توضیح تصویر روی جلد:
این تصویر متعلق به گروه اپتیک دانشگاه تحصیلات تکمیلی زنجان است. تصویر نقش تداخل حاصل از بازتاب نورقطبیده از ورق پلکسی گلاس تنش دار با ضخامت میلیمتری، در زاویه فرود شصت درجه، را نشان می‌دهد. باریکه‌ی نور در عبور از سطح اول به دو باریکه و در بازتاب از سطح دوم به چهار باریکه با قطبیدگی‌های عمود برهم تجزیه می‌شود و باریکه‌های هم‌قطبش با هم تداخل می‌کنند.

صاحب امتیاز: انجمن فیزیک ایران

مدیر مسئول: هادی اکبرزاده (رئیس انجمن فیزیک ایران)
سردبیر: سیما قاسمی
دبیر مقالات: فرهنگ لران
دبیر رابط انجمن: عبیده جعفری
دبیر فیزیک در جامعه: ایمان عقیلیان
دبیر خبر: سیما قاسمی

ویراستار: نادر حیدری

مشاوران این شماره:
سید محمد امینی (فصلنامه پژوهش فیزیک ایران)، محمدرضا اجتهادی، محمدرضا بهاری، شهرام خسروی، مجتبی محمدی (شاخه‌ی ذرات و میدان‌ها)، رضا منصوری

طراح جلد و صفحه آرا: روشنک فتحی
مسئول اجرایی: سمانه کیایی

چاپ: مرکز نشر دانشگاهی

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

◆ فیزیک روز دو نوع اشتراک الکترونیک و چاپی دارد. شرایط اشتراک‌ها در وبگاه مجله آمده است.

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

وبگاه «فیزیک روز» **www.psimag.ir**

انجمن فیزیک ایران

تهران، میدان توحید، ابتدای خیابان نصرت غربی، شماره ۱۴، طبقه‌ی چهار

وبگاه انجمن فیزیک ایران www.psi.ir

فیزیک روز

فصلنامه‌ی علمی-ترویجی انجمن فیزیک ایران
سال ۱ • شماره ۱ • بهار ۱۳۹۱
قیمت: ۳۵۰۰ تومان

دبیر اندیشه ۲
- سرآغاز
- تداوم این راه؟

اخبار ۵
- راه‌اندازی گروه مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر
- اخبار شاخه‌ی فیزیکِ فرهنگستان علوم
- طرح چشمه‌ی نور ایران
- جایزه‌ی علمیِ ارنستو ایلی-تری‌یسته
- انجمن ترویج علم ایران
- اتحادیه‌ی انجمن‌های علمی آموزشی معلمان فیزیک ایران
- دیوید هالیدی
- پژوهشگران قصد دارند روندهای فکری در arXiv را دنبال کنند
- رده‌ی جدید سیارات
- میکروکاواک‌های تار اپتیکی به دقت آنگستروم می‌رسند
- تازه‌ترین اخبار درباره‌ی هیگز
- نقص‌های سیلیسیوم‌کربید و نوید کیوبیت‌های مناسب برای ساخت ابزار
- نانوروبات از جنس دی‌انِ‌اِ برای دارورسانی

مقاله‌ها ۲۱
- گزارش از گروه پژوهشی استاد محمد تقی توسلی ۲۱
- پژوهش‌های جهانی و پژوهش‌های محلی ۲۴
- سؤالی در ترمودینامیک ۳۷
- نارسایی‌های آموزش فیزیک ماده‌ی چگال در ایران ۴۴
- همگانی‌کردنِ علوم- چرایی و چگونگی ۴۸

فیزیک در جامعه ۵۱
- آموزش همراه با بازی و تفریح مصاحبه با آقای حازم فریپور

پژوهش‌های روز ۵۳
- گزارش تغییر خط جذبی در اختروش خط جذب پهن J۰۸۴۰+۳۶۳۳
- وابستگی دمایی نوررخشانیِ پیوسته و وابسته به زمان در نانوساختارهای ژرمانیوم
- شبیه‌سازیِ ذره‌ایِ ناپایداری رامان پیش‌رونده در پلاسمای کم‌چگال

معرفی کتاب ۵۶
- نقد کتاب: نسبیت خاص
- معرفی و مرور کتاب آشنایی با فیزیک گرما
- معرفی کتاب: اخترفیزیک • معرفی کتاب: فلسفه‌ی علم

پرسش‌های این شماره ۶۰
- خاصیت خودتمیزکنندگیِ برگ نیلوفر آبی
- بهینه‌سازی در طبیعت اطراف ما

اخبار انجمن فیزیک ۶۱
- فعالیت‌های انجمن فیزیک ایران در پاییز و زمستان ۱۳۹۰
- معرفی شاخه‌های تخصصی انجمن فیزیک ایران
- فعالیت‌های انجمن فیزیک ایران در بهار و تابستان ۱۳۹۱

سرآغاز

هادی اکبرزاده[1]

فصل‌نامه‌ی «فیزیک روز» حاصل هم‌فکری‌های چندین جلسه‌ی هیئت مدیره‌ی انجمن فیزیک ایران و مشورت با صاحب‌نظرانی از خارج از این مجموعه است. آشنایی بیشتر قشرهای جامعه با جلوه‌های جذاب و زیبای فیزیک و به‌کارگیری آنها در امور جاری زندگی یعنی «همگانی‌کردنِ فیزیک» و یا به تعبیری «افزایش ضریب نفوذ فیزیک در جامعه» هدف محوریِ انجمن فیزیک از انتشار این مجله است. مردم ایران ملتی علم‌دوست و عالم‌پرور شناخته شده‌اند و شاید یکی از دلایل گسترش عارضه‌ی مدرک‌سالاری (و البته نه تمامی دلایل آن) نیز همین شیفتگیِ کسب مدارج علمی باشد. لیکن در عمل و لااقل در این زمانه بهره‌ی لازم از این ره‌گذر به ویژه در زندگی روزمره نصیب آنها نشده است. دانشگاه‌ها و مراکز علمی ما هنوز در حصارهای مستحکمی قرار دارند که مردم عادی کوچه و بازار از نزدیک‌شدن به آنها احتراز می‌کنند. در چنین شرایطی اهتمام به مقوله‌ی «ترویج علم» و گشودن زبان گفت‌وگو و تعامل علم‌پیشگان با دیگر قشرهای جامعه از اهمیت ویژه برخوردار است. در جوامع غربی نیز که از تجربه‌ی بیشتری در کسب و بهره‌گیری از دانش جدید بر خوردارند از مدت‌ها قبل برنامه‌های فراگستر[2] با هدف مردمی‌کردن علم به راه افتاده است. «فیزیک روز» گامی کوتاه در این راستاست. ارتباط بیشتر فیزیک‌پیشگان و اطلاع به‌هنگام ایشان از رویدادهای جدید فیزیک و نیز غنابخشیدن به زبان فارسیِ علمی از دیگر اهداف انتشار این مجله است. این مجله در ساختاری حرفه‌ای و البته هزینه‌بر منتشر خواهد شد که تجربه‌ی جدیدی در انجمن فیزیک ایران خواهد بود و امید است جامعه‌ی فیزیک کشور با مشارکت پویای خود این نونهال را به درختی تنومند و اثرگذار در گستره‌ی علمی کشور بدل کند.

---

۱. مدیر مسئول «فیزیک روز» و رئیس انجمن فیزیک ایران

۲. Outreach

تداوم این راه؟

سیما قاسمی[1]

اولین سؤالی که بعد از شنیدن پیشنهاد انجمن فیزیک ایران برای سردبیری فیزیک روز به ذهنم رسید این بود که چرا مجله‌ئی دیگر؟ مگر مجله‌ی فیزیک و مجله‌ی گاما را نداشته‌ایم. مرکز نشر دانشگاهی نزدیک به سی سال است که مجله‌ی فیزیک را منتشر کرده است و گاما هم هشت سال منتشر شده است. این دو مجله در فارسی‌نویسی، روان‌نویسی و ساده‌نویسیِ فیزیک در قالب مجله، تا به‌امروز بضاعت ما بوده‌اند. بدیهی‌ست که هر شروع دیگری باید با استفاده از تجربه های آنان باشد.

چند سال همکاری با هیئت ویراستاران مجله‌ی فیزیک در مرکز نشر دانشگاهی، بعضی مشکلات بر سر راه انتشار مجله‌ی علمی-ترویجی در ایران را به من نشان داده بود. مهمترین‌شان از نظر من یکی این بود که از جامعه‌ی فیزیک ایران با بیش از هزار فیزیک‌پیشه، حتی برای چهار شماره در سال هم مطلب خواندنی به دست هیئت ویراستاران نمی‌رسد، دیگر این‌که سر موقع درآوردنِ مجله کاری بسیار مشکل است، آن هم در حالی که تقریباً هیچ‌کس به‌صورت تمام‌وقت درگیر کار مجله نیست.

حال که انجمن فیزیک ایران می خواهد چنین مجله‌ئی داشته باشد، باید فکری برای کم‌کردن این مشکلات در مجله‌ی جدید کرد. به نظر می‌رسد باید کاری کرد تا مطالب مجله تنها مقالات علمی نباشند، یعنی باید تنوع بیشتری به محتوا داد. برای تهیه طرح محتوای چنین مجله‌ئی با تعدادی از فیزیک‌پیشگان کشور که بعضی از آنها در سال‌های گذشته درگیر نشر در فیزیک بوده‌اند مشورت‌های مفصل شد. به‌نظر می‌رسد هرچه مشاوران ما بیشتر درگیر نشر بوده‌اند از شروع کاری جدید بیشتر ناامید هستند. در هر صورت، براساس نظرهای مشاوران و نیازهائی که در جامعه‌ی فیزیک ایران وجود دارد، طرحی تهیه شد. این طرح که با تغییراتی در ابتدای پاییز ۱۳۹۰ به تصویب هیئت مدیره‌ی انجمن فیزیک ایران رسید، شامل بخش‌های متفاوت و متنوعی در مجله می‌شد. طبق طرح اولیه، فیزیک روز باید شش دبیر برای هر بخش داشته باشد که به همراه سردبیر، هیئت دبیران مجله را می‌سازند.

به دلیل مشکلات مالیِ انجمن فیزیک ایران و این‌که این طرح در آغاز کار است و ابتدا باید مشکلات بر سر راه آن را پیدا کرد، به پیشنهاد هیئت مدیره برای دو سال با طرحی حداقلی شروع کردیم. در این طرح ضمن حفظ ساختار کلی و تنوع محتوا، تعداد دبیران و حجم محتوای مجله را کاهش دادیم. هیئت دبیران مجله و اعضای هیئت مدیره‌ی انجمن این نگاه را دارند که بعد از دو سال انتشار (هشت شماره)، با توجه به بازخوردی که از خوانندگان گرفته می‌شود طرح مجله را اصلاح کنند.

اما نکته‌ی مهم دیگر در تهیه‌ی طرح این بود که مخاطب مجله را چه کسانی تشکیل می‌دهند؟ بعد از انتشار، مجله را مخاطبانش می‌خوانند و می‌خرند و برایش مطلب می‌نویسند. به‌نوعی چرخ مجله با خوانندگانش می‌گردد. پس اولین قدم برای نوشتن طرح مجله شناختن مخاطبانش است. نظر انجمن فیزیک ایران این بود که مجله طوری باشد که خوانندگانِ آن، طیفی گسترده از فیزیک‌خوانده‌ها را شامل شود. این گستردگی، همان‌طور که اشاره شد نیاز به این دارد که محتوای مجله متنوع باشد و هر خواننده‌ئی از هر جای این طیف که باشد، مطلب موردعلاقه‌ی خود را در آن بیابد. ایجاد تنوع بدون داشتن تنوع در علایق و تخصص‌های هیئت دبیران مجله، در عمل کاری ناممکن است. حتی این تنوع باید فراتر از دبیران مجله برود و باید مشاورانی (با سلایق مختلف) از گروه‌های مختلف با مجله همکاری کنند. برای این مورد آخر انجمن فیزیک ایران به عنوان نهادی علمی می‌تواند بزرگ‌ترین کمک باشد. انجمن حلقه‌ی ارتباطی فیزیک‌پیشگان کشور با یک‌دیگر است. شاخه‌های تخصصیِ انجمن در صورت فعال‌شدن پتانسیل خوبی برای دادن مشاوره به مجله در زمینه‌های مختلف فیزیک را دارند. شاخه‌ی دانشجویی انجمن در صورت راه‌افتادن و فعال‌شدن، شبکه‌ی ارتباطی دانشجویان فیزیک کشور است. حتی انجمن اعضایی از بین فیزیک‌خوانده‌هائی دارد که به کارهای دیگری در جامعه مشغولند. همه‌ی اینها (به عنوان مخاطب) اگر در طرح کلی برای محتوای مجله هم در نظر گرفته شود شاید کمکی باشد برای تولید محتوای مناسب برای مجله. در این صورت فیزیک‌پیشگان دانشگاهی کشور، دانشجویان فیزیک، معلمان فیزیک و هم‌چنین دیگر فیزیک‌خوانده‌هائی که به صنعت رفته‌اند یا در جای دیگری از جامعه کار آفریده‌اند، همگی مخاطبان بالقوه‌ی آن خواهند بود. با دانستن طرح کلی محتوای مجله و آشنایی با خوانندگان آن، از سه نفر به عنوان دبیر برای همکاری دعوت شد. دو نفر از همکاران هیئت علمی در دانشگاه‌های کشور و یک نفر از فیزیک‌خوانده‌هائی که در جامعه مشغول کارند. البته چون هم‌چنان همه‌ی هشت بخشی را که در طرح مجله داشتیم حفظ کرده‌ایم بعضی از دبیران، دبیری دو یا چند بخش مجله را پذیرفتند. به این ترتیب در آذرماه ۱۳۹۰ کار را شروع کردیم. بعد از گفت‌وگوهای فراوان با دبیر مقالات این سیاست کلی را هم انتخاب کردیم که همه‌ی مطالب دریافتی برای انتشار در مجله داوری شوند و داورها علاوه بر داوری، به دبیران مجله برای تناسب مقاله با سطح مجله و خوانا و روان‌بودن هم مشاوره بدهند. برای حفظ یک‌دستی زبان مجله از یکی از ویراستارهای حرفه‌ای و با سابقه‌ی متون علمی در کشور دعوت به همکاری کردیم که مسئولیت ویرایش تمام مطالب مجله را بپذیرد.

اما نام مجله، هیئت مدیره‌ی انجمن فیزیک ایران در تابستان گذشته نام «فیزیک روز» را برای این فصل‌نامه انتخاب کرد. این فصل‌نامه به مدیر مسئولی رئیس انجمن فیزیک ایران و صاحب امتیازی انجمن فیزیک ایران به دو صورت چاپی و الکترونیک در نیمه‌ی پایانیِ هر فصل از سال منتشر می‌شود. در نسخه‌ی الکترونیک که به صورت برخط در دسترس است، هریک از بخش‌های مجله صفحات وب مخصوص خود را دارد که به خواننده

این امکان را می دهد تا مطلبی را بخواند و در همان صفحه به دوستان خود هم معرفی کند. ارتباط با هیئت دبیران مجله و ارسال مطلب برای مجله هم از این طریق به‌سادگی ممکن است. اشتراک فیزیک روز به هر یک از دو صورت الکترونیک و چاپی یا هردو، برای افراد حقیقی و فقط به صورت چاپی برای کتابخانه‌ها و انجمن‌ها ممکن است. خوشبختانه وبگاه فیزیک روز این امکان را به ما می دهد تا بتوانیم نظرات خوانندگان را درباره ی محتوا، زبان، نوع مطالب و به طور کلی مجله‌ی فیزیک روز، به سادگی دریافت کنیم.

امیدواریم خوانندگان فیزیک روز، مجله را خواندنی بیابند، خود را در شکل‌گیری این مجله سهیم بدانند و خواندن آن را به دیگران هم توصیه کنند.

---

۱. سردبیر «فیزیک روز»

هر شماره از فیزیک روز شامل هشت بخش مختلف می شود. دبیرانه ها، اخبار، مقالات، فیزیک در جامعه، پژوهش‌های روز، معرفی کتاب، پرسش این شماره، اخبار انجمن فیزیک ایران.

هر شماره را با دبیرانه ها آغاز می کنیم. پس از آن به اخبار می رسیم. اخبار را در دو بخش تهیه می‌کنیم. در بخش اخبار فیزیک، منبع خبری ما مجلات و وبگاه‌های خبری بین‌المللی‌ست. با توجه به فصل‌نامه‌بودن مجله، ناگریز از انتخاب خبرهائی هستیم که با گذشت یک فصل برای انتشار با اهمیت باشند. برای این کار از شاخه‌های تخصصی انجمن مشاوره می‌گیریم. چون شاخه‌ها در آغاز فعالیت هستند در این شماره فقط توانستیم از شاخه‌ی ذرات و میدان‌ها کمک بگیریم. برای بخش اخبار جامعه‌ی فیزیک، دفتر مجله و دبیر خبر با انجمن‌ها، نهادها، پروژه‌های ملی، دانشکده‌های فیزیک کشور در تماس هستند. برای هرچه پربارترشدن این بخش به همکاری شاخه‌ی دانشجویی انجمن و همه‌ی فیزیک‌پیشگان کشور نیاز داریم. در وبگاه مجله محلی برای ارسال خبر در نظر گرفته شده است که امیدواریم همکاران در دانشگاه‌های مختلف از این طریق ما را از اخبار دانشگاه‌ها باخبر کنند. اخباری مانند شاخه‌های جدید، دانشکده‌های جدید، دوره‌های آموزشی و تحصیلات تکمیلی جدید، آزمایشگاه‌ها و کتابخانه‌های جدید.

بخش مقالات که مفصل‌ترین بخش مجله است، شامل چند زیر بخش است. در هر شماره، ابتدای بخش مقالات، گزارشی از گروه های پژوهشی یا آموزشی در دانشگاه‌های مختلف کشور را داریم. برای تهیه‌ی این گزارش مصاحبه‌هائی با سرپرست این گروه‌ها انجام می‌دهیم. با استفاده از این گزارش و اطلاعات دیگری که گروه‌ها در اختیارمان می گذارند گزارش را تهیه می‌کنیم. بسته به این که نقش سرپرست گروه چقدر پررنگ باشد بیشتر یا کمتر به آن فرد می‌پردازیم. هدف‌مان از تهیه‌ی این گزارش آشناشدن با امکانات پژوهشی و آموزشی در کشور است. معرفی مشخصه‌های با استاندارد بین‌المللی موجود در کار پژوهشی این گروه‌ها هم از اولویت‌های ماست. در گزارش از گروه‌های پژوهشی می‌خواهیم کارهای پژوهشی‌ئی را که به شکل گروهی و با ساختار سلسله‌مراتبی شامل استاد، پژوهشگر پسادکتری، دانشجوی دکتری و دانشجوی ارشد هستند معرفی کنیم و با تولیدات علمی آنها و هم‌آیش‌ها و دوره‌ها و سمینارهای مرتب آنها آشنا شویم. در گزارش از گروه‌های آموزشی، می خواهیم با روش‌های مختلف تدریس و برنامه‌ریزی‌های آموزشی در دانشکده‌های فیزیک کشور بیشتر آشنا شویم. بعد از گزارش، دو یا سه مقاله با موضوع‌های مختلف خواهیم داشت: آموزش مفاهیم پایه‌ی فیزیک با هدف آموختن مفهوم جدیدی در فیزیک یا شاخه های نزدیک به آن مثل شیمی-فیزیک، زیست-فیزیک، ریاضی-فیزیک، فلسفه ی علم و تاریخ علم؛ روشی تازه در طرح و بررسی یا آموزش مفاهیم شناخته‌شده‌ی فیزیک؛ نقد سیاست‌های دانشگاهی مربوط به فیزیک مانند نقدِ سیاست‌های آموزشی، پژوهشی و دانشجویی، یا نقد جایگاه آموزش عالی در جامعه و ارتباط نهادهای دانشگاهی با سایر نهادهای سیاستگذاری، آموزشی، تحقیقاتی، فرهنگی، اقتصادی و دفاعی. زیربخش بازتاب در مقالات، بازتاب دیدگاه‌های فیزیک‌پیشگان کشور است در زمینه‌هائی که برای موضوعات مقالات هم در نظر داریم.

فیزیک در جامعه بخشی از مجله است که به ویژه برای مخاطبان دانشجوی فیزیک تهیه می شود. در این صفحه به معرفی افرادی می پردازیم که فیزیک خوانده‌اند و در جامعه مشغول به کار شده‌اند، این افراد یا خود کارآفرین بوده‌اند یا جذب شغل‌هائی شده‌اند که برای فیزیک‌خوانده‌ها موجود است و در این شغل فرد مؤثری بوده‌اند. به‌دنبال این هستیم که در این صفحه آگهی شغلی برای فیزیک‌خوانده‌ها هم منتشر کنیم.

طرح اولیه برای صفحه‌ی پژوهش‌های روز این بود که شوراهای اجرایی شاخه‌های تخصصی انجمن در شاخه‌های مختلف فیزیک کاری از بین کارهای پژوهشی انجام‌شده در ایران در هر فصل را به هیئت دبیران معرفی کنند. اما اغلب این شاخه‌ها یا در حال شکل‌گیری هستند یا تازه آغاز به کار کرده‌اند و نتوانستند برای دو شماره‌ی اول به ما کمکی بکنند. برای زنده نگه‌داشتن این صفحه تا فعال‌شدن شاخه‌ها، ما با کمک سردبیر مجله‌ی پژوهش فیزیک ایران و کمیته‌ی علمیِ کنفرانس‌هائی که انجمن برگزار می‌کند سه یا چهار کار پژوهشی را به صورت گزارشی کوتاه را در هر شماره معرفی می‌کنیم. از خود پژوهشگران برای نوشتن مطلب کمک می‌گیریم. زبان این بخش از مجله کاملاً تخصصی‌ست و هدف از آوردن آن در مجله ایجاد آشنایی عمومی با نوع کارهای پژوهشی در کشور و ایجاد شرایطی برای آغاز همکاری فیزیک‌پیشگان کشور با مجله است.

در بخش معرفی کتاب به معرفی و نقد کتاب‌های قدیمی و جدید فیزیک که در داخل یا خارج از کشور منتشر شده‌اند می‌پردازیم. سفارش نقد و معرفی کتاب به نویسندگان داده می‌شود. هم‌چنین در این صفحه نقد همراه با تجربه‌ی تدریس کتاب جدید یا قدیمی فیزیک و مقایسه با دیگر کتاب‌ها را هم خواهیم داشت. دبیر این صفحه از فیزیک‌پیشگان داخل کشور می‌خواهد که تجربیات خود را برای ما بفرستند. در بخشی هم به معرفی کوتاه و گذرای کتاب‌های موجود در بازار کتاب دانشگاهی و همگانی در زمینه‌های فیزیک، آموزش فیزیک، تاریخ فیزیک، تاریخ علم، فرهنگ‌نامه‌ها، ترجمه‌های کتاب‌های فیزیکی و زندگی‌نامه‌ها می‌پردازیم.

در صفحه‌ی پرسش این شماره یک یا دو پرسش فیزیکی مطرح می‌شود که در شماره‌ی بعدی پاسخ آنها منتشر خواهد شد. برای تهیه‌ی این پرسش‌ها از همکاری باشگاه‌های فیزیک تهران و اصفهان استفاده می‌کنیم.

اخبار انجمن فیزیک ایران شامل بخش های مختلفی از معرفی فعالیت های انجمن در فصل گذشته و فصل‌های آینده و اخبار شاخه‌های تخصصی و تصمیم‌های هیئت مدیره‌ی انجمن است.

راه‌اندازی گروه مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر

مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر از علوم نوپایی‌ست که در کشورهای پیشرفته‌ی صنعتی، به‌سرعت در حال رشد است و کاربردهای آن روزبه‌روز بیشتر می‌شود. کاربردهای وسیع و متنوع انرژی‌های تجدیدپذیر در پاسخ‌گویی به نیازهای جامعه باعث ایجاد چنین رشد سریعی شده است و در دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی آن کشورها هم مورد توجه خاص قرار گرفته است.

جدید بودن این فناوری و تشویق مردم به استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر در مصارف صنعتی، خانگی و غیره باعث شده است تا در ایران هم چشم‌انداز خوبی برای بازارکار این رشته به وجود بیاید. تنوع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و کاربردهای آنها، اطمینان بیشتری به داشتن بازار کار خوب در ایران ایجاد می‌کند. انواع این منابع انرژی عبارتند از: باد، امواج دریا، زمین‌گرمایی، زیست‌انرژی و پیل‌های سوختی. کاربردهای این انرژی‌ها متنوع است: از استفاده از انرژی خورشیدی جهت تولید برق برای مصارف صنعتی، خانگی، حمل‌ونقل، ماهواره‌ها و... تا تولید گرما به‌وسیله‌ی آب‌گرم‌کن‌های خورشیدی، اجاق‌های خورشیدی، خشک‌کن‌های خورشیدی، آب‌شیرین‌کن‌ها و ....

دانشکده‌ی علوم و فناوری‌های نوین دانشگاه اصفهان با هدف تربیت نیروی انسانی متخصص در رشته‌ی مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر و برآورده‌کردن نیاز صنایع کشور، در سال ۱۳۹۰ اقدام به راه‌اندازی **گروه مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر** کرد.

دانشجویان این دوره براساس ضوابط و مقررات سازمان سنجش و آموزش کشور از طریق آزمون ورودی انتخاب می‌شوند. شرط انتخاب این رشته در آزمون ورودی، داشتن مدرک کارشناسی در یکی از رشته‌های مهندسی مثل مهندسی مکانیک، مهندسی شیمی، مهندسی برق یا فیزیک از یکی از دانشگاه‌های معتبر داخل یا خارج از کشور است که مورد تأیید وزارت علوم، تحقیقات و فناوری باشد. افرادی که این شرایط را دارند می توانند از طریق شرکت و قبولی در آزمون ورودی و یا از طریق قوانین جذب بدون شرکت در آزمون ورودی (پذیرش از طریق مصاحبه‌ی حضوری) در این دوره تحصیل کنند. اما با درنظرگرفتن امکانات آموزشی و پژوهشی دانشگاه اصفهان افرادی که کارشناسی مهندسی برق، مهندسی مکانیک، مهندسی شیمی یا فیزیک دارند در این رشته موفق‌تر خواهند بود.

هدف اصلی راه اندازی این دوره تربیت نیروی انسانی متخصصی است که دانش و تجربیات لازم برای پژوهش و آموزش در زمینه‌های مختلف انرژی های نوین و تجدیدپذیر را داشته باشد و بتواند دانش فنی و کاربرد آن در جنبه‌های مختلف مهندسی انرژی های تجدیدپذیر را تولید کند. علاوه بر این تربیت متخصصین آشنا به مطالب و موضوعات انرژی در راستای چشم‌انداز برنامه بیست‌ساله‌ی کشور جهت تأمین انرژی مصرفی، از دیگر اهداف تأسیس این رشته بوده است.

فارغ‌التحصیلان این رشته می‌توانند در مراکز آموزشی و تحقیقاتی-پژوهشی کشور که مرتبط با این فناوری‌ها هستند، مثل وزارت نیرو، سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا) و شرکت‌های وابسته و مرتبط با آن سازمان، صنایع خودکفایی نیروهای مسلح، صنایع هوافضا و مراکز تحقیقاتی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح و شرکت‌های خصوصی نظیر شرکت فیبر نوری ایران جذب بازار کار شوند.

در حال حاضر دکتر باقری از گروه زمین شناسی مدیر گروه است و یک عضو هیئت علمی تمام‌وقت (دکتر ندیمی) و ۲ عضو حق‌التدریس (دکتر پسندیده فرد و دکتر اصغری) اعضای هیئت علمی این گروه هستند. این گروه از همکاری سایر گروه‌های آموزشی از جمله اقتصاد هم برخوردار است. ۱۵ دانشجوی کارشناسی ارشد، شامل ۱۰ نفر آموزشی-پژوهشی و ۵ نفر آموزش محور در سال تحصیلی ۱۳۹۰-۱۳۹۱ در این دوره پذیرفته شده‌اند.

دانشجویان در دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر جمعاً ۳۲ واحد می‌گذرانند. عنوان درس‌های ارائه‌شده در این دوره به این ترتیب است:

مبانی انرژی‌های تجدیدپذیر (۳ واحد)
Fundamentals of Renewable Energies
باتری‌ها (۲ واحد) Batteries
ریاضیات مهندسی پیشرفته (۳ واحد)
Advanced Engineering Mathematics
طراحی آزمایش‌ها و تحلیل داده‌ها (۲ واحد)
Experimental Design and Data Analysis
مدل‌سازی سیستم‌های انرژی (۲ واحد)
Modeling of energy systems
روش‌های اندازه‌گیری کمیت‌ها (۱ واحد عملی و ۱ واحد نظری)
Quantities measurement methods
مدیریت و اقتصاد انرژی (۲ واحد)
Management & Energy Economics
انرژی خورشیدی (۲ واحد)
Solar Energy
انرژی امواج و دریاها (۲ واحد)
Ocean-wave Energy
انرژی آبی (۲ واحد)
Hydro Energy
انرژی بادی (۲ واحد)
Wind Energy
تبدیل و ذخیره سازی انرژی (۲ واحد)
Energy Conversion & Storage
زیست‌انرژی(۲ واحد)
Bioenergy
طراحی سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر (۲ واحد)
Renewable Energy System Design
هیدروژن و پیل‌های سوختی (۲ واحد)
Hydrogen and fuel cells
انرژی، محیط زیست و توسعه پایدار (۲ واحد)
Energy, environment, and Sustainable Development
انرژی زمین گرمایی (۲ واحد)
Geothermal Energy
اکتشاف انرژی زمین گرمایی (۲ واحد)
Exploration of Geothermal Energy
ارزیابی و بهره‌برداری از منابع زمین‌گرمائی (۲ واحد)
Evaluation and extraction of Geothermal Energy
سمینار (۱) مهندسی انرژی های تجدید پذیر (۱ واحد)
Renewable energy engineering seminar 1 -
سمینار (۲) مهندسی انرژی‌های تجدید پذیر (۲ واحد)
Renewable energy engineering seminar 2 -
الکتروشیمی برای کاربردهای مرتبط با انرژی (۳ واحد)
Electrochemistry for Energy Applications
کاتالیزورهای پیل‌های سوختی (۲ واحد)
Fuel cell catalysts
تحلیل سیستم‌ها و ممیزی انرژی (۲ واحد)
Energy Auditing & System Analyze

با تشکر از خانم دکتر سحر ندیمی، عضو هیئت علمی گروه مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر دانشکده علوم دانشگاه اصفهان، که این اطلاعات را در اختیار ما قرار دادند.

اخبار شاخه‌ی فیزیکِ فرهنگستان علوم

شـاخه‌ی فیزیک فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران در ادامه‌ی دو سمینار ***اولویت‌های آموزشی و پژوهشی فیزیک کشور*** و ***فیزیک و میان‌رشته‌ای‌ها*** دو سمینار دیگر در زمستان گذشـته برگزار کرد. جمعی از فیزیک‌پیشـگان و صاحب‌نظـران در کشـور به‌دعوت فرهنگسـتان در این سـمینارها شـرکت کردند و بـه ارزیابی برنامه‌های آموزشـی و پژوهشـیِ کنونی و چشم انداز آینده‌ی فیزیک کشور پرداختند.

سـمینار ***فیزیـک و لـزوم همگانی کردن آن*** در هشـتم دیماه ۱۳۹۰ در محل فرهنگستان علوم برگزار شد. سخن‌رانان این سمینار به‌دعوت کمیته‌ی علمی سـمینار، مقالات خود را به دفتر شاخه‌ی فیزیک فرهنگسـتان ارسال کرده بودند و به صورت شفاهی هم آن مقالات را ارائه کردند.

کمیته‌ی علمـی این سـمینار محمد اخوان (دبیر کمیته) (دانشـگاه صنعتی اصفهان)، هادی اکبـرزاده (دانشـگاه صنعتی اصفهـان)، علیرضا بهرام‌پور (دانشـگاه صنعتی شریف)، حبیب تجلی (دانشگاه تبریز)، یوسف ثبوتی (دانشگاه تحصیلات تکمیلـی در علـوم پایـه زنجـان)، محمدعلـی شـاهزمانیان (دانشـگاه اصفهـان)، محمدمهدی شـیخ‌جباری (پژوهشـگاه دانش‌هـای بنیادی)، مهدی گلشنی (دانشگاه صنعتی شریف) و همگی عضو شاخه‌ی فیزیک فرهنگستان علوم بودند.

سـخن‌رانان و موضوع سـخنرانی آنها به این ترتیب بودند:

۱- توسـعه‌ی فرهنـگ سنجه‌شناسـی: زیرسـاخت اساسـی برای رشـد علـم و فناوری، محمدتقی توسلی (دانشگاه تهران)

۲- همگانی‌کردن علم: سـابقه و وضع کنونی، محمدرضا خواجه‌پور (دانشگاه تحصیلات تکمیلی در علوم پایه زنجان)

۳- جایگاه معلـم در ترویج فیزیک، معصومه شاهسواری (اتحادیه‌ی انجمن‌های علمی‌آموزشی معلمان فیزیک ایران)

۴- نقـش نهادهـای تقنینـی در ترویج علم، سعدالله نصیری قیداری (دانشگاه زنجان و انجمن فیزیک ایران)

۵- جایـگاه ترویـج علم در اسـناد توسـعه و کلان کشـور، اکـرم قدیمی (مرکـز تحقیقات سیاست علمی کشور)

۶- نقش انجمن‌های علمی در همگانی‌کردن علـوم، محمدرضا اجتهـادی (دانشـگاه صنعتی شریف و انجمن فیزیک ایران)

۷- عمومی‌کردن علوم با اسـتفاده از تجربه‌ی جامعـه‌ی ریاضی، علی رجالی (دانشـگاه صنعتی اصفهان و خانه‌ی ریاضیات اصفهان)

۸- مـروری بر فعالیت‌هـای جهانی در ترویج و همگانی‌کـردن علم با تأکید بـر فیزیک، فرهاد رحیمی (دانشگاه فردوسی مشهد)

در آخـر هر سـخن‌رانی فرصتـی برای بحث پیرامون موضوعات مطرح‌شـده هم وجود داشت. در آخـر روز هم میزگردی برگزار شـد و حاضران نظرات خود را ارائـه کردند و پیرامون این نظرات بحث‌هائی در گرفت. میزگرد را محمدمهدی شیخ جباری، مدیر طرح همگانی‌کردن علم در شاخه‌ی فیزیک فرهنگسـتان علوم، آغاز کرد و از حاضران خواسـت درباره ی فیزیک، ترویـج آن، اهمیت و راه‌کارها وارد بحث شوند.

مجموعـه مقـالات و مذاکرات این سـمینار یک‌روزه، در بهمن ماه ۱۳۹۰ منتشـر شـد و در اختیار شرکت‌کنندگان قرار گرفت.

شاخه‌ی فیزیک فرهنگسـتان علوم، سمینار دیگری با عنـوان ***چالش‌های فیزیک کشـور: هم‌اندیشی انجمن‌های علمی و پژوهشکده‌ها*** در یازدهم اسفندماه ۱۳۹۰ برگزار کرد. سخن‌رانان این سمینار هم به دعوت کمیته‌ی علمی سمینار تعییـن شـده بودند و مقـالات خود را بـه دفتر شاخه‌ی فیزیک فرهنگستان علوم فرستاده بودند. عنوان‌های سـخن‌رانی‌ها و نام سـخن‌رانان از این قرار بود:

۱- توسـعه‌ی علمـی- انجمن هـای علمی، مرتضی براری (دبیر کمیسیون انجمنهای علمی)

۲- لـزوم بازنگـری در شـیوه‌ی ارزیابـی و عملکرد مؤسسـات پژوهشـی، محمد بلوری‌زاده (انجمن اپتیک و فوتونیک ایران)

۳- نقش پژوهشـکده‌های فیزیک در صنعت، هاشـم رفیعی‌تبـار (پژوهشـکده‌ی علـوم نانـو، پژوهشگاه دانشهای بنیادی)

۴- فلسفه‌ی وجودی پژوهشکده‌ها، مصطفی صحرایـی (پژوهشـکده‌ی فیزیـک کاربـردی و ستاره‌شناسی)

۵- تبیین لزوم وجود پژوهشکده‌های فیزیک بـر گسـترش تحقیقـات کشـور، محمدمهـدی طهرانچی (پژوهشـکده‌ی لیزر و پلاسما، دانشگاه شهید بهشتی)

۶- جایـگاه انجمن‌هـای علـوم فیزیـک در برنامه‌های علمی کشـور، محمدحسین مجلس‌آرا (انجمن بلورشناسی ایران)

۷- لزوم بازنگری در شیوه‌ی ارزیابی و عملکرد مؤسسـات پژوهشـی، محمد پازوکی (پژوهشگاه مواد و انرژی)

۸- آیـا توسـعه‌ی علمـی بـدون توسـعه‌ی انجمن‌ها امکان‌پذیر است؟ رضا منصوری (انجمن فیزیک ایران)

در آخر این سمینار هم میزگردی برگزار شد، با موضوع: ***لزوم هم‌اندیشی و هم‌آهنگی مراکز متولی علم فیزیک کشور در حل چالش های موجود: ارائه‌ی راه‌کارها و سـازوکار***. مجموعه مقـالات و مذاکـرات این سـمینار هـم به‌زودی منتشر می‌شود و در اختیار شرکت کنندگان قرار می‌گیرد.

از آقای دکتر محمد اخوان رئیس شـاخه‌ی فیزیـک فرهنگسـتان علـوم که اطلاعـات لازم بـرای تهیه‌ی این خبـر را در اختیار ما قرار دادند سپاس‌گزاریم.

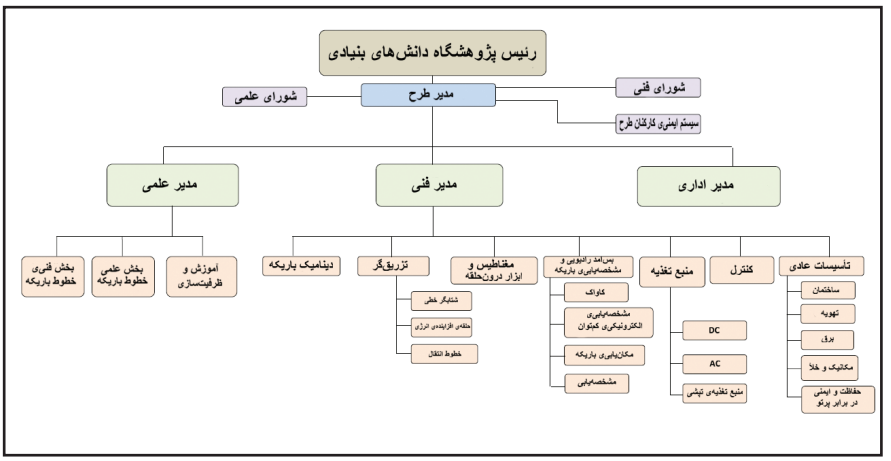
شرایط اشتراک نسخه‌ی چاپی یا الکترونیکِ «فیزیک روز» در وبگاه www.psimag.ir آمده است.

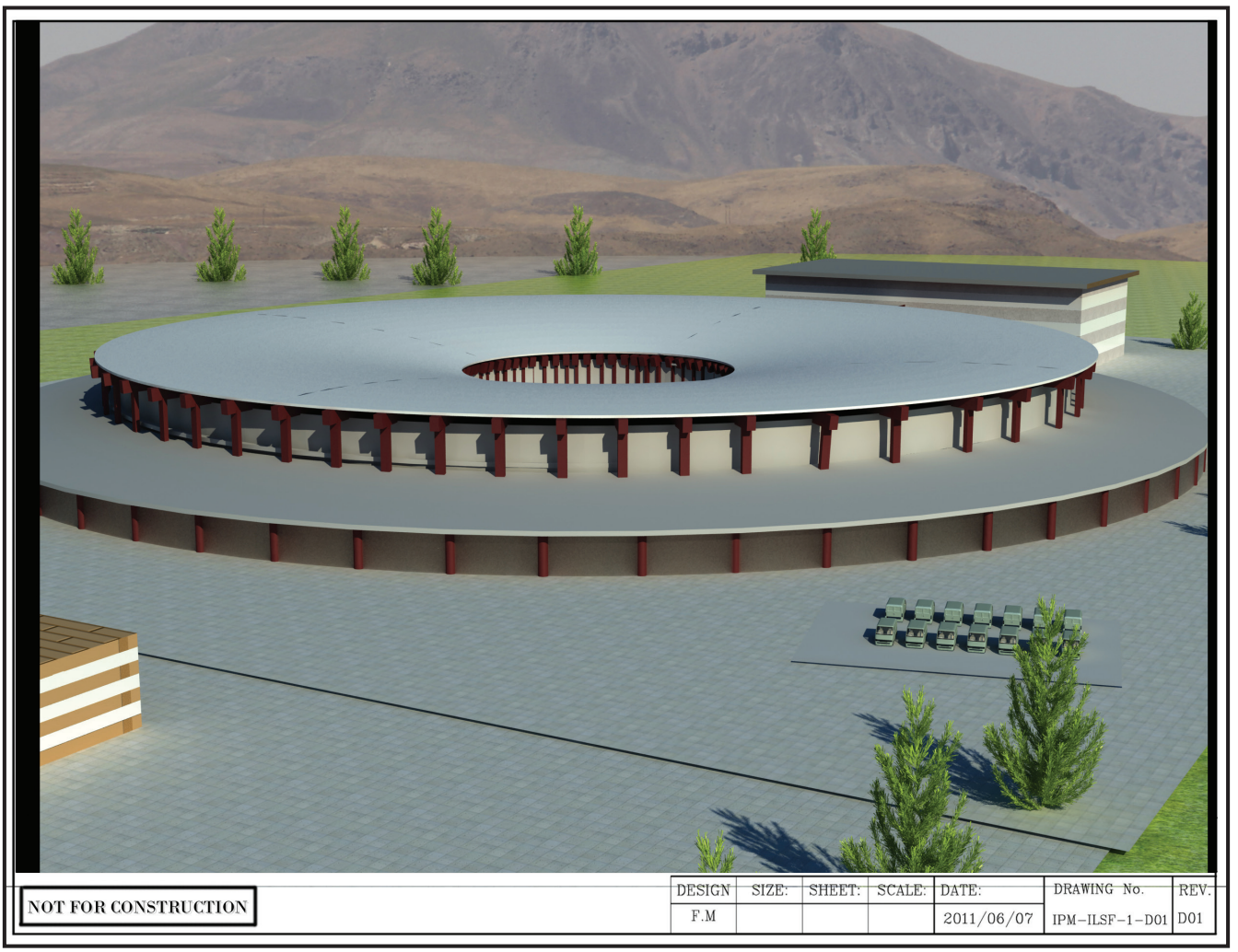
پروژه‌های ملی

دفتر مجله با سه پروژه‌ی ملی «رصدخانه ی ملی ایران» و «تورین» و «چشمه‌ی نور ایران» تماس گرفت، تا خبرهای فصل گذشته‌ی این پروژه‌ها را دریافت کند و در مجله بیاورد. اما با وجود پی‌گیری‌های فراوان فقط پروژه‌ی تورین خبر برگزاری کارگاه محاسبات سریع تورین HPC4 در زمستان گذشته را برای ما فرستاد. چون این کارگاه با همکاری انجمن فیزیک ایران برگزار شده و جزئیات آن در صفحه‌ی اخبار انجمن آمده است، برای مطالعه‌ی خبر شما را به آن صفحه ارجاع می‌دهیم. در آخرین لحظه متنی هم از چشمه‌ی نور ایران دریافت کردیم و از پروژه‌ی رصدخانه‌ی ملی هنوز مطلبی دریافت نکرده‌ایم.

طرح چشمه‌ی نور ایران

برای کاربران ایرانی تأسیسات بزرگ شتابگر نه در ایران و نـه در خاورمیانه وجود ندارد. ایران عضو پروژه‌ی سزامی[1] اسـت: در این پروژه انتظار می‌رود سـنکروترون قدیمی BESSY I کـه به خاورمیانه اهدا و به اردن منتقل شـده اسـت پس از بازسازی و به‌روزشدن در سال ۲۰۱۴ در اردن به بهره‌برداری برسـد. طی چندین نشست رسـمی و رای‌زنی‌های غیررسمی، دانشـگران ایران به‌این نتیجه رسیده‌اند که سنکروترون سزامی به‌تنهایی پاسخ‌گوی نیازهای





	خط باریکه		چشمه‌ی تابش	گستره‌ی انرژی (eV)	شار فوتون (p/s)	تفکیک‌دهی (توان تفکیک)	اندازه‌ی باریکه (μm)
۱	پراش پودری		مغناطیس خم‌کننده	۶-k۳۰	$۱۰^{۱۲}$	$۱۰^{-۴}$	۱۰۰×۱۰۰
۲	پراش پرتو x از تک‌بلور		نوسان‌ساز در خلأ	۷-۲۵ k	$۱۰^{۱۳}$	$۱۰^{-۴}$	
۳	EXAFS		مغناطیس لرزاننده	۳-۴۰ k	$۱۰^{۱۳}$	$۱۰^{-۴}$	چند میکرون
۴	نورگسیل در فاز گازی (XPS, AES, ARPES)		نوسان‌ساز الکترومغناطیسی	۱۵-۱۰۰۰	$۱۰^{۱۱}$	۱۰۰۰۰	
۵	طیف‌سنجی الکترون‌ها در حالت جامد		نوسان‌ساز الکترومغناطیسی	۱۰-۱۵۰۰	$۱۰^{۱۲}$	۱۰۰۰۰	
۶	ریزنمایی و طیف‌سنجی توأم	SPEM +ARPES	نوسان‌ساز مارپیچ	۱۰-۲۰۰۰	$۱۰^{۱۳}$	بیش از ۸۰۰۰	چند میکرون
		PEEM + XMCD					
۷	بلورنگاری مولکول‌های درشت		مغناطیس لرزاننده	۳-۲۵ k	$۱۰^{۱۲}$		

آینده‌ی کشور نخواهد بود و ساخت سنکروترون ملی برای کاربران ایرانی و پژوهشگران منطقه بسیار ضروری است در حالی‌که پژوهشگران زمینه‌ی فیزیک ذرات بنیادی و انرژی‌های بالا امکان استفاده از تأسیسات بزرگ آزمایشگاه سرن در اروپا را دارند و شمار آنها در سال‌های آینده افزایش چشم‌گیر نخواهد یافت، امکاناتی که تابش سنکروترون برای پژوهشگران و صنایع ایران فراهم خواهد کرد بیشترین منافع را برای آینده‌ی علمی ایران در بر خواهد داشت. چشمه‌ی نور ایران اولین تسهیلات آزمایشگاهی در مقیاس بزرگ برای پژوهش‌های بین‌رشته‌ای خواهد بود.

طرح ساخت سنکروترون به‌صورت طرح کلان ملی در معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهوری به تصویب رسید و در اسفندماه سال ۱۳۸۷ با امضای تفاهم نامه‌ئی بین آقای دکتر سالارآملی، معاون وقت علمی و فناوری رئیس‌جمهور و آقای دکتر محمدجواد اردشیر لاریجانی، رئیس پژوهشگاه دانش‌های بنیادی مأموریت ساخت شتابگر سنکروترون و بهره‌برداری از آن در مدت ۱۰ سال به پژوهشگاه دانش‌های بنیادی سپرده شد.

در اوایل سال ۱۳۸۹ گروه‌های مختلف علمی و فنی طرح مطابق نمودار سازمانی شکل گرفتند و هم‌اکنون بیش از ۵۰ نفر مهندس و فیزیک‌پیشه و افرادی با تخصص‌های مختلف در این گروه‌ها مشغول به کار هستند. در این مدت گروه‌های فنی پس از آموزش‌های لازم به کار طراحی اولیه‌ی سنکروترون پرداختند و بخش‌های اصلی طراحی اولیه با نظارت مشاور فنی‌ی طرح، دیتر آینفلد از سنکروترون آلبا در اسپانیا، تکمیل شده است. انتظار می‌رود طراحی اولیه تا آخر اردیبهشت ۱۳۹۱ کامل شود و در اختیار شورای راهبردی طرح قرار گیرد.

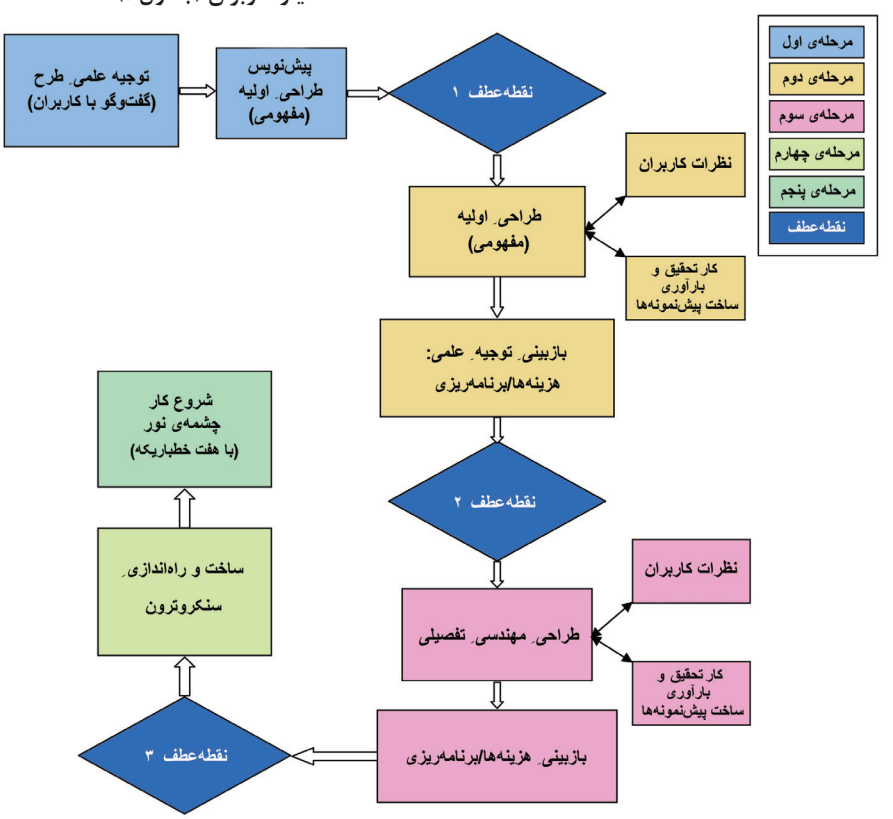
انجام کار طراحی اولیه با طراحی و ساخت پیش‌نمونه‌های مختلف همراه بوده است از جمله بخش‌های مختلف سیستم بس‌آمد رادیویی و مغناطیس‌ها. برای تعیین محل احداث سنکروترون با چندین دانشگاه مذاکره شد. پس از انجام بررسی‌های لازم از سوی گروه عمران، اراضی‌ی دانشگاه بین‌المللی‌ی امام خمینی در حومه‌ی شمالی‌ی قزوین برای احداث سنکروترون انتخاب شده است.

گروه علمی‌ی طرح در حال حاضر حدود ۵۰ کاربر باتجربه‌ی ایرانی و حدود ۲۰۰ کاربر بالقوه در داخل و خارج از ایران شناسایی کرده است. وبا برگزاری چند همایش به گروه‌های مختلف کاربران

جدول ۱: مشخصات خطوط باریکه‌ی مورد نیاز کاربران در آغاز کار

انرژی الکترون‌ها در حلقه‌ی انبارش	۳ GeV
محیط حلقه‌ی انبارش	~m ۳۰۰
تعداد فضاهای خالی مورد نیاز	~ ۳۰
تعداد خطوط انتقالی فوتون‌ها	~ ۲۲
گسیلندگی باریکه‌ی الکترونی در حلقه‌ی انبارش	کم‌تر از ۵ نانومتر × میلی رادیان
جریان	۴۰۰ میلی‌آمپر
طول عمر	بیش از ۱۵ ساعت

جدول ۲: مشخصات حلقه‌ی انبارش با توجه به نیاز کاربران (جدول ۱)



شـکل داده است و تصویری کلی از نیازهای آنان به دسـت آورده است. مشـخصات باریکه‌ی مورد نیاز کاربران که در آغاز طرح باید برای بهره‌برداری آماده باشد در جدول ۱ آمده است. آخرین همایش کاربران در اسفند ۱۳۹۰ در قزوین برگزار شد.

جدول ۲ مشخصات یکی از گزینه‌ها برای حلقه‌ی انبارشی را نشان می‌دهد که برای آن می‌توان خطوط باریکه‌ی فوق را سـاخت. علاوه بر این، گروه علمی طـرح با برگزاریِ کارگاه در دانشـگاه‌های مختلف ایران و در پژوهشگاه کار ترویج دانش سنکروترون و کار ساخت ظرفیت استفاده از سنکروترون را دنبال می‌کند. این گروه هم‌چنین کار شناخت فناوری‌هائی را که در ساخت خطوط باریکه‌ی مختلف در جدول ۱ نیاز است آغاز کرده است.

گروه علمی طرح تاکنون چندین کارگاه یک‌روزه در دانشـگاه‌های مختلف از جمله یـزد، هرمزگان، شـهید چمران صنعتی، تحصیلات تکمیلی کرمان، بیرجند، علوم پزشـکی مشـهد برگزار کرده است. آخرین کارگاه یک روزه در اسفند ۱۳۹۰ در دانشگاه سمنان برگزار شد. کارگاه‌های متعددی نیز در محل استقرار طرح چشـمه‌ی نور ایران در پردیس لارک پژوهشـگاه دانش‌های بنیادی برگزار شـده است از جمله کارگاه نورشناخت پرتو x در خطوط باریکه‌ی سنکروترون در بهمن ۱۳۹۰.

چشمه‌ی نور ایران اکنون در مرحله‌ی طراحی اولیه اسـت (نمودار مراحل اجرای طرح را ببینید). فرآیند سـاخت و بهره‌بـرداری از این طرح منجر به پیشرفت‌های چشم‌گیر در زمینه‌های علمی و فنی در ایـران خواهد شـد. تا کنون از همه مؤسسـات پژوهشـی و دانشگاه‌ها نیز دعوت شـده است تا در بخش‌های مختلف طـرح از جمله طراحی خطوط باریکه و ساخت چشمه‌های تابش درون‌حلقه با طرح چشمه‌ی نور ایران همکاری کنند. در آخرین بازبینی پیشـرفت طرح در آذرماه سـال گذشته، مشاوران بین‌المللی‌ی طرح پیشـرفت آن را درخشان ارزیابی کرده‌اند و تداوم و به‌بار نشسـتنِ این فعالیت‌ها گام مهمی در راه پیشرفت علم تجربی و واردشدنِ ایران به عرصه‌ی علم جهانی خواهد بود.

از آقای نادر حیدری از طرح چشمه‌ی نور ایران برای تهیه‌ی این خبر سپاسگزاریم.

