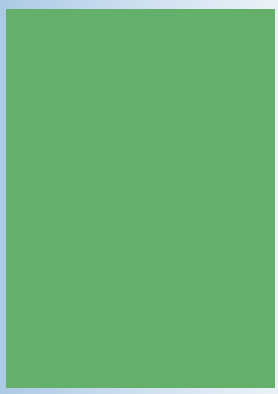
فیزیک روز

فصلنامهٔ علمی-ترویجی انجمن فیزیک ایران
شمارهٔ هشتم. بهار ۱۳۹۴



تصویر روی جلد

دبیرانه ۲
- میراث سه‌گانه و توسعهٔ پایدار

اخبار ۳
- امضای یادداشت تفاهم بین چشمهٔ نور دایموند و طرح چشمهٔ نور ایران
- اولین گردهم‌آیی گروه مشاوران برای شتابگر طرح چشمهٔ نور ایران
- مسابقهٔ فیلم نودثانیه‌ای؛با موضوع آموزش مفهومی نور (ویژهٔ معلمان)
- کارگاه نجوم ایران و ارمنستان
- گردهم‌آیی پژوهشی نجوم و اخترفیزیک
- روز جهانی نجوم
- همایش علوم و فن‌آوری نانو، آموزش و کاربرد
- شانزدهمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران و ششمین کنفرانس فیزیک و آزمایشگاه
- شانزدهمین دورهٔ جایزهٔ ترویج علم ایران
- موفقیت محققان ایرانی در ترمیم بافت قلب با استفاده از فن‌آوری نانو
- نمایشگاه سیار موزهٔ علوم و فن‌آوری به مناسبت روز جهانی موزه
- برگزاری کنفرانس «نور در هنر، معماری و شهرسازی ایران»
- چه زمانی اثرهای کوانتومی در زیست‌شناسی مهم می‌شوند؟
- ساختاری آکوستیکی که می‌تواند سونار را فریب دهد.
- نوفهٔ درهم‌تنیده
- آیا خورشید می‌تواند مادهٔ تاریک غیرمتقارن را به دام اندازد؟
- تشکیل نوعی یخ جدید با قرار گرفتن بین دو صفحهٔ گرافین
- آینهٔ تک بسامد
- بازگشت برخورد دهندهٔ بزرگ هادرونی

مقاله ۱۴
- مصاحبه با وارن پیکت
- فیزیک آماری بهینه‌سازی
- دانسته‌های ما از کیهان اولیه

فیزیک در ایران ۲۹
- چهل سال کار با واندوگراف تهران

معرفی کتاب ۳۳
- معرفی کتاب: Absolutely small

پژوهش‌های روز ۳۴
- سطح مقطع ذرهٔ هیگز باردار سنگین در فرآیند تولید تک کوارک تاپ کانال s در LHC
- مطالعهٔ برهم‌کنش‌های مغناطواستاتیک نانوسیم‌های $Co_{0.29}Ni_{0.71}$ و $Fe_{0.5}$ با استفاده از منحنی‌های بازگشتی مرتبهٔ اول (CROF)
- تأثیر باز تعریف میدان در بازبهنجارپذیری نظریهٔ عام پیمانه‌ای ابرتقارن N=۱/۲

پرسش‌های این شماره ۳۷
- پاسخ پرسش‌های شمارهٔ قبل
- پرسش‌های این شماره

اخبار انجمن فیزیک ۳۹
- 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 توحید، ابتدای خیابان نصرت غربی، شمارهٔ۱۴، طبقهٔ چهار
وبگاه انجمن فیزیک ایران: www.psi.ir

میراث سه‌گانه و توسعهٔ پایدار

فرهنگ لران
دانشکدهٔ فیزیک، دانشگاه صنعتی اصفهان

هنگام تدریس سعی می‌کنم که واژهٔ فرنگی به کار نبرم؛ کار سختی نیست چرا که غالب متون مرجع دورهٔ کارشناسی و کارشناسی‌ارشد به فارسی رسایی برگردانده شده‌اند. اما یافتن واژهٔ مناسب برای درس نظریهٔ میدان‌های کوانتمی یا سخن‌رانی دربارهٔ نظریهٔ میدان هم‌دیس کار وقت‌گیر و دشواری‌ست. برای برگزیدن واژه‌ای که گویای مفهوم مورد نظر باشد ناگزیرم که بارها به موضوع فکر کنم، جوانب مختلف مسأله را بسنجم و با دیگران بحث کنم. در این تجربه، فرآیند واژه‌یابی و واژه‌گزینی، در عمل ذهن من را به روی «زبانی» می‌گشاید که رسیدن به فهمی عمیق، و مشترک با دیگران را امکان‌پذیر می‌کند.

تلاش برای فارسی کردن فیزیک، علاوه بر تعمیق درک فردی از موضوع و رسیدن به فهم مشترک میان فیزیک‌پیشه‌گان، شرط لازم فرآیندی‌ست که آن را ترویج علم می‌نامند و از اهداف و ملزومات توسعهٔ پایدار می‌دانند. خوانده‌ام که توسعهٔ اجتماعی دو قرن گذشته متأثر از «دموکراتیک شدن نشر» بوده است؛ آثار ادبی از انحصار اشراف درآمدند تا «ما» هم بتوانیم آن‌ها را بخوانیم. امروز ما وارث زبانی هستیم که آموختن فیزیک پایه به دانش‌آموزان را امکان‌پذیر کرده است؛ امری که خواه‌ناخواه جامعه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

نهاد «آموزش و پرورش» شاید مهم‌ترین دست‌آورد یک قرن گذشتهٔ ما باشد. شبکهٔ گستردهٔ مدارس شهری، روستایی و عشایری نه تنها سخت‌افزار لازم برای رواجِ علم را فراهم کرده، بل‌که تجربهٔ اندوخته در این نهاد، عملاً موانع فرهنگی را از میان برداشته است. بر این اساس، سخن گفتن با مردمی که به «آموزش و پرورش» اعتماد کرده‌اند فقط در گرو داشتن زبانی است که با آن بشود با مخاطب به تفاهم رسید. «زبان» فیزیک پایه به فارسی متعارف نزدیک شده است ولی هنوز نمی‌شود مکانیک کوانتمی را به برق‌کاری که هر روز از پدیدهٔ تونل‌زنی بهره می‌برد توضیح داد.

هرچند مانعی بر سر راه کسانی که می‌خواهند دانش خود را به رایگان در اختیار دیگران قرار دهند نیست، ولی به نظر می‌رسد که «انجمن فیزیک ایران» به‌تر بتواند چنین فعالیتی را سامان دهد. فراهم کردن امکان «بیان» آخرین یافته‌های فیزیک، به آن زبانی که برای دانش‌آموز و خانواده‌اش فهمیدنی باشد، شاید فقط از عهدهٔ این انجمن «مردم‌نهاد» صدساله برآید. امروز که دانش‌گاه‌ها و وزارت عتف متولی و مشوّق توسعهٔ کمی پژوهش شده‌اند، خوب است که انجمن فیزیک ایران در تعاملی سازنده با دولت، بیش از پیش به مشارکت «دموکراتیک» در مرجعیت علمی و کیفیت شاخص‌های توسعه اعم از پژوهش و ترویج علم توجه کند.

امضای یادداشت تفاهم بین چشمهٔ نور دایموند و طرح چشمهٔ نور ایران

۲۰ بهمن‌ماه ۹۳ یادداشت تفاهمی بین طرح چشمهٔ نور ایران و چشمهٔ نور دایموند به امضا رسید که شالوده‌ای برای همکاری بین دو طرف در زمینهٔ پژوهش‌های تابش سنکروترون برقرار می‌کند. هدف از این یادداشت تفاهم، استفاده از تخصص و دانش دو طرف، برای رسیدن به نتایج مهم علمی، به‌بارآوردن دانش مشترک علمی و استفادهٔ مؤثر از تأسیسات هر دو طرف، افزایش همکاری و پشتیبانی‌ها از هر دو سو و تثبیت چارچوبی برای کار مشترک در زمینهٔ آموزش افراد متخصص، طراحی، ساخت، راه‌اندازی و کار با خطوط باریکه و شتابگر است. این تفاهم‌نامه در تهران و با حضور اندرو هریسون، مدیر عامل چشمهٔ نور دایموند، و تروُور رِیمنت، مدیر علوم فیزیکی این چشمهٔ نور به امضا رسید.

اولین گردهم‌آیی گروه مشاوران برای شتابگر طرح چشمهٔ نور ایران

اولین گردهم‌آیی گروه مشاوران در زمینهٔ شتابگر، در روزهای ۱۹ تا ۲۱ خرداد ۱۳۹۳ در پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، برگزار خواهد شد. هدف از برگزاری همایش، تأیید نهایی طراحی شبکهٔ مغناطیس‌های شتابگر چشمهٔ نور ایران و استفاده از نظر داوران، در بهینه‌کردن مراحل بعدی طراحی است. در این گردهم‌آیی، اعضای گروه‌های فنی، آخرین نتایج و طراحی‌های انجام شده را ارائه خواهند کرد و نظرات کمیتهٔ مشورتی، برای برداشتن گام‌های بعدی را جویا خواهند شد. دیتر آینفلد از آزمایشگاه مکسلب۴ در لوند سوئد، یانیس پاپافیلیپو از آزمایشگاه سرن، لیو لین از آزمایشگاه نور سنکروترون برزیل، گوو هویی لوو از مرکز ملی پژوهش‌های تابش سنکروترون در تایوان، هلموت ویدمن استاد بازنشستهٔ دانشگاه استنفورد، آلبین ورولیش از مؤسسهٔ پل شرر در سوییس، و ریکاردو بارتولینی از چشمهٔ نور دایموند در انگلستان از اعضای گروه مشورتی هستند.

مسابقهٔ فیلم نودثانیه‌ای؛ با موضوع آموزش مفهومی نور (ویژهٔ معلمان)

اتحادیهٔ انجمن‌های علمی آموزشی معلمان فیزیک ایران، با هدف پاس‌داشت سال جهانی نور و ابن هیثم، ارتقای سطح آموزش مفهومی نور و معرفی الگوهای برتر آموزش مفهومی نور، مسابقهٔ فیلم نود ثانیه‌ای را برای آموزش مفهومی یک مفهوم مربوط به نور برای معلمان برگزار می‌کند. معلمان، در رشته و پایه‌های تحصیلی مختلف می‌توانند تا ۲۰ خردادماه ۹۴ در این مسابقه شرکت کنند. برای آگاهی بیش‌تر به وبگاه این مسابقه

http://uipteachers.com/html/acts/conf/reg/pages2_f.asp?id=126

نگاه کنید.

کارگاه نجوم ایران و ارمنستان

کارگاه مشترک نجوم ایران و ارمنستان، ۲۱ تا ۲۴ مهر ۱۳۹۴ در بوراکان ارمنستان برگزار می‌شود. هدف این کارگاه، آشنایی منجمان دو کشور به‌منظور ارتباط علمی و تحقیقاتی بیش‌تر، اجرای طرح‌های تحقیقاتی مشترک، تبادل نظر منجمان و دانشمندان، برگزاری نشست‌های علمی مشترک و استفاده دانشجویان ایرانی از رصدخانهٔ بوراکان است. این کارگاه آموزشی ویژهٔ منجمان حرفه‌ای است که مایل به همکاری‌های تحقیقاتی و آموزشی با ارمنستان هستند.

علاقه‌مندان می‌توانند برای آگاهی بیش‌تر به وبگاه این کارگاه

/http://armenia-iran-1.aras.am

وارد شوند.

گردهم‌آیی پژوهشی نجوم و اخترفیزیک

هجدهمین گردهم‌آیی پژوهشی نجوم و اخترفیزیک ۲۴ و ۲۵ اردیبهشت ماه ۱۳۹۴ در دانشگاه تحصیلات تکمیلی زنجان برگزار شد. هدف برگزاری این گردهم‌آیی، ارائهٔ دست‌آوردهای پژوهشی و تبادل نظر در زمینه‌های مختلف اخترفیزیک و کیهان شناسی بود.

روز جهانی نجوم

هر سال نزدیک‌ترین روز پایانی هفته از اواخر فروردین تا اواخر اردیبهشت ماه (اواسط ماه آوریل تا اواسط ماه می) ، که ماه در حالت تربیع اول باشد به عنوان روز جهانی نجوم انتخاب می‌شود. هفتهٔ جهانی نجوم نیز از دوشنبه تا یکشنبه زمانی است که ماه در حالت مناسب قرار داشته باشد. به همین مناسبت روز نجوم ۹۴ در ایران جمعه ۴ اردیبهشت انتخاب شد.

برج میلاد تهران با همکاری انجمن نجوم و ماهنامهٔ نجوم، جمعه ۴ اردیبهشت ۱۳۹۴ از ساعت ۱۰ تا ۲۲ برنامه‌های متنوعی را با حضور رئیس انجمن نجوم ایران، معاون حقوقی وزارت علوم و جمعی از اساتید این رشته در روز جهانی نجوم برگزار کرد. در این روز، سخنرانی‌هایی با موضوع: آیندهٔ نجوم در

ایران، پیدایش ستارگان، طالع بینی و شبه علم و مهم‌ترین مأموریت‌های فضایی حال حاضر ارائه شد. از دیگر برنامه‌های این روز غرفه‌های آموزشی مختلف و نمایش اسلایدهایی از عکس‌های عکاسان برتر آسمان شب بود. در این برنامه ابزارهایی برای رصد خورشید در روز و رصد ماه و برخی سیارات منظومهٔ شمسی در شب، در محوطهٔ برج قرار داشت. همچنین در برنامهٔ روز نجوم امسال، پرسش‌های علمی مختلفی مطرح شد که به پاسخ‌های درست، به قید قرعه جوایزی هم‌چون تلسکوپ، گرین‌لیزر، اشتراک ماهنامهٔ نجوم و ... اهدا شد.

همایش علوم و فن‌آوری نانو، آموزش و کاربرد

همایش علوم و فن‌آوری نانو، آموزش و کاربرد روزهای ۲۴ و ۲۵ اردیبهشت ماه ۱۳۹۴ با محورهای نانو فیزیک، نانو شیمی، نانو مواد، نانو بیوتکنولوژی، نانو و علوم کشاورزی، و شبیه‌سازی و محاسبات، در دانشگاه پیام نور جهرم برگزار شد.

هدف از این همایش گسترش، ترویج و آموزش فن‌آوری نانو، ارائهٔ آخرین دست‌آوردها و فعالیت‌های انجام شده در زمینهٔ کاربردهای فن‌آوری نانو توسط محققان داخلی، گسترش همکاری‌های علمی- پژوهشی بین مراکز آموزشی، پژوهشی و صنعتی در حوزهٔ علوم و فن‌آوری نانو، و معرفی صنایع نانو کشور با برگزاری نمایشگاه‌های جنبی صنایع فعال، بود.

برای سفارش آگهی در «فیزیک روز» به وبگاه www.psi.ir مراجعه کنید.

شانزدهمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران و ششمین کنفرانس فیزیک و آزمایشگاه

شانزدهمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران و ششمین کنفرانس فیزیک و آزمایشگاه ۸ تا ۱۱ شهریورماه ۱۳۹۴ در خرم‌آباد برگزار خواهد شد. اتحادیهٔ انجمن‌های علمی آموزشی معلمان فیزیک ایران، انجمن علمی آموزشی معلمان فیزیک، استانداری و ادارهٔ کل آموزش و پرورش استان لرستان، دانشگاه لرستان و فرهنگیان با حمایت انجمن فیزیک ایران، مؤسسهٔ فن‌آموز، موزهٔ علوم و فن‌آوری، انجمن ترویج علم و انتشارات فاطمی برگزارکنندگان این کنفرانس خواهند بود.

معلمان فیزیک سراسر کشور، نمایندگان انجمن‌های علمی آموزشی معلمان فیزیک استان‌ها، معلمان دروس علوم تجربی متوسطه، فیزیک، شیمی، ریاضی، زمین‌شناسی، معلمان هنرستان‌های فنی حرفه‌ای مرتبط با فیزیک، جغرافیا و...، اساتید دانشگاهی فعال حوزهٔ فیزیک و علوم تربیتی، دانشجو معلمان پردیس‌های دانشگاه فرهنگیان، دانشجویان رشته‌های آموزش فیزیک، آموزش شیمی و آموزش ریاضی، دانشجویان تحصیلات تکمیلی که پایان‌نامهٔ خود را در حوزهٔ تعلیم و تربیت به نگارش در می‌آورند، صاحب‌نظران، اندیشمندان و پژوهش‌گران حوزهٔ آموزش فیزیک و تعلیم و تربیت، محققین و پژوهش‌گران علاقه‌مند به کارهای آزمایشگاهی، ترویج علم در جامعه، و فعال در حوزه‌های ذی‌ربط و کارشناسان و کارشناس مسئولین پژوهش‌سراهای سراسر کشور می‌توانند در این کنفرانس شرکت کنند. ثبت‌نام برای این کنفرانس از ۹ اسفند ۹۳ آغاز شد و تا ۱۵ مرداد ۹۴ ادامه خواهد داشت. مهلت فرستادن مقالات تا ۲۵ تیرماه ۹۴ است.

از اهداف برگزاری این کنفرانس می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

بالا بردن سطح آموزش فیزیک در کشور، آشنا کردن معلمان فیزیک با تازه‌ترین روش‌های آموزشی و ارتقای سطح مهارت‌های حرفه‌ای، دادن بازخورد مناسب برای تجدید نظر در برنامه‌ها و کتب درسی، ایجاد هماهنگی بین تمام نهادها، ارگان‌ها و مؤسسات دولتی و غیردولتی در حوزهٔ آموزش فیزیک، شناسایی و تدوین نیازهای پژوهشی و مشکلات فرآیند یاددهی و یادگیری در حوزهٔ آموزش ، تعمیق دانش و بینش علمی معلمین فیزیک، بررسی مسایل و نکاتی که به پیشرفت آموزش فیزیک در کشور کمک کند و معرفی محصولات آموزشی مراکز تولیدی یا عرضه کننده صنایع آموزشی کشور برای استفاده معلمین در کلاس‌ها و ایجاد فضای مناسب برای ارائه نتایج طرح‌های علمی پژوهشی در زمینهٔ آموزش فیزیک.

شانزدهمین دورهٔ جایزهٔ ترویج علم ایران

انجمن ترویج علم در سال ۱۳۹۴ برای شانزدهمین دورهٔ متوالی «جایزهٔ ترویج علم ایران» را به به‌ترین و خلاقانه‌ترین کوشش‌هایی که از سوی معلمان، روزنامه‌نگاران، نویسندگان، مترجمان، پژوهشگران، مروجان علم، برنامه‌سازان و فعالان رسانه‌ای، فعالان زیست‌محیطی، دانشجویان، استادان دانشگاه، سیاست‌گذاران، سرمایه‌گذاران و حامیان مالی، رسانه‌ها، مدارس، نهادها، ناشران، مراکز علمی، سایت‌ها، کتابخانه‌ها، موزه‌ها، انجمن‌های علمی، فرهنگ‌سراها، نشریات، سازمان‌های مردم‌نهاد و همهٔ افراد حقیقی و حقوقی دیگر، اعم از انتفاعی،غیرانتفاعی، دولتی و غیر دولتی، در راه ترویج علم صورت گرفته، اهداء می‌کند.

نامزد دریافت جایزه می‌تواند از یکی از شیوه‌های زیر یا هر شیوهٔ خلاقانهٔ دیگری استفاده کرده باشد: تدریس، نگارش کتاب و مقاله، سخنرانی‌های عمومی، انتشار مجله، ساخت برنامه‌های تلویزیونی و رادیویی، راه‌اندازی سایت، نمایش آزمایش‌های علمی، برگزاری بازدیدهای علمی، تهیهٔ فیلم و لوح فشرده، ساخت وسایل و ابزار، نگارش پایان‌نامهٔ دانشگاهی و ... . همان‌گونه که محدودیتی دربارهٔ شیوه‌های ترویج علم وجود ندارد، مواد، مصالح و ابزارهای به‌کار رفته در فعالیت‌های ترویجی نیز می‌تواند شامل هر مورد خلاقه‌ای باشد.

«جایزهٔ ترویج علم ایران» به کسانی که به صورت تخصصی مشغول تولید، انتشار و تدریس علم یا محصولات فن‌آورانه هستند، اما در کنار این اشتغال حرفه‌ای، گامی در راه عمومی‌سازی و ترویج علم برنداشته‌اند، اهداء نخواهد شد. به عنوان نمونه، معلمان و استادانی که صرفاً به تدریس علم مشغول‌اند، اما روش‌هایی نوآورانه برای ترویج علم به‌کار نبسته‌اند، از دایرهٔ نامزدهای دریافت این جایزه بیرون خواهند بود. هم‌چنین پژوهشگران، نویسندگانی، مترجمان، برنامه‌سازان، مخترعان، نهادها و همهٔ افراد حقیقی و حقوقی دیگری که در چارچوب‌های رسمی کشور صرفاً به تولید محتوای تخصصی علمی و فن‌آورانه مشغول اند، اما به ارتباط میان مردم و علم نمی‌پردازند، از دایرهٔ شمول این جایزه بیرون خواهند بود. علاوه بر این، اگر نامزد دریافت جایزه در قید حیات نباشد، جایزه به او تعلق نخواهد گرفت. افرادی که پیش از این «جایزهٔ ترویج علم ایران» را دریافت کرده باشند نیز برای بار دوم نمی‌توانند این جایزه را کسب کنند.

موفقیت محققان ایرانی در ترمیم بافت قلب با استفاده از فن‌آوری نانو

محققان دانشکدهٔ مهندسی پزشکی دانشگاه صنعتی امیرکبیر با همکاری پژوهشگاه رویان با بهینه سازی داربست هیدرولی و با استفاده از نانوذرات طلا روشی را برای ترمیم بافت عضلهٔ قلب ارائه کردند.

پیام بائی، مجری این طرح گفت: برای ترمیم بافت قلب، محققان حوزهٔ مهندسی بافت از ترکیب سلول و داربست پلیمری استفاده می‌کنند.

نمایشگاه سیار موزهٔ علوم و فن‌آوری به مناسبت روز جهانی موزه

به مناسبت هفتهٔ میراث فرهنگی و روز جهانی موزه، نمایشگاه سیار موزهٔ علوم و فن‌آوری در محل خانه موزهٔ شهید بهشتی از تاریخ ۲۷ اردیبهشت ۹۴ برپا شد و به مدت سه روز ادامه داشت.

برگزاری کنفرانس «نوردرهنر،معماری‌وشهرسازی‌ایران»

به منظور بزرگداشت سال جهانی نور، کنفرانس نور در هنر، معماری و شهرسازی ایران از طرف اندیشکدهٔ پژوهشی هرم پی با همکاری کمیسیون ملی یونسکو برگزار شد.

این کنفرانس با هدف ارتقای دانش عمومی در فن‌آوری‌های مبتنی به نور، استفاده از فن‌آوری‌های نوری در اشاعهٔ توسعهٔ پایدار و پیدا کردن راه حل‌هایی برای چالش‌های انرژی و محیط زیست در روزهای ۶ و ۷ خرداد ۹۴ در مرکز همایش‌های بین‌المللی رایزن تهران برگزار شد.

چه زمانی اثرهای کوانتومی در زیست‌شناسی مهم می‌شوند؟

یک فرمول‌بندی جدید تعیین می‌کند که آیا اثرهای مکانیک کوانتومی، برای رخ دادن فرآیندهای زیستی که با نور فعال می‌شوند، ضروری است یا نه.

جذب کوانتوم‌های نور(فوتون‌ها) در بسیاری از فرآیندهای زیستی از جمله بینایی، فتوسنتز، و درک مغناطیسی در جانوران، امری مهم است. برای مثال، پرندگان با درک این‌که چگونه میدان مغناطیسی زمین، الکترون‌های تولید شده توسط نور را، در شبکیهٔ آن‌ها هدایت می‌کند، مسیر خود را انتخاب می‌کنند. به طور معمول نوعی ترکیب پروتئینی سازندهٔ رنگ‌دانه، فوتون‌ها را جذب می‌کند. این فوتون‌ها، دنباله‌ای از واکنش‌های شیمیایی به راه می‌اندازند که منجر به تشخیص یک عملکرد زیستی می‌شود. پژوهش‌گران به این نتیجه رسیده‌اند که اثرهای کوانتومی، در این فرآیندها نقش دارند، ولی ارزیابی کمی اثر آن‌ها پیچیده است. به تازگی، آتاک امام‌اوغلو[1] در مؤسسهٔ تکنولوژی فدرال سوئیس در زوریخ (ای تی اچ) و بیرجیتا والی[2] در دانشگاه کالیفرنیا، برکلی، این واکنش‌ها را، به شکل اندازه‌گیری‌های کوانتومی، توصیف کرده‌اند که در آن، ترکیب پروتئینی رنگ‌دانه، مانند متری کوانتومی، برای اندازه‌گیری نور فرودی عمل می‌کند. مدل هامیلتونی جدیدی که ایشان پیشنهاد کرده‌اند، می‌تواند وسیله‌ای برای ارزیابی این موضوع باشد که آیا همدوسی کوانتومی برای یک فرآیند خاص نیاز است یا نه.

جذب نور، بسته موج‌های کوانتومی از الکترون‌های برانگیخته تولید می‌کند که منجر به همبستگی کوانتومی در ترکیب جذب‌کننده می‌شود. نویسندگان با استفاده از فرمول‌بندی هامیلتونی و با دنبال کردن تحول همبستگی‌ها در طی زمان، این موضوع را بررسی کرده‌اند که آیا محصولات شیمیایی بعدی، همدوسی کوانتومی اولیه را حفظ می‌کنند یا نه. آن‌ها استدلال می‌کنند که همدوسی کوانتومی، تنها در صورتی در یک فرآیند زیستی ضروری است که پس از برانگیختگی اولیهٔ ترکیب نیز همچنان حفظ شود. با تحلیل فرآیندهای فتوسنتز، بینایی و درک مغناطیسی، نتیجه‌گیری کرده‌اند که از این میان، تنها مورد آخر نیازمند همدوسی کوانتومی است. در دو فرآیند دیگر بدون همدوسی نیز، روی دادن واکنش‌های شیمیایی بعدی، اگرچه با بازدهی کم‌تر، هم‌چنان ممکن است. این چارچوب جدید، پیش‌بینی‌های آزمون‌پذیری را در اختیار تجربه‌گرها قرار می‌دهد. به علاوه، راه‌بردهایی برای طراحی سیستم‌های انتقال انرژی و حسگرهای نمونه‌برداری شده از روی طبیعت، که کارآمدی آن‌ها با اثرهای کوانتومی افزایش می‌یابد، ارائه می‌دهد.

