

ЗА СТРАНИЦАМИ УЧЕБНИКОВ ФИЗИКИ И ХИМИИ

Л. В. ТАРАСОВ

Атмосфера нашей планеты

Ш

49

МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ®
2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	9
Глава 1. Воздушная оболочка Земли	13
§ 1.1. Состав атмосферы вблизи земной поверхности	13
1.1.1. Постоянные и переменные газы (13). 1.1.2. Процентная концентрация газа по объему и по массе (14). 1.1.3. Оксид водорода в атмосфере (17). 1.1.4. Круговорот оксида водорода в природе (22). 1.1.5. Аэрозольные частицы в атмосфере (25).	
§ 1.2. Локальные физические характеристики атмосферы	28
1.2.1. Атмосферный воздух как сплошная среда (гидродинамический подход) (28). 1.2.2. Давление как мера степени сжатия среды (29). 1.2.3. Атмосферное давление (30). 1.2.4. Оценка массы земной атмосферы (34). 1.2.5. Статистический характер давления и температуры (34).	
§ 1.3. Вертикальное строение атмосферы	36
1.3.1. Барометрическая формула (36). 1.3.2. Приведенная высота (38). 1.3.3. Гомосфера и гетеросфера (40). 1.3.4. «Слоеный пирог» земной атмосферы (43). 1.3.5. Нижние слои атмосферы (46). 1.3.6. Классификация облаков тропосферы (47).	
§ 1.4. Ионосфера	51
1.4.1. Ионизация атмосферы (51). 1.4.2. Определение ионосферы (53). 1.4.3. Строение ионосферы (55). 1.4.4. Основные физико-химические процессы в ионосфере (58). 1.4.5. Рост электронной концентрации при увеличении высоты от 100 км до 300 км (61).	
§ 1.5. Озон в атмосфере	61
1.5.1. Образование озона (61). 1.5.2. Распределение озона в атмосфере (63). 1.5.3. Две глобальные роли стратосферного озона (65). 1.5.4. Дополнительные процессы, способствующие разрушению озонового слоя (68).	

§ 1.6. Парниковый эффект и радиационное равновесие Земли . . .	69
1.6.1. Солнечная постоянная и спектр Солнца (69).	
1.6.2. Парниковый эффект (70). 1.6.3. Радиационное равновесие Земли (73).	
Глава 2. Происхождение и эволюция земной атмосферы . . .	77
§ 2.1. Основные этапы эволюции земной атмосферы как аналоги современных атмосфер других небесных тел	77
2.1.1. Атмосфера Юпитера (78). 2.1.2. Атмосфера Венеры (81). 2.1.3. Атмосфера Титана (83). 2.1.4. Основные этапы эволюции земной атмосферы (85).	
§ 2.2. От первичной атмосферы к углекислотной атмосфере.	87
2.2.1. Образование Солнечной системы (87). 2.2.2. Первичная атмосфера Земли (90). 2.2.3. Образование гидросферы (92). 2.2.4. Процессы, формировавшие атмосферу в архее (96). 2.2.5. Взлет и падение углекислого газа в атмосфере архея (98).	
§ 2.3. Зарождение и начало эволюции жизни	101
2.3.1. Фотосинтез (102). 2.3.2. Возникновение жизни (путь от биомономеров к прокариотам — первым живым организмам) (105). 2.3.3. Возникновение фотосинтеза (ПО). 2.3.4. Появление одноклеточных эукариот (112). 2.3.5. Многоклеточные эукариоты в протерозое (114).	
§ 2.4. От азотной атмосферы к азотно-кислородной.	116
2.4.1. Переломный момент в истории Земли (116). 2.4.2. Азотная атмосфера протерозоя (119). 2.4.3. Медленное накопление кислорода в атмосфере протерозоя (122). 2.4.4. Углекислый газ и температура земной поверхности в фанерозое (126). 2.4.5. Взлеты и падения содержания кислорода в атмосфере фанерозоя (131). 2.4.6. Козволюция атмосферы и жизни (136).	
§ 2.5. Биогеохимические циклы атмосферных газов.	139
2.5.1. Глобальный геологический цикл (139). 2.5.2. Биогеохимические циклы диоксида углерода (142). 2.5.3. Биогеохимические циклы кислорода (144). 2.5.4. Главный биосферный цикл и сферы Земли (147). 2.5.5. Биогеохимические циклы азота (149). 2.5.6. Уникальность высокоразвитой жизни (151).	
Глава 3. Циркуляция воздушных масс в атмосфере	155
§ 3.1. Общие замечания	155
§ 3.2. Конвекция и ветер.	156

