

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

June, 2012

PHYSICS

PHE-1 : ELEMENTARY MECHANICS

AND

PHE-2 : OSCILLATIONS AND WAVES

Instructions :

- (i) *Students registered for both PHE-1 & PHE-2 courses should answer both the question papers in two separate answer books entering their enrolment number, course code and course title clearly on both the answer books.*
- (ii) *Students who have registered for PHE-1 or PHE-2 should answer the relevant question paper after entering their enrolment number, course code and course title on the answer book.*

PHYSICS

PHE-1 : ELEMENTARY MECHANICS

Time : 1½ hours

Maximum Marks : 25

Note : Attempt all questions. The marks for each question are indicated against each question. You may use log table or simple calculator. Symbols have their usual meaning unless indicated.

1. Attempt *any five* parts : 3x5=15

(a) The position vector of a particle is given by

$$\vec{r}(t) = R \cos bt \hat{i} + R \sin bt \hat{j} - \frac{1}{2} ct^2 \hat{k}$$

where **b** and **c** are constants. Determine

$$\vec{v}(t) \text{ and } \vec{a}(t).$$

(b) A particle of mass 3 kg is suspended from the ceiling by two light strings, each making an angle of 30° with the ceiling. Determine the tension in the strings.

(c) In a ballistic pendulum, the masses of the bullet and the block are 5 g and 10 kg, respectively. The block and the bullet are raised by a height of 0.5 cm, after the bullet strikes the block. Calculate the velocity of the bullet.

- (d) Determine the total cross-section in the centre-of-mass frame of reference, given that

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{r^2}{4}.$$

- (e) Show that the velocity of the centre-of-mass of a two-particle system remains constant if no external force acts on it.
- (f) An automobile engine rotates with an angular speed of 2000 r.p.m. and develops 80 kW of power. Calculate the torque it delivers.
- (g) The weight of a body on earth is 1000 N. Determine its weight on a planet whose mass is $\frac{1}{10}$ and radius $\frac{1}{2}$ that of the earth.
- (h) A train of mass 50,000 kg runs south at a speed of 30 ms^{-1} at a latitude 60°N . Calculate the Coriolis force on the tracks. Take the angular velocity of the earth to be $2\pi \times 10^{-5} \text{ rad s}^{-1}$.

2. Attempt *any two* parts : 5x2=10

- (a) A single stage rocket of mass 100 kg carrying 900 kg of fuel is fired from rest. Calculate its final velocity if the exhaust velocity of the gas relative to the rocket is 2.0 kms^{-1} . Neglect the effect of gravity.

- (b) Two isolated particles of mass 1 kg each are connected by a light rod of length 2.0 m. They orbit their centre - of - mass at a speed of 3.0 ms^{-1} . Calculate the angular momentum and kinetic energy of the system. If the length of the rod is reduced to 1 m, which of these two quantities will remain the same, and why ?
- (c) A spherical ball rolls without slipping down a slope of vertical height 35 cm and reaches the bottom moving at 2.2 ms^{-1} . Is the ball hollow or solid ? Give the relevant calculations.
-

PHYSICS

PHE-2 : OSCILLATIONS AND WAVES

Time : 1½ hours

Maximum Marks : 25

Note : Attempt *all* questions. The marks for each question are indicated against it. Log-tables or non-programmable calculator may be **used**. Symbols have their usual meanings.

1. Answer *any FIVE* parts : 5×3=15

(a) A simple harmonic motion is given by $x = 3 \sin 4\pi t + 4 \cos 4\pi t$ where x is in metre and t in second. Calculate

- (i) amplitude of oscillator,
- (ii) frequency of oscillation and
- (iii) displacement at time $t=0$

(b) A body of mass 200 g executing simple harmonic motion has a velocity of 3 cms^{-1} when its displacement is 4 cm and a velocity of 4 cms^{-1} when the displacement is 3 cm. Calculate

- (i) amplitude of oscillation, and
- (ii) period of oscillation.

