

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
филиал МГУ в г. Севастополе  
факультет естественных наук  
кафедра физики и геофизики

**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор  
Филиала МГУ в г. Севастополе  
О.А. Шпырко  
«15» июня 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**Наименование дисциплины (модуля):**

*КЛАССИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА*

---

*код и наименование дисциплины (модуля)*

**Уровень высшего образования:**  
*бакалавриат*

**Направление подготовки:**

*01.03.02. Прикладная математика и информатика*  
*(код и название направления/специальности)*

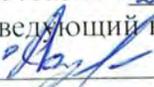
**Направленность (профиль) ОПОП:**  
*общий*

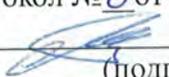
---

*(если дисциплина (модуль) относится к вариативной части программы)*

**Форма обучения**

*очная*

Рабочая программа рассмотрена  
на заседании кафедры физики и геофизики  
протокол № 2 от «02» июня 2020 г.  
Заведующий кафедрой физики и геофизики  
  
(подпись) (К. В. Показеев)

Рабочая программа одобрена  
Методическим советом  
Филиала МГУ в г. Севастополе  
Протокол № 6 от «10» июня 2020 г.  
  
(подпись) (А.В. Мартынкин)

Севастополь, 2020

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» в редакции приказа МГУ

от 30 декабря 2016 г.

Год (годы) приема на обучение 2016,2017 ,2018

*курс – 2*

*семестр – 3*

*зачетных единиц – 2*

*академических часов 72, в т.ч.:*

*лекций – 36 часов,*

*семинарских занятий – 36 часов.*

*Формы промежуточной аттестации:*

*нет.*

*Форма итоговой аттестации:*

*экзамен в 3 семестре.*

## ОГЛАВЛЕНИЕ:

1. Наименование дисциплины, цели и задачи ее освоения.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОП ВО.....	4
3. Требования к результатам обучения по дисциплине.....	4
4. Структура и объем учебной дисциплины.....	6
5. Рекомендуемые образовательные технологии.....	14
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	14
7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.....	14
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	20
9. Материально-техническое обеспечение.....	20

## 1. Наименование дисциплины, цели и задачи ее освоения.

### 1.1. Цель изучения дисциплины.

Прежде всего, курс имеет мировоззренческую и методологическую направленность. Его цель – сформировать у студентов единую, стройную, логически непротиворечивую физическую картину окружающего нас мира природы. Создание такой картины происходит поэтапно, путем обобщения экспериментальных данных и на их основе производится построение моделей наблюдаемых явлений, со строгим обоснованием приближений и рамок, в которых эти модели действуют.

Во-вторых, в рамках единого подхода классической физики необходимо рассмотреть все основные явления и процессы, происходящие в природе, установить связь между ними, вывести основные законы и получить их выражение в виде математических уравнений. При этом кроме освоения теории необходимо научить студентов количественно решать конкретные задачи в рамках принятых приближений. По мере необходимости в курсе вводятся некоторые элементы строения атомов и молекул, статистически-вероятностных методов, квантовых представлений.

В-третьих, необходимо научить студентов основам постановки и проведения физического эксперимента с последующим анализом и оценкой полученных результатов.

### 1.2. Задачи дисциплины.

- Освоение основных понятий, экспериментальных фактов и законов механики.
- Знакомство с методами формулировки и решения задач в области механики.
- Приобретение практических навыков выполнения количественных оценок и расчетов в области механики.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП ВО.

Курс «Классической механики» входит в базовую часть профессионального цикла ОС МГУ по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» (бакалавр). Он излагается в третьем семестре на втором курсе и его главной задачей является создание фундаментальной базы знаний, на основе которой в дальнейшем можно развивать более мотивированное изучение математических дисциплин, таких как обыкновенные дифференциальные уравнения, уравнения математической физики, функциональный анализ и вариационное исчисление, и других более специализированных курсов.

Для освоения курса «Классическая механика» требуются практические умения дифференцирования, интегрирования, использования векторов и комплексных чисел, обучение которым проводится на первом курсе в дисциплинах «Математический анализ» и «Аналитическая геометрия».

## 3. Требования к результатам обучения по дисциплине.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование ряда общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

### **Общекультурные компетенции:**

- способность создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные

математические результаты, владение знанием об ограничениях и границах применимости моделей, способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания в области физики (ОНК-5),

- владение основным материалом, необходимым для решения научно-исследовательских и практических задач в указанной области (ОНК-6);

**Общепрофессиональные компетенции:**

- владение навыками использования программных средств и работы в компьютерных сетях, использования ресурсов Интернет; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации (ИК-3),

- способность использовать современную вычислительную технику и специализированное программное обеспечение в научно-исследовательской работе (ИК-4);

**Профессиональные компетенции:**

- способность демонстрации общенаучных базовых знаний, понимание основных фактов, концепций, принципов изучаемого предмета (ПК-1),

- способность понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат (ПК-2),

- способность применять современные языки программирования и методы параллельной обработки данных, операционные системы, электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии (ПК-3),

- способность осваивать информационные и суперкомпьютерные технологии при решении практических задач (ПК-4),

- способность приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ПК-10),

- способность осуществлять целенаправленный поиск информации о

технологических достижениях в сети Интернет и из других источников (ПК-11).

