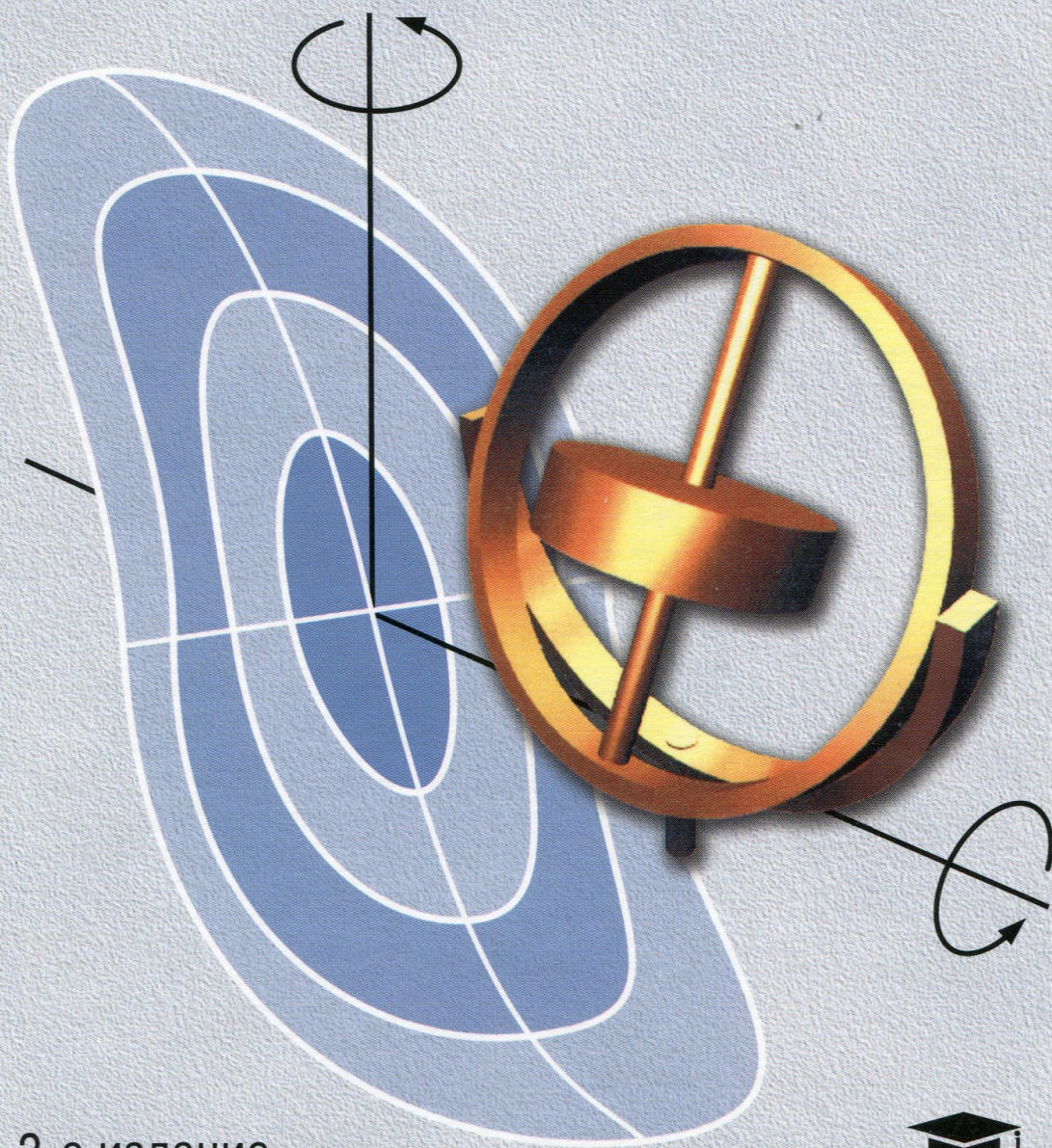


УНИВЕРСИТЕТСКИЙ КУРС  
ОБЩЕЙ ФИЗИКИ



В.А. АЛЕШКЕВИЧ  
Л.Г. ДЕДЕНКО  
В.А. КАРАВАЕВ

# МЕХАНИКА



2-е издание

ACADEMIA



УНИВЕРСИТЕТСКИЙ КУРС ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

В. А. АЛЕШКЕВИЧ, Л. Г. ДЕДЕНКО, В. А. КАРАВАЕВ

# МЕХАНИКА

Под редакцией проф. В. А. Алешкевича

*Допущено  
Министерством образования Российской Федерации  
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по направлению «Физика» и специальности «Физика»*

