تازه‌های پژوهش در جهـــــان فیزیک

علی رادپی
احمدرضا اعرابی

۱. اگر سیاه‌چاله‌ای درون یک کرم‌چاله بیفتد چه می‌شود؟

یک پژوهش جدید نشـــان می‌دهد که اگر کرم‌چاله‌ها وجود داشته باشند ممکن است دانشمندان روزی بتوانند ســـیاه‌چاله‌هایی را که در آن‌ها قرار دارند مشاهده کنند. اخترشناســـان تصور می‌کنند که ممکن است بتوانند با استفاده از موج‌های گرانشی تابشی، سیاه‌چاله‌هایی را که در داخل کرم‌چاله‌ها قرار دارند تشـــخیص دهند. کشف امواج گرانشـــی بسیار دشوار اســـت زیرا این امواج بسیار ضعیف هستند؛ حتی اینشتین مطمئن نبود که آیا آن‌ها واقعاً وجود دارند، چه رسد به اینکه قابل کشف باشند. ولی اکنون دانشمندان، پس از گذشت چندین دهه کار، اولین شواهد مستقیم از وجود امواج گرانشی را گزارش داده‌اند.

این شواهد در رصدخانهٔ گرانشی- تداخل سنج لیزر (LIGO)، در سال ۲۰۱۶ به دست آمده است. رصدخانهٔ مذکور بیش از ۲۰ برخورد عظیم بین اجرام فوق‌العاده متراکم و عظیم مانند سیاه‌چاله‌ها و ستاره‌های نوترونی را کشف کرده است. با وجود این، اشیای عجیب و غریب دیگری ممکن است وجود داشته باشد.

کرم‌چاله چیست؟

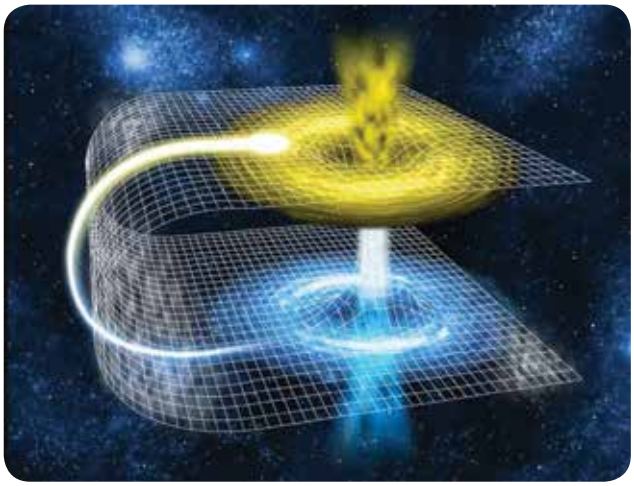
کرم‌چاله‌ها تونل‌هایی در فضا- زمان هستند که از نظر تئوری می‌توانند امکان سفر به هر نقطهٔ جهان را فراهم کنند. نظریهٔ نسبیت عام اینشتین امکان ایجاد کرم‌چاله‌ها را فراهم می‌کند.

همهٔ کرم‌چاله‌ها اساساً ناپایدارند و در همان لحظه‌ای که باز می‌شوند سریع بسته می‌شوند. تنها راه برای باز نگه داشتن و پیمودن آن‌ها، فرم عجیب و غریب ماده با نام «تودهٔ منفی» است که در میدان گرانش معمولی درست در خلاف جهت میدان حرکت می‌کند.

کرم‌چاله، از بسیاری جهات شبیه یک سیاه‌چاله است. این‌ها هر دو فوق‌العاده چگال و متراکم هستند و کشش گرانشیِ قدرتمندی دارند. تفاوت اصلی آن‌ها با سیاه‌چاله‌ها این است که هیچ شیئی نمی‌تواند پس از ورود به افق رویداد سیاه‌چاله از آن بگریزد، در حالی که هر جرمی که وارد دریچهٔ یک کرم‌چاله می‌شود می‌تواند از طرف دیگر خارج شود. با فرض اینکه کرم‌چاله‌ها وجود دارند، دانشمندان به‌دنبال سیگنال‌های گرانشی ایجاد شده به‌هنگام نزدیک شدن سیاه‌چاله به آن‌ها هستند.

