

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Горно-Алтайский государственный университет»
(ФГБОУ ВО ГАГУ, ГАГУ, Горно-Алтайский государственный университет)

Теоретическая механика
рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **кафедра математики, физики и информатики**

Учебный план 02.03.01_2022_622.plx
02.03.01 Математика и компьютерные науки
Цифровые технологии

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **7 ЗЕТ**

Часов по учебному плану	252	Виды контроля в семестрах: экзамены 7
в том числе:		
аудиторные занятия	72	
самостоятельная работа	142,2	
часов на контроль	34,75	

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
Неделя	14 3/6			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	36	36	36	36
Практические	36	36	36	36
Консультации (для студента)	1,8	1,8	1,8	1,8
Контроль самостоятельной работы при проведении аттестации	0,25	0,25	0,25	0,25
Консультации перед экзаменом	1	1	1	1
Итого ауд.	72	72	72	72
Контактная работа	75,05	75,05	75,05	75,05
Сам. работа	142,2	142,2	142,2	142,2
Часы на контроль	34,75	34,75	34,75	34,75
Итого	252	252	252	252

Программу составил(и):

к.ф.-м.н., Профессор, Михайлов С.П.

Рабочая программа дисциплины

Теоретическая механика

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 02.03.01 Математика и компьютерные науки (приказ Минобрнауки России от 23.08.2017 г. № 807)

составлена на основании учебного плана:

02.03.01 Математика и компьютерные науки

утвержденного учёным советом вуза от 27.01.2022 протокол № 1.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры

кафедра математики, физики и информатики

Протокол от 14.04.2022 протокол № 9

Зав. кафедрой Богданова Рада Александровна

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры

Кафедра математики, физики и информатики

Протокол № 10 от 10 апреля 2025 г.

Зав. кафедрой Богданова Рада Александровна

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1	Цели: 1. Развитие теоретического мышления. 2. Изучение методов математики, применяемых в теоретической механике. 3. Изучение методов решения задач теоретической механики.
1.2	Задачи: Показать применение методов математики в физике на примере раздела «Теоретическая механика».

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	
Цикл (раздел) ООП:	Б1.О.15
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Знания, умения, навыки, способы деятельности и установки, сформированные в ходе изучения физики и математики в школе и вузе.
2.1.2	Аналитическая геометрия
2.1.3	Алгебра
2.1.4	Математический анализ
2.1.5	Дифференциальные уравнения
2.1.6	Дифференциальная геометрия и топология
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Физика
2.2.2	Педагогическая практика

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ОПК-1: Способен консультировать и использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в профессиональной деятельности	
ИД-1.ОПК-1: Знает основные понятия, определения, свойства математических объектов, формулировки и методы доказательств математических утверждений	
ИД-2.ОПК-1: Умеет доказывать утверждения, решать задачи в области математических наук	
ИД-3.ОПК-1: Способен консультировать в области фундаментальной математики	

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)							
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел 1.						

1.1	Лекция 1. Физика как наука в сравнении с историей и математикой. Фундаментальные понятия. Методы физического исследования: наблюдение, опыт, гипотеза, эксперимент, теория. Роль теории. Отличие подходов математики и физики. Физика как культура моделирования. Физические модели. Компьютеры в физике. Роль физики в образовании и технике; особенности физики как учебного предмета. Общая структура и задачи курса теоретической механики. Раздел 1. Основные понятия механики. Кинематика частицы и твёрдого тела Лекция 2. Механика. Классическая и квантовая механика. Нерелятивистская (классическая) и релятивистская механика. Механика Ньютона. Свойства пространства и времени в механике Ньютона. Основные абстрактные понятия механики: частица, твёрдое тело (ТТ), сплошная среда, механическая система (МС). Кинематика, статика и динамика. Система отсчёта. Описание положения частицы в координатной и векторной форме; связь этих форм. Лекция 3. Кинематика. Траектория. Уравнения движения, перемещение, скорость и ускорение частицы в координатной и векторной форме; связь этих форм. Частные случаи движения частицы. Движение брошенного тела. Лекция 4. Относительность движения. Абсолютное, переносное, относительное движение. Теоремы сложения скоростей и ускорений. Лекция 5. Поступательное движение и вращение ТТ вокруг неподвижной оси. Вращение ТТ вокруг неподвижной точки. Углы и кинематические уравнения Эйлера; формула Эйлера. Произвольное движение ТТ; теорема Шаля. Число степеней свободы. Раздел 2. Основные понятия и законы динамики. Лекция 6. Динамика. Инертная масса. Импульс частицы. Сила. Три закона Ньютона. Равнодействующая сил. Инерциальная (ИСО) и неинерциальная (НСО) система отсчёта. Принцип относительности Галилея; преобразования Галилея. Две задачи и принцип причинности классической механики. Интегралы движения. Лекция 7. Силы в механике и фундаментальные взаимодействия: силы гравитации, упругости и трения. Момент силы (вращающий момент). Лекция 8. Движение в силовых полях. Движение в НСО. Силы инерции; их связь с первым законом Ньютона и проявления на Земле. Раздел 3. Основные теоремы	7	36		Л1.1Л2.1	0	
-----	---	---	----	--	----------	---	--

	механики: изменения импульса, момента импульса, механической энергии. Законы сохранения. Применения законов и теорем динамики Лекция 9. Теорема об изменении импульса частицы. Импульс МС. Теорема об изменении импульса МС. Центр масс МС. Теорема о движении центра масс. Закон сохранения импульса МС, его связь с однородностью пространства и 3-м законом Ньютона. Лекция 10. Момент импульса частицы и МС. Теорема об изменении момента импульса МС и закон его сохранения; связь закона сохранения с изотропностью пространства и 3-м законом Ньютона. Момент инерции и момент импульса ТТ. Основной закон динамики для ТТ, вращающегося вокруг неподвижной оси. Лекция 11. Механическая работа и кинетическая энергия. Мощность. Кинетическая энергия частицы, МС и ТТ; теорема Кёнига. Теорема об изменении кинетической энергии частицы, МС и ТТ. Лекция 12. Потенциальная энергия; консервативные и диссипативные силы. Потенциальная энергия упругого и гравитационного взаимодействий. Консервативная МС. Классификация свободных МС. Полная механическая энергия (ПМЭ). Теорема об изменении и закон сохранения ПМЭ; связь закона сохранения с однородностью времени. Лекция 13. Энергия; закон сохранения энергии. Исследование одномерного движения. Частица в потенциальной яме; потенциальный барьер. Задача двух тел. Решение задачи двух тел для гравитационного взаимодействия (задача Кеплера). Законы Кеплера; искусственные спутники Земли. Столкновения и рассеяние частиц. Формула Резерфорда. Раздел 4. Основы аналитической механики (механики связанных МС) Лекция 14. Связи. Классификация связанных МС. Принцип д'Аламбера. Обобщённые координаты и обобщённые силы. Аналитическая статика; условие и виды равновесия МС. Получение уравнений Лагранжа из принципа д'Аламбера. Функция Лагранжа и законы сохранения. Примеры применения уравнений Лагранжа. Лекция 15. Принцип наименьшего действия. Две схемы построения механики. Связь функции Лагранжа с законами сохранения. Циклические координаты и обобщённые импульсы. Канонические уравнения движения (уравнения Гамильтона).						
--	---	--	--	--	--	--	--

	Раздел 5. Механические колебания и волны. Лекция 16. Основные понятия теории колебаний. Механические колебания. Свободные колебания линейного гармонического осциллятора в отсутствие трения. Вынужденные колебания линейного гармонического осциллятора в отсутствие трения. Резонанс. Свободные и вынужденные колебания с учётом вязкого трения при малых колебаниях. Лекция 17. Волна. Механическая волна. Энергия волны; плотность потока энергии (вектор Умова) и импульс. Уравнения плоской и сферической волн. Затухание волн; закон Бугера. Дисперсия волн. Интерференция волн; когерентные источники, максимумы и минимумы интерференционной картины. Дифракция волн; принцип Гюйгенса. Раздел 6. Элементы релятивистской механики Лекция 18. Частный принцип относительности. Преобразования Лоренца, их кинематические следствия. Четырёхмерные скорость и ускорение. Релятивистская динамика. Импульс и энергия частицы. Принцип эквивалентности систем отсчёта. Основные идеи общей теории относительности. /Лек/						
--	--	--	--	--	--	--	--

1.2	Раздел 1. Основные понятия механики. Кинематика частицы и твёрдого тела Тема 1. Кинематика точки и поступательного движения твердого тела (ТТ). Тема 2. Кинематика кругового движения частицы и вращения ТТ вокруг неподвижной оси и точки. Тема 3. Сложное движение точки. Раздел 2. Основные понятия и законы динамики. Тема 4. Основной закон механики. Две задачи динамики Контрольная работа № 1 (4 часа). Темы: Кинематика частицы и твёрдого тела. Основной закон механики. Две задачи динамики Тема 5. Силы инерции. Раздел 3. Основные теоремы механики: изменения импульса, момента импульса, механической энергии. Законы сохранения. Применения законов и теорем динамики Тема 6. Закон сохранения импульса. Теорема об изменении импульса. Теорема о движении центра масс. Тема 7. Работа силы. Мощность. Теоремы об изменении механической энергии. Закон сохранения полной механической энергии. Тема 8. Смешанные задачи на энергию и импульс Тема 9. Теорема об изменении момента импульса. Закон сохранения момента импульса Контрольная работа № 2 (4 часа). Темы: основные теоремы и законы сохранения механики. Раздел 4. Основы аналитической механики (механики связанных МС) Тема 10. Функция Лагранжа. Уравнения Лагранжа. Раздел 5. Механические колебания и волны. Тема 11. Свободные и вынужденные малые колебания. Раздел 6. Элементы релятивистской механики Тема 12. Элементы релятивистской кинематики и динамики Контрольная работа № 3 (4 часа). Темы: уравнения Лагранжа; свободные и вынужденные малые колебания; элементы релятивистской кинематики и динамики.	7	36		Л1.1Л2.1	0	
-----	---	---	----	--	----------	---	--

1.3	Задания самостоятельной работы см в файле "Раб_прогр_теор_мех_2022_мат_и_ком_п_науки.pdf" в приложении /Ср/	7	142,2			0	
	Раздел 2. Промежуточная аттестация (экзамен)						
2.1	Подготовка к экзамену /Экзамен/	7	34,75	ИД-1.ОПК- 1 ИД- 2.ОПК-1 ИД-3.ОПК- 1		0	
2.2	Контроль СР /КСРАТТ/	7	0,25	ИД-1.ОПК- 1 ИД- 2.ОПК-1 ИД-3.ОПК- 1		0	
2.3	Контактная работа /КонсЭк/	7	1	ИД-1.ОПК- 1 ИД- 2.ОПК-1 ИД-3.ОПК- 1		0	
	Раздел 3. Консультации						
3.1	Консультация по дисциплине /Конс/	7	1,8	ИД-1.ОПК- 1 ИД- 2.ОПК-1 ИД-3.ОПК- 1		0	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Пояснительная записка

Фонд оценочных средств формируется отдельным документом в соответствии с Положением о фонде оценочных средств в Горно-Алтайском госуниверситете.

