فیزیک روز

فصلنامهٔ علمی-ترویجی انجمن فیزیک ایران
شمارهٔ دهم. پاییز ۱۳۹۴

دبیرانه ۲
- چند اشتباه رایج و یک فرصت مغتنم

اخبار ۴
- هفتهٔ ترویج علم سال ۱۳۹۴ و روز جهانی علم در خدمت صلح و توسعه ۲۰۱۵
- روز جهانی فیزیک پزشکی
- تجاری‌سازی اختراعات دانش‌آموزان و پیوستن پژوهش‌سراها به پارک‌های علم و فن‌آوری
- نشست تخصصی ارتباط دانشگاه با صنعت
- همایش سال جهانی نور در اراک
- بیست و دومین کنفرانس هسته‌ای ایران
- جایزهٔ نوبل فیزیک ۲۰۱۵ دگرگونی در دنیای ذرات
- ناسا رگه‌هایی از آب روی مریخ پیدا کرده است
- گزارش ال اچ سی بی دربارهٔ مشاهدهٔ ذرهٔ پنج کوارکی (پنتا کوارک)
- یافته‌های جدید به‌دست آمده از سیارهٔ پلوتو
- القای صوتی زلزله‌ها
- ساخت تراشهٔ اپتیکی جامع
- رد پای فرمیون‌های ویل
- سردسازی گاز دوقطبی تا نزدیکی صفر مطلق
- رقص حلقه‌های ازدواج

مقاله‌ها ۱۶
- ریاضی‌دان یا فیزیک‌دان؟ مصاحبه با سدریک ویلانی، برندهٔ جایزهٔ فیلدز ۲۰۱۰
- ذرات نوترینو و نقش آن‌ها در شکل‌گیری مدل استاندارد جدید
- نوبل ۲۰۱۵ فیزیک و نوسان طعم نوترینوهای جرم‌دار
- تحلیلی بر چشم‌انداز علمی کشور

فیزیک در جامعه ۳۴
- خانهٔ فیزیک اصفهان

معرفی کتاب ۳۶
- Just Six Numbers
- تولد یک قضیه

پژوهش‌های روز ۳۸
- پدیدهٔ سرد شدن الکترون‌های پرانرژی در گرافین چندلایه

پرسش‌های این شماره ۳۹
- پاسخ پرسش‌های شمارهٔ قبل
- پرسش‌های این شماره

اخبار انجمن فیزیک ۴۲
- اخبار انجمن فیزیک

صاحب امتیاز: انجمن فیزیک ایران

مدیر مسئول: هادی اکبرزاده

سردبیر: کیوان آقابابایی سامانی

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

ویراستار: سمانه کیایی

مسئول اجرایی: الهام صادقی

صفحه‌آرا: الهام صادقی

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

www.psimag.ir

انجمن فیزیک ایران
تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، کوچهٔ مهدی‌زاده، شمارهٔ ۵، طبقهٔ چهار
وبگاه انجمن فیزیک ایران: www.psi.ir

چند اشتباه رایج و یک فرصت مغتنم

وحید کریمی‌پور
دانشکدهٔ فیزیک، دانشگاه صنعتی شریف

رسم است کسانی که به میان‌سالی پا می‌نهند یا سالیانی را به خدمت در یک حرفه می‌گذرانند، برای جوان‌ترها و تازه‌کارها توصیه‌ها و پند و اندرزهایی می‌نویسند. یک تمایل عمومی هم در هر نسلی هست که خود را بهترین نسل بپندارد که پس از آن سطح دانش، مهارت، تعهد کاری و خیلی چیزهای دیگر رو به افول نهاده است. برای گریز از این چیزها و این تلقی‌هاست که من از همکاران جوانم، به‌خصوص آن‌هایی که به‌تازگی در دانشگاه‌ها استخدام شده‌اند، می‌خواهم که این نوشته را با وجود لحن کلی گزاره‌های آن به صورت تجربه‌های شخصی نویسنده تلقی کنند، شاید چیز مفیدی در آن‌ها بیابند. این تجربه‌ها به سه مؤلفهٔ اصلی کار ما در دانشگاه مربوط‌اند یعنی آموزش، پژوهش و همکاری‌های اجرایی.

یک) من هم مثل خیلی‌های دیگر فکر می‌کردم که برای یادگرفتن یک موضوع، حتماً باید آن را درس داد. این فکر هنوز هم طرفداران خیلی زیادی دارد، طوری که در خیلی از جاها، باعث رقابت بر سر تدریس دروس جدید یا حفظ دروس قدیم می‌شود. دانش‌آموختگان جوانی که به استخدام دانشگاه‌ها درمی‌آیند، بیش از همه در معرض وسوسهٔ تدریس هستند؛ چرا که این طرز فکر اشتباه، اشتیاق آن‌ها را برای تدریس درس، آن هم درس‌های متنوع برمی‌انگیزد. نتیجهٔ آن هم البته کند شدن روند پژوهش آن‌هاست، آن‌هم درست زمانی‌که بیش‌ترین آمادگی را برای تمرکز بر حوزهٔ پژوهشی خود و پیشرفت در آن دارند.

تا جایی‌که من فهمیده‌ام آن‌چه به یادگرفتن یک درس کمک می‌کند، حل مسأله، آن هم مسألهٔ تحقیقی است نه تدریس آن. تدریس فقط باعث مرتب شدن موضوع در ذهن و دفترهایمان، آن هم به صورت گذرا، می‌شود. هرکدام از ما برای تدریس خوب، وقت زیادی را تنها برای تدوین شیوهٔ بیان صرف می‌کنیم. این‌که مطالب مختلف را چگونه پشت سرهم بیان کنیم، چه چیزهایی را حذف کنیم و روی چه چیزهایی تأکید کنیم و نظایر این‌ها. به این‌ها باید فشار روحی ناشی از یک بیان خوب، وقتی که در کلاس درس با جمعیتی از دانشجویان روبه‌رو می‌شویم، را نیز اضافه کنیم. نتیجه آن می‌شود که آن وضعیت آزاد و رهایی که برای خلاقیت و پرش‌های فکری لازم است، فرصت بروز پیدا نمی‌کند و هیچ‌گاه ذهن ما در مواجهه با مسائل دشوار

یک موضوع، به چالش کشیده نمی‌شود و مهارت‌های ذهنی‌مان نیز تقویت نمی‌شود. من حداقل سه بار ترمودینامیک را درس داده‌ام، تعاریف و فرمول‌بندی قوانین آن را به طور دقیق و روابط ریاضی‌اش را به طور نسبی بلدم ولی هنوز که هنوز است از حل یک مسألهٔ واقعی ترمودینامیک ناتوانم.
می‌توان اشتیاق به یادگیری را به روش‌های سازنده‌تری سیراب کرد، مثلاً می‌توان درست مثل یک دانشجو سر کلاس استادهای دیگر حاضر شد و درس‌های جدید را با جدیت یاد گرفت و تمرین‌های آن‌ها را حل کرد، مثل کاری که برایس دوویت[1] در سن هفتادسالگی در دانشگاه تگزاس می‌کرد یا می‌شود معلم حل تمرین استادهای دیگر و حتی کم‌سابقه‌تر از خود شد، مثل کاری که در خیلی از دانشگاه‌های خوب دنیا انجام می‌شود.

دو) استادشدن زودهنگام یک عیب مهم دیگر هم دارد و آن این‌که خیلی زود، تمایل خود ما یا اجبار محیط، هرکدام از ما را از وضعیت یک پژوهشگر فعال و مستقل به یک استاد راهنمای دانشجویان تبدیل می‌کند. به‌جای این‌که روزها و شب‌ها صدها برگ کاغذ را با محاسبه سیاه کنیم، و هفته‌ها و ماه‌ها را به کار متمرکز روی یک ایدهٔ مشخص بپردازیم و با محاسبات و پیچ و خم‌ها و بیراهه‌ها و رگه‌های تاریک و روشن کار تحقیقی آشنا شویم، ناگزیر به ایده‌پردازی می‌شویم، ایده‌هایی که باید دانشجویان فوق‌لیسانس و دکتری‌مان پرورش دهند. از آن‌جا که علایق دانشجویان متنوع است، ما نیز ناخودآگاه مجبور می‌شویم که خودمان را با این علایق متنوع وفق دهیم و در موضوعات گوناگونی پروژه تعریف کنیم. به این ترتیب نه تنها اغلب این ایده‌ها در دستان دانشجویانی که تازه با الفبای کار آشنا شده‌اند عقیم می‌مانند، بلکه خود ما نیز به‌دلیل این تنوع ناگزیر، از رسیدن به یک سطح مهارت و اشراف و صاحب نظر شدن در یک موضوع، که لازمهٔ ادامهٔ تحقیق تا پایان عمر است، بازمی‌مانیم. اغلب فراموش می‌کنیم که دانشمندان بزرگ، بسیاری از مهم‌ترین کارهای خود را یا به تنهایی و یا با هم‌طرازان خود انجام داده‌اند. فراموش می‌کنیم که پیدایش ایده‌های ناب حاصل غرق شدن در یک کار پژوهشی برای سال‌های طولانی است.
شاید برای آن دسته از استادانی که مراحل ارتقاء را طی کرده و نیازی به تربیت دانشجوی دکتری ندارند وقت آن رسیده که عمر باقیمانده را تنها صرف یک مسأله و یک موضوع کنند، فارغ از این که به نتیجهٔ مشخصی مثل انتشار مقاله می‌انجامد یا خیر. شاید وقت آن رسیده که لذت نابی را که در دوران دانشجویی برای درک دشواری‌های فیزیک تجربه می‌کردیم و چه بسا در کوران فعالیت‌های گوناگون شغلی ناپدید شده، دوباره تجربه کنیم.

سه) البته گاه هم پیش می‌آید که در دانشکده یا دانشگاه، به‌خصوص در دانشگاه‌های کوچک و در شهرستان‌ها، مایل یا موظف به همکاری در امور اجرایی محیط کارمان می‌شویم، یعنی مدیر پژوهشی یا معاون پژوهشی یا مدیر امور مالی و نظایر آن می‌شویم. در روزها و شب‌هایی که همتایان ما در دیگر نقاط دنیا، سرگرم کلنجار رفتن با مسأله‌های پژوهشی و دقایق و ظرایف رشتهٔ خود هستند و دانش خود را روزبه‌روز گسترده می‌کنند، ما در کسوت رئیس یا معاون دانشکده یا حتی معاون مالی دانشگاه و نظایر آن به فکر سامان بخشیدن و عمل کردن به آیین‌نامه‌ها یا در بهترین حالت، تدوین آیین‌نامه‌های جدید برای کل دانشگاه در تمام رشته‌های علوم و مهندسی هستیم. چنین وضعیتی اگر بیش از دو یا سه سال به طول بینجامد به معنای پایان تحقیق است.
و کلام آخر این‌که، روشن است که اجبار محیط و قوانین نادرست، راه ارتقای استادان جوان را بیش از پیش با چالش روبه‌رو کرده است. ولی آگاهی به آن‌چه که می‌توانیم باشیم به ما کمک کند که با همین قیود موجود، با انتخاب‌های درست و آن‌چه که در اختیار ماست، زیان‌های فوق را به حداقل برسانیم. هر کدام از ما، به‌خصوص وقتی که جوان هستیم و تازه دانش‌آموخته شده‌ایم باید وضع روحی و فکری‌مان را با تصویر زیر بسنجیم، تصویری که از کتاب «تولد یک قضیه» نوشتهٔ ریاضی‌پیشهٔ چهل‌سالهٔ فرانسوی و برندهٔ مدال فیلدز، سدریک ویلانی[2] برگرفته شده، و هرگاه متوجه شویم که از این تصویر، فاصله‌ای هرچند اندک داریم، متوجه شویم که انتخاب اشتباهی کرده‌ایم و درصدد تصحیح آن برآییم:
«... در آن روز یک قدم مانده بود که پروژه را رها کنیم. نزدیک بود چند ماه تلاشمان بی‌ثمر شود ــ در بهترین حالت در سردابه فراموش شود و در بدترین حالت دود شود و به هوا رود. اما در آن طرف اقیانوس آتلانتیک، من فکرش را هم نمی‌کنم که در مرز فاجعه قرار داریم، تنها چیزی که مشاهده می‌کنم شور و هیجانی است که از پیغام کلمان[3] تراوش می‌شود. فردا بچه ها را من نگه می‌دارم، مدرسه به علت توفان برف تعطیل است، اما از پس فردا می‌خواهم با خشونت رفتار کنم. مسأله باید آمادهٔ زورآزمایی شود. مسأله لانداو[4] را همه جا با خودم خواهم برد، در جنگل، در پلاژ، در تخت‌خوابم، حالش را جا خواهم آورد....»

1 Bryce DeWitt
2 Cedric Villani
۳ منظور کلمان موهو Clement Mouhot همکار تحقیقاتی سدریک ویلانی است.
۴ منظور مسألهٔ میرایی لانداو در فیزیک پلاسماست که سدریک ویلانی برای حل آن جایزهٔ فیلدز گرفت.

هفتهٔ ترویج علم سال ۱۳۹۴
و
روز جهانی علم در خدمت صلح و توسعه۲۰۱۵

هرساله همزمان با روز جهانی علم در خدمت صلح و توسعه هفتهٔ ترویج علم در ایران برگزار می‌شود. امسال به همت انجمن ترویج علم این هفته با سلسله نشست‌ها، سخنرانی‌ها و دو همایش ملی در برج میلاد تهران برگزار شد. شرکت در این برنامه‌ها برای عموم رایگان بود و به کلیه شرکت‌کنندگان گواهی حضور اهدا می‌شد.

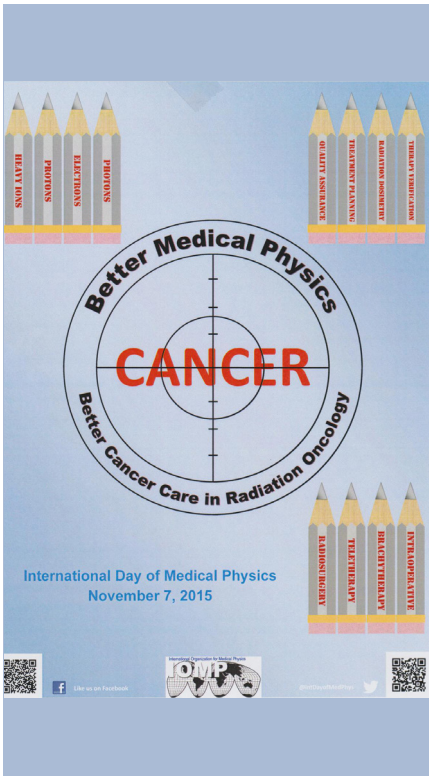
روزهای این هفته که از ۱۶ آبان آغاز شد به ترتیب با عناوین: روز ترویج علم و رسانه، روز ترویج علم و نسل آینده، روز ترویج علم و تاریخ علم، روز جهانی علم در خدمت صلح و توسعه، روز علم و زندگی، روز ترویج علم و اخلاق علمی نام‌گذاری شده بود.

در این نشست‌ها نقش انجمن‌های علمی در ترویج علم، فن‌آوری و علوم نوین و ترویج علم و اخلاق علمی مورد بررسی قرار گرفت. یکی از برنامه‌های این هفته، برگزاری نمایشگاهی از دست‌آوردهای سازمان‌ها و نهادهایی بود که در زمینهٔ عمومی‌سازی علم به اشکال گوناگون مانند انتشار کتاب، نشریه و غیره فعالیت دارند و مراکزی که علم را به زبان ساده برای عموم مردم ارائه کنند. دانش‌آموزان در این برنامه، ضمن بازدید عمومی از نمایشگاه، در یک بازدید دو ساعته از چندین غرفه مشخص مربوط به خلاقیت در ریاضیات، آشنایی با آزمایش‌های نورشناسی، نجوم، کتاب‌های مناسب کودک و نوجوان، مسابقات ریاضی، کامپیوتر، محیط زیست، آشنایی با زیست‌شناسی و فعالیت‌های پژوهشگاه رویان بازدید داشتند.

این برنامه با هدف آشنایی دانش‌آموزان با مراکز علمی و دانشگاهی و کمک به انتخاب رشته تحصیلی و آیندهٔ شغلی آن‌ها برگزار شد.

روز جهانی فیزیک پزشکی

هفتم نوامبر ۲۰۱۵ برابر با ۱۶ آبان‌ماه ۱۳۹۴، روز جهانی فیزیک پزشکی بود. به همین مناسبت سازمان جهانی فیزیک پزشکی پوستری برای آشنایی با این رشته منتشر کرد تا در دسترس جوامع پزشکی سراسر دنیا قرار گیرد. کمیتهٔ دانشجویی گروه فیزیک پزشکی و مهندسی پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران، به مناسبت گرامی‌داشت این روز، نشستی با عنوان فیزیک پزشکی و مهندسی پزشکی از نظریه تا بالین، در تالار ابن سینای دانشگاه علوم پزشکی تهران برگزار کرد. آثار زیست‌شناختی پرتوهای یونیزان و غیریونیزان در پزشکی، پرتودرمانی و انکولوژی پرتویی، پردازش سیگنال و تصاویر پزشکی، دزیمتری و حفاظت پرتویی در پزشکی و محیط زیست، فن‌آوری نوین و نانوذرات در پزشکی، توان‌بخشی و رباتیک در پزشکی و مدل‌سازی و شبیه‌سازی در پزشکی از محورهای این نشست بود.



تجاری‌سازی اختراعات دانش‌آموزان و پیوستن پژوهش‌سراها به پارک‌های علم و فن‌آوری

مهندس علی زرافشان، معاون آموزش متوسطه وزارت آموزش و پرورش، از امضای تفاهم‌نامهٔ آموزش و پرورش با معاونت علمی و فن‌آوری ریاست جمهوری خبر داد و گفت: با توجه به سیاست آموزش و پرورش در توسعهٔ پژوهش‌های دانش‌آموزی، حمایت از دانش‌آموزان پژوهشگر و توسعهٔ پژوهش‌سراهای دانش‌آموزی، با معاونت علمی و فن‌آوری ریاست جمهوری تفاهم‌نامه‌ای را امضا کرده‌ایم. براین اساس، ستادهای مختلف معاونت علمی و فن‌آوری، از پژوهش‌های دانش‌آموزی حمایت کرده و زمینهٔ رشد توسعهٔ علمی کشور را فراهم خواهند کرد. وی افزود: آموزش‌وپرورش با نهادهای مختلف از جمله ستاد نانو و زیست فن‌آوری، همکاری دارد و اخیراً با ستاد هوافضا و سلول‌های بنیادین نیز همکاری جدیدی را آغاز کرده است. معاون آموزش متوسطه وزارت آموزش و پرورش گفت: کاستی‌هایی در حوزهٔ پژوهش‌های دانش‌آموزی وجود داشت، به عنوان مثال پژوهش‌سراها از پارک‌های علم و فن‌آوری جدا بودند که در تفاهم‌نامه با معاونت علمی و فن‌آوری قرار شد تا به هم بپیوندند و پژوهش‌سراها از امکانات پارک‌های علم و فن‌آوری برای انجام تحقیقات دانش‌آموزی استفاده کنند. مهندس زرافشان ادامه داد: امکان تجاری‌سازی اختراعات و نوآوری‌های دانش‌آموزان در پژوهش‌سراها وجود نداشت و دانش‌آموزان توانایی انجام این کار را نداشتند، از سوی دیگر پژوهش‌سراها راه‌کارهای حقوقی این موضوع را نمی‌دانستند، بنابراین به دنبال مکانیزمی بودیم تا بتوانیم اختراعات دانش‌آموزی را به تولید انبوه برسانیم که در تفاهم‌نامه با معاونت علمی و فن‌آوری ریاست جمهوری به این موضوع توجه شده است.

وی بیان کرد: در نظر داریم تا از مراکز دانش‌بنیان برای پژوهش‌سراهای دانش‌آموزی کمک بگیریم و براین اساس معاونت علمی و فن‌آوری ریاست جمهوری، مراکزی را برای بروز نوآوری و خلاقیت دانش‌آموزان راه‌اندازی می‌کند که دربرگیرندهٔ تمام زمینه‌هایی است که دانش‌آموزان در حوزهٔ فعالیت‌های پژوهشی به آن نیاز دارند.

نشست تخصصی ارتباط دانشگاه با صنعت

با همکاری انجمن اپتیک و فوتونیک ایران، دانشگاه تربیت مدرس و هیئت مدیره شهرک صنعتی عباس‌آباد، نشست تخصصی ارتباط دانشگاه با صنعت با رویکرد رفع موانع تولید و اشتغال دانش‌آموختگان در آبان‌ماه ۹۴ برگزار شد. این کنفرانس که با هدف ارتقای بهره‌وری در صنایع کوچک و متوسط از دیدگاه دانشگاه، راه‌کارهای برون‌رفت از رکود اقتصادی و مهیا کردن برای ورود به بازارجهانی، زمینهٔ بهبود فضای کسب و کار و رفع موانع تولید، راه‌کارهای اشتغال دانش‌آموختگان دانشگاهی در صنعت و ایجاد زبان مشترک دانشگاه و صنعت برگزار شد، شامل محورهای اصلی ارتباط دانشگاه و صنعت، اشتغال دانش‌آموختگان، مدیریت استرس، شادی و بهره‌وری، راه‌کارهای رونق اقتصادی و حقوق و صنعت بود.

همایش سال جهانی نور در اراک

همایش سال جهانی نور با همکاری گروه فیزیک استان مرکزی، انجمن علمی معلمان فیزیک این استان و دانشگاه اراک به مدت ۴ روز از یکشنبه ۱۹ تا چهارشنبه ۲۲ مهر ۹۴ در دانشگاه اراک برگزار شد. برگزاری کارگاه‌های نورشناسی ویژهٔ دبیران و دانش‌آموزان، سخنرانی علمی دربارهٔ لیزر و انجام آزمایش‌های جذاب نورشناسی از برنامه‌های اصلی این همایش بود.

بیست و دومین کنفرانس هسته‌ای ایران

پنجم و ششم اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد میزبان بیست و دومین کنفرانس هسته‌ای ایران است. برنامه‌های اصلی این کنفرانس شامل راکتورهای هسته‌ای، مواد و سوخت هسته‌ای، فیزیک هسته‌ای، شتاب‌دهنده‌ها، پلاسما و هم‌جوشی هسته‌ای، آشکارسازی و دزیمتری، کاربرد پرتوها و پرتوپزشکی است. آخرین فرصت فرستادن مقالات اصلاح شده، ۲۵ دی ماه و پایان مهلت ثبت‌نام در کنفرانس ۲۸ دی ماه خواهد بود.

جایزهٔ نوبل فیزیک ۲۰۱۵

دگرگونی در دنیای ذرات

آکادمی سلطنتی علوم سوئد، جایزهٔ نوبل سال ۲۰۱۵ در فیزیک را برای کشف نوسان نوترینوها، که نشان می‌دهد نوترینوها جرم دارند به تاکاآکی کاجیتا از ژاپن و آرتور بی. مک دانالد از کانادا اهدا کرد. این‌دو سهم به سزایی در آزمایش‌هایی داشتند که تغییر ماهیت نوترینوها را نشان داد. دگرگونی نوترینوها نیازمند آن است که جرم داشته باشند. کشف چنین چیزی، درک ما نسبت به کارکرد درون ماده را تغییر داده و می‌تواند بر نگاهی که به جهان داریم اثر بگذارد.

در اوایل هزارهٔ دوم، تاکاآکی کاجیتا کشف کرد که نوترینوهایی که از جو می‌گذرند، در راه رسیدن به آشکارساز سوپرکامیوکانده، بین دو حالت، تغییر وضعیت می‌دهند.در عین حال، گروه تحقیقاتی در کانادا به سرپرستی آرتور بی. مک دانالد توانست نشان دهد که نوترینوهایی که از خورشید می‌آیند، تا رسیدن به زمین ناپدید نمی‌شوند، بلکه هنگامی که رصدخانهٔ نوترینوی سودبری آن‌ها را دریافت می‌کند، ماهیت دیگری پیدا کرده‌اند.

معمای نوترینو که دهه‌ها فیزیک‌دان‌ها را سردرگم کرده بود، دیگر حل شده بود. در مقایسه با محاسبات نظری، در مورد تعداد نوترینوها، حدود دو سوم آن‌ها، در اندازه‌گیری‌های روی زمین گم می‌شدند. اکنون، دو آزمایش نشان می‌داد که این نوترینوها در واقع تغییر ماهیت داده‌اند. این کشف نهایتاً منجر به این نتیجه می‌شد که نوترینوها، که از دیرباز بدون جرم تصور می‌شدند، باید جرمی ولو خیلی کوچک داشته باشند.

برای فیزیک‌دان‌های ذرات، چنین کشفی، تاریخی بود. مدل استاندارد ذرات، از کارکرد درون ماده‌ای فوق العاده موفق بود و بیش از بیست سال از پس همهٔ چالش‌های آزمایشگاهی برآمده بود. اما نوترینوها را بدون جرم در نظر می‌گرفت پس مشاهدات جدید به وضوح نشان داد که مدل استاندارد نمی‌تواند نظریهٔ کاملی برای اجزای بنیادی جهان باشد.

این کشف، دیدگاه‌های ویژه‌ای نسبت به دنیای مخفی نوترینوها به وجود آورده است. بعد از ذرات نور، یعنی فوتون‌ها، نوترینوها بیش‌ترین ذرات موجود در کیهان هستند و زمین همواره توسط آن‌ها بمباران می‌شود.

بسیاری از نوترینوها، در برهم‌کنش‌های بین تابش کیهانی و جو زمین به وجود می‌آیند. برخی دیگر هم در واکنش‌های هسته‌ای درون خورشید. در هر ثانیه، هزاران میلیارد نوترینو از بدن ما عبور می‌کند. چیزی نیست که بتواند جلوی عبور آن‌ها را بگیرد. نوترینوها گریزپاترین ذرات بنیادی طبیعت هستند.

آزمایش‌ها در این باره ادامه دارد و در سراسر دنیا فعالیت‌های زیادی برای به دام انداختن نوترینوها و بررسی خواص آن‌ها در جریان است. انتظار می‌رود اکتشافات جدید دربارهٔ عمیق‌ترین رموز عالم، درک کنونی ما از تاریخ، ساختار و سرنوشت آیندهٔ جهان را تغییر دهد.

مبلغ جایزه هشت میلیون کرون سوئد است که بین دو برنده تقسیم می‌شود.

