گرانش کوانتومی

مقدمه

بعضی دروس، به خصوص در سطوح عالی، به اصطلاح خیلی «کتاب بردار» نیستند و معمولاً محتویات آن درس با تغییر استاد هم کم و بیش تغییر می کند. این البته هم می تواند خوب و هم بد باشد. خوب از این لحاظ که یک مدرس ورزیده می تواند با بهره گیری از منابعی گسترده، درس خوبی را تدارک ببیند و بد از این لحاظ که ممکن است این آزادی عمل باعث شود کیفیت تدریس آن گونه که در خور است از کار درنیاید. یکی از این دروس، درس گرانش کوانتومی است. من خودم این درس را سال ها پیش در مرکز تحقیقات فیزیک نظری و ریاضیات با استادی که به تازگی از آلمان آمده بود، اختیار کردم. هر چند که مدرس شایسته ای بود، ولی به خاطر نبود منبعی مناسب عملاً تدریسی از نوع دوم رخ داد. من در آخر درس فهمیدم که عملاً یک ترم تمام به بررسی جزئیات دو مقاله مدرس پرداخته شده بود، و در واقع او در یک ترم، صرفاً فرمول های دو مقاله خود را باز (اصطلاحاً drive) کرده بود. در حالی که مبحث گرانش کوانتومی مبحثی بسیار گسترده با مباحثی بسیار متنوع (و البته دلپذیر) است، ولی ما یک ترم تمام را به مبحث تابش هوکینگ (۱) و حواشی آن اختصاص داده بودیم. همان موقع با مقاله مروری ای از برایس دویت (۲) مواجه شدم که دریچه گسترده تری را از مباحث گرانش کوانتومی هر چند به طور گذرا بر رویم گشود. دویت اخیراً نیز مقاله ای با همان سبک و سیاق، البته در سطحی بالاتر و ریاضی وار، با عنوان «درآمدی بر گرانش کوانتومی(۳)» نوشته است که علاقه مندان گرانش کوانتومی را به خواندن آن جلب می کنم.

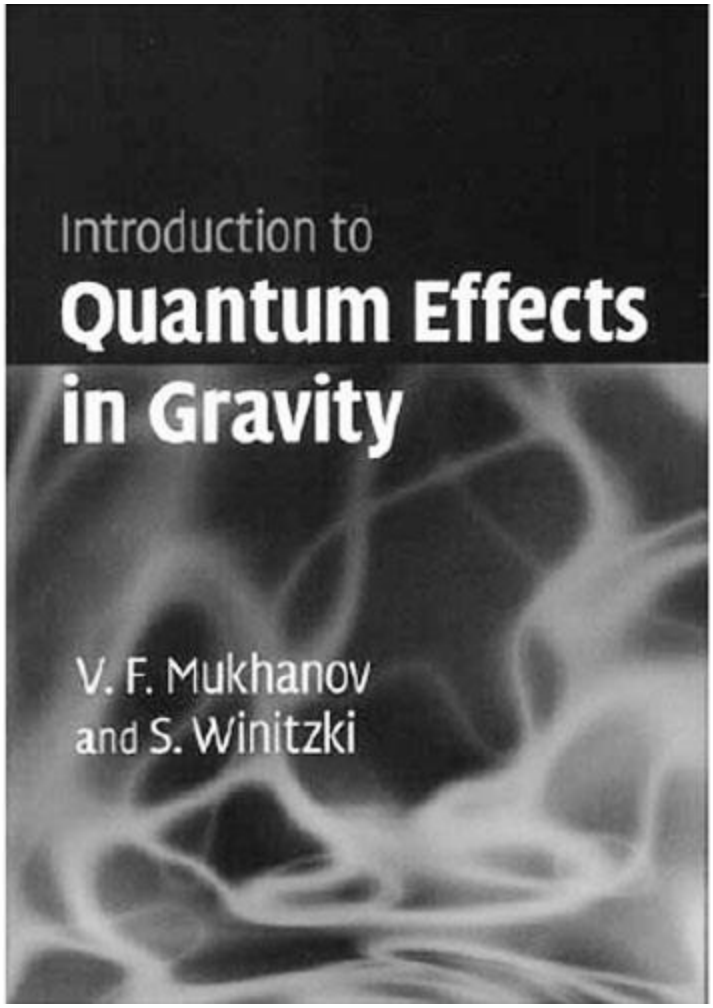
در هر حال، تا همین اواخر هیچ کتابی در زمینه گرانش کوانتومی چاپ نشده بود که واقعاً جنبه کتاب درسی (۴) را داشته باشد. کتاب هایی وجود دارند که بسیار تخصصی هستند و عملاً برای دانشجویان کارشناسی ارشدی که می خواهند پس از درس گرانش خود وارد مبحث گرانش کوانتومی شوند، به کار نمی آیند. برای نمونه چند کتاب را برمی شمرم:

۱. استیون فولینگ، نمود نظریه میدان های کوانتومی در فضا زمان خمیده، انتشارات دانشگاه کمبریج، ۱۹۸۹ میلادی (۵).

۲. رابرت والد، نظریه میدان کوانتومی در فضا زمان خمیدهه ترمودینامیک سیاه چاله، انتشارات دانشگاه شیکاگو، ۱۹۹۴ میلادی(۶).

۳. لئونارد پارکر و دیوید تامز، نظریه میدان های کوانتومی در فضا زمان خمیده: میدان های کوانتیزه و گرانش، انتشارات دانشگاه کمبریج، ۲۰۰۹ میلادی(۷).

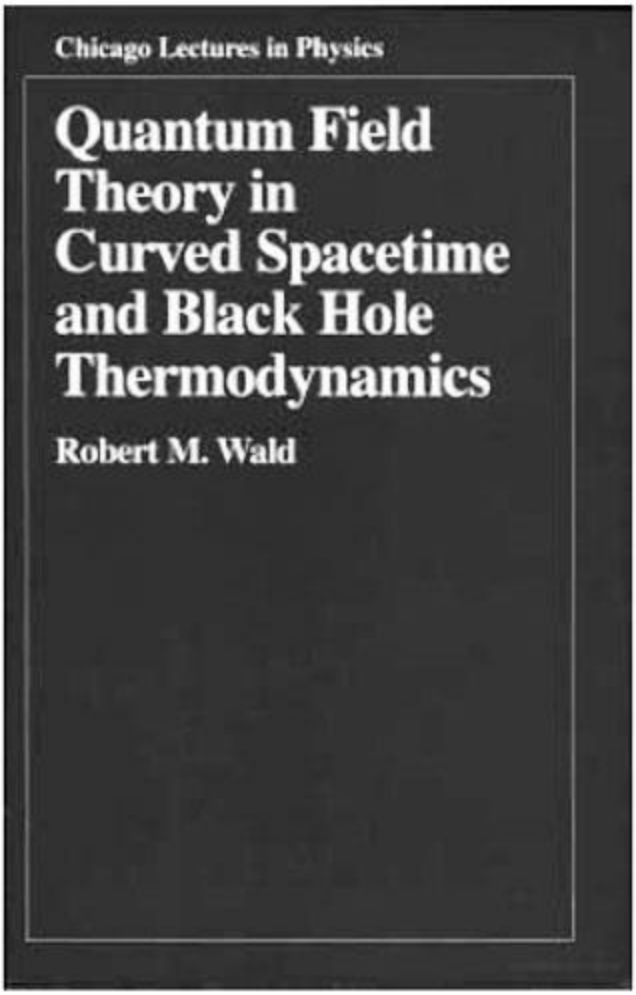
همه این آثار نیاز به مطالعه بسیار در نظریه میدان دارند. تا اینکه اخیراً کتابی از سلسله انتشارات دانشگاه کمبریج با عنوان درآمدی بر اثر کوانتوم بر گرانی، نوشته و. ف. موخانوف و سرگی وینتسکی (۲۰۰۷) (۸) به دستم رسید که بدون اغراق نخستین کتاب از نوع خود است که همه شرایط لازم برای کتابی درسی در این زمینه در آن گرد آمده است و خلاء وجود چنین کتابی را به خوبی پر خواهد کرد.



موخانوف و وینتسکی، درآمدی بر اثر کوانتوم بر گرانی، انتشارات دانشگاه کمبریج، ۲۰۰۷ میلادی

کتاب درآمدی بر اثر کوانتوم بر گردانی در واقع با زبانی ساده و بی پیرایه تمام مواد اصلی (و البته لازم) را در زمینه کوانتش میدان ها در اختیار خواننده ای قرار می دهد که در ابتدای ورود به چنین مباحثی است. توضیح نسبتاً جامع و پر جزئیاتی از اثرهای میدان های کوانتیده همچون «اثر آنرو»(۹)، «اثر کازیمیر(۱۰)» و «تابش هوکینگ» نیز ارائه شده است.

نکته اساسی این کتاب که آن را به کتاب درسی کم نظیری تبدیل کرده است آن که تمام مباحث را از نخستین اصول اساسی شروع می کند و به تدریج بر دامنه موضوع می افزاید. در واقع برای خواندن آن داشتن سواد مقدماتی از نظریه نسبیت عام و مکانیک کوانتومی کفایت می کند. دیگر ویژگی بسیار جالب توجه کتاب که در نوع خود واقعاً بی همتا می نماید تمرین ها و مسائلی است که پاسخ تفصیلی و پر جزئیات آن در پایان آمده است، که من چنین موردی را از هیچ کتبی در این سطح سراغ ندارم. مباحثی که در این کتاب به آن ها پرداخته شده است، عبارتند از: نظریه کلاسیک و کوانتومی، نوسانگرهای هماهنگ واداشته و نظریه میدان ها، میدان های کوانتومی در عالم در حال انبساط، میدان های کوانتومی در عالم دوستیر(۱۱)، اثر آنرو، تابش گرمایی هوکینگ، اثر کازیمیر، انتگرال های مسیر، کنش مؤثر و نتایج حاصل از آن و... ضمن اینکه کتاب پیوست ریاضی بسیار خوبی نیز دارد، که با حل تمرین های کتاب به انجام می رسد. البته کتاب به نظریه هایی همچون افت و خیرهای توپولوژیکی یا مدل مشهور کالتوزا کلاین نمی پردازد، ولی خواننده آن توانایی را کسب کرده است که پس از پایان کتاب، به یادگیری آن مفاهیم بپردازد.



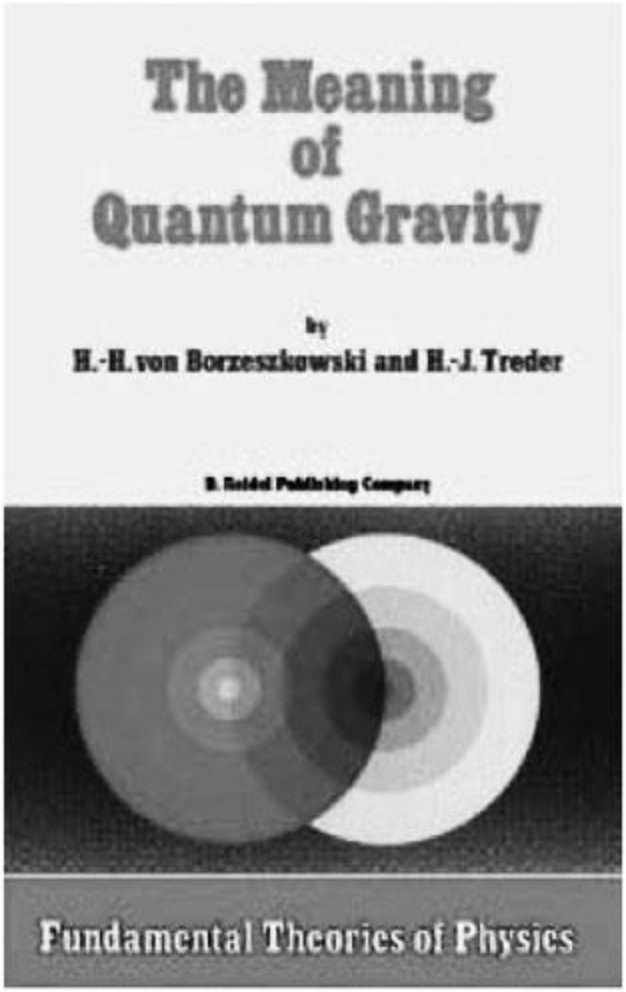
رابرت والد، نظریه میدان های کوانتومی در فضا زمان خمیدهه ترمودینامیک سیاه چاله، انتشارات دانشگاه شیکاگو، ۱۹۹۴ میلادی

اکنون در اینجا می کوشم به برخی از مفاهیم کتاب بپردازم.

در فیزیک کلاسیک، فضا زمان تخت و تهی را خلأ می نامند و این خلأ کاملاً بی مشخصه است. در فیزیک کوانتومی، خلأ به موجودی اطلاق می شود که بسیار پیچیده تر است و ساختاری غنی دارد. ساختار این خلأ ناشی از میدان الکترومغناطیسی آزادی است که صفر نمی شود. از لحاظ ریاضی (بنا به قضیه موسوم به قضیه جینز) یک میدان الکترومغناطیسی آزاد، معادل یک مجموعه نامتناهی از نوسانگرهای هماهنگ است. در خلأ هر نوسانگر در حالت پایه خود (یعنی در پایین ترین حالت انرژی) قرار دارد. وقتی یک نوسانگر غیر کوانتومی (کلاسیک) در حالت پایه خود باشد، در مکان خود کاملاً بی حرکت است. ولی این درباره نوسانگر کوانتومی صادق نیست. اگر یک نوسانگر کوانتومی در مکان معینی باشد، طبق اصل عدم قطعیت هایزنبرگ، تکانه و انرژی نامتناهی خواهد داشت که چنین امری ناممکن است. به همین ترتیب تکانه و انرژی تکانه نوسانگر کوانتومی در حالت پایه معین نیستند و هر دو افت و خیزهای میدان الکترومغناطیس است. از این افت و خیزها می توان برای تعیین شتاب استفاده کرد. ویلیام آنرو در سال ۱۹۷۶با یک آزمایش ذهنی مشهور این مسأله را نشان داد. (۱۲) اتاقک یک آسانسور را در نظر بگیرید. فرض کنید هم در داخل و هم در بیرون اتاقک خلأ کامل وجود دارد. اما با شتاب گرفتن آسانسور کف رسانای آن موجی الکترومغناطیسی را گسیل می کند و اتاقک مملو از فوتون می شود. فرض کنید وسیله ای فوتون ها را از اتاقک خارج می کند. وقتی همه فوتون ها از اتاقک خارج شدند، آشکار سازهای فوتون که در داخل و خارج آسانسور متصل به آن قرار دارند، انرژی

خلأ را اندازه گیری می کنند. آشکارسازی که در خارج آسانسور قرار دارد، چون در خلأ شتاب گرفته است، به افت و خیزهای میدان هایی که در فضا نفوذ می کنند پاسخ می دهد، آشکارسازی که در داخل آسانسور قرار دارد نسبت به اتاقک بی حرکت است و افت و خیزها را حس نمی کند. در نتیجه، خلأ داخل و خارج اتاقک هم ارز نیستند. اگر انرژی خلأ استاندارد خارج اتاقک را طبق تعریف صفر اختیار کنیم، خلأ داخل اتاقک باید انرژی منفی داشته باشد. برای آنکه انرژی داخل اتاقک را صفر کنیم، باید فوتون هایی که از اتاقک خارج شده اند را بازگردانیم. بنابراین دیدیم که شتاب می تواند انرژی منفی ایجاد کند.

البته مشاهده چنین آثاری در زندگی روزمره ناممکن است. ولی از لحاظ آزمایشگاهی کازیمیر در سال ۱۹۴۸ آن را به اثبات رساند. در اثر کازیمیر دو صفحه فلزی بسیار تمیز و بی بار که در مقیاس میکروسکوپی مسطح اند و در خلأ و در فاصله بسیار کمی موازی هم قرار داده شده اند، یکدیگر را با نیروی ضعیفی می ربایند، که این را می توان به چگالی انرژی منفی در خلأ موجود بین دو صفحه نسبت داد.



فون بورتسچکوفسکی و تردر، مفهوم گرانش کوانتومی، اشپرینگر، ۱۹۸۷میلادی (۱۳)

توجه کنید که گرانش کوانتومی، دو شق دارد و تا اینجا فقط به شق کوانتومی آن توجه کردیم. وقتی فضا زمان خمیده باشد، خلأ از این هم پیچیده تر می شود خمیدگی به توزیع فضایی افت و خیزهای میدان کوانتومی تأثیر می گذارد و مانند شتاب می تواند یک انرژی خلأ غیر صفر ایجاد کند. چون خمیدگی از جایی به جای دیگر تغییر می کند انرژی خلأ نیز می تواند تغییر کند، یعنی در بعضی جاها مثبت و در جاهایی دیگر منفی باشد. در هر حال، در هر نظریه فیزیکی، انرژی باید پایسته بماند. مثلاً فرض کنید افزایش خمیدگی موجب افزایش انرژی خلأ کوانتومی باشد. حال سوال این است که این افزایش انرژی از کجا آمده است.

بنابراین همین افت و خیزهای میدان کوانتومی حکایت از آن دارد که برای خم کردن فضا زمان به انرژی نیاز است. همچنین نتیجه می گیریم وقتی خمیدگی فضا زمان تغییر می کند خواص فیزیکی نوسانگرهای میدان نیز تغییر می کند. مثلاً فرض کنید یک نوسانگر معمولی ابتدا در حالت پایه خود باشد. اگر یکی از ویژگی آن، مثلاً سختی فنر، تغییر کند در آن صورت نوسان های حالت پایه باید خود را با آن سازگار کنند. ممکن است بر اثر این تطبیق، نوسانگر هر جا خمیدگی بیشترین مقدار و سریع ترین تغییر را داشته است، آهنگ تولید ذره بیشترین است. احتمالاً این رویداد سهم عمده ای در جهان اولیه داشته است. رویداد دیگری که در آن خمیدگی به سرعت تغییر می کند، رُمبش یک ستاره برای تشکیل سیه چاله است. در سال ۱۹۷۴ استیون هوکینگ (۱۴) نشان داد تغییر خمیدگی در نزدیکی یک سیاه چاله در حال رمیش موجب پدید آمدن جریانی از ذرات می شود، که البته آهنگ آن به دلیل میدان گرانشی عظیمی که در نزدیکی سطح «افق» سیاه چاله وجود دارد، از دید ناظر بیرونی کُند به نظر می رسد و اصطلاحاً ذرات برای فرار در نزدیکی افق «به انتظار می ایستند». مهم ترین ویژگی این تابش سرشت «جسم سیاهی» آن است. بنابراین می توان هم دما و هم آنتروپی به سیاه چاله نسبت داد. آنتروپی میزان بی نظمی ترمودینامیکی یک سیستم را نشان می دهد و با مساحت افق سیاه چاله متناسب است. ولی دما با جرم سیاه چاله نسبت عکس دارد و بنابراین میزان تابش از یک سیاه چاله بزرگ ناچیز است.