5.2. Оценочные средства для текущего контроля

5.3. Темы письменных работ (эссе, рефераты, курсовые работы и др.)

5.4. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Вопросы к экзамену.

1. Физика как наука в сравнении с историей и математикой. Фундаментальные понятия. Методы физического исследования: наблюдение, опыт, гипотеза, эксперимент, теория. Роль теории. Отличие подходов математики и физики. Физика как культура моделирования. Физические модели. Компьютеры в физике. Роль физики в образовании и технике; особенности физики как учебного предмета. Общая структура и задачи курса теоретической механики.
2. Механика. Классическая и квантовая механики. Нерелятивистская (классическая) и релятивистская механики. Механика Ньютона. Свойства пространства и времени в механике Ньютона. Основные абстрактные понятия механики: частица, твёрдое тело (ТТ), сплошная среда, механическая система (МС). Кинематика, статика и динамика. Система отсчёта. Описание положения частицы в координатной и векторной форме; связь этих форм.
3. Кинематика. Траектория. Уравнения движения, перемещение, скорость и ускорение частицы в координатной и векторной форме; связь этих форм. Частные случаи движения частицы. Движение брошенного тела.
4. Относительность движения. Абсолютное, переносное, относительное движение. Теоремы сложения скоростей и ускорений.
5. Поступательное движение и вращение ТТ вокруг неподвижной оси. Вращение ТТ вокруг неподвижной точки. Углы и кинематические уравнения Эйлера; формула Эйлера. Произвольное движение ТТ; теорема Шалля. Число степеней свободы.
6. Динамика. Инертная масса. Импульс частицы. Сила. Три закона Ньютона. Равнодействующая сил. Инерциальная (ИСО) и неинерциальная (НСО) система отсчёта. Принцип относительности Галилея; преобразования Галилея. Две задачи и принцип причинности классической механики. Интегралы движения.
7. Силы в механике и фундаментальные взаимодействия: силы гравитации, упругости и трения. Момент силы (вращающий момент).
8. Движение в силовых полях. Движение в НСО. Силы инерции; их связь с первым законом Ньютона и проявления на Земле. Раздел 3. Основные теоремы механики: изменения импульса, момента импульса, механической энергии. Законы сохранения. Применения законов и теорем динамики
9. Теорема об изменении импульса частицы. Импульс МС. Теорема об изменении импульса МС. Центр масс МС. Теорема о движении центра масс. Закон сохранения импульса МС, его связь с однородностью пространства и 3-м законом Ньютона.
10. Момент импульса частицы и МС. Теорема об изменении момента импульса МС и закон его сохранения; связь закона сохранения с изотропностью пространства и 3-м законом Ньютона. Момент инерции и момент импульса ТТ. Основной закон динамики для ТТ, вращающегося вокруг неподвижной оси.
11. Механическая работа и кинетическая энергия. Мощность. Кинетическая энергия частицы, МС и ТТ; теорема Кёнига. Теорема об изменении кинетической энергии частицы, МС и ТТ.
12. Потенциальная энергия; консервативные и диссипативные силы. Потенциальная энергия упругого и гравитационного взаимодействий. Консервативная МС. Классификация свободных МС. Полная механическая энергия (ПМЭ). Теорема об изменении и закон сохранения ПМЭ; связь закона сохранения с однородностью времени.
13. Энергия; закон сохранения энергии. Исследование одномерного движения. Частица в потенциальной яме; потенциальный барьер. Задача двух тел. Решение задачи двух тел для гравитационного взаимодействия (задача Кеплера). Законы Кеплера; искусственные спутники Земли. Столкновения и рассеяние частиц. Формула Резерфорда.
14. Связи. Классификация связанных МС. Принцип д'Аламбера. Обобщённые координаты и обобщённые силы. Аналитическая статика; условие и виды равновесия МС. Получение уравнений Лагранжа из принципа д'Аламбера. Функция Лагранжа и законы сохранения. Примеры применения уравнений Лагранжа.
15. Принцип наименьшего действия. Две схемы построения механики. Связь функции Лагранжа с законами сохранения. Циклические координаты и обобщённые импульсы. Канонические уравнения движения (уравнения Гамильтона).
16. Основные понятия теории колебаний. Механические колебания. Свободные колебания линейного гармонического осциллятора в отсутствие трения. Вынужденные колебания линейного гармонического осциллятора в отсутствие трения. Резонанс. Свободные и вынужденные колебания с учётом вязкого трения при малых колебаниях.
17. Волна. Механическая волна. Энергия волны; плотность потока энергии (вектор Умова) и импульса. Уравнения плоской и сферической волн. Затухание волн; закон Бугера. Дисперсия волн. Интерференция волн; когерентные источники, максимумы и минимумы интерференционной картины. Дифракция волн; принцип Гюйгенса.
18. Частный принцип относительности. Преобразования Лоренца, их кинематические следствия. Четырёхмерные скорость и ускорение. Релятивистская динамика. Импульс и энергия частицы. Принцип эквивалентности систем отсчёта. Основные идеи общей теории относительности.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если студент полностью владеет важнейшими физическими понятиями, выделенными для заучивания, практическое умение показано без замечаний и теоретический вопрос раскрыт полностью.
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент свободно владеет важнейшими физическими понятиями, выделенными для заучивания, но практическое умение показано с замечаниями или теоретический вопрос раскрыт не полностью.
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент частично владеет важнейшими физическими понятиями, выделенными для заучивания, но практическое умение показано с замечаниями и теоретический вопрос раскрыт не полностью.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если студент не владеет важнейшими физическими понятиями, выделенными для заучивания, или не показано практическое умение, или не раскрыт теоретический вопрос.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)				
6.1. Рекомендуемая литература				
6.1.1. Основная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Эл. адрес
Л1.1	Михайлов С.П., Кыров В.А.	Теоретическая механика: учебное пособие	Горно-Алтайск: БИЦ ГАГУ, 2017	http://elib.gasu.ru/index.php?option=com_abook&view=book&id=2153:tmehnika&catid=6:physics&Itemid=164
6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Эл. адрес
Л2.1	Лукашевич Н.К., Лейбович М.В.	Теоретическая механика: учебник для академического бакалавриата	Москва: Юрайт, 2016	

6.3.1 Перечень программного обеспечения	
6.3.1.1	Adobe Reader
6.3.1.2	Firefox
6.3.1.3	Foxit Reader
6.3.1.4	MS Office
6.3.1.5	MS WINDOWS
6.3.1.6	Яндекс.Браузер
6.3.1.7	Moodle
6.3.1.8	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса СТАНДАРТНЫЙ
6.3.1.9	NVDA
6.3.2 Перечень информационных справочных систем	
6.3.2.1	Электронно-библиотечная система IPRbooks
6.3.2.2	База данных «Электронная библиотека Горно-Алтайского государственного университета»

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ		
	проблемная лекция	
	ситуационное задание	

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)		
Номер аудитории	Назначение	Основное оснащение
214 Б1	Кабинет методики преподавания физики. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Ученическая доска, мультимедиапроектор, компьютер, экран, посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся), рабочее место преподавателя
201 Б1	Кабинет методики преподавания информатики. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Помещение для самостоятельной работы	Маркерная ученическая доска, экран, мультимедиапроектор. Рабочее место преподавателя. Посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся), компьютеры с доступом к Интернет
222 Б1	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Рабочее место преподавателя. Посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся). Переносной проектор, ноутбук, экран

