

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Дзержинский политехнический институт (филиал)

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института:  
\_\_\_\_\_ А.М.Петровский  
“08” \_\_\_\_\_ июня \_\_\_\_\_ 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.Б.17 Классическая механика**

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 01.03.04 Прикладная математика

Направленность: Математические и компьютерные методы для современных технологий

Форма обучения: очная

Год начала подготовки 2023

Выпускающая кафедра Автоматизация, энергетика, математика и информационные системы

Кафедра-разработчик Автоматизация, энергетика, математика и информационные системы

Объем дисциплины 108/3  
часов/з.е

Промежуточная аттестация зачет с оценкой

Разработчик: к.ф.-м.н., доцент Лобаев А.Н.

Дзержинск 2023

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РФ от 10 января 2018 года № 11 на основании учебного плана, принятого УС ДПИ НГТУ

протокол от 02.06.2023 № 9

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика РПД Автоматизация, энергетика, математика и информационные системы  
протокол от 08.06.2023 № 8

Зав. кафедрой к.т.н, доцент \_\_\_\_\_ Л.Ю. Вадова  
(подпись)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой Автоматизация, энергетика, математика и информационные системы  
к.т.н, доцент \_\_\_\_\_ Л.Ю.Вадова  
(подпись)

Начальник ОУМБО \_\_\_\_\_ И.В. Старикова  
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в ОУМБО: 01.03.04 - 17

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи освоения дисциплины .....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) .....	4
4. Структура и содержание дисциплины.....	6
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....	11
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	14
7. Информационное обеспечение дисциплины.....	15
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....	16
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	16
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	17
11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	19

## 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цель освоения дисциплины:

Целью освоения дисциплины является изучение законов кинематики, статики и динамики для систем материальных точек и абсолютно твердых тел для формализации прикладных задач, возникающих в профессиональной деятельности и для выбора конкретных методов анализа и синтеза для их решения.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

— Знание законов кинематики, статики и динамики для систем материальных точек и абсолютно твердых тел;

— Применение знаний фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин для расчета процессов в квазистационарных и быстропеременных электромагнитных полях.

## 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина Классическая механика включена в обязательный перечень дисциплин обязательной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: Математический анализ, Физика, Дифференциальные уравнения, Численные методы.

Дисциплина Классическая механика является основополагающей для изучения следующих дисциплин: Уравнения математической физики, Теория управления, Математическое моделирование.

Рабочая программа дисциплины Классическая механика для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся, по их личному заявлению

## 3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1 – Формирование компетенции **ОПК-1** дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплинами							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Код компетенции ОПК-1								
Линейная алгебра и аналитическая геометрия								
Математический анализ								
Физика								
Дифференциальные уравнения								
Операционное исчисление								
Теория функций комплексного переменного								
Классическая механика								
Уравнения математической физики								
Теория управления								
Выполнение и защита выпускной квалификационной работы								

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
<b>ОПК-1.</b> Способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике	<b>ИОПК-1.3.</b> Выявляет естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, использует для их решения соответствующий естественнонаучный аппарат и методы оптимального управления	<b>Знать:</b> основные положения механики Ньютона, Лагранжа и Гамильтона; метод Гамильтона-Якоби.	<b>Уметь:</b> решать задачи кинематики, статики и динамики для систем материальных точек и абсолютно твердых тел, рассчитывать движение частиц в электромагнитных полях; рассчитывать процессы в квазистационарных и быстропеременных электромагнитных полях; определять возможности применения теоретических положений и методов математического анализа для постановки и решения конкретных прикладных задач.	<b>Владеть:</b> стандартными методами и моделями математического анализа и их применением к решению прикладных задач; навыками формализации прикладных задач и способностью выбирать конкретные методы анализа и синтеза для их решения.	Выполнение 12 контрольных работ (по 10 вариантов в каждой контрольной работе)	Вопросы для устного собеседования: билеты (20 билетов)



## 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед./108 часов, распределение часов по видам работ семестрам представлено в табл. 3.

Формат изучения дисциплины: с использованием элементов электронного обучения

Таблица 3 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам  
Для студентов очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		6
<b>1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:</b>	55	55
<b>1.1. Аудиторные занятия (всего), в том числе:</b>	51	51
- лекции (Л)	17	17
- лабораторные работы (ЛР)		
- практические занятия (ПЗ)	34	34
- практикумы (П)		
<b>1.2. Внеаудиторные занятия (всего), в том числе:</b>	4	4
- групповые консультации по дисциплине	4	4
- групповые консультации по промежуточной аттестации (зачет с оценкой)		
<b>2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)</b>	53	53
<b>Вид промежуточной аттестации</b> зачет с оценкой		
<b>Общая трудоемкость, часы/зачетные единицы</b>	108/3	108/3

### 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам

Содержание дисциплины, структурированное по темам, приведено в таблице 4.