**Планируемые результаты обучения по дисциплине:**

**Знать:**

*основные понятия подразделов классической механики:*

- Кинематика материальной точки
- Кинематика твердого тела.
- Законы Ньютона. Силы.
- Неинерциальные системы отсчета.
- Импульс. Реактивное движение.
- Энергия.
- Момент импульса.
- Динамика твердого тела.
- Уравнения Лагранжа.
- Уравнения Гамильтона.
- Скобки Пуассона
- Свободные колебания.
- Вынужденные колебания.

**Уметь:**

- для перечисленных подразделов студенты должны уметь количественно решать конкретные задачи в рамках принятых приближений;
- применять эти базовые знания в научно-исследовательской, образовательной, экспертно-аналитической деятельности;
- использовать учебную и научную литературу по дисциплине для подготовки сообщения, доклада, реферата по избранной теме.

**Владеть:**

- способностью найти отклонение точки падения тела от линии отвеса из-за вращения Земли;
- навыками решения задач по определению потенциала гравитационного поля;
- умением находить число степеней свободы механической системы;
- навыками вычисления коэффициентов Ламе в криволинейной системе координат;
- способностью рассчитать тензор инерции однородного стержня относительно центра масс, найти главные оси и главные моменты инерции.

#### 4. Структура и объем учебной дисциплины.

**Общая трудоемкость дисциплины составляет:**

зачетных единиц - 2

академических часов - 72

лекций - 36 часов

семинарских занятий - 36 часов

##### 1. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН.

№ п/п	Название темы	Количество часов			Формы текущего контроля успеваемости (по темам) / Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
		Л	С (П, Л)	СРС	
<i>3-й семестр</i>					
1.	Кинематика материальной точки	2	2	4	
2.	Кинематика твердого тела.	4	4	8	
3.	Законы Ньютона. Силы.	4	4	8	
4.	Неинерциальные системы отсчета	2	2	4	Контрольная работа
5.	Импульс. Реактивное движение.	2	2	4	
6.	Кинетическая и потенциальная энергия.	4	4	8	
7.	Момент импульса	4	4	8	
8.	Динамика твердого тела.	2	2	4	Контрольная работа
9.	Уравнения Лагранжа.	4	4	8	
10.	Уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона	4	4	8	
11.	Равновесие. Малые колебания.	2	2	4	
12.	Вынужденные колебания.	2	2	4	Контрольная работа
Всего, часов		36	36	72	
<b>ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ</b>					Экзамен

#### 4.1. Содержание разделов дисциплины

##### А. План лекций

№ п/п	Номер занятия	Наименование темы и содержание лекции	Количество часов
1.	1	<b>Тема 1. Кинематика материальной точки</b> Механическое движение. Материальное тело. Материальная точка. Тело отсчета. Часы. Система отсчета. Основные типы систем координат. Закон движения. Траектория. Радиус-вектор. Перемещение. Скорость. Секторная скорость и ее физический смысл. Ускорение. Системы координат. Естественные координаты. Нормальное и тангенциальное ускорения. Цилиндрические и сферические координаты. Радиус-вектор, скорость и ускорение в цилиндрических и сферических координатах. Равномерное и прямолинейное движение. Равнопеременное движение. Движение материальной точки в поле силы тяжести.	2 ч.
2.	2 – 3	<b>Тема 2. Кинематика твердого тела.</b> Принцип суперпозиции движений. Число степеней свободы. Плоское движение твердого тела, как суперпозиция поступательного и вращательного движений. Мгновенная ось вращения в случае плоского движения твердого тела. Движение тела, закрепленного в точке. Теорема Эйлера. Углы Эйлера. Вектор угловой скорости. Мгновенная ось вращения в случае движения тела, закрепленного в точке. Произвольное движение твердого тела.	4 ч.
3.	4 – 5	<b>Тема 3. Законы Ньютона.</b> Понятие о силе и массе. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона. Уравнение движения (второй закон Ньютона). Импульс материальной точки. Третий закон Ньютона. Принцип относительности Галилея. Единицы измерения силы.	4 ч.
4.	6	<b>Тема 4. Силы в механике.</b> Силовое воздействие на материальные тела.	2 ч.