9 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Методические указания по освоению дисциплин (модулей) Лекции, с одной стороны – это одна из основных форм учебных занятий в высших учебных заведениях, представляющая собой систематическое, последовательное устное изложение преподавателем определенного раздела конкретной науки или учебной дисциплины, с другой – это особая форма самостоятельной работы с учебным материалом. Лекция не заменяет собой книгу, она только подталкивает к ней, раскрывая тему, проблему, выделяя главное, существенное, на что следует обратить внимание, указывает пути, которым нужно следовать, добиваясь глубокого понимания поставленной проблемы, а не общей картины. Работа на лекции – это сложный процесс, который включает в себя такие элементы как слушание, осмысление и собственно конспектирование. Для того, чтобы лекция выполнила свое назначение, важно подготовиться к ней и ее записи еще до прихода преподавателя в аудиторию. Без этого дальнейшее восприятие лекции становится сложным. Лекция в университете рассчитана на подготовленную аудиторию. Преподаватель излагает любой вопрос, ориентируясь на те знания, которые должны быть у студентов, усвоивших материал всех предыдущих лекций. Важно научиться слушать преподавателя во время лекции, поддерживать непрерывное внимание к выступающему. Однако, одного слушания недостаточно. Необходимо фиксировать, записывать тот поток информации, который сообщается во время лекции – научиться вести конспект лекции, где формулировались бы наиболее важные моменты, основные положения, излагаемые лектором. Для ведения конспекта лекции следует использовать тетрадь. Ведение конспекта на листочках не рекомендуется, поскольку они не так удобны в использовании и часто теряются. При оформлении конспекта лекции необходимо оставлять поля, где студент может записать свои собственные мысли, возникающие параллельно с мыслями, высказанными лектором, а также вопросы, которые могут возникнуть в процессе слушания, чтобы получить на них ответы при самостоятельной проработке материала лекции, при изучении рекомендованной литературы или непосредственно у преподавателя в конце лекции. Составляя конспект лекции, следует оставлять значительный интервал между строчками. Это связано с тем, что иногда возникает необходимость вписать в первоначальный текст лекции одну или несколько строчек, имеющих принципиальное значение и почерпнутых из других источников. Расстояние между строками необходимо также для подчеркивания слов или целых групп слов (такое подчеркивание вызывается необходимостью привлечь внимание к данному месту в тексте при повторном чтении). Обычно подчеркивают определения, выводы. Также важно полностью без всяких изменений вносить в тетрадь схемы, таблицы, чертежи и т.п., если они предполагаются в лекции. Для того, чтобы совместить механическую запись с почти дословным фиксированием наиболее важных положений, можно использовать системы условных сокращений. В первую очередь сокращаются длинные слова и те, что повторяются в речи лектора чаще всего. При этом само сокращение должно быть по возможности кратким. Семинарские (практические) занятия Самостоятельная работа студентов по подготовке к семинарскому (практическому) занятию должна начинаться с ознакомления с планом семинарского (практического) занятия, который включает в себя вопросы, выносимые на обсуждение, рекомендации по подготовке к семинару (практическому занятию), рекомендуемую литературу к теме. Изучение материала следует начать с просмотра конспектов лекций. Восстановив в памяти материал, студент приводит в систему основные положения темы, вопросы темы, выделяя в ней главное и новое, на что обращалось внимание в лекции. Затем следует внимательно прочитать соответствующую главу учебника.

Для более углубленного изучения вопросов рекомендуется конспектирование основной и дополнительной литературы. Читая рекомендованную литературу, не стоит пассивно принимать к сведению все написанное, следует анализировать текст, думать над ним, этому способствуют записи по ходу чтения, которые превращают чтение в процесс. Записи могут вестись в различной форме: развернутых и простых планов, выписок (тезисов), аннотаций и конспектов. Подобрал, отработав материал и усвоив его, студент должен начать непосредственную подготовку своего выступления на семинарском (практическом) занятии для чего следует продумать, как ответить на каждый вопрос темы. По каждому вопросу плана занятий необходимо подготовиться к устному сообщению (5-10 мин.), быть готовым принять участие в обсуждении и дополнении докладов и сообщений (до 5 мин.). Выступление на семинарском (практическом) занятии должно удовлетворять следующим требованиям: в нем излагаются теоретические подходы к рассматриваемому вопросу, дается анализ принципов, законов, понятий и категорий; теоретические положения подкрепляются фактами, примерами, выступление должно быть аргументированным

Лабораторные работы являются основными видами учебных занятий, направленными на экспериментальное (практическое) подтверждение теоретических положений и формирование общепрофессиональных и профессиональных компетенций. Они составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки. В процессе лабораторной работы как вида учебного занятия студенты выполняют одно или несколько заданий под руководством преподавателя в соответствии с изучаемым содержанием учебного материала. При выполнении обучающимися лабораторных работ значимым компонентом становятся практические задания с использованием компьютерной техники, лабораторно - приборного оборудования и др.

Выполнение студентами лабораторных работ проводится с целью: формирования умений, практического опыта (в соответствии с требованиями к результатам освоения дисциплины, и на основании перечня формируемых компетенций, установленными рабочей программой дисциплины), обобщения, систематизации, углубления, закрепления полученных теоретических знаний, совершенствования умений применять полученные знания на практике. Состав заданий для лабораторной работы должен быть спланирован с расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть выполнены качественно большинством студентов. При планировании лабораторных работ следует учитывать, что в ходе выполнения заданий у студентов формируются умения и практический опыт работы с различными приборами, установками, лабораторным оборудованием, аппаратурой, программами и др., которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты). Выполнению лабораторных работ предшествует проверка знаний студентов - их теоретической готовности к выполнению задания. Формы организации студентов при проведении лабораторных работ: фронтальная, групповая и индивидуальная. При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу. При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется группами по 2 - 5 человек. При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Текущий контроль учебных достижений по результатам выполнения лабораторных работ проводится в соответствии с системой оценивания (рейтинговой, накопительной и др.), а также формами и методами (как традиционными, так и инновационными, включая компьютерные технологии), указанными в рабочей программе дисциплины (модуля). Текущий контроль проводится в пределах учебного времени, отведенного рабочим учебным планом на освоение дисциплины, результаты заносятся в журнал учебных занятий. Объем времени, отводимый на выполнение лабораторных работ, планируется в соответствии с учебным планом ОПОП.

Перечень лабораторных работ в РПД, а также количество часов на их проведение должны обеспечивать реализацию требований к знаниям, умениям и практическому опыту студента по дисциплине (модулю) соответствующей ОПОП.

Самостоятельная работа обучающихся – это планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Объем самостоятельной работы определяется учебным планом основной профессиональной образовательной программы (ОПОП), рабочей программой дисциплины (модуля).

Самостоятельная работа организуется и проводится с целью формирования компетенций, понимаемых как способность

применять знания, умения и личностные качества для успешной практической деятельности, в том числе:

- формирования умений по поиску и использованию нормативной, правовой, справочной и специальной литературы, а также других источников информации;
- качественного освоения и систематизации полученных теоретических знаний, их углубления и расширения по применению на уровне межпредметных связей;
- формирования умения применять полученные знания на практике (в профессиональной деятельности) и закрепления практических умений обучающихся;
- развития познавательных способностей, формирования самостоятельности мышления обучающихся;
- совершенствования речевых способностей обучающихся;
- формирования необходимого уровня мотивации обучающихся к систематической работе для получения знаний, умений и владений в период учебного семестра, активности обучающихся, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования способностей к саморазвитию (самопознанию, самоопределению, самообразованию, самосовершенствованию, самореализации и саморегуляции);
- развития научно-исследовательских навыков;
- развития навыков межличностных отношений.

К самостоятельной работе по дисциплине (модулю) относятся: проработка теоретического материала дисциплины (модуля); подготовка к семинарским и практическим занятиям, в т.ч. подготовка к текущему контролю успеваемости обучающихся (текущая аттестация); подготовка к лабораторным работам; подготовка к промежуточной аттестации

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Горно-Алтайский государственный университет»
Кафедра математики, физики и информатики

**ФОНД
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по учебной дисциплине
«ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»

Уровень основной образовательной программы **бакалавриат**
02.03.01 «Математика и компьютерные науки»,
профиль подготовки «Цифровые технологии»

Составитель – к.ф.-м.н., проф. Михайлов С.П.



Утвержден на заседании кафедры «__22__»__06__2021 г., протокол № 10

И.о. зав. кафедрой



Богданова Р.А.

Горно-Алтайск 2022

**Паспорт фонда оценочных средств
по дисциплине «Теоретическая механика»**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины*	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Теоретическая механика.	ОПК-1 по индикаторам ИД1, ИД2, ИД3.	Списки понятий, используемых на практических занятиях. Домашние задачи. Изучаемые самостоятельно теоретические вопросы. Контрольные работы. Собеседование по теории и проверка умений на экзамене по билетам.

* Наименование темы (раздела) или тем (разделов) берется из рабочей программы дисциплины

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Горно-Алтайский государственный университет»
Кафедра математики, физики и информатики
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ БИЛЕТЫ

по дисциплине «Теоретическая механика»

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 1

1. Физика. Механика. Механика Ньютона. Свойства пространства и времени в механике Ньютона (классической механике). Основные абстрактные понятия механики: частица, твёрдое тело (ТТ), система отсчёта. Описание положения частицы в координатной и векторной форме; связь этих форм

2. Привести примеры изменения геометрии в НСО и для искривлённых пространств. Объяснить идею измерения кривизны процедурой параллельного переноса.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 2

1. Кинематика. Траектория. Уравнения движения, перемещение, скорость и ускорение частицы в координатной и векторной форме; связь этих форм.

2. Применить формулы динамики СТО.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 3

1. Описание движения в естественной форме. Равномерное, равнопеременное и произвольное движения.
2. Применить формулы кинематики СТО.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 4

1. Движение брошенного тела.
2. Большой жёсткий лист в воздухе гармонически колеблется в направлении, нормальном его плоскости с амплитудой $A = 1$ см и частотой $\nu = 20$ Гц. Найти длину волны; учитывая поглощение звука, оценить амплитуду колебаний в 1 м от листа и записать уравнение упругой волны в воздухе. Скорость звука в воздухе 330 м/с; коэффициент поглощения принять равным $0,1 \text{ м}^{-1}$.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 5

1. Описание поступательного движения и вращения ТТ вокруг неподвижной оси. Формулы кинематики вращения ТТ вокруг неподвижной оси. Таблица формул кинематики.
2. Средний радиус $R = 2$ см упругой сферы в воздухе периодически меняется по гармоническому закону с малой амплитудой $A = 0,1$ см и частотой $\nu = 2$ Гц. Учитывая только изменение амплитуды из-за расширения фронта волны, показать путь оценки амплитуды колебаний в 10 см от центра сферы. Записать уравнение сферической упругой волны в воздухе, пренебрегая затуханием из-за поглощения её энергии. Недостающие данные взять в справочниках.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 6

1. Формулы кинематики вращения ТТ вокруг неподвижной оси. Вращение ТТ вокруг неподвижной точки. Произвольное движение ТТ.
2. Для предложенных преподавателем груза известной массы и пружины оценить коэффициент жёсткости пружины и период свободных колебаний при малом трении. Выбрав способ возбуждения и разумную амплитуду колебаний, записать уравнение свободных колебаний.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 7

1. Относительность движения. Абсолютное, переносное, относительное движение. Теорема сложения скоростей в случае поступательного и произвольного переносного движения.

2. По уравнению гармонического колебания построить его график или по графику гармонического колебания записать его уравнение.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Математики. Теоретическая механика.
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 8

1. Теорема сложения ускорений.

