

No. of Printed Pages : 20 **BPHE-101/PHE-01/
BPHE-102/PHE-02**

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)

Term-End Examination

December, 2023

PHYSICS

BPHE-101/PHE-01 : ELEMENTARY MECHANICS

&

BPHE-102/PHE-02 : OSCILLATIONS AND WAVES

Time : 3 Hours

Maximum Marks : 50

Instructions :

- 1. Students registered for both BPHE-101/PHE-01 and BPHE-102/PHE-02 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.*
 - 2. Students who have registered for BPHE-101/PHE-01 or BPHE-102/PHE-02 should answer the relevant question paper after entering their enrolment number, course code and course title on the answer book.*
-
-

P. T. O.

**BPHE-101/PHE-01/
BPHE-102/PHE-02**

विज्ञान स्नातक (बी. एस.-सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2023

भौतिक विज्ञान

**बी.पी.एच.ई.-101/पी.एच.ई.-01 : प्रारंभिक यांत्रिकी
एवं**

बी.पी.एच.ई.-102/पी.एच.ई.-02 : दोलन एवं तरंगें

समय : 3 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

निर्देश :

1. जो छात्र बी.पी.एच.ई.-101/पी.एच.ई.-01 और बी.पी.एच.ई.-102/पी.एच.ई.-02 दोनों पाठ्यक्रमों के लिए पंजीकृत हैं, दोनों प्रश्न-पत्रों के उत्तर अलग-अलग उत्तर पुस्तिकाओं में अपना अनुक्रमांक, पाठ्यक्रम कोड तथा पाठ्यक्रम नाम साफ-साफ लिखकर दें।
2. जो छात्र बी.पी.एच.ई.-101/पी.एच.ई.-01 या बी.पी.एच.ई.-102/पी.एच.ई.-02 किसी एक के लिए पंजीकृत हैं, अपने उसी प्रश्न-पत्र के उत्तर उत्तर पुस्तिकाओं में अपना अनुक्रमांक, पाठ्यक्रम कोड तथा पाठ्यक्रम नाम साफ-साफ लिखकर दें।

BPHE-101/PHE-01**BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)****Term-End Examination****December, 2023****BPHE-101/PHE-01 : ELEMENTARY MECHANICS***Time : $1\frac{1}{2}$ Hours**Maximum Marks : 25*

***Note :** Attempt any **five** questions. The marks for each question are indicated against it. You may use a calculator. Symbols have their usual meaning.*

1. Attempt any *four* parts : 4×3=12
 - (a) Derive the law of equal areas for central force. 3
 - (b) Show that the angular momentum of a two-particle system is conserved when the force acting on the system is a central force. 3
 - (c) The moment of inertia of a wheel about its axis is 4.0 kgm². Initially the wheel is at rest. Then it is connected to a motor which delivers a constant torque of 40 Nm about its axis. How much work is done by the motor on the wheel after the wheel goes through 10.0 revolutions ? What is the angular velocity of the wheel at that time ?
(1+2)

P. T. O.

- (d) A dancer starts spinning from rest and acquires an angular speed of 6 rpm in 2 minutes. What is her angular acceleration in rads^{-2} ? Calculate the torque that she must exert if her rotational inertia is 60 kgm^2 . 2+1
- (e) An object of 50.0 kg at rest is suddenly accelerated to a speed of 6.0 ms^{-1} along the x -direction due to a collision. If the duration of the collision is 0.50 s , obtain the impulse and the average force on the object. 2+1
- (f) A fielder picks a ball from the ground and in the same motion throws it at another fielder standing at a distance of 60.0 m from him. Calculate the angle at which the ball is thrown if it was in the air for 4.0 s . Take $g = 10 \text{ ms}^{-2}$. 3
- (g) An object initially at rest moves from point $(2, 3)$ to point $(3, 5)$ in a straight line when a force $\vec{F} = 4x\hat{i} + y\hat{j}$ is exerted on it. What is the work done by the force on the object ?

