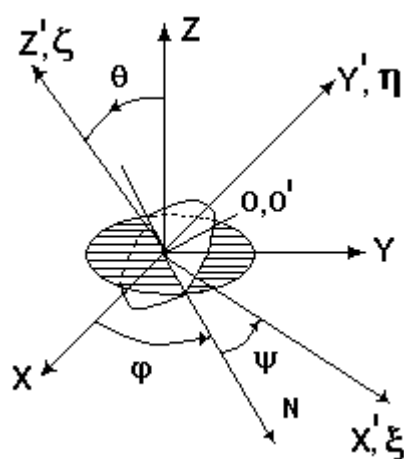


ГОРНО-АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

С. П. Михайлов, В. А. Кыров

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА



Учебное пособие

Горно-Алтайск 2017 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ. ЗАЧЕМ ЭТА КНИГА? .....	3
ВВЕДЕНИЕ. ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКИ КАК НАУКИ .....	4
Глава 1. ВВЕДЕНИЕ В МЕХАНИКУ .....	15
§ 1.1. Основные понятия механики.....	15
§ 1.2. Векторы и операции с ними.....	19
§ 1.3. Определение положения точек и отрезков в пространстве.....	26
ЧАСТЬ 1. КИНЕМАТИКА .....	30
Глава 2. КИНЕМАТИКА ЧАСТИЦЫ. ....	30
§ 2.1. Координатное и векторное описание движения.....	30
§ 2.2. Естественное описание движения. ....	36
§ 2.3. Примеры применения формул кинематики частицы.....	44
Глава 3. КИНЕМАТИКА ТВЁРДОГО ТЕЛА. ....	48
§ 3.1. Поступательное движение твёрдого тела (ТТ) и вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси.....	48
§ 3.2. Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной точки и произвольное движение твёрдого тела .....	55
§ 3.3. Кинематические уравнения Эйлера .....	59
Глава 4. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦЫ. ....	62
§ 4.1. Постановка задачи о сложном движении.....	62
§ 4.2. Теорема сложения скоростей. ....	64
§ 4.3. Теорема сложения ускорений. ....	66
ЧАСТЬ 2. ДИНАМИКА .....	74
Глава 5. ДИНАМИКА ЧАСТИЦЫ. СИЛЫ В КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ .....	74
§ 5.1. Основные понятия и законы динамики.....	74
§ 5.2. Силы классической механики. Момент силы. ....	83
5.2.1. Сила всемирного тяготения. ....	84
5.2.2. Сила упругости.....	92
5.2.2.1. Деформация одностороннего растяжения (сжатия) .....	94
5.2.2.2. Деформация сдвига .....	97
5.2.2.3. Элементы гидро– и аэростатики.....	98
5.2.3. Сила трения .....	101
5.2.3.1. Сила сухого трения .....	101
5.2.3.2. Сила вязкого трения .....	103
5.2.4. Момент силы .....	105
§ 5.3. Примеры решения прямой и обратной задач динамики .....	107
§ 5.4. Описание движения в неинерциальных системах отсчёта .....	112
5.4.1. Проявления сил инерции на Земле.....	114
5.4.2. Применение сил инерции в других случаях.....	117
Глава 6. ДИНАМИКА СВОБОДНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ .....	121
§ 6.1. Теорема об изменении импульса системы частиц .....	121
§ 6.2. Теорема о движении центра масс .....	126
§ 6.3. Закон сохранения импульса системы частиц.....	130
§ 6.4. Работа и мощность. Теоремы об изменении кинетической энергии частицы, системы частиц и твёрдого тела.....	132
§ 6.5. Потенциальная, полная механическая и другие виды энергии. Консервативные и диссипативные силы .....	139
§ 6.6. Закон сохранения ПМЭ системы. Закон сохранения энергии. Примеры применения закона сохранения ПМЭ системы.....	145
§ 6.7. Момент импульса системы частиц, его изменение и сохранение .....	150
§ 6.8. Условия равновесия твёрдого тела.....	155
§ 6.9. Связь консервативных сил и потенциальной энергии. Виды равновесия МС и ТТ.....	160
§ 6.10. Виды свободных МС. Теоремы Нётер .....	165
6.10.1. Сохранение импульса и однородность пространства.....	167
6.10.2. Сохранение полной механической энергии как следствие однородности времени. ....	168
6.10.3. Сохранение момента импульса как следствие изотропии пространства .....	169
Глава 7. ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНОВ СОХРАНЕНИЯ К ИССЛЕДОВАНИЮ ДВИЖЕНИЯ СВОБОДНЫХ СИСТЕМ .....	171
§ 7.1. Качественное исследование одномерного движения .....	171
§ 7.2. Задача двух тел.....	172
§ 7.3. Задача Кеплера .....	182
§ 7.4. Формула Резерфорда.....	188
Глава 8. ДИНАМИКА ТВЁРДОГО ТЕЛА (ТТ) .....	195
§ 8.1. Динамика вращения твёрдого тела вокруг неподвижной оси. ....	195
§ 8.2. Момент импульса и кинетическая энергия твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси .....	200

