



[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-I)

भौतिक विज्ञान (पेपर-I)

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 particle of mass  $m$  moving with velocity  $u$  collides head-on with a particle of mass  $M$  initially at rest. After the collision, if  $v_1$  and  $v_2$  be their respective velocities along the same line.
- (i) Find the ratio of their masses if  $v_1 = -v_2$
- (ii) If the particles coalesce in a collision, what will be the common velocity? (10)

$u$  वेग से गतिमान  $m$  द्रव्यमान का एक कण प्रारंभ में विरामावस्था में द्रव्यमान  $M$  के एक कण से टकराता है। टक्कर के बाद, यदि  $v_1$  तथा  $v_2$  एक ही रेखा के अनुदिश उनके संबंधित वेग हों।

- (i) उनके द्रव्यमान का अनुपात ज्ञात कीजिए यदि  $v_1 = -v_2$
- (ii) यदि कण आपस में संयुक्त हों जाते हैं, तो उभयनिष्ठ वेग क्या होगा?
- (b) Describe Jaeger's method for determining the surface tension of a liquid. Further, discuss the advantages and disadvantages of this method over the other such methods. (10)

किसी द्रव का पृष्ठ तनाव ज्ञात करने के लिए जैगर की विधि का वर्णन कीजिए। इसके अलावा, ऐसी अन्य विधियों की तुलना में इस पद्धति के फायदे और नुकसान पर चर्चा करें।

2. (a) Calculate the speed of recession of a star from the earth, if the  $H_\alpha$  line emitted from the star has a wavelength shift of  $656.3 \text{ \AA}$  due to Doppler's relativistic effect. Also, estimate the distance of the star from the earth. Given the wavelength of the  $H_\alpha$  line as  $6563 \text{ \AA}$  and Hubble constant,  $H=3 \times 10^{-18}/\text{s}$ . (10)

पृथ्वी से किसी तारे की मंदन गति की गणना करें, यदि डॉपलर के सापेक्ष प्रभाव के कारण तारे से निकलने वाली  $H_\alpha$  रेखा में तरंग दैर्ध्य में  $656.3 \text{ \AA}$  की शिफ्ट होती है। पृथ्वी से तारे की दूरी का भी अनुमान लगाएं।  $H_\alpha$  रेखा की तरंग दैर्ध्य  $6563 \text{ \AA}$  और हबल स्थिरांक  $H=3 \times 10^{-18}/\text{s}$  है।

- (b) Derive the equation for the orbit of a particle moving under the influence of an inverse square central force field. Also, determine the time period of motion in an elliptical orbit. (10)

व्युत्क्रम वर्ग केंद्रीय बल क्षेत्र के प्रभाव में गतिमान कण की कक्षा के लिए समीकरण व्युत्पन्न कीजिए। इसके अलावा, एक अंडाकार कक्षा में गति की समय अवधि निर्धारित करें।

## SECTION-II

### खंड-II

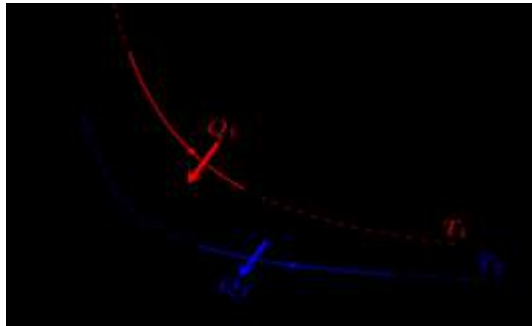
3. (a) A metal sphere with a black surface and radius of 30mm, is cooled to 200K and placed inside an enclosure at a temperature of 300K. Calculate the initial rate of temperature rise of the sphere, assuming the sphere is a black body. Take density of metal =  $8000\text{kg/m}^3$ , specific heat capacity of metal =  $400\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$  and Stefan's constant =  $5.7 \times 10^{-8}\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ . (10)

एक काले रंग की सतह और 30 मिमी की त्रिज्या वाले धातु के गोले को 200K तक ठंडा किया जाता है और 300K के तापमान पर एक घेरा के अंदर रखा जाता है। गोले को एक काला पिंड मानते हुए, गोले के तापमान में वृद्धि की प्रारंभिक दर की गणना करें। धातु का घनत्व  $\rho = 8000\text{kg/m}^3$ , धातु की विशिष्ट ऊष्मा क्षमता  $c = 400\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$  और स्टीफन का स्थिरांक  $\sigma = 5.7 \times 10^{-8}\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ ।

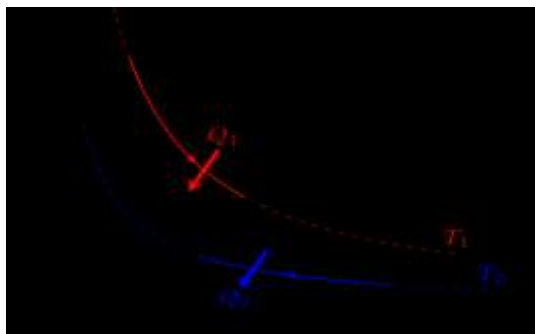
- (b) Describe the theory of the adiabatic demagnetization method to produce low temperatures. (10)