- (c) Two oscillations along the same line are described by the equations

$$x_1 = 0.03 \cos (10 \pi t)$$

and $x_2 = 0.03 \cos (12 \pi t)$

Obtain the equation describing the resultant motion due to superposition of these two oscillations.

- (d) Stationary waves are produced in a medium by the superposition of two waves

$$y_1 = 0.05 \sin (3 \pi t - 2 x)$$

and $y_2 = 0.05 \sin (3 \pi t + 2 x)$

where x and y are in metre and t in second. Calculate the amplitude of the particle at

$x = 0.5$ m. Given $\cos (57.3^\circ) = 0.54$

- (e) A pipe of length 20 cm is closed at one end. Which harmonic mode of the pipe is in resonance with a source of frequency 425 Hz ? Speed of sound = 340 ms^{-1} .
- (f) The quality factor of a weakly damped oscillator of frequency 200 Hz is 1000. Calculate the time in which its energy becomes 20% of the initial value.

- (g) At what speed is a car approaching a stationary observer if he hears the music of the car radio with a frequency 10% higher than the actual frequency ? Speed of sound = 340 ms^{-1} .
- (h) The phase velocity v of wave in a certain medium is given by $v = a + b \lambda$ where λ is the wavelength and a and b are constants. What is its group velocity ?

2. Answer *any TWO* parts :

- (a) What is a torsional pendulum ? Derive the expression for the time period of a torsional pendulum. State one use of such a pendulum. 1, 3, 1
- (b) (i) Set up the differential equation of a damped oscillator. 2
- (ii) The general solution of the differential equation of the damped oscillator is given by $x(t) = \exp(-bt) [a_1 \exp(b^2 - \omega_0^2)t + a_2 \exp(b^2 + \omega_0^2)t]$ 3
 show that for weak damping, it reduces to $x(t) = a \exp(-bt) \cos(\omega_d t + \phi)$
 where ω_d is frequency of damped oscillations.

- (c) (i) Set up the differential equation for transverse waves in a string. 3
- (ii) Use dimensional analysis to express the wave velocity in terms of the tension in the string and mass per unit length of the string. 2
-

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2012

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-1 : प्रारंभिक यांत्रिकी

एवं

पी.एच.ई.-2 : दोलन और तरंगे

निर्देश :

- (i) जो छात्र पी.एच.ई.-1 और पी.एच.ई.-2 दोनों पाठ्यक्रमों के लिए पंजीकृत हैं, दोनों प्रश्नपत्रों के उत्तर अलग-अलग उत्तर पुस्तिकाओं में अपना अनुक्रमांक, पाठ्यक्रम कोड तथा पाठ्यक्रम नाम साफ-साफ लिखकर दें।
- (ii) जो छात्र पी.एच.ई.-1 या पी.एच.ई.-2 किसी एक के लिए पंजीकृत हैं, अपने उसी प्रश्नपत्र के उत्तर उत्तर-पुस्तिका में अपना अनुक्रमांक, पाठ्यक्रम कोड तथा पाठ्यक्रम नाम साफ-साफ लिखकर दें।

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-1 : प्रारंभिक यांत्रिकी

समय : 1½ घण्टे

अधिकतम अंक : 25

नोट : सभी प्रश्न करें। प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं।
आप लॉग सारणियों या अप्रोग्रामीय कैल्कुलेटर का प्रयोग कर
सकते हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

1. कोई पाँच भाग करें :

3x5=15

(a) एक कण का स्थिति सदिश निम्नलिखित है :

$$\vec{r}(t) = R \cos bt \hat{i} + R \sin bt \hat{j} - \frac{1}{2} ct^2 \hat{k}$$

जहाँ b और c अचर हैं। $\vec{v}(t)$ और $\vec{a}(t)$ ज्ञात करें।

(b) द्रव्यमान 3 kg वाले एक कण को दो हल्की रस्सियों से छत से लटकाया जाता है। प्रत्येक रस्सी छत के साथ 30° का कोण बनाती है। रस्सियों में तनाव का मान ज्ञात करें।