3.2.1. Конвекция в атмосферном воздухе (156).	3.2.2. Характеристики ветра (157).	3.2.3. Линии тока (159).	
3.2.4. Бризы (161).	3.2.5. Муссоны (163).		
§3.3. Общая циркуляция атмосферы			164
3.3.1. Атмосферная циркуляция на невращающейся планете (164).	3.3.2. Учет вращения Земли: ячейки Хэдли и Феррела (166).	3.3.3. Учет вращения Земли: циркумполярные ветры, пассаты и антипассаты, западные ветры, полярные восточные ветры (168).	3.3.4. Сила Кориолиса на вращающейся Земле (171).
	3.3.5. Пассаты, западные ветры и поверхностные течения океанов (173).		
§3.4. Циклоническая деятельность			176
3.4.1. Циклон (176).	3.4.2. Антициклон (180).	3.4.3. Теплый и холодный атмосферные фронты (182).	3.4.4. Фронт окклюзии — место зарождения циклона (184).
	3.4.5. Рельеф местности и горизонтали на топографической карте (185).	3.4.6. Барический рельеф и изобары на синоптической карте (186).	3.4.7. Синоптические карты для всей поверхности земного шара (190).
§3.5. Тропические циклоны (тайфуны и ураганы)			191
3.5.1. Тропический циклон — грозное явление природы (191).	3.5.2. Строение и физика тропического циклона (196).	3.5.3. Внутри глаза тайфуна (200).	3.5.4. Зарождение и перемещения тропических циклонов (203).
	3.5.5. Энергия тропического циклона (205).		
§3.6. Смерчи (тромбы, торнадо)			206
3.6.1. Внешний вид и основные характеристики смерчей (206).	3.6.2. Наблюдения смерчей и их последствий (208).	3.6.3. Развитие смерча и его строение (211).	3.6.4. Диалог с читателем: вопросы, оставшиеся за кадром (214).
	3.6.5. Вертикальные вихри (216).		
Глава 4. Фазовые переходы в атмосфере			217
§4.1. Агрегатные состояния вещества и переходы между ними			217
§4.2. Первопричина фазовых переходов в атмосфере			222
4.2.1. Насыщенный водяной пар (222).	4.2.2. Зависимость упругости насыщения от температуры (кривая испарения). Точка росы (224).	4.2.3. Две принципиальные возможности нарушения равновесия в системе пар-вода (227).	4.2.4. Зависимость упругости насыщения от кривизны водной поверхности и концентрации солей в воде (228).
	4.2.5. Кипение как особый процесс парообразования (229).		

§4.3. Туман	232
4.3.1. Характеристика тумана (232). 4.3.2. Разнообразие туманов (233). 4.3.3. Возникновение тумана. Туманы испарения и туманы охлаждения (235). 4.3.4. Цвет туманов (238).	
§4.4. Образование облаков и выпадение осадков	240
4.4.1. Такая изменчивая картина облачного неба (240). 4.4.2. Причины образования облаков (242). 4.4.3. Физика образования кучевого облака (245). 4.4.4. Микрофизика облаков (246). 4.4.5. Физика выпадения осадков из облаков (250). 4.4.6. Активные воздействия на облака и туманы (251).	
§4.5. Атмосферные осадки	253
4.5.1. Виды атмосферных осадков из облаков (253). 4.5.2. Снежинки в воздухе (254). 4.5.3. Снежинки на земле (256). 4.5.4. Град (258). 4.5.5. Наземные гидрометеоры (259).	
§4.6. Метели	261
4.6.1. Виды метелей (261). 4.6.2. Микроструктура низовых метелей (263). 4.6.3. Снежные волны (266). 4.6.4. Горные метели (267). 4.6.5. Пылевые бури и метели: сходство и различия (268).	
§4.7. Кислота в атмосферных осадках	270
4.7.1. Осадки с кислотностью природного происхождения (270). 4.7.2. Ионное произведение воды и водородный показатель pH (272). 4.7.3. Шкала значений водородного показателя pH (275). 4.7.4. Кислотные дожди как результат антропогенного загрязнения атмосферы (277). 4.7.5. Негативные воздействия кислотных дождей на окружающую среду (279).	
Глава 5. Электричество в атмосфере	283
§5.1. Атмосферное электричество	283
5.1.1. Электрическое поле и электропроводность атмосферы (283). 5.1.2. Электрический ток проводимости в атмосфере (286). 5.1.3. Как быстро могла бы разрядиться Земля в условиях повсеместной хорошей погоды? (288). 5.1.4. «Генераторы» атмосферного электричества (289).	
§5.2. Огни Святого Эльма — коронный разряд в атмосфере	291
5.2.1. Наблюдения огней Святого Эльма (291). 5.2.2. Возбуждение и ионизация атомов (молекул) электронным ударом (293). 5.2.3. Физика коронного разряда (296). 5.2.4. Огонь Святого Эльма в счетчике Гейгера-Мюллера (298).	

