

УДК 524.8
ББК 22.68
В84

Печатается с разрешения компании
Starmus, Instituto de Astrofisica de Canarias.

Все права защищены. Ни одна часть этой книги не может быть воспроизведена и не может распространяться в любой форме и любыми средствами, электронными или механическими, включая изготовление фотокопий, создание аудиозаписей или хранение в системе обмена данными, без письменного разрешения издательства.

Вселенная. Емкие ответы на непостижимые вопросы / С. Хокинг, К. Торн, Б. Грин и др.; пер. с английского А. В. Бугайского, П. В. Якушевой; под ред. канд. физ.-мат. наук А. М. Красильщикова. — Москва : АСТ, 2020. — 256 с. (ил.) — (Мир Стивена Хокинга).

ISBN 978-5-17-114287-2

Фестиваль науки Starmus впервые прошел в 2011 году, и с тех пор стало традицией участие в нем ведущих ученых, знаменитостей в области космонавтики и музыки, которых объединяет страсть к популяризации знания о Земле и космосе. Учредитель фестиваля и астрофизик Гарик Израелян создал экспертный совет, в который вошли такие замечательные личности, как астрофизик и рок-музыкант Брайан Мэй, эволюционный биолог Ричард Докинз, первооткрыватель микроволнового излучения Роберт Вильсон, теоретический физик Стивен Хокинг, космонавт Алексей Леонов, химик и лауреат Нобелевской премии Харольд Крото и другие.

В этой книге собраны лекции ученых, которые многие годы работали над тем, чтобы воссоздать прошлое вселенной и представить ее структуру. Они познакомят с самыми смелыми теориями, некоторые из которых были проверены и доказаны, а некоторые еще ждут экспериментальной проверки, недоступной на нынешнем этапе развития технологий.

Выскажутся на этих страницах и те, кто сумел на основе современных данных нарисовать будущее вселенной, нашей планеты и наше собственное.

УДК 524.8
ББК 22.68

© STARMUS 2014 (Впервые опубликовано на английском языке под заголовком Starmus: 50 Years of Man in Space)

© STARMUS 2016 (Впервые опубликовано на английском языке под заголовком Starmus: Origins of the Cosmos)

© STARMUS 2017 (Впервые опубликовано на английском языке под заголовком Starmus: Starmus: Beyond the Horizon)

© Оформление, перевод на русский язык.
ООО «Издательство АСТ», 2020

ISBN 978-5-17-114287-2

ПРОШЛОЕ
И НАСТОЯЩЕЕ
ВСЕЛЕННОЙ

С Т И В Е Н Х О К И Н Г

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

Стивена Хокинга (1942–2018) считают одним из самых блестящих физиков-теоретиков со времен Альберта Эйнштейна. Он был Лукасовским профессором Кембриджского университета и написал научно-популярные бестселлеры «Краткая история времени» (*Brief History of Time*), «Кратчайшая история времени» (*A Briefer History of Time*), «О вселенной в двух словах» (*The Universe in a Nutshell*), «Черные дыры и молодые вселенные» (*Black Holes and Baby Universes*). Хокинг был основателем и научным директором Кембриджского Центра теоретической космологии.

В 1963 году у Стивена Хокинга диагностировали болезнь двигательных нейронов, и считалось, что он проживет не более двух лет. Однако Хокинг построил одну из самых замечательных научных карьер нашего времени, став блестящим исследователем. С 1979 по 2009 год он занимал должность Лукасов-

ского профессора, которую в свое время занимал Исаак Ньютон.

Исследования профессора Хокинга были сосредоточены в области космологии, физики черных дыр, гравитации и теории относительности. Он подробно исследовал эти области, в том числе такие явления, как потеря энергии и массы черными дырами за счет так называемого излучения Хокинга.

Популярные книги, написанные профессором Хокингом, произвели переворот в нашем восприятии космоса и позволили понять его как никогда прежде.

Starmus — уникальный междисциплинарный фестиваль для специалистов из различных областей знания — астрономов, космонавтов, космологов, физиков, философов, музыкантов, художников, биологов и других. Всех нас объединяет интерес ко вселенной: к тому, как она начиналась и что представляет собой сегодня, к тому, как мы можем исследовать ее, использовать ее многогранные свойства и ресурсы. *Starmus* начался и развивался под руководством астрофизика Гарика Израеляна.

