فیزیک روز

فصلنامه‌ی علمی-ترویجی انجمن فیزیک ایران
شماره دوم • پاییز ۱۳۹۲• قیمت: ۳۵۰۰ تومان

دبیر و اخبار ۲
- لزوم خبررسانی

اخبار ۴
- طرح چشمه‌ی نور ایران • تورین
- انجمن ترویج علم ایران
- موزه‌ی علم و فناوری جمهوری اسلامی ایران • انجمن‌های علوم فیزیکی ایران
- اتحادیه‌ی انجمن‌های علمی آموزشی معلمان فیزیک ایران
- گردهمایی دانش‌آموزی فیزیک ایران، ۱۳۹۲ - ارومیه
- فصل‌نامه‌ی دانشنامه منتشر شد
- قانون اسنل برای مواد دانه‌دانه • نظرها به سوی پوزیترون‌های پرتوهای کیهانی
- طیف‌نمایی لیزری برای دقت بیشتر در اندازه‌گیری ثابت بولتزمن
- ثابت گرانشی با دقت بیشتر • بار ضعیف هستی
- جایزه‌ی نوبل فیزیک در سال ۲۰۱۳

مقاله‌ها ۱۲
- گزارش از گروه پژوهشی کیهان‌شناسی عالم اولیه ۱۲
- ماده‌ی تاریک ۱۵
- ماده‌ی گم شده یا گرانش تعمیم‌یافته؟ ۱۹
- اولین مجله‌ی پژوهشی فیزیک ایران ۲۳
- امتحان ورودی دکتری فیزیک ۲۷

فیزیک در جامعه ۲۸
- از تولید شیشه‌ی اپتیکی تا تعمیر میکروسکوپ

معرفی کتاب ۳۱
- نقد کتاب: Statistical Physics of Particles
- معرفی کتاب: نرم و نازک
- معرفی کتاب: یخچال اینشتین

پژوهش‌های روز ۳۵
- اثر تنش مغناطیسی بر حافظه‌ی کوانتومی توپولوژیک
- مبادله‌ی هم‌بستگی کوانتومی و تولید ناسازگاری کوانتومیِ غیرقابل تولید به صورت موضعی

پرسش‌های این شماره ۳۷
- پاسخ پرسش شماره قبل
- پرسش این شماره

اخبار انجمن فیزیک ۳۹
- فعالیت‌های انجمن در تابستان ۱۳۹۲
- فعالیت‌های انجمن در پاییز و زمستان ۱۳۹۲

صاحب امتیاز: انجمن فیزیک ایران

مدیر مسئول: هادی اکبرزاده (رئیس انجمن فیزیک ایران)
سردبیر: سیما قاسمی
هیئت دبیران: کیوان آقابابایی سامانی، محمدرضا اجتهادی، عبیده جعفری، فرهنگ لران، حمیدرضا مشفق، سعدالله نصیری قیداری

ویراستاران: نادر حیدری، سمانه کیایی
مسئول اجرایی: حُسنی مقاری

مشاوران این شماره: سمیرا بهرامی، عباس‌علی صابری (مسئول خبرنامه‌ی انجمن)، وحید کریمی‌پور

طراح نشانه و یونیفورم: مریم عظیمی‌فرد
طراح جلد و صفحه آرا: روشنک فتحی

◆ نسخه‌ی الکترونیک فیزیک روز از طریق وبگاه آن قابل دسترسی برای مشترکین و اعضای انجمن فیزیک ایران است.

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

وبگاه «فیزیک روز» **www.psimag.ir**

انجمن فیزیک ایران
تهران، میدان توحید، ابتدای خیابان نصرت غربی، شماره ۱۴، طبقه‌ی چهار
وبگاه انجمن فیزیک ایران www.psi.ir

لزوم خبررسانی

سیما قاسمی[1]

در زمانه‌ی ما با حضور اینترنت، اطلاع‌رسانی شکل بسیار متفاوتی با گذشته پیدا کرده است. این روزها اطلاعات و اخبار به سرعت پخش می‌شوند و به‌سادگی در دسترس هستند. البته همانطوری که دسترسی به اخبار، ساده شده پخش اخبار نادرست هم ساده‌تر شده است. اگر پیش از عصر اینترنت، خبر جعلی فقط باید دهان‌به‌دهان پخش می‌شد یا از طریق رسانه‌های نامعتبر به گوش مخاطبانش می‌رسید، این روزها این اخبار در شبکه‌های اجتماعی و با پست الکترونیک به سرعت پخش می‌شوند. خواننده‌ی دقیق برای مطمئن شدن از درستی یا نادرستی خبر، به سراغ رسانه‌ها یا صفحه‌های اینترنتی معتبر می‌رود. مستقل از اینکه مخاطب در چه حیطه‌ای مطالعه می‌کند منابع مختلفی در دسترس چنین خواننده‌ای است: از صفحه‌های وب روزنامه‌ها و خبرگزاری‌های معتبر گرفته تا وبگاه‌های مؤسسه‌ها و انجمن‌ها و نهادهای مختلف اجتماعی. این نکته، خبررسانی از طریق انجمن‌های علمی را ضروری می‌کند و به همین دلیل این روزها بسیاری از انجمن‌ها و مؤسسه‌ها صفحه‌های وب مخصوص به خود را دارند.

اما حجم زیاد اخبار و تعداد زیاد وبگاه‌ها، کار را سخت می‌کند. مثلاً اگر کسی خواننده‌ی اخبار مربوط به فیزیک و اجتماع علمی در فیزیک باشد فرصت نمی‌کند به همه‌ی وبگاه‌های معتبر سر بزند تا خبر سره را از ناسره تشخیص دهد، تعداد وبگاه‌ها بسیار زیاد است و البته بسیاری از آنها دیر به دیر به‌روز می‌شوند. وقتی خواننده، دایره‌ی مطالعات خود را محدود به صفحات فارسی وب کند این مشکل شکل دیگری هم به خود می‌گیرد. تعداد صفحات معتبر به زبان فارسی که درباره‌ی فیزیک می‌نویسند بسیار کم است و در نتیجه رسیدن به منبع خبر درست شاید ساده‌تر باشد، اما از طرفی به دلیل کم بودن تعداد منابع و کم داشتن خبرنگار مناسب برای این کار، خود نویسندگان خبر در مضیقه‌ی تهیه‌ی خبر هستند و دستشان خالی است. این مشکل وقتی حادتر می‌شود که به سراغ اخبار اجتماع علمی برویم. خواننده‌ی فیزیک‌خوانده‌ی آشنا به منابع خبری، به‌سادگی و از طریق اینترنت به اخبار فیزیکی معتبر دسترسی دارد اما اگر بخواهد از اخبار جامعه‌ی فیزیک در داخل کشور باخبر شود منبع مناسبی در دست ندارد.

اخبار جامعه‌ی فیزیک شامل اخبار نهادهای مختلف است. نهادهایی مانند: انجمن‌های علوم فیزیکی (نجوم، نانو، اپتیک و ...)، پروژه‌های ملی مرتبط با فیزیک (رصدخانه‌ی ملی ایران، تورین و ...)، فرهنگستان علوم/شاخه‌ی فیزیک، نهادهای ترویج علم مثل انجمن ترویج علم، موزه‌ی علم و فناوری ایران، نهادهای مرتبط با آموزش فیزیک مثل اتحادیه‌ی انجمن‌های علمی-آموزشی معلمان فیزیک کشور و هر نهادی که به نوعی درگیر فعالیتی مرتبط با پژوهش، آموزش یا ترویج فیزیک است. اما اینها همه‌ی خبرهای جامعه‌ی فیزیک نیستند. شاید خبرهای جالب توجهی در دانشگاه‌ها یا در صنایع مرتبط با فیزیک هم باشد: فعالیتهای ترویجی، آموزشی، پژوهشی یا ساخت قطعات و ... که ارزش خبری دارند و خوب است فیزیک‌خوانده‌های سراسر کشور هم از آن باخبر شوند. بعضی از نهادها خود به طور مستمر در وبگاهشان اطلاع‌رسانی می‌کنند اما در مورد بعضی دیگر از نهادها، دستیابی به خبر حکم کیمیا دارد. شاید آنها لزوم خبررسانی را حس نمی‌کنند که البته همین بی‌اهمیت شمردن خبررسانی، جا برای پخش خبر جعلی و شایعات را باز می‌کند.

خواننده علاقه دارد تمام اخبار اجتماعی فیزیک را یک‌جا و در یک رسانه‌ی معتبر بخواند. وجود این خواننده انگیزه‌ی خوبی است برای شکل‌گیری همکاری مشترک بین منابع خبر و تهیه‌کنندگان خبر. «فیزیک‌روز» هم، در کنار رسانه‌های دیگر تلاش می‌کند با تهیه‌ی اخبار مربوط به جامعه‌ی فیزیک ایران جایی برای خود بین مخاطبان پیدا کند و به‌تدریج تبدیل به یکی از رسانه‌های معتبر در این زمینه شود. فیزیک روز خبرنگار حرفه‌ای ندارد و تهیه‌کنندگان اخبار این نشریه ترجیح می‌دهند از خود نهادها برای خبررسانی کمک بگیرند تا هم خبر صحیح را از منبع دست اول بگیرند و هم همکاری‌های مشترک در خبررسانی بین نشریه‌ی انجمن فیزیک ایران و دیگر نهادها شکل بگیرد.

---

۱. سردبیر فیزیک روز

پروژه‌های ملی

طرح چشمه‌ی نور ایران

• طرح چشمه‌ی نور ایران، سومین مدرسه‌ی تابستانی «مباحث پیشرفته در سنکروترون و کاربردهای آن» را شهریورماه ۱۳۹۲، در پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، برگزار کرد.

• انجمن هسته‌ای ایران و پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، اولین کنفرانس ملی شتاب‌دهنده‌ها و کاربرد آنها را ۶ و ۷ آذرماه ۱۳۹۲، در دانشگاه امیرکبیر تهران، برگزار خواهد کرد. این کنفرانس با دو محور فیزیک و مهندسی شتابدهنده‌های ذرات و تجهیزات مرتبط و همچنین کاربرد شتابدهنده‌ها در علوم، صنایع و پزشکی برنامه‌ریزی شده است. مقالات برگزیده در این کنفرانس، در ویژه‌نامه‌ای از مجله‌ی علمی- پژوهشی پژوهش فیزیک ایران چاپ خواهد شد. طرح چشمه‌ی نور ایران حامی این کنفرانس است.

• طرح چشمه‌ی نور ایران از دانشجویانی که می‌خواهند پروژه‌ی پژوهشی پایان‌نامه‌های خود را در یکی از زمینه‌هایی که در وبگاه طرح چشمه‌ی نور ایران آمده است به انجام رسانند، دعوت کرده است تا زیر نظر متخصصان طرح، به تجهیزات آزمایشگاهی طرح چشمه‌ی نور دسترسی داشته باشند و مسائل پروژه‌ی پژوهشی خود را به پایان رسانند.

تورین

• ششمین کارگاه محاسبات سریع (HPC6) که با همکاری شاخه‌ی فیزیک محاسباتی انجمن فیزیک ایران قرار بود در مهرماه ۱۳۹۲، در محل پژوهشگاه دانش‌های بنیادی برگزار شود؛ متأسفانه به‌دلیل به حد نصاب نرسیدن افراد شرکت کننده، برگزار نشد. این کارگاه با موضوع کاربرد لینوکس در محاسبات فوق‌سریع (Use of Linux OS in Grid Computing) برنامه‌ریزی شده بود.

انجمن ترویج علم ایران

انجمن ترویج علم، با مشارکت انجمن‌ها و سازمان‌های مختلف، «هفته‌ی ترویج علم» را از ۴ تا ۹ آبان ۱۳۹۲ به مناسبت روز جهانی علم در خدمت صلح و توسعه، برگزار کرد. در راستای برنامه‌های هفته‌ی علم، نمایشگاهی برای آشنایی عموم با علم، برقرار بود. این برنامه‌ها شامل: روز علم و رسانه‌های ایران، روز دانشگاه و مردم، روز علم، صنعت و جامعه، روز علم و زندگی، روز تاریخ علم و روز ترویج علم بود. چهاردهمین دوره‌ی «جایزه ترویج علم ایران» نیز در این مراسم به برندگان آن اهدا شد.

اسامی برندگان در شاخه‌های مختلف از این قرار است:

• شاخه نجوم آماتوری و علوم فضا: احمد دالکی

• شاخه پژوهش در باب جنبه‌های نظری و تاریخی ترویج علم در ایران: سیده زهرا اجاق

• شاخه رسانه: سیروس برزو

• شاخه آموزگاران مناطق محروم (بهمن بیگی): علی بهمدی

همچنین در «روز جهانی علم در خدمت صلح و توسعه» یعنی ۱۹ آبان‌ماه ۱۳۹۲ (۱۰ نوامبر)، همایش علم، صلح و توسعه توسط انجمن ترویج علم برگزار شد.

موزه‌ی علم و فناوری جمهوری اسلامی ایران

• چهارمین نمایشگاه سیار موزه‌ی علوم و فناوری ایران، با عنوان دستاوردهای دانشمندان اسلام و ایران در شهرستان محلات، برپا شد. در این نمایشگاه که تا ۲۲ مهرماه ۱۳۹۲ دایر بود، دستاوردهای مسلمانان ایرانی مانند شاکر خراسانی، ابن سینا، مؤیدالدین عرضی دمشقی، عبدالرحمن خازنی و ابوبکر کرجی به نمایش درآمد. این آثار در حوزه‌های مکانیک، نجوم، ترازها و فناوری‌های بومی ارائه شد.

• مرکز همایش‌های موزه‌ی علوم و فناوری، سومین همایش موزه‌ی علوم و فناوری جمهوری اسلامی ایران را با عنوان «آموزش غیررسمی در موزه‌ها و مراکز علم» در تاریخ ۲۶ تا ۲۸ آبان ۱۳۹۲ برگزار کرد. در ادامه‌ی همایش، کارگاه‌هایی با عنوان «اختصاصات موزه‌های علم» در تاریخ ۲۹ و ۳۰ آبان برگزار شد.

انجمن‌های علوم فیزیکی ایران

انجمن نجوم ایران

• مدرسه‌ی تابستانی نجوم رصدی، توسط پژوهشکده‌ی نجوم پژوهشگاه دانش‌های بنیادی و با همکاری انجمن نجوم ایران، در دو بخش آموزشی برگزار شد. بخش اول در تاریخ ۳۱ مرداد و ۵ شهریور با موضوع «آموزش کاربردی لینوکس در نجوم» و بخش دوم در تاریخ ۶ تا ۸ شهریور با سه موضوع نجوم کهکشانی- نجوم فراکهکشانی، ابزار نجومی و نورسنجی نجومی، ویژه‌ی دانشجویان کارشناسی تا دکتری در رشته‌های علوم‌پایه و مهندسی برگزار شد.

• کارگاه آموزشی «گاهی به آسمان نگاه کن» به همت انجمن نجوم ایران و با همکاری معاونت فرهنگی مترو تهران، در سه ایستگاه منتخب مترو تهران برگزار شد. در این کارگاه که در ایستگاه‌های ولیعصر، امام خمینی و تجریش به مدت سه روز از تاریخ ۳۱ شهریورماه تا دوم مهرماه دایر بود، چهار نفر از کارشناسان انجمن نجوم ایران در ایستگاه‌ها حضور داشته و پاسخگوی پرسش مسافران مترو بودند. هم‌زمان با برگزاری این کارگاه‌ها نمایشگاه عکس‌های نجومی نیز در سه ایستگاه یاد شده دایر شد و مورد بازدید و استقبال مسافران متروی شهری قرار گرفت.

• انجمن نجوم ایران در همکاری با انجمن ترویج علم ایران، همایش «یک روز با کیهان‌شناسان» را به مناسبت هفته‌ی ترویج علم، ۸ آبان ماه ۱۳۹۲ برگزار کرد.

• انجمن نجوم ایران برای برگزاری هم‌اندیشی یک روزه‌ی «سیاهچاله‌ها؛ از فیزیک انرژی‌های بالا تا اخترفیزیک» با پژوهشکده‌ی نجوم پژوهشگاه دانش‌های بنیادی و انجمن فیزیک ایران همکاری می‌کند. این هم‌اندیشی ۱۳ آذرماه ۱۳۹۲ در محل پژوهشگاه دانش‌های بنیادی برگزار خواهد شد.

اتحادیه‌ی انجمن‌های علمی آموزشی معلمان فیزیک ایران

اتحادیه‌ی انجمن‌های علمی- آموزشی معلمان فیزیک ایران، با همکاری گروه فن‌آموز و انجمن ترویج علم ایران، در هفته‌ی ترویج علم، کارگاه آموزشی برای ۴۸۰ دبیر فیزیک برگزار کردند. به شرکت‌کنندگان این کارگاه، بسته‌ی ابزار برای انجام آزمایش اهدا شد.

گردهمایی دانش‌آموزی فیزیک ایران، ۱۳۹۲ - ارومیه

سامان مقیمی عراقی
دبیر کمیته‌ی علمی گردهمایی دانش‌آموزی فیزیک ۱۳۹۲
دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شریف

گردهمایی دانش‌آموزی فیزیک، هرساله در یکی از شهرهای ایران برگزار می‌شود و تعدادی از دانش‌آموزان دبیرستان‌های ایران (و حتی مدرسه‌های راهنمایی)، طرح‌های خود را در آن ارائه می‌دهند و تعداد بیشتری از دانش‌آموزان، از برنامه‌هایی که تدارک دیده شده، استفاده می‌کنند. امسال، این گردهمایی در شهر ارومیه برگزار شد. از وظایف مهم کمیته‌ی علمی، این است که مدیریت داوری طرح‌های رسیده به انجمن را انجام دهد که در نهایت، تعدادی از طرح‌ها، برای ارائه در گردهمایی پذیرفته می‌شوند. این طرح‌ها در طول گردهمایی، به شکل پوستر ارائه می‌شود و دانش‌آموزان دیگر، با این کارها آشنا می‌شوند. کمیته‌ی علمی نیز، پای این پوسترها می‌رود و داوری نهایی را انجام می‌دهد؛ به این معنی که در شش شاخص: «بهترین طرح مسأله»، «بهترین محاسبه و تحلیل خطا»، «بهترین به‌کارگیری ابزار»، «بهترین توجه به جزئیات»، «بهترین ارائه» و «بهترین نتیجه‌گیری» طرح‌هایی را برمی‌گزینند. علاوه براین، جایزه‌ای به نام «جایزه‌ی روزبه» وجود دارد که به طرح برتر داده می‌شود. این را اضافه کنم که اگر هیچ طرحی کمینه‌های لازم را نداشته باشد، کمیته می‌تواند جایزه‌ی شاخص مورد نظر را به کسی ندهد. جدا از این جایزه‌ها، یک جایزه‌ی دیگر وجود دارد که به جایزه‌ی «پیشگام» معروف است. در حقیقت طرح‌هایی که به گردهمایی دعوت می‌شوند، دو دسته‌اند: گروهی که کیفیت کار خوبی دارند و می‌توانند جایزه‌هایی که پیش‌تر گفتم را ببرند و گروه دوم، که گزارش کارهای آنها، اگرچه تا حدی قابل قبول بوده، اما به خاطر کم و کاستی‌هایی، استانداردهای لازم برای شرکت در قسمت اصلی را نداشته است. به منظور اینکه این دانش‌آموزان هم تشویق شوند و بتوانند ضعف‌هایشان را بشناسند و بعداً کار بهتری ارائه کنند، از آنها هم دعوت می‌شود تا در بخش پیشگام شرکت کنند. از بین این کارها هم، یکی به عنوان برگزیده‌ی پیشگام‌ها پذیرفته می‌شود. در این نوشتار، می‌خواهم کارهایی که در هر قسمت، برگزیده شده‌اند را مرور کنم و نکته‌هایی را که باعث شد کمیته‌ی علمی چنین رأیی بدهد، بیان کنم.

دانش‌آموزان ارائه‌دهنده‌ی طرح «تأثیر تزریق آب بر ارتفاع پرش توپ پینگ پُنگ»

● **بهترین طرح مسأله:** این جایزه به طرح «عوامل مؤثر بر فرسایش» کار خانم‌ها محدثه‌سادات میرحسینی و شایسته ساری‌اصلانی، از مجتمع دخترانه غیرانتفاعی بوعلی سینا اهدا شد. در این کار سعی شده بود فرسایش خاک را به ساده‌ترین روش، مدل‌سازی کنند. روی یک سطح شیبدار، مقدار مشخصی شن ریخته بودند و بالای آن، مقداری یخ قرار داده بودند تا آب شود. به ازای شیب‌های مختلف و دماهای متفاوت، میزان شنی که پس از آب شدن تمام یخ، از سطح شیبدار به بیرون می‌ریزد را اندازه‌گیری کرده بودند. طرح، بسیار ساده بود و البته مسأله‌ای واقعی را مدل‌سازی کرده بود. اگر چه مثل همه‌ی مدل‌های ساده شده، پیچیدگی‌های واقعیِ پدیده را نشان نمی‌داد، اما مقدار قابل توجهی از مفاهیم اصلی را در خود داشت.

● **بهترین محاسبه و خطا:** در این بخش، کمیته‌ی علمی، هیچ طرحی را شایسته ندانست. این اتفاق در این بخش بسیار معمول است و به نظر می‌رسد آموزش ما در زمینه‌ی خطا واقعاً نارسایی دارد. در بین کارهای ارائه شده هم، یا اصلاً حرفی از خطا زده نشده بود، یا فقط به خاطر این که حرفی از خطا زده شده باشد، به این مسأله پرداخته بود.

● **بهترین به‌کارگیری ابزار:** کار «تعیین غلظت مواد با استفاده از خاصیت قطبش نور» توسط خانم‌ها مریم کباری، نگار یاسایی، سارا یزدان‌پناه از دبیرستان خرد، این عنوان را کسب

همایش دانش‌آموزی، ارومیه ۱۳۹۲

دانش‌آموزان ارائه‌دهنده‌ی طرح «اعوجاج آب»

کرد. در این پژوهش، شکر با غلظت‌های مختلف به آب افزوده بودند و نور را از آن عبور می‌دادند. پیش از محلول و بعد از آن، قطبش‌گر گذاشته بودند و تغییر قطبش نور را به خاطر عبور از این محلول، اندازه‌گیری می‌کردند و از این راه وابستگی تغییر قطبش را به غلظت مایع و ضخامت ظرفی که مایع در آن ریخته شده بود، بررسی کرده بودند. این کار بسیار تمیز و مرتب انجام شده بود و نتیجه‌های معقولی هم به‌دست آورده بودند. مشخص بود که معلم یا شخصی که پروژه را سرپرستی می‌کرده، کاملاً به کار وارد بوده و به خوبی دانش‌آموزان را راهنمایی کرده است.

● **بهترین توجه به جزئیات:** طرحی به نام «اعوجاج آب» کار آقایان سینا هویدا، پارسا آل‌حسین و عرشیا تجلیلی، از دبیرستان علامه‌حلی تهران، برگزیده‌ی این بخش بود و واقعاً هم مستحق این جایزه بود. در این پژوهش، دانش‌آموزان آب را رنگی کرده، از ارتفاعی خاص روی مانعی (مثلاً یک تیغه‌ی شیشه‌ای) می‌ریختند. درست بالای این تیغه، موجک‌هایی روی ستون آب تشکیل می‌شد و این دانش‌آموزان سعی کرده بودند، خواص این موجک‌ها و بستگی خواص آن به انواع پارامترها را بررسی کنند. آن‌ها انواع فرضیه‌ها و آزمایش‌ها را انجام داده بودند تا بتوانند اطلاعاتی در مورد این پدیده به‌دست آورند. می‌توان گفت هر عاملی که می‌توانست اثری در این موجک‌ها بگذارد را در نظر گرفته بودند.

● **بهترین ارائه:** برگزیده‌ی این بخش، پروژه‌ی «شبیه‌سازی حرکت دورانی بدون استفاده از دینامیک حرکت دورانی» کار آقای امید کریمی، از دبیرستان علامه‌حلی تهران بود. در این شبیه‌سازی، دانش‌آموز چند گوی را با فنرهایی با ضریب سختی بسیار بالا، به هم متصل کرده بود و معادله‌های خطی دینامیک را برای تک تک ذرات نوشته و حل عددی کرده بود. به این ترتیب بدون این که معادلات حرکت دورانی را نوشته باشد، حرکت جسمی شبیه فرفره‌ی متقارن را به‌دست آورده بود. پوستر ارائه شده، علاوه بر این که بسیار ساده بود، تمام جزئیات را به شکل واضحی دربرداشت. خود دانش‌آموز هم بسیار مسلط، جنبه‌های مختلف کار را توضیح می‌داد. با استفاده از لپ‌تاپ خود هم شبیه‌سازی را نشان می‌داد و در صورت لزوم به‌سادگی کد را تغییر می‌داد تا وضعیت‌های مختلف را نشان دهد.

● **بهترین نتیجه‌گیری:** در این بخش هم برگزیده‌ای برای جایزه نداشتیم، اما کار «تعیین غلظت مواد با استفاده از خاصیت قطبش نور» کار خانم‌ها مریم کباری، نگار یاسایی، سارا یزدان‌پناه از دبیرستان خرد (برنده‌ی بهترین به‌کارگیری از ابزار) شایسته‌ی تقدیر شناخته شد.

● **بهترین پیشگام:** به «الگوی ارتعاش اجسام دوبعدی» کار خانم‌ها سارا سروش، گلسا منافی، ستاره سردشتی، نغمه یوسفی، از دبیرستان خرد، اهدا شد. صفحه‌ای فلزی را روی بلندگویی گذاشته بودند و صداهایی با بسامدهای مختلف از بلندگو پخش می‌کردند. روی صفحه هم دانه‌های شن ریخته بودند. هرگاه با تغییر بسامد، به بسامد مشخصه‌ای از صفحه‌ی فلزی می‌رسیدند، طرح گره‌های موج ایجاد شده روی صفحه، مشخص می‌شد و از این راه توانسته بودند که بسامد مشخصه‌های صفحه‌ی فلزی را به‌دست بیاورند.

● **جایزه‌ی روزبه:** از آنجا که این جایزه قرار است به کاری با کیفیت عالی داده شود، کمیته‌ی علمی ترجیح داد امسال برنده‌ای برای این جایزه نداشته باشد.

این مجموعه جایزه‌هایی بود که دانش‌آموزان توانستند به‌دست آورند. کارهای ارائه شده سرجمع کیفیت قابل قبولی داشت، اما نسبت به سال‌های پیش‌تر اندکی افت داشت. مجموعه دلایل مختلفی برای این کاهش کیفیت وجود دارد. یکی اینکه سال گذشته این گردهمایی غیرحضوری برگزار شد و وجود این وقفه، باعث شد امسال ما تعداد طرح‌های بسیار کم‌تری داشته باشیم. اما عوامل دیگری مثل وجود کنکور هم هست. سال‌های اندکی دورتر، تعداد بیشتری دانش‌آموز سال‌های آخر دبیرستان، در این گردهمایی شرکت می‌کردند، اما در گردهمایی امسال، ما حتی شرکت‌کنندگانی داشتیم که سال ششم دبستان را به‌تازگی تمام کرده بودند. شاید بهتر باشد بازبینی‌ای در نحوه‌ی اجرا و مجموعه‌ی هدف این گردهمایی انجام شود.

فصل‌نامه‌ی دانشنامه منتشر شد

اولین شماره‌ی دانشنامه، فصلنامه‌ی دانش و فناوری، در مردادماه امسال منتشر شد. دانشنامه به موضوع‌های مختلف در علم و فناوری می‌پردازد: فیزیک، شیمی، زمین‌شناسی، دیرین‌شناسی، زیست‌شناسی تکاملی، جانورشناسی، گیاه‌شناسی، میکروبیولوژی، زیست‌پزشکی، فناوری، کشاورزی و پزشکی، تاریخ و فلسفه علم و روان‌شناسی.

بیشتر محتوای دانشنامه ترجمه است و مقالات تألیفی و خبرهایی از ایران، حجم کمی از محتوای این نشریه را تشکیل می‌دهند. این نشریه به سردبیری کاوه فیض‌اللهی و به مدیر مسئولی طاهره رنجبر منتشر می‌شود.

قانون اسنل برای مواد دانه‌دانه

منبع: http://physics.aps.org/synopsis-for/print/10.1103/PhysRevLett.111.048001

مواد دانه‌دانه مثل شن و غله رفتارشان گاهی مانند جامدات است اما می‌توانند مثل شاره نیز جریان بیابند. برای نمونه، دانه‌تسبیح‌های کروی و ول‌انباشته، مانند ماده‌ی جامد، در برابر به‌هم‌فشرده‌شدن مقاومت می‌کنند اما بدون دردسر از هم جدا می‌شوند. نتیجه این است که این مواد مانند «خلأ صوتی» عمل می‌کنند و صوت را منتقل نمی‌کنند. در اثر به‌هم‌فشرده‌شدن آنی به‌جای موج نوسانی «موج تنها»یی تولید می‌شود که بی‌آنکه گسترش یابد منتشر می‌شود. الکساندر تیکلر از دانشگاه لایدن هلند و همکارانش در فیزیکال ریویو لترز آزمایش شبیه‌سازی گذر تپ از مرز بین دو ماده‌ی دوبعدی شکل‌گرفته از دانه‌تسبیح‌هایی با دو جرم متفاوت را گزارش کرده‌اند.

اگر موجی تنها که در دانه‌تسبیح‌های سنگین‌تر منتشر می‌شود به ناحیه‌ای وارد می‌شود که دانه‌تسبیح‌های سبک‌تر قرار دارند، شکستی به‌وجود می‌آورند و ردیف آخر دانه‌تسبیح‌های سنگین‌تر در این فضا «می‌رقصند» و در دانه‌تسبیح‌های سبک‌تر دنباله‌موج‌هایی تنها با دامنه‌ی کاهنده گسیل می‌کنند. با استفاده از مدل ذره با تکانه و انرژی خاص برای موج، پژوهشگران دامنه‌ی کاهنده‌ی این موج‌های تنها را محاسبه کردند.