کلاوس کیفر، گرانش کوانتومی، انتشارات دانشگاه آکسفورد، ویراست سوم، ۲۰۱۲ میلادی (۱۵)

طبق پایستگی انرژی، انرژی این ذراتی که از خمیدگی حاصل شده اند باید از جایی آمده باشد که همان خود فضا زمان است. بنابراین ذرات نیز کنشی متقابل بر فضا زمان دارند که اصطلاحاً «پس واکنش»(۱۶) خوانده می شود. تلاش هایی به عمل آمده است تا این اثر را در مورد انفجار بزرگ (مه بانگ) محاسبه کنند و به اثر دینامیکی آن بر جهان اولیه پی ببرند، ولی هنوز به نتایج روشنی نرسیده اند. هنگامی که این ذرات با خمیدگیی سس واکنش انجام دهند، خود خمیدگی هم به صورت یک جسم کوانتومی درمی آید و بنابراین خود میدان گرانشی نیز باید کوانتیده باشد. البته در طول موج هایی که در مقایسه با طول پلانک (CM ⟧۱۰-)^⟦۳۳⟧) بلند هستند، افت و خیزهای کوانتومی میدان گرانشی کوانتیده کوچک است. ولی در طول موج ها و انرژی های پلانکی وضعیت پیچیده می شود.

ذرات مربوط به میدان گرانشی، گراویتون (۱۷) نام دارند. در طول موج های بلند، انرژی گراویتون موجب تغییر شکل هندسی زمینه و یک آشفتگی ضعیف می شود. در طول موج های کوتاه تر، این انرژی موجب تغییر شکل موج های مربوط به خود گراویتون می شود. در نظریه معمولی میدان های کوانتومی، فضا زمان در حکم یک زمینه ثابت است ولی در گرانش کوانتومی، زمینه نه تنها با افت و خیزمان کوانتومی واکنش دارد، بلکه در آن ها سهیم است. بنابراین نظریه اختلال به درد گرانش کوانتومی نمی خورد. برای میدان کوانتومی معمولی، وقتی نظریه اختلال به کار برده می شود بی نهایت هایی ظاهر می شود که آن ها را می توان به روشی که به آن بازبهنجارش گفته می شود، حذف کرد. اساس این کار یک سری تصحیحاتی است که به طور تصاعدی کوچک تر می شوند؛ ولی در گرانش کوانتومی، جملات متوالی سری اختلال (یعنی همان تصحیح های پی در پی) حدوداً از یک

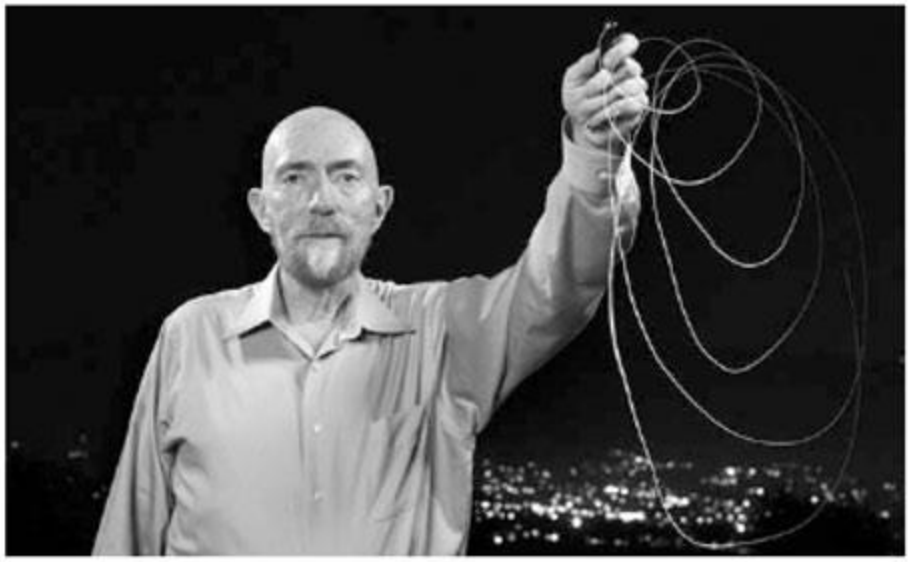
مرتبه هستند و بازبهنجارش امکان پذیر نیست.

در ادامه ترجمه مصاحبه هایی با کیپ استیون تورن (۱۸)، یکی از برجسته ترین متخصصان گرانش کوانتومی، ماکس تگمارک (۱۹)، یک کیهان شناس مشهور و فریمن جان دایسون (۲۰) (یکی از غول های نظریه میدان های کوانتومی در عصر طلایی فیزیک) تقدیم می شود.

کیپ استیون تورن (تصویر از وبگاه مجله دیسکاور) (۲۱)

درباره کیپ استیون تورن

کیپ استیون تورن اول ژوئن ۱۹۴۰ در شهر لوگان ایالت یوتا متولد شد. پدر و مادرش دو استادان دانشگاه ایالتی یوتا بودند، پدر استاد شیمی خاک و مادر استاد اقتصاد. تورن مدارج علمی را خیلی سریع پیمود، به طوری که او یکی از جوان ترین استادان تاریخ دانشگاه معتبر کل تک (۲۲) بوده است. او لیسانس خود را در سال ۱۹۶۲ از کل تک و دکترای خود را در سال ۱۹۶۵ از دانشگاه پرینستون گرفت. رساله دکترای او تحت عنوان دینامیک هندسی دستگاه های استوانه ای (۲۳) تحت سرپرستی جان ویلر(۲۴) مشهور بود. در سال ۱۹۶۷ به عنوان دانشیار به دانشگاه کل تک پیوست و در سال ۱۹۷۰، در حالی که فقط ۳۰ سال داشت، استاد تمام این دانشگاه شد. تحقیقات او متمرکز بر فیزیک گرانش، گرانش کوانتومی و سیاه چاله ها، و بخصوص امواج گرانشی بوده است. او هم اکنون کرسی «پرفسور فاینمن فیزیک نظری دانشگاه کل تک (۲۵)» در اختیار دارد و اخیراً همچون دوست در گذشته اش کارل ساگان (۲۶) وارد حیطه داستان پردازی های علمی تخیلی شده است و با استیون اسپیلبرگ (۲۷) در ساخت فیلمی علمیی تخیلی همکاری داشته است.



کیپ تورن، سیاه چاله ها و پیچش های زمان: میراث بیدادگرانه آینشتاین، ۱۹۹۴میلادی (۲۸)

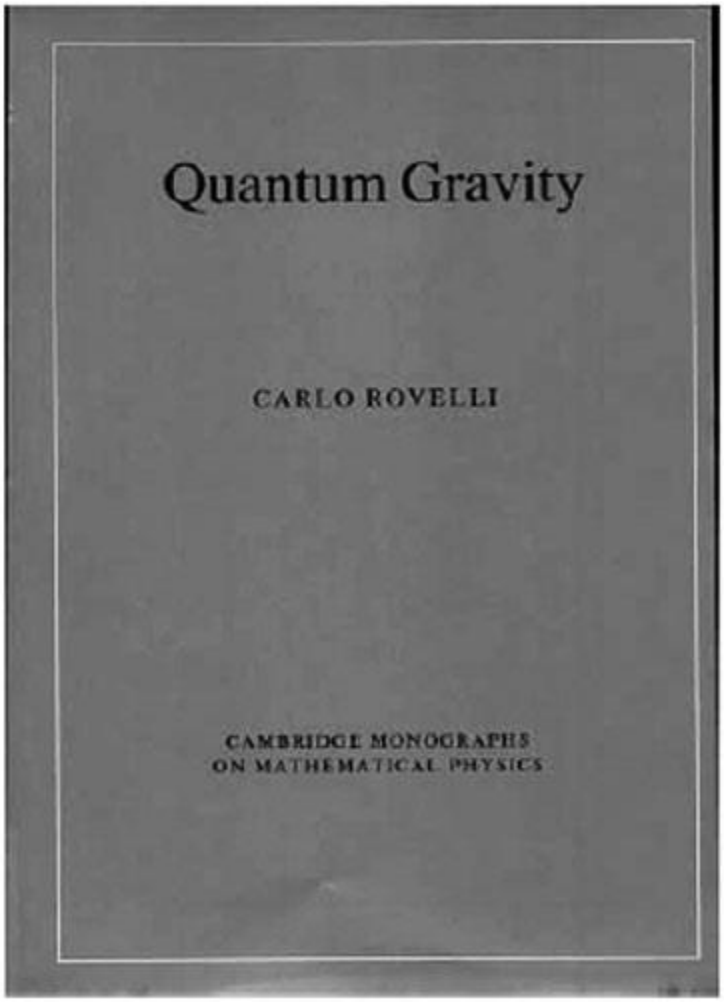
دوستی دیرین او با استیون هوکینگ و شرط بندی های آن ها در مورد سیه چاله ها شهرت فراوان دارد. او همچنین کتابی با نام «سیاه چاله ها و پیچش های زمان: میراث بیدادگرانه آینشتاین»، برای مخاطبان عام نوشته که در سال ۱۹۹۴ به چاپ رسیده است.

گفتگو با کیپ تورن (۲۹)

O یک سیاه چاله واقعاً به چه ماند؟

*** یک بدفهمی بزرگ این است که سیاه چاله از ماده ای ساخته شده که تا اندازه بسیار کوچکی فشرده شده است. این درست نیست یک سیاه چاله از فضا و زمان درهم تنیده ساخته شده است. گرچه ممکن است سیاه چاله از ستاره رُمبیدی ایجاد شده است [که در آن گرانی چنان شدید می شود که هیچ چیز، حتی نور هم، نمی تواند بگریزد]، ولی ماده ستاره ای در مرکز آن کاملاً از بین رفته است تا جایی که فضا- زمان کاملاً درهم تنیده اند. هیچ چیز به جز فضا- زمان درهم تنیده برجای نمانده است. یک سیاه چاله واقعاً جسمی با ساختاری بسیار غنی است، درست مانند زمین که ساختاری غنی از کوه ها، دره ها، اقیانوس ها و غیره دارد. فضای درهم پیچیده آن، درست مانند هوا در گردباد، به دور تکنیکی مرکزی می چرخد. با نزدیک شدن به لبه چاله، که افق خوانده می شود، زمان کند می شود و سپس در داخل افق، زمان رو به سمت (و به داخل) تکنیکی [نقطه ای مرکزی به چگالی نامتناهی و حجم صفر] جریان می یابد و با حرکت رو به جلوی زمان، هر چیزی داخل افق به سمت نابودی کشیده می شود. اگر از**

بیرون به یک سایه چاله نگاه کنید، سیاه چاله پرتوهای نور عبوری از نزدیک آن را خم می کند، و بدین ترتیب تصاویر آسمان اطراف خود را کج و معوج می سازد. شما یک نقطه تاریک می بینید که از آنجا هیچ چیز نمی تواند بیرون بیاید، زیرا پرتوهای نور به داخل حفره فرو می روند و به دور آن حلقه روشنی از تصاویر بسیار واپیچیده ای از فضای اطراف ستاره و یا هر چه را که در فراسوی آن است، می بینید.



کارلو رولی، گرانش کوانتومی، انتشارات دانشگاه کمبریج، ۲۰۰۴ میلادی (۳۰)

O چقدر به این مدل سیاه چاله مطمئن هستید؟ آیا ممکن است این تصویری نادرست باشد؟

*** این پیشگویی متقنی است که از قوانین نسبیت عام آینشتاین نتیجه شده است. امواج گرانشی نقشه های بسیار دقیقی از فضا زمان سیاه چاله ها را در اختیارمان خواهد گذاشت. این نقشه ها به وضوح روشن خواهند ساخت که آیا تصویری که ما بر اساس توصیف نسبیت عام از سیاه چاله داریم، درس است یا خیر. بسیار بعید است که آن ها چیز دیگری باشند، ولی جالب خواهد بود اگر دریابیم در خطا بوده ایم. ما پیش از این هم شگفتی های بزرگی داشته باشیم.**

O آینشتاین سیاه چاله ها را به عنوان کنجکاوی نظری غریبی می پنداشت. با توجه به اینکه مستقیماً سیاه چاله ها را مشاهد نکرده ایم ، چگونه مطمئنیم آن ها واقعاً وجود دارند؟

ما شواهد بسیار مستحکمی از وجود سیاه چاله ها در مرکز کهکشان خود یافته ایم. اخترشناسان ستاره های بسیار سنگینی را مشاهده کرده اند که به سمت یک جسم مرکزی نزدیک می شوند، و همچون یک ستاره دنباله دار به دور خورشید، حرکتی

شلاقی در اطراف آن انجام می دهند و دور می شوند. آن ها با اندازه گیری شدت حرکت شلاقی ستاره ها، وزن آن جسم مرکزی را تعیین کرده اند، و دریافته اند که جاذبه گرانشی آن حدوداً ۳ میلیون برابر خورشید، و نیز بسیار تاریک است. اخترشناسان فقط امواج رادیویی ضعیفی از آنجا دریافت کرده اند. آن جسم به احتمال قریب به یقین یک سیاه چاله است؛ و وقتی اختروش ها [اجسام متراکم بسیار روشنی در مرکز برخی از کهکشان ها] در اوایل دهه ۶۰ میلادی کشف شدند، معلوم شد که چشمه انرژی آن ها باید گرانشی باشد، زیرا حتی انرژی هسته ای، که ستارگان از آن انرژی می گیرند، بسیار ناکافی است. این ایده که انرژی اختروش ها ناشی از افزایش پی در پی ماده در سیاه چاله هاست، چند ماه پس از کشف اختروش ها به میان کشیده شد. پس از دوره ای از تحقیقات متوالی، در اواسط دهه ۷۰ میلادی به این نتیجه رسیدند که سیاه چاله ها اجسامی پر انرژی با مجموعه ای از ویژگی های گوناگون هستند. آن ها به دور خود می چرخند و می تواند نوسان کنند.

O آخرین یافته ها در مورد سیاه چاله ها چیست؟

* جالب ترین چیز برای من نخستین شبیه سازی های ابر رایانه ای از دو سیاه چاله ها است که با هم حرکت مارپیچی و سپس برخورد می کنند، و در نتیجه ارتعاشات شدیدی در فضا و زمان در هم تنیده آن ها شروع می شود. اخیراً یک شبیه سازی بسیار خیره کننده توسط گروهی به سرپرستی مانوئلا کامپاتلی (۳۱) و کارلوس لوستو(۳۲)، که هم اکنون در مؤسسه فناوری راچستر(۳۳) هستند، به انجام رسیده است که درآن دو سیاه چاله در حالی می چرخند که محور چرخششان در خلاف جهت یکدیگر است. وقتی آن ها به هم نزدیک می شوند، فضای چرخان اطراف هر سیاه چاله، دیگری را می رباید و درست پیش از برخورد، آن را به بالا می راند. حفره های درهم رفته، از محل وقوع برخورد رو به بالا می روند، به شدت نوسان می کنند، و انفجاری از امواج گرانشی را در جهت مخالف گسیل می کنند تا تکانه کل پایسته بماند. چگونگی آن شبیه به حلقه دود سیگاری است که خود را در هوا رو به جلو می راند.

چگونه ممکن است بزودی شواهد قاطعی از امواج گرانشی حاصل از رویدادهای شدیدی همچون برخورد سیاه چاله را بیابیم؟

* (۳۴)LIGO یک پروژه چند مرحله ای است. ما مدام حساسیت آشکار سازی های خود را بهتر و بهتر می کنیم ما اکنون در حال راه اندازی نخستین آشکارسازی های خود، برای نخستین جستجوی بلند مدت امواج گرانشی هستیم.

ممکن است (گرچه توقع نمی رود) با تکمیل تحلیل داده های خود به وجود آن ها پی ببریم. در پروژه LIGO پیشرفته (۳۵) که جستجوهای آن بزودی آغاز خواهد شد انتظار داریم انبوهی از انواع مختلف این امواج را با سیگنال هایی که هر روز یا هر هفته دریافت می کنیم، مشاهده نماییم.