2-е издание, стереотипное



Москва  
Издательский центр «Академия»  
2006

Тверской государственный университет



Научная библиотека

00315228

73-15

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	3
-------------------	---

### Раздел 1. КИНЕМАТИКА И ДИНАМИКА

<b>Лекция 1</b> .....	5
Задача механики (5). Модельный характер физических представлений (5). Пространство и геометрия (7). Время (11). Синхронизация часов (12). Необратимость времени (13). Физические величины и их измерение (14). Эталоны основных механических величин (15)	
<b>Лекция 2</b> .....	18
Задача кинематики (18). Материальная точка (18). Тело отсчета (18). Система координат (18). Система отсчета (18). Траектория (21). Способы задания движения точки (21). Перемещение (24). Скорость (24). Ускорение (26). Нормальное и тангенциальное ускорения (29). Движение по окружности (31). Скорость и ускорение точки в полярных координатах (32). Теорема о сложении скоростей (36)	
<b>Лекция 3</b> .....	40
Инерциальные системы отсчета (40). Первый закон Ньютона (40). Локально инерционная система отсчета (43). Преобразования Галилея (44). Принцип относительности Галилея (46). Сила (47). Масса (47). Второй закон Ньютона (47). Третий закон Ньютона (51). Силы в механике (52)	
<b>Лекция 4</b> .....	63
Количество движения (импульс) материальной точки (63). Импульс силы (63). Импульс системы материальных точек (64). Изменение импульса под действием внешних сил (64). Закон сохранения импульса (66). Центр масс (67). Теорема о движении центра масс (67). Система центра масс (68). Движение тел с переменной массой (69). Уравнение Мещерского (69). Формула Циолковского (72). Момент количества движения (импульса) материальной точки (79). Уравнение моментов (79). Момент импульса и момент силы относительно оси (83). Момент импульса системы материальных точек (84). Закон сохранения момента импульса (85)	
<b>Лекция 5</b> .....	87
Работа силы (87). Мощность (87). Кинетическая энергия и ее изменение (88). Консервативные и неконсервативные силы (88). Работа упругой силы (89). Работа гравитационной силы (90). Работа кулоновской силы (91). Поле сил (92). Потенциальная энергия частицы в поле (93). Потенциальное поле сил (95). Полная механическая энергия частицы (95). Движение в центральном силовом поле (96). Механическая энергия системы материальных точек (101). Закон сохранения механической энергии (103). Столкновения (103). Задача двух	



тел (задача Кеплера) (106). Законы сохранения и симметрия пространства и времени (108)

**Лекция 6** ..... 111  
Неинерциальные системы отсчета (111). Связь скоростей материальной точки в неподвижной и движущейся системах отсчета (113). Относительное, переносное и абсолютное движение (113). Сложение ускорений (116). Силы инерции (120). Проявления сил инерции (122). Принцип эквивалентности (129)

## **Раздел 2. ОСНОВЫ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ МЕХАНИКИ**

**Лекция 7** ..... 132  
Исходные положения механики Ньютона (132). Предельная скорость распространения взаимодействий (133). Принцип относительности (135). Гипотеза о сокращении длин движущихся тел (141). Преобразования Лоренца (142)

**Лекция 8** ..... 147  
Измерение времени при движении с околосветовыми скоростями (147). Замедление темпа хода движущихся часов (149). Сокращение продольных размеров движущихся тел (152). Нарушение синхронности хода совокупности движущихся часов (154). Интервалы (157). Пространство Минковского (160)

**Лекция 9** ..... 162  
Преобразования скоростей (162). Ускорители на встречных пучках (164). Струи частиц (165). Аберрация света звезд (166). Преобразования ускорений (168). Сопутствующая система отсчета (169). Парадокс близнецов (172)

**Лекция 10** ..... 176  
Релятивистские импульс и масса (176). Релятивистское уравнение движения (179). Работа силы и энергия частицы (183). Энергия, импульс и масса системы свободных частиц (184). Связанные состояния системы взаимодействующих частиц (185). Взаимопревращения энергии покоя и кинетической энергии (188)

## **Раздел 3. МЕХАНИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА**

**Лекция 11** ..... 192  
Кинематика абсолютно твердого тела (192). Степени свободы (192). Углы Эйлера (192). Поступательное движение (194). Вращение вокруг неподвижной оси (195). Плоское движение (198). Движение твердого тела с одной неподвижной точкой (202). Движение свободного твердого тела (205)

**Лекция 12** ..... 206  
Динамика абсолютно твердого тела (206). Момент импульса (207). Тензор инерции (207). Главные оси инерции (210). Момент импульса твердого тела отно-

сительно оси (213). Момент инерции относительно оси (213). Эллипсоид инерции (214). Вычисление моментов инерции (216). Теорема Гюйгенса — Штейнера (217). Момент импульса относительно движущегося центра масс (218)

**Лекция 13** ..... 221

Уравнения динамики твердого тела (221). Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси (224). Кинетическая энергия вращающегося тела и работа внешних сил (225). Свободные оси (225). Устойчивость свободного вращения (225). Центр удара (227). Плоское движение твердого тела (229). Кинетическая энергия при плоском движении (231). Движение аксиально симметричного твердого тела с неподвижным центром масс (232). Уравнения Эйлера (233)

**Лекция 14** ..... 238

Гироскопы (238). Свободный гироскоп (238). Прецессия гироскопа под действием внешних сил (240). Угловая скорость прецессии (240). Нутации (242). Гироскопические силы (244). Волчки (248). Устойчивость вращения симметричного волчка (249)

