

П. А. Головинский

**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ
ФИЗИКА
И АНАЛИЗ
СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

1

**Основы формализма
классической механики**

**От принципа наименьшего
действия через симметрии
к управлению и катастрофам**

**Мир линейных волн
и всплесков**

**От волнения моря и акустики
до лазерных импульсов
и динамики квантовых систем**



URSS

П. А. Головинский

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ
МОДЕЛИ
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА
И АНАЛИЗ
СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

**От формализма
классической механики
до квантовой
интерференции**

2013



URSS
МОСКВА

Тверской государственный университет



Научная библиотека 00296462

093

Оглавление

Предисловие	11
Материальные точки	17
<i>Глава 1. Пространство классической механики и движение</i>	<i>18</i>
Евклидово пространство.	18
Векторы в евклидовом пространстве.	19
Скалярное и векторное поля на многообразии.	21
Тензоры в евклидовом пространстве.	22
Уравнение Ньютона.	24
<i>Глава 2. Группы движений и подобие</i>	<i>25</i>
Группы.	25
Группы вращений ($O(2), O(3)$).	28
Галилеева группа и уравнения Ньютона.	33
Подобие.	34
Степенной характер формул размерности.	35
<i>Глава 3. Вариационный принцип и механика Лагранжа</i>	<i>38</i>
Вариационное исчисление.	38
Уравнение Эйлера—Лагранжа.	39

Конфигурационное пространство.	42
Теорема Нетер.	44
<i>Глава 4. Оптимальное управление динамическими системами . .</i>	<i>46</i>
Задачи оптимального управления.	46
Динамическое программирование.	48
Принцип максимума Понтрягина.	50
<i>Глава 5. Линейные колебания</i>	<i>51</i>
Одномерное движение.	51
Свободные колебания.	52
Осциллятор в среде с линейным трением.	56
<i>Глава 6. Колебания систем со многими степенями свободы</i>	<i>58</i>
Уравнения движения.	58
Линейные операторы.	60
Нормальные моды.	64
Диагонализация матриц.	67
<i>Глава 7. Колебания симметричных систем</i>	<i>69</i>
Точечные группы.	69
Представления групп.	70
Координаты симметрии.	72
Колебания молекулы воды.	73
Колебания цепочки атомов.	74
<i>Глава 8. Вынужденные колебания</i>	<i>76</i>
Уравнение вынужденных колебаний.	76
Обобщенные функции.	77
Функция Грина.	79

Формула Коши.	80
<i>Глава 9. Движение в вязкой среде и преобразование Лапласа . . .</i>	<i>83</i>
Преобразование Лапласа.	83
Операторный метод.	85
Модели упруго-пластичной среды.	86
Дробная производная.	89
<i>Глава 10. Маятник с медленно меняющимся подвесом</i>	<i>91</i>
Метод ВКБ.	91
Асимптотические представления.	94
Метод эталонного уравнения Лангера.	96
<i>Глава 11. Равновесие</i>	<i>99</i>
Равновесие.	99
Развертки.	100
Ростки и функции катастроф.	102
Геометрия складки и сборки	103
<i>Глава 12. Применение теории катастроф</i>	<i>105</i>
Потенциальный подход к конструкциям.	105
Модель Огусты.	107
Модель арки.	108
<i>Глава 13. Движение частицы по поверхности</i>	<i>110</i>
Координаты на поверхности.	110
Векторные и тензорные поля на многообразии.	112
Метрика на поверхности.	114
Геодезические линии.	115
<i>Глава 14. Искривленное пространство</i>	<i>116</i>

Кривизна.	116
Параллельный перенос векторов.	118
Смачивание пористых систем.	121

Линейные поля и волны **124**

<i>Глава 15. Сплошная среда</i>	126
Колебания одномерной цепочки.	126
Пилообразные колебания.	126
Колебания прямоугольной мембраны.	128
Колебания круглой мембраны.	131
<i>Глава 16. Напряжения в твердом теле</i>	133
Тензор деформации.	133
Тензор напряжений.	135
Теорема Гаусса—Остроградского.	136
Уравнение движения деформируемого тела.	136
<i>Глава 17. Равновесие упругой среды</i>	139
Уравнение равновесия упругой среды.	139
Уравнение Пуассона.	140
Статическая деформация упругой среды.	142
<i>Глава 18. Волны в упругой среде</i>	143
Продольные и поперечные волны.	143
Звуковые волны в жидкости и газе.	145
Плоские волны.	146
<i>Глава 19. Движение жидкости</i>	148
Уравнение динамики вязкой жидкости.	148

Гравитационные волны на глубокой воде.	150
Внутренние гравитационные волны при наличии скачка плотности.	152
<i>Глава 20. Электромагнитное поле</i>	154
Уравнения Максвелла в интегральной форме.	154
Дифференциальная форма уравнений Максвелла.	156
Дифференциальные формы и цепи.	157
<i>Глава 21. Колебания балки</i>	160
Постановка задачи.	160
Собственные функции.	162
Решение методом Фурье.	163
Возбуждение резонансных колебаний.	164
<i>Глава 22. Излучение волн</i>	165
Потенциалы.	165
Волны при наличии источников.	166
Принцип Гюйгенса и формула Кирхгофа.	168
<i>Глава 23. Волновые пучки</i>	172
Параболические пучки.	172
Гауссов пучок.	173
Поток энергии и фокусировка.	175
<i>Глава 24. Геометрическая оптика</i>	176
Приближение эйконала.	176
Метод характеристик.	178
Поле вблизи каустики.	182
Метод перевала.	184

<i>Глава 25. Вейвлеты</i>	187
Всплески как полный набор ортогональных функций.	187
Базисные функции всплесков.	189
Свойства всплеск-преобразования.	191
Непрерывные вейвлет-преобразования.	193
<i>Глава 26. Дифракция импульсов</i>	196
Прохождение импульса через квадратное отверстие.	196
Функция Грина в задаче дифракции.	201
Нестационарный принцип Гюйгенса—Френеля.	205
<i>Глава 27. Дисперсия и поглощение волн</i>	206
Приближение параболического уравнения.	206
Автомодельное решение параболического уравнения.	208
Распространение волн при слабой дисперсии.	209
<i>Глава 28. Квантовые системы</i>	212
Квантовые состояния.	212
Уравнение Шредингера.	213
Правила Фейнмана.	214
Действительная форма записи уравнения Шредингера.	215
Стационарные состояния.	216
Оператор Гамильтона.	217
Матричные элементы высоковозбужденных состояний.	218
<i>Глава 29. Оптимальное управление квантовыми системами</i>	220
Задача квантового управления.	220
Принцип максимума.	221
Формирование волнового пакета.	222

<i>Глава 30. Квантовая интерференция</i>	224
Принцип Гюйгенса для волновых полей.	224
Пропагатор.	225
Функциональное исчисление.	228
Квантовая телепортация	229
Литература	231
Предметный указатель	235