مترجم: مریم ذوقی

منبع

The Nobel Prize in Physics(2015)

تاکاآکی کاجیتا:
ملیت ژاپنی. متولد ۱۹۵۹ در هیگاشیماتسویاما، ژاپن. دکترا در ۱۹۸۶ از دانشگاه توکیو. رئیس مؤسسهٔ تحقیقات پرتوی کیهانی و استاد دانشگاه توکیو، کاشیوا، ژاپن.
www.icrr.u-tokyo.ac.jp/about/greeting_eng.html

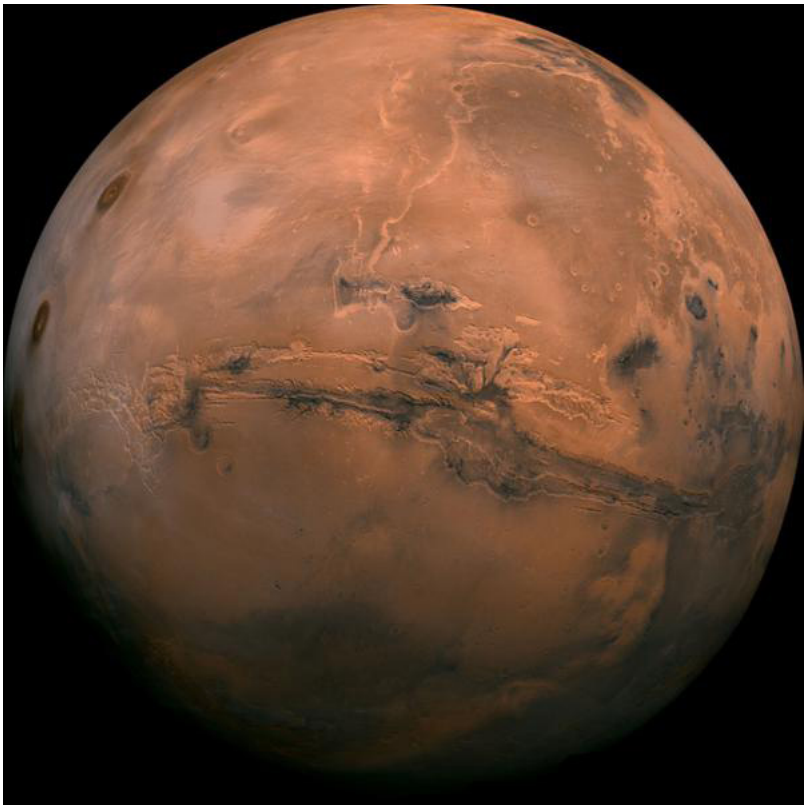
آرتور بی. مک دانالد
ملیت کانادایی. متولد ۱۹۴۳ در سیدنی، کانادا. دکترا در ۱۹۶۹ از مؤسسهٔ فن‌آوری کالیفرنیا، پاسادنا، کالیفرنیا، ایالات متحده. استاد بازنشسته دانشگاه کوئین، کینگ استون، کانادا.
www.queensu.ca/physics/arthur-mcdonald

ناسا رگه‌هایی از آب روی مریخ پیدا کرده است

به نظر می‌رسد آب شور، با سرازیر شدن به دامنه‌های سیارهٔ قرمز، رگه‌هایی از خود به جا گذاشته است. مجلهٔ نیچر این خبر را تحلیل کرده است.

در ۲۸ سپتامبر ۲۰۱۵، ناسا در یک نشست مطبوعاتی، از یافته‌های جدیدی خبر می‌دهد که حاکی از وجود آب شور (مایع) بر روی مریخ است. این یافته‌ها، در مجلهٔ نیچر ژئوساینس، در مقالهٔ «شواهد طیفی از وجود نمک‌های هیدراته در جریان‌های فصلی دامنه‌های گرم مریخ» منتشر شده است. در چکیده آمده:

تعیین این‌که آیا آب روی سطح مریخ وجود دارد یا نه، برای درک چرخهٔ هیدرولوژیک و امکان وجود زندگی بر روی مریخ ضروری است. جریان‌های فصلی، یعنی رگه‌های باریکی که بازتابش کم‌تری از نواحی اطراف خود دارند، در فصل‌های گرم که دما به ۳۰۰-۲۵۰ کلوین می‌رسد ظاهر شده و به‌تدریج به سمت دامنه‌های جنوبی گسترش پیدا می‌کنند؛ نقشی که با جریان گذرای گونه‌های زیستی، فرار سازگاری دارد [۱،۲،۳]. برای توضیح این جریان‌های فصلی، جریان (یا تراوش) آب نمک پیشنهاد شده [۱،۲،۳]، اما تا به حال شواهدی برای وجود آب به صورت مایع یا نمک‌های هیدراته یافت نشده است. ما در این‌جا داده‌های طیفی را، که طیف‌نگار عکس‌بردار شناسایی، که بر روی پردازنده مدارگرد شناسایی مارس فشرده شده، و در چهار مکان مختلف از جریان‌های فصل گرفته شده است، تحلیل می‌کنیم. در فصولی که جریان‌های فصلی گسترده‌تر هستند، شواهدی از وجود نمک هیدراته در هر چهار موقعیت دیده می‌شود که پیشنهاد می‌کند منبع این هیدراسیون باید فعالیت جریان‌های فصلی باشد. نمک‌های هیدراته‌ای که با ویژگی‌های طیف جذبی مشاهده شده تطابق بیش‌تری دارند، پرکلرات منیزیم، کلرات منیزیم و پرکلرات سدیم هستند. یافته‌های ما این فرض را که جریان‌های فصلی، به علت فعالیت موقتی آب بر روی مریخ شکل گرفته‌اند، به شدت تأیید می‌کند.



مترجم: مریم ذوقی

مراجع:

[1] McEwen, A. S. et al. Seasonal flows on warm Martian slopes. Science 333, 740–743(2011).

[2] McEwen, A. S. et al. Recurring slope lineae in equatorial regions of Mars. Nature Geosci. 7,53–58 (2014).

[3] Ojha, L. et al. HiRISE observations of recurring slope lineae (RSL) during southern summer on Mars. Icarus 231, 365 376 (2014).

منبع

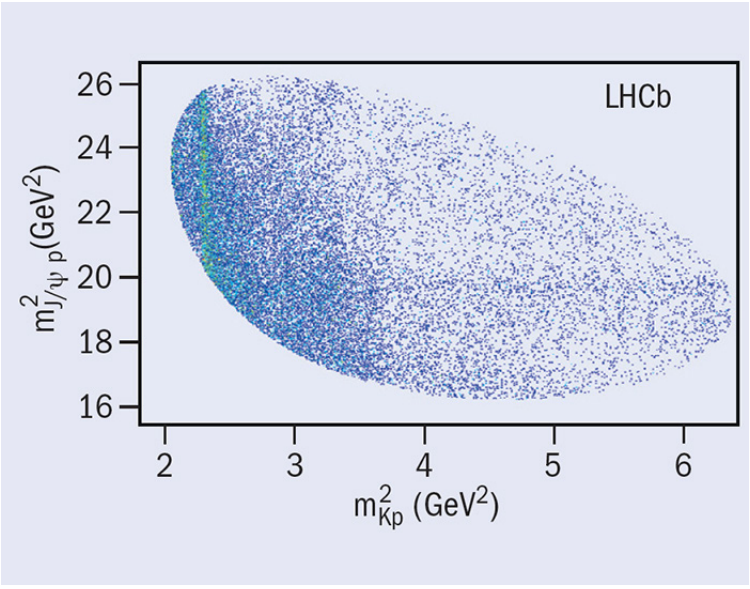
NASA finds water flowing on Mars(2015)

گزارش ال اچ سی بی دربارهٔ مشاهدهٔ ذرهٔ پنج کوارکی (پنتا کوارک)

در سال ۱۹۶۴ موری‌گل‌من[۱] و جرج زوایگ[۲] جداگانه، پیشنهاد دادند که هادرون‌ها از کوارک‌ها ساخته شده‌اند. با توجه به این پیش‌بینی، هادرون‌ها به دو دستهٔ باریون و مزون، تقسیم‌بندی شدند که باریون‌ها از سه کوارک و مزون‌ها از یک جفت کوارک و آنتی کوارک تشکیل شده‌اند. در کنار این طبقه‌بندی اولیه، وجود باریون‌هایی با چهار کوارک و یک پادکوارک و هم‌چنین وجود مزون‌هایی با دو کوارک و دو پادکوارک، پیش‌بینی شدند. به باریون‌های متشکل از چهار کوارک و یک پادکوارک، اصطلاحاً پنتاکوارک (ذرهٔ پنج‌کوارکی) گفته می‌شود و مزون‌های متشکل از چهار کوارک، تتراکوارک (چهارکوارکی) نامیده می‌شوند. مدل کوارکی موری‌گل‌من بعدها به صورت نظریهٔ تکامل‌یافتهٔ کرومودینامیک کوانتومی (QCD) درآمد که توانست اندرکنش‌های هسته‌ای قوی را توصیف کند. این نظریه، به همراه الکترودینامیک کوانتومی و نظریهٔ برهم‌کنش ضعیف، مدل استاندارد ذرات را تشکیل می‌دهند. کوارک‌ها ویژگی‌های ذاتی گوناگونی دارند که بار الکتریکی، بار رنگ، اسپین و جرم از جملهٔ این ویژگی‌ها هستند. کوارک، تنها ذرهٔ بنیادی از مدل استاندارد فیزیک ذرات است که هر چهار برهم‌کنش بنیادی را تجربه می‌کند. شش گونهٔ مختلف از کوارک‌ها وجود دارد که به هریک از آن‌ها یک مزه می‌گویند: بالا، پایین، افسون، شگفت، سر و ته. با توجه به پدیدهٔ حبس رنگ، کوارک آزاد نمی‌تواند در طبیعت وجود داشته باشد. بنابراین شواهد کمی، بر وجود فیزیکی آن‌ها در دسترس بود تا این‌که آزمایش‌های پخش غیرکشسان ژرف، در سال ۱۹۶۸ در مرکز شتاب‌دهندهٔ خطی استانفورد انجام شد. از آزمایش‌های انجام‌شده در شتاب‌دهنده‌ها برای وجود هر شش مزه کوارک، شواهدی به دست آمد. آخرین مزه‌ای که کشف شد، کوارک «سر» بود که در آزمایشگاه فرمی در سال ۱۹۹۵ کشف شد.

اکنون گروه اشکارساز ال اچ سی بی، کشف حالت پنتاکوارک P_{C^+} را در تحلیل داده‌های گردآوری شده در طول دورهٔ اول داده‌گیری ال اچ سی اعلام کرده است. این کشف هنگام تحلیل واپاشی $\Lambda_b \to J/\psi K^- P$ به دست آمده است. این نوع واپاشی برای اندازه‌گیری دقیق طول عمر Λ_b با اهمیت است.

البته یک نابهنجاری آشکار در الگوی این واپاشی‌ها وجود داشت. نقشهٔ ترسیم شده به روش دالیتز، که تنها ۵/۴٪ آن پیش‌زمینه است، چندین تشدید $\Lambda^* \to K^- P$ مورد انتظار را به عنوان نوارهای عمودی نشان می‌دهد، اما یک نوار افقی نیز وجود دارد که از وجود یک واپاشی تشدیدی کاملاً غیر منتظره به $J/\psi P$ خبر می‌دهد. (شکل ۱).



شکل ۱: نقشهٔ دالیتز که نشان‌دهندهٔ $m^2_{(K^-P)}$ در مقابل $m^2_{(J/\psi P)}$ است. نوار افقی به وسیلهٔ واپاشی ذرات پنتاکوارک به $J/\psi P$ ایجاد شده است.

یک واپاشی تشدیدی به $J/\psi P$ ممکن است یک حالت از پنتاکوارک باشد (همراه کوارک‌های $uudc\bar{c}$). بنابراین LHCb با بررسی دقیق‌تر داده‌های دامنهٔ دو کانال واپاشی $\Lambda_b \to J/\psi\Lambda^*$، $\Lambda^* \to K^-P$ و $\Lambda_b \to P_C^+K^-$، $P_C^+ \to J/\psi P$ نشان داد که نتایج نه تنها با جرم محصولات واپاشی، بلکه با توزیع زاویه‌ای واپاشی‌ها نیز مطابقت دارد و این یک شکار ناگهانی ساده نبوده است.

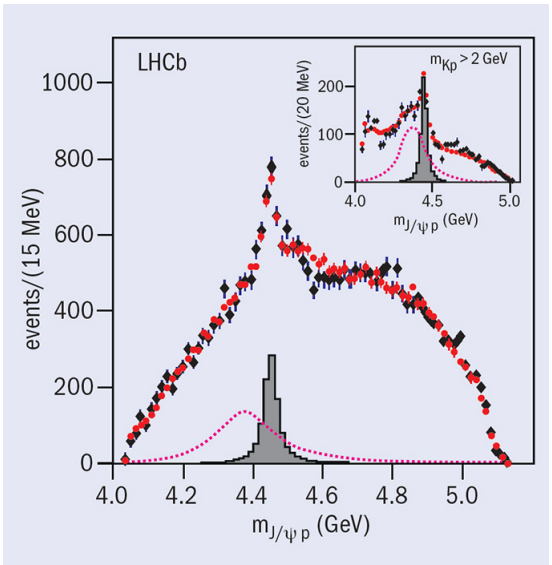
اولین کوشش مطابقت دادن داده‌ها، با فرض اینکه هیچ حالت P_{C^+} وجود ندارد، انجام شد. چرا که این ساختار می‌توانست از تداخل Λ^* تشکیل شود، ولی این فرض شکست خورد. در ادامه تلاش کردند که داده‌ها را با فرض وجود یک حالت P_{C^+} تحلیل کنند، اما دوباره نتایج ناامیدکننده بود و تطابق داده‌ها ناقص به نظر می‌رسید. .در نهایت تحلیل داده‌ها با فرض وجود دو حالت P_{C^+} انجام گرفت که نتایج این فرض، قابل قبول بود. جرم دو حالت P_{C^+} از این قرارند: $4380\pm8\pm29MeV$ و $4449.8\pm1.7\pm2.5MeV$ به ترتیب با پهنای $205\pm18\pm86MeV$ و $39\pm5\pm19MeV$. حالت‌ها دارای پاریته‌های مخالف هم هستند، یک حالت با اسپین $\frac{3}{2}$ و دیگری با اسپین $\frac{5}{2}$. طیف جرمی به دست آمده از $J/\psi P$، دو حالت را نشان می‌دهد (شکل ۲)، به طوری که درجهٔ اعتماد کشف هر یک از حالت‌ها، بیش‌تر از ۹ سیگما است.

ال- اچ- سی- بی برای اطمینان از درستی نتایج به دست آمده، آن‌ها را در معرض بررسی‌های مهم و اصولی متعدد قرار داده است. این بررسی‌ها شامل حصول اطمینان از عدم وجود ردپای اشباح[3] و ... است. یک واقعیت جالب توجه این است که واپاشی پنتاکوارک‌ها به $J/\psi P$ می‌تواند در یافتن حالت‌های تتراکوارک‌های مزون مؤثر باشد.

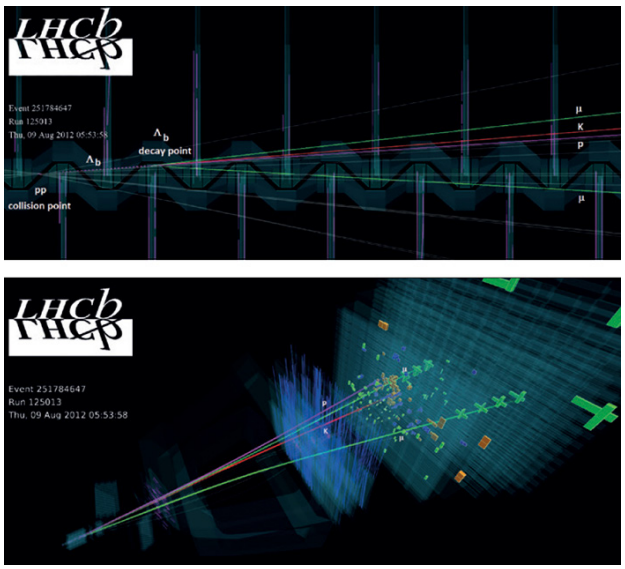
1 Murri Gell-Mann
2 George Zweig
3 Ghost

تهیه کننده: آرا رحیم‌پور

منبع
www.cern.com/cws/article/cren/62177(2015)

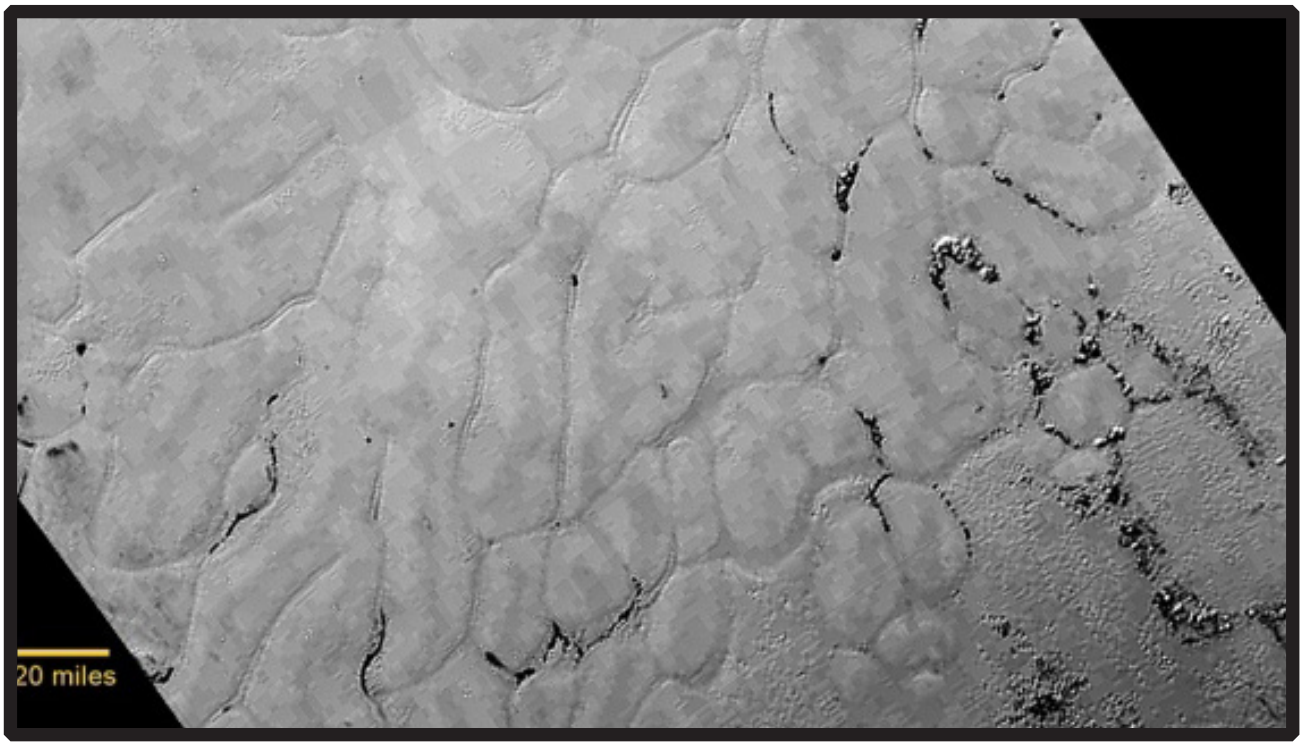


شکل ۲: جرم سیستم $J/\psi P$ در واپاشی $\Lambda_b \to J/\psi P$



شکل ۳: مثالی برای واپاشی Λ_b. در تصویر بالایی Λ_b (خط نقطهٔ بنفش) $3/9$ cm را پیش از واپاشی به $\mu^+\mu^-K^-P$ طی می‌کند که رد پای آن در تصویر پایینی نشان داده شده است. $\mu^+\mu^-$ محصولات واپاشی $J/\psi P$ هستند.

یافته‌های جدید به‌دست آمده از سیارهٔ پلوتو



دشت‌های یخی پلوتو

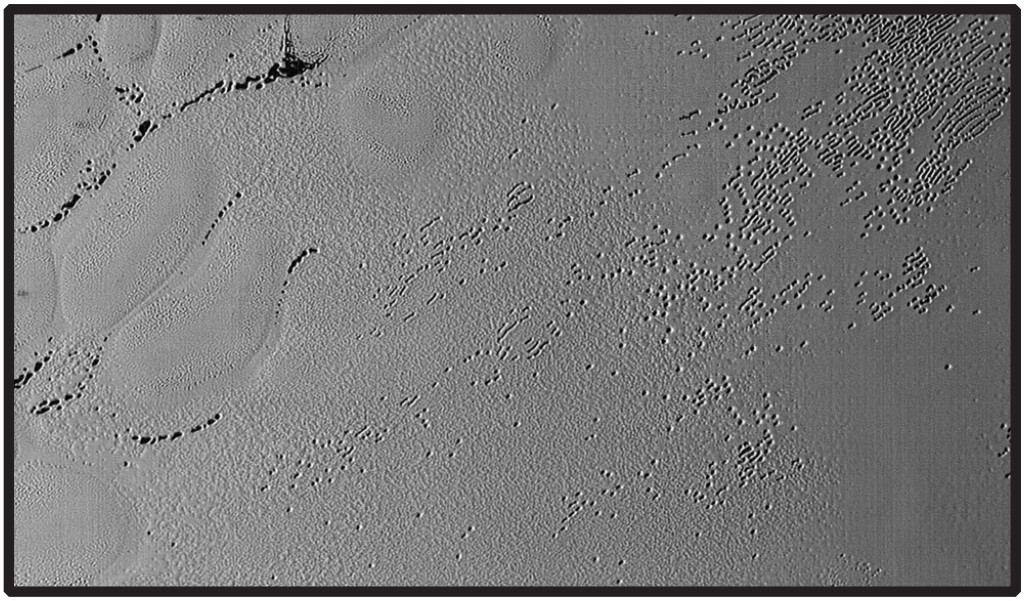
داده‌های جدید فضاپیمای افق‌های نو، از سیارهٔ پلوتو، یک دنیای فعال زمین‌شناسی را در حاشیهٔ منظومهٔ شمسی به تصویر می‌کشد که از جمله می‌توان به جاری بودن رودخانه‌ای یخی از نیتروژن، بر روی سطح آن اشاره کرد.

عکس‌های جدید فضاپیمای افق‌های نو[1] نشان می‌دهد که سیارهٔ پلوتو، دشت‌های وسیع یخی، در قالب اشکال چندگوشه، رگه‌هایی تاریک و تپه‌هایی گرد دارد. این عکس‌ها، سطح جوانی را نشان می‌دهد که به نظر می‌رسد به‌طور پیوسته تغییر شکل می‌دهد.

تصاویر رشته‌کوه‌ها، متفاوت از آن‌هایی است که پیش‌تر توسط این فضاپیما به‌دست آمده بود. فرورفتگی‌های کم‌عمق در دشت‌ها، برای چندگوشه‌ای‌ها، مرز تعیین کرده است و برخی از آن‌ها با مادهٔ تاریک‌تری پرشده‌اند.

لکه‌های تیره‌ای که در سطوح روشن وجود دارد، می‌تواند نشان‌دهندهٔ اثر وزش باد و یا حتی دهانهٔ گازهای یخی یا آب‌فشان باشد. فعالیت زمین‌شناسی گسترده، حکایت از آن دارد که این سیاره هنوز منبع گرمای داخلی دارد؛ احتمالاً ناشی از واپاشی پرتوزای عناصر شیمیایی که در نتیجهٔ تشکیل آن در میلیاردها سال پیش به وجود آمده‌اند.

به نظر می‌رسد که هرچه می‌گذرد، این سیاره با تنوع و ترکیب ویژگی‌های سطح خود، توجه بیش‌تر دانشمندان را به خود جلب می‌کند. جدیدترین عکس از قلب یخی آن که در پایین نشان داده شده است، الگوی سلولی مبهمی را در سمت چپ و فرورفتگی‌های کوچک دسته‌ای را در پایین و بالای سمت راست نشان می‌دهد.



نمای نزدیک قلب یخی پلوتو

فضاپیمای افق‌های نو، برای اولین بار فشار سطح سیارهٔ پلوتو را اندازه‌گیری کرده که مقدار آن تقریباً نصف اندازهٔ به‌دست آمده از روی زمین است.

سپس جرم جو سیاره، با کمک آن تخمین زده شده است که به نظر می‌رسد کاهش یافته باشد. هم‌چنین لایه‌های غباری در جو این سیاره یافت شده است که ضخامت آن به ۱۶۰ کیلومتر از سطح سیاره می‌رسد و این حدود پنج برابر مقداری است که قبلاً تصور می‌شد.

براساس داده‌های به دست آمده، جو سیارهٔ پلوتو از گازهایی نظیر نیتروژن، متان و مونوکسید کربن تشکیل شده است که هنگام تصعید یخ‌های سطحی آن پدید می‌آیند. عکس‌های نمانزدیکی که از بخشی از دشت‌های آن گرفته شده است، یخ‌رودهایی از نیتروژن را نشان می‌دهد. در دمای حدود ۲۳۵- سانتی‌گراد آب منجمد، شکننده‌تر از آن است که بتواند جریان یابد، اما این برای نیتروژن، در صورت داشتن ضخامت لازم و حرارت ناشی از تشعشعات درونی پلوتو، می‌تواند امکان‌پذیر باشد.

1 New Horizons

تهیه‌کننده: مونا عجمی

منابع:

1 Nitrogen glaciers flow on Pluto
2 Pluto's vast icy plains and gentle hills emerge in new images
3 Pluto‘s Puzzling Patterns and Pits

جو درخشان سیارهٔ پلوتو که توسط فضاپیمای افق‌های نو، هنگام عبور این سیاره از بین خورشید و آن گرفته شده است.

القای صوتی زلزله‌ها

شبیه‌سازی‌های عددی، این ایده را تأیید می‌کنند که موج‌های صوتی، می‌توانند با کاهش اصطکاک بین سنگ‌های داخل گسل، زلزله ایجاد کنند.

عموماً زمین‌لرزه‌های بزرگ، پس‌لرزه‌های کوچک‌تری در گسل‌های زمین‌شناختی، گاهی هزاران کیلومتر دورتر، القا می‌کنند. یک توضیح این است که ارتعاشات صوتی که امواج لرزه‌ای تولید می‌کنند، می‌توانند با تولید یک حالت شبه‌شارهٔ کم اصطکاک در داخل گسل، باعث به راه افتادن یک پس‌لرزه شوند. شبیه‌سازی‌های عددی جدید، این فرض مشهور شاره‌شدگی[1] صوتی را پشتیبانی می‌کنند. به‌علاوه این کار نشان می‌دهد که ممکن است گسل‌ها، با تولید خودبه‌خودی موج‌های صوتی، فعالیت لرزه‌ای خودالقا ایجاد کنند.