بازسازی رایانه‌ای

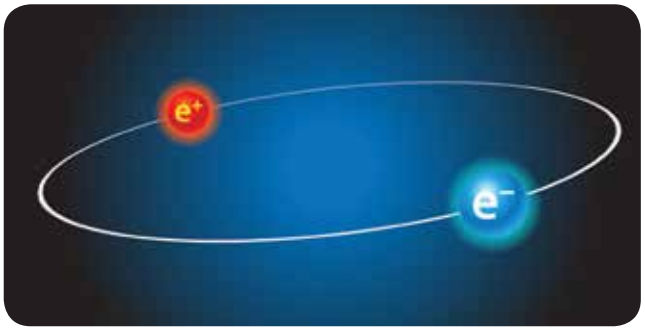
در مدل‌های رایانه‌ای، محققان توانسته‌اند برهم‌کنش بین سیاه‌چاله‌ای به جرمی پنج برابر جرم خورشید را با یک کرم‌چالهٔ پایدار با جرمی ۲۰۰ برابر جرم خورشـــید و دهانه‌ای ۶۰ برابر وســـیع‌تر از سیاه‌چاله، بازسازی کنند. این مدل‌ها نشان می‌دهد که سیگنال‌های گرانشی، برخلاف آنچه که تاکنون دیده شده است، هنگامی آشکار می‌شوند که سیاه‌چاله‌ای به داخل و خارج دریچهٔ کرم‌چاله می‌رود. این برخلاف هنگامی است که دو سیاه‌چاله به یکدیگر نزدیک می‌شوند و سرعت‌مداری آن‌ها رو به افزایش می‌رود؛ دقیقاً مانند اسکیت‌بازان



چرخان که بازوهای خود را به بدن خود نزدیک می‌کنند. با افزایش سرعت، به نوبهٔ خود، فرکانس امواج گرانشی نیز افزایش می‌یابد. با ورود سیاه‌چاله به درون کرم‌چاله، سیگنال گرانشی از سیاه‌چاله به سرعت محو می‌شود و اکثر امواج گرانشیِ خود را در طرف دیگر دریچهٔ کرم‌چاله تابش می‌کند. در مقابل، وقتی دو سیاه‌چاله با هم برخورد می‌کنند. نتیجهٔ آن انفجاری از امواج گرانشی است. اگر یک کرم‌چاله با سیاه‌چاله‌ای روبه‌رو شود که جرم کمتری دارد، پایدار می‌ماند، ولی اگر با سیاه‌چاله‌ای بزرگ‌تر از خود روبه‌رو شود، ممکن است تودهٔ منفی این کرم‌چاله را مختل کند و باعث فروپاشی آن شود و احتمالاً سیاه‌چالهٔ جدیدی ایجاد کند.

هنوز معلوم نیست که اگر سیاه‌چاله‌ای فقط لبه‌های کرم‌چاله را ببندد، در حالی که فقط بخشی از آن وارد دهانهٔ کرم‌چاله می‌شود، چه اتفاق می‌افتد. دانشمندان گمان می‌کنند که در این صورت، در افق رویداد سیاه‌چاله، رفتارهای دیوانه‌کننده‌ای بروز می‌کند که موجبات ایجاد امواج گرانشی و از دست دادن انرژی بیشتر می‌شود. چنین برخوردی ممکن است تودهٔ منفیِ این کرم‌چاله را مختل کند و منجر به یک کرم‌چالهٔ ناپایدار شود. تحقیقات آینده می‌تواند تعامل بین تودهٔ منفی یک کرم‌چاله و هر مادهٔ عادی را که وارد کرم‌چاله می‌شود، و همچنین سناریوهایی پیچیده‌تر را، مانند آنچه ممکن است در صورت چرخش دهانه کرم‌چاله رخ دهد، کشف کند[1].