#### Раздел 4. МЕХАНИКА СПЛОШНЫХ СРЕД

**Лекция 15** ..... 251

Деформации твердого тела (251). Элементарные деформации (252). Коэффициент Пуассона (252). Понятие о тензоре деформаций (253). Упругие деформации (257). Модули Юнга и сдвига (257). Изгиб балок (261). Кручение валов (265). Понятие о тензоре напряжений (268). Устойчивость упругого равновесия (268). Энергия упругих деформаций (270)

**Лекция 16** ..... 272

Жидкость и газ в состоянии равновесия (272). Условия равновесия (272). Закон Паскаля (272). Жидкость в поле внешних сил (273). Закон Архимеда (278). Плавание тел (278). Равновесие газов (280). Распределение плотности и давления в атмосфере (281). Воздухоплавание (285). Центрифугирование (286). Торнадо (287)

**Лекция 17** ..... 289

Стационарное течение несжимаемой жидкости (289). Условие несжимаемости (289). Уравнение Бернулли (291). Дифференциальная форма условия несжимаемости (296). Понятие о дивергенции вектора (296). Уравнения Эйлера для идеальной жидкости (299). Течение сжимаемой жидкости (300). Распространение возмущений давления и плотности (303). Истечение сжатого газа через сопло (305)

**Лекция 18** ..... 307

Силы вязкого трения (307). Течение вязкой жидкости (308). Уравнение Навье — Стокса (308). Число Рейнольдса (309). Формула Пуазейля (310). Ламинарное и турбулентное течение (312). Турбулентность атмосферы (316). Обтекание тел потоком жидкости (319). Лобовое сопротивление (319). Подъемная сила (323). Формула Жуковского (323). Эффект Магнуса (327). Экранный эф-



фект (328). Сверхзвуковое обтекание тел (328). Гидродинамическое подобие (331)

## Раздел 5. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

- Лекция 19** ..... 333  
Незатухающие гармонические колебания систем с одной степенью свободы (333). Метод векторных диаграмм (338). Сложение взаимно перпендикулярных колебаний (339). Фазовый портрет колебательной системы (342). Негармонические колебания математического маятника (345). Свободные колебания в диссипативных системах с вязким трением (347). Затухание колебаний в системах с сухим трением (351)
- Лекция 20** ..... 354  
Вынужденные колебания под действием гармонической силы (355). Режим медленных колебаний (356). Режим быстрых колебаний (356). Резонансный режим (357). Метод комплексных амплитуд (358). Амплитудные и фазовые характеристики (358). Баллистический режим колебаний (363). Установление колебаний (363). Характеристики различных колебательных систем (364). Параметрические колебания (366). Автоколебания (368). Маятник на вращающемся валу (маятник Фруда) (369)
- Лекция 21** ..... 374  
Свободные незатухающие колебания в системах с двумя степенями свободы (374). Нормальные колебания (моды) (374). Парциальные и нормальные частоты (376). Биения (377). Спектр колебаний (379). Методика анализа колебаний двух связанных осцилляторов (380). Соотношение между парциальными и нормальными частотами (382). Затухание колебаний (382). Энергия колебательной системы и ее диссипация (383). Вынужденные колебания (384). Резонанс (384). Колебания систем со многими степенями свободы (385)
- Лекция 22** ..... 390  
Распространение возмущений в системе с большим числом степеней свободы (390). Возбуждение волн (392). Группа волн (395). Групповая скорость (395). Волны в сплошном шнуре (397). Волновое уравнение (397). Отражение волны на конце шнура (399). Возбуждение стоячих волн в шнуре (402). Моды колебаний (402). Волны в упругих телах (405). Поперечные волны (405). Энергия, переносимая волной (406). Вектор Умова (406). Продольные волны (409). Скорость волн в тонком стержне (411). Скорость волн в толстом стержне (412). Явления на границах двух сред (413). Волновое сопротивление (413)
- Лекция 23** ..... 416  
Тепловые колебания кристаллической решетки твердых тел (416). Акустические фононы (416). Объемные сейсмические волны (417). Современная модель Земли (417). Поверхностные сейсмические волны (419). Волны в жидкостях и газах (419). Звук (420). Интенсивность звука (421). Поглощение звука (422). Излучатели звука (423). Применение акустических методов (425). Основные характеристики звука (426). Закон Вебера — Фехнера (428). Диаграм-

ма слуха (428). Акустические резонаторы (431). Музыкальные инструменты (433). Эффект Доплера (434). Бинауральный эффект (435). Интерференция волн (436). Дифракция волн (438)

**Лекция 24** ..... 441

Волны на поверхности жидкости (441). Гравитационные волны (441). Капиллярные волны (447). Цунами (449). Внутренние волны (449). Акустические волны большой амплитуды (449). Линейный режим (451). Нелинейный режим (451). Уединенные волны (солитоны) (458)

Предметный указатель ..... 461