

УДК 52-337
ББК 22.63
П 182



Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту №08-02-07048.

Паркер Ю. Н.

Беседы об электрических и магнитных полях в космосе. — М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Ижевский институт компьютерных исследований, 2010. — 208 с.

Эта монография является долгожданным дополнением к уже существующим многочисленным статьям и книгам по электромагнетизму; в ней рассматривается такое явление как космический электромагнетизм — точнее сказать, крупномасштабные магнитные поля, которые переносятся в потоке ионизированных газов звезд и галактик в космическом пространстве. Автор дает свой взгляд на проблемы, описанные в стандартных статьях, и указывает на некоторые часто встречающиеся заблуждения о характере динамики этих крупномасштабных полей. Ю. Паркер вовлекает читателей в ряд диалогов, которые, порой, даже забавны, но на самом деле ведут в самую суть проблемы. Та динамика, о которой он говорит, — это давление магнитного поля, направленное против давления и инерции массивного движения ионизированных газов. Ю. Паркер показывает, что эту динамику удобно описывать не в терминах электрического тока, а в терминах магнитного поля. Диалоги об электрических и магнитных полях в космосе возвращают нас к истокам науки и объясняют, почему обращение к классической и магнитной гидродинамике необходимо даже для изучения самых далеких глубин космоса.

ISBN 978-5-93972-825-6

ББК 22.63

© Princeton University Press, 2007

© Перевод на русский язык:

НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010

Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, электронными или механическими, включая фотокопирование, запись на магнитный носитель, или при помощи любой другой системы хранения и обработки информации, если на то нет письменного разрешения Издательства.

На обложке использована репродукция гравюры Эдварда Мунка «Встреча в мировом пространстве» (Begegnung im Weltall), 1898 г.

<http://shop.rcd.ru>

<http://ics.org.ru>

Оглавление

Предисловие к русскому изданию	9
Благодарности	11
ГЛАВА 1. Введение	13
1.1. Общие замечания	13
1.2. Уравнения электромагнитного поля	16
1.3. Электронеutrальность	20
1.4. Электрический заряд и доминирование магнитного поля	26
ГЛАВА 2. Электрические поля	30
2.1. Основные положения	30
2.2. Определение заряда и поля	31
2.3. Понятие электрического поля	33
2.4. Физическая реальность электрического поля	35
2.5. Давление электрического поля	37
ГЛАВА 3. Магнитные поля	40
3.1. Основные положения	40
3.2. Связь с экспериментом	41
3.3. Дифференциальная форма закона Ампера	42
3.4. Энергия и давление	44
3.5. Измерение магнитного поля	47
ГЛАВА 4. Линии поля	53
4.1. Основные положения	53
4.2. Оптическая аналогия	55
ГЛАВА 5. Уравнения Максвелла	59

ГЛАВА 6. Максвелл и Пойнтинг	64
6.1. Теоремы Пойнтинга о сохранении энергии и импульса	64
6.2. Приложения	68
6.3. Электрическое и магнитное поля в веществе	69
6.4. Единицы СИ	71
6.5. Системы единиц	76
6.6. Единицы Чосера	81
ГЛАВА 7. Движущиеся системы отсчета	83
7.1. Преобразования Лоренца	83
7.2. Электрические поля в лаборатории	84
7.3. Бритва Оккама и дерево в лесу	86
7.4. Электрическое поле движущейся плазмы	87
7.5. Результирующий заряд в закручивающейся плазме	90
ГЛАВА 8. Гидродинамика	94
8.1. Основные положения	94
8.2. Вывод уравнений гидродинамики	96
8.3. Тензор давления	99
8.4. Изменение давления при постоянном расширении	103
8.5. Сдвиговой поток	106
8.6. Эффекты столкновений	107
8.7. Недиagonальные компоненты и вязкость	110
8.8. Выводы	111
ГЛАВА 9. Магнитная гидродинамика	112
9.1. Основные положения	112
9.2. Диффузия и диссипация	117
9.3. Применение понятия магнитной диффузии	118
9.4. Обсуждение	122
9.5. Частично ионизованные газы	123
9.6. Электрический ток, удовлетворяющий закону Ампера	129
9.7. Движение частиц вдоль вектора \mathbf{B}	135
9.8. Изменяющееся во времени магнитное поле	141
9.9. Комментарии	143
ГЛАВА 10. Необычные свойства тензора натяжений Максвелла	146
10.1. Магнитное равновесие	146
10.2. Вычисление равновесного поля	152
10.3. Равновесие в вытянутом поле	153

10.4. Разрешая противоречия	157
10.5. Формирование поверхностей тангенциального разрыва	158
10.6. Быстрые пересоединения в рамках исходной термодинамики	162
10.7. Квазистационарная диссипация в тангенциальном разрыве	168
ГЛАВА 11. Комментарии	174
11.1. Выводы	174
11.2. Аналогия с электрической цепью	175
11.3. Простейший пример электрической цепи	177
11.4. Известные электрические и магнитные поля	181
Приложение А. Электростатическое расширение Вселенной	184
Приложение В. Релаксация неоднородности распределения электрического заряда	186
Приложение С. Наложённое крупномасштабное электростатическое поле	189
Приложение D. Плотность электрического заряда в электрическом поле	192
Приложение Е. Поперечный инвариант w_n^2/B	194
Приложение F. Блокировка потока электрического тока	196
Литература	200
Предметный указатель	206