

PHYSICS

भौतिक-शास्त्र

PAPER—I

प्रश्न-पत्र—I

Full Marks : 200

पूर्णांक : 200

Time : 3 hours

समय : 3 घण्टे

The figures in the margin indicate full marks

हाशिये में पूर्णांक दिए गए हैं

Candidates are required to answer **five** questions in which Question No. 1 is compulsory

परीक्षार्थियों को पाँच प्रश्नों के उत्तर देने हैं, जिनमें प्रश्न संख्या 1 अनिवार्य है

1. Answer any *four* of the following questions (no answer is to exceed the limit of 200 words) : $10 \times 4 = 40$

निम्नलिखित में से किन्हीं चार प्रश्नों के उत्तर दें (कोई उत्तर 200 शब्दों से अधिक का न हो) :

(a) A body of mass m moving with a velocity v collides with a body of mass M ($M > m$) at rest on a frictionless surface and coalesces. Calculate the loss of kinetic energy, if any, in the process. Why is there such a loss of kinetic energy?

v वेग से गतिशील एक m द्रव्यमान का पिण्ड M ($M > m$) द्रव्यमान वाले एक दूसरे पिण्ड से, जो एक

संयोजित सतह पर विरामावस्था में है, टकराती है और उसमें पूरी तरह समा जाती है। इस प्रक्रिया में गतिज ऊर्जा में हुए ह्रास, अगर कुछ है, तो परिकल्पना करें। इस तरह गतिज ऊर्जा का ह्रास क्यों होता है?

(b) Explain the law of conservation of angular momentum. A planet revolves round the sun in a fixed orbit under the action of mutual gravitational force of attraction. Show that the angular momentum of the planet is conserved.

कोणीय संवेग के संरक्षण के नियम की व्याख्या करें। एक ग्रह सूर्य के चारों ओर निश्चित कक्षा में परस्पर गुरुत्वाकर्षण अन्योन्यक्रिया के तहत परिक्रमा करती है। दिखायें कि ग्रह का कोणीय संवेग संरक्षित है।

(c) Discuss the principle of mass-energy equivalence. Explain the term rest mass energy of a particle.

द्रव्यमान-ऊर्जा समतुल्यांक के सिद्धान्त की विवेचना करें। किसी कण के विरामावस्था जनिद्र द्रव्यमान-ऊर्जा पद की व्याख्या करें।

(d) Distinguish between isothermal and adiabatic changes in an ideal gaseous system.

एक आदर्श गैसीय निकाय में समतापीय एवं रूद्धोष्म परिवर्तनों में अन्तर बतायें।

(b) Explain the principle of working of an ideal refrigerator on the basis of Carnot's reversible cycle. 10

कार्नों के प्रतिवर्ती चक्र के आधार पर एक आदर्श रेफ्रिजरेटर के कार्य-प्रणाली के सिद्धान्त की व्याख्या करें।

(c) What is LASER? Discuss population inversion in the production of LASER. 10

लेजर क्या है? लेजर उत्पन्न करने के क्रम में जनसंख्या व्युत्क्रमण की व्याख्या करें।

(d) Using Maxwell's law for distribution of velocities, find the fraction of molecules of an ideal gas having kinetic energies in the range k and $k + dk$. 10

मैक्सवेल के वेगों के वितरण के नियम को प्रयुक्त कर किसी आदर्श गैस के अणुओं के उस भिन्न को ज्ञात करें, जिनके गतिज ऊर्जा k और $k + dk$ अन्तराल में हैं।

(b) Explain Brewster's law. Show that when a light ray is incident at the Brewster's angle on a plane refracting surface, the reflected and refracted rays are mutually perpendicular.

10

ब्रेव्स्टर के नियम की व्याख्या करें। दिखायें कि जब कोई प्रकाश-किरण एक समतल अपवर्तक सतह पर ब्रेव्स्टर कोण पर आपतित होती है, तो परावर्तित एवं अपवर्तित किरणें परस्पर लम्बवत् होती हैं।

(c) What is a Nicol prism? Explain how it can be used as a polarizer and as an analyzer.

10

एक निकॉल प्रिज्म क्या है? इसे एक ध्रुवक एवं एक विश्लेषक के रूप में कैसे प्रयुक्त किया जाता है?

(d) What is double refraction? Distinguish between a $\frac{1}{4}$ -plate and a $\frac{1}{2}$ -plate.

10

द्वि-वर्तन क्या है? एक $\frac{1}{4}$ -प्लेट और एक $\frac{1}{2}$ -प्लेट में विभेद करें।

10. (a) What is geostationary satellite? Determine its height above the earth's surface taking the average radius of the earth as 6400 km.

10

भू-स्थिर उपग्रह क्या है? पृथ्वी की औसत त्रिज्या 6400 km लेते हुए इसकी पृथ्वी के सतह से उँचाई ज्ञात करें।

(e) What is the first law of thermodynamics? Using this law, show that for an ideal gas $C_p - C_v = R$, where the symbols have their usual meaning.

