CS (Main) Exam:2015

भौतिकी

प्रश्न-पत्र—II

PHYSICS

Paper—II

निर्धारित समय : तीन घंटे Time Allowed : Three Hours	अधिकतम अंक : 250 Maximum Marks : 250

प्रश्न-पत्र के लिए विशिष्ट अनुदेश

उत्तर लिखना शुरू करने से पहले कृपया निम्न निर्देशों में से प्रत्येक को ध्यानपूर्वक पढ़ लीजिए :

आठ प्रश्नों को **दो खंडों** में बांटा गया है और **हिन्दी** तथा **अंग्रेजी** में छापा गया है।

उम्मीदवार **को** कुल **पाँच** प्रश्नों के उत्तर देने हैं।

प्रश्न संख्या 1 एवं 5 अनिवार्य हैं, बाकी प्रश्नों में से **तीन** का उत्तर प्रत्येक खण्ड से न्यूनतम एक प्रश्न लेते हुए करना है।

प्रश्न/अंश के अंक उसके सामने दिए गए हैं।

उत्तर उसी माध्यम में दिये जाने हैं जो सार्टिफिकेट में अनुमत है। उसका उल्लेख प्रश्न-सह-उत्तर (QCA) बुकलेट में निर्धारित स्थान पर मुखपृष्ठ पर करना जरूरी है। अनुमत माध्यम से भिन्न माध्यम में दिये उत्तरों पर कोई अंक नहीं दिया जायेगा।

जरूरत होने पर, उचित आंकड़े मान लें, उसका उल्लेख स्पष्टतः करें।

यदि अन्यथा सूचित नहीं हो, सिंबल एवं नोटेशन आमतौर पर प्रयुक्त सामान्य अर्थ वहन करते हैं।

कोई खाली पन्ना या अंश यदि प्रश्न-सह-उत्तर पुस्तिका में छोड़ा गया है, उसे स्पष्टतः अवश्य काट दें।

सभी प्रश्नों को क्रमान्वय में गिना जायेगा। प्रश्न आंशिक रूप में किया गया, तो भी गिना जायेगा यदि उसे नहीं काट दिया गया हो।

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** 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.

Any page or portion of the page left blank in the Question-cum-Answer Booklet must be clearly struck off.

Attempts of questions shall be counted in chronological order. Unless struck off, attempt of a question shall be counted even if attempted partly.

स्थिरांक जिनकी आवश्यकता हो सकती है

निर्वात में प्रकाश का वेग (c) = $3 \times 10^8\ ms^{-1}$

इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान (m_e) = $9{\cdot}11 \times 10^{-31}$ kg

इलेक्ट्रॉन का आवेश (e) = $1{\cdot}602 \times 10^{-19}$ C

इलेक्ट्रॉन का विशिष्ट आवेश

$$\left(\frac{e}{m_e}\right) = 1{\cdot}76 \times 10^{11}\ C\ kg^{-1}$$

1 u ≡ 1 a.m.u. = $1{\cdot}6605 \times 10^{-27}$ kg = 931·5 MeV

इलेक्ट्रॉन की विरामावस्था द्रव्यमान ऊर्जा (m_ec^2) = 0·5110 MeV

मुक्त आकाश में विद्युत्शीलता (ε_0) = $8{\cdot}8542 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$

मुक्त आकाश की पारगम्यता (μ_0) = $4\pi \times 10^{-7}\ N\ A^{-2}$

गैस स्थिरांक (R) = $8{\cdot}314\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$