1 Atac Imamoglu
2 Birgitta Whaley

مترجم: زهرا عیدی
منبع:
Phys. Rev. Lett. E91.022714(2015)

ساختاری آکوستیکی که می‌تواند سونار را فریب دهد.

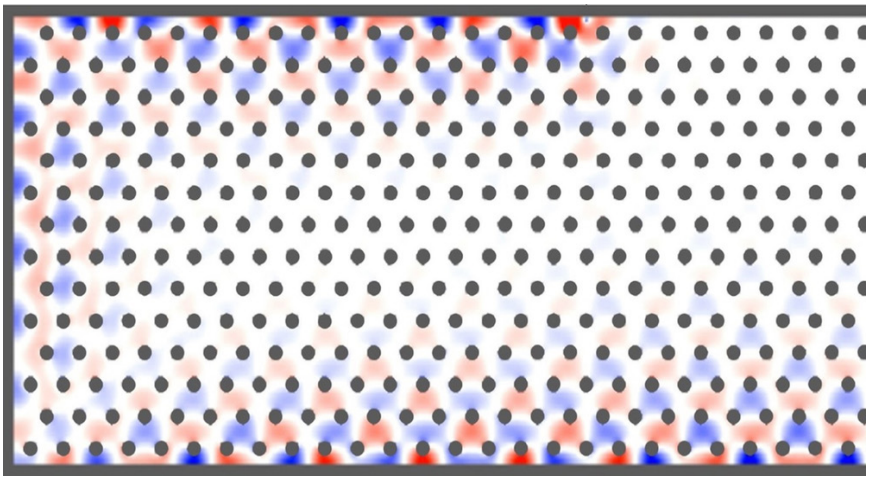
دانشمندان به تازگی ساختاری مشابه با عایق‌های توپولوژیکی طراحی کرده‌اند که جریان برق را، در امتداد سطح، از خود عبور داده و می‌تواند زیردریایی‌ها را از دستگاه شناسایی سونار پنهان کند.

موادی که عایق‌های توپولوژیکی نام دارند می‌توانند الکتریسته را تنها در امتداد سطح از خود عبور دهند و از این‌رو کاربرد زیادی دارند. به تازگی یک تیم تحقیقاتی در سنگاپور، ساختاری را پیشنهاد داده که می‌تواند دقیقاً چنین رفتاری را، برای امواج صوتی از خود نشان دهد و باعث شود این امواج، تنها در یک راستا، به دور سطحی از یک ناحیه، هدایت شوند. در این ساختار، امواج صوتی، با نواقصی که در ساختارها و مواد معمولی وجود دارد و باعث پراکنده‌شدن صوت در راستاهای مختلف می‌شود، مواجه نخواهند شد. اگر این ساختار پیشنهادی، به صورت عملی ساخته شود، کاربردهای فراوانی در فن‌آوری‌های آکوستیکی، مانند سیستم‌های ضدصوت خواهد داشت.

در عایق‌های توپولوژیکی، الکترون‌ها بر روی سطح ماده جریان می‌یابند و نسبت به رساناهای معمولی، به میزان کم‌تری از ناخالصی‌ها و موانع، پراکنده می‌شوند. در توصیف ریاضیاتی این مواد، الکترون‌ها به صورت امواجی در ساختارهای دوره‌ای در نظر گرفته می‌شوند و محدوده‌ای از فرکانس (یک گاف نواری) را ایجاد می‌کنند که در آن امواج نمی‌توانند در داخل محیط منتشر شوند. محققان امیدهای زیادی برای استفاده از این ساختار در فن‌آوری‌های جدید دارند، و هم‌چنین امیدوارند که این اثرات برای انواع دیگری از موج‌ها، مانند امواج نوری و هم‌چنین ارتعاشات مکانیکی استفاده شود. در حال حاضر بیل زانگ[1] و همکارانش از دانشگاه نانیانگ در سنگاپور، عایق توپولوژیکیِ اکوستیکی را ساخته‌اند که قادر است امواج صوتی را به روش‌های جدیدی کنترل کند.

به عنوان مثالی از عایق‌های توپولوژیکی، می‌توان به ساختاری دو بعدی اشاره کرد که یک میدان مغناطیسی قوی، در امتداد بُعد سوم‌اش اعمال شده است. تحت شرایط مناسب، الکترون‌ها در پاسخ به این میدان مغناطیسیِ اعمال‌شده، در دایره‌هایی که در یکَ ساختار دوره‌ای چیده شده، حرکت می‌کنند. اما در لبه‌های ساختار، الکترون‌ها تنها می‌توانند در مسیرهای نیم‌دایره‌ای گردش کنند. این مسیرهای نیم‌دایره‌ای، در لبه‌ها به یک‌دیگر متصل می‌شوند تا مدارهایی را به دور این لبه‌ها ایجاد کنند. الکترون‌ها، در این مدارها تنها می‌توانند در یک مسیر مشخص حرکت کنند. علاوه براین، جریان در امتداد این کانال، نسبت به پراکندگی که معمولاً ناشی از نواقص موجود در ساختارهای کریستالی است مقاوم است.

در نمونه اکوستیکی که زانگ و همکارانش پیشنهاد کردند، شبکه کریستالی، از الکترون‌های در حال دوران، با آرایه‌ای دو بعدی از استوانه‌های فلزی دوار، در یک شبکه مثلثی جای‌گزین شده است. هر استوانه با سیالی مانند هوا احاطه شده است و علاوه بر این شامل پوسته استوانه‌ای بزرگ‌تری است که از ماده‌ای درست شده است که برای امواج صوتی شفاف عمل می‌کند. فضای بین این دو پوسته استوانه‌ای نیز، با همان سیال اولیه پر شده است، اما این‌بار سیال ایستا نیست. در واقع دوران هر یک از



آن‌طور که در شبیه‌سازی بالا نشان داده شده عایق توپولوژیکی آکوستیکی می‌تواند امواج صوتی را به دور لبه‌هایش هدایت کند.

استوانه‌ها، گردابه‌هایی را در اطراف سیال و در نهایت، در پوسته‌ها، ایجاد خواهد کرد.

چون ساختار دوره‌ای، گاف نواری صوتی‌ای مانند گاف نواری الکترونی، در عایق‌های توپولوژیکی ایجاد می‌کند، امواج صوتی نمی‌توانند در وسط این ساختار منتشر شوند. اما لبه‌ها و زاویه‌ها، در این‌جا متفاوت عمل می‌کند؛ سیال در حال دوران، انتشار موج در یک جهت به دور محیط احاطه‌کننده را پشتیبانی می‌کند.

زانگ و همکارانش می‌گویند عملی شدن طرح آن‌ها چندان دشوار نخواهد بود. چون حالتی که در لبه‌ها وجود دارد می‌تواند امواج صوتی را به صورت خیلی دقیق هدایت کند. به گفته زانگ، چنین ساختاری هم‌چنین می‌تواند برای پنهان کردن اشیاء از خطر شناسایی توسط سونارها مورد استفاده قرار گیرد. این ساختارها هم‌چنین می‌تواند، برای استفاده از «محافظ‌های نامرئی‌کننده» در مقایسه با آن‌هایی که برای امواج میکروموج یا نورمرئی به کار می‌رود، استفاده شود. اما یک عایق توپولوژیکی آکوستیکی به امواج صوتی این امکان را می‌دهد، تا در جایی حبس شده و تنها در یک جهت بر روی سطح هر جسمی هدایت شوند.

وینسزو ویتلی[2] از دانشگاه لایدن در هلند در این‌باره می‌گوید «من گمان می‌کنم که این روش می‌تواند در ایجاد ساختارهایی با خواص آکوستیکی جالب، مانند موج‌برهای یک‌طرفه بسیار مؤثر باشد». او هم‌چنین می‌افزاید تلاش‌های فعلی، در راستای ساخت چنین سیستم‌های آکوستیکی بسیار امیدبخش است.

1 Baile Zhang

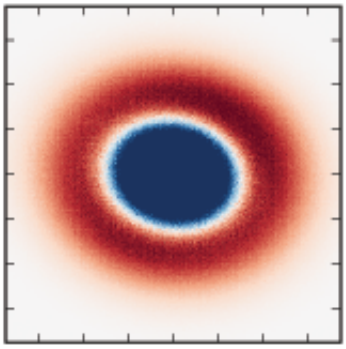
2 Vincenzo Vitelli

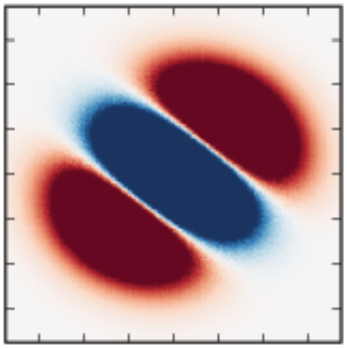
مترجم: سیده اسما حسینی

منبع:

Phys. Rev. Lett. 114, 114301(2015)

نوفهٔ درهم‌تنیده





درهم‌تنیدگی رابطه‌ای بین ذرات است که حالت‌های کوانتومیِ آن‌ها را به هم وابسته می‌کند. معمولاً، فیزیک‌پیشه‌ها برای تولید جفت‌هایی از ذرات درهم‌تنیده زحمت زیادی می‌کشند. اما در کمال تعجب، درهم‌تنیدگی می‌تواند خود به خود در نوفه‌ای[1] به ظاهر کاتوره‌ای به وجود بیاید. آزمایشی با یک رسانای کوانتومی ساده در دمای کم وجود درهم‌تنیدگی را در نوفهٔ الکتریکی سیستم نشان می‌دهد.

جریان‌های الکتریکی دائماً با زمان نوسان می‌کنند و این جریان متغیر امواج الکترومغناطیسی (فوتون) تولید می‌کند که در امتداد سیم‌ها منتشر می‌شوند. در اغلب حالات، چنین فوتون‌هایی یک توزیع کلاسیک (جسم سیاه) دارند، اما آزمایش‌ها در دمای پایین نشان داده‌اند که این فوتون‌ها می‌توانند آمار غیرِ کلاسیک داشته باشند. یعنی احتمالاً فوتون‌ها به صورت جفت تولید می‌شوند. جین-چارلز فورگیوس[2] و همکارانش از دانشگاه شِربروک در کانادا، آمار غیر کلاسیک و بر مبنای نوفهٔ فوتون‌های تابش شده از یک پیوندگاه تونلی[3] را که تا حدود صفر مطلق (۱۸ میلی کلوین) سرد شده بود بررسی کردند. پیوندگاه تونلی از دو رسانا تشکیل شده است که با یک سد نازک عایق از هم جدا شده‌اند. این گروه با اعمال ولتاژی نوسانی با فرکانس میکروموج ۱۴/۵ گیگاهرتز به پیوندگاه، جریانی در آن برقرار کردند و نوفهٔ به وجود آمده در جریان را در دو فرکانس f۱ و f۲ که جمع آن‌ها برابر با ۱۴/۵ گیگاهرتز بود تحلیل کردند. محققان متوجهٔ رابطه‌ای بین فاز فوتون‌ها در f۱ و f۲ شدند. گروه بررسی کرد تا دریابد آیا نوعی از نامساوی بل که سنجشی آماری برای وجود درهم تنیدگی است برقرار است یا خیر. نتایج حاکی از آن بود که فوتون‌هایی که در f۱ و f۲ تابش شده بودند درهم‌تنیده هستند و بنابراین می‌توان از آن‌ها برای رمزنگاری کوانتومی یا سایر کاربردهای اطلاعات کوانتومی استفاده کرد.

1 noise

2 Jean-Charles Forgues

3 tunnel junction

مترجم: مریم ذوقی

منبع:

Phys. Rev. Lett.114.130403(2015)

آیا خورشید می‌تواند مادهٔ تاریک غیرمتقارن را به دام اندازد؟

بر اساس کار جدید یک گروه بین‌المللی از پژوهش‌گران، می‌توان تفاوت‌های غیرقابل توضیح، میان الگوهای ریاضی از خورشید، و مشاهدات نجومی را، با در نظر گرفتن حضور مادهٔ تاریک در خورشید حل کرد.

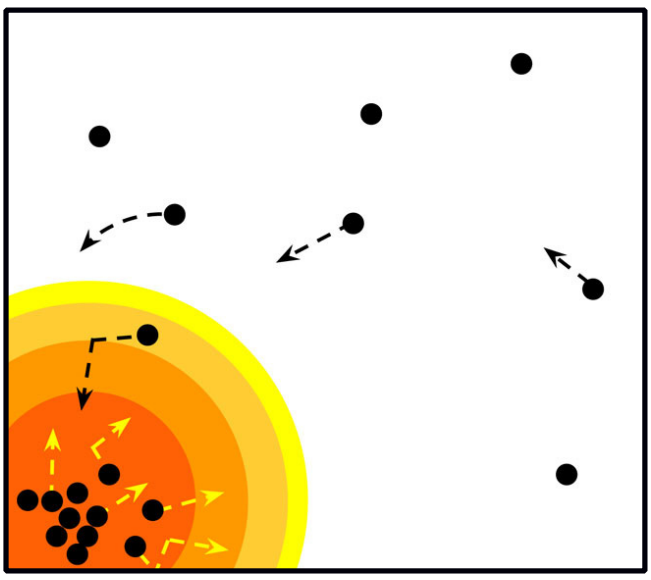
این گروه در مدلی که ارائه کرده است، برای مادهٔ تاریک برهم‌کنشی خاص، با مادهٔ معمولی در نظر گرفته است که به تکانه وابسته است. این مدل می‌تواند، داده‌های مشاهده‌شده را بسیار به‌تر از الگوهای مادهٔ تاریک معمول توضیح دهد. این پژوهش‌گران اعتقاد دارند، ذراتی که آن‌ها فرض کرده‌اند، با آشکارسازهای مستقیم و یا شتاب‌دهنده‌های ذرات، قابل شناسایی هستند.

در سال‌های اخیر، دانشمندان تخمین‌شان را از سهم عناصر سنگین‌تر از هیدروژن و هلیوم در خورشید ، کاهش داده‌اند. این تخمین‌های جدید بر اساس بازتعبیری از داده‌های طیف‌نگاری، مشکلی جدید ایجاد کرده است. هنگامی‌که الگوهای ریاضی مرسوم از ساختار خورشید در نظر گرفته می‌شود، چندین تناقض با مقادیر اندازه‌گیری شدهٔ کمیت‌های مختلفی پیش می‌آید که مقدارشان با مشاهدهٔ تغییرات دوره‌ای اندازهٔ خورشید (در اثر امواج فشار آکوستیک) اندازه‌گیری می‌شود. این مطالعه، ساختار داخلی خورشید از طریق اثر امواج آکوستیک به نام helioseismology شناخته می‌شود. برای رفع این ناسازگاری‌ها، پژوهش‌گران راه‌های جدیدی برای رسیدن گرما از هسته خورشید به سطح آن را جستجو می‌کنند. یک راه این است که خورشید ممکن است دارای مادهٔ تاریک باشد که هنگام عبور از هاله کیهانی، آن را به دام می‌اندازد. چنین ماده‌ای می‌تواند گرما را از هسته به سمت لایه‌های بیرونی خنک‌تر خورشید حمل کند.

پژوهش‌گران فیزیک ذرات، کاندیدهای بسیاری برای مادهٔ تاریک فرض کرده‌اند؛ از ذرات جرم‌دار با برهم‌کنش ضعیف[1] و آکسیون‌ها، تا ذرات ابر تقارن هم‌چون نوترالینوها. در اغلب این‌ها، احتمال برهم‌کنش دو ذره (سطح مقطع برهم‌کنش)، مستقل از تکانهٔ تبادل‌شده در این برهم‌کنش است. اما اخیراً نظریه‌های جدیدی ساخته شده است که شامل مادهٔ تاریک غیرمتقارن است، به طوری‌که مادهٔ تاریک می‌تواند شریک پادمادهٔ خودش را داشته باشد. برخی از این الگوها اجازه می‌دهند که سطح مقطع برهم‌کنش، به مجذور تکانه تبادل‌شده، بستگی داشته باشد.

پژوهش‌گر ذرات و اخترفیزیک ارون وینسنت[2] از دانشگاه دورهام در انگلیس، همراه با همکارانش از ایمپریال کالج لندن و مؤسسه‌ای از اسپانیا، بررسی کرده‌اند که چگونه الگوهایی از مادهٔ تاریک غیرمتقارن، که به روش‌های گوناگون با مادهٔ معمول برهم‌کنش می‌کنند، می‌توانند رابطه میان الگوهای نظری از خورشید و مشاهدات را تحت تاثیر قرار دهند.

محققان به چندین ویژگی از خورشید دقت کردند که به چندین روش اندازه‌گیری شده است؛ استفاده از الگوهای ریاضی پذیرفته‌شده برای اندازه‌گیری سرعت امواج آکوستیک درون خورشید، عمق پوش رسانش گرمایی و شدت نوترینوهای خروجی. آن‌ها این مقادیر را با آن‌چه توسط مدل خورشیدی استاندارد پیش‌گویی شده است، مقایسه کردند و سپس این



تلهٔ خورشیدی: آیا مادهٔ تاریک توسط خورشید به دام افتاده است؟

مقایسه با الگوهایی انجام شد که مادهٔ تاریکی را در نظر می‌گیرند که به سه روش می‌تواند با مادهٔ باریونی (معمول) برهم‌کنش کند. در دو مورد از این سه روش، سطح مقطع برهم‌کنش، مستقل از تکانه بود؛ در حالی‌که در سومین روش، سطح مقطع برهم‌کنش متناسب با مربع تکانه تبادل شده بود. در هر مورد آن‌ها پارامترهایی (برای مثال جرم ذرهٔ مادهٔ تاریک) را انتخاب کردند که به‌ترین برازش ممکن با اطلاعات رصدی را به‌دست آورند.

آن‌ها متوجه شدند که الگویی، با سطح مقطع برهم‌کنش وابسته به تکانه، می‌تواند منجر به برازشی عالی شود، در صورتی که ذرهٔ مادهٔ تاریک جرمی حدود ۳ Gev داشته باشد. در حالی‌که هیچ یک از مدل استاندارد خورشیدی و آن دو مدل مادهٔ تاریک نمی‌توانند حتی سازگاری جزئی با مقادیر مشاهده شده نشان دهند. چنین الگویی با سطح مقطع برهم‌کنش وابسته به تکانه، دارای ذراتی است که مسیر آزاد میانگین بزرگ‌تری درون خورشید دارند و بنابراین می‌توانند گرما را به طرز مؤثرتری، به سمت لایه‌های خروجی انتقال دهند. وینسنت توضیح می‌دهد که چنین برهم‌کنشی احتمالاً جزو یکی از چهار نیروی بنیادی شناخته شده نیست، «این یک برهم‌کنش ِ جدید میان مادهٔ تاریک و مدل استاندارد خواهد بود».

فابیو لوکو[3] از مؤسسهٔ آمریکای جنوبی پژوهش بنیادی در سائوپائولو برزیل، تحت تأثیر این کار قرار گرفته است. او می‌گوید آن‌چه وینسنت و همکارانش انجام داده‌اند، گرفتن یک نوع جدید از مادهٔ تاریک است «تلاش و فهمیدن این‌که آیا یک مشکل مشاهداتی حل می‌شود و آن را به صورت یک مفهوم جدید ارائه دادن که خوش تعریف است. این مورد برای سال‌ها کنارگذاشته شده بود چون انجامش بسیار سخت است».

این پژوهش‌گران امیدوارند که الگویشان را در کاری که پیش رو است، بیشتر گسترش دهند. «احتمالاً باغ وحشی از ذرات مختلف وجود داشته باشد که این برهم‌کنش را بدهند اما هنوز واضح نیست که آیا هیچ یک از آن‌ها، هنگام بررسی جزئیات، واقعاً کار کنند یا خیر»، این نظر وینسنت است. این گروه همچنین امیدوار است که کار تجربی پیش رو، در شتاب‌دهندهٔ هادرونی بزرگ در سرن، و آشکارسازهای مادهٔ تاریک زیرزمین، جست‌وجوی مادهٔ تاریک فوق برودتی[4] وجود چنین ذره‌ای را تأیید و یا رد کند. او می‌افزاید «ما بسیار نزدیک به فهم این مطلب هستیم که آیا این واقعاً یک نشانه از مادهٔ تاریک است و یا ما توسط چیزی به لغزش افتاده‌ایم که از نظر ریاضی شبیه ماده تاریک است، اما واقعاً چیزی ظریف‌تر است که در خورشید رخ می‌دهد».

1 WIMPs
2 Aaron Vincent
3 Fabio Iocco
4 Super Cryogenic Dark Matter Search Super (CDMS)

مترجم: آزاده نعمتی

منبع:
http://physicsworld.com/cws/article/news(2015)

تشکیل نوعی یخ جدید با قرار گرفتن بین دو صفحهٔ گرافین

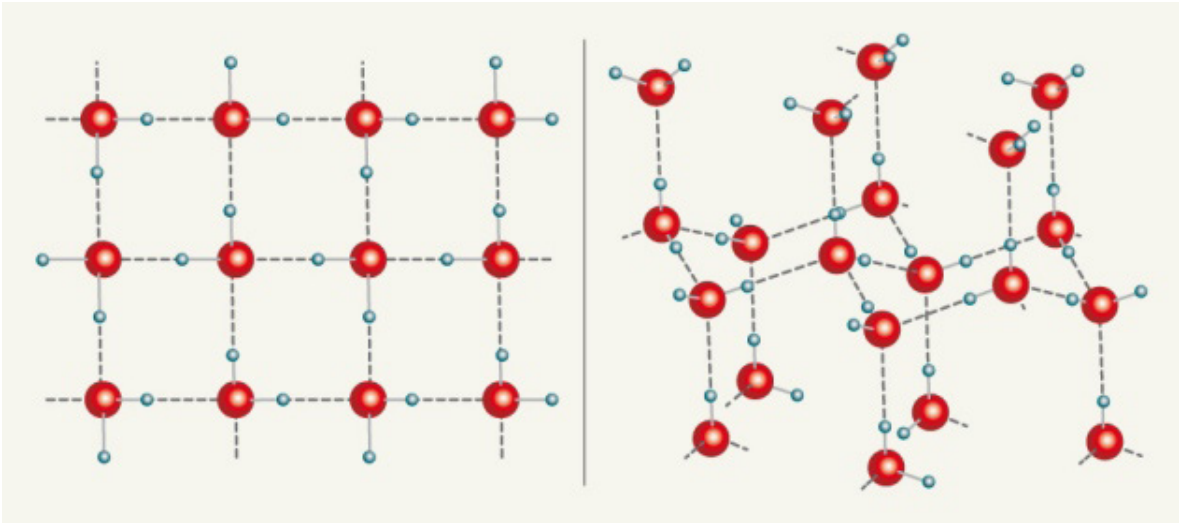
ساختار مربعی غیر معمول می‌تواند توضیحی برای عبور آب پهن‌شده از درون کانال‌های خیلی تنگ باشد.

با پهن‌کردن قطرهٔ آب، میان دو صفحهٔ گرافین، دانشمندان موفق به ساخت نوعی یخ جدید شده‌اند. این یخ، شکلی همانند یک توری مربع دارد و ضخامت آن تنها چند مولکول است.

کشف "یخ مربعی" خاصیت مهم دیگری از گرافین را نشان می‌دهد، که از صفحات کربنی با ضخامت یک اتم ساخته شده است. صفحات گرافین بسیار سفت، محکم و رسانا هستند. به‌علاوه، این صفحات می‌توانند بر مولکول‌هایی که میان آن‌ها به دام افتاده‌اند، فشار بسیار زیادی وارد کنند. این امر می‌تواند توضیحی برای چگونگی عبور سریع آب از میان توده‌های گرافین ارائه دهد؛ خاصیتی که این ایده را مطرح می‌کند تا از آن در غشاهای نمک زدایی برای تصفیه‌ی آب استفاده کنیم.

در سال ۲۰۱۲ گروهی از دانشگاه منچستر، به رهبری آندره گایم[1] (برندهٔ جایزهٔ نوبل فیزیک ۲۰۱۰ برای جداسازی و مطالعهٔ گرافین) دریافتند که بخار آب می‌تواند از میان لایه‌های اکسید گرافین عبور کند، امری که حتی گاز هلیوم قادر به انجام آن نبود. دو سال بعد، آن‌ها نشان دادند که آب مایع نیز از بین این لایه‌ها عبور می‌کند، درصورتی که مولکول‌های دیگر را لایه‌های گرافین فیلتر کرده بودند.

شبیه‌سازی‌های کامپیوتری نشان می‌دادند که آب در بین صفحات گرافین، لایه‌ای از یخ مربعی تشکیل می‌دهد. در این صورت فشار دادن یخ از یک سو، باعث



در یخ مربعی، که در میان صفحات گرافین مشاهده شده، مولکول‌های آب در ساختاری مسطح با زاویهٔ قائمه قرار می‌گیرند. این ساختار با ساختار شش وجهی یخ معمولی (سمت راست تصویر) تفاوت عمده دارد.

تغییر جهت هماهنگ همهٔ مولکول‌های آب مانند یک قطار سریع‌السیر می‌شود. با این حال گایم تأکید می‌کند که هیچ‌وقت نباید به شبیه‌سازی‌های دینامیک-مولکولی اعتماد کرد. در نتیجه آن‌ها به آزمایش متوسل شدند.

یخ جدید معرفی می‌شود.