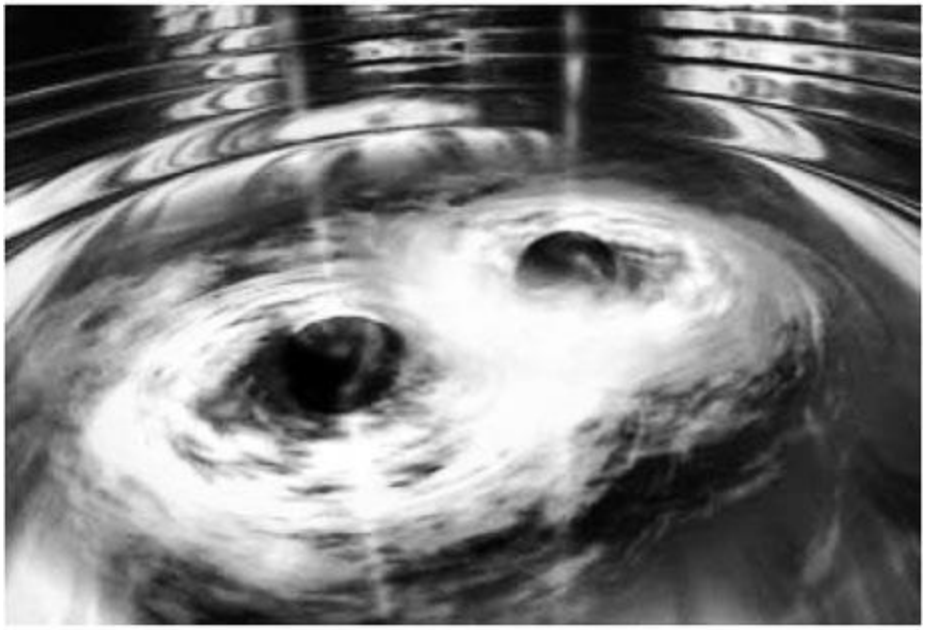
O آیا می توانید به طور مختصر توضیح دهید چطور قادر به آشکار سازی امواج گرانشی خواهید شد؟

* وقتی امواج گرانشی به زمین می رسند، این امواج فضا را کشیده و فشرده می کنند. البته این کشیدگی و فشردگی ناچیز است و اندازه آن چنان کوچک است که حسگرهای معمولی قادر به آشکار سازی آن نیستند. ما می خواهیم با آویختن دو آینه عظیم از سیم ها، به طوری که فاصله هر جفت از آینه ها حدوداً دو و نیم مایل از هم باشد، امواج گرانشی را آشکار سازیم. ایده این است که با عبور امواج گرانشی، آینه ها بر آن کشیدگی و فشردگی فضا سوار می شوند، به سمت یکدیگر و به دور از هم کشیده می شوند، به جلو و عقب حرکت می کنند. ما فاصله نوسانی بین آن ها را با استفاده از یک باریکه لیزر وارسی می کنیم. گرچه این آینه ها ۲۵ پاوند هستند، ولی حرکتشان چنان ظریف و حساس است که بر اثر وارسی ما به طور کوانتومی مختل می شوند و بنابراین ما به تمهیداتی نیاز داریم تا یک سیگنال موج گرانشی را از این آینه ها به دست آوریم بی آنکه تحت تأثیر تکان های

کوانتومی آینه ها قرار گیرد. طبیعتاً شما فقط هنگامی تکان کوانتومی را می بینید که به اجسامی به اندازه اتم ها و مولکول ها نگاه کنید، ولی ما به محدوده ای پا گذاشته ایم که در آن مرکز جرم این آینه های بزرگ به طور کوانتومی تکان می خورند. به زودی حرکت آینه ها با دقتی در حدود پهنای تابع موج کوانتومی آینه ها اندازه گرفته می شود، که این به معنای آن است که ما رفتار کوانتومی آینه ها را مشاهده خواهیم کرد. ما خواهیم دید که این اجسام بزرگ مقیاس همچون اتم ها و مولکول ها رفتار می کنند، چیزی که هرگز پیش از این انجام نشده است.

O چطور ممکن است؟

*** همکاران آزمایشگر بسیار ماهر من توانایی این کار را دارند، زیرا آن ها در حال اندازه گیری هایی با چنین دقت و حساسیتی هستند. حرکت هایی که آن ها اکنون قادر به مشاهده آن هستند از مرتبه ای حدود ۱۰۰، ۰۰۰، ۰۰۰ /۱ اندازه یک اتم است. سطح آینه ها پستی بلندی هایی دارد که به اندازه چند اتم هستند؛ و ما در حال اندازه گیری آن ها با دقتی در حدود ۱ میلیاردیم اندازه آن پستی و بلندی ها هستیم؛ و خب شما می توانید بگویید: چگونه می توان به چنان دقتی در اندازه گیری رسید؟ پاسخ این است که باریکه لیزر بزرگ است مثلاً چیزی در حدود ۴ اینچ عرض دارد و این بالغ بر تعداد بسیار بسیار زیادی از این پستی و بلندی ها می شود، و زمانی را نیز شامل می شود. ما در پی حرکت مرکز آینه ها به هنگامی هستیم که آن ها حدود ۱۰۰ بار در ثانیه عقب و جلو می روند. اما اتم های داخل سطح آینه نوسان هایی گرمایی با آهنگ یک تریلیون بار در ثانیه دارند. بنابراین، باریکه لیزر به طور خودکار تعداد بسیار عظیمی نوسان گرمایی و تعداد بسیار عظیمی از اتم ها را شامل می شود؛ و بدین ترتیب واقعاً می تواند صرفاً به حرکت های بسیار ناچیز آینه، که اصطلاحاً حرکت مرکز جرم خوانده می شود، حساس باشد.**



سه راه به سوی گرانش کوانتومی، بیسیک بوکز، ۲۰۰۲ میلادی (۳۶)

O سوای سیاه چاله ها، چه اجرام دیگری از فضا زمان درهم تنیده ایجاد شده اند و امواج گرانشی تولید می کنند؟

*** خب، ستاره نوترونی یک مثال است. بخشی از آن از ماده هسته ای ساخته شده است و بخشی از آن فضا و زمان درهم تنیده است. ما امیدواریم سیاه چاله ای را مشاهده کنیم که یک ستاره نوترونی را از هم می گسلد. در آن صورت رفتار دینامیکی فضا و زمان درهم تنیده را در اطراف این دو جسم به هنگامی که یکی دیگری را نابود می کند، مشاهده خواهیم کرد. مثالی دیگر چیزی به نام «ریسمان کیهانی» است. این ها شکاف های فرضی در تار و پود فضا هستند که گمان برده می شود در لحظات بسیار ابتدایی عالم، بر اثر انبساط تورمی ریسمان های بنیادی (چیزهایی که نظریه پردازان ریسمان بر این باورند که همه چیز از آن ها ساخته شده است) ایجاد شده اند. هندسه اطراف یک ریسمان مانند هندسه یک ورق کاغذ تخت نیست. بلکه، فضا به شکلی مخروطی تابیده شده است؛ محیط ریسمان π مرتبه کوچک تر از قطر آن است. هسته ریسمان از میدان هایی ساخته شده است که چنان انرژی زیادی دارند که می توانند موجب چنین تابیدگی ای شوند، و این هسته درست مثل تار یک ویلون، کشش فوق العاده زیادی دارد. وقتی تار یک ویلون را می نوازید، امواج در امتداد آن روانه می شوند، به همین ترتیب، اگر یک ریسمان کیهانی نواخته شود، نوسان هایی با سرعت بسیار زیاد (با سرعت نور) در امتداد آن روانه می شوند و آن ها در حین حرکت، امواج گرانشی را ایجاد می کنند.**

O ریسمان های کیهانی ایده ای است که از نظریه ریسمان برآمده است، که بیشتر حوزه ای مطالعاتی در فیزیک نظری است. این نظریه هنوز راه درازی تا ایجاد یک اتحاد منطقی بین فیزیک کوانتومی و فیزیک کلاسیک در پیش دارد. آیا فکر می کنید نظریه

ریسمان سزاوار این همه توجه ای که به آن شده، هست؟

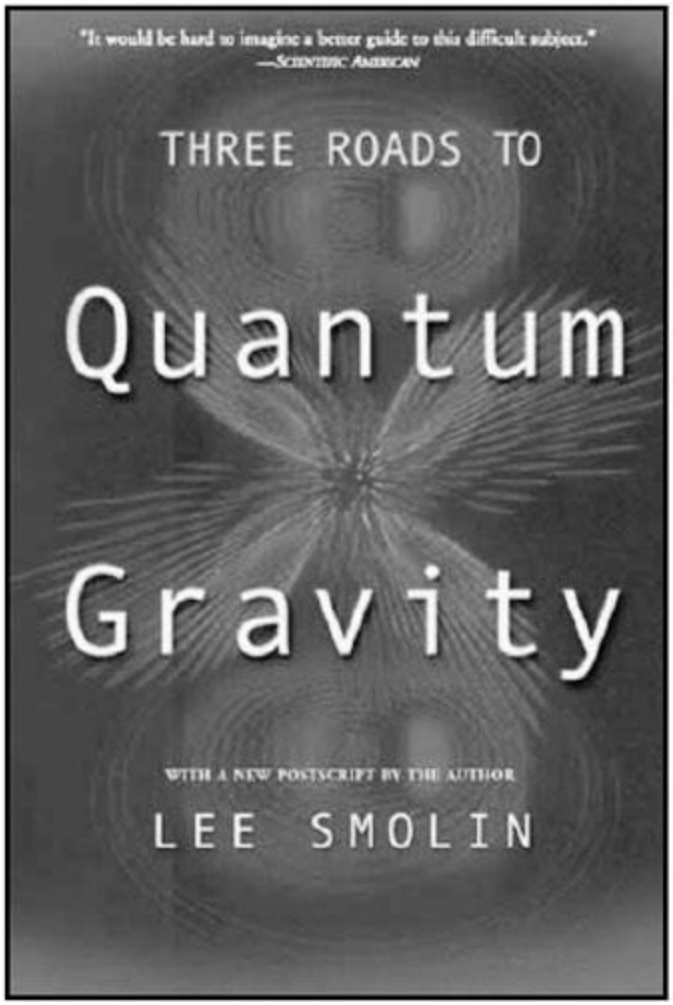
*** کاملاً! تردید ندارم. این نظریه علائم بسیاری را نشان می دهد که حاکی از درست بودن مسیر آن به سمت یک نظریه کوانتومی گرانش صحیح است. این نظریه به تعدادی ایده بسیار مهم انجامیده است که بارقه هایی از صحت را نشان داده اند، که از آن جمله ابعاد اضافی، احتمال تشکیل سیاه چالک ها (۳۷) در LHC(۳۸)، و در نتیجه کاوش ابعاد بالاتر است. نظریه ریسمان اکنون شروع به پیشگویی های واقعی قابل مشاهده ای کرده است که در آینده آزموده خواهد شد. به گمان من، این ادعا که نظریه ریسمان صرفاً بازیچه ای برای خودارضایی نظریه پردازان است، حرفی مهمل است.**

O نظرتان راجع به سیاه چالک ها ممکن است در LHC ایجاد شوند چیست؟ آن ها چگونه به سیاه چاله ها که مورد مطالعه شما هستند، ربط پیدا می کنند؟

*** سیاه چاله هایی که ما اختر فیزیکدان ها بررسی می کنیم، بسیار بزرگ و دارای جاذبه گرانشی فوق العاده ای هستند. سیاه چالک هایی که ممکن است در LHC ایجاد شوند اساساً متفاوت از این حفره های اختر فیزیکی عظیم هستند. متأسفانه آن ها نام یکسانی دارند، زیرا این به این می ماند که گفته شود انسان ها و آمیب ها سرشت یکسانی دارند، و چون آن ها موجودات زنده ای ساخته شده از ماده هستند، باید نام یکسانی داشته باشند. سیاه چاله هایی که ممکن است در LHC دیده شود، به یک معنی خویشاوندان بسیار دور سیاه چاله های اختر فیزیکی هستند، با ویژگی هایی که کاملاً متفاوت است. ما سیاه چالک ها را فقط در صورتی می بینیم که عالم ابعاد بیشتری داشته باشد، و تنها در آن صورت است که آن ها تشکیل می شوند و از طریق فرایندی موسوم به تابش هوکینگ [نوعی از تابش که بر این گمان اند مستقیماً از افق سیاه چاله به بیرون می گریزد] تبخیر می گردند. بخش زیادی از محصولات تبخیر به ابعاد بالاتر می روند، و در اینجا جلوه بسیار متفاوتی از سمت پیچیده عالم را مشاهده می کنیم، که همان تأثیر ابعاد بالاتر است. اگر شواهدی از وجود این سیاه چالک ها در LHC دیده شود، گواهی متقاعده کننده از وجود ابعاد بالاتر است.**

O بزرگ ترین شگفتی دوران کاریتان در تمام این دورانی که روی اختر فیزیک نظری کار کرده اید، چه بوده است؟

*** اوه، فکر کنم بزرگ ترین شگفتی برای من کشف انرژی تاریک بود؛ بیشتر جرم عالم به شکل انرژی تاریک است که در سرتاسر عالم گسترده شده است، و همچون یک کش کاملاً کشیده، کشش فوق العاده زیادی دارد. برای من باور کردنی نبود. در ابتدا من و بسیاری از همکارانم آن را باور نکردیم تا اینکه داده های رصدی کاملاً مستقلی را مشاهده کردیم که همگی آن را تأیید می کردند.**



اولین گیتز، تلسکوپ اینشتاین: شکار ماده تاریک و انرژی تاریک در عالم، ۲۰۱۰ میلادی (۳۹)

O از دهه ۶۰ تا دهه ۸۰ شما همکاری های زیادی با فیزیک دانان روسی داشتید. کار با آن ها در حین جنگ سرد چگونه بود؟

*** من عمدتاً به پشت گرمی اختر فیزیکدانی روسی به نام یاکوف زلدوریچ (۴۰) موفق به انجام این کار شدم. او و آندری ساخاروف (۴۱) طراحان اصلی بمب هیدروژنی در روسیه بودند. جان ویلر، یکی از طراحان بمب هیدروژنی در آمریکا نیز استاد رساله دکترای من بود. بنابراین من شخصاً به طراحان هر دو بمب روسی و آمریکایی نزدیک بودم. من آزادانه بین روسیه و ایالات متحده در رفت و آمد بودم و ایده های اختر فیزیکی و نسبیتی را جابه جا می کردم و به دانشمندان دو کشور کمک می کردم در ارتباط با یکدیگر باشند.**

O آیا تحت نظر مأموران دولتی بودید و از شما سوال و جواب نمی کردند؟

*** من تقریباً مطمئن بودم که CIA وFBI هرازگاهی تلفن های من را استراق سمع می کنند، ولی هیچ وقت مستقیماً به سراغم نیامدند. هر وقت شوروی را ترک می کردم، KGB همکاران روسی ام را در مورد اینکه چه اتفاقاتی در مدت حضور من رخ داده است، استنطاق می کرد. تجسس در طرف روسی بسیار شدیدتر بود. KGB اغلب سعی می کرد دانشمندان روسی را به عنوان جاسوس به کار گیرد، و این دردآور بود که برخی از همکاران روسی من مجبور بودند با آن ها کلنجار بروند. CIA هیچ وقت، حتی سعی هم نکرد از من به عنوان جاسوس استفاده کند.**

O طرفداران داستان های علمی تخیلی شما را به این خاطر دوست دارند که در دهه ۸۰ پیشنهاد کردید که سفر در زمان ممکن است با عبور از چیزی به نام کرم چاله (۴۲) امکان پذیر باشد. نحوه این کار چگونه است؟

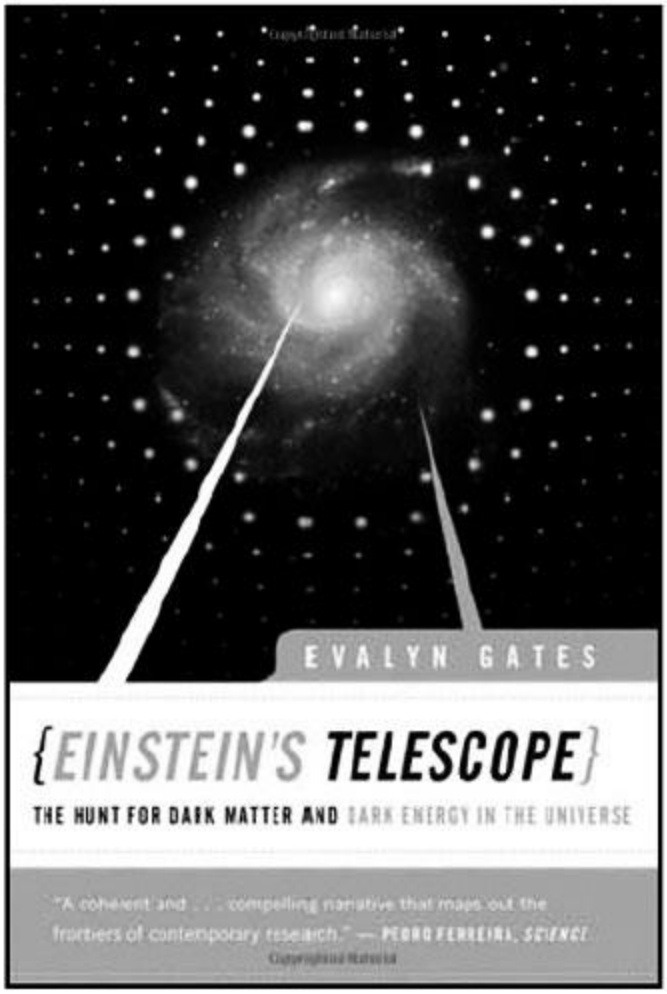
* کرم چاله یک پیچ و تاب فرضی در فضاست که می تواند به عنوان میانبری بین دو ناحیه مختلف عالم عمل کند. آن شبه به حفره ای است که یک کرم در سی، از یک طرف به طرف دیگر آن، ایجاد می کند. اگر شما یک مورچه بودید و روی سطح سیب زندگی می کردید، از دو مسیر می توانستید از یک طرف سیب به طرف دیگر آن بروید. یکی در بیرون، روی سطح، که آن را می توانیم مشابه فضای خمیده عالم خود بپنداریم؛ و دیگری از داخل. در مورد عالم ما، کرم چاله ممکن است واقعاً کوتاه باشد و با این وجود، مثلاً از منظومه شمسی ما به مرکز کهکشان ما برسد. نسبیت عام وجود کرم چاله ها را ممکن می داند. با این وجود، وقتی نسبیت عام را با نظریه کوانتوم ترکیب می کنیم، به شواهد نسبتاً متقنی می رسیم که کرم چاله ها نمی توانند وجود داشته باشد ولی هنوز مطمئن نیستیم.

