

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Теоретическая механика

Уровень высшего образования

Специалитет

Направление подготовки / специальность

01.05.01 - Фундаментальные математика и механика

Направленность образовательной программы

Фундаментальная механика и приложения

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.23 Теоретическая механика относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции | | Наименование оценочного средства | |
|--|--|---|------------------------------------|---|
| | Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора) | Результаты обучения по дисциплине | Для текущего контроля успеваемости | Для промежуточной аттестации |
| ОПК-1: Способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы фундаментальной математики и механики | ОПК-1.1: Знает основы фундаментальных физико-математических дисциплин и других естественных наук. ОПК-1.2: Умеет формулировать, анализировать и решать профессиональные задачи с применением фундаментальных знаний математики, физики и других естественных наук. ОПК-1.3: Имеет практический опыт постановки и решения актуальных задач математики и механики. | ОПК-1.1: Знает основы фундаментальных физико-математических дисциплин и других естественных наук. ОПК-1.2: Умеет формулировать, анализировать и решать профессиональные задачи с применением фундаментальных знаний математики, физики и других естественных наук. ОПК-1.3: Имеет практический опыт постановки и решения актуальных задач математики и механики. | Задачи | Экзамен: Контрольные вопросы Задачи Зачёт: Задачи |
| ОПК-2: Способен создавать, анализировать и реализовывать новые математические модели в современном естествознании, технике, экономике и управлении | ОПК-2.1: Знает основные положения, терминологию и методологию в области математического и алгоритмического моделирования ОПК-2.2: Умеет осуществлять анализ и выбор методов решения задач профессиональной и научной деятельности на основе теоретических знаний в области математических и | ОПК-2.1: Знает основные положения, терминологию и методологию в области математического и алгоритмического моделирования. ОПК-2.2: Умеет осуществлять анализ и выбор методов решения задач профессиональной и научной деятельности на основе теоретических знаний в области математических и | Задачи | Зачёт: Задачи Экзамен: Контрольные вопросы Задачи |

| | | | | |
|--|--|---|--------|---|
| | компьютерных наук. ОПК-2.3: Имеет практический опыт разработки новых методов математического моделирования для решения задач профессиональной и научной деятельности | компьютерных наук. ОПК-2.3: Владеет опытом разработки новых методов математического моделирования для решения задач профессиональной и научной деятельности | | |
| ОПК-4: Способен использовать в педагогической деятельности научные основы знаний в сфере математики и механики | ОПК-4.1: Знает основы преподавания физико-математических дисциплин и компьютерных наук в средней школе, специальных и высших учебных заведениях. ОПК-4.2: Умеет использовать полученные фундаментальные и специальные знания в области физико-математических наук в преподавательской деятельности. ОПК-4.3: Имеет практический опыт планирования и подготовки учебных занятий, а также представления известных научных знаний и результатов собственных научных исследований. | ОПК-4.1: Знает основы преподавания физико-математических дисциплин и компьютерных наук в средней школе, специальных и высших учебных заведениях. ОПК-4.2: Умеет использовать полученные фундаментальные и специальные знания в преподавательской деятельности. ОПК-4.3: Имеет практический опыт планирования и подготовки учебных занятий, а также представления известных научных знаний и результатов собственных научных исследований. | Задачи | Зачёт: Задачи Экзамен: Контрольные вопросы Задачи |

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

| | |
|--|--------------|
| | очная |
| Общая трудоемкость, з.е. | 8 |
| Часов по учебному плану | 288 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | |
| - занятия лекционного типа | 64 |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 64 |
| - КСР | 3 |
| самостоятельная работа | 121 |
| Промежуточная аттестация | 36 |