در این آزمایش، برخورد موج تنها با مرز مایل نیز شبیه‌سازی شد. در حالت کلی در این برخورد، هم امواج شکستی پدیدار می‌شوند و هم امواج بازتابی. ماده‌ای که دانه‌تسبیح‌های سنگین‌تر دارد تنها یک موج دارد در حالی که در دانه‌تسبیح‌های سبک‌تر دنباله موج‌های تنها با دامنه‌ی کاهنده منتشر می‌شود. پژوهشگران علی‌رغم این پیچیدگی توانستند نتایج را با معادله‌ای شبیه به معادله‌ی قانون اسنل برای نور تطبیق بدهند. در این معادله به‌جای ضریب اپتیکی شکست، سرعت موج تنها که به دامنه‌ی موج بستگی دارد ظاهر می‌شود. این نتایج می‌تواند روزی در طراحی ساختارهای خاص برای شکل‌دهی و تغییر مسیر امواج صوتی در کاربردهای پزشکی یا امواج سونار زیر دریا به‌کار برده شود.

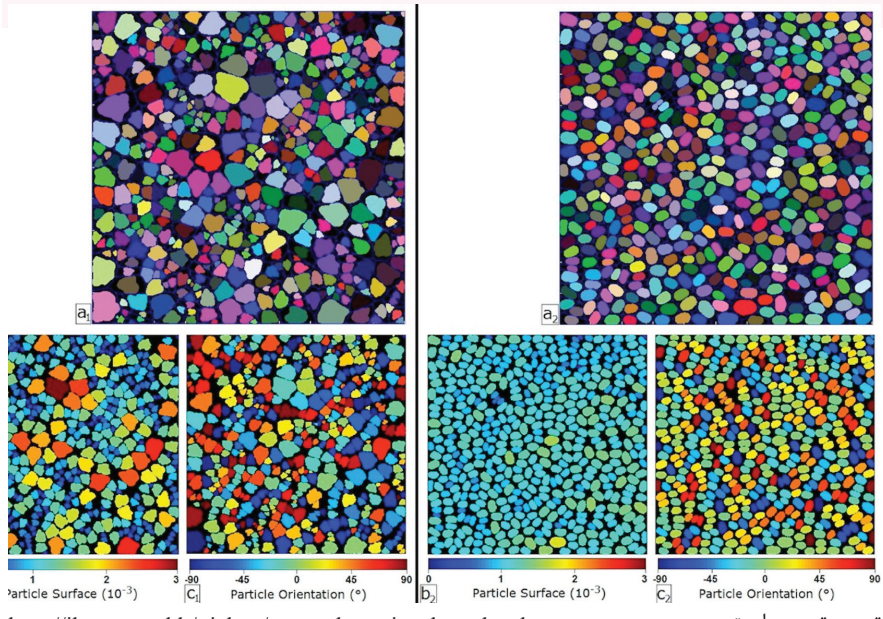
نویسنده: دان مُونرُو

Don Monroe
Snell's Law for Granular Materials

مترجم: نادر حیدری

مرجع:

[1] Transmission and Reflection of Strongly Nonlinear Solitary Waves at Granular Interfaces
A. M. Tichler, L. R. Gómez, N. Upadhyaya, X. Campman, V. F. Nesterenko, and V. Vitelli,
Phys. Rev. Lett. 111, 048001 (2013)



تصویر تزیینی است.

http://ihome.ust.hk/~jzhao/research_grain_shape.html

نظرها به سوی پوزیترون‌های پرتوهای کیهانی

منبع: http://physics.aps.org/synopsis-for/10.1103/Phys.Rev.Lett.111.081102

در آزمایش‌های اخیر، ویژگی حیرت‌انگیزی در پرتوهای کیهانی آشکار شده: شمار پوزیترون‌های پرانرژی که پادذره‌های الکترون هستند به شکل عجیبی بیش از آن چیزی‌ست که انتظار می‌رود. این نتایج که طی سال‌ها اندازه‌گیری با بالون و یا با ابزارهای سوار بر سفینه‌های فضایی به‌دست آمده با مدل‌های اخترفیزیکی فعلی سازگار نیست. این شمار اضافی پوزیترون نشان از چشمه‌های تاکنون ناشناخته‌ی پوزیترون دارد که می‌تواند شیءهای نجومی نزدیک مثلاً تپاخترها باشد یا آن‌طور که خیلی‌ها گمان می‌کنند رخدادهای نابودی ماده‌ی تاریک.

در اندازه‌گیری‌های قبلی که جدیدترین‌شان آزمایش طیف‌نمای مغناطیسی آلفا (AMS)[1] در ایستگاه بین‌المللی فضایی در مدار زمین بوده است تأکید بر یافتن نسبت شمار پوزیترون‌ها به الکترون‌ها با دقت زیاد بوده است (یعنی به‌ازای هر الکترون چند پوزیترون وجود دارد). اما برای مشخصه‌یابی کامل، نیاز است طیف انرژی پوزیترون‌ها را بدانیم (شمار مطلق پوزیترون‌ها به‌صورت تابع انرژی ذره). این کار پرچالش‌تر است زیرا نیاز است تمام مراحل آشکارکردن ذره به‌ازای گستره‌ی پهناور انرژی به‌شکل مطلق درجه‌گذارده (کالیبره) شود.

اینک آزمایش بزرگ و بین‌المللی پاملا (PAMELA)[2] که با همکاری مؤسساتی در آلمان، ایتالیا، روسیه و سوئد و با ماهواره انجام می‌شود و اولین شواهد قطعی درباره‌ی افزونی پوزیترون‌های پرانرژی را در سال ۲۰۰۹ به‌دست داد، اندازه‌گیری‌های پیشین خود را گسترش داده و داده‌های ۲۵۰۰۰ پوزیترونی که طی سه‌سال اندازه‌گیری به‌دست آمده است و گستره‌ی انرژی‌شان از ۰/۵ تا ۳۰۰ گیگاالکترون‌ولت را پوشش می‌دهد تحلیل کرده است. نتایج این

تحلیل در فیزیکال ریویو لترز گزارش شده است و دقیق‌ترین تصویر از بخش پرانرژی طیف پوزیترون تا به امروز را به‌دست می‌دهد.

این داده‌ها، هم فراوانی پوزیترون را تأیید می‌کند که در آزمایش‌های دیگر مشاهده شده بود، و هم اطلاعات جدیدی دربردارد که تصویر کامل‌تری به‌دست می‌دهد: دانستن دقیق طیف انرژی پوزیترون قیدهای بیشتر بر نظریه‌ها می‌گذارد و امکان می‌دهد مدل‌های پرشماری را که برای شناسایی چشمه‌های پوزیترون پیشنهاد شده‌اند به بوته‌ی آزمایش گذاشت، از جمله مدل‌هایی که به واپاشی ماده‌ی تاریک متکی هستند.

نویسنده: ماتئو رینی
Matteo Rini
A Long, Hard Look at Cosmic-Ray Positrons

مترجم: نادر حیدری

مراجع:

[1] Cosmic-Ray Positron Energy Spectrum Measured by PAMELA
O. Adriani et al. , Phys. Rev. Lett. 111, 081102 (2013)

زیرنویس:

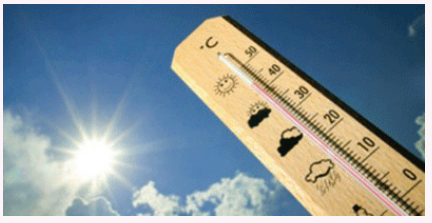
1. Alpha Magnetic Spectrometer
2. Payload for Antimatter/Matter Exploration and Light-nuclei Astrophysics

طیف‌نمایی لیزری برای دقت بیشتر در اندازه‌گیری ثابت بولتزمن

منبع: http://physics.aps.org/synopsis-for/10.1103/PhysRevLett.111.060803?referer=rss

در سال ۲۰۱۱ در کنفرانس عمومی اوزان و مقیاس‌ها (CGPM)[1] توافق شد برای کلوین تعریف بهتری پیدا شود. در حال حاضر تعریف یکای کلوین دمای نقطه‌ی تعادل سه فاز آب تقسیم بر ۲۷۳/۱۶ است که برای دماسنج‌هایی که دماهای نزدیک به دمای اتاق را اندازه می‌گیرند استاندارد خوبی‌ست اما برای دماسنج‌هایی که برای دماهای فرین طراحی می‌شوند (مثلاً کوره‌ی سرامیکی یا حمام هلیوم مایع) باعث عدم دقت می‌شود. در کنفرانس استدلال شد که کلوین باید برحسب ثابت بولتزمن تعریف شود که ثابت بنیادی‌ست و انرژی میانگین مکانیکی ذره را به دما مربوط می‌کند. از آن زمان پژوهشگران تلاش کرده‌اند این ثابت را با دقت زیاد اندازه بگیرند. اینک لوچیو مورتّی در دانشگاه دوم ناپل ایتالیا و همکارانش در فیزیکال ریویو لترز گزارش کرده‌اند که می‌توان با تعیین ثابت بولتزمن با استفاده از طیف‌نمایی لیزری عدم‌قطعیت مقدار آن را ۶ مرتبه کاهش داد.

اتم در حالت سکون، نور را در بسامدهای خوش‌تعریف جذب می‌کند اما اگر اتم به چشمه‌ی نور، دور یا نزدیک شود این بسامدها جابه‌جا می‌شوند. بنابراین برای گاز اتم‌های گرم، خط طیفی جذب پهن می‌شود. این اثر که پهن‌شدگی داپلری نام دارد با جذر ثابت بولتزمن متناسب است. مورتّی و همکارانش با زوجی لیزر با بسامدهای پایدارشده، این پهن‌شدگی را حول خط طیفی جذب فروسرخ در نقطه‌ی تعادل سه فاز آب اندازه گرفتند و مقدار



ثابت بولتزمن را

$$1/380631 \pm 0/000024 \times 10^{-23}$$

ژول بر کلوین اندازه گرفتند. گرچه عدم دقت این اندازه‌گیری بیست مرتبه بزرگ‌تر از بهترین اندازه‌گیری‌هایی‌ست که تاکنون انجام شده، مورتّی و همکارانش پیش‌بینی می‌کنند که با جمع‌زدن شمار بیشتر طیف‌ها و استفاده از مدل‌های ظریف‌تر برای برازش خط طیفی جذب اتمی، می‌توان دقت اندازه‌گیری را بیشتر کرد.

نویسنده: جسیکا توماس
Jessica Thomas
Laser Spectroscopy Refines Boltzmann Constant

مترجم: نادر حیدری

مراجع:

[1] Determination of the Boltzmann Constant by Means of Precision Measurements of $H_2{}^{18}O$ Line Shapes at 1.39 μm
L. Moretti, A. Castrillo, E. Fasci, M. D. De Vizia, G. Casa, G. Galzerano, A. Merlone, P. Laporta, and L. Gianfrani, Phys. Rev. Lett. 111, 060803 (2013)

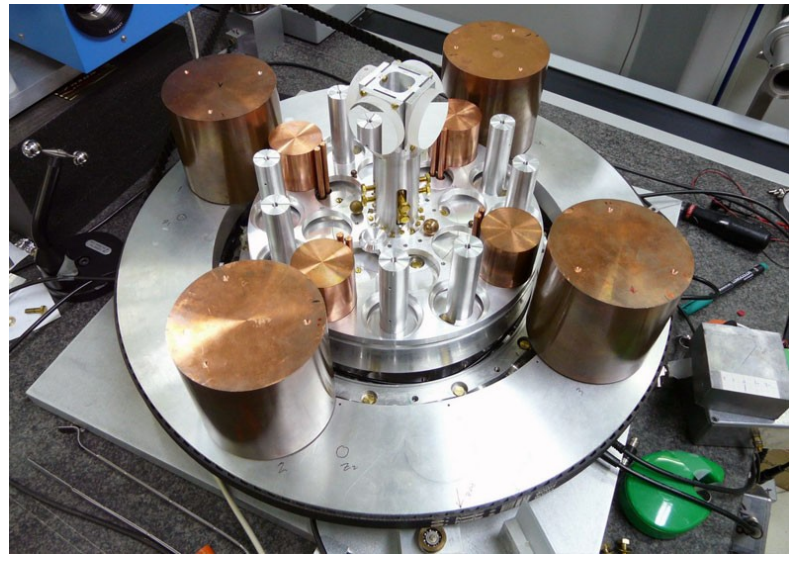
زیرنویس:

1.Conférence Générale des Poids et Mesures

«فیزیک روز» آماده‌ی دریافت خبرهای جامعه فیزیک از سراسر کشور است.
خبرهای مؤسسه یا دانشگاه خود را به دفتر مجله بفرستید و با **«فیزیک روز»** در تهیه خبر همکاری کنید.

ثابت گرانشی با دقت بیشتر

منبع: http://physics.aps.org/synopsis-for/10.1103/PhysRevLett.111.101102



ترازوی پیچشی گروه پژوهشی تری کوبین

ثابت گرانشی نیوتون G یکی از ثابت‌های بنیادی طبیعت است که معلوم می‌کند بین دو جسم با جرم‌های معین چه نیروی جاذبه‌ای برقرار است. این ثابت را ۲۰۰ سال پیش نویل ماسکلین[1] اندازه گرفت اما از آن زمان مقدار آن برای تجربه‌گرهای فیزیک به‌صورت هدف متحرک در آمده است: اندازه‌گیری‌های اخیر با هم به میزان ۴۰۰ میلیونیم اختلاف دارند که ۲۰ برابر عدم‌قطعیتی‌ست که برای هر آزمایش گزارش می‌شود. گرانش، ضعیف‌ترین نیروی شناخته‌شده‌ی طبیعت است و این نکته اندازه‌گیری آن در آزمایشگاه را بسیار مشکل می‌کند. ابزاری که پژوهشگران در آزمایشگاه به‌کار می‌برند ترازوی پیچشی[2] است که در آن گشتاور گرانشی وارد بر پیکربندی چند جرم معلق اندازه گرفته می‌شود. مشکل شناخته‌شده‌ی این ابزار تغییر طول اجزای آن در اثر تغییر دما طی آزمایش است. انحراف‌هایی که در آزمایش اندازه گرفته می‌شود در حد صدم درجه است و چنین افت‌وخیزهایی بر نتیجه‌ی آزمایش تأثیر مهم خواهد گذاشت.

تری کوبین از اداره‌ی بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها در فرانسه و همکارانش، با بازسازی کامل ابزاری که ۱۲ سال پیش برای اندازه‌گیری G به‌کار برده بودند خاستگاه تمام خطاهای سیستماتیک را بررسی کردند و نتایج آزمایش جدید خود را با آن مقایسه کردند. با ابزار جدید آزمایش آنها G را می‌توان به دو روش مستقل اندازه گرفت: یکی با اندازه‌گیری انحراف زاویه‌ای و دیگر با اندازه‌گرفتن نیروی الکتروایستایی که اثر گرانش را خنثی می‌کند. کوبین و همکارانش در مقاله‌ی خود با عنوان «اندازه‌گیری بهتر G با دو روش» مقدار جدید

$۶/۶۷۵۴۵(۱۸) \times ۱۰^{-۱۱} m^3/(kg.s^2)$

را گزارش می‌کنند که درون حد خطای نتیجه‌ی آزمایش قبلی‌شان

$۶/۶۷۵۴۵(۲۷) \times ۱۰^{-۱۱} m^3/(kg.s^2)$

قرار دارد اما با اندازه‌گیری‌های گروه‌های دیگر تفاوت فاحش دارد و کوبین و همکارانش نمی‌دانند چرا، اما حدس می‌زنند که برخاسته از خطاهای ناشناخته در آزمایش‌هاست!

Katherine Thomas
An Uncertain Big G

مترجم: نادر حیدری

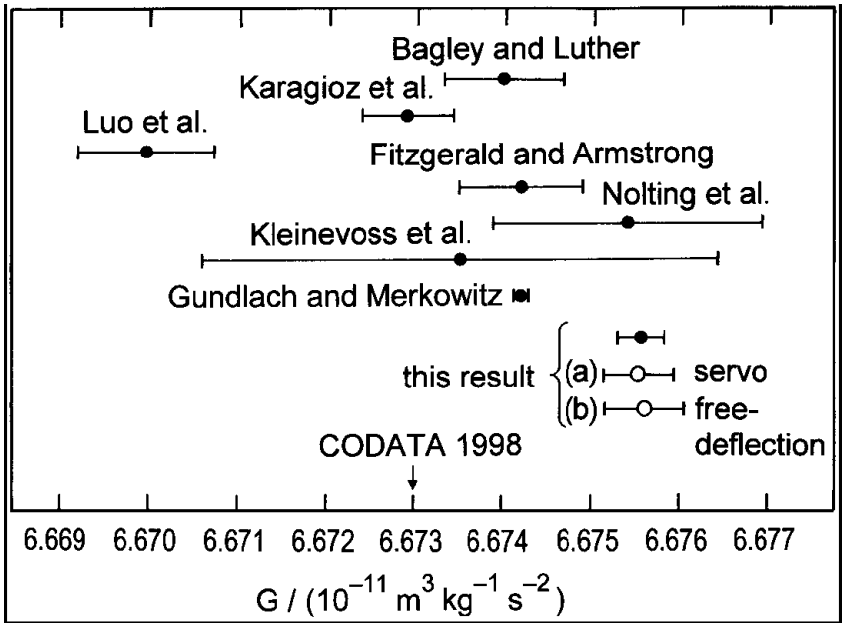
مرجع:

[1] Improved Determination of G Using Two Methods
Terry Quinn, Harold Parks, Clive Speake, and Richard Davis
Phys. Rev. Lett. 111, 101102 (2013)

زیرنویس:

۱. Nevil Maskelyne: پنجمین ستاره‌شناس دربار (منجم‌باشی) و عضو فرهنگستان سلطنتی انگلستان که از ۱۷۳۲ تا ۱۸۱۱ می‌زیست. یکی از دهانه‌های روی سطح ماه نیز به‌نام اوست

2. torsional balance



هدف متحرک: اندازه‌گیری G تا سال ۲۰۰۱.
(برگرفته از مقاله‌ی قبلی تری کوبین: Dol:10.1103/PhysRevLett.87.111101)

بار ضعیف هستی

تهیه‌کننده‌ی خبر: نادر حیدری[1]

نیروی ضعیف یکی از چهار نیروی بنیادی طبیعت است که تنها در واکنش‌های هسته‌ای به‌سنجش در می‌آید اما در تراز آنچه در زندگی عادی به چشم می‌بینیم تأثیر گسترده دارد. در واقع بیشتر پرتوزایی طبیعی در محیط برخاسته از نیروی ضعیف است.

همان‌طور که شدت واکنش به نیروی الکترومغناطیسی را بار الکتریکی معلوم می‌کند «بارضعیف» نیز شدت تأثیر نیروی ضعیف بر ذره را مشخص می‌کند. پژوهشگران آزمایشگاه توماس جفرسون[2] در ویرجینیا در مقاله‌ای در فیزیکال ریویو لترز نتایج اولیه‌ی نخستین اندازه‌گیری تجربی بار ضعیف پروتون را منتشر کرده‌اند. این اندازه‌گیری دقیق‌ترین مقداری را که تاکنون برای بار ضعیف پروتون مشخص شده است به‌دست می‌دهد اما براساس ۴ درصد کل داده‌هایی است که پژوهشگران به‌دست آورده‌اند و تحلیل داده‌ها هم‌چنان ادامه دارد. با ترکیب این داده‌ها، با نتایج آزمایش‌های دیگر پژوهشگران بار ضعیف نوترون، کوارک بالا و کوارک پایین را نیز به‌دست آوردند.

نیروی ضعیف از نیروی الکترومغناطیسی بسیار ضعیف‌تر است و برای مقایسه‌ی دو نیرو برحسب مفاهیم کلاسیک می‌توان گفت که به‌ازای هر یک میلیون برهم‌کنش الکترومغناطیسی تنها یک برهم‌کنش ضعیف بین الکترون و پروتون رخ می‌دهد. برای سنجش این چند برهم‌کنش ضعیف، پژوهشگران تفاوت مهم بین این دو نیرو را به‌کار می‌برند: برهم‌کنش ضعیف الکترون‌های راست‌گرد (که اسپین‌شان با جهت حرکت‌شان هم‌خط است) با برهم‌کنش ضعیف الکترون‌های چپ‌گرد متفاوت است. با یکسان نگاه‌داشتن تمام پارامترهای دیگر در آزمایش و وارون‌کردن قطبیدگی باریکه‌ی الکترون، می‌توان این شکست تقارن آینه‌ای (پاریته) را اندازه گرفت و برای سنجش بار پروتون به‌کار برد. اندازه‌گیری اثر این شکست تقارن در حد و اندازه‌های ۲۰۰ از هر میلیارد مانند اندازه‌گرفتن ارتفاع برج ایفل با دقت ضخامت یک برگ کاغذ است. در آزمایش باریکه‌ی الکترون‌های قطبیده از پروتون‌های هدف هیدروژن مایع پراکنده می‌شود و در هشت آشکارگر که به‌شکلی کاملاً متقارن مستقر شده‌اند مشاهده می‌شوند.

آزمایش Q-Weak در آزمایشگاه جفرسون

آزمایش Q-weak را بیش از ده سال پیش گروهی بین‌المللی طراحی کردند. آزمایش در ژانویه‌ی ۲۰۰۲ تصویب شد. نصب دستگاه‌های آزمایش در سال ۲۰۰۹ آغاز شد و نزدیک به یک سال زمان برد. داده‌گیری در سال ۲۰۱۰ آغاز شد و تا سال ۲۰۱۲ ادامه داشته است. چندین پیشرفت فنی در دهه‌ی گذشته انجام این آزمایش را امکان‌پذیر کرد، ازجمله باریکه‌های پرشدت با قطبیدگی زیاد، پرتوان‌ترین زمزا[3] برای نگه‌داری هدف، باریکه‌ی بسیار پایدار الکترون در تأسیسات شتابگر باریکه‌ی پیوسته‌ی آزمایشگاه توماس جفرسون، آشکارگرهای تابش چرنکوف با مقاومت فوق‌العاده زیاد در برابر تابش، مدارهای الکترونیک با همهمه‌ی فوق‌العاده کم برای اندازه‌گیری سیگنال و شدت باریکه، و سیستمی برای اندازه‌گیری قطبیدگی باریکه با دقت بهتر از یک درصد با استفاده از تابش پس‌پراکنده‌ی لیزر.

میزان شکست پاریته‌ای که پژوهشگران آزمایش Q-weak اندازه گرفته‌اند ۲۸۰ میلیاردم است که از آن برمی‌آید بار ضعیف پروتون Q_w^p در یکای بدون بعد ۰/۰۶۴ است. این مقدار با پیش‌بینی مدل استاندارد ذرات بنیادی توافق دارد اما با ادامه‌ی تحلیل داده‌ها و کاهش عدم‌قطعیت تجربی داده‌ها شاید بتوان سهم کوچک فیزیک فراسوی مدل استاندارد (مثلاً ابرتقارن) را در بار ضعیف هستی اندازه گرفت.

در آزمایش Q-weak، ۹۷ پژوهشگر از ۲۳ مؤسسه در آمریکا، کانادا و اروپا شرکت دارند و بودجه‌ی آزمایش را اداره‌ی علوم وزارت انرژی آمریکا، بنیاد ملی علوم آمریکا، و شورای پژوهش‌های مهندسی و علوم طبیعی کانادا تأمین می‌کند. چند دانشگاه نیز که در کل بودجه سهم دارند عبارتند از: کالج ویلیام و مری، دانشگاه فنی ویرجینیا، دانشگاه جورج واشنگتون، و دانشگاه فنی لوییزیانا. آزمایشگاه تریومف کانادا، آزمایشگاه بِیتس/ام‌آی‌تی، و آزمایشگاه جفرسون پشتیبان فنی آزمایش هستند.

منابع خبر:

[1] Proton's Weak Charge Determined for First Time
17 September 2013
https://www.jlab.org/news/releases/protons-weak-charge-determined-first-time

[2] The Weaker Side of the Protron
2 October 2013
http://physics.aps.org/synopsis-for/10.1103/PhysRevLett.111.141803

زیرنویس:

۱. ویراستار فیزیک روز

2.Thomas Jefferson National Accelerator Facility (Jefferson Lab)
Phys. Rev. Lett. 111 (2013) 141803;
http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.111.141803

3. Cryogencis

جایزه‌ی نوبل فیزیک در سال ۲۰۱۳

تهیه‌کننده‌ی خبر: نادر حیدری[1]

روز ۸ اکتبر ۲۰۱۳ فرهنگستان سلطنتی علوم سوئد اعلام کرد جایزه‌ی نوبل فیزیک سال ۲۰۱۳ را برای «کشف نظری سازوکاری که در درک خاستگاه جرم ذرات زیراتمی سهم دارد و اخیراً با کشف ذره‌ی بنیادی پیش‌بینی‌شده در آزمایش‌های اطلس و سی‌ام‌اس در برخورددهنده‌ی بزرگ هادرونی سرن تأیید شد»، به فرانسوا آنگلر از دانشگاه آزاد بروکسل بلژیک و پیتر هیگز از دانشگاه ادینبرو اسکاتلند اهدا می‌کند.

در سال ۱۹۶۴ هنگامی که فرانسوا آنگلر به همراه همکار فقیدش، روبر برو، و مستقل از آنها پیتر هیگز مقاله‌هاشان را در فیزیکال ریویو لترز منتشر کردند مدل استاندارد ذرات بنیادی هنوز به‌بار نیامده بود. وجود کوارک در آن زمان پیشنهادی نظری بود که نیاز به اثبات تجربی داشت و ده سال زمان لازم بود تا نظریه‌ی برهم‌کنش کوارک با کوارک یا کرومودینامیک کوانتومی به‌شکل نهایی خود برسد. نظریه‌ی الکتروضعیف نیز هنوز ساخته نشده بود. اما چارچوب ریاضی مدل استاندارد را یانگ و میلز در سال ۱۹۵۴ شرح داده بودند. این چارچوب طبقه‌ی خاصی از نظریه‌هاست که نظریه‌های پیمانه‌ای غیرآبلی نام دارد.

در نظریه‌ی کوانتومی، همه‌ی ذرات نمود انگیختگی میدان‌هایی چون میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی هستند. دو نوع میدان وجود دارد: میدان‌های ماده که انگیختگی‌هاشان ذرات مادی سازنده‌ی عالم مثل الکترون و کوارک هستند و میدان‌های نیرو که انگیختگی‌هاشان ذرات واسطه‌ای مانند گلوئون و فوتون و عامل انتقال اثر یک ذره‌ی مادی بر ذره‌ی دیگر هستند. در دهه‌ی ۱۹۴۰ فیزیک‌پیشه‌ها نشان دادند که نظریه‌ی میدان‌های کوانتومی فوتون و الکترون (الکترودینامیک کوانتومی)، تمام برهم‌کنش‌های الکترومغناطیسی تا انرژی‌های بسیار زیاد را به‌خوبی توضیح می‌دهد.

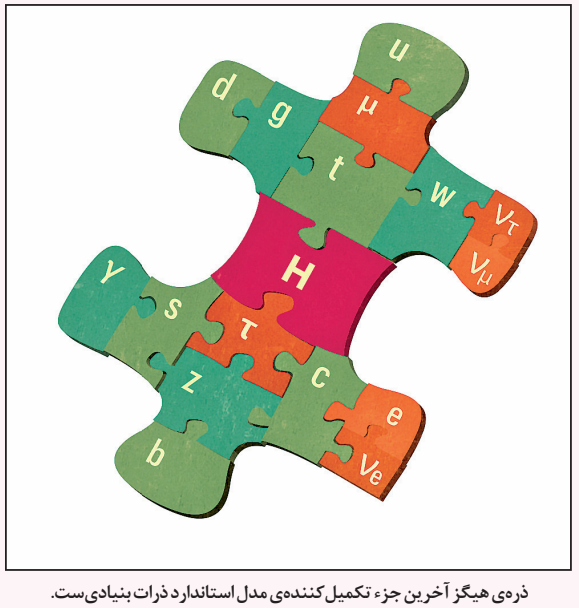
اما برای برهم‌کنش‌های هسته‌ای مدل خوبی برحسب نظریه‌های میدان پیدا نمی‌شد. برد کوتاه این برهم‌کنش‌ها به این معنی بود که ذرات واسطه‌ی این نیروها جرم دارند. صرفاً افزودن جرم به نظریه نتایج فاجعه‌بار داشت زیرا بسیاری از کمیت‌هایی که با چنین نظریه‌ای محاسبه می‌شد بی‌نهایت از کار درمی‌آمد. چارچوب یانگ-میلز همه‌ی ذرات واسطه‌ی نیرو را ملزم می‌کرد که بدون جرم باشند و این شرط را تنها ذره‌ی حامل نیروی الکترومغناطیسی یعنی فوتون برآورده می‌کرد. نیاز بود راهی پیدا شود که بوزون‌های حامل نیرو بتوانند جرم پیدا کنند.

پیتر هیگز (سمت راست) متولد ۱۹۲۹ در نیوکاسل انگلستان استاد بازنشسته‌ی دانشگاه ادینبرو در اسکاتلند است. فرانسوا آنگلر (سمت چپ) متولد ۱۹۳۲ در اتر بیک بلژیک، استاد بازنشسته‌ی دانشگاه آزاد بروکسل در بلژیک است.

یوایچیرو نامبو در سال ۱۹۶۰ نشان داد که با اضافه‌کردن میدانی اسکالر به نظریه و با همان سازوکار شکست خودبه‌خود تقارن در گذار ابررسانش، می‌توان به بوزون‌های حامل نیرو جرم داد. اما یک سال بعد جفری گولدستون قضیه‌ای را اثبات کرد که نشان می‌داد این رهیافت منجر به بوزون‌های بدون جرم و بدون اسپین می‌شود که آشکارا وجود نداشتند. در سال ۱۹۶۲ فیلیپ اندرسون راه گریزی از این قضیه‌ی «نمی‌شود» گولدستون پیدا کرد که تمام بوزون‌های بدون جرم را از میان برمی‌داشت در حالی‌که ناوردایی پیمانه‌ای در حوزه‌ی غیرنسبیتی و بوزون‌های جرم‌دار را حفظ می‌کرد. اندرسون در مقاله‌اش اعلام کرد: «مشکل بوزون‌های بدون جرم گولدستون مشکلی جدی نیست زیرا می‌توان آن را با مسئله‌ی بدون جرم هم‌ارز دیگری از نوع یانگ-میلز خنثی کرد.» صحنه برای حل مشکل آماده شده بود.

