



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
*Физический факультет*

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Теоретическая механика**

Кафедра Теоретической и вычислительной физики, физического факультета

### **Образовательная программа**

02.03.01 Математика и компьютерные науки

Профиль подготовки

Математический анализ и приложения

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Форма обучения

очная

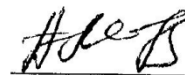
Статус дисциплины: базовая

Махачкала, 2022

Рабочая программа дисциплины составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 02.03.01 - "Математика и компьютерные науки" (уровень бакалавриат) от «7» августа 2020г. № 891.

Разработчик: кафедра теоретической и вычислительной физики,

Абдулвагабов Мизафрудин Шахович, к.ф.-м.н., доцент



**Рабочая программа дисциплины одобрена:**

на заседании кафедры теоретической и вычислительной физики от «21» марта 2022г., протокол № 7.

Зав. кафедрой



Муртазаев А.К.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «32» июня 2022 г., протокол №7.

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «31» марта 2022 г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г

# Содержание

Аннотация рабочей программы дисциплины .....	4
1. Цели освоения дисциплины. ....	5
2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата. ....	5
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).....	6
4. Объем, структура и содержание дисциплины.....	8
4.1. Объем дисциплины.....	8
4.2. Структура дисциплины. ....	8
4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам). ....	10
5. Образовательные технологии. ....	12
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.....	13
7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.....	14
7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. ....	14
7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания. ....	15
7.3. Типовые контрольные задания.....	17
7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	29
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины. ....	31
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. ....	32
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	32
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем. ....	33
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине. ....	33

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Теоретическая механика» входит в базовую часть образовательной программы бакалавриата по направлению 02.03.01 - «Математика и компьютерные науки».

Дисциплина реализуется на математическом факультете кафедрой теоретической и математической физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением основных методов теоретического описания, расчетами, качественного и количественного анализа динамических систем, общих для любых физических систем, как будущей основы многих специальных дисциплин: физика плазмы, квантовая электродинамика, теория ускорителей, ядерная физика, физика твердого тела, электрических и магнитных измерений.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

- универсальные – УК-1;
- общефессиональных – ОПК-1,
- профессиональных – ПК-1.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельную работу.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме текущий контроль в форме опросов, контрольной работы и коллоквиума и промежуточный контроль в форме зачета и экзамена.

Объем дисциплины 5 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе								
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					КСП		
		Всего	из них						
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	консультации				
7,8	180	56	28	-	28	-	-	124	Зачет, Экзамен
7	108	32	16		16			76	Зачёт
8	72	24	12		12			48	Экзамен

## **1. Цели освоения дисциплины.**

Целью освоения дисциплины «Теоретическая механика» является ознакомление студентов с основными методами теоретического описания, расчетами, качественного и количественного анализа динамических систем, общих для любых физических систем. Получить фундаментальные знания об основах описания динамических систем на основе общих канонических методов и вариационных принципов, используемых во всех остальных разделах теоретической физики, так и новые решения и исследования конкретных физических задач с использованием всего арсенала высшей математики и математической физики.

Необходимо формировать у студентов единую, стройную, логически непротиворечивую физическую картину окружающего нас мира природы. Для этого обобщить экспериментальные данные и на их основе произвести построение моделей наблюдаемых явлений со строгим обоснованием приближений и рамок, в которых эти модули действуют. Во вторых в рамках единого подхода классической физики необходимо рассматривать все основные явления и процессы происходящие в природе, установить связь между ними, вывести основные законы и получить их выражение в виде математических уравнений, в третьих, необходимо научить студентов самостоятельно применять полученные теоретические для решения конкретных задач с последующим анализом и оценкой полученных результатов.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.**

Дисциплина входит в базовую часть образовательной программы бакалавриата по направлению 02.03.01 - “Математика и компьютерные науки”. Для ее освоения необходимы знания таких дисциплин, как математический анализ, аналитическая геометрия, линейная алгебра, теория функций комплексной переменной, дифференциальные уравнения, интегральные уравнения и вариационное исчисление, методы математической физики.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС3++	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методы поиска, сбора и обработки информации.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• сформулировать проблему, для которой важно решение поставленной задачи; - составить варианты запросов для поиска каждого элемента информации.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками осуществления поиска и отбора информации для последующей обработки.</li> </ul> <p>УК-1.1.Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации.</p> <p>УК-1.2.Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности.</p> <p>УК-1.3.Имеет практический опыт работы с информационными источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов</p>
ОПК-1	способностью использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке).	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные законы динамики материальной точки и системы материальных точек;</li> <li>• основные законы движения материальной точки относительно неинерциальных систем отсчета;</li> <li>• колебания систем со многими степенями свободы и их основные характеристики;</li> </ul> <p><b>Владеть навыками:</b></p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>использования основных физических законов и принципов в практических приложениях;</li> </ul> <p>ОПК1.1.Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук.</p> <p>ОПК-1.2.Умеет использовать их в профессиональной деятельности.</p> <p>ОПК-1.3. Имеет навыки выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний.</p>
ПК-1	Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>основы математического анализа и различные приложения дифференциального и интегрального исчисления в математических и естественных науках; современные языки программирования и современные информационные технологии.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>применять дифференциальное и интегральное исчисления для решения различных задач математических и естественных наук; составлять программы на современных языках программирования.</li> </ul> <p>ПК-1.1. Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий.</p> <p>ПК-1.2. Умеет находить, формулировать и решать стандартные</p>

		<p>задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в математике и информатике.</p> <p>ПК-1.3. Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в математике и информатике.</p>
--	--	--

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) / Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Трудоемкость	Лекции	Практич. занятия	Самостоят. работа	
<b>Модуль 1. Кинематика материальной точки.</b>							
1.	Траектория. Скорость и ускорение точки. Способы задания движения. Секторная скорость точки. Системы координат.	7	10	1	1	8	опрос



2.	Скорость и ускорение точки в цилиндрической системе координат. Скорость и ускорение точки в сферической системе координат.		14	2	2	8	опрос
3.	Естественный способ задания движения и естественный трехгранник. Скорость и ускорение при естественном способе задания движения.		12	2	2	9	опрос
<b>Итого по модулю 1</b>			30	5	5	25	контрольная работа
<b>Модуль 2. Динамика точки.</b>							
1.	Законы Ньютона. Уравнение движения материальной точки в декартовых и естественных осях. Общие теоремы динамики точки.	7	10	1	2	8	опрос
2.	Первые интегралы уравнений движения. Движение в центрально-симметричном поле.		10	2	1	8	опрос
3.	Движение под действием силы, обратно пропорциональной квадрату расстояния до центра силы.		8	1	1	5	опрос
4.	Графический анализ. Классификация траекторий. Законы Кеплера.		8	1	1	4	опрос
<b>Итого по модулю 2</b>			35	5	5	25	коллоквиум
<b>Модуль 3. Несвободное движение точки.</b>							
1.	Несвободное движение. Связи. Уравнение связей, классификация связей. Принцип освобожденности.	7	6	1	1	4	опрос
2.	Движение точки по гладкой неподвижной поверхности. Движение точки по гладкой неподвижной кривой.		10	2	2	8	опрос
3.	Естественные уравнения движения. Теорема об изменении кинетической		12	2	2	8	опрос

