BPHE–101
BPHE-102/PHE–02

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)
Term-End Examination
June, 2025

PHYSICS

BPHE-101 : ELEMENTARY MECHANICS
AND
BPHE-102/PHE-02 : OSCILLATIONS AND WAVES

Time : 3 Hours *Maximum Marks : 50*

Instructions :

1. *Students registered for both BPHE-101 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 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
BPHE–102/PHE–02

विज्ञान स्नातक (बी. एस-सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2025

भौतिकी

बी.पी.एच.ई.-101 : प्रारंभिक यांत्रिकी

एवं

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

समय : 3 घण्टे *अधिकतम अंक : 50*

निर्देश :

1. *जो छात्र बी.पी.एच.ई.-101 और बी.पी.एच.ई.-102/पी.एच.ई.-02 दोनों के 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 अथवा बी.पी.एच.ई.-102/पी.एच.ई.-02 किसी एक के लिए पंजीकृत हैं, अपने उसी प्रश्न-पत्र के उत्तर, उत्तर-पुस्तिका में अपना अनुक्रमांक, पाठ्यक्रम कोड तथा पाठ्यक्रम नाम साफ-साफ लिखकर दें।*

BPHE–101

BACHELOR OF SCIENCE

(B. Sc.)

Term-End Examination

June, 2025

BPHE-101 : ELEMENTARY MECHANICS

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

Note : *(i) The marks for each question are indicated against it.*

(ii) Symbols have their usual meaning.

(iii) You may use a calculator.

Note : *Attempt any* ***five*** *questions.* 5×5=25

1. An airplane flies at constant speed along a straight line at an angle of 30° with the horizontal. The weight of the airplane is 70000 N and its engine provides a thrust of 90000 N in the direction of the flight. Determine the lift force perpendicular to the airplane's wings and the force due to air

resistance opposite to the airplane's direction of motion. Draw the free-body diagram for the airplane. 2+2+1

2. State the work-energy theorem. A car of mass 2000 kg starts moving down from rest at the top of an incline which makes an angle of 30° with the horizontal. If the speed of the car at the bottom of the incline is 4.0 ms^{-1} and the frictional force acting on it is 3000 N, calculate the length of the incline. Take $g = 10\ ms^{-2}$. 1+4

3. What is a geostationary satellite ? Calculate the height of a geostationary satellite above the surface of the earth. 1+4

Take : $G = 6.67 \times 10^{-11}\ Nm^2kg^{-2}$, $M_e = 6.0 \times 10^{24}$ kg and $R_e = 6.37 \times 10^6$ m.

4. State the law of conservation of angular momentum. A disc of 0.5 m radius and a moment of inertia 0.25 kgm^2 is rotating about its axis, with a small mass of 0.01 kg stuck to its edge. The initial speed of the system is 2.0 revolutions per second. The

mass gradually slides to the centre of the disc. Calculate the final speed of the system. 1+4

5. What are the constants of motion for central conservative forces ?

   A satellite of mass 2000 kg is moving around the earth in an orbit with eccentricity $e = 0.20$. Determine the apogee, perigee and energy of the satellite if the semi-major axis of its orbit is 7.5×10^6 m. 2+3

   Take : $G = 6.67 \times 10^{-11}$ Nm^2kg^{-2} and $M_e = 6.0 \times 10^{24}$ kg.

6. Two particles of mass m and $2m$ move towards each other with speeds of $100\,ms^{-1}$ and $60\,ms^{-1}$ respectively. Calculate their speed before collision in the centre of mass frame and their speeds after collision in the laboratory frame. 5

7. A solid cylinder and a solid sphere each of the same mass M and radius R, start from rest from the same height and roll without slipping down an inclined plane. Determine which one reaches the bottom of the incline first. 5

8. (i) What must the minimum angular speed of the earth be so that the centrifugal force makes objects fly off its surface ? 3

(Take $g = 10\,\text{ms}^{-2}$ and $R_E = 6.37 \times 10^6\,\text{m}$).

