تاریخچه‌ی انرژی تاریک

ظریفی، امید[۱]

[۱] *دبیرستان استعدادهای درخشان شهید صدوقی (ره)، بلوار آیت الله مدرس (ره)، یزد*

چکیده

در این مقاله به دنبال این هستیم تا چگونگی کشف انرژی تاریک را به صورت کامل، همراه با شواهد تجربی و آزمایش‌های انجام شده توضیح دهیم. کار خود را از اوایل قرن بیستم میلادی شروع می‌کنیم و پابه‌پای گذشت زمان مواردی که در ایجاد و یا تکمیل این بخش اسرارآمیز فیزیک نقش داشتند را بیان می‌کنیم.

The brief history of dark energy

Zarifi, Omid [۱]

[۱] *Shahid Sadooghi brilliant intelligent high school, Ayatollah Modarres, Blvd., Yazd*

Abstract

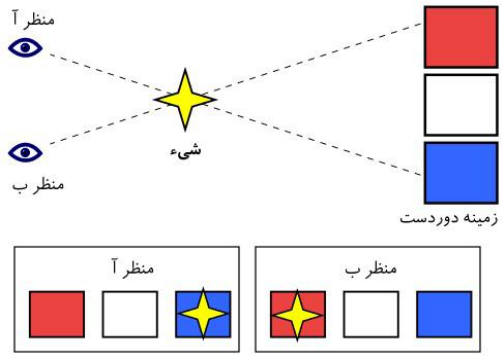
In this article we are going to explain the discovery of dark energy with empirical evidence and the experiments tests, completely. We start our research from the early ۲۰th century, and over time things are expressed which have an important role in completion or creation this mysterious section of physics.

PACS No. ۹۵.۳۶.+x

مقدمه

زمانی تصوّر مردم بر آن بود که کهکشان راه شیری تمام عالم ماست و چیزی غیر از آن وجود ندارد. اما ادوین هابل در سال ۱۹۲٤ میلادی نشان داد که در جهان قابل مشاهده‌ی ما غیر از کهکشان راه شیری تعداد بسیار زیادی کهکشان وجود دارد که میان آن‌ها از فضاهای خالی بسیار وسیعی پر شده است. هابل برای اثبات حرف خویش نیاز داشت تا فاصله‌ی این کهکشان‌ها از ما را اندازه‌گیری کند.

ما برای تعیین فواصل ستاره‌های نزدیک از روش "اختلاف منظر" یا "دیدگشت" استفاده می‌کنیم. به دلیل گردش زمین به دور خورشید، ستاره‌های نزدیک به ما نسبت به ستاره‌های دوردست در منظرهای مختلفی در آسمان دیده می‌شوند. ما می‌توانیم با استفاده از همین اختـلاف منظرِ ستـارگان و روابط مثلثاتی فاصله‌ی آن‌ها را



شکل ۱ : حالت ساده‌ای از اختلاف منظر

تا زمینِ خودمان اندازه بگیریم. اما این روش برای کهکشان‌هایی که در فواصل بسیار دور از ما قرار دارند کاربردی ندارد. زیرا به دلیل فاصله بسیار زیاد آن‌ها از ما، این کهکشان‌ها تقریباً ثابت به نظر