ऊष्मागतिकी का प्रथम नियम क्या है? इस नियम का उपयोग कर, दिखायें कि किसी आदर्श गैस के लिये $C_p - C_v = R$ होगा, जहाँ चिह्नों का सामान्य अर्थ है।

(f) A wave is represented by $y_1 = 10 \sin(kx + \omega t)$. A second wave represented by $y_2 = 20 \sin(kx + \omega t + \frac{\pi}{3})$ interferes with the first wave. Deduce the amplitude and phase of the resultant wave.

एक तरंग $y_1 = 10 \sin(kx + \omega t)$ द्वारा निरूपित किया गया है। एक दूसरी तरंग जो $y_2 = 20 \sin(kx + \omega t + \frac{\pi}{3})$ द्वारा दर्शायी गयी है, पहली तरंग के साथ मिलकर व्यतिकरण करती है। परिणामी तरंग का आयाम एवं प्रावस्था का निगमन करें।

(g) What is resolving power? Explain Rayleigh criterion for the limit of resolution.

विभेदन क्षमता क्या है? विभेदन-सीमा से सम्बन्धित रेले के मापदण्ड की व्याख्या करें।

(h) What is semiconductor diode laser? Explain laser action in a semiconductor diode.

अर्धचालक डायोड लेजर क्या है? अर्धचालक डायोड में लेजर क्रिया की व्याख्या करें।

2. (a) What are the basic postulates of special theory of relativity? Explain. 10
विशेष सापेक्षता सिद्धान्त की मूल अभिधारणाएँ क्या हैं? व्याख्या करें।
- (b) Show that $(x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2)$ is invariant under Lorentz transformation. 10
दिखायें कि $(x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2)$ लॉरेंज रूपान्तरण के तहत निश्चर है।
- (c) Find the velocity of a particle at which the mass of the particle is double of its rest mass. 10
कण के वेग का मान प्राप्त करें, जिस पर किसी कण का द्रव्यमान अपने विरामवस्था द्रव्यमान का दोगुना हो जाता है।
- (d) What is Coriolis force? Give one example of this force. 10
कोरिओलिस बल क्या है? इस बल का एक उदाहरण दें।
3. (a) Discuss the theory of Rutherford scattering. 20
रदरफोर्ड प्रकीर्णन के सिद्धान्त की विवेचना करें।
- (b) Derive the expressions for scattering angle and differential scattering cross-section in terms of energy and impact parameter of the incident particles. 20
प्रकीर्णन कोण एवं अवकलन प्रकीर्णन अनुप्रस्थ-काट के सूत्रों को आपतित कणों के ऊर्जा और संघट्टन प्राचल के पदों में व्यक्त करें।

- (b) Determine the number of lines per meter in a plane diffraction grating which diffracts light of wavelength 5893 Å by 30° in the second-order. 10
किसी समतल विवर्तन ग्रेटिंग में प्रति मीटर रेखाओं की संख्या ज्ञात करें, जो 5893 Å के प्रकाश के तरंगदैर्घ्य की द्वितीय क्रम में 30° से विवर्तित करता है।
- (c) What is the maximum resolving power of a plane diffraction grating for wavelength 5000 Å if the total lines in it is 40000 and grating element is 12.5×10^{-5} cm? 10
एक समतल विवर्तन ग्रेटिंग का 5000 Å तरंगदैर्घ्य के लिये महत्तम विभेदन क्षमता क्या होगा, यदि इसमें कुल रेखाएँ 40000 हैं और इसका ग्रेटिंग तंतु 12.5×10^{-5} cm है?
- (d) Explain rectilinear propagation of light on the basis of wave theory of light. 10
प्रकाश के तरंग सिद्धान्त के आधार पर प्रकाश के सीधी रेखा में गमन की क्रिया की व्याख्या करें।
9. (a) What is polarization of light? Explain the terms 'plane of vibration' and 'plane of polarization'. 10
प्रकाश का ध्रुवण क्या है? 'कम्पन-तल' एवं 'ध्रुवण-तल' पदों की व्याख्या करें।

- (b) State and explain Huygens' principle. How far has it been useful in the explanation of wave phenomena? 10
हाइगेन के सिद्धान्त को लिखें एवं इसकी व्याख्या करें। तरंग क्रियाओं की व्याख्या करने में यह किस हद तक लाभदायक रहा है?
- (c) Define interference of light mentioning the conditions necessary for it. Discuss interference based on division of amplitude and division of wavefront. 10
प्रकाश के व्यतिकरण को, इसे उत्पन्न करने हेतु जरूरी शर्तों के साथ परिभाषित करें। आयाम के बँटवारे एवं तरंगग के बँटवारे पर आधारित व्यतिकरण की विवेचना करें।
- (d) In an experiment of interference of light, the distance between the two sources is 0.02 cm, the distance between the source and the screen is 30.0 cm and the fringe width is 0.875 mm. Calculate the wavelength of the light used. 10
प्रकाश के व्यतिकरण के एक प्रयोग में दो स्रोतों के बीच की दूरी 0.02 cm है, स्रोत और पर्दे के बीच की दूरी 30.0 cm है और फ्रिज की चौड़ाई 0.875 mm है। इस प्रयोग में प्रयुक्त प्रकाश की तरंगदैर्घ्य की गणना करें।
8. (a) Discuss Fresnel's concept of half-period zones. What is a 'zone plate'? 10
फ्रेसेनेल के अर्ध-काल क्षेत्रों की अवधारणा की विवेचना करें। एक 'जोन प्लेट' क्या है?