(ii) Calculate the reduced mass of a binary star system in which the masses of the two stars are 1.2 and 0.8 times solar masses respectively. 2

BPHE–101

विज्ञान स्नातक (बी. एस.–सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2025

बी.पी.एच.ई.–101 : प्रारंभिक यांत्रिकी

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

नोट : *(i) प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं।*

(ii) प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

(iii) आप कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं।

नोट : *किन्हीं **पाँच** प्रश्नों को हल कीजिए।* 5×5=25

1. एक हवाई जहाज़ क्षैतिज से 30° के कोण पर सरल रेखा में अचर चाल से उड़ रहा है। हवाई जहाज़ का भार 70000 N है और उड़ान की दिशा में इंजन का प्रणोद 90000 N है। हवाई जहाज़ के पंखों के लम्बवत् लग रहा उत्थापन बल और हवाई जहाज की गति की दिशा की विपरीत दिशा में वायु प्रतिरोध बल निर्धारित कीजिए। हवाई जहाज़ के लिए बल–निर्देशांक आरेख भी खींचिए। 2+2+1

2. कार्य–ऊर्जा प्रमेय का कथन लिखिए। द्रव्यमान 2000 kg की एक गाड़ी, जो एक ढलान के ऊपर विरामावस्था में है, नीचे की ओर गति आरंभ करती है। ढलान और क्षैतिज के बीच का कोण 30° है। यदि ढलान के निचले सिरे पर गाड़ी की चाल $4{\cdot}0\,\text{ms}^{-1}$ हो और उस पर लगने वाला घर्षण बल 3000 N हो, तो ढलान की लंबाई परिकलित कीजिए। $g = 10\,\text{ms}^{-2}$ लीजिए। 1+4

3. भूस्थावर उपग्रह क्या होता है ? पृथ्वी की सतह से एक भूस्थावर उपग्रह की ऊँचाई परिकलित कीजिए। 1+4

$$\text{G} = 6.67\times10^{-11}\,\text{Nm}^2\text{kg}^{-2}, \quad \text{M}_e = 6.0\times10^{24}\,\text{kg}$$

और $\text{R}_e = 6.37\times10^{6}\,\text{m}$ लीजिए।

4. कोणीय संवेग संरक्षण के नियम का कथन लिखिए। त्रिज्या 0·5 m और जड़त्व आघूर्ण 0·25 kgm^2 की एक चकती के किनारे पर 0·01 kg का एक छोटा द्रव्यमान चिपका हुआ है और इसके साथ चकती अपने अक्ष के प्रति घूर्णन कर रही है। निकाय की प्रारंभिक चाल 2·0 परिक्रमण प्रति सेकण्ड है। द्रव्यमान धीरे–धीरे सरकते हुए चकती के केन्द्र तक पहुँच जाता है। निकाय की अंतिम चाल परिकलित कीजिए। 1+4

5. केंद्रीय संरक्षी बलों के लिए गति के अचर क्या हैं ? द्रव्यमान 2000 kg का एक उपग्रह, उत्केन्द्रता $e = 0.20$ की एक कक्षा में, पृथ्वी की परिक्रमा कर रहा है। भूमिउच्च दूरी, भूमिनीच दूरी और उपग्रह की ऊर्जा परिकलित कीजिए। अगर दिया गया हो कि कक्षा के अर्ध–दीर्घ अक्ष का मान 7.5×10^6 m है। 2+3

$G = 6.67 \times 10^{-11}$ Nm^{2}kg^{-2} और $M_e = 6.0 \times 10^{24}$ kg लीजिए।

6. द्रव्यमान m और $2m$ के दो कण एक–दूसरे की ओर क्रमशः 100 ms^{-1} और 60 ms^{-1} की चाल से गतिमान हैं। संघट्टन से पहले उनकी चालें संहति केंद्र तंत्र में परिकलित कीजिए और संघट्टन के बाद उनकी चालें प्रयोगशाला तंत्र में निर्धारित कीजिए। 5

