فیزیک روز

فصلنامهٔ علمی-ترویجی انجمن فیزیک ایران
شمارهٔ یازدهم. زمستان ۱۳۹۴

دبیر
۲
اخبار
۳
- بعد از سه سال
- جشنوارهٔ سالانه فیزیک
- برگزاری مسابقات بین المللی سازه های ماکارونی
- همایش ملی نجوم و اخترفیزیک و مدرسهٔ زمستانی انجمن نجوم
- کارگاه بین المللی عکاسی نجومی TWAN
- رئیس جدید طرح رصدخانهٔ ملی ایران
- هشتمین همایش کاربران چشمهٔ نور ایران
- کارگاه اپتیک و فوتونیک
- کارگاه کنترل کیفی در پزشکی هسته‌ای
- کارگاه آشنایی دبیران فیزیک با سرن
- اخبار علمی برگزیدهٔ سال ۲۰۱۵
- آسمان مانند یک مرز
- لوله‌های گرد یا مربعی؟ کدام بهترند؟
- فیزیک‌دانی که مادهٔ تاریک را به انقراض دایناسورها ربط داد
- گرافین «آرایش‌شده» یک ابررساناست
- مشاهدهٔ درخشان‌ترین ابرنواختر تا به امروز
- نسل جدید هولوگرام‌های سه بعدی. انگار که آن‌جا هستید

مقاله
۱۷
- مصاحبه با آنتون زایلینگر
- مطالعهٔ پلاسمای کوارک گلوئون با استفاده از هولوگرافی
- صد سالگی نسبیت عام
- داده‌پژوهی برای فیزیک‌پیشه‌ها

فیزیک در جامعه
۳۹
- بازی با فیزیک، از موزه تا برج میلاد!

معرفی کتاب
۴۷
- The Physics of Wall Street
- Physics of Solar Cells

پژوهش‌های روز
۵۰
- فیزیک دو درس‌نامهٔ الکتریسیته و مغناطیس
- ساخت حسگر کرنش با استفاده از ساختارهای اکسید گرافین کاهش‌یافته
- تعادل جهش- انتخاب در گراف‌های تکاملی

پرسش‌های این شماره
۵۲
- پاسخ پرسش‌های شمارهٔ قبل
- پرسش‌های این شماره

اخبار انجمن فیزیک
۵۵
- اخبار انجمن فیزیک

صاحب امتیاز: انجمن فیزیک ایران

مدیر مسئول: هادی اکبرزاده

سردبیر: کیوان آقابابایی سامانی

هیئت‌دبیران: محمدرضا اجتهادی، سیدنادر رسولی، سیما قاسمی، فرهنگ لران، حمیدرضا مشفق، سامان مقیمی‌عراقی، مانیا ملکی

ویراستار: سمانه کیایی

مسئول اجرایی: الهام صادقی

صفحه‌آرا: الهام صادقی

استفاده از مطالب «فیزیک روز» بدون کسب اجازه مجاز نیست. برای آگاهی از شرایط به وبگاه مجله مراجعه کنید.

www.psimag.ir

انجمن فیزیک ایران
تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، کوچهٔ مهدی‌زاده، شمارهٔ۵، طبقهٔ چهار
وبگاه انجمن فیزیک ایران: www.psi.ir

بعد از سه سال

کیوان آقابابایی سامانی- سردبیر«فیزیک روز»
دانشکدهٔ فیزیک، دانشگاه صنعتی اصفهان

سه سال از آغاز به کار «فیزیک روز» می‌گذرد. حاصل کار تا به این‌جا انتشار یک پیش شماره و یازده شماره از مجله است. هدف از ایجاد و انتشار «فیزیک روز»، آن‌گونه که در طرح اولیهٔ مجله و همین‌طور در دبیرانه‌های مدیرمسئول و سردبیر مجله در پیش‌شماره آمده، گامی در ترویج و مردمی کردن علم، ایجاد ارتباط و انسجام بیش‌تر در جامعهٔ فیزیک، غنا بخشیدن به زبان فارسی علمی و کمک به گسترش فیزیک بوده است. مجموعهٔ هدف مجله یعنی خوانندگان مجله، طیف گسترده‌ای از فیزیک خوانده‌ها را دربرمی‌گیرد، از جمله فیزیک‌پیشگان دانشگاهی، دانشجویان، معلمان و کسانی که فیزیک خوانده‌اند و در صنعت به کار مشغول‌اند. این طیف گسترده، مجله‌ای با مطالب متنوع می‌طلبید. بنابراین در طرح مجله بخش‌های متنوعی تعریف شد که هنوز هم در مجله پابرجاست.

در این مدت، مجله چه‌قدر در دست‌یابی به اهداف تعریف‌شدهٔ خود موفق بوده است؟ چه موانع و مشکلاتی بر سر راه آن بوده است؟ و چشم‌انداز آیندهٔ مجله چیست؟ این‌ها پرسش‌هایی است که خوب است بعد از سه سال که از آغاز به کار مجله می‌گذرد به آن‌ها بپردازیم.

ابتدا به چند نقطهٔ قوت مجله اشاره کنیم که شاید پیش از این، در مجلات علمی در ایران، سابقه نداشته یا کم‌تر سابقه داشته است. در «فیزیک روز» کوشیده‌ایم که تاحدامکان از انتشار مطالب ترجمه‌ای، به‌جز در بخش اخبار، بپرهیزیم. به‌ویژه، مقالات منتشر شده همگی تألیفی بوده‌اند. در بخش معرفی کتاب، فقط کتاب‌هایی را معرفی کرده‌ایم که یا به زبان اصلی بوده‌اند و یا با اجازه از ناشر اصلی، ترجمه شده‌اند. این خود گامی در جهت فرهنگ‌سازی برای رعایت حق مؤلف است. یکی از بخش‌های جذاب مجله، مصاحبه‌هایی است که با فیزیک‌پیشگانِ مطرح، ازجمله چند تن از برندگان جایزهٔ نوبل انجام شده است. همین کار، در مواردی، برای بخش فیزیک در جامعه هم انجام شده است. انجام مصاحبه‌ها، پیاده‌سازی، ترجمه و ویراستاری آن‌ها انرژی و وقت زیادی از دبیران مجله و تعدادی از همکاران دانشگاهی و دانشجویان علاقمند به همکاری با مجله گرفته است. «فیزیک روز» به شدت از تبدیل شدن به مقاله‌نامه احتراز کرده است و شاکلهٔ اصلی مجله را، مطالب تولید شده تشکیل می‌دهد. همین موضوع باعث می‌شود که حجم کار مجله بسیار بالا برود.

با این‌حال توانسته‌ایم تقریباً همیشه مجله را سر وقت و بدون تأخیر در بیاوریم.

اما چه مشکلات و موانعی سر راه مجله بوده است؟ یکی از مشکلات اصلی مجله، مسائل مالی مجله است، که برای مثال مانع از چاپ کاغذی مجله و همین‌طور به‌کار گرفتن فردی برای مدیریت و نگه‌داری وب‌گاه مجله شده است. مشکل دیگری که در بیش‌تر شماره‌ها با آن روبرو بوده‌ایم مربوط به بخش مقالات است. با توجه به طیف خوانندگان مجله، مقالات منتشر شده در مجله باید تا حد امکان عمومی و غیرتخصصی باشد. مقالات **وارده** به مجله که تعدادشان هم کم نیست، جز در موارد معدودی، کیفیت قابل قبولی نداشته‌اند؛ به همین دلیل ما معمولاً از همکاران دانشگاهی درخواست می‌کنیم که برای این بخش مقاله بنویسند. این همکاری‌ها برای فیزیک روز مغتنم بوده است، ولی باید اذعان کرد که یکی از کارهای سخت مجله مربوط به همین بخش است. مدیر مسئول «مجلهٔ فیزیک» سال‌ها پیش در سرمقالهٔ این مجله [۱] از **ضعف فرهنگ نوشتاری** در جامعهٔ علمی گله‌مند بود. عجبا که این گلایه هنوز پا برجاست. برخی از همکاران ما که کارهای علمی تراز اولی انجام داده‌اند نوشتن مطالب علمی به زبان فارسی و ساده را چندان جدی نمی‌گیرند و ازآن‌جاکه «فیزیک روز» به حفظ استانداردهایش مُصِرّ است، همین موضوع، گاه موجب دل‌خوری‌هایی هم می‌شود. ادعا نمی‌کنیم که مجله عیب و نقصی نداشته است. خود ما به بخشی از این نواقص آگاهیم و امیدواریم خوانندگان مجله هم ما را در پیدا کردن و برطرف کردن نواقص یاری کنند.چشم‌انداز آیندهٔ مجله چیست؟ پاسخ به این پرسش آسان نیست و به عوامل متعددی بستگی دارد که در این‌جا مجال پرداختن به همهٔ آن‌ها وجود ندارد. فقط به این نکته اشاره می‌کنیم که «فیزیک روز» مجلهٔ **علمی- ترویجی** انجمن فیزیک ایران است. به نظر نگارنده، **ترویج علم** هنوز در ایران ناشناخته است. هم تعریفش ناشناخته است، هم جایگاه و لزومش و هم روش‌هایش. به همین دلیل است که معیارهای «کمیسیون انجمن‌های علمی وزارت عتف» برای مجله‌های علمی- ترویجی، با آن‌چه که مد نظر «فیزیک روز» است تفاوت‌های فاحش دارد. و به همین دلیل است که بعد از سه سال، بودن یا نبودن مجله هنوز مسأله است.

[۱] رضا منصوری، مجلهٔ فیزیک، ۹ (۱۳۷۰) ۱.

جشنوارهٔ سالانهٔ فیزیک

جشنوارهٔ فیزیک اتحادیهٔ انجمن‌های علمی- آموزشی معلمان فیزیک ایران، هر سال با تلاش و پیگیری کمیتهٔ علمی و با همکاری یکی از انجمن‌های علمی آموزشی معلمان فیزیک استان‌های کشور برگزار می‌شود. بخش‌های رقابتی این جشنواره شامل: جایزهٔ بهترین عکس فیزیک، جایزهٔ بهترین فیلم یک دقیقه‌ای فیزیک، جایزهٔ بهترین نشریهٔ انجمن معلمان فیزیک، جایزهٔ بهترین مقالهٔ معلمان فیزیک، جایزهٔ بهترین سایت انجمن معلمان فیزیک، جایزهٔ بهترین طرح درس الکترونیکی فیزیک و جایزهٔ بهترین شبکهٔ اجتماعی معلمان فیزیک است.

جشنوارهٔ فیزیک ۹۴ با همکاری اتحادیهٔ انجمن‌های معلمان فیزیک ایران و انجمن علمی آموزشی معلمان فیزیک استان آذربایجان غربی برگزار می‌شو. مهلت فرستادن آثار پایان اسفند ۱۳۹۴ و نشانی سایت انجمن مجری: http://physicworld2010.blogfa.com است.

علاقه‌مندان می‌توانند آثار خود را به ایمیل: z.ezzati@chmail.ir یا به نشانی «آذربایجان غربی، خیابان امام، ادارهٔ کل آموزش و پرورش استان آذربایجان غربی، معاونت پژوهش و برنامه‌ریزی و نیروی انسانی، دبیرخانهٔ انجمن‌های علمی آموزشی معلمان استان، انجمن علمی آموزشی معلمان فیزیک استان آذربایجان غربی» بفرستند.

به آثار برگزیده لوح تقدیر و تندیس جشنواره اهدا می‌شود.

برگزاری مسابقات بین‌المللی سازه‌های ماکارونی

مؤسسهٔ علمی تخصصی سازه‌های ماکارونی SBC دورهٔ سوم مسابقات سازه‌های ماکارونی خود را تحت عنوان SBC ۲۰۱۶ برای اولین بار در ایران به‌صورت بین المللی در تاریخ ۲۹ و ۳۰ بهمن ماه سال جاری و با حمایت علمی دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی و دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب و هم‌چنین حمایت شهرداری تهران برگزار کرد. رابطین، مدیران پژوهش‌سراهای دانش‌آموزی و دانش‌آموزان دورهٔ ابتدایی و دوره‌های اول و دوم متوسطه در این مسابقات حضور داشتند. مسابقات در دو دورهٔ پیشین، به‌صورت کشوری، و با سطح علمی بالا و بازتاب خبری گسترده‌ای، از سوی ۱۴ خبرگزاری رسمی و چندین خبرگزاری غیررسمی برگزار شد. از جمله مهم‌ترین اهداف این‌گونه مسابقات می‌توان از ترویج کار گروهی و کاربرد روش‌های مدل‌سازی برای استفادهٔ بهینه از منابع و سرمایه‌ها و مطرح کردن نام کشور عزیزمان در عرصهٔ بین‌المللی سازه‌های ماکارونی و ... یاد کرد.

همایش ملی نجوم و اخترفیزیک و مدرسهٔ زمستانی انجمن نجوم

به همت انجمن نجوم ایران و دانشگاه سیستان و بلوچستان نهمین همایش ملی نجوم و اخترفیزیک ایران و اولین مدرسهٔ زمستانی انجمن نجوم ایران از ۱۳ لغایت ۱۵ بهمن ماه ۹۴ با حضور هیئت مدیرهٔ انجمن نجوم ایران، اساتید و دانشجویان فیزیک سراسر کشور در دانشگاه سیستان و بلوچستان برگزار شد.

علیرضا آقایی دبیر این همایش، حضور دانشجویان تحصیلات تکمیلی را در این همایش بسیار چشم‌گیر دانست و در مورد ضرورت برگزاری این همایش گفت: این همایش‌ها فرصتی است تا محققین و دانش‌پژوهان از دانشگاه‌های مختلف کشور به تبادل نظر درباره آخرین فعالیت‌ها و دست‌آوردهای علمی بپردازند و کیفیت و سطح فعالیت‌های علمی را افزایش دهند.

ایشان آشنایی دانشجویان تحصیلات تکمیلی با جدیدترین موضوعات علمی در زمینهٔ نجوم و اختر فیزیک را از دیگر اهداف برگزاری این همایش دانست و اظهار امیدواری کرد تا با برگزاری این همایش‌ها جایگاه علمی کشورمان در میان سایر کشورها، توسعه یافته و ارتقا پیدا کند.

کارگاه بین المللی عکاسی نجومی TWAN

ششمین دورهٔ کارگاه بین المللی عکاسی نجومی TWAN به میزبانی شهر زنجان در روزهای ۲۸ تا ۳۰ بهمن‌ماه ۱۳۹۴ برگزار شد. به گفتهٔ اسدالله قمری‌نژاد، دبیر برگزاری کارگاه، نخستین دورهٔ این کارگاه سال ۱۳۸۸ همزمان با سال جهانی نجوم (IYA2009) با حمایت انجمن نجوم ایران و ادارهٔ کل فرهنگ و ارشاد اسلامی استان در شهر زنجان برگزار شد، این شهر هرسال میزبان برترین عکاسان نجومی ایران و جهان است. توآن (TWAN) پروژه‌ای بین‌المللی و غیرانتفاعی با همکاری اخترشناسان و عکاسان سرشناس آسمان شب در حدود بیست کشور جهان، زیر نظر انجمن بین‌المللی نجوم، یونسکو، و انجمن منجمان بدون مرز است که با تهیه و ارائهٔ تصاویر خیره‌کننده و هنرمندانه از آسمان شب، بر فراز آثار تاریخی و طبیعی در جهان (از جمله ایران) به معرفی عمومی زیبایی و ارزش آسمان شب و اهمیت اخترشناسی می‌پردازد.

هشتمین همایش کاربران چشمهٔ نور ایران

طرح چشمهٔ نور ایران، هشتمین همایش کاربران سنکروترون را در سالن همایش‌های پارک علمی و فن‌آوری قزوین (ساختگاه چشمهٔ نور ایران) برگزار می‌کند. در این همایش تازه‌ترین دست‌آوردهای پژوهشگران ایرانی و بین‌المللی در زمینهٔ کاربردهای تابش سنکروترون در علوم پایه، مهندسی و پزشکی ارائه خواهد شد.

رئیس جدید طرح رصدخانهٔ ملی ایران

با حضور رییس پژوهشگاه دانش‌های بنیادی مراسم معارفهٔ دکتر حبیب خسروشاهی و نایب رئیس انجمن نجوم ایران به‌عنوان مجری طرح رصدخانه ملی ایران برگزار شد.

دکتر حبیب خسروشاهی از سال ۱۳۸۷ مدیر علمی طرح رصدخانهٔ ملی ایران و مسؤل برنامهٔ آموزش آن بود. وی در کارنامهٔ تحقیقاتی خود ده‌ها برنامهٔ رصدی با تلسکوپ‌های زمینی و فضایی در حوزهٔ نجوم اپتیکی و رادیویی ثبت کرده است. ایجاد بزرگ‌ترین گروه تحقیقاتی نجوم کشور، ساخت و بهره‌برداری از پایشگاه گرگش، بخش توسعهٔ فن‌آوری نجوم، تربیت منجمان رصدی و عضویت در پروژه‌های بین‌المللی نجوم، بخشی از کارنامهٔ تحقیقاتی ایشان است. دکتر خسروشاهی رئیس پژوهشکدهٔ نجوم پژوهشگاه دانش‌های بنیادی است.

کارگاه اپتیک و فوتونیک

با توجه به اهمیت و نقش ویژهٔ علم نور (اپتیک) و فوتونیک در فن‌آوری مربوط به قرن ۲۱ و به مناسب نام‌گذاری سال ۲۰۱۵ به نام سال جهانی نور، آذرماه ۹۴ با حمایت انجمن اپتیک و فوتونیک ایران و معاونت علمی و فن‌آوری ریاست جمهوری، گروه فیزیک دانشگاه قم کارگاه یک‌روزهٔ اپتیک، فوتونیک و تجاری‌سازی را برگزار کرد. هدف از برگزاری این کارگاه فشرده، آشنایی عمومی و افزایش سطح دانش و مهارت دانشجویان و علاقه‌مندان به نظریات و مفاهیم بنیادی در علم اپتیک و فوتونیک و همچنین مطرح کردن مواردی موفق، از بومی شدن فن‌آوری و تجاری‌سازی آن در داخل کشور بود.

کارگاه کنترل کیفی در پزشکی هسته‌ای

۲۷ تا ۲۹ بهمن‌ماه ۱۳۹۴ به همت انجمن فیزیک پزشکی ایران، بیمارستان امام خمینی میزبان کارگاه کنترل کیفی در پزشکی هسته‌ای با محورهای رادیوداروها، فیزیک بهداشت و حفاظت، اصول دستگاه‌های گاماکمرا و اسپکت، کالیبراسیون و کنترل کیفی در اسپکت، منابع و رفع آرتیفکت‌ها در اسپکت و کارگاه عملی کالیبراسیون و کنترل کیفی بود. آزمون این کارگاه هفتهٔ آخر فروردین سال ۹۵ برگزار خواهد شد.

کارگاه آشنایی دبیران فیزیک با سرن

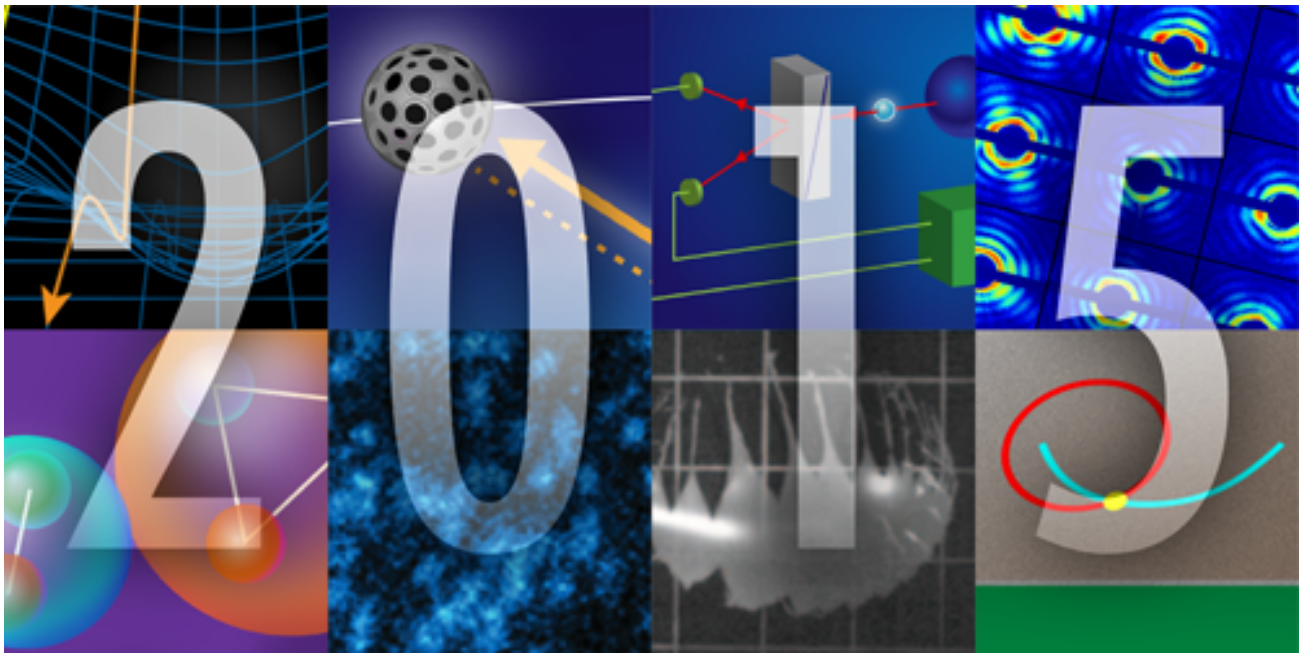
پژوهشکدهٔ ذرات و شتابگرها، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی ۸ و ۹ اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۵ کارگاه دو روزهٔ آشنایی دبیران فیزیک با سرن را برگزار می کند. عناوین آموزشی کارگاه به‌صورت زیر پیش‌بینی شده است:

۱. آشنایی با فیزیک ذرات
۲. آشنایی با فیزیک و کاربرد شتابگرها
۳. آشنایی با فیزیک و کاربرد آشکارسازها
۴. آشنایی با بازسازی موجودات فیزیکی
۵. آشنایی با مقدمات تحلیل داده

مهلت ثبت نام: ۲۹ اسفند ۹۴ است.

برای آگاهی بیش‌تر می‌توانید به نشانی https://indico.particles.ipm.ir/indico/event/184 وارد شوید.

اخبار علمی برگزیدهٔ سال ۲۰۱۵



با پایان سال ۲۰۱۵ به تحقیقاتی که انجمن فیزیک آمریکا پوشش داد و موج جدیدی در جامعهٔ فیزیک و بیرون از آن ایجاد کرد می‌نگریم.

اعلام مرگ واقع‌گرایی موضعی

با وجود این‌که عجیب به نظر می‌رسد، مکانیک کوانتومی می‌گوید که اندازه‌گیری روی یک ذره از یک جفت درهم‌تنیده، حالت ذرهٔ دیگر را، حتی در فواصل دور مشخص می‌کند. اگرچه این مفهوم امروزه به‌طور فراگیری پذیرفته شده است، اینشتین علنی با آن مخالفت کرد. او پیشنهاد کرد که به جای آن، هر ذره در جفت، با خودش اطلاعات مورد نیاز را برای مشخص کردن نتیجهٔ اندازه‌گیری حمل می‌کند. سه گروه به هرگونه شک و گمان در مورد درستی نظریهٔ «واقع‌گرایی موضعی» پایان دادند. با انجام آزمون معروف بل، که فارغ از هر راه گریز مشکوکی بود، دانشمندان مؤسسهٔ ان‌آی‌اس‌تی، در بولدر کلورادو و دانشگاه وین اتریش، نشان دادند که فوتون‌های درهم‌تنیده، دارای همبستگی‌هایی بیش از آن‌چه که نظریهٔ واقع‌گرایی موضعی پیش‌بینی می‌کرد، هستند. محققان دانشگاه صنعتی دلفت هلند نیز، با تحلیل اسپین‌های درهم‌تنیدهٔ الکترون‌ها، نظریهٔ واقع‌گرایی موضعی را نقض کردند. این آزمایش‌ها، به سال‌ها تلاش برای آزمون‌های پیچیده بل خاتمه دادند و زمینه‌ای برای طرح‌های رمزنگاری کوانتومی امن، پی‌ریزی کردند.

ذرات پنج‌تایی

شاخهٔ بیوتی از برخوردهندهٔ بزرگ هادرونی (LHCb)، بیستمین سالگرد آغاز به کار خود را، با یک دست‌آورد غیرمنتظره برجسته کرد: مشاهدهٔ دو پنتاکوارک. این ذرات جدید، حاوی چهار کوارک و یک پاد کوارک هستند، که اولین ترکیب پنج کوارکی را که تاکنون آشکارسازی شده، تشکیل می‌دهند. این ترکیب هنگامی کشف شد که LHCb در حال مطالعهٔ واپاشی یک ذرهٔ کوارک پایین، مشهور به باریون Λb بود. نیمه عمر طولانی این باریون، در مقایسه با آن‌هایی که در برخوردهای پروتون ـ پروتون LHC تولید می‌شدند، امکان کشف پنتاکوارک را، در میان بقایای برخورد فراهم کرد. الگوی جدید کوارک‌ها، فرصت بی‌نظیری را، برای آزمون مدل‌های نیروهای پیچیده‌ای که کوارک‌ها را به یک‌دیگر مقید می‌کنند، فراهم کرده است.

تصاویر سه بعدی یک ویروس منفرد

بلورشناسی پرتو ایکس، مهم‌ترین روش برای تشخیص ساختار مولکول‌های زیستی است. اما به نمونه‌های متبلوری نیازمند است که همیشه در دسترس نیستند. تصویربرداری مولکول‌های منفرد، بدون نیاز به حالت بلوری، یکی از اهداف مهم لیزرهای الکترون آزاد پرتو ایکس است که در حال حاضر، درخشان‌ترین منابع پرتو ایکس در دسترس هستند. در آزمایشگاه ملی مرکز شتاب‌دهندهٔ خطی استنفورد (SLAC)، محققان از پالس‌های شدید لیزر الکترون آزاد پرتو ایکس، برای به‌دست آوردن اولین تصویر سه‌بعدی ساختار یک ویروس منفرد استفاده کرده‌اند. مبتکران این طرح، با ترکیب هزاران الگوی پراش، از ویروس‌های منفرد با جهت‌گیری‌های تصادفی، توانستند چگالی الکترونی داخل «می‌می ویروس»ها را، که یکی از شناخته‌شده‌ترین انواع ویروس هستند، بازسازی کنند. این روش آزمایشی جدید، دری به مطالعهٔ ویروس‌های بیماری‌زای کوچک‌تر هم‌چون ویروس‌های اچ. آی. وی، تب خال و آنفولانزا می‌گشاید.

نمای تاب‌برداشته از مادهٔ تاریک

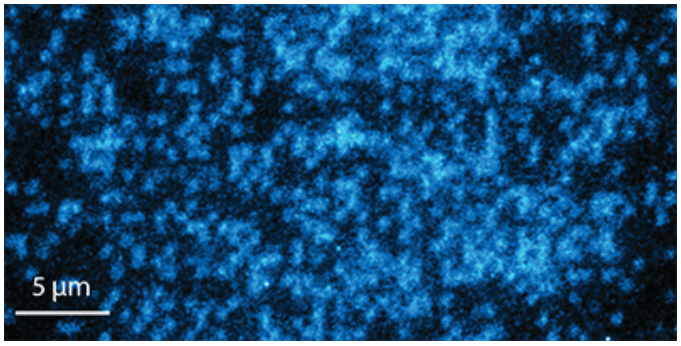
دید ما از کیهان، تا اندازه‌ای به وسیلهٔ توده‌های غول پیکری از مادهٔ تاریک مسدود شده است که باعث انحراف شکل ظاهری کهکشان‌های دوردست می‌شوند. با این وجود اخترشناسان شکایتی ندارند. در عوض، آن‌ها از این اثر(ذره‌بین‌گونه) گرانشی استفاده می‌کنند تا مکان مادهٔ تاریک را مشخص کنند. مؤسسهٔ بررسی مادهٔ تاریک در شیلی (DES)، یکی از اعضای این کمپین رصدی است. تیم DES با تحلیل یک ناحیهٔ ۱۳۹ درجهٔ-مربعی از آسمان جنوبی، بزرگ‌ترین نقشهٔ پیوستهٔ مادهٔ تاریک را منتشر کردند. آن‌ها با اندازه‌گیری یک کشیدگی جزئی، در شکل کهکشان‌های نزدیک، به حضور تودهٔ مادهٔ تاریک پی بردند. DES به زودی یک نقشهٔ بسیار بزرگ‌تر (حدود ۱/۸ کل آسمان) را کامل خواهد کرد که با آن تندی شتاب کیهانی را اندازه‌گیری خواهد کرد که یک اثر ایجاد شده به‌وسیلهٔ انرژی تاریک اسرارآمیز است.

کشف شبه‌فلزهای ویل

در سال ۱۹۲۹ هرمان ویل ریاضی‌دان آلمانی، معادلهٔ ساده‌ای را منتشر کرد که یک نوع جدید ذرهٔ فرمیونی با جرم صفر را پیش‌بینی می‌کرد. هیچ‌کدام از ذرات بنیادی که تا به حال یافت شده‌اند، متناسب با توصیف «فرمیون ویل» نیستند. اما حالاتی متناظر با فرمیون، به عنوان برانگیختگی‌های الکترونی در یک جامد فرضی(شبه‌فلز ویل) به‌طور نظری پیش‌بینی شده‌اند. دو گروه تجربی، در دانشگاه پرینستون و فرهنگستان علوم چین، کشف کردند که تانتالیوم-آرسنایدِ چنین جامدی است. آن‌ها با استفاده از گسیل نوری الکترون‌ها، نشان دادند که نوارهای انرژی الکترون، روی سطح این ماده، دارای شکل مشخصهٔ قوس‌مانند هستند، که برای شبه‌فلزهای ویل انتظار می‌رفت. گروهی در مؤسسهٔ فن‌آوری ماساچوست (MIT)، حالت‌های شبه‌ویل را برای میکروموج‌ها در یک بلور فوتونیکی یافتند. چون فرمیون‌های ویل، همانند ذرات بی‌جرم رفتار می‌کنند، محققان تصور می‌کنند که آن‌ها ممکن است به عنوان حامل‌های اطلاعات، در ابزارهای الکترونیکی پرسرعت، مفید باشند.

کیوبیت‌ها در فضا

فوتون‌ها، برای انتقال امن کلیدهای رمزنگاری کوانتومی در فواصلی بیش از ۳۰۰ کیلومتر در فیبرهای نوری، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در نهایت، میرایی نور، فاصله‌ای را که در آن فیبر می‌تواند سیگنال را بدون تضعیف ویژگی‌های کوانتومی آن انتقال دهد، محدود می‌کند. اما ارتباطات ماهواره ـ به ـ زمین می‌تواند به زودی مرزهای جدیدی را برای ارتباطات کوانتومی بگشاید. محققان دانشگاه پادوا و رصدخانهٔ لیزری ماترا، هر دو واقع در ایتالیا، نشان دادند که کیوبیت‌های کدگذاری شده در فوتون‌ها، می‌توانند حتی بعد از یک سفر رفت‌وبرگشت به ماهواره‌ای در فاصلهٔ بیش از هزار کیلومتری زمین، خواص شکنندهٔ کوانتومی‌شان را حفظ کنند. آن‌ها کیوبیت‌ها را در قطبش فوتون‌ها، کدگذاری کرده و آن‌ها را به پنج ماهواره که نور را به زمین منعکس می‌کردند، فرستادند. حالت‌های کیوبیتی مختلف، پس از این سفر طولانی، در حدی قابل قبول (از نظر پروتکل‌های کوانتومی) قابل تشخیص بودند.



عکس گرفتن از فرمیون‌ها

فیزیک‌دان‌ها توانسته‌اند اتم‌های «الکترون ـ مانند» بی‌حرکتی، برای عکس‌برداری تولید کنند. تصاویر تک اتم‌های سرد شده و به دام افتاده را، لیزرها، پیش از این، از اتم‌های بوزونی گرفته بودند. ثابت شده است که اتم‌های فرمیونی، که اسپین مشابه با اسپین الکترون‌ها و سایر ذرات بنیادی دارند، سخت‌تر سرد و در داخل تله‌های اپتیکی جمع می‌شوند. سه تیم مستقل، یک تیم در مؤسسهٔ فن‌آوری ماساچوست، یک تیم در دانشگاه هاروارد و یک تیم در دانشگاه استرات‌کلاید انگلیس، موفق شدند تا اتم‌های فرمیونی را جلوی دوربین نشانده و از آن‌ها عکس بگیرند. ایدهٔ اصلی این کار، استفاده از لیزرهایی است که هر دو کار سرد کردن، و عکس‌برداری را هم‌زمان انجام می‌دهند. اهمیت این قابلیت تصویربرداری، برای شبیه‌سازی‌های کوانتومی است که در آن‌ها برهم‌کنش‌های بین اتم‌های فرمیونی می‌تواند تنظیم شود؛ برای مثال، برای شبیه‌سازی الکترون‌های هم‌بستهٔ قوی، در ابررساناها و مواد دارای مقاومت مغناطیسی خیلی بالا.

ویدئوهای حرکت آهسته، الگوهای ترکیدن بادکنک‌ها را توضیح می‌دهند

یکی از محبوب‌ترین ویدئوهای فیزیکی سال ۲۰۱۵ نشان داد که بادکنک‌ها به دو طریق متفاوت می‌ترکند. این ویدئو را فیزیک‌دان‌های دانش‌سرای عالی ENS در فرانسه تصویربرداری و گزارش کردند، هنگامی که فشار گاز داخل بادکنک، پایین‌تر از یک آستانهٔ معین باشد، بادکنک با یک ترک تک‌گانه می‌ترکد. حال آن‌که، در بالای این حد آستانه، بادکنک‌ها با تشکیل ترک‌های شعاعی از نقطهٔ سوراخ، می‌ترکند. محققان بر اساس ویدئوهای ترکیدن بادکنک و تحلیل بقایای لاستیکی بادکنک، شرح دادند که در فشار بالا، شیار تک‌گانه نمی‌تواند با سرعت کافی منتشر شود تا بتواند تنش‌های بالایی را در لاستیک آزاد کند. در عوض، تشکیل ترک‌های چندگانه‌ای، اجازه می‌دهد تا تنش با سرعت بالایی آزاد شود. این نتایج ممکن است برای تکه تکه شدن سریع مواد دیگر از قبیل شیشه یا صخره‌ها به کار رود.

مترجم: سعیده دولتیاری

منبع:
http//:physics.aps.org/articles/v8/126

آسمان مانند یک مرز

محققان پریمیتر[1]، چگونگی استفاده از بزرگ‌ترین ساختار ممکن - یعنی انحنای کلی جهان – به‌عنوان یک عدسی، برای مشاهدهٔ کوچک‌ترین ذرات قابل مشاهده در جهان امروز، یعنی ذرات بنیادی را نشان می‌دهند.

نیایش افشردی[2] عضو مؤسسهٔ فیزیک نظری پریمیتر و الیوت نلسون[3] محقق پسادکتری، به تازگی مقام سوم جایزهٔ کیهان‌شناسی بوکاتر[4] را از آن خود کردند. این روش کاملاً جدید و متفاوت در کیهان‌شناسی، دریچه‌ای را به آیندهٔ فیزیک ذرات بنیادی می‌گشاید.

کار تحقیقاتی آن‌ها از جایی آغاز شد که فضا را همانند سطح صاف و هموار در نظر می‌گیرند که در این فضای صاف و هموار، چین‌خوردگی‌های موضعی‌ای وجود دارند و نکتهٔ جالب آن است که جهان به‌طور کلی یک درصد از این سطح هموار را شامل می‌شود.

مشکل آن‌جاست که در واقع نباید این‌طور باشد. خلأ موجود در فضا، تهی نیست؛ بلکه در آن میدان‌هایی وجود دارد که اگرچه ممکن است ضعیف باشند اما مقدارشان صفر نیست. در مکانیک کوانتومی هیچ چیزی نمی‌تواند صفر باشد به این علت که پارامترهای کوانتومی دائماً در حال حرکت و تغییر هستند. طبق نظریهٔ نسبیت عام، این نوسانات باعث خمیدگی فضا زمان می‌شوند. در حقیقت تمام این توضیحات برای آن است که بدانیم یک محاسبهٔ ساده از میزان خمیدگی فضا، نشان می‌دهد که جهان درهم پیچیده‌ای خواهیم داشت که ماه در آن نمی‌گنجد.

