

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)**Term-End Examination****June, 2021****PHYSICS****BPHE-101/PHE-01 : ELEMENTARY MECHANICS****&****BPHE-102/PHE-02 : OSCILLATIONS AND WAVES****Instructions :**

- (i) *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.*
- (ii) *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.*

बी.पी.एच.ई.-101/ पी.एच.ई.-01/बी.पी.एच.ई.-102/पी.एच.ई.-02
--

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)**सत्रांत परीक्षा****जून, 2021****भौतिक विज्ञान****बी.पी.एच.ई.-101/पी.एच.ई.-01 : प्रारंभिक यांत्रिकी****एवं****बी.पी.एच.ई.-102/पी.एच.ई.-02 : दोलन और तरंगें****निर्देश :**

- (i) 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 प्रश्नपत्रों के उत्तर अलग-अलग उत्तर पुस्तिकाओं में अपना अनुक्रमांक, पाठ्यक्रम कोड तथा पाठ्यक्रम नाम साफ़-साफ़ लिखकर दें।
- (ii) 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 प्रश्नपत्र के उत्तर उत्तर-पुस्तिका में अपना अनुक्रमांक, पाठ्यक्रम कोड तथा पाठ्यक्रम नाम साफ़-साफ़ लिखकर दें।

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

June, 2021

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. Symbols have their usual meaning. You may use a calculator.

1. Attempt any **two** parts : 2×6=12

(a) A crate of mass 60 kg is dragged across a floor by a rope which makes an angle of 30° with the floor. The coefficient of static friction between the floor and the crate is 0.40. What should the minimum force in the rope be to set the crate moving ? Draw the free-body diagram. Take $g = 10 \text{ ms}^{-2}$. 5+1

(b) State the Work-Energy theorem. A block is moving up an inclined plane which makes an angle of 30° with the horizontal. The mass of the block is 5.0 kg and its initial speed is 6.0 ms^{-1} . How far will it slide up the incline till it comes to rest ? The coefficient of kinetic friction between the block and the plane is 0.2. Draw the free-body diagram. Take $g = 10 \text{ ms}^{-2}$. 1+4+1

- (c) State the law of conservation of energy. A block of mass 2.0 kg compresses a horizontal spring kept on a table by 0.1 m. Then the block is released and it slides a distance of 1.0 m on the table before it stops. If the spring constant is 250 Nm^{-1} , calculate the coefficient of kinetic friction between the block and the table. What is the increase in the thermal energy of the table ?

Take $g = 10 \text{ ms}^{-2}$. 1+4+1

- (d) A disc having a rotational inertia of $1.5 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$ is attached to an electric motor which exerts a torque of 45 Nm on it. If the disc starts rotating from rest, calculate its angular speed and angular momentum after 20 s. Is the disc's angular momentum conserved ? Explain. 4+1+1

2. Attempt any **one** part : 1×5=5

- (a) (i) Prove the law of equal areas for a central force. 4
- (ii) The orbit of a satellite about the Earth is given by the following equation :

$$r = \frac{5000}{1 + 0.4 \cos \theta} \text{ km}$$

Determine the shape of the orbit. 1

- (b) Derive the equations of motion for a two-particle system in the centre of mass and relative coordinates for zero net external force. 5

3. Answer any **one** part : 1×5=5

- (a) Two balls of mass m and $2m$ collide head on in an elastic collision with equal and opposite velocities. Calculate the velocity of the centre of mass of the system and the final velocities of the two balls. 5

- (b) A solid sphere and a hollow sphere have the same mass M and radius R . Both start from rest from the same height and roll without slipping down an inclined plane. Calculate the velocity of each object at the bottom of the plane. Determine which object reaches the bottom of the incline first. 2+2+1

4. Answer any **one** part : 1×3=3

- (a) A centrifuge rotates at an angular speed of $3.0 \pi \times 10^3 \text{ rad s}^{-1}$. A tiny virus particle of mass $3.0 \times 10^{-19} \text{ kg}$ is situated at a distance of 4.0 cm from the vertical axis of rotation. What is the magnitude of the force on the virus particle relative to the frame attached to the centrifuge ? 3

- (b) A child of mass 20 kg is at rest in a lift moving upwards with an acceleration of 3.0 ms^{-2} . Determine the apparent weight of the child. Draw the free-body diagram. Take $g = 10 \text{ ms}^{-2}$.

