

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Мурманский арктический государственный университет»
в г. Апатиты

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.4.2 Теоретическая механика

(шифр дисциплины и название в строгом соответствии
с федеральным государственным образовательным стандартом и учебным планом)

**образовательной программы
по направлению подготовки бакалавриата**

**14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика
Профиль Теплофизика
Академический бакалавриат**

(код и наименование направления подготовки
с указанием профиля (наименования магистерской программы))

очная форма обучения
форма обучения

Составитель:

Карначев И.П., д-р техн. наук,
профессор кафедры горного дела, наук
о Земле и природообустройства

Утверждено на заседании кафедры горного
дела, наук о Земле и природообустройства
(протокол № 1 от «24» января 2017 г.)

Зав. кафедрой



подпись

Терещенко С.В.

1. НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ). Б1.В.ДВ.4.2

Теоретическая механика

2. АННОТАЦИЯ К ДИСЦИПЛИНЕ

Целью «Теоретическая механика» является изучение общих законов движения и равновесия материальных тел и возникающих при этом взаимодействий между телами.

Задачами курса теоретической механики являются:

- изучение механической компоненты современной естественнонаучной картины мира, понятий и законов теоретической механики;
- овладение важнейшими методами решения научно-технических задач в области механики, основными алгоритмами математического моделирования механических явлений;
- формирование устойчивых навыков по применению фундаментальных положений теоретической механики при научном анализе ситуаций, с которыми инженеру приходится сталкиваться в ходе создания новой техники и новых технологий;
- ознакомление студентов с историей и логикой развития теоретической механики.

В результате изучения дисциплины «Теоретическая механика» студенты должны приобрести следующие знания, умения и навыки, применяемые в их последующем обучении и профессиональной деятельности:

Знать – основные понятия и концепции теоретической механики, важнейшие теоремы механики и их следствия, порядок применения теоретического аппарата механики в важнейшие практические приложения;

- основные механические величины, их определения, смысл и значения для теоретической механики;
- основные модели механических явлений, идеологии моделирования технических систем и принципов построения математических моделей механических систем;
- основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых) алгоритмов такого исследования.

Уметь – интерпретировать механические явления при помощи соответствующего теоретического аппарата;

- пользоваться определениями механических величин и понятий для правильного истолкования их смысла;
- объяснять характер поведения механических систем с применением важнейших теорем механики и их следствий;
- записывать уравнения, описывающие поведение механических систем, учитывая размерности механических величин и их математическую природу (скаляры, векторы, линейные операторы);
- применять основные методы исследования равновесия и движения механических систем, а также типовые алгоритмы такого исследования при решении конкретных задач;
- пользоваться при аналитическом и численном исследованиях математико-механических моделей технических систем возможностями современных компьютеров и информационных технологий.

Владеть – применением основных законов теоретической механики в важнейших практических приложениях;

- применением основных методов исследования равновесия и движения механических систем для решения естественнонаучных и технических задач;
- построением и исследованием математических и механических моделей технических систем;
- применением типовых алгоритмов исследования равновесия и движения механических систем.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

– готовность к участию в проведении физического и численного эксперимента, к подготовке соответствующих экспериментальных стендов (ПК-2)

4. УКАЗАНИЕ МЕСТА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.

Дисциплина «Теоретическая механика» относится к вариативной части блока Б1 и является дисциплиной по выбору основной образовательной программы по направлению подготовки Ядерная энергетика и теплофизика.

«Теоретическая механика» – фундаментальная естественнонаучная дисциплина, лежащая в основе современной техники. На материале теоретической механики базируются такие общетехнические дисциплины, как «Прикладная механика». Сюда следует отнести и большое число специальных инженерных дисциплин, предметом которых служат: динамика и управление машинами и системами, методы расчета, сооружения и эксплуатации зданий, машин, транспорта и др.

Изучение теоретической механики дает цельное представление о механической компоненте современной естественнонаучной картины мира и весьма способствует формированию системы фундаментальных знаний. Именно в рамках теоретической механики студенты впервые получают возможность практически применить арсенал математических и физических понятий к исследованию реальных систем, осваивают важнейшие алгоритмы такого исследования.

5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц или 216 часов.
(из расчета 1 ЗЕТ= 36 часов).

Курс	Семестр	Трудоемкость в ЗЕТ	Общая трудоемкость (час)	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивных формах	Кол-во часов на СРС	Форма контроля
				ЛК	ПР	ЛБ				
3	6	6	216	32	32	-	64	-	152 <small>(из них 36 ч для подготовки к экзамену)</small>	экзамен

6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ.

№ п/п	Наименование раздела, темы	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	Кол-во часов на СРС
		ЛК	ПР	ЛБ			
1.	Система сходящихся сил на плоскости и в пространстве.	2	-	-	2	-	4
2.	Система параллельных сил, расположенных на плоскости и в пространстве.	2	-	-	2	-	4
3.	Система сил, расположенных произвольно на плоскости и в пространстве.	2	-	-	2	-	4
4.	Центр тяжести твердого тела.	2	-	-	2	-	4
5.	Кинематические способы задания движения точки.	2	-	-	2	-	6
6.	Скорость точки.	-	4	-	4	-	4
7.	Ускорение точки.	-	2	-	2	-	4
8.	Поступательное движение.	-	2	-	2	-	4
9.	Вращательное движение.	2	-	-	2	-	4
10.	Сферическое движение твердого тела.	2	-	-	2	-	6
11.	Общий случай движения точки.	2	-	-	2	-	4
12.	Общий случай движения твердого тела.	2	-	-	2	-	4
13.	Динамика свободной материальной точки	-	4	-	4	-	4
14.	Колебательное движение материальной точки.	-	4	-	4	-	4
15.	Динамика несвободной материальной точки.	2	-	-	2	-	4
16.	Динамика относительного движения материальной точки.	-	2	-	2	-	4
17.	Система материальных точек. Твердое тело. Моменты инерции твердого тела.	2	-	-	2	-	6
18.	Теорема о движении центра масс механической системы. Теоремы об изменении количества движения материальной точки и механической системы.	2	-	-	2	-	6
19.	Теоремы об изменении момента количества движения материальной точки и механической системы. Работа. Теорема об изменении кинетической энергии.	2	-	-	2	-	4
20.	Динамика поступательного и вращательного движений твердого тела.	-	2	-	2	-	6
21.	Динамика плоского и сферического движения твердого тела.	-	4	-	4	-	4
22.	Принцип возможных перемещений.	2	2	-	4	-	6
23.	Общее уравнение динамики.	-	2	-	2	-	4
24.	Дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах (Уравнения Лагранжа).	2	2	-	4	-	6
25.	Функция Гамильтона. Канонические уравнения механики (уравнения Гамильтона).	2	2	-	4	-	6
	Итого:	32	32	-	64	-	116
	Экзамен						36

Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Система сходящихся сил на плоскости и в пространстве. Геометрический способ сложения сходящихся сил. Аналитический способ сложения сил. Условия равновесия системы сходящихся сил. Системы статически определимые и статически неопределимые.

Тема 2. Система параллельных сил, расположенных на плоскости и в пространстве. Сложение двух параллельных сил. Пара сил. Момент пары. Условие равновесия системы пар.

Тема 3. Система сил, расположенных произвольно на плоскости и в пространстве. Теорема о параллельном переносе силы. Условия равновесия произвольной плоской системы сил. Момент силы относительно оси. Условия равновесия произвольной пространственной системы сил.

Тема 4. Трение. Центр тяжести твердого тела. Трение скольжения и качения. Центр тяжести твердого тела. Методы определения координат центров тяжести для плоских фигур и тел.

Тема 5. Кинематические способы задания движения точки. Основные понятия и категории кинематики. Естественный, векторный и координатный способы задания движения.

Тема 6. Скорость точки. Определение скорости точки при задании ее движения различными способами. Вектор скорости точки. Проекция скорости на касательную к траектории. Проекции скорости точки на неподвижные оси декартовых координат. Годограф скорости точки и его уравнения.

Тема 7. Ускорение точки. Определение ускорения точки при задании ее движения различными способами. Вектор ускорения. Классификация движений точки по ускорениям ее движения. Графики движения, пути, скорости и касательного ускорения точки.

Тема 8. Поступательное движение. Зависимости для скорости и ускорений при поступательном движении (основная теорема).

Тема 9. Вращательное движение. Уравнение вращательного движения. Угловая скорость и угловое ускорение тела. Векторные выражения для определения вращательной скорости, вращательного и центростремительного ускорений.

