

کشف موج گرانشی

جواد تقی زاده فیروزجایی

اخترنگار - فصلنامه سراسری اختصاصی نجوم - سال اول - شماره اول - تابستان ۱۳۹۵

امواج گرانشی



جواد تقی زاده فیروزجایی
پژوهشگر سناک تری نجوم
پژوهشگر دانش های بیاتاق

تا یک قرن پیش کسی فکر نمی کرد که گرانش هم موج داشته باشد. در نظریه نیوتونی نیروی گرانشی با سرعت بینهایت یا بی نهایت می شود. با پیشرفت علم و تکنولوژی در قرن بیستم، گرانش نیوتونی جوابگوی توصیف بعضی از حوادث فیزیکی نبود. یکی از مهمترین آنها آزمایش مایکلسون مورلی بوده است که تأیید می کند هیچ ذره مادی نمی تواند سریعتر از سرعت نور حرکت کند. اولین بار در سال ۱۸۹۳ هویسیاد این ایده را مطرح کرد که گرانش هم می تواند شیه موج گرانشی باشد و مثل موج در فضا زمان حرکت کند! (۱) این اینشتین بود که اولین بار در سال ۱۹۱۶ با ساختن نظریه نسبیت عام نشان داد که گرانش مثل موج است که در فضا زمان منتشر می گردد.

در نظریه نسبیت عام اینشتین از هر نوع تحول جرمی در آرایش جرمی یک جسم می تواند موج گرانشی تشکیل شود البته به شرطی که تقارن کروی نداشته باشد. برای شرح بهتر این پدیده، اینشتین مسئله یک جسم دو ذره ای را مطرح کرد که به دور هم در حال دوران هستند. بر خلاف گرانش نیوتونی که دو جرم دوران دور هم تا باید در حال دوران



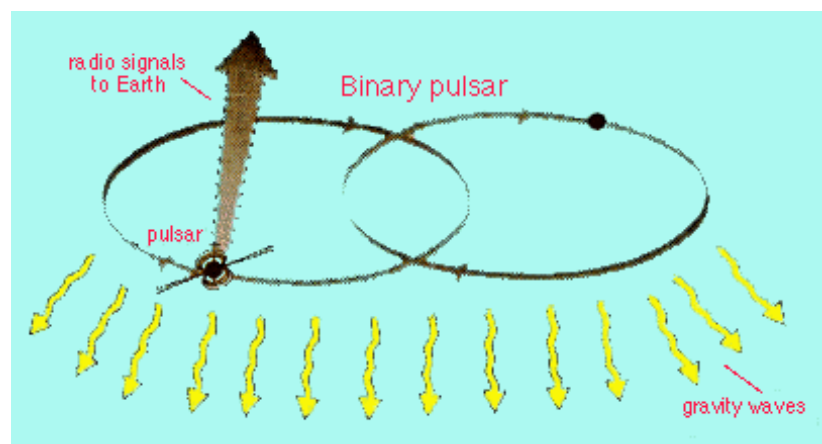
Binary star
Gravitational waves

تا یک قرن پیش کسی فکر نمی کرد که گرانش هم موج داشته باشد. در نظریه نیوتونی نیروی گرانشی با سرعت بینهایت یا بی نهایت می شود. با پیشرفت علم و تکنولوژی در قرن بیستم، گرانش نیوتونی جوابگوی توصیف بعضی از حوادث فیزیکی نبود. یکی از مهمترین آنها آزمایش مایکلسون مورلی بوده است که تأیید می کند هیچ ذره مادی نمی تواند سریعتر از سرعت نور حرکت کند. اولین بار در سال 1893 هویسیاد این ایده را مطرح کرد که گرانش

هم می تواند شبیه موج گرانشی باشد و مثل موج در فضا زمان حرکت کند[1]. این اینشتین بود که اولین بار در سال 1916 با ساختن نظریه نسبیت عام نشان داد که گرانش مثل موج است که در فضا زمان منتشر می گردد.

در نظریه نسبیت عام اینشتین از هر نوع تحول جرمی در آرایش جرمی یک جسم میتواند موج گرانشی تشکیل شود البته به شرطی که تقارن کروی نداشته باشد. برای شرح بهتر این پدیده، اینشتین مسئله یک جسم دو ذره ای را مطرح کرد که به دور هم در حال دوران هستند. بر خلاف گرانش نیوتونی که دو جرم دوران دور هم تا ابد در حال دوران باقی می مانند. البته اگر بدون اصطحاک باشند.