	энергии для несвободного движения.						
4.	Принцип Даламбера. Вес тела на Земле.		8	1	1	6	опрос
<b>Итого по модулю 3</b>			38	6	6	26	коллоквиум
<b>Модуль 4. Аналитическая механика.</b>							
1.	Обобщенные координаты и обобщенные силы. Принцип наименьшего действия.	8	8	4	4	4	опрос
2.	Уравнения Лагранжа второго рода. Циклические и позиционные координаты.		7	4	4	4	опрос
3.	Канонические уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона. Уравнения Гамильтона-Якоби.		9	4	4	4	опрос
<b>Итого по модулю 4</b>			36	12	12	12	контрольная работа
<b>Модуль 5. Подготовка к экзамену</b>		8				36	экзамен
<b>ИТОГО</b>			<b>180</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>124</b>	

#### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

##### **Модуль 1. Кинематика материальной точки.**

Траектория. Способы задания движения. Скорость точки. Ускорение точки. Секторная скорость точки. Скорость и ускорение точки в цилиндрической системе координат. Скорость и ускорение точки в сферической системе координат. Естественный способ задания движения и естественный трехгранник. Скорость и ускорение при естественном способе задания движения.

##### **Модуль 2. Кинематика твердого тела.**

Задание движения твердого тела. Угловая скорость твердого тела (поступательного и вращательного). Углы Эйлера. Теорема Эйлера о поле скоростей движущегося твердого тела. Ускорение тела с одной неподвижной точкой. Теорема о сложении скоростей. Теорема о сложении ускорений (теорема Кориолиса). Кинематические уравнения Эйлера. Пара вращений.

##### **Модуль 3. Динамика точки.**

Законы Ньютона. Уравнение движения материальной точки в декартовых и естественных осях. Общие теоремы динамики точки. Первые интегралы уравнений движения. Движение в центрально-симметричном поле. Движение

под действием силы, обратно пропорциональной квадрату расстояния до центра силы. Законы Кеплера.

#### **Модуль 4. Несвободное движение точки.**

Определение несвободного движения. Связи. Принцип освобожденности. Уравнение связей, классификация связей. Движение точки по гладкой неподвижной поверхности. Движение точки по гладкой неподвижной кривой. Естественные уравнения движения. Теорема об изменении кинетической энергии для несвободного движения. Метод кинетостатики (принцип Даламбера). Вес тела на Земле.

#### **Модуль 5. Динамика системы точек.**

Центр масс. Внешние и внутренние силы. Свойства внутренних сил. Дифференциальные уравнения движения системы материальных точек. Теоремы динамики систем. Формула Кенига. Первые интегралы уравнений движения. Законы сохранения.

#### **Модуль 6. Аналитическая механика.**

Обобщенные координаты и обобщенные силы. Принцип наименьшего действия. Уравнения Лагранжа второго рода. Циклические и позиционные координаты. Уравнения Рауса для систем с циклическими координатами. Канонические уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона. Уравнения Гамильтона-Якоби.

### **Наименование тем и содержание практических занятий.**

<b>Модуль 1. Кинематика материальной точки.</b>		
<b>Название темы</b>	<b>Содержание темы</b>	<b>Объем в часах</b>
Движение точки. Скорость точки.	Траектории и уравнения движения точки. Скорость точки в цилиндрических и сферических системах координат.	2
Ускорение точки.	Ускорение точки в цилиндрических и сферических системах координат.	2
Способы задания движения.	Переход от уравнения движения в декартовых координатах к естественному уравнению движения.	1
<b>Модуль 2. Динамика материальной точки.</b>		

Движение материальной точки под действием внешних сил.	Определение сил по заданному движению. Прямая задача динамики материальной точки.	1
	Обратная задача динамики материальной точки. Теорема об изменении количества движения.	2
Общие теоремы движения точки.	Теорема об изменении количества движения.	2
	Работа и мощность. Смешанные задачи.	
<b>Модуль 3. Несвободное движение точки.</b>		
Несвободное движение.	Определение несвободного движения. Связи. Реакция связей.	1
Принцип освобожденности.	Уравнение динамики с реакциями связей.	1
Движение точки по гладкой неподвижной поверхности.	Уравнение Лагранжа первого рода. Неопределенные множители Лагранжа.	2
Общее уравнение динамики. Математический маятник.	Уравнение Даламбера. Естественное уравнение движения.	2
<b>Модуль 4. Аналитическая механика.</b>		
Обобщенные координаты и импульсы.	Обобщенные координаты, импульсы и силы.	6
Уравнения Лагранжа.	Число уравнений Лагранжа 2-го рода. Обобщенные диссипативные силы.	6

## 5. Образовательные технологии.

В течение семестра студенты посещают лекции, решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару. В семестре проводятся контрольные работы (на семинарах). Зачет выставляется после решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

Для подготовки к занятиям также имеется электронный курс лекций, размещенный на сайте ДГУ, которые способствуют подготовке к сдаче экзамена.

В рамках учебного процесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов и академических институтов России.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

### Самостоятельная работа студентов:

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Кинетическая энергия твердого тела.	Энергия вращательного движения
Движение заряда в электрических и магнитных полях.	Движение заряда при $E = \text{const}$ и $H = \text{const}$ .
Центр масс. Уравнение движения центра масс.	Скорость центра масс. Радиус – вектор центра масс.
Системы координат.	Цилиндрическая, сферическая системы координат.
Колебания точки при наличии сил трения.	Затухающие колебания.
Вычисление тензоров инерции твердых тел.	Моменты инерции относительно различных осей.
Теорема Штейнера.	Решение задач с помощью теоремы Штейнера.
Принцип Даламбера.	Активные и пассивные силы.
Уравнения Лагранжа.	Уравнения Лагранжа 1-го и 2-го рода.
Канонические уравнения Гамильтона.	Обобщенные координаты. Циклические координаты.

Связи. Типы связей.	Идеальные связи. Стационарные и нестационарные связи.
Скобки Пуассона.	Вычисление скобок Пуассона для разных случаев.