2. Attempt any *one* part : 1×5=5
- (a) A hard drive disc in a computer spins at a rate of 6000 rpm. The radius of the disc is 4.0 cm. Determine the minimum force of friction that would prevent a dust particle of mass 40 mg on the disc from sliding off.
- 5
- (b) A helicopter rescues a person of mass 50 kg by pulling her vertically with a cable from a height of 30 m. What is the work done on her by the cable if her acceleration is 2.0 ms^{-2} as she reaches the helicopter ? What is the work done by the force of gravity on her as she reaches the helicopter ? Take $g = 10 \text{ ms}^{-2}$.
3. Attempt any *one* part : 1×5=5
- (a) A satellite of mass 4000 kg is orbiting the earth in an elliptical orbit. At perigee, it is at a distance of 1000 km from the surface of the earth and at apogee, its distance is 4000 km. If the radius of the Earth is $R_e = 6400 \text{ km}$ and $g = 10 \text{ ms}^{-2}$, determine the satellite's energy in the orbit and the energy needed to put the satellite in its orbit. 3+2

- (b) In a system of two stars, each star executes uniform circular motion about their common centre of mass. The speeds of the stars are :

$V_1 = 2.10$ AU per year and $V_2 = 5.03$ AU per year. The time period of revolution of the stars about their centre of mass is $T = 6.0$ years. Calculate the masses of the two stars. Take $1 \text{ AU} = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$. 5

4. Attempt any *one* part : 1×3=3

- (a) A body weighs 200 N on a spring balance on the North Pole. What is the weight of the body at the equator when measured by the same spring balance ? Take $R_e = 6400$ km and $g = 10 \text{ ms}^{-2}$. 3
- (b) On a certain with a diameter of 1,20,000 km, one day lasts 10.5 earth hours and the gravitational acceleration of the planet at its equator is 10.44 ms^{-2} . Calculate the true gravitational acceleration and the centrifugal acceleration at the equator. 3

BPHE-101/PHE-01

विज्ञान स्नातक (बी. एस.-सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2023

बी.पी.एच.ई.-101/पी.एच.ई.-01 : प्रारंभिक यांत्रिकी

समय : $1\frac{1}{2}$ घण्टे

अधिकतम अंक : 25

नोट : कोई पाँच प्रश्न कीजिए। प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं। आप कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

1. किन्हीं चार भागों के उत्तर दीजिए : प्रत्येक 3

(क) केन्द्रीय बल के लिए समान क्षेत्रफल नियम व्युत्पन्न कीजिए। 3

(ख) सिद्ध कीजिए कि जब निकाय पर लग रहा बल केन्द्रीय बल होता है तब द्वि-कण निकाय का कोणीय संवेग संरक्षित रहता है। 3

(ग) अपने अक्ष के प्रति एक पहिए का जड़त्व आघूर्ण 4.0 kgm^2 है। आरम्भ में पहिया विरामावस्था में है। फिर उसे एक मोटर से जोड़ा जाता है जो उस पर उसके अक्ष के प्रति 40 Nm का बल आघूर्ण आरोपित करती है। पहिए के 10.0 परिक्रमण पूरे कर लेने पर मोटर द्वारा पहिए पर कितना कार्य किया जाता है ? उस समय पहिए की कोणीय चाल क्या है ?

1+2

(घ) एक नृत्यांगना विरामावस्था से घूर्णन शुरू करके 2 मिनट में 6 rpm की कोणीय चाल प्राप्त कर लेती है। उसका कोणीय त्वरण (rad s^{-2} में) क्या है ? यदि उसका जड़त्व आघूर्ण 60 kgm^2 हो, तो उसके द्वारा आरोपित बल आघूर्ण ज्ञात कीजिए।

