

**Persian CPH E-Book**

# **Theory of CPH**

**Section Eight**

**Realization Hawking End of Physics by CPH**

*Hossein Javadi*

*Azad University, Tehran, Iran*

*[Javadi\\_hossein@hotmail.com](mailto:Javadi_hossein@hotmail.com)*

پایان فیزیک از دید هاوکینگ و نقد آن از دید سی. پی. اچ

## نقدی بر دیدگاه های هاوکینگ

**توضیح: مطالبی که در اینجا تحت عنوان دیدگاه سی. پی. اچ. بیان شده، توضیحی از نظریه سی. پی. اچ. است. برای مطالعه ی نظریه به فصول قبل مراجعه کنید.**

### استیون ویلیام هاوکینگ استاد کرسی لوکاشین

در 29 آوریل 1980 در سالن کنفرانس کوکرافت در کمبریج انگلستان جایی که عرصه بالیدن تامسون و راترفورد بود، دانشمندان و مقامات دانشگاه روی صندلی های ردیف شده بر کف شیب دار سالن که مقابل دیواری پوشیده از وایت برد و پرده اسلاید بود، گردهم آمده بودند. این جلسه برای وضع اولین خطابه یگ پروفیسور جدید کرسی لوکاشین ریاضی برقرار شده بود. این پروفیسور استیون ویلیام هاوکینگ ریاضی دان و فیزیک دان 38 ساله بود. کرسی لوکاشین یک مقام آکادمیک ممتاز است که زمانی سر آیزاک نیوتن عهده دار آن بود.

### عنوان خطابه یک سنوال بود: آیا دورنمای پایان فیزیک نظری دیده می شود؟

و هاوکینگ با اعلام این که پاسخ او به این سوال مثبت است، شنوندگان را شگفت زده کرد. او از حضار دعوت کرد تا به او بپیوندند و گریزی شورانگیز از میان زمان و مکان جام مقدس علم را بیابند. یعنی نظریه ای که جهان و هر چه را که در آن روی می دهد، تبیین کند.

هاوکینگ همواره در تلاش برای دستیابی به پاسخ این سوال اصلی کیهان شناسی بوده است که این جهان از کجا آمده و به کجا می رود؟ زندگی او تلاشی مستمر و پیگیر در راه کشف حقایق این جهان است. او به دنبال نظریه «همه چیز» است. نظریه جامعی که بتواند قوانین حاکم بر جهان را در یک سری معادلات و قواعد خلاصه کند. موقعی که نظریه نسبیت عمومی انیشتین را برای توضیح برخی ویژگی های فیزیکی سیاهچاله ها ناتوان می بیند، به مکانیک کوانتومی متوسل می شود. سعی می کند این دو را در هم آمیزد. فرضیه ای مطرح می کند. فرضیه اش را مورد سوال قرار می دهد. در راه کشف حقیقت به سوال هایی بر می خورد. **فضای خالی، خالی نیست، سیاهچاله ها سیاه نیستند، آغازها می توانند پایان ها باشند و ...** حقیقت بسیار پیچیده و گریزان است. آیا هاوکینگ و دانشمندان دیگر روزی به نظریه همه چیز دست خواهند یافت؟

### دیدگاه سی. پی. اچ.

این که آیا دست پایی به یک تئوری برای همه چیز امکان پذیر است یا نه، بستگی به این دارد که ما از این تئوری چه انتظاری داشته باشیم. اما تا جاییکه به آغاز و پایان جهان مربوط می شود، یعنی تئوری همه چیز توضیح دهد که آغاز جهان چگونه بوده و سرانجامش چه خواهد شد، باز هم بستگی به این دارد که ما از آغاز جهان را از نظر مکانی و زمانی چه تصویری داشته باشیم. اما قبل از تلاش برای یافتن پاسخ این سؤال باید ببینیم که آیا جهان محدود به شعاع دید امروزی ما (همراه با ابزارهایی که امروزه به نعمت تکنولوژی از آنها استفاده می کنیم) هست یا نه؟

در اوائل قرن بیستم، جهان قابل رویت اگر فراتر از کهکشان راه شیری هم بود، انبوه کهکشانها و کوزارها قابل تصور نبود. چه تضمینی وجود دارد که ابزار آلات امروزی ما در 50 سال دیگر در مقایسه با ابزار آلات آنروزی مانند زمان گاليله به عصر هابل نباشد؟

هر چند هیچ دلیلی ندارد که تکنولوژی فردا جهان قابل رویت را با سرعت اعجاب انگیزی گسترش ندهد، اما دلیلی هم نداریم که جهان قابل دید، گسترش زیادی بیابد. لذا با توجه به مشاهدات امروزی بایستی نظریه های خود را پی ریزی کنیم.

حال به این سؤال هاوکینگ برگردیم که می گوید: **" این جهان از کجا آمده و به کجا می رود؟ "** پاسخ سی. پی. اچ. به این سؤال صریح و روشن است، **جهان از جایی نیامده و به جایی هم نمی رود.** جهان از سی. پی. اچ. ها ساخته شده که هیچ لحظه ای از عمر آنها نمی گذرد. سی. پی. اچ. ها در یک سیاه چاله برو میریزند، سیاه چاله مطلق را بوجود می آورند، سیاه چاله ی مطلق منفجر می شود و جهانی بوجود می آید. از دید نظریه سی. پی. اچ.، این سی. پی. اچ. ها قطعات اولیه (سنگ بنای) همه چیزند. خود ساعت نیستند که زمانی را نشان دهند، اما همه ی ذرات و اجسام موجود جهان را شکل می دهند و آنها را بمنزله ی یک ساعت بوجود می آورند. پس هر چیزی در این جهان یک ساعت است. در لحظه ای خاص ساعتی شکل می گیرد، تیک تاک هایش شنیده می شود و در لحظه ای دیگر متلاشی می شود و عمرش به پایان می رسد و سی. پی. اچ. های سازنده ی آن در مکانی دیگر ساعت جدیدی را بوجود می آورند و این داستان مکرر همچنان ادامه خواهد داشت. و جهان قابل رویت نیز یک ساعت است، نه کمتر و نه بیشتر. و ما (هر انسانی) خود ساعتی است که در دل ساعت بزرگتری تیک تاک می کند.

شاید این سؤال که جهان از کجا آمده و به کجا می رود، ناشی از همین باشد که من (ساعت) در لحظه ای بوجود آمدم و دنبال یافتن پاسخ این سؤال بودم که از کجا آمده ام، به کجا خواهم رفت و آمدنم از بهر چه بود. و قیاس به نفس است که آدمی، این ذره ی کوچک جهان هستی، می خواهد همه چیز را با خود مقایسه کند و همه ی جهان را توضیح دهد. اصولاً همه دیدگاه ما نسبت به هستی ناشی از همین (خود ساعت بودن) است. ساعتی که همه چیز را ساعت می بیند. این دید از نظر سی. پی. اچ. درست است که همه چیز یک ساعت است، اما اجزای همه این ساعتها یکی است (سی. پی. اچ. ها) که خود ساعت نیستند و هیچ لحظه ای از عمر آنها نمی گذرد. و جهان هستی (نه جهان قابل مشاهده) نیز ساعت نیست و هیچ لحظه ای از عمر آن نمی گذرد. اما جهان قابل مشاهده نیز ساعتی است که خود روزی از تیک تاک باز خواهند ماند.

### هاوکینگ - قواعدی پشت قواعد دیگر

ذرات مادی را که همگی می شناسیم. پروتون ها و نوترون ها در هسته اتم و الکترون ها که به دور هسته می چرخند. ذرات مادی اتم را به نام کلی فرمیون ها می شناسیم. فرمیون ها یک سیستم پیام رسانی دارند که بین آن ذرات رد و بدل شده و به راه های معینی موجب ایجاد تاثیر و در نتیجه تغییراتی در آنها می شوند. ذراتی وجود دارد که این پیام ها را بین فرمیون ها در برخی موارد حتی بین خود رد و بدل می کنند. ذرات پیام رسان به طور مشخص بوزون نامیده می شوند. **پس هر ذره ای که در جهان وجود دارد یا فرمیون است یا بوزون.**

سرویس های پیام رسان 4 گانه نیرو نامیده می شوند. یکی از این نیروها گرانش است. حامل این پیام نوعی بوزون است که گراویتون نامیده می شود. نیروی دوم با نیروی الکترومغناطیس پیام هایی است که به وسیله بوزون هایی به نام فوتون بین پروتون های درون هسته ی اتم و الکترون های نزدیک به آن، یا بین الکترون ها رد و بدل می شوند. این پیام ها موجب می شوند که الکترون ها دور هسته گردش کنند. در مقیاس های بزرگتر از اتم، فوتونها خودشان را بصورت نور نشان می دهند. سومین سرویس پیام رسان نیروی قوی است که موجب می شود هسته اتم یکپارچگی خود را حفظ کند و چهارمین سرویس نیروی ضعیف است که موجب رادیواکتیویته می شود.

درک کامل این چهار نیرو به ما امکان می دهد تا اصولی را که مبنای همه رویدادهای جهان هست، درک کنیم. نیروی طبیعی و ارتباط بین بسیاری از کارهای فیزیکدانان قرن بیستم برای آگاهی بیشتر از طرز عمل این چهار آنها انجام شد. فیزیکدان ها تا حدودی با موفقیت سعی کردند نوعی یگانگی بین نیروها را استنباط کنند. آنها امیدوار بودند نظریه ای بیابند که در غایت امر هر چهار نیرو را بوسیله یک ابرنیرو توجیه کند. نیرویی که خودش را به گونه های مختلف نشان می دهد. نیز موجب یگانگی فرمیون ها و بوزون ها در یک خانواده می شود. فیزیکدان ها این نظریه را نظریه یگانگی (اتحاد نیروها) نام دادند. این نظریه باید دنیا را توجیه کند. یعنی نظریه همه چیز باید یک قدم پیش تر برود و به این سوال پاسخ دهد: **دنيا در لحظه آغاز قبل از این که زمانی بگذرد، چگونه بوده است؟**

یا به عبارت دیگر: **شرایط اولیه یا شرایط مرزی در آغاز جهان چه بوده است؟**

**درک کامل ابرنیرو ممکن هست که درک شرایط مرزی را هم برای ما امکان پذیر کند.** از طرف دیگر ممکن است که ضروری باشد که ما شرایط مرزی را بدانیم تا بتوانیم ابرنیرو را بفهمیم. این دو بطور تنگاتنگی با یکدیگر ارتباط دارند. و نظریه پردازان هم از هر دو طرف مشغول کار هستند تا به «نظریه همه چیز» دست پیدا کنند.

دیدگاه سی. پی. اچ.

