

MPH-01

December - Examination 2025

M.Sc. (Previous) Examination

PHYSICS

CLASSICAL MECHANICS & STATISTICAL PHYSICS

चिरसम्मत यांत्रिकी एवं सांख्यिकीय भौतिकी

Paper : MPH-01

[Time: 3 Hours]

[Maximum Marks: 80]

Note :- The question paper is divided into three Sections A, B and C. Write answers as per the given instructions. In case of any discrepancy, the English version will be final for all purposes.

निर्देश :- यह प्रश्न-पत्र 'अ', 'ब' और 'स' तीन खण्डों में विभाजित है। दिए गए निर्देशों के अनुसार उत्तर दीजिए। किसी भी विसंगति की स्थिति में अंग्रेजी रूप ही अंतिम माना जायेगा।

Section-A

8×2=16

(Very Short Answer Type Questions)

Note :- Answer **all** questions. As per the nature of the question delimit your answer in one word, one sentence or maximum up to **30** words. Each question carries **2** marks.

खण्ड—'अ'

(अति लघु उत्तरीय प्रश्न)

निर्देश :- सभी प्रश्नों के उत्तर दीजिए। आप अपने उत्तर को प्रश्नानुसार एक शब्द, एक वाक्य या अधिकतम **30** शब्दों में परिसीमित कीजिए। प्रत्येक प्रश्न **2** अंक का है।

1. (i) Write the statement of Liouville's Theorem.
लियोविले के प्रमेय का कथन लिखिए।
- (ii) For a system Lagrangian is given by $L = 3\dot{r}^2 + 4r\dot{\phi} + 3$
Find the momentum p_r .
निकाय का लेग्रेंजियन $L = 3\dot{r}^2 + 4r\dot{\phi} + 3$ दिया जाता है।
संवेग p_r ज्ञात करो।
- (iii) If Internal energy is 600 and temperature 10 and entropy 0.5, then write the value of Helmholtz free energy for that system. All quantities here are in S.I. units.
यदि निकाय की आंतरिक ऊर्जा 600 तथा ताप 10 एवं एंट्रॉपी 0.5 है, तो इस निकाय के लिए हेल्महोल्टज़ मुक्त ऊर्जा का मान लिखें। यहाँ सभी इकाइयाँ S.I. में हैं।
- (iv) If potential energy of particle of mass $m=2$ in one dimensional motion is $PE = x^2 + 7x + 7$. What is the angular frequency of its oscillation? All units are in S.I.
एक कण जिसका द्रव्यमान $m=2$ है उसकी एक विमीय गति में स्थितिज ऊर्जा $PE = x^2 + 7x + 7$ है। इसके दोलन की कोणीय आवृत्ति क्या होगी? सभी इकाइयाँ S.I. में हैं।

- (v) Write the name of that ensemble in which a system can be coupled to a large environment with which it can exchange both energy and particles.
उस एंसेम्बल का नाम लिखिए जिसमें एक निकाय एक बड़े वातावरण से युग्मित किया जा सकता है जिससे यह ऊर्जा व कणों दोनों का विनिमय कर सकता है।
- (vi) Find the value of the poisson bracket $[3q, 8q^3]$ by writing all main steps.
सभी मुख्य पदों को लिखते हुए पॉइसन ब्रैकेट $[3q, 8q^3]$ का मान ज्ञात करो।
- (vii) Write the relation among the principal moments of inertia I_1 , I_2 and I_3 of a homogenous solid sphere.
एक समांग ठोस गोले के मुख्य जड़त्व आघूर्ण I_1 , I_2 तथा I_3 के मध्य सम्बन्ध लिखिए।
- (viii) If Kinetic Energy of a particle is $K.E. = 2ar^2 + 3br\dot{\theta}$ and Potential Energy $P.E. = cr^2$. Here a, b, c are constants, then find the generalized momentum p_r .
यदि कण की गतिज ऊर्जा $K.E. = 2ar^2 + 3br\dot{\theta}$ तथा स्थितिज ऊर्जा $P.E. = cr^2$ है। जहाँ a, b, c अचर हैं, तो व्यापक संवेग p_r ज्ञात करो।

Section-B

4×8=32

(Short Answer Type Questions)

Note :- Answer **any four** questions. Each answer should not exceed **200** words. Each question carries **8** marks.