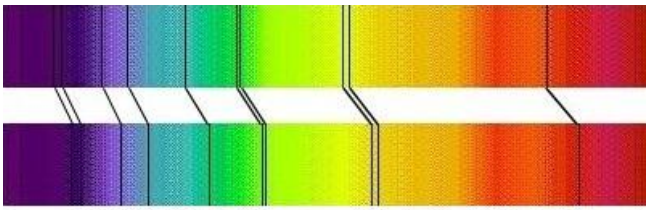
می‌رسند. پس هابل چگونه باید کار خود را ادامه می‌داد؟ او برای رسیدن به نتیجه‌ی دلخواهش از روش‌های غیرمستقیمی مانند روشنایی ظاهری ستارگان استفاده کرد. روشنایی ظاهری یک ستاره به دو عامل بستگی دارد: فاصله‌ی آن ستاره از ما و درخشندگی‌اش. هرچه ستاره‌ای به ما نزدیک‌تر باشد و همچنین درخشندگی بیشتری داشته باشد، روشنایی ظاهری آن ستاره از دید ما بیشتر است. در مورد ستاره‌های نزدیک، روشنایی ظاهری و فاصله‌ی آن‌ها از ما قابل اندازه‌گیری است؛ بنابراین می‌توانیم درخشندگی آن‌ها را محاسبه کنیم. اما در مورد کهکشان‌های دوردست مسئله اصلی پیدا کردن فاصله‌ی آن‌ها از ما است. یعنی ما باید روشنایی ظاهری و درخشندگی حداقل یکی از ستاره‌های آن کهکشان‌ها را در دست داشته باشیم تا بتوانیم فاصله‌ی کهکشان مورد نظرمان را تا زمین بدست بیاوریم. هابل ادعا کرد که گونه خاصّی از ستارگان (ستارگان متغیر قیفاووسی) وجود دارند که درخشندگی آن‌ها طی دوره‌های منظم روزانه یا ماهانه تغییر می‌کند. این ستاره‌ها برای ستاره‌شناسان بسیار ارزشمندند؛ چون دوره‌ی درخشش یا کم‌نوری آن‌ها با درخشندگی درونی آن‌ها متناسب است. بنابراین، اگر چنین ستاره‌هایی را در کهکشان‌های دیگری بیابیم، می‌توانیم با در دست داشتن درخشندگی آن‌ها فاصله‌ی آن‌ها تا زمین را محاسبه کنیم. هابل این کار را برای چندین ستاره در کهکشان آندرومدا انجام داد و به نتایج یکسانی رسید. به همین ترتیب او توانست فاصله‌ی نه کهکشان را از زمین اندازه بگیرد. [۱] و [۲]

انرژی تاریک

کشف هابل دید ما را نسبت به جهان تغییر داد و دانشمندان آن زمان را بر این داشت تا بیشتر در مورد کهکشان‌های اطراف خود به تحقیق بپردازند. یکی از مسائل مهم که جواب دادن به آن بسیار حیاتی بود، این بود که عناصر سازنده‌ی آن کهکشان‌ها چیست؟ آیا آن‌ها هم مانند کهکشانِ خودمان عمدتاً از هیدروژن و هلیم تشکیل شده‌اند؟

بهترین و مطمئن‌ترین راهی که برای پی بردن به پاسخ این پرسش وجود داشت، مشاهده‌ی طیف نوری کهکشان‌ها بود. زیرا در طیف نوری آن‌ها رنگ‌های خاصّی وجود ندارند. این پدیده به این دلیل رخ می‌دهد که عناصر مختلفِ تشکیل دهنده‌یِ آن‌ها رنگ‌های خاصّی با طول موج‌های مشخصی را جذب می‌کنند و جای آن رنگ‌ها را در طیف نوری مشاهده شده توسط ما خالی می‌گذارند. به این ترتیب با مشاهده‌ی طیف نوری هر یک از کهکشان‌ها می‌توانیم دقیقاً مشخص کنیم که آن کهکشان از چه عناصری تشکیل شده است.

هابل با انجام دادن این کار پی برد که عناصر سازنده‌ی کهکشان‌هایِ دیگر تقریباً همانند عناصر سازنده‌ی کهکشانِ خودمان است. یعنی بیشتر جهانِ ما از هیدروژن و هلیم تشکیل شده است. اما هابل و همکارانش در حین تحقیقات خود به موضوعی بسیار مهم‌تر و عجیب‌تر هم دست یافتند: با وجود اینکه شباهت بسیار زیادی بین نوع عناصر کهکشانِ ما و کهکشان‌های دیگر وجود دارد، (و در نتیجه طیف نوری آن‌ها تقریباً شبیه هم هستند) اما مجموعه‌ی رنگ‌های خاص حذف شده از طیف نوریِ بقیه‌ی کهکشان‌ها به مقدار تقریباً یکسانی به سمت قرمزِ طیف جابه‌جا شده‌اند.(مطابق شکل۲) یا به عبارتی دیگر، کهکشان‌های دور دست از خود نوری قرمزتر از حد مورد انتظار منتشر می‌کنند. اما دلیل این پدیده چیست؟



شکل۲ : جابه‌جایی رنگ‌های حذف شده به سمت قرمزِ طیف

بر طبق پدیده دوپلر که حتماً شما هم آن را تجربه کرده‌اید، زمانی که کنار خیابان ایستاده‌اید و اتومبیلی به شما نزدیک می‌شود (نسبت به حالتی که اتومبیل در حال سکون است) طول موج امواج صوتی ساطع شده از آن کم می‌شود و شما صدای آن را زیرتر می‌شنوید. همین اتفاق اما به صورت وارون برای اتومبیلی می‌افتد که در حال دور شدن از شماست؛ یعنی طول موج امواج صوتی آن بلندتر و در نتیجه صدای آن بم‌تر می‌شود.