2. Записать функцию и уравнения Лагранжа для МС.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Математики. Теоретическая механика.
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 9

1. Динамика. Инертность тела. Инертная масса. Импульс частицы. Сила. Три закона Ньютона; формы записи второго закона. Равнодействующая сил. Инерциальная (ИСО) и неинерциальная (НСО) система отсчёта

2. Определить обобщенные силы и найти положения устойчивого равновесия МС. Указать, на какой гладкой поверхности равновесие шарика будет устойчивым, неустойчивым, безразличным и седлообразным.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Математики. Теоретическая механика.
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 10

1. Принцип относительности Галилея. Две задачи динамики. Примеры решения прямой и обратной задачи.

2. Определить число степеней свободы механической системы, указать, являются ли наложенные связи идеальными, голономными, стационарными и удерживающими, найти виртуальные перемещения, выбрать обобщенные координаты и скорости.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Математики. Теоретическая механика.
Богданова Р.А.

14.04.2022

БИЛЕТ № 11

1. Силы всемирного тяготения и тяжести. Вес.
2. Применить закон сохранения импульса МС.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 12

1. Силы упругости и силы трения в механике. Угол трения.
2. Для выбранных студентом начальных условий определить движение космического корабля вблизи Луны. Найти также положение лунного стационарного спутника. Все недостающие данные взять в таблицах.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 13

1. Уравнения движения частицы в НСО. Силы инерции.
2. Для замкнутой системы Земля-Луна и выбранных студентом начальных условий построить график эффективного потенциала; указать положение и характер движения фиктивной частицы. Все недостающие данные взять в таблицах.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 14

1. Теорема об изменении импульса частицы. Система частиц (механическая система МС). Импульс МС. Теорема об изменении импульса МС.
2. Применить закон сохранения ПМЭ.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 15

1. Центр масс МС. Теорема о движении центра масс. Закон сохранения импульса; его связь с однородностью пространства и 3-м законом Ньютона.
2. Применить теорему об изменении кинетической энергии ТТ.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 16

1. Момент силы (вращающий момент). Основной закон динамики вращения ТТ вокруг неподвижной оси. Момент инерции ТТ.
2. Применить теорему об изменении кинетической энергии частицы или МС.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 17

1. Вычисление момента инерции. Теорема Штейнера. Момент импульса ТТ. Теорема об изменении и закон сохранения момента импульса ТТ.
2. В опыте оценить коэффициент сухого трения скольжения.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 18

1. Механическая работа и мощность. Кинетическая энергия частицы; теорема об её изменении. Кинетическая энергия МС и ТТ.
2. Применить закон сохранения момента импульса ТТ с частями, которые могут изменять положение и затем вновь застыть.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 19

1. Теоремы об изменении кинетической энергии МС и ТТ. Потенциальная энергия упругого и гравитационного взаимодействия. Общие свойства потенциальной энергии.
2. Применить теорему об изменении момента импульса ТТ.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 20

1. Консервативные и диссипативные силы. Консервативная МС. Полная механическая энергия (ПМЭ). Теоремы об изменении ПМЭ; закон сохранения ПМЭ; его связь с однородностью времени. Другие виды энергии; закон сохранения энергии.
2. Найти момент инерции и момент импульса ТТ.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 21

1. Задача об одномерном движении; изучение движения по графику эффективного потенциала. Задача 2-х тел. Задача Кеплера.
2. Найти момент силы и применить основной закон динамики вращения ТТ вокруг неподвижной оси.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 22

1. Связные системы. Виды связей. Идеальность связей. Условия равновесия голономных систем. Обобщённая сила. Виды равновесия МС.
2. Найти положение центра масс ТТ и применить теорему о его движении.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 23

1. Получение уравнений Лагранжа (2 рода) из принципа д'Аламбера. Функция Лагранжа.
2. Найти положение центра масс МС или ТТ.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 24

1. Связь функции Лагранжа с законами сохранения. Циклические координаты и обобщённые импульсы. Канонические уравнения движения (уравнения Гамильтона).
2. Применить теорему об изменении импульса.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 25

1. Принцип наименьшего действия. Две схемы построения механики.
2. Найти силы инерции.

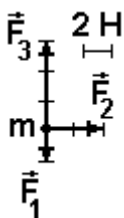
Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 26

1. Основные понятия теории колебаний. Свободные колебания линейного гармонического осциллятора в отсутствие трения. Энергия колебания.



2. На столе лежал груз массой 1 кг. К нему приложили 3 горизонтальные неизменные силы, направление и величина которых (на виде сверху) указаны на рисунке. Куда и на сколько сместится груз через 2 с действия сил, если коэффициент трения груза о стол 0,4?

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 27

1. Вынужденные колебания линейного гармонического осциллятора в отсутствие трения. Резонанс.
2. В опыте оценить коэффициент сухого трения скольжения.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 28

1. Свободные колебания при наличии вязкого трения. Характеристики затухающих колебаний.
2. Решить обратную задачу механики.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 29

1. Вынужденные колебания при наличии вязкого трения.
2. Указать силы в 3-м законе Ньютона для тел, падающих на Землю; лежащих на Земле; покоящихся на наклонной плоскости за счёт трения.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 30

1. Основные понятия теории упругих волн. Энергия волн; вектор Умова. Уравнение плоской и сферической гармонической незатухающей волны. Дисперсия волн.
2. Решить основную задачу механики для частицы, движущейся без учёта сопротивления воздуха вблизи Земли.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 31

1. Закон Бугера. Уравнение плоской и сферической гармонической затухающей волны. Акустика.
2. Указав абсолютное, переносное и относительное движения, применить теорему сложения ускорений.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 32

1. Интерференция волн; стоячие волны. Дифракция волн; принцип Гюйгенса.
2. Указав абсолютное, переносное и относительное движения, применить теорему сложения скоростей.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 33

1. Принцип относительности. Интервал. Преобразования Лоренца, их кинематические следствия.
2. По заданным уравнениям движения точки в координатной или естественной форме определить все возможные параметры её движения.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 34

1. Четырёхмерные скорость и ускорение. Релятивистская динамика. Импульс и энергия частицы.
2. Для тела, брошенного под углом к горизонту, найти все возможные параметры движения.

Экзаменатор Михайлов С.П.

Утверждаю Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
14.04.2022

БИЛЕТ № 35

1. Принцип эквивалентности (систем отсчёта). Элементы общей теории относительности.
2. По координатам начала и конца вектора, **заданным преподавателем**, найти длину и направление вектора, а также его проекции на координатные оси. Сложить несколько векторов; разложить вектор на составляющие; найти проекции вектора.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если студент полностью владеет важнейшими физическими понятиями, выделенными для заучивания, практическое умение показано без замечаний и теоретический вопрос раскрыт полностью.
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент свободно владеет важнейшими физическими понятиями, выделенными для заучивания, но практическое умение показано с замечаниями или теоретический вопрос раскрыт не полностью.
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент частично владеет важнейшими физическими понятиями, выделенными для заучивания, но практическое умение показано с замечаниями и теоретический вопрос раскрыт не полностью.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если студент не владеет важнейшими физическими понятиями, выделенными для заучивания, или не показано практическое умение, или не раскрыт теоретический вопрос.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Горно-Алтайский государственный университет»
Кафедра математики, физики и информатики
СПИСКИ ПОНЯТИЙ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ
по дисциплине «Теоретическая механика»

Тема 1. Кинематика точки и поступательного движения твёрдого тела (ТТ).

Механика. Материальная точка (частица); твёрдое тело (ТТ). Система отсчёта. Кинематика. Траектория. Прямолинейное, круговое, плоское и криволинейное движения частицы. Векторный, координатный и естественный способы описания положения частицы в пространстве. Уравнения её движения в этих трёх формах.

Вектора перемещения, мгновенной скорости и ускорения. Перемещение, скорость и ускорение в координатной форме. Модуль и направление векторов перемещения, скорости и ускорения; их смысл. Связь векторной и координатной форм.

Перемещение в естественной форме. Скорость в естественной форме; направление вектора скорости; смысл вектора $\mathbf{t}^\circ$. Ускорение в естественной форме; смысл вектора $\mathbf{n}^\circ$; нормальная и тангенциальная составляющие вектора ускорения, их направление, смысл. Полное ускорение; его направление, модуль.

Равномерное, равнопеременное и произвольное движения. Начальные условия. Путь и скорость при равномерном и равнопеременном движениях. Поступательное движение АТТ.

Тема 2. Кинематика кругового движения частицы и вращения ТТ вокруг неподвижной оси и точки.

Круговое движение частицы. Вращение ТТ вокруг неподвижной оси и неподвижной точки. Полярные и аксиальные (осевые) вектора; правило буравчика для аксиальных векторов. Элементарный угол поворота $d\varphi$, угловая скорость ω и ускорение ε . Связь скорости вращения и угловой скорости. Формула Эйлера; правило буравчика для векторного произведения. Таблица формул кинематики поступательного и вращательного движений ТТ.

Тема 3. Сложное движение точки.

Постановка задачи о сложении движений. Абсолютное, переносное и относительное движения. Теорема сложения скоростей. Теорема сложения ускорений. Переносное и кориолисово ускорения; их модуль и направление.

Раздел 2. Основные понятия и законы динамики.

Тема 4. Основной закон механики. Две задачи динамики

Динамика. Сила. Инертность тела. Инертная масса. Импульс частицы. Три закона Ньютона. Равнодействующая. Инерциальная система отсчёта. Разные формы векторной и координатной записи основного закона динамики. Две задачи динамики.

Закон всемирного тяготения; границы применения. Сила тяжести. Отличие сил тяжести и гравитационной. Закон Гука; границы применения. Виды трения. Сила трения покоя; угол трения. Сила сухого трения скольжения; её зависимость от скорости. Закон Амантона-Кулона. Сила трения качения. Сила вязкого трения для разных скоростей движения тела. Формула Стокса.

Контрольная работа № 1. Темы: Кинематика частицы и твёрдого тела. Основной закон механики. Две задачи динамики

Тема 5. Силы инерции.

Неинерциальная система отсчёта (НСО). Основной закон движения частицы в НСО. Переносная и кориолисова силы инерции.