С позиции космолога и физика я хочу рассказать о двух волнующих событиях, произошедших со времени первого фестиваля *Starmus* (состоявшегося в 2011 году). Первое из них — это открытие бозона Хиггса, частицы массой примерно 125 гигаэлектронвольт (ГэВ), состоявшееся в результате исследований на Большом адронном коллайдере. Это открытие завершает Стандартную модель физики частиц, которая описывает почти все физические явления. Правда, некоторые опасения вызывает потенциал Хиггса, так как он может становиться метастабильным при энер-

гиях выше 10^{11} ГэВ. Это может означать, что существует вероятность катастрофического вакуумного распада, при котором пузырь истинного вакуума начнет расширяться со скоростью света. Подобное может произойти в любой момент, и мы не в состоянии это предсказать. К счастью, предполагаемый период распада бозона Хиггса больше, чем возраст нашей вселенной.

Если потенциал бозона Хиггса действительно метастабилен, это накладывает важные ограничения на эволюцию вселенной и опирается на представление о том, что во вселенной больше барионов, чем антибарионов. Вероятность перехода бозона Хиггса в метастабильное состояние в огромной степени зависит от величины его массы и массы t -кварка, а также от того, применима ли вообще стандартная модель к энергиям порядка 10^{11} ГэВ. Все это пока неясно и нуждается в дальнейших экспериментах.

И это не могут быть эксперименты исключительно в сфере физики частиц. Размеры ускорителя частиц, способного достичь 10^{11} ГэВ, были бы больше размеров Земли — такой проект вряд ли будет профинансирован при нынешнем экономическом климате. Однако есть и другие методы. Ранняя вселенная, вероятно, содержала частицы, обладавшие куда большей энергией. Мы не можем наблюдать их электромагнитное излучение, потому что примерно до 350 000 лет после своего рождения вселенная оставалась непрозрачной. Но гравитационные волны, излученные в самые ранние эпохи, свободно достигают нас, и они могут предоставить нам уникальную возможность увидеть первые этапы жизни вселенной.

В согласии с общепринятой точкой зрения, молодая вселенная прошла через период быстрого экспоненци-

ального расширения, который называется эпохой инфляции. Почти 40 лет назад мы с Гэри Гиббонсом доказали, что в экспоненциально расширяющейся вселенной эффективная температура равняется темпу расширения (H), поделенному на 2π . Это некоторый аналог температуры черной дыры (которую я открыл двумя годами ранее), только связанный с космологическим горизонтом, а не с горизонтом черной дыры.

Тепловые флуктуации, возникающие под влиянием этой температуры, создавали в ранней вселенной два типа возмущения: скалярные возмущения (соответствующие вариациям плотности) и тензорные возмущения, представляющие собой гравитационные волны. Эти скалярные возмущения — причина колебаний температуры реликтового излучения на поверхности последнего рассеивания. Их впервые зарегистрировал спутник *COBE* в 1993 году, а позднее более детальные данные были получены спутниками *WMAP* и *Planck*. Эти наблюдения соответствуют нашим предсказаниям и представляют экспериментальное подтверждение теории инфляции.

Тензорные возмущения обнаружить сложнее, так как они слабее и не влияют напрямую на температуру реликтового излучения, а лишь на поляризацию этого излучения. В марте 2014 года команда эксперимента *BICEP2* заявила, что они обнаружили тензорные возмущения с амплитудой в 20% от скалярных возмущений. Это гораздо выше, чем кто-либо мог ожидать. Однако позднее экспериментаторы признали, что причиной этих сигналов могли быть частички космической пыли, которые также могут придавать реликтовому излучению некоторую поляризацию. Еще несколько экспериментов, нацеленных

на измерение тензорных возмущений, находятся в стадии разработки. Будем надеяться, что они принесут плоды уже ко второму фестивалю *Starmus* в сентябре 2014 года¹.

Я заключил пари с Нилом Туроком, директором института Периметра, что тензорные возмущения составят как минимум 5% от скалярных. Если я выиграю, мне достанется бутылка канадского шампанского и 200 канадских долларов!

¹ На настоящий момент экспериментальных подтверждений этого явления не получено. — *Прим. ред.*

Д Ж О Н Э Л Л И С

ОТ РОЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ К РОЖДЕНИЮ ВСЕЛЕННОЙ

Джон Эллис — ведущий физик Европейского центра ядерных исследований (ЦЕРН), расположенного в Женеве, Швейцария, и Максвелловский профессор Королевского колледжа в Лондоне. Его научные интересы связаны с феноменологическими аспектами физики частиц, но Эллис также внес большой вклад в астрофизику, космологию и теорию квантовой гравитации. В течение многих лет он возглавляет исследования на Большом адронном коллайдере (БАК), где начались эксперименты в физике высоких энергий, которые приведут физику к новым диапазонам энергии и времени.

Исследования Эллиса на БАК будут обращены к физическим аналогам простых, но глубоких вопросов о существовании человека. Представление о веществе, предлагаемое господствующей ныне теорией физики частиц, известной как стандартная модель, оставляет открытыми немало фундаментальных вопросов. Напри-

мер, физики хотели бы знать: откуда во вселенной взялось вещество? Как появилась эта масса? Какова природа темной материи, которая заполняет вселенную? Есть ли в космосе дополнительные измерения? Чтобы разрешить эти загадки, могут потребоваться другие эксперименты за пределами возможностей БАК.