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

| Наименование разделов и тем дисциплины | Всего (часы) | в том числе | | | |
|---|-----------------|--|--|--------|---|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них | | | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы | Всего | |
| | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 |
| Кинематика материальной точки и твердого тела | 56 | 14 | 14 | 28 | 28 |
| Основные теоремы динамики системы | 54 | 14 | 12 | 26 | 28 |
| Динамика вращательного движения твердого тела | 17 | 4 | 5 | 9 | 8 |
| Общее уравнение динамики. Принцип виртуальных перемещений | 16 | 4 | 4 | 8 | 8 |
| Уравнения Лагранжа в независимых переменных | 24 | 6 | 7 | 13 | 11 |
| Свободные колебания системы | 32 | 8 | 8 | 16 | 16 |
| Устойчивость движения | 20 | 4 | 4 | 8 | 12 |
| Механика Гамильтона | 18 | 6 | 6 | 12 | 6 |
| Вариационные интегральные принципы механики | 12 | 4 | 4 | 8 | 4 |
| Аттестация | 36 | | | | |
| КСР | 3 | | | 3 | |
| Итого | 288 | 64 | 64 | 131 | 121 |

Содержание разделов и тем дисциплины

3 семестр

1. Введение. Система отсчета. Закон инерции. Принцип относительности. Преобразования Галилея. Классическая и релятивистская механика. Преобразование Лоренца.
2. Абсолютно твердое тело. Поступательное и вращательное движение. Основные кинематические характеристики – меры движения точки.
Скорость и ускорение точки в криволинейных координатах.
3. Классификация движений твердого тела. Вращение тела вокруг неподвижной оси. Сферическое вращение. Плоскопараллельное движение тела.
4. Абсолютное, относительное, переносное движения точки. Сложение скоростей. Сложение ускорений
5. Взаимодействия и силы. Фундаментальные взаимодействия. Масса. Гравитационное взаимодействие. Заряд. Электромагнитное взаимодействие. Действие и противодействие Силы в механике.
Потенциальные силы. Потенциальная функция. Сложение потенциальных сил.
6. Количество движения. Второй закон Ньютона. Главный вектор сил. Второй закон в проекциях на оси естественного трехгранника. Прямая и обратная задачи механики..
7. Теорема об изменении количества движения точки. Момент количества движения точки. Теорема об

изменении момента количества движения. Центральная сила. Следствия из теоремы об изменении момента количества движения.

Мощность. Работа силы. Работа потенциальной силы. Теорема об изменении кинетической энергии точки.

8. Движение в центральном поле. Уравнение траектории точки. Классификация движений точки в ньютоновском поле тяготения. Первая, вторая, третья космические скорости. Законы Кеплера

9 Динамика материальной точки в неинерциальной системе. Силы инерции.

10. Система материальных точек. Центр инерции. Теорема о движении центра инерции. Реактивное движение. Теорема об изменении количества движения. Закон сохранения количества движения.

Теорема об изменении момента количества движения системы. Закон сохранения момента количества движения. Теорема об изменении кинетической энергии системы. Закон сохранения суммы кинетической и потенциальной энергии.

11. Момент количества движения твердого тела относительно оси вращения. Момент инерции относительно оси. Теорема Штейнера. Уравнение вращательного движения тела вокруг неподвижной оси. Колебания физического маятника.

12. Динамика плоского движения твердого тела. Кинетическая энергия твердого тела в плоском движении. Радиус инерции относительно оси.

13. Кинетическая энергия твердого тела в общем случае. Тензор моментов инерции. Главные моменты инерции. Момент количества движения твердого тела.

14. Уравнения поступательного и вращательного движений твердого тела. Уравнения движения твердого тела в подвижной системе. Работа силы во вращательном движении.

15. Способы задания ориентации твердого тела с одной неподвижной точкой. Система углов конечного вращения. Углы Эйлера. Углы Крылова-Булгакова. Матрицы ортогональных отображений. Уравнения движения твердого тела с одной неподвижной точкой: динамические уравнения Эйлера, кинематические уравнения.

16. Задача о свободном движении тела с неподвижной точкой. Регулярная прецессия свободного тела под действием момента. Волчок Лагранжа. Гирискоскоп. Прецессионная теория гироскопа

4 семестр

17.Связи: удерживающие-неудерживающие, голономные, неголономные, стационарные, нестационарные. Реакции связей. Основная задача механики несвободной системы n точек.