В столбце «Вид СР» введены следующие сокращения:

«**Лекции**» – предполагает изучение материалов учебников и учебных пособий для подготовки к лекциям и повторение материала после прослушивания лекции для участия в обсуждениях на практических занятиях.

«**Практика**» - предполагает использование методических разработок для помощи при решении индивидуальных задач и решение задач из задачников.

## 4.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам для обучающихся очной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические					
<b>6 семестр</b>									
ОПК-1, ИОПК-1.3.	<b>Раздел 1 Механика Ньютона</b>								
	Тема 1.1 Системы отсчета.. Кинематика. Базисные векторы. Скорость и ускорение в декартовых координатах. Скорость и ускорение в ортогональных координатах.	1		2	4	Лекции: 6..6.1(стр.10-58) Практика: 6.6.2(стр.7-8)	Разбор решения конкретных примеров с помощью презентации и у доски		
	Тема 1.2 Законы Ньютона. Принцип относительности Галилея. Закон изменения импульса системы. Закон изменения момента импульса системы. Закон изменения кинетической энергии. Закон сохранения энергии.	1		4	4				
Тема 1.3 Одномерное движение в консервативном поле. Задача	1		2	4	Лекции: 6..6.1(стр.62-94) Практика: 6.6.2(стр.16-20)				



Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические					
	Кеплера. Первые интегралы. Решение задачи Кеплера.								
	<b>Итого по разделу 1</b>	3		8	12				
	<b>Раздел 2 Уравнения Лагранжа</b>								
	<b>Тема 2.1</b> Голономные связи. Силы реакции. Виртуальные перемещения. Идеальные связи.	1		2	4	<b>Лекции:</b> 6..6.1(стр.197-201) <b>Практика:</b> 6.6.2(стр.29-32)	Разбор решения конкретных примеров с помощью презентации и у доски		
	<b>Тема 2.2</b> Метод неопределенных множителей Лагранжа	2		3	4	<b>Лекции:</b> 6..6.1(стр.206-229) <b>Практика:</b> 6.6.2(стр.29-32)			
	<b>Тема 2.3</b> Принцип Д'Аламбера-Лагранжа	1		1	4	<b>Лекции:</b> 6..6.1(стр.206-229) <b>Практика:</b> 6.6.2(стр.29-32)			
ОПК-1, ИОПК-1.3.	<b>Тема 2.4</b> Обобщенные координаты. Уравнения Лагранжа второго рода. Обобщенные импульс и энергия	1		2	4	<b>Лекции:</b> 6..6.1(стр.206-229) <b>Практика:</b> 6.6.2(стр.29-32)			
	<b>Тема 2.5</b> Обобщенные импульс и энергия. Принцип Гамильтона.	1		1	4	<b>Лекции:</b> 6..6.1(стр.237-248) <b>Практика:</b> 6.6.2(стр.29-32)			
	<b>Итого по разделу 2</b>	6		9	20				

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические					
	<b>Раздел 3 Канонические уравнения Гамильтона.</b>								
	<b>Тема 3.1</b> Преобразования Лежандра. Гамильтониан	1		1	1	<b>Лекции:</b> 6..6.1(стр.384-394) <b>Практика:</b> 6.6.2(стр.16-20)	Разбор решения конкретных примеров с помощью презентации и у доски		
ОПК-1, ИОПК-1.3.	<b>Тема 3.2</b> Уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона. Расширенное фазовое пространство. Интегрируемость гамильтоновых систем	1		2	2	<b>Лекции:</b> 6..6.1(стр.384-394) <b>Практика:</b> 6.6.2(стр.16-20)			
	<b>Тема 3.3</b> Канонические преобразования. Диагонализация Гамильтониана.	1		2	3	<b>Лекции:</b> 6..6.1(стр.384-394) <b>Практика:</b> 6.6.2(стр.16-20)			
	<b>Тема 3.4</b> Принцип наименьшего действия	1		4	3	<b>Лекции:</b> 6..6.1(стр.384-394) <b>Практика:</b> 6.6.2(стр.16-20)			
	<b>Итого по разделу 3</b>	4		9	9				
	<b>Раздел 4 Теория Гамильтона - Якоби</b>								
	<b>Тема 4.1</b> Уравнения Гамильтона-Якоби	2		3	4	<b>Лекции:</b> 6..6.1(стр.399-449) <b>Практика:</b> 6.6.2(стр.16-20)			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические					
	Тема 4.2 Метод разделения переменных	1		3	4	Лекции: 6..6.1(стр.399-449) Практика: 6.6.2(стр.16-20)	Разбор решения конкретных примеров с помощью презентации и у доски		
ОПК-1, ИОПК-1.3.	Тема 4.3 Переменные действия угол.	1		2	4	Лекции: 6..6.1(стр.399-449) Практика: 6.6.2(стр.16-20)			
	<b>Итого по разделу 4</b>	4		8	12				
	<b>ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	17		34	53				

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

### Примерная тематика контрольных работ:

1. Решение уравнений Ньютона для различных систем.
2. Вывод и решение уравнений Лагранжа для различных объектов.
3. Вывод и решение уравнений Ньютона для различных объектов

### Примеры заданий к контрольным работам

1. Найти траекторию материальной точки и ее смещение в поле 
$$U = -\frac{\alpha}{r} + \frac{\beta}{r^2}$$

2. Заряд движется в поле 
$$\vec{E} = E_0 \sin \frac{z}{a} \vec{n}_z$$
 электрического ондулятора. В начальный момент времени  $\vec{r}(0) = 0$ ,  $\vec{V}(0) = v_0 \vec{n}_z$ . Найти закон движения заряда.