§ 8.3. Динамика вращения ТТ вокруг неподвижной точки.....	207
§ 8.4. Произвольное движение ТТ. Свободные оси вращения.	
Гироскопы и гироскопические силы.....	214
Глава 9. МЕХАНИКА СВЯЗНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ (АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА) .....	223
§ 9.1. Связи и их виды.....	223
§ 9.2. Идеальные голономные связи и обобщённые координаты. ....	225
9.2.1. Активные и пассивные силы.....	225
9.2.2. Виртуальные перемещения голономных систем .....	225
9.2.3. Идеальные голономные связи. ....	226
9.2.4. Принцип д'Аламбера .....	227
9.2.5. Обобщенные координаты .....	228
§ 9.3. Уравнения Лагранжа второго рода. Функция Лагранжа.....	230
9.3.1. Вывод уравнений Лагранжа второго рода.....	230
9.3.2. Кинетическая энергия в обобщенных координатах .....	232
9.3.3. Функция Лагранжа.....	235
§ 9.4. Полная механическая энергия и обобщённый импульс МС .....	242
9.4.1. Закон сохранения полной механической энергии.....	242
9.4.2. Циклические координаты и сохранение обобщённого импульса.....	245
§ 9.5. Получение законов сохранения из уравнений Лагранжа.....	248
9.5.1. Закон сохранения импульса .....	248
9.5.2. Закон сохранения момента импульса.....	249
§ 9.6. Принцип наименьшего действия (принцип Гамильтона .....	250
§ 9.7. Функция Гамильтона и канонические	
уравнения движения.....	252
9.7.1. Функция Гамильтона. ....	252
9.7.2. Канонические уравнения (уравнения Гамильтона) .....	255
9.7.3. Законы сохранения и функция Гамильтона.....	258
§ 9.8. Действие как функция координат и времени .....	259
§ 9.9. Скобки Пуассона .....	260
§ 9.10. Уравнение Гамильтона – Якоби.....	262
Часть 3. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ.....	265
Глава 10. МЕХАНИЧЕСКИЕ (УПРУГИЕ) КОЛЕБАНИЯ.....	265
§ 10.1. Основные понятия теории колебаний .....	265
§ 10.2. Свободные идеальные колебания пружинного маятника.....	267
§ 10.3. Квазиупругие колебания. ....	272
§ 10.4. Идеальные свободные колебания	
математического и физического маятников. ....	274
§ 10.5. Сложение двух колебаний одинакового направления. Биения.....	280
§ 10.6. Сложение двух перпендикулярных колебаний, Фигуры Лиссажу.....	284
§ 10.7. Свободные затухающие колебания пружинного маятника .....	287
§ 10.8. Вынужденные колебания пружинного маятника .....	291
§ 10.9. Ангармонический осциллятор (нелинейные колебания одномерной системы) .....	297
§ 10.10. Свободные малые колебания многомерных систем без трения.....	300
10.10.1. Вид функции Лагранжа для малых колебаний.....	300
10.10.2. Вековое уравнение.....	301
10.10.3. Нормальные координаты и нормальные колебания .....	303
Глава 11. МЕХАНИЧЕСКИЕ (УПРУГИЕ) ВОЛНЫ .....	306
§ 11.1. Основные понятия теории волн.....	306
§ 11.2. Описание механических волн. Волновое уравнение .....	309
§ 11.3. Поглощение и дисперсия волн. Элементы акустики .....	316
§ 11.4. Интерференция волн. Стоячие волны .....	323
§ 11.5. Дифракция волн. Принцип Гюйгенса. Принцип Ферма.....	330
§ 11.6. Эффект Доплера. Ударные волны.....	335
Часть 4. МЕХАНИКА СПЛОШНЫХ СРЕД.....	339
Глава 12. ЭЛЕМЕНТЫ ГИДРО- И АЭРОМЕХАНИКИ.....	339
§ 12.1. Описание движения жидкости (газа) .....	339
§ 12.2. Уравнение Бернулли .....	341
§ 12.3. Вязкость жидкости. Ламинарное и турбулентное течение .....	343
§ 12.4. Движение тел в жидкостях и газах.....	347
Часть 5. СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ (СТО) И	
РЕЛЯТИВИСТСКАЯ МЕХАНИКА. ЭЛЕМЕНТЫ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ	
ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ (ОТО) .....	352
Глава 13. РЕЛЯТИВИСТСКАЯ МЕХАНИКА.....	352
§ 13.1. История появления СТО.....	352
§ 13.2. Кинематические следствия постулатов Эйнштейна .....	354
13.2.1. Относительность одновременности событий .....	354
13.2.2. Пространство-время. Интервал между событиями.....	355
13.2.3. Преобразования Лоренца.....	355
13.2.4. Следствие преобразований Лоренца. Замедление времени .....	356

13.2.5. Следствие преобразований Лоренца. Сокращение продольных длин .....	358
13.2.6. Следствие преобразований Лоренца. Неизменность поперечных длин .....	359
13.2.7. Релятивистский закон сложения скоростей .....	359
13.2.8. Объективность изменения хода времени .....	360
\$ 13.3. Релятивистская динамика .....	361
Глава 14. Элементы общей теории относительности (ОТО) .....	367
\$ 14.1. Принцип эквивалентности .....	367
\$ 14.2. Геометрические следствия и некоторые результаты ОТО .....	368