Действительные, возможные, виртуальные перемещения. Идеальные связи.

18. Дифференциальные принципы Общее уравнение динамики, Принцип виртуальных перемещений. Принцип Даламбера.

19. Независимые координат . Обобщенные силы. Уравнения Лагранжа в независимых координатах Структура кинетической энергии и функции Лагранжа в обобщенных координатах. Обобщенный интеграл энергии. Циклические интегралы.

20. Колебания. Свободные колебания. Гармонический осциллятор. Линейный осциллятор.

Фазовый портрет осциллятора.

Разбиение плоскости параметров линейной системы на области с различным типом состояний равновесия.

21. Колебания систем с n степенями свободы. Уравнение частот. Амплитудные векторы. Главные колебания. Нормальные координаты

22. Устойчивость движения. Невозмущенное движение, возмущенное движение. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая устойчивость. Уравнения возмущенного движения. Уравнения первого приближения Устойчивость по первому приближению. Характеристические показатели.

Характеристический определитель. Теорема Ляпунова об устойчивости по первому приближению.

Теорема Ляпунова о неустойчивости по первому приближению. Устойчивость положения равновесия консервативной системы (теорема Лагранжа).

23.Механика Гамильтона. Переменные Лагранжа, канонические переменные. Канонические уравнения

Гамильтона. Свойства функции Гамильтона. Первый интеграл канонической системы. Скобки Пуассона. Теорема Пуассона. Фазовое пространство, пространство конфигураций, пространство состояний. Ансамбль Гиббса. Закон сохранения фазового объема (теорема Лиувилля). Решение задачи о движении механической системы методом Остроградского. Уравнение Остроградского - Гамильтона. Теорема Остроградского. Уравнение Остроградского-Гамильтона в отсутствие явной зависимости функции Гамильтона от времени. Метод разделения переменных. 24. Вариационные интегральные принципы. Первая вариация функционала. Действие по Гамильтону. Принцип Гамильтона. Действие по Лагранжу. Принцип наименьшего действия Эйлера-Лагранжа. Принцип Лагранжа в форме Якоби (принцип Мопертюи). 25. Теорема Нетер. Принцип относительности Галилея и законы сохранения количества движения, момента количества движения, механической энергии замкнутой системы. Обобщенные законы сохранения в аналитической механике.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 2 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к промежуточному контролю успеваемости (зачет).

Дополнительная литература:

1. Журавлев В.Ф. Основы классической механики. М. Физматлит, 2001. 320 с.
2. Бугаенко Г.А., Маланин В.В., Яковлев В.И. Основы классической механики. М. Высшая школа, 1999. 306 с.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

1. Известна зависимость радиус-вектора частицы от времени $\vec{r}(t)$. Написать выражения для: а. скорости частицы \vec{v} , б. пути, пройденного за время от t_1 до t_2 , в. средней скорости частицы за время от t_1 до t_2 , г. модуля скорости v , д. среднего значения модуля скорости за время от t_1 до t_2 .

2. Начальная скорость частицы $\vec{v}_1 = 1\vec{e}_x + 3\vec{e}_y + 5\vec{e}_z$ (в момент времени t_1), конечная скорость $\vec{v}_2 = 2\vec{e}_x + 4\vec{e}_y + 6\vec{e}_z$ (в t_2). Найти: а. приращение скорости $\Delta\vec{v}$, б. модуль приращения скорости $|\Delta\vec{v}|$, в. приращение модуля скорости Δv , г. среднюю скорость $\langle \vec{v} \rangle$ за время от t_1 до t_2 .

3. Модуль скорости v частицы меняется со временем t по закону $v = at + b$, где a и b – положительные постоянные. Модуль ускорения $w=3a$. Найти тангенциальное и нормальное ускорения и радиус кривизны R траектории в зависимости от времени.