खण्ड—'ब'

(लघु उत्तरीय प्रश्न)

निर्देश :- किन्हीं चार प्रश्नों के उत्तर दीजिए। आप अपने उत्तर को अधिकतम **200** शब्दों में परिसीमित कीजिए। प्रत्येक प्रश्न **8** अंक का है।

2. Explain the concept of phase space.
कला स्पेस के सिद्धांत को समझाइए।
3. A particle of mass 'm' moves inside a bowl on its surface. If the surface of the bowl is given by the equation $z = \frac{1}{2}a(x^2 + y^2)$, where 'a' is constant. Consider only the gravitational potential energy for the potential energy. Find Lagrangian of the particle using cylindrical coordinates.
एक कण जिसका द्रव्यमान m है यह एक प्याले के भीतर सतह पर गति करता है। प्याले के भीतर सतह का समीकरण $z = \frac{1}{2}a(x^2 + y^2)$ है। यहाँ a अचर है। केवल गुरुत्वाकर्षण स्थितिज ऊर्जा को स्थितिज ऊर्जा में लिजिए। बेलनाकार निर्देशांकों में कण का लेग्रेंजियन प्राप्त करिए।
4. What do you mean by canonical ensemble?
केनोनिकल एंसेम्बल से आपका क्या तात्पर्य है?
5. Obtain the Maxwellian distribution formula using Gibbs distribution formula.
गिब्स वितरण सूत्र की सहायता से मैक्सवेल का वितरण सूत्र प्राप्त करिए।
6. Obtain the expression for 'x' component of angular momentum of a particle in spherical coordinates.
गोलीय निर्देशांकों में एक कण के कोणीय संवेग के x घटक को प्राप्त करिए।
7. Find the partition function for N weakly coupled harmonic oscillators.

दुर्बल रूप से युग्मित N दोलित्रों का संवितरण फलन ज्ञात करिए।

8. Using Hamilton equation, find the time period of compound pendulum.
पिंड लोलक का आवर्तकाल हैमिल्टन समीकरण का उपयोग करते हुए ज्ञात करिए।
9. A body of mass 2 kg is projected with velocity \vec{v} from a frame of reference which has angular velocity $\vec{\omega}$

Here: $\vec{v} = 3\hat{i} + \hat{k}(m/s)$ and

$$\vec{\omega} = 2\hat{k}(rad/sec)$$

Find the Coriolis force acting on the particle.

एक निर्देश तंत्र जिसका कोणीय वेग $\vec{\omega}$ है, से एक वस्तु जिसका द्रव्यमान 2 kg है को \vec{v} वेग से फेंका जाता है, तो कण पर कार्यरत कोरियोलिस बल ज्ञात करिए –

यहाँ $\vec{v} = 3\hat{i} + \hat{k}(m/s)$ तथा

$$\vec{\omega} = 2\hat{k}(rad/sec)$$

Section-C

2×16=32

(Long Answer Type Questions)

Note :- Answer **any two** questions. You have to delimit your each answer maximum up to **500** words. Each question carries **16** marks.

खण्ड-‘स’

(दीर्घ उत्तरीय प्रश्न)

निर्देश :- किन्हीं दो प्रश्नों के उत्तर दीजिए। आप अपने उत्तर को अधिकतम **500** शब्दों में परिसीमित कीजिए। प्रत्येक प्रश्न **16** अंक का है।

10. Determine the period of oscillations of a simple pendulum (a particle of mass m suspended by a string of length L in a gravitational field) as a function of the amplitude of the oscillations.

गुरुत्वीय क्षेत्र में एक कण जिसका द्रव्यमान m है, इसको L लम्बाई की रस्सी से निलम्बित किया जाता है, इस सरल दोलित्र के आवर्त काल को आयाम के पदों में ज्ञात कीजिए।

11. Prove that, poisson brackets are invariant under canonical transformation.

यह सिद्ध करो, कि पॉइसन ब्रैकेट केनोनिकल रूपान्तर में निश्चर रहते हैं।

12. By using Hamilton Jacobi method, obtain the vertical position of particle falling freely under constant acceleration g .

हैमिल्टन जैकोबी विधि का उपयोग करते हुए, अचर गुरुत्व त्वरण g में मुक्त रूप से गिरते हुए कण के लिए उर्ध्व स्थिति का व्यंजक प्राप्त कीजिए।

13. Define Bose-Einstein statistics and arrive at the following BE distribution function-

$$\frac{n_i}{g_i} = \frac{1}{\exp(\alpha + \beta \epsilon_i) - 1}$$

बोस-आइंस्टीन सांख्यिकी परिभाषित कीजिए तथा निम्न BE वितरण फलन को प्राप्त कीजिए-

$$\frac{n_i}{g_i} = \frac{1}{\exp(\alpha + \beta \epsilon_i) - 1}$$