زمانیکه اینشتین تلاش کرد یک اتحاد بین نیروها بوجود آورد (دهه ی 1920) بحث نیروها از نظر کمی و کیفی به این صورت نبود. در آن زمان تنها نیروهای گرانش و الکترومغناطیس مطرح بودند و علاوه بر آن به نیرو به عنوان یک ذره تبدالی (پیام رسان) نگریسته نمی شد. اتحاد نیروها (هر چهار نیرو) یا یافتن یک ابر نیرو هر چند با موفقیت هایی همراه بوده، اما تا به حال به نتیجه ی رضایت بخشی نرسیده است. از دیدگاه سی. پی. اچ. اشکال در این است که به این مورد خاص توجه نمی شود که فرمیونها، خود بوزونها را تولید می کنند. همچنین بوزونها نیز به نوبه خود، فرمیونها را بوجود می آورند. توجه به این نکته ی مهم، خود می تواند توضیح دهد که جهان قابل مشاهده در آغاز چگونه بوده است. با این دیدگاه می توان دو مسئله ی جدا از هم، یعنی ابر نیرو و اینکه شرایط مرزی چگونه بوده است را به یک مسئله تقلیل داد و برای آن به پاسخ مناسب رسید. مسئله این است که **چه عاملی شرایط مرزی را بوجود آورد؟** از دیدگاه سی. پی. اچ. شرایط مرزی ناشی از اسپین سی. پی. اچ. است که در سیاه چاله ی مطلق اسپین سی. پی. اچ. به حداکثر خود می رسد و عامل انفجار می گردد و این روند مکرر است و ادامه خواهد داشت.

### هاوکینگ - نظریه ها

نظریه نسبیت عام اینشتین نظریه ای در باره جرم های آسمانی بزرگ مثل ستارگان، سیارات و کهکشان هاست که برای توضیح گرانش در این سطوح بسیار خوب است. فرمیون ها (ذرات ماده) رد و مکانیک کوانتومی نظریه ای است که نیروهای طبیعت را مانند پیام هایی می داند که بین بدل می شوند. این نظریه اصل نامیدکننده ای را نیز که اصل عدم قطعیت نام دارد در بر می گیرد. بنابر این اصل هیچگاه ما نمی توانیم همزمان مکان و سرعت (تندی و جهت حرکت) ذره را با دقت بدانیم. با وجود این مسئله مکانیک کوانتومی در توضیح اشیاء، در سطوح بسیار ریز خیلی موفق بوده است. یک راه برای ترکیب این دو نظریه بزرگ قرن بیستم در یک نظریه واحد آن است که گرانش را همانطور که در مورد نیروهای دیگر با موفقیت به آن عمل می کنیم، مانند پیام ذرات در نظر بگیریم. یک راه دیگر بازنگری نظریه نسبیت عام اینشتین در پرتو نظریه عدم قطعیت است. اما اگر نیروی گرانش را مانند پیام بین ذرات (گراویتون) در نظر بگیریم، در اینصورت نیروی گرانشی با روش مکانیک کوانتومی بیان می شود، اما با مشکلاتی مواجه می شویم. چون همه گراویتونها بین خود نیز رد و بدل می شوند، حل این مساله از نظر ریاضی بسیار بغرنج می شود. بی نهایت هایی حاصل می شوند که خارج از مفهوم ریاضی معنایی ندارند. نظریه های علم فیزیک واقعاً نمی توانند با این بی نهایت ها سر و کار داشته باشند. آن ها اگر در نظریه های دیگر یافت شوند، تئوریسین ها به روشی که آن را ریترمالیزیشن یا بازبهنجارش می نامند، متوسل می شوند. ریچارد فاینمن در این باره می گوید: این کلمه هر چقدر زیرکانه باشد، باز من آن را یک روش دیوانهوار می نامم. خود او هنگامی که روی نظریه اش در مورد نیروی الکترومغناطیسی کار می کرد، از این روش سود جست. اما او به این کار زیاد راغب نبود. در این روش از بی نهایت های دیگری برای خنثی کردن بی نهایت های نخستین، استفاده می شود. نفس این عمل اگر چه مشکوک است ولی نتیجه در بسیاری از موارد کاربرد خوبی دارد. نظریه هایی که به کارگیری این روش به دست می آیند، خیلی خوب با مشاهدات همخوانی دارند. استفاده از روش بازبهنجارش در مورد نیروی الکترومغناطیسی کارساز است ولی در مورد گرانش این روش موفق نبوده. بی نهایت ها در مورد نیروی گرانش از جهتی بدتر از بی نهایت های نیروی الکترومغناطیسی هستند و حذفشان ممکن نیست. ابرگرانش هاوکینز بدان اشاره کرد و نظریه ابرریسمان که در آن اشیاء بنیادی جهان، بصورت ریسمان های نازکی هستند، پیشرفت های امیدوار کننده ای داشته اند، اما هنوز مسئله حل نشده است.

### دیدگاه سی. پی. اچ.

چرا باید با همان دید سنتی (اعم از کلاسیکی یا موانتومی) به مسئله نگاه کنیم؟ واقعیت این است که شواهد نظری و تجربی زیادی وجود دارد که نشان می دهد فرمیونها و بوزون ها دو جلوه ی متفاوت از یکدیگرند. بوزونها فرمیونها را تولید می کنند و فرمیونها نیز تولید کننده ی بوزونها هستند. در مکانیک کوانتومی (دیدگاه سنتی) بوزون فوتون که حامل نیروی الکترومغناطیسی است، بین ذرات باردار رد و بدل می شود. در حالیکه از دیدگاه سی. پی. اچ. بارهای الکتریکی دائماً فوتون مجازی (بوزونی که نیروی الکتریکی را حمل می کند) را تولید و در فضا منتشر می کنند. مواد اولیه این تولید، گراویتونها (بار-نگها) هستند.

ذرات بار با تولید و انتشار فوتون (بوزون) یک میدان الکتریکی در اطراف خود ایجاد می کنند. این میدان از ذرات حامل نیروی الکتریکی پر شده که به دلیل خواص الکتریکی که دارند بطرف بار مخالف خود حرکت می کنند. بار الکتریکی مخالف آن را جذب می کند، ولی بقای آن تهدید می شود. لذا فوتون دریافتی را به بار-رنگها تجزیه کرده و منتشر می کند. خاصیت بار-رنگی موجب کشش بار الکتریکی می شود. لذا در حد زیر کوانتومی که نگاه جدیدی است به مفاهیم بنیادی طبیعت، ذرات باردار تولید کننده و منهدم کننده ی فوتونهای مجازی (حامل بار الکتریکی) هستند.

از این نقطه نظر، گراویتون هم یک بار-رنگ است و در نتیجه همان خواص الکتریکی از خود بروز می دهد. لذا نیازی به استفاده از بازبهنجارش ها نیست. تنها کافیسیت دیدگاه خود را نسبت به بارهای الکتریکی و کنش بین آنها تغیی دهیم و در نهایت به این نتیجه خواهیم رسید که گرانش (گراویتون) همان فوتون (بوزون حامل نیروی الکتریکی) است در مقیاس بسیار ضعیتر.

### هاوکینگ- راه دیگر

از طرف دیگر اگر ما مکانیک کوانتومی را برای مطالعه اجسام بسیار بزرگ در قلمرویی که گرانش فرمانروای بی چون و چرا است، بکار گیریم، چه خواهد شد؟ به دیگر سخن اگر ما آنچه را که نظریه نسبیت عام در باره گرانش می گوید، در پرتو اصل عدم قطعیت بازنگری کنیم، چه اتفاقی خواهد افتاد؟ همانطور که گفتیم طبق اصل عدم قطعیت نمی توان با دقت مکان و سرعت یک ذره را همزمان اندازه گرفت. آیا این بازنگری موجب تفاوت زیادی خواهد شد؟ استفن هاوکینگ در این زمینه به نتایج شگرفی دست یافته است.

**سیاهچاله ها سیاه نیستند:** شرایط مرزی ممکن است به این نتیجه منتهی شود که مرزی وجود ندارد.

حالا که از ضد و نقیض ها گفتیم یکی دیگر هم اضافه کنیم:

### فضای خالی، خالی نیست

نظریه نسبیت عام همچنین به ما می گوید که وجود ماده یا انرژی سبب خمیدگی یا تاب خوردن فضا-زمان می شود. یک نمونه خمیدگی آشنا می شناسیم. خمیدگی باریکه های نور ستارگان دور هنگامی که از نزدیکی اجسام با جرم بزرگ نظیر خورشید می گذرند. این دو موضوع را بهیاد داشته باشیم:

- 1 - فضای «خالی» از ذرات و پادذرات پر شده است. جمع کل انرژی آن ها مقداری عظیم یا مقداری بی نهایت از انرژی است.
- 2 - وجود این انرژی باعث خمیدگی فضا-زمان می شود.

ترکیب این دو ایده ما را به این نتیجه می رساند که کل جهان می بایستی در یک توپ کوچک پیچیده شده باشد. چنین چیزی روی نداده است. بدین سان موقعی که از نظریه های نسبیت عام و مکانیک کوانتومی توامان استفاده می شود، پیشگویی آن ها اشتباه محض است.

نسبیت عام و مکانیک کوانتومی هر دو نظریه های فوق العاده خوب و از موفق ترین دستاوردهای فیزیک در قرن گذشته هستند. از این دو نظریه نه تنها برای هدف های نظری بلکه برای بسیاری کاربردهای عملی، به نحوی درخشان استفاده می شود. با وجود این اگر آن ها را با هم در نظر بگیریم، نتیجه همانطور که دیدیم بی نهایت ها و بی معنی بودن است. نظریه همه چیز باید به نحوی این بی معنا بودن را حل کند.

### دیدگاه سی. پی. اچ.

باز این نگرش سنتی به فیزیک است که مشکل ساز می شود. ما به یک نظریه نیاز داریم که دو مسئله را در این زمینه توضیح دهد. یکی انحنای فضا و دیگری نگرش کوانتومی به فضا-زمان و انباشت انرژی در فضا. از دیدگاه کوانتومی و بهره گیری از اصل عدم قطعیت به این نتیجه می رسیم که فضا از ماده و پاد ماده انباشته است. چرا توضیح جدیدی را برای انرژی در فضا جایگزین نگرش سنتی نکنیم؟

واقعیت این است که فضا از بار-رنگها (گراویتون) انباشته است که نیروی گرانشی را حمل می کنند. این بار-رنگها به دلیل خضیت بار-رنگی که دارند، با هم ترکیب می شوند و کوانتومهای انرژی را تولید می کنند. همین خواص بار-رنگی آنها است که بر پرتو نوری اثر گذاشته و مسیر آن را خمیده می کنند. اما میزان تاثیر آنها بر مسیر پرتو نوری، تابع چگالی آنها در فضا است. در اطراف اجرام بزرگ، چگالی بیشتر و در فضای بین ستارگان، چگالی کمتر است.

همچنین برای توضیح تولید ماده و پادماده در فضا از نیازی نیست که آن را در سایه اصل عدم قطعیت توجیه کنیم. بلکه می توانیم مستقیماً به خواص بار-رنگها مراجعه کرده، هم انحنای فضا را توضیح دهیم و هم اینکه تولید ماده و پاده را.