3. Определить функцию Гамильтона ангармонического осциллятора, функция Лагранжа которого

$$L = \frac{\dot{x}^2}{2} - \frac{\omega^2 x^2}{2} - \alpha x^3 + \beta x \dot{x}^2.$$

4. Найти интегралы движения, если вид действия не меняется при:  
а) пространственном сдвиге, б) повороте, в) сдвиге начала отсчёта времени, г) винтовом сдвиге.

### Перечень вопросов, выносимых на промежуточные аттестацию

#### Полный перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой

1. Преобразование Галилея.
2. Второй закон Ньютона.
3. Закон изменения импульса системы.
4. Закон изменения момента импульса системы.
5. Закон сохранения энергии.
6. Одномерное движение в консервативном поле.
7. Задача Кеплера. Первые интегралы.
8. Решение задачи Кеплера. Движение по эллипсу.
9. Условие существования первого интеграла движения.
10. Голономные и неголономные связи.
11. Метод неопределенных множителей Лагранжа.
12. Принцип Д'Аламбера – Лагранжа.
13. Степени свободы и обобщенные координаты.
14. Уравнение Лагранжа второго рода.
15. Обобщенные импульс и энергия.
16. Законы сохранения и свойства симметрии пространства и времени.
17. Преобразования Лежандра. Гамильтониан.
18. Уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона.
19. Расширенное фазовое пространство.
20. Интегрируемость гамильтоновых систем.

21. Фазовый поток. Теорема Лиувилля.
22. Производящие функции канонических преобразований.
23. Линейные канонические преобразования. Диагонализация Гамильтониана.
24. Уравнение Гамильтона – Якоби.
25. Метод разделения переменных.
26. Переменные действие - угол.
27. Метод характеристик.
28. Метод Фока.
29. Малые повороты.
30. Вращающиеся системы отсчета. Силы Кориолиса.
31. Координаты твердого тела. Углы Эйлера.
32. Представление малых поворотов векторами.
33. Угловая скорость. Скорость и ускорение частиц твердого тела.
34. Динамические переменные. Тензор инерции.
35. Твердое тело с одной неподвижной точкой.
36. Равновесие твердого тела.
37. Уравнения Эйлера.

## 5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости обучающихся очной формы. Основные требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине и шкала оценивания приведены в таблицах 5 - 7.

Таблица 5 – Требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине

Виды работ	Количество подвидов работы	Максимальные баллы за подвид работы		Сроки выполнения подвидов работы	Дополнительные баллы	Штрафные баллы
		1	2			
Контрольные работы	2	10	10	Март, апрель	До +4 за 1 в срок сданную работу	До -4 за 1 работу
Лабораторные работы	6	5 баллов		В течении семестра	До +4	До -4
Выполнение домашних заданий	5	По 4 балла за 1 работу		В течении семестра	До +1 балла за 1 работу	До -1 балла за 1 работу
Посещение занятий (участие в обсуждениях задач)	16	До 0.25 балла за 1 неделю		еженедельно	Ответ у доски до +1 балла	По -1 баллу за 1 пропуск
Ответ на экзамене	1	26		сессия		

Таблица 6 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-54% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 55-70% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 71-85% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 86-100% от тах рейтинговой оценки контроля
<b>ОПК-1.</b> Способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике	<b>ИОПК-1.3.</b> Выявляет естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, использует для их решения соответствующий естественнонаучный аппарат и методы оптимального управления	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не может сформулировать основные положения динамики Ньютона и Лагранжа. Затрудняется с решением дифференциальных уравнений в обыкновенных производных, что препятствует усвоению последующего материала	Фрагментарные, поверхностные знания основных разделов математической физики. Изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала. Допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя.	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения.	Имеет глубокие знания всего материала, понимает структуру дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании

Таблица 7 – Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает обучающийся, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает обучающийся, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает обучающийся, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

## 1. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебная литература

6.1.1 **Ольховский, И.И.** Задачи по теоретической механике для физиков: \*учебное пособие для вузов / И. И. Ольховский, Ю. Г. Павленко, Л. С. Кузьменков. - 2-е изд. ; испр. - СПб. : Лань, 2008. - 400с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература).