Тема 10. Сферическое движение твердого тела. Эйлера углы. Уравнения сферического движения твердого тела. Скорости и ускорения точек твердого тела при сферическом движении.

Тема 11. Общий случай движения точки (твердого тела). Разложение движения точки (тела) на поступательное движение вместе с полюсом и сферическое движение вокруг полюса. Уравнения движения.

Тема 12. Составное движение точки (твердого тела). Относительное, переносное и абсолютное движения точки (тела). Теорема о сложении скоростей и сложения ускорений (теорема Кориолиса). Модуль и направление поворотного ускорения (ускорения Кориолиса).

Тема 13. Динамика свободной материальной точки. Дифференциальные уравнения движения свободной материальной точки в декартовых координатах. Две основные задачи динамики точки.

Тема 14. Колебательное движение материальной точки. Виды колебательных движений материальной точки. Свободные колебания материальной точки. Затухающие и вынужденные колебания материальной точки.

Тема 15. Динамика несвободной материальной точки. Несвободная материальная точка. Связи и динамические реакции связей. Дифференциальные уравнения движения материальной точки по заданной неподвижной поверхности.

Тема 16. Динамика относительного движения материальной точки. Дифференциальные уравнения относительного движения материальной точки. Переносная и кориолисова силы инерции.

Тема 17. Система материальных точек. Твердое тело. Моменты инерции твердого тела. Силы, действующие на точки механической системы. Центр масс системы материальных точек и его координаты. Моменты инерции твердого тела. Радиус инерции.

Тема 18. Теорема о движении центра масс механической системы. Теоремы об изменении количества движения материальной точки и механической системы. Дифференциальные уравнения движения механической системы. Теорема о движении центра масс механической системы. Импульс силы и его проекции на координатные оси. Теорема об изменении количества движения материальной точки и механической системы.

Тема 19. Теоремы об изменении момента количества движения материальной точки и механической системы. Работа. Теорема об изменении кинетической энергии. Моменты количества движения материальной точки относительно центра и относительно оси. Элементарная работа. Работа силы на конечном пути. Теоремы о работе силы. Изображение работы в виде площади. Теорема об изменении кинетической энергии материальной точки (тела).

Тема 20. Динамика поступательного и вращательного движений твердого тела. Дифференциальные уравнения поступательного движения твердого тела. Дифференциальное уравнение вращения твердого тела вокруг неподвижной оси.

Тема 21. Динамика плоского и сферического движения твердого тела. Теорема о зависимости между кинетическими моментами механической системы относительно неподвижного центра и относительно центра масс системы. Дифференциальные уравнения плоского движения твердого тела. Кинетические моменты твердого тела относительно неподвижной точки и координатных осей при его сферическом движении. Динамические уравнения Эйлера.

Тема 22. Принцип возможных перемещений. Обобщенные координаты и число степеней свободы. Возможные (виртуальные) перемещения механической системы. Принцип возможных перемещений.

Тема 23. Общее уравнение динамики. Принцип возможных перемещений в случае движения системы. Общее уравнение динамики. Общее уравнение динамики в обобщенных силах.

Тема 24. Дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах (уравнения Лагранжа). Уравнения Лагранжа второго рода. Кинетический потенциал. Уравнения Лагранжа второго рода для консервативной системы.

Тема 25. Функция Гамильтона. Канонические уравнения механики (уравнения Гамильтона). Функция Гамильтона. Канонические уравнения механики (уравнения Гамильтона).

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

1. Краткий курс теоретической механики: учебник / В.Д. Бертяев и др. - Ростов н/Д.: Феникс, 2011
2. Эрдеди А.А. Теоретическая механика: учебное пос. - М.: КНОРУС, 2012

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).

Общие сведения

1.	Кафедра	горного дела, наук о Земле и природообустройства
2.	Направление подготовки	14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика профиль Теплофизика
3.	Дисциплина (модуль)	Б1.В.ДВ.4.2 Теоретическая механика

Перечень компетенций

– готовность к участию в проведении физического и численного эксперимента, к подготовке соответствующих экспериментальных стендов (ПК-2)

Критерии и показатели оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
		Знать:	Уметь:	Владеть:	
Система сходящихся сил на плоскости и в пространстве.	ПК-2	основные понятия и концепции теоретической механики, важнейшие теоремы механики и их следствия, порядок применения теоретического аппарата механики в важнейшие практические приложения	пользоваться определениями механических величин и понятий для правильного истолкования их смысла	построением и исследованием математических и механических моделей технических систем	
Система параллельных сил, расположенных на плоскости и в пространстве.	ПК-2	основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых) алгоритмов такого исследования	объяснять характер поведения механических систем с применением важнейших теорем механики и их следствий	построением и исследованием математических и механических моделей технических систем	Опрос
Система сил, расположенных произвольно на плоскости и в пространстве.	ПК-2	основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых) алгоритмов такого исследования	объяснять характер поведения механических систем с применением важнейших теорем механики и их следствий	построением и исследованием математических и механических моделей технических систем	Опрос
Центр тяжести твердого тела.	ПК-2	основные механические величины, их определения, смысл и значения для теоретической механики	пользоваться определениями механических величин и понятий для правильного истолкования их смысла	применением типовых алгоритмов исследования равновесия и движения механических систем	Тест
Кинематические способы задания движения точки.	ПК-2	основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых) алгоритмов такого исследования	интерпретировать механические явления при помощи соответствующего теоретического аппарата	применением типовых алгоритмов исследования равновесия и движения механических систем	
Скорость точки.	ПК-2	основные механические величины, их определения, смысл и значения для теоретической механики	пользоваться определениями механических величин и понятий для правильного истолкования их смысла	применением типовых алгоритмов исследования равновесия и	Опрос

				движения механических систем	
Ускорение точки.	ПК-2	основные механические величины, их определения, смысл и значения для теоретической механики	пользоваться определениями механических величин и понятий для правильного истолкования их смысла	применением типовых алгоритмов исследования равновесия и движения механических систем	Расчетно-графическое задание
Поступательное движение.	ПК-2	основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых) алгоритмов такого исследования	интерпретировать механические явления при помощи соответствующего теоретического аппарата	применением основных законов теоретической механики в важнейших практических приложениях	Опрос
Вращательное движение.	ПК-2	основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых) алгоритмов такого исследования	интерпретировать механические явления при помощи соответствующего теоретического аппарата	применением основных законов теоретической механики в важнейших практических приложениях	Опрос
Сферическое движение твердого тела.	ПК-2	основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых) алгоритмов такого исследования	интерпретировать механические явления при помощи соответствующего теоретического аппарата	применением основных законов теоретической механики в важнейших практических приложениях	Тест
Общий случай движения точки.	ПК-2	основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых) алгоритмов такого исследования	интерпретировать механические явления при помощи соответствующего теоретического аппарата	применением основных законов теоретической механики в важнейших практических приложениях	
Общий случай движения твердого тела.	ПК-2	основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых)	интерпретировать механические явления при помощи соответствующего теоретического	применением основных законов теоретической	Расчетно-графическое задание

		алгоритмов такого исследования	аппарата	механики в важнейших практических приложениях	
Динамика свободной материальной точки	ПК-2	основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых) алгоритмов такого исследования	объяснять характер поведения механических систем с применением важнейших теорем механики и их следствий	построением и исследованием математических и механических моделей технических систем	Опрос
Колебательное движение материальной точки.	ПК-2	основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых) алгоритмов такого исследования	объяснять характер поведения механических систем с применением важнейших теорем механики и их следствий	построением и исследованием математических и механических моделей технических систем	Расчетно-графическое задание
Динамика несвободной материальной точки.	ПК-2	основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых) алгоритмов такого исследования	объяснять характер поведения механических систем с применением важнейших теорем механики и их следствий	построением и исследованием математических и механических моделей технических систем	Опрос
Динамика относительного движения материальной точки.	ПК-2	основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых) алгоритмов такого исследования	объяснять характер поведения механических систем с применением важнейших теорем механики и их следствий	построением и исследованием математических и механических моделей технических систем	Опрос
Система материальных точек. Твердое тело. Моменты инерции твердого тела.	ПК-2	основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых) алгоритмов такого исследования	применять основные методы исследования равновесия и движения механических систем, а также типовые алгоритмы такого исследования при решении конкретных задач	применением типовых алгоритмов исследования равновесия и движения механических систем	
Теорема о движении центра масс механической системы. Теоремы об изменении количества движения материальной точки и механической системы.	ПК-2	основные понятия и концепции теоретической механики, важнейшие теоремы механики и их следствия, порядок применения теоретического аппарата механики в важнейшие практические приложения	записывать уравнения, описывающие поведение механических систем, учитывая размерности механических величин и их математическую природу (скаляры, векторы, линейные операторы)	применением основных методов исследования равновесия и движения механических систем для решения естественнонаучных и технических задач	Расчетно-графическое задание