### آیا پیش‌گویی ممکن است؟

نظریه همه‌چیز باید بتواند این امکان را به‌شخصی که جهان ما را ندیده است، بدهد که همه چیز را پیش‌گویی کند. با چنین نظریه‌ای شاید بشود خورشیدها و سیارات و کهکشان‌ها و سیاهچاله‌ها و کوزارها را پیش‌گویی کرد. اما آیا می‌شود به‌وسیله آن برنده مسابقه اسب‌دوانی سال آینده ایالت کنتاکی را پیش‌گویی کنیم؟ آیا این پاسخ قابل اعتماد است؟ نه‌چندان.

کامپیوتر قابل‌تصویری محاسبات لازم برای بررسی همه داده‌های جهان بطور مضحکی بسیار فراتر از ظرفیت هر خواهد بود.

### دیدگاه سی. پی. اچ.

از نظر سی. پی. اچ. تئوری ما تنها می توانیم روابط بین پدیده‌ها را توضیح دهیم. بنابراین می توانیم حدس بزنی که وجود دنیاهای دیگر امکان پذیر است. اما لزوماً این معنای آن نیست که بتوانیم تمام ساعت‌هایی را که در آنجا بکار افتاده اند (توجه شود که از نظر سی. پی. اچ. تئوری هر چیزی در جهان یک ساعت است) را پیش بینی کنیم و آهنگ آنها را نیز بدانیم. از دیدگاه سی. پی. اچ. تئوری ما حتی نمی توانیم جهان خودمان را نیز به همان صورت که هست ببینیم. می دانیم مشاهدات ما از جهان گذشته‌ی آنها را نشان می دهد نه حال را. زیرا نور مسیری را که طی می کند تا به برسد، زمان می برد، پس نور از گذشته جهان آمده و امروز به ما رسیده است. حال سؤال این است که آیا نوری که از یک کهکشان ساطع شده و میلیارد‌ها سال در حرکت بوده، در طول مسیر دست خوش هیچ‌گونه تغییری نشده است؟ زمانی ما می توانیم با صراحت و اطمینان به این سؤال پاسخ دهیم که همه چیز را در مورد نور بدانیم و حتی ساختمان آنرا نیز توضیح داده باشیم. اینکه نور در میدان گرانشی تغییر انرژی دارد، خود دلیل بر آن است که نور یک پیام بسیط نیست که از کهکشان بما می رسد، بلکه دست‌خوش تغییر قرار می گیرد. سؤال این است که اگر فوتون را یک ساعت در نظر بگیریم، آیا تمام تیک‌تاکهای آن تنها تحت تاثیر عوامل خارجی است، یا عوامل داخلی که ناشی از ساختمان فوتون است نیز بر آن اثر دارد یاخیر؟

هرچند که از نظر مکانیک کوانتومی فوتون یک ذره فاقد ساختمان است، اما در مکانیک کوانتوم نیز پدیده‌هایی توضیح داده می شوند (از جمله اثر موسدوئر، اثر کامپتون...) که نشان می دهد نمی توان از توجه به ساختمان فوتون غافل شد. لذا از دیدگاه سی. پی. اچ. ما تنها نمی توانیم همه‌ی شرایط جهانی را که ندیده ایم پیش‌گویی کنیم، بلکه حتی قادر نیستیم جهان خودمان را نیز بهمان گونه که هست ببینیم. اما می توانیم بگوییم که چه نوع ساخت‌هایی در جهانی دیگر امان وجود دارند. و این ساعت‌ها چه تاثیری روی هم می گذارند. پیش‌گویی ما در همین حد است.

### بازنگری در هدف علم فیزیک

با در نظر گرفتن محدودیت‌هایی که از آنها یاد شد، فیزیک‌دانان تعریف جدیدی را از علم ارائه کرده‌اند. نظریه همه چیز مجموعه‌ای از قوانینی خواهد بود که پیش‌گویی رویدادها را تا حدی که اصل عدم قطعیت معین کرده است، امکان‌پذیر می‌سازد. این بدان معنی است که در بسیاری موارد باید به احتمالات راضی شویم و از گرفتن نتایج مشخص و دقیق صرف‌نظر کنیم.

اگر منصف باشیم، باید بگوییم که همه فیزیک‌دانان گمان نمی‌کنند که «نظریه همه چیز» وجود دارد یا اگر هست، دستیابی به آن برای ما میسر است. بعضی از آنها بر این باورند که علم با باریک‌بینی و اکتشافات پی در پی به باز کردن اطاق‌های تو در تو اسرار ادامه خواهد داد ولی هیچ‌گاه به آخرین اطاق نمی‌رسد.

## دیدگاه سی. پی. اچ.

بجای حدس و گمان که آیا رسیدن به نظریه همه چیز به معنی کامل آن که همه چیز را توضیح دهد و همه ی رویدادها را پیش گویی کند، امکان پذیر است یا نه، بهتر است نگاهی به نظریه هایی که تا بحال مطرح شده بیاندازیم و ببینیم که می توانیم از آنها کمک بگیریم یا نه؟ تجربه نشان می دهد که هر نظریه ای در بدو مطرح شدن، ابهاماتی را با خود همراه دارد که قادر به توضیح همه ی آنها نیست. مکانیک کلاسیک و نسبیت و مکانیک کوانتوم که بزرگترین نظریه ها هستند نیز بهمین گونه بوده اند. این ابهامات زمینه ی تلاش و تحقیق آتی را فراهم می سازند تا برای یک نظریه ی کاملتر کوشش کنیم. سؤال اصلی این است که آیا می توان نظریه ای داد که با ابهام و نارسایی همراه نباشد؟ اگر چنین نظریه ای وجود داشته باشد و ما بتوانیم آنرا ارائه دهیم، دیگر ابهامی وجود نخواهد داشت که زمینه ی تلاش برای ارائه ی یک نظریه ی کاملتر را فراهم کند. تنها می ماند اینکه چگونه می توانیم کاربردهای نظریه را کشف و مورد استفاده قرار دهیم. و این یعنی نقطه ی پایان برای ارائه ی نظریه هایی کاملتر. آیا بشر چنین توانی دارد؟ این سؤال را نمی توان در چارچوب یک بحث علمی پاسخ داد، بلکه در محدوده ی بحث های فلسفی و باورهای فلسفی است که بیشتر جنبه اعتقادی دارد تا علمی و تحقیقاتی.

## هاوکینگ - از گرانش و نور چه می دانیم؟

سر ایزاک نیوتن، در سالهای 1600 پروفیسور کرسی لوکاشین ریاضیات در کمبریج بود. وی همان مقامی را داشت که هاوکینگ امروزه دارد. نیوتن قوانینی را کشف کرد که چگونگی عمل گرانش را در شرایط کم و بیش عادی، توضیح می دهند. نخست این که اجسام در جهان در حال سکون نیستند. بهترین دیدگاه آن است که فکر کنیم، در جهان، همه چیز در حال حرکت است. ما می توانیم سرعت یا جهت حرکت خود را نسبت به سایر اجسامی که در جهان وجود دارند، بسنجیم، اما نمی توانیم آن را نسبت به سکون مطلق یا چیزی مثل شمال و جنوب، بالا یا پایین مطلق اندازه گیری کنیم. خطر است بدون تغییر به عنوان مثال، اگر کره ماه در فضا تنها بود، در حال سکون نمی ماند بلکه در امتداد سرعت، به حرکت خود ادامه می داد. نیرویی موسوم به گرانش، ماه را وادار می کند که تنگهی حرکت و جهت حرکت خود را تغییر دهد. این نیرو از کجا می آید؟ این نیرو از مجموعه آراء ذرات نزدیک به هم (جسمی با جرم زیاد) می آید که همان زمین باشد. در همین حال، گرانش ماه نیز روی زمین تأثیر می گذارد. می دانیم که نمونه بارزش جذر و مد اقیانوس هاست. جسم و جسم دیگر، تأثیر نظریه گرانش نیوتن به ما می گوید که مقدار جرم یک جسم، چگونه بر شدت گرانش بین آن می گذارد. هر قدر جرم زیادتر باشد، جاذبه شدیدتر خواهد بود. نظریه گرانش نیوتن، نظریه بسیار موفقی بود و تا 200 سال بعد، مورد تجدید نظر واقع نشد. هنوز هم ما از آن استفاده می کنیم در حالی که می دانیم، بعضی شرایط، مثلاً اگر نیروهای گرانشی فوق العاده شدید باشند (به عنوان مثال در نزدیکی یک سیاهچاله) یا زمانی که اجسام با سرعتی معادل نور حرکت کنند، این نظریه دیگر صادق نیست. آلبرت اینشتین، در اوایل این قرن، به مشکلی در نظریه نیوتن پی برد. دانستیم که نیوتن، شدت گرانی بین دو جسم را به فاصله آنها، مربوط می دانست. در صورتی که این فرضیه درست باشد، اگر خورشید در یک لحظه به هر دلیلی به فاصله خیلی دورتر از زمین برود، می بایستی جاذبه بین خورشید و زمین در همان لحظه تغییر کند. آیا چنین چیزی ممکن است؟ نظریه نسبیت خاص اینشتین می گوید که سرعت نور ثابت است. در هر مکان از جهان و با هر سرعتی که اجسام حرکت کنند، سرعت نور تغییر ناپذیر است و هیچ سرعتی، بالاتر از سرعت نور نیست. نور خورشید در زمانی معادل 8 دقیقه به ما می رسد. بنابراین، ما همیشه خورشید را آن طور می بینیم که هشت دقیقه پیش بوده است. اگر خورشید از زمین دور شود، 8 دقیقه بعد، ما به هر اثری که این تغییر فاصله داشته باشد، پی خواهیم برد. برای 8 دقیقه، ما خورشید را در همان مدار می بینیم که قبلاً دیده ایم. مثل اینکه خورشید حرکتی نکرده است. به عبارت دیگر، اثر گرانی یک جسم بر جسم دیگر، نمی تواند فوراً تغییر کند. زیرا سرعت انتقال گرانش که زیادتر از سرعت نور نیست. اطلاع از اینکه خورشید چه اندازه دور شده است، نمی تواند فوراً از طریق فضا به ما برسد. این اطلاع رسانی، به هر وسیله ای که باشد، سریعتر از سرعت نور نخواهد بود.

بنابراین روشن است که اگر بخواهیم در باره حرکت اجسام در جهان گفتگو کنیم، واقع بینانه نخواهد بود که تنها سه بعد فضا را در نظر بگیریم. اگر هیچ چیز نمی‌تواند سریعتر از نور منتقل شود، چیزهایی در فاصله‌های نجومی، صرفاً بدون یک عامل زمان نه برای ما وجود دارند و نه برای خود خود آن چیزها بین یکدیگر. توصیف جهان در سه بعد همان قدر ناکافی است که بخواهیم یک مکعب را در دو بعد توصیف کنیم. بسیار پرمعنی‌تر خواهد بود که بعدی به نام زمان را به ابعاد دیگر اضافه کنیم. یعنی بپذیریم که در واقع، چهار بعد وجود دارد و به بحث فضا - زمان بپردازیم.