گایم و گروهش در دمای اتاق، یک میکرولیتر آب را روی یک صفحهٔ گرافین ریخته، سپس صفحه‌ای دیگر را روی آن قرار دادند. در حالی که آب بخار می‌شد، صفحات گرافین به یک‌دیگر فشرده می‌شدند، تا جایی که فاصلهٔ آن‌ها به کم‌تر از ۱نانومتر رسید و توده‌های کوچک آب را میان خودشان به دام انداختند.

میکروسکوپ الکترونی عبوری[2] نشان داد که این توده‌ها حاوی یخ مربعی هستند. اَلَن سوپر[3]، فیزیک‌پیشهٔ آزمایشگاه رادرفورد آپلتون[4] در هارول انگلستان، در مقاله‌ای که همراه با خبر این کشف، در مجلهٔ نیچر[5] چاپ شده است، اظهار داشت که این یافته آن‌چنان هم دور از انتظار نبود. برای مثال، وقتی آب در خوشه‌های کوچک ۸ تایی قرار می‌گیرد، ساختاری مکعبی تشکیل می‌دهد، اما چنین چیزی تا به حال در لایه‌ای به این بزرگی مشاهده نشده بود.

سوپر یخ مربعی را فاز بلوری جدیدی از یخ می‌شمارد که به ۱۷ فاز مشاهده شدهٔ قبلی اضافه می‌شود.

جستجو برای حالت مسطح

یخ مربعی تفاوت عمده‌ای با یخ معمولی دارد. در یک مولکول V- شکل آب (H_2O)، یک اتم اکسیژن، به دو اتم هیدروژن، با پیوندی قوی متصل شده است. این مولکول هم‌چنین پیوندی ضعیف‌تر با اتم‌های هیدروژن در مولکول‌های آب مجاور برقرار می‌کند. در یخ، این ۴ پیوند، معمولاً در ساختاری چهاروجهی (هرمی) قرار می‌گیرند.

اما در یک لایهٔ یخ مربعی، تمامی اتم‌ها در صفحه‌ای مسطح قرار دارند و زاویهٔ میان پیوندهای اکسیژن- هیدروژن قائمه است. توده‌های یخ مربعی گایم حاوی یک، دو یا سه عدد از این لایه‌ها بوده است. در این ساختار، اکسیژن‌های لایه‌های مجاور درست بالای یک‌دیگر قرار می‌گیرند.

محاسبات این گروه نشان می‌دهد فشاری که صفحات گرافین بر آب مسطح وارد می‌کنند باید ۱۰۰۰۰ برابر فشار اتمسفر باشد. گایم نیز از چنین فشار زیادی اظهار شگفتی می‌کند. این فشار به علت تغییر شکل ایجاد شده، در ابر الکترونی اتم‌های کربن لایه‌های مختلف گرافین، در اثر نزدیک شدن آن‌ها به یک‌دیگر ایجاد می‌شود. این تغییر سبب ایجاد جاذبه میان آن‌ها می‌شود. این نیرو با عنوان نیروی وان‌درووالس، میان اتم‌های کربن دو لایهٔ گرافین مجاور، شناخته می‌شود. به گفتهٔ سوپر « مانند این است که میلیون‌ها فنر کوچک آن‌ها را کنار یک‌دیگر نگه می‌دارند.»

گایم اعتقاد دارد که یخ مربعی، در فضاهای باریک دیگر، مانند داخل نانولوله‌ها نیز یافت می‌شود. او می‌گوید تعیین دقیق خواص این یخ، می‌تواند به توسعهٔ فیلترهای نمک‌زدایی بر پایهٔ گرافین کمک کند. گایم اضافه می‌کند: «مطالعهٔ رفتار آب در لوله‌های مویین، اساس ساخت یک فیلتر خوب است و این قدمی بسیار مهم است.»

1 Andre Geim
2 Transmission electron microscopy
3 Alan Sober
4 Rutherford Appleton laboratory
5 Nature

مترجم: حمیدرضا کاظمی

منبع:
http://www.nature.com/news/graphene-sandwich-makes-new-form-of-ice-1.17175?WT.ec_id=NEWS-20150326

آینهٔ تک بسامد

آینه‌ای ساخته شده از فراماواد[1] در یک زاویهٔ انتخابی بازتاب می‌کند و فقط به تابشی با یک بسامد مشخص پاسخ می‌دهد؛ در حالی که نسبت به سایر تابش‌ها شفاف است.

آینه‌های معمولی، نور را در گسترهٔ وسیعی از بسامدها بازتاب می‌دهند. اما یک طراحی جدید آینه می‌تواند یک تک بسامد را بازتاب و سایر بسامدها را از خود عبور دهد. این «فراآینه[2]» آرایه‌ای از قطعات فلزی شکل داده شده، با اندازهٔ زیر طول‌موج درون یک مادهٔ شفاف است و می‌توان برای بازتاب نور در یک جهت مشخص، یا کانونی کردن نور، شبیه یک آینهٔ منحنی نیز آن را به کار برد. فرا آینه‌های تخت می‌توانند جای‌گزین گیرنده‌های بشقابی شوند یا صفحه‌های خورشیدی ماهواره را بپوشانند و ضمن بازتاب دادن سیگنال‌های ارتباطی میکروموج، نور خورشید را عبور دهند.

آینه‌ها معمولاً صفحات تختی با روکش فلزی هستند که تمام امواج نور ورودی را در زاویه‌ای برابر با زاویهٔ تابش فرودی و در جهت مخالف آن، بازتاب می‌دهند. اما پژوهش‌گران، ورقه‌های ساختاردار نازکی ساخته‌اند که وقتی روی یک آینهٔ تخت معمولی قرار می‌گیرند، مسیر نور را به هم می‌زنند و باعث می‌شوند در یک زاویهٔ دل‌خواه بازتاب پیدا کند. معمولاً این صفحات ساختاردار، از فراماواد ساخته می‌شوند، که موادی مهندسی شده با ساختارهایی پیچیده، در مقیاس‌هایی کوچک‌تر از طول‌موج نور هستند.

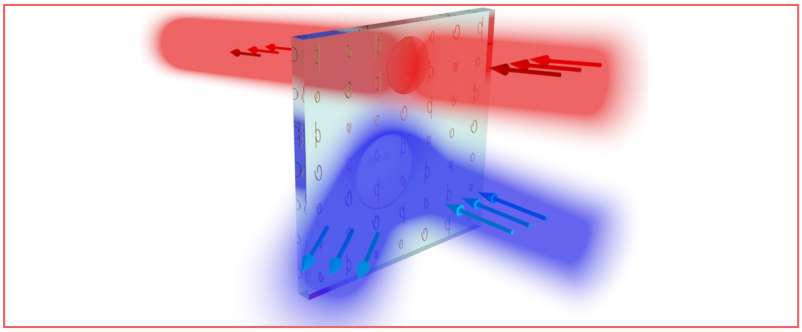
تمامی این فراسطوح، برای بازتاب، از یک زیرسطح فلزی استفاده می‌کنند، اما سرگئی ترتیاکوف[3] از دانشگاه آلتو[4] در فنلاند و همکارانش دریافتند که یک فراسطح به تنهایی می‌تواند نور را بازتاب دهد. یکی از اعضای گروه، ویکتار آسادچی[5] از دانشگاه آلتو و دانشگاه ایالتی فرانسیس اسکورینا گومل[6] در بلاروس، گفته است با کنار گذاشتن بازتابندهٔ معمولی، فراآینه می‌تواند نسبت به همهٔ بسامدها، به جز یک بازهٔ انتخابی که بازتابندگی آن تا حد زیادی قابل کنترل است، شفاف شود.

این پژوهش‌گران یک فراسطح برای میکروموج‌ها طراحی کرده‌اند، اما می‌گویند که همین ایده را می‌توان در مورد یک آینهٔ نور مرئی هم به کار برد. این فراآینهٔ نازک، از اجزای فلزی میلی‌متری جای گرفته در یک محیط شفاف به میکروموج، ساخته شده است. این اجزا که ترکیبی از حلقه‌ها و سیم‌های مسی مستقیم‌اند، آلاییدگی امگا[7] نامیده می‌شوند، چون بیش‌تر آن‌ها شکلی شبیه به حرف یونانی امگا (Ω) دارند. هنگامی که میکروموجی با بسامد تشدید (که با توجه به اندازهٔ آلاییدگی امگا تعیین می‌شود) به فراآینه برخورد می‌کند، در سیم‌ها و حلقه‌ها تولید جریان می‌کند و آن‌ها در عوض، میکروموج‌هایی در همان بسامد را بازنشر، بازتاب یا پراکنده می‌کنند. شکل آلاییدگی، بر فاز نور میکروموج پراکنده شده (اختلاف زمانی قله‌های موجش نسبت به نور فرودی)- تأثیر می‌گذارد و اثر خالص ترکیب درست شکل‌ها، تقویت یک جهت مشخص، برای امواج پراکنده‌شده است.

طراحی متاسطح این گروه، شکل‌های آلاییدگی مختلفی را دربرمی‌گیرد که در یک الگوی هندسی دوبعدی، جای می‌گیرند. تمامی آلاییدگی‌ها، به یک بسامد پاسخ می‌دهند و اجازه می‌دهند سایر بسامدها بدون تغییر عبور کنند. محققان به کمک مدل‌سازی کامپیوتری نشان دادند که می‌توانند آرایه‌ای برای بازتاب کامل یک نور فرودی در هر زاویهٔ دل‌خواه طراحی کنند.

این گروه برای اثبات طرح خود، نوارهایی از فراآینه‌ها را ساختند که یک تک‌رشته آلاییدگی امگا را دربرداشت و آن‌ها را در معرض میکروموج‌هایی با بسامد تشدید ۵ گیگاهرتز قرار دادند. در اولین آزمایش، نواری با شش آلاییدگی امگای مختلف در یک الگوی خطی، میکروموج‌هایی با زاویهٔ تابش ۹۰ درجه را در زاویهٔ ۴۵ بازتاب داد.

محققان در دومین آزمایش به کمک یک الگوی متقارن شعاعی، از آلاییدگی‌های امگا، یک آینهٔ کانونی‌کننده تولید کردند.



آینهٔ چندمنظوره: این آینهٔ فراماده، نور را با بسامد تشدید، در زاویه‌ای خاص، بازتاب می‌دهد که مقدار آن را چگونگی جای‌گیری آلاییدگی آنتن، مانند امگا در طرح‌های مختلف تعیین می‌کند. پرتوی آبی با زاویهٔ قائمه به آینه می‌تابد اما در زاویهٔ ۴۵درجه، بازتاب می‌شود. برای پرتوی قرمز که بسامد متفاوتی دارد، فراآینه شفاف است.

آن‌ها نشان دادند امواج تختی که با این ساختار تخت برخورد می‌کنند، در یک نقطه، کانونی خواهند شد، درست مثل این‌که آینه مقعر بوده باشد. گروه بر این باور است که این نوع از فراآینه‌ها را می‌توان جای‌گزین بشقاب‌های سهموی ماهواره‌ها کرد که تولید و بهره‌برداری گرانی دارند. یک لایه از آلاییدگی امگا را می‌توان روی یک صفحهٔ خورشیدی تخت قرار داد و به این ترتیب یک سطح چند منظوره داشت که ضمن کانونی کردن سیگنال‌های میکروموج، در گیرنده، هنوز نور مرئی و مادون قرمز را از سلول‌های خورشیدی عبور می‌دهد. در نجوم رادیویی، لایه‌های «بشقاب گونه» متعددی می‌توانند بسامدهای مختلف را، در گیرنده‌های جداگانه متمرکز کنند و به این ترتیب چندین اندازه‌گیری را با یک تک‌ساختار تخت امکان‌پذیر کنند.

فیلیبرتو بیلوتی[8] از دانشگاه رم۳ [9] می‌گوید: «این مفهوم به نظرم خیلی چشم‌گیر می‌رسد». کار قبلی نشان داده بود که فرامواد نازک، می‌توانند نور عبوری را دست‌کاری کنند، اما دست‌کاری نور بازتابی، به گفتهٔ او «نشاندهندهٔ یک پیشرفت قابل توجه است». آندره آلو[10] از دانشگاه تگزاس در آستین می‌گوید این کاربرد آلاییدگی‌های ریزموجی، مرزهای دست‌کاری موج نور را فراتر می‌برد. اما ایرادی که او می‌بیند آن است که طبیعت تشدیدی فراآینه‌ها، می‌تواند عملکردشان را نسبت به کوچک‌ترین تغییری در بسامد تابش ورودی، بسیار حساس کند.

1 metamaterial
2 metamirror
3 Sergei Tretyakov
4 Aalto University
5 Viktar Asadchy
6 Francisk Skorina Gomel State University
7 Omega Inclusion
8 Filiberto Bilotti
9 University of Rome III
10 Andrea Alù

مترجم: سارا شادمهری
منبع:
http://physics.aps.org/articles/v8/20

بازگشت برخورد دهندهٔ بزرگ هادرونی

با به‌گردش درآمدن پروتون‌ها، پس از توقف دوساله، مرحلهٔ دوم اجرای برخورددهندهٔ بزرگ هادرونی (LHC) آغاز به کار کرد. محققان در آزمایشگاه فیزیک ذرات سرن (CERN)، در زمان وقفه مشغول ارتقای برخورددهنده، برای بیش‌تر کردن انرژی و ایجاد برخوردهایی با شدت بیش‌تر بودند.آغاز دوبارهٔ کار، به‌علت وجود قطعه‌ای فلزی، مدت دو هفته به تأخیر افتاد. قطعهٔ فلزی موجب ایجاد اتصال کوتاه، در سیستم ایمنی، در نزدیکی یکی از آهن‌رباهای ابررسانای LHC می‌شد. مهندسان مجموعه، آثار باقی‌مانده از قطعات فلزی را در روز ۳۰ مارس، با تخلیهٔ جریان الکتریکی، تبخیر کردند.

در روز ۵ آوریل، دو پرتو با انرژی نسبتاً کم، که هر کدام شامل تعداد کمی پروتون بودند، در جهت مخالف یک‌دیگر، درون حلقهٔ ۲۷ کیلومتری LHC به چرخش درآمدند. اما در حال حاضر، هنوز برای برخورد آماده نیستند. پاول کالیر، مدیر بخش پرتوها در سرن می‌گوید «بازگرداندن LHC به انجام آزمایش‌های فیزیک، پس از تعطیلی کامل، مسألهٔ فشار دادن یک دکمه و ادامهٔ کار نیست».کالیر و تیمش، هشت هفتهٔ آینده را صرف آنلاین‌سازی سیستم‌های بیش‌تری خواهند کرد. این کار به مهندسان در تنظیم دقیق و تولید پرتوهای مناسب کمک می‌کند. سرن در ادامهٔ کار خود، سیستم پرشتاب LHC را راه‌اندازی خواهد کرد؛ که انرژی هر پرتو را از ۴۵۰ گیگا الکترون‌ولت تا ۶/۵ ترا الکترون‌ولت افزایش داده و پرتوها را در کانال‌های باریک فشرده می‌کند تا برای برخوردها آماده باشند.

فیزیک‌پیشگان انتظار دارند برخوردها را از نیمهٔ اول ماه جون آغاز کنند. هنگامی‌که محققان در سرن، درک درستی از چگونگی عملکرد دستگاه‌ها به‌دست آوردند، می‌توانند تعداد دسته‌های پروتونی که با سرعت و انرژی زیاد پیرامون حلقه حرکت می‌کنند را افزایش دهند. کلیر می‌گوید «هنگامی‌که کار افزایش شدت، به پایان برسد، می‌توانیم در مورد صدها مگاژول انرژی ذخیره شده در پرتو صحبت کنیم، که اگر کنترل نشود، موجب خرابی خواهد شد». در نهایت، با نوسازی LHC می‌توان در هر ثانیه، ۱ بیلیون جفت پروتون را، با انرژی ۱۳ تراالکترون‌ولت درهم کوبید. که در مقایسه با مقدار ۸ ترا الکترون‌ولت، در دستگاه قبلی، افزایش قابل توجهی دارد. در سال ۲۰۱۲، بیش از دو سال پس از فعال‌سازی دستگاه، آزمایشات LHC منجر به کشف بوزون هیگز -که مدت‌ها در جست‌وجوی آن بودیم- شد. ذره‌ای که با مکانیزم جرم بخشیدن به دیگر ذرات، مرتبط است.

مرحلهٔ دوم اجرا، چنین هدف روشنی را دنبال نمی‌کند. در این مرحله، فیزیک‌پیشگان، داده‌ها را، برای نشانه‌هایی از پدیده‌ای که با مدل استاندارد فیزیک ذرات سازگار نیست، بررسی خواهند کرد. به امید آن‌که بتوانند راز معماهایی هم‌چون منشأ مادهٔ تاریک را بیابند. زیاد شدن امکانات در LHC، می‌تواند به ما در حل معمای پیدا کردن منشأ ماده تاریک کمک کند.

مترجم: هلیا هوشمند
منبع :
http://www.nature.com/news/large-hadron-collider-restarts-1.17258

مصاحبه با وارن پیکت

مصاحبه و تنظیم: امین صالحی، اردلان خضرایی

چهارمین کنفرانس ملی پیشرفت‌های ابررسانایی که در دانشکدهٔ فیزیک دانشگاه صنعتی شریف برگزار شد میهمانان ویژه‌ای داشت. در شماره‌های قبلی این نشریه مصاحبه‌هایی با دو تن از آن‌ها ، آنتونی لگت، برندهٔ جایزهٔ نوبل ۲۰۰۳ در ابرشارگی و پاول چو ، کاشف اولین ابررسانای بالای دمای نیتروژن مایع را منتشر کردیم. در این شماره مصاحبه‌ای با میهمان دیگر این کنفرانس دکتر وارن پیکت، استاد ممتاز دانشگاه دیویس کالیفرنیا که به دلیل نظریه‌اش در «ابررسانایی تک‌اسپین» و نیز فعالیت‌های درخشانش در زمینهٔ نیمه‌فلزها، دانش‌پیشه‌ای شناخته شده در جامعهٔ علمی است، منتشر می‌کنیم.
این مصاحبه توسط نشریهٔ «فیزیک روز» در بهمن ۱۳۹۲ و در تهران انجام شده است. نشریهٔ فیزیک روز از برگزارکنندگان این کنفرانس به‌دلیل دعوت از این بزرگان و نیز وبگاه «مکتبخونه» به دلیل فراهم کردن امکانات این مصاحبه تشکر می‌کند.

فیزیک روز: از این‌که پذیرفتید با مجلهٔ «فیزیک روز» مصاحبه کنید سپاسگزارم. نشریهٔ «فیزیک روز» از انتشارات انجمن فیزیک ایران است و خوانندگان آن غالباً تحصیلات پایهٔ دانشگاهی دارند. به‌عنوان اولین پرسش، ممکن است به زبان ساده به ما بگویید که ابررسانایی چیست؟

پیکت: ابررسانایی حالتی از فلز است که در آن، الکتریسیته بدون اتلاف از فلز عبور می‌کند. این حالت، شامل تشکیل حالتی جمعی، از همهٔ الکترون‌های رسانش، به صورت همدوس و بدون پراکندگی است به‌طوری‌که تبدیل به یک ابرحالت یا یک حالت ابررسانا می‌شود.

فیزیک روز: لطفاً در مورد پیشینهٔ خود در این حوزه بگویید. چه‌طور شد که از بین این همه موضوع جذاب در فیزیک، ابررسانایی را انتخاب کردید؟

پیکت: اولین برخورد من با موضوع وقتی بود که داشتم مدرک کارشناسی ارشدم را می‌گرفتم و استاد راهنمای پایان‌نامه‌ام، جوزف استرِکر، مسئله‌ای به من داد. من پیش‌زمینه‌ای در مورد نظریهٔ ابررسانایی داشتم و قدری هم در مورد نظریهٔ میدان کوانتومی مطالعه کرده بودم. نظریه‌ای به نام نظریهٔ اندرسون وجود دارد که به مقالهٔ خیلی کوتاهی از فیلیپ اندرسون، برندهٔ نوبل فیزیک (۷۵۹۱) برمی‌گردد. این نظریه می‌گوید، اضافه کردن مقداری ناخالصی به ابررسانا، چیز زیادی را عوض نمی‌کند. در نگاه اول

عکس از امین صفدری

به نظر می‌رسد که باید این‌طور باشد، چون ابررسانایی با حالت‌ها سروکار دارد. حالت سادهٔ ابررسانایی، شامل جفت‌الکترون‌هایی است با تکانه‌های هم‌سو و گشتاورهای مغناطیسی ناهم‌سو. اگر شما ناخالصی داشته باشید، این الکترون‌ها به طور جداگانه پراکنده می‌شوند و نظیر این‌ها، که حتی در حالت نرمال هم اتفاق می‌افتد. نظریهٔ اندرسون این بود که وقتی ناخالصی دارید، به جفت الکترون‌هایی احتیاج دارید که حالت آن‌ها وارون زمانی یک‌دیگر باشد و آن‌گاه ناخالصی، واقعاً مشکلی نخواهد داشت. اما او هیچ معادله‌ای برای این رابطه ارائه نداد. پس پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد من این شد که با محاسباتی سعی کنم آن را اثبات کنم.

فیزیک روز: مهم‌ترین کارهای علمی شما چیست و از کی مشغول پژوهش شدید؟ چه زمانی این کارها را انجام دادید؟

پیکت: فعالیت‌های پژوهشی من از ۱۹۷۵ که دکترایم را گرفتم ادامه داشته است. وقتی دورهٔ دکترایم را به پایان رساندم سه یا چهار مقاله داشتم. از آن به بعد، پژوهشم مستمر بوده است، البته برخی سال‌ها بیش‌تر از سال‌های دیگر بوده است. مثلاً پنج سالی را بیش‌تر از بقیهٔ سال‌ها فعالیت کرده‌ام، اما فکر می‌کنم در مجموع برای مدتی طولانی با آهنگی یک‌نواخت مشغول به این کار بوده‌ام.

فیزیک روز: به عقیدهٔ شما مهم‌ترین مسائل حل نشده در ابررسانایی کدامند؟

پیکت: فکر می‌کنم اول از همه ابررسانایی دمای بالا در کاپریت‌ها (مواد حاوی آنیون مس) هنوز حل نشده است. می‌توانم بگویم حداقل پنج نظریه‌پرداز سرشناس و بسیار معتبر وجود دارند که معتقدند به نوعی آن را فهمیده‌اند. از دید آن‌ها، مسئله حل شده، اما هیچ‌کدام با هم توافق ندارند. بنابراین واضح است که این مسئله حل نشده است. البته من در جستجوی ابررساناهایی با دمای پایین‌تر بوده‌ام. این‌ها مواد خاص و ابررسانایی هستند که سازوکارشان شاید خیلی متفاوت از انواع دیگر نباشد ولی می‌تواند هم باشد. لذا این مواد خاص، که در پنج یا ده کلوین، یا در یک مورد در بیست و پنج کلوین، ابررسانا هستند هم وجود دارند که هنوز درموردشان چیز زیادی نمی‌دانیم.

فیزیک روز: آیندهٔ ابررسانایی دمای بالا را چگونه می‌بینید؟ آیا انتظار دارید که در سال‌های آینده، در دمای اتاق، ابررسانایی داشته باشیم؟

پیکت: نه، فعلاً هیچ دلیلی برایش ندارم. اما فکر می‌کنم دلایل خوبی وجود دارد که منتظر ابررسانایی در دماهای بالاتر باشیم. این یکی از علائق جدی من، در طول دههٔ گذشته بوده است. من واقعاً فکر می‌کنم با توجه به نظریه، واضح است که براساس سازوکار جفت‌شدگی فوتونی (اگر نوع درستی از ساختار

نواری و جفت‌شدگی الکترون-فوتون را ایجاد کنید) می‌توانید ابررساناهایی با دمای بالاتر داشته باشید. برای آن‌چه باید انجام داد دستورالعمل‌های خوبی هست. تنها کافی ست به کتاب‌ها نگاهی بیاندازید، مواد مناسبی را انتخاب کنید و با انجام محاسبات راهبردی و با همکاری تجربه‌گرها، سعی کنید چنین چیزهایی بسازید. در مورد ابررسانایی در دمای اتاق، اگر از آینده خبر داشتم حتماً این کار را می‌کردم.

فیزیک روز: با توجه به تجربیات و دیدگاه‌های امروزتان، اگر این فرصت را داشتید که به دهۀ ۱۹۷۰ برگردید و کار خود را دوباره آغاز کنید، مهم‌ترین تغییراتی که می‌دادید، تا بر آیندۀ شغلی‌تان تأثیر بگذارد، چه بود؟

پیکت: در این مورد فکر کرده‌ام. من سعی می‌کردم بیش‌تر خطر کنم. آن‌قدر کار نظری انجام نمیدادم؛ آن‌ها فقط محاسبات هستند، یک سری تعمیم نظری، که بیش‌تر پژوهش‌های منظم و کارهای خوب از چنین چیزهایی درمی‌آید. وقتی در آغاز راه هستید، دنبال کردن تحقیقاتی با خطر بیشتر و پذیرفتن مشکلات بیشتر خیلی ساده نیست. چون باید مقاله بنویسید، باید با دیگران در تعامل باشید، و کمی بعدتر وقتی مسئولیت خانواده را هم به عهده می‌گیرید و تحت فشار هستید، اصلاً کار ساده‌ای

ای کاش کمی بیش‌تر خطر می‌کردم. یعنی واقعاً کار تحقیقاتی‌ای را انتخاب کرده و آغاز می‌کردم که سه یا چهار سال طول بکشد ولی حاصلش چیزی واقعی باشد.

به نظر نمی‌رسد. اما باز هم، ای کاش کمی بیش‌تر خطر می‌کردم. یعنی واقعاً کار تحقیقاتی‌ای را انتخاب کرده و آغاز می‌کردم که سه یا چهار سال طول بکشد ولی حاصلش چیزی واقعی باشد.

فیزیک روز: اما قبول مشکلات بیش‌تر و ...

پیکت: بله، به نوعی این واقعاً به مبارزه طلبیدن سختی‌ها ست.

