



[This question paper contains 06 printed pages]

[इस प्रश्न पत्र में 06 मुद्रित पृष्ठ हैं]

Himachal Pradesh Administrative Service Combined Competitive (Main /  
Written) Examination, 2020

हिमाचल प्रदेश प्रशासनिक सेवा संयुक्त प्रतियोगी (मुख्य / लिखित) परीक्षा, 2020

PHYSICS (PAPER-II)

भौतिक विज्ञान (पेपर-II)

Time allowed: Three Hours

निर्धारित समय: तीन घंटे

Maximum Marks: 100

अधिकतम अंक: 100

### QUESTION PAPER SPECIFIC INSTRUCTIONS

प्रश्न पत्र सम्बन्धी विशेष अनुदेश

Please read each of the following instructions carefully before attempting questions.

उत्तर देने से पूर्व निम्नलिखित निर्देशों को कृपया सावधानीपूर्वक पढ़ें।

1. There are TEN questions divided in FIVE SECTIONS and printed both in English & in Hindi.

इसमें दस प्रश्न हैं जो पांच खंडों में विभाजित हैं तथा अंग्रेजी और हिंदी दोनों में छपे हैं।

2. Candidate has to attempt one question from each part.

उम्मीदवार को प्रत्येक भाग से एक प्रश्न का उत्तर देना है।

3. All questions carry equal marks. The number of marks carried by a question / part is indicated against it.

सभी प्रश्नों के समान अंक हैं। प्रत्येक प्रश्न / भाग के नियत अंक उसके सामने दिए गए हैं।

4. Write answer in legible handwriting. Each part of the question must be answered in sequence and in the same continuation.

सुपाठ्य लिखावट में उत्तर लिखें। प्रश्न के प्रत्येक भाग का उत्तर उसी क्रम में दिया जाना चाहिए।

5. Assume suitable data, if considered necessary, and indicate the same clearly.

यदि आवश्यक हो, तो उपयुक्त आंकड़ों का चयन करें तथा उनको निर्दिष्ट करें।

6. 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 answer book must be clearly struck off.

प्रश्नों के प्रयासों की गणना क्रमानुसार की जाएगी। आंशिक रूप से दिए गए प्रश्नों के उत्तर को भी मान्यता दी जाएगी यदि उसे काटा नहीं गया हो। छोड़े गए कोई पृष्ठ अथवा पृष्ठ के भाग को पूर्णतः काट दीजिये।

7. Re-evaluation / Re-checking of answer book of the candidate is not allowed.

उम्मीदवार की उत्तरपुस्तिका का पुनर्मूल्यांकन / पुनः जाँच नहीं की जाएगी।

## SECTION-I

### खंड-I

1. (a) A 5MeV proton enters vertically downward in a horizontal field of magnetic induction  $\vec{B}$  of magnitude 1.5 Tesla. Determine the acceleration of the proton and describe the resultant trajectory of the proton. (Mass of proton =  $1.7 \times 10^{-27}$  Kg) (10)

एक 5MeV प्रोटॉन 1.5 टेस्ला परिमाण के चुंबकीय प्रेरण  $\vec{B}$  के क्षैतिज क्षेत्र में लंबवत नीचे की ओर प्रवेश करता है। प्रोटॉन के त्वरण का निर्धारण करें और प्रोटॉन के परिणामी प्रक्षेपवक्र का वर्णन करें। (प्रोटॉन का द्रव्यमान =  $1.7 \times 10^{-27}$  किग्रा)

- (b) Describe the propagation of electromagnetic waves in a conducting medium. Also, explain the term 'skin depth'. (10)

चालक माध्यम में विद्युतचुम्बकीय तरंगों के संचरण का वर्णन कीजिए। 'त्वचा की गहराई' शब्द की भी व्याख्या कीजिए।

2. (a) Find expressions for resonance frequency and quality factor of a parallel LCR circuit connected to an ac source. Also list some practical applications of such a circuit. (10)

