قلمرو علم

کتاب براساس دیدگاه‌های علمی مادی گرایانه تالیف شده و طبیعی است که قابل نقد می‌باشد. خواننده کنجکاو خود سره را از ناسره تشخیص خواهد داد، و کتاب به صرف امانت‌داری عینا ترجمه شده است.

نظریه‌ی ریسمان و جهان واقعی

عده‌ای از ما باید جسارت آن را داشته باشیم که به پرداخت واقعیت‌ها و نظریه‌ها مبادرت کنیم ــ ولو که از آن‌ها شناخت کامل نداشته باشیم یا شناخت‌مان دست دوم باشد ــ و این خطر باشد که آن‌ها را به حساب حماقت ما بگذارند.

ــ اروین شرودینگر، حیات چیست؟

دانشمندان گذشته مثل دانشمندان امروزی نبودند و به اندازه‌ای که ما می‌دانیم نمی‌دانستند. آن‌ها درباره‌ی این که چه چیزهایی را می‌بایست بدانند و چگونه باید آن‌ها را فرا می‌گرفتند، ایده‌های کاملاً متفاوتی داشتند.

ــ استیون واینبرگ

نظریه‌ی ریسمان و جهان واقعی

بخش قابل رویت

گوردون کِین
(دانشگاه میشیگان)

ترجمه‌ی **تورج حوری**

انتشارات مازیار

سرشناسه : کین، جی. ال.، ۱۹۳۷– م.
Kane, G. L., 1937-
عنوان و نام پدیدآور : نظریه‌ی ریسمان و جهان واقعی: بخش قابل رویت/گوردون کین ؛ ترجمه‌ی تورج حوری.
مشخصات نشر : تهران: مازیار ، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری : ۲۰۰ ص؛ ۱۴/۵×۲۱/۵س‌م.
فروست : قلمروعلم
شابک : ۹۷۸-۶۲۲-۷۰۶۱-۴۱-۳
وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا
یادداشت : عنوان اصلی: String theory and the real world, 2nd. ed., 2021
یادداشت : واژه‌نامه
موضوع : String models
Superstring theories
موضوع : نظریه ریسمان
نظریه ابرریسمان‌ها
شناسه افزوده : حوری، تورج، ۱۳۴۱–، مترجم
رده‌بندی کنگره : QC۷۹۴/۶
رده‌بندی دیویی : ۵۳۹/۷۲۵۸
شماره کتابشناسی ملی : ۹۳۰۴۸۵۹

mazyarpub@yahoo.com

انتشارات مازیار

ثبت علامت تجاری: ۳۵۳۴۲۴

مقابل دانشگاه تهران، ساختمان ۱۲۹۶ (ظروفچی) طبقه اول، واحد ۴، تلفن ۶۶۴۶۲۴۲۱

نظریه‌ی ریسمان و جهان واقعی

بخش قابل رویت

گوردون کِین

ترجمه‌ی تورج حوری

صفحه‌آرایی مروا ک.

چاپ دوم ۱۴۰۲

شمارگان ۵۵۰

لیتوگرافی سحر، چاپ و صحافی طیف‌نگار

شابک ۳–۴۱–۷۰۶۱–۶۲۲–۹۷۸

مواد اولیه این کتاب به صورت آزاد تهیه شده است.