کیهان‌شناسان هم‌چنین برای حل این مسأله، تحقیقاتی انجام داده‌اند: جهان باید خمیده باشد، اما صاف و هموار به‌نظر بیاید. اگر فرض کنیم ضد جاذبه‌ای وجود دارد که قادر است به‌طور دقیق، تمایل به خمیدگی فضا را خنثی کند، مشکل قابل حل خواهد بود. چنین پیش‌بینی‌ها و تصحیحات نامحتملی از مشکلات همیشگی کیهان‌شناسان به‌شمار می‌رود که بیش از نیم قرن است با آن کلنجار می‌روند.

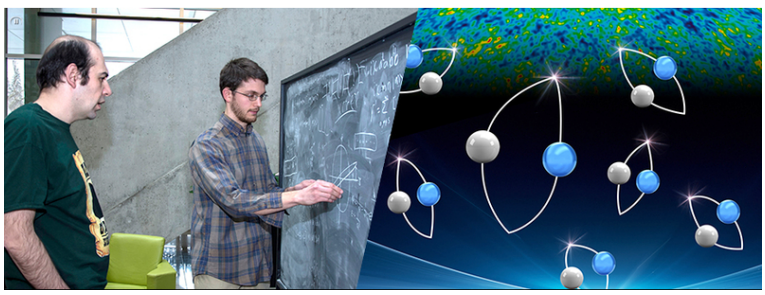
در این مقاله، نلسون و افشردی تلاشی برای حل این مسأله انجام ندادند. هنگامی‌که کیهان‌شناسان دیگر، به دنبال ثابت خنثی‌کننده می‌گشتند، نلسون و افشردی در پی طرح پرسش دیگری بودند: «آیا اضافه کردن چنین ثابتی برای خنثی کردن انرژی خلأ، وجود فضا زمان مسطح را تضمین می‌کند؟». پاسخ آن‌ها این بود: «مسلماً خیر!»

در این صورت در فضای خلأ، هنوز میدان‌های کوانتومی وجود دارد و نوسانات میدان‌های کوانتومی طبیعت آن‌ها است. حتی اگر آن‌ها به‌صورت دقیق و کاملی خنثی شوند، به‌طوری‌که مقدار میانگین آن صفر باشد، میدان‌های کوانتومی کماکان حول نقطهٔ صفر نوسان خواهند کرد و نوسانات (دوباره) موجب خمیدگی فضا می‌شود.

در این طرح، مقدار خمیدگی‌ای که میدان‌های معلوم (میدان الکترومغناطیسی یا میدان ناشی از هیگز) ایجاد می‌کنند، آن‌قدر کوچک است که قابل اندازه‌گیری نیست و بنابراین مجاز خواهد بود. اما مقدار هر میدان ناشناخته‌ای، باید به اندازهٔ کافی کم باشد تا نوسانات آن، خمیدگیِ قابل مشاهده در جهان ایجاد نکند. این یعنی، در نظر گرفتن بیشینهٔ انرژی برای میدان‌های نامعلوم.

یک حداکثر نظری برای یک میدان نظری ممکن است پیشگامانه به‌نظر نرسد، اما پنجرهٔ جدیدی به مکان غیرمنتظره فیزیک ذرات خواهد گشود.

همان‌طور که مکانیک کوانتومی به ما می‌آموزد، ذره، حاصل برانگیختگی میدان است. به عنوان مثال، فوتون، حاصل برانگیختگی میدان الکتریکی است. هم‌چنین، بوزون هیگز، ذره‌ای که به تازگی کشف شده، حاصل برانگیختگی میدان هیگز است. تقریباً شبیه موج، که نتیجهٔ برآشفتگی اقیانوس است. همان‌طور که می‌توان از روی ارتفاع موج، اطلاعاتی دربارهٔ عمق آب به‌دست آورد، جرم یک ذره نیز به میزان قدرت میدان متناظر با آن بستگی دارد.



نیایش افشردی (سمت چپ) و الیوت نلسون (سمت راست)

انواع جدید میدان‌های کوانتومی، اغلب پیشنهادهایی برای گسترش مدل استاندارد فیزیک ذرات مطرح می‌کنند. اگر افشردی و نلسون درست گفته باشند و چنین میدان‌هایی وجود نداشته باشند که نوسانات آن‌ها، انرژی کافی برای ایجاد خمیدگی قابل توجه را داشته باشد، احتمال وجود ذرات ناشناخته با جرم بیش‌تر از ۳۵ ترا الکترون ولت بسیار کم خواهد بود. نویسندگان مقاله پیش‌بینی می‌کنند که اگر ذرات و میدان‌های جدیدی، در ارتباط با گسترش مدل استاندارد وجود داشته باشند، در زیر محدودهٔ ذکر شده قرار خواهند گرفت.

در طول نسل‌ها، فیزیک ذرات پیشرفت بسیاری داشته است: ساختن برخورددهنده‌های قدرتمند و قدرتمندتر برای تولید، سپس ضربه زدن و مطالعه و بررسی ذرات سنگین و سنگین‌تر. درست مانند آن است که از طبقهٔ هم‌کف ساختن را آغاز کرده‌ایم و هر چه به طبقات بالاتر می‌رسیم، ذرات بیش‌تری را کشف می‌کنیم. آن‌چه نلسون و افشردی انجام داده‌اند، تنها ابری کردن آسمان است.

در فیزیک ذرات، بحث گسترده‌ایست پیرامون این‌که آیا به تولید شتاب‌دهنده‌های بسیار قدرتمندتر برای جست‌وجو و بررسی ذرات ناشناختهٔ سنگین‌تر نیازمندیم یا خیر. در حال حاضر، قدرتمندترین شتاب‌دهندهٔ جهان، شتاب‌دهندهٔ بزرگ هادرونی، با انرژی‌ای از مرتبهٔ ۱۴ ترا الکترون ولت عمل می‌کند. و این در حالی است که شتاب‌دهندهٔ فوق سریع چین، تا پیشنهاد ۱۰۰ ترا الکترون ولت نیز پیش رفته است. از آن‌جایی که ادامهٔ این بحث ناتمام است، نتایج بررسی‌های تحقیق جدید می‌تواند به تجربی‌کاران در انتخاب انرژی مطلوب کمک کند که ارتفاع کدام آسمان‌خراش انرژی، مناسب‌تر است!

همان‌گونه که در این تحقیق مطرح می‌شود، آسمان دارای مرزی است و ما قصد داریم به آن اشاره کنیم.

۱ Perimeter

موسسهٔ پریمیتر یکی از بزرگ‌ترین مؤسسات تحقیقاتی فیزیک نظری در جهان است. این مؤسسهٔ مستقل، در سال ۱۹۹۹ برای پرورش و رشد اکتشافات، در فهم بنیادین جهان، از کوچک‌ترین ذرات تا کل کیهان تأسیس شد.

۲ Niayesh Afshordi

۳ Elliot Nelson

۴ Buchalter Cosmology Prize

مترجم: هلیا هوشمند

منبع:
https://www.perimeterinstitute.ca/node/97762

لوله‌های گرد یا مربعی؟ کدام بهترند؟

محاسبات جدیدی بر روی ذراتی که شاره‌ای‌اند و از راه یک لوله گسترده می‌شوند، انجام و نشان داده شده که اثر شکل لوله (گرد در مقابل مستطیلی) شگفت‌آورتر از آن چیزی است که پیش‌ترها پژوهش‌گران تصور می‌کردند. ذرات، در یک لولهٔ مستطیلی شکل، به حالت نامتقارنی گسترده می‌شوند، درحالی‌که توزیع متقارنی را، هم در لوله‌های دایروی و هم در لوله‌های بیضوی‌شکل، تجربه می‌کنند. به شکل شگفت‌آوری، سطح مقطعی که رفتار متقارن یک لولهٔ دایروی را بازتولید می‌کند مربع نیست، بلکه مستطیلی است تقریباً با نسبت پهنا به درازای ۲ به ۱. هرچند پژوهش‌گران قادر نبوده‌اند تا توضیح سادهٔ فیزیکی، برای این موضوع فراهم کنند، اما معتقدند این نتایج، به بهینه‌سازی شکل مجراهای تحویل داروها، یا ظرف واکنش‌های شیمیایی، کمک می‌کند.

پژوهشگران مدت زمان طولانی است که به مطالعهٔ جریان ذرات در شاره‌ها می‌پردازند. این مطالعات می‌تواند گسترش آلاینده‌ها در یک رودخانه، یا پراکندگی مولکول‌های دارویی در جریان خون را دربرگیرد. معلوم شده است که شاره‌ها باعث می‌شوند، تا فرآیند گسترش‌یافتن ذرات، در مقایسه با پخش خالص، سرعت یابد. به عنوان مثال، دودی که از یک سیگار برمی‌خیزد، یک اتاق را در چند ثانیه پر می‌کند، اما اگر جریان هوایی وجود نمی‌داشت این پخش شدن، چندین روز طول می‌کشید.

پژوهش‌گران تجربی اغلب چنین فرآیندهایی را با تزریق لکه‌ای به داخل یک جریان و مشاهدهٔ چگونگی گسترش آن در طول زمان مطالعه کرده‌اند. در مقایسه با سرعت متوسط شارش، برخی از ذرات رنگ‌دانه‌ای، با سرعت بیش‌تری حرکت می‌کنند درحالی‌که دیگر ذرات، عقب می‌مانند. محققان توزیع رنگ‌دانه‌ها را برای دو مورد تعیین کرده‌اند – یک لولهٔ دایروی و یک کانال صاف و پهن- و دریافته‌اند که این گسترش در طول جهت شارش (جریان بالادستی – جریان پائین‌دستی[۱] برای لولهٔ دایروی متقارن است، اما برای کانال، به این شکل نیست.

با این حال، هنوز افراد دیگری به‌شکل سیستماتیک، سیستم‌هایی هم‌چون لوله‌های بیضوی‌شکل و لوله‌های مستطیل‌شکل (که جعبه نامیده می‌شود) برای گستره‌ای از نسبت‌های پهنا به درازا را مورد بررسی قرار نداده‌اند.

اکنون پژوهش‌گرانی از دانشگاه کارولینای شمالی در چپل هیل به رهبریِ ریچارد مک‌لافلین[۲] معادلاتی را به‌دست آورده و شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای را برای مطالعهٔ توزیع رنگ‌دانه‌ها، در اشکال گوناگون از لوله‌ها، به کار انداخته‌اند. آن‌ها دریافته‌اند که تفاوت این اشکال، چشم‌گیرتر از آن است که پیش‌ترها انتظار می‌رفت.

این تیم در محاسبات‌شان فرض کرده‌اند که رنگ‌دانه‌ها، به شکل یک ورقهٔ سطح‌مقطع نازک، در یک تک‌نقطه، در داخل مجرا یا لوله تزریق می‌شوند. ذرات رنگ‌دانه‌ای با سرعت‌های مختلف و بسته به موقعیت‌شان، به‌وسیلهٔ شاره کشیده می‌شوند. این جریان در میانه، سریع‌تر از نزدیک دیواره‌ها است، طوری‌که ورقهٔ رنگ‌دانه‌ها به سمت بیرون کشیده شده یا در وسط، کمانه می‌کند. یکی از پارامترهای آماری، که پژوهش‌گران محاسبه کرده‌اند چولگی[۳] است که اندازه‌ای از عدم‌تقارن در جهت جریان‌های بالادستی/پائین‌دستی است. چولگی صفر، به معنای یک توزیع متقارن (شبیه یک منحنی زنگوله‌ای کامل) است، در حالی‌که چولگی منفی، توزیع متمایل به یک طرف را توصیف می‌کند که با یک دم دراز، در جهت بالادستی قرار گرفته است. چولگی مثبت نشان‌گر آن است که دم دراز پائین‌دستی است.

در مورد لوله‌های دایروی و بیضوی، چولگی در طول مراحل ابتدایی و میانی شارش صفر بود، که نقطهٔ تمرکز این مطالعه است. شرایط برای مجراها پیچیده‌تر است. مجراهای لاغر، چولگی منفی دارند در حالی‌که مجراهای فربه و تقریباً مربعی، چولگی مثبت دارند. به طرز شگفت‌آوری مجرایی با چولگی صفر (بسیار شبیه به یک لولهٔ دایروی)، مربعی نبوده بلکه مستطیلی است که نسبت پهنا به درازای آن تقریباً ۸۷/۱ است. به بیان کاماسا[۴] این تیم به ساماندهی طرح‌هایی پرداخته‌اند تا بتوان این نتیجه را مورد آزمایش قرار داد. اما نتیجهٔ آن‌ها، که حاکی از این بود که ذرات در یک مجرای مستطیلی‌شکل متقارن‌ترگسترش می‌یابند تا در یک مجرای مربعی، و این نتیجه، آنان را سردرگم کرد. معمای دیگر آن بود که مجراهای بیضوی‌شکل بسیار باریک، چولگی صفر داشتند، اما مجراهای مستطیلی‌شکل، که به‌طور مشابه طویل شده بودند، چولگی منفی داشتند.

به گفتهٔ مک‌لافلین، دانستن چولگی در شرایط معینی می‌تواند از اهمیت برخوردار باشد. برای مثال، در زمان تحویل دادن دارو از طریق یک لوله، ممکن است بخواهیم این دارو شبیه یک چکش تیز عمل کند (چولگی منفی) یا به شکل تدریجی توسعه پیدا کند (چولگی مثبت). با این عدم تقارن‌ها، می‌توان تجربهٔ یک باکتری را، چنان‌که به سمت بالاترین غلظت مواد مغذی شنا می‌کند توصیف کرد.

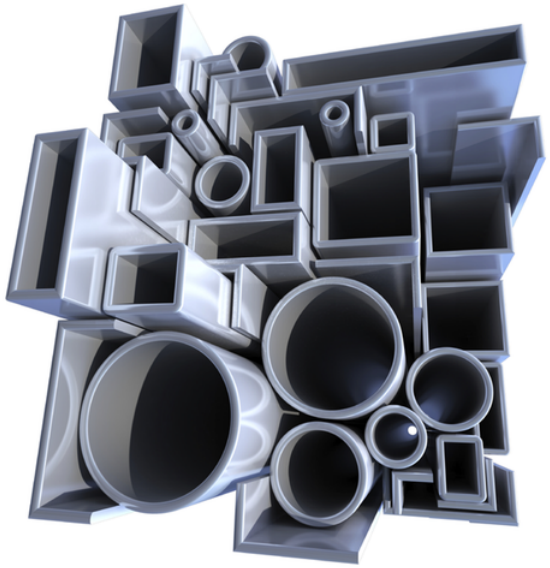
به بیان کالم کالفیلد[۵] از دانشگاه کمبریج در انگلستان، این پژوهش، گمانه‌زنی‌های پیشین درباره اهمیت هندسهٔ مجراها را تأیید می‌کند. به نظر او، این محاسبات به بهینه‌سازی ورودی‌های سیستم‌های واکنش شیمیایی کمک می‌کند؛ سیستم‌هایی که در آن‌ها دو یا چند واکنش‌دهنده باهم ترکیب می‌شوند. به گفتهٔ کالفیلد: «پیش‌بینی روشن و واضح از تحول وابسته به زمان (چولگی و دیگر پارامترهای توزیع) به شکل بالقوه‌ای برای مطمئن شدن از واکنش کامل دو نمونهٔ مختلف بسیار اهمیت دارد.»

۱ upstream-downstream
۲ McLaughlin
۳ skewness
۴ Camassa
۵ Colm Caulfield

مترجم: بهنام زینال‌وند فرزین

منبع:

G. Taylor, “Dispersion of Soluble Matter in Solvent Flowing Slowly through a Tube,” Proc. R. Soc. London A 219, 186 (1953).



شکلِ یک لوله، تأثیر بسزایی در گسترش ذرات معلق، در شاره‌ای دارد که در لوله جریان یافته است. محاسبات نشان می‌دهند که لوله‌های گِرد، گسترش متقارنی را در طول جریان شارش تولید می‌کنند، در حالی‌که لوله‌های مستطیلی یک عدم‌تقارن را به‌دست می‌دهند.

فیزیک‌دانی که مادهٔ تاریک را به انقراض دایناسورها ربط داد

www.corbisimages.com/photographer/mark-stevenson

استاد فیزیک نظری، لیزا راندال[1] معتقد است که مادهٔ تاریک دنباله‌دارهای ابر اورت[2] در منظومهٔ شمسی، با دهانهٔ برخوردی بازمانده از شصت و شش میلیون سال پیش، در ساحل یوکاتان[3] مکزیک، در ارتباط هستند. بسیاری از دنباله‌دارها که به مرزهای منظومهٔ شمسی وارد می‌شوند، از یک پوستهٔ کروی بزرگی از اجرام یخی، در فاصلهٔ ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ واحد نجومی، از خورشید می‌آیند. این پوستهٔ کروی، که بسیاری از دنباله‌دارها از آن سرچشمه می‌گیرند، ابر اورت نامیده می‌شوند. لیزا راندال مدعی است که وجود مادهٔ تاریک، در ابر اورت، به شهاب‌سنگ غول پیکری که به ساحل بوکاتان برخورد کرده است مربوط می‌شود. برخی از دانشمندان بر این باورند که این شهاب‌سنگ، باعث انقراض نسل دایناسورها از روی زمین شد.

یکی از حیرت‌انگیزترین مشاهدات به‌دست آمده از عالم در قرن بیستم، این است که مواد باریونی متشکل از پروتون ونوترون و...تمام مادهٔ موجود در عالم را تشکیل نمی‌دهند. بلکه جهان ما علاوه بر مواد باریونی، از ماده‌ای شگفت‌انگیز به نام «مادهٔ تاریک» تشکیل شده است. مقدار مادهٔ تاریک، تقریباً پنج برابر مادهٔ باریونی است. هرچند موفق به آشکارسازی ذرهٔ مادهٔ تاریک در آزمایشگاه‌ها نشده‌ایم، شواهد بسیار قوی برای وجود مادهٔ تاریک موجود است. برای فهم کامل مادهٔ تاریک، نیاز به مطالعهٔ شاخه‌های مختلف فیزیک، از جمله اخترشناسی و فیزیک ذرات است. به عنوان مثال، شاخهٔ کیهان‌شناسی و اخترفیزیک، به بررسی نقش مادهٔ تاریک در مقیاس‌های بزرگ کیهانی می‌پردازد. اما فیزیک ذرات، به یافتن کاندیدایی برای مادهٔ تاریک و مشخص کردن نوع اندرکنش آن با ذرات شناخته شده، می‌پردازد.

یک فیزیک‌دان دانشگاه هاروارد هم اکنون در حال کاوش این ایده است که شاید مادهٔ تاریک، باعث تمرکز برخوردهای کیهانی بیش از هر زمان دیگر شده باشد مانند آن چیزی که در دورهٔ دایناسورها رخ داد و راه را برای غلبهٔ پستان‌داران باز کرد. لیزا راندال برای اولین بار، در سال گذشته، نتایج خود را در مقاله‌ای با همکاری یک استادیار فیزیک دانشگاه هاروارد، متیو ریچی[4] در مجلهٔ فیزیکال ریویولترز، منتشر کرد. این مقاله ایده‌ای را مطرح می‌کند که الهام‌بخش پیوستگی پیچیده و زنجیروار مادهٔ تاریک، انقراض دایناسورها، و پیدایشِ گونهٔ جدید حیات در روی زمین بود. وی تصمیم گرفت که به این دلایل کتاب جدیدش را با عنوان:

"Dark Matter and the Dinosaurs: The Astounding Interconnectedness of the Universe"

منتشر کند. این استاد فیزیک چنین بیان می‌کند: «من مجذوب این داستان شده بودم. برایم خیلی عالی بود که بتوانم بین مادهٔ تاریک و آن‌چه امروزه برای ما قابل مشاهده است ارتباط برقرار کنم.» این کتاب خواننده را به سیاحتی دور و دراز از کیهان می‌برد. از انفجار بزرگ تا حال، از داستان حیات تا انقراض گروهی، و از قرص کهکشانی تا لایهٔ مرزی زمین.

در این کتاب فرضیهٔ جالبی مطرح شده است، به‌طوری‌که یک قرص نازک از مادهٔ تاریک، می‌تواند به شکلی ضعیف، بر روی دنباله‌دارهایی که در نواحی خارجی منظومهٔ شمسی، به دور مرکز راه شیری در حال دوران هستند، تأثیر بگذارد و می‌تواند دلیل نهایی برخورد آن‌ها با زمین باشد. در این کتاب، راندال اشاره می‌کند که چنین دیسکی تاکنون شناسایی نشده است. اما معتقد است که داده‌های کنونی، شواهدی برای وجود آن را ارائه می‌دهند و تجهیزاتی که برای آشکارسازی این دیسک، به کار می‌روند دور از دسترس نیستند.

این استاد فیزیک هاراورد، آزادانه از حکایات و تمثیل، برای توصیف و تشریح ایده‌های پیچیده علمی استفاده کرده است. هم‌چنین می‌توان گفت که لیزا راندال در این مقاله نشان می‌دهد که در واقع او یک زیبایی‌شناس است.

مرگ دایناسورها مثال تأثربرانگیزی از گذشتهٔ زمین است. دانشمندان به شکلی منطقی، مطمئن هستند که عامل انقراض دایناسورها، یک برخورد عظیم بوده است. با این وجود، پرسش‌های زیادی وجود دارد که این نظریه را به چالش می‌کشند، مهم‌ترین پرسش، دربارهٔ منشأ این شهاب‌سنگ است که می‌تواند جزئی از یک سیارک سنگی بوده باشد، که منشأ آن در داخل منظومهٔ شمسی قرار داشته، یا جزئی از حاشیهٔ دنباله‌داری بوده در مجموعه‌ای وسیع از قطعات یخی، آن سوتر از مدار پلوتو، که ابر اورت نامیده می‌شود. اگر عامل مرگ دایناسورها یک دنباله‌دار بوده، پرسش دیگر این است که این شهاب‌سنگ با چه مکانیسمی شتاب‌دار شده است.

با توجه به این‌که برخی خواص ابر اورت، و این‌که فاصلهٔ آن ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ واحد نجومی از خورشید است بنابراین چنین شتاب عظیمی را نمی‌تواند در دنباله‌دارها یا شهاب‌سنگ‌های برخوردکننده با زمین، ایجاد کند. بنابراین محققین به دنبال پاسخ‌هایی خارج از منظومهٔ شمسی هستند که مرکز کهکشان را، هر ۲۴۰ میلیون سال، یا حدود آن دور می‌زند و در این بین، از میان صفحه تخت کهکشان، به بالا و پایین می‌روند. برخی محققین دریافتند که چنین گذاری می‌تواند، ضربه و تکانهٔ ناگهانی را به یک دنباله‌دار، در مسیر برخورد با زمین منتقل کند. اما نوار مادهٔ قابل مشاهده در قرص کهکشانی، به اندازهٔ کافی افشانده و پخش است که باعث می‌شود چنین برخوردهایی با زمان‌بندی در روی زمین تطابق نداشته باشند.

این جایی است که فرضیهٔ مادهٔ تاریک می‌تواند مسأله را حل کند. خلاف مادهٔ روشن، مادهٔ تاریک، در قرص کهکشانی متمرکز نیست، اما گمان می‌رود که به‌صورت کره‌ای، پیرامون مرکز کهکشان گسترش یافته است، که به‌صورت هاله‌ای کروی، دیسک کهکشانی را احاطه کرده است.

این استاد فیزیک دانشگاه هاروارد معتقد است که بیش از یک نوع از مادهٔ تاریک وجود دارد؛ همان‌طوری که جهان قابل مشاهده، از ذرات متنوعی ساخته شده است. وی خاطرنشان می‌کند: «فرض کنید مادهٔ تاریک، فوتون مخصوص به خود را داشته باشد، پس می‌تواند تابش کند و قرصی را شکل دهد که نتایج آن جالب خواهد بود».

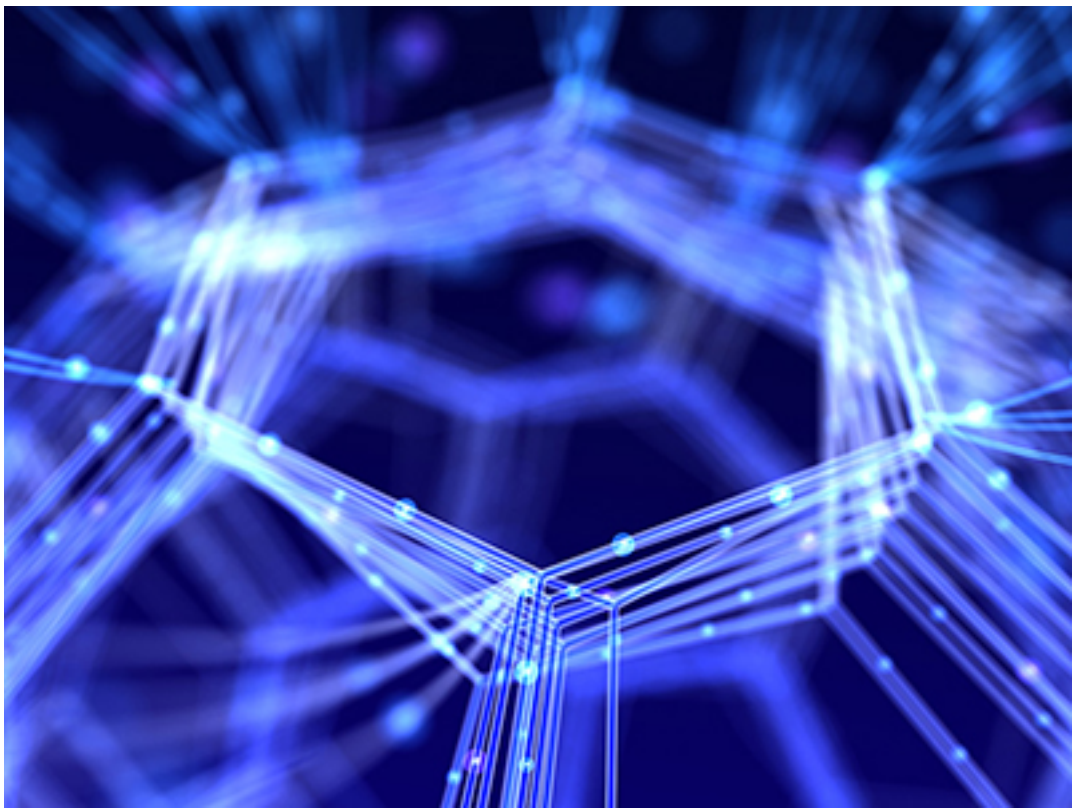
این استاد فیزیک نظری، که تحقیقات گسترده‌ای در زمینه‌های ابر تقارن و ابعاد بالاتر انجام داده است، می‌گوید که جدای از پژوهش و تحصیل، جنبهٔ عمومی علم در اولویت است. بنابراین سه کتاب عامه‌فهم در زمینهٔ فیزیک به چاپ رسانده است. او هم‌چنین در موسیقی هم فعالیت دارد، برای مثال نوشتن متن برای یک اپرا، براساس مطالعاتش در زمینه ابعاد بالاتر.

به نظر این استاد، داستان برخورد در دورهٔ دایناسورها – یکی از ۵ انقراض گروهی شناخته شده - به شکل نگران‌کننده‌ای امروزه در حال تشدید است. به نظر او: «این بسیار مهم است که تاریخ را بفهمیم. ششمین انقراض در حال وقوع است. ما در روی این سیاره در حال از دست دادن گونه‌های بسیاری هستیم». ششمین انقراض حاصل فعالیت‌های بشر است. این استاد به خوانندگان این متن توصیه می‌کند و امیدوار است که خوانندگان، درکی از چگونگی به‌هم‌پیوستگی عناصر کیهان، و چگونگی ارتباط قوی و به‌هم‌پیوسته بشر با حیات غیرانسانی، روی سیاره به‌دست آورند.

۱ Lisa Randall
۲ Oort cloud
۳ Yucatán
٤ Matthew Reece

مترجم: آرش موسوی
منبع:
http://phys.org

گرافین «آرایش‌شده» یک ابررساناست



ابررسانا: آلایش گرافین با لیتیوم، جفت‌کوپر می‌سازد

«مادهٔ خارق‌العاده» گرافین، کیفیت منحصر به فرد دیگری دارد که می‌تواند به فهرست ویژگی‌های عجیب الکتریکی و مکانیکی آن افزوده شود: ابررسانایی. به تازگی فیزیک‌دانانی در کانادا و آلمان نشان داده‌اند زمانی که گرافین با اتم‌های لیتیوم آلاییده شود، حاصل، یک ابررسانا خواهد بود. این نتیجه می‌تواند منجر به نسل جدیدی از ابزارهای ابررسانا در مقیاس نانو شود.

گرافین خواص قابل‌توجه بسیاری دارد که مدیون ساختارش است - شبکه‌ای شش ضلعی به ضخامت تنها یک اتم کربن. این ماده در عین حال که از استیل محکم‌تر است، قابلیت انعطاف‌پذیری زیادی دارد، و رسانای بسیار خوب حرارت و الکتریسته است. البته گرافین در نوع معمول و طبیعی خود، خواص ابررسانایی ندارد.

جفت‌شدن زوج‌های کوپر

اگرچه گرافیت خالص هم ابررسانا نیست، اما در سال ۲۰۰۵ فیزیک‌دانان نشان دادند که با یک‌سری تغییرات شیمیایی، گرافیت نیز می‌تواند خواص ابررسانایی داشته باشد، به‌صورتی که بتوان مواد چگال ساخته شده از گرافین ایجاد کرد که با لایه‌هایی به ضخامت یک اتم، اما از عنصر دیگری تغییر داده شده باشد. به این ترتیب، بهترین ماده تغییر داده شده یعنی کلسیم گرافیت (CaC_6) ساخته شد، که دمای گذار ابررسانایی حدود ۵/۱۱ کلوین داشت. نظریه‌دان‌ها مکانیزم این پدیده را، جفت‌شدن الکترون با فوتون دانستند. فوتون‌ها ارتعاش‌هایی در شبکه کریستالی مواد هستند که الکترون‌ها را، به‌صورت «جفت‌های کوپر»، درگیر یک‌دیگر می‌کنند تا بتوانند بدون هیچ

مقاومتی، در شبکه کریستالی حرکت کنند. جفت‌های کوپر، مشخصه بارز ابررسانایی هستند. سپس مشخص شد که جفت‌شدن الکترون-فوتون، نه تنها می‌تواند در ترکیبات چگال گرافیت مشاهده شود، بلکه با جای‌گزینی اتم‌ها با عناصر مناسب، در یک لایه منفرد از گرافین نیز امکان روی‌دادن چنین خاصیتی محتمل است.

در سال ۲۰۱۲، گیانی پروفتا (Gianni Profeta) و همکارانش از دانشگاه لاکویلا در ایتالیا، از مدل‌سازی‌های کامپیوتری استفاده کردند تا پیش‌بینی کنند که لیتیوم می‌تواند گزینه بسیار خوبی برای این جای‌گزینی باشد. این یافته بسیار غافل‌گیرکننده بود، چون LiC_6 هیچ‌گونه خاصیت ابررسانایی از خود نشان نداده بود، با این حال محققان دریافتند که ساختار تک‌لایه‌ای از این ماده، می‌تواند به دو طریق، خاصیت ابررسانایی داشته باشد. آن‌ها می‌گویند ارتعاش‌های شبکه‌ای اضافه شده، که اتم‌های لیتیوم به وجود آورده‌اند، باید چگالی فوتون‌ها را بسیار افزایش دهد، در حالی‌که الکترون‌هایی که اتم‌های لیتیوم به گرافین اهدا می‌کنند، باید جفت‌شدن الکترون-فوتون را در حالت کلی، بسیار تقویت کنند.

آرایش‌های لیتیوم

این پیش‌بینی جدید را آندره داماسلی (Andrea Damascelli) در دانشگاه بریتیش کلمبیا در ونکوور و همکارانش در اروپا به انجام رساندند. داماسلی و همکارانش، نمونه‌های خود را با لایه‌های در حال رشدی از گرافین، بر روی زیرلایه‌های سیلیکون-کاربید آماده کردند، و سپس به‌صورت خیلی دقیق، اتم‌های لیتیوم را در خلاء ۸ کلوین، درون ساختار گرافیت قرار دادند - این فرایند «آرایش» نام دارد.

این تیم سپس خواص این نمونه‌ها را، با استفاده از اسپکتروسکوپی گسیل فوتون، در زاویهٔ مناسب، بررسی کردند که از اثر فوتوالکتریک برای اندازه‌گیری انرژی جنبشی و تکانهٔ الکترون‌ها، در یک مادهٔ جامد، استفاده می‌کند. این محققان دریافتند که الکترون‌ها، هنگام عبور از شبکهٔ کریستالی، سرعت‌شان کم می‌شود. آن‌ها این پدیده را به جفت‌شدن تقویت‌شده الکترون-فوتون نسبت دادند. مهم‌تر این‌که، آن‌ها نشان دادند که این جفت‌شدن بسیار قوی، با شناسایی گاف انرژی بین الکترون‌های رسانش و الکترون‌های غیررسانش، که در واقع انرژی لازم برای شکست جفت‌های کوپر است می‌تواند منتهی به ابررسانایی شود. در ولتاژ ۰/۹ میلی‌الکترون‌ولت، مقدار اندازه‌گیری شده این گاف، دلالت بر وجود دمای گذاری در حدود ۹/۵ کلوین دارد – آن‌طور که در مقایسه با پیش‌بینی کار پروفتا و همکارانش، تا بیش از حدود ۸ کلوین پیش‌بینی شده بود.

آزمایش‌های تکاملی

طبق کار داماسلی، این نتایج، استفاده از گرافین را به عنوان سیستم مدلی برای مطالعهٔ پدیده‌های کوانتومی تقویت می‌کند. هم‌چنین نشان می‌دهد که چگونه محدودهٔ بسیار وسیعی از ابزارهای الکترونیکی می‌توانند به‌وسیلهٔ زیرلایه منفردی، به یک‌دیگر متصل شوند. در واقع پاتریک کرچمن[۱] و شولانگ یانگ[۲] از آزمایشگاه شتاب‌دهندهٔ ملی در کالیفرنیا، که عضوی از گروهی هستند که سال گذشته ابررسانایی بر پایهٔ فوتون را برای CaC_6 اثبات کردند، بر این باورند که این پژوهش، در نهایت منجر به تولید ابزارهای ابررسانا، در مقیاس نانو با واسط کوانتومی، برای مثال کوانتوم دات‌های ابررسانا خواهد شد.

اگرچه آن‌ها می‌افزایند که این نتایج نخست باید با مشاهدهٔ دو اثر دیگر، در دماهای زیر دمای گذار، تأیید شود: «از دست دادن کامل مقاومت الکتریکی گرافین و طرد میدان‌های مغناطیسی یا همان اثر مایسنر». به گفتهٔ کرچمن: «این آزمایش‌ها لازم است تا ابررسانایی تأیید شده و دمای گذار دقیق نیز تعیین شود.»

داماسلی می‌گوید انجام این آزمایش‌ها، به روش جدیدی برای فراهم کردن گرافین آرایش‌شده نیاز دارد – روشی که به آن‌ها این امکان را می‌دهد تا این ماده، در شرایط طبیعی، پایدار باقی بماند و ابررسانایی در مقیاس بزرگ را نیز حفظ کند. او می‌گوید «ما به دنبال عناصر دیگر، در زیرلایه‌های متفاوت هستیم- سیستم‌های ترکیبی گرافین، که بتواند به کمک نگهداری اتم‌های آرایشی در زیرلایه بیاید».

گروه مستقل دیگری از محققان، شامل هایویونگ لی[۳]، توسان پارک[۴] و همکارانشان در دانشگاه سونگ‌کیونک‌وان، در کره شمالی نیز ابررسانایی را در نمونه‌هایی شامل چندین لایه از گرافین، که با لیتیوم آلایش شده، مشاهده کرده‌اند. این گروه، دمای گذاری که از اثر مایسنر گزارش داده‌اند برابر با ۴/۷ کلوین است.

کرچمن هم‌چنین می‌گوید: «نقطه‌عطف بعدی، ایجاد این نمود از ابررسانایی، در یک تکه‌لایه از گرافین خواهد بود.»

۱ Patrick Kirchmann
۲ Shuolong Yang
۳ Hyoyoung Lee
۴ Tuson Park

مترجم: سیده اسما حسینی

منبع:

http://physicsworld.com

مشاهدهٔ درخشان‌ترین ابرنواختر تا به امروز

ستارهٔ در حال انفجاری دیده شده است که درخشانی آن، ۲ برابر بیش‌تر از اجسامی است که تاکنون گزارش شده‌اند.

ستاره‌شناسان جسمی را یافته‌اند که به نظر، درخشان‌ترین ابرنواختری باشد که تاکنون کشف شده است: یک ستاره در حال انفجار که درخشان‌تر از ۵۰۰ میلیارد خورشید است. در جست‌وجوی آن با استفاده از دوربین دوچشمی نباشید: نور آن ۲٫۸ میلیارد سال طی کرده است تا به زمین برسد و در چنین فاصله‌ای، ابرنواختر تنها با تلسکوپ دیده می‌شوند.

