^{-1}K^{-4} and speed of light $c = 3 \times 10^{8}$ m s^{-1}. 10

(d) ताप T_1 के m ग्राम जल को समदाबी तथा रुद्धोष्म प्रक्रम में T_2 ताप के जल की बराबर संहति के साथ मिश्रित किया जाता है। दर्शाएँ कि इसमें एन्ट्रॉपी में परिवर्तन $\Delta S - 2m\, C_p \ln\left(\frac{T_{\text{av}}}{T_{\text{geo}}}\right)$ द्वारा दत्त है, जहाँ $T_{\text{av}} = \frac{T_1 + T_2}{2}$ तथा $T_{\text{geo}} = \sqrt{T_1 T_2}$.

m gram of water at temperature T_1 is isobarically and adiabatically mixed with an equal mass of water at temperature T_2. Show that the change in entropy is given by $\Delta S = 2m\, C_p \ln\left(\frac{T_{\text{av}}}{T_{\text{geo}}}\right)$, where $T_{\text{av}} = \frac{T_1 + T_2}{2}$ and $T_{\text{geo}} = \sqrt{T_1 T_2}$. 10

(e) एक गैस के अणु मैक्सवेल-बोल्ट्ज़मान वितरण का पालन करते हैं। STP पर सर्वाधिक संभाव्य वेग के 1% के भीतर गैस के अणुओं के अंश का परिकलन करें। अपने परिणाम का निहितार्थ भी बताएँ।

The molecules of a gas obey Maxwell-Boltzmann distribution. Calculate the fraction of molecules of the gas within 1% of the most probable speed at STP. Interpret your result. 10

6. *(a)* एक स्वच्छ आरेख की सहायता से दर्शाएँ कि एक बिन्दु पर किसी द्विध्रुव के कारण विभव $V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{p\cos\theta}{r^2}$ द्वारा दत्त होता है, जहाँ p आवेश वितरण का द्विध्रुव आघूर्ण है तथा θ द्विध्रुव के केन्द्र को दिए गए बिन्दु से मिलाने वाली रेखा एवं द्विध्रुव के अक्ष के बीच का कोण है।

With the help of a neat diagram, show that the potential due to a dipole at a point is given by $V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{p\cos\theta}{r^2}$, where p is the dipole moment of the charge distribution, θ is the angle between the line joining the centre of the dipole to the point of interest and the axis of the dipole. 10

(b) ज्यावक्रीयतः परिवर्तनशील किसी प्रत्यावर्ती धारा की आवृत्ति 50 Hz तथा वर्ग-माध्य-मूल (r.m.s.) मान 40 A है। अधिकतम धनात्मक मान में से गुजरने के बाद 0·00125 सेकंड पर धारा का तात्क्षणिक मान ज्ञात करें।

An alternating current varying sinusoidally with a frequency of 50 Hz has an r.m.s. value of 40 A. Find the instantaneous value of the current at 0·00125 second after passing through maximum positive value. 10

(c) रैखिक परावैद्युतों के लिए मैक्सवेल के समीकरणों को लिखें तथा सांतत्य के समीकरण की व्युत्पत्ति करें।

Write down Maxwell's equations for linear dielectrics and deduce the equation of continuity. 10

(d) प्वाइन्टिंग प्रमेय का कथन करें और उसे सत्यापित करें।

State and prove Poynting's theorem. 20

7. *(a)* प्लांक के कृष्णिका विकिरण नियम की संक्षेप में व्याख्या करें। दर्शाएँ कि निम्न एवं उच्च तरंगदैर्घ्य सीमाओं पर प्लांक का नियम क्रमशः वीन नियम तथा रैले-जीन्स नियम में समानीत हो जाता है।

Briefly explain Planck's law of blackbody radiation. Show that Planck's law reduces to Wien's law and Rayleigh-Jeans law at lower and higher wavelength limits respectively. 20

(b) दर्शाएँ कि समांतर पट्टिका संधारित्र की पट्टिकाओं के बीच विस्थापन धारा चालक के आर-पार चालन धारा के बराबर होती है।

Show that the displacement current between the plates of a parallel-plate capacitor is equal to the conduction current across the conductor. 10

(c) एक समांतर पट्टिका संधारित्र को 300 rad/s कोणीय आवृत्ति तथा 240 V के प्रत्यावर्ती धारा स्रोत से जोड़ा जाता है। परिपथ में चालन धारा का वर्ग-माध्य-मूल (r.m.s.) मान ज्ञात करें। संधारित्र की पट्टिकाओं के बीच विस्थापन धारा कितनी है? दिया है, $C = 200$ pF.

A parallel-plate capacitor is connected to a 240 V AC supply having angular frequency of 300 rad/s. Find the r.m.s. value of the conduction current in the circuit. What is the displacement current between the plates of the capacitor? Given, $C = 200$ pF. 10

(d) किसी गैस के n मोलों के लिए वान्डर वाल्स का अवस्था-समीकरण लिखें और ताप का वह मान परिकलित करें जिस पर 5 मोल गैस 5 atm दाब पर 20 लिटर आयतन घेरेगी।

दिया है, $R = 8 \cdot 31 \times 10^7$ erg mol^{-1} K^{-1}, $a = 1 \cdot 34 \times 10^{12}$ dyne cm^4 mol^{-2}, $b = 31 \cdot 2$ cm^3 mol^{-1} तथा 1 atm $= 1 \cdot 013 \times 10^6$ dyne cm^{-2}.

Write down van der Waals' equation of state for n moles of a gas and calculate the temperature at which 5 moles of the gas at 5 atm pressure will occupy a volume of 20 litres.

Given, $R = 8 \cdot 31 \times 10^7$ erg mol^{-1} K^{-1}, $a = 1 \cdot 34 \times 10^{12}$ dyne cm^4 mol^{-2}, $b = 31 \cdot 2$ cm^3 mol^{-1} and 1 atm $= 1 \cdot 013 \times 10^6$ dyne cm^{-2}. 10

8. *(a)* एक छात्र भौतिकी प्रयोगशाला में, जिसका ताप 27 °C है, सोनोमीटर पर अप्रगामी तरंगों के जनन का अध्ययन करने के लिए कार्य कर रहा है। सोनोमीटर के तार का अनुप्रस्थ-परिच्छेद क्षेत्रफल $0 \cdot 85 \times 10^{-6}$ m^2 है तथा तार में 20 N का तनाव बल आरोपित है। यदि दृढ़ आलंबों के बीच की दूरी $1 \cdot 2$ m हो एवं तार का ताप 7 °C कम हो गया हो, तो (i) तार में अन्तिम तनाव बल तथा (ii) तार के कंपनों की मूल आवृत्ति परिकलित करें। रेखीय प्रसार का गुणांक तथा समतापी यंग का गुणांक क्रमशः $1 \cdot 5 \times 10^{-5}$ K^{-1} तथा $2 \cdot 0 \times 10^{11}$ N m^{-2} लें।

A student is working in a physics laboratory, which is at temperature 27 °C, on a sonometer to study formation of stationary waves. The cross-sectional area of the sonometer wire is $0 \cdot 85 \times 10^{-6}$ m^2 and a tension of 20 N is applied on it. If the rigid supports are $1 \cdot 2$ m apart and the temperature of the wire drops by 7 °C, calculate the (i) final tension and (ii) fundamental frequency of vibration of the wire. Take, coefficient of linear expansion and isothermal Young's modulus as $1 \cdot 5 \times 10^{-5}$ K^{-1} and $2 \cdot 0 \times 10^{11}$ N m^{-2} respectively. 10

(b) 'प्रावस्था संक्रमण' पद से आप क्या समझते हैं? क्लॉसियस-क्लैपेरॉन समीकरण का अनुप्रयोग करके दर्शाएँ कि प्रथम कोटि प्रावस्था संक्रमणों के लिए वाष्प दाब ताप के साथ-साथ चरघातांकी फलन के अनुसार घटता है। आप मान सकते हैं कि वाष्प आदर्श गैस की भाँति व्यवहार करता है और गुप्त ऊष्मा ताप के साथ अचर बनी रहती है।

What do you understand by the term 'phase transition'? Using Clausius-Clapeyron equation, show that for first-order phase transitions, vapour pressure decreases exponentially with temperature. You can assume that the vapour behaves like an ideal gas and latent heat remains constant with temperature. 15

(c) विचारें कि N कणों का एक तंत्र और 0 तथा $\varepsilon\ (>0)$ ऊर्जाओं के साथ केवल दो अवस्थाओं की एक प्रावस्था समष्टि है। यदि यह निकाय एम०-बी० सांख्यिकी का अनुपालन करे, तो इसके संवितरण फलन तथा आन्तरिक ऊर्जा के व्यंजक प्राप्त करें।

Consider a system of N particles and a phase space consisting of only two states with energies 0 and $\varepsilon\ (>0)$. Obtain the expressions for the partition function and the internal energy of the system, if it obeys M-B statistics. 10

(d) *(i)* किसी तरल पदार्थ में श्यानता उसकी आसन्न परतों के बीच घर्षण के कारण उत्पन्न होती है। गैस में श्यानता किस कारण से होती है? स्पष्ट करें।

The viscosity in a liquid arises due to friction between adjacent layers. What causes viscosity in a gas? Explain. 5

(ii) मैक्सवेल-बोल्ट्ज़मान वितरण का अनुपालन करने वाले गैस के अणु $450\ \text{m s}^{-1}$ की औसत चाल से गतिमान हैं। यदि गैस का श्यानता गुणांक $\eta = 16 \cdot 6 \times 10^{-6}\ \text{N s m}^{-2}$, गैस का घनत्व $\rho = 1 \cdot 25\ \text{kg m}^{-3}$ तथा संख्या घनत्व $= 2 \cdot 7 \times 10^{25}\ \text{m}^{-3}$ हो, तो गैस के अणुओं का माध्य निर्बाध पथ और उनके व्यास का परिकलन करें।

The molecules of a gas obeying Maxwell-Boltzmann distribution move with an average speed of $450\ \text{m s}^{-1}$. If the coefficient of viscosity of the gas η is $16 \cdot 6 \times 10^{-6}\ \text{N s m}^{-2}$, density of the gas ρ is $1 \cdot 25\ \text{kg m}^{-3}$ and number density is $2 \cdot 7 \times 10^{25}\ \text{m}^{-3}$, calculate the mean free path and diameter of the gas molecules. 10

★★★

CS (MAIN) Exam : 2017

STH–P–PHY

भौतिकी (प्रश्न-पत्र–I)

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–I)

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 each 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.

भौतिक नियतांक / Physical Constants

$e = 1\cdot6 \times 10^{-19}$ C

$\varepsilon_0 = \dfrac{1}{4\pi \times 9 \times 10^9}$ C^2/(N-m^2)

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m

$k_B = 1\cdot38 \times 10^{-23}$ J/K

$h = 6\cdot63 \times 10^{-34}$ J-s

$m_p = 1\cdot67 \times 10^{-27}$ kg

$\sigma = 5\cdot672 \times 10^{-8}$ MKS unit

खण्ड—A / SECTION—A

1. *(a)* त्रिज्या r की एक वृत्तीय कक्षा में, द्रव्यमान m के एक उपग्रह के कोणीय संवेग को गतिज, स्थितिज और कुल ऊर्जा के रूप में व्यक्त कीजिए।

Express angular momentum in terms of kinetic, potential and total energy of a satellite of mass m in a circular orbit of radius r. 10

(b) माइकेल्सन-मोरले प्रयोग का वर्णन कीजिए और दर्शाइए कि इस प्रयोग से प्राप्त ऋणात्मक परिणामों का किस प्रकार निर्वचन किया गया था।

Describe Michelson-Morley experiment and show how the negative results obtained from this experiment were interpreted. 10

(c) एक शांत झील से सूर्य का प्रकाश परावर्तित होता है। किसी क्षण, परावर्तित प्रकाश 100% ध्रुवीकृत हो जाता है। सूर्य एवं क्षितिज के बीच का कोण ज्ञात कीजिए।

Sunlight is reflected from a calm lake. The reflected light is 100% polarized at a certain instant. What is the angle between the sun and horizon? 10

(d) 'तरंगाग्र का विभाजन' और 'आयाम का विभाजन' के कारण होने वाले व्यतिकरणों को समुचित उदाहरण द्वारा समझाइए।

Explain with proper example the interferences due to 'division of wavefront' and 'division of amplitude'. 10

(e) एक ऐसी गैस में ध्वनि के वेग को ज्ञात कीजिए, जिसमें तरंगदैर्घ्य 1·00 m और 1·01 m की दो तरंगें 3 सेकण्ड में 10 विस्पन्द पैदा करती हैं।

Find the velocity of sound in a gas in which two waves of wavelengths 1·00 m and 1·01 m produce 10 beats in 3 seconds. 10

2. *(a)* जड़त्व आघूर्ण को परिभाषित कीजिए एवं इसके भौतिक महत्त्व को स्पष्ट कीजिए। एक वलयाकार अँगूठी का उसके केन्द्र से होकर गुजरने वाले एवं उसके तल के लम्बवत् अक्ष के सापेक्ष जड़त्व आघूर्ण का परिकलन कीजिए।

Define moment of inertia and explain its physical significance. Calculate the moment of inertia of an annular ring about an axis passing through its centre and perpendicular to its plane. 20

(b) एक द्विपरमाणुक अणु को एक नियत दूरी r द्वारा पृथक्कृत दो द्रव्यमानों m_1 एवं m_2 से बना हुआ मान सकते हैं। द्रव्यमान m_1 से द्रव्यमान-केन्द्र C की दूरी के लिए एक व्यंजक स्थापित कीजिए। साथ ही दर्शाइए कि C से होकर गुजरने वाले और r के लम्बवत् अक्ष के सापेक्ष निकाय का जड़त्व आघूर्ण μr^2 होगा, जहाँ $\mu = \dfrac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ है।

A diatomic molecule can be considered to be made up of two masses m_1 and m_2 separated by a fixed distance r. Derive a formula for the distance of centre of mass, C, from mass m_1. Also show that the moment of inertia about an axis through C and perpendicular to r is μr^2, where $\mu = \dfrac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$. 15

(c) स्टोक्स के नियम का कथन कीजिए और इसको स्पष्ट कीजिए। त्रिज्या $0 \cdot 01$ m के जल की एक बूँद एक ऐसे माध्यम में से गिर रही है जिसका घनत्व $1 \cdot 21$ kg/m^3 है एवं $\eta = 1 \cdot 8 \times 10^{-5}$ N-s/m^2 है। जल की उस बूँद का सीमान्त वेग ज्ञात कीजिए।

State and explain Stokes' law. A drop of water of radius $0 \cdot 01$ m is falling through a medium whose density is $1 \cdot 21$ kg/m^3 and $\eta = 1 \cdot 8 \times 10^{-5}$ N-s/m^2. Find the terminal velocity of the drop of water. 15

3. *(a)* बहु-किरणपुंज व्यतिकरण क्या है? चर्चा कीजिए कि बहु-किरणपुंज व्यतिकरणमिति किस प्रकार द्वि-किरणपुंज व्यतिकरणमिति से ज्यादा लाभदायक है। फ़ैब्री-पेरॉट् व्यतिकरणमापी द्वारा बने फ्रिंजों को स्पष्ट कीजिए।

What is multiple-beam interference? Discuss the advantages of multiple-beam interferometry over two-beam interferometry. Explain the fringes formed by Fabry-Perot interferometer. 15

(b) दर्शाइए कि सभी अर्ध-आवर्तन ज़ोनों का क्षेत्रफल लगभग बराबर होता है। एक ज़ोन पट्टिका में, जिसकी फोकस दूरी 50 cm एवं आपतित प्रकाश का तरंगदैर्घ्य 500 nm है, प्रथम अर्ध-आवर्तन ज़ोन की त्रिज्या ज्ञात कीजिए।

Show that the areas of all the half-period zones are nearly the same. Find the radius of 1st half-period zone in a zone plate whose focal length is 50 cm and the wavelength of the incident light is 500 nm. 15

(c) एक समतल-ध्रुवित प्रकाश 40 μm मोटाई वाले एक द्वि-अपवर्तित क्रिस्टल में से गुजरता है और वृत्तीयतः ध्रुवित होकर बाहर निकलता है। यदि क्रिस्टल का द्वि-अपवर्तन 0·00004 है, तो आपतित प्रकाश का तरंगदैर्घ्य ज्ञात कीजिए।

A plane-polarized light passes through a double-refracting crystal of thickness 40 μm and emerges out as circularly polarized. If the birefringence of the crystal is 0·00004, then find the wavelength of the incident light. 10

(d) वायु में रखे एक ऐसे पतले लेंस का तंत्र आव्यूह ज्ञात कीजिए, जो अपवर्तनांक 1·5 की वस्तु से बना है एवं जिसके प्रत्येक पृष्ठ की वक्रता-त्रिज्या 50 cm है। इस लेंस की फोकस दूरी भी ज्ञात कीजिए।

Obtain the system matrix for a thin lens placed in air and made of material of refractive index 1·5 having radius of curvature 50 cm each. Also find its focal length. 10

4. *(a)* 9 m/s की रफ्तार से गतिमान एक गेंद एक दूसरे समान गेंद, जो स्थिर है, से इस तरह टकराती है कि टक्कर के बाद प्रत्येक गेंद गति की प्रारम्भिक दिशा से 30° का कोण बनाती है। इस टक्कर के बाद गेंदों की रफ्तार ज्ञात कीजिए। क्या इस टक्कर में गतिज ऊर्जा संरक्षित रहती है?

A ball moving with a speed of 9 m/s strikes an identical stationary ball such that after the collision the direction of each ball makes an angle 30° with the original line of motion. Find the speed of the balls after the collision. Is the kinetic energy conserved in this collision? 15

(b) सिद्ध कीजिए कि $x^2 + y^2 + z^2 = c^2 t^2$ लोरेन्ट्स रूपान्तरण के तहत निश्चर है।

Prove that $x^2 + y^2 + z^2 = c^2 t^2$ is invariant under Lorentz transformation. 10

(c) लेज़र प्रकाश, सामान्य प्रकाश से किस प्रकार भिन्न है? रूबी लेज़र की कार्यप्रणाली पर चर्चा कीजिए। इस प्रक्रम में क्रोमियम आयनों की क्या भूमिका है?

How is laser light different from ordinary light? Discuss the working principle of ruby laser. What role do chromium ions play in this process? 15

(d) प्रकाशिक तंतु की संक्रिया के सिद्धान्त को स्पष्ट कीजिए। प्रकाशिक तंतु में होने वाली विभिन्न क्षय प्रक्रियाएँ कौन-कौन सी हैं?

Explain the principle of operation of optical fibre. What are the different losses that take place in optical fibre? 10

खण्ड—B / SECTION—B

5. *(a)* 'कृत्रिम परावैद्युत' के सिद्धान्त की चर्चा कीजिए। इसका प्रयोग कहाँ किया जाता है?

Discuss the principle of 'artificial dielectric'. Where do you find its use? 10

(b) यदि 120 V, 60 W के एक बल्ब को 240 V, 60 Hz की विद्युत् आपूर्ति के साथ जोड़ा जाता है, तो इसके सामान्य रूप से जलने के लिए श्रेणीक्रम (सीरीज़) में कितने अधिक मात्रा का प्रेरकत्व का जोड़ा जाना आवश्यक होता है?

How large an inductance needs to be connected in series with a 120 V, 60 W lightbulb if it is to operate normally when the combination is connected across a 240 V, 60 Hz supply? 10

(c) एक आवेश $q = 2\ \mu C$ को अनन्त भूसम्पर्कित चालक समतल चादर से $a = 10$ cm की दूरी पर रखा जाता है। *(i)* उस चादर में कुल उत्प्रेरित आवेश, *(ii)* आवेश q पर बल एवं *(iii)* इस आवेश को धीरे-धीरे चादर के तल से अनन्त दूरी तक ले जाने में लगने वाला कुल कार्य ज्ञात कीजिए।

A charge $q = 2\ \mu C$ is placed at $a = 10$ cm from an infinite grounded conducting plane sheet. Find the *(i)* total charge induced on the sheet, *(ii)* force on the charge q and *(iii)* total work required to remove the charge slowly to an infinite distance from the plane. 10

(d) 1 लीटर हाइड्रोजन 127 °C ताप एवं 10^6 dynes/cm^2 दाब पर समतापीयतः प्रसारित होती है जब तक कि उसका आयतन दोगुना नहीं हो जाता है और फिर वह तब तक रुद्धोष्मीयतः प्रसारित होती है जब तक कि उसका आयतन पुनः दोगुना नहीं हो जाता है। परिणामी दाब का परिकलन कीजिए। $(\gamma = 1 \cdot 42)$

1 litre of hydrogen at 127 °C and 10^6 dynes/cm^2 pressure expands isothermally until its volume is doubled and then expands adiabatically until its volume is redoubled. Calculate the resulting pressure. $(\gamma = 1 \cdot 42)$ 10

(e) मैक्सवेल-बोल्ज़मान वितरण नियम का इस्तेमाल करते हुए दर्शाइए कि कोई भी ऋणात्मक परम ताप हो ही नहीं सकता है।

Using the Maxwell-Boltzmann distribution law, show that there cannot be any negative absolute temperature. 10

6. *(a)* कोई धात्विक वस्तु लेकर जब एक व्यक्ति धात्विक संसूचक के दरवाजे के बीच से गुजरता है, तो एक ध्वनि उत्पन्न होती है। इस प्रक्रिया का कारण स्पष्ट कीजिए।

एक 200 Ω का प्रतिरोधक और एक 15 μF का संधारित्र 220 V, 50 Hz a.c. विद्युत् आपूर्ति से श्रेणीक्रम में जोड़े गए हैं। परिपथ में विद्युत् धारा तथा प्रतिरोधक एवं संधारित्र के आर-पार वर्ग-माध्य-मूल वोल्टता का परिकलन कीजिए। क्या इन सभी वोल्टताओं का बीजगणितीय योग आपूर्ति वोल्टता से ज्यादा है? यदि हाँ, तो इस विरोधाभास का समाधान कीजिए।

When a person carrying something metallic walks through the doorway of a metal detector, it emits a sound. Explain the reason behind it.

