Civil Services (Main) Examination, 2024

PHKM–U–PHY

भौतिकी (प्रश्न-पत्र–I)

निर्धारित समय : तीन घण्टे

अधिकतम अंक : 250

प्रश्न-पत्र सम्बन्धी विशेष अनुदेश

(कृपया प्रश्नों के उत्तर देने से पूर्व निम्नलिखित प्रत्येक अनुदेश को ध्यानपूर्वक पढ़िये)

इसमें **आठ** प्रश्न हैं जो दो खण्डों में विभाजित हैं तथा **हिन्दी** और **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 दीजिये।

प्रत्येक प्रश्न/भाग के लिए नियत अंक उसके सामने दिये गये 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 कीजिये तथा उनको निर्दिष्ट कीजिये।

जब तक उल्लिखित न हो, संकेत तथा शब्दावली प्रचलित मानक अर्थों में प्रयुक्त हैं।

प्रश्नों के उत्तरों की गणना क्रमानुसार की जायेगी। यदि काटा नहीं हो, तो प्रश्न के उत्तर की गणना की जायेगी 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 चाहिये।

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)	$\varepsilon_0 = 8{\cdot}854 \times 10^{-12}$ 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 विराम 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	$G = 6{\cdot}67 \times 10^{-11}$ 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	$\varepsilon_0 = 8{\cdot}854 \times 10^{-12}$ 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
Rest 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	$G = 6{\cdot}67 \times 10^{-11}$ N m^{2}/kg^{2}

खण्ड—A / SECTION—A

1. *(a)* आरंभिक वेग V_0 और द्रव्यमान m kg के एक कण पर एक मंदक बल लगाया जाता है, जो उसके तात्क्षणिक वेग के समानुपाती है। समय के फलन के रूप में कण के वेग और उसकी स्थिति के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिये।

A particle of mass m kg having an initial velocity V_0 is subjected to a retarding force proportional to its instantaneous velocity. Obtain the expression for the velocity and position of the particle as a function of time. 10

(b) दर्शाइये कि n कणों के एक निकाय की गतिज ऊर्जा को

$$T = \frac{1}{2} MV_{cm}^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} m_i V_i'^2$$

से व्यक्त किया जा सकता है, जहाँ M कुल द्रव्यमान है, V_{cm} द्रव्यमान केन्द्र का वेग है, V_i' द्रव्यमान केन्द्र के परितः कणों का वेग है और m_i, ith कण का द्रव्यमान है।

Show that the kinetic energy of a system of n particles is given by

$$T = \frac{1}{2} MV_{cm}^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} m_i V_i'^2$$

where M is the total mass, V_{cm} is the velocity of the centre of mass, V_i' is the velocity of the particles about the centre of mass and m_i is the mass of the ith particle. 10

(c) विराम द्रव्यमान $273\, m_e$ का एक आवेशित π-मेसॉन विरामावस्था में एक न्यूट्रिनो में और विराम द्रव्यमान $207\, m_e$ के एक μ-मेसॉन में क्षयित होता है। μ-मेसॉन की गतिज ऊर्जा और न्यूट्रिनो की ऊर्जा ज्ञात कीजिये। (m_e इलेक्ट्रॉन का विराम द्रव्यमान है)

A charged π-meson with rest mass of $273\, m_e$ at rest decays into a neutrino and a μ-meson of rest mass $207\, m_e$. Find the kinetic energy of the μ-meson and the energy of the neutrino. (m_e is the rest mass of the electron) 10

(d) एक द्वि-स्लिट प्रयोग में स्क्रीन पर प्रेक्षित केन्द्रीय उच्चिष्ठ पर तीव्रता 2×10^{-3} W/m^2 है। यदि स्क्रीन के एक बिन्दु पर पहुँची हुई व्यतिकरण करती तरंगों के बीच पथान्तर $\frac{\lambda}{6}$ है, जहाँ λ प्रयोग में प्रयुक्त प्रकाश का तरंगदैर्घ्य है, तो उस बिन्दु पर तीव्रता ज्ञात कीजिये।