ابرنواختر ASASSN-۱۵lh ابتدا در ۱۴ ژوئن با دو تلسکوپ دیده شد که با مساحی خودکار تمام آسمان[۱]، برای ابرنواختر، در رصدخانهٔ اینتر آمریکن سرو تولولو[۲] در شیلی هدایت می‌شدند. در گزارش‌هایی که در تلگرام ستاره‌شناسان[۳] در ۸ جولای اعلام شد، ستاره‌شناسانی به رهبری سوبو دانگ[۴] از مؤسسهٔ ستاره‌شناسی و اختر فیزیک کاولی، در دانشگاه پکن گزارش می‌دهند که آن را حدود ۹ روز پس از آن‌که روشنایی‌اش به اوج رسیده، به دام انداخته‌اند. این گروه یک گزارش را روی شبکه آرکایو نیز قرار داده‌اند[۵].

با استفاده از تلسکوپ‌های بزرگ‌تر، برای دنبال کردن این مشاهده، دانگ و همکارانش از ایالات متحده و شیلی، تخمین می‌زنند که این انفجار ستاره‌ای، بزرگ‌ترین نمونه از ابرنواخترهای فوق درخشان باشد که تا به حال دیده شده است. چند ده مورد از چنین انفجارهای بزرگ، با درخشانی ۱۰۰ برابر بیش‌تر از ابرنواخترهای معمول، در دهه‌های گذشته مشاهد شده‌اند و ASASSN-۱۵lh حدود ۲ برابر، درخشان‌تر از همگی آن‌هاست.

پژوهش‌گران در مورد یافته‌های اولیه‌شان با نیچر گفت‌وگو نمی‌کنند، چون نتایج برای یک مجله فرستاده شده است که خواسته است مطلبی در این مورد منتشر نشود.

منبع گیج‌کننده

دیگر ستاره‌شناسان، شانس مرور این کار، به جز گزارش‌های مختصری که آن‌لاین منتشر شده است را نداشته‌اند، اما آن‌ها می‌گویند که اگر ویژگی‌های ابرنواختر تأیید شوند یک موجود واقعاً گیج کننده خواهد بود. این ابرنواختر، متعلق به یک گروه از ابرنواخترهای فوق درخشان است که هیدروژن کمی دارند و فهم منبع انرژی شگرف آن‌ها مشکل می‌شود.

یک فرض این است که ابرنواخترهای با هیدروژن پایین، با مگنتارها، انرژی می‌گیرند: ستاره‌های نوترونی بسیار مغناطیسی، با چرخش سریع، که از انفجار ابرنواختر باقی می‌مانند. این گفتهٔ ادو برگر[۶] است که در دانشگاه هاروارد در کمبریج، در مورد ابرنواخترهای فوق درخشان، تحقیق می‌کند. اما دیگر ستاره‌شناسان از جمله آویشای گال-یام[۷] که در مورد ابرنواخترها، در مؤسسهٔ علوم ویزمن، مطالعه می‌کند، می‌گوید که این ابرنواختر، آن‌چنان انرژی آزاد می‌کند که حتی یک مگنتار نمی‌تواند آن را تولید کند. امکان دیگر این است که، خروجی آن با انرژی تأمین شود که از ماده رونده، به سیاه‌چاله آزاد می‌شود.

هم‌چنین متحیر کننده است که کهکشان میزبان ASASSN-۱۵lh به نظر بسیار پرجرم و درخشان است. تاکنون، ابرنواخترهای فوق درخشان هم‌چون ASASSN-۱۵lh درون کهکشان‌های کوتوله‌ای یافت شده‌اند، که نسبتاً کوچک و کم‌نور هستند و منابع ناچیز از عناصر سنگین‌تر از هیدروژن و هلیوم دارند. ستاره‌شناسان تصور می‌کنند که این محیط‌ها به ستارگان کمک می‌کنند که آهنگ چرخش بالایی را حفظ کنند، تا تبدیل به مگنتار شوند.

تصویری از رصدخانه اینتر آمریکن سرو تولولو در شیلی، که مساحی خودکار تمام آسمان، برای ابرنواختر و دیگر تلسکوپ‌ها در آن قرار دارند.

ستاره‌شناسانی هم‌چون برگر، مشغول تنظیم تلسکوپ‌هاشان روی ابرنواخترها هستند، با این هدف که مکان دقیق آن را درون کهکشان میزبان، متوجه شوند و درخشانی آن را ردیابی کنند، پیش از این‌که در ماه‌های پیش رو محو شود. این می‌تواند به ستاره‌شناسان کمک کند که موتور محرکهٔ ASASSN-۱۵lh را درک کنند.

جهش سریعی، در کشف ابرنواخترهای فوق درخشان، به وجود آمده است که ناشی از یک نسل جدید از مساحی خودکار آسمان است که به جای آن‌که کهکشان‌های خاص درخشانی را برای مشاهده انتخاب کنند، داده‌ها را، از نواحی عریضی از آسمان می‌گیرند.

تعداد زیادی از ابرنواخترهای فوق درخشان، به تنهایی در همین امسال، به دلیل پروژه‌هایی هم‌چون مساحی انرژی تاریک، هم‌چنین در سرو تولولو، تلسکوپ Palomar Transient Factory در نزدیکی سان‌دیگو کالیفرنیا و تلسکوپ مساحی پانورامیک و تلسکوپ سیستم پاسخ سریع[۸] در هاوایی قابل مشاهده هستند.

تا سال ۲۰۲۲، تلسکوپ مساحی سینوپتیک بزرگ[۹] در شیلی باید هر سه ماه یک بار از کل آسمان جنوب عکس‌برداری کند. بنابراین ASASSN-۱۵lh ممکن است این رکورد را برای مدت طولانی حفظ نکند.

۱ All Sky Automated Survey
۲ Cerro Tololo Inter-American Observatory
سرویس رسمی اطلاعاتی آن لاین
۳ Subo Dong
۴ http://arxiv.org/abs/1507.03010
۵ Edo Berger
۶ Avishay Gal-Yam
۷ Panoramic Survey Telescope and Rapid
۸ Response System
۹ Large Synoptic Survey Telescope

مترجم: آزاده نعمتی

منبع:
http://arxiv.org/abs/1507.03010 (2015).

نسل جدید هولوگرام‌های سه بعدی. انگار که آن‌جا هستید

مرکز شبکه‌های دسترسی یکپارچه، به چالش با پهنای باند برخاسته، تا هولوگرام‌های سه بعدی را به خانه‌های ما بیاورد.

تصور کنید که بتوانید مسابقات جام جهانی را به‌صورت سه بعدی، در مبل راحتی منزل خودتان ببینید. این ایده، ممکن است زودتر از آن‌چه فکرش را بکنید عملی شود. با حمایت بنیاد ملی علوم آمریکا[۱]، دانشمند علوم اپتیک، ناصر پیغمبریان و تیمش در دانشگاه آریزونا، در تلاشند تا نسل جدید هولوگرام‌ها را بسازند. این پژوهشگران روزی را، احتمالاً در دههٔ آینده، پیش‌بینی می‌کنند که هولوگرام‌های لیزری، زنده، به هر نقطه از دنیا منتقل شوند.

انتقال یک هولوگرام ویدئویی، به مقدار هنگفتی از پهنای باند و توان نیاز دارد - حدود ۱۰۰۰۰ برابر نرخ انتقال، برای تلویزیون‌های با کیفیت. در مرکز شبکه‌های دسترسی یکپارچه[۲]، قرار است که فن‌آوری‌های انتقالی، برای شبکه‌های دسترسی اپتیکی ساخته شوند که درست همین کار را بکند، یعنی مقادیر عظیم اطلاعات را برای جمعیت زیادی در هر زمان و هر مکان بفرستد. اثرات گستردهٔ تحقیقات CIAN را می‌توان تقریباً در هر خانه‌ای حس کرد. به عنوان نمونه، داده‌ها با پهنای باند بسیار زیاد و خدمات مقرون به صرفه می‌تواند در نوآوری‌های تجاری، افزایش فرصت‌های آموزشی، بهبود توزیع خدمات درمانی، کمینه کردن اثرات زیست‌محیطی ناشی از زیرساخت‌ها و آلودگی‌ها، ایجاد فرصت‌های تفریحی جدید و متنوع و افزایش امور امنیتی تأثیرگذار باشد.

CIAN یکی از مراکز تحقیقات مهندسی در NSF است که به‌طور منظم و چند مؤسسه‌ای، دانشگاه، صنعت و دولت را به‌هم مرتبط می‌کند تا ضمن تولید سیستم‌های مهندسی انتقالی، فارغ‌التحصیلانی در مهندسی تربیت کند که در نوآوری و راهبری اقتصاد جهانی سرآمد باشند. مرکز چند مؤسسه‌ای CIAN شامل دانشگاه آریزونا(سرپرست) و مؤسسات همکار آن- دانشگاه کالیفرنیا در سن دیاگو، دانشگاه کالیفرنیای جنوبی، مرکز فن‌آوری کالیفرنیا، دانشگاه کالیفرنیا در برکلی، دانشگاه کلمبیا، دانشگاه کالیفرنیا در لس‌آنجلس، دانشگاه ایالتی نورفولک و دانشگاه تاسکیگی است.

تحقیق نامبرده را مرکز تحقیقات مهندسی NSF با جایزهٔ #0812072 حمایت می‌کند.

۱ NSF
۲ CIAN

مترجم: مریم ذوقی

منبع:
www.nsf.gov

مصاحبه با آنتون زایلینگر

مصاحبه: سایه رجبی با همکاری لاله معمارزاده

در شهریورماه امسال آنتون زایلینگر، فیزیک‌دان برجسته و پیش‌رو در زمینهٔ فیزیک کوانتومی، استاد دانشگاه تکنولوژی وین و رئیس فرهنگستان علوم اتریش سفری به ایران داشت. در این سفر امکان یک مصاحبه با مجلهٔ «فیزیک روز» در دانشگاه صنعتی شریف به یاری میزبانان ایشان فراهم شد.
مجلهٔ «فیزیک روز» از دکتر سایه رجبی و دکتر لاله معمارزاده که در مصاحبه ما را همراهی و آن را امکان‌پذیر کردند و دیگرانی که سفر ایشان را تسهیل و امکان ارتباط پژوهشگران کشور با دانش‌پیشگان دنیا را فراهم کرده‌اند و هم‌چنین از وبگاه «مکتبخونه» برای فراهم کردن امکانات فنی این مصاحبه، قدردانی می‌کند.

فیزیک روز: عصرتان بخیر، امیدوارم روز خوبی را گذرانده باشید و از پذیرفتن دعوت ما سپاسگزارم. من این پرسش‌ها را از طرف مجلهٔ «فیزیک روز» می‌پرسم. نخستین پرسش ما دربارهٔ فرابرد کوانتومی[1] است. می‌توانید ساده در چند جمله فرابرد کوانتومی را توضیح دهید. باتوجه به این‌که تمامی خواننده‌ها پیش‌زمینه‌ای در فیزیک دارند. شما چگونه فرابرد کوانتومی را توضیح می‌دهید؟

زایلینگر: آیا شما یک ساعت وقت دارید؟

فیزیک روز: بله، قطعاً.

زایلینگر: توضیح این که فرابرد کوانتومی، چگونه انجام می‌شود در این فرصت کوتاه غیرممکن است. اما آن‌چه در فرابرد کوانتومی رخ می‌دهد، انتقال یک حالت کوانتومی است نه چیز دیگر. انتقال یک حالت کوانتومی، از یک سیستم به سیستمی که با آن فاصله دارد، بدون این‌که اطلاعات مسیری را بین سیستم‌های A تا B طی کند؛ این انتقال با استفاده از درهم‌تنیدگی انجام می‌شود. بنابراین فرابرد کوانتومی، روشی برای پیمودن مسیر بین دو مکان نیست، بلکه روشی برای انتقال اطلاعات است. این روش می‌تواند در آینده راه‌کاری برای ارتباط بین کامپیوترهای کوانتومی باشد.

فیزیک روز: آیا می‌توانید در مورد آزمایش‌های تجربی که شما بر روی فرابرد کوانتومی انجام داده‌اید، توضیحاتی به ما بدهید؟

[1] Quantum teleportation

عکس از امین صفدری

زایلینگر: اولین آزمایش ما در اینسبروک[۲] انجام شد. من حتی سال آن را هم فراموش کرده‌ام. شاید سال ۷۹ یا ۸۹ بود. آزمایش را روی میزی به طول یک متر انجام دادیم و پس از آن فرابرد کوانتومی را برای تبادل حالت درهم‌تنیده نیز انجام دادیم. این کار، مبادله درهم‌تنیدگی[۳] نامیده می‌شود که احتمالاً برای ارتباط بین کامپیوترهای کوانتومی اهمیت بیش‌تری دارد چون مبادلهٔ درهم‌تنیدگی، اساس داشتن تکرارگر کوانتومی[۴] در یک شبکهٔ کوانتومی است. به تازگی ما چند آزمایش بین جزایر قناری که در فاصلهٔ ۱۵۰ کیلومتری از هم قرار دارند، انجام داده‌ایم. این آزمایش ثابت می‌کند در صورت لزوم می‌توانیم فرابرد کوانتومی را در فاصله‌های زیاد انجام دهیم.

فیزیک روز: دوست داریم در مورد تجربیات جدید شما بدانیم و این‌که در حال حاضر چه پرسش فیزیکی ذهن شما را مشغول کرده است؟

زایلینگر: چیزی که ما در حال‌حاضر به آن علاقه‌مندیم، استفاده از حالت‌های تکانهٔ زاویه‌ایی مداری، با یک تقاطع مارپیچی[۵] است برای حالت‌های درهم‌تنیدهٔ دو بخشی. این حالت‌ها به ما این امکان را می‌دهد که درهم‌تنیدگی را در فضای هیلبرت، با بعد بالاتر از ۲، برای هر زیر بخش داشته باشیم. به این ترتیب ارتباطات کوانتومی را می‌توانیم در بعد بالاتر داشته باشیم که نتیجهٔ آن، انتقال بیش از یک بیت اطلاعات به‌وسیله تک فوتون است. ما هم‌چنین به درهم‌تنیدگی اتم‌ها علاقه‌مندیم و آزمایش‌هایی انجام می‌دهیم. ما با گروه جیان‌وی‌پان[۶] در چین همکاری داریم. هدف، انجام مخابرات کوانتومی بین زمین و ماهواره‌ای در فضاست، تا بتوانیم مخابرات کوانتومی را در مقیاس جهانی انجام دهیم. هم‌چنین می‌خواهیم آزمایش بل را به‌گونه‌ای انجام دهیم که کاستی‌های موجود در آزمایش‌های فعلی را برطرف کند.

فیزیک روز: سیستم‌های درهم‌تنیده چه‌قدر می‌توانند بزرگ باشند؟

زایلینگر: در اصل نخستین پرسش این است که برای سیستم‌هایی با چه اندازه، می‌توان پدیده‌های کوانتومی و برهم‌نهی کوانتومی را مشاهده کرد. نظر من این است که اصولاً محدودیتی از این نظر وجود ندارد. مسأله آن است که وقتی سیستم بزرگ شود، راه‌های بسیاری برای تبادل اطلاعات با بیرون وجود دارد. که این به معنای ناهم‌دوسی است. این کاملاً درست است، اما من احساس می‌کنم همیشه راه‌های هوشمندانه‌ایی برای حل مسائل وجود دارند. ابتدا برای سیستم به اندازهٔ کافی منزوی با پارامترهای مناسب و به همین ترتیب می‌توان جلو رفت. بنابراین من فکر می‌کنم بهترین رهیافت عملی برای یک تجربه‌گر، آن است که فکر کند هیچ محدودیتی وجود ندارد و امتحان کند.

فیزیک روز: آیا شما برآوردی از زمانی‌که بتوانیم یک رایانهٔ کوانتومی بسازیم دارید؟ ۱۰ سال، ۲۰ سال،....

---

۲ Innsbruck
۳ Entanglement swapping
۴ Quantum repeaters
۵ Helical cross
۶ Jian Wei Pan

زایلینگر: بیان یک زمان خاص، برای رسیدن به این هدف، مشکل است. من نمی‌خواهم زمان مشخصی تعیین کنم. اما باید بدانیم که در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های چشم‌گیری حاصل شده است. این پیشرفت‌ها برای ساخت رایانهٔ کوانتومی صورت گرفته، که کاربرد حل مسائل خاصی را دارند؛ و نه رایانه‌های کوانتومی، که هر مسأله‌ای را حل کنند. با این همه، این پیشرفت‌ها نشان می‌دهد که چیزی در شرف انجام است. حتی شرکت گوگل در زمینهٔ رایانه‌های کوانتومی سرمایه‌گذاری کرده است که بیانگر آن است که در این زمینه قرار است اتفاقاتی بیفتد.

آن‌چه در فرابرد کوانتومی رخ می‌دهد، انتقال یک حالت کوانتومی است نه چیز دیگر. انتقال یک حالت کوانتومی، از یک سیستم به سیستمی که با آن فاصله دارد، بدون این‌که اطلاعات مسیری را بین سیستم‌های A تا B طی کند؛ این انتقال با استفاده از درهم‌تنیدگی انجام می‌شود.

فیزیک روز: پرسش مورد علاقهٔ من در مورد زیست‌شناسی است. امروزه صحبت‌هایی در مورد نقشی که پدیده‌های کوانتومی در سیستم‌های زیستی و سیستم‌های زنده بازی می‌کنند، شنیده می‌شود. دوست دارم دیدگاه شما دربارهٔ زیست‌شناسی کوانتومی را بدانم و این که پیشرفت‌ها در این زمینه چگونه است وآیا به نظر شما حرکت در این مسیر صحیح است؟

زایلینگر: من فکر می‌کنم این پرسش هنوز باز است. به بیان دیگر این پرسش هنوز مطرح است که آیا پدیده‌های کوانتومی به‌ویژه درهم‌تنیدگی، نقش اساسی و حیاتی در سیستم‌های زیستی دارند، یا تنها اثر جانبی کوچکی دارند. این پرسش هنوز مطرح است و به نظر من ما هنوز پاسخ این پرسش را نمی‌دانیم. ایده‌های زیادی وجود دارد. مثلاً بعضی در مورد اهمیت نقش پدیده‌های کوانتومی در مغز صحبت می‌کنند. این‌ها ایده‌ها و پرسش‌هایی هستند که پاسخ آن‌ها هرچه باشد جالب است. این مهم است اگر بفهمیم پدیده‌های کوانتومی در این سیستم‌ها نقش دارند، هم‌چنین مهم است اگر بفهمیم پدیده‌های کوانتومی هیچ نقشی در این سیستم‌ها ندارند.

فیزیک روز: این پرسش برای ما و به خصوص این دانشکده جالب است چون یک تحقیق جدید بر روی زیست‌شناسی کوانتومی آغاز کرده‌ایم.

زایلینگر: من فکر می‌کنم این پرسش پرمخاطره است. چون نمی‌دانیم به پاسخ می‌رسیم یا نه. اما این موضوع کاملاً مهم است.

فیزیک روز: آیا شما محققان جوان را به کار در این موضوع تشویق می‌کنید؟

زایلینگر: بله، در گروهم چند نفر آزمایش‌هایی شبیه به آن انجام می‌دهند.

فیزیک روز: شما چرا به مطالعهٔ فیزیک علاقه‌مند شدید؟

زایلینگر: من همیشه کنجکاو بودم و می‌خواستم سازوکار پدیده‌های مختلف را به شکل عمیق بفهمم. معلمی در سال‌های آخر مدرسه داشتم که هیجان زیادی داشت و برای من سرنوشت‌ساز شد.

چیزی که ما در حال‌حاضر به آن علاقه‌مندیم، استفاده از حالت‌های تکانهٔ زاویه‌ایی مداری، با یک تقاطع مارپیچی۵ است برای حالت‌های درهم‌تنیدهٔ دو بخشی. این حالت‌ها به ما این امکان را می‌دهد که درهم‌تنیدگی را در فضای هیلبرت، با بعد بالاتر از ۲، برای هر زیر بخش داشته باشیم.

فیزیک روز: بنابراین تنها مشوق شما بوده است؟

زایلینگر: این معلم را در سن ۱۷ یا ۱۸ سالگی داشتم. خود او شوق و هیجان زیادی نسبت به فیزیک داشت و باعث شد تعدادی از ما این شور و علاقه را نسبت به فیزیک پیدا کنیم.

فیزیک روز: شما چه‌طور به کار در شاخهٔ فیزیک اتمی و فوتون علاقه‌مند شدید؟

زایلینگر: در زمانی که من فیزیک خواندن را آغاز کردم، هیچ برنامهٔ تحصیلی مشخصی وجود نداشت. ما کاملاً آزاد بودیم. این در حالی است که در حال حاضر در هر دانشگاهی برنامه مدونی وجود دارد که دانشجو چه درسی در چه ترمی بگیرد. به نظر من باید این روش تغییر کند. من این روش را نمی پسندم. من آزادی را دوست دارم و آزادانه به هر ترتیبی می‌خواستم درس می‌خواندم. به همین دلیل در هیچ کلاس یا سمینار مکانیک کوانتومی شرکت نکردم. اما در امتحان جامع نهایی باید همه چیز را می‌دانستم. در گذشته در وین، باید برای امتحان

عکس از امین صفدری

جامع، همه چیز از فیزیک را می‌دانستید که البته این روزها این روند تغییر کرده است. بنابراین من باید همه مباحث را یاد می‌گرفتم. من این کار را با مطالعهٔ کتاب‌ها انجام دادم و بلافاصله مجذوب مکانیک کوانتومی شدم. خیلی زود فهمیدم که مکانیک کوانتومی، ساختار ریاضی بی‌نهایت زیبایی دارد. زیبایی مکانیک کوانتومی خارق‌العاده است و نظریه‌ای بسیار موفق است. این نظریه هرچیزی از فیزیک زیر اتمی تا کیهان را توضیح می‌دهد. احتمالاً این موفق‌ترین نظریه‌ای است که تاکنون داشته‌ایم. اما اگر عمیق به آن فکر کنیم، بی‌معنی به نظر می‌رسد و پرسش‌های زیادی برایمان مطرح می‌شود. با مطالعه کتاب‌ها متوجه می‌شویم که در آن‌ها از پرداختن به این پرسش‌ها پرهیز شده است. من بیش‌تر و بیش‌تر به این‌گونه پرسش‌ها علاقه‌مند شدم و مسیر آیندهٔ علمی خود را برگزیدم. خیلی ساده!

فیزیک روز: چگونه می‌توان هم تجربه‌گر و هم نظریه‌پرداز بود؟

زایلینگر: من خودم را بیش‌تر یک تجربه‌گر می‌دانم تا یک نظریه‌پرداز. چند مقالهٔ نظری نوشته‌ام، اما بیش‌تر آن‌ها با چند نظریه‌پردازِ جا افتاده بوده است. به نظر من، برای یک تجربه‌گر خیلی مهم است که فهم خیلی خوبی از نظریه داشته باشد؛ زیرا تنها در چنین حالتی می‌توانید تصمیم بگیرید و بفهمید که چه آزمایشی را باید انجام دهید و آن بتواند به نظریه‌پردازها ایده بدهد و از آن‌ها بخواهد از منظر دیگری مسأله را بررسی کنند.

فیزیک روز: از شما سپاسگزارم.

«فیزیک روز» آمادهٔ دریافت خبرهای جامعهٔ فیزیک از سراسر کشور است.
خبرهای مؤسسه یا دانشگاه خود را به دفتر مجله بفرستید و با «فیزیک روز» در تهیهٔ خبر همکاری کنید.

مطالعهٔ پلاسمای کوارک گلوئون با استفاده از هولوگرافی

کاظم بی‌تقصیر فدافن
دانشکدهٔ فیزیک، دانشگاه شاهرود

چکیده
برخورد یون‌های سنگین نسبیتی هم‌چون طلا یا سرب، باعث به‌وجود آمدن محیطی به نام پلاسمای کوارک گلوئونی (QGP) می‌شود. مطالعهٔ این ساختار به‌وسیلهٔ روش‌های مرسوم اختلالی، میسر نیست و باید به دنبال روش‌های جای‌گزین بود. یکی از این روش‌ها که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از دوگانی گرانش-پیمانه یا هولوگرافی است. این مقاله دست‌آوردهای این روش را مرور می‌کند.

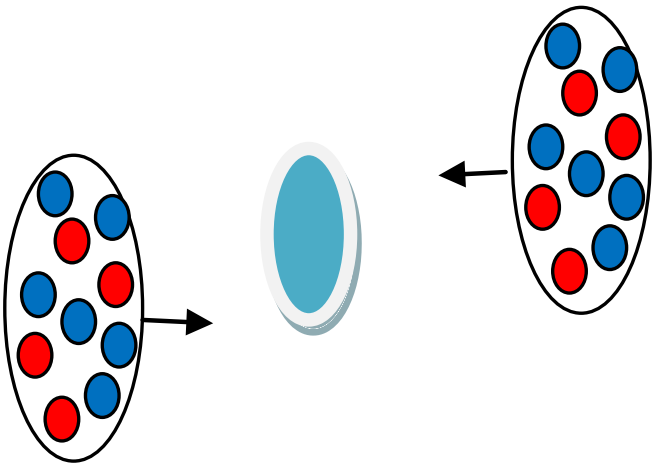
مطالعهٔ فیزیک ذرات بنیادی همواره جذاب و شنیدنی است. چرا که بخشی از فیزیک است که باید برای درک آن، نسبیت خاص و مکانیک کوانتومی را هم‌زمان در نظر گرفت. دردسرهای درست کردن یک ساختار ریاضی، برای انجام چنین کاری، کم نیستند و همیشه هم می‌توان پرسید که آیا اصلاً چنین کاری امکان‌پذیر است یا خیر؟ البته همه می‌دانیم که با بالاتر رفتن انرژی، باید به سراغ دنیای زیر اتمی رفت. جایی که نقش اصلی را هستهٔ اتم و الکترون‌ها بازی می‌کنند. یعنی باید به سراغ مفاهیم کوانتومی برویم تا ابعاد زیر اتمی را درک کنیم. هسته درون اتم نیز، خود از پروتون‌ها و نوترون‌ها ساخته شده است. ولی چه چیزی مانع نابودی هسته به دلیل نیروی دافعهٔ الکترومغناطیسی بین پروتون‌هاست؟ برای پاسخ به این پرسش باید یک نیروی جدید معرفی کرد که فقط در ابعاد هسته، قوی است و در فاصله‌های دور از هسته کوچک می‌شود. چنین نیرویی «هسته‌ای قوی» شناخته می‌شود. برای این که رفتار این نیرو را مطالعه کنیم باید پروتون‌ها را به هم کوبید تا ببینیم چه ذراتی حاصل می‌شود. یعنی همان روش پراکندگی رادرفورد، که به کمک آن فهمید مدل اتمی کیک کشمشی تامسون، اشتباه است. به این ترتیب با مطالعهٔ پراکندگی پروتون‌ها، می‌توانیم به درون آن‌ها سرک بکشیم و رفتارشان را دریابیم. خوش‌بختانه این برخوردها تا به حال انجام شده است و فهمیده‌ایم که درون پروتون و نوترون کوارک‌ها و گلوئون‌ها وجود دارند. به جای بار الکتریکی در نیروی الکترومغناطیسی، که می‌تواند مثبت یا منفی باشد، در نیروی هسته‌ای قوی، سه نوع بار وجود دارد. کوارک‌ها، هر یک از این سه نوع بار را می‌توانند داشته باشند ولی گلوئون‌ها حامل بار-پاد بار هستند. نکتهٔ جالب توجه در این است که خود پروتون‌ها، که خانه این کوارک‌ها به حساب می‌آیند، دارای این بار نیستند و خنثی هستند! برای درک سادهٔ این سه نوع بار می‌شود فرض کرد که آن‌ها شبیه به «رنگ» هستند. رنگ‌های اصلی قرمز، آبی و سبز، که ترکیبشان با هم بی‌رنگ

یا سفید است. ترکیب رنگ-پادرنگ هم سفید است؛ بنابراین پروتون سفید است ولی کوارک‌ها و گلوئون‌ها رنگی‌اند. خلاف فوتون‌ها در الکترومغناطیس، این‌جا گلوئون‌ها با هم برهم‌کنش دارند. می‌بینیم که با رفتن به درون پروتون‌ها و نوترون‌ها، باید فیزیک تازه‌ای را ملاقات کنیم که حسابی عجیب و غریب است! نظریه‌ای که فیزیک رنگ‌ها را توصیف می‌کند، نظریهٔ کوانتومی رنگ (QCD) نامیده می‌شود.

کوارک‌ها و گلوئون‌ها فقط پروتون و نوترون را نمی‌سازند بلکه پایون‌ها نیز از آن‌ها ساخته شده‌اند. دسته‌بندی کلی به این ترتیب است: آن‌هایی که از سه کوارک درست شده‌اند و آن‌هایی که از کوارک-پاد کوارک ساخته شده‌اند. اولی را باریون و دومی را مزون می‌نامند. مثلاً پروتون و نوترون باریون، ولی پایون مزون است. برای راحتی، هر دو خانواده با نام هادرون شناخته می‌شوند. ویژگی مهم هادرون‌ها در نیرویی است که آن‌ها درک می‌کنند، یعنی نیروی هسته‌ای قوی. الکترون‌ها در این دسته جای نمی‌گیرند چرا که این نیرو را حس نمی‌کنند.

برای شناختن این نیرو باید کوارک‌ها و گلوئون‌ها را مطالعه کرد؛ همان کاری که برای الکترون‌ها انجام می‌دادیم. ولی یک تفاوت اساسی وجود دارد کوارک را نمی‌توان به‌صورت آزاد پیدا کرد! مسأله بسیار عجیب است. شما هر چه‌قدر هم که به یک پروتون انرژی بدهید، نمی‌توانید کوارک داخل آن را جدا کنید. به این اصل حبس کوارکی می‌گویند. یعنی همیشه کوارک در قفس پروتون زندانی است. از طرفی همان‌طور که اشاره شد نیروی هسته‌ای قوی، در ابعاد هسته قوی است، پس نمی‌توان پراکندگی‌ها را به روش حساب فاینمن محاسبه کرد. چرا که این روش، براساس شدت جفت‌شدگی یا همان قدرت برهم‌کنش بنا شده است. وقتی که شدت برهم‌کنش قوی است نمی‌توان آن را اختلالی بسط داد. یک مشاهدهٔ کلیدی، راه را هموار می‌کند: در انرژی‌های بالا، شدت برهم‌کنش دیگر قوی نمی‌ماند! توضیح ساده مسأله یعنی این که، وقتی به درون هادرون سرک می‌کشید، نیاز به انرژی خیلی زیادی دارید، در این وضعیت، شدت نیروی قوی کوچک می‌شود و حالا می‌توان حساب فاینمن را به کار برد. تأکید می‌شود که این نکته، خاصیتی مهم از نیروی هسته‌ای قوی است. این پدیده آزادی مجانبی نامیده شده است.

حبس کوارکی و آزادی مجانبی، دو ویژگی اصلی نیروی هسته‌ای قوی هستند. چنین رفتارهایی را در الکترومغناطیس نداریم. پس باید تلاش کنیم تا این نیرو را بشناسیم. بهترین کار، استفاده از روش پراکندگی است. به جای شتاب دادن پروتون‌ها و کوبیدن آن‌ها به یک‌دیگر می‌شود هسته‌های سنگین را به هم برخورد داد. به این منظور، از یون‌های طلا و سرب استفاده می‌شود. شکل ۱ نمایی کلی از این برخورد را نشان می‌دهد. حاصل برخورد یون‌ها، ماده‌ای کوارکی به نام پلاسمای کوارک گلوئون است. عمر این ماده از مرتبهٔ 10^{-23}ثانیه است و دمای آن 10^{12} کلوین است. یعنی بسیار بسیار بیش‌تر از دمای مرکز خورشید.



شکل ۱: نمایی کلی از برخورد دو یون، که با سرعت نسبیتی به یک‌دیگر کوبیده می‌شوند. دایره‌های بزرگ و کوچک به ترتیب یون‌ها و نوکلوئون‌ها هستند. رنگ قرمز و آبی یعنی نوترون و پروتون. دایرهٔ بزرگ‌تر به دلیل سرعت نسبیتی، در راستای حرکت، انقباض لورنتسی دارد. دایرهٔ میانی جایی را نشان می‌دهد که پلاسمای کوارک گلوئون تشکیل می‌شود. کاملاً پیداست که ممکن است همه نوکلوئون‌ها، در برخورد شرکت نداشته باشند به همین دلیل به آن‌ها تماشاچی می‌گویند.

این پلاسما در آزمایشگاه مشاهده نمی‌شود و تنها با کمک ذرات نهایی، که با آشکارسازها رصد می‌شوند، عمر و دمای آن به‌دست می‌آید. در این مادهٔ کوارکی، نقش اصلی را نیروی قوی بازی می‌کند و با پلاسمای معمولی که با نیروی الکترومغناطیسی ساخته می‌شود فرق دارد. این نوع برخوردها، با نام دیگری هم شناخته می‌شوند؛ مه‌بانگ کوچک. یعنی دمای تولید شده و چگالی انرژی در حد مقادیر مه‌بانگ در زمان شکل‌گیری کیهان اولیه است. پس می‌توان با بررسی نتایج این آزمایش‌ها، در مورد کیهان اولیه هم اطلاعات کسب کرد.

دو برخورد دهنده مهمی که یون‌ها را به هم می‌کوبند، به اختصار RHIC [۱] و LHC [۲] خوانده می‌شوند. اولی در آمریکاست و دومی در مرز میان سوییس و فرانسه واقع شده است. در RHIC یون‌های طلا با ۱۹۷ نوکلئون و در LHC یون‌های سرب با ۲۰۸ نوکلئون به هم کوبیده شده‌اند. انرژی، از دید ناظری که در مرکز جرم این برخوردها، مسأله را می‌بینند متفاوت است. انرژی مرکز جرم، در RHIC تقریباً ۴۰ ودر LHC ۶۰۰ الکترون ولت است. تعداد هادرون‌های خنثی و باردار نهایی نیز در RHIC در حدود ۸۰۰۰ تاست. چگالی در حدود ۵ گیگا الکترون ولت بر مکعب فرمی است. پس از برخورد، ماده در جهت شعاعی، شروع به منبسط شدن می‌کند؛ هم‌چنین با زیاد شدن انرژی، برخورد پتانسیل شیمیایی باریونی، کم می‌شود. همان‌طور که از شکل ۱ پیداست، سرعت نسبیتی یون‌ها، باعث انقباض لورنتسی و تغییر شکل آن‌ها می‌شود. واضح است که در این برخورد، همهٔ پروتون‌ها به یک‌دیگر کوبیده نمی‌شوند. بعضی از آن‌ها تماشاچی هستند و فقط تعدادی‌شان در برخورد شرکت می‌کنند[۱].

۱ Relativistic Heavy Ion Collider

۲ Large Hadron Collider

پرسش نخست این است که چه‌طور با داشتن شرایط اولیهٔ برخورد، می‌توان فیزیک مادهٔ حاصل از برخورد را دریافت. مثلاً مقدار آنتروپی حاصل یا تعداد ذرات نهایی که توسط آزمایش رصد می‌شوند چه مقدار است؟ یا این‌که چه‌قدر طول می‌کشد تا محیط پلاسما، به دمای تعادل برسد؟ البته یکی از نتایج آزمایشگاهی مهم، هم‌دمایی خیلی سریع در پلاسمای کوارک گلوئون است. ولی چه‌طور می‌توان آن را توجیه کرد؟

آن‌چه از آزادی مجانبی انتظار داریم کاهش شدت جفت‌شدگی برهم‌کنش‌ها در انرژی بالاست، آیا این اتفاق در مورد پلاسمای کوارک گلوئون هم درست است؟ شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهند که این ماده از الگوی مایع پیروی می‌کند، پس هیدرودینامیک دارد و محاسبه نسبت چسبندگی برشی به چگالی آنتروپی آن هم کوچک‌ترین مقدار به دست آمده در طبیعت است. کوچکی این کمیت به ما می‌گوید که این ماده، یک سیال ایده‌آل است. پس تکانه نمی‌تواند تا فاصله‌های بلند منتقل شود و طول پویش آزاد میانگین کاهش می‌یابد[۲].