A 200 Ω resistor and a 15 μF capacitor are connected in series to 220 V, 50 Hz a.c. supply. Calculate the current in the circuit and the r.m.s. voltage across the resistor and the capacitor. Is the algebraic sum of these voltages more than the supply voltage? If yes, resolve the paradox. 15

(b) *(i)* स्टीफेन-बोल्ज़मान के विकिरण-नियम को लिखिए और इसे प्लांक के विकिरण-नियम से व्युत्पन्न कीजिए।

Write down Stefan-Boltzmann law of radiation and derive it from Planck's law of radiation.

(ii) एक ऐलुमिनियम की पन्नी को, जिसकी आपेक्षिक उत्सर्जकता $0 \cdot 1$ है, दो संकेन्द्रिक गोलों (पूर्णतः काले), जिनके तापमान क्रमशः 300 K एवं 200 K हैं, के बीच रखी गई है। स्थिर अवस्था प्राप्त होने पर पन्नी का तापमान ज्ञात कीजिए।

An aluminium foil of relative emittance $0 \cdot 1$ is placed between two concentric spheres (assumed perfectly black) at temperatures 300 K and 200 K respectively. Find the temperature of the foil once the steady state is reached. 15

(c) एक अचालक परावैद्युत माध्यम में विद्युत्-चुम्बकीय तरंग समीकरणों को लिखिए। तत्पश्चात् दर्शाइए कि तरंग संचरण का वेग $\upsilon = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon\mu}}$ होगा, जहाँ प्रतीकों के सामान्य व्यावहारिक अर्थ हैं।

Write down the electromagnetic wave equations in non-conducting dielectric medium. Hence show that the velocity of wave propagation is given by $\upsilon = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon\mu}}$, where the symbols have their usual meanings. 10

(d) एक धारा $i(t) = (2e^{-t} - e^{-2t})\ \mu\text{A}$ एक 120 nF संधारित्र को 2 सेकण्ड तक आवेशित करती है। यदि संधारित्र के आर-पार अंतिम वोल्टता 15 V है, तो इसके आर-पार प्रारम्भिक वोल्टता क्या थी?

A current $i(t) = (2e^{-t} - e^{-2t})\ \mu\text{A}$ charges up a 120 nF capacitor for a period of 2 seconds. If the final voltage across the capacitor is 15 V, what was the initial voltage across it? 10

7. *(a)* *(i)* साबुन का बुलबुला विद्युतीकरण पर क्यों फैलता है?

Why does a soap bubble expand upon electrification?

(ii) R त्रिज्या के एक गोले के ऊपरी अर्धगोलक एवं निचले अर्धगोलक पर क्रमशः $+Q$ एवं $-Q$ आवेश समान रूप से वितरित हैं। दर्शाइए कि आवेश वितरण का द्विध्रुव आघूर्ण $\frac{3}{4}QR\hat{k}$ है, जहाँ $\hat{k}$ गोलीय निर्देशांक तंत्र के ध्रुवीय अक्ष की ओर निदेशित है।

A sphere of radius R contains a charge $+Q$ and a charge $-Q$ distributed uniformly in the upper and lower hemispheres respectively. Show that the dipole moment of charge distribution is $\frac{3}{4}QR\hat{k}$, where $\hat{k}$ is directed along the polar axis of the spherical coordinate system. 15

(b) *(i)* 'रक्षक छल्लों' की विशेषताओं का संक्षेप में वर्णन कीजिए।

Discuss briefly the features of 'guard rings'.

(ii) एक संधारित्र के प्लेट वर्गाकार हैं, जिनके प्रत्येक पार्श्व की लम्बाई l है। ये प्लेट आपस में α कोण पर झुके हुए हैं। इन प्लेटों के बीच की सबसे कम दूरी a है। जब α छोटा हो, तब धारिता का परिकलन कीजिए।

The plates of a capacitor are square-shaped, each of side l. The plates are inclined at an angle α to each other. The smallest distance between the plates is a. Calculate the capacitance when α is small. 15

(c) मैक्सवेल के समीकरणों का भौतिक महत्त्व लिखिए एवं विस्थापित धारा के सिद्धान्त को एक उचित उदाहरण का इस्तेमाल करते हुए समझाइए।

Write down the physical significance of Maxwell's equations and explain the concept of displacement current by using a proper example. 10

(d) क्लॉसियस-क्लैपेरॉन समीकरण को व्युत्पन्न कीजिए। यह ठोसों के गलनांक पर एवं तरलों के क्वथनांक पर दाब के प्रभाव को कैसे स्पष्ट करता है?

Derive Clausius-Clapeyron equation. How does it explain the effect of pressure on melting point of solids and boiling point of liquids? 10

8. *(a)* मैक्सवेल-बोल्ज़मान वितरण को लिखिए एवं स्पष्ट कीजिए। इस वितरण के इस्तेमाल द्वारा सर्वाधिक सम्भावित वेग, माध्य वेग एवं वर्ग-माध्य-मूल वेग का व्यंजक प्राप्त कीजिए।

Write and explain the Maxwell-Boltzmann distribution. Using this distribution, find the expressions for the most probable speed, mean speed and root-mean-square speed. 15

(b) हीलियम के क्रांतिक तापमान का परिकलन कीजिए। क्रांतिक नियतांक $a = 6 \cdot 15 \times 10^{-5}$, $b = 9 \cdot 95 \times 10^{-4}$ दिए गए हैं, जहाँ दाब का मात्रक atm है और सैम्पल को एन० टी० पी० पर रखा गया है।

Calculate the critical temperature for helium, given the values for critical constants, $a = 6 \cdot 15 \times 10^{-5}$, $b = 9 \cdot 95 \times 10^{-4}$, where the unit of pressure is atm and the sample is kept at NTP. 10

(c) एक उत्क्रमणीय इंजन ऊष्मा निवेश के 1/6 को कार्य में परिवर्तित करता है। जब कुण्ड (सिंक) का तापमान 62 °C घटाया जाता है, तो उसकी दक्षता दोगुनी हो जाती है। स्रोत एवं कुण्ड (सिंक) का तापमान ज्ञात कीजिए।

A reversible engine converts 1/6 of the heat input into work. When the temperature of the sink is reduced by 62 °C, its efficiency is doubled. Find the temperatures of source and sink. 10

(d) बोस-आइन्स्टाइन वितरण को समझाइए एवं बृहत् विहित समुच्चय से इसे प्राप्त कीजिए।

Explain Bose-Einstein distribution and obtain the same from the grand canonical ensemble. 15

★★★

CS (MAIN) EXAM:2018

EGT-P-PHY

भौतिकी / PHYSICS

प्रश्न-पत्र I / Paper I

निर्धारित समय : तीन घंटे
*Time Allowed : **Three** Hours*

अधिकतम अंक : **250**
*Maximum Marks : **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 और अंग्रेज़ी दोनों में छपे हुए 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 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 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 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 ।

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** 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.

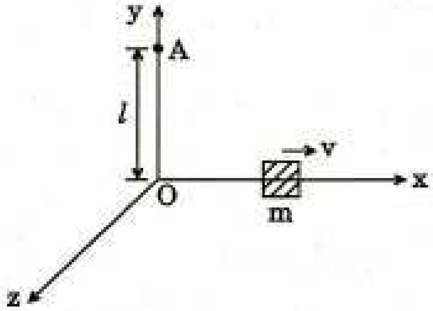
खण्ड A

SECTION A

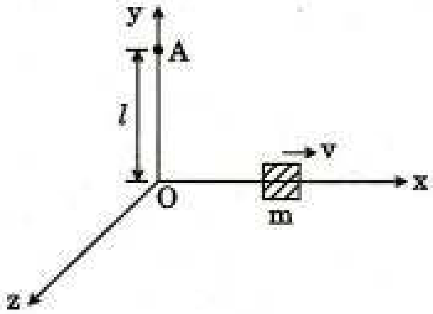
Q1. (a) यदि द्रव्यमान m का एक कण एक केन्द्रीय बल क्षेत्र $f(r)\hat{r}$ में है, तो दर्शाइए कि उसका पथ एक समतल वक्र होना चाहिए, जहाँ $\hat{r}$ एक स्थिति सदिश $\vec{r}$ की दिशा में एक मात्रक (यूनिट) सदिश है ।

If a particle of mass m is in a central force field $f(r)\hat{r}$, then show that its path must be a plane curve, where $\hat{r}$ is a unit vector in the direction of position vector $\vec{r}$. *10*

(b) जैसा कि आरेख में दिखाया गया है, नगण्य विस्तार का एक द्रव्यमान m का पिण्डक x-दिशा में वेग $\vec{v} = v\hat{i}$ के साथ निर्बाध खिसक रहा है । मूल-बिन्दु O के परित: उसका कोणीय संवेग $\vec{L}_O$ और y-अक्ष पर बिन्दु A के परित: उसका कोणीय संवेग $\vec{L}_A$ क्या हैं ?



A block of mass m having negligible dimension is sliding freely in x-direction with velocity $\vec{v} = v\hat{i}$ as shown in the diagram. What is its angular momentum $\vec{L}_O$ about origin O and its angular momentum $\vec{L}_A$ about the point A on y-axis ? *10*



(c) जब लगभग समान आवृत्तियों की दो तरंगें अन्तरक्षेप (व्यतिकरण) करती हैं, तब दर्शाइए कि प्रति सेकण्ड उत्पन्न विस्पन्दों की संख्या उनकी आवृत्तियों के अन्तर के बराबर होती है ।

When the two waves of nearly equal frequencies interfere, then show that the number of beats produced per second is equal to the difference of their frequencies. *10*

(d) एक अर्द्धव्यास 1·0 cm के धारा प्रवाहित वृत्ताकार तार के पाश (लूप) का चुम्बकीय आघूर्ण 2·0 mJ/T है । पाश के केन्द्र से 3·0 cm की अक्षीय दूरी पर चुम्बकीय क्षेत्र का मान निर्धारित कीजिए ।

A current carrying circular wire loop of radius 1·0 cm has a magnetic moment 2·0 mJ/T. Determine the magnetic field at an axial distance of 3·0 cm from the centre of the loop. *10*

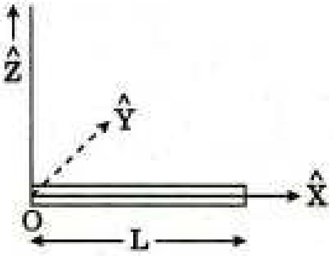
(e) एक समतल पारगमन ग्रेटिंग में 3 mm की कुल चौड़ाई में 3000 रेखाएँ हैं । तरंगदैर्घ्य 5890 Å और 5896 Å की दो सोडियम रेखाओं के प्रथम कोटि स्पेक्ट्रम में कोणीय पार्थक्य क्या होगा ? क्या उनको स्पष्ट रूप से देखा जा सकता है ?

A plane transmission grating has 3000 lines in all, having width of 3 mm. What would be the angular separation in the first order spectrum of the two sodium lines of wavelengths 5890 Å and 5896 Å ? Can they be seen distinctly ? *10*

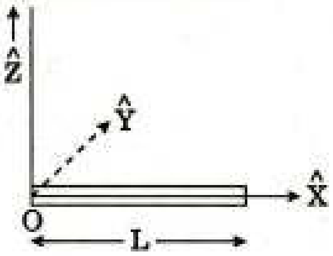
Q2. (a) गॉस के प्रमेय का प्रयोग कर एक ठोस गोले के कारण गोले के बाहर एक बिन्दु पर गुरुत्वीय विभव का परिकलन कीजिए । द्रव्यमान m की एक वस्तु को पृथ्वी की सतह से R/2 ऊँचाई तक पहुँचाने में आवश्यक कार्य के परिमाण का परिकलन कीजिए, जहाँ R पृथ्वी का अर्द्धव्यास है ।

Use Gauss's theorem to calculate the gravitational potential due to a solid sphere at a point outside the sphere. Calculate the amount of work required to send a body of mass m from the Earth's surface to a height R/2, where R is the radius of the Earth. *15*

(b) एक लम्बाई L के दंड का असम रैखिक द्रव्यमान घनत्व (प्रति एकक लम्बाई द्रव्यमान) λ है, जो इस प्रकार परिवर्तित होता है, $\lambda = \lambda_0 \left(\frac{S}{L}\right)$; जहाँ λ_0 एक नियतांक है और 'O' चिह्नित सिरे से दूरी S है (जैसा कि चित्र में दिखाया गया है) । दंड का द्रव्यमान केन्द्र ज्ञात कीजिए ।



A rod of length L has non-uniform linear mass density (mass per unit length) λ, which varies as $\lambda = \lambda_0 \left(\frac{S}{L}\right)$; where λ_0 is a constant and S is the distance from the end marked 'O' (as shown in the figure). Find the centre of mass of the rod. *15*



(c) आन्तरिक अर्द्धव्यासों r और 2r और क्रमश: 2l और l लम्बाई की दो केशनलिकाएँ श्रेणीक्रम में सम्बद्ध हैं । उनमें से होकर धारा-रेखा में पानी प्रवाहित है । यदि पहली केशनलिका के आर-पार दाबान्तर P है, तो दूसरी केशनलिका के आर-पार दाबान्तर ज्ञात कीजिए ।

Two capillary tubes of lengths 2l and l with internal radii r and 2r respectively are connected in series. Water flows through them in streamline. If the pressure difference across the first capillary is P, find the pressure difference across the second one. *10*

(d) अर्द्धव्यास 0·04 mm की एक पानी की बूँद हवा में से होकर गिर रही है । यदि हवा का श्यानता गुणांक $1{\cdot}8 \times 10^{-4}$ poise है, तो उसका सीमान्त वेग ज्ञात कीजिए । यदि ऐसी 100 बूँदें संलीन होती हैं, तो नया सीमान्त वेग क्या होगा ?

A water drop of radius 0·04 mm is falling through air. If the coefficient of viscosity for air is $1{\cdot}8 \times 10^{-4}$ poise, find its terminal velocity. If 100 such drops coalesce, what will be the new terminal velocity ? *10*

Q3. (a) He-Ne लेज़र के सिद्धान्त और कार्यप्रणाली को समझाइए । He गैस की क्या भूमिका है ? तंग ट्यूब का प्रयोग क्यों आवश्यक है ? 30 cm लम्बी और लेज़र पदार्थ के गेन प्रोफाइल की अर्द्धचौड़ाई 2×10^{-3} nm की एक कोटर (कैविटी) में He-Ne लेज़र के लिए कितनी अनुदैर्घ्य विधाएँ (मोड्स) उत्तेजित की जा सकती हैं ? उत्सर्जन तरंगदैर्घ्य 6328 Å है ।

Explain the principle and working of He-Ne laser. What is the role of He gas ? Why is it necessary to use narrow tube ? How many longitudinal modes can be excited for an He-Ne laser in a cavity of length 30 cm and having half width of gain profile of laser material 2×10^{-3} nm ? The emission wavelength is 6328 Å. *15*

(b) द्वि-अपवर्तन के सम्बन्ध में धनात्मक और ऋणात्मक क्रिस्टलों के बीच भेद समझाइए । इन क्रिस्टलों को चतुर्थांश तरंग प्लेट बनाने में किस प्रकार प्रयोग में लाया जाता है ? दीर्घवृत्तीय और वृत्तीय ध्रुवित प्रकाश उत्पन्न करने में चतुर्थांश तरंग प्लेट का प्रयोग कैसे किया जाता है ? समझाइए ।

Distinguish between positive and negative crystals in terms of double refraction. How are these crystals used to make quarter wave plates ? Explain how the quarter wave plate is used in producing elliptically and circularly polarized light. *15*

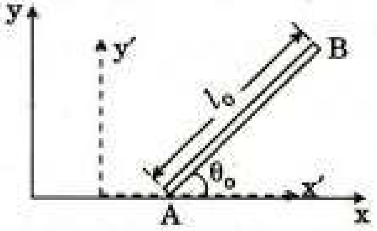
(c) विवरण दीजिए कि कैसे माइकेलसन व्यतिकरणमापी का प्रयोग एक गैस का अपवर्तनांक पता लगाने के लिए किया जा सकता है ।

एक माइकेलसन व्यतिकरण प्रयोग में, ऊपरी दर्पण और किरणपुंज विपाटक के बीच में अपवर्तनांक μ की गैस से युक्त 25 cm लम्बी एक ट्यूब को रखा जाता है । जब प्रयुक्त प्रकाश का तरंगदैर्घ्य 5890 Å है, तो 150 फ्रिन्जें दृष्टि क्षेत्र के केन्द्र से गुजरती हैं । μ का मान ज्ञात कीजिए ।

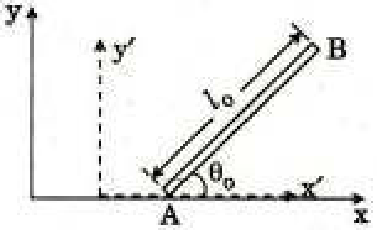
Describe how Michelson Interferometer can be used to determine refractive index of a gas.

In a Michelson Interference experiment, a tube of length 25 cm containing a gas of refractive index μ is introduced between the upper mirror and the beam splitter. 150 fringes cross the centre of the field of view when the wavelength of light used is 5890 Å. Find the value of μ. *20*

Q4. (a) एक l_0 लम्बाई की दंड उसके विरामस्थ तन्त्र के $x'y'$ समतल में x' अक्ष के साथ कोण θ_0 बनाते हुए विरामावस्था में रखी है । एक लैबोरेटोरी तन्त्र (x, y) में दंड की लम्बाई और दिक्‌विन्यास क्या हैं जिसमें दंड दाहिनी ओर वेग v के साथ गतिमान है ?



A rod of length l_0 is kept at rest in $x'y'$ plane of its rest frame making an angle θ_0 with x' axis. What is the length and orientation of the rod in a laboratory frame (x, y) in which the rod moves to the right with velocity v ? *15*



(b) एकल स्लिट के कारण फ्राउनहोफर विवर्तन पैटर्न में तीव्रता वितरण की चर्चा कीजिए । तीव्रता वितरण के उच्चिष्ठ और निम्निष्ठ के लिए शर्तें प्राप्त कीजिए । दर्शाइए कि प्रथम उच्चिष्ठ की तीव्रता मुख्य उच्चिष्ठ की तीव्रता की लगभग 4·95% है ।

Discuss the intensity distribution in Fraunhofer diffraction pattern due to a single slit. Obtain conditions for maxima and minima of the intensity distribution. Show that the intensity of the first maxima is about 4·95% of that of the principal maxima. *20*

(c) एक लेंस के गोलीय विपथन से आपका क्या तात्पर्य है ? दर्शाइए कि यदि दो समतल-उत्तल लेंसों को उनकी फोकस दूरियों के अन्तर के बराबर की दूरी पर रखा जाए, तो गोलीय विपथन न्यूनतम होगा ।

What do you mean by spherical aberration of a lens ? Show that if two plano-convex lenses are kept at a distance equal to the difference of their focal lengths, the spherical aberration would be minimum. *15*

खण्ड B

SECTION B

Q5. (a) एक 12·0 V बैटरी को एक प्रतिरोधक R = 10·0 Ω और एक प्रेरक L = 5·0 H के श्रेणी संयोजन से समय t = 0 पर सम्बद्ध किया गया है । जब परिपथ में धारा 0·4 A है, तब प्रेरक में ऊर्जा किस दर (रेट) से संग्रहित हो रही है ?

A 12·0 V battery is connected at t = 0 to a series combination of a resistor R = 10·0 Ω and an inductor L = 5·0 H. At what rate is energy being stored in the inductor when the current in the circuit is 0·4 A ? *10*

(b) दो परिनालिकाओं में तार के 500 और 800 फेरे हैं और वे एक-दूसरे के समीप सम-अक्षीय रखी गयी हैं । प्रथम परिनालिका में 5·0 A की धारा उसके प्रत्येक फेरे में से होकर 200 μWb का औसत अभिवाह और द्वितीय परिनालिका के प्रत्येक फेरे में से होकर 100 μWb का अभिवाह उत्पन्न करती है । प्रथम परिनालिका का स्वप्रेरकत्व और परिनालिकाओं का अन्योन्य प्रेरकत्व ज्ञात कीजिए ।

Two solenoids have 500 and 800 turns of wire and are placed co-axially close to each other. A current of 5·0 A in the first solenoid produces an average flux of 200 μWb through its each turn and a flux of 100 μWb through each turn of the second solenoid. Find the self-inductance of the first solenoid and the mutual inductance of the solenoids. *10*

(c) एक तारा 3000 km/s की गति से दूर जा रहा है और तरंगदैर्ध्य 656·1 nm की हाइड्रोजन की H_α स्पेक्ट्रल लाइन का उत्सर्जन कर रहा है । पृथ्वी पर एक प्रेक्षक द्वारा प्रेक्षित तरंगदैर्ध्य क्या होगी ?

A star is receding with a speed of 3000 km/s and emitting spectral line of hydrogen, H_α of wavelength 656·1 nm. What would be the wavelength observed by an observer on the Earth ? *10*

(d) एक गैस का एक मोल (ग्राम अणु) निम्नलिखित अवस्था समीकरण का अनुपालन करता है :

$$\left(P + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT$$

जहाँ v मोलर आयतन है और a और b स्थिरांक हैं ।

दर्शाइए कि गैस की आन्तरिक ऊर्जा ताप स्थिर रहते हुए आयतन में वृद्धि के साथ बढ़ती है ।

One mole of a gas obeys the following equation of state :

$$\left(P + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT,$$

where v is the molar volume and, a and b are constants.

