سرنوشت جهان

ریچارد موریس

سرنوشت جهان

ریچارد موریس

ترجمه : ابوالفضل حقیری

حق چاپ و تقلید محفوظ

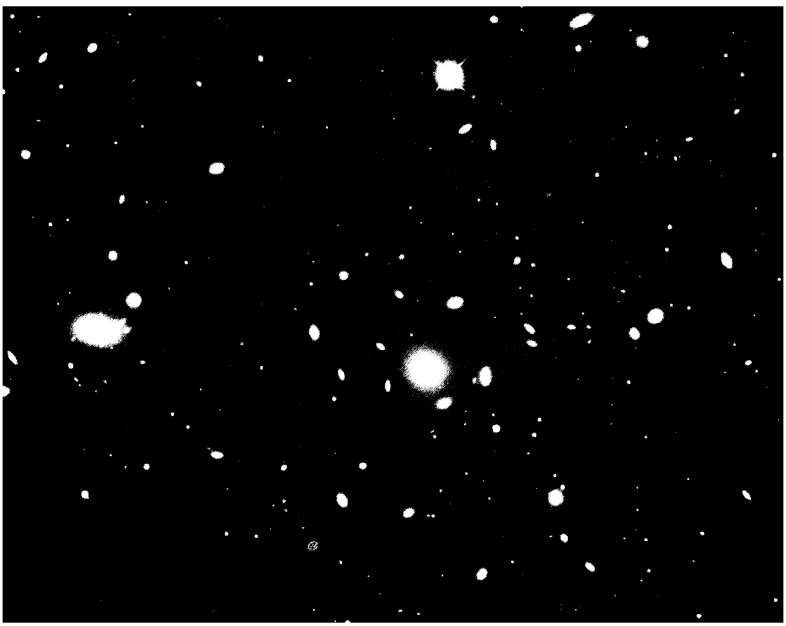
ناشر :

نام کتاب : سرنوشت جهان
نویسنده : ریچارد موریس
ترجمه : ابوالفضل حقیری
چاپ : آشنا
صحافی : امید
تاریخ چاپ : ۱۳۶۸
نوبت چاپ : دوم ۰
تیراژ : ۳۰۰۰ جلد
حروفچینی : چاپ آشنا

فهرست

عنوان	صفحه
۱ ــ جهان : باز یا بسته	۱۱
۲ ــ انتقال به قرمز	۳۵
۳ ــ انفجار بزرگ	۵۵
۴ ــ جرم گمشده	۷۵
۵ ــ حفره های سیاه	۹۵
۶ ــ ذرات گریزان	۱۱۷
۷ ــ سرنوشت جهان	۱۳۵
۸ ــ جهانهای دیگر	۱۵۵
۹ ــ خدای اینشتاین ، دلیل گودل ، نفرین سن آگوستین	۱۷۳

سحابی خرچنگ ـ سحابی خرچنگ باقیمانده یک ابرنواختر است که در سال ۱۰۵۴ پس از میلاد توسط منجمان چینی دیده شده بود.

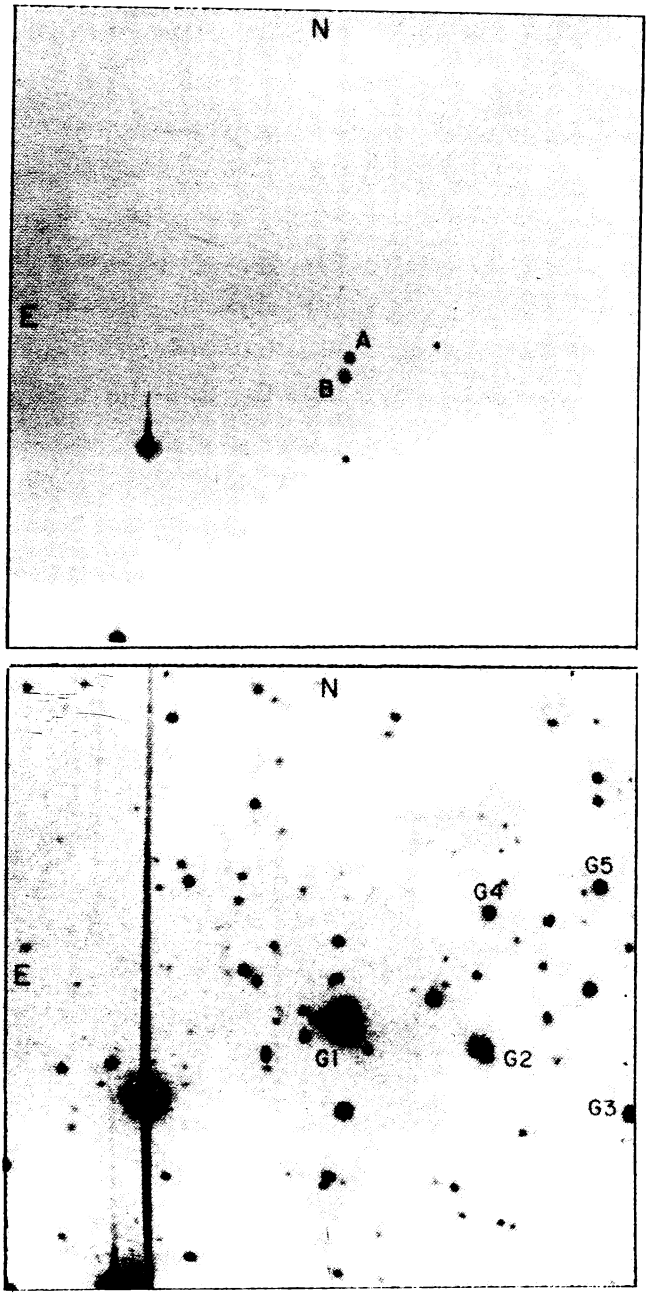


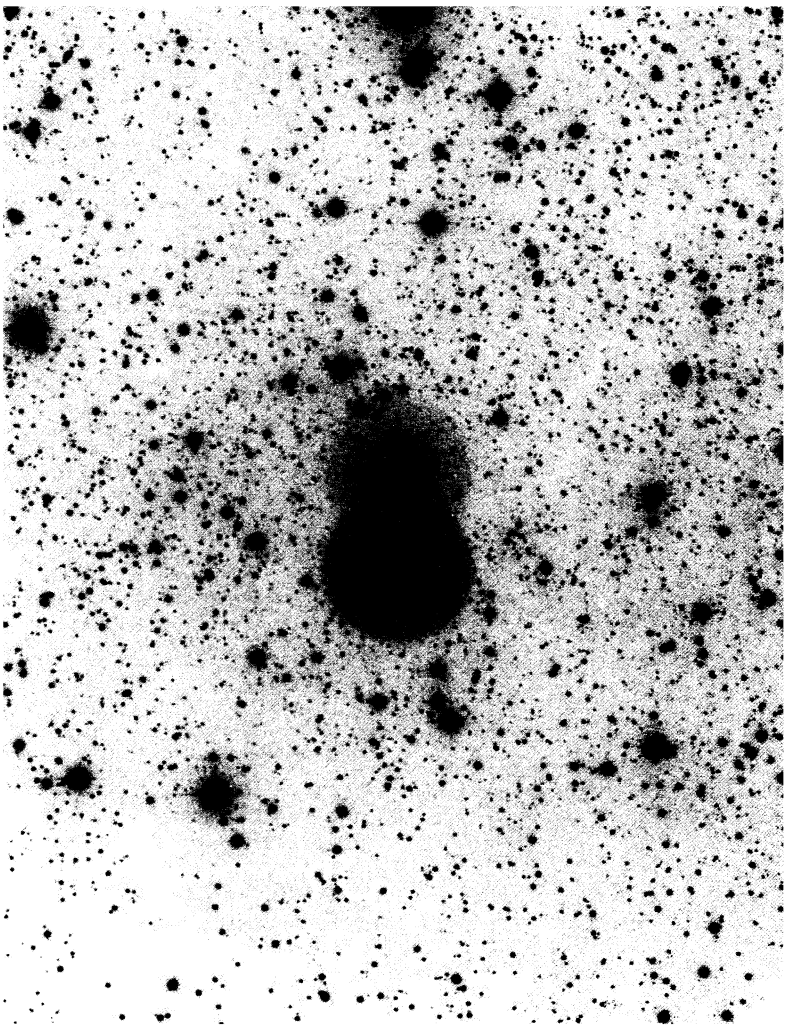
خوشهٔ کهکشانها درصورت‌فلکی گیسو. درسال ۱۹۳۳ منجم آمریکائی فریتس زویکی خاطر نشان کردکه گر چه خوشه ظاهرا" توسط گرانش بهم نگهدا شته شده‌است، کهکشانها جرم کافی ندارند تا نیروی جاذبه‌ای لاز م را ایجا دکنند. این‌مسئله" جرم گمشده" تنها درهمین چند سال اخیر حل شده است . این نکته کشف شده است که قسمت بیشتر جرمی که در خوشه وجود دارد، نه درکهکشانها، بلکه در هاله‌های تاریک پرجرم که آنها را احاطه کرده‌اند وجود دارد.

نخستین عدسی گرانشی شناخته شده. این‌دو تصویر که برای وضوح بیشتر به‌شکل نگاتیوچاپ شده‌اندهردویک منطقه‌ازآسمان‌را نشان میدهند. دومی که با وضوح‌بیشتری گرفته شده اجسام بسیار کم نور را که در تصویر اولی دیده نمی‌شوند نشان می‌دهد.

تصویر اول کوازار دوتایی ۵۶۱+۰۹۵۷ را نشان میدهد. دو تصویر که با "A" و "B" مشخص شده‌اندانتقال‌به‌قرمز وطیف‌مشابهی دارند (آنها نور را با طول موجهای مشابه منتشر می‌کنند). تصویر دوم خوشه‌ای از کهکشانهابین کوازار دوتایی و زمین را نشان میدهد. پنج کهکشان نورانی با علامتهای G_1 تا G_5 نشان داده شده‌اند. تصویر G_1 روی تصویر B_1 را پوشانده" است. باتحلیل‌این‌دوتصویر و دیگر اطلاعات، معین شده است که کوازاردوتایی درواقع دوتصویرازیک‌کوازار است. انشقاق، توسط میدانهای گرانشی که G_1 تولید می‌کندایجاد شده است.

این نخستین مثال از اثر عدسی گرانشی بود که در۱۹۳۶ توسط اینشتاین پیش‌بینی شد. کوازار دوتایی در سال ۱۹۷۹ کشف شد.


N
E
A
B
N
E
G1
G2
G3
G4
G5



دجاجهٔ ۱ ــ X . ستارهٔ پائین‌تر در مرکز این تصویر (که به شکل نگاتیو چاپ شده) ستارهٔ HDE ۲۲۶۸۶۸ است. غول‌آبی که معتقدند همراه قابل‌رویت آن یک حفرهٔ سیاه است. تصویر با تلسکوپ ۲۰۰ اینچی در رصدخانه پالومار توسط دکتر جروم کریستیان گرفته شده است.

فصل اول

جهان:
باز یا بسته؟

بسال ۱۶۹۲، آیزاک‌نیوتون درنامه‌ای‌که‌برای کشیش‌و محقق انگلیسی ریچارد بنتلی نوشت، توضیح‌داد که چرا وی اعتقاد به نامحدود بودن جهان دارد، نیوتون گفت اگر جهان محدود می‌بود، گرانش باعث می‌شد که تمام مادهٔ موجود درجهان به سمت مرکز آن جمع شود. دراین صورت تعدادی ستارگان منفرد موجود نبودند، بلکه تنها توده‌ای عظیم وجود می‌داشت. نیوتون ادامه‌داد، " اما اگر ماده درهمه جای فضایی نامحدود بطور مرتب‌قرارمی‌گرفت، هرگز نمی‌توانست‌بصورت یک توده گرد آید؛ بلکه قسمتی از آن دریک توده‌جمع می‌شدو قسمتی درتوده‌ای دیگر، بطوریکه تعدادی نامحدوداز توده‌های‌بزرگ بفاصله‌های زیاد از هم در سراسر فضای نامحدود پراکنده می‌شدند. "

به دیگر سخن، دریک جهان نامحدود، مرکزی وجود ندارد. تعداد بیشمارستارگان‌وسیاره‌ها، وضعیت‌خودرا در فضا حفظ می‌کنند زیرا میانگین کشش گرانشی در تمام جهات یکسان خواهد بود.

ظاهرا" این استدلال، ادموندهالی منجم‌انگلیسی را که ستارهٔ دنباله دار هالی بنام وی نامگذاری شده، متقاعد نکرد. بسال ۱۷۲۰، هالی معتقد بود که وجودیک‌جهان نامحدود غیر ممکن است. او گفت: " اگر تعداد ستاره‌های ثابت از رقم محدودی بیشتر باشد، تمام سطوح

کروی آشکار آنها فروزان خواهد بود."

هالی فکر میکرد که مجموعه‌ای نامحدود از ستاره‌ها نور بسیار زیادی از خود صادرمی‌کنند بطوریکه آسمان درشب بسیار نورانی‌می‌شود، به هر جا که کسی نگاه کند یک ستاره می‌بیند، در نتیجه آسمان درشب ــ و در روز بهتر ــ از خورشید نورانی‌ترخواهد بود. امروزه‌این استدلال‌بنام پارادوکس اولبرزمعروف است که فیزیکدان ومنجم آلمانی هنریش ویلهلم ماتیاس اولبرز، در سال ۱۸۲۶ آنرا دوباره احیا کرد.

نیوتون و هالی نخستین‌کسانی‌نبودند که در بارهٔ این سئوال که آیا جهان محدود است یا نامحدود اندیشیدند. مثلا" تعدادی از نخستین فیلسوفان یونان، آناکسیماندر و دموکریتوس، این اندیشه را مطرح کرده بودند که تعدادنامحدودی‌ازجهانها وجوددارند. ارسطو که به این عقیده مشکوک‌بود، کوشیدتا ثابت کند وجودهم‌فضای‌نامحدودوهم اعدادنامحدود غیر ممکن است. اما هیچکدام از این‌دو نظریه حرف آخر را نزدند. ایدهٔ جهانهای‌نامحدود درنوشته‌های شاعر رمی لوکریتوس ذکر شده است و یکی از موارد ارتدادی است که فیلسوف ایتالیایی جوردانو برونو بخاطرآن در سال ۱۶۰۰زنده‌زنده‌درآتش‌سوزانده‌شد. دراین ضمن بسیاری‌از ارتدکس ها از عقیدهٔ ارسطو طرفداری کردند. مثلا" دانته در *کمدی الهی* جهانی را توصیف میکند که محدود و ارسطویی است.

مفهوم نامحدودبودن‌تا زمانی که اختراع‌شد، مسائل‌زیادی را ایجاد کرده بود. تناقضاتی که دراین نظریه‌وجود داشتند بسیار زیادند بطوریکه چندین جلد کتاب‌باندازه کتاب‌حاضر هم نمیتواندتمام آنها را بیان کند. و همانطور که‌من‌میکوشم‌تا در فصلهای بعدی‌نشان بدهم، دانشمندان هنوز در مورد نامحدود بودن جهان‌دچار اشکال‌هستند؛ درفیزیک کمیتهای نامحدود اغلب نشانه این امر هستند که در تئوری ارائه شده چیزی غلط است.

اما جهان محدود ارسطویی هم بدون تناقض نبود. درزمان قبل از اینشتاین بنظرواضح میرسید که اگر جهان محدود باشد، پس ضرورتا" باید یک حد خارجی داشته‌باشد. اما چه اتفاقی می‌افتد اگر کسی گلوله‌ای را به آنسوی این مرز پرتاب کند؟ آیا این گلوله‌هنوز جزئی از جهان است؟ گلوله مذکورنمیتواندجهان‌راترک‌کند چراکه جهان بر طبق تعریف عبارتست از همهٔ آن چیزی که وجود دارد. از سوی دیگر، این گلوله نمیتواند هنوز در جهان باشد چرا که به آنسوی مرز جهان پرتاب شده است.

وقتی نیوتون‌وهالی بحث‌جهان محدودو نامحدود را پیش‌کشیدند، ادعا نداشتند که‌این مسائل فلسفی کهن را حل کرده‌اند. آنها بسادگی از این مسائل‌چشم‌پوشی‌کردند. آنهابا اعتقاد به این امر که مسئلهٔ "اندازهٔ" "جهان، مسئله‌ای‌است‌که علم‌میتواند بدان‌پاسخ دهد، به سوی مشاهدات علمی‌جلب‌شدند. آنها بیشتر به این علاقمند شدند که چه چیز *وجود دارد* نه اینکه چه چیز از نظر فلسفی معقول و مستدل بنظر میرسد.

امروزه ما‌میدانیم که هم‌در استدلال نیوتون و هم در استدلال هالی عیبهایی وجوددارد؛ آنها هر دو کار خود را بر پایه فرضیاتی آغاز کردند که کاملا" معتبر نبود. استدلال نیوتون‌به غلط بر این فرض‌استوار بود که اگر تمام‌ماده درجهان به سمت جمع شدن دریک توده پیش میرود، این امر باید قبلا" نیز اتفاق‌افتاده باشد. نیوتون کاملا" درست می‌پنداشت که در یک جهان محدوداین‌اتفاق‌سرانجام‌رخ‌خواهد داد. اما وی نتوانست‌دریابد که مقدر شده است که این امر، میلیاردها سال دیگر درآینده رخ دهد.

اکنون ما‌میدانیم‌که جهان‌درحال انبساط است. کهکشانها‌وخوشه‌های کهکشانها دارند از هم دور میشوند و فرار میکنند؛ آنها که فاصلهٔ بسیار دوری دارندبا سرعتهایی نزدیک‌به سرعت نور دور میشوند. هنوز جاذبهٔ گرانشی بین‌کهکشانها‌باعث‌کندی‌انبساط میشود. اگر این‌انبساط به اندازهٔ کافی کند شود، سرانجام جهان شروع به انقباض میکند.

وقتی جهان شروع به انقباض کند، هیچ چیز قادر به متوقف کردن آن نیست. پس از مدت زمانی از دهها یا صدها میلیارد سال، گیتی کوچکتر و کوچکترخواهد شد. درآنزمان همه چیز آنقدر فشرده میشود تا به حجمی کمتر از آنچه که منظومهٔ شمسی اشغال کرده است میرسد ــ و انقباض ادامه می‌یابد تا زمانی که جهان به عدم بپیوندد.

عیب و اشکال استدلال هالی نیز به این واقعیت برمیگردد که جهان در حال انبساط است. هالی درست می‌پنداشت که دریک جهان نامحدود و ایستا، آسمان نورانی‌تر از خورشید خواهد بود. اما این انبساط جهان است که نور ستاره‌های دور را تاریک و تیره میکند: ستاره‌ای که با شتاب از ما دور میشود باندازه‌ستاره‌ای که‌به مانزدیک میشود نورانی‌بنظر نمی‌آید.

دلیل دیگری‌هم هست که چرا آسمان در شب سیاه است. جهان سن محدودی دارد؛ جهان طی *انفجار بزرگ* مهیبی در۱۳ تا ۱۸ میلیارد سال پیش‌زاده‌شد. درچنین مدت‌زمانی یک پرتو نور، تنها میتواند تا به اینجا برسد. ستارگانی که‌بیش‌از ۱۳ تا ۱۸ میلیارد سال نوری از ما دور هستند برای ما قابل دیدن نیستند؛ عمر جهان به آن اندازه کافی نیست تا نور آنها به ما برسد.

چه کسی درست میگفت؟ نیوتون یاهالی؟جهان محدوداست یا نامحدود؟ به‌این پرسش‌هنوز هم پاسخی داده‌نشده است. گر چه معلومات ما در باره‌جهان‌درقرن‌بیستم به‌میزان عظیمی افزایش‌یافته، گر چه‌کشفیات بسیاری درنجوم و کیهان شناسی انجام گرفته است، اما هنوز این امکان را نداریم که بگوئیم جهانی که درآن زندگی میکنیم از چه نوعی است. این سئوال یکی از بزرگترین مسائل حل نشدهٔ دانش معاصر است.

امروزه، دانشمندان دیگر نه‌از یک کیهان محدود یا نامحدود بلکه بجای آن از جهان *باز* یا *بسته* صحبت میکنند. آنها این واژگان رابکار می‌برند زیرا از دقت بیشتری برخوردار است. بر طبق تئوری نسبیت عام

آلبرت اینشتاین، ارتباطی نزدیک بین "اندازه" جهان و انبساط آن موجود است.

در یک جهان بازیا نامحدود، انبساط هرگز متوقف نمیشود؛ کهکشانها به‌دور شدن ازهم ادامه میدهند. سرعت پس رفت ممکن است کاهش یابد اما چیزها هرگز دچار ایست کامل نمیشوند. ضمنا" دراینجا تناقضی وجود ندارد. وقتی ما میگوئیم یک جهان نامحدود درحال انبساط است، منظور ما بطور ساده این است که مادهٔ این جهان دارد هر چه بیشتر پراکنده میشود. دریک جهان بسته یا محدود انبساط سرانجام متوقف خواهد شد. و وقتی چنین امری اتفاق می‌افتد، گرانش شروع به کشیدن کهکشانها بسمت یکدیگر میکند.

براساس تئوری نسبیت عام (۱)، پاسخ به این سئوال که آیا جهان باز است یا بسته، بستگی به‌میزان جرم درهر حجم معین دارد. اگر میانگین تراکم ماده بیش‌ازمیزان معینی باشد، دراینصورت جهان بسته است. اگر میانگین تراکم کمتراز آن اندازه باشد، دراینصورت جهان باز است. طبیعتا" تراکم یا چگالی جرم، با زمان تغییرمیکند. اما برای درجه معینی ازانبساط میتوانیم یک چگالی بحرانی را برآورد کنیم. بعبارت دیگر، اگر بتوانیم تعیین کنیم که جهان هم اکنون با چه‌سرعتی درحال انبساط است، میتوانیم بگوئیم درصورتیکه جهان بسته باشد چه چگالی از جرم را باید داشته باشد.

ارتباط بین مقدار ماده و سرنوشت جهان ارتباطی ساده است. هر چه جرم بیشتر باشد، نیروی گرانشی بیشتر خواهد بود. هر چه نیروی گرانشی

---

۱ ــ دو تئوری درمورد نسبیت موجود است. تئوری *نسبیت خاص* اینشتاین که درسال ۱۹۰۵ منتشر شد، مربوط است به حرکت اجسامی که در سرعتهای بالا حرکت می‌کنند. *نسبیت عام*، که در ۱۹۱۵ ارائه‌شد، عبارتست از قانون گرانش اینشتاین.

بیشتر باشد ، انبساط زودتر کند میشود .

اگر چگالی جرم از حد بحرانی کمتر باشد ، ترمز گرانشی ضعیف تر خواهد بود ، و کهکشانها به دور شدن از یکدیگر ادامه میدهند تا زمانی که از تیررس گرانش خارج شوند . درنتیجه ، انبساط برای همیشه ادامه خواهد داشت .

ارتباط بین چگالی ماده و " اندازه" جهان ارتباطی پیچیده است که به مفهوم *فضای منحنی* بستگی داردکه اینشتاین بهنگام نشر تئوری نسبیت عام مطرح کرد . تجسم فضای منحنی امر ساده‌ای نیست . خوشبختانه برای ما این امکان وجود دارد که همانند سازی کنیم . یک نمونه رایج این کار ورقه لاستیکی است ، یعنی همانند دو بعدی از فضای سه بعدی . تصور کنید این ورقه لاستیکی بر روی چارچوبی کشیده شود بطوریکه کاملا " صاف باشد . اگر وزنهٔ سنگینی روی ورقه جای بگیرد ، ورقه به سمت پائین انحنا برمیدارد . صفحه لاستیکی بهمان سان که حضور جرمی بزرگ مانند خورشید فضا را در جهان اینشتاینی منحنی میکند ، تغییرشکل میدهد . براساس نسبیت عام ، حضور ماده ، فضا را منحنی میکند .

حال اگرشیئی کروی کوچکی بعلت وزن خود بطرف فرورفتگی بغلطد ، مسیر حرکت آن خطی مستقیم نخواهد بود . بجای آن ، شیئی همچنانکه می‌غلطد ، به سوی فرورفتگی منحرف میشود . اگر در مسیر دقیقا " صحیح بغلطد ، همانند گردش یک گلوله به دور لبهٔ چرخ رولت ، به دورفرورفتگی خواهد چرخید . این ، همانندگردش سیاره‌ای مثل زمین به دورخورشید است . جسم کوچک ما به سمت وسط گودی ، حرکتی حلزونی خواهد داشت (درست مانند گلوله رولت که بسوی مرکز چرخ حرکت حلزونی دارد و در سوراخی که شماره‌ای را مشخص میکند می‌افتد) ، اما این عمل درا ثر اصطکاک انجام میگیرد . در فضای تهی اصطکاکی وجود ندارد ، و یک سیاره میتواند تا ابد به دور ستاره بچرخد .

فرض کنید وزنه‌های بسیاری بر روی صفحه لاستیکی قرار داده‌شود. بدیهی‌است اثروزنه‌ها با هم جمع خواهد شد؛ تمام صفحه به سمت پائین تحدب خواهدیافت. اگر وزنه‌های بیشتری اضافه شوند، این تحدب بزرگتر میشود. به‌طریقی مشابه، تمام اجسام درجهان درایجاد میانگین انحنای فضا شرکت دارند.

اگر تراکم جرم به‌اندازهٔ کافی زیادباشد، انحنا آنقدر زیاد خواهد بودکه فضا به‌دور خودحلقه‌می‌زند. همانند دو بعدی چنین جهان بسته‌ای، یک‌کره‌خواهدبود. دراینجاهمانندسازی‌ماخاصیت خود را از دست میدهد؛ هیچکس تا کنون‌با انباشتن‌وزنه برویک صحفه لاستیکی‌که‌از دو سو کشیده شده است، نتوانسته است آنرا به یک کره تبدیل کند.

اگر جهان بسته بود، آنگاه این امر بطور اساسی امکانپذیر میشد که سوار یک سفینه فضایی شویم و کمابیش بهمان طریق که ماژلان دورگیتی را با کشتی پیمود، بدور جهان سفر کنیم. یا حداقل درصورتیکه جهان پیش از آنکه فرد کل راه را بپیماید فرو ریخته و متلاشی نمی‌شد، امکان انجام چنین کاری وجود داشت. متاسفانه تئوری اینشتاین میگوید که اول جهان فرو ریخته و متلاشی میشود.

ممکن است تصور شود که اگرجهان شبیه یک کره بود، باید رفتن به "خارج" از آن امکانپذیر میشد. و سرانجام اینکه، هواپیماها و راکتها بر فراز سطح دوبعدی‌زمین‌بلند میشوند. اینجانیز همانند سازی ما را به‌راهی غلط میکشاند. "خارج"وجود ندارد زیراجهان شامل تمام فضا و تمام زمان است. همینطور جهان به "داخل" چیز دیگری بسط نمی‌یابد؛ بلکه خود فضا انبساط پیدا میکند.

انحنای یک جهان باز از گونه‌ای دیگراست. چنین جهانی نمیتواند به‌دور خود حلقه بزند؛ این جهان شامل "جهانهای نامحدود" برونو و فیلسوفهای قبل‌از سقراط یعنی آناکسیماندرودموکریتوس‌است زیرا ستارگان

و کهکشانها دردرون آن جاودانه اند.

میتوان جهان بسته را با یک کره مقایسه کرد. انحنای یک جهان باز گاهی اوقات با انحنای یک زین مقایسه میشود. بهر حال، نباید این طور تصور کرد که چون کره سطحی دو بعدی است که در فضایی سه بعدی انحنا یافته است، پس جهان ما باید چهار بعد فضایی داشته باشد.

این درست است که نسبیت عام از *فضا ـ زمان* چهار بعدی صحبت میکند. اما از یک جهت قوانین نیوتون نیز چهاربعدی هستند. همانند فرضیه اینشتاین، قوانین نیوتون نیز دارای سه مختصات فضایی و یک مختصات زمانی هستند. اما درنسبیت عام، فضاو زمان بر روی هم اثر متقابل دارند. در فیزیک نیوتونی چنین اثری وجود ندارد.

بعبارت دیگر، اینشتاین بعد چهارمی به تصور ما دربارهٔ فضا اضافه نکرد. او بطور ساده نشان داد که ممکن نیست دربارهٔ فضا بمثابهٔ چیزی که بهر جهت به تنهایی وجود دارد صحبت کنیم و از اثرات زمان چشم بپوشیم.

چون نسبیت عام به موضوعاتی میپردازدکه تا کنون از تجربهٔ روزمره دور بوده‌اند، مفاهیم آن اغلب بنظرنامانوس میرسند. این تئوری هنوز از نظر ریاضی نامتناقض است؛ کوشش برای ایجادشکاف درآن از طریق منطقی صرف یا مبانی ریاضی محکوم به شکست است.

اگریک تئوری نامتناقض باشد، نمیتوان اینطور استنباط کرد که تئوری فوق باید درست باشد. اگر تئوری برپایه فرضیات ناقص و معیوب استوار باشد، پیشگوئیهای آن تئوری ارتباط کمتری با واقعیت خواهد داشت. مهم نیست کهاین تئوری چقدر منطقی یا ظریف باشد. تنها آزمونهای تجربی و مشاهدات میتوانند به ما بگویند که یک تئوری احتمالا" معتبر است یانه.

تا همین اخیرا"، مدارک تجربی برله نسبیت عام کم بود، و برخی دانشمندان دربارهٔ ایده‌های اینشتاین شک داشتند. بین سالهای ۱۹۱۵

زمانی که تئوری منتشر شده‌بود، و اواخر دههٔ ۱۹۶۰ نزدیک به یکصد تئوری دیگر در بارهٔ گرانش پیشنهاد شده بود. فیزیکدانها برخی از آنها را کاملا " جدی‌میگرفتند، و مواقعی میشد که بنظر میرسید این یا آن تئوری میتواندسرانجام جایگزین نظریه اینشتاین شود.

امروزه‌مجلات علمی بندرت تئوریهای جایگزین را چاپ میکنند، و قبول تئوری نسبیت‌عام عملا " جهانی شده است. در طول دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰، این امکان پدید آمد که‌پیش بینی‌های نسبیت عام، با دقت بی سابقه‌ای به محک‌آزمایش‌گذاشته‌شود. درهمهٔ حالات، وقتی مدرکی مورد قضاوت قرار میگرفت، برله اینشتاین بود.

این امربدین‌معنی‌نیست‌که نسبیت‌عام حرف‌آخررا درمورد ساختمان جهان میزند. چنین چیزی بعنوان بازپسین تئوری علمی وجود ندارد. درست همانطوریکه‌قانون‌گرانش‌نیوتون توسط اینشتاین لغو شد، ممکن است اگردانشمندان‌ماهیت‌میدانهای گرانشی‌بینهایت قوی ــ از آنگونه که دریک جهان درحال‌انقباض‌در طی آخرین مراحل‌متلاشی شدن وجود دارند ــ را دریابند، تئوری اینشتاین هم نیاز به تغییر و تعدیل پیدا کند.

اما اگر این قضیه ثابت شود، هنوز امکانپذیر است که نسبیت عام را درشرایطی که‌ازشدت‌کمتری برخوردارند، بکارگیریم. تئوری‌اینشتاین مثل تمام " قوانین" فیزیک، تنها یک‌تخمین است. هیچ تئوری تاکنون بطور دقیق طبیعت را توصیف نکرده است. اما در حال حاضر توصیف ساختمان جهان کافی است.

یک حالت مشابه نسبت به قانون گرانش نیوتون وجود دارد. گر چه این قانون‌دقیق نیست اما برای کارهایی مانند محاسبه مدارها درکاوشهای فضایی پیرامون‌مشتری و زحل کافی است.

استفاده ازنسبیت عام برای چنین هدفی غیر ضروری است؛ نسبیت عام، ازنقطه‌نظرریاضی‌بسیار پیچیده‌است و اصلاحاتی که درآن باید وارد

شود بطور غیر قابل اندازه‌گیری کوچک هستند.

وقتی گرانش‌بسیارقوی باشد یا وقتی دربارهٔ اثرات گرانش درفواصل بیش ازمیلیاردهاسال نوری صحبت میکنیم، اصلاحات مبتنی بر نسبیت بر روی تئوری‌نیوتون‌اهمیت زیادی‌پیدا میکند. دربسیاری حالات، این تئوری بهمان اندازه‌ای که درزمان نیوتون قابل استفاده بود، اکنون نیز هست.

اصلاحاتی که یک تئوری "ایده‌آل" فرضی‌میتواند در تئوری نسبیت وارد کند هنوز کوچک است. احتمالا "این‌اصلاحات بهنگام وقوع اولین پدیده از دو دسته پدیده‌ای که‌در بالا بیان شدند اهمیت پیدا میکنند: وقتی نیروهای گرانشی بسیارنیرومند باشند. تا زمانیکه میدانهای گرانشی که در فضای‌بین ستاره‌ای موجودند تمایل به‌ضعیف شدن نسبی دارند، میتوانیم مطمئن باشیم که نسبیت عام تصویر بسیار دقیق از جهان بمثابه یک کل به ما میدهد. همانطور که هیچ کشف جدیدی نخواهد توانست این حقیقت را که‌زمین‌به دور خورشیدمیچرخد تغییر دهد، هیچ تئوری جدیدی نیز نمیتواند درک ما را از فضای منحنی تغییر دهد.

اما همیشه امکانپذیر نبوده‌است که چنین اطمینانی داشته باشیم. نخستین آزمونهای‌تجربی برروی‌تئوری‌اینشتاین خیلی قانع کننده نبودند، زیرا نسبیت‌عام‌نتایجی دربرداشت که تفاوت کمی با پیش بینی‌های قانون نیوتون داشتند.

نخستین کوشش‌برای‌آزمودن صحت نسبیت عام درکمتر از چهار سال پس‌از نشر تئوری اینشتاین درمجله علمی آلمانی وقایع سالانه فیز یک در ۱۹۱۵ بعمل‌آمد. در ۱۹۱۹، گروهی ازدانشمندان به‌سرپرستی منجم انگلیسی آرتورادینگتون رهسپار جزیره‌پرینسیپ، درکنار ساحل‌آفریقا شدند تا یک خورشیدگرفتگی را مشاهده کنند. دراین ضمن، گروه دیگری از منجمان به سوبرال‌دربرزیل سفر کردند. قصد آنها این بود که انحراف نور ستاره را درمیدان گرانشی خورشید در طول یک خورشید گرفتگی کامل

اندازه‌گیری کنند.

براساس تئوری اینشتاین، انحنای فضا درنزدیکی خورشید باید یک پرتو نور ستاره‌ای را که از نزدیکی سطح خورشید عبور میکند، کمی منحرف کند. متاسفانه، پرتوهای نورانی که سطح خورشید را می‌خراشند، تنها بهنگام یک خورشید گرفتگی کامل میتوانند دیده شوند.

ادینگتون وهمدستان وی میدانستند که ارزیابی نتیجه مشکل خواهد بود. انحنای فضا درنزدیکی خورشید بسیار کوچک است، تقریبا " یک قسمت دریک میلیون . بهر حال، انحرافی مشاهده میشدو نتایج از تایید تئوری اینشتاین خبرمیدادند. اینشتاین پیش بینی کرده بود که نور ستاره با قوس ۱/۷۴ ثانیه منحرف میشود. انحرافهایی که توسط هیئتهای اعزامی به پرینسیپ وسوبرال اندازه‌گیری شد بترتیب ۱/۶۱ و۱/۹۸ بودند. خطاهای احتمالی آزمایش می‌توانستند دلیلی براین حقیقت باشند که نتایج با هم کمی اختلاف داشتند وباپیش بینی اینشتاین نیز مقدار کمی تفاوت داشتند. و اگر میانگین دو نتیجهٔ آزمایش را بگیریم، عدد ۱/۸۰ بدست میآید که باز هم به نتیجهٔ تئوریک نزدیک‌تر است.

این درست است که قوس ۱/۷۴ ثانیه زاویه‌ای بسیار کوچک است، تنها $\frac{5}{10000}$ یک درجه. حتی امروزنیز اندازه‌گیری دقیق چنین کمیتهای کوچکی ساده نیست، بویژه در شرایط مشکلی مثل آنچه که بهنگام خورشید گرفتگی روی میدهد. آیا اندازه‌گیریهای ادینگتون به آن اندازه دقیق بود که بتوان آنرا قطعی دانست؟

از آنجا که دانشمندان دوست ندارند چنین پرسشهایی را بی پاسخ بگذارند، انحراف نورستاره دوباره درطی کسوف های کامل بعدی اندازه‌گیری شد. اما، به درجه بالاتری از دقت نرسیدند. درحقیقت تردیدها بیشتر شدند. نتایج بدست آمده از ۱/۴۳ ثانیه تا ۲/۷ ثانیه را در برمیگرفت. واضح بود که نورستاره همانطورکه اینشتاین گفته بود منحرف میشودولی این

اطمینان وجود نداشت که این انحراف درست بهمان اندازه باشد.

در ۱۹۱۵ انجام آزمون دیگری بر روی تئوری ممکن‌شد ــ آزمونی که مبتنی‌بر این حقیقت بود که‌حرکت سیاره عطارد دقیقا" به همانگونه که تئوری نیوتون‌میگفت‌نیست. عطارد نیزمانند سیارات دیگردر مداری بیضوی و کشیده‌به‌دورخورشید میچرخد. و مانند دیگر سیارات وقتی درنزدیکترین موقعیت خود نسبت‌به‌خورشید قرار میگیرد هرگزدقیقا" درهمان‌جایی که در گردش پیشین بوده است نخواهد بود.

عبارت فنی که برای بیان این‌پدیده بکار میرود عبارتست از *حرکت تقدیمی حضیض خورشیدی*. *حضیض‌خورشیدی* یعنی" نقطه‌ای که درآن، سیاره‌کمترین فاصله را با خورشید دارد". سیارات دیگر منظومه شمسی نیز چنین حرکت تقدیمی ای را تجربه میکنند، منتهی با درجه‌ای پائین تر از عطارد زیرا عطاردنزدیکترین سیاره به خورشید است.

حضیض‌به‌مقدار "۲۰ و '۳۳ و °۱ (۱ درجه و ۳۳ دقیقه‌و ۲۰ ثانیه) در هر قرن تغییر مکان میدهد. دراین مورد، بر طبق تئوری نیوتون مقدار "۲۷/ '۳۲/ °۱ را داریم؛ محاسبات نشان میدهند که‌سیارات دیگر باید مدار عطارد را به این اندازه منحرف کنند. اما اختلاف ۴۳ ثانیه‌ای قوس درهر قرن را نمیتوان با پدیده‌نیوتونی توضیح داد. طی نیمه دوم قرن نوزدهم، این اختلاف کوچک آنچنان منجمان را دچار زحمت کرد که در جستجوی سیاره جدیدی درداخل مدارعطارد برآمدند، به این امیدکه این سیاره درست‌درمکانی‌قرار گرفته باشد که انحراف لازم را ایجاد کند. البته سیاره جدید هرگز یافته نشد.

نسبیت عام‌این‌تغییرمکان رابطور صحیح‌پیش بینی میکند. محاسبات نشان دادندکه‌نتایج‌نسبیتی‌دراین‌مورد قوسی ۴۳ ثانیه‌ای‌را نشان میدادند و این نشان داد که‌تئوری اینشتاین‌پیروز شده است.

این تایید هنوز آنچه را که‌دلخواه بودبدست نمی‌داد. ممکن بود

مطابقت پیش بینی ها و مشاهدات امری اتفاقی باشد. مثلا" اگر خورشید کاملا" کروی نبود، ممکن بود پیامدهای غیر متعارف درمیدانهای گرانشی آن، نتیجهٔ مشاهده شده را بدست میداد. و مشکل چندانی در مشاهده مدار عطارددر مکان نخستین نبود. آیا راههای بهتری برای مورد آزمون قرار دادن تئوری اینشتاین‌موجودنبود؟ دیگرتئوریها میتوانستند درمعرض آزمونهای‌دقیق‌بیشتری قرارگیرند که تایید آنها بستگی به رفع اختلافهای دقیقهای نداشت.

مسئله این بودکه تئوری اینشتاین، انحراف درقانون گرانش نیوتون را تنها هنگامی پیش‌بینی میکرد که نیروی گرانش بسیار نیرومند باشد. اگر دانشمندان‌قادربودند به‌سطح خورشیدیا حداقل به جاهای‌بسیار دوردست در فضا سفر کنند بطوری‌که انحنا قابل توجه میشد، میتوانستند مسئله را حل کنند.

در اوایل‌دهه ۱۹۶۰ موقعیت بحرانی شد. تئوریهای گرانشی بیشمار دیگری پیشنهاد شده‌بودند. بسیاری‌از این تئوریها نیز مانند نسبیت عام اثراتی مانندانحراف نور ستاره توسط خورشید راگرچه به میزانهای متفاوت پیش بینی میکردند. در ۱۹۷۱، فیزیکدانهای دانشگاه پرینستون، کارل برانس و روبرت‌دایک، تئوری گرانشی را منتشر کردندکه‌بطور خلاصه رقیبی نیرومند و ویژه برای نسبیت‌عام بود. برای مدتی بنظر میرسید که تئوری برانس ــ دایک ممکن است برخی پدیده‌ها را بهتر از نسبیت توضیح‌دهد.

حتی قبل از اینکه تئوری برانس ــ دایک پیشنهاد شود، آشکار شده بود که‌لازم است آزمونهای‌تجربی‌ای انجام داد که بتوانند وجه تمایز بین پدیده‌هایی که توسط نسبیت‌عام پیش بینی‌میشوند و پدیده‌هایی که توسط دیگر تئوریهای گوناگون پیش‌بینی میشوند را مشخص کند.

خوشبختانه درزمانی بسیار مساعد، روشی برای انجام این کار یافته شد. در ۱۹۵۸ فیزیکدان‌آلمانی رودلف موسبائر روشی برای بدست آوردن

اشعهٔ گاما با فرکانسهای‌بسیاردقیق‌ازاتمهای رادیو اکتیوی که درکریستالها جاسازی شده‌اند کشف کرد.

براساس‌تئوری‌اینشتاین، میدانهای گرانشی سبب میشوند تا زمان با سرعت‌اندکی‌کمترجریان‌یابد. این‌پدیده‌ای است که به انحنای فضا بستگی دارد؛ این یکی از طرقی است که توسط‌آن زمان و فضا یکی با دیگری بهم بسته‌میشوند. اکنون، پرتوهای‌گاما شکلی از تابش الکترومغناطیسی هستند؛ همچون‌امواج‌رادیویی و نورمرئی ، این پرتوها فرکانسهای نوسان دارند که میتواندبا مقیاس‌سیکل بر ثانیه اندازه‌گیری شود. اگر نیروی گرانش بمیزان کمی از سرعت‌زمان بکاهد، باید باعث شود که‌میزان نوسان پرتوهای گاما بهمان‌اندازه‌تغییرکند. بعبارت‌دیگر، پرتوهای‌گاما که‌براثر پدیدهٔ موسبائر ایجاد میشوندباید همچنان که‌گرانش قوی‌تر یا ضعیف ترمیشود، بمیزان جزئی تغییر کنند.

ایجاد تغییردر قدرت گرانش‌بسیار ساده است؛ میدان گرانشی زمین هر بار که فردی از پلکانی بالا میرود تغییر میکند. چون طبقه دوم یک ساختمان نسبت به‌طبقه‌اول از مرکز زمین کمی دورتر است، نیروی گرانش درآنجا کمی ضعیف تراست. این اختلاف را هرگز نمیتوان از این طبقه تا آن طبقه اندازه گیری کرد اما بهر حال این اختلاف بسیار واقعی است.

در سالهای ۱۹۵۹و۱۹۶۰ فیزیکدان هارواردروبرت پوند و دانشجوی اوگلن ربکا با انجام آزمایشی دریک برج ۷۴ فوتی درآزمایشگاه‌جفرسون هاروارد ازاین حقیقت استفاده کردند. اختلاف بین قدرت گرانش در بالای برج و در پای آن‌بسیارکوچک بود و تغییر فرکانس پیش بینی شده، بازهم کوچکتریعنی تنها یک قسمت در 10^{15} بود (ده بتوان پانزده مرتبه که معادل "۱" با ۱۵صفر مقابل آن یعنی ــ/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰/۱۰۰۰ میباشد). اما چون پدیده‌موسبائر اندازه‌گیری‌فرکانسهایی با چنین درجه‌ای از دقت را امکانپذیرمیساخت، پوند و ربکا براین عقیده شدند که آزمودن

نسبیت عام امکانپذیر خواهد بود.

آزمایش‌موفقیت آمیز بود. نتایج با پدیده‌هایی که نسبیت عام پیش بینی میکرد با دقتی حدود ۱ درصد مطابقت داشت. برای بار اول، یک آزمون قانع کننده واقعی از تئوری اینشتاین انجام میگرفت.

اما دانشمندان‌هرگزبایک آزمایش‌راضی نمیشوند. دانشمندان بمنظور اینکه کاملا "از نتایج خود مطمئن شوند، آزمایشهای بیشتر و بیشتری را به طرق بسیار گوناگون باز انجام میدهند. اگر یک پدیدهٔ ناشناخته بر روی نتایج آزمایشی تاثیر بگذارد، بعید است که بر تمام آزمایشهای دیگر نیز چنین اثری داشته باشد. از اینرو، حتی پس‌از اینکه پوند و همکارش ج ل ــ اشنایدر در ۱۹۶۵ آزمایش خود راگزارش کردند، دانشمندان هنوز بدنبال راههای دیگری برای آزمودن نسبیت عام بودند.

درسال ۱۹۷۱، آزمایشی بطریقی متفاوت‌توسط ژوزف هافل، فیزیکدان دانشگاه واشنگتن در سن لوئی، و ریچارد کیتینگ از سرویس رصد خانه‌ای وابسته به نیروی دریایی آمریکا گزارش شد. هافل ساعتهای اتمی بسیار دقیق رابکارگرفت‌و با هواپیماهای‌جت مسافربری به دور جهان پرواز کرد. پس‌از اینکه این ساعتها با ساعتهای مشابه که درروی زمین مانده بودند مقایسه شدند، اوهواپیمای‌دیگری سوار شد و درجهتی مخالف بدور جهان چرخید. اگر پوند و همکارانش‌توانسته‌بودند تغییرات در سرعت جریان زمان‌رادر ارتفاع ۷۴ پایی‌اندازه‌گیری کنند، هافل وکیتینگ‌چنین استدلال کردندکه‌بایدبتوان‌حتی تغییرات بزرگتری‌را درارتفاع پرواز جت مسافربری مشاهده کرد.

ساعتهایی کههافل و کتینگ بکار بردند محتوی ایزوتوپ سزیوم ۱۳۳

بود که میکروویوهایی (۱) در فرکانس ثابت ۹/۱۹۲/۶۳۱/۷۷۰ سیکل بر ثانیه انتشار میدهد. ساعتهای سزیوم میتوانند زمان را با دقت یک میلیاردیم ثانیه درروز اندازه‌گیری کنند. بنابراین هافل و کیتینگ قادر بودند تغییرات زمان را که درنسبیت عام پیش بینی میشود بادقت حدود ۱۰ میلیاردیم ثانیه اندازه‌گیری کنند. باز هم توافق تقریبا " کامل بین تئوری و آزمایش آشکار شد.

تا سال ۱۹۷۱، آزمایش بازهم اصلاح شد. ساعتهای اتمی درهواپیماهای نظامی و موشکها کار گذاشته شدندو تغییرات زمان با دقتی باز هم بیشتر اندازه‌گیری شدند. نتایج بطور قطعی نشان میدادند که همچنان که میدانهای گرانشی تغییر میکنند، سرعتی که ساعتها درآن نوسان میکنند نیز تغییر میکند. هر چه میدان قوی تر باشد، زمان بیشتر کند میشود.

تکنولوژی مدرن همچنین اندازه‌گیری پدیده‌های دیگری را که نسبیت عام پیش‌بینی میکند امکانپذیرمیسازد. براساس این تئوری یک دسته امواج رادار که بسوی سیاره‌ای دیگر گسیل میشود، هنگامی که مسیرشان از کنار خورشید میگذرد، باید برای طی مسافت زمین تا آن سیاره و بالعکس زمان اندکی طولانی‌تر را طی کند ــ یک دسته امواج رادار همانند یک پرتونور، درمیدان گرانشی خورشید منحرف خواهد شد.

زمان عبور یکدسته امواج که از مسیری منحنی میگذرند برای بازگشت به زمین، از زمان عبور دسته امواجی که در خط مستقیم حرکت میکنند طولانی تر خواهد بود و این اختلاف باید قابل اندازه‌گیری باشد.

---

۱ ــ میکرو ویوها امواج رادیویی با طول موج کمتر از یک متر هستند؛ این امواج بدین علت میکروویو نامیده شده‌اند که طول موج آنها کمتر از باندهای VHF است که توسط رادار درآغاز جنگ جهانی دوم استفاده میشد.

اکنون بسیاری آزمایش‌هاکه برای آزمودن این پیش بینی طرح شده‌اند انجام گرفته‌اند. فرستنده‌های رادار به سمت سیاره‌های عطارد، زهره و مریخ نشانه‌گیری شده‌اند. در هر مورد، بازگشت انعکاس امواج رادار وقتی که خورشید بین زمین و سیاره مورد مطالعه قرار گرفته، با کمی تاخیر همراه است.

آزمایش سال ۱۹۱۹ ادینگتون اصلاح شد. یکی از مشکلاتی که منجمان انگلیسی با آن روبرو شدند از این حقیقت ناشی میشد که انحراف نورستاره تنها درطی خورشید گرفتگی باید اندازه‌گیری شود. مسئله دیگر این بود که لازم بود موقعیت ظاهر ستاره در طی خورشید گرفتگی با رصدهای قبلی از موقعیت آن ستاره درآسمان مقایسه شود. اگر ادینگتون قادر بود یک ستاره را که همچنانکه خورشید به آن نزدیک میشد تغییر موقعیت میداد ببیند کارها بسیار ساده‌تر میشد. متاسفانه این امر ممکن نبود.

سرانجام آزمایشهایی که براین مشکلات فائق می‌آمدند درفرصتهای گوناگون درطول نخستین سالهای دهه ۱۹۷۰ انجام شد. منجمان نه به ستارگان بلکه به امواج رادیویی منتشره از اجسام دوردستی بنام کوازار نگریستند. کوازارها که دانشمندان معتقدند که هسته‌های ملتهب کهکشانهای دور دست می‌باشند، درفاصله میلیاردها سال نوری از زمین قرار گرفته‌اند. این حقیقت که کوازارها درچنین فاصله بسیار دوری قرار گرفته‌اند به آنها ظاهر نقطه‌های کوچک نورانی را میدهد. وقتی کوازارها با تلسکوپ رصد میشوند، شبیه‌ستارگان هستند. درنتیجه موقعیت آنها میتواند بطور بسیار دقیق تعیین شود.

بسیاری ازکوازارها امواج‌رادیویی منتشر میکنند. چون خورشید منبع رادیویی ضعیفی است، نمیتواند انتشارات رادیویی را بهمان طریق که نور ستاره‌ای را محو میکند، از بین ببرد. از اینرو کوازارها میتوانند با رادیو تلسکوپ درهرزمان درروزیا شب، بدون اینکه خورشید روی آنها اثربکند،

رصد شوند. اگر بخواهیم ببینیم که آیا خورشید مسیر امواج رادیویی را منحرف میکند یا نه، لازم نیست در انتظار خورشید گرفتگی بمانیم.

هر سال درهشتم اکتبر خورشید از جلو کوازار ۳ C ۲۷۳ (نامگذاری از اینجا آمده که این کوازار درسومین کاتالوگ کمبریج تحت شماره ۲۷۳ آمده است) میگذرد و امواج رادیویی را که از کوازار بطرف زمین میآیند منحرف میکند.

بعلاوه، ۳ C ۲۷۳ به کوازار دیگری بنام ۳ C ۲۷۹ بسیار نزدیک است. در اکتبر ۱۹۷۲، رادیو اختر شناسان فاصله بین دو کوازار را بهنگامی که کوازار ۳ C ۲۷۳ بخورشید نزدیک میشد، ازروی علائم رادیویی دریافتند. اگر پیش بینی تئوری نسبیت عام درست بود، زاویه بین دو شیئی باید کمی تغییر میکرد. در اینصورت امواج رادیویی منتشره از ۳ C ۲۷۳ منحرف میشدند درحالیکه امواج رادیویی ۳ C ۲۷۹ درمسیر مستقیم بحرکت خود ادامه میدادند. منجمان دریافتند که این دقیقا "همان چیزی است که اتفاق می‌افتد. تئوری اینشتاین بار دیگر پیروز شد.