2+1

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2021

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 । प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं । आप कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं ।

1. कोई दो भाग कीजिए :

$2 \times 6 = 12$

(क) द्रव्यमान 60 kg वाले एक क्रेट को फर्श पर एक रस्सी द्वारा, जो फर्श से 30° का कोण बनाती है, खींचा जाता है । फर्श और क्रेट के बीच स्थैतिक घर्षण गुणांक 0.40 है । रस्सी पर लगाया जाने वाला न्यूनतम बल क्या होना चाहिए ताकि क्रेट गतिमान हो जाए ? बल-निर्देशक आरेख खींचिए । $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ लीजिए । $5+1$

(ख) कार्य-ऊर्जा प्रमेय का कथन दीजिए । क्षैतिज से 30° का कोण बनाने वाले नत समतल पर एक ब्लॉक ऊपर की ओर गतिमान है । ब्लॉक का द्रव्यमान 5.0 kg है और उसकी आरंभिक चाल 6.0 ms^{-1} है । विरामावस्था तक पहुँचने में ब्लॉक नत समतल पर कितनी दूरी तय करेगा ? नत समतल और ब्लॉक के बीच गतिज घर्षण गुणांक 0.2 है । बल-निर्देशक आरेख खींचिए । $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ लीजिए । $1+4+1$

(ग) ऊर्जा संरक्षण नियम का कथन दीजिए । मेज़ पर रखी एक क्षैतिज कमानी को द्रव्यमान 2.0 kg का एक ब्लॉक 0.1 m से दबाता है । फिर उस ब्लॉक को छोड़ दिया जाता है और वह रुकने से पहले मेज़ पर 1.0 m की दूरी तय करता है । यदि कमानी नियतांक 250 Nm^{-1} हो, तो ब्लॉक और मेज़ के बीच गतिज घर्षण गुणांक परिकलित कीजिए । मेज़ की ऊष्मीय ऊर्जा में कितनी वृद्धि होती है ?
 $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ लीजिए । 1+4+1

(घ) जड़त्व आघूर्ण $1.5 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$ वाली एक चकती को विद्युत् मोटर से जोड़ा जाता है, जो उस पर 45 Nm का एक बल-आघूर्ण आरोपित करती है । यदि चकती विरामावस्था से घूर्णन शुरू करती है, तो 20 s बाद उसकी कोणीय चाल और कोणीय संवेग परिकलित कीजिए । क्या चकती का कोणीय संवेग संरक्षित रहता है ? समझाइए । 4+1+1

2. कोई एक भाग कीजिए : 1×5=5

(क) (i) केंद्रीय बल के लिए समान क्षेत्रफल नियम सिद्ध कीजिए । 4

(ii) पृथ्वी की परिक्रमा कर रहे उपग्रह की कक्षा का समीकरण निम्नलिखित है :

$$r = \frac{5000}{1 + 0.4 \cos \theta} \text{ km}$$

कक्षा किस आकार की है ? 1

(ख) शून्य नेट बाह्य बल के लिए द्वि-कण निकाय के लिए
संहति केंद्र और आपेक्षिक निर्देशांकों में गति के
समीकरण व्युत्पन्न कीजिए ।

5

3. कोई एक भाग कीजिए :

