



सत्यमेव जयते

**UPPSC/UPPCS  
Exam Paper**

**यूपीपीएससी - यूपीपीसीएस**

**मुख्य परीक्षा 2020**

**वैकल्पिक विषय**

**प्रश्न पत्र**

**“भौतिक विज्ञान प्रथम प्रश्न पत्र”**

परीक्षा तिथि: 25<sup>th</sup> जनवरी 2020



No. of Printed Pages : 7

Serial No.	3042277
------------	---------

## PSL – 05/20-Paper-I

भौतिक विज्ञान (प्रश्न-पत्र - I)  
PHYSICS (PAPER - I)

निर्धारित समय : तीन घंटे]

Time Allowed : Three Hours]

[अधिकतम अंक : 200

[Maximum Marks : 200

- विशेष अनुदेश :
- दो खण्डों में कुल आठ प्रश्न दिये गये हैं, जो हिन्दी तथा अंग्रेजी दोनों में छपे हैं ।
  - प्रत्येक खण्ड से कम से कम दो प्रश्नों का चयन करते हुए, कुल पाँच प्रश्नों के उत्तर दीजिए ।
  - प्रत्येक प्रश्न के अंत में निर्धारित अंक अंकित हैं ।
  - सभी प्रश्न समान अंकों के हैं ।

- Specific Instructions :**
- There are total eight questions in two Sections, printed in both Hindi and English.
  - Answer five questions, selecting atleast two questions from each Section.
  - Marks are given against each question.
  - All questions carry equal marks.

### खण्ड – अ/SECTION - A

1. (a) एक छल्ला, एक डिस्क, एक ठोस बेलन, एक गोलीय कोश तथा एक ठोस गोला जिनकी त्रिज्यायें तथा द्रव्यमान समान हैं, को एक नत समतल के उच्चतम बिन्दुओं में विरामावस्था से बिना फिसले लुढ़कने के लिए छोड़ दिया जाता है । उपरोक्त पिण्डों के वेग हेतु एक सामान्य व्यंजक ज्ञात कीजिये और नत समतल के निम्न बिन्दु पर पहुँचने का उनका क्रम ज्ञात कीजिये ।

15

A ring, a disc, a solid cylinder, a spherical shell and a solid sphere of the same mass and same radius are allowed to roll without slipping from rest state of an inclined plane. Find the general expression for the velocity of the bodies and also find their order of reaching to the bottom of the inclined plane.

- (b) प्रत्यास्थता स्थिरांकों के बीच निम्न सम्बन्ध स्थापित कीजिये

$$Y = 3K(1 - 2\sigma) = 2\eta(1 + \sigma) = \frac{9K\eta}{3K + \eta}$$

तथा सिद्ध कीजिये कि पाईसाँ अनुपात के सैद्धान्तिक सीमान्त  $-1.0$  तथा  $+0.5$  हैं।

Prove the following relations between elastic constants

$$Y = 3K(1 - 2\sigma) = 2\eta(1 + \sigma) = \frac{9K\eta}{3K + \eta}$$

and prove that the theoretical limits of Poisson's ratio are  $-1.0$  and  $+0.5$ .

15

- (c) पृथ्वी की सतह से किसी पिण्ड को ऊर्ध्वाधर दिशा में ऊपर की ओर कितने वेग से फेंका जाय कि वह  $10R$  की ऊँचाई तक ही पहुँच सके ?

( $R$  = पृथ्वी की त्रिज्या =  $6400$  कि.मी., पृथ्वी का द्रव्यमान =  $6 \times 10^{24}$  कि.ग्रा. तथा गुरुत्वीय स्थिरांक  $G = 6.7 \times 10^{-11}$  न्यू.मी.<sup>2</sup>/कि.ग्रा.<sup>2</sup>)

10

Calculate the velocity with which a body must be thrown vertically upward from the surface of the earth so that it may just reach a height of  $10R$ .

( $R$  = Radius of earth =  $6400$  km, Earth's mass =  $6 \times 10^{24}$  kg and Gravitational constant  $G = 6.7 \times 10^{-11}$  Nm<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>)

2. (a) प्रति वायुमण्डलीय दाब की वृद्धि के लिये बर्फ के गलनांक में अवनमन निकालिये जबकि  $0^\circ\text{C}$  पर जल और बर्फ का विशिष्ट आयतन क्रमशः  $1.00$  घ.सेमी. और  $1.091$  घ.सेमी. है। उपयोग किये गये सूत्र की स्थापना कीजिये।

15

Find the lowering in the melting point of ice per atmosphere increase of pressure if the specific volume of water and ice at  $0^\circ\text{C}$  is  $1.00$  cc and  $1.091$  cc respectively. Derive the formula used.