Раздел 3. Основные теоремы механики: изменения импульса, момента импульса, механической энергии. Законы сохранения. Применения законов и теорем динамики

Тема 6. Закон сохранения импульса. Теорема об изменении импульса. Теорема о движении центра масс.

Импульс частицы; второй закон Ньютона в импульсной форме. Теорема об изменении импульса частицы в интегральной форме. Импульс силы. Форма записи теоремы для постоянных сил и движения по прямой.

Импульс системы частиц (механической системы). Центр масс; его положение (векторная, координатная формы). Главный вектор внешних сил; отличие его от равнодействующей. Теорема об изменении импульса системы (дифференциальная, интегральная формы). Теорема о движении центра масс. Закон сохранения импульса.

Тема 7. Работа силы. Мощность. Теоремы об изменении механической энергии. Закон сохранения полной механической энергии.

Элементарная работа. Работа на конечном перемещении; для случая постоянных сил и движения по прямой. Мощность; её связь со скоростью.

Кинетическая энергия материальной точки и системы частиц. Теорема об изменении кинетической энергии.

Потенциальная энергия. Консервативные и диссипативные силы; их примеры, признаки консервативности силы. Потенциальная энергия упругого и гравитационного взаимодействий. Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия вблизи поверхности Земли.

Замкнутая (изолированная) механическая система. Полная механическая энергия (ПМЭ). Закон сохранения ПМЭ. Теорема об изменении ПМЭ.

Тема 8. Смешанные задачи на энергию и импульс

Повторить списки понятий к занятиям 6 и 7.

Тема 9. Теорема об изменении момента импульса. Закон сохранения момента импульса

Пара сил. Момент (вращающий момент) пары сил. Момент силы относительно оси; плечо силы. Вектор момента силы; его модуль и направление. Главный момент сил.

Момент инерции частицы, механической системы и АТТ относительно оси. Теорема Штейнера. Момент инерции однородных кольца и диска относительно оси симметрии, тонкого стержня относительно трёх осей (см. лекции).

Момент импульса (вращательный, механический момент) частицы, механической системы и АТТ относительно оси.

Теорема об изменении момента импульса (дифференциальная и интегральная формы). Закон сохранения момента импульса. Основной закон динамики вращения АТТ вокруг неподвижной оси. Закон сохранения момента импульса в этом случае. Работа внешних сил при повороте АТТ вокруг неподвижной оси

Таблица формул динамики поступательного и вращательного (вокруг неподвижной оси) движений точки, системы точек и АТТ.

Контрольная работа № 2. Темы: основные теоремы и законы сохранения механики.

Раздел 4. Основы аналитической механики (механики связанных МС)

Тема 10. Функция Лагранжа. Уравнения Лагранжа.

Свободная МС. Связь. Виды связей. Число степеней свободы. Обобщённые координаты. Уравнения Лагранжа (2-го рода); условия их применимости и число. Функция Лагранжа.

Условия равновесия голономных систем. Виды равновесия МС.

Раздел 5. Механические колебания и волны.

Тема 11. Свободные и вынужденные малые колебания.

Колебание. Периодическое и свободное колебание. Дифференциальное уравнение свободных колебаний линейного гармонического осциллятора в отсутствие трения. Его решение (уравнение гармонического колебания) и основные характеристики: амплитуда, фаза, начальная фаза, круговая частота, мгновенное значение смещения. Связь частоты, круговой частоты и периода. Энергия гармонического колебания.

Вынужденные колебания. Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний линейного гармонического осциллятора без трения; его решение. Характеристики колебания. Резонанс; резонансная кривая. Особенности резонанса без трения.

Дифференциальное уравнение свободных колебаний линейного гармонического осциллятора при наличии вязкого трения; его решения. Коэффициент сопротивления (вязкого трения). Условия возможности колебаний; характеристики колебания. Коэффициент затухания, декремент затухания, логарифмический декремент затухания, добротность.

Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний линейного гармонического осциллятора при наличии вязкого трения. его решение, характеристики колебания. Особенности резонанса при наличии трения; вид резонансных кривых.

Раздел 6. Элементы релятивистской механики

Тема 12. Элементы релятивистской кинематики и динамики

Преобразования Галилея и Лоренца. Формулы релятивистского изменения длин и промежутков времени; теорема сложения скоростей. Релятивистский интервал.

Релятивистские масса и импульс. Основной закон динамики для релятивистской частицы. Полная и кинетическая энергии такой частицы; связь её импульса и полной энергии.

Контрольная работа № 3. Темы: уравнения Лагранжа; свободные и вынужденные малые колебания; элементы релятивистской кинематики и динамики.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если студент полностью и правильно раскрыл список понятий, правильно указав единицы всех физических величин и смысл всех обозначений в формулах;

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент полностью и правильно раскрыл список понятий, но не везде правильно указал единицы всех физических величин и смысл всех обозначений в формулах;

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент не полностью или не везде правильно раскрыл список понятий, не везде указав единицы всех физических величин и смысл всех обозначений в формулах;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если список отсутствует без уважительной причины.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Горно-Алтайский государственный университет»
Кафедра математики, физики и информатики

ДОМАШНИЕ ЗАДАЧИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
по дисциплине «Теоретическая механика»

Тема 1. Кинематика точки и поступательного движения твердого тела (ТТ).

Домашнее задание 1.

1.(М.10.4-4).Даны уравнения движения точки $x = 5\cos 5t^2$, $y = 5\sin 5t^2$. Найти уравнение траектории и закон движения по ней, отсчитывая расстояние от начального положения.

Ответ: $x^2 + y^2 = 25$; $s = 25t^2$.

2. Точка движется так, что $x = 4\sin(\pi t/2)$, $y = 3\sin(\pi t/2)$, где x , y - в метрах, t - в секундах. Найти величину и направление скорости точки при $t = 0, 1$ и 2 с.

Ответ: $v_0 = 5\pi/2$ м/с, $\cos(v_0^x) = 0.8$, $\cos(v_0^y) = 0.6$; $v_1 = 0$; $v_2 = 5\pi/2$ м/с, $\cos(v_2^x) = -0.8$, $\cos(v_2^y) = 0.6$.

3. (М.12.7). Поезд, имея начальную скорость 54 км/час, прошёл с постоянным тангенциальным ускорением за 30 с расстояние 600 м по закруглению пути радиусом 1 км. Найти скорость и ускорение поезда на 30-й секунде.

Ответ: скорость 25 м/с, ускорение около 0,7 м/с².

4. (М.12.11). Точка движется по дуге окружности радиусом $R = 20$ см. Закон её движения по траектории $s = 20\sin \pi t$ (s - в сантиметрах, t - в секундах). Найти величину и направление скорости, тангенциальное, нормальное и полное ускорения для $t = 5$ с. **Построить графики скорости, тангенциального и нормального ускорения.**

Ответ: скорость 20π см/с и направлена обратно направлению отсчёта дуги s ; $w_t = 0$; $w_n = w = 20\pi^2$ см/с².

5. (М.12.13). Точка движется с соответствии с уравнениями $x = 10\cos(2\pi t/5)$, $y = 10\sin(2\pi t/5)$, где x , y - в сантиметрах, t - в секундах. Найти траекторию точки, величину и направление её скорости и ускорения.

Ответ: окружность радиуса 10 см; скорость $v = 4\pi$ см/с направлена касательно к траектории против часовой стрелки; ускорение $w = 1.6\pi^2$ см/с² направлено к центру круга.

Добавочные задачи.

1. (М.10.19). Уравнения движения точки имеют вид $x = 2a\cos^2(kt/2)$, $y = a \sin kt$, где a и k - положительные постоянные. Найти траекторию и закон движения по ней, отсчитывая расстояние от начального положения.

Ответ: $(x - a)^2 + y^2 = a^2$, $s = akt$.

2. Найти ускорение и радиус кривизны траектории в момент $t = 1$ с, если точка движется в соответствии с уравнениями $x = 4\sin(\pi t/2)$, $y = 3\sin(\pi t/2)$. Здесь x , y - в метрах, t - в секундах.

Ответ: $w = 1,25\pi^2$ м/с², радиус кривизны бесконечен.

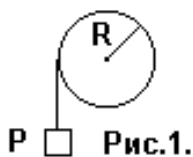
Тема 2. Кинематика кругового движения частицы и вращения ТТ вокруг неподвижной оси и точки.

Домашнее задание 2.

1 (М.13.4). Маховик начинает крутиться равноускоренно и в первые 2 мин делает 3000 оборотов. Найти угловое ускорение. *Ответ:* π с⁻².

2. (М.13.6). Маховик начинает крутиться равноускоренно и через 10 мин делает 120 об/мин. Сколько оборотов сделал маховик к этому моменту? *Ответ:* 600.

3. (М.13.15). Маховик радиусом 2 м начинает раскручиваться равноускоренно, и через 10 с точки на его ободе имеют скорость 100 м/с. Найти скорость, нормальное и тангенциальное ускорение точек обода для момента 15 с.



Ответ: $v = 150 \text{ м/с}$, $w_n = 11250 \text{ м/с}^2$, $w_t = 10 \text{ м/с}^2$.

4. (М.13.18). Вал радиусом $R = 10 \text{ см}$ приводит во вращение груз P , подвешенный к намотанной на вал нерастяжимой нити (см.рис.1). Груз движется по закону $x=100t^2$, где x - расстояние груза от точки схода нити с вала (x - сантиметры, t - секунды). Найти угловую скорость ω и ускорение ε вала, а также полное ускорение w точек поверхности вала в момент t .

Ответ: $\omega = 20t \text{ с}^{-1}$, $\varepsilon = 20 \text{ с}^{-2}$, $w = 200(1+400t^2)^{1/2} \text{ см/с}^2$.

5. Твёрдое тело вращается вокруг неподвижной точки, с которой совмещено начало декар-

товых координат. Вектор угловой скорости в данный момент можно записать в виде $\vec{\omega} = 15\vec{k}$.

Найти скорость точки тела с координатами $(1,2,3)$. Ответ: $v=15(5)^{1/2} \text{ м/с}$, $\cos(\vec{y} \wedge \vec{i}) = -2/(5)^{1/2}$,

$\cos(\vec{y} \wedge \vec{j}) = 1/(5)^{1/2}$, $\cos(\vec{v} \wedge \vec{k}) = 0$.