برو و آنگلر نخستین کسانی بودند که راه‌حل نسبیتی مسئله را منتشر کردند. در مقاله‌ای که در ۲۶ ژوئن ۱۹۶۴ به فیزیکال ریویو لترز فرستادند نظریه‌ای پیمانه‌ای و آبلی با میدان مختلط اسکالر جفت شده و با رهیافت آنها دو مسئله یک‌دیگر را خنثی می‌کنند. آنها بعداً نشان دادند که رهیافت‌شان برای نظریه‌های پیمانه‌ای غیرآبلی نیز کار می‌کند.

هیگز نخستین مقاله‌اش را در ۲۷ ژوئیه به فیزیکال ریویو لترز فرستاد و با ترکیب همان



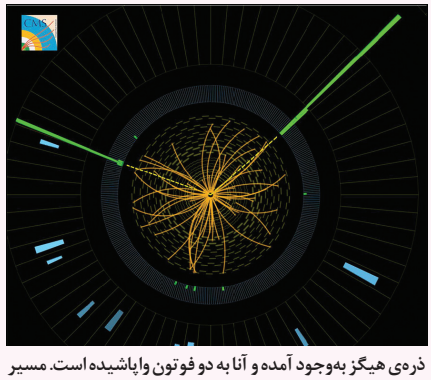
ذره‌ی هیگز آخرین جزء تکمیل کننده‌ی مدل استاندارد ذرات بنیادی‌ست.

میدان‌های برو و آنگلر مشکل جرم بوزون‌ها را حل کرد ضمن اینکه عبارتی نیز برای جرم ذره‌ی اسکالر یافتـه بود. او هم مانند بـرو و آنگلر در مقاله‌های بعدی نشان داد که در نظریه‌های پیمانه‌ای غیرآبلی نیز ذره‌ی جرم‌دار ظاهر می‌شود.

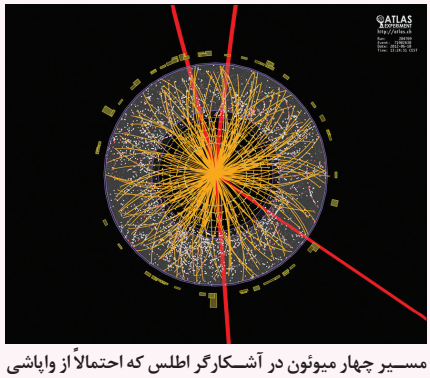
نظریه‌پردازهـای دیگر نیز بـه همین رهیافت رسـیده بودنـد. در ۱۲ اکتبـر ۱۹۶۴، جرالـد گورالنیـک، کارل هِیگِـن و تام کیبـل مقاله‌ای منتشـر کردند که در آن همین سازوکار به‌شکلی جامع‌تر بیان شـده بود. در سال ۱۹۶۵ الکساندر میگدال و الکسـاندر پولیاکوف از اتحاد شـوروی توانسـتند بر مخالفت‌های رسـمی فائـق آیند و مقاله‌شان را چاپ کنند.

اینک راه وحدت‌بخشیدن به نیروهای طبیعت باز شده بود و در سال ۱۹۶۷ استیون واینبرگ نظریه‌ی پیمانه‌ناوردایی ساخت که نیروی الکترومغناطیسی و نیـروی ضعیف هسـته‌ای را دربرمی‌گرفت. برای یافتـن جـرم بوزون‌هـای W^+، W^-، و Z واینبرگ سازوکار برو-آنگلر-هیگز را به کار برد.

کارهای نظری بعدی نشان داد که این سازوکار نه‌تنها به ذرات ضعیف بلکه به تمام ذرات بنیادی دیگر نیز جرم می‌دهـد. هرچه برهم‌کنش ذره با میدان هیگز بیشتر باشد جرم آن نیز بیشتر است. امـا با سـازوکار برو-آنگلر-هیگز جرم خود ذره‌ی هیگز را نمی‌توان محاسبه کرد. این جرم نمی‌تواند کم باشد وگرنه مدل استاندارد شبه‌پایدار می‌شود و زیاد هم نمی‌تواند باشـد چون مدل اسـتاندارد را به‌هـم می‌ریـزد. هنگامی که در سـال ۱۹۹۴ شـورای سـرن، سـاخت برخورددهنده‌ی بزرگ هادرونـی را تصویـب کرد باور همـه این بود که بـرای دیدن ذره‌ی هیگز با جرمی حدود چندصد گیگاالکترون‌ولت نیاز به شتابگری است که بتواند ذرات را تا انرژی چند تراالکترون‌ولت شتاب دهد. در اولیـن دور آزمایش‌ها در مـارس ۲۰۱۰ با باریکه‌هـای ۳/۵ تراالکترون‌ولتی هیچ نشـانی از هیگز به‌دسـت نیامـد. در دور بعـدی آزمایش‌ها در همان سال نشـانه‌هایی در انرژی حدود ۱۲۰ گیگاالکترون‌ولت مشاهده شد اما داده‌ها از لحاظ آماری قانع‌کننده نبود. در دور سوم آزمایش‌ها در سـال ۲۰۱۲ انرژی باریکه‌ها به ۴ تراالکترون‌ولت رسانده شد و درخشـندگی باریکه‌ها نیز دو برابر شد. هر دو آزمایش اطلس و سی‌ام‌اس گواه وجود ذره‌ی هیگـز را بـه ازای جرم‌هـای (از دیـدگاه آماری) یکسـان و با تـراز ۵ انحراف‌معیار بیش از همهمه‌ی پس‌زمینه مشـاهده کردند. پس از ۵۰ سال ذره‌ی هیگز بالأخره پیدا شد!



ذره‌ی هیگز به‌وجود آمده و آنا به دو فوتون واپاشیده است. مسیر فوتون‌ها در آشکارگر سی‌ام‌اس با رنگ سبز مشخص شده [تصویر از CERN].
Image: CERN,http://cds.cern.ch/record/1459459



مسـیر چهار میوئون در آشـکارگر اطلس که احتمالاً از واپاشی ذره‌ی هیگز کوتاه‌زی حاصل شده است [تصویر از CERN].
Image: CERN,http://cds.cern.ch/record/1459496

منابع خبر:

[1] Scitation: François Englert and Peter Higgs share 2013 Physics Nobel
Charles Day
October 2013
http://scitation.aip.org/content/aip/magazine/physicstoday/news/10.1063/pt.5.7013

[2] Focus: Nobel Prize – Why Particles Have Mass
Michael Schirber
11 October 2013
http://physics.aps.org/articles/v6/111

[3] Here, at last!
The Swedish Royal Academy of Sciences
October 2013
http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2013/popular-physicsprize2013.pdf

زیرنویس:
۱. ویراستار فیزیک روز

«**فیزیک روز**» آماده‌ی دریافت خبرهای جامعه فیزیک از سراسر کشور است.
خبرهای مؤسسه یا دانشگاه خود را به دفتر مجله بفرستید و با «**فیزیک روز**» در تهیه خبر همکاری کنید.

www.psimag.ir

گزارش از گروه‌های پژوهشی-آموزشی

گزارش از گروه پژوهشی کیهان‌شناسی عالم اولیه

پژوهشکده‌ی نجوم، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی
تهیه‌ی گزارش: سیما قاسمی
زمان تهیه‌ی گزارش: مهرماه ۱۳۹۲

گروه کیهان‌شناسی «عالم اولیه» در پژوهشکده نجوم پژوهشگاه دانش‌های بنیادی. ایستاده از راست: شانت باغرام، نارگ میرزاتونی، شهرام خسروی، مهدیار نوربالا، علی‌اکبر ابوالحسنی، حسن فیروزجاهی، محمدحسین نامجو، امید سمیعی، جواد تقی‌زاده. نشسته از راست: فرزاد امیدی، محمد آخشیک، صدرا جزایری (مهرماه ۱۳۹۲)

گروه پژوهشی عالم اولیه‌ی پژوهشکده‌ی نجوم پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، گروهی پرجمعیت ولی جوان است. این گروه، کار خود را از سال ۱۳۸۷ و در پژوهشگاه دانش‌های بنیادی شروع کرد و اکنون در پژوهشکده‌ی نجوم به کار ادامه می‌دهد.
هم‌اکنون هشت عضو هیئت علمی، پنج دانشجوی دکتری و پنج دانشجوی کارشناسی ارشد با این گروه همکاری می‌کنند. این گروه با آمدن حسن فیروزجاهی به ایران و آغاز همکاری او با پژوهشگاه، شکل گرفته است. ویژگی‌های این گروه عبارتند از: انجام کارهای متنوع پژوهشی که همگی حول‌وحوش موضوع عالم اولیه و تأثیر آن بر تشکیل ساختار در عالم و تابش زمینه‌ی کیهانی هستند، هم‌گام بودن با جریان جهانی کارهای پژوهشی در این زمینه، وجود ارتباط‌های نزدیک کاری بین اعضای هیئت علمی و حتی دانشجویان دکتری گروه با پژوهشگران مطرح در این زمینه در سطح بین‌المللی.

اعضای گروه

طیف همکاران این گروه بسیار از ساختار پژوهشگاه دانش‌بنیادی تأثیر گرفته است. در این پژوهشگاه تعدادی عضو هیئت علمی و پژوهشگر پسادکتری در پژوهشکده‌های مختلف مشغول به کار هستند. اما در کنار این‌ها، پژوهشگران دیگری هم هستند که عضو هیئت علمی در یکی از دانشگاه‌های کشوراند (در آنجا مشغول به کار هستند) و به صورت پاره‌وقت با پژوهشکده‌های مختلف این پژوهشگاه همکاری دارند. این خاصیت که از محوری‌ترین عوامل شکل‌گیری این پژوهشگاه بوده است، کمک کرده تا افراد زیادی از بسیاری از دانشگاه‌ها، با آنجا همکاری داشته باشند که همین موضوع باعث تنوع زیادی در طیف کارهای پژوهشی انجام شده در این پژوهشگاه شده است. از طرفی پژوهشگران پاره‌وقت، دانشجویان تحصیلات تکمیلی‌شان را با خود به پژوهشگاه می‌آورند و همین خود به غنی‌شدن بدنه‌ی گروه‌ها کمک می‌کند. البته همه‌ی اینها در صورتی ممکن است که یکی از اعضای هیئت علمی پژوهشگاه، تمایلی به داشتن گروه پژوهشی و کار گروهی داشته باشد. حسن فیروزجاهی، سرپرست گروه کیهان‌شناسی عالم

اولیه‌ی پژوهشکده‌ی نجوم، این ویژگی را به‌خوبی دارد و با مدیریت مناسب خود بعد از فقط پنج سال توانسته این گروه را به وجود آورد.

هـر یک از اعضای هیئت علمی عضو این گروه کارهای پژوهشـی دیگری هم دارند که به صورت انفرادی یا با همکاری دیگران و در گروه‌های دیگر انجام می‌دهند. بعضاً نوع دیگر کارهای پژوهشـی آنها از زمینه‌ی کاری این گروه دور است، اما هرکدام از آنها در این گروه هم فعال‌اند و بخشی از کارهای پژوهشی گروه را هم، در کارهای مشترک انجام می‌دهند.

اعضای هیئت علمی همکار گروه

سرپرست گروه- حسن فیروزجاهی

• فارغ‌التحصیـل دکتـری در زمینـه‌ی کیهان‌شناسـی ابعاد اضافـه و مدل رندال-سـاندروم، در سـال ۱۳۸۲ از دانشـگاه مک‌گیل کانادا، زیر نظرجیم کلاین (Jim Cline).

• پژوهشگر پسادکتری، دانشگاه کورنل ایالات متحده آمریکا ۱۳۸۵-۱۳۸۲، همکاری با هنری تای (Henry Tye) در تورم شامه‌ای (Brane Inflation).

• پژوهشگر پسادکتری، دانشگاه مک‌گیل کانادا ۱۳۸۷-۱۳۸۵، همکاری با برندربرگر (Branderberger)

کیبل (Kibble) و کوپلند (Copeland) در ریسمان کیهانی و تورم شامه‌ای.

• زمینه‌ی پژوهشـی: کیهان‌شناسـی عالم اولیه، تورم، تئـوری اختلالات کیهانی، فیزیک انرژی‌های زیاد.

شانت باغرام

• فارغ‌التحصیل دکتری در زمینه‌ی تشـکیل ساختار در مدل‌های گرانش تعمیم‌یافته و انرژی تاریک، سال ۱۳۹۰، دانشگاه صنعتی شریف، زیر نظر سهراب راهوار.

• پژوهشـگر پسـادکتری در مؤسسـه‌ی پریمیتر، کانـادا، ۱۳۹۰-۱۳۹۱، همکاری با نیایش افشردی در زمینه‌ی ماده‌ی تاریک در مقیاس‌های کوچک.

• پژوهشگر پسادکتری در پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، پژوهشکده‌ی نجوم، از سال ۱۳۹۱ تاکنون.

• زمینه‌ی پژوهشـی: تشـکیل سـاختار و ماده‌ی تاریک، اثرات اختلالات غیرگاؤسی بر تشکیل سـاختار، اثرات اختلالات غیرهمسانگرد اولیه روی تشکیل ساختار.

جواد تقی‌زاده فیروزجایی

• فارغ‌التحصیل دکتری در زمینه‌ی نسبیت عام، در سال ۱۳۹۰ از دانشگاه صنعتی شریف، زیر نظر دکتر رضا منصوری.

• پژوهشگر پسادکتری در پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، پژوهشکده نجوم، از سال ۱۳۹۰ تاکنون.

• زمینه‌ی پژوهشی: نظریه‌ی اختلال گرانشی در مدل‌های مختلف و ساختار بزرگ مقیاس.

علی‌اکبر ابوالحسنی

• فارغ‌التحصیل دکتری در زمینه‌ی اختلالات غیرگاؤسی در دوران تورمی در سال ۱۳۹۰ از دانشگاه صنعتی شریف و پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، زیر نظر مهدی گلشنی و حسن فیروزجاهی.

• پژوهشـگر پسـادکتری در پژوهشکده‌ی فیزیک پژوهشـگاه دانش‌های بنیادی، ۱۳۹۲- ۱۳۹۰.

• عضو هیئت علمی دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف، از سال ۱۳۹۲ تاکنون.

• زمینه‌ی پژوهشـی: کیهان‌شناسـی عالم اولیه، نظریـه‌ی تورم و فیزیک انرژی‌های زیاد.

مهدیار نوربالا

• فارغ‌التحصیـل دکتـری در زمینه‌ی تورم کیهانی و تـورم ابدی، ۱۳۹۰، دانشگاه استنفورد، زیر نظر آندره لینده.

• پژوهشگر پسادکتری در پژوهشکده فیزیک پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، ۱۳۹۲- ۱۳۹۰.

• عضو هیئت علمی دانشکده فیزیک دانشگاه تهران، از ۱۳۹۲ تاکنون.

• زمینه‌ی پژوهشی: تورم کیهانی.

اعضای پاره‌وقت گروه

شـهرام خسـروی، دانشـگاه خوارزمی. زمینه‌ی پژوهشـی: بررسی اثرات ناهمگنی، ناهمسانگردی و ناگوسی‌بودن در تشکیل ساختار.

سـید محمدصادق موحد، دانشـگاه شـهید بهشـتی. زمینه‌ی پژوهشی: کیهان‌شناسـی محاسـباتی، تشـکیل سـاختار، تابش زمینه‌ی کیهانی، سیستم‌های پیچیده.

محمدتقی میرترابی، دانشگاه الزهرا. زمینه‌ی پژوهشی: اخترفیزیک نظری.

مسلم زارعی، دانشـگاه صنعتی اصفهان. زمینه‌ی پژوهشی: کیهان‌شناسی عالم اولیه و تورم.

همکار سابق: سالومه خوئینی مقدم، دانشگاه خوارزمی. زمینه‌ی پژوهشی: تورم در عالم اولیه.

دانشجویان تحصیلات تکمیلی گروه

پژوهشکده‌ی نجوم تاکنون فقط در یک دوره، دانشجوی دکتری پذیرفته اسـت. درنتیجه بیشـتر دانشـجویان تحصیـلات تکمیلی گروه عالـم اولیه، دانشـجویانی هستند که در یکی از دانشگاه‌های کشور مشغول به تحصیل‌اند. این دانشجویان با توافق استاد راهنمایشان به پژوهشگاه آمدورفت دارند و در این گروه پژوهش می‌کنند.

به این ترتیب این گروه تا به حال، به جز یک دوره، آموزش و ارائه‌ی درس دوره‌ی تحصیلات تکمیلی برای دانشجویان نداشته است و دانشجویان دکتری معمولاً پس از گذراندن درس‌های لازم در دانشگاه خود به گروه می‌پیوندند.

فیروزجاهی می‌گوید: «وجود دانشـجویان خوب از عوامل موفقیت ماست، دانشجویان خوبی که در دانشگاه‌های کشور، با سواد پایه‌ی مناسب و با علاقه به گروه می‌پیوندند و با هدایت مناسب به‌خوبی کار پژوهشیِ باکیفیت و در استاندارد جهانی را در دوره‌ی دکتری انجام می‌دهند.» او باور دارد که مثلاً دانشگاه شریف دانشجویان خوبی دارد که آموزش خوبی هم در آنجا می‌بینند و این دانشجویان دست کمی از دانشجویان دانشگاه‌های خوبی مثل مک گیل و کورنل ندارند. این دانشجوی خوب با پیش‌زمینه‌ی درسی خیلی خوب به پژوهشگاه می‌آید و با ما کار پژوهش را آغاز می‌کند.

پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، از محل پژوهانه‌ای که به سرپرست گروه تعلق می‌گیرد، از دانشجویان دکتری حمایت مالی هم می‌کند. دانشجویان می‌توانند هر سال مهمان یکی از مؤسسات بین‌المللی باشند.

دانشجویان و فارغ‌التحصیلان دکتری گروه از ابتدا تاکنون

علی‌اکبر ابوالحسنی (دانشگاه صنعتی شریف - فارغ‌التحصیل)، محمدحسین نامجو (دانشگاه صنعتی شریف)، راضیه امامی (پژوهشگاه دانش‌های بنیادی)، فرزاد امیدی (پژوهشگاه دانشهای بنیادی)، محمد آخشیک (دانشگاه صنعتی شریف)

این گروه تاکنون پنج دانشجوی دکتری و هشت دانشجوی کارشناسی ارشد هم داشته است.

سبک کارهای پژوهشی

یکی از مشکلات پژوهشگران و گروه‌های پژوهشی معمولاً این است که همکارانی که در جزئیات کار پژوهشی، هم‌زبان باشند کم‌اند. پژوهشگر به سختی می‌تواند نتیجه‌ی کار خود را در جمعی ارائه دهد که همگی در آن زمینه متخصص باشند و بتواند کارهای مشترک جدیدی با آنها انجام دهد. همین است که باعث می‌شود بسیاری از پژوهشگران مجبور شوند به طور منزوی و با دانشجویان خود در زمینه‌ای مشخص کار کنند. نداشتن همکارِ آشنا با جزئیات کار، جلوی رشد کار در سطح بین‌المللی را هم می‌گیرد.

با این وصف، وقتی به سراغ هر یک از گروه‌های به نسبت موفق در کشور خودمان می‌رویم اولین سؤالی که مطرح می‌شود این است که آنها چطور این مشکل را رفع کرده‌اند؟ چگونه فرهنگ همکاری علمی را گسترش داده‌اند؟ چطور توانسته‌اند کار خود را با جریان کار پژوهشی جهانی هم‌دما کنند؟ در گروه پژوهشی عالم اولیه چندین ویژگی دیده می‌شود که به رشد گروه کمک کرده است:

۱- در این گروه افراد از حوزه‌های مختلف در کنار هم هستند. این تنوع و برهم‌کنش‌ها به شکل‌گیری کار مشترکی می‌انجامد که از عهده‌ی تک تک افراد گروه بر نمی‌آید. مثلاً در این گروه مدل‌های خاص تورمی در عالم اولیه ساخته می‌شوند، پیش‌بینی‌های این مدل‌ها عالم فعلی و در تشکیل ساختار دنبال می‌شود وکمیت‌های قابل مشاهده برای مقایسه با داده‌های رصدی استخراج می‌شود و در آخر مثلاً طیف توان مربوط به پیش‌بینی این مدل‌ها به‌دست می‌آید که به خوبی قابل رد یا پذیرش است. همه‌ی اینها در این گروه انجام می‌شود در حالی که هر کسی فقط در بخشی از این رشته تخصص دارد. آنها برای شکل‌گیری کار مشترک، کار را به یکدیگر آموزش می‌دهند. یکی از آنها از دیگری مدل‌های تورمی را یاد می‌گیرد و در مقابل به همکارش تشکیل ساختار را آموزش می‌دهد. فیروزجاهی می‌گوید: «ما یاد گرفته‌ایم به حرف هم گوش کنیم و کار مشترک انجام دهیم. خیلی از مواردی که در جلسات گروه مطرح می‌شود اصلاً در تخصص من نیست. از تابش ریزموج زمینه تا انرژی تاریک.»

۲- این گروه در دو سال گذشته، هر هفته جلسات گروهی منظمی برگزار کرده است. در این جلسه‌ها همه‌ی افراد گروه شرکت می‌کنند و گزارشی از کار خود ارائه می‌دهند. گاهی پیش می‌آید کسی گزارشی می‌دهد که زبان تخصصیِ آن کار، شاید برای نیمی از افراد گروه قابل درک نباشد اما همه می‌نشینند و سعی می‌کنند از این امکان برای شکل‌گیری کار مشترک استفاده کنند. بیشتر کارهای مشترک گروه این‌گونه شکل می‌گیرد و جلو می‌رود. این کار مشترک، گاه پیداکردن آزمونی قابل رصد برای مدل نظری است و گاه پیداکردن مدلی نظری است که بتواند نتایج رصدی را توصیف کند.

۳- این گروه، دانشجویانی دارد که با پیش‌زمینه‌ی قوی به گروه پیوسته‌اند و بخشی از برنامه‌ی پژوهشی گروه را که به عهده‌شان گذاشته می‌شود به خوبی انجام می‌دهند.

۴- وجود برنامه‌ی پژوهشی بلندمدت در گروه به کارهای پژوهشی نظم می‌دهد. دانشجویان دکتری متناسب با این برنامه کار خود را در گروه آغاز می‌کنند و به انجام می‌رسانند و بخشی از برنامه‌ی درازمدت گروه را جلو می‌برند.

۵- شرایط کار در پژوهشگاه دانش‌های بنیادی هم کمک بزرگی است. در این پژوهشگاه بر خلاف دانشگاه‌ها که بر مبنای آموزش شکل گرفته اند، تأکید بر پژوهش است و رفت‌وآمد بین‌المللی از لوازم کار پژوهشی در این مؤسسه هستند. دوری از فشار آموزشی از طرفی و حمایت مالی پژوهشگاه برای رفت‌وآمد بین‌المللی هم از طرف دیگر، بستری برای رسیدن به کار با کیفیت را فراهم می‌کند.

«در این جلسه‌ها همه‌ی افراد گروه شرکت می‌کنند و گزارشی از کار خود ارائه می‌دهند. گاهی پیش می‌آید کسی گزارشی می‌دهد که زبان تخصصیِ آن کار شاید برای نیمی از افراد گروه، قابل درک نباشد اما همه می‌نشینند و سعی می‌کنند از این امکان برای شکل‌گیری کار مشترک استفاده کنند. این کار مشترک، گاه پیداکردن آزمونی قابل رصد برای مدل نظری است و گاه پیداکردن مدلی نظری است که بتواند نتایج رصدی را توصیف کند. »

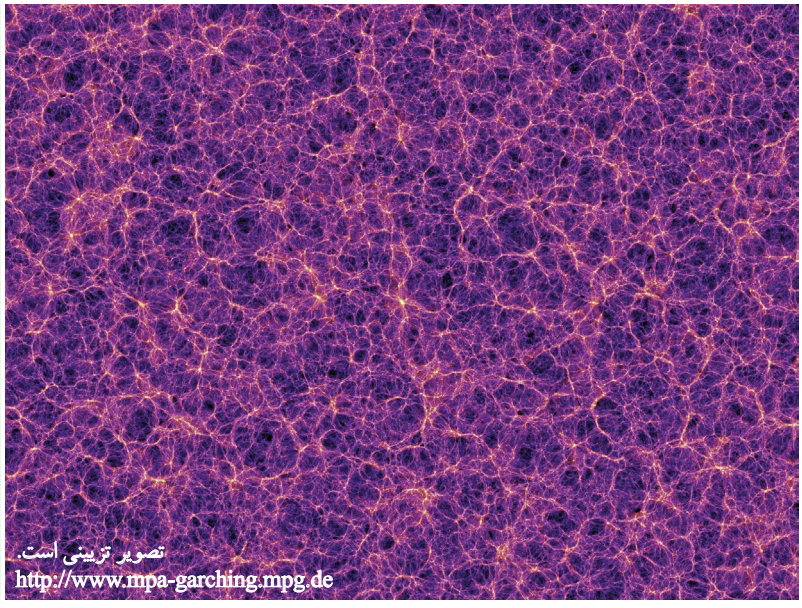
همکاری‌های بین‌المللی

افراد این گروه دست‌کم سالی یکی دو بار دیداری از مؤسسه‌ای بین‌المللی دارند. این فقط برای اعضای هیئت علمی نیست و دانشجویان دکتری هم سالی چند ماه مهمان مؤسسه‌ای می‌شوند. همکاران آنها گروه ساساکی(Sasaki) و YIPT در ژاپن، گروه وندز (Wands) در ICG، رابرت برندربرگر در دانشگاه مک‌گیل کانادا، افشردی در مؤسسه پریمیتر در کانادا، راهوار از شریف (مهمان در مؤسسه‌ی پریمیتر در کانادا)، شت (Sheth) و کرمینلی (Creminelli) در ICTP و رینگوال (Ringeval) از Luvain-la-Neuve در بلژیک هستند.

با توجه به اقبالی که در جامعه‌ی جهانی کیهان‌شناسان نسبت به تشکیل ساختار در عالم به وجود آمده است و با توجه به رصدهایی که دائم دقیق‌تر می‌شوند و اطلاعات بیشتری را با خود می‌آورند، می‌توان به آینده‌ی کاری گروه عالم اولیه با توجه به طرح پژوهشی بلندمدتی که دارند امیدوار بود.

ماده‌ی تاریک

یاسمن فرزان
پژوهشکده‌ی فیزیک، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی



تصویر از شبیه سازی‌های تشکیل ساختار در عالم به دست آمده است. نقاط روشن محل تراکم ماده‌ی تاریک را در شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد.

پس از مروری کوتاه بر شواهد وجود ماده‌ی تاریک، ویژگی‌های این ماده را برمی‌شماریم. سپس به نقش این ذرات در تشکیل ساختارها می‌پردازیم. آن‌گاه، روش‌های جست‌وجوی ذرات سازنده‌ی ماده‌ی تاریک را مرور می‌کنیم.

مقدمه

در هشـــتاد سال گذشته مشاهدات گوناگون نجومی و کیهان‌شناسی انجام گرفته‌اند که تنها با حضور ماده‌ی معمولی شناخته‌شـــده در جهان در چارچوب نســـبیت عام توضیح داده نمی‌شـــوند. ســـرعت حرکت ســـتاره‌ها به دور مرکز کهکشان، یکی از این مشاهدات است. اگر گرانش از گرانش نیوتونی تبعیت کند و تنها ماده‌ی موجود در کهکشـــان، ماده‌ی شناخته‌شـــده‌ی متشکل از هسته‌ها و الکترون‌ها باشـــد، ســـتاره‌های لبه‌ی کهکشان با ســـرعت‌های نسبتاً زیادشان نمی‌توانند در مدار خود باقی بمانند. توضیح متداول برای این مشاهده بر اساس وجود نوع جدیدی از ماده اســـت که «ماده‌ی تاریک» نام گرفته اســـت. ماده‌ی تاریک از نظر الکتریکی خنثی اســـت و در نتیجه عملاً با نور، برهم‌کنش ندارد. گرانش حاصل از این ماده‌ی جدید، ســـتاره‌ها را در مدار خود نگاه می‌دارد. برای توضیح حرکت ستاره‌ها راه‌حل‌های دیگری نیز وجود دارد که به‌جای فرض وجود ماده‌ی تاریک، در گرانش نیوتونی تصحیحاتی وارد می‌کنند[۱]. به این مدل‌ها، موند[۱] (از سرواژه‌های دینامیک نیوتونی تغییریافته) گفته می‌شود. اما مشاهدات دیگری نیز مانند برخورد خوشـــه‌های کهکشانی گلوله‌ای[۲] و یا افت‌وخیز دمای تابش پس‌زمینه‌ی کیهان نیز به‌تازگی انجام شده است که تنها با تصحیح گرانش نیوتونی و یا تصحیح نسبیت عام نمی‌توان توضیح داد مگر آنکه در کنار تصحیح نسبیت عام، فرض وجود نوعی ماده‌ی تاریک هم پذیرفته شود. این درحالی است

که تنها با فرض وجود مادهی تاریک و بدون تصحیح نسبیت عام میتوان همهی این پدیدهها را به یکباره توضیح داد. در این نوشتار ما به مدلهایی میپردازیم که نسبیت عام را به شکلی که میشناسیم بهکار میبرند و مشاهداتی را که اشاره کردیم با فرض وجود مادهی تاریک توضیح میدهند. در واقع افتوخیزهای دمای تابش پسزمینه دربارهی وجود مادهی تاریک حدود ۵۰۰ هزار سال پس از مهبانگ اطلاعاتی به ما میدهد. این نکته تلویحاً یعنی مادهای که این هر دو پدیده را توضیح میدهد، باید در مدتزمانهای از مرتبهی عمر جهان پایدار باشد. بهعبارت دیگر مادهی تاریک باید نیمهعمر دستکم بیش از عمر جهان یعنی ۱۳میلیارد سال داشته باشد. چنانکه خواهیم دید در اغلب مدلهایی که برای مادهی تاریک میسازند تقارنی وجود دارد که نتیجهاش پایداری مادهی تاریک است. با این حال مدلهایی نیز وجود دارند که مادهی تاریک در آنها ناپایدار است و به ذرات سبکتر وامیپاشد. در چنین صورتی عمر مادهی تاریک باید از عمر جهان بیشتر باشد. در چارچوب مدل استاندارد ذرات بنیادی تنها ذرهای که بار الکتریکی ندارد و عمرش زیادتر از عمر جهان است نوترینو است. اما چنانکه در بخش بعد خواهیم دید نوترینو در مدل استاندارد ذرات بنیادی نمیتواند نامزد مناسبی برای مادهی تاریک باشد.