बोल्ट्ज़मेन स्थिरांक (k_B) = $1{\cdot}381 \times 10^{-23}\ J\ K^{-1}$

प्लांक स्थिरांक (h) = $6{\cdot}626 \times 10^{-34}$ J s

($\hbar$) = $1{\cdot}0546 \times 10^{-34}$ J s

बोहर मैग्नेटॉन (μ_B) = $9{\cdot}274 \times 10^{-24}\ J\ T^{-1}$

नाभिकीय मैग्नेटॉन (μ_N) = $5{\cdot}051 \times 10^{-27}\ J\ T^{-1}$

सूक्ष्म संरचना स्थिरांक (α) = 1/137·03599

प्रोटॉन का द्रव्यमान (M_p) = 1·0072766 u = $1{\cdot}6726 \times 10^{-27}$ kg

न्यूट्रॉन का द्रव्यमान (M_n) = 1·0086652 u = $1{\cdot}6749 \times 10^{-27}$ kg

ड्यूटरॉन का द्रव्यमान (M_d) = 2·013553 u

α-कण का द्रव्यमान (M_α) = 4·001506 u

${}^{12}_{6}C$ का द्रव्यमान = 12·000000 u

${}^{16}_{8}O$ का द्रव्यमान = 15·994915 u

${}^{87}_{38}Sr$ का द्रव्यमान = 86·99999 u

${}^{4}_{2}He$ का द्रव्यमान = 4·002603 u

Constants which may be needed

Velocity of light in vacuum (c) = $3 \times 10^8\ ms^{-1}$

Mass of electron (m_e) = $9{\cdot}11 \times 10^{-31}$ kg

Charge of electron (e) = $1{\cdot}602 \times 10^{-19}$ C

Specific charge of electron

$$\left(\frac{e}{m_e}\right) = 1{\cdot}76 \times 10^{11}\ C\ kg^{-1}$$

1 u ≡ 1 a.m.u. = $1{\cdot}6605 \times 10^{-27}$ kg = 931·5 MeV

Rest mass energy of electron (m_ec^2) = 0·5110 MeV

Permittivity in free space (ε_0) = $8{\cdot}8542 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$

Permeability of free space (μ_0) = $4\pi \times 10^{-7}\ N\ A^{-2}$

Gas constant (R) = $8{\cdot}314\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$

Boltzmann constant (k_B) = $1{\cdot}381 \times 10^{-23}\ J\ K^{-1}$

Planck constant (h) = $6{\cdot}626 \times 10^{-34}$ J s

($\hbar$) = $1{\cdot}0546 \times 10^{-34}$ J s

Bohr magneton (μ_B) = $9{\cdot}274 \times 10^{-24}\ J\ T^{-1}$

Nuclear magneton (μ_N) = $5{\cdot}051 \times 10^{-27}\ J\ T^{-1}$

Fine structure constant (α) = 1/137·03599

Mass of proton (M_p) = 1·0072766 u = $1{\cdot}6726 \times 10^{-27}$ kg

Mass of neutron (M_n) = 1·0086652 u = $1{\cdot}6749 \times 10^{-27}$ kg

Mass of deuteron (M_d) = 2·013553 u

Mass of α-particle (M_α) = 4·001506 u

Mass of ${}^{12}_{6}C$ = 12·000000 u

Mass of ${}^{16}_{8}O$ = 15·994915 u

Mass of ${}^{87}_{38}Sr$ = 86·99999 u

Mass of ${}^{4}_{2}He$ = 4·002603 u

खण्ड—अ

SECTION—A

Q. 1(a) समतल तरंग (प्लेन वेव) $\psi(x, t) = \exp[i(kx - \omega t)]$ के लिए प्रायिकता धारा का एक व्यंजक ज्ञात करें। अपने परिणाम की व्याख्या करें।

Obtain an expression for the probability current for the plane wave $\psi(x, t) = \exp[i(kx - \omega t)]$. Interpret your result. 10

Q. 1(b) विमीय विश्लेषण का इस्तेमाल करते हुए समझाइए कि किसी कण का कोणीय संवेग $\hbar^2$ क्यों नहीं हो सकता है ?

Using dimensional analysis, explain why the angular momentum of a particle cannot be $\hbar^2$. 10

Q. 1(c) HCl के अणु के घूर्णी उत्सर्जन स्पेक्ट्रम में की दो उत्तरोत्तर स्पेक्ट्रमी रेखाओं की तरंग संख्याएं क्रमश: 83.5 cm^{-1} एवं 104.1 cm^{-1} हैं। इससे ऊँची तरंग संख्या पर प्रकट होने वाली अगली रेखा की स्थिति का परिकलन कीजिए।

Two successive lines in the rotational emission spectrum of HCl molecule appear at wave numbers 83.5 cm^{-1} and 104.1 cm^{-1}. Calculate the position of the next line appearing at the higher wave number. 10

Q. 1(d) (i) स्थापित कीजिए कि :

$$hc = 1240 \text{ eV.nm}$$
$$= 1240 \text{ MeV. fm}$$

Establish that :

$$hc = 1240 \text{ eV.nm}$$
$$= 1240 \text{ MeV. fm}$$ 5

(ii) हाइड्रोजन परमाणु के ऊर्जा स्तर निम्नानुसार है :

$$E_n = \left(\frac{-1}{n^2}\right) R_{yd}$$

जहां $1 \, R_{yd} = hcR$

दर्शाइए $R = 1.097 \times 10^7 \, m^{-1}$.

The energy levels of a hydrogen atom are given by $E_n = \left(\frac{-1}{n^2}\right) R_{yd}$ where $1 \, R_{yd} = hcR$.

