هاوکینگ

استفن هاوکینگ

قدم اول

این کتاب ترجمه‌ای است از:

Stephen Hawking

For Beginners

J. P McEvoy and Oscar Zarate

Published in 1995 by Icon Books Ltd.

مک اوی، جوزف McEvoy, Joseph P.

استیفن هاوکینگ (قدم اول) / جی. پی. مک اوی؛ نقاش اسکار زارات؛ مترجم پونه شریفی. ـ تهران: نشر و پژوهش شیرازه، ۱۳۷۹.

۱۷۴ ص. : مصور؛ ۱۴/۵×۲۱/۵ س م. ISBN 964-6578-63-2: ۱۲۰۰۰ ریال

فهرستنویسی براساس اطلاعات فیپا.

عنوان اصلی: Stephan Hawking for beginners.

۱. هاوکینگ،استیون‌ویلیام، ۱۹۴۲ـ ، Hawking, Stephen William ، ۲. فضاو زمان ـ به‌زبان‌ساده. ۳. نسبیت (فیزیک) ـ به‌زبان‌ساده. ۴. کیهان‌شناسی ـ به‌زبان‌ساده. ۵. فیزیک نجومی ـ به زبان ساده. ۶. فیزیکدانان ـ انگلستان ـ سرگذشتنامه. الف. زارات، اسکار، ۱۹۴۲ـ ، Zarate, Oscar تصویرگر. ب. شریفی، پونه، ۱۳۵۵ ـ ، مترجم. ج. عنوان.

QC ۱۶ / ه ۲ م ۷ ۵۳۰/۱۰۹۲

۱۳۷۹

کتابخانه ملی ایران ۷۹ - ۲۲۲۶۸ م

محل نگهداری:

استفن هاوکینگ

قدم اول

نویسنده: جی. پی. مک اوی

طراح: اسکار زارات

مترجم: پونه شریفی

طراح جلد: ایما نقشینه

حروفچینی و صفحه‌آرایی: مؤسسهٔ جهان کتاب

لیتوگرافی: کوثر

چاپ متن و صحافی: فاروس

چاپ جلد: نفیس

چاپ اول: ۱۳۷۹

تعداد: ۲۲۰۰

حق چاپ و نشر محفوظ است.

تهران. صندوق‌پستی: ۱۱۳۸ / ۱۹۳۹۵

تلفن: ۲۵۶۰۹۸۳

ISBN 964 - 6578 - 63 - 2 · ۹۶۴ - ۶۵۷۸ - ۶۳ - ۲

استفن هاوکینگ

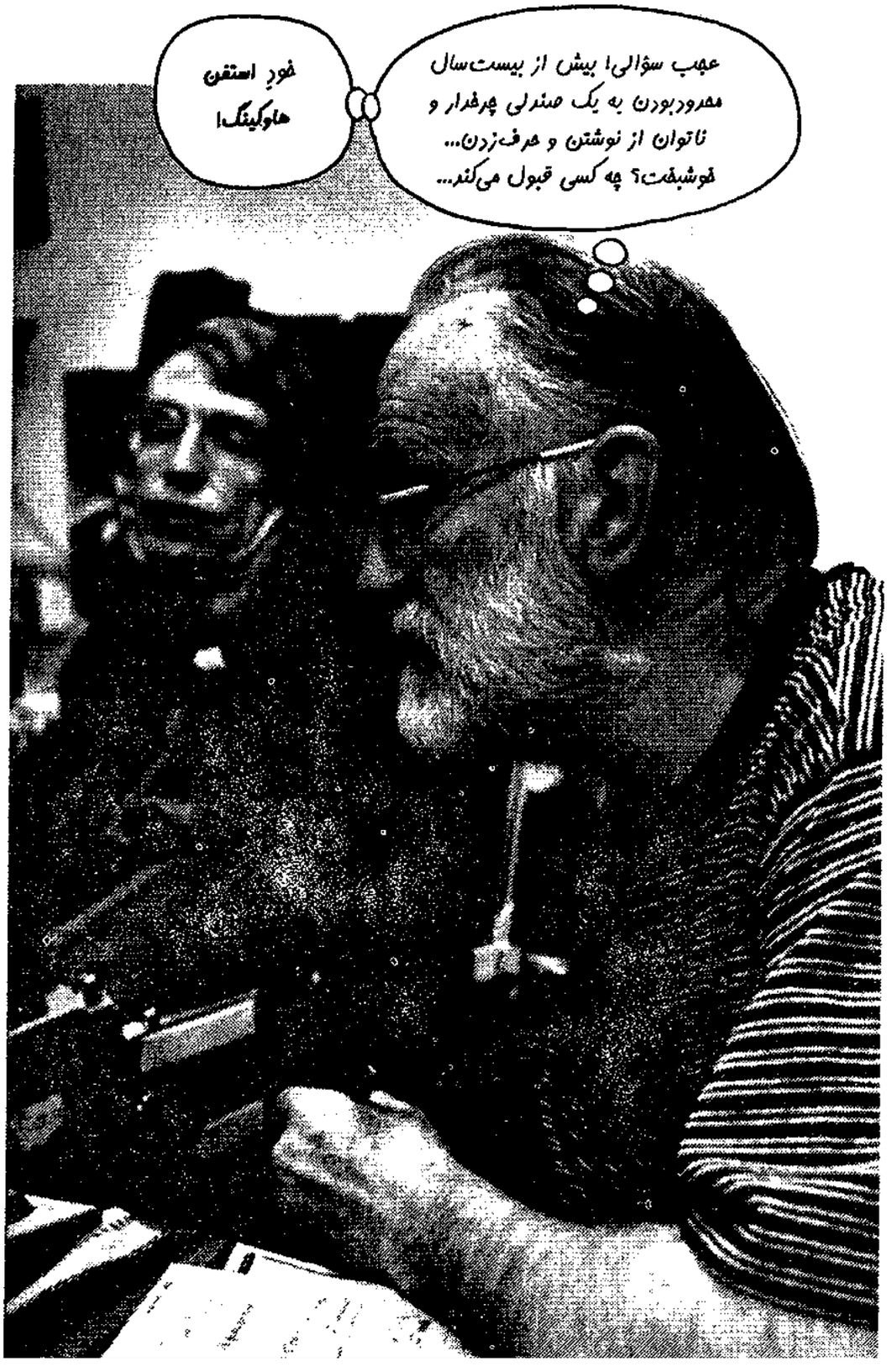
قدم اول

نویسنده: جی. پی. مک اوی ـ طراح: اسکار زارات

مترجم: پونه شریفی

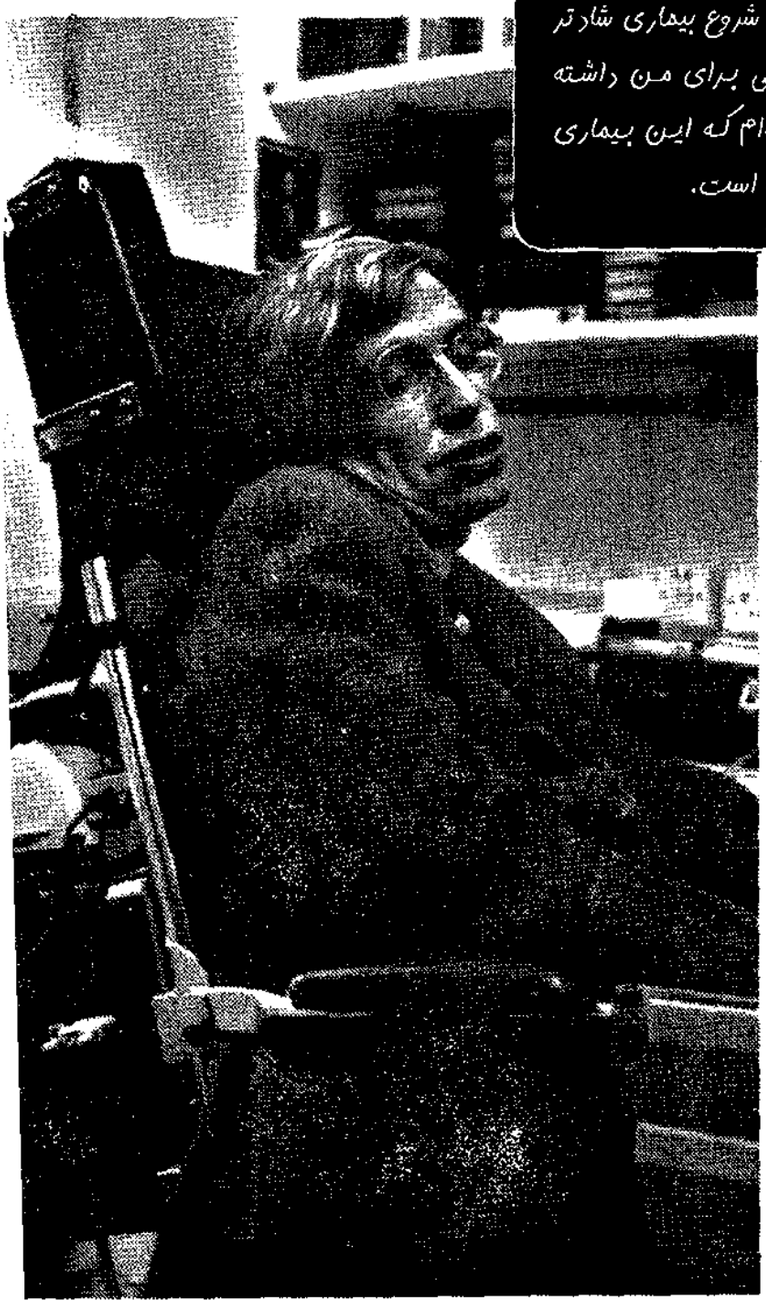
خوشبخت‌ترین مرد دنیا

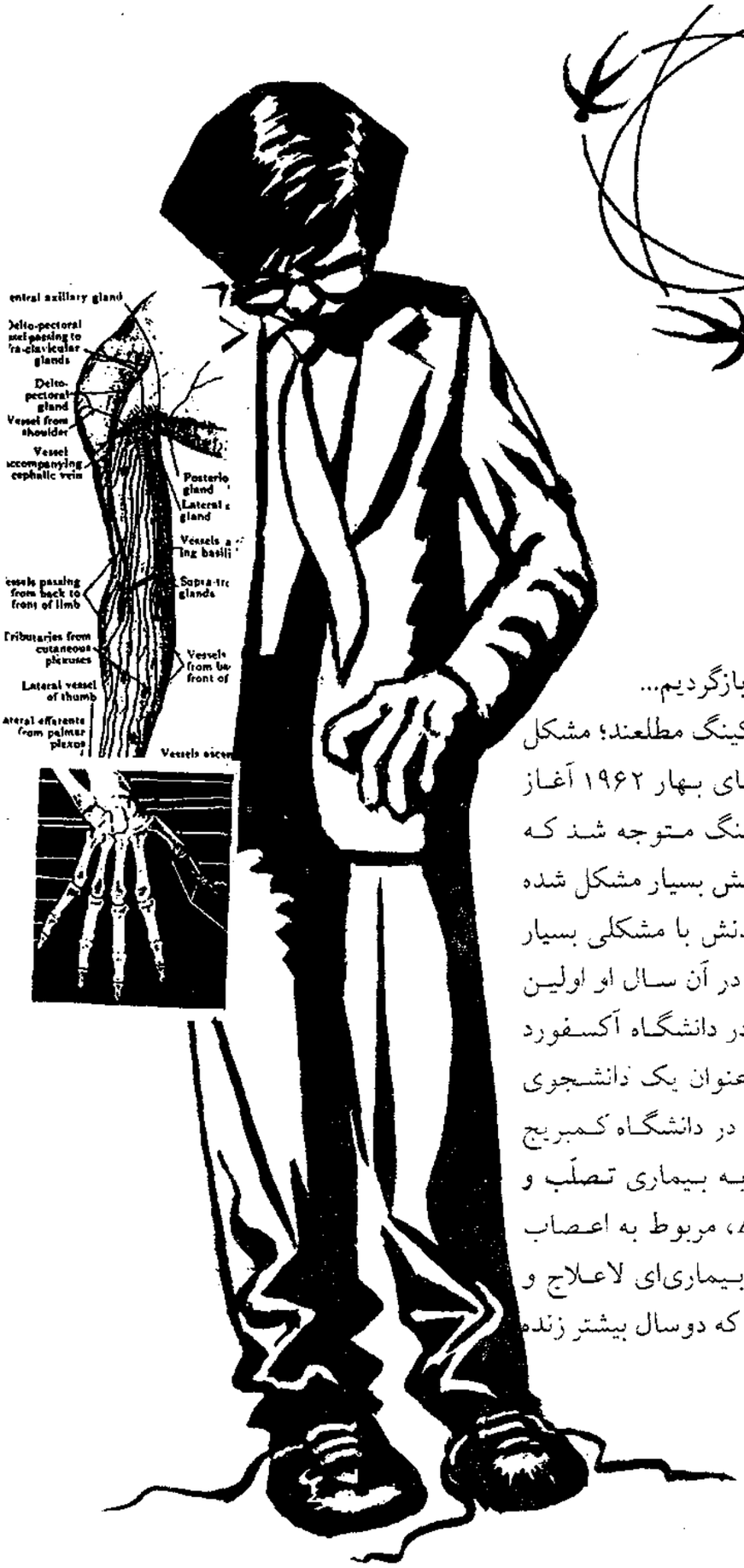
در ۱۹ اکتبر ۱۹۹۴، نویسندهٔ این کتاب مصاحبه‌ای با استفن هاوکینگ ترتیب داد. او با سؤالی شروع کرد که اگر گستاخانه نباشد، لااقل بسیار جسورانه است، سؤال این بود که آیا هاوکینگ خود را خوشبخت می‌داند؟



من موافقم، در همهٔ موارد به‌جز ابتلا به بیماری ضعف اعصاب حرکتی بخت با من یار بوده است. حتی این بیماری هم آنقدرها مهم نبود و با کمک‌های فراوان، توانستم بر اثرات آن غلبه کنم و از اینکه توانسته‌ام با وجود آن موفق باشم، خشنودم.

من حالا واقعاً نسبت به قبل از شروع بیماری شادتر هستم. نمی‌توانم بگویم که نفعی برای من داشته است، اما خوش‌شانس بوده‌ام که این بیماری آنقدرها که می‌توانسته، بد نبوده است.





بیایید قدری به عقب بازگردیم...

همه از شانس بد هاوکینگ مطلعند؛ مشکل در یکی از بعدازظهرهای بهار ۱۹۶۲ آغاز شد. وقتی که هاوکینگ متوجه شد که گره‌زدن بند کفشها برایش بسیار مشکل شده است. او فهمید که بدنش با مشکلی بسیار جدی روبه‌رو است. در آن سال او اولین مرحلهٔ تحصیلش را در دانشگاه آکسفورد به‌پایان رسانده و به‌عنوان یک دانشجوی تحصیلات تکمیلی در دانشگاه کمبریج پذیرفته شده بود. او به بیماری تصلّب و ضعف عضلانی، ALS، مربوط به اعصاب حرکتی مبتلا بود؛ بیماری‌ای لاعلاج و مهلک. پزشکان گفتند که دوسال بیشتر زنده نمی‌ماند.

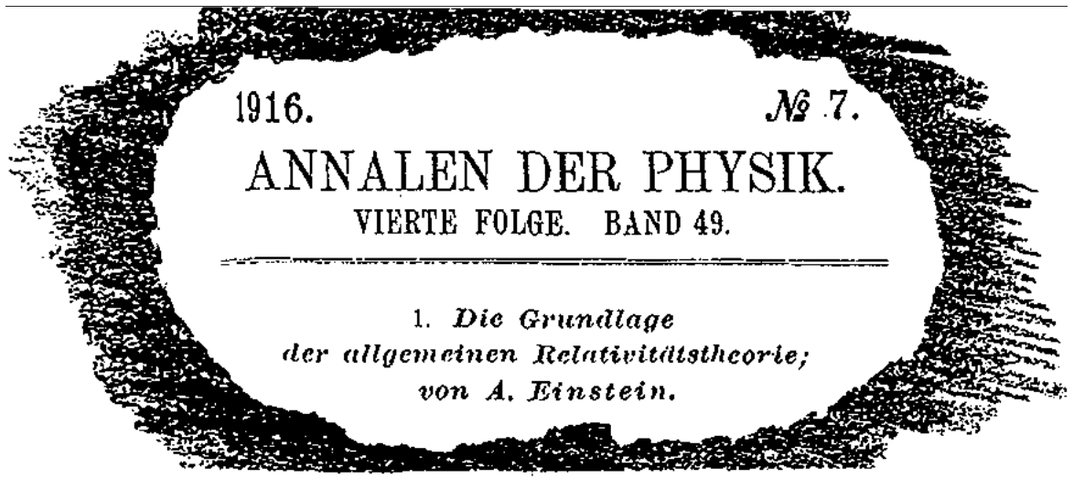
آنگونه که جراید و زندگینامه‌های پرتیراژ هاوکینگ می‌گویند، او ماه‌های متوالی از زندگی خود را با دلزدگی از تحقیقات دانشگاهی به نوشیدن، و گوش‌دادن به واگنر گذراند. عذاب و ناراحتی روحی وی زمانی بیشتر افزوده شد، که به او گفتند دیگر نمی‌تواند از کیهان‌شناس معروف، فرد هویل (متولد ۱۹۱۵) به‌عنوان استاد مشاور تحقیقاتش استفاده کند؛ یعنی کسی که هاوکینگ به‌خاطر او دانشگاه کمبریج را اولین انتخاب خود قرار داده بود.

اما اقبال وی ناگهان رو به تغییر نهاد... زنی جوان، جین ویلد، که در شب سال نو ۱۹۶۲ با او ملاقات کرد، عمیقاً به او علاقه‌مند شده بود. دانشکدهٔ فیزیک، دانشگاه کمبریج، کار مشاوره او را به دنیس اسکیما (متولد ۱۹۲۶) یکی از مطلع‌ترین و کارآمدترین مشاوران تحقیق در دنیای کیهان‌شناسی نسبیتی، سپرد.

درست زمانی که تصور می‌شد توانایی جسمانی استفن هاوکینگ در زمینه‌های متعدد در اثر بیماری ALS، محدود شده است، مجموعهٔ کاملی از حوادث اتفاقی که در ابتدای دههٔ ۱۹۶۰ روی داد، باعث شد که هاوکینگ این توانایی را در خود ببیند که یکی از پیشروان کیهان‌شناسی در عصر جدید باشد.

پیش از هر کاری، او فیزیک نظری را به‌عنوان تخصص خود برگزید. تنها ابزاری که **به‌طور کامل** به آن نیاز داشت، مغزش بود که کاملاً از آسیب بیماری درامان مانده بود. او جین ویلد را همکار یاریگری یافت و اسکیما مشاوری دلسوز بود که او را در کار پایان‌نامه‌اش یاری می‌کرد. طولی نکشید که او با راجر پن‌رز (متولد ۱۹۳۱) آشنا شد، ریاضی‌دان برجسته‌ای که بر روی موضوع سیاهچاله‌ها کار می‌کرد، که به او ابزارهای تجزیه و تحلیل در فیزیک را به‌طور اساسی و پایه آموزش داد. پن‌رز به او کمک کرد که یک مشکل تحقیقاتی را حل کند این امر نه‌تنها به رسالهٔ دکترای وی کمک می‌کرد بلکه او را مستقیماً در جریان اصلی فیزیک نظری قرار می‌داد.

کمک و یاری این سه فرد، در این دورهٔ بحرانی زندگی هاوکینگ، بدون شک بیش از حد انتظار بود.


1916. № 7.

ANNALEN DER PHYSIK.

VIERTE FOLGE. BAND 49.

1. *Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie; von A. Einstein.*

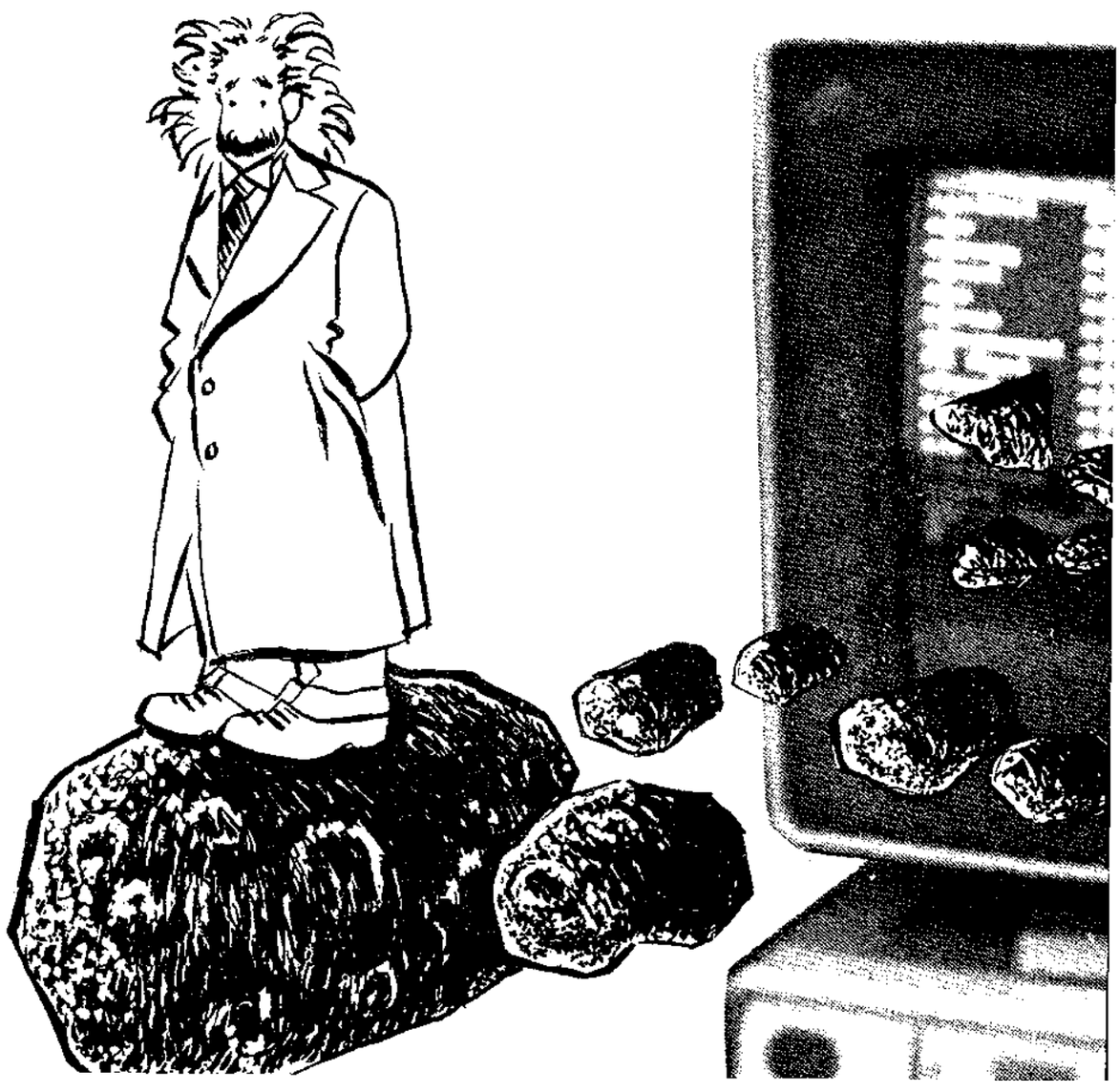
حدوداً در همان زمان او بار دیگر با سرنوشت روبرو شد. نظریه‌ای که حدوداً ۵۰ سال قبل مطرح و اثبات شده بود ــ نظریهٔ نسبیت عام اینشتین ــ به‌طور گسترده در مسایل عملی موجود در کیهان‌شناسی به‌کار برده می‌شد. به‌نظر می‌رسید که پیش‌بینی‌های انجام‌شده بر اساس این نظریه، بسیار عجیب و نامأنوس است چراکه پذیرفته‌شدن آن‌ها چند دهه به‌طول انجامید. حال در اوائل دههٔ ۱۹۶۰، عصری طلائی در تحقیقات کیهان‌شناسی براساس نسبیت عام، شروع شده بود. تقدیر در انتظار استفن هاوکینگ بود. فیزیکدان نظری با بلندهمتی رمزآلودی، و با وجودی لنگی مختصری که در پا داشت، آماده بود. نمی‌دانست چه مدت زنده می‌ماند... اما او مطمئناً در مکان، درست و در همان زمانی بود که باید باشد.

نظریهٔ نسبیت عام

برلین، نوامبر ۱۹۱۵. آلبرت اینشتین (۱۹۵۵ــ۱۸۷۹) تازه نظریهٔ نسبیت عام خود را کامل کرده است. ساختاری ریاضی که در آن از فضای منحنی و زمان تابیده برای توضیح گرانش استفاده شده است. همهٔ گیتاشناسی‌های جدید و مدرن تازه ۲ سال بعد آغاز شدند؛ زمانی که اینشتین مقالهٔ دیگری را به‌نام **فرضیات کیهان‌شناسی** چاپ کرد که در آن نظریه جدیدش را به کل عالم بسط داد.

تسلّط بر نسبیت عام کار مشکلی است اما به‌طور نسبی عدهٔ کمی که این نظریه را درک کرده‌اند قبول دارند که نسبیت، نظریه‌ای عالی و زیبا در گرانش است.

توضیح‌دادن مجموعه‌ای از معادلات، کمک زیادی به درک تفاوت میان نظریهٔ اینشتین و نظریهٔ ایزاک نیوتن (۱۷۲۷ــ۱۶۴۲) نمی‌کند. اما مثالی در مورد این‌که دو نظریه، گرانش را در شرایط و موقعیت یکسان فیزیکی چگونه شرح می‌دهند، ممکن است ما را به فهم تفاوت آنها نزدیک کند.



استفن هاوکینگ یک **کیهان‌شناس نسبیتی** نامیده می‌شود و این بدان معناست که او عالم را به‌عنوان یک کُل بررسی می‌کند (کیهان‌شناس) و اساساً از نظریه نسبیت استفاده می‌کند (نسبیتی). از آنجایی که هاوکینگ به‌عنوان یک فیزیکدان نظری یک دورهٔ کامل از زندگیش را ــ از اوائل ۱۹۶۰ تا اواسط ۱۹۹۰ ــ با کارکردن بر روی نسبیت عام اینشتین گذرانده است، بد نیست بدانیم که نظریهٔ نسبیت در مورد چه چیزی صحبت می‌کند.

چرا یک کیهان‌شناس، باید گرانش را مطالعه کند؟

کیهان‌شناسی مطالعه بر روی کل عالم است و بیشترِ موضوعات آن براساس فرضیات کلی و جامع پایه‌گذاری شده‌اند. گرانش ساختار عظیم عالم را شکل می‌دهد و یا به‌عبارت ساده‌تر، سیارات و ستارگان و کهکشانها را در کنار هم حفظ می‌کند. گرانش مهمترین مفهوم برای کار در زمینهٔ کیهانشناسی است.

تا دهه‌های اخیر، موضوع کیهان‌شناسی، به‌عنوان علمی کاذب تلقی می‌شد که به استادان بازنشسته اختصاص داشت. اما در سه دههٔ گذشته، کمابیش بر اثر کوشش‌های هاوکینگ، دو پیشرفت اساسی وضعیت را به‌نحو قابل ملاحظه‌ای تغییر دادند.

■ اولین مورد، رفع موانع اصلی در رصدهای نجومی بود ــ این یعنی دستیابی به دورترین کهکشانها ــ که عالم را به آزمایشگاهی برای آزمودن مدلها و طرحهای کیهان‌شناسی تبدیل کرد.

■ دومین مورد اینکه، نسبیت عام اینشتین بارها و بارها اثبات شد، برای اینکه نظریه‌ای دقیق و معتبر در گرانش، برای کل عالم باشد.

به یاد داشته باشید که فیزیک دانشی است که رفته‌رفته انباشته می‌شود. نظریه‌های جدید، با حفظ عقایدی که با آزمایشهای تجربی تأیید می‌شوند و رد سایر موارد و براساس تئوریهای قبلی ساخته می‌شوند. هدف نهایی ما درک سهم استفن هاوکینگ است که نظریهٔ گرانش اینشتین را به عالی‌ترین وجه آن تعبیر کرده است.

درک ایدهٔ نظریهٔ جزئی بسیار مهم است. برای مثال، قانون جاذبهٔ نیوتن تنها زمانی بسیار دقیق است که شدت جاذبه ضعیف باشد. این قانون در میدانهای قوی گرانشی باید با نسبیت عام اینشتین جایگزین شود. به‌طور مشابه زمانی که برهم‌کنشها در مقیاس میکروسکوپی آزموده می‌شوند، نظریهٔ نسبیت با مکانیک کوانتومی جایگزین می‌شود؛ مانند شرایط انفجار بزرگ و یا برهم‌کنش در لبه و مرکز یک سیاهچاله. هاوکینگ عموماً به‌عنوان نظریه‌پردازی که بهترین فرصت را برای ترکیب نسبیت عام و مکانیک کوانتومی و ایجاد جاذبهٔ کوانتوم‌ی داشته شناخته می‌شود. نظریهٔ او از سوی رسانه‌ها نظریهٔ همه‌چیز نام گرفت.

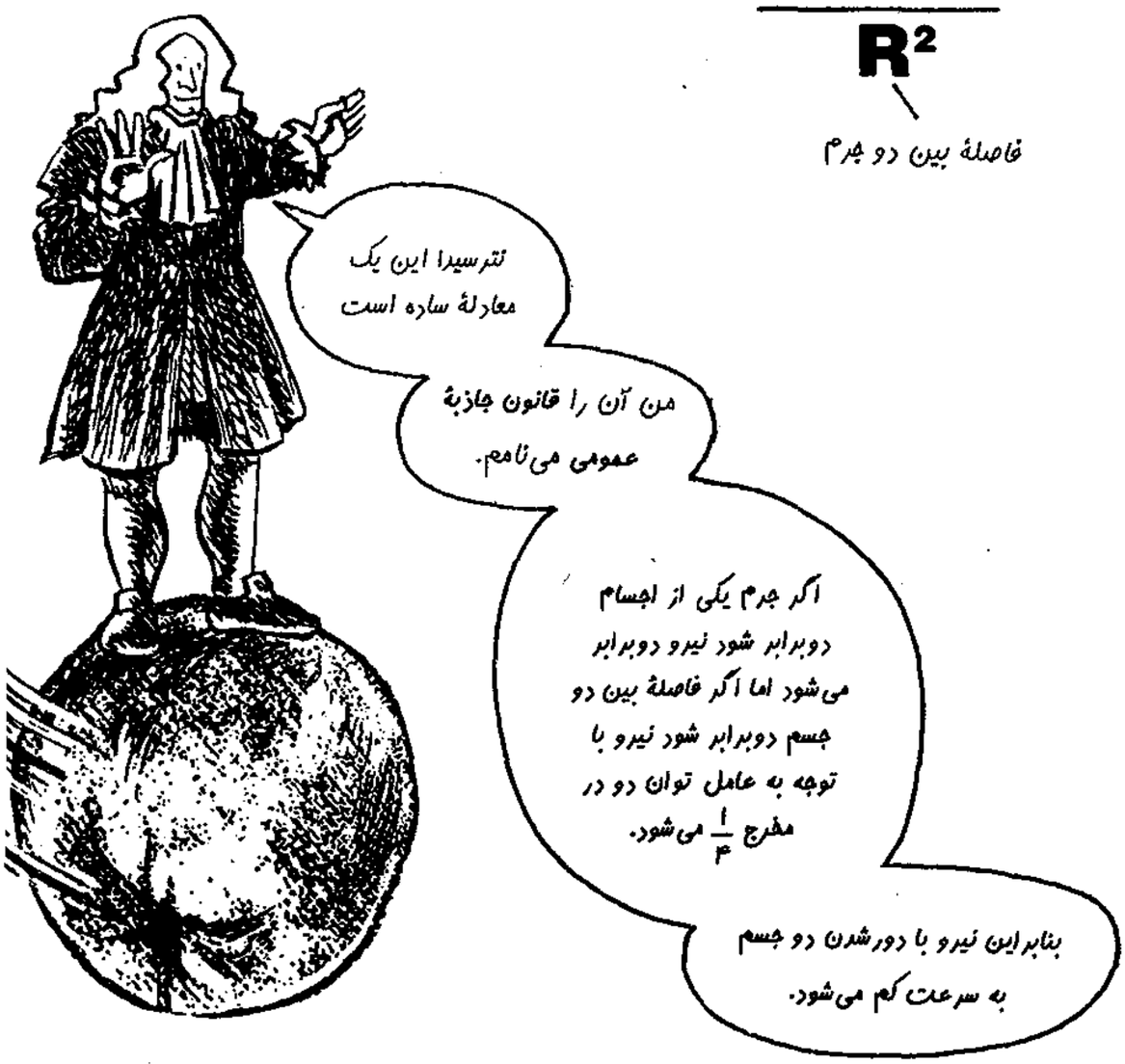
نیوتن: مفهوم نیرو

نیوتن مفهوم نیروی جاذبهٔ ثقلی را بیان کرد و ثابت کرد که جاذبهٔ دوجانبهٔ بین دو جسم متناسب با جرم هر جسم (مقدارمادهٔ تشکیل‌دهندهٔ جسم) می‌باشد و با مجذور فاصلهٔ بین آن دو نسبت عکس دارد.

ثابت گرانشی — جرم‌های دو جسم

$$F = G \frac{M_1 M_2}{R^2}$$

فاصلهٔ بین دو جرم



گرانش، با توجه به مقدار ثابت گرانش برحسب واحدهای عملی، ضعیف‌ترین نیروی موجود در طبیعت است؛

$G = 6/67 \times 10^{-11}$ نیوتن. مترمربع / کیلوگرم^2

یک نیوتن واحد علمی نیرو است که تقریباً برابر با $\frac{1}{4}$ پوند می‌باشد.

چهار نوع نیرو در عالم

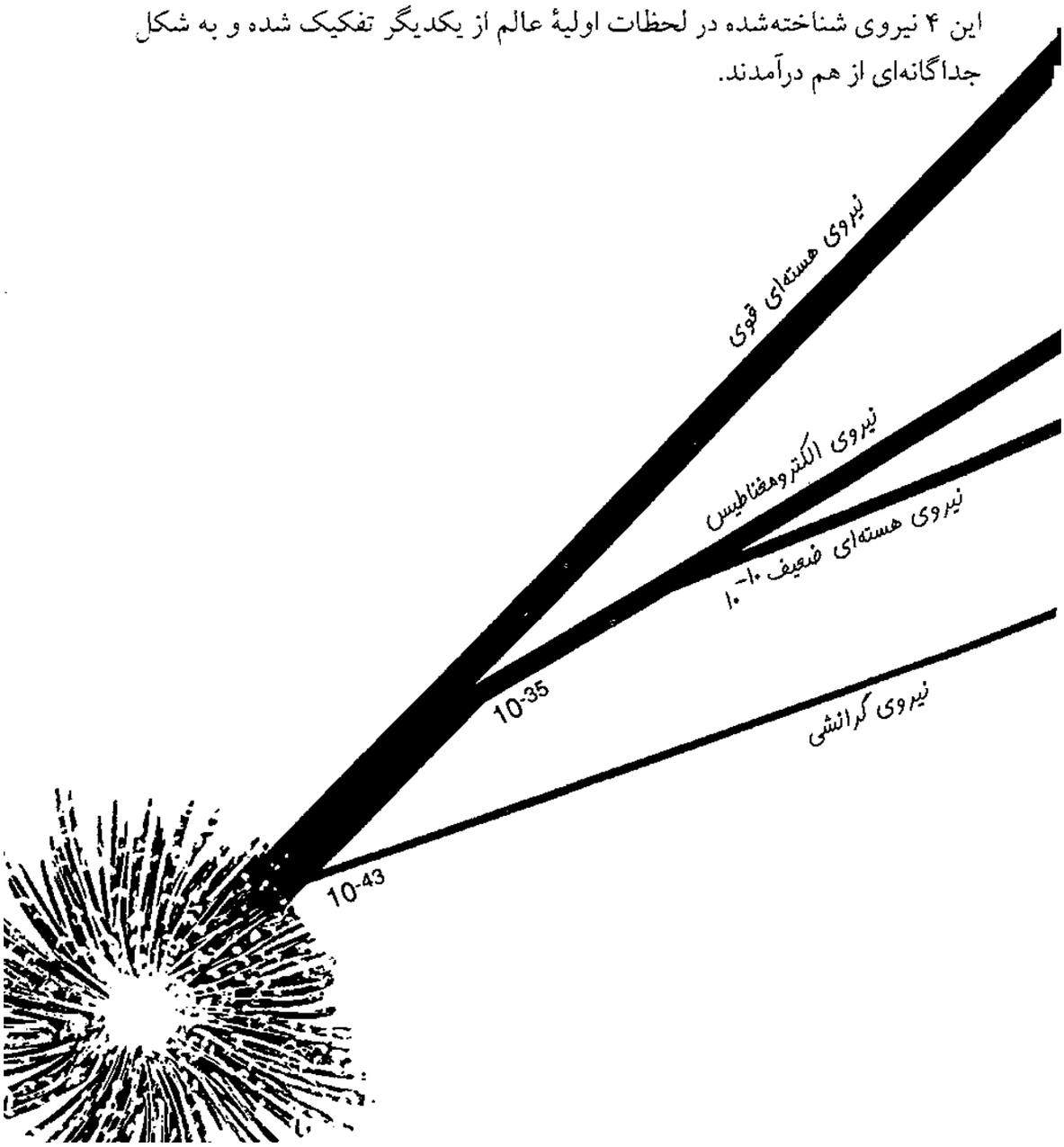
نیروی الکترومغناطیس: اتمها را در کنار هم نگاه می‌دارد و پایهٔ همهٔ واکنشهای شیمیایی است.

نیروی هسته‌ای قوی: نوترونها و پروتونها را در داخل هسته به یکدیگر مقید می‌کند. این نیرو در واکنشهای هسته‌ای مانند جوش و شکافت هسته‌ای اهمیت دارد.

نیروی هسته‌ای ضعیف: تعیین‌کنندهٔ کاهشهای رادیواکتیو، یعنی تشعشع خودبه‌خودی ذرات α و β از درون هسته می‌باشد.

نیروی گرانشی: عهده‌دار حفظ ساختار عظیم عالم، شکل‌گیری کهکشانها و ستارگان و سیارات است.

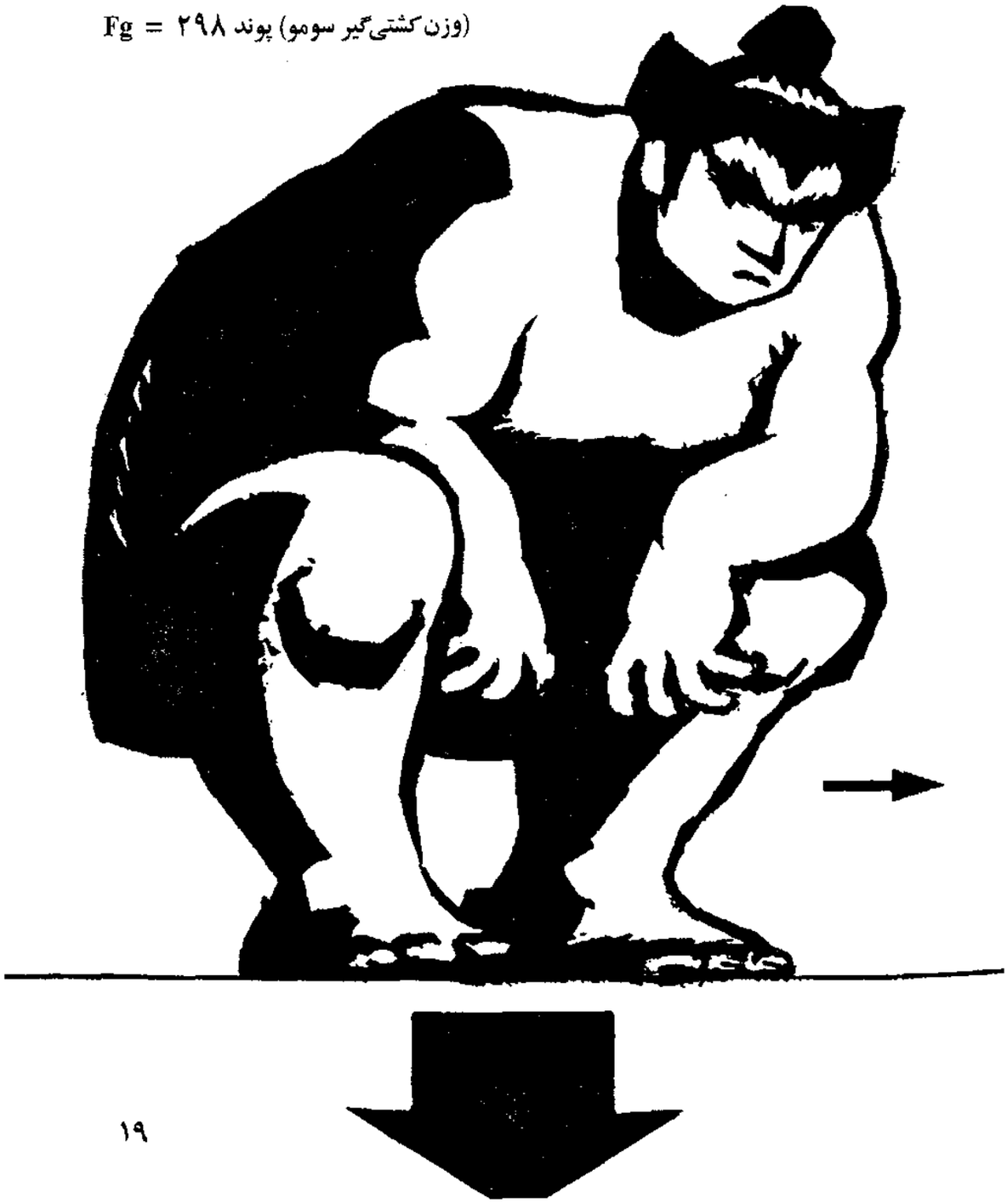
این ۴ نیروی شناخته‌شده در لحظات اولیهٔ عالم از یکدیگر تفکیک شده و به شکل جداگانه‌ای از هم درآمدند.



وقتی دو کشتی‌گیر سومو (کشتی سنگین‌وزن ژاپنی) با جرم تقریبی ۱۳۵ کیلوگرم در رینگ به یکدیگر نزدیک می‌شوند و با فاصلهٔ حدود یک متر از هم قرار می‌گیرند نیرویی که آنها را **به‌سوی یکدیگر می‌راند** بسیار جزئی است؛ یعنی حدود ده‌هزار بار کمتر از نیروی لازم برای بلندکردن یک دستمال کاغذی. برای تبدیل این نیروی به واحد پوند، نیوتن را در ۰/۲۲۵ ضرب کنید.

$$Fg = \frac{(6/67 \times 10^{-11})(135)(135)}{(1 \text{ متر})^2} = \begin{matrix} \text{نیوتن } ۰/۰۰۰۰۱۲ \\ (\text{پوند } ۰/۰۰۰۰۰۲۷) \end{matrix}$$

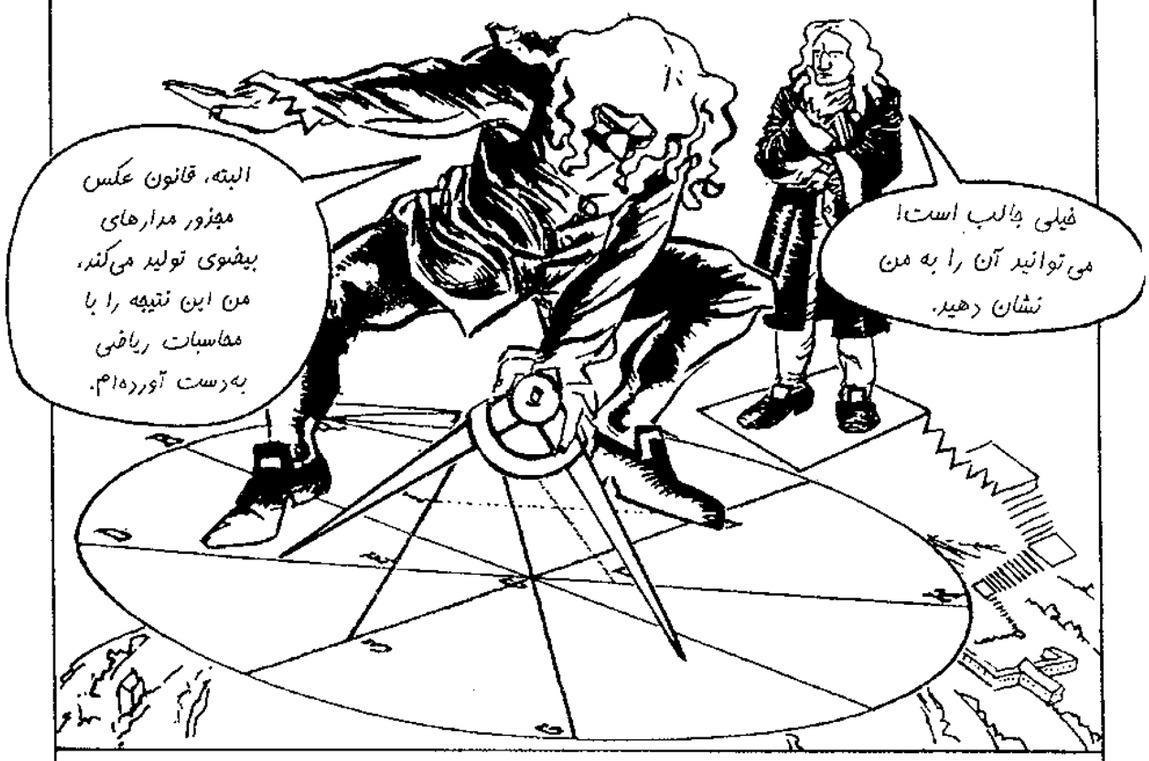
اما نیرویی که هریک از آنها بر کف زمین وارد می‌کنند بسیار بزرگتر است، چراکه آن جسم دیگری که از زیر به هریک اعمال نیرو می‌کند زمین است که جرم آن ($5/98\times10^{24}kg$) می‌باشد. این جرم باید در صورت معادلهٔ نیوتن قرار گیرد. شعاع زمین که ($6/37\times10^{6}m$) است در مخرج کسر قرار می‌گیرد. محاسبات را خودتان با یک ماشین حساب الکترونیکی انجام دهید. ضریب تبدیل را برای گرفتن جواب به پوند فراموش نکنید.



اصول:
وصف عالم نیوتنی

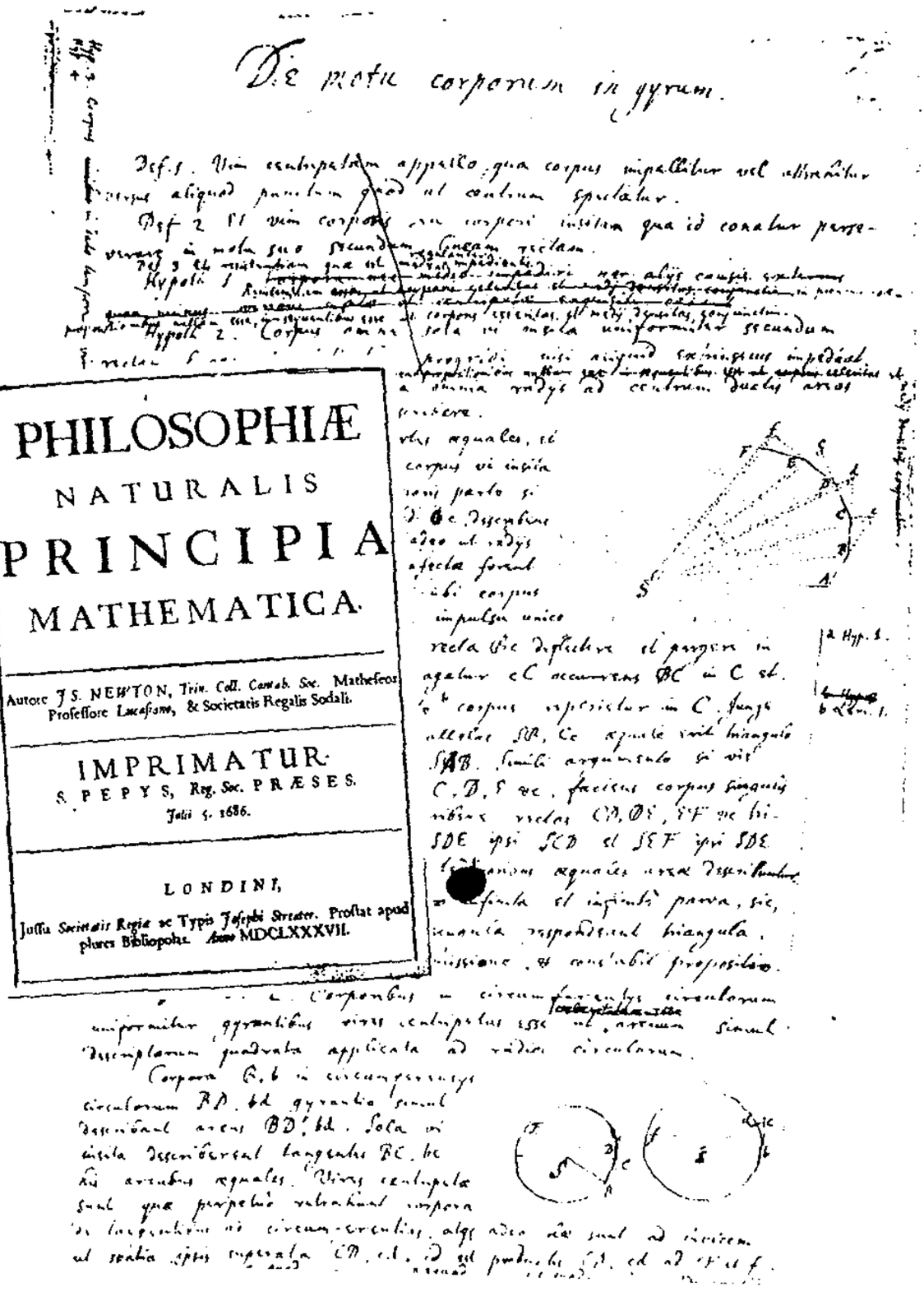
مسئلهٔ مورد توجه نیوتن به‌طور خاص نیروی گرانش بین خورشید و سیارات (یعنی منظومهٔ شمسی) بود. چیزی که باعث انتشار ناگهانی نظریهٔ گرانش وی، یعنی کتاب اصول **(Principia)** شد، مباحثه‌ای در انجمن سلطنتی بود که در سال ۱۶۸۴ بین ادموند هالی منجم (۱۷۴۲ــ۱۶۵۶)، سرکریستوفر رِن معمار (۱۷۲۳ــ۱۶۳۲) و رقیب نیوتن رابرت هوک (۱۷۰۳ــ۱۶۳۵) درگرفت.

نیوتن، نابغهٔ منزوی، بدون اندکی تردید به سؤال‌هایی در مورد مدارهای بیضوی پاسخ گفت.



همه می‌دانند که یوهان کپلر (۱۶۳۰ـ۱۵۷۱) نشان داد که مدارهای سیارات بیضوی هستند. اما اثبات ریاضی آن چیز دیگری بود.

هالی بی‌نتیجه به لندن بازگشت، اما سه‌ماه بعد یک مقالهٔ ۹ صفحه‌ای به زبان لاتین دریافت کرد؛ **De Motu corporum** یا در باب حرکت اجسام در مدار که در آن نیوتن مسیرهای بیضوی سیارات را در قالب قانون گرانش و قانون حرکت خود توضیح داده بود. این پیش‌درآمد ظهور کتاب مشهور او یعنی **اصول** (۱۶۸۷) بود که توصیف ریاضی دقیقی از عقاید او را ارائه می‌کرد.


De motu corporum in gyrum.

PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

Autore J S. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
Julii 5. 1686.

LONDINI,
Justu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

نیوتن و هاوکینگ

رسانه‌ها استفن هاوکینگ را بیشتر با فیزیکدانهای مشهوری چون نیوتن و اینشتین مقایسه می‌کنند تا با دانشمندان مهجور. البته مورخان علم کمتر چنین مقایسه‌ای می‌کنند. هیچ فردی هیچگاه همانند نیوتن بر دانش عصر خود مسلط نبود، و حال آنکه هاوکینگ یکی از اعضای گروه کوچک دانشمندان نخبه‌ای است که در مرحله‌ای حساس در کیهان‌شناسی نوین ظهور یافته‌اند.

در عین حال برخی از این مقایسه‌ها بسیار جالبند. نیوتن همهٔ دورهٔ دانشوری خود را، در اقامتگاه و آزمایشگاه‌های کالج ترینیتی کمبریج گذراند. هاوکینگ از ابتدای دورهٔ تحصیلات تکمیلی خود در ۱۹۶۲ به‌جز چندسال که برای مرخصی به خارج رفت، در کمبریج بوده است. هردوی آنها تلاش کردند تا با استفاده از نظریه‌های گرانش، دنیای فیزیکی قابل رؤیت را توضیح دهند. نیوتن از تئوری خود و هاوکینگ از نسبیت عام اینشتین استفاده کرد. هردوی آنها یک موقعیت برجسته را در کمبریج کسب کردند؛ یعنی **کرسی لوکاس** در ریاضیات.

محدودهٔ وسیع کاربرد قانون گرانش نیوتن که در کتاب **اصول** ارائه شد، فوق‌العاده بود. توفیق این تئوری خیلی سریع مشخص شد. این نظریه در مورد همهٔ حرکت‌ها در منظومهٔ شمسی، اعم از قمرها و ستاره‌های دنباله‌دار و نیز سیارات کاربرد دارد. این نظریه آنقدر دقیق بود که برای کشف سیارهٔ نپتون که حتی به‌وسیلهٔ تلسکوپ‌های موجود در آن زمان قابل رؤیت نبود، به‌کار گرفته شد.