### دیدگاه سی. پی. اچ.

در اینجا دو نکته قابل توجه وجود دارد، اول آیا در توجیه و توضیح گرانش ما دارای یک نظریه رضایت بخش هستیم یا نه؟ توضیحات بالا در مورد گرانش از دید مکانیک کوانتوم و نسبیت نشان داد که هنوز از چنین پایگاه معتبر نظری برخوردار نیستیم. اما می‌دانیم که گرانش بر نور تاثیر دارد. این تاثیر که در نسبیت پیش گویی شد، در مکانیک کوانتوم هم پذیرفته شده است و با تجربه نیز سازگار است. حرکت نور از خورشید تا زمین در فضایی آکنده از گرانش انجام می‌شود.

دوم اینکه در نسبیت خاص هیچ پیزی نمی‌تواند با سرعتی بالاتر از سرعت نور حرکت کند، آیا شامل گرانش (یا از دیدگاه کوانتومی شامل گراویتون) هم می‌شود یا خیر؟ زمانی می‌توانیم به این سؤال جواب قطعی بدهیم که سرعت گرانش را اندازه گرفته باشیم که آن هم هنوز انجام نشده است. اما دیدگاه نظری و شواهد تجربی قوی وجود دارد که نور و گرانش نه تنها بر یکدیگر تاثیر می‌گذارند، بلکه هر دو به یکدیگر قابل تبدیل هستند. جابجایی بسمت سرخ گرانش نشان می‌دهد که فرکانس فوتون هنگام ترک کردن یک سیاه چاله بسمت صفر میل می‌کند، یعنی همگی انرژی خود را از دست می‌دهد. این بحثی است که نظریه سی. پی. اچ. بطور مفصل آن را مورد بررسی قرار داده و نشان داده که فوتون خود از ذرات زیر فوتونی بار-رنگها (گراویتونها) تشکیل می‌شود. سرعت این بار-رنگها (مسیر طی شده در واحد زمان نسبت به دستگاه لخت) بیشتر از سرعت خطی فوتون است. بنابراین به این نتیجه می‌رسیم که وقتی نسبیت می‌گوید هیچ چیز نمی‌تواند سریعتر از نور حرکت کند، الزاماً شامل گراویتون (آثار گرانشی) نمی‌شود.

لازم به تکرار است تا زمانیکه ما ساختمان فوتون را نشناخته ایم، با معماهای بسیاری روبرو هستیم که نمی‌توانیم به آنها پاسخ مناسب بدهیم. اما در مورد سه بعد فضا و یک بعد زمان، باید در نظر داشت که خود فضا از گرانش (گراویتونها) انباشته شده است. تا زمانیکه مسئله ی گرانش حل نشده، نمی‌توان فقط به چهار بعد فضا-زمان اکتفا کرد. خود نسبیت بر تاثیر گرانش بر روی رفتار ساعت‌ها تاکید دارد، چگالنه می‌توانیم زمان را مستقل از گرانش فرض کرده و تنها به چهار بعد فضا-زمان محدود شویم. واقعیت این است که تا جاییکه که فضای متاثر از گرانش را در نظر داریم، بایستی در ابعاد مورد نیاز با احتیاط برخورد کنیم. چون نمی‌توانیم ساعت را مستقل از گرانش در نظر بگیریم. بنابراین واقعیت فضای بین ستارگان دارای پنج بعد می‌باشد، سه بعد برای فضا، یک بعد برای گرانش و یک بعد برای زمان.

### هاوکینگ - نسبیت عام و فضا-زمان

اینشتین چندین سال بی‌وقفه در تلاش بود تا نظریه‌ای در باره گرانش بیابد که با آنچه خود او در باره نور و حرکت نزدیک به سرعت نور یافته بود، همخوان باشد. او در سال 1915، نظریه نسبیت عام را اعلان کرد. بنابراین نظریه گرانش نه به عنوان نیرویی بین اجسام، بلکه بر حسب شکل و خمیدگی فضا - زمان چهار بعدی، در نظر گرفته می‌شود. در نسبیت عام، گرانش، هندسه جهان است.

بر اساس نظریه اینشتین، خمیدگی، به علت وجود جرم و انرژی ایجاد می‌شود. هر جسم پر جرم بسیار بزرگ، در خمیدگی فضا - زمان، نقش دارد. اجسامی که در «امتداد خطی مستقیم در جهان حرکت می‌کنند»، مجبور به دنبال کردن مسیرهای خمیده‌ای هستند. زمانی که کره ماه روی مسیر مستقیمی در نزدیکی زمین قرار دارد، روی می‌دهد. زمین، فضا - زمان را انحنا می‌دهد و مدار ماه، نزدیکترین چیز به خط مستقیم، در فضا - زمان منحرف شده است. از نظر اینشتین، یک جسم با جرم زیاد، موجب انحراف فضا - زمان می‌شود. طبق نظریه نسبیت عمومی، میدان جاذبه، و خمیدگی دو مفهوم یکسان‌اند.

اگر مدارهای سیارات منظومه شمسی را بر اساس نظریه‌های نیوتن و سپس با استفاده از نظریه اینشتین محاسبه کنیم، نتیجه، بجز در مورد عطارد، تقریباً یکسان خواهد بود. زیرا عطارد نزدیکترین سیاره به خورشید است و بیشتر تحت تاثیر جاذبه خورشید، قرار می‌گیرد. پیش‌بینی نتیجه این نزدیکی طبق نظریه اینشتین،

اندکی با آنچه طبق نظریه نیوتن به دست می‌آید، متفاوت است. مشاهدات نشان می‌دهد که مدار عطارد، با پیش‌بینی اینشتین، همخوانی بهتری دارد، تا نظریه نیوتن. نظریه اینشتین، پیش‌گویی می‌کند که چیزهای دیگری بجز ماه و سیارات نیز، تحت تأثیر خمیدگی فضا - زمان قرار می‌گیرند. مثلاً فوتونها (ذرات نور)، باید در فضای خمیده حرکت کنند. اگر باریکه نوری که از ستاره‌ای دور سیر می‌کند، مسیر آن از نزدیکی خورشید بگذرد، خمیدگی فضا - زمان در نزدیکی خورشید موجب می‌شود که این مسیر اندکی به طرف خورشید خمیده شود. ستاره‌شناسان، با استفاده از این پدیده، جرم اجسام آسمانی را با اندازه‌گیری مقدار انحراف مسیر نور ستارگان دور، حساب می‌کنند. هر چه جرم این «خم‌کننده» زیادتر باشد، خمیدگی مسیر نور بیشتر خواهد بود. البته این مقیاسی است که در آن گرانش در ستارگان، کهکشانات و حتی تمام جهان آشکار می‌شود. اما، گرانش را می‌توان در مقیاسهای بسیار کوچک، حتی تا سطح کوانتومی نیز مورد توجه قرار داد. در حقیقت، اگر ما به گرانش در این سطح توجه نکنیم، هرگز نمی‌توانیم به یگانگی آن با سه نیروی دیگر که دوتای آنها تنها در این سطح عمل می‌کنند، دست یابیم. روش مکانیک کوانتومی برای در نظر گرفتن نیروی گرانش بین ماه و زمین آن است که این نیرو را با تبادل گراویتونها (بوزونها یا ذرات پیام‌رسان نیروی گرانش)، بین ذرات تشکیل دهنده این دو کره در نظر بگیریم.

### دیدگاه سی. پی. اچ.

نسبیت عام بخوبی توانایی بیشتر خود را نسبت به قانون گرانش نیوتن در توجیه مدار عطارد نشان دهد. علاوه بر آن برای اولین بار توجه فیزیکدانان را به مسیر منحنی شکل نور در اطراف اجسام چگال جلب کند. اما با حذف گرانش به عنوان یک نیروی اساسی، مسیر اندیشه‌ی فیزیکدانان را تغییر داد. در نسبیت گرانش به عنوان خواص هندسی فضا مورد توجه قرار می‌گیرد. اما به علل این انحنا توجه نمی‌شود. مسیر نور هنگام عبور از کنار اجسام منحرف می‌شود و این چیزی است که با تجربه نیز سازگار است. آیا زمان آن نرسیده که دلیل انحنای فضا را مورد توجه و بررسی قرار دهیم؟ در نسبیت اینگون عنوان می‌شود که **خمیدگی، به علت وجود جرم و انرژی ایجاد می‌شود.**

این انحنای فضا را که ناشی از وجود جرم است، چگونه می‌توانیم توضیح دهیم؟ اگر تنها به این امر بسنده کنیم که فضا دارای انحناست و بدنای علت آن نباشیم، از روش علمی در برخورد با پدیده‌ها دور شده ایم. بنابراین باید ببینیم که وجود ماده بر فضای اطراف آن چه تأثیری می‌گذارد که موجب انحراف مسیر نور می‌شود. اجسام در اطراف خود خود یک میدان گرانشی ایجاد می‌کنند. این میدان گرانشی در سه نظریه مکانیک کلاسیک، نسبیت عام و مکانیک کوانتوم مورد توجه قرار گرفته است.

در مکانیک کلاسیک، گرانش تأثیر متقابل همه‌ی اجسام است که یکدیگر را جذب می‌کنند، هیچ توضیح دیگری در این زمینه ارائه نشده است. در نسبیت عام گرانش اثر هندسی جرم بر فضا است که آن را خمیده می‌کند. در اینجا هم توضیحی داده نشده که چرا جرم فضای اطراف خود را خمیده می‌کند. در مکانیک کوانتوم هم گرانش را ناشی از تبادل ذرات (گراویتونها) می‌دانند. این ذره‌ی تبدالی یک گام جلوتر از دو نظریه‌ی قبلی است. اما این نگرش هم نتوانسته به مشکلات موجود پاسخ دهد. بهمین دلیل نظریه‌های مختلفی از جمله نظریه ریسمانها و لوپ کوانتوم تئوری مطرح شدند. اما نگاه نظریه سی. پی. اچ. متفاوت از همه‌ی نظریه‌های موجد است. این نگرش بر اساس یکسری دلایل منطقی و مشاهدات تجربی شکل گرفته که در فصول یک و دو مطرح شد. بر اساس این دلایل، از نقطه نظر سی. پی. اچ.، گرانش یک جریان دائمی از تبادل ذراتی است که خواص الکتریکی از خود نشان می‌دهند که بار-رنگ خوانده می‌شوند.

### گرانش از دیدگاه سی. پی. اچ.

در نظریه سی. پی. اچ. گرانش یک جریان است. این جریان دائمی بین تمام ذرات و اجسام وجود دارد. به عنوان مثال به زمین و ماه توجه کنید. زمین دارای میدان گرانش است. یک میدان گرانشی از تعداد متناهی سی. پی. اچ. (گراویتون) تشکیل شده است. پس میدان گرانشی زمین نیز تعداد بیشمار سی. پی. اچ. تشکیل شده است در اطراف زمین در حرکت هستند.