Теоремы об изменении момента количества движения материальной точки и механической системы. Работа. Теорема об изменении кинетической энергии.	ПК-2	основные понятия и концепции теоретической механики, важнейшие теоремы механики и их следствия, порядок применения теоретического аппарата механики в важнейшие практические приложения	записывать уравнения, описывающие поведение механических систем, учитывая размерности механических величин и их математическую природу (скаляры, векторы, линейные операторы)	применением основных методов исследования равновесия и движения механических систем для решения естественнонаучных и технических задач	Расчетно-графическое задание
Динамика поступательного и вращательного движений твердого тела.	ПК-2	основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых) алгоритмов такого исследования	пользоваться при аналитическом и численном исследованиях математико-механических моделей технических систем возможностями современных компьютеров и информационных технологий	применением типовых алгоритмов исследования равновесия и движения механических систем	Тест
Динамика плоского и сферического движения твердого тела.	ПК-2	основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых) алгоритмов такого исследования	пользоваться при аналитическом и численном исследованиях математико-механических моделей технических систем возможностями современных компьютеров и информационных технологий	применением типовых алгоритмов исследования равновесия и движения механических систем	Расчетно-графическое задание
Принцип возможных перемещений.	ПК-2	основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых) алгоритмов такого исследования	пользоваться при аналитическом и численном исследованиях математико-механических моделей технических систем возможностями современных компьютеров и информационных технологий	применением типовых алгоритмов исследования равновесия и движения механических систем	
Общее уравнение динамики.	ПК-2	основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых) алгоритмов такого исследования	применять основные методы исследования равновесия и движения механических систем, а также типовые алгоритмы такого исследования при решении конкретных задач	применением типовых алгоритмов исследования равновесия и движения механических систем	Опрос
Дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах (Уравнения Лагранжа).	ПК-2	основные модели механических явлений, идеологии моделирования технических систем и принципов построения математических моделей механических систем	записывать уравнения, описывающие поведение механических систем, учитывая размерности механических величин и их математическую природу (скаляры, векторы, линейные	применением основных методов исследования равновесия и движения механических систем	Тест

			операторы)	для решения естественнонаучных и технических задач	
Функция Гамильтона. Канонические уравнения механики (уравнения Гамильтона).	ПК-2	основные модели механических явлений, идеологии моделирования технических систем и принципов построения математических моделей механических систем	записывать уравнения, описывающие поведение механических систем, учитывая размерности механических величин и их математическую природу (скаляры, векторы, линейные операторы)	применением основных методов исследования равновесия и движения механических систем для решения естественнонаучных и технических задач	Опрос

Критерии и шкалы оценивания

1. Опрос

Процент правильных ответов	До 60	61-80	81-100
Количество баллов	0,5	1	2

2. Расчетно-графическое задание

4 балла выставляется, если студент решил все рекомендованные задания, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их.

3 балла выставляется, если студент решил не менее 85% рекомендованных заданий, правильно изложил все варианты решения, аргументировав их.

1 балл выставляется, если студент решил не менее 65% рекомендованных заданий, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их.

0 баллов - если студент выполнил менее 50% задания, и/или неверно указал варианты решения.

3. Тест

Процент правильных ответов	До 60	60-80	81-100
Количество баллов	1	3	4

Типовые контрольные задания и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТНОЙ-ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ

Расчетно-графическое задание №1

Определение реакций опор составной конструкции (система сочлененных тел)

Найти реакции опор и давление в промежуточном шарнире составной конструкции. Схемы конструкций представлены на рисунках, размеры в (м), нагрузка в табл.1

Пример выполнения задания:

Дано: схема конструкции (рис. 1); $P_1 = 10$ кН; $P_2 = 12$ кН; $M = 25$ кНм; $q = 2$ кН/м; $\alpha = 60^\circ$.

Определить реакции опор и давление в промежуточном шарнире.

Решение:

Сначала рассмотрим систему уравновешивающихся сил, приложенных ко всей конструкции (рис.2), что позволит определить вертикальные составляющие реакции опор A и B . Для упрощения вычисления момента силы \vec{P}_1 раскладываем ее на составляющие по осям \vec{P}_1' и \vec{P}_1'' :

$$P_1' = P_1 \cos \alpha = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ кН};$$

$$P_1'' = P_1 \sin \alpha = 10 \cdot 0,866 = 8,66 \text{ кН}.$$

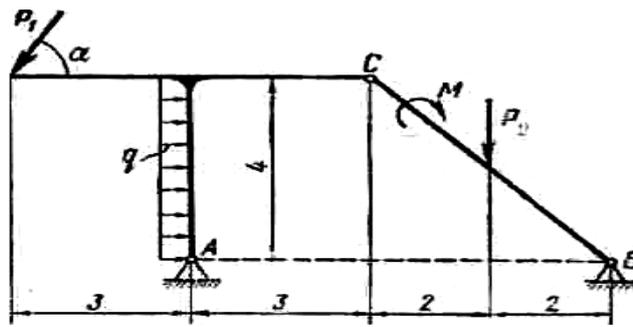


Рис. 1

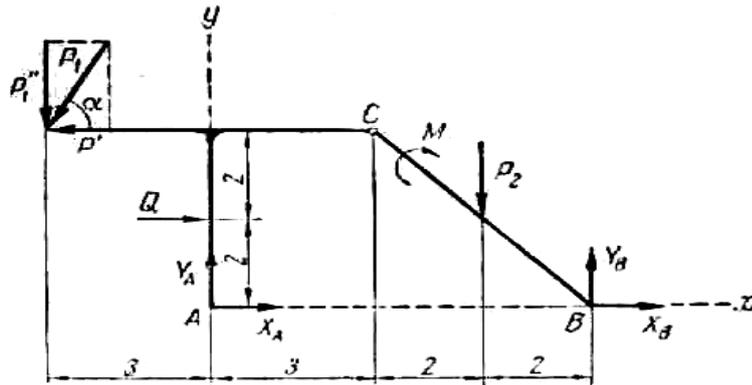


Рис.2

Уравнения равновесия имеют вид

$$\Sigma M_{iA} = 0; \quad P_1' \cdot 4 + P_1'' \cdot 3 - Q \cdot 2 - M - P_2 \cdot 5 + Y_B \cdot 7 = 0, \quad (1)$$

где $Q = L \cdot q = 4 \cdot 2 = 8 \text{ кН}$;

$$\Sigma Y_i = 0; \quad -P_1'' + Y_A - P_2 + Y_B = 0; \quad (2)$$

$$\Sigma X_i = 0; \quad X_A + X_B - P_1' + Q = 0. \quad (3)$$

Из уравнения (1)

$$Y_B = \frac{-P_1' \cdot 4 - P_1'' \cdot 3 + Q \cdot 2 + M + P_2 \cdot 5}{7} = \frac{-5 \cdot 4 - 8,66 \cdot 3 + 8 \cdot 2 + 25 + 12 \cdot 5}{7} = 7,86 \text{ кН.}$$

Из уравнения (2)

$$Y_A = P_1'' + P_2 - Y_B = 8,66 + 12 - 7,86 = 12,8 \text{ кН.}$$

Уравнение (3), содержащее два неизвестных, не позволяет определить их числовые значения. Рассмотрим теперь систему уравновешивающихся сил, приложенных к правой части конструкции (рис. 3).