The intensity at the central maximum observed on a screen in a double-slit experiment is 2×10^{-3} W/m^2. If the path difference between interfering waves reaching a point on the screen is $\frac{\lambda}{6}$, where λ is the wavelength of the light used in the experiment, determine the intensity at that point. 10

(e) एक दूरदर्शी के अभिदृश्यक लेंस का व्यास 10 cm है। निर्धारित कीजिये कि क्या यह दूरदर्शी 2·4 सेकण्ड चाप (आर्क) के एक कोणीय पृथकन वाले दो तारों का विभेदन कर सकता है। (तारों के प्रकाश का तरंगदैर्घ्य 550 nm मान लीजिये)

A telescope has an objective lens of diameter 10 cm. Determine whether this telescope can resolve two stars having an angular separation of 2·4 seconds of arc. (Assume the wavelength of starlight as 550 nm) 10

2. *(a)* *(i)* ग्रहीय गति के केप्लर के नियमों की संक्षेप में चर्चा कीजिये।

Briefly discuss the Kepler's laws of planetary motion. 5

(ii) दर्शाइये कि पृथ्वी की सतह पर पलायन वेग $V_e = \sqrt{2gR}$ है, जहाँ $g = 9 \cdot 8 \text{ m/s}^2$ और R पृथ्वी की त्रिज्या है।

Show that the escape velocity V_e on the surface of the Earth is given by $V_e = \sqrt{2gR}$, where $g = 9 \cdot 8 \text{ m/s}^2$ and R is the radius of the Earth. 5

(iii) समान द्रव्यमान के दो उपग्रह A और B पृथ्वी के चारों ओर क्रमशः उच्चताओं R और $5R$ पर परिक्रमण कर रहे हैं, जहाँ R पृथ्वी की त्रिज्या है। उनकी कक्षाओं को वृत्तीय मानकर उनकी गतिज ऊर्जाओं और स्थितिज ऊर्जाओं के अनुपातों की गणना कीजिये।

Two satellites A and B of same mass are orbiting the Earth at altitudes R and $5R$, respectively, where R is the radius of the Earth. Assuming their orbits to be circular, calculate the ratios of their kinetic and potential energies. 5

(b) दर्शाइये कि निर्देशांक तंत्र $OXYZ$ के मूलबिन्दु O से होकर गुजरते अक्ष के परितः एक तात्क्षणिक कोणीय वेग ω से घूर्णन करते एवं द्रव्यमानों m_i, $i = 1, 2, 3, \cdots, n$ वाले n कणों से बने एक दृढ़ पिंड का कोणीय संवेग $L = I \cdot \omega$ होता है, जहाँ I जड़त्व प्रदिश है।

Show that the angular momentum of a rigid body consisting of n particles of masses m_i, $i = 1, 2, 3, \cdots, n$, rotating with an instantaneous angular velocity ω about an axis passing through the origin O of the coordinate system $OXYZ$ is given by $L = I \cdot \omega$, where I is known as the inertia tensor. 20

(c) स्प्रिंग-द्रव्यमान निकाय के एक अल्प अवमंदित आवर्ती दोलक के निम्नलिखित प्राचल मान हैं :

द्रव्यमान $m = 0{\cdot}25$ kg, स्प्रिंग स्थिरांक $k = 100 \text{ N m}^{-1}$,
अवमंदन गुणांक $\gamma = 1 \text{ N s m}^{-1}$

इस निकाय पर एक आवर्ती बल $F = 5\cos\omega t$ (न्यूटन) प्रयुक्त किया जाता है। *(i)* अनुनाद पर दोलक का आयाम और *(ii)* दोलक का Q-मान ज्ञात कीजिये।

