

Р. ФЛИГЛЬ, Дж. БУЗИНГЕР

**В В Е Д Е Н И Е
В Ф И З И К У
А Т М О С Ф Е Р Ы**

Перевод с английского

Т. М. Мулярчик

Под редакцией

Г. С. Голицына

12434

**БИБЛИОТЕКА
ИРЭ АН СССР
г. Фрязино**

ИЗДАТЕЛЬСТВО „МИР“ МОСКВА 1965

AN INTRODUCTION TO
ATMOSPHERIC PHYSICS

Robert G. Fleagle
Joost A. Businger

UNIVERSITY OF WASHINGTON
SEATTLE, WASHINGTON

ACADEMIC PRESS 1963 NEW YORK AND LONDON

Книга Р. Флигля и Дж. Бузингера представляет собой краткое, написанное на высоком научном уровне изложение основ физики атмосферы. В семи главах авторы последовательно рассматривают свойства атмосферных газов и химический состав атмосферы, физику образования осадков, взаимодействие солнечной радиации с воздушной оболочкой Земли, процессы переноса в атмосфере, геомагнитные явления в верхней атмосфере, физику распространения в атмосфере звука и радиоволн.

Книга представит интерес как для специалистов, так и особенно для студентов геофизиков, метеорологов и физиков, а также для широкого круга лиц, интересующихся различными вопросами физики атмосферы.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие редактора перевода	5
Предисловие	7

Глава I. ГРАВИТАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ

1.1. Основные понятия	13
1.2. Закон всемирного тяготения	13
1.3. Законы движения Ньютона	14
1.4. Поле тяготения Земли	15
1.5. Сила тяжести	17
1.6. Геопотенциал	19
1.7. Орбиты спутников	20
1.8. Уравнение гидростатики	22
1.9. Распределение давления на уровне моря	26
1.10. Атмосферные приливы	28
Список обозначений	32
Задачи	33
Литература к гл. I	34

Глава II. СВОЙСТВА АТМОСФЕРНЫХ ГАЗОВ

2.1. Молекулярные свойства газов	35
2.2. Состав воздуха	37
2.3. Элементарная кинетическая теория	38
2.4. Уравнение состояния для идеального газа	41
2.5. Распределение молекул по скоростям	46
2.6. Атмосфера в равновесии	51
2.7. Сохранение энергии	53
2.8. Сохранение массы	56
2.9. Первый закон термодинамики	57
2.10. Равномерное распределение энергии	59
2.11. Удельная теплоемкость	60

2.12. Энтропия	62
2.13. Изэнтропические процессы и потенциальная температура	63
2.14. Статическая устойчивость	66
2.15. Термодинамическая вероятность и энтропия	68
2.16. Второй закон термодинамики и процессы переноса	75
2.17. Реальные газы и фазовые изменения	85
2.18. Уравнение Клаузиуса—Клапейрона	91
2.19. Влажная атмосфера	93
2.20. Адиабатические процессы при насыщении	95
2.21. Распределение температуры и водяного пара	98
Список обозначений	106
Задачи	109
Литература к гл. II	112

Глава III. ПОВЕДЕНИЕ И СВОЙСТВА ОБЛАЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

<i>Часть I. Рост</i>	114
3.1. Межмолекулярные силы и поверхностное натяжение	114
3.2. Равновесное давление пара над изогнутой поверхностью	117
3.3. Равновесное давление пара над растворами	119
3.4. Распределение и свойства аэрозолей	122
3.5. Рост капель путем конденсации	126
3.6. Рост капель путем коагуляции (слияния)	128
3.7. Переохлаждение капель	134
3.8. Ледяные ядра	135
3.9. Давление пара над льдом и над частицами воды	137
3.10. Рост ледяных частиц	139
3.11. Структура ледяных кристаллов	142
3.12. Осадки	144
3.13. Искусственное воздействие на облака	152
<i>Часть II. Генерация электрических зарядов и эффекты, с ней связанные</i>	155
3.14. Основы теории электричества	155
3.15. Разделение зарядов в облаках	158
3.16. Происхождение и распределение ионов	161
3.17. Проводимость	165
3.18. Разряды молний	168
3.19. Среднее электрическое поле	172