§5.3. Грозное облако.	299
5.3.1. Рождение, развитие и разрушение грозного облака (299). 5.3.2. Восходящие и нисходящие воздушные потоки в грозном облаке (301). 5.3.3. Объяснение динамики воздушных потоков в грозном облаке (303). 5.3.4. Электризация грозного облака (305).	
§5.4. Линейная молния — искровой разряд в атмосфере.	309
5.4.1. Эволюция представлений о природе молнии (309). 5.4.2. Три вида линейных молний (310). 5.4.3. «Паспортные данные» линейной молнии (313). 5.4.4. Физика процессов, происходящих при возникновении нисходящей линейной молнии (314). 5.4.5. Роль космических лучей в образовании молний (317). 5.4.6. Гром (318).	
§5.5. Шаровая молния.	319
5.5.1. Наблюдения шаровой молнии (319). 5.5.2. Внешний вид шаровой молнии (320). 5.5.3. Поведение шаровой молнии (321). 5.5.4. Энергия, содержащаяся в шаровой молнии (323). 5.5.5. Как возникает шаровая молния и как часто это происходит? (324). 5.5.6. О природе шаровой молнии (327).	
Глава 6. Оптические явления в атмосфере.	334
§6.1. Рассеяние и рефракция света в атмосфере.	334
6.1.1. Голубой цвет неба, красный цвет заходящего солнца и опыт Тиндаля (334). 6.1.2. Рассеяние света в атмосфере (335). 6.1.3. Рефракция света в атмосфере (337). 6.1.4. Небольшой исторический экскурс (339).	
§6.2. Солнечные закаты.	341
6.2.1. Удивительное в солнечных закатах (341). 6.2.2. Объяснение сплюснутости заходящего солнечного диска (343). 6.2.3. Объяснение возникновения зеленого луча (344). 6.2.4. Объяснение появления «слепой полосы» (346). 6.2.5. Кажущееся увеличение размеров заходящего солнца (350).	
§6.3. Миражи.	351
6.3.1. Разнообразие миражей (351). 6.3.2. Световой луч в оптически неоднородной среде (355). 6.3.3. Радиус кривизны светового луча (359). 6.3.4. Объяснение нижнего (озерного) миража (360). 6.3.5. Объяснение простых верхних миражей (361). 6.3.6. Объяснение двойных и тройных миражей (362). 6.3.7. О миражах сверхдальнего видения (365).	

§ 6.4. Радуга	366
6.4.1. Радуга в поверьях и легендах (366). 6.4.2. Портрет радуги (367). 6.4.3. Условия наблюдения радуги (368). 6.4.4. Ход монохроматического светового луча в капле дождя (370). 6.4.5. Вид основной радуги в монохроматическом свете (373). 6.4.6. Вид дополнительной радуги в монохроматическом свете (375). 6.4.7. Чередование цветов в основной и дополнительной радугах (376). 6.4.8. Влияние размеров капель дождя на вид радуги (379).	
§ 6.5. Гало	380
6.5.1. Наблюдения гало (380). 6.5.2. Структура гало в общем случае (383). 6.5.3. Общие замечания о физике гало (384). 6.5.4. Наименьший угол отклонения светового луча в призме (385). 6.5.5. Объяснение возникновения малого гало (388). 6.5.6. Объяснение возникновения большого гало (389). 6.5.7. Горизонтальный (паргелический) круг, столбы и кресты (389). 6.5.8. Ложные солнца (луны) (390).	
Глава 7. Небесные сполохи в верхней атмосфере.	393
§7.1. Солнечный ветер и магнитосфера Земли.	393
7.1.1. Солнечный ветер (393). 7.1.2. Магнитосфера Земли (394). 7.1.3. Сила Лоренца (397). 7.1.4. Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле (397). 7.1.5. Движение электрона в геомагнитном поле (401).	
§7.2. Наблюдения небесных сполохов (полярных сияний). . . .	404
7.2.1. Формы полярных сияний (404). 7.2.2. Где и когда наблюдаются полярные сияния (405). 7.2.3. Магнитные бури (407).	
§ 7.3. Природа полярных сияний	409
7.3.1. Эволюция представлений о природе полярных сияний (409). 7.3.2. Полярное сияние как люминесцентное свечение в верхней атмосфере (411). 7.3.3. Люминесценция (412). 7.3.4. Возникновение электронных полярных сияний (414). 7.3.5. Возникновение протонных полярных сияний (416).	