$1 \times 5 = 5$

(क) द्रव्यमान m और $2m$ की दो गेंदों का, जो समान
परिमाण वाले वेग से एक-दूसरे की विपरीत दिशाओं में
गतिमान हैं, सीधा प्रत्यास्थ संघट्टन होता है । निकाय
के संहति केंद्र का वेग और दोनों गेंदों के अंतिम वेग
परिकलित कीजिए ।

5

(ख) एक ठोस गोले और एक खोखले गोले के
द्रव्यमान M और त्रिज्या R समान हैं । दोनों
विरामावस्था से शुरू करके एक नत समतल से समान
ऊँचाई से बिना फिसले लुढ़कते हैं । तल के निचले
सिरे पर प्रत्येक पिंड का वेग ज्ञात कीजिए । निर्धारित
कीजिए कि दोनों पिंडों में से कौन-सा तल के निचले
सिरे पर पहले पहुँचता है ।

$2+2+1$

4. कोई एक भाग कीजिए :

$1 \times 3 = 3$

(क) एक अपकेंद्रण यंत्र $3.0 \pi \times 10^3 \text{ rad s}^{-1}$ की कोणीय
चाल से घूर्णन करता है । ऊर्ध्वाधर घूर्णन अक्ष से
 4.0 cm की दूरी पर द्रव्यमान $3.0 \times 10^{-19} \text{ kg}$ का एक
सूक्ष्म वायरस कण स्थित है । अपकेंद्रण यंत्र से जुड़े
निर्देश तंत्र में वायरस कण पर लग रहे बल का परिमाण
क्या है ?

3

(ख) द्रव्यमान 20 kg की एक बच्ची ऊपर की ओर 3.0 ms^{-2} के त्वरण से गतिमान लिफ्ट में विरामावस्था में है। बच्ची का आभासी भार ज्ञात कीजिए। बल-निर्देशक आरेख खींचिए। $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ लीजिए।

2+1

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

June, 2021

BPHE-102/PHE-02 : OSCILLATIONS AND WAVES

Time : $1\frac{1}{2}$ hours

Maximum Marks : 25

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

1. Attempt any **three** parts : $3 \times 5 = 15$
- (a) A person is standing on a railway platform. He hears the whistle of a train moving away from him with a speed of 72 km hr^{-1} as 990 Hz . Calculate the actual frequency emitted by the train. What frequency will he hear if the train approaches him ? Take speed of sound as 330 ms^{-1} .
- (b) The frequency of a tuning fork is 300 Hz . Its quality factor $Q = 5 \times 10^4$. Calculate the time in which its energy will be reduced to half of its initial value, if it is weakly damped.

(c) A stretched string having mass per unit length $10^{-3} \text{ kg m}^{-1}$ vibrates in its fundamental mode between two wedges 40 cm apart at a frequency of 30 Hz. Calculate the velocity at which the wave propagates in the string. Also calculate the tension in the string.

(d) A point is subjected simultaneously to two mutually perpendicular oscillations of equal frequency and phase difference ϕ . The expression for the trajectory of its motion is given by $\frac{x^2}{a_1^2} + \frac{y^2}{a_2^2} + \frac{2xy}{a_1 a_2} \cos \phi = \sin^2 \phi$.

Using this expression, determine the trajectories for the following two cases :

(i) $x = 2 \sin \omega t$, $y = 2 \cos \omega t$

(ii) $x = \sin \omega t$, $y = 4 \sin (\omega t + \pi)$

(e) A stationary wave is produced due to superposition of

$$y_1(x, t) = A \sin \frac{2\pi}{\lambda} (x - vt)$$

and

$$y_2(x, t) = A \sin \frac{2\pi}{\lambda} (x + vt).$$

(i) Obtain the expression for the stationary wave.

- (ii) In a given situation, the equation of a stationary wave is

$$y(x, t) = 2 \sin \left(\frac{\pi x}{3} \right) \cos (50 \pi t) \text{ m.}$$

Obtain the equations of the component waves.