O چگونه کرم چاله ها علاقه شما را به سمت سفر در زمان جلب کرد؟

* کارل ساگان، در پیش نویس رمان تماس (۴۳)، قهرمان داستانش را از میان سیاه چاله ای به نقطه ای دور دست از عالم فرستاده بود و از من راجع به این موضوع مشاوره خواست. من بلافاصله گفتم: «چنین چیزی ممکن نیست. از سیاه چاله ها نمی توان به این منظور استفاده کرد» و به او پیشنهاد کردم که به جای سیاه چاله از کرم چاله ها بهره گیرد. همین باعث علاقه من به این موضوع شد که آیا واقعاً می توان از کرم چاله ها برای سفر استفاده کرد، و خیلی زود به این نتیجه رسیدم که اگر آن ها وجود می داشتند، برای یک تمدن بسیار پیشرفته کاری نداشت که از آن ها برای ساختن یک ماشین زمان بهره گیرد؛ و این مرا با داستان هایی خود متناقض (۴۴) مواجه ساخت: آیا می شود به عقب برگردید و پدر خود را قبل از آنکه زاده شوید، بکشید؟ و این پرسش مرا به این نتیجه رساند که چنین آزمایش های فکری ای می توانند راهی بسیار توانمند برای وارسی قوانین فیزیک باشند من دوستانی داشتم که وقتی برای اولین بار درباره آن شنیدند، نگران شدند که من چقدر در آن پیش خواهم رفت، ولی بعد که از جزئیات با خبر شدند از طرفداران آن گشتند.

O آیا واقعاً ممکن است که در زمان، رو به عقب حرکت کنیم؟

* کاملاً بعید است کسی بتواند در زمان رو به عقب حرکت کند گرچه واقعاً منعی برای آن نیست و احتمالاً طبیعت سازوکاری دارد که مانع از حرکت رو به عقب در زمان می شود. وقتی داشتم روی این موضوع مطالعه می کردم، متقاعد شدم که قوانین فیزیک را نمی توان به سادگی با حرکت رو به عقب در زمان سازگار کرد بی آنکه در توانایی پیشگویی آن ها خللی وارد شود و یا خود متناقض های به وجود آید.



سمت راست: روی جلد کتاب تماس، نوشته کارل ساگان، ۱۹۸۵ میلادی

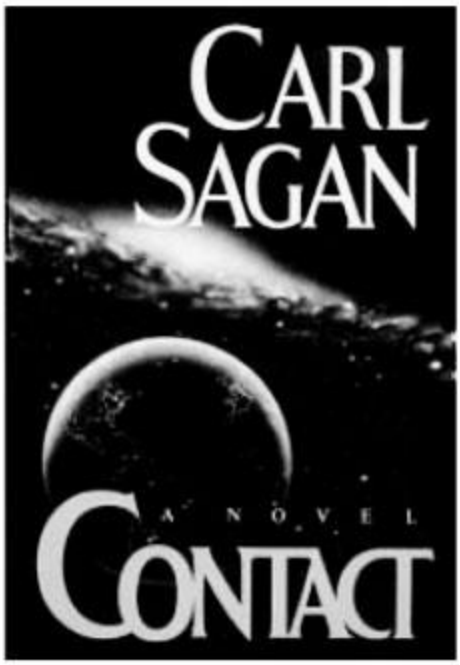
سمت چپ: پوستر فیلمی که براساس این کتاب و به کارگردانی رابرت زمیکس (۴۵) در ۱۹۹۷ میلادی (پس از درگذشت ساگان) اکران شد.

به گمانم موضوع جالب تر کشفی بود که من با دانشجوی پسادکترایم، سونگ- ون کیم (۴۶) از کره، انجام دادیم که بر مبنای آن سازوکاری جهانی وجود دارد که همواره رخ می دهد: اگر هر تمدن فوق پیشرفته ای بخواهد یک ماشین زمان برای حرکت رو به عقب در زمان بسازد، اثرهای کوانتومی باعث خواهد شد آن ماشین زمان خود را درست در لحظه فعال شدندش منفجر سازد. ما نمی دانیم آیا این انفجار آنقدر قوی هست که ماشین زمان را برای همیشه نابود سازد یا خیر. برای یافتن پاسخ، نیاز به نظریه کامل گرنش کوانتومی [ترکیبی از نسبیت عام و مکانیک کوانتومی که هنوز به انجام نرسیده است] داریم.

O این نوع تحقیق آسیبی به وجه شغلی شما نزد. ولی کارل ساگان، مجبور بود با اعتراض ها دست و پنجه نرم کند، زیرا او داستان می نوشت و به تمدن های فرازمینی فکر می کرد. شما با هم دوست بودید. آیا این واکنش ها واقعاً هیچ آسیبی به وجه شغلی او نزد؟

*** او با واکنش های خصمانه ای مواجه شد، ولی فکر نکنم در میان دوستان نزدیکش آسیبی به وجهه او وارد آمد. او برای آکادمی ملی علوم (۴۷) برگزیده شده بود، ولی در جلسه نهایی رد صلاحیت شد. کسانی صلاحیت او را رد کردند که با حوزه کاری او آشنا نبودند. به گمان من، همکاران نزدیک او (آن هایی که با او کار کرده بودند، و با تحقیقاتش از روی مقالات او آشنا بودند)**

احترام فوق العاده ای برای کار علمی او قائل بودند. تمام مشکلاتی که او با آن ها مواجه شد ناشی از کسانی بود که اطلاعات ناچیزی از تحقیقات او داشتند.



در رمان علمی- تخیلی از میان کرم چاله نوشته رابرت فلایول (۴۸)، دو قهرمان داستان برای نجات فردی از راه کرم چاله به سال ۱۷۷۸ میلادی باز می گردد.

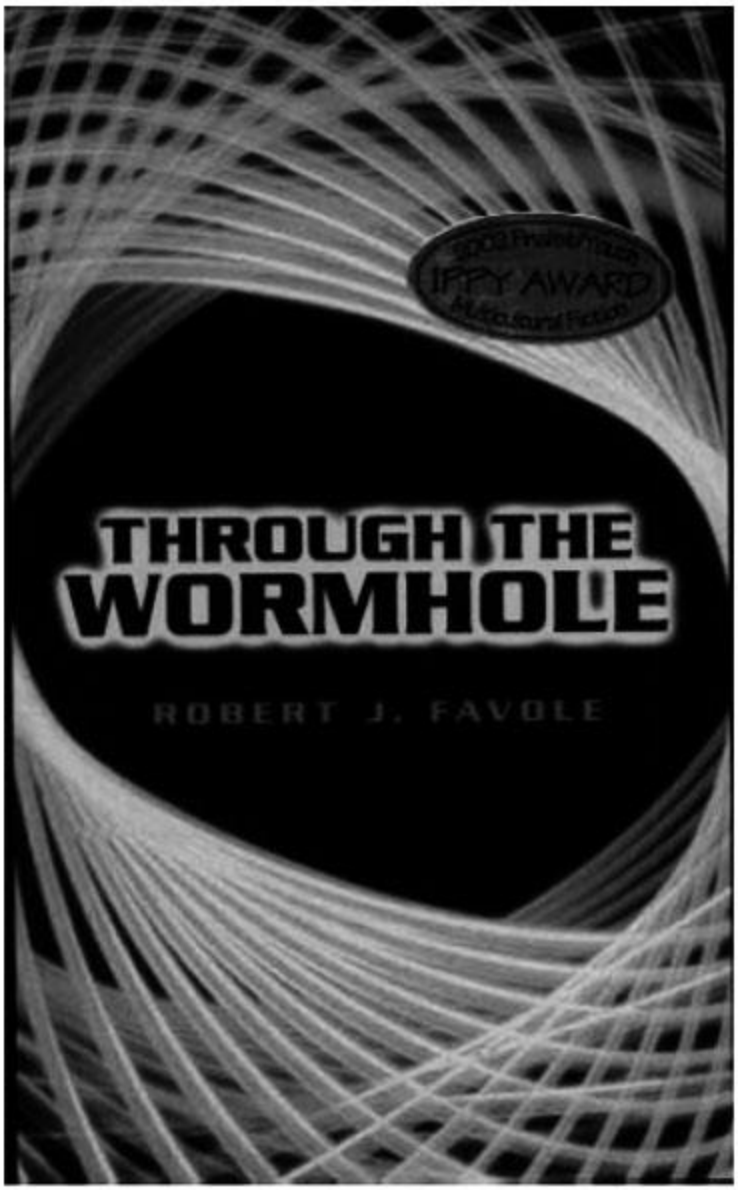
O شایعه ای است که شما در پروژه سای فی (۴۹) با ستیون اسپیلبرگ همکاری می کنید. آیا حقیقت دارد؟

*** من در حال کار روی یک فیلم علمی- تخیلی با استیون هستم که در نگارش فیلمنامه آن همکاری داشته ام. جنبه اجرایی کار به عهده من خواهد بود، عمدتاً با تمرکز بر اینکه مفاهیم علمی درست وارد آن شود. انتظار من این است که هیچ چیزی در فیلم قوانین بنیادی فیزیک را نقش نکند، و تمام تخیلات افسار گسیخته فیلم از علم سر برآورده باشد. فعلاً اسمش «بین ستاره ای» است، ولی بعید است اسم نهایی آن همین بماند. این داستانی است که در آن، سمت پیچیده عالم نقش اصلی را بازی می کند.**

آیا می شود چند تا از شرط بندی های خود را با استیون هوکینگ را نام ببرید و اینکه چه کسی برنده شد؟

*** نخستین شرط بندی ها درباره دجاجه -X^۱ ۵۰ بود، نخستین نامزد سفت و سختی که برای سیاه چاله ها یافت شده بود. آیا آن واقعاً یک سیاه چاله است؟ هوکینگ این شرط را به بیمه نامه خود شبیه کرده بود، او روی سیاه چاله بودن چیزی سرمایه گذاری کرده بود که امیدی به آن نداشت. او حساب کرده بود که اگر آن سیاه چاله هم نباشد، دست کم از آن سرخوردگی به چیزی می رسد. او شرط را باخت. ما شرط دیگری را هم بستیم: چان پرسکیل (۵۱) (او فیزیکدانی در کل تک است) و من در**

یک طرف، و هوکینگ در طرف دیگر. شرط روی این بود که آیا قوانین طبیعت اجازه می دهند که بر اثر انفجار، یک تکینگی عریان (۵۲) ایجاد شود، یعنی تکینگی ای که در داخل سیاه چاله نباشد. من و پرسکیل شرط بستیم که این امکان پذیر است، و هوکینگ شرط بست که این ممکن نیست. پس از اینکه ما با یک انفجار به دقت تنظیم شده که در یک رایانه شبیه سازی بود، واقعاً یک تکینگی عریان ایجاد کردیم، او مجبور شد حرف ما را تصدیق کند. اکنون ما شرط جدیدی بسته ایم، در مورد اینکه آیا یک تکینگی عریان می تواند به طور طبیعی در عالم ظاهر شود یا خیر. هوکینگ نظر ما را در یک سخنرانی عمومی در کل تک تأیید کرد.



هوکینگ [با همکاری دخترش] نوشتن کتابی برای بچه ها را تمام کرده است که نام آن کلید اسرارآمیز جرج برای عالم است. من مشتاق خواندن آن هستم. باید حاوی چیزهای با ارزشی از دانش و معرفت باشد، نه فقط برای بچه ها بلکه برای بزرگ ترها و حتی شاید برای فیزیکدانانی چون من.

O شما همچنین روی یکی از عجیب ترین ایده ها در مورد سیاه چاله ها شرط بسته اید: آن ها نه تنها ماده و نور را می بلعند، بلکه همچنین هر نشانه یا اطلاعاتی راجع به یک رویداد را محو می کنند. موضوع چه بود؟

* اگر شما چیزی داشته باشید که بر اثر انفجار به یک سیاه چاله تبدیل شود، و سپس بر اثر تابش هوکینگ همه آن تبخیر شود، آیا تمام اطلاعاتی که به داخل سیاه چاله رفته بود باز می گردد؟ اصول بنیادین نظریه کوانتوم می گوید بله، و پرسکیل طرف آن بود. به نظر می رسد نسبیت عام می گوید خیر، و من و استیون طرف نسبیت بودیم. حدود سه سال پیش [نسبت به زمان مصاحبه]، استیون راه تازه ای را برای تحلیل فرایند تبخیر یافت، روشی که او را متقاعد کرد که حق با پرسکیل است و به طور اصولی می توان اطلاعات را دوباره به دست آورد. هوکینگ نظر پرسکیل را در یک جشن بزرگ در همایشی بین المللی در دوبلین که من رئیس آن بودم، تأیید کرد. ولی من هنوز متقاعد نشده ام.

O و آن شرط سر دانشنامه بود؟

* درست است. بازنده باید یک دانشنامه اطلاعات به برنده می داد. بنابراین استیون به جان، که یک مجموعه بی نظیر از کارت های بیسبال دارد، دانشنامه ای در مورد بیسبال آمریکایی داد.

O به نظر می رسد هوکینگ در شرط بندی های خود خیلی خوب نمی آورد؟

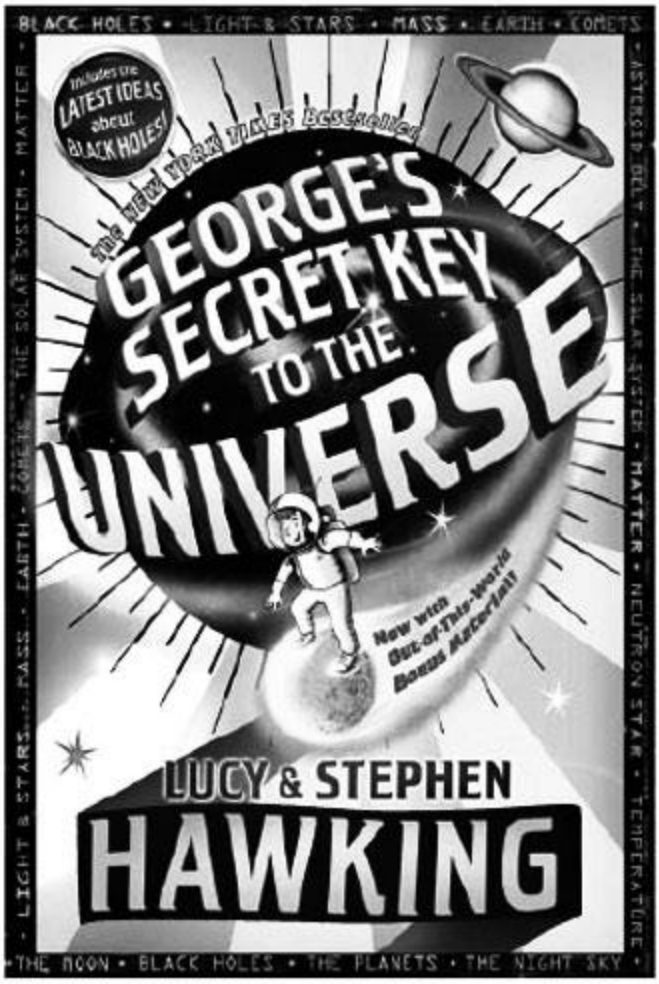
* او تاکنون هیچ یک از این شرط بندی ها را نبرده است. به گمان من این نشانه این واقعیت است که او مایل است منزوی شود و دیگران را به مبارزه بطلبد، و بدین ترتیب حرکت روبه جلوی علم را تسریع بخشد.

O آیا شما همچنان با هوکینگ در تماس کاری هستید؟

* ما تا حالا مقاله مشترکی با هم ننوشته ایم. تمرکز فعلی او بر روی زایش عالم است. تمرکز فعلی من کاوش سمت پیچیده عالم است. من بزودی عازم کمبریج می شوم و روزی را با او خواهم گذراند، و ما راجع به فیزیک و نیز زندگی صحبت خواهیم کرد. او اکنون نوشتن کتابی برای بچه ها را تمام کرده است که نام آن کلید اسرارآمیز جرج برای عالم (۵۳) است. من مشتاق خواندن آن هستم. باید حاوی چیزهای با ارزشی از دانش و معرفت باشد، نه فقط برای بچه ها بلکه برای بزرگ ترها و حتی شاید برای فیزیکدانانی چون من.

درباره ماکس تگمارک

ماکس تگمارک در ۵ می ۱۹۶۷ در استکهلم سوئد زاده شد. تحصیلات مقدماتی خود در انستیتوی سلطنتی فناوری (۵۴) در استکهلم گذراند و سپس عازم دانشگاه برکلی در کالیفرنیا (۵۵) شد و کارشناسی ارشد و دکتری خود را از آنجا گرفت. او دوره پسادکترای خود را در دانشگاه پرینستون (۵۶) گذراند و سپس نخست در سمت استادیار و از سال ۲۰۰۳ با سمت استادی در دانشگاه پنسیلوانیا مشغول به کار شد. وی از سال ۲۰۰۴ به دانشگاه ام آی تی (۵۷) پیوسته است (۵۸).



مارک تگمارت، تصویر از وبگاه مجله ی دیسکاور

کیهان شناسی نوین یکی از نمودهای برجسته گرانش کوانتومی است و عملاً نمایشگاهی متنوع از نظریه های گرانشی کوانتومی محسوب می شود. بدون شک، اصطکاک بین کیهان شناسی و گرانش کوانتومی فراتر از اصطکاک آن با اختر فیزیک و اخترشناسی است. شاید از همین رو است که تگمارک واضح نظریه «عالم ریاضیاتی» همه چیز را ریاضی می پندارد. نظریه ای که تنه های فلسفی آن چنان است که در دسته نظریه هایی جای می گیرد که اصطلاحاً آن ها را ایده هایی خیالی یا اوهامی می خوانند. این نظریه ها در جهان غرب معمولاً برای دانشمندان جوان گران تمام می شود و آینده آکادمیک آن ها را تهدید می کند. از همین رو تگمارک خود را به دکتر جکیل و مسترهاید (۵۹) شبیه کرده است. او علائق فلسفی و ایده های اوهامی خود را در کنار کار اصلی اش پیش می برد. چرا که در غیر این صورت، به قول خودش، مجبور بود سر آخر در یک فروشگاه مک دونالد مشغول به کار شود. او در این مصاحبه به تشریح شفاف نظریه عالم ریاضیاتی خود می پردازد.