4. (a) A reversible engine converts $\frac{1}{6}$ th of the heat input into work. If the temperature of the sink is reduced by 62 °C, its efficiency is doubled. Find the temperature of the source and the sink. 10
एक उत्क्रमणीय इंजन अपने ऊष्मा निवेश का $\frac{1}{6}$ वाँ भाग कार्य में बदलता है। यदि सिक का तापक्रम 62 °C से घटा दिया जाय, तो इसकी कुशलता दोगुनी हो जाती है। स्रोत और सिक का तापक्रम ज्ञात करें।
- (b) An inverter claims to have developed an engine working between 600 K and 300 K capable of having an efficiency of 52%. Show that his claim is invalid. 10
एक अन्वेषक दावा करता है कि उसने एक ऐसा इंजन विकसित किया है, जो 600 K और 300 K के बीच कार्य करता है और उसकी कार्य-कुशलता 52% है। दिखायें कि उसका यह दावा अमान्य है।
- (c) Why is negative temperature not possible on Kelvin scale of temperature? 10
केल्विन के तापक्रम-मापी पर ऋणात्मक तापक्रम क्यों सम्भव नहीं है?
- (d) What is entropy? Give its physical significance. 10
एन्ट्रॉपी क्या है? इसका भौतिक महत्व बतायें।
5. (a) Discuss the variation of specific heat of solids at extremely low temperatures. 10
अत्यन्त निम्न तापक्रमों पर ठोस पदार्थों की विशिष्ट ऊष्मा में होने वाले परिवर्तनों की विवेचना करें।

(b) Derive Wien's law from Planck's law for distribution of energy in the black-body spectrum.
10
प्लांक के कृष्णपिण्ड स्पेक्ट्रम में ऊर्जा के वितरण से सम्बन्धित नियम से वीन के नियम को प्राप्त करें।

(c) State and explain the basic assumptions made by Planck to derive the law for energy distribution in the black-body spectrum. Write down the law and discuss it.
10
कृष्णपिण्ड स्पेक्ट्रम में ऊर्जा वितरण से सम्बन्धित नियम प्रतिपादित करने के लिये प्लांक द्वारा किये गये मूल मान्यताओं को लिखें एवं व्याख्या करें। इस नियम को लिखें एवं इसकी विवेचना करें।

(d) Derive Einstein formula for the specific heat of solids. Discuss the failures of this theory.
10
ठोस वस्तुओं के विशिष्ट ऊष्मा के लिये आइंस्टीन के सूत्र को प्रतिपादित करें। इस सिद्धान्त के असफलताओं की विवेचना करें।

6. (a) A particle, executing simple harmonic oscillations, is represented by the equation $x(t) = a \sin(\omega t + \alpha)$, where a , ω and α are constants. Show that the total energy of the particle is constant.
10
एक कण, जो सरल आवर्त गति में है, $x(t) = a \sin(\omega t + \alpha)$ समीकरण के द्वारा निरूपित किया गया है, जहाँ a , ω और α नियतांक हैं। दिखायें कि इस कण की कुल ऊर्जा नियत है।

(b) Distinguish between a travelling wave and a stationary wave. What are the conditions for the formation of a stationary wave?
10
एक गतिमान तरंग एवं एक स्थिर तरंग में विभेद करें। एक स्थिर तरंग के निर्माण के लिये क्या शर्तें हैं?

(c) Write down the wave equation in one dimension. Give a solution of this equation and discuss the terms involved.
10
एक-आयाम में तरंग समीकरण को लिखें। इस समीकरण का हल प्रस्तुत करें एवं इसमें प्रयुक्त पदों की विवेचना करें।

(d) State and explain the principle of superposition of waves. Mention three physical phenomena which result from the superposition of waves and discuss the conditions under which superposition should take place for producing these phenomena.
10
तरंगों के अध्यारोपण के सिद्धान्त को लिखें एवं उसकी व्याख्या करें। तीन ऐसी भौतिक क्रियाओं का उल्लेख करें जो तरंगों के अध्यारोपण के कारण उत्पन्न होते हैं एवं उन शर्तों का उल्लेख करें जिनके तहत अध्यारोपण होने पर ये क्रियायें उत्पन्न होती हैं।

7. (a) What are phase velocity and group velocity with regard to waves?
10
तरंगों के सन्दर्भ में प्रावस्था वेग एवं समूह वेग क्या हैं?