نگاهی به زمین و ماه ببندازید. در اینجا دو میدان وجود دارد، یکی میدان گرانشی زمین و دیگری میدان گرانشی ماه. هنگامیکه یک گراویتون به زمین می‌رسد، گراویتون دیگری زمین را ترک می‌کند به دلیل اینکه گراویتون یک زیر کوانتوم با خواص بار - رنگی یا مغناطیس - رنگی است، هنگام ترک زمین، آنرا به دنبال خود می‌کشد. به عنوان مثال فرض کنیم یک بار - رنگ (گراویتون) از ماه به زمین برسد و به یک اتم زمین وارد شود و وارد

الکترون شود. تعادل الکتریکی الکترون بهم می خورد و الکترون مذکور با ارسال بار- رنگ مشابهی (گراویتون دیگری) مقدار بار الکتریکی خود را ثابت نگاه می دارد. بار-رنگ ورودی و خروجی از نظر علامت یکسان هستند تا بار الکتریکی الکترون ثابت بماند. هنگامیکه بار – رنگ ورودی وارد ساختمان اتم می شود، با توجه به علامت آن (منفی یا مثبت) بطرف الکترون یا پروتون تغییر مسیر می دهد و جذب آنها می شود. فرض کنیم بار – رنگ ورودی منفی است که جذب پروتون می شود. با ورود بار-رنگ منفی به ساختمان پروتون، تعادل بار پروتون بهم می خورد. پروتون مزبور برای حفظ مقدار بار الکتریکی که موجودیت و خواص پروتون مربوط به آن است، بار – رنگ مزبور را باز پس می فرستد و بار – رنگ با سرعتی بالاتر از سرعت نور، پروتون را ترک می کند. اما به دلیل بار – رنگی منفی که دارد، پروتون را به دنبال خود می کشد. پروتون مزبور در کنش با سایر ذرات، آنها را به دنبال خود می کشد.

دقیقاً نظیر گلوئون ها (گلوئون به معنی چسب است) که موجب کشیده شدن کوارکها بطرف یکدیگر می شود. با توجه به اینکه پروتونها خود نیز از کوارکها با بار الکتریکی کسری ساخته شده اند، در واقع بار – رنگ های ورودی (گراویتونها) با کوارکها کنش خواهند داشت. در مورد الکترون نیز بحث مشابهی می توان ارائه داد.

### هاوکینگ - اگر روزی زمین فشرده شود

اگر واقعه بسیار شگفت انگیزتری روی دهد چه می شود؟ اگر زمین تا اندازه یک نخود فشرده شود، یعنی تمام جرم در فضایی آنقدر کوچک تمرکز یابد؟ گرانی در سطح این کره نخودی آنقدر شدید می شود که سرعت گریز از آن، بیشتر از سرعت نور خواهد بود. زمین به یک سیاهچاله تبدیل می شود. حتی نور هم نمی تواند از آن بگریزد. با وجود این، در شعاعی از فضای خارج آن، جایی که سطح زمین قبل از فشردگی بوده، کنش گرانی زمین هنوز همان است که امروز احساس می کنیم. کره ماه مثل قبل، روی مدار خود در حرکت خواهد بود.

تا آنجا که ما می دانیم، چنین داستانی روی نخواهد داد. سیاره ها به سیاهچاله تبدیل نمی شوند. اما احتمال آن زیاد است که این واقعه برای بعضی از ستارگان، روی دهد. اکنون همین داستان را، در باره یک ستاره بازگو می کنیم. از ستاره ای شروع کنیم که جرمی در حدود ده برابر جرم خورشید دارد. شعاع ستاره تقریباً 3 میلیون کیلومتر یعنی قریب 5 برابر شعاع خورشید است.

سرعت گریز از این ستاره حدود 1000 کیلومتر در ثانیه و عمر آن نزدیک به 100 میلیون سال است و در این مدت زمان، زندگی و مرگ و کشاکش نیروها با یکدیگر ادامه دارد. در یک سوی این کشاکش، گرانش است. جاذبه هر ذره موجود در ستاره، برای جذب ذرات دیگر. گرانش، در این مسابقه، سعی در رمبیدن (کولاپس) ستاره دارد. طرف مقابل این کشاکش، نیروی فشار گاز در ستاره است. این فشار از گرمایی حاصل از همجوشی هسته های هیدروژن، و تشکیل هسته هلیوم ناشی می شود. این انرژی گرمایی، موجب درخشندگی ستاره می شود و فشار کافی برای مقاومت در برابر گرانش و جلوگیری از رمبیدن ستاره ایجاد می کند. کشاکش نیروها، 100 میلیون سال ادامه دارد. آنگاه سوخت ستاره تمام می شود. دیگر هیدروژن، برای تبدیل به هلیوم موجود نیست. پاره ای از ستارگان، می کنند ولی این عمل فقط مدت کوتاهی به عمر ستاره هلیوم را نیز با همجوشی هسته ای به عناصر سنگینتر تبدیل اضافه می کند. زمانی که دیگر فشاری برای مقابله با نیروی جاذبه موجود نباشد، ستاره منقبض می شود. در این حال، گرانش در سطح ستاره، مانند آنچه قبلاً در مورد داستان فشردگی زمین دیدیم، به تدریج افزایش می یابد. لازم نیست که ستاره، برای آنکه به یک سیاهچاله تبدیل شود، به اندازه یک نخود در آید. زمانی که شعاع این ستاره که جرم آن ده برابر خورشید بود به 30 کیلومتر برسد، سرعت گریز از آن 300 هزار کیلومتر در ثانیه یعنی برابر سرعت نور خواهد بود. موقعی که نور نتواند از آن بگریزد، ستاره به سیاهچاله تبدیل می شود.

پس از آنکه سرعت گریز از ستاره از سرعت نور فزونی یافت، ما دیگر برای این سوال که آیا ستاره به منقبض شدن خود ادامه خواهد داد یا نه، پاسخی نداریم. حتی اگر منقبض نشود، باز هم ما یک سیاهچاله خواهیم داشت. به یاد داشته باشیم که در داستان فشردگی کره زمین، گرانی در شعاع اولیه زمین هیچگاه تغییر نکرد. خواه ستاره تا سرحد یک نقطه با چگالی بی نهایت منقبض شود یا در شعاعی که سرعت گریز از آن معادل سرعت نور است، باقی بماند، در هر دو حالت، مادامی که جرم ستاره تغییر نکرده است، گرانی در این شعاع یکسان خواهد بود. سرعت گریز در آن شعاع، سرعت نور است و در سرعت نور باقی خواهد ماند. برای نور، گریز از ستاره غیر ممکن است. باریکه های نور مجاور که از ستارگان دور دست می رسند، نه تنها منحرف می شوند بلکه ممکن است چند دور اطراف سیاهچاله بچرخند و بعد، از آن گریخته یا در آن سقوط کنند. اگر نور داخل سیاهچاله شود، دیگر گریزی نخواهد داشت. هیچ چیز نمی تواند سرعتی بیش از سرعت نور داشته باشد. چه «خاموشی» عمیقی خواهیم

داشت. نه نور، نه بازتابش، نه هیچ‌گونه تابش (رادبویی، میکروویو، پرتو ایکس و غیره)، نه صدا، نه چشم‌انداز، نه کاوشگر فضایی، مطلقاً هیچ داده‌ای نمی‌تواند از آن خارج شود.

### دیدگاه سی. پی. اچ.

باز این نگرش سنتی و برداشت اعتقادی از نسبییت است. هاوکینگ می‌گوید: "اگر زمین منقبض و به سیاه چاله تبدیل شود، کره ماه مثل قبل، روی مدار خود در حرکت خواهد بود". یعنی ماه همان آثار گرانشی ناشی از زمین را دریافت خواهد کرد که قبل از انقباض زمین دریافت می‌کرد. بعبارت دیگر نور نمی‌تواند از سیاه چاله بگریزد، اما گرانش می‌تواند. در اینصورت بایستی گرانش را جدای از علائم نوری بحساب بیاوریم. در اینجا گرانش چیزی جدای از نور است، اما آنجا که گفته می‌شود هیچ چیز نمی‌تواند با سرعتی بالاتر از سرعت نور حرکت کند، شامل گرانش نیز می‌شود. یا باید به گرانش نیز مانند بقیه علائم فیزیکی برخورد کرد که در اینصورت می‌توان قبول کرد که گرانش نیز نمی‌تواند سریعتر از نور حرکت کند، بنابراین آثار گرانشی نیز مشمول همین نگرش خواهد شد و در میدان گرانشی سیاه چاله به دام خواهد افتاد و نمی‌تواند از آن بگریزد. وگر نه باید آثار گرانشی (امواج گرانشی) را استثناء کرد که در اینصورت در مورد سرعت آن نیز همین‌گونه خواهد شد و آثار گرانشی می‌تواند با سرعتی بالاتر از سرعت نور منتقل شود. هاوکینگ می‌گوید: "مطلقاً هیچ داده‌ای نمی‌تواند از آن خارج شود" سؤال این است که آیا آثار گرانشی را نمی‌توان جزو داده‌های یک سیاه چاله بحساب آورد؟

در نظریه سی. پی. اچ. سرعت نور نسبت به همه دستگاه‌های لخت ثابت و برای همه‌ی ناظرهای لخت یکسان است. اما فوتونها از ذراتی تشکیل شده‌اند که با سرعت خطی برابر سرعت نور حرکت می‌کنند. اما از اسپین فوتونها سهم می‌برند و خودشان نیز دارای اسپین هستند. این ذرات بار-رنگ و مغناطیس رنگ نامیده می‌شوند و میدانهای الکتریکی و مغناطیسی فوتون را بوجود می‌آورند. گراویتون که نیروی گرانشی را حمل می‌کند، همین بار-رنگها هستند و با سرعتی بالاتر از سرعت نور حرکت می‌کنند. با این نگرش، هنگامیکه یک جسم تبدیل به سیاه چاله شود، نخست مانع از فرار نور می‌شود. سپس با بلعیدن سایر اجسام چگالتر می‌شود و بتدریج سرعت فرار از سطح آن افزایش می‌یابد تا جاییکه حتی بار-رنگها که سرعتی بالاتر از سرعت نور دارند نیز نمی‌توانند از میدان گرانشی آنها بگریزند، یعنی آثار گرانشی (گراویتونها) نیز بلعیده می‌شوند. در این حالت به یک سیاه چاله مطلق تبدیل شده و هیچ نشانی از خود بروز نمی‌دهد.