گفتگو با ماکس تگمارک (۶۰)

O ماکس، تو شهرت خود را حتی نزد کیهان شناسان به خاطر اندیشیدن به فراسوی «جعبه» به دست آورده ای. آیا تو همیشه به پرسش های عمیقی درباره زندگی، عالم و چنین چیزهایی می اندیشیدی؟

*** نه، من نوجوانی بسیار پریشان احوال بودم. کمی دیر به سمت این چیزها کشیده شدم، و کسی هم سن و سال من هم نبود که بخواهم با او راجع به فلسفه صحبت کنم. من فقط یک دوست در دبیرستان داشتم که او هر کاری را به روشی متفاوت از دیگران**

انجام می داد. اگر مردم نامه ها را در پاکت های مستطیلی ارسال می کردند، او پاکت هایی مثلثی درست می کرد و نامه ها را با آن ها می فرستاد. خاطرم هست با خودم می گفتم: «چه با حال. این همان چیزی است که من می خواهم بشوم.»

O آیا همین باعث شد که تصمیم گرفتید وارد عالم فیزیک شوید؟

*** حقیقتش، پدرم یک ریاضی دان بود و او همیشه با شور و حرارت از ریاضی صحبت می کرد، ولی فیزیک خسته کننده ترین درس من در دبیرستان بود. بنابراین من شروع به تحصیل در رشته اقتصاد کردم.**

O انتخاب جالبی بود... فیزیک کی خودش را دوباره در صفحه رادار زندگی شما ظاهر کرد؟

*** دوستی به من کتابی به نام حتماً شوخی می کنید آقای فاینمن! (۶۱) را داد که فیزیک دانی به نام ریچارد فاینمن (۶۲) آن را نوشته بود. کل کتاب هیچ ربطی به فیزیک نداشت. ولی به شدت تحت تأثیر قرار گرفتم که چطور در بین خطوط آن، به وضوح و با صدایی بلند گفته می شود: «من فیزیک را دوست دارم!» باورم نمی شد که چگونه این می توانست همان درس کسل کننده دبیرستان باشد. واقعاً کنجکاوی ام را برانگیخت. بنابراین شروع کردم. به خواندن درسنامه های فیزیک (۶۳) فاینمن و در حیرت ماندم که چرا زودتر به آن پی نبردم.**

مجموعه درسنامه های فیزیک فاینمن همراه با رهنمودهای فاینمن در فیزیک (۶۴)

O بنابراین شما رشته خود را تغییر دادید؟

*** هوم، نه. کالج در سوئد رایگان است و بنابراین من می توانستم حقه ای بزنم و در دانشگاه دیگری در رشته فیزیک ثبت نام**

کنم، بی آنکه به آن ها بگویم دارم در کالج اقتصاد می خوانم.

O شما در آن واحد، در دو کالج بودید؟

*** بله، می توانید دریابید که چه اوضاع مغشوشی داشتم. مشکل زمانی پیدا کرده بودم. باید در یک روز امتحان هایی را در دو مکان می دادم، و مجبور بودم خیلی سریع بین آن دو نقطه پا بزنم.**

O آیا در کالج بود که شروع به اندیشیدن درباره پرسش هایی مهم تر کردید؟

*** در کالج فقط با یک چیز به مشکل برخوردم و آن هم در درس فیزیک کوانتومی بود، وقتی به فصل اندازه گیری رسیدیم، مطمئن شدم یک چیزی اشتباه است.**

O شما دارید راجع به تأثیر ناظر بر اندازه گیری، صحبت می کنید؟

*** درست است معادله ریاضی زیبایی در نظریه کوانتوم به نام معادله شرودینگر وجود دارد. در این معادله از چیزی موسوم به تابع موج برای توصیف دستگاه مورد مطالعه- یک اتم، یک الکترون، یا هر چیزی دیگر- و تمام راه های ممکنی که دستگاه می تواند تحول یابد، استفاده می شود. نقطه نظر مرسوم مکانیک کوانتومی تحول یابد، استفاده می شود. نقطه نظر مرسوم مکانیک کوانتومی این است که به محض اینکه چیزی را اندازه بگیرید، تابع موج به معنی واقع کلمه می رُمبد، یعنی از حالتی که مربوط به همه نتایج پتانسیل هاست به حالتی می رود که مربوط به تنها یکی از آن هاست. نتیجه ای که شما می بینید در لحظه اندازه گیری حاصل شده است. این به نظر من احمقانه می رسید. من درک نمی کردم که چرا پیش از اندازه گیری اتم باید از معادله شرودینگر استفاده شود، ولی بعد از اندازه گیری آن، خیر. بنابراین شهامت به خرج دادم و سراغ یکی از مشهورترین فیزیک دان های سوئد رفتم، مردی که عضو کمیته نوبل است. ولی او فقط پرخاش کرد و مرا از خود راند.**

O این لحظه ای زیبا در زندگی علمی یک دانشمند است، وقتی در می یابد افرادی در مقام های بالاتر علمی همچنان پاسخ همه پرسش ها را نمی دانند. پس شما پرسش های خود در مورد معادله شرودینگر و اثر اندازه گیری را با خود حفظ کردید تا وقتی که به ایالات متحده و دانشگاه برکلی برای دوره دکتری خود آمدید؟

*** همه چیز از اینجا برای من شروع شد. دوستی به نام بیل پویریر(۶۵) داشتم و ما ساعت ها وقتمان را صرف صحبت راجع به ایده های عجیب و غریب در فیزیک می کردیم. او مرا به خاطر اینکه اعتقاد داشتم هر توصیف بنیادی از عالم باید ساده باشد، دست می انداخت. من هم برای اینکه او را اذیت کنم، می گفتم ممکن است عالم چیزی جز یک دوازده وجهی منتظم (۶۶)، شکلی که یونانیان ۲۵۰۰ سال پیش معرفی کردند، نباشد. (۶۷) البته من صرفاً محض مزاح این را گفتم اما بعداً وقتی که بیشتر آموختم، از این ایده که عالم چیزی جز یک موجود ریاضی نیست، در شگفت شدم. من به این اندیشه رسیدم، که به یک معنی، هر جسم ریاضی عالم مربوط به خود را دارد.**

O و بعد سعی کردید این ایده افراطی و نامعمول خود را به چاپ برسانید. آیا از اینکه ممکن بود چاپ آن روی موقعیت شغلی شما تأثیر بگذارد، نگران نبودید؟

*** من همه مشکلات را پیش بینی کرده بودم و تا وقتی که درخواست پسادکترایم در دانشگاه پرینستون پذیرفته نشد، مقاله را ارسال نکردم. نخستین مقاله ام را سه مجله رد کردند. سپس یک گزارش داوری خوب از آنالز آو فیزیکز (۶۸) به دستم رسید، ولی سردبیر مقاله ام را به خاطر اینکه بیش از حد تخیلی است رد کرد.**

O صبر کنید، چنین اتفاقی مرسوم نیست، اگر داور از مقاله ای خوشش بیاید، آن مقاله معمولاً پذیرفته می شود.

* من هم این طور فکر می کردم. خوشبختانه من با جان ویلر دوست بودم، فیزیک دانی نظری در دانشگاه پرینستون و یکی از بزرگ ترین قهرمان های فیزیکی ام، که اخیراً درگذشت. وقتی من نامه رد مقاله ام را به او نشان دادم، گفت: «به! بیش از حد تخیلی؟» سپس به خاطرم آورد که تعدادی از مقالات اولیه راجع به مکانیک کوانتومی را نیز بیش از تخیلی می انگاشتند. همین شد که من درخواست تجدید نظری به انالز آو فیزیکز نوشتم و نظرات ویلر را هم در آن گنجاندم. سرانجام از چاپ آن مقاله موافقت شد.

O با این حال، این برای شما نان و آب نشد. شما دکتری و پسادکتری خود را در کیهان شناسی گرفتید، شاخه ای که کاملاً متفاوت است.

* طنز ماجرا این است که سرپوش من برای این علایق فلسفی کیهان شناسی بود، زمینه ای که اغلب چند لایه نیز دیده می شود. اما حرمت کیهان شناسی به تدریج بیشتر شده است، زیرا ترکیب فناوری رایانه ای، فناوری فضا، و فناوری آشکارسازی به بهمن عظیمی از اطلاعات درباره عالم انجامیده است.

O بیایید درباره تلاش شما راجع به درک مسأله اندازه گیری، با فرض انگاشتن جهان موازی یا آن طور که شما در مجموع می گویید، چند جهانی صحبت کنیم. آیا می توانید جهان های موازی را توضیح دهید؟

* چهار سطح مختلف از جهان های چندگانه وجود دارد. سه تای آن ها توسط دیگران پیشنهاد شده است، و من چهار را افزودم: عالم ریاضیاتی.

O اولین سطح جهان های چندگانه چیست؟

* سطح اول جهان های چندگانه صرفاً یک فضای نامتناهی است. فضا نامتناهی است، اما عمری نامتناهی ندارد، با شروع از مه بانگ فقط ۱۴ میلیارد سال از آن گذشته است. برای همین است که ما نه همه فضا را، که فقط جز بخشی از آن را می توانیم ببینیم؛ آن بخشی از فضا که نور فرصت داشته در این مدت از آنجا به اینجا برسد. نور زمان کافی ندارد که از همه جا به اینجا برسد. اما اگر فضا برای همیشه پیش برود، آنگاه باید ناحیه های دیگری همچون ناحیه ما وجود داشته باشد، که در واقع تعداد آن ها نامتناهی است. اینکه چقدر بعید است سیاره ای دقیقاً مثل زمین داشته باشیم اهمیتی ندارد، مهم این است که می دانیم در عالمی نامتناهی لازم است این ناحیه ها دوباره رخ دهند.

O یعنی شما می خواهید بگویید به دلیل ریاضیات نامتناهی، همه ما باید همزادهایی در جایی خارج از اینجا داشته باشیم. کمی عجیب به نظر می رسد، درسته؟ ولی من تا اینجا از شما نخواسته ام به هیچ چیز عجیبی باور داشته باشید. حتی از شما نخواسته ام به هیچ نوعی از خیال بافی های فیزیک جدید باور داشته باشید. همه آنچه که در سطح اول جهان های چندگانه لازم است، نامتناهی بودن عالم است؛ به حد کافی دور شوید و زمین دیگری را با نوع دیگری از خودتان، بیابید.

O پس تا اینجا فقط در سطح اول بوده ایم. سطح بعدی جهان های چندگانه چیست؟

* سطح دوم در صورتی ظاهر می شود که معادلات بنیادی فیزیک، آن هایی که بر رفتار عالم پس از مه بانگ حاکم اند، بیش از یک پاسخ داشته باشند. این مثل آب می ماند، که می تواند جامد، مایع، یا گاز باشد. در نظریه ریسمان ⟦۱۰⟧^۵۰۰ نوع یا حتی بی نهایت نوع از عالم می تواند وجود داشته باشد. البته ممکن است نظریه ریسمان نادرست باشد، اما کاملاً متحمل است که نظریه جایگزین آن نیز پاسخ های فراوانی داشته باشد.

O چرا باید بیش از یک نوع عالم، از مه بانگ سربرآورده باشد؟

* کیهان شناسی تورمی، که بهترین نظریه ما درباره آن رویدادی است که درست پس از مه بانگ رخ داده، بیان می دارد که بخشی از فضا [پس از مه بانگ]، دوره ای از انبساط سریع را طی کرد تا تبدیل به عالم ما شد. این، سطح اول چند جهانی شدن است. اما سایر بخش های فضا نیز می توانستند بر اثر مه بانگ های دیگر متورم شوند. این به جهان های موازی با انواع مختلف قوانین فیزیک با پاسخ هایی مختلف به این معادلات می انجامد. این نوع جهان های موازی کاملاً متفاوت از آن چیزی است که در سطح اول رخ داده است.

O چرا؟

* خب، در سطح اول، دانش آموزان در جهان های موازی مختلف ممکن است تاریخ متفاوتی از تاریخ ما را بیاموزند، ولی فیزیکشان همان فیزیک ما خواهد بود. دانش آموزان در جهان های موازی سطح دوم، تاریخ و فیزیک متفاوتی را می آموزند. آن ها ممکن است بیاموزند ۶۷ عنصر پایدار در جدول تناوبی وجود دارد، و نه ۸۰ عنصر پایداری که ما داریم. یا ممکن است بیاموزند که به جای ۶ کوارک جهان ما، ۴ نو ع کوارک وجود دارد.

O آیا جهان های موازی سطح دوم در ابعاد متفاوتی جای دارند؟

* نه، آن ها بعد یکسانی با عالم ما دارند، ولی ما هیچ گاه نمی توانیم با آن ها ارتباط برقرار کنیم، زیرا در صورتی می توانیم تماس پیدا کنیم که فضا با سرعتی بیش از سرعت نور انبساط یابد، که البته ممکن نیست.

O بسیار خوب، حال برویم سراغ سطح سوم.

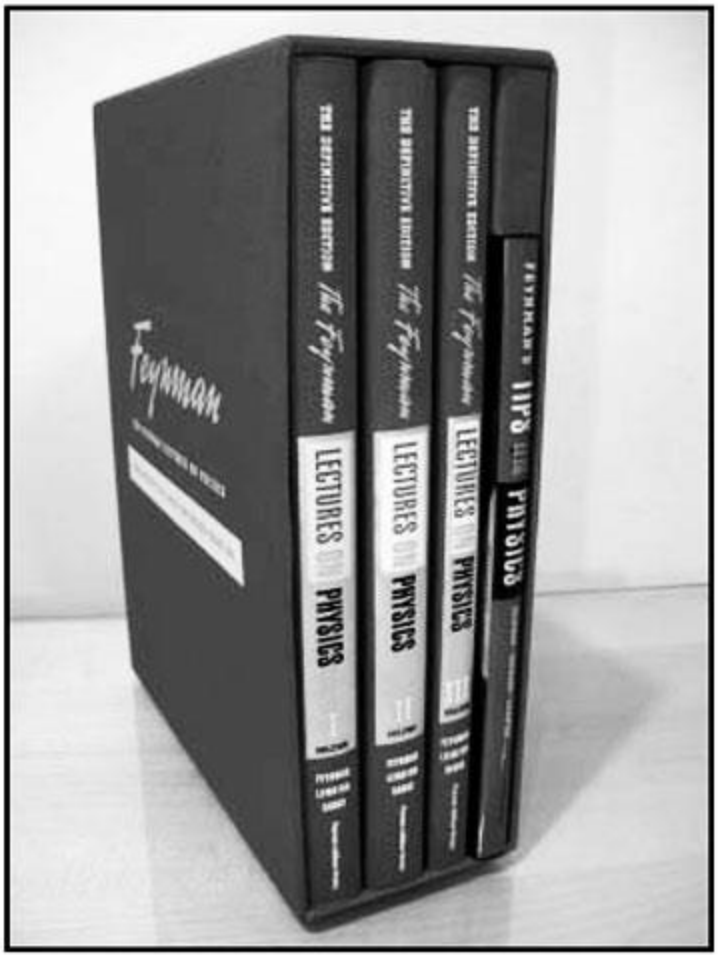
* سطح سوم، از حل ریشه های مسأله اندازه گیری ناشی می شود که توسط فیزیک دانی به نام هیواورت سوم (۶۹) در دهه ۱۹۵۰ پیشنهاد شد. اورت گفت هر وقت یک اندازه گیری انجام شود، عالم به انواع همسانی از خود تقسیم می شود. شما در یک عالم در دستگاه اندازه گیری به نتیجه A می رسید، در حالی که در عالمی دیگر، نوع همسان شما به نتیجه B می رسد. پس از اندازه گیری، دو تا از شما وجود خواهد داشت.

O بنابراین در سطح سوم نیز« من» هایی موازی وجود دارند.

* یقیناً. شما از ذرات کوانتومی ساخته شده اید و بنابراین اگر آن ها بتوانند در آن واحد در دو مکان باشند، پس شما هم می توانید. البته این ایده ای جدل آمیز است و مردم دوست دارند درباره آن بحث کنند، اما این تعبیر «چند جهانی» از لحظه ریاضی بی نقص است. از دیدگاه اورت، تابع موج نمی رُمبد، و معادله شرودینگر همواره برقرار است.

O جهان های چندگانه سطح اول و سطح دوم همه در ابعاد فضایی یکسانی با عالم ما هستند. آیا این برای سطح سوم نیز قرار است؟

* خیر جهان های موازی سطح سوم در یک ساختار ریاضی مجرد موسوم به فضای هیلبرت وجود دارند، که می تواند ابعاد فضایی نامتناهی داشته باشد. همه جهان ها حقیقی اند، اما هر کدام در ابعاد متفاوتی از این فضای هیلبرت وجود دارند. جهان های موازی، مشابه صفحه های مختلف یک کتاب هستند که به طور مستقل و همزمان وجود دارند، و هر کدام پس از دیگری هستند. از این لحاظ، همه این جهان های سطح سوم، همین جا و هم اکنون وجود دارند.