Результаты самостоятельной работы учитываются при аттестации бакалавра (экзамен). При этом проводятся: тестирование, опрос на практических занятиях, заслушиваются доклады, проверка контрольных работ и т.д.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

### **7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.**

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

<b>Компетенция</b>	<b>Знания, умения, навыки</b>	<b>Процедура освоения</b>
УК-1	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методы поиска, сбора и обработки информации.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• сформулировать проблему, для которой важно решение поставленной задачи; - составить варианты запросов для поиска каждого элемента информации.</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос
ОПК-1	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные законы динамики материальной точки и системы материальных точек;</li> <li>• основные законы движения материальной точки относительно неинерциальных систем отсчета;</li> <li>• колебания систем со многими степенями свободы и их основные характеристики;</li> </ul> <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использования основных физических законов и принципов в практических</li> </ul>	Письменный опрос

	приложениях;	
ПК-1	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>основы математического анализа и различные приложения дифференциального и интегрального исчисления в математических и естественных науках; современные языки программирования и современные информационные технологии.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>применять дифференциальное и интегральное исчисления для решения различных задач математических и естественных наук; составлять программы на современных языках программирования.</li> </ul>	Разноуровневые задачи и задания

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

ОК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции»

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично

Пороговый	Знакомство с методами и уравнениями теоретической механики.	Знание основных и методов решения задач теоретической механики.	Умеет и знает какие методы лучше применять для решения конкретных проблем в области теоретической механики.	Может самостоятельно составлять задачи и решать их. Способен учитывать различные граничные условия для решения достаточно трудных проблем и задач в области механики.
-----------	---	---	---	---

### ОПК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)»

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о целях, задачах теоретической механики, основных уравнениях ее и понимание важности.	Знает основные законы теоретической механики, смысл понятий и обозначений теоретической механики.	Может применять знания для решения конкретных задач, дать анализ полученным решениям.	Умеет самостоятельно решать задачи и составлять их.

### ОПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей»

В	Показатели (что	Оценочная шкала
---	-----------------	-----------------



	<b>обучающийся должен продемонстрировать)</b>	<b>Удовлетворительно</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Отлично</b>
<b>Пороговый</b>	Понимает, что полученные знания используются при составлении математических моделей профессиональных, встречаемых на практике задач и умеет оценивать границы применимости методов.	Может выяснить какие задачи, какими способами решать.	Умеет оценить с какой точностью можно найти необходимый параметр.	Самостоятельно может находить литературу по нужной теме, сопоставить различные точки зрения на решение конкретных проблем.

## ПК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных дисциплин»

<b>Уровень</b>	<b>Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)</b>	<b>Оценочная шкала</b>		
		<b>Удовлетворительно</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Отлично</b>
<b>Пороговый</b>	Полученные знания может использовать для решения простейших проблем в смежных дисциплинах.	Умеет корректно поставить граничные условия для рассматриваемой проблемы.	Может демонстрировать применение методов теоретической механики для нахождения ответов при рассмотрении задач из общей физики.	Всесторонне может изложить границы применимости тех или иных законов теоретической механики.

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

### 7.3. Типовые контрольные задания.

#### 7.3.1. Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы.

1. Кинетическая энергия твердого тела.
2. Движение зарядов во взаимном перпендикулярных электрическом и магнитном полях.
3. Момент количества движения твердого тела и закон его изменения.
4. Уравнение Гамильтона-Якоби.
5. Уравнение движения точки в неинерциальной системе отсчета. Силы инерции относительного движения.

6. Кинематические уравнения Эйлера.
7. Полярная система координат и её связь с декартовой. Скорость и ускорение.
8. Соприкосновение твёрдых тел; условие равновесия.
9. Цилиндрическая система координат. Скорость в цилиндрической системе координат.
10. Уравнение Лагранжа первого рода.
11. Ускорение в цилиндрической системе координат.
12. Общее уравнение динамики.
13. Сферическая система координат. Скорость в сферической системе координат.
14. Обобщённые силы. Обобщённые импульсы. Циклические координаты.
15. Ускорение в сферической системе координат.
16. Уравнение Лагранжа второго рода в случае потенциальных сил.
17. Секторная скорость. Секторная скорость в цилиндрической системе координат.
18. Разложение ускорения на относительное, переносное и кориолисово.
19. Естественный трёхгранник. Естественное задание движения.
20. Виртуальная работа. Признак идеальности связей.
21. Разложение скорости точки на переносную и относительную.
22. Уравнение движения в обобщённых координатах.
23. Понятие об инерциальной системе отсчёта и законы Ньютона.
24. Обобщённый интеграл энергии.
25. Принцип относительности Галилея.
26. Ускорение точек твёрдого тела. Разложение его на поступательное, вращательное и осеостремительное ускорение.
27. Решение уравнений движения и начальные условия.
28. Принцип наименьшего действия. Уравнения Лагранжа.
29. Общее решение уравнений движения в квадратурах: сила зависит от времени:  $m\ddot{x} = F_x(t)$ ,  $m\ddot{y} = F_y(t)$ ,  $m\ddot{z} = F_z(t)$ .
30. Уравнение Гамильтона.
31. Общее решение уравнений движения в квадратурах: каждая проекция силы зависит только от проекции радиуса-вектора:  $m\ddot{x} = F_x(x)$ ,  $m\ddot{y} = F_y(y)$ ,  $m\ddot{z} = F_z(z)$
32. Скобки Пуассона и законы сохранения.
33. Общее решение уравнений движения в квадратурах: сила является функцией только скорости точки:  $m\ddot{x} = F_x(\dot{x})$ ,  $m\ddot{y} = F_y(\dot{y})$ ,  $m\ddot{z} = F_z(\dot{z})$ .
34. Связь векторов угловой скорости с эйлеровыми углами.
35. Законы изменения и сохранения импульса.

36. Свойства скобки Пуассона. Тождество Якоби.
37. Закон изменения и сохранения момента импульса материальной точки.
38. Вектор угловой скорости. Скорости точек твердого тела в общем случае его движения.
39. Законы изменения и сохранения энергии материальной точки.
40. Уравнение Гамильтона - Якоби.
41. Центральные силы, являющиеся функцией расстояния от центра силы.
42. Метод разделения переменных.
43. Гироскопическая и диссипативная силы. Работы этих сил.
44. Движение заряженной частицы в постоянных однородных электрическом и магнитном полях.
45. Закон сохранения полной энергии.
46. Движение относительно неинерциальных систем отсчёта.
47. Теорема Клаузиуса о вириале сил.
48. Бесконечно малые повороты. Скорости точек твердого тела, имеющего неподвижную точку.
49. Движение в центрально- симметричном поле.
50. Обобщённый потенциал.
51. Движение под действием силы, обратно пропорциональной квадрату расстояния до центра силы.
52. Задача о пространственном осцилляторе.
53. Движение центра масс; законы изменения и сохранения системы.
54. Общий случай движения твёрдого тела.
55. Скорость и ускорение в естественных координатах.
56. Уравнение Эйлера.
57. Кинетическая, потенциальная и полная энергии в системе материальных точек.
58. Момент импульса твёрдого тела.
59. Свободные колебания.
60. Уравнения Эйлера.
61. Уравнение движения твердого тела в форме Эйлера.
62. Разделение переменных.

### **7.3.2. Перечень вопросов к экзамену.**

1. Кинетическая энергия твердого тела.
2. Движение зарядов во взаимном перпендикулярных электрическом и магнитном полях.
3. Момент количества движения твердого тела и закон его изменения.
4. Уравнение Гамильтона-Якоби.
5. Уравнение движения точки в неинерциальной системе отсчета. Силы инерции относительного движения.