Show that internal energy of the gas increases as the volume increases, with the temperature remaining constant. 10

(e) 4°C ताप पर पानी का घनत्व अधिकतम पाया जाता है । सिद्ध कीजिए कि 4°C पर पानी के लिए स्थिर दाब पर ऊष्मा धारिता (c_p) स्थिर आयतन पर ऊष्मा धारिता (c_v) के बराबर होती है ।

At 4°C temperature, the density of water is found to be maximum. Prove that heat capacity at the constant pressure (c_p) is equal to the heat capacity at constant volume (c_v) for water at 4°C. 10

Q6. (a) एक समतल विद्युत्-चुम्बकीय तरंग को परिभाषित कीजिए । एक समतल ध्रुवित तरंग दो परावैद्युत माध्यमों के मध्य अन्तरापृष्ठ पर आपतित है । जब आपतित तरंग आपतन के समतल के लम्बवत् विद्युत्-क्षेत्र E सदिश के साथ ध्रुवित है तब परावर्तित और पारगत तरंगों के आयामों के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए । आपतित तरंग के सापेक्ष परावर्तित और पारगत तरंगों के कला सम्बन्धों की चर्चा कीजिए ।

Define a plane electromagnetic wave. A plane polarized wave is incident on the interface between two dielectric media. Obtain expressions for the amplitudes of the reflected and transmitted waves when the incident wave is polarized with its electric field E vector perpendicular to the plane of incidence. Discuss the phase relationships of the reflected and transmitted waves with respect to the incident wave. 20

(b) (i) एक कृष्णिका से विकिरणों के स्पेक्ट्रम की व्याख्या करने में रैले-जीन्स नियम की क्या सीमाएँ हैं ? समझाइए कि किस प्रकार ये सीमाएँ प्लांक के विकिरण नियम में दूर हुईं ।

What are the limitations of Rayleigh-Jeans law in explaining the spectrum of radiations from a blackbody ? Explain how these limitations were overcome in Planck's radiation law.

(ii) प्लांक के विकिरण नियम से वीन के विस्थापन नियम की उत्पत्ति कीजिए ।

Deduce Wien's displacement law from Planck's radiation law. 20

(c) (i) मैक्सवेल के समीकरणों को समाकल स्वरूप में लिखिए । इन समीकरणों में से प्रत्येक के महत्त्व को समझाइए ।

Write down Maxwell's equations in integral form. Explain the significance of each of these equations. 5

(ii) एक समान्तर पट्टिका संधारित्र का पट्टिका क्षेत्रफल = 4·0 cm^2 और पट्टिका पार्थक्य = 2·0 mm है । पट्टिकाओं के आर-पार एक प्रत्यावर्ती वोल्टेज $V = 20 \sin (5 \times 10^3 t)$ volts लगाया जाता है । यदि पट्टिकाओं के बीच माध्यम का परावैद्युतांक $\varepsilon_r = 2{\cdot}0$ है, तो विस्थापन धारा का परिकलन कीजिए ।

A parallel plate capacitor has plate area = 4·0 cm^2 and plate separation = 2·0 mm. An a.c. voltage $V = 20 \sin (5 \times 10^3 t)$ volts is applied across the plates. If the dielectric constant of the medium between the plates is $\varepsilon_r = 2{\cdot}0$, calculate the displacement current. 5

Q7. (a) यदि ऊष्मा धारिता का ताप विचरण ज्ञात है, तो एक सम-आयतनिक प्रक्रम में एन्ट्रॉपी के परिवर्तन का आकलन कैसे करते हैं ?

एक ठोस की विशिष्ट ऊष्मा के डेबाई के सिद्धान्त के अनुसार स्थिर आयतन पर डायमण्ड क्रिस्टल की मोलर ऊष्मा धारिता ताप (T) के साथ इस प्रकार विचरित होती है :

$$c_v = \frac{12}{5} \pi^4 R \left(\frac{T}{\Theta}\right)^3$$

जहाँ मोलर गैस स्थिरांक R = 8·315 J/mol-K और डायमण्ड के लिए Θ = 2230 K है ।

द्रव्यमान 0·36 g के डायमण्ड की एन्ट्रॉपी में परिवर्तन का आकलन कीजिए जब इसे स्थिर आयतन पर 0 K से 300 K तक गर्म किया जाता है ।

If the temperature variation of heat capacity is known, how do you calculate the change of entropy during an isochoric process ?

According to Debye's theory of specific heat of a solid, the molar heat capacity of diamond crystal at constant volume varies with temperature (T) as follows :

$$c_v = \frac{12}{5} \pi^4 R \left(\frac{T}{\Theta}\right)^3$$

where R is the molar gas constant = 8·315 J/mol-K and Θ = 2230 K for diamond.

Calculate the change in entropy of diamond of 0·36 g mass when it is heated at constant volume from 0 K to 300 K. 20

(b) 100 g ठोस ताँबे पर दाब को 0°C पर स्थैतिककल्पीय और समतापीय प्रक्रम में 0 से $0{\cdot}5 \times 10^8$ Pa तक बढ़ाया जाता है । घनत्व और समताप संपीड्यता क्रमशः स्थिर मानों $8{\cdot}96$ g/cm^3 और $7{\cdot}16 \times 10^{-12}$ Pa^{-1} को लेकर निष्पादित कार्य की गणना कीजिए । कार्य के चिह्न और परिमाण की विवेचना कीजिए ।

The pressure on 100 g of solid copper is increased quasi-statically and isothermally at 0°C from 0 to $0{\cdot}5 \times 10^8$ Pa. Assuming the density and isothermal compressibility to remain at constant values of $8{\cdot}96$ g/cm^3 and $7{\cdot}16 \times 10^{-12}$ Pa^{-1}, respectively, calculate the work done. Comment on the sign and magnitude of work. *15*

(c) दो ऊर्जा स्तरों $-\frac{1}{2}\Delta$ और $+\frac{1}{2}\Delta$; $\Delta = 10$ meV के, 100 K के नजदीक के निम्न ताप पर, एक निकाय में 1000 कण हैं । क्लासिकी वितरण नियम का प्रयोग करके प्रति कण औसत ऊर्जा प्राप्त कीजिए ।

A system having two energy levels, $-\frac{1}{2}\Delta$ and $+\frac{1}{2}\Delta$ with $\Delta = 10$ meV is populated by 1000 particles at a low temperature close to 100 K. Obtain the average energy per particle using classical distribution law. *15*

Q8. (a) दो चालकीय पट्टिकाओं के बीच एक $0{\cdot}5$ m लम्बे बेलनाकार माध्यम का एकसमान आवेश घनत्व 100 nC/m^3 है । बेलनाकार माध्यम का अक्ष z-अक्ष के अनुदिश है । बायीं पट्टिका $z = 0$ पर है और उसका विभव 10 kV है और दाहिनी पट्टिका भू-संपर्कित है । अक्षीय दूरी $z = 0{\cdot}2$ m पर विद्युत्-क्षेत्र निर्धारित कीजिए ।

A $0{\cdot}5$ m long cylindrical medium between two conducting plates has uniform charge density of 100 nC/m^3. The axis of the cylindrical medium is along z-axis. The left plate is at $z = 0$ and has a potential of 10 kV and the right plate is grounded. Determine the electric field at axial distance $z = 0{\cdot}2$ m. *15*

(b) एकसमान रूप से चुम्बकीकृत अर्द्धव्यास R के गोले का चुम्बकन $\vec{M} = M_0 \hat{Z}$ है । यदि गोले के अन्दर और बाहर अदिश चुम्बकीय विभव निम्नलिखित हैं :

$$\phi_m = \frac{M_0}{3} Z \quad ; \quad r \le R$$

$$\text{और } \phi_m = \frac{M_0}{3} \frac{R^3}{r^2} \cos\theta \,; r > R$$

जहाँ, r, θ दो गोलीय निर्देशांक हैं, तो गोले के अन्दर और बाहर चुम्बकीय क्षेत्र ज्ञात कीजिए ।

A uniformly magnetized sphere of radius R has magnetization $\vec{M} = M_0 \hat{Z}$. If the scalar magnetic potentials inside and outside the sphere are given as under

$$\phi_m = \frac{M_0}{3} Z \quad ; \quad r \le R$$

$$\text{and } \phi_m = \frac{M_0}{3} \frac{R^3}{r^2} \cos\theta \,; r > R$$

where, r, θ are two spherical coordinates, find the magnetic field inside and outside the sphere. *15*

(c) उच्च तापक्रमों पर एक अनापेक्षिकीय फर्मी गैस में कणों के अवस्था घनत्व D(ε) और बंटन-फलन f(ε, T) के विचरण को आरेखीय रूप में दर्शाइए ।

एक ताप T पर, एक इलेक्ट्रॉन की फर्मी ऊर्जा (ε_F) से 100 meV ऊपर ऊर्जा की अवस्था में रहने की प्रायिकता 1% है । ताप T ज्ञात कीजिए ।

Schematically, show the variation of density of states, D(ε) and distribution function, f(ε, T), of particles in a non-relativistic Fermi gas at high temperatures.

At a temperature T, an electron occupies a state with energy 100 meV above the Fermi energy (ε_F) with the probability of 1%. Find the temperature T. *20*

CS (Main) Exam,2019

SDF-U-PHY

भौतिकी / PHYSICS

प्रश्न-पत्र I / Paper I

निर्धारित समय : **तीन** घंटे *Time Allowed :* ***Three*** *Hours*	अधिकतम अंक : **250** *Maximum Marks :* **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** और **अंग्रेज़ी** दोनों में छपे हुए 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 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 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 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 ।

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** 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

Q1. **निम्नलिखित प्रत्येक का लगभग 150 शब्दों में उत्तर/व्याख्या दीजिए :**
Answer/Explain the following in about 150 words each : *10×5=50*

(a) (i) केन्द्रीय बल क्या है ? केन्द्रीय बल के दो उदाहरण दीजिए ।
What is a central force ? Give two examples of the central force.

(ii) दिखाइए कि केन्द्रीय बल क्षेत्र में एक कण का कोणीय संवेग ($\vec{L}$) गति का स्थिरांक है ।
Show that the angular momentum ($\vec{L}$) of the particle in a central force field is a constant of motion. *10*

(b) (i) रेनॉल्ड्स संख्या तरल गति के अध्ययन में कैसे मदद करती है ?
How does Reynolds number help in the study of fluid motion ?

(ii) एकसमान अनुप्रस्थ परिच्छेद वाली क्षैतिज नली में, 1 km की दूरी के दो बिन्दुओं के बीच के अंतर पर दाब 5 $\mathrm{Nm^{-2}}$ गिर जाता है । इन बिन्दुओं पर बहने वाले प्रति 1 किग्रा तेल की गतिज ऊर्जा में परिवर्तन की गणना कीजिए । तेल का घनत्व = 800 kg $\mathrm{m^{-3}}$.
In a horizontal pipeline of uniform area of cross-section, the pressure falls by 5 $\mathrm{Nm^{-2}}$ between two points separated by a distance of 1 km. Calculate the change in kinetic energy per kg of oil flowing at these points. Density of oil = 800 kg $\mathrm{m^{-3}}$. *10*

(c) हम प्रयोगशाला में क्रांतिक अवमंदित प्रक्षेप (बैलिस्टिक) गैल्वैनोमीटर के साथ काम करने को क्यों वरीयता देते हैं ? बाहरी क्रांतिक अवमंदित प्रतिरोध क्या है ?
Why do we prefer to work with a critically damped ballistic galvanometer in a laboratory ? What is external critical damping resistance ? *10*

(d) अक्षीय वर्णिक विपथन क्या है ?
एक उत्तल लेंस में लाल रंग के लिए $15{\cdot}5 \times 10^{-2}$ m और बैंगनी रंग के लिए $14{\cdot}45 \times 10^{-2}$ m की फोकस दूरी होती है । यदि किसी वस्तु को लेंस से 40 cm की दूरी पर रखा जाता है, तो लेंस के अनुदैर्घ्य वर्णिक विपथन की गणना कीजिए ।
What is axial chromatic aberration ?
A convex lens has a focal length of $15{\cdot}5 \times 10^{-2}$ m for red colour and $14{\cdot}45 \times 10^{-2}$ m for violet colour. If an object is kept at a distance of 40 cm from the lens, calculate the longitudinal chromatic aberration of the lens. *10*

(e) (i) समान मोटाई के फ्रिंज और समान झुकाव के फ्रिंज क्या हैं ?

What are the fringes of equal thickness and fringes of equal inclination ?

(ii) न्यूटन की वलय (रिंग) व्यवस्था में दो तरंगदैर्घ्य $\lambda_1 = 6 \times 10^{-7}$ m और $\lambda_2 = 5{\cdot}9 \times 10^{-7}$ m उत्सर्जित करने वाले स्रोत के साथ, यह पाया जाता है कि एक तरंगदैर्घ्य के कारण m^{th} अदीप्त वलय दूसरे तरंगदैर्घ्य के कारण $(m + 1)^{th}$ अदीप्त वलय से मेल खाती है । यदि लेंस की वक्रता त्रिज्या 90 cm है, तो m^{th} अदीप्त वलय का व्यास ज्ञात कीजिए ।

In a Newton's ring arrangement with a source emitting two wavelengths $\lambda_1 = 6 \times 10^{-7}$ m and $\lambda_2 = 5{\cdot}9 \times 10^{-7}$ m, it is found that the m^{th} dark ring due to one wavelength coincides with the $(m + 1)^{th}$ dark ring due to the other. Find the diameter of the m^{th} dark ring, if the radius of curvature of the lens is 90 cm. *10*

Q2. (a) (i) दृढ़ द्विपरमाणुक अणु का विभिन्न सममिति अक्षों पर द्रव्यमान/संहति-केन्द्र के सापेक्ष जड़त्व आघूर्ण ज्ञात कीजिए ।

Find the moments of inertia of rigid diatomic molecule about different axes of symmetry through the centre of mass.

(ii) एक प्रोटॉन एक इलेक्ट्रॉन से 1837 गुना भारी है । हाइड्रोजन परमाणु का द्रव्यमान/संहति-केन्द्र ज्ञात कीजिए ।

A proton is 1837 times heavier than an electron. Find the centre of mass of hydrogen atom. *15*

(b) एक बल-आघूर्ण की कार्रवाई के तहत एक निश्चित बिन्दु के गिर्द एक दृढ़ वस्तु की गति के यूलर के गतिकीय समीकरणों को लिखिए (व्युत्पत्ति नहीं) । दिखाइए कि बिना बल-आघूर्ण गति में गतिज ऊर्जा स्थिर रहती है ।

Write down Euler's dynamical equations of motion (no derivation) of a rigid body about a fixed point under the action of a torque. Show that the kinetic energy of the torque-free motion is constant. *10*

(c) दिखाइए कि एक त्रिज्या R के एक असीम बड़े गोलक के द्वारा एक बिन्दु कण के प्रत्यास्थ प्रकीर्णन के लिए अनुप्रस्थ परिच्छेद $\frac{R^2}{4}$ होगा । इस परिणाम का निष्कर्ष क्या है ?

Show that the cross-section for elastic scattering of a point particle from an infinitely massive sphere of radius R is $\frac{R^2}{4}$. What is the inference of this result ? *10*

(d) (i) एक संदर्भ फ्रेम S′ एकसमान वेग 'v' से स्थिर फ्रेम S के सापेक्ष x-दिशा के समांतर चलता है । लॉरेन्ट्स रूपांतर से दिखाइए कि दो भिन्न स्थितियों $(x_1 \neq x_2)$ की घटनाएँ S फ्रेम में समकालिक $(t_1 = t_2)$ होने से भी सामान्य रूप से S′ फ्रेम में समकालिक नहीं होती हैं ।

A reference frame S′ moves with respect to rest frame S with a uniform velocity 'v' parallel to x-direction. Show from Lorentz transformation that two events simultaneous $(t_1 = t_2)$ at different positions $(x_1 \neq x_2)$ in S frame are not in general simultaneous in S′ frame.

(ii) π मेसॉन का औसत जीवन 2×10^{-8} s है । 0·8 c वेग के साथ गति करने वाले मेसॉन के औसत जीवन की गणना कीजिए, जहाँ c प्रकाश का वेग है ।

The mean life of π meson is 2×10^{-8} s. Calculate the mean life of a meson moving with a velocity of 0·8 c, where c is the velocity of light. *15*

Q3. (a) सिद्ध कीजिए कि जब प्रकाश एक समतल दर्पण के माध्यम से एक बिन्दु से दूसरे बिन्दु पर जाता है, तो प्रकाश द्वारा तय किया जाने वाला मार्ग वह होता है जिसके लिए उड़ान का समय सबसे कम होता है ।

Prove that when light goes from one point to another via a plane mirror, the path followed by light is the one for which the time of flight is the least. *20*

(b) (i) बाएँ हाथ के गोलाकार ध्रुवीकृत प्रकाश को दाहिने हाथ के गोलाकार ध्रुवीकृत प्रकाश में कैसे बदल सकते हैं (और दूसरी ओर) ?

How can one convert a left-handed circularly polarised light into a right-handed one (and vice versa) ?

(ii) एक-चौथाई तरंग प्लेट की मोटाई की गणना कीजिए जब प्रकाश की तरंगदैर्घ्य 589 nm है ।

दिया गया है : $\mu_o = 1{\cdot}544$ और $\mu_E = 1{\cdot}553$.

Calculate the thickness of a quarter-wave plate when the wavelength of light is 589 nm.

Given : $\mu_o = 1{\cdot}544$ and $\mu_E = 1{\cdot}553$. *10*

(c) चर्चा कीजिए कि रूबी लेसर में जनसंख्या व्युत्क्रम कैसे प्राप्त किया जाता है । 'लेसर स्पाइकिंग' क्या है ? यह क्यों होती है ?

Discuss how population inversion is achieved in Ruby laser. What is 'laser spiking' ? Why does it occur ? *20*

Q4. (a) रेडियोऐक्टिव स्रोत R द्वारा उत्सर्जित दो बीटा कण A और B, स्रोत के सापेक्ष विपरीत दिशाओं में 0·9 c के वेग के साथ चलते हैं । B का वेग A के सापेक्ष ज्ञात कीजिए (यहाँ c प्रकाश का वेग है) ।

Two β-particles A and B emitted by a radioactive source R travel in opposite directions, each with a velocity of 0·9 c with respect to the source. Find the velocity of B with respect to A (Here c is the velocity of light). *15*

(b) किस तरह होलोग्राफी पारंपरिक फोटोग्राफी से अलग है ? होलोग्राम की मुख्य विशेषताओं पर चर्चा कीजिए । होलोग्राम बनाने और पढ़ने के लिए क्या आवश्यकताएँ हैं ?

In what way is holography different from conventional photography ? Discuss the salient features of a hologram. What are the requirements for the formation and reading of a hologram ? *20*

(c) जाइरोस्कोप के अनुप्रयोग कहाँ मिलते हैं ?

एक 0·200 kg द्रव्यमान का एक शीर्ष (टॉप) एक पतली डिस्क से बना है जिसकी त्रिज्या 0·12 m है । यह केन्द्र में छेदा जाता है और नगण्य द्रव्यमान की एक पिन उसके तल पर लंबवत् लगाई जाती है । डिस्क के नीचे धुरी 0·03 m लंबी है । शीर्ष (टॉप) को ऐसे घुमाया जाता है जिससे की उसका अक्ष ऊर्ध्वाधर से $\theta = 20°$ का कोण बनाता है और पुरस्सरण (प्रेसेशनल) कोणीय चाल 2 rad/s है । कोणीय चाल की गणना कीजिए जिसके साथ वह घूमता है ।

Where do you find the applications of gyroscope ?

A top of mass 0·200 kg is made up of a thin disc of radius 0·12 m. It is pierced in the centre and a pin of negligible mass is mounted normal to its plane. The pivot under the disc is 0·03 m long. The top is made to spin with its axis making an angle $\theta = 20°$ with the vertical and a precessional angular speed of 2 rad/s. Calculate the angular speed with which it spins. *15*

खण्ड B

SECTION B

Q5. **निम्नलिखित प्रत्येक का लगभग 150 शब्दों में उत्तर/व्याख्या दीजिए :**

Answer/Explain the following in about 150 words each : *10×5=50*

(a) दिए गए स्थिर-वैद्युत विभव व्यंजक

$$\phi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\int_V \frac{\rho(\vec{r}_o)}{\left|\vec{r} - \vec{r}_o\right|}\, dV_o$$

से प्वासों समीकरण $\nabla^2\phi = -\frac{\rho}{\varepsilon_o}$ प्राप्त कीजिए ।

[संकेत चिह्नों के अपने सामान्य अर्थ हैं]

Starting from the expression for the electrostatic potential

$$\phi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\int_V \frac{\rho(\vec{r}_o)}{\left|\vec{r} - \vec{r}_o\right|}\, dV_o$$

obtain Poisson's equation $\nabla^2\phi = -\frac{\rho}{\varepsilon_o}$.

[Symbols have their usual meanings] *10*

(b) त्रिज्या a और b वाले दो संकेन्द्रित गोलाकार धातु के कोशों (शैल्स) की धारिता ज्ञात कीजिए ।

Find the capacitance of two concentric spherical metal shells having radii a and b. *10*

(c) पराबैंगनी कैटास्ट्रॉफी की संक्षेप में चर्चा कीजिए । प्लांक ने इस समस्या को कैसे सुलझाया ?