एक एसी स्रोत से जुड़े समानांतर एलसीआर सर्किट के अनुनाद आवृत्ति और गुणवत्ता कारक के लिए व्यंजक खोजें। ऐसे सर्किट के कुछ व्यावहारिक अनुप्रयोगों को भी सूचीबद्ध करें।

- (b) Consider a charge distribution in a spherical volume of radius  $a$  with the charge density given by

$$\rho = \rho_0 \left(1 - \frac{r}{a}\right) \text{ for } 0 < r \leq a$$
$$= 0 \quad \text{for } r > a$$

Calculate the electric field due to this charge distribution at  $r > a$  and  $r < a$ . (10)

त्रिज्या  $a$  के गोलाकार आयतन में आवेश वितरण पर विचार करें जिसका आवेश घनत्व दिया गया है

$$\rho = \rho_0 \left(1 - \frac{r}{a}\right) \text{ for } 0 < r \leq a$$
$$= 0 \quad \text{for } r > a$$

इस आवेश वितरण के कारण  $r > a$  और  $r < a$  पर विद्युत क्षेत्र की गणना करें।

## SECTION-II

### खंड-II

3. (a) The wavelength of the  $L_{\alpha}$  X-rays spectral lines of Platinum ( $Z=78$ ) is  $1.321\text{\AA}$ . An unknown substance emits  $L_{\alpha}$  X-rays of wavelength  $4.17\text{\AA}$ . Determine the atomic number of the unknown substance. Given  $b=7.4$  for the  $L_{\alpha}$  lines. (10)

प्लेटिनम ( $Z=78$ ) की  $L_{\alpha}$  X-किरणों की वर्णक्रमीय रेखाओं की तरंगदैर्घ्य  $1.321\text{\AA}$  है। एक अज्ञात पदार्थ  $4.17\text{\AA}$  तरंगदैर्घ्य की  $L_{\alpha}$  X-किरणें उत्सर्जित करता है। अज्ञात पदार्थ का परमाणु क्रमांक ज्ञात कीजिए।  $L_{\alpha}$  लाइनों के लिए  $b=7.4$  दिया गया है।

- (b) A particle is confined to a one dimensional box of side  $L$ . Derive expressions for its eigenfunctions and eigenvalues. Further show that the minimum energy of this particle cannot be zero. (10)

एक कण  $L$  भुजा वाले एक-आयामी बॉक्स तक सीमित है। इसके आइगेनफलन और आइगेनमान के लिए व्यंजक व्युत्पन्न करें। आगे सिद्ध कीजिए कि इस कण की न्यूनतम ऊर्जा शून्य नहीं हो सकती।

4. (a) The stopping potential for photoelectrons emitted from a surface illuminated by the light of wavelength  $5893\text{\AA}$  is  $0.36\text{V}$ . Determine the work function and the threshold frequency of the surface. (10)

$5893\text{\AA}$  तरंग दैर्घ्य के प्रकाश से प्रकाशित सतह से उत्सर्जित फोटोइलेक्ट्रॉनों के लिए अवरोध विभव  $0.36\text{V}$  है। कार्य फंक्शन और सतह की थ्रेशहोल्ड आवृत्ति निर्धारित करें।

- (b) State and explain the Heisenberg uncertainty principle. Use it to explain why an electron cannot exist inside the nucleus. (10)

हाइजेनबर्ग अनिश्चितता सिद्धांत को बताएं और समझाएं। इसका उपयोग यह समझाने के लिए करें कि नाभिक के अंदर एक इलेक्ट्रॉन क्यों मौजूद नहीं हो सकता है।

### SECTION-III

#### खंड-III

4. (a) Two radioactive elements X and Y have their half-lives of 4 and 6 years respectively. An equal amount of both the elements were taken  $t$  years ago. If the present ratio of the amounts of X and Y is 1:3. Find the time  $t$ . (10)