۲. حل ساختار پوزیترونیم با الکترودینامیک کوانتومی



پوزیترونیوم اتمی است شبیه هیدروژن که از یک الکترون و یک پوزیترون ساخته شده است. از آنجا که پوزیترونیوم به کلی فاقد پروتون یا نوترون است، ساختار آن را نمی‌توان با فعل و انفعالات درون هسته توضیح داد بلکه باید ساختار این اتم را دقیقاً با الکترودینامیک کوانتومی (QED)، که همتای کوانتومیِ الکترومغناطیس کلاسیک است، توصیف کرد. از این رو، پوزیترونیوم یک ایده‌آل برای آزمایش QED و یافتن انحراف‌هایی است که می‌تواند از مدل استاندارد داشته باشد. با این هدف بود که محققان دانشگاه کالج لندن، انگلستان، طی ۲۵ سال ساختار پوزیترونیوم را با دقت بی‌سابقه‌ای توصیف کردند و با پیش‌بینی‌های QED اختلافات را آشکار ساختند و گام‌هایی برای دقت بیشتر و به‌حداقل‌رساندن خطاهای آزمایشی سیستماتیک برداشتند.

اندازه‌گیری دقیق در مورد پوزیترونیوم چالش‌برانگیز است، زیرا این سیستم در حدود چندصد نانو ثانیه پس از تولید از بین می‌رود. به‌طور خاص، محققان از لیزر برای تهیهٔ انتخابی پوزیترونیوم به‌صورت انتخابی در حالت الکترونی استفاده می‌کنند تا طول عمر آن را طولانی نمایند. ضمناً آن‌ها اتم‌ها را خنک می‌کنند تا اثرات داپلر، که خطوط اتمی را گسترده‌تر می‌کند، به حداقل برسد.

ساختار خوب یک اتم، تقسیم سطح انرژی آن را ناشی از چرخش الکترون‌ها و اثرات نسبیتی نشان می‌دهد. محققان با استفاده از مایکروویوهای کم‌مصرف، که سطح انرژی اتمی را تغییر نمی‌دهند، انتقال را اندازه‌گیری کردند و نشان دادند که فرکانس مشاهده شده از یک انتقال پوزیترونیوم خاص، در حدود یک قسمت در هزار بزرگ‌تر از آن است که توسط QED پیش‌بینی شده است. تفاوت این اختلاف به‌طور قابل توجهی از خطای تخمین‌زده شده فراتر می‌رود. انتظار می‌رود با پیشرفت‌ها و تحقیق‌های بیشتر بتوان این اختلاف را توضیح داد[2].

۳. اثر مومبا؛ چرا آب گرم زودتر از آب سرد یخ می‌زند؟

ماجرا از این قرار است که در سال ۱۹۶۳، یک دانش‌آموز دبیرستانی اهل تانزانیا به نام اراستو مومبا[۳] با دوستان خود مشغول تهیهٔ بستنی بود. او مشـــاهده کرد که اگر شیر و شـــکر را به‌صورت داغ در فریزر قرار دهد سریع‌تر از حالتی که آن‌ها را خنک کرده است یخ می‌زند. مومبا سپس با راهنمایی یک استاد فیزیک دانشگاه دو لیوان آب، یک یکی گرم و دیگری ســـرد، را در فریزر قرار داد و این آزمایش را بارها انجام داد و در همه حال دید که آب گرم زودتر از آب ســـرد منجمد می‌شود. در پی آن چندین دهه فیزیک‌دانان بحث داشتند که آیا این پدیـــده - اثر مومبا- وجود دارد و چگونه می‌توان آن را مطالعه کرد؟ اکنون محققان دانشگاه سیمون فریزر[۴] با کمک دستگاهی که در بالا مشاهده می‌کنید، نشان داده‌اند که نه‌تنها اثر مومبا وجود دارد، بلکه به چگونگی انجام آن نیز توجـــه کرده‌اند. این فیزیک‌دانان به جای آزمایش در مورد انجماد آب، که به‌طور شـــگفت‌آوری برای مطالعه پیچیده است، نگاه خود و لیزرها را روی دانه‌های میکروسکوپی شیشه متمرکز کردند. به این ترتیب که چگونگی تحرک و جابه‌جایی دانه‌های شیشه را در شرایط بسیار خاص در آب اندازه‌گیری کردند و دیدند که در بعضی شرایط، دانه‌های خیلی گرم سریع‌تر از دانه‌های سرد، خنک می‌شوند. آن‌ها این آزمایش را بیش از هزار بار برای دماهای شروع متفاوت انجام دادند.

