

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 01.03.01_2025_635.plx
01.03.01 Математика
Прикладная математика и программирование

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **7 ЗЕТ**

Часов по учебному плану	252	Виды контроля в семестрах:
в том числе:		экзамены 8
аудиторные занятия	72	зачеты 7
самостоятельная работа	133,2	
часов на контроль	43,6	

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		8 (4.2)		Итого	
Неделя	15 4/6		8 3/6			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП	УП	РП
Лекции	18	18	18	18	36	36
Практические	18	18	18	18	36	36
Консультации (для студента)	0,9	0,9	0,9	0,9	1,8	1,8
Контроль самостоятельной работы при проведении аттестации	0,15	0,15	0,25	0,25	0,4	0,4
Консультации перед экзаменом			1	1	1	1
Итого ауд.	36	36	36	36	72	72
Контактная работа	37,05	37,05	38,15	38,15	75,2	75,2
Сам. работа	26,1	26,1	107,1	107,1	133,2	133,2
Часы на контроль	8,85	8,85	34,75	34,75	43,6	43,6
Итого	72	72	180	180	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
01.03.01 Математика (приказ Минобрнауки России от 10.01.2018 г. № 8)

составлена на основании учебного плана:

01.03.01 Математика

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 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 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 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 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 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
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	Основания геометрии
2.1.3	Уравнения с частными производными
2.1.4	Дифференциальная геометрия и топология
2.1.5	Гиперболические многообразия
2.1.6	Дифференциальные уравнения
2.1.7	Комплексный анализ
2.1.8	Аналитическая геометрия
2.1.9	Элементарная математика
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Производственная практика 4 курса. Будущая профессиональная деятельность.
2.2.2	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
2.2.3	Педагогическая практика
2.2.4	Физика
2.2.5	Преддипломная практика

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	
ИД-1.ОПК-1: Знает основные понятия, определения, свойства математических объектов, формулировки и методы доказательств математических утверждений	
Знает основные понятия, законы и теоремы 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: Владеет навыками применения математического аппарата в других дисциплинах и профессиональной деятельности	
Владеет навыками применения математического аппарата теоретической механики.	

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	См. файл "Раб_прогр_теор_мех_2025_математика.pdf" в приложении или в системе Moodle /Лек/	7	18	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1	0	

1.2	См. файл "Раб_прогр_теор_мех_2025_математика.pdf" в приложении.или в системе Moodle /Ср/	7	26,1	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1	0	
1.3	См. файл "Раб_прогр_теор_мех_2025_математика.pdf" в приложении.или в системе Moodle /Пр/	7	18	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1	0	
1.4	См. файл "Раб_прогр_теор_мех_2025_математика.pdf" в приложении.или в системе Moodle /Лек/	8	18	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1	0	
1.5	См. файл "Раб_прогр_теор_мех_2025_математика.pdf" в приложении.или в системе Moodle /Пр/	8	18	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1	0	
1.6	См. файл "Раб_прогр_теор_мех_2025_математика.pdf" в приложении.или в системе Moodle /Ср/	8	107,1	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1	Л1.1Л2.1	0	
Раздел 2. Консультации							
2.1	Консультация по дисциплине /Конс/	7	0,9	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1		0	
Раздел 3. Промежуточная аттестация (зачёт)							
3.1	Подготовка к зачёту /Зачёт/	7	8,85	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1		0	
3.2	Контактная работа /КСРАтт/	7	0,15	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1		0	
Раздел 4. Промежуточная аттестация (экзамен)							
4.1	Подготовка к экзамену /Экзамен/	8	34,75	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1		0	
4.2	Контроль СР /КСРАтт/	8	0,25	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1		0	
4.3	Контактная работа /КонсЭк/	8	1	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1		0	
Раздел 5. Консультации							

5.1	Консультация по дисциплине /Конс/	8	0,9	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 государственном университете. См. файл "ФОС_теор_механика_2025_математика.pdf" в приложении.

5.2. Оценочные средства для текущего контроля

См. файл "ФОС_теор_механика_2025_математика.pdf" в приложении.

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

См. файл "ФОС_теор_механика_2025_математика.pdf" в приложении.

5.4. Оценочные средства для промежуточной аттестации

См. файл "ФОС_теор_механика_2025_математика.pdf" в приложении.

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 дисциплинах и профессиональной деятельности

1) Частица движется в соответствии с уравнениями $x=5\sin t$, $y=5\cos t$. По какой траектории она движется?

А) Окружность радиусом 5 единиц с центром в начале координат (верно)

Б) Прямая через начало координат под углом 30 градусов с осью X(неверно)

В) Прямая через начало координат под углом 30 градусов с осью Y (неверно)

2) Частица движется в соответствии с уравнениями $x=2t^2$, $y=3t$. Найти величину скорости 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	Google Chrome
6.3.1.5	MS Office
6.3.1.6	MS WINDOWS
6.3.1.7	Яндекс.Браузер
6.3.1.8	Moodle
6.3.1.9	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса СТАНДАРТНЫЙ
6.3.1.10	NVDA
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
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
220 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	Ученическая доска, посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся), рабочее место преподавателя

200 Б1	Компьютерный класс. 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	Рабочее место преподавателя. Посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся). Маркерная ученическая доска, экран, мультимедиапроектор, компьютеры с доступом в Интернет
--------	--	--

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

См. файл "Раб_прогр_теор_мех_2025_математика.pdf" в приложении или в системе Moodle..

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Горно-Алтайский государственный университет» (ГАГУ)

Физико-математический и инженерно-технологический институт

Кафедра математики, физики и информатики

С.П. Михайлов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»

Уровень основной образовательной программы **бакалавриат**
для направления подготовки 01.03.01 "Математика", профиль подготовки
«Прикладная математика и программирование».
2024-2025 учебный год

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки 01.03.01 "Математика " (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации 10 января 2018 г. № 8) и учебного плана по направлению подготовки 01.03.01 "Математика" (профиль «Прикладная математика и программирование»), утвержденного Ученым советом ГАГУ 30.01.2025 г., протокол № 2.

\

Горно-Алтайск
2025

1. Цели и задачи дисциплины

Цели дисциплины «Теоретическая механика».

1. Развитие теоретического мышления.
2. Изучение методов математики, применяемых в теоретической механике.
3. Изучение методов решения задач теоретической механики.

Задачи дисциплины «Теоретическая механика» - показать применение методов математики в физике на примере раздела «Теоретическая механика».

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Теоретическая механика» изучается в 7 и 8 семестрах, завершаясь зачётом в 7 и экзаменом в 8 семестре. Она относится к обязательным дисциплинам блока Б1 (Б1.О.21).

Для освоения дисциплины «Теоретическая механика» обучающиеся используют знания, умения, навыки, способы деятельности и установки, сформированные в ходе изучения физики и математики в школе и вузе. Освоение дисциплины «Теоретическая механика» является одной из основ для будущей профессиональной деятельности.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- готовностью использовать фундаментальные знания в области теоретической механики в будущей профессиональной деятельности (ОПК-1).

При этом индикаторами достижения этой цели являются:

- ИД1 «Знает основные понятия, определения, свойства математических объектов, формулировки и методы доказательств математических утверждений»;
- ИД2 «Умеет доказывать утверждения, решать задачи в области математических наук»;
- ИД3 «Способен консультировать в области фундаментальной математики».

В результате изучения дисциплины студент должен

знать: основные понятия, законы и методы механики;

уметь: объяснить физический смысл основных понятий и законов механики; корректно выполнить цепочку математических доказательств;

владеть: основными навыками применения теоретических знаний на практике при решении типовых задач механики.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

4.1. Объем и виды учебной работы.

