

Brian Greene  
THE ELEGANT UNIVERSE  
Superstrings,  
Hidden Dimensions,  
and the Quest for the  
Ultimate Theory

Брайан ГРИН



МИРОВОЙ НАУЧНО-  
ПОПУЛЯРНЫЙ БЕСТСЕЛЛЕР

Грин затрагивает потрясающее количество тем, излагая их простым и ясным языком без математических выкладок и технических подробностей... Это образец научного повествования... Трудно не заразиться хоть отчасти его энтузиазмом и возбуждением

*The Philadelphia Inquirer*

*егантная*

ВСЕЛЕННАЯ

Суперструны,  
скрытые размерности  
и поиски  
окончательной  
теории



URSS

**Брайан ГРИН**

# **ЭЛЕГАНТНАЯ ВСЕЛЕННАЯ**

**Суперструны,  
скрытые размерности  
и поиски  
окончательной теории**

Научный редактор  
канд. физ.-мат. наук  
*В.О.Малышенко*

Издание четвертое

МОСКВА

2008



URSS



ББК 22.30 22.382 22.6 87.22

**Грин Брайан**

**Элегантная Вселенная: Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории: Пер. с англ. / Под ред. В. О. Малышенко. Изд. 4-е. — М.: Издательство ЛКИ, 2008. — 288 с.**

Книга Брайана Грина «Элегантная Вселенная» — увлекательнейшее путешествие по современной физике, которая как никогда ранее близка к пониманию того, как устроена Вселенная. Квантовый мир и теория относительности Эйнштейна, гипотеза Калуцы—Клейна и дополнительные измерения, теория суперструн и браны, Большой взрыв и мультивселенные — вот далеко не полный перечень обсуждаемых вопросов.

Используя ясные аналогии, автор переводит сложные идеи современной физики и математики на образы, понятные всем и каждому. Брайан Грин срывает завесу таинства с теории струн, чтобы представить миру 11-мерную Вселенную, в которой ткань пространства рвется и восстанавливается, а вся материя порождена вибрациями микроскопических струн.

Книга вызовет несомненный интерес как у специалистов естественно-научных дисциплин, так и у широкого круга читателей.

*Редакторы: Александр Берков, Виктория Малышенко*

*Издательство благодарит Анастасию Волович и Кирилла Сарайкина за ценные замечания, сделанные по прочтении перевода.*

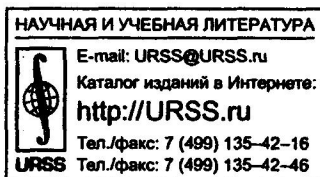
Издательство ЛКИ. 117312, г. Москва, пр-т Шестидесятилетия Октября, д. 9.  
Формат 70×100/16. Печ. л. 18. Зак. № 3171.

Отпечатано с готовых диапозитивов в ООО ПФ «Полиграф-Книга».  
160001, г. Вологда, ул. Челюскинцев, 3.

**ISBN 978-5-382-00821-9**

© 1999 by Brian R. Greene.  
All rights reserved

© Перевод на русский язык,  
оригинал-макет, оформление:  
Издательство ЛКИ, 2008



6157 ID 76793



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, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, а также размещение в Интернете, если на то нет письменного разрешения владельцев.