روایتهای زایش مادهی تاریک در جهان اولیه

در اغلب مدلهای موجود، برهمکنش مادهی تاریک با مادهی معمولی ضعیف و سطح مقطع برخورد بسیار کوچک و ناچیز است. اما در جهان اولیه پس از مهبانگ که چگالی محیط بسیار زیاد بوده در اثر همین برهمکنش ضعیف، مادهی تاریک میتوانسته است تولید شود و با مادهی معمولی به تعادل ترمودینامیکی برسد. درنتیجه، دو پارامتر دمای محیط و پتانسیل شیمیایی در جهان اولیه، چگالی مادهی تاریک را معین میکنند. پس از گذشت زمان چگالی بهدلیل انبساط جهان کم میشود و مادهی تاریک از حالت تعادل ترمودینامیکی خارج میشود. برههی این رخداد آن زمان است که آهنگ برهمکنش مادهی تاریک با آهنگ انبساط جهان (پارامتر هابل) هممرتبه شود. از آن پس اگر مادهی تاریک پایدار باشد تعداد ذرات مادهی تاریک تقریباً ثابت میماند ولی چگالی مادهی تاریک بهعلت انبساط جهان کم میشود. به این روایت، روایت «مادهی تاریک یخبسته»[3] میگویند.

این امکان هم وجود دارد که برهمکنش مادهی تاریک با مادهی معمولی چنان ناچیز باشد که در هیچ برههای از تحول جهان مادهی تاریک با مادهی معمولی به تعادل ترمودینامیکی نرسیده باشد. برای تولید مادهی تاریک در جهان اولیه سازوکارهای گوناگون میتوان فرض کرد. بهطور مثال، مادهی تاریک میتواند از واپاشی ذرات سنگینتر در برههای به وجود آید که امکان رسیدن به تعادل ترمودینامیکی نباشد. طبعاً، در این صورت، توزیع ذرات مادهی تاریک به صورت تعادلی نخواهد بود.

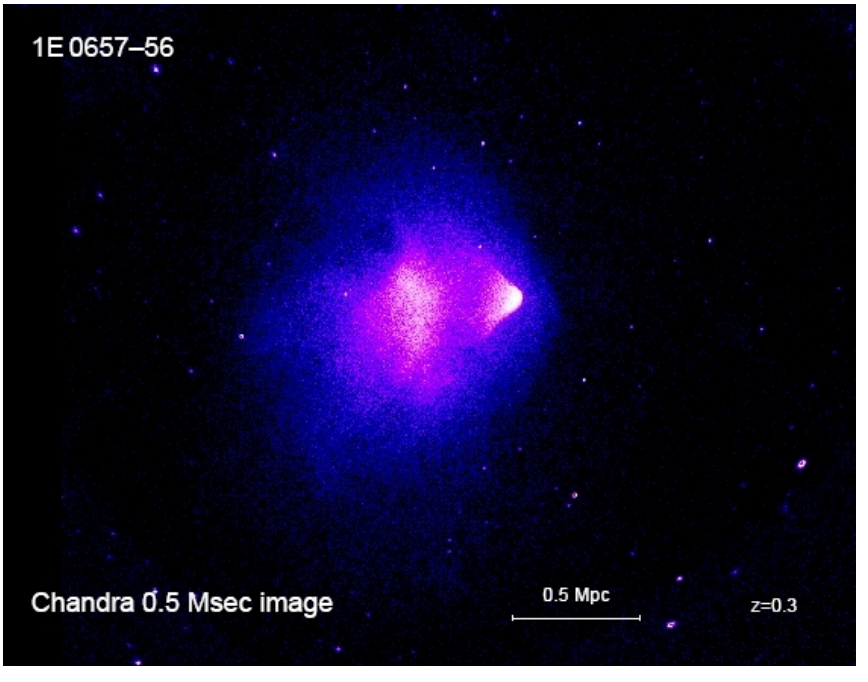
سطح مقطع تولید مادهی تاریک اغلب از سطح مقطع پراکندگی آن کمتر است. درنتیجه، در بازهای از چگالی و دما، مادهی تاریک میتواند در تعادل دمایی با محیط باشد (یعنی توزیع انرژی-تکانهی آن توزیعی دمایی با دمای برابر با دمای محیط باشد) اما فراوانی آن با توزیع حالت تعادل ترمودینامیکی داده نشود. بهطور مثال در این شرایط مجموع پتانسیلهای شیمیایی ذره و پادذره ممکن است غیرصفر باشد.

مادهی تاریک داغ، گرم و سرد

طبق نظریههای فعلی، ساختارهایی چون خوشههای کهکشان یا کهکشانها از تحول افتوخیزهای بسیار کوچک در چگالی جهان بهوجود آمدهاند که پس از مرحلهی تورم عالم بهجا مانده است. یکی از گواههای وجود مادهی تاریک تحول همین افتوخیزهای چگالی است. اگر مادهی معمولی تنها مادهی موجود در عالم بود، افتوخیزهای کوچک در چگالی نمیتوانست تا این اندازه رشد کند و ساختار بسازند. در اصطلاح میگویند مادهی تاریک نقش داربست[4] را در شکلگیری ساختار عالم بازی میکند.

چنانکه دیدیم حتی اگر ذرات ماده در جهان اولیه به تعادل دمایی با ذرات محیط رسیده باشند، پس از مدتی با افت دما و چگالی محیط از تعادل دمایی با محیط خارج میشوند. به عبارت دیگر مسافت پویش آزاد میانگین از مسافت هابل (وارون پارامتر هابل) بیشتر میشود. فرض کنید در بخشی از فضا چگالی مادهی تاریک بیش از چگالی میانگین جهان باشد. اگر ذرات مادهی تاریک نسبت به یکدیگر سرعت فرانسبیتی (یعنی سرعتی نزدیک به سرعت نور) داشته باشند و بتوانند آزادانه و بدون پراکندگی منتشر شوند مادهی تاریک از این بخش از فضا پخش میشود، به اطراف میرود و فزونی چگالی در آن بخش از بین میرود. اما اگر مادهی تاریک با سرعت غیر نسبیتی باشد، در دام گرانش آن بخش از فضا که چگالی بیش از میانگین دارد گرفتار میشود و رفتهرفته چگالی آن بخش افزایش پیدا میکند.

بر این اساس مادهی تاریک را سه دسته میکنند:



خوشههای کهکشانی «گلوله» یا «فشنگ» (1E 0657-558) در این تصویر (متعلق به رصدخانهی پرتو x چاندرا) دیده میشوند که در حدود صد میلیون سال پیش بههم برخورد کردهاند. مرکز جرم این خوشهها را میتوان با اندازهگیری کژنمایی کهکشانهای پسزمینه معین کرد. این مرکز جرم، بر مرکز جرم مادهی مرئی منطبق نیست. براساس این بررسیها ادعا میشود که این خوشه بهترین شاهد بر وجود مادهی تاریک است. منبع: http://en.wikipedia.org/wiki/Bullet_Cluster.

مادهی تاریک داغ، مادهی تاریک گرم و مادهی تاریک سـرد. مادهی تاریک داغ «گریزپا»ست و فزونی چگالی‌ای را که می‌توانسته است تحول یابد و ساختارهایی در ابعاد کهکشان‌ها را به وجود آورد از بین می‌برد. اگر مادهی تاریک عالم، ماده تاریک داغ باشد انتظار داریم ابتدا ساختارهای بزرگ چون خوشه‌های کهکشانی و پس از آن سـاختارهای کوچک‌تر چون کهکشان به وجود آیند. اما مشاهدات خلاف این را نشـان می‌دهد و بر اساس این مشاهدات، نظریه‌ی مادهی تاریک داغ رد شـده است. اما در چارچوب مدل‌های مادهی تاریک گرم یا سرد آن‌طور که از مشاهدات برمی‌آید ابتدا کهکشان‌ها به وجود می‌آید و سپس ساختارهای بزرگ‌تر چون خوشه‌های کهکشانی.

ساختارهای کوچک‌تر مانند کهکشان‌های کوتوله در اثر مادهی تاریک گرم از بیـن می‌روند. از این جهت مادهی تاریک گرم بهتر از مادهی تاریک سـرد با مشاهدات هم‌خوانی دارد زیرا تعداد کهکشان‌های کوتوله‌ای که مشاهده می‌شود کمتر از تعدادی است که در چارچوب مدل مادهی تاریک سرد پیش‌بینی می‌شود.

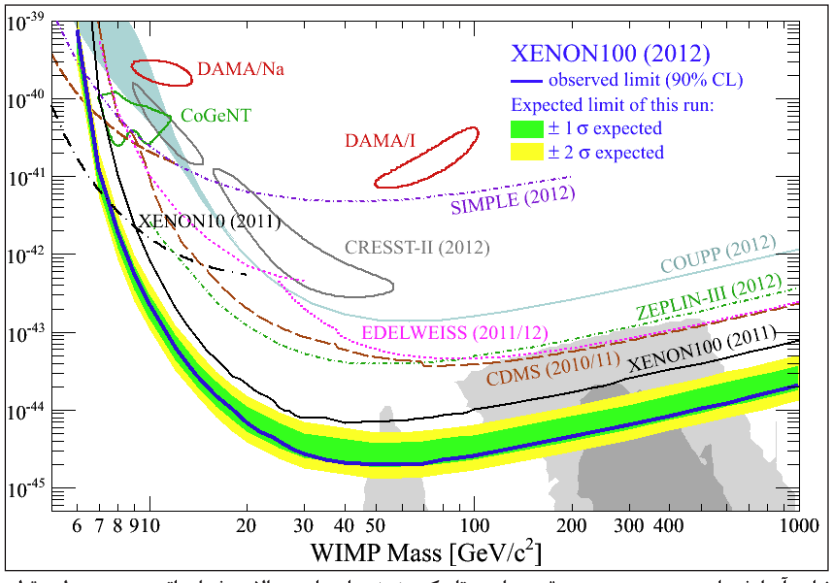
با این حال مادهی تاریک سـرد پارادایمی اسـت که بیشتر فیزیک‌پیشه‌ها پذیرفته‌اند و براساس آن نظریه‌پردازی کرده‌اند. در چارچوب مدل‌هایی که مادهی تاریک سـرد جرمی بیش از ۱MeV (یک هزارم جرم پروتون) دارد، جرم مادهی تاریـک گرم بین ۰/۰۱MeV تا ۰/۱MeV اسـت و جرم مـادهی تاریک داغ از ۰/۰۰۱MeV کم‌تر اسـت. نوترینوهای معمولی در مدل اسـتاندارد می‌توانند نقش مادهی تاریک داغ را بازی کنند. اما با توجه به اینکه مدل مادهی تاریک داغ رد شده است می‌دانیم همه‌ی مادهی تاریک نمی‌تواند از این نوع ذرات تشکیل شده باشد. در چارچوب مدل استاندارد ذرات بنیادی، نامزدی برای مادهی تاریک گرم یا سـرد نداریم. نوترینوی سترون[5] (نوترینوای فرضی که حتی برهم‌کنش ضعیف نیز ندارد) با جرمی از مرتبه‌ی یک‌هزارم جرم الکترون یکی از نامزدهای ایفای نقش مادهی تاریک گرم است. در چارچوب مدل‌های ابرمتقارن گراویتینوها به‌عنـوان نامزد مادهی تاریک گرم مطرح می‌شـوند. در چارچوب مدل‌هایی که فراسوی مدل استاندارد ذرات بنیادی می‌روند نامزدهایی برای مادهی تاریک سرد وجود دارند. به دسـته‌ای از این نامزدها ذره‌های پرجرم با برهم‌کنش ضعیف یا به‌اختصار ویمپ (WIMP)[6] می‌گویند.

ویژگی‌های مادهی تاریک

تاکنون تنها اثرات گرانشـی مادهی تاریک مشـاهده شـده اسـت. در نتیجه، اطلاعات ما در مورد ویژگی‌های ذرات مادهی تاریک بسـیار اندک اسـت. حتی اگر فرض کنیم مادهی تاریک در جهان اولیه به تعادل ترمودینامیکی رسـیده باشـد در سـاختن مدل، آزادی‌های بسیار وجود دارد. جـرم مـادهی تاریک می‌تواند هر مقـداری بیش از ۰/۰۰۳۳ MeV باشـد[۱]. اسپین مادهی تاریک را کسی نمی‌داند. در چارچوب بیشتر مدل‌ها اسپین مادهی تاریک صفر یا $\frac{1}{2}$ و اسـپین گراویتینو $\frac{3}{2}$ اسـت. به‌تازگی مادهی تاریک با اسپین ۱ نیز مطرح شده است[۲]. مادهی تاریک می‌توانـد با پادذره‌ی خود یکی باشـد یا نباشـد. مثلاً اگر مـادهی تاریک با میدان نرده‌ای حقیقی توصیف شـود با پادذره‌ی خود یکی اسـت اما اگر با میدان نرده‌ای مختلط توصیف شود با پادذره‌ی خود متفاوت است و در این حالت دوم، چگالی‌هـای مادهی تاریک و پـادذره‌ی آن می‌توانند متفاوت باشـند. چنین مدل‌هایـی پادمتقارن خوانده می‌شـوند[7]. علی‌الاصول می‌توان بیش از یک نوع ذره‌ی مادهی تاریک داشت. به همین جهت برای مادهی تاریک مدل‌های بسیار وجود دارد.

جست‌وجوی مستقیم و غیرمستقیم مادهی تاریک

در بین نامزدهایی که برای نقش مادهی تاریک مطرح شده‌اند برهم‌کنش ضعیف ویمپ‌ها با مادهی معمولی می‌تواند منجر به یافتن آنها در آشکارگرها شـود. روش‌های جسـت‌وجوی مادهی تاریک را می‌توان سـه دسـته کرد: (۱)جسـت‌وجوی مستقیم؛ (۲)جست‌وجوی غیرمسـتقیم؛ (۳)تولید مادهی تاریک در شتاب‌دهنده‌ها. در روش اول نمونه‌ای از جنس ژرمانیوم یا سدیم یدیـد (NaI) یا زنـون در دمای کم به دور از پیش‌زمینـه‌ی ذرات دیگر در آزمایشـگاه بررسی می‌شـود. انتظار می‌رود ذرات مادهی تاریک در پیرامون مـا به وفور یافت شـود. اگر اثری از برهم‌کنش مادهی تاریک با هسـته‌های نمونه مشاهده شـود مادهی تاریک به‌طور مستقیم کشف شده است. چنین آشـکارگرهایی به جرم ذرات مادهی تاریک و سـطح مقطع پراکندگی آن از پروتون و نوترون حساس هسـتند. نتایج چنین آزمایش‌هایی با نمودارهایی همانند آنچه که در شکل می‌بینید داده می‌شود. در این شکل دیده می‌شود کـه در دنیا چندین آزمایـش با این روش در جسـت‌وجوی مادهی تاریک هستند. نکته‌ای جالب این است که نتایج برخی از این آزمایش‌ها با یکدیگر سازگار نیسـت. آزمایش داما[۳] در ایتالیا و آزمایش‌های CoGeNT [۴] و CDMS[۵] در آمریکا سـیگنال‌هایی مشـاهده کرده‌اند که می‌توان کشف مسـتقیم ذره‌ی مادهی تاریـک تعبیر کرد. اما از سـیگنالی که در آزمایش CoGeNT مشاهد شـده برمی‌آید که جرم ذره‌ی مادهی تاریک باید حدود ۸GeV و سـطح مقطع پراکندگی حدود ۲×۱۰^{-۴۱} سانتی‌متر مربع باشد. اما آزمایش‌های دیگری هم وجود دارند که چنین سـیگنالی مشاهده نمی‌کنند و بـه‌ازای هـر مقدار جرم ذره‌ی مـادهی تاریک حد بالا روی سـطح مقطع پراکندگی آن می‌گذارند. تاکنون قوی‌ترین حد برای سطح مقطع پراکندگی



نتایج آزمایش‌های جسـت‌وجوی مسـتقیم مـادهی تاریک. منحنی‌های باز حد بالای مشـاهداتی بر روی سـطح مقطع پراکندگی مادهی تاریک از نوکلئون‌ها را نشان می‌دهند. منحنی‌های بسته بازه‌ی جرم و سطح مقطع برخوردی را نشان می‌دهد که می‌تواند سیگنال مشاهده شده توسط آزمایش‌های مختلف را توضیح دهد. چنان‌که ملاحظه می‌شود این نتایج با یکدیگر در تضاد هستند. ناحیه‌ی خاکستری، پیش‌بینی در چارچوب مدل ابرمتقارن کمینه می‌باشد.

منبع شکل: XENON100:Phys Rev. Lett 109 (2012)

مادهی تاریک در آزمایش‌های XENON100[۶] و TEXONO[۷] معین شده است.

در جستوجوی غیرمستقیم مادهی تاریک، هدف آشکارکردن ذرات حاصل از نابودی زوج‌ذرات مادهی تاریک است. در مدل‌های مختلف پیش‌بینی می‌شود که زوج‌ذرات مادهی تاریک می‌توانند به زوج بوزون‌های W، زوج بوزون‌های Z، زوج کوارک و پادکوارک b، زوج فوتون، زوج نوترینو یا ذرات دیگر تبدیل شود. ذرات ناپایدار حاصل از این نابودی‌ها، مثلاً W، خود وامی‌پاشند و ذرات پایداری مانند فوتون، پروتون، نوترینو و یا الکترون و پوزیترون به وجود می‌آورند. چنین ذرات پایداری را می‌توان آشکار کرد.

آهنگ فنای زوج مادهی تاریک با توان دوم چگالی متناسب است. در نتیجه برای یافتن مادهی تاریک باید سراغ مناطقی از عالم رفت که گمان می‌رود چگالی مادهی تاریک در آنجا بیشتر باشد: انتظار می‌رود در نقاطی مثل مرکز کهکشان یا مرکز زمین و خورشید به‌دلیل گرانش بیشتر، چگالی مادهی تاریک بیشتر باشد. آشکارگرهای متفاوت از جمله آشکارگر ماهواره‌ای FermiLAT[۸] فوتون‌های مرکز کهکشان را رصد می‌کند و آشکارگرهای فضایی PAMELA[۹] و AMS02[۱۰] ذرات پایدار باردار را آشکار می‌کنند. این آشکارگرها تاکنون چندین سیگنال دال بر وجود مادهی تاریک گزارش کرده‌اند اما هیچ‌کدام از این نتایج قطعی نیست.

مادهی تاریک می‌تواند انرژی جنبشی خود را در اثر پراکندگی از هسته‌های مادهی خورشید یا زمین از دست بدهد و در دام میدان گرانشی آنها گرفتار آید. درنتیجه در طول عمر این اجرام، چگالی مادهی تاریک در مرکز آنها می‌تواند به میزانی افزایش یابد که نوترینوهای حاصل از نابودی زوج مادهی تاریک در درون آنها در آشکارسازهای زمینی قابل مشاهده شود. آشکارکردن نوترینوهای پرانرژی ($E \gg ۱۰ MeV$) از مرکز خورشید گواهی قطعی اما غیرمستقیم بر وجود مادهی تاریک خواهد بود. تاکنون در جستوجوها سیگنالی مشاهده نشده است.

در برخورد ذراتی مانند پروتون یا الکترون و پوزیترون در شتاب‌دهنده‌هایی مانند ال‌اچ‌سی، ویمپ می‌تواند به‌وجود آید. از آنجا که این ذرات پایدار هستند و بار الکتریکی نیز ندارند در آشکارگرهای این شتابدهنده‌ها مشاهده نخواهند شد؛ اما می‌توان از «کمبود انرژی-تکانه» در فرآیند، پی به وجود آنها برد. تاکنون در شتابدهنده‌ها سیگنالی که بتوان نشانه‌ی تولید مادهی تاریک تعبیرکرد یافت نشده است.

خلاصه و نتیجه‌گیری

هرچند اثرات گرانشی مادهی تاریک مدت‌هاست که مشاهده و ثبت شده است، ذرات این ماده تاکنون با قطعیت در آزمایش‌ها آشکار نشده‌اند و اطلاعات ما از ویژگی‌های این ذره‌ی فرضی بسیار اندک است. با توجه به تأثیری که این ذرات در تشکیل ساختارها دارند می‌دانیم که جرم آنها باید بیش از ۰/۰۰۳۳ MeV باشد اما کسی تاکنون حد بالا برای جرم این ذرات پیدا نکرده است. از طرف دیگر می‌دانیم که این ذرات بارالکتریکی و برهم‌کنش ندارند. با توجه به اینکه مادهی تاریک در جهان اولیه تولید شده و تا به امروز مانده است نیمه‌عمر آن باید از عمر جهان بیش‌تر باشد. در مدل استاندارد ذرات بنیادی، نامزدی برای مادهی تاریک وجود ندارد. در مدل‌های فراسوی مدل استاندارد نامزدهای متعدد برای مادهی تاریک مطرح می‌شود و ساختن مدل‌هایی که نامزد جدیدی برای مادهی تاریک به میان آورند از موضوع‌های داغ فیزیک ذرات بنیادی است.

برای آشکارکردن مستقیم و غیرمستقیم مادهی تاریک آزمایش‌های متعددی طراحی شده است. در این مقاله اساس این آزمایش‌ها را مرور کردیم. هرچند در برخی از این آزمایش‌ها سیگنالی مشاهده شده است که شاید بتوان آنها را گواهی بر وجود مادهی تاریک گرفت اما هنوز نتیجه و تعبیر این مشاهدات قطعی نیستند. به‌نظر می‌رسد برخی از این مشاهدات با یکدیگر در تضاد هستند. مدل‌سازان تلاش می‌کنند مدل‌هایی بسازند که در چارچوب آنها این تناقض‌ها از بین بروند.

مراجع

[1] B.Famaey and S.McGaugh, Living Rev. Rel. 15, 10 (2012).
[2] M.Viel et al., arXiv:1306.2314.
[3] Y. Farzan and A. R. Akbarieh, JCAP 1210, 026 (2012).
[4] http://people.roma2.infn.it/~dama/web/home.html.
[5] http://cogent.pnnl.gov/.
[6] http://cdms.berkeley.edu/.
[7] http://xenon.astro.columbia.edu/XENON100_Experiment/.
[8] TEXONO Collaboration, arXiv:1303.0925 [hep-ex].
[9] http://www-glast.stanford.edu/.
[9] http://hep.fi.infn.it/PAMELA/.
[10] http://www.ams02.org/.

زیرنویس:

1. MOND (MOdified Newtonian Dynamics)
2. bullet clusters
3. freeze-out
4. scaffolding
5. sterile neutrino
6. Weakly Interacting Massive Particle
7. asymmetric dark matter models

برای ارسال مقاله به صفحه‌ی راهنمای نویسندگان در وبگاه «**فیزیک روز**» مراجعه کنید.

www.psimag.ir

ماده‌ی گم شده یا گرانش تعمیم‌یافته؟

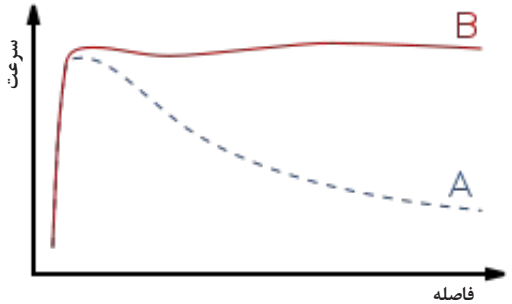
سهراب راهوار
دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شریف
مرکز تحقیقاتی پریمیتر – واترلو

از دهه‌ی سی میلادی، منجمین متوجه شدند دینامیک ساختارهای بزرگ کیهانی، مانند کهکشان‌ها و خوشه‌های کهکشانی را برحسب مواد مرئی تشکیل‌دهنده‌ی آنها، نمی‌توان توجیه کرد. به نظر می‌رسد تقریباً ده برابر ماده‌ی تشکیل‌دهنده‌ی ساختارهای بزرگ، ناپیدا هستند. این ماده در آغاز به صورت ماده‌ی گم شده و بعدها با توجه به نامزد ذرات بنیادی برای آن، ماده‌ی تاریک نام گرفت. در سال‌های اخیر با توجه به‌اینکه شواهد تجربی ذرات مربوط به ماده‌ی تاریک مشاهده نشده است، به نظر می‌رسد استفاده از واژه‌ی ماده‌ی گم شده بامعناتر باشد. هم‌چنین ممکن است که بتوان تنها با تغییر دادن شکل قانون گرانش، این مسئله را حل کرد. در این مقاله تاریخچه‌ی ماده‌ی گم شده در ساختارهای کیهانی و راه‌حل‌های پیشنهادی به این مسئله مرور خواهد شد.

تاریخچه‌ی ماده‌ی تاریک و مشکلات این مدل

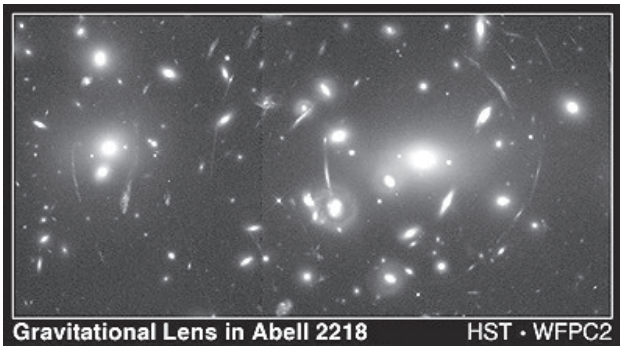
مطالعه‌ی خوشه‌های کهکشانی، توسط زویکی[1] در سال ۱۹۳۳ نشان داد مقدار جرم دینامیکی محاسبه شده برای کهکشان‌ها (با استفاده از قانون گرانش نیوتنی) و آن چه با درنظر گرفتن جرم مرئی خوشه (از رصد مستقیم نور کهکشان‌های داخل خوشه) به‌دست می‌آید در توافق نیست. برای توصیف حرکت کهکشان‌های داخل خوشه، لازم بود تقریباً صد مرتبه به ماده‌ی روشن خوشه افزوده شود. در سال‌های بعد با توسعه‌ی تلسکوپ‌هایی که در طیف پرتو-X کار می‌کردند مشخص شد، بخشی از این ماده‌ی ناپیدا، به صورت گازهای یونیده‌ی بسیار داغ، در محیط میان کهکشانی موجود است. با این حال هنوز ماده‌ی باریونی، تنها نزدیک به ۱۵ درصد از جرم خوشه‌ها را تشکیل می‌دهد[۱]. مسئله‌ی ماده‌ی گم شده برای مدتی در حاشیه‌ی مسائل مهم جامعه‌ی فیزیک بود و آن را مشکل عمده‌ای نمی‌دانستند. تا اینکه در دهه‌ی ۶۰ تا ۷۰ میلادی، روبین[2] با مطالعه‌ی چرخش کهکشان‌های مارپیچی، متوجه شد، سرعت قرص کهکشان‌ها در فواصل دور از مرکز، به سمت یک مقدار ثابت میل می‌کند[۲]. این دینامیک با توجه به مقدار ماده‌ی روشن کهکشان، قابل توجیه نبود، به‌طوری که لازم بود فرض شود ماده‌ی روشن و قابل دیدن، تنها ده درصد کل کهکشان را تشکیل می‌دهد و تقریباً ۹۰ درصد از ماده‌ی کل کهکشان، تاریک و ناپیداست.

این ماده‌ی تاریک، باید از یک توزیع خاص چگالی، به‌صورت عکس مجذور فاصله از مرکز کهکشان تبعیت کند. منحنی(B) در شکل(۱) رفتار کلی تابعیت سرعت چرخش، برحسب فاصله از مرکز کهکشان را، در داده‌های تجربی نشان می‌دهد؛ درحالی‌که دینامیک حاصل از توزیع ماده‌ی باریونی کهکشان، منحنی(A) را نتیجه می‌دهد.



شکل ۱: سرعت چرخش نوعی کهکشان‌های مارپیچی، برحسب فاصله از مرکز کهکشان. خط توپر(B) دینامیک مشاهده شده‌ی کهکشان و خط‌چین(A) سرعت چرخش کهکشان را، با توجه به توزیع ماده‌ی باریونی کهکشان، نشان می‌دهد[۳].

در سال‌های اخیر با استفاده از همگرایی گرانشی، شواهدی از وجود ماده‌ی تاریک در ساختارهای کیهانی، به‌دست آمده است. همگرایی گرانشی، به انحنای مسیر نور چشمه در حین گذر از کنار منبع گرانشی گفته می‌شود. در همگرایی گرانشی، نور ناشی از یک چشمه، در مقیاس کیهانی می‌تواند توسط یک کهکشان و یا خوشه‌ی کهکشانی خمیده شود و در اثر آن تصاویر متعدد از چشمه (همگرایی گرانشی قوی) و یا اعوجاج تصویر چشمه (همگرایی ضعیف) به‌وجود آید. با توجه به ارتباط جرم و توزیع ماده در عدسی، با تصاویر به‌وجود آمده، می‌توان برعکس عمل کرد، با استفاده از تصاویر رصدی چشمه‌ی پشت عدسی، چگالی سطحی عدسی را استخراج کرد. مقایسه‌ی توزیع جرم منتج از همگرایی گرانشی با ماده‌ی روشن، می‌تواند پراکندگی این دو ماده و مقدار ماده‌ی تاریک را در مقایسه با ماده‌ی روشن نشان دهد. شکل(۲) نمونه‌ای از همگرایی گرانشی را در خوشه‌ی کهکشانی آبل[۴] نشان می‌دهد.