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц
Аудиторные занятия (всего)	72/2
В том числе:	
Лекции 7 семестр	18/0,5
Лекции 8 семестр	18/0,5
Практические занятия 7 семестр	18/0,5
Практические занятия 8 семестр	18/0,5
Самостоятельная работа (всего)	180/5
В том числе:	
Подготовка к практическим занятиям 7 семестр	72/2
Подготовка к практическим занятиям 8 семестр	72/2
Подготовка к экзамену	36/1
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	Зачёт, экзамен
Общая трудоемкость	252/7

Общая трудоемкость дисциплины составляет 252 часа (7 зачетных единиц). Из них аудиторных часов 72 (2 зачетных единицы), в том числе 36 часов лекций (1 зачетная единица) и 36 часов практических занятий (1 зачетная единица). На самостоятельную работу 180 часов (5 зачетных единиц), из них на подготовку к экзамену 36 часов (1 зачетная единица). Зачёт в 7 и экзамен в 8 семестре

4.2. Особенности организации учебной работы.

4.2.1 Выполнение практических занятий

Осмысленное решение задач невозможно без знания важнейших понятий, формул, законов и пр. данной темы. Поэтому перед каждым практическим занятием студенты должны переписать в классную тетрадь или на отдельные листы список таких понятий и формул (см. ниже) с расшифровкой каждого понятия, формулировками всех законов, смыслом каждого значка: не просто переписать слова "масса", а дать определение; не просто написать "закон сохранения импульса", а дать его формулировку и математическую запись. Образец оформления первого списка понятий имеется в конце рабочей программы.

Большинство формул и понятий каждого списка будут важнейшими и в масштабах всего курса, т.е. должны быть заучены; при подготовке к практическому занятию, однако, такой цели-максимум можно не ставить, ограничившись свободной ориентировкой в собственных записях. Преподаватель в начале занятия проверяет наличие и качество раскрытия содержания списка у каждого студента, причём **НА ВСЕХ ЗАНЯТИЯХ** без исключения, начиная с первого. Это и понятно: отсутствие списка или формальная его переписка - гарантия неэффективной работы студента на занятии. Одновременно проверяется решение домашних задач, которые должны быть распределены по занятиям и аккуратно пронумерованы с **ПОЛНОЙ ЗАПИСЬЮ УСЛОВИЙ** каждой задачи в отдельную тетрадь для домашних работ. Жалеть время на переписку условий не следует: это не только делает студента независимым от задачников, которых в нужный момент - на контрольной, экзамене - не окажется под рукой, но и помогает в решении задач, заставляя заметить какую-нибудь важную "мелочь" типа отсутствия сил сопротивления или нулевой конечной скорости. Если при всем старании решить домашние задачи не удалось, **ДОЛЖЕН БЫТЬ ПРЕДЪЯВЛЕН ЧЕРНОВИК РЕШЕНИЙ**. Не имеющие без уважительной причины списка понятий и не приступавшие к решению домашних задач получают оценку «неудовлетворительно» и должны будут явиться на вызывную консультацию в часы ИРС (индивидуальной работы преподавателя с отстающими студентами). Разумеется, она открыта и для всех желающих.

Такие консультации проводятся преподавателем регулярно с указанием времени. О **веской** причине предстоящей неявки студент-задолжник обязан заранее предупредить преподавателя: возможно, Вы единственная причина его прихода. Не оговоренная заранее неявка задолжника на такую консультацию влечёт **ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ ДОБАВОЧНОЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ** - задачи (см. ниже домашние задания практических занятий), проработку конспекта и пр. Ясно, что при повторяющихся неявках на вызывные консультации студент ставит себя в очень сложное положение - с каждым новым пропуском долг растёт.

Если занятие было по **ЛЮБЫМ** причинам пропущено, следует, переписав у товарищей классные задачи и **РАЗОБРАВШИСЬ В НИХ**, подготовить список понятий, решить домашние задачи и явиться на ближайшую консультацию, где преподаватель проверит качество работы. Если причина пропуска уважительна, список надо лишь **показать**, а вот если нет - **сдать**, предварительно заучив.

Внимание! Пропуск (по любой причине!) большого числа занятий, а тем более неявка на вызывные консультации означает, что преподавателю придётся затратить на работу с Вами значительное время: просмотреть по каждой теме переписанные классные задачи, проверить или принять списки понятий, проверить решение домашних и дополнительных задач. Если это происходит в середине семестра, то всё может окончиться благополучно - тут уж дело за Вашей добросовестностью и способностями. Но к концу семестра не поможет и добросовестность просто потому, что Вам не хватит времени: в первую очередь на занятиях, кон-

сультациях и пр. преподаватель будет работать со студентами без задолженности или с меньшей задолженностью. Как только закончились занятия, преподаватель **НЕ ОБЯЗАН** с Вами работать; с ним надо договариваться о каждой встрече, что зависит не только от Вашей готовности, но и его желания, мнения о Вас, занятости и пр. **ИЗ-ЗА ПРОПУСКА БОЛЬШОГО ЧИСЛА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ НЕСКОЛЬКО СТУДЕНТОВ ЕЖЕГОДНО ОТЧИСЛЯЮТСЯ ИЗ УНИВЕРСИТЕТА.**

Замечу, что на контрольных работах эффективно можно использовать только **СВОИ** списки понятий, классные и домашние тетради с задачами. Задачи контрольных подбираются однотипными с решавшимися дома и в аудитории, так что некачественной проработкой своих записей или их неполнотой нерадивый накажет сам себя.

ВНИМАНИЕ! Из многолетнего опыта успешного решения учебных задач мною извлечены лишь 3 универсальных истины для тех, кто также хотел бы научиться решать учебные задачи.

а) **ЗНАЙ ТЕОРИЮ И, ГЛАВНОЕ, ФОРМУЛЫ** (или хотя бы знай, где эти формулы найти). Если в задаче идёт речь о токе, напряжении и сопротивлении, а ты не знаешь закона Ома - дело безнадежно, т.к. ты даже не знаешь, где и что искать. Но если и знаешь, нужна оптимальная стратегия решения. Поэтому

б) **РЕШАЙ С КОНЦА.** Это значит: внимательно прочитай условия, сделав их полную физическую запись (не упуская ни одной "мелочи" типа нулевой скорости в конце или начале движения, постоянства ускорения, правильных обозначений для всех величин, записи числовых значений в одной системе и пр.), определи, что надо найти - и с учетом условий задачи **ПОДБЕРИ ФОРМУЛУ, КУДА ВХОДИТ ИСКАМАЯ ВЕЛИЧИНА.** Правильно поставленный вопрос - половина решения. В простых задачах нужна одна формула, в более сложных - ряд связанных. Выбор этих формул - дело творческое, требующее не только знаний, но и опыта. Поэтому

в) **РЕШИ МНОГО ЗАДАЧ.** Если ты в своей жизни решил всего 2 физические или технические учебные задачи, то 3-ю скорее всего не решишь; если 2002, то 2003-ю скорее всего решишь. Лучше решать самому - хорошо запоминается, способствует самоуважению и усвоению теоретического материала; но годится решение преподавателя, товарища, из книжки - лишь бы решение запомнилось. При решении олимпиадных задач очень часто нужно знать какой-то специальный прием, сразу видеть, на какую теорему или закон данна задача.

К сожалению, эти истины непригодны при решении задач научных (не говоря уже о житейских): здесь обычно неизвестно не только как решать, но и что искать, каковы исходные данные, достаточны, неполны они или избыточны...

По итогам практических занятий на экзамен выносятся 2 оценки: за умение решать задачи (по итогам контрольных и решению домашних задач) и за добросовестность (своевременность и качество работы со списками, пропуски занятий и т.д.). **ВНИМАНИЕ!** Практические занятия зачтены, если: а) есть полные списки понятий по всем темам, б) решены все домашние задачи, в) восстановлены все пропущенные занятия и сданы задолженности, г) зачтены все контрольные работы.

4.2.2. Изучение теоретического материала.