آزمونهای دیگری نیز انجام شده است. درسال ۱۹۷۴، رادیواختر شناسان با بکارگیری رادیوتلسکوپ آرسیبو در پورتوریکو یک *ستاره تپنده دوتایی* کشف کردند که حدود ۱۵۰۰۰ سال نوری از ما دور بود. ستاره تپنده، باقیمانده خاموش و متلاشی شده ستاره‌ای است که تپش هایی از نور یا امواج رادیویی رادر فواصل منظم منتشر میکند؛ ستاره تپنده دوتایی، عضوی ازیک سیستم ستاره‌ای دوتایی است. این جسم ویژه که پس از مختصات یابی موقعیت آن درآسمان بنام ستاره تپنده ۱۶ + ۱۹۱۳ نامیده شد، هر هفده باردرثانیه تشعشعاتی از انرژی رادیویی منتشر میکند. این تشعشعات اندازه‌گیری بسیار دقیق مدار ستاره تپندهٔ ۱۶ + ۱۹۱۳ را بدور ستارهٔ همراه آن امکانپذیر میسازند، حتی درصورتیکه این ستارهٔ همراه آنقدر کم نور بدرخشد که اززمین دیده نشود. این جابجایی ها همانند حرکت تقدیمی

مدارسیاره عطارد هستند. تنها اختلاف این است که حضیض ستاره تپنده ۱۶+۱۹۱۳ با سرعت بسیار تندتری حرکت تقدیمی دارد زیرا این ستاره تپنده و ستاره‌همراهش بسیار نزدیک‌هستند. این امر اثرات گرانشی را قوی تر میکند. ازاینرو آزمودن نسبیت عام با درجه بالایی از دقت امکان پذیر است. باز هم تطابق تئوری و عمل بسیار خوبست.

فهرست آزمونهای انجام شده‌بر روی نسبیت عام از زمانیکه‌پوند و ربکا آزمایش‌خودرادر۱۹۵۹انجام دادند، با این آزمایشها تمام نمیشود. مطالعاتی‌نیزبرروی اثر گرانش بر نوری که از خورشید منتشر میشود و رصد جابجایی ها در مدارات سیارات دیگرغیر از عطارد انجام گرفته است. اشعه لیزری که‌بسوی تکه های اجسام منعکس کننده که توسط‌فضانوردان در ماه کار گذاشته شده، نشانه میروند، اندازه‌گیری هم مدار ماه و هم اثرات نسبیت عام را با دقت چند اینچ‌امکانپذیرمیسازند. دانشمندان‌درجستجوی تغییرات‌اندک‌درآهنگ‌چرخش‌زمین بوده‌اند و آزمایشهایی انجام داده‌اند تاببینند آیا برخلاف تئوری اینشتاین، قدرت گرانش ممکن است با زمان تغییر کند.

در هر حالت، پیش بینی های نسبیت عام تایید شده‌اند. و بعدا" در ۱۹۷۹ منجمان پدیده‌ای را کشف کردند که تا آنموقع درجستجوی آن نبودند، پدیده‌ای که‌حتی‌اینشتاین‌هم‌فکرمیکردمشاهده‌آن غیر ممکن است: آنها یک *عدسی گرانشی* کشف کردند. اینشتاین در مقاله‌ای در ۱۹۳۷ به امکان‌اینکه تصویر ستاره‌ای دوردست میتواند دراثر مداخله میدان گرانشی ستاره دیگری به دو قسمت تقسیم شود اشاره کرد. اگر هر دو ستاره درجای کاملا" مناسب قرار داشته باشند، نوری که از ستارهٔ دورتر میآید در دو طرف ستاره‌نزدیکترخم‌میشود. آنگاه‌دو تصویر از ستاره دوردست میبینیم. اما اینشتاین نتیجه گیری کرده بودکه" شانس زیادی برای مشاهده این پدیده وجود ندارد. "

دلیل اینکه اینشتاین فکر نمی‌کرد که اثر عدسی گرانشی میتواند دیده شود این‌بود که هیچکدام از ستارگان شناخته‌شده برای ایجاد شکافتگی قابل اندازه‌گیری در تصویر، باندازه‌کافی پرجرم نبودند. گر چه یک کهکشان باندازه‌کافی پرجرم است، تا اواخر دهه ۱۹۷۰، بسیاری از منجمان نظریه عدسی گرانشی را خیلی جدی نگرفتند و کوشش جمعی برای جستجوی آن انجام نگرفت.

در ابتدا در ۱۹۷۹، دنیس‌والش از رصدخانه‌رادیو اخترشناسی بانک جودرل درانگلستان، روبرت کارس ول از دانشگاه کمبریج و ری ویمن از دانشگاه آریزونا دوکوازارکشف کردندکه بسیار بهم نزدیک بودند. فاصلهٔ آنها از هم آنقدر کوچک بود که‌کوازارها تحت عنوان "دوقلوها" شناخته شدند، که‌این‌عنوان بر اسم رسمی آنها، A ۰۹۵۷+۵۶۱ و B ۰۹۵۷+۵۶۱ ترجیح داشت (شماره مثل حالت قبل یعنی کوازار دوتایی، دلالت بر مختصات اجسام درفضا دارند.) . والش، کارس‌ول و ویمن با بکاربردن تلسکوپ ۲/۱ متری دررصدخانه ملی کیت پیک و تلسکوپ ۲/۳ متری در دانشگاه آریزونا توانستند تعیین کنند که کوازارها از هر نظر عملا" مساوی بودند. به یک‌اندازه نورانی بودند، از زمین بیک اندازه فاصله داشتند و شکست نوری که آنها منتشر میکردند براین امر دلالت میکرد که طول موج نور آنها یکسان است. بنابراین‌سه منجم اظهار داشتند که تصویر دوتایی ممکن‌است‌بخاطرعدسی گرانشی ایجاد شده باشد، و دوقلوها ممکن است دوکوازار نباشند بلکه تصویری دوتایی از یک کوازار باشند.

رصد های‌بعدی‌توسط گروههای منجمان انستیتوتکنولوژی‌ماساچوست، دانشگاه هاوایی‌و انستیتو تکنولوژی کالیفرنیا ظاهرا" این فرض را رد کرد. ناهمسانی های جزئی بین دوکوازاریافته شد که‌ظاهرا" ثابت میکرد این مورد یک تصویر شکافته‌شده و دوتایی شده‌نیست.

اما بعدا" منجمان پیتریانگ، جیمزگان، جروم کریستیان، ج

بورلی اوک، و جیمز وستفال از رصدخانه های هال و آلن ــ ن ــ ستوکتون از دانشگاه هاوایی درمانوآ ثابت کردند که اثر عدسی گرانشی دراین مورد دیده میشود. یک کهکشان بزرگ که توسط خوشه‌های کهکشانهای کوچکتر محاصره شده بود دیده شد که در بین تصویر دو کوازار واقع شده بود. این کهکشان قبلا "دیده نشده بود زیرا فاصله آن چنان دور بود که در بهترین شرایط تنها لکه‌ای کمی تیره بر روی صفحات فوتوگرافیک منجمان ایجاد میکرد. خوشه کهکشانها درست در وسط تصویرهای دوکوازار نبود؛ بلکه موقعیت آن دورتر از مرکز بود. از اینرو منجمان هال با تفصیل دقیق ریاضی اثرات برآمده از چنین موقعیت دور از مرکز را برآورد کردند. آنها دریافتند که این مسئله باید دقیقا" همان ناهمسانی هایی را که مشاهده شده بود ایجاد کند. این فرض که دو کوازار یکی بودند تایید شد.

دلیلی در دست نیست که چرا اثر عدسی گرانشی نتواند بیش از دو تصویر ایجاد کند. درحقیقت انتظار این امر را باید هنگامی داشت که جسمی که باعث شکافتگی تصویر میشود جسمی طویل مثل یک کهکشان باشد. در ۱۹۸۰ یکی از این شکافنده‌های تصویر چندتایی رصد شد. در ژوئن همان سال وجود یک کوازار سه تایی، PG ۱۱۱۵+۰۸ گزارش شد. رصدهای بعدی نشان داد که کوازار نه سه تصویر بلکه پنج تصویر دارد. چنین بنظر رسید که تصویری که تصویر A نامیده میشد درواقع از ۳ تصویر که یکی روی دیگری قرارگرفته اند تشکیل شده است. بعبارت دیگر، PG ۱۱۱۵+۰۸ شامل یک تصویر سه تایی و دو تصویر منفرد بود. رصد یک کوازار سه تایی یا پنج تایی، موقعیت را بسود وجود تاثیر عدسی گرانشی تقویت میکند. ممکن است یک فرد شکاک بگوید که یک کوازاردوتایی نتیجه اثر عدسی گرانشی نیست، بلکه نتیجهٔ برخی انواع هم زمانی قابل توجه باشد. گرچه این امر به میزان زیادی غیر متحمل است، اما مشکل است ثابت کنیم که این فرد شکاک فرضی اشتباه میکند. اما درمورد یک کوازار پنج تایی توضیح مسئله بسیار

مشکل تر است. فرد شکاک اکنون احتیاج دارد تا برای نه تنها یکی بلکه چهار تصویر اضافی ذکر علت کند.

مدارک زیادی گردآوری شده‌اند بطوریکه کسی نمیتواند در اعتبار تئوری نسبیت عام شک کند. درحقیقت تنها یک اثر مهم که توسط این تئوری پیش بینی میشود هنوز ثابت نشده است:

این اثر وجود تشعشع گرانشی یا اگر بخواهیم کلمات ساده‌تری بکار بریم، *امواج گرانشی* می‌باشد. این امواج کشف نشده‌اند زیرا دستگاههای آزمایشی موجود باندازه کافی حساس نیستند. امواج گرانشی موجک های ضعیف در انحنای فضا هستندکه توسط اجسام پرجرم ایجاد میشوند. اینکه این امواج باید وجود داشته باشند درسال ۱۹۱۶ توسط اینشتاین خاطرنشان شد. متاسفانه در بسیاری حالات امواج گرانشی بسیار ضعیف هستند بطوریکه حتی امید به یافتن آنها هم نیست. باید درجستجوی موجهایی بود که توسط رویدادهای شدید ایجاد میشوند، مانند انفجارات ابرنواختری که در آن ستاره‌های بزرگ منفجر میشوند، و حتی درآنصورت هم کار ساده نیست.

این امرمخصوصا "شگفت‌انگیزنیست". درمیان تمام نیروهای طبیعت، گرانش، ضعیف ترین آنهاست. برای مثال، نیروی گرانش 10^{37} بار از الکترو مغناطیس، نیرویی که تولید پدیده‌هایی مثل مغناطیس، الکتریسیته و امواج رادیویی میکند، ضعیف تراست. این امر بهنگامی که آهنربایی برای برداشتن جسمی مثل یک میخ بکار گرفته‌میشود نشان داده میشود. هر قدر هم که آهنربا کوچک باشد، باز قادر است بر نیروی گرانشی کهاز طرف کل زمین اعمال میشود فائق آید.

مثالی از تاثیرات کوچک که از امواج گرانشی توقع داریم توسط فیزیکدانهای آمریکایی چارلز میسنر، کیپ تورن و جان آرچیبالدویلر درکتاب آنها بنام *گرانش* آورده شده‌است. میسنر، تورن وویلر، اثری را که یک ابرنواختر درصورت فلکی عذرا دارد، با دستگاه آزمایشگر نمونه‌ای برآورد کردند.

آنها چنین نتیجه گرفتند که برای آزمایش لازم است. که یک تغییر مکان ۳×۱۰^{-۱۹} (۳ تقسیم بر $۱۰^{۱۹}$) سانتیمتری‌را اندازه‌بگیرند، یعنی تقریبا" یک میلیاردیم از ده میلیاردیم یک‌اینچ.

اگر ابرنواختر در کهکشانی نزدیکتر قرار گرفته‌باشد، موقعیت کمی بهتر میشود ــ سنبلهٔ عذرا حدود ۴۰ میلیون سال نوری با ما فاصله دارد، که نسبتا" نزدیک است. و احتمالا" نومیدانه است که در انتظار انفجار ابرنواختری در کهکشان خودمان، راه شیری باشیم. آخرین ابرنواختر مشاهده شده قبل از اختراع تلسکوپ بوقوع‌پیوسته است.

ممکن است امواج گرانشی قبلا" بطور غیر مستقیم آشکار و کشف شده باشند. در ۱۹۷۸ گروهی از رادیو اخترشناسان بهنگام مطالعه بر روی یک ستاره تپنده‌دوتایی‌ازمشاهده‌یک تغییر انرژی برابر با میزان‌انرژی که امواج گرانشی باید می‌ربودند خبر دادند.

ستاره‌تپنده ۱۹۱۳+۱۶ PSR شامل یک‌جفت‌اجسامی است که‌تقریبا" هر ۷/۷۵ساعت یکباربدور یکدیگر میچرخند اواخر ۱۹۷۸ در سمپوزیومی که در مونیخ تشکیل شده بود ژوزف تایلور، پیتر مک کولوچ ولی‌فاولر از دانشگاه ماساچوست‌اعلام‌کردند که‌پریود چرخش۰/۰۰۰۱ ثانیه درهر سال کاهش یافته است.

آنها قادر نبودند اثبات کنند که امواج‌گرانشی تنها علت ممکن می‌باشند. باوجود این وقتی‌آنها گزارش کار خود را دادند، موقعیت برای وجود تشعشع گرانشی بطور مطمئنی تقویت شده بود.

دراینجا خواننده نباید گمان کند که من از سئوال جهان محدود یا نامحدود بسیار دور شده‌ام، من‌نکات‌اصلی این‌فصل‌را جمع بندی می‌کنم:

۱ ــ تئوری نسبیت‌عام‌اینشتاین‌به‌ما‌میگوید که ارتباطی بین سرنوشت جهان و " اندازه" آن موجود است. اگر جهان نامحدود یا باز باشد، در آنصورت انبساط فعلی تاابدادامه‌می‌یابد. از سوی دیگر، اگر جهان محدود

یا بسته باشد، انبساط سرانجام متوقف خواهد شد، و جهان وارد مرحله‌ای از انقباض خواهد شد.

۲ ــ تردید در اعتبار تئوری نسبیت عام بسیار دشوار شده است. بین سالهای ۱۹۵۹ و ۱۹۸۰، تئوری اینشتاین مورد آزمونهای گوناگون و بیشمار قرار گرفت. در هر مورد این تئوری پیروز درآمد.

۳ ــ برای اینکه بگوئیم جهان باز است یا بسته، لازم است که ــ مستقیم یا غیر مستقیم ــ چگالی ماده آنرا پیدا کنیم. اگر چگالی جرم از حد بحرانی معینی بالاتر باشد، دراینصورت جهان باید بسته باشد. اگر چگالی جرم پائین تر از این حد باشد، جهان باز است. فصول بعدی کتاب، کوشش هایی را که برای اندازه‌گیری این چگالی جرم انجام گرفته است، توضیح میدهند.

فصل دوم

انتقال به قرمز

اینشتاین پس از اینکه تئوری نسبیت عام خود را انتشار داد، در صدد حل معادلات خود برآمد. قوانین گرانش وی نشان داد که ماده فضا را منحنی میکند، اما تنها محاسبات اضافی لازم بود تا ببینیم این امر در مورد جهان بمثابه یک کل چه چیزی را نشان میدهد.

همچنان که اینشتاین بر روی مسئله کار میکرد، پی برد که این تئوری بیانگر اینست که جهان درحال انبساط است. درآن زمان همه می‌پنداشتند که جهان ایستاست. در ۱۹۱۶ بسیاری از منجمان هنوز معتقد بودند که کهکشان راه شیری، تمام جهان است.

اینشتاین با اعتقاد به اینکه مجبور است راه‌حلی پیدا کند که با جهان ایستا مطابقت داشته باشد، درجستجوی راهی بود تا معادلات خود را "مرتب" کند. ظاهرا" تنها یک راه برای این کار وجود داشت و اینشتاین با بی میلی دست به اقدام زد. اینشتاین در ۱۹۱۷ مقاله‌ای منتشر کرد که درک او را از گیتی شرح میداد.

جهان اینشتاین بسته بود. این فرض که انبساط یا انقباضی وجود ندارد اینشتاین را به این نتیجه گیری رهنمون ساخت که جهان محدود است و بدور خود حلقه میزند.

بمنظور بدست آوردن یک جهان ایستا، اینشتاین عبارتی به معادلات خود اضافه کرد که خود آنرا *ثابت کیهانشناسی* نامید. ثابت کیهانشناسی

بیانگر نوعی نیروی ضد گرانش بود ، نیرویی که جاذبه گرانشی را در فواصل دور موازنه میکند . بر خلاف تمام دیگر نیروهای شناخته شده در فیزیک ، این نیرو ظاهرا " با فاصله ضعیف تر نمی شد بلکه افزایش می یافت .

در نظر اول بنظر میرسید اینشتاین با یک اثبات ریاضی پیش آمده که بر طبق آن جهان بسته است . اثباتی که خیلی قانع کننده بود اگر حضور آن عامل عجیب و غریب کیهان شناسی نبود . نیرویی که این عامل بیانگر آن بود . نه تنها خیلی قوی بود بلکه نیرویی بود که هرگز مشاهده نشده بود .

سالها بعد ، اینشتاین مقاله سال ۱۹۱۷ خود را رد کرد ، مقاله ای که وی درمقدمهٔ ثابت کیهان شناسی آنرا اینگونه خواند : " بزرگترین اشتباه زندگی من " . در ۱۹۲۹ منجم امریکایی ادوین هوبل کشف خود را مبنی بر اینکه جهان به هیچ وجه ایستا نیست اعلام کرد ؛ بر عکس جهان در حال انبساطی سریع است . اینشتاین دریافت که تنها اگر به تئوری خود ایمان آورده بود و دربرابر وسوسه مرتب کردن معادلات مقاومت ورزیده بود ، می توانسته بوداین انبساط را پیش بینی کند .

کشف هوبل مفهوم پذیرفته شدهٔ جهان را تغییر می داد . در ۱۹۱۷ منجمان ساختمان راه شیری را نمی دانستند ؛ آنها نمی دانستند که زمین و خورشید در مرکز کهکشانی قرار نگرفته اند . بلکه نسبتا " در منطقهٔ سه پنجم خارجی آن قرار دارند . همچنین آنها نمی دانستند که کهکشانهای دیگر در آنسوی راه شیری وجود دارند .

کهکشانهای دیگر دیده شده بودند اما فاصله آنها را تا زمین نمی توانستند اندازه بگیرند . درنتیجه هیچکس نفهمید که آنها تا چه اندازه بزرگ هستند . بسیاری از منجمان به غلط معتقد بودند که این کهکشانها ، تکه های مشتعل از گاز میان ستاره ای درداخل راه شیری هستند و واژه *سحابی* ، کلمه لاتین بمعنای ابررا به آنها اطلاق کردند

دراین زمان ، این عقیده با مدارک مشاهده ای اندکی که موجود بود

کاملا " مستدل بود . تلسکوپهای آنروز باندازه‌کافی قوی نبودند که بتوانند ستاره‌های منفرد درداخل کهکشانهای دوردست را تشخیص دهند؛ منجمان تنها میدانستند که دارند به لکه‌های تیره‌ای درآسمان نگاه میکنند . تنها خوشه‌ای که آنها توانستند آنرا به ستاره‌ها تجزیه کنند نسبتا " نزدیک بود و شامل اعضای نسبتا " کمی بود .

ازآن زمان صد و پنجاه سال میگذشت که فیلسوف آلمانی امانوئل کانت اظهار داشته بود که برخی سحابیها ،آنهایی که اشکال بیضوی یا مارپیچ دارند ، درحقیقت " جهان ــ جزیره " هایی هستند که در فواصل بسیار دور قرار گرفته‌اند . متاسفانه هیچ مدرک علمی وجود نداشت که حامی این فرض کانت باشد . منجمان حدس میزدند که سحابیهای مارپیچی ، گردابهایی از گاز هستند که ستارگان جدید درآنها شکل میگیرند . ظاهرا " رصد یک ابرنواختر در کهکشان امراه المسلسله در ۱۸۸۵ تنها چیزی بود که این تئوری را تایید میکرد . دراین زمان دانشمندان نمی‌دانستند که ابرنواخترها بهیچوجه " ستارگان جدید " نیستند ، بلکه ستارگان پرجرم میرنده‌ای هستند که در انفجارهای عظیم جدا شده‌اند . همچنین آنها نمی‌دانستند که چگونه ابر نواخترهای ذاتا " نورانی وجود دارند .

آنها حتی بخاطر این حقیقت که ابرنواختری در ۱۸۸۵ پس از درخششی نورانی برای زمانی کوتاه ناپدید شد دچار دردسر نشدند . آنها چنین نتیجه گرفتند که ستاره جدید آشکارا نوعی فرایند شکل گیری را طی میکند . ستاره جدید بی شک دوباره مشتعل میشود .

بنظر میرسد که اغلب انقلابات علمی درست درمواقعی انجام میگیرند که دانشمندان ازتئوریهای خود بسیار خرسند باشند . در ۱۹۱۷ یکی ازاین انقلابها درگرفت . نخستین پله‌ها بسوی اندازه‌گیری فواصل کهکشانی ، پنج سال پیشتر پیموده شده بود ، گر چه بسیاری از منجمان آنرا تشخیص ندادند . بزودی آنها وادار به این اعتراف شدند که برخی از سحابیهای آنها میلیونها

سال نوری اززمین‌فاصله‌دارند ، و این سحابیها در واقع " جهان ــ جزیره " هایی هستند که از نظر اندازه با راه شیری قابل مقایسه میباشند .

اندازه‌گیری بسیاری‌از فواصل نجومی با مقایسه بین درخشش ظاهری جسم و درخشش ذاتی‌آن انجام میشود . ستارگان و کهکشانها هرچه دورتر باشند تیره‌تربنظر میرسند . اگر به دو ستاره یا دو کهکشان از یک نوع نگاه کنیم و یکی ازآنها را بسیار درخشان تر از دیگری بیابیم میتوانیم چنین نتیجه گیری کنیم که‌ستاره یا کهکشان درخشانتر بما نزدیکتر است . البته ، مسئله‌تعیین‌درخشش‌ذاتی است . برای مثال میتوان با اندازه‌گیری درخشش ظاهری یک لامپ نورانی‌فاصله آنرا تعیین کرد ، البته فقط درصورتیکه از پیش بدانیم که‌لامپ ۲۵ ، ۶۰ یا ۱۰۰ وات است .

در ۱۹۱۲ هنریتالیویت ، منجم کالج هاروارد که درآفریقای جنوبی کار میکرد ، به کشفی‌نائل شدکه‌باعث انقلابی در نجوم گردید . البته‌لیویت نمی‌دانست که‌چنین کاری میکند ؛ او فقط‌میکوشید اطلاعات مفیدی درباره‌ٔ ستارگان‌ٔ متغیر جمع آوری کند .

متغیرها ، ستارگانی هستند که‌می‌تپند ، درخشش‌آنها زیاد میشود ، کاهش می‌یابدو دوباره زیاد میشود . در برخی ازآنها تغییرات دربرون ده نور بسیار منظم است . در بقیه چنین نیست . شاید بهترین متغیر منظم شناخته‌شده‌ستاره‌قطبی یا ستاره شمال باشد که‌درهر۳/۹۷روز یکبار به اوج درخشش خود میرسد .

امروزه دانسته‌شده است‌که تغییرات در درخشندگی ستارگان متغیر ، بواسطهٔ دوره‌های انبساط و انقباض ایجادمشود . طبیعتا" در ۱۹۱۲ ، لیویت‌چیزی درموردا‌ین تغییرات در اندازه نمی‌دانست . اما او متوجه شد که‌درانواع‌معینی ، بنام *متغیرهای قیفاووسی* ، ارتباطی‌بین‌پریودو درخشندگی وجوددارد . هر چه‌قیفاووس دراوج خود درخشنده‌تر بود ، پریودبین دواوج درخشندگی آن طولانی تر بود .

قیفاووسها یی‌کهلیویت بر روی‌آنها مطالعه میکرد درابر ماژلانی کوچک قراردا شتندکه فقط در نیمکرهٔ جنوبی قابل رویت هستند (یک ابرماژلانی بزرگ نیز وجود دارد؛ این ابرها پس‌از دریانورد پرتغالی ، فردیناند ماژلان ، که آنهارادرطول سفرش بدور دنیا در قرن شانزده مشاهده کرده ، نامیده شده‌اند) . درآن‌زمان‌نمی دانستندکه‌این ابرها کهکشانهای‌ماهواره‌ای کوچکی هستند که‌بدور کهکشان راه‌شیری میچرخند ، اما دریافته بودند که فاصله تمام ستارگان آن از زمین یکسان است .

این حقیقت آخری لیویت‌راقادرساخت‌تا یک قیفاووس را با فیفاووس دیگر مقایسه کند . اگریکی دو برابر درخشان تر از دیگری بنظر میرسید ، پس ذاتا " دوبرابر درخشنده‌تر بود .اگرتیره‌ترظاهر میشد پس درخشندگی ذاتی آن پائین تر بود .

معنای کشف لیویت این‌بود که‌میتوان ازاین‌ابر متغیرها درمحاسبه فواصل درجهان‌استفاده‌کرد .اگرمنجمان‌میتوانستند فقط فاصله یک قیفاووس را اندازه‌گیری‌کنند درآنصورت ارتباط پریود ــ درخشندگی میتوانست‌برای پیدا کردن فاصله‌تمام آنها بکار رود . و با این اعداد امکان محاسبه فاصله هر مجموعه‌ستاره‌ای‌که شامل یک‌قیفاووس درمیان ستارگان خود باشد فراهم می‌آید .

زمانی که ادوین هوبل، در ۱۹۱۹ برای مطالعه سحابی با تلسکوپ جدید ۱۰۰ اینچی به رصدخانه کوه ویلسون کالیفرنیا آمد ، فواصل چند قیفاووس نزدیک تعیین شده‌بود .سرانجام منجمان‌وسیله‌ای داشتند که میتوانست برای اندازه‌گیری فواصل بزرگ مورد استفاده قرار گیرد . هوبل از این‌وسیله‌استفاده‌کرد تا ثابت‌کند برخی ازسحابیها درواقع کهکشانهای دیگر هستند .

در طول اولین‌سالهای‌دهه ۱۹۲۰ ،هوبل قیفاووسهایی‌درسحابی‌هایی که‌باعنوان NGC ۶۸۲۲ (شماره ۶۸۲۲ درکاتالوگ عمومی جدید) ، M ۳۱

(شماره ۳۱ در کاتالوگ میسر، که پس‌از چارلز میسر، منجم قرن نوزده فرانسه نامگذاری‌شد)، و M ۳۳ شناخته‌شده‌اندکشف‌کرد. هوبل‌باانداز‌ه‌گیری درخشش‌قیفاووسیها، قادربود نشان دهد که این سحابیها صدها یا هزاران سال نوری از زمین‌دور هستند. این بدین معنی بود که آنها نمی‌توانستند در داخل راه‌شیری‌قرارگرفته‌باشند. و چون مجموعه‌هایی‌از ستارگان بیشمار بودند و نه تکه‌های بخار، بنابراین اجبارا "خیلی بزرگ بودند. جهان جزیره‌های کانت سرانجام درواقع وجود داشتند.

هوبل همچنین‌قادر بود فاصله هر کهکشان را با سرعت پس رفت آن مقایسه‌کند. این موضوع قبلا" کشف شده بود که نور بسیاری‌از کهکشانها به سمت قرمز انتقال می‌یابدکه براین امر دلالت دارد که آنها از زمین دور میشوند. هوبل‌قادربودنشان دهد که‌مقدار انتقال به قرمز با فاصله متناسب است. این موضوع‌براین دلالت داشت که‌کل جهان‌درمرحله‌ای از انبساط سریع است.

مشکل‌نیست ببینیم‌که چرا نور اجسام دور شونده باید به سمت قرمز انتقال یابد. نور پدیده ای موجی است. از این‌رو یک‌پرتو نور می‌تواند بمثابه یک سری‌از قله‌ها و فرورفتگی های موج پنداشته شود، همانند قله‌ها و فرورفتگی های امواج اقیانوس.

اگرجسمی‌درحال‌دورشدن باشد، هرقله‌موج پیاپی باید قبل از اینکه بمابرسدفاصله‌طولانی تری را طی کند. مثلا" اتوموبیلی را در نظر بگیرید که به فواصل ۱ثانیه‌بوق‌میزندو با سرعت ۳۰ فوت‌در ثانیه از ما دور میشود اگر نخستین بوق باید ۱۰۰ فوت را طی کند تا صدایش به مابرسد، دومی باید ۱۳۰ فوت، سومی ۱۶۰ فوت والخ.

از سوی دیگراگرجسمی درحال نزدیک‌شدن به ما باشد، قله‌ها با هم جمع شده بر روی هم قرار میگیرند. دراین‌صورت طول‌موج (فاصله یک قله تا قله دیگر موج) کوتاه خواهد شد.

در موردنور، طول‌موج به رنگ بستگی دارد؛ رنگ قرمز طولانی ترین طول موج‌را دارد، درحالیکه‌طول موج نور آبی بسیار کوتاه تر است. از آنجا که طول موجها بهنگام دور شدن یک‌جسم درازتر میشوند، نوری که‌این جسم میفرستد قرمز خواهد شد. از سوی دیگر، نور جسمی که نزدیک میشود به سمت آبی انتقال خواهدیافت.

نوری که‌ازکهکشانهای‌دوردست میآید به چشم‌ما قرمز دیده نمیشود، زیرا کهکشانها "نور" ماوراء بنفش نامرئی نیز منتشر میکنند. همچنان که بخش مرئی‌طیف قرمز میشود، برخی از طول موجهای ماوراء بنفش به طرف طول موجهای آبی‌انتقال می‌یابند. نتیجهٔ کلی تا آنجا که به‌چشم مربوط میشود، آنست که‌هیچ‌اتفاقی نیفتاده؛کهکشان همانگونه که قبلا" بود بنظر میآید.

اما برای وسائل علمی‌که‌میتوانندنوررابه طول موجهای تشکیل دهنده آن تجزیه‌کند، کهکشان طور دیگری بنظر میآید. این وسایل که *طیف نگار*، نامیده میشوند میتوانند میزان انتقال هر طول موج را اندازه‌گیری کنند. طیف نگارها همچنین‌میتوانند برای‌تعیین‌ترکیب‌شیمیایی‌ستارگان و کهکشانها بکار روند. کافی‌است‌تعیین‌کنیم چه طول‌موجهایی موجودهستند تا بتوانیم معلوم کنیم چه‌عناصر شیمیایی درجسم انتشار دهندهٔ نور وجود دارند.

این حقیقت که نور اکثریت عظیمی از کهکشانها بطرف قرمز انتقال می‌یافت بدین معنی‌بودکه‌آنها از زمین دور میشدند. اما هوبل دریافت که این امردلیل این نیست که زمین‌در مرکز انبساط قرار گرفته، یا اینکه زمین ایستاده است درحالیکه سایر چیزها حرکت میکنند.

کهکشانها درحال‌دور شدن از زمین بنظر میرسند زیرا همه آنها یکی از دیگری دور میشوند. یک جهان درحال انبساط برای فرد بیننده هر کجا که میخواهد قرار گرفته‌باشد، هیئتی یکسان دارد؛ مرکزی وجود ندارد.

دو همانند سازی برای بیان‌این نکته‌**میتواند بکار گرفته‌شود**: فرض

کنید تعدادی نقطه بر روی‌سطح یک بادکنک ترسیم کنیم و سپس بادکنک را باد کنیم. هرنقطه‌از هر کدام‌از نقاط دیگر دور میشود. یا به مقداری خمیر کیک‌کشمشی‌فکرکنید که‌همین الان در فرگذاشته شده‌باشد. همچنانکه خمیر انبساط می‌یابد (یعنی ور می‌آید) ، فواصل بین کشمش ها زیادترمیشود.

از این گذشته ، نقطه‌ها یا کشمش هایی که دردورترین‌فاصله از یکدیگر قرار گرفته‌اند ، فاصله‌خود را سریعتر افزایش میدهند. این همانند دقیق وضعیت امورجهان‌است ؛ کهکشانهایی که دردورترین نقاط نسبت به ما قرار گرفته‌اند با سرعتهای بالایی‌از ما دور میشوند. سرانجام این حقیقت که ارتباطی بین فاصله و سرعت وجود دارد بما اجازه میدهد تا محاسبه کنیم انبساط با چه سرعتی انجام میگیرد.

تنها بغرنجی‌مربوط به‌این‌حقیقت‌بود که تعدادی از کهکشانها انتقال به آبی نشان‌میدادند. یکی‌از این کهکشانها ، کهکشان بزرگ امراه‌المسلسله است‌که‌نزد منجمان‌با عنوان M۳۱ شناخته شده است. M۳۱ درحال نزدیک شدن به راه شیری است.

این عبارت‌که‌تمام کهکشانها درحال دور شدن از یکدیگرند ، عملا" زیاد ساده کردن‌قضیه‌است. کهکشانها بصورت‌خوشه‌هایی گرد هم میآیندکه بوسیله نیروهای‌گرانشی باهم‌نگه داشته میشوند. این خوشه‌ها هستند و نه کهکشانهای منفرد که از یکدیگر دور میشوند.

راه شیری و M۳۱ هر دو اعضای خوشه‌ای‌ازکهکشانها هستند که تحت عنوان *گروه محلی* شناخته‌شده‌اند. نوری‌که از دیگر کهکشانهای گروه محلی میآید میتواندانتقال به قرمز یا آبی داشته باشد ، و این بستگی به حرکت نسبی‌آنها دارد. یک انتقال‌به قرمز درگروه محلی ارتباطی به انبساط جهان ندارد.

این حقیقت که کهکشانها بصورت خوشه‌درمیآیندزندگی را برای منجمان ساده‌تر میکند ؛ اگر انتقال به قرمز برای‌یک کهکشان دریک خوشهٔ

دوردست بتواند اندازه‌گیری شود در آنصورت این انتقال برای دیگر کهکشانهای آن خوشه نیز همان است. این امر میتواند در مورد برخی خوشه‌ها که شامل هزاران عضو هستند مسئله را ساده کند.

هوبل کشف خود را مبنی براینکه جهان در حال انبساط است در سال ۱۹۲۹ اعلام کرد. در طول سالهای بعد هوبل و همکارش میلتون هومانسون (که در آغاز در رصد خانهٔ کوه ویلسون بعنوان باربند قاطر استخدام شده بود؛ اوپس از چند سال با فعالیت در زمینه نجوم بصورت یک منجم درآمد). بطور تصاعدی، بسیاری کهکشانهای دوردست را رصد کردند. متغیرهای قیفاووسی تنها در نزدیکترین کهکشانها میتوانند تشخیص داده شوند، اما یکبار که فواصل آنها اندازه‌گیری شود، محاسبه درخشندگی درخشانترین ستارگان آنها ممکن است. چون ستارگان درخشان در کهکشانهای متفاوت بسیار شبیه هم بودند، میتوانستند بمثابه مقیاسهای فاصله بجای قیفاووسیها بکار روند؛ اساس کار دقیقاً یکی بود. هوبل و هومانسون بطور ساده در جستجوی ستارگان درخشان مشابه در کهکشانهای متفاوت بودند و درخشندگی ظاهری آنها را اندازه گرفتند.

کشف هوبل در مورد انبساط جهان نشان داد که مقاله اینشتاین دربارهٔ جهان ایستا بر پایه یک فرض اشتباه بوده است. هنوز هوبل چنین نتیجه‌گیری میکرد که جهان بسته است. او در کتاب خود بنام *قلمرو سحابی ها* که در سال ۱۹۳۶ انتشار یافت، این عقیده را ابراز داشت که "اگر انتقالهای به قرمز همان تغییرات شتاب باشند، پس جهان بسته است و دارای حجم و مقادیر محدودی است."

هوبل اختلافات کوچکی در اطلاعات خود درباره انتقال به قرمز یافته بود که ظاهراً "دال بر این بود که جهان اجباراً" بسته است. هوبل فکر کرد که این امر را معلوم کرده که تعداد کهکشانها در واحد حجم، با فاصله تغییر میکنند. یعنی اگر فردی از فاصله مثلاً "۱۰۰ میلیون سال نوری به جهان

نگاه کند ، کهکشانها به آن تعداد زیاد که‌در همسایگی کهکشان راه‌شیری هستند ، نخواهند بود .

اما زود معلوم شد که هوبل مانند اینشتاین عجولانه به نتیجه‌گیری برخاسته بود . در ۱۹۳۶ غیر ممکن بود که‌برای پشتیبانی از این باور ، اندازه‌گیری‌ها را باندازه‌کافی‌دقیق کنیم . امروزه دانشمندان معتقدندکه نتیجه گیری هوبل‌بر پایه یک خطای سیستماتیک اندازه‌گیری بود .

از این گذشته ، هوبل نتیجه‌گیری خود را بر مبنای وجود اختلافات کوچکی دراطلاعات‌خودقرارداده بود . امابزودی آشکار شد که نتایج هوبل یک اختلاف بسیار بزرگتری در بردارد .

مسئله ، رقم‌پیشنهادی‌هوبل برای سن جهان بود . اگر جهان درحال انبساط است ، دراین صورت‌ساده است‌که میزان‌زمانی را که از شروع انفجار گذشته است‌تخمین‌بزنیم . بالاخره ، اگر هر چیزی درحال دور شدن است ، پس بایدزمانی‌بوده‌باشد که‌تمام مادهٔ داخل جهان بطور محکم بهم بسته شده بوده است . حتی‌اگر مطمئن نباشیم که انبساط با چه‌سرعتی درحال کند شدن است ، هنوز امکانپذیر است که حد بالایی سن جهان را بدست آوریم که بنام *زمان هوبل* نامیده میشود .

براساس اندازه‌گیری هوبل ، جهان نمیتواندبیش از ۲ میلیارد سال داشته باشد . اما در ۱۹۳۶ ، از قبل دانسته شده بود که سنگهای زمینی معینی ۳/۵میلیارد سال قدمت داشتند . تاریخ گذاری بشیوهٔ رادیواکتیو این حقیقت را بدون‌هیچ شک مستدلی تصدیق کرده بود . واضح است که سنگهای روی زمین‌نمی‌توانستندازخود جهان‌قدمت بیشتری‌داشته باشند .

اینشتاین و هوبل بااین‌عقیده‌که جهان بسته است موافق بودند . اما هیچ دانشمندی نتوانست مدارک قانع کننده‌ای ارائه دهد . یکی این را از یک‌فرض غلط که‌جهان‌ایستاست نتیجه‌گیری کرده بود و دیگری ازیک تئوری جهان درحال انبساط که بنظر میرسید عیوب بیشماری را درخودداشت .

آیا واقعاً" جهان بسته بود ؟ کسی نمی‌دانست. تا ۱۹۳۶ ریاضی دانان نشان داده‌بودند که تئوری نسبیت عام براین‌امر دلالت دارد که هم جهانی باز و هم‌جهانی بسته هر دو امکانپذیر است. سئوال باید با رصدهای آینده پاسخ داده شود.

" اندازه" جهان را از دو راه میتوان تعیین کرد: میتوان میانگین چگالی ماده را تعیین کرد، یا میتوان تعیین کرد که آیا انبساط با سرعتی کافی درحال کند شدن‌است که سرانجام به توقف بیانجامد. گرچه روش اول‌خیلی‌سرراست‌بنظر میرسد ،اما درواقع بسیار مشکل تراست. در ۱۹۳۶، تنها توانستندماده‌ای‌که نور ازخود منتشر میکند را ببینند. نه رادیو اختر شناسی‌و نه اخترشناسی‌پرتو ــ x و نه هیچ نوع دیگری از نجوم که برپایهٔ ردیابی انواع تشعشعات غیر نوری‌باشداختراع‌نشده بود. بعبارت دیگراگر چیزی‌درخشنده‌نبود نمیتوانست‌ردیابی شود. و البته هیچکس نمی‌دانست که جهان چقدر ماده غیر درخشنده‌درخود ممکن است‌داشته باشد.

بنابراین کوششهای‌اساسی بمنظور دریافتن اینکه آیا جهان باز است یا بسته بستگی به کشف‌این داشت که انبساط جـهان با چه‌سرعتی‌درحال کند شدن است. اما قبل‌از اینکه اینکار بتواند انجام شود، دانشمندان باید کشف میکردند که چه چیز در تئوری هوبل غلط‌است.

این کار عظیم در طول‌دهه ۱۹۵۰ توسط دو منجم امریکائی‌آلن ساندیج و والتر بادآلمانی الاصل به انجام رسید. در طول جنگ جهانی دوم، باد کشف کرده بود که دو نوع گوناگون از ستارگان وجوددارند که او به‌این دو نوع نامهای جمعیت I و جمعیت II داده بود.

ستارگان جمعیت II بسیار قرمزتر ظاهر میشدند و یک امتحان طیف نگاری از نور آنها نشان داد که آنها فاقد فلزات سنگینی هستند که در ستارگان ازنوع‌جمعیت I دیده‌میشود. امروزه‌ما میدانیم که‌ستارگان‌جمعیت II بسیار مسن هستند، درحالیکه‌ستارگان جمعیت I بسیار جدید ساخته

شده‌اند .

در سال ۱۹۴۴ ، باد پیشنهاد کرد که‌ستارگان متغیر نیز باید به دو گروه تقسیم شوند و نیز گفت‌که دو نوع ارتباط پریود ــ درخشندگی موجود است . او قادر نبودتا موقعی که بتواند با استفاده از تلسکوپ جدید ۲۰۰ اینچی که برروی‌کوه‌پالمار در ۱۹۴۷ کار گذاشته شده بود رصدهای دقیق بیشتری انجام دهد ، این فرض را تصدیق کند .

اما در ۱۹۵۲باداعلام کرد که‌عیب کار هوبل را پیدا کرده‌است: دو نوع متغیرقیفاووسی وجود داشت نه یکنوع ، آنگونه که هوبل می‌پنداشت . ستارگان جمعیت II بطور ذاتی درخشنده‌ترازستارگان‌جمعیت I بودند . وقتی هوبل کوشیدفواصل کهکشانی‌را اندازه‌گیری کند ، دو قیفاووس قابل مقایسه از یک‌نوع‌در راه شیری ر با نوع دیگری در کهکشانهای گروه محلی اشتباه کرد . خطاهای‌نتیجه در فواصل نزدیکترین کهکشانها به خطاهایی درفواصل تمام کهکشانها منتهی میشدند .

چند سال بعد ،آلن‌ساندیج نشان دادکه هوبل ابرهای گاز هیدروژن مشتعل درکهکشانهای‌دوردست را باستارگان درخشنده اشتباه کرده است . با استفاده ازاین‌ابرهای‌گازبعنوان شاخص فاصله ،هوبل خطای سیستماتیک دیگری را مرتکب شد .

نتیجه این بودکه هوبل‌اندازه جهان را ناچیز شمرده بود . از این گذشته ، انبساط بگونه‌ای قابل فهم کندتراز آن بود که‌وی می‌پنداشت . نتیجه‌گیری هوبل که جهان درحال انبساط است کاملا "درست بود ، اما او در مورد فواصل‌بین کهکشانی ، سرعت انبساط‌و درنتیجه سن جهان اشتباه میکرد . محاسبات جدیدزمان هوبل را بیش از ۱۰ میلیارد سال‌نشان داد (بعدا " به ۱۸میلیاردتصحیح شد) . در پایان منجمان رقمی‌داشتند که با سن سنگهای زمینی همخوانی‌داشت .

ساندیج تنها به‌نتایج درست هوبل اکتفا نکرد و برای دهه ها بر روی

انتقال‌به قرمز مطالعه کرد و روشهای خود رادر هر مرحله تصحیح نمود. او معتقد بود که‌رصد دقیق و درست سرانجام او را قادر خواهد ساخت تا سن جهان را تعیین کند و کشف کند آیا جهان باز است یا بسته.

ساندیج‌درمقاله‌ای‌که درفیزیک *امروز* درسال ۱۹۷۰ چاپ شد کار خود راتحت عنوان" درجستجوی دو عدد " توصیف کرد. یکی از این عددها که ثابت‌هوبل نامیده‌میشود اندازهٔ سرعت انبساط است. دیگری بنام *پارامتر کندی*، بستگی به‌سرعتی دارد که درآن گرانش باعث کند شدن انبساط میشود.

پارامتر کندی‌اینطورتعریف میشود: کمتراز نیم برای یک جهان باز، و بیشتر از نیم درصورتیکه جهان بسته‌باشد. کند شدن‌دریک جهان بسته بیشتر است‌زیرادرآنجاماده بیشتری‌موجود است‌و ازاین رو ترمزهای‌گرانشی بیشتر است. رقم نیم اهمیت‌ویژه‌ای ندارد ــ این رقم براین امر دلالت نمی‌کند که‌یک‌کمیت نصف‌کمیت دیگری است. اگر تعریف پارامتر کندی کمی با تعریف فعلی‌تفاوت‌داشت، رقم‌بحرانی میتوانست‌یک دهم، پنج و یا صد باشد.

تا ۱۹۵۶، ساندیج‌موفق‌شده‌بودفواصل‌کهکشانهایی را که‌یک میلیارد سال‌نوری بازمین‌فاصله داشتند اندازه‌گیری کند. درچنین فواصلی ستارگان منفرددرکهکشانها نمی‌توانندتمیز داده‌شوند. از این‌رو ستارگان درخشنده نمی‌توانند به مدت زیادی‌بمثابه شاخص های فاصله‌بکار روند. ساندیج قادر بود با استفاده از خود کهکشانها، مسئله را حل کند.

کهکشانها بصورت خوشه‌ها گرد می‌آیند و بسیاری از خوشه‌ها شامل اعضای شاخصی با درخشش شناخته شده هستند.

در فاصله های کوتاه، ساندیج همان کاری‌را کرد که هوبل کرد: او فاصله را بااندازه‌گیری‌درخشندگی ظاهری‌ستارگان درخشنده محاسبه کرد. در فاصله‌های‌دور هم او کار مشابهی انجام داد: فاصله‌های خوشه‌ها را با

اندازه‌گیری درخشندگی ظاهری کهکشانهای درخشنده محاسبه کرد.

وقتی منجمان نقاط دوردست‌فضا رامی‌نگرند، به گذشته‌های دور نیز نظر می‌اندازند. کهکشانی که یک میلیارد سال نوری از ما دور است توسط نورش دیده‌میشود که‌به‌مدت‌یک میلیاردسال از میان‌فضا عبور کرده است. این بطور ساده‌تعریف واژهٔ " سال نوری" است: فاصله‌ای که نور درمدت یک سال طی می‌کند.

وقتی ساندیج‌به کهکشانهای نزدیک تر نگاه میکرد، جهان را آنگونه که درگذشته‌ای نزدیک‌بوده می‌دید. وقتی او خوشه‌های دوردست را مورد امتحان قرارمیداد، گیتی را آنگونه‌که یک میلیارد سال پیش یا بیشتر بوده مینگریست. چون جهان درحال انبساطی بس سریع بود پس ــ در اصول مقایسه این دو رصد و محاسبه اینکه میزان کندی چقدر است ممکن بود.

در عمل همهٔ این‌کار ساده نبود. اندازه گیریها مشکل بودند و امور نامعلوم زیاد. روش گام به گام که‌برای اندازه‌گیری فواصل بکار میرفت، نخست قیفاووسیها، سپس ستارگان درخشان و سپس‌کهکشانهای درخشان کار را مشکل‌میکرد، و تغییرات در درخشندگی شاخصهای فاصله‌ای گوناگون حتی آنرا بدتر هم میکرد.

ساندیج سالها بر روی مسئله کار کرد، تا اواسط دهه ۱۹۵۰ او میزان کافی اطلاعات دردست داشت، یا چنین بنظرمیرسید. اندازه‌گیریها دلالت براین داشتند که‌پارامترکندی تقریبا " برابر یک است، یعنی دو برابر رقم بحرانی نیم. تردیدهای زیادی‌وجود داشتند ولی محتمل بنظرمیرسید که جهان بسته باشد.

برای بدست‌آوردن‌نتیجه، ساندیج‌مجبور بود فرضها را محقق کند. یکی از این‌فرضهااین بود که‌درخشندگی‌کهکشانها در زمان، نسبتا " ثابت می‌ماند. راهی وجود نداشت‌که‌ساندیج بتواند ثابت کند که‌یک کهکشان باید اکنون تقریبا "بهمان‌درخشندگی‌باشد که‌یک میلیارد سال پیش بوده،

اما این تصور بنظر معقول میآمد.

ساندیج دراوائل‌دهه ۱۹۷۰، رقم خود رابرای پارامتر کندی‌به ۱/۲ اصلاح کرد. در ۱۹۷۸ ساندیج و همکارانش، جیمز کریستیان از رصد خانهٔ هال و جیمزوستفال‌از انستیتوتکنولوژی کالیفرنیا این رقم رابه ۱/۶ اصلاح کردند. سه منجم خاطر نشان‌کردندکه گرچه‌رقم ۱/۶ بیش از سه‌برابر رقم بحرانی است، اما نمی‌توان چنین استنباط‌کرد که جهان بسته است. اگر درخشندگی کهکشانها، باگذشت زمان تغییر میکرد، صفر میتوانست رقم دقیق تری باشد.

گر چه ساندیج‌یکی‌ازنخستین طرفداران و بیانگران‌نظریه جهان بسته بود، در سالهای اخیر اوتمایل به‌طرفداری از این نتیجه‌گیری داشته که جهان‌باز است. او خاطرنشان‌میسازد که اطلاعات‌دیگری موجود است (که من‌در فصول بعدی شرح خواهم داد) که به نظریه باز بودن جهان التفات دارد. اومعتقداست که‌به‌این نتایج‌باید وزن بیشتری داد تا تعیین پارامتر کندی که خود او انجام داده است.

اخیرا" وقتی‌گروهی ازمنجمان مقدار ثابت هوبل ــ عددی که‌سرعت انبساط‌جهان را اندازه‌گیری میکند ــ را مورد اعتراض قرار دادند، تفسیر برخی از نتایج ساندیج‌حتی بیشتر مورد تردید قرار گرفت. اگر نظر آنها درست باشد، نه‌تنها جهان با سرعت بیشتر از آنچه منجمان باور دارند، در حال انبساط‌است، بلکه جهان‌همچنین‌قدری جوانتر از آنست که آنان تخمین میزنند. نتایج جدید دلالت بر این‌دارد که گیتی نه ۱۳ تا ۱۸ میلیارد سال، بلکه ۷ تا ۱۰ میلیارد سال قدمت دارد.

در ۱۹۷۹ ،مارک‌آرونسون‌ازرصدخانه‌استواردر توکسون، آریزونا، جرمی مولداز رصدخانه ملی کیت پیک؛ و جان هوچرا از مرکز اختر فیزیک هاروارد ــ المیتسونین روش‌جدیدی‌برای اندازه‌گیری فواصل بین کهکشانی ابداع کردندکه‌نتایج‌متفاوتی با آنچه توسط ساندیج و دیگر منجمان بدست

آمده بود بدست میداد. براساس کار آرونسون، مولدو هوچرا، اندازه‌گیری‌های متداول ثابت هوبل با این حقیقت که انبساط جهان درمجاورت راه شیری باانبساط جهان بمثابه یک کل متفاوت است رد میشود. سه منجم میگویند که ظاهرا "مادر جعبه‌ای از فضا که بسیار آهسته انبساط می‌یابد قرار داریم.

آنها ادعا میکنند که این امر غیر متعارف پیامد وجود یک خوشه پرجرم از کهکشانها درصورت فلکی عذرا میباشد. آنها معتقدند که این خوشه به اندازه‌ای پرجرم است که انبساط جهان را درناحیه فضایی ماکند میکند. راه شیری با سرعت ۴۰۰ تا ۵۰۰ کیلومتر بر ثانیه به سوی این خوشه کشیده میشود. مقدر است که ما در حدود ۶۰ میلیارد سال دیگر با آن برخورد کنیم.

فواصل کهکشانها طبق سنت به‌روش گام به‌گام تعیین شده است. نخست فاصله تا کهکشانهای گروه محلی را اندازه‌گیری میکنند، سپس فاصله تا خوشه‌های مجاور و سرانجام فاصله تا خوشه‌هایی که دور ترهستند. اکنون یکی از این گامها شامل اندازه‌گیری فاصله تا خوشهٔ عذرا است. اگر امر غیر متعارف در انبساط درهمسایگی ما این اندازه‌گیریها را رد کند، نتایج دیگر نیز در خطا خواهند بود. واین موضوع بنوبهٔ خود خطاهایی را درمورد مقادیر ثابت هوبل و سن جهان بدنبال خواهد داشت.

این مانند این است که نجاری جسمی یک اینچی را برای سنجیدن طول خط کشهای یک‌فوتی بکار بردو سپس خط کشهایی را که به این ترتیب ساخته است برای ساختن مقیاسهای اندازه‌گیری نواری بکار گیرد. اگر او خطاهای عمده سیستماتیک درهرقدم بکند، آنگاه بزرگترین وسائل اندازه‌گیری ــ مقیاسهای نواری ــ دقیق نخواهندبود، و او وقتی که میخواهد ساختمان چوبی خود را بسازد با مشکل مواجه خواهد شد.