هیواورت سوم در اواسط دهه پنجاه میلادی برای نخستین بار نظریه تفسیر چند جهانی (۷۰) را که به جهان های موازی (۷۱) نیز مشهور است پیش کشید. او پس از اخذ مدرک دکترای خود از دانشگاه پرینستون، و انتشار کتاب تفسیر چند جهانی مکانیک کوانتومی (۷۲) با همکاری برایس دویت و نیل گراهام، چون از نظریه هایش استقبال چندانی نشد از فیزیک نظری کناره گرفت. سال ها پس از مرگ او، فرزندش ماک الیور اورت در مستندی به نام «جهان های موازی، زندگی های موازی» (۷۳)، با مارک تگمارک (مشهورترین پیرو نظریه پدرش) مصاحبه کرد (کتاب ماه علوم و فنون)

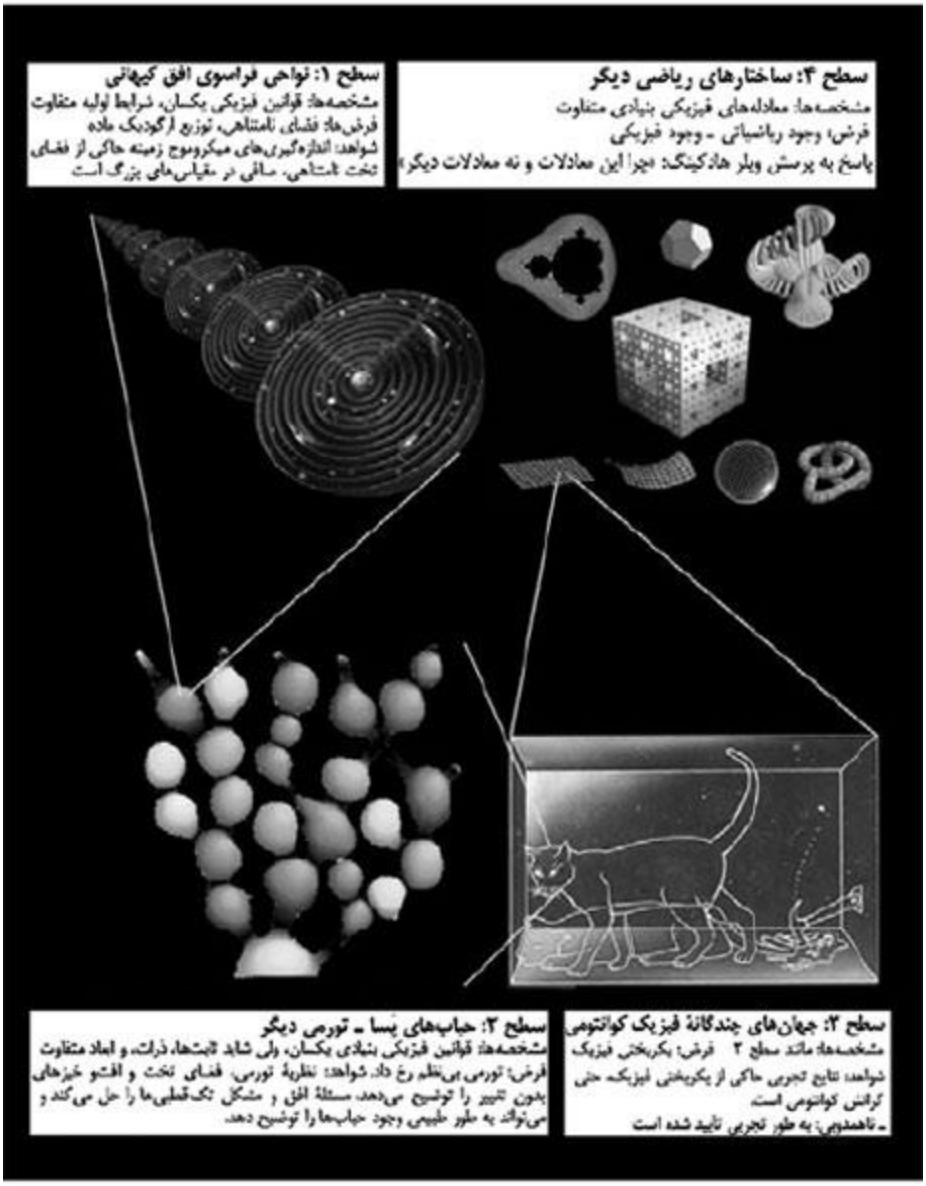
O و این ما را به آخرین سطح می رساند: سطح چهارم جهان های چندگانه که در ارتباطی تنگاتنگ با جهان ریاضیاتی شماست، «ایده ای خیالی» که شما زمانی مخالف آن بودید. شاید باید از آنجا شروع کنیم.

*** من با چیزی اساسی شروع می کنم. شما می توانید آن را فرضیه واقعیت خارجی بنامید، که فرض می دارد واقعیتی در بیرون، مستقل از ما وجود دارد. به گمان من بیشتر فیزیک دان ها با این ایده موافق اند.**

O آنگاه پرسشی که پیش می آید این است سرشت واقعیت خارجی چیست؟

*** اگر واقعیت مستقل از ما وجود داشته باشد، باید مستقل از زبانی باشد که ما برای توصیف آن به کار می بریم. نباید هیچ بار انسانی داشته باشد.**

O من الان دارم شما را روبروی خودم می بینم. بدون توصیف کننده، فقط ریاضی باقی می ماند.



*** پیتر برن، جهان های چندگانه هیواورت سوم، انتشارات دانشگاه آکسفورد، ۲۰۱۰ میلادی (۷۴)**

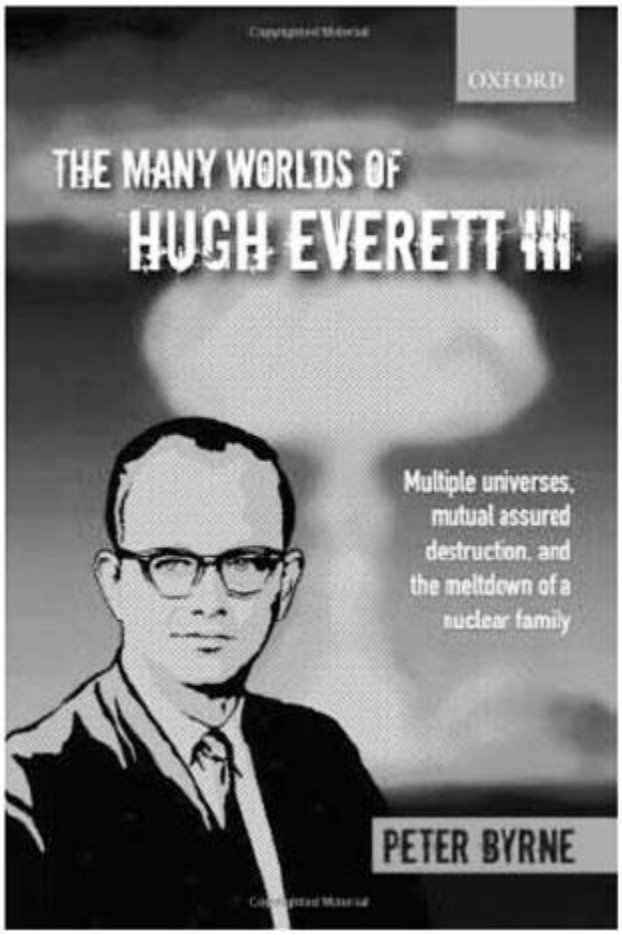
یوجین ویگنر(۷۵) در دهه ۶۰ مقاله مشهوری نوشت، به نام «تأثیر نابخردانه ریاضیات در علوم طبیعی». او در این مقاله در پی آن است که چرا طبیعت چنین دقیق با ریاضیات توصیف می شود. البته او نخستین کسی نیست که چنین پرسشی را مطرح می کند. از زمان فیثاغورس در عهد یونان باستان نیز اعتقاد بر این بود که عالم بر مبنای ریاضیات ساخته شده است. در قرن هفدهم گالیله با بیانی فصیح نوشت که طبیعت «کتابی عظیم» است که «به زبان ریاضیات نوشته شده است.» و سوای این ها، فیلسوف بزرگ یونانی افلاطون بیان داشته است که اجسام ریاضیاتی واقعاً وجود دارند.

O چگونه فرضیه عالم ریاضیاتی شما با این نظرات می خواند؟

*** خب، گالیله و ویگنر و خیلی از دانشمندان دیگر استدلال کرده اند که ریاضیات به عنوان حقیقتی غایی در جایی بیرون از اینجا وجود دارد. من هم یکی در بین آن ها هستم. من این ایده به ظاهر نامعقول را دارم که دلیل اینکه ریاضیات این قدر در توصیف واقعیت مؤثر است این است که واقعی است. این فرضیه عالم ریاضیاتی است: موجودات ریاضیاتی واقعاً وجود دارند، و آن ها حقیقتاً فیزیکی هستند.**

O بسیار خوب، ولی وقتی شما می گویید عالم ریاضیات است منظورتان چیست؟ من آن را همچون مجموعه ای از معادلات حس نمی کنم. برای خیلی از مردم سخت است که بپذیرند بنیاد وجود آن ناشی از چیزی است آن ها در دبیرستان از آن متنفر بوده اند.

* برای بیشتر مردم، ریاضیات شکلی سادیستی از مجازات یا چنته ای از حقه ها برای بازی با اعداد است. اما ریاضیات همچون فیزیک در پی پاسخ به گستره وسیعی از پرسش ها رشد یافته است. این روزها ریاضی دان ها به حوزه کاری خود به عنوان مطالعه «ساختاری ریاضی» می اندیشند، که مجموعه ای از ماهیت های مجرد و رابطه بین آن هاست. در طی سبال ها ثابت شده است که ساختارهای ریاضی پیچیده تر ارزشی فوق العاده در فیزیک دارند.



جفری آلن برت، مکانیک کوانتومی ذهن ها و جهان ها، انتشارات دانشگاه آکسفورد، ۲۰۰۱ میلادی (۷۶)

O آیا می دانید یک مثال ساده از ساختاری ریاضیاتی ارائه کنید؟

* عددهای صحیح ۱، ۲، ۳ یک ساختار ریاضیاتی هستند، در صورتی که شما عملیاتی نظیر جمع، تفریق و نظایر آن ها را وارد کنید. البته عددهای صحیح قدری ساده هستند. ساختار ریاضیاتی عالم باید به حدی پیچیده باشد که ایجاد مخلوقاتی نظیر ما امکان پذیر باشد. برخی معتقدند نظریه ریسمان، نظریه غایی عالم است، که اصطلاحاً آن را «نظریه همه چیز» می خوانند. اگر ثابت شود که چنین است، آنگاه نظریه ریسمان ساختار ریاضیاتی به حد کافی پیچیده ای خواهد بود که از دل آن می تواند خودآگاهی به وجود آید.

O اما خودآگاهی متضمن احساس زنده بودن است. به نظر قدری دشوار می ر سد که بتوان در ریاضیات به آن رسید.

* برای درک این موضوع، شما باید بین دو روش مشاهده واقعیت تمیز قائل شوید. یکی دید از بیرون است، مثل فیزیک دانی که ساختار ریاضیاتی آن را مطالعه می کند. دیگری دید از داخل ناظری است که در این ساختار زندگی می کند. برای دیدی از داخل می توانید قورباغه ای را تصور کنید که بر چشم اندازی زندگی می کند، و برای دید از خارج می توانید پرنده بلند پروازی را در نظر بگیرید که بر فراز آن چشم انداز در پرواز است. این دو دیدگاه از طریق زمان به یکدیگر مربوط می شوند.

O زمان چطور پلی را بین این دو دیدگاه مهیا می سازد؟

* خب، همه ساختارهای ریاضی ماهیت های مجرد و تغییرناپذیری دارند. اعداد صحیح و رابطه آن ها با یکدیگر، همگی در بیرون از زمان وجود دارند.

O منظورتان این است که چیزی مثل زمان برای این ساختارها وجود ندارد؟

* بله، از بیرون. اما در داخل برخی از آن ها می توانید زمان داشته باشید. اعداد صحیح، ساختاری ریاضیاتی شامل زمان نیستند، ولی نظریه زیبای نسبیت آینشتاین یقیناً بخش هایی مرتبط با زمان دارد. نظریه آینشتاین یک ساختار ریاضیاتی چهار بعدی موسوم به فضا- زمان دارد، که در آن سه بعد فضایی و یک بعد زمانی وجود دارد.

چند جهان؟ اورت، نظریه کوانتوم و حقیقت، ویراسته سیمون ساندرز، چاناتان برت، آدریان کنت و دیوید والاس، انتشارات دانشگاه آکسفورد، ۲۰۱۰ میلادی (۷۷)

O بنابراین ساختار ریاضیاتی نظریه نسبت بخشی دارد که صریحاً زمان را توصیف می کند یا بهتر بگوییم، خود زمان است. اما اعداد صحیح چیز مشابهی ندارند.

* بله، و مهم ترین چیزی که باید به خاطر بسپاریم این است که نظریه آینشتاین در کل، دیدگاه پرنده را باز می نمایاند. در نسبیت همه زمان از قبل وجود دارد. همه رویدادها، از جمله کل زندگی شما، از پیش به صورت ساختاری ریاضیاتی موسوم به فضا زمان وجود دارد. در فضا- زمان، هیچ چیز رخ نمی دهد یا تغییر نمی کند، زیرا به طور همزمان شامل همه زمان ها با هم است. از دیدگاه قورباغه به نظر می رسد که زمان جاری است، اما این صرفاً یک وهم است. قورباغه به بیرون نگاه می کند و می بیند ماه در آسمان به دور زمین می گردد. ولی از دید پرنده، مدار ماه مارپیچی ایستا در فضا- زمان است.

O قورباغه فکر می کند زمان می گذرد، ولی از دید پرنده همه آن صرفاً یک ساختار ریاضی ازلی و ابدی، و بدون تغییر است.

* درست است. اگر تاریخچه عالم ما یک فیلم می بود، ساختار ریاضیاتی نه مربوط به یک تک فریم، بلکه مربوط به کل این فیلم بود. این توضیح می دهد که چگونه تغییر می تواند یک وهم باشد.

O البته مکانیک کوانتومی با اصل عدم قطعیت مشهور آن و معادله شرودینگرش باید بخشی از نظریه همه چیز باشد.

* درست است. چیزها پیچیده تر از نسبیت صرف هستند. اگر نظریه آینشتاین همه فیزیک را توصیف می کرد، آنگاه همه رویدادها از پیش مقدر می بود. باید ممنون مکانیک کوانتومی باشیم که چیزها جالب ترند.

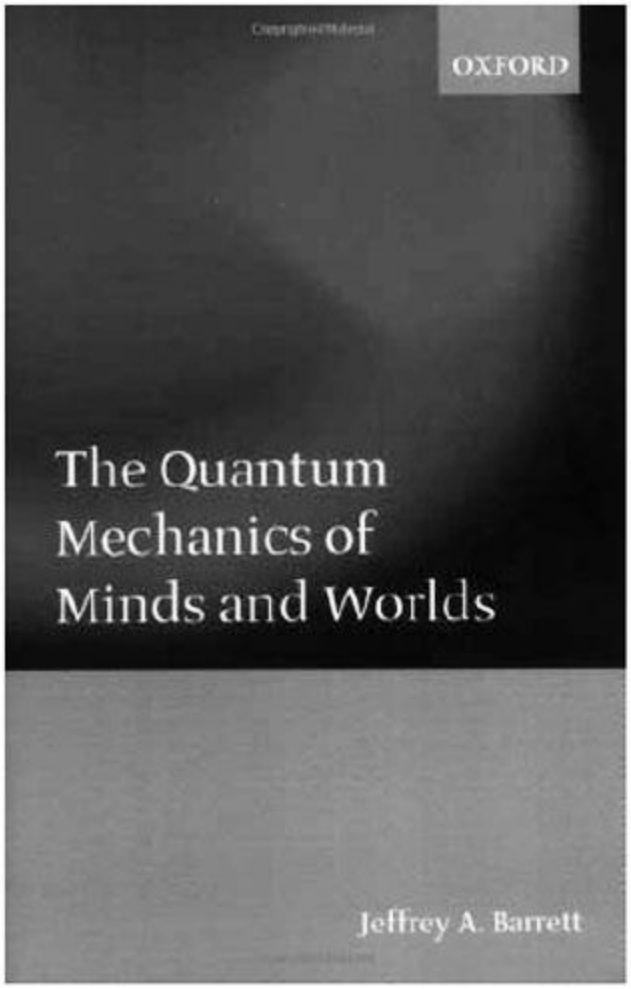
O ولی چرا برخی از معادلاتی که عالم ما را تعریف می کنند بسیار دقیق و کامل اند و بقیه این قدر کامل نیستند؟

* استیون هوکینگ یک بار همین سوال راه به این ترتیب پرسید: «آنچه که در این معادلات آتش می افروزد و آن ها را قادر به توصیف عالم می کند چیست؟»

اگر حق با من باشد و کیهان ریاضیات محض باشد، آنگاه دیگر نیاز به هیچ افروختنی نیست. یک ساختار ریاضیاتی، عالم را توصیف نمی کند، بلکه خود عالم است. وجود سطح چهارم جهان های چندگانه نیز به پرسش دیگری پاسخ می گوید که برای سال ها مایه پریشانی خاطر بوده است. پرسشی که جان ویلر آن را این گونه بیان می کند: «حتی اگر ما معادلاتی را بیابیم که عالم را به کمال توصیف کند، آنگاه پرسش این است که چرا این معادلات خاص و نه معادلات دیگر؟» پاسخ این است که معادلات دیگر بر جهان های موازی دیگر حاکم اند، و دلیل اینکه این معادلات خاص بر جهان ما حاکم اند این است که توزیع ساختارهای ریاضیاتی که بتواند مشاهدات ناظرهایی نظیر ما را تأیید کند صرفاً بر اساس احتمالی آماری است.

O این ها ایده های نسبتاً وسیع و گسترده ای است. آیا این ایده ها صرفاً تأملاتی فلسفی هستند، و یا می شود آن ها را واقعاً به محک آزمون گذاشت؟

* خب، این فرضیه برای واقعیت تعدد بسیار بیشتری را پیشگویی می کند، زیرا هر ساختار ریاضی، جهانی دیگر است. درست مثال خورشید، که مرکز کهکشان نیست و ستاره ای مثل هر ستاره دیگر است، عالم ما نیز یکی از ساختارهای ریاضیاتی در کیهانی است که مملو از ساختارهای ریاضیاتی است. از اینجا ما می توانیم همه انواع پیشگویی ها را انجام دهیم.



جان گریبین، در جستجوی عالم های چندگانه: دنیاهای موازی، ابعاد پنهان و آخرین قمار برای مرزهای واقعیت، جان وایلی و پسران، ۲۰۱۰میلادی (۷۸)

O بنابراین به جای کاوش در فقط عالم خود ما، شما به همه ساختارهای ریاضیاتی ممکن در این کیهان بسیار بزرگ تر می نگرید.