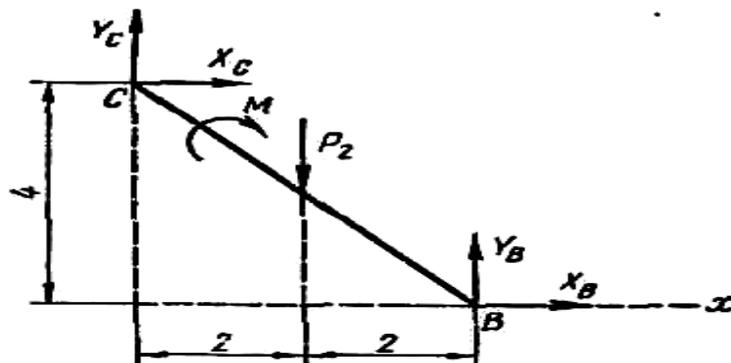


Рис.3

$$\Sigma M_{iC} = 0; \quad -M - P_2 \cdot 2 + X_B \cdot 4 = 0; \quad (4)$$

$$\Sigma X_i = 0; \quad X_B + X_C = 0; \quad (5)$$

$$\Sigma Y_i = 0; \quad Y_C - P_2 + Y_B = 0. \quad (6)$$

Из уравнения (4)

$$X_B = \frac{M + P_2 \cdot 2 - Y_B \cdot 4}{4} = \frac{25 + 12 \cdot 2 - 7,86 \cdot 4}{4} = 4,39 \text{ кН.}$$

Из уравнения (5)

$$X_C = -X_B = -4,39 \text{ кН.}$$

Из уравнения (6)

$$Y_C = P_2 - Y_B = 12 - 7,86 = 4,14 \text{ кН.}$$

Из уравнения (3)

$$X_A = -X_B + P_1' - Q = -4,39 + 5 - 8 = -7,39 \text{ кН.}$$

Для проверки правильности решения задачи убедимся в том, что соблюдается уравнение равновесия для сил, приложенных ко всей конструкции (см. рис. 2):

$$\Sigma M_{iB} = 0; \quad P_1' \cdot 4 + P_1'' \cdot 10 - Q \cdot 2 - Y_A \cdot 7 - M + P_2 \cdot 2 = \\ = 5 \cdot 4 + 8,66 \cdot 10 - 8 \cdot 2 - 12,8 \cdot 7 - 25 + 12 \cdot 2 = 130,6 - 130,6 = 0.$$

Результаты расчета сведем в таблицу.

Силы, кН					
X_A	Y_A	X_B	Y_B	X_C	Y_C
-7,39	12,8	4,39	7,86	-4,39	4,14

Расчетно-графическое задание №2

Определение положения центра тяжести плоского тела

Найти координаты центра тяжести плоской фигуры, размеры — в сантиметрах.

Пример выполнения задания:

Определить координаты центра тяжести плоской фигуры, показанной на рис. 1.

Решение

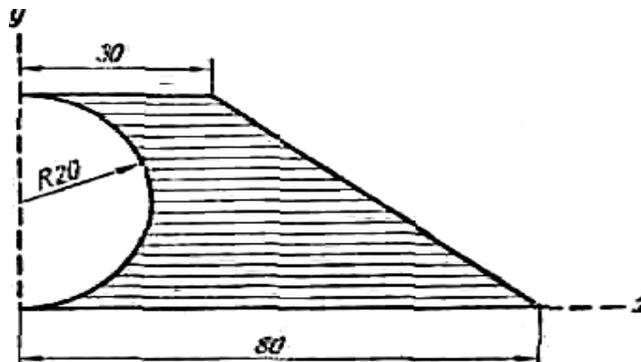


Рис.1

Координаты центра тяжести площади определяем по формулам:

$$x_C = \frac{\Sigma F_i x_i}{F}; \quad y_C = \frac{\Sigma F_i y_i}{F}. \quad (1)$$

Чтобы воспользоваться этими формулами, площадь фигуры делим на отдельные части, положения центров тяжести которых известны. В данном случае такими частями являются: прямоугольник, треугольник и половина круга (рис.2). Площадь половины круга, вырезанную из площади прямоугольника, считаем отрицательной.

Имеем:

площадь прямоугольника

$$F_1 = 40 \cdot 30 = 1200 \text{ см}^2,$$

площадь треугольника

$$F_2 = \frac{40 \cdot 50}{2} = 1000 \text{ см}^2;$$

площадь половины круга

$$F_3 = \frac{\pi \cdot 20^2}{2} = 200 \pi = 628 \text{ см}^2$$

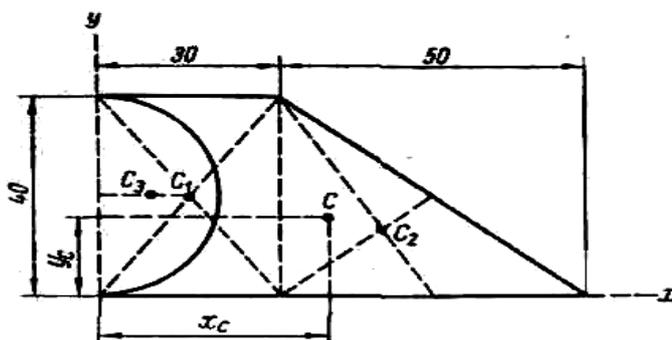


Рис. 2

Центры тяжести рассматриваемых частей сечения имеют следующие координаты: для прямоугольника

$$x_1 = 15 \text{ см}; \quad y_1 = 20 \text{ см};$$

для треугольника

$$x_2 = 30 + \frac{50}{3} = 46,7 \text{ см}; \quad y_2 = \frac{40}{3} = 13,3 \text{ см};$$

для половины круга

$$x_3 = \frac{4R}{3\pi} = \frac{4 \cdot 20}{3\pi} = 8,5 \text{ см}; \quad y_3 = 20 \text{ см}.$$

Для вычисления координат центра тяжести плоской фигуры составляем таблицу.

Номер элемента	$F_i, \text{см}^2$	$x_i, \text{см}$	$y_i, \text{см}$	$S_{iy} = F_i x_i,$ см^3	$S_{ix} = F_i y_i,$ см^3
1	1200	15,0	20,0	18000	24000
2	1000	46,7	13,3	46700	13300
3	-628	8,5	20,0	-5338	-12560
Σ	1572	—	—	59362	24700

По формулам (1) вычисляем координаты центра тяжести плоской фигуры:

$$x_c = \frac{59362}{1572} = 37,8 \text{ см}; \quad y_c = \frac{24700}{1572} = 15,7 \text{ см}.$$

Центр тяжести площади указан на рис. 2.

Расчетно-графическое задание №3.

Определение кинематических параметров для материальной точки, движущейся криволинейно.

Определение скорости и ускоренна точки по заданным уравнениям ее движения. По заданным уравнениям движения точки M установить вид ее траектории и для момента времени $t = t_1$ (сек) найти положение точки на траектории, ее скорость, полное, касательное и нормальное ускорения, а также радиус кривизны траектории в соответствующей точке.

Пример выполнения задания

Исходные данные в см и сек:

$$\left. \begin{aligned} x &= 4t; \\ y &= 16t^2 - 1; \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$t_1 = \frac{1}{2}$$

Решение

Уравнения движения (1) являются параметрическими уравнениями траектории точки M . Чтобы получить уравнение траектории в обычной координатной форме, исключим время t из уравнений движения.

Тогда

$$y = x^2 - 1. \quad (2)$$

Это выражение есть уравнение параболы.

Для определения скорости точки находим проекции скорости на оси координат:

$$v_x = \dot{x} = 4 \text{ см/сек};$$

$$v_y = \dot{y} = 32t \text{ см/сек}.$$

Модуль скорости точки

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}. \quad (3)$$

Аналогично проекции ускорения точки

$$\omega_x = \ddot{x} = 0; \quad \omega_y = \ddot{y} = 32 \text{ см/сек}^2.$$

Модуль ускорения точки

$$\omega = \sqrt{\omega_x^2 + \omega_y^2} = 32 \text{ см/сек}^2.$$

Координаты точки, а также ее скорость, ускорение и их проекции на координатные оси для заданного момента времени $t = 1/2$ сек приведены в табл.2.

Таблица 2

Координаты		Скорость, см/сек			Ускорение, см/сек ²					Радиус кривизны, см
См										
x	Y	v_x	v_y	v	ω_x	ω_y	ω_n	ω_τ	ω	ρ
2	3	4	16	16,5	0	32	7,94	31	32	34,3

Касательное ускорение находим путем дифференцирования модуля скорости (3):

$$\omega_{\tau} = \left| \frac{dv}{dt} \right|;$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{2v_x \dot{v}_x + 2v_y \dot{v}_y}{2\sqrt{v_x^2 + v_y^2}} = \frac{v_x \omega_x + v_y \omega_y}{v}.$$

При $t = 1/2$ сек

$$\frac{dv}{dt} = \frac{4 \cdot 0 + 16 \cdot 32}{16,5} = 31 \text{ см/сек}^2$$

Следовательно, модуль касательного ускорения

$$\omega_{\tau} = 31 \text{ см/сек}^2.$$

Знак «+» при $\frac{dv}{dt}$ показывает, что движение точки ускоренное и, следовательно, направления $\vec{\omega}_{\tau}$ и \vec{v} совпадают.

