

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к третьему изданию . . . . .	8
Предисловие ко второму изданию . . . . .	9
Предисловие к первому изданию . . . . .	10
<b>Глава I. Элементы газодинамики и классическая теория ударных волн . . . . .</b>	<b>12</b>
1. Непрерывное течение невязкого и нетеплопроводного газа . . . . .	12
§ 1. Уравнения газовой динамики (12). § 2. Лагранжевы координаты (15). § 3. Звуковые волны (17). § 4. Сферические звуковые волны (22). § 5. Характе- ристики (23). § 6. Плоское изэнтропическое течение. Инварианты Римана (27). § 7. Плоское изэнтропическое течение газа в ограниченном пространстве (30). § 8. Простые волны (32). § 9. Искажение профилей в бегущей волне конечной амплитуды. Некоторые свойства простых волн (34). § 10. Волна разрежения (37). § 11. Центрированная волна разрежения как пример автомодельного движения газа (41). § 12. О невозможности существования центрированной волны сжатия (45).	
2. Ударные волны . . . . .	46
§ 13. Введение в газодинамику понятия об ударной волне (46). § 14. Ударная адиабата (49). § 15. Ударные волны в идеальном газе с постоянной теплоемко- стью (50). § 16. Геометрическая интерпретация закономерностей ударного сжа- тия (54). § 17. Невозможность существования ударной волны разрежения в ве- ществе с нормальными свойствами (57). § 18. Ударные волны слабой интенсив- ности (60). § 19. Ударные волны в веществе с аномальными термодинамическими свойствами (63).	
3. Вязкость и теплопроводность в газодинамике . . . . .	65
§ 20. Уравнения одномерного движения газа (65). § 21. Замечания о второй вяз- кости (67). § 22. Замечания о поглощении звука (68). § 23. Структура и ширина фронта ударной волны слабой интенсивности (69).	
4. Некоторые задачи . . . . .	76
§ 24. Распространение произвольного разрыва (76). § 25. Сильный взрыв в одно- родной атмосфере (82). § 26. Приближенное рассмотрение сильного взрыва (85). § 27. Замечания о точечном взрыве с учетом противодействия (87). § 28. Адиа- батический разлет в пустоту газового шара (88). § 29. Автомодельные режимы разлета шара в пустоту (91).	
<b>Глава II. Тепловое излучение и лучистый теплообмен в среде . . . . .</b>	<b>93</b>
§ 1. Введение и основные понятия (93). § 2. Механизмы испускания, поглощения и рассеяния света в газах (96). § 3. Равновесное излучение и абсолютно черное тело (100). § 4. Вынужденное испускание (102). § 4а. Вынужденное излучение в классической и квантовой теориях и лазерный эффект (104). § 5. Уравнение переноса излучения (109). § 6. Интегральные выражения для интенсивности из- лучения (111). § 7. Излучение плоского слоя (113). § 8. Эффективная или яркост- ная температура поверхности неравномерно нагретого тела (117). § 9. Движение вещества с учетом лучистого теплообмена (119). § 10. Диффузионное прибли- жение (122). § 11. Приближение «вперед–назад» (125). § 12. Локальное равнове- сие и приближение лучистой теплопроводности (127). § 13. Взаимоотношение диффузионного приближения и приближения лучистой теплопроводности (129). § 14. Лучистое равновесие в звездных фотосферах (131). § 15. Решение задачи о плоской фотосфере (135). § 16. Потери энергии нагретого тела на излучение (137). § 17. Уравнения гидродинамики с учетом энергии и давления излучения и лу- чистого теплообмена (140). § 18. Число квантов как инвариант классического электромагнитного поля (144).	
<b>Глава III. Термодинамические свойства газов при высоких температурах . . . . .</b>	<b>147</b>
1. Газ из невзаимодействующих частиц . . . . .	147

§ 1. Идеальный газ с постоянной теплоемкостью и неизменным числом частиц (147). § 2. Расчеты термодинамических функций методом статистических сумм (149). § 3. Диссоциация двухатомных молекул (153). § 4. Химические реакции (157). § 5. Ионизация и электронное возбуждение (160). § 6. Электронная статистическая сумма и роль энергии возбуждения атомов (165). § 7. Приближенный метод расчета в области многократной ионизации (167). § 8. Интерполяционные формулы и эффективный показатель адиабаты (172). § 9. Ударная адиабата в условиях диссоциации и ионизации (174). § 10. Ударная адиабата с учетом равновесного излучения (177).	
