

The background of the cover is a photograph of the Aurora Borealis (Northern Lights) in a snowy landscape. The aurora displays vibrant green and yellow-green curtains of light against a dark, twilight sky. The ground is covered in snow, and a line of dark evergreen trees is visible in the distance. The overall scene is serene and atmospheric.

Є.П. Школьний
Т.Є. Данова
Є.А. Галич

ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ В ВЕРХНІЙ АТМОСФЕРІ ЗЕМЛІ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Одеса
«ТЕС»
2012

ББК 26.23
Ш 67
УДК 551.510

Рецензенти:

Бахмутов В.Г., д.геол.н., головний науковий співробітник, Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України

Міліневський Г.П., доктор фіз.-мат. наук, завідувач НДІ фізики космосу, Київський національний університету ім. Тараса Шевченка

Ситов В.М., к.геог.н., доцент, начальник гідрометцентру Чорного та Азовського морів.

Школьний, Євген Павлович

Ш 67 Фізичні процеси у верхній атмосфері Землі: Навчальний посібник /Школьний Є.П., Данова Т.Є., Галич Є.А.; Одеськ.Держ.Екологічний Університет.– Одеса, ТЕС,2012. – 190 с.ил.

Навчальний посібник містить основні положення щодо молекулярно-кінетичної теорії та статистики верхньої атмосфери, взаємодії атмосферних газів електромагнітним та корпускулярним випромінюванням Сонця. Велика увага приділяється фотохімічним процесам у верхній атмосфері, які чинять великий вплив на вміст озону, а також на геофізичні явища, такі як характеристики іоносфери, магнітного поля Землі й магнітосфери, полярних сьайв й сріблястих хмар. Важливим є останній розділ навчального посібника, у якому докладно розглядається циркуляційний режим повітря у верхній атмосфері – стратосфері, мезосфері й термосфері.

ISBN 978-966-2389-70-8

ББК 26.23
УДК 551.510
© Одеський державний
екологічний університет, 2012

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Загальні уявлення про фізичні властивості повітряного середовища і процеси у верхній атмосфері	7
1.1 Загальна характеристика повітряного середовища верхньої атмосфери	7
1.2 Загальні положення молекулярно-кінетичної теорії та статика верхньої атмосфери	8
1.2.1 Газові закони і рівняння нерозривності	9
1.2.2 Основи кінетичної теорії взаємодіючих частинок і молекулярна дифузія	11
1.2.3 Рівняння статички верхньої атмосфери	15
1.3 Гравітаційно-дифузійний розподіл й турбулентне перемішування газів	19
2 Сонце і сонячна активність	27
2.1 Основні фізичні характеристики Сонця	27
2.2 Сонячна атмосфера	28
2.2.1 Фотосфера Сонця	29
2.2.2 Хромосфера	29
2.2.3 Корона	30
2.3 Фізичні явища, які утворюються на Сонці	31
2.3.1 Сонячні плями	31
2.3.2 Факели і флокули	35
2.3.3 Протуберанці	35
2.3.4 Коронарні конденсації	36
2.3.5 Сонячні спалахи	36
2.4 Сонячна активність і центри активності	37
2.5 Електромагнітне та корпускулярне випромінювання Сонця	39
2.6 Вплив сонячної активності на фізичний стан атмосфери Землі	43
2.7 Поглинання сонячної радіації в атмосфері	46
2.7.1 Сонячна радіація на верхній межі атмосфери	46
2.7.2 Рівняння переносу радіації. Закон Буге-Ламберта-Бера	49
2.7.3 Формування ліній поглинання	51
2.7.4 Розширення тиском	53
2.7.5 Доплерівське розширення	57
2.7.6 Особливості поглинання сонячної радіації в атмосфері	59

2.8	Нагрівання атмосфери за рахунок поглинання сонячної радіації	62
2.9	Перенос теплової інфрачервоної радіації	64
3	Фотохімічні процеси в атмосфері	67
3.1	Процеси дисоціації й асоціації кисню	67
3.2	Дисоціація й асоціація азоту	72
3.3	Фотохімічні процеси водню та гідроксилу	73
4	Озон в атмосфері Землі	75
4.1	Фізичні величини, які характеризують вміст озону	75
4.2	Оптичні властивості озону	77
4.3	Розподіл озону у просторі та за часом	80
4.3.1	Широтно-довготний розподіл загального вмісту озону	80
4.3.2	Вертикальний розподіл озону	89
4.3.3	Озонові «дірки»	92
5	Іоносфера Землі	98
5.1	Іоносферні процеси в атмосфері	98
5.2	Основи теорії утворення іоносфери	100
5.3	Побудова іоносфери за результатами вимірювань	104
5.4	Просторово-часові зміни характеристик іоносфери	106
5.5	Іоносферні збурення	109
6	Магнітне поле Землі	111
6.1	Елементи магнітного поля	111
6.2	Структура магнітного поля біля земної поверхні	112
6.3	Математична модель магнітного поля Землі	114
6.4	Магнітосфера Землі	117
6.5	Варіації елементів геомагнітного поля	120
6.6	Магнітні збурення	122
6.7	Індекси геомагнітної активності	123
7	Полярні сьйва	126
7.1	Основні характеристики полярних сьйв	126
7.2	Частота полярних сьйв і їх поширення	131
8	Сріблясті хмари	134
8.1	Основні характеристики сріблястих хмар	134
8.2	Гіпотези щодо утворення сріблястих хмар	136
9	Динаміка верхньої атмосфери	139
9.1	Основи динаміки атмосфери	139
9.1.1	Вихідні рівняння динаміки верхньої атмосфери	140
9.1.2	Рівняння руху з урахуванням сил іонного гальмування	142
9.2	Циркуляційний режим верхньої атмосфери	143
9.2.1	Циркуляційний режим нижньої стратосфери	144
9.2.1.1	Вітровий режим нижньої стратосфери	144

9.2.1.2	Вертикальна структура повітряних течій в тропічній та екваторіальній нижній стратосфері.....	146
9.2.1.3	Циклічні коливання зональної складової вітру в нижній стратосфері.....	154
9.2.1.4	Турбулентний режим нижньої стратосфери.....	156
9.2.2	Особливості атмосферної циркуляції в верхній стратосфері і мезосфері.....	159
9.2.2.1	Вітровий режим верхньої стратосфери.....	159
9.2.2.2	Особливості поля вітру в мезосфері.....	162
9.2.2.3	Сезонні коливання швидкості вітру та перебудови циркуляції.....	163
9.2.2.4	Турбулентний режим в шарі метеорних слідів.....	167
9.2.3	Вітровий режим термосфери.....	171
9.3	Вплив планетарних хвиль на термодинамічні процеси у верхній атмосфері.....	173
9.3.1	Позатропічні планетарні хвилі та миттєві стратосферні потепління.....	173
9.3.2	Екваторіальні стратосферні хвилі.....	178
	Список використаної літератури	182
	Іменний покажчик	185
	Предметний покажчик	186