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_2025_625.plx
02.03.01 Математика и компьютерные науки
Цифровые технологии

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **7 ЗЕТ**

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

Виды контроля в семестрах:
экзамены 7

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	**7 (4.1)**		Итого	
Недель	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 30.01.2025 протокол № 2.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры
кафедра математики, физики и информатики

Протокол от 10.04.2025 протокол № 10

Зав. кафедрой И.о. зав. кафедрой Богданова Р.А

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры
кафедра математики, физики и информатики

Протокол от __ _____ 2026 г. № __
Зав. кафедрой И.о. зав. кафедрой Богданова Р.А

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры
кафедра математики, физики и информатики

Протокол от __ _____ 2027 г. № __
Зав. кафедрой И.о. зав. кафедрой Богданова Р.А

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры
кафедра математики, физики и информатики

Протокол от __ _____ 2028 г. № __
Зав. кафедрой И.о. зав. кафедрой Богданова Р.А

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2029-2030 учебном году на заседании кафедры
кафедра математики, физики и информатики

Протокол от __ _____ 2029 г. № __
Зав. кафедрой И.о. зав. кафедрой Богданова Р.А

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.16
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
Знает основные понятия и законы теоретической механики.
ИД-2.ОПК-1: Умеет доказывать утверждения, решать задачи в области математических наук
Умеет доказывать теоремы и решать типовые задачи теоретической механики.
ИД-3.ОПК-1: Способен консультировать в области фундаментальной математики
Способен консультировать по типовым задачам в области теоретической механики.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетен-ции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел 1.						
1.1	См. файл "Раб_ прогр_теор_мех_2022 _мат_и_комп_науки.pdf" в приложении или в системе Moodle. /Лек/	7	36		Л1.1Л2.1	0	
1.2	См. файл "Раб_ прогр_теор_мех_2025 _мат_и_комп_науки.pdf" в приложении или в системе Moodle. /Пр/	7	36		Л1.1Л2.1	0	

1.3	Задания самостоятельной работы см в файле "Раб_прогр_теор_мех_2025_мат_и_комп_науки.pdf" в приложении или в системе Moodle /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

1. Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Теоретическая механика».
2. Фонд оценочных средств включает контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме контрольных работ, вопросов и заданий к экзамену.

5.2. Оценочные средства для текущего контроля

Оценочные средства для текущего контроля см. в Приложении 1.

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

Темы письменных работ см. в Приложении 1.

5.4. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Оценочные средства для промежуточной аттестации см. в Приложении 1.
Тесты для проверки формирования компетенций.
ИД-1.ОПК-1: Знает основные понятия, определения, свойства математических объектов, формулировки и методы доказательств математических утверждений.

1) Механика - это?
А) Раздел физики, изучающий изменение положения тел друг относительно друга в пространстве с течением времени (верно)
Б) Раздел физики, изучающий движение микрочастиц внутри макротел (неверно)
В) Раздел физики, изучающий деформации тел (неверно)

2) Кинематика - это?
А) Раздел механики, изучающий способы описания движения тел (верно).
Б) Раздел механики, описывающий свойства движущихся тел (неверно)
В) Раздел механики, изучающий условия покоя тел (неверно).

3) Статика - это?
А) Раздел механики, изучающий условия покоя (равновесия) тел (верно).
Б) Раздел механики, изучающий условия движения тел с учётом их свойств (неверно).
В)Раздел механики, изучающий движение механических систем (неверно).

ИД-2.ОПК-1: Умеет доказывать утверждения, решать задачи в области математических наук

1) Человек без начальной скорости прыгает в воду с высоты 5 м Какова его скорость входа в воду?
А) Около 10 м/с (верно)
Б) Около 5 м/с (неверно)
В) Около 20 м/с (неверно)

2) К покоившемуся телу массой 1 кг на горизонтальной поверхности приложили постоянную горизонтальную силу 5

Н. Каково его ускорение при коэффициенте трения 0,2?
А) Около 3 м/с/с (верно)
Б) Около 2 м/с/с (неверно)
В) Около 5 м/с/с (неверно)
3) Молоток массой 200 г перед ударом о гвоздь, длившемся 1 мс, имел скорость 2 м/с и остановился. Какова сила удара?
А) 400 Н(верно)
Б) 200 Н (неверно)
В) 500 Н(неверно)
ИД-3.ОПК-1: Владеет навыками применения математического аппарата в других дисци-плинах и профессиональной деятельности
1) Частица движется в соответствии с уравнениями x=5sint, y=5cost. По какой траекто-рии она движется?
А) Окружность радиусом 5 единиц с центром в начале координат (верно)
Б) Прямая через начало координат под углом 30 градусов с осью Х(неверно)
В) Прямая через начало координат под углом 30 градусов с осью У (неверно)
2) Частица движется в соответствии с уравнениями x=2t^2, y=3t. Найти величину скоро-сти в момент t = 1 с.
А) 5 м/с/с (верно)
Б) 2 м/с/с (неверно)
В) 3 м/с/с (неверно)
3) Частица движется по траектории со скоростью v = 5t. Каков закон движения по траектории?
А) 2,5t^2 (верно)
Б) 5t^3/3 (неверно)
В) 0,5t (неверно)

