

# سیاہچالہ ہا، از رویا تا واقعیت

بررسی تاریخیہ و ویژگی سیاہچالہ ہا

نویسنده و گردآورندگان: محمد پرگلی ، پویا فرخی

# سیاهچاله ها، از رویا تا واقعیت

---

بررسی تاریخچه و ویژگی سیاهچاله ها

نویسنده و گردآورندگان: محمد پرگلی، پویا فرخی

ناشر الکترونیکی: سایت علمی بیگ بنگ (<http://bigbangpage.com>)

## توجه!

این کتاب تنها بخش کوچکی از کتاب اصلی با عنوان «سیاهچاله ها، از رویا تا واقعیت» است و طبعاً ارزش علمی ندارد. این نسخه را تنها برای آشنایی شما خوانندگان عزیز با نوشتار و مطالب فراهم کرده ایم و تنها مقدمه، فصل اول «سیاهچاله ها چیست» و سخن پایانی را آورده ایم. در صورت خواستار بودن نسخه کامل کتاب به همراه صفحه آرایبی کامل، می توانید نسخه ای از کتاب را با قیمت ۴۰۰۰ تومان از صفحه خرید کتاب «سیاهچاله ها، از رویا تا واقعیت» در سایت علمی بیگ بنگ خریداری کرده و استفاده نمایید.

# فهرست مطالب کتاب اصلی

مقدمه	۱
بخش اول: سفری ماجراجویی به دنیای سیاهچاله ها	۲
فصل اول: سیاهچاله چیست؟	۵
فصل دوم: ویژگی و مشخصات سیاهچاله ها	۱۷
فصل سوم: مشاهده سیاهچاله ها و تهدید زمین از سوی آنها	۲۹
فصل چهارم: برخورد و ادغام غول های کیهانی	۴۱
فصل پنجم: هنگامیکه پرده سیاه سیاهچاله ها کنار می رود	۵۱
فصل ششم: سیاهچاله ها آنقدر نیز سیاه نیستند	۵۸
فصل هفتم: تا چه حد بی رحم؟	۷۲
بخش دوم: سفری به دنیای ریاضیاتی و فیزیکی سیاهچاله ها	۸۶
فصل اول: نسبت عام و روابط فیزیکی سیاهچاله ها	۸۷
فصل دوم: سیاهچاله ها و تئوری ریسمان	۱۱۷
سخن پایانی	۱۲۳
منابع	۱۲۶

## مقدمه

---

«قصه شاعر تنها این است که سر به درون افلاک برد. این منطق دان است که در پی فرو بردن افلاک در سر خود است؛ و سر اوست که از هم می پاشد.»

- جی کی چسترسون

و سر اوست که از هم می پاشد؛ واقعیت شگفت انگیز، غیر قابل انکار و شاید ترسناکی است. این جمله مفهوم زیادی در خود دارد: منطق دان از عمد در پی فرو بردن افلاک در سر خود است و حتما می داند سرش از هم پاشیده خواهد شد ولی این کار را می کند. بشر را نمی شود از کاری منع کرد؛ مخصوصا وقتی حرف درک گیتی به میان می آید! دیدن نقطه های نورانی و هیبت باشکوه راه شیری در آسمان شب از هزاران سال پیش تا به امروز بشر را کنجکاو کرده است. شاید شروع علم نوین را بتوان به گالیلئو گالیله و بعد از آن به آیزاک نیوتن نسبت داد.

گالیله از نخستین کسانی بود که استدلال کرد می توان چگونگی کارکرد جهان را درک کرد. در مدل کوپرنیکی منظومه شمسی که گالیله با استدلال شروع به دفاع از آن کرد، سیارات به دور خورشید می چرخند، این مدل برای کلیسا ترسناک بود و چندین بار به گالیله فرمان داده شد که از دفاع این مدل دست بردارد.

علم مکانیک کلاسیک را مدیون نیوتن هستیم، نیوتن با انتشار سه قانون معروف حرکت، نشان داد که کرات و اشیا آسمانی برای حرکت نیاز به موجود فراطبیعی ندارند که مدام آن ها را در مسیر خود هل دهد. نیوتن نیز پایه های خرافات را لرزاند.

البته او بعدا برای پاسخ به پارادوکس بنتلی<sup>۱</sup> پیشنهاد کرد جهان مانند ساعتی است که نیاز به آفریدگاری برای کوک کردن دارد ولی او آنقدر باهوش بود که بداند پاسخش ضعف دارد.

و اما امروزه، در قرن ۲۱ هستیم و با ظهور نسبیت در قرن پیش تصور ما از کیهان بسیار پیشرفته تر شد، سوالات ما نیز به طبع بزرگ تر شدند. با انتشار نسبیت عام اینشتین، کم کم ایده قدیمی و جنون آور گذشته در بستر علم نوین احیا شد: سیاهچاله ها. جدا از تمام پیش بینی های عجیب و غریب نظریه ریسمان و نظریه  $M$ ، سفر در زمان، سفر به ابعاد بیشتر، دور فرستی و ... سیاهچاله ها از ویژگی های بخصوص تری برخوردارند. این اجرام<sup>۱</sup> همواره کنجکاوی دانشمندان باهوشی که آمادگی ماجراجویی دارند را برانگیخت.