6.1.2 **Ольховский, И.И.** Курс теоретической механики для физиков: \*учебное пособие для вузов / И.И. Ольховский. - 4-е изд. - СПб.: Лань, 2009. - 576с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература).

6.1.3 **Мултановский, В.В.** Классическая механика: \*учебное пособие для вузов / В.В. Мултановский. - 2-е изд.; перераб. - М.: Дрофа, 2008. - 384с.: ил. - (Высшее образование; Курс теоретической физики).

6.1.4 **Ольховский, И.И.** Курс теоретической механики для физиков / [Электронные текстовые данные] / И.И. Ольховский: учебник для вузов. - 3-е изд. - М.: 1978г. - 575бс.

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных выше на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

### 6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

6.2.1 **Линейные и квазилинейные уравнения в частных производных первого порядка [Текст и электронные текстовые данные]:** #метод. указ. к практическим занятиям по дисц. "Уравнения математической физики", "Теория управления", "Моделирование систем и процессов", "Математическое моделирование" для обучающихся направления подготовки бакалавров 01.03.04 очной формы обучения и по дисц. "Математика" для обучающихся направлений подготовки бакалавров 09.03.02, 15.03.04 всех форм обучения / Сост. А.Н. Лобаев, Н.М. Богословская. - Н.Новгород, 2021.

6.2.2. **Элементы теории поля**[Текст и электронные текстовые данные]: метод. указания по дисциплине «Математика» для обучающихся направлений подготовки 01.03.04, 09.03.02, 13.03.02, 15.03.02, 15.03.04, 18.03.01, 19.03.02, 23.03.03 всех форм обучения / ДПИ НГТУ; сост.: Н.М. Богословская, А.Н. Лобаев, И.Ю. Харитонова.– Дзержинск, 2018. – 35 с.

6.2.3 **Ряды**: учебное пособие для вузов / Н.М. Богословская, А.Н. Лобаев, И.Ю. Харитонова, С.И. Вдовин; Нижегород. Гос. ун-т им. Р. Е. Алексеева. - Н.Новгород, 2020.- 105 с.

6.2.4 Методические рекомендации для ППС по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Уравнения математической физики» для студентов направлении 231300 «Прикладная математика» профиля «Математическое моделирование в экономике и технике»; направления 100100 «Сервис» профиля «Информационный сервис» очной формы обучения / Сост. А.Н. Лобаев. – Н.Новгород, 2013. – 12 с.

## 7 ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

### 7.1. Перечень информационных справочных систем

Дисциплина, относится к группе дисциплин, в рамках которых предполагается использование информационных технологий как вспомогательного инструмента.

Информационные технологии применяются в следующих направлениях: при подготовке и оформлении отчетов о лабораторных работах, выполнении заданий для самостоятельной работы.

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>

### 7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины

Таблица 9 – Программное обеспечение

№ п/п	Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	Microsoft Windows 10 (подписка MSDN 700593597, подписка DreamSpark Premium, 19.06.19)	Adobe Acrobat Reader <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html</a>
2	Microsoft office 2010 (Лицензия № 49487295 от 19.12.2011)	OpenOffice <a href="https://www.openoffice.org/ru/">https://www.openoffice.org/ru/</a>
3	Консультант Плюс	PTC Mathcad Express <a href="https://www.mathcad.com/ru">https://www.mathcad.com/ru</a>

### Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем



В таблице 10 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ).

Таблица 10 – Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№ п/п	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	<a href="https://cyberpedia.su/21x47c0.html">https://cyberpedia.su/21x47c0.html</a>
3	Инструменты и веб-ресурсы для веб-разработки – 100+	<a href="https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus">https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus</a>
4	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети

## 8 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 11 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 11 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

Согласно Федеральному Закону об образовании 273-ФЗ от 29.12.2012 г. ст. 79, п.8 "Профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся". АОП разрабатывается по каждой направленности при наличии заявлений от обучающихся, являющихся инвалидами или лицами с ОВЗ и изъявивших желание об обучении по данному типу образовательных программ.

## 9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 12 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ДПИ НГТУ.

Таблица 12 – Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	<b>1433А</b> Аудитория для лекционных и практических занятий Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Комплект демонстрационного оборудования: ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе Intel Pentium G4560 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20' – 1шт. Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; Экран – 1 шт.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows 10 Домашняя (поставка с ПК)</li> <li>• LibreOffice 6.1.2.1. (свободное ПО)</li> <li>• Foxit Reader (свободное ПО);</li> <li>• 7-zip для Windows (свободное ПО)</li> </ul>
2	<b>1234</b> Научно-техническая библиотека ДПИ НГТУ, студенческий читальный зал; Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Комплект демонстрационного оборудования: ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе Intel Pentium G4560 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20' – 1шт. Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; Экран – 1 шт.; Набор учебно-наглядных пособий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows 10 Домашняя (поставка с ПК)</li> <li>• LibreOffice 6.1.2.1. (свободное ПО)</li> <li>• Foxit Reader (свободное ПО);</li> <li>• 7-zip для Windows (свободное ПО)</li> </ul>
3	<b>1443а</b> компьютерный класс - помещение для СРС, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ПК на базе Intel Celeron 2.67 ГГц, 2 Гб ОЗУ, монитор Acer 17' – 4 шт.</li> </ul> ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium)</li> <li>• Apache OpenOffice 4.1.8 (свободное ПО);</li> <li>• Mozilla Firefox (свободное ПО);</li> <li>• Adobe Acrobat Reader (свободное ПО);</li> <li>• 7-zip для Windows (свободное ПО);</li> <li>• КонсультантПлюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018);</li> </ul>

## 10 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная, а также может проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС).