2+1

(ङ) विरामावस्था में स्थित एक पिंड का संघट्टन के कारण अचानक त्वरण होता है और उसकी चाल x -दिशा में 6.0 ms^{-1} हो जाती है। यदि संघट्टन की अवधि 0.50 s हो, तो पिंड पर आवेग और औसत बल प्राप्त कीजिए।

2+1

(च) मैदान में एक खिलाड़ी भूमि से गेंद उठाकर तुरंत उसे अपने से 60.0 m की दूरी पर खड़े दूसरे खिलाड़ी की ओर फेंकता है। गेंद को फेंके जाने के कोण की गणना कीजिए यदि वह हवा में 4.0 s के लिए रहती है। $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ लीजिए।

3

(छ) आरम्भ में विरामावस्था में स्थित पिंड पर जब बल $\vec{F} = 4x\hat{i} + y\hat{j}$ आरोपित किया जाता है, तो वह बिन्दु (2, 3) से बिन्दु (3, 5) तक सीधी रेखा में गति करता है। बल द्वारा पिंड पर किया गया कार्य क्या है ?

3

2. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए : प्रत्येक 5

(क) कम्प्यूटर की हार्डड्राइव डिस्क 6000 rpm की दर से घूर्णन करती है। डिस्क की त्रिज्या 4.0 cm है। डिस्क पर स्थित द्रव्यमान 40 mg वाला कण उस पर से फिसले नहीं, इसके लिए आवश्यक न्यूनतम घर्षण बल की गणना कीजिए।

(ख) द्रव्यमान 50 kg की एक व्यक्ति को बचाने के लिए हैलीकॉप्टर उसे केबल द्वारा 30 m की ऊँचाई से खींचता है। जब वह हैलीकॉप्टर पर पहुँचती है, उसका त्वरण 2.0 ms^{-2} होता है। केबल द्वारा उस पर किया गया कार्य क्या है ?

हैलीकॉप्टर तक पहुँचने पर उस पर गुरुत्व बल द्वारा किया गया कार्य क्या है ? $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ लीजिए।

3. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए : $1 \times 5 = 5$

(क) द्रव्यमान 4000 kg का एक उपग्रह दीर्घवृत्तीय कक्षा में पृथ्वी की परिक्रमा कर रहा है। भूमिनीच पर वह पृथ्वी की सतह से 1000 km की दूरी पर है और भूमिउच्च पर उसकी दूरी 4000 km है। यदि पृथ्वी की त्रिज्या $R_e = 6400 \text{ km}$ और $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ दिया हो, तो कक्षा में उपग्रह की ऊर्जा और उपग्रह को उसकी कक्षा में पहुँचाने के लिए आवश्यक ऊर्जा की गणना कीजिए।

(ख) दो तारों के एक निकाय में प्रत्येक तारा निकाय के संहति केन्द्र के इर्द-गिर्द एकसमान वर्तुल गति करता है। तारों की चालें हैं :

$V_1 = 2.10 \text{ AU}$ प्रतिवर्ष और $V_2 = 5.03 \text{ AU}$ प्रति वर्ष। तारों का अपने संहति केन्द्र के प्रति परिक्रमण काल $T = 6.0$ वर्ष है। दोनों तारों के द्रव्यमान निर्धारित कीजिए।

$1 \text{ AU} = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$ लीजिए।

4. किसी एक भाग का उत्तर दीजिए : $1 \times 3 = 3$
- (क) कमानी तुला से मापा गया एक वस्तु का भार उत्तरी ध्रुव पर 200 N है। उसी कमानी तुला से भूमध्यरेखा पर वस्तु का मापा गया भार क्या है ? $R_e = 6400 \text{ km}$ और $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ लीजिए।
- (ख) व्यास 1,20,000 किमी. वाले एक ग्रह पर 1 दिन पृथ्वी के 10.5 घण्टों के बराबर है और उसके विषुवत पर मापा गया ग्रह का गुरुत्वीय त्वरण 10.44 ms^{-2} है। ग्रह के वास्तविक गुरुत्वीय त्वरण और विषुवत पर अपकेन्द्री त्वरण की गणना कीजिए।