Нормальное ускорение точки в данный момент времени

$$\omega_n = \sqrt{\omega^2 - \omega_{\tau}^2} = \sqrt{32^2 - 31^2} = 7,94 \text{ см/сек}^2$$

Радиус кривизны траектории в той точке, где при $t = 1/2$ сек находится в точке M ,

$$\rho = \frac{v^2}{\omega_n} = \frac{16,5^2}{7,94} = 34,3 \text{ см.}$$

Полученные значения ω_{τ} и ω_n и ρ также приведены в таблице.

Пользуясь уравнением (2), вычерчиваем траекторию (рис.1) и показываем на ней положение точки M в заданный момент времени. Вектор \vec{v} строим по составляющим \vec{v}_x и \vec{v}_y , причем этот вектор должен быть направлен по касательной к траектории точки. Вектор $\vec{\omega}$ находим как по составляющим $\vec{\omega}_x$ и $\vec{\omega}_y$, так и по $\vec{\omega}_{\tau}$ и $\vec{\omega}_n$, чем контролируется правильность вычислений.

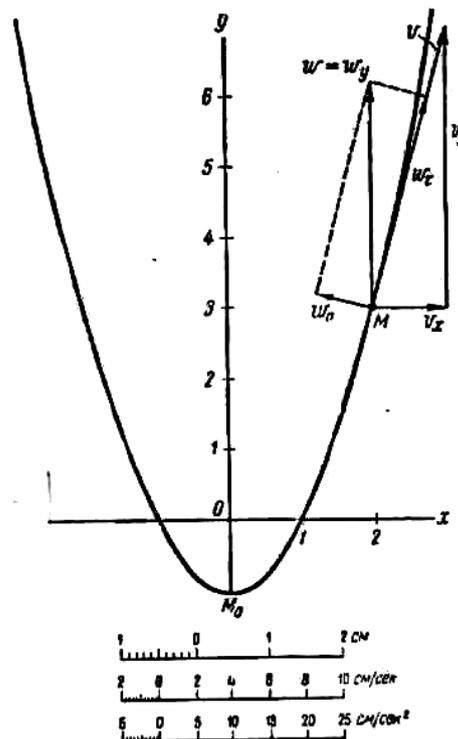


Рис.1

Типовые вопросы к опросу

1. Перечислить подробно основные способы задания движения точки (тела) в графическом и аналитическом вариантах

Ответ: Существуют три способа задания движения точки.

Векторный способ.

Положение точки определяется радиус-вектором (рис. 1.1), проведённым в данную точку из неподвижного начала отсчёта.

$$\vec{r} = \vec{r}(t) \equiv \overline{OM}(t).$$

С течением времени радиус-вектор будет изменяться, поэтому он является некоторой заданной векторной функцией времени $\vec{r} = \vec{r}(t)$. Это уравнение называется уравнением движения точки в векторной форме. Непрерывная кривая, с точками которой в каждый момент времени совпадает движущаяся точка, называется траекторией. По отношению к различным системам отсчёта точка будет описывать разные кривые. Следовательно, траектория относительное понятие. Геометрическое место концов переменного вектора называется годографом. Таким образом, траектория точки есть годограф радиус-вектора этой точки.

Координатный способ.

Положение движущейся точки относительно выбранной системы отсчёта определяется её координатами в каждый момент времени (рис. 1.1):

$$x = f_1(t), \quad y = f_2(t), \quad z = f_3(t).$$

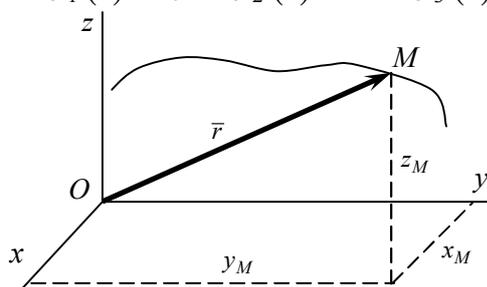


Рис. 1. 1. Движение материальной точки

Функции $f_1(t)$, $f_2(t)$, $f_3(t)$ должны быть однозначными, непрерывными и, по крайней мере, дважды дифференцируемыми. Уравнения движения точки в координатной форме можно рассматривать и как уравнения траектории в параметрическом виде. Если исключить из этих уравнений параметр t , то получим уравнение траектории, как пересечение двух поверхностей

$$F_1(x, y) = 0, \quad F_2(y, z) = 0.$$

Естественный способ.

Если известен вид траектории, то движение точки удобно задать естественным способом (рис. 1.2). Для этого на траектории назначают начало отсчёта (точка O), направление отсчёта и записывают зависимость дуговой координаты s от времени t

$$\overline{OM} = s(t).$$

Функция $s = s(t)$ по самой природе механического движения должна быть непрерывной и однозначной.

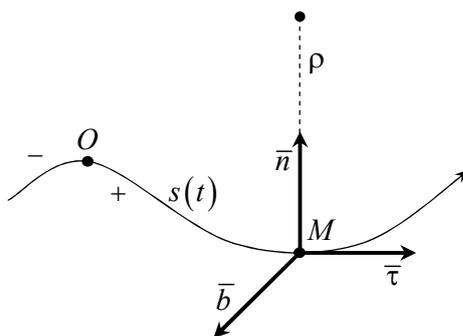


Рис. 1. 2. Естественный координатный базис

С траекторией точки можно связать естественный координатный базис: единичные векторы касательной — $\bar{\tau} = \frac{d\bar{r}}{ds}$, главной нормали — $\bar{n} = \frac{1}{\rho} \frac{d\bar{\tau}}{ds}$ и бинормали к траектории

$\bar{b} = \bar{\tau} \times \bar{n}$. Здесь ρ — радиус кривизны траектории.

Эти три вектора образуют естественный репер, вдоль них идут естественные оси. Координатные плоскости образуют сопровождающий трёхгранник и носят названия: плоскость $(\bar{\tau}, \bar{n})$ — соприкасающаяся, плоскость (\bar{n}, \bar{b}) — нормальная, плоскость $(\bar{b}, \bar{\tau})$ — спрямляющая.

2. Классификация движений точки по касательному и нормальному ускорениям

Ответ: Существует следующая градация движений точки по перечисленным ускорениям, а именно

- если $a_\tau \neq 0, a_n = 0$, то точка движется прямолинейно;
- если $a_\tau = 0, a_n \neq 0$, то точка движется равномерно по криволинейной траектории;
- если $a_\tau > 0, v > 0$ или $a_\tau < 0, v < 0$, то точка движется ускоренно в сторону возрастания или убывания дуговой координаты соответственно;
- если $a_\tau < 0, v > 0$ или $a_\tau > 0, v < 0$, то точка движется замедленно;
- если $\rho = const$, то точка движется по окружности.

3. Принцип освобождаемости от связей

Ответ: Тела, равновесие которых изучается, в большинстве случаев контактируют с другими окружающими телами, ограничивающими свободу данного тела. Тела, ограничивающие свободу данного тела, являются по отношению к нему связями. Воздействия связей на тело называются реакциями связей. Мысленно отбросив все связи и заменив их воздействием реакциями, получим свободное тело, на которое действуют как приложенные (активные) так и реактивные силы (реакции связей). Этот прием имеет название принципа освобождаемости от связей.

4. Перечислите основные свойства пар сил

Ответ: Свойства пар сил определяются рядом теорем, которые приводятся без доказательств:

- Две пары эквивалентны, если их векторные моменты равны по величине и одинаково направлены.
- Действие пары на тело не изменится, если ее перенести в плоскости действия на любое место.
- Действие пары на тело не изменится, если ее перенести из плоскости действия в параллельную ей плоскость.

- Действие пары на тело не изменится, если увеличить (уменьшить) величину силы пары, одновременно уменьшая (увеличивая) во столько же раз плечо пары.

5. Классификация задач динамики (две задачи динамики).