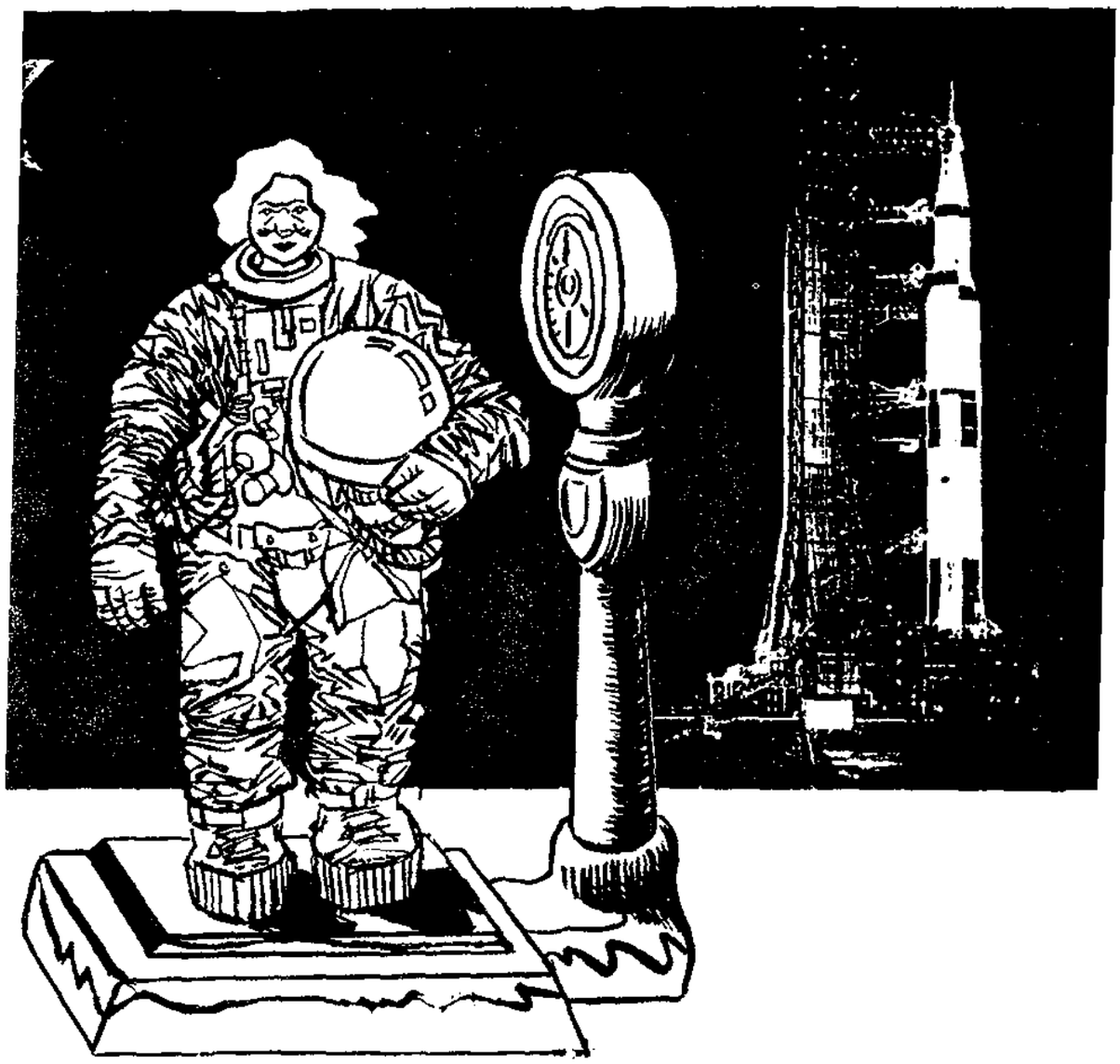
فقط یک مشکل کوچک وجود داشت. مدار عطارد کاملاً صاف نبود. اما از آنجایی که عطارد بسیار به خورشید نزدیک است و رؤیت آن مشکل، این مسئله در قرن‌های ۱۷ و ۱۸ توسط همگان اختلاف خطای دید فرض شده و جدی گرفته نشد. مدارهای مشتری، مریخ و زحل نیز مکان‌یابی شدند. هیچ‌کس نگران نبود.

خیلی‌ها ممکن است متعجب شوند وقتی بفهمند که گذاشتن یک انسان در ماه، حدود نیم‌قرن بعد از اینشتین احتیاج به هیچ تجدیدنظری در نظریه نیوتن نداشت. مهندسین ناسا، در هنگام برنامه‌ریزی موشکهایشان در کیپ کندی، در سال ۱۹۶۹ از همان اصول نیوتون استفاده می‌کردند.

تفاوت محاسبه با این دو نظریه قابل چشم‌پوشی است، مگر اینکه اندازه‌گیری‌ها نزدیک به اجرام گرانشی بسیار سنگین انجام گیرد. در مدارهای دور خورشید و سیارات، درحقیقت در سراسر منظومهٔ شمسی اثرات نسبیتی اینشتین قابل صرفنظرکردن است و نظریه نیوتن نظریه‌ای مناسب.

مفهوم جرم

این روش معجزه‌آسا برای کاهش وزن را درنظر بگیرید: سفری به کرهٔ ماه! هنگامی که جسمی در یک سفینه به ماه منتقل شود، وزن آن به $\frac{1}{6}$ وزن اولیه کاهش می‌یابد! این کاهش وزن با استفاده از فرمول گرانش نیوتنی برای مقایسهٔ نیروی گرانشی جسم در سطح زمین (وزن جسم) با جسمی در سطح ماه به‌سادگی قابل اثبات است. کافی است اعداد را در رابطه قرار دهید و این کاهش وزن هیجان‌انگیز را ببینید. اما حواستان باشد که چگونه از جرم استفاده می‌کنید.



جرم فضانورد حدوداً ۶۰ کیلوگرم است و جرم زمین، $۵/۹۸\times۱۰^{۲۴}$**kg** و **شعاع زمین** $۶/۳۷\times۱۰^{۶}$ متر است. اگر این مقادیر را در رابطهٔ نیوتن قرار **دهیم وزن فضانورد به** صورت زیر به‌دست می‌آید: (۱N = ۰/۲۲۵lb)

وزن = Fg = ۵۹۰ نیوتن = ۱۳۲ پوند

جال او در ماه چه وزنی دارد؟ از همان روش استفاده کنید اما این‌بار جرم ماه $۷/۳۴\times۲۰^{۲۲}kg$ و شعاع ماه $۱/۷۴\times۱۰^{۶}$ متر را به‌جای جرم و شعاع زمین به‌کار ببرید.

حتی وزن یک سوموکار نیز بیش از ۵۰ پوند نخواهد بود.

پوند ۲۱/۸ = نیوتن ۹۷ = وزن

جرم بی‌شک مفهومی غلط‌انداز است. نه‌تنها درک آن مشکل است بلکه تا زمان اینشتین بسیار مبهم بوده است؛ به خاصیتی فکر کنید که باعث می‌شود یک جسم توسط جسم دیگر جذب شود، این همان چیزی است که در قانون گرانش آمده.

(جرم گرانشی)

$$F\ (\text{نیرو}) = G\ \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

سپس خاصیتی از جسم را تصور کنید که در مقابل تغییر سرعت آن مقاومت می‌کند، طبق قانون دوم نیوتن در حرکت:

(جرم اینرسی)

$$\text{F (نیرو)} = \text{m} \times \text{a (شتاب)}$$

یا ... $$\text{a} = \frac{\text{F(نیرو)}}{\text{m(جرم)}}$$

واضح است که به‌ازای یک نیروی مشخص، جرم ساکن بزرگتر شتاب کمتری می‌گیرد. آیا هیچ تفاوتی بین این دو کمیت وجود دارد؟ جرم گرانشی و جرم اینرسی؟ نیوتن ما را سردرگم کرده است.

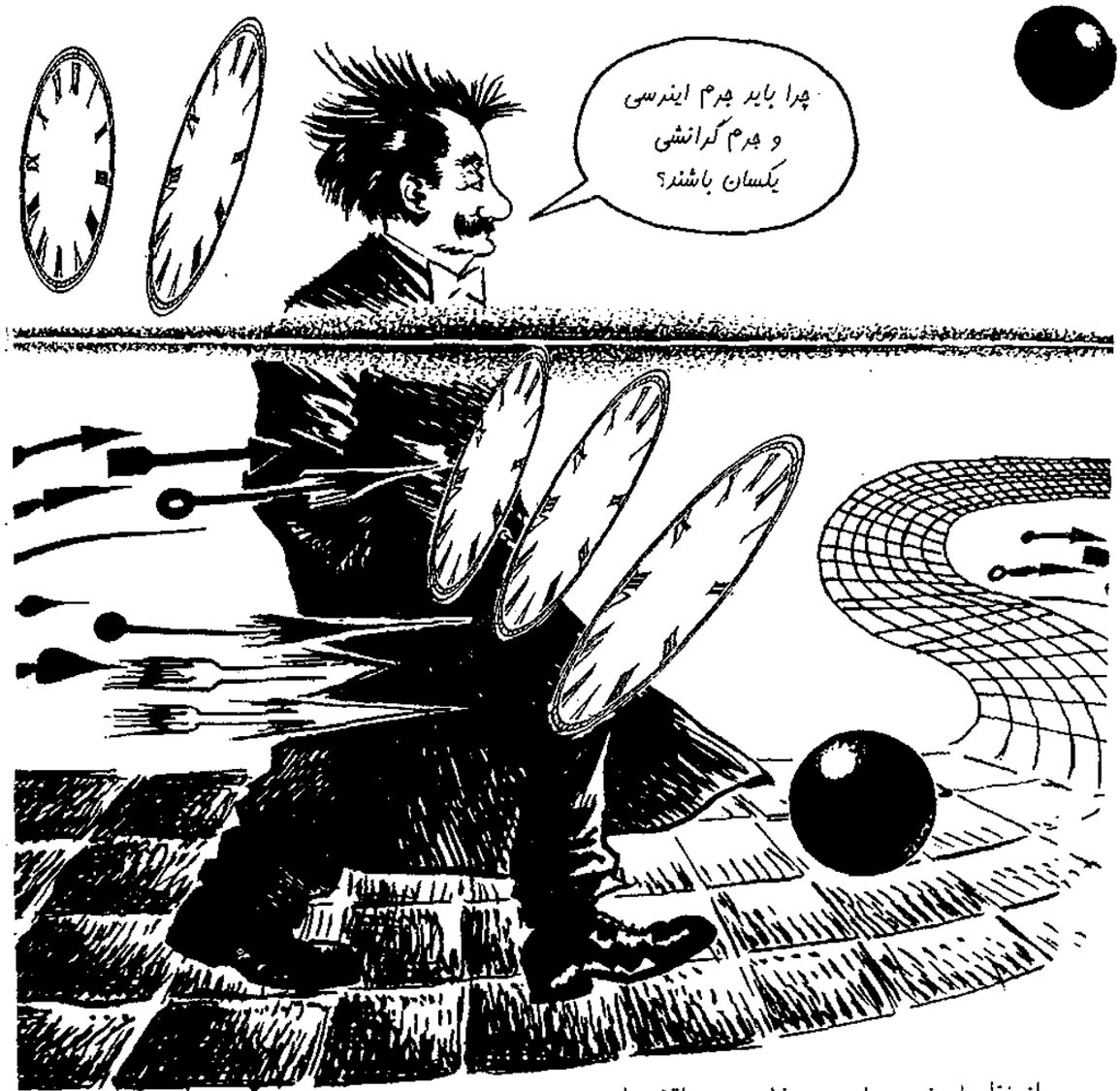
آلبرت اینشتین، ناجی فیزیک کلاسیک

از بین‌بردن ناسازگاری‌ها و تناقضهای باقیمانده در فیزیک کلاسیک تنها از یک نفر برمی‌آمد؛ آلبرت اینشتین. این فیزیکدان بزرگ عهد ویکتوریا، براین عقیده بود که در فیزیک تنها مسائل جزئی و کم‌اهمیت باقیمانده است. با این حال اینشتین دست در کار تغییر فیزیک نیوتنی و وارونه‌کردن آن بود.

ساختار نظریهٔ نیوتن را مانند یک خانهٔ کارتی درنظر بگیرید. درست است که اینشتین تنها دو کارت از آن را بیرون کشید اما این دو کارت اتفاقاً جزء پایهٔ ساختمان بودند.

برای این کار نیاز بود که ادعا کند، هیچ چیز سریعتر از سرعت نور حرکت نمی‌کند. مشاهده همواره نظر اینشتین را تأیید کرد. او این نظریه را نظریهٔ نسبیت خاص نامید.

مقاله‌های اولیهٔ اینشتین در مورد الکترودینامیک بود و به سیگنالهای نوری و ساعتهای متحرک مربوط می‌شد. اما طولی نکشید که نگرانی او در مورد گرانش، به خاصیت مهم عمل در فاصلهٔ آن معطوف شد. مطابق نظر نیوتن، اگر خورشید ناگهان ناپدید می‌شد، میدان گرانش آن بر زمین نیز، میلیونها مایل دورتر می‌شد. با این وجود نور خورشید با سرعت ثابتش باز هم ۸ دقیقهٔ بعد به زمین می‌رسید که این مسئله نیز مانند مفهوم جرم اینشتین را نگران می‌کرد.



از نظر اینشتین این مفاهیم تناقضهایی بودند که سالها و سالها موجب دردسر شده بودند. او جوانی بود که اعتقاد داشت دست خدا در جزئیات در کار است.

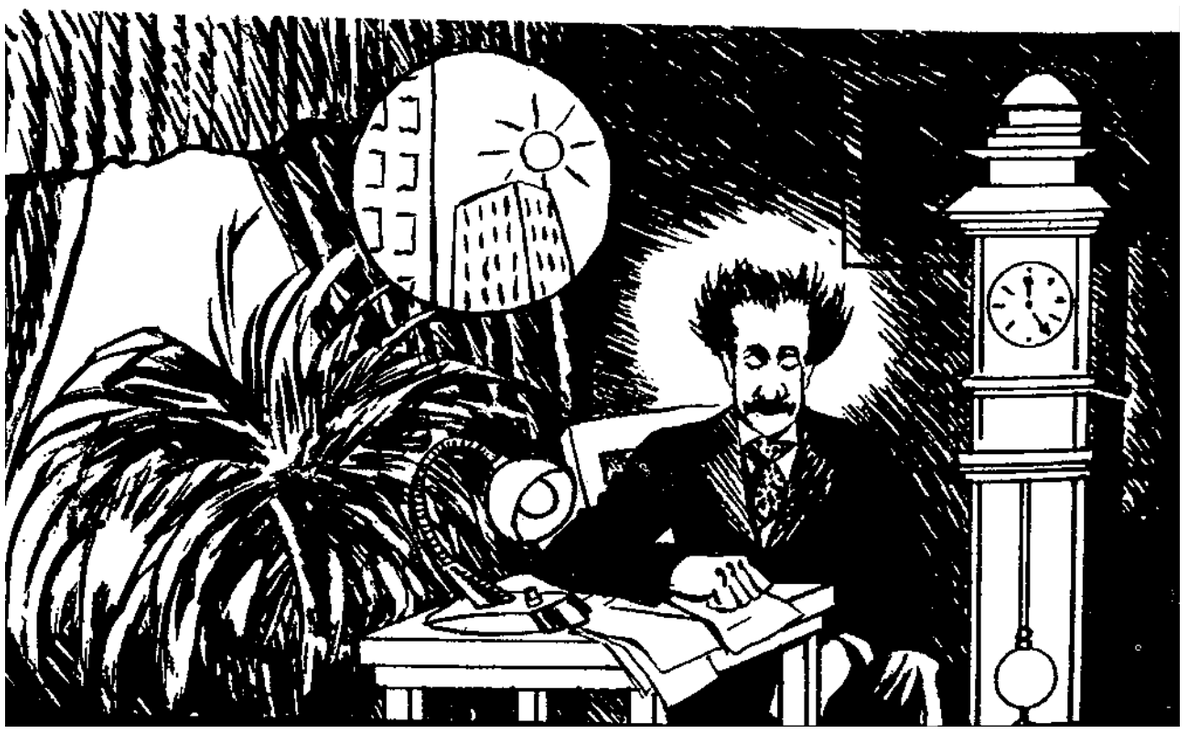
اینشتینِ نگران، شروع به بررسی این موضوع کرد که آیا روش دیگری برای توضیح گرانش وجود دارد یا نه. شاید گرانش اصلاً یک نیرو نباشد. از آنجایی که حرکت جسم در حال سقوط آزاد (همانطور که گالیله در قرن ۱۵ کشف کرد) به جرم جسم یا ترکیب آن بستگی ندارد، گرانش نیز ممکن است به خواص ویژهٔ **محیطی** که جسم در آن می‌افتد که خود یک **فضاست** بستگی داشته باشد. اینشتین با مجموعه‌ای از مراحل خاص، خلاق و منحصر به‌فرد به این نتیجه رسید که فضا مسطح نیست، بلکه **منحنی** است و انحنای موضعی به‌دلیل وجود جرم در عالم ایجاد می‌شود. درنتیجه، اجسام متحرک در فضای منحنی بر خط راست سیر نمی‌کنند بلکه مسیری را در محیط فضای منحنی دنبال می‌کنند که مقاومت کمتری دارد. این مسیرها **ژئودزیک** نامیده می‌شوند.

اگر این موضوع درست باشد هیچ احتیاجی به نیروی گرانش مرموزی که **به‌طور آنی** انتقال می‌یابد، نیست. و دیگر نیازی به توضیح تطابق غریب بین جرم اینرسی و گرانشی نخواهد بود. اینشتین مسئولیت داشت که فیزیک کلاسیک را از این تناقضها نجات دهد. او مسئولیتی را که به‌وسیلهٔ گالیله، نیوتن و جیمز کلارک ماکسول شروع شده بود، به‌اتمام رساند.

اینشتین و هاوکینگ

اغلب آثار برجسته در فیزیک متعلق به کسانی است که شهود معجزه‌آسای فیزیکی‌شان را با دلایل معتبر ریاضی همراه کرده‌اند. و البته اولی از دومی بسیار مهمتر است. نه اینشتین یک ریاضیدان صرف بود و نه استفن هاوکینگ. هردوی آنها ریاضیات را در حدی که برای فیزیک نیاز داشتند و برای درست‌ترین روش فرمول‌بندی عقایدشان، فراگرفته بودند.

اینشتین از دوستش مارسل گروسمن خواست که به او تکنیک‌های هندسهٔ ریمانی را بیاموزد که بتواند فضای منحنی را بررسی کند. هاوکینگ، که در اوایل دههٔ ۶۰ برای بررسی راز سیاهچاله‌ها مشتاق بود، از راجر پن‌رز روش‌های توپولوژیک نظریهٔ تکینگی را به‌طور فشرده آموخت. اما هردو آنها، شامه‌ای برای درک مسائل جالب داشتند. عقیدهٔ اینشتین در مورد فضای منحنی چند دلیل موجه داشت ولی واضح نبود که چگونه باید این یافته را محاسبه کرد. او مانند آنچه در مورد نسبیت خاص انجام داده بود، شروع به رؤیاپردازی آزمایشات ذهنی خود کرد. عقاید کیفی و سطحی وی در مورد فضای منحنی تبدیل به مجموعه‌ای از روابط شد که مقدار دقیق انحنا را برای مقدار مشخص جرم به‌دست می‌دهد. گفته می‌شود که این پیشرفت تاکنون یکی از خلاق‌ترین نمونه‌های قدرت تخیل صرف بوده است. اینشتین ایدهٔ اصلی‌ای که او را وادار به این راه کشانده بود «**فرخنده‌ترین فکر زندگی من**» نامید.

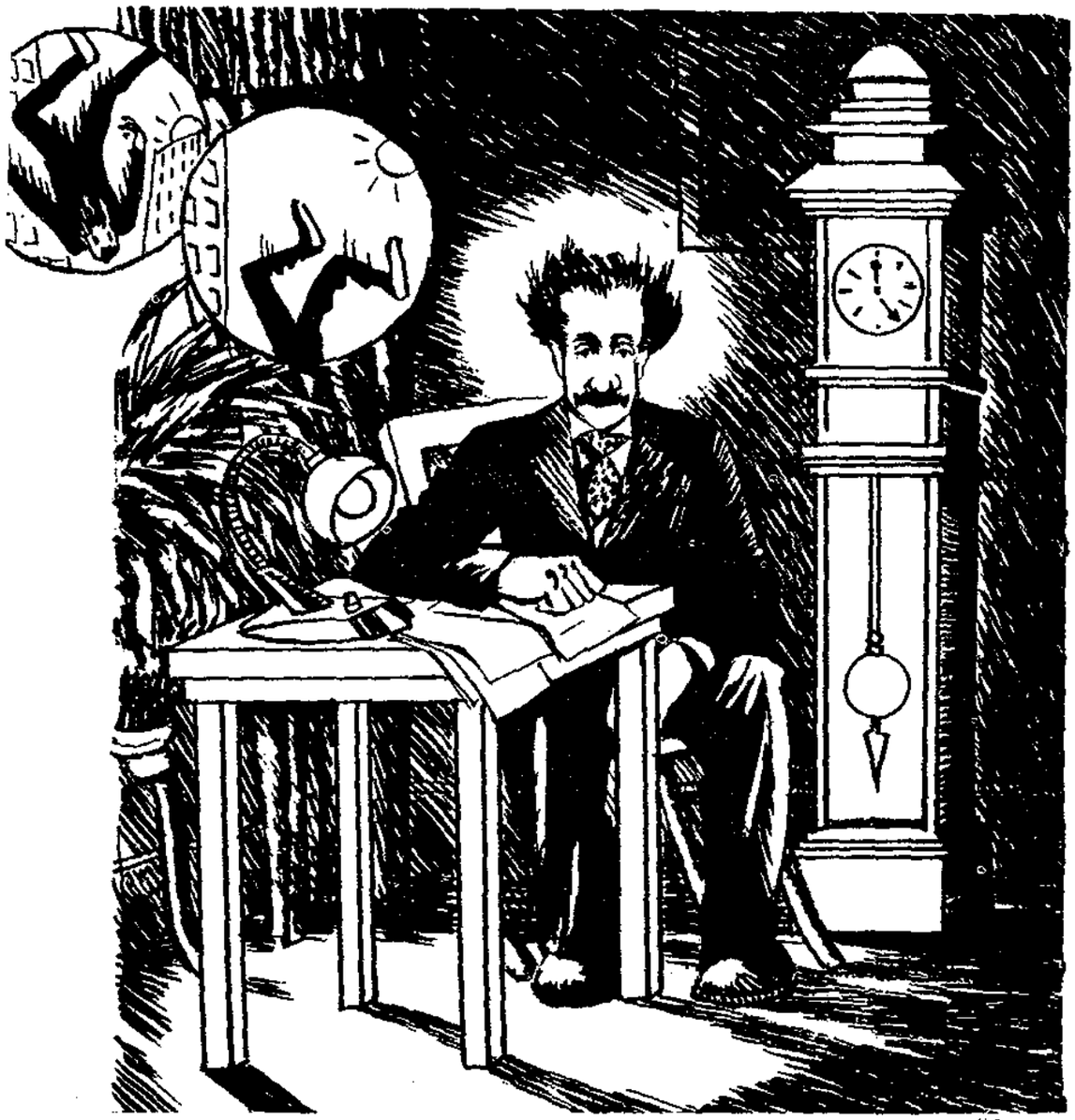


فرخنده‌ترین فکر اینشتین

روی صندلی ادارهٔ ثبت اختراعات در برن (۱۹۰۷) نشسته بودم که ناگهان فکری به ذهنم خطور کرد. «اگر شخصی آزادانه سقوط کند وزن خود را احساس نخواهد کرد.» انگار تلنگری به من خورده بود. این فکر ساده تأثیری عمیق بر من داشت و مرا به‌سوی نظریهٔ گرانش سوق داد. این فرخنده‌ترین فکر زندگیم بود.

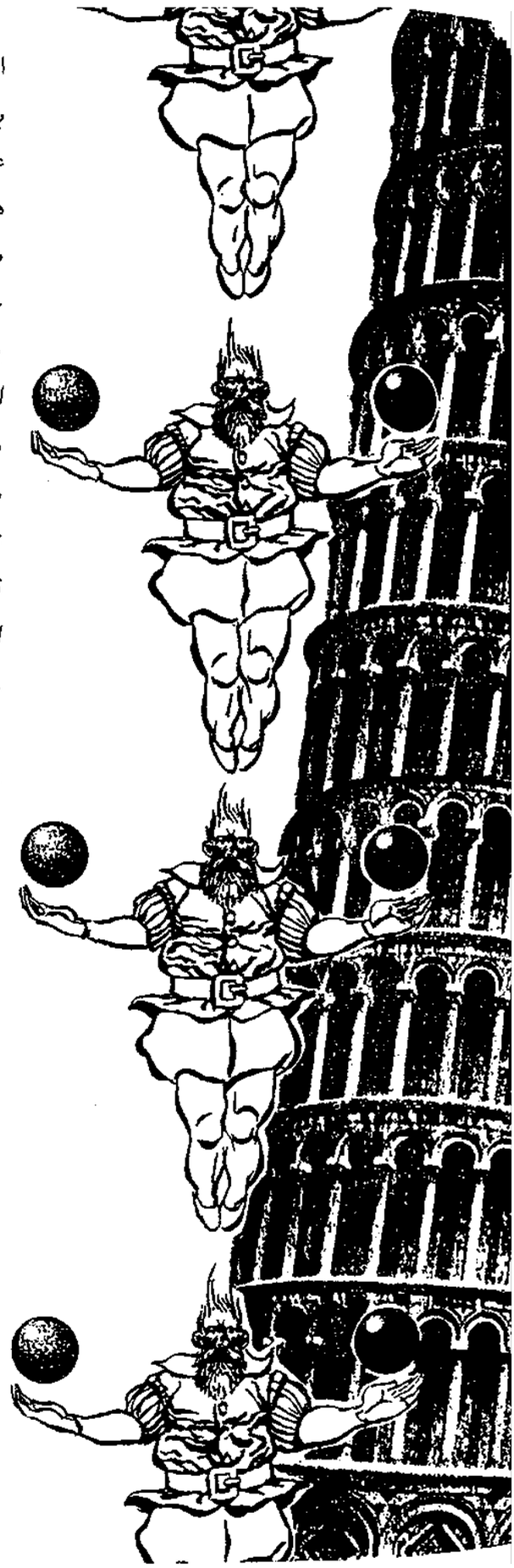
من فهمیدم که... از دید یک ناظر در حال سقوط آزاد از بام یک خانه ــ حداقل در شرایط اولیه ــ هیچ میدان گرانشی وجود ندارد. اگر شخص در حال سقوط اشیاء دیگری را نیز بیندازد (مانند گلوله‌های توپ گالیله)، این اشیاء مستقل از خواص فیزیکی یا شیمیایی‌شان نسبت به شخص ساکن خواهند بود و یا حرکت ثابتی خواهند داشت. (البته از مقاومت هوا صرفنظر می‌کنیم).

بنابراین این ناظر حق دارد که وضعیت خود را سکون یا حرکت ثابت تعبیر کند...



اینشتین ادامه می‌دهد...

به دلیل این ایده، این قانون تجربی عجیب و غیرعادی که در میدان گرانشی همهٔ اجسام با یک شتاب سقوط می‌کنند (راه دیگری برای بیان همسانی جرم گرانشی و اینرسی) ــ ناگهان به یک مفهوم عمیق فیزیکی تبدیل شد. اگر تنها یک جسم ساده وجود داشته باشد که به روشی غیر از بقیهٔ اجسام سقوط کند، به ناظر کمک خواهد کرد تشخیص دهد که در یک میدان گرانشی قرار دارد و در آن سقوط می‌کند. هرچند اگر چنین جسمی وجود نداشته باشد ــ همانطور که آزمایشی که زمان گالیله در ۱۵۹۰ با دقت بالایی، نشان داد ــ ناظر، فاقد ابزاری خارجی برای قلمدادکردن خود در یک میدان گرانش خواهد بود. بنابراین او طبیعتاً موقعیت خود را ساکن و محیط اطراف خود را عاری از گرانش فرض می‌کند: بنابراین این حقیقت که شتاب سقوط آزاد مستقل از طبیعت مادهٔ موردنظر است، دلیل قوی‌ای است که به‌عنوان شرط اصلی نسبیت، برای هماهنگ‌سازی سیستم‌های با حرکت غیریکنواخت قابل بسط می‌باشد.

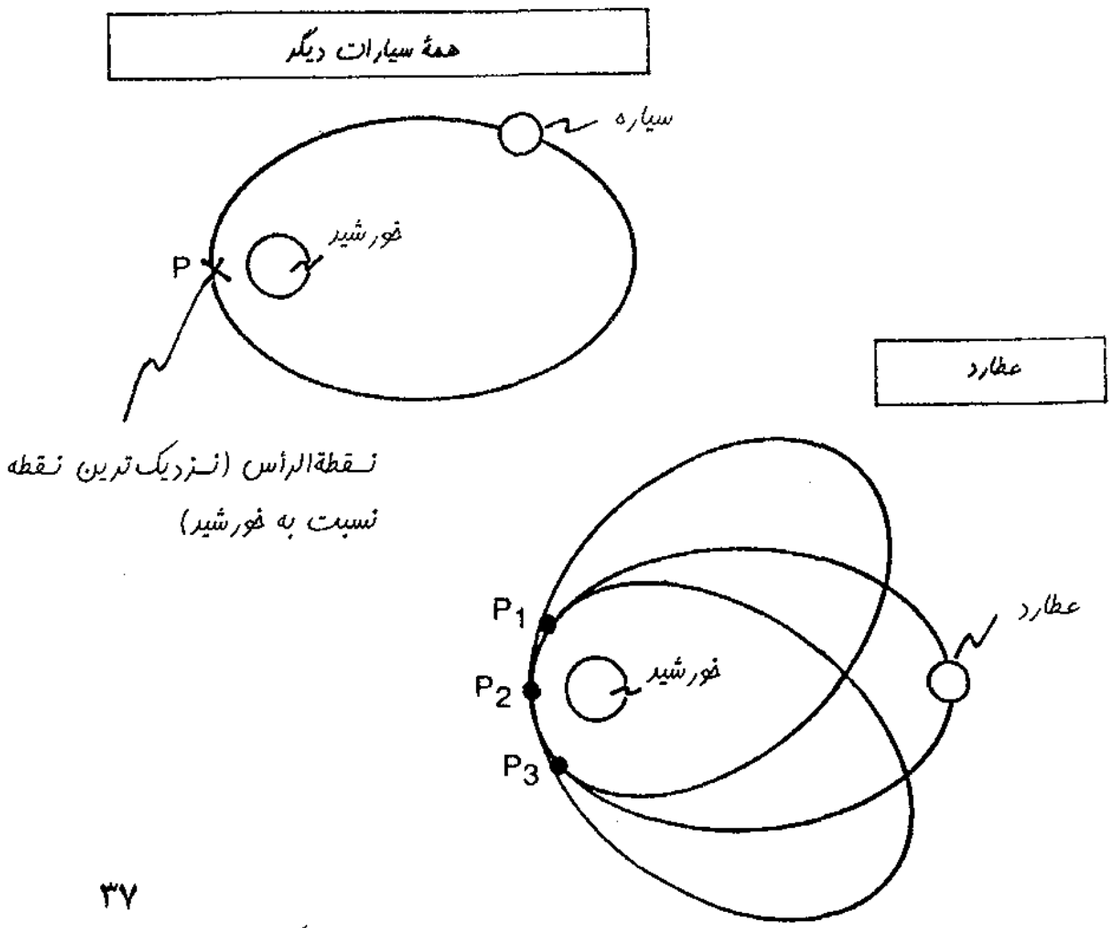


این فکر اینشتین، که شخص در حال سقوط آزاد وزن خود را حساس نمی‌کند، بسیار ساده به‌نظر می‌رسید. او این ایدهٔ آغازی را فشرد تا هر نگرشی که ممکن بود را از آن استخراج کند و تناقض‌های نظریه نیوتن را تا جایی که مشاهدات او و قوانین فیزیک اجازه می‌داد برطرف کند. او **تصویر سادهٔ شخص در حال سقوط آزاد را به یک آزمایشگاه کوچک تشبیه کرد که در آن گرانش وجود ندارد.** حال اینشتین می‌توانست اثر گرانش بر روی پدیده‌هایی مانند شکست اشعه نور یا کوتاه‌شدن زمان را با جایگزین‌کردن سادهٔ میدان گرانشی با یک حرکت شتابدار شبیه‌سازی شده، تحلیل و بررسی کند. درواقع با تصور شخصی که از بالای یک بام در برلین به پایین می‌پرد، (همانطور که در داستان آمده است)، اینشتین توانست که ثقل را با شتاب جایگزین و **اصل هم‌ارزی** خود را کشف کند.

اینشتین اکنون می‌توانست از اصل قدرتمند نظریهٔ نسبیت ــ این که قوانین فیزیکی نباید به هیچ دستگاه مختصات خاصی وابسته باشند ــ برای آزمودن قوانین جدیدش در مورد انحنای فضا استفاده کند. او همچنان اصل هم‌ارزی (گرانش همان شتاب است) را برای شروع دراختیار داشت. به‌علاوه خرده اطلاعات دیگری نیز داشت که این بار تجربی بودند.

نقطةالرأس عطارد:
از یک مشکل تا راه‌حل

به‌خاطر بیاورید که دانشمندان در زمان نیوتن نگران اختلاف کوچکی نبودند که در مدار بیضوی عطارد وجود داشت؛ حتی اگر این اختلاف باعث می‌شد که عطارد در هر دورهٔ چرخش به نقطهٔ ابتدایی حرکت بازنگردد. اما در زمان اینشتین منجمان بسیار نگران این مسئله بودند و به یک توضیح احتیاج داشتند. این اختلاف با دقت ۴۳ ثانیه قوسی در هر قرن اندازه‌گیری شده بود و از بین هم نمی‌رفت. اینشتین اکنون می‌توانست از نتیجهٔ تجربهٔ نقطةالرأس برای سنجش قانون انحنا استفاده کند. (نقطةالرأس از کلمهٔ یونانی perihelion آمده است که peri آن به معنی نزدیک به و helios به‌معنی خورشید است.)



نقطةالرأس عطارد در هر قرن ۴۳ ثانیه قوسی تغییر می‌کند.

یافتن معادلات صحیح

اینشتین برای آزمودن روابط و معادلات از سه چیز استفاده کرد...

او در حالی که از نظر ذهنی آشفته بود و سعی می‌کرد جنگ جهانی اول را نادیده بگیرد، بر روی ایجاد مجموعه‌ای از معادلات کار می‌کرد.

این روابط همچنین انحرافی ۱/۷ ثانیهٔ قوسی را برای نور ستاره‌ای که از نزدیک لبه‌های خورشید می‌گذرد پیش‌بینی می‌کرد. همچنین، شامل پیش‌گویی‌های قبلی وی در مورد تأخیر گرانشی زمان و انحراف زمان نیز می‌شدند. اینشتین شکل نهایی قانون نسبیت عام خود را در باب فضای منحنی و زمان منحرف‌شده، در ۲۵ نوامبر ۱۹۱۵ به آکادمی پروس ارائه داد.

سپس نامه‌ای به دانشمند آلمانی، پل ارنفست، که یکی از دوستان نزدیکش بود نوشت.

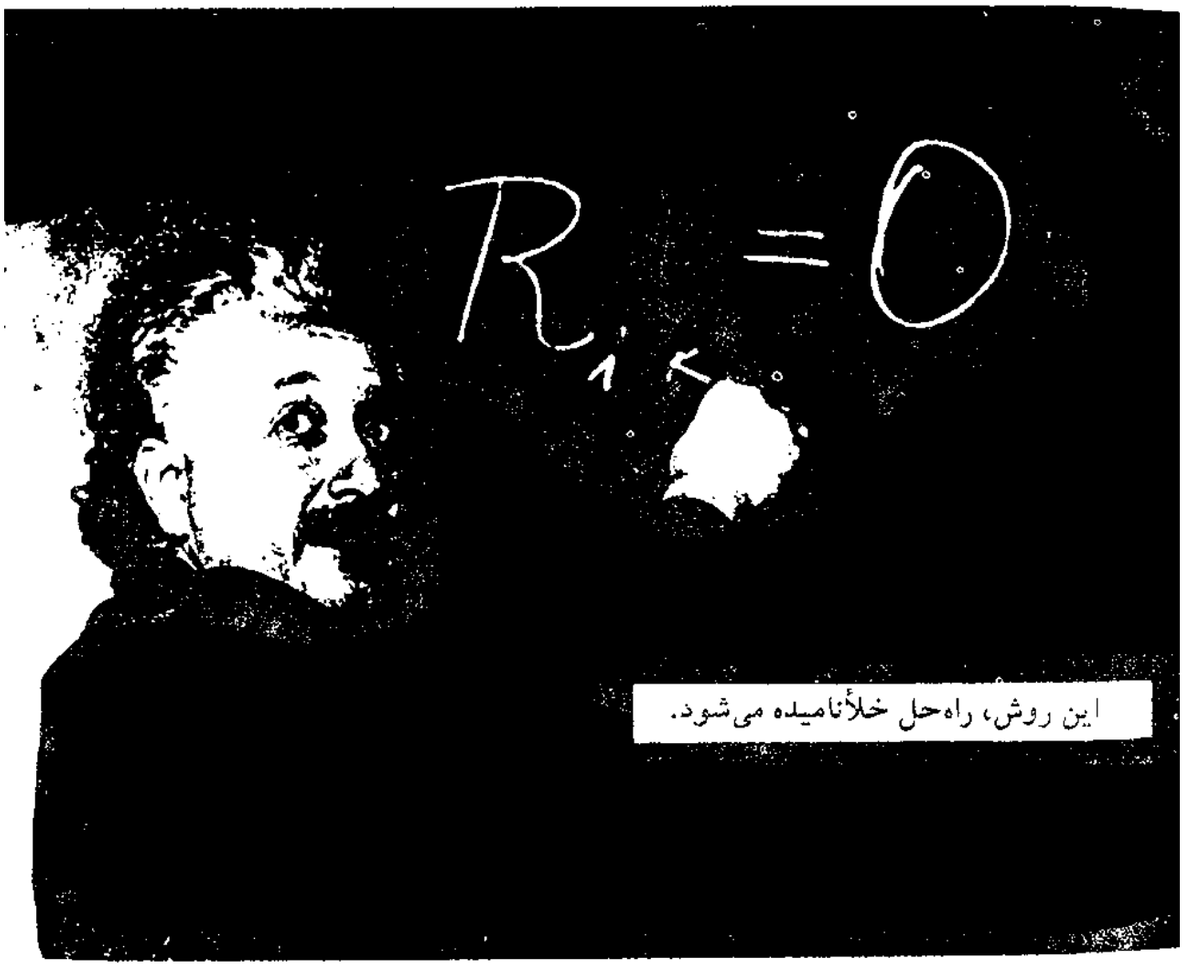
معادلات میدانی چه معنایی دارند؟

استاد، ۳۶ ساله مجموعه‌ای از روابط ریاضی ایجاد کرد که جزئیات ارتباط بین انحنای فضا و توزیع جرم در عالم را به‌دست می‌دادند. اینشتین دریافت که ماده، نحوهٔ **انحنای فضا** را تعیین کرده و فضا نیز چگونگی **حرکت ماده** را معین می‌کند. این روشی جدید برای توضیح گرانشی بود. **بدون هیچ نیرویی.** برای ایجاد تطابق بین این دو تصویر گرانش یک تلنگر ذهنی لازم بود.

علاوه بر اینکه این روابط شگفت‌انگیز و خارق‌العاده توضیحی برای جابه‌جایی نقطةالرأس عطارد است، به موارد دیگری نیز اشاره دارد مانند؛ درجهٔ شکست نور ستاره، وجود امواج گرانشی و اطلاعاتی در مورد تکینگی‌های زمان فضایی و توضیح شکل‌گیری ستاره‌های نوترونی و سیاهچاله‌ها و حتی پیش‌گویی انبساط عالم.

اینها خبرهای خوب هستند.

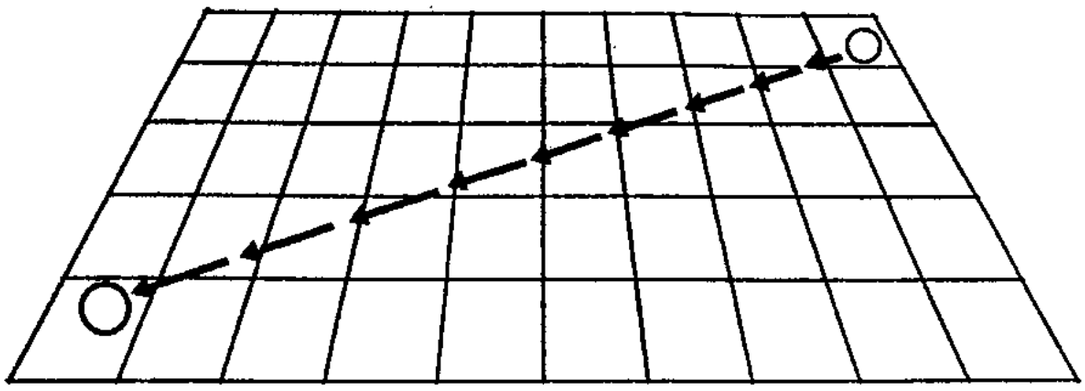
خبر بد این است که روابط ریاضی این محاسبات بی‌نهایت سخت هستند. ده رابطه با بیست کمیت مجهول وجود دارند. این معادلات به‌جز در مواردی که قرینه‌سازی یا فرضیات انرژی شکل ساده‌تری به آنها می‌دهد، تقریباً لاینحل هستند. اگر از ثابت کیهانشناسی **لاندا** (که به‌هرحال دیگر در معادلات جایی ندارد) صرفنظر کنیم و فضایی خالی را درنظر بگیریم که تانسور جرم در آن صفر است معادلات به‌شکل بسیار ساده‌ای نوشته می‌شوند...



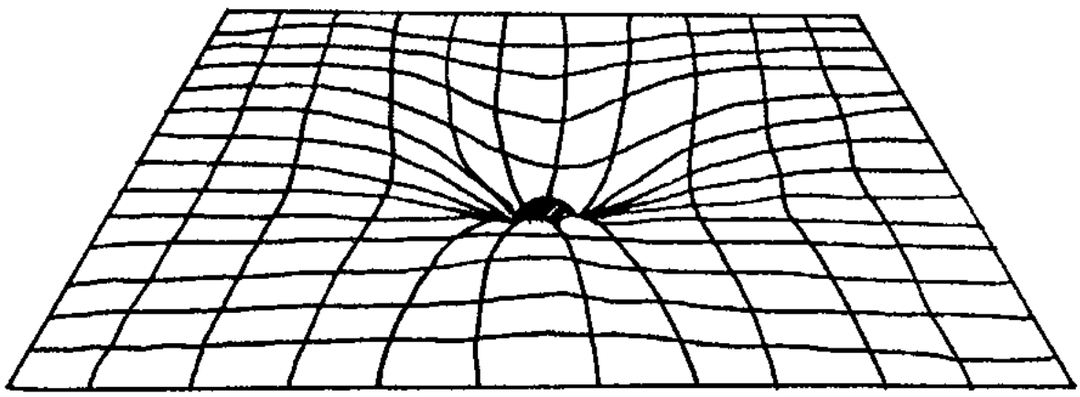
این شکل معادله با عکس معروفی از اینشتین که در سالهای ۱۹۲۰ در حال سخنرانی بر روی همین فرضیه بود، مشهور شد. ساده به‌نظر می‌رسد!

به تصویرکشیدن فضای منحنی: مدل صفحهٔ لاستیکی

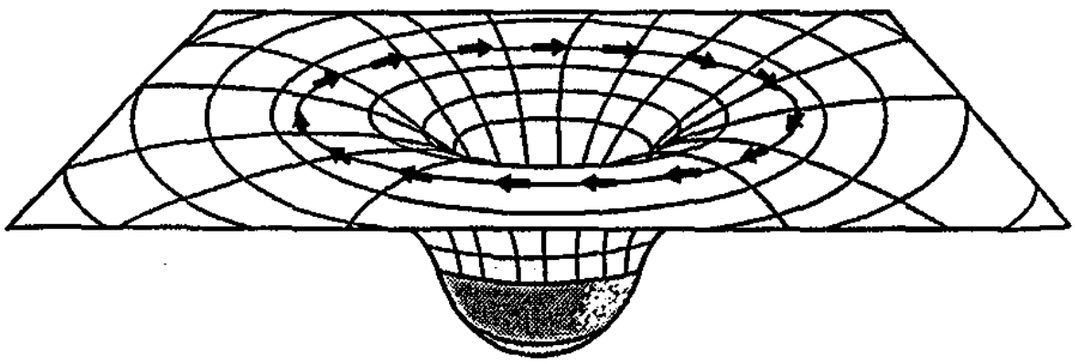
گرانش اینشتین در مقایسه با سایر نظریه‌های میدانی مانند الکتریسیته یا مغناطیس که در آن‌ها توضیح حرکت (چگونگی حرکت یک جسم) براساس روابط میدانی ساخته می‌شود، کاملاً غیرعادی به‌نظر می‌رسد. چگونه فضا-زمان انحناء می‌یابد؟ این را می‌توان به کمک یک مدل ساده به‌نام تصویر صفحه‌های لاستیکی فهمید. یک میز بیلیارد را با سطحی صاف درنظر بگیرید که سطح نمدپوش‌شدهٔ آن با لایهٔ نازک لاستیک کشسان و انعطاف‌پذیری پوشیده شده است. اگر جسمی سبک (مانند یک توپ پینگ‌پنگ) بر روی صفحه غلتانده شود کم‌وبیش در خطی مستقیم حرکت خواهد کرد. این حالت فضای مسطح را شبیه‌سازی می‌کند و مسیر توپ پینگ‌پنگ مانند حرکت مستقیم‌الخط در نسبیت خاص می‌باشد.



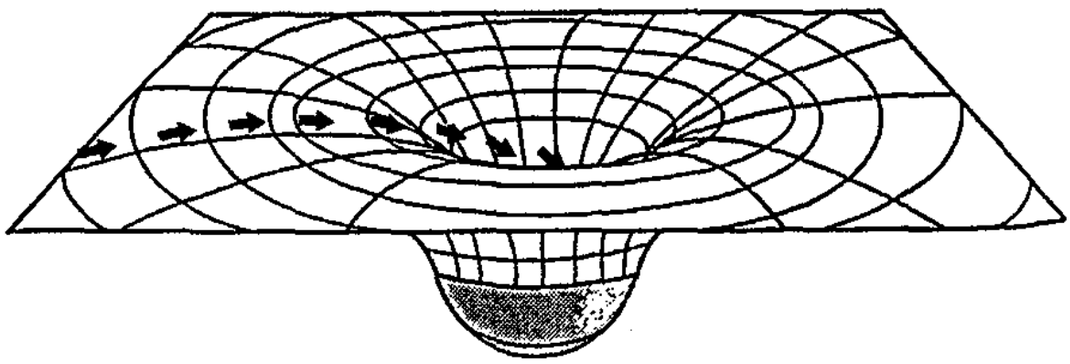
حال یک توپ سنگین بیلیارد را در مرکز صفحه قرار دهید این امر موجب می‌شود که صفحه با فرورفتگی‌ای در مرکز انحناء یابد. این طرح اکنون طرح انحنای فضا را در حوالی یک فرورفتگی، همانطورکه در نسبیت عام وصف شده است، شبیه‌سازی می‌کند.



ساده‌ترین حالت حرکت (به‌جز یک خط مستقیم) زمانی است که فرورفتگی جسم را در مداری دایره‌ای نگاه می‌دارد. توجه داشته باشید که این حالت بدون نیاز به هیچ **نیروی جانب مرکزی**، مانند آنچه در طرح نیوتن آمده، رخ می‌دهد. جسم تمایل دارد بر خط مستقیم حرکت کند اما به‌دلیل انحنای فضا در دایره‌ای به دور مرکزِ حرکت می‌چرخد. جسم به سادگی در مسیری که کمترین مقاومت را در فضای منحنی دارد حرکت می‌کند. این نمایشی برمبنای نسبیت عام اینشتین در مورد چگونگی ماندن یک سیاره در مداری به دور خورشید است.



اگر جسمی بر روی یک خط، مستقیماً به سمت مرکز حرکت کند دقیقاً در گود می‌افتد و به سمت مرکز جاذبه شتاب می‌گیرد. این نمایی از برخورد شهاب‌سنگ به خورشید یا زمین است.

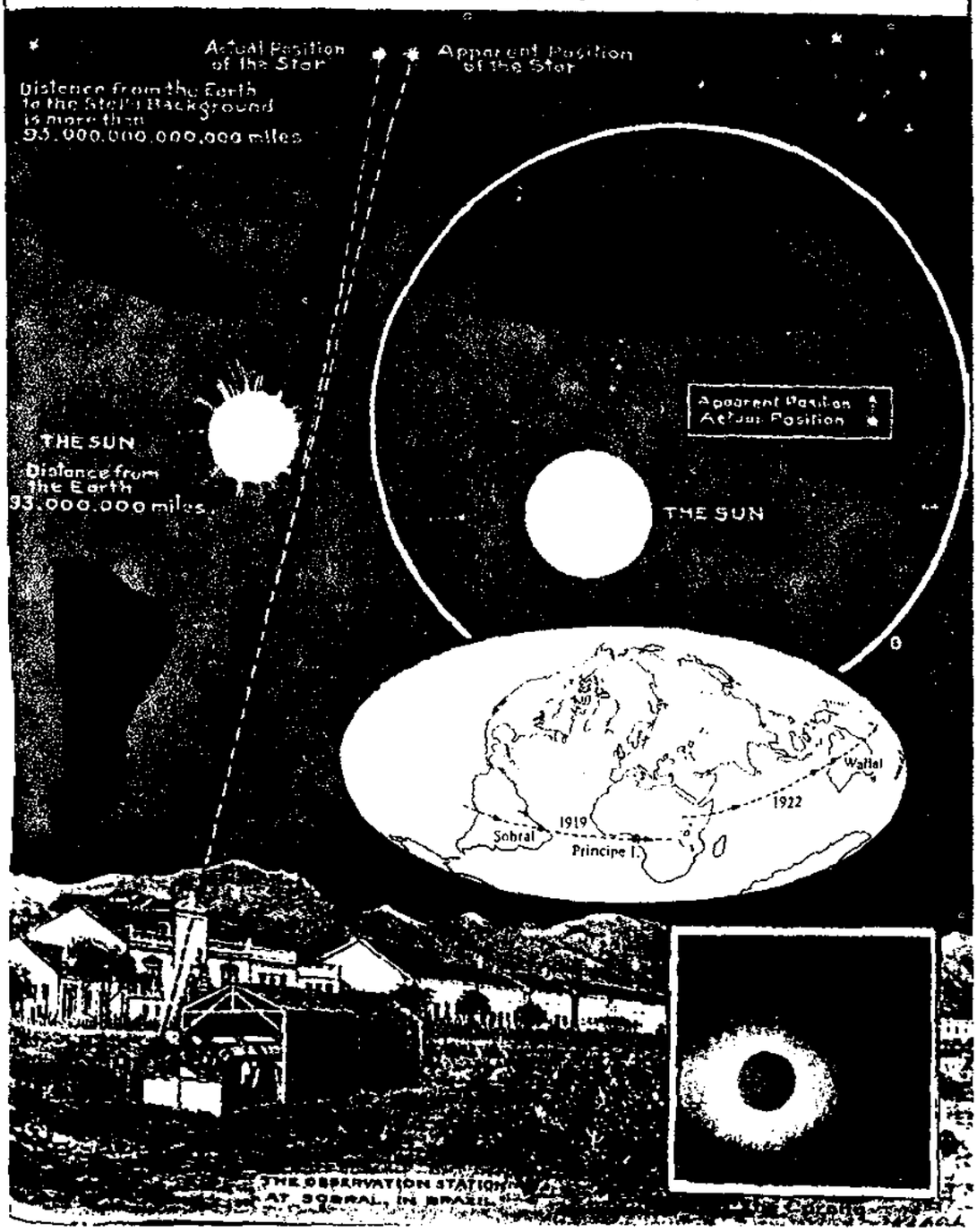


با اینچنین نمودارهایی می‌توان تفاوتهای فاحش و مشخص میان نظریهٔ نیوتن و اینشتین را به تصویر کشید. اینشتین **نیروی گرانش** نیوتن را با **فضای منحنی** جایگزین کرد. نظریه جدید در زمان انتشار با تردید مواجه شد. خیلی‌ها نمی‌خواستند ساختار نیوتنی را فرو ریخته ببینند. شکاکان به دلایل بیشتری نیاز داشتند.

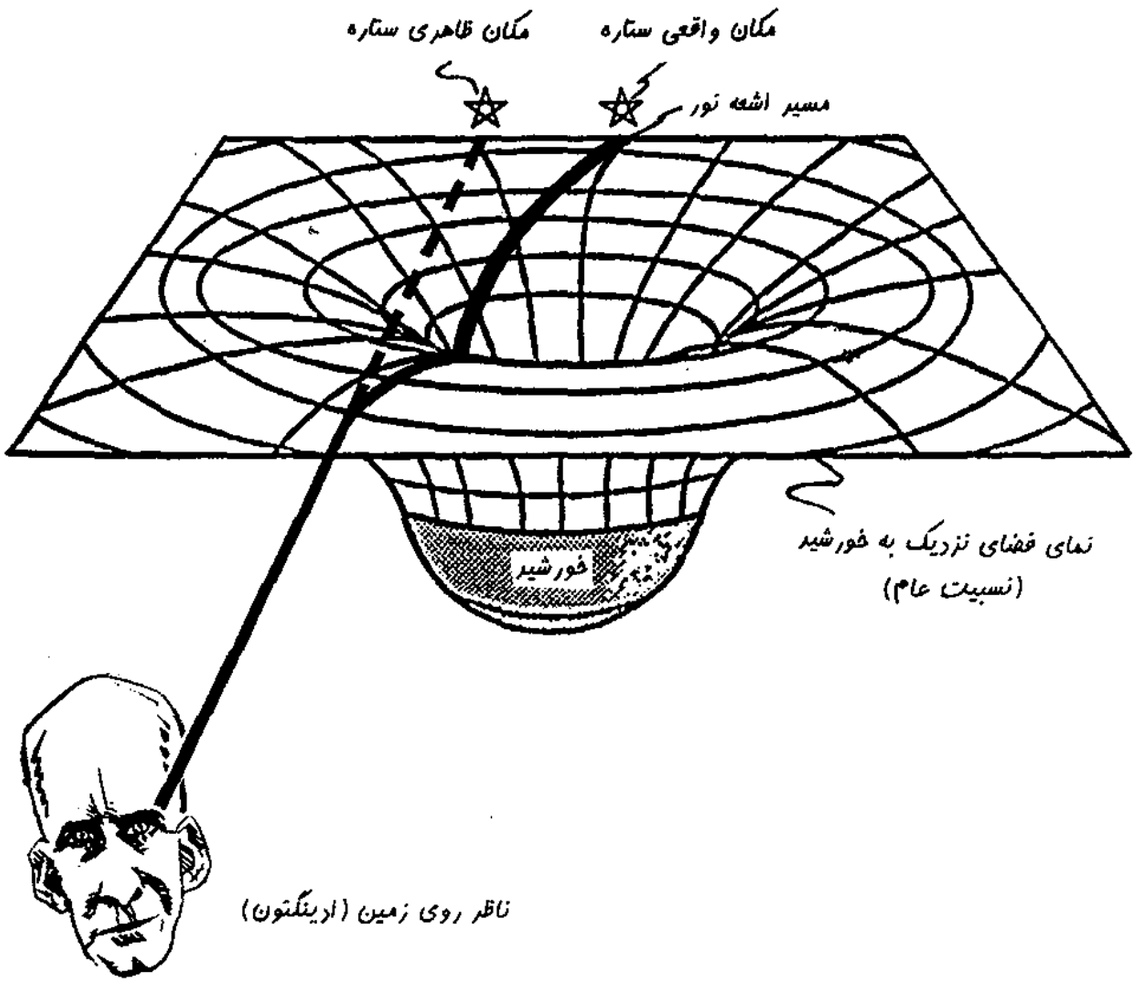
انحراف نور ستاره: کسوف ۲۹ مه ۱۹۱۹

چهارسال بعد، دانشمندان منتظر تأیید آزمایشی بودند که اینشتین شخصاً در مقالهٔ اولیه مربوط به نسبیت آن را پیشنهاد کرده بود. یعنی، انحراف نور ستاره در زمان خورشیدگرفتگی. آن نظریه پیش‌بینی می‌کرد که نور ستاره در هنگام عبور از لبهٔ خورشید به اندازهٔ ۱/۷ ثانیهٔ قوسی از مکان واقعی خود جابه‌جا می‌شود. این اولین آزمایش واقعی نظریه انحنای فضا بود.