پیشنهاد سیاهچاله ها از نسبیت عام بود که داده های تجربی آن را تایید می کرد ولی هیچ داده ای آن زمان سیاهچاله ها را تایید نمی کرد، به عبارتی سیاهچاله ها بصورت نظری پیش بینی شدند، اما اکنون شواهدی داریم که تقریبا به قطع نشان دهند که سیاهچاله ها وجود دارند.

هدف ما از نگاشتن این کتاب، فراهم کردن منبع قابل اعتمادی در زمینه سیاهچاله هاست. سیاهچاله ها بسیار وسیع و گسترده اند و موضوعات بسیار زیادی در این زمینه مورد بررسی قرار گرفته شده است.

---

۱. پارادوکس بنتلی توسط کشیشی به نام ریچارد بنتلی در سال ۱۶۹۲ بعد از انتشار اصول ریاضی نیوتون عنوان شد. این پارادوکس مربوط به این است که اگر جهان کران دار باشد، گرانش بین اجزای آن باعث فروپاشی آن می شود و اگر دارای کران نباشد، گرانشی که از هر طرف بدون انتها بر ستارگان وارد می شود، آن ها را از هم می پاشد. نیوتون برای حل این مشکل، جهان را یکنواخت در نظر گرفت که در لحظات اولیه توسط خدا تنظیم شده است.

در بخش اول دنیای سیاهچاله ها را بدون ذکر معادلات ریاضی و مفاهیم سنگین فیزیکی بررسی می کنیم. جذابیت این سفر را با نوشتن معادلات پیچیده خراب نمی کنیم. خواننده ای که با مفاهیم ریاضیاتی و فیزیکی نسبت عام و نظریه های سیاهچاله ها آشنایی ندارد می تواند تنها به بخش اول اکتفا کند، اما خواننده ای که با مفاهیم ریاضیاتی و فیزیکی پیشرفته آشنایی دارد، با مطالعه بخش دوم و مخصوصا فصل اول این بخش به ایده های اصلی سیاهچاله ها و سرچشمه ی این اجرام عجیب می رسد که بسیار جالب تر خواهد بود.

فصل دوم بخش دوم با فصل هفتم بخش اول ارتباط دارد. در فصل «نسبیت عام و روابط فیزیکی سیاهچاله ها» مفاهیم فیزیکی و ریاضیاتی سیاهچاله ها را بررسی کرده ایم اما در فصل دوم بدون ذکر معادله ریاضی مفاهیم فیزیکی ریسمان ها و سیاهچاله ها را بررسی کرده ایم. این فصل با فصل ۷ بخش اول که به پارادوکس اطلاعات می پردازد ارتباط دارد و به خواننده مطالعه فصل «سیاهچاله ها و تئوری ریسمان» را بعد از مطالعه فصل «تا چه حد بی رحم؟» پیشنهاد می کنیم.

پویا فرخی

# بخش اول

---

سفری ماجراجویی به دنیای سیاهچاله ها

## فصل اول: سیاهچاله چیست؟

---

«چشم کودکانی که به آنها در مورد بیگ بنگ و سیاهچاله ها می گویم برق می زنند!»

- برایان گرین

اصطلاح سیاهچاله ها توسط جان ویلر، فیزیکدان آمریکایی در سال ۱۹۶۹ سر زبان ها افتاد. سیاهچاله ها مفهومی اند گرافیکی که دست کم ۲۰۰ سال پیش مطرح شدند. در آن زمان دو نظریه در مورد ماهیت نور وجود داشت: ذره ای و موجی. نظریه اول مورد علاقه نیوتن بود، امروزه در فیزیک کوانتوم می دانیم هر دو نوع نظریه درست اند و نور خاصیت موجی - ذره ای دارد؛ همانگونه که وقتی از بالا به سطح آب دریا نگاه کنید، آب را موج می بینید ولی در واقعیت آب متشکل از ذرات است. اگر نور را متشکل از ذرات بدانیم، انتظار می رود که گرانش بر نور تاثیر بگذارد ولی تاثیر گرانش بر نور متشکل از امواج روشن نبود. چون در آغاز مردم سرعت نور را بینهایت می دانستند، بر این عقیده بودند که گرانش تاثیری بر نور ندارد؛ ولی اوله کریستنسن رومر در سال ۱۶۷۶ با بررسی حرکت اقمار مشتری و دوره تناوب پیدایش آنها ثابت کرد نور با سرعت محدود حرکت می کند و این به معنای تاثیر گذاشتن گرانش بر نور است.