7. एक ठोस बेलन और ठोस गोला, जिनके द्रव्यमान M और त्रिज्या R बराबर हैं, विरामावस्था से शुरू करके समान ऊँचाई से नत तल पर बिना फिसले लुढ़कते हैं। ज्ञात कीजिए कि इनमें से कौन–सा पिंड नत तल के निचले सिरे पर पहले पहुँचता है। 5

8. (i) पृथ्वी की न्यूनतम कोणीय चाल क्या होनी चाहिए जिससे कि अपकेंद्री बल के कारण उसकी सतह से वस्तुएँ उड़ जाएँ ? 3

($g = 10\,\mathrm{ms}^{-2}$ और $\mathrm{R} = 6.37 \times 10^{6}\,\mathrm{m}$ लीजिए।)

(ii) एक युग्म–तारा निकाय का समानीत द्रव्यमान परिकलित कीजिए, यदि दिया गया हो कि दोनों तारों के द्रव्यमान क्रमशः सूर्य के द्रव्यमान के 1·2 और 0·8 गुना हैं। 2

BPHE–102/PHE–02

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)

Term-End Examination

June, 2025

BPHE-102/PHE-02 : OSCILLATIONS AND WAVES

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

Note : *(i) All questions are compulsory. However, internal choices are given.*

(ii) Marks are shown against each question.

(iii) You can use a calculator.

(iv) Symbols have their usual meanings.

---

1. Attempt any *three* parts : 3×5=15

(a) A damped harmonic oscillator is represented by the equation :

$$m\frac{d^2x}{dt^2}+r\frac{dx}{dt}+kx=0$$

with $m = 0.3$ kg, $r = 0.06$ kgs^{-1} and $k = 85\ \text{Nm}^{-1}$.

Calculate the number of oscillations in which its amplitude will become half of its original value. Take the time period of the oscillator as 0.3 s. 5

(b) Using dimensional analysis, show that velocity of progressive waves on stretched strings is given by :

$$v = k\sqrt{\frac{F}{m}}$$

where k is a dimensionless constant. Discuss limitations of this technique.

4+1

(c) Two waves travelling in opposite directions on a string fixed at both ends are described by the equations :

$$y_1(x,t) = (0.2\,\text{m})\sin(2x - 4t)$$

and $$y_2(x,t) = (0.2\,\text{m})\sin(2x + 4t)$$

(i) Obtain the equation of the standing wave. 2

(ii) The string oscillates in only one loop. Determine the distance between its fixed ends. 3

(d) What do you understand by the relaxation time of a damped harmonic oscillator ? It is observed that the amplitude of oscillations of a damped oscillator reduced from 4 cm to 2 cm in 20 s. Calculate the relaxation time of the oscillator. 2+3

2. Attempt any *two* parts : 2×5=10

(a) A body is subjected simultaneously to two mutually normal oscillations of same frequency but differing in phase by ϕ.

(i) Obtain an expression for the trajectory of its motion. 2

(ii) If $x = 2 \sin \omega t$, $y = 2 \cos \omega t$ and $x = \sin \omega t$ and $y = 4 \sin (\omega t + \pi)$, determine the trajectories of motion. 3

(b) Two coupled masses are made to execute longitudinal oscillations. These are initially given the same displacement towards the right. Write down the differential equation describing the motion of this system. Decouple these and obtain expression for its normal mode frequencies. 2+1+2

(c) A stretched string having mass per unit length $10^{-3}\,\text{kg}\,\text{m}^{-1}$ vibrates in its fundamental mode between two edges 40 cm apart at a frequency of 30 Hz. Calculate : (i) the velocity of propagation of the wave on the string, and (ii) tension in the string. 5