یک زمین‌لرزهٔ نوعی، وقتی اتفاق می‌افتد که سنگ‌های فشرده، در امتداد یک خط گسل، ناگهان از کنار یک‌دیگر بلغزند. سرعت این لغزش‌ها، بالاتر از مقدار مورد انتظار به‌دست آمده از اندازه‌گیری‌های اصطکاک سنگ بر سنگ است. بنابراین دانشمندان پیشنهاد داده‌اند که موج‌های صوتی ـ خواه به طور موضعی و خواه از خارج تولید شده باشند ـ باعث حرکت شاره‌گونه در دانه‌های کوچکی داخل گسل می‌شوند. آزمایش‌هایی که نشان می‌دهند ارتعاشات صوتی می‌تواند اصطکاک بین مواد دانه‌ای را کاهش دهد، شاهد این ادعا هستند.

یوجنیو لیپیلو[2] از دانشگاه دوم ناپل[3] در ایتالیا و همکارانش این موضوع را مورد بررسی قرار داده‌اند که آیا موج‌های صوتی می‌توانند بر دینامیک لغزش در سیستم گسل شبیه‌سازی شده اثر بگذارند. مدل آن‌ها شامل دو صفحهٔ ناهموار فشرده به‌هم و بستری از دانه‌های کروی در میان آن‌هاست. تحت یک تنش برشی اعمالی، درست مثل گسل‌های واقعی، گاه‌گاهی صفحه‌ها می‌لغزند. اما وقتی این گروه، سیستم خود را با موج‌های صوتی خارجی مختل کردند، دریافتند که لغزش زودتر رخ می‌دهد. همان‌طور که از شاره‌شدگی صوتی پیش‌بینی می‌شود، این «القا» در بسامد تشدید متناظر با موج‌های برخوردی، به جلو و عقب در داخل گسل اتفاق می‌افتد. پژوهشگران دریافتند این موضوع که موج‌های تشدید خودبه‌خودی در سیستم‌های مختل نشده، کمی پیش از هر لغزش اتفاق می‌افتد، پیشنهاد می‌کنند که موج‌های صوتی ممکن است به طور داخلی در داخل یک گسل به وجود آیند و لغزشی را چند ثانیهٔ بعدتر به راه اندازند.

این پژوهش در فیزیکال ریویو لترز چاپ شده است.

1 fluidization
2 Eugenio Lippiello
3 Second University of Naples

مترجم: زهرا عیدی

منبع:
Phys. Rev. Lett.115.128001 (2015)

ساخت تراشهٔ اپتیکی جامع

پژوهشگران انگلیسی، مدار فوتونیکی قابل برنامه‌ریزی ساخته‌اند که می‌تواند برای هر نوع عملیات اپتیکی خطی، مورد استفاده قرار گیرد و راهی برای اثبات تجربی یک تئوری در مکانیک کوانتوم فراهم می‌کند.

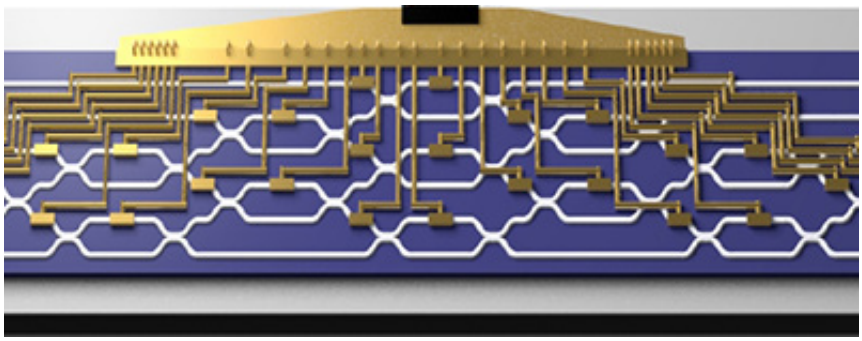
مدار فوتونیکی قابل برنامه‌ریزی

این پژوهش بر مبنای کار انجام شده توسط ریاضی‌پیشهٔ آلمانی، آدولف هورویتز[1]، در سال ۱۸۹۷ انجام گرفته است. او نشان داد که یک ماتریس اعداد مختلط، با عنوان عملگر واحد، چگونه از ماتریس‌های ۲×۲ کوچک‌تر ساخته می‌شود.

ماتریس عملگر خطی، توصیف ریاضی‌وار مدار اپتیکی خطی را پدید می‌آورد. مدار اپتیکی خطی، به هر مداری اطلاق می‌شود که در آن، از اجزاء اپتیکی نسبتاً استاندارد نظیر آینه‌ها استفاده شود تا به فوتون‌ها جهت داده و سبب تداخل آن‌ها با یک‌دیگر شود.

در سال ۱۹۹۴، پژوهشگران اتریشی نشان دادند که در تئوری، ماتریس‌های ۲×۲ می‌توانند برای توصیف اجزای مدار اپتیکی خطی، مورد استفاده قرار گیرند.

اکنون پژوهشگرانی از دانشگاه بریستول، آن را در عمل پیاده‌سازی کرده‌اند. آنان دستگاهی را ساخته‌اند که می‌تواند عملگر واحد را بازتولید کند و هر آزمایش اپتیکی خطی را انجام دهد. نتیجه یک دستگاه سیلیکا بر روی سیلیکون[2] است که بر روی ویفر ۶ اینچی تعبیه می‌شود و مشتمل بر ۱۵ تداخل‌سنج و ۳۰ انتقال‌دهندهٔ فاز الکتریکی است.



چنین مدارهایی می‌توانند توسعهٔ رایانه‌های کوانتومی فوتونیکی را سرعت بخشند. این دستگاه هم‌چنین می‌تواند به عنوان ماشین نمونه‌بردار بوزون عمل کند.

1 Adolf Hurwitz

2 silica-on-silicon device

مترجم: مونا عجمی

منبع:

Physicists build universal optics chip

مرجع:

http://www.sciencemag.org/content/early/2015/07/08/science.aab3642

رد پای فرمیون‌های ویل

سه گروه مستقل از فیزیک‌پیشگان، شواهدی مبنی بر وجود فرمیون‌های ویل را پیدا کرده‌اند. گروهی از پژوهشگران از دانشگاه پرینستون، شواهدی از فرمیون‌های ویل[1] را در قالب شبه‌ذرات در تالیم آرسنایِد (TaAs) یافته‌اند. در سال ۲۰۱۴، آن‌ها محاسباتی را منتشر کردند که بر مبنای آن TaAs باید دارای فرمیون‌های ویل باشد. سپس با روش‌هایی نظیر طیف‌سنجی و اشعهٔ ایکس، نشانه‌هایی از وجود فرمیون‌های ویل در قالب «مخروط ویل» و «گره‌های ویل» در آن یافته‌اند. شبه‌ذرات[2] حالت‌های الکترونی در شبکهٔ بلوری و یا سایر سیستم‌ها هستند که از برخی جهات می‌توانند ذره در نظر گرفته شوند.

گروه مستقل دیگری از پژوهشگران آکادمی علوم چین، نتایج مشابهی در مورد TaAs به‌دست آوردند. گروه دیگری از دانشگاه MIT و دانشگاه Zhejiang چین نیز شواهدی مبنی بر وجود فرمیون‌های ویل در نوعی کریستال فوتونی یافته‌اند. این بلور متشکل از صفحات پلاستیکی با ماتریسی از حفره‌هاست و در آن صفحات به گونه‌ای در کنار یک‌دیگر قرار گرفته‌اند که مسیرهای پیوسته در بلور، برای جاری شدن امواج مایکرو ویو پدید می‌آورد.

پیش‌بینی وجود فرمیون‌های ویل به سال ۱۹۲۹ برمی‌گردد. این ذرات به‌واسطهٔ طبیعت بدون جرمی که دارند بار الکتریکی را بسیار سریع‌تر از الکترون‌ها انتقال می‌دهند و بنابراین می‌توانند مدارهای الکترونیکی پر سرعتی را پدید آورند و در توسعهٔ رایانه‌های کوانتومی کاربرد داشته باشند.

1 Weyl fermions

2 quasiparticles

مترجم: مونا عجمی

منبع: Weyl fermions are spotted at long last

سردسازی گاز دوقطبی تا نزدیکی صفر مطلق

سردسازی مولکول‌های به‌شدت دوقطبی و رسیدن به حالت پایهٔ مطلقشان[1]، امکان خلق شکل‌های جدید ماده را فراهم کرده است.

سردسازی مولکول‌های دوقطبی تا نزدیک صفر مطلق می‌تواند حالت‌های کوانتومی جدیدی از ماده به وجود بیاورد، زیرا دوقطبی‌ها نیروهای بلندبرد قوی به هم وارد می‌کنند که در طبیعت نیست. اکنون محققان، گازی از مولکول‌های سدیم ـ پتاسیم را در حالت پایهٔ مطلقشان تا دماهای میکروکلوین سرد کرده‌اند. برهم‌کنش‌های دوقطبی در این مولکول‌ها قوی است و نسبت به مولکول‌های فوق سرد شدهٔ قبلی پایدارتر هستند. این ویژگی، آن‌ها را کاندیدای مناسبی برای تحقیق برروی اثر برهم‌کنش‌های دوقطبی در رژیم کوانتومی کرده است.

مولکول‌ها به خاطر دوران و ارتعاش با اتم‌ها تفاوت دارند. به دلیل وجود آزادی بیش‌تر، تلاش بیش‌تری برای سردسازی مولکول‌ها با روش‌های لیزری مرسوم لازم است. برای غلبه براین چالش‌ها، محققان موفق شدند مولکول‌های فوق سردKRb فرمیونی و RbCs را مستقیماً در محیط گاز اتم‌های سرد شده تولید کنند و سپس آن‌ها را به حالت پایهٔ ارتعاشی ـ دورانی[2] انتقال دهند.

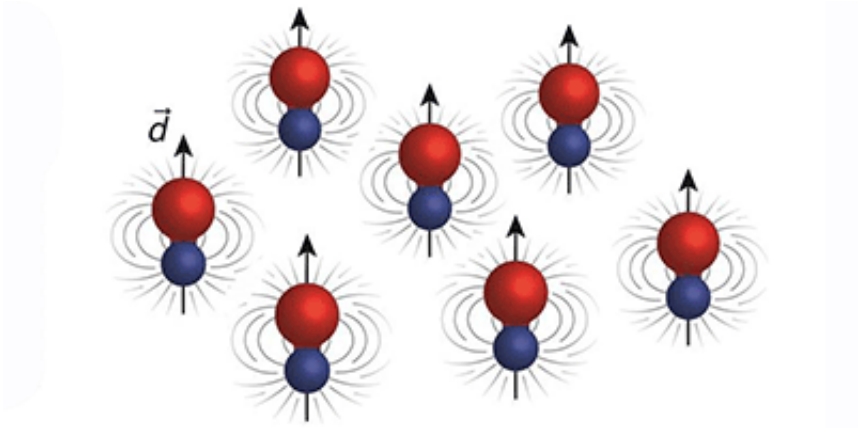
مارتین تسیِرلاین[3] و همکارانش از مؤسسهٔ فن‌آوری ماساچوست، NaK فرمیونی را به این کلاس کوچک از اتم‌های فوق سرد اضافه کرده‌اند. این گروه، با اتم‌های سرد شدهٔ پتاسیم و سدیم آغاز کردند و سپس از یک میدان مغناطیسی جهت رسیدن به تشدید فشباخ[4] استفاده کردند که اتم‌ها را به صورت مولکول‌هایی با پیوندهای ضعیف ترکیب می‌کند. پس از آن، یک جفت لیزر این حالت فشباخ را با حالت پایهٔ ارتعاشی ـ دورانی جفت می‌کند، که این عمل انتقال مولکول به پایین‌ترین حالت انرژی را بدون افزایش انرژی جنبشی گاز و به صورت هموار ممکن می‌سازد.

از آن‌جایی که پیوندهایNaK به آسانی گسسته نمی‌شوند، طول عمر نسبتاً زیادی (بزرگ‌تر از ۲/۵ ثانیه) برای آن توسط این گروه گزارش شد، که آن را کاندیدای مناسبی جهت آزمایش‌های بعدی می‌کند. اگر دما باز هم یک مرتبهٔ بزرگی پایین آورده شود، NaK گازی به رژیم تبهگن کوانتومی وارد می‌شود که در این حالت رسیدن به شکل‌های غیرمتعارف ماده مانند ابرشارهٔ توپولوژیکی شامل فرمیون‌های ماجورانا، یا بلور دوقطبی کوانتومی[5] با قابلیت همزمان انجماد و ابرشارگی را می‌توان پیش‌بینی کرد.

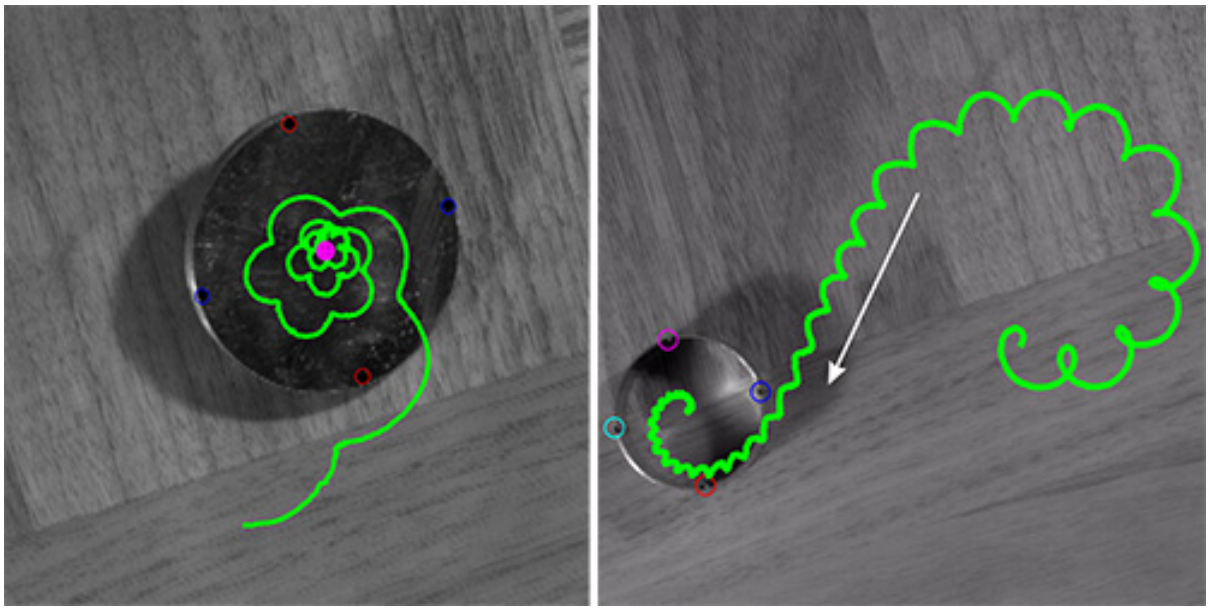
1 Absolute ground state
2 rovibrational
3 Martin Zwierlein
4 Feshbach
5 dipolar quantum crystal

مترجم: امیرحسین طالبی

منبع:
Phys. Rev. Lett. 114.205302 (2015)



رقص حلقه‌های ازدواج



حلقه‌های ازدواج در حال چرخش، می‌توانند مسیرهای بوم‌رنگ مانند شگفتی ایجاد کنند.

سکه‌ای که در حال چرخش بر روی یک سطح صاف است تا زمانی که چرخش‌اش متوقف شود و بر روی یکی از دو روی‌اش بیفتد، مخروط‌هایی مانند سیاره‌ای به دور یک ستاره را طی می‌کند. به تازگی میرعباس جلالی و همکارانش در دانشگاه کالیفرنیا، برکلی، نشان داده‌اند که چرخش حلقه‌های ازدواج، رقص متفاوتی را تجربه می‌کند. در حقیقت مدت کوتاهی پس از این‌که حلقه شروع به چرخش می‌کند، می‌تواند ناگهان مسیرش را دور بزند و درست مانند یک بوم‌رنگ، در جهت عکس، حرکتی مخروطی داشته باشد. محققان پیشنهاد می‌کنند که این یافته می‌تواند برای طراحی اشیایی با قابلیت‌های جهت‌گیری مختلف، بر روی سطوح صاف، مورد استفاده قرار بگیرد.

جلالی و همکارانش با استفاده از تصویربرداری با سرعت بالا، حرکت اسپینی حلقه‌ها با شعاع، پهنا و ضخامت‌های مختلف را در سطوح مختلف به ثبت رساندند. آن‌ها دریافتند که این تغییر مسیرِ ناگهانی، در تمام آزمایش‌ها دیده می‌شود. محاسبات عددی این گروه نشان می‌دهد که این چرخش ناگهانی، ناشی از تغییر در مقاومت هوایی است که حلقه درست پس از آغاز گردش تجربه می‌کند.

در حقیقت زمانی که سکه شروع به چرخش می‌کند، لایهٔ نازکی از هوا بین گوشهٔ زیرین و سطحی که روی آنِ گردش می‌کند محبوس می‌شود. دقیقاً چنین لایه‌ای نیز زمانی که حلقه‌ای برای دوران تنظیم می‌شود ظاهر می‌شود، اما به علت بزرگی حفره در مرکز حلقه، این هوا با جاری‌شدن به سمت حفره، از آن می‌گریزد. این جریان هوا، نیروهای اصطکاکی که بر روی حلقه عمل می‌کند را تغییر داده، و باعث تغییر در مسیر حرکت آن می‌شود. بر طبق گفته این محققان، حلقه می‌تواند مانند جسمی در نظر گرفته شود که در حال گردش به دور زمین، ناگهان توسط میدان گرانشی ماه، به دام می‌افتد و به آن مقید می‌شود.

مترجم: سیده اسما حسینی

منبع:

Phys. Rev. E. 92.032913 (2015)

ریاضی‌دان یا فیزیک‌دان؟

مصاحبه با سدریک ویلانی، برندهٔ جایزهٔ فیلدز[1] ۲۰۱۰

مصاحبه: بردیا حجازی با همراهی ایمان افتخاری

در اردیبهشت امسال سدریک ویلانی، ریاضی‌دان سرشناس و برندهٔ جایزهٔ فیلدز در سال ۲۰۱۰، به دعوت پژوهشگاه دانش‌های بنیادی سفری به ایران داشت. در این سفر، ضمن ارایه سخنرانی‌های تخصصی و عمومی در بعضی از دانشگاه‌ها، امکان یک مصاحبه با مجلهٔ «فیزیک روز» در دانشگاه صنعتی شریف به یاری میزبانان ایشان فراهم شد.
مجلهٔ «فیزیک روز» از دکتر ایمان افتخاری و دکتر مرتضی فتوحی که در مصاحبه ما را همراهی و آن را امکان‌پذیر کردند و دیگرانی که سفر ایشان را تسهیل و امکان ارتباط پژوهشگران کشور با دانش‌پیشگان تراز اول دنیا را فراهم کرده‌اند و هم‌چنین از وبگاه «مکتبخونه» برای فراهم کردن امکانات فنی این مصاحبه، قدردانی می‌کند.

فیزیک روز: عصر به‌خیر استاد، به ایران و به دانشگاه صنعتی شریف خوش آمدید. حضور شما در این‌جا باعث افتخار ماست. من بردیا حجازی هستم و از سوی جامعهٔ فیزیک ایران و مجلهٔ «فیزیک روز» برای پذیرش این مصاحبه، از شما صمیمانه سپاسگزارم.

ویلانی: متشکرم.

فیزیک روز: شما تقریباً در کل دوران حرفه‌ای‌تان، روی معادلهٔ بولتزمان کار کرده‌اید. چه‌طور این ارتباطات جالب‌توجه را، میان قضایا برقرار و یک قضیهٔ جدید ایجاد کردید؟ چه‌قدر از آن، یک کشف جدید بوده و مستقیم حاصل شده است؟

ویلانی: درواقع علی‌رغم گفته‌های بسیار، باید بگویم که چیزی در حدود چهل درصد یا یک سوم دوران ریاضیات من، صرف معادلهٔ بولتزمان شده است. اجازه دهید بگویم که یک سوم این دوران، معادلهٔ بولتزمان، بیست درصد معادلهٔ ولاسوف، یک سوم انتقال بهینه و مابقی مجموعه‌ای از چیزهای گوناگون بوده است. ولی این واقعیتی است که من با معادلهٔ بولتزمان آغاز کردم که تغییر شکل آماری یک سیال حین برخورد را توصیف می‌کرد و از برهم‌کنش تصادفی سخن می‌گفت. در آن زمان واقعاً روی معادلهٔ بولتزمان تمرکز کرده بودم. اما این موضوع پرباری بود که در را به زمینه‌های گوناگون دیگر باز کرد و لذا در حین بررسی معادلهٔ بولتزمان، من به انتقال بهینه علاقه‌مند شدم که بهترین راه برای تغییر شکل یک چگالی محتمل به دیگری به وسیلهٔ نوآرایی است. تکنیک‌های این روش، در برخی موارد،

۱ جایزهٔ فیلدز یکی از معتبرترین جوایز در ریاضیات است. در غیاب جایزه‌ای برای ریاضی، در مجموعه جوایز نوبل، این جایزه به نوعی معادل نوبل ریاضی است.

عکس از امین صفدری

برای تخمین اختلافات میان توزیع‌ها در معادلهٔ بولتزمان به کار رفته است. از آن‌جا که همه چیز در پی هم ایجاد می‌شود، کار روی انتقال بهینه را نیز انجام دادم که در آن مفهوم آنتروپی از معادلهٔ بولتزمان مطرح می‌شود و می‌توانستم آن‌ها را به هم ربط دهم؛ یعنی در واقع هرچیزی به چیز دیگری منتهی می‌شد. همهٔ تحقیقات من به هم مرتبط بود، یکی پس از دیگری، مثل یک درخت، اما وارد حیطه‌های مختلف می‌شد و مجبور بودم فقط به شکل آنالیزی، که تخصص اولیهٔ من بود کار نکنم، بلکه وارد احتمال و هندسه هم بشوم. در تلاش برای شناخت عوامل، رویارویی با افراد گوناگون، امر خیلی مهمی بود. با یک نفر آشنا، و وارد یک زمینهٔ تازه می‌شوید. من همکاران زیادی داشتم و در خیلی موارد یک آشنایی، راه‌گشای یک مسیر تازه بود.

فیزیک روز: شما گفتید «الهام کلید کار ریاضی است». شما از کجا الهام گرفتید؟

ویلانی: ای کاش می‌دانستم. شاید هم بهتر باشد که ندانم. هیچ کس نمی‌داند از کجا الهام می‌گیرد. ناگهان چیزی به ذهنت خطور می‌کند، از خواندن مقالات دیگران، با بحث یا در خواب و مهم‌تر از همه، از حل چیزهای غیرمنطقی اما بسیار مهم نشأت می‌گیرد. شما هرگز نمی‌دانید از کجا الهام می‌گیرید.

فیزیک روز: شما یک ریاضی‌دان مشهور و عملاً سفیری برای علم ریاضیات هستید. با این وجود، روی معادلهٔ بولتزمان، که یک مفهوم فیزیکی دارد کار کرده‌اید و ریاضی‌دانی را نشان داده‌اید که تلاش می‌کند جهان را با ریاضیات توضیح دهد. چه‌قدر خودتان را فیزیک‌دان می‌دانید؟

ویلانی: من فیزیک‌دان نیستم. اگرچه اغلب اوقات، بر سر اصول مشخصی، با فیزیک‌دان‌ها بحث می‌کنم. حتی به‌طور معمول به کنفرانس‌های فیزیک دعوت می‌شوم و سخنرانی و بحث می‌کنم، که خب انتظارش را هم دارم. ولی یکی از تفاوت‌ها این است که ابزار اصلی من برای فهم و رسیدن به فیزیک، درک مکانیزیم ریاضی آن است. هرگز این‌طور نیست که با درک مستقیم فیزیک، به حیطهٔ ریاضی کشیده شوم، برعکس درک ساختار ریاضی، مرا به نتایج فیزیکی رسانده است. بنابراین یک حرکت رفت و برگشتی بین ریاضی و فیزیک وجود دارد. فیزیک‌دان‌ها هم این کار را انجام می‌دهند، یک ایدهٔ فیزیکی دارند، به یک معادلهٔ ریاضی می‌رسند و بقیهٔ ماجرا. برای من سطح ایده‌ها و محتوا اهمیت دارد و این شیوهٔ تفکر من است. موضوع این است که یک نفر بتواند ابزارهای ریاضی را برای فیزیک به‌کار بگیرد، مثل به‌کارگیری ابزارهای آنالیزی، برای مطالعهٔ مسائل هندسی یا ابزارهای احتمال برای مطالعهٔ دقت در نظریه اعداد. مهم‌ترین چیز در تعریف شما به عنوان یک دانشمند، ابزار و موضوع نیست، روشِ فکر کردن و کار کردن است. باتوجه به گفتهٔ زیبایی که اخیراً در یک سخنرانی شنیدم، «دانش دربارهٔ دانسته‌ها نیست برعکس دربارهٔ ندانسته‌هاست.» دربارهٔ مسیر مبادرت شما در باب نادانسته‌ها. و من مسیر مشخصی در مبادرت به نادانسته‌ها داشتم که بر اساس اصول معمول و اولیهٔ ریاضیات بود.

فیزیک روز: شما گفتید که «بردن مدال فیلدز، در پس ذهن هر ریاضی‌دانی هست.» چه وقت فهمیدید که می‌خواهید این مدال را ببرید و چه‌طور فهمیدید برای بردن آن چه باید بکنید؟

ویلانی: هیچ ایده‌ای نداشتم. شاید حوالی سال ۲۰۰۵ به یک

نوع افسردگی خفیف مبتلا شدم، فقدان انگیزه. غیرمنطقی است، نمی‌دانید برایتان اتفاق می‌افتد یا شما باید کاری برای آن انجام دهید. اواخر سال ۲۰۰۴ یا اوایل ۲۰۰۵، وقتی مشغول کار روی یادداشت‌هایی برای یک مدرسهٔ تابستانی بودم، دوباره شدیداً به ریاضیات علاقه‌مند شدم، بعضی از تحقیقاتم در سال ۲۰۰۴، به ثمر رسید و دوباره انگیزه پیدا کردم. در آن زمان با توجه به نقد و نظرها، و این واقعیت که کارم خیلی خوب خواهد شد، فهمیدم که هنوز شانس بردن مدال فیلدز را دارم. پیش از سال ۲۰۰۵، هیچ ایده‌ای نداشتم، بعدها بسیاری به من گفتند که پیش‌تر از این می دانستند که این امکان برای من هست، اما خودم حدود ۲۰۰۵ به این پی بردم. در سال ۲۰۰۶، جذب ICM در مادرید شدم که بسیار مهم بود. مجموعه‌ای از ریاضی‌دان‌ها، با مجموعه‌ای از ایده‌های بزرگ، در کنار هم. از سخنرانی من هم استقبال شد و این مثل یک جرقه و بسیار مهیج بود. فهمیدم که در سال‌های پیش رو، شانس بردن این جایزه را خواهم داشت و البته با توجه به شرایط سنی در آن هنگام، فقط یک شانس داشتم یا باید پیش از ۳۶ سالگی آن را به دست می‌آوردم یا هرگز به آن نمی رسیدم[۲].