فیزیک روز: معلم یا مشاوری بود که روی کار شما، تأثیر بسزایی گذاشته باشد؟

پیکت: بله، وقتی من وارد دورۀ تحصیلات تکمیلی شدم، انتظار داشتم به سمت نظریۀ میدان کوانتومی و نظریۀ ذرات یا میدان ذرات بنیادی بروم و خب، یک کلاس فیزیک حالت جامد برداشتم که نظرم را عوض کرد. من مجذوب فیزیک حالت جامد شدم. فکر می‌کنم نگفتم – شخصی که مرا مجذوب فیزیک حالت جامد کرد فیلیپ آلن در دانشگاه استونی بروک بود.

فیزیک روز: با توجه به تحولات جامعۀ علمی، فضای آکادمیک روزهای اولیۀ خود به عنوان یک دانشجوی ارشد در استونی بروک را در مقایسه با وضعیت امروز چه‌طور می‌بینید؟

پیکت: تفاوت‌های زیادی می‌بینم. اما نمی‌دانم که اگر به استونی بروک برمی‌گشتم، یک دانشجوی ارشد نوعی به حساب می‌آمدم یا نه. چون همین چند وقت پیش در کالج بودم و فهمیدم که با خیلی چیزها بیگانه‌ام. من اگر می‌خواستم در چیزی خوب باشم، که آن چیز فیزیک بود، فقط زمان زیادی را صرف مطالعه و یادگیری و از این قبیل چیزها می‌کردم. از این‌نظر، مثل دانشجوهای نوعی امروز نبودم. الان با دانشجوها سر و کار دارم. چندین دانشجوی بین‌المللی داشته‌ام. وقتی شما از یک کشور

من دانشجویان را نصیحت نمی‌کنم چون فکر می‌کنم نصیحت‌کنندۀ خوبی نیستم. دانشجویانی دارم که می‌پرسند باید به کدام مرکز تحصیلات تکمیلی بروند و من هم سعی می‌کنم چیزهایی را که از هر دانشگاه می‌دانم بگویم اما تصمیم‌گیری را به خودشان واگذار می‌کنم.

خارجی به آمریکا می‌آیید، کار سخت‌تر می‌شود. محیط دانشکده و بعضی چیزها بسیار خوبند اما شرایط خیلی خیلی متفاوت است. باید سر در بیاورید که کارها چطور انجام می‌شود، از خانواده و دوستانتان دورید و نظیر این‌ها. از این مسائل خیلی می‌بینم و بیش‌تر هم شده است. به نظرم نسبت دانشجویان بین‌المللی در طی سی و چند سال اخیر افزایش یافته است. حداقل در دانشگاه کالیفرنیا در دیویس، دفاتر و برنامه‌های بیش‌تری برای کمک به دانشجویان بین‌المللی و کلاً دانشجویان برپا شده است. حتی دانشجویان بومی هم درگیر مشکلات شخصی و امثال آن هستند. برنامه‌ها و نهادهایی برای کمک به حل این مسائل وجود دارد. این تفاوت بزرگی است که من با زمان تحصیل خودم می‌بینم.

فیزیک روز: بنابراین می‌گویید که الان آسان‌تر است.

پیکت: کمک بیش‌تری وجود دارد- مطمئن نیستم که آسان‌تر باشد. فکر می‌کنم زندگی پیچیده‌تر شده، بنابراین واقعاً این کمک اضافی لازم است. زندگی خیلی پیچیده‌تر شده است. من در آن زمان‌ها مانند اغلب دانشجویان مجرد بودم در حالی که امروزه بسیاری از دانشجویان ما متأهل هستند و این شرایط سخت‌تری است. باید خرج خانواده را بدهید، به فکرشان باشید، با آن‌ها وقت بگذرانید و از این قبیل چیزها.

فیزیک روز: دانشجویان و اساتید جوان خوشحال خواهند شد که توصیه‌هایی از شما داشته باشند. توصیه می‌کنید چه کارهایی را انجام بدهند و چه کارهایی را نه؟

پیکت: یک توصیهٔ رایج و خیلی خوب این است که به دنبال کاری باشید که به آن علاقه دارید. چیزی که مشتاق انجامش هستید. اگر واقعاً به کاری که می‌کنید علاقه‌مند باشید، دیگر خیلی مهم نیست که به دانشکدهٔ پزشکی رفته باشید یا وکیل باشید. من دانشجویان را نصیحت نمی‌کنم چون فکر می‌کنم نصیحت‌کنندهٔ خوبی نیستم. دانشجویانی دارم که می‌پرسند باید به کدام مرکز تحصیلات تکمیلی بروند و من هم سعی می‌کنم چیزهایی را که از هر دانشگاه می‌دانم بگویم اما تصمیم‌گیری را به خودشان واگذار می‌کنم.

فیزیک روز: هیچ نکتهٔ خاصی نیست؟ به خصوص به عنوان یک حرفه‌ای، مثلاً چه‌طور یک تحقیق را پیش ببرند یا مثلاً این که از افتادن در دام تشریفات اداری یا فرآیندهای طولانی اجتناب کنند، یا پژوهش نامطمئنی را آغاز کنند؟

پیکت: خب، یکی از چیزهایی که الان به ذهنم می‌رسد مربوط به چند ماه پیش است که در یک همایش کوچک شرکت کردم. نهاد خاصی در محوطهٔ دانشگاه متعلق به دانشجویان فارغ‌التحصیل، از من خواستند دورنمایی از آن‌چه باید هنگام مصاحبهٔ شغلی به آن توجه کنند ارائه بدهم. من کمی وقت گذاشتم و ده صفحه تهیه کردم در مورد نکاتی که به نظر خودم نسبتاً بدیهی بود: خودتان باشید، کمی در مورد محلی که برای مصاحبه می‌روید پرس‌وجو کنید، بدانید چرا آن‌جا هستید- اگر نمی‌خواستید در آن‌جا استخدام شوید نباید هم برای مصاحبه می‌رفتید. پس اگر می‌خواهید بروید بدانید برای چه، و بتوانید آن را توضیح دهید. سه یا شاید هم چهار نفر از افراد مسئول، اعضای هیئت علمی یا هر چه هست را انتخاب کرده و در مورد زمینهٔ فعالیتشان تحقیق کنید و از این جور مسائل. البته لزوماً نمی‌توانید برای هر مصاحبه‌ای سخت مطالعه کنید. خب، به نظرم این یکی از جاهایی بود که این اواخر در آن نقشی ایفا کرده‌ام.

فیزیک روز: از زمان اولین روزهای کارتان در دههٔ ۱۹۷۰ تا به حال، چه تغییری در تحول گسترش دانش در زمینهٔ فیزیک حالت جامد بین شرق و غرب می‌بینید؟

عکس از امین صفدری

پیکت: بی‌اطلاع نیستم. من در چند سال اخیر مسئولیت‌هایی در انجمن فیزیک آمریکا برعهده داشته‌ام. چیزهایی را دیده‌ام. از آمار مربوط به نرخ مقالات در آمریکا، اروپا و بقیهٔ دنیا که عمدتاً آسیای شرقی است باخبرم. در این مورد، تغییرات واقعاً عظیمی در بیست و پنج سال اخیر رخ داده است. چون قبلاً مجله مربوط به مقالات آمریکایی بود در حالی که اکنون بخش عمدهٔ آن مقالات غیرآمریکایی است. نویسنده‌ها از همه جا هستند. الان ارتباطات و همکاری‌های زیادی در حیطهٔ بین‌المللی وجود دارد- خود من هم چنین تعاملاتی دارم و برایم عجیب نیست اگر سالی دو بار، مثلاً به ژاپن، سفر کنم. بنابراین علم واقعاً رشد کرده و بسیار جهانی‌تر از سی، چهل سال پیش شده است.

فیزیک روز: سپاس‌گزارم. مصاحبه با شما افتخار بزرگی بود.

پیکت: از گفتگو با شما خوشحال شدم.

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

فیزیک آماری بهینه‌سازی

ابوالفضل رمضان‌پور
دانشکدهٔ فیزیک، دانشگاه نیشابور

چکیده

مسأله‌های زیادی در طبیعت یافت می‌شوندکه با بزرگ‌ترشدن تعداد متغیرهای موجود، زمان حل‌شان بسیار بزرگ می‌شود. حل این مسأله‌ها عمدتاً سخت است. پیدا کردن آرایشی از متغیر ها که یک تابع انرژی را کمینه می‌کند، از جملهٔ این مسأله‌ها است. رهیافت‌های متعددی برای نزدیک شدن به حل این مسأله‌ها وجود دارد. در این نوشته، با روش‌های فیزیک آماری که برای مطالعهٔ سیستم‌های برهم‌کنش‌دار نامنظم طراحی شده‌اند آشنا می‌شویم و می‌بینیم که چه‌طور این روش‌ها می‌توانند به حل مسأله‌های بهینه‌سازی، مانند چینش با بیشینهٔ چگالی کره‌های سخت و مسأله‌های مشکل‌تر کمک کنند.

مقدمه

در فیزیک با بهینه‌سازی بیگانه نیستیم. درحقیقت تعدادی از الگوریتم‌های شناخته‌شدهٔ بهینه‌سازی برگرفته از ایده‌های فیزیکی هستند: در یک سیستم ترمودینامیکی، بسته به نیروهای خارجی، یکی از انرژی‌های ترمودینامیکی کمینه می‌شود یا یک سیستم فیزیکی در دمای صفرمطلق در یکی ازحالت‌های پایه، با کم‌ترین انرژی پیدا می‌شود. بنابراین اگر سیستمی به تدریج از دمای بالا به دمای صفر مطلق آورده شود، طوری‌که در تمام این مدت، سیستم در تعادل گرمایی باشد، انرژی آن به‌طور پیوسته، به سمت کم‌ترین مقدارش یعنی انرژی حالت پایه، میل پیدا می‌کند. براین اساس می‌توان الگوریتمی برای حل مسأله‌های بهینه‌سازی پیچیده ساخت که به آن الگوریتم سرمایش شبیه‌سازی‌شده[1] می‌گویند[۱]. مشابه این فرآیند را می‌توان در دنیای میکروسکوپی و در دمای صفرمطلق با استفاده از افت‌وخیزهای کوانتومی انجام داد که از روی این فرآیند الگوریتم بی‌درروی کوانتومی[2] ساخته می‌شود [۲].

مسأله‌های شناخته شدهٔ بهینه‌سازی، معمولاً برروی یک گراف تعریف می‌شوند. یک گراف، مجموعه‌ای از تعدادی رأس است که توسط تعدادی یال، به یک‌دیگر وصل شده‌اند. یکی از این مسأله‌ها که به قرن هیجدهم برمی‌گردد مسألهٔ مسیر اویلری است. دراین مسأله گرافی داده شده است و به دنبال مسیر بسته‌ای می‌گردیم که تمام یال‌ها را فقط یک‌بار طی کند. شاید بازی‌های فکری این‌چنینی دیده باشید: بدون برداشتن مداد از روی کاغذ، از همهٔ مسیرها حرکت کن و به جای نخست خود برگرد. مسیری که این ویژگی را داشته باشد مسیر اویلری می‌نامیم. البته تشخیص این‌که یک گراف مسیر اویلری دارد یا نه مسألهٔ آسانی است: شرط لازم و کافی برای وجود مسیر اویلری آن است که تعداد یال‌های هر رأس عددی زوج باشد. مسألهٔ دشوارتر، یافتن مسیر هامیلتونی دریک گراف است: مسیر بسته‌ای که از تمام رأس‌ها فقط برای یک‌بار می‌گذرد. این مسأله به وفور دردنیای اطراف دیده می‌شود. مثلاً فروشنده‌ای را درنظر بگیرید که باید به چند شهر سفر کند و پس از فروش کالایش به خانه‌اش بازگردد. این فروشنده برای این که وقت کم‌تری هدر دهد باید مسیر هامیلتونی را دنبال کند. البته مسألهٔ مهم‌تر برای

او یافتن کوتاه‌ترین مسیر هامیلتونی است، یعنی باید مسافت‌های بین شهرها را هم درنظر بگیرد وکوتاه‌ترین مسیری راپیدا کند که از همهٔ شهرها فقط یک‌بار بگذرد و به خانه بازگردد. مسأله‌های مشابه زیادی را می‌توان برروی گراف تعریف کرد که از نظر محاسباتی ساده یا دشوار باشند [۳].

برای این که ارتباط این‌گونه مسأله‌ها با مکانیک آماری روشن‌تر شود، بگذارید منظورمان از بهینه‌سازی و سختی محاسباتی را کمی دقیق‌تر بیان کنیم. در هر مسألهٔ بهینه‌سازی‌ای با تعدادی متغیر سروکار داریم؛ مثلاً این‌که آیا مسیر ازشهری خاص به شهر خاص دیگری را در مسیر کلی خود در نظر گرفته‌ایم یا نه. این متغیرها را به صورت کلی با $\mathbf{X}=\{x_i | i=1,...,N\}$ نشان می‌دهیم. یک تابع انرژی $E(x)$ هم به سیستم نسبت می‌دهیم که قرار است کمینه شود. در موارد زیادی قراراست تعداد M قید که هرکدام به تعداد محدودی از متغیرها مربوط است (و به همین دلیل به آن‌ها قیدهای موضعی می‌گوییم) را برآورده کنیم. برای این کار، نظیر هر قید یک تابع انرژی موضعی e_aدر نظر می‌گیریم. اگر قید برآورده شود آن‌گاه مقدار e_a صفر است. در غیر این‌صورت به e_a مقدار مثبتی نسبت می‌دهیم. به این ترتیب تابع انرژی را می‌شود به شکل $E(x)=\sum_{a=1}^{M} e_a$ نوشت. چنین مسأله‌هایی را مسألهٔ برآورده‌کردن قید می‌نامیم.

برای این‌که مسأله واضح‌تر شود از یک مثال کمک می‌گیریم. فرض کنید می‌خواهید برنامهٔ درسی دانشجویان در یک نیم‌سال تحصیلی را مشخص کنید؛ تعداد N درس باید ارائه شود. متغیرهای مسأله را x_i می‌گیریم که مشخص‌کنندهٔ مکان و زمان درس iام است. زمان‌ها و مکان‌هایی که در اختیار دارید محدود است. درساده‌ترین حالت، قیدهای مسأله از این‌قرار اند: ۱- هیچ دو درسی نمی توانند هم زمان و هم مکان باشند، ۲- درس‌هایی که برای یک دانشجو ارائه می‌شوند نباید هم زمان باشند، ۳- درس‌هایی که مدرس یکسان دارند نباید در یک زمان ارائه شوند. در روشی که در پیش‌گرفته‌ایم، برای هر قید (مثلاً این‌که درس‌های i و j نباید هم‌زمان و هم‌مکان باشند) انرژی نسبت می‌دهیم و سعی می‌کنیم تا آن‌جاکه ممکن است انرژی را کمینه کنیم، یعنی قیدهای بیش‌تری را ارضاکنیم. اگر آرایشی از متغیرها وجود داشته باشد که تمام قیدها را برآورده کند، مسأله را قابل برآورده شدن می‌نامیم، درغیراین‌صورت آن‌را غیرقابل‌برآوردن می‌نامیم. اگرتعداد قیدها کم باشد یا آزادی عمل ما در انتخاب بالا باشد به احتمال زیاد مسأله قابل‌برآورده‌شدن خواهدبود. حالت غیرقابل برآوردن وقتی اتفاق می‌افتد که نسبت تعداد قیدها به متغیرها $\alpha=M/N$ از یک حد بحرانی بیش‌تر باشد. نکتهٔ جذاب این است که در این حد بحرانی به یک پدیدهٔ فیزیکی آشنای دیگر یعنی گذار فاز برمی‌خوریم. البته چون در نزدیکی نقطهٔ گذار فاز، متغیرها به شدت هم‌بسته می‌شوند، انتظارداریم که در آن ناحیه، الگوریتم‌های موضعی برای حل مسأله کارآمد نباشند.

به طور کلی، تابع انرژی، برهم‌کنش یا بستگی بین متغیرها را نشان می‌دهد و مشابه حالت‌هایی که درفیزیک دیده‌ایم می‌تواند تابعی پیچیده با تعداد زیادی کمینهٔ موضعی و سرتاسری باشد. یافتن کمینهٔ سرتاسری برای چنین تابعی، کار دشواری است. یک مسألهٔ محاسباتی را مشکل می‌نامیم اگر زمان لازم برای انجام محاسبه به طور نمایی با تعداد متغیرها افزایش یابد [۴]. به این معنی، حل دستگاهی از معادلات خطی، یک مسألهٔ آسان است چراکه زمان محاسبه حداکثر با مکعب تعداد متغیرها زیاد می‌شود. مسألهٔ پیداکردن مسیر هامیلتونی دریک گراف دل‌خواه مشکل است چون برای به‌ترین الگوریتم‌های موجود، زمان محاسبه در بدترین حالت، به‌طور نمایی با تعداد رأس‌های گراف زیاد می‌شود. منظور از بدترین حالت، دراین‌جا، سخت‌ترین نمونه ازمسأله است. دقت کنید که مشکل بودن یک مسأله از نظر محاسباتی به این معنی نیست که تمام نمونه‌های مسأله مشکل هستند. به عبارت دیگر، یک مسألهٔ نوعی که به تصادف از آنسامبلی ازمسأله‌های هامیلتونی انتخاب شده است می‌تواند به راحتی حل شود، درحالی‌که در بدترین حالت مسألهٔ پیداکردن مسیر هامیلتونی، یک مسألهٔ مشکل است. بنابراین اگرکمی ابعاد سیستم را بزرگ کنیم، زمان محاسبه ممکن است از آن‌چه که در اختیارداریم بیش‌تر شود و مسأله در عمل حل نشود.

به عنوان مثالی دیگر، مسألهٔ چینش تعداد N کرهٔ سخت به قطر d درون حجمی کروی به شعاع R درفضای Dبعدی را درنظر بگیرید. در این‌جا مختصات مرکز کره‌ها متغیرهای مسأله هستند وبه ازای هر دو کرهٔ سخت یک قید داریم که مرکز آن‌ها باید فاصله‌ای بیش‌تر از d داشته باشند. واضح است که اگر تعداد کره‌ها را زیاد کنیم درحالی‌که پارامترهای دیگر مسأله ثابت نگه داشته شده‌اند، ازجایی به بعد، دیگر پاسخی برای مسأله وجود نخواهد داشت. می‌توان پرسید که بیشینهٔ تعداد کره‌های سخت که می‌توان با ارضاکردن این قیدها درون آن حجم جا داد چقدر است. معمولاً مسأله را در حد $R\to\infty$ بررسی می‌کنند تا بیشینهٔ چگالی چینش کره‌های سخت در Dبعد را به‌دست آورند. ما پاسخ این مسأله رابرای بعدهای بزرگ‌تر ازسه نمی‌دانیم [۵]. اهمیت بررسی این مسأله در بعدهای بالاتر از سه، در کدبندی بهینهٔ اطلاعات برای انتقال از کانال‌های مخابراتی است.

سیستم کره‌های سخت جذابیت‌های دیگری هم دارد. این سیستم را می‌توان مدلی ساده برای مطالعهٔ تغییر فاز ماده با افزایش چگالی از مایع به جامد درنظرگرفت. اگر این افزایش چگالی به آهستگی انجام شود و اجازه دهیم که در هر مرحله از افزایش چگالی، سیستم فرصت کافی برای بازچینی داشته باشد، انتظارداریم که درنهایت آرایشی ازکره‌های سخت با بیشینهٔ چگالی رابه‌دست آوریم. اما افزایش سریع چگالی می‌تواند منجر به بروز فاز شیشه‌ای و در نتیجه آرایش‌هایی با چگالی کم‌تر شود. در فاز شیشه‌ای، کره‌های سخت آرایشی کاتوره‌ای دارند که در یک مقیاس زمانی ماکروسکوپی حفظ می‌شود. تعداد این

آرایش‌های کاتوره‌ای (که هرکدام درفضای پارامترهای مسأله معادل یک بیشینهٔ موضعی برای چگالی هستند) و ساختار مرزهایی که بین این آرایش‌ها شکل می‌گیرند از پارامترهای مهم در مطالعهٔ شیشه‌های ساختاری هستند.

مطالعهٔ ساختارهای شیشه‌ای در چارچوب سیستم‌های اسپینی ساده‌تر است. در مسأله‌های اسپینی، معمولاً برهم‌کنش‌های بین اسپینی هم‌سایه را از جنس فرومغناطیسی فرض می‌کنیم. به این‌صورت اگر انرژی هر بند را به شکل مجزا کمینه کنیم، کمینهٔ کل انرژی به دست می‌آید و مسأله بسیار ساده است. اما اگر برهم‌کنش‌های اسپین‌های هم‌سایه نامنظم باشند، یعنی در برخی حالت‌ها دو اسپین کناری بخواهند هم‌سو باشند و در برخی موارد بخواهند ناهم‌سو باشند، آن‌گاه یافتن کمینهٔ انرژی کار دشواری است. بررسی این‌گونه سیستم‌های اسپینی که رفتاری شبیه شیشه‌های ساختاری دارند منجر به فرمول‌بندی روش نسخه درفیزیک آماری شد. نکتهٔ این‌گونه سیستم‌ها در این است که برای به دست آوردن انرژی آزاد سیستم، دو میان‌گیری مختلف باید انجام دهیم، یکی میانگین‌گیری گرمایی و دیگری میانگین‌گیری روی بی‌نظمی برهم‌کنش‌ها. در روش نسخه با استفاده از معرفی تعدادی نسخهٔ مشابه از سیستم و یک حدگیری، می‌توان مقدار میانگین کمیت‌های ترمودینامیکی برروی بی‌نظمی را محاسبه کرد [۶]. در این‌جا نسخه‌ها نقش آرایش‌های کاتوره‌ای ممکن در فاز شیشه‌ای را بازی می‌کنند. مهم‌تر از محاسبهٔ میانگین برروی بی‌نظمی، دراین روش مفهوم شکست تقارن نسخه معرفی شد که نقشی اساسی درفهم رفتار فیزیکی سیستم‌های نامنظم دارد. در فرض تقارن نسخه، تمام نسخه‌ها، یا آرایش‌های کاتوره‌ای سیستم، شبیه به هم هستند یعنی تنها یک حالت گیبس خالص برای سیستم وجود دارد. یک حالت گیبس خالص را می‌توان معادل با یک حالت ماکروسکپی تقلیل‌ناپذیر برای سیستم گرفت. برای مثال، یک مادهٔ مغناطیسی متشکل از اسپین‌های دو حالته در دماهای بالا تنها یک حالت گیبس خالص دارد که فاز پارامغناطیس را به‌دست می‌دهد. ولی در دماهای پایین‌تر که سیستم در فاز فرومغناطیس است دو حالت گیبس خالص داریم که دو حالت ممکن برای مغناطش کل سیستم را نمایندگی می‌کنند. شکست تقارن نسخه به این معنی است که نسخه‌ها می‌توانند متفاوت باشند تا آرایش‌های کاتوره‌ای سیستم در فاز شیشه‌ای را نمایندگی کنند. الگوریتم دمادهی موازی (تبادل نسخه)[۳] را می‌توان از پیامدهای روش نسخه دانست [۷].

با استفاده از روش نسخه اطلاعاتی درمورد مقدار میانگین جواب‌های یک مسألهٔ نوعی با کاتورگی مشخص به‌دست می‌آوریم. اما فرض کنید به جای مقدار میانگین تعداد جواب‌ها درآنسامبلی از مسأله‌ها، می‌خواهید تعداد جواب‌ها دریک مسأله باتابع انرژی مشخص را به‌دست آورید. برای این منظور روش حفره به عنوان معادلی برای روش نسخه معرفی شد، با این تفاوت که این روش امکان محاسبهٔ کمیت‌های ترمودینامیکی را به ازای یک نمونهٔ داده شده از مسأله به‌دست می‌دهد. مثلاً در مثال برنامه‌ریزی درسی، یک آرایش مسأله با تعداد و نوع درس‌هایی که دانشجویان دریک نیم‌سال می‌گیرند، به علاوهٔ زمان و مکان‌های داده شده تعریف می‌شود. این‌که بدانیم به طور میانگین چنین آرایش‌هایی حدوداً چند جواب با چه انرژی‌هایی دارند یک پرسش است و این‌که مسأله را به ازای یک آرایش خاص حل کنیم پرسشی دیگر.

روش حفره درحقیقت کشف مجدد اهمیت تقریب بته در فیزیک آماری است که حالا در کنار مفهوم شکست تقارن نسخه شکل نوین و سودمندتری به خودگرفته است [۸]. الگوریتم پیمایش-انتشار[۴] شاید مهم‌ترین نمونه از خانوادهٔ الگوریتم‌هایی است که از این روش به‌دست می‌آیند [۹].

در ادامه روش‌های نسخه و حفره را بیش‌تر توضیح می‌دهیم و نشان می‌دهیم که چه‌طور می‌توان از آن‌ها برای مطالعهٔ یک مسألهٔ بهینه‌سازی استفاده کرد.

روش نسخه

روش نسخه را می‌توان در چارچوب مدل اسپینی بیان کرد. برای سادگی یک مدل اسپینی با N متغیر ایزینگ در نظر بگیرید که در آن هر اسپین با تمام اسپین‌های دیگر برهم‌کنش می‌کند. اما برهم‌کنش هر زوج از اسپین‌ها می‌تواند به‌طور تصادفی از جنس فرومغناطیسی یا پادفرومغناطیسی انتخاب شود. به این ترتیب می‌توانیم انرژی سیستم را به صورت $E[s] = -\sum J_{ij} s_i s_j$ بگیریم که ضرایب برهم‌کنش، متغیرهای تصادفی J_{ij} با یک تابع توزیع احتمال گاوسی $P(J_{ij}) \sim exp(-NJ_{ij}^2 / 2)$ هستند. این سیستم مدلی ساده و حل‌پذیر برای شیشه‌های اسپینی است. چنین مدلی برای مطالعهٔ آلیاژ ماده‌ای مغناطیسی در ماده‌ای غیرمغناطیسی کم وبیش کاربرد دارد، زیرا در چنین آلیاژی، توزیع ناخالصی‌های مغناطیسی در مادهٔ غیرمغناطیسی کاتوره‌ای است و شدت برهم‌کنش‌ها هم متغیر است [۶].