1. SESAME (Synchrotron light for Experimental Science and Applications in the Middle East)

جایزه‌ی علمیِ ارنستو ایلی-تری‌یسته

منبع: وبگاه فرهنگستان علوم جهان سوم http://twas.ictp.it/prog/prizes/trieste-science-prize

فرهنگسـتان علوم جهان سـوم (TWAS)[1] و شرکت ایلی کافه[2] جایزه‌ی گران‌بهائی را برای قدردانی از دانشمندان برجسته‌ی کشورهای در حال رشد در نظر گرفته‌اند. شورای شهر تری‌یسته[3] و ***بنیاد بین‌المللی پیشـرفت علوم تریسته برای پیش‌رفت علمی و آزادی***[4] با این اقدام همکاری می‌کنند.

در چهـار سـال اول (۲۰۰۵ تـا ۲۰۰۸) این جایزه با این‌هدف شـکل گرفت تا دسـت‌آوردهای علمی مهم دانشگران کشـورهای در حال رشد در علوم پایه در جهان دیده و شناخته شوند. به خاطر نقش یکتا و اساسیِ سیستم مؤسسات علمی شهر تری‌یسته در ترویج علم و فناوری در کشورهای در حال رشـد، این جایزه «جایزه‌ی علمی تری‌یسته» نامیده شد.

در چهار سال دوم (۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲) این جایزه کـه به یاد رئیس فقید شـرکت ایلی‌کافه نامش به «جایزه‌ی علمی تری‌یسته-ارنستو ایلی» تغییر داده شد، عمدتاً بر تحقیقات در زمینه‌ی *علم بهره‌برداری تداوم‌پذیر*[5] متمرکز اسـت. این جایزه سـالانه اهدا می‌شـود و هرسال یکی دیگر از رشته‌های مختلف علوم پایه موضوع جایزه اسـت. در سال ۲۰۰۹ این جایزه به پژوهشی در زمینه‌ی تغییرات آب‌وهوایی و تأثیر آن بر کشـاورزیِ کشورهای در حال رشد داده شـد و سال بعد یعنی سـال ۲۰۱۰ جایزه به زمینـه‌ی علمـی‌ی انرژی‌هـای تجدیدپذیر برای رسـیدن به فناوری صنعتی بهره‌برداری تداوم‌پذیر از محیط‌زیسـت تعلق گرفت. جایزه‌ی سال ۲۰۱۱ به زمینه‌ی علم مواد داده شـد و در سال ۲۰۱۲ به زمینه‌ی بهداشت عمومی اختصاص یافته است.

این جایزه شامل مبلغی معادل ۱۰۰۰۰۰ دلار امریکا که شـرکت ایلی‌کافه پرداخت می‌کند، یک نشـان و گواهی‌ئی‌است که به دسـت‌آوردهائی که جایزه به‌آنها تعلق گرفته است اشاره می‌کند. جایزه هرسال طی مراسم ویژه‌ئی که TWAS و شرکت ایلی‌کافه برگزار می‌کنند، به برنده اهدا می‌شود.

شرایط دریافت جایزه

• شرکت‌کننده‌ها حتماً باید از کشورهای در حال رشد باشند و در این کشورها ساکن باشند و کار کنند.

• جوایز تنها به تحقیقات افرادی اختصاص داده می‌شود که در تراز بین‌المللی شاخص و برجسته و در مؤسسات کشورهای در حال رشد انجام شده باشد.

• افرادی که جایزه‌ی نوبل، جایزه توکیو-کیوتو، جایزه‌ی کرافورد و یـا جایزه آبل را دریافت کرده‌اند نمی‌توانند این جایزه را دریافت کنند.

نحوه ارزیابی

• ارزیابـی را کمیته‌ئـی علمی به‌ریاسـت مدیر TWAS انجام می‌دهد که اعضایش داورانی متخصص و صاحب‌اعتبار بین‌المللی از کشورهای مختلف هستند به‌اضافه‌ی یک نماینده از شرکت ایلی‌کافه.

• افـراد کمیته‌ی علمی نمی‌توانند این جایزه را دریافت کنند.

نامزدی برای جایزه

• از اعضای TWAS، افراد منتخب، و هم‌چنین فرهنگسـتان‌های علوم، شـوراهای ملی تحقیقات، دانشگاه‌ها و مؤسسات علمی دعوت می‌شود نامزدان این جایزه را معرفی کنند. کسی نمی‌تواند خودش را نامزد دریافت جایزه کند.

• نامزدکردن زنان بـرای دریافت جایزه به‌ویژه ترغیب می‌شود.

• نامزدکردن هر کس باید همراه با زندگی‌نامه‌ای ۵-۶ صفحه‌ای شامل دست‌آوردهای بزرگ علمی و فهرست حداکثر ۲۰ مهم‌ترین مقالات منتشرشده‌ی نامزد دریافت جایزه باشد. علاوه بر این CVی نامزد دریافت جایزه نیزباید فرستاده شود.

مترجم: راضیه ضامنی

1. Third World Academy of Sciences
2. illycaffè
3. Trieste
4. Trieste International Foundation for Scientific Progress and Freedom
5. sustainability science

انجمن ترویج علم ایران

انجمن ترویج علم ایران سمینار علم و عمومی‌سازی آن را در اسفندماه ۱۳۹۰ در محل شورای انجمن‌های علمی ایران برگزار کرد. شرکت در این سمینار برای عموم آزاد بود. سخن‌رانان به دعوت هیئت مدیره‌ی انجمن ترویج علم تعیین شده بودند.

عنوان‌های سخن‌رانی ها و نام سخن‌رانان این سمینار در جدول آمده است.

عنوان سخنرانی	سخن‌ران
همگانی‌سازی علم	محمد رضا خواجه پور (دانشگاه تحصیلات تکمیلی در علوم پایه زنجان)
فرهنگ علمی و آموزش علمی	حسین معصومی همدانی (موسسه‌ی پژوهشی حکمت و فلسفه)
استعاره و عمومی‌سازی علم	حسین شیخ رضایی (موسسه‌ی پژوهشی حکمت و فلسفه)
مدل‌های بصری در علم	امیراحسان کرباسی‌زاده (موسسه‌ی پژوهشی حکمت و فلسفه)
مجله‌ی دانشمند و عمومی‌سازی علم	عبدالحسین فروتن (مجله‌ی دانشمند)

انجمن ترویج علم نخستین شماره‌ی فصل‌نامه‌ی علمی- ترویجی با عنوان «ترویج علم» را در زمستان ۱۳۹۰ منتشر کرد.

با تشکر از دفتر انجمن ترویج علم برای تهیه‌ی این خبر.

اتحادیه‌ی انجمن‌های علمی‌آموزشی معلمان فیزیک ایران

از سال ۱۳۷۱ کنفرانس آموزش فیزیک ده دوره با همکاری وزرات آموزش و پرورش و انجمن فیزیک ایران برگزار شد. در سال‌های ۸۲ و ۸۴ و ۸۶ آموزش و پرورش با همکاری انجمن فیزیک، اتحادیه‌ی انجمن‌های علمی‌آموزشی معلمان فیزیک ایران و انجمن معلمان فیزیک استانِ برگزار کننده (اصفهان، گیلان و همدان) این کنفرانس را برگزار کرد. دوسالانه‌ی بعدی در سال ۸۸ برگزار نشد. برای پی‌گیری برگزاری کنفرانس، دبیرخانه‌ی دائمی کنفرانس آموزش فیزیک رسماً در اتحادیه‌ی انجمن‌های علمی‌آموزشی معلمان فیزیک تشکیل شد و مسئول پیگیری برگزاری منظم و در حد امکان سالانه‌ی این کنفرانس را اتحادیه بر عهده گرفت. این دبیرخانه توانست در سال ۹۰ با یک دوره تأخیر، کنفرانس دوازدهم را برگزار کند و با برگزاری کنفرانس سیزدهم در زنجان می‌خواهد دوباره کنفرانس آموزش فیزیک را سالانه برگزار کند.

اتحادیه‌ی انجمن‌های علمی‌آموزشی معلمان فیزیک ایران و دانشگاه زنجان «***سیزدهمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران***» و «***سومین کنفرانس فیزیک و آزمایشگاه***» را برگزار می‌کنند.

این کنفرانس با شعار «همه دانش‌آموزان ما می‌توانند فیزیک را یاد بگیرند» در تاریخ ۱ تا ۳ شهریور ۹۱ در دانشگاهِ زنجان برگزار خواهد شد.

اهداف اصلی این دو کنفرانس عبارتند از:

- آشنایی شرکت‌کنندگان به حوزه‌ی علمی آموزش علوم، به‌صورت موضوعی میان‌رشته‌ای در حوزه‌ی مشترک علوم پایه و علوم انسانی.
- تبادل تجربیات بین دبیران (فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی، زمین‌شناسی، و علوم تربیتی و سایر رشته‌های مرتبط)، اعضای هیئت علمی، معلمان علوم تجربی دوره‌های راهنمایی و ابتدایی، کارشناسان، پژوهشگران فیزیک و آموزش فیزیک، دانشجویان و تمامی علاقه‌مندان به این حوزه از علم، در یک محیط علمی.
- ارائه‌ی مقاله‌های علمی از آخرین دست‌آوردهای پژوهشی در ایران و جهان در زمینه‌ی آموزش فیزیک به‌صورت شفاهی یا پوستر.
- توجه و تأکید بر اهمیت آموزش به‌همراه انجام آزمایش.
- ارائه‌ی تجربه‌های شخصی در تدریس همراه با انجام آزمایش‌های جذاب و جدید در نمایشگاه کنفرانس.
- مباحثه بین شرکت‌کنندگان و سخن‌رانان در مورد مقاله‌های ارائه‌شده، روش‌های تدریس موفقِ مباحث درسیِ فیزیک در گفت‌وگوهای غیررسمی در حاشیه‌ی همایش.
- پاسخ به نیازهای حرفه‌ای معلمان و مدرسان فیزیک در افزایش مهارت‌های تدریس و یادگیری و انجام آزمایش در کلاس و آزمایشگاه در کارگاه‌های جنبی کنفرانس.
- معرفی روش‌های ایجاد علاقه و انگیزه در دانش‌آموزان با انجام و نمایش پدیده‌های فیزیکی و فعالیت‌های فوق‌برنامه‌ی علمی.
- تقدیر از برخی پیش‌کسوتان آموزش فیزیک

جزئیات مربوط به برگزاری این کنفرانس و دیگر فعالیت های اتحادیه‌ی انجمن های علمی آموزشی معلمان فیزیک ایران در این وبگاه در دسترس است:

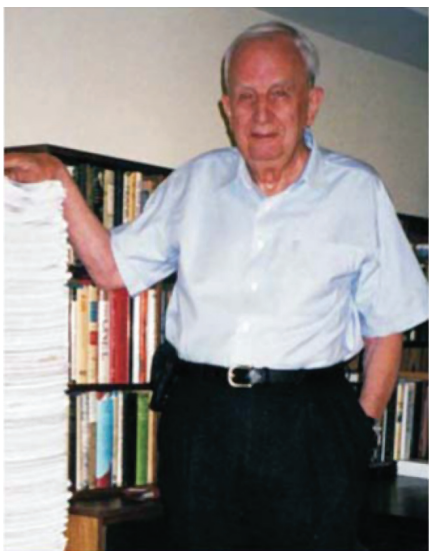
www.uipteachers.com

آخرین مهلت ارسال مقاله برای این کنفرانس ۱۵خرداد ۱۳۹۱ است.

از خانم معصومه شاهسواری، رئیس اتحادیه‌ی انجمن‌های علمی آموزشی معلمان فیزیک برای کمک در تهیه‌ی این خبر سپاس‌گزاریم.

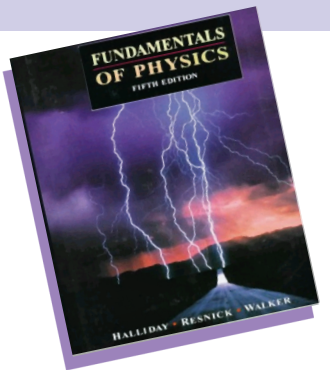
دیوید هالیدی (۲۰۱۰-۱۹۱۶)

منبع: Physics Today (January 2011) 66



دیوید هالیدی، یکی از نویسندگان یکی از پراستفاده‌ترین کتاب‌های درسی فیزیک، در دوم آوریل ۲۰۱۰ در می پل فالز واشنگتن درگذشت. او در ۳ مارس ۱۹۱۶ در منچستر انگلستان متولد و در هومستد پن سیلوانیا، شهر صنعت فولاد، در حومه‌ی پیتسبورگ بزرگ شد. در سال ۱۹۳۴ بعد از فارغ‌التحصیلی از دبیرستان هومستد در دانشگاه پیتسبورگ ثبت‌نام کرد، مدرک کارشناسی را در ۱۹۳۸ و مدرک دکترا را در ۱۹۴۱ دریافت کرد. پایان‌نامه‌ی دکترایش درباره‌ی «برخی آزمایش‌های هم فرودی در فیزیک هسته‌ای» بود.

دانشگاه پیتسبورگ بعد از دادن دکترا، بورس بنیاد بیول را نیز برای سال تحصیلی ۴۲-۱۹۴۱ به او اهدا کرد تا بتواند به کار پژوهش هسته‌ای‌اش ادامه دهد. طی جنگ جهانی‌دوم هالیدی در آزمایشگاه تابش ام‌آی‌تی درباره‌ی رادار تحقیق کرد. در ۱۹۴۵ استادیار دانشگاه پیتسبورگ، در ۱۹۲۷ دانش‌یار و در سال ۱۹۵۰ استاد شد. کمی پس از بازگشت، شروع به انجام چندین آزمایش راه‌گشا با دانشجویان دکترایش کرد. مهم‌ترین دست‌یافت سهم مستقل او در کشف تشدید اسپینی بود که اساس ساخت ابزار



مهمی در پژوهش‌های ماده چگال شده است.

هالیدی کار نوشتن کتاب‌های درسی را در واقع در دوران دانشجویی‌اش آغاز کرده بود. آرچی کارفیلد ورتینگ، استاد فیزیک، به او فرصت داد که نویسنده‌ی دوم کتاب درسی‌ئی باشد که شرکت وایلی در سال ۱۹۴۸ به نام گرما نوشته‌ی ورتینگ و هالیدی منتشر کرد. دو سال بعد وایلی کتاب درسی مقدماتی فیزیک هسته‌ای هالیدی را چاپ کرد؛ ویراست دوم این کتاب که در سال ۱۹۵۵ منتشر شد به چهار زبان ترجمه شد. اما هالیدی کار روی مشهورترین و ماندنی‌ترین کتابش را در سال ۱۹۵۰ و پس از آن شروع کرد که رئیس دانشکده‌ی فیزیک شده بود. کار روی کتاب فیزیک برای دانشجویان مهندسی و فیزیک با رزنیک شروع شد و اولین ویراست آن را وایلی در سال ۱۹۶۰ منتشر کرد. در ۱۹۷۴ هالیدی و رزنیک روایت کوتاه‌تر و کمتر پیشرفته‌ای از کتاب فیزیک را به نامه اصول فیزیک نوشتند که آن را هم وایلی منتشر کرد. امروز پنجمین ویراست فیزیک و هفتمین ویراست اصول فیزیک چاپ و به سی زبان ترجمه شده‌اند. کن کرین در نوشتن پنجمین ویراست فیزیک و جرل واکر در نوشتن هفتمین ویراست اصول فیزیک نویسندگان همکار بوده‌اند. تخمین زده می‌شود که بیش از ده میلیون دانشجو در سراسر جهان از این کتاب‌ها فیزیک آموخته‌اند.

در سال ۱۹۶۲ هالیدی در دانشگاه پیتسبورگ ارتقا یافت و رئیس مدرسه‌ی علوم طبیعی شد؛ در سال ۱۹۶۷ او نخستین رئیس مدرسه‌ی تازه شکل گرفته‌ی علوم و هنرها شد. در ۱۹۶۹ از ریاست مدرسه کناره گرفت و به دانشکده‌ی فیزیک بازگشت و در سال ۱۹۷۵ بازنشسته شد. کمی بعد از بازنشستگی همراه با همسرش به سیاتل مهاجرت کردند تا نزدیک تنها فرزندشان دیوید جرج هالیدی باشند. این کار به هالیدی امکان داد به یکی از کارهای مورد علاقه‌اش یعنی کوهنوردی بپردازد. از مناظر زیبای اطراف سیاتل لذت فراوان برد و تا روز مرگش پیاده‌روی را کنار نگذاشت. او و همسرش که در سال ۲۰۰۶ درگذشت ۶۲ سال یار و غم‌خوار یکدیگر بودند.

هالیدی به کارهای جیمز جویس علاقه‌ی بسیار داشت و طی مدت زندگی در دانشگاه پیتسبورگ توانست کلکسیون چشم‌گیری از یادگارهای جویس گرد آورد، از جمله ویراست‌های اول هر کدام از کارهای جویس را. او به ویژه به اولیس جیمز جویس علاقه داشت و هر ۱۶ ژوئن (روزی که در زندگی لئوپولد بلوم که جویس وقایعش را در داستانش بازگو می‌کند) با دیگر طرف‌داران این کتاب روز بلوم را جشن می‌گرفت و اغلب برای این جشن به نیویورک می‌رفت. شخصیت گرم او با طنزی ملایم همراه بود و در مقام رئیس دانشکده با انصاف و با ادب بود و همه او را دوست داشتند.

ادوارد گرجوی
دانشگاه پیتسبورگ
پیتسبورگ، پن سیلوانیا
رابرت رزنیک
موسسه ی پلی تکنیک رنسلیر
تروی، نیویورک

David Halliday
Edward Gerjuoy, Robert Resnick

مترجم: نادر حیدری

نسخه‌ی الکترونیک «فیزیک روز» در وبگاه www.psimag.ir در دسترس است.

پژوهشگران قصد دارند روندهای فکری در arXiv را دنبال کنند

/ اریک هند

منبع: Nature (24 February 2012)

تیم «فرهنگ‌سنجی[1]» از بخش کتاب گوگل به پیش‌نوشت‌های علمی رو می‌آورد.

پـل گینزپارگ[2] در نظـر دارد هفتـه‌ی آینده که به جلسـه‌ی انجمن فیزیک امریکا در بوسـتون ماساچوسـت می‌رود حافظه‌ی فلش ۶۴ گیگابایتی شـامل حـدود ۷۴۰۰۰۰ مقاله‌ی ذخیره‌شـده در arXiv را بـا خـودش ببـرد. arXiv مخزن بزرگ پیش‌نویس مقالات اسـت کـه او در سـال ۱۹۹۱ ایجادش کـرده و اداره‌اش را به دانشـگاه کورنل در ایتاکا نیویورک سپرده است.

گینزپارک این داده‌ها را در اختیار پژوهشگران «رصدخانه‌ی فرهنگی[3]» وابسته به دانشگاه هاروارد در کمبریـج ماساچوسـت خواهـد گذاشـت. آنها می‌خواهنـد متن کامـل مقالات را بـه عبارت‌های تشکیل‌دهنده‌شـان تجزیه کنند تا ببینند بس‌آمد هر واژه یا عبارت خاص نسـبت بـه باقیِ کلمات و عبارت چه‌قدر است – که معیاری از درجه‌ی شیوع اصطلاحات در این مقاله‌ها خواهد بود.

هدف‌شان این است که arXiv را به ابزار جدیدی برای تشـخیص مقـالات اصل و بدیـع در فیزیک، ریاضیات، و علوم کامپیوتر مجهز کنند و به مورخان امـکان بدهند که رونـدهـا را در این مجموعه که در بیست سـال اخیر گردآوری شـده است تشخیص بدهند.

ژان باتیست میشل[4] یکی از مدیران رصدخانه‌ی فرهنگی و پژوهشگر دوره‌ی پسادکترای روان‌شناسی در هاروارد این پرسـش را مطرح می‌کند: «چه طور می‌توانید نقطه‌ی وقوع تحولی علمی را پیدا کنید؟» و پاسخش این است که «می‌توانید به خواننده کمک کنید پی ببرد مربوط‌ترین مقاله‌ها در چه زمانی واقع شده‌اند که البته همیشه کار سختی بوده است.»

بازی با کلمات

تیم رصدخانه‌ی فرهنگی قبلاً هم به‌خاطر اِعمال روش مشـابه برای ۵میلیون کتاب گوگل تحسـین برانگیخته است. پژوهشگران با استفاده از ابزاری که اسمش را تماشاچی n-گرم[5] نامیده‌اند حساب کرده‌اند که با چه آهنگی افعال بی‌قاعده به‌شکل افعال باقاعده صرف می‌شـوند و راه‌یابیِ «گفتار تجارت‌خانه‌ای» به زبان عادی محـاوره را دنبال کرده‌اند (نگاه کنید به

ژان باتیست میشل (جلوی شکل) می‌خواهد arXiv را برای بررسیِ چه‌گونگی تغییراتِ زبان علمی به کار ببرد. (عکس از کریس استیب، دانشگاه هاروارد) برگرفته از وبگاه نیچر.

‹Culturomics: Word play›[6]). امـا پایگاه داده‌های گـوگل گرفتـار محدودیتی عمـده اسـت: از آنجا که بسـیاری از این آثار مشـمول انحصار حق نشر (کپی‌رایت) هسـتند نمی‌توان کاربـران را به منابع اصلی آنها ارجاع داد.

در نتیجـه پژوهشـگران توجه‌شـان را به این معطوف کرده‌انـد که رابط نرم‌افـزار و داده‌ها را با مجموعه داده‌هائی سـازگار کنند که مانند arXiv دست‌رسـی به آنها آزاد اسـت. آنها شـکل جدید نرم‌افزارشـان را کـه ***کرم کتـاب***[7] نامیده‌اند برای بررسـیِ یک‌میلیون کتاب ***کتاب‌خانه‌ی آزاد***[8] به کار برده‌اند که فاقد انحصار حق نشرند. به نرم‌افزار جدید قابلیـت تفکیک کتاب برحسـب موضوع و محل انتشـار نیز اضافه شـده اسـت. پژوهشگران تاکنون با ایـن نرم‌افزار داده‌های یـک ماه arXiv را آزموده‌انـد امـا در نظر دارنـد مجموعه‌ی کامل داده‌هـای arXiv را در هفته‌های آینده به آزمایش خـود اضافه کننـد. هیجان‌زدگی میشـل نه فقط به‌خاطر آن اسـت که که گروه جدیدی از کاربران این ابزار را خواهند آزمود بلکه این هم هسـت که دانش نهفته در arXiv متفاوت اسـت. او می‌گوید: «الگوهائی که از این مجموعه به‌دست می‌آید شاید کاملاً با آن‌چه از فرهنگ همه‌پسند (پاپ) به‌دست می‌آید متفاوت باشد.»

یکی از خالقان ***کرم کتاب***، بنجامین اشمیت[9]، دانشـجوی دکترای تاریخ در دانشـگاه پرینسـتون نیوجرسـی، می‌خواهد در مقالات arXiv در باره‌ی قوانین ریاضی حاکم بـر بازرگانی، صفت‌هائی را که در ارتباط با معادله‌ی بلَک-اسکُولز[10] آمده است بکاود تا معلوم کند قبل و بعد از سـقوط بـازار در ۲۰۰۸ تغییـری کرده‌انـد یا نه – این معادلـه برای تعیین قیمت اوراق بهادار مشتق‌شده[11] به‌کار می‌رود.

گینزپارگ می‌گوید که او این ابزار را برای ثبت روندهائی به‌کار خواهد برد که ممکن است انتظارش را در فیزیـک انرژی‌های بالا داشـته باشـد: نبض فزاینده‌ی مقالات در ارتباط با بوزون هیگز، یا شروع افت شمار مقالات در ارتباط با ابرتقارن، نظریه‌ئی که شـاید دوران اوجش به سر آمده است (نگاه کنید به برخورد نظریه‌ئی زیبا با داده‌های کوبنده‌ی ذرات[12]). او می‌گوید این ابزار می‌تواند از طریق مشخص‌کردن زمان‌های ابداع واژه‌های جدید وهم‌گرایی و واگرایی عرصه‌هـای علمی موجب پیش‌رفت عرصه‌ی نوپای «تبارشناسیِ اطلاعات[13]» شود.

او اضافـه می‌کند : «در آینـده بعضی مورخان هنگامـی که به عقب برگردنـد و به این لحظه نگاه کنند به‌شـکلی باورنکردنی. مجذوب خواهند شـد. آن‌چه ثبت می‌شـود در واقع جنبش‌های فکری در جامعه‌اند.» گینزپارگ می‌گوید سیاست‌گذاران علم حتی می‌توانند با ***کرم کتـاب*** عرصه‌های جدیدی را کـه نیاز به تأمین بودجـه دارند یا آن عرصه‌های در حـال افول را کـه بودجه‌ی کم‌تـری لازم دارند شناسایی کنند.

بعد از تحلیل arXiv اشمیت و همکارانش برای بررسی‌های بعدی‌شـان در مضیقه‌ی داده نخواهند بود. نمونه‌ی مجموعه داده‌های جدید نه فقط شامل منابع مورد توجه عامه مانند روزنامه‌هاست بلکه منابع علمـی ماننـد PubMedCentral، مخزن بر خط حاویِ ۲/۳ میلیون مقاله مربوط به زیست‌پزشـکی را هم در بر می‌گیرد.

Researchers aim to chart intellectual trends
Eric Hand

مترجم: محمدرضا بهاری

1. culturomics
2. Paul Ginsparg
3. Culture Observatory
4. Jean-Baptiste Michel
5. n-gram viewer
6. http://www.nature.com/news/2011/110617/full/474436a.html
7. Bookworm
8. Open Library
9. Benjamin Schmidt
10. Black-Scholes equation
11. derivatives
12. http://www.nature.com/news/2011/110228/full/471013a.html
13. Information genealogy

رده‌ی جدید سیارات

جان ساؤت‌ورت[1] /

منبع: doi:10.1038/nature10818

سه نمونه‌ی رده‌ی جدید سیاره‌هائی که به جای تک ستاره دُور زوج‌های ستاره‌ای می‌گردند کشف شده‌اند. شاید کهکشان راه شیری میلیون‌ها سیاره از این نوع دوتایی‌گرد داشته باشد.

بیش از ۷۰۰ سیاره فراسوی منظومه‌ی شمسی آشکار شده‌اند اما تا کنون هیچ‌کدام از آنها به‌دور بیش از یک ستاره نمی‌گشت. اخیراً سیاره‌ئی دوتایی‌گرد[2] کشف شد که در مدار ستاره‌ئی دوتایی قرار دارد[۱]. چنین چیزی پیش از این تنها در تخیل نظریه‌پردازان ممکن بود و در فیلم‌های علمی‌تخیلی مثلاً سیاره‌ی تاتوین در ***جنگ ستارگان***. در مقاله‌ئی که در وبگاه نیچر منتشر شد، ولش و همکاران[۲] کشف دو سیاره‌ی دیگر از این نوع را گزارش کرده‌اند که چیزی نیز درباره‌ی احتمال یافتن چنین سیاراتی به‌دست می‌دهد. سیاره‌ی قبلی[۱] و سیاره‌های جدید با تلسکوپ فضایی کپلرِ ناسا کشف شده‌اند.

صدها سال بود که دانشگران منظومه‌ی شمسی را نمونه‌ی نوعیِ سیستم‌های سیاره‌ای فرض می‌کردند. این فرض با کشف ۵۱پگاسی‌ب[۳] – اولین سیاره‌ی رصدشده که دُور ستاره‌ئی عادی به‌غیر از خورشید می‌گردد – در سال ۱۹۹۵ به چالش کشیده شد. با آن‌که این سیاره به‌احتمال زیاد غول گازی ست (حد پایین برای جرم این سیاره ۰/۴۷ جرم مشتری است) فاصله‌اَش با ستاره‌اَش فقط ۰/۰۵۲ واحد نجومی‌ست (واحد نجومی برابر است با فاصله‌ی زمین تا خورشید)، یعنی ۵۱پگاسی‌ب ۱۰۰ بار از مشتری به ستاره‌اش نزدیک‌تر است.

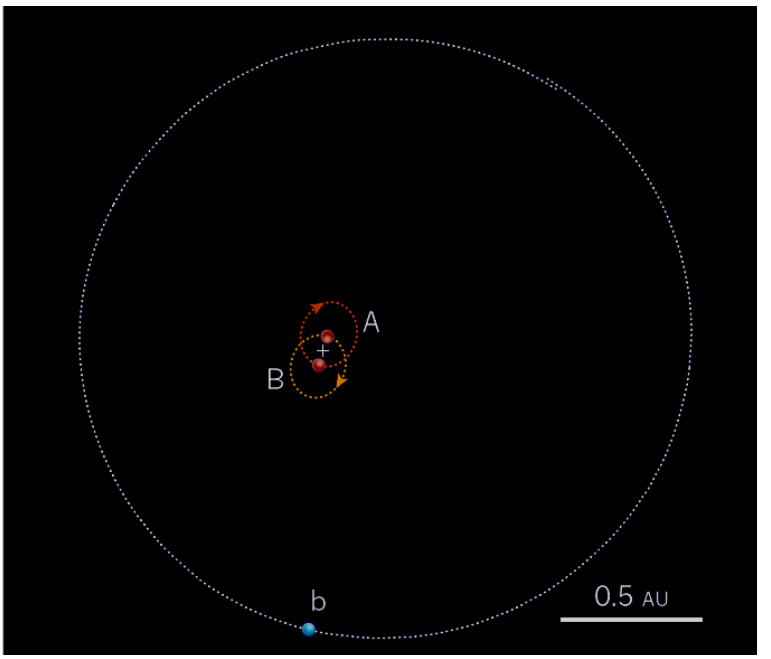
کشف ۵۱پگاسی‌ب از راه اندازه‌گیریِ بسیار دقیق سرعت ستاره‌ی آن انجام شد که حرکت برخاسته از حضور سیاره را آشکار می‌کند. این روش در کشف سیاره‌ها بسیار موفق بوده است و تا کنون می‌توان کشف بیش از ۴۰۰ سیاره را به‌حساب این روش گذاشت. با ادامه‌های برنامه‌های رصدی، حساسیت نسبت به سیارات در مدارهای دورتر از ستاره‌شان (دوره‌ی مداریِ بلندتر) بیشتر می‌شود. بیشتر سیاره‌های فرامنظومه‌ی شمسی اجرامی هستند که از مشتری سنگین‌ترَند و فاصله‌شان از ستاره‌شان چند واحد نجومی‌ست؛ بسیاری از اینها سیستم‌های چندسیاره‌ای هستند.

روش موفق دیگر برای کشف سیاره‌ها جست‌وجوی سیاره‌هائی‌ست که مرتب از برابر ستاره‌شان رد می‌شوند (اختر گرفتگی). این سیاره‌های در گذر معدن غنیِ اطلاعاتَند زیرا تنها سیاره‌هائی هستند که اندازه‌شان را می‌توان با سنجش میزان کم‌شدنِ نور ستاره هنگام گذرِ سیاره مشخص کرد. به‌این ترتیب می‌توان شتاب گرانش در سطح سیاره و چگالیِ میانگین سیاره را محاسبه کرد. با این اطلاعات در نهایت می‌توان ساختار داخلی و فرآیند شکل‌گیریِ سیاره را بررسی کرد.

روش آشکارکردنِ گذر سیاره به کشف بیش از ۲۰۰ سیاره انجامیده است و این کشف‌ها را عمدتاً گروه‌هائی انجام داده‌اند که در رصدخانه‌های پراکنده در سرتاسر عالم با تلسکوپ‌های کوچک و روباتیِ مساحیِ آسمان در زاویه‌های بزرگ مانند هتنت[3][۴] و سوپرواسپ[4] [۵] کار می‌کنند. در این نوع مساحی‌های آسمان احتمال کشف سیاره‌های بزرگ با مدارهای کوچک بیشتر است. در نتیجه در این مساحی‌ها کشف سیاره‌های غیرعادی، مثل واسپ۱۷[۶] که (با شعاعی دوبرابر مشتری و چگالی‌ئی ۶٪ چگالی برجیس) رقیق‌ترین سیاره‌ی شناخته‌شده است یا واسپ۱۸ [۷] که ده‌برابر جرم مشتری را دارد و هر ۲۳ ساعت (در مقایسه با دوره‌ی ۱۱/۹ ساله‌ی مشتری) ستاره‌اَش را دور می‌زند، خیلی بیشتر از روش‌های دیگر است.

مهم‌ترین هدف پژوهش درباره‌ی سیاره‌ها یافتن سیاره‌ئی‌ست که امکان حیات را بپذیرد. حیات به‌احتمال زیاد نیاز به سطحی سنگی و آب مایع، و درنتیجه سیاره‌ئی دارد که شعاعش از دوبرابر شعاع زمین بزرگ‌تر نباشد و دوره‌ی مداری‌اَش حدود چند صد روز باشد. گذر چنین سیاره‌ئی نه‌تنها فراوان رخ نمی‌دهد بلکه نور ستاره را نیز به مقدار بسیار کم ۰/۰۱ درصد کاهش می‌دهد. چنین سیگنالی بیش از آن کوچک است که بتوان با تلسکوپ‌های زمینی آشکار کرد. جو زمین چشمه‌های نور را برای این تلسکوپ‌ها تار می‌کند و مشکلاتی دیگر نیز مانند توقف رصد هنگام روز و وضعیت بد آب‌وهوایی وجود دارد.

کشف سیاره‌ی قابل‌سکونت به تلسکوپ بزرگ‌تر (و بسیار پرهزینه‌تر) خارج جو زمین نیاز دارد. در اینجاست که تلسکوپ کپلر وارد صحنه می‌شود و هدف اصلیَش کشف سیاره‌هائی مانند زمین با روش گذر است. این تلسکوپ ۱۵۰۰۰۰ ستاره را در صورت‌های فلکیِ قو (دجّاجه)[5] و چنگ[6] زیرنظر دارد و تا کنون بیش از ۲۰۰۰ نامزد برای گذر سیاره پیدا کرده است. در میان اینها سه سیاره‌ی دوتایی‌گرد پیدا شده است: کپلر ۳۴ب (شکل ۱) و کپلر ۳۵ب که ولش و همکاران در مقاله‌شان بررسی کرده‌اند[۲]



شکل ۱ – پیکربندی سیستم کپلر ۳۴: بیضیِ بیرونی نماینده‌ی حرکت مداری سیاره‌ی دوتایی‌گرد کپلر۳۴ب (b) به‌دور سیستم ستاره‌های دوتایی میزبان A و B است. پیکان‌ها حرکت این دو ستاره به دور هم را می‌نمایانند. علامت + نماینده‌ی مرکز جرم سیستم است. گوی‌ها نماینده‌ی مکان مداریِ سه جسم است. واحد نجومی (AU) برابر با میانگین فاصله‌ی زمین و خورشید است. اثرهای گرانشی بین سه جسم به‌معنی تغییر تدریجی این پیکربندی‌ست بنابراین مسیر حرکت جسم‌ها در هر دور گردش تغییر خواهد کرد. به‌همین دلیل است که مدار سیاره در بخش بالای تصویر ناپیوستگی دارد. کپلر ۳۴ب یکی از دو سیاره دوتایی‌گرد است که ولش و همکارانش کشف کرده‌اند [برگرفته از مرجع ۲ با تغییرات].

و کپلر ۱۶ب[۱]. نه‌تنها این سه سیاره از جلوی ستاره‌شان می‌گذرند و نور ستاره را کم می‌کنند بلکه خود ستاره‌ها هم نور یک‌دیگر را سد می‌کنند.

گرچه کشف کپلر ۱۶ب نشان داد که چنین جرم آسمانی‌ئی می‌تواند وجود داشته باشد، کشف ولش و همکاران نشان می‌دهد که نه تنها این جرم آسمانی استثنا نیست بلکه امکان می‌دهد فراوانی چنین اجرامی را تخمین زد. نویسندگان مقاله به این نتیجه می‌رسند که برای ستاره‌های دوتایی با دوره‌ی کوتاه امکان یافتن سیاره‌های دوتایی‌گرد دست‌کم یک درصد است[۲]. اگر نگاهی به کسری از ستارگان که دوتاییِ کوتاه‌دوره هستند بیاندازیم معلوم می‌شود که این نتیجه به‌معنای میلیون‌ها سیاره‌ی دوتایی‌گرد در تمام کهکشان راه شیری‌ست. دوتایی‌های بلنددوره که فراوانی‌شان در کهکشان راه شیری به همان اندازه است در این تحلیل به حساب نیامده‌اند.

شاید برخی سیاره‌های دوتایی‌گرد قابل‌سکونت نیز باشند، گرچه سه سیاره‌ئی که تاکنونی شناسایی شده‌اند چنین نیستند. کپلر ۱۶ب کمی سرد است و کپلر ۳۴ب و کپلر ۳۵ب بیش از حد گرم‌َند. فصل‌های آنها نیز به شدت متغیر است زیرا میزان نوری که از ستاره‌ی میزبان‌شان دریافت می‌کنند نه‌تنها طی‌ی دوره‌تناوب ستاره‌هاشان (حدود چند ده روز) و دوره‌تناوب گردش خود سیاره (چند صد روز) تغییرمی‌کند بلکه در دوره‌ی حرکت تقدیمیِ مدارها برخاسته از آثار سیستم سه‌ذره‌ای نیز تغییر می‌کند.

ویژگی‌های مشترک این سه سیاره چیست؟

فاصله‌ی ستاره‌ها در سیستم‌های دوتایی بین ۰/۱۸ تا ۰/۲۲ یکای نجومی‌ست و سیاره‌ها در فاصله‌ئی بین ۰/۶ تا ۱/۱ یکای نجومی به‌دور میزبان‌شان می‌گردند. به‌این ترتیب این سیاره‌ها تقریباً در فاصله‌ئی نزدیک به کوچک‌ترین مدار ممکن و پایدار قرار دارند. اما بخشی از این نکته که این سیاره‌ها نخستین سیاره‌هائی بودند که کشف شدند برخاسته از روش آشکارشدن‌شان است. با ادامه‌ی رصدهای کپلر حساسیت آن به سیاره‌هائی با دوره‌های بلندتر بیشتر خواهد شد: این سه سیستم تنها نماینده‌ی نوک کوه یخ است.

A new class of planet
John Southworth
مترجم: نادر حیدری

۱. گروه اخترفیزیک دانشگاه کیل، نیوکاسل کنار جنگل لایم، استافوردشایر، انگلستان

2. circumbinary
3. HATNet
4. SuperWASP
5. Cygnus
6. Lyra

میکروکاواک‌های تار اپتیکی به دقت آنگستروم می‌رسند / مارک ویلسون

منبع: Nature (February 2012) 14-16.

تغییر موضعیِ شعاع و ضریب شکست تار شیشه‌ای با استفاده از نور و گرما، روشی ساده و تکرارپذیر برای خلق وکوک‌کردن تشدیدگرهای ریزمقیاس است.

یکی از اهداف قدیمیِ دانش اپتیک، ساخت ابزارهائی مانند حائل[۱] مینیاتوری، میکرولیزر، کلید نوری و فیلتر است که بتوان در کامپیوتری تماماً نوری (بی‌نیاز از حضور الکترون) جای داد. ساختار پایه‌ی لازم برای اجزاء چنین مداری، میکروتشدیدگر[۲] است که می‌تواند سیگنال نوری را در حجم بسیار کوچکِ درون دیواره‌های بسیار بازتابنده‌اَش تا چند صد میکروثانیه، مقید کند.

این تشدیدگرها اگر به‌شکل چمبره، قرص یا کره‌ی دی‌الکتریک با قطر تقریبی چند ده میکرون ساخته شوند، می‌توانند نور را به صورت مدهای دالان نجوا[۳] ذخیره کنند. وجه تسمیه این مدها به نحوه‌ی حرکت امواج نور برمی‌گردد که در اثر بازتاب کلی از دیواره‌ها، درست مشابه امواج صوتی در کلیسای جامع سنت پل لندن، پیرامون فضای تشدیدگر را دور می‌زنند. شرط تشدید هنگامی برقرار می‌شود که مسافت یک دور گردش، ضریب صحیحی از طول‌موج باشد.

جذابیت تشدیدگرها با مد «دالان نجوا»، خصوصاً آنهائی که از سیلیکا (سیلیسیوم‌اکسید) ساخته می‌شوند در بزرگ‌بودنِ ضریب Q آنهاست. ضریب Q معیاری برای زمان ماندگاریِ نور است و از نسبت طول‌موج تشدید به پهنای طیف به‌دست می‌آید که در این تشدیدگرها تا 10^{10} هم می‌رسد.

این مقدار حداقل دو مرتبه‌ی بزرگی بیشتر از همین مقدار برای تشدیدگرهائی‌ست که با روش خوردگی و لیتوگرافی ساخته می‌شوند و دربلورهای فوتونیک به‌کار می‌روند.

هر چه مقدار Q بیشتر باشد نور زمان بیشتری در تشدیدگر می‌گردد، طیف تشدید قله‌ی تیزتری خواهد داشت، و حساسیت نسبت به تغییرات ضریب شکست در هر تشدیدگرِ مداربیشترخواهدشد.

اما قراردادن تشدیدگرها به صورت سری به‌شکلی که سیگنال با بازدهیِ زیاد بین آنها ردوبدل شود نیاز به تطبیق طول‌موج تشدید هر کدام از آنها دارد و به‌دلیل این‌که تشدید را اندازه و شکل میکروکاواک معین می‌کند بسیار مشکل است.

در یک روش نویددهنده که طیِ دهه‌ی پیش به‌بار آمده است، محققان به صورت موضعی تارشیشه را با شعله یا لیزر کربن‌دی‌اکسید حرارت می‌دهند و آن را می‌کِشند تا این‌که بین ناحیه‌هائی که باریک شده‌اند برآمدگی شکل بگیرد.

در سال ۲۰۰۹ آرنو راؤشِن‌بویتل و همکارانش از دانشگاه یوهانس گوتنبرگ با این روش میکروتشدیدگرهائی به‌شکل بطری ساختند که انحنای موضعی محوری‌شان مدهای دالان نجوا را مقید می‌کرد و ساخت آنها با دقت ۲میکرومترتکرارپذیربود[۱].

میشا سومِتسکی و همکارانش در آزمایشگاه‌های OFS (قبلاً یکی از شاخه‌های آزمایشگاه‌های بل) گزارش کرده‌اند که دقت روش قبلی را تا میزان حیرت‌انگیز ۲ آنگستروم بهتر کرده‌اند و آن هم به صورتی که ساده‌تر از آن امکان نداشت: آنها تصمیم گرفتند تار را تحت کشش قرار ندهند بلکه تنها آن را به صورت موضعی گرم کنند و با عملیات گرمایی تنش‌های مانده را از بین ببرد[۲]. برآمدگی‌های مقیدکننده‌ی مد با یک‌نواختیِ شگفت‌انگیز هم‌چنان ظاهر شدند.

برای اثبات درستی این روش، این گروه سری ۵ تشدیدگر تقریبا یک‌سان را ساخته است، که مانند دانه‌های تسبیح روی تار سیلیکای معمولی در فاصله‌ی ۱۰۰ میکرومتر از یک‌دیگر قرار گرفته‌اند. قسمت الف شکل این آرایش‌رانمایش‌می‌دهد.

SNAP

سومتسکی سال گذشته حین تلاش برای تعیین تغییرات طبیعیِ قطر تار نوری این

روش را کشف کرد. فیزیک‌پیشگان دانشگاه بث، تیم برکس، جاناتان نایت و تیم دیمیک یک دهه پیش‌تر برای این موضوع راه‌حلی تجربی پیشنهاد کرده بودند[۴]:

اگر درون تاری میکرونی که قطرش به‌تدریج کم می‌شود و بر تار اصلی عمود است نور فرستاده شود، این نور به‌واسطه‌ی امواج محوشونده[۵] با تار اصلی جفت می‌شود و مدهائی که طول‌موج‌شان شرط تشدید را برآورده کند برانگیخته می‌شوند. به‌این ترتیب می‌توان با طیف تراگسیلیِ تار میکرونی شعاع تار اصلی را تعیین کرد. طول‌موج تشدید را فرورفتگی‌های طیف به‌دست می‌دهد. تغییر شعاع مستقیماً با تغییرات طول‌موج متناسب است.

سومتسکی و همکارانش که میکروتار را در درازای محور تار اصلی هر بار چند میکرون حرکت می‌دادند، تغییرات بسیار ظریفی در طول‌موج تشدید مشاهده کردند که نشان می‌دهد یک‌نواختیِ تارهای سیلیکا، حتی تارهای استانداردِ موجود در بازار، در درازای چند میلی‌متر طول تار در حد چند آنگستروم است.

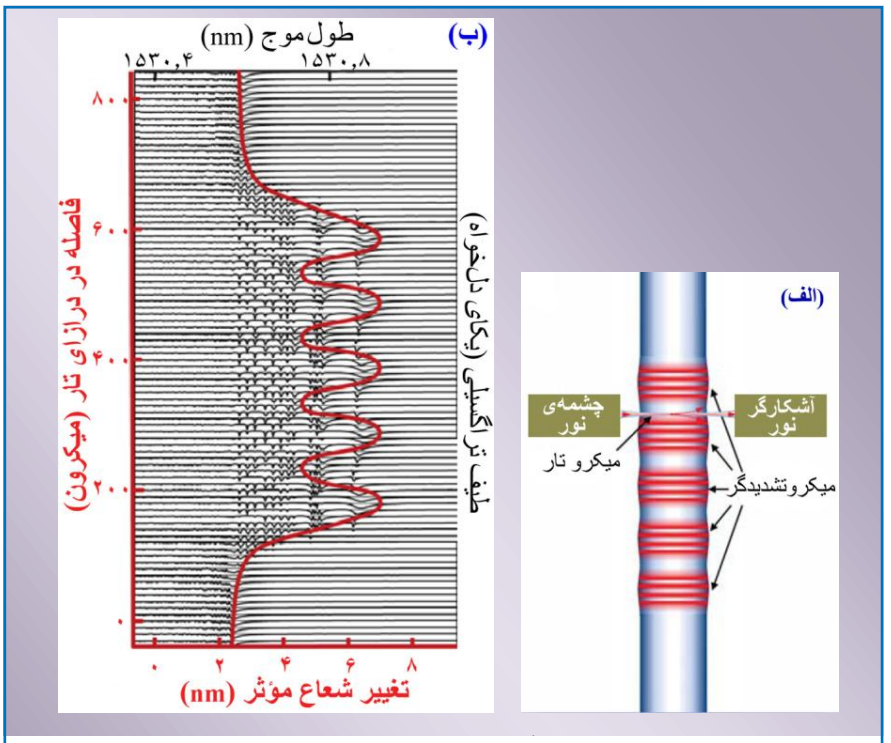
با داشتن این اطلاعات آنها تصمیم گرفتند برای مقیدکردن مدهای تشدید برآمدگی‌های بسیار کم‌عمق (در حد چند نانومتر تغییر قطر) بسازند.

شیشه‌ی داغ که تحت نیرو کشیده می‌شود و به تار تبدیل می‌شود، در سردشدن این تنش را حفظ می‌کند. این اثر چند سال پیش در آزمایشگاه‌های OFS کشف شده بود. محققین دریافتند که این تنش مانده در شیشه را با گرم‌کردن موضعی تار به‌مدت تنها ۵ ثانیه تا چند صد درجه (بسیار کم‌تر از نقطه‌ی ذوب سیلیکا) به‌تدریج می‌توان آزاد کرد. افزایش توان لیزر و داغ‌ترشدن تار، با واهلش بیشتر و در نتیجه افزایش «شعاع مؤثر» تار همراه است. شعاع مؤثر کمیتی‌ست که اثر تغییر شعاع واقعی و تغییر ضریب شکست تار را توأماً می‌سنجد. این‌که شعاع مؤثر به این شکل تکرارپذیر برحسب توان لیزر وامی‌هلد به‌گفته‌ی سومتسکی «کاملا غیرمنتظره و از بخت خوش ما بود.» سادگی، سرعت، هزینه‌ی کم و تکرارپذیری باعث شد تا محققین نام «فوتونیک سطحی محوری نانومتری» که سرواژه‌ی SNAP را می‌سازد برای این فناوری برگزینند.[۶]

محققین OFS تاری معمولی به قطر ۳۶ میکرومتر را در معرض ۵ تابش جداگانه‌ی لیزر قرار دادند که هر کدام به اندازه ۲/۵ نانومتر شعاع مؤثر را تغییر می‌دهد.

در کل این تابش‌ها زنجیره‌ئی از چاه‌های کوانتومی که در واقع میکروتشدیدگر هستند در طولی نزدیک به نیم میلی‌متر تار ایجاد کرد (قسمت ب تصویر). با این‌که چاه‌های کوانتومی سه‌بُعدی هستند، انتشار کند نور در راستای محور از معادله‌ی یک‌بُعدیِ شرودینگر تبعیت می‌کند. پتانسیل این معادله از تغییرات کم شعاع حاصل می‌شود. معلوم شد سد پتانسیل بین چاه‌ها به اندازه‌ی کافی کوچک هستند که تشدیدگرها بتوانند به‌هم جفت شوند. جداشدن یک نوار مدها و تونل‌زنی از یک تشدیدگر به تشدیدگر بعدی گواه این نکته است.

برای اندازه‌گیری دقت تطبیقِ تغییرات شعاع – و در نتیجه طول‌موج تشدید – هر تشدیدگر با همسایه‌هایش، محققین طیف تراگسیلی را در هر ۱۰ میکرومتر در طول محور تار اندازه گرفتند. دستورالعمل پیشین برکس برای برابرگرفتنِ تغییر شعاع با تغییر طول موج تشدید به‌خوبی برای بیرون میکروکاواک کار می‌کند. ولی درون میکروکاواک، مدهای تشدید در راستای محور به‌شکل مارپیچی بین دو نقطه‌ی عطف نوسان می‌کنند. در نتیجه فرورفتگی‌های طیف در اثر تغییر شعاع جابه‌جا نمی‌شوند بلکه هنگام گذر تارمیکرونی از چاه‌های پتانسیل تقریباً ثابت می‌مانند. اما پهنای تشدیدها در ناحیه‌ی سد پتانسیل که جفت شدگی با تار میکرونی ضعیف‌ترین است به طور ناگهانی کم می‌شود. بنابراین برای اندازه‌گیریِ میزان کوک‌بودنِ مدها در گذر از تشدیدگرهای مختلف پژوهشگران می‌بایست مستقیماً طول‌موج‌های باریک‌ترین تشدیدها را مقایسه کنند. تغییرات این طول‌موج‌ها نشان



(الف) زنجیره‌ی ۵ میکروتشدیدگر در درازای تاری شیشه‌ای را می‌توان با تغییرات ظریف شعاع و ضریب شکست (که ترکیب‌شان به نام «شعاع مؤثر» شناخته می‌شود) حاصل از گرمادهی با لیزر به وجود آورد. به کمک تاری نازکتر عمود بر تار اصلی میتوان نور را درون تار اصلی فرستاد و مدهای دالان نجوا را برانگیخت که بازتاب کلی داخلی در جهت شعاعی و پتانسیل هم‌آهنگ حاصل از خمیدگی تشدیدگرها در جهت محور آنها را مقید می‌کنند. بیشینه‌ی شدت مدها با رنگ سرخ نشان داده شده است.
(ب) میکروتار را می‌توان برای اندازه‌گیری مقطع موجدارِ تار نیز به‌کار برد. طیف تراگسیلی که در هر ۱۰ میکرومتر در درازای تار گرفته شده است (سیاه) طول موج تشدید در هر چاه پتانسیلِ را آشکار می‌کند. پوش مدهای مجاز (خط سرخ پر) نگاشتی از تغییر شعاع مؤثر هر تشدیدگر به دست می‌دهد. تونل‌زنی مدها از سدهای پتانسیل گواه جفت‌شدگی بین تشدیدگرهاست [برگرفته از مرجع ۳].

می‌دهد که شعاع‌ها با دقت ۲ آنگستروم یک‌سان هستند.

کالکوژنیدها

گرما تنها عاملی نیست که می‌تواند به‌صورت تکرارپذیر شعاع مؤثر تار سیلیکا را تغییرات ظریف بدهد. سومتسکی و همکارانش متوجه شدند کنترل تغییر شعاع مؤثر سیلیکای آلائیده با ژرمانیوم حساس به نور در اثر تاباندن نور فرابنفش حتی ظریف‌تر (با دقت یک آنگستروم) است.

سیلیکا نیز تنها تار شیشه‌ای نیست که با آن می‌توان با تاباندن نور لیزر میکروتشدیدگر ساخت. بنجامین اگلتون و همکارانش در دانشگاه سیدنی روش ظریف دیگری را برای جای‌گزینش مدهای الکترومغناطیسی در میکروکاواک ابداع کرده‌اند. میکروکاواک آنها نواری نیم میلی‌متری شکل‌گرفته از تارهای آرسنیک‌تری‌سولفید است[۵].

As_2S_3 عضوی از خانواده‌ی نیم‌رساناهای بی‌شکل کالکوژنید است که (دست‌کم در مقایسه با اکسیدها مثلاً سیلیکا) پیوندهای بین‌اتمی ضعیف می‌سازد که باعث می‌شود این ماده در ناحیه‌ی فروسرخ میانی تقریباً شفاف باشد. هم‌چنین مانند سیلیکای آلائیده، وقتی تحت تابش نور با طول‌موج نزدیک لبه‌ی نوار انرژی قرار بگیرد پیوند شیمیاییش تغییر می‌کند و این حساسیت به نور به کاربرد آن در یاخته‌های خورشیدی، حسگرهای فروسرخ و حافظه‌های مبتنی بر تغییر فاز (در لوح‌های فشرده) منجر شده است[۶]. این ماده هم‌چنین به‌شدت قطبش‌پذیر است و ضریب شکست آن صدها بار غیرخطی‌تر از سیلیکای آلائیده است.

اگلتون و همکارانش نیز مانند تیم سومتسکی با استفاده از حساسیت این ماده به‌نور با تاباندن لیزر سبز، طول موج‌های تشدید را برای مدهای چرخنده‌ی دالان نجوا مشاهده کردند.

مانند سیلیکا تغییر در شعاع مؤثر As_2S_3 بسیار چشم‌گیر و سریع بود اما جهت آن معکوس بود. محققین دانشگاه سیدنی مقدار این تغییر را ۰/۲۴- نانومتر در هر دقیقه اندازه گیری کردند. این مقدار آن‌قدر هست که ۱۲ دقیقه تابش نور بتواند میکروکاواک به‌دام‌اندازنده‌ی مد را به‌وجود آورد. (علامت منفی به این معنی است که باید ناحیه‌ی بیرون کاواک را تابش داد.) علاوه بر این، چون ماده در طول تابش‌دهی خنک می‌ماند، اگلتون توانست به‌صورت دینامیک تغییرات در طیف تراگسیلی را تحت‌نظر داشته باشد. این‌که شعاع مؤثر تار کالکوژنید چه‌گونه با حرارت و آلایش یونی تغییر می‌کند موضوعی جالب و مسئله‌ئی باز است.