4. Диск радиуса R катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания. В некоторый момент времени известны скорости \vec{v}_0 и ускорение \vec{w}_0 его центра. Найти в этот момент времени скорость и ускорение верхней точки диска. Показать ускорение этой точки на рисунке

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:

1. Известна зависимость радиус-вектора частицы от времени $\vec{r}(t)$. Написать выражения для: а. скорости частицы \vec{v} , б. пути, пройденного за время от t_1 до t_2 , в. средней скорости частицы за время от t_1 до t_2 , г. модуля скорости v , д. среднего значения модуля скорости за время от t_1 до t_2 .

2. Начальная скорость частицы $\vec{v}_1 = 1\vec{e}_x + 3\vec{e}_y + 5\vec{e}_z$ (в момент времени t_1), конечная скорость $\vec{v}_2 = 2\vec{e}_x + 4\vec{e}_y + 6\vec{e}_z$ (в t_2). Найти: а. приращение скорости $\Delta\vec{v}$, б. модуль приращения скорости $|\Delta\vec{v}|$, в. приращение модуля скорости Δv , г. среднюю скорость $\langle \vec{v} \rangle$ за время от t_1 до t_2 .

3. Модуль скорости v частицы меняется со временем t по закону $v = at + b$, где a и b – положительные постоянные. Модуль ускорения $w=3a$. Найти тангенциальное и нормальное ускорения и радиус кривизны R траектории в зависимости от времени.

4. Диск радиуса R катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания. В некоторый момент времени известны скорости \vec{v}_0 и ускорение \vec{w}_0 его центра. Найти в этот момент времени скорость и ускорение верхней точки диска. Показать ускорение этой точки на рисунке

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-4:

1. Известна зависимость радиус-вектора частицы от времени $\vec{r}(t)$. Написать выражения для: а. скорости частицы \vec{v} , б. пути, пройденного за время от t_1 до t_2 , в. средней скорости частицы за время от t_1 до t_2 , г. модуля скорости v , д. среднего значения модуля скорости за время от t_1 до t_2 .

2. Начальная скорость частицы $\vec{v}_1 = 1\vec{e}_x + 3\vec{e}_y + 5\vec{e}_z$ (в момент времени t_1), конечная скорость $\vec{v}_2 = 2\vec{e}_x + 4\vec{e}_y + 6\vec{e}_z$ (в t_2). Найти: а. приращение скорости $\Delta\vec{v}$, б. модуль приращения скорости $|\Delta\vec{v}|$, в. приращение модуля скорости Δv , г. среднюю скорость $\langle \vec{v} \rangle$ за время от t_1 до t_2 .

3. Модуль скорости v частицы меняется со временем t по закону $v = at + b$, где a и b – положительные постоянные. Модуль ускорения $w = 3a$. Найти тангенциальное и нормальное ускорения и радиус кривизны R траектории в зависимости от времени.

4. Диск радиуса R катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания. В некоторый момент времени известны скорости \vec{v}_0 и ускорение \vec{w}_0 его центра. Найти в этот момент времени скорость и ускорение верхней точки диска. Показать ускорение этой точки на рисунке

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|--|
| зачтено | Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя. |
| не зачтено | Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя. |

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

| | | | | | | | |
|---|------------|---------------------|-------------------|--------|--------------|---------|-------------|
| Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения) | плохо | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |
| | не зачтено | | зачтено | | | | |

| ения компет | | | | | | | |
|----------------|---|--|--|---|---|---|--|
| <u>Знания</u> | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет. | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |
| <u>Умения</u> | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки | Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов | Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач |

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

| Оценка | | Уровень подготовки |
|---------|---------------------|--|
| зачтено | превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой |
| | отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично». |
| | очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо» |
| | хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо». |

| | | |
|-------------------|-----------------------------|--|
| | удовлетворитель но | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно» |
| не зачтено | неудовлетворите льно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно». |
| | плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Механическое движение. Система отсчета. Закон инерции. Инерциальная система отсчета. Принцип относительности. Классическая и релятивистская механики. Преобразования Галилея
2. Абсолютно твердое тело. Связанный трехгранник. Поступательное, вращательное, сложное движения тела. Материальная точка.
3. Описание движения материальной точки. Закон движения (естественная, векторная, координатная формы). Скорость и ускорение точки.
4. Естественный трехгранник. Разложение ускорения по осям естественного трехгранника. Нормальное и тангенциальное ускорения.
5. Вращательное движение твердого тела относительно неподвижной оси. Угловая скорость. Угловое ускорение. Скорости и ускорения точек твердого тела, вращающегося относительно неподвижной оси.
6. Вращение твердого тела относительно неподвижного центра. Мгновенная ось вращения. Мгновенная угловая скорость, угловое ускорение. Распределение скоростей и ускорений в твердом теле при вращении относительно неподвижного центра. Сложение мгновенных угловой и поступательной скоростей.
7. Плоское движение твердого тела. Перемещение плоской фигуры. Скорости точек плоской фигуры. Мгновенный центр вращения
8. Ускорение точек плоской фигуры. Мгновенный центр ускорений

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

1. Описание движения материальной точки. Закон движения (естественная, векторная, координатная формы). Скорость и ускорение точки
2. Естественный трехгранник. Разложение ускорения по осям естественного трехгранника. Нормальное и тангенциальное ускорения
3. Вращение твердого тела относительно неподвижного центра. Мгновенная ось вращения. Мгновенная угловая скорость, угловое ускорение. Распределение скоростей и ускорений в твердом теле при вращении относительно неподвижного центра. Сложение мгновенных угловой и поступательной скоростей.
4. Ускорение точек плоской фигуры. Мгновенный центр ускорений
5. Количество движения. Второй закон Ньютона. Главный вектор сил. Второй закон в проекциях на оси естественного трехгранника. Прямая и обратная задачи механики. Теорема об изменении количества движения точки
6. Момент количества движения точки. Теорема об изменении момента количества движения
7. Мощность. Работа силы. Работа потенциальной силы. Теорема об изменении кинетической энергии точки
8. Движение в центральном поле. Уравнение траектории точки. Эффективная потенциальная энергия

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-4

1. Механическое движение. Система отсчета. Закон инерции. Инерциальная система отсчета. Принцип относительности. Классическая и релятивистская механики. Преобразования Галилея
2. Абсолютно твердое тело. Связанный трехгранник. Поступательное, вращательное, сложное движения тела. Материальная точка.

3. Описание движения материальной точки. Закон движения (естественная, векторная, координатная формы). Скорость и ускорение точки.
4. Естественный трехгранник. Разложение ускорения по осям естественного трехгранника. Нормальное и тангенциальное ускорения.
5. Вращательное движение твердого тела относительно неподвижной оси. Угловая скорость. Угловое ускорение. Скорости и ускорения точек твердого тела, вращающегося относительно неподвижной оси.
6. Вращение твердого тела относительно неподвижного центра. Мгновенная ось вращения. Мгновенная угловая скорость, угловое ускорение. Распределение скоростей и ускорений в твердом теле при вращении относительно неподвижного центра. Сложение мгновенных угловой и поступательной скоростей.
7. Плоское движение твердого тела. Перемещение плоской фигуры. Скорости точек плоской фигуры. Мгновенный центр вращения
8. Ускорение точек плоской фигуры. Мгновенный центр ускорений

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------------------|---|
| превосходно | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки |
| отлично | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. |
| очень хорошо | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок |
| хорошо | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. |
| удовлетворительно | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. |
| неудовлетворительно | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. |
| плохо | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа |

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Однородный сплошной шар радиуса r может кататься без скольжения по внутренней поверхности неподвижного цилиндра радиуса R с горизонтальной осью. Найти длину математического маятника, период колебаний которого равен периоду малых колебаний шара около положения равновесия.
2. Стержень OA длины d , на конце которого помещен груз массы m , может поворачиваться вокруг оси O . На расстоянии b от оси O к стержню прикреплена пружина с коэффициентом жесткости k . Определить собственную частоту колебаний

груза, если стержень ОА в положении равновесия занимает горизонтальное положение. Массой стержня пренебречь.