## Оглавление

Предисловие . . . . .	8	Некоторые замечания . . . . .	54
<b>Часть I</b>		Разрешение противоречия . . . . .	55
<b>На переднем краю познания</b>	11	Снова об искривлении времени . . . . .	56
<b>Глава 1</b>		Экспериментальное подтверждение общей теории относительности . . . . .	57
<b>Связанные струной . . . . .</b>	11	Черные дыры, Большой взрыв и расширение Вселенной . . . . .	59
Три конфликта . . . . .	12	Верна ли общая теория относительности? . . . . .	62
Вселенная в своем самом малом, или что мы знаем о материи . . . . .	13	<b>Глава 4</b>	
Взаимодействия, или куда делятся фотон . . . . .	16	<b>Микроскопические странности . . . . .</b>	64
Теория струн: основная идея . . . . .	18	Квантовая теория . . . . .	65
Теория струн как единая теория всего . . . . .	19	На кухне слишком жарко . . . . .	66
Современное состояние теории струн . . . . .	21	Деление на порции на рубеже веков . . . . .	67
<b>Часть II</b>		Что представляют собой порции? . . . . .	69
<b>Дилемма пространства, времени и квантов</b>	23	Волна или частица? . . . . .	72
<b>Глава 2</b>		Частицы материи также являются волнами . . . . .	75
<b>Пространство, время и взгляд наблюдателя . . . . .</b>	23	Волны чего? . . . . .	76
Интуиция и ее изъяды . . . . .	24	Точка зрения Фейнмана . . . . .	78
Принцип относительности . . . . .	26	Квантовые чудеса . . . . .	81
Скорость света . . . . .	28	<b>Глава 5</b>	
Истина и ее последствия . . . . .	30	<b>Необходимость новой теории: общая теория относительности <i>versus</i> квантовая механика . . . . .</b>	85
Влияние на время. Часть I . . . . .	30	Суть квантовой механики . . . . .	85
Влияние на время. Часть II . . . . .	32	Квантовая теория поля . . . . .	87
Жизнь на бегу . . . . .	35	Частицы-посланники . . . . .	89
И все же: кто движется? . . . . .	36	Калибровочная симметрия . . . . .	90
Влияние движения на пространство . . . . .	38	Общая теория относительности и квантовая механика . . . . .	91
Движение в пространстве-времени . . . . .	38	<b>Часть III</b>	
Как насчет $E = mc^2$ ? . . . . .	41	<b>Космическая симфония</b>	95
<b>Глава 3</b>		<b>Глава 6</b>	
<b>Об искривлениях и волнистой ряби . . . . .</b>	43	<b>Только музыка, или Суть теории суперструн . . . . .</b>	95
Ньютоновский взгляд на гравитацию . . . . .	43	Краткая история теории струн . . . . .	96
Несовместимость ньютоновской теории тяготения и специальной теории относительности . . . . .	44	Снова атомы в духе древних греков? . . . . .	99
Самая счастливая идея Эйнштейна . . . . .	45	Объединение через теорию струн . . . . .	100
Ускорение и искривление пространства и времени . . . . .	48	Музыка теории струн . . . . .	102
Основы общей теории относительности . . . . .	52	Три следствия жестких струн . . . . .	104
		Гравитация и квантовая механика в теории струн . . . . .	106