Optical-fiber microcavities reach angstrom-scale precision
Mark Wilson

مترجم: محمدکریم سعید قلاتی

مراجع:

[1] M. Pöllinger et al., Phys. Rev. Lett. 103 (2009) 053901.
[2] M. Sumetsky et al., Opt. Lett. 36 (2011) 4824.
[3] M. Sumetsky et al., http://arxiv.org/abs/1112.5175v1 .
[4] T. A. Burks, J. C. Knight, T. E. Dimmick, IEEE Photonics Technol. Lett. 12 (2000) 182.
[5] F. Luan et al., Opt. Lett. 36 (2011) 4761.
[6] B. J. Eggleton et al., Nat. Photonics 5 (2011) 141.

1. buffer
2. microcavity
3. whispering-gallery modes
4. University of Bath
5. evanescent
6. Surface Nanoscale Axial Photonic: در انگلیسی واژه‌ی snap به معنی «بشکن» است و وقتی گفته می‌شود "it's a snap" منظور سادگی کار است که به آسانی بشکن‌زدن است [ویراستار].
7. chalcogenide: کالکوژن‌ها به عناصر گروه ۱۶ (نیز معروف به خانواده‌ی اکسیژن) گفته می‌شود، کالکوژنید نمک‌های دوتایی عناصر این گروه به‌غیر از اکسیژن هستند و معمولاً نامی‌ست که برای سولفیدها، سلنیدها، و تلوریدها به‌کار می‌رود [منبع: ویکی‌پیدیا].

تازه‌ترین اخبار درباره‌ی هیگز

منبع: CERN Courier (Jan 25, 2012)

روز سیزده دسامبر ۲۰۱۱ روزی‌است که افراد بسیاری آن را به خاطر خواهند سپرد. همه بی‌صبرانه منتظر بودند که آخرین نتایج آشکارسازهای ATLAS و CMS در مورد به دام اندازی بوزون هیگز گریزپا، چه خواهد بود. تنها مدیریت ارشد هر آزمایش می‌دانست که آزمایش دیگر چه نتایجی را ارائه خواهد کرد و این اخبار از بقیه مخفی نگاه داشته شده بود تا جنبه‌ی غافلگیرکننده‌ی آن حفظ شود.

از ساعت ۸:۳۰ صبح فیزیک‌پیشگان به سمت تالار اصلی همایش‌های سرن سرازیر شدند و در ساعت ۱۰:۳۰ سالن به کلی از جمعیت پر شده بود (در حالی که هنوز سه ساعت و نیم تا شروع سخنرانی‌ها مانده بود) و دیگر کسی به داخل سالن راه داده نمی‌شد. فضای هم‌آیش تقریباً حالت جشن و روز تعطیلی را داشت شاید به این دلیل که شبکه‌ی بی‌سیم اشباع شده بود و هیچ‌کس نمی‌توانست کار کند. در اتاق جداگانه‌ئی که خبرنگاران خبرگزاری‌های مختلف و کانال‌های تلویزیونی حضور داشتند تا بتوانند در این هیجان سهیم شوند همین انتظار بی‌صبرانه حس می‌شد.

این همه هیجان برای چه بود؟

جواب کوتاه این است: در سخن‌رانی‌ها معلوم شد اگر بوزون هیگز به‌همان شکلی وجود داشته باشد که مدل استاندارد پیش‌بینی می‌کند جرم آن باید بین ۱۱۵/۵ GeV تا ۱۲۷ GeV باشد. اگر بخواهیم دقیق‌تر بگوییم، آزمایش CMS با میزان اطمینان ۹۵٪ امکان وجود بوزون هیگز با جرم بیشتر از ۱۲۷ GeV را رد می‌کند و آزمایش ATLAS جرم کم‌تر از ۱۱۵/۵ GeV و جرم بیشتر از ۱۳۱ GeV را. (به استثنای بازه‌ی کوچک بین ۲۳۷-۲۵۱ GeV که آزمایش ATLAS هنوز رد نکرده‌است). حدهای بالا برای محدوده‌ئی که جرم هیگز در آن قرار نمی‌گیرد برای ATLAS برابر است با ۴۶۸ GeV و برای CMS، ۶۰۰ GeV.

پیدا کردن حد پایین بازه‌ئی را که جرم هیگز در آن قرار نمی‌گیرد، رخدادهای افزون بر انتظار در انرژی‌های حدود ۱۲۰ GeV در هر دو

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

تالار اصلی سه ساعت‌ونیم قبل از شروع سخن‌رانی‌ها کاملاً پر شده بود.

آزمایش محدود می‌کنند. این رخدادها می‌تواند افت‌وخیز پس‌زمینه و یا اولین نشانه‌های سیگنال ذره‌ی هیگز باشد. صرف‌نظر از اینکه ذره‌ی هیگز کم‌جرم وجود داشته باشد یا نه این نتایج با آن‌چه از میزان آماری که تا کنون به‌دست آمده سازگار است.

انتظار می‌رود تعداد برخوردها در LHC در سال ۲۰۱۲حداقل دو برابر برخوردها در سال ۲۰۱۱ باشد و داده‌هائی که در سال ۲۰۱۲ به دست خواهد آمد باید یا با کشف ذره و یا رد امکان وجود آن به تلاش چهل ساله برای یافتن ذره‌ی هیگزِ مدل استاندارد پایان دهد.

تنها یک ماه پس از پایان برخوردهای پروتون-پروتون در سال ۲۰۱۱ هر دو آزمایش با استفاده از کل آمار به‌دست‌آمده در تمام سال، نتایج اولیه‌ای برای انتگرال درخشندگی[1] به‌مقدار ۴/۶-۴/۹ fb را گزارش کردند، که دو برابر مقداری بود که در همایشی تابستانی گزارش شده بود. نتایجی که در سخن‌رانی‌های ماه دسامبر اعلام شد، نشان می‌دهند که گروه‌های همکار در هر دو آزمایش به درک عمیق عمل‌کرد آشکارسازها و پس‌زمینه‌های پرشمار آزمایش‌ها رسیده‌اند.

هر دو سخن‌گوئی که این نتایج را ارائه کردند، یعنی فابیولا جانوتی[2] سخن‌گوی گروه‌های همکار آزمایش ATLAS و گوییدو تُونلی[3] سخن‌گوی گروه‌های همکار در آزمایش CMS، از صدها فیزیک‌پیشه که در این زمینه تلاش زیادی داشتند و بیشترشان دانشجویان دکتری بودند یا شغل پسادکتری داشتند تشکر کردند. این فیزیک‌پیشگان در ماه‌های اخیر سخت کار کردند تا بتوانند شناخت آشکارگرها را به میزانی اساسی بهتر کنند به‌ویژه در شرایط پیچیده‌ی روی‌هم‌افتادگیِ سیگنال‌ها که تا ۲۰ رأسِ برهم‌کنش در یک رخداد بازسازی شده است.

مدیر کل سرن با پرتاب سکه معلوم کرد که ابتدا جانوتی صحبت می‌کند. تمرکز کلی این آشکارساز بر تحلیل و بررسی کانال‌هایی بود که بیشترین حساسیت را به بوزون هیگز کم‌جرم دارد: فرآیندهایی مثل H→γγ و فرآیند کانال طلایی یعنی H→ZZ→llll که منظور از l در این فرآیند الکترون یا میوئون است. علاوه بر این جدیدترین خبرها در مورد تحلیل فرآیند H→WW با استفاده از داده‌هائی که برای هم‌آیش‌های تابستانی گردآوری شده‌اند ارائه شد. در حالی که در دو کانال اول بوزون هیگز به‌صورت قله‌ئی باریک در بالای پس‌زمینه‌ی پهن دیده می‌شود، وجود این ذره در کانال سوم بیشتر به‌صورت رخدادهای اضافی در بازه‌ی گسترده‌تری دیده خواهد شد.

پس از سخن‌رانی جانوتی، تونلی به ارائه گزارشی کامل از تحلیل داده‌های CMS (همه داده‌ها از جمله داده‌های سال ۲۰۱۱) پرداخت. ابتدا درباره‌ی فرآیندهایی صحبت شد که به بوزون هیگز پرجرم حساسند مانند فرآیندهای H→ZZ →((llqq), (llνν), (llττ)) و سپس با فرآیندهای H→WW, H→ττ, H→bb ادامه پیدا کرد و در نهایت با فرآیند H→γγ و فرآیند کانال طلایی یعنی H→ZZ→llll پایان یافت.

در تحلیل فرآیند H→γγ، حساس‌ترین مُد به بوزون هیگز کم‌جرم ، تفکیک‌دهیِ انرژی و زاویه در کالری‌سنج‌های الکترومغناطیسی عناصر اصلی هستند. هرچه تفکیک‌دهی بیشتر باشد قله‌ی نمودار توزیع جرم ناوردای دو فوتون باریک‌تر خواهد بود و ذره‌ی هیگز اگر وجود داشته باشد، آسان‌تر مشاهده خواهد شد.

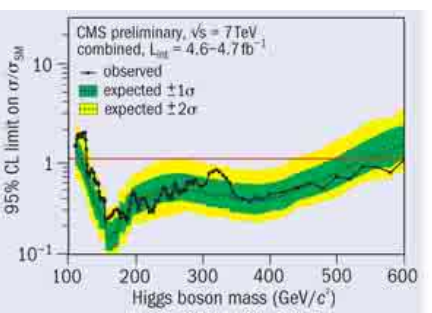
با وجود این‌که دو آشکارساز از فناوری‌های متفاوتی استفاده می‌کنند (در آشکارساز ATLAS از کالری‌سنج آرگون مایع استفاده می‌شود در حالی که در کالری‌سنج‌های آشکارسازCMS از بلور استفاده می‌شود) تفکیک‌دهی جرم در هر دو آزمایش در کانالی که بهترین وضوح را داشت، ۱/۴ GeV بود.

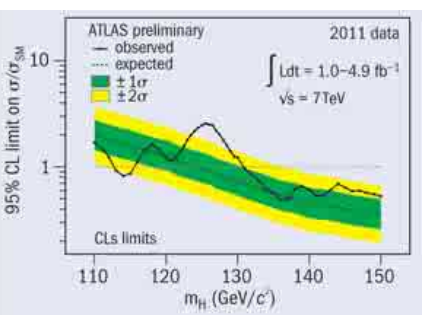
در آشکارساز CMS این تفکیک‌دهیِ خوب جرم عمدتاً به خاطر پیشرفتی بود که در فهم درجه‌بندیِ کالری‌سنج حاصل شد. کالری‌سنج ATLAS علی‌رغم تفکیک‌دهیِ کم‌تر انرژی، تفکیک‌دهیِ جرمی مشابهی به‌دست می‌دهد زیرا در این آشکارساز می‌توان زاویه‌ی فوتون را اندازه گرفت.

Getting excited about the Higgs?

مترجم: راضیه ضامنی

1. integrated luminosity
2. Fabiola Gianotti
3. Guido Tonelli





(شکل سمت چپ) نمودار تراز اطمینان ٪۹۵ برای سطح مقطع چشم‌داشتی (خط‌چین و نوارهای رنگین) و سطح مقطع مشاهده‌شده برحسب جرم بوزون هیگز به‌ازای کل گستره‌ی جرمیِ آزمایش CMS.

(شکل سمت راست) نمودار مشابه برای آشکارساز ATLAS به‌ازای ناحیه‌ی هیگز کم‌جرم. محورهای عمودی نسبت سطح مقطع به سطح مقطع مدال استاندارد است بنابراین هرگاه مقدار مشاهده شده از ۱ کم‌تر باشد مقدار جرم متناظر با آن رد می‌شود. نوارهای رنگین در این نمودار ناحیه‌های ٪۹۵ (نوار زرد رنگ) و ٪۶۸ (نوار سبز رنگ) را حول حد چشم‌داشتی (خط‌چین) نشان می‌دهند.

www.psimag.ir

نقص‌های سیلیسیوم‌کربید و نوید کیوبیت‌های مناسب برای ساخت ابزار/ اَشلی جی. اسمارت

منبع: Phyiscs Today (January 2012) 10-11.

تراشه‌های تجاری این نیم‌رسانای پراستفاده حالت‌های اسپین خاصی در بر دارند که به آسانی در دمای اتاق و به‌شکل هم‌دوس قابل‌کنترل است.

عنصر اصلی در هر طرح برای محاسبات کوانتومی سیستم دوحالتی شبیه به اسپین الکترون است. طی محاسبه‌ی کوانتومی، حالتِ کیوبیت دست‌خوش تغییرات گوناگون می‌شود و هنگامی که محاسبه به آخر می رسد باید حالت کیوبیت معلوم شود یعنی معلوم شود که اسپینِ حالت رو به «بالا»ست یا «پایین». از بختِ بد، کیوبیت با محیط نیز برهم‌کنش دارد که می‌تواند حالت کوانتمی َش را نابود یا ناهم‌دوس کند. مناسب‌بودنِ کیوبیت برای محاسبه‌ی کوانتومی نیاز به آن دارد که کیوبیت در زمانی که محاسبه و تغییرات حالت کوانتومی در جریان است در برابر ناهم‌دوسی مقاوم باشد.

تاکنون چندین سیستم برای این منظور در نظر گرفته شده‌اند از جمله پیوندگاه‌های جوزفسون (*فیزیکس تودی*، ژوئیه‌ی ۲۰۰۹، صفحه‌ی ۱۹) و نقطه‌های کوانتومی (*فیزیکس تودی*، مارس ۲۰۱۱، صفحه‌ی ۱۹). اما تقریباً دمای همه‌ی سیستم‌های حالت جامد که به‌این منظور پیش‌نهاد شده‌اند باید به دماهای زمزایشی رسانده شود تا زمانِ هم‌دوسی مناسب به‌دست دهند.

ناخالصیِ الماس در مقیاس اتمی معروف به مرکز NV [1] یک استثناست. در این نوع ناخالصی یک تهی‌جا[2] و یک اتم نیتروژن به‌جای دو اتم همسایه می‌نشینند. حالت اسپین الکترونِ مرکز NV در دمای اتاق می‌تواند بیش از یک میلی‌ثانیه هم‌دوس بماند و می‌توان آن را با میکروموج دست‌کاری کرد و با فلوئورسانیِ معمولی حالت را معلوم کرد.

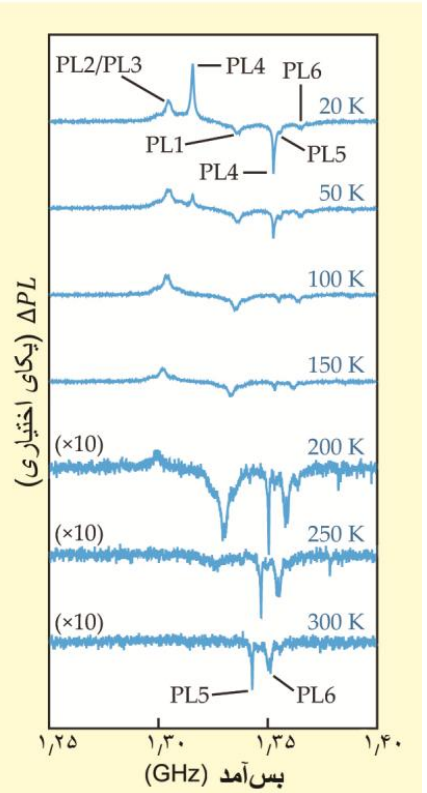
از این رو مرکز NV در الماس به‌دلایل زیاد کیوبیت ایده‌آل است اما هنوز نتوانسته طرح‌های محاسبات کوانتومی را از محدودیت‌های زمزا خلاص کند. مهم‌ترین دلیل، مشکلی عملی‌ست: در محاسبات کوانتومی نیاز به رودرروکردن کیوبیت‌ها با یک‌دیگر از راه گیت‌های منطقی و هم‌چنین ارتباط‌دادن آنها با شمار زیاد ابزارهای جانبی‌ست. الماس را نمی‌توان با روش‌های ساده و ارزان در چنین ابزارهای پیچیده‌ئی ادغام کرد.

اما چه‌چیز الماس را ویژه می‌کند؟ سال پیش پژوهشگران دانشگاه کالیفرنیا در سانتاباربارا (UCSB)[3] به‌رهبریِ دیوید آوشالوم[4] و کریس وان‌دِوال[5] این را از خود پرسیدند[۱]. پهناوربودنِ شکاف نوار نسبت به اختلاف انرژیِ حالت های الکترونیِ پایه و انگیخته‌ی مرکز NV یکی از این ویژگی‌هاست. این پهنا امکان می‌دهد مرکز Nای نهفته در الماس را با روش‌های فلوئورسانی کاوید بی‌آن که الکترون وارد کپه‌ی الماس شود و از دست برود. علاوه بر این جفت‌شدگیِ ضعیفِ اسپین-مدار در الماس و اسپینِ صفرِ بیشترِ هسته‌های اتم کربن اثر محیط را بر حالتِ کیوبیت کمینه می‌کند.

گروه پژوهشیِ UCSB متوجه شدند که این خصوصیت‌ها منحصر به الماس نیست و جست‌وجو برای یافتن مواد دیگری که بتوانند میزبان این کیوبیت‌های درازیِ[6] باشند آغاز کردند. اینک آنها درون تراشه‌های معمولیِ سیلیسیوم‌کربید که در الکترونیکِ پرتوان فراوان کاربرد دارد نامزدهای نویدبخشی یافته‌اند[۲]. گرچه هنوز روشن نیست که کیوبیت‌های تازه‌یافته همه مراکز NV باشند اما همه‌شان نقص‌هائی در مقیاس اتمی هستند و دو نوع‌شان در دمای اتاق حالت‌های اسپینیِ درازیی دارند.

در جست‌وجوی نقص‌ها

سیلیسیوم‌کربید جانشین طبیعیِ الماس است؛ در جدول تناوبی Si درست زیر C است و ساختار و خواص الکترونیکیِ دو ماده مشابه است. اما محاسبات کمّیِ تیم پژوهشی نشان داد که مرکز NV در دو ماده یک فرق اساسی خواهد داشت: پیش‌بینی شد که فاصله‌ی بین تراز پایه و تراز انگیخته‌ی NV در SiC حدوداً نصف این فاصله در الماس باشد بنابراین در حالی که نقص‌های الماس در طول‌موج‌های مرئی فلوئورسان می‌شوند انتظار می‌رفت که نقص‌های NV در فروسرخِ نزدیک فلوئورسان شوند.



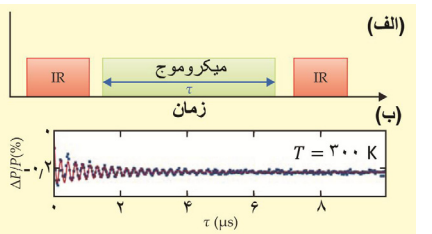
شکل۱- میکروموج‌دهی به نمونه‌ی سیلیسیوم کربید باعث تغییر زیاد شدت نوررخشانی p در بس‌آمدهای تشدید اسپینِ شش نقص (PL1-PL6) می‌شود. (شکافتگی برخاسته از برهم کنش اسپین-اسپین در نقص متناظر با PL4 منجر به دو بس‌آمد تشدید برای آن نقص شده است.) سیگنال‌های تشدیدیِ اسپین با افزایش دما ضعیف می‌شوند اما سیگنال‌های PL5 و PL6 تا دمای اتاق دوام می‌آورند. (برگرفته از مرجع۲ با برخی تغییرات)

در واقع در آزمایش در طیف فلوئورسانی نمونه‌های SiC شش خط گسیل تیز با طول‌موج‌های ۱۰۳۵ تا ۱۱۳۵ نانومتر مشاهده شد. معلوم شد خاستگاه چهار قله که PL۱ تا PL۴ نامیده شدند مرکز NV نیست بلکه نقص دیگری معروف به تهی‌جای دوتایی، یعنی نبود زوج اتم‌های C و Si در جایگاه‌های همسایه، است. دو قله‌ی دیگر PL۵ و PL۶ پیش از این آشکار نشده بودند و نقص‌هائی که خاستگاه آنان است شناسایی نشده‌اند.

چه‌گونه دو تهی‌جای (یعنی کمی هیچ) را می‌توان کیوبیت انگاشت؟ در واقعا کیوبیت را مجموع اتم‌ها در همسایگیِ تهی‌جای

می‌سازند. الکترون‌هائی که در بلور کامل در بند Si یا C می‌بودند زوج‌ناشده می‌مانند و در تهی‌جای دوتایی جای می‌گزینند. مانند مرکزهای NV، حالت اسپینی این الکترون‌ها و همین‌طور حالت‌های اسپینی نقص‌های هنوز شناسایی‌نشده را می‌توان از راه فلوئورسانی اپتیکی اندازه گرفت و خواند. همان‌طور که شکل ۱ نشان می‌دهد قراردادن SiC تحت تابش میکروموج باعث افزایش زیاد شدت نوررخشانی[7] در بس‌آمدهای تشدیدی اسپین نقص‌ها می‌شود. گرچه سیگنال‌های تشدیدی اسپین در اثر افزایش دما ضعیف می‌شوند، قله‌های متناظر با PL۵ و PL۶ تا K۳۰۰ برجای می‌مانند بنابراین حالت اسپین این نقص‌ها را در دمای اتاق نیز می‌توان خواند.

مانند مراکز NV در الماس، راستای اسپین نقص‌های SiC را هم با روش‌هائی که از تشدید مغناطیسی هسته‌ای به عاریت گرفته شده است می‌توان تغییر داد. شکل ۲ یک نمونه را نشان می‌دهد: پژوهشگران با تپ فروسرخ اسپین‌های یک مجموعه نقص را قطبیده کرده‌اند، با تپ میکروموج همه‌ی اسپین‌های این مجموعه را چرخانده‌اند، و نوسانات در راستاگزینی اسپین را با کاونده‌ی فلوئورسانی آشکار کرده‌اند. با اعمال دنباله تپ‌های پیچیده‌تر آنها نشان دادند که می‌توانند اسپین‌ها را در نمونه‌های خنک‌شده به‌مدت ۱۰۰ میکروثانیه و در دمای اتاق به‌مدت ۴۰ میکروثانیه به‌شکل هم‌دوس کنترل کنند. اگر اسپین نقص‌های SiC را بتوان با همان سرعت که برای مراکز NV در الماس ممکن است وارون کرد (تقریباً یک‌بار در هر نانوثانیه) آن‌گاه هر کیوبیت SiC می‌تواند در دمای اتاق هزارها عمل در محاسبه‌ی کوانتومی را دوام بیاورد.



شکل ۲ – کنترل هم‌دوس: اعمال دنباله تپ‌های (الف) – تپ فروسرخ، سپس تپ میکروموج به زمان τ میکروثانیه و به‌دنبال آن تپ فروسرخ دوم – به نمونه‌ی سیلیسیوم کربید، اسپین نقص‌ها را قطبیده می‌کند، می‌چرخاند، و سپس منجر به گسیل نوردرخشش می‌شود که اطلاعاتی در باره‌ی راستاگزینی نهایی اسپین‌ها دارد. تکرار این دنباله تپ‌ها به ازای τ‌های مختلف داده‌ها (نقاط آبی) و منحنی برازیده (خط سرخ) (ب) را به دست می‌دهند. از نوسان‌های شدت نوردرخشش، P، بر می‌آید که اسپین مجموعه اسپین‌ها به‌شکل هم‌دوس دوران می‌کند. داده‌ها نوسان‌های مربوط به یکی از نقص‌های شناسایی‌نشده‌ی سیلیسیوم‌کربید را نشان می‌دهد [برگرفته از مرجع ۲].

در همه آزمایش‌های تیم پژوهشی، مجموعه‌های نقص نقش داشته‌اند؛ نمونه‌های SiC میلی‌متری حدود ۱۰۰ نقص در هر میکرون مکعب دارد. نکته‌ی حیاتی برای اثبات این که اسپین نقص‌ها را می‌توان به‌صورت کیوبیت به‌کار برد این است که نشان داده شود هر اسپین را می‌توان به تنهایی کنترل کرد. یکی از چالش‌ها به گفته‌ی آوشالوم آشکارکردن گسیل تک فوتون است. در طیف مرئی این کار نسبتاً سرراست است اما برای فروسرخ کار مشکل‌تر است. در این باره پژوهشگران با NIST در بولدر کلرادو آغاز به همکاری کرده‌اند. همچنین برای دست‌یابی به ابزار کوانتومی نیاز است نشان داده شود که درهم‌تافتگی[9] بین کیوبیت‌های متعدد و ادغام آنها با ساختارهای فوتونیک، الکترونیک، و میکرومغناطیسی ممکن است.

این که نقص‌های SiC تابش فروسرخ گسیل می‌کنند در نهایت ممکن است مزیتی مهم باشد. آوشالوم می‌گوید: «معنی‌ش این است که می‌توانید دست‌کاری کوانتومی را در همان ماده‌ئی انجام دهید که تاکنون برای الکترونیک در بس‌آمدهای مخابرات راه دور به‌کار می‌رفته است – و هم‌چنین در دمای اتاق.»

یرگ وراشتروپ[10] (دانشگاه اشتوتگارت، آلمان) که دست‌کاری اسپین تک‌نقص را در الماس آغاز کرد برای نقص‌های SiC کاربردهای بالقوه‌ئی فرای محاسبات کوانتومی می‌بیند. او اشاره می‌کند که این نقص می‌تواند به‌صورت مغناطیس‌سنج فوق‌حساس عمل کند (فیزیکس تودی، اوت ۲۰۱۱، ص ۱۷) وراشتروپ می‌گوید: «می‌توانم روزی را تصور کنم که بلورهای بسیار کوچک سیلیسیوم‌کربید کار تصویرسازی از یاخته‌های و دیگر سیستم‌های زیست‌شناختی را به‌روش تشدید مغناطیسی در مقیاس میکرون و نانومتر انجام دهند. چنین چیزی درها را به روی کاربردهائی علمی باز خواهد کرد که خودش دنیای جدیدی خواهد بود.»

Silicon carbide defects hold promise for device-friendly qubits
Ashley G. Smart

مترجم: نادر حیدری

[1] J. R. Weber et al., Proc Natl. Acad. Sci., USA 107 (2010) 8513.
[2] W. F. Koehl et al., Nature 479 (2011) 84.

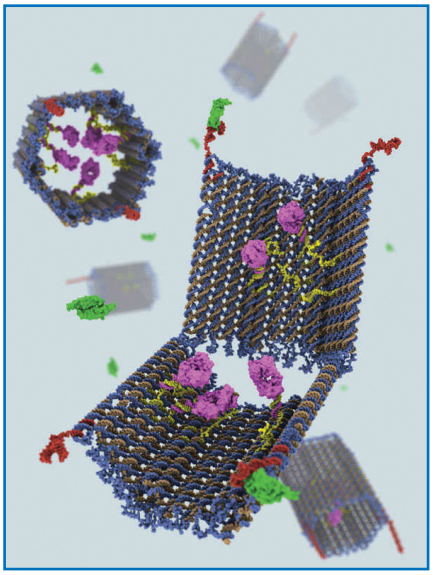
1. NV center
2. vacancy
3. University of California at Santa Barbara
4. David Awschalom
5. Chris Van de Walle
6. long-lived
7. photoluminescence
8. probe
9. entanglement
10. Jörg Wrachtrup

شرایط اشتراک نسخه‌ی چاپی یا الکترونیکِ «فیزیک روز» در وبگاه آمده است.
www.psimag.ir

نانوروبات از جنس دی‌ان‌اِ برای دارورسانی / بِل دومِه[1]

منبع: Phyiscs World (17 February 2012)

پژوهشگران امریکایی بر اساس دی‌ان‌اِ ابزار نانوروباتی جدیدی به‌بار آورده‌اند که می‌تواند «بار» خود را که مثلاً می‌تواند دارو باشد به یاخته‌های زیستی برساند. با این ابزار شاید بتوان روزی پاسخ سیستم ایمنیِ یاخته‌ها برنامه‌ریزی کرد و بیماری‌های مختلف را درمان کرد. نانوروبات که ساخته‌ی شاؤن داگلاس و همکارانش در مؤسسه‌ی ویس برای مهندسیِ ملهم از زیست‌شناسی[2] در دانشگاه هاروارد است، به‌شکل بشکه‌ئی «لولادار» است که باز و بسته می‌شود. ابعاد این ابزار ۴۵×۳۵×۳۵ نانومتر است و می‌تواند بارهای مختلف مانند نانوذرات فلزی را درون خود نگه دارد. نانوروبات را دو «قفل» بسته نگه می‌دارند که به‌صورت آپتامر[3] کدبندی شده‌اند. آپتامر مولکول‌های مصنوعیِ دریافت‌گر نوکلئیک‌اسید هستند که با مولکول‌های خاص مثلاً برخی پادژن‌ها پیوند می‌سازند. هنگامی که این آپتامرها با «کلید»های متشکل از ترکیب صحیح پادژن‌ها در برهم‌کنش قرارگیرند باز می‌شوند و نانوروبات مانند صدف باز می‌شود.



تصویر نانوروبات بسته (سمت چپ) با پروتئینی که به‌صورت بار حمل می‌کند از روبه‌رو: دو قفل دی‌ان‌ا-آپتامر در جلوی نانوروبات آن را از سمت چپ و راست محکم می‌بندند. تصویر نانوروباتی که (سمت راست) در اثر جابه‌جاییِ قفل‌های آپتامری باز شده است: دو حوزه (آبی و نارنجی) را داربست‌های لولایی مقید نگاه می‌دارند. (تصویرها ساخته‌ی کمپل استرانگ، شاؤن داگلاس، و گائل مک‌گیل با استفاده از نرم افزار Molcular Maya و CADNANO).

قفل‌های منطقی

می‌توان با کاربرد همان توالیِ آپتامرها در هر دو قفل، نانوروبات را طوری برنامه‌ریزی کرد که تنها در مواجهه با یک نوع کلید باز شود. امکان دیگر این است که توالی‌های متفاوت آپتامر را در دو قفل کدگذاری کرد تا قفل‌ها دو نوع کلید را تشخیص دهند. در این صورت لازم است هر دو قفل هم‌زمان باز شوند تا ابزار فعال شود. سازوکار قفل‌ها مانند دریچه‌ی وَ منطقی‌ست: پادژن‌های سطح یاخته یا با قفل‌ها پیوند برقرار می‌کنند (صفر منطقی) یا پیوند برقرار نمی‌کنند (یک منطقی).

خود بشکه با «اوریگامیِ دی‌ان‌ا»[4] ساخته می‌شود؛ روشی که در آن با تاکردن رشته‌های دی‌ان‌ا شیءها و اشکال سه‌بُعدی ساخته می‌شود. با این روش تا کنون جعبه‌های نانومتری ساخته شده است که می‌توانند حامل بار باشند و درهاشان می‌توانند قفل شوند و باز شوند.

داگلاس توضیح می‌دهد که «وقتی نانوروبات باز شود بار آن که از لحاظ زیستی فعال است می‌تواند در برهم‌کنش با یاخته‌های نزدیک قرار بگیرد. اگر قفل طوری طراحی شود که در پیوند با پادژن خاصی روی سطح یاخته باز شود این ابزار می‌تواند در آن دسته از یاخته‌هائی که آن پادژن را بیان کرده‌اند فرمان‌های تبادل سیگنال‌های یاخته‌ای را بدهد. در عین حال بارِ این نانوروبات نمی‌تواند با یاخته‌های دیگر (که پادژن را بیان نمی‌کنند) در همان محیط برهم‌کنش داشته باشد.»

فرمان به یاخته‌های سرطانی

این پژوهشگران تا کنون ابزار خود را برای فرمان‌دهی به دو نوع یاخته‌ی سرطانی، یکی مربوط به سرطان خون (لوسمی) و دیگری مربوط به سرطان لنف (لیمفوما) به‌کار برده‌اند. کد فرمان‌ها در تکه‌هائی از پادتن‌ها ذخیره می‌شود. داگلاس می‌گوید: «این فرمان‌ها برای دو نوع سرطان متفاوت بودند و از ترکیب پادتن‌های متفاوت ساخته شده بودند و در هر مورد فرمان این بود که (کلید خودکشی) یاخته زده شود. این ویژگی یاخته‌ها امکان می‌دهد یاخته‌های پیر یا غیرعادی خود را نابود کنند.»

این ابزار نخستین سیستمی‌ست که براساس اوریگامی دی‌ان‌اِ تکه‌های پادتن‌ها را به‌کار می‌برد تا فرمان مولکولی را به یاخته‌ها برساند. چنین چیزی امکان می‌دهد به‌شکلی کنترل‌شده و قابل برنامه‌ریزی پاسخ سیستم ایمنی بدن را بازسازی کرد. جورج چرچ مدیر گروه می‌گوید: «بالاخره در موقعیتی قرار داریم که می‌توانیم از طریق ساختارهای نانومتری پیچیده اما با رفتار قابل پیش‌بینی کارکردهای حس‌گری و محاسبات منطقی را ادغام کنیم. اینها نخستین نمونه‌های هیبرید دی‌ان‌ا، پادتن، آپتامر، و خوشه‌های اتمی فلز هستند که می‌توانند ویژگی‌های یاخته‌های سرطانی را هدف قرار دهند.»

گروه پژوهشی اینک قصد دارد پیش از آزمایش‌های بالینی روی انسان ابزار خود را روی موش‌ها آزمایش کند. چرچ می‌گوید: «کاربردهای این ابزار محدود به درمان‌های هوشمند نیست و شاید در تشخیص بیماری و حتی زمینه‌های غیرپزشکی کاربرد پیدا کند.» این کار پژوهشی در مجله‌ی ساینس[5] گزارش شده است.

DNA nanorobot delivers drugs
Bell Dume

مترجم: نادر حیدری

---

۱. ویراستار عضو هیئت تحریریه‌ی نانوتکنوب دات ارگ.

2. Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering

3. aptamer

4. DNA origami

5. Shawn M. Douglas*, Ido Bachelet*, George M. Church, "A Logic-Gated Nanorobot for Targeted Transport of Molecular Payloads", Science 335, No. 6070 (17 February 2012) 831-834.

نسخه‌ی الکترونیک «فیزیک روز» در وبگاه www.psimag.ir در دسترس است.

گزارش از گروه‌های پژوهشی-آموزشی

گزارش از گروه پژوهشی استاد محمد تقی توسلی

استاد بازنشسته‌ی دانشکده فیزیک دانشگاه تهران

سیما قاسمی

دکتر توسلی به همراه همکاران و دانشجویان تحصیلات تکمیلی در گروه اپتیک دانشگاه تحصیلات تکمیلی در علوم پایه زنجان (زنجان-۱۳۸۶)

در اواخر آبان‌ماه ۱۳۹۰، برای تهیه‌ی گزارشی از گروه تحقیقاتی دکتر محمد تقی توسلی با ایشـان قرار ملاقاتی در دفترشان در دانشکده‌ی فیزیک دانشگاه تهران گذاشـتیم. کارهای پژوهشی دکتر توسـلی مشخصه هائی دارند که ما را بر آن داشـت اولین گزارش پژوهشی-آموزشـی فیزیک روز را از گروه ایشان تهیه کنیم. این مشخصه‌ها عبارتند از: گستردگی در زمینه‌های مختلف اپتیک، محلی‌بودن آنها، جهت‌دار بودن‌شـان در طول چندین سـال با برنامه‌ریزی‌های بلندمدت، اسـتفاده از امکانات پژوهشـی داخلی و طراحیِ بسـیاری از وسایل مورد نیاز در داخل کشـور، کاربردی‌بودن پژوهش‌های تجربی ایشان در صنعت، حل نظری و تجربی مسائل پژوهشیِ هر دانشجو توسط خود دانشجو، نحوه‌ی راهنمایی دانشجوها.

بـرای این‌که دقـت علمی گزارش در زمینه‌ی اپتیک، حفظ شـود از خانم دکتر معصومه دشتدار، استادیار دانشگاه شهید بهشتی که از دانشجویان دکتری سابق دکتر توسلی بوده‌اند نیز کمک گرفته‌ایم. از ایشان برای کمک در مصاحبه و بازخوانی گزارش سپاس‌گزاریم. اطلاعات مربوط به این گزارش مربوط به تاریخ مصاحبه هستند. در همین شماره مقاله‌ئی هم از ایشان داریم که در آن به تفصیل بـه مرور کارهای پژوهشـی خود پرداخته‌اند و در این گـزارش به آن هم ارجاع داده‌ایم. مشروح مصاحبه‌ئی را که برای تهیه‌ی گزارش با ایشان داشتیم در آینده در بخش مصاحبه‌ها در وبگاه مجله قرار خواهیم داد.

فعالیت‌های آموزشی-اجرایی

اسـتاد دکتر محمدتقی توسـلی از سـال ۱۳۵۰ به عضویت رسمی‌هیئت علمی‌دانشکده‌ی فیزیک دانشگاه تهران درآمد و هم اکنون استاد بازنشسته‌ی این دانشکده اسـت و هم‌چنان به کارهای پژوهشی خود مشغول است. او دوره‌های کارشناسـی و کارشناسی ارشد خود را در دانشگاه تهران، زیر نظر دکتر محمود حسابی گذراند. برای ادامه‌ی تحصیل به انگلستان، دانشگاه لندن رفت و در سال ۱۳۵۷ از رسـاله‌ی دکتری خود با عنوان «مطالعه‌ی تشکیل بلورهای نمک‌های قلیائی با میکروسکوپ الکترونی» زیر نظر دکتر میلر دفاع کرد.

از زمان بازگشـت به ایران در ترجمه، ویرایش و انتشـار اولین کتاب‌های فارسی فیزیک در ایران و شکل‌گیری مرکز نشر دانشگاهی شرکت داشته است، هم‌چنین از اعضای اولیه‌ی انجمن فیزیک ایران پس از انقلاب بوده که با همکاری

دیگر فیزیک‌پیشگانی همچون دکتر یوسف ثبوتی و دکتر رضا منصوری توانستند این انجمن را دوباره بعد از سال‌ها فعال کنند. مرکز نشر دانشگاهی از سال ۱۳۶۱ انتشار مجله‌ی فیزیک را آغاز کرد و دکتر توسلی از همان ابتدا عضو هیئت ویراستاران آن مجله به سردبیری و مدیر مسئولی دکتر رضا منصوری بود. این فصل‌نامه که آغازکننده‌ی نوشتار روان فیزیک به زبان فارسی بود در طول نزدیک به سی سال انتشار، کمک زیادی به رشد فیزیک در کشور کرده است.

«ما سلسله مراتب کار علمی در ایران نداریم. جای پژوهشگران پسادکتری و همکاران جوان هیئت علمی در گروه‌های پژوهشی خالی‌ست. ما از دانشجویان دکتری که در سال‌های بالاتر بودند به جای پژوهشگر پسادکتری برای راهنمایی دانشجوهای جدید استفاده می‌کردیم.»

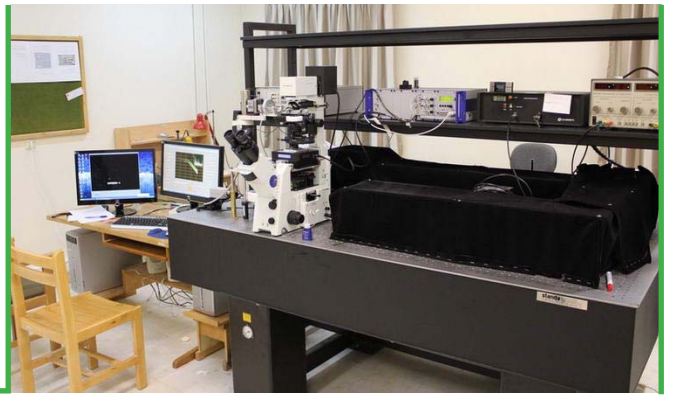
دکتر توسلی در زمان جنگ تحمیلی هم همکاری‌هائی با بخش‌های نظامی‌داشته است و این همکاری او را به این نتیجه رساند که ما در کشور نیاز به شیشه‌ی اپتیکی داریم. او با همکاری دکتر رضا منصوری و حمایت مالی بانک صنعت‌ومعدن در سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۶۵ کارخانه‌ی شیشه‌ی اپتیکی را در کشور به‌راه انداخت که متأسفانه بعد از چند سال به دلایلی تعطیل شد. اولین شیشه‌ی اپتیکی استاندارد و شیشه‌ی عینک (هر دو نوع شیشه‌ی سفید و فوتوکرومیک) در ایران در آن کارخانه تولید شد. او می‌گوید: «تولید شیشه‌ی اپتیکی در کشور اقتصادی نیست، استراتژیک است.» برنامه‌ی دکتر توسلی این بوده است که مرکزی تحقیقاتی بسازد که شیشه‌ی اپتیکی تولید کند و در کنارش کتاب‌خانه و آزمایشگاه هم داشته باشد. با علاقه‌ئی که صنف عینک‌سازان نشان می‌دهد، علاقه‌مند به راه‌اندازی دوره‌های آموزشی برای عینک‌سازان می‌شود. انجمن فیزیک مسئولیت اداری برگزاری این دوره را به عهده می‌گیرد . با دوره‌های یک ماهه شروع می‌کنند و بعد دوره‌های شش ماهه و کم کم دوره‌های دو ساله به‌راه می‌افتد. برنامه‌ی این دوره‌ی کاردانی را شورای عالی انقلاب فرهنگی هم تصویب می‌کند. این دوره کاملا غیر انتفاعی برگزار می‌شد. با هزینه‌ئی که شرکت کنندگان پرداخت می‌کردند، آزمایشگاه تجهیز و حق التدریس به مدرسان دوره پرداخت می‌شد. امور حسابداری دوره بر عهده‌ی انجمن فیزیک ایران بوده است. محل تشکیل کلاس‌ها برای مدتی در ساختمانی متعلق به شرکت مخابرات ایران بود و بعدها اتحادیه‌ی عینک‌سازان ساختمانی به آنها داده است تا آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌ها و کلاس‌ها را آنجا برگزار کنند. او می‌گوید: «مطالعات من نشان می‌داد خیلی کشورها از راه عینک‌سازی به پیشرفت در اپتیک رسیده‌اند. زایس[1] و دیگران همگی عینک ساز بوده‌اند.» به دلیل حمایت و علاقه‌مندی عینک‌سازان کشور، دکتر توسلی در حال برنامه‌ریزی برای راه‌اندازی دوره‌ی کارشناسی بود که متأسفانه بعد از چهار سال در سال ۱۳۸۴ این دوره که تحت نظارت دانشگاه جامع علمی-کاربردی کار می‌کرد تحت فشار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، دانشجو نمی‌پذیرد و دوره متوقف می‌شود. با این استدلال که عینک را باید اپتومتریست‌ها بسازند نه عینک‌سازان!

او ساخت شیشه‌ی اپتیکی در کشور و راه‌اندازی دوره‌های کاردانی عینک سازی را از مهم‌ترین کارهای خود در ایران می‌داند و می‌گوید: «ما بدون هیچ سرمایه گذاری جوان‌ها را مشغول کرده بودیم. دانشگاهی‌ها آزمایشگاه را اداره می‌کردند و ریاضی‌اش را درس می‌دادند. اپتومتریست‌ها، چشم‌پزشک‌ها و شیمی‌دان‌ها مطالب تخصصی مربوط به رشته‌ی خود را درس می‌دادند. تعطیلی این دوره ضربه‌ی مهلکی به توسعه‌ی اپتیک در کشور بود.»

کارهای پژوهشی

از دکتر توسلی درباره‌ی ساختار گروه‌های پژوهشی‌اش در طول سی سال گذشته سؤال کردیم. او می‌گوید: «ما سلسله‌مراتب کار علمی در ایران نداریم. جای پژوهشگران پسادکتری و همکاران جوان هیئت علمی‌در گروه‌های پژوهشی خالی‌ست. ما از دانشجویان دکتری که در سال‌های بالاتر بودند به جای پژوهشگر پسادکتری برای راهنمایی دانشجوهای جدید استفاده می‌کردیم.» روش دکتر توسلی این بوده است که دانشجویان را راهنمایی کلی بکند و برایشان دستگاه سر هم نکند. او باور دارد که باید کار را بر عهده‌ی دانشجو گذاشت، پشت او را خالی نکرد ولی کمک قدم‌به‌قدم هم نکرد تا دانشجو رشد کند. وقتی دانشجو جلو رفت و به مشکل برخورد آن وقت راهنماییش کرد. او باهم‌کارکردن دانشجویان را بسیار تشویق می‌کند و برای دانشجویان کارشناسی ارشد اهمیت خاصی قائل است.

دکتر توسلی می‌گوید: «ما نیاز داریم کسی که از دکتری می‌آید مستقل و خلاق باشد و فقط فرمان‌بر استاد نباشد. بشیند، فکر کند و کار کند و جواب مسئله را پیدا کند.» او می‌گوید این روش را از دکتر حسابی آموخته است. یکی از خصوصیت‌های گروه پژوهشی دکتر توسلی این است که هر دانشجو وظیفه دارد هر دو بخش نظری و تجربی مسئله‌ئی را که به آن مشغول است جلو ببرد.



یکی از آزمایشگاه‌های اپتیک در دانشگاه تحصیلات تکمیلی در علوم پایه زنجان

برای ایجاد فرهنگ کار پژوهشی همواره در گروه سمینارهای منظم برقرار بوده و در سمینارها بحث و جدل کاملاً حرفه‌ای در جریان بوده است. دکتر توسلی به ارتباط بین‌المللی اهمیت زیادی می‌دهد و آن را واجب می‌داند. همواره دانشجویانش را تشویق و حمایت کرده است که در همایش‌های بین‌المللی شرکت کنند و کارشان را ارائه دهند. او چند سال هم با کالج زمستانی مرکز تحقیقات بین المللی فیزیک نظری (آی‌سی‌تی‌پی)[2] در تری‌یسته ایتالیا همکاری داشته است و در این دوره هولوگرافی درس می‌داده است. بخش اپتیک آی‌سی‌تی‌پی آزمایشگاه و کلاس نظری دارد. او می‌گوید: «آی‌سی‌تی‌پی بر ما اثر گذاشت. اغلب، برندگان جایزه‌ی نوبل به آنجا می‌آمدند و کلاس‌ها و سخنرانی‌های خوبی برگزار می‌شد. ما ایده‌ی اغلب کارهای با آزمایش ساده را از آنجا گرفتیم.»

دکتر توسلی تأکید زیادی بر اهمیت اندازه‌گیری برای رشد تحقیقات

اپتیک و صنعت اپتیک دارد. اولین مسائل پژوهشی‌ئی هم که مشغول به حل آنها شده است مربوط به اندازه‌گیری هستند. او می‌گوید: «برای آزمودن قطعات نیاز به دستگاه‌هائی داشتیم که در ایران نبود. خودمان را نباختیم و اعتقاد داشتیم حالا که نداریم نمی‌شود قطعه‌ها را نیازمود، پس باید خودمان دست به کار شویم.» او با این دید نسبت به اهمیت اندازه‌گیری خواص مواد و کیفیت دستگاه‌ها سال‌ها مسائل پژوهشی گروه خود را طرح کرده است و شانزده دانشجوی دکتری و بیش از شصت دانشجوی کارشناسی ارشد در این سال‌ها مشغول کار درباره‌ی این مسائل بوده‌اند و مقاله‌های زیادی در بیست سال گذشته منتشر کرده‌اند.

دانشجویان دکتری تا به امروز

دانشگاه تحصیلات تکمیلی در علوم پایه زنجان: حمیدرضا خالصی‌فرد، محمود حسینی فرزاد، احمد درودی، محمد امیری، آرش ثباتیان، سیف‌اله رسولی، معصومه دشتدار، علیرضا مرادی، رسول عالی‌پور، احسان اخلاقی، احد صابر(مشغول به تحصیل)، صغری اصانلو (مشغول به تحصیل).

دانشگاه تهران: محمد ابوالحسنی، خسرو معدنی‌پور، رضا اسدی، روح‌الله حسینی (مشغول به تحصیل).

مهم‌ترین دست‌آوردهای پژوهشی دکتر توسلی از دید خود او اینهاست:

۱- ره‌یافتی جدید به پراکندگی: با توجه به ره‌یافت جدید به پراکندگی که در این گروه پژوهشی فرمول‌بندی و آزمایش شده است، تصویر در سطوح ناصاف هم تشکیل می‌شود. تشکیل تصویر در سطوح ناصاف در این روش بررسی می‌شود و از این طریق توزیع ناصافی‌های سطح به دست می‌آید . از قدیم می‌دانستند که پراکندگی باعث تعدیل طیف می‌شود، چه نور هم‌دوس باشد چه ناهم‌دوس. اما در این گروه، پراکندگی نور هم‌دوس از سطح ناصاف گسترده را فرمول‌بندی کرده‌اند و مشغول انجام محاسبات برای نور نا هم‌دوس هستند (صفحه‌ی ۲۴ همین شماره). معصومه دشتدار، محمدتقی توسلی، زهرا عبادی، ارشمید نهال(از همکاران در دانشگاه تهران)، صغری اصانلو و تعدادی دانشجوی کارشناسی ارشد در این زمینه کار کرده‌اند.

۲- پراش فرنل از پله‌ی فازی: پراش فرنل به قرن هفدهم بر می‌گردد. پراش فرنل معمول در اثر قراردادن مانع کدر در بخشی از مسیر نور هم‌دوس رخ می‌دهد و فاز در آن تغییر نمی‌کند و به‌همین دلیل کاربرد محدود دارد. پژوهش‌های گروه دکتر توسلی نشان داده است پراش فرنل از پله هم اتفاق می‌افتد. وقتی نور به پله بتابد فاز تغییر ناگهانی می‌کند و باعث ایجاد نقش پراش می‌شود. برای اولین بار در فیزیک، فاز پراش به‌دل‌خواه تغییر داده شد و کاربردهای آن در اندازه گیری پیدا شد. پراش از پله‌ی فازی خیلی دقیق‌تر از تداخل است. دقت اندازه‌گیری در تداخل‌سنجی از مرتبه‌ی دهم طول موج است در حالی که دقت روش پراش از پله‌ی فازی به نانومتر رسیده است (صفحه‌ی ۲۴ همین شماره). با این روش ضخامت لایه‌ی نازک، ضریب شکست، گرادیان دما و تغییر طیف اندازه گرفته شده است. محمدامیری، آرش ثباتیان، رسول عالی‌پور، احد صابر، خسرو حسنی (از همکاران در دانشگاه تهران)، ایمان معدل، رکسانا رضوانی، ارشمید وخرشاد در این زمینه کار کرده‌اند.

۳- تکنیک ماره: برای اولین بار این تکنیک در تلسکوپ‌ها به‌کار گرفته شده و تلاطم جو به‌دقت اندازه‌گیری شده است. طیف و پاشندگی خطوط پهن، جابه‌جایی‌های زیرمیکرونی، توابع انتقال دستگاه‌های نوری از جمله چاپگرها، خواص اپتیکی غیرخطی، پاشندگی مایع در مایع، و بسیاری اندازه‌گیری‌های دیگر با این تکنیک انجام گرفته است(صفحه‌ی ۲۴ همین شماره).

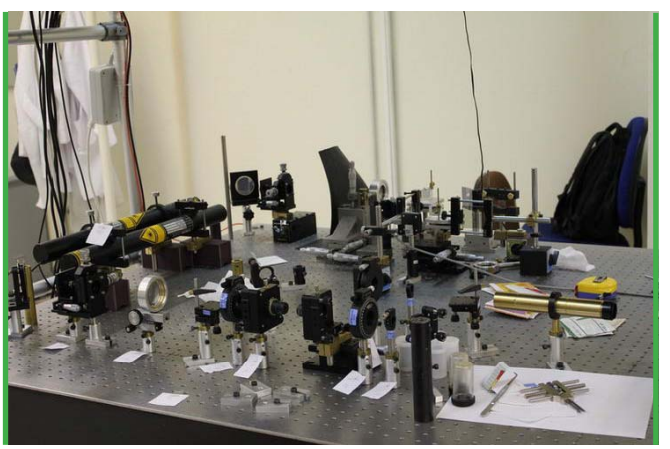
۴- تداخل سنجی: کار قابل توجه در تداخل سنجی ابداع روشی برای بازسازی دو سطح موج مجهول با تحلیل نقش تداخلی آنها در سه بعد بوده است که با همکاری احمد درودی، احسان اخلاقی و چند دانشجوی کارشناسی ارشد انجام گرفته و در حال گسترش است.

دکتر توسلی و دانشجویان‌شان بیشترین آزمایش‌ها را در دانشگاه تحصیلات تکمیلی در علوم پایه‌ی زنجان انجام داده‌اند. دکتر توسلی محیط کاری مناسب در آن دانشگاه را مدیون حضور دکتر ثبوتی می‌داند. او می‌گوید: «من دانشگاه تهران را هم بسیار دوست دارم اما بیشتر برای ارزش تاریخی. اینجا شرایط کاری زیاد فراهم نیست. ولی در دانشگاه تحصیلات تکمیلی زنجان شرایط فراهم بود. امکانات برای کار دانشجو فراهم بود. خرید قطعات و تجهیز آزمایشگاه راحت‌تر بود. دانشجو باید برای انجام کار پژوهشی دغدغه نداشته باشد و حمایت مالی شود که در زنجان می‌شد. فضای آموزشی، آزمایشگاه، کتابخانه و کامپیوتر همه فراهم بود. طوری بود که علی رغم علاقه‌ام به این‌که در دانشگاه تهران کار کنم، دو روز وقت برای رفت‌وآمد می‌گذاشتم و به زنجان می‌رفتم و می‌آمدم.»

در طول مصاحبه آنچه خیلی به‌نظر می‌آمد این بود که همواره با نگاه خاصی که دارد و اهمیتی که به اندازه گیری می‌دهد مسائلی را در اطراف خود پیدا کرده و تبدیل به مسئله‌ی پژوهشی کرده است. بعد قدم به قدم با دانشجویان دکتری آن رو به جلو برده و تا جایی که امکان‌پذیر بوده وسایل مورد نیاز خود را در داخل کشور ساخته است. او می‌گوید: «همواره از کارهائی که می‌کرده‌ام لذت برده‌ام. این‌که این کار مهم است یا نه همیشه در اولویت دوم من بوده است، البته گاهی به ارتقا و دانشجو و اینها هم فکر کرده‌ام . اما این کار را دوست دارم. الان هم که بازنشسته شده‌ام کار می‌کنم. هیچ‌کس برای فروش رمان نمی‌نویسد.»

به‌خاطر سال‌ها فعالیت‌های پژوهشی در زمینه‌ی پراش از پله‌ی فازی، کمیسیون بین المللی اپتیک دکتر توسلی را در سال ۲۰۱۰ میلادی برنده‌ی جایزه‌ی جهانی گالیلئو گالیلئی اعلام کرد.