Практические умения могут быть получены только на прочной базе знаний, приобретенных при изучении теоретического материала. Но в основе знаний обязательно лежит процесс **ЗАПОМИНАНИЯ, ЗАУЧИВАНИЯ.** Действительно, любая область человеческих знаний - математика, физика, педагогика, медицина - опирается на определённый набор понятий ("производная - это...", "педагогика - это...", "скорость - это..."), фактов и явлений ("Волга впадает в Каспийское море", "одноименные заряды отталкиваются", "первым признаком заболевания дизентерией является..."), законов, теорем и закономерностей ("импульс в замкнутой системе сохраняется", "квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов", "приём аспирина способствует снижению температуры больного"), использует собственные графические и символные средства (чертежи, карты, формулы, схемы); и всё это надо заучить, запомнить, узнать желающему изучить данную науку. Не надо путать зубрёжку и заучива-

ние: в первом случае смысл запоминаемого неизвестен, как в детской считалке "Эне, бене, раба...", так что заучивание теоремы Пифагора не будет зубрёжкой, если осмыслены и заучены понятия "прямоугольный треугольник", "катет", "гипотенуза", "квадрат", "сумма". Вопрос о понимании, осмысливании материала достаточно сложен, чтобы на нём здесь останавливаться; важно, что проработка, осмысливание, понимание нового опирается на уже заученное, усвоенное знание. Не изучавшему английский язык фраза "Ай спик рашн" так же непонятна, как не изучавшему механику - "Абсолютная скорость равна сумме переносной и относительной скоростей". Очень часто студент заявляет, что он со школы **НЕ ПОНИМАЕТ** физику, а на деле оказывается, что он её **НЕ ЗНАЕТ**; не помнит (или помнит примерно), что такое масса, скорость, ускорение; не заучил, какими буквами обозначаются эти величины и как эти буквы пишутся и читаются. В формуле $F = ma$ не требуется что-то **ПОНИМАТЬ**; надо **ЗНАТЬ**, что это второй закон Ньютона (а преподавателю помнить, что правильное ударение - на первом слоге, а не последнем); что F читается как "эф" и обозначает в данной формуле силу (в других формулах эта же буква может обозначать уже постоянную Фарадея, лучистый поток, свободную энергию системы и т.д. - букв в физике давно не хватает, в ходу русский, латинский, греческий алфавиты - до иероглифов еще дело не дошло, а вот всякие штрихи, звездочки, индексы при буквах используются); что сила - это...; что измеряется сила в ньютонах, которые можно сокращенно обозначать буквой N , а $1\ N$ - это... И если в данный момент студент **НЕ ПОМНИТ**, что такое масса или в чём измеряется ускорение, то причём здесь понимание? **ФИЗИКУ НАДО УЧИТЬ НАИЗУСТЬ**, как иностранный язык: по десять понятий, формул, обозначений каждый день, по несколько раз, пока не запомнишь - и через год-два **РЕГУЛЯРНЫХ ЗАНЯТИЙ** заговоришь. **УЧЕБА ПО НАСТОЯЩЕМУ - ЭТО ТЯЖЁЛЫЙ ТРУД**, и ничего не добьются те, кто мечтает "понимать" физику без ежедневного труда по её **ИЗУЧЕНИЮ**. Корень учения горек, но плоды его (пока хотя бы в виде заслуженной пятерки на экзамене) сладки.

"Но это сколько же надо заучивать, у нас не одна механика!" - скажут иные студенты. Доля истины здесь есть (если забыть, что большинство базовых понятий, законов, формул в курсе механики вуза изучалось всеми без исключения в школе), поэтому в вузах и существуют преподаватели: они в соответствии с программами отбирают материал и организуют изучение, выделяя важнейшее, помогая и контролируя. Опытный преподаватель знает, что **ВАЖНЕЙШИХ** понятий, формул, явлений, законов, опытов, схем, графиков, констант за семестр сообщается студентам сотни две-три, и заучить их по силам даже тому, кто ничего не помнит (невероятный случай!) со школы - было бы желание. Рецепт прост: запиши это важнейшее несколько раз (моторная память самая прочная - кто научился ездить на велосипеде, ездит всю жизнь); проговори вслух и послушай товарища (используй слуховую память), подчеркни красной пастой, обведи рамочкой и внимательно рассмотри (зрительная память самая ёмкая - говорят же, что лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать). Для облегчения студенческого труда всё важнейшее, что требует заучивания наизусть, собрано в разделе «Важнейшие понятия» данного учебно-методического комплекса.

В курсе теоретической механики изучение теоретического материала и контроль его усвоения на экзамене строится на базе студенческих конспектов лекций. От студента требуется **ПОДГОТОВИТЬСЯ К ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПРИ ОТВЕТЕ**: разобраться в математических выкладках, заучить важнейшие понятия и формулы, написать планы ответов на экзаменационные вопросы (дайджесты) на отдельных листках. В дайджесте важнейшие понятия, формулы, явления и пр., которые следует заучить наизусть, лишь упоминаются, а вот весь вспомогательный материал (математические выкладки, схемы, рисунки) приводится полностью. Подготовка означает не только заучивание всего, что надо заучить, но и готовность раскрыть математические связи в промежуточных выкладках, указать смысл каждого значка, буквы, рисунка, верно назвать все буквы и т.д. Составление и проработка планов ответа не только готовят студента к будущей профессиональной деятельности, но и разгружают его память за счёт вспомогательного материала, промежуточных математических выкладок и пр., концентрируя внимание на основном. Ясно, что неполный или некачественно прорабо-

танный план ответа гарантирует снижение оценки. Качество подготовки, т.е. умение правильно говорить на **ФИЗИЧЕСКОМ ЯЗЫКЕ**, и будет проверяться на экзамене.

Итак, при изучении теоретического материала действуй так.

а) Серьёзно настройся на **ЗАУЧИВАНИЕ** важнейшего материала, выделенного в разделе «Важнейшие понятия». Используй все виды памяти, не забывая главного: повторение - мать учения, а регулярную работу (по 10 понятий и формул **КАЖДЫЙ** день) не заменит никакой штурм перед экзаменом.

б) Учись говорить на **ПРАВИЛЬНОМ** физическом языке. Заучи, какими буквами обозначаются физические величины в курсе, как эти буквы пишутся и читаются. Правильно произноси фамилии ученых. Не забывай единицы всех величин, значения ряда констант.

в) Учись **ГОВОРИТЬ** на физическом и математическом языке, излагать материал. Внимательно слушай речь преподавателей, стараясь не пропустить ни единого занятия; слушай ответы товарищей и запоминай их ошибки - но самое главное, используй любую возможность потренироваться в изложении материала на ИРС, консультации, практическом занятии, на коллоквиуме, для соседа по общежитию и т.д. и т.п.

г) Работай **РЕГУЛЯРНО**. Перед новой лекцией просмотри материал предыдущей; сразу выясни все непонятное на консультации, в учебнике или у товарищей. Не оставляй подготовку планов ответа на потом: одного дня перед экзаменом всегда не хватает, а проработка некоторых тем требует библиотеки.

4.2.3. Отработка практических умений.

Физик и математик, в отличие от историка, должен не только знать теоретический материал, но и владеть навыками применения знаний на практике. Поэтому на экзамене контролироваться будут как теоретические знания, так и практические умения - набор заданий качественного плана, иногда вместе с простым расчётом, по темам курса, которые традиционно вызывают затруднения у студентов. Их проработка будет осуществляться на лекциях и практических занятиях, а также самостоятельно. Перечень практических умений приведён ниже; если задание сформулировано однозначно или требует использования справочника, то свои предварительные записи к таким заданиям студент может принести на экзамен.

4.2.4. Порядок сдачи зачёта в 7 семестре.

Зачёт-автомат получают студенты, не имеющие задолженностей по всем видам занятий: лекциям, практическим занятиям и контрольным работам. Если задолженность невелика (не сдан 1 список понятий, не показано 1 домашнее задание и пр.), то можно договориться ликвидировать её на консультации перед зачётом или даже во время зачёта.

4.2.5. Порядок сдачи экзамена в 8 семестре.