2. Attempt any **two** parts :

2×5=10

- (a) Show that only odd integral multiples of fundamental frequency are excited in a closed pipe.
- (b) The equation of motion of a weakly damped forced oscillator is

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

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

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

- (c) A child swings on a swing of length 3.5 m with amplitude 0.05 rad. Calculate its (i) period and the frequency of oscillation, and (ii) maximum linear speed of the child for this motion.
-

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2021

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

समय : $1\frac{1}{2}$ घण्टे

अधिकतम अंक : 25

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

1. कोई **तीन** भाग हल कीजिए :

$3 \times 5 = 15$

(क) एक व्यक्ति रेलवे प्लेटफॉर्म पर खड़ा है । वह अपने से दूर 72 km hr^{-1} की चाल से जाती हुई ट्रेन की सीटी सुनता है जिसकी आभासी आवृत्ति 990 Hz है । ट्रेन की सीटी की वास्तविक आवृत्ति परिकलित कीजिए । यदि ट्रेन उसकी ओर आती, तो उसे कितनी आवृत्ति सुनाई देती ? ध्वनि की चाल 330 ms^{-1} लीजिए ।

(ख) एक स्वरित्र द्विभुज की आवृत्ति 300 Hz है । इसका गुणता कारक $Q = 5 \times 10^4$ है । इसे न्यून अवमंदित मान कर परिकलित कीजिए कि कितने समय के बाद उसकी ऊर्जा प्रारंभिक मान की आधी रह जाएगी ।

(ग) 40 cm दूरी पर स्थित दो वेजों के बीच $10^{-3} \text{ kg m}^{-1}$ प्रति इकाई लंबाई द्रव्यमान का एक तनित तार अपनी मूल विधा में 30 Hz की आवृत्ति से कंपन करता है। तार में संचरित तरंग का वेग परिकलित कीजिए। तार में तनाव भी परिकलित कीजिए।

(घ) किसी बिन्दु पर परस्पर लम्बवत्, समान आवृत्ति तथा कलांतर ϕ के दो दोलन एक साथ हो रहे हैं। इस बिन्दु के गति के पथ का व्यंजक है :

$$\frac{x^2}{a_1^2} + \frac{y^2}{a_2^2} + \frac{2xy}{a_1 a_2} \cos \phi = \sin^2 \phi.$$
 इस व्यंजक का उपयोग कर, निम्नलिखित दो स्थितियों के लिए गति पथ निर्धारित कीजिए :

(i) $x = 2 \sin \omega t, y = 2 \cos \omega t$

(ii) $x = \sin \omega t, y = 4 \sin (\omega t + \pi)$

(ङ) एक अप्रगामी तरंग निम्न तरंगों के अध्यारोपण से जनित होती है :

$$y_1(x, t) = A \sin \frac{2\pi}{\lambda} (x - vt)$$

तथा

$$y_2(x, t) = A \sin \frac{2\pi}{\lambda} (x + vt)$$

(i) अप्रगामी तरंग के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए।

- (ii) किसी दी गई स्थिति में, अप्रगामी तरंग का समीकरण निम्नलिखित है :

$$y(x, t) = 2 \sin \left(\frac{\pi x}{3} \right) \cos (50 \pi t) \text{ m}$$

घटक तरंगों के समीकरण प्राप्त कीजिए ।

2. कोई दो भाग हल कीजिए :

2×5=10

- (क) सिद्ध कीजिए कि बन्द पाइप में केवल मूल आवृत्ति की विषम सम्पूर्ण गुणज आवृत्तियाँ ही जनित हो सकती हैं ।
- (ख) एक 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 है :

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

- (ग) एक बच्चा 3.5 m लम्बाई के झूले पर 0.05 rad आयाम के साथ झूल रहा है । उसके दोलनों का (i) आवर्तकाल तथा आवृत्ति, तथा (ii) अधिकतम रेखीय चाल परिकलित कीजिए ।