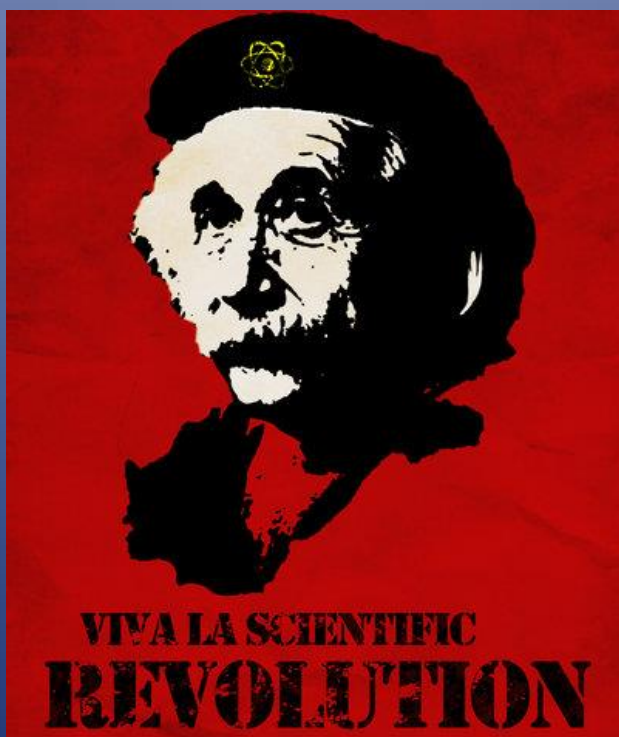


چند مقالہی فلسفی - فیزیکی

استیون وینبرگ، آلبرت آینشتاین، روگر پنروز و ...



نوشتہ و ترجمہی: شیرزاد کلہری

چند مقالہی

فلسفی - فیزیکی

استیون وینبرگ، آلبرت آینشتاین، روگر پنرُز، و ...

نوشتہ و ترجمہی: شیرزاد کلہری

به خواهرانم
ناهیده و فایزه

دیباچه

در این کتاب مجموعه‌ای از مقالاتی را که بنظرم جالب و یا مهم آمده‌اند ترجمه کرده‌ام. تمامی مقالات و آثار ترجمه شده بگونه‌ای به فیزیک مربوط می‌شوند. امیدوارم که مورد استفاده‌ی عموم از جمله دانشجویان عزیز فارسی زبان چه ایرانی چه افغانی و چه تاجیکی قرار گیرد.

در این ترجمه‌ها ممکن است اشکالات و خطاهائی را مشاهده کنید. این کوتاهی‌ها و کم و کسرها از من سر زده است. مرا بخاطر این خطاها ببخشید.

محیطی که خانواده‌ام برای من آماده کردند تا در آن بتوانم با آرامش این آثار را بخوانم و یا ترجمه کنم و یا حتی چیزهائی بنویسم مرا مرهون محبت‌هایشان می‌کند. بنابراین در اینجا از همسرم گوهر و دخترانم شبنم و کیانا صمیمانه و عاشقانه تشکر می‌کنم.

شیرزاد کلپری

فهرست

- 3 استیون وینبرگ 1- انقلابی که اتفاق نیفتاد.
- 35 از مجله‌ی آمریکائی 2- غیر واقعی بودن زمان
- 42 3- نامه‌ی نیوتن به ریچارد بنتری
- 44 شیرزاد کلهری 4- فوران پرتو گاما چیست
- 49 5- نامه‌ی آینشتاین به شرودینگر 1
- 52 استیون وینبرگ 6- یک ذره‌ی بنیادی چیست؟
- 65 دنیس دایکس 7- فیزیک و متافیزیک زمان
- 77 روگر پن رُز 8- مقدمه‌ی روگر پن رُز بر نسبیت
- 95 از سایت ناسا 9- انرژی تاریک - ماده‌ی تاریک

پیشگفتار مترجم برای انقلابی که اتفاق نیفتاد!

هنگامیکه به دنبال کتاب **توماس کوهن** راجع به کوپرنیک می‌گشتم به این مقاله برخورد کردم. این مقاله که بوسیله‌ی بزرگ‌مرد فیزیک و برنده‌ی جایزه‌ی نوبل **استیون وینبرگ** نوشته شده است، توجه مرا بشدت جلب کرد. چرا که کوهن با کتاب «**ساختار انقلابات علمی**» خود که مانند تویی در فضاها‌ی فلسفی و علمی ترکید. برخوردهای محکمی به تاریخ فیزیک بطور اعم و علوم دیگر بطور اخص کرده است. برخورد قهرمان فیزیک با این اثر به دو دلیل بسیار حائز اهمیت است. نخست اینکه در این مقاله به تاریخ فیزیک از دیدگاه یک فیزیکدان نگاه می‌شود و مورد دیگر اینکه نویسنده‌ی این مقاله **کوهن** را از نزدیک می‌شناخته و با وی بحثها کرده، نامه نگاری‌ها داشته است و این سبب شده است که وی با افکار کوهن از نزدیک آشنا شود.

در ترجمه‌ی این اثر با جملاتی طولانی و اغلب بدون نقطه‌ای روبرو می‌شوی که ترجمه و درک مطلب را برای مترجم سختتر می‌کند ولی مقاله آنقدر قهرمانانه و با اتکاء نفس نوشته شده است که نه تنها آدم را ترغیب به خواندن می‌کند بلکه به آدمی اتکاء بنفس و در عین حال فروتنی و عزت

نفس نیز می‌آموزد. در آنجاهائی که **وینبرگ** فکر می‌کند حق با اوست با تمام وجود دفاع می‌کند ولی در جاهائی که احساس می‌کند چیزی کم می‌داند یا کم می‌آورد، فروتنانه ولی باز با اتکاء بنفسی تحسین برانگیز سؤال می‌کند. وی به هیچ وجه با افکار و ایده‌هایش معامله نمی‌کند. به انتقادهائی که از وی شده است با ملایمت و متانت جواب می‌دهد. بالاخره باید اذعان داشت که می‌توان چیزهای فراوانی از وی آموخت. از جمله شیوه‌ی نزدیک شدن به موضوع مورد بحث را.

در این ترجمه هر جا که پارانتزی باز شده و به «م.» ختم شده است از مترجم است.

امیدوارم که این مقالات بتواند مشکلی از مسائل ذهنی خوانندگان را بگشاید و یا دستکم چیز جدیدی در آنها بیابید.

با احترام شیرزاد کلهری

انقلابی که اتفاق نیفتاد

من اولین بار کتاب معروف توماس کوهن، *ساختار انقلابات علمی*¹ را در ربع اول قرن پیش پس از آنکه دومین چاپ آن بیرون آمد مطالعه کردم. نخستین بار بسال 1960 وقتیکه دانشجوی دانشگاه برکلی بودم کوهن را شناختم. اما بعدها زمانی که او به MIT آمد، کتاب وی را بسیار هیجان‌انگیز یافته از وی خوشم آمده، تحسین‌اش کردم.

واضح بود که دیگران نیز یک چنین فکری بکنند. *ساختار* (منظورش کتاب *ساختار انقلابات علمی* است. م.) تأثیری ژرفتر از هر کتاب دیگری در تاریخ علم گذاشته بود. درست پس از مرگ کوهن بسال 1996 کلیفورد گیرتز جامعه‌شناس اشاره به این کرد که کتاب کهن «در را به فوران جامعه‌شناسی-

1 توماس ساموئل کوهن، *ساختار انقلابهای علمی* (انتشارات دانشگاه شیکاگو، چاپ دوم، 1970)، که در زیر با نام خلاصه شده‌ی *ساختار* از آن نام برده می‌شود. بخشی از این کتاب ابتدا بر پایه سخنرانی بوهرنر Bohner در بهار 1997 در دانشگاه رایس، بعنوان بخشی از سمپوریوم یکساله‌ی خود روی کار توماس کوهن ارائه شد، و سپس بسال 1998 در جلسه‌ی گفت و شنودی در دپارتمان فیزیک دانشگاه هاروارد عرضه شد.

دانش» در تحصیل علم گشود. ایده‌ی کوهن دوباره و دوباره در درگیری‌های بین فرهنگ و دانش که به جنگ دانش مشهور است بمیان کشیده شد.

ساختار تاریخ علم را یک پروسه‌ی در گردش می‌داند. دوره‌هایی از «علوم طبیعی» هستند که کوهن آنها را گاهی «پارادایم» و گاهی «ماتریس انضباطی مشترک» می‌نامد. هر چه نامیده شود مهم نیست بلکه آن این دیدگاه رایج را بیان می‌کند که: در یک دوره‌ی زمانی از علوم طبیعی، پژوهشگران به این مسئله گرایش پیدا می‌کنند که چه پدیده‌هایی مهم هستند و چه توضیحی برای آنها وجود دارد. مسائل موجود چه‌ها هستند و آیا حل این مسائل ارزشی دارد. نزدیک به پایان یک دوره از علوم طبیعی موقعی می‌رسد که آزمایشی نتیجه‌ای را می‌دهد که با تئوری موجود همخوانی ندارد و یا اینکه کاملا با ذات آن تئوری مخالف است. زنگ خطر و سردرگمی آغاز می‌شود. عقاید عجیب و غریبی در ادبیات علمی ظاهر می‌شوند. در نهایت انقلابی رخ داده است. پژوهشها تبدیل به روش جدیدی از نگاه به طبیعت می‌شوند. که در نتیجه به پرئود جدیدی از علوم طبیعی قدم می‌گذاریم. «پارادایم» تغییر مکان داده است.

جهت یک دقت ویژه به **ساختار** مثالی می‌آوریم. پس از گسترش قبول تئوری فیزیکی نیوتن - پارادایم نیوتن - در قرن هجدهم، دوره‌ی جدیدی از مطالعه‌ی حرکت و گرانش شروع شد. دانشمندان از نظرات نیوتن جهت تدقیق محاسبات مدارها، بسال 1846 استفاده کردند که منجر به موفقیت-

های چشمگیری برای پیشبینی وجود مدار نپتون پیش از آنکه ستاره-شناسان آنرا کشف کنند، گردید. در پایان قرن نوزدهم بحرانی وجود داشت: عدم درک حرکت نور. با جابجائی پارادایم این مسئله حل شد، یک دید انقلابی برای درک فضا و زمان بوسیلهی آینشتاین در میانهی سالهای 1905 و 1915 پیش کشیده شد. تئوری نسبیت آینشتاین به یک پارادایم جدید تبدیل شد، و دورهی جدیدی از مطالعهی حرکت و گرانش در علوم طبیعی آغاز شد.

هر چند که آدمی می تواند این سؤال را بکند که تئوری گردش کوهن تا چه حدودی از انقلابات علمی که ما می دانیم را در برمی گیرد و با آن در توافق است؟ در اینصورت این تئوری زیاد نگران کننده نبوده و بدانجهت هم این کتاب کوهن مشهور هم نخواهد بود. برای بسیاری از مردم اختراع مجدد واژهی «پارادایم» یا بسیار مفید بوده، یا هم بسیار مورد اعتراض قرار گرفته است. البته در زبان انگلیسی روزمره «پارادایم» بمعنی دستاوردی است که بعنوان مدل برای کاری در آینده بکار برده می شود. این همان روشی است که کوهن در کتاب سابقش از این واژه در انقلاب علمی مربوط به کپرنیک²

2 توماس اس کوهن، انقلاب کپرنیکی (انتشارات دانشگاه هاروارد، 1957).

سود جسته است، و در ضمن روشی است که وی بعدها استفاده از آنرا ادامه داده است.

اولین انتقادی که استفاده‌ی کوهن از «پارادایم» را در **ساختار** زیر سؤال برد رئیس دانشگاه هاروارد **جیمز بریانت کونانت** (James Bryant Conant) بود. کوهن کار خود را بعنوان دستیار کونانت بعنوان تاریخ‌دان جهت تدریس برای دوره‌ی کارشناسی در هاروارد آغاز کرد، که در ابتدا بایستی خود را برای تدریس تاریخ مکانیک آماده می‌کرد. پس از دیدن پیش‌نویس **ساختار**، کونانت انتقاد کرد که **کوهن** به واژه «پارادایم» تا حد عاشق شدن سقوط کرده است. و آنرا «واژه‌ای جادویی که کلید توضیح همه چیز است!» نامید. چند سال بعد **مارگارت ماسترمن** (Margaret Masterman) اشاره می‌کند که کوهن واژه‌ی «پارادایم» را به بیست گونگی مختلف استفاده کرده است. اما جدال بر سر واژه‌ی «پارادایم» بنظر بی‌اهمیت می‌رسد. کوهن حق داشت که بگوید در توافق علمی چیزهای فراوانی است تا مجموعه‌ای از تئوریهایی که روشن و واضح هستند. بنابراین ما احتیاج به واژه‌هایی که برای طرز برخورد‌های پیچیده و سنتی که در طول تئوریهای ما در دوره‌ای از زمان برای علوم طبیعی جریان دارند، داریم و «پارادایم» هم مانند همه‌ی آنها کار خودش را بخوبی انجام خواهد داد.

آنچیزی که مرا در خواندن ساختار و آثار متاخر کوهن اذیت می‌کند شکاکیت بیش از حد وی در آن چیزی که در کار علمی اتفاق می‌افتد، می‌باشد. و درست همین نتیجه‌گیری‌هاست که از وی قهرمانی برای فیلسوف-ها، تاریخ‌دانان، جامعه‌شناسان، و منتقدان فرهنگی ساخته، که درباره‌ی کاراکتر عینی دانش علمی سؤال پردازی می‌کنند، و همچنین آنهایی که ترجیح می‌دهند که تئوریهای علمی را بعنوان ساختار اجتماعی توضیح دهند، نه چیزی متفاوت‌تر از دموکراسی یا توپ بیس‌بال.

کوهن جابجائی از یک پارادایم به یکی دیگر را نه بصورت تمرین عقلانی بلکه مانند مکالمه‌ای مذهبی به انجام رسانده است. او استدلال می‌کند که تغییر تئوریهای ما بیشتر در جابجائی پارادایمها تغییر می‌یابد که آن نزدیک به غیر ممکن برای دانشمندان است که پس از یک انقلاب علمی بتوانند چیزهائی را ببینند که تحت تاثیر پارادایمهای پیشین دیده بودند. کوهن مقایسه‌ی جابجائی از یک پارادایم به پارادایم دیگر را مانند یک گشتالت³ بررسی می‌کند، مانند نوری خیالی که بوسیله‌ی عکسهایی در پشت صحنه-ای سیاه که به شکل خرگوش سفید بنظر می‌رسند و پشت صحنه‌ای سفید که عکس بزهای سیاه ظاهر می‌شوند، توضیح می‌دهد. اما برای کوهن

³ در روانشناسی رویکردی روانشناختی که بر سازمان‌دهی پویای تجربه در اشکال یا الگوهای کلی متمرکز است را روانشناسی گشتالت Gestalt گویند. برگرفته از واژه‌های مصوب فرهنگستان. مترجم.

جابجائی ژرفتر از این حرفهاست؛ وی می‌افزاید که «دانشمند آزادی موضوعی گشتالت را برای تغییر جهت دادن به جلو و عقب بین راه‌هایی که می‌بیند، حفظ نمی‌کند.»

کوهن اضافه می‌کند که در انقلاب علمی این تنها تئوریهای علمی نیستند که تغییر می‌یابند بلکه بسیاری از استانداردها در تئوریهای علمی داوری می‌شوند، بطوریکه پارادایم‌هایی که حاکم بر دوره‌های پیاپی علوم طبیعی بودند غیر قابل آزمون می‌شوند. او به دلیلی اشاره می‌کند که زمانیکه یک پارادایم جابجا می‌شود بمعنی ترک کامل پارادایم پیشین است، و هیچ استاندارد برای قضاوت تئوریهای علمی که تحت پارادایم‌های مختلف باشد توسعه نیافته است. نمی‌توان فهمید که کدام تئوریهای توسعه یافته بعد از انقلاب علمی توان اینکه به مجموعه‌ای که پیش از انقلاب بود اضافه شود. تنها در چارچوب یک پارادایم است که می‌توان درباره‌ی راستین یا دروغین بودن یک تئوری صحبت کرد. **کوهن** در **ساختار** بطور آزمایشی نتیجه گرفت، «ما حدالامکان، در رها کردن آن مفاهیم صریح یا ضمنی پارادایمی که دانشمندان را پیش می‌برد و یا آنها که وی را برای نزدیک و نزدیکتر شدن به حقیقت راهنمایی می‌کند، دقت لازم را مبذول داریم.» اخیراً **کوهن**، بسال 1992، در سخنرانی خود در دانشگاه هاروارد در تدریس

روچیلد اشاره کرد که به سختی می‌توان تصور اینکه چه معنی از عبارت «نزدیک به حقیقت» در یک تئوری علمی وجود دارد را مستفاد کرد.

کوهن انکار نمی‌کند⁴ که پیشرفتی در دانش وجود دارد، اما وی اینرا که آن پیشرفت **بسوی** چیزی است را انکار می‌کند. او اغلب از استعاره‌ی تکامل بیولوژیکی استفاده می‌کند: پیشرفت علمی برای او آن بود که انقلاب داروینی توضیح داده است، پروسه‌ای که با یک هدف ثابت از عقب بسوی جلو رانده شده، و تاکنون رشدش ادامه یافته است. برای وی انتخاب طبیعی تئوریهای علمی بسوی حل مسائل پیش می‌روند. هنگامیکه در خلال یک دوره از علوم طبیعی، معلوم می‌شود که تعدادی از مسائل با تئوریهای موجود قابل حل نیستند، باعث می‌شود که ایده‌های زیادی سر برآورند و از میان آنها ایده‌هایی که مسائل را بهتر حل می‌کنند، به حیات خود ادامه می‌دهند. اما بر طبق نظر کوهن، درست مانند اجتناب ناپذیر بودن پستاندارانی که در دوران کرتاسیوس بوجود آمدند و پایان زندگی دیناسورهای که با اصابت سنگ آسمانی به زمین نابود شدند، می‌باشد.

⁴ کوهن ابتدا بعنوان فیزیکدان آموزش دیده بود، ولی علیرغم وجود واژه‌ای با برد وسیع «علمی» در عنوان کتاب، **ساختار انقلابات علمی** وی تقریباً تنها نگران فیزیک و شعبه‌هایی از آن مانند ستاره‌شناسی و شیمی است. این نظر کوهن به تاریخ این رشته‌ها است که من به آنها انتقاد خواهم کرد. من معلومات زیادی درباره‌ی تاریخ بیولوژی و رفتارشناسی ندارم تا درباره‌ی آنها قضاوت کنم اما آنچه‌ی که من اینجا خواهم گفت شامل حال آنها نیز خواهد شد.

همچنین هیچ چیز در ذات طبیعت بنا نشده است که آنرا ناگزیر برای تکامل دانش ما در مسیری که معادلات ماکسول یا نسبیت عمومی طی کرده است، بکند. کوهن اینرا تشخیص می‌دهد که تئوری‌های ماکسول و آاینشتاین بهتر از تئوریهای پیشین بودند، درست بهمان صورتی که پستانداران نشان دادند که توان زنده بودنشان در مقابل اصابت سنگ آسمانی بهتر از دایناسورها بوده است. اما هنگامی که مسئله‌ی جدیدی سر باز کرد تئورهای جدیدی جایگزین می‌شوند که توان بیشتری برای حل مسائل دارند، وغیره، بدون هیچ بهبودی کلی.

همه‌ی این افسنطینی‌ها⁵ برای دانشمندانی مثل من است، که فکر می‌کنیم این کار علم است که ما را به حقیقت عینی نزدیکتر و نزدیکتر می‌کند. اما نتیجه‌گیری کوهن به مذاق کسانی که تردید بیشتری به نمای ظاهری علم دارند خوشمزه‌تر است. اگر تئوری‌های علمی تنها در چارچوب پارادایم‌های ویژه‌ای قضاوت شوند. بنابراین در رابطه با آن تئوریهای علمی اگر پارادایمی امتیازی بر آن دیگری‌ها در روش نگاهش به جهان نداشته باشد، جزو شامانیسم یا طالع بینی و یا خلقت است. اگر نتوان گذر از یک پارادایم به پارادایم دیگر را بوسیله‌ی استاندارد بیرونی قضاوت کرد. در اینصورت

⁵ گیاهی داروئی است که ضد کرم شکم و اشتها آور است.

شاید فرهنگ بتواند بجای طبیعت درباره‌ی محتوای تئوری علمی تصمیم بگیرد.