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- знакомство с материалами лекций в среде MOODLE;
- проведение консультаций в конференциях Zoom;
- балльно-рейтинговая технология оценивания;

При преподавании дисциплины «Классическая механика», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность обучающихся при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса сопровождается компьютерными презентациями, в которых наглядно преподносится материал различных разделов курса, что дает возможность обсудить материал с обучающимися во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала. Материалы лекций в виде слайдов находятся в свободном доступе в системе MOODLE и могут быть получены до чтения лекций и проработаны обучающимися в ходе самостоятельной работы.

На лекциях и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет обучающимся проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием как встреч с обучающимися, так и современных информационных технологий (электронная почта, Zoom).

Иницируется активность обучающихся, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы обучающегося, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости обучающихся в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с оценкой с учетом текущей успеваемости.

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса в основном освоено. При устных собеседованиях обучающийся последовательно излагает учебный материал; при затруднениях способен после наводящих вопросов продолжить обсуждение, справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

**Результат обучения считается несформированным**, если обучающийся при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует до пороговому уровню.

## **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях**

Подготовку к каждому практическому занятию обучающийся должен начать с ознакомления с рекомендуемой литературой (таблица 4), которая отражает содержание предложенной темы. Каждая самостоятельно выполненная работа по индивидуальному варианту подлежит проверке преподавателем.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения расчетов и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- целесообразность использования изученных методов;
- качество комментариев к решению.

## **10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающихся к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающихся на занятиях и в качестве выполненных заданий для самостоятельной работы и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины обучающиеся могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (таблица 12). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

# **11 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

## **11.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости**

Для текущего контроля знаний обучающихся по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая

- проведение контрольных работ;
- выполнение заданий для самостоятельной работы;

### **11.1.1. Типовые задания для контрольных работ**

$$U = -\frac{\alpha}{r} + \frac{\beta}{r^2}$$

1. Найти траекторию материальной точки и ее смещение в поле

$$\vec{E} = E_0 \sin \frac{\pi}{a} \vec{n}_x$$

2. Заряд движется в поле электрического ондулятора. В начальный момент времени  $\vec{r}(0) = 0$ ,  $\vec{V}(0) = v_0 \vec{n}_z$ . Найти закон движения заряда.

3. Определить функцию Гамильтона ангармонического осциллятора, функция Лагранжа которого

$$L = \frac{\dot{x}^2}{2} - \frac{\omega^2 x^2}{2} - \alpha x^3 + \beta x \dot{x}^2.$$

4. Найти интегралы движения, если вид действия не меняется при:  
а) пространственном сдвиге, б) повороте, в) сдвиге начала отсчёта времени, г) винтовом сдвиге.

5. Найти траекторию и законы движения частицы в поле:

$$U = \begin{cases} -V & r < R \\ 0 & r > R \end{cases}$$

6. Материальная точка движется в центральном поле под действием силы  $F = \frac{-\alpha \cdot m}{r^5}$ . При каких начальных условиях траектория представляет собой окружность:  $r = 2R \cos \varphi$ ?

7. Найти интегралы движения для частицы, движущейся:  
а) в однородном поле  $U(r) = -Fr$ ;

б) в поле  $U(r)$ , где  $U(r)$  – однородная функция:  $U(\alpha r) = \alpha^n U(r)$  (уточнить, при каком  $n$  преобразование подобия не меняет вид действия);

в) в поле бегущей волны  $U(r,t) = U(r - Vt)$ , где  $V$  – постоянный вектор;

г) в магнитном поле, заданном векторным потенциалом  $A(r)$ , где  $A(r)$  – однородная функция;

д) в электромагнитном поле, вращающемся с постоянной угловой скоростью  $\Omega$  вокруг оси  $z$ .

8. Определить функцию Гамильтона ангармонического осциллятора, функция Лагранжа которого

$$L = \frac{\dot{x}^2}{2} - \frac{\omega^2 x^2}{2} - \alpha x^3 + \beta x \dot{x}^2.$$

9. Найти закон движения заряженной частицы в однородном постоянном магнитном поле  $H$ , решая уравнения Гамильтона. Векторный потенциал выбрать в виде  $A_x = A_z = 0$ ,  $A_y = xH$ .