कम तापमान उत्पन्न करने के लिए रुद्धोष्म विचुंबकीकरण विधि के सिद्धांत का वर्णन करें।

4. (a) Suppose 0.2 mol of an ideal diatomic gas ( $\gamma=1.40$ ) undergoes a Carnot cycle with temperatures  $227^\circ\text{C}$  and  $27^\circ\text{C}$ . The initial pressure  $p_A=10 \times 10^5\text{Pa}$ , and during the isothermal expansion at the higher temperature the volume doubles. Find the pressure and volume at points A, B, C, and D in the p-V diagram. (10)



मान लीजिए कि एक आदर्श द्विपरमाणुक गैस ( $\gamma=1.40$ ) का 0.2 मोल तापमान  $227^\circ\text{C}$  और  $27^\circ\text{C}$  के साथ कार्नोट चक्र से गुजरता है। प्रारंभिक दबाव  $p_A=10 \times 10^5\text{Pa}$ , और उच्च तापमान पर समतापी विस्तार के दौरान आयतन दोगुनी हो जाती है। पी-वी आरेख में बिंदुओं ए, बी, सी और डी पर दबाव और आयतन ज्ञात कीजिए।



- (b) Describe the Bose-Einstein distribution law. Also, compare the results of this theory with the Fermi-Dirac distribution law. (10)

बोस-आइंस्टीन वितरण नियम का वर्णन कीजिए। साथ ही, इस सिद्धांत के परिणामों की तुलना फर्मी-डिराक वितरण नियम से करें।

### SECTION-III

#### खंड-III

5. (a) A particle is simultaneously subjected to two simple harmonic motions, both of the same frequency and in the same direction. If the amplitudes are 0.5 mm and 0.4 mm respectively and the phase difference between the first and second is  $45^\circ$ . Find the resultant displacement and its phase relative to the first motion of amplitude 0.5mm. (10)

एक कण एक साथ दो सरल लयबद्ध गतियों के अधीन होता है, दोनों समान आवृत्ति और एक ही दिशा में। यदि आयाम क्रमशः 0.5 मिमी और 0.4 मिमी हैं और पहले और दूसरे के बीच चरण अंतर  $45^\circ$  है। 0.5 मिमी के आयाम की पहली गति के सापेक्ष परिणामी विस्थापन और उसके चरण का पता लगाएं।

- (b) Explain a forced harmonic oscillator with suitable illustrations. Derive an equation of motion of this oscillator and also find the solution of the resultant equation of motion. (10)

उपयुक्त दृष्टान्तों के साथ एक बलात लयबद्ध दोलक की व्याख्या करें। इस दोलक की गति का समीकरण व्युत्पन्न कीजिए और परिणामी गति समीकरण का हल भी ज्ञात कीजिए।

6. (a) Write down an equation of motion of a damped harmonic oscillator and find out its general solution. Also list some physical systems that possess damped oscillations. (10)

अवमंदित लयबद्ध दोलक की गति का समीकरण लिखिए और उसका सामान्य हल ज्ञात कीजिए। इसके अलावा, कुछ भौतिक प्रणालियों की सूची बनाएं जिनमें अवमंदित दोलन होते हैं।

- (b) The vibrations of a string of length  $60\text{ cm}$  fixed at both the ends are represented by  $y = 4 \sin \frac{\pi x}{15} \cos 96\pi t$ , where  $x$  and  $y$  are in centimeters and  $t$  in seconds.
- (i) What is the maximum displacement at  $x=5\text{ cm}$ ,
- (ii) What is the velocity of the particle at  $x=7.5\text{ cm}$  and  $t=0.25$  second? and
- (iii) Where are the nodes located along the string? (10)

दोनों सिरों पर तय की गई 60 सेमी लंबाई की एक डोरी के कंपन को  $y = 4 \sin \frac{\pi x}{15} \cos 96\pi t$ , द्वारा दर्शाया जाता है, जहां  $x$  और  $y$  सेंटीमीटर में और  $t$  सेकंड में होते हैं।

- (i)  $x = 5$  सेमी पर अधिकतम विस्थापन क्या है?
- (ii) कण का वेग  $x = 7.5$  सेमी और  $t = 0.25$  सेकंड पर क्या है? और
- (iii) डोरी के साथ नोड्स कहां स्थित हैं?

#### SECTION-IV

#### खंड-IV

7. (a) Describe with the aid of a ray diagram, the structure and action of an astronomical telescope. With such an instrument what is the best position for the observer's eye? (10)

एक किरण आरेख की सहायता से एक खगोलीय दूरदर्शी की संरचना और क्रिया का वर्णन कीजिए। ऐसे यंत्र के साथ प्रेक्षक की आंख के लिए सबसे अच्छी स्थिति कौन सी है?