Discuss in brief the ultraviolet catastrophe. How did Planck solve this problem ? *10*

(d) एक छिद्रयुक्त (सरंध्री) प्लग से गुज़रने वाली वान्डर वाल्स गैस के तापमान में परिवर्तन के लिए क्या स्थितियाँ हैं ? सिद्ध कीजिए कि छिद्रयुक्त प्लग से गुज़रने वाली आदर्श गैस के तापमान में कोई परिवर्तन नहीं होता है ।

What are the conditions for the change in temperature of a van der Waals gas passing through a porous plug ? Prove that the ideal gas passing through the porous plug does not show any change in temperature. *10*

(e) एक गैस में केवल दो कण a और b हैं । आरेख की सहायता से, यह दिखाइए कि इन दो कणों को तीन क्वांटम शृंखलाओं 1, 2, 3 में किस प्रकार से (i) मैक्सवेल-बोल्ट्ज़मान, (ii) फर्मी-डिराक, और (iii) बोस-आइन्सटाइन सांख्यिकी में व्यवस्थित कर सकते हैं ।

A gas has only two particles, a and b. With the help of a diagram, show that how these two particles can be arranged in the three quantum series 1, 2, 3 using (i) Maxwell-Boltzmann, (ii) Fermi-Dirac, and (iii) Bose-Einstein statistics. 10

Q6. (a) दो संवाहक तल, एक-दूसरे को समकोण पर प्रतिच्छेद करते हुए, विभव ϕ_0 पर रखे जाते हैं । किसी क्षेत्र (स्पेस) के एक बिन्दु पर विभव की गणना कीजिए यदि कुल आवेश α क्षेत्र (स्पेस) के तल पर Q है ।

Two conducting planes, intersecting at right-angles to each other, are kept at a potential ϕ_0. Calculate the potential at a point in space if the total charge on a plane of area α be Q. 15

(b) तीन सेल समानांतर रूप से समान ध्रुवों के साथ नगण्य प्रतिरोधों वाले तारों के साथ जुड़े हुए हैं । सेलों के वि.वा. बल (ई.एम.एफ.) क्रमशः 2, 1 और 4 वोल्ट हैं और संबंधित आंतरिक प्रतिरोध 4, 3 और 2 ओम हैं । 4 वोल्ट सेल के माध्यम से प्रवाहित धारा की गणना कीजिए ।

Three cells are connected in parallel with similar poles connected together with wires having negligible resistance. The emfs of the cells are 2, 1 and 4 volts respectively and the corresponding internal resistances are 4, 3 and 2 ohms. Calculate the current flowing through the 4 V cell. 15

(c) एक धारा ले जाने वाले तार की सतह पर E और H के मान ज्ञात कीजिए । प्वाइंटिंग सदिश (वेक्टर) की गणना (कंप्यूटिंग) करके, यह दिखाइए कि यह तार में ऊर्जा के प्रवाह का प्रतिनिधित्व करता है ।

Find the values of E and H on the surface of a wire carrying a current. By computing the Poynting vector, show that it represents a flow of energy into the wire. 20

Q7. (a) गिब्ज़ का प्रावस्था नियम क्या है ? स्वतंत्रता की कोटि के मान ज्ञात कीजिए जब

What is Gibbs' phase rule ? Find the values of degrees of freedom when

(i) केवल तरल CO_2, गैसीय CO_2 के साथ संतुलन में है ।
only the liquid CO_2 is in equilibrium with the gaseous CO_2.

(ii) जल, वाष्प-तरल संतृप्ति क्षेत्र में है ।
water is in the vapour-liquid saturation region.

(iii) जल, एकल-प्रावस्था क्षेत्र में है ।
water is in a single-phase region.

(iv) जल, त्रिक (ट्रिपल) बिन्दु पर है ।
water is at the triple point. 15

(b) एक ठोस की आइंस्टाइन की ग्राम अणुक (मोलर) विशिष्ट ऊष्मा धारिता दी जाती है इसके द्वारा

$$C_V = 3R\left(\frac{\theta_E}{T}\right)^2 \frac{e^{\theta_E/T}}{(e^{\theta_E/T}-1)^2},$$

जहाँ $\theta_E = \frac{\hbar\omega}{k_B}$

इन मामलों में व्यंजक प्राप्त कीजिए :

(i) जब $T >> \theta_E$

(ii) जब $T << \theta_E$

तापमान के साथ ठोस पदार्थों की विशिष्ट ऊष्मा धारिता की भिन्नता को समझाने के लिए आइंस्टाइन मॉडल की विसंगति क्या है ?

एक ठोस की ग्राम अणुक (मोलर) विशिष्ट ऊष्मा धारिता निश्चित आयतन पर 36·8 K तापमान पर 2·77 JK^{-1} है । ठोस के डेबाई तापमान का निर्धारण कीजिए ।

Einstein's molar specific heat capacity of a solid is given by

$$C_V = 3R\left(\frac{\theta_E}{T}\right)^2 \frac{e^{\theta_E/T}}{(e^{\theta_E/T}-1)^2},$$

where $\theta_E = \frac{\hbar\omega}{k_B}$

Obtain the expressions for the cases :

(i) when $T >> \theta_E$

(ii) when $T << \theta_E$

What is the discrepancy of Einstein model to explain the variation of specific heat capacities of solids with the temperature ?

The molar specific heat capacity of a solid at constant volume is 2·77 JK^{-1} at 36·8 K. Determine the Debye temperature of the solid. *20*

(c) कार्नो प्रमेय क्या है ? सिद्ध कीजिए कि कार्नो का उत्क्रमणीय इंजन सबसे कुशल है और कोई भी इंजन कार्नो इंजन से अधिक कुशल नहीं हो सकता है ।

What is Carnot's theorem ? Prove that Carnot's reversible engine is the most efficient one and no other engine can be more efficient than Carnot's engine. *15*

Q8. (a) यदि आदर्श गैस के लिए संवितरण फलन दिया गया है

$$Z = \frac{V}{h^3}(2\pi \, mkT)^{3/2}$$

गणना कीजिए (i) औसत गतिज ऊर्जा प्रति अणु और (ii) गैस की विशिष्ट ऊष्मा ।

If the partition function for a perfect gas is given by

$$Z = \frac{V}{h^3}(2\pi \, mkT)^{3/2}$$

calculate (i) average kinetic energy per molecule and (ii) specific heat of the gas. *15*

(b) एक परिबद्ध इलेक्ट्रॉन द्वारा विद्युत्-चुम्बकीय विकिरण के प्रकीर्णन के सिद्धांत की संक्षेप में व्याख्या कीजिए और रेले प्रकीर्णन की शर्तों को व्युत्पन्न कीजिए । आप आकाश के नीले रंग की व्याख्या कैसे कर सकते हैं ?

Briefly outline the theory of scattering of electromagnetic radiation by a bound electron and hence derive the conditions for Rayleigh scattering. How can you explain the blue of the sky ? *20*

(c) किसी पदार्थ के गलनांक और क्वथनांक पर दाब के प्रभाव की व्याख्या क्लैपेरॉन के गुप्त ऊष्मा समीकरण (लेटेन्ट हीट इक्वेशन) द्वारा कीजिए ।

120°C पर पानी उबालने के लिए दाब की गणना कीजिए, यदि 1 ग्राम पानी को भाप में परिवर्तन करने पर उसके विशिष्ट आयतन में 1676 cm^3 का परिवर्तन होता है । भाप की गुप्त ऊष्मा (लेटेन्ट हीट) = 540 cal/g, 1 वायुमंडलीय दाब = 10^6 dynes/cm^2.

Explain the effect of pressure on the melting and boiling points of a substance using Clapeyron's latent heat equation.

Calculate under what pressure, water will boil at 120°C, if the change in specific volume when 1 gram of water is converted into steam is 1676 cm^3. Latent heat of steam = 540 cal/g, 1 atmospheric pressure = 10^6 dynes/cm^2. *15*

CS (Main) Exam, 2020

URC-U-PHY

भौतिकी / PHYSICS

प्रश्न-पत्र I / Paper I

निर्धारित समय : तीन घंटे
Time Allowed : Three Hours

अधिकतम अंक : 250
Maximum Marks : 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** और **अंग्रेज़ी** दोनों में छपे हुए 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 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 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 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 ।

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** 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

Q1. (a) एक रॉकेट ऊर्ध्वाधर दिशा में गति v_0 से भेजा जाता है । अतः इसकी गति v, ऊँचाई h पर v_0, h, R (पृथ्वी की त्रिज्या) और g (पृथ्वी की सतह पर गुरुत्वीय त्वरण) के पदों में व्यक्त कीजिए ।

रॉकेट द्वारा प्राप्त की गई अधिकतम ऊँचाई का परिकलन भी कीजिए जो कि पलायन वेग के 90% चाल से प्रक्षेपित किया जाता है ।

A rocket starts vertically upward with speed v_0. Then define its speed v at a height h in terms of v_0, h, R (radius of Earth) and g (acceleration due to gravity on Earth's surface).

Also calculate the maximum height attained by a rocket fired with a speed of 90% of the escape velocity. *10*

(b) अर्धव्यास R और द्रव्यमान M के एक एकसमान ठोस अर्ध-गोले के द्रव्यमान केन्द्र की स्थिति उसके आधार के केन्द्र-बिन्दु से निर्धारित कीजिए ।

Determine the location of the centre of mass of a uniform solid hemisphere of radius R and mass M from the centre of its base. *10*

(c) एक 1 m लम्बी और 1 mm व्यास की रबड़ की डोरी एक सिरे पर जड़ित है और उसके दूसरे सिरे पर 1 kg का भार लटका है । यदि रबड़ का यंग गुणांक $0{\cdot}05 \times 10^{11}$ dynes cm^{-2} है, तो भार के ऊर्ध्वाधर दोलनों का आवर्तकाल ज्ञात कीजिए ।

A rubber cord 1 mm in diameter and 1 m long is fixed at one end and a weight of 1 kg is attached to the other end. If the Young's modulus of rubber is $0{\cdot}05 \times 10^{11}$ dynes cm^{-2}, then find the period of the vertical oscillations of the weight. *10*

(d) न्यूटन के वलय क्या हैं ? ये वलय दो वक्रीय तलों के द्वारा किस प्रकार बनते हैं ?

What are Newton's rings ? How are they formed by two curved surfaces ? *10*

(e) एक अवमन्दित दोलक पर एक बिन्दु के विस्थापन (X) के लिए समीकरण निम्नलिखित है :

$$x = 5\, e^{-0{\cdot}25t} \sin\left(\frac{\pi}{2}\right)t \text{ मीटर}$$

$t = \frac{T}{4}$ और T पर दोलन बिन्दु का वेग ज्ञात कीजिए, जहाँ T दोलक का आवर्तकाल है । प्रत्येक स्थिति में वेग की दिशा क्या है ?

The equation for displacement (X) of a point on a damped oscillator is given by

$$x = 5\, e^{-0{\cdot}25t} \sin\left(\frac{\pi}{2}\right)t \text{ metres.}$$

Find the velocity of oscillating point at $t = \frac{T}{4}$ and T, where T is the time period of the oscillator. What is the direction of velocity in each case ? *10*

Q2. (a) एक ठोस शंकु के जड़त्व आघूर्ण के लिए व्यंजक उसके (i) ऊर्ध्वाधर अक्ष और (ii) उसके आधार के समान्तर और शीर्ष से होकर गुज़रते हुए अक्ष के परितः प्राप्त कीजिए ।

Obtain expressions for the moment of inertia of a solid cone about its (i) vertical axis and (ii) axis passing through the vertex and parallel to its base. 20

(b) एक 5 m लम्बा और 8 cm व्यास का शैफ्ट 300 परिक्रमण प्रति मिनट की दर पर 8 kW शक्ति संचारित कर रहा है । यदि शैफ्ट के पदार्थ का दृढ़ता गुणांक 8×10^{11} dynes/cm^2 है, तो शैफ्ट के दोनों सिरों के बीच आपेक्षिक विस्थापन की गणना कीजिए ।

A shaft of diameter 8 cm and length 5 m is transmitting power of 8 kW at 300 revolutions per minute. If the coefficient of rigidity of the material of the shaft be 8×10^{11} dynes/cm^2, then calculate the relative shift between the ends of the shaft. 15

(c) दैर्ध्य (लम्बाई) संकुचन से आप क्या समझते हैं ? अपनी लम्बाई के सापेक्ष 60° के झुकाव की दिशा में 0·8 c के वेग से गतिशील एक छड़ के प्रतिशत दैर्ध्य (लम्बाई) संकुचन की गणना कीजिए ।

What do you understand by length contraction ? Calculate the percentage length contraction of a rod moving with a velocity 0·8 c in a direction inclined at 60° with respect to its own length. 15

Q3. (a) व्यतिकरण की शर्तों की चर्चा कीजिए । यंग के द्वि-स्लिट प्रयोग का वर्णन कीजिए एवं फ्रिंज की चौड़ाई अनुमानित करने के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । विभिन्न प्राचलों (पैरामीटर्स) पर उसकी निर्भरता की चर्चा कीजिए ।

एक संकीर्ण स्लिट से निकल कर 5100 Å तरंगदैर्घ्य का हरा प्रकाश एक द्वि-स्लिट पर आपतित होता है । यदि 10 फ्रिंजों का कुल अन्तराल 200 cm की दूरी पर स्थित एक पर्दे पर 2 cm है, तो स्लिट पार्थक्य (अन्तराल) ज्ञात कीजिए ।

Discuss the conditions for interference. Describe Young's double-slit experiment and derive an expression for the estimation of fringe width. Discuss its dependency on various parameters.

Green light of wavelength 5100 Å from a narrow slit is incident on a double-slit. If the overall separation of 10 fringes on a screen 200 cm away is 2 cm, find the slit separation. 20

(b) ज़ोन प्लेट क्या है ? इसका सैद्धान्तिक विवरण दीजिए । दिखाइए कि ज़ोन प्लेट के कई फोकस केन्द्र (foci) होते हैं । ज़ोन प्लेट और उत्तल लेंस में अन्तर स्पष्ट कीजिए ।

एक 60 cm फोकस दूरी के उत्तल लेंस की तरह काम करने वाली एक ज़ोन प्लेट के प्रथम अर्ध आवर्तन ज़ोन के अर्धव्यास की गणना 6000 Å तरंगदैर्घ्य के प्रकाश के लिए कीजिए ।

What is a zone plate ? Give its theoretical description. Show that a zone plate has multiple foci. Differentiate a zone plate from a convex lens.

Calculate the radius of the first half period zone in a zone plate behaving like a convex lens of focal length 60 cm for light of wavelength 6000 Å. *15*

(c) उद्दीपित उत्सर्जन की व्याख्या के लिए आइन्स्टाइन की अवधारणाओं की संक्षेप में चर्चा कीजिए । आइन्स्टाइन के A और B गुणांकों के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए और दिखाइए कि स्वतः एवं उद्दीपित उत्सर्जनों के गुणांकों का अनुपात विकिरण की आवृत्ति के घन के समानुपाती होता है । X-किरणों जैसी उच्च आवृत्तियों की रेंज में लेज़र क्रिया प्राप्त करना क्यों कठिन है ?

क्या ऐसा तापमान हो सकता है जहाँ स्वतः एवं उद्दीपित उत्सर्जनों की दरें समान हों ? इसको तरंगदैर्घ्य $\lambda = 5000$ Å के लिए समझाइए ।

Briefly discuss the postulates of Einstein to explain stimulated emission. Derive an expression for Einstein's A and B coefficients and show that the ratio of coefficients of spontaneous versus stimulated emission is proportional to the third power of frequency of radiation. Why is it difficult to achieve laser action in higher frequency ranges such as X-rays ?

Can there be a temperature at which the rates of spontaneous and stimulated emission are equal ? Illustrate with wavelength $\lambda = 5000$ Å. *15*

Q4. (a) गतिज ऊर्जा के लिए आपेक्षिकीय व्यंजक की स्थापना द्रव्यमान के वेग के साथ बदलाव को ध्यान में रखते हुए कीजिए । अतः एक आपेक्षिकीय कण के लिए संवेग (p) एवं ऊर्जा (E) के बीच संबंध $\frac{dE}{dp} = v$ को स्थापित कीजिए ।

Derive the relativistic expression for kinetic energy by considering mass variation with velocity. Hence, establish the relation between momentum (p) and energy (E) for a relativistic particle; $\frac{dE}{dp} = v$. *20*

(b) चरम मार्ग (पथ) के फ़र्मा के सिद्धांत का उल्लेख कीजिए और उसकी व्याख्या कीजिए । फ़र्मा के सिद्धांत के संदर्भ में प्रकाश के सरलरेखीय संचरण एवं प्रकाश की किरणों की उत्क्रमणीयता की चर्चा कीजिए । फ़र्मा के सिद्धांत का उपयोग करते हुए पतले लेंस (thin lens) के सूत्र की उत्पत्ति कीजिए ।

State and explain Fermat's principle of extremum path. Discuss the cases of rectilinear propagation of light and reversibility of light rays in context of Fermat's principle. Using Fermat's principle, deduce the thin lens formula. *15*

(c) कैल्साइट क्रिस्टल में द्वि-अपवर्तन की परिघटना को समझाइए । द्वि-अपवर्ती क्रिस्टल को कुचालक पदार्थ मान कर विद्युत्-चुम्बकीय सिद्धांत का उपयोग करते हुए द्वि-अपवर्तन की व्याख्या कीजिए ।

एक ऐसी द्वि-अपवर्ती प्लेट की मोटाई की गणना कीजिए जो कि साधारण एवं असाधारण तरंगों के बीच $\frac{\lambda}{4}$ का पथांतर उत्पन्न करती है ।

दिया गया है :

$$\lambda = 5890 \text{ Å}, \ \mu_0 = 1{\cdot}53, \ \mu_e = 1{\cdot}54$$

Explain the phenomenon of double refraction in calcite crystal. Considering birefringent crystal as non-conducting material, explain double refraction using electromagnetic theory.

Calculate the thickness of a double refracting plate which produces a path difference of $\frac{\lambda}{4}$ between extraordinary and ordinary waves. *15*

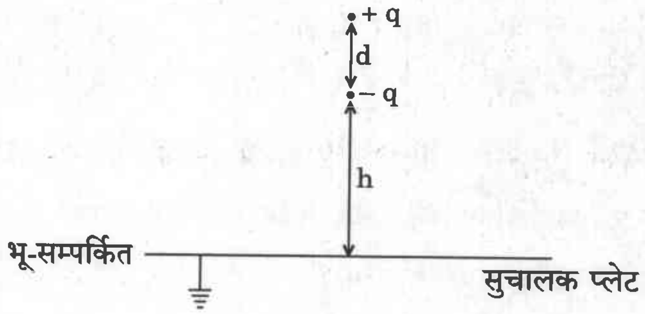
Given :

$$\lambda = 5890 \text{ Å}, \ \mu_0 = 1{\cdot}53, \ \mu_e = 1{\cdot}54$$

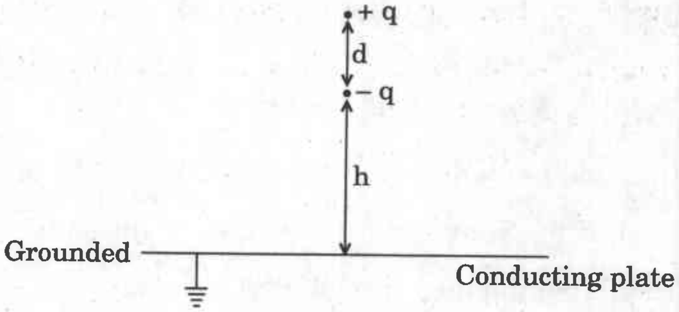
खण्ड B

SECTION B

Q5. (a) जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है, एक भू-सम्पर्कित अनन्ततः बृहत् क्षैतिज सुचालक प्लेट से h ऊँचाई पर एक ऊर्ध्वाधर दिशा में अभिविन्यासित द्विध्रुव आघूर्ण $\vec{p}$ का वैद्युत द्विध्रुव रखा है । प्रतिबिम्ब विधि का उपयोग करते हुए वैद्युत द्विध्रुव और सुचालक प्लेट के बीच बल की गणना कीजिए ।



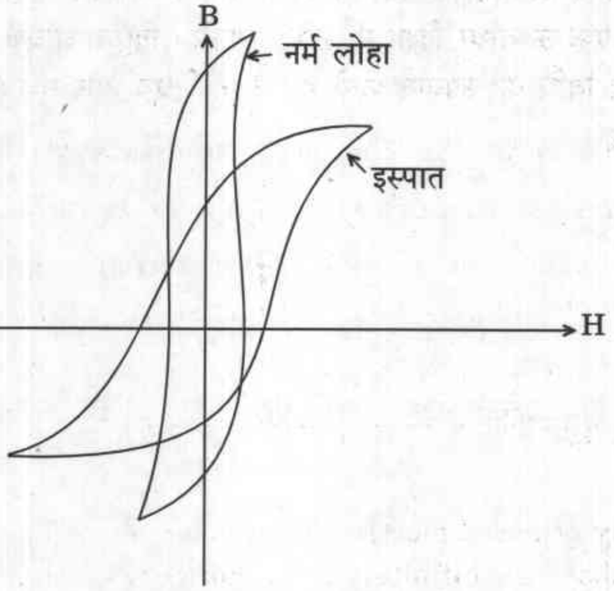
A vertically oriented electric dipole having dipole moment $\vec{p}$ is kept at height h above an infinitely large horizontal conducting plate, which is grounded as shown in the diagram. Calculate the force between the electric dipole and the conducting plate by using method of images. *10*



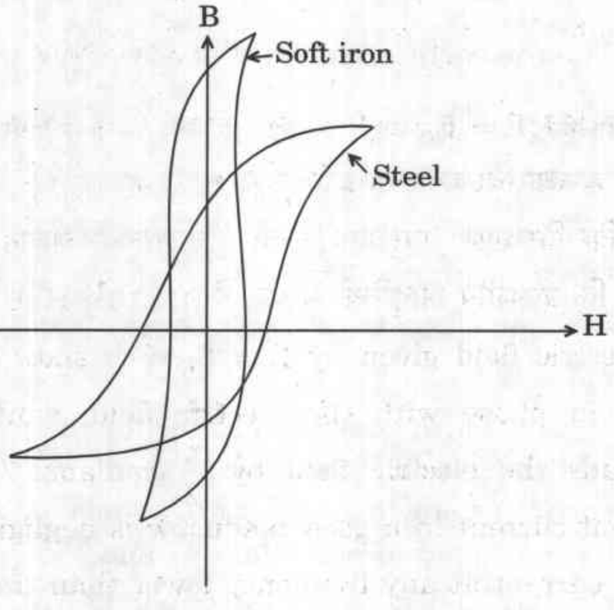
(b) दिए गए विद्युत्-क्षेत्र $E = E_0 e^{i\omega t}$ के लिए दिखाइए कि चालन धारा विद्युत्-क्षेत्र के साथ कला में होती है तथा विस्थापन धारा विद्युत्-क्षेत्र की कला से $\frac{\pi}{2}$ रेडियन आगे होती है । यह भी दिखाइए कि विस्थापन धारा एक अच्छे सुचालक में चालन धारा की तुलना में सभी आवृत्तियाँ जो कि प्रकाशीय आवृत्तियों से कम हैं ($f < 10^{15}$ Hz), पर नगण्य होती हैं ।

For the electric field given by $E = E_0 e^{i\omega t}$, show that the conduction current is in phase with the electric field, while the displacement current leads the electric field by $\frac{\pi}{2}$ radians. Also, show that the displacement current in a good conductor is negligible compared to the conduction current at any frequency lower than the optical frequencies ($f < 10^{15}$ Hz). *10*

(c) चित्र में दर्शाए गए नर्म लोहे और इस्पात के लिए शैथिल्य पाशों को आधार बनाकर बताइए कि आप कौन-से पदार्थ का उपयोग ट्रांसफॉर्मर की क्रोड को बनाने में करेंगे और क्यों ?