Ответ: В динамике решают две основные задачи:

Первая основная задача динамики

По известным кинематическим уравнениям и массе точки требуется определить силу, вызывающую заданное движение. Задача решается двойным дифференцированием радиус-вектора материальной точки по времени, с последующим умножением результата на массу.

Вторая основная задача динамики.

По заданным силам и массе точки требуется определить закон движения. Вторая основная задача связана с интегрированием. В соответствии с этим можно говорить и об относительной сложности этих задач. Обычно вторая основная задача значительно сложнее первой.

Примеры тестовых заданий (правильные ответы на тесты выделены)

1. СТАТИКА

1.1. Статика – это раздел теоретической механики, который изучает _____

1. общие законы равновесия материальных точек и твердых тел и их взаимодействие;
2. условия равновесия тел под действием внутренних сил;
3. равновесие тел как перемещение в пространстве; характеристики тел и причины, вызывающие движение, не рассматриваются.

1.2. Максимальное число неизвестных сил реакций связей в _____

1. катковой опоре;
2. жесткой заделке;
3. цилиндрическом шарнире .

1.3. Проекция силы равна нулю при значении угла α между силой и осью _____

1. $\alpha = 0$ град ;
2. $\alpha = 90$ град ;
3. $\alpha = 180$ град.

2. КИНЕМАТИКА

2.1. Твердое тело вращается по закону $\varphi = 2t^2 - 3t$. Угловая скорость вращения тела в момент вращения $t = 1$ с равна ... c^{-1}

1. 4;
2. 7;
3. 3.

2.2. Точка движется по прямой с постоянным ускорением $a = -3 \text{ м/с}^2$. Такое движение точки называют _____.

1. равномерным;
2. равноускоренным;
3. равнозамедленным.

2.3. Дополнительно указывают траекторию движения при _____ способе задания движения точки

1. при естественном;
2. при координатном;
3. при любом способе задания движения.

3. ДИНАМИКА

3.1. *Векторная величина, равная первой производной скорости или второй производной пути по времени, называется _____*

1. ускорение касательное;
2. скорость;
3. нормальное ускорение.

3.2. *Величина, равная произведению модуля силы на путь и косинус угла между направлением силы и направлением перемещения, называется _____*

1. энергия;
2. работа;
3. мощность.

3.3. *Сила – это _____*

1. векторная величина, характеризующая механическое взаимодействие тел между собой;
2. векторная величина, характеризующая механическое взаимодействие сил между собой;
3. векторная величина, характеризующая динамическое взаимодействие сил между собой.

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Модели материальных тел. Сила, момент силы.
2. Системы сил и их преобразования.
3. Условия равновесия твердого тела под действием систем сил.
4. Связи и реакции связей.
5. Равновесие системы тел.
6. Сцепление и трение скольжения.
7. Трение качения.
8. Центр параллельных сил.
9. Центр тяжести твердого тела.
10. Способы задания движения точки.
11. Определение скорости и ускорения точки.
12. Поступательное движение твердого тела.
13. Вращательное движение твердого тела вокруг неподвижной оси.
14. Плоскопараллельное движение твердого тела.
15. Движение тела вокруг неподвижной точки.
16. Движение свободного твердого тела (общий случай движения).
17. Сложное движение точки.
18. Относительное, переносное и абсолютное движения.
19. Теоремы о сложении скоростей и ускорений в случае сложного движения.
20. Сложное движение твердого тела.
21. Сложение поступательных движений.
22. Сложение вращательных движений.
23. Сложение поступательных и вращательных движений.
24. Законы динамики.
25. Дифференциальные уравнения движения материальной точки.
26. Две основные задачи динамики.
27. Свободные колебания без учета сил сопротивления.
28. Свободные колебания при вязком сопротивлении (затухающие колебания)
29. Вынужденные колебания.
30. Дифференциальные уравнения относительного движения материальной точки.

31. Влияние вращения Земли на равновесие и движение тел.
32. Механическая система. Силы внешние и внутренние.
33. Масса системы. Центр масс.
34. Моменты инерции.
35. Дифференциальные уравнения движения системы.
36. Теоремы об изменении количества движения точки и системы.
37. Теорема о движении центра масс.
38. Момент количества движения точки и системы.
39. Теорема об изменении кинетического момента (теорема моментов).
40. Кинетическая энергия точки и системы.
41. Мощность и работа силы.
42. Теорема об изменении кинетической энергии.
43. Поступательное движение твердого тела.
44. Вращательное движение твердого тела вокруг неподвижной оси.
45. Плоскопараллельное движение твердого тела.
46. Явление удара, теорема об изменении количества движения при ударе.
47. Прямой центральный удар двух движущихся тел.
48. Принцип Даламбера для точки и для системы.
49. Главный вектор и главный момент сил инерции.
50. Основные понятия аналитической механики.
51. Принцип возможных перемещений.
52. Общее уравнение динамики.
53. Уравнения Лагранжа.
54. Функция Гамильтона. Канонические уравнения механики (уравнения Гамильтона).

9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).

Основная литература:

1. Бать, М.И. Теоретическая механика в примерах и задачах / М.И. Бать, Г.Ю. Джанелидзе, А.С. Кельзон ; под ред. Г.Ю. Джанелидзе, Д.Р. Меркина. - Изд. 5-е, переработанное. - М. : Наука, 1967. - Т. 1. Статика и кинематика. - 512 с. [Электронный ресурс]. - URL: //biblioclub.ru/index.php?page=book&id=437373

Дополнительная литература:

2. Краткий курс теоретической механики: учебник / В.Д. Бертяев и др. - Ростов н/Д.: Феникс, 2011. - 196 с.
3. Эрдеди А.А. Теоретическая механика: учебное пос. - М.: КНОРУС, 2012. - 208 с.
4. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Высш. шк., 2002. - 416 с.

Электронно-образовательные ресурсы (ЭОР):

1. Университетская библиотека ONLINE <http://biblioclub.ru/>
2. Электронно-библиотечная система Юрайт <https://biblio-online.ru/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ" (ДАЛЕЕ - СЕТЬ "ИНТЕРНЕТ"), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).

Российская государственная библиотека - www.rsl.ru, www.leninka.ru

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.

Приступая к изучению дисциплины, студенту необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий. Самостоятельная работа студента предполагает работу с научной и учебной литературой, умение создавать тексты. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы, выполнения письменных заданий.

При изучении дисциплины студенты выполняют следующие задания:

- изучают рекомендованную научно-практическую и учебную литературу;
- выполняют задания, предусмотренные для самостоятельной работы.

Основными видами аудиторной работы студентов являются лекции и практические занятия.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на семинарское занятие и указания на самостоятельную работу.

Качество учебной работы студентов преподаватель оценивает с использованием технологической карты дисциплины, размещенной на сайте МАГУ.

Содержание самостоятельной работы студентов

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой и исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов играет важную роль в воспитании сознательного отношения самих студентов к овладению теоретическими и практическими знаниями, привитии им привычки к направленному интеллектуальному труду. Очень важно, чтобы студенты не просто приобретали знания, но и овладевали способами их добывания.

Планы практических занятий

Занятие 1. Определение скорости и ускорения точки по заданным уравнениям ее движения

План:

1. Способы задания движения точки
2. Скорость точки
3. Ускорение точки
4. Определение скорости и ускорения точки при координатном способе задания движения
5. Естественная система координат

6. Определение скорости и ускорения точки при естественном способе задания движения

Литература: [2, с.6 -21]; [3, с.70 - 80]

Вопросы для самоконтроля:

1. Чем является траектория точки при векторном способе задания движения точки?
2. Как по уравнениям движения точки в координатной форме определить ее траекторию?
3. Чему равен вектор скорости точки в данный момент времени и какое направление он имеет?
4. Как определяются проекции скорости точки на неподвижные оси декартовой системы координат?
5. Чему равен вектор ускорения точки и как он направлен по отношению к годографу скорости?
6. Как направлены естественные координатные оси в каждой точке кривой?
7. В какой плоскости расположено ускорение точки и чему равны его проекции на естественные координатные оси?
8. Что характеризуют собой касательное и нормальное ускорения точки?
9. Какова последовательность определения радиуса кривизны траектории точки?
10. Как классифицируются движения точки по ускорениям?

Задание для самостоятельной работы:

По заданным уравнениям движения точки M установить вид ее траектории и для момента времени $t=t_1$ (с) найти положение точки на траектории, ее скорость, полное, касательное и нормальное ускорения, а также радиус кривизны траектории.