پدیده دوپلر برای امواج الکترومغناطیسی مانند نور هم صحت دارد. با دانستن این نکته و اینکه طول موج رنگ قرمز از سایر

رنگ‌ها بیشتر است می‌توان به این نکته پی برد که جهان ما ایستا نیست و کهکشان‌ها در حال حرکتند. در ابتدا فرض بر این بود که کهکشان‌ها به صورت کاتوره‌ای حرکت می‌کنند؛ یعنی به همان اندازه که امکان دارد طیف نوری یک کهکشان به سمت قرمز جابه-جا شود، به همان اندازه نیز امکان دارد که طیف نوری کهکشانی دیگر به سمت آبی جابه‌جا شود. اما هابل پس از سال‌ها تلاش، فاصله و طیف مشاهده شده‌ی کهکشان‌های زیادی را جدول‌بندی کرد و در کمال تعجب دید که طیف تمامی کهکشان‌ها دچار جابه-جایی به سمت قرمزِ طیف (که هابل روی آن نام "انتقال به سرخ" را گذاشت) می‌شوند. این نتیجه بسیار شگفت‌انگیز بود. حتی شگفت‌انگیزتر از آن این بود که هابل فهمید مقدار انتقال به سرخ کهکشان‌ها هم کاتوره‌ای نیست؛ بلکه با فاصله‌ی آن‌ها از ما نسبت مستقیم دارد. یعنی هرچه کهکشانی از ما دورتر باشد، قرمزتر به نظر می‌رسد و با سرعت بیشتری از ما دور می‌شود. یا به عبارتی کیهان در حال انبساط است! یعنی در هر لحظه، هر دو نقطه از کیهان دارند از هم دور و دورتر می‌شوند!

زمانی که هابل نتیجه‌گیری کامل خود را ارائه داد، مردم در فکر این بودند که: چرا خودِ نیوتن به این نکته پی نبرد که جهانِ ما نباید ایستا باشد؟ زیرا در صورت ایستا بودن، کیهان به سرعت و تحت تاثیر گرانش شروع به انقباض می‌کرد.

حال در مورد سرعت انبساط کیهان سه فرضیه مطرح می‌شود:

۱- اگر کیهان با سرعت نسبتاً کمی در حال انبساط باشد، نیروی گرانش بین کهکشان‌های مختلف سرانجام انبساط کیهان را متوقف خواهد کرد و بعد از آن انقباض کیهان شروع می‌شود.

۲- اگر سرعت انبساط کیهان از سرعت بحرانی معینی بیشتر باشد؛ باز هم گرانش سبب کند شدن حرکت آن می‌شود؛ اما این دفعه نمی‌تواند سرعت انبساط کیهان را صفر کند. به عبارتی دیگر، سرعت انبساط کیهان در طول زمان کمتر و کمتر می‌شود ولی هرگز صفر نمی‌شود.

۳- سرعت انبساط کیهان به گونه‌ای است که در زمانِ بی‌نهایت صفر می‌شود.

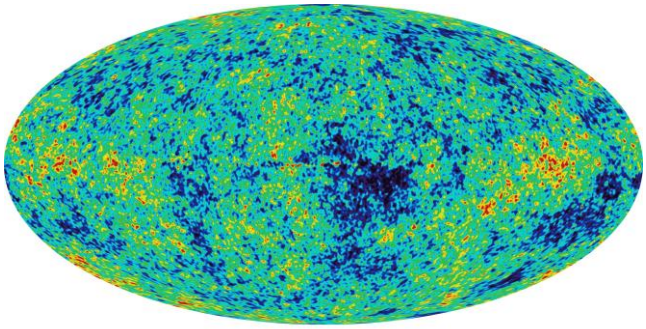
برای بررسی کردن این موضوع که کدامیک از فرضیه‌های بالا صحیح هستند باید آهنگ فعلی انبساط کیهان و چگالی متوسط فعلی آن را بدانیم. اگر چگالی از مقدار بحرانی مشخصی (که با سرعت انبساط تعیین می‌شود) بیشتر باشد، نیروی گرانشی بالاخره انبساط کیهان را متوقف خواهد کرد و موجب انقباض آن خواهد شد. اگر چگالی از مقدار بحرانی کمتر باشد، نیروی گرانشی ضعیف‌تر از این است که انبساط کیهان را به طور کامل متوقف کند و تنها می‌تواند مقداری از سرعت آن کم کند.