در سال ۱۷۸۳، جان میچل، استاد دانشگاه کمبریج، مقاله ای در «تبادل نظر های فلسفی انجمن سلطنتی لندن» منتشر کرد، او در این مقاله با تکیه بر مفهوم ذره ای نور و سرعت محدود آن، ستاره ای با میدان گرانشی قدرتمندی را توصیف کرد که حتی نور نیز نمی تواند از آن بگریزد. این ایده بر پایه مفهوم سرعت گریز مکانیک کلاسیک بود. سنگی را در نظر بگیرید؛ سنگ را به بالا پرتاب می کنید و گرانش زمین باعث کند



شدن سرعت آن و در نهایت برگشتش به سمت زمین می شود. حال اگر سنگ را بتوانید با سرعت بسیار بالایی پرتاب کنید سنگ از کره زمین می گریزد. این مفهوم سرعت گریز برای زمین است. میچل گفت شاید تعداد این ستاره های سیاه زیاد باشد ولی چون نوری از آنها نمی تواند به ما برسد ما آنها را نمی بینیم. چند سال بعد پیشنهاد مشابهی از مارکی دولاپلاس، دانشمند فرانسوی مطرح گردید. از قرار معلوم او هنوز از نوشته جان میچل آگاه نبود. نوشته او تنها در چاپ اول و دوم کتاب «نظام جهان» بود و در چاپ های بعدی حذف شد: شاید او فکر می کرد این ایده دیوانه کننده است! البته تئوری ذره ای بودن نور نیز در قرن ۱۹ کم کم به فراموشی سپرده شد؛ چرا که تئوری موجی همه چیز را توجیح می کرد ولی هنوز تاثیرات گرانش بر نور روشن نبود.

برای پی بردن به چگونگی تولد سیاهچاله ها باید نگاه اجمالی به تولد و مرگ ستارگان بیندازیم، وقتی مقادیر زیادی گاز (عمدتا هیدروژن) تحت تاثیر گرانش خود متراکم می شود و شروع به فروپاشی می کند ستاره بوجود می آید. هنگام انقباض ستاره، اتم ها بیشتر و بیشتر به هم برخورد می کنند و داغ می گردند. این حرارت و برخورد اتم های هیدروژن باعث ایجاد سلسله واکنش های همجوشی هسته ای می شود: اتم های هیدروژن به یکدیگر برخورد می کنند و اتم هلیوم را تشکیل می دهند. این واکنش ها حرارت و فشار لازم برای اینکه ستاره در مقابل فروپاشی گرانشی خود تاب آورد را فراهم می کند، اما سرانجام سوخت هر ستاره ای تمام می شود. نکته جالب و تناقض آمیز این است که هر چه ستاره ای سوخت اولیه بیشتری داشته باشد زود تر زمان مرگش فرا می رسد؛ چرا که سوخت بیشتر به معنای جرم بیشتر و جرم بیشتر به معنای نیروی گرانشی بیشتر است و ستاره برای جلوگیری از فروپاشی باید سوخت بیشتری بسوزاند و داغ تر باشد، پس سوخت آن زودتر تمام می شود. با همجوشی

هسته ای در هسته ی ستاره همینطور عناصر سنگین تری مانند آهن بوجود می آید. ولی آهن نمی تواند به راحتی در واکنش هسته ای شرکت کند؛ در نتیجه با اتمام سوخت اولیه، ستاره به تدریج سرد تر می شود. اما بعد از این چه اتفاقی می افتد؟

بعد از انتشار نسبیت عام اینشتین در سال ۱۹۱۵ توسط آلبرت اینشتین، کارل شوارتسشیلد اولین راه حل را برای میدان گرانشی متناظر یک جرم نقطه ای و کروی ارائه داد که نشان گر محتمل بودن وجود سیاهچاله ها از دیدگاه نظری است، شعاع شوارتسشیلد امروزه به عنوان شعاع افق رویداد سیاهچاله غیر چرخشی می شناسیم. در فصل دوم با افق رویداد و ویژگی های سیاهچاله ها بیشتر آشنا می شویم. چند ماه بعد از راه حل شوارتسشیلد، یکی از دانشجویان دانشگاه لورنتز به نام یوهان دروست (Johannes Droste) به صورت مستقل راه حل مشابهی برای جرم نقطه ای ارائه داد.

راه حل شوارتسشیلد برای این معادلات بسیار پیچیده بسیار ظریف بود. شوارتسشیلد، فیزیکدان آلمانی بود که در ارتش آلمان در جبهه روسیه خدمت می کرد. حتی اینشتین نیز متعجب شده بود که چگونه شوارتسشیلد زیر حملات پی در پی توپخانه چنین پاسخ منحصر به فردی را بدست آورده بود، اینشتین به سرعت از این راه حل استفاده کرد تا گرانش اطراف خورشید را حساب کند و به این دلیل تا ابد مدیون شوارتسشیلد بود؛ اما اوضاع کمی عجیب تر شد. شوارتسشیلد در مقاله دومش نشان داد که در اطراف یک ستاره غول پیکر، کره جادویی وجود دارد، با ویژگی های عجیب و واقعا جادویی! این کره جادویی در واقعیت مرزی است که پس از عبور از آن بازگشتی در کار نخواهد بود؛ مانند سوار شدن بر هواپیمای قدیمی بین شهری که سقوط آن حتمی است! حتی نور نیز نمی تواند از این کره بگریزد؛ گرانش آنقدر قوی است که هر چیزی سریعاً به درون ستاره کشیده می شود. او قطر این کره جادویی که قطر

شوارتسشیلد نام دارد محاسبه کرد. بطور مثال این قطر برای جرمی معادل با جرم خورشید ما حدوداً ۳ کیلومتر است؛ برای زمین نیز ۱ سانتیمتر.