کوهن اغلب از استناد آوردن از وی خوشنود نبود. سال 1965 از پل فیرابند (Paul Feyerabend) شکایت می‌کند که استدلال‌هایش را که برای دفاع از بی‌خردی در علم بکار برده توضیح دهد و فکر می‌کند که او «نه تنها توخالیست بلکه مبهم و زشت است.» در مصاحبه‌ای بسال 1991 با جان هورگان (John Horgan)، کوهن بیکباره بجای یک دانشجوی سالهای شصت گذاشته می‌شود، «اوه، متشکرم، آقای کوهن، که برایمان درباره‌ی پارادایم حرف زدی. حالا که ما درباره‌ی آنها دانستیم می‌توانیم از دست آنها خلاص شویم.» کوهن خودش هم از اصطلاح «**برنامه‌ی قوی**» در جامعه شناسی علمی ناخرسند بود، چرا که منظور از این اصطلاح بدون شک نشان دادن قدرت سیاسی و اجتماعی و تسلط خواست آنها در جهت شکست تئوریهای علمی بود. این برنامه بویژه در ارتباط با گروهی از فیلسوفان و جامعه شناسانی بود که زمانی در دانشگاه ادینبگ (Edinburgh) کار می‌کردند. در این باره کوهن می‌گوید، «من از جمله‌ی کسانی هستم که ادعا می‌کنم که پوچی **برنامه‌ی قوی** را دریافته‌ام، بعنوان مثالی از ساختار شکنی که دیوانه شده است.»

حتی اگر ما تحسین‌های افراطی طرفداران کوهن را کنار بگذاریم، بخش رادیکال تئوری انقلابات علمی به اندازه‌ی کافی رادیکال هست. و من فکر می‌کنم که درست همین بسیار غلط است.

این درست نیست که دانشمندان قادر به «تعویض نگاه‌های خود به عقب و جلو» نیستند. و پس از انقلاب علمی آنان قادر به فهم دانشی که پیش از آن - انقلاب - رفته است، نیستند. یکی از جابجائی‌های پارادایم که کوهن بسیار به ساختار آن دقت می‌کند جایگذاری مکانیک نسبیت آینشتاین بجای مکانیک نیوتنی در اوایل این قرن [قرن بیستم، م.] است. اما در حقیقت در تحصیل فیزیک جدید اولین چیزی که یاد می‌گیرند هنوز فهم درست مکانیک نیوتنی است، حتی پس از فراگیری تئوری نسبیت آینشتاین هم هرگز فکر کردن با ترمهای نیوتنی را فراموش نمی‌کنند. کوهن خودش هم بعنوان مربی در دانشگاه هاروارد مکانیک نیوتنی را برای دانشجویان تدریس می‌کرد.

در دفاع از موقعیت خود، کوهن استدلال می‌کند که واژه‌هایی که ما بعنوان نماد در معادلات مان استفاده می‌کنیم معانی دیگری قبل و بعد از انقلاب علمی پیدا می‌کنند، بعنوان مثال، مفهوم جرم برای فیزیکدانها در پیش و پس از تئوری نسبیت متفاوت است. این درست است که کلی عدم قطعیت دور و بر مفهوم جرم در انقلاب آینشتاینی وجود دارد. زمانی صحبت از جرم

«طولی» و «عرضی» بود که فکر می‌شد که بستگی به سرعت ذره و مقاومت در مقابل شتابی که در طول مسیر حرکت و عمود بر آن است، می‌باشد. اما همه‌ی آن مسائل حل شدند. حالا هیچکس درباره‌ی جرم طولی و عرضی حرفی نمی‌زند، و در حقیقت ترم «جرم» امروزه بیشتر به «جرم در حال سکون» تبدیل شده است که جسمی است با این خاصیت ذاتی که حرکت در آن تغییری نمی‌دهد. که تقریباً دارای همان درکی است که پیش از اینستاین از آن بود. البته معانی می‌توانند تغییر کنند، اما آنها در مسیری تغییر می‌کنند که به افزایش دقت و وضوح ما در تعریف آنها بیانجامد. بنابراین ما قابلیت خود را برای درک تئوریهای دوران پیشین علوم طبیعی از دست نمی‌دهیم.

شاید کوهن اینچنین فکر کرده بود که عموم دانشمندان در یک دوره‌ی زمانی از علوم طبیعی از فهم دانش دوره‌های پیشین عاجز بودند چرا که تجربه‌ی وی از تدریس و نوشتنش درباره‌ی تاریخ علم این را برملا می‌کند. احتمالاً او با درک غیر تاریخی از مفاهیم توسط پژوهشگران و شاگردان به جدال برخاسته بوده است، با کسانی که منابع اصیل را نخوانده‌اند، و کسانی که براین باور بودند که ما می‌توانیم کارهای دانشمندان در دوره‌ی انقلابات را با فرض اینکه دانشمندان پیشین درباره‌ی تئوریهایشان به همان روشی که ما درباره‌ی این تئوریه‌ها در کتابهای درسی مان توضیح می‌دهیم،

بفهمیم. کوهن در کتاب⁶ سال 1978 خود درباره‌ی تولد تئوری کوانتم مرا متقاعد کرد که من دقیقا همین اشتباه را در تلاش برای فهمیدن آنچه ماکس پلانک در عرضهی ایده‌ی کوانتم انجام داده است، مرتکب شده‌ام. این هم درست است که دانشمندانی که از دوره‌ای از علوم طبیعی آمده‌اند برایشان فهمیدن انقلاب علمی گذشتگان فول‌العاده است، بنابراین با این دیدگاه ما زنده کردن مجدد تلنگری «گشتالت» که بوسیله‌ی انقلاب درست شده است، دشوار خواهد بود. به عنوان مثال، برای یک فیزیکدان امروزی خواندن کتاب اصول نیوتن، حتی هم اگر ترجمه‌ی مدرنی از لاتین آن انجام شده باشد، سخت است. اخترفیزیکدان بزرگی مانند سوبرامانیا چاندراسه-خار چندین سال از عمر خود را صرف ترجمه‌ی اصول بشکلی که فیزیکدانان مدرن بتوانند آنرا بفهمند، کرد. اما کسانی که در یک انقلاب علمی شرکت کرده‌اند از نظر حسی دو دنیا دارند: آنهایی که در ابتدای دوران علوم طبیعی بودند، آنهایی هستند که درهم شکسته‌اند، و آنهایی که در دوره‌ی جدید علوم طبیعی هستند، کاملا درک نکرده‌اند. برای دانشمندانی که در دوره‌ای از علوم طبیعی بسر می‌برند کمتر سختی درک تئوریهای یک پارادایم پیشین در **شکل طبیعی آن وجود دارد.**

⁶ توماس اس کوهن، تئوری جسم سیاه و ناپیوستگی کوانتمی 1894 - 1912 (انتشارات دانشگاه آکسفورد، 1978)

من پیش از این در صحبت کردن پیرامون مکانیک نیوتنی، نه مکانیک نیوتنی دقت می‌کردم. بمعنای دقیق و مهم، مخصوصاً در روش هندسی، نیوتن پیش - نیوتنی است. یادآور ضرب‌المثل **جان می‌نارد کینر** است که نیوتن اولین دانشمند مدرن نبود بلکه آخرین شعبده باز بود. نیوتونیسیم با کارهای اوایل قرن بیستم افرادی مانند **لاپلاس**، **لاگرانژ** و غیره به شکل رسیده‌ی خود دست یافت، این همان نیوتونیسیم بالغ است که ما هنوز هم بعنوان نسبت خصوصی قدیمی که صد سال از عمرش می‌گذرد به دانشجویان مان می‌آموزیم. آنها هیچ مشکلی در درک آن، و فهمیدن و استفاده از آن در موارد لازم بعد از فراگیری تئوری نسبت آینشتاین هم ندارند. درست به همانگونه هم می‌توان درباره‌ی درک ما از الکترودینامیسیم **جیمز کلارک ماکسول** صحبت کرد. خواندن تز ماکسول درباره‌ی الکتریسیته و مغناطیس برای فیزیکدانان مدرک سخت است، چرا که آن بر پایه‌ی ایده‌ی میدان الکتریکی و مغناطیسی از تنش در عبور از یک محیط فیزیکی بنام اتر که ما آنرا قبول نداریم، بنیاد شده است. با این دید ماکسول یک پیش ماکسولی است. (**اولیور هوی‌ساید**)، که به اصلاح تئوری ماکسول یاری کرد، درباره‌ی وی می‌گوید که او نیمه ماکسولی بود.) تئوری ماکسولیسیم درباره‌ی الکتریسیته، مغناطیسیم، و نور که بر پایه‌ی کارهای ماکسول بنیانگذاری شد (که به اتر توجهی ندارد) به حالت بلوغ خود بسال 1900 رسید، و این همان ماکسولیسیم بالغ است که ما به دانشجویانمان یاد

می‌دهیم. بعد که آنها مکانیک کوانتمی را آموختند می‌فهمند که نور از ذرات ریزی بنام فوتون تشکیل شده است، و معادلات ماکسول تنها تقریبی هستند. اما این باعث جلوگیری از فراگیری و استفاده‌ی الکترودینامیک ماکسول در شرایط لازم نمی‌شود.

در قضاوت‌مان درباره‌ی ماهیت پیشرفت علمی، ما بایستی به تئوری‌های بالغ علمی توجه کنیم، نه به تئوریهایی که در یک لحظه ظاهر می‌شوند. اگر سوال در مورد تصرفات **نورمن‌ها**⁷ بخاطر خوب بودنش، معنی دار بود ما در اینصورت بایستی سعی در پاسخ به این سؤال بوسیله‌ی مقایسه‌ی جوامع آنگلو ساکسون و نورمن‌ها در شکل بالغ آنها - بگو در زمان سلطنت ادوارد خستو و هنری اول - می‌بودیم. ما نبایستی بی‌آئیم از طریق مطالعه‌ی اتفاقات **جنگ هیستینگز**⁸ به این سؤال پاسخ دهیم.

⁷ نورمن‌ها یکی از اقوام وایکینگ بودند. نورمن‌ها ابتدا به شمال فرانسه رفتند و در آنجا به جنگ با پادشاه فرانسه پرداختند. پادشاه فرانسه به آنان حکومتی خودمختار داد، به شرطی که ایشان از مرزهای شمالی فرانسه در برابر دیگر اقوام وایکینگ حفاظت کنند. آن منطقه که نورمن‌ها در آنجا ساکن شدند از طرف مردم فرانسه نورماندی نامگذاری شد و اکنون نیز همین نام را بر خود دارد. برگرفته از ویکی‌پدیا، مترجم.

⁸ **نبرد هیستینگز** Battle of Hastings: نام نبرد معروفی در تاریخ انگلستان که بین نیروهای آنگلو ساکسون به فرماندهی هارولد گادوینسن (هارولد دوم، شاه انگلستان) و نورمن‌های مهاجم به فرماندهی ویلیام، دوک نورماندی (بعدها ویلیام فاتح یا شاه ویلیام یکم) در ۱۰۶۶ و در نزدیکی هیستینگز، در شرق ساسکس درگرفت و به شکست و مرگ هارولد و پیروزی ویلیام و استیلای نورمن‌ها بر انگلستان منجر شد. برگرفته از ویکی‌پدیا، مترجم.

حتی انقلابهای علمی در صورت لزوم هم روش ما را در قضاوت تئوریه‌ها با مقایسه‌ی پارادایم‌ها عوض نکرد. در چهل سال گذشته من درگیر تغییرات انقلابی در روشی که فیزیکدانها بتوانند ذرات بنیادی را که پایه‌ی ساختمان ذرات است فراگیرند، بودم. بزرگترین انقلابات این قرن، مکانیک کوانتمی و نسبیت، پیش از زمان من بوجود آمده‌اند، اما آنها پایه‌ی تحقیقات فیزیکی نسل من هستند. هیچ‌جا من نشانه‌ای از قیاس‌ناپذیری بین پارادایم‌های مختلف ندیدم. ایده‌های ما عوض شده‌اند اما ما ارزیابی خود را تقریباً به همان روش در تئوری‌هایمان ادامه داده‌ایم: یک تئوری موقعی موفق است که بتواند روی اصول ساده‌ی عمومی پایه‌گذاری شده باشد و در پاسخگوئی به داده‌های آزمایشگاهی بروش طبیعی خوب عمل کند. من نمی‌گویم که ما کتابی داریم که پر از روشهایی است که بما می‌گوید که در تئوری‌هایمان چگونه قضاوت کنیم، یا اینکه بما درک روشنی از این که منظور از «اصول ساده‌ی عمومی» یا «طبیعی» چیست، بیاموزد. من تنها اذعان می‌دارم که هیچ تغییراتی در روش قضاوت ما در ارزیابی تئوریه‌ها بوجود نیامده است، هیچ تغییراتی که بتواند مقایسه‌ی تئوریه‌های حقیقی را پیش و پس از انقلاب غیر ممکن سازد.

بعنوان مثال در اوایل این قرن (قرن بیستم، م.) فیزیکدانها مواجه با عدم درک طیف‌های اتمها شدند، شمار بسیاری از خطوط روشن و تاریک در نور

گاز داغ ظاهر می‌شوند، درست مانند آنهایی که در سطح خورشید به‌نگامی که نورش بوسیله‌ی طیف‌نما به رنگ‌های مختلف تجزیه می‌شوند، می‌مانند. هنگامی که نیلز بور بسال 1913 نشان داد که چگونه با استفاده از تئوری کوانتم می‌توان طیف هیدروژن را توضیح داد، برای فیزیکدانها آشکار شد که تئوری کوانتم امیدوار کننده است. و هنگامیکه بسال 1925 آشکار شد که مکانیک کوانتمی را می‌توان برای توضیح تمامی طیف‌های اتمها بکار برد، کوانتم مکانیک به موضوع داغی تبدیل شد که فیزیکدانان جوان بایستی یاد بگیرند. به همان روش فیزیکدانها امروزه مواجه با دهها محاسبه برای جرم الکترون و ذرات مشابه آن و کوارکها با هر نوعش، و با اندازه‌گیری مقادیر عددی این جرمهای مختلف بسیار دور از هرگونه سختی توضیح نظری داده شدند. هر تئوری جدیدی اگر موفق به توضیح این جرمها تشخیص داده شود یک قدم بزرگ رو به جلو برداشته است. موضوعها تغییر کرده‌اند ولی هدفهای ما نه.

حتی رادیکال‌تر از مفهوم قیاس‌ناپذیری پارادایمهای مختلف کوهن آنست که نتیجه‌گیری‌های وی در جایجائی انقلابی از یک پارادایم به دیگری نیز ما را به حقیقت نزدیک نمی‌کند. برای دفاع از این نظر، او استدلال می‌کند که همه‌ی باورهای پیشین درباره‌ی طبیعت نشان داده‌اند که راستین نیستند، بنابراین هیچ دلیلی وجود ندارد که ما فکر کنیم که اکنون بهتر عمل خواهیم

کرد. طبیعتاً کوهن بسیار خوب می‌دانسته که فیزیکدانها امروزه نیز تئوریهای نیوتنی گرانش و حرکت و تئوری الکتریسیته و مغناطیس ماکسول را بعنوان تخمین‌های خوبی از تئوریهای مدرن و دقیقتر می‌دانند. ما در حقیقت تئوریهای نیوتنی و ماکسولی را بعنوان تئوری‌های نادرست به آن صورتی که به تئوری ارسطو از حرکت و یا تئوری اینکه آتش یک عنصر («فلوژیستون») است، نادرست می‌باشند، نگاه نمی‌کنیم. کوهن خودش در کتاب پیشین خود **انقلاب کپرنیکی** تعریف کرده است که چگونه بخشی از تئوریهای علمی در مقابل تئوریهای بیشتر موفق که جای آنها را گرفتند، جان سالم بدر بردند چنانکه بنظر می‌رسید هیچ اتفاقی به ایده نیفتاده است. مقایسه این در تناقض با آنچه در **ساختار** یک دفاع ضعیف قابل ملاحظه‌ای داده شده، که مکانیک نیوتن و الکترودینامیک ماکسول که امروزه ما از آنها استفاده می‌کنیم همان تئوریهایی نیستند که پیش از نسبیت و کوانتم مکانیک بودند، است. چرا که آنها در ابتدا بعنوان تقریب شناخته نشده بودند که حالا با آن عنوان شناخته شده‌اند. این درست مانند آنست که بگوئیم شما آنچیزی که سرخ کرده‌اید می‌خورید نه آنچیزی که خریده‌اید، حالا شما می‌دانید که آنها تنها نخ‌نما شده‌اند نه بیش از این.

این مهم است که آنچیزی که در انقلاب علمی تغییر یافته و آنچیزی که تغییر نیافته است را باز شناسیم. تفاوتی که در ساختار آنرا نمی بینیم.⁹ یک بخش «سخت» در فیزیک تئوری جدید وجود دارد (منظور از «سخت» بمعنی دشوار نیست، بلکه با دوام است، مانند استخوان در دیرینه شناسی و یا سفال در باستانشناسی) که معمولا معادلات خاص خودشان را داشته، به همراه چندین سمبل که دربارهی عمل و تیپ پدیده و درک معنی شان کنار آمده اند. سپس یک بخش «نرم» وجود دارد؛ که چشم اندازی واقعی برای استفادهی خودمان است برای توضیح اینکه چرا معادلات عمل می کنند. بخش نرم تغییر می کند؛ ما دیگر به اثر ماکسول باور نداریم، و ما می دانیم که در طبیعت بیشتر از آن چیزهائی است که در ذرات و نیروهای نیوتن وجود دارد.

تغییرات در بخش نرم تئوری های علمی باعث تغییرات در فهم ما از شرایطی که تحت آن شرایط بخش سخت تخمین خوبی است را نیز بوجود می آورد. اما وقتی تئوری ما شکل بالغ بخود گرفت، تئوری ما به یک دستاورد دائمی مبدل می شود. اگر شما یکی از آن پیراهن های آستین کوتاه را داشته باشی

⁹ از پروفیسور کریستوفر هیچکاک بخاطر اینکه بعد از سخنرانی من در رایس این مطلب را گوشزد کرد که من در اثر حاضر این مطلب را اضافه کنم، تشکر می کنم.

که معادلات ماکسول رویشان است، شما می‌ترسید که آنها مدرن نباشند اما نه اینکه آنها نادرست باشند. ما الکترودینامیک ماکسول را تا زمانیکه دانشمندان وجود دارند، استفاده خواهیم کرد. من هیچ دلیلی دال بر اینکه افزایش حیطة و دقت بخش سخت تئوریهای ما رویکردی کلی از حقیقت باشد را نمی‌بینم.¹⁰

برخی از آنچه کوهن درباره‌ی جابجائی پارادایم گفته روی بخش نرم تئوریهای ما صادق است، اما اینجا هم من فکر می‌کنم کوهن دست بالا را به درجه‌ای که یک دانشمند در طول دوره‌ای از علوم طبیعی اسیر آن پارادایم‌هاست، می‌گیرد. بعنوان مثال بسیاری از دانشمندانی وجود دارند که در بخش نرم تئوری‌هایشان همچنان شک دارند. به نظر من شعار معروف نیوتن که می‌گفت **Hypotheses non fingo** یعنی من فرضیه نمی‌سازم حداقل بخشاً به این معنی باشد که او متعهد نیست که گرانش در فاصله

¹⁰ یکی از عوارضی را که پروفیسور بروس هانت Bruce Hant در مکالمه‌اش با من بدان اشاره کرد، اینست که ممکن است دو تئوری رقیب در بخش سخت متفاوت بتوانند ولی پیش بینی یکسانی را انجام دهند. برای مثال، در قرن نوزدهم در انگلیس بین فیزیکدانها معمول بود که ، به دنباله روی از فارادی، پدیده‌ی الکترومغناطیس را با استفاده از معادلاتی که شامل میدانهای الکتریسته و مغناطیس است توضیح دهند. در حالیکه معادلات فیزیک قاره‌ای مستقیم روی اثر نیروهای عمل کننده در یک فاصله را تاکید می‌کردند. معمولاً آن چیزی که در این موارد رخ می‌دهد اینست که کاشف بعمل می‌آید که هر دوی معادلات از نظر ریاضی معادل‌اند، در حالیکه این یا آنیکی ممکن است در عرصه‌ی وسیعی تعمیم یافته و تئوری جامعی باشد. که نسبت نشان داد که آن میدان الکتریکی و مغناطیسی بوده است.

عمل کند، اما تنها اعتبارش پیش بینی‌هایی است که از معادلاتش مشتق می‌شوند.