| برای خرید اینترنتی و اطلاعات بیشتر |
www.mazyarpub.ir

فهرست مطالب

مقدمه‌ی ویرایش دوم **۷**

مقدمه **۱۱**

شرح حال نویسنده **۱۳**

بخش ۱: آنچه که احتمالاً می‌دانیم

فصل ۱. مدل‌های استاندارد ــ مرور کلی و چشم‌انداز ۱۷

فصل ۲. مقیاس پلانک ــ فشرده‌سازی ــ ابعاد اضافه ۵۲

فصل ۳. فیزیک هیگز: مسئله‌ی سلسله‌مراتب ۶۰

فصل ۴. ابرتقارن ۶۹

فصل ۵. فشرده‌سازی ۸۷

فصل ۶. قسمت قابل مشاهده ۹۳

فصل ۷. پرسش‌های انسان‌نگر و نظریه‌ی ریسمان ۱۰۲

فصل ۸. مقیاس‌هایی که نیاز به توضیح دارند ۱۰۹

فصل ۹. آزمون نظریه‌ها در فیزیک، شامل نظریه‌های ریسمان ۱۱۷

فصل ۱۰. نامزدهای ماده‌ی تاریک ۱۲۳

بخش ۲: توضیح و تفسیر نتایج اخیر نظریه‌ی فشرده‌ی M

فصل ۱۱. مدول‌ها ۱۳۱

فصل ۱۲. قسمت‌های پنهان ۱۳۳

فصل ۱۳. تورم ۱۳۶

فصل ۱۴. عدم تقارن ماده ۱۳۹

فصل ۱۵. آزمون‌های ممکن، به زودی ۱۴۲

فصل ۱۶. برخورددهنده‌های آینده؟ ۱۴۵
فصل ۱۷. سه خانواده، سلسله‌مراتب‌های جرم کوارک و شکاف ۱۴۹
فصل ۱۸. چقدر می‌توانیم بدانیم؟ ۱۵۱
ضمیمه A ۱۶۱
ضمیمه B ۱۶۵
ضمیمه C ۱۶۷
ضمیمه D ۱۶۹
فرهنگ اصطلاحات ۱۷۱

مقدمه‌ی ویرایش دوم

هرچند فقط چهار سال از نوشته شدن ویرایش نخست می‌گذرد، دلایل زیادی برای ویرایش مجدد آن وجود دارد. بخشی به دلیل قدیمی‌تر بودن ویرایش قبلی است **زیرا در چندین زمینه، انجام کارهای مهمی مانند شناسایی تورم (میدانی فیزیکی که موجب تورم می‌شود) و همچنین سازوکاری برای عدم تقارن ماده، توضیح این موارد را ممکن کرده** و بخشی بخاطر فهم بهتر ما از کل چارچوب و امکان تعمیم توضیحات است. اهداف ناشر به کتاب‌هایی پُرصفحه‌تر تغییر کرده و من از این فرصت استفاده می‌کنم. نهایتاً حجم کتاب دوبرابر شده است. کتاب دارای فرهنگ اصطلاحات مفیدی است. امیدوارم بیشتر کتاب‌ها زیر ۲۰۰ صفحه باشند چون زمان کافی برای خواندن آن‌ها خواهیم داشت و کتاب حاضر را زیر این مقدار نگه داشته‌ام.

سهمی که **امیدوارم مردم از این کتاب برداشت کنند فهرست حدود بیست پرسش یا موضوع است، به گونه‌ای که مدل یا نظریه‌ای که به همه آن‌ها پاسخ می‌دهد نامزد خوبی برای نظریه‌ای است که جهان هستی ما را توصیف می‌کند و شرح می‌دهد** ــچیزی که استیون واینبرگ آن را نظریه‌ی نهایی نامید. جهان آشفته و سرشار از چیزهای پیچیده به نظر می‌رسد. اما برای اینکه فکر کنیم نظریه خوبی داریم، محتاج محاسبه‌ی پیش‌بینی صدها تجربه و مشاهده نیستیم ــ تنها حدود بیست تا از آن‌ها کافی است. این موضوعات عبارتند از چیزهایی که ما می‌سازیم (از کوارک‌ها و الکترون‌ها)، چیزهایی که منشأ جرم برای ذرات بنیادین الکترون‌ها، کوارک‌ها و غیره (برهمکنش آن‌ها با بوزون هیگز) هستند و مانند این‌ها. بسیاری از آن‌ها برای خوانندگان آشنا خواهد بود، و چیزی که

اینجا مهم است پرسش‌هایی که هر بخش از جهان را روشن می‌کنند نه جزئیات دقیق محاسبه.

بخش ۱ کاملاً در دسترس خواننده‌ی کنجکاو است. بخش ۲ عمدتاً برای مستندسازی پاسخ به پرسش‌هایی از قبیل قسمت‌های پنهان، تورم، عدم تقارن ماده و غیره خواهد بود. برای کوتاهی مطلب، پاسخ سوآل‌ها و روشن‌سازی‌ها در ضمیمه‌ها آورده شده است.