Show that $R = 1.097 \times 10^7 \, m^{-1}$. 5

Q. 1(e) यदि प्लेटिनम के K, L, M ऊर्जा स्तर क्रमश: लगभग 78, 12 एवं 3 keV निर्वात स्तर से नीचे हैं, तो K_α एवं K_β लाइनों के तरंगदैर्घ्यों का परिकलन कीजिए।

If K, L and M energy levels of platinum are approximately 78, 12 and 3 keV, respectively, below the vacuum level, calculate the wavelengths of K_α and K_β lines. 10

Q. 2(a) एक त्रिविमीय आयताकार विभव रोधिका में कण के लिए श्रोडिंजर समीकरण को हल करिए। इस संदर्भ में अपभ्रष्ट एवं अनपभ्रष्ट अवस्थाओं को समझाइए।

Solve the Schrödinger equation for a particle in a three dimensional rectangular potential barrier. Explain the terms degenerate and non-degenerate states in this context. 30

Q. 2(b) उछलती हुई गेंद के लिए, काल स्वतंत्र श्रोडिंजर समीकरण लिखिए।

Write the time independent Schrödinger equation for a bouncing ball. 10

Q. 2(c) एक कण का प्रसामान्यीकृत फलन निम्नानुसार है :

$$\psi = N \exp\left(\frac{-x^2}{2a^2} + ikx\right)$$

इस कण की स्थिति के प्रत्याशा मान को मालूम कीजिए।

Normalized wave function of a particle is given below :

$$\psi = N \exp\left(\frac{-x^2}{2a^2} + ikx\right).$$

Find the expectation value of position. 10

Q. 3(a) ज़ीमान प्रभाव क्या है ? क्वांटम यांत्रिकी आधार पर, इसे कैसे समझा जा सकता है ?

What is Zeeman effect ? How can it be understood on the basis of quantum mechanics ? 25

Q. 3(b) सोडियम डी लाइनों के लिए ज़ीमान विपाटन प्राप्त करिए।

Obtain Zeeman splitting for sodium D-lines. 15

Q. 3(c) मामले में LS युग्मन को मानते हुए, $3P_2$ अवस्था में स्थित परमाणु का चुम्बकीय आघूर्ण ज्ञात कीजिए।

Find the magnetic moment of an atom in $3P_2$ state, assuming that LS coupling holds for this case. 10

Q. 4(a) हाईड्रोजन अणु द्विपरमाण्विक है। इस अणु के घूर्णी ऊर्जा स्तरों को ज्ञात कीजिए। वरण नियम लिखिए। न्यूनतम घूर्णी विधा को उत्तेजित करने के लिए आवश्यक न्यूनतम ऊर्जा को ज्ञात कीजिए।

Hydrogen molecule is diatomic. Obtain the rotational energy levels of this molecule. Write down the selection rules. Obtain the smallest energy required to excite the lowest rotational mode. 30

Q. 4(b) CO अणु की प्रेक्षित कंपनिक आवृत्ति 6.42×10^{13} Hz है। अणु का प्रभावी बल नियतांक क्या होगा ?

The observed vibrational frequency of CO molecule is 6.42×10^{13} Hz. What is the effective force constant of the molecule ? 10

Q. 4(c) एक कण अनंत गहराई के a चौड़ाई के वर्गाकार कूप में फंसा हुआ है। इसका तरंग फलन $\psi = \left(\frac{2}{\pi}\right)^{1/2} \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right)$ है। इस कूप की दीवारों को एकाएक अनंत दूरी पर सरका दिया जाता है। कण के संवेग के p तथा p+dp के बीच होने की प्रायिकता ज्ञात करें।

A particle trapped in an infinitely deep square well of width a has a wave function $\psi = \left(\frac{2}{\pi}\right)^{1/2} \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right)$. The walls are suddenly separated by infinite distance. Find the probability of the particle having momentum between p and p+dp. 10

खण्ड—ब

SECTION—B

Q. 5(a) किसी प्रतिक्रिया के Q की परिभाषा कीजिए। निम्न प्रतिक्रिया के Q मान का परिकलन कीजिए :

$${}^{9}_{4}\mathrm{Be}\left({}^{4}_{2}\mathrm{He},\ n\right){}^{12}_{6}\mathrm{C}$$

दिया हुआ है : द्रव्यमान (^{9}Be) = 9.012183 u

द्रव्यमान (^{4}He) = 4.002603 u

द्रव्यमान (^{12}C) = 12.000 u

Define Q of a reaction. Calculate the Q-value of the reaction :

$${}^{9}_{4}\mathrm{Be}\left({}^{4}_{2}\mathrm{He},\ n\right){}^{12}_{6}\mathrm{C}.$$

Given : Mass (^{9}Be) = 9.012183 u

Mass (^{4}He) = 4.002603 u

Mass (^{12}C) = 12.000 u. 10

Q. 5(b) दर्शाइए कि किसी क्रिस्टल जालक में स्वेच्छ घूर्णन अक्ष अनुमत नहीं होता।

Show that any arbitrary rotation axis is not permitted in a crystal lattice. 10

Q. 5(c) uds क्वार्क्स एवं एंटिक्वार्क्स के लिए, क्वांटम संख्याएं I_z, Y एवं S लिखिए। इनके किन संयोजनों के परिणामस्वरूप (i) प्रोटान एवं (ii) न्यूट्रान की रचना होती है।

