

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Механика

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	кафедра математики, физики и информатики		
Учебный план	44.03.05_2023_673.plx 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) Математика и Физика		
Квалификация	бакалавр		
Форма обучения	очная		
Общая трудоемкость	5 ЗЕТ		
Часов по учебному плану	180	Виды контроля	в семестрах:
в том числе:		экзамены	2
аудиторные занятия	62		
самостоятельная работа	80,8		
часов на контроль	34,75		

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>. <Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	18 4/6			
Неделя				
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	24	24	24	24
Лабораторные	20	20	20	20
Практические	18	18	18	18
Консультации (для студента)	1,2	1,2	1,2	1,2
Контроль самостоятельной работы при проведении аттестации	0,25	0,25	0,25	0,25
Консультации перед экзаменом	1	1	1	1
Итого ауд.	62	62	62	62
Контактная работа	64,45	64,45	64,45	64,45
Сам. работа	80,8	80,8	80,8	80,8
Часы на контроль	34,75	34,75	34,75	34,75
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

К.ф.-м.н., Профессор, Михайлов С.П. 

Рабочая программа дисциплины

Механика

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (приказ Минобрнауки России от 22.02.2018 г. № 125)

составлена на основании учебного плана:

44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)
утвержденного учёным советом вуза от 26.12.2022 протокол № 12.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры

кафедра математики, физики и информатики

Протокол от 09.03.2023 протокол № 8

И.о. зав. кафедрой Богданова Рада Александровна 

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры **кафедра математики, физики и информатики**

Протокол от _____ 2024 г. № ____
Зав. кафедрой Богданова Рада Александровна

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры **кафедра математики, физики и информатики**

Протокол от _____ 2025 г. № ____
Зав. кафедрой Богданова Рада Александровна

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 Рада Александровна

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 Рада Александровна

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1	<i>Цели:</i> Сообщить студенту базовые знания, умения и навыки в области механики.
1.2	<i>Задачи:</i> В результате изучения дисциплины студент должен знать: - основные понятия, принципы и законы курса механики с их математической формулировкой; уметь: - на базе математического аппарата решать типовые учебные задачи механики; - применять экспериментальные навыки в области механики; - грамотно использовать физическую лексику и понятийный аппарат; - обрабатывать результаты экспериментов в области механики. владеть: - физической лексикой и понятийным аппаратом механики; - базовыми измерительными приборами механики; - навыками проведения экспериментов в области механики и обработки их результата

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	
Цикл (раздел) ООП:	Б1.О.24
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Векторный и тензорный анализ
2.1.2	Математический анализ
2.1.3	Алгебра
2.1.4	Аналитическая геометрия
2.1.5	Элементарная математика
2.1.6	Элементарная физика
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Предметно-методический модуль по физике
2.2.2	Электричество и магнетизм
2.2.3	Научные основы школьного курса физики
2.2.4	Оптика
2.2.5	Атомная физика. Физика атомного ядра и элементарных частиц
2.2.6	Астрономия
2.2.7	Введение в технику школьного эксперимента
2.2.8	Теоретическая механика
2.2.9	Электродинамика
2.2.10	Квантовая теория
2.2.11	Педагогическая практика (по физике)
2.2.12	Методы решения физических задач
2.2.13	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена
2.2.14	Преддипломная практика

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ОПК-8: Способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний	
ИД-2.ОПК-8: Обладает базовыми предметными знаниями и умениями для осуществления педагогической деятельности	
<p>Знает: основные понятия, принципы и законы курса механики с их математической формулировкой. Умеет: на базе математического аппарата решать типовые учебные задачи механики; - применять экспериментальные навыки в области механики; - грамотно использовать физическую лексику и понятийный аппарат; - обрабатывать результаты экспериментов в области механики. Владеет: физической лексикой и понятийным аппаратом механики; - базовыми измерительными приборами механики; - навыками проведения экспериментов в области механики и обработки их результата.</p>	

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_механика_2023.pdf" в приложении /Лек/	2	24			0	
1.2	См. файл "Раб_прогр_механика_2023".pdf в приложении /Лаб/	2	20	ИД-2.ОПК-8	Л1.2Л2.1 Л2.2	0	
1.3	См. файл "Раб_прогр_механика_2023".pdf в приложении. /Пр/	2	18			0	
1.4	См. файл "Раб_прогр_механика_2023".pdf в приложении. /Ср/	2	80,8			0	
	Раздел 2. Промежуточная аттестация (экзамен)						
2.1	Подготовка к экзамену /Экзамен/	2	34,75	ИД-2.ОПК-8	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	0	
2.2	Контроль СР /КСРАТт/	2	0,25	ИД-2.ОПК-8		0	
2.3	Контактная работа /КонсЭж/	2	1	ИД-2.ОПК-8		0	
	Раздел 3. Консультации						
3.1	Консультация по дисциплине /Конс/	2	1,2	ИД-2.ОПК-8		0	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ	
5.1. Пояснительная записка	
<p>1. Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «МЕХАНИКА»</p> <p>2. Фонд оценочных средств включает контрольные материалы для проведения текущего контроля в формах, указанных ниже, и промежуточной аттестации по билетам на экзамене.</p> <p>А) Формы текущего контроля: списки понятий, используемых на практических занятиях; домашние задачи; изучаемые самостоятельно теоретические вопросы; контрольные работы; вопросы теоретического собеседования во время выполнения лабораторных работ; перечень отрабатываемых в лаборатории экспериментальных умений.</p> <p>Б) Промежуточная аттестация: собеседование по теории и проверка экспериментально-практических умений на экзамене по билетам.</p>	
5.2. Оценочные средства для текущего контроля	
Оценочные средства для текущего контроля приведены в Приложении №1 (файл "ФОС механика_2023_для студентов.pdf").	
5.3. Темы письменных работ (эссе, рефераты, курсовые работы и др.)	
См. файл "ФОС механика_2023_для студентов.pdf" в приложении.	
5.4. Оценочные средства для промежуточной аттестации	
Оценочные средства для промежуточной аттестации приведены в Приложении №1 (файл "ФОС механика_2023_для студентов.pdf").	

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)			
6.1. Рекомендуемая литература			
6.1.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год Эл. адрес

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Эл. адрес
Л1.1	Михайлов С.П., Кыров В.А.	Механика: учебное пособие для вузов	Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2016	http://elib.gasu.ru/index.php?option=com_abook&view=book&id=150:mekhanika&catid=6:physics&Itemid=164
Л1.2	Михайлов С.П.	Курс физики. Т.1. Механика. Молекулярная физика и термодинамика: учебное пособие	Горно-Алтайск: БИЦ ГАГУ, 2018	http://elib.gasu.ru/index.php?option=com_abook&view=book&id=2819:899&catid=6:physics&Itemid=164
6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Эл. адрес
Л2.1	Сивухин Д.В.	Общий курс физики. Т. 1. Механика: в 5-и т.: учебное пособие для вузов	Москва: Физматлит, 2014	
Л2.2	Михайлов С.П.	Задачник и методические указания по механике: учебно-методическое пособие	Горно-Алтайск: БИЦ ГАГУ, 2019	http://elib.gasu.ru/index.php?option=com_abook&view=book&id=2876:937&catid=6:physics&Itemid=164

6.3.1 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1	Adobe Reader
6.3.1.2	Foxit Reader
6.3.1.3	Firefox
6.3.1.4	MS Office
6.3.1.5	MS WINDOWS
6.3.1.6	Яндекс.Браузер
6.3.1.7	Moodle
6.3.1.8	MS Windows
6.3.2 Перечень информационных справочных систем	
6.3.2.1	Межвузовская электронная библиотека
6.3.2.2	Электронно-библиотечная система IPRbooks
6.3.2.3	База данных «Электронная библиотека Горно-Алтайского государственного университета»

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	проблемная лекция	
	ситуационное задание	

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Номер аудитории	Назначение	Основное оснащение
-----------------	------------	--------------------

101 Б1	Лаборатория электроснабжения. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Рабочее место преподавателя. Посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся). Оборудование: Типовой комплект учебного оборудования "Автономные преобразователи", Типовой комплект учебного оборудования "Основы релейной защиты и автоматики" Типовой комплект учебного оборудования "Преобразовательная техника", Типовой комплект учебного оборудования "Автоматизация электроэнергетических систем" с ноутбуком ASUS, Типовой комплект учебного оборудования "Модель электрической системы" с ПК +монитор PHILIPS, ТКУО"Автоматизация электроэнергетических систем" АЭС-СК с ПК монитор PHILIPS, ТКУО"Ветроэнергетическая система на базе синхронного генератора"ВЭС-СГ-НН ноутбук ASUS. ТКУО"Для подготовки эл.монтажн.и эл.монтажёв с измерительным блоком"СПЭЭ-ИБ-НМП, ТКУО"Монтаж и наладка эл.оборуд.пред-ий и граждан.соор-ий" МНЭ- НР, ТКУО "Электромонтаж в жилых и офисных помещениях"ЭЖиОП-НР, ТКУО"Электроснабжение промышленных предприятий"ЭПП-НР, Камера цифровая для микроскопа 8,0 Мп, Микроскоп металлографический МИМ
108 Б1	Лаборатория механики. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Типовой комплект оборудования по курсу «Прикладная механика» ТМт М («Учтех-Профи», г. Челябинск). Установки для изучения законов: кинематики и динамики; вращательного движения; сухого трения скольжения; аэродинамики; акустики; свободного падения. Установки для изучения: колебательных систем; крутильных колебаний; стоячих волн в струне. Установки для измерения: скорости пули; плотности тел; момента инерции маховика. Лабораторная установка "Неупругое соударение физических маятников", лабораторная установка "Упругое соударение тел" – 2 шт; Лабораторная установка "Маятник Обербека". Штангенциркуль, слесарный набор, счетчик секундомер. Посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся), рабочее место преподавателя, ученическая доска. Стенды: «Рабочая программа», «Техника безопасности», "Система Си" посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся), рабочее место преподавателя, ученическая доска
211 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	Рабочее место преподавателя. Посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся), компьютеры с доступом к Интернет

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

См. файл "Раб_прогр_механика_2023.pdf" в приложении

Министерство образования и науки РФ

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

Физико-математический и инженерно-технологический институт (ФМИТИ)

Кафедра математики, физики и информатики

С.П. Михайлов

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Механика»**

Уровень основной образовательной программы **бакалавриат**

Для направления подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Профиль подготовки «Математика и Физика»

2023-2024 учебный год

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (утвержден 22.февраля.2018 № 125) и учебного плана по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (профиль «Математика и Физика»), утвержденного Ученым советом ГАГУ 26.12.2022 г., протокол № 12

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры математики, физики и информатики 09.03.2023 г., протокол № 8.

Горно-Алтайск
2023

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины «Механика» – сообщить студенту базовые знания, умения и навыки в области механики.

Задачи дисциплины: сообщить основные понятия, принципы и законы механики; закрепить умение грамотно использовать физическую лексику и понятийный аппарат, решать типовые учебные задачи механики; дать возможность приобрести базовые экспериментальные навыки в области механики.

2. Место дисциплины в структуре ООП.

Дисциплина «Механика» изучается во втором семестре и относится к предметно-методическому модулю обязательной части дисциплин блока Б1 (Б1.О.24.01). При освоении раздела «Механика» студенты используют знания, умения и навыки, сформированные при изучении школьных предметов «Математика» и «Физика» курсов «Элементарная физика» и высшая математика (векторный анализ, дифференциальное и интегральное исчисления, дифференциальные уравнения в частных производных, линейная алгебра). Освоение дисциплины «Механика» является основой для изучения всех остальных дисциплин раздела «Общая физика», а в дальнейшем – теоретической физики, методики преподавания физики и пр.

Междисциплинарные связи разделов дисциплины с последующими дисциплинами

№ п/п	Раздел дисциплины	Дисциплины, с которыми есть связь
	Раздел 1. Основные понятия механики. Кинематика частицы и твёрдого тела. Раздел 2. Основные понятия и законы динамики частицы и твёрдого тела. Раздел 3. Механические колебания и волны.	Математика, элементарная физика, теоретическая физика; методика обучения физике; решение физических задач и др.

3. Требования к результатам освоения дисциплины.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование ОПК-8 «Способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний» со следующим индикатором достижения:

обладает базовыми предметными знаниями и умениями для осуществления педагогической деятельности (ИД-2. ОПК-8).

В результате изучения дисциплины студент должен **знать**:

- основные понятия, принципы и законы курса механики с их математической формулировкой;

уметь:

- на базе математического аппарата решать типовые учебные задачи механики;

- применять экспериментальные навыки в области механики;

- грамотно использовать физическую лексику и понятийный аппарат;

- обрабатывать результаты экспериментов в области механики.

владеть:

- физической лексикой и понятийным аппаратом механики;

- базовыми измерительными приборами механики;

- навыками проведения экспериментов в области механики и обработки их результата

4. Объем, виды и особенности организации учебной работы.

4.1. Объем и виды учебной работы.

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц
Аудиторные занятия (всего)	62/1,72
В том числе:	
Лекции	24/0,67
Практические занятия	18/0,5
Лабораторные работы (ЛР)	20/0,55
Самостоятельная и интерактивная работа студентов (всего)	118/3,28
В том числе:	
Подготовка к экзамену на практических занятиях	42/1,17
Подготовка к экзамену на лабораторных работах	40/1,11
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	Экзамен
Общая трудоемкость	180
часы	
зачетные единицы	5

4.2. Календарный план

Этот план в той или иной форме сообщается студентам (например, вывешивается в лаборатории механики или доступен в электронном варианте данной рабочей программы) и содержит информацию о распределении занятий по неделям, числе учебных часов, формах и времени контроля и пр. В 2018-2019 учебном году дисциплина изучается во 2 семестре 1 курса, заканчиваясь зачётом и экзаменом.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 **зачётных единиц (180 часов)**. Из них аудиторных часов 62 (1,72 зачётных единицы). Аудиторные часы делятся так: 24 часа лекций, 18 часа практических занятий и 20 часов лабораторных работ. Допуск к экзамену по итогам посещения лекций, выполнения практических занятий и лабораторных работ, экзамен по лекционному материалу и приобретённым практическим умениям и экспериментальным навыкам. На самостоятельную работу студентов СРС 118 часов (3,28 зачётных единицы), из них на подготовку к экзамену в ходе практических занятий и контрольных работ 42 часа (1,17 зачётных единицы), а в ходе лабораторных работ 40 часов (1,11 зачётных единицы). На самостоятельную подготовку к экзамену студент потратит ещё 36 часов (1 зачётная единица).

Преподавателю, ведущему практические занятия, планируются часы ИРС (ИРС – индивидуальная работа преподавателя со студентами) на восстановление студентами пропущенных занятий. Если у студента нет пропусков и долгов, то не будет и часов ИРС, а вот при наличии таковых часы ИРС для данного студента обязательны. Более того, предусмотрены добавочные задачи для студентов, которые на ИРС быть должны, но отсутствуют. Предусмотрены также 2 контрольные работы: № 1 – по кинематике, основному закону и двум задачам динамики, № 2 – по законам сохранения и основным теоремам динамики.

Фактически на все занятия отводятся 18 недель 2 семестра, в среднем по 10 учебных часов в неделю. В течение почти всех 18 недель вычитываются лекции (в среднем 1,5 часа в неделю); идут лабораторные работы (1 час в неделю) и проводятся практические занятия (2 часа в неделю). Ещё по 4-8 часов самостоятельной работы используются в течение почти всех этих 18 недель на подготовку к лабораторным работам, практическим занятиям и контрольным работам. Вот пример календарного плана дисциплины, с которым студенты знакомятся на первой лекции, в 2018-2019 учебном году.

ПРИМЕР КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА ДИСЦИПЛИНЫ на 2018-2019 учебный год

	Февраль		Март			Апрель					Май			Июнь				
Неделя	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Даты	11-16	18-23	25-2	4-9	11-16	18-23	25-30	1-6	8-13	15-20	22-27	28-4	6-11	13-18	20-25	27-1	3-8	10-15
Лек.	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2							
Л/р												4	4	4	4	4		
Практика			2	2	2	2	2	2	2	2	2							
СРС		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	8	8	8	8	8	2	
ИРС				2	2	2	2	2	2	2	2	2						
К/р							№1					№2						

Число часов: лекционных 24, лабораторных работ 20, практических занятий 18, СРС в семестре 82, ИРС - 18. Темы контрольных работ: № 1 – кинематика, две задачи динамики, силы инерции, № 2 – законы сохранения и основные теоремы динамики. Лекции читает проф. Михайлов Сергей Петрович. Лабораторные работы и практические занятия ведёт доцент Алмадакова Галина Васильевна. Ст. лаборант лаборатории механики – Мамашева Елена Петровна. Формы контроля: входной в виде теста в MOODLE; текущий в виде решения примеров и вопросов студентам в ходе лекций, письменных ответов на практических занятиях, контрольных и лабораторных работах; промежуточный - экзамен по лекционному материалу и приобретённым на занятиях умениям и навыкам.

4.3. Выполнение лабораторных работ.

Каждое занятие в лаборатории идёт 4 часа; часть небольших работ может объединяться по 2 на одном занятии (тогда они нумеруются, например, 5а и 5б). Работы выполняются по подгруппам (хотя может быть и одна подгруппа), где студенты разбиваются на бригады (звенья) из 1-3 человек. Этого требуют как соображения техники безопасности, так и необходимость приобретения каждым студентом экспериментальных умений и навыков.

Лабораторные работы могут выполняться как фронтально (одна и та же работа выполняется параллельно всеми бригадами), так и в цикле (несколько работ в течении нескольких занятий последовательно проходит каждая бригада). Разбивку по бригадам и порядок прохождения работ в цикле определяет преподаватель на первом занятии (или до него). Особенности проведения работ в этом учебном году укажет преподаватель.

Недостаток цикловой организации очевиден: часть бригад может выполнять работы, лекции по которым ещё не начитаны. Вместе с тем, пропустившие занятие могут догнать бригаду, т.к. одни и те же работы стоят на столах несколько недель. Появляется соблазн сначала "погулять", а потом "поднажать".

ВНИМАНИЕ! Эта ситуация является стандартной ловушкой, из-за которой ежегодно несколько человек отчисляются с физмата! Дело в том, что объём работы в лаборатории велик, а число занятий ограничено (см. календарный план), причем по окончании цикла оборудование со столов убирается (например, чтобы выставить работы для другого курса). А не выполнены лабораторные работы - учебный план не выполнен, зачёта не будет и о сдаче экзамена и речи быть не может! Поэтому действуй так:

1. За **несколько** дней до занятий (не в последний день, т.к. это гарантирует неготовность!) нужно с помощью электронного варианта рабочей программы ознакомиться с описанием работы, которая будет выполняться, и подготовить первую часть отчёта. Сюда входят название и цель работы, оборудование, краткая запись формул теоретического введения, рисунки, схемы, таблицы, формулы погрешности в общем виде (если они нужны) и пр. Главная цель предварительного ознакомления - понять, как будут выполняться измерения, ознакомиться с приборами и правилами работы с ними. Подготовка первой части отчета и ознакомление с работой занимает около 0,5 часа. В самом начале занятия будет проверяться: наличие аккуратно оформленной первой части отчета; готовность сдать допуск к измерениям (вопросы к допуску для каждой лабораторной работы см. ниже). **Студенты, или не имеющие первой части отчета, или не сдавшие допуск, к измерениям не допускаются.**

2. По ходу работы с бригадами студентов, выполняющих одну работу, проводится собеседование по теоретическому материалу (вопросы указаны ниже). Собеседование начинается с бригады, выполняющей работу с наименьшим номером (например, № 1). Пока эти студенты готовятся, все остальные сдают преподавателю и лаборанту допуск. Оценка за допуск тут же объявляется студентам и учитывается в дальнейшем. Сдавшие допуск приступают к измерениям.

Пройдя собеседование и допуск, студенты с работы № 1 начинают измерения, а с работы № 2 прерывают их и сдают теоретический материал. Затем сдают работы № 3, № 4 и т.д. **Студенты, не готовые к теоретическому собеседованию, к измерениям также не допускаются или с них снимаются.**

При подготовке к теоретическому собеседованию дома готовятся ответы на все вопросы данной работы, но отвечать каждый студент будет лишь часть их, указанную преподавателем. На подготовку к собеседованию выделяется до 2 часов из часов подготовки к экзамену, т.к. это репетиция экзамена! Пользоваться учебником или конспектом при собеседовании запрещено, и студенту нужна лишь чистая бумага.

Можно, однако, использовать сжатый **ПЛАН ОТВЕТА (дайджест)**, куда включаются промежуточные математические выкладки, схемы опытов, рисунки и т.п.: важнейшие формулы, понятия, опыты, эффекты и т.д., которые следует знать наизусть, указаны в планах ответов **БЕЗ РАСКРЫТИЯ СОДЕРЖАНИЯ**. Планы ответов собраны в рабочей программе; важнейшие формулы, понятия и т.д. и здесь выделены шрифтом и размером. Ответ строится в форме связного изложения теоретического материала с помощью планов ответов. В ходе ответа студенты обязаны внимательно слушать друг друга и преподавателя - учиться лучше на чужих ошибках! - но не подсказывать, т.к. оценка за собеседование ставится и в конце его объявляется каждому, существенно влияя на экзаменационную оценку (а в случае подсказки надо эту оценку делить на двоих!). Если один из студентов бригады не прошёл собеседование, то выполняющие с ним данную работу, ответив на свои вопросы, все же не будут, как правило, допущены до измерений, пока не помогут товарищу подготовиться и пройти собеседование. Это объясняется тем, что на экзамен будут выноситься **ВСЕ** вопросы к собеседованию, и любому студенту могут попасть как раз те вопросы, которые не были разобраны с преподавателем. На обстоятельное теоретическое собеседование, главная цель которого - дать возможность **КАЖДОМУ** студенту потренироваться в изложении материала при немедленной помощи преподавателя - требуется 30-40 минут на бригаду; бригад обычно четыре, так что за 4-х-часовое занятие каждый студент сможет без спешки ответить лишь раз. Повторные, на данном занятии, собеседования возможны после сдачи теории всеми остальными бригадами; это реально, если надо лишь досдать какую-то малую часть теоретического вопроса. Студенты, по **ЛЮБЫМ** причинам пропустившие занятие, не сдавшие теорию, не выполнившие измерения, не оформившие к концу данного занятия отчет - считаются задолжниками и должны восполнить отставание во время занятий **ЛЮБОЙ** подгруппы курса (если они есть!): **ВСЕ** пропущенные часы, как правило, должны быть восстановлены. Ясно, что пропуск значительного числа лабораторных часов ставит студента в очень сложную ситуацию. Теоретическое собеседование принимает только преподаватель, поэтому отрабатывающим задолженность следует отвечать вместе с бригадой, выполняющей данную работу. Всё, что относится к эксперименту - допуск, измерения, отчёт, отработку экзаменационных экспериментальных умений (см. ниже) контролирует, как правило, лаборант, и это можно сдать во время самоподготовки. Надо лишь убедиться, что факт сдачи и объявленная студенту оценка за эксперимент зафиксированы лаборантом и указана в тетради студента.

3. Как правило, за занятие студент должен сдать одну работу. Это вполне реально, если подготовка была добросовестной: несколько минут на предъявление первой части отчета и сдачу допуска, до 40 мин - на теоретическое собеседование, 2 часа - на измерение и 1 час на оформление и сдачу отчёта. Но если предварительно не были потрачены часы на подготовку первой части отчёта, сдачи допуска и, главное, теоретического собеседования - **ЗАДОЛЖЕННОСТЬ ГАРАНТИРОВАНА!** Сдав данный отчёт, следует готовиться к следующей работе (с № 1 - на № 2, и т.д.). Если выполнялась работа с наибольшим в цикле номером - перейти на наименьший (с № 5 - на № 1). По итогам работы в лаборатории на экзамен могут выноситься 3 оценки: за теоретические знания, показанные в ходе собеседований; за экспериментальные умения - оценка за допуск, экспериментальные умения и качество измерений; за добросовестность (оценка учитывает пропуски занятий без уважительных причин, качество подготовки к собеседованию и оформления отчета, своевременность сдачи и т.д.)

Если позволяет площадь лаборатории, то все работы могут выполняться в одном цикле. Если студентов много (12-13 человек), то будет 1 подгруппа. Именно так проводились занятия в 2018-19 учебном году.

Итак, к каждому занятию в лаборатории нужно: а) заранее ознакомиться с описанием работы и подготовить первую часть отчета; б) подготовиться к сдаче допуска к измерениям; в) подготовиться к теоретическому собеседованию, проработав планы ответов, заучив важнейшие понятия, формулы и т.д.

Лабораторные работы закончены, если по каждой из них сдан допуск, выполнены измерения, оформлен и сдан отчёт, пройдено теоретическое собеседование и показаны экспериментальные умения.

4. В лаборатории следует выполнять правила техники безопасности, с которыми подробно ознакомит преподаватель на вводном занятии под роспись каждого студента персонально в журнале. Безопасным для жизни в помещениях типа данной лаборатории является напряжение не свыше 36 В переменного поля, а студентам приходится иметь дело (например, при подключении электрических приборов) и с напряжением сети 220 В, безусловно, **смертельно опасным**. Основные правила очень просты, **НАДО ЛИШЬ ИХ НЕ ЗАБЫВАТЬ**:

- а) Не включать электрические приборы без разрешения преподавателя или лаборанта.
- б) Не включать схему под напряжение без предварительной проверки преподавателем или лаборантом.
- в) Не производить переключение в схемах, находящихся под напряжением.
- г) Не прикасаться к изолированным частям схемы (в том числе к корпусам выпрямителей, осциллографов, электронных секундомеров, генераторов и пр., выполненным из металла!).
- д) Не оставлять без наблюдения схему под напряжением, подавая его только на время измерений.
- е) Надёжно крепить перемещаемые грузы на стержнях крестовины, которая будет вращаться (работа с маятником Обербека), чтобы они не могли слететь при вращении.