آهنگ انبساط کیهان را می‌توان برحسب سرعت دور شدن کهکشان‌ها از ما و پدیده دوپلر محاسبه کرد. اگر چگالی کل کیهان را بعلاوه تمام مقدار "ماده تاریک" موجود درآن محاسبه کنیم، پی می‌بریم که این مقدار حدود ده درصد حداقل مقدار مورد نیاز برای متوقف کردن انبساط کیهان است. پس از بین سه فرضیه مطرح شده، فرضیه دوم که در آن کیهان همیشه به انبساط خود ادامه می-داد مورد قبول واقع شد. [۱] و [۲]

اما در سال‌های اخیر گروهی از ستاره‌شناسان به رهبری "سال پرلموتر" برنامه‌ی رایانه‌ای ساختند که با گرفتن عکس‌هایی در فواصل زمانی یکسان و منظم از آسمان، توانست سرعت واقعی انبساط کیهان را محاسبه کند. آن‌ها در کمال تعجب دریافتند که سرعت انبساط کیهان درحال افزایش است! آن‌ها فقط یک توجیه برای این اتفاق شگفت‌انگیز داشتند: نیرویی بسیار مرموز دارد همه چیز را از هم دور می‌کند که ما آن را "انرژی تاریک" می‌نامیم! یعنی نیرویی به نام انرژی تاریک در همه جای کیهان وجود دارد که سبب می‌شود سرعت انبساط کیهان لحظه به لحظه افزایش یابد. این نیرو بسیار ناجوانمردانه در حال دور کردن هرچه که هست می‌باشد.

کاوشگر WMAP در سالهای اخیر به منظور دیدن نوزادی کیهان به سوی خارج از جو پرتاب شد. این کاوشگر طی شش ماه عکس‌برداری، سرانجام عکسی از نوزادی جهان را به ما نشان داد. دانشمندان و متخصصانِ WMAP بعد از حدود یک سال و نیم دست و پنجه نرم کردن با داده‌های این کاوشگر و روابط پیچیده‌ی ریاضی، آماری بسیار دقیق از چند و چون جهانِ ما ارائه دادند: فقط حدود ۵ درصد از کل جهان، مادّه ایست که می‌بینیم. یعنی تمام این میلیاردها میلیارد کهکشان، تنها حدود ۵ درصد از جهان ما را تشکیل داده‌اند. حدود ۲۳ درصد سهم ماده تاریک است و بقیه هم

(حدود ۷۲ درصد) فقط انرژی تاریک است! دانشمندان اشاره می‌کنند روزی می‌رسد که این افزایش فاصله (توسط انرژی تاریک) به منظومه‌ی خورشیدی، زمین و حتی تمام اتم‌های موجود در جهان می‌رسد و آن‌ها را از هم جدا می‌کند. تنها چیزهایی که ما فعلاً از انرژی تاریک می‌دانیم ماهیّت آن و مقدار آن در کیهان است. ریشه‌ی کلمه "تاریک" هم به همین دلیل است و فقط به دلیل جهل ما استفاده می‌شود و هیچ جنبه علمی‌ای ندارد.



شکل۳ : تصویری از نوزادی جهان که توسط کاوشگر WMAP گرفته شده.

نتیجه‌گیری

دیدیم که چگونه بررسی‌های هابل و همکارانش در پایان به نتیجه‌ی غیرقابل انتظار و شگفت‌انگیزی ختم شد که تا مدت‌ها بعد از این، جای بحث و گفتگو در مورد آن وجود دارد. این خصلتِ علم است. علم همیشه چیزی برای متعجب کردن ما دارد!

مرجع‌ها

[۱] هاوکینگ، استفن؛ *«نظریه‌ی همه چیز»* ؛ انتشارات بصیرت؛ صفحه ۲۱ تا ۴۰. (حقیری، ابوالفضل)

[۲] کاکس، برایان؛ کوئن، اندرو؛ *«شگفتی‌های کیهان»* ؛ انتشارات مازیار؛ صفحه ۷۰ تا ۷۸. (فلزی، محمداسماعیل)