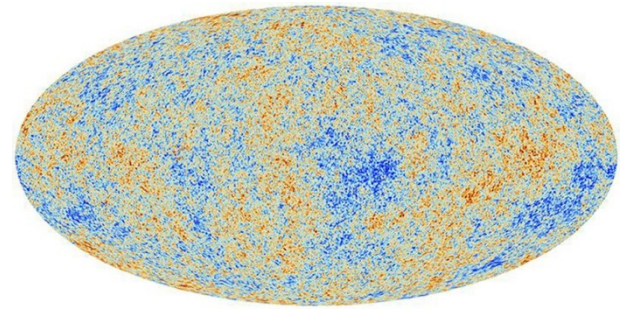
شکل۲: همگرایی گرانشی در خوشه‌ی آبل[۵]

یکی از موارد معروف همگرایی گرانشی، خوشه‌ی کهکشانی گلوله[۶] نام دارد. در این سیستم دو خوشه‌ی کهکشانی به‌صورت سربه‌سر با هم برخورد کرده و ماده‌ی تاریک و کهکشانی، تقریباً بدون احساس هر نوع اصطکاک اتلافی، از درون هم رد شده‌اند. با این حال، توده‌ی گاز یونیده‌ی این دو خوشه، با توجه به سطح مقطع بزرگ ذرات تشکیل‌دهنده‌ی آن، در اثر برخورد، مقداری از تکانه‌ی خود را از دست داده و در اثر ترمز، بخشی از سرعت خود را از دست داده‌اند. برای خوشه‌های کهکشانی، عمده‌ی جرم، به‌صورت گاز یونیده بوده و ستارگان، بخش کوچکی از ماده‌ی باریونی خوشه‌ها را تشکیل می‌دهند. حال با مطالعه‌ی تغییر شکل هندسی کهکشان‌های همگرا شده توسط این خوشه‌ی کهکشانی، می‌توان توزیع ماده‌ی این خوشه‌ی کهکشانی را با استفاده از معادلات همگرایی گرانشی، بازسازی کرد. با کمال تعجب، بازسازی توزیع ماده‌ی تاریک نشان می‌دهد، عمده‌ی ماده‌ی تشکیل‌دهنده‌ی این خوشه، در اطراف کهکشان‌ها جمع شده است که سهم کمتری از ماده‌ی باریونی خوشه را دارا هستند. توزیع هاله‌ای این ماده، می‌تواند شاهدی بر وجود ماده‌ی تاریک در این خوشه‌ی کهکشانی باشد. شکل(۳) خوشه‌ی کهکشانی گلوله را نشان می‌دهد. منطقه‌ی قرمز، توزیع ماده‌ی یونیده در طیف X ، و هاله‌ی آبی‌رنگ، نتیجه‌ی بازسازی هاله‌ی خوشه‌ها با استفاده از همگرایی گرانشی بوده، به‌طوری‌که حول کهکشان‌ها متمرکز شده است. این سامانه یکی از نمونه‌هایی است که می‌تواند مدل‌های گرانش تعمیم‌یافته را در مقابل مدل ماده‌ی تاریک به چالش بکشد.

شکل ۳: خوشه‌ی گلوله، برخورد دو خوشه‌ی کهکشانی را نشان می‌دهد. قسمت قرمز توزیع ماده‌ی باریونی به صورت گاز یونی و بخش آبی‌رنگ توزیع ماده‌ی تاریک خوشه است که با استفاده از همگرایی گرانشی بازسازی شده است. در اینجا توزیع ماده‌ی تاریک با توزیع کهکشان‌های خوشه منطبق است[۷].

از دلایل دیگر وجود ماده‌ی تاریک و یا ماده‌ی گم شده، تشکیل ساختارهای بزرگ کیهانی است. حدود سیصدهزار سال پس از انفجار بزرگ، افت‌وخیزهای موجود در ماده، اختلالات بسیار کوچکی را بر روی نقشه‌ی دمایی تابش زمینه‌ای کیهانی، درست کرده است. این نقشه‌ی دوبعدی، تاریخچه‌ی اختلالات چگالی را نشان می‌دهد. تاریخچه‌ی مربوط به زمانی که فوتون‌ها توانستند بدون پراکنده‌شدن از روی ماده‌ی یونیده مسیر خود را به‌طور مستقیم طی کنند. مقدار این افت‌وخیزها بسیار کوچک بوده و به‌طور نسبی از مرتبه یک به صدهزار است. شکل(۴) افت‌وخیزهای تابش زمینه‌ی کیهانی، توسط ماهواره‌ی پلانک را نشان می‌دهد[۳]. اندازه‌ی افق کیهانی (مسافتی که نور از آغاز کیهان تا آن زمان طی کرده است)، بر روی تابش زمینه‌ی کیهانی، حدود یک درجه است. ساختارهای بزرگ‌تر از افق، فرصت برهم‌کنش با کرانه‌های خود را ندارند، در نتیجه تمامی ساختارهای بزرگ‌تر از افق، با کمی تغییر، از زمان تورم تا آخرین سطح پراکندگی، شکل خود را حفظ می‌کنند. در عوض ساختارهای کوچک‌تر از یک درجه می‌توانند در اثر رمبش رشد کنند. بدون حضور ماده‌ی بدون فشار، ساختارهای داخل افق، نمی‌توانستند رشد کنند. محاسبات رمبش گرانشی نشان می‌دهد در صورت عدم حضور ماده‌ی تاریک، افت‌وخیزهای چگالی کیهانی، در حال حاضر باید پس از هزار مرتبه رشد، به مقدار یک درصد رسیده باشند، حال آنکه برای ساختارهای کیهانی، افت‌وخیزها در مناطق فراچگال، از مرتبه‌ی صد بزرگ‌تر است. به بیان دیگر بین محاسبه و مشاهده، حدود چهار مرتبه‌ی بزرگی، اختلاف وجود دارد. در اینجا ماده‌ی تاریک می‌تواند این مشکل را حل کند. نقش ماده‌ی تاریک در فرآیند تشکیل ساختار، ایجاد پتانسیل گرانشی عمیق، برای فروریختن ماده‌ی باریونی در داخل چاه پتانسیل است. اگر به تحول ساختارهای باریونی، تابش و ماده‌ی تاریک از پایان دوره‌ی تورم نگاه کنیم، می‌بینیم ماده‌ی باریونی و تابش به‌دلیل وجود فشار داخلی و اندرکنش با یکدیگر، امکان رشد پیدا نمی‌کنند. این درحالی است که ماده‌ی تاریک بدون برهم‌کنش با خود و بقیه‌ی شاره‌ی کیهانی و بدون هیچ مزاحمتی توانسته تا آغاز دوران ماده غالب به رشد خود ادامه دهد. پس از این دوره، ماده‌ی باریونی درحالی‌که کاملاً بدون ساختار و پراکنده بود، با سرازیر شدن در چاه پتانسیل حاصل از ساختارهای ماده‌ی تاریک، توانسته ساختارهای باریونی کیهان را تشکیل دهد. بنابراین توضیح فرآیند تشکیل

ساختارهای کیهانی، یکی از موفقیت‌های مدل ماده‌ی تاریک است.

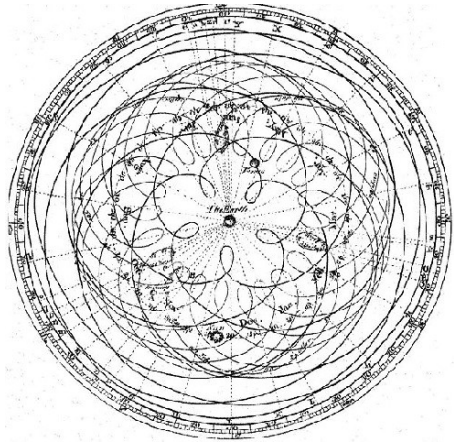


شکل ۴: افت‌وخیز دما، در نقشه‌ی تابش زمینه‌ای کیهانی، که توسط ماهواره پلانک ثبت شده است[۸].

آن‌چنان‌که دیدیم توصیف پدیده‌های کیهان‌شناختی، در چارچوب ماده‌ی تاریک، زمانی قابل‌قبول است که ذرات تشکیل‌دهنده‌ی ماده‌ی تاریک، دارای اندرکنش الکترومغناطیسی بسیار ضعیف باشند. یکی از این نامزدهای ماده تاریک، ذرات ابرتقارن هستند. انتظار می‌رود این ذرات را بتوان در آشکارسازهای ماده‌ی تاریک زیرزمینی مشاهده کرد. بااین‌حال در آشکارسازها و شتابدهنده‌های ذرات، هنوز نشانه‌هایی از وجود آنها به‌دست نیامده است. مشکل عمده در عدم آشکارسازی این ذرات، ابطال‌ناپذیری وجود آنها است، چراکه همواره در صورت عدم مشاهده، می‌توان بر روی حد بالای پارامترهای مدل، مانند سطح مقطع برهمکنش، قید قرار داد. علاوه‌براین، شبیه‌سازی‌هایی که براساس خواص ماکروسکوپی این ذرات برای تشکیل ساختارهای کیهانی انجام می‌شود دارای نواقصی است[۳].

یکی از اشکالات مدل ماده‌ی تاریک، این است که پارامترهای ارائه شده برای هاله، از یک کهکشان به کهکشان دیگر تغییر می‌کند و اصولاً این تابع، ارتباطی با ماده‌ی روشن کهکشان‌ها ندارد. یکی دیگر از مشکلات، عدم توافق آن با داده‌های تجربی کهکشان‌هایی با درخشندگی کم[۹] است. در این نوع کهکشان‌ها هاله‌ی ماده‌ی تاریک، توافق خوبی با داده‌های مربوط به سرعت چرخش کهکشان ندارد. همچنین در این کهکشان‌ها به نظر می‌رسد هاله‌ی تاریک باید چگالی‌ای با شیب کم‌تر نسبت به مدل ماده‌ی تاریک سرد داشته باشد. یکی از شاخصه‌های این نوع کهکشان‌ها، غالب بودن میزان گاز و کمبود ستارگان در آنها است و مدل ماده‌ی تاریک نمی‌تواند دینامیک کهکشان را به ساختارهای باریونی آن ربط دهد. برای توضیح تابع چگالی ماده‌ی تاریک در مرکز کهکشان‌های با درخشندگی کم، سناریوی نوینی ارائه شده که یک نوع برهمکنش، بین ذرات تشکیل‌دهنده‌ی ماده‌ی تاریک باعث کم‌شدن چگالی مرکز کهکشان می‌شود[۵،۴].

مدل ماده‌ی تاریک، برای توصیف دینامیک ساختارهای بزرگ کیهانی در سال‌های اخیر، بی‌شباهت با فلک تدویر در نظام بطلمیوسی نیست. چراکه برای توضیح هر ساختار جدید باید اصلاحات جدیدی در مدل ماده‌ی تاریک وارد کرد. از نظر تاریخی مهم‌ترین پیروزی گرانش نیوتنی، در برابر نظام بطلمیوسی این بود که، علاوه بر توصیف حرکت پیچیده‌ی سیارات، با قرار دادن خورشید در مرکز و استفاده از قانون ساده‌ی عکس مجذور فاصله برای گرانش، پیش‌بینی‌های نوینی نیز از حرکت اجرام دیگر مانند دنباله‌دار هالی در منظومه‌ی شمسی داشت. بنابراین فرضیه‌ی ماده‌ی تاریک، در حال حاضر شبیه به مدل بطلمیوسی، در توصیف حرکت سیارات است. در مقابل، تلاش‌هایی در مدل‌های گرانش تعمیم‌یافته در حال انجام است؛ با این امید که بتوان دینامیک در تمامی مقیاس‌ها را تنها با استفاده از توزیع ماده‌ی باریونی و اصلاح در نسبیت عام به‌دست آورد. در بخش بعد به این بدیل خواهیم پرداخت.



شکل۵: فلک تدویر در نظام بطلمیوسی. برای توصیف حرکت سیارات لازم بود دوایر چرخان جدیدی را در نظر می‌گرفتند، حال آن‌که گرانش نیوتنی توانست همه‌ی این پیچیدگی‌ها را خوب و ساده توضیح دهد[۱۰].

مدل‌های گرانش تعمیم‌یافته

یکی از رهیافت‌های ساده برای تعمیم قانون گرانش، تعمیم دینامیک نیوتنی (موند[۱۱]) است که توسط میلگروم[۱۲] معرفی شد[۶]. این مدل پدیده‌شناختی، قانون دوم نیوتن را به گونه‌ای تغییر می‌دهد که در شتاب‌های در حد شتاب دوران ستارگان به دور کهکشان، ارتباط نیرو با شتاب به‌صورت غیرخطی ظاهر شود. با توجه به این تغییر در قانون دوم نیوتن، انرژی و تکانه، تعریف متداول خود را از دست داده و دیگر پایستار نخواهند بود. با این حال در سال‌های بعد برای حل این مسئله، معادله‌ی پواسن غیرخطی هم‌ارز با موند، با حفظ قانون دوم نیوتن معرفی شد. این معادله‌ی پواسن منجر به دینامیکی برای کهکشان‌ها می‌شود که می‌توان آنها را بدون نیاز به ماده‌ی تاریک، توصیف کرد. این مدل در ساختارهای کهکشانی، تا حدودی موفق بوده لیکن در توصیف دینامیک خوشه‌های کهکشانی، دارای اشکال اساسی است. به‌طوری که برای توصیف هم‌زمان چگالی گاز و دمای پلاسمای خوشه‌ی کهکشان، لازم است مقداری ماده‌ی تاریک به خوشه‌ی آن اضافه کنیم. از اشکالات دیگر موند این است که به دلیل ماهیت غیرنسبیتی، نمی‌توان همگرایی گرانشی را در آن بررسی کرد. با این حال بکنشتاین[۱۳] توانست شکل هموردای تعمیم نسبیت عام را در سال ۲۰۰۴ ارائه دهد[۷]. این تئوری برای توصیف گرانش، شامل میدان‌های تانسوری- برداری و اسکالر بوده و در حد میدان‌های ضعیف به معادل پواسن میلگروم منجر می‌شود. با وجود داشتن شکل هموردا برای نظریه‌ی گرانش، باز پاشنه‌ی آشیل نظریه، همانا توصیف درست همگرایی

گرانشـی، در خوشه‌ی گلوله است، که در این مورد به درستی کار نمی‌کند. در اینجا برای توصیف درسـت همگرایی گرانشی، بر پایه‌ی ماده‌ی باریونی خوشـه (همانند توصیف دینامیک خوشـه‌های کهکشـانی) به مقداری گاز نوترینو به عنوان هاله‌ی خوشـه‌ی کهکشـانی نیاز اسـت. البته با توجه به اینکـه نوترینو یک ذره‌ی شناخته‌شـده‌ی طبیعت بوده و به‌طور طبیعی نیز در کیهان اولیه درسـت شده، شاید ماده‌ی تاریک گرم ناشی از نوترینوهای کیهانـی را بتوان مؤلفه‌ای واقعی برای سـاختارهای بـزرگ مقیاس در نظر گرفت[۸].

از دیگـر مدل‌های گرانش تعمیم‌یافته، تـلاش برای ارائه‌ی گرانش به شکلی است که تحت تبدیلات همدیس ناوردا باشد. ایده‌ی این نوع گرانش، داشـتن تقارن‌های بالا برای گرانش، همانند کنش الکترومغناطیس است. ایـن نوع گرانش در سـال‌های اخیر برای مطالعه‌ی دینامیک کهکشـانی، مورد بررسـی قرار گرفته اسـت. در این نظریه، کنش با ترکیبی از تانسور وایل[۱۴] آغاز شـده و در حد میدان‌های ضعیف می‌تواند یک پتانسـیل مؤثر به‌دسـت بدهد. مشـکل عمده‌ی این نوع گرانش این است که کنش ماده به دلیل نـاوردا بودن تحت تبدیلات همدیس، نمی‌تواند در لاگرانژی وارد شود. بنابراین اسـتدلال محکمی برای وارد کردن ماده به‌عنوان چشمه‌ی گرانـش در این مدل‌ها نیسـت. با این حال این نوع گرانش نیز نتوانسـت به خوبی از آزمون‌های دینامیک کهکشـانی بیرون بیاد. همچنین این نوع مدل گرانشـی، قادر به توصیف همگرایی گرانشـی مبتنی بر توزیع ماده‌ی باریونی نیست[۹].

در نهایت یکی از نظریه‌های گرانشـی که توسـط موفات[۱۵] ارائه شـد، گرانش اسکالر-تانسـور-برداری اسـت که اصطلاحاً به آن موگ[۱۶] نیز گفته می‌شود[۱۰]. در این نوع گرانش می‌توان برای هر ذره، علاوه بر جرم لختی، یـک بار اضافی متناسـب با جرم لختـی در نظر گرفت. این بـارِ جدید که می‌توان آن را بارِ نیروی پنجم نیز نامید، می‌تواند با میدان برداری، که منشأ آن گرانشی اسـت، همانند میدان الکترومغناطیس برهمکنش کند. در این صورت معادله‌ی حرکت هر ذره‌ای، علاوه بر حرکت بر روی ژئودزی، توسط یک نیروی الکترومغناطیس-گونه‌ی اضافی نیز داده می‌شود. می‌توان نشان داد در حـد میدان‌هـای ضعیف که برای منظومه‌ی شمسی،کهکشـان‌ها و خوشه‌های کهکشانی صادق است، پتانسیل مؤثر دینامیک این سامانه‌ها، به یک پتانسیل ساده کاهش می‌یابد. این پتانسیل دارای یک جمله‌ی جاذبه‌ی عکس مجذور فاصله‌ای، به همراه یک جمله‌ی دافعه، شبیه پتانسیل یوکاوا در فیزیک ذرات اسـت. طول مشخصه‌ی پتانسیل یوکاوا، توسط جرم میدان بـرداری داده می‌شـود. در فواصـل نزدیک به چشـمه‌ی گرانشـی، نیروی دافعه روشـن بـوده و می‌تواند نیروی جاذبه را به گونـه‌ای کاهش دهد که منجر بـه گرانش نیوتنی با ثابت گرانش مرسـوم شـود. برعکس در فواصل دور از چشـمه‌ی گرانشـی، نیروی ناشی از پتانسـیل یوکاوا، به سمت صفر میـل کرده و در ایـن فواصل نیز قانون عکس مجذور فاصله، با ثابت گرانش مؤثر بزرگ‌تری به مقدار ده برابر ثابت گرانشی متداول خواهیم داشت[۱۰]. بررسـی چرخش کهکشان‌ها نشـان می‌دهد این گرانش می‌تواند دینامیک کهکشـان‌ها را به خوبی توصیف کنـد[۱۱]. در این مدل همچنین می‌توان خوشه کهکشـانی در طیفX را به خوبی توصیف کرد[۱۲]. لازم به توضیح است گرانش تعمیم‌یافته‌ی غیرموضعی که توسط بهرام مشحون فرمول‌بندی شـده[۱۳] در حد میدان‌های ضعیف شـبیه گرانش موگ رفتـار کرده و با دینامیک کهکشان‌ها و خوشه‌های کهکشانی در توافق است[۱۴].

خوشبختانه در سال‌های اخیر غنای داده‌های تجربی در کیهان‌شناسی و نجوم مانند تابش زمینه‌ی کیهانی، مسـاحی‌های مربوط به سـاختارهای بزرگ کیهانی، دینامیک کهکشان‌ها و داده‌های مربوط به همگرایی گرانشی، ایـن امکان را به ما می‌دهـد تا مدل‌های ماده‌ی تاریک یا نظریه‌های مربوط به گرانش تعمیم‌یافته را به راحتی بیازماییم. بدیهی اسـت موفق‌ترین آنها، نظریـه‌ای خواهد بود کـه بتواند توافق خوبی با همـه‌ی آزمون‌های تجربی داشته باشد. تا به حال این امر محقق نشده و در آینده شاید راه‌کاری جامع برای حل مسـئله‌ی ماده‌ی گم شـده پیدا شـود که در این صورت مطمئناً یکی از بزرگ‌ترین اکتشافات علم، در دهه‌ی اخیر خواهد بود. بودن یا نبودن ماده‌ی تاریک، مسئله این است!

مراجع

[1] Allen S W, Evrard A E and Mantz A B, "Cosmological Parameters from Observations of Galaxy Clusters" Annual Review of Astronomy and Astrophysics 49 409–70 (2011).
[2] Rubin, V. C.; Ford, W. K. Jr. (1970). "Rotation of the Andromeda Nebula from a Spectroscopic Survey of Emission Regions". The Astrophysical Journal 159: 379.
[3] Planck Collaboration; Ade, P. A. R. "Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results", arXiv:1303.5062 (2013)
[4] Navarro, Julio F.; Frenk, Carlos S.; White, Simon D. M., "The Structure of Cold Dark Matter Halos". The Astrophysical Journal 463: 563 (1996)
[5] Feng, Jonathan L.; Kumar, Jason, Dark-Matter Particles without Weak-Scale Masses or Weak Interactions, Phys Rev Lett. 101, 1301 (2008).
[6] Milgrom, M. "A modification of the Newtonian dynamics as a possible alternative to the hidden mass hypothesis", The Astrophysical Journal, 270, 365 (1983).
[7] Bekenstein, J. D., "Relativistic gravitation theory for the modified Newtonian dynamics paradigm" Phys. Rev D 70, 3509 (2004).
[8] Angus, G. W., Famaey, B., and Buote, D. A., "X-ray group and cluster mass profiles in MOND: unexplained mass on the group scale", Mon. Not. R. Astron. Soc. 387, 1470–1480 (2008).
[9] Mannheim, P. D. and O'Brien, J. G.,"Fitting galactic rotation curves with conformal gravity and a global quadratic potential", Phys. Rev. D 85, 124020 (2012).
[10] Moffat, J. W., Scalar tensor vector gravity theory JCAP, 3, 4 (2006).
[11] Moffat, J. W., Rahvar, S., "The MOG weak field approximation and observational test of galaxy rotation curves", MNRAS tmp2316 (2013) arXiv. 1306.6383 (2013).
[12] Moffat, J. W., Rahvar, S. MOG Weak Field Approximation: A Modified Gravity Compatible with Chandra X-ray Clusters, arxiv: 1309.5077.
[13] Chicone, C. and mashhoon, B. ,"Nonlocal Gravity: Modified poisson's equation." JMP 53, 042501 (2012).
[14] Rahvar, S. and Mashhoon, B. "Observational test of Nonlocal gravity: Galaxy rotation curves and cluster of galaxies" , in preparation.

زیرنویس:

1. Zwicky
2. Rubin
3. Wikipedia
4. Abell cluster
5. NASA از تصاویر عمومی در آرشیو
6. Bullet cluster
7. NASA از تصاویر عمومی در آرشیو
8. http://planck.ipac.caltech.edu
9. Low Surface brightness (LSB) galaxies
10. Wikipedia
11. MOND: Modified Newtonian Dynamics
12. Milgrom
13. Bekenstein
14. Weyl tensor
15. John Moffat
16. MOG

بازتاب

اولین مجله‌ی پژوهشی فیزیک ایران

سید محمد امینی
دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی اصفهان

حدود بیست سال است که بنیاد اولین مجله‌ی پژوهشی خاص فیزیک، در ایران نهاده شده است. به این مناسبت پاره‌ای از تجربیات این دوره را با خوانندگان در میان گذاشته تا چراغ راهی برای رهروان تازه باشد و گردانندگان فعلی مجله نیز از پیشنهادهای سازنده‌ی خوانندگان بهرمند شوند.

مقدمه

از من خواسته شد مطلبی برای فیزیک روز بنویسم، موضوع آن هم در مورد مقاله‌های پژوهشی در نشریات ایرانی باشد. پذیرفتم اما نمی‌دانستم کار مشکلی پیش رو دارم، این مقاله قرار نیست حاصل یک کار پژوهشی یا جمع‌بندی داده‌های گردآوری شده باشد، بلکه تمرکز آن بر نزدیک به بیست سال انتشار مجله پژوهش فیزیک ایران و تجربیات اندوخته شده در این وادی است. این کار همانند فرستادن داوران یک مسابقه‌ی فوتبال به وسط میدان برای بازی کردن است، امیدوارم از پس کار برآیم.

تاریخچه

در حدود بیست سال پیش، انجمن فیزیک ایران تصمیم گرفت تا یک مجله‌ی پژوهشی ویژه‌ی فیزیک را بنیاد کند. پیش از آن در ایران چند مجله‌ی علمی وجود داشت که می‌شد مقاله‌های پژوهشی فیزیک را در آن منتشر کرد مانند مجله‌ی علوم و تکنولوژی (دانشگاه شیراز) و علوم (وزارت عتف) که به زبان انگلیسی منتشر می‌شدند و چند مجله علوم فارسی نیز در چند دانشگاه منتشر می‌شد که همگی جنگی از مقاله‌های چند رشته نامتجانس، مانند فیزیک، زیست‌شناسی، ... بودند.

تصمیم ایجاد یک مجله‌ی پژوهشی خاص رشته‌ی فیزیک در آن زمان، نوآوری بحث‌انگیزی بود. عده‌ای انتشار مجله‌ی پژوهشی فیزیک را خارج از توانایی جامعه‌ی فیزیک ایران می‌دانستند و گروهی نیز زبان فارسی را برای این مجله به اندازه‌ی کافی توانمند نمی‌دانستند. بالأخره در سال ۱۳۷۴ اولین شماره‌ی این مجله با ۶ مقاله به زبان فارسی منتشر شد، با وجودی که مشکلات متعددی سر راه بودند[۱] زمان‌سنجی بخردانه‌ی انجمن یعنی اندکی پس از گسترش کمی و کیفی تحصیلات تکمیلی و ایجاد دوره‌های دکتری در بعضی از دانشگاه‌های ایران، زمان مناسبی برای این مجله بود. ناگفته نماند که دایر کردن یک مجله ویژه‌ی انتشار مقالات پژوهشی فیزیک فقط قدم اول است و تا رسیدن به هدف، راه طولانی است.

مجله با انتشار ۲ شماره در سال، کار را آغاز کرد و برای جذاب کردن مجله، چکیده‌ی مقالات پژوهشی فیزیک‌پیشگان ایرانی که در نشریات بین‌المللی به چاپ رسیده بود را نیز در هر شماره منتشر می‌کرد. متذکر می‌شوم که در آن زمان اینترنت وجود نداشت و ابزار غالب برای اطلاع‌رسانی پژوهشی همان نشریات کاغذی بود.

کارها آن‌گونه که ما فکر کرده بودیم پیش نرفت. پس از انتشار اولین شماره در سال ۷۴، شماره‌ی دوم با دیرکرد بیش از یک سال منتشر شد. به دلایلی چون: تولید کم مقاله، کم‌تجربگی داوران و هیئت ویراستاران، محدودیت امکانات ناشر در آن زمان (انجمن)، ... .

در اواخر سال ۷۶ با قراردادی، انتشار مجله بین انجمن و دانشگاه صنعتی اصفهان به اشتراک گذاشته شد و از این تاریخ مشکلات اجرایی انتشار کمتر شد ولی هنوز کمبود مقاله، داور و تجربه را داشتیم.

برای بیشتر کسانی که از طرف انجمن با عنوان هیئت ویراستاران مجله انتخاب شده بودند، این کار تازه‌ای بود. همگی تجربه‌ی نوشتن چندین مقاله و احیاناً چند داوری را برای مجله‌های بین‌المللی داشتند ولی نیاز به

تجربه‌اندوزی بیش‌تر را نمی‌توان نادیده گرفت. شاید بتوان گفت پنج سال پس از فراخوان اولیه، کارها به روال عادی رسید.

در جدول زیر، آمار مقاله‌های دریافتی و پذیرفته شده و چاپ شده برحسب سال نشان داده شده است. اطلاعات این جدول نشان می‌دهد که در سال‌های اول با کمبود مقاله‌های دریافتی روبه‌رو بودیم. ولی قرار بود که هیئت ویراستاران، خود در سال‌های اول هیچ مقاله‌ای به مجله ارائه نکنند.

پس از انتقال دفتر مجله به دانشگاه صنعتی اصفهان و از بین رفتن مشکلات اولیه و نیز گرفتن درجه‌ی علمی- پژوهشی باعث شد تا مقاله‌های بیشتری دریافت شود و از این زمان توجه هیئت ویراستاران به کیفیت معطوف شد. رفته‌رفته فیزیک‌پیشه‌ها برجسته‌ی کشور قانع شدند تا نتایج خود را به این مجله نیز بدهند. تا زمانی که زبان مجله فارسی بود، داوران فقط به داوران فارسی زبان داخل و خارج کشور محدود می‌شدند. از سال ۱۳۷۸ که تصمیم به پذیرش مقاله به زبان انگلیسی گرفته شد، امکان استفاده از داوران بین‌المللی نیز فراهم شد.