Нарушение этих правил, не имевшее серьёзных последствий (поражение током людей), повлечет повторную сдачу правил техники безопасности, возмещение стоимости испорченных приборов и т.д.

По итогам работ на экзамен выносятся 3 оценки: за теоретические собеседования, за эксперимент (по итогам сдачи допусков и защиты отчётов по работам) и за добросовестность (своевременность и качество выполнения, пропуски занятий и т.д.). **ВНИМАНИЕ!** Лабораторные работы зачтены, если сданы **все** отчёты

4.4. 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 "система отсчёта", а дать определение; не просто написать "закон сохранения импульса", а дать его формулировку; нужны не слова "положение центра масс", а формула для вычисления координат. Образец оформления первого списка понятий имеется в рабочей программе. На подготовку списков понятий и решение домашних задач выделяется около 4 часов СРС.

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, зачёте - 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 неудовлетворительную оценку и должны будут явиться на вызывную консультацию в часы ИРС. Разумеется, она открыта и для всех желающих.

Такие консультации проводятся регулярно с указанием времени в календарном плане. О **веской** причине предстоящей неявки студент-задолжник обязан заранее предупредить преподавателя; не оговоренная заранее неявка задолжника на вызывную консультацию влечёт **ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ ДОБАВОЧНОЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ** – добавочные задачи (см. домашние задания), проработку списка понятий и пр. Ясно, что при повторяющихся неявках на вызывные консультации студент ставит себя в очень сложное положение.

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 с документальным подтверждением, 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 закончиться 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 консультациях, зачёте 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 ТАКЖЕ НЕСКОЛЬКО СТУДЕНТОВ ЕЖЕГОДНО ОТЧИСЛЯЮТСЯ С ФИЗМАТА.**

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 совета 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 ИСКОМАЯ 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 задачи, то не однотипную 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 увидеть, на какую теорему или закон данная задача.

К сожалению, эти советы непригодны при решении задач научных (не говоря уже о житейских): здесь чаще всего неизвестно не только как решать, но и что искать, каковы исходные данные, полны они, недостаточны 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.

4.5. Изучение теоретического материала.

Практические умения и экспериментальные навыки 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...", "электрический ток - это..."), фактов и явлений ("Волга впадает в Каспийское море", "одноименные заряды отталкиваются", "первым признаком заболевания дизентерией является..."), законов, теорем и закономерностей ("заряд в замкнутой системе сохраняется", "квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов", "приём аспирина способствует снижению температуры больного"), использует собственные графические и символичные средства (чертежи, карты, формулы, схемы); и всё это надо заучить, запомнить, узнать желающему изучить данную науку. Не надо путать зубрёжку и заучивание: 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 физику - "Ток насыщения пропорционален температуре катода". 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 катод, температура, ток; 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 Н, а 1 Н - 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** говоришь. **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 физика!" - скажут иные студенты. Доля истины здесь есть (если забыть, что большинство понятий, законов, формул в курсе общей физики вуза изучалось 5 лет 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 10 рабочей программы и выделено **КРУПНЫМ ШРИФТОМ**.

Однако будущему учителю мало знать предмет, надо ещё уметь его излагать, объяснять другим. В общем-то это искусство, которым овладевают всю жизнь, сплав знаний и **ОПЫТА** человека (недаром со временем учителю начинают платить больше). Но в основе лежит, на мой взгляд, приобретаемое при изучении и в ходе работы умение видеть и излагать свой предмет как **СИСТЕМУ** знаний, а не набор отдельных заученных фактов. Для этого надо **ПОМНИТЬ** не только сами факты, но и связи между ними, их последовательность во времени, степень важности и сложности для восприятия, использование в дальнейшем курсе, необходимость свободного владения, силу эмоционального воздействия и т.д. и т.п. Время на изложение материала, как и время ответа школьника или студента, всегда ограничено; значит, надо помнить и распределение времени с учётом возможных вопросов, да ещё и уметь на ходу перестраиваться в случае каких-то непредвиденных обстоятельств (погас свет; сломался прибор; не получилась демонстрация, на которую опиралось изложение нового материала, и пр.). Каждый из нас помнит со времен школы молодых учителей или практикантов, которые непонятно объясняют, постоянно заглядывая в тетрадку, а то и читая по ней; которые тихо и невнятно говорят и мелко пишут на доске; у которых постоянно не хватает времени и урок заканчивается фразой "Остальное посмотрите дома сами по учебнику". Всё это еще придётся испытать на себе почти каждому студенту в ходе педпрактики; а пока ни слова не говорилось об умении владеть собой в присутствии на уроке проверяющего, видеть по реакции класса степень заинтересованности и понимания, не говорилось об искусстве интересно преподнести самый "сухой" материал и о проблеме проблем - умении поддержать дисциплину на уроке. **УМЕНИЕ - ЭТО ЗНАНИЕ В ДЕЙСТВИИ**. Значит, если хочешь уметь излагать материал, нужно постоянно пробовать это делать, использовать любую возможность: для самого себя, вслух или на бумаге; для товарищей на вечере, собрании, в комнате общежития, перед уроком; для преподавателя на практических занятиях, в ходе теоретического собеседования, на коллоквиуме или экзамене. Можно продолжить аналогию с изучением иностранного языка: мало запомнить, как пишутся, читаются и произносятся слова; нужно ещё знать правила этого языка и обязательно в нём практиковаться, используя любую возможность. Лишь тогда будут понятны вопросы преподавателя и в ответ не выговорятся исковерканные фразы "Заряд порождается изменением магнитного поля", "Камень летит вверх из-за силы инерции" или "Ёмкость проводника определяется его зарядом".

Кстати, аналогия с иностранным языком имеет и прямой смысл: в физике множество понятий обозначается словами иностранных языков, в основном латинского и греческого. Масса, инерция, конденсатор, индукция, трансформатор, поляризация, интерференция, энтропия и др. - нам их приходится заучивать, а итальянцу или англичанину они знакомы с детства как слова родного языка. То же с обозначениями: все без исключения физические величины имеют меру, эталон для сравнения, единицу измерения (в этом заслуга многих поколений физиков; а может ли медицина **ИЗМЕРИТЬ** тяжесть болезни, педагогика - степень мастерства учителя, а психология - силу эмоций?), требуя какой-то буквы для описания количества каждой такой величины. Эти буквы заимствованы в основном из латыни - языка международного общения учёных в пору становления физики как науки. Нам приходится заучивать, что F - обозначение силы, v - скорости, a - ускорения и т.д.; для американца же или итальянца это просто первые буквы соответствующих слов родного языка. Физикам ещё ничего, а какво медикам или биологам - заучивать названия всех болезней, костей, мышц, лекарств, растений, насекомых на латыни? Вот где зубрёжка!

Итак, важным компонентом искусства педагога является, кроме отличного владения фактическим материалом, умение отобрать данные для конкретного занятия, расположить всё в нужной последовательности, выделить важнейшее, распределить время и пр. Всё это необходимо сделать до занятия и, в идеале, запомнить, что начнётся урок с опроса Петрова и Иванова, затем Сидоров решает домашнюю задачу, и на пятнадцатой минуте изложение темы "Явление электромагнитной индукции" надо начать не с повторения некоторых опытов Фарадея, а с просьбы представить себе жизнь без электроэнергии. На практике так не получается - слишком многое надо запоминать, поэтому все педагоги пишут **ПЛАНЫ ЗАНЯТИЙ**, где отобранный материал расположен в должной последовательности и примерно распределён по времени, где выделены формулы и понятия для записи обучаемыми, где сделаны какие-то важные для учителя пометки. Студентам на практике и начинающим учителям **ЗАПРЕЩЕНО** вести уроки, не имея предварительно составленных планов, т.к. их наличие - всё же гарантия, хотя и неполная, подготовки к занятию. План не только организует самого учителя, разгружает его память, позволяет накапливать материал и через год не начинать подготовку к занятию с нуля, но и служит мощной психологической поддержкой в ходе изложения новой темы; если что-то забыл, напутал, не сходится ответ в задаче - можно заглянуть в план. Правда, для начинающих здесь кроется опасность чрезмерной привязанности к плану, боязнь оторваться от него; а самые неумелые или ленивые просто-напросто **ЧИТАЮТ** записи вслух (речь не идет, конечно, о какой-то нужной цитате или отрывке произведения). Кроме того, подготовка качественного плана - отбор и запись материала, запоминание всего важного, прорешивание задач, подготовка эксперимента - требует поначалу большого времени, так что первые два-три года работы очень трудны, даже если забыть проблемы неумения поддержать дисциплину, вести классное руководство, говорить с родителями,

быть точным и обязательным, проблемы вхождения в коллектив, бытовые, семейные и пр. и пр. Ведь планы-то нужны к каждому уроку! Ясно, что умению составлять такие планы также надо тщательно учить в вузе.

Поэтому в курсе механики изучение теоретического материала строится на базе **ПЛАНОВ ОТВЕТОВ (ДАЙДЖЕСТОВ)**, куда в сжатом виде входит материал лекций в нужной последовательности, причем важнейшие понятия, формулы, явления и пр., которые следует заучить наизусть, лишь упоминаются, а вот весь вспомогательный материал (математические выкладки, схемы, рисунки) приводится более подробно. Дайджесты собраны в отдельном разделе рабочей программы. От студента требуется **ПОДГОТОВИТЬСЯ К ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПРИ ОТВЕТЕ**; переписать план ответа на отдельный листок желательно (включается память!), но не обязательно. Подготовка означает не только заучивание всего, что надо заучить, но и готовность развернуть дайджест в виде подробного и полного ответа, раскрыть математические связи в промежуточных выкладках, указать смысл каждого значка, буквы и т.д. План ответа навязывает студенту определенную логику ответа, за которой стоит опыт преподавателя. Но можно подготовить свой план, следовать своей логике или логике учебника - лишь бы план включал весь материал дайджеста. Дайджест - узаконенная подсказка, где материал целой лекции занимает полстраницы, так что свободное владение дайджестом - уже хороший знак. Дайджест ограничит и требования преподавателя: за рамки плана ответа его вопросы выходить не должны.

Часть материала нужно изучить самостоятельно, что предполагает подготовку своего плана ответа. **ВНИМАНИЕ!** Это должен быть **ПЛАН, А НЕ ТЕКСТ** ответа, который просто зачитывается. **Чтение заготовленного дома текста совершенно недопустимо!** Такая форма работы с учебником возможна при первой проработке материала для себя, но изложение его оценивающему ответ преподавателю требует гораздо более плотной свёртки информации в памяти.

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. Дайджесты определяют тот объём ответа, которого ожидает преподаватель, причём он вправе требовать глубокого усвоения всего материала дайджеста (в том числе и вывода физических формул, т.к. запоминать вывод не надо). Разумеется, студент может использовать любой дополнительный к дайджесту материал.

Ясно, что неполный или некачественно проработанный план ответа гарантирует снижение оценки. Это следует из тех простых соображений, что каждый дайджест включает материал примерно одной лекции, т.е. на подготовку и проработку его надо затратить 2-3 часа - труд немалый и непростой, требующий использования всех видов памяти, изучения конспекта лекций и учебников, дополнительной литературы. И если этих часов интенсивной работы не было, дайджест принесёт мало пользы. Качество подготовки, т.е. умение свободно и правильно говорить на **ФИЗИЧЕСКОМ ЯЗЫКЕ**, будет проверяться в ходе теоретического собеседования в лаборатории, на коллоквиумах (если они будут проводиться) и на экзамене.

Фактический материал для части дайджестов не удастся найти в учебниках по той простой причине, что он туда ещё не успел попасть. Это также одна из проблем преподавания, особенно острая из-за быстрого развития современной науки: часть знаний постоянно приходится обновлять и пополнять. Представителям естественных дисциплин - физикам, химикам, биологам - в сравнении с преподавателями общественных и гуманитарных дисциплин приходится работать гораздо меньше, т.к. основная часть их теоретического багажа не устареет никогда: пока существует наша Вселенная, в ней будут верны законы Ньютона, периодическая система Менделеева, уравнения Максвелла и законы наследственности. Помочь в обновлении знаний призваны новости науки и техники в сети Интернет, научно-популярные журналы "Наука и жизнь", "Техника - молодёжи", "Знание-сила" и другие, оперативно публикующие информацию о новейших достижениях науки и техники. К сожалению, практика показывает, что многие наши студенты и не подозревают о существовании таких журналов, не говоря уже о регулярном их чтении. Они ещё не знают, что достаточно преподавателю несколько раз не ответить на вопросы любознательных учеников о рентгеновских лазерах, проблеме высокотемпературной сверхпроводимости, проекте межзвёздного автомата или возможности путешествия во времени с помощью туннелей в пространстве - и с мечтой об авторитете придётся надолго, если не навсегда, проститься.

Итак, при изучении теоретического материала действуй так.

а) Серьёзно настройся на **ЗАУЧИВАНИЕ** важнейшего материала, выделенного в разделе 11 данной рабочей программы. 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. Часть таких сведений собрана в разделе 7 методического пособия [1] в списке 6.2 дополнительной литературы. Там же собраны сведения из математики, незнание которых наиболее часто подводит студентов - значения тригонометрических функций, формулы и теоремы геометрии, операции с векторами, простейшие производные, интегралы и т.п.

в) Учись **ГОВОРИТЬ** на физическом и математическом языке, излагать материал. Основное оружие учителя - слово. А много ли приходится школьнику говорить на уроках? По подсчетам В. Ф. Шаталова - в лучшем случае 2 минуты в день. И вот этот "молчаливый" школьник поступает на физмат. Здесь возможностей может быть еще меньше - лекции, практические и лабораторные занятия могут быть организованы так (хотя это, на мой взгляд, неверно), что за семестр студент вообще ни разу не побеседует с преподавателем. А как такой педагог будет работать в школе или вузе? Поэтому постоянно читай литературу и конспекты лекций (много читающие

люди не помнят правил родного языка, но правильно говорят и пишут); 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, в лаборатории, на коллоквиуме, для соседа по общежитию и т.д и т.п.

г) Работай **РЕГУЛЯРНО**. Перед новой лекцией просмотрите материал предыдущей; сразу выясните все непонятное на консультации, в учебнике или у товарищей. Не оставляйте подготовку планов ответа и проработку самостоятельного материала, особенно по научно-популярной тематике, на потом: одного дня перед экзаменом всегда не хватает, а проработка таких тем требует длительных поисков в сети Интернет и библиотеках.

По уставу ГАГУ, студент **обязан** посещать все виды занятий. Поэтому пропуск лекций недопустим, и **все** пропущенные лекции должны быть восстановлены. Если причина уважительна (подтверждённая документами болезнь, освобождение от занятий деканатом и т.п.), то лекции всё равно должны быть восстановлены, просто не будет снижения общей оценки за добросовестность. Если студент не восстановил хотя бы половину лекции, пропущенной даже по уважительной причине – он не выполнил учебный план и на экзамен не допускается.

4.6. Отработка экспериментальных и практических умений.

Преподаватель информатики и физики, в отличие от математика или историка, должен не только умело излагать теоретический материал, но и владеть навыками экспериментатора. Собрать сеть класса, подключить принтер, устранить простейшую неисправность, пользоваться осциллографом и другими измерительными приборами - всё это надо уметь. Тем более это справедливо для будущего физика-экспериментатора. И главная проблема для выпускника (и особенно выпускницы) - незнание и боязнь приборов, неумение работать руками. Выход один - приобретать экспериментальные навыки, регулярно работая с приборами, причем именно своими руками, а не глядя со стороны. **ВПРИГЛЯДКУ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ НАВЫКИ НЕ ПРИОБРЕТЁШЬ.** Попробуй-ка научиться вождению автомобиля с пассажирского сидения!

Поэтому студентам не только демонстрируется лекционный физический эксперимент, но и даётся возможность поработать в лаборатории. При добросовестной самоподготовке - первая часть отчёта и вопросы к допуску готовы, теоретическое собеседование сдано с первого раза - на эксперимент остаётся до трёх часов в неделю. Этого вполне достаточно для тщательного проведения измерений, которые сравнительно просты, освоения оборудования (оно сознательно взято, в значительной части, учебного типа) и отработки наиболее важных экспериментальных навыков. Эти навыки будут контролироваться не только при сдаче лабораторных работ, но и на экзамене. Необходимые для приобретения навыков знания и умения также указаны в рабочей программе. На их основе студент составляет **СВОЁ** описание опытов, которое можно взять на экзамен.

Практические умения - это набор заданий качественного плана (иногда вместе с опытом или расчётом) по темам курса, которые традиционно вызывают затруднения у студентов. Их проработка будет осуществляться на лекциях, лабораторных и практических занятиях, а также самостоятельно. Свои записи к этим заданиям также можно принести на экзамен.

4.7. Порядок сдачи экзамена.

Экзамен включает 2 части: собеседование по теоретическому материалу; проверку экспериментально-практических умений и навыков. Вначале у **каждого** студента проверяется наличие планов ответов и записей ко второй части. При их отсутствии **студент может быть не допущен к экзамену**. Проверяется также, соответствуют ли планы ответов по сжатости предлагаемым ниже дайджестам: **тексты ответов, конспекты лекций, учебники и т.п. запрещены**, а всё, что требовалось заучить, должно быть в памяти, а не на бумаге.

Если у студента не восстановлены пропущенные лекции, не выполнены какие-то лабораторные работы, есть задолженности по практическим занятиям, не сданы контрольные работы - он не выполнил учебный план и на экзамен не допускается. Если задолженность невелика (не восстановлены 1-2 лекции 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 или номер соответствующих теоретического вопроса и экспериментального или практического умения и готовится с помощью планов ответа, записей, оборудования лаборатории. Первая, теоретическая часть ответа должна строиться в форме изложения, беседы, а не чтения подготовленного текста, поэтому заново переписывать план ответа нет необходимости. Если в теоретическом вопросе есть самостоятельная часть, должен быть предъявлен заготовленный план ответа.

На экзамене проверяются: полнота раскрытия теоретического вопроса и свобода владения основными физическими понятиями; качество подготовки вопросов для самостоятельного изучения; качество владения экспериментальными и практическими умениями и навыками. Экзамен не сдан, если любая из трех оценок неудовлетворительна. Кроме того, итоговая оценка в зачётке учитывает оценки по итогам работы в семестре: за теоретическое собеседование при сдаче лабораторных работ; за эксперимент в лаборатории; за решение задач. Второй билет даваться, как правило, не будет.

4.8. Матрица соответствия формируемых компетенций и разделов дисциплины

№ п/п	Номер раздела	Индикаторы достижения	Сумма индикаторов
		ИД-2. ОПК-8	
1	1	+	1
2	2	+	1
3	3	+	1

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины.

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

Физика. Механика. Классическая и квантовая механики. Нерелятивистская (классическая) и релятивистская механики. Механика Ньютона. Свойства пространства и времени в механике Ньютона. Основные абстрактные понятия механики: частица, упругое и твёрдое тело (ТТ), сплошная среда, механическая система (МС). Кинематика, статика и динамика. Система отсчёта. Описание положения частицы в координатной, векторной и естественной форме; связь этих форм. Кинематика. Траектория. Уравнения движения, перемещение, скорость и ускорение частицы в координатной, векторной и естественной форме; связь этих форм. Частные случаи движения частицы. Движение брошенного тела. Относительность движения. Абсолютное, переносное, относительное движение. Теорема сложения скоростей. Поступательное движение и вращение ТТ вокруг неподвижной оси. Вращение ТТ вокруг неподвижной точки. Углы Эйлера; формула Эйлера. Произвольное движение ТТ; теорема Шаля. Число степеней свободы.

Часть 2. Основные понятия и законы динамики.

Динамика. Инертность тел. Инертная и гравитационная масса. Принцип эквивалентности масс. Инертная масса. 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).

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 3-м законом Ньютона. 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.

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. Полная механическая энергия (ПМЭ). Теорема об изменении и закон сохранения ПМЭ. Энергия; закон сохранения энергии.

Часть 3. 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. Сложение гармонических колебаний одинакового направления; биения. Сложение перпендикулярных гармонических колебаний; фигуры Лиссажу.

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

5.2. Примерная тематика лекций (12 лекций по 2 часа)

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

1. Физика. Механика. Классическая (механика Ньютона), релятивистская и квантовая механики. Свойства пространства и времени в механике Ньютона. Основные понятия механики: частица, упругое и пластичное твёрдое тело (ТТ), сплошная среда, механическая система (МС). Кинематика, статика и динамика. Система отсчёта. Описание положения частицы в координатной, векторной и естественной форме; связь этих форм.

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

3. Относительность движения. Абсолютное, переносное, относительное движение. Теорема сложения скоростей. Поступательное движение и вращение ТТ вокруг неподвижной оси.

4. Вращение ТТ вокруг неподвижной точки. Углы Эйлера; формула Эйлера. Произвольное движение ТТ; теорема Шаля. Число степеней свободы.

Часть 2. Основные понятия и законы динамики

5. Динамика. Инертная масса. Импульс частицы. Сила. Равнодействующая сил. Три закона Ньютона. Инерциальная (ИСО) и неинерциальная (НСО) система отсчёта. Принцип относительности Галилея. Две задачи механики и примеры их решения.

6. Силы в механике Ньютона: силы гравитации, тяжести и веса. Силы упругости и трения. Момент силы (вращающий момент).

7. 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 3-м законом Ньютона.

8. 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.

9. Механическая работа и кинетическая энергия. Мощность. Кинетическая энергия частицы, МС и ТТ. Теорема об изменении кинетической энергии частицы, МС и ТТ. 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. Энергия; закон сохранения энергии.

Часть 3. Механические колебания и волны.

10. Основные понятия теории колебаний: механические периодические и аperiodические колебания; свободные, вынужденные и автоколебания. Свободные колебания линейного гармонического осциллятора в отсутствие трения на примере пружинного маятника. Энергия колебания.

11. Математический и физический маятники; формула Гюйгенса. Вынужденные колебания линейного гармонического осциллятора в отсутствие трения. Резонанс. Свободные и вынужденные колебания с учётом вязкого трения при малых колебаниях.

12. Волна. Механическая волна. Продольные и поперечные волны; волновой фронт. Энергия волны; плотность потока энергии (вектор Умова). Уравнения плоской и сферической волн в пространстве. Элементы акустики. Затухание волн; закон Бугера. Интерференция волн; когерентные источники, максимумы и минимумы интерференционной картины. Стоячие волны. Дифракция волн; принцип Гюйгенса.

5.3. Тематика практических занятий и задания для самостоятельной работы к ним (9 занятий по 2 часа).

Каждое занятие занимает 2 часа и требует самостоятельной работы в объёме около 4 часов (в том числе из часов подготовки к экзамену). Это время тратится на письменное раскрытие в тетради списков понятий, используемых на занятии, и письменное решение домашнего задания. Перед контрольной работой следует проработать списки понятий, решение аудиторных и домашних заданий по всем темам контрольной работы.

Для задолжников по практическим занятиям (спискам понятий или решению домашних заданий), которые без уважительной причины не являются в часы ИРС, где быть должны, будут предлагаться добавочные задачи.

Рекомендуемые пособия.

1. Михайлов С.П. Пособие по решению физических задач.
2. Беликов Б.С. Решение задач по физике.
3. Балаш В.А. Задачи по физике и методы их решения.

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. М., "Наука", 1979.

Часть 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МЕХАНИКИ. КИНЕМАТИКА ЧАСТИЦЫ И ТВЁРДОГО ТЕЛА

Занятие 1. Кинематика частицы 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.

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

Перемещение в естественной форме. Скорость в естественной форме; направление вектора скорости; свойства и смысл введения вектора единичной тангенты \vec{t}^0 . Мгновенное ускорение в естественной форме; свойства и смысл введения вектора единичной нормали \vec{n}^0 ; нормальная и тангенциальная составляющие вектора ускорения, их направление, смысл. Полное (мгновенное) ускорение; его направление, модуль.

Равномерное, равнопеременное и произвольное движения. Начальные условия. Путь и скорость при равномерном и равнопеременном движениях. Поступательное движение 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, $\cos(v_0 \wedge i) = 0.8$, $\cos(v_0 \wedge j) = 0.6$; $v_1 = 0$; $v_2 = 5\pi/2$ м/с, $\cos(v_2 \wedge i) = -0.8$, $\cos(v_2 \wedge j) = 0.6$.

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 и ускорений w_n и w_t за 1 оборот.**

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 соответствием 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.

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

Круговое движение частицы. Вращение ТТ вокруг неподвижной оси и точки (полюса). Полярные и аксиальные (осевые) векторы; правило буравчика для аксиальных векторов. Элементарный угол поворота $d\varphi$, угловые скорость ω и ускорение ε . Равномерное и равнопеременное вращение. Частота, период и скорость равномерного вращения; их связь друг с другом и с угловой скоростью. Формула Эйлера; правило буравчика для векторного произведения. Таблица аналогий формул кинематики поступательного и вращательного движений ТТ.

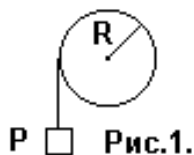
Домашнее задание 2.

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 $t = 15$ с.

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



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 можно записать как $\vec{\omega} = 15\vec{k}$. Найти скорость точки тела с координатами (1,2,3).

Ответ: $v = 15(5)^{1/2}$ м/с, $\cos(v \wedge i) = -2/(5)^{1/2}$, $\cos(v \wedge j) = 1/(5)^{1/2}$, $\cos(v \wedge k) = 0$.

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.

Занятие 3. Сложное движение точки.

Сложение движений. Абсолютное, переносное и относительное движения. Теорема сложения скоростей.

Домашнее задание 3.

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

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

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

3. Поезд идёт на север со скоростью 36 км/час и вспугивает ворону, которая летит на восток со скоростью 36 км/час. Найти величину и направление скорости вороны относительно пассажира, стоящего у окна вагона.

Ответ: $v_{\text{отн}} = 36(2)^{1/2}$ км/час на юго-запад.

4. Найти величину и направление скорости Ханты-Мансийска ($\varphi = 60^\circ$ с.ш.) относительно оси суточного вращения Земли. Принять радиус Земли $R = 6400$ км.

