

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ТГПУ)

«УТВЕРЖДАЮ»
декан физико-математического факультета
Е.И. Шьяных
« 20 » 2015г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ОД.3. «Классическая механика»

ТРУДОЕМКОСТЬ (В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ) 5.

Направление подготовки: 03.04.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки: Теоретическая физика

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Форма обучения: очная

1. Цели изучения учебной дисциплины.

Основной целью курса «Классическая механика» является знакомство студентов с разделом теоретической физики, который посвящен общим методам исследования произвольных классических динамических систем. Задача изучения данного предмета – сформировать у студентов понимание фундаментальных физических идей и математических методов механики, ознакомить с основными моделями механики и научить методам решения задач механики.

2. Место учебной дисциплины в структуре основной образовательной программы.

Курс «Классическая механика» входит в Блок-1 ---дисциплины, вариативная часть. Преподается предмет в первом семестре. Программа подготовлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта ФГОС ВО. Предполагается, что студенты уже знакомы с основными принципами классической механики и электродинамики в рамках курса общей физики. Курс «Классическая механика» является предшествующим для всех дисциплин теоретической физики, которые изучаются в магистратуре.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП.

Дисциплина «Классическая механика» вносит вклад в формирование следующих компетенций, требуемых ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 Физика:

Общекультурными (ОК): ОК-1, ОК-2, ОК-3.

Обще-профессиональными (ОПК): ОПК-5, ОПК-6.

Профессиональными (ПК): ПК-1.

В результате изучения курса «Классическая механика» студент должен:

- *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), уравнения Гамильтона-Якоби.
- *уметь* использовать канонические преобразования для решения простых задач нелинейных колебаний; уметь проводить необходимые математические преобразования; находить адиабатические инварианты в простых одномерных системах, использовать уравнения лагранжевой и гамильтоновой механики для конкретных физических ситуаций
- *обладать навыками* 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.

4. Общая трудоемкость дисциплины 5 зачетных единиц и виды учебной работы.

Вид учебной работы	Трудоемкость (в соответствии с учебным планом) (час)	Распределение по семестрам (час)
	Всего 180	1
Аудиторные занятия	64	64
Лекции	16	16
Практические занятия	48	48
Семинары		
Лабораторные работы		
Другие виды аудиторных работ	20	20
Другие виды работ		
Самостоятельная работа	89	89
Курсовой проект (работа)		
Расчетно-графические работы		
Реферат		
Расчетно-графические работы		
Формы текущего контроля		
Формы промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом	27	экзамен

5. Содержание программы учебной дисциплины.

5.1. Содержание учебной дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Аудиторные занятия				Самостоятельная работа
		Всего	Лекции	Практические занятия	Занятия в интерактивной форме	
1	Основные положения механики Ньютона	12	2	10	2	12
2	Лагранжева формулировка механики	14	4	10	2	17
3	Законы сохранения. Одномерное движение	8	2	6	2	15
4	Малые колебания	8	2	6	2	15
5	Движение в центральном поле	8	2	6	2	15
6	Гамильтонова формулировка механики	14	4	10	4	15
	Итого:	Час/зач.ед 64/1.8	16	48	20	

5.2. Содержание разделов дисциплины

1. Основные положения механики Ньютона. Объекты и модели классической механики. Пространство и время. Системы отсчета. Преобразования Галилея. Инвариантность и ковариантность уравнений движения при переходе от одной инерциальной системы к другой. Законы Ньютона. Уравнения движения в классической механике.

2. Лагранжева формулировка механики. Классификация связей. Конфигурационное пространство. Вариационные принципы механики. Принцип Гамильтона. Уравнения Лагранжа. Основные свойства уравнений Лагранжа и функции Лагранжа. Функция Лагранжа свободной частицы. Функция Лагранжа и уравнения движения системы взаимодействующих частиц.

3. Законы сохранения. Одномерное движение. Понятие об интегралах движения. Законы сохранения. Одномерное движение. Преобразование сохраняющихся величин при изменении системы отсчета.

4. Малые колебания. Функция Лагранжа линейного гармонического осциллятора. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Свободные колебания в системах со многими степенями свободы.

5. Движение в центральном поле. Общие свойства движения в центральном поле. Нахождение траектории в центральном поле. Задача Кеплера. Движение частицы в кулоновском поле отталкивания.

6. Гамильтонова формулировка механики. Канонические уравнения движения. Фазовое пространство. Интегралы движения и скобки Пуассона. Канонические преобразования. Производящие функции. Теорема Лиувилля. Уравнение Гамильтона-Якоби. Разделение переменных в уравнении Гамильтона-Якоби.

5.3 Лабораторный практикум - не предусмотрен

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы по дисциплине.