### هاوکینگ - اگر روزی زمین فشرده شود

شعاع کره‌ای را که سرعت گریز آن برابر سرعت نور باشد مرز سیاهچاله، شعاع بدون بازگشت یا افق رویداد می‌نامند. هاوکینگ و پنروز در اواخر دهه 1960، پیشنهاد جدیدی برای تعریف سیاهچاله ارائه کردند. بنابر این تعریف، سیاهچاله ناحیه‌ای از جهان یا «مجموعه‌ای از رویدادها» است که از یک فاصله معین، گریز از آن برای هیچ چیز ممکن نیست. در زمان ما این تعریف پذیرفته شده است. یک سیاهچاله با افق رویدادش به‌عنوان یک مرز بیرونی، شکلی مانند کره دارد. یا اگر در حال چرخیدن باشد، به یک کره کشیده شده می‌نماید که از دیدگاه جانبی بیضی شکل است (یا می‌توانست به این شکل نمایان شود، اگر ما می‌توانستیم آن را ببینیم). افق رویداد، با مسیرهایی در فضا - زمان پرتوهای نوری درست بر لبه آن منطقه کروی شکل در جا می‌زنند، مشخص می‌شود. این پرتوها نه می‌توانند به درون کره کشیده شوند و نه می‌توانند از آن بگریزند. گرانش در این شعاع، به آن شدت نیست که این پرتوها را به داخل بکشاند ولی به اندازه‌ای است که از گریز پرتوها جلوگیری می‌کند. آیا ما آن پرتوها را مانند کره‌ای با روشنایی ضعیف خواهیم دید؟ خیر. اگر فوتونها بتوانند از این شعاع بگریزند، رسیدن آنها به چشمهای ما نیز، میسر نخواهد بود. برای اینکه شما چیزی را ببینید، باید فوتونهای آن به چشم شما برسد.

اندازه سیاهچاله را جرم آن معین می‌کند. اگر بخواهیم شعاع سیاهچاله (شعاع تشکیل افق رویداد) را محاسبه کنیم، باید جرم خورشیدی سیاهچاله را در 3 کیلومتر ضرب کنیم. بدینسان، افق رویداد سیاهچاله با جرم خورشیدی 10، برابر با 30 کیلومتر خواهد بود. (جرم خورشید ستاره، برابر با جرم ستاره رمبیده شده نسبت به جرم خورشید است، به شرط آنکه جرم ستاره، در جریان رمبیدگی و تبدیل شده به سیاهچاله، کم نشده باشد). روشن است که اگر جرم سیاهچاله تغییر پیدا کند، شعاع افق رویداد و اندازه سیاهچاله نیز تغییر خواهد کرد. در باره امکان تغییر اندازه سیاهچاله، بعداً بسیار بیشتر خواهیم گفت.

### دیدگاه سی. پی. اچ.

تمام این تجزیه تحلیلها بر اساس پذیرش ساختار فضا-زمان پیوسته (در نسبیت فضا-زمان پیوسته است) انجام شده است. با این وجود میدان گرانشی سیاه چاله دارای انرژی است که می تواند روی فوتونها کار انجام دهد. هاوکینگ می گوید: "این پرتوها نه می توانند به درون کره کشیده شوند و نه می توانند از آن بگریزند. گرانش در این شعاع، به آن شدت نیست که این پرتوها را به داخل بکشاند ولی به اندازه ای است که از گریز پرتوها جلوگیری می کند". این پرتوهای نوری با هم و با تمام ذرات و اجسام اطراف خود از طریق گرانش کنش دارند. و حتی خود گرانش روی انرژی آنها تاثیر دارد. لذا نمی توان به آنها مانند یک جسم صلب محبوس در یک محوطه نگریست.

### هاوکینگ - تصویری از جهان ما

با کشیده شدن حفاظی بر افق رویداد، ستاره در تنهایی کامل قرار می گیرد. هر نوری که بتابد به داخل کشیده می شود. پنروز می خواست بداند که آیا ستاره به رمبیدن خود ادامه خواهد داد، یا اینکه رویداد دیگری در انتظار ستاره خواهد بود؟

او کشف کرد که در ستاره ای که به شرحی که رفت، رمبیده می شود، همه ماده آن با نیروی گرانی خودش، در داخل سطح آن به دام می افتد. حتی اگر رمبش کاملاً کروی و هموار نباشد، ستاره به رمبیده شدن ادامه می دهد. سرانجام، این سطح، با همه ماده ای که هنوز در آن محبوس است، آنقدر منقبض می شود تا به صفر برسد. در این صورت، ستاره عضیم مورد بحث ما، با جرمی ده برابر جرم خورشیدی، پس از رمبش به ناحیه ای به شعاع 30 کیلومتر که افق رویداد آن است محدود نمی شود، بلکه شعاع نهایی و نیز حجم آن به صفر می رسد. ریاضی دانان این مرحله را تکینگی می نامند. در چنین تکینگی، چگالی ماده، به بی نهایت می رسد. خمیدگی فضا - زمان، بی نهایت می شود، و پرتوهای نور تنها در اطراف پیچیده نمی شوند، بلکه به طوری بی نهایت فشرده، به هم می پیچند. نسبیت عام، وجود تکینگی ها را پیشگویی می کند ولی در اوایل دهه 1960 کمتر کسی پیشگویی را جدی می گرفت. فیزیکدانان فکر می کردند که یک ستاره اگر جرمی به اندازه کافی بزرگ داشته باشد و تحت نیروی گرانش رمبیده شود، ممکن است یک تکینگی به وجود آورد. پنروز نشان داد که اگر جهان از نسبیت عام اینشتین پیروی کند، باید این تکینگی به وجود آید.

### دیدگاه سی. پی. اچ.

در اینجا با سه مشکل اساسی مواجه می شویم، اول پیوستگی فضا-زمان که قابل پذیرش نیست. زیرا فضا-زمان پیوسته به تولید انرژی گسسته می پردازد، یا فضا-زمان پیوسته دارای انرژی کوانتومی است. اما فضا-زمان بدون انرژی چگونه می تواند فضا را خمیده ایجاد کند؟ مشکل دوم چگالی بینهایت است. چگالی بینهایت بایستی همه ی جهان را تحت تاثیر گرانش خود قرار دهد و همه فضا خمیده باشد. که چنین نیست زیرا در مورد انحنای جهان که آیا اقلیدسی است یا ناقلیدسی بحث زیادی وجود دارد که هنوز توافق اصولی در این زمینه وجود ندارد. مشکل سوم فشرده شدن نیز نمی تواند تا حجم صفر ادامه داشته باشد. زیرا تولید ماده و پاده ماده نشان می دهد که انرژی نیز بایستی دارای حجم باشد. اینکه اتم فشرده شود، ختی الکترون و پروتون نیز فشرده شوند، قابل قبول است، اما تا کجا؟

در نظریه سی. پی. اچ. همه ی ذرات از سی. پی. اچ. تشکیل شده اند که دارای اسپین هستند. بمحض تماس با یکدیگر یا برخورد، به دلیل اسپینی که دارند، به اطراف پراکنده می شوند. بنابراین کاهش حجم تا جایی می تواند ادامه داشته باشد که فاصله ی سی. پی. اچ. ها به صفر نرسد. لذا کاهش حجم نیز محدود است و نمی توان ستاره ای بزرگ را در حجمی برابر صفر جای داد.

### هاوکینگ - در ما يك تکینگی وجود دارد

ایده پنروز، آتش به ذهن هاوکینگ انداخت. هاوکینگ متوجه شده که اگر جهت زمان را معکوس کند، به طوری که رمبش به انبساط تبدیل شود، همه چیز در نظریه پنروز به جای خود باقی می ماند. اگر نسبیت عام به ما می گوید هر ستاره ای که فراسوی نقطه معینی می رمبد، باید به يك تکینگی ختم شود، در این صورت نیز می گوید که هر جهان در حال انبساط باید از يك تکینگی آغاز شده باشد. هاوکینگ دریافت که اگر این نتیجه گیری درست باشد، باید جهان از مدلی که دانشمندان آن را مدل فریدمان می نامند، پیروی کند.

## مدل جهان فریدمان چیست؟

تا زمانی که هابل ثابت کرد جهان در حال انبساط است، اعتقاد به جهان ایستا (جهانی که اندازه آن تغییر نکند)، خیلی شدید بود. زمانی که اینشتین، در سال 1915 نظریه نسبیت عام را ارائه کرد، این نظریه انبساط جهان را پیشگویی می‌کرد. اما اینشتین آنقدر از غیر واقعی بودن این نتیجه مطمئن بود که نظریه خود را مورد تجدید نظر قرار داد. او یک ثابت کیهانی، برای متوازن کردن گرانش به آن اضافه کرد. اما بدون این ثابت کیهانی، نظریه نسبیت عام آنچه را که ما امروزه درست می‌دانیم پیشگویی می‌کرد. اندازه جهان در حال تغییر است. یک فیزیکدان روسی به نام الکساندر فریدمان، تصمیم گرفت که نظریه اینشتین را بدون ثابت کیهانی به کار گیرد. با این کار، او آنچه را که هابل در 1929 به اثبات آن دست یافت، پیشگویی کرد: جهان در حال انبساط است. فریدمان کار خود را با دو فرض آغاز کرد؟

- 1 - جهان، در هر جهت که به آن نگاه کنیم، یکسان است. (به استثنای چیزهایی که نزدیک هستند مثل منظومه شمسی و کهکشان راه شیری از دیدگاه ما)
- 2 - جهان از هرکجا که به آن نگاه کنیم یکسان است

فرض اول فریدمان را می‌توان به آسانی پذیرفت، ولی پذیرفتن فرض دوم مشکل است. هیچ دلیل قاطعی برای اثبات یا رد آن وجود ندارد. هاوکینگ می‌گوید: "ما آن را تنها از نظر تواضع می‌پذیریم: بسیار جالب خواهد بود اگر این در هر جهت از اطراف ما یکسان باشد اما نه در اطراف هر نقطه دیگر از جهان!" شاید بتوان گفت که جالب است ولی غیر ممکن نیست. برای باور داشتن چیزی، تواضع، دلیلی منطقیتر از غرور به نظر نمی‌رسد. با وجود این، فیزیکدانان تمایل دارند که فرضیه دوم فریدمان را هم بپذیرند.

در مدل جهان فریدمان، همه کهکشانها از یکدیگر دور می‌شوند. هر قدر فاصله آنها از یکدیگر زیادتر باشد، با سرعت بیشتری از هم دور می‌شوند. این موضوع با مشاهدات هابل همخوانی دارد. طبق نظریه فریدمان، در هر کجای فضا که حرکت کنیم، باز کهکشانها را در حال دور شدن از خود می‌بینیم. در مدل اولیه فریدمان، گرانش، فضا را به سوی گرداگرد خودش خم می‌کند. جهان از حیث اندازه بی‌نهایت نیست ولی پایان و مرزی هم ندارد. در مدل فریدمان، زمان مثل فضا نامحدود نیست. می‌توان آن را اندازه‌گیری کرد. زمان بر خلاف فضا مرزهایی دارد یک آغاز و یک پایان. انبساط آنقدر آهسته و جرم به قدر کافی در جهان موجود است که در نهایت، جاذبه گرانشی، انبساط را متوقف کرده و موجب منقبض شدن جهان شود. کهکشانها بار دیگر به یکدیگر نزدیک می‌شوند. در پایان زمان، فاصله آنها بار دیگر به صفر می‌رسد. ممکن است جهان ما چیزی شبیه این باشد.