1. Zeiss
2. International Center for Theoretical Physics



چیدمان تداخل‌سنجی
آزمایشگاه اپتیک در دانشگاه تحصیلات تکمیلی در علوم پایه زنجان

پژوهش‌های جهانی و پژوهش‌های محلی

محمد تقی توسلی
استاد بازنشسته دانشکده فیزیک دانشگاه تهران

دکتر توسلی در حال دریافت جایزه‌ی گالیلئو گالیلئی در مردادماه ۱۳۹۰

۱- مقدمه

موضوع‌هـای پژوهشـی در فیزیک را، به طور عام، به دو دسـته‌ی محض و کاربردی می‌توان تقسـیم کرد. در پژوهش‌های محض، شناخت پدیده‌های ناشـناخته هدف است بدون آن‌که تصور روشـنی از کاربردهای پدیده در نظر باشد. البته این واقعیت را نباید نادیده گرفت که در اغلب موارد برای شناخت پدیده، فناوری جدیدی ابداع می‌شـود که کاربردهای متنوعی پیدا می‌کند و ایـن خود یکی از انگیزه‌های عمده‌ی تحقیقات محض اسـت. در پژوهش‌های کاربردی با اسـتفاده از پدیده‌های شناخته‌شـده و ناشناخته‌ئی که کاربردهای آن قابل پیش‌بینی‌سـت امکان سـاختِ کالا، دستگاه، و ارائه‌ی خدمات هدف تحقیق قرار می‌گیرد. نوع تحقیقات می‌تواند جهانی، ناحیه‌ای و یا محلی باشد و یا چنین به نظر بیاید. برای مثال، گسـترش صنایـع و خدمات مخابرات به تحقیقات کاربردی نیاز دارد. چون محصولات آن در سراسر جهان مشتری دارد برای خیلی‌ها این نوع تحقیق جهانی محسـوب می‌شود. ولی از دید کارکنان شـرکت مخابراتی، چـون تحقیق را برای رفع نیازهای شـرکت و بقای آن در عرصـه‌ی رقابت بین‌المللی انجام می‌دهند، تحقیق محلی به حسـاب می‌آید.

تحقیق محلی برای رفع نیازهـا در محل صورت می‌گیرد. برخی از تحقیقات، مثل تحقیق برای کنترل تغییرات اقلیم، که مسـئله‌ئی جهانی‌ست، باید روی عوامـل محلی انجام بگیرد ولـی پی‌آمدهای جهانـی دارد. این نوع تحقیقات محلی‌جهانی‌اَنـد. تحقیقات محلی بسـیار متنوع هسـتند. بـرای مثال، ایران به‌طور جدی با کم‌بود آب مواجه اسـت. بنابراین، پژوهش درباره‌ی تولید آب، جلوگیری از تبخیر آن، هدایت آب باران به سـفره‌های زیرزمینی، اسـتفاده‌ی بهینه از سفره‌ها، کار درباره‌ی گیاهان مقاوم به کم‌آبی، بهبود روش‌های آبیاری، و کاهـش اتلافِ آب همگی تحقیقات محلی هسـتند که پی‌آمدهای جهانی دارند. برای ما کار درباره‌ی استفاده از انرژی خورشیدی به صورت‌های مختلف، درباره‌ی کاشـی و سـرامیک، درباره‌ی فرش، درباره‌ی خشک‌بار و... تحقیقات محلی محسـوب می‌شـود. بدون تردید تحقیق در ایـن زمینه‌ها علاوه بر آن که باعث رونق اقتصادی، ایجاد اشـتغال، کاهش آلودگی، ارتقاء سطح فناوری، و گسـترشِ فرهنگ علمی در جامعه می‌شـود موضوع‌هایی را پیش می‌آورد کـه اهمیت جهانی خواهد داشـت. اما ازجمله پژوهش‌هـای محلیِ مهم که

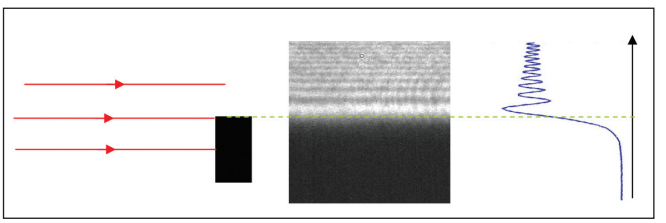
بـا پژوهش‌های جهانی ارتبـاط نزدیک دارد و برای به‌بـارآوردنِ فناوری پویا زیرسـاخت اساسی محسوب می‌شـود پژوهش در سنجه‌شناسی[1] ست. وجود و رعایت اسـتاندارد برای هر نوع کالا، دسـتگاه، و خدمات برای رشـد جامعه زیرسـاخت بنیادی اسـت و از عوامل عمده‌ی رشـد جوامع بشری بوده است. چارلز سـاندرز پیرس[2] از پیش‌گامان فلسـفه و سنجه‌شناسی در آمریکا، علت عمـده‌ی عقب‌افتادگی علمی و فناوری آمریکا نسـبت به اروپـا در اوایل قرن بیستم را کم‌توجهی به سنجه‌شناسی و استاندارد در آمریکا می‌داند[۱].

برای استانداردکردن هر کالائی به اندازه‌گیری نیاز است. دقتِ اندازه‌گیری به نیازها، امکاناتِ موجود، و توقعات جامعه بستگی دارد. هم‌چنین رقابت در عرضه کالاهای مرغوب‌تر الزام می‌آورد که به ارتقاء کیفیت، که همان بالابردنِ سـطح استاندارد است توجه شود. در ضمن به‌یاد بیاوریم که بسیاری از کشف‌های مهم کـه به تعداد قابل‌توجهی جایزه‌ی نوبل منجر شـده به‌دنبال بالابردنِ دقت‌های اندازه‌گیری حاصل شـده است. بنابراین، در هر کشوری و در هر سطحی از علم و فناوری باید به سنجه‌شناسـی و پژوهش درباره‌ی روش‌های اندازه‌گیری توجه خاص شود. با چنین ذهنیتی و آشنایی با اپتیک، در بیست و پنج سال گذشته به‌اتفـاق تعداد قابل ملاحظه‌ئی دانشـجو و همکار در زمینه‌ی سنجه‌شناسـیِ نوری تلاشی هدفمند داشته‌ام. در این مدت، با امکانات قابل دسترس در کشور، روش‌های اندازه‌گیریِ بدیعی ارائه شده و دستگاه‌های متنوعی طراحی و ساخته شـده که شرح اغلب آنها در نشـریات علمی داخل و خارج انعکاس یافته است. برای آنکه احساسـی از نحوه‌ی برخورد با مسـائل سنجه‌شناسی داده باشم، دو اتفـاق را که در اوائل کار رخ داد به‌اجمال شـرح می‌دهم. از ابتدایی‌ترین کارها در سنجه‌شناسـی نوری، اندازه‌گیری ناهمواری‌های سطح فیزیکی‌ست. یکی از راه‌های متداول کاربردِ دو موج تخت است که یکی به سطح نمونه تابانده می‌شود و بازتابیده‌ی آن با موج تخت دیگر تداخل می‌کند و با تحلیل نقش تداخلی آنها در دو بُعد ناهمواری‌های سطح تعیین می‌شود. با امکاناتی که در اختیار داشتیم نمی‌توانستیم موج تخت مرجع بسازیم، خرید وسایل لازم هم ممکن نبود. بعد از مدت‌ها تأمل این فکر شکل گرفت که آیا نمی‌توان با تحلیل نقش تداخل در فضای سه‌بُعدی به‌جای فضای دوبُعدی ساختار دو موج مجهول را مشخص کرد؟ بعد از کار زیاد معلوم شد که این کار شدنی است. رفته‌رفته کار کامل‌تر شد و حالا به‌صورت روشی در آمده است که در آن به موج مرجع معلوم نیاز نیست [مراجع ۲ تا ۴]. همین‌طور زمانی لازم شد با دقت میکرومتر جسمی را به‌طور مکانیکی جابه‌جا کنیم. درآن زمان دستگاه‌هائی بود که کار جابه‌جایی را با دقت۱۰۰nm انجـام می‌داد، ولی ما نداشـتیم و امکان خرید هم نبود. بعد از چند سـال کار و فکر راه جدیدی پیدا شـد که امـکان داد جابه‌جایی مکانیکی با دقت۱۰nm انجام شـود. اطمینان دارم که با ادامه‌ی کار تا چند سال دیگر دقت زیر نانومتر هم ممکن می‌شـود. بخش عمده‌ی کارهای من و همکاران در سنجه‌شناسـی نوری متمرکز اسـت. اما ضمن این کارها با موضوع‌های علمی جالبی نیز مواجه شـدیم که روی آنها یا کار نشده بود یا کم کار شده بود. کار روی این موضوع‌ها علاوه بر دست‌آوردهای علمی قابل‌اعتنا به کاربردهای جدیدی در سنجه‌شناسی منجر شـد که در خور توجه اسـت. این موضوع‌ها که بخـش عمده‌ی کارهای پژوهشی و سنجه‌شناسی مرا شامل می‌شود، تحت سه عنوان ۱-پراش نور از پله ۲-پراکندگی نور از سطوح ناصاف ۳-کاربردهای جدید تکنیک ماره[3]، به‌اجمال در اینجا مرور می‌شود. البته کارهای انجام‌گرفته خارج از این موضوع‌ها نیز قابل‌توجه است ولی مجال مرور آنها نیست.

۲-پراش فرنل از پله‌ی فازی

۲-۱ سابقه

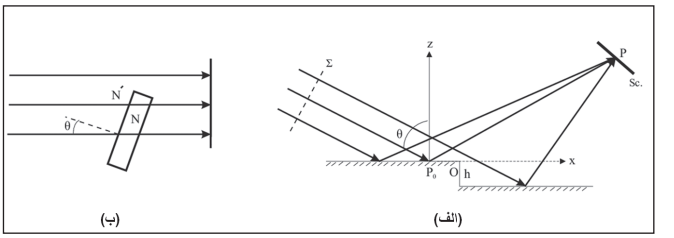
بویل[4] و هوک[5] در قرن هفدهم به تداخل نور در تیغه‌ی نازک شـفاف توجه کردنـد[۵]. اما اسـتفاده از تداخل در سنجه‌شناسـی بعد از آن که مایکلسـون تداخل‌سنج خود را در سال ۱۸۸۱ ساخت آغاز شد[۶]. در تداخل‌سنج ضخامت تیغه به‌اختیار قابل تغییر اسـت. این ویژگی امکان می‌دهد تغییرات کمیت‌های فیزیکیِ قابل‌تبدیل به تغییر طول و یا فاز اندازه‌گیری و مطالعه شود. همین واقعیت باعث شـد کـه اندازه‌گیری‌های متنوع و دقیق با تداخل‌سـنجی صورت بگیرد. گریمالدی[6] نیز در قرن هفدهم پدیده‌ی پراش نور را، حتی کمی جلوتر از تداخل بررسی کرد[۵]. نظریه‌ی مقدماتیِ پراش را در اواخر قرن هفدهم هویگنس[7] ارائه کرد و در قرن نوزدهم کارهای فرنل و کیرشُـف آن را به صورت نظریه‌ی موجی موفقی برای توصیف بسیاری از پدیده های نوری درآورد. بر اساس این نظریه پراش شامل دو بخش عمده‌ی پراش فرنل و پراش فرانهوفر است. در پراش فرانهوفر فاز به طور خطی در فضا تغییر می‌کند و به کمک آن سازوکار دستگاه‌های تصویرساز، مبانی اپتیک فوریه، و طیف‌سـنجی با توری به‌خوبی توصیف می‌شود. اما پراش فرنل کاربردهای بسـیار محدودی دارد، چون فاز در آن به‌طور غیرخطی در فضا تغییر می‌کند. از طرف دیگر، چون در پراشی که تاکنون رایج بوده امکانِ تغییر فاز به‌طور دل‌خواه وجود نداشته از پراش فرنل رایج در سنجه‌شناسی عملاً استفاده نشده است. ولی اخیراً نوع جدیدی از پراش فرنل مطرح و بررسی شده است که در آن می‌تـوان فاز را به‌اختیار تغییـر داد. این نوع پراش کاربردهای متنوعی در سنجه‌شناسی پیدا کرده است و روز به روز هم به کاربردهای آن اضافه می‌شود.



شـکل۱- **نقش پراش و توزیع شـدت روی پرده‌ی عمود بر جهت انتشار برای باریکه‌ی موازی پراشیده از نیم پرده‌ی کدر.**

۲-۲ پراشِ فرنل از پله‌ی فازی

معمولاً پراش وقتی رخ می‌دهد که در مسیر انتشار باریکه‌ی نورِ هم‌دوس مانعی مثلاً شـکاف، روزنه، یا نیم‌پرده‌ی کـدر قرار بگیرد. در اینصورت توزیعِ شدت نور روی پرده‌ی عمود بر امتداد انتشار تغییر می‌کند و نوارهای تاریک و روشنی ظاهر می‌شود که به آن نقش پراش می‌گویند. در واقع این تغییرِ توزیع شـدت در اثر تغییر تندِ دامنه‌ی میدان نور در مرز مانع و میدان رخ می‌دهد و دامنه از مقداری معین به صفر کاهش پیدا می‌کند. در شـکل ۱ نقش پراش و توزیع شـدت روی پرده‌ی عمود بر امتداد انتشار باریکه نوری در اثر برخورد با نیم‌پرده‌ی کدر دیده می‌شود. تغییر تیز دامنه در مرز را می‌توان پله‌ئی در دامنه تصور کرد. مطالعات منسجم سال‌های اخیر نشان می‌دهد که تغییر تند در فاز بخشی از موج نور نیز در پراش نقش دارد که با نظریه‌ی پراش فرنل-کیرشف قابل توصیف است [مراجع ۱۰-۷]. برای ایجاد تغییر تند در فازِ بخشی از موج نور، کافی‌سـت موج را به پله‌ی فیزیکی بتابانیم، شـکل ۲-الـف، و یا آن را از تیغه‌ئی شفاف و غوطه‌ور در شاره‌ی شفاف عبور دهیم، شکل۲-ب.



شکل ۲- **الف) پله‌ی فازی در بازتاب: میان پرتوهای بازتابیده از دو طرف لبه‌ی پله تغییر تند فاز وجود دارد.**
ب) پله‌ی فازی در عبور: میان پرتوهای عبورکرده از دو طرف مرز تیغه و شاره‌ی شفاف تغییر تند فاز وجود دارد.

در این موارد فاز به‌طور پله‌ای تغییر می‌کند، یعنی با پله‌ی فازی مواجه هستیم. در شکل ۳-الف نقش‌های پراش نور از پله‌ی فازی با سه ارتفاع مختلف مشاهده می‌شود. در شکل ۳-ب توزیع‌های شدت متناظر نقش‌های شکل ۳-الف رسم شده است. بررسی‌های نظری و تجربی چهار ویژگیِ بارز به فریزهای پراش نور از پله‌ی فازی نسبت می‌دهد:

الف- نمایانی فریزها با دورشدن از لبه پله کاهش می‌یابد.

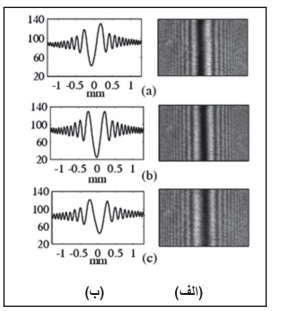
ب- فاصله‌ی فریزها از صفحه‌ی گذرنده از لبه‌ی پله با تغییر ارتفاع پله تغییر می‌کند. این تغییر برای فریزهای متناظر با نقاط نزدیک به لبه‌ی پله چشم‌گیرتر است.

ج- پهنای فریزها به فاصله‌ی چشمه‌ی نور از پله و فاصله‌ی پله تا پرده‌ی مشاهده بستگی دارد و برخلاف پهنای فریزها در تداخل به طبیعتِ تغییر ارتفاع پله و مقدار ارتفاع بستگی ندارد.

د- اگر شدت‌های فرینه‌ی سه فریز درشتِ وسطِ نقش پراش را از چپ به راست با I_{mL} ، I_{mR} ، I_{mM} نشان دهیم و نمایانیِ این سه فریز را با رابطه‌ی

$$V=\frac{\frac{I_{mL}+I_{mR}}{2}-I_{mM}}{\frac{I_{mL}+I_{mR}}{2}+I_{mM}} \qquad (۱)$$

تعریف کنیم، برای مواردی که ضرایب بازتاب دو طرفِ پله با هم برابرند می‌توان نشان داد با تغیر ارتفاع پله در بازه‌ی یک‌چهارم طول‌موج ($\lambda/4$)، مقدارِنمایانی بین صفر و یک تغییر می‌کند. این ویژگی که فقط در فریزهای نقش پراش از پله‌ی فازی دیده می‌شود امکان اندازه‌گیریِ جابه‌جایی با دقت نانومترا فراهم می‌کند. شکل ۴ نمایانی سه فریز مرکزی نقش پراش (رابطه‌ی ۱) را بر حسب اختلاف راه نشان می‌دهد.

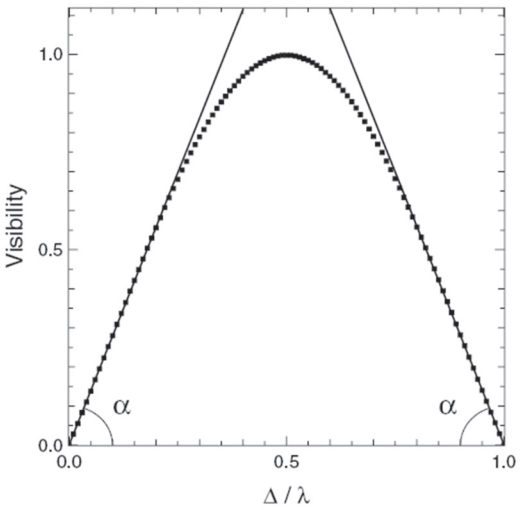


شکل ۳ – **الف) نقش‌های پراش نور لیزر هلیوم-نئون از پله‌ی فازی یک‌بعدی با ارتفاع‌های**

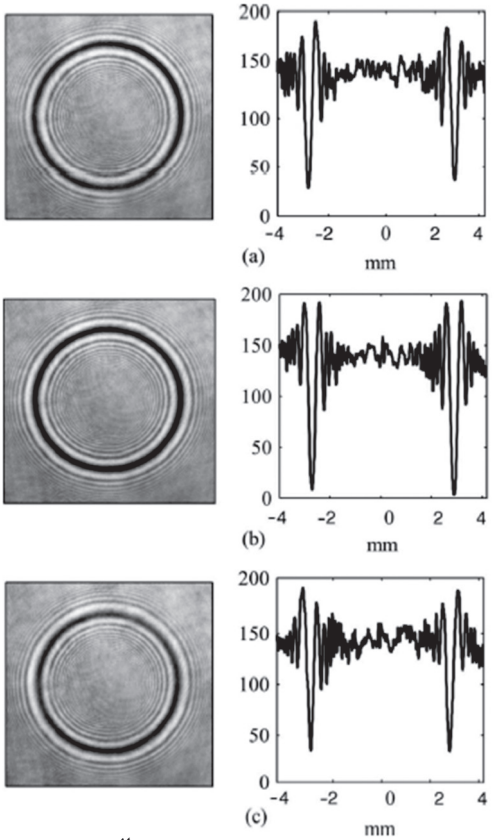
$$(a)\quad h=\frac{\lambda}{8},\quad (b)\quad h=\frac{\lambda}{4},\quad (c)\quad h=\frac{3\lambda}{8}$$

ایجاد شده در آرایش تداخل‌سنج ماخ-زندر
ب) نمایه‌های شدت روی نقش‌ها.

محاسبه‌ی توزیع شدت در نقش پراش نور از پله‌ی فازیِ دوبعدی گرد و مستطیل‌شکل درمرجع ۹ آمده است. چون پله‌ی گرد در اندازه‌گیریِ جابه‌جایی‌های نانومتری به‌کار می‌رود برای آشنایی بیشتر با رفتار این نوع پله نقش‌های پراش نور از آن و توزیع شدت در نقش‌های آنها برای سه ارتفاع متفاوت در شکل ۵ آورده شده است.



شکل۴- **نمودار نمایانی سه فریز مرکزی پراش نور از پله فازی وقتی که اختلاف راه میان صفر تا λ تغییر می‌کند. نمایانی تا فاصله کمی از بیشینه بر دو خط مستقیم منطبق است.**



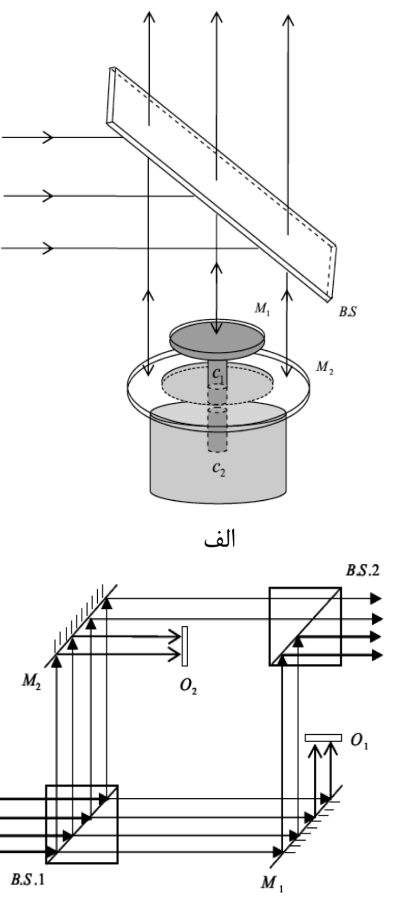
شکل۵-**الف) نقش‌های پراش نور لیزر هلیوم-نئون از پله گرد با ارتفاع‌های**

$$h=\frac{5\lambda}{6}\quad (c)\quad ,\quad h=\frac{\lambda}{2}\quad (b)\ ,\quad h=\frac{5\lambda}{24}\quad (a)$$

ب) نمایه‌های شدت روی هر یک از نقش‌ها.

۲-۳ روش‌های ایجاد پله با ارتفاع تغییرپذیر

چنان‌که قبلاً اشـاره شـد نمایانیِ فریزهای پراش نور از پله، به ارتفاع پله حساس است. بنابراین، تغییرات هر کمیت فیزیکی را که بتوان به تغییر ارتفاع پله تبدیل کرد می‌توان با اندازه‌گیری نمایانیِ فریزها سنجید. ازاین‌رو، به سازوکارهای مناسـب برای تغییردادنِ ارتفاع پله توجه می‌شود. طرح روشی ساده در شکل ۶-الف آمده اسـت. آینه‌ی گرد میانی با قطری کمتر از چند میلی‌متر همراه با آینه‌ی نواریِ درمیان‌گیرنده‌ی خود پله‌ئی گرد می‌سـازند. با جابه‌جایی پایه‌ی آینه‌ی گرد در امتداد قائم ارتفاع پله تغییر می‌کند. در شکل ۶-ب دو نیمه‌ی قرینه از دو آینه‌ی تداخل‌سنج ماخ-زندر با دو ورقه‌ی نازک و کدر پوشانده شده است. در خروجیِ تداخل‌سـنج، نیمه‌ی بازِ یکی از آینه‌ها با تصویر نیمه‌ی بازِ آینه‌ی دیگر پله‌ئی یک‌بعدی می‌سـازد و با جابه‌جاییِ یکی از آینه‌ها ارتفاعِ پله تغییر می‌کند. سازکارهای متفاوتی برای ایجاد پله با ارتفاع و یا اختلاف راه تغییرپذیر می‌تـوان تصور کرد. اگر زاویه‌ی فـرود نور بر یک پله را تغییر دهیم اختلاف راه نوری تغییر خواهد کرد. همین‌طور، تغییر زاویه‌ی فرود نور بر تیغه‌ی شکل ۲-ب باعث تغییر اختلاف راه ناشـی از پله می‌شـود. بنابراین، در پراش فرنل از پله‌ی فازی می‌توان اختلاف راه را به‌اختیار تغییر داد. همین واقعیت افق جدیدی برای استفاده از پراش فرنل باز کرده که در حال گسترش است.



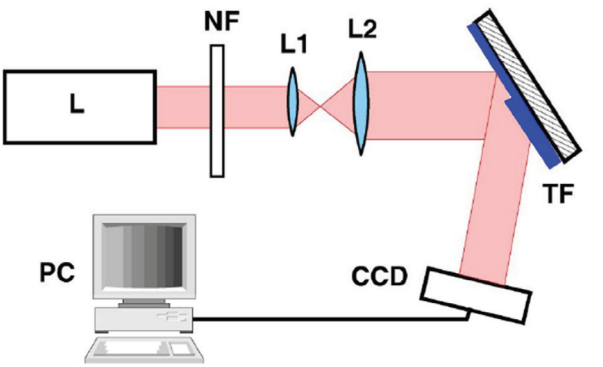
شـکل۶-الف) پلـه گـرد بـا ارتفـاع تغییرپذیـر. با جابه‌جا شـدن پایـه آینه گـرد در امتـداد قائـم، ارتفـاع پلـه‌ای که آینه گـرد با آینـه نواری می‌سـازد تغییـر می‌کند. ب) در تداخل‌سـنج ماخ‌زندر وقتی دو نیمه مکمل دو آینه با دو ورقه کدر بطور متقارن پوشیده شود، در خروجی تداخل‌سنج نیمه باز یک آینه با تصویر نیمه باز آینه دیگر پله یک-بعدی ایجاد می‌کند.

۲-۴ کاربردهای پراش فرنل از پله فازی

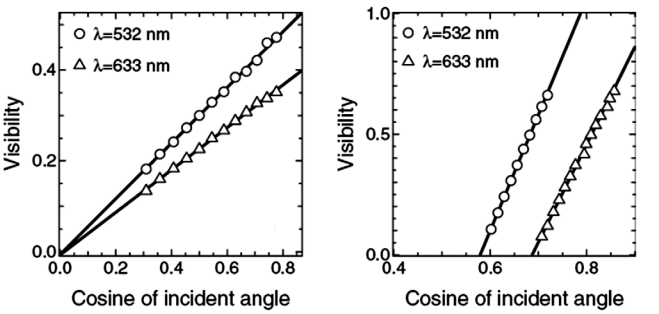
۲-۴-۱ کاربردهای سنجه‌شناسـی: نمودار شـکل ۴ نشان می‌دهد در فرود عمـودی نور بر پله به‌ازای تغییر ارتفاع پله در بـازه‌ی ۰→ $\lambda/4$، نمایانی از صفرتا یک تغییر می‌کند. اگر آشـکارگر بتواند تغییر نمایانی از مرتبه یک صدم را نشـان دهد (آشکارگرهای معمولی از جمله CCD این توان را دارند)، تغییر ارتفاع از مرتبه $\lambda/400$ را می‌توان آشکار کرد. این مقدار برای طول‌موج‌های مرئی از مرتبه‌ی نانومتر اسـت و اندازه‌گیری با این دقت در تداخل‌سـنجیِ متداول امکان‌پذیر نیسـت. آزمایش‌های انجام‌گرفته، که به برخی از آنها اشـاره خواهد شـد، امکان اندازه‌گیری جابه‌جایی با دقت نانومتـر را تأیید می‌کند. طراحی و سـاخت نانومترسنج بر اساس طرح شکل ۶-الف مدتی‌ست در جریان است. در طرح این دسـتگاه چون آینه های گرد و نواری در حجمی کوچک، از مرتبه‌ی چند سـانتیمتر مکعب، جای داده می‌شوند، اثر نوفه‌های مکانیکی در مقایسه با تداخل‌سنج بسیار کم است. به‌علاوه وجود تعداد قابل ملاحظه‌ئی فریز پراش در سـطحی کوچک اطمینان از نتایج اندازه‌گیری را افزایش می‌دهد. چون این نوع نانومترسنج اندازه‌گیری را بر حسب طول‌موج نور عرضه می‌کند نیاز به قالب‌بندی (کالیبراسیون) ندارد. اغلب جابه‌جاگرهای نانومتری نیاز به درجه‌گذاری دارند.

ما تاکنون از پراش فرنـل برای اندازه‌گیری ضخامت لایه‌های نازک[۱۱]، ضریب شکسـت مواد (گاز،مایع و جامد) [۱۲، ۱۳]، توزیع دما در اطراف سیم نازک داغ[۱۴]، تعیین نمایه‌ی ضریب شکست تار نوری[۱۵] استفاده کرده‌ایم و امکان استفاده از آن را برای اندازه‌گیری ضریب پخش مایع در مایع نیز نشان داده‌ایم[۱۰]. این روش بدون تردید کاربردهای فراوان دیگری دارد که به‌تدریج ارائه خواهد شد. اما در اینجا در باره‌ی اندازه‌گیری‌های ضخامت لایه‌های نازک، ضریب شکسـت اجسـام، و تعیین توزیع دما در اطراف اجسام کوچک داغ را به‌اختصـار خواهم گفت. برای اندازه‌گیری ضخامت لایـه‌ی نازک ابتدا لایه‌ی نازک به صورت پله روی زیرلایه نشانده می‌شود. درصورتی که ضرایب بازتاب دو طرف لبه‌ی پله به‌هم نزدیک باشند، پله مستقیماً به کار خواهد رفت. در غیر این‌صورت لایه‌ئی بازتاب‌دهنـده به‌طور یکنواخت روی هر دو طرف لبه‌ی پله نشانده می‌شود. برای اندازه‌گیری، نمونه در آرایشی مطابق شکل ۷ روی سکوی قابل چرخشی سوار می‌شود و نمایانیِ فریزها با تغییر زاویه‌ی فرود اندازه گرفته می‌شـود. البته، داشتن نمایانی در دو زاویه‌ی فرود برای تعیین ضخامت کافی اسـت. ولی اندازه‌گیری در چند زاویه، دقـت و اعتماد به نتیجه را بالا می‌برد. اندازه‌گیری ضخامت لایه‌های نازک با روش‌های تداخل نور متداول اسـت ولی ایـن روش‌ها محدودیت‌های خاص خود را دارند. برای مثال، اگر ضخامت لایه بیش از $\lambda/2$ باشد، مضارب درستی از $\lambda/2$ در اندازه‌گیری با نور تک‌فام به‌راحتی آشکارپذیر نیست. دقت اندازه‌گیری در بهترین شرایط از مرتبه‌ی $\lambda/30$ است. امکان اشـتباه در اندازه‌گیری زیاد است. در حالی که در روش مبتنی بر پراش عملاً محدودیتی در ضخامت لایه نیسـت، دقت اندازه‌گیری از مرتبه‌ی نانومتر اسـت، چون اندازه‌گیری از بـرازشِ نمایانی‌های تجربـی به یک خط محقق می‌شود نتیجه قابل‌اعتمادتر اسـت. برای برازش از دو خطی استفاده می‌شود که در شکل ۴ به منحنیِ نمایانیِ مماس شده‌اند. این خط‌ها در نقاطی که از بیشـینه کمی فاصله دارندکاملاً بر منحنیِ نمایانی منطبقند. باید این را هم اضافه کرد که با تغییر زاویه‌ی فرود همواره می‌توان نمایانی را برای اندازه‌گیری به سمتِ دو خط سوق داد. شکل ۸ نمایانی بر حسب کسینوس زاویه فرود را بـرای دو ضخامت h_1=۵۷ nm و h_2=۴۶۲ nm که با دو طول موج متفاوت

به‌دست آمده نشان می‌دهد. برای جزئیات محاسبه مرجع ۱۱ را ببینید.



شکل۷- **چیدمان آزمایش برای اندازه گیری ضخامت لایه نازک. حروف L، NF، L_1، L_2 و TF به ترتیب نماینده لیزر، پالایه خنثی،عدسی، و فیلم نازک‌اند.**



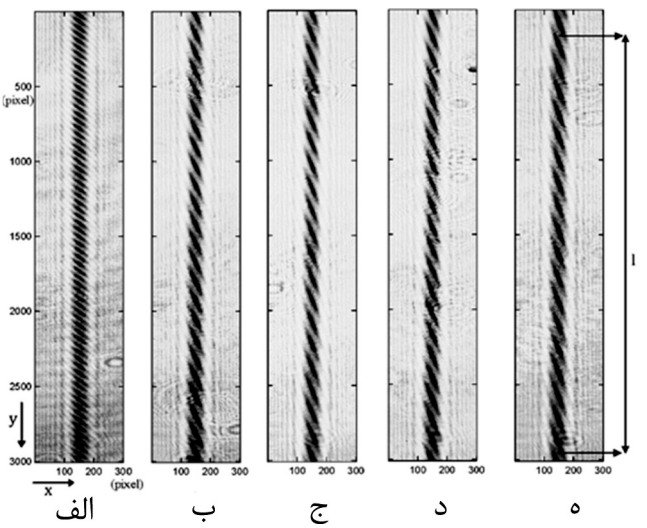
شکل۸- **نمودارهای نمایانی تجربی برحسب زاویه فرود برای لایه هایی با ضخامتهای الف) ۴۶۲nm ب) ۵۷nm که برای دو طول موج به دست آمده‌اند.**

روش اندازه‌گیری ضریب شکست اجسام شفاف با استفاده از پراش فرنل به‌اختصار به‌شرح زیر است. اگر تیغه‌ی شفافی با دو سطح کاملاً موازی و ضریب شکست N در ظرف مکعب‌مستطیل‌شکلی قرار بگیرد که در آن مایع یا گازی با ضریب شکست N' وجود داشته باشد، چنان‌که قبلاً اشاره شد، پله‌ی فازی در مرز تیغه و شاره به‌وجود می‌آید و در اثر تاباندن نور، فریزهای پراش نظیر فریزهای شکل ۳ موازی مرز تیغه و شاره تشکیل می‌شود. در صورتی که دو سطح تیغه با هم زاویه‌ی α بسازند ضخامت پله تغییر می‌کند و اختلاف فاز تابعی دوره‌ای از ارتفاع می‌شود. بنابراین، نمایانیِ فریزها در امتداد پله بطور دوره‌ای تغییر می‌کند. می‌توان نشان داد که دوره‌ی تکرارِ نمایانی، ρ،با زاویه‌ی میان دو سطح تیغه، α ، رابطه‌ی زیر را دارد[۱۲]:

$$\rho = \frac{\lambda}{(N-N')\tan\alpha} \qquad (۲)$$

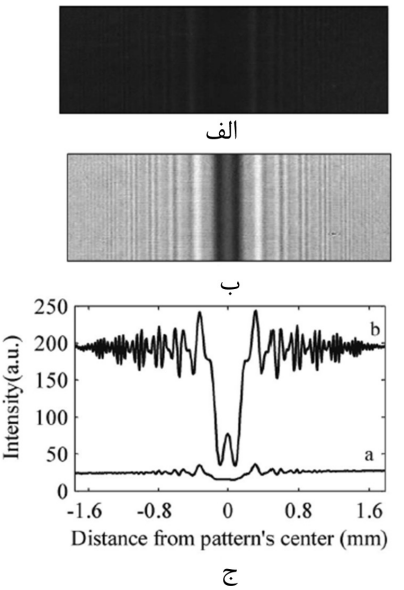
با اندازه‌گیری ρو معلوم بودن N'،α و λ،ضریب شکستN به دست می‌آید.

در شکل ۹ نقش‌های پراشی دیده می‌شود که از تاباندن باریکه‌ی موازی نور به گوه‌ئی از جنس شیشه‌ی BK۷ با زاویه‌ی رأس α =۰/۱۹۸ حاصل شده است که در داخل ظرفی مکعب مستطیل شکل حاوی (الف)هوا، (ب)آب، (ج)استون، (د) و (ه)محلول الکل در آب ۳۰٪ و ۸۰٪ قرار داشته است. با این روش ضمن استفاده از وسائل اپتیکی در دسترس در کشور، ضریب شکست با ۵ رقم بامعنی به‌دست آمده است[۱۲]. مقایسه‌ی این روش با روش معروف و متداول شکست‌سنجِ آبه نشان می دهد که روش جدید دقیق‌تر، کار با آن آسان‌تر، و نتیجه‌ی به‌دست‌آمده قابل اطمینان‌تر است. به‌علاوه، در روش جدید، برخلاف روش شکست‌سنجِ آبه، مهارت آزمایشگر در اندازه‌گیری دخالت ندارد.



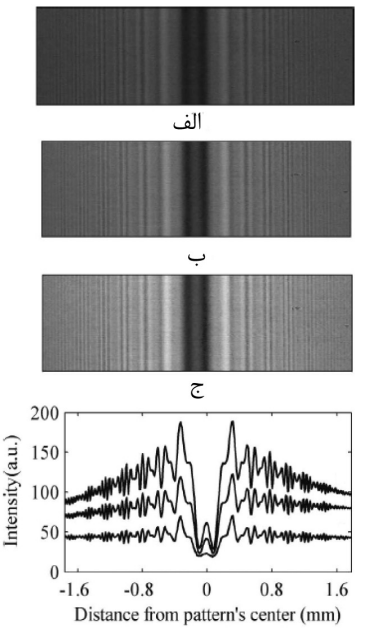
شکل۹- **فریزهای پراش فرنل از گوه‌ای از شیشه BK۷، با زاویه راس α =۰/۱۹۸ در ظرفی مستطیل شکل حاوی الف) هوا، ب) آب، ج) استون، د) و ه) حاوی محلول الکل در آب ۳۰٪ و ۸۰٪**

با استفاده از پراش فرنل روش بدیعی نیز برای اندازه‌گیری توزیع دما در اطراف سیمی نازک و داغ ارائه کرده‌ایم که می‌تواند به موارد مشابه تعمیم پیدا کند[۱۴]. در این روش دو سیم مشابه در دو بازوی تداخل‌سنج ماخ–زندر (شکل ۶–ب) به‌فاصله یکسان از باریکه‌یBS_2 قرار می‌گیرد (البته ماسک‌ها وجود ندارد). وقتی به تداخل‌سنج نور تابانده می‌شود، موج‌های پراشیده از دو سیم در خروجی تداخل‌سنج با هم تداخل می‌کنند. در صورتی که اختلاف فاز میان دو بازو مضرب فردی از πباشد تداخل تخریبی، نور خروجی را حذف می‌کند (شکل ۱۰–الف). اگر یکی از آینه‌ها را به‌قدری جابه‌جا کنیم که فاز به اندازه‌یπ تغییر کند تداخل سازنده، شدت در نقش پراش تک‌سیم را تا چهار برابر تقویت می‌کند (شکل ۱۰–ب). بنابراین، برای تغییر فازπ تغییر شدت قابل‌توجهی داریم. حال اگر با



شکل ۱۰-**الف) وقتی نورهای پراشیده از دو سیم مشابه در بازوهای تداخل‌سنج ماخ‌زندر باهم اختلاف فازی برابر با مضرب فردی از π دارند صفحه تداخل تاریک می‌شود. ب) وقتی اختلاف فاز نسبت به حالت الف به اندازهπ تغییر کند تداخل سازنده شدت را چهار برابر شدت در نقش پراش تک سیم می‌کند. ج) نمایه‌های شدت روی هر یک از نقش‌ها.**

عبوردادنِ جریان از یکی از سیم‌ها آن را داغ کنیم حضور گرادیان دما در اطراف سیم باعث تغییر ضریب شکست هوای اطراف سیم متناسب با دما می‌شود و تغییر شدت در نقش پراش نسبت به حالت ۱۰-الف، توزیع دما در اطراف سیم را مشخص می‌کند. در شکل ۱۱ نقش‌های پراش حاصل از پراش نور از دو سیم در حالت‌هائی نشان داده شده که از یک سیم جریان‌های متفاوت عبور کرده است. شیب‌داربودنِ نمودارهای شدت از وجود گرادیان دما در اطراف یکی از سیم‌ها حکایت دارد.



شکل۱۱- نقش‌های پراش و نمودارهای شدت مربوط به دو سیم در حالت شکل ۱۰-الف وقتی که جریان‌های الف)A ۰/۲۵، ب) A ۰/۳۵، ج)A ۰/۴۵ از یکی از سیم‌ها عبور می‌کند. قطر سیم تنگستنmm ۰/۲۸ بوده است. د) نمایه‌های شدت روی هر یک از نقش‌ها.

گستراندن اندازه‌گیری‌ها با استفاده از پراش فرنل ادامه دارد از جمله اندازه‌گیری‌های جریان، رویه‌نگاریِ سطوح اپتیکی، تعیین ثابت‌های اپتیکیِ مواد، اندازه‌گیریِ نیروهای بسیار کوچک (کمتر از نانونیوتن)، و اندازه‌گیریِ ضریب شکست غیرخطی. این اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که پراش فرنل از پله در سنجه‌شناسی جایگاه مناسبی پیدا می‌کند. دقت زیاد و قابل‌استفاده‌بودن در مقیاس‌های کوچک در مقایسه با تداخل‌سنجی از مزایای عمده‌ی آن است.

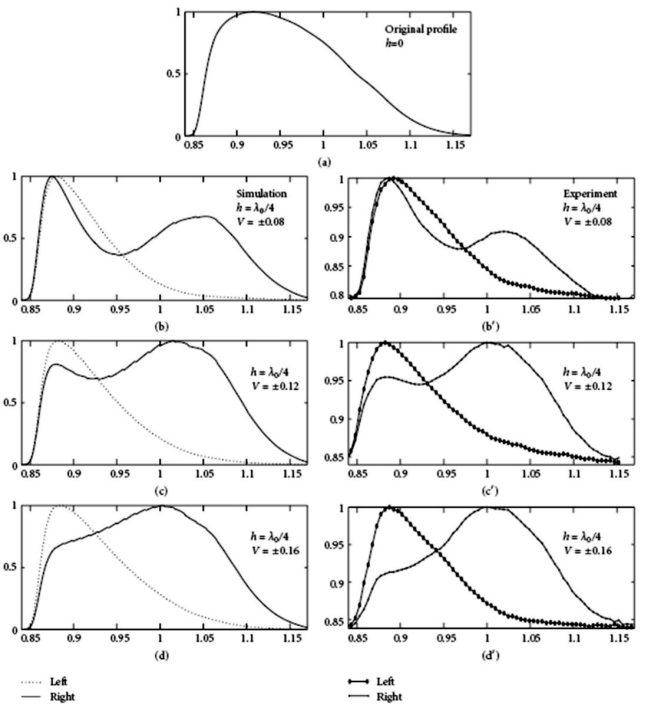
۲-۴-۲ تعدیل طیف نور: تا قبل از ۱۹۸۶ باور براین بود که هر چشمه‌ی نوری طیف خاص خود را دارد که مواد تشکیل‌دهنده‌ی چشمه آن را شکل می‌دهند. در این سال امیل وولف در مقاله‌ئی نشان داد در اثر عواملی نظیر وجود هم‌بستگی در بخش‌هائی از چشمه و انتشار نور در محیط‌هائی که بر نور فازی کاتوره‌ای تحمیل می‌کند، طیف نور دچار تعدیل می‌شود[۱۶ و ۱۷]. از این به‌بعد کارهای نسبتاً زیادی جهت شناسایی عوامل تعدیل‌کننده‌ی طیف صورت گرفت که به برخی از آنها در مرجع ۱۷ اشاره شده است. در سال ۲۰۰۲، باز وولف و همکارانش نشان دادند که در حوالیِ نقطه‌ی کانونی‌شدن موج، به‌خصوص روی محور تقارن موج، نقاط تکینگی وجود دارد که طیف نور در نقاط نزدیک به آنها به طور غیر عادی و شدید تغییر می‌کند و شباهتی به تغییر طیف نور در منشور و توری ندارد[۱۸]. منظور از تکینگیِ فازی جایی‌ست که دامنه‌ی نور برای طول‌موج خاصی صفر می‌شود و فاز نامعین است. تغییر تند طیف در کلیدهای نوری در مخابرات نوری مورد توجه است. اما شدت در اطراف تکینگی‌ها به‌قدری کم است که در عمل قابل‌استفاده نیست. ما که مشغول کار خود بودیم متوجه شدیم که پله‌های فازی تکینگی‌های قابل توجهی ایجاد می‌کنند و طیف آنها به‌راحتی قابل اندازه‌گیری و استفاده است. اگر پله شکل ۲-الف را با نور بس‌فام روشن کنیم خواهیم داشت:

$$I(\lambda) = I_0(\lambda)\left[\cos^2\left(\frac{\varphi}{2}\right) + 2(C_0^2 + S_0^2)\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) - (C_0 \pm S_0)\sin\varphi\right] \quad (۳)$$

چون عبارت داخل کروشه به طول موج بستگی دارد مقدار آن برای طول موج‌های مختلف متفاوت است طیف نور پراشیده تعدیل می‌شود و ضریب تعدیل برابر است با

$$M = \left[\cos^2\left(\frac{\varphi}{2}\right) + 2(C_0^2 + S_0^2)\sin^2\left(\frac{\varphi}{2}\right) - (C_0 \pm S_0)\sin\varphi\right] \quad (۴)$$

ضریب تعدیل M در هر نقطه به مکان نقطه در نقش پراش بستگی دارد. زیرا پارامترهای C_o, S_o به مکان نقطه‌ی مورد نظر نسبت به لبه‌ی پله بستگی دارند (رابطه‌ی ۴). درشکل ۱۲ طیف نور فرودی و شکل‌های تعدیل‌یافته‌ی آن در سه فاصله از لبه‌ی پله که به‌طور تجربی و از طریق شبیه‌سازی به‌دست آمده، نشان داده شده است. مطالعه‌ی تعدیل طیف توسط پله فازی به‌طور نسبتاً گسترده انجام شده است[۱۹، ۲۰، ۲۱]. مخصوصاً، محمد امیری نشان داده است که طیف در زاویه‌ی بروئستر تعدیل می‌شود. هم‌چنین او امکان تغییر پیوسته‌ی طیف در پله‌ی فازی و برخی از کاربردهای آن را مطالعه کرده است[۱۹] و این کار ادامه دارد. کار دیگری که در این مقوله در جریان است طیف‌سنجی با پراش از پله‌ی فازی است. اشاره شد که با تغییر ارتفاع پله، هم نمایانی فریزها و هم فاصله‌ی فریزها از لبه تغییر می‌کند. بنابراین، اگر پله‌ئی قابل تغییر با نور بس‌فام روشن شود با تغییر ارتفاع پله هم در امتداد لبه پله و هم در امتداد عمود بر لبه‌ی پله داده در مورد طیف به‌دست می‌آید. در واقع یک تبدیل فوریه‌ی دوبعدی میان شدت نور بس‌فام و تغییر ارتفاع پله وجود دارد که می‌تواند دقیق‌تر از طیف‌سنجیِ فوریه‌ی یک‌بعدی باشد.



شکل۱۲- طیف چشمه نور فرودی و طیف‌های نورهای پراشیده از نقاط هم‌فاصله از دو طرف لبه پله، برای پله‌ی تجربی و شبیه‌سازی شده.

۳- پراکندگی نور از سطوح ناصاف

۳-۱ سابقه

وقتی نور بر مرز صاف میان دو محیط فرودمی‌آید با نوشتن شرایط مرزی، مطابـق با معادلات ماکسـول، امتدادهای بازتاب و عبـور و هم‌چنین ضرایب بازتاب و عبور از مرز به‌طور کامل مشخص می‌شود. در واقع، میدان‌های ناشی از برهم‌کنش نور با محیط دوم در دو طرف مرز به‌طور دقیق قابل تعیین است. اما اگر مرز میان دو محیط ناصاف باشـد، در حالت عام، نمی‌توان میدان‌ها را مشخص کرد (طبق تعریف، جذر میانگین مربع فاصله‌های پستی و بلندی‌های سـطح مرزی از سـطح صافِ میانگینِ مرزیِ ناصافی گفته می‌شـود). هر چه نسـبت ناصافی به طول موج بزرگ‌تر باشـد سـطح ناصاف‌تر اسـت. دانستن میدان‌ها در دو طرف سـطح ناصاف، که به میدان‌های پراکنده‌شـده معروفند، در بسـیاری از شاخه‌ها، نظیر اپتیک، مخابرات و زیست شناسی اهمیت دارند. از طرف دیگر دانسـتن میزان ناصافیِ سـطح در فناوری حائز اهمیت است. از این رو، از وقتی که رِیلِی به اثر ناصافیِ سطح توجه کرد (سال ۱۸۸۷) تاکنون کارهای نظری و تجربیِ زیادی برای تعیین میدان‌ها و یافتنِ پارامترهای سطح ناصاف انجام گرفته اسـت [۲۴و۲۳]. ره‌یافت‌های نظری را، به‌طور کلی، به دو دسته می‌توان تقسیم کرد. در دسته‌ی اول از نظریه‌ی اختلال استفاده می‌شود. سـطح صاف در این ره‌یافت مرجع گرفته می‌شود و ناصافی به صورت اختلال وارد مدل می‌شود. بدیهی‌ست که با این نوع ره‌یافت فقط برای ناصافی‌های کم می‌توان حرفی زد[۲۵]. نظریه‌های دسـته‌ی دوم بر استفاده از انتگرال فرنل-کیرشـف استوار اسـت. برای اِعمالِ این انتگرال شرایطی لازم است که بسیار محدودیت‌آور می‌شـود[۲۶]. به هر حال، نور پراکنده از سـطوح ناصاف شامل دو بخش هم‌دوس و ناهم‌دوس (پخشـی) است که تلاش برای مشخص‌کردنِ ایـن دو بخش هنـوز هم ادامه دارد. از طرف دیگـر، روش‌های متنوعی برای اندازه‌گیریِ پارامترهای سـطح ناصاف ارائه شـده اسـت. تمـام این روش‌ها محدودیت‌هـای جدی دارند و در گسـتره‌های محدود قابل‌اسـتفاده‌اند[۲۷]. به‌خصوص از پراکندگی نور برای تعیین ناصافیِ سـطح زیاد اسـتفاده شـده اسـت. این روش‌ها برای سـطوحی با ناصافیِ کم رضایت‌بخش‌اند، اما در مورد سـطوحی با ناصافی‌های زیاد کارآیی ندارند. در این موارد از مقایسـه‌ی شدت نور پراکنده از سـطح آزمون با شدت‌های نور پراکنده از سطوح ناصاف مرجع برای تعیین ناصافی استفاده می‌شود. بنابراین، تعیین ناصافیِ سطوح چالشی درجریان است.

اما چگونه پای من به این حوزه باز شـد؟ ضمن مسـافرت های متوالی به دانشـگاه تحصیلات تکمیلی زنجان، در سـاعات مختلف روز و در فصل های مختلف سـال، در ناحیه های مشـخصی از جاده سراب می دیدم. کم کم این تردید در من قوت گرفت که ممکن است تغییر دما علت تشکیل سراب نباشد. به‌تدریج این فکر شکل گرفت که سراب ممکن است تشکیل تصویر در سطوح ناصاف باشـد. از این رو، به‌دنبال ایجاد تصویر در سـطح ناصاف در آزمایشگاه برآمدم و کار را دنبال کردم تا ره‌یافتی نظری و عملی برای تشـکیل تصویر در سطوح ناصاف شـکل گرفت. بعداً ملاحظه شد که این ره‌یافت روشی مناسب برای مطالعه‌ی پراکندگی نور از سـطوح ناصاف و تعیین ناصافیِ سطح است. این ره‌یافت، میدان نور پراکنده‌ی هم‌دوس را به‌درستی مشخص می‌کند، مقدار ناصافی را در گستره‌ئی نسبتاً پهن برای نور مرئی به‌دست می‌دهد، تعدیل طیف در اثـر پراکندگی را فرمول‌بندی می‌کند، و روش‌های مناسـب و کاملاً عملی برای اندازه‌گیری ناصافیِ سـطح فراهم می‌آورد. نتایجی که تا کنون به‌دسـت آمده در شـش مقاله‌ی نسبتاً مفصل انتشـار یافته و کارهای قابل توجهی در جریان است. امید است در آینده‌ی نزدیک میدان پخشی نیز فرمول‌بندی شود و کاربردهـای جدیدی نیز ارائه شـود. در اینجا فرمول‌بنـدیِ ره‌یافت و نتایج به‌دست‌آمده را به‌اختصار شرح می‌دهم.

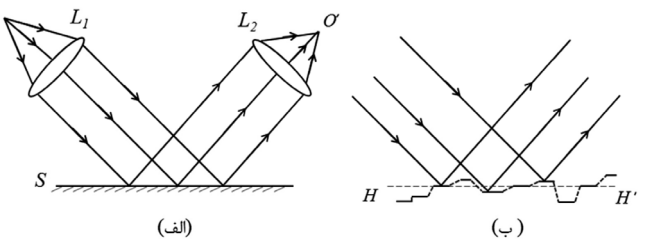
۳-۲ تشکیل تصویر در سطوح ناصاف

در شـکل ۱۳-الف، نور خارج‌شده از شیئیِ نقطه‌ای O' را عدسی L_1 موازی می‌کند و روی سـطح تخت و صاف S می‌فرسـتد. نور پس از بازتاب از سطح S را عدسی L_2 در نقطه‌یِ O' جمع می‌کند. در واقع، O' تصویرشیئیِ O است. اگر فاصله‌ی شیئی زیاد باشد و عدسی L_1 هم در کار نباشد عملا پرتوهای موازی به سطح S می‌رسـد و به‌جای عدسی L_2 هم می‌توان چشم را قرار داد. آنچه برای ایجاد تصویر لازم اسـت حفظ هم‌دوسـی (ارتباط فاز) بین نورهائی است که به نقطه‌ی O می‌رسـند. در این صورت پرتوها تداخل سـازنده خواهند داشـت و نور کم‌تر به اطراف پخش می شـود. حال اگر به جای سـطح صاف S سطح ناصاف قرار دهیم، شکل ۱۳-ب، به‌سبب بازتاب پرتوها از ریزرویه‌های مختلف واقع در ارتفاع‌های متفاوت، همدوسیِ لازم برای تشکیل تصویر از میان می‌رود و شدت نـور در نقطه‌ی O' کم خواهد بود و به اطراف نقطه‌ی O' پخش می‌شـود و ناظر تصویری نمی‌بیند. سـطح تختِ ناصاف را می‌تـوان مجموعه‌ئی از ریزرویه‌های تخـت در نظر گرفت که در فاصله‌های متفاوت از سـطحی میانگین (HH' در شـکل ۱۲-ب) بـا اندازه‌های متفاوت در جهت‌های مختلف توزیع شـده‌اند. در تشـکیل تصویر فقط پرتوهائی که از ریزرویه‌های موازی با سـطح میانگین در امتداد بازتاب آیینه‌ای بازمی‌تابند می‌توانند سهم داشته باشند[۲۸، ۲۹]. اما این پرتوهـا نیز با هم اختلاف راه یا اختلاف فاز دارند. دو پرتوئی که از دو ریزرویه با اختلاف ارتفاع h بازمی‌تابند به اندازه ی $2h\cos\theta$ اختلاف راه دارند که منجر به اختلاف فاز ($4\pi h\cos\theta/\lambda$) می‌شـود. چون تعداد پرتوهای بازتابیده از سطح ناصاف در جهت بازتاب آیینه‌ای بسیار زیاد است و اختلاف فازها برای سطحی که ناصافی آن کاتوره‌ای‌ست، تداخل سازنده را می‌تواند از بین ببرد و تصویر تشکیل نشود. اما این اختلاف فازها در دو حالت $h\to 0$ و $\theta\to\pi/2$ ناچیزَند. حالت اول به سطح صاف و حالت دوم به زاویه‌ی فرود نزدیک به 90^o مربوط است. بنابراین، سـطوح ناصاف در زاویه‌های فرود نزدیک به 90^o مثل آینه عمل می‌کنند. این، توجیه فیزیکیِ تشکیلِ تصویر در سطوح ناصاف است. می توان تابع توزیع ارتفاع ریزرویه‌ها را به شکل زیر فرمول‌بندی کرد [۲۸و۲۹]:

$$p(h) = 2\int_0^{\infty}\sqrt{I_n(f)}\cos(2\pi f h)\,df \qquad (۵)$$

که در آن $f=\frac{2\cos\theta}{\lambda}$ ، θ زاویه‌ی باریکه‌ی موازیِ نور با سـطح تخت اسـت. این رابطه حائز اهمیت است. چون با اندازه گیری شدت نور پراکنده‌ی هم‌دوس بر حسـب کسینوس زاویه‌ی فرود و یا عکس طول‌موج (عدد موج)، توزیع ارتفاع در سطح ناصاف به دست می‌آید که تابع مشخصه‌ی مهمی‌ست. اندازه‌گیری‌های انجام‌شـده در این مورد با هر دو ره‌یافت، تغییر عدد موج و تغییر زاویه‌ی فرود، نتایج دقیق و سـازگاری به‌دست داده است[۲۹، ۳۰]. هم‌چنین اندازه‌گیری‌های انجام‌شـده بر اسـاس رابطه‌ی ۵ نشـان می‌دهد توزیع ارتفاع در سـطوحی که ناصافی‌شان در اثر سایش با پودر ایجاد شده است گاؤسی‌اَند[۲۹و ۳۰]. به‌علاوه، با این ره‌یافت مسئله‌ی تعدیل طیف نورِ پراکنده، که دغدغه‌ی گروهی از محققان

بوده، به‌طور کمی و دقیق توصیف شده است[۲۲، ۳۱]. نشان داده شده که طیف نور پراکنده‌ی هم‌دوس همیشه با انتقال‌به‌سرخ همراه است و پهنای آن باریک‌تر می‌شود. میزان انتقال و کاهش پهنای طیف به ناصافیِ سطح و زاویه‌ی فرود بستگی دارد. طیف نور پراکنده‌ی پخشی، در حضور نور پراکنده‌ی هم‌دوس در زاویه‌های نزدیک به زاویه‌ی بازتاب آینه‌ای با انتقال‌به‌آبی همراه است و در غیاب نور پراکنده‌ی هم‌دوس، دربازتاب آینه‌ای با انتقال‌به‌سرخ همراه است ولی با دورشدن از زاویه‌ی بازتاب آیینه‌ای انتقال‌به‌سرخ رفته‌رفته کم می‌شود[۳۱].