BPHE–102/PHE–02

विज्ञान स्नातक (बी. एस-सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2025

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

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

नोट : (i) *सभी प्रश्न अनिवार्य हैं, यद्यपि आंतरिक विकल्प दिए गए हैं।*

(ii) *प्रत्येक प्रश्न से अंक उसके समाने दिए गए हैं।*

(iii) *आप कैल्कुलेटर का उपयोग कर सकते हैं।*

(iv) *सभी प्रतीकों के अपने अर्थ सामान्य हैं।*

1. किन्हीं **तीन** भागों को हल कीजिए : 3×5=15

(क) एक अवमंदित आवर्ती दोलित्र का गति समीकरण निम्नलिखित है :

$$m\frac{d^2x}{dt^2}+r\frac{dx}{dt}+kx=0$$

जिसमें $m = 0.3$ kg, $r = 0.06$ kgs^{-1} तथा $k = 85$ Nm^{-1} है।

दोलनों की संख्या, जिसके बाद दोलक का आयाम घटकर आधा हो जाता है, परिकलित कीजिए। मान लीजिए कि दोलक का आवर्तकाल 0.3 s है। 5

(ख) विमीय विश्लेषण द्वारा सिद्ध कीजिए कि तनित तार पर संचरित प्रगामी तरंगों के वेग का व्यंजक निम्नलिखित है :

$$v = k\sqrt{\frac{F}{m}}$$

जहाँ k विमारहित अचर है। इस विधि की कमियाँ बताइए। 4+1

(ग) दोनों छोरों पर बँधी रस्सी पर परस्पर विपरीत दिशाओं में गमन कर रही तरंगों के व्यंजक निम्नलिखित हैं :

$$y_1(x,t) = (0.2\,\text{m})\sin(2x - 4t)$$

तथा $$y_2(x,t) = (0.2\,\text{m})\sin(2x + 4t)$$

(i) अप्रगामी तरंग का समीकरण प्राप्त कीजिए। 2

(ii) तार केवल एक पाश में दोलन करता है। इसके दोनों सिरों के बीच की दूरी ज्ञात कीजिए। 3

(घ) अवमंदित आवर्ती दोलित्र के विश्रांति काल से आप क्या समझते हैं ? एक अवमंदित दोलित्र के दोलनों का आयाम 20 s में 4 cm से घटकर 2 cm रह जाता है। दोलित्र का विश्रांति काल परिकलित कीजिए। 2+3

2. किन्हीं **दो** भागों को हल कीजिए : 2×5=10

(क) किसी निकाय पर परस्पर लम्बवत् समान आवृत्ति परन्तु ϕ कलांतर के दो दोलन कार्यरत हैं। 2

(i) इस निकाय के गति पथ (प्रक्षेप पथ) के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

(ii) यदि $x = 2 \sin \omega t$, $y = 2 \cos \omega t$ तथा $x = \sin \omega t$ तथा $y = 4 \sin (\omega t + \pi)$, तो गति पथ निर्धारित कीजिए। 3

(ख) दो युग्मित संहतियाँ अनुदैर्घ्य दोलन करती हैं। प्रारम्भ में दोनों संहतियों को साम्यावस्था के दायीं ओर समान विस्थापित किया जाता है। युग्मित तंत्र का गति अवकल गति समीकरण लिखिए। इन्हें विलगित

कीजिए तथा प्रसामान्य विधा आवृत्तियों के व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 2+1+2

(ग) 40 cm दूरी पर स्थित दो वेगों के बीच $10^{-3} \mathrm{kg\,m}^{-1}$ प्रति इकाई लम्बाई द्रव्यमान वाला एक तनित तार अपनी मूल विधा में 30 Hz आवृत्ति से कंपन करता है। (i) तार पर तरंग संचरण वेग, तथा (ii) तार में तनाव का मान परिकलित कीजिए। 5

× × × × ×