Грубый ответ . . . . .	106	Спектр состояний струны . . . . .	160
Ловкость рук? . . . . .	109	Спор двух профессоров . . . . .	164
Более точный ответ . . . . .	110	Три вопроса . . . . .	165
Не только струны? . . . . .	114	Два взаимосвязанных понятия расстояния в теории струн . . . . .	166
<b>Глава 7</b>		Минимальный размер . . . . .	167
<b>«Супер» в суперструнах . . . . .</b>	<b>115</b>	Насколько общий этот вывод? . . . . .	169
Характер физических законов . . . . .	116	Зеркальная симметрия . . . . .	169
Спин . . . . .	118	Физика и математика зеркальной симметрии . . . . .	172
Суперсимметрия и суперпартнеры . . . . .	119	<b>Глава 11</b>	
Доводы в пользу суперсимметрии — до появления теории струн . . . . .	120	<b>Разрывая ткань пространства . . . . .</b>	<b>175</b>
Суперсимметрия в теории струн . . . . .	124	Волнующая возможность . . . . .	177
Суперпроблема изобилия . . . . .	125	Зеркальная перспектива . . . . .	178
<b>Глава 8</b>		Медленный прогресс . . . . .	179
<b>Измерений больше, чем видит глаз . . . . .</b>	<b>127</b>	Рождение стратегии . . . . .	180
Иллюзия привычного . . . . .	127	Поздние вечера в последней обители Эйнштейна . . . . .	181
Идея Калуцы и уточнение Клейна . . . . .	128	О шести банках пива и работе по выходным . . . . .	183
Взад и вперед по Садовому шлангу . . . . .	132	Момент истины . . . . .	183
Объединение в высших измерениях . . . . .	134	Подход Виттена . . . . .	184
Современное состояние теории		Следствия . . . . .	185
Калуцы—Клейна . . . . .	136	<b>Глава 12</b>	
Дополнительные измерения		<b>За рамками струн: в поисках М-теории . . . . .</b>	<b>187</b>
и теория струн . . . . .	137	Краткое изложение результатов второй революции в теории суперструн . . . . .	188
Некоторые вопросы . . . . .	139	Приближенный метод . . . . .	190
Физические следствия дополнительных измерений . . . . .	140	Классический пример теории возмущений . . . . .	190
Как выглядят свернутые измерения? . . . . .	141	Использование теории возмущений в теории струн . . . . .	191
<b>Глава 9</b>		Приближает ли к ответу приближение? . . . . .	193
<b>Дымящееся ружье: экспериментальные свидетельства . . . . .</b>	<b>143</b>	Уравнения теории струн . . . . .	194
Перекрестный огонь критики . . . . .	144	Дуальность . . . . .	195
Дорога к эксперименту . . . . .	146	Мошь симметрии . . . . .	197
Перебирая возможности . . . . .	148	Дуальность в теории струн . . . . .	199
Суперчастицы . . . . .	150	Предварительные итоги . . . . .	200
Частицы с дробным электрическим зарядом . . . . .	151	Супергравитация . . . . .	201
Некоторые более отдаленные перспективы . . . . .	152	Проблемки М-теории . . . . .	202
Оценка ситуации . . . . .	153	М-теория и паутина взаимосвязей . . . . .	204
<b>Часть IV</b>		Общая панорама . . . . .	205
<b>Теория струн и структура пространства-времени . . . . .</b>	<b>155</b>	Сюрприз в М-теории: демократия в протяжении . . . . .	206
<b>Глава 10</b>		Помогает ли это в неразрешенных вопросах теории струн? . . . . .	207
<b>Квантовая геометрия . . . . .</b>	<b>155</b>	<b>Глава 13</b>	
Суть римановой геометрии . . . . .	156	<b>Черные дыры с точки зрения теории струн и М-теории . . . . .</b>	<b>209</b>
Космологическая сцена . . . . .	157	Черные дыры и элементарные частицы . . . . .	209
Существенно новая черта . . . . .	158	Позволяет ли теория струн продвигаться вперед? . . . . .	210
Физические свойства намотанных струн . . . . .	159		

Убеденно разрывая ткань пространства . . .	211		
Шквал электронной почты . . . . .	213		
Снова о черных дырах и элементарных частицах . . . . .	214		
«Таяние» черных дыр . . . . .	215		
Энтропия черной дыры . . . . .	216		
Насколько черно черное? . . . . .	218		
Ваш выход, теория струн! . . . . .	220		
Нераскрытые тайны черных дыр . . . . .	221		
<b>Глава 14</b>			
<b>Размышления о космологии . . . . .</b>	<b>224</b>		
Стандартная космологическая модель . . . . .	224		
Проверка модели Большого взрыва . . . . .	225		
От планковских времен до сотых долей секунды после Большого взрыва . . . . .	227		
Космологическая загадка . . . . .	228		
Инфляция . . . . .	230		
Космология и теория суперструн . . . . .	231		
В начале был комок планковских размеров . . . . .	232		
Почему три? . . . . .	232		
Космология и вид пространств Калаби—Яу . . . . .	233		
До начала? . . . . .	234		
М-теория и слияние всех сил природы . . . . .	235		
Рассуждения о космологии и окончательная теория . . . . .	236		
		<b>Часть V</b>	
		<b>Единая теория в XXI веке</b>	<b>240</b>
		<b>Глава 15</b>	
		<b>Перспективы . . . . .</b>	<b>240</b>
		Что является фундаментальным принципом теории струн? . . . . .	241
		Что есть пространство и время на самом деле, и можем ли мы без них обойтись? . . . . .	242
		Приведет ли теория струн к переформулировке квантовой механики? . . . . .	245
		Можно ли теорию струн проверить экспериментально? . . . . .	246
		Существуют ли пределы познания? . . . . .	247
		Достичь звезд . . . . .	248
		<b>Примечания . . . . .</b>	<b>250</b>
		<b>Словарь научных терминов . . . . .</b>	<b>264</b>
		<b>Рекомендуемая литература . . . . .</b>	<b>270</b>
		<b>Именной указатель . . . . .</b>	<b>271</b>
		<b>Предметный указатель . . . . .</b>	<b>274</b>