Экзамен включает 2 части: собеседование по теоретическому материалу и проверку практических умений. При их подготовке студент может использовать **ЛЮБЫЕ** источники информации, но к экзаменатору для собеседования подходит с планом ответа (дайджестом) без раскрытия важнейших понятий. Всё, что требовалось заучить, должно быть в памяти, а не на бумаге. **А вот подсказки категорически запрещены!**

Если у студента не сдан зачёт в 7 семестре, имеются задолженности по текущим занятиям, не сданы контрольные работы - он не выполнил учебный план и на экзамен не допускается. Если задолженность невелика (не сдан 1 список понятий, не показано 1 домашнее задание и пр.), то можно договориться ликвидировать её на консультации перед экзаменом или даже в начале экзамена, пока готовятся первые студенты. Но этого времени очень мало...

Затем студент получает билет, содержащий теоретический вопрос и практическое умение и готовит план ответа. Первая, теоретическая часть ответа должна строиться в форме изложения плана ответа, беседы, а не чтения текста.

На экзамене проверяются: полнота раскрытия теоретического вопроса и свобода владения основными физическими понятиями; качество владения практическими умениями и навыками. Экзамен не сдан, если любая из двух оценок неудовлетворительна. Кроме того, итоговая оценка в зачётке учитывает оценки по итогам работы в семестре. Второй билет даваться, как правило, не будет.

5. Содержание дисциплины

5.1 Программа дисциплины.

Раздел 0. Особенности физики как науки

Физика как наука в сравнении с историей и математикой. Фундаментальные понятия. Методы физического исследования: наблюдение, опыт, эксперимент, гипотеза, теория. Роль теории. Отличие подходов математики и физики. 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

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.

Кинематика. Траектория. Уравнения движения, перемещение, скорость и ускорение частицы в координатной и векторной форме; связь этих форм. Частные случаи движения частицы. Движение брошенного тела.

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.

Относительность движения. Абсолютное, переносное, относительное движение. Теорема сложения скоростей и ускорений.

Раздел 2. Основные понятия и законы динамики.

Динамика. Инертная и гравитационная масса. Принцип эквивалентности масс. Импульс частицы. Сила. Три закона Ньютона. Принцип суперпозиции и равнодействующая сил. Инерциальная ИСО и неинерциальная НСО система отсчёта. Принцип относительности Галилея; преобразования Галилея. Две задачи и принцип причинности классической механики. Интегралы движения. Силы в механике и фундаментальные взаимодействия: силы гравитации, упругости и трения. Момент силы (вращающий момент). 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

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. Примеры применения закона и теорем.

Момент импульса частицы и МС. Момент импульса в центрально-симметрическом поле. 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.

Механическая работа и кинетическая энергия. Мощность. Кинетическая энергия частицы, МС и ТТ; теорема Кёнига. Теорема об изменении кинетической энергии частицы, МС и ТТ. 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. 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.

Раздел 4. Основы аналитической механики (механики связанных МС)

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. Принцип наименьшего действия. Две схемы построения механики.

Раздел 5. Механические колебания и волны.

Основные понятия теории колебаний. Механические колебания. Свободные колебания линейного гармонического осциллятора в отсутствие трения. Энергия колебания. Вынужденные колебания линейного гармонического осциллятора в отсутствие трения. Резонанс. Свободные и вынужденные колебания с учётом вязкого трения при малых колебаниях.

Волна. Механическая волна. Энергия волны; плотность потока энергии (вектор Умова) и импульса. Уравнения плоской и сферической волн. Элементы акустики. Затухание волн; закон Бугера. Дисперсия волн. Интерференция волн; когерентные источники, максимумы и минимумы интерференционной картины. Дифракция волн; принцип Гюйгенса.

Раздел 6. Элементы релятивистской механики

Частный принцип относительности. Преобразования Лоренца, их кинематические следствия. Интервал. Четырёхмерные скорость и ускорение. Релятивистская динамика. Импульс и энергия частицы.

Принцип эквивалентности систем отсчёта. Основные идеи общей теории относительности.

5.2. Примерная тематика лекций (18 лекций)

5.2.1. 7 семестр (9 лекций)

Раздел 0. Особенности физики как науки

Лекция 1. Физика как наука в сравнении с историей и математикой. Фундаментальные понятия. Методы физического исследования: наблюдение, опыт, эксперимент, гипотеза, теория. Роль теории. Отличие подходов математики и физики. 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

Механика. Классическая и квантовая механики. Нерелятивистская (классическая) и релятивистская механики. Механика Ньютона. Свойства пространства и времени в ней.

Лекция 2. Основные модели 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. Естественная форма описания положения. Кинематика. Траектория. Уравнения движения, перемещение, скорость и ускорение частицы в координатной, векторной и естественной форме; связь этих форм. Частные случаи движения частицы.

Лекция 3. Движение брошенного тела. 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.

Лекция 4. Относительность движения. Абсолютное, переносное, относительное движение. Теоремы сложения скоростей и ускорений.

Раздел 2. Основные понятия и законы динамики.

Лекция 5. 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 6. Силы в механике и фундаментальные взаимодействия: силы гравитации, упругости и трения. Момент силы (вращающий момент). 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

Лекция 7. Теорема об изменении импульса частицы. Импульс МС. Теорема об изменении импульса МС. Центр масс МС и теорема о его движении. Закон сохранения импульса МС.

Момент импульса частицы и МС. Теорема об изменении момента импульса МС и закон его сохранения. Момент инерции и момент импульса ТТ. Основной закон динамики для ТТ, вращающегося вокруг неподвижной оси.

Лекция 8. Механическая работа и кинетическая энергия. Мощность. Кинетическая энергия частицы, МС и ТТ; теорема Кёнига. Теорема об изменении кинетической энергии частицы, МС и ТТ.

Лекция 9. Потенциальная энергия; консервативные и диссипативные силы. Потенциальная энергия упругого и гравитационного взаимодействий. Консервативная МС. Полная механическая энергия (ПМЭ). Теорема об изменении и закон сохранения ПМЭ; связь закона сохранения с однородностью времени. Энергия; закон сохранения энергии.

5.2.2. 8 семестр (9 лекций)

Лекция 10. Закон сохранения импульса МС, его связь с однородностью пространства и 3-м законом Ньютона. Связь закона сохранения момента импульса с изотропностью пространства и 3-м законом Ньютона. Закон сохранения ПМЭ; связь его с однородностью времени.

Лекция 11. 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.

Раздел 4. Основы аналитической механики (механики связанных МС)

Лекция 12. 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 13. 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 14. Основные понятия теории колебаний. Механические колебания. Свободные колебания линейного гармонического осциллятора в отсутствие трения. Вынужденные колебания линейного гармонического осциллятора в отсутствие трения. Резонанс.

Лекция 15. Свободные и вынужденные колебания с учётом вязкого трения при малых колебаниях.

Лекция 16. Волна. Механическая волна. Энергия волны; плотность потока энергии (вектор Умова) и импульса. Уравнения плоской и сферической волн.

Лекция 17. 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.

5.3. Тематика практических занятий (15 тем по 2 часа + 6 часов контрольных работ) и задания для самостоятельной работы к ним.

5.3.1. 7 семестр (7 тем по 2 часа + 4 часа контрольных работ))

Раздел 1. Основные понятия механики. Кинематика частицы и твёрдого тела

Каждая тема занимает 2 аудиторных часа и требует 10 часов самостоятельной работы на подготовку (письменное раскрытие в тетради) списков понятий, используемых на занятии, и

письменное решение домашнего задания. Перед каждой из 3 контрольных работ следует в течение 8 часов самостоятельной работы проработать списки понятий, решение аудиторных и домашних заданий по всем темам контрольной работы.

Для задолжников по практическим занятиям (спискам понятий или решению домашних заданий) будут предлагаться для самостоятельного решения обязательные добавочные задачи, указанные в конце каждого домашнего задания.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ЗАДАЧНИКИ

М. - Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. Издание 36-е, стереотипное. М., "Наука", 1986. И. – Иродов И.Е. Задачи по общей физике [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. Е. Иродов. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.