Ответ: $v_{\text{сут}} \approx 224$ м/с на восток.

5. Найти величину и направление скорости Ханты-Мансийска ($\varphi = 60^\circ$ с.ш.) в местный полдень относительно Солнца. Считать угловые скорости годового и суточного вращения Земли параллельными и нормальными плоскости орбиты. Расстояние от Земли до Солнца в среднем 150 миллионов километров.

Ответ: $v_{\text{абс}} \approx 30$ км/с на запад.

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.

Часть 2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ДИНАМИКИ.

Занятие 4. Основной закон механики. Две задачи динамики

Динамика. Инертность тел. Инертная и гравитационная масса. Принцип эквивалентности масс. Инертная масса. Импульс частицы. Сила. Три закона Ньютона. Принцип суперпозиции и равнодействующая сил. 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.

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 $x = 3 \cos 2\pi t$, $y = 4 \sin \pi t$, где x и y - в см, а t - в с. Найти проекции действующей 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 O , 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.

В часы ИРС контрольная работа № 1. Темы: Кинематика частицы и твёрдого тела. Сложение скоростей. Основной закон механики. Две задачи динамики.

Контрольная работа будет проводиться в часы самостоятельной работы. Перед контрольной работой повторить списки понятий № 1- № 5, просмотреть решение аудиторных и домашних задач по указанным темам.

Занятие 5. Теоремы об изменении импульса частицы и МС. Теорема о движении центра масс МС.

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 тормозит 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; обратнo 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 и течёт в изгибе со скоростью 2 м/с.

Ответ: 284 Н.

Занятие 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.

Занятие 7. Смешанные задачи на энергию и импульс

Повторить списки понятий к занятиям 5 и 5.

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 $N < 0$.

Занятие 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 кольца и диска относительно оси симметрии, стержня относительно 3 осей.

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.

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:* $\omega_L = Mg(rf - f_k)/I_C$.

5. (М.37.55). Стоящего на скамье Жуковского с вытянутыми в стороны руками 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 снизил 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:* $\omega = 2M_1ru/(M_2R^2 + 2M_1r^2)$.

В часы ИРС контрольная работа № 2 . Темы: закон сохранения и теорема об изменении импульса; теорема о движении центра масс; работа силы; мощность; теоремы об изменении механической энергии; закон сохранения полной механической энергии; смешанные задачи на энергию и импульс; теорема об изменении момента импульса; закон сохранения момента импульса. Контрольная работа будет проводиться в часы самостоятельной работы.

Перед контрольной работой повторить списки понятий № 5 - № 8, просмотреть решение аудиторных и домашних задач по указанным темам.

Часть 3. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ.

Занятие 9. Свободные и вынужденные колебания. Упругие волны.

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, время затухания, добротность.

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

Волна. Упругая волна. Продольная и поперечная волна. Волновой фронт, его формы. Плоская гармоническая волна в среде без поглощения энергии; её уравнение. Волновая поверхность. Длина волны; фазовая скорость; волновое число; их связь. Средняя (по времени) объёмная плотность энергии упругой волны. Плотность потока энергии упругой волны (вектор Умова). Уравнение сферической гармонической волны в среде без поглощения энергии. Закон Бугера. Линейная и нелинейная среда. Уравнения плоской и сферической гармонической волны в линейной среде с поглощением. Стоячая гармоническая волна; её уравнение, положение узлов и пучностей.

Домашнее задание 9.

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

5. Длина бегущей плоской звуковой волны в воздухе $\lambda = 1$ м при частоте источника $\nu = 340$ Гц и амплитуде колебаний $A = 0,2$ мм. Найти: а) скорость волны v ; б) амплитуду v_m колебаний скорости частиц среды; в) записать уравнение волны. *Ответ:* а) $v = \lambda \cdot \nu = 340$ м/с; б) $v_m = A \cdot \omega = A \cdot 2\pi \cdot \nu = 0,4$ м/с; в) $\xi = 2 \cdot 10^{-4} \cos(680 \cdot \pi \cdot t - 2\pi x)$.

5. (И.4.155). Уравнение бегущей плоской звуковой волны в воздухе (скорость волны $v = 340$ м/с) имеет вид $\xi = 60 \cos(1800t - 5,3x)$, где ξ - в микрометрах, t - в секундах, x - в метрах. Найти: а) отношение амплитуды A смещения частиц среды к длине волны λ ; б) амплитуду v_m скорости колебаний частиц среды и её отношение к скорости волны; в) амплитуду колебаний относительной деформации среды и её связь с амплитудой колебаний скорости частиц среды. *Ответ:* а) $A/\lambda = 5,1 \cdot 10^{-5}$; б) $v_m = 11$ см/с; $v_m/v = 3,2 \cdot 10^{-4}$; в) $(\partial \xi / \partial x)_m = 3,2 \cdot 10^{-4}$; $(\partial \xi / \partial t)_m = v \cdot (\partial \xi / \partial x)_m = 3,2 \cdot 10^{-4} \cdot 340 = 0,11$ м/с.

7. Найти расстояние d между ближайшими узлами стоячей звуковой волны в воздухе при частоте колебаний 440 Гц. Скорость волны в воздухе $v_b = 340$ м/с. *Ответ:* $d \approx 39$ см.

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. Некоторая точка среды в гармонической волне колеблется как $\xi = 0,05 \cos 2 \cdot \pi \cdot t$. Записать уравнения движения точек среды на том же луче, отстоящих от данной на 15 и 30 см, если скорость волны 0,6 м/с. *Ответ:* $\xi = 0,05 \sin 2 \cdot \pi \cdot t$ и $\xi = -0,05 \cos 2 \cdot \pi \cdot t$

5.4. ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ПОНЯТИЙ № 1 ПО МЕХАНИКЕ.

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

Занятие 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 $\Delta x = x_2 - x_1$, $\Delta y = y_2 - y_1$

- $y_1, \Delta z = z_2 - z_1$; 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 $v = |\underline{v}| = |d\underline{r}/dt|$ и НАПРАВЛЕНА по касательной к траектории, вдоль вектора $d\underline{r}$; ВЕЛИЧИНА ВЕКТОРА УСКОРЕНИЯ $w = |d\underline{v}/dt| = |d^2\underline{r}/dt^2|$; 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 $\Delta \underline{r} = \Delta x \cdot \underline{i} + \Delta y \cdot \underline{j} + \Delta z \cdot \underline{k}$; по модулю $|\Delta \underline{r}| \equiv \Delta r = (\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2)^{1/2}$; направление задаём через направляющие косинусы - $\cos(\Delta \underline{r} \wedge \underline{i}) = \Delta x / \Delta r, \cos(\Delta \underline{r} \wedge \underline{j}) = \Delta y / \Delta r, \cos(\Delta \underline{r} \wedge \underline{k}) = \Delta z / \Delta r$. б) Вектор скорости $\underline{v} = v_x \cdot \underline{i} + v_y \cdot \underline{j} + v_z \cdot \underline{k}$; по модулю $|\underline{v}| \equiv v = (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)^{1/2}$; $\cos(\underline{v} \wedge \underline{i}) = v_x / v, \cos(\underline{v} \wedge \underline{j}) = v_y / v, \cos(\underline{v} \wedge \underline{k}) = v_z / v$. в) Вектор ускорения $\underline{w} = w_x \cdot \underline{i} + w_y \cdot \underline{j} + w_z \cdot \underline{k}$, по модулю $|\underline{w}| \equiv w = (w_x^2 + w_y^2 + w_z^2)^{1/2}$; $\cos(\underline{w} \wedge \underline{i}) = w_x / w, \cos(\underline{w} \wedge \underline{j}) = w_y / w, \cos(\underline{w} \wedge \underline{k}) = w_z / w$.

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 $\underline{v} = (ds/dt) \cdot \underline{t}^\circ = v_t \underline{t}^\circ$, где ВЕКТОР \underline{t}° - 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 $\underline{w} = d\underline{v}/dt = (dv_t/dt) \cdot \underline{t}^\circ + (v^2/R) \cdot \underline{n}^\circ = (d^2s/dt^2) \cdot \underline{t}^\circ + (v^2/R) \cdot \underline{n}^\circ = \underline{w}_t + \underline{w}_n$, где ВЕКТОР \underline{n}° - единичный вектор внутренней (в сторону центра кривизны траектории в данной точке) нормали, а R - РАДИУС КРИВИЗНЫ ТРАЕКТОРИИ В ДАННОЙ ТОЧКЕ.

НОРМАЛЬНАЯ $\underline{w}_n = (v^2/R) \cdot \underline{n}^\circ$ И ТАНГЕНЦИАЛЬНАЯ $\underline{w}_t = (dv_t/dt) \cdot \underline{t}^\circ = (d^2s/dt^2) \cdot \underline{t}^\circ$ 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 $\underline{w} = \underline{w}_t + \underline{w}_n$; НАПРАВЛЕНО в сторону вогнутости траектории, причём $\cos(\underline{w} \wedge \underline{w}_n) = w_n / w$; 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: $v = v_0 = \text{const}; S = S_0 + v_0 \cdot t$.

СКОРОСТЬ ПРИ РАВНОПЕРЕМЕННОМ ДВИЖЕНИИ ПО ТРАЕКТОРИИ В ОДНУ СТОРОНУ: $v = v_0 \pm a \cdot t$, где знак «+» отвечает равноускоренному, а «-» – равнозамедленному движению. ПУТЬ ПРИ РАВНОПЕРЕМЕННОМ ДВИЖЕНИИ ПО ТРАЕКТОРИИ В ОДНУ СТОРОНУ: $S = S_0 + v_0 \cdot t \pm a \cdot t^2 / 2$, СВЯЗЬ ПУТИ И СКОРОСТЕЙ ПРИ РАВНОПЕРЕМЕННОМ ДВИЖЕНИИ ПО ТРАЕКТОРИИ В ОДНУ СТОРОНУ:

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

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. Тематика лабораторных работ и задания для самостоятельной работы к ним (11 занятий по 4 часа).

Каждое занятие занимает 4 часа и требует самостоятельной работы в объёме около 4 часов. Время самостоятельной работы тратится на подготовку (письменное раскрытие в тетради) первой части отчёта по работе, подготовку к сдаче допуска и к теоретическому собеседованию, в том числе по самостоятельно изучаемым темам.

Работа № 1. ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ РАВНОУСКОРЕННОГО ДВИЖЕНИЯ

ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.

1. Цель работы и порядок измерений в каждом упражнении.
2. Расчёт полной погрешности ускорения свободного падения.

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.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.

1. По заданным уравнениям движения точки в координатной или естественной форме определить все возможные параметры её движения.

Работа № 2. ПРОВЕРКА 2-го ЗАКОНА НЬЮТОНА
ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.

1. Цель работы и порядок измерений в каждом упражнении.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

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

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.

1. Решить основную задачу механики для частицы, движущейся без сопротивления воздуха вблизи Земли.

2. Указать силы в 3-м законе Ньютона для тел, падающих на Землю; лежащих на Земле.

Работа № 3. ПРОВЕРКА ОСНОВНОГО ЗАКОНА ДИНАМИКИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МАЯТНИКА ОБЕРБЕКА

ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.

1. Цель работы и порядок измерений в каждом упражнении.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

1. Момент силы (вращающий момент). Основной закон динамики вращения ТТ вокруг неподвижной оси. Момент инерции ТТ; его вычисление.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.

1. Найти момент силы и применить основной закон динамики вращения ТТ вокруг неподвижной оси.

Работа № 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ПУЛИ С ПОМОЩЬЮ БАЛЛИСТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА.

ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.

1. Цель работы и порядок измерений в каждом упражнении.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

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

2. Потенциальная энергия упругого и гравитационного взаимодействия. Общие свойства потенциальной энергии. Консервативные и диссипативные силы. Консервативная МС. Полная механическая энергия (ПМЭ). Теоремы об изменении ПМЭ; закон сохранения ПМЭ. Другие виды энергии; закон сохранения энергии.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.

1. Применить теорему об изменении импульса частицы.

2. Применить закон сохранения ПМЭ.

Работа № 5а. ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКОВ.

ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.

1. Цель работы и порядок измерений в каждом упражнении.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

1. Основные понятия теории колебаний. Механические идеальные, затухающие и вынужденные колебания. Пружинный маятник; его энергия. Математический и физический маятники.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.

1. По уравнению гармонического колебания построить его график.

2. По графику гармонического колебания записать его уравнение.

Работа № 5б. ИЗУЧЕНИЕ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРУЖИННЫХ МАЯТНИКОВ.

ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.

1. Цель работы и порядок измерений в каждом упражнении.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

1. Вынужденные колебания линейного гармонического осциллятора в отсутствие трения. Резонанс. Свободные и вынужденные колебания с учётом вязкого трения при малых колебаниях.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.

1. 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.

6. Рекомендуемая литература

6.1. Основная литература.

1. Михайлов Сергей Петрович, Кыров Владимир Александрович. Механика: учебное пособие./ С. П. Михайлов, 2016, РИО ГАГУ. - 269 с.

2. Михайлов Сергей Петрович. Курс физики, т.1.: Механика. Молекулярная физика и термодинамика. РИО ГАГУ, 2018 г. – 388 с. (электронное издание)

3. Михайлов Сергей Петрович. Пособие по решению физических задач: учебное пособие./С. П. Михайлов, 2023, БИЦ ГАГУ. - 579 с.

6.2. Дополнительная литература.

1. Михайлов, Сергей Петрович. «Задачник и методические указания по механике»: учебно-методическое пособие/ С. П. Михайлов, 2019, РИО ГАГУ. - 119 с.

2. Трофимова, Таисия Ивановна. Курс физики: учебное пособие для вузов / Т. И. Трофимова, 2003, Высшая школа. - 541 с.

Электронные ресурсы

1. Михайлов С.П. Рабочая программа дисциплины «Механика» [Электронный ресурс] /С.П. Михайлов, 2023. - 64 с. Режимы доступа:

а) Локальная сеть ФМФ, диск TEACHER\МИХАЙЛОВ\Раб_прог_механика_2023.pdf

б) Система Moodle, Михайлов С.П., «Механика для педагогов», файл «Раб_прог_механика_2023.pdf»

7. Материально-техническое обеспечение учебного процесса.

Для лекций используется лекционная физическая аудитория с препаратурской для подготовки демонстрационного эксперимента и мультимедиа проектором. Для практических занятий нужна типовая учебная аудитория на 1 группу с доской и мелом, фонды библиотеки и точки доступа в локальную сеть ГАГУ и сеть Интернет. Для лабораторных работ используется специализированная лаборатория механики с набором оборудования.

8. Образовательные технологии

1. Все 28 лекций являются активными (проблемными): для каждой подобраны демонстрационные эксперименты, эпи-, диа- и мультимедийные демонстрации или примеры применения изучаемых физических величин и формул, требующие участия студентов в диалоге с преподавателем и тренирующие отработку практических умений, умения анализировать и делать заключения.

2. Содержание лекций сжато по авторской технологии в планы ответов (дайджесты), на основе которых должен строиться ответ студента на экзамене; важнейшие понятия и формулы здесь лишь указываются без раскрытия содержания, а вот промежуточные выкладки приводятся полностью. Дайджест выделяет главное, даёт объём ответа на теоретический вопрос и его последовательность, психологически поддерживает студента.

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

4. Во всех лабораторных работах выделены используемые теоретические знания, требующие подготовки по дайджестам, и отрабатываемые экспериментальные умения; всё это приведено в рабочей программе.

5. Во всех лабораторных работах выделены задания для исследования – все работы являются исследовательскими.

6. На экзамен выносятся проверка не только теоретических знаний, но и экспериментально-практических умений. Отработка этих умений выполняется при рассмотрении примеров на лекциях, а также в ходе выполнения практических занятий и лабораторных работ.

9. Вопросы и задания к экзамену.

Экзамен включает теоретический вопрос и экспериментально-практическое задание. При ответе на теоретический вопрос студент использует дайджесты, где должен показать знание основных понятий, принципов и законов механики. При выполнении экспериментально-практического задания студент должен показать умение решать типовые учебные задачи, грамотно использовать физическую лексику и понятийный аппарат, навыки работы с оборудованием лаборатории.

9.1. Теоретические вопросы.

1. Физика. Механика. Механика Ньютона. Свойства пространства и времени в механике Ньютона (классической механике). Основные абстрактные понятия механики: частица, система частиц (механическая система), твёрдое тело (ТТ), упругое и пластичное тело, сплошная среда. 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. Описание поступательного движения и вращения ТТ вокруг неподвижной оси.

5. Формулы кинематики вращения ТТ вокруг неподвижной оси. Таблица формул кинематики. Вращение ТТ вокруг неподвижной точки. Произвольное движение ТТ.

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

7. Динамика. Инертность тела. Инертная масса. Импульс частицы. Сила. Инерциальная и неинерциальная система отсчёта. Три закона Ньютона; формы записи второго закона. Равнодействующая сил.

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

9. Силы всемирного тяготения и тяжести. Теории дальнего- и близкого действия. Вес.

10. Силы упругости и деформация упругих тел в механике. Силы трения в механике. Угол трения.

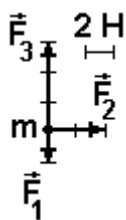
11. Теорема об изменении импульса частицы. Система частиц (механическая система МС). Импульс МС. Теорема об изменении импульса МС.

12. Центр масс МС. Теорема о движении центра масс. Закон сохранения импульса.

13. Момент силы (вращающий момент). Момент импульса частицы и МС. Теорема об изменении и закон сохранения момента импульса МС.
14. Основной закон динамики вращения ТТ вокруг неподвижной оси. Момент инерции ТТ; его вычисление. Момент импульса ТТ. Теорема об изменении и закон сохранения момента импульса ТТ.
15. Механическая работа и мощность. Кинетическая энергия частицы; теорема об её изменении. Кинетическая энергия МС и ТТ. Теоремы об изменении кинетической энергии МС и ТТ.
16. Потенциальная энергия упругого и гравитационного взаимодействия. Общие свойства потенциальной энергии. Консервативные и диссипативные силы. Консервативная МС. Полная механическая энергия (ПМЭ). Закон сохранения и теоремы об изменении ПМЭ. Другие виды энергии; закон сохранения энергии.
17. Основные понятия теории колебаний. Механические идеальные, затухающие и вынужденные колебания. Пружинный маятник; его энергия. Математический и физический маятники.
18. Свободные колебания с учётом вязкого трения при малых колебаниях. Их характеристики.
19. Вынужденные колебания с учётом вязкого трения при малых колебаниях. Резонанс.
20. Волна. Упругая (механическая) волна. Продольные и поперечные волны; волновой фронт. Энергия волны; плотность потока энергии (вектор Умова). Уравнения плоской и сферической гармонической незатухающей волны. Элементы акустики.
21. Затухание волн; закон Бугера. Уравнения плоской и сферической затухающей волны. Дисперсия волн. Интерференция волн.
22. Стоячие волны. Дифракция волн; принцип Гюйгенса.

9.2. Экспериментально-практические задания

1. По координатам начала и конца вектора, заданными 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 кинематические параметры её движения.
3. Определить характер движения ТТ и кинематически описать движение одной из его точек.
4. Указав абсолютное, переносное и относительное движения, применить теорему сложения скоростей.
5. Найти скорость относительно Солнца тела на поверхности Земли.
6. Решить основную задачу механики для частицы, движущейся без сопротивления воздуха вблизи Земли.
7. Указать силы в 3-м законе Ньютона для тел, падающих на Землю; лежащих на Земле; покоящихся на наклонной плоскости за счёт силы трения покоя.
8. 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?
9. Решить обратную задачу механики.
10. В опыте оценить коэффициент сухого трения скольжения.
11. Применить теорему об изменении импульса.
12. Найти положение центра масс МС или ТТ.
13. Найти положение центра масс ТТ и применить теорему о его движении.
14. Применить закон сохранения импульса МС.
15. Найти момент силы и применить основной закон динамики вращения ТТ вокруг неподвижной оси.
16. Найти момент инерции и момент импульса ТТ.
17. Применить теорему об изменении момента импульса ТТ.
18. Применить теорему об изменении кинетической энергии частицы.
19. Применить закон сохранения ПМЭ.
20. По уравнению гармонического колебания построить его график или по графику гармонического колебания записать его уравнение.
21. 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.
22. 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 $0,1 \text{ м}^{-1}$.



10. Лабораторный практикум по механике (составлен доцентом Е.Е. Южаниновой и проф. С.П. Михайловым)

Лабораторная работа № 1. ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ РАВНОУСКОРЕННОГО ДВИЖЕНИЯ

Часть 1. Изучение законов равноускоренного движения на установке с тележкой

Краткая теория и метод исследования

Если рассмотреть движение тела на предложенной установке, то можно утверждать следующее: движение тележки по слегка наклоненной рельсе является равноускоренным без начальной скорости. Следовательно, это движение можно описать законом

$$S = at^2 / 2$$

Для проверки этого закона можно использовать следующий метод: так как движение равноускоренное, то при любых S , ускорение будет неизменным, т.е. $2S_1/t_1^2 = 2S_2/t_2^2 = \dots = \text{const}$. Если это так, значит закон справедлив. Таким образом, задача эксперимента состоит в измерении t для соответствующих S и сравнение полученных результатов.

Измерения и обработка результатов:

1. Ознакомьтесь с установкой; определите каким способом будете фиксировать путь, каким прибором его измерять; каким прибором будете фиксировать время?
2. Подготовить таблицу для занесения результатов.
3. Проведите 1-2 пробных эксперимента и подготовьте установку к работе.
4. Проведите не менее 5 измерений для одного расстояния и все результаты занесите в таблицу.
5. Произведите необходимые расчеты.
6. Повторите измерения ещё для двух других расстояний

7. По формуле $a_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i$ найдите среднее значение для каждого случая

8. Все результаты занесите в таблицу 1.

9. Исследуйте полученные результаты и сформулируйте вывод.

Таблица 1.

№ измер.	S м	t с	t ² с ²	$\frac{2S}{t^2}$ (a _i)	Среднее $\frac{2S}{t^2}$ (a _{cp})
1 ... 5					
1 ... 5					
1 ... 5					

Часть 2. Определение ускорения свободного падения с помощью машины Атвуда

Краткая теория и метод исследования

Закон равноускоренного движения без начальной скорости можно использовать для практических целей, например, для определения ускорения свободного падения.

Для этого можно использовать экспериментальную установку, называемую машиной Атвуда. Падение шарика является равноускоренным, так как силу тяжести для небольшой высоты можно считать постоянной, а силу сопротивления для малого тела незначительной. Таким образом, из формулы

$$h = gt^2/2 \tag{1}$$

можно найти g

$$g = 2h/t^2. \tag{2}$$

Для получения более точного результата необходимо провести не менее 5 измерений.

Измерения и обработка результатов

1. Познакомьтесь с установкой. Ответьте на вопросы :
 1. Каким образом будет закрепляться шарик?
 2. Как будете измерять высоту?
 3. Каким образом будете измерять время?
2. Прделайте 1-2 опыта, чтобы освоить установку.
3. Меняя h измерьте соответствующее им t и занесите в таблицу.
4. Вычислите значения g и занесите их в таблицу.

№ изме- рен.	h м	T с	t ² с ²	g м/с ²	Δg_i м/с ²	g _{ист} м/с
1	h 1					
2						
3						
4						
5						

1						
2						
3	h 2					
4						
5						
1						
2						
3	h 3					
4						
5						

5. Определите погрешности измерения. Поскольку g измеряется косвенным путем, то максимальную абсолютную приборную погрешность в данном опыте ищем по формуле

$$\Delta g_{\text{пр}} = |(\partial g / \partial h)| \cdot \Delta h + |(\partial g / \partial t)| \cdot \Delta t = 2 \cdot \Delta h / t^2 + 4 \cdot h \cdot \Delta t / t^3, \quad (3)$$

где Δh и Δt – абсолютные приборные погрешности измерения h и t .

Абсолютную случайную погрешность данного опыта ищем как

$$\Delta g_i = g_{\text{ср}} - g_i, \quad (4)$$

где

$$g_{\text{ср}} = (g_1 + g_2 + \dots + g_n) / n. \quad (5)$$

Тогда максимальная абсолютная случайная погрешность

$$\Delta g_{\text{сл}} = \sum_{i=1}^n |\Delta g_i| / n. \quad (6)$$

Полная максимальная абсолютная погрешность

$$\Delta g = [(\Delta g_{\text{пр}})^2 + (\Delta g_{\text{сл}})^2]^{1/2}. \quad (7)$$

Окончательно

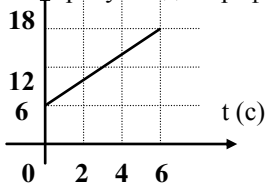
$$g_{\text{ист}} = g_{\text{ср}} \pm \Delta g. \quad (8)$$

Ответьте письменно на вопросы теста и покажите ответы преподавателю:

01. Модуль ускорения материальной точки, движущейся вдоль оси x согласно уравнению $X = 2 + 3t - 6t^2$ (м) равен

- 1) 6 м/с^2 2) 3 м/с^2 3) -6 м/с^2 4) 12 м/с^2 5) -3 м/с^2

02. На рисунке дан график зависимости координаты x автомобиля от времени. Какова скорость автомобиля?



Ответы:

- 1) -2 м/с 2) $-0,5 \text{ м/с}$ 3) $0,5 \text{ м/с}$ 4) 2 м/с

03. Если равнодействующая всех сил, действующих на равноускоренно движущееся тело, в некоторый момент времени стала равна нулю, то с этого времени тело

- 1) будет двигаться с неизменным ускорением
 2) будет двигаться равнозамедленно
 3) будет двигаться с постоянной скоростью
 4) практически мгновенно остановится
 5) может двигаться произвольным образом

04. Ускорение a тела, брошенного вертикально вверх, с учётом сопротивления воздуха

- 1) $a > g$ 2) $a = g$ 3) $a < g$ 4) $a > g$ на участке подъёма, $a < g$ на участке спуска 5) $a < g$ на участке подъёма, $a > g$ на участке спуска.