شکل ۱۳- **الف) همدوسی (ارتباط فازی) موجی که از شیء O خارج می‌شود تا رسیدن به نقطه تصویر O' حفظ می‌شود.**
ب) به سبب بازتاب نور از ریزرویه‌هایی که در ارتفاع‌های متفاوت قرار دارند همدوسی نور بازتابیده از سطح ناصاف به هم می‌ریزد. این واقعیت سبب می‌شود که تصویر تشکیل نشود. به عبارت دیگر نورهای همدوس به نقطه O' نرسند و شدت نور پخش شود.

۳-۳ زاویه‌ی فرود آستانه‌ی تشکیل تصویر

برای سطوح با ناصافیِ کاتوره‌ای تابع توزیع ارتفاع گاؤسی‌ست:

$$p(h) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-h^2}{2\sigma^2}\right) \qquad (۶)$$

که در آن σ ناصافی سطح نامیده می‌شود.

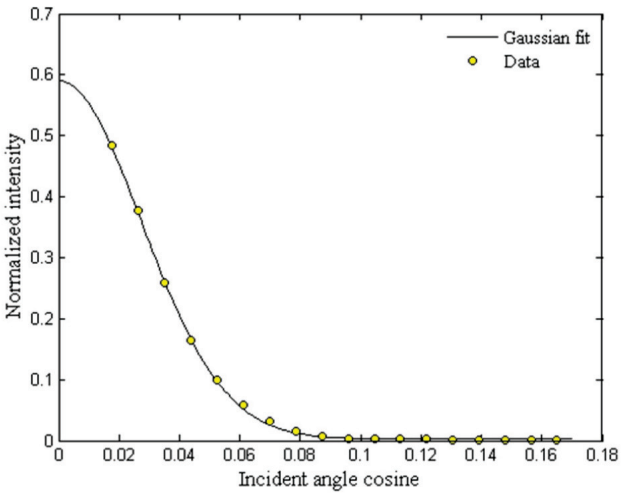
در شکل ۱۴ نمودار تجربی نوعی شدت بهنجار نور پراکنده همدوس $I_n(\theta) = I(\theta)/(I_0 A^2)$، بر حسب کسینوس زاویه فرود رسم شده است. ناصافیِ سطح $\sigma = ۰/۹۱\ \mu m$ و طول‌موجِ نور به‌کاررفته $\lambda = ۴۵۰\ nm$ بوده است. منحنیِ پیوسته، تابع گاؤسی برازش‌شده است. سطح ناصاف، سطح شیشه‌ی جامی بوده که با پودری با اندازه‌ی متوسط دانه ۲۵μm ساییده شده است. نمودار شکل ۱۴ نشان می‌دهد که برای افزایش شدت نور پراکنده‌ی هم‌دوس لازم است زاویه‌ی فرود بزرگ شود. شدت نور پراکنده‌ی هم‌دوس به‌طور نمایی با مربع کسینوس زاویه‌ی فرود کاهش پیدا می‌کند و آهنگ کاهش به ناصافیِ سطح و طول‌موجِ نور بستگی دارد. برای $h = \sqrt{۲ln۲}\,\sigma$ که به‌ازای آن $p(h)$ به نصف مقدار بیشینه کاهش می‌یابد، و زاویه‌ی فرود θ_t که در رابطه‌ی

$$\frac{2\cos\theta_t}{\lambda} = \frac{1}{2\sqrt{2ln2}\,\sigma} \qquad (۷)$$

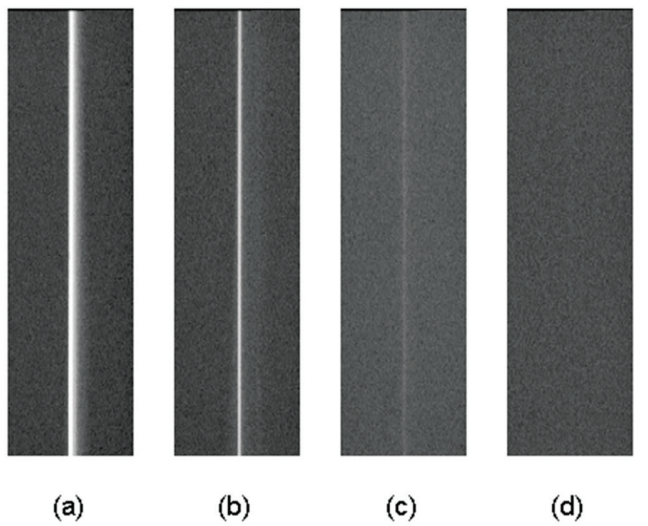
صدق می‌کند، شدتِ نورِ پراکنده‌ی هم‌دوس

$$I_n = \exp\left(\frac{-\pi^2}{2ln2}\right) \qquad (۸)$$

می‌شودکه عملاً ناچیز است. شدتِ به‌دست‌آمده به طور صریح به ناصافیِ سطح، زاویه‌ی فرود، و طول‌موج نور بستگی ندارد. از این رو، زاویه‌ی فرود متناظر با این شدت را زاویه‌ی فرودِ آستانه‌ی تشکیل تصویر می‌نامیم[۳۲]. در عمل، ظهور تصویر به تغییر زاویه‌ی فرود در حوالی θ_t کاملاً حساس است. ناصافی‌هائی که با آشکارکردنِ تصویر و استفاده از رابطه‌ی ۸ معلوم شده است با ناصافی‌های به‌دست‌آمده با روش‌های دیگر به‌خوبی هم‌خوانی دارد. در شکل ۱۵ چهار تصویرِ شکافی باریک آمده است که در آرایش شکل ۱۳جای شیئی گذاشته شده است. این تصویرها در زاویه‌های فرود نور ۸۷°، ۸۴°، ۸۲° مشاهده می‌شوند ولی در زاویه‌ی ۸۲/۷۵° عملاً دیده نمی‌شوند. ناصافیِ سطح σ=۰/۹۱μm بوده است. این آزمایش و آزمایش با سطوح ناصاف دیگر نشان می‌دهد که برای تشکیل تصویر زاویه‌ی فرود آستانه وجود دارد که به ناصافی سطح و طول موج نور بستگی دارد.



شکل ۱۴- **نمودار تجربی شدت بهنجار نور پراکنده همدوس بر حسب کسینوس زاویه فرود، با علامت o o o در نمودار. ناصافی سطح σ=۰/۹۱μm و طول موج نور به کار رفته $\lambda = ۴۵۰\ nm$ بوده است. منحنی پیوسته تابع گوسی برازش شده است.**



شکل ۱۵- **تصویر یک شکاف باریک در سطح ناصاف با ناصافی σ=۰/۹۱μm، در زاویه‌های فرود نور ۸۷°، ۸۴°، ۸۲° و ۸۱/۷۵° .**

۴-۳ تشکیل سراب

باور عمومی در مورد تشکیل سراب این است که وقتی دمای زمین در قسمتی تخت و نسبتاً بزرگ، مثل قطعه‌ئی در کویر یا بزرگ‌راه، از دمای هوای بالای آن بیشتر باشد، ناظرِ شیء ئی نسبتاً دور، تصویر آن را در لایه‌های هوای مجاور زمین مشاهده می‌کند که سراب خوانده می‌شود. تشکیل سراب چنین

توجیه می‌شـود که بخشی از نورهای گسیل‌شده از شـیء از لایه های هوای مجاور زمین که دماهای کم‌تر نسـبت به زمین دارند بازتاب کلی پیدا می‌کند و تصویر شـیء را به وجود می‌آورد (شـکل ۱۶). در چنین پنداشتی فاصله‌ی ناظر تا سـراب به مقدارتغییر دما بسـتگی دارد. برای برآورد فاصله از رابطه‌ی ضریب شکسـتِ هوا و دما [۳۳] و همین طور از قانون اسـنل در بازتاب کلی استفاده می‌کنیم:

$$n(T) = 1.00029 - 10^{-6}T \qquad (۹)$$

$$n(T)sin\theta = n(T + \Delta T) \qquad (۱۰)$$

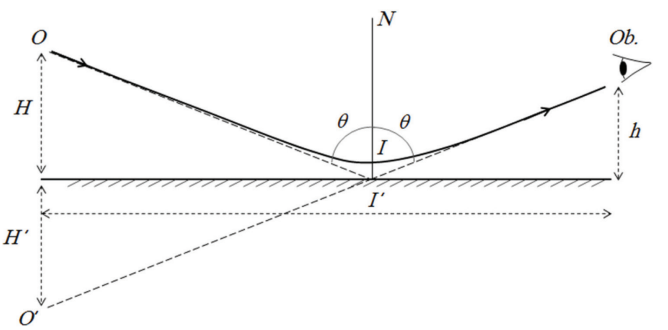
در این روابط $n(T)$ ضریب شکست هوا در دمای T، Θ زاویه فرود نور بر لایه‌ئی با دمای T در نزدیکی شیء، و ΔT تغییر دما ازسطح زمین تا لایه‌ی مجاور شیء است. با جاگذاریِ رابطه‌ی ۹ در رابطه‌ی ۱۰ به رابطه‌ی زیر می‌رسیم:

$$sin\theta = 1 - \frac{10^{-6}\Delta T}{n(T)} \qquad (۱۱)$$

از طـرف دیگر، با توجه به شـکل ۱۶ و پارامترهای داده‌شـده در شـکل می‌توان نوشت:

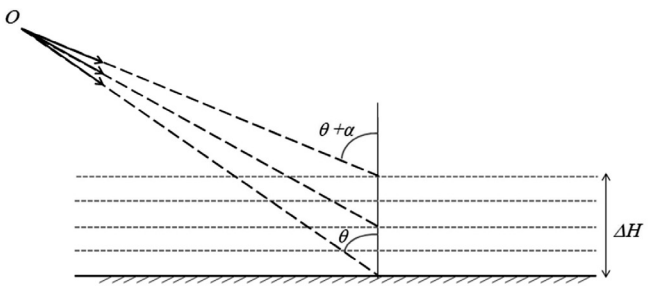
$$sin\theta = \frac{L}{[L^2+(h+H)^2]^{\frac{1}{2}}} \qquad (۱۲)$$

با برابر نهادنِ روابط ۱۱ و ۱۲، فاصله‌ی سـراب تا ناظر بر حسـب تغییر دما، ارتفاع‌های ناظر و شیء، h و H، به‌دست می‌آید. برای $h = H = ۱۵۰\ cm$ تغییـر دمـای لازم جهـت تشـکیل سـراب در فواصـل ۲۰۰ m، ۳۰۰ m، ۴۰۰ m و ۶۰۰ m به ترتیب ۱۱۲°C، ۵۰°C، ۲۸°C و ۱۳°C اسـت. گذشـته از اینکـه آزمایش‌های مـا در کویر دق، نزدیک شهرسـتان بیارجمند از توابع شـاهرود، رابطه‌ی معنی‌داری میان تغییر دما و فاصله‌ی ناظر تا سـراب نشان نداد، به‌روشنی می‌توان نشان داد که تغییر دما مجاور سطح زمین نمی‌تواند به تشکیل سراب بیانجامد.



شـکل ۱۶- **باور عمومی بر این است که علت دیده شدن سراب (تصویر) شیء Oتوسط ناظر در *Ob*. بازتاب کلی نور از لایه های هوای مجاور زمین داغتر از هوا است.**

طبیعی اسـت که تغییر دما در مجاور زمین در بازه‌ی ارتفاعِ پایان‌داری از سطح زمین رخ بدهد. در این صورت ضرایب شکست لایه‌های موجود در این بازه اندکی متفاوت خواهد بود. لایه ی مجاور سـطح زمین کم‌ترین و لایه‌ی نزدیک به شیء یا ناظر بیشترین ضریب شکست را خواهد داشت. بنابراین، پرتوهائی که زاویه‌ی فرود کوچک‌تر دارند از لایه‌های نزدیک به زمین و پرتوهائی که زاویه‌ی فـرود بزرگ‌تر دارند از لایه‌های دورتر ازسـطح زمین بازتاب کلی پیدا می‌کنند (شـکل ۱۷). موج‌هـای متناظر با این پرتوها با هم تداخـل می‌کنند و چون از لایه‌هائی در ارتفاع‌های متفاوت می‌آیند، میان آنها اختلاف فاز وجود دارد. اگر این اختلاف فازها در بازه‌ئی بیش از 2π توزیع شده باشند تداخل سازنده از بین می رود و هم‌دوسیِ لازم جهت تشکیل تصویر خراب می‌شود. برای آن‌که هم‌دوسی به‌طور کامل نابود نشود باید اختلاف راه نوری میان لایه‌های انتهاییِ بازه‌ی ارتفاع، که با ΔH نشان می‌دهیم، از طول‌موج کم‌تر باشد. برای $\lambda = ۶۰۰\ nm$ و زاویه‌ی فرود مربوط به مشـاهده‌ی سراب در ۴۰۰ m، $\theta = ۸۹/۵۷^{\circ}$، پهنای بازه‌ی ارتفاع $\Delta H = ۰/۰۶\ mm$ می‌شود. گنجیدن تغییرات دما در چنین بازه‌ی باریکی مجاور سـطح زمین امکان ندارد. شواهد بسیاری هسـت که بازه‌ی ارتفاعیِ توزیع دما خیلی بیشتر از این مقدار است[۱۴]. اما اگر بپذیریم چنین بازه‌ی باریکی ممکن است، به دلیل مجاورت با سطح زمین، هوای محدود به آن در تلاطم شدید است و لایه‌های پایدار تشکیل نمی‌شود. بنابراین، سراب همان تصویر در سطوح ناصاف در زاویه‌های فرود بزرگ اسـت. اگر زاویه‌ی فرود مربوط به مشاهده‌ی سراب در ۴۰۰ متـری، $\theta = ۸۹/۵۷^{\circ}$ باشـد، ناصافی متناظر آن می‌شـود $\sigma = ۱۷\ \mu m$. بنابراین، چون سطح بزرگراه و کویر ناصافتر از سطح ناصافی‌ست که برای آزمایش ایجاد کردیم سـراب در زاویه‌های فرود بزرگ‌تر و یا فاصله‌های دورتر مشـاهده می‌شـود. به‌این ترتیب ملاحظه می‌شودکه سراب پدیده‌ئی موجی‌ست و توجیه اپتیک هندسی ندارد.



شـکل ۱۷- **پرتوهای خارج شـده از شـیء O به طرف ناحیه‌ای از زمین که در مجاورآن بازتـاب کلی رخ می‌دهد زاویه‌های فرود اندکی متفـاوت دارند. پرتوهایی که زاویه‌های فـرود کوچک‌تر دارند از لایه‌های نزدیک به زمیـن و پرتوهایی که زاویه فرود بزرگ‌تر دارند از لایه‌های دورتر از زمین بازتاب کلی می‌کنند. تداخل نورهای بازتابیده تشکیل تصویر را غیر ممکن می‌کند.**

در شکل ۱۸ عکسِ پنجره‌ئی در انتهای راهروئی همراه با سراب آن در دیوار قائم راهرو نشان داده شده است. فاصله دوربین تا پنجره ۴۰ m و فاصله دوربین تا دیوار ۵۰ cm است. دیوار و هوای راهرو تفاوت دما ندارند. اگر اختلاف دمایی هم بود همرفت هوا در امتداد قائم مانع بازتاب کلی می‌شد. چون دیوار صاف‌تر از بزرگراه یا کویر است، فاصله ناظر تا سراب به کمتر از ۴۰ m کاهش یافته است.

ایـن بخش را می‌توان چنین جمع‌بندی کرد. علی‌رغم این که بیش از صد و بیست سال روی پراکندگی نور از سطوح ناصاف کار شده و مقالات پرشماری انتشار یافته، ره‌یافتِ جدید، تشکیل تصویر در سطوح ناصاف، توانسته تابع توزیع ناصافی را بر حسب شدت نور پراکنده‌ی هم‌دوس ارائه کند، روش‌های مناسبی برای تعیین توزیع ناصافیِ سطح فراهم آورد، و مسئله تعدیل طیف نور پراکنده را فرمول‌بندی کند. از جمله کارهائی که در این زمینه در جریان است تعیین توزیع ناصافی در سطوح خیلی ناصاف با غوطه‌ورکردن سطح ناصاف در مایع با ضریب شکست مناسب، تعیین توزیع مسـاحت ریزرویه‌ها، و ساختن نور ناهم‌دوس با پراکندگی کم از نور هم‌دوس لیزر است که کاربردهای زیادی دارد.

شکل ۱۸- **عکس پنجره ای در انتهای راهرو همراه با سراب آن در دیوار قائم راهرو. فاصله دوربین از پنجره ۴۰ متر و فاصله دوربین از دیوار ۵۰ سانتیمتر است.**

۴-کاربردهای جدید تکنیک ماره

۴-۱ سابقه

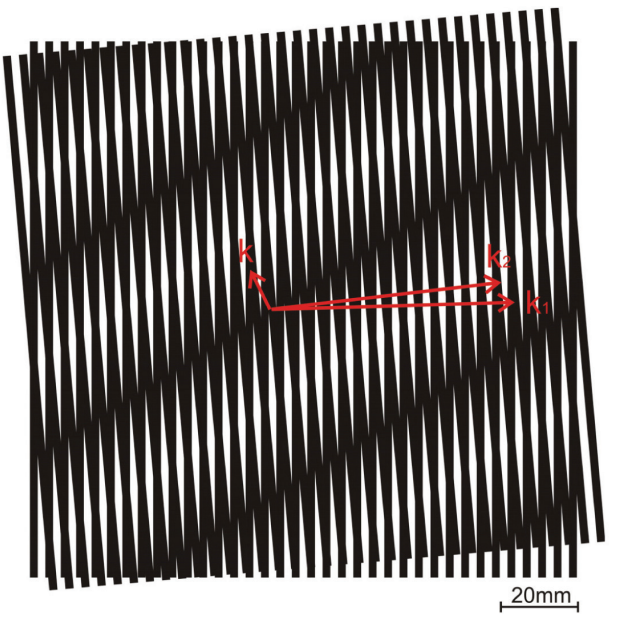
تعریف: اگر ضریب عبور یا ضریب بازتاب روی دو سطح با دوره‌تناوب‌های یک‌سان و یا نزدیک به هم تغییر کند هرگاه دو سطح برهم نهاده شوند، در حالتی که زاویه‌ی میان دو نقش تناوبیِ آنها کوچک است، نقش تناوبی جدیدی با دوره‌تناوب بسیار بزرگ‌تر ظاهر می‌شود که نقش یا فریزهای ماره[۸] نامیده می‌شود.

نقش‌های ماره در چین باستان مورد توجه بوده و بازیگران تئاتر با پوشیدن لباس دولایه‌ی توری‌مانند با نقش‌های تناوبی، هنگام راه‌رفتن نقشهای موارِه متنوع ایجاد میکردند که نظر تماشاگران جلب می‌کرده است. اما بررسی علمی نقش ماره را نخست رِیلِی در سال ۱۸۷۴ انجام داد[۳۴]. او از نقش ماره جهت بررسی عیوب توری‌های پراش استفاده کرد، از آن پس رفته‌رفته از فریزهای موارِه برای اندازه‌گیری‌های مختلف و نمایش برخی پدیده‌ها استفاده شد که شرح آنها در کتاب‌ها و تک‌نگاشت‌های متعدد آمده است[۳۵ و۳۶].

من از زمان تحصیل در دوره دکتری به تکنیک ماره علاقه‌مند شدم. در مقاله‌ئی خواندم برای نشان‌دادن دررفتگی[۱۰] در بلورها، از برهم‌نهادنِ دو بلور نازک، مثل طلا و پالادیوم به‌صورت دو توری استفاده کرده‌اند و نشان داده‌اند که در حوالی دررفتگی‌های بلور، فریزهای ماره گسسته می‌شوند[۳۷]. با مطالعات بیشتر دریافتم که تکنیک ماره ابزار بسیار قدرتمندی برای اندازه‌گیری جابه‌جایی‌های کوچک و تغییرات کوچک زاویه است و می‌توان تغییرات بسیاری از کمیت‌های فیزیکی را به این نوع تغییرات تبدیل کرد. مهم‌تر این که امکانات استفاده از این تکنیک در ایران وجود دارد. بعد از بازگشت به ایران، با مهیاشدن شرایط به‌طور نسبی، به استفاده از تکنیک ماره در زمینه‌های مختلف پرداختم. از طرف دیگر چون به اشاعه‌ی این تکنیک در داخل کشور علاقه‌مند بودم کارهائی در این جهت نیز انجام دادم. نوشتن جزوه در سطوح مختلف، برگزاری کارگاه برای دانش‌آموزان، دانشجویان و دبیران، طراحی و ساخت دستگاه‌های مختلف مبتنی بر تکنیک ماره از جمله‌ی آنهاست. قبل از مرور کارهای پژوهشی در این حوزه لازم می‌دانم مبانی تکنیک ماره را به اختصار ولی با ره‌یافتی نو توصیف کنم.

۴-۲ مبانی تکنیک ماره

در ساده‌ترین شکل، نقش ماره ساختاری تناوبی و خطی است که از برهم‌نهیِ دو ساختارتناوبیِ خطی موسوم به توری حاصل می‌شود. ساختار هر توریِ خطی با گام ثابت را می‌توان با برداری به نام بردار شبکه، $\vec{k}$ ، مشخص کرد که مقدار آن 2π تقسیم بر گام توری‌ست و امتداد آن بر خطوط توری عمود است. جهت آن را طوری انتخاب می‌کنند که زاویه‌ی میان بردارهای شبکه‌ی دو توریِ برهم‌نهاده حاده باشد (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- **برهم‌نهی دو توری با گامهای $q_1 = 2\ mm$ و $q_2 = 2{,}1\ mm$ که خطوط آنها با هم زاویه $\Theta = 5^o$ می‌سازند. در شکل امتدادهای بردارهای شبکه توری‌ها و نقش ماره مشخص شده است.**

ضریب عبور از هر توری خطی را می‌توان با مجموعه توابع هم‌آهنگ با بس‌آمدهای متناسب با بس‌آمد فضایی توری نمایش داد. اما چون دوره‌تناوبِ نقش ماره فقط به تفاضل بس‌آمدهای فضایی هم‌آهنگ‌های اول دو توری بستگی دارد، برای سادگیِ کار، ضرایب عبور دو توری را با توابع کسینوسی نمایش می‌دهیم. به‌عبارت دیگر فقط هم‌آهنگ‌های اول بسط‌ها را نگه می‌داریم:

$$T_1 = \frac{1}{2}\left[1 + v_1 \cos\left(\vec{k}_1.\vec{r} + \varphi_1\right)\right]$$
$$|v_i| < 1 \quad (i = 1,2) \qquad (۱۳)$$
$$T_2 = \frac{1}{2}\left[1 + v_2 \cos\left(\vec{k}_2.\vec{r} + \varphi_2\right)\right]$$

ضریب عبور دو توری برهم‌نهاده برابر خواهد بود با $T = T_1 T_2$ و یا:

$$T = \frac{1}{4}\left[\frac{1}{2} + v_1 \cos\left(\vec{k}_1.\vec{r} + \varphi_1\right)\right] + \frac{1}{4}\left[\frac{1}{2} + v_2 \cos\left(\vec{k}_2.\vec{r} + \varphi_2\right)\right] +$$
$$\frac{v_1 v_2}{8}\cos\left[\left(\vec{k}_2 + \vec{k}_1\right).\vec{r} + (\varphi_2 + \varphi_1)\right] + \frac{v_1 v_2}{8}\cos\left[\left(\vec{k}_2 - \vec{k}_1\right).\vec{r} + (\varphi_2 - \varphi_1)\right] \qquad (۱۴)$$

در رابطه‌ی ۱۴ چهار عبارت با دوره‌تناوب‌های متفاوت وجود دارد که بلندترین دوره به عبارت چهارم تعلق دارد. این جمله را که مشخص کننده‌ی رفتار نقش ماره است به شکل زیر می‌نویسیم:

$$T_m = A\cos\left[(\vec{k}.\vec{r}) + \varphi\right] \qquad (۱۵)$$

که در آن

$$A = \frac{v_1 v_2}{8} \quad , \quad \vec{k} = (\vec{k}_2 - \vec{k}_1) \quad , \quad \varphi = (\varphi_2 - \varphi_1)$$

بردار $\vec{k}$ را بردار شبکه‌ی نقش ماره می‌نامند ومقدار آن، k، بر حسب k_1، k_2 و زاویه‌ی میان خطوط دو توری Θ، چنین می‌شود:

$$k = [k_1^2 + k_2^2 - 2k_1k_2\cos\theta]^{1/2} \qquad (۱۶)$$

که آن را به صورت مفیدتر زیر می‌نویسیم:

$$k = [(k_2 - k_1)^2 + 4k_1k_2\sin^2(\theta/2)]^{1/2} \qquad (۱۷)$$

دوره تناوب نقش ماره، $q_m = \frac{2\pi}{k}$ ، بر حسب دوره‌تناوب‌های دو توری $q_1 = \frac{2\pi}{k_1}$ و $q_2 = \frac{2\pi}{k_2}$ با جای‌گذاری این مقادیر در رابطه‌ی ۱۶ به دست می‌آید:

$$q_m = \frac{q_1 q_2}{[q_1^2 + q_2^2 - 2q_1q_2\cos\theta]^{\frac{1}{2}}} \qquad (۱۸)$$

حالت‌های خاص: (الف) $k_1 = k_2$ و $\Theta \neq 0$ در بسیاری موارد نقش ماره را با برهم‌نهادنِ دو توری هم‌گام با زاویه‌ئی میان خطوط دو توری می‌سازند. در این صورت فریزهای ماره بر نیم‌ساز خطوط دو توری عمود است. برای زاویه‌های کوچک، که بیشتر به‌کار می‌رود، به‌نظر می‌آید که فریزهای ماره بر خطوط دو توری عمود است. در این حالت رابطه‌ی ۱۸ شکل ساده‌ی زیر را پیدا می‌کند:

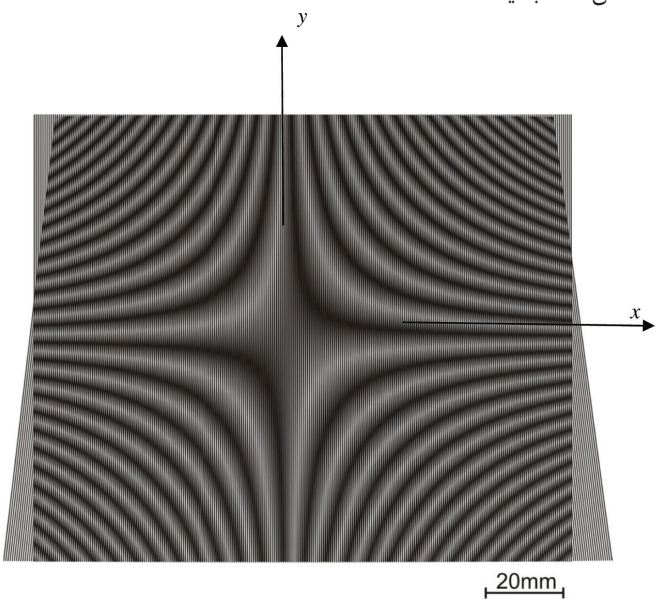
$$q_m = \frac{q}{2\sin(\theta/2)} \cong \frac{q}{\theta} \qquad (۱۹)$$

در چنین حالتی عبارت میان پرانتزهای اول رابطه‌ی ۱۷ وجود ندارد.

(ب) $k_1 \neq k_2$ و $\Theta = 0$ ، از این حالت نیز زیاد استفاده می‌شود. در این حالت فریزهای ماره با خطوط توری‌ها موازی‌اَند. فریزهای ماره در این حالت، عملا، بر فریزهای ماره در حالت (الف) عمودند. در این حالت رابطه‌ی ۱۸ شکل زیر را پیدا می‌کند:

$$q_m = \frac{q_2 q_1}{|q_2 - q_1|} \qquad (۲۰)$$

برای چنین حالتی جمله‌ی دوم رابطه‌ی ۱۷ از بین می‌رود. باید توجه داشت که تکنیک ماره نوعی پدیده‌ی تکینگیِ فاز است. زیرا برای $k = ۰$ ضریبِ عبور و یا بازتاب در مقیاسی بزرگ‌تر از دوره‌ی توری‌ها، تغییر نمی‌کند و فاز در سرتاسر منطقه‌ی برهم‌نهش ثابت و نامعین است. اما وقتی k از مقدار صفر قدری دور می شود، $q_m = \frac{2\pi}{k}$ باتغییرات شدید ظاهر می‌شود. بسته به این‌که این تغییرات ناشی از جمله‌ی اول یا دوم رابطه‌ی ۱۷ باشد فریزهای ماره موازی یا عمود بر خطوط توری می‌شوند. بنابراین، مقدار و جهت فریزهای ماره در حوالی $k = ۰$ تغییرات بسیار تندی دارد. همین حساسیت زیاد به تغییر زاویه و تغییر گام، امکان مطالعه‌ی آن دسته از کمیت‌های فیزیکی را فراهم می‌آورد که تغییرات آنها به تغییر گام و یاتغییر زاویه میان خطوط توری قابل تبدیل هستند. در شکل ۲۰ دو توری خطی، یکی با گام ثابت $q_1 = ۰/۵\ mm$ و دیگری با خطوطی که میان دو خط متوالی آن زاویه‌ی $\alpha = ۰/۰۵^o$ وجود دارد بر هم نهاده شده‌اند. روی محور گام‌های هر دو توری برابرند. نقطه‌ی تقارن نقطه‌ی تکینگی است. در امتداد محور x فقط زاویه‌ی میان خطوط دو توری تغییر می‌کند. هر چه در حوالی محور x از محور y دورتر شویم فریزهای ماره به سمت عمود بر خطوط دو توری بیشتر میل می‌کنند. زاویه در امتداد محور y تغییر ندارد اما تفاوت گام‌ها زیاد می‌شود. از این‌رو، فریزهای ماره به موازی‌شدن با خطوط دو توری میل می‌کنند. برای جهت‌های دیگر هر دو جمله‌ی رابطه‌ی ۱۷ مؤثرَند و امتداد فریزهای ماره در هر ناحیه به وزنِ نسبیِ آنها بستگی دارد. در مناطق دور از نقطه‌ی تکینگی تغییرات فریزهای ماره کم است و فریزها عملا خطی‌اَند. بنابراین، در این نواحی حساسیت به تغییر زاویه و تغییر گام کم است و این نواحی برای اندازه‌گیری‌های حساس مناسب نیست.



شکل ۲۰- **برهم‌نهی دو توری خطی یکی با گام ثابت $q_1 = ۰/۵\ mm$ و دیگری با خطوطی که دو خط متوالی آن با هم زاویه $\alpha = ۰/۰۵^o$ دارند. گام‌های دو توری روی محور x با هم برابرند.**

۳-۴ پدیده‌ی تالبوت

تکنیک ماره در بسیاری موارد با استفاده از پدیده‌ئی همراه است که خودتصویرسازی[۱۱] یا پدیده‌ی تالبوت خوانده می‌شود. تالبوت آن را در اواخر قرن نوزدهم کشف کرد. هر گاه توری خطی را با نور تک‌فام موازی روشن کنیم، در فواصل معینی از توری، که به گام و طول موج نور بستگی دارد، توزیع شدت بلافاصله بعد از توری تکرار می‌شود (شکل ۲۱). فاصله‌ی میان دو مکان تکرار متوالی، فاصله‌ی تالبوت یا خودتصویرسازی گفته می‌شود. با استفاده از انتگرال فرنل-کیرشف این فاصله محاسبه می‌شود و مقدار آن:

$$L = \frac{2q^2}{\lambda} \qquad (۲۱)$$

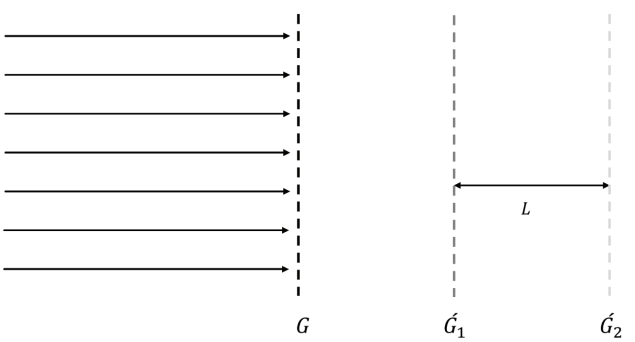
است. حال اگر توری فیزیکی با گامی مساوی و یا نزدیک به گام توری خودتصویرساز در محل یکی از تصویرها قرار بدهیم نقش ماره ظاهر می‌شود. اگر اندازه‌گیری با تکنیک ماره با استفاده از پدیده‌ی تالبوت همراه باشد به آن انحراف‌سنجی ماره[۱۲] می‌گویند و کاربردهای جالبی در اندازه‌گیری انحراف‌های

بسیار کوچک نور دارد. برای رسیدن به شهودی از زاویه‌های قابل اندازه‌گیری، فرض کنید در شکل ۲۲ توری G_2 در فاصله‌ی Nامین تالبوت توریِ G_1 قرار داشته باشد. قبل از انحراف نور، تصویر نقطه‌ی A در نقطه‌ی B از Nامین تصویر از خود است. بعد از ایجاد انحراف در نور، تصویر به نقطه‌ی B منتقل می‌شود. جابه‌جاییِ تصویر به مقدار $BB' = dl$ باعث جابه‌جایی فریزهای ماره به اندازه‌ی dq_m می‌شود که با تناسب زیر به dl ربط پیدا می‌کند:

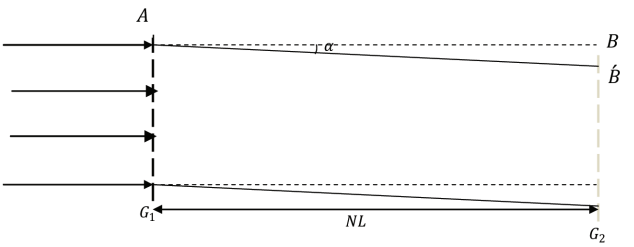
$$\frac{dq_m}{q_m} = \frac{dl}{q}$$

مطابق شکل، با قرار دادن $dq=\alpha NL$ به دست می‌آید:

$$\alpha = \frac{q}{q_m}\frac{dq_m}{NL} \qquad (۲۱)$$



شکل ۲۱- **هر گاه یک توری خطی با نور موازی و تک‌فام روشن شود در فواصلی موسوم به فاصله تالبوت توزیع شدت بلافاصله بعد از توری تکرار می‌شود.**



شکل ۲۲- **اندازه‌گیری انحراف نور با استفاده از تکنیک انحراف‌سنجی ماره. قبل از انحراف نور تصویر نقطه A در نقطه B از N امین فاصله تالبوت است و بعد از انحراف نور به نقطه B' منتقل می‌شود.**

برای توری با ده خط بر میلی‌متر و $\lambda = ۶۰۰\,nm$، $N=۵$، $dq_m = ۱\,mm$ به دست می‌آید $\alpha \cong ۶\times ۱۰^{-۵}\,rad$ که از مرتبه‌ی ثانیه است. البته در گزارش‌ها اندازه گیری زاویه‌های بسیار کوچک‌تر نیز آمده است. هر عامل فیزیکی، نظیر تغییر دما، تغییر غلظت، تغییر ضخامتِ محیطِ شفاف می‌تواند باعث انحراف نور شود. این نوع تغییرات با دقت زیاد با انحراف‌سنجی موارد قابل اندازه‌گیری است.

پدیده‌های فیزیکی به دو صورت روی نقش ماره تأثیر می‌گذارند و یا شکل و فاصله‌ی فریزها را تغییر می‌دهند و یا باعث کاهش نمایانی فریزهای ماره می‌شوند. هر دو اثر کاربردهای خاص خود را دارد. ما در کارهای پژوهشی خود از هر دو اثر استفاده کرده‌ایم. در اندازه‌گیری ضریب پخش مایع در مایع [۳۸]، در اندازه‌گیری تلاطم جو [۴۰ و۳۹] و اندازه گیری جذب نانوذرات در عدسی گرمایی[۱۳] [۴۱] از تغییر شکل فریزهای ماره استفاده شده است. نکته‌ی قابل ذکر در مورد تلاطم جو این است که ما برای اولین بار در تکنیک ماره از تلسکوپ استفاده کردیم. تلاطم جو در رصد اجرام آسمانی، عکس‌برداری هوایی و ماهواره‌ای حائز اهمیت است و اندازه‌گیری دقیق آن همواره مورد توجه بوده است. برای اندازه‌گیری، توری‌ئی با ابعاد متر و خطوط با فاصله چند میلیمتری را در فاصله حدود ۱۰۰ متر از تلسکوپ قرار دادیم. بعد در صفحه‌ی کانونیِ تلسکوپ،توریِ فیزیکی دیگری با مشخصات نزدیک به مشخصات تصویر توری در تلسکوپ روی تصویر توری گذاشتیم. تغییرات توری تصویر را که از تلاطم جو ناشی می‌شد در تغییرات فریزهای ماره با بزرگ‌نمایی زیاد بررسی کردیم. دقت اندازه‌گیری ده برابر دقت روش‌های دیگر بود. کار به‌تدریج بهتر و دقیق‌تر نیز شد. این کار مورد توجه هیئت تحریریه‌ی خبرنامه‌ی SPIE (جامعه بین المللی مهندسان اپتیک) قرار گرفت و از ما خواستند شرحی از کار برای خبرنامه‌شان تهیه کنیم[۴۲].کار با تلسکوپ باعث شد که به استفاده از تکنیک ماره از فواصل دور فکر کنیم و ارتعاش سازه‌های بزرگ را از راه دور اندازه بگیریم[۴۳]. این روش امکان می‌دهد که حرکت گسل‌ها از راه دور مطالعه شود. به‌بارآوردن روش‌هائی برای اندازه‌گیری ارتعاش پل‌ها، نشستِ مخازن بزرگ، و تغییرشکلِ تاج سدها در جریان است.

در ارتباط با استفاده از تغییر نمایانیِ فریزهای ماره، روشی مناسب برای تعیین شکل خطوط طیفی که پهنای آنها بیشتر از نانومتر است ارائه شد که دقت آن از دقت توری پراش و منشور بیشتر است. هم‌چنین این روش امکان داد که پاشندگیِ محیط برای طیف پهن، نظیر طیف نور سفید، یک‌جا تعیین شود[۴۴]. از تغییر نمایانی فریزهای ماره با تغییر تعداد خطوط توری در واحد طول روش مناسبی برای تعیین توان تفکیک دستگاه‌های اپتیکی، به‌ویژه دستگاه‌های چاپگر ارائه شد که به‌جای معیارنسبتا مبهم <تعداد نقطه در واحد طول> مستقیما تابع انتقال مدولاسیون[۱۴] را می‌دهد[۴۵و۴۶و۴۷]. بر اساس این روش دستگاهی ساخته شد که با آن می‌توان کیفیتِ دستگاه‌های چاپگر را محک زد. در زمینه‌ی استفاده از تکنیک ماره چند دستگاه ساخته شده که به ثبت داخلی رسیده و علت عدم ثبت خارجی آنها نبودن اعتبار و وقت‌گیربودنِ فرآیند ثبت بوده است. از جمله‌ی این دستگاه‌ها، دستگاه شیب‌سنج، دستگاهِ تعیین عیوب شیشه‌ی اتومبیل، دستگاه اندازه‌گیری مدول یانگ است. خوش‌بختانه کار در زمینه‌ی استفاده از تکنیک ماره در جاهای مختلف کشور در جریان است. محمد ابوالحسنی، سیف‌الله رسولی و خسرو معدنی‌پور در این زمینه فعالند و کارهای مستقل و قابل‌توجهی انجام داده و می‌دهند. خود من هم در حال حاضر روی اثرات تغییرات پیوسته پارامترهای توری در نقش ماره در حوالی نقطه‌ی تکینگی کار می‌کنم.

۵ - نتیجه‌گیری

هدف اصلی از ارائه‌ی این گزارش نشان‌دادن این واقعیت بوده است که با امکانات موجود در کشور می‌توان به نوعی از تحقیقات کاربردی پرداخت که علاوه بر رفع برخی از نیازهای علمی و فناوری، داخلی در آن موضوع‌های مستقل و بدیع هم مطرح شود که اهمیت جهانی دارند. تنوع موضوع‌ها و تعداد مقالات انتشاریافته تصادفی‌بودن پیداشدن موضوع‌ها در این زمینه‌ها را نقض می‌کند. بدون تردید بسیاری از موضوع‌هائی که در کشورهای پیشرفته‌ی علمی و صنعتی موضوع‌های تحقیق روز تلقی می‌شوند حاصل ره‌یافت‌هائی از این نوع

است. از طرف دیگر، کارهای انجام‌شده نشان می‌دهد که کاربردی‌نبودن بخش عمده‌ئی از تحقیقات در کشور مشکل ارتباط صنعت و دانشگاه نیست. وقتی در جامعه‌ئی فرهنگ علمی گسترش لازم را نیافته باشد و در صنعت و خدمات به اســتاندارد کالاها توجه جدی نشود نتایج تحقیقات کاربردی نیز در قفسه‌های آزمایشگاه‌های دانشگاه بایگانی می‌شود. بنابراین، رشد فرهنگ علمی در جامعه توجه ســامان‌یافته می‌طلبد. هم‌چنین ضرورت دارد که زیرساخت‌های تبدیل نتایج تحقیق به کالا، دســتگاه و خدمات فراهم شــود. تبدیل نتایج تحقیق به کالا، دســتگاه و خدمات، به همکاریِ تخصص‌های مختلف نیاز دارد و محقق دانشگاه نه وقتش را دارد و نه از عهده‌ی آن برمی‌آید.

در خاتمه از هیئت دبیران مجله به‌خاطر فرصتی که در اختیار من گذاشتند تا بخشــی از تجربه‌هایــم را گزارش کنم صمیمانه ســپاس‌گزارم. همچنین از معصومه دشــتدار، کتایون سماواتی و رســول عالی‌پور که در تهیه گزارش مرا یاری کرده‌اند صمیمانه تشکر می‌کنم.

مراجع

1– R.P. Crease, "Charles Sanders Peirce and the first absolute measurement standard", Physics Today)December 2009(39-44

2- M.T. Tavassoly, A.Darudi, "Reconstruction of interfering wave-fronts by analyzing their interference pattern in three dimensions", Optic communications175 (2000) 43 – 50.

3- A. Darudi, M.T. Tavassoly, "Interferometric specification of lens (single and doublet) parameters", Optics and Lasers in Engineering, Vol. 25 (2001)79- 90.

4- Ehsan A. Akhlaghi, Ahmad Darudi, M. Taghi Tavassoly, "Reconstructing the phase distribution of two interfering wavefronts by analysis of their nonlocalized fringes with an iterative method", Optics ExpressVol. 19, No. 17 (2011) 2356.

5-M. Born, E. Wolf, Principles of Optics 7th Ed. (Cambridge University Press, 1999) p. xxvi.

6- A. A. Michelson, Phil. Mag.(5)13 (1882) 226.

7- M. T. Tavassoly, H. Sahl-loul-bai,M. Salehi, H. R. Khalesifard, "Fresnel diffraction from a step in reflection and transmission", Ir. J. Phys Vol.2,No. 5 (2001)237-246.

8- M. T. Tavassoly, M. Amiri, E. Karimi, H.R Khalesifard, "Spectral modification by line singularity in Fresnel diffraction from 1D phase step", Optics Communication255 (2005), 23-34.

9-M. Amiri, M. T. Tavassoly, "Fresnel diffraction from 1D and 2D phase steps in reflection and transmission modes", Optics Communication272 (2007) 349-361.

10- M. T. Tavassoly, M. Amiri, A. Darudi, R. Alipour, A. Saber, A. R. Moradi, "Optical diffractometry", J. Opt. Soc. Am. A Vol.26, No.3 (2009) 540-547.

11- M. T. Tavassoly, I. M. Haghighi, Kh. Hassani, "Application of Fresnel diffraction from a phase step to the measurement of film thickness", Applied Optics Vol. 48, No. 29(2009) 5497-5501.

12- M. T. Tavassoly, A. Saber, "Optical refractometry based on Fresnel diffraction from a phase wedge"", Optics Letters Vol. 35, No.21 (2010) 3676.

13-A. Sabatyan, M. T. Tavassoly, "Determination of refractive indices of liquids by Fresnel diffraction", Optics & Laser Technology41 (2009), 892- 896.

14-R. Aalipour, M. T. Tavassoly, A. Darudi, "Superimposing the waves diffracted from two similar hot and cold wires provides the temperature profile around the hot one",Applied Optics Vol. 49, No. 22(2010).

15-A. Sabatyan, M. T. Tavassoly, "Application of Fresnel diffraction to nondestructive measurement of the reflective index of optical fibers", Optical Engineering46 (2007) 128001.

16- E. Wolf, Phys. Rev. Lett.56(1986)1370.

17- E. Wolf, F. V. James, "Correlation induced spectral changes", Rep. Prog. Phys.59 (1996) 771- 818.

18- G. Gbur, T. D. Visser, E. Wolf, "Anomalous Behavior of Spectra near Phase singularities of Focused Waves", Phys. Rev. Lett.Vol. 88, No. 1 (2002) 013901- 4.

19- M. Amiri, M. T. Tavassoly, "Spectral anomalies near phase singularities in reflection at Brewster's angle and colored catastrophes", Optics Letters Vol. 33 No. 16 (2008) 1863-1865.

20- M. Amiri, M. T. Tavassoly, H. Dolatkhah, Z. Alirezaei, "Tunable spectral shifts and spectral switches by controllable phase modulation",Optics Express Vol.18, No. 24(2010)25089-101

21- M. T. Tavassoly, M. Dashtdar, M. Amiri, "Spectral modification by diffraction and scattering",Advances in Optical Technology Vol. 2010, Article ID 613728.

23- J. A. Ogilvy, "Wave scattering from rough surfaces", Rep. Prog. Phys.50 (1987) 1553-1608.

24- W. T. Welford, "Optical estimation of statistics of surface roughness from light scattering measurements", Optical and Quantum Electronics9(1977) 269-287

25- F.Gilbert, L.Knopoff, J. Geophys. Res.65(1960)3437-44.

26-M. S. Howe, Proc. R. Soc. A337(1974) 413-33.

27- J. M. Elson, H. E. Bennett, J. M. Bennett,"Scattering from optical surfaces", in Applied Optics and Optical Engineering,Vol.7 (Academic Press, 1979) Ch.7.

28- M. T. Tavassoly, A. Nahal, Z Ebadi, "Image formation in rough surfaces", Optics Communication238(2004) 252-260.

29-M. T. Tavassoly, M. Dashtdar, "Height distribution on a rough plane and specularly scattered light amplitude are Fourier transform pair", Optics Communication281 (2008)2397-2405.

30-M. Dashtdar, M. T. Tavassoly, "Determination of height distribution on a rough interface by measuring the coherently transmitted or reflected light intensity", J. Opt. Soc. Am. A, Vol.26 No.10 (2008) 2509-2517

31- M. Dashtdar, M. T.Tavassoly, "Red-shift and blue-shift in spectra of light coherently and diffusely scattered from random rough interfaces", J. Opt. Soc. Am. A, Vol. 26, No. 10 (2009) 2134-2138.

32- M. Dashtdar, M.T. Tavassoly, "Roughness measurement using threshold angle of image formation", Optical Engineering, Vol 50, Issue 12, doi:10.1117/1.3660297 (2011)

33-E. R.G. Eckert, R. J. Goldstein, Measurement of Heat Transfer(McGraw-Hill, New York, 1975).

34- K. Patorski, Handbook of Moire Fringe Technique(Elsevier, Amsterdam, 1973).

35- O. Kafri, I. Glatt, The Physics of Moire Metrology(John Wiley & Sons, NY, 1989).

36- Guy J. M. Indebetouw, R. Czarnek (Eds.), Selected Papers on Optical Moiré and applications (SPIE Press Book 1992).

37 - D. W. Pashley, J. W. Menter, G. A. Bassett , Nature(London) 179 (1957) 752.

38 -K. Jamshidi Ghaleh, M. T. Tavassoly, N. Mansour, 2004, "Diffusion coefficient measurements of transparent liquid solutions using moire´ deflectometry", J. Phys. D: Appl. Phys.37 (2004) 1-5

39- S. Rasouli , M. T. Tavassoly, "Application of the moiré deflectometry on divergent laser beam to the measurement of the angle of arrival fluctuations and the refractive index structure constant in the turbulent atmosphere", Optics Letters Vol. 33 ,No.9(2008)980-982.

40- S. Rasouli , M. T. Tavassoly, "Application of moiré technique to the measurement of the atmospheric turbulence parameters related to the angle of arrival fluctuations", Optics Letters Vol. 31, No.22 (2006) 3276-3278.

41- S. Rasouli, H. Ghasemi, M. T. Tavassoly, H. R. Khalesifard, "Application of parallel moiré deflectometry and single beam z-scan technique in the measurement of the nonlinear refractive index", Appl. Opt. Vol. 50, No. 16 (2011) 2356-2360.

42- S. Rasouli, M. T. Tavassoly, "Moiré technique improves the measurement of atmospheric turbulence parameters", SPIE Newsroom, 10.1117/21200702.0569.

43- S. Rasouli , M. T.Tavassoly, "Determination of vibration parameters of a large scale structure by measuring the visibility changes on the timeaverage images of a sinusoidal pattern fixed on it", Optical Engineering47 No. 5 (2008).

44- M. T. Tavassoly, M. Abolhassani, "Specification of spectral line shape and multiplex dispersion by self imaging and moiré technique", Optics and Lasers in Engineering Vol. 41, No.5 (2004) 743-753.

45- Kh. Madanipour, M. T. Tavassoly, "Application of moiré technique to the measurement of modulation transfer function (MTF) of printing systems", Optics and Lasers in Engineering Vol. 4, No. 1 (2007) 64-69.

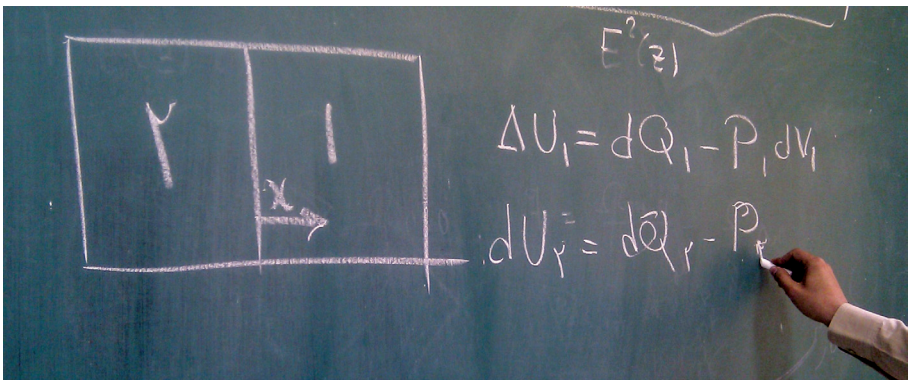
46- Kh. Madanipour, M. T. Tavassoly, "Determination of modulation transfer function of a printer by measuring the autocorrelation of the transmission function of a printed Ronchi grating", Applied Optics Vol. 48, No.4 (2009)725-729.

47- K. Madanipour , M.T. Tavassoly, "Moiré fringes as two-dimensional autocorrelation of transmission function of linear grating and its application to transfer function measurement", Optics and Lasers in Engineering 48(2010)43-47.

1. metrology
2. Charles Sanders Pierce
3. moiré
4. Boyle
5. Hooke
6. Grimaldi
7. Huygens
8. moiré
9. Rayleigh
10. dislocation
11. self-imaging
12. moiré deflectometry
13. thermal lensing
14. modulation transfer function

سؤالی در ترمودینامیک

سامان مقیمی عراقی
دانشکده فیزیک–دانشگاه صنعتی شریف



چکیده:
گاه حین درس‌دادن، متوجه سؤال‌هائی می‌شوم که در ذهن دانشجوها نقش می‌بندد و اذیت‌شان می‌کند. بیشتر اوقات بسیار سخت است که بتوانی این مشکلات را از ذهن دانشجویان بزدایی یا دست کم وضعیت را به نحوی سروسامان دهی که دانشجویان راضی شوند. گاهی هم شده که بتوانی با ارائه‌ی مثالی ساده این مشکل را حل کنی. این مقاله تلاشی‌ست برای این‌که شاید مثال ارائه‌شده مشکلاتی را در درس ترمودینامیک رفع کند. امیدوارم به‌عکس، مشکلی نیافزاید. این مقاله در سه پرده ارائه می‌شود. پرده‌ی اول که کوتاه هم هست، صرفاً برای ورود به ماجرا نوشته شده است. پرده‌ی دوم اصل داستان است. پرده‌ی سوم هم به‌چالش‌کشیدن و دقیق‌کردن نتایجی‌ست که در پرده‌ی دوم ارائه شده و کمی محاسبه دارد. هر چند که سعی کردم تا جای ممکن حجم محاسبه‌ها را کم کنم. بنابراین اگر خیلی فرصت ندارید می‌توانید فقط پرده‌ی دوم را بخوانید.

پرده‌ی اول:

سالن ناهارخوری دانشگاه. دو استاد سر یک میز نشسته‌اند و ناهار می‌خورند.