در نظریه نسبیت عام اینشتین این دو جسم هم زمان با دوران دوریکدیگر موج گرانشی تابش می کنند و انرژی از دست می دهند. همانطور که می دانیم بسیاری از اجرام در کیهان ما دوتایی هستند مثل ماه و زمین و یا زمین و خورشید. اما می توان نشان داد که میزان از دست دادن انرژی ناچیز است و تقریباً مدار هایشان ثابت است. اولین کشف موج گرانشی در سال 1974 توسط هالش و تیلور در رصد رادیویی یک دوتایی ستاره نوترونی (تپ اختر) انجام شد. آنها توانستند با تغییر فرکانس چرخشی، آهنگ از دست دادن انرژی توسط موج گرانشی را به درستی پیشبینی کنند. ایشان در سال 1993 جایزه نوبل گرفتند.

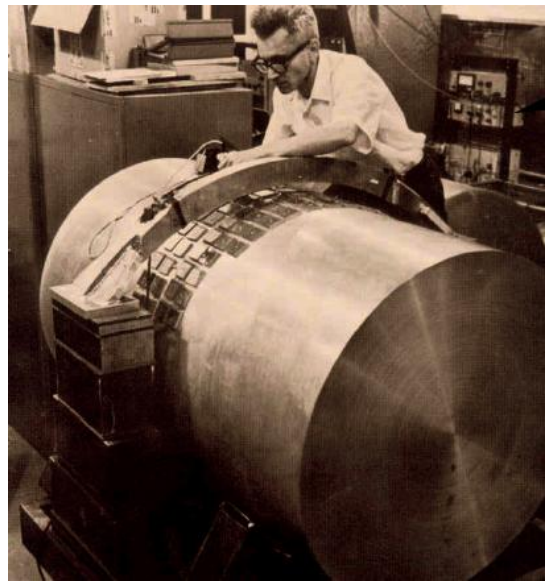


وقتی یک موج گرانشی از یک محیط عبور می کند ابعاد اجسام آن محیط را تغییر می دهد. این تغییرات در صفحه عمود بر انتشار امواج است. بنابراین این موج عرضی است. معمولاً تغییرات در دو راستای عمود بر هم صورت می گیرد که زاویه 45 درجه از هم دارند.

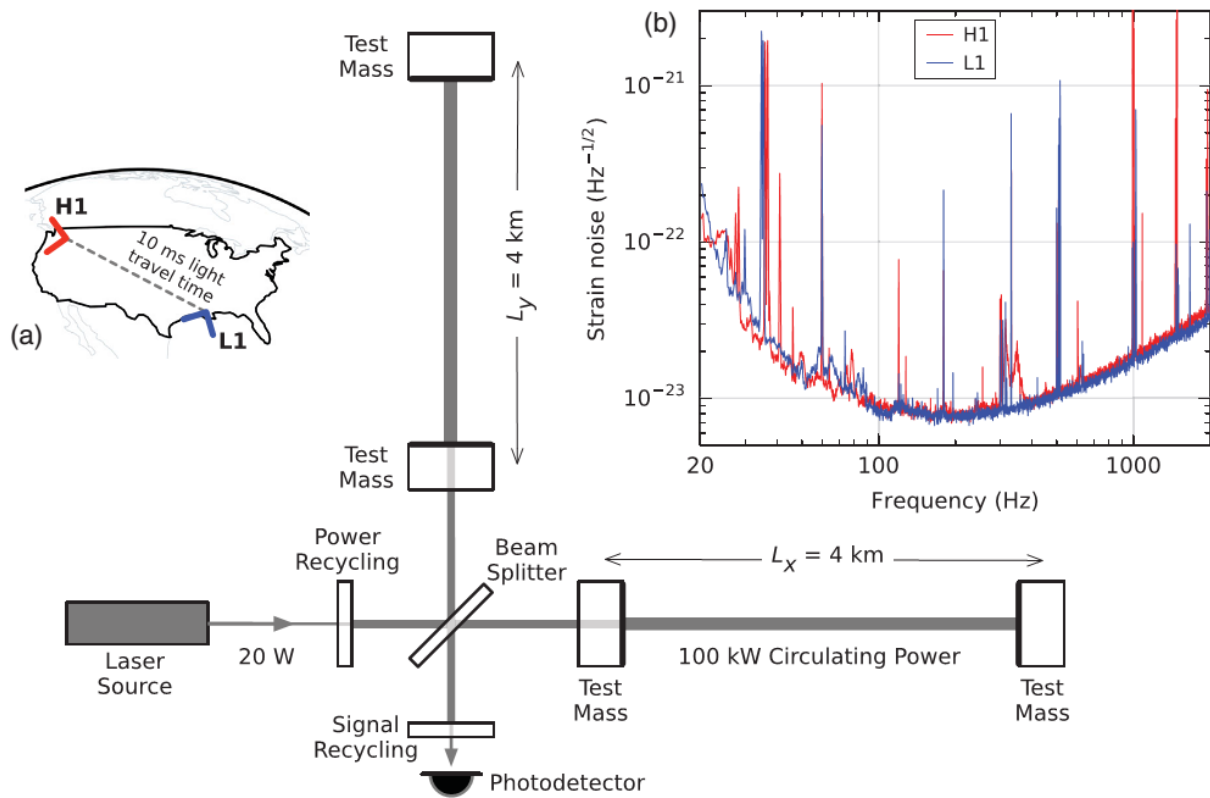
از همین ایده استفاده شد که اثرات موج گرانشی را کشف کنند و آشکارسازها را بسازند.