05. Как движется тело, если сумма всех действующих на него сил равна нулю?

- 1) Скорость тела равна нулю.
 2) Скорость тела возрастает.
 3) Скорость тела убывает.
 4) Скорость тела постоянна, но не равна нулю.
 5) Скорость тела может быть любой, но обязательно неизменной во времени.

Лабораторная работа № 2. Проверка II закона Ньютона

Краткая теория и метод исследования

В динамике основным законом движения является II закон Ньютона, который говорит о том, что ускорение, сообщаемое телу силой F , прямо пропорционально значению этой силы, обратно пропорционально массе тела m и направлено так же, как сила

→ →

$$a = F / m$$

Для проверки этого закона можно применить установку, используемую в лабораторной работе № 2 (вспомните метод определения ускорения). Чтобы проверить зависимость ускорения от силы, необходимо менять действующую силу (при постоянной массе), измеряя каждый раз проходимые телом пути и соответствующие промежутки времени. Для проверки зависимости ускорения от массы тела будем менять массу тележки (при постоянной силе) и производить те же измерения, что и в первом случае.

Чтобы уменьшить влияние на результаты трения качения, следует чуть приподнять один край рельсы так, чтобы тележка ещё не катилась самопроизвольно, но при толчке двигалась равномерно.

Измерения и обработка результатов

Упр.1. Проверка зависимости ускорения от действующей на тело силы

I. Соберите установку как для лаб. раб. № 2.

II. Проведите 1-2 опыта и добейтесь равномерного движения тележки путём наклона рельсы.

III. Изменяя силу, действующую на тележку (при постоянных массе и пути), измерьте время движения. Для каждой силы нужно провести не менее трех измерений.

IV. Все измерения и вычисления занесите в таблицу:

№ из-мер.	F Н	S м	t с	t ² с ²	a м\с ²	a _{ср} м\с ²
1 2 3	F ₁ =					a _{ср1} =
1 2 3	F ₂ =					a _{ср2} =
1 2 3	F ₃ =					a _{ср3} =

$$a_{ср} = (a_1 + a_2 + a_3) / 3$$

V. Постройте график зависимости $a_{ср} = a_{ср}(F)$, по виду графика определите вид полученной зависимости, сформулируйте вывод.

Упр. 2. Проверка зависимости ускорения от массы тела

VI. Изменяя массу тележки (при постоянной силе и пути), измерьте время её движения. Для каждого значения массы проведите не менее трех измерений.

VII. Все измерения и вычисления занесите в таблицу.

№ изме-рен.	m кг	S м	t с	t ² с ²	a м\с ²	a _{ср} м\с ²
1 2 3	m ₁ =					a _{ср1} =
1 2 3	m ₂ =					a _{ср2} =
1 2 3	m ₃ =					a _{ср3} =

VIII. Постройте график зависимости $a_{ср} = a(m)$

По графику определите вид полученной зависимости и сформулируйте вывод.

Лабораторная работа № 3

Проверка основного закона динамики вращательного движения с помощью маятника Обербека

Краткая теория и метод исследования

В основе динамики вращения твердых тел вокруг неподвижной оси лежит закон, подобный II закону Ньютона при поступательном движении твердых тел:

$$M = I \cdot \epsilon,$$

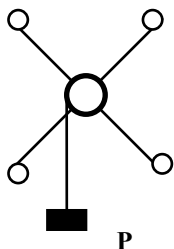
где M - момент действующей силы, ϵ - угловое ускорение тела, I - момент инерции тела относительно этой оси.

Следовательно, как и в механике поступательного движения, угловое ускорение, приобретаемое телом, прямо пропорционально моменту действующей силы и обратно пропорционально моменту инерции самого тела:

$$\epsilon = M/I$$

Для проверки этого закона будем использовать установку, называемую «маятником Обербека» (опишите этот прибор в тетради после выполнения работы).

Если к шнуру подвесить груз P массой m_p , то при его движении вниз силой, вращающей ма-



ятник, будет сила упругости шнура. По II закону Ньютона

$$F_{\text{упр.}} = F_{\text{тяж.}} - m_p a$$

Тогда момент вращающей силы будет определяться как

$$M = F_{\text{упр.}} \cdot r = m_p (g - a) r,$$

где r - радиус шкива. Угловое ускорение маятника ϵ связано с линейным a формулой

$$\epsilon = a/r.$$

Но линейное ускорение точек на шкиве будет равно ускорению падения груза, которое можно найти по формуле из лабораторной работы №2:

$$a = 2h/t^2.$$

Упр. 1. Проверка зависимости углового ускорения от величины момента вращающей силы

Чтобы проверить зависимость углового ускорения ϵ от M , необходимо определить время падения t с высоты h при соответствующей массе груза m_p .

Измерения и обработка результатов

1. Познакомьтесь с экспериментальной установкой.
2. Прodelайте 1-2 опыта, чтобы убедиться в нормальной работе установки.
3. Меняя массу груза m_p , измерьте время падения его с высоты h . (для каждой массы произвести не менее трех измерений.)
4. Все результаты занесите в таблицу.

№ из-мер.	m_p кг	M н м	h м	T с	t^2 с ²	a м/с ²	ϵ рад/с ²	$\epsilon_{\text{ср}}$
1 2 3	$m_1 =$							$\epsilon_1 =$
1 2 3	$m_2 =$							$\epsilon_2 =$
1 2 3	$m_3 =$							$\epsilon_3 =$

$$\epsilon_{\text{ср}} = (\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3) / 3$$

5. Постройте график зависимости $\epsilon_{\text{ср}} = \epsilon(M)$, по графику определите вид зависимости, сформулируйте вывод.

Упр. 2. Проверка зависимости углового ускорения от момента инерции тела.

Для проверки зависимости ϵ от момента инерции I будем менять момент инерции, оставляя неизменной силу упругости со стороны груза P . Для изменения момента инерции маятника будем использовать добавочные перемещаемые грузики, закрепляя их на каком-то расстоянии от оси вращения

Момент инерции маятника Обербека без грузов I_0 можно определить как суммарный момент инерции двух одинаковых стержней, ось вращения каждого из которых проходит через их центр:

$$I_0 = 2m_c l^2 / 12,$$

где m_c - масса стержней, l - полная длина каждого стержня. При этом считается, что цилиндрическая втулка, в которой крепятся стержни, заметного вклада в момент инерции не даёт ввиду сравнительно малого радиуса; более точные измерения должны учитывать и момент инерции втулки.

Если на стержни надеть добавочные грузы $m_{гр}$ на равном расстоянии R от оси вращения, то момент инерции маятника станет

$$I = I_0 + 4I_{гр}$$

Если грузы принять за материальные точки, то $I_{гр} = m_{гр} R^2$, где $m_{гр}$ - масса одного груза, тогда

$$I = I_0 + 4m_{гр} R^2$$

Меняя R можно менять момент инерции маятника I .

Измерения и обработка результатов

1. Рассчитайте момент инерции маятника I_0 , проведя все необходимые измерения.
2. Приведите маятник во вращение с помощью груза P , измерьте h и t в этом случае.
3. Измерьте массу одного груза $m_{гр}$.
4. Наденьте грузы на стержни, хорошо закрепив их винтами на равном расстоянии R от оси вращения.
5. Приведите маятник во вращение с помощью того же груза P , измерьте h и t в этом случае.
6. Измените расстояние R (например, в 2 раза) и снова произведите все необходимые измерения для неизменной массы груза $m_{гр}$.
7. Заполните таблицу

№ измер	$m_{гр}$ кг	I_0 кг м ²	R м	I кг м ²	h м	t с	t^2 с ²	a м/с ²	ϵ рад/с ²	$\epsilon_{ср}$
1										ϵ_1
2										
3										
1										ϵ_2
2										
3										
1										ϵ_3
2										
3										

$$\epsilon_{ср} = (\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3) / 3$$

8. Постройте график зависимости $\epsilon_{ср} = \epsilon(I)$. По виду графика определите вид зависимости и сформулируйте вывод.
9. Письменно опишите маятник Обербека и покажите описание преподавателю.

Лабораторная работа № 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ПУЛИ С ПОМОЩЬЮ БАЛЛИСТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА Краткая теория и метод исследования

Для определения скорости полета пули используют установку, состоящую из пружинного пистолета и баллистического маятника, который представляет из себя сосуд, подвешенный на четырех нитях. Удар пули о баллистический маятник сделан абсолютно неупругим.

Рассмотрим более подробно процессы, происходящие при выстреле. В момент выстрела потенциальная энергия сжатой пружины пистолета переходит в кинетическую энергию пули массой m . Эта энергия затем расходуется на сообщение маятнику массой M кинетической энергии. Кинетическая энергия маятника с пулей будет $E'_к = (M + m) (v')^2 / 2$, где v' – начальная скорость отклонения маятника от положения равновесия.

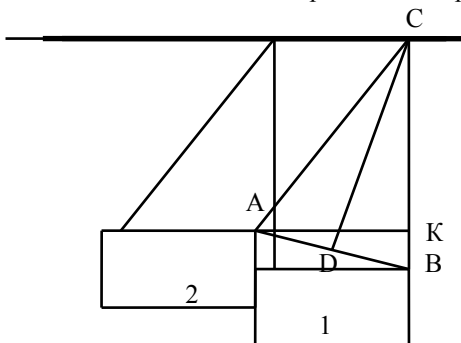
Для определения этой скорости используем закон сохранения импульса. До взаимодействия пули с маятником ее импульс был $p_0 = mv$, после взаимодействия маятник вместе с пулей приобретут импульс $p' = (M+m) \cdot v'$. По закону сохранения импульса $p_0 = p'$, отсюда $m \cdot v = (M+m) \cdot v'$. Тогда скорость пули

$$v = (M + m) \cdot v' / m. \quad (1)$$

Таким образом, для нахождения скорости полета пули, необходимо найти скорость, которую приобретут маятник вместе с пулей сразу после взаимодействия. Для нахождения этой скорости используем закон сохранения полной механической энергии. Согласно этому закону кинетическая энергия маятника $E'_к$ перейдет в потенциальную энергию тела поднятого над землей $E_п = (M + m) \cdot g \cdot h$. Получим $(M + m) \cdot (v')^2 / 2 = (M + m) \cdot g \cdot h$, откуда

$$v' = \sqrt{2gh} \quad (2)$$

Следовательно, скорость пули можно определить, если мы измерим высоту подъема центра масс цилиндра над его положением в состоянии равновесия. Однако измерение вертикального перемещения довольно сложно. Его можно заменить более простым измерением горизонтального перемещения сосуда S .



Смещение маятника из начального положения 1 в положение 2 после соударения показано на рисунке. Здесь горизонтальное перемещение $S = AB$, высота подъема $h = KB$. Из подобия прямоугольных треугольников АКВ и АСD имеем соотношение $AB / KB = CA / AD$, где $CA = l$ – длина подвеса маятника, $AD = S/2$. Таким образом, $S/h = 2l/S$, откуда $h = S^2 / 2l$. Подставив это значение h в формулы (1) и (2), для расчета скорости пули имеем:

$$v = [(M + m) \cdot S / (m)] \cdot (g/l)^{1/2}. \quad (3)$$

По этой формуле и будет рассчитываться скорость пули.

Измерения и обработка результатов.

1. Изучите предложенную вам установку и ответьте на вопросы:
- а) Зачем внутри маятника находится пластилин?

- б) Каким способом будет измеряться горизонтальное смещение маятника S после выстрела?
- Произведите 1-2 тренировочных выстрела и научитесь попадать в центр сосуда.
 - Определите массу маятника M и массу пули m.
 - Измерьте длину нитей l, на которых подвешен маятник.
 - Произведите выстрелы не менее 5 раз и измерьте горизонтальное смещение маятника S.
 - По полученным данным рассчитайте скорость пули v.
 - Все результаты занесите в таблицу.

№ измер.	M кг	m кг	l м	S м	V _i м/с	ΔV _i м/с	V _{ист} = V _{ср} ± ΔV _{ср} м/с
1							
2							
3							
4							
5							
Среднее значение	x	x					

Здесь $l_{ср} = (l_1 + l_2 + l_3 + l_4)/4$, $\Delta V_i = V_{ср} - V_i$, $\Delta V_{ср} = \sum |\Delta V_i|/n$. Видно, что при этом определяется только максимальная случайная погрешность без учёта приборной погрешности и указания достоверности результатов.

Письменно ответить в тетради и при защите показать преподавателю ответы на такие вопросы:

- Можно ли в данном случае считать, что кинетическая энергия пули полностью переходит в кинетическую энергию маятника?
- Рассмотреть все переходы энергии от момента выстрела до подъема маятника на высоту h.
- На каком из этапов можно использовать закон сохранения полной механической энергии?
- Какой закон сохранения можно применять шире – импульса или полной механической энергии?

Лабораторная работа № 5а. ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКОВ.

Приборы и принадлежности: физический и математический маятники, секундомер, измерительная линейка.

Теория метода и описание установки.

Физический маятник – это способное колебаться твёрдое тело. Как показывает опыт, для этого необходимо, чтобы точка подвеса O' (см. рисунок) не совпадала с центром масс C тела. На практике (в механических часах с маятником, например) вновь происходит плоское вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси, проходящей в точке подвеса O' перпендикулярно плоскости колебаний, а не вращение вокруг неподвижной точки O' – шаровой шарнир (шарнир Гука) здесь не применяется. Как и для математического маятника, возбудить колебания можно двумя способами: отклонить тело вбок в направлении, допускаемом осью вращения, и отпустить без начальной толчка, или сообщить телу, центр масс C которого находится в положении устойчивого равновесия O, толчком начальную скорость вбок в направлении, допускаемом осью вращения.

Для описания движения маятника вновь используем основное уравнение динамики вращения ТТ вокруг неподвижной оси $I \cdot \epsilon = M$, где вращающий момент M относительно оси вращения даёт только сила тяжести $m \cdot g$ с переменным плечом $l \cdot \sin \phi$. Здесь l – расстояние между точкой подвеса O' и центром масс C, а I – момент инерции тела относительно оси вращения. С учётом разных знаков проекций вращающего момента и угла отклонения на ось вращения в скалярном виде уравнение вращения примет вид

$$I \cdot d^2\phi/dt^2 = - m \cdot g \cdot l \cdot \sin \phi$$

Ограничимся малыми углами отклонения, где $\sin \phi \approx \phi$, и введём константу

$$\omega_0^2 = m \cdot g \cdot l / I. \quad (1)$$

Получили дифференциальное уравнение линейного гармонического осциллятора

$$d^2\phi/dt^2 + \omega_0^2 \cdot \phi = 0,$$

т.е. малые плоские колебания в идеальном случае отсутствия трения будут гармоническими с периодом

$$T = 2\pi [I / (m \cdot g \cdot l)]^{1/2}. \quad (2)$$

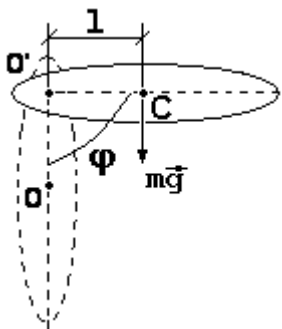
Именно использование физического маятника позволило Гюйгенсу в середине 17 века создать первые достаточно точные механические часы; точность их хода (например, при переезде в местность с другим значением ускорения свободного падения) регулируется с помощью небольшого грузика, перемещаемого по резьбе

ближе или дальше от оси вращения.

Упражнение 1. Определение момента инерции физического маятника

Если физический маятник представляет собой круглый однородный стержень, то зная ускорение силы тяжести и измерив период колебания, можно определить его момент инерции. Действительно, для однородного стержня центр тяжести находится на равных расстояниях от его концов, т.е. $I = L/2$, где L - длина стержня. Тогда из (2)

$$I = \frac{T^2 mgL}{8\pi^2}, \quad (3)$$



если точка подвеса O' находится вблизи одного из концов стержня. Полученное значение можно сравнить с расчётным $I = \frac{m \cdot L^2}{3}$ для тонкого стержня относительно оси, проходящей через его конец.

Если это не так, то используем формулу

$$I = \frac{T^2 mgl}{4\pi^2} . \quad (3a)$$

Для допуска к работе ответьте на вопросы:

1. Какие величины необходимо измерить, что бы вычислить момент инерции данного маятника?
2. Каким способом будете определять период колебания маятника?
3. Какова должна быть примерно амплитуда колебания?
4. Подготовьте таблицу:

№	t, с	n	T, с	ΔT	d, м	Δd	I, кг·м ²	ΔI	$I = I_{cp} \pm \Delta I_{cp}$
1		10							
2		10							
3		10							
...									
10		10							
Ср									

Упражнение 2. Определение ускорения свободного падения с помощью математического маятника.

В тех случаях, когда можно считать, что вся масса тела сосредоточена в одной точке (центр тяжести), маятник называется математическим. Математическим можно считать шарик, подвешенный на длинной нерастяжимой нити, если длина нити значительно больше диаметра шарика. В этом случае расстояние l можно считать равным длине нити L . Учитывая, что момент инерции шарика относительно точки O' подвеса $J = mL^2$, получим формулу Гюйгенса для периода малых колебаний математического маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (4)$$

Использование этой формулы позволяет вычислять ускорение свободного падения с помощью математического маятника. Из формулы (4) получите формулу для расчёта ускорения свободного падения.

Ответьте на вопросы:

1. Какие величины будете измерять?
2. Каким способом будете определять период колебания маятника?
3. Какова должна быть примерно амплитуда колебания?
4. Подготовьте таблицу:

№	t, с	n	T, с	L, м	ΔL , м	g, м/с ²	Δg , м/с ²	$g_{уст} = (\bar{g} \pm \Delta \bar{g})$
1		10						
2		10						
3		10						
...								
10		10						
Ср.								

Письменно ответьте в тетради и при защите покажите преподавателю ответы на следующие вопросы.

1. Зависит ли период колебания физического маятника от его массы?
2. Что такое приведённая длина физического маятника?
3. Как изменится период колебаний математического маятника, если его перенести в воду или вязкое масло?
4. Как изменится период колебаний маятника с железным шариком, если под ним поместить магнит?

5. Два одинаковых полых шарика заполнены один водой, другой песком и подвешены на нитях одинаковой длины. Шарика отклонили на одинаковые углы. Будут ли у них одинаковыми периоды колебаний? Одинаково ли долго будут они колебаться в сосуде, из которого откачан воздух? Одинаково ли долго будут они колебаться в воде? Ответы обоснуйте.

6. Как будет меняться ход часов с металлическим маятником при наступлении летних жарких дней по сравнению с холодными зимними днями, если часы установлены не в утеплённом помещении? Ответ обоснуйте.

7. Изменится ли период колебаний качелей, если вместо одного человека на качели сядут двое?

Лабораторная работа № 5б.

Изучение свободных колебаний пружинных маятников

Краткая теория и метод исследования

Одним из примеров колебательных систем является пружинный маятник, колебания которого можно отнести к классу собственных затухающих колебаний. Любая колебательная система характеризуется амплитудой, периодом, частотой. В свою очередь, эти величины связаны с параметрами самой системы. В данном случае, такими параметрами являются коэффициент жесткости пружины k и масса груза m .

Чтобы выяснить зависимость величин описывающих движение системы от параметров маятника, необходимо в первую очередь определить эти параметры.

Упр. 1. Определение коэффициента жесткости пружины статическим методом.

Для определения k воспользуемся законом Гука для пружины $F_{\text{упр}} = -k \Delta x$ (выясните по лекциям физический смысл каждой величины и запишите в тетрадь). С другой стороны согласно первому закону Ньютона, если маятник находится в покое, то равнодействующая всех сил, действующих на пружину равна нулю, т.е. $F_{\text{упр}} + P = 0$. Учитывая эти два равенства, выведите сами формулу для определения коэффициента жесткости k .

1. В тетради после названия упражнения выполните рисунок маятника, изобразив силы, действующие на пружину.
2. Выведите рабочую формулу. Определите коэффициенты жёсткости для трех пружин, пронумеруйте их.
3. Заполните таблицу 1, произведя нужные измерения.
4. Для допуска к работе ответьте на вопросы:
 1. Какие величины будете измерять?
 2. Какие величины будете менять?
 3. Какими приборами будете пользоваться?
 4. Как будете определять P ?

Таблица 1.

№	P Н	Δx м	k_1 Н/м	P Н	Δx м	k_2 Н/м	P Н	Δx м	k_3 Н/м
1									
2									
3									
ср.	x	x		x	X		x	X	

Упр. 2. Определение зависимости периода собственных колебаний пружинного маятника от массы груза

Для проверки этой зависимости необходимо произвести измерения не менее чем для 5 различных масс. Для измерения периода можно воспользоваться формулой: $T = t/10$, где t - время 10 колебаний.

Ответьте на вопрос почему нельзя определить T по одному колебанию?

1. Прочитайте ещё раз название упражнения и ответьте на вопросы
 1. Какую зависимость будете проверять?
 2. Какая величина является зависимой?
 3. От какой величины она зависит?
 4. Какую величину будете менять?
 5. Какую величину будете находить?
 6. Какие величины будете измерять?
 7. Какими приборами будете пользоваться?
2. Выполнив все измерения и вычисления, заполните таблицу 2.
3. Постройте график зависимости $T (м)$ и $T^2 (м^2)$

Таблица 2.

№	k Н/м	M кг	t с	n	$T_{\text{ср}}$ с	$T_{\text{ср}}^2$ с ²

1		m ₁	1	1		
2			2	2		
			3	3		
		m ₂	1	1		
2			2			
3	3					
3	m ₃	1	1			
		2	2			
		3	3			
4	m ₄	1	1			
		2	2			
		3	3			
5	m ₅	1	1			
		2	2			
		3	3			

4. Сформулируйте вывод из найденной зависимости.

Упр. 3. Определение зависимости периода собственных колебаний пружинного маятника от коэффициента жесткости пружины

Для проверки этой зависимости вам понадобятся все три пружины из первого упражнения.

1. Ответьте на вопросы на такие вопросы
 - А) Какую зависимость будем проверять?
 - Б) Какая величина является зависимой?
 - В) От какой величины она зависит?
 - Г) Что будем измерять?
 - Д) Какую величину будем оставлять постоянной?
 - Е) Какую величину будем менять?
2. Выполните все измерения.
3. Заполните таблицу 2.

Таблица 2.

№	k Н/ м	m кг	t с	n	$T_{\text{ср}}^2$ с ²	k _{дин} Н/ м
1	k _{1ст}		1	1		k _{дин 1}
			2	2		
			3	3		
2	k _{2ст}		1	1		k _{дин 2}
			2	2		
			3	3		
3	k _{3ст}		1	1		k _{дин 3}
			2	2		
			3	3		

Упр. 4 Определение логарифмического декремента затухания пружинного маятника и коэффициента вязкого трения α .

Собственные колебания всегда являются затухающими, т.е. амплитуда колебаний со временем убывает. Для характеристики быстроты убывания амплитуды используют логарифмического декремента затухания θ , который определяют по формуле

$$\theta = (T/t) \ln A_0/A_t$$

(выясните по лекциям физический смысл всех величин).

В воздухе затухание происходит очень медленно, поэтому будем использовать более плотную среду - воду.

Рекомендация: чтобы погрешность измерений была меньше, необходимо, чтобы амплитуда уменьшилась на достаточно большую величину. Измеряйте время, за которое амплитуда уменьшится в 10 раз, т.е. $A_t = 0,1A_0$. Массу цилиндрического груза возьмите 200 г.

1. Определите период T колебаний маятника в воде.
2. Определите время t уменьшения амплитуды в 10 раз.
Проделайте измерения для двух разных начальных амплитуд (50 мм и 30 мм).

Логарифмический декремент затухания связан со свойствами среды и маятника формулой $\theta = \alpha T/2m$, где α - коэффициент вязкого трения для данного груза в данной среде.

Из приведенной выше формулы выразите α и по данным опытов найдите его значение. Сравните это значение с расчётным по формуле Стокса для движения шарика равного с цилиндрическим грузиком радиуса в воде. Для воды взять коэффициент динамической вязкости $\eta = 0,105$ мПа·с.

Все результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 3..

Таблица 3.

№	A_0	A_t	t	n	T	T_{cp}	θ	θ_{cp}	r
1	50 мм	5 мм	1.						
			2.						
			3.						
			4.						
			5.						
2	30 мм	3 мм	1.						
			2.						
			3.						
			4.						
			5.						

$$T_{cp} = (T_1 + \dots + T_5)/5, \quad \theta_{cp} = (\theta_1 + \theta_2)/2.$$

11. ПЛАНЫ ОТВЕТОВ НА ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ, МАТЕРИАЛ ДЛЯ ЗАУЧИВАНИЯ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Внимание! Материал для заучивания выделен в плане ответа (дайджесте) **КРУПНЫМ ШРИФТОМ**. Изучаемый самостоятельно материал есть не в каждом вопросе, а лишь в тех, где после плана ответа есть слово «Самостоятельно». Вектора в тексте выделены стрелкой над буквой. Рекомендуемые пособия:

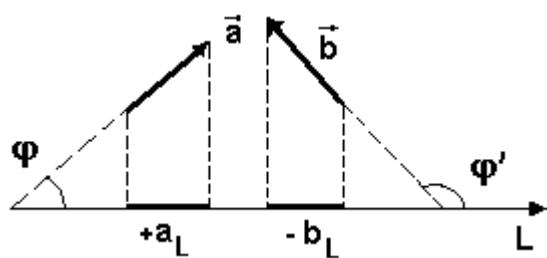
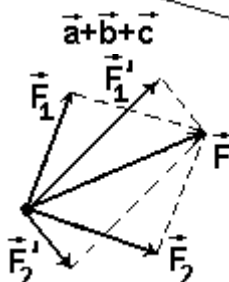
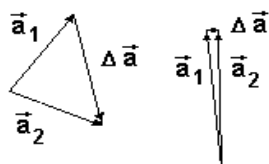
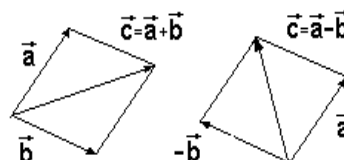
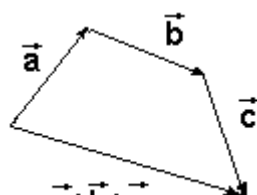
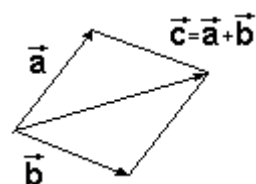
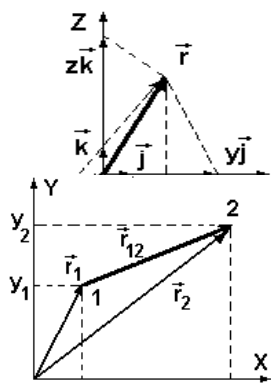
1. Михайлов С.П., Кыров В.А. Механика. РИО ГАГУ, 2016 г.
2. Михайлов С.П. и др. Элементарная физика, ч.1 и 2. РИО ГАГУ, 2008 г.
3. Михайлов С.П., Кыров В.А. Теоретическая механика. РИО ГАГУ, 2017 г.
4. Трофимова Т.И. Курс физики.
5. Михайлов С.П. Физика, т.1. Механика, молекулярная физика и термодинамика. РИО ГАГУ, 2018 г.

