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

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

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

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

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

$\sigma = 5 \cdot 672 \times 10^{-8}$ 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 $1 \cdot 00$ m और $1 \cdot 01$ 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 $1 \cdot 00$ m and $1 \cdot 01$ 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 $1 \cdot 21 \text{ kg/m}^3$ है एवं $\eta = 1 \cdot 8 \times 10^{-5} \text{ N-s/m}^2$ 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 $1 \cdot 21 \text{ kg/m}^3$ and $\eta = 1 \cdot 8 \times 10^{-5} \text{ N-s/m}^2$. 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 $v = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon\mu}}$ 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 $v = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon\mu}}$, 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

★ ★ ★