*** اگر فرضیه عالم ریاضیاتی درست باشد، آنگاه دیگر این پرسش که کدام معادله ریاضی خاص همه واقعیت را توصیف می کند محلی از اعراب نخواهد داشت. بلکه باید نشان دهیم که چگونه دید قورباغه از عالم (مشاهدات ما) از دید پرنده جدا می شود. وقتی آن ها را از هم تمیز دهیم، آنگاه می توانیم تعیین کنیم که آیا ساختار واقعی عالم خود را کشف کرده ایم یا نه و دریابیم که مکان ما در کدام گوشه این کیهان ریاضیاتی است.**

O ماکس، این حوزه ای فنی و نسبتاً پیچیده است. در زندگی شخصی، چطور این جستجوی حقیقت غایی را با زندگی روزمره خود وفق می دهی؟

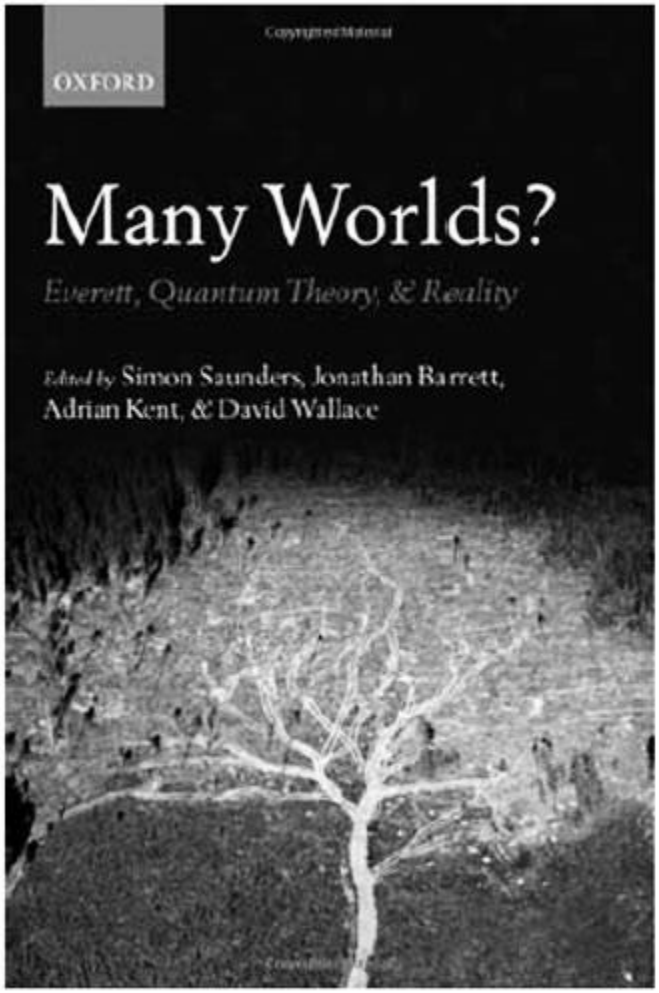
*** برخی اوقات کاملاً خنده دار می شود. مثلاً دارم به سرشت غایی واقعیت فکر می کنم که زنم صدایم می زند: «هی، یادت رفت آشغال ها را بیرون بگذاری».**

O همسر شما، خودش کیهان شناسی محترم است (۷۹). آیا هیچ وقت سرصبحانه، همراه با بچه ها راجع به این چیزها صحبت کرده اید؟

*** او مرا به مجموعه ایده های فلسفی ام به سخره می گیرد، ولی ما سعی می کنیم راجع به این چیزها خیلی بحث نکنیم. ما بچه هایی داریم که باید بزرگ کنیم.**

O آیا نظریه های شما در بزرگ کردن بچه هایتان کمکی می کنند، و یا این ها نیز دو دنیای متفاوت به نظر می رسند؟

* برای بچه ها عالی است، زیرا آن ها همان پرسش هایی را می پرسند که پرسش های من است. وقتی پسرم آلکساندر ۴ ساله بود برنامه ای راجع به فضا در مدرسه پیش دبستانی او برگزار کردم. در آنجا به بچه ها فیلم هایی راجع به فرود بر سطح ماه و موشک ها نشان دادم. سپس یکی از بچه ها دستش را بالا برد و گفت: «من یک سوال دارم. آیا فضا انتها دارد یا بی انتهاست؟» ما مثل هم بودیم، «بله، این همان چیزی است که اکنون به آن می اندیشم.»



فریمن دایسون

درباره فریمن جان دایسون

فریمن جان دایسون یکی از آخرین بازماندگان عصر طلایی فیزیک، با ذهنی ابرزیبا است. کمتر حوزه ای از فیزیک بوده است که او سرکی به آن نکشیده باشد: فیزیک هسته ای، فیزیک حالت جامد، الکترو مغناطیس، فیزیک ذرات بنیادی، اخترشناسی و کیهان شناسی از آن جمله اند، و حتی این اواخر حوزه علایق او به زیست شناسی نیز کشیده شده است. اما شاید عمده شهرت او به تلاشی باز گردد که برای یکی کردن سه نوع الکترودینامیک کوانتومی ای صورت پذیرفت که توسط برندگان جایزه نوبل ۱۹۶۵ فیزیک ریچارد فاینمن، یولیان شوینگر(۸۰)، سین-ایتیروتوماناگا (۸۱) به طور جداگانه ارائه شده بود. در تالار افتخارات دایسون، تنها یک جایزه غایب است: جایزه نوبل فیزیک که همواره کمیته نوبل به خاطر این چشم پوشی مورد انتقاد فیزیکدانان

تراز اولی همچون استیون واینبرگ (۸۲) بوده است(۸۳). اما دایسون که شهره به خجالتی بودن است انگار خیلی هم ناراحت نیست و در جایی گفته است که اگر این جایزه را می برد برای مدت ها زیر نظر مردم بود، وضعیتی که برای او چندان خوشایند نبود.

دایسون در ۱۵ دسامبر ۱۹۲۳ در برکشایر (۸۴) انگلستان متولد شد. پدرش سر جرج دایسون (۸۵) یک آهنگساز و مادرش یک وکیل بود. او در حد واسط سال های ۱۹۳۶ تا ۱۹۴۱ تحصیلات مقدماتی خود را در کالج مشهور وینچستر (۸۶) گذراند. پس از فارغ التحصیلی از وینچستر به عنوان تکنسین فنی به نیروی هوایی بریتانیا پیوست و تا پایان جنگ جهانی دوم در آنجا خدمت کرد. پس از جنگ، کارشناسی ریاضیات خود را از دانشگاه کمبریج گرفت. سپس عازم دانشگاه کرنل در ایالات متحده شد و دکترای فیزیک خود را در سال ۱۹۵۱ از این دانشگاه گرفت و از سال ۱۹۵۳ در انستیتوی مطالعات عالی پرینستون مشغول به کار شد. او در سال ۱۹۵۷ تابعیت آمریکایی گرفت و از این رو او اکنون یک شهروند ایالات متحده به شمار می رود. او سوای مطالعات نظری بی شمار خود که در حوزه های متنوعی از فیزیک صورت پذیرفته در پروژه مشهور اریون(۸۷) نیز نقشی اساسی بازی کرد که هدف آن بررسی احتمال پروازهای فضایی با استفاده از نیروی رانش هسته ای بوده است. جالب آن که او در عرصه نقد و بررسی کتاب نیز شهرت بسیار دارد و در نیویورک ریویوآو بوکز (۸۸) (مشهورترین مجله نقد کتاب جهان) ستونی دائمی دارد.

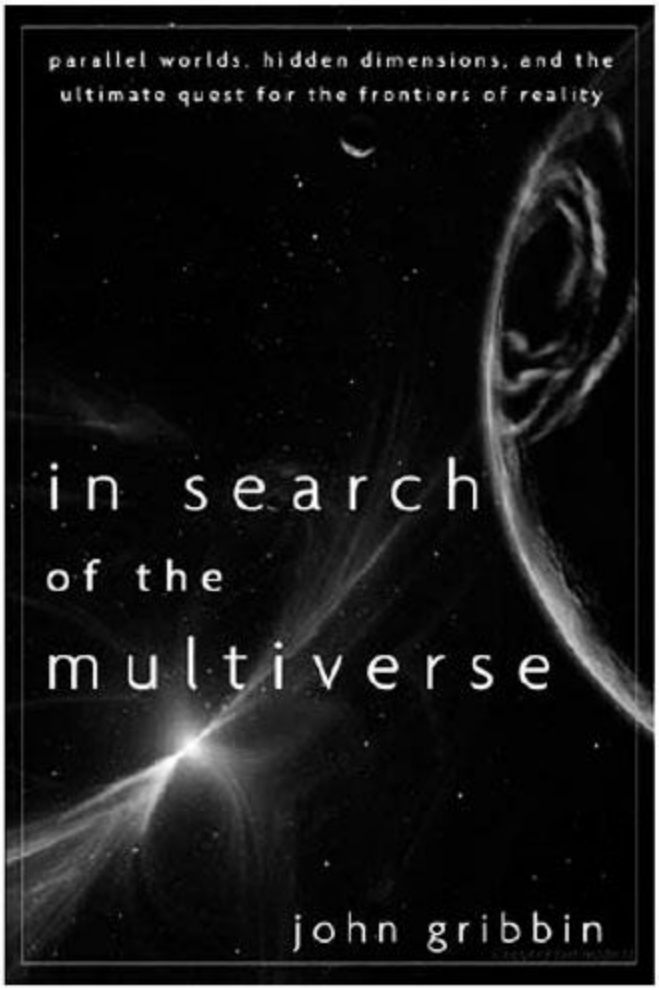
گفتگوی حاضر، گفتگویی از نوع مرسوم نیست. دایسون در برابر واژه های کلیدی مصاحبه کننده، نظراتش را بیان داشته است که بعضی هایشان واقعاً خواندنی است.

گفتگو با فریمن جان دایسون (۸۹)

O ... درباره یولیوس ربرت اپنهایمر(۹۰)، سرپرست پروژه منهتن (۹۱):

* او رئیس من بعد از جنگ بود، اما خیلی به آنچه که من انجام می دادم علاقه ای نداشت، زیرا او به حد کافی عمیق نبود دیدگاه وی درباره «آنچه که علم باید باشد» بسیار محدود بود. صحبت کردن با او خیلی سخت بود. او شخصی بی آرام و قرار بود و به همین دلیل شنونده خوبی نبود. همیشه حرف آدم را قطع می کرد و شروع به صحبت راجع به چیز دیگری می کرد. عادت داشت همیشه سیگار بکشد. در سمینارها هیچ وقت آرام سرجایش نمی نشست؛ مدام بلند می شد و پنجره را باز یا بسته می کرد. مثل بچه ای ۳ ساله بود. با این وجود، می توانست روی یک موضوع تمرکز کند. وقتی توجه اش به چیزی جلب می شد، می توانست خیلی خوب روی آن متمرکز شود، اما این خیلی زیاد اتفاق نمی افتاد.

اپنهایمر قدرت ریاست خیلی خوبی داشت و از همین طریق توانست پروژه منهتن را پیش ببرد. او به آنچه که انجام داده بود، مباهات بسیار می کرد. نمایشنامه ای با محوریت شخصیت اپنهایمر نوشته شده بود که در آن او را یک جورهایی از آنچه که انجام داده بود، نادم و پشیمان نشان می داد. او آن تئاتر را تهدید به شکایت کرد و آن ها نمایش را متوقف کردند. او گفت این نمایش تصویری دروغین از او به نمایش گذاشته است. او نمی خواست چهره ای نادم و اندوهناک از او تصویر شود.



فریمن دایسون، بی کران از هر سو، چاپ دوم با مقدمه جدید مؤلف، هارپرکولینز، ۲۰۰۴ میلادی(۹۲)

دایسون در این کتاب از هر دری سخنی گفته است: تاریخ، فلسفه، فن آوری، منشأ حیات، آخرت شناسی و جز آن

O ...درباره بمب هیروشیما:

*** من آن موقع در خدمت نیروی هوایی بریتانیا بودم. نیروی هوایی برای حدود پنج سال بود که داشت آلمان را بمباران می کرد، و این تصمیم را پس از انصراف آلمان از اعزام بمب افکن های خود به اُکیناوا (۹۳) گرفت. جایی که ما باید به آمریکایی ها می پیوستم و ژاپن را بمباران می کردیم. کلاً احساس خوبی نداشتم، چرا که کلیه عملیات بمباران در آلمان به نتیجه مطلوبی نیانجامیده بود. سپس ناگهان خبر رسید که دیگر لازم نیست برویم. اما امروزه شواهد نسبتاً معتبری در اختیار داریم که حمله روش های از منچوری واقعاً قطعی بود. وارد ویلسون (۹۴)، که در حومه ترنتون (۹۵) زندگی می کند، مطالعات زیادی در این باره کرده است. آنچه که مشهود است این که ما هیروشیما را در ۶ آگوست سال ۱۹۴۵ بمباران کردیم. ولی «شورای عالی ژاپن» (۹۶) هیچوقت تشکیل جلسه نداد. ظاهراً این موضوع برای آن ها خیلی مهم نبود. آن ها می دانستند چه اتفاقی رخ داده است، ولی با این حال آن را آنقدر مهم نمی دانستند که فراخوانی برای تشکیل جلسه ای خاص بدهند. اما وقتی روس ها وارد منچوری شدند، شورای عالی در عرض چند ساعت چنین فراخوانی داد، زیرا آن حمله متوجه ارتش آن ها بود. برای آن ها، تنها چیزی که اهمیت داشت، ارتش بود. آن ها نگران جان غیرنظامی ها نبودند. بمباران [غیراتمی] توکیو خیلی بیشتر از هیروشیما کشته داد، ولی آن ها اصلاً ککشان نگزید.**

به کشتن دادن غیر نظامی ها واقعاً بخشی از سیاست آن ها بود. وقتی آن ها تصمیم به دفاع از ژاپن گرفتند، غیرنظامی ها را با

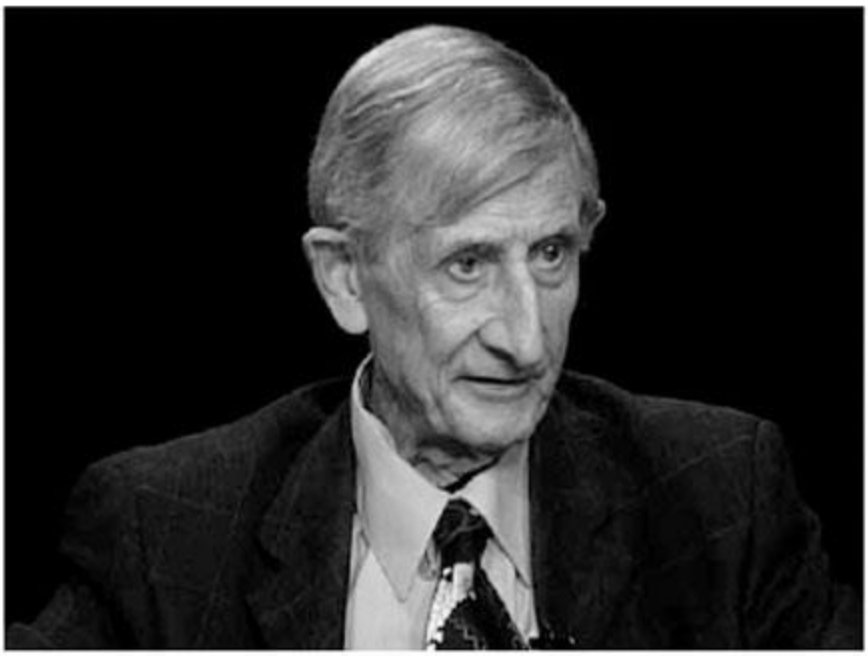
چنگک هایی روانه سواحل کردند، زیرا آن ها سلاح کافی برای تجهیز غیر نظامی ها نداشتند. برای آن ها اینکه چند نفر می میرند مهم نبود؛ مهم این بود که تا آنجا که می توانند به جنگ ادامه دهند. اما هجوم روس ها به منچوری، موضوعی کاملاً متفاوت بود. آن ها دریافتند که نمی توانند در دو جبهه بجنگند، در شمال با روس ها و در جنوب با آمریکایی ها. بنابراین از این لحاظ، بمباران اتمی لزومی نداشت. البته آن موقع ما هیچ راهی برای دانستن این موضوع نداشتیم.