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

ФИЗИКА. МЕХАНИКА. МАКРО- и МИКРОТЕЛА. НАИБОЛЬШАЯ СКОРОСТЬ В ПРИРОДЕ. МЕХАНИКА НЬЮТОНА (КЛАССИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА); другие виды механик. СВОЙСТВА ПРОСТРАНСТВА В МЕХАНИКЕ НЬЮТОНА: ТРЁХМЕРНОСТЬ, ОДНОРОДНОСТЬ, ИЗОТРОПНОСТЬ, НЕПРЕРЫВНОСТЬ, БЕЗГРАНИЧНОСТЬ. СВОЙСТВА ВРЕМЕНИ У НЬЮТОНА: ОДНОМЕРНОСТЬ И ЗНАК, ОДНОРОДНОСТЬ, НЕПРЕРЫВНОСТЬ, БЕЗГРАНИЧНОСТЬ. МОМЕНТ И ОТРЕЗОК (ИНТЕРВАЛ) ВРЕМЕНИ.

МАТЕРИАЛЬНАЯ ТОЧКА (ЧАСТИЦА). СИСТЕМА ЧАСТИЦ (МЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МС). ТВЁРДОЕ ТЕЛО (ТТ). ДЕФОРМАЦИЯ. УПРУГОЕ И ПЛАСТИЧНОЕ ТЕЛО, СПЛОШНАЯ СРЕДА. СИСТЕМА ОТСЧЁТА. ДЕКАРТОВЫ КООРДИНАТЫ, ОРТЫ $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ и РАДИУС-ВЕКТОР \vec{r} ЧАСТИЦЫ; ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАДИУС-ВЕКТОРА ЧЕРЕЗ ДЕКАРТОВЫ КООРДИНАТЫ ЕГО КОНЦА. ПРОЕКЦИЯ ПРОИЗВОЛЬНОГО ВЕКТОРА НА ДЕКАРТОВЫ ОСИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОЛЬНОГО ВЕКТОРА ЧЕРЕЗ ДЕКАРТОВЫ КООРДИНАТЫ ЕГО НАЧАЛА И КОНЦА.

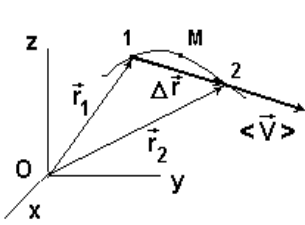
ПОЛЯРНЫЕ (обычные) И АКСИАЛЬНЫЕ (ОСЕВЫЕ) ВЕКТОРЫ. ПРАВИЛА СЛОЖЕНИЯ И ВЫЧИТАНИЯ ВЕКТОРОВ. РАЗЛОЖЕНИЕ ВЕКТОРА НА ДВА СОСТАВЛЯЮЩИХ ВЕКТОРА. Сколько может быть пар составляющих? ПРОЕКЦИЯ ВЕКТОРА НА ОСЬ. В чём отличие проекции от составляющей? Может ли проекция быть нулевой; отрицательной?



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

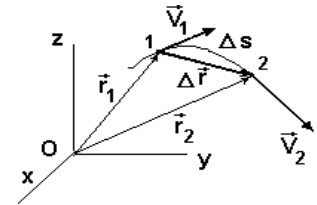
КИНЕМАТИКА. ТРАЕКТОРИЯ; 4 ВИДА ДВИЖЕНИЯ. УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ В КООРДИНАТНОЙ И ВЕКТОРНОЙ ФОРМЕ. ИЗМЕНЕНИЕ ВЕКТОРА. ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ЧАСТИЦЫ В КООРДИНАТНОЙ И ВЕКТОРНОЙ ФОРМЕ; СВЯЗЬ ЭТИХ ФОРМ. ВЕКТОР СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ.

ДИФФЕРЕНЦИАЛ ВЕЛИЧИНЫ; ДВА ЕГО СМЫСЛА. ПРОИЗВОДНАЯ ПРОСТОЙ ФУНКЦИИ; ЕЁ СМЫСЛ. ВЕКТОР СКОРОСТИ (МГНОВЕННОЙ СКОРОСТИ)



$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \langle \vec{v} \rangle = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\Delta \vec{r} / \Delta t) = d\vec{r} / dt \equiv \dot{\vec{r}}$$

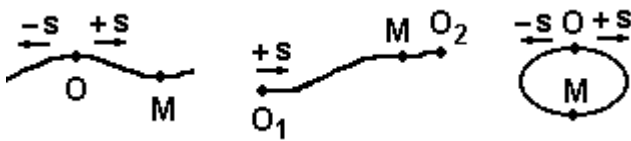
ЕГО СМЫСЛ, НАПРАВЛЕНИЕ ПО ОТНОШЕНИЮ К ТРАЕКТОРИИ. ПОЛЯРНЫЙ ЭТО ВЕКТОР ИЛИ АКСИАЛЬНЫЙ? СКОРОСТЬ В КООРДИНАТНОЙ ФОРМЕ; СВЯЗЬ ВЕКТОРНОЙ И КООРДИНАТНОЙ ФОРМ.



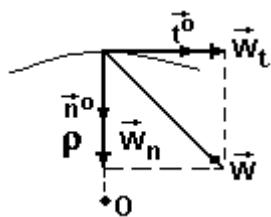
ВЕКТОР УСКОРЕНИЯ: ЕГО СМЫСЛ, НАПРАВЛЕНИЕ ПО ОТНОШЕНИЮ К ТРАЕКТОРИИ, МОДУЛЬ УСКОРЕНИЯ В КООРДИНАТНОЙ ФОРМЕ; СВЯЗЬ ВЕКТОРНОЙ И КООРДИНАТНОЙ ФОРМ.

ЕДИНИЦЫ ВРЕМЕНИ, РАССТОЯНИЯ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ, СКОРОСТИ И УСКОРЕНИЯ. Внимание! Нужно заучить единицы ВСЕХ физических величин, хотя упоминаться это больше не будет.

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



ПОЛОЖЕНИЕ ЧАСТИЦЫ, УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ, ПЕРЕМЕЩЕНИЕ, СКОРОСТЬ В ЕСТЕСТВЕННОЙ ФОРМЕ. НАПРАВЛЕНИЕ И ВЕЛИЧИНА ВЕКТОРА СКОРОСТИ; СМЫСЛ ВЕКТОРА \vec{t}^0 . УСКОРЕНИЕ В ЕСТЕСТВЕННОЙ ФОРМЕ; СМЫСЛ ВЕКТОРА \vec{n}^0 ; НОРМАЛЬНАЯ \vec{w}_n И ТАНГЕНЦИАЛЬНАЯ \vec{w}_t СОСТАВЛЯЮЩИЕ ВЕКТОРА УСКОРЕНИЯ, ИХ СМЫСЛ И НАПРАВЛЕНИЕ.

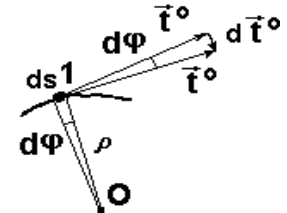
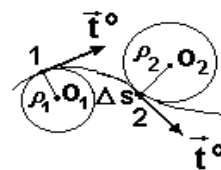


ПОЛНОЕ УСКОРЕНИЕ \vec{w} ; ЕГО НАПРАВЛЕНИЕ, МОДУЛЬ. РАВНОМЕРНОЕ, РАВНОПЕРЕМЕННОЕ И ПРОИЗВОЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЯ. Вычисление пути равномерного движения: из $v = ds/dt = \text{const} = v_0 \Rightarrow ds = v_0 dt$, откуда после интегрирования $\Rightarrow s = ?$

НАЧАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ. Вычисление скорости равнопеременного движения: из $w_t = dv/dt = \text{const} = \pm a \Rightarrow dv = a dt$, откуда после интегрирования $v = ?$

Вычисление пути равнопеременного движения: из $v = ?$ с учётом $v = ds/dt \Rightarrow ds = v dt \pm a t dt$, откуда после интегрирования $\Rightarrow s = ?$

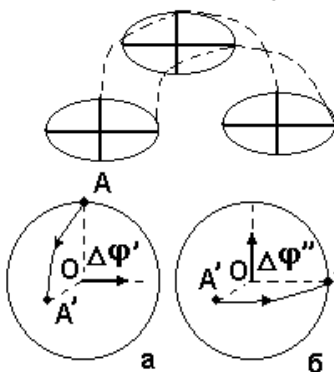
Если выразить время из формулы скорости и подставить в формулу пути, то $v^2 - v_0^2 = ?$. ГРАФИКИ ПУТИ И СКОРОСТИ РАВНОМЕРНОГО И РАВНОПЕРЕМЕННОГО ДВИЖЕНИЯ.



Самостоятельно. 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 $v^2 - v_0^2 = \pm 2sa$.

4. Описание поступательного движения и вращения ТТ вокруг неподвижной оси.

ПОСТУПАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТТ. ВРАЩЕНИЕ ТТ ВОКРУГ НЕПОДВИЖНОЙ ОСИ. Движение частицы по окружности: УГЛОВЫЕ И ЛИНЕЙНЫЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И СКОРОСТИ; ИХ СВЯЗЬ. Является ли конечный угол поворота вектором? А малый угол?



ВЕКТОР УГЛОВОЙ СКОРОСТИ $\vec{\omega} = d\vec{\varphi} / dt \equiv \dot{\vec{\varphi}}$; ЕГО

СМЫСЛ, НАПРАВЛЕНИЕ (ПРАВИЛО БУРАВЧИКА). СВЯЗЬ СКОРОСТИ И НОРМАЛЬНОГО УСКОРЕНИЯ С УГЛОВОЙ СКОРОСТЬЮ. ВЕКТОР УГЛОВОГО

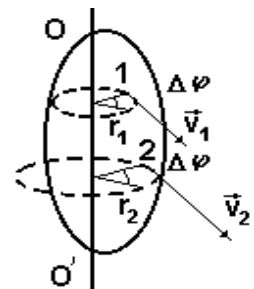
УСКОРЕНИЯ $\vec{\varepsilon} = d\vec{\omega} / dt \equiv \dot{\vec{\omega}} = d^2\vec{\varphi} / dt^2 \equiv \ddot{\vec{\varphi}}$; ЕГО СМЫСЛ, НАПРАВЛЕНИЕ,

СВЯЗЬ С ТАНГЕНЦИАЛЬНЫМ УСКОРЕНИЕМ.

РАВНОМЕРНОЕ ВРАЩЕНИЕ ЧАСТИЦЫ И ТТ; ЧАСТОТА ν , ЦИКЛИЧЕСКАЯ (КРУГОВАЯ) ЧАСТОТА ω И ПЕРИОД ВРАЩЕНИЯ T . СКОРОСТИ И УСКОРЕНИЯ ТОЧЕК ТТ ПРИ ТАКОМ ДВИЖЕНИИ.

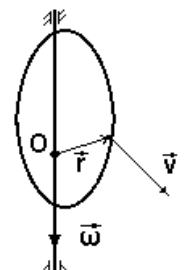
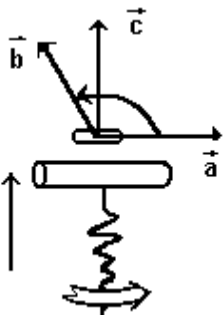
ЧИСЛО СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ ДВИЖУЩЕГОСЯ ТЕЛА.

Самостоятельно: доказать одинаковость скоростей и ускорений всех точек движущегося поступательно ТТ.



5. Формулы кинематики вращения ТТ вокруг неподвижной оси. Таблица формул кинематики. Вращение ТТ вокруг неподвижной точки. Произвольное движение ТТ.

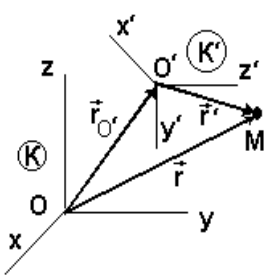
ВЫЧИСЛЕНИЕ УГЛА ПОВОРОТА И УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ПРИ РАВНОМЕРНОМ И РАВНОПЕРЕМЕННОМ ВРАЩЕНИИ. ТАБЛИЦА ФОРМУЛ КИНЕМАТИКИ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО И ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ТТ



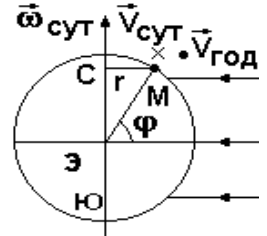
Как реализовать вращение ТТ вокруг неподвижной точки? Углы Эйлера; уравнения вращения ТТ вокруг неподвижной точки. СКАЛЯРНОЕ $c = \vec{a} \cdot \vec{b}$ И ВЕКТОРНОЕ $\vec{c} = [\vec{a}, \vec{b}]$ ПРОИЗВЕДЕНИЯ ВЕКТОРОВ; ИХ СВОЙСТВА. ПРАВИЛО БУРАВЧИКА ДЛЯ ВЕКТОРНОГО ПРОИЗВЕДЕНИЯ. ФОРМУЛА ЭЙЛЕРА в векторной и координатной форме.

ТЕОРЕМА ШАЛЯ. Описание произвольного движения ТТ

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

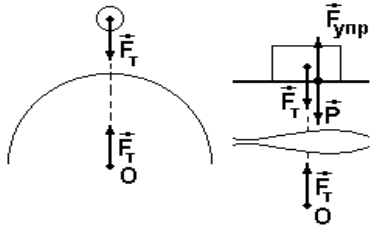


ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ. АБСОЛЮТНОЕ, ПЕРЕНОСНОЕ, ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ. Сложение скоростей: из $\vec{r} = \vec{r}_O + \vec{r}' \Rightarrow d\vec{r}/dt = d\vec{r}_O/dt + d\vec{r}'/dt$ В СЛУЧАЕ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ПЕРЕНОСНОГО ДВИЖЕНИЯ СИСТЕМЫ ОТСЧЁТА K' отсюда следует (почему?) $\vec{v}_{abc} = ?$ В случае вращения K' для неподвижной частицы M по формуле Эйлера $d\vec{r}'/dt = [\vec{\omega}_{пер}, \vec{r}']$. Если частица M ещё и движется относительно системы K', то $d\vec{r}'/dt = ?$ ТЕОРЕМА СЛОЖЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОЛЬНОГО ПЕРЕНОСНОГО ДВИЖЕНИЯ.



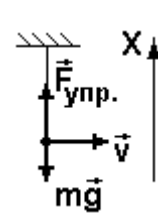
Определение абсолютных скоростей неподвижных и движущихся по Земле тел относительно Солнца с учётом годового и суточного вращения Земли.

7. Динамика. Инертность тел. Инертная масса. Импульс частицы. Сила. Инерциальная и неинерциальная система отсчёта. Три закона Ньютона; формы записи 2-го закона. Равнодействующая сил.



ДИНАМИКА. ИНЕРТНОСТЬ ТЕЛ. ИНЕРТНАЯ МАССА. ИМПУЛЬС ЧАСТИЦЫ. СИЛА. ПЕРВЫЙ ЗАКОН НЬЮТОНА. ИНЕРЦИАЛЬНАЯ (ИСО) И НЕИНЕРЦИАЛЬНАЯ (НСО) СИСТЕМА ОТСЧЁТА. ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКАЯ И 2 ГЕОЦЕНТРИЧЕСКИХ СИСТЕМЫ ОТСЧЁТА. Примеры их применения. ФОРМЫ ЗАПИСИ 2-го ЗАКОНА; УСЛОВИЯ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ (ГРАНИЦЫ ПРИМЕНИМОСТИ КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ). РАВНОДЕЙСТВУЮЩАЯ СИЛ. ТРЕТИЙ ЗАКОН НЬЮТОНА; ОСОБЕННОСТИ СИЛ В 3-М ЗАКОНЕ. ЕДИНИЦЫ СИЛЫ, МАССЫ, ИМПУЛЬСА.

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

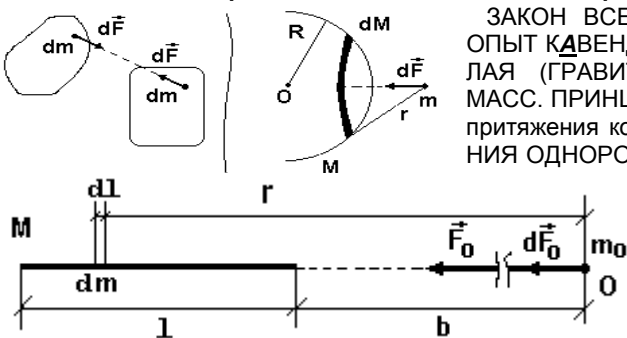


ПРИНЦИП ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ГАЛИЛЕЯ. ПРЯМАЯ И ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА ДИНАМИКИ; ПУТЬ ИХ РЕШЕНИЯ. Какую задачу решить легче и почему? НАЧАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ. АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ 2-го ЗАКОНА НЬЮТОНА.

Примеры решения прямой и обратной задачи. 1. Записать систему уравнений движения частицы вблизи Земли без учёта сопротивления воздуха. 2. Найти силу натяжения вертикальной нити длиной l в момент сообщения горизонтальной скорости V исходно неподвижному грузу массой m, висевшему на этой нити. 3) Частица массой 100 г движется в соответствии с уравнениями $x = 5 \sin 5t$, $y = 5 \cos 5t$, где x и y – в метрах, время – в секундах. Найти уравнение траектории; для момента $t = 0,1\pi \approx 0,31$ с найти величину и направление действующей на частицу силы.

Самостоятельно. Доказать, что: а) во всех ИСО ускорение частицы одинаково; б) во всех ИСО при не слишком больших скоростях второй закон Ньютона проявляется одинаково.

9. Силы всемирного тяготения и тяжести. Теории далеко- и близкодействия. Вес.

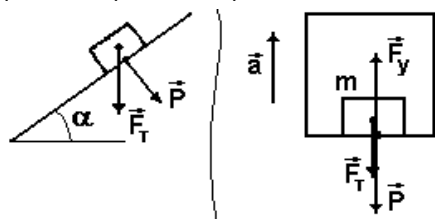


ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ; ГРАНИЦЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ. ОПЫТ КАНЕНДИША; СМЫСЛ ГРАВИТАЦИОННОЙ ПОСТОЯННОЙ. ТЯЖЁЛАЯ (ГРАВИТАЦИОННАЯ) МАССА; ПРИНЦИП ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ МАСС. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ СИЛ. ДВЕ ФОРМЫ ЕГО ЗАПИСИ: для притяжения конечного числа частиц и притяжения тел. СИЛА ПРИТЯЖЕНИЯ ОДНОРОДНЫХ ТВЁРДЫХ ШАРОВ. Объяснить расчёт силы притяжения

частицы массой m_0 , находящейся на оси тонкого однородного стержня массой M и длиной l на удалении b от конца стержня: для частиц dm и m_0 модуль силы их взаимодействия $dF_0 = ?$ Почему $dm = M \cdot dl/l$? Как направлены все силы dF_0 ? Значит, полная сила $F_0 = [G \cdot M \cdot m_0 / l] \int_{b+1}^b dr/r^2 =$

$= [G \cdot M \cdot m_0 / l] [(1/b) - (1/(b+1))] = G \cdot M \cdot m_0 / [b \cdot (b+1)]$. Для $b \gg 1$ $F_0 = ?$ Как найти силу F_0 , если стержень неоднородный? Если стержень однородный, но точку O сместить с оси стержня? Где примерно в стержне будет находиться точка приложения равнодействующей сил притяжения к частице?

ТЕОРИЯ ДАЛЬНОДЕЙСТВИЯ (Ньютон, Кулон); почему закон всемирного тяготения отражает именно эту теорию? Как решён вопрос о механизме поиска телами друг друга в пространстве? Почему пришлось отказаться?



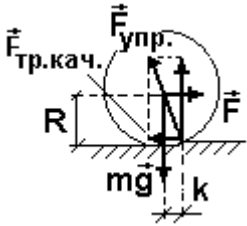
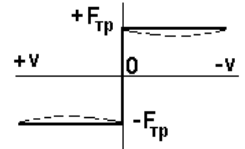
ТЕОРИЯ БЛИЗКОДЕЙСТВИЯ (Фарадей, Максвелл). Как решён вопрос о механизме поиска телами друг друга в пространстве? Чем определяются названия теорий? ГРАВИТАЦИОННОЕ ПОЛЕ; ЕГО СВОЙСТВА. ВЕКТОР НАПРЯЖЁННОСТИ КАК СИЛОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА; что он покажет? Величина напряжённости поля точечной массы. ВЕЛИЧИНА И НАПРАВЛЕНИЕ НАПРЯЖЁННОСТИ ВБЛИЗИ ЗЕМЛИ. СИЛА ТЯЖЕСТИ. ОТЛИЧИЕ СИЛ ТЯЖЕСТИ И ГРАВИТАЦИИ. УНИКАЛЬНОЕ ОБ-

ЩЕЕ СВОЙСТВО ЭТИХ СИЛ (опыты Галилея) И ЕГО ОБЪЯСНЕНИЕ. ОДНОРОДНОЕ ГРАВИТАЦИОННОЕ ПОЛЕ. ВЕС ТЕЛА. ВЕС ДЛЯ НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ; СИЛА НОРМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ. СВЯЗЬ ВЕСА С УСКОРЕНИЕМ ОПОРЫ: для движения на рисунке 2-й закон даёт (почему?) $+ma = +F_y - mg$, откуда сила упругости $F_y = m(g+a)$. Тогда вес $P = ?$ ПЕРЕГРУЗКА. А если ускорение направлено вниз? НЕВЕСОМОСТЬ.

10. Силы упругости и деформация упругих тел в механике. Силы трения в механике. Угол трения.

УПРУГАЯ И ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ДЕФОРМАЦИЙ: ОДНОСТОРОННЕЕ РАСТЯЖЕНИЕ И СЖАТИЕ, ИЗГИБ КАК ЧАСТНЫЙ СЛУЧАЙ ТАКОГО РАСТЯЖЕНИЯ И СЖАТИЯ; СДВИГ, КРУЧЕНИЕ КАК ВИД СДВИГА. Описание одностроннего растяжения (сжатия): АБСОЛЮТНОЕ И ОТНОСИТЕЛЬНОЕ УДЛИНЕНИЕ. ЗАКОН ГУКА; ГРАНИЦЫ ЕГО ПРИМЕНИМОСТИ. КОЭФФИЦИЕНТ ЖЁСТКОСТИ (УПРУГОСТИ) ТЕЛА.

ВИДЫ ТРЕНИЯ. ОСОБЕННОСТИ СИЛЫ СУХОГО ТРЕНИЯ ПОКОЯ; ЗАКОН АМАНТОНА-КУЛОНА. СИЛА СУХОГО ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ; ЕЁ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ СКОРОСТИ. УГОЛ ТРЕНИЯ: для неподвижности тела, находящегося на наклонной плоскости, нужно (почему?), чтобы $mg \cdot \sin \alpha = f \cdot mg \cdot \cos \alpha$, откуда $\tan \alpha = ?$ ПРИРОДА СИЛ СУХОГО ТРЕНИЯ; РОЛЬ СМАЗКИ. Аномально низкое трение.



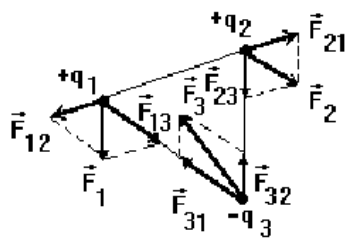
СИЛА ТРЕНИЯ КАЧЕНИЯ. Чем объяснить равномерное качение круглого тела под действием постоянной силы? ПАРА СИЛ; МОМЕНТ ПАРЫ СИЛ. Почему силы недостаточно для описания действия на твёрдое тело пары сил. Какие пары сил действуют на катящееся тело? СМЫСЛ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ КАЧЕНИЯ. ПРИРОДА СИЛ ТРЕНИЯ КАЧЕНИЯ. Как снизить это трение?

СИЛА ВЯЗКОГО ТРЕНИЯ ДЛЯ МАЛЫХ И БОЛЬШИХ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА. ФОРМУЛА СТОКСА. Какую скорость следует считать малой? От чего это зависит? ПРИРОДА СИЛ ВЯЗКОГО ТРЕНИЯ.

Самостоятельно: природа сил вязкого трения при малых и больших скоростях.

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

ТЕОРЕМА ОБ ИЗМЕНЕНИИ ИМПУЛЬСА ЧАСТИЦЫ В ИНТЕГРАЛЬНОЙ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ВЕКТОРНОЙ И КООРДИНАТНОЙ ФОРМЕ. ЗАПИСЬ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ТЕОРЕМЫ ДЛЯ СЛУЧАЯ ПОСТОЯННЫХ СИЛ И ДВИЖЕНИЯ ПО ПРЯМОЙ. ВЕКТОР ИМПУЛЬСА СИЛЫ.