6.1. Основная литература по дисциплине:

1. Голдстейн Г., Пул Ч., Сафко Дж. Классическая механика. Пер.с англ. 2012 г.-828 с.

6.2. Дополнительная литература:

1. Мултановский, В. В. Курс теоретической физики. Классическая механика: учебное пособие для вузов: [в 4 кн.] / В. В. Мултановский.-2-е изд., перераб.-М.:Дрофа, 2009.-382 с.
2. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие для вузов : в 10 т./Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского. - Изд. 5-е, стереотип. -М.: ФИЗМАТЛИТ.- (Теоретическая физика). Т. 1:Механика, 2007.- 222 с.
3. Савельев, И. В. Основы теоретической физики. Механика. Электродинамика: учебник для вузов : в 2 т./И. В. Савельев. - Изд. 3-е, стереотип. - СПб. [и др.]: Лань.- (Лучшие классические учебники. Физика). Т. 1:Механика. Электродинамика, 2005.- 493 с
4. Айзерман, М А. Классическая механика / М. А. Айзерман.-М.:Наука,1974.-367 с.
5. Гантмахер, Ф. Р. Лекции по аналитической механике:Учебное пособие для вузов/Ф. Р. Гантмахер; Под ред. Е. С. Пятницкого.-3-е изд., стер.-М.:ФИЗМАТЛИТ, 2002.- 262 с.
6. Медведев, Б. В. Начала теоретической физики: Механика, теория поля, элементы квантовой механики: учебное пособие для вузов / Б. В. Медведев. - М.:ФИЗМАТЛИТ, 2007.

7. Бороненко, Т. С.. Задачи по классической механике: учебно-методическое пособие для вузов / Т. С. Бороненко, И. Л. Бухбиндер, В. В. Кругликов; МО РФ, ТГПУ. - Томск: Издательство ТГПУ, 2003. -157с.

6.3. Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины.

Рекомендуемая литература.

<http://ilib.mccme.ru/djvu/klassik/newton.htm> И. Ньютон «Математические начала натуральной философии»

http://publ.lib.ru/ARCHIVES/L/LAGRANJ_Jozef_Lui/Lagranj_J.L..html Жозеф Луи Лагранж «Аналитическая механика»

6.4. Рекомендации по использованию информационных технологий, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

Лекционная аудитория. Экран, мультимедийный проектор. Интернет. Ниже перечислены темы практических занятий, которые желательно проводить в компьютерных классах.

№п/п	Наименование раздела (темы) учебной дисциплины	Наименование материалов обучения, пакетов программного обеспечения	Наименование технических и аудиовизуальных средств, используемых с целью демонстрации материалов
1	Законы сохранения (Визуализация инвариантных множеств)	Wolfram CDF-Player –свободно распространяемый).	Интернет. Интерактивная доска или экран и проектор
2	Динамика на фазовой плоскости	Пакет символьной математики Maple (демо-версия)	
3	Движение в центральном поле.		

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

7.1. Методические рекомендации для студентов.

Для более глубокого освоения материала по данному курсу студентам предлагается использовать рекомендуемую основную и дополнительную литературу. Важным является также решение достаточно большого количества задач самостоятельно в качестве домашних заданий;. Студентам рекомендуется регулярно изучать лекционный материал, готовясь к текущим опросам, коллоквиумам и контрольным работам.

В курсе «Классическая механика» студентам в качестве самостоятельной работы предлагается решение задач по темам, перечисленным в учебно-методическом пособии «Задачи по классической механике», которое указано в списке рекомендованной основной литературы. Особенностью данного пособия является подбор задач, не требующих сложных вычислений, но в то же время помогающих усвоить основные фундаментальные понятия и законы классической механики. Приведенные в пособии решения характерных задач, позволяют его успешно использовать для самостоятельной работы студентов. Е

8. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

8.1. Тематика рефератов (докладов, эссе): не предусмотрено.

8.2. Вопросы и задания для самостоятельной работы, в том числе групповой самостоятельной работы обучающихся:

В качестве самостоятельной работы предлагается решение задач по всем разделам дисциплины.