هرگز این‌طور نیست که با درک مستقیم فیزیک به حیطهٔ ریاضی کشیده شوم، برعکس درک ساختار ریاضی، مرا به نتایج فیزیکی رسانده است.

فیزیک روز: چه تفاوت‌های عمده‌ای، بین شیوهٔ زندگی علمی و شخصی شما، پیش و پس از دریافت جایزهٔ فیلدز وجود داشته است؟ آیا از این تغییرات پشیمانید؟

ویلانی: در زندگی علمی یک فاجعهٔ آشکار است. همه می‌دانیم که جایزهٔ نوبل به تحقیق آسیب می‌رساند، جایزهٔ فیلدز حتی خیلی بیش‌تر آسیب می‌رساند. چون وقتی رخ می‌دهد که شما جوانید. من هم می‌دانستم این خیلی برای علم خوب نیست، منظورم تولیدات علمی شخصی خودم است. چون به عقیدهٔ خودم، در مقایسه با خیلی از همکارانم، کارهای پیشرفته‌تری انتخاب می‌کردم. این اتفاق برای من، نسبت به دیگران، بلای بزرگ‌تری بود، اما من به نوعی آن را شناختم و پذیرفتم. نظرم این بود که این جایزه، با امکان تأثیر بر مسیرهای دیگر، چه‌بسا تقویت کننده باشد. مدالی داشته‌ایم که در فرانسه و بلکه در تمام دنیا، یک کمپین بزرگ ایجاد کرده و من هم جزیی از این کمپین بزرگ برای پیشرفت ریاضیات و عامل کسب میلیون‌ها و میلیون‌ها دلار برای مؤسسه‌ام شده‌ام. کتاب‌های کاملاً موفق منتشر کردم، و ویرایش‌های تازه، از کتاب‌های بسیار موفق را ساماندهی کردم، و در مقابل ده‌ها هزار نفر سخنرانی کرده‌ام. اگر افرادی که کتاب‌هایم را خوانده‌اند یا مرا در تلویزیون دیده‌اند یا مقالاتی دربارهٔ من و کار بزرگی که در ریاضیات انجام دادم خوانده‌اند را ثبت کنم، میلیون‌ها نفر خواهند بود، و این‌جاست که این یک تأثیر اساسی است.

فیزیک روز: کمی از سال‌های دبیرستان و دانشگاه برای ما بگویید، چگونه و چرا ریاضی را انتخاب کردید؟ شخص خاصی الگوی شما برای انتخاب ریاضی بود؟

ویلانی: اساتید الهام‌بخش زیادی داشتم. به‌ویژه بین سنین ۱۳ تا ۱۵ سالگی که ساعت‌ها برای استدلال برخی مسائل هندسی، هندسهٔ مقدماتی، وقت صرف می‌کردم. به عبارتی علاقه‌ام به ریاضی از خیلی پیش‌تر می‌آمد. با خواندن کتاب‌ها و دیدن مسائل و غیره. هرگز در هیچ المپیاد یا باشگاه یا مشابه این‌ها شرکت نداشتم، اما همیشه، همهٔ موضوعات و مسائل ریاضی مطرح در آن‌ها را مطالعه می‌کردم. با مرور گذشته می‌بینم که هرگز واقعاً انتخاب نکردم، از نوجوانی تا ۲۰ سالگی شاید، فقط مسیری را طی کردم که به طور معمول افراد دور و برم پیشنهاد می‌کردند. اولین تصمیم شخصی‌ام این بود که به جای مطالعهٔ جبر به مطالعهٔ معادلات دیفرانسیل جزیی بپردازم.

فیزیک روز: در سخنرانی‌تان در TED(Technology,Entertainment,Design)[۳] با عنوان «ذهن‌های زیبا»، گفتید افراد بسیاری در سرتاسر جهان ممکن است به دلیل نبود سواد و تحقیق، هرگز پتانسیل خود را کشف نکنند.

ویلانی: بله درست است.

فیزیک روز: شما فکر می‌کنید اگر فرصت داشتید ممکن بود در زمینه‌های دیگری در کنار ریاضی، رشد کنید؟

ویلانی: من این‌قدر خوش‌شانس بوده‌ام که تحصیلات نسبتاً کاملی داشته باشم. کارها، کتاب‌ها و دوره‌های تحصیلی در موضوعات مختلف داشته باشم. حس می‌کنم فرصت‌های دیگری هم داشته‌ام و مطمئناً ریاضیات چیزی بوده که از همه بهتر مطالعه کرده‌ام. در دوران کودکی آرزو داشتم دیرین‌شناس شوم. مطالعهٔ فسیل‌ها، دایناسورها و غیره، زمان زیادی نیز صرف خواندن کتاب‌هایی دربارهٔ دایناسورها کردم.

۲ جایزهٔ فیلدز، هر چهارسال یک بار داده می‌شود و از شروط برندگان جایزه این است که در زمان دریافت، باید کم‌تر از ۴۰ سال سن داشته باشند.

3 http://tedxtalks.ted.com/video/TEDxObserver-Cdric-Villani

فیزیک روز: و یک عروسک دایناسور داشتید.

ویلانی: یک عروسک دایناسور داشتم ولی این مربوط به خیلی بعد است. دایناسور بادی من، دیمترودون بادی من، مربوط به نوزده سالگی من است یا هفده هجده سالگی. دایناسورها خیلی مهم بودند.

و ادبیات. من به تازگی با یک منتقد ادبی و یک نفر که برنامهٔ رادیو تلویزیونی دارد ملاقات کردم که از من برای کتاب اخیرم دعوت و مرا به عنوان یک نویسنده و ریاضی‌دان معرفی کرد. خیلی افتخار کردم. این دومین پروژهٔ من برای نوشتن کتاب بود و واقعاً محتوای ریاضی نداشت، اما مفاهیم مرتبط در آن مطرح بود. به‌طور قطع از این بابت خوش‌بخت بودم و این شواهد باعث می‌شود فکر کنم ریاضیات بهترین انتخاب برای من بوده است.

هرگز در هیچ المپیاد یا باشگاه یا مشابه این‌ها شرکت نداشتم، اما همیشه، همهٔ موضوعات و مسائل ریاضی مطرح در آن‌ها را مطالعه می‌کردم

فیزیک روز: من (بردیا حجازی) شخصاً فردی خجالتی هستم، خیلی صحبت نمی‌کنم و کمی مسخره است که مصاحبه‌گر شده‌ام.

ویلانی: خوب است، من دوست دارم.

فیزیک روز: شما در جایی گفتید که در کودکی خجالتی بودید و در مدرسه معلم‌ها مدام می‌خواستند که بلندتر صحبت کنید.

ویلانی: درست است.

فیزیک روز: ولی حالا شما در همه جای جهان سخنرانی می‌کنید و هر روز مصاحبه دارید. چه‌طور این‌قدر تغییر کردید؟ کسانی مثل من هم می‌توانند این‌گونه تغییر کنند؟

ویلانی: من کاری انجام ندادم. این حالت به تدریج خودش اتفاق افتاد . مهم‌ترین مشاورهٔ من برای کودکان خجالتی و والدین آن‌ها این است که نگران نباشند. من هرگز یا به ندرت از خجالتی بودنم ضرر کرده‌ام، شاید خیلی اتفاقی. اما بابت حرف زدن یا جسور بودنم خیلی ضرر کرده‌ام. این چیزها ارزش شما را پیش خودتان کم می‌کند. شخصاً فکر می‌کنم خجالتی بودن این روزها سرمایهٔ بدی نیست، جایی که هر کس می‌خواهد بلندتر از دیگری سخن بگوید. این درست است که چیزهای مسخره‌ای در من بود، که زمانی از آن‌ها چشم پوشیدم، نمی‌دانم شاید در ۲۵ سالگی. از وقتی که یک فرد خجالتی محسوب می‌شدم تا وقتی که به تلویزیون رفتم و در مقابل میلیون‌ها بیننده حرف زدم و راحت بودم. هیچ دستورالعملی وجود ندارد و با چیزهایی شکل می‌گیرد که در ادامهٔ زندگی پیش می‌آیند. اگر کسی دیدش باز باشد، گشایش‌ها پی در پی رخ خواهد داد. خجالتی بودن، احساساتی بودن در برقراری ارتباط است و نباید با آن جنگید. اما در مواردی که نسبت به داشتن ارتباط، واکنش‌های سخت وجود دارد آن وقت دیگر یک مشکل سطحی و ظاهری نیست، باید بیش‌تر به سمت جامعه‌پذیری رفت. به این توجه کردم که وقتی سخنرانی عمومی دارم یا حتی وقتی پاسخ ایمیل‌های خارجی را می‌دهم همین احساس به من دست می‌دهد، انگار به‌طور خودکار دوباره با آن ارتباط می‌گیرم.

فیزیک روز: از این‌که کتاب‌هایتان به زبان‌های مختلف و به‌خصوص فارسی ترجمه شده است چه احساسی دارید؟

من هرگز یا به ندرت از خجالتی بودنم ضرر کرده‌ام، شاید خیلی اتفاقی. اما بابت حرف زدن یا جسور بودنم خیلی ضرر کرده‌ام. این چیزها ارزش شما را پیش خودتان کم می‌کند. شخصاً فکر می‌کنم خجالتی بودن این روزها سرمایهٔ بدی نیست، جایی که هر کس می‌خواهد بلندتر از دیگری سخن بگوید.

ویلانی: خیلی افتخار می‌کنم. چه کسی می‌توانست پیش‌بینی کند، به یمن ریاضیات، کتاب‌های من به بیست زبان متفاوت ترجمه شود و به کل جهان برود. این از آن بخش‌های شکوهمند زندگی است. خود را در میان چیزهای پیچیده‌ای بیابید که هرگز به آن فکر نکردید.

فیزیک روز: قبلاً با دانشمندان ایرانی ملاقاتی داشته‌اید؟ و حالا، که زمانی را در ایران گذرانده‌اید آیا تحت تأثیر فضای علمی و کلی این‌جا بوده‌اید؟

ویلانی: این پرسشی است که از وقتی به این‌جا آمدم زیاد از من پرسیده شد. دو روز زمان کوتاهی است، چه‌طور می‌خواهید تأثیری ایجاد کنید؟ سوای چیزی که من فکر می‌کنم، ایران تقریباً همانی است که انتظارش را داشتم. افراد در دانشگاه،

عکس از امین صفدری

زیاد سفر می‌کنند و خیلی زود می‌فهمند که نباید به آن‌چه در رسانه‌ها می‌بینند اعتماد کنند. اما به مصادیق متعلق به افراد، کارهای هنری، فرهنگ و گفتگوی فرهنگی اعتماد می‌کنیم. در دهه‌های گذشته، از مصادیق فرهنگ ایرانی بسیار دیده‌ایم. من ساعت‌های زیادی در پاریس صرف تماشای فیلم‌های ایرانی کرده‌ام، خیلی بیش‌تر از ساعت‌هایی که در این سفر در این‌جا گذرانده‌ام. ایران برای مردم فرانسه خیلی آشناست، فرانسوی‌ها حتی پیش از این‌که به این‌جا بیایند، به ایران علاقه‌مندند. سوای از این، بله، من با دانشمندان ایرانی برخورد داشته‌ام و در فرانسه خیلی دانشمند ایرانی هست. دانشمندان ایرانی زیادی می‌بینیم و به‌طور ویژه یک جمعیت از راننده تاکسی‌های ایرانی، چه خوب چه بد. افراد زیادی که به دلایل گوناگون باید مهاجرت کنند، وقتی می‌خواهند ادامه تحصیل دهند، حس می‌کنند بد نیست راننده تاکسی باشند، چون هروقت بخواهید کار می‌کنید، و با افراد زیادی هم بحث می‌کنید. من گفتگوهای فوق‌العاده با راننده تاکسی‌های ایرانی داشته‌ام. یکی از آن‌ها در آمریکا راجع به کل ادبیات فرانسه و ده‌ها نویسنده از قرن‌های مختلف برای من صحبت کرد. یکی از آن‌ها را به‌خاطر می‌آورم که درباره این کشور و کشورهای دیگر با او گفتگوی مفصلی داشتم. در جهان دانشمندان ایرانی معروفی داریم. آن‌هایی که بهتر از بقیه می‌شناسم مثل مریم میرزاخانی که به تازگی در کالیفرنیا ملاقاتش کردم و بیش از یک سال با هم در ارتباط بودیم. یا نیما ارکانی حامد که در پرینستون زندگی می‌کند و این روزها یکی از نظریه‌پردازان مشهور فیزیک است. در مورد نظریهٔ بولتزمان بی‌تردید فریدون رضاخانلو در برکلی، یکی از متخصصان جهانی است. خب آن‌ها این‌جا هستند و همهٔ ما دانشمندان بین‌المللی، دانشمندان ایرانی الهام‌بخشی را ملاقات کرده‌ایم.

فیزیک روز: از رازتان دربارهٔ عنکبوت[۴] به ما چیزی نگفتید، می‌گویید؟

ویلانی: نمی گویم، تلاش نکنید.

فیزیک روز: به ما اعتماد ندارید؟

ویلانی: وقتی می‌گویم که راز را نمی‌گویم، هرگز نمی‌گویم. این که بدانید چه‌طور رازداری کنید خیلی در زندگی مهم است.

فیزیک روز: برای دانشجویان و دانشمندان جوان که می‌خواهند دورهٔ تخصصشان را به عنوان دانشمند آغاز کنند چه پیشنهادی دارید؟

باز باشید و سخت کار کنید، و عمیقاً در یک مسیر حرکت کنید، در یک موضوع متخصص شوید و بعد به همه موضوعات علاقه‌مند شوید و بسیار سفر کنید. شما باید در جهان سفر کنید و هم‌زمان در جهان ایده‌ها سفر کنید و هم‌زمان بدانید که به کجا تعلق دارید، این کشور شماست، نباید مانع از این شود که از کل جهان بهره نبرید.

ویلانی: ذهن باز داشته باشید و سخت کار کنید، و عمیقاً در یک مسیر حرکت کنید، در یک موضوع متخصص شوید و بعد به همهٔ موضوعات علاقه‌مند شوید و بسیار سفر کنید. شما باید در جهان سفر کنید و هم‌زمان در جهان ایده‌ها سفر کنید و هم‌زمان بدانید که به کجا تعلق دارید، این کشور شماست، نباید مانع از این شود که از کل جهان بهره نبرید.

فیزیک روز: بابت پیشنهادهایتان از شما سپاسگزارم. شما حقیقتاً یک ذهن زیبا در میان ذهن‌های زیبا هستید. این یک گفتگوی باارزش با شما بود.

ویلانی: بسیار سپاس، صحبت با یک جوان هم‌رشته، فکر می‌کنم یکی از بزرگ‌ترین گرامی‌داشت‌های من بود.

۴ ویلانی همیشه در بین عموم با سنجاق سینه‌هایی به شکل عنکبوت ظاهر می‌شود.

افتخاری: من دو پرسش از شما داشتم. یکی از آن‌ها که عده‌ای از من پرسیدند و من به نوعی منتقل‌کنندهٔ آن به شما هستم این است که چه چیزی شما را سخت‌کوش کرد که از نیازهای تحقیقات در ریاضیات است. اگر مدال فیلدزی وجود نداشت، شهرت و محبوبیتی وجود نداشت، چه چیزی شما را در کار پیش می‌برد؟

ویلانی: فکر می‌کنم لزوماً هیچ کس برای مدال فیلدز کار نمی‌کند. و این هرگز محرک قوی برای افراد نیست؛ برای سال‌های کوتاهی کسب مدال در ذهنم بود، ولی فکر می‌کنم انگیزهٔ من از کتاب‌ها می‌آمد. وقتی که در مواردی یک مبارزه بین شما و مسائل ایجاد می‌شود و فقط شناخت مهم است و هیچ چیز دیگر جز یک مبارزهٔ شخصی مهم نیست. قطعاً بهترین جایزه برای شما لذت فهمیدن است. بهتر شدن، جایزهٔ سخت‌کوشی است. و لذت بعدی نوشتن و توضیح آن چیزی است که فهمیدید. چیزهایی مثل ایده‌ها برای ما غنیمت است، ایده‌هایی که داریم و چیزهایی که فهمیده‌ایم، چه‌طور آن‌ها را در نظریه‌هایمان جا دهیم. نظریه‌ها مثل بچه‌های ما می‌شوند، ما آن‌ها را به‌دنیا می‌آوریم بزرگ‌شان می‌کنیم و عاشق‌شان هستیم. پیش از هرچیز به‌خاطر عشق به نظریه‌ها و ایده‌هاست که کار می‌کنیم.

افتخاری: پرسش دیگر دربارهٔ مراحل اولیه پس از فارغ‌التحصیلی دورهٔ دکتری است. من این تجربه را داشتم و از دوستان و همکاران بسیاری شنیدم که آن‌ها هم این تجربه را داشته‌اند، نمی‌دانم که شما با من هم‌عقیده‌اید یا نه. هنگامی که شما دانشجوی دکتری هستید از حمایت استاد راهنمایتان برخوردارید و مسائل به‌وسیلهٔ استاد راهنما فراهم می‌شود، بلافاصله پس از آن، برای بسیاری یک حالت گذار پیش می‌آید به مرحله‌ای که به نظر می‌رسد هیچ چیز انجام نمی‌دهند و شاید دچار افسردگی شوند، پیش از هرچیز شما یا دانشجویان و پسادکترهایتان این تجربه را داشته‌اید؟ پیشنهادتان برای این دوران خاص زمانی، که به عقیدهٔ من در دوران زندگی خیلی از ریاضی‌دان‌ها بسیار مهم است، چیست؟

ویلانی: من این را تجربه نکردم، می‌شود گفت یک دوره تردید است، من در ابتدای دورهٔ دکتری‌ام تجربه‌اش کردم. استاد راهنمای من به روایتی خیلی تنبل‌وار مشاوره می‌داد، خیلی کم راهنمایی می‌کرد و مرا بین مسائل سرگردان رها می‌کرد. فکر می‌کنم خوب بود و من هم به همین شیوه دانشجویانم را مشاوره می‌دهم. به آن‌ها اشاره‌های جزیی می‌کنم و منتظر می‌مانم که آن‌ها مسائل‌شان را کشف کنند. به من دو پرسش برای کار کردن داده شد و می‌دانستم که کمک زیادی ندارم، بنابراین شروع کردم کمک گرفتن از جاهای دیگر و خب دو سال اول خوب بود. دکترای من به جای سه سال، چهار سال دیگر طول کشید، نه به لحاظ اداری که سال اول من غیررسمی بود بلکه برای آغاز یک دورهٔ عمیق، یک ابهام و نفهمیدن تاریک. سرگردانی کامل. نمی‌دانستم پرسش‌های واقعی چیست؟ ولی هم‌چنان پرحرارت‌تر از گذشته کار می‌کردم. در اواسط دکترایم تازه به ادراک‌هایی رسیدم. در میان همهٔ مسائلی که برای دکترایم حل کردم انصافاً باید بگویم هیچ یک توسط استاد راهنمایم مطرح نشده بود. هفت هشت تا مقاله در دورهٔ دکتریم بود که شاید دوتای آن حاصل مشاورهٔ مستقیم با استاد راهنمایم بود. مابقی کاملاً مستقل یا از کار با دیگران حاصل شد. فکر می‌کردم من کسی نیستم که فقط یک استاد راهنما داشته باشم، بلکه چهار تا استاد راهنما دارم، سه نفر دیگر هم به اندازهٔ استاد راهنمایم نقش مهمی در کار من داشتند. باید برای خودم کاری می‌کردم، وقتی رفته بودم که استاد راهنمایم را ببینم نشستیم و او چیزهایی به من گفت و من هم گفتم که روی این مسئله فکر کردم و این چیز و آن چیز را امتحان کرده‌ام و او گفت که ادامه بده، چه من قبول داشته باشم و چه نه، من فکر می‌کنم تو درست می‌روی و باید برایش

نصیحت من به دانشجویان این است به جز استاد راهنمای دکتریشان با افراد دیگر هم ملاقات کنند، اولویت دکتریشان یافتن مسائل خودشان باشد، در پایان دکتریتان شما می‌مانید نه اساتید مشاورتان. شما نیاز دارید که مسائل و پرسش‌های خود را بیابید. خطاب به استاد راهنماها می‌گویم که زمان زیادی را برای کمک به دانشجویانتان صرف نکنید.

تلاش کنی، گاهی می‌گفت درست کار می‌کنی و گاهی می‌گفت کارت اشتباه است. به‌هرحال مشخص بود که این من هستم که باید مسائل و موضوعات را بیابم و ادامه بدهم. برای این موضوع خیلی خوشحالم. من اول فکر می‌کردم که خیلی سخت است اما بعد احساس استقلال کردم. در پایان دکترایم هیچ آشفتگی حس نکردم، مثل گذشته و حتی مطمئن‌تر و سریع‌تر به کارم ادامه دادم. نصیحت من به دانشجویان این است به جز استاد راهنمای دکتریشان با افراد دیگر هم ملاقات کنند، اولویت دکتری‌شان یافتن مسائل خودشان باشد، در پایان دکتری‌تان شما می‌مانید نه اساتید مشاورتان. شما نیاز دارید که مسائل و پرسش‌های خود را بیابید. خطاب به استاد راهنماها می‌گویم که زمان زیادی را برای کمک به دانشجویان‌تان صرف نکنید. دکتری چیز سختی است، باید یک پروسهٔ انتخابی باشد. این روزها در جامعهٔ ما افراد منتظرند که اگر در دکتری به مشکل برخوردند استاد راهنما را سرزنش کنند و این‌که وظیفهٔ اخلاقی استاد راهنماست که آن‌ها را نجات دهد. من با این موافق نیستم این یک بازی سخت است

و مسئولیتش با خود دانشجو است و در پایان دکتری می‌تواند افتخار کند که این تز دکتری خودش است نه استاد راهنمایش.

افتخاری: پرسش دیگری که به ذهنم رسید و شاید آخرین پرسش، تکرار یکی از پرسش‌هایی است که در سخنرانی داخل سالن از شما پرسیده شد و پاسخ‌تان را از همه بیش‌تر دوست داشتم. عوامل مهم در مسیر ریاضیات و اصولی که دانشجویان موفق باید دنبال کنند چیست؟ ویژگی‌هایی که باید به عنوان یک ریاضی‌دان داشته باشند، مسیر پیش روی‌شان چیست؟ آیا باید در آغاز به کسب یک دانش وسیع و عمومی بپردازند و سپس به‌طور تخصصی پیش بروند یا برعکس به‌طور تخصصی آغاز کنند و بعد وارد یک حیطهٔ وسیع‌تر شوند؟

ویلانی: با اطمینان می‌گویم که مورد دوم مسیری است که باید رفت. در گام نخست شما باید موضوع‌تان را بیابید و به‌طور تخصصی روی آن کار کنید، یک سرفصل مشخص انتخاب کنید و همه نوشته‌های مرتبط با این پرسش ویژه را بشناسید، روی آن کار کنید و یک کارشناس متخصص شوید، با آن شعبده کنید. پس از این است که کار شما گسترش می‌یابد و به سمت مابقی چیزها خواهید رفت. اگر تلاش کنید که همه چیز را در یک زمان با هم انجام دهید، تقریباً قطعی است که شکست می‌خورید. اما عمیق شدن در یک بعد، به شما کمک می‌کند که وارد زمینه‌های دیگر شوید. من از اول این را می‌دانستم، در آغاز دکتری در معادلهٔ بولتزمان تخصص پیدا کردم. دیگران می‌گفتند که ویلانی در یک زمینهٔ خیلی خاص و محدود کار می‌کند. اما ده سال بعد در همهٔ زمینه‌های متفاوت، مرا مطلع و صاحب دانش وسیع می‌دانستند. این طور نبود که تغییر روش داده باشم، این تلاشی است که شما را متخصص می‌کند و می‌توانید از لحاظ کمی و کیفی پیشرفت کنید. اگر در یک موضوع خیلی خوب استاد شوید به شما در موضوعات دیگر کمک می‌کند. مثل مدرسه، یک نفر برای رفتن به مرحلهٔ بعد باید مرحلهٔ قبل را تمام و کمال طی کند. یک سازماندهی عمودی طی می‌کنید، برعکس تحقیقات، که با پوشش بخشی از اطلاعات، افقی کار می‌کنید ولی هم‌چنان خبره شدن در یک مرحله در مراحل بعد به شما کمک می‌کند. در عین حال این خیلی مهم است که برای پذیرش حواشی و چیزهای مرتبط آماده باشید و از فرصت‌ها برای یادگیری چیزهای جدید در ریاضی بهره بگیرید. دانش جدید، از آشنایی با افراد جدید حاصل می‌شود. همکاری‌ها مهم هستند و من و همکارانم بسیار باهم همکاری کرده‌ایم. هرگز مدت طولانی در یک مرحله نمانید وقتی خبره شدید وقتش رسیده که وارد حیطه‌های دیگر شوید. فکر کنم ده سال برای یک دانشمند کافی است تا تغییر سیستم دهد.

افتخاری: این یک نکتهٔ مهم برای بچه‌های شریف است، چون هدف نهایی فارغ‌التحصیلان شریف که می‌خواهند در ایران بمانند این است که لیسانس و فوق لیسانس و دکتری شریف را بخوانند و عضو هیئت علمی آن شوند.

ویلانی: اولاً من خلاف این را پیشنهاد می‌دهم. هیچ وقت در جایی که خودتان دکتری خوانده‌اید استاد نشوید. با این فرض پیش بروید که بعد از دکتری، تغییر سیستم دهید. هرجا و هر شرایطی، فقط پس از دکتری، بروید. دوم اعتقاد دارم ده سال کافی است، هر ده سال، مؤسسه‌تان را تغییر دهید. و بهترین راه این است که در یک زمینهٔ تازه، مهارت‌آموزی کنید و حتی در موردش درس بدهید. هرکدام فرصت تازه‌ای است. بارها برای من اتفاق افتاد که در زمینه‌ای کلاس بردارم که کاملاً مسلط نبودم اما بعد از دوره، واقعاً مسلط شده بودم.