2. Газ из частиц с кулоновским взаимодействием . . . . .	178
§ 11. Разреженный ионизованный газ (178). § 12. Плотный газ. Элементы квантовой статистики Ферми–Дирака для электронного газа (181). § 13. Модель атома по Томасу–Ферми и сильное сжатие холодного вещества (184). § 14. Вычисление термодинамических функций высоконагретого плотного газа методом Томаса–Ферми (189).	
<b>Глава IV. Ударные трубы.</b> . . . . .	192
§ 1. Использование ударной трубы для изучения физико-химической кинетики (192). § 2. Принцип действия (193). § 3. Элементарная теория ударной трубы (193). § 4. Электромагнитные ударные трубки (197). § 5. Методы измерений различных величин (200).	
<b>Глава V. Поглощение и испускание излучения в газах при высоких температурах</b>	202
§ 1. Введение. Типы электронных переходов (202).	
1. Непрерывный спектр . . . . .	204
§ 2. Тормозное излучение электрона в кулоновском поле иона (204). § 2а. Тормозное излучение электрона при рассеянии нейтральным атомом (209). § 3. Свободно-свободные переходы в нагретом ионизованном газе (211). § 4. Эффективное сечение захвата электрона ионом с испусканием кванта (214). § 5. Эффективное сечение связанно-свободного поглощения света атомами и ионами (216). § 6. Коэффициент непрерывного поглощения в газе из водородоподобных атомов (219). § 7. Непрерывное поглощение света в одноатомном газе в области первой ионизации (222). § 8. Средние пробеги излучения при многократной ионизации атомов газа (226). § 8а. Поглощение света в слабоионизованном газе (229).	
2. Линейчатый спектр атомов . . . . .	232
§ 9. Классическая теория спектральных линий (232). § 10. Квантовая теория спектральных линий. Силы осцилляторов (235). § 11. Спектр поглощения водородоподобных атомов. Замечания о влиянии линий на росселандов пробог (239). § 12. Силы осцилляторов для континуума. Теорема сумм (242). § 13. Излучение спектральных линий (244).	
3. Полосатый спектр молекул . . . . .	247
§ 14. Энергетические уровни двухатомных молекул (247). § 15. Структура молекулярных спектров (251). § 16. Принцип Франка–Кондона (254). § 17. Вероятности молекулярных переходов с испусканием света (256). § 18. Коэффициент поглощения света в линиях (260). § 19. Молекулярное поглощение при высоких температурах (262). § 20. Уточненный расчет коэффициента молекулярного поглощения при высоких температурах (264).	
4. Воздух . . . . .	267
§ 21. Оптические свойства нагретого воздуха (267).	
5. Пробой и нагревание газа под действием сфокусированного лазерного луча. . . . .	274
§ 22. Пробой (274). § 23. Поглощение лазерного луча и нагревание газа после первичного пробоя (277).	
<b>Глава VI. Скорости релаксационных процессов в газах</b> . . . . .	282
1. Молекулярные газы . . . . .	282

§ 1. Установление термодинамического равновесия (282).	§ 2. Возбуждение вращений молекул (284).	§ 3. Уравнение кинетики для релаксации колебательной энергии молекул (285).	§ 4. Вероятность возбуждения колебаний и время релаксации (288).	§ 5. Уравнение кинетики диссоциации двухатомных молекул и время релаксации (292).	§ 6. Скорости рекомбинации атомов и диссоциации двухатомных молекул (293).	§ 7. Химические реакции и метод активированного комплекса (297).	§ 8. Реакция окисления азота (301).	§ 9. Скорость образования двуокиси азота при высоких температурах (305).	
2. Ионизация и рекомбинация. Электронное возбуждение и дезактивация . . . . .	307								
§ 10. Основные механизмы (307).	§ 11. Ионизация невозбужденных атомов электронным ударом (310).	§ 12. Возбуждение атомов из основного состояния электронным ударом. Дезактивация (313).	§ 13. Ионизация возбужденных атомов электронным ударом (314).	§ 14. Ударные переходы между возбужденными состояниями атома (318).	§ 15. Ионизация и возбуждение ударами тяжелых частиц (320).	§ 16. Фотоионизация и фоторекомбинация (323).	§ 17. Электрон-ионная рекомбинация при тройных столкновениях (элементарная теория) (326).	§ 18. Более строгая теория рекомбинации при тройных столкновениях (328).	§ 19. Ионизация и рекомбинация в воздухе (332).
3. Плазма. . . . .	334								
§ 20. Релаксация в плазме (334).									
<b>Глава VII. Структура фронта ударных волн в газах. . . . .</b>	<b>339</b>								
§ 1. Введение (339).									