آرونسون، مولد وهوچرا میگویند که آنها با ابداع یک روش که اجازه میدهد بدون عبور ازمراحل مختلف، کهکشانهای دوردست را اندازه‌گیری

کنند ، از چنین مشکلی اجتناب کرده‌اند . روش‌آنها براین اساس استوار است که تمام کهکشانها میچرخند . سرعتی که درآن کهکشانها میچرخند بستگی به جرم آنها دارد . آرونسون ، مولد و هوچرا اندازه‌گیریهای امواج رادیویی و نو رمادون قرمز را برای‌تعیین‌اینکه‌کهکشانها با چه‌تندی‌میچرخند بکاربردند .این کارجرم را برای آنها معین میکند . وقتی جرم را دانستند میتوانند درخشندگی‌رامحاسبه‌کنند ــ سرانجام یک مقایسه بین درخشندگی ذاتی یک کهکشان با درخشندگی‌ظاهری‌آن ، فاصله آنرامعین خواهد کرد .

آرونسون ، مولد و هوچرا ادعا کردند که‌روش‌آنها فواصل را دقیقتر از آنچه قبلا "بدست‌میآمد بدست‌میدهد . دیگر منجمان ، حداقل آنها که روشهای خیلی سنتی بکار میبرند با این امر مخالفند .

در این زمان ، نتایج‌جدید ، موضوع‌بحثی‌قابل‌توجه هستند .ایراداتی به تئوری آرونسون مولد ، هوچرا گرفته شده است . یکی از قابل ذکرترین آنها اینست که این‌تئوری‌رقمی برای سن جهان تعیین کرده که با رقمی که از قدمت سنجی رادیو اکتیو عناصر بدست میآید تناقض دارد .

بسیاری از مردم‌میدانندکه قدمت سنجی رادیو اکتیوی میتواند برای تعیین سن‌یک‌جسم مثل‌فسیل یا نمونه سنگ بکار گرفته شود . اینکه متدهای مشابه میتوانند برای تعیین سن‌خود عناصر رادیو اکتیو بکار روند کمتر شناخته شده‌است . بعبارت دیگر نه تنها دریافتن سن یک سنگ با سنجش بر روی اورانیوم داخل آن ، بلکه پیدا کردن سن خود اورانیوم نیز ممکن است .

اعتقاد براین است که جهان دراصل از چیزی جز هیدژن و هلیوم تشکیل نشده‌است . براساس تئوریهای پذیرفته معاصر ، عناصر رادیو اکتیو سنگین درانفجارهای‌ابرنواختری ایجاد شده‌اند . بخشی از این مواد هنوز در فضای بین ستاره‌ای شناور است‌اما بخشی از آن در ستارگان نسل دوم و سیاراتی که بدور آنها تشکیل شده‌اند تجلی می‌یابد .

اگر دریابیم که یک قطعه معین اورانیوم مثلا " ۱۰ میلیارد سال قدمت دارد ، میتوانیم نتیجه گیری کنیم که جهان باید حداقل چنین قدمتی و احتمالا " چند میلیارد سال بیش از آن را دارا باشد . مطمئنا " انفجارهای ابرنواختری قبل از اینکه جهانی بوده باشد نمیتواند وجود داشته باشد .

نتایج بدست آمده از قدمت سنجی رادیو اکتیوی عناصر ظاهرا " دلالت براین دارد که جهان حداقل ۱۱ میلیارد سال قدمت دارد . این ، با رقم پذیرفته ۱۸ میلیارد سال تناقضی ندارد اما با رقم ۷ تا ۱۰ میلیارد سال که آرونسون ، مولد و هوچرا داده اند همخوانی ندارد . بهر حال نامعلومیها و تردیدها به اندازه کافی زیاد هستند که بحث هنوز حل نشده بماند . به خصوص ارقام ۱۰ میلیارد و ۱۱ میلیارد بهم بسیار نزدیک هستند . جز اینکه از تغییر و تعدیل جزئی که رصدهای آینده دراین یا آن رقم بمنظور رفع تناقض ایجاد میکنند تعجب کنیم چاره ای نیست . برای انجام این کار ، ما تنها مجبوریم کشف کنیم که عناصر رادیو اکتیو میتوانند یک میلیارد سال جوانتر از آنچه دانشمندان معاصر فکر میکنند باشند . از سوی دیگر ، یک تغییر و تعدیل در تئوری آرونسون ، مولد و هوچرا میتوانست احتمالا "تبدیل به رقمی برای سن جهان شود که یک میلیارد سال بیشتر بود .

اگر تئوری آرونسون ، مولد ، هوچرا درست بود ، دلائل مهمی برای این سئوال که آیا جهان باز است یا بسته داشت . اگر جهان در حال انبساط بسیار سریع باشد ، آنگونه که منجمان معاصر اعتقاد دارند ، کمتر احتمال دارد که گرانش انبساط را متوقف کند . یک محاسبه دقیق نشان میدهد که اگر تئوری درست باشد ، رقم پارامتر کندی ۰/۳۵ میباشد . چون این رقم از رقم بحرانی یک دوم ، یا ۰/۵ کمتراست ، معنای آن اینست که جهان باز است .

بنابراین ما وضعیتی داریم که درآن ساندیج رقم ۱/۶ را برای پارامتر کندی میدهد ، اما تصدیق میکند که خیلی به آن اطمینان ندارد . دراین ضمن یک تئوری که هنوز مورد قبول واقع نشده رقم ۰/۳۵ را بدست میدهد .

هر دوی این نتایج به این‌فرض مورد اختلاف که درخشندگی کهکشانها در طول میلیاردها سال ثابت میماند بستگی دارند .

تنها می‌توان چنین نتیجه گرفت که اگر دانشمندان دریابند که آیا جهان باز است یا بسته ، این موفقیت را با اندازه‌گیری سرعتی که انبساط درآن در حال کند شدن است بدست نخواهند آورد . اگر سئوال باید پاسخ داده شود ، روشهای قابل اطمینان بسیاری باید پیدا شود .

خوشبختانه ، این روشها گسترش می‌یابند . اما پیش از آنکه من بحث آنها را پیش بکشم ، لازم است چیزهایی درباره راهی که جهان درآن آغاز شد بگویم .

فصل سوم

انفجار بزرگ

اگر جهان برای میلیاردها سال درحال انبساط بوده است، پس باید زمانی جهان بسیار چگالیده و فشرده بوده باشد. درآن زمان چگالی ماده، دماوفشاردر درجات بسیار بالایی بوده‌اند. به‌عبارت دیگر وقتی جهان آغاز شد، خیلی چگالیده وبسیار داغ بوده و قبل از آن دریک حالت انبساط سریع بوده است.

انفجاری که در ۱۳ تا ۱۸ میلیارد سال پیش (یا ۷ تا ۱۰ میلیارد سال پیش، بسته به اینکه کدام تئوری را قبول داشته باشیم) انجام گرفت، *انفجار بزرگ* نامیده میشود. این واژه برای جهانی که بمثابه یک گوی آتشین عظیم آغاز شد واژه نامناسبی نیست. از آن زمان جهان در حال گسترده شدن بطرف خارج بوده است. نباید اینگونه فکر کرد که گوی آتشین به فضای قبلا" خالی، بطرف خارج از هم پاشیده شده؛ فضا خود در انفجار اولیه ایجاد شده‌است. امکان "خروج" از جهان درآن زمان بیش از امروز نبود.

بسیار جالب خواهد بود که دقیقا" دریابیم جهان وقتی آغاز شد، چقدر چگالیده‌و چقدر داغ بود. متاسفانه بنظر میرسد برای این کار راهی وجود نداشته‌باشد. اگر کسی بکوشد تا با استفاده از معادلات نسبیت عام محاسبه کند که هر چیز چقدر فشرده بوده است، به این نتیجه میرسد که جهان در آغاز نامحدود بوده، و کل جهان در یک نقطه ریاضی بنام *نقطه منفرد* فشرده شده بوده است.

تصور یک‌جهان‌بسته‌درچنین‌حالتی‌به‌اندازه کافی مشکل است. امااگر جهان‌بازباشد ،چیزها از این هم حتی بدتر است. دراین حالت فرد باید تصورکندکه‌فضای نامحدود ومقدار نامحدودی از ماده بطور نامحدودفشرده شده‌اند ، که تعداد نامحدودی از اتمها دریک نقطه چپانده شده‌اند.

کمیت های نامحدود میتوانند موجبات دردسر را فراهم کنند. در طول سالیان ، مفهوم نامحدود به ضد و نقیض های فلسفی و ریاضی یکی پس از دیگری کشیده شده است. و وقتی فیزیکدانها با کمیتهای نامحدود در محاسباتشان روبرو میشوند عموما" چنین نتیجه‌گیری میکنندکه باید محدودیتهایی برای کاربرد تئوری مورد استفاده آنها موجود باشد. آنها بطور طبیعی این‌امر را نشانه‌ای بر غلط بودن تئوری نمی‌دانند ، زیرا هیچ تئوری بطور جامع قابل اجرا نیست. بر عکس تئوریها تخمین هایی هستند که گاه ، وقتی شرایط به بینهایت‌میرسد ،ازاثر می‌افتند .وقتی چنین اتفاقی می‌افتد ،فیزیکدانها به‌استفاده از تئوری تحت شرایط معمولی ادامه میدهند و به جستجوی‌تئوری جدیدی می‌پردازند که بتواند وقتی شرایط غیر عادی میشودبکار بیاید.

اینشتاین دریافت که محدودیتهایی برای نسبیت عام وجود دارد. در کتاب *معنای نسبیت* که در ۱۹۵۰ منتشر شد او خاطر نشان ساخت:

" تئوری بر مبنای تفکیک مفاهیم میدان گرانشی و ماده تدوین شده است. همچنانکه این امرممکن است تخمینی درست برای میدانهای ضعیف باشد ، ممکن‌است احتمالا "برای غلظتهای زیاد ماده کاملا" ناکافی باشد. بنابراین نمیتوان‌در غلظتهای بسیار بالا اعتباری برای معادلات پنداشت و کاملا" ممکن‌است‌که‌دریک‌تئوری متحدالشکل ، چنین نقطه منفردی موجود نباشد."

بعبارت دیگر ، دریک تئوری بهتر ممکن است پیش بینی اینکه جهان در یک حالت از غلظت نامحدودآغاز شده وجود نداشته باشد. امروزه

دانشمندان در مورد اینکه چنین تئوری بهتری چگونه ممکن است باشد، نظراتی دارند. آنها حتی نامی هم برای آن دارند؛ آنها به این تئوری به عنوان تئوری *گرانش کوانتوم* اشاره میکنند زیرا گمان دارند که چنین تئوری باید بطریقی، مخلوطی از نسبیت عام و *مکانیک کوانتوم* باشد. متاسفانه هیچکس نمی‌داند چنین ادغامی چگونه انجام شده است.

مکانیک کوانتوم با حرکت ماده در سطح میکرسکوپی سرو کار دارد. این تئوری‌ای است که بطور بالقوه تمام فیزیک مدرن بر پایهٔ آن قرار دارد. این تئوری که بطور عمومی در اواسط دهه ۱۹۲۰ برای توضیح انتشار نور بوسیله اتمها بسط داده شد، اکنون در محدوده‌های گوناگون مثل ساختمان هسته‌های اتمی، تئوری پیوندهای شیمیایی، عمل ترانزیستورها و فوق رسانایی در فلزات بکار میرود. مکانیک کوانتوم همچنین پایه‌ای است که براساس آن تئوریهای ذرات زیر هسته‌ای ساخته میشود. این فهرست میتواند بطور نامحدود ادامه داشته باشد زیرا مکانیک کوانتوم عملا" همه چیز را شامل میشود.

مکانیک کوانتوم و دو تئوری نسبیت، فیزیک مدرن را تشکیل میدهند. مکانیک کوانتوم و نسبیت خاص در دهه‌های پیشین با هم ادغام شدند، اما ادغام مکانیک کوانتوم و نسبیت عام بسیار مشکل است بطوریکه فیزیکدانها اغلب احساس میکنند نمی‌دانند از کجا شروع کنند.

بعنوان نتیجه هیچکس نمی‌تواند دقیقا" بگوید که در طول مراحل اولیه انفجار بزرگ چه چیز اتفاق افتاده است. دانشمندان نمی‌توانند تمام راه گذشته را دریابند؛ در زمان حاضر یک سد تئوریکی موجود است که آنان نمی‌توانند از آن عبور کنند. بویژه دانشمندان نمی‌توانند بگویند آیا جهان براثر انفجار بزرگ ایجاد شده یا اینکه قبلا" به شکل دیگری وجود داشته است؛ برطبق آنچه که آنها می‌دانند، زمان، ممکن است در انفجار بزرگ ایجاد شده باشد. علیرغم این مشکلات، تئوری انفجار بزرگ تقریبا" بطور

عام درطول دهه‌گذشته پذیرفته شده است. تئوریهای رقیب بنظر نمی‌رسد با مشاهدات علمی سازگارباشند.

تئوری انفجاربزرگ‌درطول زمان گسترش یافته و بحث زیادی درمورد تاریخ خود ایجاد کرده است.

در سال ۱۹۲۲ ریاضی دان روسی بنام الکساندر فریدمن اشتباهی درمقاله اینشتاین‌در بارهٔ جهان ایستا یافت. فریدمن پس ازاینکه خطا را تصحیح کرد بطور بسیار دقیق به معادلات جدیدی که‌بدست آورده بود نظرانداخت. اودریافت که" جهان ایستا"ی اینشتاین در واقع بهیچوجه ایستا نیست. تنها یک انحراف خیلی‌کوچک لازم است تا آنرا به این جهت یاآن‌جهت‌متمایل کند. با ایجاد کمی انحراف در آن میتواند تبدیل به جهانی در حال انبساط یا جهانی در حال انقباض شود.

چون نتایج‌اینشتاین رضایتبخش نبودند، فریدمن دست بکار شد تا دریابد تئوری نسبیت عام چه نوع‌جهانهایی را بیان می‌کند. بویژه او می‌خواست دریابد که‌اگر ثابت کیهان شناسی وجود نداشته‌باشد، جهان به چه شکل خواهد بود.

سرانجام‌فریدمن‌درهمان‌جایی که اینشتاین شکست خورده بود موفق شد. در۱۹۲۲، اودریک‌مجله آلمانی فیزیک مقاله‌ای تحت عنوان" دربارهٔ انحنای فضا" چاپ کرد. مقاله‌تنها در ده صفحه‌نوشته شده بوداما درهمان ده صفحه، فریدمن برای نخستین بار توصیف‌ریاضی صحیحی از جهان بدست داده بود.

این فریدمن‌بود که‌کشف کرد دو نوع جهان وجود دارد که ما آنها را " باز " و "بسته" می‌نامیم. او نشان داد که میانگین چگالی جرم، نوع جهان را تعیین‌می‌کند. سرانجام، او نشان داد که جهان یا باید در حال انبساط باشد و یا درحال انقباض. اما این کار بطور کامل مورد چشم‌پوشی قرار گرفت.

بزودی پس از مرگ فریدمن در ۱۹۲۵ ، کشیش ژرژ لومتر ، پروفسور نسبیت و تاریخ‌علوم در دانشگاه لوون کار برروی همان مواردی که فریدمن بر روی آنها کارکرده بود را آغاز کرد . چون لومتر هرگز دربارهٔ کار فریدمن چیزی نشنیده بود ، مجبور بود تمام محاسبات مشابهی را که انجام گرفته بود دوباره انجام دهد .او سرانجام موفق شد و در ۱۹۲۷ مقاله‌ای در بارهٔ این موضوع انتشار داد . کارلومترنیز همچون کار فریدمن نادیده انگاشته شد .

در ۱۹۳۳ ، لومتراین پیشنهاد را مطرح کرد که جهان در اصل ازیک " اتم اولیه" تشکیل شده بوده که این اتم تمام ماده‌ای را که بعدا " تبدیل به جهان شده در بر داشته است . در لحظه معینی از زمان این اتم اولیه تجزیه و خرد شده و ماده را در همهٔ جهات پراکنده کرده است .خلق‌جهان ، بعبارت دیگر ، چونان‌روندی شبیه شکستن هستهٔ اتم انگاشته میشد .

اتم اولیه لومتز به شیوه‌ای شبیه آنچه در مورد شکستن هسته اتمهای اورانیوم و پلوتونیوم درانفجار بمب اتمی اتفاق می‌افتد ، شکسته میشود .

تئوری لومتردراصول درست و در تمام‌جزئیات نادرست بود . امروزه مامی‌دانیم که‌جهان هرگز به مثل‌یک گوی جامد آنگونه که‌لومتر میگفت وجود نداشته وبه‌شیوه‌ای‌که اوفکر می‌کرد ازهم نگسیخته است . با اینحال ، لومتر رابایدبعنوان پدر تئوری انفجار بزرگ در مورد منشاء جهان دانست . این او بود که این نتیجه‌گیری را کرد که اگر جهان در حال انبساط باشد ، پس باید زمانی در یک حالت چگالیده شده بوده باشد .

حدود یکسال پس از آنکه لومتر تئوری خود را انتشار داد ، یکی از دانشجویان سابق فریدمن ، فیزیکدانی بنام ژرژ گاموف از اتحاد شوروی به ایالات‌متحده‌مهاجرت کرد .اگر لومتر پدر تئوری انفجار بزرگ بود ، گاموف دانشمندی بودکه آنرا به چیزی شبیه شکل مدرن‌آن تغییر داد . همچنین این گاموف بود که واژهٔ " انفجاربزرگ" را اختراع کرد .

در آوریل ۱۹۴۸ ، مقاله‌ای در مجله معتبر علمی نشریه فیزیک چاپ شد . مقاله‌ظاهرا " به قلم سه دانشمند به نامهای آلفر ، بت ، گاموف نوشته شده بود . واقعیت این بودکه مقاله توسط گاموف و دانشجوی وی رالف آلفر نوشته‌شده بود . فیزیکدان دانشگاه کورنل ، هانس بت تاموقعی که مقاله را در مجله مذکور ندیده بود حتی چیزی هم در بارهٔ آن نمی‌دانست . بنظر میرسیدگاموف‌که انسان شوخی‌بود ، نام بت را بدون اطلاع وی اضافه کرده بودتانام نویسندگان مقاله ، جناسی از سه حرف اول الفبای یونانی باشد .

براساس تئوری آلفا ــ بتا ــ گاما ، آنطورکه دانسته شده ، انفجاری که برای‌خلق جهان‌رخ‌داد شبیه انفجار یک بمب هیدرژنی و نه یک بمب اتمی بود . درآنزمان‌البته‌تعدادکمی‌ازمردم‌می‌دانستندکه‌بمب‌هیدرژنی چیست ؛ نخستین بمب هیدرژنی در سال ۱۹۵۲ منفجرشد . اما در ۱۹۴۸ امکان شکستن هستهٔ اتم شناخته‌شده‌بود . دانشمندان‌مدتی‌بودکه‌دریافته بودند که‌هسته‌های‌اتم سبک تر ، مانند ..... هیدرژن ، می‌توانند با هم ترکیب شده هسته سنگین تری‌مانند هلیوم بسازند و دراین روندانرژی آزاد کنند .

در آغاز ، براساس نظریه گاموف ، جهان از نوترونها ساخته شده بوده است . این نوترونها به هم بسته‌شده‌اند ، نه در یک اتم اولیه سرد ، بلکه در گویی آتشین‌که‌درجه‌حرارت‌آن‌کاملا " بالای‌یک میلیون درجه سانتیگراد است . جهان درآغاز چنان داغ بود که انرژی بمراتب بیشتر از ماده وجود داشت . (۱) ولحظه‌ای که‌جهان شکل گرفت ، این گوی آتشین همزمان شروع به انبساط و سرد شدن کرد .

---

۱ ــ فرمول اینشتاین $E=mc^2$ ثابت میکندکه‌ماده وانرژی‌در تعادل هستند ؛ از این رو این دو می‌توانند مستقیما " با هم سنجیده شوند . در این‌معادله " E " مقدارانرژی ، " m " جرم تعادلو " c " سرعت‌نوراست .

ما نمی‌توانیم جهان بدون انرژی و نوترونها به تنهایی را بسازیم . اتمها سه جزء اصلی دارند : نوترون ، پروتون و الکترون . نوترونها و پروتونها درهسته اتم هستند ؛ الکترونها به دور آنها در چرخشند . خوشبختانه روندی بنام *تلاشی بتا* موجود است . اگر یک نوترون آزاد به حال خود رها شود تبدیل به یک پروتون ، یک الکترون و یک نوترینو خواهد شد . واژهٔ " نوترون آزاد " مهم است : نوترونهایی که درهسته اتم قرار گرفته‌اند احتمال بسیار کمی دارد که دستخوش چنین تغییر شکلی شوند .

در جهان گاموف ، یکبار که حدود نیمی از نوترونهای اصلی دستخوش روند تلاشی بتا شوند ، تمام موادی که برای ساختن ماده معمولی مورد احتیاجند ظاهر می‌شوند . تئوری گاموف نه تنها قصد توضیح منشاء جهان را دارد بلکه همچنین میخواهد *سنتز هسته‌ای* ، یا شکل گیری عناصر را توضیح دهد .

گر چه به نظر میرسید تئوری گاموف کاری کمی بهتر از آنچه لومتر انجام داده بود انجام داد ، اما دانشمندان بزودی شک کردند که دراین تئوری نیز چیزی نادرست است . محاسبات مفصل نشان داد که گر چه هیدرژن و هلیوم بسادگی میتوانند در جهان گاموف شکل بگیرند ، اما شرایط هرگز برای ساختن عناصر سنگین‌تر مساعد نیست . اگر تئوری گاموف درست بود ، پس نباید کربن ، نیتروژن ، سیلیس ، مس ، آهن یا هر کدام دیگر از عناصری که ما با آنها آشنا هستیم وجود می‌داشت . از این بابت ، جرج گاموف نیز نباید وجود می‌داشت . چیزی در عقیدهٔ گاموف اشتباه است .

یک راه حل ممکن را منجم انگلیسی فرد هویل با چاپ مقاله‌ای ارائه داد . وی دراین مقاله چنین فرض کرده بود که عناصر سنگین در درون ستارگان " پخته " شده اند وسپس در فضا با انفجارات ابرنواختری گسترده شده‌اند . امروزه ما میدانیم که تئوری هویل کاملا " درست است . باستثنای مقادیر کمی اجسام سبک مانند دوتریوم (هیدرژن سنگین) ولیتیوم ، تنها هیدرژن و هلیوم در انفجار بزرگ ساخته شده‌اند . هرچیز دیگری محصولی از واکنشهای

هسته‌ای است که در داخل ستارگان انجام گرفته است.

اما از یک نظر تئوری گاموف نادرست درمیآید. تا اوایل دهه ۱۹۵۰ آشکار شد که جهان در اصل دریایی از نوترونها نبود. درجه حرارت‌در گوی آتشین ابتدایی آنقدر بالا بود که نوترونها و پروتونها باید به مقادیر تقریبا" مساوی ایجاد میشدند.

براساس‌فرمول‌اینشتاین $E=mc^2$ ماده‌و انرژی قابل‌تبدیل به یکدیگر هستند. اگر مقدار کافی انرژی وجود داشته باشد، ماده میتواند از فضای تهی بوجودآید (این کاملا "مخالف آنچه‌که در انفجار بمب هسته‌ای اتفاق می‌افتد می‌باشد. درآنجا انرژی از ماده بوجود می‌آید.)

چگالی انرژی‌درگوی آتشین‌انفجار بزرگ بسیار عظیم بود. یک صدم ثانیه پس ازشروع جهان، دما تقریبا" ۱۰۰ میلیارد درجه سانتیگراد بود (گاموف میلیارد درجه‌هارا کم تخمین زده بود). همچنانکه جهان انبساط می‌یافت، بسرعت سرد میشد. امابرای‌مدت کوتاهی انرژی درجهان چنان متمرکز شده بود که نوترونها، پروتونها و اجزای زیراتمی از هر نوع ایجاد شدند. پرتوهای‌گاما ناپدید شدندو ماده بوجودآمد. مقدار زیادی از این ماده سریعا" دوباره به انرژی تبدیل شد، اما بمقدار کافی نوترون، پروتون و الکترون باقی ماندند تا جهان امروز را پر کنند.

پس از اینکه‌جهان برای چند دقیقه انبساط یافته بود، درجه حرارت تا یک میلیارد درجه سقوط‌کرد، یعنی برای تشکیل هسته هلیوم باندازهٔ کافی سرد شد. اما هنوز هیچ اتمی وجود نداشت.

وقتی الکترونها به هسته بپیوندند، اتمها شکل میگیرند. برای مثال یک‌هسته هلیوم شامل دوپروتون‌و دونوترون‌است. یک‌اتم هلیوم دوالکترون دارد که‌بدور هسته‌در چرخشند. درجهان اولیه‌تراکم درجه‌حرارت و انرژی باندازه‌ای زیادبودکه الکترونها در لحظه‌ای که اتمها شکل گرفتند ازمدار خود خارج می‌شدند.

۷۰۰۰۰۰ سال گذشت تا جهان باندازه کافی سرد شد ــ تا حدود ۳۰۰۰ درجه ــ تا وجود اتمهای پایدار امکانپذیر شود. در این لحظه جهان که تا آن موقع کدر بود، ناگهان شفاف شد. وقتی الکترونها در اتمها پیوند شدند، نور می‌توانست آزادانه از آن عبور کند. قبل از آن زمان، نور، الکترونهایی را که تمام فضا را پر کرده بودند بیرون انداخته بود.

زمان زیادی گذشت. پس از صدها میلیون سال ــ یا ممکن است میلیاردها سال، کسی دقیقا" نمی‌داند ــ هیدرژن و هلیوم در کهکشانها و سپس در ستاره‌ها متراکم شدند. ستارگان پرجرم سریعا "خاموش شدند و مانند ابرنواختر منفجر شدند و در فضا با عناصر سنگینی که در هسته میانی آنها پخته شده بودند نفوذ کردند. نسل دوم ستارگان شکل گرفت. سیاره‌ها ایجاد شدند. و بزودی حیات بوجود آمد.

تئوری انفجار بزرگ به حوادثی می‌پردازد که ما هرگز قادر به مشاهدهٔ آنها نخواهیم بود، مانند بسیاری از تئوریهای علمی دیگر که چنین خاصیتی دارند. مثلا" هیچکس تا کنون یک نوترون یا یک الکترون را ندیده است و هیچکس هم نخواهد دید؛ ذرات زیر اتمی بسیار کوچکتر از آنند که با میکرسکوپ دیده شوند. حتی اگر بتوانیم وسائل نوری دارای بزرگنمایی لازم را بسازیم، هنوز نخواهیم توانست آنها را ببینیم. قوانین مکانیک کوانتوم برای آنچه که ما به مشاهده آن علاقمند و امیدواریم محدودیتهایی ایجاد میکند. با اینحال فیزیکدانها از ذرات زیر اتمی بعنوان چیزهایی قابل رویت صحبت میکنند. دلیل این امر اینست که گر چه ما نمی‌توانیم الکترونها را ببینیم، اما می‌توانیم اعمال آنها را مشاهده کنیم. یک تصویر تلویزیونی وقتی بوجود میآید که دسته‌ای الکترون به فسفر داخل لامپ تصویر برخورد کنند. یک جریان الکترویکی وقتی تشکیل میشود که جریانی از الکترونها از سیمی عبور کنند. و سرانجام الکترونهای منفرد میتوانند توسط انواع آشکارگرهای ذرات شمرده شوند. وقتی الکترون به آشکارگر برخورد میکند، چیزها اتفاق می‌افتند.

(نوع دقیق چیزها بستگی به نوع آشکارگر دارد) . علامت بدست آمده می‌تواند تقویت شده و مدرکی باشد دال بر اینکه الکترون رسیده است .

این تئوری که ماده‌از پروتونها ، نوترونها و الکترونها درست شده می‌تواند تعابیر خیلی‌خوبی‌ازچیزهایی کەمادر زندگی روزمره با آنها روبرو میشویم بدست بدهد ، بهتراز حوادثی کەدرآزمایشگاههای علمی انجام می‌گیرد . چون‌تئوری‌چنین وظیفه‌خوبی رادر توضیح چیزهایی که مامیتوانیم ببینیم‌انجام‌میدهد ، دانشمندان‌به آنچه‌که تئوری درباره ذراتی که خیلی کوچکتر از آنند که دیده شوند میگوید نیز اعتقاد دارند .

وضعیت مشابهی درمورد تئوریهای‌درباره‌جهان‌وجود دارد . اگر یک تئوری‌بطورموفقیت آمیزی توضیح‌دهد که چرا جهان اینگونه است که اکنون هست ، ماعموما "آنچه راکه دربارهٔ اتفاقاتی که درگذشته رخ داده میگوید باور میکنیم ، حتی‌اگر این‌اتفاقات میلیاردهاسال پیش اتفاق افتاده باشد .

تئوری‌انفجاربزرگ توضیح‌میدهد که چرا جهان باید در حال انبساط باشد . این‌تئوری‌منشاء ماده‌ای‌را که ستارگان‌و کهکشانها را ساخته است بما میگوید ، و همچنین‌میگوید که چرا جهان اکثرا " از هیدرژن و هلیوم است و سرانجام دو پیش بینی مهم میکند که با مشاهدات علمی تایید شده‌اند .

نخستین آنها مربوط به‌میزان هلیوم درجهان است . هلیوم درسطح خورشید ، درستارگانی که کهکشان ماراساخته اند ، در دیگر کهکشانها و در فضای بین‌ستاره‌ای مشاهده‌شده است . همچنین هلیوم در پرتوهای کیهانی (که درواقع "پرتو" نیستندبلکه ذرات متحرک‌سریع هستند) کەمدام زمین را بمباران میکنند نیزیافته‌شده است . بسیاری از اجرام‌نجومی که ترکیب شیمیایی‌آنها شناخته‌شده‌است‌بین ۲۳ تا ۲۷درصد هلیوم دادند ، و تخمین زده میشود که ۲۵ درصد وزن جهان از هلیوم باشد . اکثریت باقیمانده هیدرژن است و مقادیر کمی از دیگرعناصر وجود دارد .

واکنشهای هم‌جوشی هسته‌ای‌که به‌ستاره‌ها قدرت تبدیل هیدرژن به

هلیوم رامیدهند مشاهده شده‌اند ، اما نه باندازه کافی که این میزان زیاد را توجیه کنند .اگر هلیوم تنها در ستارگان ساخته شده بود ، جهان تنها درصد کمی هلیوم داشت ، نه ۲۵ درصد . بنابراین ، مقدار بیشتر هلیومی که موجوداست باید بطریقی دیگر ساخته شده باشد .

تئوری انفجاربزرگ‌میگوید که بین ۲۰ تا ۳۰ درصد از ماده‌داخل جهان باید در طی نخستین دقایق انبساط تبدیل به هلیوم شده باشد . همانطور که‌بعدا "خواهیم دید ، مقدار هلیوم دقیقا" بستگی‌دارد به اینکه جهان در آغاز با چه سرعتی انبساط می‌یافته است . دراینجا ،من‌تنهامی‌خواهم‌خاطر نشان کنم که‌مقادیر مشاهده شده هلیوم ، تائید خیلی خوبی برای تئوری انفجاربزرگ می‌باشد .

هلیوم با روش زیر شکل گرفت :نخست نوترونها به پروتونها برخورد کردند تا دو تریوم ، یا هیدرژن سنگین شکل گیرد (یک هسته دوتریوم از یک نوترون‌ویک‌پروتون تشکیل شده‌است) . وقتی دوتریوم با نوترون دیگری برخورد کرد ، تریتیوم ، ایزوتوپ دیگری از هیدرژن شکل گرفت (تریتیوم از دونوترون‌ویک پروتون‌تشکیل شده) . سرانجام تریتیوم با پروتون دومی برخورد کردتاهلیوم را بسازد . درتوضیح این روند ، من از الکترونها چشم پوشی کردم . دراین لحظه ، برای اینکه الکترونها توسط هسته تسخیر شوند هنوز خیلی داغ بود .

اکنون‌جهان‌ازهلیوم‌و نوترونهاو پروتونهای آزاد تشکیل شده بود . اما همچنانکه قبلا" اشاره کردم ، یک نوترون آزاد در مدت حدود پانزده دقیقه زوال‌می‌یابد ، و یک پروتون ، و الکترون و یک نوترینو بجای‌آن ظاهر میشود . درجهان‌اولیه ، دمابقدری بالا بود که این روند و روندهای مشابه حتی‌خیلی سریعتر انجام میگرفت . پس از چند دقیقه ، جهان بطور عمده از هسته هلیوم ، وپروتون‌والکترون‌تشکیل‌شده بود که سرانجام برای تشکیل گاز هیدرژن‌ترکیب میشدند . یک اتم هیدرژن چیزی بیش از یک پروتون و

الکترون که بوسیله جاذبه گرانشی با هم نگهداشته میشوند نیست.

اگر اندازه‌گیری مقدار هلیوم حاضر درجهان تنها راه برای تایید تئوری انفجاربزرگ بود، آنگاه تئوری بطوروسیع موردقبول قرار نمی‌گرفت. هنوز ممکن بودبرای‌وجود هلیوم توضیحات دیگری اختراع شود. اما تایید دیگری‌هم برای تئوری انفجار بزرگ وجود دارد که بسیار قانع کننده است بطوریکه منجمان نتیجه گرفته‌اند که‌کوشش برای یافتن توضیحات دیگری برای هلیوم اتلاف وقت است.

در ۱۹۶۴ دودانشمندآزمایشگاههای‌تلفن بل، آرنو پنزیاس و روبرت ویلسون کشف بسیار قابل توجهی دراخترشناسی‌مدرن‌انجام دادند: آنها نوری را که از گوی آتشین اولیه انتشار می‌یافت، مشاهده کردند.

آنچه پنزیاس‌وویلسون مشاهده‌کردند یک برق نور تابان نبود، بلکه پهنه‌ای‌از امواج‌رادیویی بود. نور گوی آتشین از میان فضا برای میلیاردها سال عبور کرده‌است. ازآن زمان انتقال به قرمز زیادی را از سر گذرانیده است و انرژی خود را آنقدر از دست داده است که میتواند تنها در بخش رادیویی طیف مشاهده شود.

این امواج رادیویی‌از تمام جهات درآسمان می‌آیند. این شگفت‌آور نیست زیراانفجاربزرگ درهمه جا اتفاق افتاد و تمام جهان را پرکرد. اگر جهان محدود باشد، انفجار بزرگ تمام فضای محدود را تسخیر میکند. و اگر جهان نامحدودباشد، پس انفجار بزرگ فضای نامحدود را پر میکند.

اگر پهنه‌امواج‌رادیویی‌که‌پنزیاس‌وویلسون‌نشان دادند شدت تقریبا" مشابهی‌در تمام‌جهات نداشت، آنگاه‌نمی‌توانست اثری ازگوی‌آتشین اولیه باشد. اگر این امواج از جهتی خاص می‌آمد یا دریک جهت شدتی بیشتر داشت،آنگاه ما نتیجه میگرفتیم که انفجار بزرگ هیچ کاری انجام نمی‌داد و امواج رادیویی توسط رویدادی که دربخش خاصی از جهان اتفاق افتاده بود بوجود می‌آمد.

یکنواخت بودن پهنه موج رادیویی تنها تایید منشاء آن است . همچنین شدت موج رادیویی همانگونه که تئوری انفجار بزرگ میگوید با طول موج آن تغییر میکند . از ۱۹۶۴ به بعد اندازه گیریهای بیشماری تایید کرد که این پهنه درواقع اثری از نور گوی آتشین میباشد .

این تاییدازتئوری انفجار بزرگ حتی بیشتر از آنچه که از اندازه‌گیری محتوای هلیوم جهان بدست می‌آید قانع کننده است زیرا در مورد هلیوم ممکن است توضیحات جایگزین دیگری بتوان ساخت . ودر مورد این یکی این طور نیست . میتوان پیشنهاد کرد ولی نمیتوان در مقابل تحقیق علمی ایستادگی نمود .

منجمان ازاین پهنه بعنوان *تشعشع زمینه‌ای میکروویو کیهانی* یاد میکنند این نام ، بلند است اما سر راست میباشد . " تشعشع میکروویو " نامی است برای امواج رادیویی با طول موج کمتر از یک متر . " زمینه‌ای " یعنی این تشعشع درهر جایی هست و " کیهانی " به منشاء آن برمیگردد .

وجود یک زمینه میکروویو در مقاله‌ای که توسط رالف آلفر و روبرت هرمن ، همکاران گاموف در ۱۹۴۹ انتشار یافت ، پیشنهاد شد . آلفر و هرمن محاسبه کردندکه زمینه باید از *تابش جسم سیاه* در درجه حرارت $5^{\circ}K$ درست شده باشد .

این واژه‌گذاری احتیاج به توضیح دارد . " K " یعنی کلوین ، میزان درجه حرارتی که اغلب توسط دانشمندان بکار میرود . درجه‌ها در سیستم درجه بندی کلوین و سانتیگراد در واقع یکی هستند ، تفاوت بین این دو در جای نقطه صفراست . صفر در درجه‌بندی کلوین بعنوان صفر مطلق شناخته میشودو پائین ترین درجه حرارت ممکن از نظر تئوریک است ، در صورتیکه صفر در درجه‌بندی سانتیگراد همان نقطه انجماد آب است . در حالیکه صفر مطلق برابر $-273^{\circ}C$ ، صفر درجه سانتیگراد برابر $273^{\circ}K$ ، $100^{\circ}C$ برابر $373^{\circ}K$ و بهمین ترتیب تا آخر می‌باشد .

" تابش‌جسم سیاه "تابشی است که بستگی‌به درجه حرارت دارد . هر جسمی که در درجه‌حرارت صفرمطلق نیست‌از خود تشعشع انتشار میدهد . یک‌تکه فلز داغ فروزان خواهد شد و نور مرئی از خود ساطع خواهد کرد ؛ آنکه تنها گرم است تابش مادون‌قرمز خواهد داشت و آنکه سرداست ، میکروویو ایجاد خواهد کرد .

جسم سیاه‌جسمی‌فرضی است که تمام تشعشعات را جذب میکند بدون اینکه هیچ قسمتی از آنرامنعکس کرده‌و پس دهد . در طبیعت چنین چیزی بعنوان جسم سیاه کامل وجود ندارد . هر جسم واقعی قسمتی از نور را که بطرف آن‌می‌آید منعکس‌میکند . بهر حال‌این‌امکانپذیر است که دستگاههای آزمایشگاهی‌بسازیم که نور رادقیقا " بهمان طریقی که‌یک جسم‌سیاه واقعی منتشر میکند ،انتشار دهد . اگرسوراخ کوچکی‌دریک جعبه‌بسته ایجاد شود ، سوراخ تقریبا "کاملا "سیاه خواهد بود . هر تابشی که وارد میشود در داخل جعبه به‌اطراف‌میرود تا جذب‌شود . و اگر جعبه حرارت داده شود ، تشعشعی را منتشر خواهد کرد که‌تولید کننده طیف جسم سیاه تئوریکی بطور کامل خواهد بود .

وقتی پنزیاس‌و ویلسون آزمایش خود را انجام دادند ، در جستجوی تابش جسم سیاه‌از انفجار بزرگ نبودند . آنها حتی برای انجام رصدهای نجومی‌کوشش‌نمی‌کردند بلکه‌فقط میکوشیدند تا اختلال صوتی در یک‌آنتن را که برای ارتباط با ماهواره بکار میرفت برطرف کنند .

پنزیاس و ویلسون اطلاع نداشتند که آلفرو هرمن یک زمینه میکروویو را پیشنهاد کرده‌بودند . همان داستان آشنا دوباره تکرار شد ؛ مقاله‌ای که تابش زمینه را پیشنهاد کرده بود فراموش شده بود .

گروهی ازدانشمندان دردانشگاه‌پرینستون‌نتایج آلفروهرمن را دوباره کشف کردند ، و برای آزمایشی بمنظورجستجوی زمینه آماده‌شده بودند . اما پنزیاس و ویلسون‌قبلا "تابش‌را کشف کرده‌بودند ، گر چه‌آنها نمی‌دانستند

که این تابش چه‌بوده است.

در آغاز پنزیاس و ویلسون مطمئن بودند که منشاء این تابش باید جایی درآنتن باشد، بنابراین آنتن را بازکردند و دوباره بستند. آنها جسم " عایق سفید "راازفضله کبوتران پاک کردند. اتصالها را با نوار آلومینیم پوشاندند. علیرغم تمام اینها، یک صدای خش خش آزار دهنده باقی ماند. پنزیاس و ویلسون می‌دانستند که این اختلال صوتی نمی‌تواند توسط چیزی در نزدیکی آنها ایجاد شده‌باشد، برای آن روز و شب فرقی نمی‌کرد و هنگامی هم که آنتن درجهتی دیگرقرار داده‌می‌شد، تغییری در آن ایجاد نمی‌شد. همچنین تا آنجا که آنها می‌توانستند بگویند، این اختلال صوتی ازفضا نمی‌آمد. شدت این صدای خش خش همچنانکه ستارگان برمی‌آمدند، از آسمان می‌گذشتندودر افق فرو میرفتند تغییر نمیکرد. چون دودانشمند چیزی درباره پیش‌بینی زمینه نمی‌دانستند، هرگز گمان نکردند که امواج رادیویی میتوانند منشاء فوق‌زمینی داشته باشند و هنوز مطلقا " دگرگون نشده‌باشند.

دردسامبر ۱۹۶۴ ، پنزیاس مسئله‌را با منجم برنارد بروک درمیان گذاشت. بروک دربارهٔ یک سخنرانی از پ ــ ج ــ پیلز ، عضو گروه فیزیک دانان پرینستون که نتایج آلفروهرمن را دوباره کشف کرده بودچیزهایی شنیده بود. دراین‌سخنرانی‌پیلزگفته‌بودکه‌باید زمینه‌ای‌از تشعشع میکرو ویو وجود داشته باشد که از انفجار بزرگ رها شده است.

پنزیاس بزودی‌دریافت که این صوت آزار دهنده نتیجه برخی عیوب درآنتن، یا شل بودن پیچها یا حتی فضولات کبوتران نبود. پنزیاس و ویلسون خود جهان را شنیده بودند.

پنزیاس‌وویلسون‌زمینه‌میکروویورا در تنها یک فرکانس اندازه گرفتند. بنابراین آنها نمی‌توانستند بطور مطلق مطمئن باشند که تابش جسم سیاه را دیده‌اند. امااندازه‌گیریهای‌بعدی توسط گروههای‌گوناگون از دانشمندان

این حقیقت را تایید کرد که شدت زمینه، در فرکانسهای مختلف دقیقا" بهمان ترتیب که تابش جسم سیاه باید تغییر کند تغییر میکند.

زمینه‌ای که پنزیاس و ویلسون کشف کردند شبیه آنچه بود که از یک جسم سیاه‌دردرجه‌حرارت‌حدود ۳° درجه بالای‌صفرمطلق انتشار مییافت. از این رو گاه از آن بعنوان *زمینهٔ تابشی ۳° کلوین* یادمیکنند. اما نباید چنین‌نتیجه‌گرفت‌که ۳° کلوین میانگین درجه حرارت ماده درجهان است. برعکس، این درجه حرارت، درجه حرارتی تابشی است. و بالاخره، زمینه میکروویو اخیرا "توسط اجسام با درجه حرارت ۳° کلوین انتشارنیافته‌اند. این زمینه‌برای ۱۸ میلیارد سال بدور جهان سفر کرده است. در طول این مدت، این‌زمینه بسیارکم متقابلا "بر ماده اثرکرده یا اصلا "نکرده است.

اندازه‌گیریهای محتوای هلیوم جهان و کشف زمینه میکروویوکیهانی این حقیقت را تایید میکند که‌یک انفجاربزرگ وجود داشته است، اما شناخته نیست که آیاانفجار بزرگ دریک جهان باز یا بسته‌رخ داده است. بهرحال تااواسط دهه ۱۹۷۰، منجمان‌تمایل داشتندآنرا بسته بپندارند.

گفتن اینکه چرا آنها از چنین نتیجه‌گیری طرفداری میکردند کار ساده‌ای نیست. درست‌است که اینشتاین‌وهوبل‌هر دو اعتقاد به یک جهان محدود داشتند. اما هانطورکه دیدیم، درکارآنها عیب هایی موجود بود. اندازه‌گیریهای ساندیج از پارامتر کندی ظاهرا" بر یک جهان بسته دلالت میکنند، اما این نتایج چیزی نبودند گرچه نتایج نهایی بودند.

شاید تمایل‌به‌طرفداری از یک جهان محدود تا حدی نتیجه‌یک پیش داوری فلسفی بود. بنظرمیرسد که جهان بسته از جهتی منظم‌تر از یک جهان باز باشد: در مورد جهان بسته به اندازه جهان نامحدود مشکلات وجود ندارد. و کسی مجبور نیست دربارهٔ جهانی که سرانجام میمیرد بیاندیشد.

درجهانی‌باز، زندگی‌تا ابد ادامه نمی‌یابد: همچنانکه جهان انبساط

می‌یابد ، ستارگان خاموش می‌شوندو کهکشانها تاریکترمیشوند . برای مدتی ستارگان جدید به تعدادی کمتر خلق میشوند . اما سرانجام موجودی‌گازبین ستاره‌ای که ستارگان ازآن خلق میشوند ، ازبین میرود و شکل گیری‌ستارگان متوقف میشود ، آخرین ستارگان قادرند درخشندگی خود رابرای میلیاردها سال ادامه دهند . اما در پایان آنها نیز خاموش می‌شوند و جهان به پس ماند سرد و تاریکی تبدیل میشود .

از سوی دیگر ، یک جهان بسته بخوبی میتواند تا ابد ادامه داشته باشد .این جهان مطمئنا" سرانجام درهم فرو خواهد ریخت . اما چه‌کسی میتواندبگویدکه‌این‌جهان‌دوباره‌دریک انفجار بزرگ جدید منفجر نمیشود؟ اگر این‌جهان فروریخته بتواند بطریقی" بجهد" و داخل مرحله جدیدی از انبساط شود ، زندگی‌ممکن است‌پس از هر انفجار بزرگ از نو خلق شود . اگر چنین اتفاقی بیفتد ، منطقی است که انتظار داشته باشیم که مخلوقات هوشمند درهرسیکل‌وجود‌داشته باشند . بالاخره ، حداقل یک گونهٔ موجود هوشمندوجود داردکه دراین سیکل سکنی گزیده است ، و دلیلی ندارد فکر کنیم که شرایط در دفعهٔ بعدی خیلی متفاوت خواهد بود .

هر طور هست ما نوع بشر دوست نداریم درباره این عقیده فکر کنیم که زندگی‌هوشمندانه مقدر است تنها برای فاصله کوتاهی‌در تاریخ گیتی وجود داشته باشد . این حقیقت‌احتمالا" تا حدی باعث این شده که اینشتاین و هوبل در تئوری خود جهان بسته را ترجیح بدهند .

در طول دهه ۱۹۷۰ ، مدارکی جمع آوری شدند که فرض اینشتاین و هوبل و ساندیج‌رادربارهٔ اینکه جهان باید بسته‌باشد نقض میکردند . نقطه عطف دراین‌مورد مقاله‌ای‌بود که چهار منجم ج ــ ریچارد گات سوم وجیمز گان از انستیتو تکنولوژی کالیفرنیا ، و دیوید شرام و بیتریس تینسلی از دانشگاه تکزاس ــ در مجله *اختر فیزیک* در ۱۹۷۴ انتشار دادند دراین مقاله ، گات ، گان ، شرام و تینسلی تمام مدارک موجود را تحلیل کردند.و

نتیجه گرفتند که جهان باحتمال قوی باز است.

یکی از دلائل آنها بر مبنای مقدار ماده درجهان است. براساس نظر چهار منجم، بهترین اندازه‌گیری ازمیانگین چگالی جرم رقمی را بدست میدهد که برای یک جهان بسته خیلی کم است. براساس گفته آنها، ماده باندازه کافی موجود نیست که انبساط جهان را به توقف وادارد.

دلیل دیگر که نویسندگان مقاله حتی آنرا بیشتر قانع کننده میدانستند، مربوط به دوتریوم اولیه است. اندازه‌گیریها براین امر دلالت دارند که نسبت دوتریوم به هیدرژن معمولی در جهان حدود ۲۰ یا ۳۰ قسمت در میلیون است. دوتریوم، مانند هلیوم، عملا" در هر جایی که منجمان نگاه کنند حضور دارد. حضور دوتریوم استنتاجات معینی را می‌طلبد.

بنظر واضح میرسد که دوتریوم باید منشاء بسیار کهنی داشته باشد؛ دوتریوم باید درانفجار بزرگ ساخته شده باشد. بر خلاف هلیوم و برخلاف عناصر سنگین تر، دوتریوم نمی‌تواند دراثر واکنشهای هسته‌ای که درستارگان انجام گرفته بوجود آمده باشد. گر چه هسته دوتریوم تحت شرایطی که بر سطح زمین مستولی میشود پایدار است، اما در درجه حرارتهایی که در درونه‌های ستاره‌ای موجود است، پایدار نیست. اگر قدری دوتریوم در ستارگان ساخته شود، درجه حرارتهای ستاره‌ای باعث میشوند که تقریبا" به یکباره به اجزای اصلی خود نوترون و پروتون شکسته شود.

چون راه ممکن دیگری که طی آن دوتریوم بتواند ساخته شود موجود نیست، دوتریومی که امروزه دیده میشود باید باقیمانده‌ای از انفجار بزرگ باشد. تئوری انفجار بزرگ در حقیقت بما میگوید که خلق دوتریوم مرحله‌ای در روند ساخته شدن هلیوم بوده است. این تئوری همچنین بما میگوید که چرا مقدار خیلی کمی دوتریوم وجود دارد: قسمت اعظم آن تبدیل به هلیوم شده، یا دراثر برخورد شکسته و جدا شده است.

تئوری انفجار بزرگ همچنین بما میگوید که مقدار دوتریوم معانی مهمی

در خود دارد. محاسبات نشان میدهندکه ارتباطی بین چگالی ماده در جهان اولیه و مقداردوتریوم که پس از پایان یافتن واکنشهای هسته‌ای که در گوی آتشین رخداده باقیمانده است، موجود است. هر چه جهان اولیه چگالیده‌تر بوده، دوتریوم بیشترمتحمل برخوردهایی میشده که یا آنرا شکسته و جدا میکرده و یا آنرا تبدیل به هلیوم میکرده‌است.

چون چگالی یک جهان بازکمتر از یک جهان بسته است، بیشتر دوتریوم، صدمه ندیده‌از گوی آتشین بیرون میآید. اگر جهان بسته باشد، آنگاه بایدانتظار داشته‌باشیم که تنهاکسری از ۲۰ تا ۳۰ قسمت در میلیون را که میتوان‌دیدمشاهده کنیم. باید نتیجه بگیریم که جهان باز است، مگر اینکه راه دیگری برای توضیح اینکه چگونه این دوتریوم باقی مانده است وجود داشته‌باشد.

راه دیگری برای تعبیر این‌بحث موجود دارد. بیاد آورید که این تنها چگالی ماده نیست که تعیین میکند آیا جهان باز است یا بسته، بلکه بیشتر چگالی ماده برای هر میزان معین از انبساط است که این را تعیین میکند (وقتی ما ازچگالی مادهٔ حاضر صحبت میکنیم، درواقع این چگالی را با میزان انبساطی که امروز مشاهده میشود مقایسه میکنیم).

این بدین معنی‌است که بجای اینکه‌بگوئیم یک جهان‌بسته‌چگالیده‌تر از یک جهان بازاست، میتوانیم بگوئیم که یک جهان بسته بسیار آهسته‌تر انبساط می‌یابد. این دوعبارت‌معادل‌هستند. این‌امر توضیح حضور دوتریوم را امکانپذیر میسازد؛ چون یک جهان باز بسیار سریعتر انبساط می‌یابد، ماده‌اولیه‌بمدت‌کوتاهی بصورت‌بهم بسته‌شده باقی می‌ماند، و برای شکسته شدن دوتریوم فرصت کمی موجود است.

از موقعی که‌گات، گان، شرام و تینسلی مقاله‌خود را در ۱۹۷۴ منتشر کردند، کارتئوریکا دامه‌یافته‌است‌ونشان‌داده‌شده که مقدار هلیوم مشاهده شده نیز بر یک جهان باز دلالت دارد.

دراین‌حالت‌مسائل‌قدری پیچیده‌ترند. یکی اینکه مقداری از هلیوم که‌امروز دیده‌میشود در ستارگان خلق شده است؛ همهٔ این هلیوم در گوی آتشین شکل نگرفته‌است. دیگر اینکه مقدار هلیوم کمتر از مقدار دوتریوم نسبت به‌سرعت انبساط حساس‌است. بعبارت‌دیگر، وقتی‌ما سرعتهای ممکن گوناگون انبساط را در نظر میگیریم، درصد دوتریوم بسیارآهسته‌تر از مقدار هلیوم تغییر میکند.