A weakly damped harmonic oscillator consisting of spring-mass system has the following parameters :

$$\text{Mass } m = 0{\cdot}25\ \text{kg},\ \text{Spring constant } k = 100\ \text{N}\,\text{m}^{-1},$$
$$\text{Damping coefficient } \gamma = 1\ \text{N}\,\text{s}\,\text{m}^{-1}$$

A periodic force $F = 5\cos\omega t$ (newton) is applied to the system. Determine *(i)* the amplitude of the oscillator at resonance and *(ii)* the Q-value of the oscillator. 15

3. *(a)* *(i)* द्वि-अपवर्तन परिघटना की व्याख्या कीजिये। धनात्मक और ऋणात्मक क्रिस्टल क्या होते हैं? उनके उदाहरण दीजिये।

Explain the phenomenon of double refraction. What are positive and negative crystals? Give their examples. 5

(ii) ध्रुवण घूर्णकता से आप क्या समझते हैं? एक रैखिक रूप से ध्रुवित प्रकाश 0·2 cm मोटाई के एक क्वार्ट्ज क्रिस्टल के प्रकाशिक (ऑप्टिक) अक्ष के अनुदिश संचरित है। यदि दक्षिण (राइट) वृत्त ध्रुवित और वाम (लेफ्ट) वृत्त ध्रुवित प्रकाश-पुंजों के लिए अपवर्तनांकों में अन्तर 7×10^{-5} है और प्रकाश का तरंगदैर्घ्य $0 \cdot 5\ \mu\text{m}$ है, तो ध्रुवण के कोण की गणना कीजिये।

What do you understand by optical activity? A linearly polarized light is propagating along the optic axis of a quartz crystal of thickness 0·2 cm. If the difference in the refractive indices corresponding to right circularly polarized and left circularly polarized beams is 7×10^{-5} and the wavelength of the light is $0 \cdot 5\ \mu\text{m}$, calculate the angle of polarization. 10

(b) *(i)* ऑप्टिकल फाइबर में क्षीणन से आप क्या समझते हैं? क्षीणन के लिए कौन-कौन से कारक उत्तरदायी हैं?

What do you understand by attenuation in optical fibers? What are the factors responsible for the attenuation? 5

(ii) क्षीणन 0·5 dB/km की 50 km लम्बी एक फाइबर लिंक से होकर गुजरती 10 mW की एक लेज़र पुंज को लीजिये। लिंक के अन्त में लेज़र की शक्ति (पावर) की गणना कीजिये।

Consider a 10 mW laser beam passing through a 50 km fiber link of attenuation 0·5 dB/km. Calculate the power of the laser at the end of the link. 10

(c) *(i)* हुक के प्रत्यास्थता नियम का उल्लेख कीजिये और उसकी व्याख्या कीजिये। एक तार पर बढ़ते प्रतिबल से उसकी अनुक्रिया के लिए प्रतिबल-विकृति रेखाचित्र की विशेषताओं की संक्षेप में चर्चा कीजिये।

State and explain the Hooke's law of elasticity. Briefly discuss the features of stress-strain diagram for the behaviour of a wire undergoing increasing stress. 10

(ii) एक केशिका नली से होकर गुजरते द्रव के प्रवाह की दर के लिए प्वाजय समीकरण की व्याख्या कीजिये। इससे दर्शाइये कि श्रेणी में सम्बद्ध क्रमशः त्रिज्याओं r_1 और r_2 तथा लम्बाई l_1 और l_2 की दो केशिका नलियों में द्रव के प्रवाह की दर

$$Q = \frac{\pi P}{8\eta}\left(\frac{l_1}{r_1^4} + \frac{l_2}{r_2^4}\right)^{-1}$$

