ББК В333.21+В652.45
УДК 523.94: 537.94
М 692

Михаляев, Б. Б., Рудерман, М. С.
Колебания и волны в солнечной короне [Текст]/ Б. Б. Михаляев, М. С. Рудерман - Элиста: Изд-во Калм. ун-та, 2012. -184 с.
ISBN 978-5-91458-114-2

Печатается по решению редакционно-издательского совета ФГБОУ ВПО «Калмыцкий государственный университет»

В книге изложены сведения о колебаниях и волнах в солнечной короне, составляющие предмет корональной сейсмологии. Приведены данные о наблюдениях колебаний в различных волновых диапазонах, проведена их классификация. Сформулированы основы теории магнитогидродинамических колебаний простейших корональных магнитных структур, корональных петель и корональных аркад. В частности, рассмотрены линейные колебания магнитных трубок, используемые при описании колебаний корональных петель. Особое внимание уделено резонансным явлениям, имеющим приложение к проблеме нагрева плазмы.

Книга предназначена для научных работников, аспирантов и студентов, специализирующихся в области магнитной гидродинамики и физики Солнца.

Рецензент
доктор физико-математических наук, профессор И. С. Веселовский

Издание подготовлено при поддержке Министерства образования и науки РФ (задание 2012 г. для ФГБОУ ВПО «КалмГУ»)

© Б. Б. Михаляев, 2012
© М. С. Рудерман, 2012
© ФГБОУ ВПО «Калмыцкий государственный университет», 2012

Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРОВ 5

Введение 6

Глава 1. Наблюдение колебаний и волн в короне
1.1. Пульсации радиоизлучения 9
1.2. Вариации рентгеновского излучения 20
1.3. Наблюдения в ультрафиолетовом диапазоне 30
1.4. Оптические наблюдения 43
1.5. Классификация колебаний и волн 52

Глава 2. Колебания магнитных трубок
2.1. МГД-волны в цилиндрической геометрии 59
2.1.1. Уравнения линейных волн в среде с цилиндрической симметрией 59
2.1.2. Волны в однородной среде 62
2.2. Однородная магнитная трубка 66
2.2.1. МГД-моды магнитной трубки 66
2.2.2. Расчет параметров трубки в корональной сейсмологии 72
2.3. Составные магнитные трубки 76
2.3.1. Магнитная трубка с продольным полем в оболочке 76
2.3.2. Магнитная трубка с азимутальным полем в оболочке 83
2.4. Взаимодействие волн в магнитных трубках 90
2.4.1. Исследования взаимодействия волн в солнечной короне 90
2.4.2. Взаимодействие волн с аксиальной симметрией 93
2.4.3. Взаимодействие мод магнитной трубки 100
2.5. Теория тонкой магнитной трубки 102
2.6. Определение шкалы высот в короне 106
2.7. Затухание изгибных колебаний корональных петель 108
2.7.1. Формулы связи 109
2.7.2. Резонансное затухание изгибных колебаний 114

Глава 3. Колебания магнитных аркад
3.1. Моделирование магнитных аркад 121
3.2. Исследования колебаний магнитных аркад 128
3.3. Резонансные явления в магнитных аркадах 131
3.3.1. Основные уравнения и предположения 133
3.3.2. Вывод уравнения, описывающего альвеновскую моду 135
3.3.3. Решение идеальных МГД-уравнений 138
3.3.4. Диссипативное решение в окрестности резонансной поверхности 140
3.3.5. Полная диссипируемая энергия альвеновских волн 141

3.3.6. Пространственная зависимость диссипации энергии 143
3.3.7. Потенциальная аркада с однородной плотностью 145
3.4. Коротковолновые колебания магнитных аркад 150
3.4.1. Приближение геометрической акустики 150
3.4.2. Установившиеся колебания 153
3.4.3. Потенциальная аркада 157
3.4.4. Бессиловая аркада 163
Литература 167
Предметный указатель 180
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ 183

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРОВ

В книге дан краткий обзор наблюдательных данных о колебаниях в солнечной короне, которые можно интерпретировать как магнитогидродинамические. Приведены наблюдения, полученные главным образом в последние полтора десятка лет, с отдельными ссылками на более ранние источники. Следует отметить, что после запуска на орбиту новых наблюдательных комплексов объем данных о колебаниях в отдельных корональных структурах значительно возрос, и отразить его полностью в рамках небольшого издания не представляется возможным. Авторы и не ставили перед собой такую задачу. Собранный материал обобщает имеющиеся данные и в некоторой степени отражает научные предпочтения авторов.

Сделана попытка классификации наблюдательных данных по виду корональных структур и свойствам самих колебаний. Это должно облегчить работу читателей по применению тех или иных подходов к описанию колебаний в конкретных приложениях. Солнечная корона характеризуется большим разнообразием структур, основой которых служат магнитные потоки, постоянно выносимые в верхнюю атмосферу из подфотосферных слоев и имеющие сложную динамику. Теоретическое исследование волн и колебаний в короне, несмотря на полувековую историю их наблюдений, по сути дела находится на начальном этапе своего развития. Мы ограничиваемся изложением некоторых вопросов теории магнитогидродинамических волн и колебаний в корональных петлях и магнитных аркадах, где имеются обширные результаты.

Отсутствие обстоятельных обзоров на русском языке по данной тематике побудило авторов подготовить эту книгу. Надеемся, что она окажется полезной как для специалистов, так и для студентов и аспирантов, начинающих изучать теоретические вопросы современной солнечной физики и основы теории магнитогидродинамических волн.

Б. Б. Михаляев
М. С. Рудерман