

К. К. АЛТУНИН

# КЛАССИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА



К. К. Алтунин

# КЛАССИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебное пособие



Москва  
2014

УДК 531(075.8)

ББК В23я73-1

А52

*Печатается по решению Редакционно-издательского совета  
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования "Ульяновский государственный  
педагогический университет имени И. Н. Ульянова"*

Рецензенты:

*В. А. Сергеев* — профессор, д.т.н.

*С. В. Червон* — профессор, д. ф.-м. н.

*В. В. Шишкарёв* — доцент, к.т.н.

**Алтунин К. К.**

А52 Классическая механика: учебное пособие. 3-е изд. /  
К. К. Алтунин. — М.: Директ-Медиа, 2014. — 87 с.

ISBN 978-5-4475-0319-2

Пособие содержит изложение теоретических методов аналитической динамики, применяемых в теоретической механике, и задачи по классической механике. Пособие предназначено для студентов физических специальностей университетов.

УДК 531(075.8)

ББК В23я73-1

© Алтунин К. К., текст, 2014  
ISBN 978-5-4475-0319-2 © Издательство «Директ-Медиа», макет, оформление, 2014

## Оглавление

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ .....	6
2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	7
3. МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ В ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ .....	11
3.1. Интегралы движения .....	11
3.2. Понятие фазового пространства .....	12
3.3. Уравнения Гамильтона .....	13
3.4. Определение скобок Пуассона и их свойства .....	17
3.5. Теорема Якоби-Пуассона .....	19
3.6. Примеры задач, решаемых с помощью теоремы Пуассона .....	22
3.7. Заключение .....	24
4. ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС .....	25
Лекция 1. Кинематика материальной точки и динамика одномерного движения .....	25
Лекция 2. Движение в центрально- симметричном поле .....	25
Лекция 3. Движение материальной точки в кулоновском поле .....	26
Лекция 4. Теория рассеяния .....	26
Лекция 5. Движение материальной точки в неинерциальной системе .....	26
Лекция 6. Динамика систем материальных точек .....	26
Лекция 7. Система материальных точек в системе центра инерции .....	27
Лекция 8. Система двух материальных точек ....	27
Лекция 9. Динамика твёрдого тела .....	27
Лекция 10. Механика сплошных сред .....	28
Лекция 11. ....	28
Лекция 12. ....	28

Лекция 13. Уравнение Лагранжа .....	29
Лекция 14. Уравнение Лагранжа для абсолютно твёрдого тела.....	29
Лекция 15. Уравнение Лагранжа для абсолютно твёрдого тела.....	29
Лекция 16. Уравнения Лагранжа в неинерциальной системе отсчёта .....	30
Лекция 17. Канонические уравнения .....	30
Лекция 18. Действие в аналитической динамике Лагранжа .....	30
5. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ ....	31
Занятие 1. Кинематика материальной точки и простейших систем .....	31
Занятие 2. Основания Ньютоновской динамики частиц .....	32
Занятие 3. Основания Ньютоновской динамики частиц .....	33
Занятие 4. Законы сохранения и изменения импульса, момента импульса и энергии системы материальных точек.....	36
Занятие 5. Движение частиц в полях. Закон сохранения энергии .....	38
Занятие 6. Движение частиц в центрально- симметричном поле. Законы сохранения энергии и момента импульса .....	39
Занятие 7. Движение частиц в центрально- симметричном поле. Законы сохранения энергии и момента импульса .....	40
Занятие 8. Классическая теория рассеяния.....	41
Занятие 9. Классическая теория рассеяния.....	42
Занятие 10. Основы аналитической динамики .	43
Занятие 11. Основы аналитической динамики .	44

6. ЗАДАНИЯ К СЕМИНАРАМ .....	45
Семинар 1. Законы изменения и сохранения импульса, кинетической энергии и момента импульса .....	45
Семинар 2. Уравнения Лагранжа.....	46
Семинар 3. Уравнения Гамильтона .....	47
7. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНСПЕКТИРОВАНИЯ....	48
Конспект 1. Теория линейных колебаний.....	48
Конспект 2. Теория нелинейных колебаний ....	49
Конспект 3. Устойчивость равновесия.	
Движение системы вблизи положения равновесия.....	50
Конспект 4. Динамика твёрдого тела .....	51
Конспект 5. Движение в неинерциальных системах отсчёта .....	53
8. ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ	
ПО КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ .....	55
9. ВОПРОСЫ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ПО КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ .....	58
10. ПРОГРАММА СОБЕСЕДОВАНИЯ.....	66
11. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛ Я САМОКОНТРОЛЯ.....	69
12. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ ПО КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ .....	75
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	83

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина "Основы теоретической физики" играет решающую роль в завершении формирования целостных представлений о современной физической картине мира.

Цель дисциплины — добиться понимания студентами общей структуры физической науки и структуры конкретных физических теорий. Задачи дисциплины состоят в следующем: сосредоточить внимание студентов на наиболее общих понятиях, принципах и законах физики и научить студентов применять эти принципы и законы для анализа конкретных физических процессов и явлений; ознакомить студентов с основными методами теоретической физики, обращая внимание на методологические обобщения и связь изучаемых физических теорий с современной техникой.

"Классическая механика" является первым разделом дисциплины "Основы теоретической физики". При её изложении необходимо уделять особое внимание тем понятиям и идеям, которые являются общими для всей физики. К их числу следует отнести представления о пространстве и времени, принцип относительности, принцип причинности, законы сохранения и их связь с симметрией пространства и времени, вариационные принципы. Программой предусмотрено углубленное изложение динамики Ньютона, что диктуется потребностями профессиональной подготовки будущего учителя физики. Изложение основ аналитической механики завершает ознакомление студентов с общими идеями и методами классической механики. Последняя часть раздела посвящается анализу наиболее важных конкретных задач динамики, которые в лекционном курсе могут обсуждаться и по мере изложения общетеоретического материала.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Студент, завершивший изучение дисциплины "Основы теоретической физики. Классическая механика" должен:

понимать структуру современной физики в целом;  
знать общую структуру и базисные элементы конкретных физических теорий;

знать наиболее общие понятия, принципы и законы теоретической механики и механики сплошных сред;

уметь применять эти принципы и законы при анализе конкретных физических процессов и явлений.

Завершив изучение дисциплины "Классическая механика", студент должен:

### знать:

- общую структуру классической механики и её место в физической картине мира,
- основные положения и законы векторной динамики Ньютона,
- основные положения и законы аналитической динамики Лагранжа,
- основные принципы лагранжева и гамильтонова формализмов в классической механике,
- основы теории малых колебаний и теории динамики поступательного и вращательного движения твёрдого и уметь применять их для решения конкретных задач,
- базисные элементы конкретных физических теорий,
- смысл и значение идеализаций и моделей механики,