این آزمایش‌های همچنین نشان داد که این اثر ممکن است در موادی غیر از آب و دانه‌های شیشه نیز ظاهر شود. با وجود این باید گفت که دلایل و مکانیسم این پدیده همچنان در ابهام قرار دارد[۵].

٤. آیا فیزیک می‌تواند راز حیات را فاش کند؟

این کرم دو ســـر با دســـتکاری در چند قطبی‌های الکتریکی ایجاد شده است. عجیب این است که این کرم هنگام دو نیمه شدن باز هم کرم‌های دو ســـر دیگری تولید می‌کند، گویی این یک گونهٔ متفاوت است. یعنی همان مکانیســـم ترمیم کرم طبیعی را دارد. حیات برای یک فیزیکدان پدیده‌ای رازآلود به نظر می‌رسد. حیات سبب می‌شود موجودات زنده به‌حـــدی خیره‌کننده، غریب و غیر واضح جلوه کنند به‌طوری که به‌راحتی فراموش می‌شود که آن‌ها نیز از اتم‌های معمولی ساخته شده‌اند. اما اگر راز حیات در همین عناصری نیست که موجودات زنده از آن ساخته شده‌اند، پس در چیست؟ عناصر چه ارگانیسم‌هایی را به وجود می‌آورند که آن‌ها را از یکدیگر متمایز می‌ســـازد و از نظر فیزیکی برجسته و از یکدیگر جدایشان می‌کند؟ این سؤالی بود که اروین شرودینگر در یک رشته سخنرانی معروف خود در سال‌های ۱۹۴۳ در دوبلین ایرلند ایراد کرد و یک سال بعد مجموعهٔ آن‌ها را با نام کتاب تأثیرگذارِ زندگی چیست؟ چاپ کرد.

شرودینگر یکی از بنیانگذاران نظریهٔ مکانیک کوانتومی بود؛ یعنی موفق‌ترین نظریهٔ علمی که تاکنون تصور شده است. مکانیک کوانتومی ماهیت مادهٔ بی‌جان را از ذرات زیر اتمی گرفته تا ستاره‌ها، از طریق اتم‌ها و مولکول‌ها توضیح می‌دهد اما متأسفانه نمی‌تواند اساس زندگی، یعنی حیات را توضیح دهد، و لذا با وجود پیشرفت‌های چشمگیر در زیست‌شناسی در دهه‌های اخیر مسئله حیات همچنان به‌صورت یک راز باقی مانده است. هیچ کس هنوز نمی‌تواند با اطمینان بگوید که حیات چیست و چگونه شروع شده است. در پاسخ به این سؤال که آیا فیزیک می‌تواند حیات را توضیح دهد، اکثر فیزیک‌دانان پاسخ مثبت می‌دهند. در دههٔ ۱۹۳۰ بسیاری از معماران مکانیک کوانتومی و برجسته‌ترین آن‌ها نیلزبور، یوجین وینر و ورنر هایزنبرگ عنوان کردند که در مادهٔ زنده واقعاً چیزهای جدید و متفاوتی از مادهٔ بی‌جان وجود دارد.