- (b) सिद्ध कीजिये कि  $C_p - C_v = T \left( \frac{\partial P}{\partial T} \right)_v \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$ । अतः सिद्ध कीजिये कि एक आदर्श गैस के लिये

$C_p - C_v = R$  तथा एक वास्तविक गैस के लिये  $C_p - C_v = R \left( 1 + \frac{2a}{RTV} \right)$  होता है, जहाँ प्रतीकों के सामान्य अर्थ हैं।

15

Prove that  $C_p - C_v = T \left( \frac{\partial P}{\partial T} \right)_v \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$ . Hence prove that for a perfect gas  $C_p - C_v = R$

and for a real gas  $C_p - C_v = R \left( 1 + \frac{2a}{RTV} \right)$ , where symbols have their usual meanings.

- (c) ओरिऑन तारामण्डल के रिगेल तारे की ज्योति हमारे सूर्य के 17000 गुनी है। यदि सूर्य का पृष्ठीय ताप 6000 K हो, तो इस तारे के ताप की गणना कीजिये।

10

Luminosity of Rigel star in Orion Constellation is 17000 times that of our Sun. If the surface temperature of the Sun is 6000 K, calculate the temperature of the star.

3. (a) सिद्ध कीजिये कि सरल आवर्त गति करते हुए एक कण की ऊर्जा आयाम के वर्ग के समानुपाती तथा आवर्त काल के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होती है। यदि सरल आवर्त गति करते हुये कण का विस्थापन समीकरण  $y = a \cos \omega t + b \sin \omega t$  से प्रदर्शित किया जाता हो, तो उसके आवर्त काल, आयाम, अधिकतम वेग व अधिकतम त्वरण की गणना कीजिये, यदि  $a = 3$ ,  $b = 4$  और  $\omega = 2$ ।

15

Show that energy of a particle executing S.H.M. is directly proportional to the square of the amplitude and inversely proportional to the square of the time period.

If the displacement of a particle moving in S.H.M. is given by  $y = a \cos \omega t + b \sin \omega t$ , determine its time period, amplitude, maximum velocity and maximum acceleration, if  $a = 3$ ,  $b = 4$  and  $\omega = 2$ .

- (b) किसी तरंग के कला वेग व समूह वेग से आप क्या समझते हैं? दोनों में कोणीय आवृत्ति व संचरण अंक के पदों में सम्बन्ध स्थापित कीजिये। यदि कला वेग  $V = a + b\lambda$  द्वारा प्रदर्शित किया जाय, जबकि  $a$  और  $b$  स्थिरांक हैं, तो उसके समूह वेग की गणना कीजिये।

15

What do you understand by phase velocity and group velocity of waves? Derive relationship between the two in terms of angular frequency and propagation number. If the phase velocity is given by  $V = a + b\lambda$ , where  $a$  and  $b$  are constant, find its group velocity.

- (c) प्रदर्शित कीजिये कि अप्रगामी तरंगों के लिये एक चक्र में कुल संचरण ऊर्जा का प्रवाह शून्य होता है।

10

Show that in the case of stationary waves, the net transmission of flow of energy in one cycle is zero.

4. (a) माइकेल्सन व्यतिकरणमापी के सिद्धान्त की चर्चा करें। इसे एक पतली प्लेट के अपवर्तनांक और एकवर्णीय प्रकाश के तरंगदैर्घ्य के निर्धारण के लिये किस प्रकार से प्रयोग किया जाता है ? 15  
Discuss the principle of Michelson interferometer. How can it be used to determine the refractive index of a thin plate and wavelength of monochromatic light ?
- (b) फ्रेनेल के अर्द्ध-अवधि ज़ोन का उपयोग करके आप किस प्रकार सरल कोर द्वारा बने विवर्तन चित्र को समझा सकते हैं ? प्रथम और द्वितीय उच्चिष्ठ तीव्रताओं का मान लिखिये। 15  
How would you explain the diffraction pattern formed by a straight edge using Fresnel's half period zones ? Find the value of intensity of first and second maxima.
- (c) उस पट्टिका की कम से कम मोटाई की गणना कीजिये जो समतल ध्रुवित प्रकाश को वृत्तीय ध्रुवित प्रकाश में परिवर्तित कर देती है।  
दिया है : 10  
 $\mu_0 = 1.53, \mu_E = 1.54, \lambda = 5890 \text{ \AA}$   
Calculate the minimum thickness of a plate which converts plane polarised light into circularly polarised light.  
Given :  
 $\mu_0 = 1.53, \mu_E = 1.54, \lambda = 5890 \text{ \AA}$ .

