

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра теоретической физики**



**Рабочая программа дисциплины
АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**

направление подготовки: **03.03.02 Физика**
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения: **Очная**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Прием заданий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	144	32	48	8	32	18	4			2
Всего 144 часа / 4 зачётные единицы, из них: - контактная работа 94 часа										
Компетенции: ОПК-1										

Ответственный за образовательную программу,
д.ф.-м.н., проф.

С.В. Цыбуля

Новосибирск, 2022

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	4
4. Структура и содержание дисциплины	6
5. Перечень учебной литературы.....	8
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.....	8
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	8
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	9
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	9
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	9

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Курс «Аналитическая механика» предназначен для обучения студентов-физиков, для которых аналитическая механика является первой главой теоретической физики. Развиваемые в этой главе методы и идеи оказываются важными буквально для всех остальных разделов теоретической физики.

Основной особенностью данного курса является постепенное вхождение в сложные разделы аналитической механики с тем, чтобы не потерять связь со слушателями. В начале курса повторяются частично известные ещё с первого семестра уравнения Ньютона, движение в центральном поле и рассеяние. Уравнения Лагранжа выводятся из принципа Гамильтона, а их справедливость проверяется сведением их к уравнениям Ньютона.

Мы надеемся, что такой подход позволяет проще и быстрее освоить новые понятия лагранжевой механики. Далее читается уже устоявшиеся традиционные разделы аналитической механики как части курса теоретической физики: линейные и нелинейные колебания, гамильтонов формализм, движение твёрдого тела. Возникшие в последнее время такие важные разделы как общее исследование уравнений динамики, улучшенная теория возмущений для нелинейных колебаний, динамический хаос, должны, по нашему мнению, быть предметами отдельных дополнительных курсов.

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p>ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-1.1. Применяет математический аппарат, теоретические и методологические основы математических дисциплин для решения профессиональных задач в области физики и смежных с ней областях.</p> <p>ОПК -1.2. Использует теоретические основы базовых разделов математических и естественнонаучных дисциплин при решении профессиональных задач в области физики и смежных с ней областях.</p> <p>ОПК-1.4 Использует терминологию и понятийный аппарат базовых физико-математических дисциплин.</p>	<p>Знать основы лагранжева формализма (включая уравнения Лагранжа, обобщенные координаты и импульсы, теорему Нётер, законы сохранения) и гамильтонова формализма (включая уравнения Гамильтона, скобки Пуассона, канонические преобразования), методы теории линейных и простых нелинейных колебаний, способы описания движения твердого тела и свободного движения симметрического волчка, уравнения Гамильтона-Якоби.</p> <p>Уметь рассчитывать движение в кулоновском поле и поле трехмерного изотропного осциллятора, находить сечение рассеяния в простых центральных полях, включая сечение рассеяния в кулоновском поле (формула Резерфорда); находить нормальные колебания многомерных линейных систем, находить вынужденные колебания для гармонической силы; уметь использовать канонические преобразования для решения простых задач нелинейных колебаний; находить адиабатические инварианты в простых одномерных системах.</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		Владеть: техникой расчета движений частицы в центральных полях; техникой решения уравнений Лагранжа и уравнений Гамильтона для одномерных систем и для движения частицы в полях, обладающих свойствами симметрии, техникой расчета простых систем с помощью уравнений Гамильтона-Якоби.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Курс «Аналитическая механика» читается в весеннем семестре для студентов 2-го курса бакалавриата физического факультета, обучающихся по направлению подготовки **03.03.02 Физика**. Курс является одной из обязательных профессиональных дисциплин, реализуемых кафедрой теоретической физики.

Необходимыми предпосылками для успешного освоения курса являются следующее.

В цикле математических дисциплин: знание основ линейной алгебры и математического анализа, умение решать простые дифференциальные уравнения, знакомство с уравнениями в частных производных, умение применять эти знания при решении задач.