بهر حال، ما میدانیم که تقریبا " ۲۵ درصد هلیوم در جهان امروز موجود است. ازاین‌روباید وقتی‌جهان ازگوی آتشین پدیدار شد این مقدار کمتر از این بوده‌باشد. و اگر کمتراز ۲۵ درصد وزن جهان از هلیوم بوده، پس جهان باید باز باشد.

در اینجا وضع مخالف آنچه که‌در رابطه با بحث دوتریوم داشتیم می‌باشد. یک جهان‌باز شامل مقدار بیشتری دوتریوم و مقدار کمتری هلیوم است. هرچه‌ماده‌بیشتری‌بصورت بهم‌بسته‌شده در گوی آتشین باقی بماند، مقداربیشتری هلیوم ساخته میشود. محاسبات‌مفصل دلالت براین دارد که اگر جهان بسته باشد، باید بیش‌از ۲۵ درصد وزن آن از هلیوم باشد.

پس‌آیا ما باید نتیجه‌گیری کنیم که جهان باز است؟ شگفت است که پاسخی برای‌این سئوال نیست. گر چه احتمال‌رد بحث‌و استدلالهای در مورد دوتریوم و هلیوم زیادنیست، درچند سال اخیر آشکار شده است که ممکن است‌این استدلالها نقایصی را دربرداشته باشند، و اینکه پرسشهای مربوط به طبیعت جهان هنوز روبهمرفته‌رفع نشده‌است. برخی‌از این نقایص را درفصول‌بعدی مطرح خواهم کرد.

فصل چهارم

جرم گمشده

در تئوری انفجار بزرگ شکافی موجود است: این تئوری بما نمی‌گوید که چرا ستارگان و کهکشانها وجود دارند. در حقیقت بنظر میرسد تئوری، در شکل محض آن، اشاره براین دارد که کهکشانها نباید وجود داشته باشند. انفجار اولیه باید ماده را بخارج با چنان سرعتی پرت کرده باشد که نباید هرگز این شانس وجود داشته باشد که ماده به‌شکل توده‌های نورانی که ما هر وقت به آسمان شب نگاه میکنیم می‌بینیم جمع شود.

تنها یک راه وجود دارد که طی آن کهکشانها میتوانسته اند شکل بگیرند. میلیاردها سال پیش باید مناطقی به‌ابعاد صدها هزاران سال نوری بوده باشند که درآنجا چگالی هیدرژن اولیه و گاز هلیوم بیشتر از جاهای دیگر بوده باشد. بتدریج این ابرها تحت تاثیر گرانش منقبض شده‌اند. پس از صدها میلیون سال، آنها متلاشی و تکه تکه شده‌اند. این تکه‌ها باز هم منقبض‌شده و مناطقی را ساخته‌اند که هنوز چگالی زیادی داشته‌اند. همچنانکه برخی از اینها باز هم بیشتر توسط گرانش بهم فشره می‌شده‌اند، داغ شده‌اند. ستارگان یکی یکی چشمک زدن به وجود را آغاز کردند.

تمام اینها بنظر طبیعی و شاید حتی بدیهی می‌آید. اما چیزی بسیار متناقض درمورد این روند وجود دارد. بمنظور تشکیل کهکشانها، جهان باید همزمان هم انبساط و هم انقباض یافته باشد. زمانی‌که جهان بمثابه یک کل، افزایش حجم می‌یافت، جریانی عکس این جریان در ابرهای کهکشانی

اولیه رخ‌میداد ؛ این ابرها کوچکتر میشدند . اگر بخواهیم توضیح دهیم که چنین موقعیتی چگونه فراهم میشود ، باید تئوری انفجار بزرگ اصلاح و تعدیل شود .

محاسبات تئوریکی نشان میدهند که انقباضاتی که باعث تشکیل کهکشانها شدند باید خیلی پیشتر در تاریخ جهان وجود میداشتند . آنها باید از آغاز وجود داشته باشند یا در زمانی در طی چند صد هزار سال نخستین شکل گرفته باشند . این انقباضات نمی‌توانند بعدا " خلق شده باشند زیرا نیروهای گرانشی بمدت طولانی آنقدر قوی نبوده‌اند که بر انبساط عمومی غلبه کنند .

بعبارت دیگر ، انفجار بزرگ ناهنجار و تکه تکه بوده است . بعلاوه ، توده‌ها قبلا " در طی مراحل اولیه انبساط، وقتی شرایط آنچنان شدید بود که هیچ چیز شبیه ماده‌ای که ما می‌شناسیم نبود ، وجود داشتند . منشاء کهکشانها میتواند به انبوهه‌هایی دریک سوپ اولیه داغ ، تشکیل شده از تشعشع و اجزاء زیر اتمی که دائما " خلق و نابود می‌شدند ، برگردد .

هیچکس نمی‌داند که این انبوهه‌ها از کجا آمدند . مسئله این نیست که ما کمبود تئوری داریم ، بلکه اینست که تئوریهای بسیار زیادی داریم . درحال حاضر بنظر میرسد دلیل موجهی در دست نیست که چرا یک فرد باید یکی از آنها را بر دیگری ترجیح دهد .

براساس یک تئوری ، جهان اولیه بسیار آشفته بود ، و کهکشانها از گردابهای کوچک در مایع کیهانی شکل گرفتند . براساس تئوری دیگر ، یک انفجار تنها وجود نداشته‌است بلکه تعدادی از " انفجارت کوچک" انجام گرفته است . این انفجارات کوچک مسئول فرضی انقباضاتی هستند که بعدا " منجر به کهکشانها شدند . باز براساس تئوری دیگر ، میدانهای مغناطیسی توده‌ها را بوجود آوردند .

یک تئوری نیز وجود دارد که میگوید این توده‌ها کهکشانهای ذوب شده

از یک جهان‌اولیه هستند. زمانی این جهان‌مانند جهان خودمان احتمالا" درحال انفجاربوده است. این جهان‌پس از میلیاردهاسال شروع به انقباض کرده است. گرانش، این انقباض راچنان شتاب داده است که همه چیز بسیار فشرده‌شده بطوریکه‌فرو ریزش‌دیگر نتواندادامه یابد (تئوری نمی‌گوید چرافرو ریزش نمی‌تواند ادامه یابد؛ فرض میشود که فرو ریزش در منطقه‌ای که نسبیت عام برای زمان طولانی معتبر نیست، متوقف میشود) دراین لحظه، جهان‌دوباره‌دریک‌انفجاربزرگ‌جدیدمنفجرشده‌است. اما چگالشهایی که کهکشانها را میسازند، باقی می‌مانند.

هنوز تئوریهای دیگری نیز وجود دارند. گر چه برخی از آنها بسیار پذیرفتنی تر ازدیگران هستند، اما هنوز هیچ‌مدرک مشاهده شده‌ای وجود نداردتا به دانشمندان اجازه دهد درباره آنها تصمیم بگیرند تا زمانی که منجمان‌نتوانند راههایی‌برای دیدن‌کافی نقاط دور فضا بیابند ــ و از این رو باندازه کافی به‌عقب درزمان برگردند ــ بطوریکه‌عملا "بتوانند کهکشانهای شکل گرفته را ببینند، راهی برای تصمیم گرفتن درمورد تئوریهای گوناگون ندارند.

این تاسف انگیز است. اگرمابدانیم کهکشانها چگونه ساخته شدند، ممکن است قادر شویم تعیین‌کنیم چه مقدار از ماده فشرده شده و بصورت کهکشانها درآمده است، و چقدراز این ماده به اشکال دیگر وجود دارد، و اگر ما بتوانیم‌اینکار را انجام‌دهیم ممکن‌است بتوانیم بگوئیم آیا چگالی ماده به اندازه کافی برای بستن جهان زیاد هست یا نه.

ما میدانیم که‌چه‌مقدار ماده درکهکشانها وجود دارد زیرا کهکشانها می‌توانند دیده‌شوند؛ آنهاازستارگان‌وابرهای‌فروزان‌گازی تشکیل شده‌اند. ماده موجود درخارج از کهکشانها که انرژی‌کافی تشعشع نمی‌کند تا خود را برای ماقابل دیدن کند، آری این ماده مسئله آفرین است. ما نمی‌دانیم چقدراز این ماده تاریک‌و غیر ملتهب وجود دارد ویا چه شکلی ممکن است

بگیرد. جهان میتواند با ابرهای گاز، با ستاره‌های برون کهکشانی تاریک که‌به‌اندازه‌کافی نورانی‌نیستندتا دیده‌شوند، و حتی با "گلوله‌های برفی" هیدرژن منجمد پرشده باشد. تا وقتی منجمان راههایی برای یافتن اینکه چه اشکالی‌از ماده برون کهکشانی‌وجود دارد پیدا نکنند، و تا وقتی جرم آنرا درنیابند، هیچکس بطور مطمئن نمی‌داندچگالی جرم‌جهان‌چیست.

در فصل‌قبلی‌گفتم‌که‌مقاله گات، گان، شرام و تینسلی چنین میگفت که چگالی مادهٔ مشاهده‌شده دلالت براین دارد که جهان باز است. اما آن چهار نویسنده فقط می‌توانستند از ماده‌ای که دیده شده صحبت کنند. همانطورکه منجمان‌اشاره‌میکنند، تمام‌آنچه که دربارهٔ فضای برون کهکشانی میدانیم، آن چیزی است که در شماره‌های *مجله اختر فیزیک* آمده است؛ اگر این فضای برون کهکشانی انرژی منتشر نکند، راهی برای‌آشکار کردن آن وجود ندارد.

در حقیقت‌امر، منجمان برای‌تقریبا "نیم قرن دانسته‌اند که چیزهایی خارج از دیدرس‌آنها وجوددارد. نخست در ۱۹۳۳ توسط منجم انستیتو تکنولوژی‌کالیفرنیافریتس زویکی‌به این حقیقت اشاره شد. زویکی با مطالعه برروی‌دسته‌ای‌ازکهکشانها درصورت‌فلکی‌گیسوکشف کرد که اگر چه کهکشانها دراین‌دسته‌ظاهرا "باجاذبه گرانشی‌متقابل پیوندشده بودند، مقدار جرمی که‌مشاهده شدتنها بخشی‌از آنچه که‌برای نگهداشتن‌آنها با هم لازم است بود. زویکی اشاره کرد که‌دراینجامسئله‌ای وجود دارد. مسئلهٔ *جرم گمشده* منجمان تنها اکنون به حل این مسئله آغاز کرده‌اند.

" جرم نامرئی" بدون شک واژهٔ بهتری‌است. بالاخره، هیچ چیز در واقع " گمشده" نیست. جرم در آنجاخیلی‌زیاداست‌اما نمی‌تواند دیده شود. بهر حال" جرم گمشده" کلمه پذیرفته شده‌ای است.

حدود ۷۰ درصد از تمام کهکشانهای جهان درخوشه‌های کهکشانی بهم پیوند شده‌اند، که محدودهٔ آنها از نظر اندازه از خوشه‌های کوچک

مثل گروه محلی تا *خوشه‌های انبوه* که هزاران عضو دارند میباشد . گروه محلی‌ازدوکهکشان مارپیچی بزرگ تشکیل شده ــ راه شیری و کهکشان بزرگ در امراه المسلسله‌و حدود بیست کهکشان کوتوله . یک خوشه انبوه ، گروه بسیاربزرگی است‌که تراکم‌شدید بخصوصی‌از کهکشانها در مرکزخود دارد .

ممکن است‌کسی بی تامل فکر کند که میتوان با شمارش ستارگان دریک کهکشان‌تخمینی‌از جرم آن کهکشان بدست آورد . اما این غیر ممکن است . نخست اینکه‌تعداد ستارگان‌بیشمار است . حتی‌کوچکترین کوتوله کهکشانها شامل چیزی‌حدود ۱۰۰ میلیون ومارپیچی های بزرگ مثل راه شیری حدود ۲۰۰ میلیارد ستاره‌میباشند . وکهکشانهای‌دیگری‌هستندکه‌ازاینهم بزرگترند . کهکشانهای بیضوی غول مانند میتوانند بیش ازیک تریلیون ستاره داشته باشند .

از این گذشته ، ستارگان‌درهسته‌های‌کهکشانی‌بسیاربهم نزدیک هستند بطوریکه تلسکوپهای بسیار قدرتمند هم نمی‌توانند آنها را از هم تشخیص دهند ؛ جزیک‌لکه‌درخشان‌نورچیزی نمی‌توان‌دید . ضمنا " ستارگان تاریک‌تر بهیچوجه قابل‌دیدن‌نیستند . سردرآوردن از کوتوله‌های سفید در کهکشان خودمان به اندازه کافی مشکل است ؛ دردیگر کهکشانها آنها اصلا " قابل دیدن نیستند .

حتی اگرکسی بتواندتمام ستارگان را بشمارد ، این هنوز تخمین قابل اطمینانی ازجرم‌کهکشانی‌بدست‌نمی‌دهد . کهکشانها شامل مقادیر گوناگونی از گاز بین ستاره‌ای و غبارهستند . برخی از آنها تصادم‌هایی را متحمل شده‌اند که آنها رااز گاز خالی کرده است ؛ برخی دیگر تصادمهای بسیار زیادی داشته‌اندبطوریکه این مسئله بطرز قابل توجهی درمیزان جرم آنها تاثیر دارد .

روشی که‌برای‌محاسبه جرمهای‌کهکشانی بکار میرود بطور اساسی همان روشی‌است‌که‌برای‌یافتن‌جرم‌خورشیدما بکار میرود . جرم خورشید را میتوان

با امتحان حرکت سیارات در منظومه شمسی تعیین کرد. اگر فاصله یک سیاره از خورشید و سرعت آنرا بدانیم، آنگاه میتوانیم جرم خورشید را محاسبه کنیم.

این حرکت سیارات در مدارهای خودشان است که آنها را از افتادن به‌داخل خورشید محافظت میکند. هر چه یک سیاره به خورشید نزدیک تر باشد، بایدسریعتر حرکت کندتا موازنه‌ای با کشش گرانشی خورشید ایجاد کند. سیاره‌عطارددر ۸۸ روزبه دورخورشیدمی‌چرخد، درحالیکه این مدت برای زحل ۲۹ سال و برای‌پلوتو ۲۴۹ سال است. زمان چرخش تنها به فاصلهٔ از خورشید و به جرم خورشید بستگی دارد نه به اندازه سیاره. اگر سیاره‌ای پرجرم مثل مشتری‌باندازه‌زمین به خورشید نزدیک بود، زمان چرخش آن بدور خورشید باز همان یک سال بود.

کهکشانها کمی پیچیده‌تراز منظومه شمسی هستند اما وضع در اساس یکی است. ستارگان منفرددر یک کهکشان بدور هسته کهکشانی میچرخند. مدارهای‌آنها بسیاربزرگ‌و پریود چرخش آنها بسیار طولانی است اما اساس کاریکی است.

این درست‌است‌که جرم یک‌کهکشان در میان اجسام گوناگون بسیاری شکافته میشود. راه‌شیری‌شامل ۲۰۰ میلیارد ستاره است در حالیکه خورشید تنها ۹ سیاره دارد. اما اگر بتوانیم سرعت چرخش ستارگان واقع درکناره خارجی یک‌کهکشان‌راانداره‌بگیریم، واگرفاصله‌تا مرکز کهکشانی را بدانیم، می‌توانیم جرم کهکشان را محاسبه کنیم.

این روش به‌منجمان‌اجازه‌میدهد نه تنها جرم خود هسته، بلکه تمام جرم واقع شده در مدارهای مورد امتحان را نیز بیابند. برای مثال، اگر یک ستاره ۳۰۰۰۰ سال نوری‌از مرکز کهکشانی فاصله داشته باشد، آنگاه رصد مدار آن به منجمان اجازه‌میدهد تا تمام جرم موجود در آن‌فاصله‌را حساب کنند. آنها بدینکار قادرند زیرا ستاره به دور جرمی " لکه‌لکه‌ای"

می‌چرخد که شامل هسته و نیز تمام ستارگانی است که از آن ستاره به هسته نزدیک ترند.

واضح است که ما نمی‌توانیم کهکشانها را برای میلیونها سال تماشا کنیم تا دریابیم چقدر طول می‌کشد تا ستاره‌ای معین یک مدار کامل بسازد. خوشبختانه تنها تعیین اینکه یک ستاره به چه تندی می‌چرخد مورد احتیاج است. مثلا" ما می‌دانیم که خورشید ما با سرعتی حدود ۲۵۰ کیلومتر در ثانیه درمدار خود حرکت میکند. این حقیقت به منجمان امکان میدهد تا محاسبه کنند که پریود چرخش خورشید باید ۲۵۰ میلیون سال باشد.

بمنظور اینکه تعیین کنیم یک ستاره با چه سرعتی حرکت میکند، انتقال به قرمز (یا انتقال به آبی) آنرا اندازه میگیریم. همینکه تصحیح مناسب برای حرکت خورشید ما و برای سرعت پس رفت کهکشان که ستاره درآن قرار گرفته است انجام گرفت، سرعت آن به آسانی میتواند تعیین شود.

بعبارت دیگر، انتقال به قرمز نه تنها میتواند برای تعیین اینکه کهکشانها با چه سرعتی از ما دور میشوند بکار رود بلکه همچنین میتواند برای تعیین اینکه با چه سرعت می‌چرخند نیز بکار رود. چون تمام ستارگان دریک کهکشان دریک جهت می‌چرخند، و چون ستارگانی که فاصله یکسانی تا مرکز دارند با سرعتی مشابه حرکت میکنند، حرکت آنها نمایش چرخش کهکشانی است.

اگر به کنارهٔ یک کهکشان نگاه کنیم، یک بازو ظاهرا" از ما دور میشود در حالیکه دیگری به ما نزدیک میشود (برای اینکه ببینید این امر به چه چیز شبیه است، یک چشم خود را ببندید و از کناره، به صفحهٔ گرامافونی در حال چرخش نگاه کنید). نور ستارگان بازویی که از ما دور میشود انتقال به قرمز خواهد داشت درحالیکه نوری که از ستارگان بازوی دیگر منتشر میشود انتقال به سمت طول موجهای آبی خواهد داشت. انتقال به قرمز و آبی اجازه میدهد که سرعت چرخش محاسبه شود.

در عمل، منجمان وقتی میخواهند سرعتهای چرخش را اندازه‌گیری کنند ترجیح میدهند به نور ابرهای گاز هیدرژن فروزان نگاه کنند تا نوری که توسط ستارگان انتشار می‌یابد. اما این ابرها بدور مرکز کهکشانی بهمان ترتیب که ستارگان می‌چرخند، می‌چرخند، بنابراین در واقع اصل مورد بحث تغییری نمی‌کند.

وقتی بازوی یک کهکشان دقیقا" دیده نمی‌شود، اصلاحات معینی در اندازه‌گیری باید انجام شود (از این کهکشانها تعداد کمی وجود دارند). اما این محاسبه‌ای است که هیچ چیز بجز مثلثات درآن وارد نمی‌شود. بطور کلی، روشهای اندازه‌گیری جرم کهکشانی به اندازه کافی ساده هستند بطوریکه خطاها تنها هنگامی رخ میدهند که اندازه‌گیریها جدی نباشند.

روشی که برای تخمین جرم خوشه‌های کهکشانی بکار میرود تنها وقتی که حرکت کل کهکشانها اندازه‌گیری میشود فرق دارد. اگر بدانیم که کهکشانهای منفرد با چه سرعتی در حال حرکتند (در اینجا ما از حرکت آنها بدور یکدیگر و نه از چرخش آنها صحبت میکنیم)، آنگاه محاسبه جرمی که برای نگهداری خوشه‌ها به یکدیگر لازم است مشکل نخواهد بود.

بمنظور انجام محاسبات، تنها احتیاج است که فرض کنیم انرژی گرانشی کهکشانها، انرژی حرکت آنها را موازنه میکند. حتی احتیاج نیست معادلات نسبیت عام را بکار بریم؛ قانون گرانش نیوتون در اینجا کاملا" کافی است، وفیزیک نیوتونی برای تعیین هم جرمهای کهکشانی و هم جرمهای خوشه‌ها بکار میرود.

اما اگر جرمهای کهکشانهای منفرد درداخل یک خوشه اضافه شوند، یک اختلاف جدی وجود خواهد داشت. همیشه ثابت شده است که جمع جرمهای کهکشانها کمتر از جرم کل خوشه بوده است. این مسئله در مورد هر خوشه‌ای که منجمان مطالعه کرده‌اند صادق بوده است ــ امر غیر متعارفی که زویکی در ۱۹۳۳ مطالعه کرد چیز ویژه‌ای نیست. مقدار جرم گمشده ممکن است

تغییر کند؛ با این وجود هیمشه وجود دارد.

منجمان دریافته‌اندکه هم درموردروشهای آنها در اندازه‌گیری جرم کهکشانهاوهم درمورد تعیین‌حضورجرم در خوشه‌ها چیزی اشتباه بوده است اما دلیل اختلاف‌تادهه ۱۹۷۰، وقتی کشفیات‌جدید در رادیواخترشناسی واخترشناسی پرتو ــ X راهی به‌جواب بازکرد، بعنوان یک راز باقی ماند.

با استفاده‌ازروشهایی شبیه آنچه که منجمان نوری برای‌ابرهای گازی فروزان داخل کهکشانهابکار برده بودند، رادیو اخترشناسان کشف کردند که میزان معتنابهی‌از جرم درخارج از قسمتهای قابل دید کهکشانها وجود دارد .کهکشانها بوسیله‌حفره‌های تاریک احاطه شده‌بودند. تا نیمهٔ دهه ۱۹۷۰ آشکار شدکه‌در هاله‌هاجرم بیشتری‌وجود داردتا درخود کهکشانها.

گاز هیدرژن‌سرد درفضای بین ستاره‌ای، امواج رادیویی با طول موج ۲۱ سانتیمتر انتشار میدهد .امواج‌رادیویی مانند نور، بهنگامی‌که جسم منتشر کنندهٔ موج نسبت‌به مشاهده‌گر حرکت میکند ،انتقال به قرمز یا آبی دارند . اگر گاز هیدرژن درحال دور شدن از زمین باشد، انتقال به قرمز خواهد داشت و طول‌موج آن کمی بیش‌از ۲۱ سانتیمتر خواهد بود ، و اگر گاز در حال نزدیک شدن باشد، طول موج کوتاهتر میشود.

نیروهای‌گرانشی که‌باعث‌چرخش‌ستاره‌هابه دور مرکزکهکشانی‌میشوند باعث‌میگردندکه‌گازخارج‌کهکشان‌بهمین‌روش عمل‌کند. تنها تفاوت اینست که گاز درمداری بزرگتر حرکت میکند، درنتیجه زمان چرخش‌آن طولانی‌تر است. امااگرسرعت‌گاز را اندازه بگیریم ،محاسبه جرمی که‌داخل‌مدار وجود دارد امکانپذیر است.

نباید چنین استنباط‌کردکه هاله‌ها ضرورتا " از گازهیدرژن ساخته شده‌اند. وجود مقداری‌گازواضح‌بود، اما به‌آن اندازه نبود که بر جرمهایی که محاسبه شده بودبالغ گردد . چیزی قابل دیدن نیز درحال چرخش در مدار بدورکهکشانها بود .اینکه‌این‌چه‌چیزبود رادیو اخترشناسان نتوانستند

تعیین کنند.

دانشمندان هنوزنمی‌دانند که آن چیست. همچنین آنها نمی‌دانند دقیقا" هاله‌ها محتوی چه مقدار جرم هستند، و تعیین نشده است که این هاله‌ها تاکجا بسط می‌یابند. طبیعتا" پیشنهادات بیشماری درباره اینکه جرم نامرئی‌چه چیز ممکن است‌باشد داده شده‌است. یک پیشنهاد این است که هاله‌ها ممکن است‌از ستارگان بسیار کوچک و تیره ساخته شده باشند که نور بسیار کمی میفرستند بطوریکه اززمین دیده نمی‌شوند. بر اساس یک فرض دیگر، هاله‌هاازباقیمانده‌های‌ستارگانی‌که‌میلیاردها سال‌پیش‌خاموش‌شده‌اند، تشکیل یافته‌اند. یکی‌ازاحتمالات فریبنده اینست که هاله‌ها ممکن است از ذرات‌زیر اتمی بنام نوترینو ساخته شده باشند. این فرض در فصل ۶ بطور مفصل مطرح خواهد شد.

در حالیکه رادیو اخترشناسان‌درمی‌یافتند که مقداری از جرم گمشده در هاله‌های کهکشانی قرار گرفته، اخترشناسان‌پرتو X کشف میکردند که مقداری‌ازجرم گمشده درشکل کاملا "متفاوت دیگری‌وجود دارد. در ۱۹۷۰ رصدهای ماهواره‌ای،گاز هیدرژن‌داغرا در فضای‌تهی فرضی بین کهکشانها در خوشه‌ها آشکار کردند. اندازه‌گیریها نشان میدادند که این گاز درجه حرارتی بین ۱۰ میلیون و ۱۰۰ میلیون درجه سانتیگراد (یا کلوین؛ وقتی ازمیلیون‌درجه‌صحبت‌میکنیم‌تفاوت ۲۷۳ درجه بین دو مقیاس مهم نیست) دارد. چون‌گاز درچنین‌درجه‌حرارت بالایی تنها در منطقه پرتو X تشعشع انتشار میدهد، رصدهای‌نوری‌ورادیویی‌هرگزقادربه‌آشکار کردن‌آن نبودند.

درجه حرارت بستگی به میانگین انرژی حرکت مولکولها دریک ماده دارد. وقتی جسمی گرم میشود، مولکولهای داخل آن‌خیلی سریعتر حرکت میکنند و وقتی سرد میشود حرکت آنها کند میشود. وقتی گاز هیدرژن تا ۱۰ یا ۱۰۰ میلیون‌درجه گرم میشود، ذراتی که آنرا تشکیل داده‌اند، در واقع بسیارسریع‌حرکت‌میکنند. چون اتمهای‌هیدروژن نمیتوانند در چنین

درجه حرارتی‌وجود داشته‌باشند (اتمهای‌هیدرژنی که بدین شکل باشند سریعا "شکسته‌میشوند) ، گازشامل‌پروتونهاوالکترونهایی‌است که با سرعتهای هزاران کیلومتر در ثانیه حرکت می‌کنند . (۱)

اکنون فرض کنید فضانوردی از سفینه خود خارج شده داخل این گاز داغ میشود .آیااو دراثر درجه حرارت بالا بخار خواهد شد؟ نه . گاز بین کهکشانی بسیار رقیق است ؛ تنها ذرات کمی درمتر مکعب وجوددارند . پروتونها و الکترونهایی که‌به فضانورد برخورد میکنند نمی‌توانند او را تا درجه‌حرارت محسوسی گرم کنند . در حقیقت اگر او لباس فضایی که مجهز به قسمت گرم کننده است نمی‌پوشید ، یخ میزد و منجمد میشد . او حرارت را خیلی سریعتر از اینکه از گاز داغ جذب کند ، به بیرون میدهد .

مثال توضیح‌میدهد که‌گاز میتواند درچنین دمای‌بالایی باقی بماند . چون این‌گازاجسام‌رابازحمت زیادگرم‌میکند ، راهی برای‌سرد شدن‌محسوس آن وجودندارد . گاز مقداری از انرژی گرمایی خود را به‌پرتوهای X تبدیل میکند ،اما این کار خیلی به کندی انجام میگیرد . پرتوهای X وقتی منتشر میشوند که یک‌الکترون از کنار یک‌پروتون‌میگذرد و مقداری از انرژی خود رادر برخورد از دست میدهد . اما چون ذرات در گاز خیلی دور و در کنار هستند ، این عمل بندرت‌انجام می‌پذیرد . درنتیجه گاز می‌تواند برای میلیاردها سال‌داغ باقی بماند . کاملا" امکانپذیر است که گاز داغ فضاهای بین کهکشانها را درمدتی که کهکشانها شکل میگرفته‌اند پر کرده باشد .

منجمان مقداری از جرم گمشده‌را درخوشه‌ها پیداکرده‌اند ، اما مطمئن

---

۱ ــ صریحا "باید گفت که‌تنها اجزاء تشکیل دهنده هیدرژن (پروتونها و الکترونها) ظاهر میشوند . فیزیکدانها همیشه‌این‌مخلوط را بعنوان هیدرژن یونیزه میخوانند . "یونیزه" بدین معنی‌است که الکترونها از پروتونهایی‌که بدورشان می‌چرخیده‌اند جدا شده‌اند .

نیستند آیا تمام آنرا کشف کرده‌اند یا نه. جرمی که در قسمتهای قابل دیدن کهکشانها دیده شده حدود ۱۰ درصد از مقداری است که برای بهم بسته شدن خوشه‌ها لازم است گازهیدرژن داغ به میزان کمی در این جرم مشارکت دارد. هاله‌های تاریک میتوانند ۸۰ درصد بقیه را بسازند، اما کسی مطمئن نیست. معلوم شده است که جرم موجود حداقل به اندازه جرمی که در کهکشانها ی قابل دیدن هست میباشد، اما این تنها حد پائینی است. کاملا" ممکن است که جرم گمشده دارای قسمت سومی هم باشد که هنوز کشف نشده است.

مفهوم جرم گمشده همچنین میتواند درمورد جهان بمثابه یک کل بکار رود. اما اینجا این واژه برای معین کردن چیزی کمی متفاوت بکار میرود. جرم نامرئی نیست؛ ممکن است جرمی باشد که درواقع گمشده باشد.

با داشتن سرعت کنونی انبساط، میتوان محاسبه کرد که چگالی جرم بحرانی برای جهان ۵×۱۰^{۲۷} کیلوگرم در متر مکعب است. این رقم برابر حدود یک بیستم اونس در میلیون میلیارد مایل مکعب، یا تقریبا" سه اتم هیدرژن در یارد مکعب است. اگر چگالی جرم جهان کمتر از این باشد، آنگاه جهان باز است؛ اگر چگالی جرم بیشتر باشد، آنگان جهان بسته است.

" جرم گمشده" در این زمینه، اختلاف بین جرمی که یافته شده و میزانی از جرم که احتیاج است تا جهان را بسته کند می‌باشد. دراینجا بسیار درست است که بگوئیم "جرم گمشده" تا " جرم نامرئی" ، زیرا هیچکس در واقع مطمئن نیست که آیا این جرم واقعا" وجود دارد یا نه.

اگر ما تمام جرمی راکه درقسمتهای قابل دیدن کهکشانها متمرکز شده بگیریم، رقمی بدست می‌آوریم که تنها ۲ درصد مقدار بحرانی است. اگر جرمی را که وجود آن در کهکشانها شناخته شده به این رقم اضافه کنیم، آنگاه ۱۰ یا احتمالا" ۲۰ درصد مقداری که لازم است تا جهان را بسته کند خواهیم داشت. ۸۰ یا ۹۰ درصد بقیه جرم گمشده است که ممکن است وجود داشته باشد یا وجود نداشته باشد.

این حقیقت که‌مادهٔ تاریک و غیر درخشانی درخوشه‌های کهکشانی وجود دارد ،به‌برخی منجمان‌میرساند که‌چنین ماده تاریکی ممکن است در جهان وجودداشته‌باشد .اگر چنین چیزی‌باشد ، آنگاه میانگین چگالی جرم میتواند بخوبی‌ازمیزان‌بحرانی تجاوز کند . سرانجام ، جهان بسیار بزرگ است ، و خوشه‌ها تنهاقسمت کوچکی‌ازفضای‌دست یافتنی را اشغال میکنند .

منجمان فرضیات زیادی‌داده‌اندکه‌اشکالی‌راکه‌جرم گمشده ممکن است بخودبگیرد‌توضیح میدهد ، و رصدهایی انجام داده‌اند که ببینند آیا این جرم وجود دارد . من این فرضیات را یکی پس‌از دیگری مطرح میکنم . نخست به پذیرفتنی ترین آنها می‌پردازم .

نزدیکترین‌کهکشان‌بزرگ M_{31}، بزرگترین کهکشان‌مارپیچی درصورت فلکی سنبله عذراست . M_{31}در فاصله ۲/۲ میلیون سال نوری از زمین گسترده است . با معیارهای نجومی این کهکشان بسیار نزدیک است .

حتی دریک فاصله ۲ میلیون سال نوری، تشخیص بسیاری ستارگان منفرد‌ممکن‌نیست . ستارگان مانند خورشید در کهکشان سنبله عذرا باندازهٔ کافی‌نورانی‌نیستند که‌دیده شوند . حتی درخشانترین ستارگان بسیارغول درفواصل‌بیش‌از ۳۰ میلیون‌سال نوری نمی‌توانندآشکار شوند . تنها دلیل اینکه‌ماکهکشانها را می‌توانیم ببینیم این است که‌آنها از میلیاردها ستاره که‌بگونه‌ای‌نزدیک‌بهم بسته‌شده‌اندتشکیل‌یافته‌اند . این ستارگان باهماهنگی در درخشش، نور کافی انتشار میدهند تا قابل دیدن باشند .

منجمان نمی‌دانندچه‌تعداد ستاره‌درخارج از کهکشانها وجود دارد ، یا چه تعداد‌کهکشانهای‌کوتوله‌موجوداست . تلسکوپهای‌بسیار قوی نمیتوانند آنها را آشکار کنند مگر اینکه در فاصله خیلی نزدیک به راه شیری گسترده شده باشند . اگرکسی بخواهد تعیین کند که چنین ستارگان و کهکشانهای کوچک چرا در تعداد قابل توجهی وجود دارند ، لازم است روشهای غیر مستقیم بکار برد .

خوشبختانه، راهی برای تخمین میزان شرکت چنین ستارگان و کهکشانهایی درمیانگین چگالی جهان وجود دارد. از این راه میتوان تعیین کرد آیا ممکن است آنها جرم گمشده‌ای را که برای بستن جهان لازم است فراهم کنند یا نه.

اگر تعدادی از ستارگان وجود داشتند که در میان جهان پراکنده شده بودند، آنها ممکن است تولید نوری کنند که بتواند بعنوان یک تابش زمینه‌ای کم نور در آسمان شب دیده شود، نوعی نور کیهانی، چنین تابشی ضعیف درآسمان شب وجود دارد، اما نمی‌توان نتیجه گرفت که این نور کیهانی است. نخست باید سهمی که از منابع دیگر موجود است از آن کم شود.

مقداری از نور زمینه‌ای ساختهٔ بشراست: نور شهرهای روح سطح زمین بوسیله ذرات غبار در جو پخش میشود. همچنین نور *دایره البروج* نیز هست که توسط ذرات غبار بین سیاره‌ای که نور خورشید را بسوی زمین پخش میکند ایجاد میشود. درحالیکه نور دایره البروج بسیار تاریک است بطوریکه در روز دیده نمی‌شود، این نور در شب به آسانی میتواند آشکار گردد.

سرانجام نور کهکشان راه شیری نیز وجود دارد. نور ستارگانی که بسیار دورند یا بسیار تاریکند بطوریکه دیده نمی‌شوند، در تابش زمینه‌ای شرکت میکنند، همچنانکه نور پخش شده بوسیله غبار بین ستاره‌ای نیز شرکت میکند.

سهم این منابع شامل تمام نور زمینه‌ای است که آشکار شده است. اگر نور کیهانی موجود دیده نشده است، بوسیله دیگر منابع پوشیده شده است.

اما محاسبه اینکه هر تعداد معین از ستارگان یا کهکشانهای کوتوله چه مقدار نور کیهانی تولید میکنند ممکن است. این حقیقت که نوری دیده نمی‌شود به ما اجازه میدهد که یک حد فوقانی بر شماره چنین ستارگانی که می‌توانند وجود داشته باشند قائل شویم. اگر ستارگان وجود داشته باشند، آنگاه میتوانند حداکثر ۱۰ یا ۲۰ درصد جرم گمشده را تشکیل دهند.

جای آشکارشدهٔ بعدی که جرم گمشده میتواند درآن افتاده باشد فضای بین خوشه‌های کهکشانها است. همانطور که قبلا" دیدیم، بین کهکشانها در خوشه‌ها گازوجوددارد، پس‌چرا گاز درخارج‌خوشه‌ها نتواند وجود داشته باشد؟

این فکر غیرمنطقی نیست. کهکشانها، در تحلیل نهایی از هیدرژن اولیه و هلیوم ساخته شده‌اند. اگر این روند صد درصد کارآمد نبود، آنگاه کمی از این گاز باید باقی میماند. بعلاوه، دلیلی دردست نیست که فکر کنیم تمام آن درداخل خوشه‌ها یافته شده است.

در عمل تنهااحتیاج‌است‌هیدرژن‌را جستجو کنیم. اگر هیدرژن وجود نداشته باشد، هلیوم‌نخواهدبود. هلیوم درانفجار بزرگ از هیدرژن ساخته شد، و روند شناخته شده‌ای درجهان وجود ندارد که این دو گاز را از هم جدا کند. وانگهی، هیدرژن حدود ۱۲ بار بیشتر از اتمهای هلیوم موجود است. حدود ۲۵ درصد وزن جهان از هلیوم است. اما یک اتم هیدرژن چهار بار از اتم هلیوم سبک‌تراست؛ ۲۵ درصد از نظر وزن، ۹۲ درصد از نظر تعداد مطلق است.

گاز هیدرژن میتواندبه‌سه شکل مختلف وجود داشته باشد: میتواند ازاتمهای‌هیدرژن‌تشکیل شده‌باشد؛ میتواند ترکیبی از مولکولهای هیدرژن باشدکه‌درآنها دو اتم بهم پیوند میشوند؛ و یا می‌تواند بشکل یونیزه شده باشد، که‌به‌اجزاء تشکیل دهنده خود، الکترون و پروتون تجزیه شده است. گاز داغ که درداخل‌خوشه‌ها موجود است یونیزه میباشد. بنابراین اگر ما بخواهیم جرم‌گمشده را درشکل گاز جستجو کنیم، تنها احتیاج داریم این سه احتمال را در نظر بگیریم.

اگر گاز به‌شکل اتمهای هیدرژن وجود داشته باشد، آشکار کردن آن آسان خواهدبود. هیدرژن‌طول موجهای معینی از تشعشع الکترومغناطیسی را جذب‌میکند. یکی‌از این طول موجها در طیف رادیویی در ۲۱ سانتیمتر

میباشد؛ دیگری درماوراء بنفش است. این طول موج دومی $۱/۲۱۶\times۱۰^{-۵}$ سانتیمتر یا ۱۲۱۶ آنگستروم است (یک آنگستروم واحدی است که عموما" برای اندازه‌گیری طول موجهای نورمرئی و ماوراء بنفش بکار میرود؛ این واحد تقریبا" برابر قطر یک اتم است).

اگر مقدار معتنابهی هیدرژن اتمی درجهان وجودداشته باشد باید تشعشعات دراین طول موجها راکه از کهکشانها فرستاده میشوند، جذب کند. ثابت شده است که جذب وجود دارد اما نه خیلی زیاد. رصد امواج رادیویی باطول ۲۱ سانتیمتر از کوازارها و رادیو کهکشانها، اجازه میدهد که حد مقدار هیدرژن رااز آن حدی که احتمالا" درحال حاضرهست بالاتر ببریم. مقدارکلی هیدرژن نمیتواندبیش از ۲۰ درصد چگالی بحرانی باشد. بخاطرداشته باشیدکه مانند مورد نوراتمی، این عدد فقط یک حد است، ممکن است اصلا" هیدرژن اتمی ای وجود نداشته باشد.

می‌توان با نگریستن به تشعشعات فرابنفش ۱۲۱۶ آنگستر ومی تخمین بهتری بدست‌آورد. ازآنجا که تشعشعات فرابنفش با این طول موج بوسیله جو جذب میشوندو نمیتوان‌آنها را از زمین دید، باید به جسمی دوردست نگاه کنیم. اجسامی‌که‌بسیاردور باشند دارای انتقال‌به قرمز زیادی هستند. در نتیجه تشعشعات فرابنفشی که آنها منتشر میکنند به بخش مرئی طیف منتقل میشود.

آزمایشی که توسط جیمزگان‌وبروس پیترسون انجام شد، نشان میدهد که مقدار هیدرژن‌اتمی درجهان کمتر ازیک میلیونیم مقدار بحرانی است. این عدد تقریبا" بسیار کوچک‌است؛ زیرا جهان بطور عمده از هیدرژن ساخته شده‌است‌وانتظار میرود مقدار هیدرژنی که از زمان تشکیل کهکشانها به جا مانده است بیشتر باشد.

اما شاید هیدرژن وجود داشته باشد. فقط ممکن‌است به‌شکل اتمی موجودنباشد. با اینهمه‌هیدرژن‌مولکولی‌هم به‌مقدار معتنابهی یافت نشده

است. مطالعات در مورد پدیده‌های مورد انتظار جذبی (روش همان روش است، تنها طول‌موجها فرق میکنند) نشان میدهد که اگر هیدرژن درفضای بین خوشه‌ای وجود داشته باشد، مقدار آن کمتر از یک ده هزارم چگالی بحرانی است.

تنها گاز یونیزهٔ داغ باقی میماند. درگذشته، آشکار شده بودکه گاز هیدرژن بدین شکل‌موجود است و ممکن است مقدار آن‌برای بستن جهان کافی باشد. اولین‌رصدهای پرتوهای X که‌درسال ۱۹۶۲ بوسیله موشک انجام گرفتند، وجود پهنه‌ای‌از پرتوهای X را آشکارکردند. این امواج نیزمانند پهنهٔ میکروویوهاکه بوسیله پنزیاس و ویلسون کشف شد، از همهٔ جهات‌در آسمان می‌آمدند. اعتقاد بر این‌بود که‌وجود این‌پهنه‌امواج‌نشان میدهد که جهان انباشته از هیدرژن یونیزه با دمای ۵۰۰ میلیون درجه است.

این بحث هنگامی که اندازه‌گیریهای تلسکوپ اشعه X که در ماهوارهٔ ۲ ــ HEAO نصب شده‌بود، نشان داد که‌پرتوهای X در عمل از کوازارهای دوردست می‌آیند، حل شد. با اینکه این ثابت نمی‌کرد که هیدرژن یونیزه وجود ندارد، اماآشکاربودکه‌به قدری‌که‌قابل‌اندازه‌گیری باشد وجود ندارد.

باید چنین‌نتیجه گرفت که جرم گمشده نمیتواند به شکل گاز هیدرژن وجود داشته‌باشد. هیدرژن‌درون فضای بین خوشه‌ای کهکشانها فقط میتواند چند درصد چگالی‌جرم‌بحرانی را فراهم‌کند. اگر جرم گمشده وجود داشته باشد، باید به شکل دیگری باشد.

اگر ما نمی‌تونیم‌جرم‌گمشده رابه شکل‌ستارگان، کهکشانهای کوتوله، یا گاز پیداکنیم، آیا نمی‌توان‌آنرا به شکل ماده جامد و غیر ملتهب یافت؟ میتوان‌پذیرفت که چنین موادی میتوانند به اشکال بسیار و در اندازه‌های گوناگون‌که از اندازه‌یک غبار تا اندازه‌یک سیاره میتواند تغییر کند، وجود داشته باشند. فضای بین‌خوشه‌ای حتی میتواند حاوی کهکشانهای مرده و خاموش باشد.

اگر ذرات غبارمانند به تعداد زیاد وجود داشته باشند، نوری را که از کهکشانهای دوردست به‌سوی ما میآید پراکنده میسازند. درآن صورت بنظر میرسد که جهان با نوعی دودمه‌کیهانی آلوده شده است، اجسام دوردست نمایی مه آلود مانند نمای ساختمانها درشهری که هوای آن آلوده است دارند.

امکانات دیگر را نمی‌توان انکار کرد. اما تصور میشود که غیر متحمل باشند. گر چه ممکن است سنگریزه‌ها، سنگها، سیارات و حتی "گلوله‌های برفی" هیدرژن منجمد آشکارنشده درجهان وجود داشته باشد، اما دانشمندان درپی بردن به منشاء آنها دچار مشکل هستند. وجود کهکشانهای مرده نیز غیرمتحمل است. ستارگانی به اندازهٔ خورشید دارای طول عمری هستند که زیاد از سن فعلی جهان کوتاهتر نیست، در صورتیکه ستارگان کوچکتر میتوانند به مدت بسیار طولانی تری زندگی کنند. این نظریه که باید کهکشانهایی وجود داشته باشند که به‌طور کامل تاریک شده‌اند، زیاد منطقی جلوه نمی‌کند.

اما درمورد تشعشعات چطور؟ بر طبق فرمول اینشتاین $E=mc^2$، انرژی‌دارای‌جرم است. اگر جرم کافی بصورت امواج رادیویی، نور مرئی، تشعشعات فرابنفش‌وفروسرخ پرتوهای X و پرتوهای گاما وجود داشته باشد، میتوان پذیرفت که بتواند جهان را ببندد.

در مراحل اولیه انفجار بزرگ تشعشعات قسمت عمده جرم جهان را تشکیل میدادند. اما دوره اقتدار تشعشعات میلیاردها سال پیش به پایان رسید. امروزه‌چگالی‌جرمی تشعشعات تقریبا "یکصد هزار بار کمتر از چگالی جرمی ماده است. پرتوهای‌کیهانی‌نیز نمی‌توانند چگالی بحرانی را فراهم کنند. در بهترین‌حالت‌حدود یک‌هزارم‌جرم‌مورد لزوم‌را فراهم‌میکنند.

اگر معتقدبه جهان بسته باشیم، بطور منطقی امکانات دیگری مطرح میشود. اولین‌امکان این‌است که‌جرم گمشده به شکل حفره های سیاه وجود

داشته باشد . دومین امکان این‌است که این جرم بشکل دریایی از نوترینو موجود باشد . وسومین امکان اینکه جرم گمشده هر چه‌میخواهد باشد ، به همان شکل هاله های کهکشانی است .

در فصول بعدی‌درباره‌نوترینووحفره‌سیاه‌مفصل تر بحث خواهد شد . در اینجا فقطیادآوری میکنم که راهی وجود ندارد که بگوئیم جهان ممکن است حاوی چه مقداری‌از این دو باشد . از آنجا که حفره‌های سیاه نوری منتشر نمی‌کنند ،آنهارا فقط هنگامی‌میتوان رصدکرد که میدان گرانشی قوی آنها اجسام‌نزدیک‌راتحت تاثیر قرار میدهد . بطور یکسان میتوان پذیرفت که‌حفره‌سیاه‌وجود ندارد یا در تعدادی‌آنچنان زیاد وجود دارد که میتواند جرمی بمراتب بالاتر از چگالی جرم بحرانی را فراهم کند . و وضعیت در مورد نوترینو حتی از اینهم نامطمئن تر است .

مسئله هاله های کهکشانی باقی می‌ماند . از آنجا که نمی‌دانیم این هاله‌ها تا کجا بسط می‌یابند ، گفتن‌اینکه‌چه‌کسری از جرم گمشده را فراهم میکنند ، ممکن نیست . اندازه‌گیری جرم خوشه‌ها کافی نیست زیرا مدارک نشان میدهند که‌تمام‌خوشه‌ها میتوانند‌دارای هاله باشند . اگر این درست باشد ، هاله‌های خوشه‌ها می‌توانند حاوی مقدار سرسام آوری ماده باشند .

از سوی دیگر جهان‌میتواند حاوی ماده‌فشرده و عایق شده و تاریک باشد .ازآنجاکه‌نمی‌دانیم‌هاله‌هااز چه ساخته شده‌اند ، امکان اینکه بگوئیم انبوهه‌های تیره‌مشابه ماده نمی‌توانندوجود داشته باشند ، نیست؛ جهان می‌تواند پر از " کهکشانهای" هاله مانندی باشد که نور منتشر نمی‌کنند .

متقابلا " این‌سه‌امکان‌نیز قطعی نیستند . هاله‌ها می‌توانند دربخشی از خود شامل‌نوترینوها یا حفره‌های سیاه باشند . امکان دیگر اینکه هاله‌ها از ستارگان‌بسیارتیره‌ترکیب شده باشند . و امکان دیگر این است که هاله‌ها از اجسامی‌ساخته‌شده‌باشندکه‌آنقدر کوچک‌بوده‌اند که هرگز ستاره‌نشده‌اند گر چه‌تئوریهای تشکیل‌ستارگان‌با چنان‌جزئیاتی‌که منجمان دوست دارند ،

حل نشده‌اند ، دانسته‌شده است که جرم حداقل معینی برای تشکیل ستاره ضروری است .

اگر ابر گاز منبسط شونده‌ای دارای مقدار حداقل جرم نباشد ، در آنصورت جاذبه‌گرانشی هرگزنمی‌تواندآنرابااندازه‌کافی‌گرم کند تا واکنشهای هسته‌ای‌که در هسته‌ستارگان اتفاق می‌افتد درآن آغاز شود . سیاره مشتری نمونه‌ای‌عالی ازچنین ستارگان " شکست خورده " ای است . اگر مشتری فقط کمی بیشتر جرم‌داشت ، در همان زمانی‌که خورشید شروع به درخشش کرد ، آغاز به درخشیدن میکرد و آنگاه درآسمان ما دو ستاره وجود داشت .

توجه داشته‌باشیدکه این فرضیه که چنین اجسامی ماده‌درون هاله‌ها را میسازند ، آن‌تئوری‌نیست که‌میگوید این اجسام میتوانند در فضای بین کهکشانی پراکنده‌باشند .گرچه‌قبلا " از این‌تئوری دوم انتقاد شده است اما دلائلی که‌برعلیه آن بکاربرده‌شده ، لزوما " درمورد هاله‌ها کاربرد ندارد .

اما این ها همه‌تصورات هستند . تا وقتی که منجمان درنیافته‌اند که هاله‌ها چه‌چیز هستند ، راهی‌برای‌گفتن‌اینکه چه مقدار ماده به این‌شکل وجود دارد ، موجود نیست .

بدیهی است که این حقیقت‌که جرم گمشده هنوز یافت نشده است بدان معنا نیست که وجود ندارد . بحث های مبتنی بر فراوانی هلیوم و دوتریوم ظاهرا " برآن‌دلالت دارندکه این جرم نباید وجود داشته‌باشد ، با اینهمه به‌سهولت‌میتوان این بحث ها را نادیده انگاشت . این بحث ها فقط نظری هستند .اگررصدها نشان‌میداندکه‌درواقع بیش از سه اتم هیدرژن در هر متر مکعب فضا وجوددارد ، تصدیق میشد که جهان بسته است . اما همین مقدار "کم" ممکن‌است‌هرگزیافته نشود . با این وصف ، میتوان نتیجه گرفت که جهان باز است .

فصل پنجم

حفره های سیاه

هنگامیکه‌گات، گان، شرام‌وتینسلی در سال ۱۹۴۷ مقالهٔ خود را در بارهٔ جهان بازمنتشر کردند، نتایج کار خود را با روش علمی محتاطانه‌ای بیان کرده‌بودند. آنها گفتند: "مجموعه‌ای‌از دلایل گوناگون دلالت بر آن دارندکه چگالی جهان بیش از یک دهم آن چه برای‌بسته بودن لازم است نیست." اماآنهاباشتاب اضافه‌کردند که احتمال بسته بودن جهان بطور کامل از بین نرفته‌است. آنها چنین رای دادند که بحث بر علیه جهان بسته" دشوار است، اماکشنده‌نیست." این‌چهارمؤلف حتی‌شکلی رابرای جهان پیشنهاد کردند که میتوانست جرم گم شده را هم دربربگیرد. در پایان‌مطلبی که اعتقادآنها را به باز بودن‌احتمالی جهان نشان‌میداد، با استفاده ازجناس سازی لفظی، اضافه کردند: ممکن است‌دراین استدلال روزنه‌هایی وجود داشته باشد، اما اگر چنین باشد، این روزنه‌ها، بسیار کوچک‌و نادیدنی‌اند، یاشاید فقط‌سیاه باشند." گر چه در بارهٔ مبحث حفره‌های سیاه در نجوم معاصر بحث وسیعی شده‌است، اما این نظریه‌که ممکن است‌جرمی دارای آن چنان میدان گرانشی نیرومندی باشدکه نتواند نوری منتشرکند، نظریه‌ای است قدیمی. این‌عقیده برای اولین بار در سال ۱۷۸۴، هنگامی‌که‌منجم‌انگلیسی، جان میچل، مقاله‌ای در نشریه "مبادلات فلسفی انجمن سلطنتی لندن" منتشر کرد و طی آن اظهار کرد که اگر جرم ستاره‌ای به اندازه‌کافی زیاد باشد، میتواندتمام نوری را که منتشر میکند،

دربند کشد ، پیش کشیده شد . جاذبه‌گرانشی دراین حالت ، آن چنان قوی میشود که هیچ چیز ، حتی نور ، نمی‌تواند از سطح آن بگریزد .

دوازده‌سال‌بعد ، ریاضیدان‌فرانسوی‌پیرسیمون دولاپلاس ، که ظاهرا " از کار میچل‌آگاه نبود ، بحثی مشابه را به پیش کشید . تنها اختلاف بین تئوری لاپلاس و تئوری میچل ، این بود که میچل محاسبه کرده بود برای اینکه ستاره‌ای حفره سیاه باشد باید ۴۹۷ بار بزرگتر از خورشید باشد ، در صورتی که لاپلاس به عدد ۲۵۰ رسیده بود .