Занятие 2. Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки

План:

1. Основные понятия и определения
 2. Скорость точки в сложном движении
 3. Ускорение точки в сложном движении. Ускорение Кориолиса
- Литература:* [4, с. 155 - 163], [3, с. 99 -104]

Вопросы для самоконтроля:

1. Какое движение называется сложным?
2. Какое движение называется относительным?
3. Какое движение называется переносным?
4. Дайте определение переносной скорости.
5. Дайте определение переносного ускорения.
6. Чему равно ускорение Кориолиса?
7. Сформулируйте правило Жуковского.
8. Сформулируйте правило векторного произведения.
9. В каких случаях ускорение Кориолиса равно нулю?
10. Чему равна величина ускорения Кориолиса?
11. В каком случае не нужно вычислять ускорение Кориолиса?

Задание для самостоятельной работы:

По пластинке движется точка M с законом движения $OM=f_1(t)$. В момент времени $t=1$ с определить абсолютную скорость (v_a) и абсолютное ускорение (a_a) точки M .

Занятие 3. Кинематический анализ плоского механизма при плоскопараллельном движении

План:

1. Теорема о скорости
 2. Следствие из теорем
 3. Мгновенный центр скоростей
 4. Теорема об ускорении точек
 5. Мгновенный центр ускорения
- Литература:* [4, с.127 -135]; [3, с.105 - 112]

Вопросы для самоконтроля:

1. Какое движение твердого тела называется плоским?
2. Напишите закон плоского движения?
3. Зависят ли поступательное перемещение плоской фигуры и ее поворот от выбора полюса?
4. Как определяется скорость любой точки плоской фигуры?
5. Покажите, что проекция скоростей точек неизменяемого отрезка на ось, совпадающую с этим отрезком, равны между собой?
6. Какую точку плоской фигуры называют мгновенным центром скоростей и каковы основные случаи определения его положения?
7. Что представляет собой распределение скоростей точек плоской фигуры в данный момент?
8. Как определяется ускорение любой точки плоской фигуры?
9. Какую точку плоской фигуры называют мгновенным центром ускорений и может ли мгновенный центр ускорений совпадать с мгновенным центром скоростей?
10. Перечислите известные Вам способы определения положения мгновенного центра скоростей?
11. Что представляет собой картина распределения ускорений точек плоской фигуры в данный момент времени в трех случаях:
 - 1) $\omega \neq 0, \varepsilon \neq 0$;
 - 2) $\omega \neq 0, \varepsilon = 0$;
 - 3) $\omega = 0, \varepsilon \neq 0$?
12. Как производят определение ускорений точек и угловых ускорений звеньев плоского механизма?

Задание для самостоятельной работы:

Для заданного положения механизма определить скорости и ускорения точек В и С, а также угловую скорость и угловое ускорение звена, которому эти точки принадлежат.

Занятие 4. Определение реакций опор составной конструкции

План:

1. Конструкция и связи
 2. Уравнение моментов сил
 3. Правило знаков для суммы моментов
- Литература:* [2, с. 74 - 82], [3, с. 27 - 31]

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие силы называются внешними?
2. Какие силы называются внутренними?

3. Что называется реакцией связи?
4. Что называется распределенной нагрузкой?
5. Что называется шарнирной заделкой?
6. Какое условие должно соблюдаться, чтобы составная конструкция находилась в положении равновесия?
7. Сколько уравнений равновесия можно составить для каждого тела составной конструкции?
8. Сколько уравнений равновесия можно составить для составной конструкции?

Задание для самостоятельной работы:

Конструкция, состоящая из двух частей, соединенных шарниром, нагружена парой сил с моментом M , распределенной нагрузкой мощностью q и сосредоточенной силой F . Определить опорные реакции и реакцию шарнира.

Занятие 5. Определение реакций опор твердого тела

План:

1. Момент силы относительно точки
 2. Момент силы относительно оси
 3. Связь момента силы относительно оси с векторным моментом силы относительно точки
 4. Условия равновесия произвольной пространственной системы сил
- Литература:* [3, с. 27 - 37]; [4, с. 31 - 36]

Вопросы для самоконтроля:

1. Как направлен и чему равен по модулю вектор-момент силы относительно данной точки?
2. В каком случае вектор-момент силы относительно точки равен нулю?
3. Что называется моментом силы относительно данной оси и как выбирается знак этого момента?
4. В каких случаях момент силы относительно данной оси равен нулю?
5. Какая существует зависимость между вектором-моментом силы относительно данной точки и моментом той же силы относительно оси, проходящей через эту точку?
6. Что называется главным вектором произвольной пространственной системы сил?
7. Что называется главным моментом произвольной пространственной системы сил?
8. Каковы возможные случаи приведения произвольно расположенных и параллельных сил в пространстве?
9. Каковы геометрическое и аналитическое условия приведения пространственной системы сил к равнодействующей?
10. Сформулируйте теорему о моменте равнодействующей пространственной системы сил относительно точки и оси.

Задание для самостоятельной работы:

На вал с барабаном весом Q намотана веревка, удерживающая груз весом P , и насажено колесо радиусом r и весом G . Определить реакции подшипников A и B и силу F , приложенную к колесу в плоскости его вращения, или момент M , приложенный к валу (по согласованию с преподавателем), или натяжение ремней, надетых на колесо (скольжение ремня отсутствует, $T=2t$), в случае равновесия конструкции. Коэффициент трения $f=0,3$.

Занятие 6. Применение теоремы об изменении кинетической энергии к изучению движения механической системы

План:

1. Кинетическая энергия
2. Работа
3. Теорема об изменении кинетической энергии

Литература: [3, с. 157 - 169]; [4, с.301 - 309]

Вопросы для самоконтроля:

- 1 Как выражается величина элементарной работы силы?
- 2 Как выражается работа силы на конечном пути?
- 3 Как выражается элементарная работа силы, приложенной к твердому телу, вращающемуся вокруг неподвижной оси, через момент этой силы относительно оси вращения?
- 4 Что называется кинетической энергией материальной точки?
- 5 Что называется кинетической энергией механической системы?
- 6 Как выражается кинетическая энергия твердого тела при поступательном, вращательном и плоскопараллельном движении этого тела?
- 7 В чем состоит теорема об изменении кинетической энергии материальной точки?
- 8 В чем состоит теорема об изменении кинетической энергии механической системы?
- 9 Входят ли в уравнение, выражающее теорему об изменении кинетической энергии системы, внутренние силы этой системы?
- 10 В каком случае в уравнение, выражающее теорему об изменении кинетической энергии системы, не входят внутренние силы этой системы?

Задание для самостоятельной работы:

Механическая система под действием силы тяжести тела 1, тела 4, тела 3 или вращающего момента M приходит в движение из состояния покоя. Учитывая трение скольжения тела 1, сопротивление качению тела 3, тела 4 и тела 1, катящихся без скольжения, определить скорость тела 1 в тот момент, когда пройденный им путь станет равным s_1 .

Занятие 7. Применение общего уравнения динамики к исследованию движения механической системы с одной степенью свободы

План:

1. Применение общего уравнения динамики и исследования механической системы.
2. Активные силы и силы инерции.
3. Кинетические связи. Зависимости между перемещениями и ускорениями.

Литература: [3, с. 170 - 183]; [4, с.138 - 146]

Вопросы для самоконтроля:

1. Как вычисляется работа силы тяжести?
2. Как вычисляется величина момента сопротивления при наличии трения качения?
3. Как вычисляется работа момента сопротивления при качении?
4. В чем заключается сущность принципа Даламбера для материальной точки и системы?
5. Каковы модуль и направление главного вектора сил инерции механической системы?
6. К чему приводятся силы инерции точек твердого тела при различных случаях его движения?
7. Что называют возможными перемещениями системы?

8. Какие связи механической системы называют идеальными?
9. Как формулируется принцип возможных перемещений?
10. Какой вид имеет общее уравнение динамики?

Задание для самостоятельной работы:

При действии момента M система, состоящая из однородного блока, вращающегося вокруг неподвижной оси, невесомой нерастяжимой нити и груза, перемещающегося по плоскости, наклоненной к горизонту под углом α , приводится в движение.

При заданных величинах:

$$m_1 = _, m_2 = _ \text{ кг}, R_2 = _ \text{ м}, \varepsilon_2 = _ \text{ с}^{-2}, M = _ \text{ Нм}, \alpha = _ \text{ }^\circ$$

определить: 1) главный вектор сил инерции груза; 2) главный момент сил инерции блока; 3) натяжение нити между блоком и грузом; 4) величину коэффициента трения скольжения f ; 5) при какой величине момента M система при $f = _$ будет находиться в равновесии.

