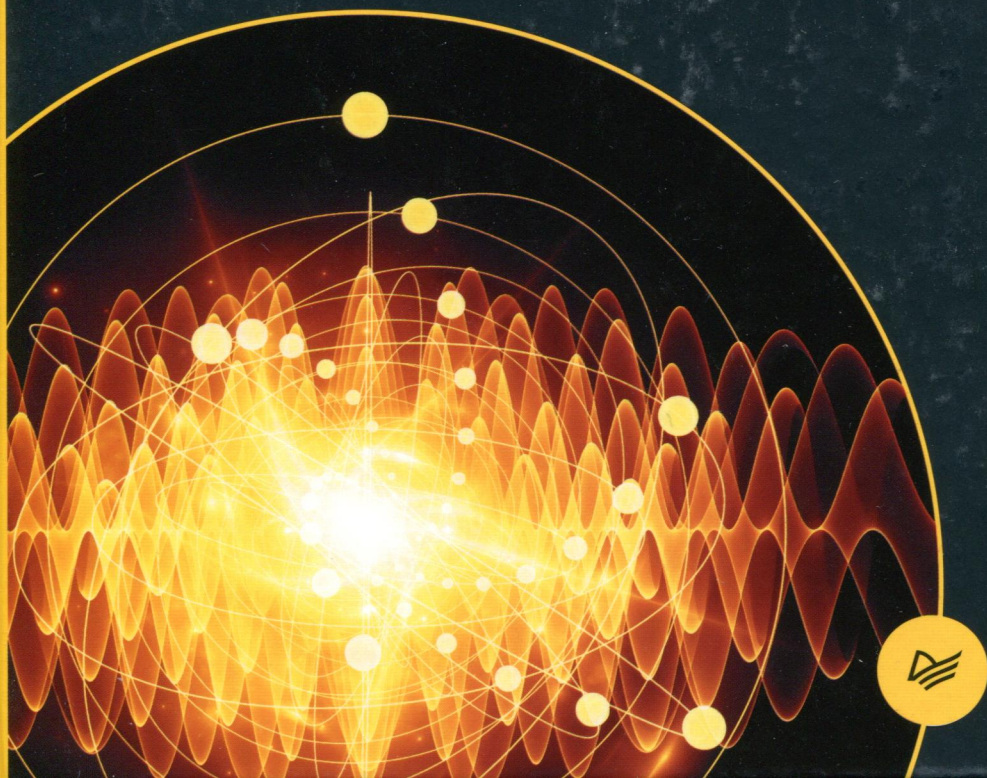


New Science

МАЙКЛ ФАЙЕР

.....
**АБСОЛЮТНЫЙ
МИНИМУМ**
.....

Как квантовая теория
объясняет наш мир



МАЙКЛ ФАЙЕР

.....

АБСОЛЮТНЫЙ МИНИМУМ

.....

Как квантовая теория
объясняет наш мир



Москва · Санкт-Петербург · Нижний Новгород · Воронеж
Киев · Екатеринбург · Самара · Минск

2016

ББК 22.31
УДК 530.145
Ф17

Файер М.

Ф17 Абсолютный минимум. Как квантовая теория объясняет наш мир / Пер. с англ. А. Сергеев. — СПб.: Питер, 2016. — 384 с.: ил. — (Серия «New Science»).

ISBN 978-5-496-01069-6

Физика — это сложнейшая комплексная наука, она настолько сложна, настолько и увлекательна. Если отбросить математическую составляющую, физика сразу становится доступной любому человеку, обладающему любопытством и воображением. Мы легко поймем концепцию теории гравитации, обойдясь без сложных математических уравнений. Поэтому всем, кто задумывается о том, что делает ягоды черники синими, а клубники — красными; кто сомневается, что звук распространяется в виде волн; кто интересуется, почему поведение света так отличается от любого другого явления во Вселенной, нужно понять, что все дело — в квантовой физике.

Эта книга презентует (и демистифицирует) для обычных людей волшебный мир квантовой науки, как ни одна другая книга. Она рассказывает о базовых научных понятиях, от световых частиц до состояний материи и причинах негативного влияния парниковых газов, раскрывая каждую тему без использования специфической научной терминологии — примерами из обычной повседневной жизни. Безусловно, книга по квантовой физике не может обойтись без минимального набора формул и уравнений, но это необходимый минимум, понятный большинству читателей. По мнению автора, книга, популяризирующая науку, должна быть доступной, но не опускаться до уровня читателя, а поднимать и развивать его интеллект и общий культурный уровень.