### खण्ड - ब / SECTION - B.

5. (a) किस उद्देश्य से माइकेल्सन-मोर्ले प्रयोग की संरचना की गयी थी, यह स्पष्ट रूप से समझाते हुये प्रयोग का वर्णन कीजिये। प्रयोग के परिणामों का सविस्तार विश्लेषण कीजिये। 15  
Describe the Michelson-Morley experiment, stating clearly the purpose for which it was designed. Analyse in detail the conclusions of the experiment.
- (b) धारा रेखीय गति तथा प्रवाह का क्रान्तिक वेग शब्दों की व्याख्या कीजिये। रेनाल्ड संख्या क्या है ?  
 $L_1$  और  $L_2$  लम्बाई तथा  $R_1$  और  $R_2$  त्रिज्या की दो केशनलियाँ श्रेणीक्रम में जुड़ी हैं। दिखाइये कि  
इनसे होकर द्रव के प्रवाह की दर  $V = \frac{\pi P}{8\eta} \left[ \frac{L_1}{R_1^4} + \frac{L_2}{R_2^4} \right]^{-1}$  होगी, जहाँ  $\eta$  द्रव का श्यानता गुणांक और  
 $P$  संयुक्त नली के सिरों पर लगा दाबान्तर है। 15  
Explain the terms stream line motion and critical velocity of flow. What is Reynold's number ? Two capillaries of length  $L_1$  and  $L_2$  and radii  $R_1$  and  $R_2$  are joined in series.  
Show that the rate of flow of fluid through it will be  $V = \frac{\pi P}{8\eta} \left[ \frac{L_1}{R_1^4} + \frac{L_2}{R_2^4} \right]^{-1}$ , where  
 $\eta$  is the coefficient of viscosity of fluid and  $P$  is the pressure difference across the combination.



- (c) द्रव्यमान 3 कि.ग्रा. वाले एक कण का स्थिति सदिश  $\vec{r}_1 = 3\hat{i} + 3t\hat{j} + 2t^2\hat{j}$  है और द्रव्यमान 5 कि.ग्रा. वाले एक कण का स्थिति सदिश  $\vec{r}_2 = 3\hat{i} - 2t^2\hat{i} - 6t\hat{j}$  है, जहाँ  $t$  सेकेण्ड में है और  $r$  मीटर में है।  $t = 2$  सेकेण्ड पर इस निकाय के लिये संहति केन्द्र की स्थिति और वेग ज्ञात कीजिये। 10

The position vector of a particle of mass 3 kg is  $\vec{r}_1 = 3\hat{i} + 3t\hat{j} + 2t^2\hat{j}$  and that of a particle of mass 5 kg is  $\vec{r}_2 = 3\hat{i} - 2t^2\hat{i} - 6t\hat{j}$ , where  $t$  is in second and  $r$  is in m. Determine the position of the centre of mass of the system and the velocity of the centre of mass at  $t = 2s$ .

6. (a) ऊर्जा-समविभाजन नियम की विवेचना कीजिये। इसके आधार पर  $f$  स्वतन्त्रता कोटि के अणुओं वाली आदर्श गैस की विशिष्ट ऊष्मा का व्यंजक ज्ञात कीजिये, अतः सिद्ध कीजिये कि  $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1 + \frac{2}{f}$ ।  
अतः एक, द्वि तथा बहु परमाणुविक गैसों के लिये  $\gamma$  के मान की गणना कीजिये। 15

Deduce the law of equipartition of energy. On the basis of it, obtain specific heat of an ideal gas having molecules with  $f$  degrees of freedom, hence show that

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1 + \frac{2}{f}.$$

From it obtain the value of  $\gamma$  for monoatomic, diatomic and polyatomic gases.

- (b) कार्नो के चक्र का वर्णन कीजिये तथा इसकी दक्षता की गणना कीजिये। एक उत्क्रमणीय इंजन दो तापों के बीच कार्य करता है, जिसका अन्तर  $100^\circ\text{C}$  है। यदि वह स्रोत से 746 जूल ऊष्मा अवशोषित करता है और 546 जूल ऊष्मा सिंक को देता है, तो स्रोत तथा सिंक का ताप ज्ञात कीजिये। 15

Describe Carnot's cycle and calculate its efficiency. A reversible engine works between temperatures whose difference is  $100^\circ\text{C}$ . If it absorbs 746 joules of heat from source and gives 546 joules of heat to sink, calculate the temperature of source and sink.