فیزیک روز: بسیار متشکریم.

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

ذرات نوترینو
و
نقش آن‌ها در شکل‌گیری مدل استاندارد جدید

یاسمن فرزان
پژوهشکدهٔ ذرات و شتابگرها، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی

چکیده
جایزهٔ نوبل فیزیک در سال ۲۰۱۵ به‌طور مشترک، به دو فیزیک‌دان آزمایشگر نوترینو، به نام‌های تاکاآکی کاجیتا از دانشگاه توکیو و آرتور مک‌دانالد از دانشگاه کویین و سرپرست آزمایشگاه ONS اعطا شد. در این مقاله، پس از مروری مختصر بر نقش‌های کلیدی، که مشاهدات نوترینو در تعمیق فهم ما از دنیای ذرات بنیادی داشته‌اند، به توصیف مشاهدات تیم‌های آزمایشگاهی این دو فیزیک‌دان برجسته می‌پردازیم.

مقدمه: مناسبت انتشار این نوشتار، جایزهٔ نوبل سال ۲۰۱۵ است. شاید در ذهن برخی از خوانندگان این پرسش به‌وجود آمده باشد که چرا باید به یک جایزه، که ظاهراً به دست مقامات تشریفاتی و نه علمی اعطا می‌شود، این قدر اهمیت داد؟! پیش از این‌که به موضوع اصلی این مقاله، یعنی نوترینوها، بپردازیم لازم می‌دانم پاسخ این پرسش را روشن کنم. روش و روال در شاخه‌های علوم تجربی، به‌خصوص شاخهٔ فیزیک ذرات بنیادی، به این قرار است: برای توصیف مشاهدات و آزمایش‌ها که با تئوری‌های موجود ناسازگارند، فرضیه‌ها و مدل‌های گوناگون ساخته می‌شوند. این فرضیه‌ها و مدل‌ها باید پیش‌بینی‌های جدید داشته باشند، به گونه‌ای که با آزمودن درستی این پیش‌بینی‌ها، بتوان اعتبار آن‌ها را ارزیابی کرد. با مقایسهٔ پیش‌بینی‌های فرضیه‌های مختلف با نتایج مشاهداتی و آزمایشگاهی، کم‌کم فرضیه‌ها و مدل‌های نادرست به کنار می‌روند و فرضیه یا مدل صحیح در بین جمع پژوهشگران آن رشته تثبیت می‌شود. این فرآیند زمان‌بر است. لازم است اجماعی بین صاحب‌نظران در مورد درستی فرضیه حاصل آید، تا فرضیهٔ مزبور به عنوان توصیف‌کنندهٔ طبیعت شناخته شود. جایزهٔ نوبل وقتی اعطا می‌شود که اولاً این اجماع حاصل شده باشد و ثانیاً مشاهده یا تئوری، بنا به تشخیص صاحب‌نظران در این رشته، از اهمیت بالایی برخوردار باشد. از این رو جایزهٔ نوبل اهمیت ویژه دارد. در واقع اعطای آن، نشان‌دهندهٔ زدن مهر تأیید از جانب صاحب‌نظران، به اهمیت جهشی در جهت فهم ما از طبیعت است. صرفاً به علت زیبایی و یا نبوغ به‌کار رفته در یک تئوری یا آزمایش و یا بزرگی نام بانیان آن‌ها، جایزهٔ نوبل

اعطا نمی‌شود. (جوایز معتبر دیگری مانند جایزهٔ دیراک یا جایزهٔ ساکورایی وجود دارند که به دست‌آوردهای علمی قابل توجه که هنوز تثبیت نشده‌اند و یا امکان تثبیت آن‌ها هنوز وجود ندارد تعلق می‌گیرند.)

در دهه‌های اخیر، جایزهٔ نوبل فیزیک در سال‌های متعددی، به کسانی اعطا شده که با فیزیک نوترینوها سروکار داشته‌اند. این افتخار برای فیزیک نوترینو، بی‌دلیل نیست. در دهه‌های اخیر، نوترینوها با نشان دادن ویژگی‌های غیرمنتظره، دری به سوی فیزیک ناشناخته گشوده اند. در این مقاله، به معرفی نوترینوها و برخی ویژگی‌های آن‌ها می‌پردازیم و نقش‌های مختلفی را که نوترینوها، در شکل‌گیری نگاه مدرن ما به فیزیک ذرات ایفا کرده‌اند؛ با اشاره به جوایز متعدد نوبل که به فیزیک‌دانان نوترینو، پیش از سال ۲۰۱۵ اختصاص یافته‌اند تشریح می‌کنیم. مسئلهٔ بی‌هنجاری در نوترینوهای خورشیدی و نقشی را که آزمایش تحت سرپرستی آرتور مک‌دانالد یعنی SNO داشت مرور می‌کنیم و به مسئلهٔ بی‌هنجاری در نوترینوهای جوی و نقش آزمایشگاه super-KamioKANDE می‌پردازیم. در نهایت نتایج را مرور می‌کنیم.

ویژگی‌های نوترینوها و نقش آن‌ها

ذرات بنیادی، به اجزا تشکیل دهندهٔ جهان که خود به ذرات کوچک‌تر تجزیه نمی‌شوند، اطلاق می‌شود. نوترینوها جزو ذرات بنیادی هستند. این ذرات، فرمیون هستند و اسپین آن‌ها یک دوم است. سه گونه یا سه طعم از نوترینوها در طبیعت دیده شده‌اند که به نوترینوی الکترون، نوترینوی میون و نوترینوی تائو (بسته به این‌که در برهم‌کنش‌های ضعیف، به‌همراه کدام یک از لپتون‌های باردار، یعنی الکترون، میون یا ذرهٔ تائو ظاهر می‌شوند) معروف هستند. نوترینوها بار الکتریکی و رنگ کرومودینامیکی ندارند و تنها برهم‌کنش آن‌ها (علاوه بر برهم‌کنش گرانشی) برهم‌کنش ضعیف است. به همین علت آشکارسازی آن‌ها بسیار دشوار است. با این حال نوترینوها، پیرامون به وفور یافت می‌شوند. مرکز خورشید، جو زمین و رآکتورهای هسته‌ای، از جمله منابع تولید نوترینو هستند. در چارچوب مدل استاندارد ذرات بنیادی قدیم، طعم نوترینوها پایسته است. حال آن که مشاهدات اخیر (از جمله نتایج آزمایشگاهی که زیرنظر دو برندهٔ جایزهٔ نوبل سال ۲۰۱۵ به‌دست آمده) نشان می‌دهند طعم نوترینوها، به هنگام پویش مسافت طولانی، تغییر می‌کند. مثلاً نوترینوی الکترون تولید شده در داخل خورشید، پیش از رسیدن به زمین، می‌تواند به نوترینوی میون و تائو تبدیل شود. در چارچوب مدل استاندارد جدید، چنین تغییری با جرم غیر صفر و جملات ناقض طعم لپتونی، در ماتریس‌های جرمی نوترینوها توصیف می‌شود. در واقع مدل استاندارد جدید، با افزودن جملهٔ جرمی غیر صفر، برای نوترینوها به‌دست می‌آید. امروزه می‌دانیم که دست کم دو مقدار ویژهٔ غیرصفر برای جرم نوترینوها وجود دارد. اما جرم نوترینوها از سایر فرمیون‌های بنیادی، بسیار کوچک‌تر است. جرم نوترینوها، از جرم الکترون که بعد از نوترینوها سبک‌ترین فرمیون است، دست کم یک میلیون مرتبه سبک‌تر است. واپاشی بتای هسته‌ها، علاوه بر الکترون، نوترینوی الکترون تولید می‌کند. چنین واپاشی‌هایی مدت‌ها پیش از کشف نوترینوها، و در اواخر قرن نوزدهم شناخته شده بودند. در دههٔ دوم قرن نوزدهم (بین سال‌های ۱۹۱۱تا ۱۹۱۴) توانستند طیف الکترون گسیل شده در واپاشی بتا را اندازه بگیرند. هستهٔ اولیه در آزمایش‌های واپاشی بتا عموماً در حال سکون است یا سرعت غیرنسبیتی دارد. با استفاده از قوانین پایستگی انرژی-تکانه، می‌توان نشان داد که اگر علاوه بر هستهٔ نهایی و الکترون گسیل شده، ذرهٔ دیگری در واپاشی تولید نشود، طیف الکترون‌های گسیل شده، باید تک‌رنگ باشد. اما مشاهدات خلاف این پیش‌بینی را نشان می‌داد. پائولی به عنوان راه حل، ایدهٔ ساطع شدن ذره‌ای جدید را، که تنها در برهم‌کنش‌های ضعیف شرکت می‌کند، مطرح کرد. با استفاده از آهنگ اندازه‌گیری شدهٔ واکنش‌های ضعیف، امکان آشکارسازی نوترینوها را محاسبه کردند. با تکنولوژی‌های موجود آن زمان، بسیار بعید بود که بتوان روزی نوترینوها را آشکار ساخت. اما سرانجام راینز و کوان در اواسط دههٔ پنجاه میلادی با آزمایشی هوشمندانه توانستند [۱] نوترینوهای ساطع شده از رآکتورهای هسته‌ای را آشکار کنند. برای این کشف بزرگ، جایزهٔ نوبل سال ۱۹۹۵ به راینز تعلق گرفت. متأسفانه کوان در این زمان از دنیا رفته بود و درنتیجه از جایزهٔ نوبل سهمی نبرد. در سال ۱۹۶۲، لئون لدرمن، مالوین شوارتز و جک استانبرگر نوع دومی از نوترینوها، یعنی نوترینوی میون را کشف کردند. به این علت، در سال ۱۹۸۸، جایزهٔ نوبل به این سه نفر تعلق گرفت. جالب است بدانید که لئون لدرمن علاوه بر کشف نوترینوی میون، کشف‌های بزرگ دیگری از جمله کشف کوارک بی نیز انجام داده است، اما تنها برای این کشف، جایزهٔ نوبل به او تعلق گرفته است. در سال ۱۹۸۷، آشکارسازهای نوترینو از جمله آشکارساز کامیوکاندە (سلف آزمایشگاه سوپرکامیوکانده، که تاکاآکی کاجیتا سرپرستی آزمایشی در آن را برعهده داشت) نوترینوهای ساطع شده از ابرنواختری را مشاهده کردند. این مشاهده برای آگاهی در مورد نوترینوها و نیز سازوکار انفجار ابرنواختر نوع II اهمیت بسیار داشت. در سال ۲۰۰۲، یک چهارم جایزهٔ نوبل فیزیک برای این کشف، به کوشیبا تعلق گرفت. یک چهارم دیگر آن نیز به ریموند دیویس برای مطالعهٔ نوترینوهای خورشیدی اعطا شد که در بخش بعد به آن می‌پردازیم.

نوترینوهای خورشیدی

منبع اصلی انرژی خورشید، هم‌جوشی پروتون‌ها در مرکز آن است. با زنجیره‌ای از فرآیندها، چهار پروتون در مرکز خورشید تبدیل به هلیم می‌شوند. در برخی از این فرآیندها، نوترینوی الکترون ساطع می‌شود. انرژی این نوترینوها طبعاً از

مرتبهٔ انرژی‌های هسته‌ای، یعنی حدود چند تا ده MeV است. برهم‌کنش نوترینوها چنان ضعیف است که نوترینوی به‌وجود آمده، بدون برخورد با هسته‌های داخل خورشید، آن را ترک می‌کند. شکل طیف نوترینوهای گسیل شده در هر کدام از این فرآیندها، به دقت خوبی، براساس محاسبات و نیز با به کار بردن نتایج اندازه‌گیری‌های هسته‌ای، شناخته شده است. با توجه به توان خورشید و دیگر پارامترهای قابل اندازه‌گیری خورشید، در چارچوب مدل‌های خورشیدی، می‌توان شار نوترینوها بر زمین را پیش‌بینی کرد. گروه آزمایشگاهی Homestake به سرپرستی ریموند دیویس، برای اولین بار به مشاهدهٔ نوترینوهای خورشیدی پرداخت. این آزمایش در اواخر دههٔ شصت میلادی، آغاز به داده گیری کرد و از سال ۱۹۷۰ تا سال ۱۹۹۴ به‌طور پیوسته به داده‌گیری پرداخت. از سوی دیگر، جان باهکال از مؤسسهٔ مطالعات پیشرفتهٔ پرینستون، در همان اواخر دههٔ شصت میلادی، براساس مدل‌های خورشیدی موجود، شار نوترینوها را پیش‌بینی کرد. شار اندازه‌گیری شده، با کمال تعجب از شار پیش‌بینی شده کم‌تر بود؛ ابتدا گمان برده می‌شد که این تفاوت ناشی از خطای آماری آزمایشی، یا خطای محاسبه (به علت عدم دقت مدل‌های خورشیدی) است، ولی با افزایش داده‌های آزمایشگاهی و نیز پیشرفت مدل‌های خورشیدی و هم‌خوانی تحسین‌برانگیز پیش‌بینی آن‌ها، با مشاهده‌های نوسانی (He-lioseismic) این شبهه از بین رفت. آزمایش‌های بعدی نظیر آزمایش کامیوکانده و سپس سوپرکامیوکانده در ژاپن، SAGE در اتحادیهٔ جماهیر شوروی، گالکس در ایتالیا، همگی کمبود شار نوترینوهای الکترون ساطع شده از خورشید را تأیید کردند. یکی از فرضیه‌های پیشنهادی برای توضیح این کمبود، تبدیل نوترینوی الکترون در حین انتشار به نوترینوی میون و تائو بود. این آشکارسازها، عمدتاً به شار نوترینوی الکترون، از طریق برهم‌کنش جریان باردار، حساس هستند. مثلاً در آزمایشگاه Homestake، نوترینوهای الکترون ورودی، با هستهٔ کلر برهم‌کنش می‌کرد و آن را تبدیل به آرگون ۳۷ و الکترون کرد. با برشمردن هسته‌های آرگون ۳۷ نهایی، توانستند شار نوترینوی الکترون را به‌دست آورند. اگر بخشی از شار نوترینوی الکترون به نوترینوی میون یا تائو تبدیل شود آهنگ فرآیند تبدیل کلر به آرگون کاهش خواهد یافت. چرا که انرژی نوترینوهای خورشیدی، کم‌تر از آن است که به جای الکترون، میون یا تائو در حالت نهایی داشته باشیم. اگر این فرض درست باشد، شار کل نوترینوها (مجموع شارهای نوترینوی الکترون، میون و تائو) باید برابر با مقدار پیش‌بینی شده شار نوترینوهای خورشیدی باشد. آزمایش SNO در کانادا، به سرپرستی آرتور مک‌دانالد اولین - و تا به امروز تنها - آشکارسازی است که مجموع شار نوترینوها را اندازه گرفته است. [۲]

آشکارساز SNO از یک کیلوتن آب سنگین (آبی که به جای هیدروژن معمولی دوتریم دارد) تشکیل شده بود. در اثر برهم‌کنش‌های جریان خنثی، دوتریوم می‌تواند به نوترون و پروتون تجزیه شود. با اندازه‌گیری تعداد نوترون‌های تولید شده (به طریق سه تکنیک گوناگون و در سه فاز متفاوت آزمایش SNO) آهنگ برهم‌کنش‌های جریان خنثی به‌دست آمد. برهم‌کنش جریان خنثی (خلاف برهم‌کنش جریان باردار) به طعم نوترینو حساس نیست. به عبارت دیگر سطح مقطع برخورد هر سه طعم نوترینوها با یک‌دیگر برابر است. در نتیجه آهنگ برهم‌کنش جریان خنثی، با شار کل نوترینوها متناسب است. با اندازه‌گیری این آهنگ، شار کل نوترینوها به‌دست می‌آید. این شار برابر مقداری بود که مدل‌های خورشیدی پیش‌بینی می‌کردند.

بنابراین فرضیهٔ تبدیل نوترینوی الکترون به نوترینوی میون و تائو تأیید شد. اما برای تبدیل مکانیزم‌های مختلفی پیشنهاد شده بود. به عنوان مثال، یکی از این مکانیزم‌ها، دوقطبی مغناطیسی خاصی (ناقض طعم لپتونی) به نوترینوها نسبت می‌داد و از میدان مغناطیسی نسبتاً بزرگ خورشید بهره می‌گرفت. هم‌چنین در چارچوب پارادایم نوترینوها که براساس اختلاط طعم در جملات جرمی نوترینو بنا نهاده شده است، حل‌های گوناگونی می‌توانست این تبدیل را توصیف کند. این حل‌ها به LOW solution، LMA=Large Mixing Angle، SMA=Small Mixing Angle و حل خلأ معروف بودند. داده‌های آزمایش KamLAND که در سال‌های ۲۰۰۲تا ۲۰۰۴ میلادی، شار نوترینوهای رآکتوری در ژاپن را اندازه می‌گرفت، نشان داد که تنها پارادایم نوسان نوترینوها در بازه پارامتری موسوم به LMA می‌تواند حل معمای چندسالهٔ نوترینوهای خورشیدی باشد. به این ترتیب این راه حل به عنوان پارادایم استاندارد تثبیت شد.

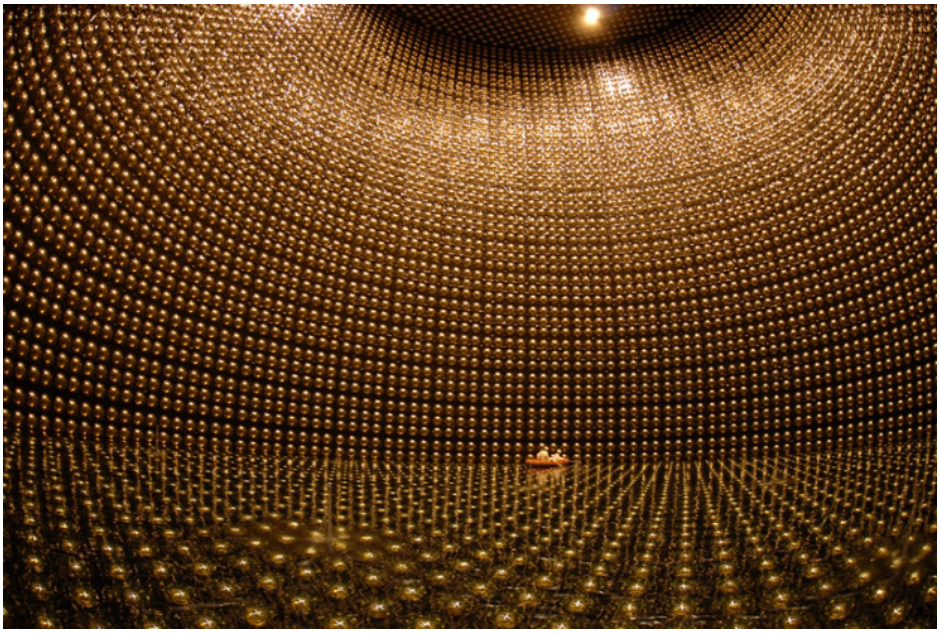
شکل ۱: تصویر مخزن آب سنگین

آشکارساز SNO واقع درکانادا

نوترینوهای جوی: جو زمین به طور پیوسته با ذرات پرانرژی (عمدتاً متشکل از پروتون) بمباران می‌شوند. به این ذرات پرتو کیهانی می‌گویند. در بازه انرژی GeV و بالاتر جهت اصابت پرتو کیهانی همسان‌گرد است. در اثر برخورد پرتو کیهانی با هسته‌های تشکیل دهندهٔ جو، ذرات پایون به وجود می‌آیند. پایون‌ها بر سه دسته‌اند: پایون مثبت، پایون منفی و پایون خنثی. پایون‌های باردار بسته به بارشان، به میون یا پادمیون و نوترینوی میون یا پادنوترینوی‌میون واپاشی می‌کنند. میون (پادمیون) به نوبهٔ خود به الکترون (پوزیترون) و نوترینوی میون (پاد نوترینوی میون) و پاد نوترینوی الکترون (نوترینوی الکترون) واپاشی می‌کند. بنابراین انتظار داریم شار نوترینوها و پاد نوترینوهای میون دو برابر شار نوترینوها و پاد نوترینوهای الکترون باشد.

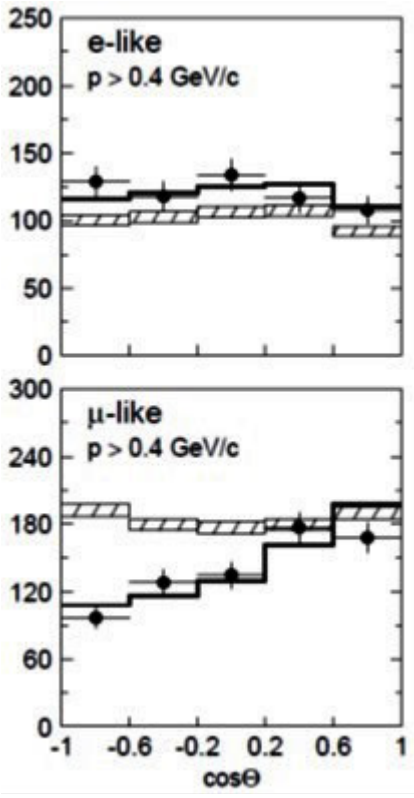
آشکارساز سوپرکامیوکانده واقع در معدن کامیوکای ژاپن، از ۵۰ کیلوتن آب خالص تشکیل شده است. تصویر این آشکارساز را در شکل۲ می‌بینید. نوترینوهای جوی که از این مخزن آب می‌گذرند می‌توانند با هسته‌های مولکول‌های آب برهم‌کنش کنند. هرچند سطح مقطع برخورد، بسیار پایین است، اما با توجه به شار بزرگ نوترینوها، تعداد رویدادهای برهم‌کنش به ثبت رسیده در بازه‌های زمانی، از مرتبهٔ یک سال، به لحاظ آماری قابل توجه می‌شود. به عبارت دیگر، مجذور (خطای آماری) این تعداد بسیار کم‌تر از تعداد رویدادها خواهد بود. نوترینوی میون (نوترینوی الکترون) در اثر برهم‌کنش ضعیف جریان باردار، میون (الکترون) به وجود می‌آورد. با توجه به این که انرژی نوترینوهای اولیه از مرتبهٔ GeV و بزرگ‌تر از انرژی سکون میون و الکترون است، ذرات باردار نهایی، سرعت‌های نسبیتی خواهند داشت. سرعت آن‌ها از سرعت نور در آب (c/n) بالاتر خواهد بود. در نتیجه می‌توانند از خود تابش چرنکوف ساطع کنند. آشکارسازهای PMT که بر دیوار داخلی مخزن آب نصب هستند، نور را به ثبت می‌رسانند. با توجه به این که جبههٔ موج نور چرنکوف، مخروطی- شکل است، سطح مقطع آن بر روی دیوارهٔ استوانه‌ای شکل مخزن، به صورت یک حلقه بسته خواهد بود. آهنگ از دست دادن انرژی میون‌ها و پاد- میون‌ها در آب، نسبتاً کم است. درنتیجه مسیر میون یا پادمیون در آب مستقیم است. اما حرکت الکترون یا پوزیترون در این بازه انرژی، در آب، زوج‌های الکترون و پوزیترون تولید می‌کنند که هر کدام به نوبه خود، تابش چرنکوف ساطع می‌کنند. در نتیجه، لبه‌های تابش چرنکوف ساطع شده از میون یا پادمیون، تیز هستند. ولی لبه‌های تابش چرنکوف ناشی از الکترون یا پوزیترون، نامنظم هستند. به این ترتیب می‌توان نوترینوی الکترون و میون را از هم تمییز داد. اما با توجه به این که آشکارساز کامیوکانده میدان مغناطیسی ندارد نمی‌تواند نوترینوها و پادنوترینوها را از هم تمییز دهد.

در سال ۱۹۹۸، گروهی با سرپرستی کاجیتا، در آزمایشگاه سوپرکامیوکانده، نتایج معروف خود را بر روی نوترینوهای جوی منتشر کردند.[۳]



شکل۲: تصویر آشکارساز سوپرکامیوکانده. به هنگام داده‌گیری، این مخزن تا انتها با آب خالص پر است. در این تصویر هنوز مخزن به طور کامل پر نشده است. دو نفر سوار بر قایق بادی آشکارسازهای PMT دیواره را تمیز می‌کنند.

شکل۳ بخشی از این نتایج را نشان می‌دهد. محور افقی کسینوس زاویهٔ نظیرالسمت، یعنی زاویه‌ای که جهت ورودی نوترینو با محور عمود بر افق در محل آشکارساز می‌سازد را نشان می‌دهد. به ازای نوترینوهایی که از بالا، عمود بر زمین فرود می‌آیند $\cos\theta = 1$. محور عمودی در پنل بالا، تعداد رویدادهای ثبت شدهٔ نوترینوی الکترون و در پنل زیرین، تعداد رویدادهای ثبت شدهٔ نوترینوی میون را نشان می‌دهد. همان‌گونه که از شکل پیداست توافق خوبی بین مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهده شدهٔ رویدادهای الکترون وجود دارد. ثابت بودن تعداد رویدادها، به ازای زوایای مختلف با همسان‌گردی پرتوهای فرودی، هم‌خوانی دارد. به ازای نوترینوهایی که از بالا به آشکارساز می‌رسند($\cos\theta > 0$)، تعداد رویدادهای میون‌گونه نیز توافق خوبی با مقدار پیش‌بینی شده دارد و مطابق انتظار، تقریباً دو برابر تعداد رویدادهای الکترون‌گونه است. اما به ازای $\cos\theta < 0$ یعنی نوترینوهایی که از پایین و پس از گذشتن از زمین به آشکارساز رسیده‌اند می‌بینیم که تعداد رویدادهای میون‌گونه، کم‌تر از مقدار پیش‌بینی شده است. این کمبود با جذب نوترینوها در زمین قابل توضیح نیست چرا که سطح مقطع برخورد کم است و در نتیجه جذب قابل صرف‌نظر است. لازم به ذکر است که آزمایش‌های



شکل۳: توزیع زاویه‌ای تعداد نوترینوهای الکترون (پنل بالا) و نوترینوهای میون (پنل پایین) ثبت شده در آزمایشگاه سو پر کامیوکاندە[۳]
محور افقی، کسینوس زاویه‌ای را نشان می‌دهد که جهت ورود نوترینو، با محور عمود بر سطح زمین در محل آشکارساز می‌سازد. زاویهٔ صفر متناظر با نوترینوهایی است که از بالا وارد آشکارساز می‌شوند.