B
नर्म लोहा
इस्पात
H

Based on the hysteresis loops for soft iron and steel as shown in the diagram, which material would you prefer to utilise for making transformer cores and why ? *10*


B
Soft iron
Steel
H

(d) एक विसरणीय अन्तःक्रिया वाले निकाय के लिए ऊष्मागतिकी के प्रथम नियम का उल्लेख कीजिए । स्थिर आयतन पर 10 g हवा का तापक्रम 2°C बढ़ाया जाता है । उसकी आन्तरिक ऊर्जा में वृद्धि की गणना कीजिए ।

दिया गया है : $C_v = 0{\cdot}172 \text{ cal g}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

State the first law of thermodynamics for a diffusively interacting system. The temperature of 10 g of air is raised by 2°C at constant volume. Calculate the increase in its internal energy.

Given : $C_v = 0{\cdot}172 \text{ cal g}^{-1} \text{ °C}^{-1}$ *10*

(e) (i) एक ν आवृत्ति के क्वांटम आवर्ती (हार्मोनिक) दोलक के ऊर्जा स्तर इस प्रकार दिए गए हैं :

$$E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right) h\nu, \text{ जहाँ } n = 0, 1, 2, \ldots$$

इसका संवितरण फलन परिकलित कीजिए ।

The energy level of a quantum harmonic oscillator with frequency ν is given by

$$E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right) h\nu, \text{ where } n = 0, 1, 2, \ldots$$

Calculate its partition function.

(ii) एक द्वि-स्तरीय निकाय का संवितरण फलन परिकलित कीजिए ।

Calculate the partition function of a two level system. *10*

Q6. (a) स्थिर-वैद्युत क्षेत्र के लिए डाइवर्जेन्स (अपसरण) और कर्ल के व्यंजक लिखिए । इनसे प्वासों और लाप्लास समीकरणों को प्राप्त कीजिए ।

त्रिज्याओं r_1 और r_2 $(r_1 < r_2)$ की दो संकेन्द्री सुचालक गोलीय कोशों को क्रमशः V_1 और V_2 विभव पर आवेशित किया जाता है । उन दोनों कोशों के बीच अंतराल में विद्युत् विभव और अत: विद्युत्-क्षेत्र की गणना कीजिए । आन्तरिक कोश पर आवेश की मात्रा को भी ज्ञात कीजिए ।

Write expressions for divergence and curl of an electrostatic field. From these, obtain Poisson and Laplace equations.

Two concentric conducting spherical shells having radii r_1 and r_2 $(r_1 < r_2)$ are charged to potentials V_1 and V_2, respectively. What are the electric potential and hence electric field in the space between the shells ? Also find the charge on the inner shell. *15*

(b) एक आदर्श LC परिपथ में विद्युत् एवं चुम्बकीय क्षेत्रों के दोलनों का वर्णन कीजिए ।

एक परिपथ में प्रयुक्त वोल्टेज फेज़र $(4 + 3i)$ वोल्ट है और परिणामी धारा फेज़र $(3 + 4i)$ ऐम्पियर है । फेज़र चित्र को रेखांकित कीजिए । परिपथ की प्रतिबाधा ज्ञात कीजिए एवं बताइए कि यह प्रेरणिक अथवा धारिता में दोनों में से किस प्रकृति का है । परिपथ में शक्ति क्षय भी ज्ञात कीजिए ।

Describe the oscillations of electric and magnetic fields in an ideal LC circuit.

The applied voltage phasor in a circuit is $(4 + 3i)$ volt and resulting current phasor is $(3 + 4i)$ ampere. Draw the phasor diagram. Determine the impedance of the circuit and indicate whether it is inductive or capacitive in nature. Also find the power dissipation in the circuit. *15*

(c) निर्वात के लिए दिखाइए कि विद्युत्-चुम्बकीय (EM) तरंग की प्रकृति अनुप्रस्थ होती है । निर्वात हेतु दिखाइए कि किसी तल S जो कि आयतन V को घेरता है, से होकर जाने वाला कुल विद्युत्-चुम्बकीय अभिवाह (फ्लक्स), उस आयतन V से होने वाली विद्युत्-चुम्बकीय ऊर्जा के ह्रास दर के बराबर होती है ।

एक 2 mm व्यास की लेज़र पुंज की औसत शक्ति 20 GW है । लेज़र पुंज में विद्युत् और चुम्बकीय क्षेत्रों के शिखर मानों की गणना कीजिए ।

For free space show that electromagnetic (EM) wave is transverse in nature. Show that for free space, the total outward flux of EM energy through surface S bounding volume V is equal to the rate of loss of EM energy from the volume V.

A laser beam of 2 mm diameter has average power of 20 GW. Calculate the peak values of electric and magnetic fields in the laser beam. *20*

Q7. (a) निम्न तापमान प्राप्त करने के लिए रुद्धोष्म विचुंबकन प्रक्रम के सिद्धान्त की चर्चा कीजिए । रुद्धोष्म विचुंबकन द्वारा उत्पन्न एक अनुचुम्बकीय पदार्थ के तापमान में गिरावट की गणना कीजिए जिसका प्रारम्भिक ताप 3 K था और जब चुम्बकीय क्षेत्र को 10,000 ओरस्टेड से स्विच ऑफ कर शून्य कर दिया जाता है । दिया गया है : नियत चुम्बकीय क्षेत्र पर ऊष्मा धारिता = $0{\cdot}2\ \mathrm{J\ g^{-1}\ K^{-1}}$ और क्यूरी नियतांक प्रति ग्राम मोल प्रति सेमी^{3} = $0{\cdot}042\ \mathrm{erg\ K^{-1}\ g^{-1}\ Oe^{-2}}$.

Discuss the principle of adiabatic demagnetization process to achieve low temperatures.

Determine the fall in temperature produced by adiabatic demagnetization of a paramagnetic material at initial temperature of 3 K when the magnetic field is switched off from 10,000 oersted to zero. Given : heat capacity at constant magnetic field = $0{\cdot}2\ \mathrm{J\ g^{-1}\ K^{-1}}$ and Curie constant per gram mole per $\mathrm{cm^3}$ = $0{\cdot}042\ \mathrm{erg\ K^{-1}\ g^{-1}\ Oe^{-2}}$. *15*

(b) एक मुक्त कण के लिए त्रि-विमीय मैक्सवेल-बोल्ट्ज़मान बंटन से प्रारम्भ करते हुए एक कण की वर्ग-माध्य-मूल (rms) गति का व्यंजक प्राप्त कीजिए । नाइट्रोजन (N_2) अणु की कक्ष ताप (27°C) पर वर्ग-माध्य-मूल गति की गणना कीजिए ।

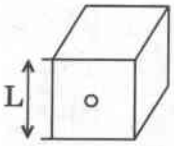
Starting from Maxwell-Boltzmann distribution for a free particle in 3-dimension, obtain the expression for root mean square (rms) speed of a particle. Calculate the rms speed of nitrogen (N_2) molecule at room temperature (27°C). *20*

(c) क्लॉसियस-क्लैपेरॉन समीकरण को प्राप्त कीजिए । इस समीकरण का उपयोग करते हुए दिखाइए कि द्रव और वाष्प प्रावस्थाओं की प्रावस्था सीमा पर p–T संबंध, $p = p_0 e^{-L/kT}$ के रूप में लिखा जा सकता है । यहाँ यह माना गया है कि गुप्त ऊष्मा L तापमान पर निर्भर नहीं करती है, वाष्प एक आदर्श गैस है और $V_{\text{वाष्प}} = V >> V_{\text{द्रव}}$ और $p \rightarrow p_0$ जबकि $T \rightarrow \infty$.

Obtain the Clausius-Clapeyron equation. Using this equation, show that for the phase boundary of the liquid and vapour phases, p–T relation can be written as $p = p_0 e^{-L/kT}$. Here it has been assumed that the latent heat L is independent of temperature, that vapour is treated as an ideal gas and that $V_{vapour} = V >> V_{liquid}$ and that $p \rightarrow p_0$ as $T \rightarrow \infty$. *15*

Q8. (a) चिरसम्मत (Classical) भौतिकी की ऐतिहासिक विफलता के पीछे एक कृष्णिका के द्वारा उत्सर्जित विद्युत्-चुम्बकीय विकिरणों को वर्णित न कर पाना है । एक आदर्श कृष्णिका के लिए सरल मॉडल मान लीजिए, जो कि एक घननुमा कोटर है, जिसकी एक भुजा L है और जिसमें एक तल पर एक सूक्ष्म छिद्र है ।

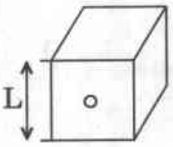
(i) चिरसम्मत ऊर्जा समविभाजन को मानते हुए औसत ऊर्जा प्रति इकाई आयतन और प्रति इकाई आवृत्ति विस्तार के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । यह परिणाम किस तरह से वास्तविक प्रेक्षण से विचलित हो रहा है ? इस नियम को क्या कहते हैं ?



(ii) प्रमात्रा (क्वान्टम) विचार को ध्यान में रखते हुए उपर्युक्त आकलन को पुनः कीजिए जिससे कि उचित प्रेक्षित स्पेक्ट्रमी ऊर्जा वितरण के लिए व्यंजक प्राप्त किया जा सके । छिद्र से कुल उत्सर्जित शक्ति की तापमान पर निर्भरता ज्ञात कीजिए ।

A historic failure of Classical Physics is its inability to describe the electromagnetic radiation emitted from a black body. Consider a simple model for an ideal black body consisting of a cubic cavity of side L with a small hole on one side.

(i) Assuming the classical equipartition of energy, derive an expression for the average energy per unit volume and unit frequency range. In what way does this result deviate from actual observation ? What is this law called ?



(ii) Repeat the calculations now using quantum idea to obtain an expression that properly accounts for the observed spectral distribution.
Find the temperature dependence of the total power emitted from the hole. *20*

(b) निर्वात में मैक्सवेल समीकरणों को अवकल एवं समाकल दोनों रूपों में लिखिए । तरंग समीकरणों को प्राप्त कीजिए एवं दिखाइए कि विद्युत्-चुम्बकीय तरंगें निर्वात में प्रकाश की गति से गतिमान हो सकती हैं । क्या मैक्सवेल समीकरणों के समाकल रूप से तरंग समीकरणों को प्राप्त किया जा सकता है ?

Write Maxwell's equations in free space in both differential and integral forms. Obtain wave equations and show that electromagnetic waves can travel in free space with a speed of light. Can one get the wave equations from the integral form of the Maxwell's equations ? *15*

(c) एक 10 Ω का प्रतिरोधक, एक $1{\cdot}0\ \mu F$ के संधारित्र और एक विद्युत्-वाहक बल $12{\cdot}0$ V की बैटरी से श्रेणीक्रम में सम्बद्ध है । समय $t = 0$ पर स्विच बन्द करने से पहले संधारित्र अनावेशित है ।

निम्नलिखित का आकलन कीजिए :

(i) समय नियतांक ।

(ii) समय $t = 46$ सेकण्ड पर प्लेटों पर अंतिम आवेश का कितना भाग है ?

(iii) समय $t = 46$ सेकण्ड पर प्रारम्भिक धारा का कितना भाग शेष रहता है ?

मान लीजिए कि बैटरी का आंतरिक प्रतिरोध शून्य है तथा सभी जुड़े हुए तारों का प्रतिरोध नगण्य है ।

A 10 Ω resistor is connected in series with a capacitor of 1·0 μF and a battery with emf 12·0 V. Before the switch is closed at time t = 0, the capacitor is uncharged.

Calculate the following :

(i) The time constant.

(ii) What fraction of the final charge is on the plates at the time t = 46 seconds ?

(iii) What fraction of the initial current remains at the time t = 46 seconds ?

Consider that the internal resistance of the battery is zero and neglect the resistance of all the connecting wires. *15*

CS (Main) Exam,2021

HXS-U-PHY

भौतिकी / PHYSICS

प्रश्न-पत्र I / Paper I

निर्धारित समय : तीन घंटे
Time Allowed : **Three** Hours

अधिकतम अंक : **250**
Maximum Marks : **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** और **अंग्रेज़ी** दोनों में छपे हुए 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 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 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 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 (क्यू.सी.ए.) 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** 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 (QCA) Booklet must be clearly struck off.

भौतिक नियतांक :

प्रकाश का वेग	$c = 3 \times 10^8$ m/s
बोल्ट्ज़मान नियतांक	$k = 1{\cdot}38 \times 10^{-23}$ J/K
प्लांक नियतांक	$h = 6{\cdot}627 \times 10^{-34}$ J.sec
मुक्त आकाश की विद्युतशीलता (परावैद्युतांक)	$\varepsilon_0 = 8{\cdot}854 \times 10^{-12}$ F/m
मुक्त आकाश की पारगम्यता	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ Henry/m
इलेक्ट्रॉन का आवेश	$1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ Coulombs
इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान	$m_e = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg
सार्वत्रिक गैस नियतांक	$R = 8{\cdot}3$ Joules/gm.mole
सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक	$G = 6{\cdot}66 \times 10^{-11}$ Nm^2/kg^2

Physical Constants :

Velocity of light	$c = 3 \times 10^8$ m/s
Boltzmann constant	$k = 1{\cdot}38 \times 10^{-23}$ J/K
Planck's constant	$h = 6{\cdot}627 \times 10^{-34}$ J.sec
Permittivity of free space	$\varepsilon_0 = 8{\cdot}854 \times 10^{-12}$ F/m
Permeability of free space	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ Henry/m
Charge of the electron	$1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ Coulombs
Mass of the electron	$m_e = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg
Universal gas constant	$R = 8{\cdot}3$ Joules/gm.mole
Universal Gravitational Constant	$G = 6{\cdot}66 \times 10^{-11}$ Nm^2/kg^2

खण्ड A

SECTION A

Q1. (a) एक कण का पथ केन्द्रीय बल क्षेत्र में $r = ke^{\alpha\theta}$ से वर्णित किया जाता है, जहाँ कि k और α नियतांक हैं । यदि कण का द्रव्यमान m है, तो बल का नियम ज्ञात कीजिए ।

A particle moving in a central force field describes the path $r = ke^{\alpha\theta}$, where k and α are constants. If the mass of the particle is m, find the law of force. *10*

(b) एक 1·0 mm व्यास और 20 cm लम्बाई वाली केशिकीय नलिका एक बर्तन, जिसमें 8×10^2 kg/m^3 घनत्व का ऐल्कोहॉल भरा है, से क्षैतिज दिशा में जुड़ी है । केशिकीय नलिका के केन्द्र की गहराई ऐल्कोहॉल के पृष्ठ से 40 cm नीचे है । 10 मिनट में केशिकीय नलिका से बहने वाले ऐल्कोहॉल की मात्रा ज्ञात कीजिए । ऐल्कोहॉल का श्यानता गुणांक 0·0012 Ns/m^2 है ।

A capillary tube having 1·0 mm diameter, 20 cm in length is fitted horizontally to a vessel in which alcohol is kept fully up to the neck. Density of alcohol is 8×10^2 kg/m^3. The depth of the centre of the capillary tube below the surface of alcohol is 40 cm. Find the amount of alcohol that will flow out of the capillary tube in 10 minutes. Coefficient of viscosity of alcohol is 0·0012 Ns/m^2. *10*

(c) एक प्रेक्षक दो विस्फोट देखता है, पहला जो कि उसके पास किसी समय पर होता है तथा दूसरा जो कि 2·0 ms बाद 100 km दूर होता है । एक दूसरा प्रेक्षक पाता है कि दोनों विस्फोट एक ही स्थान पर होते हैं । दूसरे प्रेक्षक के लिए विस्फोटों का समय अन्तराल क्या होगा ?

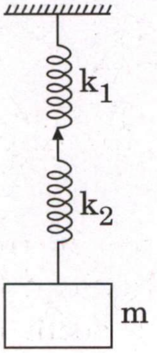
An observer detects two explosions, one that occurs near him at a certain time and another that occurs 2·0 ms later 100 km away. Another observer finds that the two explosions occur at the same place. What time interval separates the explosions to the second observer ? *10*

(d) 9×10^{-6} cm पतले पेट्रोल की परत (फ़िल्म) को लम्बवत् दिशा से 30° कोण पर देखा जाता है । परावर्तित प्रकाश के उन तरंगदैर्ध्य(यों) को ज्ञात कीजिए जो कि दृश्य वर्णक्रम (स्पेक्ट्रम) में आते हैं । पेट्रोल की परत (फ़िल्म) का अपवर्तनांक $\mu = 1{\cdot}35$ है ।

A thin film of petrol of thickness 9×10^{-6} cm is viewed at an angle 30° to the normal. Find the wavelength(s) of light in visible spectrum which can be viewed in the reflected light. The refractive index of the film $\mu = 1{\cdot}35$. *10*

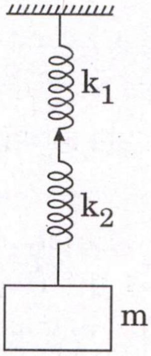
(e) चित्र में दर्शाए अनुसार एक द्रव्यमान m, दो स्प्रिंगों जिनका बल नियतांक k_1 और k_2 है, से लटकाया गया है । द्रव्यमान m को ऊर्ध्वाधर दिशा में नीचे की तरफ थोड़ा-सा विस्थापित करके छोड़ दिया जाता है । यदि किसी समय t पर द्रव्यमान m का विस्थापन x हो, तो दिखाइए कि द्रव्यमान की गति सरल आवर्त गति है जिसकी आवृत्ति

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{m}\left(\frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}\right)} \text{ है ।}$$



A mass m is suspended by two springs having force constants k_1 and k_2 as shown in the figure. The mass m is displaced vertically downward and then released. If at any instant t, the displacement of the mass m is x, then show that the motion of the mass is simple harmonic motion having frequency *10*

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{m}\left(\frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}\right)}.$$



Q2. (a) एक द्रव्यमान m का पिण्ड, जो कि स्थिर अवस्था में है, एक विस्फोट के दौरान दो भागों m_1 और m_2 द्रव्यमानों के दो पिण्डों में विभाजित हो जाता है । विभाजन के बाद दोनों पिण्ड कुल गतिज ऊर्जा T के साथ विपरीत दिशाओं में गति करते हैं । दिखाइए कि दोनों की आपेक्षिक चाल $\sqrt{2Tm/m_1m_2}$ है ।

A body of mass m at rest splits into two masses m_1 and m_2 by an explosion. After the split the bodies move with a total kinetic energy T in opposite direction. Show that their relative speed is $\sqrt{2Tm/m_1m_2}$. *15*

(b) 100 cm लम्बाई के एक हल्के छड़ को दोनों किनारों पर समान लम्बाई के दो ऊर्ध्वाधर तारों से बाँधकर छत से क्षैतिज दिशा में लटकाया गया है । एक तार इस्पात से बना है जिसका अनुप्रस्थ-परिच्छेद 0·05 sq. cm है तथा दूसरा तार ब्रास (पीतल) का बना है जिसका अनुप्रस्थ-परिच्छेद 0·1 sq. cm है । छड़ पर उस स्थान को ज्ञात कीजिए जहाँ पर एक भार को लटकाया जा सके जिससे कि दोनों तारों में

(i) बराबर प्रतिबल,

(ii) बराबर विकृति

उत्पन्न किया जा सके ।

ब्रास (पीतल) और इस्पात के यंग के प्रत्यास्थता गुणांक क्रमशः $1{\cdot}0 \times 10^{11}$ N/m^2 और $2{\cdot}0 \times 10^{11}$ N/m^2 हैं ।

A light rod of length 100 cm is suspended from the ceiling, horizontally by means of two vertical wires of equal length tied to its ends. One of the wires is made of steel and its cross-section is 0·05 sq. cm and the other is of brass of cross-section 0·1 sq. cm. Find the position along the rod at which a weight may be hung to produce

(i) Equal stresses in both the wires,

(ii) Equal strain in both the wires.