Добавочные задачи.

1. (М.13.2). При пуске турбины угол поворота пропорционален кубу времени, и в момент $t = 3$ с турбина делает 810 об/мин. Найти уравнение вращения турбины. Ответ: $\varphi = \pi t^3 \text{ рад}$.

2. (М.13.8). После выключения мотора пропеллер самолёта, делавший 1200 об/мин, крутится равнозамедленно и до остановки делает 80 оборотов. Какое время прошло до остановки? Ответ: 8 с.

Тема 3. Сложное движение точки.

Домашнее задание 3.

1. (М.21.5). Горизонтальная стрела поворотного крана вращается вокруг вертикальной оси с постоянной угловой скоростью ω . Найти абсолютную траекторию тележки, движущейся по стреле с постоянной скоростью v_0 . если в начальный момент тележка находилась на оси вращения.

Ответ: архимедова спираль $r = v_0\varphi/\omega$, где r - расстояние тележки от оси, φ - угол поворота вокруг оси.

2. (М.22.9). Пассажир движущейся со скоростью $v_0=72 \text{ км/час}$ по горизонтальному шоссе машины видит на боковом стекле следы капель дождя наклонёнными под углом 40° к вертикали. Найти абсолютную скорость капель отвесно падающего дождя. Ответ: $v = v_0/\tan 40^\circ = 23,8 \text{ м/с}$.

3. (М.23.28). Прямоугольник ABCD (длина сторон $DA = CB = a \text{ см}$) вращается вокруг стороны CD с постоянной угловой скоростью $\omega = \pi/2 \text{ с}^{-1}$. Вдоль стороны AB движется точка M по закону $s = a \sin(\pi t/2)$. Найти величину абсолютного ускорения w точки M в момент $t = 1 \text{ с}$. Ответ: $w = a\pi^2(2)^{1/2}/4 \text{ см/с}^2$.

4. (М.23.45). Точка движется со скоростью 2 м/с по ободу диска диаметром 4 м . Диск вращается в обратную сторону, имея в данный момент угловую скорость 2 с^{-1} и угловое ускорение 4 с^{-2} . Найти абсолютное ускорение w_0 точки в этот момент. Ответ: $w_0 = 8,24 \text{ м/с}^2$, составляя угол 76° с радиусом.

5. Найти кориолисово ускорение w_k тепловоза, движущегося на экваторе со скоростью 20 м/с на восток.

Ответ: $w_k = 0,029 \text{ м/с}^2$; направлено к центру Земли.

Добавочные задачи.

1. (М.22.6). Когда корабль шёл со скоростью a узлов (1 узел - это морская миля в час, или 1852 метра в час) на юго-восток, то флюгер на мачте показывает ветер с востока, а при уменьшении хода до $a/2$ - ветер с северо-востока. Найти скорость и направление ветра.

Ответ: ветер с севера имеет скорость $0,5a(2)^{1/2}$ узлов.

2. (М.23.34). Вдоль полупрямой OA, вращающейся в плоскости XY вокруг начала координат O против часовой стрелки с постоянной угловой скоростью ω , движется точка M. Точка M совпадала с точкой O, когда полупрямая OA совпадала с осью X. Найти: абсолютные траекторию и

ускорение точки М; её скорость v_r относительно полупрямой ОА, если абсолютная скорость v точки М постоянна по модулю.

Ответ: абсолютная траектория - круг $r = v \sin \varphi / \omega$ (φ - угол между осью Х и полупрямой ОА) в полярных координатах и $x^2 + (y - v/2\omega)^2 = (v/2\omega)^2$ в декартовых координатах; абсолютное ускорение $w_0 = 2v\omega$; относительная скорость $v_r = v \cos \omega t$.

Раздел 2. Основные понятия и законы динамики.

Тема 4. Основной закон механики. Две задачи динамики

Домашнее задание 4

1. (М.26.1). В шахте опускается равноускоренно лифт массой 280 кг. За первые 10 с он прошёл 35 м. Найти натяжение каната, на котором висит лифт.

Ответ: примерно 2550 Н.

2. (М.26.10). Автомобиль массой 1 т проходит со скоростью 10 м/с верхнюю точку выпуклого моста радиусом кривизны 50 м. Найти силу, с которой автомобиль здесь давит на мост.

Ответ: 7800 Н.

3. (М.26.16). Движение частицы массой 200 г описывается уравнениями $x = 3 \cos 2\pi t$, $y = 4 \sin \pi t$. Найти проекции действующей на частицу силы как функции её координат.

Ответ: $F_x = -0,08x$ Н; $F_y = -0,02y$ Н.

4. (М.27.13). Самолёт летит горизонтально. Соппротивление воздуха пропорционально квадрату скорости и при скорости 1 м/с равно 0,5 Н. Сила тяги 30 кН постоянна и составляет угол 10° со скоростью. Найти наибольшую скорость самолёта.

Ответ: около 250 м/с.

5. (М.27.17). Тело массой 2 кг, брошенное вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с, испытывает при скорости v сопротивление воздуха (в Ньютонах) $0,4v$. Через какое время тело достигнет наивысшей точки?

Ответ: около 1,7 с.

Добавочные задачи

1. (М.26.9). Груз массой 100 г, подвешенный на нити длиной 30 см в неподвижной точке О, описывает окружность в горизонтальной плоскости, причём нить движется по конической поверхности и составляет с вертикалью угол 60° . Найти скорость груза v и силу натяжения нити Т.

Ответ: $v = 2,1$ м/с, $T = 2$ Н.

2. (М.26.11). При равноускоренном подъёме лифта пружинные весы показывают вес груза 51 Н, а при равномерном подъёме - 50 Н. Каково ускорение лифта? Принять $g = 10$ м/с².

Ответ: 0,2 м/с².

Тема 5. Силы инерции.

Домашнее задание 5

1. (М.33.4). Поезд массой 2000 т со скоростью 15 м/с идёт на север. Найти: а) силу бокового давления поезда на рельсы на северной широте 60° ; б) ту же силу, когда поезд идёт на юг.

Ответ: а) около 3780 Н на правый (восточный) рельс; б) так же на правый (западный) рельс.

2. (М.33.5). Груз с высоты 500 м падает на северной широте 60° на Землю. На сколько при падении отклонится груз на восток за счёт вращения Земли? Соппротивление воздуха мало.

Ответ: на 12 см.

3. (М.33.10). Горизонтальная трубка длиной L вращается вокруг вертикальной оси с постоянной угловой скоростью ω . Внутри трубки на расстоянии x_0 от оси закреплён груз. С какой скоростью он вылетит из трубки после освобождения? Трение мало. *Ответ:* $v = \omega(L^2 - x_0^2)^{1/2}$.

4. (М.33.11). В предыдущей задаче найти время движения груза внутри трубки Т.

Ответ: $T = \{\ln[L + (L^2 - x_0^2)^{1/2}/x_0]\}/\omega$.

5. (М.33.17). Артиллерийский снаряд движется по настильной траектории, близкой к горизонтальной прямой, со скоростью $v = 900$ м/с, и должен поразить цель на расстоянии $l = 18$ км. На сколько и куда отклонится снаряд из-за вращения Земли, если пушка находится на северной широте $\varphi = 60^\circ$? Соппротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: вправо (если смотреть сверху перпендикулярно скорости) на $S = \omega l^2 \sin \varphi / v = 22,7$ м независимо от направления стрельбы, где ω - угловая скорость суточного вращения Земли.

Добавочные задачи

1. (М.33.13). Кольцо движется по гладкому горизонтальному стержню АВ длиной 1 м, вращающемуся с постоянной угловой скоростью (1 оборот в секунду) вокруг вертикальной оси, проходящей через конец А; в начальный момент кольцо покоилось на расстоянии 60 см от конца А. Через какое время кольцо слетит?

Ответ: $t = \ln 3 / (2\pi) = 0,175$ с.

2. (М.33.15). Определить, как меняется ускорение силы тяжести в зависимости от географической широты места φ из-за вращения Земли вокруг своей оси. Радиус Земли $R = 6370$ км, ускорение силы тяжести на полюсах $g = 9,81$ м/с².

Ответ: $g_1 = g[1 - (\omega^2 R \cos^2 \varphi) / g] = 9,81[1 - (\cos^2 \varphi) / 289]$.

Раздел 3. Основные теоремы механики: изменения импульса, момента импульса, механической энергии. Законы сохранения. Применения законов и теорем динамики

Тема 6. Закон сохранения импульса. Теорема об изменении импульса. Теорема о движении центра масс.

Домашнее задание 6

1. (М.28.2). По наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол 30° , начал спускаться покоившийся груз. За какое время от пройдёт путь 39,2 м, если коэффициент трения 0,2? *Ответ:* 5 с.

2. (М.28.6). При скорости 20 м/с автомобиль тормозится за 6 с. Каков коэффициент трения? *Ответ:* 0,34.

3. (М.28.7). Пуля массой 20 г вылетает из ствола винтовки со скоростью 650 м/с, пробегая ствол за 0,95 мс. Найти среднее давление пороховых газов для площади сечения ствола 150 мм² *Ответ:* 91,2 Н/мм².

4. (М.35.18). По горизонтальной покоившейся платформе длиной 6 м и массой 2700 кг рабочие переместили тяжёлую отливку с левого конца платформы в правый. Общая масса отливки и рабочих 1800 кг. Куда и на сколько сместится платформа? Трение платформы о рельсы мало.

Ответ: налево на 2,4 м.

5. (М.36.8). Граната массой 12 кг, летевшая со скоростью 15 м/с, разорвалась в воздухе на 2 части. Скорость осколка массой 8 кг выросла в направлении движения до 25 м/с. Найти величину и направление скорости второго осколка.

Ответ: 5 м/с; обратно скорости первого осколка.

Добавочные задачи

1. (М.28.1). При торможении поезда на прямом горизонтальном участке пути развивается сила сопротивления в 0,1 веса поезда. Найти время торможения и тормозной путь, если начальная скорость поезда 20 м/с.