شیشه‌های اسپینی را می‌توان مدل مغناطیسی شیشه‌های ساختاری درنظر گرفت. با کاهش دما این سیستم‌ها از فاز پارامغناطیس که در آن مقدار متوسط مغناطش تک‌تک اسپین‌ها صفر است، به فاز شیشه‌ای می‌روند؛ با تعداد زیادی حالت گیبس خالص که در هر کدام، اسپین‌ها به شکلی نامنظم جهت‌گیری کرده‌اند؛ به طوری که مغناطش کل سیستم صفر می‌شود. پیداکردن حالت باکم‌ترین انرژی در این سیستم یکی از مشکل‌ترین مسأله‌هایی است که می‌شناسیم.

تا وقتی که تمام برهم‌کنش‌ها فرومغناطیسی هستند $(J_{ij} \geq ۰)$ به‌راحتی می‌توان با هم‌جهت کردن اسپین‌ها انرژی را کمینه و شرط کمینه شدن انرژی تمام برهم‌کنش‌ها را برآورده کرد. اما وجود تعداد فردی ازبرهم‌کنش‌های پادفرومغناطیسی $(J_{ij} \leq ۰)$ بین اسپین‌هایی که بر روی یک مسیر بسته قرار دارند مانع از

برآورده شدن همهٔ برهم‌کنش‌ها می‌شود. به این پدیده ناکامی سیستم دربرآورده کردن برهم‌کنش‌ها می‌گویند. این ناکامی منجر به یک تابع انرژی با تعداد زیادی کمینهٔ موضعی و تبهگنی زیاد حالت‌های با انرژی آزاد یکسان می‌شود.

برای بررسی سیستم از روش‌های آماری استفاده می‌کنیم. کمیت‌های ترمودینامیکی سیستم در دمای T رامی‌توان ازروی انرژی آزاد هلمهولتز به‌دست آورد که با رابطهٔ $-\beta F = lnZ$ داده می‌شود که $Z = \sum e^{-\beta E[s]}$ تابع پارش، $\beta = \frac{1}{k_B T}$ و k_B ثابت بولتزمن است. انرژی آزاد F کمیتی فزونور است و می‌شود از افت وخیز آن در اثر بی‌نظمی موجود درتابع انرژی چشم‌پوشی کرد. درنتیجه مقدارمیانگین آن نسبت به بی‌نظمی $-\beta\langle F\rangle_J = \langle lnZ\rangle_J$ برای توضیح رفتارسیستم کافی است. محاسبهٔ میانگین لگاریتم از نظر فنی کار سختی است. برای محاسبهٔ این مقدار میانگین می‌توان از روش نسخه استفاده کرد که درآن می‌نویسیم: $\langle lnZ\rangle_J = lim_{n\to 0} \frac{\partial}{\partial n}\langle lnZ^n\rangle_J$. اگرچه باید حد $n \to 0$ را بررسی کرد، اما به ازای تعدادی n صحیح، میانگین‌گیری بر روی بی‌نظمی را انجام می‌دهیم. تعبیری که برای پارامتر n داریم تعداد نسخه‌های مختلف با کاتورگی‌های متفاوت است. دقت کنید که به ازای n صحیح، $Z^n = \sum_{\{s^a\}} e^{-\beta\sum_{a=1}^{n} E[s^a]}$ تابع پارش n نسخهٔ مستقل از سیستم با بی‌نظمی یکسان است. vn در این رابطه s^αها متغیرهای اسپینی نسخهٔ iام هستند. هریک از نسخه‌های سیستم را می‌توان نمایندهٔ سیستم در یکی از کمینه‌های موضعی انرژی آزاد دانست. نسخه‌های مختلف از سیستم به ما امکان نمونه‌برداری از تابع انرژی آزادی که بیش از یک حالت گیبس خالص دارد را می‌دهند. از نظر ریاضی، نسخه‌ها درحقیقت فضای متغیرهای لازم برای توصیف یک تابع پیچیده را فراهم می‌کنند.

بعد از میانگین‌گیری، حدتعداد نسخه‌ها به سمت صفر را می‌گیریم. وارد جزئیات محاسبه نمی‌شویم؛ نتیجه این است که تابع پارش را می‌توان به صورت انتگرالی روی کمیت‌هایی به نام هم‌پوشانی نسخه‌های مختلف نوشت، چیزی شبیه به $\langle Z^n\rangle_J = \int dQ e^{-\beta N f[Q]}$ که در آن انرژی آزاد $f[Q]$ تابعی از ماتریس هم‌پوشانی نسخه‌ها $Q_{a,b} = \frac{1}{N}\sum_i \langle s_i^a s_i^b\rangle$ است. که در آن N تعداد اسپین‌های سیستم و i شمارهٔ مربوط به آن‌هاست. ماتریس هم‌پوشانی، وضعیت کمینه‌های انرژی آزاد را نسبت به یک‌دیگر در فضای آرایش‌ها مشخص می‌کند: کمیتی که برای توصیف پیچیدگی حالت‌های یک شیشهٔ اسپینی استفاده می‌شود و در حقیقت نقش یک پارامتر نظم را بازی می‌کند.

در حد ترمودینامیکی انتگرال بالا را می‌توان با مقدار انتگرال‌ده به ازای ماتریس هم‌پوشانی‌ای که تابع انرژی آزاد را کمینه می‌کند تقریب زد. اما جستجو در فضای تمام ماتریس‌های هم‌پوشانی کار مشکلی است و به‌تر است از تقارن‌های مسأله کمک بگیریم: این‌که نسخه‌ها با هم فرقی ندارند و دلیلی ندارد هم‌پوشانی نسخه‌ها متفاوت باشد. بافرض تقارن نسخه، جستجو به زیرفضای $Q_{a,b} = q_0$ محدود می‌شود. دیده می‌شود که این حل، جواب درست مسأله نیست و مانند شکست تقارن بالا-پایین در گذار فاز فرومغناطیس، تقارن نسخه هم می‌تواند خودبه‌خود شکسته شود و ماتریس هم‌پوشانی شکلی پیچیده‌تر از شکل بالا به خود بگیرد. برای مثال فرض کنید نسخه‌ها را به گروه‌های مساوی m تایی تقسیم کرده‌ایم طوری که هم‌پوشانی بین هر دو نسخه در یک گروه $Q_{a,b} = q_0$ بیش‌تر از هم‌پوشانی بین دو نسخه در دو گروه متفاوت $Q_{a,b} = q_1$ باشد.در این فرض تقارن نسخه را برای یک‌بار شکسته‌ایم، معادل این که سیستم بیش‌تر از یک حالت گیبس خالص یا کمینهٔ موضعی در تابع انرژی آزاد دارد. برای خیلی از مسأله‌ها این فرض برای توضیح رفتار فیزیکی سیستم کافی است. در غیراین‌صورت، تقارن نسخه باید یک‌بار دیگر با تقسیم گروه‌های m تایی به گروه‌های کوچک‌تر m_1 تایی و گسترش هم‌پوشانی‌ها به مقادیر $Q_{a,b} = q_0, q_1, q_2$شکسته شود. اما برای مدل اسپینی که با آن شروع کردیم این هم کافی نیست و نیاز داریم که تقارن نسخه را بی‌شمار بار بشکنیم تا جواب دقیق مسأله را به‌دست آوریم [۱۰]. این را هم باید افزود که به شکل مناسبی باید حد $n \to 0$ را بگیریم.

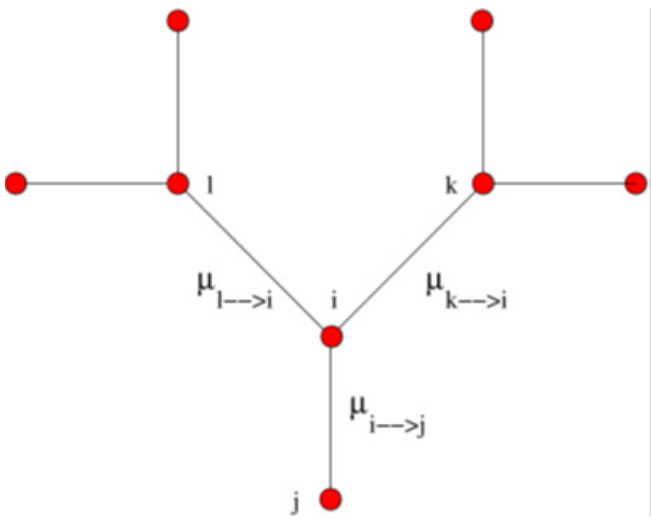
روشی که در بالا به‌طور خلاصه توضیح دادیم را می‌توان برای محاسبهٔ میانگین کمیت‌های ترمودینامیکی هم‌چون انرژی و انتروپی در سیستم‌های نامنظم فیزیکی و یا بررسی رفتارمیانگین آنسامبلی از مسأله‌های بهینه‌سازی استفاده کرد [۸,۶]. یکی از اولین مسأله‌های بهینه‌سازی که با این روش بررسی شد مسألهٔ تقسیم رأس‌های یک گراف به دو گروه مساوی است طوری که تعداد یال‌های مشترک بین دو گروه کمینه باشد [۱۱]. در مسأله‌های مشکلی مانند این، فضای جواب‌های مسأله ساختار پیچیده‌ای دارد. در نظر گرفتن این پیچیدگی در روش نسخه با استفاده از مفهوم شکست تقارن نسخه به ما این امکان را می‌دهد تا تخمین دقیق‌تری از مقدار متوسط تعداد جواب‌های مسأله وگذار فازهای ممکن به‌دست آوریم. پیداکردن مکان گذار فازهای سیستم درفضای پارامترهای مسأله از این نظر اهمیت داردکه در این نواحی، متغیرهای مسأله به شدت هم‌بسته می‌شوند و حتی یک مسألهٔ نوعی از آنسامبل مسأله‌ها از نظر محاسباتی مشکل خواهد بود. حتی در مسأله‌هایی که بی‌نظمی در تابع انرژی وجود ندارد، مانند مسألهٔ چینش کره‌های سخت، شکلی از روش نسخه را می‌توان به‌کارگرفت و جالب است که به نظر می‌رسد برای این مسأله در بی‌شمار بعد هم به بی‌شمار بار شکست تقارن نسخه احتیاج داریم [۱۲]. این بررسی، تخمینی از بیشینهٔ چگالی کره‌های سخت به‌دست می‌دهد که انتظار می‌رود هم‌چون مدل میدان میانگین شیشه‌های اسپینی جواب دقیقی برای این مسأله در بی‌نهایت بعد باشد. به‌طور خلاصه، اهمیت روش نسخه در این است که ابزارها و مفاهیم لازم را برای بررسی رفتار نوعی مسأله‌هایی که تابع انرژی پیچیده دارند فراهم می‌کند.

روش حفره

اگر چه روش نسخه، جدای از پیچیدگی‌های آن، برای بررسی رفتار میانگین سیستم‌های نامنظم کافی است، ولی نمی‌توان به‌طور مستقیم از آن برای مطالعهٔ یک نمونه ازمسأله‌های با بی‌نظمی داده شده استفاده کرد. اهمیت این موضوع در این است که امروزه روش‌های آزمایشگاهی به اندازه‌ای پیشرفت کرده‌اند که بتوانیم داده‌های تجربی لازم برای مطالعهٔ رفتار یک سیستم با برهم‌کنش‌های داده شده (برای نمونه، غلظت پروتئین‌ها در یک سلول به جای مقدار میانگین آن در آنسامبلی از سلول‌های مشابه) را به‌دست آوریم. برای این منظور روش حفره طراحی شده است که اساس آن تقریب بته در فیزیک آماری است [۸]. یک بار دیگر مدل اسپینی بالا را در نظر می‌گیریم، اما این بار اسپین‌ها را بر روی یک شبکهٔ درختی (شبکه‌ای که در آن حلقه وجود ندارد) قرار می‌دهیم. اسپین شمارهٔ i را در نظر بگیرید. می‌خواهیم احتمال پیدا کردن آن در حالت s_i را در غیاب برهم‌کنش با اسپین j ام به دست آورم. این احتمال می‌توان را از روی وزن بولتزمن مربوط به برهم‌کنش اسپین i با همسایگان دیگرش (به جز j) و احتمالات مربوط به رخدادهای مختلف همین همسایگان به دست آورد (شکل ۱).

$$\mu_{i\to j}(s_i)=\frac{1}{z_{i\to j}}\prod_{k\in\partial i/j}\Big(\sum_{s_k} e^{\beta J_{ik}s_i s_k}\mu_{k\to i}(s_k)\Big)$$

در اینجا $z_{i\to j}$ ثابت بهنجارش است و $\partial i/j$ مجموعهٔ همسایه‌های i بر روی درخت بدون در نظرگرفتن j است. حل این معادله‌ها به روش تکرار به ما اجازه می‌دهد که انرژی آزاد سیستم و کمیت‌هایی موضعی چون مغناطش $\langle s_i\rangle$ و همبستگی $\langle s_{i,j}\rangle$ را به‌دست آوریم. تا وقتی که متغیرها بر روی یک درخت قرار دارند، می‌توان نشان داد که معادلات بته وقتی که همهٔ متغیرها برروی یک درخت قراردارند، تنها یک جواب دارند، یعنی سیستم یک حالت گیبس خالص دارد، امری که معادل فرض تقارن نسخه است.



شکل۱: اسپین‌ها بر روی یک شبکهٔ درختی بدون حلقه

اگر اسپین‌ها برروی یک شبکهٔ دل‌خواه قرار داشته باشند، هنوز هم می‌توان ازمعادله‌های بته به عنوان یک تقریب استفاده کرد؛ در آن‌صورت، وقتی تقریب بته تقریب خوبی است که شبکه به اندازهٔ کافی تنک باشد و حلقهٔ کوچکی وجود نداشته باشد. در هرحال، در حضور حلقه‌ها دیگر تضمینی وجود ندارد که معادلات بته جواب داشته باشند یا تعداد جواب‌ها بیش از یک نباشد. وجود جواب‌های مختلف $\mu^{\alpha}_{i\to j}$ برای معادلات بته معادل شکست تقارن نسخه است و در این حالت باید فرض تقارن نسخه کنار گذاشته شود. در ساده‌ترین حالت یعنی اگر فرض کنیم تقارن نسخه یک بار شکسته شده است، تنها نیاز داریم که تابع توزیع احتمال جواب‌ها $p(\mu_{i\to j})$ را به‌دست آوریم. معادله‌هایی که رابطهٔ بین این تابع توزیع‌ها را می‌دهند معادلات بته با فرض یک‌بار شکست تقارن نسخه نامیده می‌شوند. شکست بیش‌تر تقارن به معنی در نظر گرفتن ساختار بیش‌تر برای جواب‌های معادلات بته است. این معادله‌ها کمک می‌کنند تا تصویری از ساختار فضای جواب‌های یک مسأله به‌دست آوریم که می‌تواند درطراحی الگوریتم‌ها بسیار سودمند باشد. از میان الگوریتم‌هایی که بافرض شکست تقارن نسخه کار می‌کنند می‌توان از الگوریتم SP[۴] نام برد[۹]. در این الگوریتم، برای به‌دست آوردن آرایش بهینهٔ سیستم، از اطلاعاتی استفاده می‌شود که از تمام حالت‌های گیبس خالص (یا کمینه‌های انرژی) جمع‌آوری شده است. این اطلاعات سرتاسری به ما کمک می‌کند تا در فرآیند کمینه کردن تابع انرژی هماهنگی بیش‌تری بین اجزای مختلف سیستم داشته باشیم. با استفاده از این الگوریتم علاوه بر پیداکردن جواب مسأله می‌توان تخمینی از تعداد حالت‌های گیبس خالص به‌دست آورد. لگاریتم تعداد این حالت‌ها را پیچیدگی یا انتروپی آرایشی سیستم می‌نامیم. معمولاً تا وقتی که نسبت تعداد قیدها به تعداد متغیرها (α)کوچک است، پیچیدگی هم صفر است، ولی با افزایش تعداد قیدها در $\alpha=\alpha_d$ پیچیدگی یک مقدار بزرگ‌تر از صفر به خود می‌گیرد و بعد از آن به‌طور پیوسته کاهش می‌یابد تا این‌که در $\alpha=\alpha_s$ دوباره صفر می‌شود. به این ترتیب ما مقداری بحرانی برای چگالی قیدها به‌دست می‌آوریم که مرز بین دو فاز قابل برآورده شدن $(\alpha<\alpha_s)$ و غیر قابل برآوردن $(\alpha>\alpha_s)$ را مشخص می‌کند.

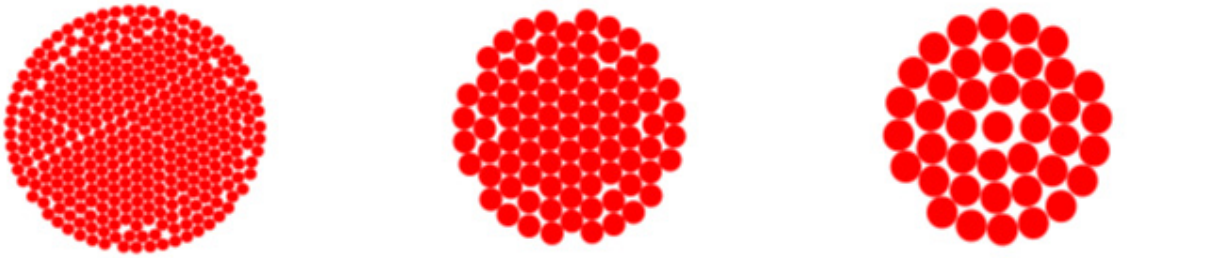
بهینه‌سازی با ردوبدل کردن پیام بین متغیرها

معادله‌های بته به شکلی که نوشته شده‌اند، مناسب الگوریتمی هستند که با رد و بدل کردن«پیام‌ها» کار می‌کند: می‌توان احتمال $\mu_{i\to j}(s_i)$ را به عنوان پیامی در نظر گرفت که متغیر i برای j می‌فرستد تا آن را از نتیجهٔ برهم‌کنش با باقی متغیرها باخبر سازد. به این ترتیب متغیرها این امکان را خواهند داشت که به‌طور موضعی حالت اسپینی خود را با کل سیستم هماهنگ کنند.

بگذارید ببینیم چه‌طور می‌شود از معادله‌های بته در تقریب تقارن نسخه برای پیداکردن یک چینش از کره‌های سخت استفاده کرد. دراین‌جا متغیر s_i مکان کرهٔ i را مشخص می‌کند و برهم‌کنش تبادلی بین اسپین‌ها جای خود رابه برهم‌کنش بین کره‌های سخت می‌دهد، یعنی باید به جای تابع وزن بولتزمن تابعی گذاشته شودکه اگر فاصلهٔ بین دوکره $D(s_i, s_j)$ کم‌تر از d بود صفر شود و در غیر این صورت ناصفر باشد. پس به جای وزن بولتزمنی که در سیستم اسپینی دیدیم می‌گذاریم $\theta(d(s_i, s_k) - d)$ که $\theta(x)$ تابع پله‌ای است با مقدار یک برای $x > 0$ و مقدار صفر برای $x \leq 0$. برای حل معادلات بته می‌توان ازیک رشته پیام‌های دل‌خواه (احتمال‌های دل‌خواه) شروع کرد و با یک ترتیب تصادفی مقدار آن‌ها را مطابق با معادله‌های بالا گام‌به‌گام تصحیح کرد. درپایان می‌توان با استفاده از پیام‌هایی که یک کره از تمام کره‌های دیگر دریافت می‌کند، احتمال قراردادن آن را در مکان‌های مختلف حساب کرد. حال می‌توان یکی از کره‌ها را به تصادف انتخاب کرد و آن را در مکانی که بیش‌ترین احتمال را دارد گذاشت. واضح است که برای مشخص کردن مکان تمام کره‌ها باید این محاسبه را به تعداد کره‌ها تکرارکرد؛ در هر قدم معادلات بته با در نظر گرفتن مکان کره‌های ثابت شده حل می‌شوند و مکان یکی ازکره‌های باقی‌مانده ثابت می‌شود.

شکل ۲ چینش‌هایی ازکره‌های سخت را نشان می‌دهد که با روشی مشابه به‌دست آمده‌اند [۱۳]. تا وقتی که تعداد کره‌ها کم است، به راحتی می‌توان چینش‌های منظم و متقارنی به‌دست آورد که بیش‌ترین چگالی را به ازای پارامترهای مسأله دارند. با زیادکردن تعداد کره‌ها، پیداکردن بیشینهٔ سرتاسری مشکل‌تر می‌شود و الگوریتم در یکی از بیشنه‌های موضعی گیر می‌افتد. همان‌طورکه ازشکل پیداست، هنوز هم الگوریتم به‌طور موضعی چگالی را بیشینه کرده ولی نتوانسته چینش کره‌ها در نواحی مختلف را با هم هماهنگ کند. به این پدیده ناکامی هندسی می‌گویند. با این‌همه، با استفاده از این الگوریتم می‌توان تعدادی از چینش‌های شناخته شدهٔ کره‌های سخت در بعدهای بالا را به‌دست آورد. به علاوه می‌توان تخمینی از تعداد چینش‌های ممکن با یک چگالی داده شده و حتی برآوردی از تعداد حالت‌های گیبس خالص به‌دست آورد.

برای خیلی از مسأله‌ها استفاده از معادلات بته با فرض تقارن نسخه کافی است تا بتوان جواب‌های خوبی برای مسأله به‌دست آورد. در غیر این‌صورت، اگر پیچیدگی الگوریتم اجازه دهد، باید به سراغ معادلات بته با فرض یک یا چند بار شکست تقارن نسخه برویم. به‌طور خلاصه اهمیت روش حفره در این است که الگوریتمی موضعی برای بررسی مسأله‌هایی با فرض شکست تقارن نسخه به‌دست می‌دهد که با رد و بدل کردن پیغام بین متغیرها کار می‌کند. الگوریتمی با این ویژگی‌ها امکان موازی‌سازی محاسبه را فراهم می‌کند که نقش مهمی در مطالعهٔ مسأله‌های بزرگ مقیاس دارد.



شکل۲: چینش‌هایی از کره‌های سخت

مسأله‌های پیش رو

برای سادگی بحث ما در این نوشته تنها از مسأله هایی حرف زدیم که قیدهای موضعی دارند. وجود قیدهای غیرموضعی که به آرایش تعداد زیادی از متغیرها بستگی دارند، معمولاً کار بررسی یک مسأله را مشکل‌تر می‌کند. الگوریتم‌هایی که بر اساس روش حفره با فرض تقارن نسخه یا شکست تقارن نسخه کار می‌کنند را می‌توان هم‌چنین در مسأله‌هایی به کار برد که قیدهای غیرموضعی، استفاده از الگوریتم‌های متداول مونته‌کارلو را مشکل می‌کنند. پیداکردن یک شبکهٔ درختی بهینه که تعدادی از رأس‌های یک شبکهٔ دل‌خواه را شامل می‌شود [۱۴] و کمینه کردن مقدار چشم‌داشتی تابع انرژی‌ای که به تعدادی متغیرکاتوره‌ای بستگی دارد [۵۱] از این نمونه‌ها هستند. مسأله‌های زیادی از این نوع وجود دارند که با استفاده از روش حفره در یک فضای نمایش مناسب، می‌توان الگوریتمی کارآمد برای مطالعهٔ آن‌ها به‌دست آورد. با وجود پیشرفت‌های زیاد، هنوز

هم اگر متغیرهای مسأله به شدت هم‌بسته باشند، الگوریتم‌های موجود تا حد زیادی کارایی خود را از دست می‌دهند. بالابردن دقت الگوریتم‌های تقریبی در نزدیکی گذار فازهای سیستم، از دیگر مسأله‌های پیش روست. توجه کنید که روش نسخه و روش حفره از نظر ریاضی دقیق نیستند. با این‌همه تعدادی از پیش‌بینی‌های این دو روش در مسأله‌های مختلف اثبات شده‌اند [۱۰, ۱۶]. دقیق کردن این روش‌ها و الگوریتم‌هایی که بر آن اساس کار می‌کنند، به پیشرفت این زمینه از فیزیک آماری کمک خواهد کرد.

سپاس

از سامان مقیمی که پیشنهادهایش کمک زیادی به کامل‌تر شدن این نوشته کرده سپاسگزارم.

1 Simulated Annealing
2 Quantum Adiabatic
3 Parallel-tempering (replica-exchange)
4 Survey-Propagation

مرجع‌ها:

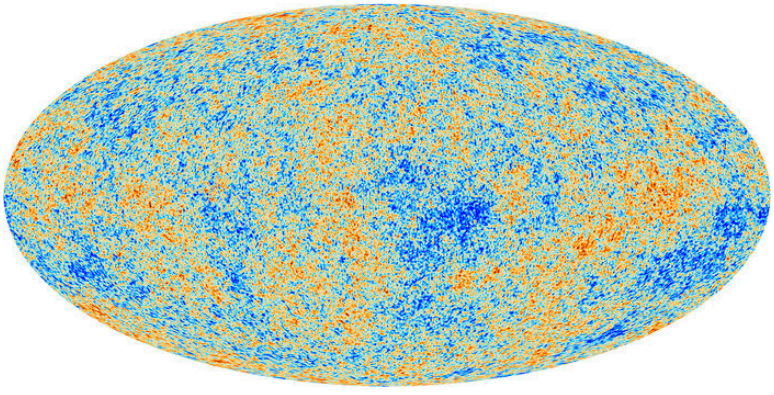
[1] S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt Jr. and M. Vecchi, Science 220, 671-680 (1983).
[2] E. Farhi, J. Goldstone, S. Gutmann, J. Lapan, A. Lundgren, and D. Preda, Science, 292(5516), 472–475 (2001).
[3] A. K. Hartmann and M. Weigt, Phase Transitions in Combinatorial Optimization Problems, (Wiley, Weinheim, 2005).
[4] C. Papadimitriou and K. Steiglitz, Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity (Courier Dover Publications,1998).
[5] S. Torquato, and F. H. Stillinger, Reviews of Modern Physics 82, 2633 (2010).
[6] M. Mezard, G. Parisi, and M. A. Virasoro, Spin-Glass Theory and Beyond, vol 9 of Lecture Notes in Physics (World Scientific, Singapore, 1987).
[7] R. H. Swendsen and J. S. Wang, Physical Review Letters 57, 2607-2609 (1986).
[8] M. Mezard and A. Montanari, Information, Physics, and Computation, (Oxford University Press, Oxford, 2009).
[9] M. Mezard, G. Parisi and R. Zecchina, Science 297, 812 (2002).
[10] M. Talagrand. Annals of Mathematics, 163, 221 (2006).
[11] Y. Fu and P. W. Anderson, J. Phys. A: Math. Gen. 19, 1605 (1986).
[12] P. Charbonneau, J. Kurchan, G. Parisi, P. Urbani, and F. Zamponi, J. Stat. Mech. (2014) P10009.
[13] A. Ramezanpour, and R. Zecchina, Phys. Rev. E 85, 021106 (2012).
[14] M. Bayati, C. Borgs, A. Braunstein, J. Chayes, A. Ramezanpour, and R. Zecchina, Phys. Rev. Lett. 101, 037208 (2008).
[15] F. Altarelli, A. Braunstein, A. Ramezanpour, and R. Zecchina, Phys. Rev. Lett. 106, 190601 (2011).
[16] D. Achlioptas, A. Coja-Oghlan, and F. Ricci-Tersenghi, Random Structures & Algorithms 38(3), 251–268, (2011).