Young's modulus of elasticity of brass and steel are $1{\cdot}0 \times 10^{11}$ N/m^2 and $2{\cdot}0 \times 10^{11}$ N/m^2 respectively. 15

(c) दिखाइए कि दो ऊर्ध्वाधर झिरियों से होने वाले फ्राउनहोफर विवर्तन की परिघटना दो पदों, जैसे कि द्वि-झिरी से व्यतिकरण और एकल झिरी से विवर्तन का मॉडुलन होता है । अधिकतम और न्यूनतम मान की स्थितियों की शर्त प्राप्त कीजिए ।

Show that the phenomenon of Fraunhofer diffraction at two vertical slits is modulation of two terms viz. double slit interference and single slit diffraction. Obtain the condition for positions of maxima and minima. 20

Q3. (a) एक स्टेप-इंडेक्स ऑप्टिकल फाइबर निकाय में स्पन्द (पल्स) प्रकीर्णन और पदार्थ प्रकीर्णन पदों को समझाइए ।

एक ऑप्टिकल फाइबर, जिसके कोर और क्लैडिंग पदार्थ का अपवर्तनांक क्रमशः $n_1 = 1{\cdot}463$ और $n_2 = 1{\cdot}444$ है, एक लेसर डायोड, जिसका $\lambda_0 = 1{\cdot}50\ \mu m$ और स्पेक्ट्रल चौड़ाई 2 nm, का उपयोग करता है । इस तरंगदैर्ध्य पर यदि पदार्थ का प्रकीर्णन गुणांक $D_m = 18{\cdot}23$ ps/km.nm है, तो 1 km लम्बे फाइबर के लिए स्पन्द (पल्स) प्रकीर्णन और पदार्थ प्रकीर्णन की गणना कीजिए ।

In a step-index optical fiber system, explain the terms pulse dispersion and material dispersion.

An optical fiber having refractive indices of core and cladding $n_1 = 1{\cdot}463$ and $n_2 = 1{\cdot}444$ respectively, uses a Laser diode with $\lambda_0 = 1{\cdot}50\ \mu m$ with a spectral width of 2 nm. At this wavelength if the material dispersion coefficient, D_m is 18·23 ps/km.nm, then calculate the pulse dispersion and material dispersion for 1 km length of the fiber. 20

(b) वर्ण विपथन क्या है ? दो एक-दूसरे से सटे हुए पतले लेंसों को उपयोग में लाते हुए अवर्णकता की शर्त को प्राप्त कीजिए । यदि दोनों लेंस एक ही पदार्थ के बने हों, तो क्या यह निकाय अवर्णक द्विक की तरह कार्य कर सकता है ? अपने उत्तर का औचित्य बताइए ।

What is chromatic aberration ? Obtain the condition for achromatism using combination of two thin lenses placed in contact to each other. Can this system work as achromatic doublet if both are of same material ? Justify your answer. 15

(c) (i) एक प्रोटॉन के द्रव्यमान और संवेग की गणना कीजिए जिसका स्थिर द्रव्यमान $1{\cdot}67 \times 10^{-27}$ kg है तथा यह 0·8c के वेग से गति कर रहा है, जहाँ c प्रकाश की गति है । यदि यह प्रोटॉन एक स्थिर नाभिक जिसका द्रव्यमान $5{\cdot}0 \times 10^{-26}$ kg है, से टकराता है और उससे चिपक जाता है, तो परिणामी कण का वेग ज्ञात कीजिए ।

(ii) एक कण के द्रव्यमान की गणना कीजिए जिसकी गतिज ऊर्जा उसकी कुल ऊर्जा की आधी है । कण जिस वेग से गति कर रहा है उस वेग को ज्ञात कीजिए ।

(i) Calculate the mass and momentum of a proton of rest mass $1{\cdot}67 \times 10^{-27}$ kg moving with a velocity of 0·8c, where c is the velocity of light. If it collides and sticks to a stationary nucleus of mass $5{\cdot}0 \times 10^{-26}$ kg, find the velocity of the resultant particle.

(ii) Calculate the mass of the particle whose kinetic energy is half of its total energy. Find the velocity with which the particle is travelling. *8+7*

Q4. (a) (i) एक अक्ष के चारों तरफ घूर्णन करते हुए एक द्रव्यमान M के लिए जड़त्व आघूर्ण और परिभ्रमण त्रिज्या को परिभाषित कीजिए । जड़त्व आघूर्ण के समान्तर अक्ष प्रमेय का उल्लेख कीजिए और इसे सिद्ध कीजिए ।

(ii) एक 0·5 kg द्रव्यमान का गोला चिकने पृष्ठ पर बिना फिसले 3·0 m/s के एकसमान वेग से लुढ़क रहा है । इसकी कुल गतिज ऊर्जा की गणना कीजिए ।

(i) Define moment of inertia and radius of gyration of a body of mass M rotating about an axis. State and prove Parallel Axis theorem on moment of inertia.

(ii) A sphere of mass 0·5 kg rolls on a smooth surface without slipping with a constant velocity of 3·0 m/s. Calculate its total kinetic energy. *15+5*

(b) पृथ्वी की त्रिज्या $6{\cdot}4 \times 10^{6}$ m है, इसका माध्य घनत्व $5{\cdot}5 \times 10^{3}$ kg/m^3 और सर्वभौम (सार्वत्रिक) गुरुत्वीय नियतांक $6{\cdot}66 \times 10^{-11}$ Nm^2/kg^2 है । पृथ्वी के पृष्ठ पर गुरुत्वाकर्षण विभव की गणना कीजिए ।

The radius of the Earth is $6{\cdot}4 \times 10^{6}$ m, its mean density is $5{\cdot}5 \times 10^{3}$ kg/m^3 and the universal gravitational constant is $6{\cdot}66 \times 10^{-11}$ Nm^2/kg^2. Calculate the gravitational potential on the surface of the Earth. *10*

(c) अवमंदित संनादी (हार्मोनिक) दोलन क्या है ? इस दोलन गति के लिए समीकरण लिखिए और उसका सर्वमान्य हल प्राप्त कीजिए । सर्वमान्य हल पर आधारित रुद्ध विस्पंदन क्रांतिक अवमंदन और दोलन गति की चर्चा कीजिए ।

एक अवमंदित दोलनी निकाय का लघुगणकीय अपक्षय क्या होगा यदि इसका प्रारम्भिक आयाम 30 cm है जो कि पूरे 20 दोलन के बाद 3 cm हो जाता है ?

What is damped harmonic oscillation ? Write the equation of motion and obtain the general solution for this oscillation. Discuss the cases of dead beat, critical damping and oscillatory motion based on the general solution.

What would be the logarithmic decrement of the damped vibrating system, if it has an initial amplitude 30 cm, which reduces to 3 cm after 20 complete oscillations ? 20

खण्ड B

SECTION B

Q5. (a) एक आवेशों के तंत्र का वैद्युत विभव $V = \frac{12}{r^2} + \frac{1}{r^3}$ वोल्ट से दिया गया है । कार्तीय निर्देशांक (4, 2, 3) m पर स्थित बिन्दु के लिए वैद्युत क्षेत्र सदिश की गणना कीजिए ।

Given that the electric potential of a system of charges is $V = \frac{12}{r^2} + \frac{1}{r^3}$ volt. Calculate the electric field vector at the Cartesian point (4, 2, 3) m. *10*

(b) आठ अविभेदित गेंदों को छः विभेदित डिब्बों में रखना है । इस बात की गणना कीजिए कि उपर्युक्त कार्य को कुल कितनी विधियों से कर सकते हैं ।

Eight indistinguishable balls are to be arranged in six distinguishable boxes. Calculate the total number of ways in which the above can be done. *10*

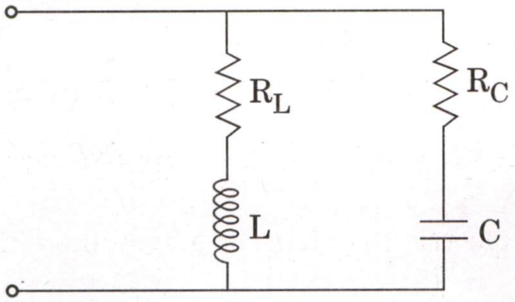
(c) l लम्बाई की एक छड़ एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र B के लम्बवत् है । यह छड़ अपने एक सिरे से गुज़रते हुए तथा चुम्बकीय क्षेत्र B के समान्तर अक्ष के चारों तरफ कोणीय चाल ω से घूर्णन कर रही है । छड़ के सिरों के आर-पार प्रेरित वोल्टता ज्ञात कीजिए ।

A rod of length l is perpendicular to a uniform magnetic field B. The rod revolves at an angular speed ω about an axis passing through one end of the rod and parallel to the magnetic field B. Find the voltage induced across the rod's ends. *10*

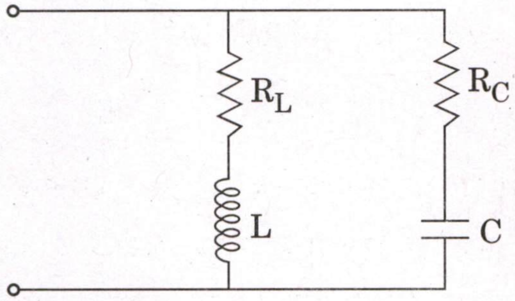
(d) CO_2 के क्रांतिक नियतांक की गणना कीजिए जिसके लिए वान्डर वाल्स नियतांक a = 0·0072 और b = 0·002 दिया गया है । CO_2 के लिए बॉयल ताप की भी गणना कीजिए । दाब का मात्रक (इकाई) वायुमंडल (atmosphere) और आयतन का मात्रक (इकाई) NTP पर गैस के एक gm-mole के समान है ।

Calculate the critical constants for CO_2 for which the Van der Waals constants are given by a = 0·0072 and b = 0·002. Also calculate the Boyle's temperature of CO_2. The unit of pressure is atmosphere and the unit of volume is that of a gm-mole of the gas at NTP. *10*

(e) चित्र में दिए गए द्वि-शाखी समान्तर परिपथ के लिए अनुनाद आवृत्ति की गणना कीजिए ।



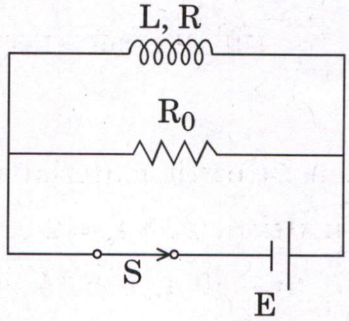
Consider the two branch parallel circuit shown in the diagram. Determine the resonant frequency of the circuit. *10*



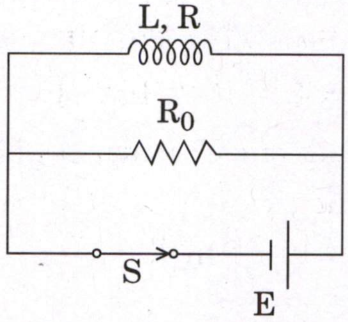
Q6. (a) एक जड़त्वीय संदर्भ फ्रेम S में एकसमान तीव्रता का वैद्युत क्षेत्र $\vec{E} = 8\ \text{kVm}^{-1}$ विद्यमान है । $\vec{E}'$ और $\vec{B}'$ का परिमाण दूसरे जड़त्वीय संदर्भ फ्रेम S′ में ज्ञात कीजिए जो कि S फ्रेम के सापेक्ष एकसमान वेग $\vec{v}$ से तथा सदिश $\vec{E}$ क्षेत्र से $\alpha = 45°$ के कोण पर गति कर रहा है । फ्रेम S′ का वेग प्रकाश के वेग c का 0·6 गुना है ।

In an inertial reference frame S there is only a uniform electric field $\vec{E} = 8\ \text{kVm}^{-1}$. Find the magnitude of $\vec{E}'$ and $\vec{B}'$ in the inertial reference frame S′ moving with a constant velocity $\vec{v}$ relative to the frame S at an angle $\alpha = 45°$ to the vector $\vec{E}$. The velocity of the frame S′ is 0·6 times the velocity of light c. *20*

(b) दिए गए परिपथ में $L = 2{\cdot}0\ \mu H$, $R = 1{\cdot}0\ \Omega$, $R_0 = 2{\cdot}0\ \Omega$ और $E = 3{\cdot}0$ V है । जब परिपथ के कुंजी S को भंग कर दिया जाता है, तो कुंडली में उत्पन्न ऊष्मा की मात्रा ज्ञात कीजिए । स्रोत का आन्तरिक प्रतिरोध नगण्य है ।



In the given circuit, $L = 2{\cdot}0\ \mu H$, $R = 1{\cdot}0\ \Omega$, $R_0 = 2{\cdot}0\ \Omega$ and $E = 3{\cdot}0$ V. Find the amount of heat generated in the coil after the switch S is disconnected. The internal resistance of the source is negligible. *10*



(c) आदर्श गैस के लिए निम्नलिखित ऊष्मागतिक प्रक्रियाओं के अभिलक्षणों की व्याख्या कीजिए :

(i) समतापी प्रक्रिया

(ii) रुद्धोष्म प्रक्रिया

(iii) समदाबी प्रक्रिया

(iv) समआयतनिक प्रक्रिया

उपर्युक्त प्रक्रियाओं के दौरान गैस के द्वारा किए गए कार्य का व्यंजक प्राप्त कीजिए ।

Explain the characteristics of the following thermodynamic processes for a perfect gas :

(i) Isothermal process

(ii) Adiabatic process

(iii) Isobaric process

(iv) Isochoric process

Obtain the expression for the work done by the gas during the above processes. *20*

Q7. (a) क्षेत्र 1, $z < 0$ परावैद्युत पदार्थ $\varepsilon_r = 3{\cdot}2$ का बना है और क्षेत्र 2, $z > 0$ परावैद्युत पदार्थ $\varepsilon_r = 2{\cdot}0$ का है । मान लीजिए कि विस्थापन सदिश क्षेत्र 1 में $\vec{D_1} = -30\, a_x + 50\, a_y + 70\, a_z\ \text{nCm}^{-2}$ है । मान लीजिए कि अन्तरापृष्ठ आवेश घनत्व शून्य है । क्षेत्र 2 में $\vec{D_2}$ और $\vec{P_2}$ ज्ञात कीजिए, जहाँ $\vec{P_2}$ क्षेत्र 2 में वैद्युत ध्रुवण सदिश है ।

A region 1, $z < 0$, has a dielectric material with $\varepsilon_r = 3{\cdot}2$ and a region 2, $z > 0$ has a dielectric material with $\varepsilon_r = 2{\cdot}0$. Let the displacement vector in the region 1 be, $\vec{D_1} = -30\, a_x + 50\, a_y + 70\, a_z\ \text{nCm}^{-2}$. Assume the interface charge density is zero. Find in the region 2, the $\vec{D_2}$ and $\vec{P_2}$, where $\vec{P_2}$ is the electric polarization vector in the region 2. *20*

(b) एक सुचालक, जिसका $\sigma = 5{\cdot}8 \times 10^7\ \text{Sm}^{-1}$ है, पर 1 MHz की विद्युत्-चुम्बकीय तरंगें आपतित होती हैं । इस सुचालक के लिए त्वचा गहराई की गणना कीजिए । मान लीजिए कि सुचालक के अन्दर $\mu = \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ \text{Hm}^{-1}$ है ।

Calculate the skin depth of electromagnetic waves of 1 MHz incident on a good conductor having $\sigma = 5{\cdot}8 \times 10^7\ \text{Sm}^{-1}$. Assume that inside the conductor $\mu = \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ \text{Hm}^{-1}$. *10*

(c) सौर विकिरण का वर्णक्रम (स्पेक्ट्रल) संयोजन एक कृष्णिका विकिरक के समान है जिसके अधिकतम उत्सर्जन का तरंगदैर्ध्य $0{\cdot}48\ \mu\text{m}$ है । विकिरण के कारण सूर्य की द्रव्यमान क्षति प्रति सेकण्ड ज्ञात कीजिए । उस समय अंतराल की गणना कीजिए जिसमें सूर्य का द्रव्यमान 1% घट जाता है ।

दिया गया है : स्टीफेन बोल्ट्ज़मान नियतांक $= 5{\cdot}669 \times 10^{-8}\ \text{W m}^{-2}\ \text{K}^{-4}$, सूर्य की त्रिज्या $= 6{\cdot}957 \times 10^8$ m, सूर्य के पृष्ठ का ताप $= 5772$ K और सूर्य का द्रव्यमान $1{\cdot}9885 \times 10^{30}$ kg है ।

The spectral composition of solar radiation is similar to that of a black body radiator whose maximum emission corresponds to the wavelength $0{\cdot}48\ \mu\text{m}$. Find the mass lost by the Sun every second due to radiation. Evaluate the time interval during which the mass of the Sun reduces by 1 per cent.

Given : Stefan Boltzmann constant $= 5{\cdot}669 \times 10^{-8}\ \text{W m}^{-2}\ \text{K}^{-4}$, radius of the Sun $= 6{\cdot}957 \times 10^8$ m, surface temperature of the Sun $= 5772$ K and mass of the Sun is $1{\cdot}9885 \times 10^{30}$ kg. *20*

Q8. (a) (i) टिन का गलनांक 232°C है, इसके संगलन की गुप्त ऊष्मा 14 cal/g है और ठोस टिन और गलित टिन की विशिष्ट ऊष्मा क्रमशः 0·055 और 0·064 cal/g °C हैं । 1·0 gm टिन को 100°C से 300°C तक गर्म करने में एन्ट्रोपी में हुए परिवर्तन की गणना कीजिए ।

(ii) एक इंजन की दक्षता की गणना कीजिए जिसका संपीडन अनुपात 13·8 है तथा प्रसार अनुपात 6 है । यह इंजन डीज़ल साइकिल पर काम करता है । दिया गया है $\gamma = 1{\cdot}4$.

(i) The melting point of tin is 232°C, its latent heat of fusion is 14 cal/g and the specific heat of solid and molten tin are 0·055 and 0·064 cal/g °C respectively. Calculate the change in entropy when 1·0 gm of tin is heated from 100°C to 300°C.

(ii) Calculate the efficiency of an engine having compression ratio 13·8 and expansion ratio 6 and working on diesel cycle. Given $\gamma = 1{\cdot}4$. *10+5*

(b) (i) फर्मी-डिराक वितरण के लिए व्यंजक लिखिए । $T = 0$ और $T_1 > T_2 > 0$ के लिए फर्मी-डिराक वितरण को आरेखित कीजिए । इस आरेखण से फर्मी स्तर की दो विकल्पित परिभाषाएँ प्रस्तावित कीजिए ।

(ii) $T = 300$ K पर एक इलेक्ट्रॉन को फर्मी स्तर से 0·02 eV ऊपर ऊर्जा स्तर पर पाए जाने की प्रायिकता की गणना कीजिए ।

(i) Write the expression for the Fermi-Dirac distribution. Plot the Fermi-Dirac distribution at $T = 0$ and for $T_1 > T_2 > 0$. Now from the plot propose two alternative definitions of the Fermi level.

(ii) Calculate the probability of an electron occupying an energy level 0·02 eV above the Fermi level at $T = 300$ K. *15+5*

(c) y-अक्ष के समान्तर तथा बिन्दु (3, 0, 4) m से जाने वाले एक अपरिमित रेखीय आवेश का आवेश घनत्व 2 nCm^{-1} है तथा x-y तल के समान्तर एवं बिन्दु (0, 0, 6) m से जाने वाले एक अपरिमित आवेश तल (शीट) का आवेश घनत्व 4 nCm^{-2} है । बिन्दु (10, 10, 10) m पर वैद्युत क्षेत्र की तीव्रता की गणना कीजिए । मुक्त आकाश की स्थिति मान लीजिए ।

Given an infinite line charge of charge density 2 nCm^{-1} parallel to the y-axis and passing through the point (3, 0, 4) m and an infinite sheet of charge of charge density 4 nCm^{-2} parallel to the x-y plane and passing through the point (0, 0, 6) m. Calculate the electric field intensity at the point (10, 10, 10) m. Assume free space. *15*

CIVIL SERVICES (MAIN) EXAM-2022

CRNA–F–PHY

भौतिकी (प्रश्न-पत्र–I)

निर्धारित समय : तीन घण्टे

अधिकतम अंक : 250

प्रश्न-पत्र सम्बन्धी विशेष अनुदेश

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

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

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.

भौतिक नियतांक

प्रकाश का वेग (c) $= 3 \times 10^{8}$ m/s

बोल्ट्ज़मान नियतांक (k) $= 1{\cdot}38 \times 10^{-23}$ J/K

प्लांक नियतांक (h) $= 6{\cdot}627 \times 10^{-34}$ J s

मुक्त आकाश की विद्युत्शीलता (परावैद्युतांक) (ε_0) $= 8{\cdot}854 \times 10^{-12}$ F/m

मुक्त आकाश की पारगम्यता (μ_0) $= 4\pi \times 10^{-7}$ H/m

इलेक्ट्रॉन का आवेश (e) $= 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ C

इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान (m_e) $= 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg

सार्वत्रिक गैस नियतांक (R) $= 8{\cdot}3$ J/gm mole/K

सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक (G) $= 6{\cdot}66 \times 10^{-11}\ \mathrm{N\,m^2/kg^2}$

Physical Constants

Velocity of light (c) $= 3 \times 10^{8}$ m/s

Boltzmann constant (k) $= 1{\cdot}38 \times 10^{-23}$ J/K

Planck constant (h) $= 6{\cdot}627 \times 10^{-34}$ J s

Permittivity of free space (ε_0) $= 8{\cdot}854 \times 10^{-12}$ F/m

Permeability of free space (μ_0) $= 4\pi \times 10^{-7}$ H/m

Charge of electron (e) $= 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ C

Mass of electron (m_e) $= 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg

Universal gas constant (R) $= 8{\cdot}3$ J/gm mole/K

Universal gravitational constant (G) $= 6{\cdot}66 \times 10^{-11}\ \mathrm{N\,m^2/kg^2}$

खण्ड—A / SECTION—A

1. *(a)* एक इलेक्ट्रॉन, परमाणु क्रमांक Z के बिंदु नाभिक के प्रभाव में गतिमान है। दर्शाइए कि इलेक्ट्रॉन की कक्षा एक दीर्घवृत्त है।

An electron is moving under the influence of a point nucleus of atomic number Z. Show that the orbit of the electron is an ellipse. 10

(b) दर्शाइए कि ऊर्जा-संरक्षी सरल आवर्त कम्पन तंत्रों की औसत गतिज और स्थितिज ऊर्जा बराबर हैं।

Show that the mean kinetic and potential energies of non-dissipative simple harmonic vibrating systems are equal. 10

(c) एक रेलवे प्लेटफॉर्म पर एक प्रेक्षक ने देखा कि जैसे ही एक ट्रेन स्टेशन से 108 km/hr की गति से गुजरती है, सीटी की आवृत्ति में 350 Hz की कमी प्रतीत होने लगती है। सीटी की आवृत्ति ज्ञात कीजिए। (वायु में ध्वनि का वेग = 380 m s^{-1})

An observer on a railway platform observed that as a train passed through the station at 108 km/hr, the frequency of the whistle appeared to drop by 350 Hz. Find the frequency of the whistle. (Velocity of sound in air = 380 m s^{-1}) 10

(d) दर्शाइए कि बहुत कम वेग के लिए गतिज ऊर्जा का समीकरण $K = \Delta mc^2$, $K = \frac{1}{2} m_0 v^2$ हो जाता है, जहाँ संकेतों का अपना सामान्य अर्थ होता है।

Show that for very small velocity, the equation for kinetic energy, $K = \Delta mc^2$ becomes $K = \frac{1}{2} m_0 v^2$, where notations have their usual meanings. 10

(e) क्वाट्‌र्ज की एक कला मंदन प्लेट की मोटाई 0·1436 mm है। दृश्य क्षेत्र में किस तरंगदैर्घ्य के लिए यह एक-चौथाई तरंग प्लेट के रूप में कार्य करेगी? दिया गया है, $\mu_O = 1{\cdot}5443$ और $\mu_E = 1{\cdot}5533$.