В цикле общефизических дисциплин необходимыми предпосылками являются знание и умение применять основные принципы классической механики и электродинамики в рамках курса общей физики. Предполагается, что студенты уже знакомы с такими понятиями, как сила и масса, уравнения Ньютона, потенциальная энергия, колебания одномерных систем и простейшие движения твердого тела, описание электромагнитного поля с помощью скалярного и векторного потенциалов, уравнения Максвелла.

С другой стороны, такие разделы данного курса как лагранжевы и гамильтоновы формализмы, нормальные колебания, адиабатические инварианты, теорема Лиувилля, канонические преобразования являются той азбукой, без знания которой невозможно глубокое изучение теории поля, статистической физики, квантовой механики.

3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Прием заданий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	144	32	48	8	32	18	4			2

Всего 144 часа / 4 зачётные единицы, из них: - контактная работа 94 часа
Компетенции: ОПК-1

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: домашние задания, контрольные работы, задания для самостоятельного решения.

Промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет **144** академических часа / **4** зачётных единиц:

- занятия лекционного типа – 32 часа;
- практические занятия – 48 часов;
- прием заданий – 8 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 32 часа;
- промежуточная аттестация (подготовка к сдаче экзамена, консультация и экзамен) – 24 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, групповые консультации, экзамен) составляет 94 часа.

4. Структура и содержание дисциплины

Дисциплина «Аналитическая механика» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 2-м курсе физического факультета НГУ в 4 семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины, основное содержание лекций	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Консультации перед экзаменом (часов)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции (кол-во часов)	Практические занятия (кол-во часов)	Прием заданий				
1	Законы Ньютона. Движение в центральном поле. Задача рассеяния.	1-2	16	4	6		6			
2	Принцип наименьшего действия. Уравнения Лагранжа. Теорема Нётер.	3-4	16	4	6		6			
3	Линейные колебания. Колебания в системах с симметрией. Нелинейные колебания.	5-8	29	8	12	4	5			
4	Уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона. Канонические преобразования.	9-10	16	4	6	2	4			
5	Действие вдоль истинной траектории. Теорема Лиувилля. Уравнения Гамильтона-Якоби.	11-12	15	4	6		5			
6	Момент импульса и кинетическая энергия твердого тела. Движение симметричного волчка.	13-14	16	4	6	2	4			
7	Адиабатические инварианты.	15-16	12	4	6		2			
8	Самостоятельная работа в период подготовки к промежуточной аттестации		20					18		
9	Консультации		2						2	
10	Экзамен		2						2	
	Всего		144	32	48	8	32	18	2	

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

Раздел 1. Механика Ньютона (4 часа)

Одномерное движение в потенциальном поле. Период колебаний. Движение в центральном поле. Изотропный осциллятор. Задача Кеплера. Дополнительный интеграл движения в задаче Кеплера. Сечение рассеяния. Формула Резерфорда. Рассеяние под малыми углами. Теорема о вироале.

Раздел 2. Принцип наименьшего действия (4 часа)

Уравнения Лагранжа для нерелятивистской частицы в потенциальном поле. Обобщенные координаты и импульсы. Функция Лагранжа для частицы в электромагнитном поле, для релятивистской частицы, для системы с идеальными голономными связями. Теорема Нётер. Законы сохранения.

Раздел 3. Колебания (8 часов)

Линейные колебания. Нормальные координаты. Ортогональность нормальных колебаний. Случай вырождения частот. Вынужденные колебания; резонансы. Колебания систем, обладающих свойствами симметрии. Колебания молекул. Колебания линейных цепочек. Стоячие и бегущие волны. Акустические и оптические колебания.

Раздел 4. Гамильтонова механика (4 часа)

Уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона. Вариационный принцип для уравнения Гамильтона. Функция Гамильтона для частицы в электромагнитном поле. Канонические преобразования. Инвариантность скобок Пуассона относительно канонических преобразований. Необходимый и достаточный признак каноничности преобразований. Примеры канонических преобразований: поворот на фазовой плоскости; переменные a и a^* для гармонического осциллятора.