مطالعه نظری این مادهٔ عجیب و غریب به این سادگی‌ها نیست. باید در نظریهٔ میدان، دما را هم وارد کرد و تحول زمانی نیز لحاظ شود. روش شبکه در این موارد بسیار پیچیده است و نیاز به روش‌های عددی و ابررایانه‌های پیشرفته دارد. یکی از روش‌های پیشنهادی برای مطالعهٔ این محیط، استفاده از نظریهٔ ریسمان است. منشأ ارائهٔ نظریهٔ ریسمان، مطالعهٔ نیروی هسته‌ای قوی است. در این نظریه، ذرات بنیادی گوناگون، مدهای نوسانی مختلف یک ریسمان کوانتومی بنیادی بسیار ریز، به اندازهٔ طول پلانک است. این نظریه، نامزدی برای وحدت گرانش و کوانتوم نیز هست.

به نظر می‌رسد که روش شگفت‌انگیزی را دنبال می‌کنیم! برای مطالعهٔ پلاسمای کوارک گلوئون، از نظریهٔ گرانش کوانتومی استفاده می‌کنیم! اما چرا باید به استفاده از این روش خوش‌بین باشیم؟ آیا تاکنون با این روش، نتیجه‌ای هم به‌دست آمده که مورد توجه همگان باشد؟ پاسخ مثبت است: محاسبهٔ نسبت چسبندگی برشی به چگالی آنتروپی. با استفاده از نظریهٔ ریسمان نشان داده شده است که این کمیت، یک حد کمینه دارد. به‌طور جالب توجهی نتایج محاسبه‌ها در QCD این حد را رعایت می‌کنند و مهم‌تر این‌که به آن بسیار نزدیک هستند. کشف این نکته، هیجان زیادی پدید آورده است. بررسی هم‌دمایی سریع پلاسما نیز به این روش مطالعه شده است و هم‌خوانی جالب توجهی با نتایج آزمایش تجربی به‌دست آمده است[۳].

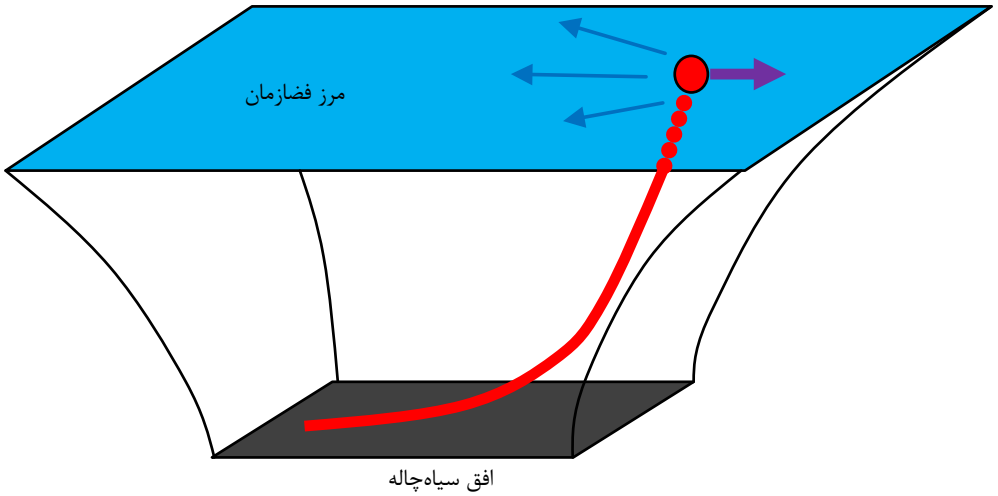
دلیل استفاده از این روش در این است که در نظریهٔ ریسمان می‌توان ارتباط عمیقی میان یک نظریهٔ میدان با ثابت جفتیدگی قوی و یک نظریهٔ گرانشی کلاسیکی معرفی کرد. چنین ارتباطی را دوگانی می‌نامیم. بهترین مثال آن، دوگانی AdS/CFT[۳] است. البته نام دوگانی گرانش-پیمانه مناسب‌تر است. یعنی در یک طرف با نظریه‌ای گرانشی و آن‌سوی دیگر با یک نظریهٔ میدان پیمانه‌ای غیرگرانشی سروکار داریم. نظریهٔ غیرگرانشی در مرز فضازمان و نظریهٔ گرانشی در فضای حجم است. مراجعه به شکل۲ برای درک این نکته مفید است. نکتهٔ مهم: دوگانی AdS/CFT یک حدس است که هنوز اثبات نشده ولی از روش‌های مختلفی درستی آن آزموده شده است. در یک نسخهٔ آن، بین نظریهٔ میدان کوانتومی یانگ میلز، با تعداد عمگرهای ابرتقارنی چهار (SYM) و یک نظریهٔ خاص ابرریسمان، که در پس زمینهٔ AdS نوشته شده هم‌ارزی برقرار می‌شود. AdS فضازمان پاددوسیته، پاسخ معادلهٔ انیشتین با ثابت کیهان‌شناختی منفی است. این فضازمان معمولی نیست و دارای مرز است. درست مثل یک جعبه که وقتی توپی را شوت کنید پس از برخورد به دیواره‌ها برمی‌گردد. نور گسیلی هم در این هندسه، پس از مدتی محدود، از مرز منعکس می‌شود. نظریهٔ SYM در مرز این فضازمان است، جایی که گرانش نداریم. خیلی باید حواسمان جمع باشد چون این نظریهٔ کوانتومی رنگ نیست! یعنی به توصیف کوارک‌ها و هادرون‌ها نمی‌پردازد. در این نظریه، با تغییر مقیاس، انرژی فیزیک یکسان باقی می‌ماند و سروکله کوارک و اتم و هسته پیدا نمی‌شود. به این دسته خاص از نظریه‌های میدان، نظریهٔ میدان هم‌دیس گفته می‌شود، که به اختصار CFT نامیده می‌شود. این نوع نظریه‌ها، در توصیف نقاط بحرانی، مثلاً در سیستم‌های ماده چگال مهم هستند. همان‌طور که اشاره شد نظریه‌هایی که در دوگانی، برای مطالعهٔ خواص QGP استفاده می‌شود اختلاف اساسی با QCD دارند. با این وجود در دماهای بالا، خیلی از این نظریه‌ها مشخصات مشترک دارند. البته هنوز برای QCD یک دوگان گرانشی پیدا نشده‌است ولی تلاش‌ها برای ساختن مدل‌های مناسب ادامه دارد. عنوان کلی هولوگرافی نیز توصیف مناسبی از نظریه‌هایی است که دوگان گرانشی یک نظریهٔ میدان را معرفی می‌کنند. حالا دست به کار می‌شویم و از روش هولوگرافی استفاده می‌کنیم و ویژگی‌های پلاسمای کوارک گلوئون را مطالعه می‌کنیم. روش این است که مسأله را در نظریهٔ میدان صورت‌بندی کرده و سپس با استفاده از دوگانی آن را با نظریهٔ ریسمان حل می‌کنیم. تعدادی از مشاهده‌پذیرهای مورد مطالعه عبارتند از:

- حرکت مزون سنگین در پلاسما و ذوب شدن آن
- نیروی کششی وارد بر کوارک سنگین متحرک در پلاسما
- محاسبه پارامتر خاموشی جت در پلاسما
- اتلاف انرژی کوارک‌ها
- بررسی تولید فوتون ناشی از برهم‌کنش‌های درون پلاسما

به جای توضیح کلی موارد بالا، به مرور یکی از اولین محاسبه‌ها در این زمینه می‌پردازیم[۱].

پلاسمای کوارک گلوئون را هم‌چون یک آش داغ فرض کنید.

۳ AdS یعنی فضای پاد دوسیته و CFT به معنی نظریهٔ میدان هم‌دیس است.



شکل۲: استفاده از هولوگرافی برای توصیف حرکت کوارک سنگین در پلاسما. کوارک با سرعت ثابت حرکت می‌کند و تعبیر آن با استفاده از هولوگرافی یعنی انتهای یک ریسمان کلاسیکی که از مرز آغاز شده و تا سیاه‌چاله امتداد دارد. جهت بعد هولوگرام رو به بالاست.

آن را روی اجاق گذاشته‌اید و دارید به آن نگاه می‌کنید. قابل انتظار است که تکه‌های بزرگ‌تر بیش‌تر به چشم می‌آیند. وضعیت در مورد پلاسمای کوارک گلوئون هم مشابه است. البته دقت کنید که آن‌چه از این پلاسما می‌فهمیم تنها ذرات پراکنده نهایی هستند که توسط آشکارسازها شناسایی می‌شوند؛ با تحلیل آن‌ها موفق می‌شویم دمای پلاسما را هم اندازه بگیریم. کوارک‌های سنگین یا مزون‌های سنگین نشانه‌های خوبی برای مطالعهٔ این محیط هستند. پس در آزمایش‌ها مطالعهٔ رفتار آن‌ها نکات مهمی را روشن می‌کند.

حالا کوارک سنگینی را در نظر بگیرید که در پلاسما حرکت می‌کند. نیروی مقاومی به آن وارد می‌شود. می‌خواهیم این نیروی مقاوم را با نظریهٔ ریسمان بیابیم.

شکل۲ را ببینید. طبق هولوگرافی، برای معرفی دما در نظریهٔ میدان، باید سیاه‌چاله‌ای در فضای حجم معرفی کرد. دمای هاوکینگ این سیاه‌چاله، دمای محیط پلاسما خواهد بود. آن‌چه به عنوان مرز فضازمان مشخص شده جایی است که پلاسما زندگی می‌کند. کوارک در این محیط، با دایره‌ای قرمز رنگ پیداست و به سمت راست با سرعت ثابت حرکت می‌کند. پیکان‌های اطراف آن تحول هیدرودینامیکی ایجاد شده در محیط را نشان می‌دهند. دوگان این مسأله در فضای حجم را شرح می‌دهیم. کوارک سنگین انتهای ریسمانی کلاسیکی است که از مرز فضازمان آغاز شده و تا افق سیاه‌چاله امتداد یافته است. جرم کوارک، متناسب با طول ریسمان است. بعد هولوگرام از زیر افق آغاز می‌شود و در بی‌نهایت به مرز می‌رسد. تعریف هولوگرافی در این شکل پیداست. وقتی در جهت بعد اضافه یا همان بعد هولوگرام حرکت می‌کنیم از دید نظریهٔ میدان، در مرز مثل این است که انرژی مورد مطالعه را زیاد می‌کنیم. با در نظر گرفتن کنش نسبیتی ریسمان و حل معادلهٔ حرکت آن در زمینهٔ فضازمان بالا، نیروی مقاوم وارد بر کوارک محاسبه می‌شود[۴,۵]. با حل معادله‌های انیشتین و یافتن تانسور انرژی-تکانه تحول هیدرودینامیکی اطراف کوارک نیز به دست می‌آید[۱].

لازم نیست که حتماً سرعت حرکت کوارک ثابت باشد. در حرکت شتاب‌دار، کوارک تابش می‌کند. پس انرژی کوارک هم به دو دلیل تلف می‌شود: در نتیجهٔ غلبه بر نیروی مقاوم و به دلیل تابش. بنابراین با در نظر گرفتن حرکت روی دایره، هر دو کانال اتلاف انرژی با هم وارد می‌شوند[۶]. در طول بررسی این تابش، به یک سری از تناقض‌ها از قبیل فقدان توزیع انرژی در نقاطی خاص، و منفی بودن چگالی انرژی، و ناهمسان‌گردی غیرطبیعی در جفت‌شدگی قوی برخورد می‌کنیم.

در روش هولوگرافی، ثابت جفتیدگی میان برهم کنش‌ها، در نظریهٔ میدان بسیار بسیار بزرگ است. برای واقعی کردن آن باید آن را کاهش داد. بنابر دوگانی کافی است که در نظریهٔ گرانشی تصحیحات گرانشی را به‌صورت جملات مشتق بالاتر وارد کرد. اما حالا که ثابت جفت‌شدگی محدود است چه اثری بر مشاهده‌پذیرهای پلاسمای کوارک گلوئون خواهد داشت؟ یعنی آیا این خصوصیت‌ها، با در نظر گرفتن تصحیحات، کوچک‌تر یا بزرگ‌تر می‌شوند؟ حتی ممکن است نتایج تغییری نکند. انجام این محاسبات از آن‌جا ضروری است که می‌خواهیم نتایج را با داده‌های آزمایشگاهی مقایسه کنیم پس باید از لحاظ نظری، اثر تصحیحات را بشناسیم تا بتوانیم مقایسه درستی با آزمایش داشته باشیم[۷].

محاسبهٔ پارامتر خاموشی جت، یکی دیگر از موارد مطالعه پلاسمای کوارک گلوئون با نظریهٔ ریسمان است[۸]. یون‌های سنگین نسبیتی شامل تعداد زیادی پروتون هستند. در برخورد یون‌ها با یک‌دیگر، ممکن است دو پروتون با هم برخورد کنند، از برخورد آن‌ها با یک‌دیگر دو جت ایجاد می‌شود که ویژگی مهم آن‌ها، پشت به پشت بودن است. ممکن است یکی از این جت‌هایی که وارد پلاسما می‌شود، انرژی خود را از دست بدهد و اصطلاحاً خاموش شود. این کاهش انرژی، با پارامتر خاموشی جت داده می‌شود. مقدار آن از محاسبه‌های اختلالی قانع‌کننده نیست ولی به روش هولوگرافی نتایج جالبی به‌دست می‌آید که با داده‌های آزمایشگاهی همخوانی خوبی دارد.

چنان‌که ذکر شد در برخورددهنده، یون‌های سنگین نسبیتی در LHC و RHIC ویژگی‌های مربوط به کوارک‌های سنگین نقش بسیار مهمی دارند. در این برخوردها، یکی از نشانه‌های تشکیل پلاسمای کوارک گلوئون، ذوب شدن کوارکونیوم‌ها به دلیل اندرکنش با محیط پلاسماست[۹]. گرچه سازوکار اصلی این فرآیند اثر پوششی رنگ است ولی مطالعات نشان می‌دهند که عامل مهم‌تری هم وجود دارد که عبارتست از وجود بخش مختلط، برای پتانسیل میان کوارک و پادکوارک سنگین در کوارکونیوم‌ها[۱۰]. پتانسیل مختلط به روش‌های نظریه میدان مؤثر بررسی شده است. این مسأله، به محیط ناهمسان‌گرد هم تعمیم داده شده است[۱۱]. در نظر گرفتن این که کوارکونیوم ساکن باشد یا در محیط پلاسما حرکت کند نیز در بررسی نتایج بسیار مهم است[۱۲].

با استفاده از هولوگرافی نشان داده می‌شود که چه‌طور می‌توان داده‌های آزمایشگاهی را به روشی تازه، مورد بررسی و تحلیل قرار داد. هنوز در آغاز یک راه هیجان‌انگیز هستیم!

مراجع

[1] J. Casalderrey-Solana, H. Liu, D. Mateos, K. Rajagopal, U.A. Wiedemann, »Gauge/string duality, hot QCD and heavy ion collisions«. [arXiv:1101.0618 [hep-th]].

[2] E. Shuryak, Why does the quark gluon plasma at RHIC behave as a nearly ideal uid?, Prog. Part. Nucl. Phys. 53, 273 (2004) [arXiv:hep-ph/0312227].

[3] H. Ebrahim and M. Headrick, »Instantaneous Thermalization in Holographic Plasmas,'' [arXiv:1010.5443].

[4] S. S. Gubser, "Drag force in AdS/CFT," Phys. Rev. D74 (2006) 126005 [arXiv:hep-th/0605182].

[5] C.P. Herzog, A. Karch, P. Kovtun, C. Kozcaz and L.G. Yaffe, Energy loss of a heavy quark moving through N = 4 supersymmetric Yang-Mills plasma, JHEP 07 (2006) 013 [arXiv:0605158].

[6] K. B. Fadafan, H. Liu, K. Rajagopal and U. A. Wiedemann, »Stirring Strongly Coupled Plasma,'' Eur. Phys. J. C {61} (2009) 553 [arXiv:0809.2869].

[7] Heavy quarks in the presence of higher derivative corrections from AdS/CFT,' K. B. Fadafan Eur. Phys. J. C 71, 2011, 1799 [arXiv:1102.2289].

[8] H. Liu, K. Rajagopal and U. A. Wiedemann, "Calculating the Jet Quenching Parameter from AdS/CFT" , Phys.Rev. Lett.97:182301,2006 [arXiv:0605178].

[9] T.Matsui, H. Satz, J/psi Suppression by Quark Gluon Plasma Formation. PLB 178 (1986) 416

[10] J. Noronha, A. Dumitru. Thermal width of the Υ at large t' Hooft coupling. Phys\ Rev. Lett. {103} (2009) [arXiv:0907.3062].

[11] K.B. Fadafan, D. Giataganas and H. Soltanpanahi, The imaginary part of the static potential in strongly coupled anisotropic plasma. [arXiv:1306.2929].

[12] M. Ali-Akbari, D. Giataganas, Z. Rezaei ,Imaginary potential of heavy quarkonia moving in strongly coupled plasma. Phys.\ Rev.\ D 90 (2014) 8, 086001 [arXiv:1406.1994]

سیستم‌های فیزیکی دور از تعادل با ثابت جفت‌شدگی قوی و اصل هولوگرافی

محمد علی‌اکبری
دانشکدهٔ فیزیک، دانشگاه شهید بهشتی

چکیده
مدل‌های فیزیکی، پدیده‌های فیزیکی در حال تعادل و پدیده‌هایی با ثابت جفت‌شدگی ضعیف بین اجزای آن را، که البته بخش مهمی از طبیعت ما را تشکیل می‌دهند، به نحو قابل قبولی توصیف می‌کنند. با این حال سیستم‌های فیزیکی با ثابت جفت‌شدگی قوی که می‌تواند در حال تعادل یا دور از تعادل باشد نیز بسیار مورد علاقهٔ فیزیک‌دان‌هاست. اما همواره به دلیل نداشتن مدل فیزیکی قابل قبول، به جز در موارد خاص، مطالعهٔ آن‌ها امکان‌پذیر نیست. در این مقاله ابتدا به بیان سیستم‌های فیزیکی با ثابت جفت شدگی قوی می‌پردازیم و در ادامه، فیزیک دور از تعادل، معرفی خواهد شد؛ سپس خصوصیات فیزیکی پلاسمای کوارک-گلوئونی و پدیدهٔ جانشانی[1] به عنوان دو مثال از سیستم‌هایی با ثابت جفت‌شدگی قوی و دور از تعادل و نیازمند به یک چارچوب جدید، معرفی خواهند شد. در پایان ایدهٔ هولوگرافی به عنوان یک کاندیدا برای توصیف فیزیک دور از تعادل، با ثابت جفت‌شدگی قوی، به‌صورت مختصر ارائه می‌شود.

مقدمه

تنها روش کاربردی و مفید برای حل مسائل فیزیک انرژی‌های بالا، نظریهٔ اختلال است. شاید بهترین و ابتدایی‌ترین کاربرد این نظریه، در مکانیک کوانتومی، در حل مسألهٔ نوسانگر هماهنگ باشد، که به‌عنوان مثال یک جملهٔ اختیاری با ضریب کوچک، $\alpha << 1$، به لاگرانژی نوسانگر هماهنگ اضافه می‌کنیم. کوچک بودن ضریب اضافه شده بسیار مهم است زیرا تنها با این شرط می‌توان پاسخ‌های معادلهٔ حرکتی که از لاگرانژی مختل شده به‌دست می‌آید را با بسط برحسب این ضریب کوچک بر پایهٔ پاسخ‌های معادلهٔ حرکت مختل نشده نوشت. اما هنگامی که به دلیل نقص‌های مکانیک کوانتومی نسبیتی، مجبور به استفاده از نظریهٔ میدان‌های کوانتومی می‌شویم مشاهده می‌کنیم که این ضریب اضافه شده به لاگرانژی نظریهٔ میدان، تابع انرژی می‌شود $\alpha(E)$. بنابراین اگر در ابتدا ثابت جفت‌شدگی در انرژی خاصی، کوچک فرض شود ممکن است با تغییر انرژی، مقدار آن بزرگ یا کوچک‌تر شود، به‌طوری‌که در بعضی انرژی‌ها از حد اعتبار نظریهٔ اختلال خارج شویم. به عنوان مثال در مدل توصیف‌کنندهٔ نیروی هسته‌ای قوی، نظریهٔ کرومودینامیک کوانتومی، بزرگ بودن ثابت جفت‌شدگی در انرژی‌های پایین، که در شتاب‌دهنده‌های امروزی در دسترس است، توسط نتایج آزمایشگاهی تأیید شده که نوبل سال ۱۹۷۴ به این موضوع تعلق گرفته است. بنابراین استفاده از روش اختلال، برای توضیح نظریهٔ کرومودینامیک کوانتومی در انرژی‌های پایین مناسب نخواهد بود و نیاز به یک چارچوب جدید برای توضیح فیزیک این نظریه در انرژی پایین داریم.

[1] Quench

سیستم‌های در حال تعادل گرمایی ترمودینامیکی با مشخصهٔ مهم دمای تعادل، تاکنون به خوبی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. اگر با وارد کردن انرژی، به سیستم در حال تعادل، در مدت زمان معین، که می‌تواند به روش‌های متفاوت انجام شود، سیستم از حالت تعادل اولیهٔ خود بسیار دور شود، مطالعهٔ آن با استفاده از ترمودینامیک، دیگر امکان‌پذیر نیست. هیچ چارچوب تعریف‌شده‌ای برای بررسی آن، به علت دور از تعادل بودن، وجود ندارد. شایان ذکر است فقط در صورتی که سیستم فیزیکی نزدیک به حالت تعادل باشد، هیدرودینامیک به عنوان یک مدل، قابلیت توضیح پدیده‌های فیزیکی مرتبط را دارد. متأسفانه یا خوش‌بختانه در طبیعت، یا آزمایشگاهی که در آن مطالعات فیزیکی انجام می‌شود، سیستم‌های دور از تعادلی وجود دارد که مطالعهٔ آن‌ها برای فیزیک‌دانان بسیار جذاب است.

در ادامه به معرفی دو پدیده با ثابت جفت‌شدگی قوی و دور از تعادل می‌پردازیم که بوسیلهٔ ایدهٔ هولوگرافی مطالعه می‌شوند:

الف) پلاسمای کوارک-گلوئونی: در آزمایشگاه بزرگ سرن، که در مرز کشورهای سوئیس و فرانسه واقع شده است، با برخورد یون‌های سنگین مانند طلا و سرب که با سرعت‌های نسبیتی حرکت می‌کنند پس از زمان بسیار کوتاهی، حدود یک فرمی، پلاسمای کوارک-گلوئونی تشکیل می‌شود[۱] . نتایج آزمایشگاهی نشان می‌دهد که پس از این زمان کوتاه، پلاسمای تشکیل شده بوسیلهٔ هیدرودینامیک توصیف می‌شود. زمان یک فرمی، زمان گرمایش نامیده می‌شود. یکی از پرسش‌های مهم فیزیکی، به‌دست آوردن و توضیح این زمان گرمایش کوتاه، برای پلاسمای کوارک-گلوئونی است. زیرا پیش از این زمان، پلاسمای کوارک-گلوئونی در حالت دور از تعادل به سر می‌برد. علاوه‌براین، پس از زمان گرمایش، نتایج آزمایشگاهی نشان می‌دهد دمای پلاسما حدود $۳۰۰-۲۰۰ Mev$ است که می‌توان آن را به عنوان شاهدی بر قوی بودن ثابت جفت‌شدگی بین کوارک‌ها و گلوئون‌ها در این پلاسما دانست. در نتیجه محاسبهٔ این زمان کوتاه با نظریهٔ کرومودینامیک اختلالی امکان‌پذیر نیست و یا به عبارت دیگر استفاده از روش اختلال برای توصیف خصوصیات فیزیکی این پلاسما مفید نخواهد بود.

ب)جانشانی: در حوزهٔ فیزیک حالت جامد نیز یکی از موضوعات مورد علاقه، تغییر دادن ناگهانی ثابت جفت‌شدگی به‌صورت تابعی از زمان، از یک مقدار اولیه که می‌تواند صفر باشد، به یک مقدار نهایی و ثابت است. مدت زمان این تغییر، زمان گذار، یکی از پارامترهای مهم در مسألهٔ مورد نظر است. به دلیل تابع زمان بودن ثابت جفت‌شدگی، با فرض این‌که زمان گذار خیلی بزرگ نباشد، سیستم تا رسیدن به حالت تعادل نهایی یک مرحلهٔ دور از تعادل با تغییرات بسیار سریع را می‌گذراند. به عنوان مثال، یکی از کمیت‌های موردعلاقه در سیستم‌های دور از تعادل، زمان به تعادل رسیدن و بستگی این زمان به پارامترهای موجود در سیستم از جمله زمان گذار است. حل این مسأله، که به پدیدهٔ جانشانی معروف است، با استفاده از ایدهٔ هولوگرافی مورد توجه بسیاری قرار گرفته است.[۲,۳]

همان‌گونه که گفته شد اصل هولوگرافی یک کاندیدای مفید برای توصیف فیزیک خارج از تعادل یا فیزیک با جفت‌شدگی قوی یا هر دو به‌طور هم‌زمان است[۱] . مطابق با این اصل، خصوصیات فیزیکی یک نظریهٔ پیمانه‌ای کوانتومی با ثابت جفت‌شدگی قوی با تعداد رنگ زیاد که می‌تواند در حال تعادل، دور از تعادل و یا نزدیک به تعادل باشد را با یک نظریهٔ گرانشی کلاسیک در یک بعد بالاتر توصیف کرد. یکی از نظریه‌های پیمانه‌ای کوانتومی مورد علاقه، کرومودینامیک کوانتومی در انرژی‌های پایین با تعداد رنگ زیاد است. مثالی از این اصل توسط «مالدسنا» در سال۱۹۹۷ ارائه شد که به تناظر AdS/CFT معروف است. از آن زمان تاکنون جنبه‌های متفاوتی از اصل فوق مطالعه شده است که به‌طور خلاصه در بخش بعدی از این اصل برای توضیح پدیدهٔ جانشانی استفاده خواهیم کرد.

جانشانی میدان الکتریکی: ذرات بارداری (مانند کوارک) را در پلاسمایی با ثابت جفت‌شدگی قوی در نظر بگیرید. با فرض قرار داشتن در حد کاوش[۲]، یعنی حدی که تعداد ذرات باردار خیلی کم‌تر از تعداد ذرات تشکیل دهندهٔ پلاسما باشد، به این معنا که ذرات باردار روی محیط پلاسما تأثیرگذار نباشند، یک میدان الکتریکی تابع زمان به سیستم فوق اعمال کنید. انتظار داریم میدان با ذرات باردار برهم‌کنش کند و بنابراین یک جریان تابع زمان تولید شود. هدف به‌دست آوردن این جریان با استفاده از اصل هولوگرافی است.

طبق تناظر AdS/CFT، دینامیک سیستم فوق با استفاده از لاگرانژین زیر در بخش گرانشی توضیح داده می‌شود[۴] :

$$\mathcal{L}=z^{-5}\sqrt{1-z^4\left(\left(\partial_t A_x\right)^2-\left(\partial_z A_x\right)^2\right)} \qquad (۱)$$

که در آن $A_x=\int^t E(t')dt'+a(t,z)$، توصیف کنندهٔ میدان الکتریکی تابع زمان است. گسترهٔ z بین صفر و بی‌نهایت است و بنابر اصل هولوگرافی پلاسما در $z=0$ زندگی می‌کند. معادلهٔ حرکت برای A_x به‌صورت زیر با استفاده از معادلهٔ اویلر- لاگرانژ به‌دست می‌آید:

$$\partial_z\left(\frac{\partial_z A_x}{z^6\mathcal{L}}\right)-\partial_t\left(\frac{\partial_t A_x}{z^6\mathcal{L}}\right)=0 \qquad (۲)$$

با فرض دانستن میدان الکتریکی برحسب زمان $E(t)$، می‌توان معادلهٔ حرکت فوق را برای به‌دست آوردن $a(t,z)$ حل کرد. سپس از نتیجه می‌توان مقدار جریان تابع زمان را بااستفاده از تناظر AdS/CFT به‌صورت زیر به‌دست آورد[۵] :

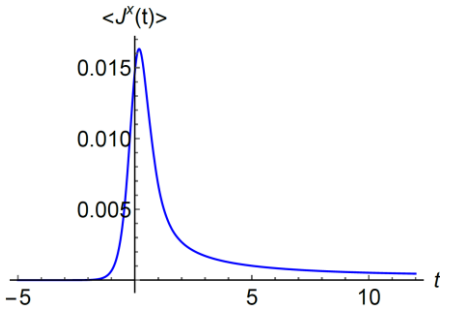
$$\left\langle J^x(t)\right\rangle \propto \lim_{z\to\infty}\partial_z^2 a \qquad (۳)$$

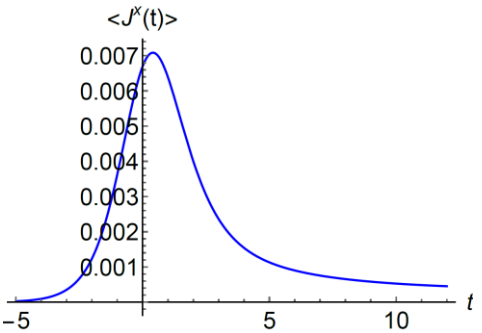
۲ Probe Limit

تابع میدان الکتریکی را به‌صورت $E(t)=0.5E_0\left(1+\tanh\left(k^{-1}t\right)\right)$ در نظر می‌گیریم که در $t\to-\infty$، مقدار میدان الکتریکی صفر و در $t\to\infty$ به مقدار E_0 می‌رسد و هم‌چنین بی‌نهایت‌بار مشتق‌پذیر است. k در تابع فوق، زمان گذار است که نشان‌دهندهٔ مدت زمانی‌ست که میدان الکتریکی از صفر به مقدار نهایی‌اش می‌رسد. لازم به ذکر است پیش از این‌که میدان الکتریکی اعمال شود، جریان صفر بوده درنتیجه می‌توان از شرایط اولیه و مرزی زیر برای حل معادلهٔ حرکت (2) استفاده کرد:

$$a(-\infty,z)=0\quad,\quad \partial_t a(-\infty,z)=0$$
$$a(t,0)=0\quad,\quad \partial_z a(t,0)=0 \qquad (4)$$

با حل معادلهٔ حرکت (2) و با استفاده از شرایط (4)، نمودار مربوط به جریان الکتریکی برحسب زمان که در آن میدان الکتریکی $E=0.001$ و $k=0.5$ (تصویر سمت چپ) و $k=1.5$ (تصویر سمت راست) انتخاب شده است، به‌صورت زیر به‌دست می‌آید.





همان‌گونه که از دو نمودار مشاهده می‌شود، با افزایش زمان گذار، مقدار بیشینهٔ جریان الکتریکی کم می‌شود. علاوه براین، همان‌گونه که مورد انتظار است، مقدار بیشینهٔ جریان الکتریکی، به تابعی که برای میدان الکتریکی و مقدار بیشینهٔ آن در نظر گرفته می‌شود بستگی دارد. برای اطلاعات بیش‌تر می‌توانید به مقالهٔ [۴] رجوع کنید.

مراجع:

[1] J. Casalderrey-Solana, H. Liu, D. Mateos, K. Rajagopal and U. A. Wiedemann, "Gauge/String Duality, Hot QCD and Heavy Ion Collisions," arXiv:1101.0618 [hep-th].

[2] A. Buchel, L. Lehner, R. C. Myers and A. van Niekerk, "Quantum quenches of holographic plasmas," JHEP 1305, 067 (2013)[arXiv:1302.2924 [hep-th]].

[3] A. Buchel, L. Lehner and R. C. Myers, "Thermal quenches in N=2* plasmas," JHEP 1208, 049 (2012) [arXiv:1206.6785 [hep-th]].

[4] S. Amiri-Sharifi, H. R. Sepangi and M. Ali-Akbari, "Electric Field Quench, Equilibration and Universal Behavior," Phys. Rev. D 91, 126007 (2015)[arXiv:1504.03559 [hep-th]].

[5] A. Karch and A. O'Bannon, "Metallic AdS/CFT," JHEP 0709, 024 (2007) [arXiv:0705.3870 [hep-th]].

صد سالگی نسبیت عام

محمد نوری زنوز
دانشکدهٔ فیزیک، دانشگاه تهران

مقدمه

صد سال از تولد نظریهٔ نسبیت عام اینشتین می‌گذرد. نظریه‌ای که نه تنها یکی از دو انقلاب بزرگ در فیزیک معاصر را رقم زد، بلکه انقلابی در افکار و تخیلات مردم نیز ایجاد کرد تا جایی که واضع آن امروزه به عنوان مثل و مصداق هوش و خلاقیت در نزد عام و خاص شناخته می‌شود. نظریه‌ای که پیامدهای کیهان‌شناختی آن توجه و علاقه همگان در یافتن پاسخ به پرسش‌هایی از این دست، که جهان چگونه آغاز شده است؟ و سرانجام آن چیست؟ و همین‌طور پرسش از ماهیت فضا زمان را از حیطهٔ علوم محض و فلسفه، خارج و به محیط کوچه و بازار کشاند؛ و بار دیگر جاذبه‌های رمزآلود آسمان بالای سرمان را با پیش‌بینی وجود موجوداتی نظیر سیاه‌چاله‌ها و کرم‌چاله‌ها، برایمان دو چندان کرد. نظریه‌ای که با طرح ایده‌هایی شگفت‌انگیز، مانند سفر در زمان، خوراک تازه‌ای در اختیار هنرمندان قرار داد تا با تلفیق آن با فن‌آوری‌های نوین روز، به خلق آثاری عمیق و شگفت‌انگیز بپردازند؛ که یکی از نمونه‌های بارز آن، فیلم «میان ستاره‌ای» است که در ساخت آن، از نسبیت‌دانان خبره، به عنوان مشاور علمی استفاده شده است. صد سال، فرصت مناسبی است تا یک نظریه بتواند میزان کارایی و احیاناً ناکارامدی خود را بروز بدهد و بنابراین مورد ارزیابی کلی قرار بگیرد. مطالعاتی که در طی این صد، سال مستقیم و غیرمستقیم، براساس این نظریه صورت گرفته است آن‌چنان گسترده است که پرداختن به همهٔ آن‌ها در یک مقالهٔ کوتاه امکان‌پذیر نبوده و ناگزیر باید دست به انتخاب مواردی زد که به نوعی معرف نقاط عطف، در تحولات عمده، در این ره صد ساله بوده‌اند.

تاریخچهٔ مختصر

اینشتین مطالعاتی را که منجر به نظریهٔ نسبیت عام شد، از سال ۱۹۰۷، و در حالی آغاز کرد که دیگران هم‌چنان در حال هضم نسبیت خاص و پیامدهای آن بودند. نظریه‌ای که وی دو سال پیش‌تر مطرح کرده بود. او در تلاش برای تعمیم دیدگاه‌های خود در آن نظریه، به چهارچوب‌های شتاب‌دار، با استفاده از اصل هم‌ارزی بود (که حاصل خوش‌ترین تفکر او[۱] یعنی آزمایش فکری ناظر سقوط آزاد)، که سر از نظریه‌ای هم‌وردا برای میدان‌های گرانشی در آورد. وی این نظریه را، در نوامبر سال ۱۹۱۵، در دو مقاله، در آکادمی علوم پروسی ارائه کرد که با جزییات بیش‌تر، در مقاله‌ای در ماه مارس سال ۱۹۱۶، در مجله معروف سال‌نامهٔ فیزیک[۲] به چاپ رسیدند. او در مقالهٔ اول، با مطالعهٔ حرکت سیارات در نظریهٔ خود، معمای انحراف در حرکت تقدیمی حضیض عطارد، از مقدار پیش‌بینی شدهٔ آن در نظریهٔ نیوتونی را که بیش از نیم قرن گریبان‌گیر منجمین بود، حل کرد. وی هم‌چنین میزان خمش نور، به هنگام عبور از کنار خورشید را محاسبه و پیشنهاد اندازه‌گیری آن را به منجمین داد. در مقالهٔ دوم، معادله‌ای را که هم اکنون باعنوان معادلهٔ اینشتین شناخته می‌شود معرفی کرد که در موجزترین شکل به‌صورت زیر است

$$G_{\alpha\beta} = \frac{\lambda\pi G}{c^{۴}} T_{\alpha\beta}$$

در این معادله هندسهٔ فضا زمان که تانسور $G_{\alpha\beta}$ اینشتین معرف آن است، به توزیع ماده و انرژی که با تانسور $T_{\alpha\beta}$ داده می‌شود مربوط شده است. دیدگاهی که بعدها با عنوان دکترین «فیزیک به عنوان هندسه»[۳] معروف شد که البته از نظر اینشتین، با ایده‌های ارنست ماخ[۴]، از منتقدین معروف دیدگاه نیوتونی نیز سازگار بود. جان ویلر[۵] فیزیک‌دان آمریکایی و مبدع واژگانی مانند سیاه‌چاله و کرم‌چاله، این نظریه را در جملهٔ معروف زیر خلاصه کرده است:

---

۱ My Happiest thought
۲ Annalen der physik
۳ Physics as geometry
٤ Ernst Mach
٥ John Wheeler

«ماده، به فضا زمان می‌گوید چگونه انحنا پیدا کند و فضا زمان، به ماده می‌گوید که چگونه حرکت کند.»