A phase retardation plate of quartz has thickness 0·1436 mm. For what wavelength in the visible region will it act as quarter-wave plate? Given that $\mu_O = 1{\cdot}5443$ and $\mu_E = 1{\cdot}5533$. 10

2. *(a)* दो निर्देश तंत्र S और S' हैं, जिनका उभयनिष्ठ मूलबिंदु O है। S' तंत्र एकसमान $\vec{\omega} = 3a_x$ rad s^{-1} से स्थिर तंत्र S के सापेक्ष घूम रहा है। स्थिति सदिश $\vec{r} = 7a_x + 4a_y$ m पर इकाई द्रव्यमान का एक प्रक्षेप्य $\vec{v} = 14a_y$ m s^{-1} के साथ गतिमान है। घूर्णन तंत्र S' में प्रक्षेप्य पर निम्नलिखित बलों की गणना कीजिए :

(i) ऑयलर बल

(ii) कॉरिऑलिस बल

(iii) अपकेंद्री बल

Consider two frames of reference S and S' having a common origin O. The frame S' is rotating with respect to the fixed frame S with a uniform $\vec{\omega} = 3a_x$ rad s^{-1}. A projectile of unit mass at position vector $\vec{r} = 7a_x + 4a_y$ m is moving with $\vec{v} = 14a_y$ m s^{-1}. Calculate in the rotating frame S' the following forces on the projectile :

(i) Euler's force

(ii) Coriolis force

(iii) Centrifugal force 15

(b) द्रव्यमान m_1 का एक कण P, विरामावस्था में स्थित द्रव्यमान m_2 के दूसरे कण Q से टकराता है। कण P और Q, P की प्रारम्भिक दिशा के सापेक्ष क्रमशः कोण θ और ϕ पर प्रगमन करते हैं। θ के अधिकतम मान के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

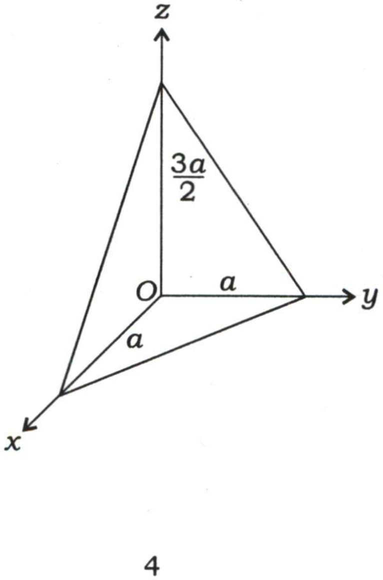
A particle P of mass m_1 collides with another particle Q of mass m_2 at rest. The particles P and Q travel at angles θ and ϕ, respectively, with respect to the initial direction of P. Derive the expression for the maximum value of θ. 15

(c) मोटे लेंस का तंत्र आव्यूह ज्ञात कीजिए और पतले लेंस का सूत्र प्राप्त कीजिए।

Obtain the system matrix for a thick lens and derive the thin lens formula. 20

3. *(a)* एक समांगी समत्रिकोणीय पिरामिड, जिसका आधार पार्श्व a और जिसकी ऊँचाई $\frac{3a}{2}$ है, नीचे चित्र में दिखाया गया है। पिरामिड का जड़त्व-आघूर्ण प्रदिश (टेन्सर) ज्ञात कीजिए :

A homogeneous right triangular pyramid with the base side a and height $\frac{3a}{2}$ is shown below. Obtain the moment of inertia tensor of the pyramid :



20

(b) न्यूटन के वलय (रिंग) 100 cm वक्रता-त्रिज्या की एक गोलाकार सतह और समतल काँच की प्लेट के मध्य देखे जाते हैं। 4वें और 15वें दीप्त वलयों के व्यास क्रमशः 0·314 cm और 0·574 cm हैं। 24वें और 36वें दीप्त वलयों के व्यास और प्रयुक्त प्रकाश के तरंगदैर्ध्य की गणना कीजिए।

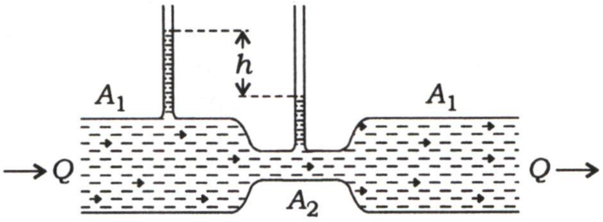
Newton's rings are observed between a spherical surface of radius of curvature 100 cm and a plane glass plate. The diameters of 4th and 15th bright rings are 0·314 cm and 0·574 cm, respectively. Calculate the diameters of 24th and 36th bright rings and also the wavelength of light used. 15

(c) He-Ne लेज़र में He गैस की क्या भूमिका है? He-Ne लेज़र के लिए ऊर्जा स्तर आरेख की सहायता से उत्तर स्पष्ट कीजिए।

In He-Ne laser, what is the function of He gas? Explain the answer with the help of energy level diagram for He-Ne laser. 15

4. *(a)* नीचे दिए गए आरेख पर विचार कीजिए, जिसमें Q जल-प्रवाह दर है। दाबमापी (मैनोमीटर) की ऊँचाइयों में अन्तर h तथा अनुप्रस्थ-काट क्षेत्रफलों A_1 और A_2 के सापेक्ष Q के मान के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए :

Consider the diagram below with a water flow rate Q. Derive the expression for Q in terms of the difference in the manometer heights h and the cross-section areas A_1 and A_2 :



15

(b) एकल स्लिट फ्रॉनहोफर विवर्तन की परिघटना पर चर्चा कीजिए और दर्शाइए कि क्रमिक उच्चिष्ठ की तीव्रताओं का लगभग अनुपात है

$$1 : \frac{4}{9\pi^2} : \frac{4}{25\pi^2} : \frac{4}{49\pi^2}$$

Discuss the phenomenon of Fraunhofer diffraction at a single slit and show that the intensities of successive maxima are nearly in the ratio

$$1 : \frac{4}{9\pi^2} : \frac{4}{25\pi^2} : \frac{4}{49\pi^2}$$

20

(c) दो अंतरिक्ष-यान एक-दूसरे के पास पहुँच रहे हैं। पृथ्वी पर एक स्थिर प्रेक्षक द्वारा मापा जाता है कि दोनों एक ही गति से गतिमान हैं। उनकी सापेक्ष गति $0{\cdot}7c$ है। पृथ्वी पर स्थिर प्रेक्षक द्वारा मापे गए प्रत्येक अंतरिक्ष-यान के वेग का निर्धारण कीजिए।

Two spaceships approach each other, both moving with same speed as measured by a stationary observer on the Earth. Their relative speed is $0{\cdot}7c$. Determine the velocity of each spaceship as measured by the stationary observer on the Earth. 15

खण्ड—B / SECTION—B

5. *(a)* मान लीजिए कि पृथ्वी का वायुमंडल 300 K के तापमान पर ऊष्मागतिक साम्य में शुद्ध नाइट्रोजन है। समुद्र-तल से ऊँचाई की गणना कीजिए जिस पर वायुमंडल का घनत्व उसके समुद्र-तल मान का आधा है। (N_2 का आणविक भार 28 gm/mole है)

Assume that the Earth's atmosphere is pure nitrogen in thermodynamic equilibrium at a temperature of 300 K. Calculate the height above sea level at which the density of the atmosphere is one-half its sea level value. (Molecular weight of N_2 is 28 gm/mole) 10

(b) नियत ऊष्मा धारिता C_p और तापमान T_i का एक पिंड तापमान T_f पर एक भंडार (जलाशय) के सम्पर्क में आता है। अचल दाब पर पिंड और भंडार के बीच साम्यावस्था स्थापित होती है। कुल एन्ट्रॉपी परिवर्तन का निर्धारण कीजिए और सत्यापित कीजिए कि यह $[(T_f - T_i)/T_f]$ के किसी भी चिह्न के लिए धनात्मक है। मान लीजिए कि $\frac{|T_f - T_i|}{T_f} < 1$ है।

A body of constant heat capacity C_p and a temperature T_i is put into contact with a reservoir at temperature T_f. Equilibrium between the body and the reservoir is established at constant pressure. Determine the total entropy change and prove that it is positive for either sign of $[(T_f - T_i)/T_f]$. Consider $\frac{|T_f - T_i|}{T_f} < 1$. 10

(c) विचारिए कि दो बिंदु कण जिनमें प्रत्येक का आवेश q है, d दूरी से पृथक्कृत और अनापेक्षिकीय वेग $\vec{v}$ से गति कर रहे हैं। यदि दोनों आवेशों को मिलाने वाली रेखा $\vec{v}$ के लम्बवत् है, तो दोनों कणों के बीच चुम्बकीय बल के लिए व्यंजक लिखिए और प्रत्येक कण पर बल की दिशा का वर्णन कीजिए।

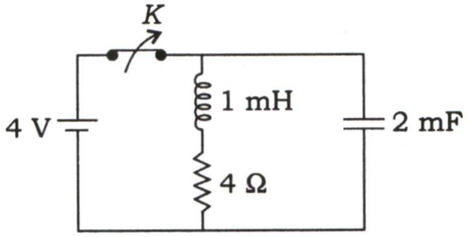
Consider two point particles of charge q each, separated by a distance d, and travelling at non-relativistic velocity $\vec{v}$. If the line joining the two charges is perpendicular to $\vec{v}$, then write an expression for the magnetic force between the two particles, and illustrate the direction of the force on each particle. 10

(d) 1·5 वोल्ट वि० वा० बल तथा 1 ओम आंतरिक प्रतिरोध का एक सेल और 2 वोल्ट वि० वा० बल तथा 2 ओम आंतरिक प्रतिरोध का दूसरा सेल 5 ओम के बाह्य प्रतिरोध के सिरों पर समांतर क्रम में जुड़े हुए हैं। परिपथ की प्रत्येक शाखा में धारा का मान ज्ञात कीजिए।

A cell of internal resistance 1 ohm, 1·5 volt e.m.f. and another cell of internal resistance 2 ohm, 2 volt e.m.f. are connected in parallel across the ends of an external resistance of 5 ohm. Find the current in each branch of the circuit. 10

(e) चित्र में दिखाए गए *R-L-C* परिपथ पर विचार कीजिए। परिपथ के *Q*-गुणक की गणना कीजिए। क्या परिपथ में अनुनादी आवृत्ति होती है? उत्तर का औचित्य दीजिए :

Consider the *R-L-C* circuit shown here. Calculate the *Q*-factor of the circuit. Does the circuit have a resonant frequency? Justify your answer :



10

6. *(a)* मैक्सवेल के समीकरण को अचालक माध्यम में नियत पारगम्यता और सुग्राहिता ($\rho = j = 0$) के साथ लिखिए। दर्शाइए कि $\vec{E}$ और $\vec{B}$ दोनों तरंग समीकरण को सन्तुष्ट करते हैं, और तरंग वेग के लिए एक व्यंजक ज्ञात कीजिए। $\vec{E}$ और $\vec{B}$ के लिए समतल तरंग हल लिखिए और दर्शाइए कि $\vec{E}$ और $\vec{B}$ किस प्रकार संबंधित हैं।

Write down Maxwell's equations in a non-conducting medium with constant permeability and susceptibility ($\rho = j = 0$). Show that $\vec{E}$ and $\vec{B}$ each satisfies the wave equation, and find an expression for the wave velocity. Write down the plane wave solutions for $\vec{E}$ and $\vec{B}$, and show how $\vec{E}$ and $\vec{B}$ are related. 15

(b) *(i)* गैस का एक मोल वान्डर वाल्स अवस्था समीकरण का पालन करता है। यदि इसकी मोलर आंतरिक ऊर्जा $u = cT - a/V$ है (जिसमें V मोलर आयतन, a अवस्था समीकरण में एक स्थिरांक और c एक स्थिरांक है), तो मोलर ऊष्मा धारिताओं C_v और C_p की गणना कीजिए।

One mole of gas obeys van der Waals equation of state. If its molar internal energy is given by $u = cT - a/V$ (in which V is the molar volume, a is one of the constants in the equation of state and c is a constant), calculate the molar heat capacities C_v and C_p. 10

(ii) हीलियम को संपीडित करने के लिए हवा को संपीडित करने हेतु अभिकल्पित एक संपीडित्र का उपयोग किया गया है। यह पाया गया है कि संपीडित्र ज्यादा गरम होता है। इस प्रभाव की व्याख्या कीजिए, यह मानते हुए कि संपीडन लगभग रुद्धोष्म है और दोनों गैसों के प्रारंभिक दाब समान हैं। $\left[\gamma_{He} = \frac{5}{3}, \ \gamma_{\text{हवा}} = \frac{7}{5}\right]$

A compressor designed to compress air is used instead to compress helium. It is found that the compressor overheats. Explain this effect, assuming that the compression is approximately adiabatic and the starting pressure is same for both the gases. $\left[\gamma_{He} = \frac{5}{3}, \ \gamma_{Air} = \frac{7}{5}\right]$ 10

(c) परस्पर क्रिया करने वाले परमाणुओं की एक गैस की अवस्था और स्थिर आयतन पर ऊष्मा धारिता के समीकरणों के व्यंजक निम्नानुसार हैं :

$$p(T, V) = aT^{1/2} + bT^3 + cV^{-2}$$
$$C_v(T, V) = dT^{1/2} + eT^2V + f\,T^{1/2}$$

जहाँ a से f नियतांक हैं जो T और V से स्वतंत्र हैं। आंतरिक ऊर्जा $dU(T, V)$ का अवकल मान dT और dV के पदों में ज्ञात कीजिए।

A gas of interacting atoms has an equation of state and heat capacity at constant volume given by the expressions

$$p(T, V) = aT^{1/2} + bT^3 + cV^{-2}$$
$$C_v(T, V) = dT^{1/2} + eT^2V + f\,T^{1/2}$$

where a through f are constants which are independent of T and V. Find the differential of the internal energy $dU(T, V)$ in terms of dT and dV. 15

7. *(a)* एक धातु के गिटार का तार 70 cm की लम्बाई के साथ 246·94 Hz की अपनी मूल आवृत्ति पर 10 T के एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र, जो कि तार के कम्पन-तल के लम्बवत् है, में कम्पन कर रहा है। माना कि कम्पन अवस्था का आयाम ज्यावक्रीय और तार का अधिकतम विस्थापन 3 mm तार के केंद्र में है। गिटार के तार की लम्बाई में उत्पन्न अधिकतम वि० वा० बल क्या है और किस समय तार की गति में ऐसा होता है? यदि वही गिटार का तार अपनी दूसरी संनादी आवृत्ति पर कम्पन करता है, तो वि० वा० बल क्या होगा? संक्षेप में विवेचना कीजिए।

A metal guitar string with a length of 70 cm vibrates at its fundamental frequency of 246·94 Hz in a uniform magnetic field of 10 T oriented perpendicular to the plane of vibration of the string. Assume a sinusoidal form for the amplitude of the vibrational mode, and a maximum displacement of 3 mm at the centre of the string. What is the maximum e.m.f. generated across the length of the guitar string, and at what point in time in the string's motion does that occur? What would be the e.m.f. if the same guitar string vibrates at its second harmonic frequency? Briefly explain. 20

(b) एक ऊष्मारोधी सिलेंडर, जो दोनों सिरों से बंद है, में एक घर्षणहीन ऊष्मा-चालक पिस्टन लगाते हैं जो सिलेंडर को दो भागों में विभाजित करता है। प्रारम्भ में, पिस्टन को केंद्र में रोका जाता है, जिसमें एक तरफ एक लीटर हवा 200 K और 2 atm दाब पर और दूसरी तरफ एक लीटर हवा 300 K और 1 atm दाब पर होती है। पिस्टन को छोड़ा जाता है और निकाय दाब तथा तापमान में साम्यावस्था में पहुँच जाता है, साथ में पिस्टन नई स्थिति में आ जाता है। अंतिम दाब और तापमान की गणना कीजिए।

A thermally insulated cylinder, closed at both ends, is fitted with a frictionless heat-conducting piston which divides the cylinder in two parts. Initially, the piston is clamped in the centre, with one litre of air at 200 K and 2 atm pressure on one side and one litre of air at 300 K and 1 atm pressure on the other side. The piston is released and the system reaches equilibrium in pressure and temperature, with the piston at a new position. Compute the final pressure and temperature. 15

(c) एक धारा पटल $z = 0$ पर स्थित है, जिसमें $\vec{K} = 9{\cdot}0\, a_y$ A m^{-1} है। क्षेत्र 1, $z < 0$, $\mu_{r_1} = 4$ और क्षेत्र 2, $z > 0$, $\mu_{r_2} = 3$ के बीच अंतरापृष्ठ (इंटरफेस) है। दिया गया है, $\vec{H}_2 = 14{\cdot}5\, a_x + 8{\cdot}0\, a_z$ A m^{-1}. $\vec{H}_1$ और $\vec{B}_1$ का मान ज्ञात कीजिए।

A current sheet having $\vec{K} = 9{\cdot}0\, a_y$ A m^{-1} is located at $z = 0$. The interface is between the region 1, $z < 0$, $\mu_{r_1} = 4$, and region 2, $z > 0$, $\mu_{r_2} = 3$. Given that $\vec{H}_2 = 14{\cdot}5\, a_x + 8{\cdot}0\, a_z$ A m^{-1}. Find $\vec{H}_1$ and $\vec{B}_1$. 15

8. (a) एक आंशिक चालन माध्यम में $\varepsilon_r = 18{\cdot}5$, $\mu_r = 800$ और $\sigma = 1$ S m^{-1} है। 10^9 Hz आवृत्ति के लिए α, β, η और वेग u ज्ञात कीजिए। $\vec{H}(z, t)$ ज्ञात कीजिए। दिया गया है, $\vec{E}(z, t) = 50\, e^{-\alpha z} \cos(\omega t - \beta a_z)\, a_y$ V m^{-1}.

In a partially conducting medium, $\varepsilon_r = 18{\cdot}5$, $\mu_r = 800$ and $\sigma = 1$ S m^{-1}. Find α, β, η and the velocity u, for a frequency of 10^9 Hz. Determine $\vec{H}(z, t)$. Given, $\vec{E}(z, t) = 50\, e^{-\alpha z} \cos(\omega t - \beta a_z)\, a_y$ V m^{-1}. 20

(b) ऋणात्मक तापमान से आप क्या समझते हैं? ऋणात्मक तापमान की अवधारणा को सार्थक बनाने के लिए एक निकाय पर विभिन्न प्रतिबंधों को लिखिए और समझाइए।

What do you understand by negative temperature? Write and explain various restrictions on a system for the concept of negative temperature to be meaningful. 15

(c) बेलनाकार ध्रुवीय निर्देशांक निकाय में लाप्लास समीकरण से शुरू करके और चरों के पृथक्करण की विधि का उपयोग करके विभव के घटकों r, ϕ और z के हलों के लिए अवकल समीकरण प्राप्त कीजिए।

Starting from the Laplace's equation in a cylindrical polar coordinate system and using the method of separation of variables, obtain the differential equations for the solutions of r, ϕ and z components of the potential. 15

★ ★ ★

CIVIL SERVICES (MAIN)EXAM- 2023

SKYC-U-PHY

भौतिकी / PHYSICS

प्रश्न-पत्र I / Paper I

निर्धारित समय : **तीन** घंटे
Time Allowed : **Three** Hours

अधिकतम अंक : **250**
Maximum Marks : **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** और **अंग्रेज़ी** दोनों में छपे हुए 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 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 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 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 (क्यू.सी.ए.) 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*** *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 (QCA) Booklet must be clearly struck off.