Раздел 5. Действие как функция координат (4 часа)

Действие вдоль истинной траектории как функция начальных и конечных координат и времени. Сохранение фазового объема при канонических преобразованиях. Теорема Лиувилля. Уравнение Гамильтона-Якоби. Релятивистская траектория в поле Кулона.

Раздел 6. Движение твердого тела (4 часа)

Движение твердого тела. Момент импульса твердого тела. Кинетическая энергия твердого тела. Тензор моментов инерции. Свободное движение симметрического волчка.

Раздел 7. Адиабатические инварианты (4 часа)

Адиабатические инварианты. Маятник с изменяемой длиной нити. Движение частицы в ящике изменяющегося размера.

Программа практических занятий (48 часов)

- Занятие 1.* Одномерное движение. Сохранение энергии. Движение в различных потенциалах.
- Занятие 2.* Зависимость периода одномерных колебаний от энергии. Малые поправки.
- Занятие 3.* Кеплеров эллипс. Незамкнутые траектории в центральном некулоновском потенциале.
- Занятие 4.* Функция Лагранжа простых механических систем.
- Занятие 5.* Вывод законов сохранения из симметрии механических систем.
- Занятие 6.* Частоты и нормальные колебания двух масс, соединенных пружинками.
- Занятие 7.* Три массы на кольце. Симметрия. Общее решение. Подстановка в него начальных условий.
- Занятие 8.* Линейные цепочки.
- Занятие 9.* Нелинейные поправки к частоте.
- Занятие 10.* Параметрический резонанс.
- Занятие 11.* Гамильтониан в электромагнитном поле.
- Занятие 12.* Уравнения Гамильтона.
- Занятие 13.* Законы сохранения в гамильтоновом формализме.
- Занятие 14.* Вычисление скобок Пуассона.
- Занятие 15.* Контрольная работа.
- Занятие 16.* Канонические преобразования.
- Занятие 17.* Теорема Лиувилля.
- Занятие 18.* Вывод кеплерова эллипса из уравнения Гамильтона-Якоби.
- Занятие 19.* Вывод траектории в кулоновском потенциале в релятивистском случае.
- Занятие 20.* Вычисление тензора моментов инерции.
- Занятие 21.* Стыковка свободно вращающихся твердых тел.
- Занятие 22.* Адиабатический инвариант для математического маятника.
- Занятие 23.* Переменные действие-угол.
- Занятие 24.* Контрольная работа.

Самостоятельная работа студентов (50 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям.	24
Подготовка к контрольным работам	6
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	10
Подготовка к экзамену	10

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. — 4-е изд., испр. — 1988. — 215 с.: ил. — (Теоретическая физика, т. I).
2. Коткин Г.Л., Сербо В.Г., Черных А.И. Лекции по аналитической механике. — Изд. 2-е, испр. — Москва; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика: Институт компьютерных исследований, 2017. — 234 с.: ил., ISBN 978-5-4344-0427-3 (69 экз.)
3. Коткин Г.Л., Сербо В.Г. Сборник задач по классической механике. — Изд. 3-е, испр. и доп. — Москва; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2001. — 346 с.: ил.(48 экз.)
4. Арнольд В.И. Математические методы классической механики. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Наука, 1989. — 472 с.: ил.
5. Голдстейн Г. Классическая механика. — 2-е изд. — М.: Наука, 1975.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

1. Коткин Г.Л., Сербо В.Г., Черных А.И. Лекции по аналитической механике. — Изд. 2-е, испр. — Москва; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика: Институт компьютерных исследований, 2017. — 234 с.: ил.
2. Коткин Г.Л., Сербо В.Г. Сборник задач по классической механике. — Изд. 3-е, испр. и доп. — Москва; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2001. — 346 с.: ил.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины «Аналитическая механика» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем опроса в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции, а также проведения коротких самостоятельных работ в начале каждого занятия с решением типовых задач, разобранных на предыдущем занятии. Студентам необходимо успешно выполнить две контрольные работы, предполагающие решение задач из разделов «Лагранжева механика» и «Гамильтонова механика».