از حروف بزرگ به گونه‌ای استفاده می‌کنم که در مدل استاندارد به کار رفته است. تا زمانی که متقاعد شویم «نظریه‌ی نهایی» درست است از حروف کوچک و سپس از کلاهک برای نمایش آن استفاده خواهیم کرد. نظریه‌ی نهایی که اینجا پیشنهاد شده است می‌تواند درست باشد اما قبل از آن‌که به آن اطمینان کنیم باید بیشتر مطالعه شود.

اگرچه بعضی از موضوعات تا حدی فنی هستند، اما امیدوارم ویرایش نخست در سطح ساینتیفیک آمریکن بوده باشد و سعی خواهم کرد ویرایش حاضر تا حدامکان آموزشی‌تر و قابل درک‌تر باشد. هر واژه فنی در فرهنگ اصطلاحات به خوبی توضیح داده شده، به طوری‌که خواننده می‌تواند در برخورد با اصطلاحی جدید یا فراموش شده به آسانی به آن مراجعه کند.

احتمالاً خواننده توجه کرده است که من قصد دارم جنبه‌های مهم را با حروف سیاه نشان دهم، بنابراین می‌توان عبارات پراهمیت را به سرعت خواند و خلاصه‌ای از نتایج را نگاه داشت. در ابتدا ممکن است **کلمات پررنگ** غالباً تکرار شوند اما بعد از ایده‌ها و نتایج اولیه، آن‌ها تنها گاهگاهی تکرار می‌شوند.

ما در موقعیتی نیستیم که تمام پرسش‌ها را به‌طور قطع پاسخ دهیم اما از یک لحاظ نزدیکیم. احتمالاً به جز دو پرسش می‌توانیم برای بقیه پاسخی داشته باشیم و برای دو پرسش آخر نیز نامزدهای خوبی برای پاسخ داریم. البته همان‌طور که بحث خواهد شد، داشتن داده درباره‌ی لااقل یک اَبَرهمراه و ماده‌ی تاریک از اهمیت اساسی برخوردار است. پاسخ‌ها می‌توانند در نظریه‌ای عمیق‌تر و اساسی‌تر به نام نظریه‌ی M در ده بعد فضا، که به فضا–زمان چهار بعدی ما فشرده شده است به علاوه‌ی هفت بعد فضایی که در چندگونایی (منیفولد) با ابعاد مقیاس پلانک درهم پیچیده و ناشی از تکینگی E_8 هستند، به

هم ربط یابند. تمامی این اصطلاحات به مرور با مطالعه کتاب تعریف و شرح داده خواهند شد. وقتی ویرایش نخست نوشته می‌شد این امید وجود داشت که فشردگی نظریه‌ی M درست باشد، اکنون برای این ویرایش می‌توانیم ببینیم که تصویری کامل براساس فشردگی نظریه‌ی M چگونه می‌تواند ظاهر شود. هنوز نمی‌دانیم ماده‌ی تاریک چیست و طیف جرمی ابرهمراه آن را نمی‌شناسیم اما می‌توانیم نظریه‌ای داشته باشیم که آن‌ها را به عنوان نامزد شامل شده و جامع نیز باشد. کسانی که نظریه‌ی ریسمان فشرده را از دیدگاه پاسخ به پرسش‌های فصل ۶ (با همکاران) مطالعه می‌کنند عبارتند از میشِلِه سیکولی، فرناندو کوویدو و هانس پیتر نیلز.