استاد اول: راستی تو سال پیش ترمودینامیک درس می‌دادی، نه؟

استاد دوم: همین‌طور است، چه‌طور مگر؟

استاد اول: بچه‌ها در قسمت‌های مربوط به بازگشت‌پذیری و بازگشت‌ناپذیری و کلاً قانون دوم ترمودینامیک مشکل دارند. می‌خواستم ببینم سر کلاس تجربه‌ی خاصی داری که به کمک بیاد؟

استاد دوم: کلا بخش پردردسری است. من هم موقع درس‌دادن با سؤال‌های زیادی مواجه شدم. حالا چی شده؟

استاد اول: حقیقتش دیروز گفته بودم که اگر کسی اشکال دارد بیاد به اتاقم. دو تا از بچه‌ها آمده بودند و می‌پرسیدند آیا فرآیندی که در آن گرما مبادله شود و طی آن کل سیستم بازگشت پذیر باشد وجود دارد یا نه. من هم همان موقع مثالی به ذهنم رسید و برایشان مطرح کردم اما به نظرم مثالم می‌لنگد. خواستم با تو هم در میان بگذارم ببینم نظر تو چیست.

استاد دوم: می‌خواهی به طرف دانشکده قدم بزنیم و داستان را دقیق‌تر تعریف کنی؟

استاد اول: خوب است. داستان این جوری بود که ...

دو استاد قدم زنان به سمت دانشکده حرکت می‌کنند و مشغول صحبت می‌شوند.

پرده‌ی دوم:

اتاق استاد اول.صدای در.

استاد: بفرمایید.

دانشجوی ۱: سلام.

دانشجوی ۲: سلام. گفته بودید این ساعت برای رفع اشکال درس ترمودینامیک بیاییم. فرصت دارید؟

استاد: البته. بفرمایید. خوب وقتی آمدید. فقط شما دوتایید؟

دانشجوی ۱: بله.

استاد: خوب. مشکل چیست؟

دانشجوی ۱: استاد. مشکل ما فرآیندهای برگشت‌پذیر است. اصولا ما نمی‌توانیم درک کنیم که چه‌طور در عمل چنین فرآیندهائی در چارچوب ترمودینامیک ممکن است وجود داشته باشد! بگذارید واضح‌تر و با مثال بگویم. برای این‌که ماشین گرمایی بسازیم، چرخه‌های مختلفی را معرفی کردید و گفتید که این‌ها ماشین‌های ایده‌آل هستند و فرآیندهای چرخه‌ها برگشت‌پذیر هستند. دقت کنید گفتید برگشت‌پذیر. اما با این ماشین‌ها مشکلاتی داریم. مثلا همین ماشین کارنو را در نظر بگیرید. دو تا فرآیند بی‌دررو داریم که هیچ گرمائی رد و بدل نمی‌شود. اما مثلاً فرآیند تک‌دمائی که در آن گرما منتقل بشود و هنوز سیستم برگشت‌پذیر باشد، درکش برای ما سخت است.

استاد: چطور؟

دانشجوی ۲: بگذارید من بگویم: مثلا در یکی از قسمت‌های چرخه ما باید به این مخزنِ گاز گرما بدهیم که حجمش زیاد شود، درست؟ اما اگر بخواهیم به این مخزن گرما بدهیم باید آن را کنار یک جسمی بگذاریم که دمایش اندکی بالاتر باشد تا گرما از این جسم گرم‌تر به این جسم سردتر منتقل شود. سر کلاس هم دیدیم که اگر گرما از جسم گرم به سرد منتقل شود حتما آنتروپی زیاد می‌شود و یعنی فرآیند برگشت‌پذیر نیست. البته من جوابی دارم که از دید هر دوی ما خیلی راضی‌کننده نیست، از طرفی عملی هم نیست.

استاد: البته با توجه به این‌که کل سیستم را بسته گرفته‌اید می‌توان نتیجه گرفت که فرآیند برگشت پذیر نیست. وگرنه که در سیستم باز لزوماً افزایش آنتروپی به معنی بازگشت‌ناپذیری نیست. خوب، حالا بگویید آن جوابی که دارید چی هست؟

دانشجوی ۲: استدلال من این است که اگر اختلاف دماییِ جسم گرم‌تر را با گاز مورد نظرمان خیلی کم بگیریم فرایند تقریبا برگشت‌پذیر می‌شود.

دانشجوی ۱: دقت کن. خودت می‌گویی تقریباً. در ضمن من مفهوم تقریباً برگشت‌پذیر را نمی‌فهمم. یا برگشت‌پذیر هست یا نیست! تقریباً یعنی چه؟

استاد: (با خنده): خب راست می‌گوید دیگر. تکلیف را باید مشخص کنی. یا برگشت‌پذیر یا برگشت‌ناپذیر. این وسط که چیز دیگری نداریم.

دانشجوی ۲: درست است. می‌فهمم چه می‌گویید. خوب میزان برگشت‌پذیری برای چنین سیستم بسته‌ئی چیست؟ طبیعتاً میزان افزایش آنتروپی. فرض کنید مقدار گرمای ΔQ را قرار است به این سیستم بدهیم. اختلاف دما را هم ΔT بگیریم. در این صورت آنتروپی گاز به میزان $\Delta Q/T$ زیاد می شود و اگر جسم گرم را هم یک حمام گرمایی در نظر بگیریم که دمایش تغییر نمی‌کند به اندازه‌ی $\Delta Q/(T+\Delta T)$ کم می‌شود که اگر اختلاف دما را کوچک در نظر بگیریم تغییر کل آنتروپی می‌شود $\Delta Q\,\Delta T/T^2$ که بسیار کوچک است.

دانشجوی ۱: یعنی اگر اختلاف دما کم باشد تغییر آنتروپی کل کم است، اما صفر نیست! یعنی برگشت‌پذیر نیست.

دانشجوی ۲: اما تقریبا برگشت‌پذیر است. یعنی در حد این که این اختلاف دمایی صفر شود تغییر آنتروپی صفر می‌شود.

دانشجوی ۱: اما من ایراد دارم به این استدلال. ببینید، این را که تغییر آنتروپی را هر چه‌قدر بخواهید کوچک کنید می‌پذیرم. اما صفر نمی‌توانید بکنید. حد به سمت صفر را هم قبول ندارم. اول این حد به سمت صفر با خود صفر فرق می‌کند. این را از یک مقاله‌ای که به نظرم توفت نوشته بود یاد گرفتم. مثال می‌زد که می‌گفت اگر شما سیبی را گاز بزنید و بعد داخل آن یک نصف کرم بیابید حالتان بد می‌شود که نصف دیگر کرم را خورده‌اید. اگر یک سوم کرم را درون سیب بیابید حالتان بدتر می‌شود، چون معلوم می‌شود که قسمت بیشتری از کرم را خورده‌اید. هر چه قسمت کوچک‌تری از کرم را بیابید وضع بدتر است. می‌توانید قسمت یافت شده را به سمت صفر میل دهید که یعنی تقریبا یک کرم کامل را خورده‌اید. اما اگر سیبی گاز بزنید و درون آن دقیقا هیچ کرمی نیابید مشکلی ندارید. کرمی اصلا در آن نبوده.

غیر از این اگر اختلاف دما را به سمت صفر ببرید من نمی‌توانم قبول کنم که گرما از یکی به یکی دیگر می‌رود. یعنی به نظر من اصلا این فرآیند شکل نمی‌گیرد. من وقتی چنین استدلالی را می‌پذیرم که شما نشان دهید به ازای تفاوت دمای کاملاً صفر می‌توانید در یک جهت از یک سیستم به سیستم دیگر گرما منتقل کنید.

استاد: آفرین! هم مثالت جالب بود و هم استدلالت. البته این مثال این جا کاربرد ندارد و مربوط به حدهای تکین می‌شود، ولی می‌فهمم که چه احساسی داری. نکته‌ات را هم می‌فهمم. من هم پیش‌ترها همین مشکل را داشتم. البته این را باید تأکید کنم که بازگشت‌پذیریِ تحول خود گاز با برگشت‌پذیریِ تحول گاز و محیط اطراف متفاوت است. این همان نکته‌ئی‌ست

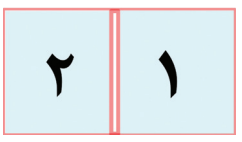
اما مثلاً فرآیند تک‌دمائی که در آن گرما منتقل بشود و هنوز سیستم برگشت‌پذیر باشد، درکش برای ما سخت است.

که در درس هم اشاره کردم. وقتی صحبت از بازگشت‌پذیری می‌کنیم، باید دقیقاً مشخص کنیم سیستمی که در نظر داریم چی‌ست. سیستمی می‌توان یافت که فرآیندی بازگشت‌پذیر را طی کند اما به محض این که سیستم را بزرگ‌تر کنیم و ارتباط‌های گرمایی دیگر را در نظر بگیریم دیگر کل سیستم بازگشت‌پذیر نباشد. چیزی به ذهنم رسید. بگذارید این مشکل را بعداً حل کنیم. الان می‌خواهم ببینم درسم را چه‌قدر خوب یاد گرفته‌اید.

دانشجوی ۱: استاد، ما آمده بودیم که از شما سؤال کنیم نه این که شما از ما امتحان بگیرید!

استاد: البته! ولی چه می‌شود کرد. این جا حرف من برو دارد. حالا بگذارید سؤالم را مطرح کنم.

(پای تخته می‌رود و شکلی می‌کشد)



استاد: ظرفی مانند این شکل در نظر بگیرید که با یک پیستون به دو بخش تقسیم شده است. دو بخش پیستون تعداد مشابهی اتم مشابه دارند. فعلا این پیستون را با دست در جای نشان‌داده‌شده نگه می‌داریم. اگر این پیستون را رها کنیم، نقطه‌ی تعادل کجاست؟ پیش از این که جواب بدهید، بگذارید چند تا فرض هم اضافه کنم. اول این که کل ظرف تک‌افتاده است. یعنی با دنیای اطراف تبادل انرژی ندارد. دوم این که فرض کنید پیستون به راحتی گرما را انتقال می دهد و بنابراین می‌توانیم فرض کنیم که گاز دو طرف

پیستون همواره هم‌دما می‌مانند.

دانشـــجوی ۲: به نظرم جواب بدیهی‌ست. آن‌قدر بدیهی که آدم به شک می‌افتد که چرا این سؤال را پرسیده‌اید.

استاد: و جواب چیست؟

دانشجوی ۲: بنا به تقارن، تعادل جایی‌ست که پیستون درست در وسط ظرف قرار بگیرد.

استاد: آفرین. اما حالا بگذارید مسئله را جور دیگری بررسی کنیم. سؤال: با این اوصافی که می‌گویید، دمای نهایی گازها چه‌قدر است؟

دانشجوی ۲: همان دمای اولیه. چون در گاز کامل انرژی فقط به دما بستگی دارد. دو گاز هم که هم‌دما هستند، پس باید دمای اول و آخر یکی باشد.

اســـتاد: بســـیار خوب. حالا قانون اول ترمودینامیک را بـــرای هر کدام از گازهای قسمت‌های یک و دو بنویسید.

دانشجوی ۱: استاد این هم شد سوال! معلوم است دیگر.

(پای تخته می‌رود و می‌نویسد:)

$$\Delta U_1=\Delta Q_1+W_1$$
$$\Delta U_2=\Delta Q_2+W_2$$

دانشجوی ۱: فکر کنم که نمادها هم مشخص باشد که چی هستند.

استاد: خوب اگر این دو رابطه را با هم جمع کنیم چه می‌شود؟ می‌خواهم هر طرف را مستقلاً حساب کنید.

دانشجوی ۱: از آنجائی که با بیرون تبادل انرژی نداریم، $\Delta U_1+\Delta U_2=0$. این از سمت چپ تساوی. سمت راست هم ساده است. گرمایی که هر کدام از گازها دریافت می‌کند برابر است با گرمایی که گاز دیگر می‌گیرد. پس مجموع گرماها هم صفر است. کار را هم راحت می‌توان حساب کرد:

$$W_i = \int_{V_i}^{V_i'} -P_i dV_i = Nk_BT\ \mathrm{Log}(V_i/V_i')$$

که اگر برای گاز یک و دو این‌ها را با هم جمع کنیم برابر می‌شود با

$$W_1 + W_2 = Nk_BT\mathrm{Log}(V_1V_2/V_1'V_2')$$

استاد: خب، حجم‌های اولیه را برابر با αV و $(1-\alpha)V$ بگیرید که طبیعتا α بین صفر و یک است. حجم نهایی را هم که مشخص کرده‌اید. نتیجه چه می‌شود؟

دانشـــجوی ۱: کمـــی عجیـــب به نظـــر می‌رســـد. چون جواب می‌شـــود $Nk_B\,T\,Log(4\alpha(1-\alpha))$ که خوب لزوما صفر نیســـت. یعنی ســـمت راست معادله با ســـمت چپ نمی‌خواند. مثلا اگر α را یک چهارم بگیریم عبارت بالا می‌شود $Nk_B\,T\,Log(3/4)$.

دانشـــجوی ۲: شاید فرضیات‌مان درســـت نبوده است. مثلا به‌نظرم فرض شده که فرآیند تک دما است. شاید فرآیند تک دما نیست.

دانشجوی ۱: ولی طبق استدلال‌های خودت باید تک دما باشد. چون حتی در مراحل میانی هم که انرژی‌ئی با بیرون رد و بدل نشده و انرژی کل هم که فقط تابعی از دماســـت. دو گاز هم هم‌دما فرض شده‌اند، پس حتما دما همان دمای اولیه است.

دانشجوی ۲(سرش را می‌خاراند): چه می‌دانم، لابد فرض هم‌دما درست نیست.

استاد: نه، فعلا با آن فرض کاری نداشته باشید. اگر فرآیند به‌اندازه‌ی کافی کند باشد شاید بتوان چنین فرضی کرد.

دانشجوی ۱: پس مشکل چیست؟

اســـتاد: پس بگذارید یک سؤال دیگر بپرسم! کاســـه‌ئی در اختیار داریم و تیله‌ئی را در درون آن می‌گذاریم تا بتواند قل بخورد. حالت اولیه را جائی بگیرید که تیله کف کاسه نیست و نزدیک لبه است. حالا اگر از شما بپرسم حالت تعادل تیله کجاست چه می‌گویید؟ طبیعتاً می‌گویید کف کاسه. حالا اگر از شما بپرسم انرژی در کف کاسه کم‌تر می‌شود یا همان می‌ماند چه می‌گویید؟

دانشـــجوی ۲: البته انرژی پتانســـیل کم می‌شـــود، اما تیله همان پایین نمی‌ماند و از آن طرف کاسه بالا می‌رود و حرکت نوسانی خواهد داشت.

استاد: قربان آدم چیز فهم. خوب چرا همین را در مورد گازهای مسئله‌ی خودمان نمی‌گویید.

دانشـــجوی ۱: چون ربطی نـــدارد! این جا انرژی جنبشـــی داریم ولی در مسئله‌ی گاز که این‌جور نیست.....(با کمی تردید) هست؟

استاد: اصلاً یک سؤال دیگر. فشار دو طرف پیستون در مسئله‌ی ما برابر است؟

دانشـــجوی ۲: آها! چه‌قدر جالب. نه برابر نیســـت. یعنی به پیستون نیرو وارد می‌شـــود، یعنی شتاب می‌گیرد، یعنی انرژی جنبشی خواهد داشت و این را از سیســـتم گازی می‌گیرد! خیلی هیجان‌انگیز شد. به نقطه‌ی تعادل هم که می‌رســـد ســـرعت دارد و به حرکتش ادامه می‌دهد تا حالتی مشابه حالت اول بگیرد، یا بهتر بگویم تصویر آینه‌ای آن.

دانشجوی ۱: واقعاً؟!

استاد: به نظرتان بعد چه می‌شود؟

دانشجوی ۲: سیستم نوسان می‌کند، نه؟

اســـتاد: البته. به نظرتان فرآیند بازگشت‌پذیری که در آن گرما رد و بدل شود نیافتید؟

دانشجوها: همین‌طور است! خیلی جالب شد. دو سیستم هم‌دما هستند. اما گرما به هم می‌دهند. تازه فرآیند تک‌دما هم هست. درست مثل چرخه‌ی کارنو. خیلی ممنون استاد، واقعاً جالب بود. برویم به بقیه هم بگوییم. خداحافظ استاد.

استاد: خداحافظ. البته فعلاً چون به‌زودی با یک سؤال دیگر برمی‌گردید. (و بعـــد بـــا خودش می‌گویـــد: ای بچه‌های عجول. آن‌قـــدر عجله می‌کنید که

دو سیستم هم‌دما هستند. اما گرما به هم می‌دهند. تازه فرآیند تک دما هم هست. درست مثل چرخه‌ی کارنو.

نفهمیدید فرآیند تک‌دما نیســـت. آخر اگر انرژی از سیستم گازی به پیستون برود که دمایش کم می‌شـــود. تازه باید ببینیم فرض هم‌دما بودن دو مخزن تا چه حدی می‌تواند درست باشد. چون کمی مسئله عجیب به نظر می‌رسد.)

پرده‌ی سوم:

اتاق مشـــترک اســـتادان در دانشکده. دو اســـتاد مشغول صحبت هستند. استاد اول کاغذهایی در دست دارد.

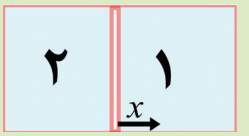
استاد اول: بعد از این گفت‌وگو شروع به محاسبه کردم. پاک‌نویس شده‌ی محاسبه‌هایم را در این ورقه نوشته‌ام. می‌خواهی نگاهی بیاندازی؟

استاد دوم: بدم نمی‌آید.

فرض کنیم که طول کل محفظه $2L$ مساحت سطح مقطع آن A است. تعداد

ذرات گاز هـر طـرف را هم N می‌گیرم. فشـارها و حجم‌های هـر طرف را با اندیس‌های یک و دو نشان می‌دهم. کل سیستم را هم که هم‌دما فرض کرده‌ام و نیازی به اندیس گذاری برای دما نیست. این فرض همدمایی در واقع فرض مناسـبی نیست. همان‌طور که در محاسبه‌های انتهای این جا می‌بینیم، فرض بهتر برای حالت‌های معمول و سیسـتم‌هایی که دور و برمان می‌بینیم، فرض بی دررو است.

به مسـاله بپردازیم. مشخص اسـت که حالت تعادل جایی است که پیستون دقیقاً در وسـط محفظه قرار گرفته‌باشد. میزان جابجایی از نقطه‌ی تعادل را با کمیت x نشـان می‌دهـم. با توجه به این کـه گاز کامل در نظر گرفته‌ایم برای فشار و دمای هر طرف می‌توانیم بنویسیم:



$$P_1 V_1 = NkT = P_2 V_2$$

یعنی با توجه به قراردادهای بالا داریم:

$$P_2 = P_1 \frac{V_1}{V_2} = P_1 \frac{L-x}{L+x}$$

ببینم سـوال مهم برایم چیسـت. اول این که می‌خواهم بدانم با تغییر مکان پیسـتون که دمای گاز چگونه تغییر می‌کند. بـه عبارتی می‌خواهم بدانم دما چه تابعی از x است. نکته‌ی بعدی‌ئی که برایم جالب است این است که بدانم دوره‌ی تناوب نوعی چنین سیستمی چه‌قدر است. پس باید به نوعی وابستگی زمانی x را پیدا کنم. بپردازم به سؤال اولم: این جور استدلال می‌کنم که برابر با کاری که روی پیستون انجام می‌شود، از انرژی سیستم گازی کم می‌شود و به انرژی جنبشی پیستون اضافه می‌شود، یعنی

$$-(P_1 - P_2)A\,dx = d\left(\frac{mv^2}{2}\right) = -d(3NkT) \quad (1)$$

با این حساب می‌توانم معادله‌ی دیفرانسیلی برای دما در بیاورم:

$$\frac{dT}{dx} = \frac{A}{3Nk}(P_1 - P_2) = \frac{A}{3Nk} P_1 \left(1 - \frac{L-x}{L+x}\right)$$

اما هنوز فشار را به عنوان تابعی از مکان پیستون ندارم. نیاز به معادله‌ی دیگری دارم، شـاید معادله‌ی حالت بتواند کمکم کند. اگـر از دو طرف معادله حالت نسـبت به x مشتق بگیرم می‌توانم رابطه‌ای بین مشتق دما نسبت به مکان و مشتق فشار نسبت به مکان به‌دست آورم. بعد با ترکیب با معادله‌ی بالا و حذف dT/dx معادله‌ی دیفرانسیلی فقط برحسب فشار به دست می‌آید:

$$\frac{dP_1}{du} = \frac{P_1}{3}\left(\frac{4}{1-u} - \frac{1}{1+u}\right)$$

که $u=x/L$.

حل این معادله سـاده است و به دست می‌آید $P_1 = \frac{P_0}{(1-u)^{\frac{4}{3}}(1+u)^{\frac{1}{3}}}$ که P_0 فشار در نقطه‌ی تعادل است. حالا با داشتن فشار، به راحتی دما را هم می‌توان حساب کرد که عبارت ساده‌تری است:

$$T(x) - T_0 = \frac{2\,ALP_0}{3Nk} \frac{u}{(1-u^2)^{\frac{1}{3}}}$$

در این رابطه T_0 دمای گاز در حالتی اسـت که پیسـتون در حال تعادل قرار دارد. در $u=0$ دما همان مقدار T_0 اسـت و هر چه به لبه‌های محفظه نزدیک شویم دما افزایش می‌یابد و در حالت حدی $|u|\to 1$ دما بسیار بزرگ می‌شود که طبیعی‌سـت. چون اختلاف فشـار در این وضعیت بسـیار زیاد است و کار تبادل‌شده حتی در جابجایی‌های کوچک هم بزرگ است.

برای به‌دست‌آوردن بستگی x به‌زمان کافی‌ست به معادله‌ی (۱) توجه کنیم و سرعت را به‌شکل تابعی از دما و درنتیجه به عنوان تابعی از مکان حساب کنیم. نتیجه‌ی کار، یعنی بسـتگی مکان پیستون به زمان چیز پیچیده‌ئی‌ست، برای همین شاید بهتر باشد نوسان‌های کوچک حول نقطه‌ی تعادل را بررسی کنیم. قانون دوم نیوتون را می‌نویسیم و با استفاده از برابری‌هائی که تا کنون به دست آورده‌ام آن را ساده می‌کنیم:

$$m\ddot{x} = -A(P_1 - P_2) = -AP_0 \frac{2u}{(1-u^2)^{\frac{4}{3}}}$$

که برای نوسـان‌های کوچک دوره‌ی تناوبی برابر با $2\pi\sqrt{\frac{L\,m}{2\,AP_0}}$ به‌دسـت می‌آیـد. می‌تـوان مقادیر نوعی گذاشـت تا حسـی از این عدد به دسـت بیایـد. مثـلا فشـار را یـک جو در نظـر می‌گیـرم و ابعاد محفظـه را هم $10\,\text{cm}\times 10\,\text{cm}\times 20\text{cm}$ فرض می‌کنم. اگر پیستون آهنی باشد و ضخامتی حدود چند میلیمتر داشـته باشـد جرم آن حدوداً چند صد گرم می‌شود، آن را ۳۰۰ گرم می‌گیرم. با این حسـاب دوره‌ی تنـاوب حدود صدم ثانیه به‌دسـت می‌آید. این زمان آن قدر کوچک نیست که فرضیات ما درست از آب درآیـد: فرضیاتی مثل این کـه گاز دو طرف همواره هم‌دما می‌مانند. با چنیـن کمیت‌هائی بهترین فرض، فرض بی‌دررو بودن فرآیندهاسـت و در نتیجه تمام محاسـبات را باید به دور ریخت. اما آیا واقعاً راهی نیسـت که کاری کنیم دمای دو طرف یکسـان بماند؟

استاد اول: خوب، نظرت چیست؟

اسـتاد دوم: همان‌طور که می‌گویی فرض هم‌دما بودن به نظر مشکل‌دار می‌آید. دست‌کم با این محاسبه‌های آخر که می‌توان مطمئن بود درحالت‌های معمول باید فرآیند را بی‌دررو فرض کرد.

استاد اول: اما می‌توان با سازوکاری جرمی بسیار سنگین را به پیستون متصـل کرد که عملاً جرم آن را بسـیار بزرگ کند، حتـی جرمی مثلا در حـدود چند هزار تن! آزمایش فرضی‌سـت دیگر! اگر چنین جرمی داشـته باشـیم و فشار پیسـتون را هم به اندازه‌ی یک درصد فشار جو برسانیم در ایـن صورت دوره‌ی تناوب حدود چند دقیقه می‌شـود. شـاید بتوان فرض کرد که با دوره تناوبی حدود دقیقه این دو محفظه فرصت هم‌دما شـدن را داشته باشند.

استاد دوم: شاید به‌نظر برسـد که این تغییرات شرایط را بهتر می‌کند، اما مسـاله این اسـت که اگر فرآیند کند شود، تبادل گرما هم کند می‌شود، چون اختلاف دما بین دو گاز کم است و در نتیجه آهنگ تبادل گرمایی هم

کم می‌ماند. علاوه بر این، انتقال گرما بین دو طرف باید آنتروپی کل را زیاد کند، یعنی کل سیستم نمی‌تواند حرکت تناوبی داشته باشد. در این معادلات هیچ اشـاره‌ای به انتقال گرما نکرده‌ای. برای این که ببینیم این فرضیاتی که کرده‌ای در چه شـرایطی معقول هستند، بیا دمای دو طرف را فعلا یک‌سان نگیریـم و قانـون اول ترمودینامیک را برای هر کدام از قسـمت‌های چپ و راسـت گاز جداگانـه و با در نظـر گرفتن تبادل گرمایی از طریق پیسـتون بنویسیم:

$$\frac{3}{2}NkT_1 = P_1A\dot{x} + \frac{KA}{d}(T_2 - T_1)$$

$$\frac{3}{2}NkT_2 = -P_2A\dot{x} - \frac{KA}{d}(T_2 - T_1)$$

که K ضریب رسانایی گرمایی پیستون و d ضخامت آن است. علاوه بر این دو، معادله‌ی حرکت پیستون را هم داریم: $m\ddot{x}=(P_2-P_1)A$. از طرفی رابطه‌ای بین فشارهای هر طرف و x و دماها داریم: $P_1 = \frac{Nk}{LA}\frac{T_1}{1-\frac{x}{L}}$ و $P_2 = \frac{Nk}{LA}\frac{T_2}{1+\frac{x}{L}}$. به این ترتیب دسـته معادلاتی داریم که عملا باید برای مکان پیستون و دماهای هر طرف حل کنیم. حالا ضریب رسانایی گرمایی به‌دل‌خواه ماست و می‌توانیم کنترل کنیم که چه قدر دو طرف فرصت دارند به تعادل برسند. اگر K کوچک باشـد تقریب بی‌دررو تقریب خوبی اسـت و اگر K بزرگ باشد شاید دو طرف دماهای نزدیک به هم داشته باشند، البته مطمئن نیستم.

استاد اول: موافقم. محاسبه‌اش سر راست است. ببین: روی کاغذ چیزهایی می‌نویسد و به استاد اول نشان می‌دهد.

$$\dot{T}_1 = \frac{2}{3}\frac{T_1}{1-\frac{x}{L}}\frac{\dot{x}}{L} + g(T_2 - T_1)$$

$$\dot{T}_2 = \frac{2}{3}\frac{T_2}{1+\frac{x}{L}}\frac{\dot{x}}{L} - g(T_2 - T_1)$$

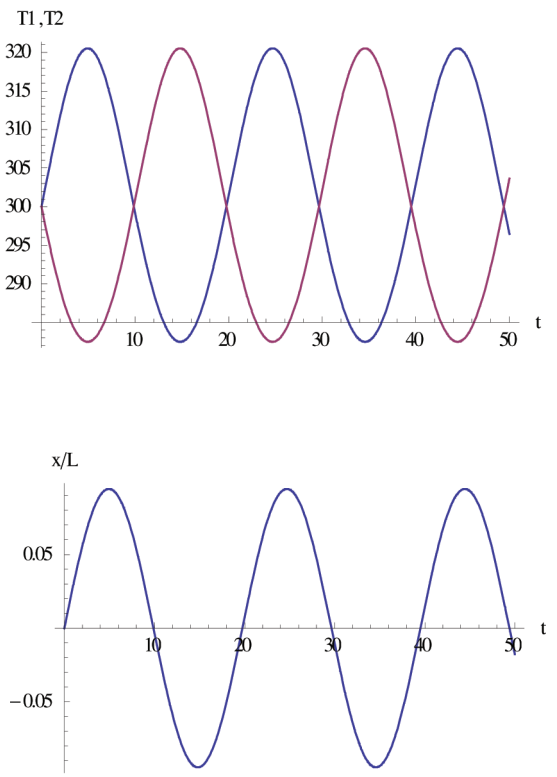
$$\frac{\ddot{x}}{L} = R\left(\frac{T_1}{1-\frac{x}{L}} - \frac{T_2}{1+\frac{x}{L}}\right)$$

استاد اول: همان‌طور که می‌بینی فقط دو تا پارامتر آزاد توی مسئله هست. یکی که اسـمش را R گذاشـته‌ام برابر اسـت با $\frac{Nk}{mL^2}$ و دومی که نامش را g گذاشـته‌ام برابر اسـت با $\frac{2KA}{3dNk}$. با توجه به این‌که در اولی جرم پیستون در مخرج قـرار دارد، می‌توان زمان تناوب را با آن کنترل کرد. اصولا برای این‌که حالت تقریباً ایستا داشـته باشیم خوب است که این کمیت کوچک باشد. در دومی هم ضریب رسانایی گرمایی وجود دارد و از نظر ابعادی وارون زمان است، به عبارتی عکس این کمیت مقیاس مشـخصه‌ی زمانی‌سـت که برای هم‌دما شدن نیاز است. همان‌طور که گفتی از حالت بی‌دررو تا حالتی را که کاملا گرما به راحتی رد و بدل می‌شـود می‌توان با آن بررسی کرد. به نظرت می‌شود این معادله‌ها را حل کرد؟

اسـتاد دوم: بعید می‌دانم معادلات حل تحلیلی داشـته باشد. اما به نظرم حل عددی کافی است. بگذار برویم سراغ کامپیوتری که تو این اتاق است. فکر کنم با استفاده از متمتیکا بتوانم در عرض چند دقیقه حلش را به دست آورم.

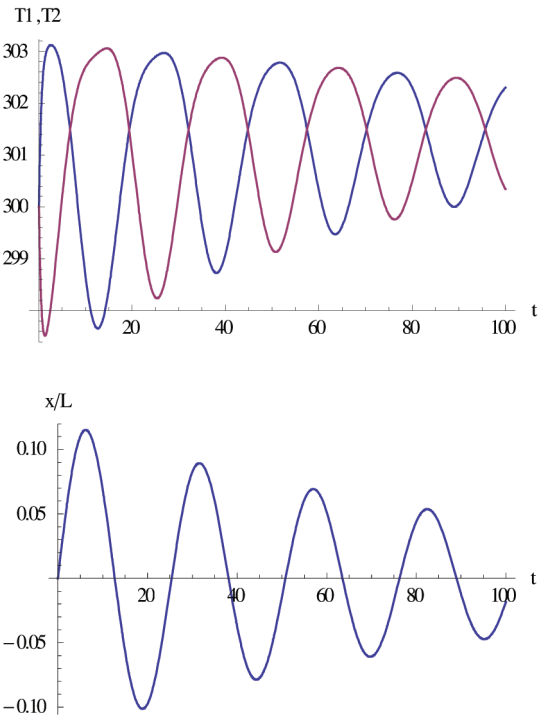
به پای کامپیوتر می‌رود و کمی مشغول می‌شود.

استاد دوم: ببین جواب‌ها خیلی جالبند. من R را گذاشته‌ام یک ده‌هزارم. فکر کنم با شرایطی که بالا گفتی معادل جرمی به اندازه‌ی چندصد تن باشد. شرایط اولیه را هم این جور گرفته‌ام که پیستون درست در وسط قراردارد و در مورد سرعت اولیه هم فرض می‌کنم $\frac{\dot{x}(0)}{L} = 0.03\ s^{-1}$. دمای اولیه‌ی هر دو گاز را سـیصد کلوین گرفته‌ام و فرض کردم فشـار آنها در ابتدای حرکت برابر با یک صدم فشـار جو اسـت. حالا g را از صفر تا عددهای بزرگ تغییر می‌دهم و نمودارهای دما و مکان را برحسب زمان می‌کشم.نمودار اول حالت بی‌دررو اسـت. آن را تا زمان ۵۰ ثانیه کشـیده‌ام. دماهـای دو طرف در فاز مخالف نوسان می‌کنند و همه چیز مرتب است. مکان جسم هم نوسانی غیر میرا دارد.



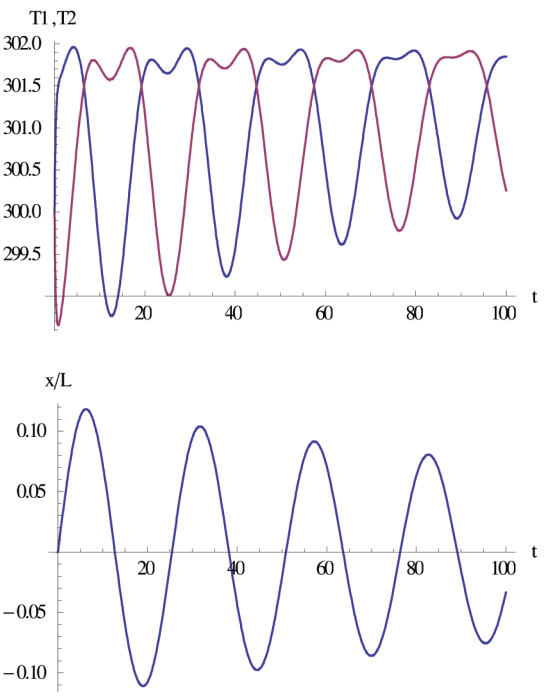
شکل ۱- **نمودارهای دماها و مکان برحسب زمان به ازای $g=0$**

شـکل بعدی بـه ازای $g=1s^{-1}$اسـت. دقت کن که تا زمـان ۱۰۰ ثانیه کشـیده‌ام اتفاقی که می‌افتد این اسـت که نوسـان به تدریج میرا می‌شود و دمای مجموعه هم زیاد می‌شود، درست برخلاف حالت قبلی. این یعنی انرژی جنبشی به تدریج به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود و طبیعتاً سیستم فرآیندی برگشـت‌پذیر را طی نمی‌کند. نکته‌ی دیگر این است که هم‌چنان دماهای دو طرف در فاز مخالف نوسان می‌کنند.



شکل ۲ - **نمودارهای دماها و مکان برحسب زمان به ازای** g=۱۰ s^{-1}

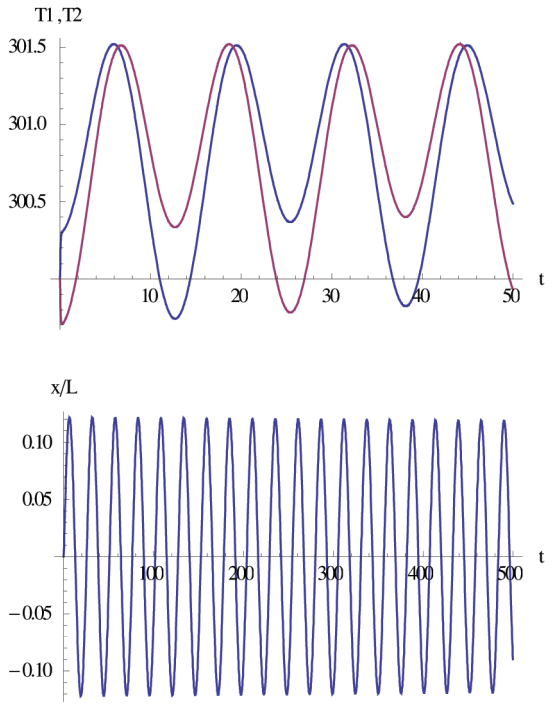
حالا g=۲ s^{-1} را بررسی می‌کنم. رفتار دماها خیلی عجیب‌تر شده و خیلی با نوسان ساده‌ی میرا تفاوت دارد. اما به نوعی تناوبی است همراه با گرم‌شدن تدریجی کل مجموعه. مکان پیستون هم نوسانی و میراست.



شکل۳ - **نمودارهای دماها و مکان برحسب زمان به ازای** g=۲ s^{-1}

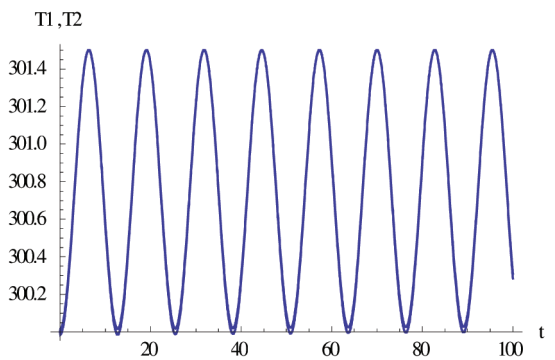
رفتار دماها خیلی عجیب‌تر شده و خیلی با نوسان ساده‌ی میرا تفاوت دارد. اما به نوعی تناوبی است همراه با گرم‌شدن تدریجی کل مجموعه.

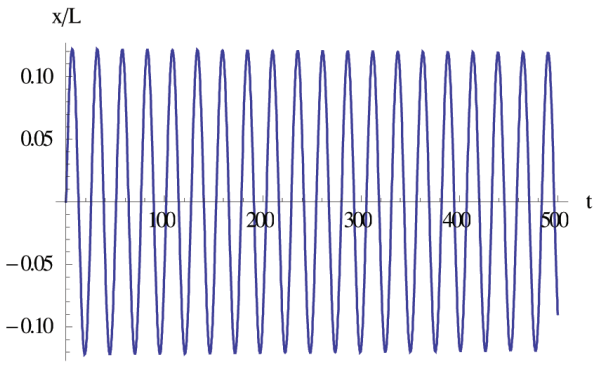
در گام بعدی g را برابر با ۱۰ s^{-1} می‌گیرم. نوسان‌های دماها به هم‌فازبودن نزدیک می‌شوند. اگر بیشتر دقت کنیم می‌بینیم که فاصله‌ی بین قله‌ها یکی در میان زیاد و کم می‌شود و برای هر قسمت گاز، این تناوب برعکس دیگری است. نوسان پیستون هم‌چنان میراست، اما برای این که میراییِ نوسان را ببینیم ناچار شده‌ام نمودار مکان زمان را تا ثانیه‌ی ۵۰۰ بکشم.



شکل ۴ - **نمودارهای دماها و مکان برحسب زمان به ازای** g=۱۰ s^{-1}

در نمودار آخرِ هم g را بسیار بزرگ گرفته‌ام. برابر با ۲۰۰ s^{-1}. در این حالت دماها کاملاً روی هم می‌افتند و در تقریبی که من می‌بینم تفاوتی بین‌شان نیست. در مورد مکان پیستون هم تا ۵۰۰ ثانیه من افت نمی‌بینم.





شکل ۵ - **نمودارهای دماها و مکان برحسب زمان به ازای g=۲۰۰ s^{-1}**

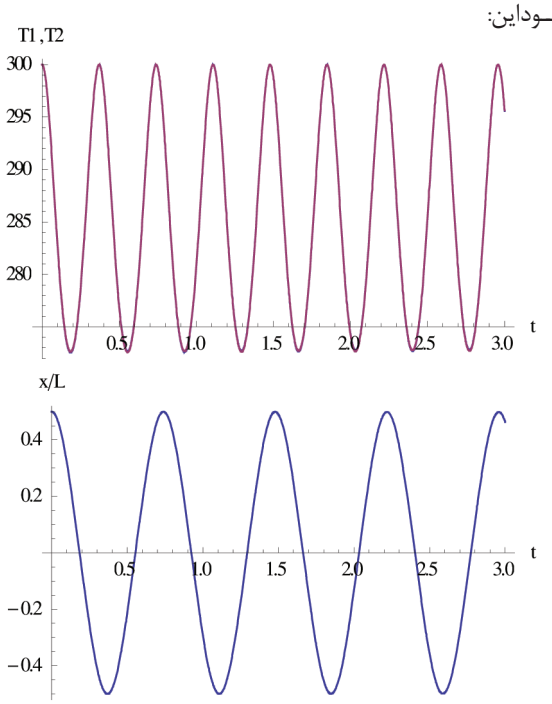
چیزی که جالب است این است که زمانی که پیستون وسط مخزن است، کم‌ترین دما را داریم و وقتی در دو گوشه هستیم دما به بیشترین مقدار خود می‌رسد. البته طبیعی‌ست، چون وقتی پیستون در وسط مخزن است بیشترین سرعت را دارد و مقداری از انرژی سیستم را با خود به همراه دارد، بنابراین باید انرژی گرمایی کم‌ترین شود. اما وقتی به لبه‌ها می‌رسد سرعت پیستون صفر است و انرژی جنبشی هم صفر. پس باید دما در بیشترین حالت خودش باشد.

به‌این ترتیب به‌نظر می‌رسد که جوابی که برای دانشجوها گفته‌ای درست است اما فقط زیادکردن جرم و کم‌کردن فشار کافی نیست. باید ضریب رسانش گرمایی را هم زیاد در نظر بگیری.

اســتاد اول: البته من این بین حساب کردم که اگر پیستون را از فلزی معمولی بگیریم با ضخامتی در حد سانتی‌متر و با فرضیاتی که در مورد دما و فشار کرده‌ایم، کمیت g از مرتبه‌ی $10^4\ s^{-1}$ درمی‌آید که با توجه به این حد عددی بسیار خوب است. تنها عدد غیرمعقول همان جرم پیستون است.

واقعاً هیجان انگیز است. دما در کسری از ثانیه به اندازه‌ی ۲۵ درجه تغییر می‌کند و مس می‌تواند این‌قدر خوب گرمای یک‌طرف را به دیگری انتقال دهد!

استاد دوم: این که خیلی بزرگ است. شاید با این وضع لازم نباشد که جرم را این قدر بزرگ بگیریم. بیا یک مسئله‌ی واقعی‌تر را بررسی کنیم. مثلا کل ظرف را استوانه‌ئی به‌طول نیم متر (L=0.25 m) و سطح مقطع $0.01\ m^2$ در نظر می‌گیریم. پیستون را هم فرض کنیم از جنس مس باشد با چگالی حدود ۹۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب. ضخامتش را هم یک سانتیمتر می‌گیرم. در این صورت جرمش حدوداً می‌شود ۹۰۰ گرم. ضریب رسانایی گرمایی مس K=390 J/smK است. دمای اولیه را ۳۰۰ کلوین می‌گیرم و فرض می‌کنم Nk=0.01 J/K، در این صورت دو پارامتر مسئله مقادیر زیر را در واحدهای SI دارند: R=0.18 و g=26000. بگذار این مقادیر را سرراست کنیم و فقط مرتبه‌ی بزرگی را نگه داریم، یعنی بگیریم R=0.1 و g=10000. حالا به اندازه‌ی حدود ده سانتیمتر پیستون را به طرف راست می‌کشم و رها می‌کنم. نمودارش می‌شوداین:



شکل ۶ - **نمودارهای دماها و مکان برحسب زمان به ازای مقادیر واقعی**

نوسان‌ها خیلی سریعند و من تا زمان سه ثانیه را بیشتر نکشیده‌ام. ولی جالب است که دماها یک‌سان می‌مانند. یعنی تقریب تک‌دما بودن، تقریب خوبی است. واقعا هیجان انگیز است. دما در کسری از ثانیه به اندازه‌ی ۲۵ درجه تغییر می‌کند و مس می‌تواند این قدر خوب گرمای یک طرف را به دیگری انتقال دهد!

اســتاد اول: واقعاً هیجان‌انگیز است! شاید با این نوسان‌های شدید باید به این هم فکر کنیم که آیا خود گازهای هر طرف هم فرصت دارند که به تعادل برسند. البته موارد دیگری هم هست، مثلا ما از ظرفیت گرمایی پیستون و این جور چیزها هم چشم‌پوشی کرده‌ایم که فکر می‌کنم خیلی اهمیت ندارد.

استاد دوم: قسمت میراشدن نوسان در حالت‌های که رسانش خیلی زیاد نیست هم برای من خیلی جالب بود. شاید این سؤال پیش بیاید که به نظر می‌رسد در اینجا چیزی شبیه اتلاف وجود دارد، با این حال انرژی داخلی کل تغییر نمی‌کند، پس اتلاف چه چیزی را تلف می‌کند؟ در واقع «اتلاف» در این جا باعث کاهش انرژی آزاد هلمهولتز می‌شود و نه انرژی.

اســتاد اول: خیلی ممنون. خیلی لطف کردی، حالا خیالم راحت‌تر شد. فکر کنم بتوانم محاسبه‌ی تغییرات آنتروپی و انرژی آزاد هلمهولتز را به عنوان تمرین به خود دانشجوها بسپرم.

تشکر:

دوست دارم از داور ناشناسی که با دقت مقاله را خواندند و نظرات بسیار روشن‌گرانه‌ئی دادند و باعث شدند مقاله بهتر شود تشکر کنم. همچنین از دبیر مقالاتِ مجله، دکتر فرهنگ لران که زمینه‌ی این بحث غیابی با داور را به وجود آورد متشکرم.

بازتاب

نارسایی‌های آموزش فیزیک ماده‌ی چگال در ایران

مهدی صفا
دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی اصفهان
گروه فیزیک دانشگاه آزاد اسلامی نجف‌آباد

مقدمه

در سال ۱۸۹۵پرتوی x کشف شد، لاؤه در رابطه با امکان پراش پرتوی x از بلورها نظریه‌ئی ارائه داد و در سال ۱۹۱۱ ساختار دوره‌ایِ بلورها و این که فواصل اتمی در بلورها از مرتبه‌ی آنگستروم است پیش‌بینی شد. به‌دنبال آن با بررسی شرط پراش پرتوی x و ارائه‌ی معادله‌ی براگ در سال ۱۹۱۳، اولین سنگ‌بنای بخش عظیم فیزیک، یعنی فیزیک ماده‌ی چگال نهاده شد. در سال ۱۹۲۵ مکانیک کوانتومی در صحنه ظاهر شد و با کشف خواص موجیِ الکترون در سال ۱۹۲۷، بررسی ساختار بلورین انواع بلورها میسر شد و امکان مشاهدات تجربی و تحلیل نتایج پژوهشیِ تجربی در رابطه با خواص مکانیکی، الکتریکی، مغناطیسی و نوریِ جامدها بر مبنای فیزیک نوین فراهم شد و گستره‌ی بسیار وسیعی از فیزیک را به خود اختصاص داد. با وجود این که عمر این شاخه از فیزیک فقط حدود یک‌صد سال است، تعداد فیزیکدان‌هائی که به‌طور مؤثر و مفید در سراسر جهان در زمینه‌ی فیزیک حالت جامد به طور اخص و فیزیک ماده‌ی چگال به طور اعم فعال و درگیر هستند به مراتب بیش از سایر رشته‌های فیزیک است. جوایز نوبل متعدد در این زمینه نیز شاهدی بر این ادعاست. با توجه به اهمیت فیزیک ماده‌ی چگال و دست‌آوردهای فیزیک ماده‌ی چگال در فناوری‌های پیشرفته‌ی قطعات نیم‌رسانا، مواد مغناطیسی، ابررسانایی، نانوفناوری و فوتونیک که در زندگی روزمره‌ی همه تأثیری شگفت‌انگیز داشته و نحوهٔ زندگی را به کلی دگرگون کرده است، برنامه‌ریزی آموزش این بخش از فیزیک در ایران باید فراگیر و به‌روز باشد. در این مقاله نارسایی‌های مربوط به آموزش فیزیک ماده‌ی چگال که به نظر نگارنده می‌رسد، مطرح می‌شود:

سابقه‌ی آموزش فیزیک ماده‌ی چگال در ایران

با وجود سابقه‌ی تقریباً یک‌صد ساله و بیش از هشتاد سال تدریس فیزیک ماده‌ی چگال در اکثر دانشگاه‌های معتبر جهان ، متأسفانه در ایران اولین دوره‌های آموزش مکانیک کوانتومی و فیزیک حالت جامد، آن هم به صورت فوق‌العاده مقدماتی حدود پنجاه سال قبل آغاز شد. در یکی دو دهه‌ی اول، این آموزش بسیار مختصر و ابتدایی بوده است. در سی سال اخیر در اکثر

دانشگاه‌های کشور آموزش و پژوهش در زمینهٔ فیزیک مادهٔ چگال به شکل قابل‌ملاحظه‌ئی گسترش یافته است، ولی هنوز، نارسایی‌ها و مشکلات اساسی وجود دارند که در این مقاله، اشاره مختصری به آنها در زیرشاخه‌های مهم فیزیک مادهٔ چگال خواهد شد:

۱ - بلورشناسی

زیربنای اساسی فیزیک ماده چگال بلورشناسی است و به‌همین دلیل ضرورت فوق‌العاده وجود دارد که تمامی دانشجویان فیزیک مادهٔ چگال با نگرشی ژرف همهٔ سیستم‌های بلورین را همراه با تجسم فضایی مربوط به آنها به‌خوبی فراگیرند و صفحات و جهت‌های متعدد بلوری در این سیستم‌ها را به‌نحو احسن درک کنند. متأسفانه در اکثر موارد، دانشجویان با مشکل تجسم فضایی شبکه‌های بلورین روبه‌رو هستند و این به دلیل ضعف آنان در درک هندسهٔ فضایی و ضعف آموزش هندسهٔ فضایی در دوره‌های دبیرستانی و پیش‌دانشگاهی است. شایسته است در این مورد تمهیدات لازم به کار رود. در اکثر کتاب‌های درسی بلورشناسی از قبیل کالیتی، آزارو و ولفسون، جزئیات تکنیک‌های سنتی بلورشناسی تدریس می‌شوند که امروزه به برکت در دسترس بودن نرم‌افزارهای بسیار توانا و دستگاه‌های الکترونیک پیشرفته، اطلاعات مربوط به انواع روش‌های پراش پرتوهای x و تجزیه و تحلیل نتایج به صورت بسیار دقیق و سریع در اختیار کاربران قرار می‌گیرد و آنچه اکنون اهمیت دارد، دانش بنیادی در مورد ساختار بلورین و تجسم فضایی شبکه‌های بلورین در فضاهای مستقیم و

با وجود سابقه‌ی تقریباً یک‌صد ساله و بیش از هشتاد سال تدریس فیزیک مادهٔ چگال در اکثر دانشگاه‌های معتبر جهان، متأسفانه در ایران اولین دوره‌های آموزش مکانیک کوانتومی و فیزیک حالت جامد، آن هم به صورت فوق‌العاده مقدماتی حدود پنجاه سال قبل آغاز شد.

وارون است که متأسفانه کم‌تر به‌آن توجه می‌شود. مطالعهٔ فازهای بلورین مواد پیشرفته به‌ویژه سرامیک‌ها، لایه‌های نازک و سیستم‌های نانومتری و هم‌چنین بررسی ساختارهای بلورین ماکرومولکول‌ها و پروتئین‌های سنگین از قبیل DNA و RNA و تجزیه‌وتحلیل پراش پرتوهای x مربوط به آنها نیاز به آشنایی با روش‌های نوین و مهارت در کاربرد این روش‌ها را دارد که متأسفانه جای این موضوع‌ها در کتابهای بلورشناسی رایج در تدریس بلورشناسی در ایران بسیار خالی است. بدون استفاده از تابش سنکروترونی امکان بررسی فراگیر و سریع ساختارهای بلورین مواد چگال با مولکول‌های بسیار سنگین، پروتئین‌ها و بس‌لایه‌ای‌های نازک وجود ندارد. تابش سنکروترونی دارای پرتوهای بسیار موازی با زاویهٔ واگرایی از مرتبهٔ 10^{-4} رادیان است. شدت بسیار زیاد تابش سنکروترونی (در گستره‌ی تابش x حداقل ۱۰۰۰ برابر شدت قوی‌ترین مولدهای پرتو x) آن را تواناترین چشمه‌ی طیف امواج الکترومغناطیسی از طول موج 10^{-1} تا 10^{5} آنگستروم یعنی از پرتوهای x تا فروسرخ می‌کند و به کمک این تابش‌ها می‌توان انواع روش‌های بلورشناسی را با دقت بسیار زیاد به‌کار گرفت و در زمان فوق‌العاده اندک اطلاعات گسترده‌ئی در رابطه با ساختار بلورین، طول پیوند و زاویه‌ی بین پیوندهای بلورین را به دست آورد. این اطلاعات می‌توانند رهنمودهای ارزنده‌ئی در بررسی‌های ژنتیکی، زیست‌فناوری، محیط‌زیست و نانوفناوری به‌دست دهند و نقش شگفت‌انگیزی در گسترش و تکامل دانش در این قلمروها ایفا کنند. بنابراین به‌جاست که در برنامه‌ریزی آموزش بلورشناسی حتماً به موارد فوق مورد توجه شود.

۲ - فیزیک حالت جامد در دوره‌ی کارشناسی فیزیک

در بیشتر دانشگاه‌های کشور در دوره‌ی کارشناسی فیزیک فقط فیزیک حالت جامد ۱ و در آن مبانی بلورشناسی، شبکه‌ی وارون، ارتعاشات شبکه و فونون‌ها، خواص گرمایی جامدها و تفسیر نتایج گرمای ویژه بر اساس مدل‌های دبی و اینشتین، خواص الکتریکی جامدها و نوارهای انرژی در جامدها تدریس می‌شود. با توجه به گستره‌ی بسیار وسیع فیزیک مادهٔ چگال، این درس بخش بسیار محدودی از این شاخه را در بر دارد و اصولاً پاسخ‌گوی نیازهای دانشجویان کارشناسی فیزیک در گرایش حالت جامد نیست. از آنجا که درس فیزیک حالت جامد ۲ یکی از دروس بنیادی گرایش حالت جامد است و در مقایسه با دروس دیگر این گرایش از سطح علمی و نظری بالاتر و مشکل‌تری برخوردار است، معمولاً دانشجویان این درس را نمی‌گیرند و بنابراین با گذراندن ۳ درس دیگر در این گرایش و بدون داشتن زیربنای علمی محکم و مناسب، می‌توانند در گرایش حالت جامدِ کارشناسی فیزیک فارغ‌التحصیل شوند. فیزیک حالت جامد ۲ شامل دی‌الکتریک‌ها و مواد باهوش، خواص نوری جامدها، خواص مغناطیسی مواد و کاربرد آنها، کاستی‌های بلور و خواص مکانیکی جامدهاست که پایه‌ئی بسیار قوی در فیزیک حالت جامد برای دانشجویان فراهم می‌کند و بینش دانشجویان را در درک پدیده‌های فیزیکی عمق می‌بخشد. متأسفانه هم در دوره‌های دبیرستانی و هم در دوره‌های کارشناسی آن‌هم در گرایش حالت جامد، به پدیده‌های مغناطیسی و به طور کلی به مواد مغناطیسی و کاربردهای شگفت‌انگیز آنها توجهی نمی‌شود و چه بسا فارغ‌التحصیلان دوره‌های کارشناسی فیزیک حالت جامد، با ویژگی‌های مواد مغناطیسی و تفاوت بین فرومغناطیس‌ها، پادفرومغناطیس‌ها، دیامغناطیس‌ها و پارامغناطیس‌ها آشنایی ندارند و به کلی با مفاهیم و کاربردهای آنها بیگانه‌اند. این عدم آگاهی و ناآشنایی با موضوع‌های فیزیک حالت جامد ۲ و به‌ویژه خواص مغناطیسی و نوری جامدها نه فقط باعث ضعف علمی دانش‌آموختگان فیزیک در این زمینه‌ها می‌شود، بلکه به طور مؤثر در آموزش دوره‌های دبیرستانی و پیش‌دانشگاهی تأثیر منفی و مخرب خواهد داشت و رفته‌رفته شاهد آن خواهیم بود که بخش عمده‌ی دانش‌آموزان و دانشجویان فیزیک با این موضوع مهم بیگانه‌اند و بینش کافی در درک پدیده‌های شگرف مغناطیسی و نوری مواد ندارند، پدیده‌هائی که هم در فناوری‌های نوین و پیشرفته نقش انکارناپذیری دارند و هم در درک مفاهیم اساسی فیزیک.