از این جملهٔ به ظاهر ساده، دو وجه اساسی این نظریه را در مقایسه با پارادایم نیوتونی می‌توان دریافت:

۱. در این نظریه، دیدگاه هندسی، جای‌گزین دیدگاه نیوتونی مبتنی بر مفهوم نیرو، در فرمول‌بندی برهم‌کنش گرانشی شده است.

۲. در این نظریه معادلات میدان، معادلات حرکت (دینامیک) را نیز به‌دست می‌دهند که ریشهٔ اصلی آن را باید در حضور فضا زمان، نه به عنوان یک بستر منفعل برای وقایع، که به عنوان یک موجود دینامیکی جست‌وجو کرد، حقیقتی که درغیرخطی بودن معادلهٔ اینشتین منعکس شده است. اولین حل دقیق از معادلهٔ اینشتین، که مجموعه‌ای است از معادلات دیفرانسیل غیرخطی مرتبهٔ دوم برای متریک، به عنوان مشخصهٔ اصلی هندسه یک فضا زمان، خلاف انتظار وی، تقریباً یک ماه پس از ارائهٔ مقالاتش در آکادمی علوم پروسی، به‌وسیلهٔ کارل شوارتزشیلد[۶] به‌دست آمد.

در مقالهٔ اول، با مطالعهٔ حرکت سیارات در نظریهٔ خود، معمای انحراف در حرکت تقدیمی حضیض عطارد، از مقدار پیش‌بینی شدهٔ آن در نظریهٔ نیوتونی را که بیش از نیم قرن گریبان‌گیر منجمین بود، حل کرد. وی هم‌چنین میزان خمش نور، به هنگام عبور از کنار خورشید را محاسبه و پیشنهاد اندازه‌گیری آن را به منجمین داد. در مقالهٔ دوم، معادله‌ای را که هم اکنون باعنوان معادلهٔ اینشتین شناخته می‌شود معرفی کرد

این حل، که امروزه به‌نام وی، حل شوارتزشیلد نامیده می‌شود معرف فضا زمان ایستا در اطراف یک توزیع جرم کروی (نقطه‌ای) است و کنکاش در ویژگی‌های فیزیکی و هندسی همین حل بود که بعدها در تقابل با مطالعات اختر فیزیکی بر روی ستارگان و سیر تحول آن‌ها، منجر به شکل گرفتن مفهومی به‌نام سیاه‌چاله و امکان وجود آن به عنوان یک موجود اختر فیزیکی شد. در مقابل حل‌هایی از این نوع، که می‌توان آن‌ها را حل‌های موضعی ناشی از توزیع ماده در محدوده‌ای مشخص دانست، حل‌هایی نیز وجود دارند که آن‌ها را می‌توان حل‌های کیهان‌شناختی ناشی از توزیع ماده، در کل فضا دانست. اولین حل از این نوع، را اینشتین در سال ۱۹۱۷ به‌دست آورد که در آن اینشتین در جست‌وجو برای یافتن هندسه یک عالم ایستا، مجبور شد جمله‌ای به معادلاتش بیفزاید که در آن یک ثابت هندسی جدید، با بعد عکس مجذور طول، که امروزه به عنوان ثابت کیهان‌شناختی[۷] می‌شناسیم معرفی شد. این حل، به عنوان عالم ایستای اینشتین[۸] شناخته می‌شود، که البته به مانند مدل ایستای عالم، در گرانش نیوتونی، از مشکل ناپایداری رنج می‌برد. در همان سال فیزیک‌دان هلندی ویلم دوسیته[۹]، به حل دیگری از این نوع، ولی در غیاب ماده دست یافت، که در آن ثابت کیهان‌شناختی به عنوان تنها پارامتر (هندسی) متریک، ایده‌های ماخ را به چالش می‌کشید. مجموعه حل‌هایی که امروزه پایه و اساس مدل‌های کیهان‌شناختی شناخته می‌شوند و آن‌ها را به عنوان حل‌های فریدمن[۱۰] می‌شناسیم، در سال ۱۹۲۲ توسط ریاضی‌دان روس، الکساندر فریدمن به‌دست آمدند. وی با فرضی که در آن زمان صرفاً برای حل‌پذیر شدن معادلات اعمال کرد، یعنی فرض همگنی و همسان‌گردی فضا، موفق شد این حل‌ها را به‌دست بیاورد. فرضی که تنها در اواخر قرن بیستم و پس از رصدهای متعدد، آن هم در ساختار بزرگ مقیاس عالم، به یک واقعیت مشاهداتی تبدیل شد. به‌دنبال فریدمان، این لومتر فیزیک‌دان - کشیش بلژیکی بود که برای اولین بار در سال ۱۹۲۷، یک عالم در حال انبساط را پیش‌بینی کرد که دو سال بعد رصدهای‌هابل، آن را کشف کرد. هرچند با ورود جدی مکانیک کوانتومی به عرصه فیزیک تجربی و نظری، اقبال زیادی از طرف فیزیک‌دانان به این نظریه، دردهه‌های چهل و پنجاه میلادی قرن گذشته نشد، ولی تلاش برای یافتن حل‌های دقیق معادلات اینشتین هم‌چنان ادامه داشت؛ تا آن‌که اولین حل فیزیکی (موضعی) مهم، پس از حل شوارتزشیلد در سال ۱۹۶۳، به‌وسیله فیزیک‌دان نیوزلندی روی کر[۱۱] کشف شد و به عنوان فضا زمان اطراف یک منبع کروی چرخان، تعبیر شد. از اواسط دهه شصت قرن بیستم، با شکل گرفتن چندین گروه پژوهشی در آمریکا (زیر نظر جان ویلر و پیتر برگمان[۱۲])، اروپا (زیر نظر افرادی چون فرد هویل[۱۳]، هرمان بوندی[۱۴] و راجر پنروز[۱۵] در انگلستان و پاسکال جوردن[۱۶] و یورگن اهلرز[۱۷] در آلمان) و روسیه (زیر نظر ولادیمیر فوک[۱۸] و یاکوب زلدویچ[۱۹]) علاقه به نسبیت عام، جان تازه‌ای گرفت و مطالعات بر روی آن، وارد مرحله جدیدی شد که بازتاب آن را می‌توان هم در همایش‌های تخصصی ترتیب یافته در این زمینه دید و هم در کتاب‌ها و مجلات تخصصی مهم و تأثیرگذاری که دردو دهه پس از آن به چاپ رسیدند.

---

۶ karl Schwarzschild
۷ Cosmological constant
۸ Einstein static Universe
۹ Willem de Sitter
۱۰ Friedmann solutions
۱۱ Roy Kerr
۱۲ Peter Bergmann
۱۳ Fred Hoyle
۱۴ Hemann Bondi
۱۵ Roger Penrose
۱۶ Pascual Jordan
۱۷ Jurgen Ehlers
۱۸ Vladimir Fock
۱۹ Yakov Zeldovich

آزمون‌های نسبیت عام

هر نظریهٔ علمی باید ابطال‌پذیر بوده و پیش‌بینی‌هایش آزمایش شود، نظریهٔ اینشتین هم از این اصل کلی در روند علمی، مستثنی نیست و جالب این‌که خود اینشتین، از همان آغاز دست به ترغیب منجمین، برای رصد پیش‌بینی نظریه‌اش، در مورد خمش نور به هنگام عبور از کنار خورشید، می‌زد و صریحاً اعلام کرده بود که در صورت مشاهده نشدن خمش نور و یا انتقال به قرمز گرانشی[۲۰]، نظریه را باید کنار گذاشت. البته تاکنون تمامی آزمایش‌ها و رصدهای صورت گرفته، با پیش‌بینی‌های نسبیت عام سازگار بوده‌اند و هیچ آزمایش یا رصدی وجود نداشته است که مستقیماً با نسبیت عام در تعارض بوده باشد. هرچندتعمیم بعضی دیدگاه‌های عمومی مانند نظریه‌های وحدت بزرگ به حوزه گرانش و یا لزوم وجود نظریهٔ گرانش کوانتومی و هم‌چنین تعبیر برخی مشاهدات کیهان‌شناختی مانند شتاب مثبت عالم در عصر حاضر، فیزیک‌دانان را بر آن داشته است که به تغییر نسبیت عام و یا حتی نظریات جای‌گزین بیاندیشند که به این مورد در بخش آخر خواهیم پرداخت. سه آزمون نسبیت عام، که در مقاله ۱۹۱۶ اینشتین مطرح شدند با عنوان آزمون‌های کلاسیک نظریهٔ نسبیت عام معروفند، که قبلاً به دو مورد آن‌ها، یعنی مسألهٔ حرکت تقدیمی حضیض عطارد و خمش نور در عبور از کنارخورشید، اشاره شد. هرچند پیش‌بینی انحراف، در حرکت تقدیمی حضیض عطارد، عملاً پیش‌بینی یک اثر مشاهده شده، ولی بدون تعبیر بود، اما نباید فراموش کرد که براساس نسبیت عام این اثر، هر چند بسیار کوچک‌تر، در مورد سیارات دیگر نیز صادق است، که البته بعدها با پیشرفت فن‌آوری، در مورد آن‌ها نیز اندازه‌گیری شد. پیش‌بینی دوم، به‌وسیلهٔ دوگروه انگلیسی به رهبری ارتور ادینگتون[۲۱] و فرانک دایسون[۲۲]، در خورشید گرفتگی سال ۱۹۱۹، تأیید شد و بیش‌ترین تأثیر را در معروفیت جهانی سریع اینشتین داشت. آزمون سوم، انتقال به قرمز گرانشی است که طبق این نظریه، برای نور به هنگام فرار از جاذبه یک جرم مانند زمین یا خورشید، اتفاق می‌افتد، که اولین بار به‌طور مستقیم برای فرار نور از جاذبه زمین، به‌وسیلهٔ رابرت پاوند[۲۳] و گلن ربکا[۲۴] در دانشگاه هاروارد در سال ۱۹۶۰ اندازه‌گیری شد. آزمون‌های کلاسیک در طی زمان نه تنها با پیشرفت فن‌آوری، با دقت بیش‌تری تکرار شدند، بلکه خمش نور و انتقال به قرمز گرانشی، عملاً تبدیل به ابزاری کارا در مطالعات اخترفیزیک و کیهان‌شناسی رصدی شدند. آزمون‌های متعدد دیگری، بعدها در حین مطالعاتی که منجر به دریافت عمیق‌تر از این نظریه و پیامدهای آن شد، مطرح شدند که به آزمون‌های مدرن نسبیت عام معروفند. از بین این آزمون‌ها، می‌توان به تأخیر زمانی شاپیرو[۲۵]، اندازه‌گیری غیرمستقیم امواج گرانشی و آخرین آزمون انجام شده، یعنی اندازه‌گیری میدان مغناطوگرانشی[۲۶] زمین در سال ۲۰۱۱ اشاره کرد، که در این مورد آخر، عملاً میدان گرانشی ناشی از (انرژی) چرخش زمین اندازه‌گیری شد. نهایتاً و از همه هیجان انگیزتر اندازه‌گیری‌های انجام شده در ماه سپتامبر سال ۲۰۱۵ توسط رصد خانهٔ تداخل سنج لیزری امواج گرانشی (لایگو[۲۷]) بود که در آستانهٔ صد سالگی نسبیت عام برای اولین بار امواج گرانشی ناشی از برخورد و ادغام دو سیاه‌چاله را به صورت مستقیم آشکارسازی کرد. در اواخر سال ۲۰۱۵، هم‌زمان با صد سالگی نسبیت عام، مقدمات اندازه‌گیری مستقیم امواج گرانشی در فضا، با پرتاب اولین فضاپیمای حامل یک ماهوارهٔ ره‌یاب[۲۸]، در قالب طرح تحقیقاتی لیزا[۲۹]، صورت پذیرفت. نباید فراموش کرد که بدون در نظر گرفتن اثرات ناشی از نسبیت عام (و همین‌طور نسبیت خاص)، در اندازه‌گیری فواصل زمانی در ساعت‌های اتمی مورد استفاده در دستگاه‌های موقعیت‌یابی عمومی[۳۰]، این سیستم‌ها، عملاً ناکارآمد خواهند بود.

نسبیت عام و کیهان‌شناسی

یکی دیگر از دلایل بازگشت دوبارهٔ فیزیک‌دانان به نسبیت عام، در سال‌های دهه شصت و هفتاد قرن بیستم میلادی، کشف‌های نجومی و کیهان‌شناختی متعدد در این دوران بود. از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به کشف کوازارها[۳۱] در ۱۹۶۳، کشف پالسارها[۳۲] در سال۱۹۶۷ و هم‌چنین کشف پالسارهای دوتایی به‌وسیلهٔ جوزف تیلور[۳۳] و راسل هالس[۳۴] در سال ۱۹۷۴ اشاره کرد که در این مورد آخر، مطالعه دراز مدت دوتایی، موجبات اثبات غیرمستقیم وجود امواج گرانشی را نیز فراهم آورد. در زمینهٔ کیهان‌شناسی بی‌شک مهم‌ترین کشف در این دوران، کشف تصادفی تابش زمینهٔ کیهانی[۳۵] در سال ۱۹۶۵ به‌وسیلهٔ ارنو پنزیاس[۳۶] و رابرت ویلسون[۳۷] بود که قبلاً براساس مطالعات جورج گاموف[۳۸]، رالف الفر[۳۹] و رابرت هرمان[۴۰] در قالب نظریه‌ای که امروزه به نظریهٔ انفجار بزرگ می‌شناسیم، به نوعی پیش‌بینی شده بود. این کشف، که قطعاً نقطه عطفی در تحولات کیهان‌شناسی معاصر است، به

۲۰ Gravitational redshift
۲۱ Arthur Eddington
۲۲ Frank Dyson
۲۳ Robert Pound
۲۴ Glen Rebbka
۲۵ Shappiro's time delay
۲۶ Gravitomagnetic filed
۲۷ LIGO (The Laser Interferometer Gravitational –Wave Observatory)
۲۸ Pathfinder
۲۹ LISA (Laser Interferometer space antenna)
۳۰ GPS (Global Positioning System)
۳۱ Quasars
۳۲ Pulsars
۳۳ Joseph Taylor
۳۴ Russell Hulse
۳۵ CMB (Cosmic Microwave Background)
۳۶ Arno Penzias
۳۷ Robert Wilson
۳۸ George Gamov
۳۹ Ralph Alpher
۴۰ Robert Herman

نوعی هم‌راستا با مطالعات نظری افرادی نظیر راجر پنروز، رابرت گروش[۴۱] و استفن هاوکینگ[۴۲] بود که براساس قضیهٔ تکینگی ارائه شده در این مطالعات، کیهانی که در آن نسبیت عام حاکم است، به‌ناچار باید از یک تکینگی فضا-زمانی آغاز شده باشد. برآیند این مطالعات نظری، به همراه رصدهای روزافزون، که با پیشرفت تکنولوژی میسر شده بود، منجر به فرمول‌بندی کیهان‌شناسی استاندارد شد که یکی از پایه‌های اساسی آن، پذیرش نسبیت عام به عنوان نظریهٔ بیان‌کنندهٔ برهم‌کنش گرانشی است. مدل کیهان‌شناسی که امروزه پذیرفته شده است باعنوان مدل توافقی یا تطبیقی[۴۳] شناخته می‌شود که در آن عالم به‌غیر از ماده و انرژی معمولی، حاوی دو موجود مجهول‌الهویه، یعنی مادهٔ تاریک و انرژی تاریک نیز هست. معرفی این موجودات، حاصل مطالعات نظری و رصدی بود که عمدتاً در نیمهٔ دوم قرن بیستم صورت گرفت. مطالعات انجام شده بر روی دینامیک خوشه‌های کهکشانی، به‌وسیله فریتز زویکی[۴۴] در سال ۱۹۳۳، و هم‌چنین بررسی منحنی‌های چرخش کهکشان‌ها به‌وسیله ورا روبین[۴۵] در

هر نظریهٔ علمی باید ابطال‌پذیر بوده و پیش‌بینی‌هایش آزمایش شود، نظریهٔ اینشتین هم از این اصل کلی در روند علمی، مستثنی نیست و جالب این‌که خود اینشتین، از همان آغاز دست به ترغیب منجمین، برای رصد پیش‌بینی نظریه‌اش، در مورد خمش نور به هنگام عبور از کنار خورشید، می‌زد.

سال ۱۹۷۸، به همراه پیش‌بینی‌های حاصل از مطالعات نظری دو گروه امریکایی و روسی، در اواسط دههٔ هشتاد، با هدایت جیمز پیبلز[۴۶] و یان ایناستو[۴۷]، منجر به خلق مفهوم مادهٔ تاریک و پیشنهاد وجود آن‌ها برای تعبیر رصدهای فوق‌الذکر شد. از سوی دیگر، رصدهای انجام شده بر روی ابرنواخترها به‌وسیله دو گروه مختلف، یکی به رهبری مشترک برایان اشمیت[۴۸] و آدام ریس[۴۹] و دیگری به رهبری سائول پرلموتر[۵۰] در سال‌های پایانی قرن بیستم، کیهان‌شناسان را با معمای دیگری روبه‌رو کرد: این‌که حدوداً ۱۴ میلیارد سال، پس از انفجار بزرگ، و خلاف آن‌چه از گرانش به عنوان یک نیروی جاذب انتظار می‌رفت، عالم هم‌چنان در فاز انبساط، با شتاب مثبت قرار داشت. این کشف، نه تنها هیجان جدیدی در جامعهٔ علمی به‌وجود آورد بلکه، مفهوم جدیدی را در کیهان‌شناسی باعنوان انرژی تاریک خلق کرد که دوباره بحث حضور یا عدم حضور ثابت کیهان‌شناسی را در معادلات اینشتین، اما این بار به‌عنوان نامزد اصلی مولد گرانش دافعه، مطرح کرد. ماهیت نامعلوم ماده و هم‌چنین انرژی تاریک، که بر اساس رصدهای کیهانی مستقل مجموعاً نزدیک به ۹۵ درصد محتوای انرژی- ماده عالم را تشکیل می‌دهند، امروزه به دو مسأله بنیادی در فیزیک تبدیل شده‌اند که بنا به نظر اکثر فیزیک‌دانان، نه تنها نسبیت عام و دیدگاه هندسی‌اش از برهم‌کنش گرانشی را به چالش کشیده‌اند، بلکه انتظار می‌رود حل آن‌ها، با گشوده شدن افق‌های کاملاً جدید و غیرقابل انتظار در فیزیک، همراه باشد.

نسبیت عام یا گرانش کوانتومی

با ارائهٔ نسبیت عام، به عنوان نظریهٔ میدان‌های گرانشی و فرمول‌بندی موجود الکترودینامیک کلاسیک, وحدت بخشی بین این دو، تنها برهم‌کنش شناخته شده در اواخر دههٔ دوم قرن بیستم، سرلوحهٔ کار تعدادی از فیزیک‌دانان ازجمله هرمان وایل[۵۱](۱۹۱۸)، ارتور ادینگتون(۱۹۲۱) و تئودور کالوتزا[۵۲](۱۹۲۱) قرار گرفت. کالوتزا با در نظرگرفتن یک فضا زمان پنج بعدی، سعی داشت تا این قدم مهم را در راستای دکترین هندسه‌سازی فیزیک بردارد، اما با معرفی معادلهٔ شرودینگر در سال ۱۹۲۶، لزوم تعمیم نظریهٔ کالوتزا به پدیده‌های کوانتومی، قدم بعدی بود که اسکار کلاین[۵۳] برداشت تا نظریه کالوتزا-کلاین[۵۴] متولد شود. پس از فرمول‌بندی مکانیک کوانتومی نسبیتی به‌وسیله پاول دیراک[۵۵] در سال ۱۹۲۸، که به نوعی وحدت میان نسبیت خاص و مکانیک کوانتومی بود، اولین تلاش‌ها برای وحدت‌بخشی میان مکانیک کوانتومی و نسبیت عام، به عنوان قدم طبیعی بعدی تعدادی از فیزیک‌دانان و ازجمله لئون روزنفلد[۵۶] (۱۹۳۰) و ماتوی برونشتین[۵۷] (۱۹۳۳) برداشته شد، که البته هیچ‌کدام موفق نبود. پس از این تلاش‌های نافرجام، و پس از آن‌که نظریهٔ میدان‌های کوانتومی در دهه‌های شصت و هفتاد میلادی قرن بیستم، موفقیت خود را در فرمول‌بندی الکترودینامیک کوانتومی به اثبات رساند، تعدادی از فیزیک‌دانان، روند محافظه‌کارانه‌تری باعنوان گرانش نیمه‌کلاسیک[۵۸] را در پیش گرفتند. در این فرمول‌بندی، سمت راست معادلهٔ اینشتین، که معرف توزیع ماده

۴۱ Robert Geroch
۴۲ Stephen Hawking
۴۳ Concordance model
۴۴ Fritz Zwicky
۴۵ Vera Rubin
۴۶ James Peebles
۴۷ Jaan Einasto
۴۸ Brian Schmidt
۴۹ Adam Riess
۵۰ Saul Perlmutter
۵۱ Hermann Weyl
۵۲ Theodor Kaluza
۵۳ Oskar Klein
۵۴ Kaluza-Klein theory
۵۵ Paul Dirac
۵۶ Leon Rosenfeld
۵۷ Matvei Bronstein
۵۸ Semi-Classical gravity

است به‌صورت کوانتیده و سمت چپ، که حاوی اطلاعات میدان گرانشی (هندسه) است، به‌صورت کلاسیک، مورد بررسی قرار گرفت. تلاش‌هایی که در این راستا و باعنوان عمومی‌تر میدان‌های کوانتومی در فضا زمان خمیده صورت پذیرفت و به‌طور خاص، به اثر گرانش بر روی میدان‌های کوانتومی می‌پرداخت، سرانجام منجر به کشف آن چیزی شد که امروزه باعنوان ترمودینامیک سیاه‌چاله‌ها و تشعشع هاوکینگ شناخته می‌شود. البته همواره، پس از موفقیت نظریه میدان‌های پیمانه‌ای[۵۹] در وحدت‌بخشی دو برهم‌کنش الکترومغناطیس و هسته‌ای ضعیف، به‌وسیلهٔ محمد عبدالسلام[۶۰] و استیون واینبرگ[۶۱]، در قالب برهم‌کنش الکتروضعیف و هم‌چنین مدل‌های موردقبالی که باعنوان نظریه وحدت بزرگ[۶۲] برهم‌کنش هسته‌ای قوی را نیز دربرمی‌گرفت، وسوسهٔ وارد کردن گرانش، به زیر چتر نظریه‌ای حتی فراگیرتر، آن هم با نام ژورنالیستی نظریهٔ همه چیز[۶۳] (یا نظریهٔ نهایی)، فیزیک‌دانان را به جست‌وجوی نظریه‌ای که در آن برهم‌کنش گرانشی نیز کوانتیده است، ترغیب کرده است. از طرف دیگر همان‌طور که اشاره شد، مشاهدات رصدی و معماهای حاصل از آن‌ها نیز به نوبه خود، لزوم نیاز به نظریه‌ای فراتر از نسبیت عام، برای برهم کنش گرانشی را فراهم آوردند. به‌طور خاص، هم براساس مدل‌هایی که منشأ ثابت کیهان‌شناسی را، انرژی خلأ کوانتومی می‌دانند و اختلاف ۱۲۰ مرتبه، مقداری میان مقدار پیش‌بینی شده و مقدار رصدی به‌دست می‌دهند (معمایی که با عنوان مسأله ثابت کیهان‌شناسی[۶۴] شناخته می‌شود)، و هم در مورد فیزیک نامعلوم عالم اولیه، بلافاصله پس از انفجار بزرگ تا زمان پلانک، به نظر می‌رسد تنها نظریه‌ای می‌تواند پدیده‌ها و پیش‌بینی درست از تحول عالم تا عصر حاضر را به درستی تعبیر کند که در آن برهم‌کنش گرانشی، به‌صورت سازگار، در چهاچوبی کوانتومی فرمول‌بندی شده باشد. نظریه‌ای این‌چنین، با عنوان گرانش کوانتومی شناخته می‌شود و تحقق آن، یکی از رویاهای بزرگ فیزیک‌دانان نظری است. تلاش‌های متعددی در چهل سال گذشته، صورت گرفته که از میان آن‌ها می‌توان به سه مورد، یعنی ابرگرانش[۶۵]، نظریه ابرریسمان[۶۶] و گرانش کوانتومی حلقوی[۶۷] اشاره کرد که دو مورد آخر، کمابیش ادامه دارند. اما شاید برای رسیدن به این هدف، دوباره لازم باشد همان‌گونه که اینشتین در راه رسیدن به نسبیت عام عمل کرد، از روش‌هایی غیر از آن‌هایی که ما را به‌صورت مسأله رسانده‌اند، استفاده کنیم.

۵۹ Gauge theory
۶۰ Mohammad Abdus Salam
۶۱ Steven Weinberg
۶۲ GUT (Grand Unified Theories)
۶۳ Theory of everything
۶۴ Cosmological constant problem
۶۵ Supergravity
۶۶ Superstring Theory
۶۷ Loop Quantum Gravity

منابع:
1-H. S. Kragh, Quantum generations, Princeton University Press, 1999.
2-H. S. Kragh, Conceptions of Cosmos, Oxford University Press, 2007.
3-http://www.nasa.gov/mission_pages/gpb
4-http://www.elisascience.org

شماره‌های پیشین فصل‌نامهٔ «فیزیک روز»

در وبگاه مجله در دسترس است.

www.psimag.ir

بازتاب

داده‌پژوهی برای فیزیک‌پیشه‌ها

امیر حاجیان، روزبه گرامی
آزمایشگاه تامسون رویترز، تورنتو، کانادا-شرکت یومی، کالیفرنیا، آمریکا

چکیده

یکی از نخستین چیزهایی که هر دانشجوی فیزیک، در روزهای نخست دانشجویی‌اش می‌شنود، این است که فیزیک‌دان‌ها برای مهارتی که در طول سال‌ها مسأله حل‌کردن، به‌دست می‌آورند، توانایی حل پیچیدگی‌های گوناگون، خارج از چارچوب مسأله‌های رایج فیزیک را دارند. این نوشته به بررسی این باور در چارچوب یکی از پیشرفته‌ترین رشته‌های نوین فن‌آوری روز، دانش داده‌پژوهی، می‌پردازد. در این نوشته تلاش ما بر این بوده که با معرفی داده‌پژوهی به زبانی که برای فیزیک‌پیشه‌ها آشناست، نمونه‌هایی ساده ولی کاربردی، از این رشته را برای علاقه‌مندان بیاوریم و نشان دهیم چگونه می‌توان با درهم‌آمیختن دانش محاسبه، آمار و دانش پایه‌ای مانند اخترفیزیک، رویکرد تازه‌ای به کار کردن با داده‌های پیچیده، خش‌دار و بزرگ را بنا نهاد و پرسش‌های داده‌مبنای بزرگ‌تری را با آن پاسخ داد. به‌دنبال نمونه‌های فیزیکی، نمونه‌های ساده‌ای از کاربرد همان روش‌ها در حل مسأله‌های روز جامعه، خارج از چارچوب فیزیک، آورده‌ایم تا کارایی این رشته را، فرای کاربردهای فیزیکی محض، نشان دهیم.

۱. درآمد

این نوشته برای فیزیک‌پیشه‌هایی نوشته شده که دوست دارند بدانند داده‌پژوهی چیست. کار فیزیک‌پیشه‌ها (دست کم در حالت آرمانی‌اش)، طرح کردن پرسش‌هایی برای شناختن جهان، و تلاش برای یافتن پاسخی برای آن پرسش‌ها با استفاده از داده‌هایی است که از مشاهدهٔ جهان به دست می‌آید. کار کردن با داده‌ها و پردازش آن‌ها به‌طور سنتی، بخشی از شغل و دانش فیزیک‌پیشه‌ها بوده است. در یکی دو دهه گذشته، کار کردن با این داده‌ها پیچیده‌تر از گذشته شده، زیرا حجم داده‌هایی که در دسترس بشر قرار دارد به سرعت رشد کرده. از یک طرف تکنولوژی‌های نو، منبع‌های فراوان تولید کننده داده‌های جدید پدید آورده‌اند - از شتاب‌دهندهٔ LHC[۱] گرفته تا حسگرهای گوناگون، در صدها میلیون تلفن هوشمند - و از طرف دیگر حجم داده‌های تولید و ذخیره‌شده روی شبکهٔ اینترنت، به‌طور نمایی افزایش یافته است. پدیدهٔ مه‌داده[۲] چالش‌های جدیدی در پیش پای دانشمندان و مهندسان سخت‌افزار و نرم‌افزار قرار داده و تکنولوژی‌های جدیدی برای مطالعهٔ این حجم عظیم داده در دسترس قرار داده است.

در بعد نظری، کاویدن داده‌های بزرگ، کشف و فهم ساختار و الگوهای موجود در آن‌ها نیازمند دانش نوینی است. داده‌پژوهی، این دانش نو و تلاشی برای پاسخ به این نیاز است. در یک نگاه، داده‌پژوهی صرفاً ترکیبی از دانش‌های موجود - مشخصاً آمار و علم کامپیوتر - و نه شاخه‌ای جدید از علم است. ولی بنا بر یک دیدگاه دیگر، می‌توان داده‌پژوهی را عملاً سبک جدیدی برای حل مسأله‌های موجود دانست. طبق این دیدگاه کار یک داده‌پژوه تلاش برای فهمیدن رفتار یک پدیده، نه از راه کشف و آموختن صریح قانون‌های حاکم بر آن، بلکه تعمیم الگوهای رفتاری مشاهده شده و ساختن مدل‌هایی است که بتواند بر این اساس رفتارهای آینده را پیش‌بینی کند. واضح است که دانشی که چنین توانایی‌ای را به ما بدهد، کاربردی بسیار فراتر از نیازهای دانش‌های بنیادی خواهد داشت، و ابزاری کارآمد برای مطالعهٔ دسته بزرگی از پدیده‌ها خواهد بود؛ خواه آن پدیده‌ها طبیعی باشند یا ساختهٔ دست بشر. خواه داده‌هایی که در دست داریم

---

۱ «The Large Hadron Collider | CERN.» <http://home.cern/topics/large-hadron-collider>

۲ Big Data

مشاهده‌های ما از جهان اولیه باشند یا انبوه گپ و گفت‌هایی باشد که مردم جهان در هر لحظه در دنیای مجازی با هم رد و بدل می‌کنند، یا اندازه‌گیری‌های هم‌زمان همهٔ پایگاه‌های هواشناسی در نقاط مختلف جهان.

بسیاری از ویژگی‌های داده‌پژوهی و چند و چون آن با دیدن مثال‌هایی کاربردی روشن‌تر خواهد شد. در بخش بعدی به نمونه‌هایی مختصر و ساده از کاربردهای روزمرهٔ این دانش نو و جالب می‌پردازیم.

۲. کاربردها

اخترفیزیک داده‌مبنا

انفجار داده‌ها تنها به اینترنت و دستگاه‌های ساخت بشر محدود نمی‌شود. با پیشرفت فن‌آوری ساخت آشکارسازهای پربازده و با قدرت تفکیک زیاد، مشاهده‌های نجومی و گرفتن و انباشتن انبوه داده‌های رصدی با هزینهٔ کم و در زمان کوتاه امکان‌پذیر شده است. این پیشرفت در روش مشاهده، بزرگی داده‌های رصدی را به شدت دگرگون کرده و اخترفیزیک را در آستانهٔ ورود به دوران مه‌داده‌ها قرارداده است.

این گذار به دوران داده‌های بزرگ، تا نیم دههٔ دیگر، با آغاز به کار تلسکوپ بزرگ نقشه‌برداری هم‌دیدی، LSST[۳]، و چند پروژهٔ اخترفیزیکی دیگری که در همین بازهٔ زمانی به بهره‌برداری می‌رسند، آغاز می‌شود و رشته‌ای به نام اخترفیزیک داده‌مبنا را به سرعت گسترش خواهد داد.

اخترفیزیک داده‌مبنا، شاخه‌ای از اخترفیزیک است که بر اساس داده‌های رصدی کار می‌کند و کارش، کاوش داده‌های بزرگ و خش‌دار و بیرون آوردن اطلاعات فیزیکی دربارهٔ جهان، از درون آن داده‌هاست. این رشته، درواقع، کاربرد دانش داده‌پژوهی در اخترفیزیک است که با استفاده از دانش آمار و رایانه، روش‌های نویی برای بیرون کشیدن اطلاعات درون مشاهده‌های رصدی به وجود می‌آورد و با کمک آن، نظریه‌های کیهان‌شناختی و اخترفیزیکی را بررسی می‌کند و مولفه‌های آن‌ها را اندازه می‌گیرد.

اهمیت این رشته، با رشد اندازهٔ داده‌هایی که اخترفیزیک‌دان‌ها با آن سروکار دارند، مرتب بیش‌تر می‌شود. در آیندهٔ نزدیک، داده‌ها آن قدر زیاد می‌شوند که نگهداری همهٔ آن‌ها نیازمند مراکز داده‌داری بزرگ خواهد بود و بارگذاری همهٔ داده‌ها در حافظهٔ موقت و یا حتی دایمی یک رایانه به تنهایی امکان‌پذیر نیست. در چنین حالتی، کارهای ساده‌ای مثلاً مانند یافتن همهٔ کهکشان‌هایی که به فاصله‌ای معین، از یک نقطه از آسمان قرار دارند، با روش‌هایی که امروزه از آن استفاده می‌کنیم، ناممکن خواهد بود.

برای اندازه‌گیری‌های دقیق اخترفیزیکی وقتی با داده‌های بسیاربزرگ، مه‌داده‌ها، سر و کار داریم، نیازمند دانشی پیشرفته‌تر برای کار کردن با داده‌هاست. پیدا کردن و کارکردن با این دانش، موضوع اخترفیزیک داده‌مبناست.

شکل ۱: اخترفیزیک داده‌مبنا، کاربرد دانش داده‌پژوهی در اخترفیزیک برای کار کردن با داده‌های بزرگ (مه‌داده‌های) اخترفیزیکی

یکی از ساده‌ترین و قدیمی‌ترین نمونه‌های کاربرد داده‌پژوهی در اخترفیزیک، دسته‌بندی ریخت‌شناسانهٔ کهکشان‌ها به روش هابل است. وقتی که تعداد کهکشان‌ها کم باشند، هر کهکشان را می‌توان به محض کشف و مشاهده‌اش به یکی از این دسته‌ها نسبت داد. ولی تعداد کهکشان‌ها که زیاد بشود، کم‌کم دسته‌بندی‌شان به روش سنتی سخت می‌شود. نقشه‌برداری‌های اخترفیزیکی از آسمان از آغاز سدهٔ ۲۱ میلادی در هر دور مشاهده، چیزی از مرتبهٔ یا کهکشان به داده‌های ما می‌افزایند. دسته‌بندی این کهکشان‌ها با دست، کار بسیار سختی است. حتی نوشتن آلگوریتم‌های سنتی برای تشخیص شکل این کهکشان‌ها هم، کم بازده و پرخطاست. بهترین راه دسته‌بندی این کهکشان‌ها، نوشتن برنامه‌هایی است که از روی مثال‌هایی که تا کنون دسته‌بندی کرده‌ایم، دسته‌های گوناگون کهکشان‌ها را یاد بگیرند و هر کهکشان تازه‌ای که می‌بینند را در یکی از آن دسته‌ها قرار دهند. این «آموختن با استفاده از مثال»، درست همان روشی است که الگوریتم‌های فراگیری خودکار[۴] استفاده می‌کنند و در این مورد هم بسیار کارآمد بوده‌اند. اگر از خدمات جست‌وجوی تصویر در گوگل استفاده کرده باشید، شاید برایتان جالب باشد بدانید که روشی که اخترشناس‌ها برای دسته‌بندی خودکار کهکشان‌ها استفاده می‌کنند، با روشی که گوگل برای تشخیص تصویر یک گل از پرنده استفاده می‌کند، و روشی که فیس‌بوک برای پیدا کردن و شناختن صورت دوستانتان در عکس‌هایی که به فیس‌بوک فرستاده می‌شوند استفاده می‌کند، همه در مبنا یک روش هستند؛ تنها تفاوتشان کاربرد آن‌ها، بر روی داده‌های مختلف است (بخش الگوریتم ترجمه گوگل را در زیر ببینید).