है, जहाँ P विन्यास के आर-पार दाब है और η द्रव का श्यानता गुणांक है।

Explain the Poiseuille's equation for the rate of flow of a liquid through a capillary tube. From this, show that if two capillary tubes of radii r_1 and r_2 having lengths l_1 and l_2, respectively, are connected in series, the rate of flow of the liquid is given by

$$Q = \frac{\pi P}{8\eta}\left(\frac{l_1}{r_1^4} + \frac{l_2}{r_2^4}\right)^{-1}$$

where P is the pressure across the arrangement and η is the coefficient of viscosity of the liquid. 10

4. *(a)* *(i)* उपाक्षीय सन्निकटन में दो पतले लेंसों के संयोजन के लिए निकाय आव्यूह (सिस्टम मैट्रिक्स) लिखिये। फिर संयोजन की फोकस दूरी और एकांक समतलों की स्थिति प्राप्त कीजिये।

Write down the system matrix for a combination of two thin lenses in paraxial approximation. Hence obtain the focal length of the combination and the positions of unit planes. 10

(ii) 25 cm दूरी से पृथक् और क्रमशः फोकस दूरियों $f_1 = +10$ cm और $f_2 = +20$ cm के दो पतले उत्तल लेंसों के संयोजन को लीजिये। संयोजन की फोकस दूरी और एकांक समतलों की स्थितियाँ निर्धारित कीजिये।

Consider a thin lens combination of two convex lenses of focal lengths $f_1 = +10$ cm and $f_2 = +20$ cm, respectively, separated by 25 cm. Determine the focal length of the combination and the positions of unit planes. 10

(b) एक जोन प्लेट के केन्द्रीय जोन का व्यास 2·4 mm है। यदि 600 nm तरंगदैर्घ्य के प्रकाश के एक बिन्दु स्रोत को जोन प्लेट से 5·0 m की दूरी पर रखा जाता है, तो प्रथम प्रतिबिम्ब की स्थिति की गणना कीजिये।

The diameter of central zone of a zone plate is 2·4 mm. If a point source of light of wavelength 600 nm is placed at a distance of 5·0 m from the zone plate, calculate the position of the first image. 10

(c) *(i)* तीन जड़त्वीय निर्देश फ्रेमों O, O' और O'' को लीजिये। O के सापेक्ष O' वेग V से और O' के सापेक्ष O'' वेग V' से गतिमान हैं। दोनों वेग एक ही दिशा में हैं। x', y', z', t' के साथ x, y, z, t और x'', y'', z'', t'' के साथ x', y', z', t' से सम्बन्धित रूपांतरण समीकरणों को लिखिये। फिर उसके बाद x, y, z, t और x'', y'', z'', t'' के बीच सम्बन्धों को प्राप्त कीजिये। (प्रथानुसार वेग की दिशा x-अक्ष के अनुदिश ली जाती है)

Consider three inertial frames of reference O, O' and O''. Let O' move with a velocity V with respect to O and O'' move with a velocity V' with respect to O'. Both velocities are in the same direction. Write down the transformation equations relating x, y, z, t with x', y', z', t' and also those relating x', y', z', t' with x'', y'', z'', t''. Hence obtain the relations between x, y, z, t and x'', y'', z'', t''. (The direction of velocity is chosen along the x-axis as per convention) 15

(ii) तारामंडल उर्सा मेजर में एक आकाश-गंगा (गैलेक्सी) 15000 km/s की गति से पृथ्वी से दूर जा रही है। यदि गैलेक्सी द्वारा उत्सर्जित प्रकाश की अभिलाक्षणिक तरंगदैर्घ्यों में से एक 550 nm है, तो पृथ्वी पर खगोलज्ञों द्वारा मापा गया संगत तरंगदैर्घ्य क्या है?