6. Кинематические уравнения Эйлера.
7. Полярная система координат и её связь с декартовой. Скорость и ускорение.
8. Цилиндрическая система координат. Скорость в цилиндрической системе координат.
9. Уравнение Лагранжа первого рода.
10. Ускорение в цилиндрической системе координат.
11. Общее уравнение динамики.
12. Сферическая система координат. Скорость в сферической системе координат.
13. Обобщённые силы. Обобщённые импульсы. Циклические координаты.
14. Ускорение в сферической системе координат.
15. Уравнение Лагранжа второго рода в случае потенциальных сил.
16. Секторная скорость. Секторная скорость в цилиндрической системе координат.
17. Разложение ускорения на относительное, переносное и кориолисово.
18. Естественный трёхгранник. Естественное задание движения.
19. Виртуальная работа. Признак идеальности связей.
20. Разложение скорости точки на переносную и относительную.
21. Уравнение движения в обобщённых координатах.
22. Понятие об инерциальной системе отсчёта и законы Ньютона.
23. Принцип относительности Галилея.
24. Ускорение точек твёрдого тела. Разложение его на поступательное, вращательное и осестремительное ускорение.
25. Принцип наименьшего действия. Уравнения Лагранжа.
26. Уравнение Гамильтона.
27. Скобки Пуассона и законы сохранения.
28. Связь векторов угловой скорости с эйлеровыми углами.
29. Законы изменения и сохранения импульса.
30. Свойства скобки Пуассона. Тождество Якоби.
31. Закон изменения и сохранения момента импульса материальной точки.
32. Законы изменения и сохранения энергии материальной точки.
33. Уравнение Гамильтона - Якоби.
34. Центральные силы, являющиеся функцией расстояния от центра силы.
35. Движение заряженной частицы в постоянных однородных электрическом и магнитном полях.
36. Закон сохранения полной энергии.
37. Движение относительно неинерциальных систем отсчёта.
38. Теорема Клаузиуса о вириале сил.
39. Движение в центрально- симметричном поле.

40. Движение под действием силы, обратно пропорциональной квадрату расстояния до центра силы.
41. Движение центра масс; законы изменения и сохранения системы.
42. Скорость и ускорение в естественных координатах.
43. Уравнение Эйлера.
44. Кинетическая, потенциальная и полная энергии в системе материальных точек.
45. Момент импульса твёрдого тела.
46. Свободные колебания.
47. Уравнения Эйлера.
48. Уравнение движения твёрдого тела в форме Эйлера.

### 7.3.3. Примерные контрольные тесты для текущего и итогового контроля подготовленности студентов по курсу.

#### Вариант 1

1. По данным уравнениям точки найти уравнения ее траектории в координатной форме и указать на рисунке направление движения  $x = 5 \sin 10t$ ,  $y = 3 \cos 10t$ .
  - а) Эллипс  $\frac{x^2}{25} + \frac{y^2}{9} = 1$  с начальной точкой  $x = 0$ ,  $y = 3$ .
  - б) Парабола  $y = 2x^2 + 1$  с начальной точкой  $x = 0$ ,  $y = 1$ .
  - в) Эллипс  $\frac{x^2}{5} + \frac{y^2}{3} = 1$  с начальной точкой  $x = 0$ ,  $y = 3$ .
  - г) Парабола  $y = 5x^2 + 3$  с начальной точкой  $x = 5$ ,  $y = 0$ .
  - д) Эллипс  $\frac{x^2}{25} + \frac{y^2}{9} = 1$  с начальной точкой  $x = 0$ ,  $y = 0$ .
  
2. Найти скорость и ускорение точки, движущейся равномерно по винтовой линии.
  - а)  $v_\rho = 0$ ,  $v_\varphi = kR$ ,  $v_z = u$ ,  $v = \sqrt{k^2 R^2 + u^2}$
  - б)  $v_\rho = \dot{r}$ ,  $v_\varphi = \dot{R}$ ,  $v_z = 0$ ,  $\omega_\rho = -Rk^2$ ,  $\omega_\varphi = 0$ ,  $\omega_z = 0$ ,  $\omega = \sqrt{R^2 k^4}$   
 $\omega_\rho = -\dot{r}$ ,  $\omega_\varphi = -\dot{R}$ ,  $\omega_z = 0$
  - в)  $v_\rho = \dot{r} + v_0$ ,  $v_\varphi = \dot{R} + v_0$ ,  $v_z = u$
  - г)  $v_\rho = 0$ ,  $v_\varphi = kR$ ,  $v_z = 0$ ,  $\omega_\rho = -\ddot{R}$ ,  $\omega_\varphi = \ddot{R} + \dot{v}_0$ ,  $\omega_z = \dot{u}$   
 $\omega_\rho = 0$ ,  $\omega_\varphi = k\dot{R}$ ,  $\omega_z = 0$

- д)  $v_\rho = k$ ,  $v_\varphi = v_0$ ,  $v_z = u$ ,  $\omega_\rho = 0$ ,  $v_\varphi = \dot{v}_0$ ,  $v_z = \dot{u}$
3. Тело массы  $m$  вследствие полученного толчка прошло по негладкой горизонтальной плоскости за  $5$  с расстояние  $S=24.5$  м и остановилось. Определить коэффициент трения  $K$ .  
а)  $k=0,1$ ; б)  $k=0,05$ ; в)  $k=1$ ; г)  $k=0,5$ ; д)  $k=0,2$ .
4. Силовое поле называется потенциальным, если напряженность поля  $\vec{E}$  удовлетворяет требованию:  
а)  $\int (\vec{E} d\vec{r}) = 0$ . б)  $rot \vec{E} = 0$ . в)  $div \vec{E} = 0$ . г)  $\vec{E}(r) \equiv 0$ . д)  $\frac{\partial \vec{E}}{\partial r} = 0$ .
5. Секторная скорость есть векторная величина, равная:  
а)  $\vec{\sigma} = [\vec{r}\vec{v}]$ , б)  $\vec{\sigma} = [\vec{r}\vec{P}]$ , в)  $\vec{\sigma} = [\vec{r}\vec{f}]$   
г)  $\vec{\sigma} = \frac{1}{2}[\vec{r}\vec{v}]$ , д)  $\vec{\sigma} = [\vec{r}\vec{F}]$

## Вариант 2

1. Точка движется по эллипсу  $\left(\frac{x}{a}\right)^2 + \left(\frac{y}{b}\right)^2 = 1$  с ускорением параллельным оси  $y$ . Найти ускорение как функцию  $y$ , если  $r(0) = (0, b)$ ,  $V(0) = (V_0, 0)$ .  
а)  $\ddot{y} = -\frac{bV_0^2}{a^2y^3}$ , б)  $\ddot{y} = -\frac{b^4V_0^2}{a^2y^3}$ , в)  $\ddot{y} = -\frac{V_0^2}{a^2y}$ ,  
г)  $\ddot{y} = -\frac{abV_0^2}{y^2}$ , д)  $\ddot{y} = -\frac{b(V_0^2 + a)}{a^2y^3}$ .
2. Силовое поле потенциально, если проекции сил удовлетворяют условию:  
а)  $\frac{\partial F_x}{\partial y} = \frac{\partial F_y}{\partial x}$ ,  $\frac{\partial F_y}{\partial z} = \frac{\partial F_z}{\partial y}$ ,  $\frac{\partial F_z}{\partial x} = \frac{\partial F_x}{\partial z}$ ; б)  $\frac{\partial F_x}{\partial y} = 0$ ,  $\frac{\partial F_y}{\partial z} = 0$ ,  $\frac{\partial F_z}{\partial x} = 0$ ;  
в)  $\frac{\partial^2 F_x}{\partial x \partial y} = 0$ ,  $\frac{\partial^2 F_y}{\partial y \partial z} = 0$ ,  $\frac{\partial^2 F_z}{\partial z \partial x} = 0$ ; г)  $F_x \dot{x} + F_y \dot{y} + F_z \dot{z} = 0$ ;  
д)  $F_x x + F_y y + F_z z = 0$ .
3. Груз спускается вниз по шероховатой наклонной плоскости, расположенной под углом  $\alpha$  к горизонту. Коэффициент трения скольжения груза о наклонную плоскость -  $f$ . В начальный момент времени скорость груза равнялась  $v$ . Через какой промежуток времени скорость груза удвоится?