(c) एक प्राक्षेपिक लोलक में गोली और लोलक के द्रव्यमान क्रमशः 5 g और 10 kg हैं। गोली लगने के बाद, गोली के साथ लोलक 0.5 cm ऊपर उठ जाता है। गोली का वेग ज्ञात कीजिए।

- (d) संहति केन्द्र निर्देश तंत्र में पूर्ण प्रकीर्णन परिक्षेत्र प्राप्त करें, अगर दिया गया है कि

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{r^2}{4}$$

- (e) सिद्ध करें कि जब एक द्वि-पिंड निकाय पर कोई बाह्य बल नहीं लगता तो उसका संपूर्ण रैखिक संवेग अचर बना रहता है।
- (f) 2000 r.p.m. की दर से घूर्णन करने पर कार के इंजन में 80 kW की शक्ति उत्पन्न होती है। बताएं कि बलआघूर्ण कितना होगा ?
- (g) एक पिंड का पृथ्वी पर भार 1000 N है। इस पिंड का एक ऐसे ग्रह पर भार क्या होगा जिसका द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का $\frac{1}{10}$ है और जिसकी त्रिज्या पृथ्वी की त्रिज्या की $\frac{1}{2}$ है।
- (h) 50,000 kg द्रव्यमान वाली एक ट्रेन 60°N के अक्षांश पर दक्षिण की ओर 30 ms^{-1} की चाल से जा रही है। ट्रेक पर लगने वाला कोरिओलिस बल परिकलित करें। पृथ्वी की कोणीय चाल $2\pi \times 10^{-5} \text{ rad s}^{-1}$ लें।

2. कोई दो भाग करें :

5x2=10

- (a) एक एक-चरण रॉकेट जिसका द्रव्यमान 100 kg है और जिसमें 900 kg ईंधन भरा हुआ है, विरामावस्था से छोड़ा जाता है। रॉकेट का अंतिम वेग परिकल्पित करें यदि रॉकेट के प्रति गैस का रैचन वेग 2.0 kms^{-1} हो। गुरुत्व का प्रभाव नगण्य मानें।
- (b) द्रव्यमान 1 kg वाले दो विलगित कण 2.0 m लंबी एक हल्की छड़ से जुड़े हुए हैं। वे 3.0 ms^{-1} की चाल से अपने संहति केन्द्र की परिक्रमा कर रहे हैं। निकाय का कोणीय संवेग और गतिज ऊर्जा ज्ञात करें। यदि छड़ की लंबाई को कम करके 1 m कर दिया जाए, तो इन दोनों राशियों में से कौन सी राशि नहीं बदलेगी और क्यों?
- (c) 35 cm की ऊर्ध्वाधर ऊँचाई वाले ढलान पर, एक गोल गेंद बिना फिसले नीचे लुढ़कती है और 2.2 ms^{-1} की चाल से तल पर पहुँचती है। बताइए कि गेंद खोखली है या ठोस? आवश्यक गणना करें।
-

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-2 : दोलन और तरंगें

समय : $1\frac{1}{2}$ घण्टे

अधिकतम अंक : 25

नोट : सभी प्रश्न करें। प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं।
आप लॉग सारणियों अथवा कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं।
प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

1. किन्हीं पाँच भागों के उत्तर लिखें : 5×3=15

(a) किसी सरल आवर्त गति का समीकरण निम्नलिखित है :

$$x = 3 \sin 4\pi t + 4 \cos 4\pi t$$

जहाँ x मीटर में तथा t सेकेंड में है :