BPHE-102/PHE-02**BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)****Term-End Examination****December, 2023****BPHE-102/PHE-02 : OSCILLATIONS AND WAVES***Time : $1\frac{1}{2}$ Hours**Maximum Marks : 25*

Note : *Answer all questions. The marks for each question are indicated against it. Symbols have their usual meanings. You can use a calculator.*

1. Attempt any **three** parts : 3×5=15

(a) The motion of an oscillator is described by the relation

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 9x = 0$$

Write its solution and express its displacement for the following initial conditions :

$$t = 0, x = 2 \text{ cm and } \frac{dx}{dt} = 0.$$

- (b) The period of a simple pendulum is 5 s and its amplitude is 5° . After 40 oscillations, the amplitude reduces to 2° . Calculate the logarithmic decrement and the damping factor. Also calculate the number of oscillations in which the amplitude reduces by 50%.
- (c) A coupled oscillator consists of two spring-mass systems, having masses m_1 and m_2 , each equal to 0.3 kg. The spring constant of the identical springs attached to each mass and the fixed walls is 3.0 Nm^{-1} and that of the coupling spring is 5.0 Nm^{-1} . At $t = 0$, the position of mass m_1 is 3.0 cm and that of mass m_2 is 5.0 cm. Calculate the normal coordinates at $t = 5.0 \text{ s}$. Take the initial phase to be zero.
- (d) A sound wave of frequency 270 Hz travels with speed 350 ms^{-1} along the positive x -axis. Each particle of the medium moves longitudinally about its mean position through a total distance of 4.0 mm. Determine the time period, wavelength,

angular frequency and wave number of the wave. Write the expression for the wave.

- (e) The first overtone of an open organ pipe beats with the first overtone of a closed organ pipe and the beat frequency is 4 Hz. If the fundamental frequency of the closed organ pipe is 120 Hz, calculate the lengths of both the pipes.

2. Attempt any *two* parts : 2×5=10

- (a) Derive an expression for the resultant oscillation due to superposition of two collinear harmonic oscillations having the same amplitude but slightly different frequencies ω_1 and ω_2 such that $\omega_1 > \omega_2$. Also plot the resultant oscillation with respect to time.
- (b) Starting from the fact that the total mechanical energy of an oscillator is the sum of its kinetic and potential energies, show that the average energy of a weakly damped oscillator is given as :

$$\langle E \rangle = E_0 \exp(-2bt)$$

where E_0 is the total energy of undamped oscillator.

- (c) Consider two waves of equal amplitude but slightly different frequencies ω_1 and ω_2 and different wave numbers k_1 and k_2 propagating in the positive x -direction. If the displacements are given as

$$y_1(x, t) = a \sin(\omega_1 t - k_1 x)$$

and $y_2(x, t) = a \sin(\omega_2 t - k_2 x)$

Obtain the expression for the resultant wave due to superposition of these waves. Also obtain the general relation between phase velocity and group velocity.

BPHE-102/PHE-02

विज्ञान स्नातक (बी. एस.-सी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर 2023

बी.पी.एच.ई.-102/पी.एच.ई.-02 : दोलन एवं तरंगें

समय : $1\frac{1}{2}$ घण्टे

अधिकतम अंक : 25

नोट : सभी प्रश्नों के उत्तर लिखिए। प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं। कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं।

1. किन्हीं तीन भागों के उत्तर लिखिए : $3 \times 5 = 15$

(क) किसी दोलक की गति निम्नलिखित समीकरण से

निरूपित होती है :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 9x = 0$$

उपयुक्त समीकरण का हल लिखिए और दोलक के विस्थापन के लिए निम्नलिखित आरम्भिक प्रतिबंध के अंतर्गत व्यंजक प्राप्त कीजिए :

$$t = 0, x = 2 \text{ cm और } \frac{dx}{dt} = 0।$$

(ख) किसी सरल लोलक का आवर्तकाल 5s एवं आयाम 5° है। 40 दोलनों के बाद इसका आयाम घटकर 2° हो जाता है। लोलक का लघुगणकीय अपक्षय एवं अवमंदन गुणक परिकलित कीजिए। साथ ही यह भी परिकलित कीजिए कि कितने दोलनों के बाद इसका आयाम 50% कम हो जाएगा।