گرچه ، نظریات‌فوق الذکر ، پیامبر گونه است ، جزئیات محاسبات دو دانشمند ، کاملا " غلط است . هر دو ، قانون‌گرانش‌نیوتن ، یعنی‌تنها تئوری‌ای را که می‌شناختند ، به‌کار بردند ، امروزه ، میدانیم‌که تئوری نیوتن نمی‌تواند میدانهای گرانشی‌پرقدرتی‌راکه‌دراطراف‌حفره‌های‌سیاه‌وجود دارد ، به دقت توضیح دهد . اگر در این‌مورد کسی امید داشته باشد نتایج صحیح به‌دست آورد ، می‌بایست تئوری اینشتاین را به کار ببرد .

برخلاف آن‌چه‌میچل‌ولاپلاس اعتقاد داشتند ، حفره سیاه ، ستاره‌ای بزرگ نیست . هیچ ستاره‌ای ، هر قدر جرمش زیاد باشد ، نمی‌تواندنیروهای گرانشی ای ایجاد کند که‌به اندازه لازم قوی باشند . اگر حفره سیاه درکار شکل گیری باشد ، ماده‌ای‌که ستاره را میسازد ، میبایست‌در حجمی کوچک فشرده‌شود . این اتفاق فقط‌وقتی روی میدهد که ستارهٔ پرجرم‌پس از تمام کردن منبع‌سوخت‌هسته‌ای خود ، درخود فروشکند . به کلام‌دیگر ، حفره‌های سیاه ، لاشهٔ ستارگانی‌هستندکه‌بوسیلهٔ نیروی‌گرانش‌خود ، فشرده شده‌اند .

پیش‌ازاینکه‌مرگ ستارگان مورد بحث قرار گیرد ، لازم است نگاهی‌به چگونگی شکل‌گیری آنها بکنیم . هنوز در کهکشان راه شیری و احتمالا " در اغلب کهکشانهای دیگر ، ستارگانی متولدمیشوند . میتوانیم تشکیل ستارگان را در کهکشان خودمان‌مشاهده کنیم و هیچ دلیلی دردست نیست که این اتفاق در کهکشانهای دیگر ، به نوعی دیگر باشد .

ابرهای گازی پراکنده در سراسر راه شیری یافته میشوند. بر طبق تئوریهای پذیرفته شده متداول، امواج تپشی مربوط به بازوهای متحرک حلزونی کهکشان، یا مربوط به انفجار ابرنواختر ها میتواند سبب شود تا این ابرها، انقباض اندکی را متحمل شوند. این تنها چیزی است که برای آغاز شکل‌گیری فرآیند تشکیل ستاره، مورد نیاز است. همین که انقباض شروع شد، هیچ چیزی نمی‌تواند آن را متوقف کند.

هنگامی که ابر منقبض میشود به هزاران ابر کوچکتر تقسیم میشود، نیروی گرانش باعث میشود که این ابرها، باز هم منقبض شوند. فشار باعث میشود که گاز درون آنها گرم شود. این امر، روند کار را کند میکند، اما آن را متوقف نمی‌کند. حرارت اضافی، اغلب به راحتی به درون فضا تابیده میشود. نیروی گرانش پس از میلیونها سال سبب میشود که این ابر تقسیم شده، فشرده شود و به صورت ستارگان اولیهٔ فروزان و داغ درآید.

اگر جرم ستارهٔ اولیه چند درصد بیشتر از جرم خورشید باشد، درآن صورت دما و فشار در هستهٔ آن حتی از آن چه برای آغاز واکنش های هسته‌ای کافی است، بیشتر میشود و ستارهٔ اولیه به ستاره تبدیل خواهد شد. اگر جرم ستارهٔ اولیه از این مقدار بحرانی کمتر باشد، این واکنشها هرگز شروع نمیشود و ستارهٔ اولیه سرد خواهد شد و به صورت یک کوتوله سیاه درخواهد آمد.

تمام ستارگان در مراحل اولیه زندگی خود، هیدرژن را به هلیوم تبدیل میکنند. این فرآیند ذوب گرما هسته‌ای، اساسا" همان چیزی است که در انفجار بمب هیدروژنی اتفاق می‌افتد. تنها تفاوت مهم این است که بمب هیدروژنی سوخت خود را درکسری از ثانیه میسوزاند، در صورتی که ستاره میتواند میلیاردها سال به درخشیدن ادامه دهد.

وقتی که هیدروژن به هلیوم تبدیل میشود، طبق معادلهٔ اینشتاین $E=mc^2$، جرم به انرژی تبدیل میشود. جرم از دست رفته کوچک است.

۴/۰۳۲۵ گرم هیدروژن برای ایجاد ۴/۰۰۳۹گرم هلیوم به کار میرود ، بنابراین کاهش مقدار فقط ۰/۰۲۸۶گرم است . اما از مقادیر کم ماده میتوان مقادیر زیاد انرژی به‌دست آورد . برای مثال ، خورشید برای پنج میلیارد سال دیگر درخشیدن ، سوخت کافی دارد ، در آن زمان سن خورشید در حدود ۱۰میلیارد سال خواهد بود . با این همه خورشید در تمام طول زندگی خود تنها یک صدم درصد از جرم خودرا تبدیل به انرژی خواهد کرد . برای اینکه توضیح دهیم چگونه این اتفاق می‌تواند روی دهد ، نگاهی به معادلهٔ اینشتاین کافی است .

سرعت نور C ، عددی است بسیار بزرگ . این سرعت در دستگاه متریک ۳۰۰/۰۰۰/۰۰۰ متر در ثانیه است . پس C^2 ، ۹۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰ یا 9×10^{16} است . این بیان میکند که یک واحد جرم میتواند 9×10^{16} واحد انرژی تولید کند .

تبدیل هیدروژن به هلیوم ، فرآیندی است که نور و گرمایی را که ستاره در فضا منتشر میکند ، تولید میکند . اما ذوب گرما هسته‌ای نقش بسیار مهم دیگری نیز بازی می‌کند ، ستاره را از متلاشی شدن حفظ می‌کند .

در صورتیکه ، ستاره هم اندازهٔ خورشید باشد ، دما در هستهٔ آن ، جایی که ذوب گرما هسته‌ای صورت میگیرد حدود ۱۵ میلیون درجه است . چنانچه ، تا کنون دیده ایم هسته از گاز هیدروژن و هلیوم ساخته میشود. هنگانی که گاز گرم میشود ، فشار ایجاد میشود. این ، همان چیزی است که در موتور اتومبیل اتفاق می افتد. هنگامیکه مخلوط بنزین - هوا ، مشتعل میشود، احتراق تولید گرما میکند و فشار به دست آمده ، پیستون را میراند واضح است که اگر چند صد درجه حرارت بتواند به اتومبیلی نیرو دهد ، پس میلیونها درجه حرارت ، باید برای جلوگیری از سقوط لایه های بیرونی ستاره به درون هسته، کافی باشد. طبیعتاً نیروی گرانش از پراکندگی ماده در فضا جلوگیری میکند .

انتظار میرود هنگامی که سوخت هیدروژن ستاره‌ای تمام شود ، ستاره شروع به‌کوچک‌شدن کند .این ، درست همان چیزی است که اتفاق می‌افتد . اما این کوچک شدن یکباره شروع نمی‌شود ، موضوع به این سادگی ها هم نیست . قبل از این که ستاره بتواند کوچک شود ، باید بزرگ شود . هنگامی که ستارگان شروع به‌مردن‌می‌کنند ،منبسط میشوند و به صورت غولهای سرخ درمی‌آیند .

منجمین هنوزتمام‌جزئیات تحول ستاره‌ای را در مرحله‌ای که ستارگان به صورت غول سرخ درمی‌آیند ، درک نمی‌کنند . اماواضح است که این مرحله ، هنگامی آغاز میشود که هیدروژن درون ستاره تمام شود . همینکه این اتفاق افتاد ، واکنشهای‌هسته‌ای متوقف میشوند . نیروی گرانش باعث میشود که هسته‌ستاره منقبض‌شود . انقباض به نوبهٔ خود ، باعث میشود که دمای هسته بالا رود . اما هنگامی که‌این اتفاق می‌افتد لایه‌های بیرونی ستاره منبسط و سرد میشوند . کاهش دما تغییر رنگ ستاره را به همراه دارد و ستاره سرخ میشود . این تغییر ، همانند تغییری است که هنگام سرد شدن میلهٔ آهنی‌سفید شده از حرارت روی میدهد ، با پایین‌رفتن حرارت ، رنگ آن از سفید به زرد و سرخ تغییر می‌کند .

خورشید در حدود ۵ میلیارد سال دیگر یک غول سرخ خواهد شد . هنگامیکه خورشیداین تحولات را طی میکند تا آنجا منبسط میشود که سطح آن به مدار فعلی‌مریخ‌خواهدرسید . سیارات‌درونی ــ عطارد ، زهره ،زمین ، مریخ، - غبار خواهند شد . خورشید در طی مرحله غول سرخ، مقداری از جرم خود را دفع میکند ، ستارگان درحال نزع ، نوعاً ، تشنجات گوناگونی را طی میکنند. اما ، سرانجام هسته خورشید سرد خواهد شد ولایه های بیرونی آن چروک بر می دارند - خورشید ، به تدریج ، منقبض و تیره میشود تا تبدیل به یک کوتوله سفید شود. در این مرحله، انقباض متوقف می شود. کوتوله های سفید ، در کهکشان ما ، بسیار معمولی هستند. ده ها هزار ستاره

که احتمال میرود از نوع کوتوله های سفید باشند ، فهرست بندی شده‌اند و منجمین بیش از پانصد تای آنها را از نزدیک مورد مطالعه قرارداده‌اند . کوتوله‌های سفید ، ستارگان کوچک و بسیار فشرده‌ای هستند . اندازهٔ آنها فقطدرحدود اندازهٔ زمین است ، و آن چنان فشرده‌اند که‌یک‌قوطی کبریت که از مادهٔ کوتوله‌های سفیدپر شده باشد در حدود ۱۰ تن وزن دارد . هیچ واکنش هسته‌ای درهسته‌کوتوله‌های‌سفید رخ‌نمی‌دهد . این ستارگان تنها بدین دلیل می‌درخشند که‌بسیار داغ هستند ، میلیاردها سال طول می‌کشد تا یک کوتوله سفید سرد شود و به تاریکی فرو رود .

اما این ، فشار ایجاد شده به واسطهٔ گرمای‌باقیمانده ، نیست که سطح کوتولهٔ سفید را نگه داشته‌است . این کار را الکترونها که از اجزاء اصلی تشکیل دهنده کوتوله‌های‌سفید هستند ، انجام میدهند . وقتیکه الکترونها به شدت‌بر روی هم انباشته میشوند ، فشاری اعمال میکنند که در مقابل تراکم بیشتر ، مقاومت میکند . نام فنی این‌پدیده ، *فشار تبهگنی الکترون* است . این‌نام‌به این دلیل‌به این پدیده داده شده است که گفته میشود الکترونهایی که به‌این روش بر روی هم انباشته شده‌اند ، درحالت تبهگن هستند .

ماده‌ای‌که کوتوله‌های سفید را میسازد ، شباهت اندکی‌به ماده معمولی دارد . اتم و ملکولی‌درآن وجود ندارد ، درعوض، کوتوله سفید ، دریایی ازالکترون‌های‌بر روی هم‌انباشته‌است که هسته اتمی درآن شناور می‌باشد . ماده درچنین حالتی " گاز تبهگن" نامیده‌میشود .

اغلب ستارگان ، بعنوان‌کوتولهٔ سفید به زندگی خود پایان‌میدهند . اما اگر ستارهٔ منقبض شونده‌ای ، جرمی بیش‌از ۱/۴ برابر جرم خورشید داشته باشد ، سرنوشتی دیگر را تجربه خواهد کرد . نیروی گرانش در درون چنین‌ستارهٔ بزرگی آنقدر قوی هست که بر فشارتبهگنی الکترون غلبه کند . الکترونها ، وپروتونهای درون هستهٔ ستاره به هم‌فشرده میشوند و تشکیل

نوترون میدهند . همینکه چنین اتفاقی افتاد فشار تبهگنی از بین میرود . و آن هم ، به این‌دلیل ساده که دیگر الکترونی وجود ندارد .

تعداد الکترونها و پروتونهایی‌که هر ستاره داراست ، مساوی است . تمام مواد بدین طریق موازنه میشوند . اتم هیدروژن از یک الکترون و یک پروتون ساخته شده‌است . در هلیم دو الکترون به دور هسته که حاوی دو پروتون‌ودونوترون‌است ، می‌چرخند . یک اتم‌از ارانیوم ۲۳۸ ، ۹۲ الکترون ، ۹۲ پروتون و ۱۴۶ نوترون در بردارد (عدد ۲۳۸ حاصل جمع ۹۲ و ۱۴۶ یعنی مجموع ذراتی است‌که در هسته وجود دارند) . اگر تمام پروتونها و الکترونها ترکیب شوند ، هیچ چیزی به جز نوترون باقی نمی‌ماند . ستاره‌ای که فقط حاوی نوترون باشد ، آن‌قدر منقبض میشود تا نوترونها بروی هم انباشته‌شوند .

گفته میشود که‌ستاره نوترونی به واسطهٔ فشار تبهگنی نوترون ، نگه داشته میشود . ستارگان‌نوترونی‌بسیار کوچکتر از کوتوله‌های سفید هستند ، قطر این‌ستارگان ، نوعا " ، درحدود ۲۰ کیلومتراست . (تقریبا " طول‌جزیره مانهاتان) . این‌ستارگان‌یک میلیارد بار از کوتوله‌های سفید فشرده تراند ، یک قوطی کبریت‌پر شده ازمادهٔ تشکیل‌دهنده ستارگان نوترونی در حدود ۱۰ میلیارد تن وزن خواهد داشت .

اعتقاد براین‌است که‌اغلب یا همهٔ ستارگان نوترونی ، دراثر انفجار ابرنواخترها تشکیل میشوند .

غول سرخی که‌برای‌تشکیل‌ستاره نوترونی‌جرم کافی داشته‌باشد ، این کار را با آرامی نمی‌کند . وقتی که سوخت هسته‌ای تمام شد ، غول سرخ ، انفجاری تسریع کننده‌را طی می‌کند که‌لایه‌های خارجی‌ستاره را به بیرون پرتاب‌میکند ، درهمین‌ضمن ، هسته به‌سرعت فرومیریزد و سریعا " از مرحلهٔ کوتولهٔ سفید میگذردو تبدیل به ستاره نوترونی میشود که درآن الکترونها و پروتونها به هم پیوسته‌اند .

ضمنا "، ابرنواخترها با نواخترهای معمولی ارتباطی ندارند ، نواخترها به حوادثی که بر طبق معیارهای نجومی حوادث معتدلی هستند ، مربوطند و می‌توانند هزاران بار در یک ستاره رخ دهند . اعتقاد بر این است که نواخترها فقط در منظومهٔ ستارگان دوتایی روی می دهند . به نظر می‌رسد نواخترها ، اشتعالات ناگهانی ای باشند که هنگامی که یکی از این ستاره‌ها مواد سطح ستاره همراه را به‌سوی خود می‌کشد ، روی میدهند . هنگامی که این مواد به‌سطح ستاره پرجرم تر سقوط میکنند ، مقدار کمی انرژی آزاد میشود و درخشش این سیستم ستاره‌ای افزون تر میشود . پس از مدتی اشتعال فقط برای آن که بعدا "تکرار شود از بین میرود . نواختر ، سیمای ستاره‌ای درخشان را داراست ، در صورتیکه ابرنواختر میتواند با درخشش یک کهکشان کامل بدرخشد .

بعضی از ستارگان نوترونی دارای میدان مغناطیسی هستند که سبب میشود این ستارگان درجهات معینی نور یا امواج رادیویی منتشر کنند . پرتوهای ایجاد شده مانند نور نورافکنی در آسمان حرکت میکنند ، این تشعشعات به‌صورت یک رشته تپش" پالس" است ، از این رو به چنین ستارگان نوترونی ستارگان تپنده " پولسار" میگویند .

تمام ستارگان به‌دور خود می‌چرخند ، اما ستارگان نوترونی به ویژه ، بسیار تند می‌چرخند . چرخش آنها به دور خود ، به هنگامی که در خود فرو می‌شکنند و به مرحله ستاره نوترونی می‌رسند ، به طرزی خیره کننده فزونی میگیرد . این پدیده شبیه عملی است که اسکیت بازان برای تندتر کردن چرخش خود انجام میدهند ، یعنی دستان باز خود را پایین میآورند و در کنار خود قرار میدهند .

اولین رصد ستارگان تپنده در سال ۱۹۶۷ به‌وسیله رادیومنجم انگلیسی ، ژاکلین بل انجام گرفت . ستاره تپنده‌ای که بل کشف کرد تپشهای رادیویی به طول ۰/۰۱۶ ثانیه در هر ۱/۳۳۷ ثانیه ایجاد میکرد . سال بعد ، معلوم شد که این ستاره تپنده که درمیان سحابی خرچنگ قرار دارد باقیماندهٔ

انفجار ابرنواختری است که درسال ۱۰۵۴ پس از میلاد به وسیله منجمین چینی رصد شده‌است. از۱۹۶۸، تعدادی ستاره تپنده‌دیگر کشف شده‌اند. تعدادی از این ستارگان تپنده، نور منتشر میکنند، در صورتیکه ستارگان تپندهٔ دیگر به‌واسطهٔ امواج‌رادیویی شان رصد میشوند. بنابراین میتوان وجود ستارگان نوترونی را قطعی دانست.

اگر میدان گرانشی به اندازه‌کافی‌قوی باشد، میتواندپس از مرحله ستارهٔ نوترونی‌هم باعث انقباض شود. دانشمندان کاملا" مطمئن نیستند که جرم ستاره‌پیش‌از اینکه چنین‌اتفاقی بیفتد، باید چقدرباشد، اما ممکن است گفتن‌این که حد بالایی‌اندازه ستاره نوترونی بین ۱/۷ تا ۲/۷ جرم خورشیدی قرار دارد، صحیح باشد.

اگر ازاین‌حدتجاوزشود نیروی‌گرانش، ستاره نوترونی را درهم خواهد شکست. تئوری‌نسبیت عام به ما میگوید که‌هیچ چیز نمیتواند این فروپاشی را متوقف کند، این فروپاشی تا وقتی که تمام ماده موجود در ستاره آن قدر فشرده‌شودکه‌به‌صورت یک نقطه هندسی با چگالی بی نهایت، یعنی حفره سیاه، درآید، ادامه‌دارد.

گر چه تمام ماده موجود در حفره سیاه فشرده میشود و به صورت یک نقطهٔ منفرد درمرکز حفره سیاه درمی‌آید، باز هم میتوان گفت که‌دارای اندازه معینی است. هر حفرهٔ سیاه باسطحی به نام افق واقعه مشخص میشود. هر چیزی‌که‌با گذشتن‌از افق واقعه‌به حفرهٔ سیاه وارد شود، تا ابد به دام می‌افتد، و هرگز نمی‌تواند‌در جهت دیگر از این سطح بگریزد. این جسم با شقاوت‌به سوی آن نقطهٔ منفرد، منطقهٔ چگالی بی نهایت درمرکز حفرهٔ سیاه، کشیده میشود.

حفرهٔ سیاه، به‌نوعی، المثنی کوچکی‌است‌از جهان بسته ــ میدانهای گرانشی درون حفره، فضا را آن‌چنان به‌شدت منحنی میکند که فضا به دور خود حلقه میزندو ارتباط درون حفره‌سیاه‌را با بقیه‌جهان قطع میکند.

این حقیقت که هیچ چیز نمی‌تواند از چنگ حفره سیاه بگریزد، مانند این است که پا به "بیرون" جهان گذاشتن، حتی اگر جهان محدود باشد، ممکن نیست.

دریافتن این که عبارت حفرهٔ سیاه از کجا آمده است، ساده است: این، اجسام از هر چیز دیگری که در طبیعت با آن روبرو میشویم. سیاه‌ترند زیرا نه نوری منتشر میکنند و نه نوری را منعکس میکنند. اگر ماده‌ای که پرتوهای نورانی ساطع میکند، از افق واقعه عبور کند، این پرتوهای نورانی به وسیلهٔ میدانهای گرانشی که به شکل سرسام آوری قوی هستند، به سوی حفره‌های سیاه کشیده میشوند و به دنبال آن ماده به درون نقطهٔ منفرد سقوط می‌کنند. اگر سفینه‌ای میتوانست به طریقی بر روی حفره سیاه، نورافکنی را بتاباند، سرنشینان سفینه هیچ چیز نمی‌دیدند، حفره سیاه تمام نوری را که برویش می‌افتاد، جذب میکرد.

آیا درمرکز حفره سیاه واقعا "نقطهٔ منفردی وجود دارد؟ نسبیت عام میگوید بایدوجود داشته باشد. اما آیا واقعا "میتوان انتظار داشت که تئوری در چنین شرایط سهمناکی معتبر باقی بماند؟ آیا ممکن نیست که نسلهای آیندهٔ فیزیکدانان، قوانین فیزیکی جدیدی را کشف کنند که نشان بدهند چگالی جرم درمرکز حفره سیاه، هر قدر هم که زیاد باشد، در عمل بی‌نهایت نیست؟

این پرسشها در فصل سوم، جایی که دیدیم نسبیت عام، چگالی بی نهایت جرم را، درآغاز انفجار بزرگ نیز، پیش بینی میکند، در زمینه‌ای دیگر، مورد بحث قرار گرفتند. و خاطرنشان شد که تا وقتی فاقد تئوری کوانتیک گرانشی هستیم، پیش بینی تمام راه از آغاز آن، واقعا "ممکن نیست.

وضعیت حفره‌های سیاه نیز مشابه آن است: نمی‌توانیم مطمئن باشیم که نقطهٔ منفرد درحفره‌های سیاه واقعا "وجود دارد. به راحتی میتوان فرض

کرد فرآیندهایی ازاین‌که ماده درخود فرو پاشد و به صورت نقطهٔ هندسی درآید ، جلوگیری میکنند . طبیعتا " هیچکس نمی‌داند این فرآیندها از چه نوعی هستند .

نسبیت عام نمی‌تواند درمرکز حفرهٔ سیاه معتبر باشد اما باید مراحل ابتدایی فروپاشی درحفره سیاه را کاملا " شرح دهد . از این رو امکان این هست که بااطمینان بگوییم اگر ستارگانی‌با جرم ۲/۷ برابر جرم خورشیدی وجود داشته باشند که درخود فروپاشند ، حفره‌های سیاه باید به طرزی اجتناب ناپذیر تشکیل شوند . ما نمی‌توانیم تمام جزئیات فرآیندهایی را که از این‌پس اتفاق می‌افتند درک کنیم ، اما میدانیم اگر ستارگان میرنده‌ا ی به این اندازه‌وجود داشته‌باشند ، حفره‌های‌سیاه باید وجود داشته باشند . تعدادی از ستارگان رصد شده از ۴۰ تا ۵۰ برابر خورشید جرم دارند و ممکن است ستارگان‌دیگری وجودداشته باشند که از این هم بزرگتر باشند . در ۱۹۸۱ ، سه منجم دانشگاه ویسکانسین اعلام کردند ستاره‌ای را کشف کرده‌اند که ۳۰۰۰ بار از خورشید پرجرم تر است .

اما اصلا "لازم نیست که ستارگان در زمان طی کردن آخرین فروپاشی خود بسیار بزرگ باشند . منجمین مطمئن نیستند ستارگان در طول مرحلهٔ غول سرخ چه مقداری از جرم خود را دفع میکنند ،یا در انفجار ابرنواختر چه مقدار از جرم به‌بیرون پرتاب میشود . حتی مطمئن نیستند که حفره‌های سیاه منتجه از ابرنواخترها به همان طریق تشکیل ستارگان نوترونی ، تشکیل شوند .آنهااز مکانیسمی که‌اجازه میدهد ستاره‌ای به جرم ۴۰ تا ۵۰ برابر جرم‌خورشید ، به آن اندازه‌از جرم خود از دست دهد تا از سرنوشت فروپاشی حفره‌سیاه‌دوری‌گزینند ، اطلاعی ندارند . اما این بدان معنا نیست که چنین چیزی نمیتواند انجام گیرد .

به بیان دیگر ،این‌که بحث های‌تئوریک بگویند حفره سیاه باید وجود داشته باشد ، کافی نیست . اگر بخواهیم دریابیم که حفره‌های سیاه وجود

دارند ، باید راهی برای مشاهده آنها ، پیدا کنیم . اگر یک حفره سیاه پیدا شود خواهیم دانست که تشکیل حفرهٔ سیاه ممکن است و میتوانیم به طرزی مستدل فرض کنیم که حفره‌های سیاه بسیاری در سراسر جهان پراکنده‌اند .

اما چگونه میتوان چیزی راکه نمی‌تواند دیده شود ، مشاهده کرد؟ این کار آن قدرکه به نظر میرسد ، مشکل نیست . فیزیکدانان اجسام بسیاری را می‌شناسندکه نمی‌توانند به طور مستقیم مشاهده شوند ، برای مثال ، تاکنون هیچکس از انواع گوناگون ذرات زیر هسته‌ای عکس نگرفته است ، آنها کوچکتر از آن هستندکه بتوان دید . اما واکنشهای هسته‌ای را که این ذرات درآن ها شرکت دارند ، میتوان مشاهده کرد .

وضعیت حفره‌های سیاه نیز مشابه این وضعیت است ، اگر حفره‌های سیاه وجود داشته باشند با اجسام مرئی اندر کنش خواهند داشت . اگر بتوان این اندر کنشها را مشاهده کرد ، آنگاه میتوان تصدیق کرد که حفره‌های سیاه اجسام واقعی هستند .

به ویژه ، اگرحفرهٔ سیاه نزدیک ستاره‌ای عادی باشد ، آنگاه اندرکنش بین این دو باید پرتوهای X تولید کند ، میدان گرانشی قوی حفره سیاه ، گاز سطح ستاره را خواهد کشید . در همانحال که این گاز به سوی حفره سیاه حرکت میکند ، بسیار داغ وفشرده خواهد شد . هر چه گاز به افق واقعه نزدیک تر میشود ، داغ ترمیشود . هنگامی که گاز به اندازهٔ کافی داغ شود . انتشار پرتوهای X را آغاز خواهد کرد . اگرحفره سیاه و ستاره همراه آن به قدر کافی به ما نزدیک باشند باید مشاهدهٔ این پرتوهای X از زمین ممکن باشد .

از آنجا که حدود ۵۰ درصد منظومه‌های ستاره‌ای ، دوتایی هستند ، باید اغلب حفره‌های سیاه ، ستارگان همراهی که ستارگان مرئی هستند ، داشته باشند . اما این امر ، نتیجه نمی‌دهدکه تمام این منظومه‌ها پرتوهای X تولید خواهند کرد . در حقیقت ، اکثر آنها چنین کاری نخواهند کرد . در

بعضی حالات، ستارگان مرئی و حفره‌های سیاه‌از هم بسیار دورند. در منظومه‌های‌دیگر، انتشار پرتوهای X یا آغاز نخواهد شدو یا متوقف خواهد شد. اما اگر چیزی‌مانند حفره‌های سیاه واقعا" وجود داشته باشد، باید جایی در میان میلیاردهامنظومه ستاره‌ای که کهکشان راه شیری را می‌سازند قادر به دیدن پرتوهای X پیش بینی شده باشیم.

گر چه، درتئوری، وجود حفره‌های‌سیاه در۱۹۳۹ به وسیله فیزیکدان آمریکایی ج. رابرت اپنهایمرو دانشجویش هارتلند اشنایدر، پیش بینی شد، اما باید سی سال‌میگذشت تا امکان جستجوی آنها فراهم آید، مشکل این بودکه‌نمیشد پرتوهای X را که ازفضای‌خارج جو به ما میرسند، از سطح زمین آشکار ساخت. لازم بود که‌رصد از نقطه‌ای بالای جو انجام گیرد.

این امر، در ۱۹۶۹، هنگامی که ماهواره *اوهورو* در مدار خود قرار گرفت. " ممکن شد "او هورو، واژه‌سواحیلی‌معادل واژهٔ "آزادی" است." این ماهواره بدان دلیل چنین‌نامیده شد که از ساحل کنیا، در پنجمین سالگرد استقلال این کشور، پرتاب شد." گرچه رسد پرتوهای X قبلا" با تجهیزاتی که در موشکها قرار داده‌شده بود، انجام گرفته بود، اما این آزمایشها، موفقیت آمیز نبودند. موشکها، پس‌از مدت کوتاهی به درون جو سقوط میکردند و مطالعهٔ منابع مفصل پرتوهای X غیرممکن میشد.

اوهورو، درحدود ۲۰۰منبع‌پرتوهای X را، کشف‌کرد. اما این بدان معنا نیست‌که ۲۰۰حفره‌سیاه کشف کرده‌باشد، پرتوهای X میتوانند به طرق گوناگونی، ایجاد شوند. پرتوهای X به وسیلهٔ ابرهای گازی، ستارگان نوترونی، کوازارهاوکوتوله‌های سفید داغ نیزمنتشر میشوند. حتی ستارگان معمولی نیز پرتوهای X منتشر میکنند. اما محاسبات‌تئوریک نشان میدهند که پرتوهای X حفره‌های سیاه، باید لرزان باشند. این لرزش، به واسطهٔ این حقیقت که‌ماده از سطح‌ستاره همراه حفره، با جریانی یکنواخت کشیده نمی‌شود، ایجاد میشود. دراین جریان بی نظمی هایی وجود دارند.

در ۱۹۷۱، اوهورو، چنین منبع لرزانی‌را در صورت فلکی دجاجه، کشف کرد. ظاهرا "این منبع که به نام " دجاجه ۱ ــ X " نام گذاری شد، کاندیدای احتمالی حفره سیاه بود. اما دانشمندان نمیخواستند که هیچ نتیجه گیری فوری ای بکنند. در این زمان، حتی نشان داده نشده بود که " دجاجه ۱ ــ X " ، در یک منظومهٔ دوتایی قرار دارد. وقتی که این کار انجام شد، لازم بود ثابت شود اجرام این منظومه، دارای مقدار جرم مورد نظر هستند. برای مثال، اگر کشف میشد هر دو ستارهٔ منظومهٔ کوچکتر از آن هستند که حفرهٔ سیاه باشند، آن وقت فرضیه به طور کامل نقش برآب میشد.

در طی چند سال‌بعدی، تعداد سرسام آوری رصدهای نجومی انجام گرفت. نخست، تشخیص داده شد که" دجاجه ۱ ــ X " همراه ستاره‌ای مرئی که یک غول آبی بود و به نام " HDE ــ ۲۲۶۸۶۸ " شناخته میشد، می‌باشد. " عدد ۲۲۶۸۶۸ در کاتالوگ الحاقی هانری دراپر " معلوم شد این ستاره جوان و داغ حدود ۲۵ بار پرجرم تر از خورشید است و دارای ستارهٔ همراه نامرئی ای است که جرم آن بین ۸ تا ۱۸ برابر جرم خورشید است. این دوجسم هر ۵/۶ روز، یکباربه دورهم می‌چرخند ــ کوتاهی این زمان نشان میداد که این دو ستاره باید خیلی به هم نزدیک باشند.

بر طبق تئوری‌های‌پذیرفته شدهٔ متداول، هر جسم تیره که ۸ تا ۱۸ برابر جرم خورشید، جرم داشته باشد، باید حفرهٔ سیاه باشد. همان طور که دیدیم بالاترین حد جرم ستاره نوترونی جایی بین ۱/۷ تا ۲/۷ برابر جرم خورشید، قرار دارد. عدد ۸ آن قدر از این عدد بالاتر است که اگر حتی در تئوری‌عدم دقتی وجودداشته باشد، این جسم‌باز هم باید حفرهٔ سیاه باشد.

در تمام طول سالهای دههٔ هفتاد، گروههای گوناگونی از منجمین کوشیدند، برای انتشار پرتوهای X از " دجاجه ۱ ــ X " ، توضیحاتی

اختراع کنند که به وجود حفرهٔ سیاه بستگی نداشته باشند. آنها گفتند " دجاجه ۱ ــ X " میتواند سه جسم را در بر داشته باشد، که هیچکدام از آنها حفرهٔ سیاه نباشند. یا ممکن است " دجاجه ۱ ــ X " حاوی دو ستارهٔ مغناطیسی باشدکه میدانهای مغناطیسی آنها میتوانند باعث تشعشع رصد شده، باشند. یا محتمل است که HDE ــ ۲۲۶۸۶۸ به آن دوری هم که به‌نظر میرسد، نباشد. اگر این جسم، بسیار نزدیکتر از آن چه منجمین معتقد بودند، باشد، پس می‌بایست جرم تخمینی HDE ــ ۲۲۶۸۶۸ و ستارهٔ همراهش‌پایین آورده شود. و اگر چنین میشد، جسم اخیر، یقینا " وضعیت فرضی حفرهٔ سیاه بودن خود را، از دست میداد.

هر یک از این پیشنهادات، به‌دقت مورد بررسی قرار گرفتند. اما بررسی های تئوریکو رصدهای نجومی بعدی، نشان دادند، که همهٔ آنها، غلط هستند یاحداقل غیر قابل پذیرش‌اند. به نظر میرسد در زمان حاضر راهی برای انکار اینکه " دجاجه ۱ ــ X " احتمالا " حاوی یک حفرهٔ سیاه است، وجود نداشته باشد. اما، فکر میکنم اغلب منجمین بخواهند واژهٔ " احتمالا " را دراین عبارت حفظ کنندتا وقتی که وجود حفره‌های سیاه به طریقی دیگر، تایید نشده است، اطمینان مطلق امکان پذیر نیست.

اکنون علاوه‌بر " دجاجه ۱ ــ X "، کاندیداهای‌دیگری برای‌حفرهٔ سیاه وجود دارند. یکی از آنها، به نام " عقرب V ــ ۸۶۱ " به خصوص نوید بخش به نظرمیرسد. اما جمع آوری نمونهٔ امکان های نوید بخش، کافی نیست. اگر بخواهیم‌وجود حفره‌های سیاه را بدون تردیدهای منطقی اثبات کنیم، برای‌رصد آنها، روشی دیگر، لازم خواهد بود.

چنین تاییدی را برای تئوری، می‌توان به طرق گوناگون به دست آورد. اگر کوشش برای آشکارساختن امواج گرانشی، موفقیت آمیز باشد، پس میتوان آشکار سازامواج گرانشی را برای جستجوی حفرهٔ سیاه، به کار برد. زیرا، اگر حفره سیاه، یک ستاره همراه‌نزدیک داشته باشد، باید

تشعشعات گرانشی ایجاد شوند.

پدیدهٔ عدسی گرانشی، امکان دیگری‌را مطرح میکند. حفرهٔ سیاه پرجرم میتواندنور را به‌همان طریق که کهکشان آنرا خم میکند، خم سازد. اما این حقیقت‌که‌کهکشان هزاران‌سال نوری‌درازا دارد در صورتی که حفرهٔ سیاه حجم بسیار اندکی دارد، دلالت بر این داردکه‌تصویر دراین دو حالت باید به طریقی متفاوت باشد. ممکن است، احتمال این باشد که عدسی گرانشی تحلیل شود و اطلاعات به دست آمده برای استنتاج وجود حفرهٔ سیاه به کار رود.

مدارک به‌دست آمده از رصدهای موج‌گرانشی‌یا عدسی گرانشی به اندازهٔ مدارکی‌که از رصد پرتوهای " دجاجه ۱ ــ X " بدست آمده است متقاعد کننده‌نیست، با این همه ،امکان وجودحفرهٔ سیاه‌قوی ترمیشود.

آیا اگر حفره‌های‌سیاه وجودداشته باشند، می‌توانند جرم گم شده‌ای راکه برای بسته بودن جهان موردنیاز است، تامین کنند؟ هیچکس، واقعا" پاسخ این پرسش را نمی‌داند. اما بحث های‌تئوریک، نشان میدهندکه تعداد حفره‌های سیاه برای تامین جرم گم شده، کافی نیست.

اولین بحث از این نوع بحث‌ها، برپایهٔ نظریات پذیرفته شدهٔ متداول دربارهٔ تشکیل‌و تحول ستارگان‌قرار دارد. اگر تئوری های متداول به طرزی منطقی صحیح باشند ــ و با وجوداین حقیقت. که مشکلاتی در تئوری تشکیل ستارگان‌باقی مانده‌است، همهٔ دلایل برای این که فکر کنیم این تئوری‌ها، صحیح هستند. وجود دارند ــ پس امکان محاسبهٔ اینکه از آغاز جهان، باید چند ستاره متلاشی شده باشند و به صورت حفره های سیاه درآمده باشند، هست. این نتیجه‌بدست میآیدکه حدود ۱ درصد ستارگان، باید چنین‌فروپاشی‌ای را طی کرده باشند. از آن جا که ستارگان خاری جرم‌کافی برای بستن‌جهان نیستند. پس ۱ درصد هم که ممکن است حفرهٔ سیاه شده باشند، نیز نمیتوانند چنین کاری کنند.

بحث دوم می‌باید درمورد فراوانی هلیوم و دوتریوم جهان، صورت پذیرد. همان طور که درفصل ۳ اشاره کردم، مقدار اندازه‌گیری شدهٔ این ماده نشان میدهد که چگالی آن درجهان بسیار کم تر از آن است که‌برای بسته بودن جهان لازم است. مهم نیست که این ماده به چه صورت وجود دارد، به شکل گاز مثلا" درکهکشانها و ستارگان، یا به شکل حفره‌های سیاه.

با همهٔ این اوصاف، حفره‌های سیاه نیز باید از همان ماده‌ای ساخته شده باشند که‌هر چیز دیگر ساخته‌شده است.

نقایصی دراین‌بحث وجود دارد. بحث هلیوم ــ دوتریوم فقط در مورد چگالی ماده معمولی به‌انضمام حفره‌های سیاه کاربرد دارد. اما اگر جهان‌به طورعمده‌ازچیزی که‌ماده معمولی نباشد، ساخته شده بود، جهان به راحتی‌میتوانست‌بسته‌باشد. گر چه همین‌چند سال‌پیش، چنین نظریه‌ای تخیل محض، پنداشته‌میشد، اکنون، کشفیات جدید ناگهان تحقیر آن را بسیار دشوار کرده‌اند. این موضوع، در فصل بعدی، به طور مفصل مورد بحث قرار خواهد گرفت.

نقص احتمالی دیگر، به‌امکان وجودحفره‌های سیاه ابتدایی (که اغلب حفرهٔ سیاه‌کوچک‌یا "کهسیه چاله" نامیده میشوند)، مربوط میشود. بحث هلیوم ــ دوتریوم را نمی‌توان‌دراین مورد به کاربرد، برای اینکه حفره‌های سیاه ابتدایی به راحتی میتوانستند از آغاز جهان، تشکیل شده باشند. به علاوه تئوری، برآورد نمی‌کند که تعداد آنها احتمالا" چند تا است، زیرا آنها ستارگان متلاشی شده نیستند.

در ۱۹۷۱، فیزیکدان انگلیسی استفن هاوکینگ خاطر نشان کرد که حفره های سیاه کوچک، میتوانند در طی‌مراحل اولیه تاریخ جهان به وجود آمده باشند. کمی پس‌ازانفجار بزرگ. جهان بسیار فشرده بود. نوسانات انفجار بزرگ. میتوانستند مادهٔ درون گوی آتشین را آن قدر فشرده کنند

تاحتی به صورت یک نقطه درآیند، درنتیجه تعداد زیادی حفره‌های سیاه تشکیل میشدند ـ گر چه پنداشته میشودکه این‌حفره‌های‌سیاه در اندازه های گوناگون تشکیل شده باشند، اما اغلب آنها کوچکتر از هستهٔ اتم هستند (و با این همه بیش ازیک کوه وزن دارند.).

ممکن است پنداشته‌شود آشکار کردن چنین اجسامی ناممکن است. با وجود همهٔ آن چه گفته‌شد، رصد حفره‌های سیاه بسیار پرجرم، که از فروپاشی ستارگان تشکیل شده‌اند، به‌قدر کافی مشکل است. اما این امر به این قضیه مربوط نمی‌شود. هاوکینگ خاطرنشان کرد که هر حفرهٔ سیاه کوچک، باید پس ازپریود معینی از زمان، خود بخود منفجر شود. برای حفرهٔ سیاهی به‌جرم 10^{15} گرم، دراین‌مورد زمانی به درازای عمر جهان به دست می‌آید.

بنابراین اگرحفرهٔ سیاه کوچکی، به این اندازه وجود داشته باشد، باید درست همین‌حالا، قادر به دیدن‌انفجار آن باشیم. به هنگام انفجار حفره‌های سیاه کوچک، باید مقادیر عظیمی پرتوهای گاما منتشر شوند، و آشکار کردن آن‌پرتوها در سطح زمین باید ممکن باشد.

گر چه چنین‌پرتوهای‌گامایی‌رصد نشده‌اند، اما این لزوماً بدان معنا نیست که‌حفره های سیاه‌کوچک وجود ندارند. اما، اگر وجود داشته باشند تعدادآن ها نمی‌تواندزیاد باشد. حداکثرفقط چند هزار حفرهٔ سیاه کوچک در هر پارسک مکعب وجود دارد (پارسک برابر با ۳/۲۶ سال نوری است و پارسک مکعب حدود ۳۵ سال نوری مکعب است). درنتیجه، چگالی جرم بدست آمده فقط صد میلیونیم آن چیزی است که برای بسته بودن جهان لازم است.

باید نتیجه گرفت، احتمال زیادی وجودندارد که حفره‌های سیاه ابتدایی، بتوانندنقش‌عمده‌ای، درتوقف انبساط‌کنونی‌جهان بازی کنند. این که، این حفره‌ها واقعاً وجود داشته‌باشند، ثابت نشده است و اگر

وجود داشته باشند، تعداد آن ها زیادنیست. البته، مگر این که طوری تشکیل شده‌باشند که وزن همهٔ آنها بیش از 10^{15} گرم باشد. اما، تئوری میگوید که احتمال این امر، زیادنیست. جرم این حفره‌ها، بایدبه طور اتفاقی تغییر کند، واین بستگی‌به‌نوسانات اتفاقی ای‌که دلیل تشکیل آنها پنداشته میشوند، دارد.

تایید احتمال وجود حفره‌های سیاه، به تفکرات بسیاری منجر شده است، که حتی بعضی از آنها را، دانشمندان، زیاد جدی نمیگیرند. اما پیشنهادات خیال‌بافانهٔ بسیاری‌وجوددارندکه‌ردکردن آنها، آسان‌نیست.

نظریه‌ائی‌که بر روی‌آن بیشترین تبلیغات شده است این فرض است که ممکن‌است حفره‌های‌سیاه به‌مثابهٔ دروازهٔ جهانهای دیگر، یا دروازه‌ای به نقطه‌ای دیگر اززمان و فضا، احتمالا" میلیاردها سال پیش، و آنهم در جهان ما، عمل کنند.

باید تاکید کرد بر خلاف آنچه‌اغلب کتابهای علمی برای عموم، نشان میدهند، بیشتر منجمین این تئوری‌رابا تردید بسیار می‌نگرند. اما حتی تردیدهای‌تائید شده نیز مایلند اعتراف‌کنند این، برای تفکر علمی منطقه‌ای است قانونی. با وجود آنچه گفته‌شد، ما هرگز بقدر دانشمندانی که عادت داشتند از بررسی هرنظریه‌ای‌که‌خیال بافانه به نظر می‌رسد، سرباز زنند، پیشرفته نشده‌ایم.

هر کسی که‌به هر حال‌با تاریخ فیزیک جدید آشنا است، باید درک کند که درست همین نظریات " خیالی" هستند که اغلب بالاترین بخت را برای اینکه ثابت شوند، دارا می‌باشند.

در یکی از قسمتهای اوایل‌این فصل، خواننده‌را دراین دلهره باقی گذاشتم که هر چیزی که به حفرهٔ سیاه‌وارد میشود، بایددرنقطهٔ منفردی که در مرکز حفره قرار دارد، آن‌قدر فشرده شود تا از هستی ساقط‌گردد. اگر حفرهٔ سیاه ایستا باشد، این امر، کاملا" درست است. اما اگر حفرهٔ

سیاه چرخان باشد ،لازم نیست که این اتفاق بیفتد .

محاسبات تئوریک نشان میدهد که نقطهٔ منفرد درمرکز حفرهٔ سیاه شکل نقطه به خود نمی‌گیرد ، بلکه شکل حلقه‌ای بسیار کوچک را پیدا میکند . به علاوه ، تئوری میگوید امکان این هست که جسمی به طریقی به درون حفرهٔ سیاه فرو افتد ، که ازبرخورد با حلقه اجتناب کند . اگر ، این جسم درست در جهت صحیح نشانه رود ، میتواند با عبور از میان حلقه از نقطه منفرد بگریزد .

جسمی که چنین کاری میکند به منطقه‌ای از فضا می‌رسد ، که پیش از این امر ناشناخته بوده است . اما تئوری ، دربارهٔ این که ، این منطقهٔ فضا شبیه چیست ، هیچ چیزی نمیگوید . این جهان ، میتواند جهانی دیگر ، با ویژگی و قوانین فیزیکی دیگری ، باشد ، یا میتواند منطقه‌ای درجهان خود ما در زمان اندکی پس از انفجار بزرگ باشد .

تئوری دروازهٔ حفرهٔ سیاه ، بر پایه نسبیت عام و مشخصا " براین پیش بینی که در مرکز هر حفره ، منطقه‌ای با چگالی بی نهایت قرار دارد ، استوار است . اما نسبیت عام در مناطقی با چگالی بالا ، دژهم فرو میریزد . تا وقتی که تئوری گرانش کوانتیک کامل نشده است ، نمی‌توانیم مطمئن باشیم که تئوری ، درمورد اینکه درمرکز حفرهٔ سیاه واقعا "چه اتفاقی می‌افتد ، جوابی مناسب به ما میدهد .

اگر نتوانیم درمورد نقطهٔ منفرد درمرکز حفرهٔ سیاه مطمئن باشیم ، بدیهی است که نمی‌توانیم در مورد نظریه راجع به جهان های دیگر ، مدارک زیادی داشته باشیم . به علاوه ، بحث های معین تئوریک نشان میدهند ، اگر دروازه‌ها واقعا "وجود داشته باشند ، به همان سرعت که باز می‌شوند ، بسته میشوند ، و درنتیجه گذشتن از آنها ممکن نیست .

اگر جهانهای دیگر ، وجود داشته باشند ، پرسیدن این که ، این جهان‌ها درکجا ممکن است باشند ، بی فایده است . احتمالا " ، این پرسش ، حتی

معنایی هم ندارد . ما ، فقط هنگامی میتوانیم بپرسیم " کجا " که چیزی در زمان و فضای خودمان قرار گرفته باشد و بدیهی است که جهانهای فرضی دیگر ، در جهان ما قرار ندارند . پرسیدن این که چه تعداد از این جهان ها ، وجود دارند نیز ، به همان اندازه بی فایده است . اگر این جهانها واقعا " وجود داشته باشند ، ممکن است تعداد آنها بی نهایت باشد .

چنین نظریه‌هایی ، آن چنان فریبنده اند که گاهی انسان ، بدون این که دلیلی برای رد یا قبول آنها داشته باشد ، بدانها معتقد میشود . از این رو ، باید دوباره تاکید کنم که مفهوم دروازه‌ای حفرهٔ سیاه بر پایهٔ پیش بینی نسبیت عام در منطقه‌ای که دانسته شده است این تئوری ، در آن جا معتبر نیست ، قرار دارد .

اما ، چه خوب ، چه بد ، تئوری حفرهٔ سیاه این اثر را داشته است که مقام تفکر علمی درمورد جهان های دیگر را ، از نظر علمی بالا برده است . مبحث " جهان های همانند " ، دیگر افسانهٔ علمی محض نیست . در طی همین چند سال گذشته ، این مبحث بخشی از تفکر کیهانشناسی معاصر شده است .

تئوری حفرهٔ سیاه ، منجر به فرض شگفت انگیز دیگری شده است . بیایید ، یک لحظه فرض کنیم که جهان ما بسته است ، اگر چنین باشد در جنبه‌های مهم و معینی شبیه به یک حفرهٔ سیاه است . هیچ چیزی که به افق واقعه حفرهٔ سیاه وارد شده باشد ، نمی تواند از آن بگریزد . هیچ چیز نمیتواند از جهان بسته ، بیرون رود . ونقطهٔ منفردی در مرکز حفرهٔ سیاه وجود دارد ، جهان بسته باید درزمانی درآینده درهم فرو پاشد و به درون نقطهٔ منفرد فرو ریزد . حفرهٔ سیاه با منحنی کردن شدید فضا ، تا بدان حد که فضا برگرد خود حلقه زند ، خود را از بقیهٔ جهان جدا میکند ، جهان بسته فضا را به همان طریق منحنی میکند .

چنین ملاحظاتی ، به این تفکر منجر شده است که جهان ما ، حفرهٔ

سیاهی است درون‌جهانی‌بزرگتر. درست‌است‌که‌جهان بسته، مرزی ندارد، در صورتی که حفرهٔ سیاه دارای افق واقعه است، امااین دلیل خوبی برای رد نظریهٔ فوق‌نیست. ازآن‌جاکه هیچ چیزدر درون حفرهٔ سیاه، نمیتواند از افق واقعه‌بگذرد، میتوان‌وجود این‌افق را، برای اهداف عملی، نادیده انگاشت. اگر جهان نیز، دارای افق واقعه بود، این افق را تنها میشد از جهان بزرگتری که این جهان را درخود دارد، دید.

با این همه‌مسلما"، این‌نظریه‌کمی ثقیل است. اگر کسی بخواهد فرض کند جهان ماحفرهٔ سیاهی درجهانی‌بزرگتر است، دلیلی ندارد این نظریه را، که‌میگوید این جهان‌بزرگتر نیز حفرهٔ سیاهی درجهانی باز هم بزرگتر است، نپذیرد. چنین تسلسلی‌رامیتوان‌تاابد، ادامه‌داد ــ میتوان‌جهانهای بسیاری را فرض کردکه‌مانند جعبه‌های‌چینی، یکی‌درون دیگری قرار دارد. هیچ دلیلی وجود ندارد که، این غیر ممکن‌باشد. با این وجود، نظریهٔ رشتهٔ بی پایان جهان هایی‌که به طور نامحدودی بزرگ میشوند، ظاهری غیر قابل پذیرش دارد.

آیا واقعا"، مفهوم‌جهان‌بازی‌که نامحدود است، از این بدتر است، هیچ کس نمی‌داند. و این‌مشکل‌تفکراتی از این گونه است. تنها، آزمایش و مشاهدات علمی میتوانند بگویند که چه‌چیزی حقیقی است و چه چیزی حقیقی نیست. اما، به‌نظر می‌رسد از دقیقه‌ای که صحبت دربارهٔ جهانهای دیگر را شروع کردیم، بسیار پیشتر ازآن چه آزمایش‌و مشاهده میتوانند بروند، رفته‌ایم.

گفتن این که‌به‌هنگام رویدادی، (ذهن) شخص دربرخورد با واقعیت چه مقداری از آن‌رامنتزع میکند، آسان نیست. درحقیقت، متحیر میشویم که آیا "واقعیت" همان طور که همیشه‌پنداشته‌میشد، چیزی است مشخص، یا نه.

فصل ششم

ذرات گریزان

در پایان دههٔ هفتاد اغلب منجمین قانع شده بودند، که جهان باز است. ظاهرا" (، مدارک اجازهٔ نتیجه‌گیری دیگری را نمی‌دادند: بحث‌های هلیوم ــ دوتریوم، بسیار قانع کننده بودند، و جرم گم شده، پیدا نشده بود.

آنگاه، در ۱۹۸۰، اکتشافات جدید، نشان دادند که ممکن است بیشتر مادهٔ جهان، چیزی به جز مادهٔ معمولی باشد. اگر چنین باشد، آن وقت با وجود تمام آن چه گفته شد، جهان میتوانست بسته باشد. ناگهان، نقایصی در بیشتر بحثهای قانع کننده در مورد جهان باز، پیدا شد.

اگر دقیق‌تر بگوییم، بحث‌های مبتنی بر کمیات مشاهده شدهٔ هلیوم و دوتریوم حدی برای مقدار ماده‌ای که میتواند در جهان باشد، قرار نمی‌دهند این بحث ها، فقط در مورد ماده‌ای که از باریون ساخته شده‌است، کاربرد دارند.

" باریون" به‌طور ساده، کلمه‌ای است که فیزیکدانان در مورد ذرهٔ سنگین به کار میبرند. بیشتر باریونها، نوترون و پروتون هستند. اگر چه انواع گوناگون دیگری از باریون وجود دارند، در بارهٔ آنها چیزی نخواهم گفت، این انواع، عموما "فقط در آزمایشهای انجام شده با شتاب دهنده‌های ذره‌ای پر انرژی، مشاهده شده‌اند، و برای کیهانشناسی زیاد مهم نیستند.