A galaxy in the constellation Ursa Major is receding from the Earth at 15000 km/s. If one of the characteristic wavelengths of light emitted by the galaxy is 550 nm, what is the corresponding wavelength measured by astronomers on the Earth? 5

खण्ड—B / SECTION—B

5. *(a)* गोलीय निर्देशांक प्रणाली में $r = 2$ cm पर एक चालक पर $V = -25$ V और $r = 35$ cm पर दूसरे चालक पर $V = 150$ V है। चालकों के बीच $\varepsilon_r = 3 \cdot 12$ का एक परावैद्युत है। चालकों पर पृष्ठ आवेश घनत्वों को ज्ञात कीजिये।

In spherical coordinates, $V = -25$ V on a conductor at $r = 2$ cm and $V = 150$ V on another conductor at $r = 35$ cm. The space between the conductors is a dielectric for which $\varepsilon_r = 3 \cdot 12$. Find the surface charge densities on the conductors. 10

(b) भुजा L के एक वर्गाकार धारा लूप के केन्द्र पर चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता (H) ज्ञात कीजिये।

Find the magnetic field strength (H) at the centre of a square current loop of side L. 10

(c) पृथ्वी की सतह से ठीक ऊपर पृथ्वी के वायुमंडल में सामान्यतः विद्यमान औसत विद्युत् क्षेत्र का परिमाण लगभग 150 N/C है, जो पृथ्वी के केन्द्र की ओर त्रिज्यतः निर्देशित है। पृथ्वी द्वारा अधोनीत कुल नेट पृष्ठ आवेश क्या है? पृथ्वी को एक चालक मान लीजिये। (पृथ्वी की त्रिज्या $6 \cdot 37 \times 10^6$ m है)

The magnitude of the average electric field normally present in the Earth's atmosphere just above the surface of the Earth is about 150 N/C, directed radially inward, toward the centre of the Earth. What is the total net surface charge carried by the Earth? Assume the Earth to be a conductor. (The radius of the Earth is $6 \cdot 37 \times 10^6$ m) 10

(d) सिद्ध कीजिये कि एक स्थैतिककल्प रुद्धोष्म प्रसार के दौरान एक आदर्श गैस द्वारा किया गया कार्य

$$W = \frac{P_i V_i}{\gamma - 1}\left[1 - \left(\frac{P_f}{P_i}\right)^{\left(\frac{\gamma-1}{\gamma}\right)}\right]$$

है, जहाँ γ विशिष्ट ऊष्माओं का अनुपात है।

Prove that the work done by a perfect gas during a quasi-static adiabatic expansion is given by

$$W = \frac{P_i V_i}{\gamma - 1}\left[1 - \left(\frac{P_f}{P_i}\right)^{\left(\frac{\gamma-1}{\gamma}\right)}\right]$$

where γ is the ratio of specific heats. 10

(e) सोडियम के लिए फर्मी ऊर्जा (इलेक्ट्रॉन-वोल्ट में) की गणना कीजिये, यह मानकर कि इसमें प्रति परमाणु एक मुक्त इलेक्ट्रॉन है। सोडियम का घनत्व = 0·97 gm/cc है और सोडियम का परमाणु भार 23 है।

Calculate the Fermi energy in electron-volt for sodium assuming that it has one free electron per atom. The density of sodium = 0·97 gm/cc and the atomic weight of sodium is 23. 10

6. *(a)* मैक्सवेल समीकरणों का प्रयोग करते हुए प्वासों समीकरण और लाप्लास समीकरण प्राप्त कीजिये। $-\frac{\pi}{2} < \frac{z}{z_0} < \frac{\pi}{2}$ क्षेत्र में आवेश घनत्व $\rho = 10^{-8}\cos\left(\frac{z}{z_0}\right)$ (C / m^3) है तथा अन्य स्थानों पर आवेश घनत्व शून्य है। प्वासों समीकरण से विद्युत् विभव V और विद्युत् क्षेत्र E ज्ञात कीजिये।

Using Maxwell's equations, obtain Poisson's equation and Laplace's equation. The region $-\frac{\pi}{2} < \frac{z}{z_0} < \frac{\pi}{2}$ has a charge density $\rho = 10^{-8}\cos\left(\frac{z}{z_0}\right)$ (C / m^3). Elsewhere the charge density is zero. Find the electric potential V and electric field E from the Poisson's equation. 15

(b) *(i)* असंगत विक्षेपण क्या है? विक्षेपण की परिघटना से किस प्रकार श्वेत प्रकाश का उसके संघटक रंगों में पृथक्करण होता है?