(ग) एक युग्मित दोलक दो कमानी-द्रव्यमान निकायों से बना है जिसमें द्रव्यमान m_1 और m_2 प्रत्येक का मान 0.3 kg है। प्रत्येक द्रव्यमान और दृढ़ दीवारों से जुड़ी सर्वसम कमानियों का कमानी नियतांक 3.0 Nm^{-1} है तथा युग्मन कमानी का कमानी नियतांक 5.0 Nm^{-1} है। समय $t = 0$ पर

द्रव्यमान m_1 की स्थिति 3.0 cm है और द्रव्यमान m_2 की 5.0 cm है। $t = 5.0s$ पर प्रसामान्य निर्देशांक परिकलित कीजिए। मान लीजिए कि आरंभिक कला का मान शून्य है।

(घ) 270 Hz आवृत्ति की एक ध्वनि तरंग 350 ms^{-1} की चाल से धनात्मक x -दिशा में संचरित होती है। माध्यम का प्रत्येक कण अपनी साम्यवास्था के इर्द-गिर्द क्षैतिजतः कुल 4.0 mm दूरी तय करता है। तरंग का आवर्तकाल, तरंगदैर्घ्य, कोणीय आवृत्ति और तरंग संख्या निर्धारित कीजिए। तरंग के लिए व्यंजक लिखिए।

(ङ) एक खुले ऑर्गन पाइप का प्रथम अधिस्वरक, एक बन्द ऑर्गन पाइप के प्रथम अधिस्वरक के साथ विस्पन्द उत्पन्न करता है और विस्पन्द आवृत्ति 4 Hz है। यदि बन्द ऑर्गन पाइप की मूल आवृत्ति 120 Hz हो, तो दोनों पाइपों की लम्बाइयाँ परिकलित कीजिए।

2. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए : $2 \times 5 = 10$

(क) बराबर आयाम परन्तु थोड़ी भिन्न आवृत्तियों ω_1 और ω_2 वाले दो सरैख आवर्त दोलनों के अध्यारोपण के कारण उत्पन्न परिणामी दोलन का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। मान लीजिए कि $\omega_1 > \omega_2$ है। साथ ही, परिणामी दोलन का समय के साथ परिवर्तन आरेखित कीजिए।

(ख) किसी दालक की कुल यांत्रिक ऊर्जा उसकी गतिज और स्थितिज ऊर्जाओं का योग होती है। इस तथ्य से आरम्भ कर सिद्ध कीजिए कि किसी दुर्बलतः अवमंदित दोलक की औसत ऊर्जा का व्यंजक निम्नवत् है :

$$\langle E \rangle = E_0 \exp(-2bt)$$

जहाँ E_0 अवमंदन रहित दोलक की कुल ऊर्जा है।

(ग) कल्पना कीजिए कि समान आयाम किन्तु थोड़ी भिन्न आवृत्तियों ω_1 और ω_2 एवं तरंग संख्याओं k_1 और k_2 वाली दो तरंगें धनात्मक x -दिशा में

संचरित होती हैं। यदि इनके विस्थापनों के व्यंजक निम्नवत् हों :

$$y_1(x, t) = a \sin(\omega_2 t - k_1 x)$$

तथा $y_2(x, t) = a \sin(\omega_2 t - k_2 x)$

तो इन तरंगों के अध्यारोपण के फलस्वरूप उत्पन्न परिणामी तरंग का व्यंजक प्राप्त कीजिए। साथ ही समूह वेग और कला वेग में सामान्य संबंध प्राप्त कीजिए।