هنگامی که هلیوم و دوتریوم اولیه ساخته شدند، داغتر از آن بودند

که الکترونها به آنها بپیوندند تا اتم هلیوم و دوتریوم تشکیل شود. و از این رو، اگر بخواهیم دقیق باشیم، باید بگوییم که این هسته‌های هلیوم و دوتریوم بودندکه در انفجار بزرگ ساخته شدند. الکترونهایی که بعدا" با آنها ترکیب شدند، تا اتمهای هلیوم و دوتریوم را بسازند، هنوز با سرعتهای زیاد و درجهات مختلف، در حرکت بودند.

تشکیل هستهٔ هلیوم و دوتریوم، فرآیندی بود که تنها باریونها (نوترونها و پروتونها)، درآن شرکت داشتند. بنابراین تمام آن چیزی که بحث های تئوریک در مورد فراوانی آنها، واقعا" به ما میگویند، این است که باریون کافی برای بسته‌بودن جهان وجود ندارد. تئوری درمورد اشکال دیگر ماده، هیچ چیزی نمیگوید.

تا همین اواخر، چنین پنداشته میشدکه باریونها، تقریبا "تمام مادهٔ جهان را تشکیل میدهند، ازاین رو کسی درمورد بقیهٔ آن نگران نبود. الکترون، فقط $\frac{1}{1836}$ برابرپروتون یانوترون جرم دارد. برای تمام اهداف عملی، میتوان ازجرم آن صرفنظرکرد. تعداد ذرات دیگر، از قبیل مزونها " چسب اتمی که پروتون و نوترون را به هم پیوند میدهد "ــ و موئون ها، یا الکترونهای سنگین، آن قدر زیادنیست که مهم باشد. ظاهرا"، گفتن این که برای بسته بودن جهان باریون کافی وجودندارد و گفتن این که برای این کار ماده کافی وجود ندارد، یکسان بود.

فیزیکدانان، آگاه بودندکه جهان، حاوی چیزی در حدود ۱۰ میلیارد نوترینو، برای هر اتم ماده معمولی است، که حدود چهار صد و پنجاه نوترنیو در هر سانتی مترمکعب از فضا میشود. اما به نظر میرسید، که نوترینو جرمی نداشته باشد، واین موضوع، آن را برای بستن جهان کاندیدایی ضعیف می ساخت. البته، نوترینو فقط انرژی داشت و انرژی همان جرم بود به شکلی دیگر، اما، محاسبات نشان دادند که نوترینوی بی جرم حتی کمتر از تشعشعات، متوسط چگالی جرم را افزایش میدهد.

دژ ۱۹۸۰، کشف شد که این ذرات گریزان علیرغم آن چه گفته شد، میتوانند دارای جرم باشند. اگر چینن باشد، پس بدیهی است که بخش عمدهٔ جرم جهان میتواند به راحتی در نوترینوها، متمرکز باشد.

به سخن دیگر، نوترینوها به راحتی میتوانستند جزء عمدهٔ تشکیل دهنده جهان باشند. ستارگان و سیارات، کهکشانها، کوازارها و حفره‌های سیاه، گازو غباربین ستاره‌ای ممکن است در مقایسه با آن بی اهمیت باشند. ممکن است هیچ چیزی نباشند به جز ناخالصی شناور در دریای ذرات شبح گون. نوترینوها، به ندرت با ماده معمولی اندرکنش انجام میدهند. حدس زده میشود که در هر ثانیه میلیاردها نوترینو از بدن ما عبور میکند و با این همه در طول زندگی فقط تعداد کمی از آنها با اتم های تشکیل دهنده بدن ما، اندرکنش انجام میدهند. قدرت نفوذ این ذرات آن قدر زیاد است که میتوانند به سادگی از قطعهٔ سربی که از زمین تا نزدیکترین ستاره ادامه داشته باشد، بگذرند.

نوترینوها، ذرات عجیبی هستندو تاریخ عجیبی دارند. در ۱۸۹۷، درفاصلهٔ کوتاهی پس از کشف رادیو اکتیویته، فیزیکدان انگلیسی ارنست راترفورد، مطالعهٔ نمونه‌های عنصرارانیوم را آغازکرد. آزمایشهای بسیاری که در سال بعد، انجام شدند، نشان دادند که ارانیوم دو تشعشع مختلف منتشر میکند، که راترفورد آنها را آلفاوبتانامید (دو حرف اول الفبای یونانی). در فاصلهٔ کوتاهی پس از آن، فیزیکدان فرانسوی پ. و. ویلار، تشعشع سومی راکه درای قدرت نفوذ بالاتری بود، یافت، که طبیعتا " گاما نامیده میشد.

پرتوهای گاما شکلی از تشعشع پرانرژی بودند. اما، پرتوهای آلفا و بتا چنین نبودند. برعکس، آنها قطعات ریز ماده بودند. ذرهٔ آلفا، مانند هستهٔ هلیوم از دو پروتون و دونوترون ساخته شده بود. ذره بتا، فقط یک الکترون بود

البته، راترفورداین را نمی‌دانست. در ۱۸۹۸، هیچکس نمی‌دانست که الکترونها و پروتون ها چه هستند. دانشمندان دربارهٔ این که اتمها شبیه چه‌هستند، چیزی‌نمی‌دانستند. بسیاری‌ازآنها، حتی تردید داشتند که آیا واقعا" پروتون و الکترون وجود دارد. تابازهم به وسیلهٔ راترفورد، نشان داده‌شود، که‌اتم‌ازهسته‌های‌کوچک باردارمثبت که الکترونهای باردار منفی به دور آن می‌چرخند، ساخته شده است ــ سیزده سال گذشت.

در آغاز دههٔ بیست، این موضوعات‌بخوبی درک شده بودند. یا دانشمندان‌چنین فکرمیکردند. یک رشته آزمایش، اسرار ساختمان اتمی را آشکار کرده‌بود و سرشت ذرات آلفا و بتا معین شده بود. استثناء عمده، فرآیندی بود که‌باعث انتشار ذرات بتامی‌شد. هر چه فیزیکدانان، تلاشی بتا را بیشتر مطالعه‌میکردند، بیشتر متعجب میشدند. سرانجام، مجبور شدند اعتراف کنند که با چیزی برخورد کرده‌اند که آن‌را درک نمی‌کنند.

برای‌پی‌بردن به مشکل آنها، نخست به فرآیند تلاشی آلفا که ساده‌تر است، نظری‌خواهیم‌انداخت ــ انواع‌گوناگون اتمهای‌رادیو اکتیو، میتوانند از خود ذرات آلفا ساطع کنند. یکی از اینها، اتمی است که‌راترفورد مورد مطالعه قرار داد، ارانیوم ۲۳۸. هنگامی‌که اتم‌ارانیوم، یک ذره آلفا منتشرمیکند، دوپروتون‌و دونوترون، از پروتونها و نوترونهایی که درهسته دارد، ازدست میدهد و به توریوم ۲۳۴ تبدیل بشود.

اگر جرم ذره آلفا و جرم توریوم را باهم جمع کنیم، نتیجه‌ای که به دست میآوریم، اندکی‌کمتراز جرم ارانیوم ۲۳۸، است. چیز شگفت انگیزی در این امر وجود ندارد، این امر فقط نشان میدهد که‌مقدار کمی از جرم به انرژی تبدیل شده است. اگر چنین چیزی اتفاق نمی‌افتاد، چیزی به نام تلاشی آلفا وجود نداشت. علیرغم آن چه گفته‌شد، ذره آلفا باید دارای‌مقداری‌انرژی‌جنبشی باشد، وگرنه، اصلا" نمی‌توانست منتشر بشود. انرژی جنبشی ذره‌آلفا، معادل‌با کاهش‌جرم است. فقط باید معادلهٔ

$E=mc^2$ را به کار ببریم تا دریابیم جرمی که ناپدید شده است به شکل انرژی درآمده‌است. اما این موازنه، به این طریق درموضوع انتشار پرتوهای بتا، برقرار نیست. این تلاشی، همیشه با انرژی یکسان روی نمی‌دهد. انرژی ذرات منتشره، در محدودهٔ وسیعی به طور پیوسته تغییر میکند.

این، بسیار شگفتی‌آوراست. مقدر جرم از دست رفته، مانند حالت تلاشی‌آلفا، همیشه یکسان است. اما از زمانی که فیزیکدانان دههٔ بیست توانستند این‌موضوع‌را معین کنند، (دریافتند) که تمام این جرم به انرژی تبدیل‌نمیشود، و مقداری‌از آن‌ناپدیدمیشود. و برای این که اوضاع بدتراز این‌شود، مقدار جرم ناپدیدشده، همیشه‌یکسان نبود، گاهی به نظر میرسید که ذره بتا، تمام آن انرژی جنبشی ای را که باید داشته باشد، داراست. اما به طور متوسط، حدود نیمی از جرم گم‌میشد.

بقای انرژی، یکی از قوانین اساسی فیزیک است. این قانون میگوید که انرژی، واقعا "از بین نمیرود. انرژی میتواند به جرم، یا به انواع دیگر انرژی تبدیل شود اما از بین نمی‌رود.

برای مثال، انرژی الکتریکی‌ای که به دستگاه تلویزیون وارد میشود، به نور، صوت، و گرما تبدیل میشود. انرژی شیمیایی بنزین میتواند به انرژی جنبشی ای که‌برای‌به‌حرکت‌درآوردن‌موتوراتومبیل لازم است تبدیل شود. گیاهان، می‌توانند ازفرآیند فوتوسنتز، برای ذخیرهٔ انرژی تابشی خورشید، استفاده کنند. ما، قادرهستیم‌انرژی‌ای را که‌از غذاهای حیوانی و نباتی بدست میآوریم در بدن مان ذخیره کنیم.

فیزیکدانان، هرگزبرای‌این‌قانون استثنایی‌پیدا نکرده‌بودند. اما در قضیهٔ تلاشی بتا، هم انرژی‌ثابت حفظ‌نشده بود و هم مقدار کمی جرم، واقعا " ناپدید شده بود.

در ۱۹۳۰، فیزیکدان اتریشی ولفگانگ پائولی، راه حل احتمالی این مسئله را مطرح کرد. پائولی گفت: باید فرض‌کرد که هم زمان باذرهٔ

بتا ، ذرهٔ دومی نیز منتشر میشود ، اگر انرژی موجود بتواند به نسبت‌های مختلف بین دو ذره ، تقسیم شود ، این امر توضیح میدهد که چرا ذرات بتا کم انرژی تر از آن چه ظاهرا " باید باشند ، هستند .

از آنجایی‌که ذره‌فرضی جدید ، از نظر الکتریکی خنثی بود (این ذره بار الکتریکی نداشت) پائولی ، آن را نوترون نامید (نوتر به معنای " نه این و نه آن " یا به‌طور ساده تر خنثی " به کار میرود ــ مترجم اما ایــن ذره ، این نام را به مدتی طولانی حفظ نکرد . دو سال بعد در ۱۹۳۲ ، فیزیکدان انگلیسی جیمز چادویک ، ذره‌ای راکه اکنون به نام نوترون شناخته میشود ، کشف کرد . از آنجا که این ذره‌نیز از نظر الکترویکی ، خنثی بود (و ظاهرا " چادویک باکارپائولی آشنا نبود) ، چادویک‌هم ، همان اسم رابرایش انتخاب کرد .

این مشکل درنام‌گذاری ، باعث اغتشاشاتی شد ، تا اینکه انریکوفرمی فیزیکدان ایتالیایی ، همه‌چیزرا با توضیح اینکه ذره‌پائولی فقط یک نوترینو است (ونوترینو ــ معادل ایتالیایی نوترون کوچک است) ، برای شرکت کنندگان در سمینار رم روشن ساخت . نام با مسمایی بود و این ذره تا کنون بدین نام ، نامیده میشود .

بعضی از فیزیکدانان ، از نظریه نوترینو ، خرسند نبودند ، زیرا این چیزبه‌یک ذره شبح‌گون بیشتر شباهت داشت . اگرفرضیهٔ پائولی صحیح بود ، نوترینو ذره بدون جرمی بودکه با سرعت نور حرکت میکرد . ظاهرا " ، با وجود آنکه ذره‌دارای انرژی واسپین بود ، آشکار ساختن آن غیر ممکن می‌نمود . اگر فیزیکدانانی آن را ، به نیش شلاق خشایارشاه تشبیه کرده‌اند ، نمی‌توان آنها را به خاطر تردیدشان ، سرزنش کرد . حتی ظاهرا " ، پائولی چندین بار دچار اضطراب درونی شده بود ، او به والتر باآد گفت . " من بدترین کاری را که یک‌فیزیکدان نظری ، میتوانست انجام دهد ، انجام داده‌ام . من چیزی را ابداع کرده‌ام که‌هرگز نمیتواند به طور تجربی آشکار شود " .

اما ، اوضاع، آن‌قدر هم که‌پائولی‌معتقد بود ، مایوس کننده‌نبودند . گر چه نوترینو از همهٔ آن چیزهایی که‌قبلا " کشف شده بود ، با ماده کمتر اندرکنش انجام میداد امامحاسبات مفصل نشان دادند که ممکن است یک نوترینو درمیان‌انبوه عظیم نوترینوها در مسیر خود متوقف‌شود . اگر ، فقط میتوانستیم باریکه‌ای‌ازپرتوهای نوترینوکه به قدر کافی شدید باشد به وجود آوریم ، ممکن بود علیرغم آن چه گفته شد ، احتمال مشاهدهٔ اندرکنشهای نوترینو وجودداشته‌باشد .

هر بار که نوترینویی از درون اتم میگذرد ،بخت بسیار اندکی وجود دارد که بوسیله‌یکی‌ازذرات‌هستهٔ اتم‌به بندکشیده‌شود . اگر کسی میتوانست سدی از سرب بسازد که هزاران‌سال‌نوری ، ضخامت داشته باد ، امید این بود که یک نوترینوی منفرد متوقف شود . طبیعتا " ، انجام چنین آزمایشی غیر عملی است . اما ، اگرکسی تعدادزیادی نوترینو ، در اختیار داشته باشد ، مثلا " میلیاردها میلیارد نوترینو ، مسئله کمی‌ساده‌تر میشودنیازی نیست که تمام نوترینوها متوقف شوند ، فقط باید تعداد اندکی از آنها به بند کشیده شوند .

نوترینو در سال ۱۹۵۶ ، بوسیله‌فیزیکدانان آمریکایی کلاید . ل. کوان و فردریک ــ راین کشف شد . کوان وراین ، درکنارراکتور هسته‌ای رودساوانا درکالیفرنیای‌جنوبی‌که‌درحدود 10^{18} نوترینودر هر ثانیه بیرون می‌داد ، آزمایشی‌را ترتیب دادند . آنها ، مخازن آب را بعنوان آشکار ساز به کار بردند .

نوترینو ، نمی‌تواندبه طور مستقیم مشاهده شود . اما وقتی که با ماده اندرکنش‌انجام‌میدهد ، ذراتی به‌نام پوزیترون به وجود میآیند . پوزیترون ضد ذرهٔ الکترون‌است‌و آشکارکردن آن نسبتا "ساده‌است . این ذره همان جرم الکترون را دارد ، اما بارش‌به جای‌منفی ، مثبت است . هنگامی‌که پوزیترون‌والکترون‌برخورد میکنند ، نابودمیشوند و به جای آنها ، پرتوهای

گاما به وجود میآیند.

گرچه تجهیزات این دو دانشمند، قادر بود هر بیست دقیقه یکبار یا درزمانی دراین حدود، فقط یک نوترینو جذب کند، اما این دو دانشمند قادر بودند نشان دهند که باید نوترینوها، باعث ایجاد پوزیترونهایی که می‌بینیند، شده باشند. ذرهٔ گریزانی که پائولی فکرمیکرد هرگز نمیتوان آن رایافت، کشف شده بود.

کشف نوترینو کار تجربی برانگیزنده‌ای بود، اما برای فیزیک نظری، این فتحی بود عظیم. اعتقاد به‌این که تا زمان انجام آزمایش کوان و راین فیزیکدانان به‌هنگام صحبت دربارهٔ تلاشی بتا، واقعا" نمی‌دانستند دربارهٔ چه چیزی صحبت میکنند، ممکن بود. اما اکنون ذره‌ای که وجود آن از زمینه‌های تئوریک محض استنتاج شده بود، به همان اندازهٔ الکترون، پروتون ونوترون واقعی می‌نمود. صحیح است که بیشتر نوترینوهایی که در تلاشی اتمهای رادیو اکتیو به وجود می‌آیند هرگز دوباره با ماده اندرکنشی انجام نمی‌دهند، اما تعداد کمی از آنها این کار را می‌کنند و آشکار کردن تعدادی از همین چند نوترینو نشان داد که ذره پائولی واقعی است.

برطبق تئوری جدید، تعداد کمی از ذرات بنیادی در طبیعت وجود دارند؛ کاملا "تصدیق شده است که ذراتی ازقبیل پروتونها و نوترون ها، از ذرات باز هم بنیادی‌تری به نام کوارک ساخته‌شده‌اند. باریونهای متعدد دیگر و مزونها، نیزچنین‌اند. تعداد کمی ازذرات دارای جزء تشکیل دهندهٔ کوارک، نیستند. این ذرات، لپتون نامیده میشوند.

آشناترین لپتون، الکترون است. ذرات دیگر این خانواده، عبارتند از موئون وذرهٔ تائو (که اسامی برگرفته از حروف یونانی مو و تائو، هستند) و چند نوع مختلف از نوترینوها. درسالهای اخیر، روشن شده است که بیش از یک نوع نوترینو، وجود دارد. فیزیکدانان فکر میکنند که سه نوع نوترینو وجود دارد، یکی مربوطبه الکترون، یکی که با موئون جفت است، و یکی

برای لپتون تائو.

موئون، ذره‌ای است شبیه‌به الکترون. تنها تفاوت مهم، که‌بین این دو به نظرمیرسد، این‌امراست‌که‌موئون ۲۰۷ بار سنگین تر از الکترون است، هیچ‌کس‌نمی‌داند که‌موئون، چرا باید وجود داشته باشد، ظاهرا" این ذره هیچ نقش‌اساسی ای درطبیعت‌بازی نمی‌کند. حتی در لحظهٔ معین، تعداد زیادی از آنها، دریک جا وجود ندارد. همینکه موئونی به وجود آید، در یک میلیونیم ثانیه‌متلاشی مشود و تبدیل به الکترون میگردد.

این کشف که بیش ازیک نوع‌ذره الکترون مانند وجود دارد، باعث تحیر فیزیکدانان‌شدکه آیا ممکن نیست‌نوترینو هم، بیش از یک نوع باشد. علیرغم آن‌چه‌گفته شد، این‌حقیقت که الکترون‌و نوترینو درفرآیند تلاشی بقا، انرژی‌رابا هم تقسیم‌میکنند، نشان میدهد که این دو دارای ارتباطی بنیادی هستند. آیا انواع‌دیگری از نوترینونمی‌توانند وجود داشته باشند که با موئون و لپتون تائو مرتبط باشند.

این تردید، صحیح ازآب درآمد. در ۱۹۶۲، فیزیکدانان دانشگاه کلمبیا درایروین، لئون لدرمان و ملوین شوارتز، آزمایشی را درآزمایشگاه ملی بروک هیون انجام دادند، که نشان داد در حقیقت‌هم نوترینوی الکترون و هم نوترینوی‌موئون‌وجود دارند. آنهانشان‌دادندکه نوترینوهای تولید شده درطی تشکیل موئون میتوانند به هنگام‌اندرکنش با ماده، موئون های دیگری تولید کنند، اما هرگزنمی‌توانند الکترون یا پوزیترون تولیدکنند. از سوی دیگر، نوترینوی الکترون‌هرگز در فرآیندی‌که منجر به ایجاد موئون شود، شرکت نمی‌کند.

هیچ کس یقین نداشت که اختلاف بین نوترینوی الکترون و موئون چیست. ازآن‌جاکه هر دو ذره دارای‌جرم صفر، بار الکتریکی صفر واسپین یکسان بودند چنین پنداشته میشد که‌شبیه هستند. و با این همه ذرات زیر اتمی ای که باآنها اندرکنش انجام‌میدادند می‌توانستند آنها را از هم

باز شناسند.

برای هر ذره‌ای که کشف شده است، ضد ذره‌ای وجود دارد. فیزیکدانان نمی‌دانند که واقعاً" چرا باید چنین باشد. اما، این یکی از تقارن‌هایی است که طبیعت نشان داده است و باید به عنوان یک حقیقت، پذیرفته شود. هنگامی که ذره وضد ذره با هم برخورد میکنند، متقابلا" یکدیگر را نابود میکنند و طی انفجاری از تشعشع، ناپدید میشوند. دانشمندان، می‌اندیشند که میزان ذرات بسیارزیادتر از ضد ذرات است. اگرچنین نبود، ضد ماده (ماده ساخته شده از ضد ذره)، درجهان ما فراوان بودو ماانفجارات شدیدی را که در همه جا به هنگام برخورد ماده و ضد ماده روی می‌داد، میدیدیم.

نوترینوها نیز، دراین قانون استثناء نیستند. اگر نوترینوی الکترون وجود دارد، باید آنتی نوترینوی الکترون نیزوجود داشته باشد. اگرنوترینوی موئون وجود دارد، باید آنتی نوترینوی موئون نیز وجود داشته باشد. در حقیقت، این آنتی نوترینو است که در عمل، در تلاشی بتا، بیرون داده میشود.

اگر بتوان چنین انگاشت که موئون یک الکترون سنگین است، پس لپتون تائو که در ۱۹۷۷ کشف شد، یک الکترون بسیار سنگین است، جرم آن حدود ۳۵۰۰ برابر جرم الکترون است. گر چه تا کنون نوترینوی تائو، یافته نشده است، اما دانشمندان مطمئن اندکه کشف خواهد شد. اگر نوترینوی تائو وجود نداشته باشد، تقارنی که طبیعت تا کنون نشان داده است، نقض خواهد شد. چنین پنداشته میشود که نوترینوی تائوهم مانند نوترینوی الکترون وموئون فاقد بار الکتریکی و جرم باشد. اما به زودی آشکار شد که علیرغم آن چه گفته شد، نوترینو ممکن است برخلاف آن چه فیزیکدانان معتقدند، دارای جرم باشد.

واحدی که معمولا" جرم ذرات با آن نشان داده میشود پوند یا کیلوگرم

یا حتی میلی گرم نیست. ذرات زیراتمی، آن‌چنان کوچک هستند که اندازه‌گیری‌آنها، در این واحدها کاملا" غیر عملی است. واحد جرمی‌که معمولا" دراین موردبه کار میرود الکترون ولت و به طور خلاصه (ev) است. اگر دقیق تر صحبت‌کنیم، باید بگوییم که الکترون ــ ولت واحد انرژی است نه جرم. اما، این حقیقت که انرژی و جرم معادل هم هستند، کاربرد الکترون‌ولت را برای اندازه‌گیری هر دوی آنها ممکن میسازد. جرم پروتون، ۹۳۸/۲ میلیون الکترون ولت (۹۳۸/۲Mev)، و جرم نوترون (۹۳۹/۶Mev) و جرم الکترون ۰/۵۱۱ Mev است که میتوان‌آن را به صورت ساده، ۵۱۱۰۰۰ ev نوشت). درمقایسه با این اعدادبالاترین حدی که‌دانشمندان‌برای جرم نوترینو به دست‌آوردند، بسیارکوچک بود. فقط ۶۰ ev.

در بهار ۱۹۸۰، سه فیزیکدان دانشگاه کالیفرنیا، فردریک راین (همان راینی‌که در ۱۹۵۶ به اتفاق همکار خود کوان ثابت کرد که نوترینو وجود دارد)، هنری. وسوبل و الاین‌پاسریب، اعلام کردند کشف کرده‌اند که نوترینو دارای جرم غیر صفر است.

راین، سوبل‌و پاسیرب کوشش‌نکردند جرم نوترینو را به طور مستقیم اندازه‌گیری کنند، در عوض کوشیدندببینند آیا نوترینوها از نوعی‌به نوع دیگر نوسان میکنند یا نه.

در۱۹۶۸، برونوپونته‌کوروو، نشان دادکه مکن است یک نوع نوترینو به طور خود بخودی به‌نوع دیگر تبدیل شود. مثلا"، نوترینوی الکترون ممکن است ناگهان‌به‌نوترینوی‌تائویاموئون‌تبدیل شود. پس از مدت زمانی، نوترینوی تائو یا موئون، دوباره به نوترینوی الکترون تبدیل میشوند.

بر طبق تئوری‌های پذیرفته‌شدهٔ متداول، نوترینوها فقط در صورتی میتوانند این‌نوسانات‌را طی کنندکه، دارای جرم‌باشند. اگر این نوسانات یافته شوند، پس جرم نوترینو، صفر نیست‌راین، سوبل وپاسیرب فکر

کردند که نوسانات بین نوترینوی الکترون و نوترینوی تائو را آشکار کرده‌اند نوترینوی موئون، ظاهرا" دراین نوسانات شرکت نداشت. آزمایش با عدم اطمینان بسیاری همراه بود که کمتر از کشف نشدن نوترینوی تائو نبود (هنگامی که تعدادی نوترینوی الکترون برای مدتی ناپدید میشدند فرض میشد که خود را تغییر داده‌اند و به صورت نوع تائو درآمده‌اند).

به خاطر اشتباهات احتمالی، حتی راین هم معتقد بود که نتایج آزمایش قطعی نیستند. او، موافقت کرد پیش از این که احتمال گفتن این باشد که نوسانات نوترینو، قطعا" یافته شده‌اند، باید آزمایشهای دیگری نتایج این آزمایش را، تایید کنند.

هنگامی که آزمایشهای دیگر درجاهای دیگر، انجام شدند، نتایج کار منفی بودند. آزمایشهای دیگر، نمی‌توانستند نوسانات نوترینو را آشکار کنند.

هنگامی که نتایج آزمایش، نتوانستند تایید شوند، همه فرض کردند که این نتایج نادرست هستند. وسایل آزمایشی ای که امروزه دانشمندان به کار می‌برند، بسیار پیچیده هستند.

هر قدرهم که کسی دقیق باشد، منابع ناشناخته اشتباه درکار او نفوذ میکنند. اگرروشن شود که این خطاها، ممکن است مهم باشند، فیزیکدانان دیگر خواهند کوشید که آزمایش را تحت شرایطی دیگر، تکرار کنند. گر چه ممکن است که آزمایش دوم نیز منابع اشتباه، در خود داشته باشد، اما احتمال دارد که این اشتباهات از نوعی دیگر باشند. در هر حال آزمایشگر دوم، معمولا" قادرخواهد بود که طرح آزمایش را به این یا آن طریق اصلاح کند به طوری که اشتباهات اتفاقی، کوچکتر شوند.

دراین حالت نیز، کوشش برای تایید نتایج، به شکست انجامید. بنابراین محتمل بود که نتایج فیزیکدانان ایروین، طوری به فراموشی سپرده شوند که گویی حقیقت ندارند، اما در همین زمان، فیزیکدانان شوروی

گزارش دادندکه آنها نیز جرم نوترینو را ، کشف کرده‌اند .

آزمایش روسها ، که توسط گروهی ازدانشمندان درانستیتوی فیزیک نظری و تجربی در مسکوانجام شد ، ارتباطی با نوسانات نوترینو نداشت . روسها ، کوشیدند جرم نوترینو را به طور مستقیم ، اندازه‌گیری کنند . روسها ، درنتایج کار خود ادعا کردند که جرم نوترینو را ــ با یقینی در حدود ۹۰ درصد ــ جایی بین ۱۴ ev و ۴۸ ev ، یافته‌اند . آزمایش آنها ، در مورد جرم نوترینوی تائوموئون هیچ چیزی نمی‌گفت ، آنها فقط کوشیده بودند جرم نوترینوی الکترون ، فراوان ترین نوع نوترینو را ، اندازه‌گیری کنند . اما اگر یک نوع ازنوترینوها دارای جرم باشد ، منطقی است که فرض کنیم ، انواع دیگرنیز دارای جرم هستند . لازم نیست جرمها یکسان باشند . اما نباید صفر باشند .

دانشمندان روس ، اندازه‌گیری دقیقی از انرژی الکترونهای منتشره درفرآیند تلاشی بتا ، به عمل آوردند . آنها ، احساس کردند اگر بتوانند انرژی الکترونها را ، به دقت معین کنند ، خواهند توانست انرژی و جرم نوترینویی را که به‌طورهم‌زمان دفع میشود ، محاسبه کننده آنها ، برای این منظور ، تریتیوم یا هیدرژن ۳ به کار بردند . تریتیوم ، هنگامی که تلاشی بتا راطی میکند ، الکترونهای بسیار کم انرژی رها میکند ، و این امر وظیفه مشکل اندازه‌گیری جرم نوترینو را ، اندکی آسانتر میکند .

آزمایش روسها ، به بحث خاتمه نداد . اما دست کم ، باعث شد که سطح بحث های علمی ، افزایش پیداکند . بعضی از دانشمندان ، فکر میکردند در آزمایش روسها خطاهای پنهانی وجود دارد . آنها ، اشاره کردند که اندازه‌گیری ، کاری بسیار دشوار بوده است . و در نتیجه ، حاصل آزمایش آن قدرهم که به نظر میرسد ، قطعی نیست .

دراین زمان ، دانشمندانی که بر روی این مسئله کار میکنند ، هم رای هستند که بایدکار زیادی انجام شود و سالها بگذرد تا بتوانیم به نتیجهٔ

قطعی برسیم. اما ، دیدگاهها به‌سوی این نتیجه‌گیری تمایل پیدا کرده‌اند که نوترینو ، احتمالا" دارای جرم است. هنگامی که فیزیکدانان تجربی ، درباره‌ٔ تفسیر مناسب آزمایشهایی که انجام شده است ، بحث میکنند ، اختر فیزیکدانان نظری اشاره میکنند اگر نوترینوها نوسان کنند یا دارای جرم باشند ، درآن صورت ، شماری از مسائل حل نشده ، روشن میشوند.

یکی از این مسائل به تعداد نوترینوهای ایجاد شده توسط خورشید ، مربوط میشود. طی سالها ، ریموند دیویس ، فیزیکدان آزمایشگاه ملی بزوک هیون آزمایشهایی‌راکه‌برای‌اندازه‌گیری تعداد نوترینوهای رسیده از خورشید طراحی شده‌بودند ، انجام داد. ظاهرا" ، نتایج آزمایش او نشان میدادند که تعداد نوترینو کمتر از نصف آن چیزی است که باید باشد.

اما ، اگر نوترینوها از نوعی به‌نوع دیگر نوسان کنند این اختلاف بین تئوری و تجربه ، از بین میرود. وسایل آزمایشی دیویس ، فقط نوترینوی الکترون یعنی نوعی را که دانشمندان معتقدند خورشید به بالاترین تعداد ایجاد میکند ، آشکار میسازد. اگر تعدادی از این نوترینوها ، در طی سفر ۹۳ میلیون مایلی از خورشید به‌زمین ، به نوترینوی نوع موئون یا تائو تبدیل شوند ، درآن‌صورت تعداد نوترینوها (ی الکترونی) که‌دیده‌میشوند ، کمتر از آن چیزی است که تئوری پیش بینی میکند.

و اگر نوترینوها ، دارای جرم باشند ، این مسئله میتواند هاله تیره‌ای را که‌دور کهکشانها را گرفته است ، توضیح دهد. نوترینوی جرم دار ، با سرعت نورحرکت‌نمی‌کند (و فرض میشود که انواع بی جرم چنین میکنند) ، گرانش خوشه‌های‌کهکشانی به راحتی‌می‌توانندسرعت آنها را تا چند کیلومتر در ثانیه پایین بیاورندو آنها را به بند کشند. از این رو ، هالهٔ تیره رنگ کهکشانها میتوانند فقط از نوترینوهای کند شده ، که به دور منطقهٔ مرکزی مرئی کهکشانها می‌چرخند ، ساخته شده باشند.

بر طبق نظر فیزیکدانان ، دیویدشارم‌ازدانشگاه‌شیکاگووجری استیحمن

از بنیاد تحقیقاتی بارتول، اگر جرم نوترینوها جایی بین ۳ev تا ۲۰ ev قرار گرفته‌باشد، میتوانند باعث ایجاد هاله کهکشانها شده‌باشند. اما اگر نوترینوها، ازاین سبک ترباشندهرگزنمی‌توانندگرد کهکشانها تجمع کنند، جاذبهٔ گرانشی بین‌کهکشانهاونوترینوهاآن‌چنان ضعیف میشود که نوترینوها به سادگی میتوانند از آن‌بگریزند. واگرجرم‌نوترینوبالاتر از ۲۰ ev باشد، جرمی بیشتراز آن چه در اطراف‌کهکشانها رصد شده است، رصد میشد.

اگر تئوری شارم واستیجمن درست باشد، بشتر جرمی که درجهان هست به‌صورت نوترینو وجود دارد. آنها تخمین زدند که اگر نوترینوها بالای ۱۴ev جرم‌داشته‌باشند، جرم کلی‌آنها بیش از جرم کل ماده است. و اگر جرم آنها بین ۳ ev تا ۲۰ ev باشد، درآن‌صورت‌چیزی‌در حدود ۷۰ تا ۹۵ درصد به جرم جهان اضافه میکنند.

نوترینوها، بعضی مسائل‌را که به‌تشکیل کهکشانها مربوط است نیز، حل می‌کنند. دانشمندان، تقریبا" یقین دارند که آغاز تشکیل کهکشانها چند صد سال‌بعد از انفجاربزرگ‌بوده‌است، اماهرگز در مورد جزئیات این فرآیند، مطمئن‌نبوده‌اند. به‌علاوه، هیچ‌تئوری ای، درست توضیح نمیدهد که چرا کهکشانها باید بدین اندازه‌باشند یا چرا باید به صورت خوشه‌ای باشند.

در ۱۹۸۰، فیزیکدان مجار الکساندرزالی‌راه حل‌احتمالی این مسائل را مطرح کرد. اگر نوترینوها دارای جرم باشند، به واسطهٔ جاذبه یکدیگر ر جذب میکنند، بنابراین ممکن است‌که به فاصلهٔ کوتاهی‌پس‌از انفجار بزرگ، جاذبهٔ گرانشی باعث شده باشد که نوترینوها با هم دیگر خوشه‌ای بسازند. هر چقدر میزان‌نوترینوهای جمع شده بیشتر بود، جاذبه گرانشی بیشترمیشد. این فرآیند در بسیاری از جنبه‌های خود، شبیه به انقباض ابرهای گاز است که‌در نتیجهٔ آن ستارگان به وجود میآیند.

جهان به تدریج‌سرد شده‌پس‌از چند صد هزار سال، جمع شدن ماده

معمولی در انبوههٔ نوترینوها ، آغاز شد . همینکه تشکیل کهکشان شروع شد ماده‌با سرعت بسیار مجتمع شد . برطبق‌این تئوری ، هیچ‌دلیلی وجود ندارد که فرضیات ویژه و متعددی راکه‌برای توضیح تشکیل کهکشان به کار برده میشوند ، به یاری بطلبیم .

اگر تئوری زالی ، صحیح باشد ، نوترینویی که امروز جهان را انباشته است ، از فاصلهٔ کوتاهی پس‌ازانفجار بزرگ‌تاکنون ، وجودداشته‌است ــ این فرضی است که به ندرت مورد تردید قرار میگیرد .

حتی پیش ازآن‌که‌احتمال‌جرم داشتن‌نوترینومطرح‌شود ، فیزیکدانان ، عموما " موافق‌بودندکه‌بیشتر نوترینوها در خارج از تشعشعی که گوی آتشین نخستین‌را پر کرده بود ، ایجاد شده‌اند . تعداد نوترینوهایی که درفرآیند تلاشی بتا ایجاد میشوند ، آن چنان اندک است که در مقایسه ، مطلقا " بی اهمیت میباشند . زالی‌ازکهکشانهایی‌سخن‌میراند که‌درون‌انبوههٔ نوترینوها تشکیل میشوند ، در صورتی که شارم واستیجمن ، کهکشانهای هنوز موجودی را نشان میدهند که هنگام عبور نوترینوهااز فضا ، آنها را به بند میکشند ممکن است این‌دوتئوری ، متضادبه نظر برسند ، اما در واقع چنین نیست . تئوری شارم‌واستیجمن‌براساس‌این فرض نیست ، که نخست کهکشانها تشکیل شده‌اند ، نقطهٔ مهم‌آن ، این است که‌اگر جرم نوترینو در محدودهٔ معینی باشد ، میتوان هالهٔ تیره کهکشانها را توضیح داد .

طبق گفته‌های فلویداستکر از مرکز پرواز فضایی‌گداردناسا درگرین بلت مریلند ، ممکن است‌نوترینویی‌که جرم آن دراین‌محدوده‌باشد ، تاکنون مشاهده شده باشد استکر اشاره میکند که اگر نوترینوی سبک و سنگین وجود داشته باشد ، هنگامی‌که‌یکی‌ازاین دونوع متلاشی میشود و به صورت دیگری درمی‌آید ، تشعشعی‌بیرون داده خواهد شد . اگر جرم نوترینوی سنگین در حدود۱۴ ev باشد ، این تلاشی‌باید یک تشعشع جزئی زمینه‌ای فرابنفش درآسمان ایجاد کند .

استکر، اشاره میکند که درست چنین تشعشعی به وسیلهٔ گروهی از فیزیکدانان فرانسوی که با قایق فضایی B ــ D ۲، کار میکرده‌اند، مشاهده شده است.

مشاهدهٔ چنین تشعشعی به‌طورقطعی روشن نمی‌سازد که نوترینوی ۱۴ev وجود دارد، میتوان فرض کردکه چیزدیگری باعث تشعشع زمینه‌ای فرابنفش شده‌است. اما، این حقیقت که تئوری استکر جرمی به این اندازه را نشان میدهد، جالب است، حداقل به این خاطر که ۱۴ev، تقریبا" در وسط محدوده ۲۰ev ــ ۳ تئوری‌شارم و استیجمن قرار دارد. به علاوه اعداد به طرزی‌خوب‌ومنطقی باآزمایشهایی‌که انجام شده‌اند، وفق دارند، میتوان بحث هایی از این نوع را ادامه داد.

هنگامی که این‌فصل نوشته‌میشد، موضوع جرم نوترینو به طرز کاملا" تجربی موردبررسی قرار گرفت. اما، به نظر میرسد که آوردن مدرک کافی باشد. این نظریه، به ویژه به این‌دلیل جذاب است‌که‌به نظرمیرسدمسائل مختلف بسیاری را توضیح میدهد. درزمان حاضر، این امر است که ــ حتی بیش ازمدارک تجربی ــ جرم داشتن نوترینو را، محتمل درنظر میآورد.

اما آیا نوترینوها میتوانندجهان را ببندند؟ دیوید شارم چنین فکر نمی‌کند، نوترینویی‌با جرم بین ۳ev تا ۲۰ev، کاملا" کافی نیست. به علاوه، نوترینوها درهالهٔ کهکشانهامتمرکز میشوند، و همان طور که‌دیدیم این هاله به تنهایی نمی‌تواند جرم گم شده‌را تامین کند.

اما بحث به نفع جهان باز، به اندازهٔ چند سال پیش، قوی به نظر نمی‌رسد. به خصوص‌به‌این دلیل، که هیچکس نمی‌داند جرم انواع گوناگون و مختلف نوترینوها چقدر است. (البته، فرض کنید که جرم دار بودن نوترینو حقیقت‌داشته‌باشد)، یاکسی نمی‌داندنوترینوها ممکن است چگونه درفضا، توزیع شده باشند. دراین مرحله، فقط میتوان حدس زد.

جهان بازاست‌یابسته ؟دیدگاههای‌علمی دیگر از این یا آن امکان،

طرفداری نمی‌کنند، تمام بحث ها شکست خورده است و هر کوششی برای دریافتن این مسئله به عدم یقین منجر شده است. هنگامی که دانسته شد درخشندگی کهکشانها احتمالا"، ثابت نمی‌ماند، بحث های مبتنی برپارامتر کاهش سرعت، اشتباه از آب درآمد.

بحث های هلیوم ــ دوتریوم، فقط درموردماده‌معمولی کاربرد دارند و نه درمورد نوترینو. جرم گم شده، یافته نشده است، اما کشف هاله‌های تیره نشان دادکه جهان حاوی‌جرم اندکی است که منجمین از وجود آن اطلاعی نداشتند.

جهان باز است یا بسته؟ تنها، یک چیز قطعی به نظر میرسد. باز یا بسته، تعیین آن بسیار غیر محتمل است. آن قدر غیر محتمل که‌پنجاه سال آزمایش، به نتیجهٔ قطعی نرسیده است. تقریبا"، مثل آن است که جهان تعمدا" چنین ساخته شده است تا ما را دچار معمایی غیر قابل حل کند.

طبیعتا "قصدندارم که‌معنای‌ظاهری عبارت بالا مورد نظر قرار بگیرد. این فرض که خدا، جهان را عامدا" و با توجه به این که دانشمندان قرن بیستم را دست بیندازد، این چنین طراحی کرده است، پوچ میباشد. اما، من حدس میزنم که درجهان چیز بسیار گیج کننده‌ای وجود دارد.

مثلا"، چرابایدتعیین باز یا بسته بودن جهان این قدر غیرمحتمل باشد؟ آیا دلیل‌علمی‌درستی‌وجود دارد که چراجهان باید این طور ساخته شده باشد که تعیین محدود یا نامحدود بودن آن، بسیار مشکل‌باشد؟ آیا اصلا" در پس‌آن منطقی نهانی وجود دارد؟

گر چه این سئوالات، بیشترمتافیزیکی به نظر میرسند تا علمی، کوششهایی برای پاسخ‌به آنهاانجام گرفته‌است. این موضوعی‌است‌که بعدا" پس‌از این که چندکلمه دربارهٔ سرنوشت پایان جهان، گفتم دربارهٔ آن بحث خواهم کرد.

فصل هفتم

سرنوشت جهان

همان طور که دیدیم، ستارگان فقط کسر کوچکی از جرم جهان را تشکیل میدهند. جرم بسیار بیشتری به شکل گاز بین ستاره‌ای و احتمالا" نوترینو، وجوددارد. اما، یقینا" ستارگان، برجسته‌ترین جنبهٔ جهان هستند. بحث دربارهٔ سرنوشت جهان، بدون اشاره به ستارگان، مانند سخن گفتن از اکولوژی جنگل است بدون اینکه به درختانش، اشاره‌ای بکنیم.

ستارگان، دراندازه‌های گوناگونی وجود دارند. کوچکترین ستارگان فقط چند درصد جرم خورشید، جرم دارند، درصورتی‌که‌پرجرم‌ترین‌ستارگان چندین برابرآن‌جرم دارند ــ جرم ستاره‌مستقیما" به مدت زندگی آن بستگی دارد. بزرگترین‌ستارگان ــ غولهای آبی و درخشان + ستارگانی هستند که نخست خاموش میشوند، آنها سوخت اتمی شان را با سرعت بسیار مصرف میکنند. برای مثال، ستاره‌ای‌که‌سی‌برابر خورشید، جرم داشته بشد، مدت زندگی اش فقط چندمیلیون سال است. از سوی دیگر، ستارگان بسیارکوچک می‌توانند صدها میلیاردسال‌به‌درخشش‌خود ادامه‌دهند. خورشید که جرم آن تقریبا" دروسط این دو نهایت قرار دارد به مدت ۴/۵ میلیارد سال، درخشیده است و انتظار میرود که‌مدتی حدود ۵ میلیارد سال دیگر نیز، بدرخشد.

در بارهٔ تحول ستاره‌ای، مسائل زیادی وجود دارد که هنوز درک نشده‌اند. مثلا"، دانشمندان‌مطمئن نیستندکه تمام جزئیات انفجار ابرنو

اختری را دریافته باشند. اما، یک چیز روشن است. اگر نگوییم همهٔ ستارگان بزرگ، اغلب آنها، زندگی خود را به عنوان ابرنواختر پایان میدهند. در صورتی که ستارگان کوچک به طریقی آرامتر میمیرند.

ستارگان کوچکتر، پس از این که دورهٔ کوتاهی را ــ چند صد میلیون سال ــ به مثابه غول های سرخ گذراندند، چروک میخورند و به کوتولهٔ سفید تبدیل میشوند. برون دهٔ نوری کوتوله های سفید، همان طور که سرد میشوند، کاهش می یابد و درنتیجه به کوتوله های سیاه تبدیل میشوند. یا حداقل، این طریقی است که باید طی کنند. ظاهرا" ، سن جهان هنوز برای اینکه ستارهای به کوتولهٔ سیاه تبدیل شده باشد، کافی نیست. درنتیجه، کوتوله های سیاهی که هم اکنون وجود دارند، اجسامی هستند که برای این که در آغاز تبدیل به ستاره شوند، به قدر کافی بزرگ نبوده اند.

سیمای کهکشانها، درطی چند میلیارد سال آینده زیاد تغییر نخواهد کرد. بعضی از ستارگان خواهند مردو به کوتوله های سفید، ستارگان نوترونی و حفره های سیاه تبدیل خواهند شد. اما، ستارگان جدیدی متولد میشوند تا جای آنها را بگیرند. گازبین ستارهای که ستارگان از آن تشکیل یافته اند، هنوز به صورت منبعی عظیم وجوددارد.

درحال حاضر، فقط چند درصد از سوخت هستهای موجود، مصرف شده است. درنتیجه، میتوان انتظار داشت که ستارگان برای مدت کاملا" درازی درآسمان باشند.

اما، هیچ چیز تا ابد ادامه ندارد. تخمین زده میشود که ۱۰۰ میلیارد سال دیگر، کهکشانها بمیرند. درآن زمان، فقط تعداد بسیار اندکی ستارگان تیره و کوتوله های سفید، هنوز خواهند درخشید. منابع گاز بین ستارهای، تقریبا" به طور کامل تمام خواهد شدو قسمت عمدهٔ کهکشانها را، ستارگان مرده تشکیل خواهند داد.

اگر جهان باز باشد، انبساط تا ابد ادامه پیدا خواهد کرد. در نتیجه

حتی اگر کهکشانها بمیرند، به دور شدن از یکدیگر ادامه خواهند داد، و زمانی فرا خواهد رسید که کهکشانها، دیگر حتی با پیشرفته ترین وسایل نجومی، قابل رویت نباشند. اگر در کهکشان راه شیری، هنوز انواع هوشمندی وجود داشته باشند، به نظرشان خواهد رسید که راه شیری تنها کهکشانی است که وجود دارد.

درهمان حال که جهان سنگدلانه منبسط میشود، حوادثی دیگر اتفاق خواهند افتاد. ستارگان فشرده و انباشته، درهسته کهکشانها، به صورت حفره‌های سیاه با جرمی صدها میلیون یا احتمالا" میلیارد بار بیشتر از جرم خورشید، مجتمع خواهند شد. درواقع، مدارکی وجود دارد حاکی از این که، چیزی شبیه به این ممکن است هم اکنون در حال روی دادن باشد. منجمین کهکشانهای متعددی را رصد کرده‌اند که مقادیر عظیمی انرژی، در هستهٔ خود ایجاد می‌کنند. پذیرفتنی ترین توضیح، این است که این هسته‌ها، حاوی حفرهٔ سیاه فوق پرجرمی هستند که هنگامی که گاز بین ستاره‌ای به درون آنها سقوط میکند، انرژی آزاد میشود. البته، اگر این حفره‌های سیاه صد میلیارد سال دیگر تشکیل شوند، تولید انرژی این چنین زیاد نخواهد بود. در آن زمان، بیشتر گاز بین ستاره‌ای، اگر تبخیر نشده باشد و به درون فضای بین کیهانی نرفته باشد، مصرف شده است.

پس از دوره‌های ده ها میلیارد ساله، حفره‌های سیاهی که درمرکز کهکشانها قرار دارند، درهمان حال که مادهٔ بیشتری را می‌بلعند، بزرگتر خواهند شد. برخوردهای اتفاقی، ستارگان را امروز یا فردا به درون حفره‌های سیاه خواهند فرستاد. درهمان حال که این ستارگان جذب میشوند، حفره‌ها بزرگتر میشوند و ستارگان با سرعت هر دم فزاینده‌ای بلعیده خواهند شد. سرانجام، حفره‌های سیاه تمام ماده‌ای را که اکنون در کهکشانها دیده میشود، جذب خواهند کرد، به جز مادهٔ ستارگانی که پس از پشت سر گذاشتن برخورد ستاره‌ای، که آنها را درست درجهت صحیح پرتاب کرده، "تبخیر"

میشوندو به درون فضای بین کهکشانی می‌روند.

رشد حفره‌های سیاه‌حتی‌پس از، از بین‌رفتن کهکشانها ادامه خواهد داشت. تمام‌خوشه‌های حفره‌های سیاه کهکشان آسا، مجتمع خواهند شد و ستارگانی که‌قبلا" از جذب به‌درون حفره‌های سیاه، گریخته بودند، اکنون بلعیده خواهند شد. پس‌ازمدت زمانی که به‌طور مختلف حدس زده‌میشود 10^{19} یا 10^{29} یا 10^{34} سال باشد، جهان به طور عمده از حفره‌های‌سیاه کهکشانی‌یافوق‌کهکشانی، به‌همراه تعداد کمی کوتولهٔ سیاه، ستاره نوترونی و حفره‌های سیاه ستاره‌ای و سیاراتی که در فضای بین آنها قرار دارد، تشکیل میشود.

پس‌از حدود 10^{100} سال حفره‌های سیاه‌کهکشانی بخار میشوند. این فرآیند، همانی‌است‌که درارتباط با حفره‌های سیاه کوچک، مورد بحث قرار گرفت. شرح جزئیات این فرآیند، مارابه بیراهه خواهد کشاند، اما تبخیر حفره‌های سیاه را قوانین مکانیک کوانتیک، پیش بینی‌میکنند. این قوانین، میگویندکه هر حفرهٔ سیاهی باید چنین سرنوشتی را تحمل کندو مدت زمانی که‌بایدپیش‌از این اتفاق، طی شود به جرم حفرهٔ سیاه بستگی دارد. از آن‌جایی که حفره‌های سیاهی که‌درآن زمان وجود خواهند داشت صدها میلیاردیاتریلیون‌برابرخورشید، جرم خواهند داشت، بدیهی است که این زمان باید به راستی طولانی باشد.

اگر تئوری های جاری درمورد اندرکنش‌ذرات بنیادی صحیح باشند، ماده‌ای‌که در درون حفره‌های سیاه‌نیست، پیش‌از آن اتفاق تجزیه خواهد شد. اکنون، دانشمندان معتقدند که‌پروتون، یکی از پایه ای ترین اجزاء متشکلهٔ هستهٔ اتم، دارای مدت‌زندگانی 10^{40} سال است. این امر، تاکنون به‌وسیله‌آزمایش ثابت‌نشده‌است، اما اگر صحیح باشد، ماده تا ابد دوام نخواهد داشت.

اتم، بدون هسته‌نمیتواند وجود داشته‌باشد و هسته بدون‌پروتون.

هنگامی که حفره‌های سیاه تبخیر میشوند ، ذرات و ضد ذرات زیادی ایجاد خواهند شد . اغلب این ها ، یکدیگر را نابود خواهند کرد و ایجاد تشعشع خواهند نمود . آنهایی که به‌چنین‌سرنوشتی مبتلا نمی‌شوند ، به جهانی خواهندرسید که ، سرسختانه‌منبسط میشود . اگر دراین مرحله ، هنوز ماده‌ای وجودداشته‌باشد ، باز هم بیشتر پراکنده و رقیق خواهد شد .

در همان حال که انبساط ادامه دارد ، تشعشع نیز ضعیف و ضعیف تر خواهد شد . سرانجام ، محتویات جهان آن چنان پراکنده خواهند شد ، که برای اهداف عملی ، هیچ چیز به جز فضایی تهی که هنوز منبسط میشود ، باقی نمی‌ماند .

بسیاری از مردم ــ دانشمندان و دانش دوستان ــ چشم انداز تبخیر جهان به سوی‌هیچرا ، چشم اندازی‌پریشان کننده ، یافته‌اند . اما سرنوشت جهان بسته‌هم ، زیادبهتر از این‌نیست ، جهان بسته باید سرانجام منهدم و متلاشی شود و به صورت‌گوی آتشینی نظیر آن چه از آن به وجود آمد ، درآید . .

درجهان بسته ، انبساط باید سرانجام متوقف شود . گفتن این که چه مدت زمانی‌بایدپیش‌از این اتفاق طی شود ، غیر ممکن است . این ، بستگی بدان دارد که انبساط با چه سرعتی ، کندشود . بهترین کاری که میتوانیم بکنیم ، این‌است‌که حد پایینی زمانی را که‌لازم است ، تعیین کنیم . از آن جا که جهان هنوز ، سریعا " منبسط میشود ، این‌زمان حداقل باید چیزی درحدوددهها میلیاردسال‌باشد ، و کاملا " قابل تصور است که ، پیش ازاین که انبساط جهان آهسته‌شودوسپس متوقف‌شود تریلیون‌ها سال ، ممکن است بگذرد .