(i) दोलन का आयाम,

(ii) दोलन की आवृत्ति, तथा

(iii) समय $t=0$ पर विस्थापन परिकलित करें।

(b) 200 g द्रव्यमान का पिंड सरल आवर्त गति करता है।

जब इस पिंड का विस्थापन 4 cm है तो इसका वेग

3 cms^{-1} है तथा जब इसका विस्थापन 3 cm है तो

इसका वेग 4 cms^{-1} है।

(i) दोलन का आयाम तथा,

(ii) दोलन का आवर्तकाल परिकलित करें।

- (c) दो सरिख दोलनों के समीकरण निम्नलिखित हैं :

$$x_1 = 0.03 \cos (10 \pi t)$$

तथा $x_2 = 0.03 \cos (12 \pi t)$

इन दोलनों को अध्यारोपित करने के फलस्वरूप परिणामी गति का समीकरण प्राप्त करें।

- (d) किसी माध्यम में निम्नलिखित दो तरंगों के अध्यारोपण के फलस्वरूप अप्रगामी तरंगें उत्पन्न होती हैं :

$$y_1 = 0.05 \sin (3 \pi t - 2 x)$$

और $y_2 = 0.05 \sin (3 \pi t + 2 x)$

जहाँ x तथा y मीटर में तथा t सेकेंड में हैं। $x = 0.5\text{m}$ पर स्थित कण का आयाम परिकलित करें। दिया गया है कि $\cos (57.3^\circ) = 0.54$

- (e) 20 cm लंबी नलिका एक सिरे पर बन्द है। आवृत्ति 425 Hz वाले एक स्रोत के साथ इस नलिका की कौन सी संनादी विधा अनुनाद करेगी ? ध्वनि की चाल = 340 ms^{-1} .
- (f) आवृत्ति 200 Hz वाले एक दुर्बलतः अवमंदित दोलित्र का गुणता कारक 1000 है। समय का वह मान परिकलित करें जिसमें इस दोलित्र की ऊर्जा का मान, आरंभिक मान का 20 प्रतिशत हो जाता है।

(g) एक स्थिर प्रेक्षक की ओर एक कार आ रही है। यदि प्रेक्षक द्वारा सुने गए कार रेडियो के संगीत की आवृत्ति उसके वास्तविक आवृत्ति से 10 प्रतिशत अधिक है तो कार किस चाल से प्रेक्षक की ओर आ रही है? ध्वनि की चाल = 340 ms^{-1} .

(h) किसी माध्यम में तरंग के प्रावस्था वेग, v का व्यंजक निम्नलिखित है :

$$v = a + b \lambda$$

जहाँ λ तरंगदैर्घ्य तथा a और b स्थिरांक हैं। तरंग का समूह वेग परिकलित करें।

2. **किन्हीं दो भागों के उत्तर लिखें :**

(a) मरोड़ी लोलक क्या होता है? इसके आवर्तकाल के लिए व्यंजक व्युत्पन्न करें। इस लोलक का एक अनुप्रयोग बताएं।

1, 3, 1

(b) (i) किसी अवमंदित दोलित्र के लिए अवकल समीकरण स्थापित करें।

2

(ii) अवमंदित दोलित्र के अवकल समीकरण का व्यापक हल निम्नलिखित है :

3

$$x(t) = \exp(-bt) [a_1 \exp(b^2 - \omega_0^2) t$$

$$+ a_2 \exp(b^2 + \omega_0^2) t]$$

सिद्ध करें कि दुर्बल अवमंदन के लिए उपरोक्त हल निम्नलिखित रूप में परिवर्तित हो जाता है :

$$x(t) = a \exp(-bt) \cos(\omega_d t + \phi)$$

जहाँ ω_d , अवमंदित दोलनों की आवृत्ति है।

- (c) (i) किसी तार पर संचरित अनुप्रस्थ तरंगों के लिए अवकल समीकरण स्थापित करें। 3
- (ii) विमीय विश्लेषण का अनुप्रयोग कर तरंग वेग को तार के तनाव तथा तार के प्रति इकाई लंबाई संहति के पदों में व्यक्त करें। 2
-