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.

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

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.

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 . Период T , частота ν , циклическая (круговая) частота ω и скорость вращения. Их единицы и связь. Формула Эйлера; правило буравчика для векторного произведения. Таблица формул кинематики поступательного и вращательного движений ТТ.

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: $v = 150$ м/с, $w_n = 11250$ м/с², $w_t = 10$ м/с².



Рис.1.

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 угловую 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/с².

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, $\cos(\vec{x} \wedge \vec{i}) = -2/(5)^{1/2}$,

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

Добавочные задачи.

1. (М.13.2). При запуске паровой 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.

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

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

ся 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:* $v = v_0/\operatorname{tg}40^\circ = 23,8$ м/с.

3. (М.23.28). Прямоугольник ABCD (длина сторон $DA = CB = a$ см) вращается вокруг стороны CD с постоянной угловой скоростью $\omega = \pi/2$ с⁻¹. Вдоль стороны AB движется точка М по закону $s = a\sin(\pi t/2)$. Найти величину абсолютного ускорения w_0 точки М в момент $t = 1$ с. *Ответ:* $w = a\pi^2(2)^{1/2}/4$ см/с².

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:* $w_0 = 8,24$ м/с², 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/с²; 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 ОА, вращающейся в плоскости ХУ вокруг начала координат О против часовой стрелки с постоянной угловой скоростью ω , движется точка М. Точка М совпадала с точкой О, когда полупрямая ОА совпадала с осью Х. 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

Динамика. Инертность тел. Инертная и гравитационная масса. Принцип эквивалентности масс. Импульс частицы. Сила. Три закона Ньютона. Принцип суперпозиции и равнодействующая сил. Инерциальная (ИСО) и неинерциальная (НСО) 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.

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/с².

Ответ: 0,2 м/с².

Контрольная работа № 1 (2 часа). Темы: Кинематика частицы и твёрдого тела. Основной закон механики. Две задачи динамики

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

Тема 5. Теорема об изменении импульса частицы и механической системы (МС). Теорема о движении центра масс и закон сохранения импульса МС.

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.

Домашнее задание 5

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, пробегаая 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 6. 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.

Домашнее задание 6

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 7. Смешанные задачи на энергию и импульс

Повторить списки понятий к занятиям 5 и 6.

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_0 . В какой точке камень покинет купол? При какой скорости v_{max} 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; $v_{\text{max}} > (gR)^{1/2}$.

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 $N < 0$.

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

5.3.2. 8 семестр (4 темы по 4 часа + 2 часа контрольных работ))

Тема 8. 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

Таблицы формул динамики поступательного и вращательного (вокруг неподвижной оси) движений системы частиц и АТТ.

Домашнее задание 8

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 $1125 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ 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 $0,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Какой станет скорость вращения, если человек прижал руки к туловищу и уменьшил момент инерции системы до $0,12 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$? *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 связанных МС)

Тема 9. 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.

Домашнее задание 9

1. (М.39.19). Однородный цилиндр A массой m обмотан посере

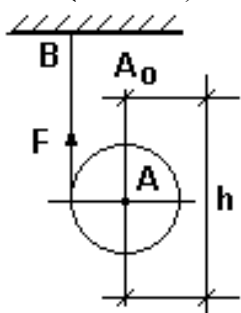


Рис.2.

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

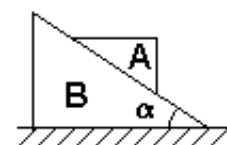


Рис.3.

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

Раздел 5. Механические колебания и волны.

Тема 10. 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.

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 $x_0 = 25$ 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, 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: $a = (mg/k)[1 + (2hk/mg)]^{1/2}$, $E = mgh + m^2 g^2 / 2k$.

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 11. 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.

Домашнее задание 11

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 неподвижной К-системе, где время её жизни растёт до $\Delta t = 20$ 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) 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_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 К-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 К-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 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 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 $\beta = v/c$.

Контрольная работа № 3 (2 часа). Темы: уравнения Лагранжа; свободные и вынужденные малые колебания; элементы релятивистской кинематики и динамики.

5.4. ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ПОНЯТИЙ.

(КРУПНЫМ ШРИФТОМ выделены понятия и формулы для заучивания, а **жирным наклонным шрифтом** - векторы)

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

МЕХАНИКА - раздел физики, изучающий механическое движение, т.е. перемещение тел в пространстве с течением времени. МАТЕРИАЛЬНАЯ ТОЧКА (ЧАСТИЦА) - массивное тело, размерами которого в данной задаче можно пренебречь. ТВЁРДОЕ ТЕЛО (ТТ) - тело, расстояние между любыми двумя точками которого остаётся неизменным при любых воздействиях на тело (размеры и форма которого неизменны при любых воздействиях на тело). СИСТЕМА ОТСЧЁТА включает произвольно выбранное тело отсчёта, связанную с ним систему координат и часы. КИНЕМАТИКА - раздел механики, описывающий движение само по себе, не изучая его причины. ТРАЕКТОРИЯ - кривая, которую частица описывает в пространстве. ДВИЖЕНИЯ: ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ - движение частицы по прямой; КРУГОВОЕ - по окружности; ПЛОСКОЕ - по плоской кривой; КРИВОЛИНЕЙНОЕ - по произвольной кривой. ТРИ СПОСОБА ОПИСАНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ В ПРОСТРАНСТВЕ - векторный, координатный и естественный. ВЕКТОРНЫЙ - положение задаёт радиус-вектор $\mathbf{r}$, проведённый из начала системы отсчёта в текущее положение частицы; КООРДИНАТНЫЙ - положение частицы в системе отсчёта задают декартовы, например, координаты X , Y и Z ; ЕСТЕСТВЕННЫЙ - используется для фиксированной траектории; положение задаёт расстояние s от какой-то условной начальной точки O траектории до текущего положения частицы, причём должно быть указано и направление положительного отсчёта s .

УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ: В ВЕКТОРНОЙ ФОРМЕ $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$; В КООРДИНАТНОЙ ФОРМЕ (В ДЕКАРТОВЫХ КООРДИНАТАХ) $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$; В ЕСТЕСТВЕННОЙ ФОРМЕ $s = s(t)$.