		<p>Силовое поле. Принцип суперпозиции.</p> <p>Гравитационные силы. Сила взаимного притяжения (закон всемирного тяготения). Гравитационная постоянная. Ускорение свободного падения. Напряженность гравитационного поля. Пример: сила взаимодействия точечной массы и кольца радиуса <math>R</math>.</p> <p>Силы реакции связей. Сила нормального давления. Вес.</p> <p>Силы упругости. Упругие деформации. Напряжение. Относительная деформация. Закон Гука. Модуль Юнга и коэффициент Гука.</p> <p>Силы трения. Вязкое и сухое трение. Сухое трение покоя и скольжения. Коэффициент трения. Пример: движение тела в поле силы тяжести с учетом сопротивления воздуха (прыжок с парашютом).</p>	
5.	7	<p><b>Тема 5. Неинерциальные системы отсчета, силы инерции.</b></p> <p>Поступательное движение неинерциальной системы (твердого тела). Силы инерции. Уравнение движения материальной точки в неинерциальной системе. Абсолютное и относительное ускорения.</p> <p>Произвольное движение неинерциальной системы (твердого тела). Соотношения между производными вектора по времени в инерциальной и неинерциальной системах. Переносные, центробежные и кориолисовы ускорения и силы. Маятник Фуко.</p>	2 ч.
6.	8 – 9	<p><b>Тема 6. Импульс системы материальных точек.</b></p> <p>Центр масс системы материальных точек. Внутренние и внешние силы. Теорема о движении центра масс. Замкнутые системы. Закон (теорема) сохранения импульса.</p> <p>Динамика тел переменной массы. Реактивное движение. Уравнение Мещерского. Формула Циолковского.</p>	4 ч.
7.	10 – 11	<p><b>Тема 7. Механическая энергия системы материальных точек.</b></p> <p>Элементарная работа силы. Потенциальное силовое поле. Потенциал. Потенциальные силы. Потенциальная энергия. Потенциальная энергия массы в гравитационном поле сферического тела. Потенциальная энергия</p>	4 ч.

		<p>сжатой пружины. Потенциальная энергия заряда в электрическом поле. Электрический потенциал.</p> <p>Кинетическая энергия материальной точки и системы материальных точек. Потенциальные, гироскопические и диссипативные силы. Полная энергия системы. Закон (теорема) сохранения энергии.</p> <p>Абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары.</p>	
8.	12	<p><b>Тема 8. Момент импульса системы материальных точек. Момент силы.</b></p> <p>Необходимость введения момента импульса системы материальных точек. Моменты импульса и силы относительно точки и относительно оси.</p> <p>Теорема моментов для материальной точки и системы материальных точек. Закон сохранения момента импульса относительно точки и относительно оси.</p>	2 ч.
9.	13 – 14	<p><b>Тема 9. динамика твердого тела. Тензор инерции твердого тела и уравнения Эйлера.</b></p> <p>Произвольное движение твердого тела под действием внешних сил. Уравнения движения. Тензор инерции. Главные оси тензора инерции. Кинетическая энергия вращения.</p> <p>Плоское движение твердого тела. Момент инерции относительно оси. Теорема Гюйгенса-Штейнера. Скатывание цилиндра с наклонной плоскости.</p> <p>Уравнение движения тела с одной неподвижной точкой. Выбор системы координат. Уравнения Эйлера. Центр удара. Нутация и прецессия гироскопа. Гироскопический маятник. Гироскопические силы. Примеры гироскопических сил: «рыскание» корабля при продольной качке. Колебания «шимми» колес автомобиля, поворот на велосипеде без рук.</p>	4 ч.
10.	15 – 16	<p><b>Тема 10. Уравнения Лагранжа.</b></p> <p>Аналитическая механика – механика систем со связями. Определение связей. Примеры систем со связями. Силы реакции связей. Уравнения связей. Голономные, удерживающие и стационарные связи. Основная задача механики несвободных систем. Число степеней свободы системы. Обобщенные координаты, скорости и ускорения.</p>	4 ч.

		<p>Действительные, возможные и виртуальные перемещения. Геометрический смысл и математическое определение вектора виртуального перемещения. Виртуальная работа. Идеальные связи. Пример: абсолютно гладкая поверхность.</p> <p>Уравнения движения системы с идеальными голономными связями (уравнения Лагранжа первого рода). Исключение сил реакции. Общее уравнение механики (уравнение Даламбера-Лагранжа). Переход к независимым обобщенным координатам. Уравнение Лагранжа, записанное относительно кинетической энергии системы. Обобщенные силы: определение, размерность, физический смысл. Пример: плоский математический маятник.</p> <p>Системы с потенциальными активными силами. Уравнения Лагранжа, записанные относительно функции Лагранжа. Обобщенно-потенциальные силы. Обобщенный импульс. Закон сохранения обобщенного импульса. Циклические координаты. Пример: сферический маятник.</p>	
11.	17	<p><b>Тема 11. Канонические уравнения Гамильтона.</b></p> <p>Вывод уравнений Гамильтона. Гамильтониан механической системы. Сохранение во времени гамильтониана консервативной системы и его физический смысл.</p>	2 ч.
12.	18	<p><b>Тема 12. Основы теории колебаний.</b></p> <p>Положения равновесия. Необходимое и достаточное условия равновесия. Условие равновесия, записанное через обобщенные силы. Устойчивое, неустойчивое и безразличное положения равновесия. Примеры: гармонический осциллятор, сферический маятник.</p> <p>Уравнение колебаний механической системы. Линейные колебания. Потенциальная и кинетическая энергия колебательной системы вблизи положения устойчивого равновесия. Структура решения уравнения линейных колебаний. Собственная частота колебаний. Гармонические колебания. Единство подхода к колебаниям различной физической природы.</p> <p>Уравнение колебаний гармонического осциллятора и его решение. Амплитуда, частота, период и фаза колебаний. Зависимость амплитуды и фазы колебаний от</p>	2 ч.