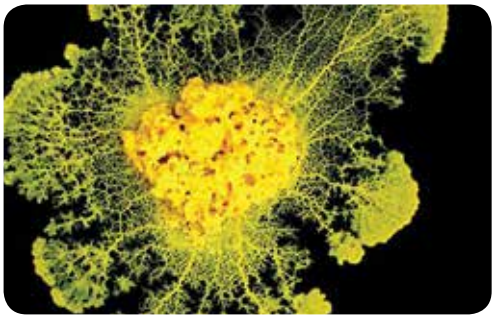
شناسایی حیات مسئله‌ای بسیار دشوار است. اخترشناسان دنبال شناسایی اکسیژن در جوهای سیارات متفاوت هستند، اما باز هم وجود اکسیژنِ جوّی به معنای امضای فتوسنتز نیست، زیرا فرایندهای زیستی هم می‌توانند اتمسفرهای اکسیژن ایجاد کنند. آنچه ما فاقد آن هستیم داشتن یک تعریف کلی از «حیات» مستقل از بستر بیوشیمیایی است که در آن زندگی جریان دارد. برای مثال اگرچه قوانین فیزیک نسبت به وارونگی سمت چپ بی‌تفاوت هستند، اما واقعیت این است که حیات، آن‌گونه که می‌شناسیم، از اسیدهای آمینهٔ چپ و قندهای راست ساخته شده است.

شـــکافی که بین فیزیک و زیست‌شناسی وجود دارد بیش از فقط یک مسئلهٔ پیچیده است. در حقیقت تفاوتی اساسی در چارچوب مفهوم حیات وجود دارد. در حالی که فیزیک‌دانان حیات را با استفاده از مفاهیمی مانند انرژی، آنتروپی، نیروهای مولکولی و میزان واکنش‌ها بررسی می‌کنند، زیست‌شناسان روایتی بسیار متفاوت از حیات دارند و آن را با اصطلاحاتی مانند سیگنال، کد، رونویسی و ... با زبان اطلاعات توضیح می‌دهند و به بررسی سیستم‌ها می‌پردازند.

حیات در ذخیره‌سازی و پردازش اطلاعات در همهٔ سطوح و نه فقط در DNA سرمایه‌گذاری می‌شود. ژن‌ها- همان زنجیرهٔ DNA که به‌عنوان یک مجموعه دستورالعمل رمزگذاری‌شده عمل می‌کند. می‌توانند ژن‌های دیگر را با استفاده از پیام‌رسان‌های شیمیایی روشن یا خاموش کنند و اغلب آن‌ها شبکه‌های پیچیده‌ای را تشکیل می‌دهند. این مدارهای شیمیایی که به اجزای الکترونیکی یا محاسباتی شباهت دارند، گاهی اوقات ماژول‌ها یا دروازه‌هایی را تشکیل می‌دهند که عملیات منطقی را تصویب می‌کنند.

در سطح سلولی، انواع مکانیسم‌های فیزیکی اجازه سیگنالینگ را می‌دهند و می‌توانند منجر به رفتار تعاونی شوند. در شکل زیر چگونگی رشد یک کپک نشان داده شده است.

در این شکل شاهد تجمع سلول‌های منفردی هستیم که می‌توانند خود را به شکل قابل‌ملاحظه‌ای سازماندهی و گاه به‌صورت منسجم رفتار کنند، طوری که گویی یک ارگانیسم واحد هستند؛ همان‌گونه که برای مثال حشرات اجتماعی مانند مورچه‌ها و زنبورها اطلاعات پیچیده‌ای را با یکدیگر مبادله می‌کنند و در تصمیم‌گیری جمعی شرکت می‌کنند؛ و همین‌گونه است مغز انسان که یک سیستم پردازش اطلاعات است و از پیچیدگی حیرت‌انگیزی برخوردار می‌باشد.



کارکرد اطلاعات زیست‌شـــناختی فراتر از بهینه‌سازی بودجه، انرژی اســـت و اغلب به‌عنوان یک مدیر عمل می‌کند. نحوهٔ رشد جنین از تخم بارورشده را در نظر بگیرید. این رشد در هر مرحله تحت نظارت شبکه‌های اطلاعاتی، و کاملاً متناسب با تعداد زیادی از فرایندهای فیزیکی و شیمیایی، تنظیم می‌شود، همهٔ عوامل و عناصر به‌گونه‌ای تنظیم شده‌اند که شکل نهایی و پیچیدهٔ جنین با معماری و مورفولوژی مناسب ظهور یابد.