## دیدگاه سی. پی. اچ.

در این که جهان (جهان قابل مشاهده و هر جهان دیگری) از یک تکنیکی آغاز می‌شود، مورد پذیرش است. اما باید به این نکته نیز توجه داشت که اطلاعات مربوط به انبساط سریع جهان و حتی شتاب این انبساط همه از طریق نور دریافتی به ما می‌رسد. زمانی این اطلاعات اعتماد کامل داشت که ما ساختار دورونی فوتون را خوب شناخته باشیم. اگر فوتون دارای چنان ساختمانی باشد که بدون عوامل خارجی و با گذشت زمان دچار تغییر گردد، چگونه می‌توانیم به اطلاعات دریافتی اعتماد کنیم. از دیدگاه سی. پی. اچ. فوتون از بار-رنگها و مغناطیس-رنگها تشکیل می‌شود. این ذرات (بار-رنگها و مغناطیس-رنگها) میدانهای الکتریکی و مغناطیسی فوتون را می‌سازد و درون ساختمان فوتون نیز دارای اسپین هستند. اگر تداخل اسپینی وجود داشته باشد، یعنی ذرات تشکیل دهنده ی فوتون با یکدیگر برخورد کنند، یکدیگر را می‌رانند و احتمالاً بعضی از آنها ساختمان فوتون را ترک می‌کنند. در اینصورت انرژی فوتون با گذشت یک زمان طولانی کاهش می‌یابد. سؤال این است که آیا تا زمانیکه ما بطور کامل ساختمان فوتون را شناخته ایم، می‌توانیم به اطلاعات دریافتی در مورد جهان اطمینان کامل داشته باشیم؟

## هاوکینگ - سیاهچاله و آنتروپی

یک ستاره در حال رُمبش، به شعاعی می‌رسد که در آنجا سرعت گریز با سرعت نور برابر است. فوتونهایی که این ستاره پس از رسیدن به این شعاع، گسیل می‌کنند، چه می‌شوند؟ گرانی در اینجا آنقدر شدید است که امکان گریز به این فوتونها را نمی‌دهد، ولی آنقدر شدید نیست که آنها را به داخل سیاهچاله بکشاند. فوتونها در اینجا سرگردان

می‌مانند. این شعاع افق رویداد است. پس از آن، ستاره به متقبض شدن ادامه می‌دهد، هر فوتون گسیل شده، به داخل ستاره بازگردانیده می‌شود.

مسیرهای پرتوهای نور که در افق رویداد سرگردان هستند نمی‌تواند مسیرهای پرتوهای نور باشد که به یکدیگر نزدیک می‌شوند. مسیرهای پرتوهای نور که به یکدیگر نزدیک می‌شوند، به شدت به هم برخورد می‌کنند، به سیاهچاله سرازیر می‌شوند و دیگر سرگردان نیستند. برای اینکه ناحیه افق رویداد کوچکتر شود (و سیاهچاله کوچکتر شود)، می‌باید مسیرهای پرتوهای نور در افق رویداد به یکدیگر نزدیک شوند. ولی اگر این طور شود، این پرتوها به داخل سرازیر می‌شوند، افق رویداد باز هم درست در همان جا که بوده است خواهد ماند و کوچکتر نخواهد شد.

یک راه دیگر اندیشیدن در باره این موضوع، آن است که بپذیریم سیاهچاله می‌تواند بزرگتر شود. دیدیم که اندازه سیاهچاله به جرم آن بستگی دارد. بنابر این، هر زمان که چیز جدیدی در سیاهچاله فرود آید، جرم آن فزونی می‌یابد و بزرگتر می‌شود. اگر چیزی از سیاهچاله خارج شود کاهش جرم امکان ندارد، یعنی سیاهچاله نمی‌تواند کوچکتر شود.

این کشف هاوکینگ به نام قانون دوم دینامیک سیاهچاله شناخته شد: ناحیه افق رویداد (مرز سیاهچاله) می‌تواند ثابت بماند یا بزرگتر شود ولی هیچ‌گاه نمی‌تواند کوچکتر شود. اگر دو یا چند سیاهچاله به هم برخورد کنند و یک سیاهچاله تشکیل دهند، ناحیه افق رویداد جدید مساوی، یا بیشتر از جمع افق رویدادهای قبلی خواهد بود. یک سیاهچاله نمی‌تواند، هر قدر هم برخورد شدیدی داشته باشد، کوچکتر شود، از بین برود یا به دو سیاهچاله تقسیم شود. کشف هاوکینگ، یادآور یک «قانون دوم» دیگر در فیزیک است: قانون دوم ترمودینامیک در مورد آنتروپی. آنتروپی، مقدار بی‌نظمی است که در یک سیستم وجود دارد. می‌دانیم که بی‌نظمی، همیشه زیادتیر می‌شود و هیچ‌گاه کاهش نمی‌یابد. در جهان ما آنتروپی (بی‌نظمی) همیشه افزایش می‌یابد. قطعه‌های فنجان چای شکسته شده، هرگز خودشان به صورت فنجان اولیه بازسازی نمی‌شوند. آنتروپی، در مورد سیاهچاله و افق رویداد نیز کار برد دارد. هرگاه دو سیستم به یکدیگر بپیوندند، آنتروپی سیستم به هم پیوسته، مساوی یا بزرگتر از جمع آنتروپی دو سیستم است.

### دیدگاه سی. پی. اچ.

در نظریه سی. پی. اچ. اسپین سی. پی. اچ. ها نقش کلیدی برای تمام فرایندهای فیزیکی دارد. هر تغییر نظمی در یک سیستم ناشی از تغییر اسپین سی. پی. اچ. های موجود در آن سیستم است. فنجان سالم از تعدادی ملکول ساخته شده که همه ی آنها بنوبه ی خود از سی. پی. اچ. ها تشکیل شده اند که با اسپین خاصی در کنار هم قرار گرفته و ذرات زیر اتمی موجود در فنجان را شکل داده اند. حال که فنجان شکسته می‌شود، اسپین سی. پی. اچ. ها نیز تغییر می‌کند. آیا ما می‌توانیم اسپین سی. پی. اچ. ها را به حالت قبل از شکسته شدن فنجان برگردانیم؟ اگر به فنجان به منزله ی یک ساعت نگاه کنیم (که واقعاً یک ساعت هم هست) در این اینصورت با شکسته شدن فنجان، ساعت از کار افتاده و هرگز و تحت هیچ شرایطی نمی‌توان همان ساعت را با همان کمیت و کیفیت ساخت.

### هاوکینگ - گریز از سیاهچاله

یک دانشجوی فوق لیسانس در دانشگاه پرینستون، به نام جاکوب بکنشتاین به این نتیجه دست یافت که با انداختن آنتروپی در یک سیاهچاله، نمی‌توان آن را از بین برد. سیاهچاله، قبل از آن نیز آنتروپی داشته و فقط آنتروپی به آن افزوده شده است. بکنشتاین این طور فکر می‌کرد که سطح افق رویداد یک سیاهچاله تنها مانند آنتروپی نیست بلکه خود آنتروپی است. هنگامی که شما سطح افق رویداد را محاسبه می‌کنید، در واقع آنتروپی سیاهچاله را اندازه می‌گیرید. هنگامی که چیزی مثل یک قوطی پر از مولکول را به داخل سیاهچاله می‌اندازید، به جرم سیاهچاله اضافه می‌کنید، سطح افق رویداد بزرگتر می‌شود و آنتروپی سیاهچاله نیز افزایش می‌یابد. تمام این موضوعات، ما را به طرف نکته‌ای معما گونه می‌کشاند. اگر چیزی آنتروپی داشته باشد، دما هم دارد و کلاً سرد نیست. اگر چیزی دما داشته باشد، می‌باید با تابش انرژی همراه باشد. اگر چیزی انرژی تابش می‌کند نمی‌توانیم بگوییم که هیچ چیز از آن به بیرون گسیل نمی‌شود. این برخلاف انتظاری بود که از سیاهچاله داشتیم: قرار نبود از سیاهچاله چیزی بیرون بیاید.

هاوکینگ فکر می‌کرد که بکنشتاین دچار اشتباه شده است. او از سوء استفاده نامبرده در کشف اینکه افق رویداد هیچ‌گاه کوچکتر نمی‌شود، ناراحت بود. در 1972، هاوکینگ مقاله‌ای با همکاری دو فیزیکدان دیگر به نام جیمز باردین و براندو کارتر انتشار داد. و در آن با این موضوع اشاره کرد که با وجود همانندیهایی که بین ناحیه افق

رویداد و آنتروپی وجود دارد. سیاهچاله قاعداً نمی‌تواند آنتروپی داشته باشد زیرا چیزی نمی‌تواند از آن گسیل شود. بعداً معلوم شد که او و همکارانش در اشتباه بوده‌اند.

هاوکینگ در سال 1973 تصمیم گرفت با دید مکانیک کوانتومی موضوع سیاهچاله را بررسی کند. این اولین کوشش جدی و موفقیت‌آمیز یکی از دانشمندان قرن بیستم، برای پیوند دو نظریه بزرگ این قرن بود. در سال مذاکره 1973، هاوکینگ در مسکو با دو نفر از فیزیکدانان روسی به نام یاکو زلدوویچ و آلکساندر ستاروبینسکی کرد. آنها او را قانع کردند که اصل عدم قطعیت این معنی را دارد که سیاهچاله‌های چرخنده، ذراتی به وجود می‌آورند و آنها را به بیرون گسیل می‌کنند. هاوکینگ از نحوه محاسبه آنان در باره مقدار گسیل ذرات راضی نبود. او سعی کرد روش ریاضی بهتری برای این موضوع پیدا کند.

هاوکینگ انتظار داشت که محاسبات او، تابشی را که فیزیکدانان روسی پیشگویی کرده بودند، تأیید کند. چیزی که او کشف کرد، موضوع بسیار شگفت‌انگیزتری بود: **«من با شگفتی به این نتیجه ناراحت کننده رسیدم که حتی سیاهچاله‌های غیر چرخنده می‌بایستی از خود ذراتی با آهنگ ثابت گسیل دارند»**. ابتدا فکر کرد که محاسبات او باید غلط بوده باشد و ساعات زیادی را به جستجوی اشتباه خود پرداخت. او به خصوص دنبال این بود که چرا جاکوب بکن‌شتاین به این موضوع پی نبرده بود تا از آن به عنوان استدلالی برای ایده افق‌های رویداد و آنتروپی خودش استفاده کند. اما هرچه هاوکینگ راجع به این موضوعات فکر کرد، بیشتر مجبور به پذیرش آن شد که محاسبات او نباید خیلی از واقعیت دور باشد. چیزی که او را در این زمینه به یقین واداشت، شباهت دقیق طیف تابش ذرات با طیفی بود که از یک جسم داغ انتظار می‌رفت.

فکر بکن‌شتاین درست بود: شما نمی‌توانید با انداختن ماده حامل آنتروپی به سیاهچاله، آن را مثل سطل آشغال در نظر بگیرید آنتروپی را کاهش دهید و نظم جهان را افزایش دهید. زمانی که مواد حامل آنتروپی به سیاهچاله ریخته می‌شوند، مساحت افق رویداد افزایش می‌یابد آنتروپی سیاهچاله زیادتیر می‌شود، پس جمع آنتروپی جهان در داخل و خارج سیاهچاله هیچ کاهش نیافته است.