---

۳ «The Large Synoptic Survey Telescope.» <http://www.lsst.org/lsst/>>

٤ Machine Learning

یارانهٔ نقدی و چالش شناسایی نیازمندان

یکی از چالش‌های دشواری که در زمان نوشتن این مقاله گریبان جامعه و دولت را گرفته است[۱]، این است که چگونه دارا و ندار را از هم سوا کنیم تا یارانه‌های نقدی را تنها میان نیازمندان واقعی تقسیم کنیم. ویژگی‌های گوناگونی تا کنون برای این دسته‌بندی پیشنهاد شده است، مانند: درآمد ماهیانه، محل زندگی، تعداد نان‌خورهای هر خانواده، داشتن بیماری‌های خاص. روشن است که هیچ‌کدام از این ویژگی‌ها به تنهایی خانواری را دارا یا نیازمند نمی‌کند، ولی جمعشان با هم می‌تواند بسیار تعیین‌کننده باشد. پیدا کردن یک روش آماری کارآمد با کم‌ترین خطا، برای دسته‌بندی شهروندان به دو گروه نیازمند و دارا، با استفاده از ویژگی‌های مالی و اجتماعی‌شان، نمونهٔ بسیار خوبی از کاربرد دانش داده‌ها برای گشودن گرهی از چالش‌های روزمره است. این کاربرد، نمونه‌ای از یافتن خوشه‌های به‌هم‌پیوسته در داده‌های اجتماعی است.

پول‌های کثیف و کلاه‌برداری‌های قابل شناسایی

مبارزه با پول‌شویی و جلوگیری از کلاه‌برداری، زد و بند و اختلاس، چالش‌های مهم پیش روی هر دستگاه بانکی و مالی است. در روزگاری که تجارت الکترونیک، جابه‌جا کردن پول را ساده و سریع کرده و در هر ثانیه، میلیون‌ها تراکنش مالی انجام می‌شود، نظارت بر این تراکنش‌ها و پیدا کردن سرنخ‌هایی از بی‌قانونی، چالشی متفاوت از چالش‌های دوران بانکداری سنتی است [۲].

فرض کنید کسی چند هزار حساب بانکی را به نام‌های مختلفی بازکرده و از آن‌ها برای پول‌شویی استفاده می‌کند. چگونه می‌شود از میان همهٔ تراکنش‌هایی که انجام می‌شود، مربوط بودن بیش از اندازهٔ این چندهزار حساب بانکی به یک‌دیگر را تشخیص داد و خوشه‌های مشکوک را بررسی کرد؟

فرض کنید کارت اعتباری‌تان را دزد می‌زند یا مشخصات کارتتان به دست نااهلی می‌افتد که می‌خواهد بدون رضایت شما از آن استفاده کند. اگرالگوریتم خودکاری بر تراکنش‌ها نظارت بکند، که روند خرج کردن دارندهٔ هر کارت اعتباری را یاد بگیرد و با دیدن تراکنشی ناهمگون با رویهٔ خرج کردن دارندهٔ کارت، زنگ خطری را به صدا دربیاورد، جلوی بسیاری از کلاه‌برداری‌ها و مال‌باختن‌ها گرفته خواهد شد.

مثلاً اگر شما از کارت خودپردازتان برای خریدهای روزمره در شیراز، خریدن کتاب، رفتن به رستوران و خرید بلیت هواپیما و اتوبوس از شیراز به شهرهای دیگر و برعکس استفاده می‌کنید، برنامهٔ ناظر بر تراکنش‌ها، این رفتار شما را می‌آموزد و اگر مثلاً تراکنشی اینترنتی برای خریدن یک دستگاه تراکتور در مشهد با کارت شما انجام شود، زنگ خطر را به صدا در می‌آورد تا شما را از یک کلاه‌برداری احتمالی آگاه کند. این کاربرد، نمونه‌ای از پرت-یابی یا پیداکردن داده‌های پرت هستند.

شبکه‌های بزرگ بانکی در جهان امروز، به سرعت به سوی استفاده از روش‌های داده‌پژوهی گام برمی‌دارند. بانک‌های بزرگ، یکی پس از دیگری آزمایشگاه‌های نوینی تأسیس می‌کنند که کارشان پژوهش و نوآوری در روش‌های استفاده از داده‌های مختلف برای بیرون کشیدن الگوهای رفتاری جامعهٔ آماری مورد علاقه‌شان است. کشور ما در روزگار پسابرجام و در آستانهٔ پیوستن به جامعهٔ پیچیده‌ای است که از ابزار پیشرفتهٔ زیادی برای تحلیل، فهم، استفاده و کنترل جنبه‌های مختلف بازارهای جهانی استفاده می‌کند. رقابت و همکاری در چنین جامعه‌ای نیازمند داشتن بنیه‌ای قوی و زیرساخت‌هایی محکم و قابل اتکا در این دانش‌هاست. فرصتی که پیش روی جامعهٔ علمی کشور در این رابطه قرار دارد، فرصتی طلایی برای گسترش دانش داده‌پژوهی و ساختن زیرساخت‌هایی است که هم به کار صنعت و اقتصاد کشور می‌آیند، هم ابزار پژوهش در دانش‌های بنیادی کشور را متحول می‌کنند، هم فن‌آوری مورد نیاز در راستای امنیت ملی کشور را تأمین می‌کنند و هم پلی میان پژوهش‌های دانشگاهی و نیازهای جامعه می‌زنند که سال‌هاست جامعهٔ علمی ما در پی آن است.

الگوریتم ترجمه گوگل

احتمالاً پیش از این سر و کارتان به ابزار ترجمه گوگل[۵] افتاده. روش ترجمه استفاده شده در گوگل، مثال خوبی از کاربرد الگوریتم‌های یادگیری ماشینی برای ساختاریابی در حجم‌های بزرگی از داده‌ها است. روش‌های قدیمی ترجمه ماشینی بر پایه تعریف صریح قوانین تبدیل یک زبان به زبان دیگر ساخته شده بودند. مثلاً اگر یک برنامه مترجم می‌خواست جمله‌ای انگلیسی را به فارسی ترجمه کند می‌بایست در آغاز جمله، انگلیسی را به اجزای تشکیل دهنده‌اش تجزیه می‌کرد، سپس نقش دستوری هر کلمه را درمی‌یافت، و بعد جمله‌ای معادل در فارسی می‌ساخت که در آن هر کلمه همان نقش دستوری معادل در جملهٔ اول را می‌داشت. می‌توان حدس زد که پیچیدگیِ این روش بیش از آن است که در نهایت بتواند به نتیجه کاملاً دل‌خواه برسد. گوگل در عوض برای سرویس ترجمه‌اش از ره‌یافتی داده‌گرانه استفاده می‌کند: به جای تلاش برای آموزاندن قوانین دو زبان به کامپیوتر، نوعی الگوریتم یادگیری خودکار به کار می‌رود که می‌کوشد راه و روش تبدیل یک زبان به زبان دیگر را از روی مثال‌های داده شده و به‌طور خودکار «کشف کند». ورودی الگوریتم میلیون‌ها سند است که پیش از این، از یک زبان به یک زبان دیگر ترجمه شده‌اند (مانند کتاب‌های ترجمه شده، اسناد چند زبانه سازمان ملل، ...). هدف الگوریتم مترجم، کشف الگوهای تکرار شونده متناظری در دو زبان است که پیش‌آمدشان غیرتصادفی و از نظر آماری معنی‌دار است. اگر تعداد اسناد ورودی سیستم، به اندازه کافی بزرگ باشد، می‌توان مدلی آماری ساخت که از روی

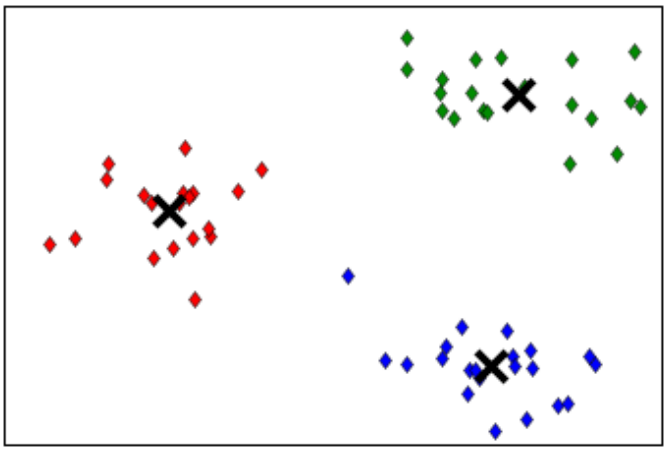
۵ Google Translate

الگوهای کشف شده محتمل‌ترین معادل هر عبارت یا جملهٔ جدید را تولید کند. هر چه تعداد متن‌های ورودی بیش‌تر باشد مدل آماری دقیق‌تر و اطمینان به خروجی‌های آن بیش‌تر خواهد بود.

۳. الگوریتم‌های یادگیری خودکار

الگوریتم‌های یادگیری خودکار به دو دسته کلی با راهنما و بی‌راهنما تقسیم می‌شوند. در مسأله یادگیری بی‌راهنما هدف یافتن ساختارهای پنهان در مجموعه‌ای از داده‌ها است بدون این که هیچ اطلاعات پیشینی درباره ساختارهای احتمالاً موجود در دست داشته باشیم. مسأله خوشه‌یابی یک نمونه از این دست مسأله‌ها است: فرض کنید مجموعه‌ای نقاط در فضای اقلیدسی داده شده‌اند. با نگاه کردن به مجموعه نقاط ممکن است به نظر بیاید که این نقاط در چند گروه یا خوشه جداگانه دسته‌بندی شده‌اند (شکل ۲). هدف الگوریتم‌های خوشه‌یابی، کشف ساختار خوشه‌ای نقاط داده شده است: ورودی الگوریتم‌ها مختصات N نقطهٔ $\{x_1,x_2,...x_N\}$ و خروجی آن‌ها برچسب خوشه نظیر هر نقطه است: $\{c_1,c_2,...c_N\}$.

الگوریتم k- میانگین یکی از پایه‌ای‌ترین الگوریتم‌های خوشه‌بندی است و فرض می‌کند که تعداد خوشه‌های موجود، معلوم و برابر k است. هدف الگوریتم، یافتن نقطه‌های مرکزی - مرکزواره[۶]- هر خوشه است و این کار را با تکرار پیاپی سه گام اصلی انجام می‌دهد. در گام اول k مرکزواره به‌طور کاتوره‌ای انتخاب می‌شوند. در گام دوم هر نقطه نزدیک‌ترین مرکزواره‌اش را می‌یابد (به خوشه نظیر نزدیک‌ترین مرکزواره نسبت داده می‌شود). در گام سوم مختصات جدید مرکزواره‌ها به عنوان نقطه میانگین هر خوشه باز - محاسبه می‌شود. گام‌های دوم و سوم تا زمان به تعادل رسیدن مکان مرکزواره ها تکرار می‌شوند.



شکل ۲: مسألهٔ خوشه‌یابی. هدف الگوریتم‌های خوشه‌یابی، کشف ساختار خوشه‌ای مجموعه‌ای از نقاط است. الگوریتم k- میانگین یکی از این روش‌هاست که در متن به آن پرداخته شده. مرکزواره‌های خروجی الگوریتم با علامت ضربدر مشخص شده‌اند.

یادگیری با راهنما - مسألهٔ یادگیری از روی مثال: دوباره فرض کنید که N نقطه در فضای اقلیدسی $\{x_1,x_2,...x_N\}$ داریم، ولی این بار به ازای هر نقطه یک مقدار y هم داده شده: $\{y_1,y_2,....y_N\}$. هدف الگوریتم‌های یادگیری با راهنما مشاهده مقدارها داده شده (x_i,y_i) به عنوان یک مجموعه مثال یا راهنمایی[۷] و«آموختن» قاعده‌ای است که مقدارهای y را از روی xها تولید کرده است. با داشتن این قاعده می‌توان مقدار y نظیر هر x داده شده دیگر را «پیش‌بینی» کرد. مسأله یادگیری با راهنما، برای yهای پیوسته وایازش[۸] و برای yهای گسسته طبقه‌بندی[۹] نامیده می‌شود.

یک نمونهٔ ساده از الگوریتم‌های یادگیری با نظارت الگوریتم k- همسایه نزدیک[۱۰] است. ایدهٔ اصلی این روش این است که برچسب y نظیر هر نقطه داده شده، باید «نزدیک» به مقدار y های نقاط همسایه باشد. یک امکان این است که به ازای هر نقطه داده شده x، تعداد ثابتی(k) نقطهٔ همسایهٔ نزدیک را بیابیم و سپس y(x) را برابر میانگین مقدار yهای همسایه‌ها برگزینیم. مرحلهٔ فراگیری[۱۱] الگوریتم در واقع عبارت است از یافتن مقدار «بهینه» k که کم‌ترین خطا را در مقایسه با مثال‌های داده شده داشته باشد.

۴. ابزار و پیش نیازهای داده‌پژوهی: چگونه می‌توان داده‌پژوه شد؟

داده‌پژوهی، دانشی نو و آمیخته‌ای از بسیاری از دانش‌های دیگر است. اساس داده‌پژوهی، توانایی پیدا کردن الگوهای ساختاری در داده‌های (معمولاً) پیچیده و گوناگون است. کار کردن با داده‌هایی که نمودهای کاتوره‌ای گوناگونی در خود دارند، نیاز به یک چارچوب قوی محاسباتی دارد. از این رو آمار، به خصوص آمار بیزی [۳] ابزار این کار هستند.

از طرف دیگر، کار کردن با این داده‌ها، نیاز به توان محاسباتی پیشرفته‌ای دارد و برنامه‌نویسی حرفه‌ای و کارآمد از مهم‌ترین نیازهای این کار است. بسیاری از پروژه‌های بزرگ در برنامه‌هایشان از زبان پایتون یا آر برای نوشتن برنامه‌های مورد نیاز برای کار با داده‌ها استفاده می‌کنند. بسیاری از بخش‌های تولیدات نام آشنایی مانند نقشهٔ یاهو، موتور جست‌وجوی گوگل، یوتیوب، دراپ‌باکس، اینستاگرام به زبان پایتون نوشته شده‌اند. به تازگی، زبان‌های برنامه‌نویسی نو و قدرتمندی بر اساس نیازهای نویی که در عصر مه‌داده‌ها پدید آمده، ساخته شده‌اند. بهترین نمونهٔ این زبان‌ها، اسکالا است که به سادگی و زیبایی امکان مقیاس‌پذیری

---

۶ centroid
۷ training values
۸ regression
۹ classification
۱۰ k-nearest-neighbor
۱۱ training

را در اختیار داده‌پژوهان قرار می‌دهد. اسکالا به سرعت در حال تبدیل شدن به زبان فراگیر داده‌پژوهان است و محصولات بزرگی مانند توییتر و کورسرا[۱۲] با این زبان کار می‌کنند.

هرگاه مشاهده‌های قابل اعتمادی در دست داشته باشیم و بخواهیم رابطه‌ها و الگوهای ساختاری درون این مشاهده‌ها را کشف کنیم و با استفاده از روابطی که درون داده‌های قابل اعتماد اولیه‌مان داریم، انبوهی از داده‌های تازه را پردازش کنیم، کاراترین ابزاری که در دست داریم فراگیری خودکار است که از ترکیب آمار و دانش کامپیوتر به دست می‌آید.

این‌ها ابزار عام و پایه‌ای هستند که برای داده‌پژوهی در هر رشته‌ای مورد نیاز هستند. ولی برای هر مسألهٔ خاص در هر رشته‌ای، مؤلفهٔ بسیار مهم دیگری که مورد نیاز است، دانش و آگاهی عمیق از رشتهٔ مورد بحث است. مثلاً آن‌چه یک فیزیک‌دان داده‌پژوه را از اقتصاددان داده‌پژوه متمایز می‌کند تفاوت آن‌ها در نوع مسأله‌هایی است که حل می‌کنند و نوع زمینهٔ دانشی که با آن سر و کار دارند.

داده‌پژوهی هنوز یک رشتهٔ دانشگاهی مستقل نیست و در هیچ دانشگاهی به عنوان یک پیشهٔ مستقل به‌طور جداگانه تدریس نمی‌شود. برخی دانشگاه‌ها، بخش‌هایی از دانش مورد نیاز برای دانش‌پژوهی را ارائه می‌دهند. ولی همان‌گونه که این رشته با فراگیر شدن اینترنت به وجود آمد و به سرعت پیشرفت کرد، بسیاری از منابع مورد نیاز آن هم به‌طور رایگان روی اینترنت در دسترس همه قرار دارد. منابع مورد نیاز زیادی برای آموختن زبان‌های برنامه‌نویسی مورد استفاده، رایگان در دسترس هستند. دانش آمار مورد نیاز را می‌توان از کتاب‌های نوین آمار آموخت؛ و فراگیری خودکار، اکنون در بیش‌تر دانشگاه‌ها تدریس می‌شود. با این حال، یکی از بهترین راه‌های آموختن آمار و فراگیری خودکار هم باز اینترنت است. کورسرا درس‌های گوناگونی را به‌طور مرتب و رایگان ارایه می‌دهد که همهٔ مؤلفه‌های مورد نیاز برای داده‌پژوهی را شامل می‌شود.

فیزیک‌دان‌ها همیشه در ابداع روش‌های نوآورانه برای کاوش داده‌ها پیشگام بوده‌اند و روش‌هایی که در فیزیک به کار می‌رفته، مورد توجه رشته‌های دیگر علمی، صنعتی و اقتصادی بوده است. داده‌های بزرگ و دانش داده‌پژوهی این وضعیت را دگرگون کرده است و گرانیگاه نوآوری‌های تازه در روش‌های کار کردن با داده‌ها را به سوی صنعت برده است. امروز روش‌های محاسباتی و داده‌پردازی‌ای که به‌طور معمول در دانشکده‌های فیزیک تدریس می‌شوند، بوی کهنگی می‌دهند و با دانش روز فاصلهٔ زیادی دارند. این فاصله را می‌توان با بازبینی برنامه‌های آموزش فیزیک کم کرد و آموزش زبان‌های نو و روش‌های آماری نوین و مؤلفه‌های گوناگون دانش داده‌پژوهی به همراه کاربرد آن در فیزیک را در آموزش فیزیک گنجاند. این مشکل، مشکلی جهانی است و بسیاری از دانشکده‌های فیزیک و اخترفیزیک در سرتاسر جهان از این نظر به‌طور معناداری از دانش روز عقب هستند. شاید ایران بتواند نخستین کشوری باشد که برنامهٔ سراسری آموزش فیزیک‌اش را متناسب با دانش روز داده‌پژوهی به روز بکند. در این صورت انبوه فارغ‌التحصیل‌های دانشکده‌های فیزیک، وارد دورانی می‌شوند که دانش‌شان هم به کار پژوهش‌های بنیادی در معنای نوین آن می‌آید و هم می‌تواند چرخ‌های صنعت را به روش‌های گوناگونی به حرکت درآورد. تا زمانی که این اتفاق بیفتد، بهترین راه آموختن دانش زیبای داده‌پژوهی، استفاده از منابع بی‌شمار و رایگان در دسترس روی شبکهٔ جهانی است.

---

۱۲ Coursera - Free Online Courses From Top Universities ..." 2012. 17 Jan. 2016 <https://www.coursera.org/>

مراجع

[۱] به عنوان مثال مراجعه کنید به « دولت رو در روی یارانه‌بگیران ثروتمند/ آغاز شناسایی نیازمندان واقعی» در
http//:www.mehrnews.com/news-۲۴۵۲۹۶۵/دولت-رو-در-روی-یارانه-بگیران-ثروتمند-آغاز-شناسایی-نیازمندان

یا «حمایت تسهیلاتی دولت از نیازمندان خوش‌شانس جامعه» در
http://www.irna.ir/fa/News/81454277/.

[۲] «بحث داغ ورود پول‌های کثیف به سیاست درگفت‌وشنود نمایندگان با رحمانی‌فضلی»، روزنامهٔ ایران، شماره ۵۹۱۵، ۷ اردیبهشت ۹۴
http://iran-newspaper.com/Newspaper/PagePDF/15175

[۳] Lee, Peter M. Bayesian statistics: an introduction. John Wiley & Sons, 2012.

بازی با فیزیک، از موزه تا برج میلاد!

مصاحبه با خانم مهسا تولاییان
مصاحبه و تنظیم: سیما قاسمی

خودتان را به خوانندگان معرفی می کنید؟

مهسا تولاییان هستم، متولد اصفهان و بزرگ شدهٔ تهران. تا پیش دانشگاهی در تهران تحصیل کردم و با وجود آن‌که علاقه‌ای به فیزیک نداشتم، فیزیک دانشگاه زنجان قبول شدم. دبیران دبیرستانم، در علاقه‌ام به فیزیک، هیچ نقشی نداشتند، اما برخی استادان دانشگاه زنجان، راه درست را به من نشان دادند. وقتی به تهران بازگشتم ۵-۶ سال بی‌کار بودم؛ گاهی تدریس خصوصی می‌کردم؛ تا این‌که موزهٔ علوم و فن‌آوری در زمینهٔ فیزیک اعلام نیاز کرد. می‌توانم بگویم یک مصاحبهٔ جسورانه با معاون پژوهشی آن زمان انجام دادم، به من گفتند شما سابقهٔ کار دولتی ندارید من هم گفتم شما به امثال من اجازهٔ فعالیت بدهید تا ما هم خودمان را اثبات کنیم. شرط پذیرش برای کار این بود که در عرض سه ماه یک خروجی بدهیم، این خروجی می‌توانست شیء، همایش یا هر چیزی باشد.

اولین طرح من در موزهٔ علم و فن‌آوری، آونگ نیوتونی بود که تصمیم داشتیم بسازیم و چون مواردی در حین ساخت آن رعایت نشد، با شکست روبرو شد. می‌توانم بگویم اولین طرحی بود که انجام دادم. سپس برنامهٔ گذر زهره از جلوی خورشید را با همکاری یکی از همکارانم در موزه انجام دادیم. مجموعه به ما اعتماد کرد و قراردادی استخدام شدم و بعد وارد پژوهش و مقاله شدیم. در محیط کار، دیدگاهم نسبت به رشته‌ای که خواندم عوض شد، رشته‌ام را دوست داشتم ولی جایگاهی که پیدا کردم علاقه‌ام را به آن صدبرابر کرد. یک نفر به من پیشنهاد داد که تاریخ علم بخوانم و من پاسخ دادم علاقه‌ای که به فیزیک دارم خیلی بیش‌تر از آن است که با خواندن تاریخ علم برطرف شود. می‌توانم بگویم یکی از بزرگ‌ترین شانس‌های زندگی‌ام فیزیک خواندن بود، در این امر نباید راهنمایی‌های پدر و مادرم را نادیده بگیرم اگر تربیت درست آن‌ها نبود همان اول راه، جا خالی می‌کردم.

از ادامهٔ ورود به مجموعهٔ موزه بگویید.

وقتی وسایل این‌جا را دیدم متوجه شدم که موزهٔ علوم، کارش را با وسایل صنایع آموزشی آغاز کرده است. درواقع وسایل را از صنایع آموزشی خریداری کرده بودند و موزهٔ علوم را راه انداخته بودند. پیشنهاد کردم از صنایع آموزشی خارج شوند، ابزارآلات بهتر و جالب‌تری در جاهای مختلف هست و می‌توان به دنبال آن‌ها رفت و پیگیری کرد. خودم آونگ نیوتنی را پیشنهاد دادم و بعد به سمت اشیای تعاملی رفتم که حتی در شرایطی که یک نفر اصلاً فیزیک نمی‌داند و نسبت به مفاهیم علمی هیچ شناختی ندارد حداقل بتواند بازی کند و با یک بازی علمی درگیر شود. در انتخاب وسایل، در نظرم داشتم که وسیله‌ای باشد که بتواند با هر سنی ارتباط برقرار کند، توضیحاتی که داده می‌شود جنبهٔ تفریح داشته باشد، چون این‌قدر بچه‌ها را برای یادگیری پای میز

نشانده‌ایم که خسته می‌شوند، و این‌جا نباید دوباره آن‌ها را برای یادگیری بنشانیم. پیش‌ترها که به دلیل کمبود مدیر داخلی، بیش‌تر در سالن بودم، می‌گفتم که بچه‌ها را معطل نکنید، این‌جا کلاس درس نیست، رهایشان کنید. برای کسی که کنجکاو است و می‌پرسد توضیح دهید، اما کسی که می‌خواهد بازی کند را حبس نکنید. تا این‌که دریافتم ساخت اشیا و اضافه کردن آن به سیستم، کمی طولانی مدت است.

با جنگ فیزیک در کنفرانس فیزیک دانشگاه یزد آشنا شدم. کم‌وبیش می‌دانستم که در موزهٔ لندن، شوهای علمی اجرا می‌شود ولی نمونه‌هایش را ندیده بودم، تا این‌که آن‌جا با جنگ فیزیک یا شوهای علمی آشنا شدم و این‌که سیستم آموزشی در دانشگاه‌های دیگر به چه سمتی می‌رود. جرقه‌ای در ذهنم زد که این کار را با سناریوی متفاوت‌تر به موزهٔ خودمان بیاوریم، یعنی کمی عمومی‌تر کنیم و رشته‌های مختلف را هم کنارش بیاوریم. به حالت جنگ فیزیک نباشد بلکه یک جنگ علمی باشد. و این کار در شرایط سختی که حتی مدارس حاضر به پذیرش اجرای رایگان نبودند آغاز شد و امروز به جایی رسیده‌ایم که وقت نداریم به مدارس برویم. می‌توانم بگویم این کار یکی از نقطه‌های شکوفایی موزهٔ علوم و فن‌آوری بود.

کمی از جنگ فیزیک بگویید.

جنگ فیزیک در اصل یک برنامهٔ شاد علمی است که هیجانات علمی را با وسایل کاملاً ساده، به نمایش درمی‌آورد، شاید شما هیچ چیز خارق‌العاده‌ای نبینید، وسایلی که شاید هر روز با آن سروکار داریم؛ مثل این‌که چه‌طور یک لیوان آب را برعکس کنیم که آب آن نریزد یا مواردی از قوانین فشار. بچه‌های ابتدایی که این برنامه را می‌بینند هیچ درکی از این موضوعات علمی ندارند ولی وقتی تعامل برقرار می‌کنند خود به خود دیدشان عوض می‌شود. به‌راحتی با آینه‌ها آشنا می‌شوند یا با قوانین فشار، با دیدن فردی که روی سطح میخی دراز می‌کشد یا در اثر ضربهٔ پتک نمی‌میرد. دیدن شوق بچه‌ها در این حالت، برای من یک دنیا ارزش دارد. اولین بار که این کار انجام شد هیچ خروجی مالی برای موزه نداشت و حتی خرده گرفتند که کرایهٔ رفت و آمد صندلی‌ها به موزه تحمیل شد؛ اما وقتی بچه‌ها با شوق بیرون می‌رفتند من فکر می‌کردم که ای‌کاش زمان ما هم همین‌طور بود. بسیاری این شانس را نداشته‌اند که مثل من به رشته‌ای که علاقهٔ ذاتی‌شان است وارد شوند و بهتر است سیستم آموزشی به سمتی برود که این مسأله را برطرف کند. یکی از دوستان من درست عکس من با علاقهٔ زیاد به شیمی وارد این رشته شد و بعد از آن متنفر شد. وقتی بچه‌ها بدانند که می‌خواهند چه‌کار کنند، بدانند که مفاهیم علمی فقط این سبکی نیست که معلم‌ها تدریس می‌کنند، انگیزه‌هایشان هم متفاوت می‌شود. از بین بچه‌هایی که می‌آیند و می‌روند دوستانی دارم که هنوز هم با ایمیل با هم در تماسیم، می‌پرسند و به من انگیزه می‌دهند. شاید طرفین هیچ سودی برای هم نداشته باشیم ولی همین‌قدر که بین این پرسش‌ها مسیر زندگیشان را می‌یابند برای من کافی است.

موزه در برگزاری جنگ فیزیک یک سری محدودیت برای ما ایجاد کرد. این‌که تعداد بیش از ظرفیت نباشد یا این آزمایش انجام نشود. من چون هدفم این بود که همه بتوانند جنگ را ببینند سراغ شهرداری همه مناطق و حتی مناطق محروم رفتم. به دبیرستانی در منطقه ۱۸ رفتم، به بچه‌ها گفتم هرکدامتان می‌توانید یک نیوتون یا انیشتین باشید، می‌توانید روزی دانشمند شوید ولی باید یاد بگیرید درست فکر کنید، یاد بگیرید بازی کنید و فکر می‌کنم تأثیر خوبی داشت. تا این‌که شهرداری موافقت کرد این برنامه با عنوان جنگ علمی، در برج میلاد برگزار شود.

از طرف موزه؟

نه از طرف خودم، چون دیدم موزه محدودیت‌های اداری و کاری ایجاد می‌کند و باید از صافی‌هایی گذشت؛ هرکسی نمی‌تواند این

برنامه را ببینند و من قصدم این بود که هرکس با هرسطحی از دانش بتواند این برنامه را ببیند. خوبی علم این است که یک زبان واحد است یعنی شما نمی‌توانید بگویید فلان فرد می‌تواند درک کند و فلانی نمی‌تواند. به سمتی رفتم که این روش بتواند آزادانه کار خودش را انجام دهد. مدیریت برج میلاد خیلی کمک کرد. برنامهٔ بسیار خوبی از آب درآمد. در موزه، جنگ علمی برگزار می‌شود، یک مجری می‌آید کارش را انجام می‌دهد، بچه‌ها کم و بیش تعامل برقرار می‌کنند و یک نفرشان آزمایش انجام می‌دهد، ولی در برج میلاد سبک عوض می‌شود؛ به بچه‌ها وسایل داده می‌شود که خودشان آزمایش کنند. وقتی فیلم‌های گرفته‌شده را می‌بینم خیلی جالب است. مثلاً در آزمایشی، به بچه‌ها یک تکه کاغذ کوچک می‌دهیم و از آن‌ها می‌خواهیم از آن رد شوند. این بچه‌ها با هر سنی حرکات جالبی می‌کنند که هم خنده‌دار است و هم جذاب، و وقتی پاسخ درست را می‌بینند برق شوقی در چشمانشان است که دنیایی می‌ارزد. به دلیل نامرتب شدن محیط، مدیریت برج به ما غر می‌زند اما واقعاً ارزشش را دارد. به قول حضرت علی که می‌فرماید «هرکس کلامی به من بیاموزد مرا بندهٔ خود کرده»، خودم را مدیون بسیاری از اساتیدم می‌دانم، چرا که آن‌ها به من یاد دادند که چگونه یاد بگیرم و این از همه بهتر بود.

بازدیدها چه‌طور است؟ شنیده‌ام این روزها خیلی شلوغ است؟ روزانه چند نفر و با چه سن‌هایی رجوع می‌کنند؟

شهر علم برج میلاد، کلاً عمومی است و در اصل برای عموم مردم است. در برج شرکت‌های مختلف دانش‌بنیان حضور دارند و از ایده‌ها استقبال می‌کنند. امیدوارم مثل روال معمول کشورهای صنعتی، که روی چیزی مطالعه و نتایج بررسی می‌شود و بعد وارد صنعت می‌شود، جنگ علمی، ما را هم به این سمت ببرد. باید این درک بین مقامات دولتی ایجاد شود که اگر قرار است صنعت پیشرفت کند باید علوم پایه جایگاه خودش را در کشور داشته باشد وگرنه اگر قرار به کپی‌برداری است، همین کاری است که امروز انجام می‌دهیم.

این جنگ علمی فقط شامل فیزیک است؟

بله، خب تخصص خود من هم بیش‌تر فیزیک است. کارشناس فیزیک هستم نه کارشناس ارشدم و نه دکترا! رتبهٔ امیرکبیر را هم آوردم ولی نرفتم؛ به این دلیل که برای کار یا کسب درآمد مدرک نمی‌خواستم، می‌خواستم جایی بروم که یاد بگیرم. دانشگاه زنجان به من پیشنهاد داد که با سهمیه ارشد دانشگاه، امتحان ورودی بدهم. دانشگاه زنجان برای حضور در کلاس‌های درس، هیچ محدودیتی نداشت و من به کلاس‌های رشته‌های مختلف سرک می‌کشیدم، توپولوژی ریاضی‌ها، یا کلاس‌های رشتهٔ شیمی، فیزیک یا کوانتوم پیشرفتهٔ بچه‌های ارشد رشتهٔ خودمان، با این پیشنهاد دانشگاه، با یکی از اساتیدم مشورت کردم و ایشان با شناختی که از من داشت جملهٔ جالبی به من گفت که اگر قصدت یادگیری است، ما در این ۴ سال، آن‌چه باید یاد می‌گرفتی را به تو یاد دادیم. ولی اگر قصدت مدرک گرفتن است ادامه بده، می‌توانم بگویم این استاد بزرگ‌ترین لطف را در حق من کرد. به نظر من وقتی داریم لحظه‌های عمرمان را می‌دهیم بهتر است آن را صرف چیزهای یادگرفتنی خوب بکنیم.

متولد چه سالی هستید؟

۱۳۶۳

با جنگ فیزیک در کنفرانس فیزیک دانشگاه یزد آشنا شدم. کم‌وبیش می‌دانستم که در موزهٔ لندن، شوهای علمی اجرا می‌شود ولی نمونه‌هایش را ندیده بودم، تا این‌که آن‌جا با جنگ فیزیک یا شوهای علمی آشنا شدم و این‌که سیستم آموزشی در دانشگاه‌های دیگر به چه سمتی می‌رود. جرقه‌ای در ذهنم زد که این کار را با سناریوی متفاوت‌تر به موزهٔ خودمان بیاوریم، یعنی کمی عمومی‌تر کنیم و رشته‌های مختلف را هم کنارش بیاوریم.

در برنامه‌تان نیست که همکارانی از رشته‌های دیگر داشته باشید؟

من جنگ‌های شیمی را هم دیدم و تا حدی با بچه‌های شیمی آشنا شدم، زیست‌شناسی را هم دیدم، ریاضی تا حدی به فیزیک نزدیک‌تر است، ولی کار در شیمی کمی سخت است. به این دلیل که قرار است ما وسایل را دست بچه‌ها بدهیم که خودشان تنها امتحان کنند و باید امنیت‌شان هم حفظ شود. دیدن چیزهای هیجان‌انگیز با حس کردن و بوکردن‌شان فرق دارد، کلاً جامعهٔ ما بیش‌تر میل به دیدن دارد، اگر چنین چیزهایی در شیمی و زیست پیدا کنم واقعاً آن‌ها را به برنامه اضافه می‌کنم چون این جنگ فیزیک نیست، بلکه جنگ علمی است.

تنهااید یا همکارانی هم دارید؟

در آغاز همه گمان می‌کردند هزینه‌ها بالاست، کار سختی است، مقدمه‌چینی می‌خواهد. ولی واقعاً این‌طور نبود. یکی از مجریان جنگ فیزیک، که خیلی خوب کار می‌کرد، به موزه پیشنهاد داد به ازای هر اجرا یک میلیون تومان می‌گیرد و بالطبع سیستم اداری زیر بار چنین هزینه‌ای نمی‌رود. در جشنوارهٔ حرکت در دانشگاه شهیدبهشتی دیدم که بچه‌های فیزیک دانشگاه اصفهان و کاشان به‌صورت پراکنده همین کار را می‌کنند، یعنی یک کار را انجام می‌دهند و بعد رهایش می‌کنند. من برای کارمان به آن‌ها پیشنهاد دادم؛ آن‌ها هم آمدند. الان هر جنگ فیزیکی که در موزه اجرا می‌شود ۶۰ هزار تومان بیش‌تر برای موزه خرج ندارد و آن هم هزینهٔ مجری است.

دانشجوها در بخش جنگ موزه همکاری می‌کنند؟

بله، خود به خود همکاری‌ها گسترش پیدا کرد، بچه‌های دانشکده فیزیک تهران آمدند، انجمن علمی‌های مختلف اعلام آمادگی کردند، تا حدی با بچه‌های فیزیک دانشگاه شریف آشنا شدیم. خیلی از آن‌ها آمدند و جنگ اجرا کردند و خود من که ناظر برنامه بودم تأییدشان نکردم یا آزمایش‌های خوبی انتخاب نکردند و هزینه‌ای به آن‌ها پرداخت نشد. بنابراین یک گروه برای جنگ علم انتخاب شدند. در حال حاضر موزه با یک شرکت قرارداد بسته و به هزاران دلیل ما در موزه از هدفمان دور شدیم. بیش‌تر با بچه‌های دانشگاه اصفهان همکاری می‌کنیم. بچه‌های دانشگاه تهران هم خوب بودند اما تا حدی علمی برگزار کردند. به همه‌شان تأکید می‌کنم که این‌جا کلاس درس نیست، قرار نیست و نمی‌توانید در عرض ۴ یا ۵ دقیقه، مفاهیم علمی خوبی به آن‌ها یاد دهید. بچه‌ها آمده‌اند با علم تفریح کنند و همیشه می‌توان در کنار تفریح، چیزهایی هم آموزش داد و درک علمی بچه‌ها را بالا برد. یکی از همکاران خیلی خوبم، برادر کوچکم است که از مجری‌های ماست، خودش خیلی دوست دارد و بار اول می‌گفت باورم نمی‌شود که این بچه‌ها سر یک چیز خیلی بدیهی که هر روز با آن سروکار داریم این‌طور از شوق جیغ می‌کشند، ولی دیدمان با آن دید معمول فرق دارد و از یک زاویهٔ دیگر نگاه می‌کنیم.