10. С помощью уравнения Гамильтона-Якоби в  $r$ -представлении найти траекторию и закон движения частицы в однородном поле.

**11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине**

**11.2.1. Типовые практические задания к зачету с оценкой:**

1. Найти траекторию и законы движения частицы в поле:

$$U = \begin{cases} -V & r < R \\ 0 & r > R \end{cases}$$

2. Доказать, что для заряженной частицы в однородном магнитном поле  $\vec{H}$  интегралом

движения является  $(\vec{M}, \vec{H}) + \frac{e}{2c} [\vec{r}, \vec{H}]^2$  где:  $\vec{M} = [\vec{r}, \vec{p}]$

3. Найти траекторию и законы движения заряженной частицы в магнитном поле:  $\vec{H} = \frac{g\vec{r}}{r^3}$

$$F = \frac{-\alpha \cdot m}{r^5}$$

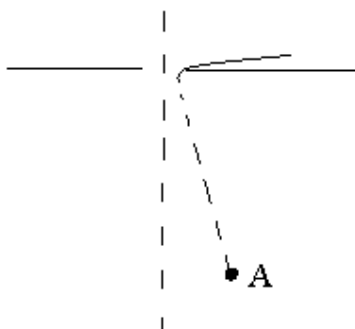
4. Материальная точка движется в центральном поле под действием силы  $F = \frac{-\alpha \cdot m}{r^5}$ . При каких начальных условиях траектория представляет собой окружность:  $r = 2R \cos \varphi$  ?

5. Показать, что для материальной точки, движущейся в центрально-симметричном поле  $U = \frac{-\alpha}{r}$ , сохраняется вектор  $\vec{C} = [\vec{v}, \vec{M}] - \frac{\alpha \cdot \vec{r}}{r}$ . Определить расположение вектора  $\vec{C}$  относительно орбиты точки и связь его величины с эксцентриситетом орбиты.

6. Материальная точка движется в центрально-симметричном поле  $U = \frac{-\alpha}{r^6}$ . Полная энергия равна нулю. Найти траекторию точки и построить график траектории.

$$U = -\frac{\alpha}{r} + \frac{\beta}{r^2}$$

7. Найти траекторию материальной точки и смещение ее в в поле
8. Математический маятник переменной длины колеблется в вертикальной плоскости по гармоническому закону  $\varphi = \varphi_0 \sin \omega \cdot t$ . Найти абсолютное ускорение точки А, если длина  $l$  части ОА нити уменьшается по закону  $l = l_0 - at$ .



9. При движении точки ее радиус-вектор  $\vec{r}$ , скорости  $\vec{v}$  и ускорение  $\vec{W}$  связаны соотношением:  $|\dot{\vec{r}} = a[\vec{v}, \vec{r}]| a = const > 0$ . Найти радиус кривизны траектории.

10. Частица массы  $m$  может двигаться по окружности радиуса  $l$  в вертикальной плоскости в поле тяжести (математический маятник). Найти закон её движения, если кинетическая энергия в нижней точке  $E$  равна  $2mgl$ .  
Оценить период обращения маятника в случае, когда  $E - 2mgl \ll 2mgl$ .

$$U(r) = \frac{\alpha}{r} + \frac{\beta}{r^2}$$

11. Определить траекторию частицы в поле  $U(r) = \frac{\alpha}{r} + \frac{\beta}{r^2}$ . Выразить изменение направления её скорости при рассеянии через энергию и момент.

$$U(r) = -\frac{\alpha}{r} + \frac{\beta}{r^2}$$

12. Определить траекторию частицы в поле  $U(r) = -\frac{\alpha}{r} + \frac{\beta}{r^2}$ . Найти угловое расстояние  $\Delta\varphi$  между двумя последовательными прохождениями перигелия), период радиальных колебаний  $T_r$  и период обращения  $T_\varphi$ . При каком условии траектория окажется замкнутой?

$$U(r) = -\frac{\alpha}{r}$$

13. Найти траекторию частицы в поле  $U(r) = -\frac{\alpha}{r}$ , используя интеграл движения  $A = [vM] - \frac{\alpha r}{r}$ .

14. При каких значениях момента импульса  $M$  возможно финитное движение частицы в поле  $U(r)$ ?

а)  $U(r) = -\frac{\alpha e^{-\nu r}}{r}$ ;

б)  $U(r) = -Ve^{-x^2 r^2}$

15. Частица в поле  $U(x) = -Fx$  за время  $\tau$  перемещается из точки  $x=0$  в точку  $x=a$ . Найти закон движения частицы, предполагая, что он имеет вид  $x(t) = At^2 + Bt + C$ , и подбирая параметры  $A, B, C$  так, чтобы действие имело наименьшее значение.

$$U(r) = \frac{\alpha}{r} + \frac{\beta}{r^2}$$

16. Определить траекторию частицы в поле  $U(r) = \frac{\alpha}{r} + \frac{\beta}{r^2}$ . Выразить изменение направления скорости при рассеянии через энергию и момент.