یوهان دروست، فیزیکدان هلندی که نامش را در بالا نیز آورده ایم بی معنی بودن این پاسخ را آشکار کرد. در ادامه اشاره می کنیم که چطور گرانش زمان را کندتر می کند. اگر شما از زمین فاصله بگیرید زمان برای ساکنین زمین کند تر از شما می گذرد، البته این اختلاف زیاد نیست؛ پس برای جوان شدن اینگونه تلاش کردن چندان هم عاقلانه نیست.

طبق نظریه نسبیت عام گرانش بر نور نیز اثر می گذراد. اما چگونه؟ مگر فوتون ها جرم دارند؟ برای پاسخ به این سوال باید کمی وارد نسبیت عام بشویم. نسبیت عام گرانش را نه به عنوان نیرو، بلکه به عنوان ساختاری در کیهان پیشنهاد می کند. به عبارتی گرانش نیروی نامرئی نیست، بلکه گرانش ساختار فضا - زمان ۴ بعدی را تغییر می دهد و از این طریق اثر می گذراد. یک صفحه لاستیکی را در نظر بگیرید، توپ سنگینی مانند توپ بولینگ روی آن بگذارید؛ توپ صفحه را به سمت پایین خم می کند. حالا توپ کوچکی مانند توپ پینگ پنگ روی صفحه قل بدهید. خمش صفحه که ناشی از توپ بولینگ است بر مسیر حرکت توپ پینگ پنگ اثر می گذارد و مسیرش را انحنا دار می کند. توپ بولینگ نیروی نامرئی به توپ پینگ پنگ وارد نکرده است؛ تنها ساختار و بستری که توپ پینگ پنگ در آن حرکت می کند را تغییر داده است. در نسبیت عام هرچقدر جرم بیشتر باشد خمش فضا - زمان اطرافش عمیق تر است. خورشید نیز فضا - زمان را خمیده می کند و نور ستارگانی که از دور می آیند را اندکی منحرف می کند (این پیش بینی در سال ۱۹۱۹ تایید شد).

براساس نسبیت خاص زمان مطلقى وجود ندارد، همانگونه که نیوتن نشان داد مکان مطلقى نیست و تمام فاصله ها و حرکت ها نسبى سنجیده مى شود، اینشتین نیز ایده زمان مطلق را کنار گذاشت. براساس نسبیت خاص هر چه نسبت به یک نقطه ای سریع تر حرکت کنیم، ساعت های ما نسبت به ساعت های واقع در آن مکان کند تر حرکت مى کند. زمان برای ما آهسته تر مى گذرد، اگر همینطور سریع تر حرکت کنیم تیک تاک های ساعت ما نسبت به تیک تاک های ساعت آن نقطه کند تر مى شود. همینطور تیک تاک های ما کند تر و کند تر مى شود تا جایی که با رسیدن به سرعت نور، زمان برای ما ساکن پنداشته مى شود. براساس اصل هم ارزی جرم لختی و جرم گرانش، گرانش نیز همین تاثیر را بر زمان دارد. اصل هم ارزی جرم لختی و جرم گرانش بیان مى کند که بین یک آسانسورى در شرایط بی وزنى که با شتاب  $g$  (شتاب گرانشى زمین) به بالا حرکت مى کند و آسانسورى که بر روی زمین بدون حرکت است تفاوتى وجود ندارد. به بیان دیگر اگر شما در این آسانسور باشید متوجه نخواهید بود که آسانسور با شتاب حرکت مى کند یا آسانسور در میدان گرانشى زمین قرار دارد. گرانش نیز زمان را کند و کند تر مى کند.

یوهان دروست نشان داد که با نزدیک شدن به این کره جادویی، از دید ناظر دور دست ساعت شما کند تر و کند تر مى شود تا اینکه از دید ناظر بیرونى زمان برای شما متوقف مى شود! برخى از فیزیکدانان بر این عقیده بودند که چنین شیئى نمى تواند در طبیعت وجود داشته باشد.

اینشتین در سال ۱۹۲۲، حین کنفرانسى در پاریس، ناباورى خود را نسبت به این ایده اعلام کرد. ریاضیدانى به نام ژاکوئیز هادامارد از اینشتین پرسید که اگر گرانش در قطر شوارتسشید نامتناهى باشد چه مى شود؟ اینشتین پاسخ داد: «این فاجعه ای حقیقى برای نظریه است و بسیار دشوار است که بتوانیم از قبل، آنچه از نظر فیزیکی رخ مى

دهد را پیش بینی کنیم، زیرا دیگر فرمول ها به کار نخواهند آمد.» اینشتین بعدها این مشکل را «فاجعه هادامارد» نامید. او اطمینان داشت که تمام این بحث ها پیرامون این ستارگان تاریک و جادویی، چیزی بیشتر از تخیل نیست. زیرا آنها فیزیکی نیستند؛ یعنی هیچ کس تابحال این اجرام را ندیده است. از آن گذشته سقوط به یکی از این اجرام انهدام حتمی است.