दो रेडियोधर्मी तत्व X और Y की अर्ध-आयु क्रमशः 4 और 6 वर्ष है। दोनों तत्वों की बराबर मात्रा  $t$  वर्ष पहले ली गई थी। यदि X और Y की राशियों का वर्तमान अनुपात 1:3 है। समय  $t$  का पता लगाएं।

- (b) Explain the principle, construction, and working of a betatron. Further derive the condition for its operation. (10)

एक बीटाट्रॉन के सिद्धांत, निर्माण और कार्य की व्याख्या करें। आगे इसके संचालन के लिए शर्त प्राप्त करें।

6. (a) The nuclear radius of  ${}^{16}_8O$  is 3 Fermi. What nuclear radius do you expect for  ${}^{205}_{82}Pb$ ? (10)

${}^{16}_8O$  की नाभिकीय त्रिज्या 3 फर्मी है।  ${}^{205}_{82}Pb$  के लिए आप किस परमाणु त्रिज्या की अपेक्षा करते हैं?

- (b) Describe the liquid drop model of the nucleus. Highlight its merits and demerits in understanding the nuclear phenomena. (10)

नाभिक के द्रव बूंद मॉडल का वर्णन कीजिए। नाभिकीय परिघटनाओं को समझने में इसके गुण-दोषों पर प्रकाश डालिए।

#### SECTION-IV

#### खंड-IV

7. (a) Deduce formula for the effective mass of an electron. Also, explain the physical meaning of negative effective mass. (10)

एक इलेक्ट्रॉन के प्रभावी द्रव्यमान के लिए सूत्र निकालें। साथ ही ऋणात्मक प्रभावी द्रव्यमान का भौतिक अर्थ भी समझाइए।

- (b) Calculate the Bragg's angle at which electrons accelerated from rest through potential difference of 80V will be diffracted from  $\langle 111 \rangle$  planes of an fcc crystal of lattice parameter  $3.5\text{\AA}$ . (10)

एक fcc क्रिस्टल के, जिसका लेटिस पैरामीटर  $3.5\text{\AA}$  है,  $\langle 111 \rangle$  प्लेनो से विवर्तित इलेक्ट्रॉनों, जो 80V के विभवांतर में स्थिरावस्था से गतिमान अवस्था में जाते हैं, के लिए ब्रैग के कोण की गणना करें।

8. (a) Based on the Kroning-Penny model, explain the formation of energy bands in metals. (10)

क्रोनिंग-पेनी मॉडल के आधार पर धातु में ऊर्जा बैंड के गठन की व्याख्या करें।

- (b) Estimate the Debye temperature of gold if its atomic weight is 197, the density is  $1.9 \times 10^4 \text{kg/m}^3$  and the velocity of sound in it is 2100m/s. Use Planck's constant  $=6.626 \times 10^{-34} \text{Js}$ , Boltzmann constant  $=1.38 \times 10^{-23} \text{m}^2 \text{kgs}^{-2} \text{K}^{-1}$  and Avogadro number  $=6.02 \times 10^{23}$ . (10)

यदि सोने का परमाणु भार 197 है, घनत्व  $1.9 \times 10^4 \text{ kg/m}^3$  है और इसमें ध्वनि का वेग  $2100 \text{ m/s}$  है, तो सोने के डेबी तापमान का अनुमान लगाएं। प्लैंक नियतांक  $= 6.626 \times 10^{-34} \text{ J-s}$ , बोल्ट्ज़मान स्थिरांक  $= 1.38 \times 10^{-23} \text{ m}^2 \text{ kgs}^{-2} \text{ K}^{-1}$  और अवोगाद्रो संख्या  $= 6.02 \times 10^{23}$  का प्रयोग करें।