$$\begin{array}{lll} \text{а) } \frac{v}{fg \cos \alpha}; & \text{б) } \frac{2v}{fg(\sin \alpha - \cos \alpha)}; & \text{в) } \frac{fv}{g(\sin \alpha + \cos \alpha)} \\ \text{г) } \frac{v}{g(\sin \alpha - f \cos \alpha)}; & \text{д) } \frac{v}{g(\sin \alpha + f \cos \alpha)}; & \end{array}$$

4. Условиями равновесия твердого тела являются.

$$\begin{array}{lll} \text{а) } \begin{cases} \vec{F} = \sum \vec{f} = 0 \\ \vec{K} = \sum [\vec{r}\vec{f}] \neq 0 \end{cases}; & \text{б) } \begin{cases} F = \sum f \neq 0 \\ \vec{K} = \sum [\vec{r}\vec{f}] = 0 \end{cases}; & \text{в) } \begin{cases} \vec{F} = \sum \vec{f} = 0 \\ K = \sum [\vec{r}\vec{f}] = 0 \end{cases}; \\ \text{г) } \begin{cases} \vec{F} = \sum \vec{f} \neq 0 \\ \vec{K} = \sum [\vec{r}\vec{f}] \neq 0 \end{cases}; & \text{д) } \begin{cases} \vec{F} = \sum \vec{f} \\ \vec{K} = \sum [\vec{r}\vec{f}] = 0 \end{cases}. & \end{array}$$

где  $\vec{F}$  – полная сила,  $\vec{K}$  – полный момент силы.

5. Момент импульса определяется как:

$$\text{а) } \vec{M} = [\vec{r}\vec{P}], \quad \text{б) } \vec{M} = [\vec{r}\vec{F}], \quad \text{в) } \vec{M} = [\vec{r}\vec{v}], \quad \text{г) } \vec{M} = \text{rot}[\vec{r}\vec{P}], \quad \text{д) } \vec{M} = \text{div}(\vec{r}\vec{P}).$$

### Вариант 3

1. Орудие установлено на холме высоты  $h$ . Начальная скорость снаряда  $V_0$  направлена под углом  $\alpha$  к горизонту. Определить, при каком значении угла  $\alpha$ , дальность полета снаряда максимальна (сопротивлением воздуха пренебречь).

$$\begin{array}{lll} \text{а) } \alpha = 45^\circ, & \text{б) } \alpha = 60^\circ, & \text{в) } \alpha = \frac{hg}{V_0^2}, \\ \text{г) } \sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{2\left(1 + \frac{hg}{V_0^2}\right)}}, & \text{д) } \sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \frac{hg}{V_0^2}}}. & \end{array}$$

2. Найти период свободных вертикальных колебаний корабля массой  $M$  на спокойной воде, если площадь его горизонтальной проекции  $S$ . Плотность воды  $\rho$ . Силами, обусловленными вязкостью воды пренебречь.

$$\begin{array}{lll} \text{а) } T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{M}{\rho}}}, & \text{б) } T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{\omega}}, & \text{в) } T = 2\pi\sqrt{\frac{\rho g s}{M}}, \\ \text{г) } T = 2\pi\sqrt{\left(\frac{M}{\rho g s} + 1\right)}, & \text{д) } T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{\rho g s}}. & \end{array}$$

3. Какова длина разбега самолета, масса которого  $m$  тяга, развиваемая двигателем  $f$ , общая силы сопротивления  $R$ , взлетная скорость  $v$ .

а)  $\frac{gt^2}{2}$ , б)  $\frac{mv^2}{(f+R)}$ , в)  $\frac{mv^2}{(f-R)}$ , г)  $\frac{mv^2}{2(f+R)}$ , д)  $\frac{mv^2}{2(f-R)}$ .

4. Какое из этих уравнений – уравнение движения заряда в электромагнитном поле?

а)  $\frac{d\vec{P}}{dt} = e\vec{E}$ , б)  $\vec{F} = m\vec{a}$ , в)  $\frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{e}{c}[\vec{v}\vec{H}]$ , з)  $\frac{d\vec{P}}{dt} = 0$ , д)  $\frac{d\vec{P}}{dt} = e\vec{E} + \frac{e}{c}[\vec{v}\vec{H}]$

5. Уравнение геометрической стационарной связи имеет вид:

а)  $f(x_i, y_i, z_i) = 0$ , б)  $f(x_i, y_i, z_i, t) = 0$ , в)  $f(x_i, y_i, z_i, t) \neq 0$ ,  
 з)  $\frac{\partial f(x_i, y_i, z_i)}{\partial t} \neq 0$ , д)  $f(\vec{P}_i, \vec{q}_i, t) = 0$ .

#### Вариант 4

1. Частица массы  $m$  движется по закону  $x = a \cos \omega t$ ,  $y = b \sin \omega t$ . Определить силу, действующую на частицу в каждой точке траектории.

а)  $\vec{F} = -m\omega^2 \vec{r}$ , б)  $\vec{F} = m\omega^2(x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k})$ , в)  $\vec{F} = m\vec{a}$ ,  
 г)  $\vec{F} = \sqrt{a^2 + b^2}(x^2 + y^2)\vec{r}$ , д)  $\vec{F} = \left(\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}\right)\vec{r}$ .

2. Найти уравнения движения корабля массой  $M$ , если он был спущен на воду с нулевой вертикальной скоростью. Площадь поперечного сечения корабля  $S$ , плотность воды  $\rho$ .

а)  $y = \frac{M}{\rho S} \cos\left(\frac{2\pi}{\sqrt{M/\rho v}} t\right)$ ; б)  $y = \frac{M}{\rho S} \sin\left(2\pi \sqrt{\frac{M}{\omega}} t\right)$ ; в)

$y = A_0 \cos\left(2\pi \sqrt{\frac{\rho g S}{M}} t\right)$

г)  $y = -\frac{M}{\rho S} \cos\left[2\pi \sqrt{\frac{M}{\rho g S} + 1} t\right]$ ; д)  $y = -\frac{M}{\rho S} \cos\left(2\pi \sqrt{\frac{\rho g S}{M}} t\right)$ .