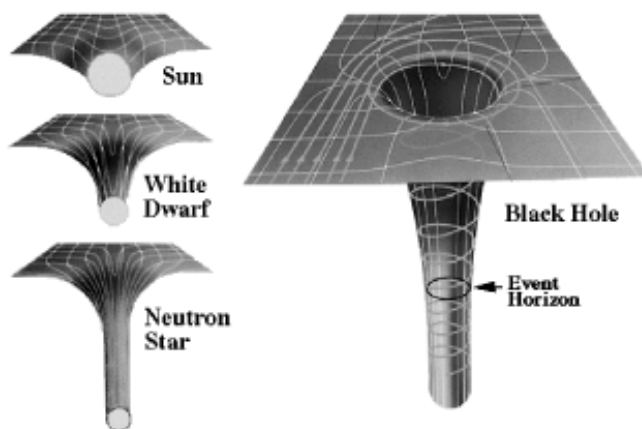
ادعای توقف زمان توسط کیهان شناسی به نام اچ پی رابرتسون نیز بررسی شد، او دریافت زمان از دید ناظر دوردست پایان می یابد، اما سقوط شما تنها در کسری از ثانیه طول می کشد. میدان گرانشی قدرتمند این ستارگان سیاه، بسیار زمان را تحت تاثیر قرار می دهد و نسبی بودن زمان را بسیار محسوس می کند.

در سال ۱۹۲۸ یکی از فارغ التحصیلان دانشگاه که اهل هند بود به اسم سوبراهمنیان چاندراسخار برای تحصیل در دانشگاه کمبریج نزد آرتور ادینگتون راهی انگلستان شد، او در راه دست به محاسبه زد که یک ستاره باید چه جرمی داشته باشد که نتواند در مقابل گرانش خود تاب آورد. ایده وی اصل طرد پائولی بود. وقتی یک ستاره منقبض می شود، ذرات ماده به هم نزدیک می شوند در نتیجه طبق اصل طرد پائولی باید سرعت های بسیار متفاوتی داشته باشند. این باعث ایجاد رانشی می شود. بنابراین یک ستاره با ایجاد توازنی بین نیروی فروپاشی گرانشی و رانش طبق اصل طرد پائولی می تواند شعاع خود را تثبیت کند. اما طبق نسبیت خاص سرعت یک ذره توسط سرعت نور محدود می شود؛ بنابراین نیروی رانش اصل طرد پائولی محدود است. این موضوع به این معناست که اگر جرم ستاره ای به اندازه کافی بزرگ باشد در برابر گرانش تاب نخواهد آورد! چاندراسخار این جرم مخصوص را تقریباً ۱.۴ برابر جرم خورشید حساب کرد، این مقدار اکنون به حد چاندراسخار معروف است.

تقریبا در همین موقع ها کشف مشابهی از سوی لوداویویچ لاندائو صورت گرفت، این کشف مربوط به سرنوشت ستاره ای با جرمی کمتر از حد چاندراسخار بود که سرانجام از انقباض خواهد ایستاد و احتمالا وضعیت نهایی آن جسمی بسیار چگال با شعاع چند هزار مایل و چگالی صدها تن در اینچ مکعب به نام کوتوله سفید خواهد بود. نیروی رانشی کوتوله سفید که براساس اصل طرد پائولی است بقای آن را تامین می کند. تعداد زیادی از این کوتوله های سفید مشاهده شده است.

لاندائو نتیجه محتمل دیگری نیز پیشنهاد کرد. ستاره ای با جرم یک یا دو برابر جرم خورشید که شعاعی در حدود ۱۰ مایل و چگالی صد ها تن در اینچ مکعب دارد. این ستاره که ستاره نوترونی نام دارد از رانش میان نوترون ها و پروتون ها طبق اصل طرد پائولی پایدار می ماند، بعد از پیش بینی این نوع ستاره ها تا مدت ها کسی نتوانست ستاره نوترونی مشاهده کند.

ستارگانی که جرمشان از حد چاندراسخار بیشتر است سرنوشت عجیب تری دارند، ممکن است مقادیر کافی ماده به بیرون پرتاب کنند تا جرمشان از حد چاندراسخار کمتر شود و از فروپاشی گرانشی جلوگیری کنند؛ اما ستاره هر قدر که بزرگ باشد از کجا می داند چقدر ماده باید به بیرون پرتاب کند؟ از آن گذشته حتی اگر تمام ستاره ها از فروپاشی گرانشی جلوگیری کنند، اگر به یک کوتوله سفید یا ستاره نوترونی مقداری جرم بیفزاییم تا جرمشان از حد چاندراسخار تجاوز کند چه روی می دهد؟ آیا ستاره فروپاشیده می شود و همینطور فروپاشی را بدلیل نبود نیروی رانشی ادامه می دهد و چگالی بینهایت پیدا می کند؟



در نمودار بالا نتیجه ی مرگ ستارگان و میدان گرانشی آنها را در مقایسه با یکدیگر می بینید.

نتایج کار چاندراسخار حیرت انگیز بود، به عقیده ادینگتون فروپاشی گرانشی یک ستاره به یک نقطه غیر ممکن بود و به همین دلیل او از پذیرفتن نتایج او سرباز زد. حتی اینشتین نیز مقاله ای نوشت و مدعی شد که اندازه ستاره هیچگاه صفر نمی شود. در مقابل این مخالفت ها، آن هم از سوی اشخاص بزرگ، چاندراسخار دست از تحقیق در این زمینه برداشت و به حرکت خوشه های ستارگان پرداخت، اما جایزه نوبلی که در سال ۱۹۸۳ به او اهدا شد تا حدی پاسخ کارهای او در این زمینه بود.