	<p>начальных условий. Фазовые соотношения между гармоническими колебаниями с одинаковыми и различными частотами.</p> <p>Скалярные и векторные колебания. Суперпозиция синхронных скалярных гармонических колебаний. Суперпозиция взаимноперпендикулярных синхронных векторных гармонических колебаний. Суперпозиция скалярных гармонических колебаний с близкими частотами. Биения. Суперпозиция гармонических колебаний с кратными частотами.</p> <p>Колебания в системах со многими степенями свободы. Естественные координаты. Уравнения колебаний и структура решения. Собственные частоты колебаний. Форма колебаний. Нормальные координаты и нормальные колебания. Примеры: связанные гармонические осцилляторы, двойной маятник.</p> <p>Гармонические колебания. Затухающие колебания. Коэффициент затухания и логарифмический декремент затухания. Добротность колебательной системы. Вынужденные колебания. Зависимость амплитуды колебаний от частоты внешнего воздействия. Резонанс. Параметрические колебания и параметрический резонанс. Примеры: математический маятник, физический маятник, пружинный осциллятор</p>	
--	---	--

## Б. План семинарских занятий

№ п/п	Номер и вид занятия	Наименование темы и содержание занятия	Количество часов
1.	1 (П)	<p><b>Тема 1. Кинематика материальной точки</b></p> <p>Механическое движение. Материальное тело. Материальная точка. Тело отсчета. Часы. Система отсчета. Основные типы систем координат. Закон движения.</p> <p>Системы координат. Естественные координаты. Нормальное и тангенциальное ускорения. Цилиндрические и сферические координаты. Радиус-вектор, скорость и ускорение в цилиндрических и сферических координатах.</p>	2 ч.
2.	2 – 3 (П)	<p><b>Тема 2. Кинематика твердого тела.</b></p> <p>Принцип суперпозиции движений. Число</p>	4 ч.

		<p>степеней свободы.</p> <p>Плоское движение твердого тела, как суперпозиция поступательного и вращательного движений. Мгновенная ось вращения в случае плоского движения твердого тела.</p> <p>Движение тела, закрепленного в точке. Теорема Эйлера. Углы Эйлера.</p>	
3.	4 – 5 (П)	<p><b>Тема 3. Законы Ньютона.</b></p> <p>Понятие о силе и массе. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета.</p> <p>Первый закон Ньютона. Уравнение движения (второй закон Ньютона). Импульс материальной точки. Третий закон Ньютона. Принцип относительности Галилея. Единицы измерения силы.</p>	4 ч.
4.	6 (П)	<p><b>Тема 4. Силы в механике.</b></p> <p>Силовое поле. Принцип суперпозиции.</p> <p>Гравитационные силы. Сила взаимного притяжения (закон всемирного тяготения). Гравитационная постоянная. Ускорение свободного падения. Напряженность гравитационного поля. Пример: сила взаимодействия точечной массы и кольца радиуса <math>R</math>.</p> <p>Силы реакции связей. Сила нормального давления. Вес.</p> <p>Силы упругости. Упругие деформации. Напряжение. Относительная деформация. Закон Гука. Модуль Юнга и коэффициент Гука.</p> <p>Силы трения. Вязкое и сухое трение.</p>	2 ч.
5.	7 (П)	<p><b>Тема 5. Неинерциальные системы отсчета, силы инерции.</b></p> <p>Поступательное движение неинерциальной системы (твердого тела). Силы инерции. Уравнение движения материальной точки в неинерциальной системе. Абсолютное и относительное ускорения.</p> <p>Произвольное движение неинерциальной системы (твердого тела). Переносные, центробежные и кориолисовы ускорения и силы. Маятники.</p>	2 ч.
6.	8 – 9 (П)	<p><b>Тема 6. Импульс системы материальных точек.</b></p> <p>Центр масс системы материальных точек. Внутренние и внешние силы.</p>	4 ч.

		Реактивное движение. Уравнение Мещерского. Формула Циолковского.	
7.	10 – 11(П)	<p><b>Тема 7. Механическая энергия системы материальных точек.</b></p> <p>Элементарная работа силы. Потенциальное силовое поле. Потенциал. Потенциальная энергия сжатой пружины. Потенциальная энергия заряда в электрическом поле. Электрический потенциал.</p> <p>Кинетическая энергия материальной точки и системы материальных точек. Потенциальные, гироскопические и диссипативные силы.</p> <p>Абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары.</p>	4 ч.
8.	12 (П)	<p><b>Тема 8. Момент импульса системы материальных точек. Момент силы.</b></p> <p>Моменты импульса и силы относительно точки и относительно оси.</p> <p>Теорема моментов для материальной точки и системы материальных точек.</p>	2 ч.
9.	13 – 14(П)	<p><b>Тема 9. динамика твердого тела. Тензор инерции твердого тела и уравнения Эйлера.</b></p> <p>Уравнения движения. Тензор инерции. Главные оси тензора инерции. Кинетическая энергия вращения.</p> <p>Плоское движение твердого тела.</p> <p>Уравнение движения тела с одной неподвижной точкой. Уравнения Эйлера. Центр удара. Нутация и прецессия гироскопа.</p>	4 ч.
10.	15 – 16(П)	<p><b>Тема 10. Уравнения Лагранжа.</b></p> <p>Определение связей. Силы реакции связей. Уравнения связей. Голономные, удерживающие и стационарные связи. Основная задача механики несвободных систем. Число степеней свободы системы.</p> <p>Геометрический смысл и математическое определение вектора виртуального перемещения. Виртуальная работа. Идеальные связи.</p> <p>Уравнения Лагранжа первого рода. Исключение сил реакции. Уравнение Даламбера-Лагранжа. Переход к независимым обобщенным координатам. Уравнение Лагранжа, записанное относительно кинетической энергии системы.</p> <p>Уравнения Лагранжа, записанные относительно функции Лагранжа.</p>	4 ч.