Промежуточная аттестация.

Для контроля усвоения дисциплины учебным планом предусмотрен экзамен в конце семестра. Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

Освоение компетенции оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ОПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к

формированию способности использовать специализированные знания в области аналитической механики в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ОПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенции принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда компетенция освоена не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ОПК-1.1. Применяет математический аппарат, теоретические и методологические основы математических дисциплин для решения профессиональных задач в области физики и смежных с ней областях.	Знать основы лагранжева формализма (включая уравнения Лагранжа, обобщенные координаты и импульсы, теорему Нётер, законы сохранения) и гамильтонова формализма (включая уравнения Гамильтона, скобки Пуассона, канонические преобразования), методы теории линейных и простых нелинейных колебаний, способы описания движения твердого тела и свободного движения симметрического волчка, уравнения Гамильтона-Якоби.	Опрос Контрольная работа Экзамен.
ОПК -1.2. Использует теоретические основы базовых разделов математических и естественнонаучных дисциплин при решении профессиональных задач в области физики и смежных с ней областях.	Уметь рассчитывать движение в кулоновском поле и поле трехмерного изотропного осциллятора, находить сечение рассеяния в простых центральных полях, включая сечение рассеяния в кулоновском поле (формула Резерфорда); находить нормальные колебания многомерных линейных систем, находить вынужденные колебания для гармонической силы; уметь использовать канонические преобразования для решения простых задач нелинейных колебаний; находить адиабатические инварианты в простых одномерных системах.	Опрос Контрольная работа Экзамен.
ОПК-1.4 Использует терминологию и понятийный аппарат базовых физико-математических дисциплин.	Владеть: техникой расчета движений частицы в центральных полях; техникой решения уравнений Лагранжа и уравнений Гамильтона для одномерных систем и для движения частицы	Опрос Контрольная работа Экзамен.

	в полях, обладающих свойствами симметрии, техникой расчета простых систем с помощью уравнений Гамильтона-Якоби.	
--	---	--

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Аналитическая механика».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ОПК-1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ОПК-1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ОПК-1.4	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Контрольная работа №1 по разделу «Лагранжева механика»

1. Вычислить функцию Лагранжа и частоту малых колебаний грузика массы m , скользящего без трения по проволоке, имеющей форму эллипса с одним из диаметров, расположенным вертикально в поле тяжести.

2. Найти эффективное сечение падения однородного на бесконечности потока частиц на сферу радиуса R , центр которой совпадает с центром поля

$$U(r) = \beta/r^3$$

3. Найти частоты и нормальные колебания 3-х грузиков, связанных двумя пружинками, свободно скользящих по горизонтальной спице. Проверить ортогональность нормальных колебаний.

4. Вычислить скобки Пуассона:

а) $\{M_i, p_j\}$;

б) $\{\mathbf{aM}, \mathbf{br}\}$;

в) $\{\mathbf{p}, r^n\}$.

Здесь p_i, M_i – декартовы компоненты векторов импульса и момента импульса, \mathbf{a}, \mathbf{b} – постоянные векторы.

5. Вычислить тензор моментов инерции конструкции из двух однородных тонких стержней массы m и длины $2a$ скрепленных в форме буквы Т.

6. Тяжелый стержень массы m и длины l отклонен от вертикали на угол α . С какой скоростью нужно толкнуть нижний конец в направлении, перпендикулярном плоскости отклонения, чтобы стержень коснулся потолка?

Контрольная работа №2 по разделу «Гамильтонова механика»

1. Найти сечение рассеяния быстрых частиц в потенциале $U(r) = -\beta/r + \beta/a$, где a – радиус сферы.

2. Показать, что преобразование $Q = \frac{pq}{2}, P = \ln p/(2q)$ является каноническим. Найти производящую функцию в переменных q, P .

3. Найти центр масс и вычислить тензор моментов инерции однородной квадратной тонкой пластины размера $2a$, из угла которой вырезан квадрат размера a .