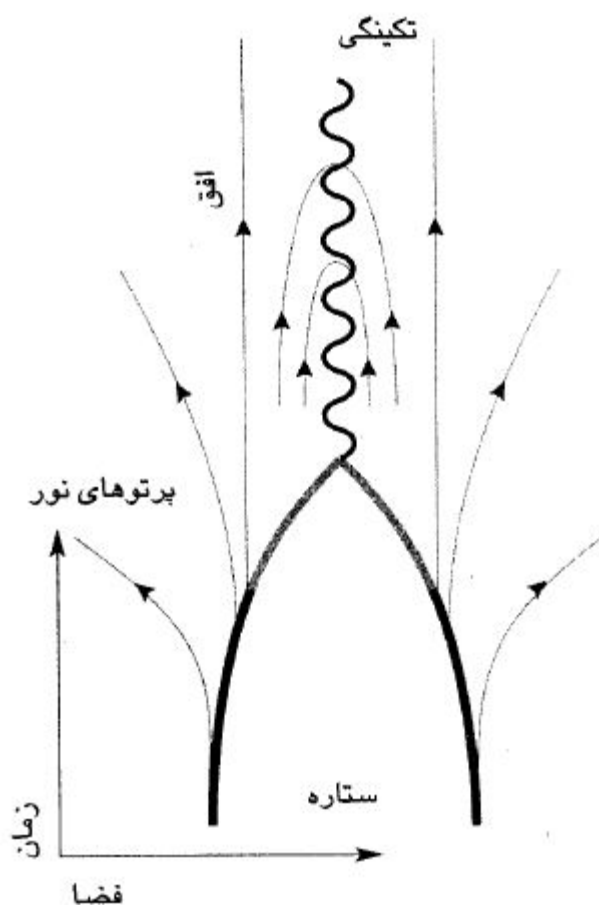
در سال ۱۹۳۹ اینشتین مخالف مقاله ای نوشت و در آن ادعا کرد که این ستارگان نمی توانند از طریق فرایند های طبیعی بوجود آیند، او معتقد بود ستاره مجموعه ی چرخانی از گرد و غبار و گاز است که به تدریج بدلیل گرانش دور یکدیگر جمع می شوند. اما او نشان داد این مجموعه چرخان هرگز به اندازه قطر شوارتسشیلد متراکم نمی شود و در نتیجه این ستارگان سیاه ایجاد نمی شود. در بهترین حالت به اندازه ۱.۵ برابر قطر شوارتسشیلد می رسند، برای دستیابی به قطری کمتر باید سریع تر از نور

حرکت کنند که ممکن نیست. اینشتین اینگونه نوشت: «نتیجه اصلی این بررسی، درک واضح این مطلب است که تکینگی شوارتسشیلد واقعیت فیزیکی ندارد.»

اما گویا هیجان این ایده به این زودی ها خاموش نمی شد، اینکه براساس نسبیت عام چه اتفاقی بر سر ستاره ای می افتد، نخستین بار از سوی رابرت اوپنهایمر، جوان آمریکایی، در سال ۱۹۳۹ کشف شد، اما وقوع جنگ جهانی دوم و مشغول کردن وی به بمب اتم باعث فراموشی موضوعات گرانشی ستاره شد.

تصویر کنونی ما از کار اوپنهایمر بدین صورت است: گفتیم بر اساس نسبیت عام اینشتین، میدان گرانشی نور را نیز تحت تاثیر قرار می دهد. یک ستاره نور را اندکی خم می کند و اشاره کردیم که این پیش بینی هنگام کسوف مشاهده شده است. میدان گرانشی یک ستاره در حال انقباض و فروپاشی همینطور قدرتمند تر می شود. از این رو نوری که از دور دست می آید و از کنار ستاره می گذرد بیشتر خم می شود، طول موج آن بیشتر می شود و ضعیف تر می شود. برای یک ناظر دوردست این به آن معناست که نوری که از کنار ستاره می گذرد همینطور سرخ تر و ضعیف تر می شود، در نهایت وقتی شعاع ستاره به شعاع بحرانی می رسد این نور دیگر نمی تواند از میدان گرانشی ستاره بگریزد و هیچوقت به ناظر دوردست نمی رسد و طبق نسبیت خاص اگر نور نتواند بگریزد، هیچ چیز نمی تواند بگریزد. پس ناحیه هایی در فضا - زمان وجود دارند که هیچ دسترسی به ناظری در دور دست ندارند؛ امروزه به این ناحیه ها سیاهچاله و به مرز آنها افق رویداد می گویند.





در این نمودار، همینطور که در زمان جلو می رویم پرتو ها سخت تر از میدان گرانشی ستاره در حال فروپاشی خارج می شوند تا جاییکه وقتی ستاره شعاع بحرانی را رد می کند، نوری دیگر نمی تواند بگریزد.

