است که هم از نظر ساخت و هم از نظر طراحی قابل رقابت با زیرساخت سیلیسیمی کنونی است.»

حامی این طرح می‌گوید: «این واقعیت که این طرح قابل رقابت با ترانزیستورهای اکسید ـ فلز تکمیلی و قابل استفاده در کاربردهای مختلف است گامی بزرگ و مدام در جهت پیش‌برد قانون مور است. برای تداوم آنچه اقتصاد قانون مور نوید بخش آن است رهیافت‌های جدید ناهمگن مورد نیاز است چون افزایش ابعاد دیگر کفایت نمی‌کند. این کار جدید پیشگام متضمن این فلسفه است.»

این گروه در جهت بهبود نانوفناوری‌های زیرساختی و بررسی طراحی رایانه‌ای سه بعدی تلاش می‌کنند. از نظر شولیکر، گام‌بعدی در این مورد کار با شرکت نیمرسانای انالوگ دیوایسز[6] در ماساچوست برای سامانه‌های مختلف جدیدی است که از توانایی کار حس کردن و پردازش داده‌ها روی یک **تراشه** استفاده می‌کنند

بنابراین، ابزارها را می‌توان برای آشکارسازی علامت‌های بیماری و ترکیب‌های خاص موجود در تنفس بیمار به کار برد.

استاد راهنمای این طرح می‌گوید: «این فناوری نه‌تنها می‌تواند محاسبهٔ سنتی را بهبود بخشد، بلکه کاربردهای جدید گسترده‌ای نیز دارد.

شاگردان من اکنون بررسی می‌کنند که چگونه می‌توان تراشه‌هایی تولید کرد که کاری بیش از محاسبهٔ صرف انجام دهند.»

این نمایش یکپارچه‌سازی سه‌بعدی حسگرها، حافظه، و مدارهای منطقی توسعه‌ای بسیار نوآورانه نسبت به فناوری‌های موجود است که از توانایی‌های ترانزیستورهای اثر میدان نانو لوله‌های کربنی استفاده می‌کند و می‌تواند سکوی پرتابی بسیاری از کاربردهای بالقوه در آینده باشد.

برای اطلاعات بیشتر رجوع کنید به:

Max M.shulakeret al. Three climensional integration of nanotechnologies for Computig and data storage on a single chip Nature (2017) Dol: 10. 1038/ Nature 22944

جایزه نوبل فیزیک ۲۰۱۷

▲ شکل ۱. برندگان جایزهٔ نوبل
به ترتیب از چپ به راست: راینر وایس از انستیتوی فناوری ماساچوست (متولد ۱۹۳۲، برلن، آلمان)
باری بریش از انستیتوی کالیفرنیا (متولد ۱۹۳۶، ایالات متحده)
کیپ تورن از انستیتوی فناوری کالیفرنیا (متولد ۱۹۴۰، ایالات متحده)

فرهنگستان علوم سوئد نیمی از جایزهٔ نوبل فیزیک سال ۲۰۱۷ را به راینر وایس[1] و نیم دیگر آن را مشترکاً به بَری سی. بریش[2] و کیپ اس. تورن[3] برای *نقش تعیین‌کننده‌شان در آشکارساز LIGO*[4] *و مشاهدهٔ امواج گرانشی* اهدا کرد.

امواج گرانشی عالم در ۱۴ سپتامبر ۲۰۱۵ برای اولین بار مشاهده شدند. این امواج که وجودشان را آلبرت اینشتین صد سال قبل پیش‌بینی کرده بود ناشی از برخورد دو سیاهچاله بودند و ۱/۳ میلیارد سال طول کشیده بود تا این امواج به آشکارساز LIGO در ایالات متحده برسند.

سیگنال مربوط به این امواج که هنگام رسیدن به زمین بی‌نهایت ضعیف بود انقلابی را در اخترفیزیک به وجود آورد. امواج گرانشی وسیله‌ای کاملاً نوین برای رصد شدیدترین رویدادهایی هستند که در فضا به وقوع می‌پیوندند و آزمونی برای تعیین حدود و ثغور دانش ما هستند.

LIGO یا **رصدخانهٔ تداخل‌سنج لیزری امواج گرانشی** طرح مشترکی است که بیش از هزار پژوهشگر در متجاوز از بیست کشور جهان در آن فعالیت دارند. برندگان جایزهٔ امسال با عزم و ارادهٔ شدید خود نقش تعیین‌کننده‌ای در موفقیت این طرح داشتند.

امواج گرانشی «موجک‌هایی» در بافت فضا زمان هستند که بر اثر فرایندهای بسیار شدید و پرانرژی در عالم به وجود

می‌آیند. آلبرت اینشـــتین وجود آن‌ها را در ســـال ۱۹۱۶ در نظریهٔ نسبیت عام خود پیش‌بینی کرد. محاسبه‌های ریاضی اینشتین نشان داد اجسام پرجرم شتابدار (مانند سیاهچاله‌ها و ســـتارگان نوترونی که دور هم می‌گردند) بافت فضازمان را طوری آشـــفته می‌سازند که «امواج» فضای واپیچیده از منبع آن (مانند حرکت امواج ناشی از انداختن سنگی در یک آبگیر) گسیل می‌شوند. به علاوه، این موجک‌ها با سرعت نور در عالم منتشر می‌شوند و حامل اطلاعاتی در مورد منشأ فاجعه‌آمیز خود هســـتند و علاوه بر آن ســـرنخ‌های ارزشمندی در مورد سرشت گرانش در اختیارمان می‌گذارند.