حالا که امکانش وجود دارد، من می‌توانم شهادت دهم که تئوری ذرات بنیادی کنونی ما، در مدل استاندارد، در توضیح خواص اندازه‌گیری شده‌ی ذرات فوق‌العاده موفق بوده است. امروزه فیزیکدانها التزام سفت و سختی بر دیدگاه طبیعی بعنوان پایه ندارند. مدل استاندارد یک تئوری میدان است، بدین معنی که آن اساسی‌ترین اجزاء طبیعت که میدان باشد را مد نظر گرفته است - شرایط فضا، جدا از ماده‌ای که در درون آن است، مانند میدان مغناطیسی که تیکه‌های آهن را از طریق قطب‌های آهنربای نواری بخود می‌کشد - نه ذرات را. در دو دهه‌ی گذشته متوجه شده‌اند که هر تئوری که بر پایه‌ی مکانیک کوانتومی و نسبیت پایه‌گذاری شده باشد مانند تئوری میدان در آزمایشگاهی است که با انرژی‌هایی به اندازه‌ی کافی پائین انجام می‌شوند. مدل استاندارد امروزه بعنوان «تئوری میدان موثر» یک تقریب انرژی - پائین برای برخی از تئوریهای بنیادین ناشناخته که هیچ میدانی شامل آنها نمی‌باشد، بطور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته است.

حتی اگر مدل استاندارد بتواند یک پارادایمی برای پایه‌های فیزیک در دوره‌ی علوم طبیعی کنونی بدهد، دارای چندین ویژگی موقت، از جمله هجده ثابت عددی، شامل جرم و بار الکترون، خواهد بود که بایستی با تغییر

اختیاری آنها تئوری را با آزمایش همخوان کرد. همچنین، مدل استاندارد گرانش را شامل نمی‌شود. تئوریسین‌ها می‌دانند که بایستی به دنبال یک تئوری رضایت بخش‌تری بروند، که در آن مدل استاندارد تنها بتواند یک تخمین خوبی بحساب بیاید، و آزمایشگران به کوشش بسیار داده‌های جدیدی را بیابند که با پیش‌بینی‌های مدل استاندارد همخوانی نداشته باشند. اخیراً از یک آزمایش زیر زمینی در ژاپن خبر دادند که ذراتی که نامشان نئوترینو است دارای جرمی هستند که با نسخه اصلی مدل استاندارد همخوانی ندارد، این یک مثال خوبی است که فراهم شده است. این آزمایش آخرین قدمهای آزمایش جدیدی است که پس از چندین سال جستجو روی این جرمها انجام گرفته است، این آزمایش که بخشا بوسیله‌ی استدلالها ما را به یک تئوری رضایت بخش‌تری که در قدم بعدی‌اش به ورای مدل استاندارد می‌کشاند، راهنمایی می‌کند. این آزمایش به احتمال قریب به یقین منوط به وجود اجرام ریز نئوترینو است. کوهن بیش از حد پای می- فشارد که ما هیپنوتیزم پارادایمهای خودمان شده‌ایم، و بویژه بطور اغراق آمیزی که تا چه حد کشف ناهنجاریهای غیرعادی در خلال دوره‌ی علوم طبیعی ناخواسته بوده است. او کاملاً اشتباه می‌کرد در اینکه بگوید هیچ بخشی از کار علوم طبیعی نیست که در آن بتوان انواع جدیدی از پدیده‌ها را یافت.

دیدگاه‌های کوهن از پیشرفت‌های علمی ما را با رمز و رازهای رها کرد: چرا مردم مسئله‌شان است؟ اگر یکی از تئوریهای علمی در توانائی حل مسائلی که اکنون در مغز ماست بهتر از یکی دیگر باشد در اینصورت چرا ما بایستی اینهمه مصیبت را بجان خریده و این مسائل را در خارج از ذهنمان ذخیره کنیم؟ ما ذرات بنیادی را بدلیل جالب بودن ذاتی‌اش مانند مردم مطالعه نمی‌کنیم. آنها اینطور نیستند - اگر شما یک الکترون را دیده باشید، شما همه‌شان را دیده‌اید. آن چیزی که ما را در کار علمی پیش می‌راند معنی‌دار بودن آن واقعیتی است که زمانی کشف شده است و همچنان شکل دائمی خود را بعنوان بخشی از دانش بشری حفظ خواهد کرد.

این توضیحات کوهن در انقلابات علمی نبود که مرا برای اولین بار بسال 1972 که آنرا مطالعه کردم تحت تاثیر قرار داد، بلکه این رفتار وی با علوم طبیعی بود. کوهن نشان داد یک دوره از علوم طبیعی زمان رکود نیست، بلکه یک فاز مهم پیشرفت علمی است. این برای من در آغاز سالهای 1970 بدلیل پیشرفتهای حاصل شده هم در کیهان شناسی و هم در فیزیک ذرات بنیادی بسیار مهم بود.

تا اواخر سالهای 1960 که کیهان شناسی در حالت رکود و سردرگمی بود. من بخاطر دارم که بیشتر ستاره‌شناسان و اختر فیزیکدانها هوادار بخش ترجیبهی کیهانشناسی بودند، و کیهانشناسی هر کس چیزی صرفا دگم بنظر می‌رسید. دور و بر سال 1970 هنگامیکه با فیزیکدان برجسته‌ی سوئدی هانس آلفون در یک جشن شام در نیویورک نشسته بودیم، فرصت یافتیم از او بعنوان متخصص فن پرسیم که چگونه برخی از اثرات فیزیکی در جهان اولیه رخ داده است. وی از من پرسید، «آیا منظور شما در چارچوب تئوری مهبانگ است؟» و هنگامیکه من پاسخ دادم آره، منظورم همان است، او جواب داد که در این باره نمی‌خواهد حرف بزند. التیام شکسته شده‌ی وضعیت بحث درباره‌ی کیهانشناسی پس از کشف اشعه‌ی کیهان پس-زمینه‌ی تابش کیهانی بسال 1965 شروع شد، اشعه‌ای که جهان در حدود یک میلیون سالگی اش به جهان پخش کرد. این کشف همه را مجبور کرد (یا حداقل تقریبا همه کس) که بصور جدی به جهان اولیه فکر کنند.

بالاخره اندازه‌گیری‌ها قادر شدند که در رد و یا قبول گمانه‌زنی‌های کیهانی ما کمک کنند، و خیلی زود، در کمتر از یک دهه، تئوری مهبانگ به شکل مدرن خود گسترش یافته، بطور وسیعی مورد قبول واقع شد. در رساله‌ای که من درباره‌ی گرانش و کیهانشناسی نوشتم و بسال 1971 بپایانش رساندم عبارت زیر را نوشته‌ام.

«مدل استاندارد» برای کیهانشناسی مدرن مهبانگ، جهت تاکید - اذعان می‌دارم که - من آنرا بعنوان یک دگم نگاه نمی‌کنم مانند خیلی‌ها که بدان سوگند وفاداری یاد می‌کنند، من تنها بعنوان زمینه‌ی مشترکی که در آن فیزیک‌دانها و ستاره‌شناسان همدیگر را جهت بحثهای ستاره‌شناسی و مشاهدات‌شان ملاقات می‌کنند، نگاه می‌کنم. هنوز احترام فیزیکدانانی مانند آلفون و فرد هویل برقرار است. که مسیر اتحاد نظر را دوست ندارند. برخی از آنها به خود ایده‌ی اتحاد حمله کردند، بجایش برپائی یکنوع «مسیر درخشان» ایده‌آل علمی بعنوان انقلاب مستمر، که در آن همه بایستی ایده‌های خود را دنبال کرده و از مسیر خودشان خارج شوند، تاکید کردند. اما درهم شکستن ارتباط بین دانشمندان بسیار خطرناکتر است تا اتفاق نظر مشترک عجولانه بین آنها. آن تنها زمانی است که دانشمندان یک اتفاق نظری را به اشتراک بگذارند که بتواند متمرکز به آزمایشات و محاسباتی که درستی و خطای تئوریشان را نشان دهد، باشد و، اگر اشتباه باشد، نشان دهنده‌ی راه جدیدی برای اجماع نظر جدیدی باشد. آن چنان اثر خوبی بود که کوهن این اظهار نظر فرانسویس بیکن را نقل می‌کند، «حقیقت بواسطه‌ی خطا راحت‌تر پدیدار می‌شود تا از سردرگمی.»

فیزیک ذرات بنیادی نیز در اوایل 1970 وارد دوره‌ی جدیدی از علوم طبیعی شد. پیش از این آنها در سردرگمی بسر می‌برد، نه بدلیل فقدان داده‌ها، که

بیش از حد بود، بلکه بیشتر بدلیل عدم وجود بدنه‌ی یک تئوری قانع کننده‌ای که داده‌ها را توضیح دهد. در اوایل 1970 بود که توسعه‌ی تئوریها و چندین آزمایش مهم به اجماع در میان فیزیکدانان ذرات بنیادی انجامید، که به آنچه امروز بدان مدل استاندارد می‌گویند تجسم بخشید. با این حال برخی از فیزیک دانان دو دل ماندند، زیرا که آنها احساس می‌کردند که به اندازه‌ی کافی آزمایش انجام نشده است تا صحت تئوری را به اثبات برساند، یا اینکه فکر می‌کردند که داده‌های آزمایشگاهی را می‌توان بصورت دیگری تفسیر کرد. زمانیکه من دلیل آوردم که هر نوع تفسیر دیگرگونه از داده‌ها مصنوعی و زشت است، برخی از فیزیکدانها پاسخ دادند که فیزیک کاری با قضاوت های زیبایی‌شناسانه ندارد، پاسخی که می‌توانست کوهن را سرگرم کند. چنانکه او گفت، «عمل قضاوتی که منتهی به رد تئوری قبلا پذیرفته شده شود همیشه بر پایه‌ای بیش از مقایسه‌ی آن نظر با دنیا استوار است.» هر مجموعه‌ای از داده‌ها را می‌توان در تئوریهای مختلف گنجانند. در تصمیم‌گیری بین اینکه کدام تئوری برازنده است بایستی قضاوت شود که کدام یک از تئوری‌ها برازنده و انسجام و جهانشمولی آنرا دارد که ارزش جدی گرفتن داشته باشد. کوهن اولین کسی نبود که این نکته را بنا کرد - او دنباله رو پیشینیانی چون پی‌یر دوهم بود - ولی کوهن آنرا بسیار متقاعد کننده کرد.

در حال حاضر بحث در مورد مدل استاندارد تا حدی خوب است، و آن بدلیل محاسبه‌ی دقیق پدیده‌های مشاهده شده بودند که تقریباً مورد پذیرش جهانی شده است. ما در دوره‌ی جدیدی از علوم طبیعی قرار گرفته‌ایم که مفاهیم مدل استاندارد بوسیله‌ی تئورسین‌ها محاسبه شده و بوسیله‌ی آزمایشگران به محک کشیده شده است. همچنانکه کوهن تشخیص داد، آن دقیقاً این نحوه از کار است که در خلال دوره‌هایی از علوم طبیعی به کشف ناهنجاریهایی می‌رسد که لازم است تا فرای پارادایمهای موجود گام بردارد.

اما دیدگاه کوهن به علوم طبیعی، هر چند که کمک کننده و روشنگر باقی مانده است، باعث شهرت وی نشده است. مشهورترین قسمتی که در کار او است شرح انقلاب علمی و دیدگاه او درباره‌ی پیشرفتهای علمی است. و همین جاست که کار وی بطور بسیار جدی گمراه کننده است.

چه چیزی اشتباه پیش رفت؟ چه چیزی در زندگی کوهن باعث شد که او با دیدگاه عجیب و غریب خویش اینهمه به علم شکاک باشد؟ بطور قطع از نادانی نبود - آشکار است که او خیلی از بخش‌های تاریخ علم فیزیک را به اندازه‌ی هر کس دیگری فهمیده بود. من آخرین باری که کوهن را در جشن 400 مین سالگرد اولین سخنرانی گالیله بسال 1992 در دانشگاه یادوا واقع

در شهر پادوا دیدم سرخ هائی از افکار او را بدست آوردم. کوهن گفت که چگونه بسال 1947 هنگامی که مربی فیزیک در هاروارد بود، مطالعه‌ی کار ارسطو درباره‌ی فیزیک او را متعجب کرده بود.

چگونه استعداد ویژه‌ی [ارسطو] بهنگامیکه او شروع به مطالعه‌ی حرکت و مکانیک بود وی را ترک کردند؟ به همان اندازه، اگر استعدادهای وی او را ترک می‌کردند، در اینصورت چرا نوشته‌های او درباره‌ی فیزیک به آن اندازه جدی تلقی شد که قرن‌ها پس از مرگ وی دوام آورد؟ ... بیکباره پراکندگی‌های ذهن من خودشان را در راه جدیدی مرتب کردند، و همگی کنار هم قرار گرفتند. فک من از تعجب آویزان شد، بیکباره بنظم رسید که ارسطو فیزیکدان بسیار خوبی بوده است، اما به گونه‌ای که هرگز من نمی‌توانستم باور کنم.

ازش پرسیدم که چه چیزی بیکباره درباره‌ی ارسطو برایت فهمیده شد. او نتوانست به سؤال من جواب دهد، اما برایم نوشت که دوباره توضیح خواهد داد که آن تجربه برایش چقدر مهم بوده است:

آنچه در اولین مطالعه‌ی من از [نوشته‌های ارسطو درباره فیزیک] تغییر یافته بود، درک من از آن بود، نه ارزیابی من، از آنچه از آن بدست آمد. و آن تغییری که بوجود آورد یک اتفاق دگرگون کننده‌ی سریع در درک من (باز، نه ارزیابی من) از ماهیت علوم طبیعی بود، خیلی سریع نیز به گالیله و نیوتن دست یافتم.

بعدها در مقاله‌ای از وی که بسال 1977 نوشته شده بود توضیحی یافتم که، بدون اینکه یک فیزیکدان ارسطوئی باشد، برای یک لحظه او یاد گرفته بود

که مانند کسی فکر کند که، حرکت یک تغییر کیفی روی اشیاء می‌گذارد که شبیه به تمامی تغییرات کیفی است تا حالتی که آن جداگانه بررسی شود. این بروشنی برای کوهن نشان داد که چگونه ممکن است یک زاویه‌ی فکری برای مطالعه یک مرد دانشمند فرض کرد. من شک می‌کنم که همان لحظه از زندگی‌اش برای کوهن بسیار مهم بوده است، او ایده‌ی خود از جابجائی پارادایم را گرفت به جابجائی از فیزیک ارسطو تا نیوتن بسط داد - جابجائی (که در حقیقت چندین سده بطول کشید) از ارسطو که کوشش می‌کرد بطور سیستماتیک با توضیح کیفی همه چیز طبیعت را بررسی کند تا توضیح کمی نیوتن در پدیده‌ای انتخابی و محتاطانه مانند حرکت سیارات بدور خورشید را در بر گیرد.

حالا، که واقعا جابجائی پارادایم رخ داده است. برای کوهن در حقیقت بنظر یک پارادایم در جابجائی پارادایم بوده است، که مجموعه‌ای از یک الگو بود که سعی کرد پاشنه همه‌ی انقلابات علمی را با آن بالا بکشد. این دقیقا با توضیح پارادایم از منظر کوهن هم‌خوانی دارد: برای یک دانشمند مدرن فوق‌العاده سخت است تا خود را در قالب فیزیک ارسطوئی قرار دهد، بیانیه‌ی کوهن درباره‌ی اینکه همه‌ی دیدگاه‌های پیشین فیزیکی از واقعیت، منظری کاذب بدست می‌دهند، هرچند که برای مکانیک نیوتنی یا

الکترودینامیک ماکسول حقیقت ندارد، ولی قطعاً شامل حال فیزیک ارسطویی می‌شود.

انقلابها در علم که بنظر می‌رسد با توضیح کوهن تا حدی همخوانی دارد جابجائی در درک ماهیت جنبه‌های مختلف از پیش علمی تا دانش مدرن را دربر می‌گیرد. تولد فیزیک نیوتنی یک جابجائی کلان - پارادایم بود، اما پس از آن هیچ چیزی به فهم ما از حرکت - حتی در گذر از نیوتن به مکانیک اینشتاینی یا از فیزیک کلاسیک تا فیزیک کوانتمی - که مطابق با توضیحات کوهن باشد، افزوده نشد.

در آخرین چند دهه‌ی زندگی وی که کوهن بعنوان فیلسوف کار می‌کرد، نگران معنی حقیقت و واقعیت بود، مسائلی که وی در دهه‌های پیشین در **ساختار کم و بیش لمس کرده بود**. پس از مرگ وی ریچارد روتی گفت که کوهن «با نفوذترین فیلسوف خلال جنگ جهانی دوم بود که به زبان انگلیسی می‌نوشت.» نتیجه‌گیری‌های کوهن درباره‌ی فلسفه نشان داد که وی همان خوره شک‌گرایی را در نگارش تاریخ داشت. در تدریس روتچیلد در هاروارد بسال 1992، او اظهار داشت، «من پیشنهاد نمی‌کنم، اجازه دهید تاکید کنم، یک واقعیتی وجود دارد که علم نمی‌تواند آنرا بدست آورد. منظور

من اینست که هیچ چیز نمی‌تواند مفهومی از واقعیت بسازد که بطور معمولی بتواند در فلسفه‌ی علمی عمل کند.»

بمن احساس بسیار خوبی از درک مفهوم واقعیت که بیش از یک سده پیش فیلسوف پراگماتیست چارلز ساندرز پیرس بیان کرده، دست می‌دهد. اما من مجهز به حس و آموزش قضاوت در بین فیلسوفان نیستم. خوشبختانه ما نیاز نداریم که اجازه دهیم فیلسوفان چگونگی کاربرد بحث‌های فلسفی‌شان در تاریخ علم را بما دیکته کنند، یا در خود تحقیقات علمی، ما اجازه می‌دهیم که خود دانشمندان تصمیم بگیرند که چگونه کاوشهای علمی خود را در تکنولوژی و دارو بکار ببرند.

من در مقاله اخیر خود در *The New York Review Of Books* اشاره کردم که برای من بعنوان فیزیکدان قوانین طبیعت بهمان صورتی که (هر آنچه که هست) صخره روی زمین است، واقعی هستند¹¹. چند ماه پس از نشر این مقاله به خاطر این گفتارم توسط ریچارد روتی مورد حمله قرار گرفتم. او مرا متهم کرد که بعنوان فیزیکدان فکر کرده، براحتی سئوالات ویژه‌ی مربوط به واقعیت و حقیقت را که فیلسوفان هزاران سال بدان مشغول بوده‌اند را نادیده می‌گیرم. آری این کار من نیست. من می‌دانم که وحشتناک سخت

¹¹ Sokal's Hoax,» *The New York Review*, August 8, 1996

است که دقیقا بتوانیم واژه‌های «حقیقت» و «واقعیت» را مورد استفاده قرار دهیم. به همین دلیل هم است، هنگامیکه من از قوانین طبیعت و صخره روی کف زمین حرف می‌زنم و هر دو را با یک معنا کنار هم می‌گذارم، داخل پارانتز اضافه می‌کنم «هر آنچه که هست». من تلاش فیلسوفان را برای روشن کردن مفاهیم ارج می‌نهم، اما من مطمئنم که حتی کوهن و رورتی هم در زندگی روزمره‌ی خویش بدون اینکه با مشکلی مواجه شوند، از واژه‌های «حقیقت» و «واقعیت» استفاده کرده‌اند. من اینرا نمی‌فهمم که چرا ما نتوانیم از این واژه‌ها در اظهارات خود درباره‌ی تاریخ علم استفاده کنیم. قطعاً فیلسوفان می‌توانند خدمت بزرگی در کوشش ما برای روشن شدن منظورمان در استفاده از حقیقت و واقعیت کمک کنند. درباره‌ی کوهن می‌گویم که او بعنوان فیلسوف در فهم اینکه حقیقت و واقعیت چیست دچار مشکل بوده است ولی این دلیل خاصی ندارد مگر اینکه این حقیقت را بیان می‌کند که او در فهم اینکه حقیقت و واقعیت چه معنی دارند دچار مشکل بوده است.