Написанная в лучших традициях Стивена Хокинга и Льюиса Томаса, книга популяризирует увлекательные открытия из области квантовой физики и химии, сочетая представления и суждения современных ученых с яркими и наглядными примерами из повседневной жизни.

12+ (В соответствии с Федеральным законом от 29 декабря 2010 г. № 436-ФЗ.)

ББК 22.31
УДК 530.145

Права на издание получены по соглашению с Атасом .

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Информация, содержащаяся в данной книге, получена из источников, рассматриваемых издательством как надежные. Тем не менее, имея в виду возможные человеческие или технические ошибки, издательство не может гарантировать абсолютную точность и полноту приводимых сведений и не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 978-0814414880 англ. © Атасом
978-5-496-01069-6

© Перевод на русский язык ООО Издательство «Питер», 2016
© Издание на русском языке, оформление ООО Издательство «Питер», 2016
© Серия «New Science», 2016

Содержание

Предисловие	11
1. Кот Шрёдингера	14
Кот Шрёдингера	16
Не так, как при бросании монеты	19
Реальные явления могут вести себя подобно шрёдингеровским котам	19
2. Размер абсолютен	21
Размер в повседневной жизни	22
Метод наблюдения имеет значение	24
Большое или малое — это величина возмущений	26
Причинность для больших объектов	26
Возмущения, которыми нельзя пренебречь, — это важно	29
Возмущение есть всегда	30
Нельзя рассчитать будущее — только вероятности	32
3. Кое-что о волнах	34
Что такое волны?	34
Волны характеризуются скоростью и частотой	35
Океанские волны	37
Звуковые волны	37
Классические световые волны	38
Видимый свет	40
Сложение волн — интерференция	41
Интерференционные картины и оптический интерферометр	43

4. Фотоэлектрический эффект и объяснение Эйнштейна	49
Фотоэлектрический эффект	49
Волновая модель не работает	50
Эйнштейн дает объяснение	52
Красный свет выбивает более медленные электроны, чем голубой	54
Очень красный свет не выбивает электронов	56
С какой скоростью вылетает электрон	57
5. Свет: волны или частицы?	59
Классическое описание интерференции не годится для фотонов	60
Новое описание фотонов в интерферометре	63
Фотон интерферирует сам с собой	65
Фотон может находиться в двух местах сразу	65
Наблюдение вызывает неизбежно малое возмущение, приводящее к изменению состояния	66
Возвращаемся к котам Шрёдингера	67
Возвращаемся к фотоэлектрическому эффекту	69
6. Размеры фотона и принцип неопределенности Гейзенберга	70
Частицы имеют длину волны	71
Как выглядит волновая функция свободной частицы	72
Частица с хорошо определенным импульсом размазана по всему пространству	73
Интерференция волн разной длины	75
Принцип суперпозиции	78
Импульс частицы в состоянии суперпозиции определен не вполне четко	82
Где находится частица, когда она пребывает в состоянии суперпозиции по импульсу?	83
Принцип неопределенности Гейзенберга	88
7. Фотоны, электроны и бейсбольные мячи	92
Волны или частицы?	92
Дифракция света	93
Электроны в кинескопе ведут себя как снаряды	97
Электроны и фотоны — это частицы и волны, а бейсбольные мячи — это лишь частицы	104

8. Квантовый ракетбол и цвет фруктов	107
Частица в ящике — классический случай	109
Частица в ящике — квантовый случай.	112
Значения энергии квантовой частицы в ящике	113
Связь результатов для частицы в ящике с реальными системами	122
9. Атом водорода: история	128
Спектр солнечного чернотельного излучения	130
Боровская теория атома водорода (не вполне совершенная)	136
10. Атом водорода: квантовая теория	139
Уравнение Шрёдингера	139
Что уравнение Шрёдингера говорит нам о водороде	140
Четыре квантовых числа	142
Энергетические уровни атома водорода	144
s-орбитали атома водорода	146
Пространственное распределение s-орбиталей	148
Функция радиального распределения	151
Формы p-орбиталей	155
Формы d-орбиталей	157
11. Многоэлектронные атомы и Периодическая таблица элементов	160
Водород — особый	161
Формы орбиталей важны для атомов крупнее водорода	162
Энергетические уровни многоэлектронного атома	163
Три правила заполнения энергетических уровней электронами	164
Периодическая таблица элементов	168
Большинство элементов — металлы.	185
12. Молекула водорода и ковалентная связь	188
Два атома водорода, находящихся далеко друг от друга	189
Два атома водорода сближаются	189
Приближение Борна — Оппенгеймера	190
Образование связывающих молекулярных орбиталей	194