1. Скачок уплотнения. . . . .	342								
§ 2. Вязкий скачок уплотнения (342).	§ 3. Роли вязкости и теплопроводности в образовании скачка уплотнения (347).	§ 4. Диффузия в бинарной смеси газов (351).	§ 5. Диффузия в ударной волне, распространяющейся по бинарной смеси (353).						
2. Релаксационный слой . . . . .	356								
§ 6. Ударные волны в газе с замедленным возбуждением некоторых степеней свободы (356).	§ 7. Возбуждение молекулярных колебаний (360).	§ 8. Диссоциация двухатомных молекул (364).	§ 9. Ударные волны в воздухе (366).	§ 10. Ионизация в одноатомном газе (368).	§ 11. Ионизация в воздухе (375).	§ 12. Ударные волны в плазме (376).	§ 13. Поляризация плазмы и возникновение электрического поля в ударной волне (381).		
3. Лучистый теплообмен во фронте ударной волны . . . . .	384								
§ 14. Качественная картина (384).	§ 15. Приближенная формулировка задачи о структуре фронта (388).	§ 16. Ударная волна докритической амплитуды (391).	§ 17. Ударная волна сверхкритической амплитуды (394).	§ 18. Ударная волна при больших плотности энергии и давлении излучения (397).					
<b>Глава VIII. Физико-химическая кинетика в гидродинамических процессах . . . .</b>	<b>400</b>								
1. Динамика неравновесного газа. . . . .	400								
§ 1. Уравнения газовой динамики при отсутствии термодинамического равновесия (400).	§ 2. Возрастание энтропии (403).	§ 3. Аномальная дисперсия и поглощение ультразвука (405).	§ 4. Закон дисперсии и коэффициент поглощения ультразвука (409).						
2. Химические реакции . . . . .	413								
§ 5. Окисление азота при сильном взрыве в воздухе (413).									
3. Нарушение термодинамического равновесия при разлете газа в пустоту . . . . .	418								
§ 6. Разлет газового облака (418).	§ 7. Эффект «закалки» (419).	§ 8. Нарушение ионизационного равновесия (422).	§ 9. Кинетика рекомбинации и охлаждение газа после нарушения ионизационного равновесия (424).						
4. Конденсация паров при адиабатическом расширении . . . . .	429								

§ 10. Насыщение паров и возникновение центров конденсации (429). § 11. Термодинамика и кинетика процесса конденсации (431). § 12. Конденсация в облаке испаренного вещества, разлетающегося в пустоту (433). § 13. К вопросу о механизме образования космической пыли. Замечания о лабораторном исследовании конденсации (436).	
<b>Глава IX. Световые явления в ударных волнах и при сильном взрыве в воздухе</b>	<b>438</b>
1. Яркость фронта ударных волн большой амплитуды в газах . . . . .	438
§ 1. Качественная зависимость яркостной температуры от истинной температуры за фронтом (438). § 2. Поглощение световых квантов в холодном воздухе (442). § 3. Максимальная яркостная температура для воздуха (444). § 4. Предельная яркость очень сильной волны в воздухе (446).	
2. Оптические явления, наблюдаемые при сильном взрыве, и охлаждение воздуха излучением . . . . .	448
§ 5. Общее описание световых явлений (448). § 6. Отрыв фронта ударной волны от границы огненного шара (452). § 7. Эффект минимума яркости огненного шара (455). § 8. Охлаждение воздуха излучением (459). § 9. Возникновение температурного уступа — волны охлаждения (460). § 10. Энергетический баланс и скорость распространения волны охлаждения (462). § 11. Стягивание волны охлаждения к центру (464). § 12. Искровой разряд в воздухе (466).	
3. Структура фронта волны охлаждения . . . . .	467
§ 13. Постановка задачи (467). § 14. Поток излучения с поверхности фронта волны (470). § 15. Распределение температуры во фронте сильной волны (473). § 16. Учет адиабатического охлаждения (475).	
<b>Глава X. Тепловые волны</b> . . . . .	<b>478</b>
§ 1. Теплопроводность вещества (478). § 2. Нелинейная (лучистая) теплопроводность (479). § 3. Особенности распространения тепла при линейной и нелинейной теплопроводностях (482). § 4. Закон распространения тепловой волны от мгновенного плоского источника (486). § 5. Автомодельная тепловая волна от мгновенного плоского источника (487). § 6. Распространение тепла от мгновенного точечного источника (490). § 7. Некоторые автомодельные плоские задачи (493). § 8. Замечания о проникновении тепла в среду при учете движения (496). § 9. Автомодельное решение как предельное решение неавтомодельной задачи (498). § 10. О переносе тепла неравновесным излучением (500).	