What is anomalous dispersion? How does the phenomenon of dispersion lead to the separation of white light into its constituent colours? 5

(ii) अर्द्धव्यास a और चुम्बकन $\vec{M} = M_0\hat{z}$ के समान रूप से चुम्बकित एक गोले को लीजिये, जिसके चारों ओर निर्वात क्षेत्र है। अदिश चुम्बकीय विभव का व्यंजक, $r < a$ के लिए प्राप्त कीजिये।

Consider a uniformly magnetized sphere of radius a and magnetization $\vec{M} = M_0\hat{z}$ surrounded by a vacuum region. Obtain an expression for scalar magnetic potential for $r < a$. 10

(c) आन्तरिक ऊर्जा U, हेल्महोल्ट्ज फलन F, एन्थैल्पी H, गिब्ज़ विभव G को परिभाषित कीजिये और फिर मैक्सवेल के चार ऊष्मागतिकी सम्बन्धों को प्राप्त कीजिये।

Define internal energy U, Helmholtz's function F, enthalpy H, Gibbs' potential G and hence obtain the four Maxwell's thermodynamic relations. 20

7. *(a)* चिरप्रतिष्ठित (क्लासिकी) भौतिक विज्ञान द्वारा प्रागुक्त पराबैंगनी विपद् (अल्ट्रावायलट केटास्ट्रॉफी) को प्लांक का नियम किस प्रकार सुलझाता है? तापक्रम $T = 1800$ K पर आवृत्ति $0 \cdot 60 \times 10^{14}$ s^{-1} के एक दोलक की औसत ऊर्जा $\bar{\varepsilon}$ की गणना कीजिये, यह मानकर कि यह एक *(i)* क्लासिकी दोलक है और *(ii)* प्लांक का दोलक है।

How does Planck's law resolve the ultraviolet catastrophe predicted by classical physics? Calculate the average energy $\bar{\varepsilon}$ of an oscillator of frequency $0 \cdot 60 \times 10^{14}$ s^{-1} at $T = 1800$ K, treating it as *(i)* classical oscillator and *(ii)* Planck's oscillator. 15

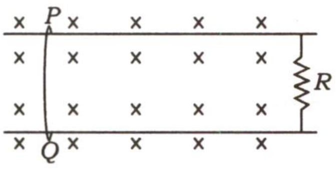
(b) *(i)* स्थूल अवस्थाओं और सूक्ष्म अवस्थाओं से आप क्या समझते हैं? संक्षेप में समझाइये।

What do you understand by macrostates and microstates? Briefly explain. 5

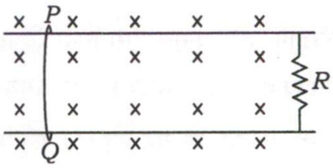
(ii) एक तीन-स्तरीय लेज़र तंत्र 550 nm के तरंगदैर्घ्य के लेज़र प्रकाश का उत्सर्जन करता है। यदि ऊपर के स्तर की जनसंख्या, निम्न स्तर की जनसंख्या से 25% अधिक है, तो तंत्र का अभिलाक्षणिक ऋणात्मक तापक्रम निर्धारित कीजिये।

A three-level laser system emits laser light at a wavelength of 550 nm. If the population of the upper level exceeds that of the lower level by 25%, determine the negative temperature characterizing the system. 10