دانسته‌های ما از کیهان اولیه

غزال گشنیزجانی
دانشکدهٔ فیزیک، دانشگاه واترلو - مؤسسهٔ تحقیقات فیزیک نظری پریمیتر

علم کیهان‌شناسی در سی سال گذشته شاهد پیشرفت شگفت‌انگیزی در زمینهٔ تولید فن‌آوری مشاهدات با دقت بسیار بالا بوده است. به طور نمونه می‌توان از اندازه‌گیری افت و خیزهای پتانسیل گرانشی کیهان در چهارده بیلیون سال پیش، با دقت یک در میلیون نام برد. شکل ۱، نمای زیبایی از چنین اندازه‌گیری ارائه می دهد.

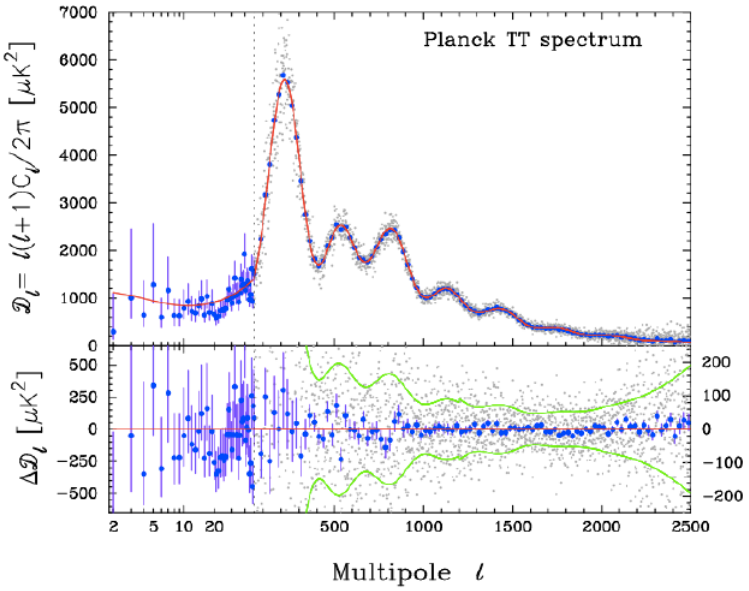
از دیدگاه نظری، هدف کیهان‌شناسان همواره یافتن چارچوبی سازگار با فیزیک بنیادی برای توضیح این مشاهدات بوده است. نظریهٔ تورم[1] یکی از معدود نظریاتی است که توانسته چنین چارچوبی برای توصیف شرایط اولیهٔ جهان ارائه دهد. یکی از خصوصیات این نظریه این است که به راحتی می‌توان در آن مدل‌هایی طراحی کرد که پیش‌بینی‌های گوناگونی ارائه دهند. منتقدان این نظریه معمولاً این خصوصیت ابطال‌ناپذیری را دلیل علمی نبودن این نظریه می‌دانند. البته بحث فلسفی درستی چنین گزاره‌ای خارج از حوصلهٔ این نوشته و تخصص نویسنده است، اما همان‌طور که توضیح خواهیم داد، نظریهٔ تورم از لحاظ تاریخی همیشه ابطال ناپذیر نبوده است. انگیزهٔ اولیهٔ مبدعان این نظریه [۵-۲] صرفاً بررسی تصحیحات گرانشی و حل معماهایی چون بزرگی افق یا تخت بودن جهان بود، اما به‌زودی مشخص شد [۶] بزرگ‌ترین دست‌آورد این نظریه تولید بذرهای ابتدایی ساختارهای کیهانی است. پیش‌بینی نظریهٔ تورم دربارهٔ جهان اولیه، طیف توان سانیواف-زلدویچ [۷] را برای اختلالات نرده‌ای پیش‌بینی می‌کند و هم‌چنین بیان می‌دارد که اختلالات تانسوری متریک فریدمن رابرتسون واکر از منشأ خلأ کوانتومی دسیته (بانچ-دیویس) است. اختلالات نرده‌ای خود منشأ بذرهای ابتدایی ساختارهای کیهانی می‌شوند. از خصوصیات طیف توان سانیواف-زلدویچ، مقیاس ناوردا بودن دامنهٔ اختلالات و همفاز بودن آن‌ها در مقیاس‌های بزرگ‌تر از شعاع هابل است. به صورت شهودی می‌توان گفت شرایط مرزی حاصل از دورهٔ تورم برای دورهٔ تابش باعث می‌شوند اختلالات نرده‌ای شبیه موجی صوتی در لوله‌ای با طول شعاع هابل رفتار کنند. بنابراین نمودار طیف توان در دورهٔ تابش باید دارای قله‌های صوتی در هماهنگ‌های اصلی نوسان باشد،



شکل ۱: نقشهٔ ناهمسانگردی‌های دمای تابش زمینهٔ کیهانی بر اساس داده های ماهواره پلانک[2]

$$\lambda \cong R_H / n \qquad (۱)$$

در این رابطه λ طول موج، R_H شعاع هابل و n عدد صحیح مثبت است.



شکل۲: داده های ماهواره پلانک(۲۰۱۳)

تا قبل از اندازه‌گیری ناهمسانگردی‌های تابش زمینهٔ کیهانی توسط آزمایش بوم‌رنگ (۲۰۰۰)، نظریهٔ ریسمان‌های کیهانی تنها رقیب تورم برای تولید بذرهای ابتدایی ساختارهای کیهانی به‌شمار می‌آمد.

ریسمان‌های کیهانی همانند تورم می‌توانند منشأ اختلالات مقیاس ناوردا در ابعاد شعاع هابل باشند، اما بر خلاف تورم اختلالات هم فاز نیستند. بنابراین این نظریه‌ها طیف توانی با یک بیشینهٔ نرم و پهنای زیاد پیش‌بینی می‌کردند. اما مشاهدات به‌تدریج به نفع نظریهٔ تورم رقم خوردند!

شکل۲ به خوبی نشان می‌دهد که چرا قله‌های صوتی امروزه حقیقتی انکارناپذیر هستند و در رقابت بین این دو نظریه، تورم برنده است.

این نمودار، بسط طیف توانِ ناهمسانگردی‌های تابش زمینهٔ کیهانی را بر اساس هماهنگ‌های کروی، نشان می‌دهد. طیف توان تابع دونقطه‌ای همبستگی اختلال‌های دمای تابش زمینهٔ کیهانی یا به عبارتی انحراف از معیار. اما ماجرا برای نظریهٔ تورم به این‌جا ختم نشد. مدل‌هایی که برای نظریهٔ تورم پیشنهاد می‌شوند بر اساس دینامیک یک میدان نرده‌ای کار می‌کنند. بنابراین در فیزیک ذرات بنیادی باید معادلی برای این میدان نرده‌ای پیدا کرد. در نظریه‌های ذرات بنیادی چون ابرتقارن و یا نظریه‌های گرانش کوانتومی همانند نظریهٔ ابر ریسمان، نامزدهایی برای این میدان پیشنهاد شده‌اند. اما علاوه بر برخی مشکلات کاربردی در سازگاری این مدل‌ها در کیهان‌شناسی، درستی خود این نظریه‌ها در هیچ آزمایشی هنوز تأیید نشده است. این موضوع باعث شده در نظریهٔ تورم، تعداد بی‌شماری مدل پدیده‌شناختی وجود داشته باشند که با داده‌های کنونی طیف توان نرده‌ای هم‌خوانی دارند اما در حال حاضر راهی برای تمایز آن‌ها در طبیعت نداریم. علاوه بر این در پانزده سال گذشته کیهان‌شناسان دریافته‌اند که گرچه دورهٔ تورم یا به بیان دیگر دوره‌ای با هندسهٔ شبه‌دسیته می‌تواند طیف سانیواف-زلدویچ برای اختلالت نرده‌ای تولید کند اما این تنها گزینه نیست. در واقع مدل‌هایی پیشنهاد شدند که هندسهٔ پس‌زمینه را تغییر می‌دادند اما معادلهٔ حرکت برای افت و خیزهای نرده‌ای انحنای متریک، هم‌چنان شبه‌دسیته باقی می‌ماند. در مجموعهٔ بزرگی از این مدل‌ها، فرض می‌شود که جهان اولیه در حال انقباض بوده و پس از یک مرحله گذار از انقباض به انبساط (برخیزش تکینه و یا غیرتکینه) دورهٔ تابش آغاز می‌شود. برای مرور انواع این مدل‌ها به مقالهٔ بتفیلد و پیتر [۸] رجوع کنید. چالش اکثر این مدل‌ها گذار از مرحلهٔ برخیزش است. فرض کنید جهان در حال انقباض است و هندسهٔ جهان دسیته نیست، بنابراین انرژی متراکم می‌شود و چگالی آن زیاد می‌شود. چون چگالی انرژی با مجذور ثابت هابل متناسب است، ثابت هابل هم در حال افزایش است.

$$H^2 = \frac{1}{3M_{pl}^2}\rho \qquad (۲)$$

در این رابطه H ثابت هابل، M_{Pl} جرم پلانک و p چگالی انرژی است.

از طرفی برای گذار از دورهٔ انقباض ($H<0$) به دورهٔ انبساط ($H>0$) ثابت هابل یا باید از صفر بگذرد (برخیزش ناتکین) که نقض گزارهٔ بالا (شکستن شرط پوچ انرژی نظریهٔ گرانش) و یا باید در مرحلهٔ گذار خوش‌تعریف نباشد (برخیزش تکین). در هر دو صورت نظریهٔ گرانش نسبیت عام توصیف مناسبی برای توصیف مرحلهٔ گذار نخواهد بود.

مجموعهٔ دیگری از مدل‌های جایگزین تورم مانند مدل تکیوآکوستیک [۹] فرض می‌کنند سرعت پراکندگی اختلالات میدان نرده‌ای متغیر است. اگر بخش جنبشی کنش میدان نرده‌ای، کانونیک باشد، سرعت پراکندگی برابر سرعت نور است. اما اگر فرض کنیم بخش جنبشی نا-کانونیک است سرعت پراکندگی برابر سرعت نور نخواهد بود و می‌توان مدل‌هایی در نظر گرفت که تغییرات این سرعت منجر به طیف توان سانیواف-زلدویچ می‌شود. در عمل این مدل‌ها با مشکل پراکندگی موج با سرعت بیش‌تر از سرعت نور مواجه شدند. هر دو گروه مدل‌های ذکر شده برای انجام محاسبات تا حد زیادی هنوز مقید به نظریهٔ گرانشی بر اساس جفت شدگی ماده و هندسه خمینه‌ها هستند. اما دستهٔ دیگری از مدل‌های پیشنهادی چون گاز هگدرن [۱۰] یا کیهانشناسی هولوگرافی [۱۱] هم هستند که با انگیزه‌هایی از نظریهٔ ریسمان در چارچوب‌های کاملاً غیر هندسی طراحی شده‌اند. بعدها نویسندهٔ این متن و همکاران [۱۲،۱۳] نشان دادند که بدون در نظر گرفتن یک دورهٔ انبساط شتاب‌دار در ابتدای جهان، نمی‌شود مدلی برای ساز و کار تولید طیف توان مشاهده شده از حالت خلأ کوانتمی نوشت که با نظریهٔ نسبیت سازگار باشد.

البته این فرض که نظریهٔ گرانش نسبیتی با همهٔ زیبایی‌اش ممکن است توصیف مناسبی برای تولید ناهمگنی‌های جهان اولیه نباشد چنان هم دور از تصور نیست. توجه داشته باشید که ما انتظار نداریم در مقیاس‌های کوچک‌تر از طول پلانک و یا انرژی‌های بیش‌تر از انرژی پلانک، قوانین گرانش نسبیت عام برقرار باشند. بنابراین احتمال این‌که عدم برقراری چنین قوانینی در کیهان اولیه، منشأ ناهمگنی‌ها باشد، غیر منطقی نیست. مشکل این است که شواهد نشان می‌دهد شکستن برخی از اصول چون انتشار با سرعت کم‌تر از سرعت نور و شرط پوچ-انرژی، حتی در نظریه‌های غیر نسبتی هم عواقب بدی چون ناپایداری یا وجود شبح در مدل دارد. به‌علاوه، در نبود یک نظریهٔ منسجم و واحد برای گرانش کوانتومی، علاوه بر شرایط اولیه و پتانسیل میدان، محاسبات طیف توان نیز باید بر پایهٔ حدس و گمان بنا شوند. در مقابل وابستگی نظریهٔ تورم به گرانش کوانتومی معمولاً به شرایط اولیه و پتانسیل میدان محدود می‌شود که البته به معنی بی‌اهمیت بودن آن‌ها نیست.

انتقادی که به نظریهٔ تورم می‌شود، اعتبار شرایط اولیهٔ خلأ کوانتومی در مرز شکسته شدن این حدود است. استدلال این‌گونه است که اگر تورم مدت طولانی امتداد یافته باشد، پس اندازهٔ بخش بزرگی از کیهان کنونی پیش از آغاز تورم کوچک‌تر از طول پلانک بوده است. بنابراین شرط خلأ کوانتومی که بر پایهٔ نظریهٔ میدان‌های کوانتومی در فضای خمیده و گرانش نسبیتی بنا شده، انتخاب درستی نیست[۱۴]. فهرست ایرادهایی که به نظریهٔ تورم و رقبای آن وارد می‌شود به این‌جا ختم نمی‌شود. برای نمونه یکی از مسائل بحث‌انگیز تورم، مسألهٔ تورم ابدی است: این‌که بعد از این‌که تورم آغاز شد آیا بیش‌تر جهان در حال تورم باقی خواهد ماند یا احتمال تمام شدن تورم و به وجود آمدن کیهان‌هایی شبیه آن‌چه مشاهده می‌کنیم زیاد است. اگر این احتمال خیلی ناچیز باشد، موضوعیت کل نظریه و مطلوبیت آن زیر سؤال می‌رود. زیرا حتی بدون یک نظریهٔ منسجم کیهانی هم، اگر فرض کنیم شرایط اولیهٔ جهان کاملاً تصادفی است باز هم احتمال به وجود آمدن کیهان‌هایی شبیه آن‌چه مشاهده می‌کنیم وجود دارد. در مورد چالش‌های دیگر رقبای تورم، بسته به نوع مدل مشکلات متفاوت هستند.

یکی از مشاهداتی که می‌تواند کفهٔ ترازو را مقدار زیادی به سمت نظریهٔ تورم سنگین کند، مشاهدهٔ امواج گرانشی خواهد بود. خیلی از مدل‌های تورمی می‌توانند منشاء چنین امواجی باشند، در حالی‌که نظریه‌های جایگزین چنین پیش‌بینی ندارند[۱۵]. به همین دلیل اعلام مشاهدهٔ این امواج توسط گروه بایسپ۲۳ در واپسین روزهای سال گذشته هیجان زیادی در کیهان‌شناسان به‌وجود آورد. متأسفانه مدتی بعد مشخص شد که سیگنال مشاهده در این آزمایش احتمالاً اثر غبارهای کهکشان بر روی تابش زمینهٔ کیهانی بوده است. بر خلاف مشاهدهٔ این امواج که برهانی قوی بر وقوع تورم است، ولی مشاهده نکردن این امواج نیز دلیلی برای رد آن نیست.

در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت در حال حاضر نظریهٔ تورم هم‌چنان موفق‌ترین نظریهٔ سازگار با مشاهدات برای توصیف کیهان اولیه است. این نظریه هنوز با چالش‌های فراوانی روبرو است اما رقبای این نظریه با چالش‌های بزرگ‌تری روبرو هستند. خوشبختانه همکاران تجربی‌کار ما بی‌کار ننشسته‌اند و به ما نوید اندازه‌گیری‌های دقیق‌تری را می‌دهند. از آن جمله می‌توان به اندازه‌گیری قطبش تابش زمینهٔ کیهانی در بسامدهای متفاوت مانند نسل پیشرفتهٔ تلسکوپ آتاکاما۴ اشاره کرد. این مشاهدات بالقوه می‌تواند اثر غبار کهکشان را از اثر امواج گرانشی تمیز دهد و تصویر ما از کیهان اولیه را واضح‌تر کند. در این میان کیهان‌شناسان نظری باید بدون تعصب به تلاش خود برای درک به‌تر و یا رفع چالش‌هایی که نظریهٔ تورم و رقبای آن با آن روبرو هستند ادامه دهند و هیچ گوشه‌ای را برای یافتن پاسخ درست باقی نگذارند.

۱ دورهٔ کوتاهی در ابتدای جهان با انبساط شتاب‌دار
2 Planck Collaboration (2013)
3 BICEP2
4 Advanced ACT Pol

مرجع‌ها

1. ESA and the Planck Collaboration, The anisotropies of the Cosmic microwave background (CMB) as observed by Planck., Photo: ESA/Planck CMB
2. A. Starobinsky, Physical Review Letters B91, 99 (1980).
3. A. H. Guth, Physical Review Letters D 23, 347 (1981).
4. K. Sato, Physical Review Letters B 99, 66 (1981).
5. K. Sato, Roy. Astron. Soc. 195, 467 (1981).
6. V. F. Mukhanov and G. V. Chibisov, JETP Lett. 33, 532 (1981).
7. R. A. Sunyaev and Y. B. Zel'dovich , Space Sci. 7 (1), 3 (1970).
8. D. Battefeld and P. Peter, arXiv:1406.2790(2014)
9. D. Bessada, W. H. Kinney, D. Stojkovic and J. Wang, Physical Review Letters D 81, 043510 (2010).
10. A. Nayeri, R. H. Brandenberger and C. Vafa, Physical Review Letters 97, 021302 (2006).
11. P. McFadden and K. Skenderis, Physical Review Letters D 81, 021301 (2010).
12. G. Geshnizjani, W. H. Kinney and A. M. Dizgah, JCAP 1111, 049 (2011)
13. G. Geshnizjani and N. Ahmadi, JCAP 1311, 029 (2013).
14. J. Martin and R. H. Brandenberger, Physical Review Letters D63, 123501 (2001).
15. G. Geshnizjani and W. H. Kinney, arXiv:1410.4968 (2014).

چهل سال کار با واندوگراف تهران

مصاحبه با دکتر محمد لامعی رشتی
پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی

مصاحبه و تنظیم: نیکتا جبارزاده

لطفاً کمی از خودتان و کارتان بگویید. تحصیلات شما در چه زمینه‌ای از فیزیک بوده است؟

من در سال ۱۳۴۳ دیپلم گرفتم و برای ادامهٔ تحصیل به فرانسه رفتم. لیسانس و فوق لیسانس و دکتری را در فرانسه گرفتم. پس از لیسانس فیزیک، کارشناسی ارشد فیزیک هسته‌ای نظری خواندم. برای کار دکتری وارد آزمایشگاهی در مرکز تحقیقات هسته‌ای فرانسه شدم و در آن‌جا به اصطلاح کار دکتریم را آغاز کردم و تز دکتری سیکل سه را، در زمینهٔ مسائل فیزیک هسته‌ای خاص حالت‌های مشابه در هستهٔ لانتانوم ۱۴۰ گرفتم و دکتری دولتی‌ام را در زمینهٔ پایه‌های مکانیک کوانتومی و نامساوی بل انجام دادم. هم‌زمان در دوران دکتری و پس از دورهٔ دکتری دولتی و دکتری سیکل سه، در فرانسه، در دانشکدهٔ علوم دانشگاه پاریس، به عنوان مربی و سپس به عنوان استادیار هم درس می‌دادم هم کار می‌کردم. در سال ۱۳۵۸ به ایران آمدم. انتخاب من برای برگشت به ایران انتخابی آگاهانه بود. در آن زمان اکثر دانشجویانی که برای تحصیل به خارج می رفتند هدفشان این بود که پس از پایان تحصیل به ایران برگردند و بتوانند در ایران در دانشگاه‌های مختلف کار کنند و سطح علمی کشور را بالا ببرند.

به ایران که برگشتم ابتدا دو سالی در دانشکدهٔ فنی دانشگاه تهران مشغول شدم، ولی به علت تعطیل شدن دانشگاه در آن زمان، به سازمان انرژی اتمی ایران رفتم. در آن‌جا به نوعی کارهایی که در آزمایشگاه‌مان در خارج می کردیم را دنبال کردم. البته امکاناتی که در فرانسه برای کار داشتیم اصلاً قابل مقایسه با ایران نبود. امکانات در فرانسه بسیار فراتر از آن چیزی بود که در ایران در اختیار داشتیم، ولی نوع کارهایی که در ایران داشتیم شباهت زیادی به همان کارها داشت، بنابراین در این زمینه در ایران فعالیت می‌کردم.

خب ما در این‌جا در سازمان انرژی اتمی در آزمایشگاه واندوگراف کار می‌کنیم. در واقع به جای سازمان انرژی اتمی هم امروز باید گفت پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای. چون در واقع ما در بخش پژوهشی سازمان انرژی اتمی ایران، یعنی پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، فعالیت می‌کنیم؛ کاری معروف به آنالیز با باریکهٔ یونی. این قسمت از کار، به اصطلاح فعالیت نیمه کاربردی است و در استفاده از تکنیک‌های فیزیک هسته‌ای و برای شناسایی مواد و مشخصه‌یابی اشیاء و چیزهای مختلف به کار می‌رود. این فعالیت درواقع حول و حوش باریکه‌ای یونی است که شتاب داده شده است. بنابراین ما شتاب‌دهنده‌ای نیاز داریم که بتواند این ذرات را شتاب بدهد و به انرژی حدود چند میلیون الکترون‌ولت برساند. این ذرات را به مواد مختلف می‌تابانیم و اندرکنش این ذرات با ماده را نگاه می‌کنیم. بسته به ذرات خروجی که در این اندرکنش هستند می توانیم درباره شیئی که مورد بررسی ما هست نظر بدهیم و مشخصات آن را تعیین کنیم.

شتاب‌دهندهٔ واندوگراف تهران کی ساخته شده است؟

این شتاب‌دهنده در سال ۱۹۵۷ میلادی/۱۳۳۶ شمسی ساخته شد. پس از این بیش از ده سالی در صندوق ماند. اواخر دههٔ ۱۳۴۰، در سال‌های ۴۹-۱۳۴۸ به همت آقای دکتر صمد فرخی نصب آن آغاز شد. ایشان استاد گروه فیزیک در دانشگاه تهران بودند. این شتاب‌دهنده، شتاب‌دهندهٔ الکترواستاتیک از نوع واندوگراف است، یعنی تسمه‌ای در داخل آن حرکت می‌کند که بار الکتریکی را روی گنبد می‌آورد و به‌تدریج پتانسیل این گنبد بالا می‌رود. زیر این گنبد و در اختلاف پتانسیل زیاد یون‌هایی را درست می‌کنیم. سپس این ذرات، در لوله‌ای که سر دیگرش به پتانسیل صفر وصل است سرعت می‌گیرند و از آن خارج می‌شوند. حداکثر پتانسیل این ماشین، سه میلیون ولت است. ذرات مختلفی در این دستگاه شتاب می‌دهیم: پروتون یعنی هستهٔ اتم هیدروژن، دوتریم یعنی هستهٔ اتم هیدروژن سنگین و هلیوم. اخیراً نیتروژن هم اضافه شده است که تا این انرژی یعنی تا سه میلیون الکترون‌ولت می‌توانیم به آن‌ها شتاب بدهیم.

کار با این ماشین واندوگراف پستی و بلندی‌های فراوان داشته است. ولی چیزی که امروز می‌توان گفت این است که، این ماشین تقریباً در سال ۵۱-۱۳۵۰ آغاز به کار کرده و تا امروز چهل و دو سال سابقه کار دارد. تقریباً در تمام مدت چهل سالی که از تاریخ کار آن می‌گذرد کم و بیش کار کرده است و در حال حاضر هم کار می‌کند. شاید یکی از نادر دستگاه‌هایی باشد که چنین سابقهٔ طولانی‌ای در کار، در ایران دارد، آن هم به طریق مناسب.

چه فعالیت‌های پژوهشی‌ای با استفاده از این شتاب‌دهنده انجام می‌شود؟

کاری که در این‌جا با این دستگاه انجام می‌دهیم، عمدتاً آنالیز، با استفاده از باریکهٔ یونی است. به این صورت که باریکهٔ یونی خارج شده از این شتاب‌دهنده، به ماده برخورد می‌کند. اگر باریکه با اتم ماده یعنی با الکترون‌های مدار داخلی اتم‌های نمونه برخورد کند، می‌تواند الکترون‌های لایهٔ داخلی را جدا کند. برای این‌که اتم به حالت پایه برگردد الکترون‌های مدار خارجی به مدار داخلی می‌آیند و پرتوی ایکس گسیل می‌کنند. این پرتوی ایکس مشخصهٔ عنصری است که در نمونهٔ هدف داریم. این روش، اساس روش آنالیزی است که به آن پیکسی[1] یعنی گسیل القایی پرتوی ایکس به وسیلهٔ پروتون می‌گوییم.