Частью самостоятельной работы студентов является подготовка к экзамену. Студентам предлагается перечень контрольных вопросов, на которые он отвечает перед экзаменом (тесты, контрольные работы), после чего получает допуск к экзамену. Примерный перечень вопросов:

- 1) Какой закон Ньютона определяет системы отсчета в классической механике?
- 2) Какие переменные задают фазовое пространство в гамильтоновой формулировке механики?
- 3) Какие переменные задают конфигурационное пространство в лагранжевой формулировке механики?
- 4) Какой закон определяет силу гравитационного воздействия одной материальной точки на другую?
- 5) Сколько степеней свободы имеет система, состоящая из N частиц, в которой две частицы соединены жестким стержнем?
- 6) Сколько степеней свободы имеет система N частиц, на которую не наложены связи?
- 7) Сколько постоянных интегрирования содержится в решении уравнений движения, описывающих динамику системы из N частиц без связей?
- 8) Чему равно число независимых интегралов движения в замкнутой механической системе из N частиц без связей?
- 9) Как формулируется принцип Гамильтона?
- 10) Какие симметрии пространства и времени классической механики приводят к выполнению закона сохранения импульса?
- 11) Какие симметрии пространства и времени классической механики приводят к выполнению закона сохранения энергии?
- 12) Какие симметрии пространства и времени классической механики приводят к выполнению закона сохранения момента импульса?
- 13) Принцип экстремального действия можно представить так:
- 14) Уравнения Лагранжа для системы частиц в случае действия потенциальных сил имеют вид:
- 15) Уравнения Лагранжа для системы частиц при наличии диссипативных сил имеют вид:
- 16) Уравнения Лагранжа для системы невзаимодействующих частиц имеют вид:
- 17) Какие динамические характеристики частиц задают состояние механической системы в лагранжевой формулировке механики?
- 18) Какой закон Ньютона приводит к принципу причинности в классической механике?

- 19) Что необходимо задать для определения сохраняющихся величин в механических системах?
- 20) Какой закон Ньютона приводит к принципу дальнего действия?
- 21) Что можно сказать о свойствах взаимного притяжения шарообразных тел?
- 22) Потенциальная энергия однородного гравитационного поля имеет вид:
- 23) Потенциальная энергия задачи Кеплера имеет вид:
- 24) Потенциальная энергия кулоновского поля отталкивания имеет вид:
- 25) Потенциальная энергия пространственного гармонического осциллятора имеет вид:
- 26) Условие потенциальности силового поля можно представить так:
- 27) Сила, действующая в центрально-симметричном поле, представляется в виде:
- 28) Выражение для силы, действующей в ньютоновском поле, записывается так:
- 29) Выражение для обобщенной квазиупругой силы имеет вид:
- 30) Какие величины сохраняются в центральном поле?
- 31) Укажите, какое условие для потенциальной энергии выполняется в точках остановки в одномерном движении?
- 32) Укажите, какое условие для потенциальной энергии выполняется в поворотных точках в центральном поле?
- 33) Укажите, что является основной характеристикой потенциальной энергии в центральном поле?
- 34) Укажите, чем характеризуется центральное поле, в котором траектория финитного движения замкнута?
- 35) Уравнение, из которого можно определить точки остановки в одномерном движении имеет вид:
- 36) Уравнение, из которого можно определить границы области движения по r в центральном поле имеет вид:
- 37) Уравнение, выражающее закон сохранения энергии в одномерном движении, имеет вид:
- 38) Уравнение, выражающее закон сохранения энергии в центральном поле, имеет вид.
- 39) Уравнения Гамильтона имеют вид:
- 40) Какие преобразования называются каноническими?
- 41) Функция Гамильтона в задаче Кеплера имеет вид:
- 42) Функция Гамильтона одномерного гармонического осциллятора имеет вид:
- 43) Функция Гамильтона пространственного гармонического осциллятора имеет вид:
- 44) Функция Гамильтона однородного поля тяжести имеет вид:

8.3. Вопросы для самопроверки, диалогов, обсуждений, дискуссий, экспертиз:

1. Основные свойства пространства и времени в классической механике.
2. Степень свободы системы, состоящей из N частиц.
3. Степень свободы система N частиц, на которую не наложены связи.
4. Принцип Гамильтона.
5. Понятие симметрии пространства и времени классической механики.
6. Законы сохранения классической механики.

7. Вид уравнения Лагранжа для системы частиц в случае действия потенциальных сил; при наличии диссипативных сил имеют вид; для системы невзаимодействующих частиц имеют вид.
8. Какие динамические характеристики частиц задают состояние механической системы в лагранжевой формулировке механики?
9. Потенциальная энергия однородного гравитационного поля.
10. Потенциальная энергия задачи Кеплера.
11. Потенциальная энергия кулоновского поля отталкивания.
12. Потенциальная энергия пространственного гармонического осциллятора.
13. Потенциальная энергия в точках останова при одномерном движении.
14. Потенциальная энергия в поворотных точках в центральном поле.
15. Основные характеристики потенциальной энергии в центральном поле.
16. Уравнение движения точки в одномерном случае и его особенности.
17. Уравнение движения точки в центральном поле и его особенности.
18. Уравнения Гамильтона.
19. Задача Кеплера.
20. Функция Гамильтона и ее разновидности.