(c) निम्न चित्र में दर्शाई गई स्थिति पर गौर कीजिये। द्रव्यमान m और प्रतिरोध r का तार PQ, दूरी l से पृथक्कृत चिकनी क्षैतिज समान्तर पटरियों पर फिसल सकता है। पटरियों का प्रतिरोध नगण्य है। एक एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र B आयताकार क्षेत्र में विद्यमान है और एक प्रतिरोध R चुम्बकीय क्षेत्र से बाहर पटरियों को जोड़ता है। $t = 0$ समय पर, तार PQ को गति V_0 के साथ दाहिनी ओर धकेला जाता है। *(i)* जब तार PQ की गति V है, उस क्षण लूप में धारा और *(ii)* उसी क्षण तार का त्वरण ज्ञात कीजिये :



Consider a situation shown in the figure below. The wire PQ has mass m, resistance r and can slide on the smooth, horizontal parallel rails separated by a distance l. The resistance of rails is negligible. A uniform magnetic field B exists in the rectangular region and a resistance R connects the rails outside the field region. At $t = 0$, the wire PQ is pushed towards right with a speed V_0. Find *(i)* the current in the loop at an instant when the speed of the wire PQ is V and *(ii)* the acceleration of the wire at this instant : 20



8. *(a)* *(i)* उत्क्रमणीय कार्नो चक्र के लिए T-s रेखाचित्र की व्याख्या कीजिये और फिर कार्नो इंजन की दक्षता के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिये।

Explain the T-s diagram for the reversible Carnot cycle and hence obtain the expression for the efficiency of the Carnot engine. 10

(ii) निम्न तापक्रमों पर एक ठोस की विशिष्ट ऊष्मा सम्बन्ध $C_V = AT^3$ द्वारा व्यक्त की जाती है, जहाँ A एक स्थिरांक है और T परम ताप है। m gm के ठोस का तापक्रम 300 K से 500 K तक बढ़ाने में आवश्यक ऊष्मा की गणना कीजिये।

The specific heat of a solid at low temperatures is given by the relation $C_V = AT^3$, where A is a constant and T is the absolute temperature. How much heat will be required to raise the temperature of m gm of the solid from 300 K to 500 K? 5

(b) आवेश घनत्व σ या धारा घनत्व K के दो भिन्न माध्यमों के बीच एक परिसीमा पर क्षेत्रों E, B, D और H के लिए व्यापक परिसीमा प्रतिबन्धों को प्राप्त कीजिये।

Obtain the general boundary conditions for fields E, B, D and H at a boundary between two different media carrying charge density σ or a current density K. 15

(c) एक एकसमान समतल तरंग $\vec{E} = E_x \hat{a}_x$ एक क्षयविहीन माध्यम ($\varepsilon_r = 4$, $\mu_r = 1$, $\sigma = 0$) में z-दिशा में संचरित है। मान लीजिये कि E_x, आवृत्ति 100 MHz के साथ ज्यावक्रीय है और $t = 0$ तथा $z = \frac{1}{8}$ (m) पर उसका उच्चतम मान 10^{-4} (V / m) है।

(i) किसी भी t और z के लिए तात्क्षणिक E हेतु व्यंजक लिखिये।

(ii) तात्क्षणिक H के लिए व्यंजक लिखिये।

(iii) जब $t = 10^{-8}$ (s) है, उन अवस्थितियों को निर्धारित कीजिये, जहाँ E_x धनात्मक अधिकतम है।

A uniform plane wave with $\vec{E} = E_x \hat{a}_x$ propagates in a lossless medium ($\varepsilon_r = 4$, $\mu_r = 1$, $\sigma = 0$) in the z-direction. Assume that E_x is sinusoidal with a frequency 100 MHz and has a maximum value of 10^{-4} (V/m) at $t = 0$ and $z = \frac{1}{8}$ (m).

(i) Write the expression for instantaneous E for any t and z.

(ii) Write the expression for instantaneous H.

(iii) Determine the locations where E_x is a positive maximum, when $t = 10^{-8}$ (s).

20

★★★