ВЕКТОРА: ПЕРЕМЕЩЕНИЯ $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$, где $\mathbf{r}_2$ - конечное, а $\mathbf{r}_1$ - начальное положение частицы; МГНОВЕННОЙ СКОРОСТИ (СКОРОСТИ) $\mathbf{V} = d\mathbf{r}/dt$, где dt - бесконечно малый отрезок (интервал) времени, а $d\mathbf{r}$ - перемещение за это время; УСКОРЕНИЯ $\mathbf{w} = d\mathbf{V}/dt = d^2\mathbf{r}/dt^2$. В КООРДИНАТНОЙ ФОРМЕ: ПЕРЕМЕЩЕНИЕ $\Delta x = x_2 - x_1$, $\Delta y = y_2 - y_1$, $\Delta z = z_2 - z_1$; СКОРОСТЬ $V_x = dx/dt$, $V_y = dy/dt$, $V_z = dz/dt$; УСКОРЕНИЕ $W_x = dV_x/dt$, $W_y = dV_y/dt$, $W_z = dV_z/dt$. МОДУЛЬ И НАПРАВЛЕНИЕ: ВЕКТОР ПЕРЕМЕЩЕНИЯ направлен из начального (точка 1) в конечное (точка 2) положение частицы, а по модулю равен длине этого отрезка); ПО МОДУЛЮ СКОРОСТЬ $V = |\mathbf{V}| = |d\mathbf{r}/dt|$ и НАПРАВЛЕНА по касательной к траектории, вдоль вектора $d\mathbf{r}$; ВЕЛИЧИНА ВЕКТОРА УСКОРЕНИЯ $W = |d\mathbf{V}/dt| = |d^2\mathbf{r}/dt^2|$; НАПРАВЛЕНИЕ относительно траектории произвольно (но всегда в сторону вогнутости траектории - см. ниже полное ускорение). СМЫСЛ: ПЕРЕМЕЩЕНИЕ показывает, куда и на сколько переместилась частица; СКОРОСТЬ - перемещение за единицу времени (при условии, что скорость не менялась всё это время); УСКОРЕНИЕ - изменение вектора скорости за единицу времени (при условии, что ускорение не менялось всё это время). СВЯЗЬ ВЕКТОРНОЙ И КООРДИНАТНОЙ ФОРМ: а) вектор перемещения $\Delta \mathbf{r} = \Delta x \cdot \mathbf{i} + \Delta y \cdot \mathbf{j} + \Delta z \cdot \mathbf{k}$; по модулю $|\Delta \mathbf{r}| \equiv \Delta r = (\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2)^{1/2}$; направление задаём через направляющие косинусы - $\cos(\Delta \mathbf{r} \wedge \mathbf{i}) = \Delta x / \Delta r$, $\cos(\Delta \mathbf{r} \wedge \mathbf{j}) = \Delta y / \Delta r$, $\cos(\Delta \mathbf{r} \wedge \mathbf{k}) = \Delta z / \Delta r$. б) Вектор скорости $\mathbf{V} = V_x \cdot \mathbf{i} + V_y \cdot \mathbf{j} + V_z \cdot \mathbf{k}$; по модулю $|\mathbf{V}| \equiv V = (V_x^2 + V_y^2 + V_z^2)^{1/2}$; $\cos(\mathbf{V} \wedge \mathbf{i}) = V_x / V$, $\cos(\mathbf{V} \wedge \mathbf{j}) = V_y / V$, $\cos(\mathbf{V} \wedge \mathbf{k}) = V_z / V$. в) Вектор уско-

рения $\mathbf{w} = w_x \cdot \mathbf{i} + w_y \cdot \mathbf{j} + w_z \cdot \mathbf{k}$, по модулю $|\mathbf{w}| \equiv w = (w_x^2 + w_y^2 + w_z^2)^{1/2}$; $\cos(\mathbf{w} \wedge \mathbf{i}) = w_x/w$, $\cos(\mathbf{w} \wedge \mathbf{j}) = w_y/w$, $\cos(\mathbf{w} \wedge \mathbf{k}) = w_z/w$.

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ В ЕСТЕСТВЕННОЙ ФОРМЕ: $\Delta s = s_2 - s_1$, где s_2 конечное, а s_1 - начальное положение частицы на траектории. **СКОРОСТЬ В ЕСТЕСТВЕННОЙ ФОРМЕ** $\mathbf{V} = (ds/dt) \cdot \mathbf{t}^\circ = V_t \mathbf{t}^\circ$, где **ВЕКТОР** $\mathbf{t}^\circ$ - единичный касательный к траектории вектор, направленный в сторону положительного отсчёта s (единичная тангента); V_t - проекция вектора скорости на направление единичной тангенты. **НАПРАВЛЕНИЕ ВЕКТОРА СКОРОСТИ** - по касательной к траектории в сторону движения.

УСКОРЕНИЕ В ЕСТЕСТВЕННОЙ ФОРМЕ $\mathbf{w} = d\mathbf{V}/dt = (dV_t/dt) \cdot \mathbf{t}^\circ + (V^2/R) \cdot \mathbf{n}^\circ = (d^2s/dt^2) \cdot \mathbf{t}^\circ + (V^2/R) \cdot \mathbf{n}^\circ = \mathbf{w}_t + \mathbf{w}_n$, где **ВЕКТОР** $\mathbf{n}^\circ$ - единичный вектор внутренней (в сторону центра кривизны траектории в данной точке) нормали, а R - **РАДИУС КРИВИЗНЫ ТРАЕКТОРИИ В ДАННОЙ ТОЧКЕ**.

НОРМАЛЬНАЯ $\mathbf{w}_n = (V^2/R) \cdot \mathbf{n}^\circ$ И **ТАНГЕНЦИАЛЬНАЯ** $\mathbf{w}_t = (dV_t/dt) \cdot \mathbf{t}^\circ = (d^2s/dt^2) \cdot \mathbf{t}^\circ$ **СОСТАВЛЯЮЩИЕ ВЕКТОРА УСКОРЕНИЯ**. ИХ СМЫСЛ: тангенциальное ускорение показывает изменение величины, а нормальное - изменение направления вектора скорости за единицу времени. **НАПРАВЛЕНИЕ:** тангенциальное ускорение направлено по касательной к траектории (в сторону движения при росте модуля скорости и противоположно - при уменьшении модуля скорости); нормальное - нормально к траектории в сторону центра её кривизны. (в сторону вогнутости). **ПОЛНОЕ УСКОРЕНИЕ** $\mathbf{w} = \mathbf{w}_t + \mathbf{w}_n$; **НАПРАВЛЁНО** в сторону вогнутости траектории, причём $\cos(\mathbf{w} \wedge \mathbf{w}_n) = w_n/w$; **ПО МОДУЛЮ** $w = (w_t^2 + w_n^2)^{1/2}$. **РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ** - движение с постоянной по величине скоростью; **РАВНОПЕРЕМЕННОЕ** - движение с постоянным по величине тангенциальным ускорением $w_t = \text{const} = a$, причём движение **РАВНОУСКОРЕННОЕ** при росте модуля скорости и **РАВНОЗАМЕДЛЕННОЕ** при его уменьшении; **ПРОИЗВОЛЬНОЕ** - движение с произвольно меняющимся по величине и направлению ускорением.

НАЧАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ – положение и скорость частицы в начальный момент времени.

СКОРОСТЬ И ПУТЬ ПРИ РАВНОМЕРНОМ ДВИЖЕНИИ ПО ТРАЕКТОРИИ В ОДНУ СТОРОНУ: $\mathbf{v} = \mathbf{v}_0 = \text{const}$; $\mathbf{S} = \mathbf{S}_0 + \mathbf{v}_0 \cdot \mathbf{t}$.

СКОРОСТЬ ПРИ РАВНОПЕРЕМЕННОМ ДВИЖЕНИИ ПО ТРАЕКТОРИИ В ОДНУ СТОРОНУ: $\mathbf{v} = \mathbf{v}_0 \pm \mathbf{a} \cdot \mathbf{t}$, где знак «+» отвечает равноускоренному, а «-» – равнозамедленному движению. **ПУТЬ ПРИ РАВНОПЕРЕМЕННОМ ДВИЖЕНИИ ПО ТРАЕКТОРИИ В ОДНУ СТОРОНУ:** $\mathbf{S} = \mathbf{S}_0 + \mathbf{v}_0 \cdot \mathbf{t} \pm \mathbf{a} \cdot \mathbf{t}^2/2$, **СВЯЗЬ ПУТИ И СКОРОСТЕЙ ПРИ РАВНОПЕРЕМЕННОМ ДВИЖЕНИИ ПО ТРАЕКТОРИИ В ОДНУ СТОРОНУ:**

$$v^2 - v_0^2 = \pm 2 \cdot \mathbf{a} \cdot \mathbf{S}.$$

ПОСТУПАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТВЁРДОГО ТЕЛА - движение, при котором любой отрезок в теле движется параллельно самому себе (т.е. скорости и ускорения всех точек ТТ в любой момент времени одинаковы).

5.5. Основные понятия и формулы теоретической механики.

Физика. Опыт, эксперимент, гипотеза, теория. Механика. Макротело. Классическая механика. Система отсчёта. Свойства пространства и времени в классической механике. Материальная точка (частица). Механическая система (МС). Твёрдое тело (ТТ). Непрерывная среда.

Кинематика. Уравнения движения, перемещение, мгновенная и средняя скорость, ускорение в координатной, векторной и естественной формах. Траектория; её виды. Равномерное и равнопеременное движения. Тангенциальное, нормальное и полное ускорения; их смысл. Угловые кинематические параметры. Формула Эйлера; правило буравчика для векторного произведения. Таблица формул кинематики.