نور ستاره که به‌وسیلهٔ جاذبهٔ خورشید منحرف شده است (نظریهٔ اینشتین)



کسوفی کامل در ۲۹ ماه مه ۱۹۱۹ در میان زمینهٔ روشن ستارگان سنبلهٔ هایدز رخ داد. این نامعمول‌ترین و مطلوب‌ترین شرایط برای چنین آزمایشی بود. منجم انگلیسی، **آرتور استنلی ادینگتون** (۱۹۴۴ـ۱۸۸۲) رهبری گروهی را برعهده داشت که به جزیرهٔ پرینسیپ در آن سوی خلیج آفریقا جهت عکسبرداری از کسوف اعزام شده بودند. ادینگتون دریافت که اشعه‌های نور که سطح ستاره را هزاران سال پیش ترک کرده بودند و ۸ دقیقه قبل توسط فضای منحنی نزدیک خورشید انحراف یافته بودند، از لنز دوربین گذشته و دقیقاً مکانی از صفحات عکاسی را تحت تأثیر قرار داده بودند که اینشتین پیش‌بینی کرده بود. به این‌ترتیب یکی از آزمایشات برجسته تاریخ علم انجام شد.



صفحهٔ لاستیکی دوبعدی که جابه‌جایی مکانی ستاره را نشان می‌دهد این موضوع را بسیار ساده‌تر نشان می‌دهد.

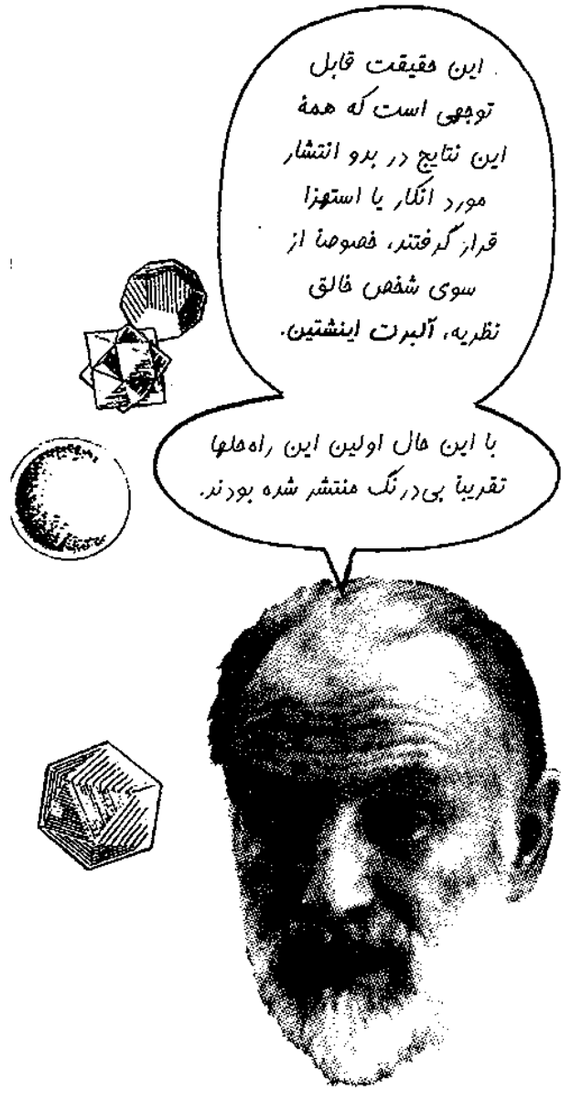
نتایج هیئت کسوف در ۶ نوامبر ۱۹۱۹ توسط منجمان به انجمن سلطنتی ارائه شد و اینشتین یک‌شبه به قهرمانی بین‌المللی تبدیل شد.

تیترهای *نیویورک تایمز* اعلام می‌کردند که دنیای جدیدی کشف شده است. این بار شایعات روزنامه‌ای دیگر اغراق‌آمیز نبود. دنیای خسته از جنگ، دانشمند ساکت و گمنامی را درآغوش گرفت که در برلین با مداد و دفترچه یادداشتی به مطالعات خود مشغول بود. شخصی که طرح بزرگ قادر مطلق برای کل عالم را به‌تصویر کشا

بسیاری از منتقدان اعلام کردند که این نتایج غیرقطعی است، چرا که احتمال خطا در اندازه‌گیری‌های مربوط به ستارگان بسیار بالاست و به این ترتیب شک و دودلی ادامه یافت.

حل معادلات اینشتین: موضوع آغازین هاوکینگ

در فاصلهٔ ۲۵ سالِ بین انتشار نظریهٔ نسبیت عام اینشتین و شروع جنگ جهانی دوم، راه‌حل‌های متعددی برای معادلات میدانی ارائه شد که مبنای کار استفن هاوکینگ قرار گرفتند.



۱) هندسهٔ شوارتزشیلد

در ۱۹۱۵، در سال انتشار نظریهٔ اینشتین، کارل شوارتزشیلد ریاضی‌دان آلمانی مقاله‌ای برای اینشتین فرستاد. شوارتزشیلد از تحلیلهای ریاضی زیبایی برای جواب‌دادن به معادلات گرانش برای جسم کروی دلخواهی، مانند یک ستاره، استفاده کرد. این راه‌حل اینشتین را شدیداً شگفت‌زده کرد. زیرا او تنها قادر بود به جوابی تقریبی برای معادلات خود برسد و تصور می‌کرد که برای این معادلات هرگز جواب دقیقی یافت نخواهد شد. راه‌حل شوارتزشیلد یک شاهکار واقعی بود. چرا که از تکنیکهای استادانه‌ای برای حل سیستمی استفاده می‌کرد که ۱۰ معادله با ۲۰ کمیت را به هم مرتبط می‌کردند و صدها جمله داشتند. این معادلات، معادلات جبری ساده نیستند بلکه معادلاتی درجه دوم، غیرخطی و از نوع دیفرانسیلی جزئی می‌باشند؛ مایهٔ آزار همهٔ دانشجویان تحصیلات تکمیلی فیزیک!

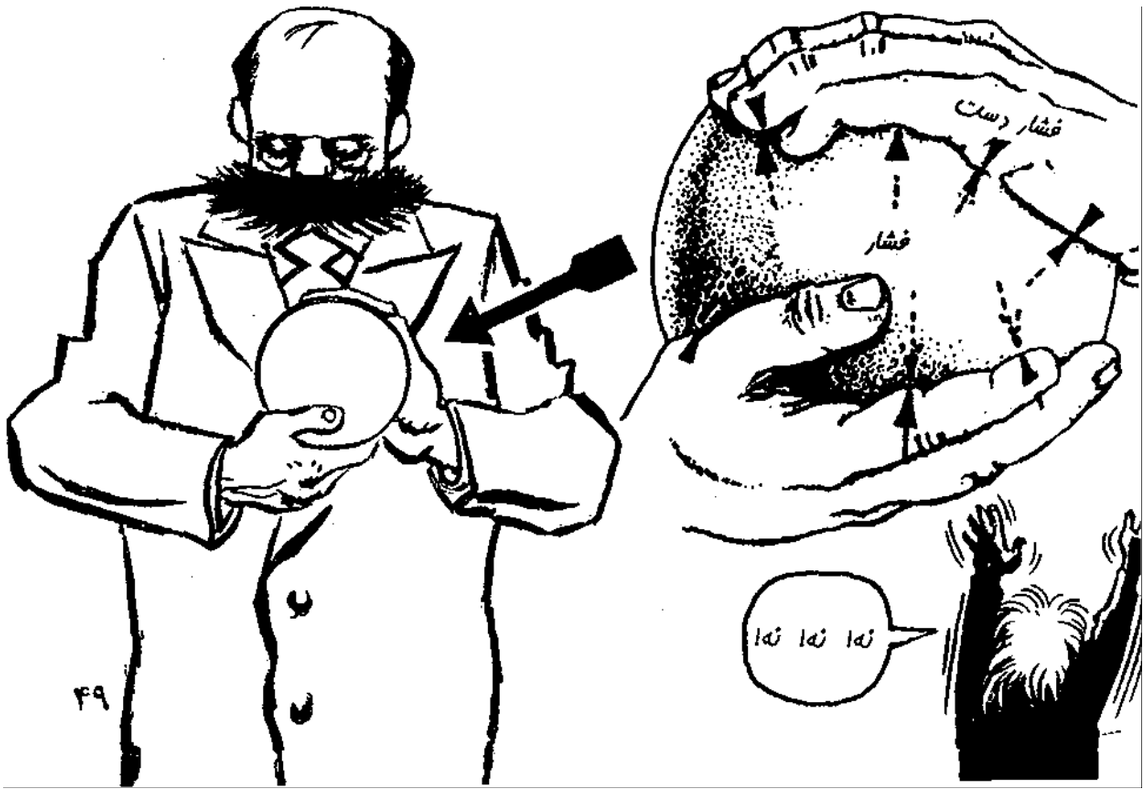
امروزه، اتاقی پر از رایانه‌های الکترونیکی برای یافتن این راه‌حلها به‌کار گرفته می‌شود. اما شوارتزشیلد اولین بار این کار را با یک مداد و کاغذ انجام داد.

شعاع بحرانی

محاسبات شوارتزشیلد نشان داد که چگونه انحنای فضای اطراف جسم با جرم دلخواه، به‌صورت تابعی از فاصله از مرکز جسم، یعنی در طول خط شعاعی، تغییر می‌کند. نتایج او هندسهٔ عجیبی را به‌وجود آورد. به‌نظر می‌رسید که یک نقطهٔ بحرانی وجود دارد که انحناء در آن بسیار زیاد بوده و ماده قادر به گریز از آن نیست. این نقطه بحرانی اکنون به‌عنوان **شعاع شوارتزشیلد** شناخته می‌شود و تنها به جرم ماده بستگی دارد. (ثابت گرانش G و سرعت نور C است.)

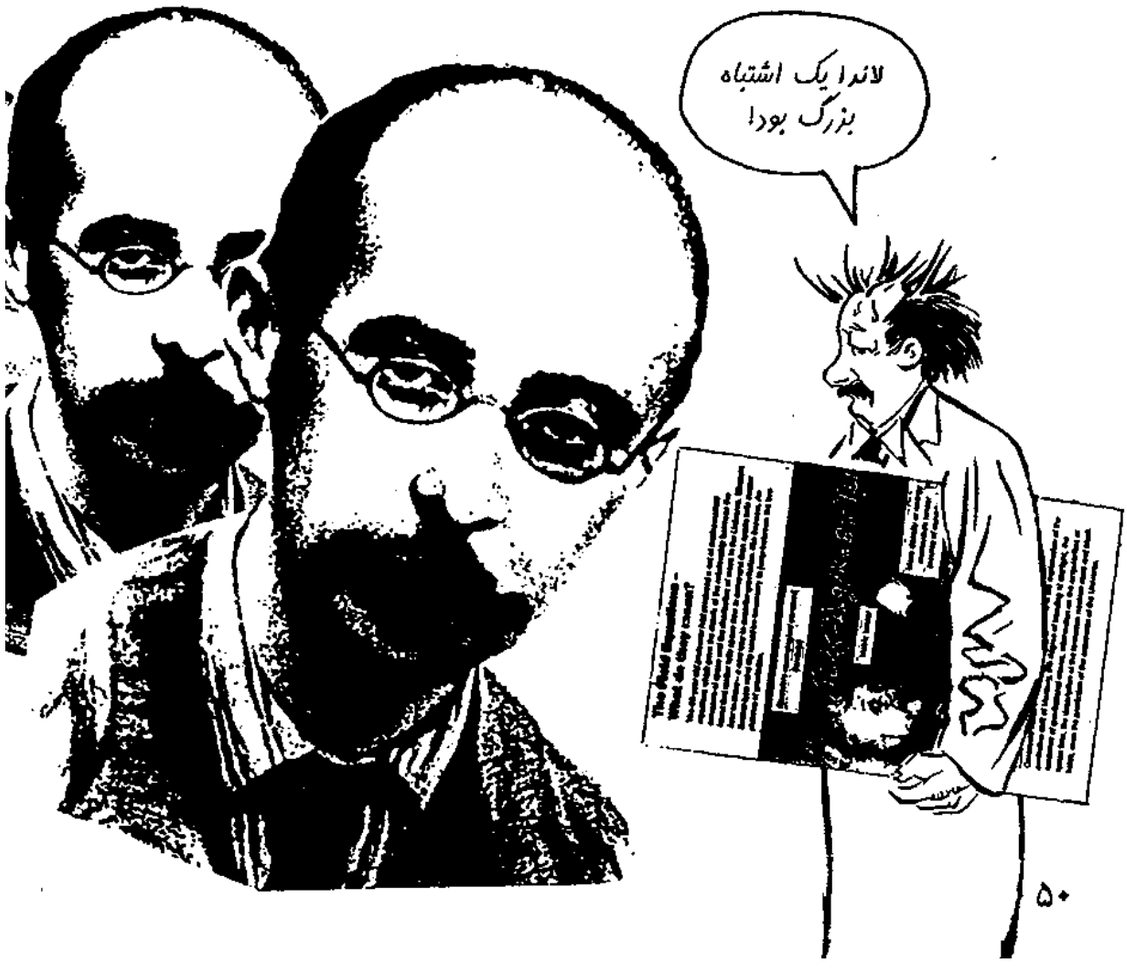
$$\text{شعاع شوارتزشیلد } (R = \frac{2GM}{C^2})$$

از آنجایی که به‌هرحال درون ستارگان و سیارات قابل بررسی نبود در آن زمان نگرانی در مورد نقطهٔ بحرانی وجود نداشت، اما تحقیقات نظری ادامه یافت تا معلوم شود که آیا ستاره یا سیاره‌ای هست که بتواند در این معادله صدق کند یا نه. در چنین نقطه‌ای نیروهای گرانشی آنقدر قوی خواهند بود که جسم به‌طرز مبهمی اضمحلال خواهد یافت و هیچ‌چیز توانایی مقاومت در برابر خودگرانش حاصل از انحنای فوق‌العادهٔ فضا، را نخواهد داشت. همهٔ ماده در یک نقطهٔ خاص فشرده می‌شود؛ یک نقطهٔ واحد در مرکز. سیاراتی به بزرگی زمین باید به ابعادی باورنکردنی فشرده شوند؛ به اندازهٔ یک نخود و یا مثلاً خورشید به قطری به اندازهٔ ۳ کیلومتر فشرده خواهد شد. این محاسبات یک تصادف ریاضی شمرده می‌شد. درهرحال، کسی چندان تمایل نداشت به آن فکر کند و البته کمتر از همه اینشتین.



۲) فریدمن: عالم در حال انبساط

چندسال بعد از شوارتز شیلد، راه‌حل بحث‌انگیز دیگری برای معادلات اینشتین ارائه شد. در سال ۱۹۲۲، الکساندر فریدمن روسی (۱۹۲۵ــ۱۸۸۸) این فرضی ساده‌شده را مطرح کرد که عالم **به‌طور یکنواخت** از سوپ رقیقی از ماده پر شده است. (اندازه‌گیری‌های مدرن نشان دادند که این فرض یکنواختی، علیرغم نحوهٔ شکل‌گیری ستارگان و کهکشانها، کاملاً مستدل است). فریدمن دریافت که نسبیت عام عالم را ناپایدار پیش‌بینی کرده و کوچکترین آشفتگی را باعث انقباض یا انبساط آن می‌داند. او اشتباهی کیهان‌شناختی را در مقالهٔ سال ۱۹۱۷ اینشتین تصحیح کرد تا توانست به این نتیجه برسد (بنابراین هیچ تعجبی ندارد که اینشتین **این** پیش‌گویی را نمی‌پسندید). به‌خاطر بیاورید که اینشتین ضریبی ساختگی را در معادلات میدانی خود وارد کرد که «انبساط را متوقف کند» یعنی لاندا، ثابت کیهان‌شناسی. در آن زمان، اخترشناسان به او می‌گفتند که عالم ساکن و ثابت است بنابراین او تنها می‌خواست مطابقت نظریه با تجربیات و مشاهدات را تضمین کند. بعدها، او «ثابت کیهان‌شناسی» را بزرگترین اشتباه زندگیش خواند. فریدمن **لاندا** را از معادلات حذف کرد و **عالمی در حال انبساط** را نتیجه گرفت که البته اینشتین به آن علاقه‌ای نداشت. این یکی دیگر از راه‌حلهای معادلاتش بود که او آن را مسخره کرد.



پیش‌بینی‌های فریدمن برای انبساط عالم را می‌توان با فرض ۳ مقدار متفاوت برای جرم عالم برحسب نسبت Ω (امگا) خلاصه کرد.

■ **چگالی جرمی عالم بیشتر از مقدار بحرانی باشد؛**

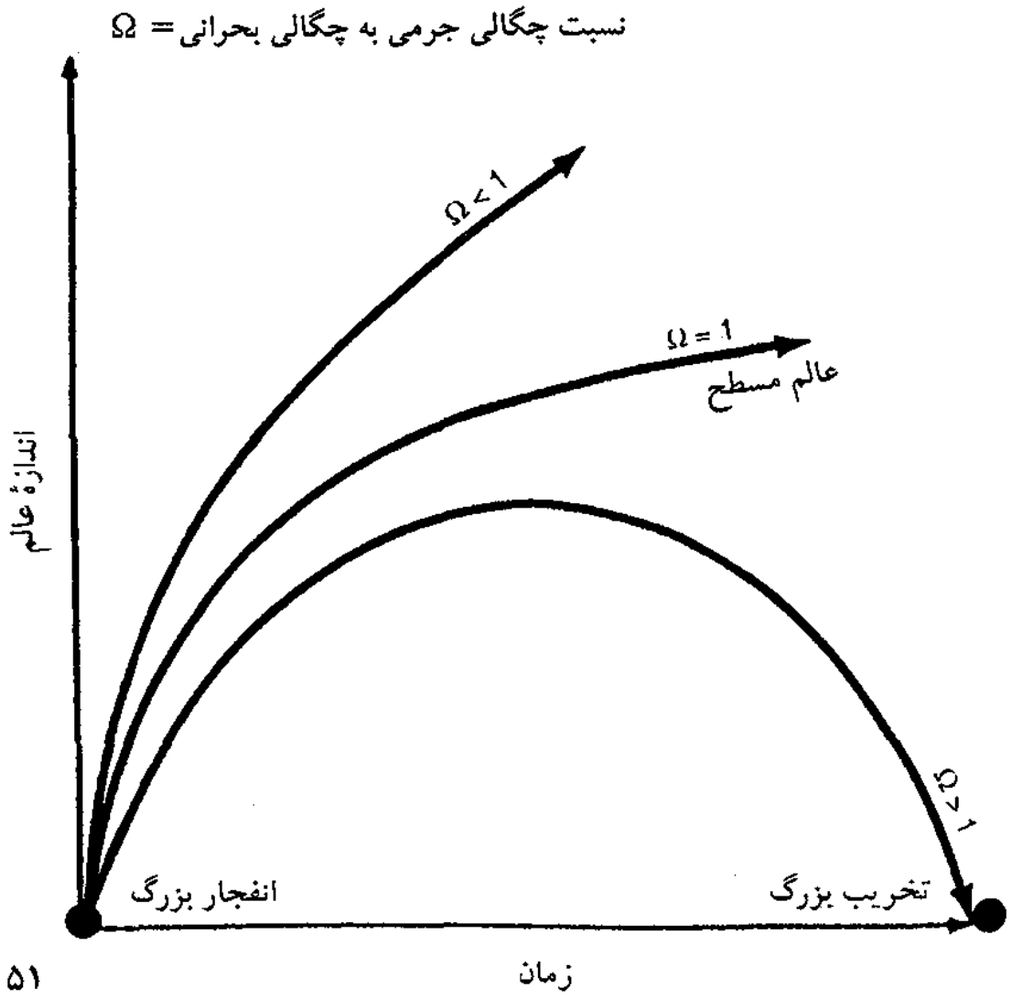
در این حالت، سرعت انبساط به قدر کافی آرام، و جرم به‌مقدار کافی زیاد هست که گرانش جلوی انبساط را بگیرد و در جهت معکوس پیش ببرد. در پایان یک درهم‌ریزش بزرگ رخ خواهد داد و همهٔ مواد در عالم به یک نقطهٔ واحد بازگردانده می‌شود. $\Omega > ۱$ (بزرگتر از...)

■ **چگالی جرمی عالم کمتر از مقدار بحرانی باشد؛**

عالم سریعاً انبساط می‌یابد و گرانش قادر به متوقف‌کردن آن نیست. اما تا حدی از سرعت آن می‌کاهد. $\Omega < ۱$ (کمتر از...)

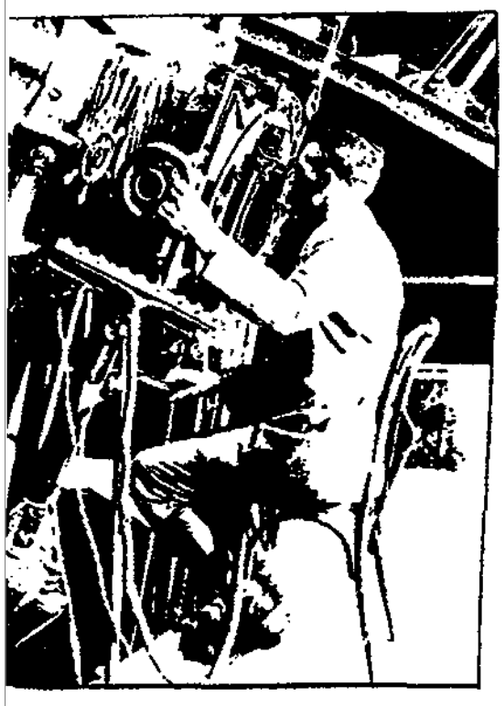
■ **چگالی جرمی برابر با نقطه بحرانی باشد؛**

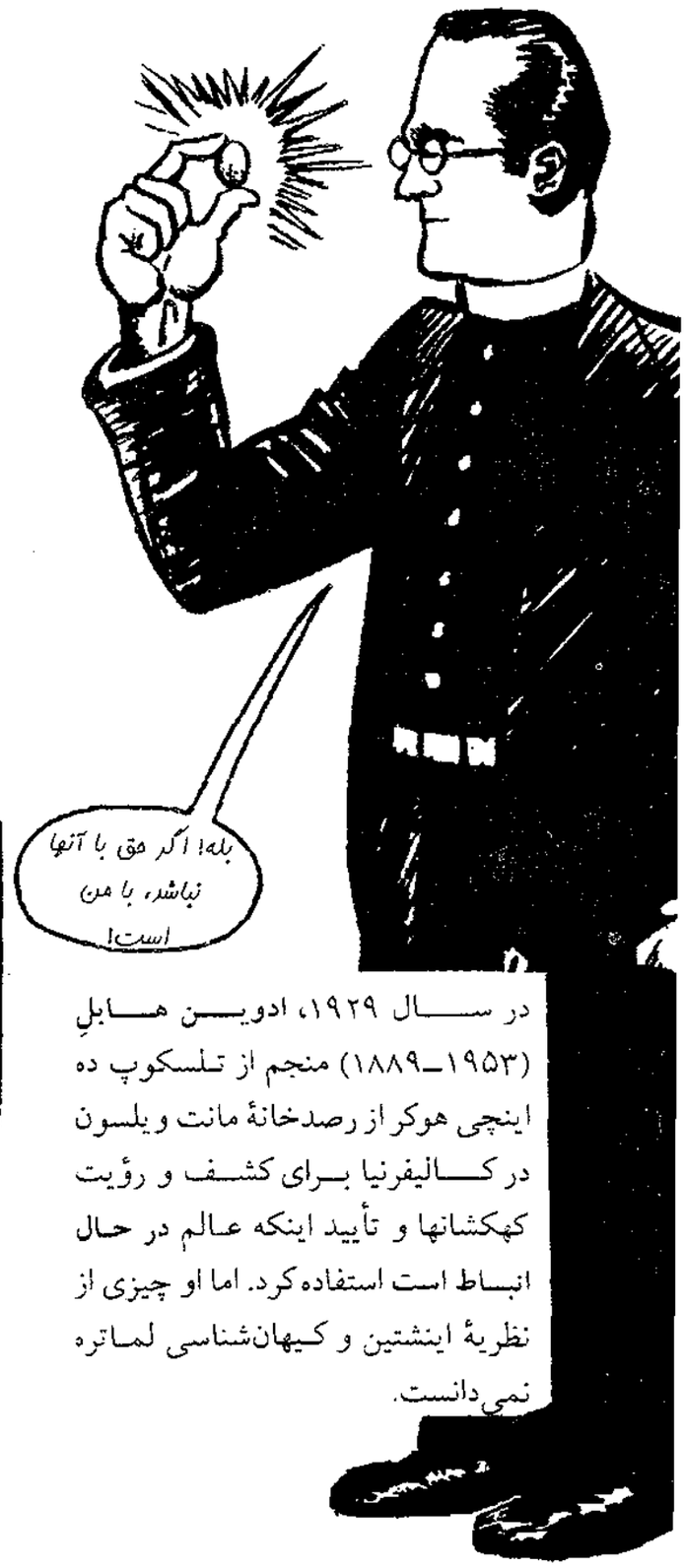
عالم تنها به اندازه‌ای که منهدم نشود منبسط می‌شود. سرعت دوری کهکشانها از یکدیگر به‌تدریج کاهش می‌یابد اما کهکشانها همواره از یکدیگر دور می‌شوند. $\Omega = ۱$ (برابر با...)



پیش‌نشانهٔ انفجار بزرگ: هدف نخستین لماتره

کیهان‌شناس بلژیکی، **آبه جورج لماتره** (۱۹۶۶ـ۱۸۹۴) اولین کسی بود که از راه‌حلهای نوع فریدمن برای فرمول‌بندی طرحی برای آغاز هستی استفاده نمود. او این طرح را اتم نخستین یا تخم‌مرغ هستی نامید. لماتره آدمی خیال‌پرور بود. او نه‌تنها پیش‌بینی کرد که انبساط عالم با جست‌وجوی جابه‌جایی سرخ در طیف کهکشانها تأیید می‌شود، بلکه حتی اعلام کرد که ممکن است بتوان تشعشعات باقیمانده از اتم نخستین را کشف کرد. این دو ایده نظریهٔ کیهان‌شناختی انفجار بزرگ را در آخرین دهه‌های قرن بیستم تبدیل به ایدهٔ حاکم کردند.



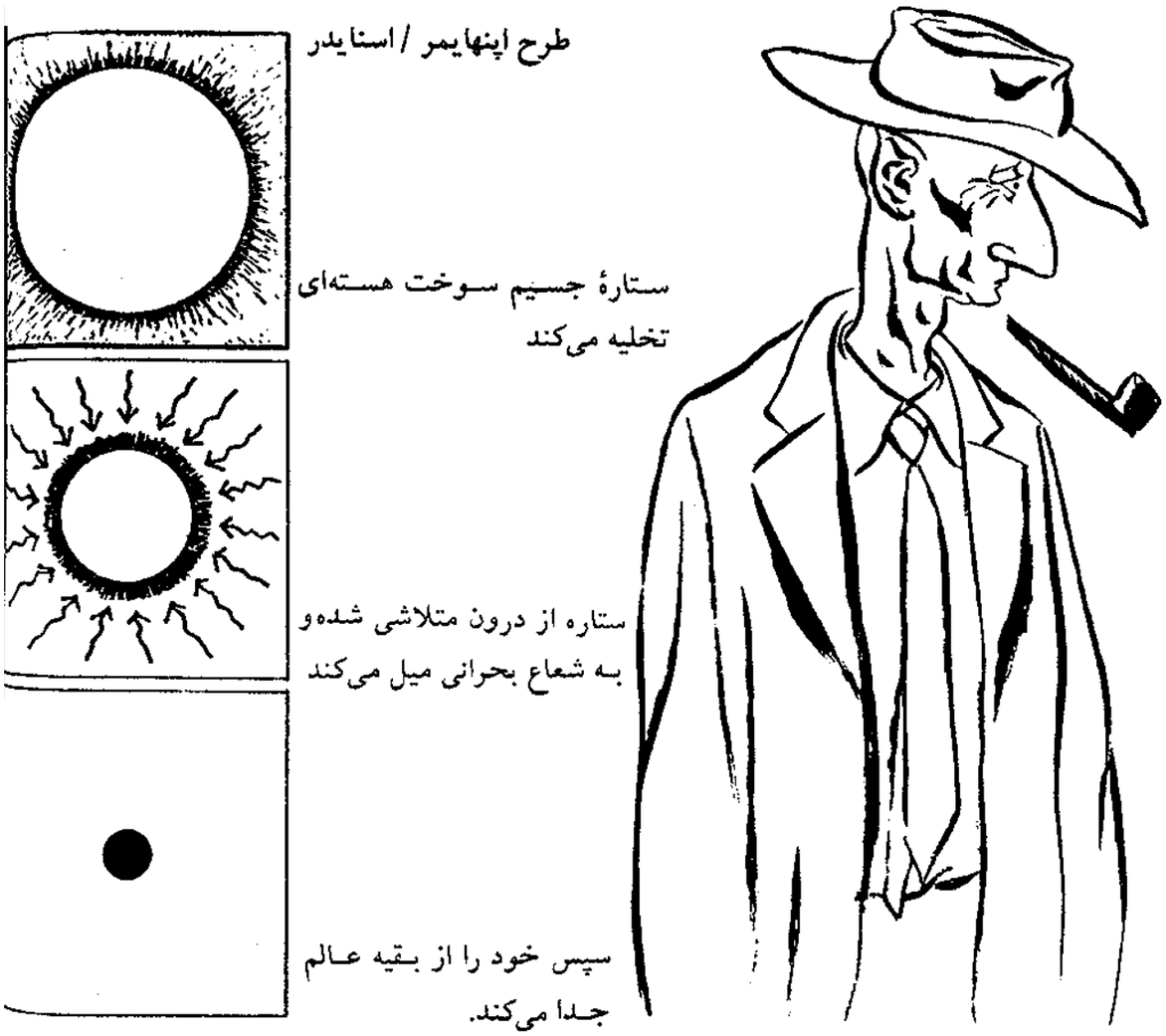


در سال ۱۹۲۹، ادوین هابلِ (۱۹۵۳ـ۱۸۸۹) منجم از تلسکوپ ده اینچی هوکر از رصدخانهٔ مانت ویلسون در کالیفرنیا برای کشف و رؤیت کهکشانها و تأیید اینکه عالم در حال انبساط است استفاده کرد. اما او چیزی از نظریهٔ اینشتین و کیهان‌شناسی لماتره نمی‌دانست.

سرانجام در ۱۹۳۱، لماتره، اینشتین و هابل را در کالتچ، گیر آورد و سمیناری در باب الگوی کیهانی خود ارائه داد.

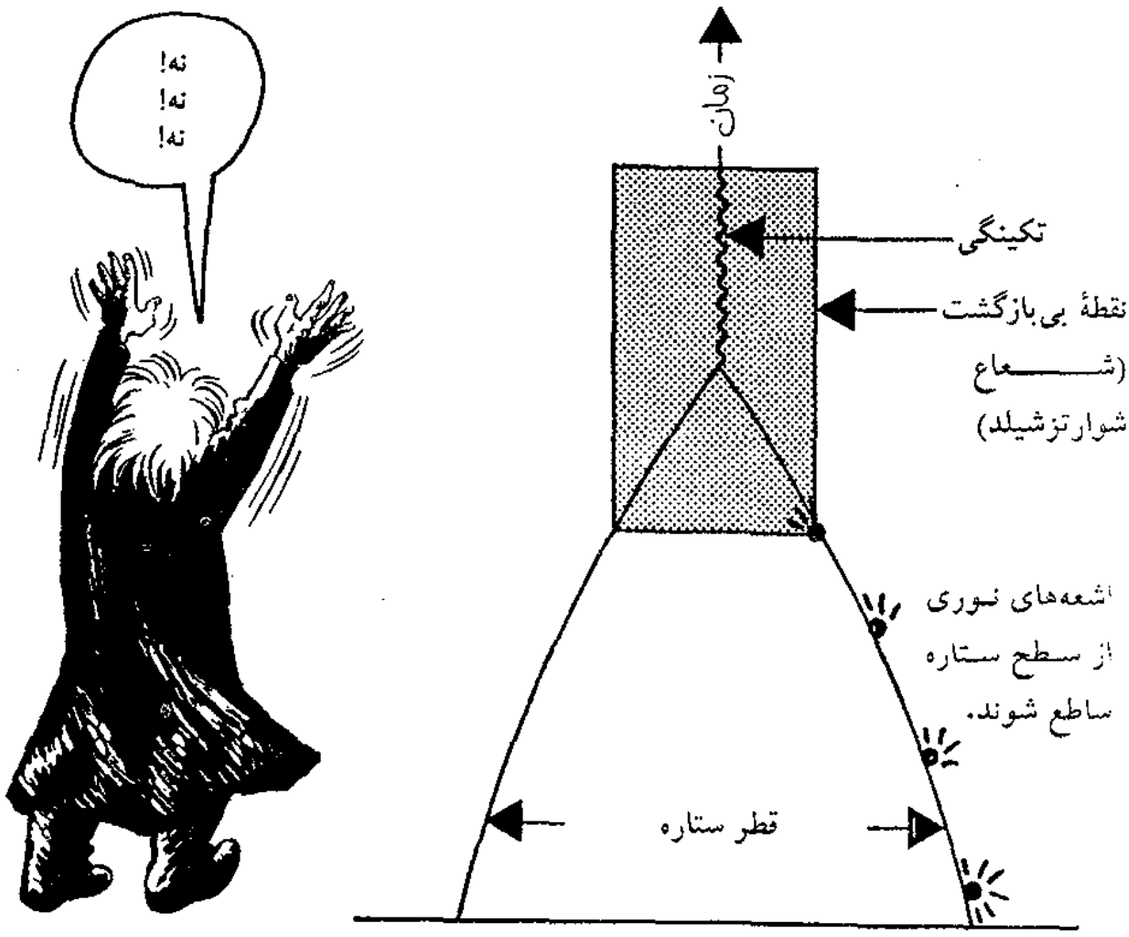
۳) اپنهایمر، دربارهٔ ادامهٔ فروپاشی گرانشی، ۱۹۳۹

سومین راه‌حل معادلات اینشتین، که برای کیهان‌شناسی مدرن و استفن هاوکینگ نیز مهم بود، توسط یک فیزیکدان امریکایی، **جی. رابرت اپنهایمر** (۱۹۶۷ـ۱۹۰۴) و یکی از شاگردانش، هارتلند اسنایدر در ۱۹۳۹، انتشار یافت. آنها علی‌رغم انتقاد اینشتین، ادینگتون و همهٔ افراد دیگر با هندسهٔ شوارتزشیلد شروع کردند. مقاله‌ای که در *فیزیکال ریویو* چاپ کردند، «دربارهٔ ادامهٔ فروپاشی گرانشی» نام داشت.



ستارگان ممکن است درنهایت منفجر شده و تحت انقباض گرانشی نابود شوند. در مورد حالت ایده‌آل یک ستارهٔ منقبض کروی، پدیدهٔ فشرده‌شدن می‌تواند اتفاق بیفتد و ستاره به شعاع بحرانی R_c برسد. فروپاشی گرانشیِ درونی و وخیم برای ستارگانی رخ می‌دهد که به‌طور بحرانی درهم ریخته‌اند.

■ انحنای فضا آنقدر زیاد خواهد بود که اشعه‌های تابیده از سطح ستاره به داخل ستاره انحناء می‌یابد و حوادث را از دید ناظرین خارجی دور نگه می‌دارد.
■ اشعه‌های نوری در سطح ستاره به‌طور نامحدودی جابه‌جایی سرخ خواهند داشت، یعنی نور هیچ انرژی‌ای نخواهد داشت.
■ افق حادثهٔ یک‌طرفه‌ای شکل خواهد گرفت که در آن ذرات، تشعشعات و غیره به ستاره وارد می‌شوند اما هیچ‌چیز از آن به بیرون نمی‌تابد.
■ یک تکینگی فضا-زمان درنهایت نه در شعاع بحرانی بلکه در مرکز ستاره شکل خواهد گرفت. همهٔ پارامترهای فیزیکی برای ناظری در این ستاره با سطح فروپاشیده پیوسته خواهند بود.

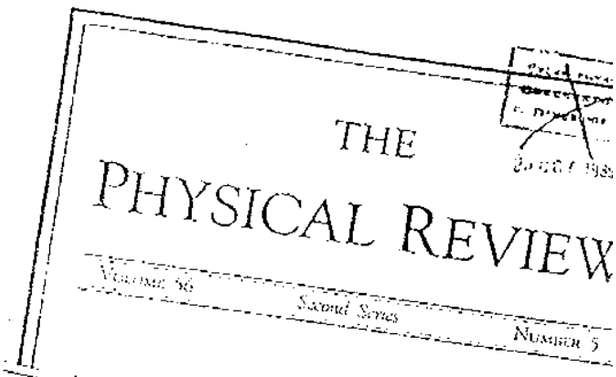


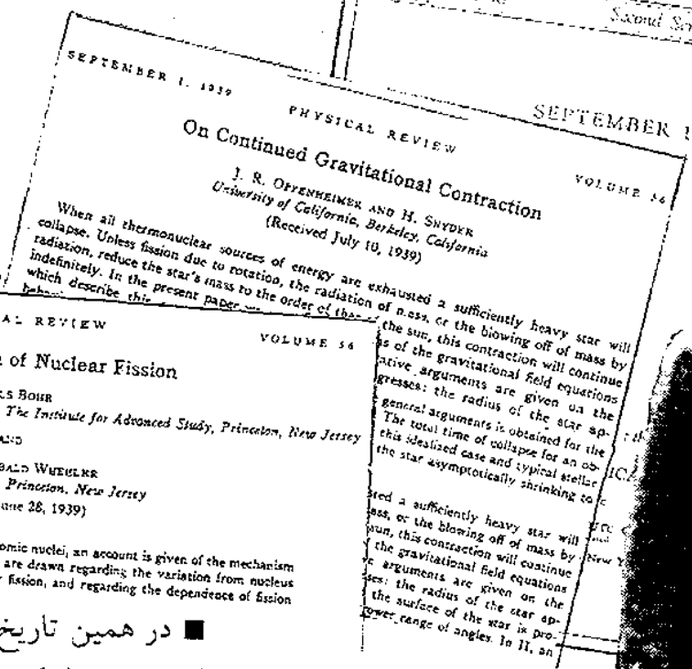
اینشتین دوباره مقاومت کرد، وی نتایج اپنهایمر در این مقاله را شدیداً مسخره کرد.
او حتی علی‌رغم پیش‌بینی‌های مستقلی که فریتز زوئیکی (۱۹۷۴ـ۱۸۹۸) خارق‌العاده در کالتچ انجام داد و لولاندو (۶۸ـ۱۹۰۸) محترم در مسکو ترتیب داد، نپذیرفت که نسبیت می‌تواند ستارگان ویران‌شده که بحرانی نشده‌اند ــ یعنی ستاره‌های نوترونی ــ را وصف کند.

۱ سپتامبر ۱۹۳۹

■ این تاریخ انتشار شماره‌ای از *فیزیکال ریویو* است که مقالهٔ اپنهایمر (و اسنایدر) دربارهٔ فروپاشی گرانشی ستارگان در آن به‌چاپ رسید.

■ در همان شماره، مقالهٔ دیگری از نیلز بوهر (۱۹۶۲ــ۱۸۸۵) و جان ویلر (متولد ۱۹۱۱) انتشار یافت که مکانزیم شکافت هسته‌ای را توضیح می‌داد (واکنشی که از آن در بمبهای اتمی استفاده می‌شود).

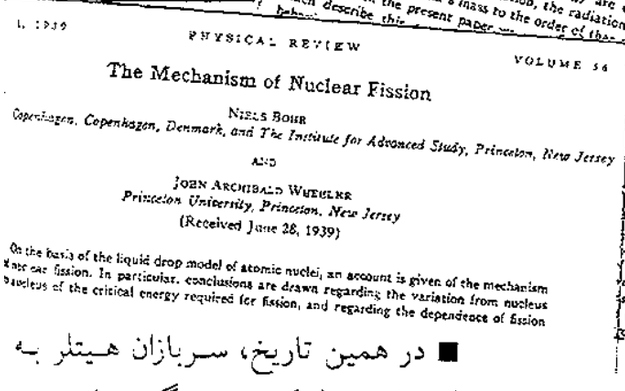



PHYSICAL REVIEW VOLUME 56

On Continued Gravitational Contraction

J. R. Oppenheimer and H. Snyder
University of California, Berkeley, California
(Received July 10, 1939)

When all thermonuclear sources of energy are exhausted a sufficiently heavy star will collapse. Unless fission due to rotation, the radiation of mass, or the blowing off of mass by radiation, reduce the star's mass to the order of the sun, this contraction will continue indefinitely. In the present paper ... which describe this ... of the gravitational field equations ... native arguments are given on the ... gresses: the radius of the star ap... general arguments it is obtained for the ... The total time of collapse for an ob... this idealized case and typical stellar ... the star asymptotically shrinking to ...


PHYSICAL REVIEW VOLUME 56

The Mechanism of Nuclear Fission

Niels Bohr
Copenhagen, Copenhagen, Denmark, and The Institute for Advanced Study, Princeton, New Jersey
AND
John Archibald Wheeler
Princeton University, Princeton, New Jersey
(Received June 28, 1939)

On the basis of the liquid drop model of atomic nuclei, an account is given of the mechanism of nuclear fission. In particular, conclusions are drawn regarding the variation from nucleus to nucleus of the critical energy required for fission, and regarding the dependence of fission ...

■ در همین تاریخ، سربازان هیتلر به لهستان حمله کرده و جنگ جهانی دوم را آغاز کردند.

زمانی که شکافت هسته‌ای توسط دو آلمانی، یعنی اتوهان (۱۹۶۸ـ۱۸۷۹) و فریتز استرراسمن (متولد ۱۹۰۲) کشف شد، فیزیکدانها و سیاستمداران در غرب دموکراتیک باخبر شدند که آلمانیها دارند بمب اتمی‌ای را می‌سازند تا جهان به یک امپراطوری نازی تبدیل کنند؛ رایش سومی که با تهدید ویرانگری هسته‌ای حکمرانی خواهد کرد. حال به سادگی می‌توان دید که چرا کار بر روی کیهان‌شناسی به تعویق افتاد. تفکر در مورد رمزهای دنیای فیزیکی در آن بحران سخت سیاسی، تجمّلی بود که دنیای آزاد از عهدهٔ آن برنمی‌آمد.

به‌علاوه، بنیان‌گذار نظریهٔ نسبیت عام با همهٔ تبیین‌های کیهان‌شناختی اساسی برای معادلات خودکه توسط شوارتزشیلد، فریدمن و اپنهایمر تکمیل شده بود، مخالفت کرد. این موضوع ۲۰ سال پیش از آن بود که این کار مجدداً از سر گرفته شود و نتایج کارهای آنها مورد قبول واقع شود.

۱۹۴۲... نقطهٔ عطف داستان

در سال ۱۹۴۲، فیزیکدانها بر روی پروژه‌های عملی مرگ‌باری کار می‌کردند. اپنهایمر یکی از قهرمانان تحقیقات اولیه کیهان‌شناسی، جو روشنفکری سنگین برکلی را به قصد زمینهای بایر لس آلاموس و پروژه منهتن ترک کرد. در دسامبر ۱۹۴۲، انریکو فرمی ایتالیایی و تیم وی در دانشگاه شیکاگو اولین واکنش زنجیره‌ای هسته‌ای کنترل‌شده را انجام دادند.

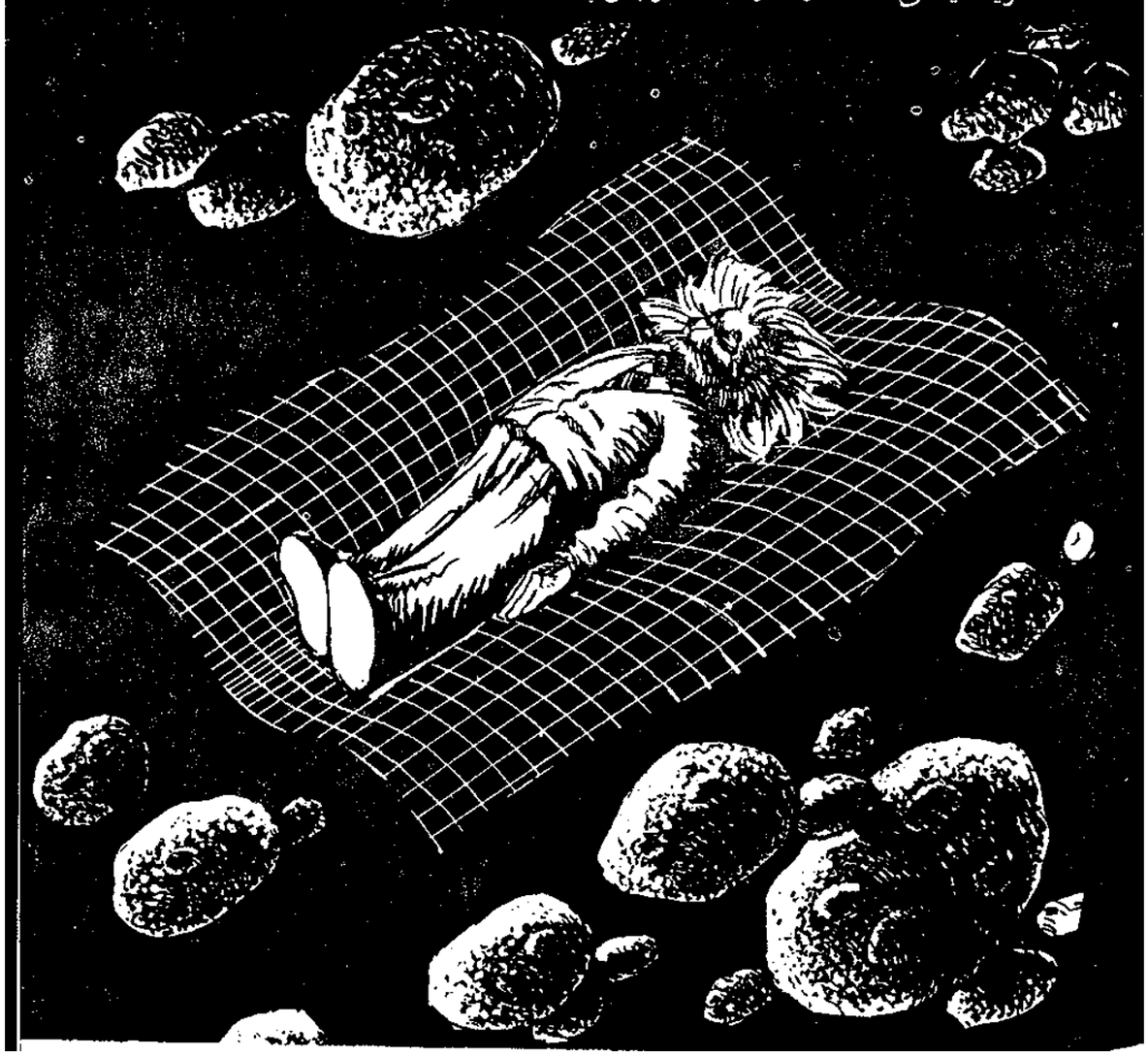
در شروع همان سال، در ۸ ژانویه، استفن ویلیام هاوکینگ در آکسفورد متولد شد. مادر وی، به تازگی برای فرار از بمبارانهای شبانهٔ ناوگان هوایی آلمان از لندن به آنجا نقل‌مکان کرده بود.

تحقیقات بر روی اضمحلال ستارگان، به مدت بیش از ۲۰ سال متوقف شد. این زمان کافی بود تا استفن هاوکینگ به بلوغ برسد و دوره‌اش را در آکسفورد به پایان رسانده و به‌عنوان دانشجوی تحصیلات تکمیلی در دانشگاه کمبریج ثبت‌نام کند.

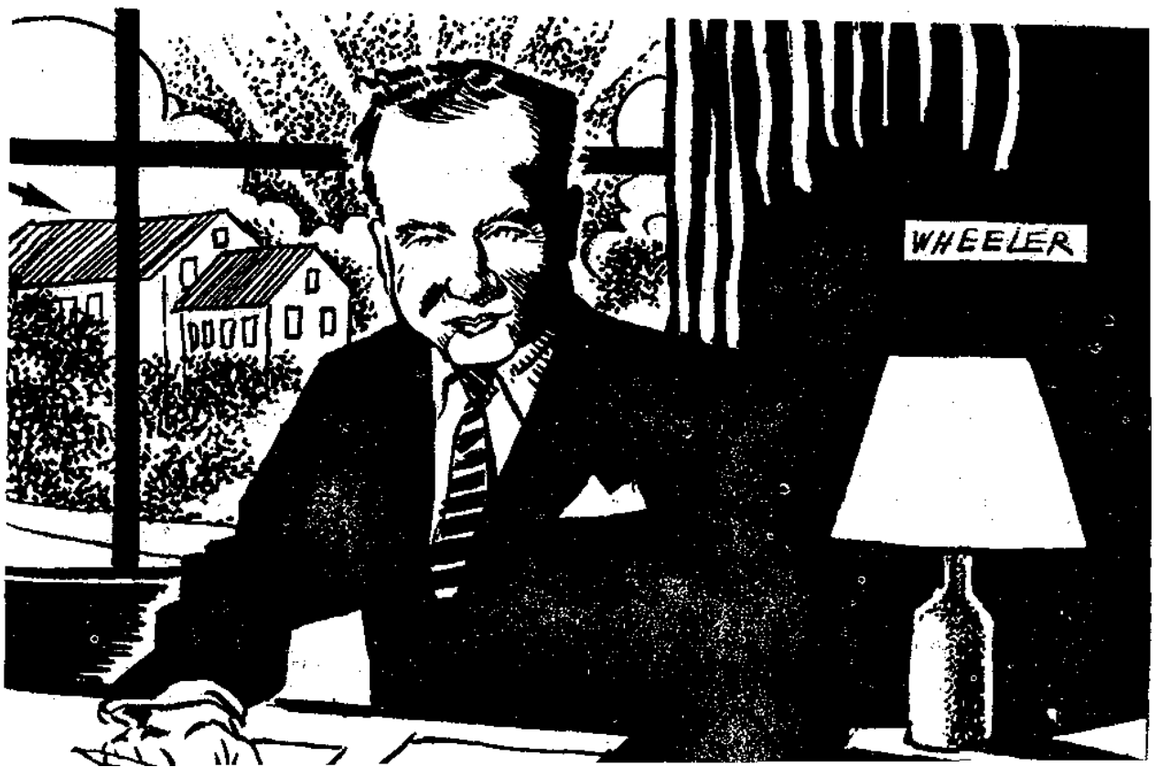
مرگ اینشتین

آلبرت اینشتین در ۱۸ آوریل ۱۹۵۵ در پرینستون، شهرک دانشگاهی کوچکی در نیوجرسی آمریکا، درگذشت. آرزویش این بود که جسدش را بسوزانند تا «کسی استخوانهای مرا عبادت نکند» علی‌رغم آرزویش، پزشکان بی‌اخلاق کالبدشکافی‌ای غیرضروری بر روی او انجام داده و با مغز و چشمان او گریختند؛ تجاوزی خیانت‌آمیز به حریم وی.

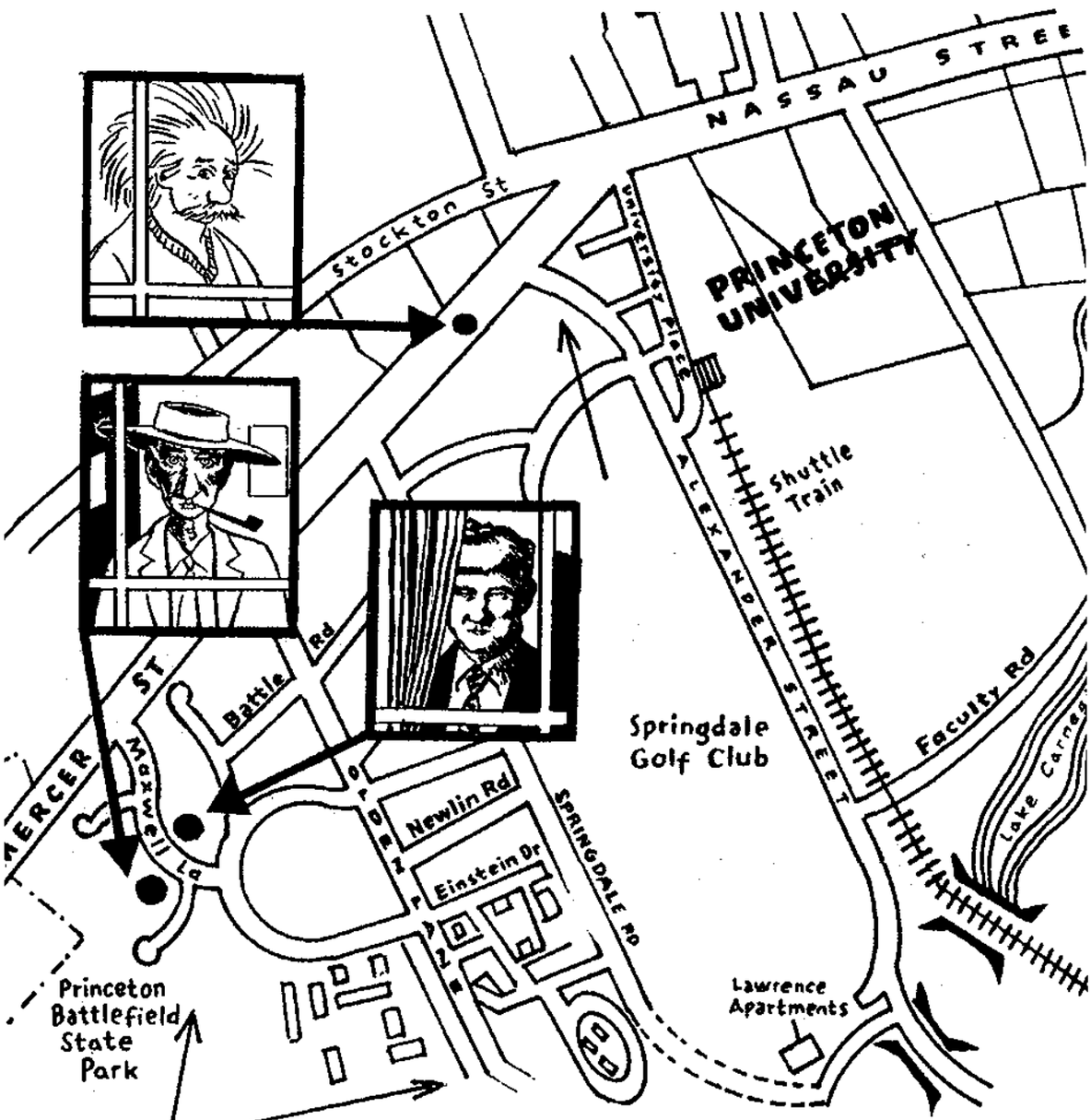
اینشتین با پشتوانهٔ آثار واقعاً خلاقش، اروپا را در سال ۱۹۳۳ به قصد امریکا ترک کرده بود. او در طی ۲۲ سال پایان عمرش، بر روی هیچ‌یک از سؤالهای کیهان‌شناسی مهمی که از نظریهٔ نسبیت عام وی برمی‌خاست کار نکرد. برای سالها او برده‌وار سعی می‌کرد معادلات میدانی نسبیت عام را با معادلات میدان الکترومغناطیس ماکسول ربط دهد و از مکانیک کوانتوم صرفنظر کند. محاسبات نظریه میدانی متحد او کنار تخت‌خوابش پیدا شد.