همینکه انبساط متوقف شد ، جاذبهٔ گرانش دوباره همهٔ اجسام را به سوی هم خواهد کشید . اگر دراین زمان ، کهکشانها بسیار پراکنده باشند ، انقباض درآغاز بسیار کندخواهد بود ، اما از آنجاییکه هیچ چیز با جاذبهٔ

گرانشی مخالفت نخواهد کرد ، جهان منقبض خواهد شد هر قدر کهکشانها ، به هم نزدیکتر شوند جاذبهٔ آنها بیشتر خوهد شد . در نتیجه انقباض با سرعت هر دم فزاینده‌ای، پیش خواهد رفت .

اگر هنگامی که انقباض شروع میشود ، ستارگان و کهکشانها هنوز وجود داشته باشند . جهان زیاد با آنچه امروز است ، متفاوت به نظر نخواهد رسید . کهکشانها قدری جداتر خواهند بود ، و ستارگان تیره‌تر خواهند شد . ممکن است که تعدادی کهکشان جوان ودرخشان از گازفضای بین کهکشانی تشکیل شده باشند . اختلافی که جهان درآغاز انقباض با امروز خواهد داشت ، این است که انتقال به قرمز که ما امروز مشاهده میکنیم تبدیل به انتقال به آبی خواهد شد .

در همانحال که کهکشانها به هم نزدیک میشوند ، برخورد و ممزوج شدن آنها باهم آغاز میشود . اما ، این حادثه‌زیاد فاجعه آمیز نخواهد بود . ستارگان درون کهکشانها ، آن‌چنان از هم دورند که برخورد ستاره‌ای به ندرت اتفاق خواهد افتاد . بخت این که یک جفت ستاره مفروض، در یکدیگر سقوط کنند ، کم‌تر از آن است که گلوله‌های شلیک شدهٔ دو سرباز که یکدیگر را نشانه گرفته‌اند ، درنیمه راه با هم برخورد کنند .

میلیاردها سال خواهد گذشت ، و کهکشانها در فضایی که باگذشت هر لحظه کوچکتر خواهد شد ، فشرده خواهند شد . فضاهای تیره و تهی ، که امروز بیشتر جهان را تشکیل میدهند ، ناپدید خواهند شد . آسمان شب ، یکپارچه ازستارگان انباشته خواهد شد . کهکشان‌ها ، و از جمله کهکشان ما ، ممکن است ستارگان بیشتری از آن چه اکنون دارند ، درخود داشته باشند . در همان حال که جهان فشرده میشود ، گاز بیشتر فشرده خواهد شد . درنتیجه ماده بیشتری برای تشکیل ستارگان فراهم است .

اگر ستارگان جدیدی بدین طریق تشکیل شوند ، بیشتر آنها زیاد دوام نخواهند آورد . بعضی از آنها به واسطهٔ برخورد منهدم خواهند شد . در

همان حال که‌جهان فشرده‌ترمیشود ، تعداد این برخوردها ، افزایش می‌یابد آن ستارگانی که از برخورد نجات یافته‌اند ، به وسیلهٔ تشعشعی که به زودی جهان را لبریز خواهد کرد ، از هم دریده خواهند شد .

مبدأ بعضی از این تشعشعات ، در نور ستارگان است . از آن‌جایی که ، نور ستارگان‌نمیتواند جهان بسته را ترک کند ، ذخیره خواهدشد . در همان حال که‌جهان منقبض‌میشود ، نور ستارگان شدیدتر میشود و فرکانس آن افزایش‌می‌یابد . نور مرئی به تشعشع فرابنفش‌و سپس به‌پرتوهای X و گاما تبدیل خواهد شد .

همین اتفاق‌برای‌تشعشعات‌میکروویوی‌روی‌میدهد . این امواج رادیویی که‌امروز دمای‌تشعشع شان فقط ۳ درجه بالای صفر مطلق است ، انرژی کسب خواهند کرد .

سرانجام ، این امواج حتی‌بیش‌از نور ستارگان چگالی تشعشع‌را تشکیل خواهند داد . درهمان حال که تشعشع ، ستارگان را تبخیر میکند ، ستارگان سیمای رگه‌هایی را خواهند یافت که در جهت حرکت ستارگان ، حرکت می‌کنند . و سپس در همان حال که درجه حرارت ، باز هم بیشتر میشود ، رگه‌ها ناپدید خواهند شد . گاز داغی که اکنون جهان راانباشته است ، آنها را از هم خواهد پاشید .

در تمام این‌مدت ، انقباض‌با سرعت فزاینده‌ای به‌پیش خواهد رفت . دما ، افزایش خواهد یافت و شدت تشعشع ، بیشتر خواهد شد . سرانجام حتی هسته اتمی‌منهدم خواهد شد . جهان فشرده خواهد شد و به صورت " سوپی " از تشعشع ، ذرات زیر اتمی و حفره‌های سیاه‌درخواهد آمد .

گر چه هنوز وجودحفره‌های‌سیاه ، به‌طوریقین‌ثابت‌نشده است ، بیشتر منجمین متقاعد شده‌اند که‌حفره‌های سیاه ، باید هم اکنون به تعداد زیادی در حال تشکیل شدن باشند . اگرحفره‌های‌سیاه وجود داشته‌باشند ، پس باید تعداد آنها به هنگام آغاز انقباض جهان ، چندین‌برابرشود . مانندحفره‌های

سیاهی که درجهان باز تشکیل میشوند ، بعضی از این‌حفره‌ها پس ازتشکیل تمام کهکشانها را خواهند بلعید .

در همان حال که جهان درهم فرو می‌پاشد ، حفره‌های سیاه بزرگتر می‌شوند . ودر همان‌حال که حفره‌های سیاه بزرگتر میشوند ، ماده و تشعشع رابا سرعت فزاینده‌ای جذب خواهندکرد و باز هم بزرگتر خواهند شد . سپس ، در همان حال که انقباض‌آنهارابه‌هم نزدیکتر میکند ، مجتمع شدن آنها ، آغاز میشود . قبل از این که فروپاشی به انتها برسد ، بعضی از این حفره‌های سیاه ، ممکن‌است جرمی‌میلیون هایا میلیاردها برابر جرم کهکشان ما داشته باشند . کاملا " ، منطقی است که تصور کنیم این چنین حفره‌های سیاهی ، بسته‌های جهانی هستندکه پیش‌از این درهم فرو پاشیده است ، گویی نمی‌خواسته تا پایان انقباض جهان صبر کند .

در همان حال که جهان ، درحجمی هر دم کاهنده فشرده میشود ، ماده و تشعشعی‌که‌در حفره‌های‌سیاه ناپدیدنشده‌اند ، فشرده خواهند شد . و از هستی ساقط خواهند گردید .

در همان حال‌که‌ماده‌و تشعشع چنین‌مراحلی را طی میکنند ، حفره‌های سیاه ، باآنهاممزوج‌خواهند شد و سرتاسر جهان در نقطهٔ منفردی ، فشرده خواهد شد . این‌فرآیند را که‌برعکس انفجاربزرگ‌است که جهان با آن آغاز شد ، گاهی "فشردگی بزرگ" یا " آوار بزرگ" ، می‌نامند . اگر انفجار بزرگ آغاز جهان باشد ، پس پایان آن ، آوار بزرگ خواهد بود .

بعضی از دانشمندان ، هضم این نظریه را که موجودیت جهان ، ممکن است متوقف بشود ، دشواریافته‌اند . بر طبق اندیشهٔ آنها ، این نظریه که خلقتی ــ انفجار بزرگ ــ وجود داشته است . از این هم بدتر است . آنها احساس میکنندکه دلایل فلسفی‌ای‌در دست است‌که‌فرض‌کنیم جهان پیوسته وجود داشته است .

تفکر دربارهٔ این‌که ، امکان‌وجود جهان به‌شکلی پیش از انفجار بزرگ

وجودداشته است، به تئوری *جهان نوسان گر* منجر شده‌است. بر طبق این تئوری که در ۱۹۲۲ به‌وسیله فریدمن مطرح شد، و جزئیات آن ده سال بعد توسط فیزیکدان آمریکائی ریچارد. سی. تولمان شرح داده‌شد، جهان یک سیکل انبساط و انقباض را به طور مداوم طی میکند. جهان در آوار بزرگ منهدم نشده‌است. درعوض، به‌طریقی جهش‌یافته‌است ومجددا " در انفجاری جدید، ترکیده است.

این نظریه، بسیار جذاب به نظر میرسد. فیزیکدانان، خود را در مورد نظریهٔ جهانی که منفجر میشود و به وجود می‌پیوندد، پریشان یافته بودند. گر چه‌دلیل‌علمی درستی بر علیه نظریه خلقت از هیچ، در دست نیست، اما التقاط‌آن با تئوری وجود، آسان نیست. عبارت لاتین، آن چنین است.

(Ex Nihilo nihil fit). این‌ممکن‌است‌فقط پیشداوری فلسفی‌باشد، امابه تفکر کاملی دربارهٔ جهان پیش‌از انفجار بزرگ، و اینکه چگونه‌ممکن است جهان‌پس از آوار بزرگ دوباره به وجود آید، منجر شده است.

ممکن است، بداهتا " فکرشود که‌هیچ چیز نمی‌تواند از این‌درست‌تر باشد. جهان‌منبسط میشود، فرومی‌پاشدوبازمنبسط میشود و این‌تا بی‌نهایت ادامه‌دارد. لازم نیست‌که متحیرباشیم جهان از کجا آمده است، جهان همیشه وجودداشته‌است. و لازم‌نیست دربارهٔ آینده‌ای بیندیشیم که وجود همهٔ انواع زندگی، درآن متوقف خواهد شد، زیرا زندگی در هر سیکلی دوباره آفریده خواهد شد.

اما، در سالهای اخیرآشکار شده است که اشکالات تئوریک مسلمی با نظریهٔ جهان‌نوسان گر، همراه است. یکی ازاین اشکالات، به این مربوط میشود که جهانی‌که جهش‌می‌یابد، شبیه به توپی است که می‌ترکد و در هر سیکلی، اندکی با قبل متفاوت‌است. اما جهان، برخلاف توپ هر بار

شدیدتر و شدیدتر جهش می‌یابد. در طی هر یک از این سیکلهای پیاپی، جهان پیش ازاین که انقباض آغاز شود، مدتی طولانی منبسط میشود. سبب این پدیده، انباشت نور ستارگان است.

تشعشعی که در یک سیکل وجود دارد، باید به‌سیکل بعدی منتقل شود. نور ستاره‌ای، که درهر یک از ادوارقبل منتشر شده است، فضای اطراف را لبریز خواهدساخت و این چگالی اضافی تشعشع، سبب آن میشود که اندازهٔ جهش بزرگترشود. اگر طول سیکل انبساط و انقباض، درآینده افزایش پیدا کند، این بدان‌معناست که این سیکلها می‌بایست درگذشته، کوتاهتر بوده باشند. میتوان محاسبه کرد که درچنین حالتی، تا کنون حداکثر یکصد انفجار روی‌داده است ــ به‌سخن دیگر، جهان باید دارای آغازی، درزمانی در گذشته، باشد. بنابراین‌به "مشکل" خلقت از هیچ بازگشته‌ایم، که تئوری جهان نوسان گر در وهلهٔ اول برای اجتناب از آن، طراحی شده بود.

اما، راههایی برای اجتناب ازچنین نتیجه‌گیری ای وجود دارد. فقط می‌باید فرضیات دیگری رامطرح کرد. تئوری های به دست آمده، اغلب عجیب و غریب به‌نظر میرسند. اما این گفته، انتقاد از آنها نیست. جهان در مورد عقاید انسانی‌دراین باره که چه چیزی عجیب است و چه چیزی عجیب نیست، هیچ چیزی نمی‌داند. درواقع، میتوان فرض کرد که جهان از هر چیزی که تصورش را بکنیم، عجیب تر است.

فیزیکدان انگلیسی توماس‌گلد، با این‌فرض که هنگامی‌که جهان، به بالاترین نقطهٔ انبساطش میرسد، زمان به عقب باز می‌گردد، از مشکلاتی که سیکلهای‌افزاینده‌به‌بار می‌آورند، اجتناب میکند. درهمان حال که زمان به‌عقب باز میگردد نورستارگان به‌ستارگان برخواهد گشت، حفره‌های سیاه ناپدید خواهند شد، ودرجای آنها ستارگان معمولی پدیدار خواهند شد و موادی که بواسطهٔ انفجارات ابرنواختری به فضا پرتاب شده‌است دوباره

به سوی هم برخواهند گشت.

اگر زمین به‌هنگامی که انبساط متوقف شود، دیگروجود نداشته باشد دوباره آفریده‌خواهد شد. دراین‌زمین‌جدید، همه‌چیز واژگونه اتفاق می‌افتد رودها، سربالا میروند، باران از زمین به آسمان می‌بارد، و انرژی به‌سوی خورشید بازمیگردد. مردم‌جوان تر میشوند نه‌پیرتر، زندگی آنها هنگامی که ازگورشان‌برمیخیزند، آغاز خواهد شد، و هنگامی که به رحم مادرشان وارد میشوند تا تبدیل به جنین شوند، پایان میگیرد.

ممکن است به‌نظربرسد که گر چه ما به چند تئوری‌عجیب رضایت داده‌ایم که‌مورد بررسی قرار گیرند، اما این یکی عجیب و غریب تر از آن است که مورد بررسی جدی قرار گیرد. درجهان واژگونهٔ گلد، فرآیندهای فکری‌مردم نیز به عقب‌باز میگردند، از آن جا که حلقه‌های زنجیر حوادث و آگاهی ازآنها، جای‌خود را عوض‌خواهند کرد جهان درست سیمای همان جهانی را خواهد داشت که درآن همه چیز "روبه پیش" میرود.

اگرتئوری‌گلد صحیح باشد، برای این که بگوییم آیا درحالتی عادی زنگی‌میکنیم یادرحالتی‌واژگون ــ زمانه، هیچ مدرکی دردست‌نداریم. راهی برای تمایزقائل شدن‌بین این‌دو وجود ندارد. حتی امکان این که بگوییم، زمان دریکی از این حالتها به پیش میرود و در دیگری به عقب، وجود ندارد، هر دوی این عبارات‌بی‌معنی خواهند بود. انتخاب جهتی‌بعنوان جهت" به پیش"، صرفا" یک قرار داد است.

در تئوری گلد، جهان‌آغاز و پایانی ندارد. جهان بین انفجار بزرگ و آوار بزرگ نوسان میکند. چشم اندازی که ما از فروپاشی جهان داریم، توسط‌مردم نیمهٔ دیگر بعنوان انفجاربزرگ دیده میشود. درجهان گلد، زمان ادواری است.

طبیعتا"، این تئوری تناقضات بسیاری درخوددارد. برای مثال، فرض کنیم که انبساط‌جهان کاملا "همگن‌نیست. انقباض‌آن درمناطق معینی

آغاز میشود ، درصورتی که انبساط درجاهای دیگر ، ادامه خواهد داشت . آیادرآن‌صورت ، زمان‌تواما " در دوسوجریان خواهد داشت؟ یا فرض کنید مخلوقی خود رادرمغاره پنهان کند و خود را از همهٔ تاثیرات خارجی محفوظ نگاه‌دارد . آیا او به تجربهٔ کردن زمانی‌که‌درهمان جهت سابق جریان دارد ، درصورتیکه‌جهت جریان زمان بقیهٔ جهان بر عکس است ، ادامه‌نمیدهد؟و آیا قادر نیست که از مغاره بیرون بیاید ودر مسئلهٔ تقدم علت برمعلول‌درآن‌منطقه‌ازجهان که اکنون اشغال کرده‌است ، اخلال کند . و حفره‌های سیاه ، چگونه دراین تئوری می‌گنجند؟ ممکن است فکر کنیم که حفره‌های سیاه مناطق کوچکی از فضا هستند که‌پیش از این ، مدتها پیش از آوار بزرگ ، درهم‌فرو پاشیده‌اند ــ آیا باید فرض کنیم که زمان ، در حفره‌های سیاه به عقب باز میگردد؟ یا حفره‌های سیاه برای‌بر عکس کردن زمان شان تا توقف انبساط جهان صبر میکنند؟

پیش از این‌که بتوان تئوری گلد را ، جدی فرض کرد باید این مسائل را حل کرد .اگرقضاوت میشود که تئوری ای صحیح است ، این تئوری نباید دارای تناقضاتی باشد که‌کسی رامجازسازد که‌براساس‌آن ، پیش بینی‌های متناقض کند .

برای آزمودن تئوری گلد ،راهی‌برای‌انجام آزمایش هست . اگر این تئوری صحیح باشد ، دلیلی وجود ندارد که نتوانیم از نیمه‌ای از جهان به نیمهٔ دیگر پیام بفرستیم ، و برای ما این امکان هست که‌پی کاوی کنیم که آیا چنین پیامهایی دریافت شده‌اند .

البته ، این‌پیامها شباهتی به سیگنال های معمولی ندارند . از آن جا که این‌پیامهااز نیمه‌ای از جهان فرستاده میشوند که درآن ، زمان درجهتی متضاد حرکت میکند ،این‌پیامها بعنوان منافذ قدرت بر روی فرستنده‌های رادیویی ای‌که امواج را به فضا مخابره می‌کنند ، نمایان میشوند .

در ۱۹۷۳ ، منجم‌آمریکایی ر . ب . پارتریج آزمایشی‌را که‌به منظور

تعیین این‌که آیا ، چنین منافذ قدرتی‌را میتوان مشاهده کرد ، طراحی شده بود ، انجام داد . گرچه ، آزمایش‌موفق نبود ، اما این امر ، تئوری را از اعتبار نمی‌اندازد . ممکن است پیامی از آینده‌فرستاده نشده‌باشد ، یا شاید وسایل آزمایشی‌حساس تر درآینده چنین پیام هایی را ، آشکار سازند . اما گر چه حتی نمیتوان نتیجهٔ آزمایش را قطعی‌فرض کرد ، بیشتر دانشمندان تئوری گلد را جدی نمی‌گیرند .

اگر بخواهیم تغییرات معینی درتئوری به وجود آوریم ، میتوان از تناقضات موجوددرآن ، اجتناب کرد . این تغییرات به وسیلهٔ کیهانشناس و ریاضیدان انگلیسی پل ــ دیویس، پیشنهاد شده‌اند . دیویس ، حدس میزند که زمان جهت‌خود را نه درلحظهٔ اوج انبساط، بلکه در لحظهٔ آوار بزرگ، برعکس میکند . پس از آوار ، زمان به‌سیکل‌دیگری از انبساط ــ انقباض میرود ، که درآن زمان برعکس است .

تنها تفاوت‌بین‌تئوری گلد و تئوری دیویس ، این است که در تئوری دیویس جهان به جای دو سیکل، دارای‌یک‌سیکل است . هر دو تئوری ، این فرض رامطرح میکنند که زمان گرد خود حلقه میزند . در هر دو تئوری ، جهان پایانی نداردو تنها دارای دُو آغاز میباشد .

تئوری دیویس از تناقضات اجتناب میکند ، زیرا دو نیمهٔ "عادی" و " واژگون‌ــزمانهٔ جهان را ، با مرزی طبیعی از هم جدا کرده است : آوار بزرگ (این‌مرز ، بدین‌طریق‌ازهردو سوی‌جهان بعنوان آوار دیده میشود .) و هیچ چیز نمیتواند سالم ازآن ، بگذرد . این امر ، امکان آن را نیز از بین می‌بردکه‌در منطقه‌ای‌از فضا ، زمان در آن واحد ، در دو سو جریان داشته باشد . متاسفانه‌این‌امر ، امکان انجام آزمایشی را نظیر آن چه در بالا شرح داده‌شد نیز از بین‌می‌برد . اگر تئوری دیویس صحیح باشد ، ما نمی‌توانیم پیامهایی را که ازآینده فرستاده میشوند ، آشکار سازیم ، این پیامها نیز نمی‌توانند از میان آوار بزرگ ، بگذرند .

نظریات زمان ادواری و زمان برعکس، نظریات جدیدی نیستند. تئوری زمان بر عکس بوسیلهٔ افلاطون درمکالمات در کتاب "زمامدار"، شرح داده شده است. " بیگانه‌ای" برای‌سقراط جوان، که تا حدی زود باور است، توضیح میدهد این آفریدگار است‌که‌سبب میشود زمان، درجهت معینی جریان یابد. همینکه اواجازه بدهد، جریان زمان برعکس خواهد شد. تنها راه‌طبیعی، این‌است‌که زمان‌چنین کاری‌کند، اما آفریدگار، زمان را وامیدارد تا به‌مدتی‌طولانی درجهتی معین حرکت کند. بیگانه، میگوید هنگامی که سرانجام آفریدگار زمان راآزاد بگذارد، زمان نخست دچار وقفه‌ای میشودو سپس جوان ترشدن آدمیان وحیوانات، آغاز خواهد شد.

بعضی ازپیروان‌باستانی فلسفه رواقی (که مبداء آن در یونان است و سپس در رم، رواج کامل یافت)، نوعی از زمان ادواری راشرح میدهند که با آن چه در تئوری‌دیویس‌و گلد با آن مواجه‌شدیم، شباهت بسیار دارد. بر طبق گفتهٔ رواقیون، سرنوشت جهان چنان رقم زده شده‌است که با آتش منهدم شود و دوباره به همین شکل‌آفریده‌شود. در سیکل بعدی جهان، دوباره همین حوادث اتفاق خواهند افتاد.

امروزه، بیش از زمان افلاطون‌و رواقیون‌دلیلی برای جدی گرفتن چنین تئوری هایی، در دست نیست. از سوی دیگر، راهی برای‌انکار کردن‌آنها نیست. بنابراین حتی اگرنتوانیم خود را متقاعد کنیم‌که چنین حوادثی میتوانند روی دهند، باید اعتراف‌کنیم که تفکر جدید کیهان‌شناسی، قلمروامکان‌را توسعه داده‌است، و نشان داده است که بعضی از نظریاتی که ما هنگام مطالعهٔ نوشته‌های کهن، اینجا و آن جا، با آنها برخورد میکنیم، آن‌چنان که می‌پنداشتیم تخیل آمیز نیستند. حداقل این است که، تئوری‌دیویس و گلد، نشان میدهد ما نباید کورکورانه فرض کنیم زمان، پیوسته باید دریک جهت، جریان داشته باشد.

تئوری های واژگون ــ زمانی، تنها راه برای اجتناب ازاین‌نتیجه

که جهان نوسان‌گر، باید دارای سیکلهایی باشد که به طور تصاعدی طولانی شوند، نیست‌اگر نور ستاره‌ای انباشته درآوار بزرگ، منهدم شود یا تبدیل به ماده‌گردد، تصویر ما، پاکیزه خواهد گردید. و جهان به وجود آمده از انفجار بزرگی که‌پی‌آمد این امر است، هیچ امری از جهان قبلی درخود نخواهد داست.

این فرض درتئوری‌ابرفضای‌فیزیکدان‌دانشگاه‌تکزاس‌جان‌آرچیبالدویلر درنظر گرفته‌شده است. ویلر حتی از این هم پیش تر رفته است و فرضیات دیگری را مطرح‌کرده‌است، که‌ممکن است قوانین طبیعت به هنگام فروپاشی و انفجار مجدد، تغییر کنند. ازنظر ویلر، فرآیند تشکیل مجدد جهان چنان است که گویی جهان منفجر میشود تا با قوانین و ثابتهای فیزیکی جدیدی زاده شود. درجهان جدید، گرانش ممکن‌است به طریقی دیگر عمل کند و ثابت‌هایی از قبیل‌نورو بار الکترون، ممکن است کاملا" متفاوت باشند.

ابر فضای ویلر به فضای معمولی فقط اندکی مربوط‌میشود. ابر فضا، بر خلاف فضای‌معمولی، وجودی‌است‌که از نظر ریاضی، مجرد است و تعداد ابعاد آن بی انتهاست. در هرنقطهٔ معین از زمان، جهان نقطهٔ منفردی از فضا را، اشغال میکند. تئوری دال براین نیست که مادرجهانی با ابعاد بی انتها، زندگی‌میکنیم، این‌فقط یک راه‌ریاضی‌دقیق برای شرح هیئت‌های مختلف وممکن‌جهان‌است. تعداداین ابعاد، برخلاف ابعاد فضای فیزیکی واقعی، میتواند بی پایان باشد.

تئوری ویلر، تئوری‌بسیار تفکر برانگیزی است. گر چه حتی ظاهرا" راهی‌برای آزمودن آن‌نیست (برای این که ببینیم آیا قوانین فیزیکی تغییر کرده‌اند، باید به جهان آینده سفر کنیم)، همین امر که تئوری‌ابر فضا قابل تصور است، سبب میشود که مورد اطمینان بودن فرضیاتی را که تئوری جهان نوسان گر برآن مبتنی است، مورد تردید قرار دهیم.

تئوری جهان‌نوسان گر میگوید که هر سیکل از سیکل قبلی طولانی تر میشود ،زیرا نور ستاره از هر سیکل تا سیکل بعدی انباشته میشود . اما ، از کجا میدانیم که چنین است . در طی فروپاشی جهان، چگالی آن چنان عظیم مشود که، قوانین شناخته شدهٔ فیزیک درهم می‌شکنند . (۱)

اگر موضوع این باشد ، چگونه ممکن‌است بتوانیم پیش بینی‌کنیم برای نور ستاره‌ای انباشته ، چه اتفاقی خواهد افتاد؟ و اگر نتوانیم این را بگوییم ، چگونه‌میتوانیم‌مطمئن باشیم که این‌نور ستاره‌ای انباشته ، چگونه بر روی جهش ها تاثیر خواهد گذاشت؟

فیزیکدانان انگلیسی‌راجرپن روز و استفن ها وکینگ، یک رشته قضیه را اثبات کرده‌اندکه‌به‌نظرمیرسد نشان دهندهٔ این باشند که، اگر نسبیت عام صحیح باشد ، درآن صورت اجتناب از نقطهٔ منفرد درجهان در هم فرو پاشیده (یاحفرهٔ سیاه)، غیرممکن است . راهی‌وجود ندارد که تکه‌های مادهٔ در حال سقوط ، بتوانند یک‌دیگر را " گم کنند " و دوباره به سوی خارج پرواز کنند . همه چیز باید در نقطه‌ای با چگالی بی نهایت فشرده شود .

همان طورکه‌قبلا " اشاره کردم ، کاملا "ممکن است که چگالی ماده بی نهایت نشود ، انتظار میرود که نسبیت عام پیش‌ازاین که چنین چیزی روی دهد ،ازاعتباربیفتد .امادلایل خوبی در دست داریم که معتقد باشیم چگالی ماده، حداقل به میزان باورنکردنی ای زیاد خواهد شد .

تصور میشود که‌نسبیت عام باید در مناطقی که کوچکتر از هسته اتم باشند نیز ، معتبرباقی‌بماند . اگر چنین‌باشد ، ممکن است سراسر جهان در

---

۱ ــ این بدان معنا نیست که قوانین فیزیک ، تغییر میکنند ،احتمالا " قوانین تغییر ناپذیری وجود دارند که رفتار مادهٔ را در چگالی های بالا شرح میدهند ، فقط ما آنها را نمی‌شناسیم .

حجمی به اندازهٔ هسته اتم یاکوچکتر ازآن فشرده شود تا پدیده‌های ناشناخته، فروپاشی آن را متوقف کنند. واگر جهان چنین آوار جرمی ای را تجربه کند، تصوراینکه‌قوانین‌فیزیکی‌ای‌که می‌شناسیم‌معتبر باقی خواهند ماند، دشوار است.

این، در بین‌نکات‌دیگر، این‌نکته را نیز نمایان میسازد که‌ما، آزاد هستیم هر چه رادوست داریم، تصور کنیم. آزادیم که مانند رواقیون، معتقد باشیم که جهان بطور جاویدان خود را تکرار میکند. میتوانیم‌مانند بیگانهٔ افلاطون، به نظریهٔ جهان بر عکس، معتقد باشیم. و البته همیشه امکان این هست‌که فکر کنیم که‌زمان و فضا درآواربزرگ به پایان میرسند.

حتی اگر ثابت شود که جهان ما باز است، این حقیقت لزوما" تفکر را محدود نخواهد کرد. بر طبق نظریات فیزیکدانان دانشگاه پرینستون، رابرت.اچ.دیک، وپ. ژ. ــ‌ای. پیبل، میتوان تصورکرد که جهان ها بتوانند مجددا" خود را ایجاد کنند. در چنتن حالتی، حتی جهانی‌که تا ابد منبسط میشود، میتواند مبدایی‌ایجادکند که تا ابد به نوسان ادامه دهد (یا حداقل، تازمانی که‌منشاء خودرا ایجاد کند). درچنین حالتی، باز هم جهان ها میتوانند به گونه‌های‌بیشماری وجود داشته‌باشند.

دیک و پیبل اشاره میکنند که‌دلیلی‌دردست نیست‌که جهان‌نوسان گر نتواند درهر سیکل پی‌در پی، پرجرم‌تر شود. گر چه،آن ها نمی‌گویند که چنین اتفاقی چگونه ممکن است روی‌دهد، اما از ما می‌خواهند که تصور کنیم جهان درهر جهش " فربه تر" میشود.

اگر چنین اتفاقی بتواند برای جهان روی دهد، احتمالا" در حفرهٔ سیاه نیزکه جهان درهم فرو پاشیدهٔ کوچکی است، نیز، چنین اتفاقی می‌افتد. حفره‌های سیاه، درجهان باز میتوانند " آوارهای بزرگ" کوچکی را تجربه کنند، ودوباره در " انفجارهای بزرگ" کوچک به‌بیرون بجهند. طبیعتا" ما قادر نیستیم چنین رویدادی را ببینیم، این چیزی است که

درون افق‌واقعه‌اتفاق‌می‌افتد . مادامی‌که‌حفره‌های‌سیاه‌به‌سرعت به جهانهای جدیدی تبدیل نشده‌اند ، ما هرگز قادر نیستیم که آشکار کنیم درون آنها چه می‌گذرد .

در تئوری دیک و پیبل ، هنگامی که جهان بازتبخیر میشود و به‌هیچ می‌پیوندد ، همه چیزبه پایان میرسد . درآن زمان " بذرهای " حفره‌های سیاه ، میتوانند خود تبدیل‌به‌جهان‌های‌دگری‌شوند . این استدلال‌که تمام حفره‌های سیاه ، باید دیر یازود تبخیر شوند متناقض این نظریه نیست ، زیرا اگر افزایش اندازهٔ حفره‌های سیاه با سرعت ثابتی باشد ، لازم‌نیست که تبخیر روی دهد . بنابراین ، میتوان تصور کرد که جهان ما " جهانهای کوچک" بیشماری رادر خود دارد که‌سرانجام به‌اندازهٔ خود جهان ما خواهند شد . اگرچنین شود ، این جهان ها تا ابد از یکدیگر جدا خواهند بود . فرار از حفرهٔ سیاه امکان‌پذیر نیست ، حتی اگر جهانی‌که آن‌راا حاطه کرده است ، دیگر وجود نداشته باشد .

حتی‌لازم نیست که ستارگان ، پیش از این که امکان آفرینش بذرهای حفره‌های‌سیاه وجود داشته‌باشد ، تشکیل‌شوند . تئوری دیک و پیبل مسئلهٔ حفره‌های سیاه کوچک را نیز بخوبی حل‌میکند . به علاوه چنین حفره‌های کوچکی میتوانند از هیچ آفریده شوند ، ــ آفرینش شدید از هیچ .

دیک و پیبل ، موقعیتی‌راتصورمیکنندکه‌درآن‌چند ذره‌ازنوعی نوسان اتفاقی به وجودبیایند . برطبق مکانیک کوانتیک ، چنین نوساناتی پیوسته رخ میدهد . اما ، از آن جا که چنین ذرات بالقوه‌ای ، به صورت جفت های ذره ــ ضد ذره خلق میشوند ، پیش از آن که مابه وجودشان توجه کنیم ، یکدیگر را نابود میکنند .

در جهان کوانتیک ، فضاهرگز نمیتواند " تهی "باشد . این فضا لبریز ازذراتی‌است که سریعا " و درزمانی درحدود 10^{-24} ثانیه‌به‌وجود میآیند و دوباره ناپدید میشوند .

اما ، فرض کنیدکه تعدادی‌از این ذرات بالقوه ، پیش از این که نابود شوند آن قدر به هم نزدیک شوند که تشکیل حفرهٔ سیاه بدهند . بر طبق تئوری های رایج، این، تفاوتی ایجادنمی‌کند ،حفره‌های سیاهی که از این راه تشکیل شوندفورا "تبخیرخوهند شد .اگر از این طریق ،حفره‌های‌سیاهی ساخته شوند ، پدیدهٔ قابل مشاهده‌ای وجود نخواهد داشت .

اما ، در تئوری دیک و پیبل ، حفره‌های‌سیاه‌تبخیرنمی‌شوند . درعوض طی کردن نوسانات جهان ــ مانندی را برای افزایش جرمشان ، آغاز میکنند . سرانجام ،جهانهای‌کاملا " درخوری از آن‌ها نتیجه‌خواهد شد .

اگر بعضی از تئوریهایی که تاکنون بررسی کردیم ، عجیب و غریب بودند ، این یکی مطلقا " عصبانی کننده‌است . اما ، دوباره میگویم ، این لزوما " بدان معنا نیست که این تئوری نمی‌تواند صحیح باشد .

دراین مرحله ،باید رئوس مطالب را تکرار کنیم و حقیقت را از تصور تمیز دهیم . هنگامی‌که‌درمورد صحت احتمالی‌چیزی بحث میکنیم ، بهترین کار این نیست‌که تصور خودرا محدود کنیم . اگر ما در درک جهان شکست میخوریم ، این بدان‌سبب نیست که تئوری ها " پریشان" هستند ، از آن روست که ما تصور خود را برای اینکه آنها را به قدر کافی‌پریشان کنیم ، از دست داده‌ایم . امانبایداشتباه‌کنیم‌و مرز میان‌حقیقت و تصور را مغشوش کنیم .

تنها چیزی که ما با یقین‌کامل میدانیم ، این است که نوری که از کهکشانهای دوردست‌به ما میرسد دچار انتقال به قرمز شده است . از روی این حقیقت ، منجمین استنباط کرده‌اند که جهان منبسط‌میشود . این تنها توضیحی است که ازهر جهت ، منطقی به نظر میرسد . تئوری های‌دیگری وجود دارند ، اماظاهرا " هیچ‌یک‌از آنها قادرنیستند‌که تمام‌حقایق مشاهده شده را توضیح دهند .

ما میدانیم که انفجار بزرگی بوده‌است ، این امر ، اکنون اثبات شده

در نظر گرفته میشود. تئوری انفجار بزرگ ما را به توضیح بسیار طبیعی انبساط جهان، قادر میسازد. این تئوری، میکروویوهای زمینه‌ای کیهانی و میزان رصد شدهٔ هلیوم ــ دوتریوم را نیز توضیح میدهد. تئوری های دیگر، توضیح مناسبی برای این حقایق مطرح نمی کنند. این تئوری‌ها، طرد شده‌اند.

سرانجام، ما میدانیم که تقریبا " ۱۰ تا ۲۰ میلیارد سال از عمر جهان میگذرد. همان طورکه دیدیم بحث‌هایی درمورد سن دقیق جهان در جریان است. اما، هیچ کس شک ندارد که میزان سن تعیین شدهٔ جهان از درجه‌ای صحیح است

این‌ها، چیزهایی است که واقعا " میدانیم. اگر پیش از انفجار بزرگ چیزی رخ داده باشد، از آن اطلاعی نداریم. ما، نمی‌دانیم که جهان بسته است یا باز، تا ابد منبسط خواهد شد یا انبساط را فروپاشی آتشینی به پایان خواهد رساند. فرض کنیم جهان درهم‌فرو پاشد، ما نمی‌دانیم که آیا دوباره منفجر خواهد شد یا نه ــ ما نمی‌دانیم که آیا سیکلهای پیاپی در جهان نوسان گر، به سیکلی که درآن هستیم، شباهت بسیار دارد یا با آن بسیار متفاوت است. و البته نمی‌دانیم که درون حفره‌های سیاه چه می‌گذرد.

شاید، بی دانشی ما باشد که به تفکرات کیهانشناسی این کیفیت تخیل آمیزی را که اکنون داراست، داده اند. تا آن وقت که نمی‌دانیم چه چیزی روی خواهد داد، باید برای پذیرش همهٔ نظریات آماده باشیم. هر چند نتوانیم بگوییم که چه چیزی صحیح است، حداقل باید کوشش کنیم که دریابیم چه چیزی ممکن است صحیح باشد. اگر درچنین کاری موفق باشیم، آن وقت لازم است که تصورمان را محدود کنیم.

فصل هشتم

جهانهای دیگر

در سالهای اخیر، این نظریه‌که جهان‌باید از زندگی لبریز باشد، ازنظر علمی همه‌گیر شده است. اکنون، بیشتر دانشمندان معتقدند که در هر جایی که شرایط‌مناسب باشد، زندگی به طور اجتناب ناپذیری به وجود خواهد آمد. و فقط، اگربرداشت‌ما از جهان با چیزی که اساسا" غلط‌است همراه باشد، شرایط‌مناسب درجاهای اندکی‌وجود دارد.

۲۰۰ میلیارد ستاره‌درکهکشان راه‌شیری‌وجود دارد و کهکشان ما یک کهکشان از میلیاردها کهکشان‌است. حدس زده میشود که اگر جهان بسته باشد حداقل باید حاوی ۱۰ میلیارد کهکشان‌باشد. اگر جهان باز باشد کهکشانها نامحدودهستند. ازاین‌رو، اگر در اطراف‌اغلب ستارگان، سیاراتی وجود داشته باشند ــ و همان‌طورکه خواهیم دید، دلایل بسیاری دردست است که‌فکرکنیم‌چنین است ــ پس میلیاردها میلیارد مکان‌وجود دارد که درآنها، شرایط‌منطقا"شبیه‌زمین‌است. دانشمندان‌آن قدر متعصب نیستند که اصرار بورزند این‌مکان‌ها، تنها مکان‌هایی هستند که زندگی میتواند در آنها به وجود آید، یا ارگانیسم های برون زمینی، الزاما" باید شبیه آن باشند که در روی‌سیارهٔ ما یافته میشود. دانشمندان اعتراف میکنند که ممکن است اشکالی‌اززندگی درآن مکان ها، وجود داشته باشند که از متان تنفس میکنند، یا ترکیبات شیمیایی آنها به جای کربن مبتنی‌بر سیلیکون باشد. حتی‌حدس‌زده‌شده‌است که وجود زندگی بر سطح ستارگان نوترونی،

امکان پذیر است ، اما ، تا وقتی مدرکی حاکی ازاین که چنین اشکالی از زندگی به‌راستی ممکن هستند ، بیابیم ، تصوروجودزندگی‌ای که‌منطقا "باید شبیه زمین باشد بهترین کاراست . حداقل ، میدانیم که یک نوع زندگی ممکن است . اگر دلایل‌متقاعدکننده‌ای‌بیابیم ، حاکی‌از این‌که این نوع زندگی درجاهای زیادی وجوددارد ، پس‌میتوانیم نتیجه‌بگیریم که‌جهان از زندگی پر است . حال چه انواع دیگرزندگی وجود داشته‌باشند ، چه وجودنداشته باشند .

در طول سالهای اوایل‌قرن‌بیستم، اعتقادبراین‌بودکه‌زندگی برون‌زمینی اگر اصلا" وجودداشته باشد ، باید کاملا" نادرباشد . درآن زمان ، چنین اندیشیده میشدکه‌سیارات منظومه‌ما ، هنگامی‌که خورشید برخورد نزدیک با ستاره‌ای گذران‌را طی میکرده است ، تشکیل شده‌اند . اما ، از آن جایی که در هر کهکشانی‌فاصلهٔ ستارگان با هم بسیاراست ، چنین رویدادی‌باید بی‌نهایت‌نادر باشد . بخت‌این که‌ستاره‌ای مانند خورشید در طول دوره‌ای پنج‌میلیارد ساله ، از فاصله‌ای چنین نزدیک‌به ستاره‌ای دیگر ، بگذرد فقط درحدود ۱ در ۱۰ میلیارد است . این ظاهرا" ، بدان‌معنا بود که‌فقط تعداد انگشت‌شماری‌از ستارگان‌میتوانند‌دارای سیاره‌باشند . به‌نظر میرسید که اگر زندگی‌درجایی دیگر ، در کهکشان ما ، وجود داشته باشد ، حداکثر فقط در ۲ یا ۳ جای دیگر بخت به وجود آمدن‌داشته است . البته ، تعداد ستارگانی که دارای سیاراتی دراطراف خود باشند بیش‌از این بود . اما ، بعضی از این ستارگان‌برای اینکه تکیه گاه زندگی‌باشند ، زیادی داغ بودند و بعضی زیادی سرد ، بعضی از سیارات کوچکتر از آن بودند که جو خود را حفظ‌کنند و بعضی بیش از اندازه‌به خورشید خود نزدیک بودند . در محل های دیگر ، ممکن‌است زندگی تنهااز آن رو که به هنگام انبساط ستاره و تبدیل آن‌به‌غول‌سرخ ، منهدم شود ، آغاز شده‌باشد . اگر کسی میخواست میتوانست فرض کندکه زندگی‌تنهاروی زمین‌آفریده شده است . درآن زمان هیچ مدرک علمی‌برای‌مخالفت با این اعتقاد وجود نداشت .

در اواخر دههٔ ۱۹۳۰، آشکار شد که فرضیه برخورد دارای اشکالاتی است. محاسبات نشان دادند که ماده‌کشیده شده از سطح خورشید به وسیلهٔ ستارهٔ گذران، به‌صورت جامد در نخواهد آمد، بلکه درفضای بین ستاره‌ای پراکنده‌خواهد شد. به نظر میرسید که سیارات اصلا" نباید وجود داشته باشند.

در ۱۹۴۳، فیزیکدان آلمانی کارل‌فون ویزساکر، تئوری ای را احیاء کرد که‌در اصل به وسیلهٔ لاپلاس و فیلسوف آلمانی امانوئل کانت درقرن هجدهم، مطرح شده بود. ویزساکر، با به قالب ریاضی درآوردن فرضیهٔ لاپلاس ــ کانت، آن را اصلاح کرد. این کار محاسبات ریاضی مفصل را، که براساس آن‌میشد تئوری را در برابر اطلاعات مشاهده‌شده‌آزمود، امکان پذیر ساخت.

پیروزی تئوری ویز ساکر، پرطنین بود. به زودی آشکار شد که این تئوری نه تنها دلیل وجودسیارات را نشان‌میدهد، بلکه توضیح میدهد که چرا سیارات‌باید دارای‌انواع حرکت‌های مداری باشند و ترکیبات شیمیایی مشاهده شدهٔ آنها را نیز، توضیح میدهد.

بر طبق این تئوری، سیارات از ابر حلقوی غبار و گازی که در مراحل اولیه تحول خورشید در اطراف‌آن‌تشکیل‌شده‌بود، به وجود آمده و فشرده شده‌اند. امروزه، این‌تئوری‌در تمام‌جهان پذیرفته شده است. گر چه هنوز ممکن است‌درآن تغییرات‌کوچکی به عمل آید، اما تردید در صحت خطوط عمده آن ممکن نیست.

در خورشید، هیچ چیز خاصی نیست که‌باعث شود معتقد شویم که سیارات فقط‌در اطراف‌آن تشکیل شده‌اند، اما در اطراف ستارگان دیگر، نه ــ عملا" در اطراف تمام ستارگان جهان، باید سیاراتی وجود داشته باشند ــ ممکن است بسیاری از این‌سیارات، بیش‌از آن سردیا گرم، کوچک یا بزرگ باشند که مناسب زندگی‌باشند.

بعضی از سیارات، ممکن‌است دارای جو نباشند، و برخی دیگر ممکن است در مدار ستارگانی‌پرجرم و داغ حرکت کنند که پیش از اینکه تکامل زندگی‌بخت این‌را داشته باشد که آغاز شود، آن را از بین ببرد. اما اگر حتی ۹۹ ستاره از ۱۰۰ ستاره بعنوان موطن احتمالی زندگی حذف شوند، میلیاردها مکان احتمالی برای زندگی باقی خواهد ماند.

در حقیقت، ۹۹ درصد ستارگان را نمیتوان حذف کرد. تخمین زده میشود که منطقا "برای‌هر ۵ ستاره از کهکشان ما ۱ سیاره مانند زمین وجود داشته باشد، این نشان‌میدهد که بایدچیزی‌در حدود ۴۰ میلیارد مکان احتمالی، زندگی، فقط در راه شیری وجود داشته باشد.

اکنون زیست‌شناسان‌معتقدند که هرجا که شرایط مناسب وجود داشته باشد، زندگی‌بایدبه طرزی‌اجتناب ناپذیر، به وجود آید. تمام چیزی که مورد نیاز است، جوی است شبیه به آن چه در دوران اولیه برروی زمین وجود داشته‌است. درصورتی که منابعی از انرژی از قبیل تشعشات فرابنفش از ستاره وجودداشته‌باشد، مواد آلی پیچیدهٔ شیمیایی خود بخود تشکیل خواهند شد. اسید ــ نوکلئیک و آمینواسیدها، که در هر سلول‌زنده‌ای یافت میشوند، درمیان‌این‌مواد پیچیده‌هستند. تا کنون هیچکس مراحلی را که‌این موادآلی، احتمالا"، در طی آن با هم گرد می‌آیند تا نخستین ارگانیسم‌زنده‌رابسازند، شرح‌نداده‌است. اما، دانشمندان متقاعد شده‌اند که این فرآیند، باید درطی میلیاردها سال، در هر جا که شرایط مساعد موجود باشد، اتفاق بیفتد.

تصور اینکه زندگی درجایی دیگر درجهان‌وجود داشته باشد و به خصوص تصور احتمال‌وجودگونه‌های‌متعدد هوشمند، وتمدن‌های تکنولوژیک جالب است، اما، سئوال‌فریبندهٔ واقعی ممکن است نه این که" آیا زندگی هوشمندانهٔ دیگری در جهان وجوددارد" بلکه این باشد که" در وهلهٔ اول چرا جهان باید این قدر برای وجود زندگی، مناسب باشد؟"

حتی اگر دریابیم که در نظریات ما در بارهٔ تشکیل سیارات، اشتباه بزرگی وجود داشته‌باشد، حتی اگر دریابیم که جهان پر از زندگی نیست، هنوز باید به این سئوال پاسخ داده شود، زیرا علیرغم این چیزها، ما وجودداریم. وهمان طورکه خواهیم دید، این حقیقتی است که باید توضیح داده شود.

در ابتدا، تصورنمیشودکه حقیقت وجودزندگی زمینی و وجود انسان هوشمند، اصلا" نیازی به توضیح‌داشته باشد. انسان وسوسه میشود که بپرسد: "آیانمی‌توانیم این حقیقت را که ماوجوددداریم به سادگی بپذیریم وبه‌آن کاری نداشته باشیم؟" و در هر حال، آیا پیش از این اشاره نشد که دانشمندان‌معتقدندکه اگرشرایط درست، موجودباشند، زندگی اجتناب ناپذیر است.

با وجود این حقیقت، که شرایط بر روی زمین مساعد بوده‌اند، آیا این که تکامل، بایدسرانجام‌گونه‌های‌هوشمندی‌راخلق کند، اجتناب ناپذیر نبود؟

البته، پاسخ‌این‌است‌که وجودزندگی و گونهٔ هوشمند اجتناب ناپذیر بود. اما، ما هنوز باید توضیح بدهیم که چرا چنین شرایط ایده‌آلی وجود داشته‌اند. ممکن‌است، جهان‌هایی‌متعددودرانواع‌مختلف را، تصور کنیم. در قسمت اعظم این جهانها، زندگی احتمالا" نمی‌تواست‌پیدا شود. جهان برای‌این که، برای زندگی‌مناسب باشد، باید خیلی مخصوص باشد. سئوالی که ما واقعا" می‌پرسیم این است: "چرا جهان این قدر مخصوص است؟".

یکی ازگیج‌کننده‌ترین‌چیزهادربارهٔ جهان، اندازهٔ آن‌است. نزدیک ترین ستاره به زمین، بیش‌از چهار سال نوری یا در حدود ۲۵ تریلیون مایل با ما فاصله دارد و با این همه، با معیارهای نجومی، این فاصله‌ای است بسیار کوتاه. منجمین کهکشانهایی را، رصدکرده‌اند که میلیاردها

سال نوری از ما دورهستند . جهان در هر جهت حداقل دهها میلیارد سال نوری امتداد دارد . و البته ، اگر جهان باز باشد ، تا ابد ادامه دارد .

این موضوع را ، میتوان به طریق دیگر مد نظر قرار داد : جهان ، بسیار گسترده است ، " گرچه ستارگان و سیارات ، نسبتا " فشرده هستند ، اما فاصلهٔ عظیمی بین آنها وجوه دارد . درنتیجه ، جهان به طور متوسط دارای کمتر از یک اتم مادهٔ معمولی درهر متر مکعب از فضا است . هوا 10^{27} بار ازفضا رفشرده تراست . و با این همه ، مادر بارهٔ " هوای رقیق " صحبت میکنیم . چرا بایدماده باچنین رقتی درفضا پراکنده شده باشد . جای تعجب است که به این سئوال میتوان نسبتا " آسان پاسخ داد . اگرقراراست درجهانی زندگی به وجود بیاید ، بایدمانند این جهان گسترده باشد . در جهانی فشرده تر ، انبساط بسیار سریع تر متوقف میشود ، و زمان کافی برای خلق زندگی وجودنخواهد داشت .

حداقل میلیاردها سال پیش از این که زندگی بتواند به وجود آید ، باید بگذرد . کهکشانها و ستارگان باید تشکیل شوند ، سیارات باید آفریده شوند و بخت سردشدن را داشته باشند . طبیعت ، باید فرصت این را داشته باشد که آزمایشهای شیمیایی را یکی پس از دیگری انجام دهد تا نخستین ارگانیسم زنده تشکیل شود . جهانی که از جهان ما بسیار فشرده تر باشد ، پیش از این که هیچ یک از این اتفاقات روی دهد ، درهم فرو می پاشد .

اگر قرار است زندگی فرصت وجود داشته باشد ، جهان باید درست با همین سرعت که هست از گوی آتشین نخستین ، منبسط شده باشد . اگر جهان ما ، با سرعتی با ضریب یک قسمت درمیلیون آهسته تر ، منبسط شده بود ، درآن صورت انبساط فقط ۳۰۰۰۰ سال بعدوهنگامی که دما هنوز ۱۰۰۰۰ درجه بود ، متوقف میشد . و اگر انبساط با ضریب یک قسمت درمیلیون ، سریعتر بود ، کهکشان ها نمی توانستند تشکیل شوند . ماده ، که سرعت کافی داشت تا از فشرده شدن وبه صورت انبوهه درآمدن بگریزد ، از مبداء خود پروازکنان

دور میشد .

به سخن‌دیگر ، جهان باید به‌مرز بسته و باز بسیار نزدیک باشد تا زندگی ، اصولا " بخت به وجود آمدن داشته‌باشد . سرانجام بدین پرسش " که‌چرا گفتن این جهان محدود است‌یانامحدود ، چنین مشکل است ؟ " پاسخ دادیم . اگر میتوانستیم بدون اشکال زیادبدین پرسش، پاسخ دهیم ، در مقابل امکان باز یا بسته بودن جهان متحیر نمی‌ماندیم .

جهان ما ازجنبه‌های‌دیگری نیز ، دارای ویژگی های مخصوص به خود است . اگر نیروی هسته‌ای فقط چند درصد از این‌که هست ، قوی تر بود ، زندگی وجود نمی‌داشت . نیرویی قوی‌تر باعث میشدکه تمام هیدروژن اولیه ــ و نه فقط ۲۵ درصد آن ــ دراوایل تاریخ جهان به هلیوم تبدیل شود . و بدون هیدروژن ، درخشش ستارگان نمیتواست آغاز شود .

تا آن جا که ما میدانیم ، چهار نیروی بنیادی درطبیعت‌وجود دارند نیروی گرانش، الکترومغناطیس‌و نیروهای " ضعیف " و " قوی" هسته‌ای . اگر قرار باشد زندگی امکان‌وجود داشته باشد ، هر کدام از این نیروها ، باید درست دارای‌همین مقدار باشند . برای مثال ، اگر نیروهای الکتریکی ، بسیار قوی تر از این که هستند ، بودند عنصری سنگین‌تر از هیدروژن تشکیل نمی‌شد . پروتون های دارای بارمثبت ، آن چنان یکدیگر رادفع میکردند که نیروهای" قوی" هسته‌ای ، نمی‌توانستند بر " دفع متقابل" آنها ، غلبه‌کنند . اما ، دفع متقابل ــ الکتریکی نمیتواند زیاد هم ضعیف باشد . اگرچنین بود ، پروتونهابه سادگی باهم ترکیب میشدند و خورشید بدین آهستگی و یکنواختی که اکنون‌میسوزد ، نمی‌سوخت . پروتون‌ها همراه‌با انفجار ترکیب‌میشدندو خورشید (فرض کنید خورشید طوری ساخته شده بود که تاکنون وجود داشت) ، مانند بمبی گرماهسته‌ای منفجر میشد .