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
6.3.1.10	РЕД ОС
6.3.1.11	MS Windows

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

6.3.2.1	База данных «Электронная библиотека Горно-Алтайского государственного университета»
6.3.2.2	Электронно-библиотечная система IPRbooks

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	проблемная лекция	
	ситуационное задание	

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)		
Номер аудитории	**Назначение**	**Основное оснащение**
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
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

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
См. файл"Раб_ прогр_теор_мех_2025 _мат_и_комп_науки.pdf" в приложении.

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 «__10_»___04___2025 г., протокол № 10

И.о. зав. кафедрой Богданова Р.А.

Горно-Алтайск 2025

Пояснительная записка

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

.2. Фонд оценочных средств включает контрольные материалы для проведения текущего контроля в формах, указанных в рабочей программе, и промежуточной аттестации в форме вопросов и заданий к экзамену.

3. Структура и содержание заданий разработаны в соответствии с рабочей программой дисциплины **«Теоретическая механика».**

4. Перечень компетенций, формируемых дисциплиной, указан в рабочей программе

5. Проверка и оценка результатов выполнения заданий указана ниже.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ БИЛЕТЫ

по дисциплине «Теоретическая механика»

Утверждаю Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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.

Экзаменатор Михайлов С.П.

Утверждаю Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

БИЛЕТ № 3

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

Экзаменатор Михайлов С.П.

Утверждаю Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.

10.04.2025

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 ν = 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 $м^{-1}$.

Экзаменатор Михайлов С.П.

Утверждаю Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 ν = 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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.
10.04.2025

БИЛЕТ № 8

1. Теорема сложения ускорений.
2. Записать функцию и уравнения Лагранжа для МС.

Экзаменатор Михайлов С.П.

Утверждаю Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

БИЛЕТ № 11

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

Экзаменатор Михайлов С.П.

Утверждаю Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 застывать.

Экзаменатор Михайлов С.П.

Утверждаю Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

БИЛЕТ № 25

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

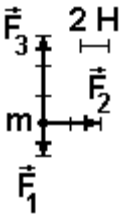
Экзаменатор Михайлов С.П.

Утверждаю Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

БИЛЕТ № 28

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

Экзаменатор Михайлов С.П.

Утверждаю Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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 Горно-Алтайский госуниверситет. Математики. Теоретическая механика.
Зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
10.04.2025

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.

СПИСКИ ПОНЯТИЙ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

по дисциплине «Теоретическая механика»

7 семестр (12 тем по 2 часа + 12 часов контрольных работ)

Тема 1. Кинематика точки и поступательного движения твердого 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 t°. Ускорение в естественной форме; смысл вектора n°; 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 $d\varphi$, угловые 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 отсчета (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 связных 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). Условие 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.

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

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/с^2.

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/с^2.

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: о*кружность радиуса 10 см; скорость $v=4\pi$ см/с направлена касательно к траектории против часовой стрелки; ускорение $w = 1.6\pi^2$ см/с^2 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/с^2, 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 скорость100 м/с. Найти скорость, нормальное и тангенциальное ускорение точек обода для момента 15 с.

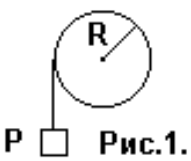


Рис.1.

Ответ: v = 150 м/с, w_n =11250 м/с^2, w_t = 10 м/с^2.

4. (М.13.18). Вал радиусом R = 10 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 угловые скорость ω□□и ускорение ε вала, а также полное ускорение w точек поверхности вала в момент t.

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

5. Твёрдое тело вращается вокруг неподвижной точки, с которой совмещено начало декартовых 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:* $v=15(5)^{1/2}$ м/с, $\cos(\vec{y}\hat{}\vec{i})= -2/(5)^{1/2}$,

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

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*: $\varphi = \pi t^3$ 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 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*: $v = v_0/\mathrm{tg}40° = 23{,}8$ м/с.

3. (М.23.28). Прямоугольник ABCD (длина сторон DA = CB = a см) вращается вокруг стороны CD с постоянной угловой скоростью $\omega = \pi/2$ c^{-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 с. *Ответ*: $w = a\pi^2(2)^{1/2}/4$ 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 c^{-1} и угловое ускорение 4 c^{-2}. Найти абсолютное ускорение w_0 точки в этот момент. *Ответ*: $w_0 = 8{,}24$ 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: $w_k = 0{,}029$ 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 M; её скорость v_r относительно полупрямой OA, если абсолютная скорость v точки M постоянна по модулю.