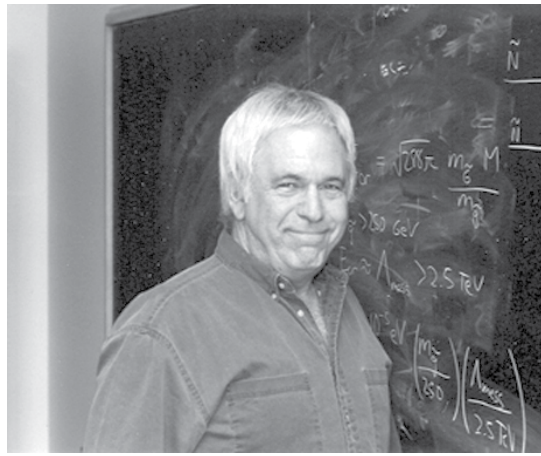
علاوه بر آن‌هایی که برای ویرایش نخست قدردانی کرده‌ام، سپاسگزاری خاص خود را نثار مارتین وینکلر به خاطر همکاری سازنده و سهم عمده‌اش می‌کنم و از گری شیو، اسکات واتسون و شاگردانم، اریک گونزالس و خووا دانگ نِگواین، کمال تقدیر را دارم.

مقدمه

از آنجا که هدف این کتاب به دست آوردن بینشی به‌جای بازبینی یا نوعی ارائه‌ی متوازن است مراجع محدودی برای کمک به یافتن اطلاعات معرفی خواهند شد. چون نظریه‌ی فشرده‌ی M به دلیل تمرکز من مورد تأکید است بعضی مراجع درباره‌ی تاریخچه‌ی اولیه آن نیز گنجانده شده است. چند مرجع نیز برای کسانی هست که می‌خواهند اطلاعات بیشتری داشته باشند. از بسیاری از کسانی که باید در یک بررسی مروری مورد رجوع باشند پوزش می‌طلبم و امیدوارم نقش مراجع چنین کتابی را درک کنند.

از بابی آکاریا از گینگز کالج لندن که بیش از یک دهه با او همکاری داشته‌ام قدردانی می‌کنم، کسی که چیزهایی زیادی به من آموخت و بدون او این کار به پایان نمی‌رسید. از تعدادی از هم دانشکده‌ای‌ها نیز به خاطر همکاری و بحث‌های‌شان تشکر می‌کنم: کنستانتین بابکوف، سباستیان الیس، دانیل فلدمن، جوئل گیت، دیوید گراس، اریک کافلیک، پیوش کومار، ران لو، برنت نلسون، مالکوم پری، آرون پیرس، جینگ شائو، کوورِ سینها، دیانا وامان، اسکات واتسون و بابَ ژنگ.

شرح حال نویسنده



گوردون کین PhD خود را از دانشگاه ایلینویز گرفت. در سال ۱۹۶۵ به دانشگاه میشیگان پیوست و در ۱۹۷۵ استاد فیزیک شد. او اکنون استاد برجسته‌ی فیزیک دانشگاه ویکتور وایسکوف و استاد ملازم دانشکده‌ی هنر و طراحی است. در سال ۲۰۲۰ از تدریس بازنشسته شد و در حال حاضر بازنشسته‌ای فعال است. از سال ۲۰۰۵ الی ۲۰۱۱ مدیر مرکز فیزیک نظری دانشگاه میشیگان بود. در سال‌های ۱۹۷۲ـ۱۹۷۱ در آزمایشگاه‌های رادرفورد و آکسفورد به صورت همکار جی. اس گوگنهایم، در ۱۹۸۶ همکار علمی سرن و در ۲۰۰۷ عضو موسسه‌ی تحقیقات پیشرفته پرینستون بود. او به عنوان عضو انجمن فیزیک آمریکا، همکار انجمن آمریکایی برای پیشرفت علم و همکار موسسه بریتانیایی فیزیک انتخاب گردید. در سال ۲۰۱۲ جایزه‌ی جولیوس ادگار لیلاینفلد را از انجمن فیزیک آمریکا و