در خاتمه، می‌خواهم عقاید خود درباره‌ی پیشرفتهای علمی را توضیح دهم. همانطور که گفتم، کوهن با استفاده از استعاره‌ی تکامل داروینی: بهبود غیر مستقیم، نه بهبود نسبت به همه چیز. استعاره‌ی کوهن بدک

نیست، بشرطیکه یک تغییری در آن بدهیم: پیشرفت فیزیکی بنظر می‌رسد که تکاملی باشد که به عقب می‌رود. تنها بعنوان انسان و دیگر پستانداران ریشه‌های خود را در موجودی پشمآلو که در دوره‌ی کرتاسیوس خود را از دیناسورها پنهان کرده، جستجو کنیم. و همه‌ی موجودات پشمآلو و دیناسورها و هر چه زندگی در زمین است رد خود را در عقب‌تر از آن در هیولائی در ترسیم میکادو بنام «پروتوپلاسم گلبول اتمی کهن»، بهمان روشی که ما در علم اپتیک و علم الکتریسیته و مغناطیس دیدیم که در زمان ماکسول در هم ادغام شدند که اکنون ما آنرا الکترودینامیک می‌نامیم، و سپس در سالهای اخیر دیدیم که الکترودینامیک و تئوری نیروهای دیگر طبیعت جمعا در **مدل استاندارد** مدرن ذرات بنیادی ادغام شدند. ما امیدواریم که در قدم بزرگ بعدی به پیش شاهد ادغام تئوری گرانش و شاخه‌های مختلف فیزیک ذرات بنیادی با هم در یک تئوری واحد ادغام شوند. این آنچیزی است که ما رویش کار می‌کنیم و پول مالیات دهندگان بدان خرج می‌شود. و زمانی که ما آن تئوری را کشف کردیم، آن بخشی از حقیقتی خواهد بود که واقعیت را توضیح می‌دهد.

غیر واقعی بودن زمان

برگردان از مجله‌ی ©2016 American Physical Society

بنظر می‌رسد که فیزیک و فلسفه دو قطب متضاد باشند، اما هر دو دائماً سئوالهای مشابهی را مطرح می‌کنند. اخیراً، فیزیکدانها به موضوع مدرن فلسفی با قدمتی بالاتر از صد سال برخورد کرده‌اند: **غیر واقعی بودن زمان**. اگر گذشت زمان تنها یک توهم باشد؟ جهان بی زمان جهانی دور از عقل نخواهد بود؟

اگر چه جهان بدون گذر زمان بنظر دور از عقل می‌رسد. ولی پیشگامان نامی فیزیک در تئوری ریسمان، مانند اد ویتن (Ed Witten) و برایان گرین (Brian Greene) این ایده را پذیرفته‌اند. واقعیت بدون زمان ممکن است کمکی برای از بین بردن تفاوت مکانیک کوانتم و فیزیک نسبیتی باشد. اما این سؤال باقی می‌ماند که ما چه حسی از آن جهان خواهیم داشت؟ اگر فیزیک هم به موهومی بودن زمان صحنه گذارد، پس بدین معنی خواهد بود که فلسفه قادر بوده است از یک چنین مفهوم عجیب و غریبی پرده بردارد. فیلسوف مشهور انگلیسی تی. ام. ئی. مک تاگارت (J.M.E. McTaggart) این ایده را بسال 1908 در مقاله‌ی خود تحت عنوان "غیر واقعی بودن زمان (The Unreality of Time)" پیش کشید. فیلسوفان این نظر را بعنوان نافذترین آزمون ممکن مورد توجه قرار دادند. اگر با ذره‌بین فلسفی مک تاگارت نگاه کنیم، واقعیت بدون زمان بیشتر شهودی شده، بنابراین امکان درستی اش بیشتر می‌شود.

بحث مک تاگارت علیه واقعیت زمان قدری بحث انگیز است، اما تفسیر وی با تشخیص ترتیب حوادث در زمان شروع می‌شود. سری "A" و "B" زمانهای متمایزی را در استدلال مک تاگارت تشکیل می‌دهند، و من می‌خواهم این جدایی را با مثالی از یک رویداد تاریخی توضیح دهم.

در ماه ژوئیه ی 1969، اولین سفینه ی فضائی دارای سرنشین آپولو 11 روی کره ماه نشست. بخاطر بحث حاضر، فرض کنید این اتفاق در خلال زمان حال بوقوع پیوسته باشد. سپس چند روز پیش از آن یعنی در 16 (جولای)، آپولو 11 از زمین برخاست. سپس چند روز در آینده فضانوردان ماموریت دارند که بدون هیچ اتفاقی سالم روی زمین بنشینند. طبقه بندی یک حادثه به "چند روز پیش" یا "چند روز بعد" تحت سری "A" قرار می‌گیرد. برای نشستن بر روی کره ی ماه چندین اتفاق دیگر در فاصله دورتر (مثلا تروز لینکلن) و تعدادی اتفاق دیگر در فاصله ی بعدی" مثلا مراسم تحلیف رئیس جمهور اواما"؛ و اتفاقات دیگری در نقاط میان این اتفاق ها بوقوع پیوسته است.

تحت سری "A"، حوادث از یک طبقه بندی (مثلا گذشته، حال، آینده) به طبقه بندی دیگر جریان می‌یابند. نشستن روی کره ی ماه در 16 جولای خاصیت این را دارد که به آینده تعلق گیرد. بلافاصله نشستن آپولو 11 روی کره ماه بایستی اتفاقی متعلق به حال باشد. پس از این مورد، طبقه بندی بسوی گذشته تغییر می‌یابد.

در سری "B" هر چند که حوادث در مقیاس فاصله از گذشته به حال مرتب نشده است. بجایش در سری "B" ترتیبات بر پایه ی روابطشان با حوادث

صورت پذیرفته است. بر پای‌هی این ترتیبات، ترور لینکلن پیش از نشستن بر کره‌ی ماه، و مراسم تحلیف اوباما پس از نشستن بر کره‌ی ماه صورت گرفته است. این ترتیب روابط راه جدیدی را برای ما در نگاهمان به مسئله‌ی زمان باز می‌کنند.

دو زمان، یک تناقض

با این تفاوت مکانی، مک تاگارت علاوه بر این اذعان می‌دارد که یک سری زمانی اساسی نیز نیازست تا بتواند یک تغییر بوجود آورد. تحت سری "B"، این وقایع تغییر ناپذیرند. برای مثال مراسم تحلیف اوباما، هرگز خاصیت خود را که پس از نشستن روی کره‌ی ماه انجام گرفته را از دست نخواهد داد و بر عکس، این خواص روابط هرگز تغییر نخواهند یافت.

اما سری A متضمن تغییراتی است که ما در جریان زمان انتظار داریم. حوادث در آن انتظار می‌رود که ابتدا به آینده و سپس به حال و در نهایت به گذشته تبدیل شوند. تحت سری A، زمان دارای جریان خارجی است، و اجازه‌ی اتفاقات واقعی را می‌دهد. در ذهن مک تاگارت (و حتی در ذهن خیلی‌ها)، این تغییرات جنبه‌ی لازم زمان هستند.

اما در اینجا تضادی نهفته است. اگر این حوادث دارای این خواص باشند، در اینصورت دارای خواص متضادی نیز خواهند بود. مک تاگارت استدلال می‌کند که یک حادثه نمی‌تواند در گذشته، در حال، و در آینده باشد. همه‌ی این خواص ناسازگارند، بدین جهت است که سری A راه بسوی تناقض

می‌گذارد. در نتیجه، زمان، که خواهان تغییر است، بطور حقیقی وجود ندارد.

یک لحظه صبر کنید...

بدیهی است، که بسیاری از فیلسوفان و فیزیک دانان به واقعیت وجودی زمان اعتقاد داشته و بر نظریه مک تاگارت می‌تازند. هشدارهای بسیار جذاب و مثالهایی در مقابله با آن وجود دارد که می‌توان آنها را در هر جایی پیدا کرد (elsewhere. read about). با اینهمه، کار مک تاگارت بسیاری از فیلسوفان را در رویکرد به مسأله‌ی زمان تحت تاثیر قرار داده است، و کار وی الهام‌گر نزدیکی فیزیک و فلسفه شده است.

بعنوان مثال وقتی آلبرت اینشتاین نظریه‌ی نسبیت خصوصی را مطرح کرد درک ما «مردم» را نسبت به مفهوم حرکت زمان عوض کرد. در نسبیت خصوصی، همزمانی مطلق حوادث وجود ندارد. برای یک چارچوب مرجع، دو اتفاق ممکن است در یک زمان اتفاق افتاده باشند. ناظری که روی سفینه‌ی فضایی با شتاب فراوان در حرکت است، یک واقعه را پیش از واقعه-ی دیگر مشاهده خواهد کرد. هیچکدام از ناظرین در این مورد بر حق نیستند. این بسادگی شامل مرموز بودن نسبیت خصوصی است.

در نتیجه، بسیاری از فیلسوفان نسبیت خاص را بعنوان مدرکی بر علیه تئوری مدافع سری A مورد استفاده قرار دادند. اگر همزمانی مطلق وجود نداشته باشد، نخواهیم توانست بگوئیم اتفاقی «در زمان حال» افتاده است.

بنابراین از چشم‌انداز نسبیت خصوصی زمان حال مطلقى که شامل حال کل جهان باشد وجود ندارد.

اما استدلال کل مک تاگارت می‌تواند بما در درک فیزیک عجیب و غریبی که در تقاطع مکانیک کوانتمی و تئوری نسبیت عام قرار دارد، یاری رساند. در کوششی که برای متحد کردن ایندو تئوری صورت گرفته است، چندین فیزیکدان مشهور تئوری کوانتم گرانشی را توسعه داده‌اند که دلالت بر این است که جهان فاقد زمان بدان صورتی است که ما درک کرده ایم.

براد مونتون (Monton Brad)، فیلسوف فیزیک از دانشگاه گُرادو بولدر، اخیراً مقاله‌ای در مقایسه‌ی فلسفه‌ی مک تاگارت و تئوریهای برجسته‌ی فیزیک منتشر کرده است، که شامل کوانتم گرانشی است. در طول مصاحبه‌ای ازش سؤال کردم که چگونه ایده‌ی " بدون زمان " در مکانیک کوانتمی گرانشی قابل مقایسه با مک تاگارت است. او گفت که " آنها در سطحی بنیادی (رادیکالیستم) قرار دارند."، " آنها رادیکالیسم فراوانی دارند".

مونتون هشدار داد که گرانش کوانتمی به اندازه‌ی زمانی که مک تاگارت مطرح می‌کند، کمبود ندارد. جان ویلز (John Wheeler)، فیزیکدانی که مونتون بدان اشاره می‌کند، فرض مسلم می‌کند که زمان ممکن است جنبه‌ای اساسی از واقعیت نباشد، اما این جنبه تنها می‌تواند در مقیاس فواصل بسیار کوچک اتفاق بیفتد.

برخی از این ایده‌ها در گرانش کوانتومی ممکن است رادیکال باشند، اما نام آورانی در فیزیک وجود دارند که واقعیت بدون زمان در هسته‌ی مرکزی

بررسی های آنها قرار دارد. اگر تئوری گرانش کوانتومی لزوم یک مفهوم رادیکال از زمان را طلب کند، مک تاگارت در تهیه ی آن بما کمک خواهد کرد.

آنچنانکه موتون در این مقاله می نویسد: «تا زمانی که متافیزیک مک تاگارت پابرجاست، پاسخ به سؤال فیزیکدانان «نه» است.» آنها آزادند، حداقل از دیدگاه فلسفی، بدنبال تئوری بگردند که به کشف نظریه ای بینجامد که در آن نشان داده شود که زمان غیر واقعی است.

بسیاری از تئوریهای گرانش کوانتومی باقی می ماندند، اما این شانس هم وجود دارد که بی زمانی بعنوان یک عارضه ی برجسته همچنان در فیزیک بماند. اگر چنین باشد، امید است که فیلسوفان علم کمک کنند که ما سرمان را از آن پیچیدگی ها بیرون بکشیم.

American Physical Society ©2016

نامه ی نیوتن به ریچارد بنتری (نامه ی 1)

8.286, 9/18/07: Isaac Newton and Richard Bentley- Alan Guth, p.1

بعنوان اولین پرس و جوی تو، بنظر من اگر تمامی خورشید ما و سیارات اطراف آن با تمامی مواد جهان بطور مساوی در آسمان پراکنده شوند، و هر ذره دارای گرانش ذاتی نسبت به بقیه داشته باشد، و سراسر کل فضا که مواد در آن پراکنده اند محدود باشد، تمامی مواد خارج از این فضا باید، بوسیله ی گرانش، بطرف داخل سرازیر شده و، در نتیجه روی آن اولی ریخته و توده ی عظیمی را بشکل کروی در وسط فضا تشکیل دهند. ولی اگر مواد بطور همگن در فضای بینهایت قرار گرفته باشند، در اینصورت نمی توانند تشکیل یک جرم بزرگ بدهند؛ مقداری از آن تشکیل یک جرم و مقداری دیگر تشکیل جرم دیگری خواهند داد. بنابراین اجرایی بزرگی به تعداد بینهایت ساخته می شوند، که در فاصله ی زیادی از هم در سراسر فضای بینهایت پخش می شوند. در اینصورت است که خورشید و ثوابت شکل می گیرند، فرض کنید که مواد از جنسی براق درست شده باشند.

اما چگونه مواد خود را به دو نوع متفاوت تقسیم می کنند که در آن بخشی به یک جسم درخشان تبدیل شده و بخشی به جسمی کدر تبدیل می شوند. نه مانند اجرام بزرگ براق و درخشان بلکه مانند اجرام ریز فراوان و کدر هستند.

و یا شاید اجرام بزرگ در ابتدا کدر بوده، سیارات روشن بودند. چگونه خورشید بتنهائی تبدیل به ستاره ی درخشانی شد و سیارات کدر شدند، من نمی توانم آنها را با علل مادی توضیح دهم، اما من آنرا به یک عامل با تدبیر نسبت می دهم.

10 دسامبر 1692

نیوتون درباره‌ی بینهایت (نامه ی 2)

8.286, 9/18/07: Isaac Newton and Richard Bentley- Alan Guth, p.2

اما تو در پاراگراف دوم نامه‌ات بیان کردی که هر ذره‌ی مواد در یک فضای بینهایت دارای بینهایت مقدار ماده در هر سو بوده، و در نتیجه، بینهایت جاذبه در هر طرف می‌باشد، و بدان جهت باید در جهانی ساکن استراحت کنند، چرا که تمامی بینهایت‌ها با هم برابرند. هنوز هم در مورد آن مقاله، تو مشکوک به این هستی که مغالطه‌ای در کار است؛ و من تصور می‌کنم که مغالطه در جایگاهی قرار دارد، که در آن همه‌ی بینهایت‌ها برابرند. بطور عموم همه‌ی مردم تصورشان از بینهایت به معنی غیر قابل تعیین بودن است؛ با همین درک، آنها فکر می‌کنند که همه‌ی بینهایت‌ها برابرند؛ بهتر بود آنها بجای این بگویند؛ آنها نه برابرند و نه نابرابرند، (و یا بگویند.م)¹² آنها نسبت بهم تفاوت و نسبت مشخصی ندارند. با این تعریف و از این رو، نمی‌توان به نتیجه‌ای نهائی از برابری، نسبتها، یا تفاوت چیزها رسید؛ بدانجهت آنها سعی می‌کنند آنها مغالطه قلمداد کنند.

¹² تمامی پارانتزهایی که پس از توضیح با م. مشخص شده اند از من هستند.

بنابراین، وقتی مردم درباره‌ی بخش‌پذیری اندازه‌ی بینهایت حرف می‌زنند، آنها بر این عقیده هستند که اگر یک اینچ را به بینهایت جزء بخش کنیم مجموع اجزاء می‌شود یک اینچ، و اگر یک فوت را به بینهایت جزء بخش کنیم مجموع اجزاء می‌شود یک فوت، و بنابراین تا زمانی‌که همه‌ی بینهایت‌ها با هم برابر باشند، مجموع آنها برابر می‌شود، که (در مثال ما، م.) برابر با یک اینچ و یا یک فوت است. خطای این نتیجه‌گیری نشانگر خطائی در مقدمات است؛ و خطا در جایگاهی است، که در آن تمامی بینهایت‌ها برابرند.

فوران پرتو گاما چیست¹³؟

نوشته‌ی: شیرزاد کلهری

دستکم یکبار در روز، روشنائی بسیار تماشائی تمامی آسمان را پر می‌کند. این درخشش از ژرفای آسمان و از فوران پرتوئی - گاما ساطع می‌شود. درخشش این پرتو بقدری است که موقتا تمامی پرتوهای گامای آسمان را تحت الشعاع قرار می‌دهد. مدت زمان این فوران می‌تواند از کسری از ثانیه تا بالای هزار ثانیه به درازا بکشد. مدت زمان این فوران و جهت آنرا نمی‌توان پیش بینی کرد. فوران پرتو گاما در عرض 10 ثانیه می‌تواند انرژی به اندازه‌ی انرژی خورشید ما در 10 میلیارد سال از حیات خود را آزاد کند.

برای فهمیدن پرتوی گاما، بایستی دانست که پرتو گاما پر انرژی‌ترین پرتو نوری است. یا در مفهوم کلی‌تر پرتو نوری خود پرتوی الکترومغناطیسی بوده که بوسیله‌ی بسته‌های انرژی که بدانها فوتون می‌گویند در فضا پخش می‌شوند. این فوتونها دامنه‌ی وسیعی از انرژی را در بر می‌گیرند که در بخش پائینی (پائین از نظر انرژی) امواج رادیویی و در دامنه‌ی بالائی آن پرتوهای گاما قرار دارند. چشم آدمی برای طیف وسیعی از امواج الکترومغناطیسی کور است، تنها بطور استثناء نورهای مرئی را می‌توانیم ببینیم. اگر یک اختر

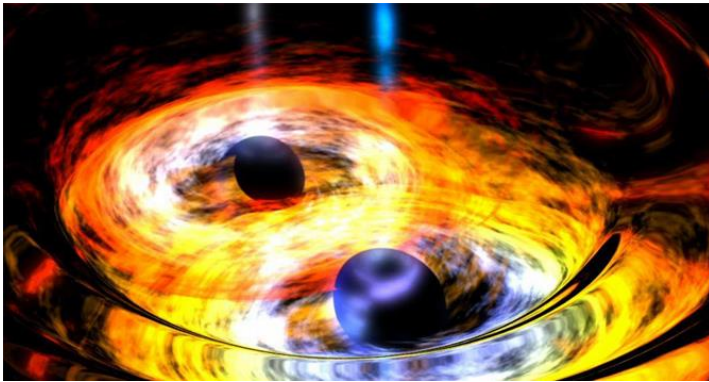
¹³ Gamma-Ray Bursts (GRBs).

شناس تنها به نورهای مرئی بسنده کند، اطلاعات فراوانی را که در فضا رخ می‌دهد را از دست خواهد داد. بنابراین حوادثی مانند حیات و مرگ ستارگان که پخش کننده‌ی امواج نوری سوای نورهای مرئی هستند را درک نخواهد کرد. در 30 سال اخیر اخترشناسان توانسته‌اند دامنه‌ی تحقیقات خود را از فضا در تمامی فواصل بین امواج رادیوئی تا پرتوهای گاما گسترش دهند. این توانائی اخترشناسان، آنها را قادر کرده است تا بتوانند اتفاقات بسیار شگفت‌انگیزی را در جهان ما کشف کنند، از آن جمله می‌توان فوران پرتوی - گاما را نام برد.

چه علتی باعث فوران پرتو گاما می‌شود؟

تاریخچه‌ی کشف پرتو گاما به جنگ سرد بر می‌گردد. که رقبای دارای بمب اتمی پس از قرارداد کاهش سلاحهای اتمی بوسیله‌ی ماهواره‌ها بر آزمایشات اتمی همدیگر ناظر شدند. این نظارت بدین صورت بود که بتوانند با ماهواره پرتو گامای حاصل از انفجار بمبهای اتمی آزمایش شده در زمین را شناسائی کنند. البته آنها پرتو گاما را شناسائی کردند ولی نه آن پرتو گامای آزمایشات اتمی بلکه پرتوهای گامائی که از زرفای آسمان پخش می‌شدند.