3. Две равные точечные массы m , связанные пружиной жесткости d , могут двигаться без трения по неподвижному кольцу радиуса r , лежащему на горизонтальной плоскости. Длина пружины в недеформированном состоянии равна d . Составить уравнения

Лагранжа. Используя координаты $\theta_1 = 1/2 (\varphi_1 + \varphi_2), \theta_2 = 1/2 (\varphi_1 - \varphi_2)$, найти закон движения в квадратурах.

4. Колечко массы m может скользить вдоль гладкого стержня $AB=2d$, концы которого в точках А и В жестко соединены со сторонами прямого угла АОВ, вращающегося вокруг своей вертикальной стороны ОА с постоянной угловой скоростью ω . Колечко соединено с точками А и В двумя одинаковыми пружинами жесткости k . Длина каждой пружины в недеформированном состоянии d , угол ОАВ равен α .

Найти относительное движение колечка, используя уравнения Лагранжа.

5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

- Однородный сплошной шар радиуса r может кататься без скольжения по внутренней поверхности неподвижного цилиндра радиуса R с горизонтальной осью. Найти длину математического маятника, период колебаний которого равен периоду малых колебаний шара около положения равновесия.
- Стержень ОА длины d , на конце которого помещен груз массы m , может поворачиваться вокруг оси О. На расстоянии b от оси О к стержню прикреплена пружина с коэффициентом жесткости k . Определить собственную частоту колебаний груза, если стержень ОА в положении равновесия занимает горизонтальное положение. Массой стержня пренебречь.
- Две равные точечные массы m , связанные пружиной жесткости d , могут двигаться без трения по неподвижному кольцу радиуса r , лежащему на горизонтальной плоскости. Длина пружины в недеформированном состоянии равна d . Составить уравнения Лагранжа. Используя координаты $\theta_1 = 1/2 (\varphi_1 + \varphi_2), \theta_2 = 1/2 (\varphi_1 - \varphi_2)$, найти закон движения в квадратурах.
- Колечко массы m может скользить вдоль гладкого стержня $AB=2d$, концы которого в точках А и В жестко соединены со сторонами прямого угла АОВ, вращающегося вокруг своей вертикальной стороны ОА с постоянной угловой скоростью ω . Колечко соединено с точками А и В двумя одинаковыми пружинами жесткости k . Длина каждой пружины в недеформированном состоянии d , угол ОАВ равен α .

Найти относительное движение колечка, используя уравнения Лагранжа.

5.3.6 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-4

- Однородный сплошной шар радиуса r может кататься без скольжения по внутренней поверхности неподвижного цилиндра радиуса R с горизонтальной осью. Найти длину математического маятника, период колебаний которого равен периоду малых колебаний шара около положения равновесия.
- Стержень ОА длины d , на конце которого помещен груз массы m , может поворачиваться вокруг оси О. На расстоянии b от оси О к стержню прикреплена

пружина с коэффициентом жесткости k . Определить собственную частоту колебаний груза, если стержень ОА в положении равновесия занимает горизонтальное положение. Массой стержня пренебречь.

- Две равные точечные массы m , связанные пружиной жесткости d , могут двигаться без трения по неподвижному кольцу радиуса r , лежащему на горизонтальной плоскости. Длина пружины в недеформированном состоянии равна d . Составить уравнения Лагранжа. Используя координаты $\theta_1 = 1/2 (\varphi_1 + \varphi_2)$, $\theta_2 = 1/2 (\varphi_1 - \varphi_2)$, найти закон движения в квадратурах.
- Колечко массы m может скользить вдоль гладкого стержня $AB=2d$, концы которого в точках А и В жестко соединены со сторонами прямого угла АОВ, вращающегося вокруг своей вертикальной стороны ОА с постоянной угловой скоростью ω . Колечко соединено с точками А и В двумя одинаковыми пружинами жесткости k . Длина каждой пружины в недеформированном состоянии d , угол ОАВ равен α .