### SECTION-V

#### खंड-V

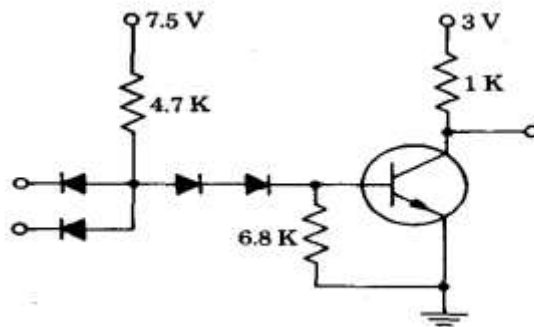
9. (a) Determine the concentration of free electrons and holes in a sample of Germanium at 300K which has a concentration of donor and acceptor atoms equal to  $2 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$  and  $3 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$  respectively. Further, ascertain whether the sample is p- or n-type? Take  $n_i = 2.5 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$  at 300K. (10)

300K पर जर्मेनियम के एक नमूने में मुक्त इलेक्ट्रॉनों और होल्स की सांद्रता निर्धारित करें, जिसमें दाता और स्वीकर्ता परमाणुओं की सांद्रता क्रमशः  $2 \times 10^{14}$  परमाणु/सेमी<sup>3</sup> और  $3 \times 10^{14}$  परमाणु/सेमी<sup>3</sup> के बराबर है। इसके अलावा, पता लगाएँ कि क्या नमूना p- या n-प्रकार का है? 300K पर  $n_i = 2.5 \times 10^{13}$  परमाणु/cm<sup>3</sup> लें।

- (b) Draw and describe the input, output, and transfer characteristics of a CB BJT amplifier. Also, compare its features with CE and CC configurations. (10)

CB BJT प्रवर्धक के इनपुट, आउटपुट और ट्रांसफर विशेषताओं को बनाएं और उनका वर्णन करें। इसके अलावा, CE और CC कॉन्फिगरेशन के साथ इसकी विशेषताओं की तुलना करें।

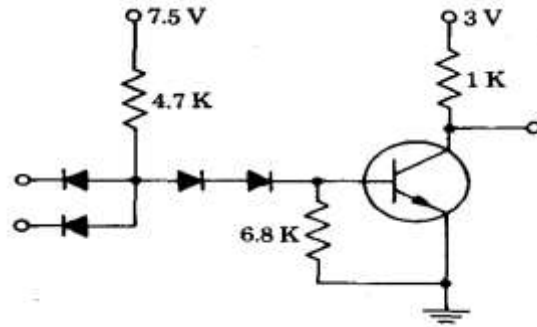
10. (a) The DTL shown uses Si devices with  $V_{BE,Sat} = 0.8 \text{ V}$ ,  $V_{CE,Sat} = 0.2 \text{ V}$ ,  $V_{cutin} = 0.5 \text{ V}$  and the voltage drop across a conducting diode is  $0.7 \text{ V}$ . The inputs to this switch are obtained from the outputs of similar gates.
- (i) Verify that the circuit functions as a positive NAND and calculate  $h_{FE,min}$ .
- (ii) If all inputs are high, what is the magnitude of noise voltage at the input which will cause the gate to malfunction?



(10)

दिखाया गया DTL Si यंत्रों का बना है जिसमें  $V_{BE,Sat}=0.8V$ ,  $V_{CE,Sat}=0.2V$ ,  $V_{cutin}=0.5V$  और एक कंडक्टिंग डायोड में वोल्टेज ड्रॉप  $0.7V$  है। इस स्विच के इनपुट समान गेट्स के आउटपुट से प्राप्त किए जाते हैं।

- (i) सत्यापित करें कि सर्किट एक धनात्मक NAND के रूप में कार्य करता है और  $h_{FE, min}$  की गणना करता है।
- (ii) यदि सभी इनपुट उच्च हैं, तो इनपुट पर शोर वोल्टेज का परिमाण क्या है जिससे गेट खराब हो जाएगा?



- (b) Explain frequency modulation (FM) and analyze its frequency spectrum. Under what condition an FM is similar to amplitude modulation (AM)? (10)

आवृत्ति मॉड्यूलेशन (FM) को समझाइए और इसके आवृत्ति स्पेक्ट्रम का विश्लेषण कीजिए। किस स्थिति में एक FM आयाम मॉड्यूलन (AM) के समान है?

\*\*\*\*\*