با در نظر داشتن مطالب فوق، پیشنهاد می‌شود که در گرایش حالت جامد دوره‌ی کارشناسی فیزیک، دروس بلورشناسی و فیزیک حالت جامد ۲ اجباری شود و علاوه بر این، ۲ یا ۳ درس تخصصی دیگر از قبیل نیم‌رساناها، ابررسانایی، لایه‌های نازک، تکنیک خلأ و ... به‌صورت اختیاری برگزیده شوند.

۳ - نقش کارهای آزمایشگاهی

اصولاً آموزش نظری صرف و بدون ارائه کارهای تجربی نمی‌تواند مؤثر و مفید باشد. آزمایش‌های گوناگون در زمینه‌های ساختار بلورین، خواص الکتریکی، مغناطیسی، نوری و مکانیکی بلورها و سرامیک‌ها می‌توانند جاذبه‌ی بسیار زیادی برای دانشجویان داشته باشند و آنان را در فهم و درک مبانی فیزیک ماده‌ی چگال به‌گونه‌ی بسیار مؤثر یاری بخشد. باید تلاش و فعالیت‌های مداوم به عمل آید تا مسئولین و برنامه‌ریزان علمی دانشگاهها و مراکز پژوهشی را متقاعد کرد تا در تأسیس و تجهیز آزمایشگاه‌های فیزیک ماده‌ی چگال سرمایه‌گذاری کنند.

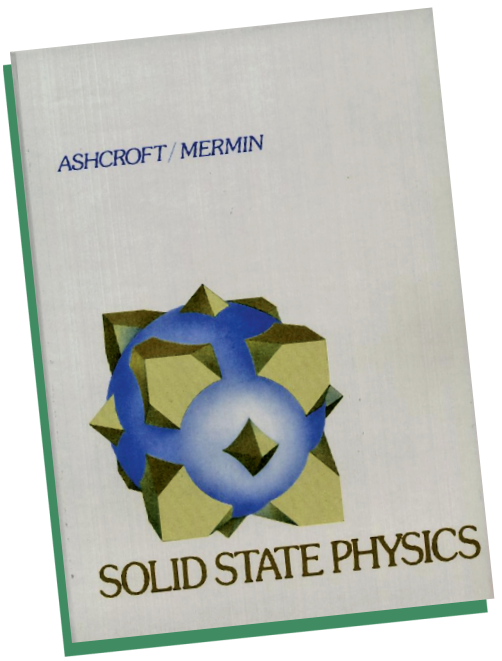
۴ - فیزیک ماده‌ی چگال و نقش آن در برنامه‌ریزی آموزشی دوره‌های مهندسی

متأسفانه در دوره‌های مهندسیِ اکثر دانشگاه‌های کشور، صرفاً دروس فیزیک کلاسیک ۱ و ۲ که دست‌آوردهای فیزیک قرن نوزدهم‌اند تدریس می‌شوند. دانشجویان دوره‌های مهندسی با ابتدایی‌ترین اصول فیزیک نوین، مکانیک کوانتومی و فیزیک حالت جامد، یا فیزیک قرن بیستم آشنا نمی‌شوند. بدون دانش فیزیک جدید، مکانیک کوانتومی و فیزیک ماده‌ی چگال نمی‌توان به طور زیربنایی و مؤثر در زمینه‌های فناوری‌های جدید در مهندسی الکترونیک و مواد دست‌آوردی داشت. اگر دانشجویان این رشته‌ها با مبانی فیزیکی فناوری‌های پیشرفته آشنایی داشته باشند، می‌توانند در طراحی، گسترش و ابداع فناوری‌های نوین و سیستم‌های پیشرفته کارآیی داشته باشند. در دوره‌های مهندسی مواد در دانشگاه‌های معتبر جهان، آموزش دروس بلورشناسی، فیزیک نوین، مکانیک کوانتومی و فیزیک ماده‌ی چگال به صورت نظری و عملی اولویت دارند و شاید در بیشتر موارد در این دانشگاه‌ها وجه تمایزی بین فعالیت‌های درسیِ گروه‌های مهندسی متالورژی فیزیکی و بخش‌های فیزیک ماده‌ی چگال وجود ندارد. تجربه‌ی تدریس نگارنده در دوره‌های تحصیلات تکمیلی رشته‌های مهندسی الکترونیک و مهندسی مواد مؤید این ضعف و عدم برنامه‌ریزی در زمینه‌های مبانی فیزیک نوین و فیزیک ماده‌ی چگال بوده است. پیشرفت‌های اخیر در زمینه‌ی نانوفناوری و نقش اساسی آن در مواد پیشرفته باعث شده است اکثر پژوهشگران در دانشکده‌های مهندسی الکترونیک، مواد، مکانیک و مهندسی شیمی به پژوهش در این زمینه‌ها علاقه‌مند شوند، ولی کار در مقیاس اتمی و نانومتری ایجاب می‌کند که پژوهشگران در این زمینه‌ها حتماً مکانیک کوانتومی و مبانی فیزیک ماده‌ی چگال بدانند و بدون آشنایی با چنین دانش‌هائی هرگز نمی‌توان به طور بنیادی در این زمینه‌ها مهارت و تسلط داشت، توصیه می‌شود که بی‌درنگ در برنامه‌های دوره‌های کارشناسی مهندسی این رشته‌ها دروس مرتبط با اصول و مبانی فیزیک نوین و ماده‌ی چگال گنجانده شود.

با چنین برنامه‌ریزی علمی در دوره‌های کارشناسی مهندسی می‌توان در دوره‌های تحصیلات تکمیلی این رشته‌های مهندسی، دروس تخصصی فیزیک ماده‌ی چگال پیشرفته از قبیل خواص الکترونیکی، مغناطیسی، ابررسانایی، نوری و مکانیکی جامدها همراه با آخرین دست‌آوردها و فناوری‌های به‌روزِ آنها را تدریس کرد و برای دانشجویان دوره‌های تحصیلات تکمیلی مهندسی پایه‌ی علمی محکمی فراهم کرد.

۵ - فیزیک ماده‌ی چگال در دوره‌های تحصیلات تکمیلی

در برنامه‌ی دوره‌ی کارشناسی فیزیک ماده‌ی چگال دو درس اساسی فیزیک حالت جامد پیشرفته‌ی ۱ و ۲ وجود دارد. این دروس در اکثر دانشگاه‌های کشور بر مبنای کتاب درسی **فیزیک حالت جامد** تألیف *مرمین* و *اشکرافت* تدریس می‌شود. این کتاب نسبتاً قدیمی است و در اکثر موارد توضیح بیش از اندازه داده شده است و علاوه بر آن نمادها و فرمول‌بندی مکانیک کوانتومی آن با کتاب‌های مکانیک کوانتومی رایج مغایرت دارد و این باعث دردسر و سردرگمی دانشجویان می‌شود. هفت فصل نخست این کتاب شامل مباحث مقدماتی و بلورشناسی است که چیزی بیش از مطالب مذکور در دروس حالت جامد ۱ و تا حدودی بلورشناسی دوره‌ی کارشناسی نیست. رئوس مطالب این کتاب تا فصل ۱۶ صرفاً مشتمل بر نظریهٔ نوارهای انرژی الکترون در مواد جامد و روش‌های مختلف محاسبهٔ ساختار نواری جامدهاست، که به نظر من شامل بحث‌های مفصل و تکرار مکررات است. بنابراین درس فیزیک حالت جامد پیشرفته‌ی ۱ صرفاً پیرامون ساختار نواری جامدها بحث می‌کند و پاسخ‌گوی مطالب گسترده و جامع در حدّ درس پیشرفته‌ی فیزیک ماده‌ی چگال در سطح کارشناسی ارشد نیست. همین‌طور، فیزیک ماده‌ی چگال ۲ نیز که حداکثر تا فصل ۲۸ این کتاب تدریس می‌شود، نمی‌تواند جواب‌گوی طیف گسترده‌ی مطالب به‌روز و مورد نیاز فیزیک ماده‌ی چگال باشد. توصیه می‌شود که در زمینه‌های نظریه‌ی نوارهای انرژی و روش‌های محاسبه‌ی ساختار نوار در جامدها، خواص الکتریکی و مغناطیسی، ابررسانایی، نوری، مکانیکی و کاستی‌های بلوری از کتاب‌های جدیدتر و جامع‌تر برای تدریس دروس فیزیک حالت جامد پیشرفته استفاده شود و سعی شود در این زمینه‌ها به دانشجویان بینش و نگرش فراگیرتر، عمیق‌تر و جستجوگرانه القا شود. بدیهی‌ست در رابطه با دروس تخصصی ماده‌ی چگال از قبیل نظریه تابعی چگالی، نظریه‌ی گروه‌ها، خواص مغناطیسی جامدها، ابررسانایی، مواد پیشرفته و باهوش باید جدیدترین و فراگیرترین کتاب‌ها در سطح بین‌المللی برگزیده شوند و درجا زدن در تدریس فهرست‌های



تصویب‌شده‌ی قدیمی، اصولاً منطقی و مفید نیست. در تدریس این دروس باید همواره پویایی و تحرک مؤثر وجود داشته باشد و به دانشجویان قدرت و توانایی تجزیه و تحلیل پدیده‌ها و سازوکارهای مطرح در فیزیک ماده‌ی چگال داده شود. برای بهره‌گیری مؤثر از آموزش فیزیک ماده‌ی چگال در دوره‌های تحصیلات تکمیلی، باید همانند همه دانشگاه‌های معتبر جهان، در زمینه‌های نظری، تجربی و محاسباتی امکانات و تجهیزات

بدون دانش فیزیک جدید، مکانیک کوانتومی و فیزیک ماده‌ی چگال نمی‌توان به طور زیربنایی و مؤثر در زمینه‌های فناوری‌های جدید در مهندسی الکترونیک و مواد دست‌آوردی داشت.

مناسب وجود داشته باشد و کارهای پژوهشی نظری و محاسباتی مکمل و پشتیبان کارهای پژوهشی تجربی باشند. ضروری‌ست که بر کارهای پژوهشی تجربی، در دوره‌های تحصیلات تکمیلی هم‌گام با مراکز پژوهشی معتبر جهان، تأکید فراوان به عمل آید و مراکز آموزشی و پژوهشی کشور را مجهز و آماده برای اجرای پروژه‌های تحقیقاتی نمود.

این امر نه فقط باعث تقویت بنیهٔ علمی دانش‌آموختگان در زمینه‌های تجربی و عملی می‌شود، بلکه برای پی‌ریزی و تأسیس صنایع و فناوری‌های پیشرفته و بنیادی، نیروی انسانی متخصص و ماهر را تربیت می‌کند و نویدبخش استقلال علمی و فنی کشور خواهد بود.

متأسفانه به دلیل عدم وجود تجهیزات و امکانات مناسب برای اجرای کارهای پژوهشی تجربی پیشرفته، تعداد پروژه‌های تجربی کارشناسی ارشد و دکترا بسیار محدود است و اجرای همین تعداد اندک پروژه‌های تجربی فیزیک ماده چگال با مشکلات فراوان روبه‌روست. اگر ادعا می‌کنیم که در زمینه‌هایی از قبیل نانوفناوری در رده‌های نخست پژوهشی هستیم، شایسته است که تجهیزات پیشرفته و کارآ، همراه با کادر فنی متخصص جهت پشتیبانی فنی آزمایشگاه‌های پژوهشی، در اختیار داشته باشیم. در مراکز پژوهشی و دانشگاه‌های بزرگ کشور باید امکانات و فضای پژوهشی تجربی مناسب در راستاهای مشخص تحقیقاتی ایجاد کنیم تا شالوده‌ی فناوری‌های مدرن ریخته شود. این امر باعث ارتباط بسیار نزدیک با مراکز پژوهشی و صنعتی می‌شود و نتایج این کارها بلافاصله در صنایع پیشرفته پدیدار می‌شود و گامی در جهت دست‌یابی به استقلال علمی و اقتصادی کشور برداشته می‌شود. اصولاً هر کشور می‌تواند با مشخص کردن اولویت‌های پژوهشی تجربی مناسب و مرتبط با صنایع بنیادی خود، هم از نظر علمی و هم از لحاظ استفاده از نتایج پژوهشی در این راستاها به موفقیت چشمگیر نائل آید و بالندگی استعدادهای درخشان خود را تضمین و به اقتصاد و خودکفایی علمی خود خدمت کند.

متأسفانه در کشور ما به دلیل نبودن تجهیزات و امکانات پژوهشی پیشرفته و در دسترس نبودن وسایل و قطعات الکترونیکی و تجهیزات لازم، کارهای تجربی در زمینه‌ی فیزیک ماده چگال بسیار اندک و بخش ناچیزی از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکترا را تشکیل می‌دهد و با در نظر گرفتن عدم وجود صنایع پیشرفته در کشور و اینکه برنامه و نقشه‌ی راهی برای ایجاد صنایع پیشرفته‌ی بنیادی و پژوهش‌های کاربردی در زمینه فیزیک ماده چگال وجود ندارد، کارهای پژوهشی تجربی در گوشه و کنار کشور به صورت پراکنده و بدون در نظر گرفتن اولویت‌های پژوهشی مطرح در کشور انجام می‌شوند که دست‌آوردهای آنها صرفاً به صورت کار علمی محض است و شاید از نتایج آنها به‌طور غیرمستقیم در صنایع کشورهای دیگر استفاده شود. متأسفانه با وجود نقش شگفت‌انگیز و انکارناپذیر پژوهش‌های فیزیک ماده‌ی چگال در نانوفناوری، انرژی خورشیدی، الکترونیک، مواد مغناطیسی، مواد دی‌الکتریک و هوشمند و فوتونیک هنوز شاهد برنامه‌های مرتبط با تأسیس صنایع پیشرفته در این زمینه‌ها نیستیم و به نظر نمی‌رسد که هیچگونه سیاست‌گذاری در رابطه با ایجاد چنین صنایع بنیادی مطرح باشد. بنابراین خلاف عرف جهانی که بخش قابل‌ملاحظه‌ئی از پروژه‌های تحصیلات تکمیلی فیزیک ماده‌ی چگال به کارهای پژوهشی تجربی اختصاص دارند و از طرف صنایع حمایت می‌شوند، در ایران درصد اندکی از پروژه‌های تجربی به پژوهش‌های فیزیک ماده‌ی چگال اختصاص دارد و بخش عمده‌ی کارهای پژوهشی بر پروژه‌های محاسباتی و شبیه‌سازی و استفاده از بسته‌های محاسباتی متمرکز است. حتی پایان‌نامه‌های نظری محض نیز درصد اندکی از پروژه‌های تحصیلات تکمیلی‌ست. کارهای پژوهشی محاسباتی فیزیک ماده‌ی چگال به خودی‌خود بس مفید و ارزنده‌اند، ولی به این شرط که دانشجویان مجری این پروژه صرفاً غرق در واردکردنِ داده‌ها و محاسبات نشوند و زیربنای علمی و فیزیکی این کار را با نتایج محاسباتی حاصله درآمیزند و نسبت به تجزیه و تحلیل داده‌ها به بهترین شکل اقدام کنند. در حال حاضر به نظر نمی‌رسد که تعادل مناسب و منطقی بین حجم کارهای تجربی، نظری و محاسباتی در پژوهش‌های مربوط به پروژه‌های تحصیلات تکمیلی وجود دارد و اکثریت پروژه‌ها در راستای کارهای محاسباتی است.

آموزش فیزیک ماده‌ی چگال در دوره‌های تحصیلات تکمیلی باید از چنان عمق و گستردگی برخوردار باشد، تا دانشجویان با کسب توشه‌ی علمی مناسب از توانایی تجزیه و تحلیل نتایج کارهای پژوهشی خویش به‌بهترین شکل برخوردار باشند و از طرف دیگر مسلط به دانش کافی برای تدریس و راهنمایی دانشجویان در آینده باشند. متأسفانه در اکثر موارد شاهد آنیم که دانشجو آن‌قدر وقت خود را صرف کارهای محاسباتی روزمره و یک‌نواخت و یا تکرار آزمایش‌ها و به‌دست‌آوردن داده‌های تجربی پروژه‌اش می‌کند که صرفاً به دنبال ارائه‌ی این نتایج و فارغ از ارتباط آنها با زیربنای علمی محکم در توجیه پدیده‌های درگیر در کار پژوهشی خویش است. با در نظر گرفتن این‌که عمدتاً انتظار می‌رود دانش‌آموختگان دوره‌های تحصیلات تکمیلی به تدریس در دانشگاه‌های کشور بپردازند، باید تلاش به عمل آید تا دانشجویان این دوره‌ها، دروس اساسی و محوری فیزیک ماده‌ی چگال را در سطح بهترین دانشگاه‌های معتبر جهان، با کیفیت بالا فراگیرند و توانایی تفسیر و توجیه نتایج کارهای پژوهشی خود، بر مبنای همین دروس زیربنایی و آخرین دست‌آوردهای پژوهشی جهان را دارا باشند.

بازتاب

همگانی‌کردنِ علوم- چرایی و چگونگی

محمد مهدی شیخ‌جباری
استاد پژوهشگاه دانش‌های بنیادی و عضو شاخه‌ی فیزیک فرهنگستان علوم

چکیده:
امروز علوم بخشی مهم، تأثیرگذار و انکارناپذیر از فرهنگ جوامع به‌حساب می‌آید که صرفاً مجموعه‌ئی از آموخته‌های ذهنیِ برخی افراد نیست، بلکه نهادی اجتماعی‌ست. از این منظر همگانی‌کردنِ علوم به معنای تقویت این نهاد و جاانداختنِ شیوه‌ی نگرش و گفتمان فرهنگی متناسب با آن در جامعه است. در این مقاله با تبیین این نگرش به بحث علم و جامعه می‌پردازیم و این که چرا در جهان امروز باید به تقویت گفتمان علمی در سطح عامه توجه شود. سپس در جهت رسیدن به این مطلوب راه‌کارهائی را طرح و بررسی می‌کنیم.

نامدعا: *در این مقاله از برخی مفاهیم و واژگان استفاده شده است که در فلسفه، فلسفه‌ی علم و جامعه شناسی ارتباطات اجتماعی نیز به‌کار می‌رود. در مواردی که معانیِ مورد نظر نگارنده، البته تا حد دانش و درک او، با معانیِ این واژگان و مفاهیم در علوم مذکور دقیقاً منطبق نبوده، معنی مورد نظر در این متن تبیین شده است. هم‌چنین برخی از مباحثِ مطرح‌شده هنوز از مسائل باز و مناقشه‌برانگیز در حوزه‌ی علوم انسانی‌ست و متن حاضر صرفاً بیان نقطه‌نظر نگارنده در این موارد است بدون آن که وارد بحث و نقدی تطبیقی در این موارد شود.*

۱-مقدمه

بشر بنا به طبیعت وجودیِ خویش از دیرباز در تلاش برای درک و توضیح پدیده‌ها و اتفاقات پیرامون خود بوده است. این درک و توضیح غالباً از راه پی‌بردن و کشف علت این پدیده‌ها و اتفاقات و برقراری‌کردنِ ارتباط بین اتفاقات و پدیده‌های مختلف بوده است. این گفتمانِ علت‌ومعلولی نه تنها در سطح ذهنیِ تک تک افراد، بلکه اساس تمام زبان‌ها و زبانِ مشترک تمامی افراد شد، آن‌چنان که امروز از بدیهیات به‌حساب می‌آید. انباشت دنباله ها و رشته‌های علت و معلولی برای پدیده‌ها و مدون‌شدن این رشته‌ها و برقرارکردنِ ارتباط بین این رشته‌های علت‌ومعلولی مربوط به «پدیده‌های مشابه» عملاً به ایجاد علوم به‌معنای امروزین آن منجر شد[1]. البته برداشتن دو قدم بزرگ در این جهت بسیار مهم بود: (۱) این رشته‌های علت و معلولی حتی‌الامکان باید از پدیده‌های در دسترس یا قابل‌استدلال و جست‌وجو باشند و (۲) منطق و روابط ریاضی بستری مناسب برای بیان و تبیین این رشته‌های علت‌ومعلولی باشند.

مجموعه‌ی علوم که از ره‌گذر تلاش در پیاده کردن و ظهور علمی دیدگاه فوق به مرور زمان ساخته شده- و البته این مسیر هنوز با قوت تمام ادامه دارد- به همراه خود به تکوین نگرش و جهان بینی خاص منجر شده است. یکی از نتایج جنبی اما بسیار مهم این نگرش در فهم پدیده‌ها و اتفاقات، گشوده‌شدن امکان چیدن پدیده‌ها و رشته‌های علت و معلولی طبیعی و محتوم در راستای

دست‌یابی به نتایج یا ویژگی‌های دل‌خواه بوده است. به توانمندیِ به‌کارگیری پدیده‌های مادی و علت‌های آنها معمولاً فناوری گفته می‌شود.

پیشرفت فناوری از طرفی باعث تسریع و تقویت مدنیت و در نتیجه علوم اجتماعی (کشف رشته‌های علت و معلولی در پدیده‌های اجتماعی) و از سوی دیگر به تعمیم و تعمیق درک ما از سایر پدیده‌ها و علوم منجر شده و این رابطه متقابل با گذشت زمان مستقیم‌تر، نزدیک‌تر و مدون‌تر شده است.

از بحث فوق برمی‌آید که علم و تحول آن - به‌خصوص به معنای نوین آن- پدیده‌ئی کاملاً اجتماعی است، که از بطن جامعه، هرچند با انگیزه‌های کاملاً فردی، رشد می‌کند و تمام فعالیت‌های بشری را در قالبی خاص بر پایه درک علت‌ومعلولی از وقایع و پدیده‌ها دربرمی‌گیرد. از این رو علم که از دیرباز نیز صرفاً پدیده‌ئی در اذهان دارندگان آن نبوده، با گذشت زمان منجر به نگرشی ویژه در ارتباطات اجتماعی[۲] و ارتباطات علمی[۳] شده است.

«*علم و جامعه*» و مطالعه‌ی تأثیرات متقابل این دو از مسائل بسیار مهم در علوم انسانی - به‌ویژه در جامعه‌شناسی و فلسفه - و هم‌چنین خود علوم و پیش‌برد آنهاست. در این مقاله به‌طور بسیار مختصر به بحث علم و جامعه خواهیم پرداخت. در بخش دو، به علم در جامعه و در بخش سه به علم به‌عنوان نهاد می‌پردازیم و از این منظر همگانی‌کردن علم را طرح و بحث می‌کنیم. در بخش چهار نیز ضمن جمع بندیِ بحث، راه‌کارهایی در جهت همگانی‌کردن علوم ارائه می‌کنیم.

۲-علم در جامعه

همان‌طور که در مقدمه بحث شد پیشرفت شتابان علوم در دو سه قرن اخیر تأثیرات شگرفی بر تحول جوامع بشری داشته و مفهومی جدید از مدنیت را به همراه آورده است که در آن علوم و به‌خصوص محصولات آن در قالب کالاهای فناورانه جایگاهی ویژه دارند. از این رو ارتباط بین علم و جامعه رابطه‌ئی دوسویه است: علوم نیروی پیش‌ران فناوری‌ها را تأمین می‌کنند و فناوری‌ها به طرق مختلف به ارتقاءِ سطح زندگی و رفاه مردم می‌انجامند. البته برای بهره‌گیری از امکاناتِ فراهم‌آمده در اثر پیشرفت‌های فناورانه، مردم (عموم افراد جامعه) نیز باید آموزش‌های لازم را برای به‌کارگیری بهینه‌ی این کالاهای فناورانه ببینند و این خود نیازمند داشتن حداقلی از «سواد علمی»[۴] در سطح جامعه است. با پیشرفت سریع علم و فناوری به‌ویژه از حدود نیمه‌ی قرن گذشته این میزان حداقلی از سواد علمی با سرعت بسیار رشد کرده؛ مثلاً زمانی نه چندان دور - حدود ۶۰ تا ۷۰ سال پیش- داشتن سواد خواندن و نوشتن برای استفاده از امکانات اجتماعی شهری در حد متعارف کافی می‌نمود اما امروزه حداقلی آشنایی با زبان انگلیسی، کارکردن با وسایل الکترونیک، کامپیوتر، اینترنت و انواع و اقسام کارت‌های مغناطیسی و ... به نیازی روزمره تبدیل شده است.

البته یادگیری این حجم از اطلاعات جدید و آن هم با این گسترش شتابان به صورت صرفاً «دستورالعمل‌های کاربردی» عملی نیست و این دستورالعمل‌ها باید بر پایه‌ئی از درک افراد - عموم افراد جامعه- از نحوه‌ی کارکردن کالاهای فناورانه بنا شود: در جامعه به داشتن حداقلی از «درک عامه از علوم»[۵] نیازمند هستیم.

درک عامه از علوم از منظری متفاوت و به دلیلی دیگر نیز مورد نیاز جامعه مدنیِ امروزین است: زندگی در جامعه پیچیده‌ی شهریِ امروزی نیازمند داشتن درک و تصویری درست از نحوه‌ی اداره این جوامع، سازوکارهای آن و روابط بین نهادهای مختلف شهری است. این نهادها و ارتباطات آنها با یک‌دیگر و مردم معمولاً براساس ساختاری علت‌ومعلولی چیده و درهم تنیده شده‌اند و استفاده‌ی بهینه از خدمات و امکانات شهری در گروِ داشتن نگرشی تحلیلی و علمی از مسایل مبتلابه زندگی شهری و به‌کارگیری شیوه‌های استدلال و استنتاج در مواجهه و حل آنهاست.

نقش علم و به ویژه نگرش و بینش علمی در جامعه از منظری دیگر نیز قابل تأمل است. در جوامع کنونی با رشد همه گونه وسایل ارتباطی، اخبار متنوع و گوناگون با سرعتی بسیار و در سطحی وسیع پخش می‌شود، اخباری که حجم بسیار زیادی از آنها نادرست یا حداقل اغراق آمیز است. قبول و تصمیم‌گیری براساس این اخبارِ غالباً شبهه‌ناک مضرات بسیاری برای اشخاص و در نهایت کل جامعه به همراه می‌آورد. عموماً پی‌بردن به این که این اخبار می‌توانند نادرست و یا شبهه‌ناک باشند با داشتن اطلاعات اولیه‌ئی که به‌صورت عمومی در دسترس هستند و داشتن حداقلی از بینش علمی و تخمین‌های سرانگشتی ممکن است. به زعم نگارنده سرعت و به‌ویژه وسعت انتشار این نوع اخبارِ سست‌بنیان در جامعه خود معیاری برای سنجش درک عامه از علوم است. هم‌چنین، داشتن تحلیل علمی از مسایل منجر به نوعی خودآگاهیِ اجتماعی می‌شود که قطعاً در سطح و نوع مطالبات اجتماعی بروز می‌یابد.

۳- علم به عنوان نهاد

در بحث بسیار مختصر بالا در مورد نقش و لزوم توجه به علوم در جامعه‌ی امروزین، به دو سؤال بنیادی و مهم که علم به معنای امروزین علوم تجربی چیست و ساختار مدون تولید علم چگونه کار می‌کند، نپرداختیم. این دو سؤال جنبه‌های متعدد دارد و علوم مختلفی نظیر فلسفه، جامعه‌شناسی و خود علوم تجربی هر یک از منظری به این دو سؤال پاسخ می‌دهند. در اینجا صرفاً در حد نیاز متن حاضر و در چارچوب بحث فعلی به آن می‌پردازیم. بحث مکفی و شایسته‌ی آن در این نوشتار نمی‌گنجد و مجالی دیگر می‌طلبد.

در مقدمه گفتیم که خاستگاه ابتدایی و تاریخیِ علوم بیشتر کنج‌کاوی فرد یا جمع کوچکی از افراد بوده اما با گسترش شهرنشینی و از حدود دوتا سه قرن پیش و در جوامع امروزین، هر چند در سطح فردی هنوز خاستگاه خود را داراست، در سطح جامعه، علوم بیشتر به عنوان پایه های فناوری و صنعت و به تبع آنها اقتصاد، و در بیان کلی‌تر به عنوان یکی از محورهای توسعه‌ی کشورها مطرح شده است.

بنابراین علم به‌معنای امروزین آن ابعاد اجتماعی عمیق و وسیعی دارد و به بیان دقیق نهادی اجتماعی است. ویژگیِ بارز و شاید منحصربه‌فرد این نهاد داشتن توأمانِ ابعاد قوی و مهم فردی و اجتماعی است. به‌لحاظ فردی علوم با دیدگاه یا بینش علمی و در سطح اجتماعی با سازوکارهای آموزش و تولید علم و اخلاق علمی تبیین و تعریف می‌شوند. دیدگاه علمی به پدیده ها و اتفاقات نگرشی است که با تحلیلی ابتدایی از پدیده‌ها آنها را به صورت مسئله‌های قابل طرح و احتمالاً قابل‌حل در چارچوب‌های شناخته‌شده (در حالات خاص، نظریات موجود علمی) درمی‌آورد. این دیدگاه معمولاً فروکاست‌گرایانه[۶] است و تأکید آن بر یافتن عوامل و عللی است که بیشترین تأثیر را در آن پدیده یا اتفاق دارند. امکان کمّی‌کردن و بیان روابط بین عوامل با روابط ساده یا پیچیده‌ی ریاضی نیز عموماً مدنظر قرار دارد. بدیهی است این نگرش در تمام مسائل روزمره به‌کار می‌آید و هدف آن یافتن یا کشف ساختار و روابط بین پدیده‌ها و اتفاقات و پیش‌بینی پدیده یا اتفاقی ویژه در صورت بروز شرایط و عواملی خاص است.

نتیجه‌ی این نگرش ایجاد یک مدل برای پیش بینی وقایع و پدیده‌هاست.

علم به معنای امروزین آن به تمام فعالیت‌ها، عوامل، مؤسسات و روابط و ارتباطات بین آنها که در راستای ارائه‌ی مدل‌های کمّی و اندازه‌پذیر از وقایع و پدیده‌ها، و محک و آزمودن پیش‌بینی‌های این مدل‌ها با واقعیات است اطلاق می‌شود. نتیجه این فرآیند و فعالیت‌ها تولید علم است. این تعریف مبین عبارت «*علم به عنوان نهاد*» است. به علاوه، از این تعریف برمی‌آید که علم دارای خرده‌فرهنگ و اخلاقِ اجتماعی خود برای دست‌اندرکاران این نهاد است.

علم به معنای امروزین آن به تمام فعالیت‌ها، عوامل، مؤسسات و روابط و ارتباطات بین آنها که در راستای ارائه‌ی مدل‌های کمّی و اندازه‌پذیر از وقایع و پدیده‌ها، و محک و آزمودن پیش‌بینی‌های این مدل‌ها با واقعیات است اطلاق می‌شود. نتیجه این فرآیند و فعالیت‌ها تولید علم است. این تعریف مبین عبارت «*علم به عنوان نهاد*» است.

با پیشرفت علوم و پیچیده‌شدنِ فرآیند تولید علم در سطح عملی و عملیاتی ناگزیر از تخصص‌گرایی هستیم[7] که این خود پیچیده‌ترشدن روابط و سازوکارها را در نهاد علم به‌همراه دارد. امروز از میان نهادهای اجتماعی سازمان‌ها و مؤسسات تخصصیِ ویژه‌ئی «نهاد علم» به حساب می‌آیند. شاید در این بین، دانشگاه‌ها و انجمن‌های علمی و مؤسسات پژوهشی که به‌صورت سازمان‌یافته در کار تولید علم هستند بارزترین عناصر نهاد اجتماعی علوم به‌نظر بیایند. اما عناصر اجتماعی «نهاد علم» قطعاً منحصر به اینها نیست.

همان‌طور که بحث شد جزء مهمی از نهاد علم دیدگاه یا نگرش علمی است. هر چند در نهادهائی که به‌طور مدون در تولید علم فعالیت دارند این دیدگاه بایستی جاری و ساری باشد، این مؤسسات معمولاً در شکل‌گیری و گسترش دیدگاه علمی در سطح وسیع جامعه نقش پررنگ و بارزی ندارند و این مهم نیازمند سازمان‌ها و سازوکارهای خود است. از این منظر بحث ترویج یا همگانی‌کردنِ علوم پیش می‌آید که یکی از پایه‌ها و پایگاه‌های مهم نهاد علم در جامعه است. *به تمام فعالیت‌هایی که نتیجه‌ی آنها گسترش و جاافتادن دیدگاه و تفکر علمی در جامعه است «ترویج علم» می‌گوییم.* از این تعریف برمی‌آید که بحث ترویج علم، با وسعت اجتماعی آن، از نوع مسائل کلان اجتماعی در جوامع امروزی است و برنامه‌ریزی در این خصوص نیز باید در سطحی متناسب تدبیر و تصمیم‌سازی شود.

از بیان فوق هم‌چنین برمی‌آید که ترویج دیدگاه علمی لازمه و اساس موفقیت مؤسساتی مانند دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی است که به طور تخصصی به تولید علم می‌پردازند. به علاوه، با توجه به فراگیری، بهترین امکان و گزینه برای تثبیت و جاانداختن دیدگاه علمی و اجرایی‌کردن و به‌ظهوررساندن «ترویج علم»، سیستم آموزش متمرکز و مدون پیش از دانشگاه است.

۴- راه‌کارهای پیشنهادی و جمع‌بندی

همان‌طور که بحث شد جوامع و کشورهای مختلف به فراخور میزان توسعه‌یافتگیِ خود اهدافی متفاوت را از ترویج علم دنبال می‌کنند. اما دو موضوع - در سطوح مختلف- بین اهداف آنها مشترک است: ترویج علم با هدف (۱) گسترش و جاافتادن بینش علمی و مبتنی بر جستجوی علت و چرایی برای پدیده‌ها و اتفاقات و (۲) به‌دست‌آوردن مهارت‌های اولیه برای استفاده‌ی بهینه از کالاهای فناورانه. هم‌چنین گفتیم که علم - به معنای نوین آن- «نهاد»ی اجتماعی است که سازوکارها، ارتباطات و سازمان‌های خود را داراست یا باید داشته باشد. مؤلفه‌های مهم این نهاد، سازمان‌ها یا مجامع ذی‌ربط در امور «ترویج»، «آموزش» و «پژوهش» علوم هستند و مهم‌تر این که هر یک از موارد سه گانه‌ی فوق کاری کاملاً تخصصی است و مطالعه، تحقیق و برنامه ریزیِ مربوط به خود را می‌طلبد. به ویژه صرف دارابودن دانش مثلاً فیزیک به معنای دانستن مفاهیم و روش‌ها در ترویج فیزیک نیست.

از طرف دیگر، بحث ترویج علم از موضوعات کلان اجتماعی و از جنس موضوعات فرهنگی است، بدین معنا که با زیست‌شیوه‌ی[8] مردم سروکار دارد. بنابراین باید در سطح کلان و به صورت جدی در برنامه‌ریزی‌های ملّی لحاظ شود. مانند هر موضوع دیگری در این سطح باید (۱) هدف‌گذاری دقیق، واقع‌بینانه و دست‌یافتنی در این خصوص داشته باشیم، (۲) در سطح اجرا باید نهادی فرا وزارتی هماهنگی بین دستگاه‌های مربوط را برعهده گیرد، (۳) با توجه به تخصصی‌بودنِ کار باید نقشی ویژه - به منظور هدایت و نظارت برنامه- به مجامع تخصصی و دانشگاهی واگذار شود و (۴) باید خود مردم، سازمان‌های مردم‌نهاد و ... را در سطح هر چه وسیع‌تر با آگاهی‌دادن نسبت به اهمیت مسئله در موضوع ترویج علم درگیر، و در پیش‌برد و دست‌یافتن به اهدافِ آن ترغیب کرد.

تاکنون بحث ما کاملاً عمومی و در مورد هر کشوری قابل اطلاق بود. برنامه ریزی و هدف گذاری برای کشور خاص باید با در نظر گرفتن مختصات فرهنگی، اجتماعی و مدیریتی آن انجام گیرد و اعمال شود. شاید اولین و مهم‌ترین قدم در مورد کشور ما ایجاد آگاهی نسبت به اهمیت موضوع ترویج علم - به معنائی که در این مقاله تشریح شد- در بین دانشگاهیان و سپس بین مسئولین اجرایی، تقنینی و دستگاه قضایی باشد. البته تبیین این مهم بحث‌های تخصصی و مجال خود را می‌طلبد.

قدردانی: ورود من به موضوع ترویج علم از طریق پروژه‌ئی است که از طرف شاخه‌ی فیزیک فرهنگستان علوم به من واگذار شد و متن حاضر مختصری از مطالعاتی است که نگارنده با کمک، هم‌فکری و بحث با خانم زهرا اجاق، دکتر آرزو درستیان و دکتر منصور وصالی، دکتر مهدی زارع و دکتر محمد اخوان فرشچی در راستای این طرح مطالعاتی-پژوهشی داشته‌ایم. از نام‌بردگان نهایت قدردانی را می‌کنم. هم‌چنین از آقای دکتر مهدی گلشنی و دکتر عباس صابری برای نظرات اصلاحی روی متن تشکر می‌کنم.

---

۱. در این مقاله منظور از علم یا علوم - مگر آن که صراحتاً ذکر شود- علم یا علوم تجربی (empirical sciences) است.

2. social communication
3. scientific communications
4. science literacy
5. public understanding of sciences
6. reductionist

۷. به اعتقاد نگارنده علی‌رغم افتراق بین حوزه‌های متفاوت علوم، علوم در دو سطح با یکدیگر مشترکند: در خاستگاه و روش‌شناسی و در سطح عمیق و بنیادین. شاهد این باور نیز یکی وجود و امکان «گزاره‌های فلسفی» است که درستی یا نادرستی آنها مستقل از شرایط زمان و مکان هستند و دیگری سیر تاریخ علوم که همواره در مسیر تکامل خود در جهت نوعی هم‌گرایی بین علوم و شاخه‌های مختلف در سطح بنیادین بوده‌اند.

8. lifestyle

آموزش همراه با بازی و تفریح

مصاحبه با آقای حازم فریپور

مصاحبه و تنظیم: ایمان عقیلیان

دانش‌آموزان در حال آزمایش در مرکز فن‌آموز. تصویر متعلق به موسسه‌ی سراج است.

لطفا خودتان را معرفی کنید و شرح مختصری از زندگی حرفه‌ای خود تا به امروز بدهید.

حازم فریپور هستم، متولد سال ۱۳۴۴. در سال ۱۳۶۲ مشغول به تحصیل در رشته‌ی الکترونیک در دانشگاه تهران شدم. از سنین کودکی به ساختن کاردستی‌های مختلف علاقه‌مند بودم و در نوجوانی این علاقه جدی‌تر شد. در سال ۱۳۶۵ مؤسسه‌ی **عترت** را به‌همراه تعدادی از دوستان با هدف طراحی و ساخت تجهیزات برای آموزش علوم و به‌طور خاص فیزیک تأسیس کردیم. در سال ۱۳۸۵ اولین مرکز **فن‌آموز** را به عنوان مکانی برای آشناییِ عموم مردم با علوم به‌وجود آوردیم. امروز مراکز فن‌آموز در ۱۱ نقطه‌ی کشور دایر و پذیرای بازدیدکنندگان هستند و حدود چهارصد هزار نفر تا کنون از این مراکز بازدید کرده‌اند.

اولین سؤالی که برای من پیش می‌آید، مسئله‌ی تأمین مالی است. چگونه شروع کردید و چگونه توانسته‌اید منابع مالی لازم برای این فعالیت‌ها را فراهم کنید؟

در ابتدا با استفاده از منابع شخصی بنیان‌گذاران و کار داوطلبانه‌ی دوستان شروع کردیم و کم کم به سمت تولید انبوه وسایل آزمایشگاهی مورد نیاز در مدارس کشور و مراکز مختلف حرکت کردیم. از سال ۱۳۷۳ نیز به دنبال یافتنِ منابع درآمدی جدید، شروع به طراحی و تولید قطعات خودرو کردیم. در سال ۱۳۷۹، به علت نقص در برنامه‌ریزیِ مالی فعالیت‌ها که مقیاس بزرگتری نیز پیدا کرده بودند، مجموعه با ورشکستگی روبه‌رو شد. در آن زمان ۴۸۰ نفر با ما همکاری می‌کردند و حدود ۳۰۰ نفر در خط تولید مشغول به فعالیت بودند.

منابع انسانی لازم برای برنامه‌های خود را چگونه تأمین می‌کردید و چه تجربیاتی در مورد نیروی انسانی کسب کرده‌اید؟

افراد مختلفی با کارهای ما آشنا و جذب مجموعه می‌شدند. برخی از آنها برای ما تبدیل به عناصر کلیدی شده‌اند و سال‌های طولانی با هم کار کرده‌ایم و برخی هم بعد از مدتی سراغ کارهای دیگر رفته‌اند. تجربه اصلی من در کار با افراد مختلف این بوده که عشق و علاقه به کار مهم‌تر از هر چیز دیگر است. دانش و تجربه را می‌توان کسب کرد، اما نداشتن انگیزه‌ی کافی، به‌راحتی قابل درمان نیست.

جدا از مسائل فنی و مهندسی، بخش بزرگی از کار شما مسئله‌ی آموزش است. رابطه‌ی شما با آموزش چه بوده‌است؟

همیشه به آموزش و مخصوصاً آموزش علوم علاقه‌مند بوده‌ام. منبع عمده‌ی تجربیات مستقیم من در آموزش، ۱۲ سال تدریس در مدارس راهنمایی و دبیرستان علامه‌ی حلی تهران بوده است. آموخته‌های من در زمینه‌ی آموزش به‌صورت ارادی و تصادفی در طول سالیان جمع شده، بخش ارادی آن، شروع به معلمی و ادامه‌ی آن بوده است. همیشه در حوزه‌ی آموزش مطالعه داشته‌ام و سعی کرده‌ام تا از تجربیات دیگران استفاده کنم و پی‌گیر روی‌دادهای مختلف آموزشی در کشور بوده‌ام. هر وقت باخبر می‌شوم که کنفرانس یا نمایشگاهی مرتبط با کار من برگزار می‌شود، اگر بتوانم شرکت می‌کنم و یا سعی می‌کنم از محتوای آن مطلع شوم. وقتی ذهن شما به‌صورت جهت‌دار موضوع مشخصی را دنبال می‌کند، همیشه آماده‌است تا مطالب پراکنده‌ئی را که دیگران احتمالا از کنار آن می‌گذرند شکار کند. بخش دیگری از آموخته‌های من به‌طور تصادفی کسب شده است. در طول این سال‌ها افراد مختلفی با کارهای ما آشنا شده‌اند و گاهی به مطلبی برمی‌خورند که فکر می‌کنند برای من جالب است، تماس می‌گیرند و یا ایمیل می‌زنند و مرا مطلع می‌کنند.

آیا کارهای مشابه در کشورهای دیگر را برای کسب ایده دنبال می‌کنید؟

الان، بله. از طریق اینترنت، مطبوعات و خواندن مقالات. به دنبال دیدن و یادگرفتنِ کارهای مشابه بین‌المللی هستیم، اما تا قبل از سال ۸۵ به دنبال این موضوع نبودیم و تمرکز ما بر فعالیت‌های داخلی و کارهای خودمان بود.

به عنوان کسی که سال‌ها با علم، آموزش علوم و نگاه علمی مأنوس بوده‌اید، تأثیر نگاه علمی را بر زندگی شخصی خود چگونه می‌بینید؟

داشتن نگاه علمی قطعاً بر همه جوانب زندگی تأثیر می‌گذارد و فکر می‌کنم همه مردم به این نوع نگاه علمی نیاز دارند. تأکید من بر نگاه علمی است و نه داشتن معلومات علمی. مهم نیست که شما نگاه علمی را در چه حوزه‌ئی آموخته‌اید، هم‌چنان می‌توانید این نگاه و روش را به سایر حوزه‌ها تعمیم بدهید. به عنوان مثال، در مورد مسائل پزشکی و درمانی، دوستی به من می‌گوید که فلان گیاه را بجوشان و بخور چون اثر درمانی دارد. اولین سؤالی که در ذهن من شکل می‌گیرد این است که مرجع این توصیه چیست؟ این روش کجا امتحان شده‌است. گوینده می‌گوید که دوستی یا آشنایی این گیاه را استفاده کرده و بهبود پیدا کرده‌است. من می‌دانم که با یک یا دو اتفاق نمی‌توان به یک قاعده رسید.

بعد از سال‌ها فعالیت آموزشی، آیا به فلسفه یا نگاه آموزشی خاصی رسیده‌اید که بتوان آن را به صورت ساده بیان کرد؟

تصویر متعلق به موسسه‌ی سراج است.

فکر می‌کنم که آموزش علوم پایه وقتی بیشترین تأثیر را دارد که در کنار تفریحات و فراغت به مخاطب ارائه شوند. در فضاهای غیر رسمی و با ایجاد محیط‌های تفریحی و فعالیت‌های سرگرم‌کننده، می‌توان تجربیاتی را ایجاد کرد که سرشار از اتفاقات منجر به آموزش علوم باشد. ما در خلال تجربیات مختلف به‌تدریج به این دیدگاه رسیدیم. برای تأثیرگذاری بر مخاطب انگیزش بر آموزش مقدم است. به بیان دیگر ندانستن قابل درمان است، اما اگر کسی نخواهد چیزی یاد بگیرد، این قابل درمان نیست. مشکل ما در آموزش نبودن منابع نیست. کتابفروشی‌ها، کتابخانه‌ها و اینترنت سرشار از منابع آموزشی مختلف است. مشکل ما در فقر انگیزه و فقر روش است. باید نگرانِ ضعف انگیزه برای یادگیری بود و برای درمان آن به فکر چاره بود و برای درمان فقر روش هم نیاز به ابزارسازی داریم، هم ابزار نرم و هم ابزار سخت. نظام آموزشی ما در برخورد با علوم تجربی و علوم محض ضعف‌های زیادی دارد. در این نظام، دانش‌آموزِ موفق کسی است که یاد بگیرد طیفی از مسائل را حل کند تا نمره‌ی خوب بگیرد. حل این مسایل در نهایت نوعی بازی با ریاضیات و فرمول‌هاست و این مترادف با یادگیری نیست. این نوع یادگیری حتی در رده‌ی معلومات نیست و به نظر من فقط محفوظات است. آموزش باید تأثیرگذار باشد، به‌خاطر بماند و یادگیری هر مفهوم با کاربردهای آن مفهوم درهم‌تنیده باشد. دانش‌آموز باید بتواند بین محاسباتی که انجام می‌دهد و مفاهیم ارتباط برقرار کند. آموزش علوم تجربی نیاز به کار با ابزارهای علوم تجربی دارد و این یعنی هدایت دانش‌آموز از مشاهده به فرضیه: آزمودنِ قوانین علمی و مدل‌سازی در تعاملِ مستقیم با ابزارهای علوم تجربی.

چه برنامه‌هائی در دست اجرا دارید و چه برنامه‌هائی برای آینده ؟

برنامه‌های ما را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد. دسته‌ی اول ایجاد مراکز عمومی برای آشنایی با علوم در قالب فضاهای تفریحی است، مثل همین مراکز فن‌آموز. در این سطح هدف ایجاد انگیزه و انتقال برخی از مفاهیم پایه‌ی علوم به همه مردم و خانواده‌ها و کودکان است. دسته‌ی دوم ساخت ابزار و انتقال روش تدریس مبتنی بر ابزار آموزش و وسائل آزمایشگاهی برای مدارس است. دسته‌ی سوم نیز ایجاد و گسترش اسباب‌بازی‌های علمی و پروژه‌های دانش‌آموزی است، یعنی ابزارهائی که دانش‌آموز بتواند آنها را به خانه ببرد و ضمن سرگرم‌شدن به آزمون و خطا بپردازد.

آخرین سؤال این است که به نظر شما مهم‌ترین مانع در توسعه‌ی فعالیت‌های این چنینی چیست و گلوگاه کار کجاست؟

شاید پاسخِ ساده ولی غیر درست به این سؤال، نبودن منابع مالی کافی باشد. اما به نظر من تهیه‌ی منابع مالی بخشی از صورت مسئله است و نمی‌توان آن را عامل بیرونی قلمداد کرد. فکر می‌کنم ضعف در دانش و تجربه‌ی مدیریتی بزرگترین مانع توسعه باشد. مدیریت درست و قوی می‌تواند برنامه‌ریزیِ صحیح و دقیق انجام بدهد، منابع لازم برای اجرای برنامه‌ها را تهیه کند و به منابع جهت بدهد و کار را تا به‌نتیجه‌رسیدن هدایت و رهبری کند.

از وقتی که در اختیار ما قرار دادید بسیار سپاسگزارم.

علاقه‌مندان برای کسب اطلاعات بیشتر درباره مراکز فن‌آموز می‌توانند به وبگاه www.fago.ir مراجعه کنند. هم‌چنین می‌توانید با مراجعه به وبگاه www.serajco.ir با محصولات متنوع آموزشی این گروه و برنامه‌های «شب فیزیک» و کارگاه‌های مختلف فیزیک آشنا شوند.

گزارش تغییر خط جذبی در اختروش خط جذب پهن J۰۸۴۰+۳۶۳۳

علیرضا آقائی
ارائه‌شده در: همایش ملی گرانش و کیهان‌شناسی، بهمن ۱۳۹۰، دانشگاه تهران

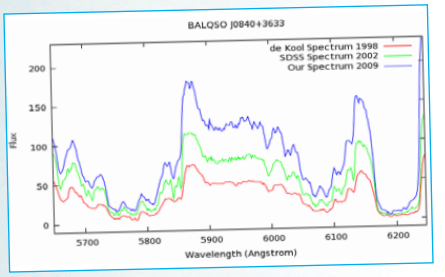
اختروش J۰۸۴۰+۳۶۳۳ را بیکر و همکارانش در سال ۱۹۹۷ میلادی به عنوان اختروش خط جذبی پهن با درجه یونیزاسیون یونش پایین کم کشف کردند که شامل خطوط جذبی قوی از حالت‌های حالت‌های برانگیخته‌ی کم‌پایدار متعلق به یون‌های آهن یک و دو بار یونیده است. این یون‌های آهن، درون شاره‌ئی از گاز قرار دارند که، در اثر بادهای قرص، از قرص برافزایشی اختروش بیرون پرتاب رانده شده‌اند. در دسامبر ۱۹۹۸ با استفاده از طیف سنج نردبانی نصب شده بر روی تلسکوپ ۱۰ متری کِک، در سال ۲۰۰۲ مساحی SDSS، و در دسامبر ۲۰۰۹ میلادی آقائی و همکارانش و با استفاده از دوربین و طیف‌سنج جسم کم‌نور آیوکا در رصدخانه گیراولی، طیف این اختروش سنجیده شد. در بررسی اخیر پس از انجام فرآیندهای داده‌کاهی و انجام تصحیحات لازم، طیف این اختروش به‌دست آمد و با طیف‌های گذشته مقایسه شد. در شکل الف، ناحیه‌ئی از طیف که در تمامی دوره‌ی ۱۱ ساله‌ی مشاهدات، بدون تغییر مانده و در شکل ب، ناحیه‌ئی که تغییر قابل مشاهده دارد، نشان داده شده است.

از دلایل تغییر پذیری در خطوط جذبی این دسته از اختروش‌ها، می‌توان به تغییر در شرایط یونش و یا حرکت ابرهای گازی پرتابی از مقابل خط دید اختروش، اشاره کرد.

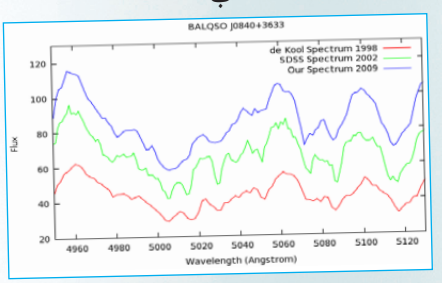
همکاران

- Raghunatan Srianand, Inter-University Centre for Astronomy and Astrophysics (IUCAA), Pune, India
- Patrick Petitjean, Institut d, Astrophysique de Paris (IAP), CNRS, University of Pierre & Marie Curie, Paris, France

الف



ب



شکل الف) قسمتی از طیف اختروش J۰۸۴۰+۳۶۳۳ که در دوره ۱۱ ساله‌ی مشاهدات، تغییر قابل ملاحظه نداشته است.
ب) تغییر مشهود در حوالی طول موج ۵۰۱۰ آنگستروم

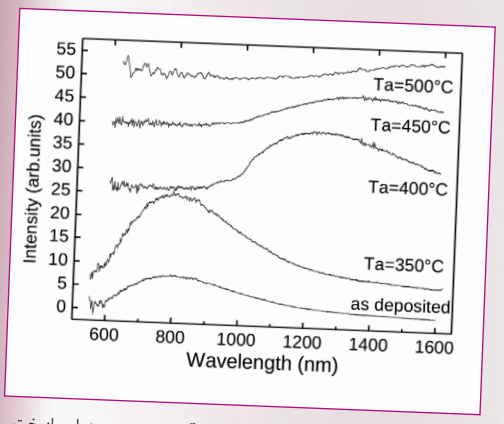
وابستگی دماییِ نوررخشانیِ پیوسته و وابسته به زمان در نانوساختارهای ژرمانیوم

مهدی اردیانیان
دانشکده فیزیک، دانشگاه دامغان

ارائه‌شده در: مجله‌ی پژوهش فیزیک ایران ۱۱، شماره‌ی ۳ (پاییز ۱۳۹۰)

در این تحقیق، لایه‌های نازک اکسید ژرمانیوم از تبخیر دانه‌های دی‌اکسید ژرمانیوم، به روش تبخیر حرارتی ستون الکترون در خلاء تهیه شده و سپس تحت عملیات حرارتی قرار گرفت. از آنجایی که در حین تبخیر کسری از مولکول‌ها تجزیه می‌شوند، ترکیب لایه‌ی نازک دارای تناسب عنصری کامل نیست؛ عملیات حرارتی باعث بهبود ساختار شیمیایی لایه‌ی نازک می‌شود اما به‌دلیل کاهش میزان اکسیژن در ترکیب، ضمن جابه‌جایی اتم‌ها، نانو خوشه های ژرمانیوم بی‌شکل (آمورف) به‌وجود می‌آیند. اثر نوررخشانی (فوتولومینانس) در نمونه ها مورد مطالعه قرار گرفت و بررسی شد و بسته به دمای بازپخت، (T_a)، تا دمای بازپخت T_a = ۳۵۰ °C رخشندگی در ناحیه‌ی اپتیکی ($\lambda \approx$ ۸۰۰ nm) و برای $350\,^{o}C<T_a<500\,^{o}C$ در ناحیه‌ی فروسرخ نزدیک ($\lambda \approx$ ۱۳۵۰ nm) مشاهده شد. رخشندگی در ناحیه‌ی اپتیکی به نقص‌های ساختاری و پیوندهای معلق ناشی از تجزیه هنگام لایه نشانی و در ناحیه فروسرخ به اثر محدودیت کوانتومی در نانو ساختارهای آمورف ژرمانیوم نسبت داده شد و زمان واهلش در آنها بررسی شد. برای ناحیه‌ی اپتیکی زمان واهلش به حدی کوتاه بود که قابل اندازه‌گیری نبود، این نکته گمان ما درباره‌ی خاستگاه رخشندگی را تأیید می‌کند. برای رخشندگی در ناحیه‌ی فروسرخ نزدیک، نمودار شدت بر حسب زمان با تابع $I=I_o e^{-\tau/s}$ به خوبی برازش شده و τ=۲۷۰ ns به‌دست آمد که مقدار آن از مرتبه‌ی زمان محاسبه شده به شیوه‌ی ab initio است. وابستگی نوررخشانی به دما و سازگاری آن با قانون آرنیوس بررسی و انرژی فعال‌شدن نقص‌های شبکه که موجب بازترکیب غیر تابشی می‌شوند نیز با استفاده از برازش منحنی شدت نسبی بر حسب عکس دما محاسبه شد. برای ناحیه اپتیکی و فروسرخ به ترتیب مقدارهای، ۶۸meV و ۳۸meV به‌دست آمد. این مقادیر حاصل از رخشندگی پیوسته با مقادیر حاصل از رخشندگی وابسته به زمان به‌خوبی سازگارند.