Найти относительное движение колечка, используя уравнения Лагранжа.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------------------|---|
| превосходно | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки |
| отлично | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. |
| очень хорошо | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок |
| хорошо | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок |
| удовлетворительно | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. |
| неудовлетворительно | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. |
| плохо | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа |

5.3.7 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Маленький шарик, брошенный с начальной скоростью v_0 под углом α к горизонту, ударился о вертикальную стенку, движущуюся навстречу с горизонтально направленной скоростью v , и отскочил в точку, из которой был

- брошен. Определить через какое время t после броска произошло столкновение шарика со стенкой. Потерями на трение пренебречь
2. Известно, что Луна все время обращена к Земле одной и той же стороной и обращается вокруг Земли за 27,3 суток. Определить угловую скорость вращения Луны вокруг ее оси. Сравнить ее со скоростью суточного вращения Земли.
 3. Шарик, подвешенный на нити, качается в вертикальной плоскости так, что его ускорение в крайнем и нижнем положениях равны по модулю друг другу. Найти угол α отклонения нити в крайнем положении.
 4. Смещение материальной точки по двум взаимно перпендикулярным направлениям описывается уравнениями $x=0,1\sin 2t$; $y=0,05\sin(2t+\pi/2)$. Найдите а) уравнение траектории точки; б) зависимость скорости точки от времени; в) зависимость полного ускорения точки от времени; г) радиус кривизны траектории в тех точках, где скорость наибольшая и наименьшая.
 5. Гирька массой 0,1 кг, привязанная к легкой нерастяжимой нити, описывает окружность в вертикальной плоскости. Скорости гирьки в верхней и нижней точках траектории соответственно равны 4 м/с и 6 м/с. Определить натяжение нити и ускорение гирьки в те моменты, когда нить расположена а. Вертикально, б. Горизонтально

5.3.8 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

1. Маленький шарик, брошенный с начальной скоростью v_0 под углом α к горизонту, ударился о вертикальную стенку, движущуюся навстречу с горизонтально направленной скоростью v , и отскочил в точку, из которой был брошен. Определить через какое время t после броска произошло столкновение шарика со стенкой. Потерями на трение пренебречь
2. Известно, что Луна все время обращена к Земле одной и той же стороной и обращается вокруг Земли за 27,3 суток. Определить угловую скорость вращения Луны вокруг ее оси. Сравнить ее со скоростью суточного вращения Земли.
3. Шарик, подвешенный на нити, качается в вертикальной плоскости так, что его ускорение в крайнем и нижнем положениях равны по модулю друг другу. Найти угол α отклонения нити в крайнем положении.
4. Смещение материальной точки по двум взаимно перпендикулярным направлениям описывается уравнениями $x=0,1\sin 2t$; $y=0,05\sin(2t+\pi/2)$. Найдите а) уравнение траектории точки; б) зависимость скорости точки от времени; в) зависимость полного ускорения точки от времени; г) радиус кривизны траектории в тех точках, где скорость наибольшая и наименьшая.
5. Гирька массой 0,1 кг, привязанная к легкой нерастяжимой нити, описывает окружность в вертикальной плоскости. Скорости гирьки в верхней и нижней точках траектории соответственно равны 4 м/с и 6 м/с. Определить натяжение

нити и ускорение гирьки в те моменты, когда нить расположена а. Вертикально,
б. Горизонтально