17. При каких значениях момента импульса  $M$  возможно финитное движение частицы в поле  $U(r)$ ?

а)  $U(r) = -\frac{\alpha e^{-\nu r}}{r}$ ;

б)  $U(r) = -Ve^{-x^2 r^2}$

$$U(r) = -\frac{\alpha e^{-\frac{r}{b}}}{r}$$

18. Показать, что траектория частицы в поле  $U(r) = -\frac{\alpha e^{-\frac{r}{b}}}{r}$  при условии  $r_{\max} \ll D$  представляет собой медленно прецессирующий эллипс, и найти угловую скорость его прецессии.

19. С помощью непосредственного вычисления доказать ковариантность уравнения Лагранжа относительно преобразований координат

$$q_i = q_i(Q_1, Q_2, \dots, Q_s, t), \quad i = 1, 2, \dots, s.$$

20. Найти законы преобразования энергии и импульсов при переходе к системе отсчёта, движущейся со скоростью  $V$ . Функцию Лагранжа  $L'$  в движущейся системе выбрать в

виде:

а)  $L_1' = L(r'+Vt, \dot{r}'+V, t)$ , где  $L(r, \dot{r}, t)$  - функция Лагранжа в неподвижной системе.

21. Найти интегралы движения, если вид действия не меняется при:

а) пространственном сдвиге, б) повороте, в) сдвиге начала отсчёта времени, г) винтовом сдвиге.

22. Найти интегралы движения для частицы, движущейся:

а) в однородном поле  $U(r) = -Fr$ ;

б) в поле  $U(r)$ , где  $U(r)$  – однородная функция:  $U(\alpha r) = \alpha^n U(r)$  (уточнить при каком  $n$  преобразование подобия не меняет вид действия);

в) в поле бегущей волны  $U(r,t) = U(r-Vt)$ , где  $V$  – постоянный вектор;

г) в магнитном поле, заданном векторным потенциалом  $A(r)$ , где  $A(r)$  – однородная функция;

д) в электромагнитном поле, вращающемся с постоянной угловой скоростью  $\Omega$  вокруг оси  $z$ .

23. Найти интегралы движения, отвечающий преобразованию Галилея.

Указание. Использовать результат задачи 4.11.

24. Пусть функция Гамильтона  $H$  системы частиц не изменяется при бесконечно малом переносе (повороте). Вывести отсюда закон сохранения импульса (момента импульса).

26. Определить функцию Гамильтона ангармонического осциллятора, функция Лагранжа которого

$$L = \frac{\dot{x}^2}{2} - \frac{\omega^2 x^2}{2} - \alpha x^3 + \beta x \dot{x}^2.$$

27. Найти закон движения заряженной частицы в однородном постоянном магнитном поле  $H$ , решая уравнения Гамильтона. Векторный потенциал выбрать в виде  $A_x = A_z = 0, A_y = xH$ .

28. Вычислить скобки Пуассона:

$$\{M_j, x_j\}, \{M_j, p_j\}, \{M_j, M_j\};$$

а)

$$\{ap, br\}, \{aM, br\}, \{aM, bM\};$$

б)

$$\{M, rp\}, \{p, r^n\}, \{p, (ar)^2\}.$$

в)

29. Вычислить  $\{A_i, A_j\}$ , где

$$A_1 = \frac{1}{4}(x^2 + p_x^2 - y^2 - p_y^2), \quad A_2 = \frac{1}{2}(xy + p_x p_y),$$

$$A_3 = \frac{1}{2}(xp_y - yp_x), \quad A_4 = x^2 + y^2 + p_x^2 + p_y^2.$$

30. Показать, что  $\{M_z, \varphi\} = 0$  где  $\varphi$  - любая скалярная функция координат и импульсов частицы.

Показать, что  $\{M_z, f\} = [fn]$ , где  $f$  – векторная функция координат и импульсов частицы,  $n$  – единичный вектор в направлении оси  $z$ .

31. Составить уравнение движения вектора  $M = [r, P]$  (где  $P$  – обобщённый импульс), если функция Гамильтона

$$H = -\gamma HM + \frac{P^2}{2m}, \text{ где } \gamma \text{ и } H \text{ – постоянные.}$$

32. Найти каноническое преобразование, задаваемое производящей функцией:



а)  $F(q, Q, t) = \frac{1}{2} m \omega(t) q^2 \operatorname{ctg} Q$ . Записать уравнения движения в переменных Q и P для гармонического осциллятора с частотой  $\omega(t)$

$$F(q, Q, t) = \frac{1}{2} m \omega \left[ q - \frac{F(t)}{m \omega^2} \right] \operatorname{ctg} Q.$$

б) Записать уравнения движения в переменных Q и P для гармонического осциллятора, на который действует внешняя сила F(t).