Связывающие и разрыхляющие молекулярные орбитали	196
Расселение электронов по молекулярным орбиталям	198
Молекула водорода есть, а молекулы гелия нет.	199
13. Что удерживает атомы вместе: двухатомные молекулы	206
Сигма-связи (σ) и пи-связи (π)	207
Сигма-орбитали молекул	209
Молекулярные пи-орбитали	211
Связи в двухатомных молекулах: молекула фтора	212
Молекулы неона не существует.	217
Молекула кислорода: правило Хунда имеет значение.	217
Молекула азота.	221
Одиночные, двойные и тройные связи	221
Гетеронуклеарные двухатомные молекулы	224
Визуальные модели молекул.	229
14. Более крупные молекулы: формы многоатомных молекул.	231
Формы молекул: тетраэдрический метан	232
Переходящие электроны	237
Гибридные атомные орбитали: линейные молекулы.	239
Гибридные атомные орбитали: треугольные молекулы	243
Гибридные атомные орбитали: тетраэдрические молекулы	244
Углеводороды с одиночной связью	247
Большие углеводороды имеют множество структур	251
Двойные и тройные углерод-углеродные связи	254
15. Пиво и мыло	259
Спирты	259
При комнатной температуре этанол жидкий, а не газообразный.	261
Вода образует водородные связи	264
Вода — великий растворитель	267
Этанол участвует в химических реакциях с кислородом.	267
Метанол крайне ядовит	270
Мыло	272

Крупные углеводороды — это масло и жир	272
Крупные углеводороды могут иметь много разных структур	274
Нефтепродукты и вода не смешиваются	275
Строение молекул мыла	275
16. В жирах важны двойные связи	280
Из чего состоят жировые молекулы?	280
Насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты	282
Формы жировых молекул	283
Насыщенные, мононенасыщенные и полиненасыщенные жирные кислоты	284
Важность двойных связей в жирных кислотах	285
Химически модифицированные жирные кислоты	286
Частично гидрогенизированные и гидрогенизированные жиры	287
Гидрогенизация жиров	288
Читайте этикетки	289
Транс-жиры	289
Природа производит цис-жиры, а химическая обработка — транс-жиры	292
Транс-жиры могут быть опасны	293
Когда ноль — это ноль	294
Омега-3 жирные кислоты	295
Триглицериды	297
Холестерин	298
Вопреки общему мнению, холестерин полезен	300
Проблема с холестерином	302
17. Парниковые газы	304
Углекислый газ, образующийся при сжигании ископаемого топлива	304
Горение метана: природный газ	305
Что такое парниковый газ?	306
При сжигании ископаемого топлива выделяется углекислый газ	308
Углекислый газ является парниковым в силу квантовых эффектов	312
Чернотельный спектр Земли	313

Парниковый эффект CO_2 является квантовомеханическим	322
18. Ароматические молекулы	323
Бензол: классический ароматический углеводород.	324
Бензольные делокализованные молекулярные пи-орбитали	330
Нафталин с позиций задачи о частице в ящике	335
19. Металлы, изоляторы и полупроводники	337
Металлы	338
Диэлектрики	345
Полупроводники	348
Сверхпроводимость	354
20. Квантовое мышление.	357
Опыт учит нас понимать классический мир.	358
Понимание того, что мы видим вокруг себя, требует некоторого знания квантовой механики	359
Энергетические уровни и цвета связаны с волновой природой частиц.	360
Квантовые механизмы скрепляют атомы между собой и определяют форму молекул	362
Углекислый газ является парниковым в силу квантовых эффектов	363
Очень горячие объекты испускают видимое чернотельное излучение	366
Электрический нагрев — квантовое явление.	366
Абсолютно малое	369
Глоссарий.	371