5.3.9 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-4

1. Маленький шарик, брошенный с начальной скоростью v_0 под углом α к горизонту, ударился о вертикальную стенку, движущуюся навстречу с горизонтально направленной скоростью v , и отскочил в точку, из которой был брошен. Определить через какое время t после броска произошло столкновение шарика со стенкой. Потерями на трение пренебречь
2. Известно, что Луна все время обращена к Земле одной и той же стороной и обращается вокруг Земли за 27,3 суток. Определить угловую скорость вращения Луны вокруг ее оси. Сравнить ее со скоростью суточного вращения Земли.
3. Шарик, подвешенный на нити, качается в вертикальной плоскости так, что его ускорение в крайнем и нижнем положениях равны по модулю друг другу. Найти угол α отклонения нити в крайнем положении.
4. Смещение материальной точки по двум взаимно перпендикулярным направлениям описывается уравнениями $x=0,1\sin 2t$; $y=0,05\sin(2t+\pi/2)$. Найдите а) уравнение траектории точки; б) зависимость скорости точки от времени; в) зависимость полного ускорения точки от времени; г) радиус кривизны траектории в тех точках, где скорость наибольшая и наименьшая.
5. Гирька массой 0,1 кг, привязанная к легкой нерастяжимой нити, описывает окружность в вертикальной плоскости. Скорости гирьки в верхней и нижней точках траектории соответственно равны 4 м/с и 6 м/с. Определить натяжение нити и ускорение гирьки в те моменты, когда нить расположена а. Вертикально,
б. Горизонтально

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|---|
| зачтено | Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя |
| не зачтено | Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя |

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Бухгольц Н. Н. Основной курс теоретической механики : [в 2 ч. : для гос. ун-тов.]. Ч. 1. Кинематика, статика, динамика материальной точки / перераб. и доп. С. М. Таргом. - Изд. 6-е, перераб. и доп. - М. : Наука, 1965. - 467 с. : черт. - 0.47., 75 экз.
2. Бухгольц Н. Н. Основной курс теоретической механики : [для гос. ун-тов]. Ч. 2. Динамика системы материальных точек / в перераб. и с доп. С. М. Тарга. - Изд. 6-е, стер. - М. : Наука, 1972. - 332 с. : черт. - 2.59., 12 экз.
3. Мещерский Иван Всеволодович. Задачи по теоретической механике : учеб. пособие для вузов / под ред. В. А. Пальмова, Д. Р. Меркина. - 39-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2002. - 448 с. - ISBN 5-9511-0019-4 : 108.00., 1 экз.
4. Сборник задач по аналитической механике : [для вузов] . - М. : Наука, 1980. - 320 с. : ил. - 1.10., 355 экз.
5. Культина Н. Ю. Как решать задачи по теоретической механике : учебно-методическое пособие / Культина Н. Ю., Новиков В. В. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2010. - 60 с. - Рекомендовано методической комиссией механико-математического факультета для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки: 010100 «Математика», 010300 «Математика. Компьютерные науки», 010500 «Прикладная математика и информатика», 010900 «Механика и математическое моделирование». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Физика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=729907&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Лойцянский Л. Г. Курс теоретической механики : [для вузов]. Т. 1. Статика и кинематика. - Изд. 6-е. - М. : Гостехиздат, 1955. - 380 с. : черт. - 8.50., 1 экз.
2. Лойцянский Л. Г. Курс теоретической механики : [для вузов]. Т. 2. Динамика. - Изд. 5-е, перераб. - М. : Гостехиздат, 1954. - 596 с. : черт. - 1.27., 1 экз.
3. Меркин Давид Рахмильевич. Введение в теорию устойчивости движения : [учеб. пособие для вузов]. - М. : Наука, 1971. - 312 с. : ил. - 0.76., 3 экз.
4. Журавлев Виктор Филиппович. Прикладные методы в теории колебаний / отв. ред. А. Ю. Ишлинский ; АН СССР, Ин-т проблем механики. - М. : Наука, 1988. - 325 с. : ил. - 2.90., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/theoretical.htm>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Проектор, экран

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по специальности 01.05.01 - Фундаментальные математика и механика.

Автор(ы): Новиков Валерий Вячеславович, доктор физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Игумнов Леонид Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.