در سال ۲۰۱۷ جایزه‌ی ساکورایی را از این انجمن دریافت کرد. او عضو سال ۲۰۰۹ در کمیته‌ی سه ساله‌ی بازدید کنندگان بنیاد ملی علوم و دارنده‌ی کرسی استادی فیزیک نظری آنجا و برگزار کننده کمیته علمی فیزیک انرژی‌های بالا و مشاور علمی این کمیته در مرکز شتاب‌دهنده‌های خطی استنفورد و آزمایشگاه ملی بروکهاون بود. در سال ۲۰۱۲ مدرسه‌ی تابستانی بین‌المللی در پدیده‌شناسی ریسمان را در مرکز سایمون راه‌اندازی و در سازمان دادن به آن سهیم شد. تحقیقات گوردون کین زمینه‌های متنوعی در فیزیک ذرات ماوراء مدل (های) استاندارد و کیهان‌شناسی از جمله ابرتقارن، فیزیک هیگز، ماده‌ی تاریک، فیزیک برخورددهنده‌ها و پدیده‌شناسی ریسمان را دربر می‌گیرد. او با ارائه بیش از ۲۰۰ مقاله‌ی علمی، ۲۵۰ سخنرانی علمی، ده جلد کتاب نوشته یا ویرایش کرده است. دو جلد از کتاب‌ها همگانی‌اند به خصوص کتاب ابرتقارن و ماوراء، از بوزون هیگز تا فیزیک مدرن در سال ۲۰۱۳. جدیدترین کتاب او، نظریه‌ی ریسمان و جهان واقعی در سطح ساینتیفیک آمریکن است.

بخش ۱

آنچه که احتمالاً می‌دانیم

فصل ۱

مدل‌های استاندارد – مرور کلی و چشم‌انداز

هدف من در این کتاب توضیح دادن این نکته است که چگونه «نظریه‌ی ریسمان» (در واقع نظریه‌ی M) می‌تواند، شاید اندکی زود، نظریه‌ی زیربنایی و جامعی که جهان هستی ما را توصیف و تشریح می‌کند، ارائه کند. هرچند چنین ادعایی به نظر خیلی‌ها ممکن است بحث‌انگیز بیاید، امیدوارم بتوانم خواننده را متقاعد کنم که پس از پیشرفت در سال‌های اخیر، اکنون این هدفی قابل تعریف و هدفی باشد شایسته‌ی دل‌گرمی آشکار. هم‌چنین امیدوارم خواننده را متقاعد کنم که نظریه‌های ریسمان درباره‌ی جهان‌مان، قابل آزمودن هستند.

۱.۱ تعداد زیاد راه‌حل‌ها در نظریه‌ی ریسمان/ M، مانعی برای یافتن نظریه‌ای نیست که طبیعت را توصیف می‌کند.

برای خواننده قبل از خواندن کتاب ضروری نیست که بداند نظریه‌ی ریسمان یا نظریه‌ی M چیست.

این کتاب مروری نظام‌مند یا شرحی نیست که جنبه‌ی آموزشی صرف داشته باشد، بلکه نوشته‌ای است پرشور، نگرورزانه و تا حدی دیدگاهی است شخصی از چگونگی ظاهر شدن نظریه‌های ریسمان/M ــ به اضافه‌ی داده‌هایی که قابل دسترس‌اند ــ به عنوان نظریه‌های محتمل اساسی و جامع برای فیزیک ذرات و کیهان‌شناسی که اندکی زود مطرح شده‌اند. این کتاب براساس سه دهه تحقیق روی فشرده‌سازی نظریه‌ی ریسمان و بیش از دو دهه تحقیق روی

فشرده‌سازی نظریه‌ی M نوشته شده است، نظریه‌ای که به عنوان مثالی ژرف مورد تمرکز کار من بوده و به نظر می‌رسد نتایج امیدبخشی به همراه داشته باشد. در زیر «فشرده‌سازی» را توضیح خواهم داد. اگر نظریه‌ی ریسمان/M اعتباری در شناخت جهان هستی ما داشته باشد از طریق فشرده‌سازی نظریه‌های ریسمان/M است و کتاب حاضر درباره‌ی آن است. مطالعه نظریه‌های فشرده اکثراً «پدیده‌شناسی ریسمان» نامیده می‌شود. در حالی‌که در بعضی جاها بحث فنی می‌شود، سعی کرده‌ام موضوعاتی را توضیح دهم که هر خواننده‌ی کنجکاو نکات جنبه‌های فنی را به‌جای جزئیات ببیند.