State the quantum numbers I_z, Y and S for uds quarks and antiquarks. Which combination of these leads to the formation of a (i) proton and (ii) neutron ? 10

Q. 5(d) तर्कसंगत व्यंजक $[A\bar{B}(C + BD) + \bar{A}\,\bar{B}]C$ का सरलीकरण कीजिए।

Simplify the logical expression $[A\bar{B}(C + BD) + \bar{A}\,\bar{B}]C$. 10

Q. 5(e) n-p-n एवं p-n-p ट्रांजिस्टर्स में अंतर स्पष्ट करिए। जब उनको प्रवर्धक के तौर पर इस्तेमाल किया जाता है, तब उनकी युक्ति संरचना और बायसकरण परिपथों के बारे में बताइए।

Differentiate between n-p-n and p-n-p transistors. Give their device structure and biasing circuits when used as an amplifier. 10

Q. 6(a) ग्रांड यूनिफिकेशन थियोरियों (जी.यू.टी.) का वर्णन करिए।

Describe grand unification theories (GUT). 20

Q. 6(b) कितने प्रकारों के न्यूट्रिनो हैं ? द्रव्यमानों के आधार पर, उनके अंतर को स्पष्ट करिए।

How many types of neutrinos exist ? How do they differ in their masses ? 15

Q. 6(c) निम्नलिखित क्षयों (डिके) को क्वार्क्स के रूप में लिखिए :

(i) $\Omega^- \rightarrow \Lambda^o + K^-$

(ii) $\Lambda^o \rightarrow p + \pi^-$

(iii) $K^- \rightarrow \mu^- + \upsilon_\mu$.

Write down the following decays in terms of quarks :

(i) $\Omega^- \rightarrow \Lambda^o + K^-$

(ii) $\Lambda^o \rightarrow p + \pi^-$

(iii) $K^- \rightarrow \mu^- + \upsilon_\mu$. 15

Q. 7(a) ट्रांजिस्टर आधारित ऐसे कोलपिट दोलक को डिज़ाइन कीजिए, जो 9 MHz पर दोलन कर सके। समझाइए कि दोलनों का सर्जन एवं प्रतिपालन किस प्रकार होता है ?

Design a transistor based Colpitt oscillator which can oscillate at 9 MHz. Explain how the oscillations are created and sustained. 15

Q. 7(b) संक्रियात्मक प्रवर्धक पर आधारित समाकलक (इंटीग्रेटर) का वर्णन करिए। संक्रियात्मक प्रवर्धक समाकलकों का उपयोग करते हुए, निम्न अवकल समीकरण को हल करने के लिए एक सर्किट का डिज़ाइन तैयार कीजिए :

$$\frac{d^2v}{dt^2} + 2\frac{dv}{dt} + 3v = 0.$$

Describe an operational amplifier based integrator. Using operational amplifier integrators, design a circuit to solve the following differential equation :

$$\frac{d^2v}{dt^2} + 2\frac{dv}{dt} + 3v = 0.$$ 20

Q. 7(c) पी-एन संधि सौर सेल की अभिकल्पना संरचना का रेखाचित्र बनाइए एवं समझाइए कि कैसे प्रकाश ऊर्जा विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है। इसके I-V अभिलक्षणों के रेखाचित्र बनाइए और समझाइए।

Draw the device structure of a p-n junction solar cell and explain how light energy is converted into electrical energy. Draw and explain its I-V characteristics. 15

Q. 8(a) एक ठोस की जालक विशिष्ट ऊष्मा का व्यंजक मालूम करिए तथा इसकी निम्न एवं उच्च ताप की सीमाएं भी ज्ञात करिए। डिबाई ताप क्या है ?

Find an expression for lattice specific heat of a solid, and its low and high temperature limits. What is Debye temperature ? 20

Q. 8(b) इलेक्ट्रान की एकविमीय आवधिक विभव में गति का वर्णन करिए और दर्शाइए कि उससे इलेक्ट्रान ऊर्जा स्पेक्ट्रम में अनुमत्य एवं वर्जित अवस्थाओं के बैंडों का विरचन होता है। बैंड संरचना के आधार पर चालकों, अर्धचालकों और विद्युतरोधियों के बीच किस प्रकार विभेदन किया जाता है ?

Describe the motion of an electron in one dimensional periodic potential and show that it leads to formation of bands of allowed and forbidden states in the electron energy spectrum. How are the conductors, semiconductors and insulators discriminated on the basis of band structure ? 20

Q. 8(c) अतिचालक एवं पूर्ण चालक में अंतर स्पष्ट करिए। स्पष्ट कीजिए कि कूपर युग्म क्या होता है ?

Distinguish between a superconductor and perfect conductor. Explain what is a Cooper pair. 10