भौतिक नियतांक :

प्रकाश का वेग	$c = 3 \times 10^{8}$ m/s
बोल्ट्ज़मान नियतांक	$k = 1{\cdot}38 \times 10^{-23}$ J/K
प्लांक नियतांक	$h = 6{\cdot}627 \times 10^{-34}$ J s
मुक्त आकाश की विद्युतशीलता (परावैद्युतांक)	$\varepsilon_0 = 8{\cdot}854 \times 10^{-12}$ F/m
मुक्त आकाश की पारगम्यता	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m
इलेक्ट्रॉन का आवेश	$e = 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ C
इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान	$m_e = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg
सार्वत्रिक गैस नियतांक	$R = 8{\cdot}314$ J mol^{-1} K^{-1}
सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक	$G = 6{\cdot}67 \times 10^{-11}$ Nm^2/kg^2

Physical Constants :

Velocity of light	$c = 3 \times 10^{8}$ m/s
Boltzmann constant	$k = 1{\cdot}38 \times 10^{-23}$ J/K
Planck's constant	$h = 6{\cdot}627 \times 10^{-34}$ J s
Permittivity of free space	$\varepsilon_0 = 8{\cdot}854 \times 10^{-12}$ F/m
Permeability of free space	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m
Charge of the electron	$e = 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ C
Mass of the electron	$m_e = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg
Universal gas constant	$R = 8{\cdot}314$ J mol^{-1} K^{-1}
Universal gravitational constant	$G = 6{\cdot}67 \times 10^{-11}$ Nm^2/kg^2

खण्ड A

SECTION A

Q1. (a) एक बल $\vec{F} = x^2y\,\hat{x} + zy^2\,\hat{y} + xz^2\,\hat{z}$ से दिया गया है । ज्ञात कीजिए कि बल संरक्षी है या नहीं ।

A force $\vec{F}$ is given by $\vec{F} = x^2y\,\hat{x} + zy^2\,\hat{y} + xz^2\,\hat{z}$. Determine whether or not the force is conservative. *10*

(b) पृथ्वी की गुरुत्वीय नैज-ऊर्जा की गणना कीजिए ।

दिया गया है :

पृथ्वी का द्रव्यमान $M_e = 6 \times 10^{24}$ kg और पृथ्वी की त्रिज्या $R_e = 6{\cdot}4 \times 10^{6}$ m

Calculate the gravitational self-energy of the Earth.

Given :

Mass of Earth $M_e = 6 \times 10^{24}$ kg and the Radius of Earth $R_e = 6{\cdot}4 \times 10^{6}$ m *10*

(c) आपेक्षिक वेग पर गतिशील फ्रेम से प्रेक्षित होने की दशा में लोरेन्ट्स रूपान्तरण का लम्बाई और समय पर क्या प्रभाव पड़ेगा ?

What are the consequences of Lorentz transformations on length and time when observed from a frame moving at relativistic velocities ? 10

(d) हाइगेन्स के नियम का प्रयोग करते हुए, एक समतल प्रगामी तरंग के लिए, जो कि विरल माध्यम 1 से सघन माध्यम 2 में जा रही है, दर्शाइए कि

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\mu_2}{\mu_1},$$

जहाँ कि i और r क्रमशः आपतन कोण और अपवर्तन कोण हैं । v_1, μ_1 और v_2, μ_2 माध्यम 1 और माध्यम 2 में क्रमशः वेग और अपवर्तनांक हैं ।

Using Huygens' principle for a plane wave travelling from rarer medium 1 to a denser medium 2, show that

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\mu_2}{\mu_1},$$

where i and r are the angles of incidence and refraction, respectively. v_1, μ_1 and v_2, μ_2 are the velocities and refractive indices in media 1 and 2, respectively. 10

(e) तीन और चार स्तरीय पम्पिंग योजनाएँ क्या हैं ? इनमें लेसिंग क्रिया को योजित रेखाचित्र सहित समझाइए ।

What are three and four level pumping schemes ? Explain the lasing action in these with schematic diagrams. 10

Q2. (a) (i) गुरुत्वीय विभव के लिए किसी बिन्दु पर व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए, जबकि बिन्दु

(I) गोलीय कोश के बाहर हो,

(II) गोलीय कोश के अन्दर हो ।

(ii) 10 kg द्रव्यमान के किसी पिण्ड के पलायन वेग की गणना चन्द्रमा के तल से कीजिए $\left(g_{\text{चन्द्रमा}} = \frac{1}{6} g_{\text{पृथ्वी}}\right)$ ।

चन्द्रमा का द्रव्यमान $= 7{\cdot}3 \times 10^{22}$ kg

चन्द्रमा की त्रिज्या $= 1{\cdot}7 \times 10^{6}$ m

(i) Derive the expressions for gravitational potentials at a point

(I) outside the spherical shell,

(II) inside the spherical shell. 10

(ii) Calculate the escape velocity of a body of mass 10 kg from the surface of Moon $\left(g_{\text{Moon}} = \frac{1}{6} g_{\text{Earth}} \right)$.

Mass of Moon = $7 \cdot 3 \times 10^{22}$ kg

Radius of Moon = $1 \cdot 7 \times 10^{6}$ m 10

(b) एक निश्चित दूरी पर स्थित दो पतले लेंसों के लिए अवर्णकता की शर्त को प्राप्त कीजिए । यदि दो लेंसों के पदार्थों की परिक्षेपण क्षमता 0·020 और 0·028 हो, तथा इनकी फोकस दूरियाँ क्रमश: 10 cm और 5 cm हैं, तो इनके बीच की दूरी परिकलित कीजिए जिससे कि ये एक अवर्णक संयुग्म बना सकें ।

Obtain condition for achromatism of two thin lenses separated by a finite distance. If the dispersive powers of the materials of the two lenses are 0·020 and 0·028, their focal lengths are 10 cm and 5 cm, respectively. Calculate the separation between them in order to form achromatic combination. 15

(c) (i) घूर्णन गति की मात्राएँ स्थानांतरण गति की मात्राओं के अनुरूप होती हैं । घूर्णन एवं स्थानांतरण गतियों के संगत समीकरणों को लिखिए ।

(ii) एक समतल स्तरिका के लिए लम्बवत और समान्तर अक्षों के प्रमेयों का वर्णन कीजिए ।

(i) The quantities of rotatory motion are analogous to those of translatory motion. Write the corresponding equations of translatory and rotatory motion. 5

(ii) Describe the theorems of perpendicular and parallel axes in case of a plane lamina. 10

3. (a) (i) व्यतिकरण पैटर्न को परदे पर प्रेक्षण के लिए आवश्यक शर्तों को लिखिए ।

(ii) द्वि-झिरी प्रयोग में परदे के किसी बिन्दु पर फ्रिंज की चौड़ाई तथा तीव्रता के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए ।

(i) What are the requisite conditions for observation of interference pattern on a screen ? 5

(ii) Derive the expression for fringe width and intensity at a point on the screen in a double slit experiment. 10

(b) (i) सिद्ध कीजिए कि द्रव्यमान केन्द्र और प्रयोगशाला निकायों में प्रेक्षित दो टकराने वाले (संघट्टनी) कणों के बीच की दूरी समान होती है ।

(ii) एक 0·5 kg द्रव्यमान और 0·2 m अर्द्धव्यास की पतली चक्रिका उसके तल के लम्बवत और उसके केन्द्र से होकर गुज़रते अक्ष के परित: 100 घूर्णन प्रति सेकण्ड की दर से घूर्णन कर रही है । चक्रिका की गतिज ऊर्जा की गणना कीजिए ।

(i) Prove that the separation of two colliding particles is same, when observed in centre of mass and laboratory systems. *10*

(ii) Determine the kinetic energy of a thin disc of mass 0·5 kg and radius 0·2 m rotating with 100 rotations per second around the axis passing through its centre and perpendicular to its plane. *5*

(c) अवमंदित सरल आवर्त दोलनों के लिए समीकरण लिखिए और लघुगणकीय अपक्षय का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए ।

एक अवमंदित सरल आवर्त गति में, प्रथम आयाम 10 cm है, जो कि 50 दोलनों के बाद घटकर 2 cm हो जाता है, जिसमें प्रत्येक दोलन का आवर्तकाल 4 सेकण्ड है । लघुगणकीय अपक्षय की गणना कीजिए । उन दोलनों की संख्या की गणना भी कीजिए जिसमें कि आयाम घटकर 25% रह जाता है ।

Write equation for damped harmonic oscillations and obtain expression for logarithmic decrement.

In a damped harmonic motion, the first amplitude is 10 cm, which reduces to 2 cm after 50 oscillations, each of period 4 seconds. Determine the logarithmic decrement. Also, calculate the number of oscillations in which the amplitude decreases to 25%. *20*

Q4. (a) स्टेप-इंडेक्स प्रकाशिक तंतु की कार्यविधि की शर्तों को लिखिए । एक स्टेप-इंडेक्स तंतु में, कोर और क्लैडिंग पदार्थों के अपवर्तनांक क्रमश: 1·50 और 1·43 हैं ।

निम्नलिखित को ज्ञात कीजिए :

(i) क्रांतिक संचरण कोण

(ii) स्वीकरण कोण

(iii) 1 km लम्बाई के तंतु में कुल समयान्तराल

(iv) 50 km लम्बाई के तंतु में कुल प्रकीर्णन

Write conditions for working of a step-index optical fiber. In a step-index fiber, the core and cladding materials have refractive indices 1·50 and 1·43, respectively.

Find the following : 20

(i) Critical propagation angle

(ii) Acceptance angle

(iii) Total time delay in 1 km length of the fiber

(iv) Total dispersion in 50 km length of the fiber

(b) एक तरल के धारारेखी प्रवाह को परिभाषित कीजिए । सांतत्य के समीकरण का उपयोग करते हुए समदैशिक तरल के लिए प्रति एकांक आयतन की कुल ऊर्जा के विभिन्न घटकों को ज्ञात कीजिए ।

Define streamline flow of a fluid. Using the equation of continuity for an isotropic fluid, find different components of total energy per unit volume. 15

(c) (i) फ्रेनल विवर्तन और फ्राउनहोफर विवर्तन में क्या अन्तर है ?

(ii) एक दूरदर्शक की विभेदन क्षमता क्या होती है ? एक सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता UV प्रकाश में दृश्य प्रकाश की अपेक्षा ज़्यादा क्यों होती है ?

(i) What is the difference between Fresnel diffraction and Fraunhofer diffraction ? 5

(ii) What is resolving power of a telescope ? Why is the resolving power of microscope more with UV light than with visible light ? 10

खण्ड B

SECTION B

Q5. (a) कार्तीय निर्देशांकों $R_1(1, 1)$, $R_2(2, 1)$, $R_3(1, 4)$ और $R_4(2, 2)$ पर क्रमश: स्थित चार आवेशों $Q_1 = 1$ nC, $Q_2 = 2$ nC, $Q_3 = 3$ nC और $Q_4 = 4$ nC के एक निकाय में संचित ऊर्जा ज्ञात कीजिए । मुक्त आकाश की स्थिति मान लीजिए ।

Find the energy stored in a system of four charges $Q_1 = 1$ nC, $Q_2 = 2$ nC, $Q_3 = 3$ nC and $Q_4 = 4$ nC placed at the cartesian coordinates $R_1(1, 1)$, $R_2(2, 1)$, $R_3(1, 4)$ and $R_4(2, 2)$, respectively. Assume free space. *10*

(b) दो लम्बे और समान्तर तारों, जिनमें प्रत्येक की त्रिज्या a है और जो एक दूसरे से उनके अक्षों के बीच की दूरी d पर स्थित हैं, में समान और विपरीत धारा I बह रही है । इनके एकांक लम्बाई के प्रेरकत्व का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए ।

Derive the expression for the inductance per unit length of two long parallel wires each of radius a, separated by distance d from their axes and carrying equal and opposite current I. *10*

(c) दर्शाइए कि सांतत्य का समीकरण मैक्सवेल के समीकरणों में समाहित है ।

Show that Continuity equation is embedded in Maxwell's equations. *10*

(d) ऊष्मागतिकी के शून्य कोटि के नियम का प्रयोग करते हुए ताप की धारणा को प्रतिपादित कीजिए । व्याख्या कीजिए कि कैसे दो अलग-अलग निकायों के लिए समताप रेखाएँ खींची जा सकती हैं ।

Using Zeroth law of thermodynamics, introduce the concept of temperature. Explain how the isotherms of two different systems can be drawn. *10*

(e) फ़र्मी-डिराक बंटन और बोस-आइन्स्टाइन बंटन के लिए व्यंजक लिखिए । इन दोनों बंटनों का आलेखन ऊर्जा के फलन के रूप में कीजिए ।

Write down the expressions for the Fermi-Dirac distribution and the Bose-Einstein distribution. Plot the distributions as a function of the energy. *10*

Q6. (a) दो प्रेरक, जिनका प्रेरकत्व L_1 और L_2 है, समान्तर क्रम में जुड़े हैं । प्रेरकों का अन्योन्य प्रेरकत्व M है । परिणामी प्रेरकत्व के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । मान लीजिए कि प्रेरकों का प्रतिरोध नगण्य है ।

Two inductors having inductances L_1 and L_2 are connected in parallel. The inductors have a mutual inductance M. Derive the expression for the effective inductance. Assume the inductors have negligible resistances. 15

(b) (i) जूल-केल्विन गुणांक को परिभाषित कीजिए । इसको गणितीय रूप में लिखिए ।

(ii) एक वानडर वाल्स गैस के लिए जूल-केल्विन गुणांक निर्धारित कीजिए । इसके पश्चात् व्युत्क्रमण ताप के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए । किन शर्तों के अधीन ऊष्मीकरण या शीतलन उत्पन्न होगा, चर्चा कीजिए ।

(i) Define Joule-Kelvin coefficient. Write it in its mathematical form. 5

(ii) Determine the Joule-Kelvin coefficient for a van der Waals gas. Hence, obtain an expression for temperature of inversion. Discuss the conditions under which heating or cooling is produced. 10

(c) दो परावैद्युत माध्यमों के अन्तरापृष्ठ पर एक विद्युत-चुम्बकीय तरंग की अन्योन्यक्रिया पर विचार कीजिए । यदि विद्युत-क्षेत्र $\vec{E}$ आपतन तल के समान्तर है, तो फ्रेनल के समीकरणों एवं ध्रुवण के ब्रूस्टर के नियम को प्राप्त कीजिए ।

Consider the interaction of an electromagnetic wave at the interface of two dielectric media. If electric field $\vec{E}$ is parallel to the plane of incidence, obtain Fresnel's equations and Brewster's law of polarization. 20

Q7. (a) एक उदासीन परमाणु में एकसमान रूप से आवेशित त्रिज्या r के गोलीय अभ्र (–q) से घिरा एक बिन्दु नाभिक +q है । दर्शाइए कि जब इस प्रकार के परमाणु को एक दुर्बल बाह्य विद्युत-क्षेत्र $\vec{E}$ में रखा जाता है, तो परमाणु की परमाण्वीय ध्रुवणीयता गोले के आयतन के समानुपाती होती है ।

A neutral atom consists of a point nucleus +q surrounded by a uniformly charged spherical cloud (–q) of radius r. Show that when such an atom is placed in a weak external electric field $\vec{E}$, the atomic polarizability of the atom is proportional to the volume of the sphere. 15

(b) एक पिस्टन-सिलिन्डर युक्ति प्रारम्भ में 150 kPa और 27°C पर वायु धारण करती है । इस अवस्था में, पिस्टन दो अवरोधों पर, जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है, स्थिर है और संलग्न आयतन 400 L है । पिस्टन का द्रव्यमान इस तरह से है कि इसको विस्थापित करने में 350 kPa दाब की आवश्यकता पड़ती है । अब वायु को तब तक गर्म करते हैं जब तक कि उसका आयतन दुगुना न हो जाए । ज्ञात कीजिए :

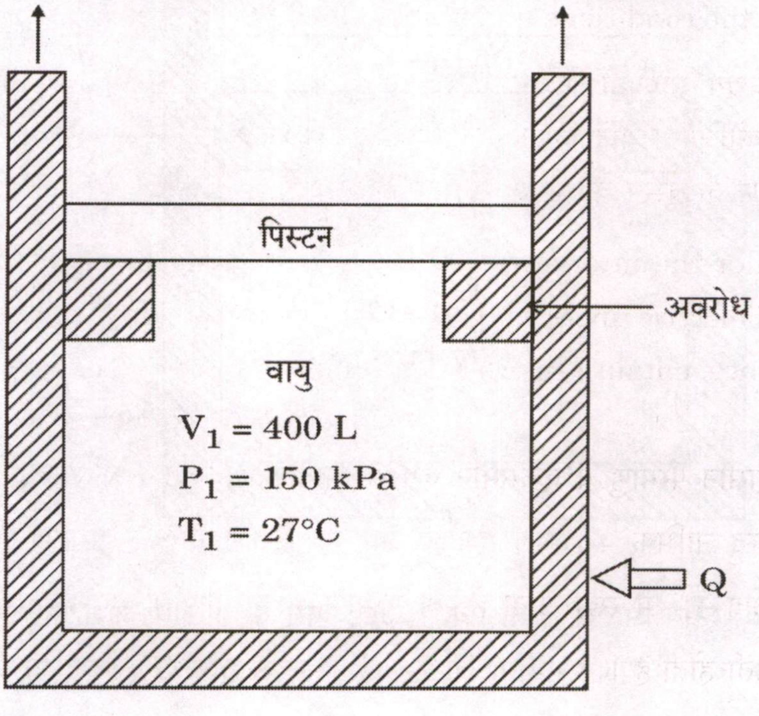
(i) अन्तिम तापमान,

(ii) वायु के द्वारा किया गया कार्य, और

(iii) वायु को स्थानान्तरित की गयी कुल ऊष्मा की मात्रा ।

दिया गया है : $U_{300\ K} = 214$ kJ/kg और $U_{\text{अंतिम}} = 1113$ kJ/kg

वायु का गैस नियतांक, $R = 0{\cdot}287$ kPa.m^3/kg.K



A piston-cylinder device initially contains air at 150 kPa and 27°C. At this state, the piston is resting on a pair of stops, as shown in the figure, and the enclosed volume is 400 L. The mass of the piston is such that a 350 kPa pressure is required to move it. The air is now heated until the volume is doubled. Determine :

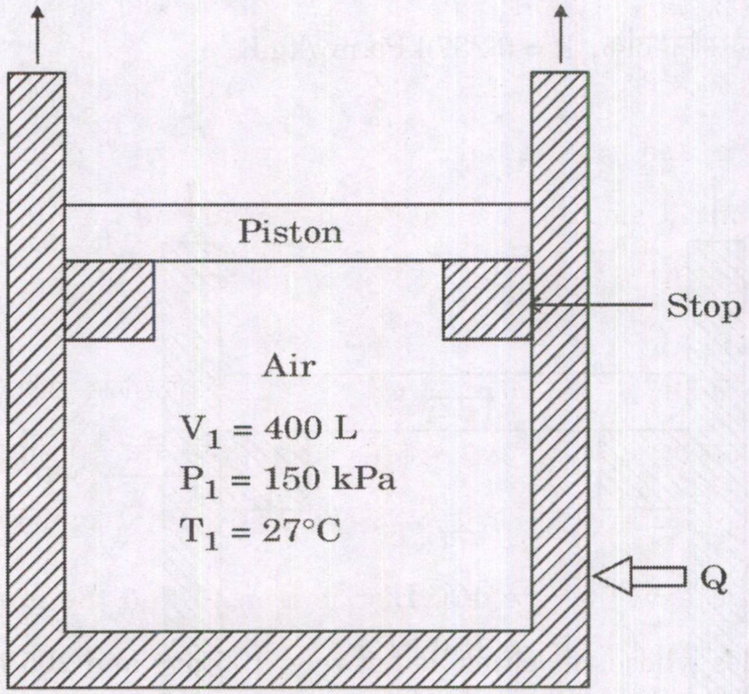
(i) the final temperature,

(ii) the work done by the air, and

(iii) the total heat transferred to air. *20*

Given : $U_{300\ K} = 214$ kJ/kg and $U_{final} = 1113$ kJ/kg

Gas constant of air, $R = 0{\cdot}287$ kPa.m^3/kg.K



(c) एकसमान पृष्ठीय आवेश σ के एक R अर्द्धव्यास के गोलीय कोश को उसके अक्ष के परित: ω कोणीय वेग से घूर्णन कराया जा रहा है । उसके द्वारा $\vec{r}$ बिन्दु पर उत्पन्न सदिश विभव ज्ञात कीजिए ।

A spherical shell of radius R, carrying a uniform surface charge σ, is set spinning at angular velocity ω about its axis. Find the vector potential it produces at point $\vec{r}$. *15*

Q8. (a) x-y तल में स्थित और मूल-बिन्दु पर केन्द्रित एक अर्द्धव्यास R के वृत्ताकार वलय पर एक एकसमान रैखिक आवेश λ धारित है । विभव $V(r, \theta)$ के बहुध्रुव प्रसार के प्रथम तीन पद (एकध्रुव, द्विध्रुव और चतुर्ध्रुव) ज्ञात कीजिए ।

A circular ring of radius R lying on the x-y plane and centred at the origin, carries a uniform line charge λ. Find the first three terms (monopole, dipole and quadrupole) of the multipole expansion of potential $V(r, \theta)$. *20*

(b) दो आवेश $Q_1 = 3$ nC और $Q_2 = 4$ nC कार्तीय बिन्दुओं (0, 2, 2) m और (0, – 2, 4) m पर क्रमश: रखे गए हैं । z = 0 तल भू-संपर्कित है । प्रतिबिम्ब विधि का प्रयोग करते हुए बिन्दु (3, 2, 4) m पर विद्युत विभव और विद्युत-क्षेत्र की गणना कीजिए ।

Two charges $Q_1 = 3$ nC and $Q_2 = 4$ nC are placed at the cartesian points (0, 2, 2) m and (0, – 2, 4) m, respectively. The z = 0 plane is connected to the ground. Calculate the electric potential and the electric field at the point (3, 2, 4) m using the method of images. *15*

(c) मैक्सवेल-बोल्ट्समान बंटन का प्रयोग करते हुए उन ऑक्सीजन अणुओं की संख्या ज्ञात कीजिए जिनका 0°C पर वेग 195 m/s और 205 m/s के बीच है । ऑक्सीजन गैस का दिया गया द्रव्यमान 0·1 kg है । (प्रोटॉन का द्रव्यमान $1{\cdot}66 \times 10^{-27}$ kg मान लीजिए)

Use the Maxwell-Boltzmann distribution to find the number of oxygen molecules whose velocities lie between 195 m/s and 205 m/s at 0°C. The given mass of oxygen gas is 0·1 kg. (Assume mass of proton to be $1{\cdot}66 \times 10^{-27}$ kg) *15*