دو فیزیکدان دیگر که آنها نیز در پرینستون زندگی می‌کردند برای مرگ این دانشمند بزرگ سوگواری کردند. اپنهایمر که دیگر با برنامه‌های جنگی سروکار نداشت و مدیر مؤسسهٔ مطالعات پیشرفته بود (جایی که اینشتین در آن مقامی افتخاری داشت) و جان ویلر استاد فیزیک دانشگاه پرینستون. ویلر اخیراً سالهای بحرانی ساخت بمبهای هیدروژنی را به‌پایان رسانده بود و حال، با توجه و علاقه‌ای خاص به ستارگان فروپاشیده، به تحقیقات پایه‌ای در کیهان‌شناسی بازگشته بود.



چقدر به‌جا بود که این دو فیزیکدان در **دو سَمتِ مخالف** یک خیابان در یک شهرک کوچک آکادمیک زندگی می‌کردند. آنها دیدگاه‌های بسیار متفاوتی دربارهٔ عالم و زندگی سیاسی امریکایی داشتند که آنها را در دو جناح مخالف در مجادلاتی قرار داده بود که بر سر امنیت ملی و سلاحهای هسته‌ای، درمی‌گرفت. آنها به‌زودی در رابطه با سؤال نسبیت عام و فروپاشی گرانشی ستارگان نیز بر ضد یکدیگر به مقابله پرداختند.



در سال ۱۹۵۸، سه‌سال بعد از مرگ اینشتین، هردوی آنها، پرینستون را به قصد شرکت در یک کنفرانس بین‌المللی در بروکسل در مورد کیهان‌شناسی مدرن ترک کردند. ویلر دعوت شده بود تا در مورد وضعیت تحقیقات جاری صحبت کند.

از میان همهٔ اشارات نسبیت عام، مسئلهٔ سرنوشت ستارگان بسیار جسیم یکی از مبارزه‌طلب‌ترین موضوعات است، اما درون‌پاشی‌ای که اینهایمر در ۱۹۳۹ محاسبه کرد، جواب قابل قبولی نیست.
چرا نه؟ اگر ستارگان بسیار سنگین‌تر از خورشید واقعاً در تکامل ستاره‌ای واقع شوند آن زمان باور خواهم کرد که اضمحلال آنها در چهارچوب نسبیت عام قابل وصف است.

آیا در چارچوب نسبیت عام، فرضی ساده مبنی بر اینکه این اجرام انقباض گرانشی دائمی را تحمل می‌کنند و درنهایت خود را از بقیه عالم جدا می‌کنند وجود ندارد؟

ستارهٔ واقعی
ستارهٔ ایده‌آل اینهایمر و اسنایدر
اُپی! طرح تو بسیار ایده‌آل‌گراست. ستاره‌های واقعی متأثر از پدیده‌هایی هستند مثل انقباض، تولید واکنشهای هسته‌ای و امواج شوک و تشعشعات گرمایی و دفع جرم... یعنی همه‌جور پدیدهٔ غیرقابل پیش‌بینی!

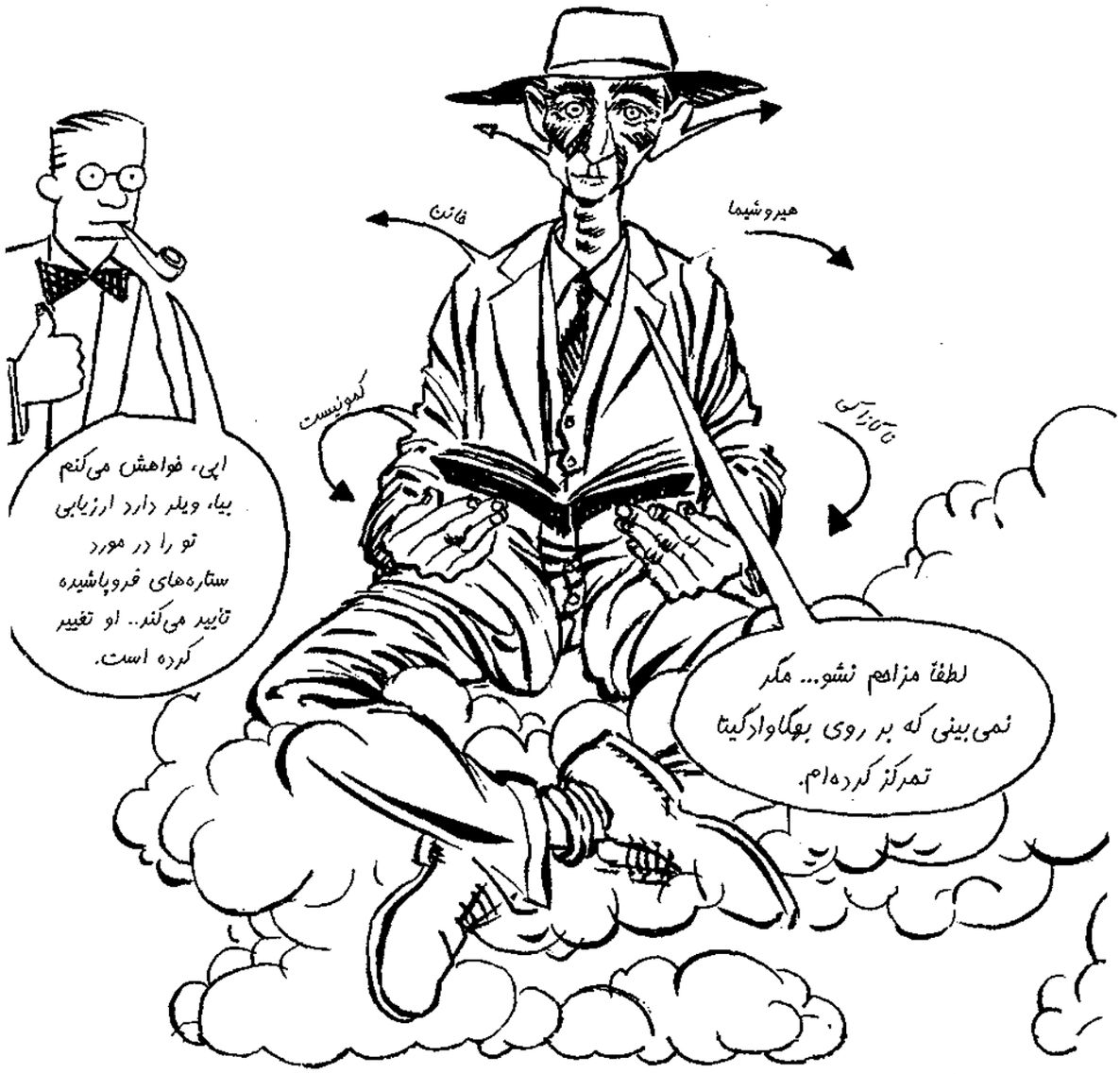
اگر تنها، شبیه‌سازهای کامپیوتری برای انفجار بمبهای هیدروژنی را به‌دست بیاورم، می‌توانیم این برنامه را برای انفجار ستاره‌های جسیم بازنویسی کنیم.
آها... هنوز در لس آلاموس و لیورمور کارشناسان طراحی بمب وجود دارند...
شاید آنها به محاسبات ما کمک کنند.

چندسال بعد، ادوارد تلر از آزمایشگاه تشعشعات لیورمور در کالیفرنیا با ویلر تماس گرفت.

پنج‌سال بعد، ویلر در یک جلسهٔ ویژه در دالاس، با اشاره به کشف کوازارها سخنرانی کرد. «شبیه‌سازی کامپیوتری نشان می‌دهد که فروپاشی یک ستارهٔ منفجرشده به‌طور چشمگیری به طرح شدیداً ایده‌آل محاسبه‌شده توسط اپنهایمر و اسنایدر شبیه است.»

همانطورکه یک ناظر خارجی مشاهده می‌کند، اضمحلال کندشده، و ستاره در شعاع بحرانی منجمد می‌شود. اما مطابق مشاهدات ناظر متحرک با سطح ستاره اضمحلال بدون تردید تا شعاع بحرانی و به سمت درون ادامه می‌یابد.

در همین حال در راهرو بیرون از سالن سخنرانی...



ویلر قلباً از این موضوع که اپنهایمر علاقه‌اش به ستاره‌های ویران‌شده را از دست داده بود ناراحت بود. اما اُپی طی سالها درگیری در دسیسه‌های سیاسی ــ رهبری پروژه منهتن، درگیری با تراژدی هیروشیما و ناگازاکی و تهمت خیانت به کشورش و رسوایی از دست‌دادن مجوز امنیتی‌اش ــ فرسوده شده بود.

این نخبهٔ پیشین، مانند ستاره‌ای فروپاشیده در دنیای خود فرو رفت و از بقیهٔ عالم برید. اما برای ویلر، فصلی جدید در تاریخ فیزیک آغاز شده بود. «*با آنچه از مطالعات ما برمی‌آید، گمان می‌رود که سرانجام در انفجار ستاره‌ای وضعیتی یافت شده است که در آن نسبیت عام به‌طور برجسته‌ای سربرمی‌آورد و ترکیب آتشین آن با مکانیک کوانتوم تکمیل می‌شود.*»

در آن زمان در سال ۱۹۶۲، استفن ویلیام هاوکینگ وارد دانشگاه کمبریج شد. سرنوشت هاوکینگ این بود که اولین گام را در سناریوی رؤیایی ویلر در باب ترکیب نسبیت عام و فیزیک کوانتوم بردارد. اما او در این زمان اولین نشانه‌های بیماری‌ای را در خود احساس می‌کرد که طی ۱۰ سال او را بر روی صندلی چرخدار نشاند و طی بیست‌سال، قدرت تکلم وی را از بین برد.

عصر هاوکینگ

کسی که از دانشکدهٔ ریاضی کاربردی و فیزیک نظری دانشگاه کمبریج (DAMTP) (این اختصار از حروف ابتدایی عبارت Department of Applied Mathematics and Theorical Physics آمده است. ـ مترجم) دیدار کند در آنجا عکس بزرگی را از استاد برجستهٔ فعلی کرسی لوکاس در ریاضیات، استفن هاوکینگ، خواهد یافت که به‌طور دائم در محوطهٔ محقر دانشکده در کنار تصویر دو نخبهٔ فیزیک ریاضیاتی نصب شده است که در گذشته این پست را داشته‌اند؛ یعنی سر ایزاک نیوتن و پل دیراک. پل دیراک، برای کار بر روی مکانیک کوانتوم نسبیتی دارای شهرت جهانی است.

یک نسخهٔ اصل از پایان‌نامهٔ استفن هاوکینگ در ۱۹۶۵ با اغلب معادلات دستنویس وی در کنار صدها دستنوشته از دیگران در کتابخانهٔ دانشکده گذاشته شد. این دستنوشته‌ها شروع عصری جدید در باب کیهان‌شناسی مدرن را اعلام می‌دارند.

هاوکینگ از آکسفورد به کمبریج آمده بود تا مطالعاتش را به‌همراه گیتاشناس معروف سرفرد هویل انجام دهد، اما مأیوس شد.

هـــاوکینگ بـــا بـــی‌پروایـــی روشـنفکرانـه‌ای کـه ویـژهٔ او بـود، رسالهٔ دکترای خود را، **خواص عوالم در حال انبساط** نامید. در خـط دوم پیش‌گفتار پایان‌نامه، یـادداشـتی از روزهای اولیهٔ هاوکینگ در کمبریج آمده است. او خلاصه می‌کند...

فرد هویل، مشهورترین فرد بین سه نویسندهٔ نظریهٔ حالت ثابت بود؛ به همراه هرمن بوندی و توماس گلد که دو پناهندهٔ فراری از اروپای نازی بودند.

در اوایل دههٔ ۱۹۶۰، طرح حالت ثابت تقریباً نزد اغلب گیتاشناسان و اخترفیزیکدانها پذیرفته‌تر از نظریهٔ انفجار بزرگ بود. ابعاد به‌خصوصی از نظریهٔ رقیب او را ناراحت می‌کردند. در یک برنامهٔ رادیویی در BBC در سال ۱۹۵۰، او این امتیاز بد را داشت که اولین شخصی باشد که آن طرح را **انفجار بزرگ** بنامد، البته به تمسخر.

دوازده‌سال پس از این استهزاء، هویل هنوز به همراه یک دانشجوی تحصیلات تکمیلی به‌نام جایانت نارلیکار برای حمایت از طرح حالت ثابت، در همان دانشکدهٔ ریاضیات کاربردی کمبریج بر روی جنبه‌هایی از نظریهٔ گرانش کار می‌کرد.
هاوکینگ که در ماههای اولیه خود در کمبریج با تحقیقاتش درگیر بود، به محاسبات نارلیکار علاقه‌مند شد و در جو تحقیق و بحث آزاد و ردوبدل اطلاعات دانشکده مدام در اطراف محل کار وی می‌گشت. هویل از این موضوع چیزی نمی‌دانست.

هاوکینگ بیشتر و بیشتر در مشکلاتی که نارلیکار، با پروژهٔ هویل داشت درگیر شده بود.

هویل به‌عنوان یک مقاله‌نویس باتجربه، قبل از داوریِ اثر، و برای حفظ نام خود در روزنامه‌ها و دست‌یافتن به مزایای تحقیق، اغلب نظریاتش را پیش از انتشار به‌صورت سخنرانی ارائه می‌داد. او در انجمن سلطنتی برای بحث در مورد نظریات اخیر خود، طبق محاسبات نارلیکار، قرار یک سخنرانی داشت.

هاوکینگ درحالی که به عصایش تکیه زده بود، برخاست و اتاق کاملاً ساکت شد.

هریل سخت برآشفته شد زیرا صدای خندهٔ استهزاآمیزی در اتاق پیچیده بود. مقابله‌ای دراماتیک بین یکی از کیهان‌شناسان مشهور جهان و دانشجویی که او را از خود رانده بود درگرفت. جلسه به‌سرعت تعطیل شد.

البته در مورد واگرایی معادلات هویل حق با هاوکینگ بود و این راه تازه، کنارگذاشته شد. هویل در یک تریبون آزاد، کارش را به داوری یک دانشجوی ناشناس تحصیلات تکمیلی گذاشته بود. بعدها، استفن مقاله‌ای نوشت و در آن روشهای ریاضیاتی را که استفاده کرده بود خلاصه کرد و این کار از او یک محقق جوان خوش‌آتیه ساخت.
تنها کاری که اکنون باید انجام دهم، انتقاب موضوعی برای پایان‌نامه است.
آیا این یک نوع تکبر بود... یا یک جاه‌طلبی ساده؟ اگر جاه‌طلبی بود، حتماً به نتیجه رسیده بود. استفن ویلیام هاوکینگ دیگر یک دانشجوی گمنام تحصیلات تکمیلی نبود.

مشاوری متواضع برای پایان‌نامه

قرار شد دنیس اسکیما مشاور پایان‌نامه او شود. او مانند یک استاد مشاور متواضع عمل می‌کرد که مسئولیتهایش را در جهت جست‌وجوی روشهایی برای افزودن تجربیات دانشجو به‌کار می‌گیرد.

او حتی زمانی که توسط پدر مجاب‌گر استفن تحت فشار قرار گرفت، نپذیرفت که برنامهٔ دکترای هاوکینگ را سرعت بخشد.

اسکیما از روشی منحصر به‌فرد برای مدیریت دانشجویان تحصیلات تکمیلی استفاده می‌کرد. او برخلاف آنچه سایر استادان در سراسر دنیا عمل می‌کنند، در کارهایشان دخالتی نمی‌کرد. اسکیما به‌ندرت بر پایان‌نامه‌ها ضمیمه‌ای می‌نوشت، او حتی موضوعات آنها را انتخاب نمی‌کرد.

اگر شخصی بخواهد در مورد منشاء انفجار بزرگ برمبنای تشعشعات کیهانی مطالعاتی انجام دهد آنگاه کیهان‌شناسی تنها با نسبیت عام قابل فهم خواهد بود. بنابراین وقتی در دههٔ ۱۹۶۰ مدرسه‌ای تحقیقاتی در کمبریج تأسیس کردم به دانشجویانی که برای کار در این زمینه به اندازهٔ کافی باهوش به‌نظر می‌رسیدند، فراگیری نسبیت عام را به آنها تکلیف کردم.

تقریباً همهٔ دانشجویان اسکیما در آن روزهای اولیه مشاغل برجسته‌ای در کیهان‌شناسی داشتند.

■ مارتین ریز، مدیر فعلی مؤسسه نجوم در کمبریج.

■ جرج الیس، استاد فیزیک در افریقای جنوبی است. (الیس به همراهی هاوکینگ کتابی به‌نام **ساختار مقیاس بزرگ فضا-زمان** نوشتند که به‌عنوان کتاب مرجع در تحقیقات کیهان‌شناسی نسبیتی شناخته شد. آنها این کتاب را به دی. دبلیو. اسکیما اهداء کردند.)

■ براندون کارتر، مدیر تحقیقات رصدخانه پاریس بود.

■ و البته استفن هاوکینگ استاد کرسی لوکاس در کمبریج

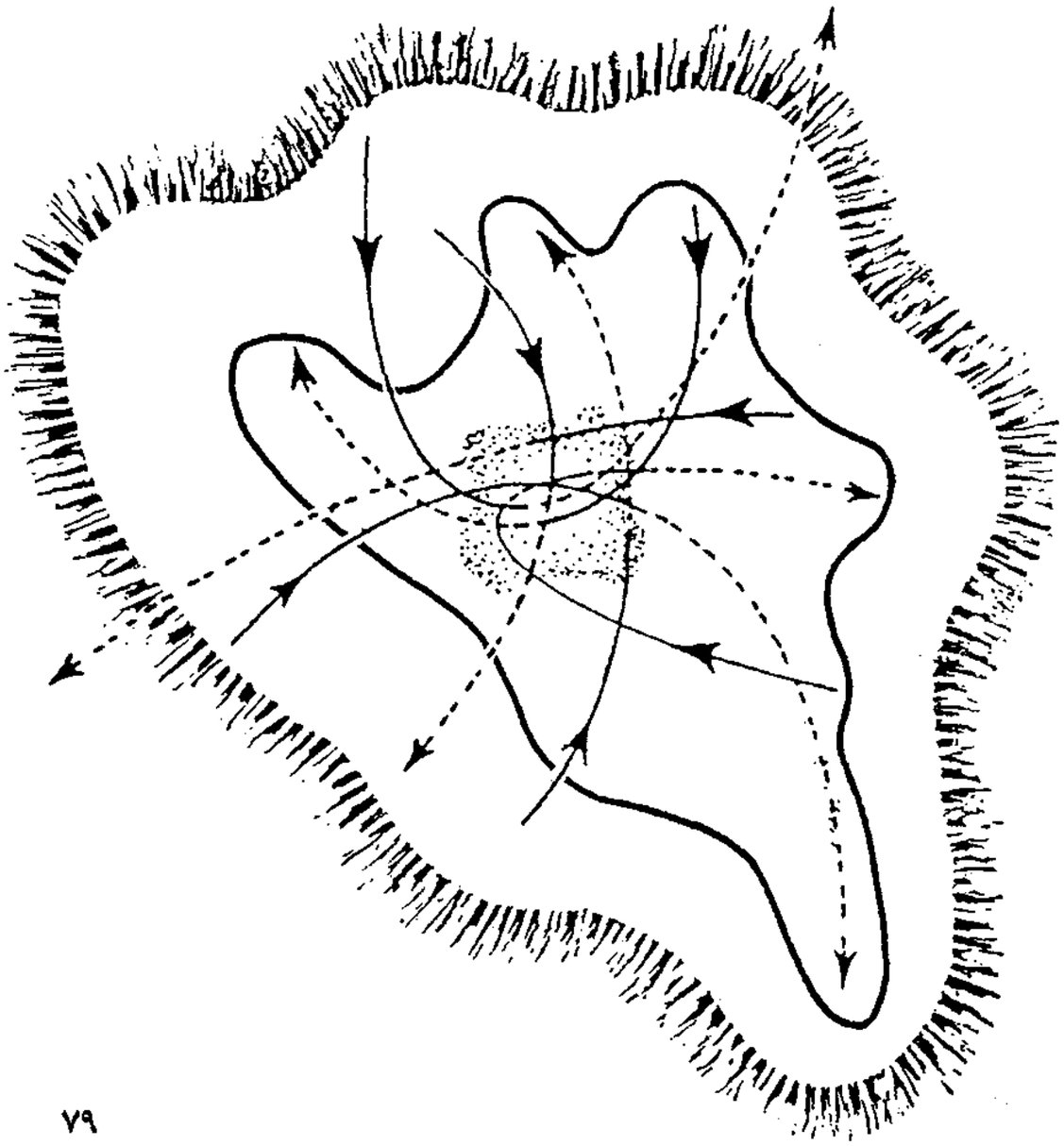
یکی از فعالیتهای مهم اسکیما تدارک شرایطی برای دانشجویانش جهت شرکت در سمینارهای مهم بود. به‌نظر می‌رسید که او همواره از همهٔ رخدادها مطلع است. در اواسط سالهای دههٔ ۱۹۶۰، این گروه کمبریجی به کارهای یک ریاضی‌دان کاربردی جوان به‌نام راجر پن رز علاقه‌مند شدند که در کالج بریک‌بک لندن آغاز شده بود. پن‌رز پس از فارغ‌التحصیلی از کمبریج و تحقیقات در آمریکا، شروع به اثبات ایده‌های موجود در مورد نظریهٔ تکینگی کرد که به‌خوبی با ایده‌های گروه کمبریج مطابقت داشت.

تنها چندسال پس از آنکه جان ویلر راه‌حل اینهایمر و وجود سیاهچاله‌ها را پذیرفته بود، اسکیما شور و هیجان خود رابا چندتن از همقطاران و دانشجویانش تقسیم می‌کرد. پن‌رز، نیز که اخیراً در سطح ریاضی‌دانان برجستهٔ جهان قرار گرفته بود، در کافی‌شاپ کمبریج جرقهٔ کوچکی در مورد این موضوعات خارجی مربوط به کار خود، از اسکیما دریافت کرد.

پن‌رز به‌زودی توانست نشان دهد که اگر یک ستاره ورای یک نقطهٔ مشخص منهدم شود، دوباره قابل انبساط نیست. در چهارچوب نسبیت عام، ستاره نمی‌تواند از فوق‌العاده متراکم‌شدن جلوگیری کند، یعنی در مرکز خود تشکیل یک تکینگی می‌دهد.

این اعتقاد شایع که می‌گفت ماده ستاره به گذشتهٔ خود برگشته و دوباره منبسط می‌شود، صحیح نیست. درعوض، یک تکینگی فضا-زمان رخ خواهد داد، نقطه‌ای که در آن، زمان به پایان رسیده و قوانین فیزیکی نقض می‌شود. این اولین قضیهٔ تکینگی بود.

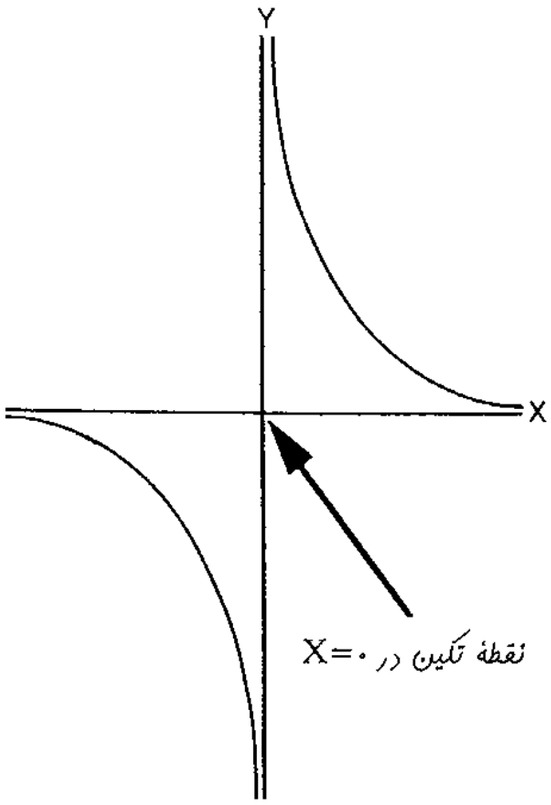
پن‌رز می‌گوید: این درست نیست که ماده درون یک ستارهٔ منهدم‌شده، به گذشتهٔ خود بازگشته و دوباره منبسط می‌شود.



چند اطلاع لازم:
نقطهٔ تکین چیست؟

نقطهٔ تکین، معمولاً به نقطه‌ای گفته می‌شود که یک تابع ریاضی در آن قابل تعریف نباشد. تابع در این نقطه به مقادیر بی‌نهایت بزرگ میل می‌کند. برای مثال، معادلهٔ جبری سادهٔ $Y=\frac{1}{X}$ در مقدار $X=0$ دارای نقطهٔ تکین است.

اگر مقادیر مثبت X را به‌طور دلخواه کوچک کنیم، آنگاه Y به‌مقدار دلخواه در جهت قائم (یا مثبت) بزرگ می‌شود. اگر مقادیر منفی کوچک‌شدهٔ X را در معادله قرار دهیم، Y مقداری منفی بسیار بزرگی خواهد داشت. بنابراین، به ازای کوچکترین تغییر قابل تصور در مقدار متغیر X، مثلاً از ۰/۰۰۰۰۰۱- تا ۰/۰۰۰۰۰۱+، Y از ۱+ میلیون تا ۱- میلیون تغییر می‌کند. به‌طور واضح‌تر هنگامی که X صفر می‌شود، کار درست درنمی‌آید. این یک نقطه تکین ریاضیاتی است.



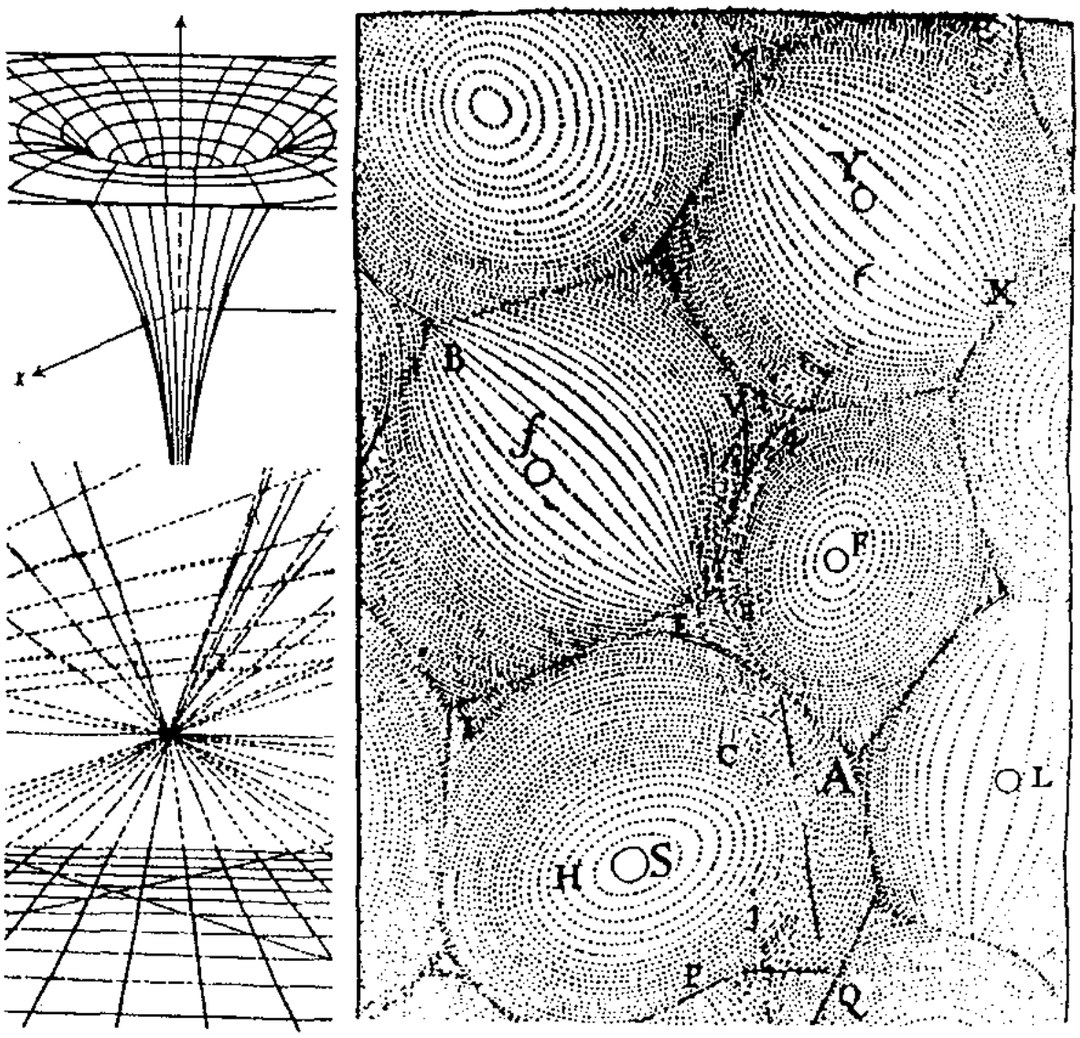
X	Y
+1.0	1.0
+0.1	10.0
0.01	100.
–0.01	–100
–0.1	–10.0
–1.0	–1.0

در نسبیت عام، نقطهٔ تکین ناحیه‌ای از فضا-زمان است که انحناء در آن نقطه بسیار شدید می‌شود و قوانین نسبیت عام نقض‌شده و از قرار معلوم قوانین گرانش کوانتومی ارجحیت می‌یابند.

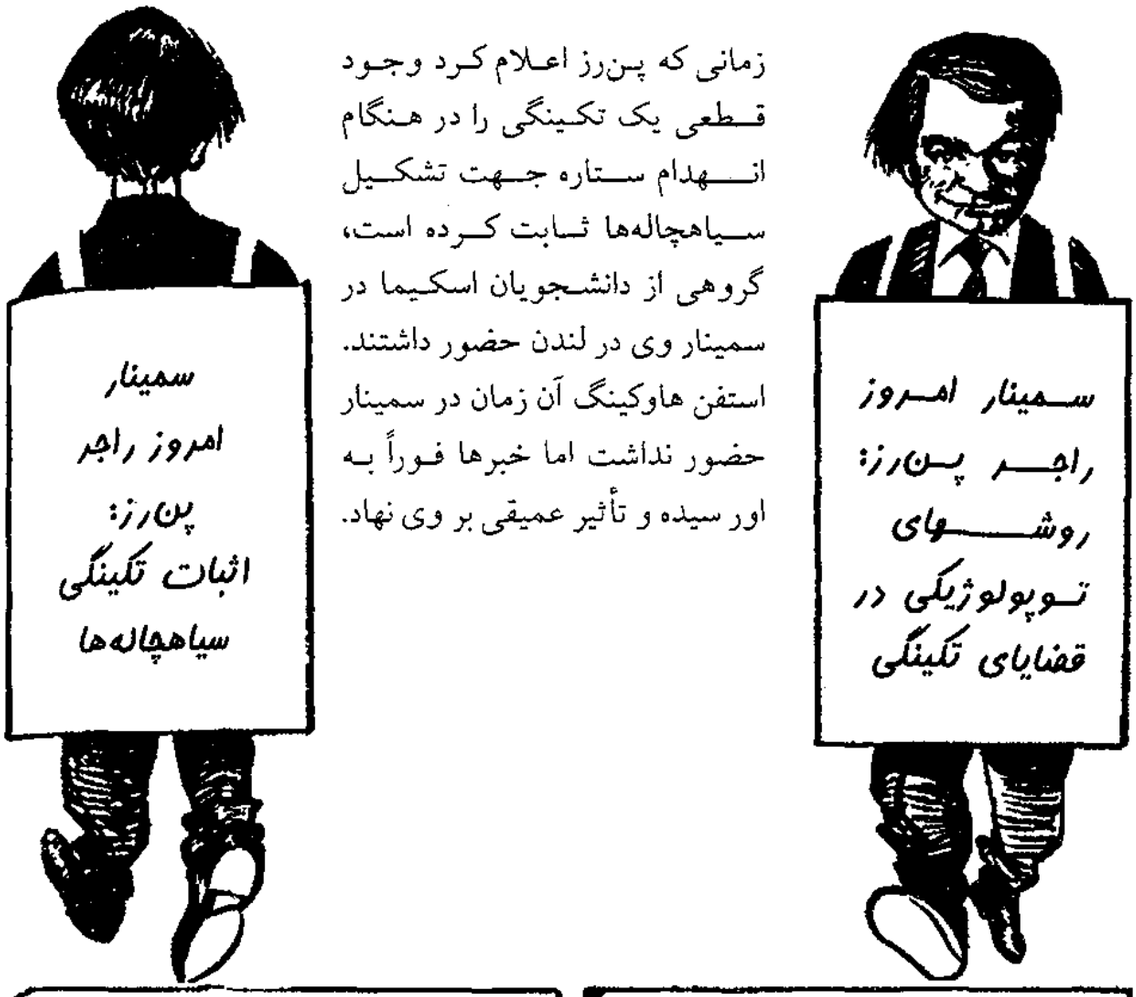
اگر سعی کنیم که تکینگی را تنها با استفاده از نسبیت عام وصف کنیم، نتیجهٔ نادرستی به‌دست خواهد آمد؛ یعنی اینکه انحنا و گرانش موجی در آن نقطه بی‌نهایت است. گرانش کوانتومی این بی‌نهایتی را با حبابهای کوانتومی جایگزین و با قوانین نسبیت عام ترکیب می‌کند.

اما این بدان معنا نیست که نقاط تکین قابل مطالعه نیستند و یا فیزیک در نزدیکی این نقاط قابل درک و فهم نیست. چند قضیهٔ مهم تکینگی وجود دارند که تحت شرایط دقیق و معینی اطلاعات کیفی مهمی را نتیجه می‌دهند. برای مثال اگر از ریاضیات به‌درستی استفاده کنیم، وجود یک نقطه تکین حقیقی می‌تواند از نظر فیزیکی بامعنی باشد؛ مانند قضایای تکینگی پن‌رز و بعدها، هاوکینگ.

در راه‌حل شوارتزشیلد در معادلات میدانی اینشتین، شعاع بحرانی یک تکینگی حقیقی نیست. علی‌رغم تعریف اولیه آن به‌عنوان تکینگی شوارتزشیلد، فرایندهای مختلف فیزیکی در عرض حدود و مرزها ادامه دارد و تغییری ساده در مختصات ریاضی، واگرایی را از بین می‌برد.

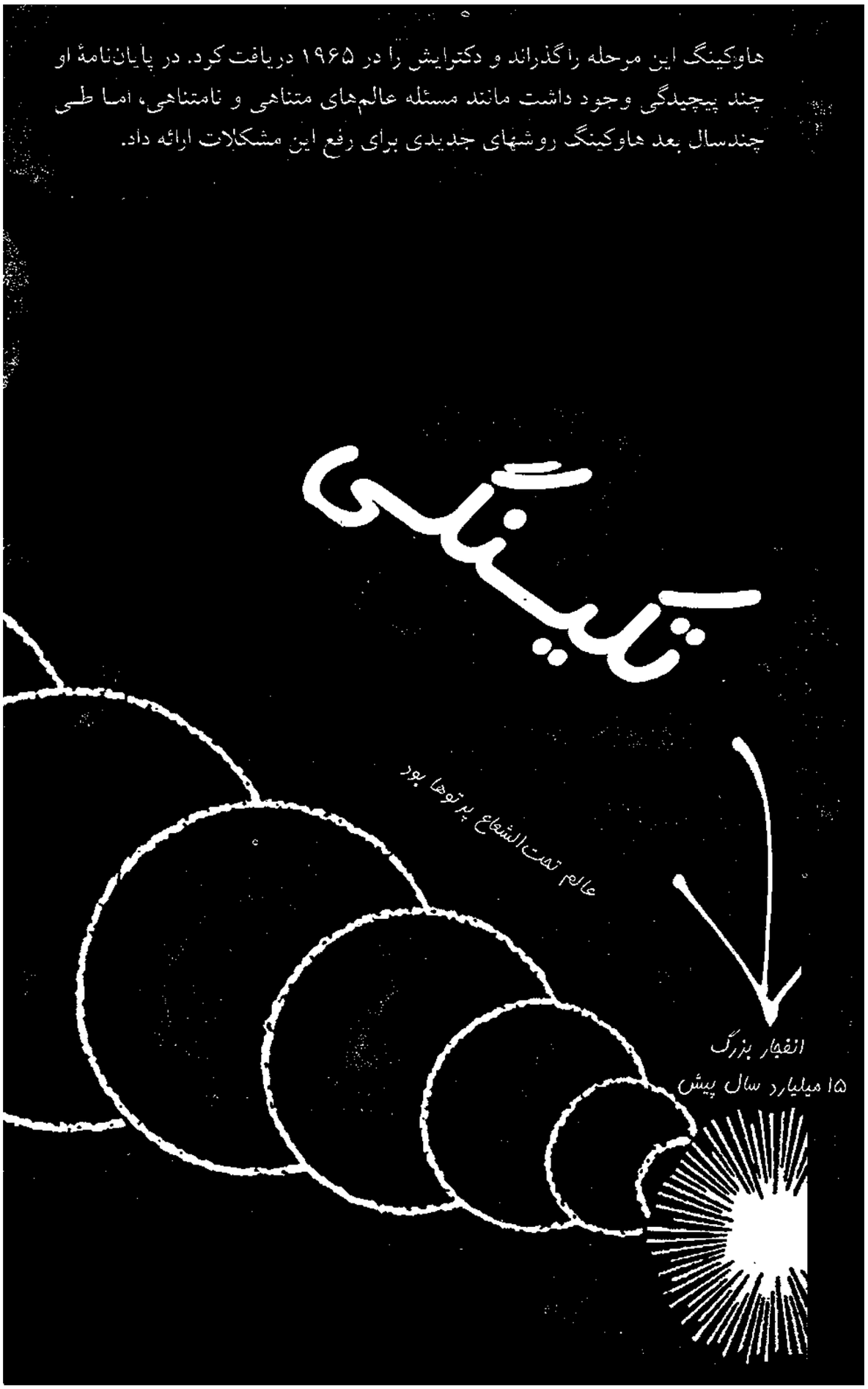


زمانی که پن‌رز اعلام کرد وجود قطعی یک تکینگی را در هنگام انهدام ستاره جهت تشکیل سیاهچاله‌ها ثابت کرده است، گروهی از دانشجویان اسکیما در سمینار وی در لندن حضور داشتند. استفن هاوکینگ آن زمان در سمینار حضور نداشت اما خبرها فوراً به اور سیده و تأثیر عمیقی بر وی نهاد.

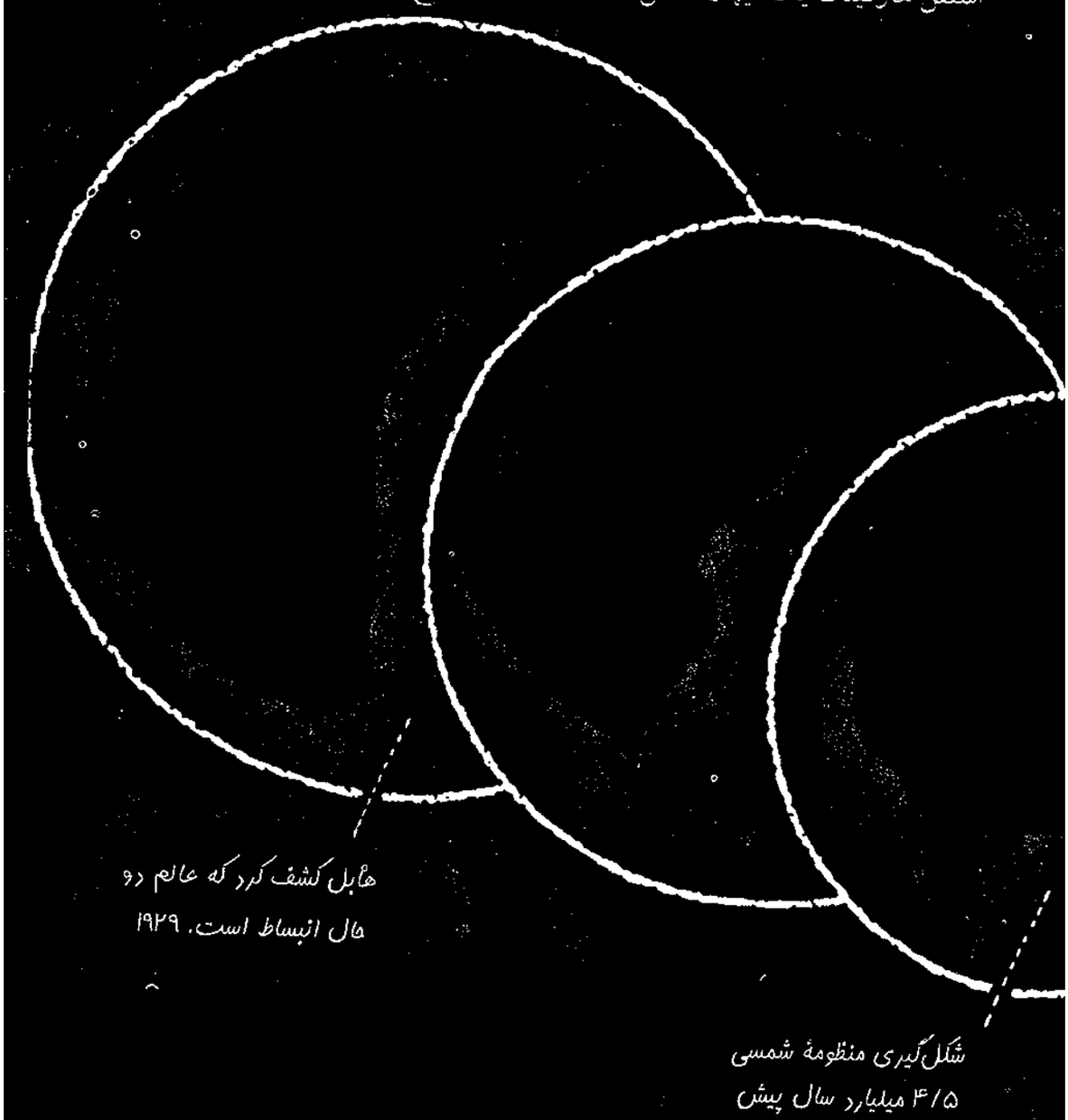


هاوکینگ تنها یک‌سال دیگر به‌عنوان دانشجوی محقق وقت داشت و تازه در همین زمان بود که موضوعی جذاب به‌دست آورده بود. برای استفاده از روش پن‌رز، باید سخت تلاش می‌کرد و ریاضیات مورد نیاز را می‌آموخت و مانند فصل آخر پایان‌نامه‌اش آن را می‌نوشت. این اولین قضیهٔ تکینگی وی در مورد لحظهٔ شروع **عالم** بود. هاوکینگ نشان داده بود که اگر نسبیت عام درست باشد، تکینگی‌ای در گذشته وجود داشته است که مبدأیی برای زمان بود.

هاوکینگ این مرحله را گذراند و دکترایش را در ۱۹۶۵ دریافت کرد. در پایان‌نامهٔ او چند پیچیدگی وجود داشت مانند مسئله عالم‌های متناهی و نامتناهی، اما طی چندسال بعد هاوکینگ روشهای جدیدی برای رفع این مشکلات ارائه داد.



این موضوع مقبولیت عام یافته است و امروزه همه پذیرفته‌اند که عالم با یک انفجار بزرگ شروع شده؛ یک وضعیت اولیهٔ بسیار متراکم و داغ. این سهم اساسی هاوکینگ در کیهان‌شناسی انفجار بزرگ است. نتیجه‌ای پایه‌ای که او را در سطح جهان مشهور ساخت. بنابراین در سال ۱۹۷۰، ۵ سال بعد از دریافت مدرک دکترا، استفن هاوکینگ یک کیهان‌شناس شناخته‌شده در سطح بین‌المللی بود.



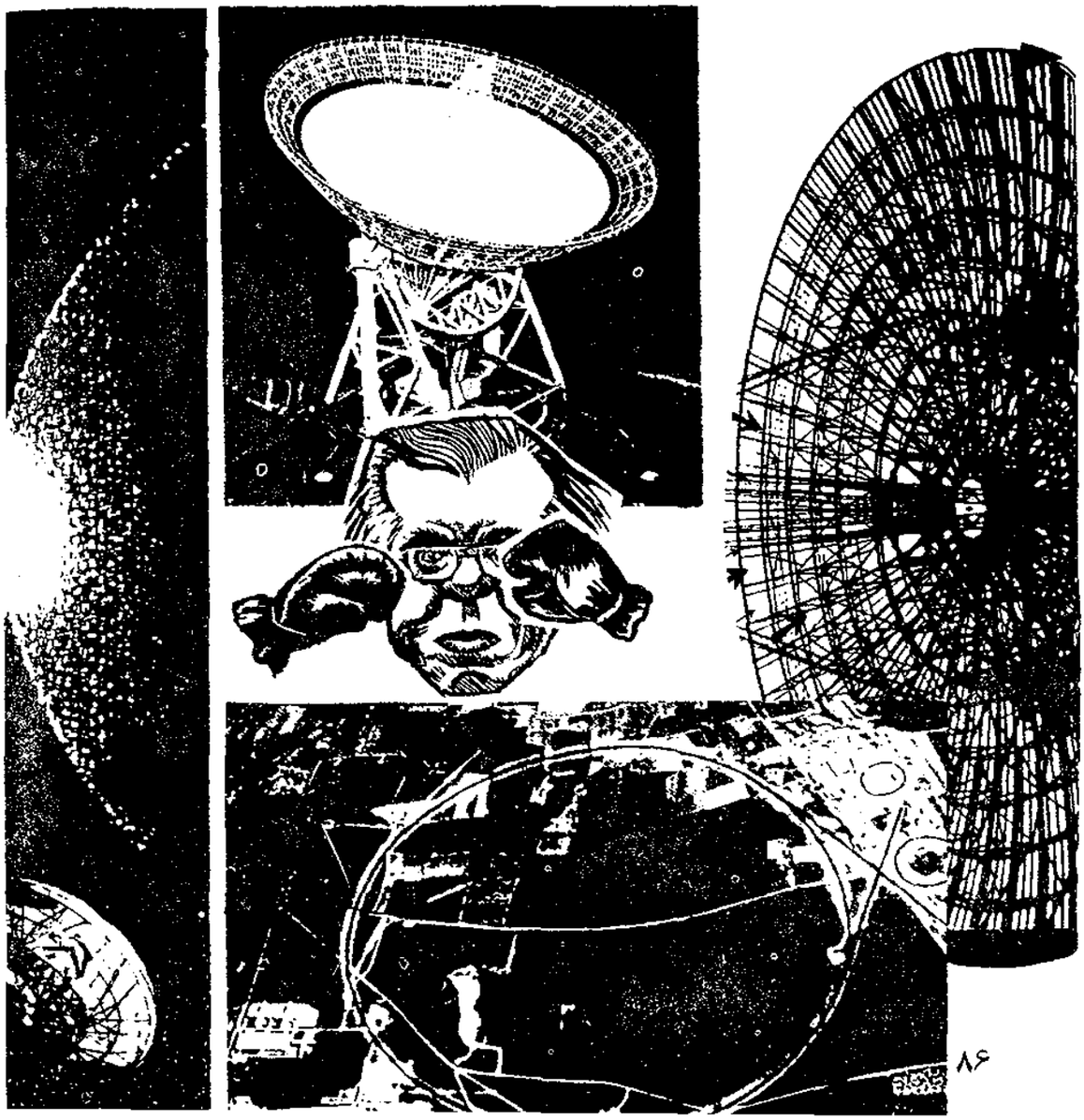
هابل کشف کرد که عالم در حال انبساط است. ۱۹۲۹

شکل‌گیری منظومهٔ شمسی
۴/۵ میلیارد سال پیش

استفن هاوکینگ از همان روزهای اولیهٔ دانشجویی‌اش در مقطع تحصیلات تکمیلی، یکی از مفسران طرح انفجار بزرگ بود. رسالهٔ دکترای وی که از طرح حالت ثابت هویل و دلیل وی برای نقطهٔ منفرد انفجار بزرگ انتقاد می‌کرد، نام او را برای همیشه با پیشرفتهای آینده پیوند داد.

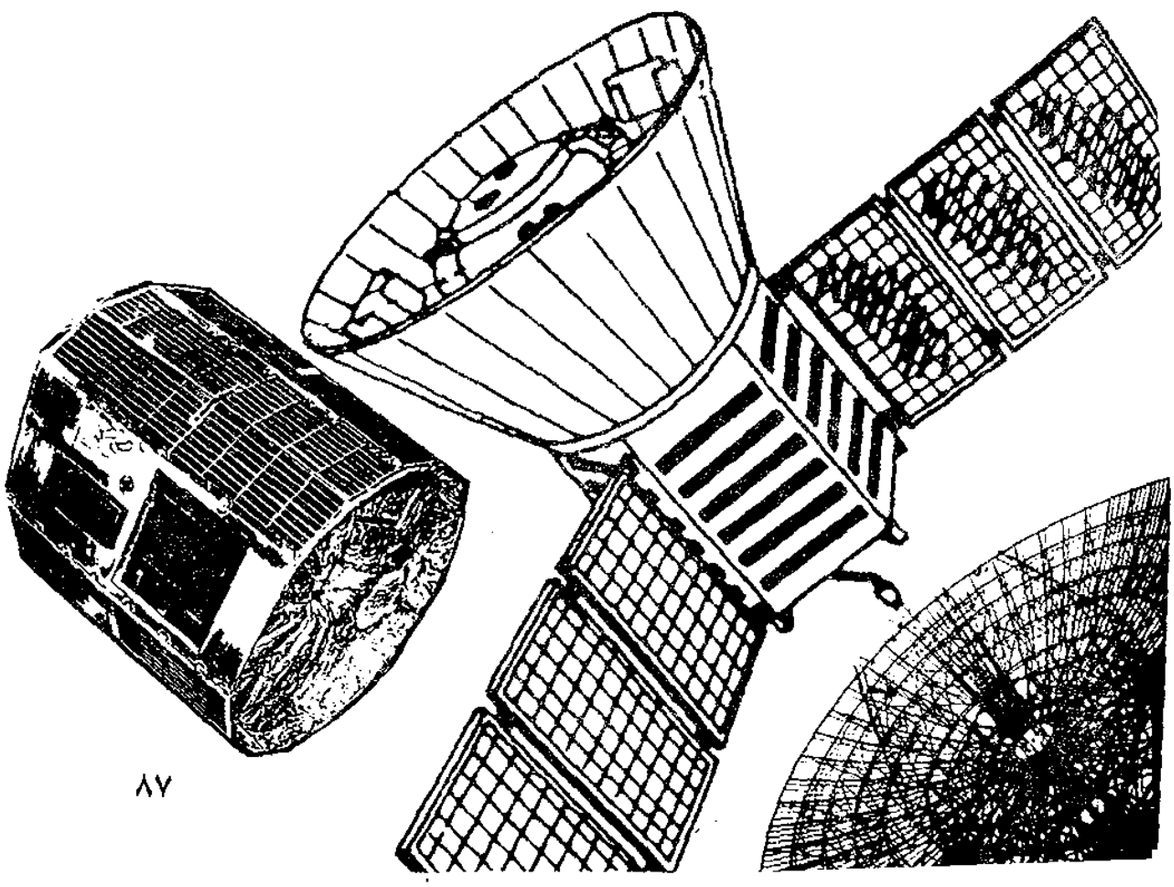
در صورتی که درخواست وی برای به‌همراه هویل پذیرفته می‌شد، تصور تاریخ اخیر کیهان‌شناسی (و یا حداقل تاریخ استفن هاوکینگ) بسیار جالب می‌بود.

امروز، هویل و شاگرد پیشین او در ۳۰ سال گذشته، نارلیکار، هنوز بر سر طرح حالت ثابت باقی مانده‌اند. اما این طرح، طرحی عقیم است. شاید بهترین تبیین برای این مسئله در مقاله‌ای آمده باشد که در شمارهٔ ویژهٔ علم در اکتبر ۱۹۹۴ مجلهٔ *ساینتیفیک آمریکن* چاپ شد. در مقالهٔ مورد اشاره از این شماره، تصویری از فهم ما دربارهٔ عالم آمده که قول می‌دهد منطبق بر فهم هزارهٔ آینده از جهان باشد.