چند سال پس از راه‌اندازی مجله‌ی پژوهش فیزیک ایران تعداد مجله‌های پژوهشی با رشد سالیانه‌ی خوبی روبه‌رو شدند. مراجعه به پایگاه داج[۲] نشان می‌دهد که نشریات علمی ثبت شده‌ی ایرانی در این پایگاه، با سرعت زیادی افزایش می‌یابد. این خبر خوش‌آیند و قابل تأمل است که جایگاه ایران مرتب در حال بهبود است. تا اواخر تابستان ۹۲ ایران با ۲۵۱ نشریه که ۹۷ عدد آن در سال ۲۰۱۳ میلادی ثبت شده در مکان دوازدهم جهان قرار گرفته است. باید به آن افتخار کنیم، ولی مبادا بعضی از این نشریات برای بالا رفتن آمار، درست شده باشند. آیا نشریاتی داریم که انگیزه‌ی پدیدآورندگانشان خدمت نباشد؟

تعریف مقاله‌ی پژوهشی

برای جوانان تازه‌کاری که می‌خواهند اولین مقاله‌ی پژوهشی خود را بنویسند مدتی طول می‌کشد تا با چم‌وخم کار آشنا شوند. بارها برای نویسندگان جوان یک مقاله‌ی پژوهشی، این نکته را گفته‌ام که دانشجویان ما مهارت خوبی در حل مسأله دارند، منتها باید صورت مسأله را به آنها داد. اگر بگویی برو مسأله‌ای را حل کن که خودت اول صورت مسأله را مطرح می‌کنی موضوع سخت می‌شود و در همه‌ی موارد، موضوع پژوهش یک چالش اساسی است. به‌ویژه در علوم‌پایه، پژوهشگر می‌خواهد ادعا کند مسأله‌ای را که در یک زمینه‌ی علمی وجود دارد، حل کرده یا در مورد راه حل‌های آن تفکری عمیق داشته و برای نزدیک شدن به حل آن پیشنهادهای منطقی دارد، باید خواننده را قانع کند که موضوع را می‌شناسم و به زوایا و ریزه‌کاری‌های آن آگاهم. در شاخه‌های کاربردی می‌توان به مسائل محلی یا نیازهای زمان پرداخت؛ اما مخاطبان فیزیک و علوم‌پایه همه‌ی دانش‌پژوهان دنیا هستند وقتی می‌گوییم این مسأله تاکنون حل نشده، باید از کارهای انجام شده در همه‌ی دنیا آگاه باشیم، به‌خصوص از مطالعات جدید. مهم‌ترین کمک استاد راهنما به دانشجو در همین نقطه است. کسی که بیشتر راه‌ها را رفته و از پیچ‌وخم‌ها و یافته‌های جدید آگاه است از بی‌راهه رفتن شاگرد می‌کاهد، هرچند اندکی از این بی‌راهه رفتن، نمک کار است که باعث خوش‌مزگی است.

قرار بود در مورد مقاله‌ی پژوهشی صحبت شود، نه چگونه، تحقیقی را آغاز کنیم. مقدمه از بخش‌های ضروری یک مقاله است. در این بخش است که به بیان مسأله پرداخته می‌شود. از دانسته‌ها و ندانسته‌های موضوع صحبت می‌شود و اینکه چرا این مطلب قابل تأمل است. باید خواننده قانع شود که نویسنده از مطلب به خوبی آگاه است و آخرین پیشرفت‌های موضوع را موشکافانه مطالعه کرده و نقاط ضعف و قوت کارهای این زمینه را با دقت و وسواس بررسی کرده است. برای اثبات این مطلب باید به تعدادی از مراجع تازه و اساسی که صاحب‌نظران در مجله‌های خوش‌نام نوشته‌اند ارجاع داد.

جدول توزیع تعداد مقاله‌های دریافتی مجله پژوهش فیزیک ایران و وضعیت آنها بر حسب سال تا آخر خرداد ماه ۱۳۹۲

سال	مقاله دریافتی	پذیرفته شده	پذیرفته نشده	چاپ شده
۱۳۷۳	۴	۱	۳	-
۱۳۷۴	۲۵	۱۰	۱۵	۶
۱۳۷۵	۱۲	۷	۵	-
۱۳۷۶	۹	۶	۳	۱۱
۱۳۷۷	۱۲	۱۰	۲	۱۰
۱۳۷۸	۲۷	۱۶	۱۱	۱۱
۱۳۷۹	۲۸	۱۸	۱۰	۱۲
۱۳۸۰	۴۳	۱۸	۲۵	۱۶
۱۳۸۱	۴۴	۲۲	۲۲	۱۸
۱۳۸۲	۵۰	۲۸	۲۲	۲۳
۱۳۸۳	۵۶	۳۴	۲۲	۲۴
۱۳۸۴	۷۴	۳۳	۴۱	۳۹
۱۳۸۵	۸۵	۴۸	۳۷	۵۱
۱۳۸۶	۹۶	۵۱	۴۵	۳۲
۱۳۸۷	۱۱۳	۵۹	۵۴	۳۹
۱۳۸۸	۱۰۶	۵۴	۵۲	۶۳
۱۳۸۹	۱۲۷	۵۵	۷۲	۶۰
۱۳۹۰	۲۱۲	۵۴	۱۴۳	۵۱
۱۳۹۱	۲۲۲	۲۴	۱۲۷	۵۳
۱۳۹۲	۶۸	-	۱۷	۱۳
جمع	**۱۴۱۳**	**۵۴۸**	**۷۲۸**	**۵۳۲**

نویسنده، ضمن اینکه با توضیح صورت مسأله میزان آشنایی یا تسلط خود را به موضوع نشان می‌دهد، باید جانب امانت و صداقت را رعایت کرده و به صراحت یا در لفافه ادعای کاری را نکند که مربوط به دیگری است.

نویسنده هر جا از نتایج یا گفته‌های منتشر شده‌ی خود یا دیگری استفاده کرد، لازم است به صراحت مرجع آن را مشخص کند. باید دلیل خود را به انجام این پژوهش بیان کند و بداند چرا می‌خواهد در مورد آن، مقاله‌ای بنویسد. آیا یافته‌های او آن‌قدر هست که ارزش گزارش داشته باشد؟ آیا این گزارش مشکلی را حل می‌کند یا فایده‌ای دارد؟

نویسنده پیش از آغاز به نوشتن باید بداند که مقاله را برای انتشار در کجا می‌نویسد. حتماً باید نوشته‌ی ما از نظر سبک، اندازه، سیاق ارجاع دادن، بخش‌بندی و... با نشریه‌ی هدف، تناسب داشته باشد. برای این کار باید راهنمای نویسندگان را خوانده باشد و به تعدادی از مقاله‌های منتشر شده در نشریه توجه ویژه کند. داوران، مقاله‌هایی را که بی‌دقت و شلخته نوشته شده‌اند نمی‌پسندند، آنها ممکن است گمان کنند در کار پژوهشی نیز دقت کافی نشده باشد. در هر حال ما با نوشته‌ی خود می‌خواهیم خواننده را قانع کنیم ما کاری کرده‌ایم که می‌تواند برای دیگری آموزنده باشد.

مقاله نوشتن با نوشتن پایان‌نامه متفاوت است. منظور از نوشتن پایان‌نامه نشان دادن انجام وظایف پژوهشی و توانایی ارائه‌ی کتبی و شفاهی آن است اما در نوشتن مقاله باید ویراستاران مجله و داوران را قانع کنیم که یافته‌های ما ارزش انتشار عمومی را دارد.

ارکان یک نشر علمی

هنگامی که از نشریه‌ای علمی رضایت داریم، باید از پدیدآورندگان مقاله‌های منتشر شده در آن سپاسگزاری کنیم. این ارکان شامل نویسندگان مقاله، هیئت ویراستاران، داوران و ناشر است.

نویسنده باید پیش از فرستادن مقاله، آن را با دقت وارسی کند آیا مطلب قابل گزارش کردن است؟ آیا دستورهای مجله برای روش نگارش رعایت شده آیا پیش از فرستادن مقاله به مجله، کسی آن را با دید انتقادی خوانده است؟ برای دانشجویان مناسب‌ترین فرد استاد رهنما است. آیا با همان وسواس و دقتی که برای نشریات بین‌المللی مقاله را آماده می‌کند، مقاله‌ی خود را موشکافی کرده‌است؟ یادمان باشد که داوران قرار نیست مقاله را تصحیح کنند آنها نوشته را داوری می‌کنند. اگر در دانشگاه استاد راهنما همه‌ی اشکالات نوشته را گوشزد و اصلاح می‌کند، اینجا چنین نیست.

عضو هیئت ویراستاران هر مجله باید از توانمندی و تجربه‌ی کافی برخوردار باشد و هدفش بالا بردن سطح علمی جامعه باشد تا ارتقای استخدامی خودش. او باید منصف و استوار باشد، بتواند به دوست و آشنا جواب منفی بدهد و نوشته‌های خود را در نشریه خودش کمتر منتشر کند. باید به جوانان میدان دهد. انتخاب داوران نباید به گروه کوچکی محدود شود و همواره در پی گسترش تعداد داوران مجله باشد.

در حال حاضر داوری یکی از چالش‌های مجله‌های علمی است و بیشتر دیرکردهای رسیدگی به مقاله‌ها از این ناحیه است. هیئت ویرستاران دوست دارند که هر مقاله را بر اساس توصیه‌ی یک یا چند صاحب‌نظر در موضوع بپذیرند یا نپذیرند. اما در این راه، مشکل‌ها زیاد است. در خیلی از موضوع‌ها جمعیت داوران فارسی‌زبان کم است ممکن است همه‌ی این جمعیت اندک را با تخصص آنها به درستی نشناسیم. همه‌ی این‌ها به کنار، عده‌ای هم حاضر نیستند داوری را بپذیرند، گروهی برای مجله‌های فارسی‌زبان داوری نمی‌کنند و کسانی هم هستند که فقط اگر مقاله، درست در تخصص آنها باشد، آن را داوری می‌کنند.

در بیشتر نشریات داخلی برای ترغیب داوران، وجوهی پرداخت می‌شود اما این روش در هیئت ویراستاران مجله و هیئت مدیره‌ی انجمن فیزیک ایران پسندیده نیست. شاید سالم‌ترین تصمیم‌ها همان الگو قرار دادن مجله‌های تراز اول باشد. دیده‌ایم محافل علمی در مورد مجله‌های کم‌محتوا با چاپ و کاغذ نفیس چه می‌گویند.

از اواسط سال ۸۹ سامانه‌ی الکترونیکی مجله‌ی پژوهش فیزیک ایران راه‌اندازی شد. به گونه‌ای‌که در این سامانه ثبت شده، از آن تاریخ تا تنظیم این نوشته (مهر ۹۲)، تعداد مقاله‌هایی که ۲۳ نفر از داوران مجله داوری کرده‌اند، دو رقمی است. این نوع آمارها دلگرم‌کننده است و نشان می‌دهد جامعه فیزیک ایران می‌خواهد و می‌تواند مجله‌ی پژوهشی نزدیک به استاندارد جهانی داشته باشد. چند جمله هم با داوران جوان بگویم: لازم است داور با مجله و استاندارد مقاله‌هایش آشنا باشد و لازم است گزارش داور، مشروح و شامل دو بخش باشد: بخشی مربوط به راهنمایی ویراستاران است که در آن به معرفی مقاله، تازگی و مورد توجه بودن مطلب و مواردی می‌پردازد که ضمن آن میزان تسلط داور به این مطلب روشن می‌شود. بخش دوم گزارش خطاب به نویسنده نوشته می‌شود و داور انتقادها و ایرادها را پس از تشویق و تأیید نکات مثبت کار، می‌آورد. در داوری ضمن اینکه قضاوتی در پذیرش یا رد مقاله داریم، از آموزش و یاددادن به نویسندگان و ویراستاران نباید غافل شد.

در داوری ضمن اینکه قضاوتی در پذیرش یا رَد مقاله داریم، از آموزش و یاد دادن به نویسندگان و ویراستاران نباید غافل شد.

ناشر و نشر

پس از پذیرش مقاله تا ظاهر شدن آن در نشریه، خواه به شکل چاپ یا الکترونیکی، مراحلی باید طی شود. بد نیست به پاره‌ای از آنها اشاره شود.

در مجله‌های انگلیسی زبان هر مقاله پس از پذیرفته‌شدن کار چندانی برای چاپ لازم ندارد. نرم‌افزارهای توانمندی وجود دارند که نوشته را از نظر املایی و دستورزبانی وارسی می‌کند و برای اصلاح پیغام می‌دهند. اگر نویسنده مراجع را به ترتیب ننوشته باشد، یا مرجعی از قلم افتاد یا اضافه وارد شد یا سبک ارجاع دادن مجله رعایت نشد، همه را تشخیص می‌دهد. خلاصه اینکه در امر انتشار کارهای متعددی به عهده‌ی ماشین گذاشته شده و یک ویراستار فنی عملاً فقط کیفیت شکل‌ها یا اندازه‌ی آنها را بررسی می‌کند. در انتشار به زبان فارسی از این امکانات خبری نیست همه‌ی کارها و بیش از این را باید یک ویراستار فنی و ادبی با دقت بررسی کند. غالب نویسندگان ما کم‌دقت هستند و ابزارهای در اختیار نیز کم‌توانند. اگر مواظبت نشود، مجله‌ای بی‌کیفیت منتشر خواهد شد.

ما هنوز برای نوشتن فارسی، آیین نگارش استاندارد و مورد پذیرش عموم نداریم. پردازشگران فارسی نیز کم‌توانند و انتخاب واژه‌های تخصصی، خود می‌تواند موضوع جلساتی در چند ماه یا چند سال شود. بدیهی است نویسندگان مقالات در این موارد سلیقه‌ی متفاوت دارند، اما ما مجاز نیستیم

در یک شماره‌ی مجله برای یک مفهوم، دو یا چند واژه‌ی متفاوت به کار بریم یا یک واژه را به چند شکل بنویسیم. کسی باید این نظارت و ویرایش را انجام دهد. مگر یکی از رسالت‌های مجله، ترویج، پاس‌داشت و صیقل زبان فارسی علمی نیست؟

به نویسنده باید گفت در استفاده از جدول و نمودار دچار افراط یا تفریط نشود. اگر نتایج کار پژوهشی، فقط چند عدد است لازم نیست آنها را با نمودار یا جدول نشان دهیم درحالی که وقتی جواب‌ها متعدد است، استفاده از نمودار کمک به روشن‌شدن گفته‌ی ما می‌کند. تا جایی که امکان دارد باید نمودارها در هم ادغام شوند و صفحات مقاله را نباید با گفته‌های غیرضروری و تکراری زیاد کنیم.

بیشتر این موارد را داوران تذکر می‌دهند ولی وارسی و یک‌دست کردنش به عهده‌ی ویراستار است. نویسندگان انتظار دارند که نوشته‌هایشان با سرعت و دقت رسیدگی شود و خوانندگان می‌خواهند مجله‌ای با کیفیت خوب ببینند. ناشر می‌تواند به برآورده شدن این انتظارات کمک کند.

در حال حاضر داوری یکی از چالش‌های مجله‌های علمی است و بیشتر دیرکردهای رسیدگی به مقاله‌ها از این ناحیه است. هیئت ویرستاران دوست دارند که هر مقاله را بر اساس توصیه‌ی یک یا چند صاحب‌نظر در موضوع بپذیرند یا نپذیرند. اما در این راه، مشکل‌ها زیاد است.

درگیری‌های امروز ما

در حدود بیست سال پیش که در انجمن فیزیک عده‌ای تصمیم گرفتند تا مجله‌ای با مشخصات گفته شده را منتشر کنند، کسانی بودند که با اصل انتشار مجله‌ی پژوهشی فیزیک یا انتشار به زبان فارسی موافق نبودند. بسیاری از این مباحث در گذر زمان پاسخ خود را گرفته است. امروزه کمتر کسی است که نیاز به انتشار مجله‌ی پژوهشی را نپذیرد بیشتر دست‌اندرکاران، وجود نشریات فارسی و انگلیسی را مکمل یکدیگر و لازمه‌ی توسعه‌ی علمی و فنی کشور می‌دانند.

آیا حد تخصصی مجله مناسب است؟ روزی که تصمیم گرفته شد به جای مجله‌ی علوم و تکنولوژی یا علوم، مجله‌ای با عنوان فیزیک منتشر شود، تصمیمی به‌جا و آینده‌نگری بود. اما این گفته تا چه تاریخی معتبر است، جواب را آینده می‌دهد. نیاز جامعه و پیشرفت‌های علمی کشور می‌تواند در پاسخ ما اثر کند. این اتفاق و تخصصی‌شدن مجله‌های پژوهش بین‌المللی را نیز دیگران تجربه کرده‌اند. پس از پیدایش یک شاخه‌ی جدید علمی، مجله‌های مربوط به آن منشعب شده یا مجله‌هایی متولد شده است. مهم این است که سنت موجود عقلانیت در انجمن فیزیک ایران حاکم باشد. همواره بتوانیم نظر خود را بیان کرده و دلایل مخالفان را هم بشنویم و تصمیم‌ها بر خرد جمعی استوار باشد. این روش‌ها منحصر به انجمن فیزیک ایران و در خصوص یک نشریه‌ی علمی باقی نمی‌ماند، حتماً به جامعه‌ی اطراف نفوذ خواهد کرد.

مهم‌ترین چالش‌های امروز، تأخیر در داوری‌ها و حرفه‌ای نبودن پاره‌ای از داوری‌هاست که می‌توان امید داشت با بزرگ‌شدن جامعه‌ی فیزیک ایران و یافتن روش‌هایی، داوران بیشتری را ترغیب به این کار کرد.

مشکل نوظهور، پدیده‌ی افزایش بداخلاقی علمی است. مورد بد اخلاقی علمی در نوشته‌های پایان‌نامه و مقاله‌ها را به کرّات دیده و شنیده‌ایم در خیلی از دانشگاه‌ها برای مقابله با این مشکل اعم از جعل، فریب، تقلب و انتحال اقدامی کرده‌اند یا در دست دارند. انجمن فیزیک ایران نیز کمیته‌ای را به بررسی این موارد گمارده است و آیین‌نامه‌ای تدارک دیده[۳] و جلسات منظمی برگزار می‌کند. مجله پژوهش فیزیک ایران نیز مدتی است با این مشکل در نبرد است. مواردی وجود داشته که داوران در هنگام داوری به کپی بودن بخشی از مقاله از نوشته‌های نویسنده یا دیگری اشاره کرده‌اند. بعضی از نویسنده‌ها گمان می‌کنند، برگرفتن بخشی از نتایج منتشر شده‌ی خودشان وقتی به انگلیسی چاپ شده بی‌اشکال است. علاوه بر مقاله‌هایی که در مرحله‌ی داوری تشخیص داده شده و پذیرفته نشده‌اند، مواردی را نیز پس از نشر متوجه شده و از مجله حذف کرده‌ایم.

بدترین مورد، یک باند جاعل چند نفری بود که متجاوز از چهل مقاله از مجله را ترجمه کرده و به مجله‌های بین‌المللی فرستاده بودند. این عده یک نشانی جعلی برای خود نوشته بودند و احتمالاً سوء استفاده‌ی مالی نیز در میان بوده است. ابعاد مشکل، بزرگ‌تر از یک مشکل پنهان در بعضی از دانشگاه‌های انتفاعی است. کم و بیش آن را می‌توان در همه‌ی مؤسسات و از سطوح پایین آموزشی تا سطوح خیلی بالا و سیاسی دید. گماردن بعضی نااهلان در مناصب بالای آموزشی یا پژوهشی نیز به مشکل دامن زده است. این مورد، اثر منفی بر وجهه‌ی علمی ایران و دانش‌پژوهان ایرانی در محافل جهانی داشته است. برای مقابله با آن باید کارهای جدی انجام دهیم تا به مرور خسارات وارد شده ترمیم شود.

می‌توان گفت هم‌اکنون پژوهش و نشریات پژوهشی از مرز کودکی گذشته و به نوجوانی رسیده‌اند در این زمان است که بیشتر به نظارت احتیاج دارند.

انجمن فیزیک ایران با انتخاب مناسب هیئت ویراستاران مجله، اولین قدم را در این راه برداشته است. مجله‌ی پژوهش فیزیک در بدو انتشار اعلام کرده بود مقاله‌های مربوط به فیزیک و رشته‌های وابسته را برای چاپ بررسی می‌کند. به مرور این دامنه تنگ‌تر شد و در حال حاضر فقط مقاله‌هایی بررسی می‌شوند که فیزیک یا نجوم هستند. در زمینه‌هایی که هیئت ویراستاران مجله با مطلب بیگانه باشند یا داورانی را نشناسند از دریافت و بررسی مقاله‌ها پرهیز می‌کنند، به‌ویژه اگر در آن شاخه مجله‌های فارسی وجود داشته باشد.

می‌خواهم بر این نکته تأکید کنم که رسالت یک مجله‌ی پژوهشی، سمت دادن به پژوهش هم هست. کسانی که این‌گونه مجله‌ها را اداره می‌کنند خیلی بیشتر از سیاست‌مداران و مدیران صلاحیت دارند تا به پژوهش جهت دهند. ما به مرحله‌ای رسیده‌ایم که لازم است پژوهش‌هایمان جهت‌دار شوند و اولویت‌ها را مشخص و اعمال کنیم. مجله‌های علمی نهاد مردمی مناسبی برای کمک به این ضرورت هستند.

مراجع

[1] سید محمد امینی – مجله‌ی پژوهش فیزیک ایران- جلد ۴ شماره ۳ – 227-234 1383-
http://ijpr.iut.ac.ir/browse.php?a_id=257&sid=1&slc_lang=fa.

[2]DOAJ: Directory of Open Access Journals.
http://www.doaj.org/doaj?func=byCountry&uiLanguage=en.

[3] وبگاه انجمن فیزیک ایران- آیین‌نامه‌ی اخلاق علمی
http://psi.ir/html/general/index_f.html

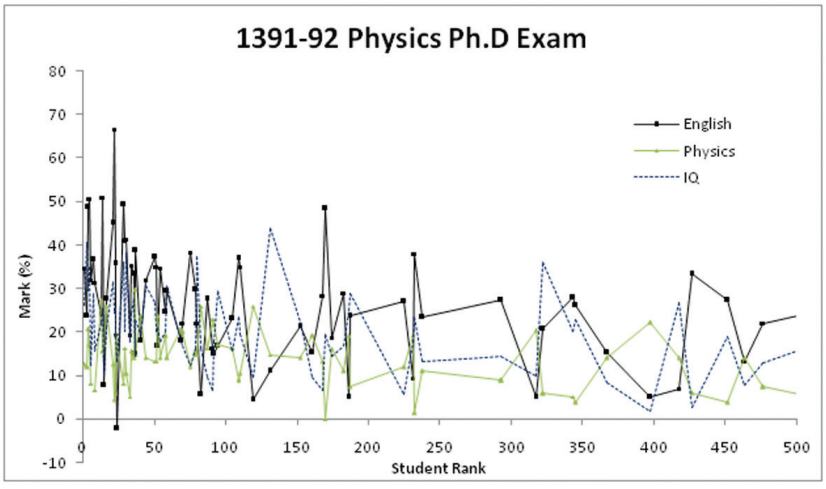
بازتاب

آزمون ورودی دکتری فیزیک

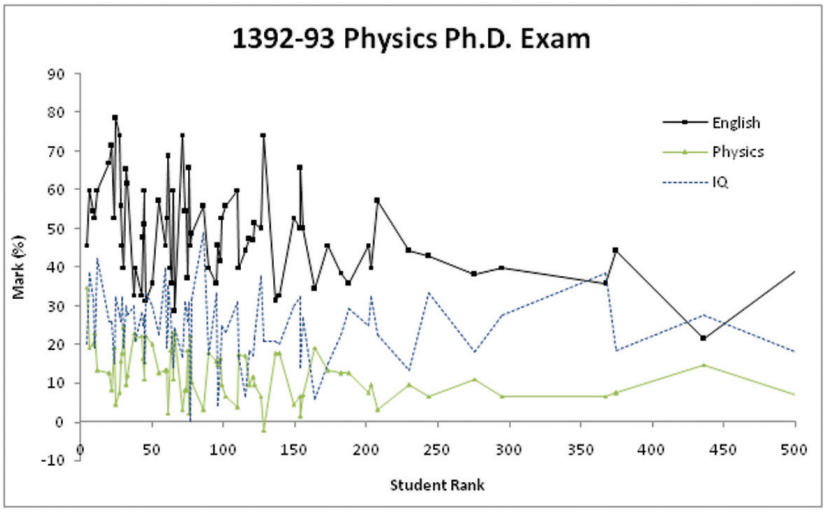
محمدرضا محمدی‌زاده، میرفائز میری
دانشکده فیزیک، دانشگاه تهران

تحلیلی مختصر از دو سال آزمون ورودی دکترای فیزیک،
دعوت‌شدگان به مصاحبه‌ی دانشکده فیزیک دانشگاه تهران (سال‌های ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲)

نتایج نمرات سه آزمون زبان انگلیسی، دروس تخصصی فیزیک و هوش- استعداد تحصیلی برحسب رتبه‌ی دانشجویان معرفی شده برای انجام مصاحبه در دانشکده فیزیک دانشگاه تهران در دو آزمون اخیر (برای سال‌های تحصیلی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲) در شکل‌های ۱و۲ رسم شده‌اند. نمره‌ی درس فیزیک برحسب رتبه، تقریباً ثابت است. درحالی‌که نمره‌ی زبان انگلیسی شیب ملایمی برحسب رتبه دارد. بنابراین به نظر می‌رسد دروس تخصصی فیزیک، نقش کمتری در تعیین رتبه‌ی نهایی دانشجوی رشته‌ی فیزیک داشته‌اند و درس زبان انگلیسی نقش مهم‌تری ایفا نموده است! امید است با بررسی این مسئله در سایر رشته‌ها و همچنین برای همه معرفی‌شدگان به مصاحبه در هر رشته، در صورت عمومی بودن اشکال، با تصحیح امتحان ورودی سال ۹۴-۱۳۹۳ و پس از آن، دانشجویانی که دانش تخصصی بیشتری در هر رشته دارند حائز رتبه‌ی بهتری شوند و دروس زبان انگلیسی و هوش- استعداد تحصیلی تعیین‌کننده اصلی نباشند. پرواضح است که زبان انگلیسی برای دانشجوی دکترای تخصصی بسیار مهم است ولی نه مهم‌تر از دروس تخصصی رشته‌ی خودش.



شکل۱- نمرات سه آزمون زبان انگلیسی، دروس تخصصی فیزیک و هوش- استعداد تحصیلی برحسب رتبه‌ی دانشجویان معرفی‌شده برای انجام مصاحبه در دانشکده فیزیک دانشگاه تهران در آزمون ورودی سال تحصیلی ۹۲-۱۳۹۱



شکل۲- نمرات سه آزمون زبان انگلیسی، دروس تخصصی فیزیک و هوش- استعداد تحصیلی برحسب رتبه‌ی دانشجویان معرفی‌شده برای انجام مصاحبه در دانشکده فیزیک دانشگاه تهران در آزمون ورودی سال تحصیلی ۹۳-۱۳۹۲

از تولید شیشه‌ی اپتیکی تا تعمیر میکروسکوپ

مصاحبه با آقای کمال کثیری‌ها، تولیدکننده‌ی قطعات اپتیکی

مصاحبه و تنظیم: حُسنی مقاری

کارگاه تولید قطعات اپتیکی

کمال کثیری‌ها، متولد سال ۱۳۴۳، دوره‌ی کارشناسی فیزیک را در دانشگاه صنعتی شریف گذراند و بلافاصله فعالیت خود را در زمینه‌ی اپتیک آغاز کرد. او در سال ۱۳۷۳، با برگزاری اولین دوره‌ی شش ماهه‌ی آموزش عینک‌سازی، همکاری خود را با انجمن فیزیک ایران آغاز و در ادامه‌ی این همکاری در سال ۱۳۷۶ دوره‌ی کاردانی اپتیک را تدوین کرد.

لطفاً کمی از کارتان بگویید، اینکه چگونه آن را آغاز کردید و چه شد پس از کارشناسی فیزیک، به سراغ قطعات اپتیکی رفتید؟

وقتی فارغ‌التحصیل شدم و حتی در دوران تحصیل به اپتیک علاقه داشتم و اینکه می‌دیدم در دانشگاه به اپتیک اهمیت داده نمی‌شود مرا ناراحت می‌کرد. پس از فارغ‌التحصیلی بلافاصله وارد بازار کار شدم و ادامه تحصیل ندادم. چون می‌دانستم بازار در همین حد به این توانایی‌ها نیاز دارد. سعی می‌کردم هر کاری در زمینه‌ی اپتیک انجام دهم. در نهایت احساس کردم قطعات اپتیکی مانند عدسی و منشور قطعاتی هستند که هر کس بخواهد در این زمینه کار کند به آنها نیاز دارد. در بازار گشتم و دیدم بضاعت کشور در این قسمت بسیار کم است. پس سعی کردم این کمبود را جبران کنم: توانستم ماشین‌آلات و یک‌سری ابزارهایی فراهم کنم که به وسیله‌ی آنها حداقل نیازها برآورده شود.

وقتی به صورت عملی این توانایی در من ایجاد شد، توانستم کارهای بیشتری انجام دهم. می‌توانستم محفظه‌های کروماتوگرافی درست کنم. این کار، اپتیک نبود بلکه بیشتر کار با شیشه بود. مقدار زیادی از کارهایی که انجام می‌دهم اپتیک نیست. چون نگاه فیزیکی به کار داشتم، با ابزاری که داشتم طوری کار می‌کردم که کاربردش عجیب‌وغریب‌تر می‌شد.

تخصص شما دقیقاً چیست؟

بعضی از شرکت‌ها، قطعات اپتیکی را با دید کاربرد نظامی تولید می‌کنند که کارشان بسیار هم خوب و دقیق است. جایگاه کار من، کاربردهای دم‌دستی مشتری‌ها و دانشجوهاست، مثلاً آنها برای کارهای تحقیقاتیشان عدسی یا آیینه می‌خواهند و من آن را تولید می‌کنم. وقتی کار اپتیک را آغاز کردم، یک‌باره یک‌سری درخواست به سراغم آمد، مثلاً یکی از

درخواســت‌ها، تعمیــر قطعات اپتیکی بــود. عده‌ای نیازشــان این بود که سیســتم برایشان طراحی شود.عده‌ای قطعه می‌خواستند و عده‌ای مشاوره و عده‌ای نیز آموزش می‌خواســتند. به‌طور مثال مدتی است مرکز آموزش اتحادیــه‌ی عینک‌ســازان را اداره می‌کنــم و دوره‌هــای آموزشــی تدوین کرده‌ایم[1].