Ответ: 20,4 с; 204 м.

2. (М.36.12). Найти горизонтальную составляющую силы давления воды в изгибе (под углом 90°) трубы вертикального водостока диаметром 300 мм. Вода заполняет всё сечение трубы и течёт в изгибе со скоростью 2 м/с.

Ответ: 284 Н.

Тема 7. Работа силы. Мощность. Теоремы об изменении механической энергии. Закон сохранения полной механической энергии.

Домашнее задание 7

1. (М.29.2). Найти наименьшую работу подъёма тела массой 2 т на 5 м по наклонной плоскости, составляющей угол 30° с горизонтом. Коэффициент трения 0,5. *Ответ:* 183 кДж.

2. (М.30.5). Снаряд массой 24 кг вылетает из ствола орудия длиной 2 м со скоростью 500 м/с. Найти среднюю силу давления пороховых газов на снаряд. *Ответ:* 1500 кН.

3. (М.30.7). Перед торможением у станции поезд шёл со скоростью 10 м/с под уклон с углом $\alpha = 0,008$ рад (можно принять $\sin\alpha = \alpha$). Сила сопротивления составляет 0,1 веса поезда. Найти тормозной путь и время торможения.

Ответ: 55,3 м, 11,8 с.

4. (М.30.10). Железнодорожная платформа массой 6 т испытывает силу сопротивления в 0,0025 её веса. На горизонтальном прямолинейном участке пути рабочий начал толкать покоившуюся платформу с постоянной силой 250 Н, и через 20 м перестал толкать. Найти максимальную скорость платформы и полный её путь до остановки.

Ответ: 0,82 м/с, 34 м.

5. (М.30.28). Шахтный лифт массой 6 т движется вниз со скоростью $v_0 = 12$ м/с. Какую среднюю силу трения должен обеспечить тормозной парашют в случае обрыва троса, чтобы остановить лифт на пути $S = 10$ м?

Ответ: $F = m[g + (v_0^2/2s)] = 102$ кН.

Добавочные задачи

1. (М.30.4). По наклонной плоскости, составляющей угол 30° с горизонтом, начинает спускаться груз. Коэффициент трения 0,1. Найти скорость груза через 2 м от начала пути. *Ответ:* 4,02 м/с.

2. (М.30.13). Поезд массой 500 т имел начальную скорость 15 м/с. Какой путь он пройдёт после выключения двигателя, если сила сопротивления может быть выражена формулой $F = (7650 + 500v)$, где v взято в м/с, F - в Н.

Ответ: 4,5 км.

Тема 8. Смешанные задачи на энергию и импульс

Домашнее задание 8

1. (М.31.5). Тяжёлая отливка массой 20 кг закреплена на лёгком жёстком стержне, который может практически без трения вращаться в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси. Покоившаяся отливка начинает падать из верхнего положения. Найти максимальную силу давления на ось. *Ответ:* 980 Н.

2. (М.31.7). Парашютист массы 70 кг прыгнул из самолёта и, пролетев 100 м, раскрыл парашют. Найти силу натяжения строп крепления парашюта, если за 5 с после раскрытия парашюта скорость упала до 4,3 м/с. Считать силу сопротивления воздуха парашюту постоянной, а человеку без парашюта - малой. *Ответ:* 1246 Н.

3. (М.31.8). За 500 м до станции, стоящей на пригорке высотой 2 м, машинист поезда массой 1000 т, идущего со скоростью 12 м/с, начал торможение. Сила трения постоянна и равна 20 кН. Какой должна быть постоянная сила торможения, чтобы поезд остановился у станции? *Ответ:* 84,8 кН.

4. (М.31.22). Камню, находящемуся на вершине гладкого полусферического купола радиуса R , сообщили горизонтальную скорость v_0 . В какой точке камень покинет купол? При какой скорости $v_{\text{оmax}}$ камень покинет купол в вершине? *Ответ:* $\varphi = \arccos(2/3 + v_0^2/3gR)$, где φ - угол между радиусами, проведёнными из центра полусферы в вершину и точку отрыва камня; $v_{\text{оmax}} > (gR)^{1/2}$.

5. (М.31.31). Шарик на нити описывает окружность в горизонтальной плоскости, образуя конический маятник. Найти высоту конуса, если шарик делает 20 об/мин. *Ответ:* 2,25 м.

Добавочные задачи

1. (М.31.6). Каков угол с вертикалью вращающегося стержня в задаче 31.5, когда давление на ось равно нулю?

Ответ: $\varphi = \arccos(2/3)$.

2. (М.31.9). Отливку в задаче 31.5 отклонили от вертикали на угол φ_0 и сообщили начальную скорость v_0 вверх перпендикулярно стержню длиной l в вертикальной плоскости. Найти усилие N в стержне как функцию угла φ отклонения стержня от вертикали.

Ответ: $N = 3mg\cos\varphi - 2mg\cos\varphi_0 + mv_0^2/l$. Стержень растянут, если $N > 0$, и сжат, если $N < 0$.

Тема 9. Теорема об изменении момента импульса. Закон сохранения момента импульса

Домашнее задание 9

1. (М.37.1). Однородный круглый диск радиусом 30 см и массой 50 кг катится без скольжения по горизонтальной поверхности, делая вокруг своей оси 60 об/мин. Найти момент импульса диска: 1) относительно его оси; 2) мгновенной оси вращения. *Ответ:* 14,1 кг·м²/с; 42,3 кг·м²/с.

2. (М.37.5). Для определения момента трения в цапфах на вал насадили маховик с моментом инерции относительно оси 1125 кг·м² и раскрутили до 240 об/мин; затем за счёт трения вал остановился через 10 мин. Найти средний момент трения. *Ответ:* 47,1 Н·м

3. (М.37.6). Для торможения маховиков применяют магнитный тормоз в виде 2-х полюсов электромагнита; его тормозящий момент $M_1 = kv$ пропорционален скорости обода маховика (k - постоянный коэффициент). Кроме того, трение создаёт постоянный момент M_2 . Через какое время остановится маховик диаметром D с моментом инерции относительно оси вращения I при начальной угловой скорости ω_0 ?

Ответ: $T = [2I \cdot \ln(1 + kD\omega_0/2M_2)]/kD$.

4. (М.37.48). Найти зависимость от времени угловой скорости покоившегося ведомого колеса (автомобиля) массой M и радиусом r , приведённого в движение горизонтальной силой, приложенной в его центре, и катящегося со скольжением горизонтально. Момент инерции колеса относительно его оси I_C , коэффициент трения качения f_k , коэффициент трения скольжения f .

Ответ: $\omega = Mg(rf - f_k)t/I_C$.

5. (М.37.55). Стоящего на скамье Жуковского с вытянутыми в стороны руками человека раскрутили до 15 об/мин; момент инерции его и скамьи относительно оси вращения 0,8 кг·м². Какой станет скорость вращения, если человек прижал руки к туловищу и уменьшил момент инерции системы до 0,12 кг·м²? *Ответ:* 100 об/мин.

Добавочные задачи

1. (М.37.51). Через блок, массу которого можно считать распределённой по ободу, перекинут канат. Левую его часть держит человек, а к правой привязан груз равной человеку массы. Что произойдёт с грузом, если человек начнёт подниматься по канату со скоростью v относительно каната? Масса блока в 4 раза меньше массы человека, трением в оси можно пренебречь.

Ответ: груз будет подниматься со скоростью $4v/9$.

2. (М.37.52). Круглая горизонтальная платформа в виде диска радиусом R массой M_2 может без трения вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через её центр. По платформе на неизменном расстоянии r от оси с постоянной относительной скоростью u идёт человек массой M_1 . Найти угловую скорость платформы, если исходно платформа и человек покоились. *Ответ:* $\omega = 2M_1ru/(M_2R^2 + 2M_1r^2)$.

Раздел 4. Основы аналитической механики (механики связанных МС)

Тема 10. Функция Лагранжа. Уравнения Лагранжа.

Домашнее задание 10

1. (М.39.19). Однородный цилиндр A массой m обмотан посередине тонкой нерастяжимой нитью, конец которой закреплён в точке B (рис.2). Цилиндр падает без начальной скорости, разматывая нить. Найти силу натяжения нити F и скорость оси цилиндра v в момент, когда ось опустится на расстояние h .

Ответ: $v = 2(3gh)^{1/2}/3$; $F = mg/3$.

2. На блоке массой m_3 , равномерно распределённой по ободу, на нерастяжимой нити подвешены грузы массами m_1 и m_2 ($m_1 < m_2$). Найти силу F_2 натяжения нити при движении грузов. Трение в оси мало.

Ответ: $F_2 = m_1g(2m_2 + m_3)/(m_1 + m_2 + m_3)$

Добавочные задачи

1. (М.48.28). Призма A массой m скользит вниз по призме B массой m_1 , образующей угол α с горизонтом (рис.3). Пренебрегая трением, найти ускорение w призмы B .

Ответ: $w = g\sin 2\alpha/[2(m_1 + m \sin^2 \alpha)]$.

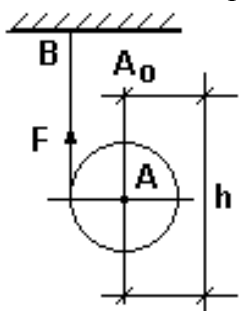


Рис.2.

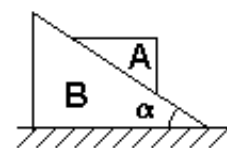


Рис.3.

Раздел 5. Механические колебания и волны.

Тема 11. Свободные и вынужденные малые колебания.

Домашнее задание 11

1. Для шарика массой 10 г на пружине с коэффициентом жёсткости 4 Н/м найти амплитуду вынужденных колебаний под действием гармонически меняющейся внешней силы амплитудой 0,1 Н и частотой 1,57 Гц. Трение можно считать малым.

Ответ: примерно 3,3 см.

2. Для тех же, что в задаче 1, механической системы и вынуждающей силы найти резонансную частоту и амплитуду вынужденных колебаний с учётом вязкого трения, коэффициент сопротивления которого 0,1 кг/с.

Ответ: примерно 3 Гц и 3,2 см.