تکامل عالم

مطالعهٔ تکامل عالم یکی از بزرگترین دستاوردهای علم در قرن بیستم بوده است. این دانش از دهه‌ها آزمایشات و فرضیه‌های بدیع آمده است. تلسکوپ‌های مدرن در زمین و فضا، نورکهکشانهایی که میلیاردها سال نوری از زمین فاصله دارند را ردیابی می‌کنند و نشان می‌دهند که دنیا در هنگام جوانی به چه شکلی بوده است. شتاب‌دهنده‌های ذرات، مبانی فیزیکی محیط پرانرژی عالم اولیه را کاوش می‌کنند. ماهواره تشعشعات زمینه کیهانی را ردیابی کرده و تصویری از عالم در بزرگترین مقیاس قابل رؤیت به‌دست می‌دهند. نهایت سعی ما در توضیح این اندوخته اطلاعاتی در فرضیه‌ای به‌نام مدل کیهانی استاندارد و یا گیتی‌شناسی انفجار بزرگ مجسم شده است. ادعای اصلی این نظریه، این است که در مقیاس میانگین بزرگ عالم تقریباً به‌طور یکنواخت در همهٔ جهات از حالت اولیه بسیار متراکم در حال انبساط است. در حال حاضر، هیچ ایراد اساسی‌ای به نظریهٔ انفجار بزرگ وجود ندارد. اگرچه هنوز مقولات و موضوعات حل‌نشده‌ای در خود نظریه یافت می‌شود. برای مثال، اخترشناسان هنوز از نحوهٔ شکل‌گیری کهکشانها مطمئن نیستند. اما دلیلی وجود ندارد که فکر کنیم این جریان در قالب و چارچوب انفجار بزرگ رخ نداده است. به‌راستی، پیش‌بینی‌های نظریه تاکنون پاسخگوی تمام آزمایشها بوده است. (اکتبر ۱۹۹۴، Scientific American)



۱۹۶۵: سالی بزرگ برای هاوکینگ

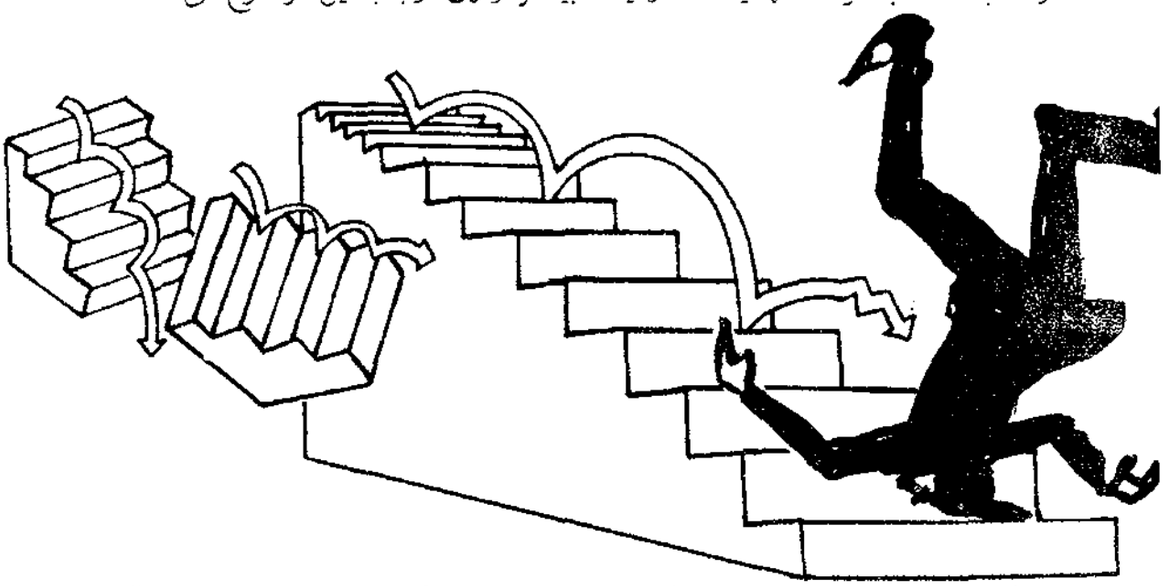
هاوکینگ در ژوئیهٔ ۱۹۶۵، در کلیسای ترینیتی کمبریج، با محبوبه‌اش، جین ویلد ازدواج کرد. اگرچه او اکنون با عصای خود بیشتر و بیشتر می‌لنگید، اما مدرک دکترای خود، همسر فداکار و باهوش و مهارتهای ریاضیاتی جدیدی برای کاربرد در کیهان‌شناسی دراختیار داشت. او همچنین در کالج کایوس عضو شد تا به کار خود در دانشکدهٔ ریاضیات کاربردی و فیزیک کمبریج ادامه دهد.

او دیگر افسرده نبود، و هنوز آن نگاه جسور و مصمم بر صورتش بود که می‌گفت... من می‌توانم هر کاری انجام دهم و هیچ چیز حتی ALS مرا متوقف نمی‌کند.

ذهنی توقف‌ناپذیر

داستانهای زیادی که در باب توانایی‌های ذهنی هاوکینگ وجود دارد، از همان سالهای تحصیل وی در آکسفورد نیز معروف بود.

دانشجویان هم‌دورهٔ وی هفته‌ها به روی تکلیف مشکلی شامل سیزده مسئله از یک متن سخت **الکتریسیته و مغناطیس** نوشتهٔ بلینی و بلینی، کار می‌کردند. به آنها گفته شده بود که بیشترین تعداد ممکن از مسئله‌ها را حل کنند. اغلب آنها موفق شده بودند که تنها یک یا دو مورد را در مهلت مقرر کامل کنند. طبق عادت، هاوکینگ این کار را به آخرین روز موکول کرده‌بود. بعد از گذراندن صبح در اتاقش، بیرون آمد تا بگوید که تنها توانسته است ۱۰ مسئلهٔ اول را حل کند! یکی از اساتید اکسفورد کارهای هاوکینگ را در فیزیک آماری مدیریت می‌کرد. مسائل متعددی از یک کتاب درسی که استفن به آن علاقه‌ای نداشت تعیین کرده بود. در جلسهٔ بعد وی بازگشت اما نه با کار تکمیل شده بلکه با تعیین تمامی اشتباهات موجود در کتاب. استاد به‌سرعت فهمید که هاوکینگ بیشتر از وی در باب این موضوع می‌داند.

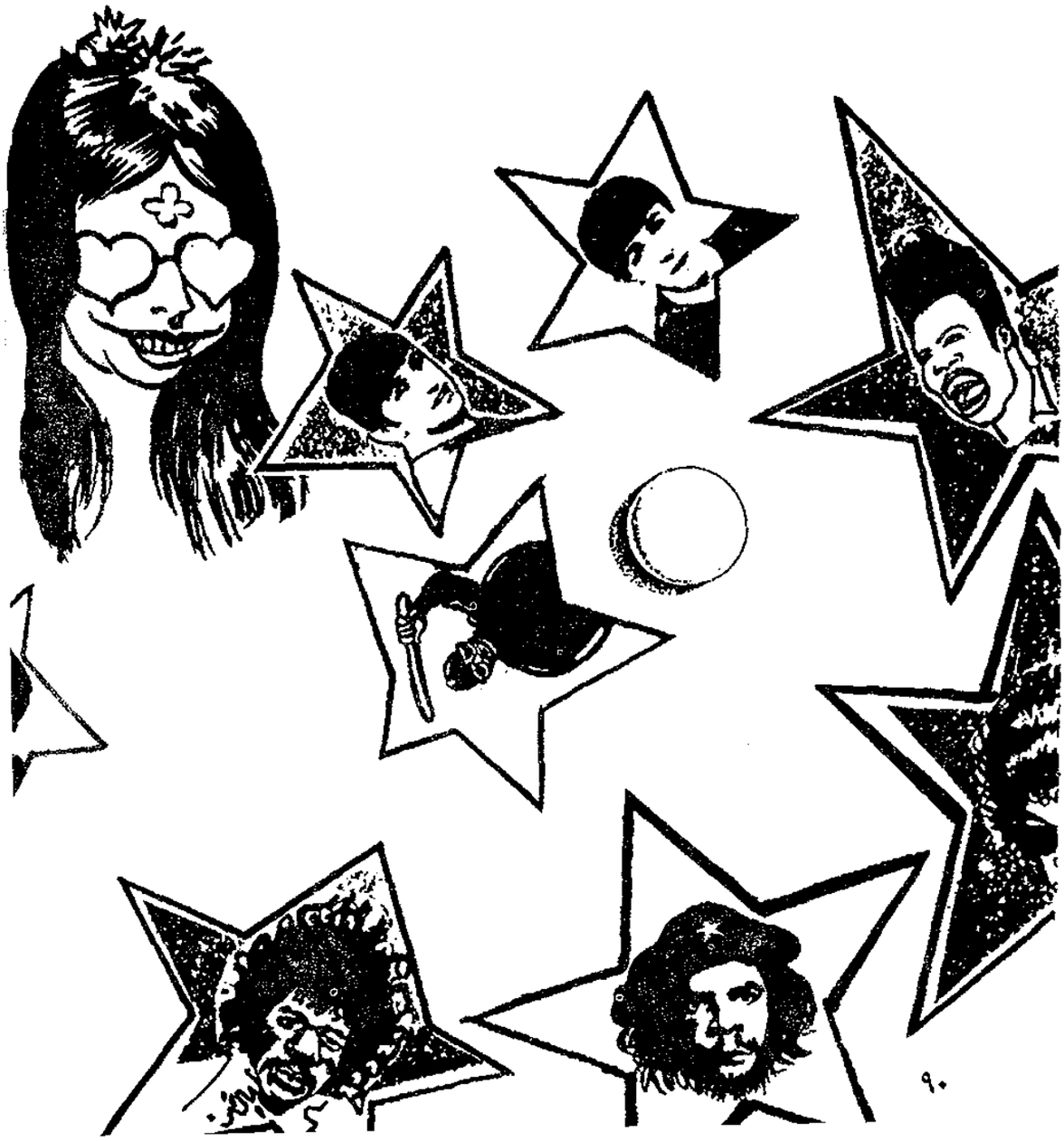


نزدیک به پایان تحصیل او در کسفورد و بدون شک در شروع اثرات ALS، هاوکینگ در راه پله‌های سالن دانشگاه به‌نحو بدی به زمین خورد و درنتیجهٔ آن، موقتاً حافظه‌اش را از دست داد. او حتی نمی‌توانست نامش را به‌خاطر بیاورد. پس از ساعتها سؤال و یادآوری‌های دوستانش، بالاخره به حالت عادی بازگشت اما در مورد آسیب مغزی دائمی که ممکن بود رخ دهد نگران بود. برای اطمینان او تصمیم گرفت تست منسا را انجام دهد که برای اشخاصی باهوش بالا بود. او هنگامی که دریافت که این آزمون را با موفقیتی عالی و امتیاز بین ۲۵۰ـ۲۰۰ گذرانده است بسیار شاد شد. هیچ‌چیز، حتی بیماری وحشتناک ALS نیز نتوانست این ذهن را متوقف کند.

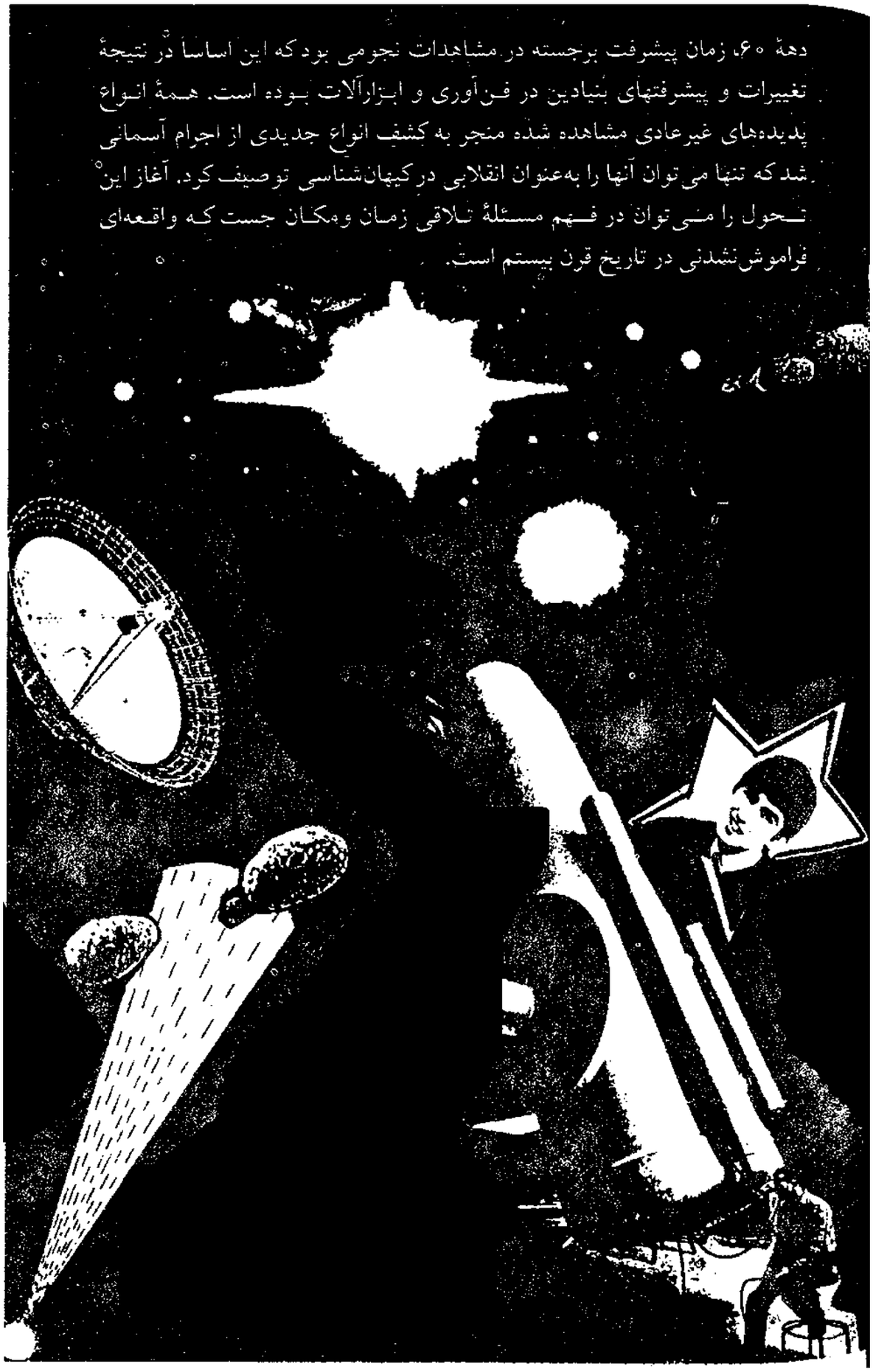
انقلاب دههٔ شصت

این امر قابل بحث است که آیا مورخان اجتماعی قرن ۲۱ باز هم به تحلیل و گزارش دهه‌های ۱۹۶۰ به‌عنوان دوره‌ای از تحولات عظیم اجتماعی و تغییرات ناگهانی بر روی زمین می‌پردازند یا نه. اما مطمئناً مورخان علم، همان دوره را به‌عنوان زمان تغییرات ناگهانی در درک ما از کیهان و عالم می‌بینند. این دوره به‌عنوان عصر طلایی کیهان‌شناسی نسبیتی شناخته شده که کیهان‌شناسی نسبیتی در همان موقعیتی قرار داد که باید باشد.

قهرمانان دههٔ ۶۰، از گروه آوازخوان بیتل با موهای ژولیده‌شان گرفته تا جماعتی که در کنسرت وودستاک (۱۹۶۹) شرکت کردند، شمایل‌های آشنایی شده‌اند. به همین ترتیب کیهان‌شناسی نیز قهرمانان خود را داشت اما آنها تقریباً برای عموم ناشناخته هستند.

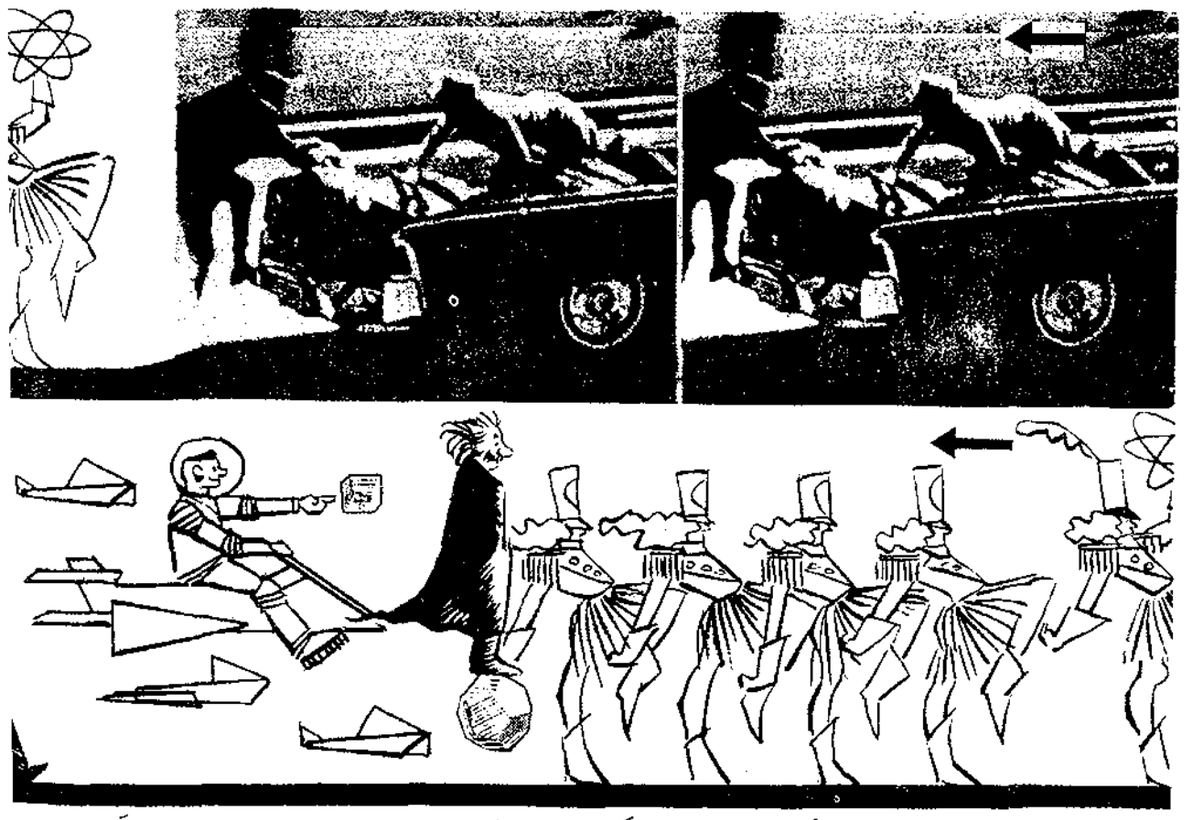


دههٔ ۶۰، زمان پیشرفت برجسته در مشاهدات نجومی بود که این اساساً در نتیجهٔ تغییرات و پیشرفتهای بنیادین در فن‌آوری و ابزارآلات بوده است. همهٔ انواع پدیده‌های غیرعادی مشاهده شده منجر به کشف انواع جدیدی از اجرام آسمانی شد که تنها می‌توان آنها را به‌عنوان انقلابی در کیهان‌شناسی توصیف کرد. آغاز این تحول را می‌توان در فهم مسئلهٔ تلاقی زمان و مکان جست که واقعه‌ای فراموش‌نشدنی در تاریخ قرن بیستم است.

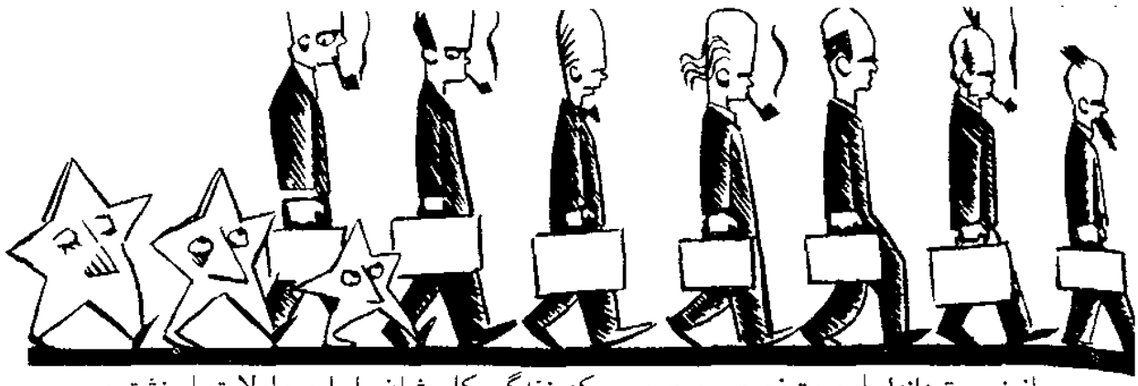


دالاس ۱۹۶۳

اگر از یک جامعهٔ آماری نمونه از مردم بالای ۵۰ سال بپرسید که آیا دالاس ۱۹۶۳ را به‌خاطر می‌آورند، اغلب آنها فوراً توضیح خواهند داد که زمان ترور جان. اف. کندی در دالاس در ۲۲ نوامبر، مشغول چه کاری بودند.



اما شاید زیرمجموعهٔ کوچکی از این گروه باشند که پاسخی مبهم‌تر بدهند. البته، آنها نیز مرگ دردناک کندی را به‌خاطر می‌آورند. اما **دالاس ۱۹۶۳**، معنی ویژهٔ دیگری برای گروه ۳۰ نفره‌ای از منجمان، اخترفیزیکدانها و کیهان‌شناسان و نسبیت‌دانهایی داشت که در **اولین نشست تگزاس در مورد اخترفیزیک نسبیتی** شرکت کرده بودند تا کشف کوازارها را مطرح کنند. این نشست از ۱۸ـ۱۶ دسامبر ۱۹۶۳ در دالاس برگزار شد. تنها سه هفته پس از قتل جان. اف. کندی.



از **نسبیت‌دانها**، این متخصصین عجیبی که زندگی کاریشان را با معادلات اینشتین می‌گذراندند، دعوت شده بود تا در گفتگویی به منجمان و متخصصین اخترفیزیک بپیوندند. بالاخره، ۲۵ سال بعد از مقالهٔ مشهور اپنهایمر و اسنایدر در مورد ستاره‌های فروپاشیده، نسبیت عام به‌عنوان توضیحی ممکن برای پدیدهٔ فیزیکی‌ای مطرح شد که توسط **اخترشناسان تجربی و عملی مشاهده شده بود.**

تصور می‌شد که ستاره‌های فروپاشیده گرانشی (که به زودی سیاهچاله‌ها نامیده شدند) ممکن است در حال تولید انرژی عظیمی باشند و این ایده برای توضیح مشاهدات اجسام جالب و جدیدی که کوازار نامیده شدند، لازم به‌نظر می‌آمد.

توماس گُلد، یکی از پدیدآورندگان نظریهٔ حالت ثابت سخنرانی بعد از شامی در سمپوزیوم دالاس ترتیب داد.

*کشف کوازارها به ما اجازه می‌دهد بپذیریم که متخصصین نسبیتی و کار سفسطه‌آمیز آنها تنها یک زینت فرهنگی باشکوه نیستند بلکه ممکن است واقعاً برای علم مفید باشند. همه راضیند؛ **نسبیت‌دانها** که احساس می‌کنند تمجید می‌شوند و در زمینه‌ای که موجودیت آن به‌سختی پذیرفته شده متخصص هستند و متخصصین **اخترفیزیک** که امپراطوری خود را با ضمیمه کردن موضوع دیگری، یعنی نسبیت عام، گسترش داده‌اند.*

همهٔ اینها بسیار راضی‌کننده است، پس بگذارید امیدوار باشیم که این موضوع حقیقت دارد.

اولین سمپوزیوم تگزاس در باب اخترفیزیک نسبیتی

این موضوع، همانطور که خود هاوکینگ ۳۰ سال بعد فروتنانه آن را تصدیق کرد، حقیقت داشت

در ۳۰ سال اخیر تغییر عظیمی در وضعیت نسبیت عام و کیهان‌شناسی رخ داده است. وقتی من شروع به تحقیق در دانشکدهٔ ریاضیات کاربردی و فیزیک نظری کمبریج کردم، نسبیت عام فقط فرضیه‌ای زیبا شمرده می‌شد. این نظریه آن‌قدر پیچیده بود که عملاً هرگونه ارتباط آن با دنیای واقعی محال به‌نظر می‌آمد. کیهان‌شناسی علمی کاذب محسوب می‌شد، علمی که در آن تحقیقات نظری به‌وسیلهٔ هیچ مشاهدهٔ قابل انجامی محدود نمی‌شد.

امروزه موقعیت بسیار متفاوت است و تا حدودی به گسترش عظیمی که در محدودهٔ مشاهدات، با فن‌آوری پیشرفته به‌وجود آمده است، وابسته شده و همچنین موقعیت جدید مدیون پیشرفت فوق‌العاده است که در تئوری داشته‌ایم.

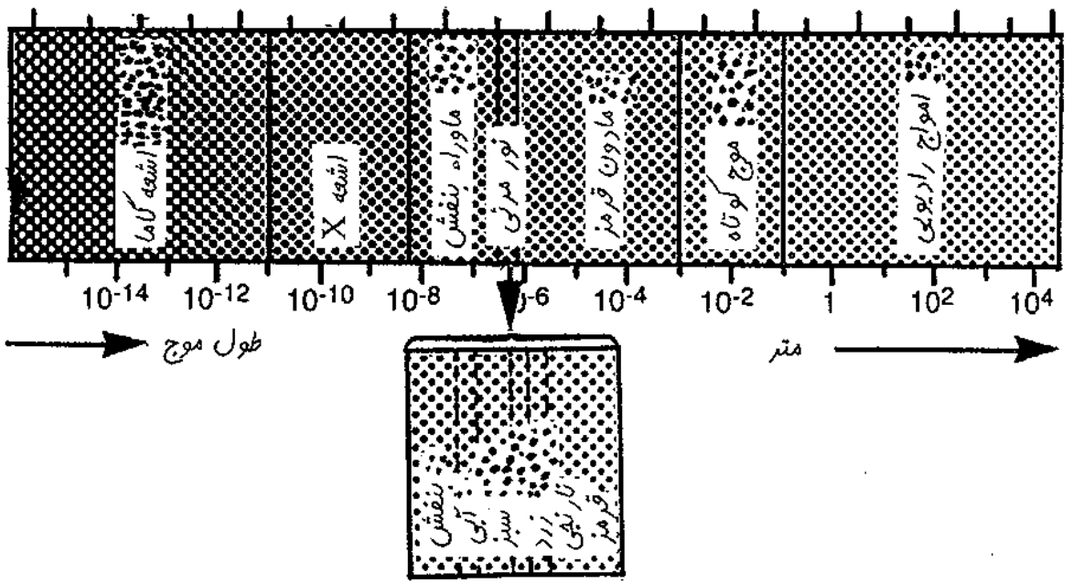
اینجا همان جایی است که می‌توانم مدعی شوم سهم ناچیزی در آن داشته‌ام.

اما مشاهدات در مورد کوازارها کاملاً به تکنیکهای جدید رصدی احتیاج داشت. بنابراین قبل از توضیح موضوع هیجان‌انگیز کوازارها، فکر خوبی است که مروری بر **آنچه نیاز است بدانید**، داشته باشیم.

چند چیز که لازم است بدانید:
طیف الکترومغناطیس

مفهوم طیف الکترومغناطیس بسیار تخصصی به‌نظر می‌رسد چرا که این دو کلمه به‌ندرت در خارج از علم فیزیکی به‌کار می‌روند. دومین واژه، الکترومغناطیس، تنها به این معناست که امواجی که در مورد آنها صحبت خواهیم کرد (نور، رادیویی، مادون قرمز) از ارتعاش میدانهای الکتریکی و مغناطیسی به‌وجود آمده‌اند. و واژهٔ اول، طیف، به محدودهٔ اندازهٔ امواج یعنی طول موج آنها، برمی‌گردد.

طیف الکترومغناطیس همهٔ طول موجهای تشعشعات ممکن در طبیعت را دربرمی‌گیرد. موجهایی که طول‌های متفاوت دارند خصوصیات متفاوتی دارند و طی فرایندهای متفاوت فیزیکی تولید می‌شوند. به‌علاوه آنها را با ابزارهای کاملاً متفاوتی باید رؤیت کرد. تشعشعات نامرئی که (به‌همراه باند مرئی یا نوری) از ستاره‌ها و کهکشانها می‌آیند اگرچه با چشم غیرمسلح قابل رؤیت نیستند، اطلاعات مفیدی با خود دارند.



باند مرئی

اندازهٔ طول موجها محدودهٔ وسیعی را تشکیل می‌دهد؛ از طول موج اشعه X (کوچکتر از فاصلهٔ بین اتمی) تا طول امواج رادیویی (که کیلومترها می‌شود). این امواج همگی با سرعت نور حرکت می‌کنند و رابطه‌ای ساده و مهم بین طول موج و فرکانس منبع ساطع‌کنندهٔ موج و سرعت انتقال برقرار است:

(سرعت نور) = (فرکانس) × (طول موج)

قبل از سالهای دههٔ ۱۹۶۰، نجوم رصدی تنها به‌معنی نجوم اپتیکی (یا قابل رؤیت) بود، یعنی نگاه‌کردن از طریق تلسکوپهای ساخته‌شده از لنزهای شیشه‌ای یا آینه‌های بازتابی و رصد با چشم یا با دوربین‌های حساس. فیلمهای مخصوص، اندازه‌گیری‌ها را به باند مادون قرمز با طول موجهای بلندتر از نور مرئی توسعه داد.

اما در طول اواخر ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰، تقریباً تمام باند الکترومغناطیس برای رصدکنندگان قابل شناسایی شد. به‌طوری که اکنون، **نجوم رادیویی، نجوم میکروویو** و **نجوم مادون قرمز، نجوم نوری، نجوم ماوراءبنفش، نجوم اشعه X** و حتی **نجوم اشعه گاما** داریم. کشفیات بزرگ ۱۹۶۰، به‌دلیل پیشرفت مشاهداتِ در خارج از محدودهٔ مرئی، به‌ویژه طول موجهای بلندتر از باند رادیویی و موج کوتاه، پدید آمده است. **کوازارها** و **تپ‌اخترها** (pulsar) در باند **فرکانسهای رادیویی** و **تشعشعات زمینه کیهانی** در باند موج کوتاه کشف شدند. در سال‌های ۱۹۷۰، **نجوم اشعه X**، در انتهای دیگر طیف، با رصد صورت فلکی سیگنوس X−1، اولین گواه بر وجود سیاهچاله‌ها را فراهم آورد.

جیمز کلارک ماکسول ـ یکی دیگر از مردان کمبریجی

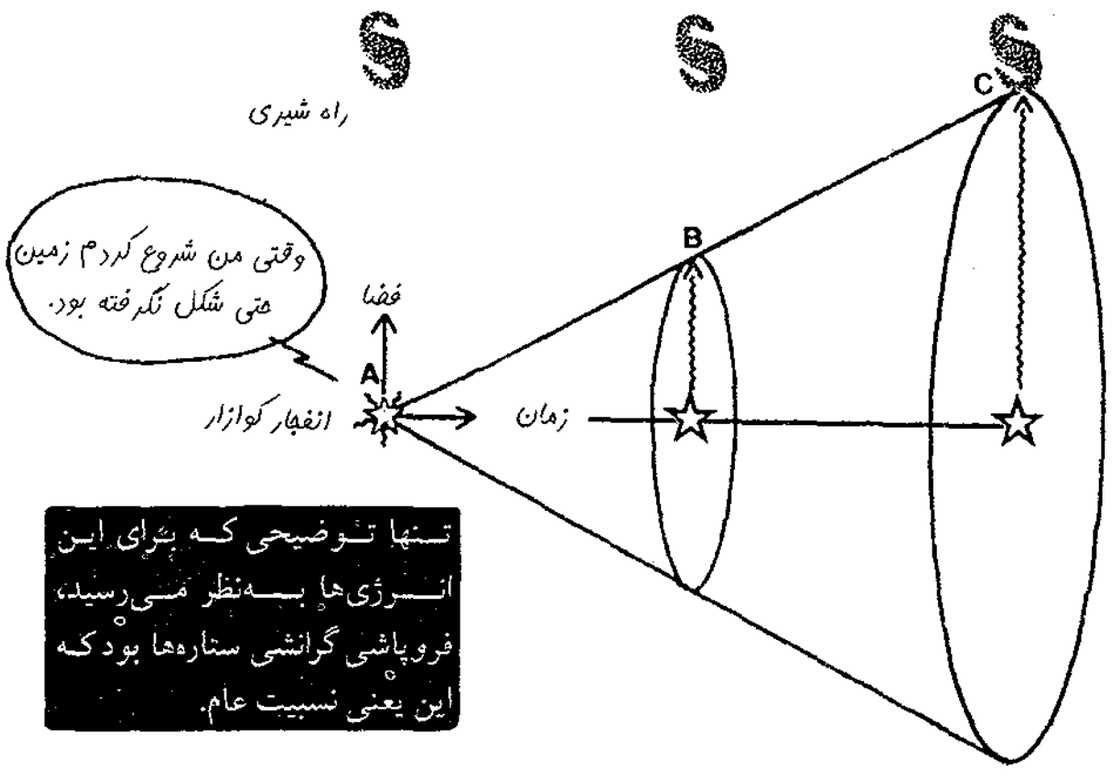
۱۹۶۳: کوازارها

مشاهدات دقیق توسط اخترشناسان اپتیکی و رادیویی در سالهای ۱۹۶۲ـ۱۹۶۰ نشان داد که بیش از نیم دوجین اجسام نورانی در آسمان وجود دارد که آن‌قدر کوچک هستند که نمی‌توان آنها را ستاره فرض کرد. اما این اجسام طیف نوری عجیبی داشتند که مانند ستاره‌های رؤیت‌شده نبود. همه گیج بودند تا اینکه در ۵ فوریه ۱۹۶۳ مارتین اسکمیدت و جسی گرینشتاینِ اخترشناس، در کالتچ به اکتشافی دست یافتند.

اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که این اجسام شبه‌ستاره‌ای (quasi-stellar) (بعدها کوازار quasar نام گرفتند) با سرعتِ بسیار زیادی در حال دورشدن از زمین هستند و باید بسیار بسیار دور باشند.

درابتدا تصور می‌شد این اجسام ستاره‌هایی در کهکشان راه شیری هستند. اما کاشفان آنها به‌زودی با استدلال ثابت کردند که این اجسام در اثر انبساط عالم از زمین دور می‌شوند و فاصلهٔ آنها با زمین فوق‌العاده زیاد است. روشنایی آنها نشان می‌دهد که صدبار بیشتر از درخشان‌ترین کهکشانهای دیده‌شده انرژی تابش می‌کنند.

کوازارها. امواج نور کوازار را در نقطهٔ A ترک می‌کند. میلیاردها سال بعد در نقطهٔ B هنوز به کهکشان راه شیری نرسیده است. وقتی نور نهایتاً در نقطهٔ C به ما می‌رسد آن را به همان کیفیتی می‌بینیم که در هنگام ترک نقطهٔ A بوده است.

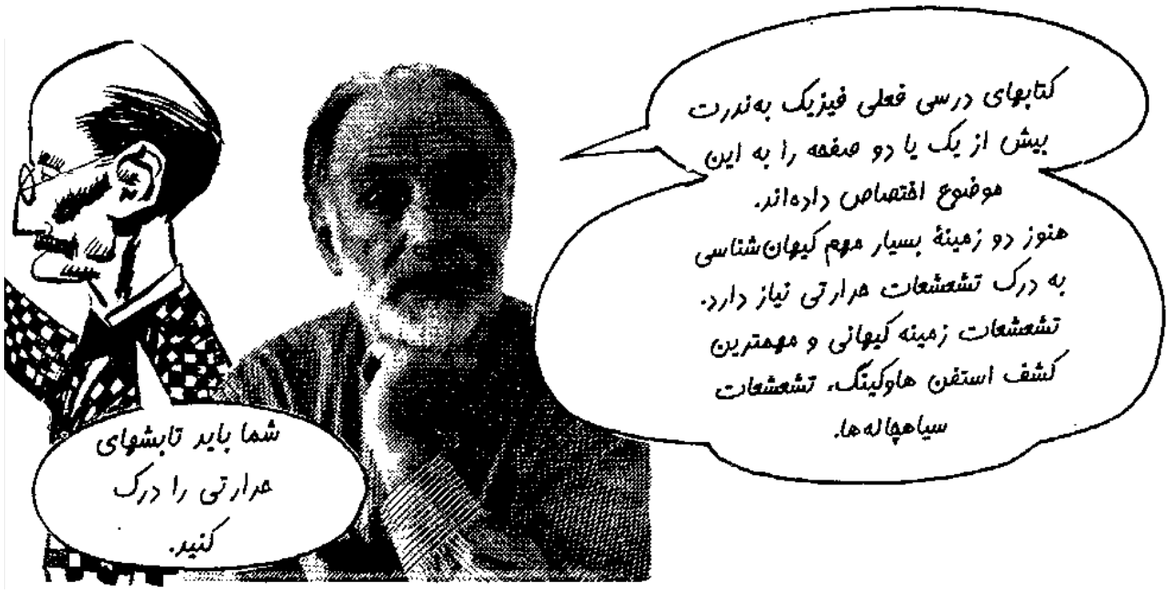


۱۹۶۵: تشعشعات زمینه کیهانی

در ۱۹۶۵، کشف تصادفی امواج کوتاه اسرارآمیز از فضای خارج نشانه‌ای بر صحت طرح انفجار بزرگ می‌نمود. قبل از آن این طرح یک شوخی به‌نظر می‌رسید... آنچه رخ داده است در اینجا آمده... تصویر عالم به‌عنوان اتم نخستین (تخم‌مرغ کیهانی) که توسط آبه جورج لماتره در ۱۹۲۷ ارائه شد، چندتن از کیهان‌شناسان را به تصویر اولیهٔ عالم به‌عنوان پلاسمای داغ و متراکم و سریع بازشونده هدایت کرد. یکی از تخیلی‌ترین این نظریه‌پردازان، یک روس آزاداندیش که به آمریکا مهاجرت کرده بود به‌نام جرج گاموف، تأثیر سردشدن این پلاسما را در انبساط عالم بررسی کرد.
پس از آن او یکی از مهم‌ترین پیش‌گویی‌های تاریخ علم را انجام داد.

همهٔ اجسام گرم (یعنی هر جسمی که دمایی دارد)، حتی اگر دمای آن تنها ۵ درجه بالاتر از صفر مطلق باشد، امواج الکترومغناطیس پیوسته‌ای به‌نام تشعشعات گرمایی منتشر می‌کنند. مسئله این بود که این تشعشعات را چگونه باید اندازه‌گیری کرد و در کدام باند طول موج باید به دنبالشان گشت. جهت تعقیب این قسمت از داستان، چند مورد دیگر وجود دارد که واقعاً لازم است بدانید!

چند چیز که لازم است بدانید؛ تشعشعات گرمایی

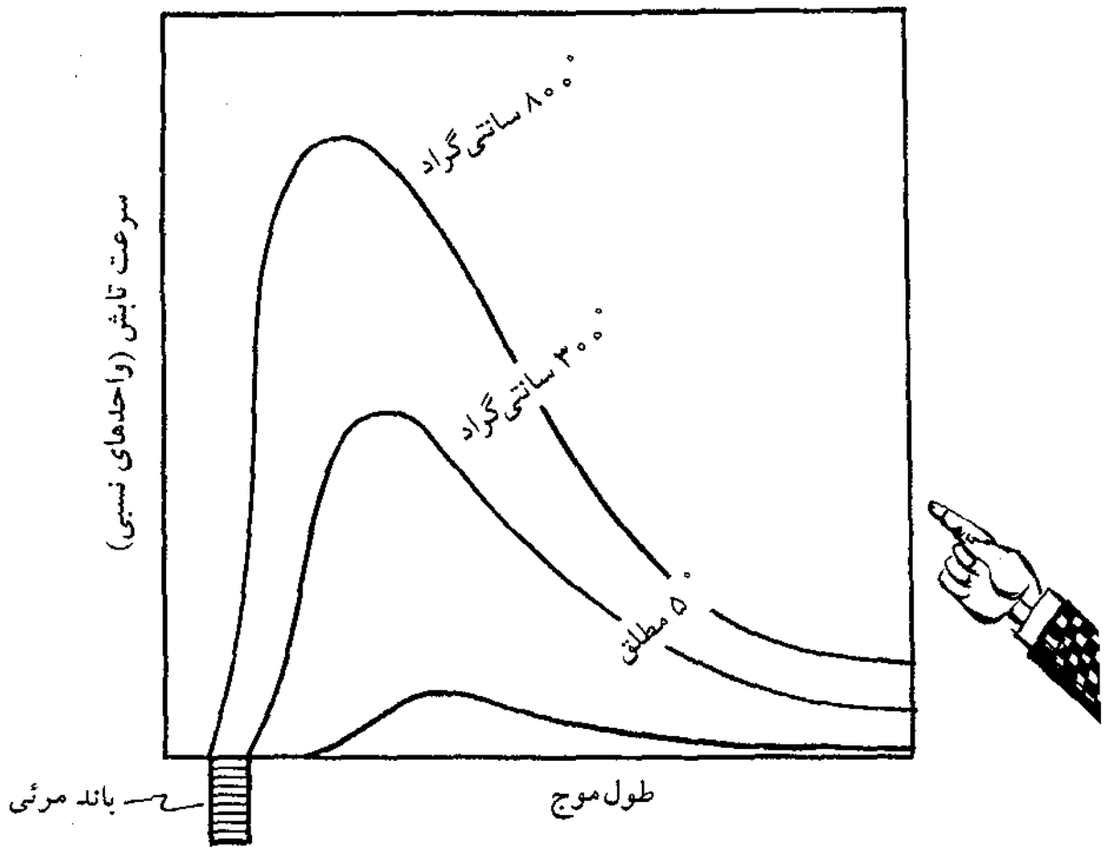


فیزیک تشعشعات حرارتی بسیار ساده است، با این حال دانستن فرض اساسی‌ای که توسط ماکس پلانک در ۱۹۰۰ برای توضیح جزئیات آن مطرح شد لازم است. ماکس پلانک بنیان‌گذار نظریهٔ کوانتوم است. نظریهٔ وی نشان داد که چگونه سرعت نسبی صدور انرژی تابشی (امواج الکترومغناطیس) به طول موج آنها در دماهای متفاوت بستگی دارد. منحنی‌های نظری پلانک نشان داد که با افت دما، تشعشعات انتشار می‌یابند و قله‌ها به طول موجهای بلندتر انتقال می‌یابد.

■ در ۸۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد، تشعشعات مرئی به اندازه‌ای ساطع می‌شود که رنگ سرخ بر اثر حرارت ظاهر می‌گردد گرچه بیشتر انرژی در باند مادون قرمز ساطع می‌شود.

■ در ۳۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد، عملاً همهٔ انرژی ساطع‌شده به‌وسیلهٔ امواج با طول موج بلندتر از نور قرمز انتقال می‌یابد که مادون قرمز نامیده می‌شوند به‌معنی **زیرقرمز**. هیچ اشعه‌ای در باند مرئی ساطع نمی‌شود.

■ در ۵ درجه بالای صفر مطلق (یا منفی ۲۶۸ درجهٔ سانتی‌گراد) تشعشعات کاملاً زیر مادون قرمز و در باند موج کوتاه می‌باشند و جهت اندازه‌گیری آن‌ها به گیرنده‌های ویژه موج کوتاه (میکروویو) نیاز است.



ازآنجایی که شکل منحنی تنها به‌وسیلهٔ دمای جسم تابش‌کننده تعیین می‌شود، از اندازه‌گیری‌ها در طول موج‌های متفاوت می‌توان دمای جسم تابش‌کننده را استنباط کرد. برعکس اگر دمای جسم تابش‌کننده را بدانیم، آنگاه شکل و توزیع تابشها با فرمولهای نظری قابل پیش‌بینی هستند.

با مراجعه به پیش‌بینی‌های گاموف، منحنی نظری **توزیع تشعشعات حرارتی** در ۵ درجه بالای صفر مطلق نشان می‌دهد که قلهٔ تشعشعات باید در ناحیهٔ **موج کوتاه** طیف الکترومغناطیس باشد. زمانی که سایر گروههای تحقیقاتی درپی طراحی آزمایشاتی جهت جست‌وجوی موج کوتاه گاموف بودند، این امواج تصادفاً توسط دو محقق، یعنی آرنوپنزیاس و رابرت ویلسون، در آزمایشگاههای تلفن بل در نیوجرسی شمالی کشف شدند.

گلولهٔ آتش سفید و داغ انفجار بزرگ، در اثر انبساط عالم رقیق و سرد شده بود. اگرچه طول موج تشعشعات در اثر انبساط تا باند موج کوتاه گسترش می‌یابد، جایی که پنزیاس و ویلسون آنها راکشف کرده‌اند، اما آنها هنوز وجود داشتند. اگرچه پنزیاس و ویلسون تنها قادر به اندازه‌گیری در یک طول موج مفردشده بودند، با این حال جایزهٔ نوبل را بردند به این‌دلیل که اولین اشخاصی بودند که این استدلال منحصربه‌فرد را برای انفجار بزرگ فراهم کردند.

با این کشف زمینهٔ کاملاً جدیدی در تحقیقات کیهان‌شناسی گشوده شد؛ مطالعهٔ منشاء عالم با استفاده از تشعشعات زمینه کیهانی.

کشف زمینهٔ موج کوتاه در سال ۱۹۶۵ نظریهٔ حالت ثابت را رد کرد و نشان داد عالم در زمانی در گذشته، بسیار گرم و متراکم بوده است. اما مشاهدات به‌تنهایی این امکان را که عالم به حالتی خیلی بزرگ اما نه زیاد متراکم و چگال پرش کرده باشد را رد نمی‌کند.

این موضوع توسط زمینه‌های نظری و قضایای نقطهٔ تکین که من و پن‌رز آنها را ثابت کرده‌ایم رد شده است. ما مقالهٔ **نقطه‌های تکین فروپاشی گرانشی و کیهان‌شناسی** را منتشر کردیم و قضایای همهٔ منظورهٔ تکینگی را ارائه کردیم که نشان می‌دهد مفهوم کلاسیک زمان باید در نقطهٔ منفردی در گذشته آغازی داشته باشد (یعنی انفجار بزرگ). این قضیه همچنین اذعان می‌دارد که زمان، حداقل در قسمتی از فضا-زمانی که یک ستاره منهدم می‌شود، به پایان می‌رسد.

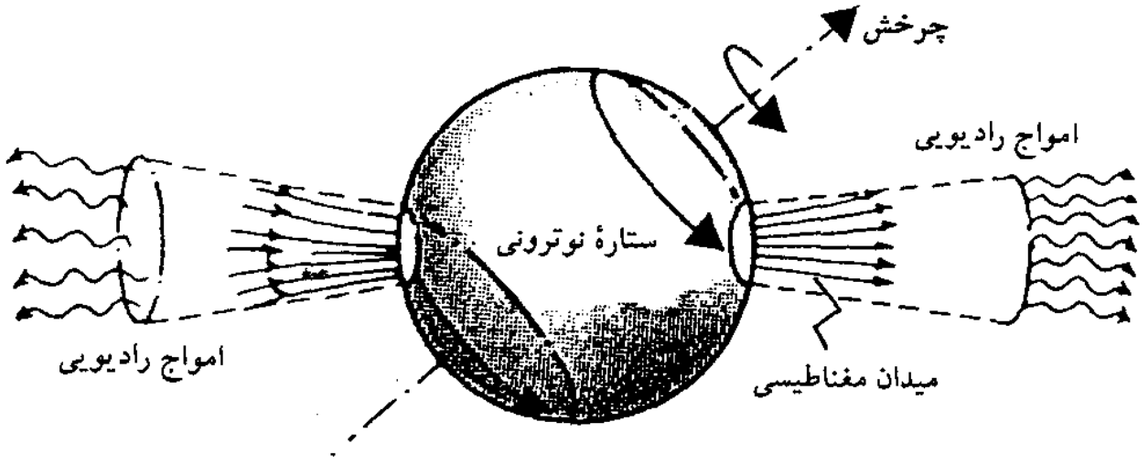
اغلب کارهای من از آن زمان با پی‌آمدها و مفاهیم این نتایج دخیل شده است.

رادیواخترشناسان به کشف رادیوکهکشانهای بیشتری ادامه دادند یعنی (کهکشانهایی که امواج الکترومغناطیسی را عمدتاً در باند موج رادیویی ساطع می‌کنند). سپس در ۱۹۶۷، یک دانشجوی تحصیلات تکمیلی کمبریج به‌نام ژوسلین بل تپ‌های بسیار قوی و منظمی را با طول موج ۳/۷ متر از یکی از این کهکشانها شناسایی کرد. رادیواخترشناسان کمبریج تصور کردند که با تمدنی فوق‌بشری ارتباط پیدا کرده‌اند.

تپ‌ها بسیار باریک بودند. این بدان معنی بود که منبع تابش‌کننده باید بسیار کوچک باشد زیرا نمی‌توان منبعی بزرگ با تپ‌های قوی و کوتاه داشت. زمان انتقال تشعشعات از نقاط متفاوت آن سیگنال را محو می‌کند. منبع باید چیز بسیار فشرده‌ای باشد، جسمی با اندازه‌ای کوچکتر از چندهزار کیلومتر که البته به‌دوری یک ستاره است.

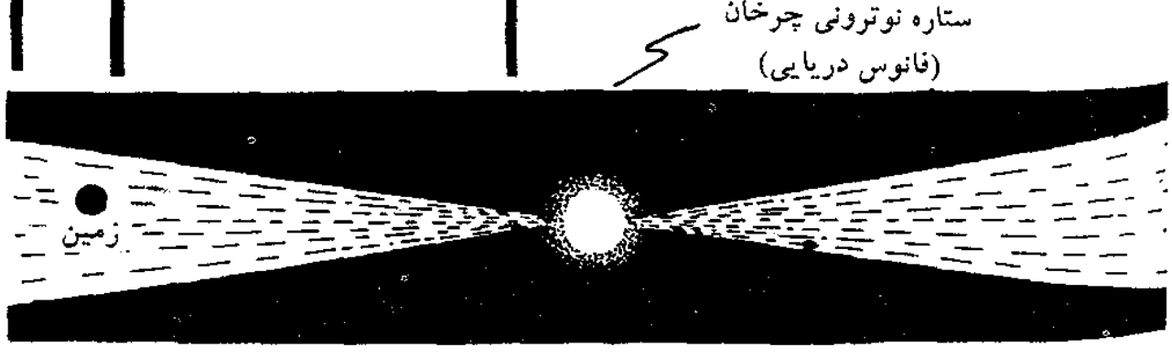
ژوسلین بل

در حالیکه رادیو اخترشناسان کمبریج نتایجشان را اعلام می‌نمودند، نظریه‌پردازان دانشکده ریاضیات کاربردی کمبریج اسکیما، هاوکینگ و ریز با افادهٔ تمام در سمینار نشستند.



قبل از روشن‌شدن موضوع، بحث چندماه به‌طول انجامید. تامی گُلد، که قبلاً بر روی نظریهٔ حالت ثابت کار کرده بود، اولین فردی بود که موضوع را روشن ساخت.

تپ‌اخترها، ستاره‌های نوترونی دوار هستند و نه چیزی دیگر. امواج رادیویی که از ستاره نوترونی تابیده شده است، مانند نور یک فانوس دریایی درحالی که ستاره می‌چرخد متناوباً به زمین می‌رسد.



سیاهچاله‌ها؛ ویلر این کلمهٔ پرسروصدا را به رسانه داد

درحالی که دههٔ ۱۹۶۰ رو به پایان بود، همهٔ افراد در مورد ستاره‌های منهدم‌شدهٔ گرانشی صحبت می‌کردند. ستاره‌های نیمه‌منهدم ــ کوتوله‌های سفید و ستاره‌های نوترونی ــ تبدیل به اشیایی شدند که اخترشناسان همه‌روزه با آنها سروکار داشتند. اما جان ویلر به ستاره‌های جسیم علاقه‌مند شد که کاملاً فروپاشیده بودند.

این امر اثری جادویی داشت. همه بی‌درنگ شروع به استفاده از این لغت کردند. حالا حتی متخصصین می‌توانستند بفهمند که در مورد چیز مشابهی صحبت می‌کردند. در مسکو، پازادنا، پرینستون و کمبریج، اصطلاح سیاهچاله، جایگزین عبارت «ستاره‌های کاملاً منهدم‌شده گرانشی» شد.

عصر سیاهچاله‌ها

رسانه‌ها سردرگم شده بودند. دست‌کم می‌توانستند همهٔ این مطالب فیزیکی و نجومی پیچیده و جدید را در دو واژه ساده که راحت در ستون روزنامه‌ها قرار می‌گرفت خلاصه کنند. نویسنده‌ها با کلمهٔ عجیب جدید آشنا شدند و کتابهایی در این باره در قفسه‌های علم عمومی و علمی-تخیلی جا گرفت. قهرمانان سریالهای فضایی تلویزیونی مقصدهای جدیدی برای سفینه‌هایشان تعریف کردند. در مهمانی‌های شام، دانشمندان برای توضیح مسئلهٔ سیاهچاله‌ها به دوستان دچار مشکل بودند. سیاهچاله لغتی متداول شده بود. اما هیچ‌کس به واقع نمی‌دانست که آن چیست.

سیاهچاله چیست؟

این سؤال ساده‌ای نبود. تصور کنید که قرار است راه‌حل‌های شوارتزشیلد و اپنهایمر برای معادلات اینشتین را توضیح دهم و سپس اینکه چگونه طبیعت این اجسام آسمانی را فشرده می‌سازد تا اینکه فضا در اطراف آنها جمع شده و ناپدید شوند، را بررسی کنم... و همه این کارها باید را بدون استفاده از دستانم انجام می‌دادم.

وقتی ستاره‌ای همهٔ سوختش را به مصرف می‌رساند، بر اثر گرانش خود منهدم می‌شود.

تولد و مرگ ستارگان

ستاره‌ها زمانی شکل می‌گیرند که واکنشهای متقابل گرانشی بین مولکولهای شناور در فضا، به‌طور عمده مولکولهای گاز هیدروژنی، باعث شکل‌گیری کلوخه‌ها می‌شوند. وقتی این خرده‌سنگها به‌هم می‌پیوندند، گرانش مولکولها را بیشتر و بیشتر به‌هم می‌فشارد تا زمانی که برهم‌کنش بین آنها باعث افزایش دما شود.

این فرایند تا زمانی ادامه می‌یابد که گازها شروع به درخشش و تولید اشعه الکترومغناطیس در همهٔ طول موج‌های متنوع آن کند. با افزایش فشار، برهم‌کنشها شدت می‌یابد تا زمانی که فشار تشعشعات برای توقف واکنشهای گرانشی کفایت کند.

سپس، ستاره‌ها به تعادلی دینامیک رسیده و برای میلیاردها سال متوالی پرنور می‌درخشند.