یکی دیگر از شــاخه‌های مرتبط با فیزیک کــه کار کردم و خیلی هم خوب بود، ســاخت و تولید لوازم آزمایشــگاهی و لوازم آموزشی برای دانشگاه‌ها و مــدارس بود که کاری وســیع بود. برای آموزش نور در مدارس، بســته‌های آموزشــی آزمایشگاهی درســت کردیم یا مثلاً برای دانشگاه‌ها منشور فرنل، عدســی نیوتــن و خیلی قطعات دیگــر. کار دیگر من آمــوزش فیزیک بود. همه‌ی چیزهایی که خودم تجربه می‌کردم و یاد می‌گرفتم را درس می‌دادم؛ به‌علاوه‌ی قسمت‌هایی که مربوط به اپتیک نبود. چنین خلائی وجود داشت. برای هرکدام از این مقوله‌ها این‌قدر بازار کار بود که گاهی گیج می‌شدم که میکروسکوپ‌های دانشکده‌ی زمین‌شناسی را تعمیر کنم یا سر کلاس درس دهم و یا ســفارش کارخانه‌ی مس کرمــان را جلو ببرم. خلاصه اینگونه من یک آچارفرانســه شدم. البته هرکدام از این کارها یک تخصص است و افراد باید در تخصص خودشان کار کنند.

از استادهای دانشگاه یک خواسته دارم و آن اینکه بدانند قرار نیست همه‌ی مخاطبانشان محقق فیزیک شوند. فرض کنند بعضی از آنها می‌خواهند معلم شوند، بعضی صنعتگر و حتی ممکن است یک دانش‌آموخته‌ی فیزیک، خانه‌دار شود. بنابراین کمی هم فیزیک را با دید کاربردی و مسائل روزمره‌ی زندگی، آموزش دهند. سر کلاس، فیزیک درس دهند.

مــن روی این موضوع خیلی کار کردم. باید در هر صنعتی چرخه‌ای وجود داشته باشد، از تولیدکننده‌ی ابزار تا صادرکننده‌ی قطعه، یک حلقه از زنجیر کافی نیســت. در ایران در بســیاری از صنایع مثــل اپتیک، چنین زنجیری شکل نگرفته اســت، مثلاً دکتر توسلی با تولید شیشه‌های اپتیکی، داشتند ایجاد آن زنجیر را آغاز می‌کردند، اما مشکلاتی باعث شد ادامه پیدا نکند.

چنین نیازهایی وجود دارد. بســیاری تجهیزات پزشــکی به دلیل داشــتن ایرادهــای خیلــی کوچک در حد پاک کردن یک آیینه، از رده خارج شــده اســت. فقط کافی است کسی این دســتگاه را باز کرده و سرویس کند. این کارها تعریف‌شــده نیســت. به‌جای وقت تلف کردن خودمان باید دنبال این کارها باشیم. مثلاً یک‌سری میکروسکوپ در دانشگاه است که به تعمیر نیاز دارد. دانشــجو خودش باید پیگیر باشد. اگر یک دانش‌آموخته‌ی فیزیک به مرکزی رفت و گفت من می‌توانم میکروســکوپ تعمیر کنم، انتظار نداشته باشد فرش قرمز جلویش پهن کنند، باید سمج بود.

چرا همکار جدیدی نیاوردید که بتوانید همه‌ی این کارها را جلو ببرید؟

آوردن فرد تازه‌کار خیلی ســخت بود. در ایران دوره‌های آموزشــی نداریم. برای یک شــرکت که تجربه‌ی زیادی ندارد خیلی ســخت است که از ابتدا، تولیدِ تجربه، علم، فن و مهارت کند. شاید من، انرژی چنین کاری را نداشتم. از بین کسانی که پیش من آمدند و کار یاد گرفتند، دو نفر این کار را ادامه دادند و الان خودشــان ســفارش دریافت می‌کنند. یکی از آنها دانشــجوی فیزیک و دیگری دانش‌آموخته‌ی کاردانی اپتیک است.

از کاری به این شــکل، استقبال زیادی نمی‌شود. اگر کسی بخواهد وارد کار تخصصی شــود به طور طبیعی باید بابــت توانایی و تخصص درآمد خوبی مطالبه کند، ولی باید بداند که در این نوع کارها نمی‌شــود سریع به درآمد رسید. اگر کسی با صداقت کار کند و توانایی خود را نشان دهد به مرور جا می‌افتد. حتی این فرد را برای سفارشِ کار به یکدیگر معرفی می‌کنند. باید صبور بود و تلاش کرد.

بهتر اســت خیلی هم به دنبال اســتخدام نباشــیم. بیشــتر ما انتظار داریم استخدام شویم. خیام می‌گوید:

در دهــر هرآنکــه نیــم نانی دارد از بهر نشســت آشــیانی دارد
نــه خــادم کس بود نه مخدوم کســی گو خوش بزی که خوش جهانی دارد

جوان‌هــا باید در یکــی از زمینه‌های فیزیک مهارتی بدســت آورده و با آن کسب تجربه و کار کنند.

در ایجاد ارتباط بین فیزیک و صنعت چگونه خود را سهیم می‌کنید؟

هر دانش‌آموخته‌ی فیزیک که بخواهد در زمینه‌ی فیزیک کار کند، تجربیات خود را در اختیارش می‌گذارم و به او می‌گویم کجاها معطل نشــود و از چه مسیری برود. این خدمتی است که می‌توانم به بچه‌های فیزیک ارائه دهم.

آیا ورود شما به این شغل اتفاقی بوده است؟

اصلاً اتفاقی نبود.

آیا فکر می‌کنید امکان مشابهی برای هر فیزیک‌پیشه وجود دارد؟

قطعاً.

آیــا فکر می‌کنید فیزیک را خوب آموخته‌اید و حس می‌کنید بر آن مسلط هستید؟

بلــه ولی بهتر از این هم می‌شــد. اســتادان باید به آموزش بهای بیشــتری بدهند. بعضی از استادها هستند که سر کلاس به دانشجو هیچ نمی‌دهند.

قبول دارم که دانشــجو، دانشجوســت و باید خودش درس را یاد بگیرد. اما اگر دانشــجو، دانشجوســت پس چرا کلاس تشکیل می‌دهند؟ چرا حضور و غیاب می‌کنند؟ چرا وقتش را می‌گیرند؟ اگر دانشجو دانشجوست، استاد هم بگوید من در دفترم نشســته‌ام، از این ساعت تا این ساعت. دانشجو درسش را بخواند و اگر کمک خواست به من مراجعه کند.

همانطور که کم‌فروشــی در میوه‌فروشی هســت، کم‌فروشی در پزشکی هم وجود دارد، در اســتاد دانشــگاه هم وجود دارد. احســاس می‌کنم می‌شــد دانشگاه و کلاس‌های درس برایم مفیدتر باشد.

در بدو ورود به بازار کار، نســبت به داشتن چه مهارت‌هایی احساس کمبود می‌کردید؟

اطلاعــات. دربــاره‌ی قوانین و اینکه چگونه می‌شــود مثلاً بــرای ایجاد یک کارگاه تولیدی یا یک مغازه در صنعت اپتیک، مجوز گرفت. این اطلاعات را نداشــتم و پس از کلی ماجرا متوجه شدم که باید به نزدیک‌ترین صنف، که صنف عینک‌سازان بود مراجعه می‌کردم.

آیا اخبار پژوهش و نوآوری در فیزیک را دنبال می‌کنید؟

نـه منظم، ولی اگر خبری در سـایت‌های خبری ببینـم حتماً به‌طور دقیق مطالعه می‌کنم.

مثلاً وقتی با خبر «مشاهده‌ی ذراتی با سرعت بیشتر از سرعت نور» در رسانه‌ها مواجه شدید، واکنش شما چه بود؟

بعضی اخبار، شـبه‌خبر اسـت که به آنها توجهی نمی‌کنم. شـبه‌خبرها دو دسته‌اند: یک دسته همان موقع مشخص می‌شود اشتباه بوده و در دسته‌ی دیگر، اگر موضوع جدی باشـد متخصصان درسـتی یا نادرستی‌اش را ثابت می‌کنند، آن موقع خبر را دقیق می‌خوانم.

فرصتی برای بحث و تبادل نظر پیدا می‌کنید؟

بله برایش وقت می‌گذارم.

از شـغلتان، از تحصیـل در رشـته‌ی فیزیـک و از درآمدتان راضی هستید؟

از هر سه راضی هستم. به خاطر اینکه کاری است که همراه با فعالیت فکری و جسمی است. این‌طور نیست که فقط پشت میز بنشینم و فقط کار نوشتن یا کار فکری کنم. بلکه لازم است ابزار دست بگیرم و وسیله‌ای را که پیچش قفل شـده با سـختی باز کنم، قطعات را از هم جدا کنم، احیاناً دسـتمال بیـاورم قطعه را با الکل یـا بنزین تمیز کنم. و دوباره گریس بزنم و قطعه را ببندم. اینکه کارم با فعالیت بدنی همراه است خیلی برایم راضی‌کننده است. درعین‌حال مجبورم روی کارم فکر کنم، از تخصص و تجربه‌ام استفاده کنم. از نظر موقعیت اجتماعی هم خوب است.

از تحصیل در فیزیک هم خیلی راضی هسـتم. اینکه من رشته‌ی فیزیک را انتخاب کردم به این خاطر بود که فکر می‌کردم فیزیک رشته‌ای‌ست که به صورت ریز و فنی می‌خواهد جهان ما را تبیین کند. بیان کند چرا جهان به این شکل است و چه نظم و قوانینی پشت آن است. این به ایدئولوژی ما هم مربوط می‌شـود. برای همین این موضـوع خیلی برای من مهم بود. فیزیک می‌تواند گاهی بعضی از اندیشـه‌های اشتباه را اصلاح کند. اگر یک بار دیگر هم از اول آغاز می‌کردم باز هم رشته‌ی فیزیک را انتخاب می‌کردم.

از درآمدم هم راضی هسـتم. هرکسـی که زیاد به‌دنبال علایقش باشـد، در معاش دچار مشـکل می‌شـود، مگر علاقه‌اش معاش او را هـم تأمین کند. حُسـنی که کار من داشـت این بود کـه از درآمد کارم، توانسـتم زندگیم را آبرومنـد اداره کنـم. از این نظر از درآمد شـغلم رضایت دارم. من ثروت به‌دسـت نیاوردم ولی به دنبال ثروت هم نبودم. خوشـبختانه برایم آن‌قدر کارایی داشت که هم لذت ببرم و هم آرامش در معاش داشته باشم.

از هم‌دوره‌ای‌های دانشگاه باخبر هستید؟

اکثر آنها اسـاتید فعلی دانشـگاه هسـتند و یـا در مراکز پژوهشـی، کار می‌کنند. یکی از دوسـتانم هم تاجر آهن شـد. یک‌بار، بار آهنی برایشـان آمـد که ریخته‌گری و برش متفاوتی داشـت و دیگـران آن را قابل‌فروش نمی‌دانسـتند. او متوجه شـد این آهن‌ها با برش‌هایی که خورده‌اند از نظر فیزیکی مقاومـت خاصی دارند. بلافاصله پارامترهایش را درآورده اسـت. می‌دانسـته زوایایی که در لبه‌ها داده‌اند مناسب کار خاصی است. اطلاعات را درآورده و بـار را بـه جایی فروخته اسـت که این آهن‌هـا را برای کار خاصی لازم داشـتند. این توانایی‌ای است که همه جا به کار می‌آید، حتی در تربیت فرزندان. اگر با بچه‌ها فیزیکی برخورد کنید نگاه و تفکر متفاوت و منظمی خواهند داشـت. وقتی مسأله‌ای را حل می‌کنید نظم و نوع حل مسـأله‌ی شما را یاد گرفته و پیاده خواهند کرد. این نگاهِ متفاوت و منظم را فیزیک به شما می‌دهد.

این یک توانایی است که همه جا به کار می‌آید، حتی در تربیت فرزندان. اگر با بچه‌ها فیزیکی برخورد کنید نگاه و تفکر متفاوت و منظمی خواهند داشـت. وقتی مسأله‌ای را حل می‌کنید نظم و نوع حل مسـأله‌ی شما را یاد گرفته و پیاده خواهند کرد. این نگاهِ متفاوت و منظم را فیزیک به شما می‌دهد.

یکی دیگر از هم کلاسـی‌هایم که شاگرد اول دوره بود، کارهای کامپیوتری می‌کند: هم سـخت‌افزار و هم نرم‌افزار. یکی هم دکترای هواشناسی از ژاپن گرفت و اینجا عضو هیئت علمی هواشناسی شد.

آخرین سخن با فیزیک‌پیشگان؟

از استادهای دانشگاه یک خواسته دارم و آن اینکه بدانند قرار نیست همه‌ی مخاطبانشـان محقق فیزیک شـوند. فرض کنند بعضـی از آنها می‌خواهند معلم شوند، بعضی صنعتگر و حتی ممکن است یک دانش‌آموخته‌ی فیزیک، خانه‌دار شود. بنابراین کمی هم فیزیک را با دید کاربردی و مسائل روزمره‌ی زندگی، آموزش دهند. سـر کلاس، فیزیک درس دهند، ما استادی داشتیم که بسـیار برجسـته، دانشـمند و توانا بود ولی می‌گفـت: "اهمیت اپتیک کمتر از کوانتوم اسـت و در دانشـگاه اصلاً نیازی به اپتیک نداریم فقط به خاطر سـیلابس درس‌ها مجبور به درس دادن آن هستیم!". باید جنبه‌های کاربردی و مهندسی فیزیک را آموزش دهیم و بچه‌ها را آگاه کنیم.

دید خوبی وجود ندارد. بعضی اسـاتید فکر می‌کنند از ۴۰ دانشـجوی سـر کلاس، قـرار اسـت ۵ تا محقق فیزیک شـوند و ۳۵تای دیگـر به کارهای پیش‌پاافتاده بپردازند! درحالی‌که ۳۵تای بقیه ممکن اسـت آموزگار شوند و ۴۰ دانشـجوی دیگر را برای شما در مدارس تربیت کنند. پس سطح علمی و فکری دانشجویان بعدی شما را همین دانشجویان فعلی شکل می‌دهند. وقتی این دانش‌آموخته به هر دلیلی نتوانسـته یا نخواسـته در حد دکتری پیـش برود باید بتواند از آموزشِ با کیفیت بهره‌مند باشـد. باید آن‌گونه که نیاز دارد، به او آموزش دهیم.

دانشـجویان نیز باید به جایگاه خودشـان توجه کنند. یک دانش‌آموخته‌ی فیزیک اگر مُقنی هم شود مقنی‌ای خواهد شد که کارش با مقنی‌های دیگر متفاوت می‌شـود. یعنی دید فیزیکی دیدی بنیادی اسـت. فیزیک، نگرشی متفاوت به افراد می‌دهد.

دانشـجویان فیزیک باید از دید فیزیکی‌شـان اسـتفاده کنند. یعنی توانایی خودشـان را در بخشـی که دارند بـاور کنند و با این دید پیـش بروند. آنها می‌توانند طور دیگری به مسائل نگاه کرده و آن را کاملاً متفاوت حل کنند ■

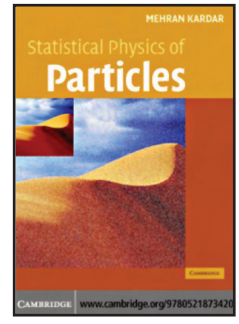
زیرنویس:

۱. پیش‌شماره‌ی فیزیک روز، بهار ۱۳۹۲، صفحه‌ی ۲۱، گزارش از گروه پژوهشی دکتر محمدتقی توسلی

نقد کتاب Statistical Physics of Particles

Mehran Kardar
Cambridge University Press (2007)

کیوان آقابابائی سامانی
دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی اصفهان



در این نوشتار به اختصار به معرفی کتاب فیزیک آماری ذرات نوشته‌ی دکتر مهران کاردر می‌پردازیم و آن را با برخی کتاب‌های هم‌رده‌اش مقایسه می‌کنیم.

دکتر مهران کاردر استاد ایرانی دانشگاه ام‌آی‌تی است و این کتاب بر اساس درس‌نامه‌های او برای درس مکانیک آماری پیشرفته که از سال ۱۹۸۸ در دانشگاه ام‌آی‌تی تدریس کرده است، تهیه شده است. این کتاب، آن‌گونه که در مقدمه‌اش آمده است، برای دانش‌جویان ترم اول کارشناسی ارشد فیزیک تهیه شده ولی توجه دانشجویان برجسته‌ی کارشناسی را نیز جلب می‌کند. همین‌طور دانشجویان رشته‌های دیگر علوم و مهندسی را.

در ادامه، ابتدا به معرفی فصل‌های کتاب می‌پردازیم و سپس به ویژگی‌های کلی کتاب اشاره می‌کنیم و آنها را با برخی کتاب‌های دیگر مقایسه می‌کنیم.

کتاب با مقدمه‌ای بر ترمودینامیک آغاز می‌شود که در آن اصول و قوانین ترمودینامیک به‌شکل خلاصه ولی دقیق مرور شده است. برخی مفاهیم که در فصول بعدی مورد استفاده قرار خواهند گرفت مثل تعادل ترمودینامیکی و انرژی آزاد، و روابط ریاضی بین کمیت‌های ترمودینامیکی مانند انرژی آزاد، آنتروپی، فشار و حجم (یا دیگر متغیرهای شدتی و افزایشی) به‌دست آمده است.

فصل دوم کتاب به نظریه‌ی احتمال اختصاص یافته است. در این فصل متغیرهای تصادفی گسسته و پیوسته تعریف شده و مفاهیم احتمال، احتمال شرطی، تابع چگالی احتمال، تابع توزیع، تابع مشخصه، گشتاور توزیع و انباشتگی‌ها بیان شده و روابط میان آنها به‌دست آمده است. به چند توزیع مهم مانند توزیع نرمال و توزیع پواسون نیز اشاره شده است. همین‌طور متغیرهای تصادفی توأم تعریف شده‌اند و قضایای مهمی مثل قضیه‌ی حد مرکزی و قاعده‌ی اعداد بزرگ بیان و اثبات شده‌اند. در پایان این فصل بخش کوتاهی به بررسی ارتباط میان اطلاعات، آنتروپی و تخمین اختصاص یافته است.

در فصل سوم، نویسنده به نظریه‌ی جنبشی گازها می‌پردازد یعنی «مطالعه‌ی ویژگی‌های ماکروسکوپی تعداد زیادی ذره با شروع از معادلات حرکت (کلاسیک) آنها[1]». در این فصل، فضای فاز تعریف شده و معادله‌ی لیوویل به‌کمک معادلات کانونیک حرکت ذرات، اثبات شده است. در ادامه، معادله‌ی بولتزمن مورد بحث قرار گرفته و قضیه‌ی H و ارتباط آن با بازگشت‌ناپذیری بیان شده است. هم‌چنین شرایط تعادل یک سامانه‌ی ترمودینامیکی و نحوه‌ی رسیدن به تعادل شرح داده شده است.

مکانیک آماری کلاسیک، فصل چهارم کتاب را تشکیل می‌دهد. در ابتدای این فصل، مکانیک آماری به این شکل تعریف شده است: «رهیافت احتمالاتی به ویژگی‌های ماکروسکوپی حالت تعادل تعداد زیادی درجه‌ی آزادی[2]». سپس هنگردهای میکروکانونیک، کانونیک، کانونیک گیبس و کانونیک بزرگ بیان و برای هر کدام مثال‌هایی ارائه شده است، ازجمله سامانه‌ی دو ترازه و گاز ایده‌آل.

فصل پنجم در مورد ذرات دارای برهم‌کنش است. در این فصل، سه روش عمده برای بررسی سامانه‌هایی که از ذرات دارای برهم‌کنش تشکیل شده‌اند بیان شده است: بسط انباشتگی، بسط خوشه و روش‌های وردشی. ضرایب ویریال به‌دست آمده‌اند و به‌عنوان مثال معادله‌ی واندروالس به‌تفصیل مورد مطالعه قرار گرفته است. هم‌چنین مسأله‌ی چگالش با استفاده از نظریه‌ی

میدان میانگین بررسی شده و به رفتار نقطه‌ی بحرانی اشاره شده است.

در فصل ششم، مکانیک آماری کوانتومی، مورد بحث قرار گرفته است. مطالب این فصل عبارتند از: گازهای چندا‌تمی رقیق، ارتعاشات جامدات، تابش جسم سیاه، میکروحالت‌ها و ماکروحالت‌های کوانتومی.

فصل هفتم، آخرین فصل کتاب است. موضوع آن گازهای ایده‌آل کوانتومی است. در این فصل نویسنده ابتدا به فضای هیلبرت ذرات یکسان (تمییزناپذیر) پرداخته است. سپس فرمول‌بندی مسأله، با استفاده از رهیافت کانونیک و کانونیک بزرگ ارائه شده است. در ادامه، رفتار گازهای فرمیونی و بوزونی در نزدیکی دمای صفر مطالعه شده است. در پایان این فصل ابرشارگی هلیم۴ به عنوان یک مثال ارائه شده است.

این کتاب ویژگی‌هایی دارد که آن را بر کتاب‌های مشابه‌اش ممتاز می‌کند. در اینجا به برخی از آنها اشاره می‌کنیم. یکی از نقاط برجسته‌ی کتاب، اختصاص یک فصل کامل به نظریه‌ی احتمال است. در این فصل مفاهیم نظریه‌ی احتمال به‌طور خلاصه ولی دقیق بیان شده‌اند. مطالب این فصل طوری انتخاب شده‌اند که در فصول بعد کاربرد داشته باشند و این کار مانع از آن شده که کتاب طولانی و خسته‌کننده شود. این فصل به درک مطالب فصول بعدی کمک کرده و اثبات برخی قضایا را ساده می‌کند. به‌عنوان مثال می‌توان به استفاده از مفهوم احتمال غیرشرطی در به‌دست آوردن تابع پارش کانونیک اشاره کرد. این فصل هم کار مدرس را در فصول بعدی ساده‌تر می‌کند و هم به دانشجو کمک می‌کند از اختلاط نادرست مفاهیم ریاضی و فیزیک پرهیز کند.

یکی دیگر از ویژگی‌های مهم کتاب، مسائل و تمرین‌های آن است. هر فصل شامل تعدادی مسأله است (مجموعاً ۸۹ مسأله). این مسائل به دو بخش تقسیم شده‌اند. پاسخ مسائل بخش اول (مجموعاً ۴۳ مسأله) در پایان کتاب آمده است. این مسائل در واقع بخشی از درس اند که دانشجو با حل آنها مطالب فصل را بهتر یاد می‌گیرد و با موضوعات جدیدی نیز آشنا می‌شود. پاسخ مسائل بخش دوم در کتاب نیامده است. این مسائل به دانشجو کمک می‌کند میزان یادگیری خود را محک بزند. بیشتر مسائل مفصل‌اند و در بخش‌های متعددی تنظیم شده تا خواننده را مرحله به مرحله در مسیر حل، هدایت کند.

ویژگی دیگر کتاب، نوع ارائه‌ی مطالب و مفاهیم فیزیکی است. بیشتر مطالب بدون توضیح اضافی و تا حدامکان خلاصه و با زبان ساده ولی درعین‌حال دقیق، جذاب و قابل‌فهم بیان شده‌اند. توانایی نویسنده در بیان ساده‌ی مفاهیم مشکل، مثال‌زدنی است. به عنوان مثال می‌توان به نحوه‌ی محاسبه‌ی تابع پارش و ماتریس چگالی کانونیک در نمایش مکان، برای گاز کوانتومی اشاره کرد (بخش ۲ از فصل ۷ کتاب) و آن را با همین محاسبه در کتاب پاتریا[۱] (بخش ۵ از فصل ۵) مقایسه کرد. کتاب پاتریا از مراجع شناخته شده برای تدریس مکانیک آماری پیشرفته است و بارها در بسیاری از دانشگاه‌های ایران تدریس شده است. در این کتاب برخلاف کتاب کاردر، برای بیان بسیاری از مطالب، حجم زیادی اختصاص داده شده که بعضاً یادگیری مطلب را خسته‌کننده و دشوار می‌کند (مثلاً مکانیک آماری کلاسیک، در کتاب پاتریا چهار فصل به خود اختصاص داده یعنی بیش از ۱۰۰ صفحه، ولی همین موضوع در کتاب کاردر در یک فصل بیان شده است: ۲۷ صفحه). از نظر دقت بیان مطالب نیز، کتاب کاردر در بسیاری موارد بهتر است. یک نمونه‌ی بارز آن، توضیح فرض فازهای تصادفی در میکروحالت‌های کوانتومی است. خواننده می‌تواند خود با مطالعه‌ی این موضوع در دو کتاب، تفاوت نحوه‌ی بیان را احساس کند. کتاب پاتریا، ویرایش سومی هم دارد[۵] که نسبت به ویرایش دوم آن تفاوت‌هایی دارد، ولی دست‌کم در مواردی که ذکر شد، تفاوت عمده‌ای بین دو ویرایش دیده نمی‌شود.

کتاب هوانگ[۲] نیز در دانشگاه‌های ایران، برای تدریس مکانیک آماری پیشرفته، مورد استفاده قرار گرفته است. این کتاب از نظر ایجاز، بهتر از کتاب پاتریا است (مثلاً مکانیک آماری کلاسیک در دو فصل و حدود ۴۵ صفحه ارائه شده است)؛ ولی مفاهیم را بیشتر با دیدگاه ریاضی مطرح کرده تا دیدگاه شهودی و فیزیکی، و از این نظر کتاب کاردر ارجح است (به‌عنوان مثال می‌توان توضیح پارادوکس گیبس را در دو کتاب مقایسه کرد: بخش ۵ از فصل ۴ کتاب کاردر و بخش ۶ از فصل ۶ کتاب هوانگ).

صفحه‌بندی کتاب، شکیل، ساده و بی‌پیرایه است، هرچند بعضی نمودارها از کیفیت لازم برخوردار نیستند. حاشیه‌های خالی کتاب برای نوشتن یادداشت‌های اضافی، بسیار مناسب است.

ایرادهایی که می‌توان به کتاب فیزیک آماری ذرات گرفت در مقایسه با نکات مثبت فراوان آن، ناچیز است. یکی از آن‌ها اشتباهات تایپی موجود در کتاب است که تعداد آنها می‌توانست کمتر باشد. در فصل دوم که به نظریه‌ی احتمال اختصاص یافته، نمادگذاری‌ها بعضاً یک‌دست نیست. استدلال بخش ۷ فصل اول کتاب، در مورد نحوه‌ی رسیدن یک سامانه‌ی ترمودینامیکی به حالت تعادل و کمینه بودن انرژی آزاد، خالی از اشکال نیست. در این مورد، بیان کتاب شرودر[۳] (بخش ۱ فصل ۵) دقیق‌تر است.

تجربه‌ی نگارنده در تدریس کتاب این است که نمی‌توان همه‌ی آن را در یک ترم درس داد. بنابراین ناگزیر باید بخش‌هایی را حذف کرد. می‌توان بیشتر فصل ۳ (به‌جز دو بخش اول آن) را حذف کرد، همین‌طور بخش‌هایی از فصل ۵ را، بدون این که به پیوستگی مطالب لطمه‌ای وارد شود. مطالعه‌ی فصل اول را نیز می‌توان به‌عهده‌ی دانشجو گذاشت.

ممکن است خواننده جای بعضی موضوعات را در این کتاب خالی ببیند، مانند گذار فازها، افت‌وخیزها و رفتارهای بحرانی. بسیاری از این مطالب و همین‌طور موضوعات دیگر در جلد دوم این کتاب، «فیزیک آماری میدان‌ها»[۴] آمده است.

در مجموع نگارنده، این کتاب را برای تدریس مکانیک آماری پیشرفته، مناسب‌تر از دیگر کتاب‌های هم‌رده‌اش مانند کتاب پاتریا و کتاب هوانگ می‌داند.

مراجع

[1] R. K. Pathria, "Statistical Mechanics" 2nd ed., Butterworth-Heinmann, Oxford (1996).
[2] K. Huang, "Statistical Mechanics" 2nd ed., John Wiley & Sons (1987).
[3] D. V. Schroeder, "An Introduction to Thermal Physics", Addison-Wesley (2000) .
[4] M. Kardar, "Statistical Physics of Fields", Cambridge University Press (2007).
[5] R. K. Pathria and P.D. Beale "Statistical Mechanics" 3rd ed., Elsevier (2011).

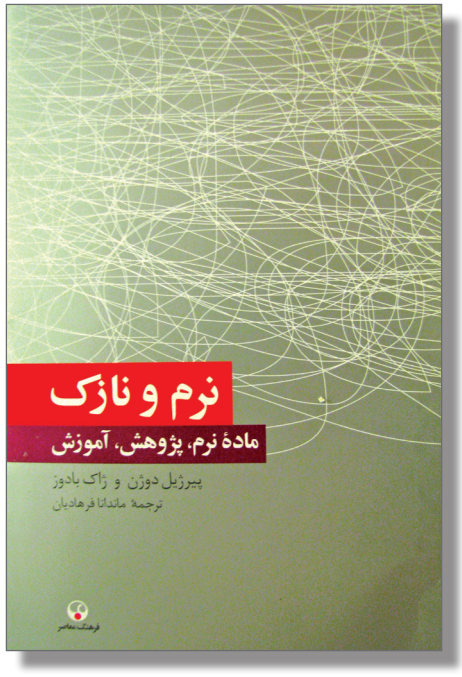
زیرنویس:

۱. صفحه‌ی ۵۷ کتاب
۲. صفحه‌ی ۹۸ کتاب

معرفی کتاب: نرم و نازک

مادهٔ نرم، پژوهش، آموزش

سامان مقیمی عراقی
دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شریف



نرم و نازک: مادهٔ نرم، پژوهش، آموزش
نویسنده: پیر- ژیل دوژن، ژاک بادوز
مترجم: ماندانا فرهادیان
ناشر: فرهنگ معاصر
چاپ اول: ۱۳۸۵
شابک: ۶-۲۹-۸۶۳۷-۹۶۴

انتشارات فرهنگ معاصر در سال‌های گذشته، چندین کتاب علمی به زبان ساده را ترجمه و منتشر کرده است. این کتاب‌ها همگی ترجمه‌های بسیار خوبی از مترجمان شناخته شده دارند و همین به خواندنی‌تر شدن کتاب‌ها کمک کرده است.