3. На какую высоту  $H$  над поверхностью Земли поднимается ракета, выпущенная в вертикальном направлении с поверхности Земли, если начальная скорость равна  $v_0$ ? ( $R$  - радиус Земли)

а)  $\frac{Rv_0^2}{2gR}$ ;    б)  $\frac{v_0^2}{2gR}$ ;    в)  $\frac{Rv_0^2}{(v_0 + 2gR)}$ ;    г)  $\frac{Rv_0^2}{g(1+2R)}$ ;    д)  $\frac{Rv_0^2}{2gR - v_0^2}$ .

4. Интегралом движения называется такая функция времени, координат и скоростей точек, которая

а) при движении механической системы не сохраняет постоянное значение.

б) при движении механической системы зависит только от начальных условий.

в) при движении механической системы выражаются только через интегралы этих величин.

г) при движении механической системы выражается через энергию этой системы.

д) при движении механической системы сохраняет постоянное значение, определяемое начальными условиями.

5. Найти функцию Гамильтона для материальной точки в декартовых координатах

а)  $\hat{H} = \frac{1}{2m}(\hat{P}_x^2 + \hat{P}_y^2 + \hat{P}_z^2)$ ;

б)  $\hat{H} = \frac{mv^2}{2} - U(x, y, z)$ ;

в)  $\hat{H} = \frac{1}{2m}(\hat{P}_x^2 + \hat{P}_y^2 + \hat{P}_z^2) + U(x, y, z)$ ;

г)  $\hat{H} = \frac{1}{2}m(v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)$ ;

г)  $\hat{H} = \sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4}$ .

## Вариант 5

1. Материальная точка массы  $m$  движется в плоскости  $xy$ , причем закон движения задан в виде  $x = a \sin(kt + \varepsilon)$ ,  $y = b \sin(kt + \delta) + c$ , где  $a, b, \varepsilon, \delta, c$  - любые постоянные параметры. Найти силу, под действием которой происходит это движение.

а)  $\vec{F} = m(\ddot{x} + \ddot{y})\vec{n}$ ,    б)  $\vec{F} = m(\ddot{x}\vec{i} + \ddot{y}\vec{j})$ ,    в)  $\vec{F} = -mk^2\vec{r}$ , где  $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j}$ ,

г)  $\vec{F} = -mk^2\vec{r} + mk^2c\vec{j}$ ,    д)  $\vec{F} = mk^2(\sin kt + c)\vec{r}$ .

2. Определить период свободных колебаний груза массы  $m$ , зажатого между двумя пружинами с разными коэффициентами  $c_1$  и  $c_2$ .

$$\text{а) } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{c_1 + c_2}}; \quad \text{б) } T = \frac{2\pi}{\sqrt{c_1 + c_2}}; \quad \text{в) } T = \sqrt{\frac{mc_1 c_2}{c_1 + c_2}};$$

$$\text{г) } T = 2\pi \sqrt{\frac{c_1 c_2}{m(c_1 + c_2)}}; \quad \text{д) } T = \frac{2\pi}{m} \sqrt{(c_1 + c_2)}.$$

3. Составить функцию Лагранжа для двух заряженных частиц, взаимодействующих по закону Кулона. Выразить их через координаты центра масс и относительных координат.

$$\text{а) } L = \frac{M\dot{R}^2}{2} + \frac{\mu\dot{r}^2}{2} - \frac{\alpha}{r}; \quad \text{б) } L = \frac{M\dot{R}^2}{2} - \frac{\alpha}{r}; \quad \text{в) } L = \frac{M\dot{R}^2}{r} + \frac{\mu\dot{r}^2}{2} - \frac{\alpha}{r};$$

$$\text{г) } L = \frac{M\dot{R}^2}{2} + \frac{\mu\dot{r}^2}{2}; \quad \text{д) } L = \frac{M\dot{R}^2}{2\mu} + \frac{\mu\dot{r}^2}{2} - \frac{\alpha}{r}$$

$$\text{где } M = m_1 + m_2 \quad \mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

4. Найти функцию Гамильтона для материальной точки в сферических координатах  $r, \theta, \varphi$

$$\text{а) } \hat{H} = \frac{1}{2m}(\hat{P}_r^2 + \frac{\hat{P}_\theta^2}{r^2} + \hat{P}_\varphi^2) + U(r, \theta, \varphi); \quad \text{б) } \hat{H} = \frac{1}{2m}(\hat{P}_r^2 + \hat{P}_\theta^2 + \hat{P}_\varphi^2) + U(r, \theta, \varphi);$$

$$\text{в) } \hat{H} = \frac{1}{2m}(\hat{P}_r^2 + \frac{\hat{P}_\theta^2}{r^2} + \frac{\hat{P}_\varphi^2}{r^2}) + U(r, \theta, \varphi); \quad \text{г) } \hat{H} = \frac{1}{2m}(\hat{P}_r^2 + \frac{\hat{P}_\theta^2}{r^2} + \frac{\hat{P}_\varphi^2}{r^2 \sin^2 \theta});$$

$$\text{д) } \hat{H} = \frac{1}{2m}(\hat{P}_r^2 + \frac{\hat{P}_\theta^2}{r^2} + \frac{\hat{P}_\varphi^2}{r^2 \sin^2 \theta}) + U(r, \theta, \varphi)$$

5. Найти выражение для декартовой компоненты  $\hat{M}_x$  момента импульса частицы в цилиндрической системе координат  $r, \varphi, z$

$$\text{а) } \hat{M}_x = m(r\dot{z} - z\dot{r}) - mrz\dot{\varphi} \cos \varphi;$$

$$\text{б) } \hat{M}_x = m \sin \varphi (r\dot{z} - z\dot{r}) - mrz\dot{\varphi};$$

$$\text{в) } \hat{M}_x = m(r\dot{z} - z\dot{r}) - mrz\dot{\varphi};$$

$$\text{г) } \hat{M}_x = m \sin \varphi (r\dot{z} - z\dot{r}) - mrz\dot{\varphi} \cos \varphi;$$

$$\text{д) } \hat{M}_x = mz\dot{r}\varphi \sin \varphi - mrz\dot{\varphi}$$

### Вариант 6

1. На покоящуюся материальную точку массы  $m$  в момент времени  $t=0$ , начинает действовать сила, проекция которой на ось  $x$  выражается зависимостью  $P_x = P \sin \omega t$ . Найти закон движения. Начальные условия  $t=0, x(0)=0, [\ddot{x}(0)=0$ .

$$\text{а) } m\ddot{x} = P_x \sin \omega t, \quad \text{б) } X = \frac{P}{m\omega^2} \sin \omega t, \quad \text{в) } X = \frac{P}{m\omega^2} (\omega t - \sin \omega t),$$

$$\text{г) } m\ddot{x} = \sqrt{p^2 - p_x^2} \sin \omega t, \quad \text{д) } X = \frac{P}{m\omega^2};$$

2. Найти уравнение прямолинейного движения точки массы  $m$ , находящейся под действием восстанавливающей силы  $Q = -cx$  и постоянной силы  $F_0$ . В начальный момент  $t=0$ ,  $x_0 = 0$  и  $\dot{x}_0 = 0$ .