		Циклические координаты.	
11.	17 (П)	<b>Тема 11. Канонические уравнения Гамильтона.</b> Гамильтониан механической системы. Сохранение во времени гамильтониана консервативной системы.	2 ч.
12.	18 (П)	<b>Тема 12. Основы теории колебаний.</b> Устойчивое, неустойчивое и безразличное положения равновесия. Решение уравнения линейных колебаний. Собственная частота колебаний. Гармонические колебания. Уравнение колебаний гармонического осциллятора и его решение. Амплитуда, частота, период и фаза колебаний. Зависимость амплитуды и фазы колебаний от начальных условий. Фазовые соотношения между гармоническими колебаниями с одинаковыми и различными частотами. Скалярные и векторные колебания. Суперпозиция скалярных гармонических колебаний с близкими частотами. Биения. Колебания в системах со многими степенями свободы. Уравнения колебаний и структура решения. Собственные частоты колебаний. Форма колебаний. Гармонические колебания. Затухающие колебания. Коэффициент затухания и логарифмический декремент затухания. Резонанс. Параметрические колебания и параметрический резонанс.	2 ч.

## 5. Рекомендуемые образовательные технологии.

Основными методами (технологиями) обучения дисциплины являются проблемное обучение, коммуникативные технологии и индивидуальные задания, выполняемые при решении задач на предложенную тему. Индивидуальные задания, выполняемые студентами самостоятельно, являются одним из методов активизации процесса обучения по дисциплине.

Работа в аудитории предусматривает:

- лекции;
- семинарские занятия, для закрепления лекционного материала;
- методические указания к решению задач;
- консультации, в том числе консультации для групп и индивидуальные консультации.

Основной формой овладения студентами учебного материала является их самостоятельная работа в свободное от обязательных учебных занятий время (во внеаудиторное время) под руководством преподавателя.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

**Виды самостоятельной работы обучающегося:**

- чтение учебников
- самостоятельное решение задач
- подготовка к устному экзамену.

7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

**Оценочные средства текущей аттестации:**

- контрольные работы,
- решение задач у доски во время семинарских занятий.

**Оценочные средства для текущего контроля успеваемости:**

- на контрольной работе даётся пять задач, оценка равна числу решённых задач: «отлично» - за 5 задач, «хорошо» - за 4, «удовлетворительно» - за 3, «неудовлетворительно» - когда число решённых задач менее трёх.

**Примеры вариантов контрольных работ:**

**Задача 1. Кинематика материальной точки.**

1. Определите компоненты векторов скорости и ускорения в декартовой и полярной системе координат при движении материальной точки по окружности  $x=R \cos \omega t$ ;  $y=R \sin \omega t$ . Разложите ускорение на нормальную и тангенциальную составляющие. Сделайте рисунки.
2. Определите коэффициенты Ламе  $H_r$ ,  $H_\phi$ ,  $H_z$  в цилиндрической системе координат. Выразите компоненты скорости  $v_r$ ,  $v_\phi$ ,  $v_z$  через обобщенные координаты  $r$ ,  $\phi$ ,  $z$  и обобщенные скорости  $\dot{r}$ ,  $\dot{\phi}$ ,  $\dot{z}$ .

**Задача 2. Кинематика твердого тела.**

1. Определите число степеней свободы механической системы, состоящей из трех материальных точек 1, 2 и 3, соединенных твердыми стержнями 1-2 и 2-3. Стержни шарнирно соединены в точке 2. Выберите обобщенные координаты для такой системы. Сделайте рисунок. Что представляет собой конфигурационное пространство этой системы?
2. Положение твердого тела с неподвижной точкой  $O$  задано с помощью углов Эйлера  $\theta$  – нутации,  $\psi$  – прецессии,  $\phi$  – собственного вращения. Неподвижная система координат –  $OXYZ$ . Подвижная, связанная с телом, система координат –  $Oxyz$ . Разложите вектор угловой скорости собственного вращения  $\dot{\phi}$  по осям подвижной и неподвижной системы координат. Сделайте рисунок.

**Задача 3. Законы Ньютона. Силы. Динамика материальной точки.**

1. Определите силу гравитационного притяжения материальной точки массы  $m$  к поллой сфере массы  $M$  прямым интегрированием. Радиус сферы  $a$ . Расстояние от материальной точки до центра сферы  $R$ . Рассмотрите два случая  $R < a$  и  $R > a$ . Нарисуйте график  $F(R)$ .
2. Парашютист совершает затяжной прыжок. Найдите установившиеся скорости падения без парашюта и с раскрытым парашютом. Силу сопротивления воздуха считать

пропорциональной квадрату скорости  $F_{\text{сопр}}=kv^2$ . Масса парашютиста  $m=70$  кг. Коэффициент  $k=0.2\text{кг/м}$  без парашюта и  $k=20\text{кг/м}$  с парашютом.