ВНУТРЕННИЕ И ВНЕШНИЕ СИЛЫ В СИСТЕМЕ ЧАСТИЦ (МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ МС). ИМПУЛЬС МС $\vec{P} = ?$. Получение векторной дифференциальной теоремы об изменении импульса МС: при сложении всех n уравнений движения МС вида

$$d\vec{p}_i/dt = \vec{F}_i^{(e)} + \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n \vec{F}_{ij}, \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

ни со знаком суммы местами, слева получим $d/dt(\sum_{i=1}^n \vec{p}_i)$, а справа - $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i^{(e)}$ и $\sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n \sum_{i=1}^n \vec{F}_{ij}$. С учётом 3-го закона

Ньютона $\sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n \sum_{i=1}^n \vec{F}_{ij} = ?$ ГЛАВНЫЙ ВЕКТОР ВНЕШНИХ СИЛ $\vec{K} = ?$; в чём его отличие от равнодействующей? ВЕК-

ТОРНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ФОРМА ТЕОРЕМЫ ОБ ИЗМЕНЕНИИ ИМПУЛЬСА МС; ИНТЕГРАЛЬНАЯ ВЕКТОРНАЯ И КООРДИНАТНАЯ ФОРМА ЗАПИСИ ЭТОЙ ТЕОРЕМЫ. Какую информацию теорема получить позволит и какую мы теряем? Могут ли внутренние силы изменить импульс МС?

12. Центр масс МС. Теорема о движении центра масс. Закон сохранения импульса.

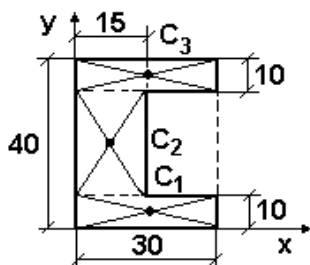
Описание движения частиц МС в неподвижной системе отсчёта К в виде суммы двух движений: за счёт поступательного переносного движения системы отсчёта К' (начинающейся в произвольной точке О' МС) в К и за счёт относительного движения частиц МС относительно К'. Тогда из теоремы сложения скоростей $\vec{v}_{abc} = \vec{v}_{пер} + \vec{v}_{отн}$

$$\Rightarrow \vec{P} = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i' + \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_o' \Rightarrow \vec{P} = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i' + M \vec{v}_o', \quad \text{где } M = ?$$

Если выбрать начальную точку О' так, чтобы $\sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i' = ?$, то $\vec{P} = ?$ ЦЕНТР МАСС МС. Вычисление его положения: из $M \vec{v}_c = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i \Rightarrow d/dt(M \vec{r}_c) =$

$$d/dt(\sum_{i=1}^n m_i \vec{r}_i) \Rightarrow \vec{r}_c = ?$$

КООРДИНАТНАЯ ФОРМА ЗАПИСИ ПОЛОЖЕНИЯ ТОЧКИ С. Необходимость выделения элементов массы dm для ТТ и элементов объёма dV = dm/ρ для однородных ТТ плотностью ρ. Тогда $\vec{r}_c = ?$ ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРА МАСС ОДНОРОДНЫХ ТЕЛ, ОБЛАДАЮЩИХ СИММЕТРИЕЙ, на примере балки длиной 6 м, форма и размеры сечения которой даны на рисунке. Как действу-

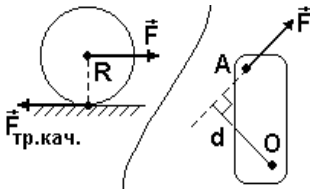


ют для несимметричных тел? В чём смысл процедуры вывешивания в 3 точках, не лежащих на одной прямой, для неоднородных ТТ? Зачем бывает очень важно знать положение центра масс?

ТЕОРЕМА О ДВИЖЕНИИ ЦЕНТРА МАСС. Как должна двигаться связанная с МС система К', чтобы эта теорема выполнялась? ЕЁ СЛЕДСТВИЯ: 1) Как должна действовать внешняя сила, чтобы покоившееся ТТ начало двигаться поступательно? 2) Могут ли ВНУТРЕННИЕ силы изменить движение центра масс, например, человека, тонущего в болоте?

ЗАМКНУТАЯ (ИЗОЛИРОВАННАЯ) МС. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА. РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ КАК ЕГО СЛЕДСТВИЕ. АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА.

13. Момент силы (вращающий момент). Момент импульса частицы и МС. Теорема об изменении и закон сохранения момента импульса МС.



ПАРА СИЛ. Необходимость введения новой механической величины для описания действия пары сил. **ВЕКТОР МОМЕНТА СИЛЫ (ВРАЩАЮЩЕГО МОМЕНТА) ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ, ЕГО МОДУЛЬ, НАПРАВЛЕНИЕ. ПЛЕЧО СИЛЫ. СЛОЖЕНИЕ МОМЕНТОВ СИЛ. РАВНОВЕСИЕ ТТ С НЕПОДВИЖНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ. РЫЧАГ.**

Ограничения теоремы о движении центра масс и необходимость введения в динамику новой характеристики частиц МС, учитывающей их движение вокруг центра масс. **ВЕКТОР \vec{L} МОМЕНТА ИМПУЛЬСА ЧАСТИЦЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОЧКИ, ЕГО**

МОДУЛЬ, НАПРАВЛЕНИЕ. ВЕКТОР \vec{L} МОМЕНТА ИМПУЛЬСА МС.

ВЕКТОР МОМЕНТА СИЛЫ (ВРАЩАЮЩЕГО МОМЕНТА) ОТНОСИТЕЛЬНО ТОЧКИ. МОМЕНТ СИЛЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ КАК ЕГО ЧАСТНЫЙ СЛУЧАЙ.

Получение векторной дифференциальной теоремы об изменении момента импульса МС. Шаг 1: при векторном

умножении на радиус-векторы частиц \vec{r}_i обеих частей системы уравнений движения $d\vec{p}_i/dt = \vec{F}_i^{(e)} + \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n \vec{F}_{ij}$, (i =

1,2,...n) слева получим $d[\vec{r}_i, \vec{p}_i]/dt = [d\vec{r}_i/dt, \vec{p}_i] + [\vec{r}_i, d\vec{p}_i/dt]$. Но $[d\vec{r}_i/dt, \vec{p}_i] = ?$, т.к.? Значит, слева $[\vec{r}_i, d\vec{p}_i/dt] =$

$d[\vec{r}_i, \vec{p}_i]/dt = d\vec{L}_i/dt$. Шаг 2: справа $[\vec{r}_i, \vec{F}_i^{(e)}] + [\vec{r}_i, \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n \vec{F}_{ij}] = \vec{M}_i^{(e)} + \vec{M}_i^{(i)}$. Шаг 3: суммируем уравнения, поменяв

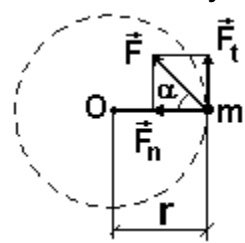
слева знаки суммы и производной местами. Получим слева $d\vec{L}/dt$; справа $\sum_{i=1}^n \vec{M}_i^{(i)} = 0$ (почему?), а $\sum_{i=1}^n \vec{M}_i^{(e)}$

даст **ГЛАВНЫЙ МОМЕНТ ВНЕШНИХ СИЛ \vec{N}** . Отсюда **ТЕОРЕМА ОБ ИЗМЕНЕНИИ МОМЕНТА ИМПУЛЬСА МС** в дифференциальной форме? Относительно какой точки получено равенство? **ИНТЕГРАЛЬНАЯ И.КООРДИНАТНАЯ ФОРМА ЗАПИСИ ЭТОЙ ТЕОРЕМЫ; ВЕКТОР ИМПУЛЬСА МОМЕНТА ВНЕШНИХ СИЛ**

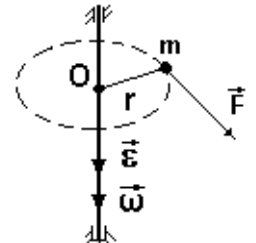
ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МОМЕНТА ИМПУЛЬСА МС: если $\vec{N} = 0$, то? Проявления этого закона в особенностях движения планет Солнечной системы: создаёт ли сила притяжения к Солнцу момент силы относительно его центра масс? Поэтому орбиты «родных» 8 планет? Так ли это для Плутона? Значит? Закон сохранения секторной скорости планет $v_{sp} = r \cdot \dot{\varphi} = \text{const}$ (ВТОРОЙ ЗАКОН КЕПЛЕРА) как следствие закона сохранения момента импульса. В январе Земля ближе к Солнцу, чем в июле; как это сказывается на длительности и температуре зимы и лета в северном и южном полушариях? Получение ТРЕТЬЕГО ЗАКОНА КЕПЛЕРА: для близкой к окружности орбиты $m \cdot v^2/R = G \cdot m \cdot M_c/R^2$, где M_c – масса Солнца. Отсюда $v^2 = G \cdot M_c/R$. Но $v = 2\pi \cdot R/T$. Отсюда отношение $T^2/R^3 = 4\pi^2/(G \cdot M_c) = \text{const}$ для всех планет. Что изменится для спутников Земли или другой планеты?

ТАБЛИЦА АНАЛОГИЙ ФОРМУЛ ДИНАМИКИ ДЛЯ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО И ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ МС

14. Основной закон динамики вращения ТТ вокруг неподвижной оси. Момент инерции ТТ; его вычисление. Момент импульса ТТ. Теорема об изменении и закон сохранения момента импульса ТТ.



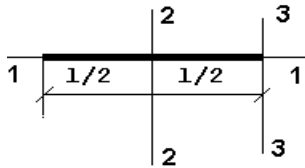
Задача о вращении вокруг неподвижной вертикальной оси частицы массой m по окружности постоянного радиуса r под действием постоянной силы Ft, направленной по касательной к окружности: по 2-му закону Ньютона $m w_t = F_t \Rightarrow (w_t = \varepsilon \cdot r) \Rightarrow m \cdot \varepsilon \cdot r = F_t$. Если умножить обе части равенства на r, получим $\Rightarrow ?$ Что такое F·r? **МОМЕНТ ИНЕРЦИИ ЧАСТИЦЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ. ОСНОВНОЙ ЗАКОН ДИНАМИКИ ВРАЩЕНИЯ ТАКОГО ТТ ВОКРУГ НЕПОДВИЖНОЙ ОСИ. АНАЛОГИЯ ЭТОГО ЗАКОНА И 2-ГО ЗАКОНА НЬЮТОНА. СМЫСЛ И ЕДИНИЦА МОМЕНТА ИНЕРЦИИ.** Что изменится, если сила F меняет модуль и



направление? Почему нужно учитывать лишь составляющую Ft силы в плоскости, нормальной оси вращения?

ВЫЧИСЛЕНИЕ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ ТТ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ ЧАСТИЦ; СПЛОШНОГО ОДНОРОДНОГО И НЕОДНОРОДНОГО ТТ. Вычисление момента инерции тонкого однородного кольца массой m и радиусом R относительно его оси симметрии: $dI = dm \cdot R^2 \Rightarrow I = \int dI = ?$. Для тонкого однородного цилиндрического диска массой m, толщиной b и радиусом R относительно его оси симметрии: с учётом симметрии задачи выделим элемент массы dm в виде тонкого кольца радиусом r и шириной dr, для которого $dI = ?$ Почему от интеграла по массе придётся перейти к интегралу по объёму? Тогда при плотности $\rho = \text{const}$ масса кольца

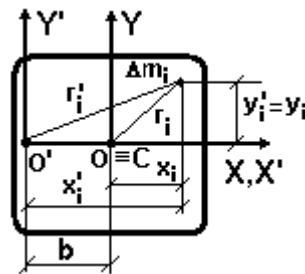
$dm = 2\pi \cdot \rho \cdot r \cdot dr \cdot b$ и $dI = ?$ Отсюда $I = \int_0^R r^2 dV = 2\pi \cdot \rho \cdot b \int_0^R r^3 dr = \pi \cdot \rho \cdot b \cdot R^4 / 4$. Здесь $m = \pi \cdot \rho \cdot b \cdot R^2$, т.е. $I = ?$ Для цилиндра?



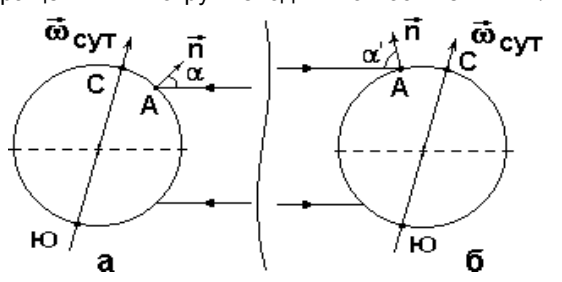
Для однородного тонкого стержня длиной l и массой m относительно его оси 1-1 момент инерции $I_1 \rightarrow ?$ Вычисление момента инерции стержня I_2 относительно оси 2-2, проходящей через середину стержня нормально его длине: $dI = dm \cdot r^2$

$\Rightarrow (dm = \rho \cdot S \cdot dl) \Rightarrow dI = r^2 \cdot \rho \cdot S \cdot dl \equiv r^2 \cdot \rho \cdot S \cdot dr$. Тогда $I_2 = \int_{-l/2}^{l/2} dI = 2\rho \cdot S \int_0^{l/2} r^2 \cdot dr = \rho \cdot S \cdot l^3 / 12 \Rightarrow (m = \rho \cdot S \cdot l) \Rightarrow I_2 = m \cdot l^2 / 12$.

Момент инерции стержня относительно оси 3-3: $I_3 = \rho \cdot S \int_0^l r^2 \cdot dr = \rho \cdot S \cdot l^3 / 3 \Rightarrow (m = \rho \cdot S \cdot l) \Rightarrow I_3 = m \cdot l^2 / 3$. Проявление разницы I_1, I_2 и I_3 в опыте с вращением в руках копья. ТЕОРЕМА ШТЕЙНЕРА.



Из основного закона динамики вращения ТТ вокруг неподвижной оси $I \cdot \varepsilon = M \Rightarrow (\varepsilon = d\omega/dt) \Rightarrow d(I\omega) dt = M$. ВЕКТОР МОМЕНТА ИМПУЛЬСА ТТ; ЕГО СМЫСЛ, НАПРАВЛЕНИЕ. ТЕОРЕМА ОБ ИЗМЕНЕНИИ МОМЕНТА ИМПУЛЬСА ТТ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ И ИНТЕГРАЛЬНОЙ ФОРМЕ. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МОМЕНТА ИМПУЛЬСА ТТ; АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ ЗАКОНА.



Проявления закона при вращении фигуристов и акробатов; при падении кошки с высоты; для человека на скамье Жуковского и вертолёт. ОБЪЯСНЕНИЕ ПРИЧИНЫ СМЕНЫ ВРЕМЁН ГОДА НА ЗЕМЛЕ ВДАЛИ ОТ ЭКВАТОРА.

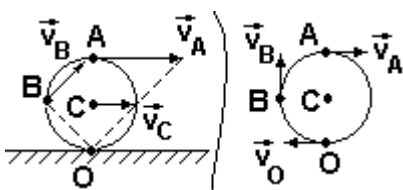
ТАБЛИЦА АНАЛОГИЙ ФОРМУЛ ДИНАМИКИ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО И ВРАЩАТЕЛЬНОГО (ВОКРУГ НЕПОДВИЖНОЙ ОСИ) ДВИЖЕНИЯ ТТ.

Самостоятельно: доказать теорему Штейнера.

15. Механическая работа и мощность. Кинетическая энергия частицы; теорема об её изменении. Кинетическая энергия МС и ТТ; теорема Кёнига. Теоремы об изменении кинетической энергии МС и ТТ.

Если умножить обе части 2-го закона $m(d\vec{v}/dt) = \vec{F}$ скалярно на вектор малого перемещения по траектории $d\vec{S}$, то слева $m \cdot d\vec{v} \cdot (d\vec{S}/dt) = m \cdot d\vec{v} \cdot \vec{v} = d(0,5 \cdot m \vec{v}^2) \Rightarrow (\vec{v}^2 \equiv \vec{v} \cdot \vec{v} = v^2) \Rightarrow d(0,5 \cdot mv^2) = dT$. Справа скаляр $\vec{F} \cdot d\vec{S} = dA$. ЭЛЕМЕНТАРНАЯ РАБОТА СИЛЫ И КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ («действие движущегося») Т ЧАСТИЦЫ. Что они характеризуют? РАБОТА НА КОНЕЧНОМ ПЕРЕМЕЩЕНИИ; какое действие силы она характеризует?. Почему работу силы найти легче импульса силы, а кинетическую энергию частицы легче её импульса? ТЕОРЕМА ОБ ИЗМЕНЕНИИ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЧАСТИЦЫ. В чём её плюсы и минусы, с точки зрения главной задачи механики, перед теоремой об изменении импульса частицы? КАКУЮ ГЛАВНУЮ ИНФОРМАЦИЮ О ЧАСТИЦЕ МЫ ПОЛУЧАЕМ, ЗНАЯ КИНЕТИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ Т?

МОЩНОСТЬ; ЕЁ СВЯЗЬ СО СКОРОСТЬЮ. При каком условии под действием постоянной силы тело движется равномерно? Что это значит для скоростных машин и самолётов? Почему при подъёме автомобиля на крутую гору приходится переходить на пониженную скорость? СИСТЕМНЫЕ И НЕСИСТЕМНЫЕ ЕДИНИЦЫ РАБОТЫ (1 кВт·час) И МОЩНОСТИ (1 л.с.). Что такое 1 Дж; много ли это? МОЩНОСТЬ СРЕДНЕГО ЧЕЛОВЕКА; долго ли он может ей развивать? А лошадь?



КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ ЧАСТИЦ и ТТ: рассмотрение абсолютного движения частиц МС относительно неподвижной системы отсчёта К в виде суммы двух движений: переносного поступательного движения системы отсчёта К', движущейся вместе с МС, и относительного движения частиц МС в К', начало которой связано с центром масс С: в силу теоремы сложения скоростей $\vec{v}_i = \vec{v}_i' + \vec{v}_c$. Получение теоремы Кёнига: из $v_i^2 = (v_i')^2 + 2\vec{v}_i' \cdot \vec{v}_c + v_c^2$

$\Rightarrow T = 0,5 \sum_{i=1}^n m_i v_i^2 = 0,5 \sum_{i=1}^n m_i (v_i')^2 + \vec{v}_c \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i' + 0,5 v_c^2 \sum_{i=1}^n m_i \Rightarrow (\sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i' = ?)$

$\Rightarrow T = T' + 0,5 M v_c^2$. Что такое T' ? Задача о качении обруча массой M со скоростью v : Что такое v ? Где проходит ось вращения (мгновенная ось); неподвижна ли она? Почему скорость $v_A = 2v_C$? Как найти v_B по модулю и направлению? Что даёт переход в систему K' , связанную с центром масс обруча C ? Какова полная кинетическая энергия обруча? КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ ТТ, ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ВОКРУГ НЕПОДВИЖНОЙ ОСИ: с учётом таблицы аналогий формул динамики поступательного и вращательного движения твёрдого тела $T = ?$ Как движется ТТ, если его кинетическая энергия совпала с кинетической энергией центра масс?

Если для частиц МС умножить обе части каждого уравнения $m_i d\vec{v}_i/dt = \vec{F}_i^{(e)} + \vec{F}_i^{(i)}$ ($i = 1, 2, \dots, n$) скалярно на $d\vec{S}_i$, просуммировать уравнения и поменять знаки дифференциала и суммы местами, то получим (объяснить, как!) $dT = dA^{(e)} + dA^{(i)}$ Что такое $dA^{(e)}$ и $dA^{(i)}$? Значит, на конечном перемещении ТЕОРЕМА ОБ ИЗМЕНЕНИИ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ МС примет вид: $\Delta T \equiv T_2 - T_1 = ?$ В чём её отличие от теоремы об изменении импульса МС? Для ТТ $A^{(i)} = 0$ (почему?), т.е. ТЕОРЕМА ОБ ИЗМЕНЕНИИ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ТТ имеет вид: $\Delta T = ?$

Самостоятельно: найти полную кинетическую энергию катящегося твёрдого диска (или цилиндра).

16. Потенциальная энергия упругого и гравитационного взаимодействия. Общие свойства потенциальной энергии. Консервативные и диссипативные силы. Консервативная МС. Полная механическая энергия (ПМЭ). Закон сохранения и теоремы об изменении ПМЭ. Другие виды энергии; закон сохранения энергии.

Меняется ли кинетическая энергия груза, закреплённого на конце прямой спиральной пружины, при очень медленном растяжении пружины вдоль её оси внешней силой? Оказывает ли внешняя сила разгоняющее действие? На малом перемещении dx работа внешней силы $dA = F_x dx = F \cdot dx = + k \cdot x \cdot dx$; где k – ? На полном перемещении Δx работа внешней силы $A = \int k \cdot x \cdot dx = ?$ Какое действие силы она характеризует? РАБОТА СИЛЫ УПРУГОСТИ $A_{упр}$; ОТ ЧЕГО ОНА ЗАВИСИТ? Важно ли направление внешней силы? Изменится ли результат при сжатии пружины? ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ («возможность действия») УПРУГОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ. На что расходуется работа внешней силы и силы упругости при растяжении (сжатии) пружины? А при освобождении растянутой (сжатой) пружины? СВЯЗЬ РАБОТЫ СИЛЫ УПРУГОСТИ И ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ УПРУГОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ. Зависит ли результат от траектории перемещения груза? Какой будет работа $A_{упр}$ при перемещении груза по замкнутой траектории?

Меняется ли кинетическая энергия груза при очень медленном вертикальном подъёме внешней силой вблизи Земли? На малом перемещении dx работа внешней силы $dA = F_x dx = F \cdot dx = + m \cdot g \cdot dx$; где g – ? На полном перемещении $\Delta x \equiv h$ работа внешней силы $A = ?$ А РАБОТА СИЛЫ ТЯЖЕСТИ? ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ РАБОТА $A_{тяж}$ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ? Важно ли знать направление внешней силы? Изменится ли результат при медленном вертикальном опускании тела? ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ ГРАВИТАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВБЛИЗИ ЗЕМЛИ. КАЛИБРОВОЧНАЯ ИНВАРИАНТНОСТЬ. Почему она незаметна для силы упругости? Зависит ли $A_{тяж}$ от траектории движения груза? Какой будет работа $A_{тяж}$ при перемещении груза по замкнутой траектории?

Для двух точечных масс m_1 и m_2 , находившихся на исходном расстоянии r_1 друг от друга, сила тяготения $F_{грав} = ?$ Если внешняя сила медленно переместит массу m_1 вдоль прямой, соединяющей массы до расстояние до r_2 , то на малом перемещении dr элементарная работа силы тяготения, мешающей перемещению, $dA_{грав} = -F \cdot dr = ?$

При этом потенциальная энергия гравитационного взаимодействия возрастёт на $dU_{грав} = ?$ Значит, на конечном перемещении от r_1 до r_2 работа $A_{грав} = ?$ Как эта работа связана с изменением $\Delta U_{грав}$ потенциальной энергии? Значит, на расстоянии r_1 потенциальная энергия $U_{грав1} = ?$ ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ ГРАВИТАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДВУХ ЧАСТИЦ НА ПРОИЗВОЛЬНОМ РАССТОЯНИИ. Есть ли в этой формуле безусловный ноль отсчёта потенциальной энергии? СМЫСЛ ЗНАКА «-». Каким был бы график, если бы существовало отталкивание масс (антигравитация)? Для какого взаимодействия вне рамок механики это отталкивание реализуется?

ЧЕТЫРЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВА ЛЮБОЙ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ: 1) При каком условии появляется? 2) От чего зависит? 3) В чём суть калибровочной инвариантности? 4) Какую главную информацию о теле или МС мы получаем, зная их потенциальную энергию? ОБЩЕЕ СВОЙСТВО ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ И КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.

КОНСЕРВАТИВНЫЕ («сохраняющие») И ДИССИПАТИВНЫЕ («рассеивающие») СИЛЫ. ПРИЗНАКИ КОНСЕРВАТИВНОСТИ СИЛЫ. Сколько диссипативных сил в классической механике? А вне механики они есть?

КОНСЕРВАТИВНАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА. На что тратится работа внешней силы при быстром вертикальном подъёме груза вблизи Земли? ПОЛНАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ (ПМЭ) ЧАСТИЦЫ. СКОЛЬКО ВИДОВ ЭНЕРГИИ ЕСТЬ В МЕХАНИКЕ? ИХ ВАЖНЕЙШЕЕ ОБЩЕЕ СВОЙСТВО.

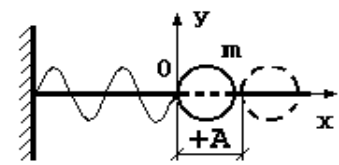
ТЕОРЕМЫ ОБ ИЗМЕНЕНИИ ПМЭ ЧАСТИЦЫ, КОНСЕРВАТИВНОЙ И НЕКОНСЕРВАТИВНОЙ МС, ТТ.

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ПМЭ. АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ ПМЭ. Что сохраняют или рассеивают консервативные и диссипативные силы?

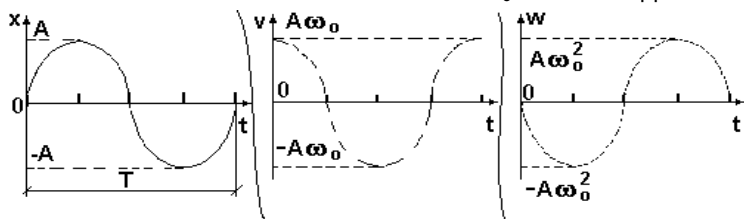
ДРУГИЕ ВИДЫ ЭНЕРГИИ. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ. Какой закон сохранения является более общим – для энергии или для ПМЭ?

17. Основные понятия теории колебаний. Механические идеальные, затухающие и вынужденные колебания. Пружинный маятник; его энергия. Математический и физический маятники.