برای درک بهتر تولد سیاهچاله ها یک سناریو ذهنی ترتیب می دهیم: فرض کنید شما در ساعت ۱۱:۵۹:۵۷ روی ستاره ای که در حال فروپاشی است فرود می آید. البته این تنها یک سناریو ذهنی است و تنها فرض کنید! به ساعت شما، شعاع ستاره دقیقا در ساعت ۱۲ از مقدار بحرانی کم می شود. شما هر ثانیه یک سیگنال به ناظری که در دور دست قرار گرفته ارسال می کنید. پس به محض فرود اولین سیگنال را در ساعت ۱۱:۵۹:۵۷ ارسال می کنید. سیگنال بعدی در ۱۱:۵۹:۵۸ و همین طور سیگنال سوم را

در ۱۱:۵۹:۵۹ ارسال می کنید، در این مدت گرانش ستاره بدلیل انقباض آن همین طور قوی تر می شود و گذر زمان نیز برای شما آهسته تر. پس فاصله بین دو سیگنال متوالی برای شما یک ثانیه است ولی برای گیرنده ای که در دور دست است همینطور بیشتر می شود. برای ناظر دوردست، فاصله زمانی بین دریافت دو سیگنال شما بیشتر می شود و وقتی شما سیگنال چهارم را در ۱۲:۰۰:۰۰ به ساعت خود ارسال می کنید، آن سیگنال نمی تواند از میدان گرانشی ستاره که به شعاع بحرانی رسیده است بگریزد. در نتیجه ناظر دوردست باید تا ابد برای دریافت این سیگنال شما صبر کند. به عبارتی ناظر همین طور فاصله بین دریافت سیگنال ها را بیشتر و بیشتر اندازه گیری می کند که در نهایت دیگر سیگنالی دریافت نمی کند. طی این مدت که ناظر دوردست به این ستاره در حال فروپاشی نگاه می کند نور آن را سرخ تر و ضعیف تر می بیند. نور ستاره همینطور ضعیف تر می شود و در نهایت چنان تاریک می شود که دیگر ستاره ای نمی بیند. آنچه که در فضا باقی می ماند سیاهچاله است، اگر خوش شانس باشید ناظران این واقعه باید یادبودی بخاطر شجاعت بیش از اندازه شما بسازند!

کار های مشترک راجر پنروز و استیون هاوکینگ در بین سال های ۱۹۶۵ تا ۱۹۷۰ نشان داد که براساس نسبیت عام در مرکز سیاهچاله باید نقطه ای با چگالی نامتناهی به نام تکینگی باشد. در این نقطه انحناى فضا - زمان بینهایت است. این پدیده تقریباً همانند انفجار بزرگ در آغاز زمان است ولی با این تفاوت که این تکینگی به معنای پایان زمان است و قوانین علم و توانایی ما در پیش بینی آینده در هم می شکند، اما چرا بدین گونه است؟ گفتیم گرانش گذر زمان را کند می کند. میدان گرانشی ستاره ای در حال فروپاشی همینطور قوی تر می شود و گذر زمان نیز کند تر می شود و وقتی سیاهچاله ای با تکینگی در مرکز بوجود می آید گذر زمان در مرکز سیاهچاله نسبت به ناظر می ایستد و پایان می یابد. این بینهایت ها و مقادیر نامتناهی معادلات نسبیت عام

را به هم میریزد و قدرت پیش بینی تکینگی را از ناظران سلب می کند؛ به همین دلیل است که ریاضیدانان این نقطه را نقطه تکین یا تکینگی می نامند. اما هیچ یک از ناظران خارج سیاهچاله از این پیش بینی ناپذیری خبردار نمی شوند: چون هیچ نور و علامتی از تکینگی به آنها نمی رسد.

یکی از کارهای پرنور در این زمینه، پیشنهاد فرضیه سانسور کیهانی بود. فرضیه ضعیف سانسور کیهانی دقیقاً ناظرانی که در خارج سیاهچاله هستند را از پیامدهای پیش بینی ناپذیری تکینگی حفظ می کند، این فرضیه تکینگی را توسط افق رویدادی همیشه پنهان می کند. در انتهای فصل بعد بیشتر با این فرضیه آشنا می شویم.

«جهان نه فقط از آنچه ما تصور می کنیم عجیب تر است، بلکه از هر آنچه بتوانیم تصور کنیم، عجیب تر است.»

- جی بی اس هالدین

«عمیق شدن در اسرار، زیبا ترین تجربه ای است که می توانم کسب کنم. این هیجان بنیادی بشر است که در گهواره علم و هنر حقیقی قرار می گیرد. هر کس که این را نداند و بیش از این هیجان زده و شگفت زده نشود، انگار که مرده و فروغ چشمانش به خاموشی گراییده است.»

- آلبرت اینشتین

بعضی اوقات جواب سوالی که مدت ها ذهن آدم را به خود مشغول کرده است، خود ذهن آدم را به خود مشغول می کند! باید بپذیریم که عقل سلیم راهنمای خوبی برای درک شگفتی های کیهان نیست. همانطور که داریم میگویم، عقل سلیم، عقل سلیم است! در فصل اول و فصل ششم بخش اول این کتاب دیدید که جا انداختن یک نظریه مخالف با تجربه و اعتقاد عامه چقدر مشکل است! باور نکردن چیزی بدلیل مغایرت داشتن آن با اعتقادات و تجربه های روزمره مان معقولانه نیست؛ تجربه های ما از طبیعت اطرافمان است و وقتی خود طبیعت چیز های عجیب تری به ما معرفی می کند پس منطقیست تجربه های قبلی خود را رها کنیم و تجربه های نویی کسب کنیم!