O درباره سلاح های هسته ای فعلی:

*** آن ها دهشتناک هستند، و به وضوح جدی ترین خطر برای حیات ما به شمار می روند. همچنان بیش از ۰۰۰/۲۰ سلاح هسته ای وجود دارد. ایلات متحده حدود ۰۰۰/۱۰ سلاح هسته ای دارد و روسیه حدود ۱۵۰۰۰ تا. بازیگرهای کوچک دیگری هم هستند، ولی نقش اصلی را ایلات متحده و روسیه بازی می کنند. سلاح های موجود آنقدر هست که همه ما را براحتی نابود کند؛ و همواره احتمال زیادی وجود دارد که حماقتی رخ دهند و این سلاح ها آتش کنند. همواره بر این گمان بوده ام که هیچ خطر دیگری به اندازه این سلاح ها ما را تهدید نمی کند. مردم کم و بیش این خطر را به فراموشی سپرده اند. به گمان من اکنون زمان آن رسیده است که مبارز ه تازه ای را برای رهایی از دست این سلاح ها آغاز کنیم. نباید ناامید بود؛ سابقه جالبی از دوران ریچارد نیکسون داریم که او دست رد بر سلاح های بیولوژیکی زد.**

... درباره خطر بمب های کثیف(۹۷):

*** آن ها هم مشکل دارند، ولی آن ها در قیاس با انبوه عظیم موشک ها ناچیزند. مردم درکی از مقیاس ها ندارند. البته که بمب های کثیف می توانند موجبات رنجش فراوانی را فراهم آوردند. آن ها می توانند برای هزاران سال منبع درآمدی برای وکلا باشند، ولی واقعاً نمی توانند عده زیادی از مردم را بکشند. در حالی که سلاح های هسته ای که ما داریم، می توانند میلیون ها نفر را به کشتن دهد.**



فریمن دایسون، عالم تصور شده، ۱۹۹۹ میلادی(۹۸)

O ... درباره علم ورزی:

*** وقتی من در حال علم ورزی هستم، صرفاً نوشته های کج و معوجی را روی تکه های کاغذ می نویسم. هرازگاهی، محاسبه ای هم با رایانه انجام می دهم. من یک ریاضیدان عهد عتیق هستم که با معادله ها کار می کند. ابزار من صرفاً یک قلم و یک تکه کاغذ است. من ۸۴ سالم است [در زمان مصاحبه] و دیگر از من گذشته است. اگر همین امروز می خواستم به عنوان یک دانشمند شروع کنم، یقیناً زیست شناسی را انتخاب می کردم. حس می زنم اوضاعم در زیست شناسی خیلی بهتر از قبل می شد، زیرا اکنون موضوع های نظری بسیار بیشتری در زیست شناسی یافت می شود. وقتی من بچه بودم، شما با «زیست شناسی زنده (۹۹)» سرو کار داشتید و باید با جانوران واقعی کار می کردید. از سوی دیگر، اخترشناسی همچنان جذابیتش را حفظ کرده است، و ریاضیات محض نیز چنین است. این هر سه، چیزهایی است که من بدان ها پرداخته ام.**

O ... درباره سیاه چاله ها:

*** آن ها اهمیت زیادی دارند: هر کهکشان یکی از آن ها را در مرکزش دارد، و آن ها در ساختار عالم نقشی بارز دارند. بدون درک سیاه چاله شما نمی توانید به هیچ درکی از کیهان شناسی برسید. اکنون می دانیم که آن ها نقشی محوری در کل قضایای چگونگی تولد و رشد کهکشان ها داشته اند. اپنهایمر و آینشتاین اهمیت آن ها را به کلی به فراموشی سپردند.**

O ... درباره بلیوسفر(II،)۱۰۰)محیط آزمایشگاهی بسته ای که در سال ۱۹۹۱ در صحرای آریزونا ساخته شد.

*** من دیدارم از حامیان را به یاد دارم. آن ها داخل محیط بودند و من تلفنی با آن ها صحبت کردم. آن ها خودشان لذت می**

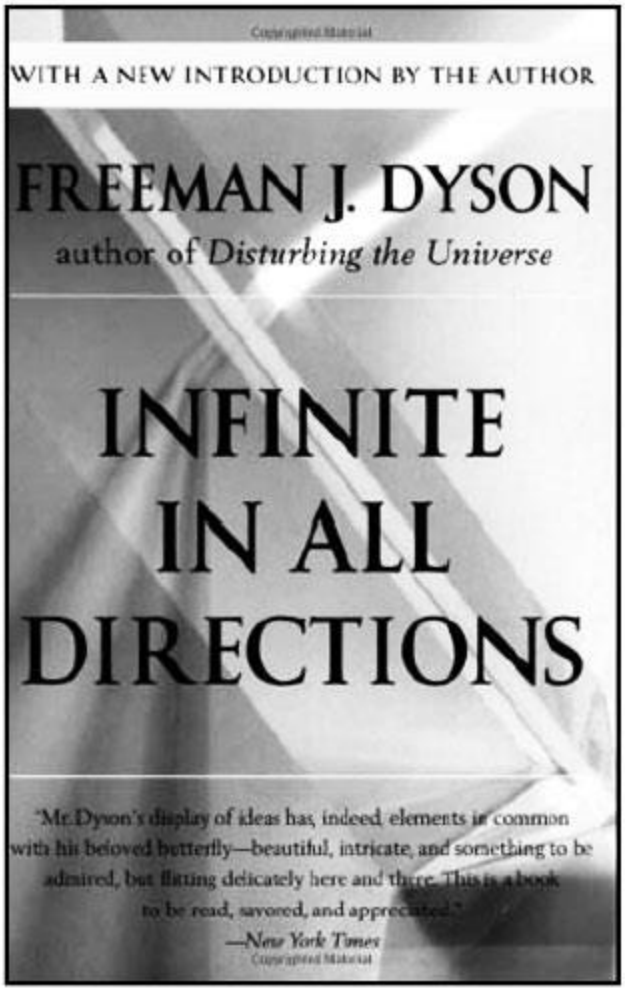
بردند، اما وضعیتی بسیار تنش زا بود. وقتی من آن ها را دیدم، همگی بسیار خوشحال و سرحال بودند. اما در پایان، همه چیز عوض شده بود. باید به آن ها از بیرون هوا رسانده می شد تا خفه نشوند، که این در مغایرت با ایده کلی آن ها بود. آن ها حدوداً به همان مدتی که یک سفر فضایی به مریخ طول می کشد (حدود یک و نیم سال) در آنجا بودند، اما از دیدگاه علمی ایده آن ها شکست خورده بود. صریحاً بگویم، این ممکن نیست که سفر به مریخ را شبیه سازی کرد. شما می توانید یک شبیه سازی فنی را انجام دهید، اما شبیه سازی انسانی امکان پذیر نیست. اینکه مردم چطور کاری را با هم پیش خواهند برد، قابل شبیه سازی نیست. وقتی شما روی زمین هستید، احساس کلی شما کاملاً متفاوت با آن احساسی است که واقعاً روی مریخ خواهید داشت. سفرهای قطبی قدیمی را در نظر بگیرید، وقتی مردم برای سه سال رخت سفر می بستند و هیچ ارتباط رادیویی نیز وجود نداشت. آن ها تحت انواع و اقسام شرایط ناشناخته زنده می ماندند، در حالی که با مخاطرات محیرالعقولی مواجه می شدند که هیچ کدام را نمی شد از پیش شبیه سازی کرد.

O ... درباره سفرهای فضایی کم هزینه:

*** زمان آن فرا خواهد رسید، اما فقط وقتی که درخواست ها به حدی زیاد شود. که شما بتوانید یک سامانه «شاهراه [فضایی] عمومی» داشته باشید. برای پشتیبانی همین شبکه آمد و شدهای هوایی، لازم است یک میلیون مسافر دائماً در پرواز باشند. برای سفرهای فضایی نیز به همین تعداد مسافر نیاز داریم. مسأله واقعاً یک مسأله تکنیکی نیست، بلکه بیشتر مساله ای اقتصادی از نوع مرغ یا تخم مرغ است. من امیدوارم رشد پیدا کند، احتمالاً به پشتوانه کمک های ارتش. ارتش به انواع پرتاب های فضایی نیاز دارد و حاضر است برای آن پول خرج کند. بنابراین با شانس هایی از این قبیل، شاهراه فضایی ایجاد خواهد شد. مهم نیست که چه کسی در ابتدا پول آن را می دهد مهم این است که در انتها، متعلق به همه خواهد بود.**

O ... درباره تسخیر فضا:

*** هدف اصلی مهیا ساختن مکانی برای انسان های حادثه جو است. آن ها برای این کار انگیزه های مختلف خود را خواهند داشت، بعضی ها برای اینکه ثروتمند شوند و برخی برای اینکه از دست همسایگان خود فرار کنند. انواع و اقسام دلایل برای این سفر وجود دارد که به گمان من همه معتبرند. آنچه که مهم است این است که همه آن ها کم و بیش می توانند در ایجاد و گسترش سیستم مشارکت کنند. ما همچنین پیش از آنکه بتوانیم کاری مثل تسخیر یک دنباله دار را انجام دهیم، به دانش بسیار بیشتری از زیست شناسی نیاز داریم. بسیار جالب خواهد بود درختانی بسازیم که بتوانند مستقیماً سوخت مایع و سایر چیزها را از نور خورشید بسازند. مشکل واقعی دمای پایین است. ما به درختی دست یافته ایم که در فاصله ای بسیار دور از خورشید در دمای محیطی که فقط چند درجه بالای صفر مطلق است، رشد می کند. احتمالاً دو سده طول خواهد کشید تا به دنباله دارها برویم.**



فریمن دایسون، برهم زدن عالم، بیسک بوکز. ۱۹۸۱ میلادی (۱۰۱)

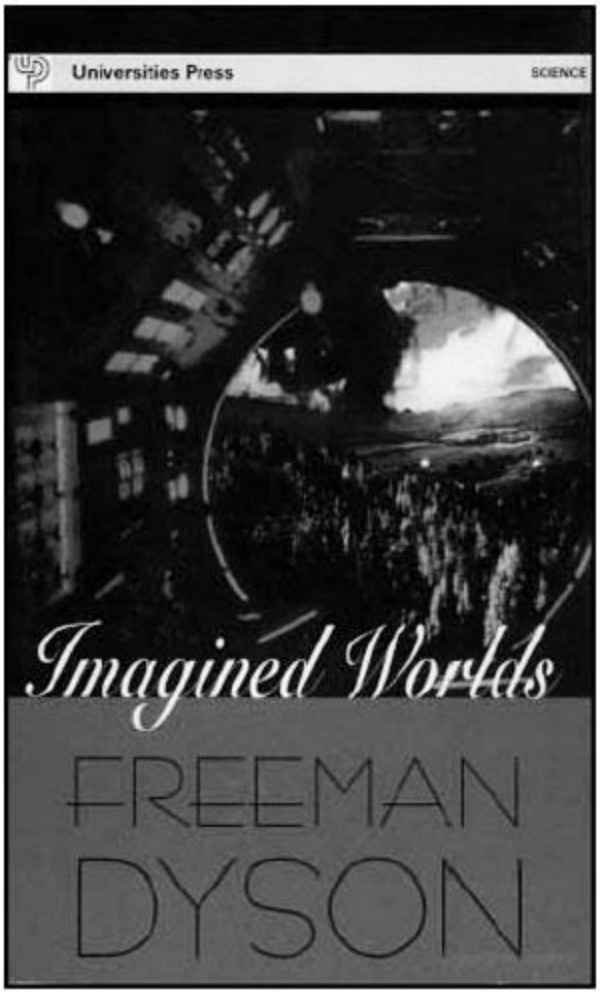
O درباره ظرفیت زیست فناوری:

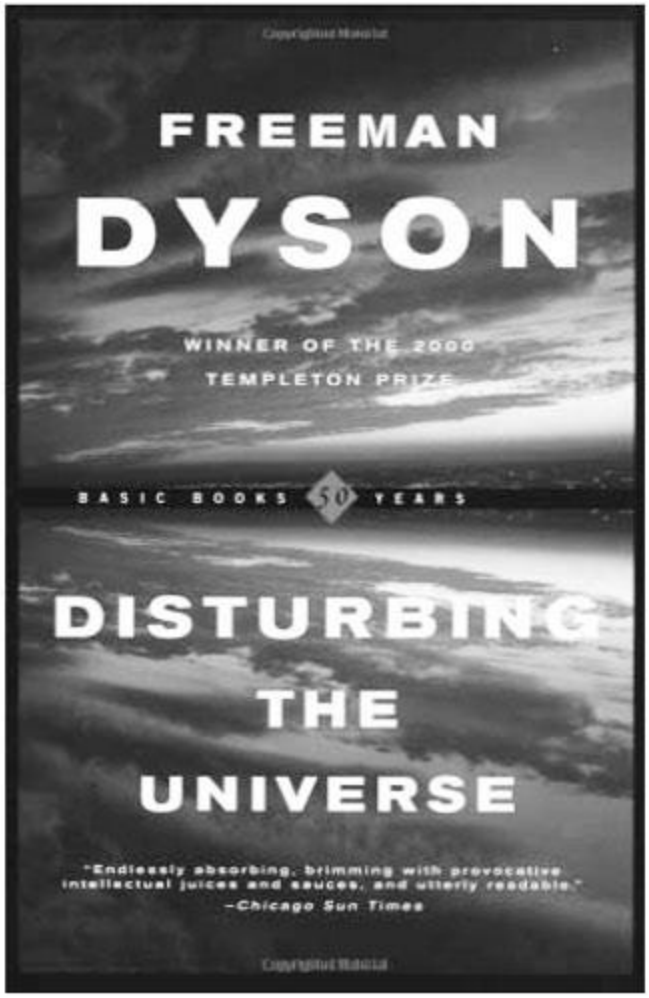
*** آینده زیست شناسی جالب و ناشناخته است. مهم این است که دوره مولکول ها به سرآمده و زمانه اندامگان ها (۱۰۲) فرا رسیده است. مدل تقلیلی (۱۰۳) مبنای زیست شناسی در قرن بیستم بود، و مدل بسیار موفقی نیز بود- همه چیز را به مولکول ها تقلیل می دادیم. DNA وRNA و پروتئین ها را داشتیم، و همه مولکول ها را بررسی می کردند. به چیزهای بسیار جالبی دست یافتیم. مساله این قرن آن خواهد بود که آن ها را در کنار هم قرار دهیم. ما تقریباً قطعات سازنده را می شناسیم. پرسش این است که آن ها واقعاً چگونه عمل می کنند؟ چگونه این سیستم به گونه ای سامانمند کار می کند؟ زیست شناسی به نام کارل ووز (۱۰۴) [کسی که با کشف آرکه آ میکروب ها (۱۰۵) زیست شناسی را متحول ساخت] زیست شناسی را به جریان رودی در یک بیشه زار تشبیه می کند که بچه ای با چوب به آن ضربه می زند. جریان پس از این اغتشاش، دوباره خود را باز می سازد. این، زیست شناسی است: یک سیستم پویا که شما آن را نمی شناسید. شما صرفاً به آن ضربه می زنید و آن واکنش نشان می دهد و سپس خود را باز می سازد.**

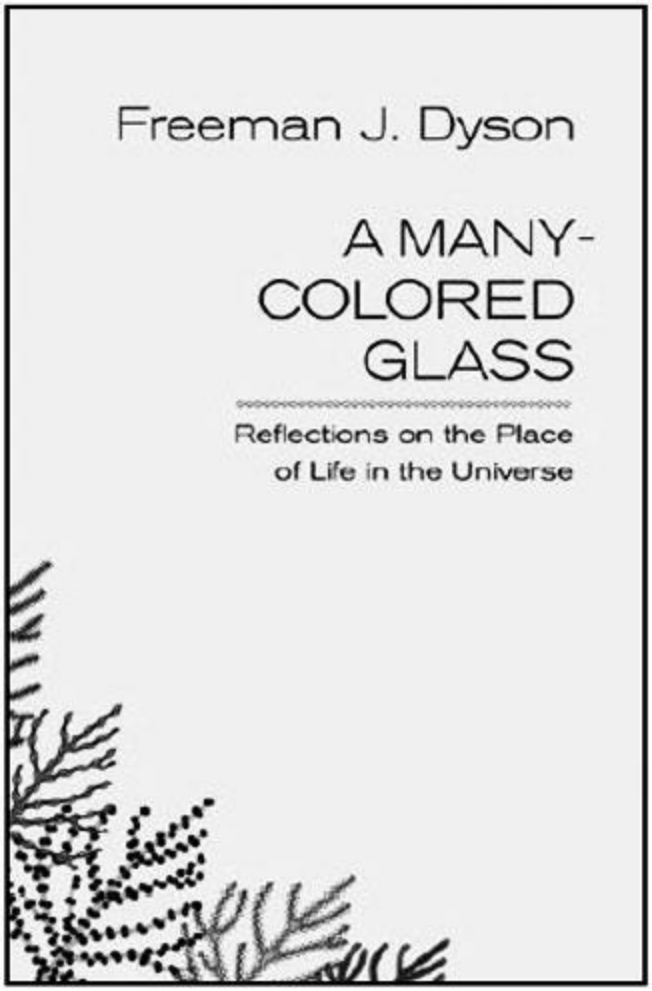
O ... درباره گرانش کوانتومی:

*** مساله ای که اکنون روی آن کار می کنم، چیزی است که انتظارم ندارم به پایان برسد. اما مساله خوبی برای یک پیرمرد است و چیزی است که بعید به نظر می رسد هیچ کس دیگر روی آن کار بکند. مساله این است که آیا گراویتون ها را می توان مشاهده کرد یا خیر.**

می دانیم که امواج گرانی وجود دارند و آن ها امواجی از گرانش هستند که در فضا حرکت می کنند. این امواج توسط آینشتاین پیشگویی شدند. نظریه ها حاکی از آن اند که گرانی باید در ذرات کوانتومی کوچکی موسوم به گراویتون حرکت کند. یک موج گرانشی واقعاً چیزی جز انبوهی ازگراویتون ها نیست. این فقط ایده ای نظری است. هیچ کس تاکنون گراویتون ها را مشاهده نکرده است. پرسشی که من در پی پاسخ آن هستم، این است: آیا اصولاً ممکن است یک گراویتون تنها را مشاهده کرد؟ اینجا آزمایشی ذهنی را با وسایلی ذهنی بیان می کنم. دو آینه در اختیار دارید. شما دارید به نوری که بین آن ها وا می جهد نگاه می کنید: وقتی سر و کله یک موج گرانی پیدا شود، فاصله بین آینه ها اندکی تغییر می کند و بنابراین شما می توانید تغییری کوچک در بازتابش نور را اندازه بگیرید. پرسش اساسی این است که آیا گرانش کوانتومی صورت پذیر هست یا خیر. اگر شما نتوانید یک گراویتون را حتی به طور اصولی مشاهده کنید، کل ایده گرانش کوانتومی بی معنی خواهد بود. گراویتون بخشی از باور مقدس این روزهاست که گرانش کوانتومی باید درست باشد. من در این باره تردید دارم.




FREEMAN
DYSON
WINNER OF THE 2000
TEMPLETON PRIZE
BASIC BOOKS 50 YEARS
DISTURBING
THE
UNIVERSE
"Endlessly absorbing, brimming with provocative intellectual juices and sauces, and utterly readable."
–Chicago Sun Times



فریمن دایسون، شیشه ای رنگارنگ، پرتوافکنی بر جایگاه زندگی در عالم، انتشارات دانشگاه ویرجینا، ۲۰۱۰ میلادی (۱۰۶)