من نشان دادم که یک واکنش همجوشی هسته‌ای (ترکیب هیدروژن و دوتریم برای تشکیل هلیوم) انرژی تولید می‌کند.
رابطه جرم/انرژی من $E=mc^2$ نشان می‌دهد که چه مقدار انرژی در فرایند تبدیل جرم ستاره به حرارت و تشعشعات تولید می‌شود و ستاره چگونه سوختش را رفته‌رفته به مصرف می‌رساند.
و بعد وقتی سوخت به پایان برسد گرانش دوباره پیشی گرفته و ستاره را به یک سیاهچاله تبدیل می‌کند. درست است؟
خوب، کمی پیچیده‌تر از این است چون حالت نهایی بستگی به این دارد که ستاره در حالت اولیه چه اندازه جسیم بوده است.

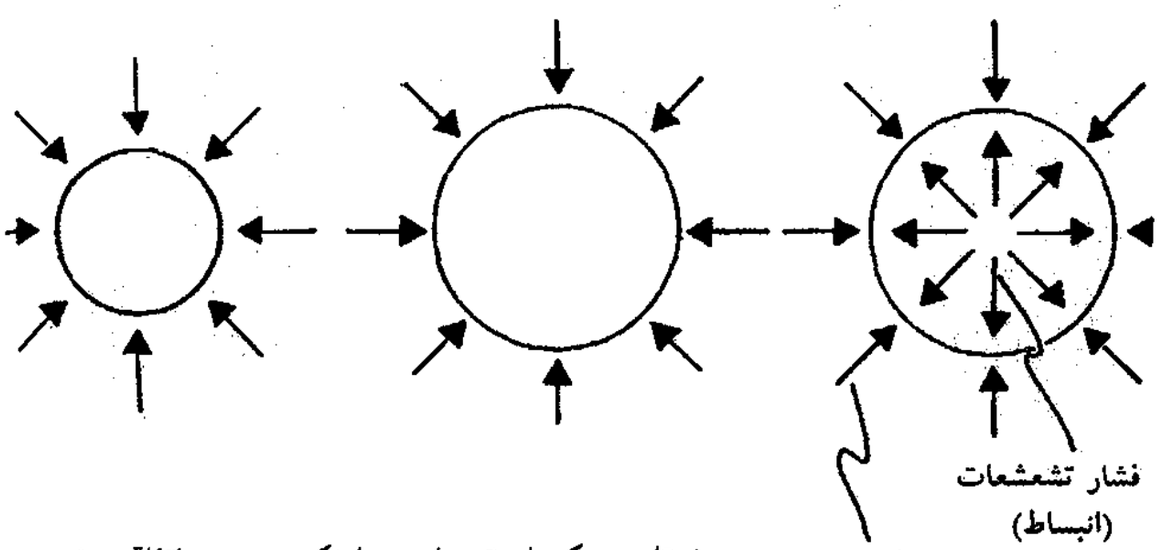
این مسئله نخستین بار توسط دانشمند بزرگ انگلیسی، (شاید اولین اخترفیزیکدان جهان) سرآرتور ادینگتون حل شد. رسالهٔ معروف وی، **در باب ساخت داخلی ستارگان**، توضیح می‌دهد که چگونه یک ستاره می‌تواند از واکنشی سوخت‌گیری کند که هسته‌اش به‌وسیلهٔ آن انرژی لازم برای حرارت‌دادن پیوستهٔ اتمهای گاز را فراهم می‌کند.

ستارگان چگونه به کوتوله‌های سفید ستاره‌های نوترونی و سیاهچاله‌ها فرو می‌پاسند

جرم ستاره(M=) در واحدهای جرم‌خورشیدی. (اگر جرم ستاره ۵ برابر جرم خورشید باشد M=۵ می‌شود)

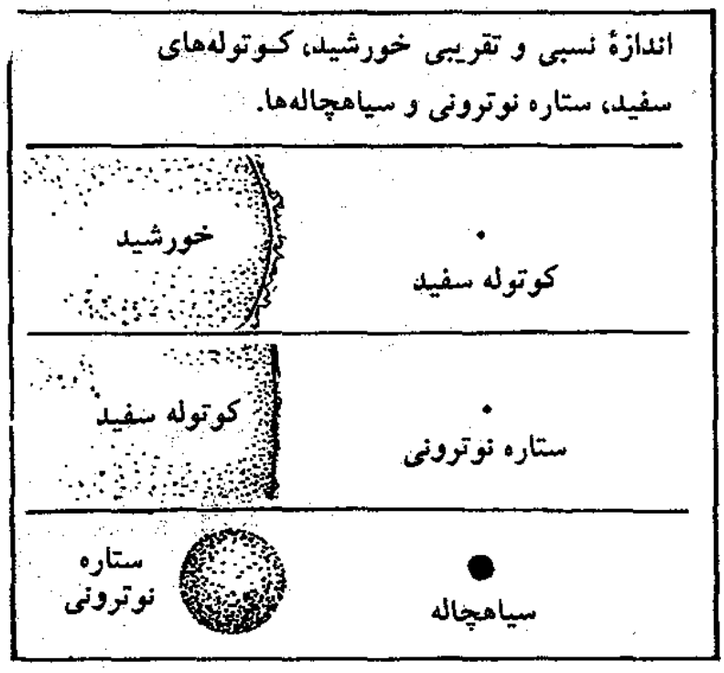
ستاره همهٔ سوختش را می‌سوزاند، هیدروژن به هلیوم تبدیل، و تشعشعات میرا می‌شود.

سپس گرانش بدون هیچ مقاومتی، تراکم را شروع می‌کند.



(ستاره ممکن است برای مدت کوتاهی تا حد یک «غول قرمز» یا «سوپرنوا» (اَبَرنواختر) منبسط شود.

اینکه سپس چه اتفاقی رخ خواهد داد، به جرم اولیه ستاره بستگی دارد.



ستاره طی میلیاردها سال در تعادلی دینامیک می‌سوزد و نور و حرارت می‌دهد.

کوتوله سفید

(شعاع ــ ۱۶۰۰ مایل)

اگر M کمتر از ۱/۴ باشد ستاره تا زمانی که اتمهای گازی بر روی هم می‌افتند، منقبض می‌شود. نیروی دافعهٔ الکترونی جهت متوقف‌کردن انقباض کافی است.

ستاره نوترونی

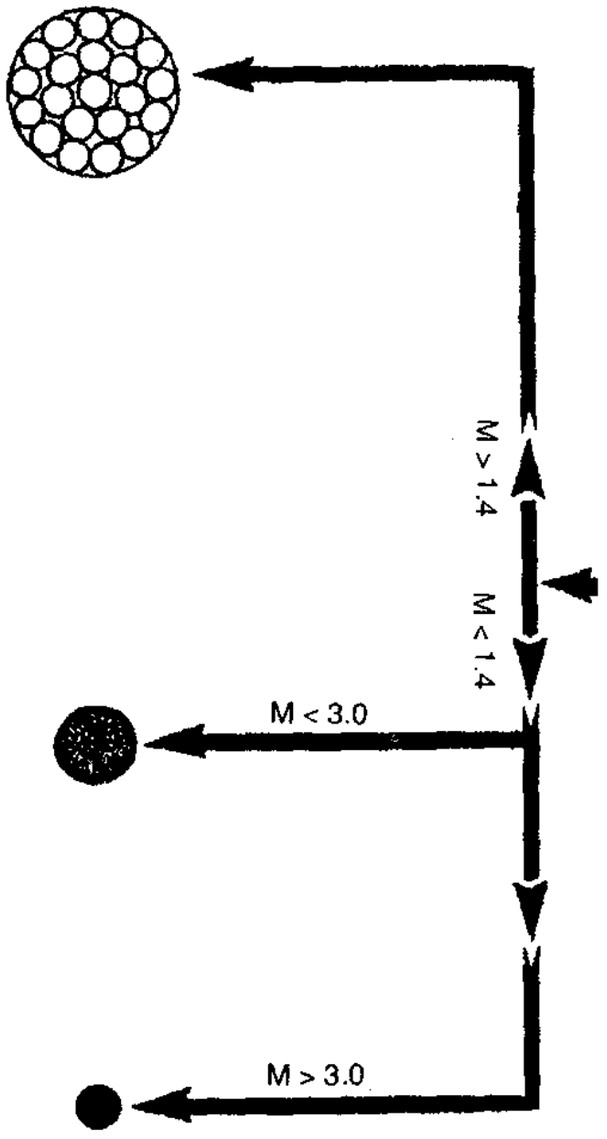
(شعاع ــ ۱۶ کیلومتر)

اگر M بزرگتر از ۱/۴ باشد. گرانش مستولی می‌شود و رزم الکترونها متوقف شده و آنها را به درون هسته می‌فرستد. الکترونها و پروتونها ترکیب می‌شوند تا نوترونها تشکیل شوند و اگر M کمتر از ۳/۰ باشد دافعه الکترونها انقباض را متوقف می‌کند.

سیاهچاله

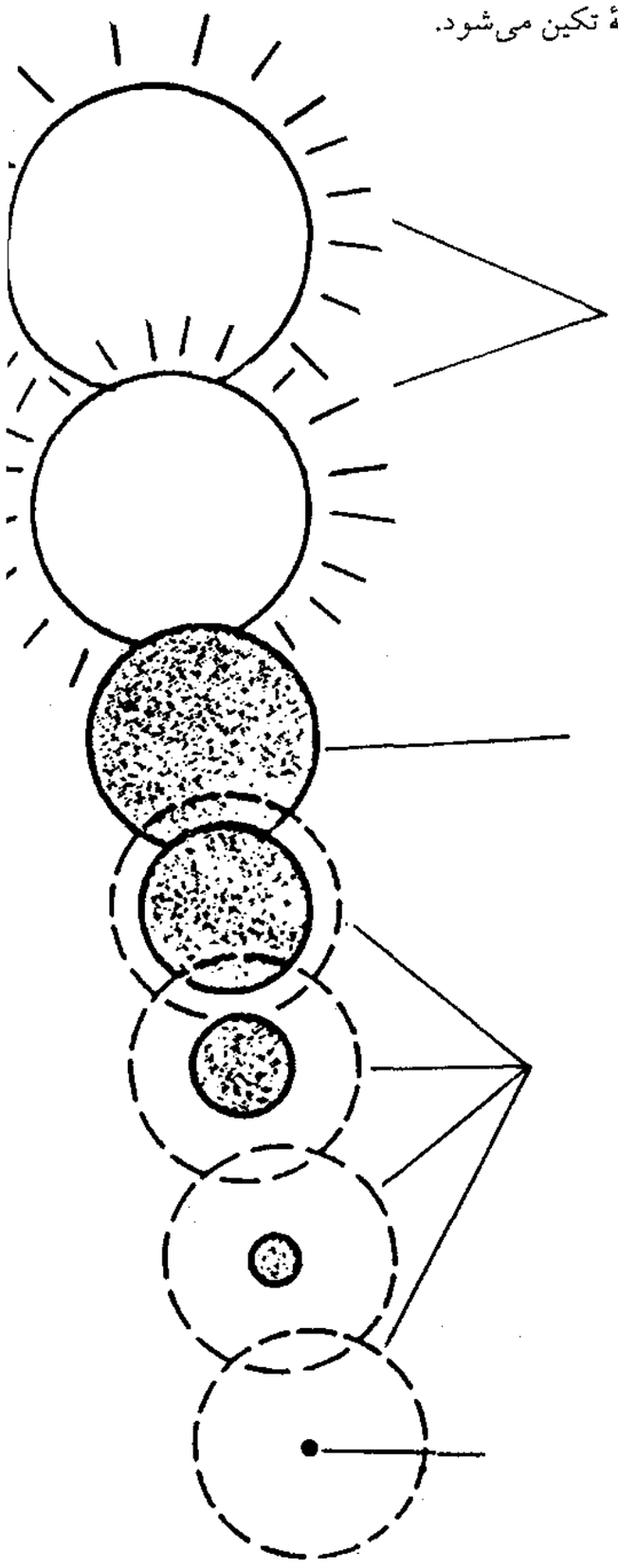
اگر M بزرگتر از ۳/۰ باشد (سه‌برابر جوم خورشید) هیچ‌چیز قادر به متوقف‌کردن انقباض نیست. ستاره به‌طور کامل منهدم و از نظرها ناپدید می‌شود. به این‌ترتیب یک سیاهچاله تشکیل می‌گردد.

از نشانه‌های برخی کوتوله‌های سفید عکسبرداری شده است و بازتاب ستاره‌های نوترونی دوار به کمک رادیوتلسکوپها قابل شناسایی است. اما سیاهچاله‌ها هرگز مستقیماً قابل رؤیت نیستند.



در مورد سیاهچاله، انحنای فضا آن‌قدر زیاد است که در یک شعاع خاص (به‌نام افق رویداد) نور از سطح ستاره به درون خودش می‌شکند، یعنی اشعه‌ها به‌جای دورشدن از آن، وارد آن می‌شوند. ستاره برای یک ناظر خارجی از نظر ناپدید می‌شود.

این دوایر با اندازه‌های افزایش‌یابنده، نشان می‌دهد که چگونه ستاره‌ای منفجر شده، قطرش افزایش یافته و از یک افق رویداد عبور می‌کند؛ یک سیاهچاله ایجاد می‌کند و نهایتاً در مرکز خود تبدیل یک نقطهٔ تکین می‌شود.



سوخت می‌سوزد، ستاره کوچک می‌شود، اما هنوز قابل رؤیت است چرا که نور هنوز از ستاره خارج می‌شود

انحنای فضا-زمان آن‌قدر زیاد می‌شود که نور دیگر نمی‌تواند فرار کند و ستاره از زمانی که افق رویداد شکل می‌گیرد، غیرقابل رؤیت می‌شود.

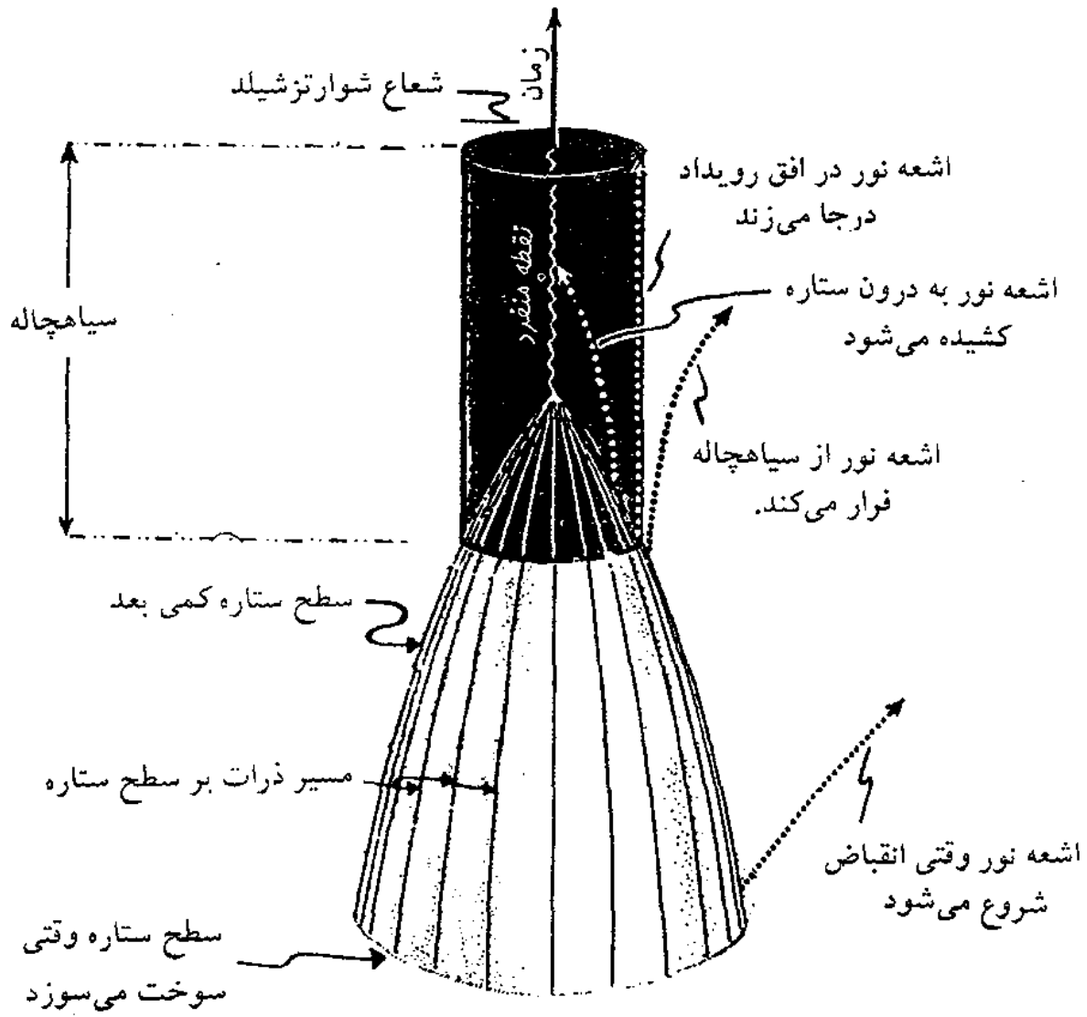
افق رویداد، یعنی مرز سیاهچاله، با ادامهٔ فروریختن ستاره به درون خود تغییری نمی‌کند.

ستاره به یک تکینگی کاهش می‌یابد که چگالی و انحنای فضا-زمان در آن بی‌نهایت است.

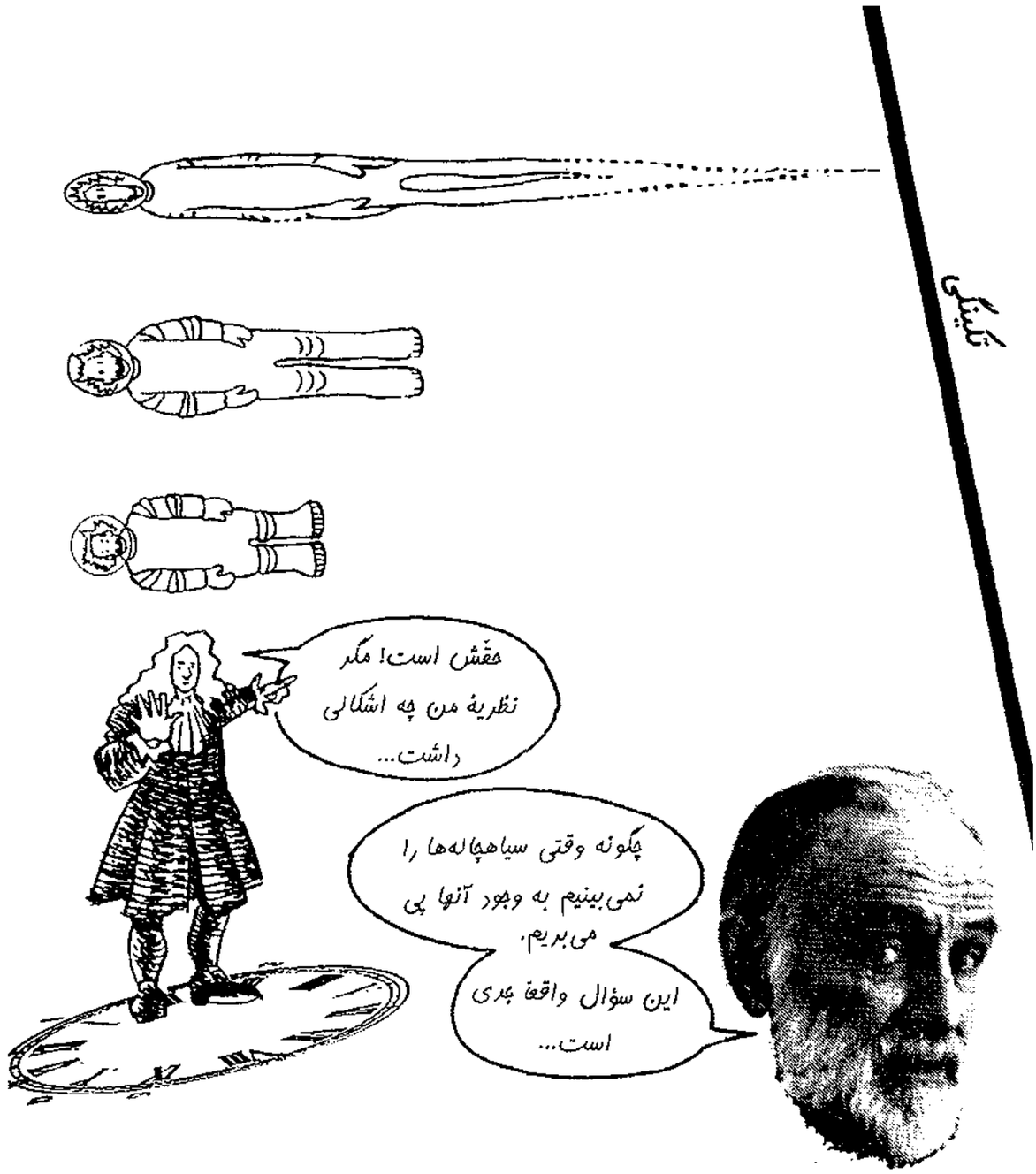
تصاویر زیر اطلاعاتی را در یک نمودار سه‌بعدی نشان می‌دهد که شامل افزایش زمان در جهت عمودی است. این شکل، شکست مسیر نور را به تصویر کشیده و چگونگی کاهش سطح ستاره در اثر انهدام آن و رسیدن به یک نقطهٔ تکین را نمایش می‌دهد؛ درست تا تشکیل افق رویداد. تشخیص مسیر اشعه‌های نور از سطح ستاره که از افق رویداد می‌گذرند، بسیار مهم است. درست قبل از تشکیل افق، اشعه‌های نور درحالی که تازه سطح ستاره را ترک کرده‌اند، توسط گرانش شدید شکسته می‌شوند.

چند دقیقه بعد، وقتی که ستاره تازه در افق حادثه واقع شده است، اشعه‌های نور به درون ستاره و به سمت نقطهٔ تکین در مرکز کشیده می‌شود.

اما بین این دو نقطه، وقتی ستاره به افق حادثه رسیده است، گرانش بسیار قوی‌ای وجود دارد که به نور اجازهٔ فرار نمی‌دهد، اما این گرانش آن‌قدر زیاد نیست که نور را به درون ستاره بکشاند. اشعه‌های نور در سطح درجا می‌زنند و این همان مفهوم افق رویداد است.



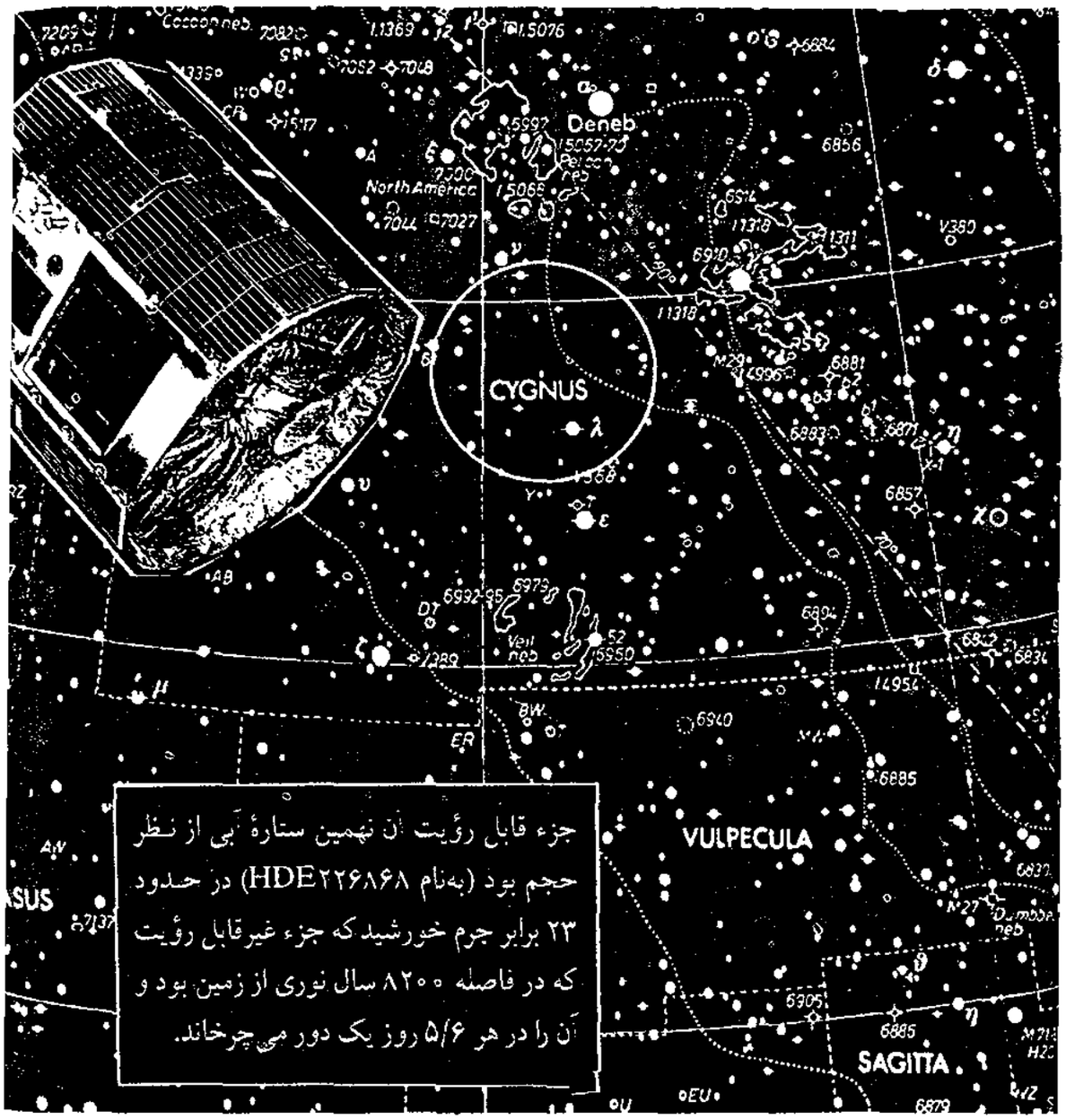
اگر شخصی به یک سیاهچاله پرواز کند چه رخ می‌دهد؟ اینشتین و نسبیت‌دانها پاسخی داشتند که از داستانهای علمی تخیلی هم جلو می‌زد. مطابق با راه‌حل اپنهایمر و اسنایدر، هرکس که به درون افق حادثه می‌رود، باید با تقدیری هولناک به نقطهٔ تکین برخورد کند. شخص کشیده و فشرده می‌شود تا در مرکز سیاهچاله بدن وی بی‌نهایت دراز و پهنای او به صفر میل کند؛ مانند یک رشته ماکارونی. حتی اتمهای بدن او نیز همین‌طور می‌شوند.



دلایل عینی برای سیاهچاله‌ها

استفن هاوکینگ می‌گوید که هزاران و هزاران سیاهچاله به‌تنهایی در کهکشان راه شیری وجود دارند. اما تا زمانی که یک اخترشناس آنقدر خوش‌شانس باشد که ناپدیدشدن یک ستارهٔ معروف را ببیند، باید از روشهای غیرمستقیم استفاده کرد. مانند مشاهدات بر روی یک سیستم ستاره‌ای جفتی با اجزایی که یکی قابل رؤیت و دیگری غیرقابل رؤیت است (یعنی یک سیاهچاله).

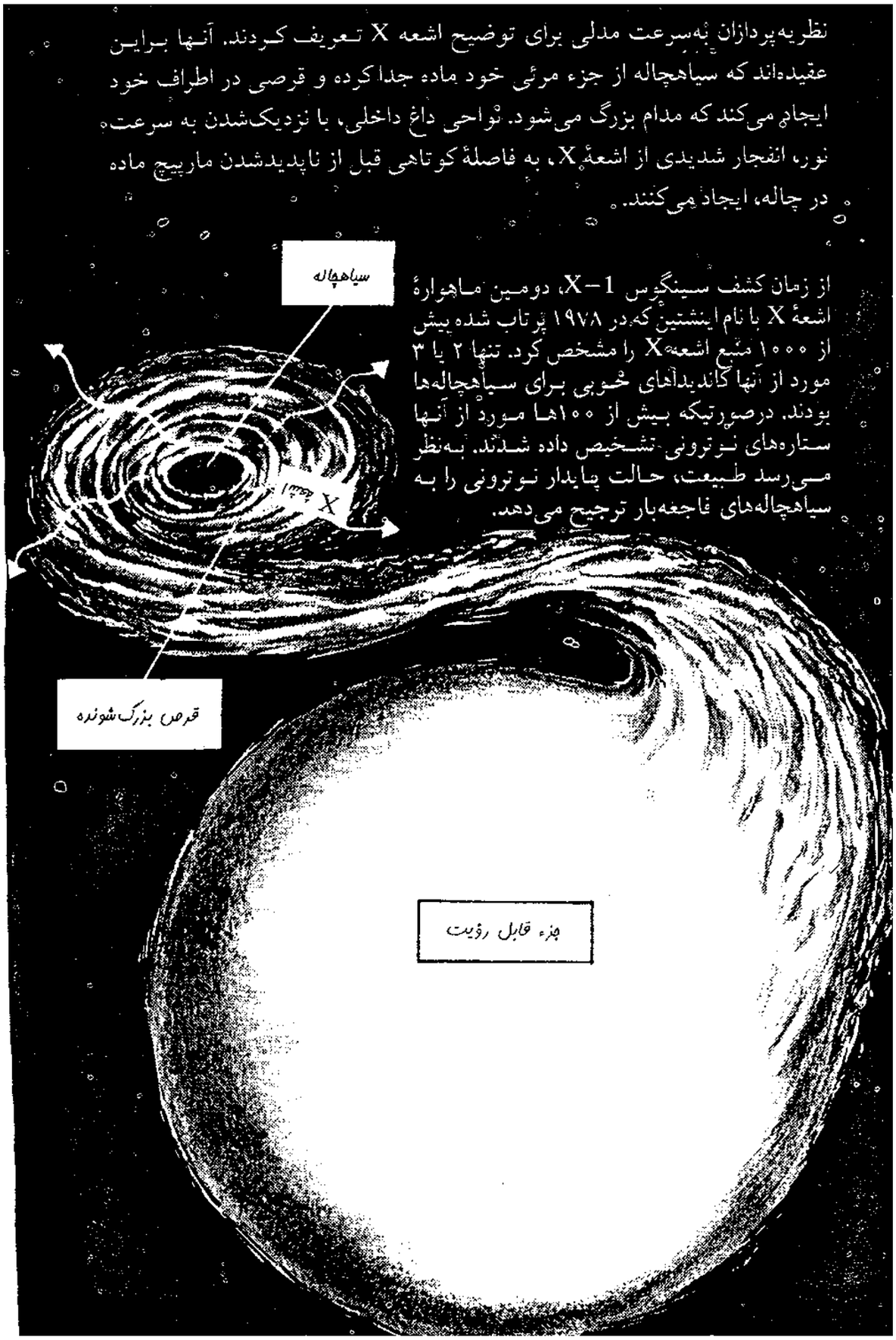
در دسامبر ۱۹۷۰، ماهوارهٔ اشعهٔ X یوهورو از خلیج کنیا پرتاب شد. اخترشناسان هنوز درصدد بودند که از قسمت دیگری از طیف الکترومغناطیس ــ اشعه X ــ برای بررسی آسمان استفاده کنند. طی دوسال بیش از ۳۰۰ منبع اشعه X شناسایی شد. یکی از آنها در صورت فلکی سیگنوس (اکنون سینگوس X−1 نامیده می‌شود) مانند سیستم جفتی ستاره‌ای بود که طرفداران سیاهچاله در انتظارش بودند.



اخترشناسان با تخمین خوبی از جرم HDE۲۲۶۸۶۸ و مشاهدات معتبر از دورهٔ تحول آن، قادر بودند که جرم جزء غیرقابل رؤیت را محاسبه کنند؛ ۱۰ برابر جرم خورشید. **بسیار بزرگتر از اینکه یک ستارهٔ نوترونی باشد، پس باید یک سیاهچاله باشد.**

نظریه‌پردازان به‌سرعت مدلی برای توضیح اشعه X تعریف کردند. آنها براین عقیده‌اند که سیاهچاله از جزء مرئی خود ماده جدا کرده و قرصی در اطراف خود ایجاد می‌کند که مدام بزرگ می‌شود. نواحی داغ داخلی، با نزدیک‌شدن به سرعت نور، انفجار شدیدی از اشعهٔ X، به فاصلهٔ کوتاهی قبل از ناپدیدشدن مارپیچ ماده در چاله، ایجاد می‌کنند.

از زمان کشف سینگنوس X-1، دومین ماهوارهٔ اشعهٔ X با نام اینشتین که در ۱۹۷۸ پرتاب شده بیش از ۱۰۰۰ منبع اشعه X را مشخص کرد. تنها ۲ یا ۳ مورد از آنها کاندیداهای خوبی برای سیاهچاله‌ها بودند. درصورتیکه بیش از ۱۰۰ها مورد از آنها ستاره‌های نوترونی تشخیص داده شدند. به‌نظر می‌رسد طبیعت، حالت پایدار نوترونی را به سیاهچاله‌های فاجعه‌بار ترجیح می‌دهد.



هاوکینگ اکنون کاملاً متقاعد شده بود که سینگوس X-1 یک سیاهچاله است.

اگربه‌صورت فلکی سینگوس نگاه کنید ــ که فاصلهٔ آن با ما ۸۰۰۰ سال نوری ــ این شانس خوب را خواهید داشت که به‌سوی یک سیاهچاله نگاه کنید. ستارهٔ قابل رؤیت کشیده و از شکل افتاده می‌شود چرا که جفت آن ــ سیاهچاله ــ نیروی گرانشی قوی اعمال می‌کند که آن را به شکل یک تخم‌مرغ می‌کشاند.

از آنجا که استفن هاوکینگ سرمایه‌گذاری فوق‌العاده‌ای بر روی نظریهٔ نسبیت عام و سیاهچاله‌ها کرده است و دوست دارد که بیمه شود و از آنجا که کیپ ترون دوست دارد در خطر و بدون هیچ بیمه‌ای زندگی کند! لذا در اجرای این تصمیم استفن هاوکینگ بر سر عقد ۱ سال بیمه‌نامهٔ شرکت بیمهٔ «پنت هاوس» و در مقابل کیپ ترون بر سر عقد ۴ سال بیمه‌نامهٔ شرکت «پریویت آی» شرط می‌بندند که سینگوس X-1 حاوی سیاهچاله‌ای با جرم بیشتر از ۳ جرم سیاهچالهٔ چاندراشکار است.

(امضاها و امضای شاهدان)

متن شرط‌بندی استفن هاوکینگ با کیپ ترون بر سر اینکه سینگوس، یک سیاهچاله است.

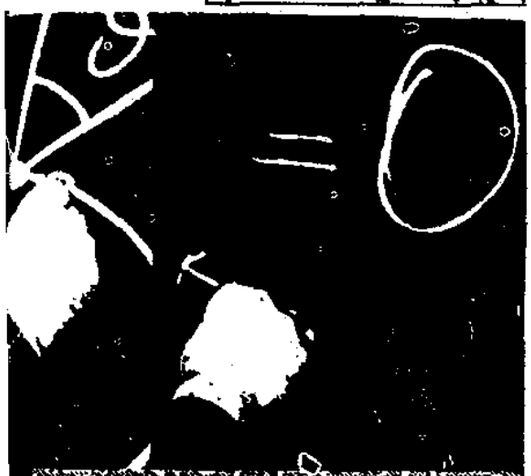
دهۀ ۱۹۷۰: هاوکینگ و سیاهچاله‌ها

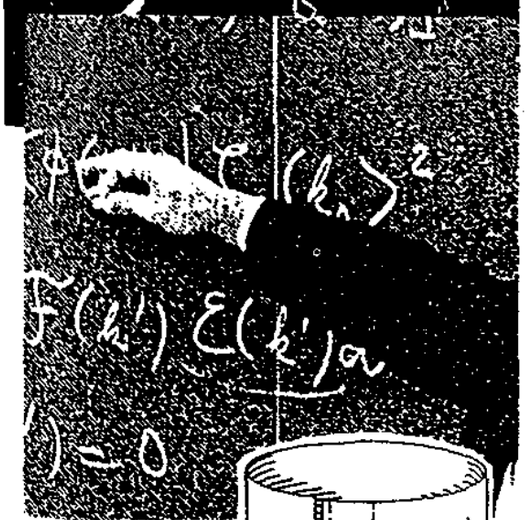
در اوائل ۱۹۷۰، نسبیت عام و سیاهچاله‌ها به‌طور قطعی جا افتاده بودند. هاوکینگ اگرچه اکنون دیگر به یک عصای چهارپایه برای راه‌رفتن احتیاج داشت با این وجود هرگز بی‌حرکت نماند و برای عمل‌کردن آماده بود. او مستقلاً، یا با انتخاب همکار از سراسر دنیا کار می‌کرد. او فنهای ریاضی ارائه‌شده توسط پن‌رز ــ اساساً از توپولوژی ــ را برای فهم مشخصات و خصوصیات سیاهچاله‌ها به کار می‌برد. گروه جان ویلر در پرینستون، زلادویچ و شاگردانش در مسکو و کیپ‌ترون، تحت‌الحمایه کنونی ویلر در کالتچ، نمی‌توانستند با او برابری کنند. او برای تسلط بر این روشهای جدید دست به‌کار شد تا گامی به جلو بردارد. نام وی با تحقیق در مورد سیاهچاله‌ها به ذهن متبادر می‌شد.

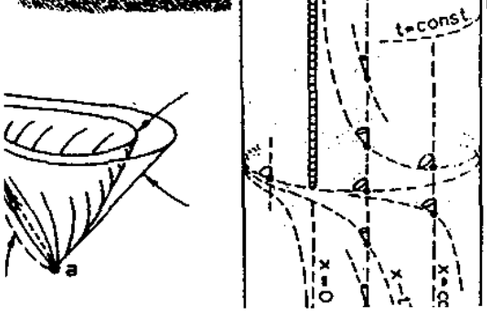
ترون به یکی از دوستان نزدیک هاوکینگ تبدیل شده و از نزدیک شاهد پیشرفت وی بود.

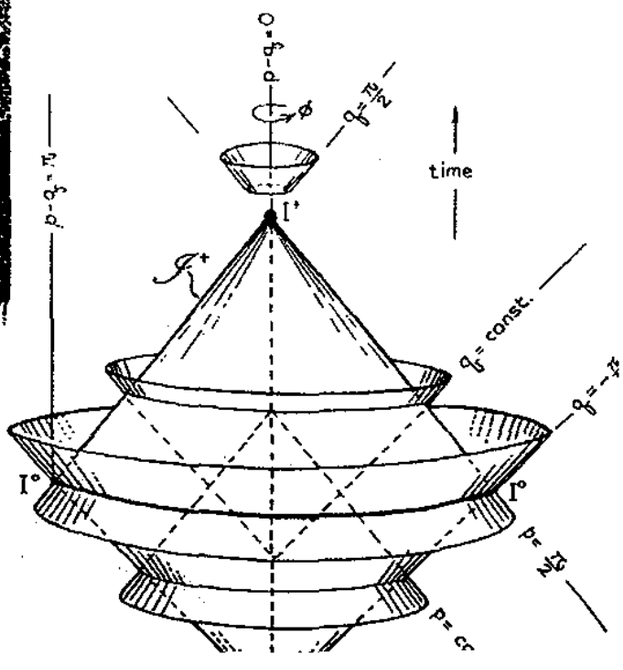
در نوامبر ۱۹۷۰، استفن هاوکینگ شروع به برداشتن گامی بلند کرد. او قبلاً کشفهای مهم و متعددی انجام داده بود اما هنوز یک چهرهٔ شاخص نبود. با شروع دههٔ ۷۰ او به چهره‌ای نافذ بدل شد. اما هاوکینگ با ناتوانی‌های جدی‌ای که داشت، چگونه توانست رقبا، همقطاران و راهنماهای خود یعنی افرادی مانند راجر پن‌رز، ورنر ایزرائیل و یاکوب بوریسویچ زلادویچ را پشت‌سر بگذارد؟

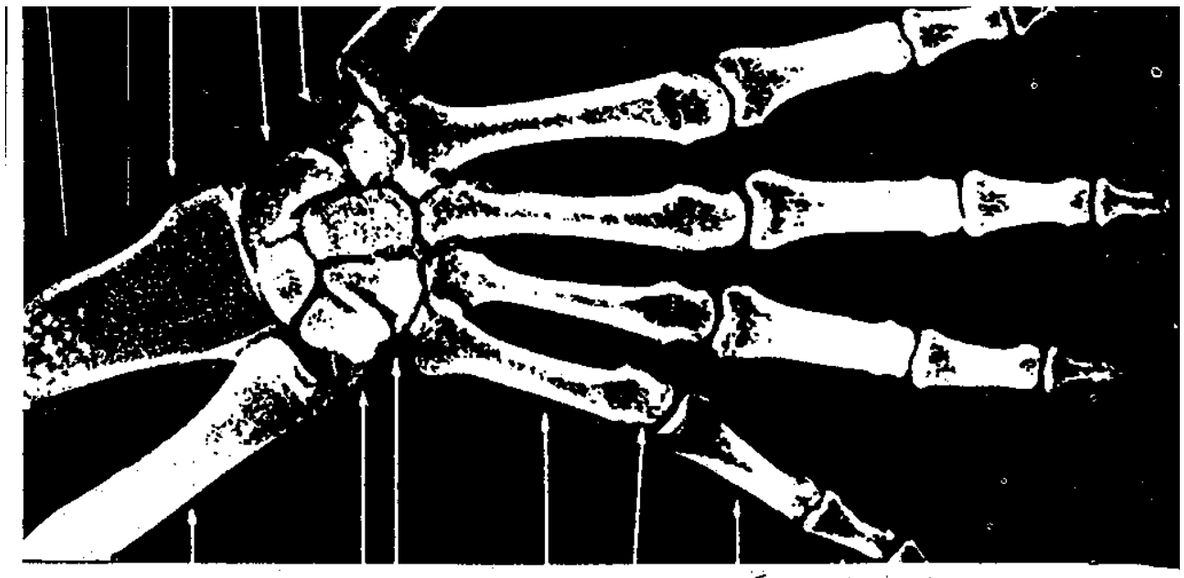
آنها می‌توانستند از دستانشان استفاده کنند و می‌توانستند تصاویر را رسم کنند و محاسبات طولانی‌ای را بر روی کاغذ انجام دهند. محاسباتی که می‌توان در آن‌ها نتایج مقدماتی را در طول مسیر ضبط کرد و سپس به عقب بازگشت و یکایک آنها را برای کسب نتیجهٔ نهایی با هم ترکیب کرد. محاسباتی که نمی‌توان تصور کرد که شخصی آنها را در ذهن انجام دهد.



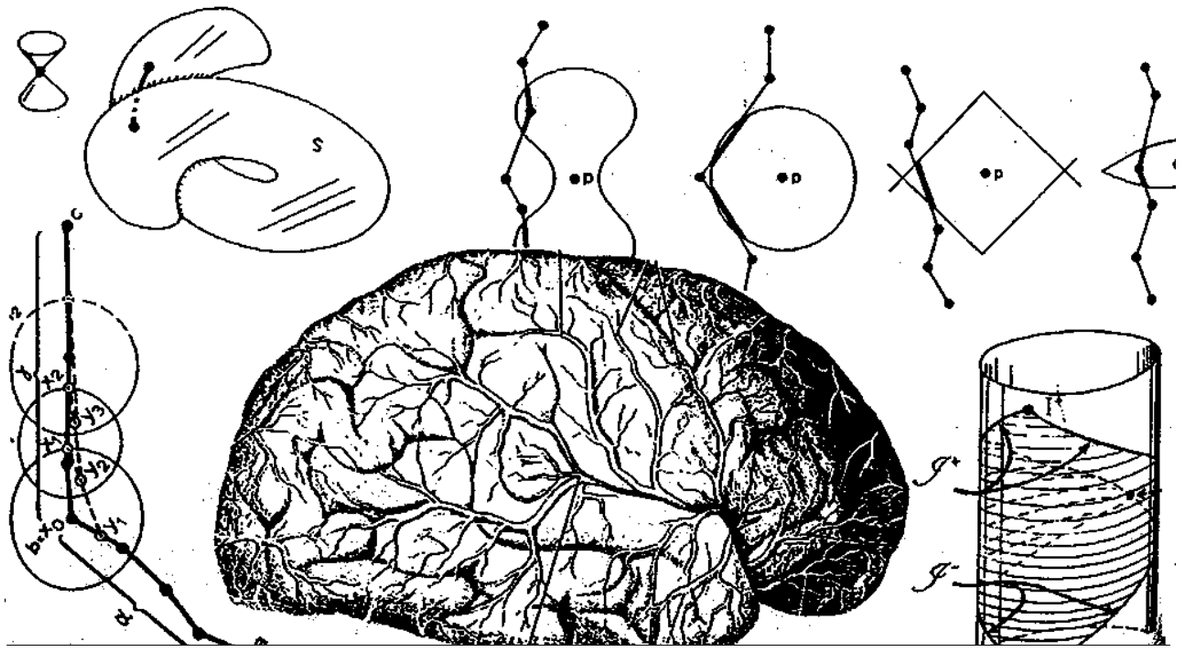








تصاویر و روابط ذهنی هاوکینگ به‌نظر می‌رسید که برای بعضی از مسائل، قدرتمندتر از روابط نوشتاری و کاغذی باشد و در برخی دیگر کم‌قدرت‌تر. و او به‌تدریج آموخت که بر مسائلی تمرکز کند که روشهای جدیدی به آن قدرت بیشتری می‌داد. قدرتی که هیچ شخص دیگری قادر به برابری با آن نبود. در اوائل ۱۹۷۰، دستهای هاوکینگ به‌طور کامل فلج شده بود. او نه می‌توانست تصاویر را رسم کند و نه معالات را بنویسد. همهٔ تحقیقات وی باید در مغزش انجام می‌شد. اما به دلیل اینکه کاهش کنترل در دستانش بسیار تدریجی بود، هاوکینگ زمان زیادی برای عادت‌کردن به این وضعیت صرف کرده بود. او به‌تدریج به ذهنش آموخت که متفاوت با ذهن سایر فیزیکدانها عمل کند. او به روش جدیدی به تصاویر و رابطه‌های ذهنی قابل درک و انتقالی فکر می‌کرد که برای او جایگزین طراحی‌های قلم و کاغذ و معادلات نوشتاری شد.

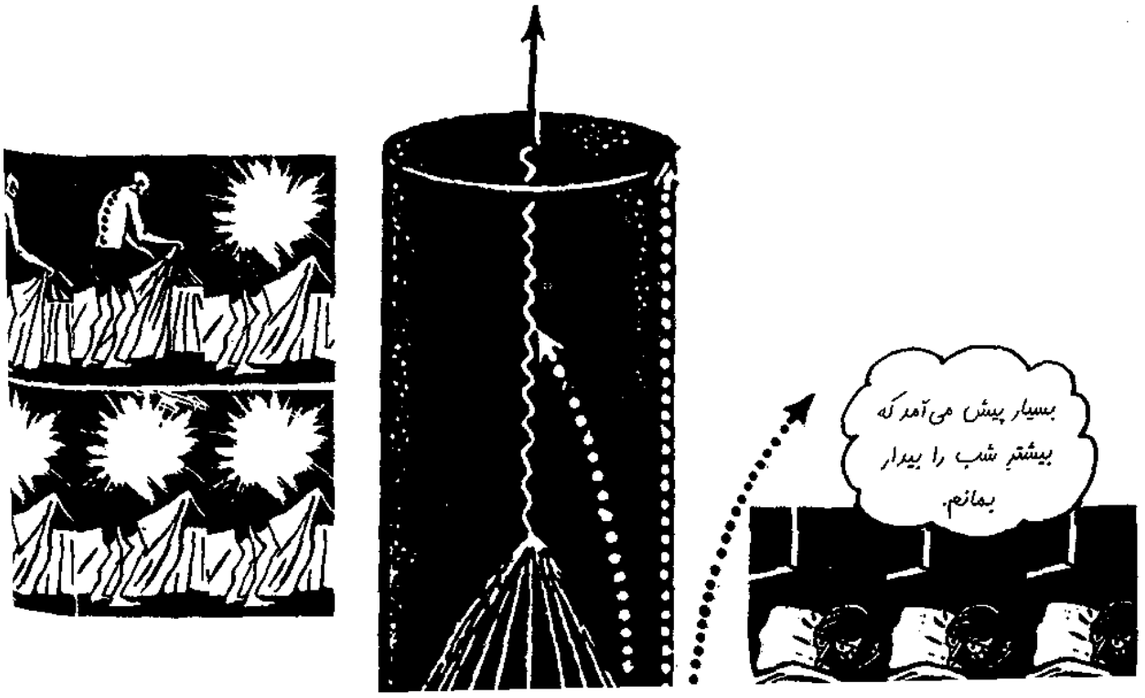


لحظهٔ «یافتم» هاوکینگ

یکی از موضوعاتی که هاوکینگ برای کسب بصیرت در آن از تصاویر ذهنی استفاده کرد، مطالعهٔ وی دربارهٔ مساحت سطح سیاهچاله‌ها بود. او آن را به‌عنوان یک مسئله مرموز در دینامیک سیاهچاله‌ها شروع کرد. این مسئله عاقبت به بزرگترین کشف وی در فیزیک تبدیل شد. همانند «مبارک‌ترین فکر» اینشتین، هاوکینگ نیز می‌توانست دقیقاً به‌خاطر بیاورد که وقتی بهترین عقیده‌اش در ذهن جوانه زد، دقیقاً در حال انجام چه کاری بوده است.

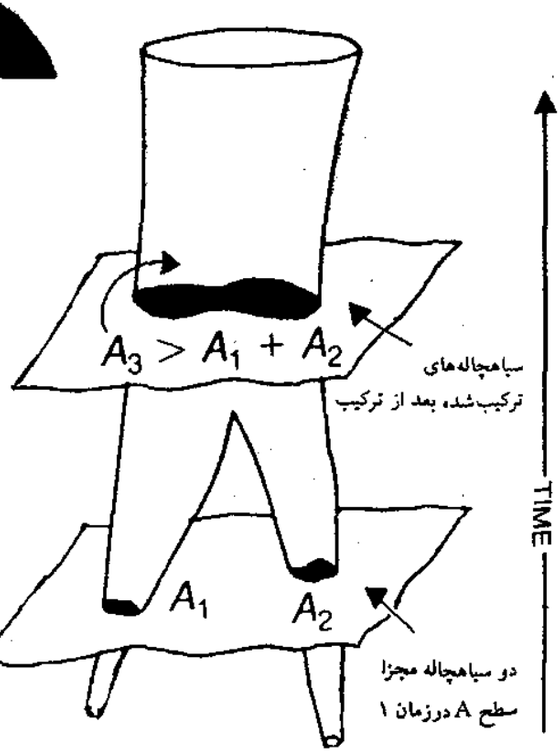
یک روز غروب در نوامبر ۱۹۷۰، در فاصلهٔ کوتاهی بعد از تولد دخترم لوسی درحالی که به رختخواب می‌رفتم شروع به تفکر در مورد سیاهچاله‌ها کردم. ناتوانی من این امر را به فرایندی کند بدل کرد بنابراین وقت زیادی صرف می‌کردم.

او در یک چشم برهم‌زدن دید که با درنظرگرفتن مسیر اشعه‌های نورِ درجازننده در افق رویداد یک سیاهچاله، **مساحت سطح یک سیاهچاله هرگز نمی‌تواند کاهش یابد.** او به قلم و کاغذ و حتی به یک رایانه نیازی نداشت؛ تصاویر در ذهن او بودند.



[redacted] حداقل (یعنی سطح سیاهچاله)، باید ثابت باقی‌مانده و یا با افزایش زمان افزایش یابد، اما هرگز کاهش نمی‌یابد.

در غیر این صورت حداقل بعضی از اشعه‌های نور باید در این مرز یکدیگر را قطعه کنند و این ممکن نیست!



این جمله خیلی قابل توجه و برجسته به‌نظر نمی‌رسد. از آنجایی که هیچ‌چیز قادر به خروج از سیاهچاله نیست و هیچ‌چیز به آن داخل نمی‌شود، یک سیاهچاله، به هرنحوی، چگونه می‌تواند کوچکتر شود؟ اما فکر هاوکینگ فراگیرتر بود. حتی اگر دو سیاهچاله ترکیب شوند، سطح کلی همیشه بزرگتر یا مساوی جمع دو سطح خواهد بود و هرگز کاهش نمی‌یابد. او این نتیجه را به چاپ رساند.

سطح سیاهچاله تنها می‌تواند ثابت بماند و یا افزایش یابد ولی هرگز کاهش نمی‌یابد.