اما چگونه سیاهچاله امکان داشتن دما و گسیل ذرات را دارد در حالی که هیچ چیز نمی‌تواند از افق رویداد بگریزد؟ هاوکینگ پاسخ این سوال را در مکانیک کوانتومی یافت.

اگر ما فضا را خلا فرض کنیم، راه درستی نرفته‌ایم. در اینجا می‌خواهیم علت آن را بیابیم. اصل عدم قطعیت به این معنی است که ما هیچ‌گاه نمی‌توانیم با دقت کامل، به طور همزمان، مکان و سرعت یک ذره را بدانیم. معنای آن از این هم بیشتر است: ما هرگز نمی‌توانیم کمیت یک میدان (به عنوان مثال میدان الکترومغناطیسی یا میدان گرانشی) و آهنگ تغییرات آنرا همزمان، با دقت کامل تعیین کنیم. هر قدر کمیت میدان را با دقت بیشتر بدانیم، دقت ما در دانستن آهنگ تغییرات آن کاهش خواهد یافت و بالعکس. در نتیجه، شدت یک میدان هیچ وقت به صفر نمی‌رسد. صفر هم از نظر کمیت و هم از نظر آهنگ تغییرات میدان، اندازه‌گیری بسیار دقیقی خواهد بود. که اصل عدم قطعیت، آن را مجاز نمی‌داند. نمی‌توان فضایی خالی داشت، مگر اینکه تمام میدانها دقیقاً صفر باشند. اگر صفر نباشند، فضایی خالی وجود ندارد.

به جای فضایی خالی یا خلاً کامل که اغلب ما تصور می‌کنیم در فضا هست، مقدار حداقلی از عدم قطعیت، اندکی ابهام یا نامعلومی به صورتی داریم. که نمی‌دانیم مقدار میدان در «فضایی خالی» چیست؟ این افت و خیز در مقدار میدان، این لرزش اندک به سوی جوانب مثبت و منفی صفر را که هرگز صفر نمی‌شود، می‌توان به طریق زیر تصور کرد.

زوج‌هایی از ذرات - زوج‌های فوتونها یا گراویتونها - مدام ظاهر می‌شوند. دو ذره به صورت یک جفت در می‌آیند و سپس از هم جدا می‌شوند. پس از فاصله زمانی بسیار کوتاه غیرقابل تصویری، آن دو ذره بار دیگر به هم می‌رسند، و یکدیگر را منهدم می‌کنند حیاتی کوتاه ولی پر ماجرا دارند. مکانیک کوانتومی به ما می‌گوید که این واقعه همیشه و همه جا در فضایی «خلاً» روی می‌دهد.

ممکن است که اینها ذرات «واقعی» که بتوانیم وجود آنها را با یک آشکار ساز ذرات، تشخیص دهیم نباشند، ولی نباید تصور کرد که آنها ذرات خیالی هستند. حتی اگر آنها فقط ذراتی «مجازی» باشند، می‌دانیم آثار آنها را روی ذرات دیگر تشخیص دهیم.

بعضی از این زوج‌ها، زوج‌های ذرات ماده یا فرمیونها هستند. در این حالت، یکی از ذرات زوج، پادذره دیگری است. می‌دانیم که مقدار کل انرژی در جهان، همیشه ثابت و بدون تغییر است. انرژی نمی‌تواند از جایی به طور ناگهانی به جهان وارد شود. چگونه ما می‌توانیم مسأله این زوج تازه به وجود آمده را با این سازگار کنیم؟ این زوج‌ها، با «وام گرفتن» انرژی، به طور بسیار موقتی به وجود آمده‌اند. آنها به هیچ‌وجه دائمی نیستند. یکی از

ذرات این زوج انرژی مثبت و دیگری انرژی منفی دارد. تراز انرژی آنها برابر است. به مقدار انرژی که در جهان وجود دارد، چیزی اضافه نشده است.

زوج ذره‌های بسیاری به طور غیر منتظره، در افق رویداد یک سیاهچاله به وجود می‌آیند و از بین می‌روند. بنابراین تصور او، ابتدا یک زوج از ذرات مجازی ظاهر می‌شود. قبل از آنکه این زوج به یکدیگر برسند و یکدیگر را منهدم کنند، ذره‌ای که انرژی منفی دارد از افق رویداد عبور کرده، وارد سیاهچاله می‌شود. آیا این بدان معنی است که ذره با انرژی مثبت باید همتای بدبخت خود را، با هدف برخورد و منهدم کردن دنبال کند؟ نه.

میدان جاذبه در افق رویداد یک سیاهچاله به قدر کافی قوی است که با ذرات مجازی، حتی با ذرات بدبخت با انرژی منفی کار شگفت‌انگیزی می‌کند: میدان جاذبه می‌تواند آنها را از «مجازی» به «واقعی» تبدیل کند. این تبدیل، تغییر قابل ملاحظه‌ای در زوج به وجود می‌آورد. آنها دیگر مجبور نیستند با یکدیگر برخورد کرده و یکدیگر را منهدم کنند. آنها می‌توانند هر دو مدت بسیار طولانی‌تری، جدا از هم وجود داشته باشند. البته ذره با انرژی مثبت نیز می‌تواند در سیاهچاله بیفتد، ولی مجبور به چنین کاری نیست. او از مشارکت آزاد است، می‌تواند بگریزد.

برای یک مشاهده کننده از دور، به نظر می‌آید که از سیاهچاله بیرون آمده است. در حقیقت این ذره، نه از بیرون، بلکه از نزدیک سیاهچاله می‌آید. در این ضمن همتای او انرژی منفی به سیاهچاله وارد کرده است. تابشی که به این ترتیب از سیاهچاله گسیل می‌شود، تابش هاوکینگ نامیده می‌شود. تابش هاوکینگ نشان داد که اولین کشف مشهور او، قانون دوم دینامیک سیاهچاله (که مساحت افق رویداد هیچ‌گاه نمی‌تواند کاهش یابد)، همیشه استوار نیست. تابش هاوکینگ این معنی را می‌دهد که یک سیاهچاله می‌تواند کوچک شده و در نهایت کاملاً از بین برود، چیزی که یک مفهوم واقعاً اساسی است.

چگونه تابش هاوکینگ یک سیاهچاله را کوچکتر می‌کند؟ سیاهچاله، به تدریج که ذره‌های مجازی را به واقعی تبدیل می‌کند انرژی از دست می‌دهد. اگر هیچ چیز نمی‌تواند از افق رویداد بگریزد، چه‌طور ممکن است چنین چیزی روی بدهد؟ چه‌طور سیاهچاله می‌تواند چیزی از دست بدهد؟ به این سؤال می‌توان پاسخ زیرکانه‌ای داد: زمانی که ذره‌ای با انرژی منفی این انرژی منفی را با خود به سیاهچاله می‌برد، انرژی سیاهچاله را کمتر می‌کند. یعنی منفی «منها» است که مترادف کمتر است.

اگر تابش هاوکینگ از یک سیاهچاله بزرگ را که در نتیجه رُمبش یک ستاره به وجود آمده است اندازه‌گیری کنیم، نامید خواهیم شد. دمای سطح سیاهچاله‌ای به این بزرگی، کمتر از یک میلیونیم درجه بالاتر از صفر مطلق خواهد بود. هر قدر سیاهچاله بزرگتر باشد، دمای آن کمتر است. استیون هاوکینگ می‌گوید، «سیاهچاله‌ای با جرم ده برابر خورشید، ممکن است چند هزار فوتون در ثانیه گسیل دارد، ولی این فوتونها طول موجی به اندازه سیاهچاله خواهند داشت. و انرژی آنها آنقدر کم خواهد بود که آشکارسازی آنها ممکن نیست. مطلب را می‌توان این‌طور بیان کرد: هر قدر جرم زیادتر باشد، سطح افق رویداد بزرگتر، هر چه سطح افق رویداد بزرگتر باشد، آنتروپی بیشتر است. هر چه آنتروپی بیشتر باشد دمای سطح و آهنگ گسیل کمتر است.

با این حال، هاوکینگ، خیلی زود، در سال 1971 نظر داد که نوع دیگری از سیاهچاله وجود دارد. سیاهچاله‌های خیلی ریز که جالبترین آنها به اندازه هسته اتم است. این سیاهچاله‌ها به‌طور قطع منفجر می‌شوند و تابش می‌کنند. به یاد داشته باشیم که هر قدر سیاهچاله کوچکتر باشد، دمای سطح آن بیشتر است. هاوکینگ در مورد این سیاهچاله‌های بسیار ریز می‌گوید: این سیاهچاله‌ها را به زحمت می‌توان سیاه نامید: آنها در حقیقت داغ و سفیدند.

### دیدگاه سی. پی. اچ.

آنچه که در این بخش بیش از همه اهمیت دارد، تبخیر سیاهچاله بر اثر تابش هاوکینگ است. در نظریه سی. پی. اچ. لزومی ندارد که از اصل عدم قطعیت یا ذرات با انرژی منفی استفاده کنیم تا نشان دهیم که سیاهچاله‌ها بر اثر تابش هاوکینگ تبخیر می‌شوند.

در سطح افق رویداد یا لایه‌های درونی (زیر افق رویداد بطرف سیاهچاله) چکالی‌گرانش (بار-رنگها) آنقدر بالا است که بسادگی با هم ترکیب می‌شوند و کوانتوم‌های انرژی را تولید می‌کنند. این کوانتوم‌های انرژی با توجه به چگالی بالای گرانش در آنجا برخوردهای شدیدی با یکدیگر و بار-رنگها خواهند داشت. در این برخوردها تجزیه شده یا به ذرات ماده - پادماده تبدیل و به اطراف پراکنده می‌شوند. برخی از این ذرات به دلیل مجاورت با افق رویداد، قبل از آنکه همه‌ی انرژی خود را از دست بدهند، از افق رویداد عبور کرده و سیاهچاله را ترک می‌کنند.

حقیقتاً ما با ساختار درونی سیاهچاله‌ها آشنا نیستیم. اما اگر بپذیریم که سیاهچاله‌ها نیز از همان موادی بوجود می‌آیند که بقیه جهان را شکل داده (که قطعاً چنین است)، آنگاه می‌توانیم رویدادهای امکان‌پذیر در آنجا را تجزیه و

تحلیل کنیم. یک سیاه چاله از یک توده ی فشرده و چگال از ماده تشکیل می شود و یک میدان گرانشی بسیار قوی در اطراف این ماده ی چگال وجود دارد. این میدان فوق العاده قوی از بار-رنگها تشکیل شده که در ساختمان فوتون وجود دارند. این بار-رنگها به دلیل بالا بودن چگالی بسهولت با هم ترکیب شده و کوانتومهای انرژی را تولید می کنند. کوانتومهای انرژی یعنی چهره ی دیگری از ماده و پادماده، که تنها نیاز به شرایطی دارند تا به ماده و پادماده تبدیل شوند. و این شرایط در سیاه چاله وجود دارد.