КОЛЕБАНИЯ; МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ. ПЕРИОД; ПЕРИОДИЧЕСКИЕ И АПЕРИОДИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ. ПОЛОЖЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО, НЕУСТОЙЧИВОГО И БЕЗРАЗЛИЧНОГО РАВНОВЕСИЯ ТЕЛА. СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ; СОБСТВЕННАЯ ЧАСТОТА. ЗАТУХАЮЩИЕ КОЛЕБАНИЯ. ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ; РЕЗОНАНС. АВТОКОЛЕБАНИЯ. ПОЛОЖИТЕЛЬНАЯ И ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ, их примеры. Примеры систем с автоколебаниями.



ПРУЖИННЫЙ МАЯТНИК. Из 2-го закона $m \ddot{x} = F_x \Rightarrow m \ddot{x} = -kx$; после введения константы $\omega_0^2 = k/m \Rightarrow ?$ ДИФУРАВНЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ ЛИНЕЙНОГО ГАРМОНИЧЕСКОГО ОСЦИЛЛЯТОРА: ЕГО РЕШЕНИЕ.



Как проверить, что это действительно решение? Есть ли другие решения? Какие? УРАВНЕНИЕ ГАРМОНИЧЕСКОГО («красивого») КОЛЕБАНИЯ в тригонометрической форме; МГНОВЕННОЕ СМЕЩЕНИЕ ОТ ПОЛОЖЕНИЯ РАВНОВЕСИЯ, АМПЛИТУДА A , ФАЗА ϕ , НАЧАЛЬНАЯ ФАЗА ϕ_0 , ЦИКЛИЧЕСКАЯ ЧА-

СТОТА ω_0 . Что в уравнении является функцией и аргументом? Какие величины зависят от начальных условий и почему их две? Какие величины зависят от пружины и груза? ПЕРИОД ИДЕАЛЬНЫХ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРУЖИННОГО МАЯТНИКА. УРАВНЕНИЯ СКОРОСТИ И УСКОРЕНИЯ ПРУЖИННОГО МАЯТНИКА. Графики смещения, скорости и ускорения; МАКСИМАЛЬНАЯ ВЕЛИЧИНА СКОРОСТИ И УСКОРЕНИЯ.

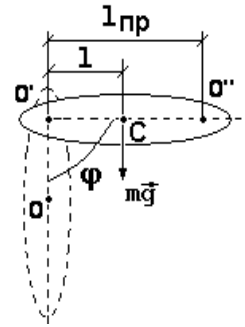
МЕТОД ФУРЬЕ КАК ПРИЧИНА ВАЖНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ИМЕННО ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ. В каком случае используют конечный ряд Фурье, а в каком интеграл Фурье? Что такое СПЕКТР произвольного процесса?



Связь равномерного вращения радиус-вектора длиной A с постоянной угловой скоростью ω вокруг оси Z с уравнениями гармонических колебаний в тригонометрической форме. Каков смысл ω и Φ в уравнении гармонических колебаний?

Кинетическая энергия груза $T = mv^2/2 = ?$ Потенциальная энергия пружины $U = kx^2/2 = ?$ Из $E = T + U$ с учётом $kl = \omega_0^2 m$ для ПМЭ ИДЕАЛЬНОГО ПРУЖИННОГО МАЯТНИКА имеем $E = ?$ Меняется ли ПМЭ со временем? Какие параметры колебания и как сильно влияют на ПМЭ?

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ МАЯТНИК. Меняются ли длина подвеса l и плоскость колебаний? Как в опыте возбудить колебания груза на нити? Получение дифуравнения идеальных колебаний: из основного закона динамики вращения ТТ вокруг неподвижной ?

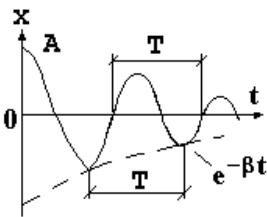


оси $I_\varepsilon = M \Rightarrow (M = mg \cdot d = -mg \cdot l \cdot \sin\phi; I = ml^2)$, с учётом введения константы $\omega_0^2 = g/m \Rightarrow ?$ Что изменится для **малых** колебаний? ДИФУРАВНЕНИЕ МАЛЫХ ИДЕАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА; ЕГО РЕШЕНИЕ в тригонометрической форме. МГНОВЕННОЕ СМЕЩЕНИЕ ОТ ПОЛОЖЕНИЯ РАВНОВЕСИЯ, АМПЛИТУДА, ФАЗА, НАЧАЛЬНАЯ ФАЗА, ЦИКЛИЧЕСКАЯ ЧАСТОТА. ФОРМУЛА ГЮЙГЕНСА. ГРАФИКИ МГНОВЕННОГО СМЕЩЕНИЯ, УГЛОВОЙ СКОРОСТИ, УГЛОВОГО УСКОРЕНИЯ.

ФИЗИЧЕСКИЙ МАЯТНИК. Получение дифуравнения идеальных колебаний: из $I_\varepsilon = M \Rightarrow (M = mg \cdot d = -mg \cdot l \cdot \sin\phi)$ при введении константы $\omega_0^2 = mg \cdot l / I \Rightarrow ?$ ДИФУРАВНЕНИЕ ИДЕАЛЬНЫХ МАЛЫХ КОЛЕБАНИЙ; ЕГО РЕШЕНИЕ. ПЕРИОД КОЛЕБАНИЯ. ПРИВЕДЁННАЯ ДЛИНА $l_{пр}$ ДЛЯ ФИЗИЧЕСКОГО МАЯТНИКА. ЦЕНТР КАЧАНИЙ O'' Чем замечателен центр качаний?

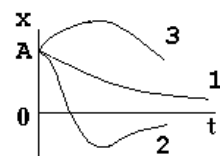
Самостоятельно. Доказать, что: 1) приведённая длина $l_{пр}$ всегда больше расстояния l между точкой подвеса O' и центром масс C . 2) Перемещение точки подвеса в центр качаний O'' не изменит период колебаний.

18. Свободные колебания с учётом вязкого трения при малых колебаниях. Их характеристики.



Из 2-го закона $m\ddot{x} = F_x$ с учётом силы вязкого трения при малых скоростях $\vec{F}_{тр} = -\lambda \vec{v}$ с коэффициентом сопротивления λ получаем $m\ddot{x} = -kx - \lambda v$. Введя константы $\omega_0^2 = k/m$ и коэффициент затухания $\beta = \lambda/2m$, имеем дифуравнение затухающих колебаний при малом вязком трении вида? Для $\beta^2 < \omega_0^2$ (каков физический смысл этого неравенства?) его решением будет функция $x = Ae^{-\beta t} \cos(\omega t + \phi_0)$, где амплитуда убывает как $Ae^{-\beta t}$, а новая циклическая частота $\omega = (\omega_0^2 - \beta^2)^{1/2}$ меньше циклической частоты идеальных колебаний ω_0 . Почему колебание зовут не периодическим, а квазипериодическим? Условный период $T = ?$

Характеристики систем с малым затуханием. 1. Декремент (скорость) затухания $\Delta = ?$ 2. Логарифмический декремент затухания $\lambda = ?$ 3. Время затухания или время релаксации (успокоения) τ как время уменьшения амплитуды в «e» раз: $A \cdot e^{-\beta \tau} = A/e = A \cdot e^{-1}$. Отсюда смысл коэффициента затухания β ? 4. Число колебаний N_e , за которое начальная амплитуда уменьшится в $e \approx 2,7$ раз. Значит, $N_e = \tau / T$.

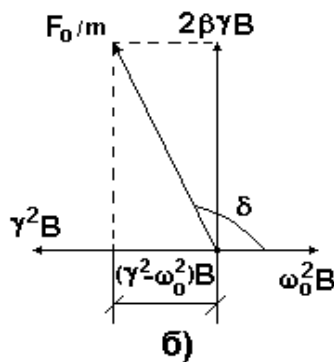
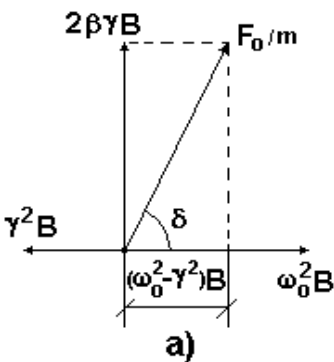


Но $\tau = 1/\beta$ и $\lambda = \beta \cdot T \rightarrow N_e = 1/\lambda$. Смысл λ ? 5. Добротность колебательной системы $Q = \pi \cdot N_e$.

Будет ли движение при сильном трении ($\beta^2 > \omega_0^2$) колебательным? Как получить движение груза по кривым 1, 2 и 3?

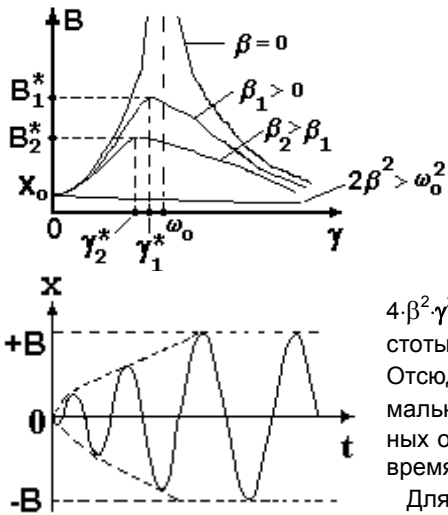
19. Вынужденные колебания с учётом вязкого трения при малых колебаниях. Их характеристики.

ВИД ДИФУРАВНЕНИЯ ИДЕАЛЬНЫХ ($\beta = 0$) ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ГАРМОНИЧЕСКОЙ ВНЕШНЕЙ СИЛЫ $F = F_0 \cos(\gamma t + \phi_0)$, где F_0 – амплитуда этой силы, γ – её циклическая частота. а) Его



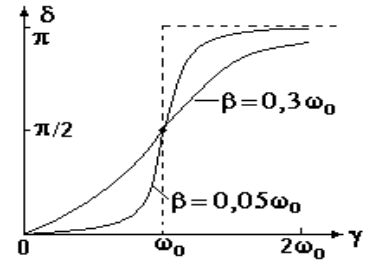
решение для $F(t) = \text{const} = F_0 \rightarrow x = F_0 / (m \cdot \omega_0^2) = x_0 = \text{const}$ – статическое растяжение (сила с нулевой частотой) пружины, например, силой тяжести. б) Для случая $\gamma \neq 0$ предполагаемое решение $B \cdot \cos(\gamma t + \phi_0)$, где B – амплитуда. Как доказать, что это верное решение и $B = F_0 / [m(\omega_0^2 - \gamma^2)]$? Какова частота вынужденных колебаний? Что такое B_0 на графике? РЕЗОНАНСНАЯ КРИВАЯ. На какой частоте кривая имеет максимум; его значение из формулы? А в реальном опыте без трения? Почему? ОБЩЕЕ РЕШЕНИЕ ПРИ НАЛИЧИИ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ И ВЫНУЖДАЮЩЕЙ СИЛЫ.

С учётом малой силы вязкого трения: $m\ddot{x} = -kx - \lambda v + F_0 \cos(\omega t + \phi_0)$ дифуравнение будет $\ddot{x} + 2\beta \cdot \dot{x} + \omega_0^2 \cdot x = (F_0/m) \cdot \cos(\gamma \cdot t)$. Его предполагаемое частное решение $x = B \cdot \cos(\gamma \cdot t - \delta)$. Для определения B и δ методом векторных диаграмм возьмём первую $2\beta \cdot \dot{x} = -2\beta \cdot B \cdot \gamma \cdot \sin(\gamma \cdot t - \delta) = 2\beta \cdot B \cdot \gamma \cdot \cos(\gamma \cdot t - \delta + \pi/2)$ и вторую $\ddot{x} = -B \cdot \gamma^2 \cdot \cos(\gamma \cdot t - \delta) = B \cdot \gamma^2 \cdot \cos(\gamma \cdot t - \delta + \pi)$ производные по времени от решения. При подстановке в решение получим $B \cdot \gamma^2 \cdot \cos(\gamma \cdot t -$



$\delta + \pi) + 2 \cdot \beta \cdot B \cdot \gamma \cdot \cos(\gamma \cdot t - \delta + \pi/2) + \omega_0^2 \cdot B \cdot \cos(\gamma \cdot t - \delta) = (F_0/m) \cdot \cos(\gamma \cdot t)$ – три гармонических колебания в левой части равенства с одинаковой частотой γ , но с разными начальными фазами в сумме дают гармоническое колебание той же частоты без начальной фазы в правой части равенства. Пусть вектор длиной $\omega_0^2 \cdot B$ направлен вправо; тогда вектор длиной $2 \cdot \beta \cdot \gamma \cdot B$ должен быть направлен ?, а длиной $B \cdot \gamma^2$? Чем отличаются случаи а) и б) на рисунке? В обоих случаях из теоремы Пифагора следует $(\omega_0^2 - \gamma^2)^2 \cdot B^2 + 4 \cdot \beta^2 \cdot \gamma^2 \cdot B^2 = (F_0/m)^2$. Отсюда $B = F_0 / \{m \cdot [(\omega_0^2 - \gamma^2)^2 + 4 \cdot \beta^2 \cdot \gamma^2]^{1/2}\}$ и $\text{tg } \delta = 2 \cdot \beta \cdot \gamma / (\omega_0^2 - \gamma^2)$. : Определение резонансной циклической частоты γ^* : из $\partial B / \partial \gamma = 0 \rightarrow -4(\omega_0^2 - \gamma^2) \cdot \gamma + 8\beta^2 \cdot \gamma = 0 \rightarrow \gamma = 0$ и $\gamma = \pm (\omega_0^2 - 2\beta^2)^{1/2}$. Отсюда $\gamma^* = (\omega_0^2 - 2\beta^2)^{1/2}$. Критическое значение β : при $2\beta^2 > \omega_0^2 \rightarrow ?$ Максимальная амплитуда при резонансе $B^* = F_0 / [2m \cdot \beta \cdot (\omega_0^2 - \beta^2)^{1/2}]$. В чём два важных отличия резонансных кривых для $\beta > 0$ от случая $\beta = 0$? Чем определяется время установления амплитуды B вынужденных колебаний?

Для малого затухания $\beta \ll \omega_0$ максимальная амплитуда при резонансе $B^* \approx F_0 / (2m \cdot \beta \cdot \omega_0^2)$.



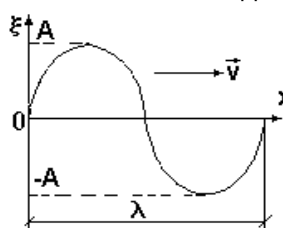
Тогда $B^*/x_0 \approx \omega_0 / (2 \cdot \beta) = 2\pi / (2 \cdot \beta \cdot T) = \pi \cdot N_e = Q$. СМЫСЛ ДОБРОТНОСТИ Q ; почему в радиотехнике стремятся использовать контура с $Q \approx 10^4$?

Зависимость разности фаз δ между вынуждающей силой и смещением груза от параметров процесса: при $\beta = 0 \rightarrow \delta = ?$. При $\beta > 0$ зависимость от β и γ ? Вблизи резонансной частоты $\delta = ?$

Самостоятельно. Получить амплитуду B идеального вынужденного колебания под действием гармонической внешней силы $F = F_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$.

20. Волна. Упругая (механическая) волна. Продольные и поперечные волны; волновой фронт. Энергия волны; плотность потока энергии (вектор Умова). Уравнения плоской и сферической гармонической незатухающей волны. Элементы акустики.

ВОЛНА. УПРУГАЯ (механическая) ВОЛНА. Есть ли другие виды волн? Какие? ВОЛНЫ В СПЛОШНОЙ СРЕДЕ. Волны на поверхности и в нити; как их создать? УСЛОВИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ УПРУГОЙ ВОЛНЫ. ПРОДОЛЬНЫЕ И ПОПЕРЕЧНЫЕ ВОЛНЫ. Какие виды упругих волн возникают в газах, жидкостях и твёрдых телах? ВОЛНОВОЙ ФРОНТ. СФЕРИЧЕСКИЕ, ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ, ПЛОСКИЕ ВОЛНЫ; как их создать? ДЛИНА ВОЛНЫ λ ; СВЯЗЬ ЕЁ С ПЕРИОДОМ T , ЧАСТОТОЙ ν И ЦИКЛИЧЕСКОЙ ЧАСТОТОЙ ω КОЛЕБАНИЙ ИСТОЧНИКА ВОЛНЫ.



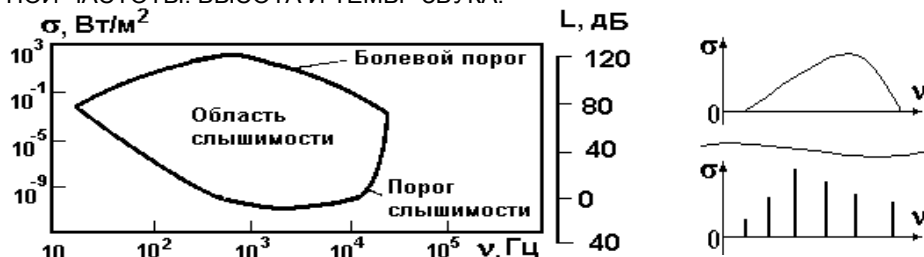
От чего зависит энергия гармонического осциллятора как источника волн? Почему изучаются лишь гармонические волны? БЕГУЩАЯ ВОЛНА. ПОТОК ЭНЕРГИИ ВОЛНЫ; ПЛОТНОСТЬ ПОТОКА ЭНЕРГИИ (ВЕКТОР УМОВА). ИНТЕНСИВНОСТЬ (МОЩНОСТЬ) ИСТОЧНИКА. ОБЪЁМНАЯ ПЛОТНОСТЬ ЭНЕРГИИ ВОЛНЫ; ЕЁ СВЯЗЬ С ВЕКТОРОМ УМОВА. Переносит ли волна массу?

УРАВНЕНИЕ ПЛОСКОЙ ГАРМОНИЧЕСКОЙ БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ В ИДЕАЛЬНОЙ СРЕДЕ БЕЗ ПОГЛОЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ (ЗАТУХАНИЯ); СМЫСЛ ВХОДЯЩИХ В НЕГО ВЕЛИЧИН, ГРАФИК. Чем он отличается от графика гармонического колебания? ВОЛНОВОЕ ЧИСЛО k ; ЗАПИСЬ С ЕГО ПОМОЩЬЮ УРАВНЕНИЯ ПЛОСКОЙ ГА-

РМОНИЧЕСКОЙ БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ. ВОЛНОВАЯ ПОВЕРХНОСТЬ. Сколько их? Из $\omega(t-x/v) = \text{const}$ после взятия дифференциала $dx/dt = ?$ ФАЗОВАЯ СКОРОСТЬ.

Для неподвижного точечного источника (волновые поверхности являются сферами) постоянной мощности в среде без затухания поток энергии постоянен, но площадь, по которой распределяется энергия, растёт пропорционально r^2 , где r – расстояние от точечного источника. Тогда плотность потока энергии должна падать как ?. При этом уменьшение амплитуды A волны, не связанное с поглощением её энергии в среде, идёт по закону (доказать!) $A = A_0/r$, где $A_0 = ?$ Тогда УРАВНЕНИЕ СФЕРИЧЕСКОЙ ГАРМОНИЧЕСКОЙ БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ БЕЗ ЗАТУХАНИЯ имеет вид?

АКУСТИКА. ЗВУК, ИНФРАЗВУК, УЛЬТРАЗВУК. Для скорости звука в воздухе 330 м/с минимум и максимум длины волны звука будет? Учитывают ли это в акустических системах? Почему ультразвук способен очищать замасленные детали, а инфразвук убить человека? Одинаковая ли мощность излучателя для этого нужна? СИЛА И ГРОМКОСТЬ ЗВУКА; ПОРОГ СЛЫШИМОСТИ, БОЛЕВОЙ ПОРОГ. Почему для вычисления громкости используют формулу не $L = 10 \lg(\sigma/\sigma_0)$, а $L = 10 \cdot 10 \lg(\sigma/\sigma_0)$? Единицы измерения громкости. Что значит разница любых величин на 20 дБ? ЧИСТЫЙ ТОН. АКУСТИЧЕСКИЙ СПЕКТР. СПЛОШНОЙ И ЛИНЕЙЧАТЫЙ СПЕКТРЫ; ШУМ. ШУМЫ РАЗНОЙ ЧАСТОТЫ. ВЫСОТА И ТЕМБР ЗВУКА.

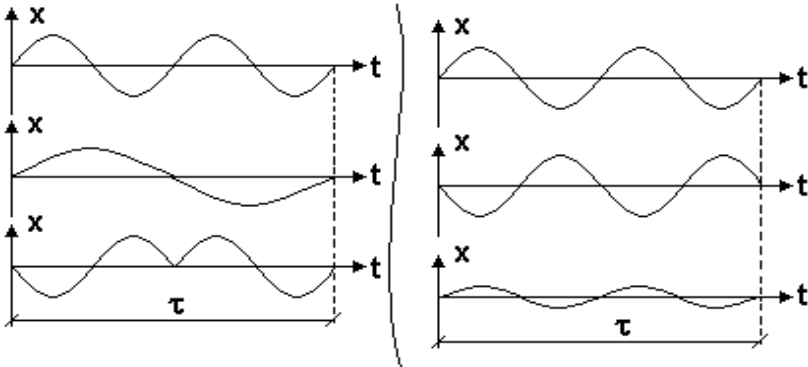


Самостоятельно. Доказать, что при отсутствии затухания амплитуда сферической волны убывает как $A = A_0/r$

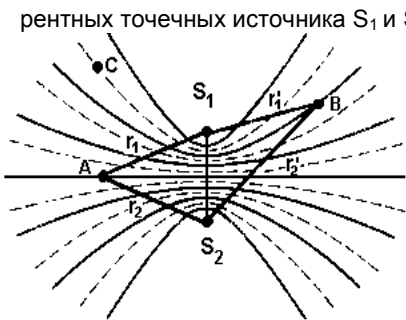
21. Затухание волн. Уравнения плоской и сферической затухающей волны. Интерференция волн.

ЛИНЕЙНЫЕ СРЕДЫ. Почему при поглощении энергии линейной средой величина убыли энергии $-dW = \gamma \cdot W \cdot dx$? Запись равенства с помощью показателя поглощения γ : $-dW = \gamma \cdot W \cdot dx$. ЗАКОН БУГЕРА; СМЫСЛ ПОКАЗАТЕЛЯ ПОГЛОЩЕНИЯ γ . УРАВНЕНИЕ ПЛОСКОЙ И СФЕРИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ ОТ ИСТОЧНИКА, КОЛЕБЛЮЩЕГОСЯ ГАРМОНИЧЕСКИ, В ЛИНЕЙНОЙ СРЕДЕ С УЧЁТОМ ЗАТУХАНИЯ. Есть ли нелинейные среды?

ДИСПЕРСИЯ ВОЛН. ВОЛНОВОЙ ПАКЕТ. ГРУППОВАЯ СКОРОСТЬ. Почему она может отличаться от фазовой? С какой скоростью переносится энергия волны?



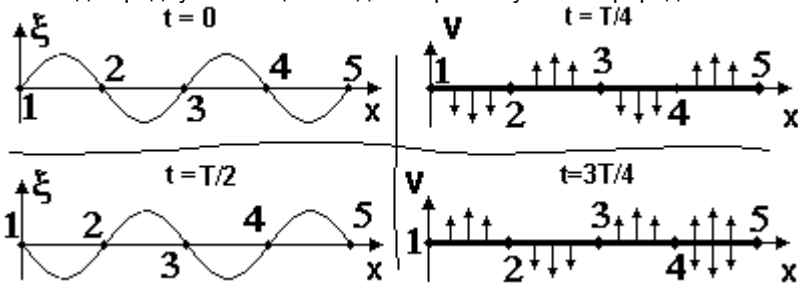
ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ ВОЛН. КОГЕРЕНТНЫЕ ИСТОЧНИКИ; показать на приведённом рисунке когерентные за время наблюдения τ колебания и объяснить, почему остальные не когерентны. А если время наблюдения уменьшить до $\tau/2$? Важна ли начальная фаза и амплитуда? СИНФАЗНЫЕ И ПРОТИВОФАЗНЫЕ КОЛЕБАНИЯ; показать их на рисунке. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ ВОЛН; ИНТЕРФЕРЕНЦИОННАЯ КАРТИНА. Какое дополнительное требование к направлению колебаний должно выполняться для получения простой картины? Если два когерентных



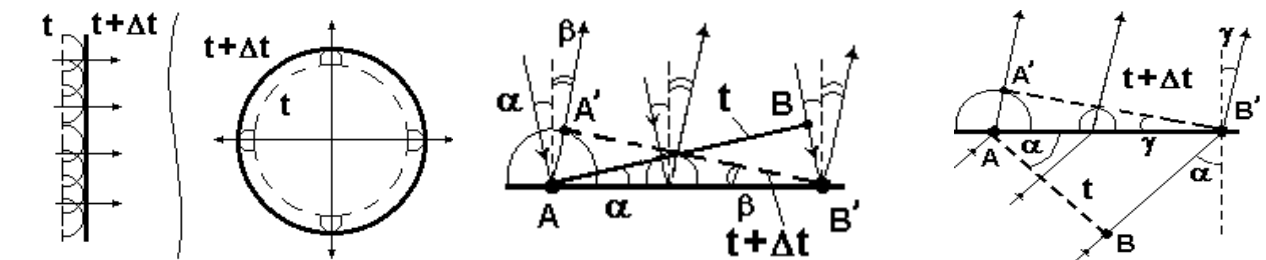
рентных точечных источника S_1 и S_2 создают поперечные сферические волны, то в какой плоскости будет наблюдаться такая картина? Как получить её на поверхности воды? РАЗНОСТЬ ХОДА ВОЛН ДВУХ СИНФАЗНЫХ КОГЕРЕНТНЫХ ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ. УСЛОВИЯ МАКСИМУМА И МИНИМУМА ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЙ КАРТИНЫ ПРИ СЛОЖЕНИИ КОЛЕБАНИЙ ОДНОГО НАПРАВЛЕНИЯ. Почему в точке А должен быть максимум? Положение других максимумов: для сферических волн от точечных источников $\xi_1(r_1, t) = (A_0/r_1) \cos(\omega t - kr_1 + \varphi_0)$ и $\xi_2(r_2, t) = (A_0/r_2) \cos(\omega t - kr_2 + \varphi_0)$; для точек максимума разность фаз волн должна быть (почему?) $0, 2\pi, 4\pi$ и т.д. Значит, $k(r_2 - r_1) = 2\pi \cdot n$, или $r_2 - r_1 = 2\pi \cdot n/k$. Уравнение какой кривой получено? Что изменится для положения минимумов? Если в точке В максимум, то одинакова ли его амплитуда с точкой А? Почему?