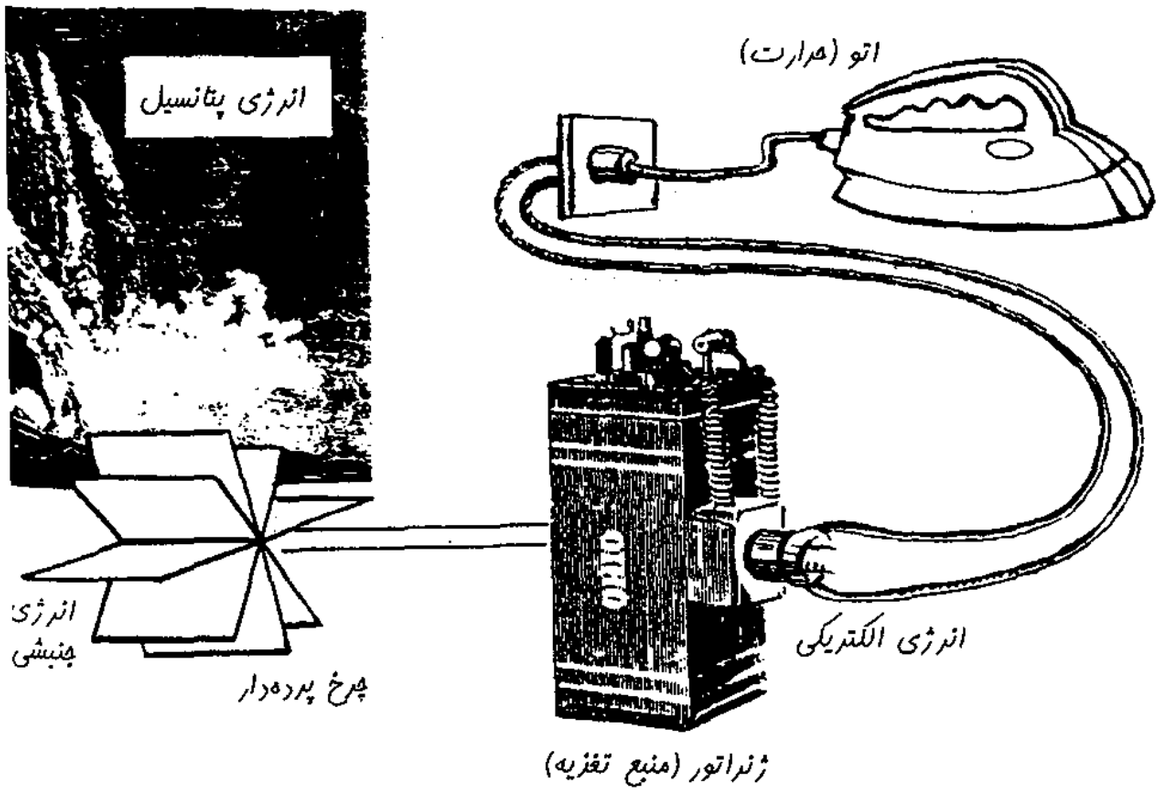
قانون افزایش مساحت هاوکینگ

این جملهٔ... **هرگز نمی‌تواند کاهش یابد...** فوراً دانشمندان را بـه فکر کـمیتی بـه‌نام آنتروپی انداخت که در قانون دوم ترمودینامیک آمده است: **آنتروپی (بی‌نظمی) یک سیستم تنها می‌تواند ثابت بماند و یا افزایش یابد اما هرگز کاهش نمی‌یابد (اگر سیستم منفرد و عایق باشد و برای رسیدن به تعادل آزاد گذاشته شود).**

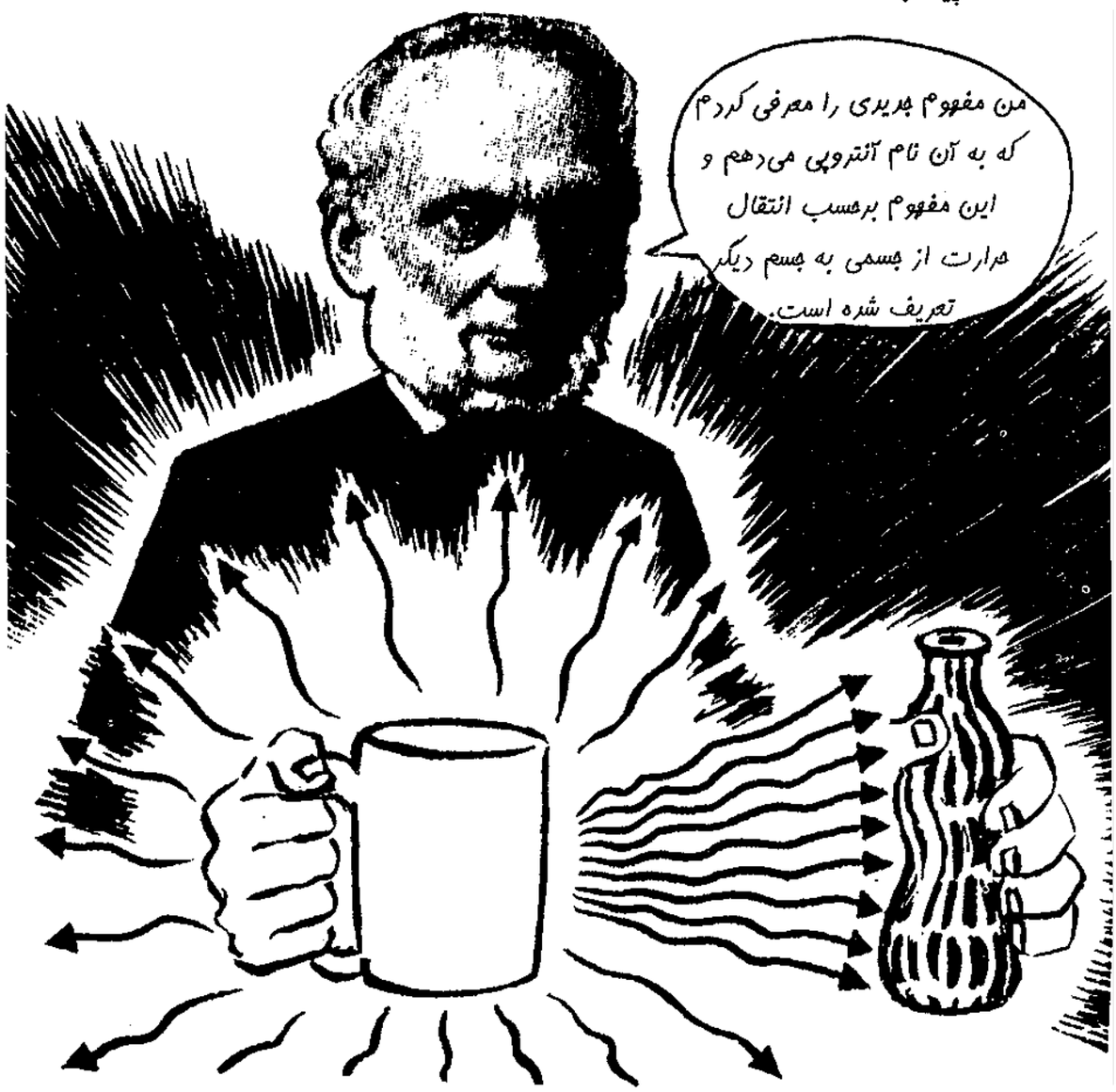
قانون دوم ترمودینامیک تاریخچه بسیار جالبی داشته است، و این چیزی است که مطمئناً لازم است بدانید

قوانین ترمودینامیک

در طی قرن ۱۹، مجموعه‌ای از روابط ریاضی به‌وسیلهٔ شیمی‌دانها، زمین‌شناسان و فیزیکدانها اثبات شد که مفاهیم متعدد ظاهراً متفاوتی را در چند قـانون قـدرتمند ترکیب کرد. نشان داده شد که کمیتهایی مانند حـرارت و انـرژی حـرکتی شکـلهای متفاوتی از یک مفهوم ــ به‌نام انرژی ــ هستند که قبلاً برای توضیح اثرات الکتریکی، شیمیایی، مغناطیسی به‌کار برده شده بود. **مجموع انرژی موجود در عالم (سـیستم کاملاً عایق) ثابت بوده و از یک حالت قابل تبدیل به حالت دیگر است.** این عبارت به‌عنوان اولین قانون ترمودینامیک شناخته می‌شود.



قانون دوم ترمودینامیک ظریف‌تر است اما به همان اندازه، عمیق است. در یک سخنرانی که در ۱۸۵۴ ارائه شد، هرمن فُن هلمهلتز خاطرنشان ساخت که در انتهای زمان، همهٔ انرژی‌ها عاقبت در یک دمای یکسانی به حرارت تبدیل می‌شوند و همهٔ فرایندهای طبیعی متوقف می‌شوند. این به مفهوم **مرگ حرارتیِ** عالم براساس اصل **اتلاف انرژی** است. روش دیگر بیان این اصل توسط فیزیکدان آلمانی کلاسیوس در ۱۸۶۵ پیشنهاد شد.



او نشان داد که آنتروپی کلی یک سیستم هرگاه که حرارت از یک جسم گرم به یک جسم سرد منتقل می‌شود، همواره افزایش می‌یابد. همچنین هرگاه انرژی مکانیکی به انرژی داخلی (حرارتی) تبدیل شود، آنتروپی افزایش می‌یابد. همانند فرایندهای تصادفی و مالشی.

تعریف کلی‌تری از آنتروپی توسط فیزیکدان اتریشی لودویگ بولتزمن در ۱۸۷۸ مطرح شد.

اصل اتلاف انرژی (قانون تعمیم‌یافته دوم ترمودینامیک) حال به‌سادگی قابل اثبات است: آنتروپی یک سیستم بی‌دررو همواره تمایل به افزایش دارد. این به چه معناست؟

به این معنی است که حرارت به خودی خود از جسم سرد به جسم گرم نمی‌رود: یک توپ نمی‌تواند از مکان خود با تبدیل انرژی گرمایی به مکانیکی به مکان بالاتر بجهد؛ یک تخم‌مرغ شکسته و به هم‌ریخته نمی‌تواند خود را جمع کند. اگر حوادث عکس این رخ می‌دادند، هیچ‌یک از اصول مکانیک نیوتنی نقض نمی‌شد اما آنتروپی سیستم کاهش می‌یافت که این، توسط قانون دوم ترمودینامیک منع شده است. این قانون است که به آنها می‌گوید به چه طریقی عمل کنند!

این قانون دوم ترمودینامیک چه اندازه مهم است؟ با این قانون باید به اندازهٔ هرکدام از آثار شکسپیر برای ما آشنا باشد، همانطور که سی. پی. اسنو نویسنده، در کتاب معروفش، **دو فرهنگ و تحول علمی**، خاطرنشان می‌سازد.

حال برگردیم به سیاهچاله‌ها...

وقتی اجسام به تعادل گرمایی می‌رسند، درجه حرارتی دارند، و بنابراین باید تشعشعات حرارتی تابش کنند و همانطور که در صفحات ۱۰۰ و ۱۰۱ آمده است، آنها انرژی خود را با محیط اطراف مبادله می‌کنند.

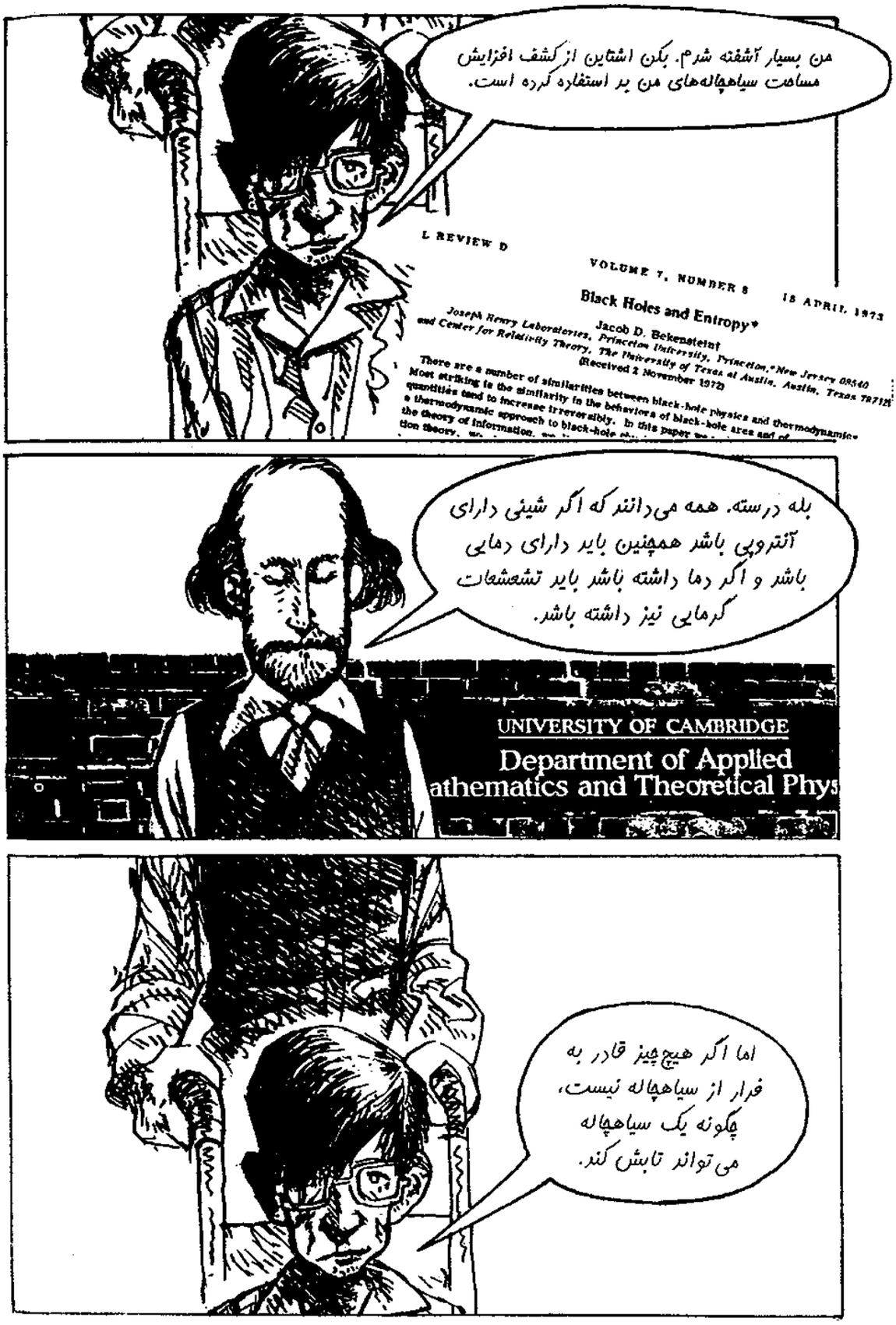
اما هرکسی می‌داند که سیاهچاله‌ها هیچ چیز تابش نمی‌کنند. این یک مشخصهٔ اساسی سیاهچاله‌ها است. با وجود اینکه هر چیزی قادر است به درون سیاهچاله بیفتد، هیچ چیز قادر به خروج از آن نیست؛ نه حتی نور و یا هیچ تشعشع دیگری.

وضع همین‌طور بود، تا زمانی که یک دانشجوی تحصیلات تکمیلی جان ویلر در پرینستون شروع به مشکل‌سازی کرد.

تولد جنجالی یک ایدهٔ جدید

پرینستون نیوجرسی: جان ویلر و دانشجوی تحصیلات تکمیلی ژاکوب بکن اشتاین.

در همین حال در دانشکده ریاضی کاربردی کمبریج، استفن هاوکینگ و بـرانـدون کارتر در مورد مقالهٔ بکن اشتاین صحبت می‌کنند.



اوت ۱۹۷۲، لس هاوچس مدرسهٔ تابستانهٔ فیزیک سیاهچاله‌ها

در ارتفاعات دامنه کوههای آلپ فرانسه، استفن هاوکینگ و جیمز باردین و براندون کارتر به‌هم پیوستند تا از معادلات نسبیت عام اینشتین مجموعهٔ کاملی از قوانین را استنتاج کنند که تکامل تدریجی سیاهچاله‌ها را قانونگذاری می‌کند. وقتی کارشان به پایان رسید، مجموعه‌ای از قوانین مکانیک سیاهچاله‌ها را ایجاد کرده بودند که شباهت عجیبی با قوانین ترمودینامیک داشت.

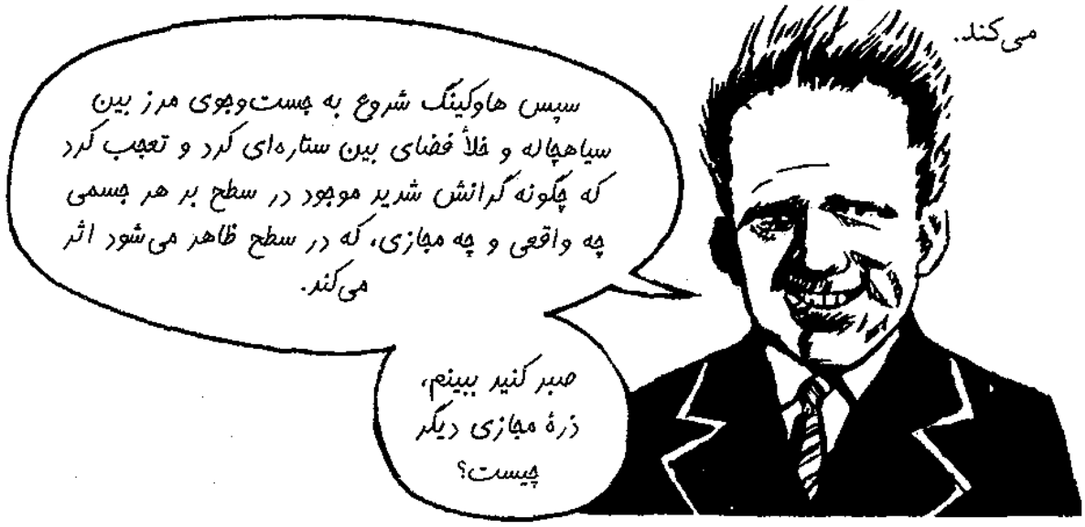
S (آنتروپی) = $k_1 A$ (A مساحت سطح سیاهچاله است)
T (دما) = $k_2 G$ (G گرانش سطحی سیاهچاله است)
k_1 و k_2 ثابت هستند

در همین حال ژاکوب بکن اشتاین به‌عنوان دانشجو در مدرسهٔ تابستانه شرکت کرده بود و هنوز معتقد بود که سیاهچاله‌ها آنتروپی دارند.

بعد از مدرسهٔ تابستانه، بکن اشتاین در مجله‌های فنی، به یکی‌ساختن و ارتباط‌دادن مساحت سیاهچاله و آنتروپی ادامه داد. او هنوز ادعا نکرده بود که **سیاهچاله دمایی دارد و یا باید تابش کند.** نتایج بکن اشتاین با قوانین ترمودینامیک تناقض داشت.

از سوی دیگر هاوکینگ به مخالفت با نتایج بکن اشتاین ادامه داد اما به‌طور افزاینده‌ای دچار مشکل شد.

همهٔ محاسبات بر روی سیاهچاله‌ها با استفاده از تقریب‌های نظریهٔ نسبیت عام انجام شده که برای ابعاد ماکروسکوپی یعنی اجسام بزرگ درست است. این نتایج تقریباً از هر اثر کوانتومی، که در مورد سیاهچاله‌ها مطمئناً ناچیز به‌نظر می‌رسد، صرفنظر می‌کند.



توقفی کوتاه برای چند چیز که نیاز است بدانید.

اصل عدم قطعیت و ذرات مجازی

اصل عدم قطعیت، همانطور که در ۱۹۲۷ توسط ورنر هایزنبرگ توضیح داده شد، اظهار می‌دارد که محدودیتهایی در دقت مشاهدهٔ کمیات دقیق مانند موقعیت، اندازه حرکت زاویه‌ای، انرژی و حتی زمان وجود دارد. این محدودیت در ابزار اندازه‌گیری ما نیست بلکه این، خصوصیت ذاتی عالم است که هیچ کمیتی را با دقت کامل آشکار نمی‌سازد.

محیط خلائی را در فضایی دوردست تصور کنید. فرض می‌کنیم کاملاً از هر چیزی خالی است و بنابراین انرژی آن صفر است. اما با توجه به بحث فوق نمی‌توان از صفربودن این انرژی مطمئن بود. ممکن است اگر به اندازهٔ کافی از نزدیک مشاهده کنیم مقداری انرژی بیابیم. حداقل برای زمانی کوتاه.

نزدیک به افق رویداد یک سیاهچاله، جفت‌های زیادی از ذرات مجازی وجود خواهد داشت.

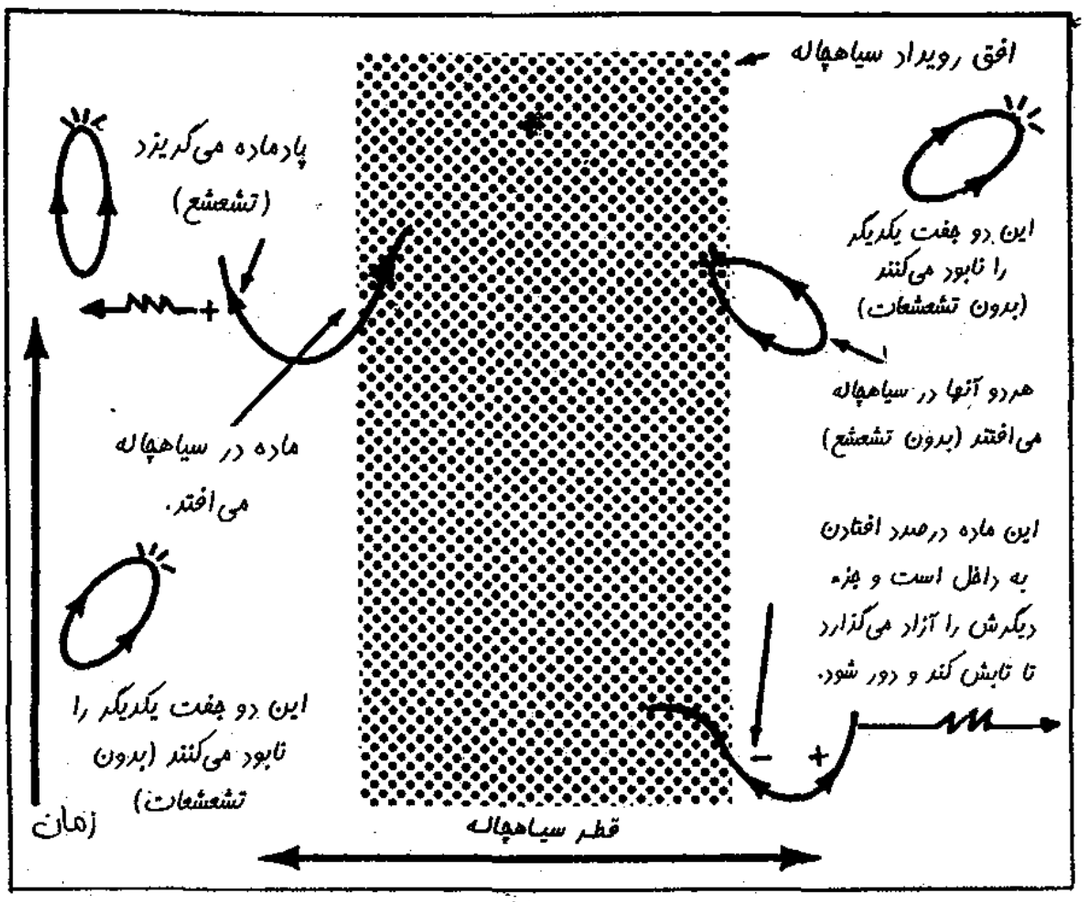
هر جفت از یک ذره و پادذره تشکیل شده است.

دو ذره یک جفت مجازی را تشکیل می‌دهند.

یکی از اعضای جفت انرژی مثبت دارد و دیگری انرژی منفی خواهد داشت

به‌طور عادی، هر دو جزء باید یکدیگر را بیابند و وقتی یافتند یکدیگر را نابود می‌کنند.

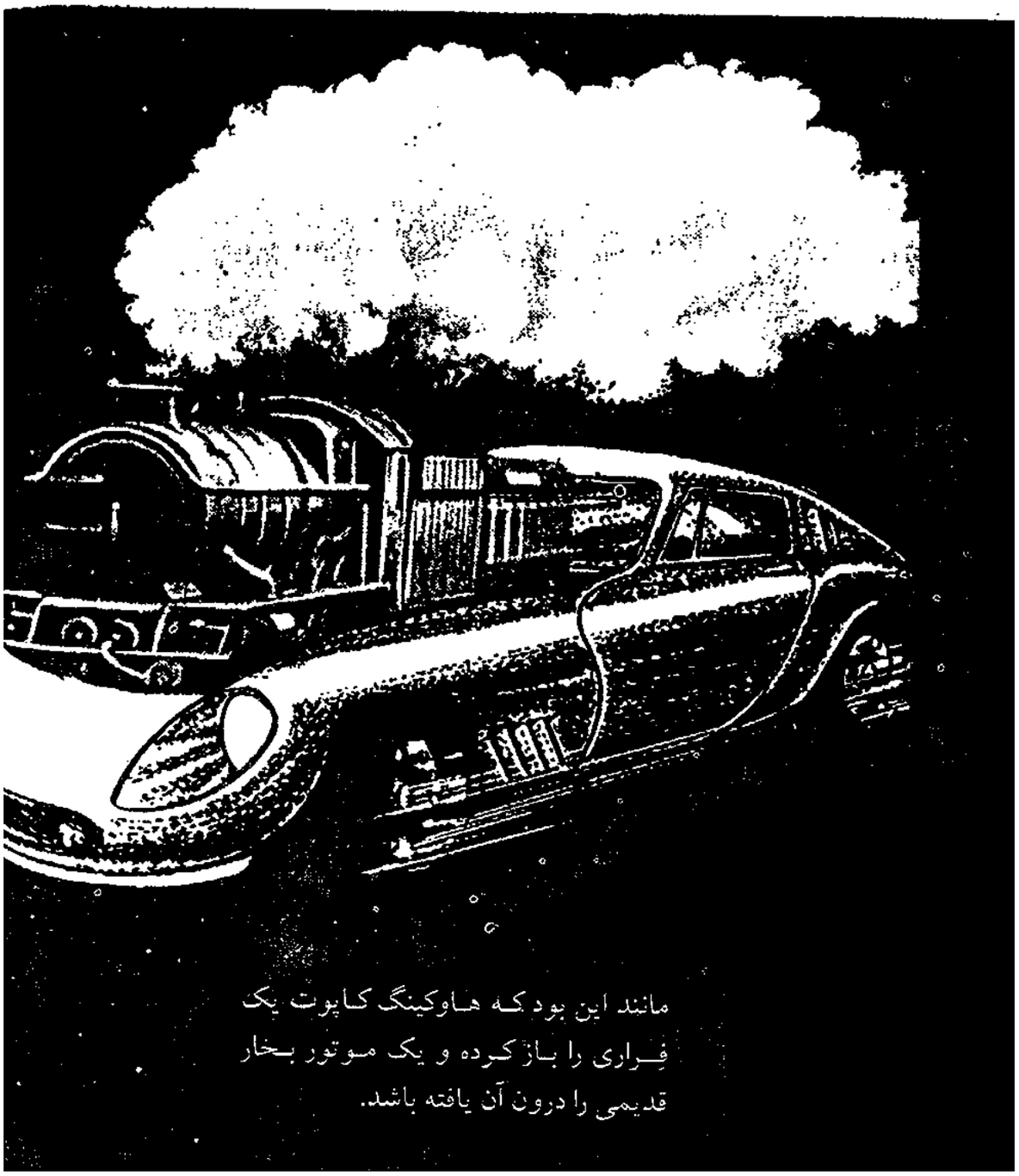
هاوکینگ رویدادهای سطح یک سیاهچاله (افق رویداد)، یعنی جایی که میدان گرانشی شدیدی بر این ذرات مجازی اثر می‌کند، را درنظر گرفت. او در مرحلهٔ اول درصدد ترکیب مکانیک کوانتومی و نسبیت عام با محاسبه‌ای ساده بود. آنچه او یافته بود بسیار برجسته و قابل توجه به‌نظر می‌رسید.



من دریافته‌ام که سیاهچاله‌ها کاملاً سیاه نیستند بلکه تابش می‌کنند.

به‌نظر می‌رسد که گرانش شدید در سطح سیاهچاله می‌تواند بر یکی از اجزای جفت مجازی اثر کند و آن را به درون چاله بکشاند (انرژی منفی)، با کاهش جرم سیاهچاله، درحالی که جزء دیگر (انرژی مثبت) به‌شکل تشعشع فرار می‌کند وبه‌وسیلهٔ ناظر خارجی، یعنی ناظری که در سیاهچاله نیست، شناسایی می‌شود.

برجسته‌ترین جنبهٔ این نتیجه ماهیت این تشعشعات بود که دارای **طیف اشعه حرارتی** بودند و این به این معنی بود که سیاهچاله‌ها نیز مانند دیگر اجسام موجود در عالم هستند. حال روشن شده بود که سیاهچاله‌ها نه‌تنها آنتروپی دارند بلکه دمایی دارند که از همان قوانین کلاسیک ترمودینامیک که در پایان قرن ۱۹ تنظیم شده بود، پیروی می‌کنند. نویسندهٔ علمی، دنیس اُوِربای در کتاب کلاسیک خود در باب کیهان‌شناسی مدرن، **قلبهای تنهای کیهان**، استعارهٔ عجیبی برای بیان احساس خود در مورد کشف هاوکینگ می‌آورد.



مانند این بود که هاوکینگ کاپوت یک فِراری را باز کرده و یک موتور بخار قدیمی را درون آن یافته باشد.

فریمن دایسون، یکی از ریاضی-فیزیکدانهای برجستهٔ دنیا، شیفتهٔ نظریه جدید شد و بعد از بازدید هاوکینگ از مؤسسهٔ مطالعات پیشرفتهٔ پرینستون، مقاله‌ای برای مخاطب عام در این مورد نوشت.

هاوکینگ تمایلی به چاپ نتایجش نداشت و این نتایج جدید را تنها با تعداد کمی از همکارانش درمیان گذاشت. دنیس اسکیما، که حالا دیگر در آکسفورد به‌سر می‌برد برای یک قرار ملاقات به کمبریج آمده بود. در آنجا او یکی از دانشجویان سابقش، مارتین ریز، را در مؤسسهٔ نجوم کمبریج ملاقات کرد.

فوریه ۱۹۷۴، کتابخانهٔ رادرفورد ـ اپلتون، آکسفورد

رئیس جلسه، جان تیلور، استاد معروف ریاضیات و نویسندهٔ کتابی عمومی در باب سیاهچاله‌ها، هاوکینگ را معرفی می‌کند.

تیلور سپس جلسه را به جنجال کشید. هاوکینگ در سکوتی شوک‌آمیز فرو رفت. او می‌دانست که بحث او جدال‌آمیز بوده است، اما هرگز توقع چنین وضعی را نداشت.

یک ماه پس از آن جلسه در آکسفورد، هاوکینگ مقاله‌ای در باب تشعشعات جدید با عنوان «انفجار سیاهچاله‌ها؟» در مجلهٔ نیچر انتشار داد. این مقاله در همه دانشکده‌های فیزیک بحثهایی به‌راه انداخت که اغلب همراه با شک بود. چهار ماه بعد، تیلور و پل دیویس، یکی از همقطاران وی در کالج کینگزِ لندن، جوابیه‌ای را در همان مجله چاپ کردند؛ آیا سیاهچاله‌ها واقعاً منفجر می‌شوند؟

(hole explosions?

UM gravitational effects are usually ignored in calcu-
; of the formation and evolution of black
ation for this is that the radius of curvatur
outside the event horizon is very large c
lanck length $(G\hbar/c^3)^{1/2} \approx 10^{-33}$ cm, the len
quantum fluctuations of the metric are ex

$$= \sum_j \{\bar{\alpha}_{ij}a_j - \bar{\beta}_{ij}a$$

$$= \sum_j \{\alpha_{ij}f_j + \beta_{ij}$$

$$|b_i^+ b_i| 0_- > =$$

e author is very grateful to G. W. Gibb
l help.

W. HAWKING
partment of Applied Mathematics and Theore
d
stitute of Astronomy
niversity of Cambridge

eceived January 17, 1974.

Do black holes really explo

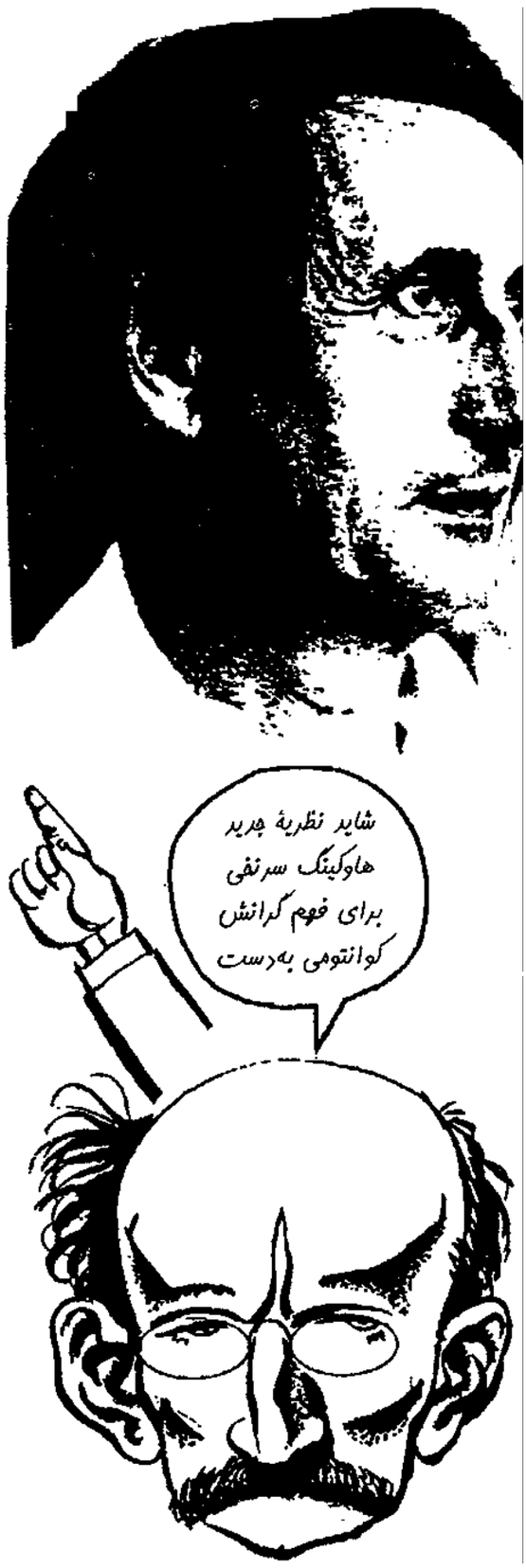
THE creation of particles out of the
regions of space-time where the metri
Theoretical discussions of this process e
tational difficulties, however, because th
is only well understood in Minkowski s
some simple cases, for example with them
cosmologies, or of black holes of the K
type, the existence of a global timelike K
very plausible extension of the Minkows
particle. A number of exact results may th
these results (ref. 1, and C. J. Isham and J

P. C. W. DAVIES
J. G. TAYLOR
Department of Mathematics,
King's College London, Strand,
London WC2, UK

Received March 5, 1974.

فریمن دایسون روابط و فرمولهای هاوکینگ را با نظریهٔ تاریخ‌ساز ماکس پلانک در ۱۹۰۰ که به تئوری کوانتوم منجر شد، مقایسه می‌کند.

اکنون هاوکینگ معادله‌ای نوشته است شبیه به معادلات ماکس پلانک. معادلهٔ هاوکینگ $S=kA$*، است که در آن* S *آنتروپی سیاهچاله،* A *مساحت سطح آن و* k *یک ثابت است. اما حقیقتاً گفتن اینکه مساحت و آنتروپی چیزهای یکسانی هستند به چه معناست؟ ما اکنون به همان اندازه که پلانک در ۱۹۰۰ از فهم مکانیک کوانتوم دور بود از درک آن دوریم. آنچه به اطمینان می‌توان گفت این است که معادلهٔ هاوکینگ سرنخی است برای معمای سیاهچاله‌ها. به دلایلی می‌توانیم مطمئن باشیم که این معادله مانند طرحی مرکزی برای یک نظریهٔ متولدنشده ظاهر خواهد شد که گرانش، مکانیک کوانتومی و ترمودینامیک را به یکدیگر متصل می‌کند. شاید بهترین روش برای نگاه به کشف هاوکینگ استفاده از قیاس تاریخی دیگری باشد. در سال ۱۹۰۰، ماکس پلانک معادله‌ای به‌صورت* $E=hv$*، نوشت که در آن* E *انرژی امواج نور و* v *فرکانس آن، و* h *ثابتی است که اکنون به آن ثابت پلانک می‌گوییم. این معادله آغاز تئوری کوانتوم بود، اما در سال ۱۹۰۰ هیچ فهم فیزیکی از آن حاصل نشد. تنها ۲۵ سال بعد مفهوم آن آشکار شد، یعنی هنگامی که معادلهٔ پلانک در نظریه‌ای وارد شد که حال به آن مکانیک کوانتومی می‌گوییم.*



بعید است که هرگز دلیلی محکم‌تر از سازگاری درونی خود فیزیک وجود داشته باشد. این اولین گام به‌سوی گرانش کوانتومی است. این ایجاد وحدت در سه نظریهٔ مجزای فیزیک است که تشعشعات هاوکینگ را مهم می‌سازد.

کلاسیوس و بولتزمن

ترمودینامیک

قانون دوم ترمودینامیک
(آنتروپی)

(هاوکینگ ۱۹۷۴)

اهمیت کار وی به‌سرعت تأیید شد و تنها چند هفتهٔ بعد از انتشار مقالهٔ تابشهای سیاهچاله‌ها، استفن بالاترین نشان آکادمیک بریتانیا را دریافت کرد. هنگامی که عضو انجمن سلطنتی شد تنها ۳۲ سال داشت. افتخاری که البته او را بسیار مغرور کرد.

مدتی بعد، هاوکینگ با سرمایهٔ یک بورس تحقیقاتی ویژه دعوت شد تا یک‌سال را دور از کمبریج در کالتچ، در پازادنا، به‌همراه نظریه‌پرداز بزرگ آمریکایی کیپ تورن به مطالعه در باب کیهان‌شناسی بپردازد.

به نحو عجیبی، اعطای این جایزه جهت تحقیقات هاوکینگ را از سیاهچاله‌ها به مسئلهٔ آغاز عالم تغییر داد. مسئله‌ای که موضوع مورد علاقه کلیسای کاتولیک رم بود.

هاوکینگ و واتیکان ــ گالیلهٔ عصر جدید

کلیسای قدرتمند کاتولیک رم علاقه‌ای وافر به نظریه‌های علمی در مورد آسمانها داشت. در طی قرون متمادی کلیسا آموزه‌های علمی ارسطو (فیلسوفی خوب اما فیزیکدانی ضعیف) و هیئت سماوی بطلمیوس ترویج می‌داد که هردو زمین و انسان را در مرکز عالم درنظر می‌گرفتند.

در حمایت از آموزه‌های کلیسا، جوردانو برونو در سال ۱۶۰۰ به‌دلیل آموزش عقاید **خورشید مرکزی** کپرنیک، یعنی این که خورشید مرکز منظومهٔ شمسی است و نه زمین، بر تیر چوبی سوزانده شد.

۳۳ سال بعد، گالیلیو گالیله را قبل از بررسی قضایی با شکنجه‌های پیوسته و سخت مجبور ساختند که زانو بزند و عقاید کپرنیکی خود را پس بگیرد. بعدها، او را در ویلایش در آرسِتری دستگیر و برای بقیهٔ عمرش تحت نظر قرار دادند.

واتیکان از آن پس راههای برخورد بهتری با دانشمندانی اختیار کرده است که سعی می‌کردند به سؤالهای نهایی در مورد عالم پاسخ دهند. به‌نظر می‌رسد که واتیکان حالا از باردادن به استفن هاوکینگ کیهان‌شناسی از انگلیس پروتستان، خوشحال است. چرا این‌طور است؟

کلیسا در پذیرفتن این عقیده عجله به‌خرج داد (البته با معیارهای واتیکان). در نوامبر ۱۹۵۱، در افتتاحیهٔ یک جلسه آکادمی علوم پاپی، پاپ پیوس دوازدهم توضیح داد که عقیدهٔ لماتره با **مفهوم کاتولیکی خلقت مطابقت دارد.** نتیجتاً، هر دانشمندی که از انفجار بزرگ حمایت کند مطمئناً از دوستان رم خواهد بود.

در اواخر دههٔ ۱۹۷۰، هاوکینگ متوجه شده بود که به دلیل اصل عدم قطعیت، نسبیت عام در زمان انفجار بزرگ معتبر نبوده است. او ترکیب بین نسبیت عام و مکانیک کوانتومی را جست‌وجو می‌کرد. به این ترتیب او داشت مانند یک بدعت‌گذار فکر می‌کرد.

اما در ۱۹۸۱ به رم بازگشت زیرا به کنفرانسی درباب کیهان‌شناسی دعوت شد که توسط واتیکان سازماندهی شده بود. اکنون او حوزهٔ جدیدی از تحقیقات در دست داشت؛ آغاز عالم. مقاله‌ای که او ارائه داد عنوانی فوق‌العاده تخصصی داشت.

علاقهٔ من به اغاز و پایان عالم، بعد از شرکت در کنفرانس کیهان‌شناسی در ۱۹۸۱ در واتیکان دوباره افزایش یافت. بعد از آن ما به شنیدن صحبتهای پاپ دعوت شدیم که در آن از تلاشی در زندگی اش پرده برداشت.

هاوکینگ در صحبتهایش اظهار داشت که فضا و زمان از نظر اندازه محدودند، اما با هیچ مرز و لبه‌ای مسدود نشده‌اند. این موضوع به‌عنوان طرح **بدون مرز** شناخته شده است. اگر این نظریه درست باشد، هیچ نقطهٔ تکینی وجود نخواهد داشت و قوانین عالم همه‌جا برقرار خواهند بود، حتی در لحظهٔ شروع عالم.

هاوکینگ و عالم اولیه

خوشحال بودم که او نمی‌دانست موضوع صحبت من در کنفرانس امکان این مسئله را بررسی می‌کرد که فضا و زمان محدودند اما هیچ مرزی ندارند و این، به این معنا بود که جهان هیچ آغاز و هیچ لحظهٔ خلقتی ندارد.

در ابتدا واضح نبود که مقالهٔ من حاوی اشاراتی راجع به منشاء عالم است چرا که فنی بود و عنوانی ممنوعه داشت، «شرایط مرزی عالم».

هاوکینگ به‌طور جدی شروع به کارکردن بر روی عالم اولیه کرد، موضوعی که از نظر او به کار بر روی وضعیت فعلی جهان برتری دارد. در مقاله‌ای که در واتیکان ارائه داد، آخرین و اساسی‌ترین عقیده‌اش **طرح بدون مرز** را معرفی کرد. این تلاشی در به‌کارگیری تئوری کوانتوم در نقطهٔ تکینِ شروع عالم بود.

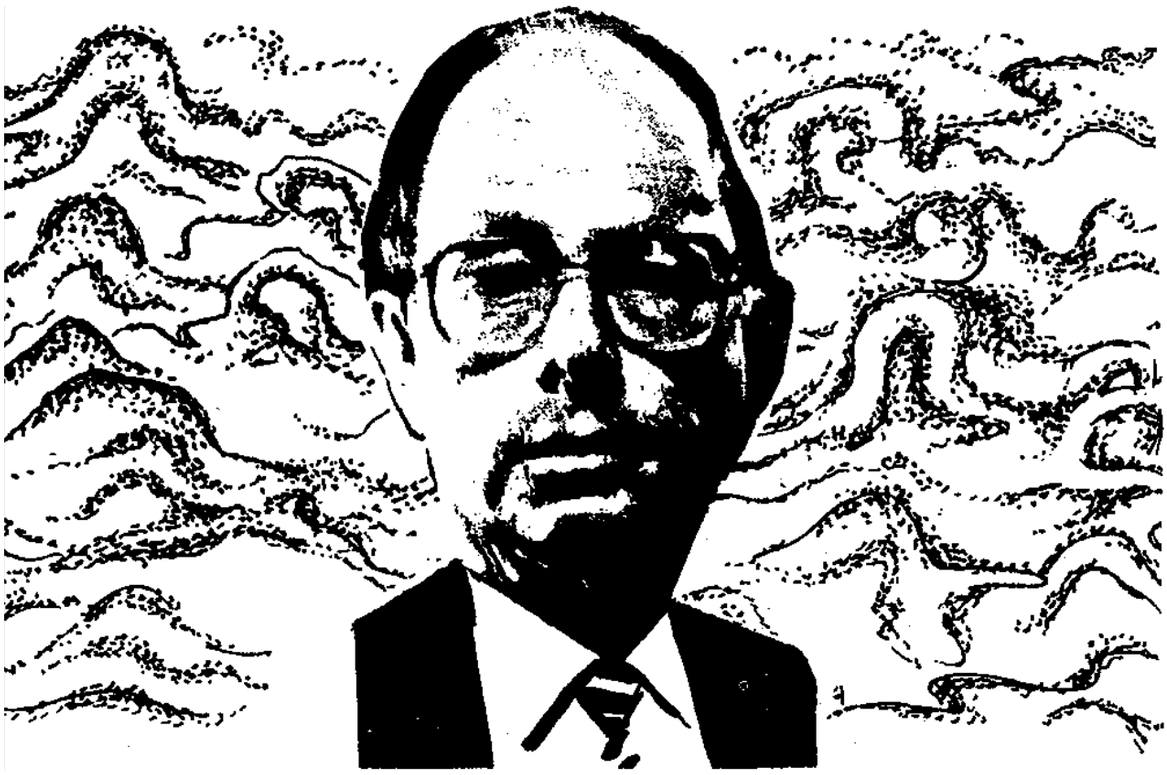
چرا به نظریهٔ کوانتوم نیازمندیم؟

در طرح انفجار بزرگ عالم، نظریهٔ نسبیت عام برنامه‌ای قابل قبول جهت توضیح تکامل تدریجی جهان ما از لحظهٔ زمان = صفر تاکنون تدارک دیده است. هرچند اکنون، به یمن هاوکینگ، می‌دانیم که نسبیت عام در نقطهٔ آغازین، یک نقطهٔ منفرد پیش‌بینی می‌کند و نظریه دچار اختلال می‌شود. این یک نظریهٔ کلاسیک است و زمان و فضا هنگامی که مواد در چگالی باورنکردنی‌ای به هم فشرده می‌شوند، توسط معادلات اینشتین قابل توضیح نیستند.

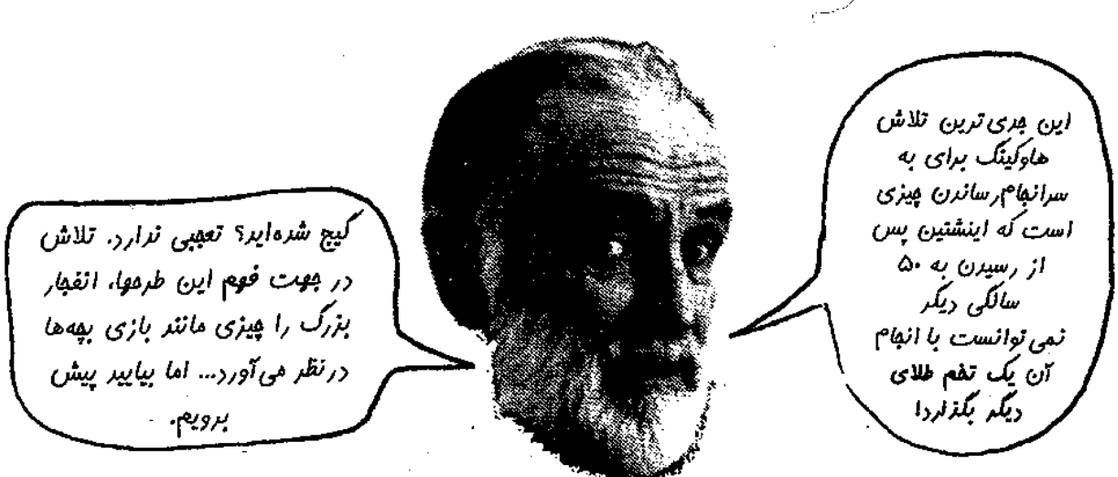
فیزیک چگونه می‌تواند شروع عالم را درحالی پیش‌بینی کند که همهٔ قوانین در زمان انفجار بزرگ نفی می‌شوند، پیش‌بینی کند؟ باید از نظریهٔ کوانتوم استفاده کرد.

کیهان‌شناسی کوانتومی

هاوکینگ و همکارش جیم هارتل از دانشگاه کالیفرنیا، از طرح بدون مرز برای تبیین یک عقیدهٔ جدید دربارهٔ **کیهان‌شناسی کوانتومی** استفاده کرده‌اند. برخلاف روشهای قبلی، هاوکینگ و هارتل برای مطالعهٔ تکینگی در انفجار بزرگ از زمان موهومی استفاده کرده‌اند.



استدلال به این طریق پیش رفت. عالم در لحظه تولدش به‌طور کامل در حالت کوانتومی است. بنابراین هاوکینگ و هارتل با عالم به‌عنوان سیستمی کوانتومی و تکین برخورد کردند و سعی کردند **تابع موج** آن را به‌دست آورند. به‌عبارت دیگر، آنها اصول مکانیکی استاندارد کوانتوم را به کل عالم «قبل» از انفجار بزرگ اعمال می‌کردند.



گرانش کوانتومی یا TOE (نظریهٔ همه چیز)

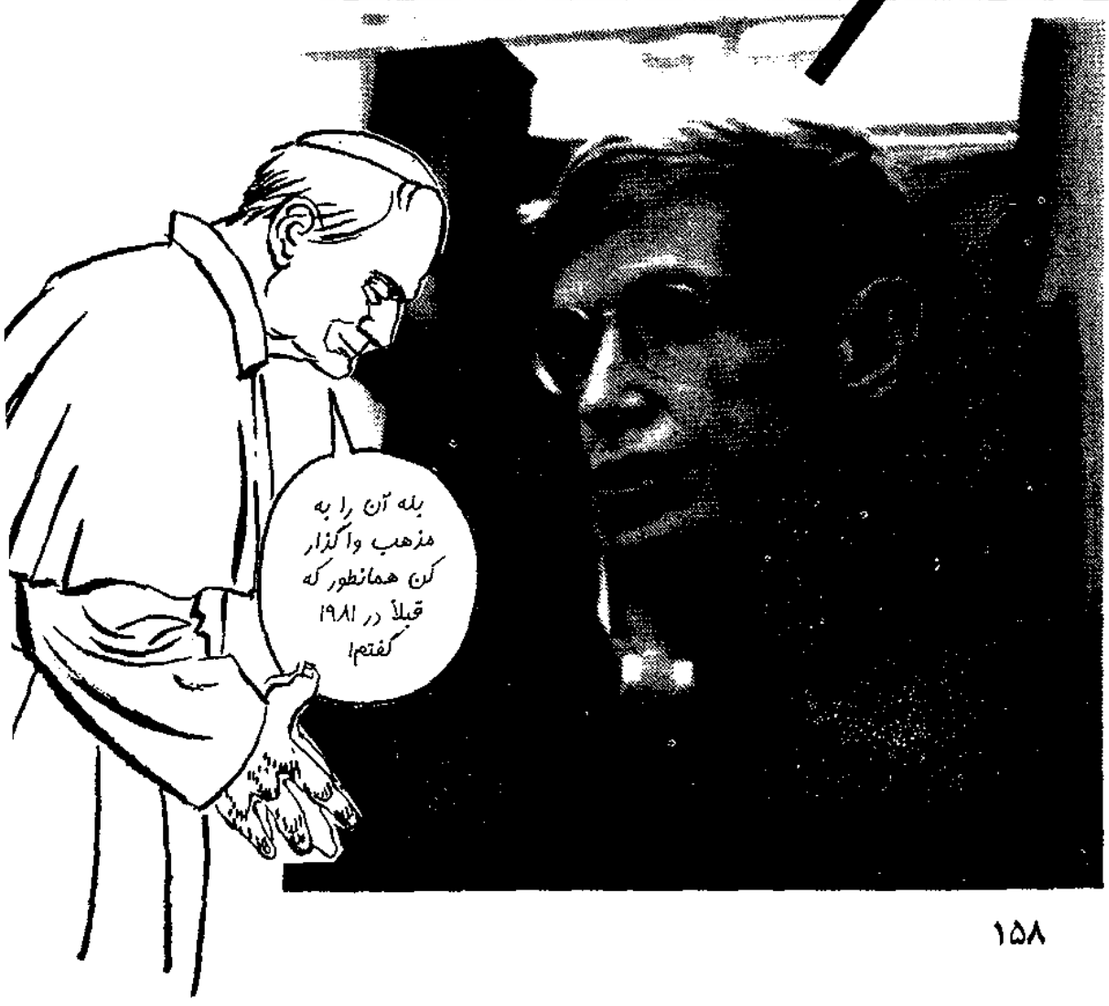
این جست‌وجو گرانش کوانتومی نامیده می‌شود و یا ToE، نظریهٔ همه‌چیز (Theory of everything) اصطلاحی که برای اغلب فیزیکدانها هیجان‌انگیز است. تلاشهای فیزیکدانهای ذره‌ای و نسبیت‌دانها تاکنون، نتایج کمی را در این باره حاصل کرده است.

مطابق معمول، هاوکینگ روشی متفاوت برای مسئله درپیش گرفته است. او نه گرانش کوانتومی بلکه کیهان‌شناسی کوانتومی خود را برای یافتن تابع موج عالم به‌کار برد. این براساس طرح بدون مرز او پایه گذاری شد.

این امر همیشه مرا آزار می‌داد که اگر قوانین فیزیک در آغاز عالم نقض شود در هرجای دیگری نیز نقض خواهد شد به همین دلیل طرح بدون مرز که تکینگی آغاز عالم را از بین می‌برد مطرح کردیم.

اما کیهان‌شناسی مشکلی دارد، چراکه نمی‌تواند بدون داشتن فرضی در مورد شرایط اولیه چیزی را در مورد عالم پیش‌بینی کند. آنچه شخص می‌تواند بگوید این است که اجسام همانطور که اکنون هستند، وجود دارند زیرا آن‌طور که در مراحل اولیه بوده‌اند، همان بوده‌اند.

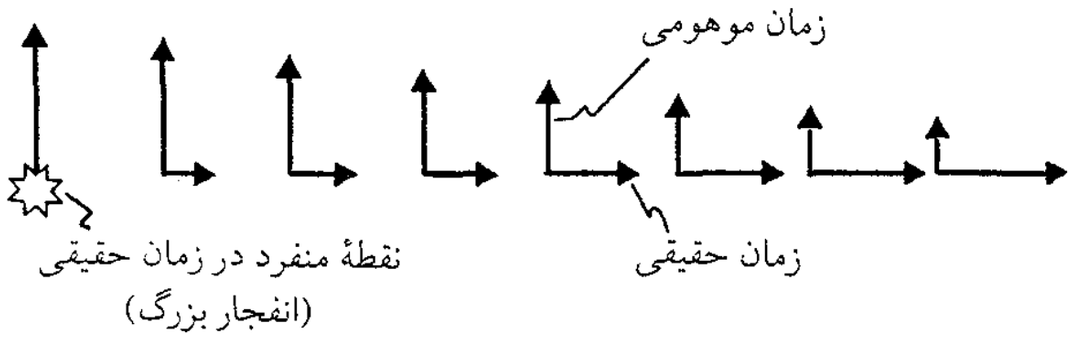
فراد زیادی بر این عقیده‌اند که وضعیت همان طوری است که باید باشد و علم تنها باید نگران قوانینی باشد که تکامل تدریجی عالم در طول زمان را قانونگذاری می‌کنند. آنها می‌اندیشند که شرایط اولیهٔ عالم که تعیین‌کنندهٔ شروع عالم است بیشتر موضوعی مربوط به متافیزیک یا مذهب است تا علم.