33. Показать, что преобразование

$$\begin{aligned} x &= X \cos \lambda + \frac{P_y}{m \omega} \sin \lambda, & y &= Y \cos \lambda + \frac{P_x}{m \omega} \sin \lambda, \\ P_y &= -m \omega \sin \lambda + P_y \cos \lambda, & P_x &= -m \omega \sin \lambda + P_x \cos \lambda, \end{aligned}$$

является каноническим. Найти новую функцию Гамильтона H'(P, Q), если

$$H(p, q) = \frac{P_x^2 - P_y^2}{2m} + \frac{m \omega^2}{2} (x^2 + y^2)$$

Описать движение двумерного осциллятора при  $Y = P_y = 0$ .

34. Пусть функция Гамильтона H системы частиц не изменяется при бесконечно малом переносе (повороте). Вывести отсюда закон сохранения импульса (момента импульса).

35. Найти закон движения заряженной частицы в однородном постоянном магнитном поле H, решая уравнения Гамильтона. Векторный потенциал выбрать в виде  $A_x = A_z = 0, A_y = xH$ .

36. Найти траекторию и закон движения частицы в поле  $U(r)$  с помощью уравнения Гамильтона-Якоби:

а)  $U(r) = -Fx$ ;      б)  $U(r) = \frac{m \omega_1^2 x^2}{2} + \frac{m \omega_2^2 y^2}{2}$

37. Определить траекторию и закон движения частицы, рассеиваемой в поле  $U(r) = \frac{ar}{r^3}$ . (Траекторию выразить через квадратуры, а при  $E p^2 \gg a - n$  аналитически). Скорость частиц до рассеяния направлена противоположно вектору a.

38. Определить траектории и законы движения частиц, рассеиваемых и падающих в центр поля U(r). Траекторию выразить через квадратуры, а при  $E p^2 \gg a$  и аналитически. Для первого поля найти аналитическое выражение траектории частицы, падающей в центр при  $E p^2 \ll a$ . Скорость частиц до рассеяния параллельна оси z.

а)  $U(r) = \frac{a \cos \theta}{r^2}$ ;      б)  $U(r) = \frac{a(1 + \sin \theta)}{r^2}$ .

40. Определить траекторию (выразить через квадратуры) финитного движения частицы в

поле  $U(r) = \frac{a \cos \theta}{r^2} - \frac{a}{r}$  при  $M_z = 0$

б) То же для поля  $U(r) = \frac{a \cos \theta}{r^2} + \frac{\gamma}{r^4}$ .

41. Найти уравнение траектории и закон движения частицы в поле  $U(r)$  в параболических координатах:

а)  $U(r) = -\frac{a}{r}$ ;

б)  $U(r) = -\frac{a}{r} - Fr$ .

42. Внутри гладкого упругого эллипсоида вращения  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$  движется частица, вылетевшая из начала координат под углом  $\alpha$  к оси  $z$ . Найти области эллипсоида, недоступные для частицы.

43. Каким образом можно найти действие как функцию координат и времени, зная полный интеграл уравнения Гамильтона-Якоби?

44. С помощью уравнения Гамильтона-Якоби в  $p$ -представлении найти траекторию и закон движения частицы в однородном поле.

45. С помощью непосредственного вычисления доказать ковариантность уравнения Лагранжа относительно преобразований координат

$$q_i = q_i(Q_1, Q_2, \dots, Q_s, t), \quad i = 1, 2, \dots, s.$$

46. Найти законы преобразования энергии и импульсов при переходе к системе отсчёта, движущейся со скоростью  $V$ . Функцию Лагранжа  $L'$  в движущейся системе выбрать в виде:

а)  $L_1' = L(r'+Vt, \dot{r}'+V, t)$ , где  $L(r, \dot{r}, t)$  - функция Лагранжа в неподвижной системе;

б)  $L_2' = \sum_a \frac{m_a v_a'^2}{2} - U(r'+Vt, t)$ . Здесь  $L_2'$  отличается от  $L_1'$  на полную производную по времени.

47. Найти интегралы движения для частицы, движущейся:

а) в однородном поле  $U(r) = -Fr$ ;

б) в поле  $U(r)$ , где  $U(r)$  - однородная функция:  $U(\alpha r) = \alpha^n U(r)$  (уточнить при каком  $n$  преобразование подобия не меняет вид действия);

в) в поле бегущей волны  $U(r, t) = U(r - Vt)$ , где  $V$  - постоянный вектор;

г) в магнитном поле, заданном векторным потенциалом  $A(r)$ , где  $A(r)$  - однородная функция;

д) в электромагнитном поле, вращающемся с постоянной угловой скоростью  $\Omega$  вокруг оси  $z$ .

48. Найти интегралы движения, отвечающий преобразованию Галилея.

49. Найти интегралы движения для частицы в однородном магнитном поле  $H$ , если векторный потенциал задан в виде

а)  $A = \frac{1}{2}[Hr]$ ; б)  $A_x = A_z = 0, A_y = xH$