

УДК 52
ББК 22.63



Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту № 05-02-30010.

Зельдович Я. Б., Рузмайкин А. А., Соколов Д. Д.

Магнитные поля в астрофизике. — Москва–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2006. — 384 с.

Предлагаемая книга написана классиком отечественной науки, одним из лидеров советской атомной программы, академиком Я. Б. Зельдовичем в последний период его творчества вместе с двумя — тогда еще молодыми — соавторами А. А. Рузмайкиным и Д. Д. Соколовым (сейчас проф. А. А. Рузмайкин работает в Калифорнии, США, а проф. Д. Д. Соколов — в МГУ, Россия). Впервые книга была издана на английском языке нью-йоркским издательством Gordon and Breach в 1983 г.

Авторы вводят здесь ряд новых концепций электродинамики и магнитной гидродинамики космических сред, в частности, дают представление о быстром динамо и топологическую трактовку условий быстрой генерации магнитного поля, рассматривают образование магнитных полей в спиральных галактиках и в конвективных оболочках звезд. Вместе с другими монографиями, опубликованными в этот период, книга сформировала современную парадигму изучения магнитных полей в космосе. За прошедшие годы она не утратила своей актуальности, широко цитируется в научной литературе, представлена практически во всех зарубежных библиотеках астрономического профиля. Однако до настоящего времени эта книга оставалась практически недоступной отечественному читателю.

ISBN 5-93972-578-3

ББК 22.63

© А. А. Рузмайкин, Д. Д. Соколов, 2006

© Наследники Я. Б. Зельдовича, 2006

© НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2006

<http://shop.rcd.ru>

<http://ics.org.ru>

Оглавление

Предисловие к русскому изданию	7
Предисловие к выпуску	10
Предисловие	12
ГЛАВА 1. Введение	18
ГЛАВА 2. Проявления космического магнетизма	26
I. Введение	26
II. Эффект Зеемана	29
III. Биения при атомных переходах	33
IV. Эффект Ханле	36
V. Фарадеевское вращение	40
VI. Гиролинии	46
VII. Другие методы	48
VIII. Напряженность и масштаб магнитных полей в астрофизике	49
ГЛАВА 3. Происхождение магнитных полей	52
I. Особенности космической среды: большие числа Рейнольдса	52
II. Вмороженные магнитные поля	54
III. Гипотеза реликтового (остаточного) поля	56
IV. Необходимость динамо	59
ГЛАВА 4. Динамо	63
I. Униполярное динамо	63
II. Двойное дифференциальное вращение	67
III. Спиральное динамо	72
IV. Веревочное динамо	76
ГЛАВА 5. Условия генерации магнитных полей	80
I. Введение	80
II. Перенос скаляра	83
III. Перенос магнитного поля	88

IV.	Кинематическое динамо	90
V.	Необходимое условие для действия динамо	93
VI.	Теоремы запрета	94
VII.	Медленное динамо	97
ГЛАВА 6.	Вкратце о топологии течений	100
I.	Узлы, зацепления и теорема запрета	102
II.	Зацепления и спиральность	107
III.	Другие спиральности	113
ГЛАВА 7.	Магнитные поля в стационарных течениях	117
I.	Быстрое динамо	117
II.	Течение с постоянной деформацией	119
III.	Течения с растяжениями на компактном многообразии	126
IV.	Выталкивание магнитного поля	132
ГЛАВА 8.	Кинематические турбулентные динамо	138
I.	Случайное блуждание частиц в среде	140
II.	Динамо среднего поля	144
III.	Спектр мелкомасштабных полей	149
IV.	Магнитное поле в зеркально-симметричной турбулентности	154
ГЛАВА 9.	Турбулентное динамо в диске	160
I.	Уравнения генерации и граничные условия	161
II.	Свойства основных мод	166
III.	Некоторые примеры	169
IV.	Асимптотические решения	174
ГЛАВА 10.	О нелинейной теории турбулентного динамо	180
I.	Линейная модель	181
II.	Нелинейная задача	187
III.	Уравнение Ландау в теории динамо	191
IV.	Динамика средней спиральности в магнитном поле	192
V.	Численное моделирование МГД-турбулентности	198
ГЛАВА 11.	Звездные циклы	204
I.	Проблемы звездной таксономии	204
II.	Свидетельства звездной активности	206
III.	Механизмы солнечной активности	211
IV.	Характеристики кинематической теории динамо	215
V.	Характер 11-летней активности	223

VI. Вековая модуляция	228
VII. Стохастическая природа глобальных минимумов	229
VIII. Пекулярные магнитные звезды	239
ГЛАВА 12. Галактика и ее магнитное поле: наблюдения	244
I. Галактика	244
II. Магнитное поле Галактики	249
III. Локальные наблюдения галактического поля	250
IV. Крупномасштабное галактическое поле	252
V. Случайная составляющая галактического поля	259
VI. Асимметрия галактического поля	260
ГЛАВА 13. Галактическое динамо	262
I. Источники галактического поля	262
II. Модель галактического динамо	266
III. Затравочные поля	268
IV. Роль спиральных рукавов	270
V. Другие спиральные галактики	272
ГЛАВА 14. Роль магнитного поля в звездообразовании	274
I. Современный взгляд на формирование звезд	274
II. Наблюдательный фон	277
III. Эволюция магнитных облаков	280
IV. Перенос углового момента	287
V. Торможение вращения звезд	292
VI. Магнитные поля и космогония	295
ГЛАВА 15. Магнитные поля в космологии	299
I. Общие соображения	299
II. Наблюдательные ограничения на межгалактические поля	300
III. Роль магнитного поля в образовании галактик	304
IV. Возбуждение магнитных полей в радиационной плазме	307
ГЛАВА 16. Аккреция на черных дырах	313
I. Черные дыры	314
II. Аккреция на невращающуюся черную дыру в магнитном поле	316
III. Вращающаяся черная дыра	320
IV. Аккреционные диски в двойных звездных системах	324
V. Природа переноса углового момента в аккреционном диске	327
VI. Динамо в аккреционных дисках	329

ГЛАВА 17. Сильные магнитные поля	333
I. Атомы и молекулы в сильных магнитных полях	333
II. Частицы, фотоны и вакуум в сильных магнитных полях	335
III. Пульсары	339
IV. Монополи	345
Литература	347
Предметный указатель	379