Занятие 8. Интегрирование дифференциальных уравнений движения материальной точки

План:

1. Сила зависит от времени.
2. Сила зависит от положения точки в пространстве.
3. Сила зависит от скорости точки.

Литература: [3, с. 119 - 126]; [4, с. 186 - 190]

Вопросы для самоконтроля:

1. Какой вид имеют дифференциальные уравнения движения точки в декартовых осях координат?
2. Какой вид имеют дифференциальные уравнения движения точки в естественных осях координат?
3. Что значит разделить переменные в дифференциальном уравнении?
4. Почему при интегрировании уравнений движения появляются неопределенные постоянные интегрирования?
5. Для чего задаются начальные условия движения?

Задание для самостоятельной работы:

Материальная точка массой m , движется под действием сил, равнодействующая которых зависит от времени, координат точки и ее скорости. Определить уравнения движения точки в координатной форме при заданных начальных условиях.

Занятие 9. Тожественное преобразование систем сил и определение реакций связей

План:

1. Геометрический способ определения равнодействующей
2. Геометрическое условие равновесия
3. Проекции силы на оси координат
4. Аналитические условия равновесия

Литература: [3, с. 17 - 22]; [2, с. 88 - 93]

Вопросы для самоконтроля:

1. Чему равно абсолютное значение момента силы относительно точки и оси?

2. Как направлен вектор момента силы?
3. Какую систему сил называют парой, какое действие на тело оказывает пара сил?
4. Чему равен момент пары сил, какие его свойства?
5. Как направлен вектор момента пары сил?
6. Как формулируются условия равновесия тела при действии
7. различных систем сил?
8. Что называют связью и реакцией связи?

Задание для самостоятельной работы:

Определить реакции подшипников A и B и силу F , приложенную к колесу в плоскости его вращения, при заданных исходных данных.

Занятие 10. Определение кинематических характеристик механической системы, включающей твердые и гибкие тела.

План:

1. Схема механической системы.
2. Определение типа движения тел, входящих в систему.
3. Определение перемещения, скорости, ускорения тел.

Литература: [3, с.105 – 115]; [4, с.117 - 132]

Вопросы для самоконтроля:

1. Назовите основные системы отсчета положения точки.
2. Как задается движение точки в этих системах отсчета?
3. Назовите основные виды движения твердых тел, дайте их определения.
4. По каким формулам определяются кинематические характеристики тел и их точек при поступательном, вращательном вокруг неподвижной оси, плоско-параллельном движении?

Задание для самостоятельной работы:

Напишите и сформулируйте условия равновесия плоской системы сил. Однородный стержень AB весом 80 Н в точке A закреплен неподвижным шарниром, а в точке B свободно опирается на гладкую вертикальную стенку. Найдите силу, с которой стержень давит на стенку, если угол наклона стержня к вертикали равен 30° .

Занятие 11. Определение закона движения груза.

План:

1. Принцип независимости действия сил.
2. Дифференциальные уравнения движения.
3. Расчетная схема: изображение рассматриваемого объекта в промежуточном положении на траектории, обозначение системы координат и действующих на объект силы.

Литература: [3, с.117 - 130]; [4, с.273 - 277]

Вопросы для самоконтроля:

1. Дайте определения понятий масса материальной точки, масса механической системы, центр масс механической системы.
2. Сформулируйте аксиомы динамики. В чем заключаются основные задачи динамики?

3. Каков порядок решения основных задач с помощью дифференциальных уравнений?
4. Сформулируйте общие теоремы динамики. Для каких исходных условий удобно применение общих теорем?

Задание для самостоятельной работы:

Сформулируйте теорему о трех уравновешенных силах. Горизонтальная балка АВ в точке В закреплена при помощи неподвижного шарнира, а в точке А — при помощи вертикального невесомого стержня. В середине балки приложена сила Р под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Постройте линию действия реакции шарнира. Динамика 1. Вывести дифференциальное уравнение вынужденных колебаний механической системы с одной степенью свободы без учета сопротивления. Изложить его решение в случае отсутствия резонанса. Свойства решения.

Занятие 12. Определение главного вектора и главного момента сил инерции твердого тела.

План:

1. Внешние силы, силы инерции,
2. Главный вектор и главный момент сил инерции,
3. Уравновешенная система сил.

Литература: [3, 131 - 136]; [4, с.344 - 353]

Вопросы для самоконтроля:

1. К какому телу приложены силы инерции?
2. По каким формулам определяют главный вектор и главный момент сил инерции? Как направлен главный вектор сил инерции и в какой точке тела он приложен?
3. Как направлен главный момент сил инерции?
4. Сформулируйте принцип Даламбера.
5. В чем состоит искусственность принципа Даламбера?
6. Сформулируйте порядок решения задач с применением принципа Даламбера.
7. Дайте определение понятия «возможные перемещения».
8. В чем заключается принцип возможных перемещений?

Задание для самостоятельной работы:

Материальная точка массой m движется относительно декартовой системы координат по закону $r(t) = 2t\mathbf{i} + 2t^2\mathbf{j} + 4t\mathbf{k}$. Вычислите вектор количества движения и момента количества движения точки относительно начала координат.

12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

Тренажеры: В целях обучения студентов, усвоения и контроля полученных знаний используется собственная тестовая база.

Программное обеспечение:

1. MS Windows;
2. Офисный пакет LibreOffice;
3. Web-браузер.

13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

№ п\п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения занятий с перечнем основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов и объектов, номер ауд.
1.	<p><i>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</i></p> <p>Мебель аудиторная (столы, стулья, доска аудиторная), мультимедийное оборудование (проектор, экран)</p>	<p>184209, Мурманская область, город Апатиты, улица Энергетическая, дом 19, здание Учебного корпуса № 3, ауд. 311</p>
2.	<p><i>Помещение для самостоятельной работы студентов</i></p> <p>Доска аудиторная, столы компьютерные, стулья «Контакт» Мультимедийный проектор Toshiba TLP-X2000 – 1 шт., экран проекционный матовый – 1 шт. 13 ПЭВМ Монитор Acer AL 1917 19" – 13 шт., клавиатура – 13 шт., мышь – 13 шт.</p>	<p>184209, Мурманская область, город Апатиты, улица Энергетическая, дом 19, здание Учебного корпуса № 5, ЛИТ 3</p>

14. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ.

ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА

14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

профиль Теплофизика

Академический бакалавриат

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Шифр дисциплины по РУП	Б1.В.ДВ.4.2						
Дисциплина	Теоретическая механика						
Курс	3	семестр	6				
Кафедра	горного дела, наук о Земле и природообустройства						
Ф.И.О. преподавателя, звание, должность	Карначев И. П., д-р техн. наук, профессор кафедры горного дела, наук о Земле и природообустройства						
Общ. трудоемкость _{час/ЗЕТ}	216/6	Кол-во семестров	1	Интерактивные формы _{общ./тек. сем.}	-/-		
ЛК _{общ./тек. сем.}	32/32	ПР/СМ _{общ./тек. сем.}	32/32	ЛБ _{общ./тек. сем.}	-/-	Форма контроля	экзамен

Содержание задания	Количество мероприятий	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
Вводный блок			
Не предусмотрен			
Основной блок			
Опрос	10	20	На практических занятиях
Расчетно-графическое задание	6	24	На практических занятиях
Тест	4	16	На практических занятиях
Всего:		60	
Экзамен	Вопрос 1	20	В сроки сессии
	Вопрос 2	20	В сроки сессии
Всего:		40	
Итого:		100	
Дополнительный блок			
Не предусмотрен			

Шкала оценивая в рамках балльно-рейтинговой системы МАГУ: «2» - 60 баллов и менее, «3» - 61-80 баллов, «4» - 81-90 баллов, «5» - 91-100 баллов.

15. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И МАТЕРИАЛЫ НА УСМОТРЕНИЕ ВЕДУЩЕЙ КАФЕДРЫ.

Не предусмотрено.

16. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ

Для обеспечения образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализация дисциплины *Б1.В.ДВ.4.2 «Теоретическая механика»* может осуществляться в адаптированном виде, с учетом специфики освоения и дидактических требований, исходя из индивидуальных возможностей и по личному заявлению обучающегося.