تلاش برای مدل‌سازی جنین‌زایی، با استفاده از جریان اطلاعات در شبکه‌های تنظیم‌کنندهٔ ژن، به‌طرز چشمگیری موفقیت‌آمیز بوده اســـت. با ردیابی جریان اطلاعات، گروهی از محققان برای شبیه‌ســـازی دینامیک شـــبکه به‌صورت گام‌به‌گام برنامه‌ریزی کامپیوتری کردند. محققان در هر مرحله مدل رایانه‌ای وضعیت‌مدار را با مرحلهٔ مشـــاهده شدهٔ رشد خارپشت دریایی مقایسه کردند. آن‌ها همچنین، در مدل رایانه، اثرات خاموش کردن شـــیمیایی ژن‌های خاص را در نظر گرفتند و مشـــاهده کردند که چه اتفاقی برای جهش جنین می‌افتد. در واقع مدل‌سازی آن‌ها با مشاهدات تجربی مطابقت دارد. مدت‌هاست معلوم شده که ســـلول‌ها نوعی GPS را بر اساس شرایط شیمیایی به نمایش می‌گذارند که این GPS به نوبهٔ خود، توسط ژن‌های خاص تنظیم می‌شود.... اما چگونه این اتفاق می‌افتد؟ آیا کد الکتریکی رمزگذاری شده در کنار کد ژنتیکی کار می‌کند؟ هنوز نمی‌دانیم!

برای پیشرفت در شناخت حیات، ما باید دریابیم که چگونه انواع مختلفی از الگوهای اطلاعاتی اعم از اطلاعات الکتریکی، شیمیایی و ژنتیکی- با هم در تعامل هستند تا ما بتوانیم یک چارچوب نظارتی تهیه کنیم که سازماندهی مواد زنده را مدیریت کند

بیوفیزیک در تقاطع دو حوزهٔ بزرگ علمی قرار دارد: علوم فیزیکی و علوم زیســـتی. هر یک از این دو حوزه با واژگان خاص خود، البته در چارچوب مفهومی متمایز خود همراه است؛ که اولی ریشه در مفاهیم مکانیکی دارد و دومی در مفاهیم اطلاعاتی. درگیری متعاقب، مرز جدیدی از دانش را در بر می‌گیرد که در آن اطلاعات، به‌طور رسمی به‌عنوان یک مقدار فیزیکی- یا به عبارتی مجموعه‌ای از مقادیر شناخته می‌شوند- نقش اصلی را ایفا می‌کنند و از این طریق در خدمت یکپارچه‌سازی فیزیک و زیست‌شناسی درمی‌آیند.

امکان دارد که پیشرفت‌های عظیم در زیست‌شناسی مولکولی در چند دههٔ گذشته تا حد زیادی ناشی از کاربرد مفاهیم مکانیکی در سیســـتم‌های زیستی باشد؛ و این یعنی نفوذ فیزیک به زیست‌شناسی. ولی، با کمال تعجب، اکنون برعکس آن دارد اتفاق می‌افتد. بســـیاری از فیزیک‌دانان، به‌ویژه کسانی که در زمینهٔ مکانیک کوانتومی روی سؤالات بنیادی کار می‌کنند، از قرار دادن اطلاعات در قلب فیزیک حمایت می‌کنند، در حالی که برخی دیگر حدس می‌زنند که فیزیک جدید باید در این دنیای قابل‌توجه و حیرت‌انگیز، مترصد ورود به حوزهٔ موجودات بیولوژیکی باشد[6].

پی‌نوشت‌ها

1.http:// www. space. com/ black- holes- fall- into- wormholes- gravitational waves. html? clid= IwAR1T 4CFJShvHHbUGx- Mgn9b4BsVAO- eYyqGn 1mEPFRYnk 3gWyylx 7OVCIU 5RG

2. h ps://physics. aps. org/ar cles/ v13/s99

3. Erasto Mpemba

4. Simon Fraser

5. h ps://ip. it/ dps5p

6. h ps://physicstoday. scita on. org/ doi/ 10. 1063/PT. 3. 4546.