8.4. Примеры тестов:

1. Принцип экстремального действия можно представить так:

$$a) S = \int_{t_1}^{t_2} L(q, \dot{q}, t) dt, \quad b) \delta \int_{t_1}^{t_2} L(q, \dot{q}, t) dt = 0, \quad c) dS = L(q, \dot{q}, t) dt, \quad d) \delta \int_{t_1}^{t_2} L(q, \dot{q}, t) dt \neq 0.$$

2. Функция Гамильтона в задаче Кеплера имеет вид:

$$a) H = \frac{p^2}{2m} + \frac{kx^2}{2}, \quad b) H = \frac{p^2}{2m} - \frac{\alpha}{r}, \quad c) H = \frac{p^2}{2m} + \frac{kr^2}{2}, \quad d) H = \frac{p^2}{2m} + mgz.$$

3. Задана функция Лагранжа $L = \frac{m}{2}(\dot{x}^2 - \dot{y}^2 + 2\dot{x}\dot{y})$. Построить функцию Гамильтона.

$$a) H = \frac{2}{5m}(p_x^2 - p_y^2 + p_x p_y), \quad b) H = \frac{1}{4m}(p_x^2 - p_y^2 + 2p_x p_y),$$

$$c) H = \frac{2}{5m}(p_x^2 - p_y^2 + p_x p_y), \quad d) H = \frac{8}{15m}(p_x^2 + p_y^2 + \frac{1}{2}p_x p_y)$$

4. Какие переменные задают конфигурационное пространство в лагранжевой механике?

- a) Обобщенные координаты и скорости
- b) Обобщенные координаты
- c) Начальные условия
- d) Обобщенные координаты и импульсы

8.5. Перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамен):

1. Основные свойства пространства и времени в классической механике.
2. Преобразования Галилея.

3. Классификация связей. Конфигурационное пространство.
4. Вариационные принципы механики.
5. Принцип Гамильтона.
6. Основные свойства функции Лагранжа и уравнений Лагранжа.
7. Функция Лагранжа свободной частицы.
8. Функция Лагранжа и уравнения движения системы взаимодействующих частиц.
9. Гармонизация функции Лагранжа. Одномерный гармонический осциллятор.
10. Закон сохранения энергии. Общие свойства одномерного движения.
11. Законы сохранения импульса и момента импульса.
12. Свободные колебания в системах со многими степенями свободы. Нормальные координаты.
13. Общие свойства движения в центральном поле.
14. Нахождение траектории частицы в центральном поле.
15. Задача Кеплера.
16. Движение частицы в кулоновском поле отталкивания.
17. Канонические уравнения движения. Фазовое пространство.
18. Интегралы движения и скобки Пуассона.
19. Канонические преобразования. Производящие функции.
20. Теорема Лиувилля.
21. Уравнение Гамильтона-Якоби. Общий интеграл.
22. Интегрирование уравнений движения методом Гамильтона – Якоби.

8.6. Темы для написания курсовой работы: не предусмотрено.

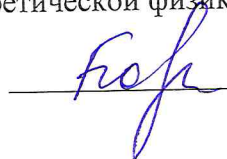
8.7. Формы контроля самостоятельной работы:

№п/ п	Наименование раздела дисциплины	Средства текущего контроля
1	Основные положения механики Ньютона	Выполнение учебных индивидуальных и групповых заданий в ходе практических занятий. Устный опрос. Собеседование на консультациях.
2	Лагранжева формулировка механики	Проверка домашних работ. Выполнение учебных заданий в ходе практических занятий. Тестирование.
3	Законы сохранения. Одномерное движение	Проверка домашних работ. Выполнение вычислений в ходе практических занятий.
4	Малые колебания	Проверка домашних работ. Выполнение учебных расчётов в ходе лекционных и практических занятий. Устный опрос.
5	Движение в центральном поле	Проверка домашних работ. Выполнение учебных заданий в ходе практических занятий. Собеседование на консультациях.
6	Гамильтонова формулировка механики	Проверка домашних работ. Выполнение учебных заданий в ходе практических занятий. Собеседование на консультациях. Тестирование.

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика

Рабочую программу учебной дисциплины составил:

кандидат физ.- мат. наук, доцент кафедры теоретической физики



Т.С. Бороненко

Рабочая программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики, протокол № 9 от "15" октября 2015 г.

Заведующий кафедрой теоретической физики д.ф.-м.н., профессор



И.Л. Бухбиндер

Рабочая программа учебной дисциплины одобрена УМК физико-математического факультета ТГПУ, протокол № 3 от 16 октября 2015 г.

Председатель УМК физико-математического факультета



З.А. Скрипко