No. of Printed Pages : 19 **BPHE-101/PHE-01/ BPHE-102/PHE-02**

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)

Term-End Examination

June, 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.*

BPHE-101/PHE-02/
BPHE-102/PHE-02

विज्ञान स्नातक (बी. एस.-सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 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

June, 2023

BPHE-101/PHE-01 : ELEMENTARY MECHANICS

Time : $1\frac{1}{2}$ Hours *Maximum Marks : 25*

Note : *Attempt **all** 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 :

(a) An object is moving along a curved path given by : 3

$$\vec{r} = (2.0\,\text{ms}^{-2})t^2\,\hat{i} + (-6.0\,\text{ms}^{-2})t^2\,\hat{j} + (4.0\,\text{ms}^{-1})t\,\hat{i} + 2.0\text{ m}\hat{i}$$

Determine the velocity of the object at the instant $t = 5.0$ s.

(b) A rocket of mass 5000 kg moves at the speed 6.0×10^3 ms^{-1}. It ejects 1500.0 kg of gas at a speed of 3.0×10^3 ms^{-1} relative to the rocket. What is the final velocity of the rocket ? 3

(c) A box of mass 0.4 kg is moving with a speed of 3 ms^{-1} on a table. Calculate the coefficient of kinetic friction between the box and table, if the box comes to a stop after travelling a distance of 3.5 m. Take $g = 10$ ms^{-2}. 3

(d) An object initially at rest undergoes displacement when a force $\vec{F} = 3x\,\hat{i} + 2y\,\hat{j}$ is exerted on it. What is the work done by this force as the object moves from point (1, 2) to point (2, 4) in a straight line ? 3

(e) What is the total mechanical energy of a satellite of mass 2000 kg orbiting the earth with a = 4000 km ? Determine the eccentricity of its orbit for the apogee distance r_a = 6000 km. Take $G_E = 6.67 \times 10^{-11}$ Nm^2 kg^{-2} and $M_E = 5.98 \times 10^{24}$ kg. 2+1

(f) Determine the reduced mass of the system of a planet and its satellite. The mass of the planet is 2×10^{22} kg and the mass of the satellite is 1.5×10^{21} kg. 3

(g) Determine the minimum angular speed of the Earth so that an object on its surface flies off. Take $R_E = 6.4 \times 10^6$ m and $g = 10$ ms^{-2}. 3

2. Attempt any *one* part :

(a) The position of an object of mass 6.0 kg at a given instant is defined (in m) by the coordinates $(3t^2, 4t, 5)$. Determine : 2+3

(i) The angular momentum of the object about the origin.

(ii) The torque about the origin being exerted on the object.

(b) State the law of conservation of energy. A car starts at point B and moves 3 km due north and faces a resistive force from the air of magnitude 8.0 N due south. The car them turns and moves due south, back to the starting point B. The resistive force due to air on the return trip is of magnitude 8.0 N pointing due north. 1+3+1

(i) Calculate the total work done by the resistive force of air on the car during the rocket trip.

(ii) Is the resistive force due to air a conservative force ? Explain.

3. Attempt any *one* part :

(a) (i) Determine the centre of mass coordinates of a two-particle system (both of mass 2.0 kg) kept in the XY plane. Their coordinates (in m) are (0, 0), and (– 3, 2). 2

(ii) Show that for a central force, the angular momentum about the centre of force is a constant. 3

(b) A neon atom and an argon atom move towards each other at the speed of 200 ms^{-1} and 150 ms^{-1}, respectively, and undergo head-on elastic collision. Calculate their speeds before and after collision in the C. M. frame. The masses of Ne and Ar atoms are 20.0 a.m.u. and 40.0 a.m.u., respectively. Take the Ne atom to be moving in the positive x-direction. 5

4. Attempt any *one* part : 1×3=3

(a) An object of mass 3000 kg is travelling north with a speed of 80 km h^{-1} at latitude 60°S. Determine the magnitude of the Coriolis force on the object.

(b) An object is being rotated in a centrifuge of radius 5.0 m. If the acceleration of the centrifuge is 6 g, what are the velocity of the object and the time period of its motion ? Take $g = 10\ ms^{-2}$.

BPHE-101/PHE-01

विज्ञान स्नातक (बी. एस.-सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2023

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

समय : $1\frac{1}{2}$ घण्टे *अधिकतम अंक : 25*

नोट : सभी *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 :

(क) एक कण निम्नलिखित वक्र के अनुदिश गतिमान है : 3

$$\vec{r} = (2.0\,\text{ms}^{-2})t^2\,\hat{i} + (-6.0\,\text{ms}^{-2})t^2\,\hat{j} + (4.0\,\text{ms}^{-1})t\,\hat{i} + 2.0\text{ m}\hat{i}$$

$t = 5.0$ s पर कण का वेग ज्ञात कीजिए।

(ख) द्रव्यमान 5000 kg का एक रॉकेट $6.0 \times 10^3\,\text{ms}^{-1}$ की चाल से गतिमान है। वह रॉकेट के सापेक्ष $3.0 \times 10^3\,\text{ms}^{-1}$ की चाल से गतिमान गैस उत्सर्जित करता है जिसका द्रव्यमान 1500.0 kg है। रॉकेट का अन्तिम वेग क्या है ? 3

(ग) एक मेज़ पर 0.4 kg द्रव्यमान का एक बॉक्स 3 ms^{-1} की चाल से गतिमान है। यदि बॉक्स 3.5 m की दूरी चलकर रुक जाता है, तो बॉक्स और मेज़ के बीच गतिक घर्षण गुणांक की गणना कीजिए। $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ लीजिए। 3

(घ) आरम्भ में विरामावस्था में स्थित एक पिण्ड बल $\vec{F} = 3x\hat{i} + 2y\hat{j}$ के अधीन विस्थापित होता है। यदि पिण्ड एक सीधी रेखा में बिन्दु (1, 2) से बिन्दु (2, 4) तक गतिमान होता है, तो उस पर बल द्वारा किया गया कार्य क्या है ? 3

(ङ) द्रव्यमान 2000 kg का एक उपग्रह पृथ्वी की परिक्रमा कर रहा है। a = 4000 km के लिए उपग्रह की कुल यान्त्रिक ऊर्जा क्या है ? भूमि उच्च दूरी $r_a = 6000 \text{ km}$ के लिए उसकी कक्षा की उत्केन्द्रता निर्धारित कीजिए। $G_E = 6.67 \times 10^{-11}$ Nm^2 kg^{-2} और $M_E = 5.98 \times 10^{24}$ kg लीजिए। 2+1

(च) एक ग्रह और उसके उपग्रह का समानीत द्रव्यमान निर्धारित कीजिए। ग्रह का द्रव्यमान 2×10^{22} kg और उपग्रह का द्रव्यमान 1.5×10^{21} kg है। 3

(छ) पृथ्वी की न्यूनतम कोणीय चाल प्राप्त कीजिए जिससे कि उसकी सतह से एक वस्तु उड़ जाए। $R_E = 6.4 \times 10^6$ m और $g = 10$ ms^{-2} लीजिए। 3

2. किसी **एक** भाग का उत्तर दीजिए :

(क) द्रव्यमान 6.0 kg वाले एक पिण्ड की स्थिति (m में) निर्देशांकों $(3t^2, 4t, 5)$ से निर्धारित होती है। ज्ञात कीजिए : 2+3

(i) पिंड का मूलबिन्दु के प्रति कोणीय संवेग।

(ii) पिंड पर मूलबिन्दु के प्रति आरोपित बल आघूर्ण।

(ख) ऊर्जा संरक्षण नियम का कथन दीजिए। बिन्दु B से चलकर एक कार उत्तर दिशा में 3 km की दूरी तय करती है और उस पर दक्षिण दिशा में 8.0 N का वायु प्रतिरोध बल लगता है। कार फिर उसी रास्ते पर वापस दक्षिण दिशा में चलती है और बिन्दु B पर पहुँचती है। वापसी में भी कार

पर वायु प्रतिरोध बल का परिमाण 8.0 N है जिसकी दिशा उत्तर की ओर है। 1+3+1

(i) कार पर सम्पूर्ण यात्रा में वायु प्रतिरोध बल द्वारा किया गया कार्य ज्ञात कीजिए।

(ii) क्या वायु प्रतिरोध बल संरक्षी है ? समझाइए।

3. किसी **एक** भाग का उत्तर दीजिए :

(क) (i) xy-तल में रखे समान द्रव्यमान 2.0 kg वाले द्वि-कण निकाय के संहति केन्द्र निर्देशांक ज्ञात कीजिए। कणों के निर्देशांक m में (0, 0) और (– 3, 2) हैं। 2

(ii) सिद्ध कीजिए कि केन्द्रीय बल के लिए, बल केन्द्र के प्रति कोणीय संवेग अचर होता है। 3

(ख) एक नियॉन परमाणु और एक आर्गन परमाणु एक-दूसरे की ओर क्रमशः 200 ms^{-1} और 150 ms^{-1} की चाल से चलते हैं और उनका सीधा (head-on) प्रत्यास्थ संघट्टन होता है। संहति केन्द्र निर्देश तंत्र में संघट्टन से पहले और संघट्टन के बाद उनकी चालों की गणना कीजिए। दिया है कि Ne और Ar परमाणुओं के द्रव्यमान 20.0 a.m.u. और 40.0 a.m.u. हैं। मान लीजिए कि Ne परमाणु धनात्मक x–दिशा में गतिमान है। 5

4. किसी **एक** भाग का उत्तर दीजिए : 1×3=3

(क) द्रव्यमान 3000 kg का एक पिंड 60°S अक्षांश पर 80 km h^{-1} की चाल से उत्तर दिशा में गतिमान है। पिंड पर लग रहे कोरिओलिस बल का परिमाण ज्ञात कीजिए।

(ख) एक पिंड को 5.0 m त्रिज्या वाले अपकेन्द्रण यंत्र में घूर्णित किया जाता है। यदि अपकेन्द्रण यंत्र का त्वरण 6 g हो, तो पिण्ड का वेग और उसका गति का आवर्तकाल क्या है ? $g = 10\ ms^{-2}$ लीजिए।

BPHE-102/PHE-02

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)

Term-End Examination

June, 2023

BPHE-102/PHE-02 : OSCILLATIONS AND WAVES

Time : $1\frac{1}{2}$ Hours *Maximum Marks : 25*

Note : *Answer all questions. However, internal choices are given. The marks are given against each question. You can use a calculator. Symbols have their usual meanings.*

1. Answer any *three* parts : 3×5=15

   (a) Calculate the frequency of oscillations in an electrical circuit when an inductor of 40 mH is connected to a capacitor of 1 μF. If the maximum potential difference across the capacitor is 10 V, calculate the energy of oscillations.

   (b) Superposition of two sinusoidal waves travelling in opposite directions on a string

fixed at both ends gives rise to a stationary wave represented as :

$$y(x, t) = -\,(1.2\ \text{m})\sin(0.40x)\cos(200t)$$

where x is measured in metres and t is in seconds. Determine the (i) wavelength, (ii) frequency of the stationary wave and (iii) positions of nodes.

(c) The equation of motion of a weakly damped forced oscillator is given by :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2b\frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = f_0 \cos \omega t$$

Show that the amplitude of this oscillator in steady state is given by :

$$a(\omega) = \frac{f_0}{\left[\left(\omega_0^2 - \omega^2\right)^2 + 4b^2\omega^2\right]^{1/2}}$$

(d) A transverse wave travelling in the positive x-direction is represented as :

$$y(x, t) = 5\sin(4.0t - 0.02x)\ \text{cm}$$

Calculate the ratio of maximum velocity of the particles of the medium to their maximum acceleration.

(e) The equations of motion of two coupled spring-mass systems (of equal mass) executing longitudinal oscillations are :

$$\frac{d^2x_1}{dt^2} + \omega_0^2\, x_1 - \omega_s^2\,(x_2 - x_1) = 0$$

and $$\frac{d^2x_2}{dt^2} + \omega_0^2\, x_2 - \omega_s^2\,(x_2 - x_1) = 0$$

where $\omega_0 = \sqrt{\frac{k'}{m}}$ and $\omega_s = \sqrt{\frac{k}{m}}$ are natural frequencies and coupling frequency of the oscillator.

Decouple these equations and obtain expressions for normal mode frequencies. Also depict normal mode frequencies.

2. Answer any ***two*** parts :

(a) (i) Explain the phenomenon of beats. 1

(ii) An ambulance blowing a siren of frequency 700 Hz is travelling towards a vertical reflecting wall with a speed of 7.2 km hr^{-1}. Calculate the number of beats heard in one second by the driver of the ambulance. Take speed of sound as 340 ms^{-1}. 4

(b) The group velocity and phase velocity are connected through the relation : 5

$$v_g = v_p + k\frac{dv_p}{dk}$$

Express v_g in terms of λ.

(c) (i) Calculate the ratio of kinetic and potential energies when the displacement of an oscillating particle is half of its amplitude. 3

(ii) The quality factor of a tuning fork of frequency 512 Hz is 4×10^4.

Calculate the time in which its energy will reduce to e^{-1} of its energy in the absence of damping. 2

BPHE-102/PHE-02

विज्ञान स्नातक (बी. एस.-सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 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। यद्यपि आंतरिक विकल्प दिए गए हैं। प्रत्येक प्रश्न के सामने उसके अंक दर्शाए गए हैं। आप कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।*

---

1. किन्हीं **तीन** भागों के उत्तर लिखिए : $3\times5=15$

   (क) किसी निकाय में 40 mH का प्रेरक 1 μF संधारित्र से जुड़ा है। इसमें उत्पन्न वैद्युत दोलनों की आवृत्ति परिकलित कीजिए। यदि संधारित्र के सिरों के बीच अधिकतम विभवान्तर 10 V हो, तो दोलनों की ऊर्जा भी परिकलित कीजिए।

(ख) दोनों सिरों पर बंधी एक डोरी पर विपरीत दिशाओं में गतिमान दो ज्यावक्रीय तरंगों के अध्यारोपण से उत्पन्न अप्रगामी तरंग को निम्नवत् लिखा जाता है :

$$y(x, t) = -(1.2\text{ m}) \sin(0.40\, x) \cos(200\, t)$$

जहाँ x को मीटर में तथा t को सेकण्ड में मापा गया है। अप्रगामी तरंग के (i) तरंगदैर्घ्य, (ii) आवृत्ति तथा (iii) निस्पंदों के स्थान निर्धारित कीजिए।

(ग) किसी दुर्बलतः अवमंदित प्रणोदित दोलक का गति समीकरण निम्नलिखित है :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2b\frac{dx}{dt} + \omega_0^2\, x = f_0 \cos\omega t$$

सिद्ध कीजिए कि स्थायी अवस्था में इस दोलक के आयाम का व्यंजक निम्नलिखित होगा :

$$a(\omega) = \frac{f_0}{\left[\left(\omega_0^2 - \omega^2\right)^2 + 4b^2\omega^2\right]^{1/2}}$$

(घ) धनात्मक x–दिशा के अनुदिश गतिमान एक अनुप्रस्थ तरंग को निम्नलिखित व्यंजक द्वारा निरूपित किया जाता है :

$$y(x, t) = 5\sin(4.0t - 0.02x)\,\text{cm}$$

माध्यम के कणों के अधिकतम वेग तथा अधिकतम त्वरण का अनुपात परिकलित कीजिए।

(ङ) बराबर द्रव्यमान वाले दो युग्मित कमानी–द्रव्यमान निकायों के जो अनुदैर्घ्य दोलन कर रहे हैं, गति समीकरण निम्नलिखित हं :

$$\frac{d^2x_1}{dt^2} + \omega_0^2\, x_1 - \omega_s^2(x_2 - x_1) = 0$$

तथा $$\frac{d^2x_2}{dt^2} + \omega_0^2\, x_2 - \omega_s^2(x_2 - x_1) = 0$$

जहाँ $\omega_0 = \sqrt{\frac{k'}{m}}$ तथा $\omega_s = \sqrt{\frac{k}{m}}$ दोलकों की क्रमशः प्राकृतिक आवृत्ति एवं युग्मित आवृत्ति हैं। इन समीकरणों को अयुग्मित कर प्रसामान्य विधा आवृत्तियों के व्यंजक प्राप्त कीजिए। प्रसामान्य विधा आवृत्तियों को चित्रित भी कीजिए।

2. किन्हीं **दो** प्रश्नों के उत्तर लिखिए :

(क) (i) विस्पंद परिघटना की व्याख्या कीजिए। 1

(ii) एक ऐम्बुलेंस का सायरन 700 Hz आवृत्ति जनित करता है तथा यह किसी ऊर्ध्वाधर परावर्ती दीवार की ओर 7.2 km hr^{-1} की चाल से अग्रसर हो रही है। ऐम्बुलेंस के चालक द्वारा सुने जाने वाले प्रति सेकण्ड विस्पंदों की संख्या परिकलित कीजिए। ध्वनि का वेग 340 ms^{-1} लीजिए। 4

(ख) समूह वेग एवं कला वेग में निम्नलिखित सम्बन्ध है : 5

$$v_g = v_p + k\frac{dv_p}{dk}$$

v_g को λ के पदों में व्यक्त कीजिए।

(ग) (i) जब एक दोलायमान कण का विस्थापन इसके आयाम का आधा हो, तब इसकी गतिज एवं स्थितिज ऊर्जाओं का अनुपात परिकलित कीजिए। 3

(ii) 512 Hz आवृत्ति वाले स्वरित्र द्विभुज का गुणता कारक 4×10^4 है। समय का वह मान परिकलित कीजिए जिसमें इसकी ऊर्जा अवमंदन रहित स्थिति में इसकी ऊर्जा का e^{-1} गुना कम हो जायेगी। 2