#### **Задача 4. Относительное движение. Силы инерции.**

1. Определите переносную скорость для тела, находящегося на поверхности Земли, в подвижной системе координат, связанной с вращающейся Землей. Куда она направлена и чему равна для различных точек на поверхности Земли? Сделайте рисунки.
2. Тело падает вертикально вниз в поле тяжести  $g$  с высоты  $h$  с нулевой начальной скоростью. Определите отклонение точки падения тела от линии отвеса из-за вращения Земли. Угловая скорость вращения Земли известна. Решите задачу в системе отсчета, связанной с вращающейся Землей.

#### **Задача 5. Импульс. Реактивное движение.**

1. Движущаяся со скоростью  $v$  частица сталкивается с такой же, но покоящейся частицей. Удар абсолютно упругий, но не лобовой. Доказать, что скорости частиц после удара будут перпендикулярны.
2. Решить уравнение Мещерского для движения ракеты вертикально вверх в однородном поле тяжести  $g$  с постоянной скоростью газовой струи  $u$ . Какую массу газов  $\mu(t)$  должна ежесекундно выбрасывать ракета, чтобы оставаться неподвижной в поле тяжести?

#### **Задача 6. Энергия.**

1. Оценить величину потенциальной и кинетической энергии обычного низкоорбитального искусственного спутника Земли. Высота орбиты  $h=200\text{км}$ , масса спутника  $m=100\text{кг}$ . На что в основном расходуется энергия при запуске спутника – на подъем в поле тяжести или на разгон до первой космической скорости?
2. Определить потенциал гравитационного поля  $\varphi(r)$  однородного шара радиуса  $R$  массы  $M$ , прямым интегрированием. Рассмотреть два случая  $r<R$  и  $r>R$ . Нарисовать график  $\varphi(r)$ .

#### **Задача 7. Момент импульса.**

1. Однородный стержень длины  $L$  массы  $M$  и математический маятник длины  $L$  массы  $m$  подвешены в одной точке. Математический маятник отклоняется на угол  $\varphi$  и отпускается. Как будут двигаться стержень и шарик после абсолютно неупругого удара?
2. Стоящий на льду столб высотой  $L$  массы  $m$  падает на землю из вертикального положения. Силы трения в нижней точке опоры отсутствуют. Определить скорость верхнего конца в момент удара об землю. Определить горизонтальную и вертикальную компоненты реакции опоры. На сколько сместится нижний конец стержня за время падения?

#### **Задача 8. Динамика твердого тела. Законы Кеплера.**

1. Посчитать тензор инерции однородного стержня длины  $l$  массы  $m$  относительно центра масс. Найти главные оси и главные моменты инерции. Привести тензор инерции к диагональному виду.
2. Решить уравнения Эйлера свободного вращения шарового волчка относительно центра масс. Главные моменты инерции  $I_1=I_2=I_3$ . Изобразить траекторию в подвижной и неподвижной системе координат.

#### **Задача 9. Уравнения Лагранжа.**

1. Выписать лагранжиан плоского математического маятника массы  $m$  длины  $l$ . Получить уравнения Лагранжа. Какие обобщенные координаты являются циклическими, какие законы сохранения соответствует циклическим координатам? Получить общее решение уравнений Лагранжа для малых колебаний.
2. Выписать лагранжиан свободного плоского вращения твердого тела с неподвижной осью, имеющего момент инерции  $I$  относительно этой оси. Получить уравнения Лагранжа. Какие обобщенные координаты являются циклическими, какие законы сохранения соответствует циклическим координатам? Получить общее решение уравнений Лагранжа.

#### **Задача 10. Уравнения Гамильтона.**

1. Выписать лагранжиан плоского математического маятника массы  $m$  длины  $l$ . Перейти от уравнений Лагранжа с помощью преобразования Лежандра к уравнениям Гамильтона. Получить гамильтониан и уравнения Гамильтона. Какой физический смысл имеют обобщенные импульсы? Выписать все законы сохранения в этой задаче.
2. Выписать лагранжиан свободного плоского вращения твердого тела с неподвижной осью, имеющего момент инерции  $I$ . Перейти от уравнений Лагранжа с помощью преобразования Лежандра к уравнениям Гамильтона. Получить гамильтониан и уравнения Гамильтона. Какой физический смысл имеют обобщенные импульсы? Выписать все законы сохранения в этой задаче.

#### Задача 11. Скобки Пуассона.

1. Выписать лагранжиан плоского математического маятника массы  $m$  длины  $l$ . Посчитать скобки Пуассона между обобщенными координатами, обобщенными импульсами и гамильтонианом:  $\{q_i, q_j\}$ ,  $\{p_i, p_j\}$ ,  $\{p_i, q_j\}$ ,  $\{q_i, H\}$ ,  $\{p_i, H\}$ .
2. Выписать лагранжиан свободного плоского вращения твердого тела с неподвижной осью, имеющего момент инерции  $I$ . Посчитать скобки Пуассона между обобщенными координатами, обобщенными импульсами и гамильтонианом:  $\{q_i, q_j\}$ ,  $\{p_i, p_j\}$ ,  $\{p_i, q_j\}$ ,  $\{q_i, H\}$ ,  $\{p_i, H\}$ .