اگر برخورد با هستهٔ اتم‌ها انجام بگیرد و پرتابه، به عقب برگردد اساس روش آنالیزی است که به آن پس پراکندگی رادرفورد می‌گوییم. این روش شبیه آزمایش رادرفورد است که در کتاب‌های درسی هم وجود دارد. برای بعضی از اتم‌های سبک، در اثر این برخورد، می‌توانیم واکنش‌های هسته‌ای داشته باشیم و پرتوهای گاما گسیل بشوند. این پرتوهای گاما نوع عنصر سبکی را مشخص می‌کند که در این واکنش است.

می‌توانیم واکنش هسته‌ای داشته باشیم که در آن یک ذرهٔ باردار خارج می‌شود. مثلاً دوتریم به نمونه برخورد می‌کند، پروتون خارج می‌شود و یک نوترون جذب هسته می‌شود. بنابراین این‌جا هم با اندازه‌گیری انرژی پروتون، می‌توانیم نوع ماده را تشخیص بدهیم.

این‌ها کلیات روش‌های مختلف آنالیزی است که در این آزمایشگاه برای آنالیز نمونه‌های مختلف استفاده می‌شود. امکان دارد این نمونه‌ها، نمونه‌های بیولوژی باشند (نمونه‌هایی برای تشخیص بعضی از بیماری‌های خاص مثل تالاسمی و بیماری ویلسون)، برای کارهای باستان‌شناسی به کار روند، برای فعالیت‌های مربوط به محیط زیست، یا برای معدن و صنعت و به طور کلی همهٔ نیازهایی که در زمینهٔ این‌گونه آنالیزها هستند، در شاخه‌های مختلف علوم و تکنولوژی.

کار با این ماشین واندوگراف پستی و بلندی‌های فراوان داشته است. ولی چیزی که امروز می‌توان گفت این است که این ماشین تقریباً در سال ۱۳۵۰-۵۱ شروع به کار کرده و تا امروز چهل و دو سال سابقهٔ کار دارد. تقریباً در تمام مدت چهل سالی که از تاریخ کار آن می‌گذرد کم و بیش کار کرده است و در حال حاضر هم کار می‌کند. شاید یکی از نادر دستگاه‌هایی باشد که چنین سابقهٔ طولانی‌ای در کار در ایران دارد، آن هم به طریق مناسب.

آیا دانشجویان تحصیلات تکمیلی هم در پروژه‌های پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای کار می‌کنند؟

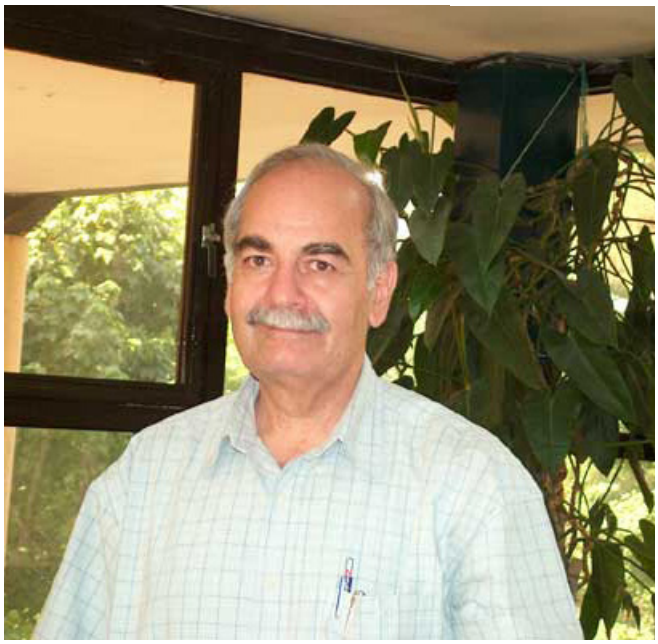
از ابتدا، تربیت دانشجوی تحصیلات تکمیلی در آزمایشگاه آغاز شد. تعداد بسیار زیادی دانشجوی فوق لیسانس و دانشجوی دکتری تربیت شدند. کارهایی که دانشجویان تحصیلات تکمیلی در مقطع کارشناسی ارشد در این آزمایشگاه انجام می‌دهند معمولاً کاربردی خاص از روش‌های آنالیزی هستند. گاهی هم اندازه‌گیری‌های تکمیلی، برای تکمیل جدول داده‌های مورد نیاز این نوع آنالیز، هم انجام شده است. دانشجویان تحصیلات تکمیلی ما چند نوع کار انجام می‌دهند: یا این تکنیک‌ها را گسترش می‌دهند، یعنی کار آن‌ها، گسترش تکنیک‌های آنالیز با باریکهٔ یونی و ساخت ابزار جدید برای این کارهاست، یا راه‌اندازی تکنیک‌هایی است که در آزمایشگاه ما معمول نبوده و می‌خواهیم راه بیندازیم (که بیش‌تر کارها از این نوع است)، یا جمع‌آوری و به اصطلاح تکمیل داده‌هایی است که مورد نیاز این‌گونه آنالیزهاست، مثل اندازه‌گیری سطح مقطع‌های واکنش‌های هسته‌ای.

ارتباط شما با دانش‌آموختگان فیزیک به چه صورت است؟ یعنی چه‌طور می‌توانند جذب کار شما بشوند؟

طبیعی است که تعدادی از این دانش‌آموختگان فیزیک، چه در مقطع تحصیلات تکمیلی، چه در مقطع دکتری، جذب کارهایی می‌شوند که در مجموعهٔ ما انجام گرفته است، ولی تعدادی از این افراد هم در دانشگاه‌های مختلف به کار مشغولند و نقطهٔ ارتباط ما با دانشگاه‌های مختلف می‌شوند. معمولاً این دانشجویان قدیمی ما، به‌خصوص دانشجویان مقطع دکتری، بعداً شاخهٔ ارتباطی ما با دانشجویان دوره‌های تحصیلات تکمیلی دانشگاه‌ها می‌شوند و این همکاری ما ادامه پیدا می‌کند. تعدادی از دانش‌آموختگان هم که در مؤسسات علمی یا فنی مختلفی در ایران کار می‌کنند، همیشه این ارتباطی که داشتند و آشنایی‌ای که با تکنیک‌های ما پیدا کردند به آن‌ها کمک می‌کند که اگر نیاز داشته باشند از تخصص‌های موجود در مجموعهٔ ما استفاده کنند.

در بدو ورود به این کار در ایران، نسبت به داشتن چه مهارت‌هایی در مجموعه احساس کمبود می‌کردید؟

سالی که من وارد این مجموعه شدم این احساس را داشتم که اکثر همکاران ما که از دستگاه‌های مختلف استفاده می‌کردند، شاید به روشنی، عملکرد این دستگاه‌های فیزیکی را نمی‌دانستند. البته شاید همکارانی که در آن زمان بودند را نباید زیاد سرزنش کرد چون امکانات بسیار محدود بود و افراد احساس می‌کردند باید این امکانات را حفظ کنند و آن‌ها را دست‌کاری نکنند. از نظر آن‌ها، این دست‌کاری باعث می‌شد دستگاهی که کار می‌کرد یا تقریباً کار می‌کرد یا تقریباً نیمه‌کار می‌کرد، کاملاً از کار بیفتد. در این مدتی که من کار کردم شاید این احساس بیش‌تر به وجود آمده است که این دستگاه‌ها، همه طبق اصول فیزیک کار می‌کنند. مثلاً وقتی قانون اهم را می‌نویسیم که $V=IR$. این قانون همیشه صادق است. شما مداری دارید، جریان I از آن رد می‌شود و ولتاژ V دو سر مدار دارید. این مدار مجموعاً معادل یک مقاومت R است. بر این اساس می‌توانید چیزهای مختلف را برای این مدار برآورد کنید. مثلاً اگر نیاز به تعویض قطعه‌ای در مدار هست، می‌توانید مشخصات آن را حساب کنید و قطعهٔ جدید را جایگزین آن کنید. بنابراین کمبودی که در دههٔ شصت در ایران احساس می‌شد به‌تدریج جای خود را به اعتمادبه‌نفسی داد که می‌توانیم دستگاه بسازیم، می‌توانیم دستگاه‌ها را جایگزین کنیم، می‌توانیم طراحی کنیم. البته کارهایی هم هست که نمی‌توانیم انجام بدهیم که یا تکنولوژی‌اش را نداریم یا دانش‌اش را یا هر دو را. ولی با انجام خیلی کارهای دیگر که توان انجامش را داریم به اصطلاح اعتماد به نفس پیدا کردیم که بتوانیم این‌ها را انجام بدهیم.



فیزیک چه تأثیری بر زندگی فعلی شما داشته است؟

جوری شده که من نمی‌توانم تصور کنم که اگر در کار فیزیک نبودم چه کار می‌توانستم بکنم. برای من زندگی بدون این فیزیک، بدون این تحصیلات فیزیکی که داشتم و کاری که داشتم، غیرقابل‌تصوراست. یعنی نمی‌دانم چکار می‌توانستم بکنم. تحصیلات فیزیک و سپس تمام این کار مستمری که تقریباً در عرض چهل و چند سال سابقه کاری داشته‌ام، بخشی از آن در فرانسه بوده است و بخش عمده‌تر آن در ایران. این سابقه، من را در قالب این کار و فعالیت ریخته است و برایم مشکل است تصور کنم چه کار دیگری می‌توانستم داشته باشم. مسلماً این فعالیتی که داشته‌ام به من یک جور اعتمادبه‌نفس داده است که بتوانم و سعی کنم مسائلی که مطرح می‌شود را به نوعی با فکر کردن و مطالعه کردن حل کنم و همان راه‌هایی که مثلاً ما در فیزیک به کار می‌بریم را برای حل مسائل دیگر هم به‌کار ببرم.

آیا توانایی حل مسائل فیزیکی را قابل تعمیم به سایر حوزه‌ها می‌دانید؟

حوزه‌های مختلفی که در زندگی اجتماعی وجود دارد متفاوت هستند و چیزهایی هم بین آن‌ها مشترک است. مسأله‌ای که مطرح می‌شود، اگر می‌خواهیم واقعاً آن را حل و تحلیل کنیم باید اطلاعات کافی دربارهٔ آن داشته باشیم. مقاله و مطالب خوبی را بخوانیم و چیزهایی را یاد بگیریم و وقتی که در زمینه‌ای چیزهایی را خوب بلد نیستیم، حتماً سعی کنیم یاد بگیریم و با تحلیل خود، به صورت نقادانه به تحلیلمان نگاه کنیم. اما مثلاً ما نمی‌توانیم تحلیل و حل مسائل فیزیک را به مسائل اجتماعی تعمیم بدهیم. برای این‌که قوانین حاکم بر این‌ها کاملاً متفاوت است و به‌خصوص در حوزهٔ علوم انسانی، که ما امکان انجام آزمایش های تکرارپذیر را نداریم و اصلاً آزمایش‌ها به صورتی نیست که در علوم محض انجام می‌گیرد. در علوم محض، ما یک سری شرایط را آماده می‌کنیم و یک سری فعل و انفعالات را نگاه می‌کنیم، ولی در حوزه‌های اجتماعی به‌هیچ‌وجه به این صورت اتفاق نمی افتد. بنابراین باید از کاربرد این روش‌ها در حوزه‌های اجتماعی دوری کرد. در این علوم، معمولاً پس از این‌که حادثه‌ای اتفاق افتاد تحلیل می‌شود و به همین دلیل باید خیلی محتاط باشیم. با این‌که مطالعات لازم برای این‌ها همیشه مثل هم هستند و روش‌های مطالعاتی مشابه دارند ولی نتیجه‌گیری‌ها، آزمایش‌ها و آزمون‌هایی که برای بررسی صحت نظریه‌ای انجام می‌شود، کاملاً متفاوت است. باید از تعمیم آن نگرش فیزیک، به مسائل اجتماعی بسیار احتراز کرد. همان‌طور که گفتم روش‌های مطالعاتی شباهت‌هایی دارند ولی نوع آزمایش‌ها و آزمون‌ها یکسان نیستند.

با این‌که مطالعات لازم برای این‌ها همیشه مثل هم هستند و روش‌های مطالعاتی مشابه دارند ولی نتیجه‌گیری ها و آزمایش‌ها و آزمون‌هایی که برای بررسی صحت نظریه‌ای انجام می‌شود، کاملاً متفاوت است. باید از تعمیم آن نگرش فیزیک به مسائل اجتماعی بسیار احتراز کرد.»

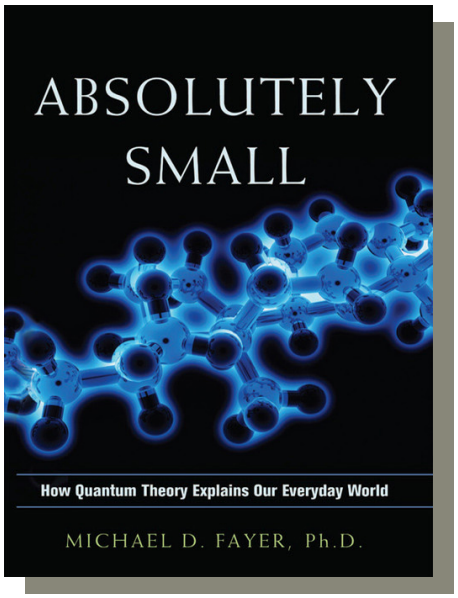
کار در سازمان انرژی اتمی و پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای یکی از گزینه‌های دانش‌آموختگان فیزیک است. تا به حال هم تعداد زیادی از دانش‌آموختگان فیزیک در این مرکز مشغول به کار شده‌اند. هر چند با افزایش تعداد دانش‌آموختگان فیزیک در مقطع کارشناسی و کارشناسی ارشد و دکتری، سازمان انرژی اتمی نمی‌تواند همهٔ آن‌ها را استخدام کند ولی زمان‌هایی بود که بیش‌تر آن‌ها را استخدام می‌کرد. در زمانی که تعداد فارغ‌التحصیل‌ها خیلی کم‌تر بود. الان متأسفانه انجام چنین کاری به صورت صد در صد نیست ولی به صورت جنبی و جانبی می‌تواند انجام شود.

از وقتی که در اختیار ما قرار داد بسیار سپاسگزاریم.

1 PIXE

Absolutely small

احمد شاملومهر
دانشگاه خوارزمی



نام کتاب : Absolutely small
نویسنده: مایکل د.فایر[1]
ناشر: انجمن مدیریت امریکا[2] (AMA)
ISBN-۱۳: ۹۷۸-۰-۸۱۴۴-۱۴۸۸-۰

در قفسه‌های کتاب‌فروشی‌ها کتاب‌هایی با عناوین برگرفته از مکانیک کوانتومی کم نیستند. نویسندگان این دسته از کتاب‌ها در تلاش هستند که یا مکانیک کوانتومی را شرح دهند، و یا حوزه‌های دیگر (چه علمی و چه غیرعلمی) را به مکانیک کوانتومی ربط دهند، که گاه در این راه ناکام‌اند. از میان تمام کتاب‌هایی که در بازار موجود است، چندی پیش با راهنمایی یکی از دوستان با کتاب کاملاً ریز آشنا شدم که در کمال ناباوری در آن نه از فرمول‌های عجیب و مرسوم در مکانیک کوانتوم خبری بود و نه از برداشت‌های فلسفی با کلمات گنگ و نامفهوم.

نویسنده این کتاب «مایکل د. فایر» استاد فیزیک-شیمی دانشگاه استنفورد است، که تقریباً تمام دوران تحصیل خود را در دانشگاه «برکلی» گذرانده است. این شیمی- فیزیک‌دان ۷۶ ساله، کتاب اوّل خود را در باب مکانیک کوانتومی با عنوان مکانیک کوانتومی مقدماتی در سال ۲۰۰۱ منتشر کرده است. اما کتاب حاضر، خلاف کتاب اول، که به منظور تدریس در دانشگاه نوشته شده است، عموم جامعه را مخاطب خود قرار داده است. البته به نظر می‌رسد نه تنها مخاطبین عام، بلکه فیزیک‌پیشگانی که در جستجوی رویکردی جدید، با کم‌ترین مفاهیم مجرد ریاضی هستند نیز از این کتاب بهره می‌برند.

شاید با ورق زدن این کتاب و دیدن تصاویر چینش فضایی مولکول‌ها، چنین تصور شود که این کتاب در مورد شیمی نوشته شده و نه فیزیک، که البته علّت تمایل مشاهده شده به شیمی را، می‌توان در تخصص مؤلف در این زمینه، یعنی شیمی- فیزیک دانست. در این حال، مطالب این کتاب را می‌توان به دو دستهٔ کلی تقسیم کرد: دستهٔ اوّل مفاهیم مکانیک کوانتومی را بازگو می‌کند و دستهٔ دوم کاربردهای این نظریه را در زندگی روزمره بررسی می‌کند. به عنوان مثال، شرح جالبی را در باب احتمال در مکانیک کوانتومی، و تفاوت آن با احتمال در سیستم‌های کلاسیکی، در این کتاب می‌توان یافت. نویسنده در ادامه، با باریک‌بینی قابل تحسینی، آزمایش‌هایی چون اثر فوتوالکتریک و هم‌چنین میکروسکوپ هایزنبرگ را معرفی می‌کند. نکته قابل توجه در مورد این کتاب آن است که به پرسش‌هایی نظیر «چرا یک گل سرخ به این رنگ است؟» و یا «چرا عناصر در یک جدول به نام جدول تناوبی به این صورت در کنار یک‌دیگر جای می‌گیرند؟» را با یک نگاه و آن هم در قالب مکانیک کوانتوم پاسخ می‌دهد. در فصول انتهایی کتاب می‌توان پاسخ چنین پرسش‌هایی را یافت که از میان آن‌ها، یافتن پاسخ کوانتومی برای غیب شدن نفتالین در کمد لباس‌هایتان از همه جالب‌تر خواهد بود!

اگر به دنبال مفاهیم کوانتومی، یا پاسخی برای پرسش‌های خود، با استفاده از نظریهٔ کوانتومی هستید بی‌شک این کتاب راه‌گشای شما خواهد بود. متأسفانه برگردان فارسی این کتاب در بازار موجود نیست و لازم می‌دانم در همین‌جا از فعالان عرصهٔ ترجمه دعوت کنم که با رعایت حقوق مؤلّف، این کتاب ارزشمند را ترجمه کنند.

1 Michael D. Fayer
2 American Management Association

سطح مقطع ذرهٔ هیگز باردار سنگین در فرآیند تولید تک کوارک تاپ کانال s در CHL

مجید هاشمی، سید محمد زبرجد، حسین بخشعلی‌زاده
دانشکدهٔ فیزیک، دانشگاه شیراز

مدل کمینهٔ ابرتقارنی مدل استاندارد، یکی از چند مدل تعمیم‌یافته برای مدل استاندارد است که توانایی حل برخی از مشکلات مدل استاندارد از قبیل مشکل هایرایکی ، عدم تقارن ماده و ضدماده و مادهٔ تاریک را دارد. یکی از نشانه‌ها برای تأیید این مدل، مشاهدهٔ بوزون‌های هیگز باردار است. بنابراین پژوهش‌های وسیعی برای آشکارسازی این ذره، در سال‌های اخیر در آزمایشگاه‌های تواترون(Fermilab)، LEP و LHC(CERN) انجام گرفته است. فضای پارامتری در مدل کمینهٔ ابرتقارنی مدل استاندارد، معمولاً برحسب دو پارامتر بیان می‌شود: جرم هیگز باردار ($mH^{\pm}$) و tanβ که نسبت مقادیر چشم‌داشتی خلأ، نسبت به دو میدان هیگز دوتایی است. پژوهش‌های انجام شده پیرامون جرم ذرهٔ هیگز باردار در مدل کمینهٔ ابرتقارنی مدل استاندارد، توسط LEP II، نشان‌دهندهٔ این است که جرم هیگز باردار کوچک‌تر از ۱۲۵ GeV نیست [۱و۲]. پژوهش‌های انجام شده در تواترون توسط D۰ [۳-۶] و CDF collaboration [۷-۹] نشان دهندهٔ این است که مقادیر بزرگ tanβ نیز مجاز نیست، این نتایج توسط LHC تأیید شده است [۱۰-۱۵]. یکی از فرآیندهای قابل توجه در تولید هیگز باردار، رویدادهای تولید تک‌کوارک تاپ است. هیگز باردار سنگین، از طریق کانال s، در رویداد تولید کوارک تاپ، به شکل مستقیم تولید می‌شود که این رویداد از لحاظ سینماتیکی کاملاً با رویدادهای مدل استاندارد متفاوت است [۱۶]. برهم‌کنش ذرهٔ هیگز با کوارک‌ها و لپتون‌ها، با لاگرانژی یوکاوا داده می‌شود. با توجه به این، لاگرانژین مقدار هر یک از جملات، علاوه بر این‌که به ضرایب ماتریس CKM بستگی دارد به جرم کوارک‌ها و مقدار tanβ نیز وابسته است. با توجه به رابطهٔ سطح مقطع پارتونی، سطح مقطع کل به پهنای واپاشی $\Gamma(H^{\pm} \to UD)$ و $\Gamma(H^{\pm} \to tb)$ و تابع توزیع $f(x_i, Q, i)$ پارتونی وابسته است. با توجه به این‌که تابع توزیع پارتونی برای عناصر قطری و غیرقطری یکسان است می‌توان نتیجه گرفت که در محاسبهٔ سطح مقطع کل، سهم جملات غیرقطری نیز اهمیت پیدا می‌کند. محاسبات در این مقاله با استفاده از CompHEP انجام می‌شود و با توجه به مقادیر مربوط به جرم کوارک‌ها و ضرایب ماتریس CKM می‌توانیم سطح مقطع برخورد را، برای تمامی حالات اولیه و سطح مقطع کل را برحسب جرم هیگز باردار و برای چند مقدار متفاوت محاسبه و رسم کنیم. محاسبات ما نشان می‌دهد که سطح مقطع، حدودا ۲.۷ برابر سطح مقطعی است که تاکنون محاسبه شده [۱۶] و در این محاسبه سطح مقطع تمامی حالت‌های اولیه در نظر گرفته می‌شود. افزایش این مقدار در سطح مقطع، باعث منع بیش‌تر فضای پارامتری برای $۲۰۰ Gev < m_{H^{\pm}} < ۳۰۰ Gev$ در کانال s است.

مرجع‌ها

[1] LEP Higgs Working Group, hep-ex/0107031.
[2] LEP Higgs Working Group, hep-ex/0107030.
[3] D0 Collaboration, "Search for Charged Higgs Bosons in Decays of Top Quark Pairs"; Phys. Rev. Lett. 82 (1999) 4975.
[4] D0 Collaboration, D0 Note 5715-CONF.
[5] D0 Collaboration, "Search for charged Higgs bosons in decays of top quarks"; Phys. Rev. D. 80 (2009)051107, arXiv:0906.5326 [hep-ex].
[6] D0 Collaboration, " Combination of $t\bar{t}$ cross section measurements and constraints on the mass of the top quark and its decays into charged Higgs bosons";Phys. Rev. D 80 (2009) 071102.
[7] CDF Collaboration, " Search for Charged Higgs Bosons from To Quark Decays in $p\bar{p}$ Collisions at $s\sqrt{}$=1.96 TeV";-Phys. Rev. Lett. 96 (2006) 042003.
[8] G. Yu on behalf of the CDF Collaboration, AIP Conf. Proc. 1078 (2008) 198.
[9] CDF Collaboration, " Search for Charged Higgs Bosons in Decays of Top Quarks in $p\bar{p}$ Collisions at $s\sqrt{}$=1.96 TeV";-Phys. Rev. Lett. 103 (2009) 101803.
[10] CMS Collaboration, CMS PAS HIG-12-050.
[11] ATLAS Collaboration, ATLAS-CONF-2011-132.
[12] ATLAS Collaboration, " Search for charged Higgs bosons decaying via H+ -> tau nu in top quark pair events using pp collision data at sqrt(s) = 7 TeV with the ATLAS detector";JHEP 1206 (2012) 039, arXiv:1204.2760 [hep-ex].
[13] ATLAS Collaboration, ATLAS-CONF-2013-090.
[14] CMS Collaboration, JHEP 1207 (2012) 143, arXiv:1205.5736 [hep-ex].
[15] CMS Collaboration, CMS PAS HIG-13-026.
[16] M. Hashemi, "Observability of Heavy Charged Higgs through s-channel Single Top Events at LHC"; JHEP 1311

مطالعهٔ برهم‌کنش‌های مغناطواستاتیک نانوسیم‌های $Ni_{0.21}$، $Co_{0.29}$ و $Fe_{0.50}$ با استفاده از منحنی‌های بازگشتی مرتبهٔ اول (FORC)

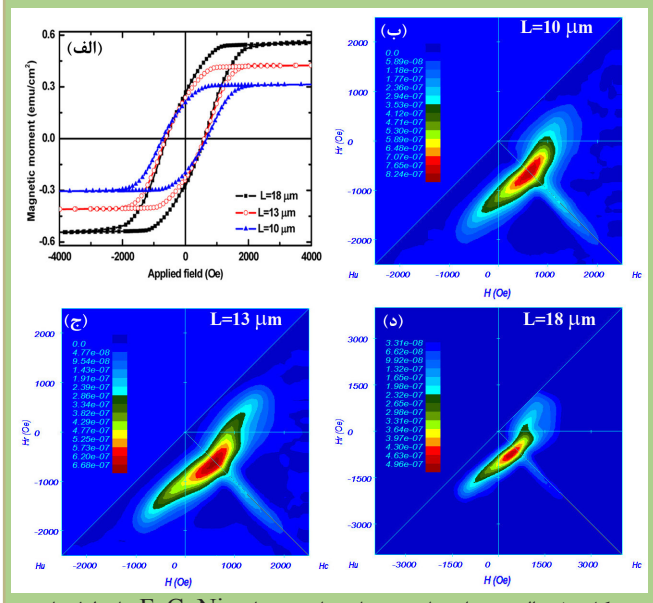
سمیرا سامانی‌فر، محمد الماسی کاشی، عبدالعلی رمضانی
دانشکدهٔ فیزیک، دانشگاه کاشان

نانوسیم‌ها یکی از انواع نانوساختارهای یک بعدی هستند که در سال‌های اخیر به دلیل کاربردهای متعددی که در الکترونیک، اپتیک، اسپینترونیک و... دارند، توجه بسیاری را به خود جلب کرده‌اند [۱]. بررسی خواص مغناطیسی نانوسیم‌ها، تأثیر بسزایی در استفادهٔ بهینه و مناسب این آرایه‌ها دارد و برهم‌کنش‌های مغناطواستاتیکی بین نانوسیم‌ها، نقش مهمی در تعیین رفتار مغناطیسی ایفا می‌کند[۲]. روش مرسوم بررسی خواص مغناطیسی، استفاده از حلقهٔ پسماند است که اطلاعات کلی از مادهٔ مغناطیسی، از جمله واداردگی، نسبت مربعی و... را در اختیار ما قرار می‌دهد. از سال ۱۹۸۶، روش قدرتمندی به نام منحنی‌های بازگشتی مرتبهٔ اول (FORC)مطرح شد که می‌توان با استفاده از آن، جزئیات دقیقی از برهم‌کنش‌های مغناطیسی، توزیع میدان‌های واداردگی و برهم‌کنشی و ... را به‌دست آورد که حلقهٔ پسماند، این اطلاعات را در اختیار ما قرار نمی‌دهد [۲و۳]. نمودار FORC در دستگاه مختصات $\{H_c, H_u\}$ رسم می‌شودکه H_c , H_u به ترتیب میدان واداردگی و برهم‌کنشی هستند. پهنای نمودار فورک، در امتداد محور برهم‌کنشی H_u بیان کنندهٔ توزیع و شدت میدان برهم‌کنشی بین نانوسیم‌ها است (شکل ۱).