Ответ: абсолютная траектория - круг $r = v\sin\varphi/\omega$ (φ - угол между осью X и полупрямой OA) 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. Сопротивление 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 T.

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/с^2.

Ответ: 0,2 м/с^2.

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 мм^2 *Ответ*: 91,2 Н/мм^2.

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 7

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_o. В какой точке камень покинет купол? При какой скорости v_{omax} камень покинет купол в вершине? *Ответ*: $\varphi = \arccos(2/3 + v_o^2/3gR)$, где φ - угол

между радиусами, проведёнными из центра полусферы в вершину и точку отрыва камня; $v_{0max} > (gR)^{1/2}$.

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·м^2/с; 42,3 кг·м^2/с.

2. (М.37.5). Для определения момента трения в цапфах на вал насадили маховик с моментом инерции относительно оси 1125 кг·м^2 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·м^2. Какой станет скорость вращения, если человек прижал руки к туловищу и уменьшил момент инерции системы до 0,12 кг·м^2? *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 связных МС)

Тема 10. Функция Лагранжа. Уравнения Лагранжа.

Домашнее задание 10

1. (М.39.19). Однородный цилиндр А массой m обмотан посередине тонкой нерастяжимой нитью, конец которой закреплён в точке В (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.

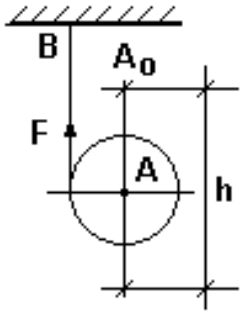


Рис.2.

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

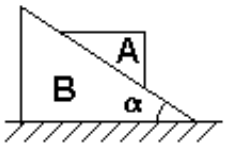


Рис.3.

Добавочные задачи

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

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

Раздел 5. Механические колебания и волны.

Тема 11. Свободные и вынужденные малые колебания.

Домашнее задание 10

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 $x_o = 25$ см и её скорость $v_{xo} = 100$ 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 $A = [x_o^2 + (v_{xo}/\omega)^2]^{1/2}$, начальная фаза $\alpha = \mathrm{arctg}[-v_{xo}/(\omega x_o)]$

4. (И.4.18). Найти период малых вертикальных колебаний шарика массой m = 40 г, укреплённого 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: $a = (mg/k)[1 + (2hk/mg)]^{1/2}$, $E = mgh + m^2g^2/2k$.

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

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 θ = 45°.

Ответ: $l_o = l[(1 - \beta^2\sin^2\theta)/(1 - \beta^2)]^{1/2} = 1{,}08$ 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 Δt = 0,1с?

Ответ: $v = c[(2 - \Delta t/t)(\Delta t/t)]^{1/2} = 0{,}6\cdot10^8$ м/с.

3. (И.1.346). Собственное время жизни нестабильной частицы Δt_o = 10 нс. Найти путь этой частицы до распада в К-системе, где время её жизни Δt = 10 нс.

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

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

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

5. (И.1.360). Два стержня равной собственной длины l_o 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: $l = l_o(1 - \beta^2)/(1 + \beta^2)$, где $\beta = v/c$.

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

Ответ: $v = (c/k)(k^2 -1)^{1/2} = 2{,}6\cdot10^8$ м/с.

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

Ответ: $A = 0{,}42m_oc^2$ вместо $0{,}14m_oc^2$.

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

Ответ: $v = c(3)^{1/2}/2 = 2{,}6\cdot10^8$ 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_o. Найти силу давления пучка на мишень и выделяющуюся в ней мощность.

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

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

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

Добавочные задачи

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

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

2. (И.1.361). Две быстрые частицы движутся в К-системе под прямым углом друг к другу со скоростями v_1 и v_2. Найти скорости: а) сближения частиц в К-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 с на 0,01%, больше её массы покоя?

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

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) $F_\perp = m_ow/(1 - \beta^2)^{1/2}$, $F_\parallel =m_ow/(1 - \beta^2)^{3/2}$, 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.

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

ИЗУЧАЕМЫЕ САМОСТОЯТЕЛЬНО ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

по дисциплине «Теоретическая механика»

1. Доказать, что: а) при движении по окружности радиуса R со скоростью V = const модуль нормального ускорения $w_n = V^2/R$; б) для равнопеременного движения $v^2 - v_o^2 = \pm 2sa$.

2. Для брошенного с земли под углом α к горизонту с начальной скоростью V_o 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 $v << c$ 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 $A = A_o/r$.

7. Доказать с помощью принцип 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.