شرکتی هست که دانشجوهای فیزیک بتوانند برای انجام این کار اقدام کنند و به استخدام آن درآیند؟

ما شرکت خاصی نیستیم ولی خب ایمیل من در اختیار بیش‌تر بچه‌ها قرار می‌گیرد که هرکسی با هر توانایی که دارد می‌تواند با ما ارتباط برقرار کند و در همین ارتباطات جایگاه خودش را مشخص می‌کند، که مثلاً می‌تواند در ساخت کمک کند یا در اجرا. بعضی قدرت تحلیل خوبی دارند و می‌توانند خیلی راحت بگویند که یک سری مباحث علمی چه‌طور بیان شود و در زمینهٔ سناریو نوشتن کمک کنند. در انتخاب درست، حتی بچه‌های دبستانی هم خیلی به ما کمک کرده‌اند. در آغاز خیلی به ما انتقاد می‌کردند ولی اگر به انتقادها ترتیب اثر بدهیم جایگاه خودمان را بهتر پیدا می‌کنیم. آبان ۹۱ نخستین جنگ فیزیک، در موزهٔ علوم و فن‌آوری، راه‌اندازی شد ولی تا اردیبهشت ۹۲ دیگر برگزار نشد. سپس روی روال افتاد و یک برنامهٔ نمونه در موزه‌های مختلف شد. تقریباً همه، موزهٔ علوم را، به جنگ فیزیکش می‌شناختند و حتی می‌گفتند موزه را نمی‌بینیم، برایمان جنگ فیزیک بگذارید. این‌کار با هم‌دلی بچه‌ها انجام شد و اگر جا خالی می‌کردند، من به تنهایی از عهدهٔ چنین کاری برنمی‌آمدم. بدون هیچ‌گونه پشتوانهٔ مالی همه کمک کردند و از جان و دل مایه گذاشتند، وقت گذاشتیم و به این‌جا رسیدیم.

کسی هست که بگوید چرا جنگ؟ چرا چیزی که قرار است مردم با آن تفریح کنند و لذت ببرند سرگرمی و بازی باشد؟

فرق کشورهای پیشرفته با ما این است که آن‌ها علمی زندگی می‌کنند. همه از آب و گاز، سیستم گرمایشی و سرمایشی، استفاده می‌کنیم، ولی وقتی این فرهنگ به خانواده‌ها می‌آید که بدانند استفادهٔ زیاد از یک چیز، دلیل بر ثروتمند بودن نیست، بلکه باید درست استفاده کرد. اگر در جامعه همه دیپلم داشته باشند ولی درک علمی از زندگی داشته باشند، راحت‌تر می‌توانند زندگی کنند و حتی از وسایلی که دارند بهتر استفاده کنند. وقتی علم وارد زندگی شود خود به خود سطح فرهنگ کشور بالاتر

می‌رود، آن وقت دیگر نیازی به فرهنگ‌سازی برای بهینه‌سازی مصرف نیست، همه از منابع طبیعی و محیط پیرامون درک پیدا می‌کنند.

و این سرگرمی و بازی‌ها به این هدف نزدیکمان می‌کند؟

خیلی. در آینده تأثیرگذار است. بچه‌هایی که چند سال پیش در برنامه‌های ما بودند اکثراً در اولین واکنش می‌گفتند می‌خواهیم فیزیک بخوانیم، ولی من می‌گفتم الزاماً فیزیک نخوانید، در همهٔ رشته‌ها جذابیت هست، دنبال جذابیت‌هایی بروید که شما را به سمت خودش بکشاند یا درونتان را کشف کنید. به نظرم موفق بوده، احساس کردم بچه‌ها به محیطی نیاز دارند که راحت حرف بزنند، حتی اگر غلط حرف بزنند. این شهامت در آن‌ها به‌وجود می‌آید که صحبت کنند و از وسایلشان استفاده کنند. مثلاً در همین آزمایش رد شدن از کاغذ، اول که کاغذ را دست بچه‌ها می‌دادیم می‌ترسیدند، ما برای صرفه‌جویی از روزنامه باطله استفاده می‌کردیم و می‌گفتیم اصلاً مهم نیست که پاره شود، ولی جرأت نداشتند جلوی اولیای مدرسه این کار را بکنند. حالا به جایی رسیده‌ایم که بچه‌ها وارد سالن تمیز برج میلاد می‌شوند و هنگام رفتنشان دیگر قابل کنترل نیستند. ما این را می‌خواهیم؛ که در اصل خودشان را پیدا کنند و دیگر اسیر موبایل و تکنولوژی و بازی‌هایی نشوند که از هم دورشان می‌کند.

جنگ فیزیک در اصل یک برنامهٔ شاد علمی است که هیجانات علمی را با وسایل کاملاً ساده، به نمایش درمی‌آورد، شاید شما هیچ چیز خارق‌العاده‌ای نبینید، وسایلی که شاید هر روز با آن سروکار داریم؛ مثل این‌که چه‌طور یک لیوان آب را برعکس کنیم که آب آن نریزد یا مواردی از قوانین فشار.

جدا از شهر علم و به‌طور مستمر برنامه دارید؟ روزهای خاصی در هفته هست که اجرا کنید؟

الان بیش‌تر برای مدارس اجرا می‌شود. داریم دنبال یک جای ثابت می‌گردیم. مشکل برج میلاد این است که جای ثابت به ما نمی‌دهد چون اکثراً هزینه‌بردار است و یک مترش را با هزار منت به کسی می‌دهند. دنبال این هستیم که در یک جای ثابت باشیم و فعالیت‌هایمان با عنوان یک نام خاص شناخته شود و همه بتوانند استفاده کنند و سعی داریم به حدی از خودکفایی برسیم که حتی بدون هزینه بیایند. هرقدر بدون هزینه باشد ما به هدفمان نزدیک‌تر می‌شویم. مرکز ستاره‌شناسی تهران برای دادن جا به ما اعلام آمادگی کرده، ولی باز حس می‌کنم آن‌جا برای ما ثابت نیست چون متعلق به مرکز است و خودشان برنامه‌های خاص خودشان را دارند. دنبال جایی هستیم که مختص این کار باشد، یعنی همه به نام این کار آن را بشناسند.

بازی و سرگرمی‌ها را خودتان با گروه خودتان طراحی می‌کنید؟

راستش هنوز به این‌جا نرسیده‌ایم، دنبال این هستیم که بازی‌های مختلف را بیاوریم، بازی‌های علمی که در جامعهٔ ما هست ولی شناخته شده نیست، و سی دی آموزشی یا منبعی از جنس کتاب یا اینترنت در اختیار علاقه‌مندان بگذاریم. خانواده‌ها از این بازی‌های دورهمی دور شده‌اند. ما ماروپله و منچ و یک‌قل دوقل بازی می‌کردیم که یک جمع تعاملی بین همه خانواده بود، بازی‌های ما همان حالت را به سبک بچه‌های امروز پیاده می‌کند. ما زمانی خودمان را با ۵ سنگ سرگرم می‌کردیم ولی این یک واقعیت است که بچه‌های امروز با ۵ تا سنگ سرگرم نمی‌شوند و جذابیتی برایشان ندارد. این بازی‌ها امروزی‌تر و مدرن‌تر و شیک‌تر است، همه خوششان می‌آید بازی کنند.

منظورم آزمایش‌هایی بود که در شوی فیزیکی‌تان دارید.

در شوی فیزیکی‌مان سعی کرده‌ایم آزمایشاتی را انتخاب کنیم که وسایلش در دسترس همهٔ خانواده‌ها باشد و این‌طور نباشد که خانواده‌های خاصی دسترسی پیدا کنند، می‌خواهیم به سمتی برویم که اگر کسی فرصت نکرد جنگ شگفتی‌های علم را ببیند، سی دی آموزشی‌اش را بدهیم تا در خانه اجرا کند. البته باید اول نتیجه را به خانواده‌ها نشان داد تا با دیدن نتیجه، از آن استفاده کنند و این سی دی‌ها به گوشه‌ای نیفتد. تقریباً همهٔ وسایل آزمایش در دسترس همه هست، یعنی این نیست که وسایل خاص یا چیزهای شگفت‌انگیز بخواهد.

منظورتان این است که می‌توانند طراحی هم پیشنهاد دهند؟

بله، وقتی همکاری‌مان با بچه‌های دانشگاه تهران جدی‌تر شد، پیشنهاد دادم که سناریوی موضوعی خوب به من بدهند. یکی از همکارانم کتابی ترجمه کرده که سناریوی برنامه‌های یکی از موزه‌های آمریکا و خیلی جذاب است. آزمایش جدا کردن نمک و فلفل با استفاده از بادکنک، از آزمایش علم در آشپزخانهٔ همان سناریو بیرون آمده است. به بچه‌ها پیشنهاد دادم، ولی چون آگاهی نداشتند سناریوهای بی‌ربطی تحویل دادند که عموماً هزینهٔ تهیهٔ وسایلش بالا بود. با وجود آن‌که گفتم قرار نیست وسیلهٔ خاصی ساخته شود و باید با همان چیزهایی که داریم بهترین بازخورد را داشته باشیم و چیز دور از ذهنی برای بچه‌ها نباشد. یک بادکنک همیشه یک بادکنک است و همه‌جا در دسترس است. ولی کمی ناموفق بود، بچه‌ها از ذهنشان کمک نگرفتند که سناریوسازی کنند. مدام فکر می‌کنم که خودمان این کار را انجام دهیم و قوانین علمی را در آزمایش‌هایی بیاوریم که خودمان هر روز با آن سروکار داریم.

اول که به این طرح فکر می‌کردم، حتی به این قیمت بود که

شاید مجبور باشم دست خالی از موزهٔ علوم بیرون بروم. جاهایی بود که تمام حقوقم را برای این کار می‌دادم، برایم مهم نبود ضرر کنم. این دید در همکارانم هم بود. امروز فکر می‌کنم اگر این گذشت نبود و حساب کتاب مالی در آن بود، این بچه‌ها این‌طور نبودند. کسانی که به پول خیلی فکر می‌کردند از گروه ما بیرون رفتند، اول راه، جز ضرر چیزی نداشت، هم وقت و هم پولمان را گذاشتیم.

در اجرای اول ما در برج میلاد، به‌خاطر اجرای بد مجری کم تجربه‌مان، در مقابل هزار نفر، مدیریت برج ما را شماتت کرد. از صفر یا حتی از منفی، بلند شدن کار سختی است. ولی اشتیاق بچه‌ها و یادگیری حتی یک کلمه، در بین همان‌هایی که با ما سروکار داشتند ارزشمند بود و به من انرژی می‌داد. تمام انرژی من از دیدن ذوق بچه‌ها موقع یادگیری می‌آمد.

به نظر می‌رسد بازدیدکننده‌ها مقطعی هستند. می‌آیند، درگیر می‌شوند و می‌روند. به این فکر نکرده‌اید که آن را مداوم و مستمر کنید.

ما تنها می‌خواهیم جرقه بزنیم و برویم. قصدمان آموزش گام به گام نیست بلکه تنها تلنگری برای خودباوری هر فرد است. به این فکر کردیم که کلاس‌های کارگاهی بگذاریم. کتاب فیزیک مدارس را بررسی کردیم و سعی کردیم متناسب با آن پیش برویم. طوری که فکر نکنند دارند آزمایش‌های تکراری می‌بینند. آزمایش‌های متناسب، با مقطع سنی عوض می‌شود. برای جمع خانوادگی یک سری آزمایش، برای بچه‌ها یک سری، برای دبیرستانی‌ها و دانشگاهی‌ها هم یک سری جداگانه طراحی شده که همه را جذب کنیم، و مختص یک گروه سنی نباشد. بالطبع تغییر دادن را آغاز کردیم. هرچه به نسبت سن، درک و فهمشان از مباحث علمی بیش‌تر می‌شود بیش‌تر درگیرشان می‌کنیم. نقطه ضعف جُنگ فیزیک نسبت به جُنگ‌های علمی که برگزار می‌شد این بود که بچه‌ها دوست دارند دست بزنند. مثلاً آزمایش ارلنی، که با ورود دست، به دلیل ایجاد خلأ، تخم‌مرغ برعکس می‌شود، اگر دست خود بچه باشد و ببیند که خودش هم می‌تواند انجام دهد، لذت‌بخش‌تر است. در برج به این سمت رفتیم که دست خودشان بدهیم و بگوییم حالا تجربه کنید. هزینه داشت و برای پرداخت به برج، گاهی به صفر می‌رسیدیم ولی باارزش بود و بازخورد خوبی داشت.

آینده این کار را چه‌طور می‌بینید؟

آرزو می‌کنم روزی یک شهر علم واقعی در کشور داشته باشیم در تمام استان‌ها، و همه یاد بگیرند، حتی افراد مسنی که فکر می‌کنند برای یاد گرفتنشان خیلی دیر شده است. دیشب پدربزرگی برای نوه‌اش به دنبال ژیروسکوپ آمده بود، چیزی که به لحاظ پایستگی و تکانهٔ زاویه‌ای درکش خیلی سخت است و من هم که همان سال اول فیزیک آن را خوانده‌ام در مباحث علمی به سختی آن را حل می‌کنم ولی وقتی این پدربزرگ خودش متوجه شد و یاد گرفت، آن‌قدر مشتاق شده بود که بیش‌تر خودش بازی می‌کرد تا نوه‌اش. من گاهی به مادربزرگم هم یاد می‌دهم. خیلی کارها را همهٔ ما خود به خود، مدام انجام می‌دهیم ولی وقتی دلیلش را بدانیم خودمان اصلاحش می‌کنیم.

می‌دانید مرز این کار با شعبده‌بازی خیلی باریک است، به محض درک قانون، دیگر این کار شعبده نیست، مثل شعبده‌بازی که دستش رو شده است. شما در این‌جا فقط اجازه می‌دهید با جذابیت روبه‌رو شود و خودش تجربه کند یا بچه از شما دلیل می‌خواهد و در نهایت شما علت را توضیح می‌دهید؟

دو مدل کار می‌کنیم، گاهی یک نفر کار خارق‌العاده‌ای انجام می‌دهد و مجری تأکید می‌کند هر چیزی که با چشم می‌بینید. باور نکنید، یا از زاویه دیگر هم ببینید. آزمایشی انجام می‌دهد و از هر کس دلیل می‌خواهد، بعد خودشان دلایلشان را قضاوت می‌کنند در اصل فرضیه می‌گویند بعد خودشان رد می‌کنند و خیلی کوتاه به نتیجه می‌رسند. یاد می‌گیرند حرف بزنند به حرف آوردنشان کار خیلی سختی است شاید چیزی بگویند که از بنیان اشتباه است، ولی وقتی بچه‌ها می‌شنوند و خودشان هم‌دیگر را قضاوت می‌کنند خوب پیش می‌رود.

در مدل دیگر می‌گوییم می‌توانید به خانه بروید و کار خارق‌العاده‌ای انجام دهید و جمع خانواده را متوجه خودتان کنید. امروزه به دلیل مشکلات، خیلی اوقات در خانواده‌ها بچه‌ها دیده نمی‌شوند و گاهی هم از آن طرف می‌افتند و آن‌قدر دیده می‌شوند که آزادی‌شان گرفته می‌شود. می‌گویند به خیلی چیزها دست نزنید مثل کبریت. من به آن‌ها می‌گویم موقع خوردن شام با یک قاشق، چنگال و لیوان این کار را انجام دهید و سعی کنید این‌جا درست یاد بگیرید تا به خانواده‌تان هم درست یاد دهید، بچه‌ها به سمتی می‌روند که نظریه می‌دهند و یاد می‌گیرند حتی اگر به قانونش فکر نکنند. شعبده هنری است که شما یک کاری را مخفیانه یا تند انجام می‌دهید ولی این چیزی است که همه بچه‌ها می‌توانند انجام دهند، ما بچهٔ معلولی داشتیم که توانسته این کارها را انجام دهد و خندهٔ حاصل از موفقیتش، برای من خیلی قشنگ بود. امیدوارم روزی بیاید که بچه‌های ما قربانی سیستم آموزشی کشورمان نشوند. وجود کنکور و سبک یادگیری ما با کشورهای دیگر فرق دارد اما دلیل بر این نیست که در جایی که می‌توانند فکر کنند و ایده بدهند محدود شوند. من هنوز فرضیه‌های بچه‌های منطقه ۱۸ را دارم و می‌خوانم و ای‌کاش توانسته بودم از همه‌شان بگیرم. این‌جا در برج، در هر سانس ۹۰ نفر می‌آیند، خیلی تلاش کردم قیمت بلیت برج، برای بازدید مدارس پایین بیاید، ولی خب به‌خاطر مقاومت این‌ها، سعی می‌کنیم آن را به مدارس ببریم و با تبلیغات خودمان را بشناسانیم.

یعنی داخل مدارس بروید؟

بله، این کار در برنامه‌مان هست. ولی رفتن به مدارس هم یک سری محدودیت دارد. باید برای مدارس پسرانه گروه آقا و برای مدارس دخترانه گروه خانم بفرستم. به حریم مدرسه هم باید احترام گذاشت. نیروها کم بودند ولی الان به حد نرمال رسیده‌اند، آموزش هم دیده‌اند. بسیار مهم است که بچه خسته نشود و آن‌قدر جذاب باشد که حواسش پرت دور و بر نشود. برنامه‌هایمان بین ۳۰ تا ۴۵ دقیقه است، چون حوصلهٔ بچه همین‌قدر بیش‌تر نیست. شاید بزرگ‌ترها ظرفیت‌شان بیش‌تر باشد ولی این به بعد از ۴۵ دقیقه موکول می‌شود.

این صفحه در مجله با این هدف ایجاد شد که دانشجویان فیزیک بدانند لازمهٔ یافتن شغل، این نیست که حتماً ارشد و دکترا بخوانند، با کارشناسی هم امکان کار هست. تاکنون هم با دانش‌آموخته‌های فیزیکی مصاحبه کرده‌ایم که معمولاً کارآفرینی کرده‌اند و جذب یک سیستم پیش‌ساخته نشده‌اند و قدم‌به‌قدم خودشان کارشان را ایجاد کرده‌اند، و شاید یک علتش نوپا بودن کشور ماست. چه‌قدر فکر می‌کنید کار شما در سراسر کشور بتواند دانش‌آموختگان فیزیک را به اشتغال بگیرد، یعنی رزومه بفرستند، آموزش ببینند و مشغول کار شوند.

در این‌جا دوست دارم خاطره‌ای از سخت‌ترین روزهای دانشگاهم بگویم. ترم اول دانشگاه، مشکلی برای ما پیش آمد که به ریاست دانشگاه و خبرگزاری‌ها هم رسید. در سالن همایش، رییس دانشکده گفت که من نمی‌توانم کاری برایتان انجام دهم و همان حرف باعث شد من که یکی از معترضان شدید بودم، همان لحظه سالن را ترک کنم. وقتی دوستم اعتراض کرد گفتم وقتی او نمی‌تواند کاری برای ما انجام دهد، باید خودمان برای خودمان کاری بکنیم. واقعیت این است که سیستم کاری کشور ما، برای بچه‌های علوم پایه، نمی‌تواند کاری انجام دهد. اگر خودمان دلمان برای خودمان نسوزد هیچ‌کس نیست که دلش برای ما بسوزد. پس بهترین کار این است که خودمان راه را پیدا کنیم و همه این قدرت را داریم که راهمان را پیدا کنیم، به شرط این‌که بخواهیم و توانایی نجات را در خود ببینیم. من پس از فارغ‌التحصیلی، مدت‌ها بیکار بودم و تدریس خصوصی می‌کردم که بعضی از آن‌ها واقعاً فی‌سبیل‌الله بود. ولی مسأله مالی برایم مهم نبود، شاید چون احتیاج نداشتم؛ از یادگیری آن بچه بیش‌تر لذت می‌بردم. زمانی به این نتیجه رسیدم که باید استقلال مالی پیدا کنم و کاری خیلی بی‌ربط، در یک شرکت خیلی بی‌ربط نسبت به رشته‌ام، پیدا کردم و هم‌چنان فکر می‌کردم که باید خودم را از این وضعیت نجات دهم. شاید آن‌جا هم چیزهایی آموختم، ولی هم‌چنان فکر می‌کردم باید خودم را نجات دهم، و شانسم این بود که به موزه آمدم. هرچند خودم این را شانس نمی‌دانم. قرار نیست که این‌جا بنشینیم تحقیق و پژوهش کنیم که نتیجه‌اش برود در یک قفسه، خاک بخورد. شاید یک روزی، کسی بفهمد ما چه‌کار کرده‌ایم. حتی پدر مادر که دل‌سوزترین آدم‌های دنیا برای ما هستند، شاید یک درصد درک کنند ما در چه شرایطی هستیم. این ماییم که درگیریم. ما بچه‌های علوم‌پایه سخت‌ترین درس‌ها را می‌خوانیم، در حالی که بعداً در جامعه، جایگاهی برایش نمی‌یابیم؛ ولی خودمان هستیم که می‌توانیم جای خودمان را در جامعه باز کنیم. اگر خودمان به فکر خودمان باشیم راهمان را پیدا می‌کنیم. خوبی کشور ما این است که در آن آن‌قدر کار نشده، که آدم خیلی کارها می‌تواند بکند. به قول یکی از استادانمان، در ایران کار نشدنی وجود ندارد. می‌توان همه کار کرد و نشدن معنی ندارد.

کارکنان شما چند نفرند؟

حدود بیست نفر و اکثراً رشتهٔ فیزیک هستیم. بعضی معماری‌اند. برادر خودم که از مجریان ماست رشته‌اش کاملا بی‌ربط است ولی خب توانایی‌هایشان به درد ما می‌خورد. برخی کار دومشان است.

بعضی‌ها نمی‌خواهند یا نمی‌توانند کارآفرینی کنند. می‌خواهند جذب یک سیستم از پیش تعیین‌شده بشوند البته نه به این معنی که در طول کارشان خلاقیت نداشته باشند، زنده ماندن هر کاری وابسته به خلاقیت‌هاست. پرسشم این است که بچه‌های فیزیک می‌توانند جذب سیستم شما شوند؟ گویا به گرفتن نیرو از بچه‌های فیزیک فکر نمی‌کنید.

من علتی که به دانشکدهٔ فیزیک دانشگاه تهران رفتم همین بود. چون نمی‌توانستم به تنهایی از صفر تا صد را انجام دهم. نیاز به جذب افرادی برای کمک داشتم و به انجمن‌های علمی دانشکده‌های فیزیک رفتم. اول به‌جای جنگ علمی، جنگ فیزیک برگزار شد و لذا به سمت این رفتم که از بچه‌های فیزیک نیرو بگیرم. خیلی خوب هم استقبال شد و برای هر برنامه از بین آن‌ها انتخاب می‌کردم. ولی خب، هرکس توانایی‌ای دارد، بچه‌های آن موقع، بیش‌تر توانایی ساخت و ایده‌پردازی داشتند و در اجرای روی سن، موفق نبودند. من با همه تعامل داشتم و خیلی بچه‌های فیزیک دل‌گرم شدند. گفتم خودتان فکر کنید و طرح بدهید و از آن دفاع کنید.

از نگاهتان به بیرون و رقابت‌های موجود بگویید.

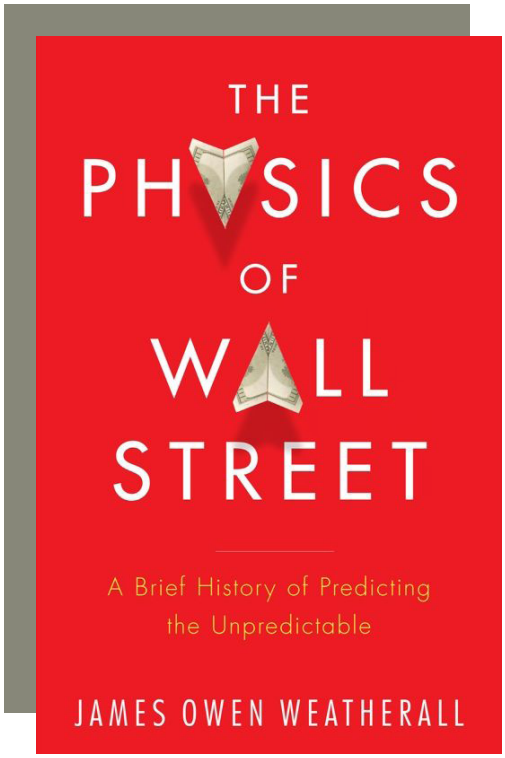
در ایران مشکل حضور شرکت‌هایی است که از جاهای مختلف حمایت می‌شوند و قصد صنعتی کردن این موضوع، و رقابت از این راه با ما دارند. شاید درست نباشد بگویم، اما کودکان را وسیلهٔ پول درآوردن خودشان می‌کنند و با فریب، وسایل بازی را به قیمت گزاف می‌فروشند. این‌ها برای آدم زمینهٔ ناامیدی می‌شود. احساسات انسان‌ها و به‌ویژه بچه‌ها، آن‌قدر پاک است که نباید دست‌خوش چنین چیزهایی شود. شرکت‌های مختلفی هستند که وسیله می‌سازند. کمی ناامیدکننده است، شاید اگر حمایت‌های صدا و سیما و تبلیغات نباشد شاید اصلاً دوام نیاورند. به نظر من نباید بچه‌ها را وارد این بازی کرد. خوبی سیستم آموزشی این است که کلاً از این دست‌بردها در امان است.

این‌ها در هر زمینه‌ای هست.

هست. ولی ناراحت‌کننده است. فرض کنید یک بسته‌ای که با دویست هزارتومان به یک مدرسهٔ بی‌بضاعت داده می‌شود که همان پول هم از بیت‌المال است را، صرف خرید یک چنین وسیله‌هایی بکنیم که یک روز یا یک ماه بیش‌تر کارایی ندارد.

درست است خیلی کار برای انجام دادن هست ولی همین دلایل باعث می‌شود خیلی‌ها دنبالش نروند. به‌هرحال خوبی‌ها و بدی‌هایی دارد.

گاهی که ما داریم چیزی به بچه‌ها یاد می‌دهیم، ناراحت‌کننده این است که پدر مادرها معیار برای آموزش فرزندانشان می‌گذارند. من موافق نیستم دست بچه بهانه‌گیر را باز بگذاریم ولی وقتی بچه‌ای تشنه آموزش است به او اهمیت ندهیم. پدر مادر حاضرند یک گوشی یا بازی گران‌قیمت برای بچه بخرند، اما پدری بود که علی‌رغم اصرار بچه‌اش حاضر نشد یک ساعت شنی با قیمت ناچیز را برایش بخرد. من خودم با هزینه خودم آن را به بچه هدیه کردم و گفتم لحظه‌هایی که اینجا داشتی را فراموش نکن. حس خوب لحظه‌ای که گریه‌هایش به خنده بدل شد با هیچ چیز عوض کردنی نبود.



The Physics of Wall Street

ابوالفضل رمضانپور
دانشگاه نیشابور

نام کتاب: The Physics of Wall Street: A Brief History of Predicting the Unpredictable
نویسنده: James Owen Weatherall
ناشر: Scribe Publications Pty Ltd, 9781922072252 (e-book.)

«خطر آنجاست که ما از ایده‌های فیزیکی استفاده کنیم اما فیزیکی فکر نکنیم.» (جمله‌ای از نویسندهٔ کتاب)

پس از بحران مالی اخیر در سال ۲۰۰۸ میلادی، که تعداد زیادی از بانک‌ها و اقتصادهای مهم جهان را به شدت تحت تأثیر قرار داد و پس لرزه‌هایش هنوز هم ادامه دارد، عده‌ای، انگشت اتهام را به‌سوی ریاضی و فیزیک‌دان‌هایی نشانه گرفتند که وارد بازار شده و با مدل‌های ریاضی خودشان، درک رفتار بازارهای مالی را بیش از اندازه پیچیده کردند. کتاب فیزیک وال استریت نوشتهٔ یک استاد فلسفهٔ علم، در دانشگاه کالیفرنیاست، که در آغاز بحران اقتصادی، دانشجوی سال آخر دکتری فیزیک بود و می‌خواست بفهمد که چرا باید فیزیک‌دان‌ها متهم به نقش داشتن، در بحران اقتصادی شوند، و چه‌طور شد که اصلاً پای فیزیک‌دان‌ها به علم اقتصاد و بازار وال استریت باز شد. در نتیجه، این کتاب بیش‌تر از این‌که در مورد بحران اقتصادی باشد، در مورد سرگذشت فیزیک‌دان‌هایی است که وارد بازارهای مالی شدند؛ و با بیان داستان تحول مدل‌های اقتصادی، تصویری ساده از روش کار این مدل‌ها به‌دست می‌دهد.

این کتاب هشت فصل اصلی دارد. هر فصل، داستان یک پیشرفت مهم در فهم ما از رفتار بازارهای مالی را بیان می‌کند، با محوریت یک یا چند شخصیت تأثیرگذار. کتاب با داستان کنجکاوی قماربازهای ایتالیایی و فرانسوی در قرن‌های شانزده و هفده میلادی، و فرمول‌بندی نظریهٔ آمار و احتمال آغاز می‌شود، و سپس به ارتباط حرکت براونی با مسألهٔ پیش‌بینی قیمت‌ها می‌پردازد. در فصل‌های دیگر کتاب می‌بینیم که چگونه مردم، در نیمهٔ دوم قرن بیستم، به اهمیت رویدادهای حدی و فرآیندهای دسته‌جمعی در بازار پی می‌برند، و به‌طور جدی، وارد بازی پیش‌بینی رفتار بازار می‌شوند. و در نهایت، کتاب با ایدهٔ استفاده از نظریه‌های پیمانه‌ای در به‌دست آوردن یک تعریف مناسب برای نرخ تورم، و نیاز به یک پروژهٔ بزرگ بین‌رشته‌ای، برای بازبینی در علم اقتصاد، به پایان می‌رسد.

این کتاب با زبانی ساده توضیح می‌دهد (در کنار خیلی چیزهای دیگر) که چگونه مردم، قدم به قدم، مدل‌های بهتری برای تابع توزیع احتمال قیمت کالا یا سهام به‌دست آوردند؛ این‌که شاگردان گیبس، چه نقشی در فرمول‌بندی علم اقتصاد داشتند، و چه‌طور جنگ جهانی دوم باعث توجه بیش‌تر به همکارهای بین‌رشته‌ای شد، چه‌طور هندسهٔ فرکتالی و رفتارهای غیرخطی وارد بازی شدند، و چگونه مطالعهٔ تَرَک‌ها در یک مادهٔ تحت فشار می‌تواند به پیش‌بینی بحران‌های اقتصادی کمک کند. دانشجویان ریاضی و فیزیک ممکن است نگران باشند که بعد از فارغ‌التحصیل شدن کاری از دست آن‌ها برنمی‌آید. این کتاب نمونه‌های زیادی می‌آورد که می‌توانند این نگرش را تغییر دهند و اعتماد به نفس این دانشجویان را بیش‌تر کند.

روی‌هم‌رفته، این کتاب نکته‌های علمی- تاریخی زیادی برای خواندن دارد. متن کتاب هم به اندازهٔ کافی جذاب نوشته شده، طوری که خواننده را وادار می‌کند هر فصل را در یک مرحله بخواند. و حتی ممکن است خواننده را وسوسه کند که او هم شانس اقتصادی خودش را در بازار امتحان کند!

Physics of Solar Cells

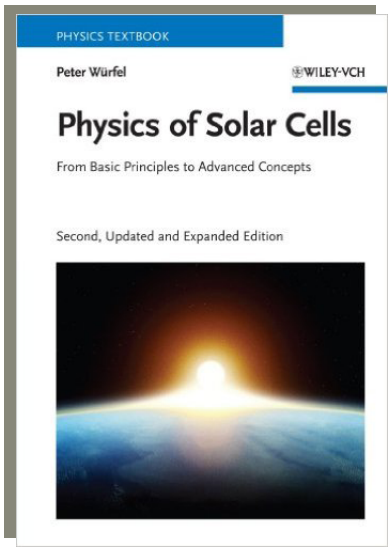
مهدی انصاری‌راد
دانشگاه صنعتی شاهرود

فیزیک سلول‌های خورشیدیِ برپایهٔ سیلیکون، در سال‌های گذشته تا حد زیادی شناخته شده است و از این رو پژوهش چندانی بر روی این سلول‌ها انجام نمی‌شود. اما با ظهور سلول‌های خورشیدی رنگ‌دانه‌ای، سلول‌های بر پایهٔ نقاط کوانتومی و نیز سلول‌های خورشیدی آلی، پژوهش در این حیطه دوباره بسیار فعال شده است.

برای آن‌هایی که در حیطهٔ سلول‌های خورشیدی فعالیت دارند، کتاب «فیزیک سلول‌های خورشیدی[۱]» کتابی شناخته شده است. هر چند با کمی جست‌وجو، با دو کتاب با این نام مواجه می‌شویم: مؤلف یکی جنی نلسون[۲] است و دیگری پیتر وُرفل[۳]. هر دو کتاب دارای ارجاعات بسیاری هستند. نلسون پژوهشگر بسیار معروفی در حیطهٔ سلول‌های خورشیدی است، اما کتاب ورفل، برای آن‌هایی که فیزیک بیش‌تری می‌طلبند احتمالا زیباتر و عمیق‌تر است. کتاب ورفل عبارت «از اصول اساسی تا مفاهیم پیشرفته» را نیز در ادامهٔ عنوان اصلی خود به دنبال دارد. کتاب در آغاز به زبان آلمانی نوشته شد، اما پس از استقبال از آن، نسخهٔ انگلیسی‌اش نیز ارائه شد. این کتاب برای دانشجویان سال آخر کارشناسی، دانشجویان تحصیلات تکمیلی و نیز علاقه‌مندانی که می‌خواهند در حیطهٔ سلول‌های خورشیدی و یا به‌طورکلی اپتوالکترونیک کار خود را آغاز کنند، بسیار مناسب است. در آخرین نسخه از کتاب (۲۰۰۹) مسائلی نیز در انتهای هر فصل گنجانده شده که به‌کارگیری کتاب را به عنوان یک متن درسی هموارتر می‌کند. این کتاب‌ها به زبان فارسی ترجمه نشده‌اند.

فصل اول کتاب، خواننده را با مسائل گریبان‌گیر جهان در زمینهٔ انرژی‌های فسیلی آشنا می‌کند. در حقیقت منابع انرژی فسیلی در طول میلیون‌ها سال، از فوتوسنتزِ با راندمان میانگین ۰٫۱٪ حاصل شده‌اند و جای‌گزینی آن‌ها به سادگی امکان‌پذیر نیست و از این‌روست که تجدیدناپذیر نامیده می‌شوند. از آن‌جا که ورفل اهل کشور آلمان است مثال‌هایی را از میزان مصرف انرژی‌های فسیلی و میزان اکسیژن مصرفی سالیانه در کشور آلمان ارائه می‌کند. مباحث این فصلِ کوتاه، لزوم توجه ویژه به سلول‌های خورشیدی، حتی برای کشوری چون آلمان که آفتابی با تابش مایل را دارد، روشن می‌کند.

ورفل اصرار فراوانی بر این نکته دارد که اصول عملکرد تمام انواع سلول‌های خورشیدی یکسان است: جذب فوتون و تولید الکترون- حفره، جداسازی الکترون و حفره از هم، و در نهایت



ترابرد الکترون و حفره به سمت مدار خارجی؛ و این‌که تفاوت سلول‌های خورشیدی مختلف با هم، در حقیقت تفاوت در نحوه پیاده‌سازی این مراحل است. فصول کتاب و مباحث هر فصل نیز براساس این دیدگاه چیده شده‌اند. فصل دوم کتاب، خواص طیف تابشی رسیده از خورشید به زمین را مورد بررسی قرار می‌دهد. فصل سوم که به مفاهیم مربوط به نیم‌رساناها اختصاص داده شده، شاید مهم‌ترینِ فصل کتاب باشد. در ابتدای فصل خواننده می‌آموزد که اصولاً چرا نیم‌رساناها و نه فلزات باید برای پیاده‌سازی مراحل ذکر شده در بالا مورد استفاده قرار گیرند. تفاوت میان اختلاف پتانسیل الکتریکی و اختلاف سطح فرمی، مورد بحث قرار می‌گیرد و خواننده می‌آموزد که یک ولت‌متر واقعاً کدام کمیت را اندازه‌گیری می‌کند. مباحث این فصل در حقیقت بسیار گسترده‌اند: از مطالب مربوط به تولید و بازترکیب الکترون و حفره گرفته، تا نقش ناخالصی‌های نیم‌رسانا در نرخ بازترکیب. فصل‌های چهارم و پنجم نیز توضیح می‌دهند که چه بر سر الکترون و حفره‌ای که با جذب فوتون در یک نیم‌رسانا تولید شده‌اند، می‌آید. مفاهیم گفته شده در پنج فصل اول، در فصل ششم گردهم آورده شده، تا ساختار کلی یک سلول‌خورشیدی ارائه شود. نسخهٔ اولیهٔ کتاب، فقط شامل سلول‌های خورشیدی بر پایه پیوندگاه پی- ان و نیز سلول خورشیدی رنگ‌دانه‌ای بود. اما در نسخهٔ آخر، مباحث مربوط به ساختار سلول‌های خورشیدی آلی و دیودهای نور-گسیل نیز در کتاب گنجانده شده است.