با نگاهی به گذشته در می یابیم که بعضی رویا های بشر تحقق یافتند؛ رویای پرواز، رویای سفر به ماه، رویای درک شگفتی ها کیهان. در این کتاب دیدیم حتی علم هنوز هم قانع نیست و رویا های بیشتری نیز بررسی می کند!

بسیاری از مردم وارد شدن به این موضوعات و وارد کردن گیتی در سر را تایید نمی کنند. آنها می پندارند این کار بیهوده است و نتیجه ای برای بشر ندارد، اما درک این شگفتی ها شاید اکنون فایده ای برای «زندگی» نداشته باشد اما یک روزی از این نتایج شاید استفاده زیادی بکنیم! اگر فیلم در میان ستارگان (Interstellar) را دیده باشید حتما به منظور من پی می برید! درک نکردن گیتی و غرق شدن در دنیای خاکی کوچکمان و پایین انداختن نگاهمان به زمین خوشایند نیست. حتی اگر در زندگی نیز سود و منفعتی نداشته باشد، درک گیتی خوشایند است؛ درک ویژگی و قوانین طبیعتی که حکمرانی می کنند شگفت انگیز است.

مطالعه این کتاب علاوه بر آشنا کردن با سیاهچاله ها، عدم وجود مرزی را برای عجایب نیز پیشنهاد می کند. به قول استیون هاوکینگ: «چه چیزی می تواند جالب تر و شگفت انگیز تر باشد که مرزی وجود نداشته باشد؟»

در اواخر بخش اول و در بخش دوم از دانشمند معلول بریتانیایی، استیون هاوکینگ زیاد اسم بردیم. به قول کیتی فرگوسن، هاوکینگ نمونه فردی است که «ذهنی» رها دارد، او سال های زیادی از زندگی را صرف مطالعه سیاهچاله ها کرده است و حقیقتا که ذهنی رها است! رهایی ذهن او به پیش روی در دنیای عجیب و شگفت انگیزمان کمک کرده است، اما همانطور که گفتیم شگفتی ها هیچوقت به پایان نمی رسند؛ هنوز هم چیزهای زیادی برای کشف کردن وجود دارد. مطالعه این موضوعات به حفظ علاقه و اشتیاق ذهن های جوان کمک می کند. تلاش برای درک گیتی هیچ زمان به پایان نمی رسد.

با گفتن جمله دیگری از استیون هاوکینگ نوشته خود را پایان می دهم: «هیچ چیز شبیه لحظه ای نیست که چیز جدیدی را کشف کرد که کسی از قبل در مورد آن چیزی نمی داند.»

پویا فرخی

## منابع

- استیون هاوکینگ ذهنی رها، نوشته کیتی فرگوسن و ترجمه رامین رامبد، تهران، مازیار، چاپ اول، ۱۳۹۲
- اسرار سیاهچاله ها، ترجمه و تالیف امیرحسین فرجاد نسب و محمد حسین پورعباس، تهران، سبزان، چاپ چهارم، 1388
- تاریخچه زمان، نوشته استیون و. هاوکینگ و ترجمه محمدرضا محجوب، تهران، شرکت سهامی انتشار، چاپ هفدهم، ۱۳۹۱
- جهان در پوست گردو، نوشته استیون و. هاوکینگ و ترجمه محمدرضا محجوب، تهران، انتشارات حریر با همکاری شرکت سهامی انتشار، چاپ نهم، ۱۳۹۱
- جهان های موازی، نوشته میچو کاکو و ترجمه علی هادیان و سارا ایزدبار، تهران، مازیار، چاپ دهم، ۱۳۹۴
- گیتی از هیچ، نوشته لاورنس ام. کراوس و ترجمه رامین رامبد، تهران، مازیار، چاپ اول، ۱۳۹۳
- Black Holes and Black Hole Thermodynamics, Alex B. Nielsen, arxiv: 0809.3850v1
- Thermodynamics of Black Holes, Robert M. Wald, arxiv: gr-qc\9912119v2

- Black Holes and Thermodynamics, Stephen Hawking, Phys. Rev. D. 15 Jan. 1976 vol. 13, Number 2
- Imaging an Event Horizon: submm-VLBI of a Super Massive Black Hole, A Science white paper to the decadal review committee
- Is Universe a White Hole?, M. S. Berman, Astrophys. Space sci (2007) 311: 359-361
- Death of White Holes in the Early Universe, Douglas M. Eardley, Phys. Rev. Lett. 12 Aug 1974 Vol. 33 No. 7
- Hawking, S. & Ellis, G. The Large Scale Structure of Space Time
- Funky Light Signal From Colliding Black Holes Explained – NASA – 16 Sep 2015
- Stephen Hawking explains how you could escape a black hole - KTH Royal Institute of Technology in Sweden – sciencealert – 26 Aug 2015



از مجموعه کتب الکترونیکی سایت علمی بیگ بنگ

جهانی از عدم

چرا  $E = mc^2$

جهان کوانتومی

ذرات بنیادی یا نظریه ی ریسمانها

غذا و تغذیه در فضا