- (b) In Young's double-slit experiment, using light of wavelength  $6.0 \times 10^{-7}$  m, the slits were 0.40 mm apart and the distance of the slits to the screen was 1.20 m. Find the separation of the fringes. Also, find the angle, in radians, subtended by a central pair of bright fringes at the slits. (10)

यंग के डबल-स्लिट प्रयोग में  $6.0 \times 10^{-7}$  m तरंग दैर्ध्य के प्रकाश का उपयोग करते हुए, स्लिट्स 0.40 मिमी अलग थे और स्लिट्स की स्क्रीन से दूरी 1.20 मीटर थी। फ्रिंजों का पृथक्करण ज्ञात कीजिए। साथ ही, स्लिट्स पर दीप्त फ्रिंजों के एक केंद्रीय जोड़े द्वारा अंतरित कोण, रेडियन में ज्ञात कीजिए।

8. (a) A parallel beam of sodium light ( $\lambda = 5893 \text{ \AA}$ ) is incident normally on a diffraction grating. The angle between two first-order spectra on either side of the normal is  $27^\circ 42'$ . Find:

- (i) The number of rulings/mm on the grating
- (ii) The greatest number of bright images obtained

(10)

सोडियम प्रकाश का एक समानांतर पुंज ( $\lambda = 5893 \text{ \AA}$ ) विवर्तन ग्रेटिंग पर लंबवत आपतित होता है। अभिलंब के दोनों ओर प्रथम कोटि के दो स्पेक्ट्रमों के बीच का कोण  $27^\circ 42'$  है। ज्ञात कीजिए:

- (i) ग्रेटिंग पर लकीर/मिमी की संख्या
- (ii) प्राप्त उज्वल छवियों की सबसे बड़ी संख्या

- (b) Describe one experiment in each instance to demonstrate:

- (i) Polarization of light by refraction  
(ii) Polarization of light by double refraction. (10)

प्रत्येक उदाहरण प्रदर्शित करने के लिए एक प्रयोग का वर्णन करें:

- (i) अपवर्तन द्वारा प्रकाश का ध्रुवीकरण  
(ii) दोहरे अपवर्तन द्वारा प्रकाश का ध्रुवीकरण

### SECTION-V

#### खंड-V

9. (a) Draw a simple block diagram of an optical fiber communication system, and explain the purpose and operation of each element. (10)

ऑप्टिकल □□□□□ संचार प्रणाली का एक सरल ब्लॉक आरेख बनाएं और प्रत्येक अवयव के उद्देश्य और संचालन की व्याख्या करें।

- (b) A He-Ne laser operating at wavelength  $6328 \text{ \AA}$  has an output power of  $1 \text{ mW}$  with a  $1.0 \text{ mm}$  beam diameter. The beam comes out through the mirror which has  $1\%$  transmittance at the laser wavelength. Find the ratio of stimulated emission to spontaneous emission. The line width of laser light is  $1.5 \times 10^8 \text{ Hz}$ . (10)

$6328 \text{ \AA}$  तरंगदैर्घ्य वाले He-Ne लेजर में  $1.0 \text{ mm}$  बीम व्यास के साथ  $1 \text{ mW}$  की आउटपुट पावर होती है। किरण दर्पण के माध्यम से बाहर आती है जिसमें लेजर तरंग दैर्घ्य पर  $1\%$  संचरण होता है। उत्प्रेरित उत्सर्जन का स्वतःस्फूर्त उत्सर्जन से अनुपात ज्ञात कीजिए। लेजर □□□□□□ की लाइन चौड़ाई  $1.5 \times 10^8 \text{ Hz}$  है।

10. (a) (i). Calculate the number of propagation modes of a step-index fiber of diameter  $200 \mu\text{m}$ , and  $\text{NA}=0.3$  at the wavelength of  $0.85 \mu\text{m}$ . (05)

$0.85 \text{ मिमी}$  की तरंग दैर्घ्य पर  $200 \text{ मिमी}$  व्यास और  $\text{एनए} = 0.3$  के एक स्टेपइंडेक्स फाइबर के प्रसार मोड की संख्या की गणना करें।

- (ii) Determine the refractive index difference between the core and cladding of a fiber with an NA of  $0.1$ . Take refractive index of cladding to be  $1.45$ . (05)

$\text{एनए} = 0.1$  के साथ फाइबर के कोर और क्लैडिंग के बीच अपवर्तक सूचकांक अंतर निर्धारित करें। क्लैडिंग का अपवर्तनांक  $1.45$  लें।

- (b) Describe the principle and working of a semiconductor laser. Further, mention its merits and demerits. (10)

अर्धचालक लेजर के सिद्धांत और कार्य का वर्णन करें। इसके अलावा, इसके गुण और दोषों का उल्लेख करें।