پیشین، در دههٔ ۸۰ میلادی، یعنی آزمایش IMB و Soudan در آمریکا و آزمایش کامیوکانده در ژاپن، قبلاً شواهدی برای کاهش شار نوترینوهای میون، که پس از گذر از زمین به آشکارسازها می‌رسند، یافته بودند، اما دقت آماری این مشاهدات پایین بود. نتایج منتشر سوپرکامیوکانده در سال ۱۹۹۸، به لحاظ آماری بسیار محکم بود (۵ سیگما درجه اعتماد). آزمایش‌های پایه بلند مانند T2K،K2K و MINOS در سال‌های بعدی این نتایج را تأیید کرده‌اند. اکنون می‌دانیم این پدیده با پارادایم نوسان نوترینوها قابل توصیف است. به این ترتیب این مشاهده، برای اولین بار و به‌طور قطعی به ما نشان داد که مدل استاندارد قدیم که در آن نوترینوها بی‌جرم هستند، توصیف‌گر طبیعت نیست و باید تصحیح شود.

خلاصه

در چارچوب مدل استاندارد قدیم، نوترینوها بی‌جرم هستند و طعم لپتونی بقا دارد. اما مشاهدات متعدد نوترینوها در دهه‌های اخیر نشان دادند که طعم نوترینوها به هنگام انتشار تغییر می‌یابد. در تثبیت این دیدگاه جدید، چند مشاهده نقش کلیدی ایفا کردند، از جمله اندازه‌گیری شار کل نوترینوها، به‌وسیلهٔ آشکارساز SNO، به سرپرستی آرتور مک‌دانالد و مشاهدهٔ نوسان نوترینوهای جوی، به‌وسیلهٔ گروهی به سرپرستی کاجیتا در آزمایشگاه سوپرکامیوکانده. به این ترتیب پارادایم نوسان نوترینوها، که برپایهٔ جرم‌دار بودن نوترینوها و نقض طعم لپتونی بنا نهاده شده است، تثبیت شد. به‌پاس این دست‌آورد بزرگ، جایزهٔ نوبل سال ۲۰۱۵، به این دو فیزیک‌دان بزرگ اعطا شد.

مراجع

[1] C. L Cowan, F. Reines, F. B. Harrison, H. W. Kruse, A. D McGuire (July 20, 1956). "Detection of the Free Neutrino: a Confirmation". Science 124 (3212) 103–4

[2] Q. R. Ahmad *et al*. [SNO Collaboration], »Direct evidence for neutrino flavor transformation from neutral current interactions in the Sudbury Neutrino Observatory," Phys. Rev. Lett. **89** (2002) 011301.

[3] Y. Fukuda *et al*. [Super-Kamiokande Collaboration], »Evidence for oscillation of atmospheric neutrinos," Phys. Rev. Lett. **81** (1998) 1562.

نوبل ۲۰۱۵ فیزیک
و نوسان طعم نوترینوهای جرم‌دار

مهدی ترابیان
پژوهشکدهٔ ذرات و شتابگرها، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی

چکیده
کمیتهٔ نوبل، جایزهٔ ۲۰۱۵ در رشتهٔ فیزیک را، به تاکاآکی کاجیتا و آرتور مک دانالد، سرپرست‌های دو آزمایشگاه به ترتیب SuperKamiokande و SNO برای کشف نوسان طعم نوترینوها و در نتیجه جرم‌دار بودن آن‌ها اعطا کرد. در این نوشتار، ابتدا تاریخچه‌ای از تحول فیزیک نوترینوها ارائه می‌کنیم و سپس مروری بر اهمیت نتایج این آزمایش‌ها، در تعمیق فهم ما از فیزیک نوترینو خواهیم داشت.

ولفگانگ پاولی، وجود ذرهٔ نوترینو را در سال ۱۹۳۰، برای توضیح طیف پیوستهٔ انرژی الکترون در واپاشی هسته‌های رادیو اکتیو پیشنهاد کرد. سال‌ها پیش در سال ۱۹۱۴، جیمز چادویک در جریان بررسی واپاشی بتا یک هستهٔ فعال، یک ناهنجاری در طیف الکترون خروجی مشاهده کرد. انتظار می‌رفت که بنابر فرض واپاشی دو ذره‌ای، انرژی جنبشی الکترون، برابر تفاضل جرم هستهٔ واپاشی و هستهٔ تولید شده باشد و بنابراین یک مقدار معین یا به عبارتی تک‌رنگ باشد؛ اما مشاهده شد که طیف انرژی پیوسته و کم‌تر از انتظار است. پائولی برای حل مسألهٔ انرژی گم‌شده بر اساس اصول بقای انرژی و تکانه و تکانهٔ زاویه‌ای، پیشنهاد کرد که این واپاشیِ بتا، ۳ ذره‌ای است و ذره‌ای خنثی و بسیار شبیه الکترون نیز در جریان واپاشی تولید می‌شود.

انریکو فرمی، این ذره را نوترینو (ذرهٔ خنثی کوچک) نامید و با استفاده از آن نظریه‌ای بسیار موفق برای برهم‌کنش‌های ضعیف و واپاشی هسته‌ای ارائه کرد که پیش‌بینی‌های آن با دقت بالایی با مشاهدات تجربی هم‌خوان بود. براساس این نظریه، نوترینوها برهم‌کنش بسیار ضعیفی با بقیهٔ ذرات دارند. حال مسأله‌ای که وجود داشت فرض وجود ذره‌ای بود که تاکنون آشکارنشده و به دلیل برهم‌کنش ضعیف، آشکارسازی آن آسان نبود.

خوش‌بختانه آن زمان مصادف بود با توسعهٔ راکتورهای شکاف هسته‌ای که منبعی برای تولید پر تعداد (آنتی) نوترینو هستند. در نزدیکی یک راکتور، شار نوترینو، حدود ۱۰ تریلیون بر ثانیه بر هر سانتی‌مترمربع است. اگرچه نوترینوها خیلی ضعیف برهم‌کنش می‌کنند اما حضور پرتعداد آن‌ها، شانس آشکارسازی را بالا می‌برد.

فردریک راینز به همراه همکار تجربی خود کلاید کوان، یک آشکارساز نوترینو طراحی کرد که آن را در نزدیکی راکتور رود سوانا قرار دادند. بنابر نظریهٔ فرمی، آنتی‌نوترینوها می‌توانند با پروتون برهم‌کنش انجام داده و یک نوترون و یک پوزیترون تولید کند. پوزیترون بلافاصله با یک الکترون محیطی برهم‌کنش انجام

داده و نابود می‌شود و دو فوتون تولید می‌کند. نوترون هم با جاذب کادمیوم برهم‌کنش انجام داده و یک فوتون دیگر تولید می‌شود. دیدن این ۳ فوتون، با فاصلهٔ زمانی حدود ۵ میکروثانیه، سیگنالی عالی برای وجود نوترینو است. در سال ۱۹۵۶، رانیر وکوان توانستند ۳نوترینو در هر ساعت، برای راکتور در حال فعالیت آشکارسازی کنند. درسال ۱۹۹۵ نوبل فیزیک به راینز، برای کشف نوترینو اعطا شد.

خورشید نیز یک منبع طبیعی عظیم تولید نوترینو است. در مرکز خورشید، تولید انرژی با هم‌جوشی ۴ هستهٔ هیدروژن طی زنجیره‌ای به هلیم انجام می‌شود. در جریان تبدیل پروتون به نوترون، برای تشکیل هستهٔ هلیم، نوترینو تولید می‌شود که انرژی آن در حدود میلیون الکترون ولت است. طی این فرآیند در خورشید، حدود 10^{38} نوترینو در هر ثانیه تولید می‌شود. شار نوترینو بر روی زمین بسیار زیاد و حدود ۶۰ میلیارد در هر ثانیه بر هر سانتی‌مترمربع است. امکان آشکارسازی این نوترینوها برای فیزیک‌دانان بسیار برانگیزاننده بود.

SNO یک آشکارساز چرنکوف و شامل یک مخزن ۱۰۰۰ تنی آب سنگین است که هر ملکول آن، به جای هیدروژن، دوترون (یک پروتون و یک نوترون) دارد. این آشکارساز در معدنی ۲۱۰۰ متر زیر سطح زمین قرار دارد.

ریموند دیویس، یک آشکارساز شیمیایی طراحی کرد و آن را در معدن هوم استک، در داکوتای جنوبی، حدود ۱۵۰۰ متر زیر زمین قرار داد و در سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۴ داده‌گیری کرد. در این آشکارساز، نوترینوی خورشیدی با نوترون هستهٔ کلر، برهم‌کنش انجام داده و الکترون و آرگون تولید می‌کنند. آرگون تولیدشده درنهایت به‌وسیلهٔ هلیم جمع‌آوری و شمارش شد و به این ترتیب در حدود سال‌های ۱۹۷۰ نوترینوهای خورشیدی کشف شدند. با شمارش هسته‌های آرگون تولید شده، شار نوترینوهای خورشیدی اندازه‌گیری شد و حدود یک سوم آن چیزی بود که از پیش‌بینی‌های نظری مدل‌های خورشیدی برمی‌آمد. این ناهنجاری به مسأله نوترینوهای خورشیدی معروف شد.

این ناهنجاری، توجه فیزیک‌دانان نظری و تجربی را به خود جلب کرد. ماساتوشی کوشیبا در ژاپن، آشکارساز کامیوکاندهٔ۲ را که یک آشکارساز تابش چرنکوف بود، طراحی کرد و از سال ۱۹۸۷ جمع‌آوری داده را آغاز کرد. این آشکارساز یک مخزن عظیم آب خالص بود و می‌توانست تابش چرنکوف ناشی از برخورد کشسان نوترینو با الکترون مولکول آب را مشاهده کند. این آشکاساز می‌توانست بلافاصله پس از مشاهدهٔ رخداد، جهت نوترینوی ورودی را نیز معین کند و برای اولین بار نشان دهد که نوترینوها از سمت خورشید می‌آیند. این آزمایش برای سال‌ها فعال بود و در نهایت تأیید شد که شار نوترینوهای خورشیدی، حدود نصف پیش‌بینی‌ها براساس مدل‌های خورشیدی بود. این ناهنجاری، مسألهٔ نوترینوهای خورشیدی را جدی‌تر کرد. در هر صورت در سال ۲۰۰۲، جایزهٔ نوبل فیزیک به دیویس و کوشیبا برای آشکارسازی نوترینوهای خورشیدی اعطا شد.

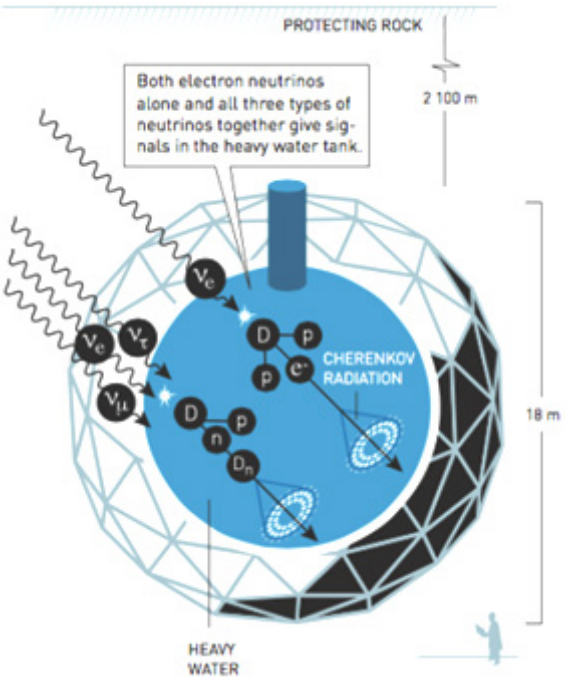
با آشکارسازی و تأیید وجود نوترینوها و آنتی‌نوترینوهای تولید شده در خورشید و راکتورهای شکافت، این پرسش پیش آمد که آیا انواع دیگر نوترینو (همانند ۳ نوع لپتون الکترون، میون و تاو) وجود دارد؟

از سوی دیگر، با استفاده از پرتوهای پرانرژی تولید شده در شتاب‌دهنده‌های ذرات، آشکارسازهایی برای کشف انواع دیگر نوترینوها همراه با لپتون متناظر آن‌ها طراحی شد. در سال ۱۹۶۲ آزمایشگاه شتاب‌دهندهٔ بروکهیون، نوترینوی میون و در سال ۲۰۰۰ آزمایشگاه فرمی نوترینوی تاو را کشف کردند. تمامی این نوترینوهای چپ‌گرد، و پادذرهٔ آن‌ها راست‌گرد هستند. در مدل استاندارد ذرات بنیادی، ۳ نوع نوترینوی چپ‌گرد (آنتی‌نوترینوی راست‌گرد) وجود دارند که بدون جرم هستند.

جو زمین نیز یک منبع طبیعی تولید نوترینو است. زمین به صورت دائم، توسط پرتوهای کیهانی که ۹۰ درصد آن‌ها پروتون هستند بمباران می‌شود. وقتی پروتون‌های پرانرژی، با جو برخورد می‌کنند با ملکول‌های هوا برهم‌کنش کرده و دوشی از ذرات هادرونی (پایون) تولید می‌کنند. پایون‌ها در نهایت به میون، و یک نوترینو میونی واپاشی می‌کنند. تعدادی از میون‌های تولیدی نیز پیش از رسیدن به سطح زمین، به الکترون، آنتی‌الکترون و نوترینوی میونی واپاشی می‌کنند. در این صورت انتظار داریم به ازای هر نوترینو الکترونی، دو نوترینوی میون مشاهده کنیم. آزمایش‌های متعددی برای آشکارسازی نوترینوهای جوی طراحی شده است. برخی از این آزمایش‌ها، نسبت شار نوترینوها را مطابق انتظار، اما برخی دیگر شار نوترینوهای میون را کم‌تر از انتظار به‌دست آورده‌اند. این عدم تطابق، به ناهنجاری نوترینوهای جوی مشهور بود.

حال پس از این مقدمهٔ نسبتاً طولانی به آزمایش‌هایی می‌رسیم که نتایج آن‌ها جایزهٔ نوبل فیزیک امسال را از آن ایشان کرد.

دیدیم که آزمایش‌های انجام شده بر نوترینوهای خورشیدی، شار نوترینوهای الکترون را کم‌تر (نصف تا یک سوم) از پیش‌بینی‌های نظری اندازه‌گیری کردند. اگر مدل‌های نظری خورشیدی را درست فرض کنیم این امکان وجود دارد که نوترینوهای الکترون، در مسیر ۱۵۰ میلیون کیلومتری خورشید تا زمین تغییر طعم می‌دهند و به انواع دیگر تبدیل می‌شوند. حال اگر آزمایشی طراحی و اجرا شود که بتواند شار کل انواع نوترینوها را اندازه‌گیری کند می‌تواند امکان تغییر طعم را تأیید کند.



آزمایش SNO بر اساس این ایده طراحی شده و از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۶ به جمع‌آوری داده مشغول بوده است. SNO یک آشکارساز چرنکوف و شامل یک مخزن ۱۰۰۰ تنی آب سنگین است که هر ملکول آن، به جای هیدروژن، دوترون (یک پروتون و یک نوترون) دارد. این آشکارساز در معدنی ۲۱۰۰ متر زیر سطح زمین قرار دارد.

به دلیل وجود هستهٔ دوتریوم، علاوه بر واکنش‌های واپاشی بتای معکوس و برخورد کشسان نوترینو و الکترون (که در آشکارسازهای چرنکوف با آب معمولی انجام می‌گیرد و شار نوترینوالکترون را تعیین می‌کند) در آزمایش SNO واکنش سومی نیز وجود دارد که نوترینوها، هسته‌های دوترون را به یک پروتون و نوترون تجزیه می‌کند. این برهم کنش، به نوع نوترینو حساس نیست و برای هر سه نوع، یکسان انجام می‌شود. در این آشکارساز، در ۳ مرحله، نوترون تولیدی با روش‌های متفاوتی جذب و آشکارسازی می‌شد تا به صورت قطعی وجود آن تأیید شود (جذب نوترون به‌وسیله دوتریوم و تولید تریتیم به همراه فوتون، جذب به‌وسیلهٔ کلر حل‌شده و تولید فوتون، جذب به‌وسیلهٔ هلیم اضافه‌شده و تولید تریتیوم).

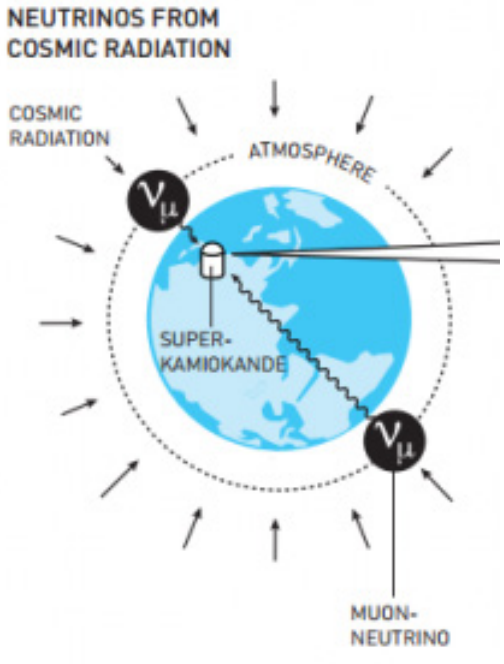
نتایج این آزمایش، در خلال سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۳ منتشر شدند. شار اندازه‌گیری شده کل نوترینوهای حاصل از واپاشی هستهٔ بور ،در زنجیرهٔ سوخت خورشیدی، به صورت حیرت‌انگیزی با پیش‌بینی‌های مدل‌های نظری، هم‌خوان بود. این آزمایش شار، نوترینوهای میون و نوترینوهای تاو را نیز استخراج کرد و مقداری که به‌دست آمد، حدود همان نقصانی بود که از اندازه‌گیری شار نوترینوهای الکترون، به تنهایی، در آزمایش‌های پیشین به‌دست آمده بود. نتیجهٔ بسیار مهم این آزمایش این بود که نوترینوها، در حین انتشار، تغییر طعم می‌دهند و به انواع دیگر تبدیل می‌شوند.

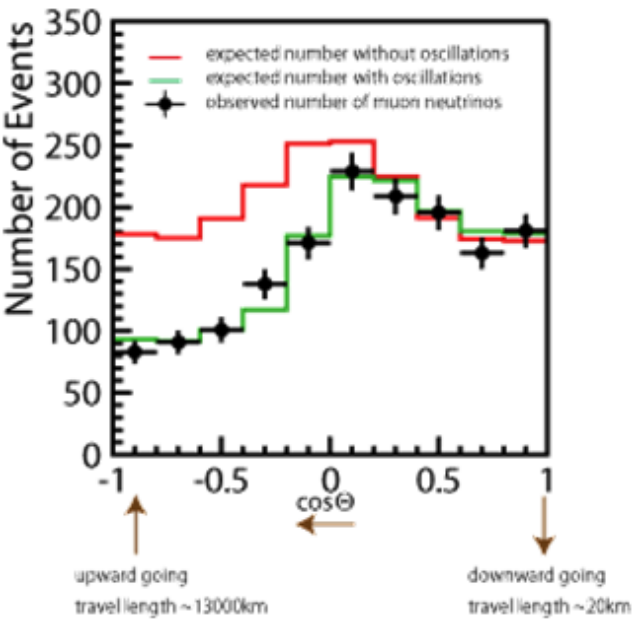
همان‌طور که گفتیم یک ناهنجاری دیگر نیز در شار نوترینوهای میون تولید شده در جو زمین مشاهده شده بود؛ به این ترتیب که انتظار می‌رفت به ازای هر نوترینو الکترون، یک نوترینو میون مشاهده شود. اما شار نوترینو میون، کم‌تر از مقدار معین‌شده بود. این احتمال وجود داشت که نوترینو میون، تغییر نوع داده و به انواع دیگر تبدیل می‌شود.

تأیید قطعی این امکان به‌وسیلهٔ آشکارساز SuperKamiokande ارائه شد که آن هم یک آشکارساز تابش چرنکوف و شامل ۵۰۰۰ تن آب است. این آزمایش حدود ۱۰۰۰ متر زیر زمین انجام شده و از سال ۱۹۹۶ در حال جمع‌آوری داده است.

نوترینوهای الکترون و میون، در مخزن آب با نوکلئون‌ها برهم‌کنش انجام می‌دهند و الکترون و میون تولید می‌کنند. تابش چرنکوف میون، به‌دلیل جرم بیش‌تر، از تابش چرنکوف الکترون، قابل تمیز است. در گزارشی که SuperKamiokande در سال ۱۹۹۸ منتشر کرد در تعداد پیش‌بینی شدهٔ نوترینوهای میون که به سمت بالای آشکارساز در حرکت بودند یک نقصان مشاهده کرد که با زاویهٔ سمتی متغیر است.

انتظار بر این بود که شار نوترینوهای تولید شده در جو زمین همسان‌گرد باشد و این خلاف چیزی بود که SuperKamiokande





مشاهده می‌کرد (نقصانی در تعداد نوترینوهای میونی، که از جهت دیگر زمین وارد آشکارساز می‌شوند). نوترینوهای میون که به سمت بالای آشکارساز حرکت می‌کنند در سمت دیگر زمین، در جو تولید شده‌اند و حدود ۱۱۰۰۰ کیلومتر مسافت طی کرده‌اند تا به آشکارساز برسند. از سوی دیگر نوترینوهای میونی که به سمت پایین آشکارساز حرکت می‌کنند، در جو و کمی بالاتر از سطح زمین تولید شده‌اند و فقط چند کیلومتر مسافت طی کرده‌اند تا به آشکارساز برسند. این ویژگی و نقصان در مورد نوترینوی الکترونی دیده نشد و شار نوترینوهای الکترون در سطح انتظار بود. نتیجه‌ای که به‌دست آمد این بود که نوترینوی میون در مسیر تغییر طعم داده و به نوترینوی تاو تبدیل شده است. اخیراً نیز شار نوترینوی تاو تولیدی از این آزمایش، اندازه‌گیری شده است و نقصان در تعداد نوترینوهای ناپدید شده را توضیح می‌دهد.

بنابراین دو آزمایش SuperKamiokande و SNO نشان دادند که نوترینوها تغییر طعم می‌دهند و در مسیر انتشار از نوعی به نوع دیگر تغییر می‌کنند (اصطلاحاً نوسان می‌کنند). این کشف بیانگر آن است که نوترینوها (خلاف پیش‌بینی مدل استاندارد) جرم دارند (حدود یک میلیون مرتبه سبک‌تر از الکترون) و ویژه حالت‌های طعم، متفاوت از ویژه حالت‌های جرمی و حاصل برهم نهی آن‌ها است . به این ترتیب جایزهٔ نوبل ۲۰۱۵ فیزیک، به این دو آزمایش، برای درک جدیدی که از نوترینوها ارائه دادند اعطا شد.

بازتاب

تحلیلی بر چشم‌انداز علمی کشور

عباس‌علی صابری
دانشکدهٔ فیزیک، دانشگاه تهران

پیشرفت‌های چشم‌گیر علمی کشور در سطوح مختلف، در دهه‌های گذشته برهیچ کس پوشیده نیست. این پیشرفت حتی در سطح علومی که درآن بسیار جوان هستیم، بسیار چشم‌گیر و در پاره‌ای، قابل رقابت با بهترین مراکز علمی دنیا در آن زمینه است. اما از آن‌جا که ما اصالتاً انسان‌های قانعی در زمینهٔ کسب و توسعهٔ علم و دانش نیستیم، سعی من در این نوشتار، شاید بیان دوبارهٔ این پیشرفت‌ها نباشد، بلکه تکیه بر بخشی از کاستی‌هایی است که با حل آن‌ها، مسیر علمی کشور به سمت قطب علمی دنیا در قالب مرجعیت علمی، هموارتر خواهد شد.

۱ لزوم گذار نرم از کمیت به کیفیت

هرچند که نیاز کمی به تولیدات علمی حیاتی است، ولی ضریب تأثیر علم تولید شده در دنیا که به تولید قدرت ملی در سطح بین‌المللی منجر می‌شود زاییدهٔ «کیفیت» دانش نوین تولید شده است. باید سیاست‌گذاری‌های علمی کشور به سمت ستایش کیفیت دانش تولید شده، صرف‌نظر از کمیت آن، در قالب معیارهای استاندارد بین‌المللی و ورای سلایق شخصی سوق داده شود.

آن‌چه که امروز تفکر غالب حاکم بر سیستم دانشگاهی کشور است بیش‌تر آموزش‌محور است تا پژوهش‌محور. پرواضح است که نباید خللی بر کیفیت ارزشمند آموزشی دانشگاه‌ها وارد آید، با این وجود آن‌چه که در چشم‌انداز علمی کشور، درنهایت توسط دنیا، قضاوت و رتبه‌بندی خواهیم شد از نقطه نظر پژوهش است.

اندیشیدن سازوکاری قانونی، برای برخورد با مقولهٔ شوم "سرقت علمی" که موجب لکه‌دار شدن حیثیت جنبش علمی کشور می‌شود، بسیار حیاتی به‌نظر می‌رسد.

۲ پرهیز از سیاست‌زدگی با توسل به مدیریت علمی

یکی از بزرگ‌ترین آفت‌های دانشگاه‌ها و مراکز علمی از نظر مدیریتی، معادل گرفتن آن‌ها با یک «اداره» است. اعمال مدیریت انتصاب- محور بدون درنظرگرفتن شاخص‌های علمی استاندارد، سیاستی است که به‌طور متوسط نه تنها کمکی به ارتقای سیستم علمی نمی‌کند، چه بسا منجر به افول علمی ازهر دو جنبهٔ کمی و کیفی آن نیز می‌شود. سیاست انتخاب- محور به‌طور مستقیم منجر به اصلاح، ابداع و سوگیری صحیح سیاست‌گذاری علمی نیز می‌شود.

۳ نظام هماهنگ تخصیص بودجه

یکی از عوامل بسیار تعیین کننده در جذب پژوهشگران درجه اول دنیا، و به تبع آن اجرای پروژه‌های با سطح کیفی بین‌المللی، تخصیص و مدیریت بودجه‌های پژوهشی کافی و درخور است. از طرفی، به‌منظور ایجاد یک نظام هماهنگ علمی در کشور، نیاز به توزیع همگن و متناسب بودجه‌ها در سراسر کشور است. در غیراین صورت در سیستم ناهمگن آموزشی- پژوهشی، پیدایش چرخه‌های مخرب، امری طبیعی است. به عنوان مثال، اگر قرار است که سیاست درست پرداخت پژوهانه در کشور اعمال شود، درست آن است که در تمامی مراکز علمی و دانشگاهی پیاده شود، درغیر این صورت مفیدتر است که اصلاً اعمال نشود.