با توجه به نبودن گزارشی جامع از بررسی خواص مغناطیسی نانوسیم‌های سه آلیاژی FeCoNi ، در این پژوهش برای اولین بار نانوسیم‌های FeCoNi درون نانوحفره‌های قالب آلومینای آندایز شده به روش سخت با استفاده از روش الکترونهشت پالس تناوبی، نهشت داده شدند[۲]. سپس رفتار مغناطیسی و برهم‌کنش‌های مغناطواستاتیک بین نانوسیم‌ها، توسط حلقه‌های پسماند و نمودارهای FORC به دقت بررسی شد. اندازه‌گیری حلقه‌های پسماند نانوسیم‌های $Ni_{0.21}$، $Co_{0.29}$ و $Fe_{0.50}$ با طول‌های مختلف، نشان داد که رابطه‌ای خطی، بین گشتاور مغناطیسی اشباع و طول نانوسیم وجود دارد و با افزایش طول نانوسیم‌ها، مقادیر واداردگی و نسبت مربعی، کاهش می‌یابند که این کاهش را می‌توان به افزایش برهم‌کنش‌های مغناطواستاتیک، بین آرایه‌های نانوسیم، نسبت داد [۲و۴]. برای بررسی دقیق‌تر برهم‌کنش‌های مغناطواستاتیک، آنالیز FORC مورد استفاده قرار گرفت. از مقایسه نمودارهای فورک نانوسیم‌های FeCoNi با طول‌های مختلف (شکل ۱)، می‌توان گفت نانوسیم‌های با طول بیش‌تر، توزیع میدان برهم‌کنشی بزرگ‌تری در مقایسه با نانوسیم با طول کم‌تر دارند، که وجود وابستگی خطی بین برهم‌کنش‌های مغناطواستاتیک و طول نانوسیم‌ها را بیان می‌کند. بنابراین با کاهش این برهم‌کنش‌ها، که ماهیت آن‌ها از نوع وامغناطنده هستند، تغییر ویژگی‌های مغناطیسی (افزایش واداردگی و نسبت مربعی) را مشاهده می‌کنیم.

مرجع‌ها

[1] J. Sarkar, G. Gopal khan and A. Basumallick, Bull. Mater. Sci 30 (2007) 2710.
[2] S. Samanifar, M. Almasi Kashi, A. Ramazani and M. Alikhani, J. Magn. Magn. Mater. 378 (2015) 73.
[3] C. Carvallo, A. R. Muxworthy, D. J. Dunlop and W. Williams, Earth and Planetary Science Letters 213 (2003) 375.
[4] M. Almasi Kashi, A. Ramazani and A. Esmaeily, IEEE Trans. Magn. 49 (2013) 1167.



شکل ۱: (الف): حلقه‌های پسماند نانوسیم‌های FeCoNi با طول‌های مختلف (ب)، (ج) و (د): نمودارهای فورک آرایه‌های نانوسیم با طول‌های مختلف.

تأثیر باز تعریف میدان در بازبهنجارپذیری نظریهٔ عام پیمانه‌ای ابرتقارن N=۱/۲

فرزانه کرد، احمد۱و۲ ؛ حدادی مقدم، محسن۱
۱دانشکده علوم پایه، دانشگاه حکیم سبزواری ، سبزوار
۲پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، دانشکده‌ی ذرات و شتابگرها، تهران

در دهه‌های اخیر نظریه‌های مختلفی در ابرفضای ناجابه‌جایی معرفی و مورد مطالعه قرار گرفته‌اند[۱]. ظاهراً این نظریه‌ها به صورت قدرتمند بازبهنجارپذیر به‌شمار نمی‌آیند اما با این وجود به نظر می‌رسد که قابلیت بازبهنجارپذیری دارند. در حقیقت لازم است تعداد محدودی از جمله‌ها به لاگرانژی اضافه شده تا واگرایی‌های موجود حذف شوند. در رابطه با بازبهنجارپذیری نظریه‌های پیمانه‌ای ابرتقارنی در ابرفضای ناجابه‌جایی در تقریب مرتبهٔ اول در مرجع‌های [۲-۵] کارهایی صورت پذیرفته است، در حالی که در مرجع [۲] سعی شده واگرایی به هر شکلی کنترل شود، اما در مورد ناوردا بودن، کنش مؤثر تحت عمل بازبهنجارپذیری دچار مشکل شده است. کارهای انجام شده در مرجع‌های[۳-۴] در فرمالیزم ابرفضا صورت پذیرفته است.

در این مقاله اثبات بازبهنجارپذیری نظریهٔ پیمانه‌ای ابرتقارن N=۱/۲ در چهارچوب مؤلفه‌ای بحث می‌شود. در این کار با استفاده از بازتعریف میدان پیمانه‌ای فرمیونی (λ) و میدان کمکی ($\bar{F}$)،تعدادی جمله به نظریه اضافه می‌شود و در نهایت بازبهنجارپذیری نظریه امکان‌پذیر می‌شود، هرچند تبدیلات پیمانه‌ای از حالت متعارف خود به غیرمتعارف تبدیل می‌شوند.

باز تعریف میدان پیمانه‌ای فرمیونی (λ) و میدان کمکی ($\bar{F}$) به صورت زیر ارائه می‌شود:

$$\hat{\lambda}^{A}_{\alpha} = \lambda^{A}_{\alpha} - \frac{1}{4} d^{ABC} \kappa^{ABC} C^{\mu\nu} A^{B}_{\mu} \sigma_{\nu\alpha\dot{\alpha}} \bar{\lambda}^{C\dot{\alpha}}, \qquad (1)$$

$$\hat{\bar{F}} = \bar{F} - i\kappa_A R^A C^{\mu\nu} \bar{\phi} \partial_\mu A^A_\nu + \frac{i}{8} \varepsilon_A g R^A f^{ABC} C^{\mu\nu} \bar{f} A^B_\mu A^C_\nu$$

$$+ \frac{1}{8} h_{ABC} g_B g_C |C|^2 d^{ABC} R^A \bar{f} \bar{\lambda}^B \bar{\lambda}^C$$

واضح است که یکسری ثابت جدید به لاگرانژی نظریه اضافه خواهند شد که به صورت زیر تعریف شده اند:

(۲)

$$\kappa^{ABC} = \xi \gamma^{BAC} c^A c^B d^C,$$
$$\kappa_A = (\zeta c_A + \eta(1 - c_A)) g_A,$$
$$\varepsilon_A = \tau g_A c^A$$

باز تعریف میدان‌ها باعث اضافه شدن برهم‌کنش‌های جدید به نظریه می‌شود که سهم واگرایی‌های جملات اضافی باعث می‌شود که تمام واگرایی ها از نظریه حذف شده و نظریهٔ عام پیمانه‌ای ابرتقارن N=۱/۲ در تقریب مرتبهٔ اول بازبهنجارپذیر شود.ضمن این‌که لاگرانژی جدید هم‌چنان تحت تبدیلات پیمانه‌ای و ابرتقارن ناوردا باقی می‌ماند. از دیگر نتایج این کار این است که تمامی ثابت‌های جدیدی که به نظریه اضافه شده اند بازبهنجارپذیرمی‌شوند در حالی‌که پارامتر ناجابه‌جاپذیر تغییر نخواهد کرد و این به معنای آن است که تحت عمل بازبهنجارپذیری نظریهٔ عام پیمانه‌ای ابرتقارن N=۱/۲ بدون تغییر باقی می‌ماند[۶].

مرجع‌ها

[1] N. Seiberg, JHEP 06 (2003) 010.
[2] I. Jack, D.R.T. Jones and L.A. Worthy, Phys. Rev. D 72 (2005) 065002.
[3] S. Penati and A. Romagnoni, JHEP 0502 (2005) 064.
[4] M. T. Grisaru, S. Penati, A. Romagnoni, JHEP 0602 : 043 (2006).
[5] A. F. Kord,M.Haddadi Moghadam, Nucl. Phys. B 881(2014) 539-560.
[6] A. F. Kord,M.Haddadi Moghadam, N. Ghasempour, Nucl. Phys. B 893(2015) 391-407.

پاسخ پرسش‌های شمارهٔ قبل

پرسش: هنگامی که در ماشین در حال حرکت (یا پارک شده) نشسته‌ایم و ماشین دیگری با سرعت زیاد از نزدیک ما عبور می‌کند، تکانی را در وسیلهٔ نقلیه‌مان احساس می‌کنیم، علت چیست؟

پاسخ: علت، کاهش ناگهانی فشار هوایی است که بین دو خودرو قرار دارد. از آن‌جایی‌که هوا – علی‌رغم رقیق بودنش – یک سیال وشکسان است، خودروی در حال حرکت (با سرعت v_0) هوای اطراف خود را به همراه خود حرکت می‌دهد؛ در حالی که خودروی ساکن، و هوای اطراف آن، ثابت هستند. اگر دو خودرو از فاصلهٔ کمی از کنار هم رد بشوند (چقدر نزدیک؟) می‌توانیم سرعت متوسط هوای بین دو خودرو را با $v_0/2$ تقریب بزنیم. با استفاده از قانون برنولی برای سیال غیر وشکسان (یعنی $P+1/2\rho v^2=cte$) افت فشار هوای میان دو خودرو: $P-P_{atm}=-1/8\rho v_0^2$ برآورد می‌شود. مثلاً اگر $v_0=100km/h$ باشد، این کاهش ناگهانی فشار معادل با $118N/m^2$ خواهد بود. از این‌جا ضربه‌ای که به خودروی ساکن زده می‌شود را حساب می‌کنیم: اگر خودروی در حال حرکت یک اتوبوس (به طول $L\approx 10m$) و خودروی ثابت یک پژو (با سطح جانبی $A\approx 4m^2$) باشند، نیروی ناشی از اختلاف فشار $F=(P-P_{atm})A\approx 472N$ خواهد بود که در زمان $\delta t\approx 0.36s$ به پژو وارد شده است؛ یعنی افت فشار هوا ضربه‌ای برابر با $\Delta P\approx 170kgm/s$ به پژو وارد کرده است. این همان ضربه‌ای است که اگر مردی به جرم $70\,kg$ با سرعت $2.5m/s$ داخل پژو می‌پرید به آن وارد می‌کرد!

به‌نظر شما این برآورد ساده درست است؟ ما با تقریب از قانون برنولی برای سیال غیر وشکسان – برای برآورد کردن افت فشار هوا – استفاده کردیم! به‌نظرتان اگر مسأله را دقیق حل می‌کردیم ضربهٔ به‌دست آمده بیش‌تر می‌شد یا کم‌تر؟

پرسش: چرا چای داغ (که ممکن است پوست را بسوزاند) را می‌توان بدون سوختن دهان نوشید؟ مخصوصا اگر آن را با جرعه‌های کوتاه بنوشیم. اما پیتزای داغ، با همان دمای چای و حتی کم‌تر، می‌تواند دهان را به شدت بسوزاند؟ آیا وقتی آب‌گوشت داغ می خوریم (!) خوردن سیب زمینی یا گوشتِ داغ بیش‌تر احتمال سوزاندن دارد یا خوردن آب آب‌گوشت؟ چرا؟

پاسخ: چای و هر مایع دیگری به راحتی روی سطحِ آب‌دوستِ زبان حرکت می‌کند و پخش می‌شود؛ این یعنی اولاً در یک مکان نمی‌ماند و به سرعت جاری می‌شود و دوماً نسبت سطح به حجم آن هم سریعاً تا چند برابر مقدار اولیه افزایش می‌یابد. در حالی‌که یک قطعه از پیتزا یا لوبیای داغ داخل آب‌گوشت در یک محل مشخص روی زبان می‌ماند و نسبت سطح به حجمش هم (جز وقتی که حاضر به جویدنش باشید) ثابت است.

احساس ما از گرما، در هر نقطه از زبان‌مان، به دو متغیر وابسته است: زمانی که در برابر جسم گرم قرار داشته است، و متوسط جریان گرمایی که به آن وارد شده است. لایهٔ نازکی از مایعِ گرم نه در یک نقطه روی زبان می‌ایستد، و نه اگر بایستد، کل گرمایی که می‌تواند منتقل کند قابل مقایسه با پیتزای حجیم است. پس طبیعی است که اول آب آبگوشت را بخوریم، بعد سیب زمینی و لوبیایش را!

پرسش‌های این شماره:

پرسش اول:

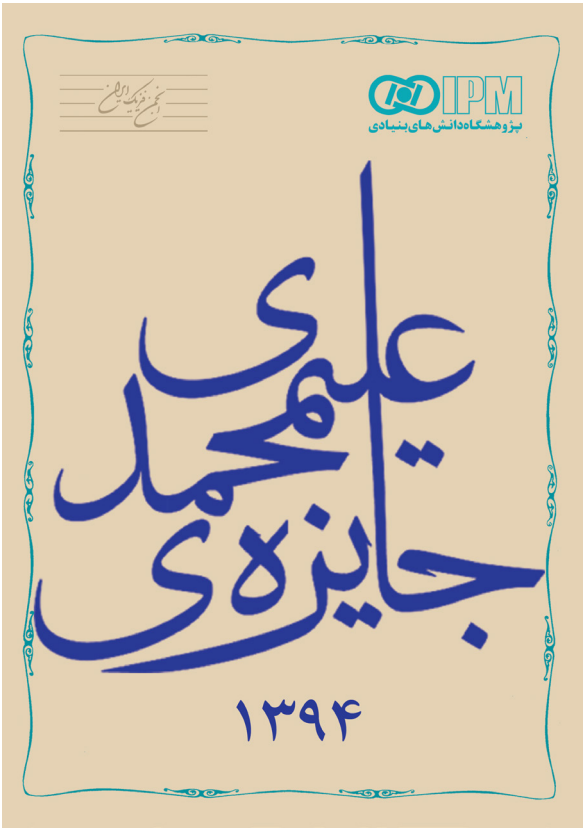
یک مدار الکتریکی در ساده‌ترین حالت شامل باتری (یعنی مولد)، مقداری سیم و یک مقاومت است. می‌خواهیم مداری بسازیم که جریان آن بدون باطری تامین شود؛ یعنی اثری از باطری – و البته آهن ربا و القای مغناطیسی – در آن نباشد. به‌نظر شما این ممکن است؟ چند روش برای این کار پیشنهاد می‌کنید؟

(این پرسش در جلسه‌ی ۱۲۳ باشگاه فیزیک تهران پرسیده شده است)

پرسش دوم:

برای کنده کاری و برش چوب (و سایر اجسام نرم) از چکش‌های چوبی استفاده می‌کنیم. اما برای برش سنگ و هم‌چنین فرو کردن میخ در چوب چکش‌های فولادی به‌ترند؛ چرا؟

(این پرسش در جلسهٔ ۱۱۲ باشگاه فیزیک تهران پرسیده شده است)



اهدای جایزهٔ علیمحمدی

«جایزهٔ علیمحمدی» در سال ۱۳۹۴ به صورت مشترک به آقایان حبیب رستمی فارغ‌التحصیل پژوهشگاه دانش‌های بنیادی و مجتبی گلشنی قریه‌علی فارغ‌التحصیل دانشگاه صنعتی شریف اهدا شد.

پژوهشگاه دانش‌های بنیادی و انجمن فیزیک ایران از سال ۱۳۹۰ «جایزهٔ علیمحمدی» را پایه‌گزاری کردند و این جایزه را به به‌ترین رسالهٔ دکتری فیزیک، که در داخل کشور انجام شده باشد اعطا می‌کنند. ارزش مادی این جایزه ۱۰ میلیون تومان است. این جایزه به پاس خدمات علمی و دانشگاهی شهید دکتر مسعود علیمحمدی، استاد فقید دانشگاه تهران و اولین دانش‌آموختهٔ دکتری فیزیکِ داخل کشور که نقش مؤثری در زیرساخت علمی پژوهشگاهِ دانش‌های بنیادی داشته است و همچنین به پاس تلاش‌های وی برای برپایی تحصیلات تکمیلی در ایران، به نام ایشان نام‌گذاری شده است.

اولین جایزهٔ علیمحمدی در سال ۱۳۹۰ به یاسر عبدی از دانشگاه تهران، دومین جایزه در سال ۱۳۹۱ به علی‌اکبر ابوالحسنی و عبیده جعفری از دانشگاه صنعتی شریف، سومین جایزه در سال ۱۳۹۲ به امین صالحی از دانشگاه گیلان و چهارمین جایزه در سال ۱۳۹۳به علی اقبالی از دانشگاه شهید مدنی آذربایجان اعطا شد.

در سال ۹۴ پنجمین جایزه به حبیب رستمی برای رسالهٔ دکتری‌اش با عنوان "خواص ترابردیِ گرافینِ کرنش و دی کَلکوجنایدِ فلزات واسطه" و مجتبی گلشنی قریه‌علی برای رسالهٔ دکتری‌اش با عنوان "جایگزیدگی عرضی در آرایه‌ای از موج‌برهای نوری" اعطا شد.

از بین ۱۰ متقاضی دریافت پنجمین جایزهٔ علیمحمدی و سه مرحله داوری، توسط داوران جایزه، که توسط انجمن فیزیک ایران تعیین شده‌اند، رستمی و گلشنی به صورت مشترک موفق به کسب حداکثر امتیازات از هیئت داوران جایزه شده‌اند.

از جمله معیارهای کمیته می‌توان به محتوای علمی و برجسته بودن کار علمی پایان‌نامه، نوآوری و ارائهٔ ایدهٔ بدیع و ارزش علمی و محتوای مقالات علمی مستخرج از پایان‌نامه اشاره کرد.

مراسم اعطای این جایزه روز چهارشنبه ۳۰ اردیبهشت ماه ۱۳۹۴ در پژوهشگاه دانش‌های بنیادی در حضور مسئولان پژوهشکده و نمایندگان انجمن فیزیک ایران برگزار شد.

باشگاه فیزیک

جلسات صد و بیست و چهارم و صد و بیست و پنجم باشگاه فیزیک تهران، اردیبهشت و خردادماه سال ۹۴ در محل دائمی این جلسات -آمفی تئاتر دانشکده فیزیک دانشگاه تهران - انتهای خیابان کارگر شمالی، روبروی کوچه نوزدهم- برگزار شد. در جلسهٔ اردیبهشت‌ماه دکتر غلامرضا جعفری از دانشکدهٔ فیزیک دانشگاه شهیدبهشتی با موضوع "نظریهٔ پیچیدگی و پدیدهٔ رفتارهای جمعی" و در جلسهٔ خردادماه استاد محمدتقی توسلی از دانشکدهٔ فیزیک دانشگاه تهران با موضوع " سراب تصویر شئ در سطح تخت زمین است" سخنرانی کردند. جلسات سی و ششم و سی و هفتم باشگاه فیزیک اصفهان نیز اردیبهشت و خردادماه در محل جدید برگزاری این جلسات - اصفهان خیابان سعادت آباد، روبروی مقبره بانو امین، شهر علم، سالن اجتماعات- با موضوعات "فیزیک و اقتصاد: دو قلوهای ناهمسان" و " آیا پرندگان، زنبورها، ماهی ها و مورچه ها هم مثل ما فیس‌بوک دارند؟" برگزار شد. سخنران‌های این جلسات به ترتیب دکتر محسن رنانی از دانشگاه اصفهان و دکتر مرضیه زارع از پژوهشکدهٔ علوم شناختی و مغز دانشگاه شهید بهشتی بودند. جلسات باشگاه فیزیک زاهدان که در زاهدان –بلوار دانشگاه - آمفی تئاتر دانشکدهٔ شهید نیکبخت دانشگاه سیستان و بلوچستان – جنب سرای قرآن و عترت دانشگاه برگزار می‌شود نیز پیگیری شد و در جلسات چهارم و پنجم به ترتیب دکتر حمیدرضا مشفق از دانشگاه تهران پیرامون " فیزیک: از بی نهایت کوچک ها تا بی نهایت بزرگ ها" و دکتر مجید رشیدی از دانشگاه سیستان و بلوچستان پیرامون " فیزیک: از بی نهایت کوچک‌ها تا بی‌نهایت بزرگ‌ها" سخنرانی کردند.

کنفرانس فیزیک ۹۴

کنفرانس فیزیک ایران و بیستمین همایش دانشجویی فیزیک ۲ تا ۵ شهریور ماه ۱۳۹۴ در دانشگاه فردوسی مشهد برگزار می‌شود. مهلت ارسال مقاله با تمدید تا ۲۴ اردیبهشت‌ماه ۹۴ بود.

براساس توافق انجمن فیزیک ایران با ستاد ویژهٔ فن‌آوری نانو، برای پرداخت مرحلهٔ دوم حمایت تشویقی پایان نامه های دانشجویی تأیید شدهٔ ستاد، ارائهٔ کار در کنفرانس فیزیک ۱۳۹۴ مورد تأیید ستاد است. این توافق در راستای سیاست جدید ستاد برای همکاری بیش‌تر با انجمن های علمی مرتبط با موضوع ستاد و هدف از آن، کاهش زمان انتظار برای دریافت مرحلهٔ دوم حمایت تشویقی، آشنایی متخصصان سایر رشته‌ها با دست‌آوردهای محققان فن‌آوری نانو و حمایت از همایش‌های معتبر کشور است.

براساس آیین‌نامهٔ جدید حمایت‌های تشویقی ستاد نانو، دانشجویانی که پیشنهاد پایان نامهٔ آن‌ها مورد تأیید ستاد قرار گرفته و مقاله ای مرتبط با پایان نامه در کنفرانس فیزیک ۱۳۹۴ ارائه کنند، می توانند نسبت به دریافت مرحلهٔ دوم حمایت‌های تشویقی پایان نامهٔ خود از ستاد ویژهٔ توسعهٔ فن‌آوری نانو، اقدام کنند. بر پایهٔ این آیین نامه درخواست‌کنندگان حمایت باید

الف :در طول مدت برگزاری کنفرانس فیزیک حضور فعال داشته باشند.ب : در کارگاه‌های اعلام شده در کنفرانس شرکت کنند و پ: گواهی شرکت و گواهی ارائهٔ مقالهٔ خود را به ستاد نانو ارائه دهند.

اطلاعات بیش‌تر در رابطه با جزئیات این طرح و همچنین معرفی دیگر انجمن‌های همکار با ستاد، در سایت ستاد ویژهٔ فن‌آوری نانو آورده شده است.

کنفرانس ملی نانوساختارها و گرافن برگزار شد

انجمن فیزیک ایران با همکاری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی کنفرانس ملی نانوساختارها و گرافن را در روزهای ۳۰ و ۳۱ اردیبهشت ماه ۱۳۹۴ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی برگزار کرد. بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی نانوساختارها ؛ نانو قطعات و لایه های نازک در مقیاس نانو؛ بررسی مواد نانوساختار فلزی، اکسیدی و کامپوزیتی به صورت پوشش ها ؛ مواد نانوکامپوزیت ، نانومواد کربنی از جمله فولرین، نانولوله‌ها، گرافن ؛ نانوساختارها در حوزه انرژی و در سلول های خورشیدی و تصفیه هوا و آب ؛ مدل‌سازی رفتار نانوساختارها و گرافن با استفاده از محاسبات عددی و شبیه‌سازی نانوساختارها ؛ سنتز و روش های تولید نانو ساختارها ؛ کاربردهای نانو ساختارها ؛ اثرات پلاسمونیک نانو ساختارها ؛ اثرات نانو مواد بر محیط زیست از محورهای این کنفرانس بودند.

همایش یک روز فیزیکی برگزار شد

انجمن علمی-دانشجویی دانشکدهٔ فیزیک دانشگاه تهران، همایش «یک روز فیزیکی» با موضوع «فیزیک محاسباتی» را در دو بخش سخنرانی و کارگاه به ترتیب در روز چهارشنبه ۹ و پنج‌شنبه ۱۰ اردیبهشت ۱۳۹۴ برگزار کرد. سخنران‌های این همایش، آقایان دکتر اجتهادی، دکتر ندایی، دکتر موحد، دکتر بخشیان و دکتر کریمی‌پور بودند.

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