چندین تئوری برای علت بوجود آمدن فوران‌های گاما وجود دارد. یک توضیح بر این باور است که این پرتوها نتیجه‌ی تصادم جسد ستارگان نوترونی مرده و با عظمتی می‌باشد (5 تا 10 برابر سنگین تر از خورشید ما) که بعنوان ابرنواختر¹⁴ منفجر می‌شوند. تئوری دیگر باوری دگرگونه دارد بدین صورت که فوران پرتو گاما نتیجه‌ی ادغام یک ستاره‌ی نوترونی با یک سیاهچاله و یا ادغام دو سیاهچاله با هم است. شکل زیر،



شکل 1 - ادغام دو سیاهچاله

سیاهچاله هم به نوبه‌ی خود موقعی بوجود می‌آید که یک ابرسنگین¹⁵ (سنگین تر از 20 برابر خورشید) بمیرد. تئوری سوم که بیشتر طرفدار دارد،

¹⁴ Supernova

¹⁵ Supermassive

می‌گویند که فوران گامائی حاصل فرا نواختر¹⁶ هاست. انفجار یک فرانو اختر موقعی اتفاق می‌افتد که یک ستاره ی بزرگ به پایان زندگی خود نزدیک می‌شود و بصورت سیاهچاله در هم می‌ریزد. انفجار یک فرانو اختر دستکم 100 برابر قدرتمندتر از ابرنواختر است.

چون فوران های پرتو گاما طول عمر کمتری دارند تحقیقات در این مورد را دشوارتر میکند. ماهواره ای که جهت شناسائی و رصد بسوی فوران های پرتو گاما پرتاب شده است تا پرتوی را دریافت میکند چندی طول میکشد تا خود را بسوی پرتو بچرخاند و طول زمان این چرخش گاهی بیشتر از طول زمان رخداد فوران است. بدان جهت حتی اگر ماهواره بتواند بسوی پرتو بچرخد اطلاعات ابتدای فوران را از دست خواهد داد. بدانجهت اطلاعات زیادی ضبط نشده باقی میمانند. جدیداً پژوهشگران توانستند نور مرئی ساطع شده از یک انفجار را ضبط کنند. این حادثه ی بی مانند نتیجه ی برنامه ریزی درست، همکاری و شانس بوده است. در 23 ژانویه ی 1999 بعد از چهار ثانیه از انفجار گذشته، پایان انفجار را ضبط کردند. این اتفاق هم حاصل هماهنگی در اقدامات پژوهشگران و رصد کنندگان سراسر جهان بود، که تمامی داده ها از ابتدا تا انتها، در ضمن اینکه تمامی طیفهای الکترومغناطیسی را از امواج رادیویی تا امواج گاما را در بر میگرفت، می

¹⁶ Hypernova

پوشاند. این فوران درخشندگی نوری را به نمایش میگذارد که به عظمت 10 میلیارد برابر درخشندگی خورشید ما بود. تازه این درخشش یک هزارم درخشش پرتو گامای این انفجار بود.

آینده برای روشن کردن دلایل فوران‌های گاما روشن است. سوئیفت¹⁷ ماهواره ای است که بسال 2003 به آسمان پرتاب شده ، توانائی آنرا دارد که کیهان را در تمامی طول موجها مطالعه کند. این ماهواره چنانکه از نامش پیداست (Swift به معنی سریع و تند است) خواهد توانست در 50 ثانیه بسوی تشعشع ساطع شده بچرخد. و در عین حال میتواند فوران را با طیف های مختلف نور مرئی، فرابنفش، پرتو x، و گاما زیر نظر بگیرد. امیدواریم که پژوهشگران بتوانند به سئوالات فراوانی در این زمینه پاسخ بیابند.

در اینجا چند نمونه از نامه‌های اینشتاین به شرودینگر می‌آیند. این نامه‌ها علاوه بر ارزش تاریخی‌شان، جدیت و فروتنی نگارندها را نشان می‌دهند.

شیرزاد کلهری

¹⁷ Swift

نامه‌ی اینشتاین به شرودینگر 1

همکار گرامی،

16 آوریل 1926

پروفسور پلانک با شور و شوق فراوان به مقاله‌ی شما اشاره کرد، سپس من نیز آنرا با علاقه‌ی زیادی مطالعه کردم. در روند مطالعه شکی برم داشت که امیدوارم بر طرفش کنید. اگر من دو تا سیستم داشته باشم که کاملاً از هم مجزا باشند، و E_1 انرژی مجاز سیستم اول و E_2 انرژی مجاز سیستم دوم باشد، انرژی مجاز کل سیستم که شامل هر دوی آنهاست بایستی برابر با $E_1 + E_2 = E$ باشد.

با این حال، من اینرا نمی‌فهمم که چگونه معادله‌ی شما

$$\operatorname{div} \operatorname{grad} \varphi + \frac{E^2}{b^2(E - \Phi)} \varphi = 0$$

این خاصیت را نشان می‌دهد.

چنانکه خودتان هم می‌بینید منظور من چیست، من معادله‌ی دیگری را ارائه می‌دهم که این شرط را اقناع کند:

$$\operatorname{div grad} \varphi + \frac{(E - \Phi)}{b^2} \varphi = 0$$

برای، هر دو معادله

$$\operatorname{div grad} \varphi_1 + \frac{(E_1 - \Phi_1)}{b^2} \varphi_1 = 0$$

(که برای فاز فضای سیستم اول معتبر است)

$$\operatorname{div grad} \varphi_2 + \frac{(E_2 - \Phi_2)}{b^2} \varphi_2 = 0$$

(که برای فاز فضای سیستم دوم معتبر است)

در نتیجه داریم

$$\operatorname{div grad}(\varphi_1 \varphi_2) + \frac{(E_1 + E_2) - (\Phi_1 + \Phi_2)}{b^2} (\varphi_1 \varphi_2) = 0$$

(که در فضای ترکیبی q معتبر است).

برای اثبات کافی است که ابتدا معادله را در φ_1 و φ_2 ضرب کنید و جمع کنید. بنابراین $\varphi_1\varphi_2$ نتیجه جواب معادله‌ی سیستم مرکب خواهد بود، که متعلق به انرژی $E_1 + E_2$ است.

من بیهوده تلاش کردم که رابطه‌ای از این نوع برای معادله شما درست کنم. بنظر می‌آید که معادله باید ساختی داشته باشد که ثابت انتگرال انرژی در آن ظاهر نشود؛ این در معادله‌ای که من نوشته‌ام وجود دارد، اما با وجود این من نمی‌توانم اهمیت فیزیکی ویژه‌ای بدان قائل شوم، سئوالی که من به اندازه‌ی کافی نتوانستم منعکس اش کنم.

با گرم‌ترین درودها

آ. آینشتاین

ایده‌ای که در مقاله‌ی شماست نشانه‌ای از نبوغ حقیقی است.¹⁸

¹⁸ این تیکه در حاشیه‌ی نامه نوشته شده است، آشکارا پس از تکمیل آن اینرا نوشته است.

آینشتاین به شرودینگر 2

22 آوریل 1926

همکار عزیزم،

من همین الان دیدم که مقاله‌ی اولتان که شما بررسی را روی معادله‌ی

$$\text{div grad } \psi + (E - \Phi)\psi = 0 \text{ ثابت}$$

بنا کرده‌اید. قضیه جمع را برای سیستم مستقل ارضاء می‌کند. بنابراین نامه‌ی من بی‌معنی بود.

من تفاوت پایه‌ای بین آنچه که شما روی گاز [ایده‌آل] کردید¹⁹ و کار خودم نمی‌بینم. بر طبق کار شما نیز، حالت (احتمال برابری) بر پایه‌ی مجموعه اعداد n_1, n_2, n_3, \dots بنا شده است، در آنجا اعداد n_1, n_2 و غیره دارای همان معنی هستند که برای من هستند.

من نمی‌فهمم شما چگونه در مقاله‌ی خود اجازه داده‌ای آخرین فرم (4) استفاده شود، در حالیکه این شامل شرط،

¹⁹ در تبادل نامه‌هایی روی مکانیک آماری پیش از این نامه بود. [مراجعه‌ی نامه‌ها به ا. شرودینگر در، p.95 (1928), Physikalisch Zeitschrift 57 و آ. آینشتاین، در p.3 (1925), Berliner Berichte (1924) p.261] هستند.

ثابت $\sum n_4 =$ نیست.

با بهترین آرزوها

آ. آینشتاین

ذره‌ی بنیادی چیست؟

نوشته‌ی: استیون وینبرگ

زمانیکه یک ناشناس می‌شنود که من فیزیکدان هستم، از من سؤال می‌کند که من در چه زمینه‌ای از فیزیک من کار می‌کنم، من معمولاً این جواب را تکرار می‌کنم که در زمینه‌ی تئوری ذرات بنیادی. دادن یک چنین جوابی مرا عصبی می‌کند. فرض کنید که غریبه بپرسد، «ذرات بنیادی چیست؟» آنموقع بایستی من اقرار کنم که هیچ‌کس نمی‌داند، چیست.

نخست اجازه بدهید توضیح دهم که هیچ مشکلی برای اینکه بگوئیم ذره چیست وجود ندارد. یک ذره یک سیستم فیزیکی ساده است که بجز برای ممنتم کل خودش درجه آزادی پیوسته‌ای ندارد. برای مثال، ما می‌توانیم یک توضیح کلی برای تعریف ممنتم یک الکترون، و همچنین اسپین آن حول یک محور معین بدهیم، که از نظر مکانیک کوانتومی بجای اینکه پیوسته باشد، گسسته است. از سوی دیگر سیستمی مرکب از یک الکترون و یک پروتن یک ذره نیست، برای اینکه اگر ممنتم آن را تعیین کنیم باید نه جمع ممنتم‌های آنها را بلکه ممنتم هر دو را مشخص کنیم. اما آن در حالت

مقید، مثلا بین یک الکترون و یک پروتن، مانند اتم هیدروژن در حالت پایین‌ترین انرژی خود، یک ذره محسوب می‌شود.

همه متفق‌القولند که اتم هیدروژن یک ذره‌ی بنیادی نیست، اما همیشه این تشخیص ساده نیست، یا حتی گفتن اینکه منظور چیست، ساده نیست.

در چند دهه‌ی نخست این قرن (منظور وینبرگ قرن بیستم است. م.) توضیح اینکه ذره‌ی بنیادی چیست، بنظر مشکل نمی‌آمد. جی. جی. تامسون با استفاده از میدان الکتریکی در یک لامپ اشعه‌ی - کاتودیک توانست الکترون‌ها را از اتم‌ها بیرون آورد، بنابراین اتم‌ها ذرات بنیادی نبودند. از الکترون نه چیزی جدا می‌شود و نه شکسته می‌شود، بنابراین بنظر می‌آید که الکترون بنیادی باشد. هنگامیکه هسته‌ی اتم بسال 1911 توسط ارنست رادرفورد کشف شد، فرض بر این شد که هسته‌ها بنیادی نیستند، بخشا بدین دلیل که هسته‌ی رادیوآکتیو پراکندگی الکترون و ذرات دیگر را باعث می‌شود، و همچنین بخاطر اینکه بار و جرم هسته می‌رساند که هسته از امتزاج دو تیپ از ذرات بنیادی بدست آمده است: الکترون‌ها، سبک با بار الکتریکی منفی، پروتون‌ها سنگین با بار الکتریکی مثبت هستند.

حتی بدون ایده‌ی مشخصی که منظور از یک ذره‌ی بنیادی چیست، در آنزمان این ایده‌ی فراگیر و انعطاف پذیر وجود داشت که همه اجسام از دو نوع ذره بنیادی تشکیل شده‌اند که امروزه فهم آن دشوار است. بعنوان مثال، وقتی که نوترون بسال 1932 توسط جیمز چادویک کشف شد، بطور عموم فرض بر این شد که آنها حالت مقیدی از الکترونها و پروتون‌ها هستند. در مقاله‌ی وی این کشف اینچنین اعلام می‌شود، چادویک اعلام نظر می‌کند: «البته، این ممکن است که فرض شود که نوترون یک ذره‌ی بنیادی است. این نظر امروزه جای بحث دارد، بجز امکان توضیح آماری برخی از هسته‌ها (Nuclei) مانند N^{14} ». (کسی ممکن است که فکر کرده باشد که این دلیل خوبی است: بسامد مولکولی N^{14} آشکار کرده بود که



شکل 1- جیمز چادویک 1891 - 1974

هسته‌ی (Nucleus) آن بوزون است، که اگر حالت مقیدی از پروتون و الکترون بوده باشد امکان پذیر نبود.) تازه بسال 1936 بود که توسط مرل تووه Merle Tuve و همکارانش کشف شد که بار مستقل از نیروی هسته است. آن کشف بوضوح نشان داد که رفتار پروتون و نوترون کاملاً همانند هستند؛ اگر پروتون ذره‌ی بنیادی باشد نوترون هم بایستی ذره‌ی بنیادی باشد. امروزه، در صحبت از نوترون‌ها و پروتون‌ها، اغلب ما آنها را چون توده-ای که با هم هستک (Nucleons) را تشکیل می‌دهند، می‌دانیم.

این تازه شروع آن حجم بزرگ فهرست ذرات بنیادی است. میون‌ها (Muons) بسال 1937 (ماهیت آنها بسیار بعدها درک شد)، پیون‌ها (Pions) و ذرات شگفت (Strange Particles) بسال 1940 به این لیست افزوده شدند. سال‌های 1940 بود که ولفگانگ پائولی وجود نئوترینو را پیش‌بینی کرده بود، اما تا سال 1955 که بوسیله آزمایش رینز کووان (Reines و Cowan) کشف شد، شناخته نشده بود. سپس اواخر 1950 بود که با استفاده از شتابدهنده‌ها و اتاقک‌های حباب تعداد زیادی از ذرات جدید، از جمله مزون‌هایی با اسپین بالاتر از صفر و باریون‌هایی با اسپین بالاتر از $\frac{1}{2}$ و با شگفتی‌ها و بارهای متفاوت کشف شدند.

در اصل اینکه - حتی اگر بیشتر از دو نوع ذره‌ی بنیادی وجود داشته باشد - نبایستی انواعشان خیلی زیاد باشند، تئوریه‌ها بر این باورند که بیشتر این

ذرات ترکیبی از چند نوع ذرات بنیادی هستند. اما چند حالت مقید، حالت بستگی بسیار عمیقی دارند، و درست برخلاف اتمها و هسته‌ها هستند. بعنوان مثال، پیوندها بسیار سبکتر از هستک‌ها و ضد هستک‌ها هستند، بنابراین اگر یک پیون در هستکی یا ضد هستکی حالت مقیدی داشته باشد، آنچنانکه فرمی (Enerico Fermi) و چن - نینگ یانگ (Chen-Ning Yang) فرض کردند، انرژی بستگی آن به اندازه‌ی کافی زیاد خواهد بود که بتواند تقریباً تمامی ترکیبات جرمی آنرا از هم بپاشاند. بنابراین ماهیت ترکیبی یک چنین ذراتی مشخص نخواهد بود.



شکل 2- ورنر هایزنبرگ، چپ، در حال صحبت با نیلز بور در کنفرانس کپنهاگ، در انستیتوی بور، 1934.

چه کسی قادر خواهد بود که بگوید که کدامیک از این ذرات بنیادی هستند و کدامیک نیستند؟ تا این سؤال مطرح می‌شود واضح است که همان جواب دیرین - آن ذراتی بنیادی هستند که نتوان آنها را به اجزایشان تجزیه کرد - کافی نخواهد بود. مزونها زمانی بدست آمدند که پروتن‌ها بهم‌دیگر برخورد کردند، و پروتون و آنتی‌پروتونها زمانی بوجود آمدند که مزونها بهم برخورد کردند، حالا کدامیک از اینها بنیادی است؟ جفری چهو (Geoffrey Chew) و دیگران سالهای 1950 این معضل را به اصلی که امروز با نام «دموکراسی هسته‌ای» مشهور است، تبدیل کردند، که قرار شد هر ذره بعنوان حالت مقید ذره‌ی دیگری که عدد کوانتومی متناسب با آن ذره دارد، بررسی شود. این دیدگاه چند دهه بعد بسال 1975 توسط ورنر هایزنبرگ بحث شد، او یادآوری کرد:

در آزمایشهای سالهای پنجاه و شصت... ذرات بسیاری کشف شدند که عمر کوتاه یا بلندی داشتند، اما دیگر جواب روشنی نمی‌توان به این سؤال داد که این ذرات چه محتوایی داشتند. چرا که این سؤال دیگر معقولیت خودش را از دست داده است. برای مثال، یک پروتون می‌تواند بوسیله‌ی یک نوترون و یک پيون، یا لامبدا-هیپرون و کائون، یا در بیرون از دو هستک و ضد هستک تولید شود، پس ساده‌تر از همه خواهد بود اگر چه بگوئیم یک پروتون شامل مواد پیوسته است، و همه‌ی این اظهارات بیک اندازه

درست و یا غلط هستند. بنابراین تفاوت بین ذرات بنیادی و مرکب
بکلی ناپدید می‌شوند. و بی شک این یکی از مهمترین کشفهای
آزمایشگاهی در پنجاه سال گذشته است.

بسیار پیش از هایزنبرگ این (مسئله، م.) بیک نتیجه‌گیری اغراق آمیزی ختم
شد، دو تعریف متفاوت از ذرات بنیادی بطور وسیعی پخش شدند. از زاویه‌ی
دید تئوری میدان کوانتومی، که بوسیله‌ی هایزنبرگ، پائولی، و دیگران در
دوره‌های 34-1926 توسعه یافت؛ که در آن اذعان شده بود که ملات اساسی
طبیعت نه ذرات بلکه میدانها هستند؛ ذراتی مانند الکترون‌ها و پروتون‌ها
بسته‌های انرژی الکترون و میدانهای الکترومغناطیس هستند. این بسیار
طبیعی بود که ذرات بنیادی بعنوان چیزی که میدان‌شان در معادلات
میدانهای اساسی ظاهر شوند - یا، آنچنانکه تئوریسین‌ها معمولا آنرا در
بخش تئوری معادلات لاگرانژی تئوریزه می‌کنند. مهم نیست که ذره سبک
است یا سنگین، پایدار است یا ناپایدار - اگر میدان آن در معادلات لاگرانژی
ظاهر شود، آن بنیادی است، اگر نه، (بنیادی، م.) نیست.

این تعریف قشنگی است بشرطیکه کسی معادلات میدان و یا لاگرانژ را
بداند، اما زمان طولانی بود که فیزیکدانها نمی‌دانستند. هنگامیکه هنوز
تئوری اساسی در کار نبود تقریبا بسیاری از تئوریسین‌ها بین سالهای 1950
و 1960 بدنیاال یافتن راههای عملی بودند که بتوانند بگویند که ذره‌ی داده

شده بنیادی است یا اینکه مرکب است. این ممکن بود که در شرایط خاصی در مکانیک کوانتومی غیر نسبیتی که در آن ذره‌ی بنیادی در جایی که مختصات در سیستم هامیلتونی ظاهر می‌شود، عمل کند. برای مثال، یک تئوری از نورمن لوینسون (Norman Levinson) نشان می‌دهد که چگونه شمار ذرات غیر بنیادی پایدار منهای شمار ذرات بنیادی ناپایدار زمانیکه با افزایش انرژی جنبشی تغییر فاز می‌دهند از صفر به بینهایت صعود می‌کنند. در دسر استفاده از این تئوری آنجاست که در تغییر فاز انرژی به بینهایت می‌رسد، که تقریب پتانسیل پراکندگی غیر نسبیتی بوضوح در آن نقض می‌شود.

بخش بزرگی از سالهای 1960 من از این مورد نگران بودم، تنها چیزی که من به آن رسیدم نمایش این بود که دوترون (Deuteron) حالت مقید پروتون و نوترون است. این دقیقاً بخش هیجان‌انگیز آن دستاورد نبود - همه می‌دانستند که دوترون حالت مقید است - اما این نمایش یک برتری داشت که تکیه بر داده‌های مکانیک کوانتومی غیرنسبیتی و پراکندگی انرژی پائین نوترون - پروتون، بدون هیچ فرض ویژه‌ای درباره‌ی هامیلتونی و یا درباره‌ی انرژی بالا داشت. یک فرمول کلاسیک موج اسپین را در حالت سه‌گانه‌ی s در طول پراش نوترون - پروتون در ترمهای جرم و انرژی بستگی دوترون بدست می‌دهد، اما مشتق این فرمول متکی بر فرضی است که دوترون در

حالت مقید دارد. اگر ما بجایش فرض را بر این بگیریم که بخش ذره‌ی آزاد هامیلتونی شامل یک دوترون مقید بنیادی است، در اینصورت این فرمول برای طول پراکندگی نادرست می‌شود، و بجایش ما فرمولی بدست آورده‌ایم که برای طول پراکندگی در ترمهای جرم هسته، انرژی بستگی دوترون، و بخش زمانی که دوترون بعنوان ذره‌ی بنیادی تلف کرده است (که مربع مقدار ویژه‌ی عنصر ماتریس بین حالت دوترون فیزیکی و حالت آزاد - دوترون بنیادی است). مقایسه‌ی این فرمول با آزمایش نشان می‌دهد که دوترون بیشترین عمر خود را بعنوان ذره‌ی مرکب صرف می‌کند. متأسفانه، این نوع استدلال نمی‌تواند به حالت مقید بسط داده شود، آنچنانکه در فیزیک ذرات بنیادی انجام می‌گیرد.