از طرف دیگر بهترین پژوهشگر کشور، که از نظر علمی، در سطح کیفی بین‌المللی است، در صورت عدم حمایت مالی در سطح بین‌المللی، ناگزیر به افول کیفی در طول زمان، و خروج از چرخهٔ رقابت بین‌المللی خواهد بود.

۴ اصلاح فرهنگ علمی

یکی از مؤثرترین فاکتورها در خیزش صحیح علمی کشور، برای افزایش امیدواری به مرجعیت علمی در دنیا، ایجاد یک فرهنگ صحیح علمی در کشور است. با نگاهی به چهره‌ها و کشورهای مطرح علمی در دنیا، واضح است که تأثیرگذارترین علوم در دنیا، زاییدهٔ علوم پایه هستند. علوم کاربردی و تکنولوژی مدرن، عمدتاً نتیجهٔ طبیعی این نوع علوم بوده‌اند. این در حالی‌است که در کشور ما، متأسفانه، فرهنگ عمومی در اثر آگاهی اندک از اهمیت و جذابیت ذاتی علوم بنیادین، میانهٔ خوبی با این علوم نداشته و این عامل، زمینه‌ساز افت کیفی کشور در این زمینه شده است. به نظر می‌رسد که فرهنگ‌سازی درست و توزیع همگن استعدادهای برتر در زمینه‌های علمی متنوع، و به‌خصوص تشویق آن‌ها به سوی علوم پایه، می‌تواند چشم‌انداز روشنی از ظهور علمی کشور برای مرجعیت علمی به‌دست دهد.

۵ اصلاح دیدگاه کاربردی از دانش روز و تعریف استانداردهای دانش‌محور

قطعاً هم‌سویی و تناسب صنعت هرکشور با دانش روز، یک پارامتر مهم پیشرفت به‌حساب می‌آید. اما باید توجه داشت که در تمامی کشورهای توسعه‌یافته، همواره پیشرفت و توسعهٔ علمی بسیار فراتر از صنعت روز آن کشورهاست. این بدان معنی است که اگر به‌دنبال چشم‌انداز علمی روشنی برای کشور هستیم نباید با برچسب «کاربردی» بودن یا نبودن یک شاخهٔ علمی، آن‌را به‌شدت تقویت یا تضعیف کنیم؛ بلکه باید سرعت پیشرفت صنعتی را افزایش دهیم و از سرعت پیشرفت علمی نکاهیم. صنعت کشور باید به سمتی سوق داده شود که مشتاق دریافت نتایج تحقیقات علمی دانشگاه‌ها باشد.

چرخهٔ کیفی‌سازی تولیدات داخلی و واردات نیز باید براساس استانداردهای علمی مورد تأیید دانشگاه‌ها، بازنگری شوند و امکان به‌روز شدن معیارها با تعامل بین ارگان‌ها و مراکز علمی پیش‌بینی شود.

۶ پذیرش مرجعیت علمی در داخل

لازمهٔ رسیدن به مرجعیت علمی در دنیا این است که مراکز علمی و دانشگاه‌ها توانسته باشند جای خود را به عنوان مرجعیت علمی کشور در تمامی سطوح باز کرده باشند و از طرف دیگر تمامی نهادها و ارگان‌های دولتی و غیردولتی درکشور به چنین باوری رسیده باشند. چنین مرجعیت علمی در داخل کشور، به‌طور مستقیم موجب بالندگی سریع‌تر کشور در زمینه‌های مختلف علمی شده و از طرف دیگر پشتوانهٔ ملی لازم و جسارت و اعتمادبه‌نفس کافی را برای خودنمایی واقع‌بینانهٔ علمی در عرصهٔ بین‌المللی به‌دست می‌دهد. در واقع پذیرش گستردهٔ مرجعیت علمی در داخل کشور به‌طور خودکار موجب اصلاح دیگر کاستی‌های اشاره شده در بندهای بالا نیز می‌شود.

۷ تقویت نظام‌مند علوم بین رشته‌ای

در دنیای امروزی با درهم‌پیچیده شدن مرز علوم مختلف به‌معنای سنتی آن، راه‌حل بسیاری از مسائل مختلف روز از گسترهٔ سیاسی، اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی گرفته تا دایرهٔ علوم زیستی، پزشکی و اعصاب و روان، در قالب ترکیبی از علوم مختلف قابل دست‌یابی است. در این میان نقش علوم پایه و به‌خصوص رشتهٔ فیزیک در درک این سیستم‌های پیچیده بسیار حائز اهمیت بوده و توجه بسیاری از کشورهای توسعه یافته را در سال‌های اخیر برای سرمایه‌گذاری کلان در این زمینه به‌خود جلب کرده است. با توجه به سرعت روزافزون این علوم در دنیا، اهتمام ویژهٔ سیاست‌گذاران کلان علمی کشور در این زمینه مورد نیاز است.

۸ لزوم افزایش چشم‌گیر برهمکنش‌های بین‌المللی

لازمهٔ خلق ایده‌های نو و نظریه‌های علمی تأثیرگذار، بدون‌شک، یادگیری علوم توسعه‌یافته و تعامل با متخصصان و پژوهشگران در زمینه‌های مختلف علمی در سراسر دنیاست. در تاریخ علم بسیار انگشت‌شمارند تعداد کسانی که توانسته باشند به‌طور انفرادی مرز علوم را جابه‌جا کنند. حمایت مالی از افزایش هدفمند همکاری‌های بین‌المللی، در قالب پروژه‌های علمی مشترک، و امکان شرکت پژوهشگران کشور در کنفرانس‌ها و مجامع علمی معتبر دنیا و نیز دعوت از پژوهشگران سرآمد دنیا در زمینه‌های مختلف، می‌تواند بسیار کارگشا باشد. از دیگر عوامل تأثیرگذار، سیاست‌گذاری درست برای جذب نخبگان ایرانی ساکن در خارج کشور، و ترغیب و تشویق ماندن نخبگان، در داخل است. معیار انتخاب بسیاری از نخبگان خارج از کشور، ارزیابی وضع موجود بر اساس وضعیت معیشتی و رفاه تحقیقاتی هم‌تایان خود در داخل است.

ایجاد سازوکارهای لازم برای تسهیل در برگزاری مدرسه‌ها، کارگاه‌ها و کنفرانس‌های بین‌المللی، تسهیل در فرایند گرفتن ویزا برای پژوهشگران مدعو، از دیگر عوامل مؤثر در افزایش همکاری‌های بین‌المللی و به‌دنبال آن، رشد و شکوفایی علمی کشور است.

خانهٔ فیزیک اصفهان

تهیه‌کننده: امیررضا عطایی

خانهٔ فیزیک اصفهان، مؤسسه‌ای مردم نهاد است که با حمایت شهرداری اصفهان، برای ترویج دانش فیزیک و شاخه‌های وابسته به آن ایجاد شده است. خانهٔ فیزیک بستر مناسبی برای آموزش‌های گوناگون و آگاهی‌بخشی به عموم مردم استان نسبت به مسائل مختلف دانش پایه و به‌روز فیزیک از طریق مشاهده، هم‌فکری و دسترسی به منابع مختلف اطلاعاتی است.

هدف اصلی خانهٔ فیزیک اصفهان، عمومی‌کردن علم فیزیک در جامعه، آشنایی مردم با تاریخ علوم و کاربردهای آن و نیز گسترش فرهنگ درست اطلاع‌رسانی و ترویج فعالیت‌های فردی و گروهی در میان آنان است. عمومی کردن علم فیزیک برای توسعه، نوآوری، ابتکار و ترویج دانش زیبا و جذاب فیزیک است. اعضای شورای علمی-اجرایی خانهٔ فیزیک اصفهان اعضای هیئت علمی دانشگاه صنعتی اصفهان و دانشگاه اصفهان و دبیران با تجربهٔ فیزیک شهر هستند. این خانه با حضور اساتید دانشگاهی و رئیس انجمن فیزیک ایران در تاریخ نهم دی‌ماه ۱۳۹۳ افتتاح شد.

ابوالفضل خسروی مدیر شهر علم اصفهان هدف اصلی تشکیل هر خانهٔ علم را ترویج عمومی علم در سطح دانش‌آموزی، دانشجویی و عامهٔ مردم برشمرد. با توجه به نیازهای روزافزون جامعه به تغییر سبک زندگی، نیاز است که این علوم در فرهنگ مردم وارد شود. در علوم پایه و علوم انسانی فعالیت‌هایی انجام می‌شود که سبک زندگی مردم را تغییر می‌دهد. وی گفت: یکی از مهم‌ترین اهداف راه‌اندازی شهر علم در اصفهان، که می‌تواند الگویی برای دیگر شهرها باشد، همکاری عمیق، بین شهر و دانشگاه است. از آن‌جا که شهرداری از توانمندی و امکانات بالایی برخوردار است و با توجه به حضور کارشناسان قوی در شهر، این دو با هم برای ترویج علم هم‌پوشانی خوبی دارند. در تابستان امسال در خانهٔ فیزیک، برنامه‌های متنوعی برگزار شد که در ادامه به ترتیب اهمیت به آن‌ها اشاره خواهد شد.

دورهٔ فیزیک در اتاق فارادی

پس از ماه‌ها تلاش گروهی، در اتاق فارادی، روز یکشنبه ۴ مردادماه ۹۴، نخستین دورهٔ کارگاه‌های اساتید و دانشجویان دانشگاه صنعتی اصفهان، در مجموعه کلاس‌ها و آزمایشگاه خانهٔ فیزیک اصفهان، برگزار شد. شرکت‌کنندگان در این کارگاه دانش‌آموزان دوره‌های اول و دوم دبیرستان (راهنمایی و دبیرستان) بودند و در هر جلسه، برای انجام سه آزمایش مختلف، در سه دستهٔ ده‌نفره به‌نام‌های دانشمندان مشهور فیزیک، فارادی، ماکسول و فاینمن مجزا شدند. برای بالا بردن کیفیت آموزش، شرکت‌کنندگان در گروه‌های دونفره، آزمایش‌ها را به مدت سی دقیقه انجام دادند. در پایان هر کلاس، یک آزمایش ویژه و جذاب به صورت مسابقه و گروهی و حتی الامکان در فضای بیرونی خانهٔ فیزیک انجام شد. از اهداف این دوره می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- برگزاری یک فوق‌برنامهٔ مفید و متفاوت با کلاس‌های آموزشی، برای دانش‌آموزان علاقه‌مند به فیزیک و آزمایشگاه فیزیک؛
- آشنا کردن دانش‌آموزان علاقه‌مند به فیزیک، با مفاهیم این رشته به‌طور مفهومی و نه با زبان فرمول؛
- ایجاد و افزایش روحیهٔ کار جمعی در مخاطبان؛
- آشنا کردن مخاطبان با مفاهیم فیزیکی به صورت کاربردی و ملموس؛
- انجام آزمایش‌های ساده و کم‌هزینه و قابل‌انجام مخاطبان

آزمایش‌های جذاب این دوره، که به صورت عملی انجام شد شامل آزمایش ابررسانایی و اثر مایسنر، سیال غیرنیوتنی و شبیه‌سازی حرکت براونی بود.

این دوره در پایان مردادماه پایان یافت و طبق نظرسنجی‌های انجام شده، بیش از نود درصد شرکت‌کنندگان، رضایت بسیار بالایی از این دوره و نحوهٔ ارایهٔ مطالب و کارگروهی داشتند. در این دوره، سعی بر این بود که حس کنجکاوی در دانش‌آموزان برانگیخته و روحیهٔ پرسشگری در آن‌ها ایجاد شود. در پایان دوره، پرسش‌هایی مطرح شد از آزمایش‌های معمولی و آشنا، مانند پخش شدن جوهر در شیر به‌وسیله قطرهٔ مایع ظرف‌شویی تا آزمایش‌های پیشرفته و ناآشنا مانند اثر مایسنر در ابررسانا. برای پرسش‌ها جوایزی در نظر گرفته شد تا دانش‌آموزان برای پاسخ به این پرسش‌ها به تکاپو بیفتند. بیش از هفتاد درصد دانش‌آموزان به همهٔ پرسش‌ها پاسخ کتبی دادند و تقریباً هیچ کدام از پاسخ‌ها شبیه هم نبود! شایان ذکر است چون در این دوره، آزمایش‌ها را خود دانش‌آموزان همزمان با صحبت‌های مربیان انجام می‌دادند، در تمامی بحث‌ها مشارکت فعال و سازنده داشتند.

«خانهٔ فیزیک» مقدمات بازدید از موزهٔ علوم و فنون اصفهان واقع در باغ جوان را، برای حسن‌ختام اولین کارگاه، برای دانش‌آموزان شرکت کننده در این کارگاه فراهم کرد.

تلاش می‌شود در آینده این دوره به صورت کارگاه‌های یک روزه تشکیل شود و هم‌چنین این تیم در حال طراحی دوره‌های فارادی۲ و دیگر دوره ها هستند.

دورهٔ شگفتی‌های فیزیک

این دوره را جمعی از دانشجویان و دانش‌آموختگان فیزیک دانشگاه اصفهان برگزار کردند. مخاطبین این دوره دانش‌آموزان دورهٔ اول تا ششم دبستان بودند. این دوره در اواسط مرداد ماه آغاز و در اواسط شهریور ماه به پایان رسید. در این دوره سعی شده بود که با بازی و سرگرمی به صورت غیرمستقیم به دانش‌آموزان این سن آموزش داده شود. علاوه بر اهداف آموزشی، یادگیری کار گروهی، اعتماد به نفس، حفظ حقوق دیگران، افزایش قدرت ریسک‌پذیری، توجه به پیرامون، رعایت نظم و ترتیب در محیط کار، نکوهش زودباوری، نگاه به حس رقابت به عنوان عاملی لذت‌بخش نه مسبب تحقیر دیگران، حفظ اخلاق و انسانیت در انجام هر کاوش علمی، به خصوص برای حفظ محیط‌زیست و توجه به ارزش لوازم و اشیاء محیط زندگی به ویژه لوازم قابل بازیافت از اهداف تربیتی این دوره بود.

جنگ فیزیک

یکی از مهم‌ترین اهداف این جنگ، محبوب‌سازی فیزیک با نمایش این دانش به عنوان عاملی سرگرم کننده است. جُنگ فیزیک در چهل‌وپنج دقیقه تلاش می‌کند تا با نمایش تعدادی آزمایش شگفت‌انگیز و ارائهٔ توضیحات علمی هر یک از آن‌ها، بیننده را در مسیر دست‌یابی به اهداف آموزشی و تربیتی مختلف هدایت کند. در طول این مسیر مجری تلاش می‌کند نظر هر بیننده را در مورد عجیب‌ترین اتفاقات رخ داده در برنامه، جویا شده و این نظرات را برای رسیدن به یک قانون فیزیکی هدایت کند. مهم‌ترین نکته در شیوهٔ اجرای مجری، ایجاد فضایی مناسب برای ارائهٔ نظرات گوناگون از میان تماشاگران است. هر نظر در این برنامه، جایگاه خود را داشته و بدون توجه باقی نخواهد ماند. به طور حتم با وجود تمام این توضیحات، تجربه کردن جُنگ فیزیک، برای تمامی مخاطبان در هر سن و جایگاهی، خالی از لطف نیست. به بیانی دیگر، بهترین راه دریافتن لذت این برنامه، حضور در فضای پرهیاهو و سرگرم‌کنندهٔ جنگ فیزیک است. این برنامه، در زمان‌های مختلف در خانهٔ فیزیک برگزار می‌شود و اولین دورهٔ آن در ۳ مردادماه ۹۴ در خانهٔ فیزیک برگزار شد.

کارگاه یک روزهٔ موشک آبی

نخستین کارگاه با عنوان موشک‌های آبی، نقطهٔ آغاز یا به عبارتی اولین گام برای فراگیری دانش هوافضا بود. این کارگاه جمعه ۲۷ شهریور ۱۳۹۴ از ساعت ۲ تا ۸ بعدازظهر در خانهٔ فیزیک برگزار شد. این برنامه علمی-تفریحی در دو بخش کارگاه آموزشی نظری و عملی همراه با مسابقه برگزار شد وخانهٔ فیزیک اصفهان به نفرات برتر جوایزی اهدا کرد. افراد با شرکت در کارگاه‌ها و دوره‌های هوافضای خانهٔ فیزیک اصفهان، می‌توانند خود را برای یک تجربهٔ هیجان‌انگیز به شیوه‌ای علمی و مفرح آماده کنند.

برای آگاهی بیش‌تر درباره خانهٔ فیزیک و برنامه‌های آیندهٔ آن می‌توانید به وبگاه www.iphh.ir وارد شوید.

Just Six Numbers

احمد شاملومهر
دانشگاه خوارزمی

«از میان هر ۱۰۰۰ نفر روی زمین، ۹۹۹ نفر آن‌ها یک علاقه مشترک دارند؛ علاقه به فعالیت روی سطح زمین! آن یک نفر باقیمانده هم یک ستاره‌شناس است، که من هم از آن‌گونه عجیب هستم! [۱]»

این گونهٔ نادر، افراد سرشناسی را دربرمی‌گیرد و همان‌طور که مارتین ریس در یکی از سخنرانی‌های عمومی خود می‌گوید، از این‌گونه انسان‌هاست. ریس دورهٔ دکتری خود در ستاره‌شناسی را زیر نظر دنیس شیاما[۲] که خود شاگرد پل دیراک[۳] بوده است در سال ۱۹۶۷ به‌پایان رساند. از این رو می‌توان ریس و هم‌دوره‌ای‌هایش مانند استیون هاوکینگ[۴] و جورج الیس[۵] را از نوادگان دیراک دانست. او عناوین و مسندهای مهمی داشته که پیش از او افرادی چون آیزاک نیوتن[۶] و یا ادموند هالی[۷] بر آن‌ها تکیه زده‌اند. او صاحب بیش از پانصد مقالهٔ علمی است، اما بیش‌تر شهرتش بین مردم را برای کتاب‌ها و سخنرانی‌های عمومی‌اش کسب کرده است.

شاید بتوان گفت فیزیک‌دانان همیشه مایلند که با یک نظریه و چند عدد، جهان پیرامون خود را تشریح کنند. در دنیای ما، اعداد زیادی بارها در تاریخ مورد توجه قرارگرفته‌اند. اما در دنیای ریس، مجموعه‌ای شش‌تایی از اعداد هستند که مهم جلوه می‌کنند. از زمان گالیله[۸] با مرسوم شدن بیان ریاضی پدیده‌های فیزیکی این تفکر قدیمی نیز جانی تازه گرفت و رفته رفته اعدادی با معانی مشخص جای خود را در جامعهٔ علمی باز کردند. ریس معتقد است ۶ عدد وجود دارند که شرایط کنونی ما به آن‌ها وابسته است. افرادی که تا حدودی با فیزیک آشنایی دارند پیش از خواندن این کتاب احتمالاً چند عدد را در ذهن خود برای این منظور درنظر می‌گیرند که شاید سرعت نور، ثابت پلانک، ثابت جهانی گرانش، ثابت بولتزمن و هم‌چنین عدد دو در روابط عکس مجذوری، از جملهٔ آن‌ها باشند. اما ریس این ثابت‌ها را مورد توجه قرار نمی‌دهد، بلکه برای نسبت آن‌ها به هم (ارزش نسبی آن‌ها در مقابل هم احترام قابل است.)گویی برای رسیدن به کیهان موجود، اهمیت تنظیم هریک از عناصر در مقابل دیگری، به اندازهٔ نقش آن عنصر مهم است. به طور مثال بخشی از کتاب در پی پاسخ به این پرسش است که اگر نسبت نیروی الکتریکی به نیروی گرانشی از آن چیزی که هم‌اکنون است کمی تغییر می‌کرد چه اتفاقی می‌افتاد؟ N که نسبت این دو نیروست، درواقع نسبت ثابت کولن به ثابت جهانی گرانش و از مرتبهٔ 10^{36} است، اولین عدد از مجموعه‌ی شش‌تایی اعداد مورد نظر را تشکیل می‌دهد. عدد دوم ε یا همان بهره‌وری هسته‌ای است که چرخهٔ هم‌جوشی را در ستاره‌ها کنترل می‌کند. مقدار این عدد ۰.۰۰۷ است و تغییر آن به ۰.۰۰۶ یا ۰.۰۰۸ باعث به‌وجود آمدن دگرگونی اساسی در درصد فراوانی عناصر جدول تناوبی می‌شود. شاید بازگو کردن تمامی این شش عدد به منزلهٔ فاش کردن تمام این کتاب باشد و احتمالاً خواننده می‌خواهد خود گره از سر این شش عدد باز کند.

علاوه بر توجه بر این شش عدد، ریس مطالب شگفت‌انگیز دیگری را نیز برای مخاطب خود بازگو می‌کند. او حتی برای پاسخ به این پرسش که قد و وزن یک انسان چرا در این محدوده است نیز پاسخ‌های قابل تأملی ارایه می‌دهد. پاسخ ریس این است که ما با ۱۰۰kg جرم، در میانهٔ جرم یک پروتون با 10^{-28} kg و جرم ستارهٔ مجاورش یعنی خورشید با جرمی معادل 10^{30} kg قرار داریم. ما هم‌چنین در میانهٔ اندازهٔ خورشید و یک اتم واقع شده‌ایم. او معتقد است اگرموجود بسیار بزرگ‌تری روی یک سیاره سکونت داشته باشد به سبب نیروی گرانش، در خطر فروپاشی قرار می‌گیرد و اگر بسیار کوچک‌تر بود فرصت ایجاد چنین پیچیدگی از میان می‌رفت.

۱ سخنرانی مارتین ریس در آکسفورد – جولای ۲۰۰۵ م.
۲ Dennis W. Sciama
۳ Paul Dirac
۴ Stephen Hawking
۵ George F. R. Ellis
۶ Isaac Newton
۷ Edmond Halley
۸ Galileo Galilei

تولد یک قضیه

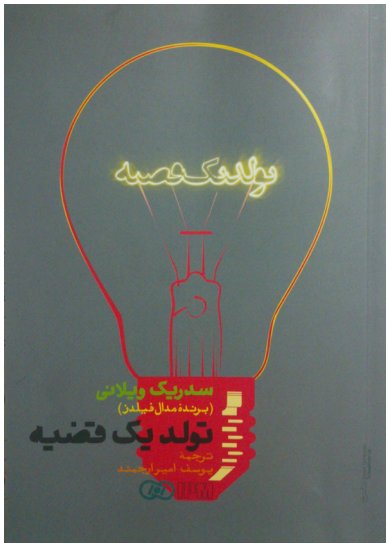
محمدرضا اجتهادی
دانشگاه صنعتی شریف

«باید خود را در موقعیتی آسیب‌پذیر قرار دهم تا قوی‌تر شوم[1]»

زندگی دانشمندان و نوابغ و نحوهٔ برخوردشان با مسائل مختلف در زندگی، و نحوهٔ تفکرشان دربارهٔ مسائلی که به آن‌ها می‌پردازند همیشه موضوعی جالب و تا حدودی رازگونه بوده و هست. کتاب‌ها، نمایشنامه‌ها و فیلم‌های متعددی برای ارضای این کنجکاوی نوشته یا ساخته شده‌اند. حال یکی از این اندیشمندان، یا به عبارتی نوابغ دوران ما، با صداقتی کودکانه ما را به مشاهدهٔ دنیای خود دعوت می‌کند.

کتاب Théorème vivant که به فارسی با عنوان «تولد یک قضیه» ترجمه شده است، نوشتهٔ سدریک ویلانی، ریاضی‌دان بزرگ فرانسوی و برندهٔ مدال فیلدز در سال ۲۰۱۰ میلادی است. نویسنده در کتاب که ساختاری شبیه به یک دفترچهٔ خاطرات دارد، خواننده را در یک بازهٔ دوساله، از زمانی که ایده‌ای جسورانه برای حل یک مسئله قدیمی در ذهنش متولد می‌شود تا زمانی که به پاس حل این مسئله سزاوار دریافت مدال فیلدز شناخته می‌شود، به زندگی شخصی و حرفه‌ای خود دعوت می‌کند. او خواننده را با خود به جلسات کنفرانس‌های علمی و سخنرانی‌های حرفه‌ای می‌برد. او را در فضای کاری و حرفه‌ای ریاضی‌دانان بزرگ قرار می‌دهد. با به اشتراک گذاشتن ایمیل‌های حرفه‌ای‌اش، فضای همکاری علمی در دنیای کنونی را برایش تصویر می‌کند. از شب‌هایی که به اشتباه پیروزی خود را جشن گرفته تا لحظاتی که تا حد رهایی از کار نا امید بوده می‌نویسد. خواننده را به دنبال خود، برای رساندن بچه‌هایش به مدرسه یا رفتن به کنسرت و اپرا می‌کشد. و در نهایت به او اجازه می‌دهد که به بی‌خوابی‌های شبانه‌اش و یا رؤیاهای الهام‌بخشش سرک بکشد.

هرچند قسمت‌هایی از کتاب، کمی تخصصی می‌شود ولی هر خوانندهٔ علاقه‌مندی، با هر سطحی از دانش ریاضی یا فیزیک، می‌تواند از قسمت‌هایی از آن لذت ببرد. کتاب به گونه‌ای نوشته شده که می‌توان آن را پاره پاره مطالعه کرد. به نوعی، چند کتاب در یک مجلد است که به شکلی بسیار جذاب، به هم پیوسته‌اند. قسمت‌هایی کاملاً تخصصی‌اند و بسیار شبیه به مقالات علمی، با معادلات شماره خورده و قضیه‌ها و اثبات‌ها. این قسمت‌ها برای خوانندگان آشنا با مفاهیم ریاضی و فیزیک می‌تواند جالب باشد ولی اگر خواننده‌ای از آن‌ها سر در نیاورد و آن‌ها را رها کند داستان



را از دست نمی‌دهد؛ زیرا استخوان‌بندی اصلی کتاب، ساختاری رمان‌گونه دارد که به زندگی شخصی یک دانشمند می‌پردازد و به عمق افکار و هیجاناتش وارد می‌شود. به ما می‌گوید که پس از این‌که تا نزدیکی‌های صبح، بر روی مسأله‌ای کار کرده و با خوشحالی از باور حل نهایی مسأله، به خواب می‌رود، چگونه کمی بعد از بسته شدن پلک‌هایش، فرزندش بیدارش می‌کند که به او خبر دهد که جایش را خیس کرده است. سرانجام در لابه‌لای این صفحات، خوانندگان با تعدادی از ریاضی‌دانان و فیزیک‌دانان قدیم و جدید، با ذکر داستان‌هایی شنیدنی از تجربه‌ها یا خاطرات آن‌ها آشنا می‌شوند. این میان پرده‌ها، کتاب را بسیار جالب و خواندنی‌تر کرده است. داستان‌هایی که برای مثال به ما می‌گوید که پوانکاره بیش از مبلغ جایزهٔ «اسکار شاه» را برای از بین بردن تمام نسخه‌هایی از مجله‌ای که مقالهٔ غلطش را چاپ کرده بود، هزینه کرد ولی آن کار را پس از اصلاح دوباره منتشر کرد.