4. Вычислить действие как функцию начальных и конечных координат для движения с постоянной скоростью.

5. Получить кеплеров эллипс методом Гамильтона-Якоби.

6. Круглое кольцо, по которому без трения скользит бусинка, вращается вокруг вертикального диаметра в поле тяжести. Найти зависимость координаты устойчивого равновесия от угловой скорости вращения и частоту малых колебаний в нем.

Примерные вопросы на экзамен

1. Почему в лагранжевом формализме сохраняются энергия и момент импульса?
2. Сформулировать теорему Штейнера в тензорном виде.
3. Чем отличаются канонические преобразования от произвольных координатных?
4. Всегда ли функция Лагранжа равна разности кинетической и потенциальной энергии?
5. Однозначно ли определены функции Лагранжа, Гамильтона и производящая функция?
6. Определение энергии в лагранжевом формализме.
7. Определение тензора моментов инерции.
8. Вывод формулы для рассеяния на малые углы.
9. Определение полностью антисимметричного тензора третьего ранга.

10. Уравнения Гамильтона (желательно через скобки Пуассона).
11. Чему равны $\{p, f(p,q)\}$ и $\{q, f(p,q)\}$?
12. От каких переменных зависят функции Лагранжа и Гамильтона?
13. Определение действия как функционала.
14. Связь между вектором частоты и моментом импульса для симметричного волчка (частоты прецессии и вращения вокруг оси симметрии).
15. Что такое сила Кориолиса и куда она направлена?
16. Какие законы сохранения выполняются в кулоновском поле, а какие в центральном?
17. Из какого закона получается, что траектория плоская?
18. Что такое эффективное дифференциальное сечения рассеяния?
19. Как проверить в уравнениях колебаний, что ваше предположение о симметрии или антисимметрии правильное?
20. Написать гамильтониан гармонического осциллятора.
21. Написать гамильтониан в центральном поле в декартовых, сферических, цилиндрических координатах.
22. Сформулировать законы Кеплера. В каком поле они выполняются?
23. Траектория в сферическом гармоническом потенциале. Где находится центр поля?
24. Сформулировать теорему Лиувилля. Что такое фазовый объем в двумерном случае?
25. Фазовая траектория для гармонического осциллятора. Как меняется с энергией? А в произвольной потенциальной яме?
26. Куб, это какой волчок?
27. Адиабатический инвариант для гармонического осциллятора.
28. Сколько колебательных степеней свободы у молекул CO_2 и H_2O ?
29. Тензор моментов инерции для тонкого кольца, стержня, сферы, шара, стержня, куба, любого простого тела (хотя бы только симметрию).
30. Выражение для энергии и момента импульса твердого тела. В этом выражении проекции угловой скорости на какие оси?
31. Как связаны гамильтониан и лагранжиан? В каких переменных записываются?
32. Написать уравнение движения гармонического осциллятора и его решение.
33. Гамильтоновы уравнения движения гармонического осциллятора и их решение.
34. Функция Лагранжа в электромагнитном поле.
35. Энергия в электромагнитном поле.
36. Функция Гамильтона в электромагнитном поле.
37. Действие как функция координат и времени.
38. Уравнение Гамильтона-Якоби для гармонического осциллятора.
39. Что такое эффективный потенциал в центральном поле? Нарисовать $U_{\text{эфф}}(r)$ в кулоновском потенциале.
40. Как выглядят траектории гармонического осциллятора на фазовой плоскости?
41. Как записывается функция Лагранжа колебательной системы в нормальных координатах?
42. Что такое циклические координаты?

Пример экзаменационного билета

1. Задача Кеплера. Дополнительный интеграл движения в кулоновом поле.
2. Гамильтониан для частицы в электромагнитном поле.
3. Найти частоты нормальных колебаний и нормальные координаты для трех частиц на кольце, соединенных тремя одинаковыми пружинами.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Аналитическая механика»
по направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного