

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДАЮ:

Директор _____ Гергель В.П.

« _____ » _____ 201_ г.

Рабочая программа дисциплины

Теоретическая механика

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки
02.03.01 Математика и Компьютерные Науки

Направленность образовательной программы
Общий профиль

Квалификация (степень)
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Нижний Новгород

2017 г.

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.08 «Теоретическая механика» относится к вариативной части ОПОП. Она содержится в блоке обязательных дисциплин в вариативной части. Дисциплина «Теоретическая механика» читается на 2-м курсе программы бакалавриата, в 3-м и 4-м семестрах и является обязательной для освоения на данном этапе обучения.

Предполагается предварительное изучение студентом дисциплин: «Алгебра и геометрия», «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения».

Требования к «входным знаниям»: студент должен знать и уметь применять на практике основные разделы алгебры и математического анализа, а также методы теории обыкновенных дифференциальных уравнений.

Целями освоения дисциплины являются:

Познакомить студентов с основными принципами классической и аналитической механики; дать представление о различных подходах к построению математических моделей физических процессов и явлений, о методах исследования динамических систем.

2. Планируемые результаты обучения дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

| Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций |
|---|--|
| ОПК-1 готовность использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, линейной алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных, дискретной математики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики, механики сплошной среды, теории управления и оптимизации в будущей профессиональной деятельности | У1 (ОПК-1) Уметь <u>использовать фундаментальные знания в области теоретической и прикладной механики</u> З1 (ОПК-1) Знать <u>фундаментальные понятия, подходы, законы, уравнения, модели и методы в области теоретической и прикладной механики</u> В1 (ОПК-1) Владеть <u>фундаментальными знаниями в области теоретической и прикладной механики</u> |
| ПК-2 способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики | У2 (ПК-2) Уметь <u>самостоятельно анализировать физические аспекты в классических постановках задач механики</u> З2 (ПК-2) Знать <u>физические аспекты в классических постановках задач механики</u> В2 (ПК-2) Владеть <u>общими подходами и приёмами анализа физических аспектов в классических постановках задач механики</u> |

В результате освоения данной дисциплины обучающийся должен:

- 1) Знать: Базовые принципы теоретической и аналитической механики; методы математически корректной постановки естественнонаучных задач в области теоретической и аналитической механики.
- 2) Уметь: Использовать базовые знания теоретической и аналитической механики при исследовании физических процессов и явлений; строить математические модели механических систем.
- 3) Владеть: методами построения и исследования математических моделей, описывающих динамику физических процессов и явлений.

3. Структура и содержание дисциплины «Теоретическая механика»

Объем дисциплины составляет 8 зачетных единиц, всего 288 часов, из которых 131 час составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (64 часа занятия лекционного типа, 64 часа занятия семинарского типа, 3 часа мероприятия промежуточной аттестации), 157 часов составляет самостоятельная работа обучающегося (в т.ч. включая 45 часов подготовки к экзамену).

Содержание дисциплины

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) | Всего (часы) | В том числе | | | | | | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|--|--------------|---|---------------------------|----------------------------|--------------|--------|-------|---|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы | | | | | Всего | |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Консультации | из них | | |
| 3 семестр | | | | | | | | |
| Кинематика материальной точки (Самостоятельная работа на семинарском занятии) | 24 | 6 | 4 | | | 10 | 14 | |
| Кинематика системы МТ, твердого тела (Самостоятельная работа на семинарском занятии) | 24 | 6 | 6 | | | 12 | 12 | |
| Динамика материальной точки (Самостоятельная работа на семинарском занятии) | 31 | 6 | 8 | | | 14 | 17 | |
| Динамика системы материальных точек (Самостоятельная работа на семинарском занятии) | 32 | 6 | 8 | | | 14 | 18 | |
| Динамика твердого тела (Самостоятельная работа на семинарском занятии) | 32 | 8 | 6 | | | 14 | 18 | |
| В т.ч. текущий контроль | 2 | | | | | | | |
| Промежуточная аттестация: зачет | | | | | | | | |
| 4 семестр | | | | | | | | |
| Динамика механических систем со связями (Самостоятельная работа на семинарском занятии) | 27 | 6 | 6 | | | 12 | 15 | |
| Механика Лагранжа (Самостоятельная работа на семинарском занятии) | 28 | 6 | 6 | | | 12 | 16 | |
| Колебания (Самостоятельная работа на семинарском занятии) | 37 | 10 | 10 | | | 20 | 17 | |
| Механика Гамильтона (Самостоятельная работа на семинарском занятии) | 27 | 6 | 6 | | | 12 | 15 | |
| Интегральные вариационные принципы механики (Самостоятельная работа на семинарском занятии) | 23 | 4 | 4 | | | 8 | 15 | |
| В т.ч. текущий контроль | 2 | | | | | | | |

| | | |
|-----------------------------------|--|--|
| Промежуточная аттестация: экзамен | | |
|-----------------------------------|--|--|

4. Образовательные технологии

Лекции, практические занятия, контрольные работы, зачет, экзамен. В течение семестра студенты решают задачи, указанные преподавателем, и выполняют контрольные работы.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

На практических занятиях контроль осуществляется при проверке домашних заданий.

Экзамен содержит теоретическую и практическую части. В качестве практической части студенту предлагается решить задачу.

Самостоятельная работа студента включает в себя изучение литературы и решение задач по темам модуля.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Дисциплина направлена на развитие следующих компетенций:

ОПК-1: Готовность использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, линейной алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных, дискретной математики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики, механики сплошной среды, теории управления и оптимизации в будущей профессиональной деятельности

| Планируемые результаты обучения* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения | | | |
|--|---|---|--|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ЗНАТЬ: фундаментальные понятия, подходы, законы, уравнения, модели и методы в области дифференциальной геометрии | Отсутствие знаний или фрагментарное знание фундаментальных понятий, подходов, законов, уравнений, моделей и методов в области дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных, теоретической и прикладной механики | В целом успешное, но не систематическое знание фундаментальных понятий, подходов, законов, уравнений, моделей и | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание фундаментальных понятий, подходов, законов, | Успешное и систематическое знание фундаментальных понятий, подход |

| | | | | |
|---|--|---|---|---|
| <p>нциальн ых уравнени й и уравнени й в частных производ ных, теоретич еской и приклад ной механик и</p> | | <p>методов в области дифференци альных уравнений и уравнений в частных производны х, теоретическ ой и прикладной механики</p> | <p>уравнений, моделей и методов в области дифференци альных уравнений и уравнений в частных производны х, теоретическ ой и прикладной механики</p> | <p>ов, законо в, уравне ний, моделе й и методо в в област и диффе ренциа льных уравне ний и уравне ний в частны х произв одных, теорет ическо й и прикла дной механи ки</p> |
| <p>УМЕТЬ: использо вать фундаме нтальные знания в области диффере нциальн ых уравнени й и уравнени й в частных производ ных, теоретич еской и приклад ной механик и</p> | <p>Отсутствие умений или частично освоенное умение использовать фундаментальные знания в области дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных, теоретической и прикладной механики</p> | <p>В целом успешное, но не систематиче ски освоенное умение использовать фундамента льные знания в области дифференци альных уравнений и уравнений в частных производны х, теоретическ ой и прикладной механики</p> | <p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать фундамента льные знания в области дифференци альных уравнений и уравнений в частных производны х, теоретическ ой и прикладной механики</p> | <p>Сформ ирован ное умение использо вать фунда ментал ьные знания в област и диффе ренциа льных уравне ний и уравне ний в частны х произв одных, теорет ическо й и прикла</p> |

| | | | | |
|---|--|---|---|--|
| | | | | дной механи ки |
| ВЛАДЕТ Б: фундаме нтальны ми знаниям и в области диффере нциальн ых уравнени й и уравнени й в частных производ ных, теоретич еской и приклад ной механик и | Отсутствие или фрагментарные навыки владения фундаментальными знаниями в области дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных, теоретической и прикладной механики | Общие, но не структуриро ванные навыки владения фундamenta льными знаниями в областидиф ференциаль ных уравнений и уравнений в частных производны х, теоретическ ой и прикладной механики | Сформирова нные, но содержащие отдельные пробелы навыки владения фундamenta льными знаниями в областидиф ференциаль ных уравнений и уравнений в частных производны х, теоретическ ой и прикладной механики | Сформ ирован ные систем атичес кие навык и владен ия фунда ментал ьными знания ми в област и диффе ренциа льных уравне ний и уравне ний в частны х произв одных, теорет ическо й и прикла дной механи ки |

ПК-2: способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики

| Планируемые результаты обучения* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения | | | |
|--|---|---|--|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ЗНАТЬ: физические аспекты в классических постановках задач механики | Отсутствие знаний или фрагментарное знание физических аспектов в классических постановках задач механики | В целом успешное, но не систематическое знание физических аспектов в классических постановках задач механики | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание физических аспектов в классических постановках задач | Успешное и систематическое знание физических аспектов в классических постановках задач механики |

| | | | | |
|--|---|--|---|--|
| | | | механики | |
| УМЕТЬ: самостоятельно анализировать физические аспекты в классических постановках задач механики | Отсутствие умений или частично освоенное умение самостоятельно анализировать физические аспекты в классических постановках задач механики | В целом успешное, но не систематически освоенное умение самостоятельно анализировать физические аспекты в классических постановках задач механики | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение самостоятельно анализировать физические аспекты в классических постановках задач механики | Сформированное умение самостоятельно анализировать физические аспекты в классических постановках задач механики |
| ВЛАДЕТЬ: общими подходами и приёмами анализа физических аспектов в классических постановках задач механики | Отсутствие или фрагментарные владения общими подходами и приёмами анализа физических аспектов в классических постановках задач механики | Общие, но не структурированные владения общими подходами и приёмами анализа физических аспектов в классических постановках задач механики | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыков владения общими подходами и приёмами анализа физических аспектов в классических постановках задач механики | Сформированные систематические владения общими подходами и приёмами анализа физических аспектов в классических постановках задач механики |

Описание шкал оценивания

Контрольные работы оцениваются по пятибалльной системе. Экзамен оценивается по системе: плохо, неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, очень хорошо, отлично, превосходно.

| Шкала оценок в соответствии со стандартом | Шкала оценок, рекомендованная к использованию в ННГУ | Описание оценки |
|--|---|--|
| Отлично | Превосходно | Отличная подготовка. Студент самостоятельно решает задачу, отвечает полностью на вопросы билета и дополнительные вопросы (задания), выходящие за рамки изученного объема курса и изученных алгоритмов и подходов, проявляя инициативу и творческое мышление. |
| | Отлично | Отличная подготовка. Студент отвечает полностью на вопросы билета, самостоятельно решает задачу в рамках изученных алгоритмов и подходов. При ответе на дополнительные вопросы (задания) допускаются незначительные неточности. |
| Хорошо | Очень хорошо | Хорошая подготовка. Студент показывает хороший уровень знания вопросов билета, самостоятельно решает задачу и отвечает на вопросы (задания) преподавателя с небольшими неточностями. |
| | Хорошо | Хорошая подготовка. Студент показывает средний уровень знания вопросов билета, решает задачу с наводящими вопросами преподавателя и отвечает на некоторые дополнительные вопросы преподавателя (в рамках билета). |

| Шкала оценок в соответствии со стандартом | Шкала оценок, рекомендованная к использованию в ННГУ | Описание оценки |
|---|--|--|
| Удовлетворительно | Удовлетворительно | Удовлетворительная подготовка. Студент показывает удовлетворительное знание вопросов билета и знание базовых понятий, может решить типовую задачу с помощью преподавателя. |
| Неудовлетворительно | Неудовлетворительно | Студент показывает неудовлетворительное знание вопросов билета, основ курса и базовых понятий. |
| | Плохо | Студент показывает полное незнание вопросов билета, основ курса и базовых понятий. |

Основные темы контрольных работ:

1. Найти скорость и ускорение МТ при данном типе движения.

Пример контрольного задания:

Точка движется по дуге эллипса $x^2/a^2 + y^2/b^2 = 1$. Вектор ускорения точки во все время движения направлен параллельно оси Oy . Найти ускорение точки в момент, когда ее ордината равна $b/2$, если в начальный момент $x(0) = 0$, $y(0) = b$, $v(0) = v_0$.

2. Найти скорости и ускорения точек твердого тела при данном типе движения.

Пример контрольного задания:

Тело совершает колебания около неподвижной оси по закону: $\varphi = k \sin 2t$. Определить ближайшие моменты времени, в которые изменяется направление вращения и период колебаний.

3. Составить уравнение движения МТ в заданных условиях.

Пример контрольного задания:

Гиря массы 0.2 кг подвешена к концу нити длины 1 м . Вследствие толчка гиря получила горизонтальную скорость 5 м/с . Найти натяжение нити сразу после толчка.

4. Составить уравнение движения системы МТ при заданных условиях.

Пример контрольного задания:

Однородный круглый цилиндр радиуса r и массы m , обмотанный нерастяжимой нитью, подвешен к неподвижной точке O . Под действием силы тяжести цилиндр опускается, разматывая нить и раскачиваясь вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку O . Найти импульс p и кинетическую энергию T цилиндра.

5. С помощью основных теорем механики найти величины.

Пример контрольного задания:

Тело массы 2 кг , брошенное вертикально вверх со скоростью 20 м/с , испытывает сопротивление воздуха $0.4v \text{ Н}$. Найти, через сколько секунд тело достигнет наивысшего положения.

6. С помощью общего уравнения динамики найти величины.

Пример контрольного задания:

Составить уравнения движения математического маятника с помощью общего уравнения динамики. Сопротивлением воздуха пренебречь.

7. Составить уравнение Лагранжа для данной механической системы.

Пример контрольного задания:

Две точечные массы m_1 и m_2 , связанные пружиной жесткости c , могут двигаться без трения по сторонам прямого угла zOy , сторона Oy которого вертикальна. Длина пружины в ненапряженном состоянии равна l_0 . Составить уравнения Лагранжа.

8. Найти состояние равновесия данной системы и исследовать его устойчивость.

Пример контрольного задания:

Колечко массы m может скользить вдоль гладкого стержня AB длины $2l$, концы которого в точках A и B жестко соединены со сторонами прямого угла $ZAOb$, вращающегося вокруг своей вертикальной стороны AO с постоянной угловой скоростью ω . Колечко соединено с точками A и B двумя одинаковыми пружинами жесткости c . Длина каждой пружины в недеформированном состоянии равна l . Найти положение относительного равновесия и исследовать его устойчивость.

9. Составить уравнение Гамильтона для данной механической системы.

Пример контрольного задания:

Составить канонические уравнения движения математического маятника переменной длины $l(t)$, где $l(t)$ — заданная функция времени.

Основные темы, выносимые на экзамен:

1. Кинематика материальной точки (скорость, ускорение МТ в различных СК).

Пример практического задания:

Колечко движется по параболе $y = ax^2$ с постоянной скоростью v . Найти ускорение колечка в зависимости от его положения.

2. Кинематика системы МТ, твердого тела (скорость, ускорение в разных случаях движения).

Пример практического задания:

Скорости двух точек плоской фигуры, движущейся в своей плоскости, равны по модулю. Найти геометрическое место возможных положений мгновенного центра скоростей.

3. Динамика материальной точки (уравнения движения МТ, основные теоремы динамики МТ).

Пример практического задания:

Гладкая проволочная окружность радиуса R вращается с постоянной угловой скоростью ω вокруг своего вертикального диаметра. Найти положения относительного равновесия тяжелого колечка, надетого на эту окружность.

4. Динамика системы материальных точек (уравнения движения системы МТ, основные теоремы динамики системы МТ).

Пример практического задания:

Зонд, несущий контейнер с приборами, опускается вертикально в атмосфере с ускорением w , масса зонда вместе с контейнером равна M . В некоторый момент времени контейнер отделяется, в результате чего зонд начинает подниматься с ускорением $2w$. Найти массу m контейнера. Соппротивлением воздуха пренебречь.

5. Динамика твердого тела (вращение вокруг оси, сферическое движение, случай Эйлера, элементы теории гироскопов).

Пример практического задания:

Прямой однородный круговой цилиндр, имеющий массу m , высоту h и радиус основания R , вращается с постоянной угловой скоростью ω вокруг оси AB , проходящей через его центр масс C и образующей угол α с осью симметрии. Найти величину и направление момента импульса цилиндра относительно точки C .