#### Задача 12. Колебания.

1. Решить уравнение свободных колебаний линейного осциллятора с затуханием  $\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega^2x = 0$ . Рассмотреть случай  $\gamma < \omega$ . Найти зависимость  $x(t)$  и  $\dot{x}(t)$  от времени для разных начальных условий и нарисовать фазовый портрет на плоскости  $(x, \dot{x})$ .
2. Найти свободные колебания системы с двумя степенями свободы, функция Лагранжа которой равна  $L = \frac{1}{2}(\dot{x}^2 + \dot{y}^2 - \omega_1^2 x^2 - \omega_2^2 y^2)$ . Нарисовать траекторию на плоскости  $x, y$ .

**Система итогового контроля знаний:** Система итогового контроля знаний включает три контрольных работы (две в середине и одна в конце курса), зачет и экзамен. Контрольные работы состоят из 4 задач по темам, изученным на семинарских занятиях. Результаты контрольных работ служат основой для проставления зачета. Зачет также включает решение задач и ответы на вопросы преподавателя.

Форма итогового контроля – устный экзамен (3 семестр). По итогам освоения дисциплины проводится **устный экзамен**.

**Оценочные средства промежуточной аттестации:** - не предусмотрены;

По результатам устного экзамена учащийся получает оценку «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

#### Вопросы экзаменационных билетов

##### Кинематика.

1. Материальная точка, система отсчета, закон движения, скорость и ускорение материальной точки. Естественные координаты. Нормальное и тангенциальное ускорения.
2. Криволинейные координаты. Коэффициенты Ламе, орты криволинейных координат. Скорость и ускорение в криволинейных координатах.
3. Вектор угловой скорости, мгновенная ось и угловая скорость вращения твердого тела. Скорость и ускорение любой точки вращающегося твердого тела.
4. Теорема Эйлера о произвольном перемещении твердого тела с неподвижной точкой. Углы Эйлера. Кинематические уравнения Эйлера.

##### Законы Ньютона. Силы.

5. Масса и сила. Законы Ньютона и принцип относительности Галилея. Принцип суперпозиции для сил. Принцип детерминизма Лапласа.

6. Закон всемирного тяготения. Ускорение свободного падения.
7. Закон Гука. Относительная деформация, напряжение, модуль Юнга.
8. Виды трения. Закон Амантона-Кулона. Сила вязкого трения и сила сопротивления при турбулентном обтекании.
9. Уравнение движения материальной точки в неинерциальной системе. Силы инерции.

#### **Импульс. Энергия.**

10. Закон изменения импульса механической системы. Центр масс. Теорема о движении центра масс.
11. Реактивное движение. Уравнение Мещерского и формула Циолковского.
12. Механическая работа. Связь работы с изменением кинетической энергии.
13. Потенциальная энергия. Потенциальная энергия сжатой пружины и массы в гравитационном поле.
14. Кинетическая энергия материальной точки и системы материальных точек. Закон изменения механической энергии системы материальных точек.

#### **Момент импульса.**

15. Момент импульса и момент силы. Закон изменения момента импульса.
16. Момент инерции относительно оси и тензор инерции твердого тела. Главные оси тензора инерции. Момент импульса и кинетическая энергия вращения твердого тела.
17. Уравнение движения твердого тела под действием внешних сил. Динамические уравнения Эйлера.
18. Законы Кеплера.

#### **Механика Лагранжа и Гамильтона.**

19. Голономные, удерживающие и стационарные связи. Обобщенные координаты и обобщенные скорости.
20. Действительное, возможное и виртуальное перемещения, виртуальная работа и идеальные связи. Принцип Даламбера-Лагранжа.
21. Уравнения Лагранжа относительно кинетической энергии системы и относительно функции Лагранжа. Обобщенные силы и обобщенные импульсы.
22. Гамильтониан механической системы. Уравнения Гамильтона. Закон изменения гамильтониана механической системы. Физический смысл гамильтониана

#### **Колебания.**

23. Условия равновесия и устойчивости равновесия механической системы. Общий вид уравнения линейных колебаний и его решения.
24. Нормальные координаты и нормальные колебания в системе со многими степенями свободы.
25. Гармонические колебания, амплитуда, частота и фаза гармонических, период колебаний.
26. Общий вид уравнения затухающих колебаний. Логарифмический декремент затухания и добротность колебательной системы
27. Вынужденные колебания. Зависимость амплитуды колебаний от частоты внешнего гармонического воздействия. Резонанс.

#### **Дополнительные вопросы к экзамену.**

##### **Кинематика.**

1. Скорость, ускорение.
2. Естественные координаты. Длина дуги траектории  $s$ , единичные векторы  $\tau$  и  $\mathbf{n}$ .
3. Компоненты скорости в естественных координатах.
4. Компоненты ускорения в естественных координатах.
5. Криволинейные координаты. Коэффициенты Ламе.
6. Орты криволинейных координат.
7. Компоненты скорости в криволинейных координатах.