22. Стоячие волны. Дифракция волн; принцип Гюйгенса.

При встрече двух встречных плоских гармонических волн с уравнениями $\xi_1 = A \cos(\omega t - kx)$ и $\xi_2 = A \cos(\omega t + kx)$ результатом сложения будет $\xi = \xi_1 + \xi_2 = 2A \cos(kx) \cos(\omega t) = 2A \cos(2\pi x/\lambda) \cos(\omega t)$. СТОЯЧАЯ ВОЛНА. Амплитуда стоячей волны $A_{ст} = ?$ Если $2\pi x/\lambda = \pm n\pi$ ($n=0, 1, 2, \dots$), то амплитуда? ПУЧНОСТИ СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ; координаты пучностей $X_n = ?$ Расстояние между соседними пучностями? Если $2\pi x/\lambda = \pm (n+1/2)\pi$ ($n = 0, 1, 2, \dots$), то амплитуда? УЗЛЫ СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ; координаты узлов $X_n = ?$ Расстояние между соседними узлами? Между соседним узлом и пучностью? Чем замечательна идеальная стоячая волна, например, в кольце? Какой должна быть λ стоячей волны для радиуса кольца R? Где это реализуется в природе?



ДИФРАКЦИЯ ВОЛН; УСЛОВИЯ ЕЁ НАБЛЮДЕНИЯ. Качественное объяснение распространения плоских и сферических волн в идеальной безграничной среде с помощью ПРИНЦИПА ГЮЙГЕНСА. Что такое ЛУЧ и ОГИБАЮЩАЯ ПОВЕРХНОСТЬ? УГОЛ ПАДЕНИЯ α И УГОЛ ОТРАЖЕНИЯ β ПЛОСКИХ ВОЛН НА ПЛОСКОЙ ГРАНИЦЕ



СРЕД. ЗАКОН ОТРАЖЕНИЯ. УГОЛ ПРЕЛОМЛЕНИЯ γ ПЛОСКИХ ВОЛН НА ПЛОСКОЙ ГРАНИЦЕ СРЕД С РАЗНОЙ СКОРОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ ВОЛН. Получение закона преломления плоских волн (лучей) на такой границе: $\sin \alpha / \sin \gamma = v_1 \Delta t / v_2 \Delta t = v_1 / v_2$.

Качественное объяснение дифракции плоской волны в длинных прямых щелях разной ширины. Даёт ли принцип Гюйгенса количественную оценку энергии волн, движущихся после щели в разных направлениях? Что нового добавил Френель и что получил в итоге?

Самостоятельно. Доказать с помощью принципа Гюйгенса закон отражения $\alpha = \beta$ плоских волн (параллельных лучей) на плоской границе

12. Билеты к экзамену по курсу «Механика»

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 1

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

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

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 2

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

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

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 3

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

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

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 4

1. Описание поступательного движения и вращения ТТ вокруг неподвижной оси.

2. Применить закон сохранения ПМЭ.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 5

1. Формулы кинематики вращения ТТ вокруг неподвижной оси. Таблица формул кинематики. Вращение ТТ вокруг неподвижной точки. Произвольное движение ТТ.

2. Применить теорему об изменении кинетической энергии частицы.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 6

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

2. Применить теорему об изменении момента импульса ТТ.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 7

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

2. Найти момент инерции и момент импульса ТТ.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 8

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

2. Найти момент силы и применить основной закон динамики вращения ТТ вокруг неподвижной оси.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 9

1. Силы всемирного тяготения и тяжести. Теории далеко- и близкодействия. Вес.

2. Применить закон сохранения импульса МС.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 10

1. Силы упругости и деформация упругих тел в механике. Силы трения в механике. Угол трения.

2. Найти положение центра масс ТТ и применить теорему о его движении.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 11

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

2. Найти положение центра масс МС или ТТ.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 12

1. Центр масс МС. Теорема о движении центра масс. Закон сохранения импульса.

2. Применить теорему об изменении импульса.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 13

1. Момент силы (вращающий момент). Момент импульса частицы и МС. Теорема об изменении и закон сохранения момента импульса МС.

2. В опыте оценить коэффициент сухого трения скольжения.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 14

1. Основной закон динамики вращения ТТ вокруг неподвижной оси. Момент инерции ТТ; его вычисление. Момент импульса ТТ. Теорема об изменении и закон сохранения момента импульса ТТ.

2. Решить обратную задачу механики.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

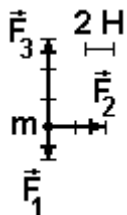
Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 15



1. Механическая работа и мощность. Кинетическая энергия частицы; теорема об её изменении. Кинетическая энергия МС и ТТ. Теоремы об изменении кинетической энергии МС и ТТ.

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

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 16

1. Потенциальная энергия упругого и гравитационного взаимодействия. Общие свойства потенциальной энергии. Консервативные и диссипативные силы. Консервативная МС. Полная механическая энергия (ПМЭ). Закон сохранения и теоремы об изменении ПМЭ. Другие виды энергии; закон сохранения энергии.

2. Указать силы в 3-м законе Ньютона для тел, падающих на Землю; лежащих на Земле; покоящихся на наклонной плоскости за счёт силы трения покоя.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 17

1. Основные понятия теории колебаний. Механические идеальные, затухающие и вынужденные колебания. Пружинный маятник; его энергия. Математический и физический маятники.
 2. Решить основную задачу механики для частицы, движущейся без сопротивления воздуха вблизи Земли.
- Экзаменатор Михайлов С.П.

Утверждаю Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
09.03.2023

БИЛЕТ № 18

1. Свободные колебания с учётом вязкого трения при малых колебаниях. Их характеристики.
 2. Найти скорость относительно Солнца тела на поверхности Земли.
- Экзаменатор Михайлов С.П.

Утверждаю Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
09.03.2023

БИЛЕТ № 19

1. Вынужденные колебания с учётом вязкого трения при малых колебаниях. Резонанс.
 2. Указав абсолютное, переносное и относительное движения, применить теорему сложения скоростей.
- Экзаменатор Михайлов С.П.

Утверждаю Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
09.03.2023

БИЛЕТ № 20

1. Волна. Упругая (механическая) волна. Продольные и поперечные волны; волновой фронт. Энергия волны; плотность потока энергии (вектор Умова). Уравнения плоской и сферической гармонической незатухающей волны. Элементы акустики.
 2. Определить характер движения ТТ и кинематически описать движение одной из его точек.
- Экзаменатор Михайлов С.П.

Утверждаю Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
09.03.2023

БИЛЕТ № 21

1. Затухание волн; закон Бугера. Уравнения плоской и сферической затухающей волны. Дисперсия волн. Интерференция волн.
 2. По заданным уравнениям движения точки в координатной или естественной форме определить все возможные кинематические параметры её движения.
- Экзаменатор Михайлов С.П.

Утверждаю Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
09.03.2023

БИЛЕТ № 22

1. Стоячие волны. Дифракция волн; принцип Гюйгенса.
2. По координатам начала и конца вектора, заданными 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.

Экзаменатор Михайлов С.П.

Составитель – проф. С.П. Михайлов

И.о. заведующего кафедрой математики, физики и информатики _____ Р.А Богданова

Пояснительная записка

1. Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «МЕХАНИКА»

2. **Фонд оценочных средств включает** контрольные материалы для проведения текущего контроля в формах, указанных ниже, и промежуточной аттестации по билетам на экзамене.

А) Формы текущего контроля: списки понятий, используемых на практических занятиях; домашние задачи; изучаемые самостоятельно теоретические вопросы; контрольные работы; вопросы теоретического собеседования во время выполнения лабораторных работ; перечень отрабатываемых в лаборатории экспериментальных умений.

Б) Промежуточная аттестация: собеседование по теории и проверка экспериментально-практических умений на экзамене по билетам.

Билеты к экзамену по курсу «Механика»

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 1

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

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

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 2

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

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

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
09.03.2023

БИЛЕТ № 3

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

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

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
09.03.2023

БИЛЕТ № 4

1. Описание поступательного движения и вращения ТТ вокруг неподвижной оси.

2. Применить закон сохранения ПМЭ.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
09.03.2023

БИЛЕТ № 5

1. Формулы кинематики вращения ТТ вокруг неподвижной оси. Таблица формул кинематики. Вращение ТТ вокруг неподвижной точки. Произвольное движение ТТ.

2. Применить теорему об изменении кинетической энергии частицы.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
09.03.2023

БИЛЕТ № 6

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

2. Применить теорему об изменении момента импульса ТТ.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики
Богданова Р.А.
09.03.2023

БИЛЕТ № 7

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

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 8

1. Принцип относительности Галилея. Две задачи динамики. Примеры решения прямой и обратной задачи.
2. Найти момент силы и применить основной закон динамики вращения ТТ вокруг неподвижной оси.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 9

1. Силы всемирного тяготения и тяжести. Теории далеко- и близкодействия. Вес.
2. Применить закон сохранения импульса МС.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 10

1. Силы упругости и деформация упругих тел в механике. Силы трения в механике. Угол трения.
2. Найти положение центра масс ТТ и применить теорему о его движении.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 11

1. Теорема об изменении импульса частицы. Система частиц (механическая система МС). Импульс МС. Теорема об изменении импульса МС.
2. Найти положение центра масс МС или ТТ.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 12

1. Центр масс МС. Теорема о движении центра масс. Закон сохранения импульса.
2. Применить теорему об изменении импульса.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 13

1. Момент силы (вращающий момент). Момент импульса частицы и МС. Теорема об изменении и закон сохранения момента импульса МС.
2. В опыте оценить коэффициент сухого трения скольжения.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 14

1. Основной закон динамики вращения ТТ вокруг неподвижной оси. Момент инерции ТТ; его вычисление. Момент импульса ТТ. Теорема об изменении и закон сохранения момента импульса ТТ.
2. Решить обратную задачу механики.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

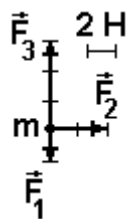
Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 15



1. Механическая работа и мощность. Кинетическая энергия частицы; теорема об её изменении. Кинетическая энергия МС и ТТ. Теоремы об изменении кинетической энергии МС и ТТ.

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

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 16

1. Потенциальная энергия упругого и гравитационного взаимодействия. Общие свойства потенциальной энергии. Консервативные и диссипативные силы. Консервативная МС. Полная механическая энергия (ПМЭ). Закон сохранения и теоремы об изменении ПМЭ. Другие виды энергии; закон сохранения энергии.

2. Указать силы в 3-м законе Ньютона для тел, падающих на Землю; лежащих на Земле; покоящихся на наклонной плоскости за счёт силы трения покоя.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 17

1. Основные понятия теории колебаний. Механические идеальные, затухающие и вынужденные колебания. Пружинный маятник; его энергия. Математический и физический маятники.

2. Решить основную задачу механики для частицы, движущейся без сопротивления воздуха вблизи Земли.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 18

1. Свободные колебания с учётом вязкого трения при малых колебаниях. Их характеристики.

2. Найти скорость относительно Солнца тела на поверхности Земли.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 19

1. Вынужденные колебания с учётом вязкого трения при малых колебаниях. Резонанс.
2. Указав абсолютное, переносное и относительное движения, применить теорему сложения скоростей.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 20

1. Волна. Упругая (механическая) волна. Продольные и поперечные волны; волновой фронт. Энергия волны; плотность потока энергии (вектор Умова). Уравнения плоской и сферической гармонической незатухающей волны. Элементы акустики.
2. Определить характер движения ТТ и кинематически описать движение одной из его точек.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 21

1. Затухание волн; закон Бугера. Уравнения плоской и сферической затухающей волны. Дисперсия волн. Интерференция волн.
2. По заданным уравнениям движения точки в координатной или естественной форме определить все возможные кинематические параметры её движения.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

Педагоги. Механика.

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

БИЛЕТ № 22

1. Стоячие волны. Дифракция волн; принцип Гюйгенса.
2. По координатам начала и конца вектора, **заданными 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.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

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 «Механика»

Часть 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МЕХАНИКИ. КИНЕМАТИКА ЧАСТИЦЫ И ТВЁРДОГО ТЕЛА

Занятие 1. Кинематика частицы 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 ТТ.

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

Круговое движение частицы. Вращение ТТ вокруг неподвижной оси и точки (полюса). 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.

Занятие 3. Сложное движение точки.

Задача о сложении движений. Абсолютное, переносное и относительное движения. Теорема сложения скоростей.

Часть 2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ДИНАМИКИ.

Занятие 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.

Занятие 5. Теоремы об изменении импульса частицы и МС. Теорема о движении центра масс МС.

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.

Занятие 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.

Занятие 7. Смешанные задачи на энергию и импульс

Повторить списки понятий к занятиям 5 и 6.

Занятие 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 кольца и диска относительно оси симметрии, стержня относительно 3 осей.

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.

Часть 3. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ.

Занятие 9. Свободные и вынужденные колебания. Упругие волны.

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, время затухания, добротность.

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

Волна. Упругая волна. Продольная и поперечная волна. Волновой фронт, его формы. Плоская гармоническая волна в среде без поглощения энергии; её уравнение. Волновая поверхность. Длина волны; фазовая скорость; волновое число; их связь. Средняя (по времени) объёмная плотность энергии упругой волны. Плотность потока энергии упругой волны (вектор Умова). Уравнение сферической гармонической волны в среде без поглощения энергии. Закон Бугера. Линейная и нелинейная среда. Уравнения плоской и сферической гармонической волны в линейной среде с поглощением. Стоячая гармоническая волна; её уравнение, положение узлов и пучностей.

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 задания практических занятий

Часть 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МЕХАНИКИ. КИНЕМАТИКА ЧАСТИЦЫ И ТВЁРДОГО ТЕЛА

Занятие 1. Кинематика частицы 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, $\cos(v_0 \wedge i) = 0.8$, $\cos(v_0 \wedge j) = 0.6$; $v_1 = 0$; $v_2 = 5\pi/2$ м/с, $\cos(v_2 \wedge i) = -0.8$, $\cos(v_2 \wedge j) = 0.6$.

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 и ускорений w_n и w_t за 1 оборот.**

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 соответствия 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.

Занятие 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 $t = 15$ с.

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

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

Ответ: $\omega = 20t$ с⁻¹, $\varepsilon = 20$ с⁻², $w = 200(1+400t^2)^{1/2}$ см/с².

5. Твёрдое тело вращается вокруг неподвижной точки, с которой совмещено начало декартовых координат.

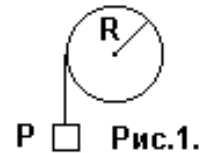


Рис.1.

Вектор угловой скорости можно записать как $\vec{\omega} = 15k$. Найти скорость точки тела с координатами (1,2,3).

Ответ: $v = 15(5)^{1/2}$ м/с, $\cos(v \wedge i) = -2/(5)^{1/2}$, $\cos(v \wedge j) = 1/(5)^{1/2}$, $\cos(v \wedge k) = 0$.

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.

Занятие 3. Сложное движение точки.

Домашнее задание 3.

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

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

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

3. Поезд идёт на север со скоростью 36 км/час и вспугивает ворону, которая летит на восток со скоростью 36 км/час. Найти величину и направление скорости вороны относительно пассажира, стоящего у окна вагона.

Ответ: $v_{отн} = 36(2)^{1/2}$ км/час на юго-запад.

4. Найти величину и направление скорости Ханты-Мансийска ($\varphi = 60^\circ$ с.ш.) относительно оси суточного вращения Земли. Принять радиус Земли $R = 6400$ км.

Ответ: $v_{сут} \approx 224$ м/с на восток.

5. Найти величину и направление скорости Ханты-Мансийска ($\varphi = 60^\circ$ с.ш.) в местный полдень относительно Солнца. Считать угловые скорости годового и суточного вращения Земли параллельными и нормальными плоскости орбиты. Расстояние от Земли до Солнца в среднем 150 миллионов километров.

Ответ: $v_{абс} \approx 30$ км/с на запад.

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.

Часть 2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ДИНАМИКИ.

Занятие 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 $x = 3 \cos 2\pi t$, $y = 4 \sin \pi t$, где x и y - в см, а t - в с. Найти проекции действующей 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 O , 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.

В часы ИРС контрольная работа № 1. Темы: Кинематика частицы и твёрдого тела. Сложение скоростей. Основной закон механики. Две задачи динамики.

Контрольная работа будет проводиться в часы самостоятельной работы. Перед контрольной работой повторить списки понятий № 1- № 5, просмотреть решение аудиторных и домашних задач по указанным темам.

Занятие 5. Теоремы об изменении импульса частицы и МС. Теорема о движении центра масс МС.

Закон сохранения импульса МС.

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 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 и течёт в изгибе со скоростью 2 м/с.

Ответ: 284 Н.

Занятие 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.

Занятие 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_{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 растянута, если $N > 0$, и сжат, если $N < 0$.

Занятие 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 $0,8 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Какой станет скорость вращения, если человек прижал руки к туловищу и снизил 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: $\omega = 2M_1ru/(M_2R^2 + 2M_1r^2)$.

В часы ИРС контрольная работа № 2 . Темы: закон сохранения и теорема об изменении импульса; теорема о движении центра масс; работа силы; мощность; теоремы об изменении механической энергии; закон сохранения полной механической энергии; смешанные задачи на энергию и импульс; теорема об изменении момента импульса; закон сохранения момента импульса. Контрольная работа будет проводиться в часы самостоятельной работы.

Перед контрольной работой повторить списки понятий № 5 - № 8, просмотреть решение аудиторных и домашних задач по указанным темам.

Часть 3. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ.

Занятие 9. Свободные и вынужденные колебания. Упругие волны.

Домашнее задание 9.

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 $0,1 \text{ Н}$ и частотой $1,57 \text{ Гц}$. Трение можно считать малым. Ответ: примерно $3,3 \text{ см}$.

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 $0,1 \text{ кг/с}$.

Ответ: примерно 3 Гц и $3,2 \text{ см}$.

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

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

4. (И.4.40). 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: $a = (mg/k)[1 + (2hk/mg)]^{1/2}$, $E = mgh + m^2g^2/2k$.

5. Длина бегущей плоской звуковой волны в воздухе $\lambda = 1 \text{ м}$ при частоте источника $\nu = 340 \text{ Гц}$ и амплитуде колебаний $A = 0,2 \text{ мм}$. Найти: а) скорость волны v ; б) амплитуду v_m колебаний скорости частиц среды; в) записать уравнение волны. Ответ: а) $v = \lambda \cdot \nu = 340 \text{ м/с}$; б) $v_m = A \cdot \omega = A \cdot 2\pi \cdot \nu = 0,4 \text{ м/с}$; в) $\xi = 2 \cdot 10^{-4} \cos(680 \cdot \pi \cdot t - 2\pi x)$.

5. (И.4.155). Уравнение бегущей плоской звуковой волны в воздухе (скорость волны $v = 340 \text{ м/с}$) имеет вид $\xi = 60 \cos(1800t - 5,3x)$, где ξ - в микрометрах, t - в секундах, x - в метрах. Найти: а) отношение амплитуды A смещения частиц среды к длине волны λ ; б) амплитуду v_m скорости колебаний частиц среды и её отношение к скорости волны; в) амплитуду колебаний относительной деформации среды и её связь с амплитудой колебаний скорости частиц среды. Ответ: а) $A/\lambda = 5,1 \cdot 10^{-5}$; б) $v_m = 11 \text{ см/с}$; $v_m/v = 3,2 \cdot 10^{-4}$; в) $(\partial \xi / \partial x)_m = 3,2 \cdot 10^{-4}$; $(\partial \xi / \partial t)_m = v \cdot (\partial \xi / \partial x)_m = 3,2 \cdot 10^{-4} \cdot 340 = 0,11 \text{ м/с}$.

7. Найти расстояние d между ближайшими узлами стоячей звуковой волны в воздухе при частоте колебаний 440 Гц . Скорость волны в воздухе $v_b = 340 \text{ м/с}$. Ответ: $d \approx 39 \text{ см}$.

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. Некоторая точка среды в гармонической волне колеблется как $\xi = 0,05 \cos 2\pi \cdot t$. Записать уравнения движения точек среды на том же луче, отстоящих от данной на 15 и 30 см , если скорость волны $0,6 \text{ м/с}$. Ответ: $\xi = 0,05 \sin 2\pi \cdot t$ и $\xi = -0,05 \cos 2\pi \cdot t$

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 «Механика»**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1****Кинематика частицы и твёрдого тела. Основной закон механики.****Две задачи динамики. Силы инерции;**

Включает 24 билета по 3 задачи в каждом. Билеты хранятся у преподавателя, ведущего практику.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2**закон сохранения и теорема об изменении импульса; теорема о движении центра масс; работа силы; мощность; теоремы об изменении механической энергии; закон сохранения полной механической энергии; смешанные задачи на энергию и импульс; теорема об изменении момента импульса; закон сохранения момента импульса.**

Включает 24 билета по 3 задачи в каждом. Билеты хранятся у преподавателя, ведущего практику.

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

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

ИЗУЧАЕМЫЕ САМОСТОЯТЕЛЬНО ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ
по дисциплине «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 поверхности земли под углом α_0 к горизонту с начальной скоростью V_0 тела найти, без учёта сопротивления воздуха значение скорости, нормального, тангенциального и полного ускорений, а также радиуса кривизны траектории для её произвольной точки Z на известной высоте h_3 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 не очень больших скоростях тел второй закон Ньютона проявляется одинаково.
5. Природа сил вязкого трения при малых и больших скоростях.
6. Доказать теорему Штейнера.
7. Найти полную кинетическую энергию катящегося твёрдого диска (или цилиндра).
8. Доказать, что: 1) приведённая длина $l_{пр}$ всегда больше расстояния l между точкой подвеса O' и центром масс C . 2) Перемещение точки подвеса в центр качаний O'' не изменит период колебаний.
9. Получить амплитуду B идеального вынужденного колебания под действием гармонической внешней силы $F = F_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$.
10. Доказать, что при отсутствии затухания амплитуда сферической гармонической бегущей волны убывает как $A = A_0/r$.
11. Доказать с помощью принципа Гюйгенса закон отражения $\alpha = \beta$ плоских волн (параллельных лучей) на плоской границе.

Критерии оценки:

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

Вопросы теоретического собеседования в ходе выполнения лабораторных работ.

Работа № 1. ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ РАВНОУСКОРЕННОГО ДВИЖЕНИЯ 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.

Работа № 2. ПРОВЕРКА 2-го ЗАКОНА НЬЮТОНА ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

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

Работа № 3. ПРОВЕРКА ОСНОВНОГО ЗАКОНА ДИНАМИКИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МАЯТНИКА ОБЕРЬЕКА

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

1. Момент силы (вращающий момент). Основной закон динамики вращения ТТ вокруг неподвижной оси. Момент инерции ТТ; его вычисление.

Работа № 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ПУЛИ С ПОМОЩЬЮ БАЛЛИСТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

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

2. Потенциальная энергия упругого и гравитационного взаимодействия. Общие свойства потенциальной энергии. Консервативные и диссипативные силы. Консервативная МС. Полная механическая энергия (ПМЭ). Теоремы об изменении ПМЭ; закон сохранения ПМЭ. Другие виды энергии; закон сохранения энергии.

Работа № 5а. ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКОВ.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

1. Основные понятия теории колебаний. Механические идеальные, затухающие и вынужденные колебания. Пружинный маятник; его энергия. Математический и физический маятники.

Работа № 5б. ИЗУЧЕНИЕ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРУЖИННЫХ МАЯТНИКОВ.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

1. Вынужденные колебания линейного гармонического осциллятора в отсутствие трения. Резонанс. Свободные и вынужденные колебания с учётом вязкого трения при малых колебаниях.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если студент полностью владеет важнейшими физическими понятиями, выделенными для заучивания и теоретический вопрос раскрыт полностью.

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент свободно владеет важнейшими физическими понятиями, выделенными для заучивания, но теоретический вопрос раскрыт не полностью.

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент частично владеет важнейшими физическими понятиями, выделенными для заучивания, и теоретический вопрос раскрыт не полностью.

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если студент не владеет важнейшими физическими понятиями, выделенными для заучивания и не раскрыт теоретический вопрос.

Перечень отрабатываемых в лаборатории экспериментальных и практических умений **Работа № 1. ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ РАВНОУСКОРЕННОГО ДВИЖЕНИЯ**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.

1. По заданным уравнениям движения точки в координатной или естественной форме определить все возможные параметры её движения.

Работа № 2. ПРОВЕРКА 2-го ЗАКОНА НЬЮТОНА

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.

1. Решить основную задачу механики для частицы, движущейся без сопротивления воздуха вблизи Земли.
2. Указать силы в 3-м законе Ньютона для тел, падающих на Землю; лежащих на Земле.

Работа № 3. ПРОВЕРКА ОСНОВНОГО ЗАКОНА ДИНАМИКИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МАЯТНИКА ОБЕРБЕКА

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.

1. Найти момент силы и применить основной закон динамики вращения ТТ вокруг неподвижной оси.

Работа № 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ПУЛИ С ПОМОЩЬЮ БАЛЛИСТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.

1. Применить теорему об изменении импульса частицы.
2. Применить закон сохранения ПМЭ.

Работа № 5а. ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКОВ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.

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

Работа № 5б. ИЗУЧЕНИЕ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРУЖИННЫХ МАЯТНИКОВ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.

1. 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.

Критерии оценки:

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