6. Динамика механических систем со связями (связи, основное уравнение динамики).

Пример практического задания:

Круговой конус с неподвижной вершиной катится по горизонтальной плоскости без проскальзывания. Выписать уравнения связей и выяснить, является ли эта система голономной.

7. Механика Лагранжа (обобщенные координаты, уравнения Лагранжа 1, 2 рода, интегралы, законы сохранения).

Пример практического задания:

Найти функцию Лагранжа и составить уравнения движения двух материальных точек с массами m_1 и m_2 , притягивающихся одна к другой по закону Ньютона. Выписать также интегралы движения системы.

Указание. За обобщенные координаты принять декартовы координаты x, y, z центра масс системы, расстояние между точками r и углы широты и долготы, которые определяют направление прямой, соединяющей точки.

8. Колебания (колебания систем с одной степенью свободы, с несколькими степенями свободы, равновесие, методы определения устойчивости и типов состояния равновесия).

Пример практического задания:

Два одинаковых однородных диска массы m каждый могут катиться без проскальзывания по горизонтальной прямой. Центры дисков соединены между собой и с неподвижными стенками пружинами жесткости c . Найти положения равновесия системы и исследовать их устойчивость.

9. Механика Гамильтона.

Пример практического задания:

Материальная точка массы m движется в поле притяжения к неподвижному центру. Составить канонические уравнения движения точки, если притягивающая сила является функцией ее расстояния от центра.

10. Интегральные вариационные принципы механики.

Пример практического задания:

В расширенном координатном пространстве (q, t) линейного осциллятора $L = (q^2 - \omega^2 q^2)/2$ описать множество всех тех точек (t_1, q_1) , которые нельзя соединить прямым путем с начальной точкой (t_0, q_0) .

Пример экзаменационного билета:

Вопрос 1. Кинематика точки. Скорость точки в декартовых координатах, в полярных координатах.

Вопрос 2. Колебания системы с одной степенью свободы. Положение равновесия.

Устойчивость по теореме Лагранжа. Пример.

Задача. Круговой конус с неподвижной вершиной катится по горизонтальной плоскости без проскальзывания. Выписать уравнения связей и выяснить, является ли эта система голономной.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Теоретическая механика»

а) основная литература:

1. Журавлев В.Ф. Основы теоретической механики. М.: ФИЗМАТЛИТ, 1997, 320с. (56 экз. в ФБ ННГУ)
2. Бутенин Н.В. Курс теоретической механики. В двух томах / Н.В. Бутенин, Я.Л. Лунц, Д.Р. Меркин. Т.1. (5 изд.), Т.2. (4 изд.). СПб.: Изд-во «Лань», 1998, 736с. (172 экз. в ФБ ННГУ)
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.1. Механика. М.: Физматлит, 2001, 224с. (19 экз. в ФБ ННГУ)
4. Лойцянский Л.Г. Курс теоретической механики / Л.Г. Лойцянский, А.И. Лурье. Т.1. М.: Гостехиздат, 1954, 352с. (223 экз. в ФБ ННГУ)
5. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. Изд. 36-е. М.: Наука, 1986, 448с. (115 экз. в ФБ ННГУ)
6. Пятницкий Е.С., Трухан И.М., Ханукаев Ю.И., Яковенко Г.Н. Сборник задач по аналитической механике. М.: Наука, 1980, 320с. (115 экз. в ФБ ННГУ)

б) дополнительная литература:

1. Гантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике. М.: Наука, 1966, 300с. (223 экз. в ФБ ННГУ)
2. Маркеев А.П. Теоретическая механика. Ижевск: НИЦ «РХД», 1999, 569с. (8 экз. в ФБ ННГУ)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения лекций и практических занятий, оснащенные проектором.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ФГОС ВО и ОПОП ВО по направлению 02.03.01 Математика и Компьютерные Науки.

Автор Ст. пр. каф. ТЭКМ ИИТММ Буланихина Н.Ю.

Рецензент _____

Заведующий кафедрой: _____ д.ф.-м.н., проф. Игумнов. Л.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики ННГУ им. Н.И. Лобачевского

от _____ года, протокол № _____.