کتاب «نرم و نازک؛ مادهٔ نرم، پژوهش، آموزش»، کتابی است بسیار خواندنی. این کتاب نوشتهٔ پیر- ژیل دوژن و ژاک بادوز است که ماندانا فرهادیان آن را ترجمه کرده‌است. دوژن از بزرگ‌ترین فیزیک‌پیشه‌های اخیر فرانسوی است که در سال ۱۹۹۱ جایزهٔ نوبل را برد. این جایزه را به خاطر این برد که نشان داد روش‌هایی که برای بررسی پدیده‌های نظم‌گیری در سیستم‌های ساده ساخته شده بودند را می‌توان تعمیم داد و در حالت‌های پیچیده‌تری هم به‌کار برد، به‌خصوص در حالت‌هایی مانند بلورهای مایع و بسپارها (پلیمرها). دوژن از اشخاص اصلی در به وجود آمدن رشتهٔ مادهٔ نرم است و معروف است با روش‌های بسیار شهودی می‌توانست پدیده‌هایی پیچیده را توضیح دهد.

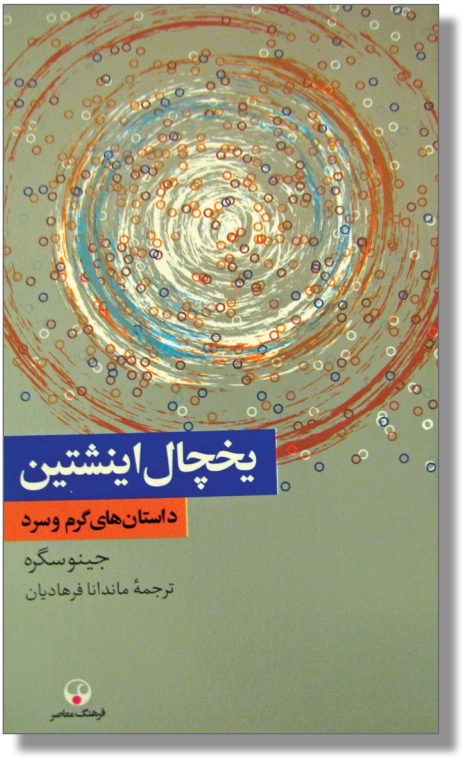
این کتاب در واقع مجموعه‌ای از سخنرانی‌ها و پرسش و پاسخ‌هایی است که دوژن در مدارس مختلف فرانسه انجام داده است. همان‌طور که خودش در مقدمهٔ کتاب می‌گوید، او خیلی پیش‌تر دوست داشته که به مدارس سر بزند و با دانش‌آموزان گفتگوهای رودررو داشته باشد، اما از آنجا که مدیر انستیتوی فیزیک و شیمی پاریس بوده و این شبهه به وجود می‌آمده که با این سخنرانی‌ها به نوعی تبلیغ مؤسسه‌اش را می‌کرده هیچ‌گاه این فرصت را نیافته است. تا اینکه جایزهٔ نوبل را می‌برد و مدرسه‌های مختلف خودشان او را دعوت می‌کنند تا برای دانش‌آموزان سمینار ارائه کند.

در بخش اول این کتاب که بیشتر خود سمینارهایی است که دوژن ارائه کرده، می‌توان مقدار زیادی اطلاعات درمورد مواد نرم یافت. از خواص بسپارها و پدیده‌های مختلفی که این‌گونه مواد به وجود می‌آورد گرفته تا لایه‌های نازک حباب صابون یا بلورهای مایع. کتاب بسیار ساده نوشته شده به‌شکلی که اطلاعات دبیرستانی هم برای درک آن کافی است. با وجود این سادگی، پدیده‌های توصیف شده کاملاً پیچیده هستند و همچنین بسیار هیجان‌انگیز. بخش‌های دوم و سوم بیشتر به پرسش و پاسخ‌هایی که در این سمینارها مطرح شده، می‌پردازد. بخش دوم به پژوهش و روش‌ها و مشکلات آن می‌پردازد و بخش سوم به آموزش و روش‌های آموزشی. این بخش‌ها کمی ساختار گسسته‌ای دارند، به این دلیل که واقعاً پرسش و پاسخ‌هایی بوده‌اند که نویسندگان سعی کرده‌اند آنها را به قالب بخش‌ها و زیربخش‌های مختلف این کتاب درآورند.

معرفی کتاب: یخچال اینشتین

داستان‌های سرد و گرم

سامان مقیمی عراقی
دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شریف



یخچال اینشتین: داستان‌های سرد و گرم
نویسنده: جینو سگره
مترجم: ماندانا فرهادیان
ناشر: فرهنگ معاصر
چاپ اول: ۱۳۹۲
شابک: ۸-۰۴۲-۱۰۵-۶۰۰-۹۷۸

دمـا از مفهوم‌هایی اسـت که باتوجـه به تجربه‌های روزانه درک آن سـاده به نظر می‌رسـد امـا پدیده‌های جذاب و تعجـب‌آوری می‌توان در طبیعت یافـت که به این مفهوم و البتـه به ترمودینامیک مربوط می‌شـوند. کتاب «یخچال اینشتین»، نوشته‌ی جینو سگره که ماندانا فرهادیان آن را ترجمه کرده، سؤال‌ها و پدیده‌های بسیاری را با مرکزیت این مفهوم مطرح می‌کند. سـؤال‌هایی از این دسـت که چرا دمای بدن ما چه در سرما و چه در گرما حدود ۳۷ درجه اسـت یا پنگوئن‌ها چگونه خودشـان را گرم نگه می‌دارند. روش‌های دماسـنجی چیست؟ مثلاً دمای مرکز خورشـید را چگونه اندازه می‌گیرند؟ ترمودینامیک سیاره‌ی زمین چیست و عصرهای یخبندان چگونه به وجود می‌آیند؟ و در آخر، چرا اینشتین یخچال خانگی اختراع کرد و این اختراع چه ربطی به بمب اتمی داشت؟

پاسـخ دادن به این سؤال‌ها، در گشـت‌وگذاری در بدن جانداران، سیاره‌ی زمین و دوردست‌های عالم داده می‌شود و در ضمن این گشت‌وگذار، بسیار به دانش خواننده افزوده می‌شـود. دانشـی که گـردآوری آن در این حجم کتاب و با این زبان ساده حیرت‌انگیز به نظر می‌رسد.

اثر تنش مغناطیسی بر حافظه‌ی کوانتومی توپولوژیک

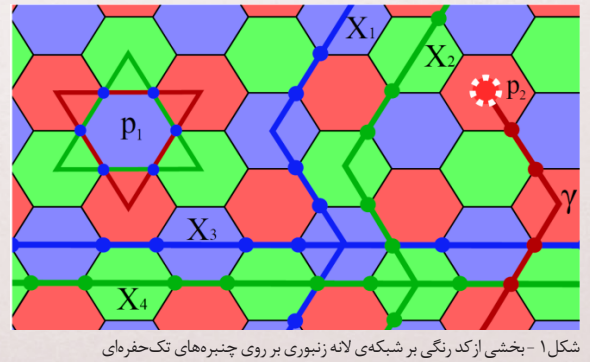
سید سعید سیوف جهرمی
دانشکده‌ی فیزیک، دانشگاه دورتموند، آلمان
دانشکده‌ی فیزیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
ارائه شده در: کنفرانس اطلاعات کوانتومی انجمن فیزیک ایران، سال ۱۳۹۲

تصحیح خطاهایی که به دلیل برهم‌کنش با محیط، در ذخیره، بازیابی و انجام محاسبات با بیت‌های کوانتومی رخ می‌دهد، یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در برابر فیزیک‌پیشه‌ها در عرصه‌ی رایانش کوانتومی است. درسال‌های اخیر پیشنهاد شده است به‌جای تلاش برای یافتن راه‌های تشخیص و رفع خطاهای کوانتومی، اطلاعات در سیستم‌هایی ذخیره شود که در برابر خطا مقاوم هستند و درصورت بروز خطا، ماهیت خطا معلوم باشد. سیستم‌های فیزیکی که نظم توپولوژیک دارند در برابر اختلالات و تنش‌های موضعی مقاومند، و در نتیجه برای ذخیره‌ی اطلاعات کوانتومی مفید هستند. امروزه بر اساس این نوع سیستم‌ها، شاخه‌ای از علم محاسبات کوانتومی با نام محاسبات کوانتومی مقاوم در برابر خطا[1] یا محاسبات کوانتومی توپولوژیکی[2] شکل گرفته است. در مدل‌هایی که اطلاعات با استفاده از حالت‌های پایه‌ی تبهگن سیستم‌های دارای نظم توپولوژیک به‌صورت کد درمی‌آید، سیستم ذخیره‌ی اطلاعات در برابر اختلالات موضعی مقاوم و شبه‌ذرات آنیونی نیز ظاهر می‌شوند. در حال حاضر دو نوع سیستم با نظم توپولوژیک مطرح شده است که توانایی ذخیره‌ی اطلاعات کوانتومی را به‌صورت کد دارند: کد چنبره‌ای[3] و کد رنگی توپولوژیک[4].

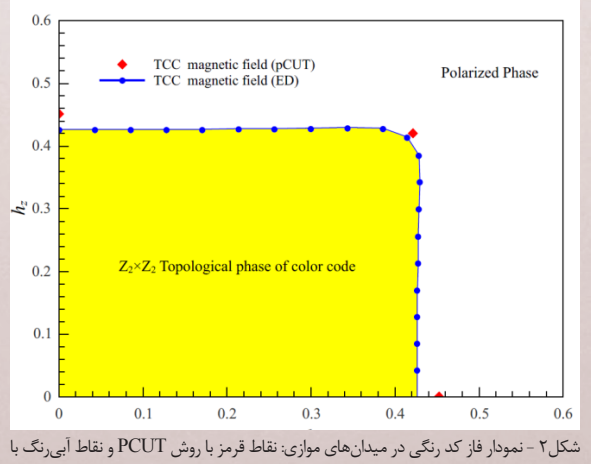
در کد رنگی تبهگنی حالت پایه بیشتر است و بر پایه‌ی نظریه‌ی گروه‌های گیسو کد رنگی زیربنای غنی‌تر دارد و در نتیجه نامزد بهتری برای ساخت حافظه‌های کوانتومی است. برای اینکه بدانیم که کدهای رنگی چه قابلیت‌هایی دارند و تا چه اندازه قابل اطمینان هستند رفتار کد رنگی تحت شرایط مختلف فیزیکی و اثر تنش‌ها و پارامترهایی که می‌توانند سیستم را مختل کنند باید بررسی شود.

در این مقاله اثرات تنش‌های مغناطیسی بر طیف انرژی کد رنگی، سرسختی[5] فاز توپولوژیک، و گذارهای فاز سیستم را در میدان مغناطیسی خارجی بررسی کرده‌ایم. این بررسی‌ها بر استفاده از روش تبدیلات یکانی پیوسته‌ی اختلالی[6] و تصویرکردن هامیلتونی کد رنگی بر هامیلتونی مؤثر، و هم‌چنین روش قطری‌کردن دقیق[7] استوار است.

نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد حافظه‌ی کوانتومی، وقتی میدان به‌اندازه‌ی کافی قوی شود از بین می‌رود و فاز توپولوژیک سیستم در گذاری از نوع گذار مرتبه‌ی اول به فازی قطبیده در راستای میدان می‌رود. هم‌چنین کد رنگی در میدان عمود ویژگی‌های جالب دیگری دارد از جمله پایستگی پاریته‌ی تعداد شبه‌ذرات آنیونی بر روی پلاکت‌های شبکه و هم‌چنین حالت پایه‌ی معین در حد میدان‌های قوی.



شکل۱ - بخشی از کد رنگی بر شبکه‌ی لانه زنبوری بر روی چنبره‌های تک‌حفره‌ای



شکل۲ - نمودار فاز کد رنگی در میدان‌های موازی: نقاط قرمز با روش PCUT و نقاط آبی‌رنگ با روش ED محاسبه شده‌اند.

همکاران:
مهدی کارگریان، دانشکده فیزیک دانشگاه تگزاس - آمریکا
کای فلیپ اشمیت، دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی دورتموند - آلمان
سید فرهاد مسعودی، دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

زیرنویس:

1. fault tolerant quantum computation
2. topological quantum computation
3. toric code
4. topological color code
5. robustness
6. perturbative continuous unitary transformation (PCUT)
7. exact diagonalization (ED)

مبادله‌ی هم‌بستگی کوانتومی و تولید ناهمخوانی کوانتومیِ غیرقابل تولید به صورت موضعی

اعظم مانی
دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شریف
ارائه شده در: کنفرانس اطلاعات کوانتومی انجمن فیزیک ایران، سال ۱۳۹۲

مبادلـه‌ی درهم‌تنیدگـی یکـی از فرایندهای مهـم در اطلاعات کوانتومی است و هدف از آن ایجاد درهم‌تنیدگی بین دو ناظر دور از هم است. اما درهم‌تنیدگی فقط بخشی از هم‌بستگی‌های کوانتومی موجود در سیستم‌های فیزیکی است. ما در این مقاله مفهوم مبادله‌ی هم‌بستگی کوانتومـی را در حالـت کلی‌تر، برای سیسـتم‌های دوکیوبیتی معرفی می‌کنیم و برای معیار هم‌بسـتگی از ناهمخوانی کوانتومی[۱] استفاده می‌کنیم. البته باید توجه داشت که گاهی می‌توان ناهمخوانی کوانتومی را با استفاده از انجام اعمال موضعی بر روی حالت‌های کلاسیکی تولید کرد. بـه عنوان مثال اگـر حالت $\rho_1=\frac{1}{2}(|00\rangle\langle 00|+|11\rangle\langle 11|)$ که یک حالت کلاسیکی اسـت را در نظر بگیریم، با اعمال یک کانال کوانتومی بـه صـورت $|0\rangle\rightarrow|0\rangle$ و $|1\rangle\rightarrow|+\rangle$ بـر روی ذره‌ی دوم، حالـت فوق به $\rho_2=\frac{1}{2}(|00\rangle\langle 00|+|1+\rangle\langle 1+|)$ تبدیـل می‌شـود کـه دارای ناهمخوانی کوانتومی ناصفر اسـت. در حقیقت ماهیت هم‌بسـتگی‌های حالت‌های مختلف متفاوت اسـت، مثلاً به هیچ عنـوان نمی‌توان حالت کوانتومی $\rho_3=\frac{1-z}{4}I\otimes I+z|\psi\rangle\langle\psi|$ کـه در آن $|\psi\rangle$ یکـی از حالت‌هـای بـل اسـت، را از اعمال کانال‌های موضعی بر روی یک حالت کلاسـیکی به دسـت آورد. ایـن حالت برای $z\leq\frac{1}{3}$ جدایی‌پذیر اسـت، بنابراین ρ_2 و ρ_3 هیچکدام درهم‌تنیدگی ندارنـد و هر دو ناهمخوانی کوانتومی دارند اما ماهیت ناهمخوانی آنها متفاوت اسـت، هم‌بسـتگی ρ_2 را می‌توان به صورت موضعی تولید کرد اما برای ρ_3 این‌گونه نیست. شایان ذکر است با اینکه هنوز کاربردهای شناخته شده‌ای برای ناهمخوانی قابل تولید به صورت موضعی وجود ندارد، کاربردهای فراوانی در انجام اعمال کوانتومی برای حالت‌هایی که هم‌بستگی ناموضعی دارند، معرفی شده است. مثلاً می‌توان آنها را به عنوان کانال کوانتومی برای انتقال اطلاعات موجود در یک حالت دلخواه به‌کار برد.

در این مقاله ما روشـی برای تولید این نوع حالت‌ها ارائه می‌کنیم، روش پیشنهادی ما به این صورت است که دو ناظر دور، هر کدام دارای یک حالت هم‌بسـته با ناظرهای دیگری هستند و ناظرهای دوم امکان انجام اندازه‌گیری دو ذره‌ای را دارند. وقتی که ناظرهای رابط روی ذراتشان اندازه‌گیری می‌کنند، حالت آنها جدا شـده و نهایتاً یک حالت هم‌بسته بین دو ناظر اول ایجاد می‌شـود. نشان داده‌ایم که اگر حالت‌های اولیه و اندازه‌گیری‌های انجام شده، به طرز مناسبی انتخاب شوند، هم‌بستگی که در حالت نهایی تولید می‌شود قابل تولید به صورت موضعی نیست، لذا از این حالت‌ها می‌توان برای انجام اعمال کوانتومی استفاده کرد. به‌علاوه نشان داده‌ایم که هرچقدر هم‌بستگی موجود در حالت‌های اولیه‌ی بین ناظرها و رابط‌ها و هم‌چنین هم‌بستگی موجود در پایه‌های اندازه‌گیری، بیشتر باشد، حالت نهایی تولید شده نیز همبسته‌تر خواهد بود.

مرجع:
[1] L. Henderson and V. Vedral, J. Phys. A: Math. Gen. 34 6899 (2001).

همکاران:
طاهره آباد، وحید کریمی‌پور، لاله معمارزاده – دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف.

پرسش۱: کش نواری نسبتاً پهنی را میان لب‌های خود قرار دهید و سر دیگر کش را به آرامی بکشید. چه حس می‌کنید و چرا؟ حالا اجازه دهید کش دوباره به حالت اولیه برگردد. این‌بار چه تغییری حس می‌کنید؟ توضیح دهید.

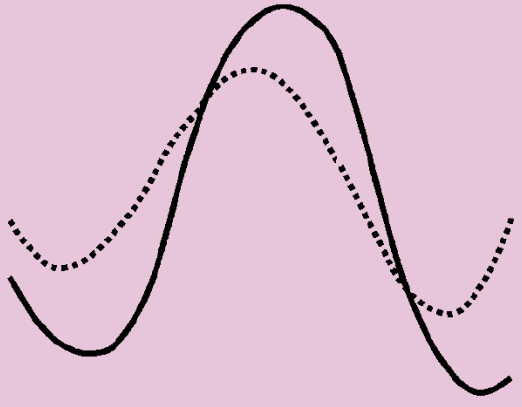
پاسخ: کش لاستیکی را مولکول‌های رشته‌ای بلند (بسپار یا پلیمر) می‌سازند که در حالت عادی درهم‌تنیده‌اند. وقتی کش کشیده می‌شود هم‌خطی این مولکول‌ها (مانند رشته‌های نخ) بیشتر می‌شود و نظم بیشتری می‌گیرند. در نتیجه تابع آنتروپی کش (که معیاری از میزان بی‌نظمی سیستم است) در حالت کشیده کم‌تر است. با توجه به اینکه آنتروپی تابع حالت دستگاه است، می‌توان مقدار تغییر آن را در فرآیند برگشت‌پذیر (کشش بسیار آهسته‌ی کش) از رابطه‌ی $S=\frac{Q}{\Delta T}$ حساب کرد. در این رابطه، Q گرمایی است که کش جذب می‌کند و T دمای مطلق است. از آنجا که آنتروپی کش در هنگام کشیده شدن کاهش می‌یابد، Q منفی است. یعنی کش گرما از دست می‌دهد. وقتی کش را ناگهان رها کنیم به حالت اولیه برمی‌گردد و آنتروپی آن افزایش می‌یابد درنتیجه از محیط گرما جذب می‌کند. تبادل گرمای انجام شده باعث احساس گرما (وقتی کش را می‌کشیم) و خنکی (وقتی کش را رها کنیم) می‌شود.

پرسش۲: دو سطح شیبدار با زاویه‌ی شیب یکسان در نظر بگیرید. یکی از آنها از جنس چوب یا مقوا است و دیگری از جنس آلومینیوم. می‌توان روی هر دو سطح کاغذ چسباند تا اصطکاک دو سطح شیبدار با هم برابر شود. اینک اگر آهنربایی استوانه‌ای را از هر یک از این دو سطح شیبدار بغلتانید خواهید دید که شتاب حرکت استوانه روی دو سطح یکسان نیست. چرا؟

پاسخ: هنگامی که آهنربا روی سطح آلومینیومی (که رساناست)، سر می‌خورد، شار میدان مغناطیسی گذرنده از سطح شیبدار آلومینیومی تغییرات زمانی دارد و طبق قانون‌های فاراده و لنز در نوار آلومینیومی جریان‌های گردابی ایجاد می‌شود و میدان‌های حاصل از این جریان‌های القایی با عامل تغییر شار یعنی حرکت آهنربای استوانه‌ای مخالفت می‌کنند. در نتیجه شتاب استوانه روی سطح شیبدار آلومینیومی از شتاب روی سطح شیبدار دیگر که رسانا نیست، کمتر است.

از هزاران سال پیش، نمک برای جلوگیری از فاسدشدن موادی غذایی مانند گوشت به‌کار می‌رفته است. همین‌طور برای حفاظت مواد غذایی شیرین مانند میوه‌ها از شکر استفاده می‌شده است. چگونه نمک و شکر چنین کارکردی دارند؟ آیا می‌توان با استفاده از قوانین فیزیک، این کارکرد نمک و شکر را توضیح داد؟

حتماً تاکنون رد چرخ‌های دوچرخه روی گِل یا خاک نرم را دیده‌اید. شرلوک هولمز در داستان «ماجرای مدرسه‌ی صومعه» با استفاده از رد دوچرخه‌ای که روی گِل باقی مانده بود، مسیر حرکت دوچرخه را تعیین می‌کند. او از جمله از این واقعیت استفاده می‌کند که رد چرخ عقب به‌دلیل وزن دوچرخه‌سوار عمیق‌تر است. فرض کنید این اطلاعات را ندارید. آیا می‌توانید فقط بر پایه‌ی شکلِ مسیرِ حرکتِ چرخ‌ها (شکل زیر)، بگویید رد چرخ جلو کدام و رد چرخ عقب کدام است؟ آیا می‌توانید جهت حرکت دوچرخه را تعیین کنید؟



فعالیت‌های انجمن در تابستان ۱۳۹۲

کنفرانس سالانه‌ی فیزیک ۱۳۹۲

کنفرانس سالانه‌ی فیزیک از ۴ تا ۶ شهریورماه ۱۳۹۲ در دانشگاه بیرجند برگزار شد.

در مراسم آغازین کنفرانس، آقای دکتر میری رئیس دانشگاه بیرجند به حاضران خیرمقدم گفتند، سپس آقای دکتر فیروزآبادی دبیر اجرایی کنفرانس، روند کارهای اجرایی کنفرانس را گزارش دادند و از تلاش همکاران اجرایی قدردانی کردند سپس آقای دکتر فرهنگ لران، دبیر کمیته‌ی علمی این کنفرانس، با قدردانی از همکاری داوران محترم مقالات، اعضای کمیته‌ی علمی و هیئت مدیره‌ی انجمن، گزارشی از روند داوری و تعداد مقالات رسیده ارائه کردند. از بین ۸۳۵ مقاله‌ی فرستاده شده برای این کنفرانس، ۶۴ مقاله به صورت شفاهی و ۵۳۸ مقاله به صورت پوستر پذیرفته شد. ایشان هم‌چنین مجله‌ی نوآمده‌ی علمی- ترویجی فیزیک روز را معرفی و تبیین کردند.

در پایان نیز آقای دکتر اکبرزاده رئیس انجمن فیزیک ایران، در شرح وظایف و کوشش‌های انجمن سخنرانی کردند.

در کنار این کنفرانس، برنامه‌هایی از قبیل: کارگاه آشنایی با شرکت‌های دانش‌بنیان و طرح کسب‌وکار، کارگاه مقاله‌نویسی و نقد علمی، مجمع عمومی عادی و فوق‌العاده اعضای پیوسته‌ی انجمن، نشست شاخه‌ی دانشجویی، مدرسه‌ی اندازه‌گیری خواص مغناطیسی مواد با استفاده از VSM و مدرسه‌ی نانوفیزیک برگزار شد.

کنفرانس اطلاعات کوانتومی در

شهریورماه ۱۳۹۲ در دانشگاه شاهرود برگزار شد.

بیست و یکمین گردهمایی دانش‌آموزی فیزیک ایران

انجمن فیزیک ایران در بیست‌ویکمین گردهمایی دانش‌آموزی فیزیک ایران در شهریورماه ۱۳۹۲، میزبان یکصد دانش‌آموز و دبیر در شهر ارومیه بود. این گردهمایی با تلاش و همکاری صمیمانه‌ی آقایان محمدرضا قنبری، رضا دیبا و همکارانشان در دانشگاه فرهنگیان ارومیه، و کمیته‌ی علمی و اجرایی انجمن به شایستگی برگزار شد.

۴۵ گزارش کار به این گردهمایی فرستاده شده بود که از بین آنها ۲۶ گزارش در دو بخش پوستر و پیشگام پذیرفته شد.

در مراسم پایانی این گردهمایی، جوایز دانش‌آموزان برگزیده، به ایشان اهدا شد.

گزارشی از این گردهمایی به نگارش آقای دکتر سامان مقیمی عراقی، دبیر کمیته‌ی علمی گردهمایی، در بخش «اخبار جامعه‌ی فیزیک» در همین شماره آمده است.

فعالیت‌های انجمن در پاییز و زمستان ۱۳۹۲

تغییرات اساسنامه‌ی انجمن فیزیک ایران

اساسنامه‌ی جدید انجمن فیزیک ایران، پس از اعمال تغییرات مصوب، که مشتمل بر چهار فصل و ۲۰ ماده و ۲۲ بند و ۶۶ تبصره است؛ در جلسه‌ی هیئت رئیسه‌ی مجمع عمومی اعضای پیوسته‌ی انجمن فیزیک ایران، در تاریخ ۱۱ مهرماه ۱۳۹۲ با حضور آقایان دکتر شاهین روحانی، دکتر مرتضی زرگر شوشتری، دکتر علیرضا مشفق، دکتر رضا منصوری و آقای سیدعلی سراج‌زاده نماینده‌ی کمیسیون انجمن‌های علمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تشکیل و پس از تأیید صحت رأی‌های دریافت شده (۳۳۳ رأی)، به تصویب رسید.

مدرسه پیشرفته آخرین دستاوردهای سیستم‌های همبسته قوی

۳ و ۴ مهرماه ۱۳۹۲، با همکاری انجمن فیزیک ایران در پژوهشکده‌ی فیزیک پژوهشگاه دانش‌های بنیادی برگزار شد.

باشگاه فیزیک

باشگاه فیزیک در مهرماه و آبان‌ماه ۱۳۹۲ برگزار شد. سخنرانی‌های ارائه شده در این نشست‌ها:

دانشگاه تهران

- شکل قطره بر سطوح تخت و خمیده. سخنران: دکتر امیرحسین فتح‌اللهی
- هیگز و کشف آن. سخنران: دکتر فرهاد اردلان

دانشگاه صنعتی اصفهان

- قوانین مقیاس‌بندی در بیولوژی، علوم اجتماعی و علوم اقتصادی. سخنران: دکتر مینا زارعی
- نسبیت عام علیه مکانیک کوانتمی. سخنران: دکتر فرهنگ لران

هفته‌ی ترویج علم و همکاری انجمن فیزیک ایران

انجمن فیزیک ایران در نمایشگاهی که از تاریخ ۴ تا ۹ آبان‌ماه ۱۳۹۲، با هدف ترویج علم در برج میلاد تهران برگزار می‌شود، شرکت کرده است.

روز فیزیک

روز فیزیک برنامه‌ای است ویژه‌ی دانش‌آموزان سال‌های آخر دبیرستان و علاقه‌مندان به علم فیزیک، که هر سال به‌صورت هماهنگ، بین همه‌ی دانشگاه‌ها برگزار می‌شود. روز فیزیک امسال در ۱۴ آذرماه ۱۳۹۲ برگزار خواهد شد. این برنامه شامل سخنرانی، مسابقه و بازدید از آزمایشگاه‌های پژوهشی و آموزشی پیشرفته، برای آشنایی بیشتر با فیزیک است.

همایش‌های آینده

- **ششمین کنفرانس فیزیک آماری، ماده چگال نرم و سیستم‌های پیچیده**

۲۱ آذرماه ۱۳۹۲، دانشکده فیزیک دانشگاه شهیدبهشتی

- **پانزدهمین کنفرانس دینامیک شاره‌ها (سیالات)**

۲۶ تا ۲۸ آذرماه ۱۳۹۲، دانشگاه هرمزگان، دانشکده‌ی علوم و فنون دریائی و جوی

- **کنفرانس فیزیک محاسباتی ایران**

۳۰ دی تا ۲ بهمن‌ماه ۱۳۹۲، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی.

● **هفتمین کارگاه محاسبات سریع و تورین (HPC7)**

۲ تا ۴ بهمن‌ماه ۱۳۹۲، تهران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی.

● **چهارمین کنفرانس فیزیک ذرات و میدان‌ها**

۲ و ۳ بهمن‌ماه ۱۳۹۲، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.

● **همایش ملّی گرانش و کیهان شناسی ۱۳۹۲**

بهمن‌ماه ۱۳۹۲، دانشگاه تهران

● **چهارمین کنفرانس پیشرفت‌های ابررسانایی**

بهمن‌ماه ۱۳۹۲، دانشگاه صنعتی شریف

● **پنجمین کنفرانس بین‌المللی نانوساختارها**

انجمن فیزیک ایران حامی پنجمین کنفرانس بین‌المللی نانوساختارها (ICNS5) شد.

این کنفرانس در اسفندماه ۱۳۹۲ در جزیره‌ی کیش، توسط پژوهشکده‌ی نانو دانشگاه صنعتی شریف برگزار می‌شود.

◀ **فراخوان جایزه‌ی سفر به مرکز تحقیقات هسته‌ای اروپا (CERN)**

انجمن فیزیک ایران، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی و مرکز تحقیقات هسته‌ای اروپا، در راستای همکاری‌های ایران با مرکز تحقیقات هسته‌ای اروپا (CERN)؛ دو نفر از دبیران فیزیک علاقه‌مند به فیزیک ذرات بنیادی را در تابستان سال ۱۳۹۳ به CERN خواهند فرستاد. این دبیران در یک دوره‌ی سه هفته‌ای با هدف آشنایی با این مرکز و تحقیقات آن، مهمان مرکز تحقیقات هسته‌ای اروپا (CERN) خواهند بود.

برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد اخبار انجمن فیزیک ایران با جزئیات بیشتر، می توانید به سامانه خبرنامه انجمن فیزیک ایران مراجعه کنید:
http://www.psi.ir/html/news/news1_f.asp

شماره‌های پیشین فصلنامه‌ی «**فیزیک روز**» در وبگاه مجله در دسترس است.

www.psimag.ir