عدم وجود روشهای تجربی تشخیص ذرات بنیادی و مرکب بدین معنی نیست که این تشخیص مفید نیست. در سالهای 1970 با پذیرش عمومی تئوری میدان کوانتومی ذرات بنیادی که به **مدل استاندارد** (Standard Model) معروف است، تشخیص بین ذرات بنیادی و مرکب بسیار روشنتر شد. این [مدل] کوارک، لپتون، و میدانهای پیمانه‌ای (Gauge fields)، را توضیح داده، بطوریکه این‌ها را ذرات بنیادی می‌نامند: شش رقم یا، مزه‌های (Flavors) کوارکها، هرکدام دارای سه رنگ هستند؛ شش مزه‌ی لپتونها، شامل الکترون؛ و دوازده بوزون پیمانه‌ای، و ذرات W^+ ، W^- ، و Z^0 را شامل

می‌شوند.²⁰ پروتن و نوترون و همه‌ی صدها مزون و باریون پس از جنگ جهانی دوم کشف شده‌اند و بنابراین بنیادی نیستند، آنها مرکب از کوارکها و گلئون‌ها (Gluons) هستند، نه برای اینکه ما از درون آنها می‌توانیم کوارکها را بیرون بکشیم، که می‌شود باور کرد که غیر ممکن است، بلکه برای اینکه در تئوری اینگونه ظاهر می‌شوند.

یکی از جنبه‌های نامشخص مدل استاندارد مکانیسمی است که تقارن الکتروضعیف پیمانهای را می‌شکند و جرم ذرات W و Z را بدست می‌دهد، در نتیجه با افزودن یک حالت حلزونی (حالت هلیسیتیه) اضافی که در حقیقت دو حلزونی ذره‌ی بدون جرم W یا Z با اسپین یک را خواهیم داشت. شکست تقارن تئوری الکتروضعیف به دو دسته تقسیم می‌شوند، بدین معنی که یا حالت حلزونی اضافی بنیادی است آنچنانکه در شکل اصلی تئوری استاندارد موجود است، و یا اینکه مرکب است، آنچنانکه در تئوری معروف به رنگارنگ (Technicolor theory)²¹ بیان می‌شود. بیک معنا، نخستین نتیجه‌ی طراحی هر دو برخورد دهنده‌ی هادرونی بزرگ و

²⁰ این شمارش مربوط به سالهای نوشتن این مقاله یعنی 1996 است. در آخر مقاله جدولی رنگی از ذرات بنیادی آورده شده است که من آنرا انتخاب کرده‌ام و با جدول این مقاله فرق می‌کند، که متعلق به سالهای اخیر است. م.
²¹ تئوری فیزیکی ورای مدل استاندارد است که به شکست تقارن پیمانهای الکتروضعیف اشاره می‌کند، مکانیسمی که در آن بوزونهای W و Z دارای جرم می‌شوند. م.

SSC بد اقبال حل و فصل این سؤال بود که آیا حالت حلزونی اضافی ذرات W و Z بنیادی هستند و یا اینکه مرکب‌اند.

این بایستی پایان داستان می‌بود، اما در خلال سالهای 1970 فهم ما از تئوری میدان کوانتم بر پاشنه‌ی دیگری چرخید. ما می‌خواهیم بفهمیم که امکان اینکه بتوان ذرات را خواه این ذرات حقیقتاً بنیادی باشند یا بنیادی نباشند در انرژی‌های به اندازه‌ی کافی پائین بوسیله‌ی میدان‌هایی که به تئوری‌های میدان کوانتمی موثر معروفند، توضیح داد. بعنوان مثال، حتی اگر میدان‌های هستک (Nucleon) و یا پیون در مدل استاندارد ظاهر نشوند، ما قادر خواهیم بود نرخ پروسه‌ی درگیری پیوندهای با انرژی - کم و هستک‌ها را با استفاده از تئوری میدان کوانتمی موثر که شامل میدان‌های پیون و هسته هستند بجای میدان‌های کوارک و گلوئون محاسبه کنیم. در این تئوری میدان پیون‌ها و هستک‌ها (Nucleon) بنیادی هستند، اما برای هسته‌ها (Nuclei) نیستند. هنگامیکه ما بدین روش از تئوری میدان استفاده می‌کنیم، بسادگی به اصول تئوری کوانتم نسبیته، بهمراه هرگونه تقارن مربوطه، استناد می‌کنیم؛ و در حقیقت هیچگونه فرضی را در ساختار پایه-ای فیزیک انجام نمی‌دهیم.

با این چشم‌انداز، ما تنها حق داریم بگوئیم کوارک‌ها و گلوئونها بیشتر از هستک‌ها و پیون‌ها بنیادی هستند، چرا که میدان‌های آنها در تئوری، مدل

استاندارد، ظاهر می‌شوند که بر روی محدوده‌ی وسیعی از انرژی‌ها اعمال می‌شوند تا در تئوری میدانهای موثر که هستک‌ها و پیوندها را در انرژی پائین‌تری بررسی می‌کند. ما نمی‌توانیم به یک نتیجه‌گیری نهائی درباره‌ی بنیادی بودن کوارکها و خود گلئونها برسیم. خود تئوری استاندارد نیز احتمالاً یک نوع تئوری میدان کوانتومی است، که از یک تقریب تئوری اساسی‌تری تغذیه می‌کند که جزئیات آن بایستی با انرژیهای خیلی بالاتر از آنهایی که قابل دسترس در شتاب دهنده‌های مدرن است، که کوارکها، لپتونها، یا میدانهای پیمانه‌ای را در بر نمی‌گیرند، روشن شود.

تا زمانیکه ما یک تئوری نهائی از نیرو و ماده نداشته باشیم قادر به دادن یک جواب فرجامین به این سؤال نیستیم که کدام ذره بنیادی است.

یک امکان هم اینست که کوارکها و لپتونها و ذرات دیگر مدل استاندارد خودشان ترکیبی از ذرات بنیادی‌تری هستند. در حقیقت ما هیچ ساختاری را در کوارکها و لپتونها نمی‌بینیم مگر اینکه بما می‌گوید که انرژی‌های درگیر در مقیدسازی آنها باید بسیار بالا باشند - بالاتر از چندین تریلیون الکترون

ولت. اما تا حالا هیچکس روی تئوری قانع کننده‌ای در این مورد کار نکرده است.

تا زمانیکه ما یک تئوری نهائی از نیرو و ماده نداشته باشیم قادر به دادن یک جواب فرجامین به این سؤال نیستیم که کدام ذره بنیادی است. هنگامی هم که بیک چنین تئوری دست یافتیم، ممکن است بدین نتیجه برسیم که ساختار بنیادی فیزیک اصلا ذرات نیستند. بسیاری از تئوریسین‌ها معتقدند که تئوری پایه‌ای چیزی شبیه ابر ریسمان است، که در آن کوارکها، لپتونها، و غیره. مدهای مختلف ارتعاشات ریسمانها هستند. بنظر غیرممکن می‌آید که در اصل بتوان مجموعه‌ای از ریسمان‌هایی را مشخص کرد که بطور حقیقی بنیادی باشند، زیرا، چنانکه اخیرا متوجه شده‌اند، تئوری‌های مختلف ریسمان با تیپ‌های مختلف ریسمانها اغلب معادل هستند.

STANDARD MODEL OF ELEMENTARY PARTICLES



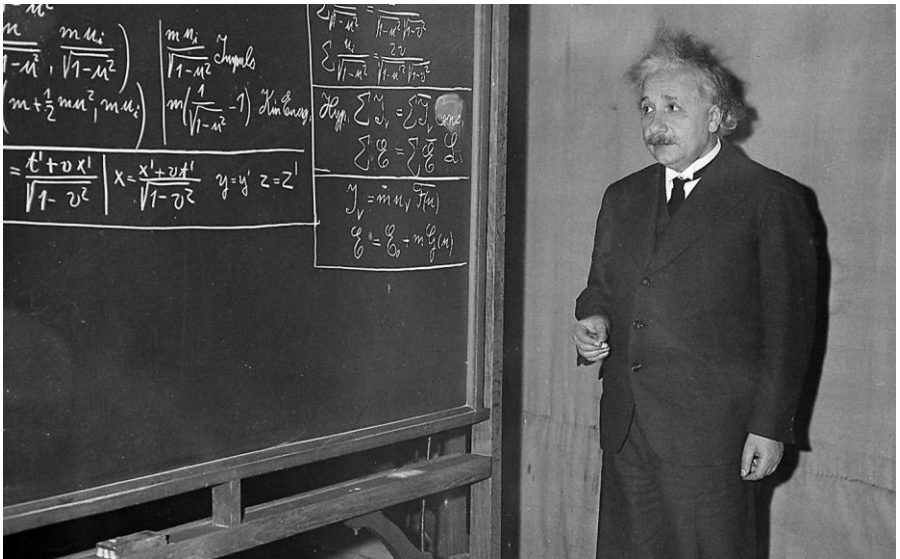
شکل 3 مدل استاندارد ذرات بنیادی

در تمامی این [مطلب، م.] یک درس است. وظیفه‌ی فیزیک پاسخگویی به مجموعه‌ی سؤالهای ثابت درباره‌ی طبیعت نیست، مانند تصمیم‌گیری درباره‌ی اینکه کدام ذره بنیادی است. ما از پیش مطمئن نیستیم که کدام سؤال برای پرسیدن درست است، و آنرا پیدا نخواهیم کرد مگر هنگامیکه بسیار نزدیک به جواب [آن سؤال، م.] باشیم.²²

²² 1996 Steven Weinberg.

آیا اینشتاین نابغه ای تنها بود؟

نوشته‌ی: شیرزاد کلهری



آینشتاین در حین توضیح نسبیت

هیچکس ایده ها و دریافتهای خودش را به تنهایی کشف نکرده است. همیشه کمک‌هایی بودند که به مرور زمان رنگ آنها کم شده و محو شده اند. در صورتیکه اگر کمک های فکری آنان و ایده های پیشینی دیگری نبود، بی شک نوابغ کار بجائی نمی بردند.

در جامعه‌ی ایرانی بایستی یک مورد روشنتر بیان شود. هوشیاری چیزی طبیعی در آدمی است. عده‌ای آنرا می‌پروراندند و دور و بر هر چیزی به غور و بررسی می‌نشینند و عده‌ای این دارندگی را ارج ننهادند و با تنبلی و بطالت نابودش می‌کنند. بنابراین شاگرد تنبل به معنی این نیست که هشیار نیست. بلکه بمعنی اینست که به هوشش ارج ننهادند، آنرا تقویت نمی‌کند. در جامعه‌ی ما اغلب می‌گویند فلانی از بچگی گیج بود. که این یک اندیشه-ی غلط است. بایستی بجایش گفت که او از بچگی تنبل بود.

آینشتاین بچه‌ای تنبل، اما بسیار هوشیار بود. ولی دوستی او با دو نفر از هم کلاسه‌هایش که به فلسفه نیز علاقه داشتند بدانجا رسید که او با فلسفه‌ی ارنست ماخ که استاد دانشگاه و از بنیانگذاران پوزیتیویسم در اطریش بود، آشنا شد. ارنست ماخ یک فیزیکدان برجسته هم بود و به بخشی از قوانین نیوتن ایراد داشت. ولی نمی‌دانست کجای تئوری نیوتن ایراد دارد که در برخی از موارد مهم فیزیک نیوتن جواب نمی‌دهد. این فیلسوف نیز پس از مشهور شدن آینشتاین مشهور شد.

چنانکه مارکسیست‌های آنزمان که از سوئی تئوری نسبیت را ارج می‌نهادند و از سوی دیگر بوسیله‌ی پوزیتیویسم ماخ دچار خشم شده بودند به چالش کشیده شدند. آنچنان شد که لنین کتابی با نام ماتریالیسم و آمپریوکریسیسم را برای برون رفت از این اندیشه نگاشت. که کتابی بسیار بی‌ربط و بی‌سروته و مجموعه‌ای از ایده‌های این و آن است. وی تکیه‌اش بیشتر به فیلسوفات درجه دو مانند فویرباخ و بازاروف است تا فیلسوفان

بزرگی چون ایمانوئل کانت. و استناد وی بطور اعم در مقابله با این فیلسوفان به آنتی دورینک، اثر فردریش انگلس است. کاری با این بحث نداریم بلکه در اینجا گریزی زدیم تا مهم بودن ریشه‌های فلسفی که اینشتاین را به اندیشه فرو برد، گوشزد شود.

دوستان دوران جوانی آلبرت اینشتاین کسانی بودند چون **مارسل گروسمان** Marcel Grossman که ریاضیدانی برجسته بود و دیگری **میشل بسو** Michele Besso که مهندس بود. آنان در دانشکده‌ی تکنیک **ئی تی اچ** زوریخ با اینشتاین آشنا شده بودند. پدر **گروسمان** همان کسی بود که به سال 1902 برای اینشتاین در اداره‌ی ثبت اختراعات کار پیدا کرد. **بسو** در سخت‌ترین مواقع به داد اینشتاین رسید. حتی زمانی که او در تبعید بود بسو از نظر مالی وی را تامین می‌کرد.

اما **گروسمان** بسال 1912 به **ئی تی اچ** برگشته و آنجا به‌همراه اینشتاین مهمترین مقاله‌ای که اساس تئوری نسبیت عام بود را بچاپ رساندند. در این مقاله بود که برای اولین بار اعلام کردند که اجرام، فضا - زمان پیرامون خود را خم می‌کنند. این یک زیر بنای محکمی برای ارائه‌ی نسبیت اینشتاین بود. بدون این پایه، ارائه‌ی نسبیت عمومی ممکن نبود. تنها این دو نفر نبوده که به اینشتاین کمک کرده‌اند. نامه‌های بجا مانده از اینشتاین هست که در آن دوستانش را به کمک فکری طلبیده است.

این مورد نوشته‌ها فراوانند. جدیداً مجله‌ی علمی نیچر Nature مقاله‌ی ای تحت عنوان: "آینشتاین نابغه‌ی تنها نبود Einstein was no lone genius" نوشته‌ است که از مقاله‌ی حاضر مفصل‌تر است.

در مورد تنها نبودن آینشتاین در یافتن ایده‌هایش بحث‌های فراوانی درگرفته است. که بیشتر آنها غرض آلود هستند. برخی آینشتاین را به دزدی ایده متهم می‌کنند و برخی وی را متهم به این می‌کنند که فیزیک خطرناکی را پیش کشیده که منجر به کشف بمب اتمی شده است. ولی درباره‌ی این مرد بزرگ باید گفت که زمانی یک فیزیکدان گمنام به نام بوز Bose از هندوستان نامه‌ای به آینشتاین نوشت و برای اولین بار ذراتی بنیادی که بعدها بنام وی بوزن نامگذاری شد، را کشف و مطرح کرده بود. آینشتاین این ایده‌ی وی را با نام وی در کنگره‌ی فیزیکدانان مطرح کرده، از آن دفاع کرد. اکنون فرمول بوز - آینشتاین بسیار مشهور است. در صورتیکه وی می‌توانست براحتی آنرا به نام خود ثبت کند. بدون اینکه کسی ذره‌ی ای شک کند. آن موقع آینشتاین آنقدر مشهور بود که حتی خود بوز هم نمی‌توانست آینشتاین را به دزدی ایده‌اش متهم کند.

اگر به همه‌ی یافته‌های آینشتاین که لایق نوبل بودند می‌شد این جایزه تعلق گیرد. وی می‌توانست دهها نوبل دریافت کند. یادش گرامی باد!



از چپ به راست : مارسِل گروسمان، آلبرت آينشتاين و ميشل بسو.

ترجمه و تاليف: شيرزاد كلهرى

مقدمه‌ی روگر پن‌رُز²³ بر نسبت آینشتاین²⁴

آلبرت آینشتاین تئوری نسبیت خصوصی خویش را بسال 1905 ارائه داد، و بسال 1916 نسبیت عمومی را فرموله کرده و بچاپ رسانید. ملاحظات وی در این کتاب یعنی نسبیت: تئوری خصوصی و عمومی (عنوان چاپ اصلی آلمانی‌اش) بسال 1906 منتشر شد. بنظر من، بسیار قابل توجه و خوشحال کننده است که وی پس از تکمیل نسبیت عمومی، یک چنین اثری را برای عموم مردم عرضه کرد. آن تئوری، بویژه، یک دید انقلابی فوق‌العاده‌ای را به جهان فیزیکی ارائه کرد، که استدلال مفاهیم جدید و ژرفی در باره‌ی زمان، مکان و گرانش بود. به مرور زمان این تئوری از آزمایشات مختلف جان سالم بدر برد. زمانیکه اینشتان حدود 90 سال پیش تئوری عمومی را ارائه کرد، برای عموم مردم بیشتر کنجکاوی بزرگی بوجود آورد، که در حقیقت ماهیت یک ایده‌ی انقلابی بود، و دامنه‌ی وسیع و اجتناب ناپذیری از بدفهمی‌ها را به انواع مختلف دامن زد. بنابراین یک توضیح فوری و ضروری از طرف قهرمان برای ارائه به عموم مردم ضرورت داشت. این کتاب بسیاری از کج-

²³ روگر پن رز (Roger Penrose) ریاضی فیزیکدان بزرگ انگلستان و از همکاران استیون هاوکینگ است. تئوری‌های بسیار برجسته‌ای درباره‌ی تکینگی و سیاهچاله‌ها دارد. کتابی که پن رُز بر آن مقدمه نوشته است همان کتاب نسبیت نظریه‌ی خصوصی و عمومی و مفهوم نسبیت است که محمدرضا خواجه‌پور آنر از متن قدیمی‌اش بسال 1362 ترجمه کرده، انتشارات خوارزمی آنرا بچاپ رسانده است.

²⁴ لطفا توجه داشته باشید که این پیشگفتار بسال 2005 نوشته شده است. پس از این تاریخ تغییرات فراوانی در این عرصه از فیزیک بوجود آمده است. م.

فهمی‌ها را از میان برداشت. اما حتی امروز نیز، شمار کثیری از فیزیکدانان کاملاً به درجه‌ای که آینشتاین جهان را معرفی کرده است، پی نبرده‌اند. کتاب جدیدی که بمناسبت صدمین سالگرد نسبیت خصوصی بچاپ رسیده بسیار بموقع ارائه شده است. و ما خوشحالیم که در این اثر عالی که بزعم روبرت گروک «Robert Geroch's» برای بیان پایه‌ای ایده‌های آینشتاین با دیدی بسیار مدرن می‌باشد، شرکت داریم.

باید اشاره کرد که در بین این دو انقلاب [نسبیت خصوصی و عمومی، م.]، این نسبیت عمومی بود که آینشتاین سهم منحصر بفردی در آن داشت. نسبیت خصوصی که آینشتاین بسال 1905 ارائه داد، در حقیقت پیشرفت پایه‌ای آنچیزی بود که به «معجزه‌ی سال» وی مشهور شد ولی این اثر در مقابل نسبیت عمومی چیز منحصر بفردی نبود. زمانی که این تئوری تحولاتی مانند مخلوط کردن زمان و مکان، که لازمه‌ی زمانی است که سرعت نسبی بین چارچوب مرجع ناظران مختلف به سرعت نور نزدیک باشد را بیان می‌کند، گیج کننده شد. اما این اندیشه‌ها تا زمانیکه آینشتاین پا به عرصه‌ی ظهور بگذارد در هوا بودند. دیگران قبل از او، بخصوص فیزیکدان برجسته‌ی هلندی هنریک آنتون لورنتس (Henrik Antoon Lorentz) و ریاضیدان برجسته‌ی فرانسوی هنری پوانکاره (Henri Poincare) پایه‌های این تئوری را چندین سال پیش از آینشتاین فرموله

کرده بودند، گرچه آنها به ماهیت اساسی این انقلاب پی نبرده بودند، حتی به آنچه که اصول تئوری نسبیت به طور واضح درباره‌ی نیروهای فیزیکی صحبت می‌کند نیز نرسیده بودند. (فیزیکدان انگلیسی جوزف لارمور (Joseph Larmor) بطور جداگانه پیش از آن دو، به این تبدیلات دست یافته بود. و بخشی از نتایج را فیزیکدان آلمانی والدمار وویت (Woldemar Voigt) و فیزیکدان ایرلندی جورج فرانسیس فیتزجرالد (George Francis FitzGerald) نیز بدست آورده بودند.) بنظر من خود آینشتاین هم بطور کامل ماهیت نسبیت خصوصی را پیش از 1905 درک نکرده بود، در حقیقت بسال 1908 که آخرین دانش ریاضی که توسط هندسه‌دان روسی - آلمانی هرمان مینکوسکی (Hermann Minkowski) ارائه گردید (که وی بطور موقت در انستیتو تکنولوژی فدرال زوریخ در پایان سال 1890 معلم آینشتاین بود.) آینشتاین به فهم نسبیت نائل گردید. این ایده‌ی مینکوسکی بود که ترکیب زمان و مکان را بوجود آورد، و فرآیند فیزیکی آنرا توضیح داد که اکنون ساکنان فضای چهار بعدی بدان، نام فضا- زمان داده‌اند.