[برای مستقل نگه داشتن بخش‌های کتاب، تا حد امکان سعی کرده‌ام از افراط پرهیز کنم. هم‌چنین چون بخش‌هایی از کتاب فنی هستند، خواننده می‌تواند بدون تلاش برای دریافتن جزئیات، احساسی از بحث‌ها را به دست آورد. بعضی برای اجتناب به عنوان هشدار در داخل کروشه [...] آمده‌اند مگر اینکه بررسی پیشرفته‌تری خواسته باشید.]

بسیاری از چیزها در محدوده‌ی نظریه‌ی ریسمان قرار می‌گیرند و خیلی از آن‌ها مستقیماً در توضیح جهان خودمان دخیل نیستند.

چگونه می‌فهمیم نظریه‌ای داریم که جهان هستی ما را توصیف و تشریح می‌کند؟

خواهیم دید که می‌توانیم فهرستی از ۲۰ پرسش و موضوع بسازیم (فصل ۶) به‌طوری که اگر یک نظریه‌ی منفرد داشته باشیم که با همه‌ی آن‌ها یا نزدیک به همه آن‌ها سروکار داشته باشد، به‌طور منطقی این اعتماد در ما به وجود خواهد آمد که تمام اهداف سنتی فیزیک برآورده شده‌اند. البته هرچند همه افراد دقیقاً روی فهرست توافق نخواهند کرد، متخصصین عمدتاً روی آن توافق خواهند داشت. خواهیم دید که در حقیقت نظریه‌ای وجود دارد که بسیاری از پرسش‌ها را بررسی می‌کند و پاسخ اساسی به تمامی پرسش‌ها و موضوعات در آن نمونه قبلاً به دست آمده است. نظریه باید در فضا-زمان یازده بعدی (11D) فرمول‌بندی شود. یک بعد زمان و بقیه ابعاد فضایی هستند. ما به‌طور آشکار در فضا-زمان چهار بعدی (4D) زندگی می‌کنیم. این باید به عنوان معیاری در نظریه‌ی پذیرفتنی ما به کار گرفته شود.

می‌دانیم که جهان هستی ما دارای نیرویی گرانشی است، نیرویی که به‌طور کلاسیک توسط نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین (GR) توصیف شده و اینکه پدیده‌های اتمی و مولکولی به خوبی با نظریه کوانتوم توصیف می‌شوند.

نسبیت خاص اینشتین به خوبی آزمایش شده و جا افتاده است و ما آن را پذیرفته‌ایم، با این شناخت که در این نظریه، فضا و زمان درهم پیچیده شده‌اند. ما نیازی به جزئیات کارکرد فضا زمان نخواهیم داشت. بنابراین نظریه‌ی 10D یا 11D جهان هستی ما باید بنحوی در فضا-زمان چهار بعدی تصویر شود.

در واقع مطالعه‌ی جدی فیزیک در ابعادی بیش از آنچه که ما به‌طور صریح می‌بینیم حدود یک قرن پیش با ایده‌هایی که به «کالوزا-کلین» مشهور است در وحدت بخشیدن به الکترومغناطیس و گرانش با نوشتن نظریه در 5D (چهار بعد فضا و یک بعد زمان) آغاز شد. این مورد را بیشتر توضیح خواهم داد.

تمام تحلیل ما در این کتاب برای موردی خواهد بود که در آن ابعاد اضافه در ناحیه‌ی فضا-زمانی کوچکی با اندازه تقریبی مقیاس پلانک پیچیده شده‌اند، ناحیه‌ای که ریاضی‌دانان آن را چندگونایی تحت شرایط خاص می‌نامند. اصطلاحاتی مانند فضا-زمان، مقیاس پلانک، چندگونا و غیره بعداً در متن توضیح داده خواهند شد. فصل ۲ به مقیاس پلانک اختصاص داده شده است. چنان نظریه‌های تصویر شده‌ای «نظریه ریسمان فشرده شده» نامیده می‌شوند، که فرآیند فشرده‌سازی تصویر کردن ده یا یازده بعد در چهار بعد است. بعداً با تمرکز روی این موضوع مثال‌هایی از موردی خاص، نظریه‌ی M فشرده مطرح خواهیم کرد زیرا به خوبی مطالعه شده و موفقیت چشم‌گیری داشته است.