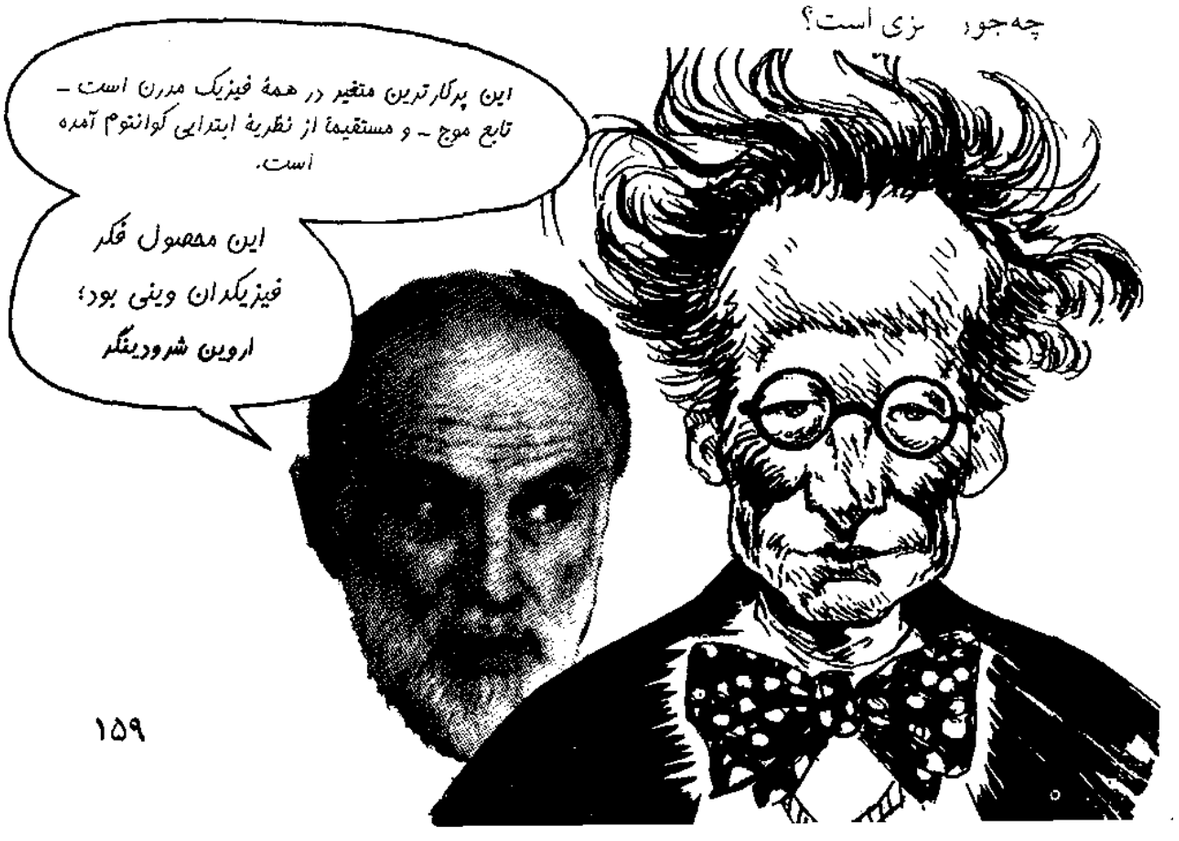
کیهان‌شناسی کوانتومی و زمان مختلط

بنابراین چه چیز جدیدی در مورد کیهان‌شناسی کوانتومی وجود دارد؟ خوب هاوکینگ و هارتل حقهٔ ریاضی زمان مختلط را برای آزمون همهٔ عوالم ممکن به‌کار بردند که ممکن است از حالت کوانتومی اولیه شکل گرفته باشند. زمان به دو جزء مجزا تقسیم می‌شود. یک جزء موهومی و یک جزء حقیقی برخلاف زمان حقیقی، جزء موهومی در انفجار بزرگ از بین نمی‌رود و به این ترتیب این نظریه در نقطهٔ تکین هم مفید است. به این‌ترتیب رویه‌های مکانیکی کوانتومی استاندارد، برای دستیابی به تابع موجی برای کل عالم نیز به‌کار می‌آید.

زمان مختلط نزدیک به تکینگی انفجار بزرگ

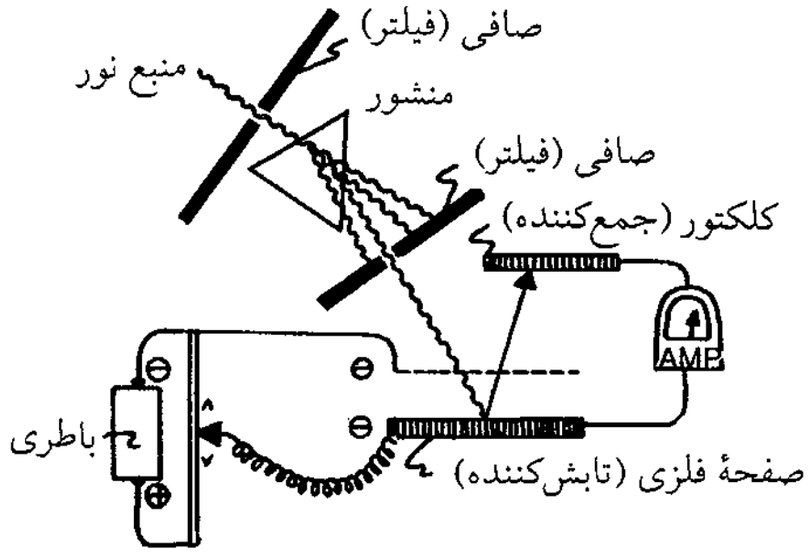


اما رویه‌های مکانیکی کوانتومی استاندارد چیست؟ و این موضوع **تابع موج** دیگر چه‌جور زی است؟



امواج و ذرات:
شوخی طبیعت با فیزیکدانها

تجربیات نشان داده است که دوگانگی موج / ذره در خود طبیعت موجود است. برای مثال یک اشعه نور اثر تداخل را ایجاد می‌کند (موجی عمل می‌کند) درعین حال یک الکترون را از سطح فلز می‌پراند (ذره‌ای عمل می‌کند). به‌طور مشابه پرتویی از الکترونها وقتی از میان صفحه‌ای شانه‌ای عبور داده می‌شوند، الگوی پراش ایجاد می‌کنند (امواج) این دوگانگی حقیقتی پایه‌ای در دنیای فیزیک است و باید با آن زندگی کرد. این نتیجه‌ای از **اصل معروف عدم قطعیت** است... یا برعکس اصل عدم قطعیت نتیجهٔ این دوگانگی است.



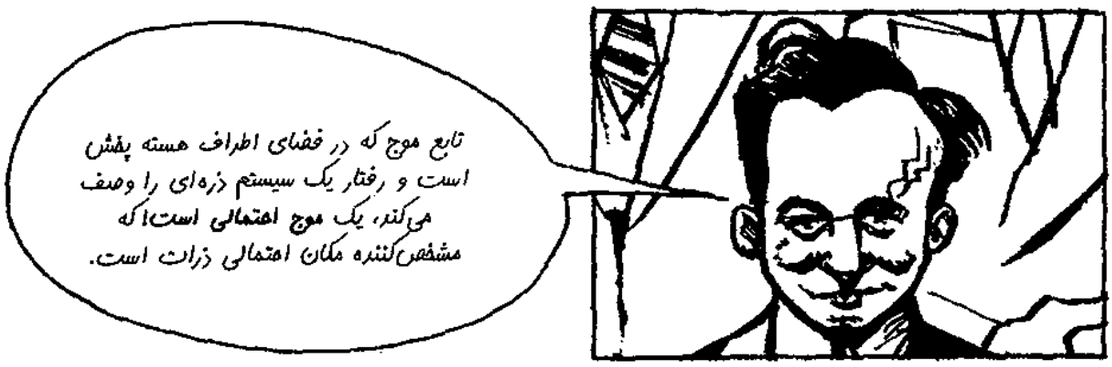
امواج نور مانند ذرات عمل می‌کنند (فوتونها)

در دههٔ ۱۹۲۰، قهرمانان اولیهٔ مکانیک کوانتومی ــ هایزنبرگ، شرودینگر، بوهر و بورن ــ صورت‌بندی ریاضی‌ای ارائه دادند که به‌طور همزمان خواص موجی و ذره‌ای را تبیین می‌کرد. بهترین حالت این صورت‌بندی معادلهٔ شرودینگر بود که جواب آن ــ تابع موج ــ رفتار یک سیستم **ذره‌ای** را تعیین می‌نمود.

دنیای عجیب مکانیک کوانتومی

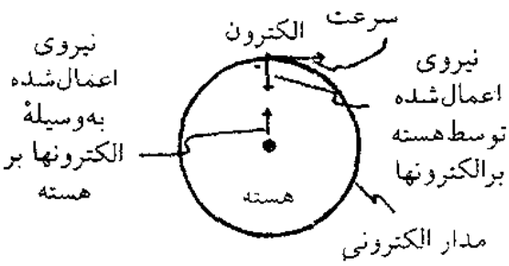
و اما تابع موج چیست؟ انتشار موج دقیقاً یعنی چه؟

در اینجا آنچه ماکس بورن مطرح کرده است، آمده (و طرفه اینکه موضع او با یکی از نظرات اینشتین مطابق است).

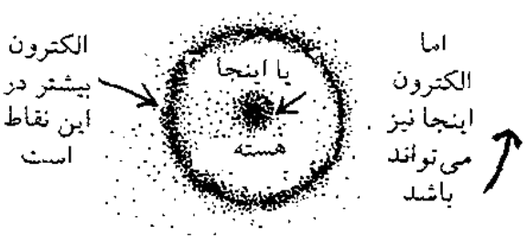


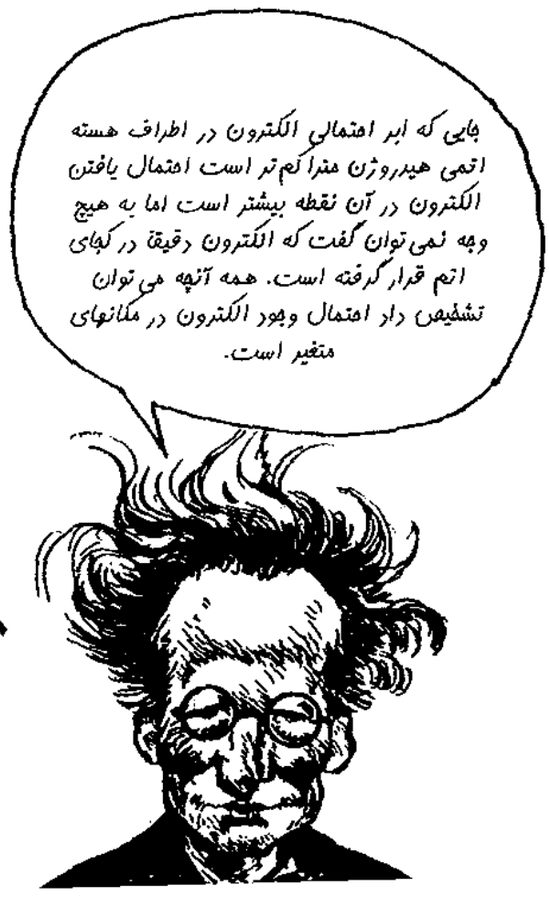
یکی از ساده‌ترین مسائلی که برای حل آن از مکانیک کوانتوم استفاده می‌کنیم مسئلهٔ اتم هیدروژن است. هنگامی که معادلهٔ شرودینگر برای این مورد حل شود، تابع موج حاصل وضعیت‌های محتمل برای انرژی هسته را تعیین می‌کند، زیرا می‌تواند احتمال یافتن الکترون را در فواصل متفاوت از هسته تعیین کند. هسته به جای مدارهای مشخص الکترونی در مدل سیاره‌ای کلاسیک قبلی در ابری احتمالی پوشیده می‌شود.

تصویر کلاسیک اتم هیدروژن



تصویر کوانتومی اتم هیدروژن

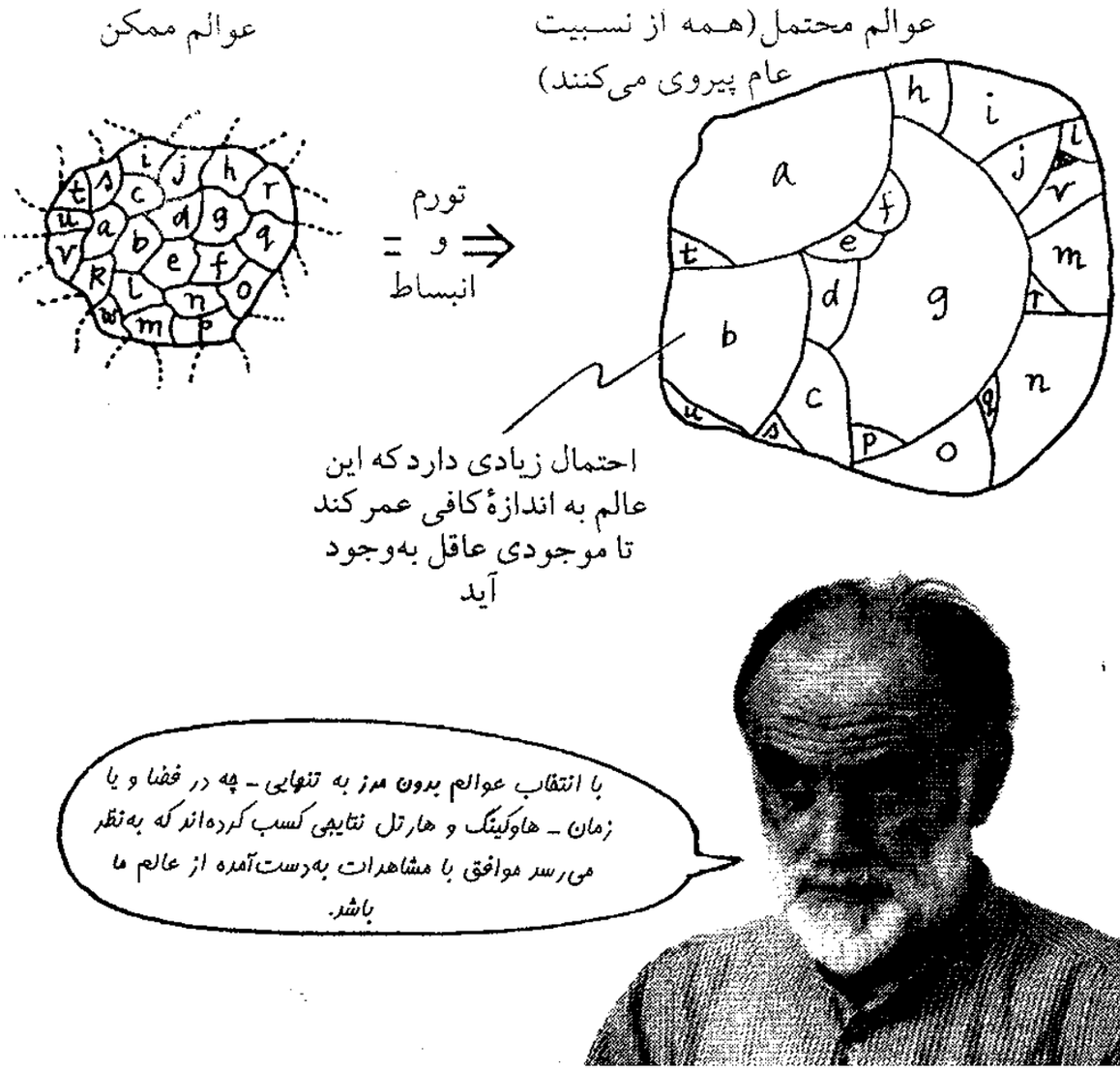




کیهان‌شناسی کوانتومی:
اعمال معادلهٔ شرودینگر به کل عالم

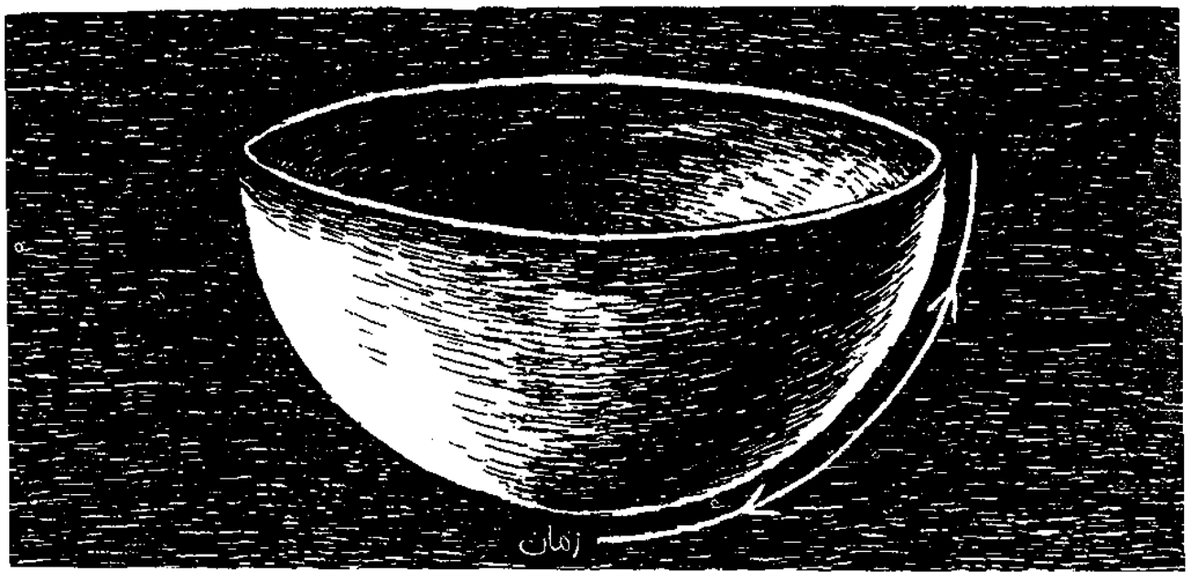
آیا هاوکینگ متفکری جسور است؟ به‌جای مدارهای الکترونی در اتم به **مدلهای کیهانشناسی عالم** فکر کنید. نسبیت عام تنوع مدلها را مجاز می‌داند: در بعضی از مدلها عالم از یک نقطه تا بیشترین حد منبسط می‌شود و دوباره به یک نقطه منقبض می‌شود؛ در بعضی انبساط عالم برای همیشه ادامه دارد؛ در برخی مدلها انبساط به طرق مختلف و در جهات متفاوت صورت می‌گیرد. و همه این مدلها در معادلات اینشتین صدق می‌کنند.

درست همان‌طور که شرودینگر مدارهای الکترونی کلاسیک را با توابع موجی جایگزین نمود که احتمال رفتار الکترونی را توصیف می‌کرد، هاوکینگ و هارتل نیز تابع کیهان‌شناسی خاصی را تعریف کردند که احتمال‌های هندسی متفاوت عالم را مشخص می‌سازد.



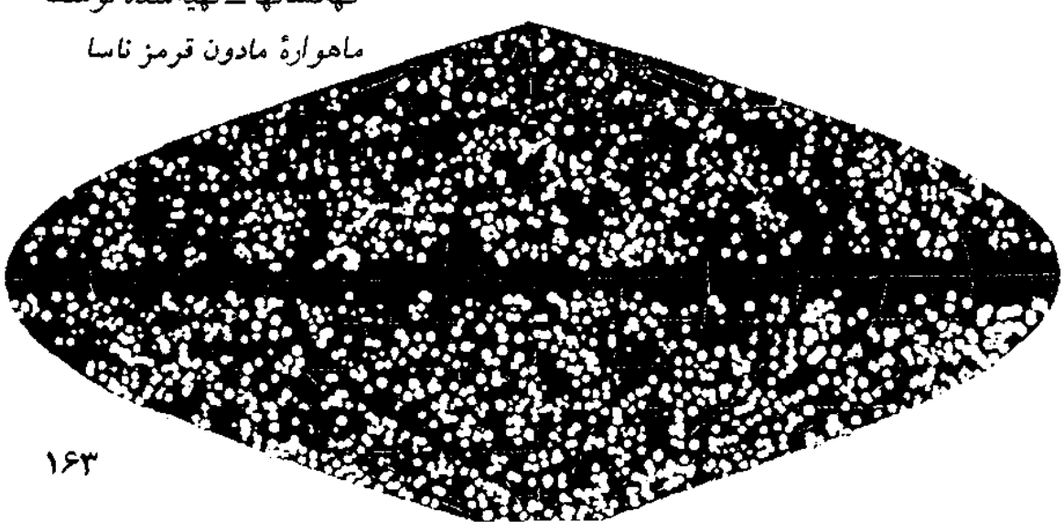
عالم‌های بسته این محدودیت را رفع می‌کنند. آنها متناهی هستند، اما هیچ لبه‌ای ندارند. چیزی مانند سطح دوبعدی زمین. انبساط می‌یابند، انبساط‌شان متوقف می‌شود و سپس به حالتی مشابه نقاط روی لبهٔ یک کاسه که در شکل نشان داده شده بازمی‌گردند.

در شرح این روش، برای عالم‌های بسته یک شروع و یک پایان درنظر گرفته می‌شود بنابراین این عالم‌ها تنها در زمان حقیقی مرز خواهند داشت. جزء موهومی، با وجود این، استمرار می‌یابد. بنابراین هاوکینگ و هارتل تکینگی‌های اولیه و نهایی عالم‌های بسته را ناپدید ساختند.



آنها همچنین ثابت کردند که عالم‌های متحدالشکل محتمل‌ترینِ عوالم هستند. به‌علاوه در آخر پیش‌بینی کردند که عالم ما هم بسته و هم متحدالشکل است؛ کره‌ای محدود از فضا-زمان بدون هیچ لبه‌ای.

نقشهٔ توزیع متحدالشکل کهکشانها ــ تهیه‌شده توسط ماهوارهٔ مادون قرمز ناسا



دانشکده ریاضی کاربردی و فیزیک نظری: ۱۷ فوریه ۱۹۹۵

همانطور که هاوکینگ به نویسنده ۶ ماه قبل از چاپ این کتاب گفت...

طرح بدون مرز، عالمی را پیش‌بینی می‌کند که از حالتی منظم و آرام شروع شده است. ابتدا با تورم انبساط یافته و سپس تا طرح استاندارد انفجار بزرگ داغ پیش رفته است، و سپس قبل از فروپاشی به تکینگی یک درون‌پاشی بزرگ که بی‌قاعده و نامنظم است تا بیشترین شعاع منبسط شده است.

زمان حقیقی در آن نقطه پایان می‌یابد، اما عالم همچنان پابرجاست.

محاسباتی که تاکنون بر روی مدلهای ساده انجام شده است نشان می‌دهد که طرح بدون مرز عالم باید خیلی مشابه با عالم ما باشد. به‌علاوه این طرح عقاید مهم و دقیق کیهانشناسی معاصر را نیز شامل می‌شود؛ مانند **تورم** و **افت‌وخیز کوانتومی**. حتی **اصول آنتروپی** هم با این طرح سازگار به‌نظر می‌آید. اگر بتوانید این سه مفهوم اخیر را درک کنید باید تصور درستی از عالم استفن هاوکینگ داشته باشید. برای قدم اول بد نیست!

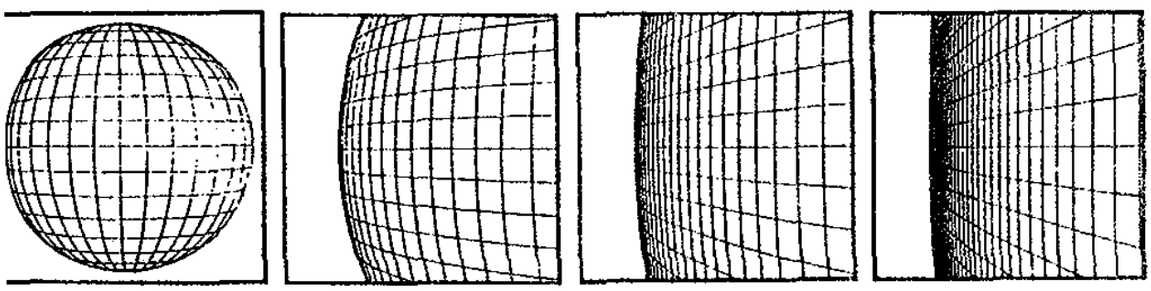
تورم

در اواخر دههٔ ۱۹۷۰، مفهوم جدید تورم ارائه شد که اظهار می‌داشت عالم از حالت اولیهٔ کوچکتر از یک پروتون به یک اندازهٔ ماکروسکوپی با سرعت تقریبی ۱۰ متر درکسری از ثانیه به اطراف انبساط می‌یابد. سرعت انبساط بسیار زیاد بود. این عقیده دو مسئله را حل کرد که سالها مزاحم کیهانشناسان بوده است.

۱. چرا عالم بسیار مسطح است، یعنی گواهی دال بر انحنا نشان نمی‌دهد؟

۲. چرا تشعشعات زمینه کیهانی اینقدر متحدالشکل هستند؟

۱. اولین مورد از این سؤالها، خاطرنشان می‌سازد که چگالی جرمی عالم از انبساط اولیه‌اش با مقدار بحرانی هماهنگ می‌شود، قضیه‌ای که گیج‌کننده است. (رجوع کنید به صفحهٔ ۵۱). اما انبساطی سریع در آغاز همانطور که یک نمودار ساده می‌تواند نشان دهد عالم را تا یک چگالی جرمی بحرانی مسطح می‌سازد.



مسطح‌سازی عالم به‌وسیلهٔ تورم

۲. تورم همچنین می‌تواند توضیح دهد که چرا تشعشعات زمینه‌ای تا این اندازه متحدالشکل هستند. وقتی عالم بسیار کوچک بود، همهٔ ماده و انرژی همگن بودند چراکه هر چیزی به چیزهای دیگر مرتبط بود. هنگامی که تورم آغاز شد، همسانی و شباهتی که در حالت اولیه وجود داشت در عالم بزرگتر که در حال انبساط بود پخش شد و بنابراین، وقتی ماده و تشعشعات در حدود ۳۰۰۰۰۰ سال بعد دوباره جفت شدند، عالم هنوز به‌طور عجیبی متحدالشکل بود.

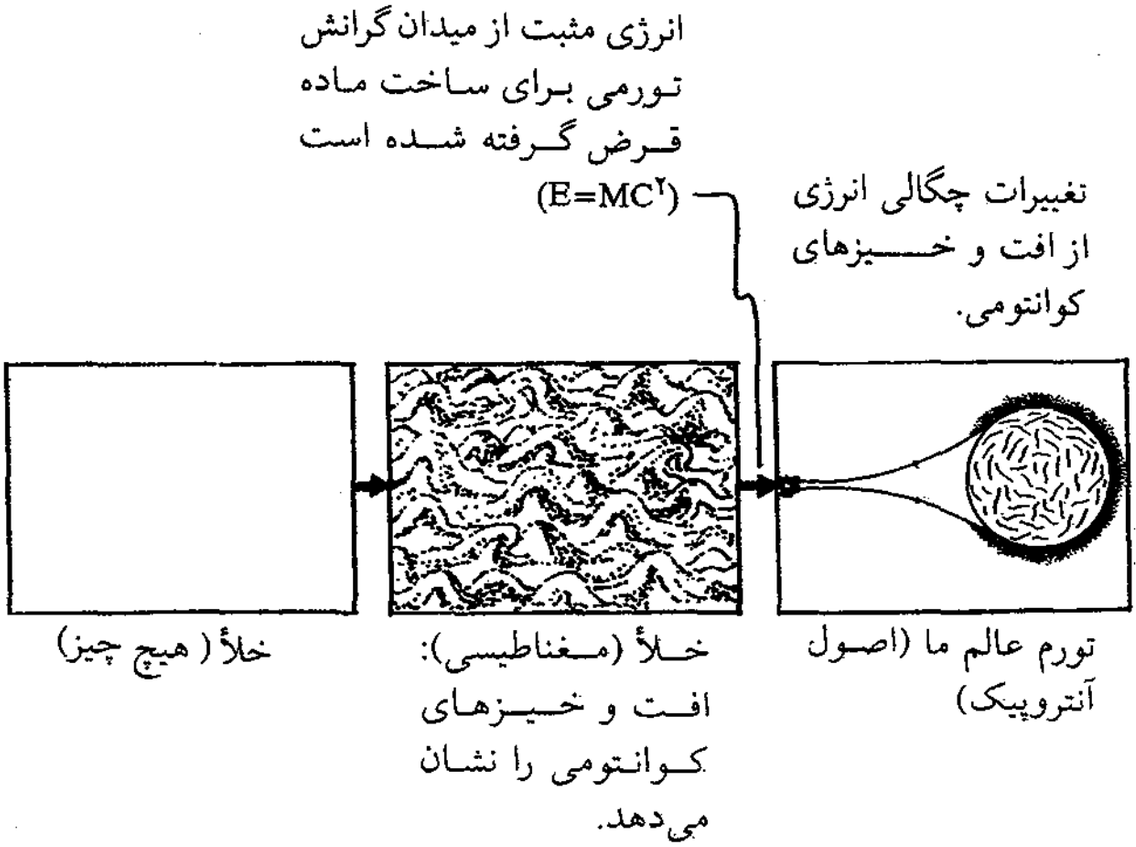
تورم و افت‌وخیز کوانتومی

تورمی که عالم اولیه را هموار ساخت، همچنین تغییرات چگالی کوچکی ایجاد کرد که ممکن است است بتوانند شکل‌گیری کهکشانها را توضیح دهند. از بحث ما در مورد ذرات مجازی در صفحهٔ ۱۳۸ به‌خاطر بیاورید که اگر به اندازهٔ کافی به هر سیستم فیزیکی از نزدیک نگاه کنیم ــ حتی به خلأ ــ اثرات **افت‌وخیز کوانتومی** را مشاهده خواهیم کرد.

تورم این افت‌وخیز کوانتومی را از بین نمی‌برد بلکه آنها را به‌صورت **تغییر چگالی** درمی‌آورد که به‌عنوان امواج کوچکی از ماده‌ـانرژی در عرض فضاـزمان ظاهر می‌شود. این امواج کوچک سپس باید بر روی تشعشعات زمینه‌ای به‌مثابه اختلاف دماهای کوچک ثبت می‌شوند.

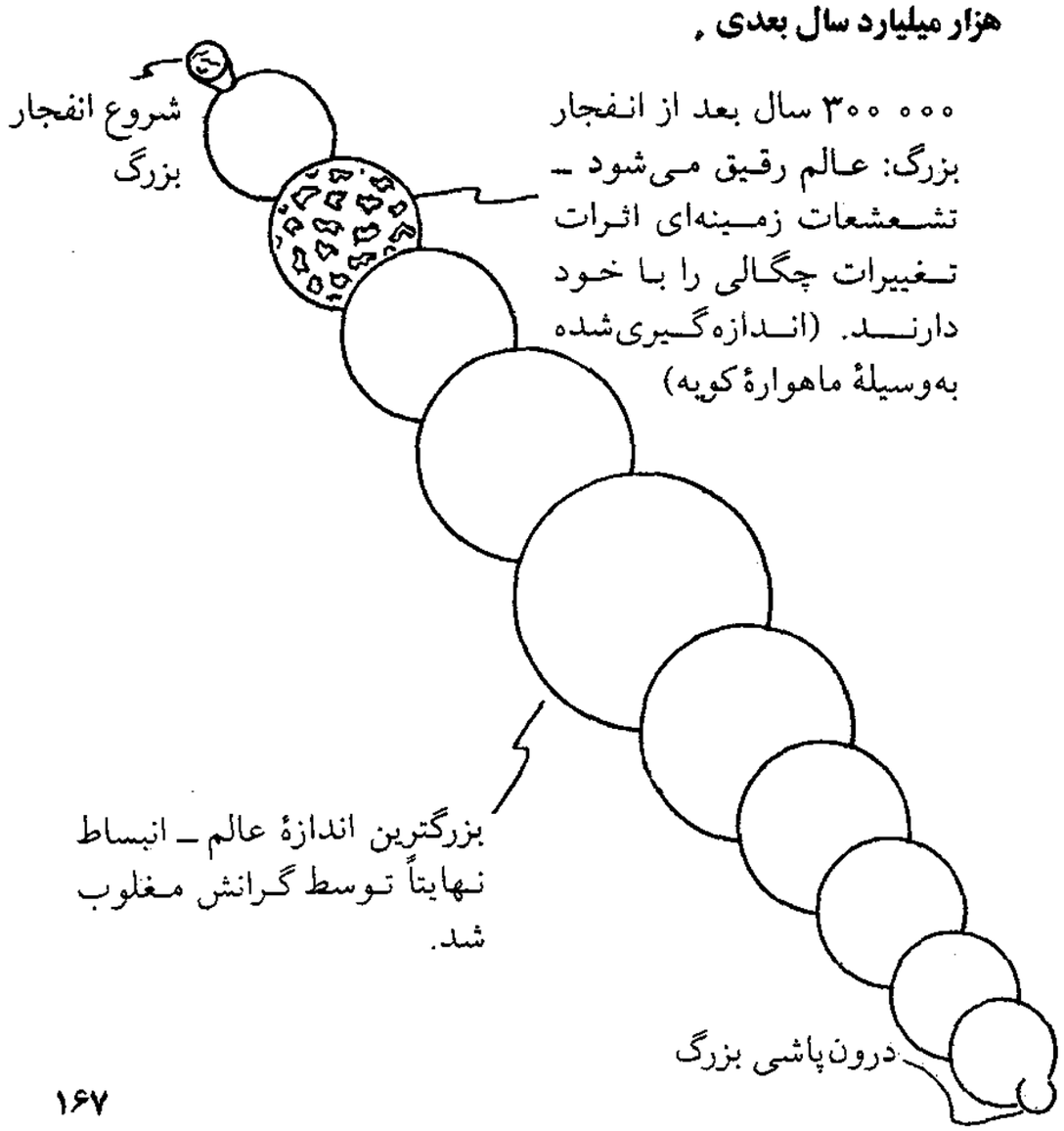
این اختلاف دماها ابتدائاً چیزهایی هستند که جرج اسموت و تیم او از برکلی و ناسا با ماهوارهٔ کاوشگر تشعشعات زمینه‌ایِ کوبه (COBE) که در ۱۹۸۹ پرتاب شده بود، در جست‌وجوی آن بودند. ما به مفهوم مهم دیگری نیز نیازمندیم...

اولین کسر یک ثانیه



اصول آنتروپی

اصول آنتروپی ایده‌ای کمابیش متافیزیکی است که خاطرنشان می‌سازد اگر عالمی خاص ثابتهای اولیه طبیعت را دارا نبود که اجازهٔ وجود زندگی و پیشرفت عقل را می‌دهد. در این صورت دیگر شخصی برای گزارش خواص و ویژگیهای آن وجود نداشت. به همین دلیل است که عالم ما به نظرمان بسیار درست می‌آید، چراکه کاملاً سازگار است. اگرچه دانشمندان زیادی این عقیده را نفی می‌کنند. در این مورد منبعی موثق‌تر از برندهٔ نوبل استیون واینبرگ (که کتاب مهمی را در باب عالم اولیه نوشت؛ **اولین سه دقیقه**) وجود ندارد. او براین عقیده بود که **کیهانشناسی کوانتومی** زمینه‌ای فراهم آورد که در آن اصول آنتروپی معنای قابل فهمی دارند. **محتمل‌ترین عالم عالمی است که ما در آن هستیم!** همانطور که فیلسوف احمق ولتر، پانگلوس، در کتاب کاندید می‌گفت: «ما در بهترینِ عالمهای ممکن زندگی می‌کنیم.»



جایزهٔ نوبل هاوکینگ

استفن هاوکینگ تقریباً همهٔ جایزه‌ها و افتخاراتی که می‌توان به یک دانشمند داد، دریافت کرده است. طبیعتاً این سؤال به ذهن می‌آمد که آیا مشهورترین جایزه را نیز دریافت خواهد کرد یا نه؛ دعوتی به انجمن سلطنتی علوم در استکهلم جهت دریافت جایزهٔ نوبل در فیزیک.

پیچیدگی‌هایی در این زمینه وجود دارد. اولاً، این جایزه تنها به‌ندرت به کارهایی در نجوم یا کیهانشناسی داده می‌شد و بیشتر به کارهایی در فیزیک محض تعلق می‌گرفت. مانع دوم کمی جدی‌تر بود. آلفرد نوبل مرد تجربه بود. (او ثروت خود را از ثبت اختراع تی. ان. تی. به‌دست آورد) و مصرّ بود که شایستگی کشفهای نظری باید به‌طور تجربی ثابت شود. برای کیهان‌شناسانی مانند هاوکینگ، که آزمایشگاهشان دورترین نواحی عالم بود، اثبات تجربی هرگز ممکن نبود و یا بهتر بگوییم که دهه‌ها به‌طول می‌انجامید.

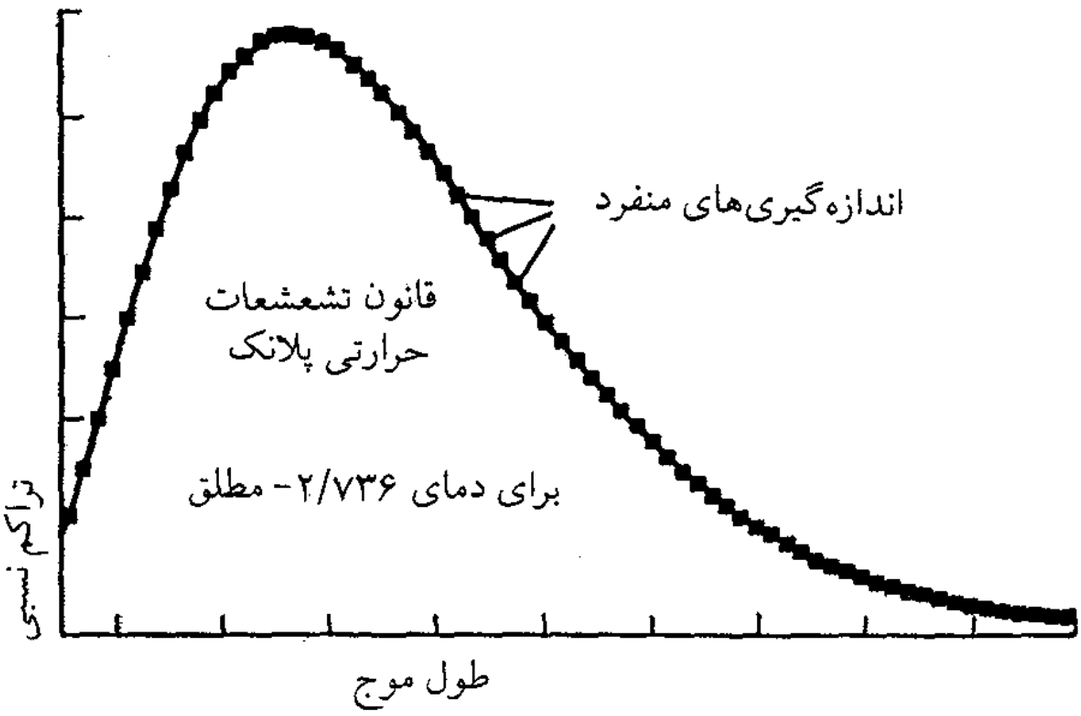
بیایید کشف‌های نظری اصلی هاوکینگ که او را به جایزهٔ نوبل رساند، مرور کنیم.
۱. هاوکینگ و پن‌رز با استفاده از نسبیت عام، نشان دادند که مفهوم کلاسیک زمان با تکینگی‌ای در انفجار بزرگ شروع شده است و بنابراین عالم در زمانی در حالتی چگال و گرم بوده است.
۲. در ۱۹۷۴، او کشف کرد که سیاهچاله‌ها مانند دیگر اجسام ترمودینامیکی تابش می‌کنند (تابش‌هایی که اکنون **تشعشعات هاوکینگ** نامیده می‌شوند) و دارای دما (متناسب با گرانش سطحی خود) و آنتروپی (متناسب با مساحت سطح خود) هستند.
۳. او به همراه جیم هارتل طرحی برای عالم اولیه به‌نام **طرح بدون مرز** ارائه داد که تغییرات چگالی را در عالم اولیه به افت‌وخیزهای کوانتومی خلأ نسبت می‌داد.
طرفه اینکه، مهمترین کار هاوکینگ، **تشعشعات هاوکینگ**، از آنجایی که به‌نظر غیرقابل شناسایی می‌رسید، داوطلبی بعید برای جایزهٔ نوبل بود. هرچند، تکینگی انفجار بزرگ (حالت گرم و متراکم عالم) و افت‌وخیزهای کوانتومی (دانه‌هایی برای شکل‌گیری کهکشانها) هم تنها در صورت انجام اندازگیری‌های دقیق و **کامل دیفرانسیلی** حساس بر روی تشعشعات زمینه کیهانی، قابل اثبات هستند. و این دقیقاً چیزی است که پروژهٔ کوبه (COBE) بین سالهای ۱۹۹۲ و ۱۹۸۹ انجام داد.

کوبه: بزرگترین کشف تاریخ (؟)

۱۲ سال طول کشید تا کوبه طراحی و راه‌اندازی شود. اما نتایج به‌کارگیری آن غیرقابل چشم‌پوشی بود. ماهواره در ۱۹۸۹ پرتاب شد، ابزارها تنها ۸ دقیقه طول کشید تا نتایج به‌دست آمده براساس اندازه‌گیری‌های پنزیاس و ویلسون در سال ۱۹۶۴ را ثابت کنند اما این بار در طول موجهایی بسیار متفاوت. داده‌ها، منحنی تشعشعات گرمایی نسبتاً کاملی را برای دمای زمینه‌ای ۲/۷۳۶ درجه سانتی‌گراد بالای صفر مطلق رسم کردند (رجوع کنید به صفحهٔ ۱۰۱).

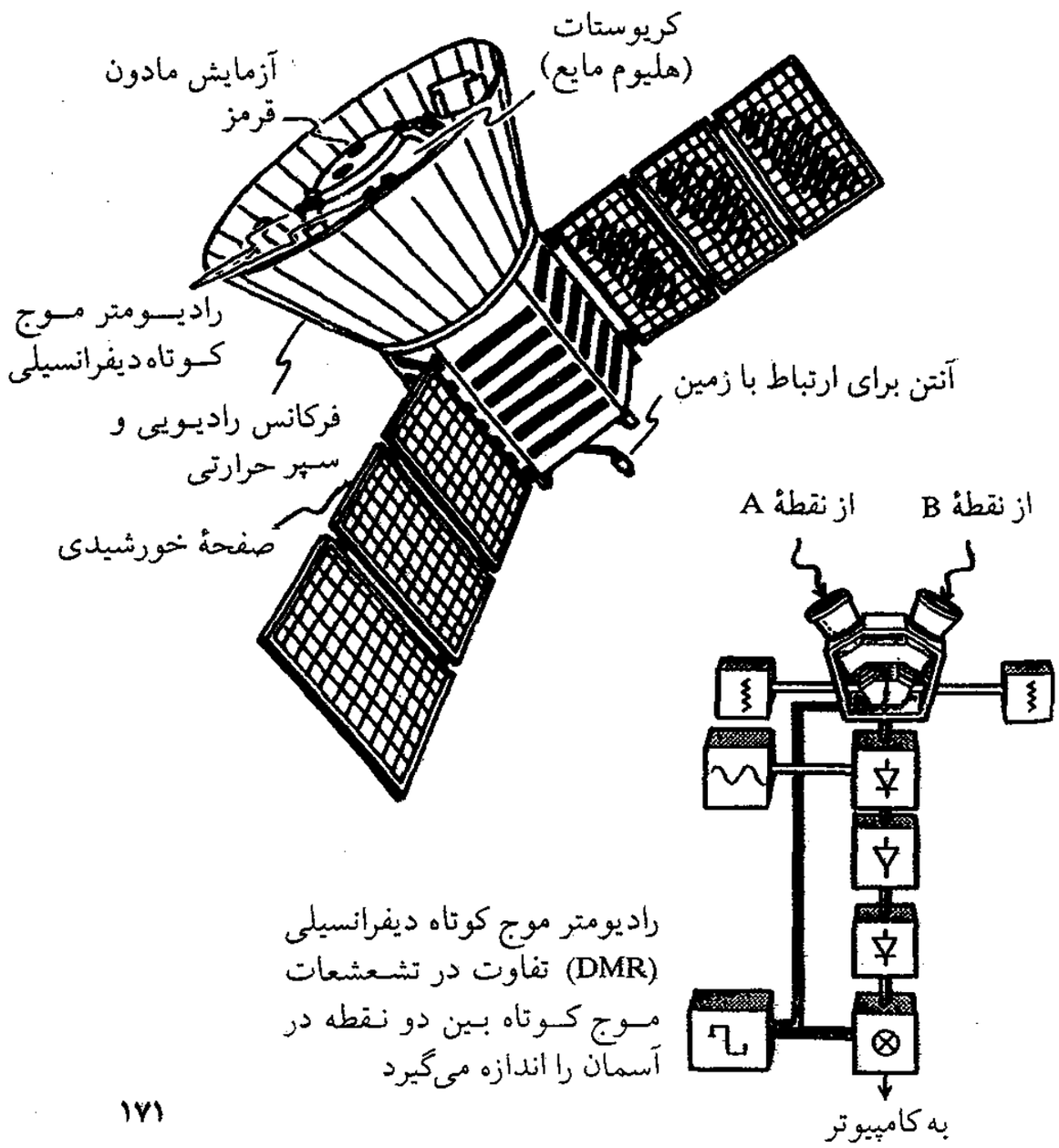
ماهوارهٔ کوبه بود از رادیومتر موج کوتاه مطلقی که به‌وسیلهٔ حمامی از هلیوم مایع در سطح ماهواره کالیبره شده بود، استفاده کرد. نتایج بدون شک ثابت می‌کردند که احساسگرهای ماهواره دارند به باقی‌ماندهٔ گرم و متراکم جهان اولیه می‌نگرند. همان چیزی که انفجار بزرگش می‌نامیم. اینچنین منحنی‌ای می‌توانست ماکس پلانک را به لرزه اندازد. همان‌طور که وقتی در دههٔ ۱۹۹۰ ارائه شد، انجمن منجمان آمریکا را مبهوت کرد.

اندازه‌گیری‌های COBE از تشعشعات زمینه‌ای



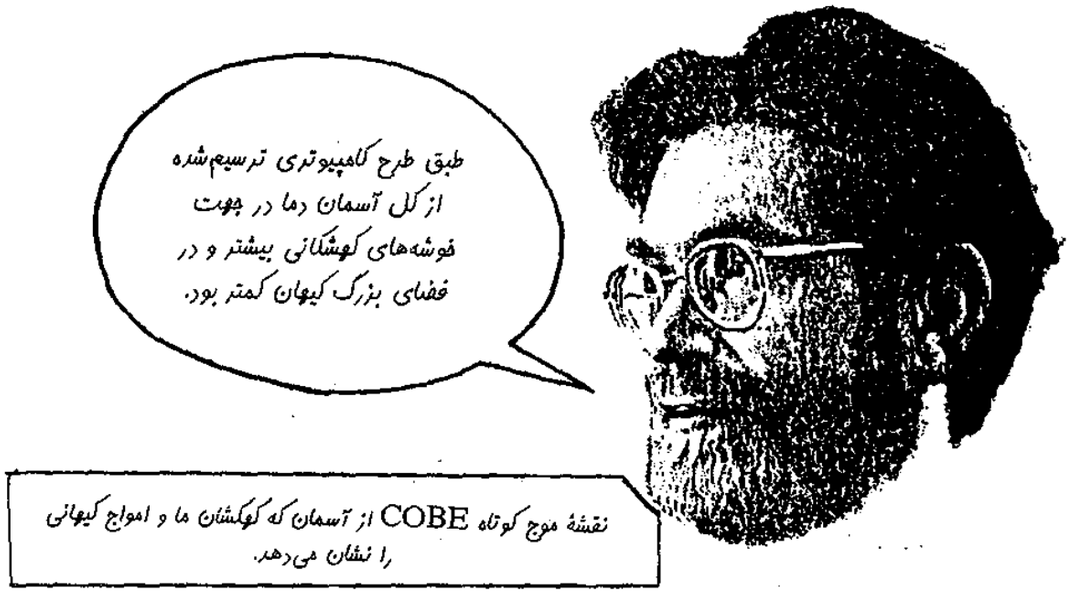
اما اخبار بزرگ هنوز در راه بودند. کوبهٔ II (COBE II) از یک **رادیومتر موج کوتاه دیفرانسیلی** حساس (DMR) استفاده نمود که دمای مطلق اشعه را در یک نقطه مشخص در آسمان اندازه نمی‌گیرد بلکه **تفاوت** دما بین دو نقطه را اندازه‌گیری می‌کند. آنتن مفرد کوبه I این پاسخ را می‌دهد؛ «دما در نقطهٔ A ۲/۷۳۵ درجه است»، اما آنتن دوگانهٔ رادیومتر دیفرانسیلی کوبه II این پاسخ را می‌دهد: «تفاوت دما بین دو نقطهٔ A و B ۰/۰۰۲ درجه است.»

فضاپیمای COBE

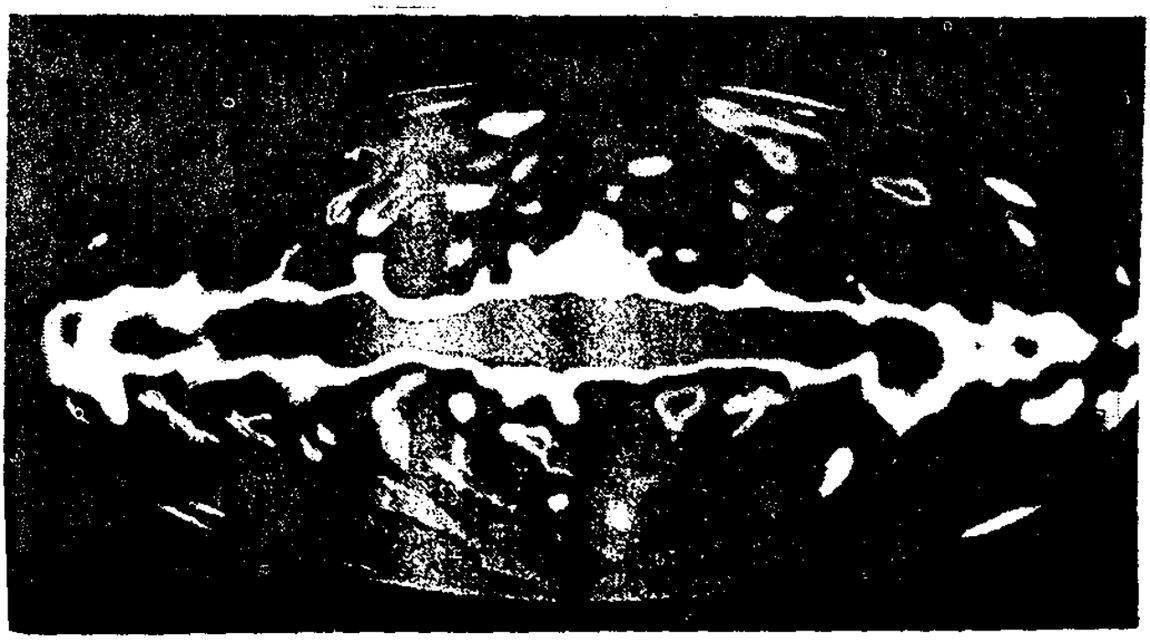


رادیومتر موج کوتاه دیفرانسیلی (DMR) تفاوت در تشعشعات موج کوتاه بین دو نقطه در آسمان را اندازه می‌گیرد

این پروژهٔ جورج اسموت بود؛ جست‌وجو برای دلایل و نشانه‌های امواج در فضا-زمان عالم ۳۰۰۰۰۰ ساله. در آوریل ۱۹۹۲، پس از بیش از ۲ سال جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات، اسموت و گروهش اطلاعیه‌ای هیجان‌انگیز منتشر کردند؛ ماهوارهٔ COBE اختلاف دماهای کوچکی در حد یک‌صدهزارم درجه در تشعشعات زمینه‌ای را شناسایی می‌کرد.



نقشهٔ موج کوتاه COBE از آسمان که کهکشان ما و امواج کیهانی را نشان می‌دهد.



اکنون به‌نظر می‌رسد که برای نظریه‌پردازان این امکان وجود دارد که برخی از ساختارهایی را توضیح دهند که در عالم امروز برحسب حوادث رخ‌داده در میلیاردها سال قبل، دیده می‌شود.

این گزارش از سوی رسانه‌ها در سراسر دنیا با حرارت تمام مورد تمجید قرار گرفت.

کاوشگر زمینه کیهانی آسمان را ترسیم کرده و تشعشعات زمینه کیهانی انفجار بزرگ را اندازه‌گیری کرده است.

هاوکینگ و اسموت هردو احکامی را ارائه کردند که توأماً دو انتها در طیف احساسات را پوشش می‌دهند. اسموت مردی مذهبی است و انفجار بزرگ را به‌عنوان حادثهٔ خلقت پذیرفته است. نتایج کوبه از نظر اجساسی او را تکان داد. هاوکینگ چیزها را به‌طور متفاوتی می‌بیند. از نظر وی، اختلافات در تشعشعات زمینه‌ای که توسط کوبه دیده شده است، شاهد ساده‌ای برای حضور افت‌وخیزهای کوانتومی در عالمی متورم مطابق با طرح بدون مرز است. تعجبی ندارد که او لبخند می‌زند. موفقیت کوبه به‌وسیلهٔ اغلب دانشمندان تأییدی حیرت‌انگیز بر کیهانشناسی انفجار بزرگ شناخته می‌شود. اما بازی هنوز تمام نشده است. راه‌حل نهایی اسرار آغاز و ساختار عالم ممکن است بسیار پیچیده‌تر باشد. فلسفهٔ مرکزیت زمین ارسطو و افلاطون و سیستم خورشید مرکزی کپرنیک و تخم‌مرغ کیهانی لماتره و طرح بدون مرز هاوکینگ تازه قدم در راهی برای فهم عمیق عالم و جایگاه ما در آن نهاده است. این راه در اختیار همگان است تا بیندیشند، درک کنند و لذت ببرند.

استفن ویلیام هاوکینگ، کیهان‌شناس ــ نمونه‌ای از اندیشه‌ورزان حدود سال ۲۰۰۰ میلادی ــ قطعاً دِین خود را ادا کرده است.

هر چند استفن هاوکینگ یکی از شناخته شده‌ترین فیزیک دانان عصر حاضر است، اما کمتر کسی خارج از این حوزه تخصصی با کارهای وی آشناست. برای عموم، او بیش از هر چیز تجسم اراده انسانی است که علیرغم ناتوانی در سخن گفتن، نوشتن و راه‌رفتن به دلیل ابتلا به یک بیماری لاعلاج سال‌هاست که برای فهم و پیشبرد دانش بشری از فیزیک معاصر تلاش خستگی‌ناپذیری را پی گرفته است.

هاوکینگ تاکنون موفق شده است که نقاط تقاوت و حوزه‌های تشابه در نظریه عمومی نسبیت اینشتین و مکانیک کوانتوم را آشکار سازد، و از این طریق دیدگاه‌های نویسی را درباره نظریه "انفجار بزرگ" و سیاه‌چال‌ها ارائه دهد. با مطالعه کتاب حاضر خوانندگان می‌توانند در **قدم اولی** را در جهان پیچیده فیزیک جدید بردارند و هم با حدود گسترده دنیای پیچیده اشتیاق و اراده بشری برای کشف حقایق عالم آشنا گردند.

ISBN: 964-6578-63-2 شابک ۲-۶۳-۶۵۷۸-۹۶۴