Абсолютное, переносное, относительное движения. Теоремы сложения скоростей и ускорений. Переносная скорость; переносное и кориолисово ускорения.

Динамика. Инерциальные ИСО и неинерциальные НСО системы отсчёта. Принцип относительности Галилея. Импульс частицы. Сила. Три силы классической механики. Закон все-

мирного тяготения. Закон Гука. Законы сухого и вязкого трения. Сила тяжести. Вес. Инертная и гравитационная массы. Три закона Ньютона. Две задачи механики. Начальные условия. Принцип причинности классической механики.

Основной закон механики для НСО. Переносная и кориолисова сила инерции.

Теоремы об изменении импульса частицы в дифференциальной и интегральной формах. Импульс силы. Работа силы. Потенциальная, кинетическая и полная механическая энергии (ПМЭ). Консервативные силы. Второй закон Ньютона для консервативных сил. Консервативные МС. Замкнутые МС. Закон сохранения ПМЭ. Теоремы об изменении кинетической энергии и ПМЭ для МС. Импульс МС. Закон сохранения импульса МС. Главный вектор внешних сил. Теорема об изменении импульса МС. Центр масс МС; теорема о его движении.

Момент импульса частицы и МС. Закон сохранения момента импульса МС. Момент силы. Плечо силы. Главный момент внешних сил. Теорема об изменении момента импульса МС. Момент инерции частицы и нескольких частиц. Момент инерции АТТ, его смысл. Момент импульса АТТ. Основной закон динамики вращения АТТ вокруг неподвижной оси. Таблица формул динамики.

Задача 2-х тел. Потенциальная яма, потенциальный барьер. Финитное и инфинитное движение. Задача Кеплера. 1-я и 2-я космические скорости. Геостационарный спутник.

Связная и свободная МС. Число степеней свободы. Условие и виды равновесия МС. Функции Лагранжа и Гамильтона. Интеграл действия. Принцип наименьшего действия.

Колебание. Периодическое колебание; период, частота. Связь частоты, круговой частоты и периода. Свободное колебание. Уравнение гармонического колебания, его характеристики. Коэффициенты сопротивления и затухания; декремент затухания; логарифмический декремент затухания; добротность. Вынужденные колебания. Резонанс.

Волна. Волновой фронт; его виды. Уравнение плоской бегущей гармонической волны в неограниченной идеальной упругой среде. Фазовая скорость; длина волны; волновой вектор. Продольные и поперечные волны. Стоячая волна. Узел, пучность. Объемная плотность энергии волны. Плотность потока энергии волны (вектор Умова).

Постулаты Эйнштейна. Принцип относительности в СТО. Интервал. Преобразования Лоренца. Преобразования длин и временных промежутков. Теорема сложения скоростей СТО.

Четырёхмерные скорость и ускорение. Релятивистские импульс и энергия частицы. Зависимость массы от скорости. Принцип эквивалентности (систем отсчёта). Основные идеи общей теории относительности.

5.6. Матрица соответствия компетенций и разделов дисциплины

Разделы	Всего часов	ОПК-1	Сумма компетенций
0	4	+	1
1.	36	+	1
2.	40	+	1
3.	52	+	1
4.	32	+	1
5.	28	+	1
6.	24	+	1
Экзамен	36		
Итого часов	252		

6. Рекомендуемая литература

6.1. Основная литература

1. Михайлов, Сергей Петрович. Теоретическая механика [Текст]: С. П. Михайлов, В.А. Кыров – Горно-Алтайск, РИО ГАГУ. Учебное пособие для вузов, 2017 - 379 с.

6.2. Дополнительная литература

1. **Ландау, Лев Давидович.** Теоретическая физика [Текст]: в 10 томах / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; ред. Л. П. Питаевский. - 5-е изд., стереотип. - Москва: Физматлит, 2004. **Т. 1:** Механика: учебное пособие для вузов. - 2004. - 224 с.

2. Савельев, Игорь Владимирович. Теоретическая физика [Текст]: в 2 томах/И.В. Савельев, 4-е изд., стереотип. - Москва: Кнорус, 2016. Т.1. Теоретическая механика. Электродинамика. Учебное пособие для вузов – 216 с..

Электронные ресурсы.

1. Михайлов С.П. Рабочая программа дисциплины «Теоретическая механика» [Электронный ресурс] /С.П. Михайлов, 2020. - 33 с. Режимы доступа: система Moodle.

7. Материально-техническое обеспечение учебного процесса.

Для лекций используется лекционная аудитория с мультимедийным проектором, экраном, доской и мелом. Для практических занятий нужна аудитория с доской и мелом. Нужны также фонды библиотеки и точки доступа в Интернет.

8. Образовательные технологии

1. Все лекции являются активными (проблемными): для каждой подобраны примеры применения изучаемых физических величин и формул, требующие участия студентов в диалоге с преподавателем и тренирующие отработку практических умений.

2. Перед практическими занятиями, по авторской технологии, студенты готовят приведённые в рабочей программе списки понятий и формул, которые будут применяться.

3. На экзамен выносится проверка не только теоретических знаний, но и практических умений. Отработка этих умений выполняется при рассмотрении примеров на лекциях и в ходе практических занятий при решении задач.

9. Вопросы и задания к экзамену.

Экзамен включает теоретический вопрос и практическое задание. При ответе на теоретический вопрос студент должен показать знание основных понятий, принципов и законов курса теоретической механики. При выполнении практического задания студент должен показать умение решать типовые учебные задачи программы по механике, грамотно использовать физическую лексику и понятийный аппарат.

9.1. Теоретические вопросы.

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

3. Описание движения в естественной форме. Равномерное, равнопеременное и произвольное движения.

4. Движение брошенного тела.

5. Описание поступательного движения и вращения ТТ вокруг неподвижной оси. Формулы кинематики вращения ТТ вокруг неподвижной оси. Таблица формул кинематики.

6. Вращение ТТ вокруг неподвижной точки. Углы и кинематические уравнения Эйлера Формула Эйлера. Произвольное движение ТТ.

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

8. Теорема сложения ускорений

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

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

11. Силы всемирного тяготения и тяжести. Вес.

12. Силы упругости и силы трения в механике. Угол трения.

13. Уравнения движения частицы в НСО. Силы инерции.

14. Теорема об изменении импульса частицы. Система частиц (механическая система МС). Импульс МС. Теорема об изменении импульса МС.

15. Центр масс МС. Теорема о движении центра масс. Закон сохранения импульса; его связь с однородностью пространства и 3-м законом Ньютона.

16. Момент силы (вращающий момент). Основной закон динамики вращения ТТ вокруг неподвижной оси. Момент инерции ТТ.

17. Вычисление момента инерции. Теорема Штейнера. Момент импульса ТТ. Теорема об изменении и закон сохранения момента импульса ТТ.

18. Механическая работа и мощность. Кинетическая энергия частицы; теорема об её изменении. Кинетическая энергия МС и ТТ. Теорема Кёнига.

19. Теоремы об изменении кинетической энергии МС и ТТ. Потенциальная энергия упругого и гравитационного взаимодействия. Общие свойства потенциальной энергии.

20. 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.

21. Задача об одномерном движении; изучение движения по графику эффективного потенциала. Задача 2-х тел. Задача Кеплера.

23. Связные системы. Виды связей. Идеальность связей. Условия равновесия голономных систем. Обобщённая сила. Виды равновесия МС.

24. Получение уравнений Лагранжа (2 рода) из принципа д'Аламбера. Функция Лагранжа.

25. Связь функции Лагранжа с законами сохранения. Циклические координаты и обобщённые импульсы. Канонические уравнения движения (уравнения Гамильтона).

26. Принцип наименьшего действия. Две схемы построения механики.

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

28. Вынужденные колебания линейного гармонического осциллятора в отсутствие трения. Резонанс.