Список обозначений	174
Задачи	177
Литература к гл. III	179

Глава IV. ИЗЛУЧЕНИЕ СОЛНЦА И ЗЕМЛИ

<i>Часть I. Принципы переноса излучения</i>	180
4.1. Основные понятия и определения	180
4.2. Поглощение и излучение радиации	183
4.3. Теория излучения абсолютного черного тела	187
4.4. Свойства излучения черного тела	189
4.5. Линейчатый спектр	191
<i>Часть II. Излучение за пределами атмосферы</i>	194
4.6. Солнце	194
4.7. Определение солнечной постоянной	199
4.8. Солнечная энергия, доходящая до Земли	202
4.9. Коротковолновое и длинноволновое излучения	204
4.10. Радиационные измерения со спутников	205
<i>Часть III. Явления поглощения и излучения</i>	210
4.11. Поглощение	210
4.12. «Атмосферный» эффект	211
4.13. Перенос излучения между двумя параллельными по- верхностями	213
4.14. Перенос длинноволнового излучения в атмосфере, со- стоящей из плоских слоев	214
4.15. Экспериментальное определение излучательной спо- собности	219
4.16. Дивергенция полного потока излучения	223
4.17. Прямые измерения дивергенции потока	224
<i>Часть IV. Фотохимические процессы</i>	227
4.18. Диссоциация кислорода и ее следствия	227
4.19. Фотоионизация	233
4.20. Свечение атмосферы	238
Список обозначений	242
Задачи	244
Литература к гл. IV	246

Глава V. ПРОЦЕССЫ ПЕРЕНОСА В ГЕОФИЗИКЕ

5.1. Перенос энергии вблизи поверхности Земли	248
5.2. Поток тепла в почву	250

5.3. Турбулентный перенос	252
5.4. Турбулентный перенос в адиабатической атмосфере	257
5.5. Турбулентный перенос в термически стратифицированной атмосфере	262
5.6. Вертикальные потоки тепла и водяного пара	268
5.7. Вертикальное распределение аэрозолей	270
5.8. Ночное охлаждение	271
5.9. Образование тумана	275
5.10. Трансформация воздушных масс	280
5.11. Баланс глобального переноса энергии	286
Список обозначений	290
Задачи	292
Литература к гл. V	294

Глава VI. ГЕОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

6.1. Магнитная индукция	296
6.2. Уравнение Максвелла	302
6.3. Поле магнитного диполя	304
6.4. Поведение плазмы в электромагнитных полях	308
6.5. Геомагнитное поле	313
6.6. Динамо-теория геомагнетизма	316
6.7. Распределение ионов	318
6.8. Ионосферный ток	324
6.9. Движение частиц в магнитосфере	329
6.10. Полярные сияния	331
Список обозначений	337
Задачи	339
Литература к гл. VI	340

Глава VII. ЯВЛЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С РАСПРОСТРАНЕНИЕМ СИГНАЛОВ В АТМОСФЕРЕ

<i>Часть I. Общие свойства волн</i>	342
7.1. Природа волн	342
7.2. Фазовая скорость	344
7.3. Электромагнитные волны	348
7.4. Дисперсия и групповая скорость	349
<i>Часть II. Рассеяние излучения</i>	352
7.5. Физическое представление	352
7.6. Комплексный показатель преломления	354
7.7. Излучение, испускаемое колеблющимся диполем	360

7.8. Малые частицы	363
7.9. Дифракция	364
7.10. Преломление	370
Часть III. Зондирование атмосферы	376
7.11. Пределы видимости	376
7.12. Определение количества поглощающего вещества	379
7.13. Оптические измерения вертикального градиента	380
7.14. Радиолокационное исследование	385
7.15. Исследование ионосферы с помощью радиоволн	392
7.16. Преломление звуковых волн	397
7.17. Акустический анемометр-термометр	400
Часть IV. Явления, связанные с естественными сигналами	402
7.18. Преломление света в воздухе	402
7.19. Преломление ледяными кристаллами	405
7.20. Преломление каплями воды	408
7.21. Естественные радиоволны, образующиеся в атмосфере	410
7.22. Преломление звуковых волн	414
Часть V. Действия ядерных взрывов	417
7.23. Электромагнитное излучение	418
7.24. Ударная волна в воздухе	423
Список обозначений	429
Задачи	431
Литература к гл. VII	433

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Математика	
А. Частные производные	435
В. Элементарные векторные операции	436
С. Ряд Тейлора	440
Д. Полный дифференциал	441
Е. Теоремы Гаусса и Стокса	442
Ф. Потенциальная функция	446
Г. Телесный угол	446

ПРИЛОЖЕНИЕ II

Физика	448
А. Единицы и размерности	448
В. Значащие цифры	449
Алфавитный указатель	451

Р. ФЛИГЛЬ И Дж. БУЗИНГЕР

**Введение в физику
атмосферы**

Редактор *Р. Г. Шнейдер*

Художник *А. В. Шапов*

Художественный редактор *Н. А. Фильчагина*

Технический редактор *В. П. Сизова*

Корректор *Т. А. Палладина*

Сдано в производство 18/III 1965 г.

Подписано к печати 16/VIII 1965 г.

Бумага $84 \times 108^{1/32} = 7,31$ бум. л.

24 печ. л. Уч.-изд. л. 21,53, Изд. № 27/3038

Цена 1 р. 58 к. Зак. 1411

ИЗДАТЕЛЬСТВО „МИР“

Москва, 1-я Рижский пер., 2

Ленинградская типография № 2

имени Евгении Соколовой Главполиграфпрома

Государственного комитета Совета

Министров СССР по печати.

Измайловский пр., 29