<b>Глава XI. Ударные волны в твердых телах</b> . . . . .	<b>503</b>
§ 1. Введение (503).	
1. Термодинамические свойства твердых тел при высоких давлениях и температурах	506
§ 2. Сжатие холодного вещества (506). § 3. Тепловое движение атомов (509). § 4. Уравнение состояния тела, атомы которого совершают малые колебания (512). § 5. Тепловое возбуждение электронов (516). § 6. Трехчленное уравнение состояния (518).	
2. Ударная адиабата . . . . .	519
§ 7. Ударная адиабата конденсированного вещества (519). § 8. Аналитические представления ударной адиабаты (521). § 9. Ударные волны слабой интенсивности (523). § 10. Ударное сжатие пористого вещества (524). § 11. Выход не очень сильной ударной волны на свободную поверхность тела (527). § 12. Экспериментальные методы отыскания ударной адиабаты твердых тел (531). § 13. Извлечение кривой холодного сжатия из результатов опытов по ударному сжатию (537).	
3. Акустические волны и расщепление волн . . . . .	538
§ 14. Статическая деформация твердого тела (538). § 15. Переход твердого тела в текучее состояние (542). § 16. Скорость распространения акустических волн (545). § 17. Расщепление волн сжатия и разгрузки (547). § 18. Измерение скорости звука в веществе, сжатом ударной волной (549). § 19. Фазовые пре-	

вращения и расщепление ударных волн (552). §20. Ударная волна разрежения в среде, испытывающей фазовый переход (556).	
4. Явления при выходе мощной ударной волны на свободную поверхность тела . . . . .	560
§21. Предельные случаи твердого и газообразного состояний разгруженного вещества (560). §22. Критерий полного испарения вещества при разгрузке (563). §23. Опытное определение температуры и энтропии в мощной ударной волне при помощи исследования разгруженного вещества в газовой фазе (566). §24. Свечение паров металла при разгрузке (569). §25. Замечания о принципиальной возможности измерения энтропии в ударной волне по свечению при разгрузке (573).	
5. Некоторые другие явления . . . . .	573
§26. Электропроводность неметаллических тел в ударных волнах (573). §27. Измерение показателя преломления вещества, сжатого в ударной волне (575).	
<b>Глава XII. Некоторые автомодельные процессы в газовой динамике . . . . .</b>	<b>578</b>
1. Введение . . . . .	578
§1. Группы преобразований, допускаемые уравнениями газовой динамики (578). §2. Автомодельные движения (580). §3. Условия автомодельности движения (582). §4. Два типа автомодельных решений (583).	
2. Схождение к центру сферической ударной волны и захлопывание пузырьков в жидкости . . . . .	585
§5. Постановка задачи о сходящейся ударной волне (585). §6. Основные уравнения (586). §7. Исследование уравнений (588). §8. Результаты решения (592). §9. Захлопывание пузырьков. Задача Рэлея (595). §10. Захлопывание пузырьков. Учет сжимаемости и вязкости (597).	
3. Выход ударной волны на поверхность звезды . . . . .	599
§11. Распространение ударной волны при степенном законе уменьшения плотности (599). §12. К вопросу о вспышках сверхновых звезд и происхождении космических лучей (602).	
4. Движение газа под действием кратковременного удара. . . . .	605
§13. Постановка задачи и общий характер движения (605). §14. Автомодельное решение и законы сохранения энергии и импульса (607). §15. Решение уравнений (610). §16. Ограничение показателя автомодельности законами сохранения импульса и энергии (614). §17. Выход неавтомодельного движения на предельный режим и «бесконечность» энергии в автомодельном решении (615). §18. Сосредоточенный удар по поверхности газа (взрыв на поверхности) (618). §19. Результаты упрощенного рассмотрения автомодельного движения при сосредоточенном и нитевом ударе (621). §20. Удар при падении очень быстрого метеорита на поверхность планеты (622). §21. Сильный взрыв в неограниченной пористой среде (624).	
5. Распространение ударных волн в неоднородной атмосфере с экспоненциальным распределением плотности . . . . .	626
§22. Сильный точечный взрыв (626). §23. Автомодельное движение ударной волны в сторону возрастания плотности (628). §24. Приложение автомодельного решения к взрыву (632). §25. Автомодельное движение ударной волны в сторону уменьшения плотности. Приложение к взрыву (633).	
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ . . . . .</b>	<b>636</b>
Некоторые часто употребляемые константы, соотношения между единицами, формулы	636
Список литературы . . . . .	639