29. Свободные колебания при наличии вязкого трения. Характеристики затухающих колебаний.

30. Вынужденные колебания при наличии вязкого трения.

31. Основные понятия теории упругих волн. Энергия волн; вектор Умова. Уравнение плоской и сферической гармонической незатухающей волны. Дисперсия волн.

32. Закон Бугера. Уравнение плоской и сферической гармонической затухающей волны. Акустика.

33. Интерференция волн; стоячие волны. Дифракция волн; принцип Гюйгенса.

34. Принцип относительности. Интервал. Преобразования Лоренца, их кинематические следствия.

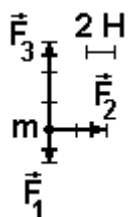
35. Четырёхмерные скорость и ускорение. Релятивистская динамика. Импульс и энергия частицы.

36. Принцип эквивалентности (систем отсчёта). Элементы общей теории относительности.

Практические задания.

1. По координатам начала и конца вектора, заданным преподавателем (это подразумевается ниже везде, где условия не указаны явно), найти длину и направление вектора, а также его проекции на координатные оси. Сложить несколько векторов; разложить вектор на составляющие; найти проекции вектора.
2. По заданным уравнениям движения точки в координатной или естественной форме определить все возможные параметры её движения.

3. Для тела, брошенного под углом к горизонту, найти все указанные преподавателем параметры движения.
4. Определить характер движения ТТ и кинематически описать движение одной из его точек.
5. Указав абсолютное, переносное и относительное движения, применить теорему сложения скоростей.
6. Указав абсолютное, переносное и относительное движения, применить теорему сложения ускорений.
7. Решить основную задачу механики для частицы, движущейся без учёта сопротивления воздуха вблизи Земли.
8. Указать силы в 3-м законе Ньютона для тел, падающих на Землю; лежащих на Земле; покоящихся на наклонной плоскости за счёт трения.
9. Решить обратную задачу механики.
10. В опыте оценить коэффициент сухого трения скольжения.



11. 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?
12. Найти силы инерции.
13. Применить теорему об изменении импульса.
14. Найти положение центра масс МС или ТТ.
15. Найти положение центра масс ТТ и применить теорему о его движении.
16. Применить закон сохранения импульса МС.
17. Найти момент силы и применить основной закон динамики вращения ТТ вокруг неподвижной оси.
18. Найти момент инерции и момент импульса ТТ.
19. Применить теорему об изменении момента импульса ТТ.
20. Применить закон сохранения момента импульса ТТ с частями, которые могут изменять положение и затем вновь застыть.
21. Применить теорему об изменении кинетической энергии частицы или МС.
22. Применить теорему об изменении кинетической энергии ТТ.
23. Применить закон сохранения ПМЭ.
24. 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.
25. Для выбранных студентом начальных условий определить движение космического корабля вблизи Луны. Найти также положение лунного стационарного спутника. Все недостающие данные взять в таблицах.
26. Определить число степеней свободы механической системы, указать, являются ли наложенные связи идеальными, голономными, стационарными и удерживающими, найти виртуальные перемещения, выбрать обобщенные координаты и скорости.
27. Определить обобщенные силы и найти положения устойчивого равновесия МС. Указать, на какой гладкой поверхности равновесие шарика будет устойчивым, неустойчивым, безразличным и седлообразным.
28. Записать функцию и уравнения Лагранжа для МС.
29. По уравнению гармонического колебания построить его график или по графику гармонического колебания записать его уравнение.
30. 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.

31. 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.
32. 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 $0,1 \text{ м}^{-1}$.
33. Применить формулы кинематики СТО.
34. Применить формулы динамики СТО.
35. Привести примеры изменения геометрии в НСО и для искривлённых пространств.

9.3. Экзаменационные билеты по теоретической механике

Утверждаю 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 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 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 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 $\nu = 20$ 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.

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 $\nu = 2$ 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.

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

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

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

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю 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 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 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 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

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

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

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

Математики. Теоретическая механика.

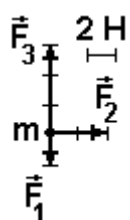
Зав. кафедрой математики, физики и информатики

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 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 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 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 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 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 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 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 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 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.

Составитель – проф. Михайлов С.П.

Заведующий кафедрой математики, физики и информатики _____ Р.А. Богданова

**Рабочая программа утверждена 10.04.2025,
протокол заседания кафедры № 10**

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**
01.03.01 «Математика»,
профиль подготовки «Прикладная математика и программирование»

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. Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины **«Теоретическая механика»**
3. **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.
4. **Структура и содержание заданий** разработаны в соответствии с рабочей программой дисциплины **«Теоретическая механика»**.
5. **Перечень компетенций, формируемых дисциплиной, указан** в рабочей программе.
6. **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 $\nu = 20$ 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 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 $\nu = 2$ 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 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 застыть.

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

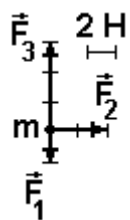
Михайлов С.П.

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 (7 тем по 2 часа + 2 контрольные работы по 2 часа)

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 $\dot{\varphi}$. Ускорение в естественной форме; смысл вектора ρ ; 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

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

Тема 5. 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 6. 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 7. Смешанные задачи на энергию и импульс

Повторить списки понятий к занятиям 5 и 6.

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

8 семестр (4 темы по 4 часа+2 часа контрольная работа)

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.

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). 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»

7 семестр (7 тем)

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.

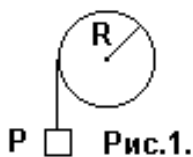


Рис.1.

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.

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

Тема 5. Закон сохранения импульса. Теорема об изменении импульса. Теорема о движении центра масс.

Домашнее задание 5

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:* $91,2 \text{ Н/мм}^2$.

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

Домашнее задание 6

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 7. 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_0 . В какой точке камень покинет купол? При какой скорости $v_{\text{отл}}$ 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; $v_{\text{отл}} > (gR)^{1/2}$.

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 $N < 0$.

8 семестр (4 темы)

Тема 8. Теорема об изменении момента импульса. Закон сохранения момента импульса

Домашнее задание 8

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 9. Функция Лагранжа. Уравнения Лагранжа.

Домашнее задание 9

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

Раздел 5. Механические колебания и волны.

Тема 10. 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 $x_0 = 25$ 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: $a = (mg/k)[1 + (2hk/mg)]^{1/2}$, $E = mgh + m^2g^2/2k$.

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 .

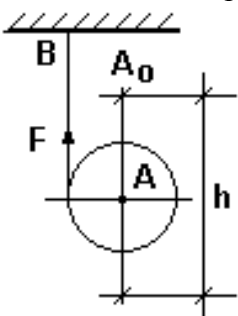


Рис.2.

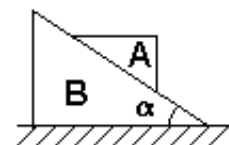


Рис.3.

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 11. Элементы релятивистской кинематики и динамики

Домашнее задание 11

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 K -системе отсчёта часы, если за время $t = 5$ с (по часам, неподвижным в K -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 K -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 K -системы. Найти скорости: а) сближения частиц в K -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_0 движутся в продольном направлении навстречу друг другу параллельно общей оси с одинаковой скоростью v относительно K -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.

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 $V = \text{const}$ 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 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.

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 дисциплинах и профессиональной деятельности

1) Частица движется в соответствии с уравнениями $x=5\sin t$, $y=5\cos t$. По какой траектории она движется?

- А) Окружность радиусом 5 единиц с центром в начале координат (верно)
- Б) Прямая через начало координат под углом 30 градусов с осью X (неверно)
- В) Прямая через начало координат под углом 30 градусов с осью Y (неверно)

2) Частица движется в соответствии с уравнениями $x=2t^2$, $y=3t$. Найти величину скорости в момент $t = 1$ с.

- А) 5 м/с (верно)
- Б) 2 м/с (неверно)
- В) 3 м/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)