$$\text{а) } x = F_0 \cos \omega t; \quad \text{б) } x = \frac{F_0}{c}(1 - \cos \omega t), \quad \text{в) } x = -F_0 \cos \omega t - Q$$

$$\text{г) } x = F_0(1 - \cos \omega t) \quad \text{д) } x = \frac{\dot{x}_0}{c}(1 - \cos \omega t),$$

$$\text{где } \omega = \sqrt{\frac{c}{m}}; \quad T = \frac{2\pi}{\omega};$$

3. Составить функцию Гамильтона для двух заряженных частиц взаимодействующих по закону Кулона. Выразить их через координаты центра масс и относительные координаты.

$$\text{а) } \frac{p^2}{2M} + \frac{p^2}{2\mu} - \frac{\alpha}{r}; \quad \text{б) } \frac{p^2}{2M} + \frac{p^2}{2\mu} + \frac{\alpha}{r}; \quad \text{в) } \frac{p^2}{2(M + \mu)} - \frac{\alpha}{r};$$

$$\text{г) } \frac{p^2}{2(M + \mu)} + \frac{\alpha}{r}; \quad \text{д) } \frac{p^2}{2M} - \frac{p^2}{2\mu} + \frac{\alpha}{r}$$

$$\text{где } M = m_1 + m_2 \quad \mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

4. Найти функцию Гамильтона для материальной точки в цилиндрических координатах  $r, \varphi, z$

$$\text{а) } \hat{H} = \frac{1}{2m}(\hat{P}_r^2 + \hat{P}_z^2); \quad \text{б) } \hat{H} = \frac{1}{2m}(\hat{P}_r^2 + \frac{\hat{P}_\varphi^2}{r^2} + \hat{P}_z^2) + U(r, \varphi, z);$$

$$\text{в) } \hat{H} = \frac{1}{2m}(\hat{P}_r^2 + \frac{\hat{P}_\varphi^2}{2r^2} + \hat{P}_z^2) + U(r, \varphi, z); \quad \text{г) } \hat{H} = \frac{1}{2m}\hat{P}_r^2 + U(r, \varphi, z)$$

$$\text{д) } \hat{H} = \frac{1}{2m}(\frac{\hat{P}_r^2}{2} + \frac{\hat{P}_\varphi^2}{r^2} + \hat{P}_z^2) + U(r, \varphi, z)$$

5. Найти абсолютную величину момента импульса частицы в сферических координатах  $r, \theta, \varphi$

$$\text{а) } \hat{M}^2 = m^2 r^2 (\dot{\theta}^2 + \dot{\varphi}^2); \quad \text{б) } \hat{M}^2 = m^2 r^4 (\dot{\theta}^2 + \dot{\varphi}^2 \sin^2 \theta);$$

$$\text{в) } \hat{M}^2 = m^2 r^4 (\dot{\theta}^2 + \dot{\varphi}^2); \quad \text{г) } \hat{M}^2 = m^2 r^2 (\dot{\theta}^2 + \dot{\varphi}^2)$$

## Вариант 7

1. Найти скорость и ускорение точки в цилиндрической системе координат  $(\rho, \varphi, z)$

а)  $v_\rho = \dot{\rho}$ ;  $v_\varphi = \rho\dot{\varphi}$ ;  $v_z = \dot{z}$ ;  $v = \sqrt{\dot{\rho}^2 + \rho^2\dot{\varphi}^2 + \dot{z}^2}$ ,

$$\omega_\rho = \ddot{\rho} - \rho\dot{\varphi}^2; \quad \omega_\varphi = \frac{1}{\rho} \frac{d}{dt}(\rho^2\dot{\varphi}) = \rho\ddot{\varphi} + 2\dot{\rho}\dot{\varphi}; \quad \omega_z = \ddot{z};$$

б)  $v_\rho = \dot{\rho} + v_0$ ;  $v_\varphi = \rho\dot{\varphi} + \rho\dot{\varphi}$ ;  $v_z = \dot{z} + v_0$   
 $\omega_\rho = \ddot{\rho} + \dot{v}_0$ ;  $\omega_\varphi = \ddot{\rho}\dot{\varphi} + \dot{\rho}\dot{\varphi}$ ;  $\omega_z = \ddot{z} + \dot{\varphi}z$

в)  $v_\rho = 0$ ,  $v_\varphi = \dot{\varphi}$ ,  $v_z = \dot{z}$   
 $\omega_\rho = 0$ ,  $\omega_\varphi = \ddot{\varphi}$ ,  $\omega_z = \ddot{z}$

г)  $v_\rho = \dot{\rho}$ ,  $v_\varphi = \dot{\rho}\dot{\varphi}$ ,  $v_z = \dot{z}$   
 $\omega_\rho = \ddot{\rho}$ ,  $\omega_\varphi = \ddot{\rho}\dot{\varphi} + \dot{\rho}\dot{\varphi}$ ,  $\omega_z = \ddot{z}$   
 $\omega_z = \ddot{z}$

д)  $v_\rho = 0$ ,  $v_\varphi = \rho\dot{\varphi}$ ,  $v_z = \dot{z}$   
 $\omega_\rho = 0$ ,  $\omega_\varphi = \rho\ddot{\varphi} + 2\dot{\rho}\dot{\varphi}$ ,

2. Определить период одномерного движения частицы  $m$  с энергией  $E$  в потенциальном поле вида  $U = -\frac{U_0}{ch^2\alpha x}$ ,  $-U_0 < E < 0$ .

а)  $T = 2\pi\sqrt{2mE}$ ;      б)  $T = 2\pi\sqrt{\frac{E}{m}}$ ;      в)  $T = 2\pi\alpha\sqrt{\frac{2E}{m}}$ ;

г)  $T = 2\pi\sqrt{\frac{2m}{E}}$ ;      д)  $T = \frac{\pi}{\alpha}\sqrt{\frac{2m}{|E|}}$ ;

3. Найти функцию Лагранжа математического маятника массы  $m$  и длины  $\ell$ , точка подвеса которого движется в горизонтальной плоскости по закону  $x=x(t)$ .

а)  $L = \frac{mv^2}{2} + mgh$ ;      б)  $L = \frac{me^2}{2}\dot{\varphi}^2 + mgl\cos\varphi - m\dot{x}\ell\sin\varphi$ ;

в)  $L = m\dot{x}^2 + 2m\dot{x}\dot{\varphi}\cos\varphi + ml^2\dot{\varphi}^2$ ;      г)  $L = \frac{ml^2}{2}\dot{\varphi}^2 + mgl\dot{\varphi}\sin\varphi$ ;

д)  $L = \frac{ml^2}{2}\dot{\varphi}^2 + m\dot{x}\dot{\varphi}\cos\varphi + \frac{m\dot{x}^2}{2} + mgl\cos\varphi$

4. Сила называется потенциальной, если:

а) она зависит от координат и удовлетворяет требованию  $\text{div}\vec{F}(\vec{r}) = 0$ .

б) она не зависит от координат и  $\vec{F}(\vec{r}) \equiv 0$ .