(c) एण्ट्रॉपी में वृद्धि की गणना कीजिये जब 5 ग्राम बर्फ  $-10^{\circ}\text{C}$  से  $100^{\circ}\text{C}$  की वाष्प में परिवर्तित होती है।

बर्फ की विशिष्ट ऊष्मा =  $0.5$  कैलोरी/ग्राम  $^{\circ}\text{C}$

बर्फ की गुप्त ऊष्मा =  $80$  कैलोरी/ग्राम

वाष्प की गुप्त ऊष्मा =  $540$  कैलोरी/ग्राम।

10

Calculate the increase in entropy when 5 gm of ice at  $-10^{\circ}\text{C}$  is converted into steam at  $100^{\circ}\text{C}$ .

Specific heat of ice =  $0.5$  cal/gm  $^{\circ}\text{C}$

Latent heat of ice =  $80$  cal/gm

Latent heat of steam =  $540$  cal/gm.

7. (a) यदि किसी कण पर  $x = a \sin(2\omega t + \phi)$  तथा  $y = b \sin \omega t$  समीकरणों द्वारा व्यक्त दो परस्पर लम्बवत सरल आवर्ती दोलन एक साथ अध्यारोपित होते हैं, तो कण के परिणामी पथ का समीकरण निगमित कीजिये। यदि  $\phi = 0^{\circ}, \frac{\pi}{2}$  तथा  $\pi$  हो, तो पथ की आकृति क्या होगी?

15

If two mutually perpendicular simple harmonic oscillations represented by equations  $x = a \sin(2\omega t + \phi)$  and  $y = b \sin \omega t$  superpose simultaneously on a particle, deduce the equation for the resultant path of the particle. What will be the shape of the path if  $\phi = 0^{\circ}, \frac{\pi}{2}$  and  $\pi$ ?

(b) प्रणोदित दोलन क्या होते हैं? प्रणोदित आवर्ती दोलन के गति का अवकलन समीकरण स्थापित कीजिये तथा इसको हल कीजिये। अवमन्दन की विभिन्न अवस्थाओं के लिये अनुनाद की घटना की विवेचना कीजिये।

15

What are forced vibrations? Setup the differential equation of motion of a forced harmonic oscillation and solve it. Discuss the phenomenon of resonance for various values of damping.

(c) निम्नलिखित आरा दन्त तरंग फलन के लिए फोरियर श्रेणी प्राप्त कीजिए :

$$Y = \frac{a}{T} t, \text{ for } 0 < t < T$$

जहाँ  $a$  आयाम,  $t$  समय तथा  $T$  आवर्त काल हैं।

10

Find the Fourier's series for the sawtooth wave function given by

$$Y = \frac{a}{T} t, \text{ for } 0 < t < T$$

where  $a$  is amplitude,  $t$  is time and  $T$  is time period.



8. (a) फैब्री-पेरो व्यतिकरणमीटर की कार्यप्रणाली का सिद्धान्त समझाइये । ट्रान्समिटेड प्रकाश की तीव्रता वितरण का व्यंजक निकालिये एवं फ्रिंजो की तीक्ष्णता की विवेचना कीजिये । 15

Explain the principle of working of Fabry-Perot interferometer. Obtain an expression for the intensity distribution in the transmitted light and discuss the sharpness of the fringes obtained.

- (b) किस प्रकार समतल ध्रुवित, वृत्ताकार ध्रुवित तथा दीर्घवृत्ताकार ध्रुवित प्रकाश प्राप्त किये जा सकते हैं ? किस प्रकार उनका पता लगाया जा सकता है ? 15

How can plane polarised, circularly polarised and elliptically polarised light can be obtained ? How can they be detected ?

- (c) एक 50 सेमी. वक्रता त्रिज्या वाले समतलोत्तल लेन्स तथा समतल काँच की प्लेट के मध्य न्यूटन वलय बनती हैं । यदि तीसरे प्रदीप्त वलय का व्यास 0.181 सेमी. तथा तेईसवें प्रदीप्त वलय का व्यास 0.501 सेमी. हो, तो प्रयुक्त प्रकाश का तरंगदैर्घ्य ज्ञात कीजिये । 10

Newton's rings are formed between a plane glass plate and a plane convex lens of 50 cm radius of curvature. If the diameter of the 3<sup>rd</sup> bright ring is 0.181 cms and that of 23<sup>rd</sup> bright ring is 0.501 cms, calculate the wavelength of the light used.