برای آینشتاین قدری طول کشید تا از فضیلت فضای چهار بعدی مینکوسکی قردرانی کند. حتی در ملاحظات که او در اینجا ارائه می‌دهد نگرانی وی را از دیدگاه‌های مینکوسکی در قیاس با هندسه‌ی اقلیدوسی آشکار می‌کند. اما در مختصات موهومی زمان (بعبارت دیگر، وقتیکه

اندازه‌گیری زمان گرفتار واحد $(\sqrt{-1})$ می‌شود که من از آن بعنوان چیزی گمراه کننده نام می‌برم) او هندسه‌ی فضا - زمان را به باور من به روش آن - چیزی که من بیشتر فیزیکی می‌دانم، توضیح نمی‌دهد. تحقق‌پذیری فیزیکی منحنی فضا - زمان، شبه‌زمانی است، و بنابراین، انعکاس آن در ملاحظات مدرن، تهیه واقعی یک چنان اندازه‌گیری متریکی است که زمان را از روی منحنی مانند اندازه‌گیری طول، بتواند انجام دهد. در یک تقریر عالی از یک چنان نسبیتی، متخصصینی چون **جان لیتون سین** (John Synge Leighton) و **هرمان بوندی** (Hermann Bondi)، بر این امر تاکید کرده‌اند که در یک معنای عادی هندسه فضا - زمان یک گاهشماری بجای هندسه است، چنانکه آن ساعتی است که متریک را بهتر از روش‌های کوچکی که آینشتاین در توصیفات خود مورد استفاده قرار داده است، بیان می‌کند. روشها مستقیماً فواصل فضا - زمان (شبه - فضا) را اندازه‌گیری نمی‌کنند: زیرا آنها اضافه بر آن نیاز به تعیین چند مفهوم برای «همزمانی» دارند، لذا با این درک آن مفاهیم بسیار گیج کننده می‌شوند. گرچه ساعتها اندازه‌گیری فواصل (زمان‌گونه) فضا - زمان را مستقیماً انجام می‌دهند، آنها همچنین بطور بسیار عالی و دقیق اندازه‌گیری فضا - زمان هندسی را نیز ارائه می‌دهند. (هر چند که اکنون، تعریف مدرن و دقیق یک متر بوسیله‌ی اندازه‌ی ترم زمانی، که دقیقاً برابر با $1/299,792,458$ ثانیه نوری است بیان

می‌شود.) می‌خواهم بگویم که، به دلایل گوناگون، این کتاب بیشتر بخاطر بینش تاریخی آن در زمانی که نسبیت هنوز جوان بوده، و تفسیر بسیار عالی آینشتاین از تئوری نسبیت‌اش لذت بخش است.

آینشتاین وابسته به ایده‌ی فضا - زمان مینکوسکی بود چرا که جهت گنجاندن گرانش در تصویر مینکوسکی بدان نیاز داشت، تا به موجب آن تئوری نسبیت عمومی را فرموله کند. این تئوری از یک نوع - تقریباً منحصر بفردی در توسعه‌ی علمی - بود چرا که بی دلیل نیست که فرض کنیم، که اگر آینشتاین نبود، این تئوری توسط کس دیگری تا قرن‌ها ارائه نمی‌شد. چنانکه پیش از این گفتم نسبیت خصوصی کار مشترک بسیاری از افراد بود، ولی [همان نسبیت خصوصی، م.] نخستین بار توسط آینشتاین در قرن بیستم ارائه شد. اما تئوری نسبیت عمومی نیازمند اساس دیگری بود، و خط سیر قابل قبولی که بتوان رد پای دیگران را در بوجود آوردن این تئوری پیدا کرد، بسیار سخت است.

هندسه‌ی مینکوسکی برای نسبیت خصوصی «مسطح» بود چیزی که در اساس فضای سه بعدی هندسه اقلیدوسی است، اما آنچیزی که مینکوسکی برای تغییر هندسه‌ی اقلیدوسی نیاز داشت این نبود که سه بعد را به چهار بعد تبدیل کند، بلکه پیدا کردن روش مناسبی بود برای یک تئوری نه تنها در فضای تنها بلکه مناسب **فضا-زمان** باشد (که امروز از آن به

اسم متریک «لورنتزی» نام می‌برند). فضای مینکوسکی زمینه‌ای مناسب برای نسبیت خصوصی تهیه کرد، اما گرانش را در خود شرکت نداد. آنچه‌ی که آینشتاین بدان نیاز داشت نه هندسه‌ی یکنواخت بلکه هندسه‌ای غیرعادی (نامنظم، م.) بود، بنابراین هندسه‌ی مینکوسکی می‌بایستی بطور پیچیده‌ای برای توضیح همه‌ی جزئیات بغرنج میدان گرانشی **وایچیده** می‌شد.

در حقیقت اقبال با آینشتاین بود که یک چنان هندسه‌ی نامنظمی بیشتر در ریاضیات محض در قرن نوزدهم، توسط ریاضیدانان نامی آلمانی کارل فردریش گاوس (Carl Friedrich Gauss) و جرج فردریش برنارد ریمن (George Friedrich Bernhard Riemann) (در فضای محض نه در فضای «لورنتسی» اش) مورد مطالعه قرار گرفته بود. بنظر می‌آید که گاوس بر این فکر بوده است که فضای فیزیکی بایستی هندسه‌ای غیر-مسطح (اما یکنواخت) باشد و ریمن بر این باور نزدیک بود که ماده می‌تواند ما را به یک فضای فیزیکی راهنمایی کند که هندسه‌ی نامنظم داشته باشد. هندسه‌ی ریمن اساس جدائی ناپذیری از نسبیت عمومی آینشتاین شد. اما بینشی از نوع کاملاً متفاوت و بسیار قدرتمندی که آینشتاین را به درک کلیدی انحنای فضا-زمان راهنمایی کرد، گرانش بود.

این بینش چه بود؟ آینشتاین پیش از این نسبیت خصوصی را ارائه کرده بود، که در آن قوانین فیزیکی در هر چارچوب مرجع «ماندی» یکسان است. در این تئوری، همچون تئوری نیوتون، یک مرجع ماندی چیزی است که قوانین دینامیکی استاندارد در آن برقرار باشد. چنانچه اگر ما از یک چارچوب ماندی به یکی دیگر جابجا شویم، حرکت یکنواخت مستقیم‌الخط به یک حرکت مستقیم‌الخط دیگری منتقل شود. کلید نسبیت خصوصی در این بود که اگر ما از یک چنان چارچوبی به یکی دیگر منتقل شویم سرعت نور بلا تغییر می‌ماند. اینشتاین از این محدودیت چارچوب ماندی پریشان خاطر بود، بنابراین او سعی کرد که ببیند که چگونه ممکن است قوانین فیزیکی در چارچوب غیر - ماندی (شتابدار) نیز بلا تغییر بمانند. این مسئله بطور مشعشانه‌ای با «شادمانه‌ترین اندیشه» در زندگی آینشتاین، بهنگامیکه او روی صندلی خود در ثبت اختراعات برن لم داده بود و متوجه شد که «اگر یک نفر سقوط آزاد کند هیچ وزنی در خود حس نخواهد کرد.»، حل شد. به بیان دیگر، فیزیک در چارچوب شتاب متفاوت‌تر از چارچوب ماندی است، آنهم تنها بخاطر تاثیر میدان گرانشی است. اینرا وی «اصل تعادل» نامید، بعبارت دیگر، تعادلی بین شتاب و میدان گرانشی است. در اصل این اثری است که به گالیله منسوب است (همه‌ی اجسام در میدان گرانشی با یک شتاب سقوط می‌کنند)، اما تا سیصد سال به حد زیادی بدان بی توجهی شده بود. ایده‌ی کلیدی نسبیت عام، اینست که با ورود گرانش در آن،

بایستی در مفهوم (چارچوب ماندی) تجدید نظر شود. مفهوم جدید چارچوب ماندی آینشتاین با نیوتن فرق می‌کند. برای نیوتن، چارچوبی که بر روی زمین ثابت است (بی توجه به چرخش زمین) می‌تواند ماندی باشد؛ اما برای آینشتاین، یک چنین چارچوب ماندی وجود ندارد. اما بجایش، یک چارچوب در سقوط آزاد، و در میدان گرانش زمین، می‌تواند ماندی بشمار آید. نوآوری آینشتاین، بهنگامیکه میدان گرانشی معرفی شد، تعریف یک ماندی بود که در آن یک ناظر نیروی گرانش (یا شتاب) را حس نکند.

توانائی آینشتاین در پایه‌ریزی تئوری گرانشی با این اصول کلیدی، به‌همراه کشف‌های مهم‌اش در «سال معجزآسا» در خلال 1915، که در آن جرم و انرژی در اساس خود یک چیزند ($E=mc^2$)، و نشان دادن اینکه این به تئوری پایه‌ای به انحنای فضا - زمان منجر می‌شود، و چیزی با این دقت فوق‌العاده‌ای که نسبت عمومی از خود نشان داده است (بویژه مشاهده شده در تپ‌اختر دوتائی PSR1913+16)، و اثر نسبیت عمومی بعنوان ابزاری که در کیهانشناسی بکار می‌رود، که بوسیله‌ی آن اثر گرانش حالت ذره‌بینی دارد، دستاوردهای حیرت‌انگیزی بودند. حتی معرفی ثابت کیهانی بسال 1917 که بعنوان «بزرگترین اشتباه» [بزعم خود آینشتاین، م.] آینشتاین نامیده می‌شد، (که مانع پیشبینی وی از انبساط فضایی گردید)، نیز بسال 1998 بعنوان ماده‌ی مورد نیاز کیهانشناسی مدرن گردید.

ملاحظات آینشتاین که در این جا [در کتاب نسبیت آینشتاین، م.] شرح داده شده، بسیار جذاب است. پیش از تئوری آینشتاین، نمی‌توانستیم تقریباً هیچ چیز قابل قبولی درباره‌ی ساخت کیهان بطور کل بگوئیم. اما آینشتاین توانست بسرعت تئوری نسبیت عمومی را به کل جهان تعمیم دهد. هر چند که این مشاهدات جدید در دسترس نبودند. برخی از ملاحظات ریاضی اشتباهی که در تئوری ارائه شده است اکنون مورد مذاقه قرار گرفته است. [با اینهمه زیر سایه‌ی نسبیت عمومی، م.] در واقع ما اینجا می‌بینیم که شروع به رویکرد مدرنی در کیهانشناسی کرده‌ایم.

گزارش آینشتاین به سویی هدف‌گیری شده است که خوانندگان عمومی را در برگیرد، و این یک موفقیت تمام عیار است. با این حال، وقتی که درباره‌ی معادلات میدانهای واقعی در تئوری نسبیت توضیح داده می‌شود [این توضیحات، م.] به حداقل می‌رسند. این در تضاد با توضیحی قرار می‌گیرد که در باره‌ی تبدیلات لورنتس در نسبیت خصوصی که او درباره‌ی آنها به بحثی مفصل پرداخته شده است، قرار می‌گیرد. در حالیکه کمیت‌های متریک g_{ik} فراخوانده می‌شوند، کمیت تانسوری انحناء فضا - زمان لازم (ریمن) مطلقاً شاملش نیستند، تنها در حاشیه برای بدست آوردن کمیت-هایی قرار گرفته‌اند که حذف آنها شرایط را برای چارچوب کامل مرجع اولیه (فضا- زمان مسطح) که وجود دارند، آماده می‌کنند. بوضوح آینشتاین می-

دانست که همه چیز را نمی‌تواند با جزئیاتشان در کتابی که مخاطبانش عموم هستند، توضیح دهد.

این تعجب آور است، مخصوصاً برای کتابی که بلافاصله پس از ارائه‌ی نسبیت نوشته شده باشد. اما نتیجه این شد که ماهیت واقعی نسبیت عمومی که شامل معادلات میدان بودند بطور کامل منتقل نشوند. چنانکه من گفته‌ام، او سعی نکرد که اساس مفهوم انحنای فضا-زمانی نسبیت را که کلید ریاضی تئوریش بود برای خوانندگان توضیح دهد. توصیف عمومی مدرن می‌تواند استفاده‌ی کامل از نمود فیزیکی انحنای فضا-زمان را به ترمهای جزر و مدی واپیچیدگیها (که بوسیله‌ی **فلیکس پیرانی** (Felix Pirani) و دیگران در سالهای 1950 اشاره شده است) ببرد، اما در آن موقع اینها در دسترس آینشتاین نبودند، و به ناچار ملاحظات وی به تفسیر فیزیکی کوتاهی برای انحنای فضا-زمان بسنده شد. بسال 1922، او معنی نسبیت (The meaning of Relativity) را انتشار داد، که، باز در حد افکار عمومی نوشته شده بود، ولی شامل جزئیات بیشتری از اثر حاضر بود.

نسبیت شاید معروفترین کتاب آینشتاین باشد. هر چند که وی بهنگام توصیف ایده‌های فیزیکی خویش آشکارا و با اعتماد بنفس جسورانه‌ای آنرا بنمایش می‌گذارد، اما من احساس می‌کنم که وی دچار یک تزلزل قطعی در قابلیت انتقال این ایده‌ها در کاربرد لغات از خود بنمایش گذارده است.

در آغاز کتاب، او برای تأیید از فیزیکدان بزرگ لودویک بولتزمن نقل قول می‌آورد که «چیزها برای زیبا شدن بایستی به خیاطان و پینه‌دوزان سپرده شوند.» با اینهمه یک نوع زیبایی مشخص در نوشته‌های آینشتاین است؛ چنانکه در شکل کامل خود، این زیبایی باعث می‌شود که نوشته به آسانی مطالعه شود. با اینهمه یک ناموزونی در نوشته وجود دارد؛ گذرگاه‌هایی که آینشتاین در بیان مفاهیم آنها راحت است بسیار صاف و هموار است. او وقتی از نقش چارچوب مراجع و سیستم دستگاه مختصات حرف می‌زند (یا تکرارشان می‌کند) زیاد راحت نیست، با استفاده از یک قیاس نادر و گیج کننده از یک نرم تن (یا در معنی لغوی آن بزبان آلمانی «-Bezugsmol-luske»)، که بوضوح نمایانگر اینست که باور به سیستم مختصاتی بعنوان یک مورد فیزیکی دارد، که می‌تواند مانند تعدادی از بی‌مهره‌گان شنا کنند و در ضمن بتوانند در هر زمان شکل خودشان را عوض کنند. (این ایده را هرمن ویل ریاضیدان گرفت و یک نقطه نظر مدرن را که مربوط به مختصات است، بدست داد، نگاه کنید به نسخه‌ی پنجم فضا - زمان - ماده‌ی او). اما او [آینشتاین، م.] هنگامیکه ایده‌های فیزیکی قدرتمند خود و بینش‌های جهانی جدیدش، مانند اصل هم‌ارزی و تفکرات و اندیشه‌هایش درباره‌ی ماهیت کیهان را ارائه می‌دهد، آنها را در بهترین حالت امیدواری توضیح می‌دهد.

نسخه‌ی حاضر شامل چیزهائی است که در ترجمه انگلیسی آن بسال 1920 بدان افزوده شده، اما نه چندان اخیر در چاپ بزرگ آن بسال 1954، یعنی یک سال پیش از مرگ اینشتاین، او بطور کوتاه آخرین ایده‌ها برای یافتن یک «تئوری میدان واحد»، که بر طبق آن بتوان الکترومغناطیس و گرانش را زیر یک چتر جمع کرد را توضیح داده بود، اضافه شده بود. بایستی گفت که ایده‌های بزرگی که اینشتاین در اواخر عمر خود در آنها زُلی داشته است بیک چیز صریح و مهمی ره نبرده است. این از ضعف مسیر فکری اینشتاین بوده است که نتوانست تئوری میدان واحدی را فرموله کند چنانکه بنظر می‌آید او سعی هم نکرد که کنش‌های فیزیکی غیر از گرانش و الکترومغناطیس را در برنامه‌ی واحدسازی خودش ادغام کند. بنظر می‌آید که اینشتاین در اواخر عمر خود، روابطش را با توسعه‌ی فیزیک مدرن قطع کرده باشد - فیزیک کوانتومی که او از بنیانگزاران مهمش بود- او توانائی قبول اصول رو به رشد و نتایج تئوری مکانیک کوانتومی را نداشت. با این حال، بنظر من چند حقیقت عمیق وجود داشت که اینشتاین آنها را بر نمی‌تابید از جمله ذهنیت و عدم وجود واقعگرایی در روشی که تئوری کوانتم در آن توسعه یافته بود. من در این مورد با او موافقم که نظریه‌ی نسبیت مدرن کامل نیست، و توسعه‌های جدید آن بایستی منتظر بالهائی باشند که ما را آماده به یک انقلاب کوانتومی جدیدی، که شاید قابل مقایسه با نسبیت عمومی خود اینشتاین باشد، رهنمون سازد. این از منظر من شخصی است

که بسیاری از بینش‌هائی که آینشتاین را به فرموله کردن تئوری نسبیت رهنمون کرد، اساساً و بویژه اصل هم‌ارزی بوده باشد، که تهیه‌کننده‌ی مهمترین حلقه‌ی زنجیر یک چنان تئوریه بود. اما اینها موضوعاتی برای آینده هستند، و شاید برای آینشتاینی جدید!

پس از مرگ آینشتاین بسال 1955، موضوع مهم بودن نسبیت عمومی توسعه‌ی بیشتری یافته است. شاید قابل توجه‌ترین آنها در سوی مشاهدات بوده است، که منتهی به نتایج بسیار دقیق و مهمی که بطور بسیار ژرف و دقیقی نسبیت عمومی آینشتاین را در کار با طبیعت مورد تأیید قرار داده است. این زمانی شروع شد که بسال 1960، هنگامیکه آر. و. پاوند « R. V. Pound » و ج. آ. ربکا « G. A. Rebka » توانستند یک تأییدیه‌ی قابل قبولی به پیش‌گوئی آینشتاین درباره‌ی اینکه زمان در میدان گرانش کمی کند می‌شود، ارائه بدهند. این یکی از «سه تست‌های» مشهور نسبیت عمومی آینشتاین بود، که متأسفانه، بطور واقعی بوسیله‌ی آدامز بسال 1924، در رصد همنشین سیریوس (Sirius) «کاملاً محقق» نشد، که بطور خودبینانه- ای در ضمیمه 3 در پایان پانویس نسبیت توسط آینشتاین نوشته شده است. پاوند و ربکا این نتیجه را در مقایسه‌ی سرعت زمانی در بالا و پائین یک برج 22.5 متری بدست آوردند، که نرخ در بالای برج به اندازه‌ی یک ثانیه بر 30 میلیون سال بیشتر بود!