8. Компоненты ускорения в криволинейных координатах.
9. Компоненты скорости в цилиндрических координатах.
10. Компоненты скорости в сферических координатах.
11. Угловая скорость, угловое ускорение.
12. Скорость любой точки вращающегося твердого тела.
13. Ускорение любой точки вращающегося твердого тела.
14. Теорема Эйлера.
15. Углы Эйлера.  $\theta$  - нутации,  $\psi$  - прецессии,  $\varphi$  - собственного вращения.

#### **Законы Ньютона. Силы.**

1. Определение инерциальной системы отсчета. 1-й закон Ньютона.
2. 2-й закон Ньютона.
3. 3-й закон Ньютона.
4. Преобразование Галилея.
5. Принцип относительности Галилея.
6. Закон всемирного тяготения.
7. Закон Гука.
8. Сила сухого трения. Сила вязкого трения. Сила сопротивления при турбулентном обтекании.
9. Силы инерции.

#### **Импульс.**

1. Центр масс. Скорость центра масс.
2. Теорема о движении центра масс.
3. Закон сохранения импульса для замкнутой системы.
4. Уравнение Мещерского. Реактивная сила.
5. Формула Циолковского.

#### **Энергия.**

1. Работа силы.
2. Теорема об изменении кинетической энергии.
3. Определение потенциальной силы.
4. Потенциальная энергия.
5. Теорема об изменении потенциальной энергии.
6. Гироскопические силы.
7. Диссипативные силы.
8. Закон сохранения энергии для замкнутой системы.
9. Закон изменения энергии для незамкнутой системы.
10. Абсолютно упругий удар.
11. Абсолютно неупругий удар.

#### **Момент импульса. Динамика твердого тела.**

1. Момент импульса точки.
2. Момент силы.
3. Закон изменения момента импульса.
4. Момент инерции твердого тела относительно оси.
5. Тензор инерции твердого тела.
6. Теорема Гюйгенса-Штейнера.
7. Момент импульса твердого тела через момент инерции относительно оси вращения.
8. Момент импульса твердого тела через тензор инерции.
9. Кинетическая энергия вращения твердого тела через момент инерции относительно оси вращения.
10. Кинетическая энергия вращения твердого тела через тензор инерции.
11. Динамические уравнения Эйлера.
12. Законы Кеплера

#### **Механика Лагранжа и Гамильтона.**

1. Число степеней свободы механической системы.

2. Определения удерживающих - недерживающих, склерономных - реономных, геометрических - дифференциальных, голономных - неголономных связей.
3. Возможное перемещение.
4. Виртуальное перемещение.
5. Виртуальная работа силы.
6. Идеальная связь. Реакция связи.
7. Принцип Даламбера-Лагранжа.
8. Уравнения Лагранжа относительно кинетической энергии.
9. Обобщенные силы.
10. Лагранжиан.
11. Обобщенные импульсы.
12. Уравнения Лагранжа относительно лагранжиана.
13. Гамильтониан.
14. Уравнения Гамильтона.
15. Действие.
16. Принцип наименьшего действия Гамильтона.
17. Скобки Пуассона.

### **Колебания**

1. Положение равновесия механической системы.
2. Условие устойчивости равновесия (теорема Лагранжа).
3. Уравнение малых колебаний.
4. Уравнение нормальных колебаний.
5. Свободные колебания без затухания.
6. Вынужденные колебания без затухания.
7. Свободные колебания с затуханием.
8. Вынужденные колебания с затуханием.
9. Логарифмический декремент затухания. Добротность.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

### **Дополнительная литература.**

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики, т.1 – Механика.
2. Ландау Л.Д. Лифшиц Е.М. Курс теоретической физики. т.1. Механика.
3. Иродов И.Е. Основные законы физики, т.1 – Основные законы механики.
4. Арнольд В.И. Математические методы классической механики.
5. Маркеев А.П. Теоретическая механика.
6. Голдстейн Г. Классическая механика.

### **Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

<http://lectoriy.mipt.ru/lecture/TherPhys-TherMech-L10-Markeev>

## **9. Материально-техническое обеспечение.**

Освоение дисциплины предполагает использование учебной аудитории для проведения лекционных и семинарских занятий с необходимыми техническими средствами (компьютер, проектор, экран, программа Power Point из пакета «Microsoft office»).

Приложение 1.1

**ОФОРМЛЕНИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА  
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ,  
ПРОВОДИМОЙ В ФОРМЕ УСТНОГО ЭКЗАМЕНА**

Формат (в зависимости от количества вопросов, наличия или отсутствия задач и т.п.) А-5  
или А-6

ФИЛИАЛ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА имени М.В. ЛОМОНОСОВА в г. СЕВАСТОПОЛЕ

Направление 01.03.02 Прикладная математика и информатика

(шифр (шифры) и название (названия) направления (направлений) подготовки)

Учебная дисциплина Классическая механика

Семестр 3

**Экзаменационный билет  
№ 1**

- 1.
- 2.
- 3.

Утверждено на заседании кафедры,

протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ (Ф.И.О)

Преподаватель \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)