в) она зависит только от координат и удовлетворяет требованию  $\text{rot}\vec{F}(\vec{r}) = 0$ .

г) она зависит от координат и  $(\vec{F}(r)\vec{r}) = 0$ .

д) она не зависит от координат и  $\frac{\partial \vec{F}(r)}{\partial r} = 0$ .

5. Силовое поле называется потенциальным, если напряженность поля  $\vec{E}$  удовлетворяет требованию:

а)  $\int (\vec{E} d\vec{r}) = 0$ .    б)  $rot \vec{E} = 0$ .    в)  $div \vec{E} = 0$ .    г)  $\vec{E}(r) \equiv 0$ .    д)  $\frac{\partial \vec{E}}{\partial r} = 0$ .

#### **7.3.4. Тематика контрольных работ.**

1. Динамика системы материальных точек.
2. Уравнения Лагранжа 1<sup>го</sup> и 2<sup>го</sup> рода.
3. Теорема об изменении количества движения материальной точки. Теорема об изменении момента количества движения.
4. Колебательные движения. Свободные колебания. Вынужденные колебания.
5. Канонические уравнения Гамильтона. Интегралы движения.

#### **7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

##### Лекции

- посещение занятий – 10 баллов,
- активное участие на лекциях – 15 баллов,
- устный опрос, тестирование, коллоквиум – 60 баллов,
- и др. (доклады, рефераты) – 15 баллов.

##### Практические занятия

- посещение занятий – 10 баллов,
- активное участие на практических занятиях – 15 баллов,
- выполнение домашних работ – 15 баллов,
- выполнение самостоятельных работ – 20 баллов,
- выполнение контрольных работ – 40 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 60 баллов,
- письменная контрольная работа – 30 баллов,

### Критерии оценок на экзаменах

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры. Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

#### Критерии оценок следующие:

- **100 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.
- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.
- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.
- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.
- **60 баллов** - студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.
- **50 баллов** - в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.
- **40 баллов** - ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.
- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.
- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.
- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

**Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-бальную систему:**

- «0 – 50» баллов – неудовлетворительно
- «51 – 65» баллов – удовлетворительно
- «66 - 85» баллов – хорошо

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

### ***а) основная литература:***

1. Голдстейн Г., Чарлз П. Пул, Джон Сафко Классическая механика / Г. Голдстейн, Чарлз П. Пул, Джон Сафко. – М.: Институт компьютерных исследований, 2012.
2. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики / Н.В. Бутенин, Я.Л. Лунц, Д.Р. Меркин. – 11-е изд., стер. – Лань, 2009. – 736 с. - ISBN: 978-5-8114-0052-2
3. Ольховский Н.И. Курс теоретической механики для физиков. / Н.И. Ольховский. – М.: Лань, 2012.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика / Л.Д. Ландау, Е.М.Лифшиц. – М.: Наука, 2007.
5. Бутенин Н.Б. Введение в аналитическую механику / Бутенин Н.Б. – М.: Наука, 1997.
6. Ольховский Н.И., Павленко Ю.Г., Кузьменков Л.С. Задачи по теоретической механике для физиков. / Н.И. Ольховский, Ю.Г. Павленко, Л.С. Кузьменков. – М.: Лань, 2008.
7. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике / И.В. Мещерский. – СПб.: Лань, 2010.
8. Бать М.И., Джанемидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах / М.И. Бать, Г.Ю. Джанемидзе, А.С. Кельзон. – М.: Лань, 2013. – т. 1-2.
9. Л.Г. Гречко, В.И. Сугаков и др. Сборник задач по теоретической физике / Л.Г. Гречко, В.И. Сугаков и др. – М.: Высшая школа, 1984г.

### ***б) дополнительная литература:***

1. Дронг В.И. и др. Курс теоретической механики / Дронг В.И.; под ред. Колесникова К.С. , 3-е изд., стереотипн. – М.: МГТУ имени Н. Э. Баумана, 2005. – 736 с.: ил. – (Механика в техническом университете, Т. 1).
2. Журавлев В.Ф. Основы теоретической механики: учебник / В.Ф. Журавлев – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 304 с.

3. Мещеряков В.Б. Курс теоретической механики: учебник / В.Б. Мещеряков – М.: Изд-во УМЦ ЖДТ (Маршрут), 2012. – 281 с.
4. Павленко Ю.Г. Лекции по теоретической механике / Ю.Г. Павленко – М.: Физматлит, 2002. – 392 с. – ISBN 978-5-9221-0241-4
5. Павленко Ю. Г. Задачи по теоретической механике / Ю.Г. Павленко – М.: Физматлит, 2003. – 536 с. – ISBN 978-5-9221-0302-2
6. Веретенников В.Г., Сеницын В.А. Теоретическая механика (дополнения к общим разделам) / В.Г. Веретенников, В.А. Сеницын – М.: Физматлит, 2006. – 416 с. – ISBN 978-5-9221-0703-7
7. Кирсанов М.Н. Решебник. Теоретическая механика / М.Н. Кирсанов – М.: Физматлит, 2007. – 384 с. – ISBN 978-5-9221-0748-8

## **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. Международная база данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier <http://www.sciencedirect.com/>
3. Ресурсы Российской электронной библиотеки [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru), включая научные обзоры журнала Успехи физических наук [www.ufn.ru](http://www.ufn.ru)
4. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>
5. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>
6. <http://physweb.ru/db/section/e190500000>
7. Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ <http://lib.mexmat.ru/>
8. Научно-образовательный центр при МИАН <http://www.mi.ras.ru/>

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.



Оптимальным путем освоения дисциплины является посещение всех лекций и семинаров, выполнение предлагаемых заданий в виде задач, тестов и устных вопросов.

На лекциях рекомендуется деятельность студента в форме активного слушания, т.е. предполагается возможность задавать вопросы на уточнение понимания темы и рекомендуется конспектирование лекции. На семинарских занятиях деятельность студента заключается в активном обсуждении задач, решенных другими студентами, решении задач самостоятельно, выполнении контрольных заданий. В случае, если студентом пропущено лекционное или семинарское занятие, он может освоить пропущенную тему самостоятельно с опорой на план занятия, рекомендуемую литературу и консультативные рекомендации преподавателя.

Перед проведением экзамена проводится коллективная аудиторная консультация, на которой даются советы по подготовке к экзамену. В целом рекомендуется регулярно посещать занятия и выполнять текущие задания, что обеспечит достаточный уровень готовности к сдаче экзамена.

## **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

1. Программное обеспечение для лекций, средство просмотра изображений.
2. Программное обеспечение в компьютерный класс, средство просмотра изображений, интернет, e-mail.

## **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Лекционные и практические занятия проводятся в аудиториях факультета.

Технические средства обучения, используемые в учебном процессе для освоения дисциплины:

1. компьютерное оборудование, которое используется в ходе изложения лекционного материала;
2. пакет плакатов и графиков, используемых в ходе текущей работы, а также для промежуточного и итогового контроля;
3. электронная библиотека курса и Интернет-ресурсы – для самостоятельной работы.