در ضمیمه‌ی سوم اینشتاین نتایج هیئت اعزامی آرتور ادینگتن (Arthur Eddington) به جزیره‌ی پرینسیپ (Princip Island) بسال 1919، که در آن بطور نادقیقی پیش‌بینی نسبیت عمومی در انحراف نور در نزدیکی میدان گرانشی خورشید (یکی دیگر از آن «سه تست») را تأیید می‌کرد، را گزارش کرده بود. این [اندازه‌گیری، م.] اکنون بسیار بهبود یافته است، که بسال 1969 با گزارش مشاهدات رادیوئی کوازار (اختروش) شروع شده است. اثرات یک چنین «همگرایی گرانشی» بعنوان ابزار مهمی در کیهانشناسی برای تعیین مستقیم توزیع جرم در فواصل بسیار دور مورد استفاده قرار می‌گیرد. چشمگیرترین تأیید تئوری اینشتاین در زمان حیات او (آخرین تست از تستهای سه‌گانه)، تعیین حرکت تقدیمی عطارد که ظاهراً مدار حرکتش عادی نبود [اینرا نسبیت عمومی پیش‌بینی کرده بود. م.] این آثار، به‌مراه «اثر تاخیر زمانی Time delay effect» که جدیداً و با دقت بسیار بالائی در سیستم خورشیدی انجام شده، کلاً در کاری که بوسیله‌ی شاپیرو (Shapiro) و همکارانش انجام گردیده، گزارش شده است. تا کنون تحسین برانگیزترین آزمایش نسبت به سایرین گزارش حرکت مداری سیستم ستاره‌ای دونوترونی PSR 1913 + 16، که رصد آن توسط تیم برنده-ی جایزه‌ی نوبل تیلور و راسل هولز (Taylor and Russell Hulse) و با دقتی قریب به یک بر صد میلیون میلیون، که در مدت حدود سی سال رصد پایان رسیده است، می‌باشد. که در این روش بسیاری از اثرات نسبیت

عمومی شرکت داشتند. اینرا می‌توان بعنوان نمونه‌ای در سطح آشنا برای عموم مثال زد که نرم افزار جی پی اس (GPS) اثرات نسبیت عمومی را بطور موفقیت آمیزی بکار گرفته است. در بخش تئوری هم پیشرفتهای چشمگیری شده بود. شاید در زمان حیات اینشتاین یکی از قابل توجه‌ترین تئوری‌ها درباره‌ی سیاهچاله‌ها بود، که با توجه به کارهای اولیه‌ی چاندراسه-خار (Chandrasekhar) 1931، اُپن‌هایمر (Oppenheimer) و سنیدر (Snyder) ، 1939، و دیگران، بتوسط وی جدی گرفته نشد. حالا ما می‌دانیم که رمبش گرانشی (Gravitational Collaps) در یک سیاهچاله می‌تواند بدون در نظر داشتن تقارن اتفاق بیفتد. و در آنجا محدودیت ویژه‌ای از اینکه مواد چه ترکیبی دارند، وجود ندارد. همه‌ی آنچیزی که لازم است به اندازه‌ی کافی موادی است که در منطقه‌ای به اندازه‌ی کافی کوچک تمرکز یافته باشند. این می‌تواند در ستارگان منفرد (بگو به اندازه‌ی ده برابر خورشید) یا تجمع زیادی از ستارگان در مرکز کهکشان اتفاق بیفتد، و حالا ما شواهد زیادی برای هر دو مورد در تشکیل سیاهچاله داریم. بررسی‌های تئوریک بما می‌گویند که در منطقه‌ی مرکزی سیاهچاله‌ها، معادلات میدان کلاسیک اینشتاین (که در آنجا «کلاسیک» بمعنی غیبت بررسی‌های مکانیک کوانتمی است) بایستی به حد پایانی خود برسد، و به آنچیزی که ما بدان «تکینه‌ی فضا - زمان» می‌نامیم منجر شود، که در آنجا انتظار می‌رود که چگالی مواد و انحنای فضا - زمان به مقدار بینهایت برسند. این منطقه‌ی

دردسر ساز، با این حال که توسط «افق رویداد» محاصره شده است، باعث جلوگیری از خروج هر نوع ذره و سیگنالی از آن منطقه می‌شود. هنوز، در حالت عمومی، لزوم وجود یک چنان «افقی» در حد فرض، بدون اثبات - رجوع شود به «سانسور کیهانی» - و قابل بحث بعنوان مسئله‌ی ریاضی حل نشده‌ی مهم برای نسبیت عمومی کلاسیک باقی مانده است. از سوی دیگر، محقق شده است که مسلماً یک چنین افق رویدادهائی اتفاق می‌افتند، و اگر فرض شود که فضا - زمان ثابت باشد، در آنموقع بویژه ما می‌توانیم هندسه‌ی سیاهچاله را بدست آوریم که به سادگی توسط رُی کر (Roy Kerr) بسال 1963 بدست آمده است. آنچنانکه متخصص فیزیک نجومی (فیزیک نجومی دان Astrophysicist) سوپرامانیان چاندراسه‌خار اشاره کرده است، سیاهچاله‌ها اشیاء تمام عیار عظیمی در کیهان هستند، که یک توضیح ریاضی بغایت ساده و ظریفی دارند.

یک کمیت بسیار مهم فیزیکی بنام آنتروپی، که شامل سیستم‌های فیزیکی است، که بایستی آنرا بعنوان پیمان‌های که مقدار «احتمال» را برای یک سیستم دچار اتفاق بدست می‌دهد، در نظر بگیریم. قانون دوم ترمودینامیک اذعان می‌دارد که آنتروپی یک سیستم ایزوله بمرور زمان افزایش می‌یابد (یا شاید ثابت بماند). سیاهچاله خاصیت قابل توجهی دارد، که توسط یاکوب بکنشتاین (Jakob Bekenstein) و استفن هاوکینگ

نمایش داده شده، که آنتروپی آن مضربی خاص از مساحت افق آن دارد. معلوم می‌شود که این آنتروپی بسیار زیاد است، بنابراین برای یک سیاهچاله‌ی بزرگی که در مرکز کهکشان قرار دارد، آنتروپی این سیاهچاله، براحتی معرف بیشترین سهم آنتروپی در یک کیهان معین دانسته می‌شود. چرا که، از طرف دیگر، برطبق قانون دوم، آنتروپی در شروع جهان، بایستی فوق‌العاده کوچک باشد. این شروع در همخوانی با میدان نسبیت عمومی آینشتاین، با یک تکینگی دیگری که به مه‌بانگ (Big Bang) مشهور است، که بنابراین بایستی بسیار ویژه، یا «خوش میزان» در مقایسه با تکینگی با آنتروپی بالا که در مرکز سیاهچاله‌هاست، معرفی شود. یک تئوری موفق فیزیکی که در آن موارد کلاسیکی «تکینگی فضا-زمان» توضیح داده شده باشد، بایستی فراتر از نسبیت عمومی کلاسیک آینشتاین قرار گیرد، و یک چنان تئوریهی بایستی به کوانتم گرانشی ارجاع کند. بنظر می‌رسد که وظیفه‌ی اولیه‌ی یک چنین تئوری گرانش کوانتمی توضیح شایان توجهی از عدم تقارن زمان بین تکینگی‌ها در سیاهچاله‌ها و در مه‌بانگ بدست دهد، اما با گذشت نیم قرن کار هم‌آهنگ، هنوز یک تئوری گرانشی کوانتمی که بطور گسترده قابل قبول باشد وجود ندارد.

نهایتاً، مشاهدات قابل توجهی وجود دارد، که بسال 1998 انجام گرفته است که حالا تعداد بیشتری از انجمن کیهان‌شناسان آنرا قبول دارند، ثابت

کیهانی که آینشتاین بسال 1917 آنرا معرفی کرده بود که بعدها آنرا بعنوان «بزرگترین اشتباه» خود دانست، در حقیقت هر چند این مقدار کوچک است ولی مقدار (مثبت) بسیار قابل توجهی است. این بدین معنی است که جهان در آینده‌ای دور (و بصورت غیر منتظره) دچار یک انبساط نمائی (Exponential expansion) خواهد بود. این بصورت یک معما (Puzzle) برای تئوریسین‌ها باقی خواهد ماند، اما در عین حال معرف یکی از چندین چالشی است که پیش روی کیهانشناسان آینده قرار دارد، در حقیقت آن دید با شکوه آینشتاین ، در نسبیت عمومی، که در آن جهان در ابعاد بزرگی از انحنای چهاربعدی فضا - زمان، قانونمند شده است، را با مثال نشان دادن به غنای آن دیدگاه اثر فوق‌العاده‌ای خواهد بخشید.

روگر پن رُز

انرژی تاریک، ماده‌ی تاریک^{۲۵}

برگردان از سایت ناسا

اوایل سالهای ۱۹۹۰ چیزی که تقریباً مسلم بود این بود که کیهان منبسط می‌شود. چگالی انرژی بالائی می‌خواهد که بتواند از انبساط و یا درهم‌ریزی کیهان جلوگیری کند، یا بایستی چگالی انرژی بسیار کمتری داشته باشد که هرگز نتواند جلو انبساط را بگیرد، اما گرانش بدون شک در گذر زمان باعث کند شدن انبساط کیهان شده است. مسلماً، این کندشدگی مشاهده نشده است، اما، از نظر تئوری، جهان رو به کندی گذارده است. جهان پر از ماده است و نیروی جاذبه همه‌ی مواد را با هم جذب می‌کند. سپس سال 1998 شد و **تلسکوپ فضائی هابل** (Hubble Space Telescope (HST)) با رصد ابرنواختر (Supernovae) از راه بسیار دور مشاهده کرد که در زمان بسیار دور، کیهان ما بسیار آهسته‌تر از اکنون انبساط می‌یافت. بنابراین به این نتیجه رسیده شد که انبساط کیهانی به دلیل گرانش نبوده است که بسیاری این تصور را می‌کردند، در حالیکه اگر آنچنان می‌بود می‌بایستی اکنون این انبساط شتاب بیشتری می‌گرفت. هیچ کس این را پیش‌بینی نمی‌کرد و

^{۲۵} برگرفته از سایت ناسا - م.

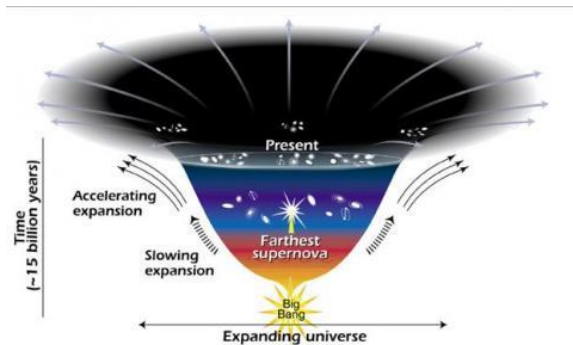
هیچ کس نیز نمی دانست که چگونه آنرا توضیح دهد. اما چیزی بایستی علت این عمل کیهانی بوده باشد.

نهایتاً تئوریسین ها با سه نوع توضیح جلو آمدند. شاید دلیلش همان ثابت کیهانی **آینشتاین** باشد که در تئوری گرانش پیش کشیده بود که بسیاری پیش تر از این آنرا کنار گذاشته بودند، شاید نوع عجیب و غریبی از انرژی - مایع جهان را پر کرده باشد. شاید هم اشتباهی در تئوری گرانش **آینشتاین** وجود دارد و بایستی تئوری جدیدی وجود داشته باشد که در آن نوع عاملی وجود داشته باشد که این شتاب کیهانی را بوجود آورده است. تئوریسین ها هنوز هم نمی دانند که کدامیک از این نظریه ها توضیح درستی بدست می - دهد، اما آنها به این راه حل نامی گذارده اند . آنان آنرا **انرژی تاریک** می - نامیدند.

انرژی تاریک چیست؟

بیشتر ناشناخته است تا شناخته شده. ما می دانیم که چقدر انرژی تاریک وجود دارد چرا که اثرات آنرا در انبساط کیهانی می بینیم. بغیر از آن، آن راز آلود است. اما یک راز آلودگی مهمی است. بنظر می رسد که ۶۸٪ جهان پر از انرژی تاریک باشد. ماده ی تاریک هم ۲۸٪ آنرا تشکیل داده است. بقیه هر آنچه در زمین و هر چیزی که ما با مشاهده گره ایمان می بینیم، همه ی -

شان ماده‌ی طبیعی هستند، که مقداری کمتر از ۵٪ جهان را تشکیل می‌دهند. بیائیم و به این فکر کنیم، شاید بهیچ‌وجه نتوان بدان ماده‌ی «طبیعی» نام نهاد، چرا که نسبت بسیار کمتری از جهان را تشکیل داده است.



شکل ۱ - انرژی تاریک، انبساط جهانی

این نمودار نشانگر نرخ انبساط در خلال 15 میلیارد سال از عمر جهان است. بخش کم عمق منحنی، سریعترین نرخ انبساط را نشان می‌دهد. شکل منحنی ۵٫۷ میلیارد سال بعد یعنی زمانی که اجسام درون جهان با نرخ بالایی شروع به پرت شدن به هر سوئی می‌کنند بطور قابل ملاحظه‌ای تغییر شکل می‌دهد. ستاره‌شناسان بر این عقیده‌اند که دلیل نرخ انبساط سریع رازآلود بوده، نیروی تاریک باعث کشیدن کهکشانشانها از هم شده است. اعتبار: ناسا- اس تی اس سی آی - آن فیلد.

یک توضیح برای انرژی تاریک این است که آن خاصیت فضائی است. آلبرت آاینشتاین اولین کسی بود که اذعان داشت که فضای خالی فضای خالی-

خالی نیست. فضا خواص بسیار جالبی دارد، بسیاری از آنها شروع به فهمیدن شده است. اولین خاصیتی که آینشتاین کشف کرد امکان وجود فضای‌های بیشتر است. یک نسخه‌ی دیگر از تئوری گرانش آینشتاین نسخه‌ی وجود ثابت کیهانی می‌باشد که دومین پیش‌بینی را بوجود آورد: «فضای خالی» انرژی ویژه‌ی خودش را دارد. چرا که این انرژی ویژه‌ی خود فضا است. آن با انبساط فضائی رقیق نمیشود. هر چه فضا گسترش یابد انرژی بیشتری از این نوع انرژی - فضائی ظاهر می‌شود. در نتیجه، این نوع انرژی باعث انبساط هرچه سریعتر جهان می‌شود. متأسفانه هیچ‌کس نمی‌داند که چرا ثابت کیهانی بدان کوچکی بایستی در آنجائی باشد که بتواند درست و دقیق مقداری باشد که باعث انبساط کیهانی درست مشاهده شده باشد.



شکل ۲ - مرکز ماده‌ی تاریک بدون توضیح.

این تصویر نشانگر توزیع ماده‌ی تاریک، کهکشانشها، و گاز داغ در مرکز درهم‌آمیزی خوشه‌ی کهکشان آبل ۵۲۰ است. این نتیجه می‌تواند چالش اساسی تئوری ماده‌ی تیره را نمایش دهد.

توضیح دیگری که چگونه فضا این انرژی را بدست می‌آورد مربوط به تئوری کوانتم برای ماده است. در این تئوری، «فضای خالی» پر از ذرات («مجازی») موقتی است که بطور دائمی بوجود آمده و از بین می‌روند. اما هنگامی که فیزیکدانها به محاسبه‌ی مقدار انرژی از این راه برآمدند به مقدار اشتباهی - بغایت اشتباهی - رسیدند. مقداری که به اندازه‌ی 10^{120} برابر بزرگتر از مقدار واقعی‌اش است. که مقداری به اندازه‌ی یک جلوش ۱۲۰ تا صفر است. بسیار عجیب است که جوابی بدین حد بد دست آورده شود. بنابراین رازآلودی ادامه دارد.

توضیح دیگر برای انرژی تاریک این است که این نوع انرژی یک تیپ خاصی از انرژی مایع مانند و یا میدان مانند است، چیزی که تمامی فضا را پر می-کند اما باعث انبساط فضائی می‌گردد که بر خلاف ماده و انرژی نرمال است. برخی تئوریسین‌ها آنرا «اثر»²⁶ نامیده‌اند که عنصر پنجم از عناصر پنج‌گانه‌ی فیلسوفان یونانی است. اما، اگر اثر جواب مسئله است، ما باز نمی‌دانیم که آن شبیه چیست، با چه چیزی برهم‌کنش می‌کند، یا چرا اصلاً آن وجود دارد. بنابراین باز راز و رمز ادامه دارد.



شکل ۳ - آبل ۲۷۴۴: خوشه‌ی پاندورا رونمایی می‌کند.

²⁶ Quintessence که آنرا برخی جوهر هم ترجمه کرده‌اند که در اینجا مناسب نیست.

یکی از پیچیده‌ترین و دراماتیک‌ترین برهم‌کنش بین کهکشان‌های خوشه‌ای که حتی در این تصویر ترکیبی آبل ۲۷۴۴ نیز دیده می‌شود. رنگ آبی نشانگر نقشه‌ی جرم کل تمرکز یافته است (بیشترش ماده‌ی تاریک است).

امکان آخر اینست که گرانش آینشتاین صحیح نمی‌باشد. این نه تنها به انبساط جهان تاثیر می‌گذارد بلکه به رفتار ماده‌ی طبیعی که در رفتار خود با کهکشانها و خوشه‌های کهکشانی برمی‌گزیند، نیز اثر می‌گذارد. این واقعیت می‌تواند روشی بدست دهد که بتوان برای حل مسئله‌ی انرژی تاریک تصمیمی اتخاذ کرد که آیا این راه حل خود راه حلی سواى تئوری گرانش موجود بوده، و خود تئوری گرانشی جدیدی است یا نه: ما توانستیم ببینیم که چگونه کهکشانها در یک خوشه جمع می‌شوند. اما اگر واقعا یک تئوری گرانش لازم باشد، چه نوعی از تئوری ممکن است باشد؟ چگونه این تئوری می‌تواند حرکت اجرام را در سیستم خورشیدی توضیح دهد، آنگونه که تئوری آینشتاین آنرا انجام داده است، که هنوز هم برایمان پیش‌بینی‌های متفاوتی که ما لازم داریم را بدست می‌دهد؟ این تئوری تنها نامزدی بر تئوری آینشتاین می‌تواند باشد که قانع کننده نیست. بنابراین هنوز راز و رمز باقی‌ست.

آن چیزی که لازم است تا بین امکانات انرژی تاریک تصمیم گرفت - یک خاصیت فضائی، یک مایع پویا، و یا تئوری جدی گرانش است. داده‌های بیشتر، داده‌های بهتری هستند.

ماده‌ی تاریک چیست؟

با گنجاندن مدل ترکیبی جهان به ترکیبی از مجموعه‌ی مشاهدات کیهانی، دانشمندان به همان ترکیبی که در بالا یعنی ۶۸٪~ برای انرژی تاریک، ۲۷٪~ برای ماده‌ی تاریک، و ۵٪~ برای ماده‌ی طبیعی رسیدند.

ماده‌ی تاریک چیست؟

ما خیلی بیشتر درباره‌ی آنچیزی که ماده‌ی تاریک نیست می‌دانیم تا درباره‌ی خود ماده‌ی تاریک. ابتدا، آن تاریک است، بدین معنی که آن از شکل ستارگان و سیارات نیست که ما می‌بینیم. مشاهدات نشان می‌دهد که بسیار کمتر از ۲۷٪ در صد ماده‌ی تاریک در جهان دیده می‌شود. دوماً، از نوع ابر تاریک ماده‌ی طبیعی هم نیست، ذراتی که آنها را باریون می‌نامیم. چرا که ما قادریم ابر باریونی را بوسیله‌ی جذب تشعشعاتی که از درون آنها می‌گذرند شناسائی کنیم. سوماً، ماده‌ی تاریک ضد ماده نیست، چرا که ما اشعه‌ی گامای ویژه‌ای که از نابودی ماده و ضد ماده در برخورد باهم بوجود می‌آید، را مشاهده نمی‌کنیم. بالاخره، ما می‌توانیم بر اساس لنزهای

گرانشی وجود سیاهچاله‌های به بزرگی کهکشانشان را رد کنیم. تمرکز بالای ماده مسیر نور را در نزدیکی خود خم می‌کنند، اما ما یک لنز به اندازه‌ی کافی که از ۲۵٪ ماده‌ی سیاه وجود آمده باشد را نمی‌بینیم.

با اینهمه، چند امکان قوی برای وجود ماده‌ی تاریک وجود دارد. مواد باریونی می‌توانند تشکیل ماده‌ی تاریک را در صورت چسبیدنشان به کوتوله‌های قهوه‌ای یا کوچک، تیکه‌های متراکم عناصر سنگین بوجود آورند. این امکانات بعنوان اجسام وزین هاله‌های متراکم، یا « Massive Compact Halo Object (MACHOs)» معروفند. اما بیشتر این دیدگاه رایج است که ماده‌ی تاریک ابداً باریونی نیستند، بلکه بیشتر معتقدند که این ماده از ذراتی مرموزتر مانند آکسیونها یا WIMPS ذرات وزین با برهم-کنش ضعیف (Weakly interacting Massive Particles) درست شده باشند.

ISBN 978-919839610-2