برای جستجوی منابع امواج گرانشی باید به دنبال اجرام سنگین و فشرده ای در آسمان گشت که به سرعت در حال تحول هستند. این منابع سیاهچاله ها، ستاره نوترونی و کوتوله های سفید هستند. هر یک از این اجسام با خود و دیگری می توانند تشکیل دوتایی گرانشی دهند که به اصطلاح تابش گرانشی ممان چهارقطبی دارند.

برای آشکارسازی موج گرانشی دو نوع ایده وجود دارد: اول اینکه فرکانس تشدید آشکارساز با فرکانس موج گرانشی برابر باشد که این سبب می شود حساسیت آشکارساز بالا برود. اولین نمونه از این آشکارساز توسط وبر در سال 1969 ساخته شده است. علی رغم ادعای ایشان برای کشف موج گرانشی، بعدا نشان داده شد که نویز بوده است.



دوم استفاده از تداخل سنج لیزی است که امروزه اساس کار آشکارسازهای در حال کار امروزی است. این آشکارساز همانند آزمایش مایکلسون مورلی کار می کند. در این آشکارساز از دو مسیر تونل عمود برهم استفاده می شود که نور لیزر از این دو مسیر متفاوت عبور می کند و در زمانی که به هم می رسند فاز هم دیگر را خنثی می کنند. هر نوع تغییر طول در بازوی این آشکارساز سبب ایجاد فاز می شود که باعث ایجاد تداخل در خروجی نور لیزر می شود.



آشکار ساز لایگو یکی از آشکارسازهای داخلی است که در سال 2003 ساخته شده است و در دو منطقه شمال غرب آمریکا (هانفورد) و جنوب شرق آن (لیوینستون) قرار دارد.



در تاریخ 14 سپتامبر 2015 دو رو قبل از اتمام به روزرسانی آشکارساز ان، این آشکارساز ادغام دو سیاهچاله با جرم 36 و 29 برابر جرم خورشید را گزارش کرد که بعد از ادغام قسمت جرم آنها 62 جرم خورشید شد [2]. یعنی انرژی به اندازه 3 برابر جرم خورشید به صورت تابش موج گرانشی ساطع شده است. حادثه مشابه دیگری در 26 دسامبر 2015 گزارش شده است. با این کشف ها، لایگو دریچه جدید در اخترفیزیک نظری باز کرده است که آینده پژوهش هایی از حوزه گرانش، کیهانشناسی، اختر فیزیک و نجوم رصدی را متحول خواهد کرد.

[1] Heaviside O. A gravitational and electromagnetic analogy, *Electromagnetic Theory*, 1893, vol.1 455-466 Appendix B

[2] LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration, B. P. Abbott (February 11, 2016). "Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger". *Physical Review Letter* 116, 061102 (2016).