اگر نسبت‌بین‌نیروهای‌هسته‌ای‌ضعیف وقوی‌متفاوت‌بودنیزهمین قبیل چیزها اتفاق‌می‌افتاد . هسته هیدروژن، یا با سرعت بسیار بیشتری تبدیل

به هلیوم میشد ، و یا این واکنش به این سادگی اتفاق نمی‌افتاد . می‌باید چنین نتیجه‌گیری کنیم ، که تغییرات کوچکی درنیروهای طبیعت به وجود جهان هایی منجر میشد که زندگی درآنها امکان وجود نداشت . دربعضی از جهانهای قابل تصور ، ماده باسرعت بسیار در حفره‌های سیاه فرو می‌پاشد . درجهانهای دیگر ، واکنشهای هسته‌ای سریع ، آن چنان پرتوهای کیهانی شدیدی ایجاد خواهد کرد که تحت آن ، امکان تکامل زیستی نخواهد بود . چرا جهان ، باید درست با چنین سرعتی دراثر انفجار گوی آتشین اولیه انبساط یافته باشد ؟ چرا نیروهای طبیعت ، بایددرست دارای همین مقدار باشند ؟

پاسخ تئوری های فیزیکی جدید ، به‌این دو پرسش به یک اندازهٔ ناکافی است .

مثلا" ، مقدارنیروی الکترومغناطیس (که شامل هر دو نیروی الکتریکی و مغناطیسی میشود) به عددی به نام *ثابت ساختمان ریز* ، وابسته است . نام این عدد ، ازاین موضوع ناشی شده است که مقدار آن را میتوان با مطالعهٔ ساختمان ریز ، در طیف نوری منتشره به وسیلهٔ اتمها ، تعیین کرد . مقدار این ثابت ، ۱/۱۳۷ است . هیچکس نمی‌داند که چرا این عدد ، باید به جای ۱/۱۳۶ یا ۱/۴۸۵ ، دارای این اعشار باشد . اما ، اگر این عدد ، به ۱/۱۳۷ نزدیک نبود ، درآن صورت ، زندگی وجود نمی‌داشت .

درسالهای اخیر ، رسم شده است که آفرینش زندگی را بعنوان مرحله‌ای درتکامل کیهانی ، مورد بررسی قراردهند . نخست ، کهکشان‌ها و سپس ستارگان و سیارات به وجود آمدند . این ، شرایطی را به وجود میآوردکه لازمهٔ تشکیل ملکولهای آلی پیچیده و درنهایت شکل‌گیری زندگی است . این تسلسل آن‌چنان اجتناب‌ناپذیر به نظر میرسدکه تصور عدم امکان وجود زندگی ، دشواراست . همان‌طورکه کارل ساگان ــ منجم بیان میکند : ظاهرا" علت وجود زندگی در بطن قوانین شیمیایی جهان ، نگاشته‌شده است . "

اما، زندگی چگونه میتواند در بطن قوانین شیمیایی نگاشته شده باشد؟ چگونه است که عناصر عادی ای مانند کربن، نیتروژن و اکسیژن دارای این ساختمان اتمی شده‌اند؟ ساختمانی که برای ترکیب ملکولهایی که زندگی برآنها مبتنی است، لازم است؟ تقریبا"، مانند آن است که جهان عمدا" طوری طراحی شده است که زندگی اجتناب ناپذیر باشد.

دانشمندان پیشین، دراین نتیجه‌گیری که چنین مشاهداتی دال بر وجود خالق است، تردید نمیکردند. منجم آلمانی یوهان کپلر، که قوانین حرکت سیاره ای را بر پایهٔ قانون گرانش نیوتن کشف کرد، معتقد بود که افلاک، تجلی زیبایی و همنوایی آفرینش یزدانی هستند. نیوتن میگفت که مثلا"، منظومهٔ شمسی " فقط باعلل طبیعی قابل توضیح نیست" و ساختمان آن باید به " تدبیر و تمهید عاملی دارای اراده " نسبت داده شود.

این نظریه که بدان نام " استدلال طرح" داده‌اند، امروزه زیاد مورد توجه نیست. بیش از دو قرن از هنگامی که کانت درکتاب خود *انتقاد بر استدلال محض* به کاستی هایی در این بحث اشاره کرد، . گر چه ظاهرا"، این نظریه به طورکامل از بین نرفته است، اما خداشناسی نوین دیگر برآن متکی نیست (به خاطر میآورم که آن‌را درمدرسهٔ یکشنبه، به هنگام کودکی، می‌شنیدم).

برخلاف نیوتن و کپلر، دانشمندان امروزی معتقد نیستند که پهنه‌ای وجود داشته باشد که درآن فیزیک وخداشناسی با یکدیگر ممزوج شده باشند. اگر علم سئوالی را مطرح کند، باید برای پاسخ دادن به آن بکوشد. اما از این حقیقت که جهان دارای چنین ویژگی‌های خاصی است، دقیقا" چه نتایجی باید بگیریم؟ آیا بایدبگوییم که این نوعی حادثهٔ کیهانی است؟ یقینا"، این زیاد قانع کننده نیست.

یک راه‌ساده، برای گریز از این دشواری، فرض وجود جهانهای بیشمار است. جهانهایی وجود دارند که دارای ویژگی‌های خاص جهان ما نیستند،

اما درآنها زندگی وجود ندارد. دلیل این که جهان‌ما دارای چنین ویژگی‌های خاصی است، این است که در غیر این صورت کسی نبود تا آن را بنگرد.

نظریه جهانهای بی شمار، چیز تازه‌ای نیست. این، در واقع بیان امروزی تئوری دنیاهای‌بسیار جوردانو برونو و فلاسفه یونانی، دموکرتیوس و اناکسیماندر، است. تنها تفاوت‌بین‌بیان‌امروزین این نظریه و طرز بیان قدیمی آن، این است‌که افق‌دید به نوعی وسیع شده است. ما از "جهان" صحبت می‌کنیم، در صورتی که‌برونو و یونانی‌ها، از "دنیا" صحبت میکردند (دنیادراین جا به معنای کره زمین و جهان به معنای کل گیتی به کار رفته است).

این نظریه که گویا اطلاعات‌نجومی، وجود جهان های بی شماری را نشان میدهند، نخستین بار درسال ۱۹۶۱، به وسیلهٔ رابرت دیک پیشنهاد شد. اما پیشنهاد دیک به بحث علمی مفصلی منجر نشد، شاید کمی از زمان خودجلو بود. و هنگامی که‌ریاضیدان انگلیسی براندون کارتر مشاهدات مشابهی انجام‌داد، دروهلهٔ اول حتی آن را منتشر نکرد.

اما در ۱۹۷۳، این‌مسئله‌به‌وسیلهٔ استفن‌هاوکینگ‌وهمکار دانشگاهی‌اش باری کالینز، احیاء شد. کالینزو هاوکینگ، طی مقاله‌ای که‌درنشریه نجومی منتشر شد، گفتندکه کهکشانها ــ و درنتیجه‌زندگی ــ فقط درجهانی میتواند آفریده شودکه‌باسرعت‌کافی برای‌اجتناب از باز فروپاشی، درنتیجه انفجار بزرگ، منبسط شده باشد. آنها، ادعا کردند که‌وجود کهکشانها و زندگی، بدین معناست‌که‌جهان" دقیقا" (و نه آن طور که قبلا" دیده‌ایم "تقریبا") برروی‌مرزبسته و بازقرار دارد. ظاهرا"، این فرضیه برای کالینزو هاوکینگ کشش خاصی داشت.

تنها اشکال این بود که، احتمال این که جهان دقیقا" بر روی مرز بسته و باز قرار داشته باشد، صفر است. هنگامی که کمیتی (در این مورد

سرعت انبساط) بتواند دارای بی‌نهایت مقادیر ممکن باشد ، بخت این که دارای مقداری خاص‌شود ، صفر است . از این رو ، کالینزوهاوکینگ ، قدمی را برداشتند که پیش از آنها دیک و کارتر ، برداشته بودند . آنها گفتند : یک راه احتمالی برای خروج‌از این‌دشواری ، فرض جهانهای بیشماری است که‌دارای تمام شرایط ابتدایی ممکن باشند .

وجود جهان های‌بی شمار ، تنها نتیجه‌گیری ممکن نیست ،مثلا " ، جان آرجیبالد ــ ویلر و ریاضیدان آمریکایی س . م . پاتون گفته‌اند : تنها جهانی به وجود خواهد آمدکه‌بتواندتکیه‌گاه‌زندگی‌هوشمندانه باشد :عوامل ناشناخته ، تمام جهان‌های احتمالی را که‌فاقد گونه‌های هوشمندی هستند که آنها را مشاهده کنند ، حذف‌میکنند . اما ، نظریه امکان اندرکنش بین ناظر و جهان ، در نظر اغلب دانشمندان ، کمی عرفانی است .

نظریهٔ جهان‌های جایگزین ، نظریه‌ای‌قدیمی‌در داستانهای علمی ، است . هر کسیکه‌داستانهای زیادی از این نوع خوانده باشد ، یقینا " به داستانهای بلندو کوتاه زیادی برخورد کرده است که چنین جهان‌هایی‌را معرفی کرده‌اند . رایج ترین این‌نوشته‌ها ، این است که جهان درهر لحظه ، به نسخه‌های‌تقریبا " همانندی از روی خود ، تقسیم میشود . این نظریه ، بسیار ساده است . هیچ چیز ، بدیهی تر از این‌نیست که جهان ما پر از رویدادهای تصادفی‌است . ظاهرا " ، دلیلی وجود ندارد که چرا چیزی باید این جور اتفاق‌بیفتدو نه جوردیگر . اما ، مولفین‌داستانهای علمی میگویند که جهان ، ، هر بار که یکی از این رویدادهای تصادفی اتفاق می‌افتد ، به دوپاره تقسیم میشود . اگر ، این چنین باشد ، جهانهای بی شماری وجود خواهند داشت که‌کمابیش‌باجهان‌ما فرق‌میکنند . دربعضی از این جهانها ، بجای دختر دارای‌پسر بوده‌اید . دربعضی از این جهان ها ، جنوبی‌ها در جنگ داخلی فاتح شده‌اند .و در بعضی دیگر ، زندگی بشری بر روی سیاره ما هرگز به وجود نیامده است .

چنین داستانهایی بسیارسرگرم کننده‌اند. ممکن است انتظار برخورد با تئوری های علمی مشابه را نداشته باشیم. اما، چنین تئوری ای‌وجود دارد. این تئوری، تفسیر *دنیاهای بسیار* مکانیک کوانتیک، نامیده میشود و به وسیلهٔ هوگ اورت به هنگام دفاع از رسالهٔ دکترایش دردانشگاه، پرینستون در ۱۹۵۷، پیشنهاد شد.

در آغاز، تئوری اورت توجه‌زیادی‌را جلب نکرد. اما، هنگامیکه پیشنهادهای مبتنی بر وجود جهانهای جایگزین راه انتشار یافتند، توجه افزایش یافت. درسالهای اخیر، ویلر نیز مانندیگران از این تئوری دفاع کرده‌است. این دفاع برپایه" کیهان شناسی خود مرجع " ویلر و پاتون که در بالا شرح‌داده‌شد، استوار نیست. اما، ظاهرا" ویلر فیزیکدانی است که میخواهدکشف کند که هر نظریهٔ جالبی به کجا منجر میشود.

مکانیک کوانتیک، تئوری‌ای است غیر جبری. رویدادهای درون اتمی و درون سطوح‌زیر اتمی را فقط با احتمالات میتوان شرح داد. امکان پیش بینی نتیجهٔ آزمایشی که با تعدادکمی اتم یا ذره سروکار داشته باشد، وجود ندارد. فقط هنگامی‌که تعدادزیادی‌از این‌ذرات وجود داشته‌باشند، میتوان گفت دارای رفتار آماری معینی هستند.

این چند مثال، باید این نظریه را روشن تر سازند: نخست به‌رفتار یک جسم ماکروسکوپیک‌که مکانیک‌کوانتیک برآن حاکم نیست، نظر خواهیم انداخت، یک‌سیاره. در اصول، میتوان وضعیت یک سیاره رابا دقت کامل پیش‌بینی‌کرد. تنها عامل محدودکننده اندازه و سرعت کامپیوتر ما و دقت رصدهای قبلی است. در صورت داشتن‌اطلاعات و زمان نامحدود برای محاسبه، هیچ‌چیزمارا از محاسبهٔ وضعیت مریخ‌در ۹ صبح چهاردهم آوریل یک میلیون سال‌دیگر، باز نمی‌دارد. درعمل، انجام این کار آسان‌نیست، اما فقط بدان دلیل‌که‌ما درموردمیزان‌اختلالاتی‌که به واسطهٔ وجود سیاراتی از قبیل مشتری ایجاد میشود، کاملا" مطمئن نیستیم. اگر نتوانیم نتیجهٔ

دقیقی به دست آوریم ، این به‌نقص تئوری مربوط نمیشود .

از سوی دیگر ، تلاشی اتم‌رادیو اکتیو ،موضوعی است کاملا " متفاوت هیچ راهی وجود ندارد که بتوانیم پیش بینی کنیم یک اتم مفروض کی ذره آلفا یا بتا منتشر خواهد کرد .ممکن است این امر ، پنج دقیقه دیگر یا یک میلیون سال دیگراتفاق بیفتد . تمام چیزی‌که مکانیک کوانتیک ما رابه گفتن آن مجاز میکند ،این‌است‌که اگرتعداد کافی اتم داشته باشیم در آن صورت پس‌از گذشت مدت معینی ، تقریبا " نیمی از آن متلاشی خواهد شد .

این معنای کلمهٔ رایج "نیمه عمر"است . مثلا " ، ارانیوم ۲۳۸ هنگامی که ذره آلفا منتشر میکند به توریم ۲۳۴ تبدیل میشود . نیمه عمر ارانیوم ۲۳۸ ، ۴/۵ میلیارد سال‌است ،امااین‌عدد فقط میانگین‌آماری قضیه است . مانمیتوانیم درمورد اتمی مشخص، هیچ گونه پیش بینی ای بکنیم . دراین سطح، شانس بر حوادث حکمفرما است .

کتابهای متعددی درمورد نقض ظاهری علیت درفرآیندهای کوانتیک و دربارهٔ مفهوم‌فلسفی‌پیشنهاد شده به واسطهٔ این امر ، نوشته شده است کتاب های متعدد دیگری دردفاع ازاین اعتقاد قدیمی که میتوان مکانیک کوانتیک را آن‌چنان تفسیر کردکه علیرغم این گفته‌ها جبری باشد ، نوشته شده است .

ظاهرا " ، قضاوت دانشمندان این است که کوششهای اخیـــر ، قانع کننده نبوده‌اند . بسیاری‌از دانشمندان ،انصراف‌از جبری بودن رفتار زیر اتمی‌را ،به‌پیچیده کردن‌این‌تئوری که‌دارای قابلیت کاربردبسیار است ، ترجیح میدهند .

تئوری دنیاهای‌بسیاراورت ،یکی از طرق باز گرداندن جبر به مکانیک کوانتیک است . اورت اشاره‌کرده است که اگر فقط به خود اجازهٔ اعتراف به احتمال وجود جهانهای بی شمار و نه فقط یک جهان را بدهیم ، لزومی ندارد فرض کنیم که شانس بر حوادث حکمفرماست .

در تئوری اورت، جهان ما درهرلحظه به المثنی‌های بی شمار خود تقسیم‌میشود. هر یک از این المثنی‌ها، هنگامی که حادثه‌ای شانسی در سطح‌زیراتمی، روی میدهد، دوباره تقسیم میشوند. بر طبق این تئوری، جهانهای بیشماری‌وجوددارند که مقدر شده است هر یک کپی‌های بیشماری از روی خود، ایجاد کنند.

برای این‌که‌ببینیم‌این اتفاق چطور روی میدهد، بیایید اتم اورانیوم ۲۳۸ را بررسی کنیم. درنوشته‌های‌متعصبانه مکانیک کوانتیک، این اتم در هر لحظه‌ای‌از زمان میتواند متلاشی شود. در تئوری اورت، این اتم در هر لحظه‌ای از زمان متلاشی میشود و هریک از این حوادث‌به جهانی متفاوت مربوط میشود. درهمین‌ضمن، تقسیمات مشابهی‌برای دیگر اتم های اورانیوم ۲۳۸ و هر جسم دیگری‌که قوانین مکانیک‌کوانتیک برآن حکمفرماست، اتفاق می‌افتد. هر بار که جهان‌به وضعیتی برخورد کند که مجبور به " انتخاب " باشد، هر الکترون، هرپروتون‌و هر نوترینوباعث میشود که جهان به دوپاره تقسیم شود.

اگر تئوری اورت صحیح هم باشد، باز هم گفتن این که اورانیوم ۲۳۸ کی متلاشی‌میشود، غیر ممکن است. بهترین‌کاری که میتوانیم بکنیم مطالعهٔ اتمی‌که‌پیش از این متلاشی شده و گفتن این است که تلاشی در تنها مدتی که دراین *شعبه از جهان‌که‌ما درآن هستیم* امکان دارد، اتفاق افتاده است.

پذیرش‌این تئوری، علیت‌متقاعد کننده‌ای ارائه نمیدهد. بر عکس، ظاهرا" تفسیر تئوری‌دنیاهای بسیار، خود بخود، نوع دیگری از علیت را مطرح میکند که ظاهرا" این نوع بسیار شدید است. چون اگر این تئوری را بپذیریم، بایدمعتقدباشیم‌که حوادث کوانتیکی که در فاصلهٔ میلیاردها سال‌نوری‌از ما در کهکشانهااتفاق می‌افتند، در هر لحظه‌سبب میشوند که ما به کپی های‌بیشمار خود، تقسیم‌شویم. با این اوصاف، هر جا که جهان

تقسیم میشود، ما نیز باید تقسیم شویم.

ظاهرا" رد چنین تئوری خیالبافانه‌ای، ساده است. اما، این طور نیست. تئوری اورت از نظر ریاضی منطبق بر معیارهای مکانیک کوانتیک است. این، بدان معناست که انجام آزمایشی که بتواند بین این دو تمایز قایل شود، غیرممکن است. ظاهرا"، راهی برای اجتناب از این نتیجه‌گیری متناقض که هرآزمایشی که مکانیک کوانتیک را تائید کند باید به مثابه تایید تئوری اورت نیز در نظر گرفته شود، وجود ندارد. از آن جایی که این تئوری‌ها، از نظر ریاضی منطبق برهم هستند، هر دو پیش‌بینی‌های یکسانی میکنند.

معمولا"، متافیزیک، بعنوان بخشی ازعلم، در نظر گرفته نمیشود. تمایز بین این دو، حداقل به دوران ارسطو باز میگردد (که گویا کسی است که این واژه را به معنای "بعد از فیزیک"، اختراع کرده‌است). اما، آغاز بررسی تئوری‌هایی مانند تئوری دنیاهای بیشمار، آغاز پیدا شدن سئوالات متافیزیک است. نمی‌توان از تعجب از مفهومی که این تئوری برای *نظریهٔ ارادهٔ آزاد* دارد، یا آنچه دقیقا" از انطباق آن با معیارهای کوانتیک به دست می‌آید، خودداری کرد. و البته، تئوری درآغاز خود مبتنی بر تصوری فلسفی است. مثلا" "شانس همان‌قدرکه بر حوادث جهان حکمفرماست بر حوادث زیر اتمی نیز حکمفرماست.

آیا رابطه‌ای بین تئوری دنیاهای بسیار اورت و تئوری جهان های بیشمارکه بعضی از منجمین مطرح کرده‌اند، وجوددارد؟ ظاهرا"، شباهت وجود دارد. اما، تفاوت‌های بسیاری نیز وجوددارد. درتقسیم اورت، ظاهرا" جهان‌هایی‌که به واسطهٔ سرعت زیاد انبساط پس ازانفجار بزرگ یا وابسته بودن نیروهای الکترومغناطیس به عدددیگری جز ۱/۱۳۷ بدون حیات هستند، ایجاد نمی‌شوند. اغلب جهانهای بیشمار اورت، مانند همین یکی (جهان ما) پر از زندگی هستند.

اما ، جالب است که‌هم تفکر دربارهٔ حوادثی که در سطح زیر اتمی روی‌میدهندوهم‌تفکر دربارهٔ کل جهان به تئوری جهان‌های بسیار ، منتهی میشود . احتمال‌دارد بیش‌از یک ارتباط (که ما به وجود آن معتقد هستیم) بین جهان ماکروسکوپیک و جهان میکروسکوپیک وجود داشته باشد .

اگر جهانهای‌متفاوت بسیاری وجود داشته باشند ، لازم نیست فرض کنیم که حتما " " موازی" هم هستند یعنی این که هم زمان وجود دارند . حتی اطمینانی‌نیست که" واژهٔ " هم زمان ، در این مورد دارای معنایی باشد . هر جهان ، دارای‌چهار بعد است : سه بعد فضا و یک بعد زمان . ممکن است‌زمان‌جهان‌ما ، هیچ رابطه‌ای بازمان‌جهان‌های‌دیگرنداشته باشد .

یا ممکن است‌این‌جهان‌ها ، بر روی بعد زمان یکدیگر را تعقیب کنند ، اگر جهان واقعا " نوسان کند ، سیکلهای بیشماری میتوانند در گذشته وجود داشته‌باشند و سیکل های‌بیشماری نیز درآینده . و اگر جهان آن طور که ویلر می‌اندیشد درطی‌هرفروپاشی ، مجددا " خود را ایجاد کند ، درقسمت اعظم زنجیرهٔ جهان های بیشماری‌که بدین طریق ایجادشده‌اند ، ممکن است حیات‌وجودنداشته‌باشد . درتئوری‌ابرفضا ، قوانین‌و ثابت های فیزیکی تغییر میکنند . درنتیجه‌ممکن‌است جهان های متعددی وجود داشته باشند که مانندجهان‌ما ، ثابت‌ساختمان‌زیردرآنها ، ۱/۱۳۷ باشد و حتی جهانهای بیشتری وجودداشته‌باشندکه درآنها ، این ثابت مجموعهٔ مقادیر گوناگونی را ، میگیرد .

اگر جهان به دفعات بیشمار نوسان کند ، سرانجام ، تمام تغییرات ممکن انجام خواهدشد . صرفنظرازاین که‌ایجاد مجددی درکار باشد یانه ، این امرصحیح‌است . درصورت‌عدم ایجادمجدد میدان احتمالات محدودتر است ، اما ظاهرا " تغییر ، آن قدر هست که همه کس را ، به جز کسانی که دارای تصور سیری‌ناپذیرهستند ، قانع میکند . جهانهایی وجود دارند که درآن انقلاب آمریکا اتفاق نیفتاده است ، جهانهایی وجود دارند که در

آنها لامپ برق را سقراط اختراع کرده است. و جهان هایی وجود دارندکه درآنها راه شیری اصلا" وجود ندارد. یقینا"، جهانهایی نیزوجوددارند که تنها درجزئیات بی اهمیت، با جهان ما فرق دارند. دربعضی از آنها تنها تفاوت این است که برج ایفل چند سانتی متر بلندتر است، یا ممکن است شما نام دیگری داشته باشید، یا اتم ارانیوم ۲۳۸ لحظه‌ای‌دیگر را برای تلاشی، انتخاب کند.

فیزیکدانان، عموما" این اعتقاد را می‌پسندند که اگر دو تئوری‌در مورد یک پدیده، توضیحی‌یکسان‌بدهند، تئوری ساده‌تر برای درست‌بودن شانس بیشتری دارد.

اما، من‌مطمئن‌نیستم‌که این حقیقتا "شرح" سادگی" طبیعت باشد. این، ممکن است‌چیزی نباشد به جز بازتاب محدودیت مغز بشر. حتی، تئوری هایی از قبیل‌نسبیت‌عام که‌ساده فرض میشوند، میتوانند معادلاتی را مطرح کنند که‌هیچ‌کس قادر به حل آنها نباشد (نسبیت عام از این رو ساده است که‌مبتنی‌برفرضیات اندکی است). تئوری واقعا" پیچیده، ممکن است پیچیده تر از آن باشد که بشر بتواند با آن مخالفت کند.

معهذا، کاربرداصل سادگی درمفهوم جهانهای بسیار، جالب است. و به نظرمن، فرضیه پیبل ــ دیک به کمترین فرضیات احتیاج دارد. جهان مجددا" ایجادشوندهٔ آنها، ظاهرا "تنها براین فرض مبتنی است‌که حفرهٔ سیاه جهانی کوچک است و میتواندهر بار که‌درسیکلی جدید درهم فرو می‌پاشد و مجددا" منفجرمیشود، جرم خود را افزایش دهد.

متاسفانه، ظاهرا "راهی‌برای‌آزمودن‌این تئوری وجود ندارد. از این نظر، این تئوری‌هم ردیف تفسیر دنیاهای بسیار مکانیک کوانتیک است.

یقینا"، میتوان تصورکرد که‌این تئوری عجیب و غریب غیر قابل آزمایش، ممکن است چه‌چیزی را نشان دهد. و من، پیشنهاد میکنم در فصل بعدی همین کار را بکنیم.

فصل نهم

خدای اینشتاین
دلیل گودل
نفرین سن اوگوستین:

از همهٔ این تفکرات، چه نتیجه‌ای میخواهیم بگیریم ؟ آیا واقعا" جهان های دیگری وجود دارند؟ اگروجود داشته‌باشند، آیا میتوان از دروازهٔ حفره‌های سیاه بدان‌رسید؟ یا حفره‌های سیاه همان طور که دیک و پیبل مطرح کرده‌اند ، بذر جهانهای نوین هستند. آیا جهان، خودرا درطی فروپاشی فاجعه‌آمیزی ، دوباره‌و دوباره منهدم میکند، فقط بدان دلیل که در زنجیرهٔ انفجارات بزرگ، متولد شود؟ آیا در نظریهٔ ویلر چیزی حاکی از این هست که جهان خود را در آوار بزرگ، مجددا، آن چنان ایجاد میکند که هر بار که انفجار بزرگی صورت میگیرد، قوانین طبیعت متفاوت باشند. آیا این نظریه حتی با تصورات دیگر ویلر که تنها جهان هایی‌به وجود خواهند آمد که بتوانند زندگی را به وجود بیاورند، متناقض نیست؟

در حال حاضر، هیچ مدرکی قادرنیست به ما بگوید کدام یک ازاین نظریات درست‌هستندو کدام یک غلط. آزمون عملی این نظریات ، همهٔ آنها، بسیاردشواراست. حتی تعیین‌این که جهان باز است یا بسته، ممکن نیست. نیم قرن‌کوشش برای دریافتن این موضوع، بدین جا منتهی شده است که جهان به مرز بین این دو بسیار نزدیک است.

شاید آزمایش‌هایی آتی در دههٔ هشتاد، این موضوع‌را معین کنند. اگر، دریافته‌شودکه‌نوترینودارای‌جرم نیست، منطقا" میتوان نتیجه گرفت که جهان باز است اما، فرض کنید دریافته‌شودکه نوترینو دارای جرم کافی است و میتواند چگالی بحرانی را فراهم کند، درآن زمان، کجا خواهیم بود؟

ممکن است‌درجهانی‌بسته‌ومحدود باشیم، امااگر چنین باشد نمیتوان گفت پس‌ازآواربزرگ چه اتفاقی خواهد افتاد. این نظریه که انفجار بزرگ نوینی صورت‌خواهدگرفت، دانشمندان‌ودانش‌دوستان‌را به خود جلب کرده است. اما، دوست‌داشتن‌یک‌نظریه، برای اثبات‌درستی آن، کافی نیست. مدرک، لازم است. اگر این‌مسئله را موشکافی میکنیم، به خاطر واکنش ویژگی‌های خاص دورهٔ ماست امروزه، تمام چیزهایی که برایشان مدارک قانع کننده‌ای وجود ندارد، مورد قبول واقع میشوند. زیرا، مردم دوست دارند آنها را باور کنند. منظوراز این چیزها، تنها چیزهایی از قبیل بشقاب پرنده‌ها، قارهٔ گم شده آتلانتیس، نیروی اهرام، ارابهٔ خدایان، و کشف کشتی نوح در کوهستان آرارات نیست، بلکه مسائل‌مطرح شده در کتابهای مثلا" علمی، مورد نظر است.

معمولا" ، برای‌تمایزقایل شدن بین حقیقت و تصور، کوششی انجام نمیگیرد. اگر به میان کشیدن حقیقت برای علت یابی این یا آن تئوری، زیاد جالب نباشد، پیوسته نادیده‌گرفته میشود. مثلا" ، کتابها یکی پس‌از دیگری مفهوم دروازهٔ حفره‌سیاه‌را، ذکرمیکنند، بی آنکه بگویند این موضوع در حاشیهٔ تفکرات علمی قرار میگیرد. درنتیجه مردم این مفهوم را به گنجینه" دانش" خود می‌افزایند.

و تازه، منجمین‌مطمئن‌نیستندکه حفره‌های سیاه واقعا" وجود داشته باشند. حفرهٔ سیاه، به‌وسیلهٔ نسبیت‌عام پیش بینی شده است، و با این که بیشتر منجمین احساس‌میکنند که موقعیتی عالی برای وجود حفرهٔ سیاه

در (دجاجه۱ ــ X) به دست آمده است، این مدرک که ظاهرا" گویای وجود حفره‌سیاه‌در (دجاجه۱ ــ X) است، مدرک مستقیمی نیست. و هنوز شکاکانی وجود دارند. اگر ثابت شود که (دجاجه۱ ــ X) حفرهٔ سیاهی ندارد، درآن‌صورت اصلا "نمی‌توان گفت که‌مدرکی برای وجود حفرهٔ سیاه موجود است. اگردریافته شود که منجمین دراین مورد ،مدرک را به گونه‌ای نادرست تفسیر کرده‌اند، دشوار خواهد بود کسی راقانع کنند که درجای دیگر حفرهٔ سیاه، یافته‌اند.

اگر بخواهیم‌بدانیم جهان‌شبیه چیست، نخست لازم است دریابیم که چه چیزی‌ممکن‌است درست باشد. تنها ،پس ازکشف کلیه امکانات میتوان انتخاب از بین آنها را آغاز کرد. دانشمندان نظریه پرداز، جهان های تصوری ای را در نظر میگیرند تا بفهمند جهان ما شبیه چیست. چنین تلاش هایی اغلب عناصری از بازی هوشمندانه را دربردارند.

گفتن چنین‌چیزی، بی اعتبار کردن چنان تلاش هایی نیست. حتی نیوتون نیز ،تصدیق‌کردکه کارتئوریک درفیزیک، اغلب ویژگی بازی گونه‌ای دارد. او گفت: " از نظر خودم، من فقط پسربچه‌ای بوده‌ام که‌در ساحل دریا بازی میکند "اما ،البته‌نیوتن میدانست که ناشناخته‌ها، چقدر زیادند او ادامه‌میدهد : "وگاهی، این‌جاوآن‌جا، توجه خود را به یافتن سنگریزه‌ای هموار یا صدفی زیبا معطوف میکردم، در صورتی که اقیانوس عظیم حقایق کشف نشده، در پیش روی من گسترده بود."

اگر علم بخواهدژرفای‌این‌اقیانوس‌حقایق‌را کشف کند، باید نظریات " پریشان" را نیز مانند نظریات" مستدل" مورد بررسی قرار دهد. اگر، علم با مفاهیمی برخورد کند که در تضاد با عقل باشند شاید از این عقل باید دست کشید. دیده‌گاه های ما در مورد اینکه چه چیزی مستدل است و چه چیزی مستدل نیست، از تجارب ما درمورد موضوعات معمولی درجهان روزمره، به دست آمده‌اند. دلیلی ندارد فرض

کنیم دیدگاه‌های مبتنی بر عقل بسیار محدود ما ، درجهانی که۱۸میلیارد سال قدمت دارد و کاملا " ممکن است تا ابد ادامه‌یابد ، کاربرد داشته باشند

اما ، کسی‌آزاد نیست‌هر چه‌را دوست دارد ، تصور کند . دراین مورد ، اجبارهای‌واقعی ، فراوانند . تئوری نمیتواندحقایق مشهود را درنظر نگیرد ، مثلا " کسی نمیتواند تئوری کیهان شناسی ای ابداع کند که‌درآن فرض شده باشد ، ۵درصدجهان از هلیوم است ، مشاهدات نشان میدهند که رقم صحیح ۲۵ درصد است .

به همین طریق ، کسی نمیتواند وجود زمینهٔ میکروویوهای کیهانی را نادیده بگیرد ، زیرا وجود این زمینه ، آشکار شده است .

پیش از آن که بتوان تئوری را جدی گرفت ، باید یک اجبار دیگر را نیز پشت سر گذاشت : تئوری‌نباید زیادساختگی به نظر برسد . با این همه ، تقریبا " امکان اثبات هر چیزی با انباشتن فرضی بر روی فرض دیگر ، وجود دارد . اگرچنین‌کاری مجازبود ، درآن صورت حتی تئوری زمین مسطح جدی گرفته میشد .

پشتیبانان تئوری زمین‌مسطح‌فقط باید هر بار که ایرادی به این تئوری گرفته میشده فرض دیگری بدان می‌افزودند . اگر مجاز بودیم که فرضیات زیادی را در نظر بگیریم ، درآن صورت میشد همه چیز را به این گونه یا به گونه‌ای دیگر ، توضیح داد .

مسلما " ، این‌قاعده ، که ساده‌ترین‌تئوری همیشه بهترین تئوری است ، یک پیشداوری فلسفی است . اما اگر کسی فرضیات فلسفی معینی را در نظر نگیرد (مثلا " این که‌قوانین‌طبیعت درهمه جا یکسان هستند) ، انجام هیچ کاری‌برای فیزیک ممکن نیست و راهی وجود ندارد تا ثابت کنیم جهان شبیه اختراع *روب گلدبرگ* نیست .

اما ، فرض سادگی جهان ، از آغاز پیدایش علوم جدید تا به حال ،

آن چنان نتایج خوبی به بار آورده است، که اکنون احتمال رها کردن آن نمی‌رود. اگر یک تئوری اجبارهای فوق ــ و یقینا " اجبارهای بدیهی دیگر، از قبیل مفهوم بودن ــ را پشت سر بگذارد، واشتباهات ریاضی در آن نباشد، آنگاه قدم بعدی آزمودن پیش‌بینی‌های تئوری و مقایسه پیش بینی‌ها با مشاهدات است. هر قدر پیش بینی‌ها، بیشتر تایید شوند، تئوری بیشتر تایید خواهد شد. همان طورکه در بخش ۱ دیدیم دلیل تایید تئوری نسبیت عام، این است که پدیده های گوناگون و متعددی را ــ مانند خم شدن نور و امواج رادیویی ــ پیش بینی کرده است که در آزمایش با دقت بسیار زیادی آزموده شده‌اند. به همین ترتیب، دلیل ایمان فیزیکدانان به مکانیک کوانتیک نیز، همین امر است که بارها، مورد آزمونهای عملی قرار گرفته است.

متاسفانه، آزمون برخی از تئوریهایی که در این کتاب شرح داده شده‌اند، آسان نیست. همان طور که در فصل قبلی گفتم، ظاهرا " آزمایشی وجود ندارد که بتوان آن را برای آزمون درستی تفسیر دنیاهای بسیار مکانیک کوانتیک، انجام داد. این موضوع، بیش از " پریشانی ظاهری این تئوری، فیزیکدانان را وادار میکند که به دیدهٔ شک به آن بنگرند.

درمورد اثبات یا رد فرضیهٔ پیبل ــ دیک، دراین مورد که حفره‌های سیاه بذر جهانهای نوین هستند، همین دشواری وجود دارد ــ ما، نه میتوانیم درون حفره‌های سیاه را ببینیم و نه میتوانیم به جهانهای دیگر سفر کنیم، بنابراین، گفتن این که چگونه میتوان این تئوری را، آزمود، غیر ممکن است. حتی تئوری جهان نوسان گر، که در اصل بیش از صدو پنجاه سال پیش مطرح شد، ظاهرا " نمیتواند موضوع آزمونهای عملی قرار گیرد و تازه، ما نمی‌توانیم به آینده بنگریم تا ببینیم پس از این که جهان درهم فرو پاشید، چه اتفاقی خواهد افتاد. و وقتی به گذشتهٔ بسیار دور مینگریم. تنها تشعشعات میکروویوی را می‌بینیم که اثر انفجار بزرگ است.

البته ، ممکن است ما در زمانی نامعلوم در آینده ، پاسخ هایی بیابیم . در طول قرن بیستم ، اکتشافات علمی باچنان سرعتی انجام گرفته است ، که برداشت ما از جهان بارها عوض شده است .

اگر سئوالاتی باشند که هرگز نتوانیم بدانها پاسخ بگوییم ، در مطرح کردن این سئوالات ، درنگ میشود . باید به خاطر داشته باشیم که در قرن نوزدهم ریاضی دان و فیلسوف فرانسوی او گوست کنت ، ترکیب شیمیایی ستارگان را به عنوان نمونه‌ای از دانش دست نایافتنی مطرح کرد . امروزه به سادگی میتوان ترکیبات ستارگان را مطالعه کرد . فقط ، لازم است که طیف نوری را که ستاره منتشر میکند ، تجزیه کنیم . از زمان نیوتن و کپلر دانشمندان بر این باور بوده‌اند : اغلب سئوالات عاقبت پاسخ داده خواهند شد : و البته ، موفقیت های به دست آمده به وسیلهٔ علوم جدید ، قدمی در انکار این باور برنداشته‌اند .

اینشتاین ، این نظریه را به طرزی شاعرانه و خاص بیان کرد :

" خدا ، زیرک است اما بدخواه نیست " .

چنان که میدانیم ، اینشتاین در مورد همه چیز ، محق نبود . درحقیقت ، او در طول کارهای درخشان علمی خود ، اشتباهات زیادی مرتکب شد . از این رو غیر منطقی نیست که بپرسیم آیا ، ما واقعا " تمام مسائلی را که خدای اینشتاین مطرح کرده است ، حل خواهیم کرد یا نه . آیا بنیاد قوانین طبیعت را میتوان شناخت ؟ آیا علم ، حداقل در زمینهٔ کیهانشناسی ، برخورد با باروهایی را که فهم بشری نمیتواند از آن بگذرد ، آغاز کرده است ؟ آیا باید امکان پاسخ به هر سئوال مطرح شده ، وجود داشته باشد ؟ آیا برای دانش علمی ما ، حدی میتواند وجود داشته باشد ؟

ماهیت این مسئله را ، میتوان با یک لحظه عطف توجه از کیهان شناسی به ریاضیات معاصر ، دریافت .

ریاضیات نیز ، گزاره‌های بی پاسخ خود را دارد . اما ، دراین مورد ،

مسائل به‌واسطهٔ نیازبه‌جمع‌آوری اطلاعات‌مشاهده‌شده ، پیچیده نمیشوند . وقتی مسئلهٔ ریاضی بی‌پاسخی وجودداشته‌باشد ، شکست در کشف راه حل آن را ، نمیتوان‌به‌این موضوع‌نسبت داد ، که تا به حال آزمایشهای درستی انجام نشده است ؛ وقتی مسائل ریاضی حل نشده باقی میمانند ، این امر به واسطهٔ این حقیقت است که هنوز بهترین اندیشه‌ها ، قادر به حل‌آنها نیستند .

مسائل‌متعددحل‌نشده‌ای در ریاضیات‌وجود دارند . یکی ازاین مسائل بر حدسی‌مبتنی‌است که بوسیلهٔ ریاضی دان آماتور آلمانی قرن هجدهم ، کریستیان‌گلدباخ‌مطرح شد . جای تعجب نیست که این‌مسئله به نام حدس گلدباخ شناخته‌شده است .

گلدباخ ، به طور اتفاقی متوجه شد که‌هر عددی ، ظاهرا" مجموع دو عدد اول است . مثلا" :

$$۴=۳+۱$$

$$۶=۵+۱$$

$$۲۸=۲۳+۵$$

$$۱۰۰=۴۷+۵۳$$

گلدباخ نتوانست استثنایی برای این قاعده بیابد ، هر عددی را که بدان می‌اندیشید ، حداقل میشد به‌یک طریق به صورت مجموع دو عدد اول نشان داد (والبته ، بعضی از این اعداد را میشد به‌بیش‌ازیک طریق نشان داد ، مثلا" عدد ۲۸ را میتوان به صورت ۱۷+۱۱ نیز نشان داد و غیره) . انتظار میرود که‌چنین نظریهٔ ساده و ظاهرا" درستی را بتوان به سادگی به‌صورت‌قضیه ریاضی درآورد . اما ، گلدباخ نتوانست چنین کاری کند .

گلدباخ ، نامه‌ای برای لئوناردداولر ، ریاضی دان سوئیسی ، فرستاد و مسئله راشرح‌داد . درآن زمان ، اولریکی‌ازبرجسته‌ترین ریاضی دانان اروپا

بود ، امروزه‌او بعنوان‌یکی ازبرجسته‌ترین ریاضی دانان همهٔ اعصار درنظر گرفته میشود .

اما اولرهم نتوانست درستی‌این حدس‌راا ثبات کند . او نتوانست این حدس را انکارکند (برای‌این کار ، فقط می‌بایست یک‌مثال خلاف این موضوع کشف کند ، یعنی یک عدد منحصربفرد که این حدس درمورد آن صائب نبود) . ظاهرا "حدس گلدباخ صحیح بود . اما اولر نمی‌تواست راهی بیابد . تا این موضوع را نشان بدهد .

امروزه نیز ،مسائل‌درهمین‌موقعیت قرار دارند . ریاضی دانان جدید بیش از گلدباخ و اولر به اثبات مسئله نزدیک نیستند .

آنها فقط میتوانند نشان دهندکه‌هر عددی را ــ اعم از زوج یا فرد میتوان به صورت‌مجموع کم تراز ۳۰۰/۰۰۰ عدد اول ، نشان داد . اثبات این امر ساده ، که هر عدد زوج‌رامیتوان بصورت مجموع دو عدد اول نشان داد ، هنوز برای ریاضیدانان دست نیافتنی است .

یقینا " ، میتوان‌کامپیوتری‌رابرای‌آزمودن‌تک‌تک‌اعدادزوج برنامه‌ریزی کرد ، تا ببینیم که آیااین حدس در مورد آنها درست است یا نه . قضیه چیزی است که ثابت میکند ، یک گزاره‌درهرحال‌درست‌است .کامپیوتر ، فقط میتواندنشان‌دهدکه‌این‌گزاره‌صرفا ، در حالاتی که ما میتوانیم بررسی کنیم ، درست است حتی اگر این قضیه ، برای همهٔ اعداد تــا ۱۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰ آزموده‌شود ، این کار دال بر صحت حدس گلدباخ برای عدد ۱۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۲ ، نیست .

اغلب ریاضی‌دانان‌معتقدندکه حدس‌گلدباخ تقریبا " به یقین صحیح است . اما آنهاوقت زیادی ، برای کوشش در راه اثبات آن تلف نمی‌کنند . در حقیقت ، بسیاری‌ازآنهاگمان میکنندکه اثبات این‌عبارت ناممکن است .

از سال ۱۹۳۱ ،دانشمندان‌دریافته‌اندکه دستگاههای ریاضی ، ممکن است حاوی *عبارات غیر قابل تصمیم گیری* باشند ، گزاره‌هایی که‌صحیح

هستند ، امانمی‌توان‌آنها را اثبات‌کرد . حدسزده میشود که‌حدس گلدباخ ، نمونه‌ای ز این عبارات باشد .

تاریخ ریاضیات ، به‌هزاران‌سال پیش‌باز میگردد . در بیشتر این مدت چنین اندیشیده‌میشد ریاضیات‌موضوعی است که درآن میتوان مسائل را با یقین مطلق ، دریافت . یا چیزی غلط‌است یا درست . یا این است یا آن ، حدوسطی وجودندارد . به علاوه ، همینکه قضیه‌ای ثابت‌شد ، تا ابد ثابت شده است .

همیشه ، مسائل‌حل‌نشده‌ای وجودداشته‌اند . تقریبا " ، تا همین اواخر ریاضی دانان مطمئن بودند که این مسائل عاقبت حل میشوند . درواقع ، در موارد زیادی چنین اتفاقی افتاد .

و سپس درسال ۱۹۳۱ ، ریاضی دان جوانی‌در دانشگاه وین ، به نام کورت گودل ، باانتشار مقاله‌ای که بنیادهای‌ریاضی را به مبارزه می‌طلبید ، این خودپسندی را درهم شکست . امروزه ، مندرجات آن مقاله را بعنوان *دلیل گودل* میشناسند .

شاید عبارت*دلایل گودل* ، دقیق تر باشد . زیرا ،گودل‌نه یک عبارت بلکه‌دوعبارت‌را مدلل ساخت . او ، نخست نشان داد که نمی‌توان متناقض بودن یک دستگاه‌ریاضی را که حداقل به اندازهٔ حساب معمولی پیچیده باشد ، اثبات کرد . این ، بدان معناست که نمی‌توان یقین داشت که یک دستگاه ریاضی سرانجام قضایای متناقض‌یکدیگر به وجود نخواهد آورد . و البته ، اگر چنین اتفاقی بیفتد ، تمام ساختمان ریاضیات درهم فرومی‌ریزد . نمی‌توان‌به ریاضیاتی که حاوی چنین تناقضاتی است ، اعتماد کرد . این ، یکی از قوانین منطق است که اگر فرض کنیم دو عبارت متناقض هم ، صحیح‌باشند ، اصلا " نمیتوان‌هیچ‌یک از آنها را برای اثبات چیزی به کار برد .

این ، قسمت بعدی‌دلیل‌گودل‌بودکه‌مفهوم عبارت‌غیرقابل‌تصمیم‌گیری

رامطرح میکرد. گودل درقسمت دوم مقاله‌اش، نشان داد که باید گزاره‌هایی وجود داشته باشند که صحیح هستند، اما نمی‌توان آنها را اثبات کرد. گودل، نگفت کهاین‌گزاره‌ها، چه هستند. نشان‌دادن هر عبارت غیر قابل تصمیم گیری مفروض، مانند اثبات‌آن غیر ممکن است. بنابراین، اگر ریاضی دانان‌فکر میکنند کهحدس‌گلدباخ، از نوع این گزاره‌ها باشد، هرگز قادر نخواهند بود که در مورد آن یقین داشته‌باشند.

اگر چیزی ویژگی‌ما انسان ها باشد، تمایل ما به یقین داشتن است. آیا میخواهیم ریاضیات را هم انکار کنیم ؟آیا میتوان نتیجه گرفت ۲ به علاوه ۲، لزوما " ۴ نیست؟ آیا مجبور خواهیم بود جدول ضربی را که در دبستان موظف به حفظ کردن آن بودیم، رها کنیم ؟

در حقیقت، نامتناقض بودن دستگاه های‌بسیار ساده‌را، میتوان اثبات کرد (دستگاهی‌که شامل ازیک تا میلیارد باشد، مثالی از این دستگاه‌هاست). فقط هنگامی که تعداد اعضاء یک دستگاه نامحدود شود، دشواری ها بروز میکنند.

به علاوه، در نوع‌ریاضیاتی که درفیزیک‌به کاربرد میشود، مانند ریاضیات‌دیفرانسیل‌وانتگرال و تئوری معادلات دیفرانسیل، تناقضی کشف نشده است. ظاهرا "، دراین مرحله، کشف گودل درعلوم فیزیکی تاثیری نداشته است.

اما، همین امرکه برای آن چه در ریاضی میتوان دانست حدی وجود دارد، منجربه‌این‌شده‌است که نگران باشیم آیا چنین چیزی درفیزیک نیز وجود ندارد. اگر چنین‌حدودی وجود داشته باشند، ظاهرا " منطقی است که برخوردهای احتمالی به‌آن، اغلب در پهنه‌هایی مانند کیهان شناسی که در مرز تفکر بشری قرار دارند، رخ دهد.

با این وصف ریاضیات‌زبان‌فیزیک‌است. اگردرریاضیات عدم یقینهای وجود داشته باشد، در فیزیک نیز باید حداقل به همان مقدار وجود داشته

باشد .

ممکن است درباره‌ٔ جهان ، سئوالاتی که نتوان بدانها پاسخ داد وجود داشته باشند یا وجود نداشته باشند . ما فقط میدانیم که سئوالاتی وجود دارند که هنوز بدانها پاسخ داده نشده است ، گرچه این سئوالات در اعصار پیاپی پرسیده شده‌اند این سئوالات که پیوسته گیج کننده/ترین سئوالات بوده‌اند ظاهرا" فریبنده‌ترین و بنیادی ترین سئوالات نیز هستند . گر چه بعضی از این سئوالات قرنها ما را متحیر کرده‌اند ، اما ما به جستجوی پاسخ آنها ، ادامه میدهیم .

درقرن چهارم بعداز میلاد از سن اوگوستین پرسیده شد ! "خدا پیش از آنکه افلاک را بسازد ، چه میکرد" . اگوستین ، مانند برخی مؤلفین نگفت خدا ، جهنم را برای کسانی که درچنین موضوعاتی کنجکاوی میکنند ، آماده میکرد . اوگوستین به این پاسخ در *اعترافات* خود اشاره میکند ، اما ادامه میدهد که اوچنین پاسخ احمقانه‌ای ، نمی‌دهد . اما فکر نمی‌کنم که اگر پاسخ او را به‌شوخی" نفرین سن اوگوستین" بنامم ، مستحق سرزنش باشم . اوگوستین ، چنین پاسخی نداد ، معهذا آن را ضبط کرد .

پیش از خلقت چه اتفاقی افتد ؟ شانزده قرن از هنگامی که این سئوال از سن اوگوستین پرسیده شد ، میگذرد . ما هنوز پاسخ آن را نمی‌دانیم . ممکن است هیچ اتفاقی نیفتاده باشد . ممکن است همان طور که رواقیون و منجمینی که به تئوری جهان نوسان گر علاقه‌مند هستند ، معتقدند ، جهانهایی وجود داشته اند که برجهان ما مقدم بوده‌اند .

در طول سالهای آخر قرن نوزدهم ، فیزیک دانان فکر میکردند که علوم فیزیکی عملا" کامل شده است . وتنها باید زوایای دانش علمی را ، پر کرد . آنها فکر میکردند که در تئوریهای موجود ، تغییرات جزئی به عمل خواهد آمد و آزمایشهای دقیق تری برای اندازه‌گیری کمیت های مختلف انجام خواهد شد ، اما باور نداشتند که تغییرات عظیم ، در برداشتی که از

جهان دارند، حتمی باشد.

همه میدانیم که بعدا" چه روی‌داد. در طی چند سال، فیزیک دچار تغییرات فاحش شد، تحولات علمی یکی پس‌ازدیگری از راه رسیدند. دانشمندان دریافتند که به زحمت میتوانند همهٔ آن چیزی را که اکتشافی نشان میدهد، پیش از انجام نیم دوجین اکتشاف دیگر، دریابند. رادیو اکتیویته‌در۱۸۹۵کشف شد، تئوری کوانتم (طلایه‌دار مکانیک کوانتیک) در ۱۹۰۱، نسبیت خاص در ۱۹۰۵، هسته اتم در ۱۹۱۱، و نسبیت عام در ۱۹۱۵، و این فقط آغاز کار بود.

امروزه، دریافته‌ایم که‌همیشه‌سئوالاتی‌وجود خواهد داشت. بر خلاف آن چه فیزیک‌دانان قرن نوزدهم می‌اندیشیدند، طبیعت چیزی نیست که بتوان آن را به کمک مشتی تئوری، به‌طور کامل درک کرد. هر قدر دانش علمی‌افزایش یابد، بیشتر درک میکنیم که چیزهای بسیاری وجوددارندکه نمی‌دانیم.

ممکن‌است‌حتی‌چیزهایی‌وجود داشته‌باشند، که قادر به دانستن آنها نباشیم. امااگر این چیزها وجود داشته‌باشند، اطمینانی نیست که بگوییم این چیزها چه‌هستند ــ حداقل تا هنگامی که‌ریاضی دانی درآینده، به ما بگوید عبارات غیر قابل تصمیم گیری را چگونه میتوان تشخیص داد، این اطمینان وجود ندارد.

از این‌رو، حتی‌اگر ثابت‌شود چیزهایی‌وجود دارد که نمی‌توان آنها رادانست، احتمالا"از پرسش دست‌برنخواهیم داشت. حتی سن اوگوستین تمایلی نداشت که ما را، به خاطر این کاربا جهنم تهدید کند.

ثمنها : ٥٠٠ ريال