Британским Институтом физики в 1982 и 2005 году Эллису были присвоены премии им. Поля Дирака, с 1985 года он состоит в Лондонском королевском обществе, а в 1991 году избран членом Британского института физики.

В своем выступлении я хочу перенести вас назад, еще дальше, чем забрались астронавты, назад на 13,8 миллиарда лет, к самому началу Большого взрыва.

При помощи обычных телескопов мы не можем увидеть, что происходило в то время, поскольку свет не может оттуда вырваться. Единственный путь исследований, косвенных и не представляющих угрозу для жизни, — это эксперименты с частицами, цель которых — понять фундаментальные законы физики, и об этом я хотел бы вам рассказать. Кроме того, за последние несколько лет обнаружилось, что эти эксперименты с частицами могут рассказать нам о том, что может случиться со вселенной в отдаленном будущем, это очень впечатляющие вещи, о которых я скажу ближе к концу этого доклада.

Мой доклад называется «От маленьких взрывов к Большому взрыву». Вы все знаете о Большом взрыве, поэтому позвольте мне представить маленькие взрывы. В ЦЕРН, рядом с Женевой, в Швейцарии, у нас есть Большой адронный коллайдер (БАК) — крупнейшая в мире фабрика

маленьких взрывов. Его окружность составляет 27 километров, так что можно сказать, что по человеческим масштабам он довольно большой. И, конечно, в него были вложены большие ресурсы — не так много, как в программу «Аполлон», но со времен «Аполлона» это крупнейшая научная программа.

Вы все слышали о бозоне Хиггса, и именно Хиггс предложил идею о том, как элементарные частицы вещества обретают свою массу. Одной из целей взрывов, которые мы производим около Женевы, является обнаружение описанной Хиггсом частицы¹. Мы также пытаемся понять другие фундаментальные свойства вселенной, например, понять природу темной материи, невидимого вещества, которое, как говорят нам астрофизики, заполняет вселенную.

Когда я говорю перед непрофессиональной публикой, я часто иллюстрирую то, что мы делаем в наших экспериментах по физике частиц, знаменитой картиной Поля Гогена. Многие из вас знакомы с ней. Группа людей на одном из островов Южных морей задает самые фундаментальные вопросы о нас и нашем месте во вселенной — кто мы? откуда мы взялись? куда мы идем? Если вы вынесете отсюда хоть что-нибудь полезное, надеюсь, это будет представление о том, что физика частиц как раз ищет ответы на эти вопросы, в частности с помощью экспериментов на БАК в ЦЕРН. Если уложить это в одну фразу, мы пытаемся понять, из чего сделана вселенная.

¹ Считается, что бозон Хиггса был обнаружен на Большом адронном коллайдере в 2012 году. За это открытие в 2013 году Питеру Хиггсу и Франсуа Англери была присуждена Нобелевская премия. — *Прим. ред.*

Раз уж люди здесь много говорили о своих биографиях, позволю себе заметить, что, когда я оканчивал университет, на стене моей комнаты висела копия этой картины Гогена, просто чтобы напоминать мне, зачем я каждый день прихожу на работу. И до сих пор я хожу на работу по той же причине.

Вот космическая линейка — фактически, это космическая логарифмическая линейка без визира и с логарифмической шкалой. Эта логарифмическая линейка с одного края имеет крупнейший масштаб во вселенной — 10^{28} сантиметров. Иногда, пытаясь перевести это в повседневные понятия, я говорю — подумайте о дефиците американского бюджета, выразите его в центах и возведите в квадрат. Вы получите что-то около 10^{28} . А на другом краю линейки у нас наименьший масштаб, который рассматривают физики, — 10^{-32} см. В середине этой шкалы у меня человеческий масштаб, порядка метра. Возможно, вы узнаете одного из людей на этой фотографии. Это Альберт Эйнштейн со своей маленькой сестрой. Внутри Альберта Эйнштейна и его сестры, конечно, находятся молекулы, атомы, ядра. Внутри ядер находятся эти штуки под названием протоны и нейтроны, и наименьшие составляющие ядра, о которых мы знаем, мы называем кварки. Нас, исследователей в области физики частиц, интересует то, что находится внутри этого, самая — если хотите — тончайшая структура вещества.

Наверное, вам будет интересно услышать о связи между этой тончайшей структурой вещества и тем, что происходит во вселенной на очень больших масштабах. Я уже упоминал астрофизическую темную материю, и я вернусь к ней позже. Ее природа может оказаться одной из тех