حقیقت این است که فیزیک ادوات اپتوالکترونیکِ نوظهور، بسیار با الکتروشیمی و شیمی- فیزیک آمیخته است. کتاب ورفل به این مباحث نمی‌پردازد. کتاب «دینامیک شیمیایی در فاز چگال[۴]» اثر آبراهام نیتزان کتابی مناسب (البته حجیم!) برای پوشش مباحث گفته شده است.

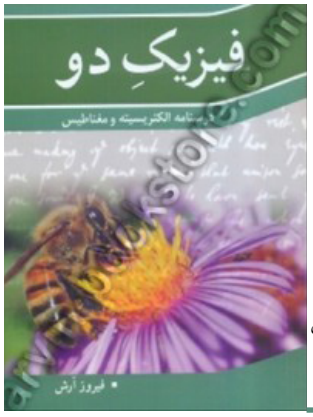
۱ (The) Physics of Solar Cells
۲ Jenny Nelson
۳ Peter Wurfel
۴ Chemical Dynamics in Condensed Phases (by Abraham Nitzan)

نقد و بررسی

فیزیک دو

درسنامهٔ الکتریسیته و مغناطیس

امیرقلعه
دانشگاه تفرش



نام کتاب: نقد و بررسی کتاب فیزیک دو درسنامهٔ الکتریسیته و مغناطیس
تألیف: فیروز آرش
ناشر: نوپردازان

نگارش یک کتاب با موضوع فیزیک پایه دشوار است. چون علاوه بر چیرگی نویسنده بر موضوع کتاب، ناشر باید خود را آمادهٔ شکست احتمالی در مقابل کتاب فیزیک هالیدی کند. احتمالاً این دشواری در ایران بیش‌تر است. از یک طرف برنامهٔ راهنمای آموزش فیزیک عمومی، که در ایران اعلام شده، به نوعی رونوشت از فصل‌های کتاب فیزیک هالیدی است. از طرف دیگر زبان فارسی متهم به نداشتن زیر ساخت لازم برای یک زبان علمی است.

نگارنده برای مشکل اول راه حلی نمی‌شناسد. اما نثر پاکیزهٔ کتاب فیزیک دو نشان می‌دهد که شایسته نیست تنبلی ذهن را با تنبلی زبان یکسان پنداشت.

کتاب فیزیک دو، دارای شانزده فصل و یک پیوست است. هفت فصل نخست به بحث الکترواستاتیک اختصاص داده شده و در فصل هشت مبحث جریان و مقاومت به خواننده معرفی می‌شود. نویسنده کتاب، تبدیل‌های لورنتس را به‌صورت یک پیوست برای خواننده فراهم آورده است. هم‌چنین با توجه به بودن یک بخش با عنوان پاسخ مسأله‌های پایان فصل، خواننده کتاب می‌تواند شیوهٔ حل مسائل را ارزیابی کند. در پایان هر فصل، بخش کاربردهای عملی آورده شده که خواندن کتاب را دل‌پذیر می‌کند. هم‌چنین نوآوری نویسنده در گنجاندن برنامه‌های Mathematica برای برخی از مثال‌های کتاب، و آزمون‌های کوتاه و چند گزینه‌ای، ستودنی است. قطع کتاب مناسب و روابط ریاضی با پس‌زمینهٔ خاکستری نشان داده شده‌اند.

کتاب آشکارا نخبه‌پسند است و توانایی مدرس در نوع درس دادن و دانشجو در نوع خواندن را به چالش می‌گیرد. نویسندهٔ کتاب در به‌کارگیری عملگرهای ریاضی، مانند تاو و دیورژانس تردیدی ندارد. باید توجه داشت که در کتاب فیزیک یک از همین نویسنده، شیوه تعریف و به‌کارگیری این‌گونه عملگرها گفته شده است. اما تجربهٔ من در تدریس این درس نشان می‌دهد که بهتر است در دو جلسهٔ ابتدای ترم، بحثی به عنوان پیش‌نیاز ریاضی در نظر گرفته شود؛ در این دو جلسه، دستگاه‌های مختصات و انواع سطوح و المان‌های خط و سطح به دانشجو گفته شود. اضافه شدن این بحث به عنوان یک پیوست، در ویرایش‌های بعدی کتاب، تدریس کتاب را آسان‌تر خواهد کرد.

سلیقهٔ نگارنده، تدریس قانون گاوس پس از قانون کولمب است. اما نویسندهٔ کتاب، پس از قانون کولمب بحث پتانسیل الکتریکی و انرژی پتانسیل الکتریکی را مطرح کرده است و گفته است خوش‌بختانه در هنگام تدریس این کتاب، مشکلی در جابه‌جایی این فصل‌ها نداشتم و سلیقهٔ خود را اعمال کردم.

در کتاب مباحث پیشرفته‌ای مانند معادلهٔ لاپلاس و پتانسیل‌برداری نیز به عنوان مباحث اختیاری معرفی شده‌اند. اما نویسنده حل و بررسی معادلهٔ لاپلاس را به درس الکترومغناطیس واگذار کرده است. به نظر می‌رسد که می‌توان چند بحث دیگر در کتاب را به عنوان بخش‌های اختیاری در نظر گرفت. از جمله کشش و فشار الکتریکی در فصل چهار و قضیهٔ تونین در فصل هشت.

میدان مغناطیسی در فصل نه گفته شده و به نظر من، بحث مربوط به گشتاور وارد به حلقهٔ جریان بهتر از کتاب فیزیک هالیدی مطرح شده است. می‌توان پیشنهاد گرافیک بهتر در این بخش و کل کتاب را مطرح کرد، اما قیمت تمام شده کتاب را نیز باید در نظر گرفت.

فصل پانزده به معادله‌های ماکسول و امواج الکترومغناطیس اختصاص داده شده است. از نظر سلیقه، تدریس این بخش، به‌صورتی که در کتاب مطرح شده، را دشوار یافتم. به نظر اینجانب، معرفی معادله‌های ماکسول، جریان جابه‌جایی و اثبات عمود بودن موج الکتریکی بر موج مغناطیسی برای یک درس مقدماتی کافی است.

کتاب فیزیک دو را می‌توان یک مخزن باارزش از مسأله‌های الکتریسیته و مغناطیس در نظر گرفت که حل هر کدام نکته جالبی را روشن می‌کند.

ساخت حسگر کرنش
با استفاده از ساختارهای اکسید گرافین کاهش‌یافته

یاسر عبدی
دانشکدهٔ فیزیک، دانشگاه تهران

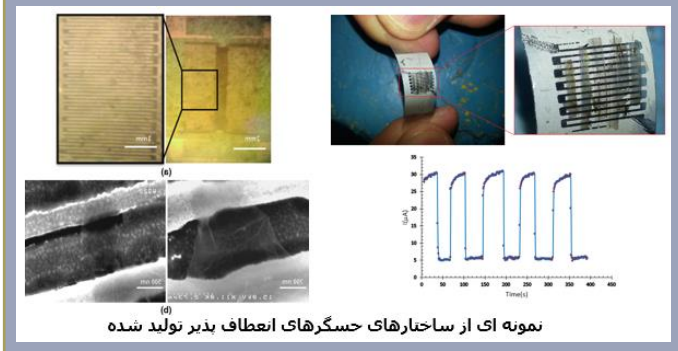
بررسی اثر تنش و کرنش، بر خواص الکتریکی لایه‌های گرافین، همواره مورد توجه محققان در این حوزه بوده و هست. مقالات متعددی وجود دارند که با استفاده از مدل‌هایی بر مبنای استفاده از روش‌های تابع گرین، نظریهٔ تابعی چگالی و تقریب بستگی قوی نشان داده‌اند که رسانندگی گرافین، در اثر تنش و کرنش، می‌تواند تغییرات زیادی داشته باشد. هم‌چنین در نانونوارهای گرافین، این تغییرات، در حد تغییر در گاف نواری این ساختارهاست. تولید لایه‌های گرافین در عمل، به روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد که در آن، تک‌لایه یا چندلایهٔ گرافین، یا اکسید گرافین و یا اکسید گرافین کاهش‌یافته، به‌دست می‌آید. به تازگی تکنیکی را به‌کاربرده‌ایم که می‌تواند نانومش‌های اکسید گرافین کاهش‌یافته و نانونوارهایی از گرافین در بستر اکسید گرافین ایجاد کند [۱-۴].

برای ساخت نوعی حسگر کرنش بر مبنای ساختارهای گرافینی تولیدشده، اثر کرنش را بر خواص الکتریکی لایه‌های به‌دست آمده، مورد بررسی قرار دادیم. اندازه‌گیری‌های ما نشان می‌دهد که ساختارهای نانومتری (نانومش‌ها و نانونوارها) اکسید گرافین کاهش‌یافته، پاسخ به مراتب بهتری از لایه‌های گرافین دارند. نتایج این اندازه‌گیری‌ها ثابت می‌کند که تغییرات در رسانندگی این ساختارها، بیش از دو برابر ساختارهای گرافین خالص است. مطالعات ما نشان می‌دهد که دلیل این افزایش، برای محدود شدگی کوانتومی ساختارهای نانومتری گرافینی است.

با به کارگیری این ساختارها، در ساخت حسگر کرنش، به بررسی تأثیر تعداد لایه‌ها، بر حساسیت حسگرهای ساخته شده پرداختیم. جالب توجه آن است که با افزایش تعداد لایه‌ها تا حدود ۵ لایه، حساسیت بیش‌تر می‌شود. و پس از آن کم‌تر می‌شود. بررسی‌های میکروسکوپی نانوساختارهای اکسید گرافین کاهش‌یافتهٔ به کاربرده در این حسگرها، نشان می‌دهد که چندلایه‌های گرافین، که در این روش به‌دست می‌آیند نانولایه‌هایی هستند که به‌طور به‌هم پیوسته‌ای، در کنارهم و روی‌هم قرار می‌گیرند و چند لایه‌ها را تشکیل می‌دهند. در برخی مواقع نیز، چین‌خوردگی‌هایی در بین لایه‌ها به‌چشم می‌خورد. این بررسی نشان می‌دهد که اثر کرنش، بر رسانندگی لایه‌های گرافین، نه تنها به تغییر در ثابت‌های شبکه در ساختار مربوط است، بلکه به تغییر مورفولوژی و چینش لایه‌ها نیز مربوط است. اعمال تنش و کرنش در این نوع ساختارها، که ترابرد الکترون در آن‌ها، مبنای تونل‌زنی الکترونی دارد، باعث می‌شود که تغییرات در رسانندگی بسیار بالا باشد.

بر مبنای همین حسگرهای کرنش که به ثبت اختراع ملی انجامیده است [۵]، ما توانسته‌ایم فشارسنج‌ها و ترازوهای دقیق آزمایشگاهی بسازیم که به‌زودی به بازار خواهد آمد.

[1] J Nanopart Res (2014) 16:2308
[2] Current Applied Physics 14 (2014) 227e231
[3] Current Applied Physics 14 (2014) 1498e1503
[4] Sensors and Actuators B 195 (2014) 92– 97
[5] Patent number; 139350140003008039



نمونه ای از ساختارهای حسگرهای انعطاف پذیر تولید شده

تعادل جهش- انتخاب در گراف‌های تکاملی

صدیقه یعقوبی؛ حسنی یوسفی؛ کیوان آقابابایی سامانی
دانشکدهٔ فیزیک، دانشگاه صنعتی اصفهان

دینامیک تکاملی، اصول ریاضی‌ای را نشان می‌دهد که با توجه به آن‌ها، زندگی تحول پیدا می‌کند. فرمول‌بندی کلی نظریهٔ تکامل و بسیاری از اولین تحقیقات در چند صد سال اولیه، در ارتباط با تکامل ژنتیک و سازگاری گونه‌ها بود. اما اخیراً تکامل به همهٔ حوزه‌های بیولوژی و بسیاری از حوزه‌های دیگر گسترش یافته است. هرجا اطلاعات بازتولید می‌شود، تکامل وجود دارد. جهش‌ها، با خطاهایی در انتقال اطلاعات به وجود می‌آیند. انتخاب وقتی وجود دارد که برخی اطلاعات، سریع‌تر از برخی دیگر، بازتولید شوند. این‌جاست که پارامتری به‌نام برازش مطرح می‌شود که در واقع نرخ تولیدمثل یک گونه را، نسبت به گونه‌ای با کم‌ترین نرخ تولیدمثل در همان جمعیت، نشان می‌دهد. جهش و انتخاب، تکامل را تشکیل می‌دهند. جهش و انتخاب می‌توانند به‌وسیلهٔ معادلات ریاضی دقیق شرح داده شوند. بنابراین تکامل به‌صورت یک نظریهٔ ریاضی درآمده است. دینامیک تکاملی عموماً در جمعیت‌های همگن بررسی شده است، اما مطالعهٔ دینامیک تکاملی روی گراف‌ها و جمعیت‌های ساختاریافته اولین بار به‌وسیله لیبرمن انجام شد[۱]. در این مطالعه هر رأس نمایندهٔ یک فرد است و افراد می‌توانند نوزاد خود را در رأس‌های همسایهٔ خود یعنی آن‌هایی که با یک یال به هم ارتباط دارند، قرار دهند.

فرآیند موران، یکی از ساده‌ترین مدل‌ها برای توصیف جمعیت‌های محدود است. در این فرآیند یک تولد و یک مرگ در هر گام زمانی وجود دارد. در هر گام زمانی، یک فرد با احتمال متناسب با برازشش، برای تولید مثل انتخاب می‌شود و نوزادش را به‌طور تصادفی جای‌گزین یکی از همسایه‌هایش می‌کند. در یک جمعیت با دوگونهٔ بدون جهش، یک فرد نوزادی از نوع خود تولید می‌کند. در جمعیتی همراه با جهش، فرد انتخاب شده با احتمال مشخصی نوزادی از جنس خود یا نوع دیگر تولید می‌کند. اگر در دینامیک علاوه بر تولید مثل، جهش نیز داشته باشیم ممکن است پس از مدتی، این گونه‌ها به یک تعادل برسند و پس از آن تغییری در فراوانی آن‌ها رخ ندهد. به این تعادل، تعادل جهش- انتخاب می‌گویند [۳،۲].در این مطالعه، ما به بررسی دینامیک تکاملی دو گراف کامل و ستاره در حالت با جهش، با استفاده از فرآیند موران می‌پردازیم، و بررسی می‌کنیم که در حالت تعادل، یعنی پس از یک زمان به اندازهٔ کافی طولانی، چه کسری از هر دو گونه باقی می‌ماند. برای این کار، هم از محاسبات عددی و هم از شبیه‌سازی استفاده شد. به ازای یک برازش معین، هرچه احتمال جهش افزایش می‌یابد، کسر گونه‌های جهش‌یافته، کاهش می‌یابد. دلیل این موضوع این است که چون برازش جهش‌یافته بیش‌تر است، با احتمال بیش‌تری برای تولیدمثل انتخاب می‌شود و هرچه نرخ جهش، بیش‌تر باشد گونه‌های جهش‌یافته، که برای تولیدمثل انتخاب می‌شوند، با احتمال بیش‌تری به گونهٔ مقیم تبدیل می‌شوند، پس در کل تعداد جهش‌یافته‌ها کم‌تر می‌شود. هم‌چنین دیده می‌شود که در نرخ‌های جهش کم‌تر از ۰٫۵، هرچه برازش بزرگ‌تر باشد کسر گونهٔ جهش یافته بیش‌تر است، زیرا هرچه برازش بزرگ‌تر باشد، گونهٔ جهش‌یافته با احتمال بیش‌تری تولیدمثل می‌کند و اگر نرخ جهش کم‌تر از ۰٫۵ باشد با احتمال کم‌تری به مقیم تبدیل می‌شود و با احتمال بیش‌تری جهش‌یافته باقی می‌ماند؛ اما اگر احتمال جهش بزرگ‌تر از ۰٫۵ باشد درست است که هرچه برازش زیاد باشد، جهش‌یافته با احتمال بیش‌تری تولیدمثل می‌کند، اما با احتمال بیش‌تری هم به مقیم تبدیل می‌شود. هم‌چنین در برازش ۱، کسر گونه‌ها در همهٔ نرخ‌های جهش برابر ۰٫۵ است، به دلیل این‌که هر دو گونه با احتمال یکسان انتخاب می‌شوند و همان‌گونه که مقیم به جهش‌یافته تبدیل می‌شود، جهش‌یافته هم به مقیم تبدیل می‌شود؛ پس درنهایت از هر دو گونه به‌طور مساوی وجود خواهد داشت. در احتمال جهش ۵،۰ بی‌توجه به برازش، کسر گونه‌ها برابر ۰٫۵است، زیرا در این حالت هرکدام از دو گونه انتخاب شود، با احتمال مساوی یا جهش‌یافته می‌شود یا مقیم. دیده می‌شود که صرف‌نظر از این‌که ثابت برازش و نرخ جهش چه باشند برای جمعیت‌های به اندازهٔ کافی زیاد، کسر گونه‌ها در دو گراف ستاره و کامل برهم منطبق هستند.

[1] E. Liberman, et.al; "Evolutionary Dynamics on Graphs"; Nature, VOL 433(2005),312-316.
[2] J. H. Gillespie; "Population Genetics: A Concise Guide"; The John Hopkins University Press. (2004)
[3] I. Gordo and F. Dionisio; "Nonequlibrium Model for Estimating Parameters of Deleterious Mutations "; Phys. Rev. E, 71(2005), 031907.

پاسخ پرسش‌های شمارهٔ قبل

پرسش: با کمک یک سنگ‌قلاب می‌توان سنگی به جرم ۲۵ گرم را با سرعتی در حدود ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت پرتاب و هدفی در فاصلهٔ ۲۰۰ متری را مورد اصابت قرار داد. درحالی‌که این کار با دست خالی ممکن نیست. چه‌طور قلاب‌سنگ می‌تواند چنین تکانهٔ زیادی به سنگ بدهد؟ سرعت نهایی سنگ پرتاب شده با قلاب سنگ به چه عواملی بستگی دارد؟ (این پرسش در جلسهٔ ۱۱۸ باشگاه فیزیک تهران مطرح شده است)

پاسخ: ما به‌وسیلهٔ قلاب‌سنگ می‌توانیم برای مدتی طولانی، به سنگ نیرو وارد کنیم؛ بدون آن‌که مجبور باشیم دستمان را با همان سرعت سنگ، حرکت دهیم! برای فهمیدن عمیق‌تر، بیایید سعی کنیم بهترین روش را برای پرتاب یک تکه سنگ با استفاده از نخِ قلاب پیدا کنیم. اگر همیشه نیرو را موازی با جهت حرکت سنگ وارد کنیم، یعنی سنگ را به دنبال دستمان بکشیم، سرعت دست ما، نخ، و سنگ، هرسه یکسان خواهند بود. این یعنی برای این‌که سنگ، به سرعت ۱۰۰ کیلومتر برساعت (حدودِ ۲۸ متر بر ثانیه) برسد، باید ما نیز دستمان را با همین سرعت، حرکت دهیم! بدن ما تحمل این‌که انتهای دستمان، یعنی مچ و انگشتان را، با چنین سرعتی بچرخانیم ندارد؛ با دویدن نیز نمی‌توانیم به چنین سرعتی برسیم.

راه‌برد دوم این است که، نخِ قلاب سنگ، همیشه بر مسیر سنگ عمود باشد (یعنی حرکت دایره‌ای). در این حالت هم نیروی ما نمی‌تواند موجب افزایش سرعت (مقدار سرعت) سنگ بشود. و به سرعت بالایی نمی‌رسیم.

اما وقتی با قلاب سنگ این کار را انجام می‌دهیم، بدون آن‌که فیزیک مسأله را بلد باشیم، نخ را در شرایط بین این دو حالت نگه می‌داریم. یعنی نخ، با جهت حرکت سنگ، زاویه‌ای مثلاً ۷۵، درجه می‌سازد. یعنی بخشی از نیروی ما در جهت سرعت سنگ است و موجب افزایش مقدار سرعت می‌شود. در حالی‌که هم‌زمان، به لطف حرکت دورانی نخ، دست ما با سرعتی به مراتب کم‌تر در حال حرکت است. به این شیوه می‌توانیم سرعت سنگ را به هر میزان که بخواهیم بالا ببریم. البته تاجایی‌که به‌خاطر سرعت بالای سنگ، نخ پاره نشود و مقاومت هوا نیز آن‌قدر افزایش نیابد که عملاً جلوی افزایش سرعتِ بیش‌تر را بگیرد! راستی فکر می‌کنید برای یک سنگ ۲۵ گرمی که با سرعت ۲۸ متر بر ثانیه حرکت می‌کند، مقاومت هوا حدوداً چه‌قدر خواهد بود؟

پاسخ پرسش‌های شمارهٔ قبل

پرسش: دیده شده که اگر دو ظرف کاملاً مشابه، یکی محتوی آب گرم و دیگری به همان اندازه آب سردتر را با هم در فریزر بگذاریم، در شرایطی و خلاف انتظار، آب درون ظرف گرم‌تر، پیش از آب درون ظرف سردتر یخ می‌بندد!!! البته در مواردی هم این اتفاق رخ نمی‌دهد! آیا می‌توانید توضیحی پیدا کنید که چرا آب گرم – که علی‌الاصول به زمان بیش‌تری برای سرد شدن و یخ‌زدن نیاز دارد – پیش از آب سرد یخ می‌زند؟

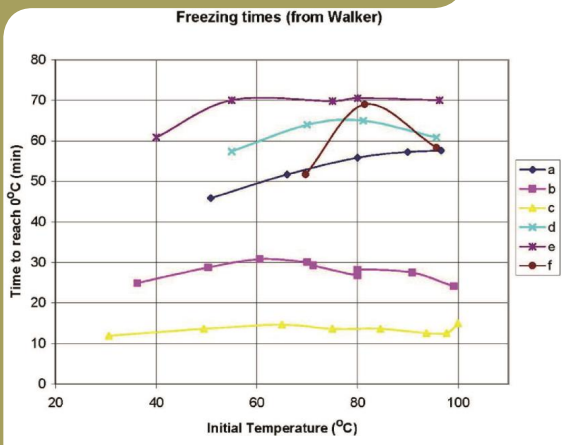
پاسخ: فرض کنید دو ظرف کاملاً مشابه، حاویِ آبِ جوشیده در اختیار داریم؛ دمایِ اولیهٔ آب در ظرف اول ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد و در ظرف دوم ۳۰ درجه است. حال اگر این دو ظرف را در محیطی با دمای زیر صفر قرار دهیم؛ آب داخل هردو ظرف، سرد شده و یخ می‌زند. انتظار ما این است که آب ظرف اول، که ۸۰ درجه دما داشت، در مسیر سرمایش، ابتدا به دمای ۳۰ درجه رسیده و سپس به دمای صفر برسد. پس زمان لازم برای یخ زدن آب با دمای اولیهٔ ۸۰ درجه، باید بیش‌تر از زمانی باشد که طی آن آب با دمای اولیهٔ ۳۰ درجه یخ می‌زند. اما، آن‌چه در طبیعت رخ می‌دهد، در مواردی، برعکس است! مشکل این است که ما می‌خواهیم حالت آب[۱] را تنها با یک متغیر، یعنی دمای آب، توصیف کنیم. یعنی آب ظرف اول وقتی به دمای ۳۰ درجه رسید را درست مانند آب ظرف دوم در ابتدای مسیر آن، وقتی ۳۰ درجه دما داشت، فرض می‌کنیم.

یک راه حل مشکل، در نظر گرفتن تبخیر سطحی است. یکی از دلایل کاهش دمای آب، تبخیر سطحی است. اما در هنگام تبخیر، جرم آب هم کاهش می‌یابد. در این صورت وقتی دمایِ آب ۸۰ درجه کاهش پیدا کرده و به ۳۰ درجه رسید، ما با آب کم‌تری در داخل ظرف روبرو هستیم. این یعنی در ادامهٔ مسیر، کاهش از ۳۰ به ۰ درجه، آب با سرعت بیش‌تری نسبت به ظرفی که از ابتدا آب ۳۰ درجه را در خود داشت، سرد می‌شود. جالب است که هم ادعایی ثبت شده وجود دارد که با انتگرال‌گیری عددی و در نظر گرفتن تبخیر سطحی، می‌توان این اثر را توصیف کرده و هم مشاهدهٔ آزمایشگاهی وجود دارد که اگر در ظرف را ببندیم و جلوی تبخیر سطحی را بگیریم، باز هم ظرف اول، که دمای اولیهٔ بیش‌تری داشت، زودتر یخ می‌زند!

راه حل پیشنهادی دوم، معطوف به جریان هم‌رفتی در داخل آب است. آب گرم‌تر سبک‌تر است و آب سردتر سنگین‌تر. پس دمای لایه‌های بالایی آب، که تبخیر سطحی نیز در همان مکان رخ می‌دهد، از دمای لایه‌های پایینی بیش‌تر است. در این صورت سرعت کاهش دمای آب، به دمای آن در سطح بالایی آب بستگی دارد، نه دمای متوسط کل محلول. و باز یعنی آب ظرف اول به یک حالت دینامیکی می‌رود که سرعت از دست دادن دما در آن بیش‌تر از آبِ ظرف دوم است. این استدلال اما یک مشکل عملی دارد: جریان هم‌رفت شدیداً وابسته به شکل ظرف است. یعنی نتیجهٔ آزمایش با تغییر شکل ظرف عوض خواهد شد.

در کنار این دو دلیل، نظریه‌های قوی دیگری برمبنای رفتار ملکولی آب در هنگام یخ‌زدن و اَبَرسرمایش[۲] وجود دارد. اما هیچ یک نمی‌توانند پدیده را به‌طور کامل توضیح دهند. جالب است که حتی در آثار ارسطو نیز به این پدیده اشاره شده است و پس از آن به‌وسیلهٔ افراد دیگری مورد توجه قرار گرفته است. اما جلب توجه جامعهٔ فیزیک به این پدیده، به مقاله‌ای برمی‌گردد که یک دانش‌آموز تانزانیایی به نام اِرَستو بی اِمپمبا[۳]، به همراه یک استاد فیزیک، در سال ۱۹۶۹ در مجلهٔ Physics Education منتشر کردند! شاید، یک دانش‌آموز یا دانش‌جوی ایرانی، که خوانندهٔ مجلهٔ «فیزیک روز» است، فردی باشد که توضیح نهایی این پدیده را عرضه می‌کند!

۱ the state
۲ super cooling
۳ Erasto B. Mpemba



برخی داده‌های تجربی، زمان مورد نیاز برای یخ زدن آب، برحسب دمای اولیه‌ی آن. منحنی‌های a تا f به شکل‌های مختلف ظرف و ... اشاره دارند.

مرجع:

J. Walker, “Hot water freezes faster than cold water. Why does it do so?” Sci. Am. 237(3) 246-257 (1997)

پرسش اول:

از قانون دوم نیوتن، برای حرکت دستگاهی از اجسام، می‌دانیم که برای تغییر سرعت مرکز جرم یک دستگاه، لازم است نیروی خارجی به آن وارد شود. در این صورت چه‌طور شما هنگامی که روی یک صندلی دارای چرخ نشسته‌اید، حتی بدون آن‌که پاهای‌تان با زمین در تماس باشند، هم می‌توانید با حرکت ناگهانی سر و بدن‌تان، ابتدا به سمت پایین و عقب، و سپس بالا و جلو، به همراه صندلی به سوی جلو حرکت کنید؟ (این پرسش در جلسهٔ ۱۱۳ باشگاه فیزیک تهران، طرح شده است)

پرسش دوم:

رنگین‌کمان برای ما پدیدهٔ آشنایی است. تقریباً همیشه انتظار داریم که رنگین‌کمان به‌صورت یک نیم‌دایره در افق دیده شود که مرکز آن در نزدیکی سطح زمین است و قوس آن نیز در آسمان بالا رفته است. اما بعضی وقت‌ها، این اتفاق برعکس می‌شود! (شکل‌ها را مقایسه کنید) دلیل این مطلب چیست؟ آیا می‌توان انتظار حالتی را داشت که رنگین‌کمان به‌صورت یک دایرهٔ کامل ظاهر شود؟ چگونه؟ (این پرسش با الهام از مسألهٔ مطرح‌شده در جلسهٔ ۱۱۹ باشگاه فیزیک تهران، طراحی شده است)

باشگاه فیزیک

جلسات یکصد و صد و سی و دوم و یکصد و سی و سوم باشگاه فیزیک تهران، دی و بهمن سال ۱۳۹۴ در محل دائمی این جلسات - آمفی تئاتر دانشکده فیزیک دانشگاه تهران - انتهای خیابان کارگر شمالی، روبروی کوچه نوزدهم - برگزار شد. در جلسهٔ دی‌ماه دکتر فرناز فرمان از دانشکدهٔ فیزیک دانشگاه صنعتی شریف با سخنرانی «مخابرات و رمزنگاری کوانتومی» به معرفی رمزنگاری کوانتومی در مخابرات پرداخته و یکی از پروتکل‌های رمزنگاری (BB۸۴) را مورد بررسی قرار داد. در جلسهٔ بهمن‌ماه نیز دکتر محمد علی اکبری از دانشکدهٔ فیزیک دانشگاه شهید بهشتی درباره «مقدمه‌ای بر دوگانی پیمانه‌ای - گرانشی و کاربردهای آن» سخن گفتند. در این سخنرانی ابتدا به بیان سیستم‌های فیزیکی با ثابت جفت‌شدگی قوی پرداخته شد و در ادامه فیزیک دور از تعادل معرفی شد. سپس خصوصیات فیزیکی پلاسمای کوارک-گلوئونی و پدیدهٔ جانشانی به عنوان دو مثال از سیستم‌هایی با ثابت جفت‌شدگی قوی و دور از تعادل و نیازمند به یک چارچوب جدید معرفی شد. در پایان ایدهٔ دوگانی پیمانه‌ای - گرانشی به عنوان یک کاندیدا برای توصیف فیزیک دور از تعادل با ثابت جفت شدگی قوی به صورت مختصر ارائه شد.

جلسهٔ چهل و یکم باشگاه فیزیک اصفهان نیز در محل برگزاری این جلسات – اصفهان، خیابان سعادت آباد، روبه‌روی مقبرهٔ بانو امین، شهر علم، سالن اجتماعات، برگزار شد و دکتر سعید قوامی از دانشکدهٔ فیزیک دانشگاه اصفهان با موضوع «اپتیک غیرخطی و کاربردها» با عناوین مبانی اپتیک غیرخطی و لیزر، تبدیل فرکانس و تولید هارمونیک، نوسانگر پارامتریک نوری و کاربردهای اپتیک غیرخطی سخنرانی کرد.

جلسات نهم، دهم و یازدهم باشگاه فیزیک زاهدان در زاهدان، بلوار دانشگاه، آمفی تئاتر دانشکدهٔ شهید نیکبخت دانشگاه سیستان و بلوچستان، جنب سرای قرآن و عترت دانشگاه با سخنرانی دکتر رضا منصوری از دانشگاه صنعتی شریف با عنوان «فیزیک بی فیزیک (به مناسبت روز فیزیک)» در آذرماه، دکتر علیرضا مشفق از دانشگاه صنعتی شریف با موضوع «فیزیک در دو بعد: اصول و کاربردها» در دی‌ماه و دکتر کیوان آقابابایی سامانی با موضوع «شبکه‌های پیچیده» در بهمن‌ماه برگزار شد.

چهارمین کنفرانس رشد بلور ایران ۱۳۹۵

انجمن فیزیک ایران با همکاری دانشگاه ملایر چهارمین کنفرانس رشد بلور ایران را در تاریخ ۶ خردادماه ۱۳۹۵ در دانشگاه ملایر برگزار می‌کند. انواع روش‌های رشد بلور تجربی و نظری، رشد نانوبلورها و نانوساختارها، تبلور صنعتی رشد لایه‌های نازک، مشخصه‌یابی بلورها و لایه‌های نازک و قطعات بلوری از محورهای این کنفرانس است.

آخرین مهلت ثبت نام در کنفرانس ۲۵ فروردین‌ماه ۱۳۹۵ و آخرین مهلت ارسال مقاله ۱۴ اسفند ماه ۱۳۹۴ است.

نشانی، وبگاه و پست الکترونیک کمیتهٔ علمی به شرح زیر است:

تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، کوچه مهدی‌زاده، شماره ۵، طبقه ۴، واحد ۸، انجمن فیزیک ایران، تلفن و دورنگار:۷۴۲۵۰۹۶۶

www.psi.ir/farsi.asp?page=cgc۹۵

cgc95@psi.ir

http://www.psi.ir/farsi.asp?page=quark۹۵

مسابقهٔ طراحی اینفوگرافیک

شاخهٔ دانشجویی انجمن فیزیک ایران با همکاری شرکت ایده‌پردازان به‌نگار قرن (نخستین مرجع تخصصی اینفوگرافیک به زبان فارسی) با توجه به اهداف مندرج در اساسنامهٔ انجمن فیزیک ایران، برای بروز استعدادها در زمینهٔ توصیف هرچه بهتر مفاهیم فیزیکی، با هدف ترغیب افراد به استفاده از شیوه‌های نوین ارائه مطالب و گسترش و بومی کردن این هنر، مسابقهٔ طراحی اینفوگرافیک را برگزار می‌کند. از علاقه‌مندان به فیزیک و طراحی دعوت می‌شود در این مسابقه شرکت کنند.

مهلت فرستادن آثار تا ۱ اردیبهشت ۱۳۹۵ و شرکت در مسابقه برای عموم آزاد است.

برای آگاهی از قوانین مسابقه و فرستادن آثار به نشانی اینترنتی http://www.psi.ir/farsi.asp?page=infographics۹۵ بروید.

پنجمین کنفرانس ملی پیشرفت‌های ابررسانایی

انجمن فیزیک ایران با همکاری دانشگاه ارومیه پنجمین کنفرانس ملی پیشرفت‌های ابررسانایی را در تاریخ۱۴ و ۱۵ اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۵ در دانشگاه ارومیه برگزار می‌کند. آخرین مهلت ارسال مقالات ۲۸ اسفندماه ۱۳۹۴ و آخرین مهلت ثبت نام ۱۶ فروردین ماه ۱۳۹۵ است.

نشانی کمیتهٔ علمی تهران، انجمن فیزیک ایران و نشانی پست الکترونیکی dnocrepusδliamg@aimru.moc است.

دومین مدرسهٔ
پلاسمای کوارک– گلوئون از دیدگاه هولوگرافی

دانشگاه صنعتی اصفهان با همکاری انجمن فیزیک ایران، دومین مدرسهٔ یک‌روزهٔ پلاسمای کوارک– گلوئون از دیدگاه هولوگرافی را با عنوان‌ها و مدرسان «حل عددی معادلات دیفرانسیل با روش شبه طیفی»، مهدی آتشی، «مطالعه مقیاس‌های زمانی متفاوت در فیزیک خارج از تعادل»، هاجر ابراهیم، «بررسی ذوب شدن کوارکونیم در پلاسمای کوارک – گلوئون»، کاظم بی‌تقصیر فدافن، «Ads/QSD و هولوگرافی جبههٔ نوری»، مجید دهقانی و «گرمایش در سیستم‌های با برهم‌کنش قوی خارج از تعادل»، شاهین امیری شریفی ۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۵ در دانشگاه صنعتی اصفهان برگزار می‌کند. آخرین مهلت ثبت نام ۲۰ اردیبهشت است.

برای آگاهی بیش‌تر به نشانی زیر وارد شوید:
http://www.psi.ir/farsi.asp?page=quark95

برای کسب اطلاعات بیش‌تر در مورد اخبار انجمن فیزیک ایران، می‌توانید به سامانهٔ خبرنامهٔ انجمن فیزیک ایران مراجعه کنید.

http.//www.psi.ir/html/news/newsl_f.asp