شدیدترین امواج گرانشی را رویدادهای فاجعه‌آمیزی چون برخورد سیاهچاله‌ها، فروریزش قلب ستارگان (اَبَرنواخترها)، در هم ادغام شدن ستارگان نوترونی یا ستارگان کوتوله سفید، و باقیمانده‌های تابش گرانشـــی ناشی از تولد خود عالم تولید می‌کنند.

گرچه وجود امواج گرانشی در سال ۱۹۱۶ پیش‌بینی شده بود. اما *دلیل* وجود واقعی آن‌ها تا سال ۱۹۷۴ یعنی ۲۰ سال پس از درگذشت اینشتین در دست نبود. دو اخترشناس که در رصدخانهٔ رادیویی آرسیبو[5] در پورتوریکو کار می‌کردند یک تپ‌اختر دوتایی متشـــکل از دو ستارهٔ بسیار چگال و سنگین را کشـــف کردند که دور هم می‌گشـــتند. این درست همان منظومه‌ای بود که طبق نظریهٔ نســـبیت عام انتظار می‌رفت امواج گرانشـــی گســـیل کند. پس از هشت سال رصد کردن معلوم شـــد که ســـتارگان درســـت با آهنگی به هم نزدیک می‌شـــوند که نظریهٔ نســـبیت عام پیش‌بینی می‌کرد. اکنون بیش از ۴۰ ســـال اســـت که این منظومه دیدبانی می‌شود و تردیدی وجود ندارد که امواج گرانشی گسیل می‌کند.

از آن پس بســـیاری از اخترشناسان گســـیل‌های رادیویی تپ‌اخترهـــا را بررســـی و همان آثار را مشـــاهده کرده‌اند که تأییدکنندهٔ وجود امواج گرانشـــی است. اما همهٔ این تأییدها، غیرمستقیم یا به‌صورت ریاضی و نه از طریق تماس فیزیکی واقعی بوده‌اند.

تا اینکه در ۱۴ سپتامبر سال ۲۰۱۵ آشکارساز LIGO برای اولین بار این امواج را به‌صورت واپیچیدگی‌های فضازمان ناشی از عبور امواج گرانشـــی تولید شده از برخورد دو سیاهچاله در ۱/۳ میلیارد سال قبل به‌صورت فیزیکی حس کرد! آشکارساز LIGO و کشـــف صـــورت گرفتـــه در آن به‌عنـــوان یکی از بزرگ‌ترین دستاوردهای علمی بشر در تاریخ ثبت خواهد شد.

خوشبختانه، در حالی‌که رویدادهای منشأ این امواج گرانشی بسیار شدیدند، اما وقتی این امواج به زمین می‌رسند میلیون‌ها بار ضعیف‌تر و کوچک‌ترند. درواقع، وقتی امواج گرانشی مورد نظر برای اولین بار به LIGO رســـیدند، مقدار ارزش ناشی از وجود آن‌ها از فضازمان هزاران بار *کوچک‌تر از هستهٔ یک اتم* بود. این اندازه‌گیری‌های به‌صورت باورنکردنی کوچک چیزی است که LIGO برای انجام آن برنامه‌ریزی شده است.

LIGO بزرگ‌ترین رصدخانهٔ امواج گرانشـــی است که از دو تداخل‌سنج لیزری عظیم هر یک با طول بازوی ۴km تشکیل شـــده اســـت که فاصله هزاران کیلومتر از هم قرار گرفته‌اند. LIGO برخلاف تلســـکوپ‌های رادیویی یا اپتیکی نمی‌تواند امواج الکترومغناطیســـی را ببیند، بلکه امواج نامرئی گرانشی را «حس می‌کند». ثانیاً، برخلاف تلسکوپ‌های فوق‌الذکر، به جای «چشمان» تلسکوپ‌های اپتیکی و رادیویی گوش‌هایی دارد کـــه دو لولهٔ خلأ فولادی هر یک به طول ۴km و قطر m ۱/۲ اســـت که به شـــکل L قرار گرفته‌اند و محفظه‌ای بتونی آن‌هـــا را از جهان خـــارج محافظت می‌کنـــد. ثالثاً، برخلاف رصدخانه‌هـــای معمولی که خودشـــان به تنهایـــی داده‌ها را گردآوری می‌کنند، LIGO نمی‌تواند تنها کار کند، بلکه باید همراه با یک دوقلو در فاصله بسیار دور عمل کند تا اطمینان حاصل شود که ارتعاش‌های محلی با سیگنال‌های مربوط به امواج گرانشی اشتباه گرفته نشوند.

▲شکل ۲. چشمهٔ امواج گرانشی

▲شکل ۳. آشکار ساز LIGO

پی‌نوشت‌ها

1. Rainer Weiss
2. Barry Barish
3. Kio Thorne
4. Laser Introfermeter Gravitational-Wave Observatory
5. Arecibo observatory