کتاب برای دانش‌آموزان، دانشجویان و دانش‌پیشگان جوانی که آرزوهای بزرگی دارند و امید دست‌یابی به افتخاراتی را دارند که حتی جرأت به زبان آوردنشان را اکنون ندارند، می‌تواند مانند یک نقشهٔ راه نشان دهد که چگونه باید آرزوهایشان را جدی بگیرند و برای رسیدن به آن‌ها تمرکز کنند.

هم‌چنین کتاب تصویری شفاف از ریاضیات کاربردی می‌دهد و خواننده را با ریاضی‌دانانی آشنا می‌کند که در تلاشند تا به مسائلی درزمینه‌های مختلف، از پایداری کهکشان‌ها گرفته تا مشکلات اقتصاد و یا هوش مصنوعی پاسخ دهند. در قسمت‌های تخصصی، آن‌قدر به عبارت‌های آشنای فیزیک مانند آنتروپی، نیروی گرانشی و کولنی، تعادل، گذار فاز و زمان واهلش برخورد می‌کنیم که اگر خواننده، نویسنده را نشناسد، شاید تصور کند که او یک فیزیک‌دان است. به همین دلیل بهتر بود که مترجم، در ترجمه فارسی کتاب، از یک ویراستار فیزیک‌پیشه و آشنا با معادل‌های فارسی این اصطلاحات، کمک می‌گرفت.

۱ برگرفته از متن کتاب

پدیدهٔ سرد شدن الکترون‌های پرانرژی در گرافین چندلایه

رضا عسگری
پژوهشگاه دانش‌های بنیادی

موضوع دینامیک الکترون ها در ابعاد کم، به خصوص در دو بعد مانند گرافین _تک لایه از اتم های کربن است که دارای ساختار کریستالی پایدار است و رابطهٔ پاشندگی الکترون های کم انرژی به صورت خطی با بردار موج متناسب است_ از موضوعات مهم و مورد علاقهٔ محققین است. دلیل این علاقه‌مندی، علاوه بر مطالعات آکادمیک، زمینهٔ کاربرد وسیع آن در الکترونیک و اپتوالکترونیک است. برانگیختگی‌های نوری باعث به وجود آمدن توزیع غیر تعادلی حامل‌های بار شده و اسپکتروسکوپ نوری، وسیلهٔ مناسب برای تشخیص چنین توزیعی و هم‌چنین دینامیک غیر تعادلی الکترون‌هاست. هدف اسپکتروسکوپی فوق سریع، کشف و فهم دینامیک واهلش حامل بارها بعد از اعمال پرتوی نوری بسیار سریع است. زمان لازم برای یک توزیع غیر یکنواخت الکترون‌ها در حدود چند فمتوثانیه است و این همان زمان تحریک الکترون‌ها توسط لیزر فمتوثانیه است. معمولاً در بازهٔ زمانی حدود ۲۵۰ فمتوثانیه توزیع غیر تعادلی الکترون‌های پرانرژی به حالت تعادل دستگاه برمی‌گردد که این فرایند با برخورد و پراکندگی‌های مختلف الکترون همراه است. معمولاً برخوردها از نوع برهم‌کنش الکترون-الکترون، الکترون-فونون و الکترون با ناخالصی های موجود در نمونه است. برای یک سیستم دو بعدی کاملاً تمیز می‌توان نشان داد که نرخ انتقال گرما به سبب پراکندگی الکترون-فونون متناسب با $T^{\delta}-T'^{\delta}$ که $\delta=۴$ است. T دمای متوسط الکترون و $T_{۱}$ دمای فونون‌های دستگاه است.

در گرافین، نما برحسب بزرگی دما متغیر است و می‌تواند عدد ۴ در حد دماهای کم (کم‌تر از دمای بلاخ-گورنایزن) و یا ۱ در حد دماهای بزرگ باشد در صورتی که در فرایند پراکندگی الکترون با ناخالص نما، برابر ۳ است.

جفت‌شدگی در چند لایه با ساختار واندروالس، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این دستگاه فونون‌ها در صفحات لایه‌ای محبوس‌اند و سهم فونون‌های بین‌لایه‌ای بسیار ناچیز است.

دکتر رضا عسگری و همکارانش در مقاله‌ای [۱] که به تازگی در مجلهٔ نیچر کامینوکیشن چاپ کرده‌اند جزییات آزمایشی و مطالعات نظری سرد شدن الکترون های پرانرژی که ساختارهای چند لایه ای گرافین دارد را ارائه کرده‌اند. نشان داده‌اند که برای ساختارهای چند لایه ای گرافین که در آن گرافین در سمت صفحات کربنی سیلکون کارباید، رشد داده شوند، پراکندگی کولنی بین لایه‌ای مهم‌ترین فرایند برای انتقال گرما و توجیه کنندهٔ سرد شدن الکترون‌های پرانرژی در دستگاه است. در حقیقت نرخ انتقال گرما به واسطهٔ پراکندگی الکترون با فونون‌های صوتی، الکترون با ناخالصی و برهم‌کنش با هم محاسبه شده و نشان داده‌اند که برهم‌کنش کولنی بین لایه‌ای بیش‌ترین سهم برای نرخ انتقال گرما را در بازهٔ وسیعی از دما و تعداد لایه‌های گرافین (بین ۳ لایه تا ۳۶ لایه) داراست.

در این کار، نظریه‌ای برای توصیف فرایند به تعادل رسیدن الکترون‌های گرم بر مبنای انتقال انرژی بین لایه‌ای در حضور برهم‌کنش کولنی پوششی ارائه شده است. این نظریه مستقل از هرگونه پارامتر آزاد است و محاسبات زمان تعادل گرمایی در توافق خوبی با نتایج آزمایشی است. این پژوهش نشان داد که فرایند پراکندگی کولنی که یک اثر کاملاً کوانتومی است حتی در دماهای حدود دمای اتاق می تواند مهم و سهم غالب را داشته باشد. این نظریه کلی است و برای دیگر سیستم‌های دو بعدی مانند فسفرین و مولیبدم دای سولفاید نیز قابل استفاده است.

این کار از حدود دو سال پیش آغاز شد ابتدا تعمیم نظریه بس ذره‌ای دولایه مورد علاقه بود. با توجه به نتایج اولیه، اهمیت برهم‌کنش‌های بس ذره‌ای به‌خصوص بین لایه‌ای در مقابل نقش فونون ها آشکار شد. با گروه‌های تحقیقاتی که به‌طور تجربی این دسته از مواد را بررسی می کردند تبادل نظر صورت گرفت. نظریه و پیشنهاد مدل برای حل مسأله به خصوص برای سیستمی که تعداد لایه های آن بیش از ۴ لایه است را عسگری، مک داناله و پلینی فرمول‌بندی و ارائه کردند.

1 M.T. Mihnev, J.R. Tolsma, Ch.J. Divin, D. Sun, R. Asgari, M. Polini, C. Berger, W.A. de Heer, A.H. MacDonald and Th.B. Norris Electronic Cooling via Interlayer Coulomb Coupling in Multilayer Epitaxial Graphene Nature Communications 6, 81052015

پاسخ پرسش‌های شمارهٔ قبل

پرسش: در هوای سرد، برای گرم‌کردن دست‌های‌مان، آن‌ها را جلوی دهان خود گرفته و به آن‌ها می‌دمیم. برای سرد کردن چای داغ هم فنجان چای را جلوی دهان گرفته و به آن فوت می‌کنیم. تفاوت این دو روش چیست؟ اگر دستان‌مان را فوت می‌کردیم و در چای می‌دمیدیم (اصطلاحاً «ها» می‌کردیم) آیا باز هم دستان‌مان گرم و چای سرد می‌شد؟

پاسخ: در حین تبخیر، ملکول‌هایی از آب که سرعت بالاتری دارند و در زیر سطح آب قرار دارند، شانس بیش‌تری برای جدا شدن از سطح آب -و تبخیر شدن- دارند. به همین دلیل در حین تبخیر و با جداشدن این ملکول‌های سریع‌تر از مایع، دمای سطح مایع پایین می‌رود. هم‌زمان ملکول‌هایی که از بیرون مایع (جایی که بخار قرار دارد) به سطح مایع رسیده و جذب می‌شوند -در حین جذب- انرژی جنبشی بالاتری به‌دست می‌آورند. این ملکول‌ها دمای سطح مایع را -نسبت به دمای بخار مجاور آن- بالا می‌برند. در این‌صورت اگر سرعت تبخیر بالاتر باشد مایع سرد می‌شود و از محیط گرما می‌گیرد (گرمای نهان تبخیر) و اگر سرعت میعان بیش‌تر باشد، مایع گرم می‌شود و انرژی پس می‌دهد.

هوای دهان ما دمایی حدود سی و هفت درجهٔ سانتیگراد دارد و از محیطی کاملاً مرطوب (نزدیک نقطهٔ اشباعِ بخار) خارج می‌شود. وقتی «ها» می‌کنیم این هوای مملو از بخار آب را به سطح دستان سرد خود می‌رسانیم. در این حالت احتمال میعان موضعی زیاد است و دست ما به‌خاطر گرمای آزاد شده در میعان گرم می‌شود.

در حالی‌که وقتی فوت می‌کنیم همین هوا، در فاصلهٔ میان دهان ما تا سطح دست‌مان منبسط می‌شود. در واقع ما هوا را با فشار اولیهٔ بیش‌تر از فشار اتمسفر از دهان خود شلیک (!) می‌کنیم و در مسیر، این هوا منبسط شده و به فشار جو بازمی‌گردد. در این صورت کمی (چه‌قدر کم؟) سرد می‌شود و چگالی آب معلق در آن هم (چگالی بخار) کاهش می‌یابد. این هوای خشک‌تر، توان بیش‌تری برای جذب رطوبت از سطح دست ما دارد. یعنی سرعت تبخیر را در مقایسه با میعان بالا می‌برد و طبیعتاً دست ما سرد می‌شود.

پرسش: آب شفاف است اما یخ معمولاً سفیدرنگ دیده می‌شود. این سفیدی در مرکز قالب‌های یخ بیش‌تر است در حالی‌که سطح بیرونی یخ تقریباً شفاف است. ولی قندیل‌های یخ که در اثر آب شدن برف و یخ‌زدن دوبارهٔ آن شکل می‌گیرند این‌طور نیستند؛ قندیل‌ها تقریباً همیشه شفاف هستند؛ چرا؟ (این پرسش از جلسهٔ ۱۰۴ باشگاه فیزیک تهران گرفته شده است.)

پاسخ: برای مثال، به آب داخل یک لیوان توجه می‌کنیم؛ این آب پیش از یخ زدن حاوی مقداری هوا و نیز ناخالصی است. فرایند یخ زدن از سطح آغاز می‌شود و ملکول‌های آب مرتب کنار هم نشسته و بلورهای کوچکی را تشکیل می‌دهند. ملکول‌های آب، دوقطبی الکتریکی بسیار نیرومندی دارند؛ اگر ذرات ناخالصی و ملکول‌های حل شدهٔ هوا بخواهند درون شبکهٔ بلوری یخ بنشینند، باید نظم دوقطبی را به طور جدی به‌هم بریزند. به بیان دیگر خرج انرژیِ آزاد زیادی دارند. برای همین وقتی بلورهای یخ از روی دیواره‌های لیوان آغاز به شکل‌گیری می‌کنند، ناخالصی در میان آن‌ها قرار نمی‌گیرد و به درون لیوان رانده می‌شود.

مشکل اینجاست که هم‌زمان آب از روی سطح آن نیز یخ می‌بندد! یعنی ناخالصی‌ها و نیز هوای حل شده درون آب، به مرکز لیوان رانده شده و درون آن محبوس می‌شوند!! بقیهٔ قصه واضح است.

بالا رفتن چگالی هوای حل شده در آب محبوس در وسط لیوان که لحظه به لحظه کم‌تر هم می‌شود چگالی هوا را آن‌قدر بالا می‌برد که حباب‌های ریز هوا در وسط لیوان تشکیل می‌شوند! حال اگر آب یخ‌زده در لیوان را به‌صورت قالبی در بیاورید، محیط و پیرامون آن شفاف و بلورین است و مرکز آن محل تجمع حباب‌های ریز و ...!

در مورد بلورهای یخی که از سقف غار آویزان هستند این اتفاق در جهت عکس رخ می‌دهد. آبی که از سقف غار می‌آید روی سطح بلورها جاری می‌شود. پس هنگام یخ زدن، ناخالصی‌ها و نیز هوای محلول در آن به سمت سطح آزادِ آب رانده می‌شود. حباب‌های ریز هوا به سادگی از سطح آب خارج می‌شوند و یخ بلورین زیر خود را تنها می‌گذارند!

پرسش اول:

اگر بخواهیم قطعه سنگی را تا فاصلهٔ دور پرتاب کنیم، راحت‌تر است که از قلاب‌سنگ استفاده کنیم. به این شیوه می‌توان قطعه سنگی به جرم ۲۵ گرم را تا چندصد متر پرتاب کرد. اما اگر بخواهیم با دستِ خالی همان سنگ را پرتاب کنیم به ۵۰ متر هم نمی‌رسد! در هر دو حالت این دستِ پرتابگر است که کار انجام می‌دهد و انرژی جنبشی سنگ را تأمین می‌کند؛ در این‌صورت چه تفاوتی میان این دو روش وجود دارد که سرعت به‌دست آمده از یکی (قلاب سنگ) به‌مراتب بیش‌تر از دیگری است؟

(این پرسش در جلسهٔ ۱۱۸ باشگاه فیزیک تهران مطرح شده است)

پرسش دوم:

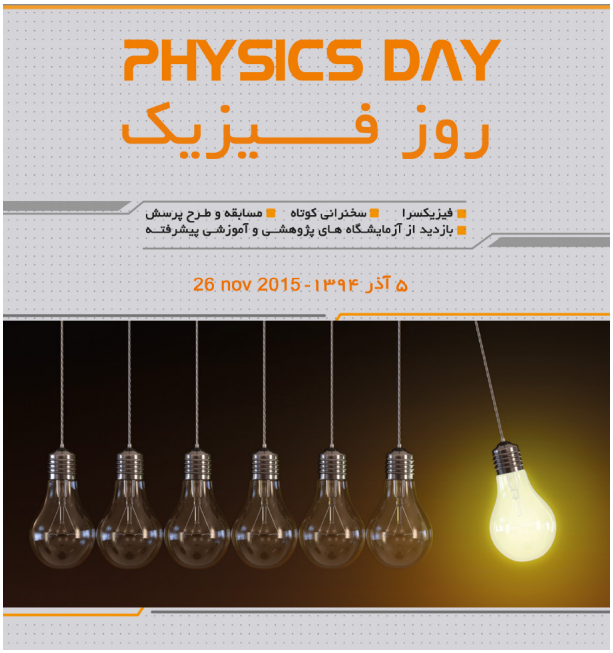
دیده شده که اگر دو ظرف کاملاً مشابه، یکی محتوی آب گرم و دیگری به همان اندازه آب سردتر را با هم در فریزر بگذاریم، در شرایطی بر خلاف انتظار، آب درون ظرف گرم‌تر پیش از آب درون ظرف سردتر یخ می‌بندد!!! البته در مواردی هم این اتفاق رخ نمی‌دهد. آیا می‌توانید توضیحی پیدا کنید که چرا آب گرم -که علی‌الاصول به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

باشگاه فیزیک

نشست‌های صد و بیست و نهم، صد و سی‌ام و صد و سی و یکم باشگاه فیزیک تهران، مهر، آبان و آذرماه سال ۱۳۹۴ در مکان همیشگی این نشست‌ها، آمفی تئاتر دانشکدهٔ فیزیک دانشگاه تهران، انتهای خیابان کارگر شمالی، روبروی کوچهٔ نوزدهم، برگزار شد. در جلسهٔ مهرماه آقای دکتر شروین گودرزی از پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای با موضوع «مبانی گداخت هسته‌ای»، در جلسهٔ آبان‌ماه دکتر مسعود مهجور شفیعی از دانشکدهٔ فیزیک دانشگاه تهران با موضوع «سرگذشت نوترینو (به مناسبت اعطای جایزهٔ نوبل فیزیک ۲۰۱۵)» و در جلسهٔ آذرماه دکتر محمدرضا اجتهادی از دانشکدهٔ فیزیک دانشگاه صنعتی شریف با موضوع «شکارچیان میکروسکوپی» سخنرانی کردند. جلسات سی و هشتم، سی و نهم و چهلم باشگاه فیزیک اصفهان نیز مهر، آبان و آذرماه ۱۳۹۴ در محل برگزاری این جلسات، اصفهان خیابان سعادت آباد، روبروی مقبرهٔ بانو امین، شهر علم، سالن اجتماعات، با موضوعات «مقدمه‌ای بر نانو تکنولوژی»، «ریزگردهای جوی و فن‌آوری هواویزها» و «نیروهای القا شده توسط افت و خیزهای محیط» برگزار شد. سخنران‌های این جلسات به ترتیب دکتر اسماعیل عبدالحسینی از دانشگاه صنعتی اصفهان، دکتر امید غفارپسند از دانشگاه اصفهان و دکتر فردین خیراندیش از دانشگاه اصفهان بودند. نشست‌های ششم و هفتم باشگاه فیزیک زاهدان هم در بلوار دانشگاه، آمفی تئاتر دانشکدهٔ شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، جنب سرای قرآن و عترت دانشگاه، با سخنرانی دکتر یوسف هاتفی از دانشگاه جامع امام حسین(ع) تهران دربارهٔ «نگاهی به تحولات دانش نور و فن‌آوری‌های وابسته به آن (به مناسبت سال جهانی نور)» و دکتر حمیدرضا خالصی‌فرد از دانشگاه تحصیلات تکمیلی زنجان برگزار شد. نشست هشتم باشگاه فیزیک زاهدان هم‌زمان با روز فیزیک و با سخنرانی دکتر رضا منصوری با موضوع «فیزیک بی فیزیک» در تالار ملاصدرا دانشگاه سیستان و بلوچستان برگزار شد.

نهمین کارگاه محاسبات سریع و تورین (HPC9)

پژوهشگاه دانش‌های بنیادی با همکاری شاخهٔ فیزیک محاسباتی انجمن فیزیک ایران نهمین کارگاه محاسبات سریع و تورین را با هدف آشنایی با محاسبات موازی و تورین، آشنایی با محیط کودا CUDA و آشنایی با OpenCI آبان‌ماه برگزار کرد. هدف این کارگاه آموزشی، آشنا کردن محققان جوان با مهارت‌های پایه‌ای مورد نیاز برای روش‌های محاسباتی بر پایهٔ محاسبات سریع بود. از طرفی آشنایی با روش نوین محاسبات تورین، به افزایش توان محاسباتی محققان کمک خواهد کرد. این کارگاه آموزشی برای آشنایی با محاسبات سریع و محاسبات تورین برای هفتمین بار در ایران برگزار شد.



روز فیزیک ۱۳۹۴

انجمن فیزیک ایران با حمایت کمیسیون ملی یونسکو، اتحادیهٔ انجمن‌های علمی دانشجویی فیزیک ایران و پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، ۵ آذرماه به مناسبت روز فیزیک برنامهٔ هماهنگی در دانشگاه‌های کشور برگزار کرد. این برنامه که ویژهٔ دانش‌آموزان سال‌های آخر دبیرستان و علاقه‌مندان به علم فیزیک و شامل سخنرانی کوتاه، مسابقه و طرح پرسش، بازدید از آزمایشگاه‌های پژوهشی و آموزشی پیشرفته و فیزیک‌سرا بود، هم‌زمان در دانشگاه‌های صنعتی اصفهان، زنجان، تربیت مدرس تهران، بیرجند، سلمان فارسی کازرون، یزد، گیلان، سیستان و بلوچستان، دامغان، محقق اردبیلی، ایلام، علم و صنعت ایران، بجنورد، زابل، شهید چمران اهواز، ولی‌عصر رفسنجان و شهید بهشتی تهران برگزار شد.

هفته ترویج علم سال ۱۳۹۴

به مناسبت هفتهٔ ترویج علم، سلسله نشست‌ها، سخنرانی‌ها و دو همایش ملی در برج میلاد تهران برگزار شد. شرکت در این برنامه‌ها برای عموم رایگان بود و به کلیه شرکت‌کنندگان گواهی حضور اهدا شد. روزهای این هفته که از ۱۶ آبان آغاز شد به ترتیب با عناوین زیر نام‌گذاری شده بود: روز ترویج علم و رسانه، روز ترویج علم و نسل آینده، روز ترویج علم و تاریخ علم، روز جهانی علم در خدمت صلح و توسعه، روز علم و زندگی، روز ترویج علم و اخلاق علمی. در این نشست‌ها نقش انجمن‌های علمی در ترویج علم، فن‌آوری و علوم نوین و ترویج علم و اخلاق علمی مورد بررسی قرار گرفت.

کنفرانس فیزیک محاسباتی ایران ۱۳۹۴

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، ۳۰ دی و ۱ بهمن‌ماه ۱۳۹۴، میزبان کنفرانس فیزیک محاسباتی خواهد بود. دومین کنفرانس فیزیک محاسباتی، با هدف ایجاد محیطی علمی برای گردهمایی محققانی برگزار می‌شود که از رایانه و شبیه‌سازی رایانه‌ای در تحقیقات و پژوهش‌های فیزیکی خود بهره می‌گیرند و نه تنها مسألهٔ خود را حل می‌کنند بلکه به ارتقای الگوریتم‌های مورد استفاده نیز می‌پردازند.

آخرین مهلت ثبت‌نام برای شرکت در کنفرانس ۷ دی‌ماه ۱۳۹۴است. برای آگاهی بیش‌تر به وبگاه کنفرانس به نشانی زیر وارد شوید.

http://www.psi.ir/?icp94

جایزهٔ علیمحمدی ۹۵

پژوهشگاه دانش‌های بنیادی با همکاری انجمن فیزیک ایران از سال ۱۳۹۰، به رساله‌های برتر دکتری فیزیک که در داخل کشور تهیه شده باشند جایزه‌ای به نام « جایزهٔ علیمحمدی » اعطا می‌کند. این جایزه، به پاس خدمات علمی و دانشگاهی شهید دکتر مسعود علیمحمدی، استاد فقید دانشگاه تهران و اولین دانش‌آموختهٔ دکتری فیزیک داخل کشور، از جمله نقش مؤثرش در زیرساخت علمی پژوهشگاه دانش‌های بنیادی و تلاش‌های وی برای برپایی تحصیلات تکمیلی در ایران، به نام او نام‌گذاری شده است. این جایزه در سال ۱۳۹۵ به رساله‌های دکتری که در سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۴ مرحلهٔ دفاع را گذرانده باشند، اعطا خواهد شد. برای ورود به مرحلهٔ داوری، لازم است کارهای پژوهشی انجام شده در دورهٔ دکتری، و رسالهٔ حاصل از آن، به تشخیص حداقل سه عضو هیئت علمی استادیار به بالا، که استاد راهنمای رسالهٔ دکتری نیز یکی از آنان است، به عنوان «رسالهٔ ممتاز» شناخته شده باشد. نامزدی هر شرکت‌کننده می‌بایست کتباً توسط استاد راهنما با ذکر دلایل، مستندات، مقالات مستخرج از پایان‌نامه و اطلاعات مربوط به متقاضی و هم‌چنین نام و نشانی حداقل دو عضو هیئت علمی دیگر که می‌توانند مؤید نامزدی رسالهٔ مربوطه باشند اعلام شود. مدارک و مستندات متقاضیان لازم است تا تاریخ ۲۰ اسفند ۱۳۹۴ در پایگاه اینترنتی به نشانی http://ipm.ir/alimohammadi95 بارگذاری شود.

ششمین کنفرانس «فیزیک ذرات و میدان‌ها»

ششمین کنفرانس فیزیک ذرات و میدان‌های انجمن فیزیک ایران، روزهای ۳۰ دی و اول بهمن ماه ۱۳۹۴ در دانشگاه صنعتی اصفهان برگزار می‌شود. لازم است تمامی شرکت‌کنندگان و مقاله‌دهندگان در کنفرانس، پرسش‌نامهٔ الکترونیکی ثبت‌نام را در نشانی (http://www.psi.ir/?particles6) کامل کنند. آخرین مهلت ثبت نام برای شرکت در کنفرانس ۱ دی ماه و پست الکترونیکی کمیتهٔ اجرایی phys_office@of.iut.ac.ir است. برای اطلاعات بیش‌تر می‌توانید به وبگاه کنفرانس به نشانی www.psi.ir/?particles6 مراجعه کنید.

هشتمین کنفرانس فیزیک آماری، مادهٔ چگال نرم و سیستم‌های پیچیده

هشتمین کنفرانس فیزیک آماری، مادهٔ چگال نرم و سیستم‌های پیچیده، با هدف آشنایی با جدیدترین دست‌آوردهای محققین در فیزیک آماری و کاربردهای آن در پدیده‌های بحرانی، مادهٔ چگال نرم، سامانه‌های زیستی، شبکه‌ها و سامانه‌های پیچیده ۳دی‌ماه ۹۴ در دانشگاه صنعتی اصفهان برگزار خواهد شد. تلفن دبیرخانهٔ اجرایی کنفرانس ۰۳۱۳۳۹۱۲۳۷۵ و نشانی پست الکترونیکی آن iutconference18@gmail.com است.

همایش ملی گرانش و کیهان شناسی ۱۳۹۴

همایش ملی گرانش و کیهان‌شناسی در سال ۹۴ در زمینه‌های ماده و انرژی تاریک، تابش زمینه‌ای کیهان، تشکیل ساختار کیهانی و کهکشان‌ها، گرانش کلاسیک و کوانتمی، کیهان اولیه و فیزیک انرژی‌های بالا، سیارات فراخورشیدی و فیزیک سیاه‌چاله، در روزهای ۲۳ و ۲۴ دی‌ماه در دانشگاه شهیدبهشتی برگزار خواهد شد

علاقه‌مندان برای آگاهی بیش‌تر می‌توانند با دفتر انجمن فیزیک ایران و یا نشانی پست الکترونیکی زیر تماس بگیرند.

ngc94@ psi.ir

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

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