3. (И.4.3). Частица совершает гармонические колебания с круговой частотой $\omega = 4$ рад/с вдоль оси x около положения равновесия $x = 0$. В некоторый момент координата частицы $x_0 = 25$ см и её скорость $v_{x0} = 100$ см/с. Найти координату x и скорость v_x частицы через $t = 2,4$ с после этого момента.

Ответ: $x = A \cos(\omega t + \alpha) = -29$ см, $v_x = -81$ см/с, где амплитуда $A = [x_0^2 + (v_{x0}/\omega)^2]^{1/2}$, начальная фаза $\alpha = \arctg[-v_{x0}/(\omega x_0)]$

4. (И.4.18). Найти период малых вертикальных колебаний шарика массой $m = 40$ г, укрепленного на середине горизонтально натянутой постоянной силой $F = 10$ Н струны длиной $l = 1$ м.

Ответ: $T = \pi(ml/F)^{1/2} = 0,2$ с.

5. (И.4.40). Тело массой m висело на высоте h над чашкой пружинных весов с коэффициентом жёсткости пружины k , а затем упало, прилипло к чашке и начало совершать гармонические колебания в вертикальном направлении. Найти амплитуду и энергию колебаний. Массы пружины и чашки малы.

Ответ: $a = (mg/k)[1 + (2hk/mg)]^{1/2}$, $E = mgh + m^2 g^2 / 2k$.

Добавочные задачи

1. (И.4.4). Найти круговую частоту и амплитуду гармонических колебаний частицы, если на расстояниях x_1 и x_2 от положения равновесия её скорость равна соответственно v_1 и v_2 .

Ответ: $\omega = [(v_1^2 - v_2^2)/(x_2^2 - x_1^2)]^{1/2}$, $a = [(v_1^2 x_2^2 - v_2^2 x_1^2)/(x_2^2 - x_1^2)]^{1/2}$

2. Найти амплитуду колебаний в задаче 5 (И.4.40), если масса чашки равна M .

Ответ: $a = (mg/k)\{1 + [2hk/(m+M)g]\}^{1/2}$

Раздел 6. Элементы релятивистской механики

Тема 12. Элементы релятивистской кинематики и динамики

Домашнее задание 12

1. (И.1.342). Найти собственную длину стержня, если в лабораторной системе отсчёта его скорость $v = c/2$, длина $l = 1$ м и угол между стержнем и направлением его движения $\theta = 45^\circ$.

Ответ: $l_0 = l[(1 - \beta^2 \sin^2 \theta)/(1 - \beta^2)]^{1/2} = 1,08$ м, где $\beta = v/c$.

2. (И.1.344). С какой скоростью двигались в К-системе отсчёта часы, если за время $t = 5$ с (по часам, неподвижным в К-системе) они отстали от неподвижных часов на $\Delta t = 0,1$ с?

Ответ: $v = c[(2 - \Delta t/t)(\Delta t/t)]^{1/2} = 0,6 \cdot 10^8$ м/с.

3. (И.1.346). Собственное время жизни нестабильной частицы $\Delta t_0 = 10$ нс. Найти путь этой частицы до распада в К-системе, где время её жизни $\Delta t = 10$ нс.

Ответ: $s = c \Delta t [(1 - (\Delta t_0/\Delta t)^2)]^{1/2} = 5$ м.

4. (И.1.359). Две частицы движутся навстречу друг другу со скоростями $v_1 = 0,5c$ и $v_2 = 0,75c$ относительно К-системы. Найти скорости: а) сближения частиц в К-системе; б) относительно.

Ответ: а) $v = v_1 + v_2 = 1,25c$; б) $v = (v_1 + v_2)/(1 + v_1 v_2 / c^2) = 0,91c$.

5. (И.1.360). Два стержня равной собственной длины l_0 движутся в продольном направлении навстречу друг другу параллельно общей оси с одинаковой скоростью v относительно К-системы. Найти длину каждого стержня в системе отсчёта, связанной с другим стержнем.

Ответ: $l = l_0(1 - \beta^2)/(1 + \beta^2)$, где $\beta = v/c$.

6. (И.1.371). При какой скорости релятивистский импульс частицы в $k = 2$ раза больше её ньютоновского импульса?

Ответ: $v = (c/k)(k^2 - 1)^{1/2} = 2,6 \cdot 10^8$ м/с.

7. (И.1.372). Найти работу разгона тела с массой покоя m_0 от $0,6c$ до $0,8c$ и сравнить с классическим результатом.

Ответ: $A = 0,42m_0c^2$ вместо $0,14m_0c^2$.

8. (И.1.373). При какой скорости кинетическая энергия частицы равна её энергии покоя?

Ответ: $v = c(3)^{1/2}/2 = 2,6 \cdot 10^8$ м/с.

9. (И.1.376). Пучок релятивистских частиц с кинетической энергией T падает на поглощающую мишень. Сила тока в пучке I , заряд и масса покоя частиц равны e и m_0 . Найти силу давления пучка на мишень и выделяющуюся в ней мощность.

Ответ: $F = (I/ec)[T(T + 2m_0c^2)]^{1/2}$, $P = TI/e$.

10. (И.1.378). Частица с массой покоя m_0 в момент $t = 0$ начинает разгоняться постоянной силой F . Найти зависимость от времени скорости частицы и пройденного пути.

Ответ: $v = Fct/(m_0^2c^2 + F^2t^2)^{1/2}$, $S = [(m_0c^2/F)^2 + t^2c^2]^{1/2} - m_0c^2/F$.

Добавочные задачи

1. (И.1.347). В K -системе мю-мезон со скоростью $v = 0,99c$ пролетел от места рождения до точки распада расстояние $l = 3$ км. Найти: а) собственное время его жизни; б) путь мю-мезона в K -системе с “его точки зрения”.

Ответ: а) $\Delta t_0 = (l/v)[1 - (v/c)^2]^{1/2} = 1,4$ мкс; б) $l' = l[1 - (v/c)^2]^{1/2} = 0,42$ км

2. (И.1.361). Две быстрые частицы движутся в K -системе под прямым углом друг к другу со скоростями v_1 и v_2 . Найти скорости: а) сближения частиц в K -системе; б) относительную.

Ответ: а) $v = (v_1^2 + v_2^2)^{1/2}$; б) $v = [v_1^2 + v_2^2 - (v_1 \cdot v_2/c)^2]^{1/2}$.

3. (И.1.368). Во сколько раз релятивистская масса частицы со скоростью, меньшей c на $0,01\%$, больше её массы покоя?

Ответ: $m/m_0 \approx 1/[2(1 - v/c)]^{1/2} \approx 70$.

4. (И.1.380). Из основного уравнения релятивистской динамики, найти: а) в каких случаях ускорение частицы совпадает по направлению с действующей на неё силой; б) коэффициенты пропорциональности между силой F и ускорением w для случаев, когда сила перпендикулярна и параллельна скорости.

Ответ: а) когда сила перпендикулярна и параллельна скорости; б) $F_{\perp} = m_0 w/(1 - \beta^2)^{1/2}$, $F_{\parallel} = m_0 w/(1 - \beta^2)^{3/2}$, где $\beta = v/c$.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если студент полностью и правильно решил все задачи, правильно и полностью записав исходные физические условия задачи;

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент полностью и правильно решил все задачи, но не везде правильно и полностью записав исходные физические условия задачи;

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент не полностью или не везде правильно решил задачи, не везде правильно и полностью записав исходные физические условия задачи;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если условия и решения задач отсутствуют без уважительной причины.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Горно-Алтайский государственный университет»
Кафедра математики, физики и информатики
КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ
по дисциплине «Теоретическая механика»

Билеты хранятся у Михайлова С.П.

Критерии оценки: полностью решенные без замечаний задачи билета (варианта) контрольной работы оцениваются в 5 баллов. Мелкие замечания (неверно или не полностью обозначены исходные данные задачи, не указаны единицы измерения результата, допущена математическая ошибка в расчётах, не учтены десятичные приставки и т.п.) снижают общую оценку на 0,1 балла за каждое замечание.

- оценка «отлично» выставляется, если студент набрал 4,5 баллов и более;
- оценка «хорошо» выставляется, если студент набрал 3,5 балла и более, но менее 4,5 баллов;
- оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент набрал 2,5 балла и более, но менее 3,5 баллов;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется, если студент набрал менее 2,5 балла.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Горно-Алтайский государственный университет»
Кафедра физики и МПФ

ИЗУЧАЕМЫЕ САМОСТОЯТЕЛЬНО ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ
по дисциплине «Теоретическая механика»

1. Доказать, что: а) при движении по окружности радиуса R со скоростью $V = \text{const}$ модуль нормального ускорения $w_n = V^2/R$; б) для равнопеременного движения $v^2 - v_0^2 = \pm 2sa$.
2. Для брошенного с земли под углом α к горизонту с начальной скоростью V_0 тела найти, без учёта сопротивления воздуха: а) углы, дающие максимальные высоту подъёма и дальность броска, а также их значения; б) значение скорости, нормального, тангенциального и полного ускорений, а также радиуса кривизны траектории для произвольной точки на высоте h от земли.
3. Доказать одинаковость скоростей и ускорений всех точек поступательно движущегося ТТ.
4. Доказать, что: а) во всех ИСО ускорение частицы одинаково; б) во всех ИСО при скоростях тел $v \ll c$ второй закон Ньютона проявляется одинаково.
5. Связь функции Лагранжа с законами сохранения. Циклические координаты и обобщённые импульсы. Канонические уравнения движения (уравнения Гамильтона).
6. Доказать, что при отсутствии затухания амплитуда сферической гармонической бегущей волны убывает как $A = A_0/r$.
7. Доказать с помощью принципа Гюйгенса закон отражения $\alpha = \beta$ плоских волн (параллельных лучей) на плоской границе.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется, если студент полностью и правильно раскрыл все вопросы;
- оценка «хорошо» выставляется, если студент не полностью раскрыл все вопросы, или не везде правильно;
- оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент не полностью раскрыл все вопросы и не везде правильно;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется, если ответы на самостоятельно изучаемые вопросы отсутствуют без уважительной причины.