هر زمینه‌ی تحقیقاتی که نظریه‌ی ریسمان یا نظریه‌ی M نامیده می‌شود اما به چهار بعد فضا-زمان فشرده نشده است به موضوع این کتاب مربوط نیست و همان‌طور که بارها گفته شده است موفقیت‌ها و شکست‌های آن قابل آزمایش نبوده و به‌طور مستقیم در حیطه‌ی این کتاب نمی‌گنجد. خواهیم دید که بعضی از نظریه‌های ریسمان/M، نوعاً چون نامزدهای خوبی برای نظریه‌ی وصف‌کننده جهان هستی هستند و با افزایش جزئیات به مطالعه‌ی آن‌ها ادامه خواهیم داد. تعدادی موفقیت کمی و کیفی با پیش‌بینی‌های اضافه در نظریه‌های ریسمان/M وجود دارند که در این کتاب توضیح داده خواهند شد.

منظور از آزمایش نظریه‌ای ده بعدی، بدون فشرده شدن به فضا-زمان چهار بعدی چه چیزی می‌تواند باشد؟ تاکنون کسی به این تصور معنای مفیدی نداده است. اگر کسی ادعا می‌کند که نظریه‌های ریسمان/M، 10D/11D آزمون‌پذیر نیستند، از آنان بپرسید مرادشان چیست و چنان ادعایی چه معنایی می‌تواند داشته باشد، چرا که آزمایش‌ها در دنیای 4D انجام می‌شوند. خواهیم دید که یک بار که فشرده‌سازی انجام شد نظریه قابل آزمایش می‌شود.

وقتی شکسپیر نوشت، درکی از جهان فیزیکی نبود که خود را در آن بیابیم، هیچ نمود طبیعی توضیح داده شده‌ای از جهان هستی ما وجود نداشت. احتمالاً به دلایلی ما درک می‌کنیم که تحولاتی که حدود پنج قرن پیش آغاز شد منجر به داشتن فهم ضرورتاً کامل توصیفی ما از جهان پیرامون شد، جهانی که همگی آن را می‌بینیم و از آن آگاهیم. خیلی چیزها توضیح داده شده‌اند. عجیب است که چیزی درباره‌ی جهان طبیعی که مربوط به قبل از آن دوره باشد به دانش‌آموزان تدریس نمی‌شود، اما چیزهایی وجود دارد که چندی بعد از آن زمان کشف و آموخته شده‌اند که هنوز آموزش داده می‌شوند.[۱] تشخیص تفاوت بین درک توصیفی و درک توضیحی مهم است. بعضی نمودهای جهان‌مان در مرحله‌ی کنونی توضیح داده شده‌اند (برای مثال نور چیست)، و برخی تاکنون فقط توصیف شده‌اند (برای مثال، نقض پاریته).

از آنچه که درک شده است، چیزهایی را هم درباره‌ی جهانی که به‌طور صریح «نمی‌بینیم»، استنباط کرده‌ایم، چیزهایی که شگفت‌انگیز و خارج از درک شهودی ما هستند. احتمالا واضح‌ترین آن‌ها این است که زمین به دور خورشید می‌گردد حتی اگر به‌طور واضح نگردد.

با تکامل علم فیزیک در قرون گذشته ما چیزهای دور از عقل سلیم را درباره جهان پذیرفته‌ایم. ابتدایی‌ترین آن‌ها شاید فهم نیروها بوده است. نوشته‌های ارسطو شامل نیروهایی است که برای حرکت دادن اجسام لازمند. به محض اینکه فشار نیرو قطع شود حرکت متوقف می‌شود. تنها بعد از گالیله و سپس نیوتون، ایده‌ی درست فرمول‌بندی شد؛ هر جسم در حالت حرکت یکنواخت می‌ماند مگر اینکه نیرویی از بیرون بر آن اثر کند. (ایده‌ی ارسطو هنوز در بوروکراسی‌ها کاربرد دارد.) یک مثال اولیه و شاید عجیب‌ترین مثال این است که زمین دور