همکاران:
مهدی اردیانیان، سید احمد کتابی
دانشکده فیزیک، دانشگاه دامغان



رخشندگی پیوسته در لایه‌های نازک ژرمانیوم اکسید بر حسب دمای بازپخت

شبیه‌سازیِ ذره‌ایِ ناپایداری رامان پیش‌رونده در پلاسمای کم‌چگال

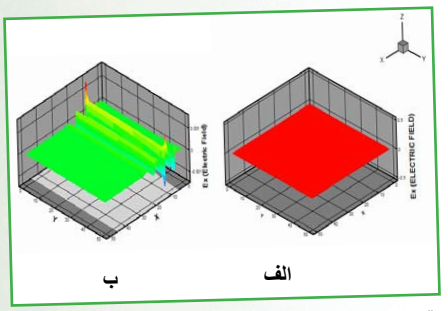
مرجان چابک سوار

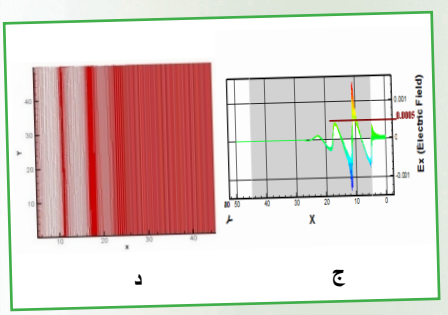
ارائه‌شده در: مجله‌ی پژوهش فیزیک ایران ۱۱، شماره‌ی ۳ (پاییز ۱۳۹۰)

انتشار امواج الکترومغناطیسی در پلاسمای در حال تعادل، می‌تواند باعث به وجود آمدن ناپایداری‌ها در محیط شود. بررسی شرایط وجود و رشد این ناپایداری‌ها از اهمیت ویژه‌ئی برخوردار است. یکی از ناپایداری‌های مطرح در این مورد ناپایداری رامان پیش‌رونده در پلاسماست که می‌توان آن را به روش شبیه‌سازی ذره‌ای بررسی کرد. چون محیط‌های پلاسمایی از نظر فیزیکی بسیار پیچیده هستند و بررسی آنها به روش تجربی پر هزینه است و از طرف دیگر پلاسما در آزمایشگاه رفتار غیر خطی بروز می‌دهد، می‌توان برای بررسی این نوع ناپایداری از روش شبیه‌سازی ذره‌ای استفاده کرد که در مدل‌سازی آن از کد دو بُعدی الکترومغناطیسی غیر نسبیتی به روش شبیه سازی ذره در جعبه استفاده شده است. بدین منظور محیط پلاسما که شامل الکترون‌ها و یون‌هاست به صورت ذره‌ای شبیه‌سازی شده و فرض می‌شود که یون‌ها به دلیل لختیِ زیاد زمینه‌ی ثابتی را می‌سازند، در حالی‌که دینامیک الکترون‌ها از طریق حل معادلات نیوتن-لورنتس به دست می‌آید.

در بررسی‌های انجام شده در عبور موج تخت الکترومغناطیسی از خلاء هیچ‌گونه موج طولی به‌وجود نمی‌آید (شکل الف). اما با ورود یک موج تخت الکترومغناطیسی با همان مشخصات قبلی به پلاسما امواج طولی با دامنه‌ی قابل ملاحظه‌ای در پلاسما شروع به رشد می‌کنند (شکل ب و ۳-ج)، یعنی پدیده ناپایداری رامان پیش‌رونده مشاهده می‌شود که نرخ رشد این امواج طولی با نتایج نظری به‌خوبی سازگار است. با بررسی فضای مکان ذرات در شکل ۳-د، پدیده‌ی دسته‌شدن (bunching) مشاهده می‌شود که خود دلیلی بر صحت شکل‌گیری امواج طولی در پلاسماست.

همکاران:
سحر درویش ملا، مینا جمشیدی، محمود رضا روحانی و حسین حکیمی‌پژوه، گروه فیزیک، دانشگاه الزهرا





(الف) موج طولی پس از انتشار موج تخت الکترومغناطیسی در خلأ.
(ب). ایجاد موج طولی در اثر انتشار موج در پلاسما.
(ج). دامنه‌ی موج طولی حاصل از انتشار موج تخت الکترومغناطیسی در پلاسما.
(د). فضای مکان ذرات.

نقد کتاب: نسبیت خاص

امیر اسماعیل مصفا
دانشکده فیزیک – دانشگاه صنعتی شریف

هنگام مواجهه با کتابی جدید درباره‌ی نسبیت خاص اولین سؤالی که به ذهن می‌رسد این است: اصلاً چه ضرورتی برای نوشتن چنین کتابی وجود دارد؟ بیش از صد سال از تصنیف این نظریه می‌گذرد و اتفاقاً نسبیت خاص از موضوعاتی بوده که در مورد آن بسیار گفته و نوشته شده است. از کتاب‌های آموزشی گرفته، تا تحقیقاتی، در سطوح مختلف دبیرستانی و دانشگاهی، عامه فهم و خاصه‌پسند با ره‌یافت ریاضی و فیزیکی و یا فلسفی و تاریخی. با این همه آقایان دکتر خسروی و منصوری کتاب دیگری به این مجموعه افزوده‌اند: «اولین» کتاب نسبیت خاص به زبان فارسی.

در آموزش چندباره‌ی درس نسبیت خاص به دانش‌جویان کارشناسی فیزیک شریف، آشنایی مختصری با این تألیف پیدا کرده‌ام که به قرار زیر است:

۱. کتاب با مقدمه‌ئی بر سیر تاریخیِ تدوین نظریه‌ی نسبیت خاص آغاز می‌شود و با روند معمول و مرسوم آموزش آن ادامه می‌یابد. در فصل دوم مفاهیم اساسی سینماتیک نسبیتی از قبیل ناظر، تبدیلات لورنتس و نتایج آن، مفهوم هم‌زمانی و نیز برخی پارادوکس‌های معروف نسبیتی با طول و تفصیل مطرح می‌شود. هندسه‌ی چهاربعدی و مفهوم چهاربردار و تانسور محتوای فصل سوم را تشکیل می‌دهد و در فصل چهارم دینامیک نسبیتی با ذکر مثال‌هایی از فرآیندهای فوتونی و نیز برخورد ذرات بنیادی به میان می‌آید. در ادامه به چارچوب مدرن مکانیک نسبیتی به زبان لاگرانژی به‌اختصار پرداخته می‌شود. در فصل پنجم نظریهٔ الکترومغناطیس به زبان پیش‌رفتهٔ نسبیتی مورد بحث است و در فصل ششم تبدیلات لورنتس با نگرش نظریهٔ گروه مطالعه می‌شود. فصل آخر به مباحث ویژه اختصاص دارد که شامل بحث مفصلی است در نظریه‌های آزمون و نیز برخی آزمایش‌های معروف نسبیتی و در ادامه کاربردهای عملی نظریه‌ی نسبیت در سیستم‌های مکان‌یابی و شتاب‌گرهای ذرات و در انتها مروری گذرا بر سرعت‌های فرانوری و تاکیون‌ها.

۲. انتهای هر فصل فهرستی از مراجع، از جمله برخی مراجع به روز گنجانده شده است به همراه تعدادی تمرین و مسئله. این جا و آن جای کتاب بخش‌هائی تحت عنوان «حاشیه» به چشم می‌خورد که هم تنوع مطبوعی در کتاب ایجاد کرده است و هم دارای اطلاعات مفیدی است در ارتباط با متن درس. حاشیه‌هایی نظیر نسبیت در هنر و ادبیات، تابش زمینهٔ زمینه‌ی کیهانی، برخی اشارات تاریخی، کاربردهای گوناگون نسبیت، برخی سؤالات حل نشده و بسیاری دیگر.

۳. در این حاشیه‌ها تصویرهایی به تناسب موضوع قرار داده شده است. از تابلوی سالوادور دالی گرفته تا آنتن گیرندهٔ تابش کیهانی، تا عکس‌هایی از اینشتین. تصویرها با سلیقه انتخاب شده و رنگ و لعابی به کتاب می‌دهد.

۴. تعداد زیادی شکل و نمودار در متن درس برای تفهیم بهتر موضوع به چشم می‌خورد. هم‌چنین یکی از ضمائم کتاب اختصاص دارد به تعدادی نمونه‌ی سؤالات امتحانی.

نثر کتاب روان است ولی نه چندان یک دست و لحن آن بین رسمی و خودمانی سرگردان است. شش فصل اول کتاب به همراه تعدادی از مباحث ویژه به‌سادگی در یک درس سه واحدی قابل تدریس است.

همان‌طور که نویسندگان در پیش‌گفتار خود اذعان داشته‌اند دغدغه‌ئی برای موشکافی و تعمیق مطالب نداشته‌اند و این امر را به عهدهٔ «خوانندگان باهوش خود» گذاشته‌اند. هیچ یک از مباحث کتاب از مفهوم نسبیت گرفته تا سینماتیک و دینامیک و هندسه‌ی نسبیتی در تبیین و تشریح مطالب نه تنها ارجحیتی بر دیگر کتاب‌ها ندارد که با بسیاری از آن‌ها توان رقابت ندارد. تشریح مفهوم نسبیت و بیرون‌کشیدنِ تبدیلات لورنتس که اولین مواجههٔ دانش‌جو با نسبیت است با شتاب و بی‌حوصلگی همراه بوده و در عوض به موضوعاتی از قبیل روش‌ها و قراردادهای هم‌زمانی به تفصیل پرداخته شده است. نحوه‌ی ارائه‌ی هندسه‌ی نسبیتی چنگی به دل نمی‌زند و برخی قسمت‌های آن از قبیل میدان‌های تانسوری و انتگرال‌گیری از آنها (که خواندن آن به بیماران قلبی توصیه نمی‌شود) تقریباً غیرقابل استفاده است.

در تمام مباحث این طور به نظر می‌رسد که هدف نویسندگان، رسیدنِ هر چه سریع‌تر به روابط و نتایج اصلی است بدون دقت و وسواس در چگونگی استخراج آن‌ها. روح ارائه شبیه به «نگرشی کاربردی» به نظریه‌ی نسبیت است. تنها در فصل مباحث ویژه و به خصوص نظریه‌ی آزمون است که نویسندگان با دقت و حوصله به طرح موضوع می‌پردازند. این موضوع البته قابل درک است زیرا دکتر منصوری، به تنهایی و نیز به همراه استاد راهنمای دکتری خود، نسبیت دان برجسته اتریشی زکسل، تحقیقات مهمی در این‌باره انجام داده است و بنابراین مطالعه‌ی این بخش که از زبان یکی از اشخاص تأثیرگذار در نظریه‌های آزمون نسبیتی بیان می‌شود تجربه‌ی ارزشمندی است. شاید این مسئله تنها وجه شاخص این کتاب باشد، چون در برای تمام مباحثی که در کتاب ارائه شده مراجع بسیار به‌تری می‌توان یافت. دیگر وجوه منحصر به فرد این کتاب، چندان اهمیتی ندارد ندارد: مسائلی از قبیل ذکر تاریخ معادل هجری شمسی با میلادی و یا بیان تقارنات تاریخی نسبیت با سلطنت مظفرالدین شاه و انقلاب مشروطه و حتی اصرار بر استفاده از معادل فارسی لغات علمی.

معرفی و مرور کتاب آشنایی با فیزیک گرما

فرهاد شهبازی
دانشکده فیزیک- دانشگاه صنعتی اصفهان

از آنجا که موضوع رساله‌ی دکترای من در زیرمجموعه‌ی فیزیک آماری قرار داشت، از سال ۱۳۸۲ که عضو هیئت علمی دانشکده‌ی فیزیک شدم تصمیم گرفتم که تدریس درس‌های ترمودینامیک و مکانیک آماری را در برنامه‌ی آموزشی خود بگنجانم. در این راستا تاکنون شش بار «ترمودینامیک و مقدمه‌ی فیزیک آماری» و دو بار «مکانیک آماری» را در مقطع کارشناسی، دو بار «مکانیک آماری پیشرفته‌ی ۱ و ۲» و سه بار درس «فیزیک پدیده‌های بحرانی» را در مقاطع تحصیلات تکمیلی درس داده‌ام.

در این نوشتار قصد دارم تا تجربه‌های خود را از متونی که برای درس‌های «ترمودینامیک و مقدمه‌ی مکانیک آماری» و «مکانیک آماری» در دوره‌ی کارشناسی داشته‌ام به نگارش در آورم. در آخر، با معرفی کتاب «**آشنایی با فیزیک گرما**»، تالیف *دانیل شرودر*، دلایلی را خواهم گفت که موجب شد این کتاب را برای تدریس دو درس یادشده انتخاب کنم.

برای تدریس «ترمودینامیک و مقدمه‌ی آماری» ابتدا کتاب «**حرارت و ترمودینامیک**» تالیف *مارک والدو زیمانسکی* و *ریچارد دیتمن* (ویرایش ششم، تألیف سال ۱۹۸۱ میلادی) را که سال‌ها به عنوان منبع این درس شناخته شده بود، سه نیم‌سال تدریس کردم. این ویرایش کتاب مشتمل بر دو بخش و ۱۹ فصل است. بخش اول با عنوان «مفاهیم اساسی» شامل ۱۰ فصل و بخش دوم با عنوان «کاربرد مفاهیم اساسی» نیز شامل ۹ فصل است. برای این درس ۴ واحدی موفق به تدریس ۱۰ فصل از بخش اول و فصل ۱۳ از بخش دوم آن شدم.

در فصل‌های اول تا پنجم، مؤلفین به مفاهیم پایه‌ای مانند تعادل ترمودینامیکی، کار و گرما، قانون صفرم و اول ترمودینامیک، نظریه‌ی جنبشی و کاربردهای آنها در گازهای کامل می‌پردازند.

فصل‌های ششم، هفتم و هشتم که از مهم‌ترین بخش‌های کتاب هستند به قانون دوم ترمودینامیک اختصاص دارد. در فصل ششم، ابتدا با معرفی ماشین‌های گرمایی و یخچال‌ها و محاسبه‌ی بازده و کارآیی آنها به دو بیان کلوین-پلانک (بیان ماشین گرمایی) و کلاؤسیوس (بیان یخچالی) از قانون دوم و اثبات هم‌ارزی آنها پرداخته می‌شود. در فصل هفتم، درباره‌ی مفهوم برگشت‌پذیری و برگشت‌ناپذیری فرآیندها و شرایط برگشت پذیری بحث می‌شود و در فصل هشتم تعریف ترمودینامیکی آنتروپی ارائه می‌شود و به این ترتیب قانون دوم ترمودینامیک به شکل جدیدتری و به صورت اصل افزایش آنتروپی بیان می‌شود.

فصل نهم چکیده‌ی همه فصل‌های گذشته است. به این ترتیب که با معرفی پتانسیل‌های ترمودینامیکی یا انرژی‌های آزاد (مانند آنتالپی، انرژی آزاد هلمهولتز و انرژی آزاد گیبس)، قوانین اول و دوم ترمودینامیک به صورت روابط بین مشتقات جزئی این توابع بیان می‌شوند.

فصل‌های ۱۰ و ۱۳ به فازهای پایدار ماده و گذار بین آنها اختصاص یافته است. فصل دهم به گذار فازهای ناپیوسته با مرتبه‌ی اول مانند تبخیر، انجماد و تصعید می‌پردازد، در حالی‌که موضوع فصل سیزدهم، بررسی نقاط بحرانی یا نقاط گذار فازهای پیوسته است.

در نقد این کتاب باید بگویم با اینکه مطالب ارائه شده در آن بسیار دقیقند، ولی به برخی از جزئیات بیش از حد پرداخته شده که موجب طولانی‌شدن فصل‌ها شده است، به طوری که من در سه بار تدریس آن موفق به درس دادن فصل یازدهم آن با عنوان مکانیک آماری و همچنین قانون سوم ترمودینامیک، که در فصل نوزدهم کتاب آمده، نشدم. بنابراین یکی از اهداف درس، که آموزش مقدمات مکانیک آماری‌ست، برآورده نمی‌شد. از طرفی بیان کتاب نیز قدیمی شده و هر چند در ویرایش هفتم آن تغییراتی در برخی مطالب و فصل‌بندی آن داده شده، ولی ساختار اولیه‌ی آن تغییر اساسی نکرده است. بنابراین لزوم تغییر منبع درس به منظور آشنایی دانشجویان با پیشرفت‌های جدید در این زمینه احساس می‌شد، تا اینکه یکی از همکاران کتاب «**آشنایی با فیزیک گرما**» تألیف *دانیل شرودر* در سال ۲۰۰۰ را به من معرفی کرد. لازم به توضیح است که مؤلف این کتاب، به همراه مایکل پسکین، در تالیف کتابی در زمینه‌ی نظریه‌ی میدان‌های کوانتمی نیزمشارکت داشته و این کتاب هم‌اکنون در بسیاری از دانشگاه‌های خارج و داخل به عنوان منبع اصلی درس نظریه‌ی میدان پذیرفته شده است. با این پیش‌زمینه می‌توان حدس زد که با کتابی روبه‌رو هستیم که بیشتر با دیدگاه نظری به فیزیک گرما می‌پردازد. این نکته از نظر من که کارم فیزیک نظری‌ست، برتری مهم این کتاب به‌حساب می‌آید. بنابراین این کتاب را منبع درس «ترمودینامیک و مقدمه‌ی مکانیک آماری» قرار دادم و تا کنون سه بار آن را تدریس کرده‌ام. هم‌چنین یک بار هم آن را برای تدریس درس «مکانیک آماری» به کار بردم. این کتاب مشتمل بر سه بخش و هشت فصل است.

سه فصل اول که در بخش اول با نام «مفاهیم بنیادی» قراردارند عبارتند از: ۱- انرژی در فیزیک گرما؛ ۲- قانون دوم ترمودینامیک و ۳- برهم‌کنش‌ها و کاربردها.

بخش دوم با عنوان «ترمودینامیک» شامل فصل‌های ۴- ماشین و یخچال و ۵- انرژی آزاد و ترمودینامیک شیمیایی است.

فصل‌های ششم تا هشتم در بخش سوم با عنوان «مکانیک آماری» جای دارند و عبارتند از:

۶- آمار بولتزمن؛ ۷- آمار کوانتمی؛ و ۸- سیستم‌های برهم‌کنش‌دار.

ساختار کتاب به گونه‌ای‌ست که آن را برای تدریس درس‌های ترمودینامیک و مکانیک آماری مناسب می‌کند. در شرایط ایده‌آل باید بخش‌های اول و دوم یعنی پنج فصل به درس «ترمودینامیک و مقدمه‌ی مکانیک آماری» و سه فصل آخر به درس «مکانیک آماری» اختصاص یابد. ولی من موفق به تدریس چهار فصل اول در درس «ترمودینامیک» و فصل‌های ۵، ۶ و ۷ در درس مکانیک آماری شدم. دلیل آن هم عمدتاً عدم کشش اکثریت دانشجویان بود. لازم است توضیح دهم که بار اول برای تدریس «مکانیک آماری»، کتاب «**آشنایی با**

فیزیک آماری» تالیف *کرسون هوانگ* را جایگزین کتاب **«فیزیک آماری»** تالیف *فردریک رایف* از دوره فیزیک برکلی کردم. کتاب رایف سال‌های طولانی منبع استاندارد بود ولی اکنون منبعی قدیمی به‌حساب می‌آید. اما پس از یک بار که من و دو بار دیگر که یکی از همکارانم این کتاب را تدریس کردیم متوجه شدیم که به‌علت بیان ریاضی نسبتاً پیچیده‌ی کتاب هوانگ، بیشتر دانشجویان کارشناسی قادر به ارتباط با این کتاب و درک مفاهیم آن نیستند.

حال به توصیف مختصر فصل‌های کتاب **«آشنایی با فیزیک گرما»** و مقایسه‌ی آن با کتاب **«حرارت و ترمودینامیک»** می‌پردازم.

فصل اول: در این فصل به مفاهیم تعادل گرمایی، دما، کار، گرما، قانون اول ترمودینامیک و نظریه‌ی جنبشی گازها پرداخته می‌شود. در مبحث نظریه‌ی جنبشی، فرآیندهای رسانش گرمایی، پخش مولکولی و گران‌روی در شاره‌ها ارائه می‌شوند. در واقع پنج فصل اول کتاب زیمانسکی و دیتمن در این فصل خلاصه شده است.

فصل دوم: در این فصل، مؤلف با استفاده از حساب جای‌گشت‌ها و نظریه‌ی احتمالات، به محاسبه‌ی کمیتی به نام تابع فراوانی برای سیستم‌های منزوی می‌پردازد. سپس با تعریف آنتروپی با عنوان لگاریتم تابع فراوانی، قانون دوم ترمودینامیک را که همان اصل افزایش آنتروپی برای سیستم‌های منزوی است نتیجه می‌گیرد و تأکید می‌شود که قانون دوم نتیجه‌ی طبیعی نظریه‌ی احتمالات است. این شیوه‌ی بیان، وجه تمایز مشخص کتاب حاضر با کتاب زیمانسکی و دیتمن است که در آن همواره سعی بر تأکید به این نکته است که قوانین ترمودینامیک، قوانینی پدیده‌شناختی هستند و یا به عبارت دیگر، سرچشمه‌ی تجربی دارند.

در این فصل هم‌چنین بدون نام‌بردن از هنگرد ریزبنادی، آموزش مقدمات مکانیک آماری به‌میان می‌آید. برای مثال، آنتروپی برای چند سیستم ساده‌ی فیزیکی مانند مواد پارامغناطیس دوحالتی، جامد اینشتین و گاز ایده‌آل محاسبه می‌شود، که برای آشنایی با این مطالب و مقدمات مکانیک کوانتمی در حد فیزیک جدید ضروری‌ست.

فصل سوم: برقراری ارتباط بین آنتروپیِ تعریف‌شده در فصل دوم، که اساس میکروسکوپی دارد، و کمیت‌های ماکروسکوپیِ مطرح‌شده در فصل اول، موضوع این فصل است که مؤلف به‌خوبی از پس آن برآمده. نشان داده می‌شود که چگونه آنتروپی به کمیت‌های قابل‌اندازه‌گیری در آزمایشگاه مربوط می‌شود. هم‌چنین به قانون سوم ترمودینامیک و دماهای منفی نیز در این فصل اشاره می‌شود، در حالی‌که در کتاب زیمانسکی و دیتمن این مطالب در فصل نوزدهم آورده شده است و عملا تدریس نمی‌شد. در این فصل تناظری بین مفاهیم ترمودینامیکی و زندگی اجتماعی ارائه می‌شود که در ساده سازی فهم آنها بسیار مؤثر است.

فصل چهارم: این فصل به کاربرد قانون دوم ترمودینامیک در ماشین‌های گرمایی و یخچال‌ها اختصاص دارد. بیان‌های کلوین-پلانک و کلاؤسیوس از اصل افزایش آنتروپی بیرون کشیده می‌شود. بنابراین وجه تمایز مشخص این کتاب با کتاب زیمانسکی و دیتمن، در عدم رعایت روند تاریخی تکامل علم ترمودینامیک است.

فصل پنجم: در این فصل انرژی‌های آزاد، گذارهای فاز و کاربرد ترمودینامیک در سیستم‌های شیمیایی مانند مخلوط‌ها و محلول‌های رقیق ارائه شده است. در واقع می‌توان ادعا کرد که همه‌ی کتاب زیمانسکی و دیتمن با حجم تقریبی ۷۰۰ صفحه، در این پنج فصل با حجمی حدود ۲۰۰ صفحه خلاصه شده است.

فصل ششم: فرمول‌بندی مکانیک آماری برای سیستم بسته‌ئی که با محیط انرژی مبادله می‌کند ولی ذره مبادله نمی‌کند، یعنی همان هنگرد بنادی، در این فصل ارائه می‌شود. روش به‌دست‌آوردنِ تابع وزن بولتزمن در این فصل حاوی نوآوری‌های جالبی‌ست که نگارنده در متون دیگر کم‌تر دیده است. برای مثال می‌توان به وجود جمله‌ئی مربوط به تغییر حجم در نمای تابع بولتزمن اشاره کرد که غالباً قابل چشم‌پوشی است ولی برای برخی سیستم‌ها مانند اتم هیدروژن باید در نظر گرفت.

فصل هفتم: این فصل به بررسی سیستم‌های باز که با محیط تبادل ذره دارند، یا هنگرد درشت بنادی (آنسامبل گراند کانونیک)، اختصاص دارد. آمار کوانتمی برای بوزون‌ها و فرمیون‌ها فرمول‌بندی می‌شود، و در مطالبی مانند گاز فرمیونی تبهگن، تابش جسم سیاه، نظریه دِبی برای جامدات و چگالش بوز-انیشتین به‌کار برده می‌شود.

فصل هشتم: سیستم‌های بابرهم‌کنش موضوع این فصل است که برای مطالعه‌ی آنها با روش‌هائی مانند بسط خوشه، نظریه میدان میانگین و شبیه‌سازی مونت‌کارلو آشنا می‌شویم. در این فصل هم‌چنین مدل آیزینگ به عنوان یک مدل برهم‌کنشی مطرح و حل دقیق آن در یک بعد ارائه می‌شود.

همان‌گونه که قبلاً اشاره کردم چهار فصل اول این کتاب را در درس «ترمودینامیک و مقدمه‌ی مکانیک آماری» و فصل‌های ۵، ۶ و ۷ را در درس مکانیک آماری تدریس کردم. علاوه بر ساختار مدرن سازگار با پژوهش‌های روز، بیان مختصر و مفید، و نوآوری در ارائه‌ی مطالب، نقطه‌ی قوت دیگر کتاب پرسش‌های آن هستند. این مسئله‌ها بسیار با دقت و هدفمند طراحی شده‌اند و تلاش برای حل آنها به درک بیشتر مفاهیمِ ارائه‌شده در متن کمک فراوان می‌کند. جالب این‌که در این مسئله‌ها از موارد مربوط به زندگی روزمره، مانند محاسبه‌ی هزینه‌ی گاز مصرفی و چگونگی کاهش آن، تا مسائل نظری محض مانند آنتروپی سیاه‌چاله‌ها وجود دارد. در انتهای کتاب جدولی از انرژی‌های آزاد، آنتروپی و ظرفیت گرمایی مواد وجود دارد، که دانشجویان برای حل پاره‌ای از مسائل کاربردی مربوط به مواد واقعی باید به آن رجوع کنند. هم‌چنین وجود تکالیف محاسباتیِ آموزنده در این کتاب، در آشنایی دانشجویان کارشناسی با استفاده از کامپیوتر بسیار مؤثر هستند.

از مجموع مطالب فوق می‌توان نتیجه گرفت که این کتاب برای تدریسِ «ترمودینامیک» و «مکانیک آماری» ایده‌آل است. من در چند بار تدریسِ آن چیزهای زیاد آموختم و لذت فراوانی بردم. در پایان تدریس این کتاب را به مدرسان دو درس یاد شده و هم‌چنین ترجمه‌ی آن را به علاقه‌مندان توصیه می‌کنم.

نسخه‌ی الکترونیک «فیزیک روز» در وبگاه www.psimag.ir در دسترس است.

معرفی کتاب: اخترفیزیک

میلاد حدادی
دانشکده فیزیک–دانشگاه صنعتی اصفهان

عنوان کتاب: **اخترفیزیک**
گردآوری و تالیف:
علی عجب‌شیری‌زاده
ناشر:کینون
چاپ اول: تبریز ۱۳۹۰

اخترفیزیک به ویژگی‌های فیزیکی ستارگان، فضای میان ستاره‌ای و تحول آن‌ها می‌پردازد. در کتاب سعی شده مفاهیم اولیه و روابط اصلی در اخترفیزیک به شکلی خلاصه و مفید ارائه و خواننده با چارچوب‌های اصلی آشنا شود و از این رو کتاب فاقد مباحث مفصل در تمام شاخه‌های اخترفیزیک است.

کتاب فاقد مثال‌های حل‌شده و تمرین‌های آخر فصل است. صفحه‌آرایی ساده‌ائی دارد. عکس روی جلد نمودار انتقال به سرخ کهکشان کهکشان‌ها بر حسب زمان سپری شده در جهان است که بر روی هر بخش آن مراحل مختلف تحول عالم نوشته شده است از این رو می‌توان گفت عکس روی جلد ارتباط بیشتری با کیهان‌شناسی دارد.

فصل‌های اول تا سوم کتاب شامل تعریف مفاهیم بنیادی، فیزیک مورد نیاز برای مطالعه‌ی ستارگان و معادلات ساختاری ستارگان است.حل معادلات ساختاری به‌دست آمده، در فصل پنجم آورده شده است. اگر نمودار درخشندگی برحسب دما یا نوع طیفی ستارگان را رسم کنیم حدود ۹۰ درصد ستارگان در یک خط پیوسته‌ئی در نمودار قرار می گیرند که به آن رشته رشته‌ی اصلی گفته می‌شود. حدود ۱۰ درصد ستارگان پایین رشته اصلی جای می‌گیرند و به نام کوتوله‌های سفید معروفند. کم‌تر از یک درصد ستارگان، ابرغول‌ها هستند و در بالای رشته‌ی اصلی قرار می‌گیرند. این نمودار اهمیت ویژه‌ائی در اخترفیزیک به‌ویژه در طبقه‌بندی و فهم و توضیح چرخه‌ی زندگی ستارگان دارد که فصل چهارم کتاب به آن اختصاص یافته است.

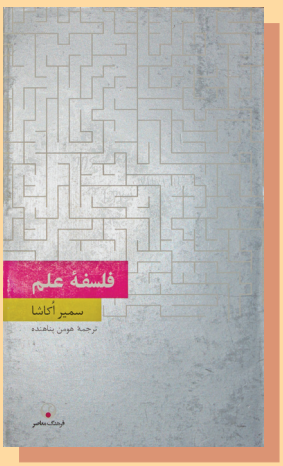
رشته ی اصلی از آن جهت که مراحل تحول ستاره را می‌توان با آن تعیین کرد حائز اهمیت است. مراحل تحول یک ستاره در فصل ششم بحث شده است.

اگر ستارگان در فاصله‌ی بسیار دور از ما هستند که بر حسب سال نوری بیان می‌شوند چگونه این کمیات را اندازه‌گیری و ارتباط میان آن‌ها را مطالعه می‌کنیم؟

در فصل هفتم درباره‌ی این پرسش و روش‌های گوناگون اندازه‌گیری این کمیات به تفصیل گفت‌وگو شده است.

معرفی کتاب: فلسفه‌ی علم

میلاد حدادی
دانشکده فیزیک–دانشگاه صنعتی اصفهان



عنوان کتاب : **فلسفه‌ی علم**
عنوان اصلی:
Philosophy of Science: A very short introduction, 2002
نویسنده: سمیر اکاشا
مترجم: هومن پناهنده
ناشر: فرهنگ معاصر
چاپ اول: ۱۳۷۸
تیراژ: ۳۰۰۰ نسخه

علم چیست؟ چه روش‌ها و اصولی در علم دنبال می‌شود؟ فرق علم و شبه‌علم چیست؟ آیا علم به‌تنهایی می‌تواند باعث سعادت بشر شود؟ آیا علم می‌تواند همه چیز را توضیح دهد؟ این‌ها پرسش‌هائی هستند که گاهی به ذهن انسان متبادر می‌شود. پاسخ‌هائی که به این سؤالات داده می‌شود را می‌توان در فلسفه‌ی علم جست‌و جو کرد. اگرچه عبارت فلسفه‌ی علم را به‌کار می‌بریم ولی باید یادآور شد در اکثر کتاب‌های فلسفه‌ی علم توجه خاصی به تاریخ و نظریه‌های فیزیک می‌شود. شاید غلو نباشد که گفته شود فیزیک بیشترین تأثیر را بر فلسفه‌ی علم داشته است. «نویسنده‌ی کتاب سمیر *اکاشا* استاد فلسفه‌ی علم است که در سپتامبر سال ۲۰۰۳ به دانشگاه بریستول پیوست. او پیش از این در دانشگاه یورک، دانشگاه ملی مکزیکو و مدرسه‌ی اقتصاد لندن تدریس کرده است.کارهای اصلی سمیر در مورد فلسفه‌ی علم به به‌ویژه در مورد فلسفه‌ی زیست‌شناسی تکاملی است. علاوه برآن تحقیقاتی در زمینه‌ی موضوع کلی فلسفه‌ی علم، شناخت‌شناسی، متافیزیک و فلسفه‌ی اقتصاد دارد»[1]. پرداختن به مسائل اصلی و چالش برانگیز و ساده و روان بودن، آن را به یک کتاب را خواندنی تبدیل کرده است. نویسنده ابتدا به بحث در مورد ماهیت علم، استدلال علمی و تبیین در علم می‌پردازد. سپس در ادامه موضوعات رئالیسم و ضد رئالیسم، تحول علمی و انقلاب علمی، مسائل فلسفی فیزیک (اختلاف نظر نیوتون و لایب نیتس در باب مکان مطلق) و علم و منتقدانش را شرح می‌دهد.

1. http://www.bris.ac.uk/philosophy/department/staff/so.html

بهینه‌سازی در طبیعت اطراف ما

فرض کنید چهار شهر درست در چهار رأس مربعی قرارگرفته باشند. می‌خواهیم با جاده‌هائی این چهار شهر را به هم مرتبط کنیم به‌گونه‌ای که از طریق این شبکه از هر شهر بتوان به هر شهر دیگر مسافرت کرد. آیا می‌توانید با نگاهی به پدیده‌های اطراف خود، شبکه‌ئی را که در آن مجموع طول جاده‌ها کمینه می‌شود حدس بزنید؟

(پرسش آذر ماه ۱۳۹۰، باشگاه فیزیک اصفهان)

توضیح دبیر صفحه: هر ماه باشگاه‌های فیزیک در دو شهر تهران و اصفهان برگزار می‌شوند و بخشی از فعالیت این باشگاه ها طرح پرسش‌های فیزیک برای شرکت‌کنندگان است.

خاصیت خودتمیزکنندگیِ برگ نیلوفر آبی

قطره‌های آب روی برگ نیلوفر آبی (و برخی گیاهان دیگر) به سطح برگ نمی‌چسبند و به شکل تقریباً کروی باقی می‌مانند. غلتش قطره‌ی آب روی برگ باعث تمیزشدنِ خودبه‌خود آن می‌شود. علت این پدیده چیست؟

(پرسش نود و یکم باشگاه فیزیک تهران، طرح از خسرو حسنی)

برگرفته از: http://en.wikipedia.org/wiki/lotus-effect

فعالیت‌های انجمن فیزیک ایران در پاییز و زمستان ۱۳۹۰

۱- روز فیزیک

محمدرضا اجتهادی (دانشگاه صنعتی شریف)

یکی از اهداف انجمن‌های علمی و بسیاری از مراکز آموزشی و پژوهشی، ترویج دانش در جامعه و آشناکردنِ اقشار مختلف جامعه با آن‌چه است که دانش‌پیشگان انجام می‌دهند. برای مثال خیلی از دانشگاه‌ها و مراکز معتبر علمی در جهان، روزی را برای آشناکردن جامعه با این مراکز، «روز باز» می‌نامند. در این روز این امکان برای عموم وجود دارد که به آزمایشگاه‌ها و کلاس‌های درس سر بزنند و با اندیشمندان و دانشمندان این مراکز دیدار و گفت‌وگو داشته باشند. در ایران نیز در سال‌های اخیر بعضی از دانشکده‌های فیزیک مثلاً دانشکده‌های فیزیک دانشگاه تهران و دانشگاه صنعتی اصفهان برنامه‌هائی به‌این منظور بر پا داشته‌اند. در پی این تجارب و با پیشنهاد برگزارکنندگان این برنامه‌ها، سال گذشته انجمن فیزیک ایران تصمیم گرفت که برنامه‌ئی هم‌آهنگ در تعدادی دانشگاه برگزار کند و در صورت موفقیت و استقبال جامعه، در رواج این برنامه در دانشگاه‌ها و شهرهای دیگر تلاش کند.

این‌گونه بود که انجمن روزی را در آذر ماه سال ۱۳۹۰ «روز فیزیک» نامید و بعد از اطلاع‌رسانی از طریق وبگاه انجمن، نام نویسی از متقاضیان شرکت در برنامه‌هائی که در سه دانشکده‌ی فیزیک در دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشگاه تهران و دانشگاه صنعتی شریف طرح‌ریزی شده بود آغاز شد. برنامه‌های این سه دانشکده با یک‌دیگر هم‌آهنگ بود و در مجموع سعی شده بود با برگزاری مسابقه و نمایش‌های جذاب فیزیکی، شرکت‌کنندگانی که انتظار می‌رفت بیشتر دانش آموزان دبیرستانی باشند روزی پرنشاط و جذاب را بگذرانند. ضمن این‌که بازدید از آزمایشگاه‌های آموزشی و پژوهشی و سخنرانی‌های علمی نیز در دستور کار بود.

هم‌چنین برای آن‌که دبیران فعال فیزیک بتوانند دانش آموزان علاقه‌مند خود را در این برنامه همراهی کنند، امکان ثبت نام گروهی برای دبیران نیز فراهم شد. اولین نکته‌ئی که در این برنامه جلب توجه کرد استقبال زیاد از این برنامه بود به‌طوری که برگزارکنندگان مجبور به تعیین الویت برای محدودکردن شمارِ شرکت‌کنندگان شدند. این نشانه‌ی خوبی برای انجمن بود که نشان می‌دهد بالقوه امکان گسترش این برنامه در سال‌های آینده وجود دارد. بعد از برگزاری برنامه نیز انجمن با پس‌خوردهای بسیار مثبتی مواجه شد که همگی در جهت تشویق برگزارکنندگان به گسترش و توسعه‌ی برنامه‌ی «روز فیزیک» و تکرار آن در سال‌های آینده بود. با توجه به این تجربه‌ی موفق انجمن تصمیم دارد که این برنامه را در تقویم سالیانه خود قرار دهد به این امید که در آینده در «روز فیزیک» جنب‌وجوشی در کل جامعه برای بازدید از برنامه‌های گسترده‌ی آموزشی و نمایشی به‌وجود آید. انجمن امیدوار است که با استقبال و همکاریِ نهادها و سازمان‌هائی مانند شهرداری‌ها و صداوسیما و وزارت‌خانه‌ی آموزش و پرورش و برد این برنامه در سطح جامعه بیشتر شود.

روز فیزیک در دانشگاه صنعتی اصفهان (۳ آذر ۱۳۹۰):

سید جواد هاشمی‌فر (دانشگاه صنعتی اصفهان)

• **مسئول برگزاری:** سید جواد هاشمی‌فر (دانشگاه صنعتی اصفهان)

• **برگزار کنندگان:** حسین احمدوند (دانشگاه صنعتی اصفهان)، مسلم زارعی (دانشگاه صنعتی اصفهان)، سید جواد هاشمی‌فر با همکاری باشگاه فیزیک اصفهان و جمع زیادی از دانشجویان فیزیک دانشگاه صنعتی اصفهان.

• **شرکت‌کنندگان:** ۹۶ نفر از دانش‌آموزان، دبیران و دانشجویان شهرستان اصفهان و برخی شهرهای اطراف

نحوه اجرا و محتوا:

همایش در سه بخش مجزا برگزار شد:

بخش اول:

- سخنرانیِ عمومی با عنوان مفهوم و جایگاه نظریه‌پردازی در فیزیک (احمد شریعتی - دانشگاه الزهرا)
- نمایش فیلم‌های آموزشی و بررسی رخ‌دادهای روز فیزیک در قالب خبرنشست
- طرح سؤال با اهدای جایزه به بهترین پاسخ

بخش دوم:

- انجام آزمایش‌های کوتاه و جذاب با اهدای ابزار یکی از آزمایش‌های کوتاه (قیف برنولی) که مورد توجه قرار گرفته بود، به شرکت‌کنندگان

بخش سوم:

- بازدید از آزمایشگاه‌ها همراه با انجام آزمایش‌های تخصصی در زمینه‌های اپتیک، امواج و ...
- اجرای نمایش‌هائی در زمینه‌ی نجوم
- برقراری اتاق بحث و گفت‌وگو برای دریافت نظرات شرکت‌کنندگان و نیز ارائه‌ی پاسخ‌ها به پرسش بخش اول و اهدای جایزه به پاسخ‌های صحیح

روز فیزیک در دانشگاه تهران (۳ آذر ۱۳۹۰):

سید مهدی واعظ علایی (دانشگاه تهران)

• **مسئول برگزاری:** سید مهدی واعظ علایی (دانشگاه تهران)

• **همکاران برگزاری:** دانشکده‌ی فیزیک دانشگاه تهران که پیش‌تر برنامه‌ای مشابه تحت عنوان «روز بازدید» را از سال ۱۳۸۶ تا کنون برگزار می‌کرده‌است.

• **شرکت‌کنندگان:** بیش از ۱۳۰ نفر شامل ۲۳ دانشجوی کارشناسی، ۵ دانشجوی تحصیلات تکمیلی، ۷ دبیر آموزش و پرورش، ۸ عضو هیئت علمی و مابقی دانش آموزان مقاطع مختلف دبیرستان و پیش‌دانشگاهی. از این میان ۱۶ نفر از سایر شهرها در این برنامه شرکت کرده‌اند.

نحوه اجرا و محتوا:

برنامه‌ی روز فیزیک دانشگاه تهران در سه بخش اجرا شد:

بخش اول:

- سخنرانی با عنوان «فیزیک چیست؟» (محمد تقی توسلی- دانشگاه تهران).
- انجام چند نمونه آزمایش‌های تکنیک ماره با چند ابزار ساده، که نمونه‌ئی از آنها به شرکت‌کنندگان داده شده بود. شرکت‌کنندگان می‌توانستند آزمایش‌های متنوعی را با استفاده از این ابزار و این شیوه انجام دهند.

بخش دوم:

- سخنرانی با عنوان «فیزیک، چرا؟» (محمد رضا محمدی‌زاده- دانشگاه تهران) با تأکید بر اهمیت

استفاده از علم فیزیک در مسائل روزمره‌ی جامعه‌ی ایران و جهان و تاثیرگذاریِ این علم بر پیشرفت‌های فنی و اجتماعی
- پرسش مسابقه (مسعود مهجور شفیعی- دانشگاه تهران) و اهدای جایزه به سه پاسخ برتر
- بازدید از فیزیک‌سرائی که دانشجویان دانشکده‌ی فیزیک دانشگاه تهران تحت سرپرستی دکتر خسرو حسنی برپا کرده بودند. این مجموعه شامل آزمایش‌های جالب و نمایشی بود که مورد استقبال بازدید کنندگان نیز قرار گرفت.

بخش سوم:
- بازدید از آزمایشگاه‌های تخصصی ابررسانایی، اپتیک کاربردی، نانوفیزیک و دستگاه میکروسکوپ نیروی اتمی

روز فیزیک در دانشگاه صنعتی شریف (۳ آذر ۱۳۹۰):

سامان مقیمی عراقی (دانشگاه صنعتی شریف)

• **مسئول برگزاری:** سامان مقیمی عراقی (دانشگاه صنعتی شریف)
• **همکاران برگزاری:** تعدادی از استادان و جمعی از دانشجویان دانشکده‌ی فیزیک دانشگاه صنعتی شریف
• **شرکت‌کنندگان:** ۹۵ نفر شامل ۷۴ دانش‌آموز، ۱۸ دانشجو، ۲ دبیر آموزش و پرورش و یک عضو هیئت علمی؛ از این میان حدود ۴۵ نفر با هماهنگی مدرسه‌ها در برنامه شرکت کرده بودند.

• **نحوه اجرا و محتوا:**
برنامه‌ی روز فیزیک در دانشگاه صنعتی شریف شامل بخش‌های زیر بود:
- **گشت در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی دانشکده** به‌صورت گروه‌های دوازده نفره. این بازدید با شرح مختصری درباره ابزارها، آزمایش‌های فیزیک مربوط به آن و کاربردهاشان همراه بود.
- فیزیک‌سرا: در این بخش با استفاده از آزمایشگاه‌های آموزشی دانشکده مثل آزمایشگاه اپتیک و الکتروآکوستیک و آزمایشگاه فیزیک جدید، پدیده‌های جذابی به بازدیدکنندگان نشان داده شد.
- نمایش فیلم سفر کیهانی (Cosmic Voyage) برای شرکت‌کنندگان.
- سخنرانی با عنوان«ماده‌نرم» (محمد رضا اجتهادی- دانشگاه صنعتی شریف)
- برگزاری مسابقه: دو برگ کاغذ A۴ به شرکت‌کنندگان داده شد تا بدون استفاده از چسب آن‌ها را به هم متصل کنند. با آویختن وزنه‌های مختلف به برگه‌ها، محکم‌ترین اتصال تعیین و برنده اعلام شد.

◄ ۲- همایش سالانه‌ی ذرات و میدان‌ها (آذر ۱۳۹۰)

نخستین سری این همایش‌ها در بهمن‌ماه ۱۳۸۹ در شهر یزد (دبیر اجرایی: دکتر سید محمد موسوی‌نژاد) برگزار شد و منجر به تأسیس شاخه‌ی ذرات بنیادی در انجمن فیزیک ایران شد. این تصمیم‌گیری حاصل کیفیت و کمیت قابل توجه فعالیت‌های علمی در زمینه‌ی فیزیک ذرات بنیادی و میدان‌ها در کشور است و بناست این شاخه، محلی برای ارتباطات حرفه‌ای میان متخصصان این رشته شود.
دومین همایش فیزیک ذرات و میدان‌ها در دانشگاه سمنان در تاریخ دوم و سوم آذرماه ۱۳۹۰ برگزار شد. تعداد ثبت‌نام کنندگان در دومین همایش بالغ بر ۳۰۰ نفر بود که این رقم در مقایسه با تعداد شرکت‌کنندگان سال گذشته بسیار شایان توجه است. از این میان، ۱۶۴ نفر برای شرکت در همایش پذیرفته شدند. تعداد مقالات دریافتی ۱۲۳ عدد بود که ۲۳ مورد آن به صورت سخنرانی و ۶۲ مورد به صورت ارائه‌ی پوستر پذیرفته شد. ضمناً به بهترین پوستر به لحاظ محتوا و ارائه، جایزه‌ئی داده شد.
در این کنفرانس، شرکت‌کنندگان از مراکز دانشگاهی شهرهای کشور حضور قوی و پررنگ داشتند که خود نشانگر روند رو به رشد این زمینه‌ی تحقیقاتی در کشور است. هم‌چنین از دیگر اهداف این کنفرانس فراهم‌کردن موقعیتی بود تا اعضای هیئت علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور علاوه بر شرکت در همایش‌های بین‌المللی، بتوانند آخرین دست‌آوردهای علمی خود را در کنفرانس‌های داخلی برای افزایش اطلاعات دانشجویان تحصیلات تکمیلی ارائه دهند. به‌همین سبب سخنرانان این کنفرانس همگی از میان اعضای هیئت علمی انتخاب شده‌بودند که در میان آن‌ها فیزیک‌پیشگانی همچون محمد لامعی، شاهین روحانی، احمد شیرزاد و محسن علیشاهیها حضور داشتند.
این نکته البته از جمله نکاتی بود که در نشست شاخه‌ی ذرات در انتهای برنامه علمی کنفرانس، درباره‌شان با شرکت‌کنندگان گفت‌وگو شد. از آنجایی‌که چنین گردهمایی‌هائی بهترین مکان برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی برای بهبود مهارت‌هاشان در ارائه‌ی سخنرانی و پرسش و پاسخ علمی با شنوندگان است، پیشنهاد شد در همایش‌های آینده‌ی فیزیک ذرات و میدان‌ها، در کنار سخنرانی پژوهشگران زبده، بازه‌ای نیز تحت عنوان بخش دانشجویی به سخنرانی دانشجویان تحصیلات تکمیلی اختصاص یابد.
در کنار کیفیت علمی، این کنفرانس از کیفیت اجرایی بسیار خوبی نیز بهره‌مند بود. این امر البته مرهون تلاش‌های هیئت اجرایی کنفرانس به دبیری علی خرمیان و همکاری رئیس دانشگاه سمنان، دکتر خیرالدین و معاون پژوهشی این دانشگاه دکتر هرمزی بود که سبب شد محدودیت‌هائی از قبیل کوتاهی فرصت برای سامان‌دادن به امور گردهمایی و یا برگزاری همایش‌های موازی در دانشگاه سمنان تأثیری در روند کارها نگذارد. محل برگزاری کنفرانس، به جز مراسم افتتاحیه و سه سخنرانی آغازین که در دانشگاه سمنان انجام گرفت، در هتل دربندِ مهدی‌شهر بود.
از آقای دکتر علی خرمیان برای کمک در تهیه‌ی این خبر سپاسگزاریم.

• **کمیته‌ی علمی:**
- فرهاد اردلان (دانشگاه صنعتی شریف)
- حسام الدین ارفعی (دانشگاه صنعتی شریف)
- منصور حقیقت (دانشگاه صنعتی اصفهان) **(دبیر کمیته علمی)**
- محسن خاکزاد (پژوهشگاه دانشهای بنیادی)
- علی خرمیان (دانشگاه سمنان)
- احمد شیرزاد (دانشگاه صنعتی اصفهان)
- سید محمد موسوی‌نژاد (دانشگاه یزد)

• **کمیته‌ی اجرایی:**
- فاطمه اربابی فر
- مسعود اسفندیاری
- علی خرمیان **(دبیر کمیته اجرایی)**
- مهرداد قمی‌نژاد
- حمیدرضا مولایی
- حسین مهربان

◀ ۳- کارگاه محاسبات سریع تورین HPC۴، ۲۲ تا ۲۸ آذر ۱۳۹۰

• **محل برگزاری:** پژوهشگاه دانش‌های بنیادی
• برگزارکنندگان: پژوهشگاه دانش‌های بنیادی با همکاری انجمن فیزیک ایران

• **برنامه‌ی کارگاه:**
(صبح) سخنرانی، (بعد از ظهر) کارگاه‌های عملی

• **هدف از برگزاری:** آشناییِ کاربران با ماشین‌های محاسبات سریع (HPC) و بسته‌های نرم‌افزاری (که به برنامه‌های کاربردی این امکان را می‌دهد تا با صدها گره کامپیوتری و حجم وسیعی از داده‌ها کار کنند)، برنامه نویسی موازی به کمک OpenMP و محاسبات gLite و Grid Computing.

• **شرکت‌کنندگان:**
از رشته‌های مختلف و هم‌چنین کارشناسان خوشه‌های محاسباتی دانشگاه‌ها و پژوهشکده‌های متصل به پروژه‌ی تورین ملی.
۴۳ نفر با رشته‌ی تحصیلی فیزیک، ۲ نفر شیمی، ۱۴ نفر کامپیوتر، ۲ نفر مهندسی هسته‌ای، ۲ نفر ریاضی، ۱ نفر مکانیک و ۲ نفر مهندسی برق با مقاطع تحصیلی متفاوت از کارشناسی تا دکتری و هیئت علمی دانشگاه‌ها.

• **کمیته اجرایی:**
- محمدرضا اجتهادی (دانشگاه صنعتی شریف)
- شاهین روحانی (دانشگاه صنعتی شریف و پژوهشگاه دانش‌های بنیادی)
- حامد سیدعلایی (پژوهشگاه دانش‌های بنیادی)
- سیدمهدی واعظ‌علایی (دانشگاه تهران)

• **سخن‌ران‌ها و موضوع‌های سخن‌رانی:**
- محمدرضا گرامی (پژوهشگاه دانش‌های بنیادی): Advanced Linux
- زینب زینالپور (پژوهشگاه دانش‌های بنیادی): Intro to IPM-Grid
- حامد بخشیان (پژوهشگاه دانش‌های بنیادی): CRAB and CMS SW
- امید جودی (پژوهشگاه دانش‌های بنیادی): Financial Risk Calculation
- احسان ندایی (دانشگاه تحصیلات تکمیلی در علوم پایه زنجان): Open MP, MPI,CUDA
- حسین قربانفکر (دانشگاه صنعتی شریف): Gromacs
- حسین راسی (پژوهشگاه دانش‌های بنیادی): Test and Benchmarking
- شاهین روحانی (پژوهشگاه دانش‌های بنیادی و دانشگاه صنعتی شریف): Opening talk and progress report
- مهسا نجف‌زاده (پژوهشگاه دانش‌های بنیادی): CA

◀ ۴- همایش ملی گرانش و کیهان‌شناسی

محمد نوری زنوز (دانشگاه تهران)

همایش ملی گرانش و کیهان‌شناسی مدت ۱۲ سال است که هر سال با همکاری انجمن فیزیک و تعدادی از دانشگاه‌ها برگزار می‌شود. اولین همایش در سال ۱۳۷۹ در دانشکده‌ی فیزیک دانشگاه شریف و دوازدهمین دوره آن در بهمن ماه سال ۱۳۹۰ در دانشکده‌ی فیزیک دانشگاه تهران برگزار شد. در طی این سال‌ها چه به لحاظ کمی و چه به لحاظ کیفی همایش مزبور دچار تغییرات اساسی شده است. در دوره های اول این همایش به علت تعداد کم مقالات ارسالی عملاً مقالات داوری نمی‌شد و به همین دلیل کیفیت مقالات چند دوره‌ی اول را با دوره‌های اخیر قابل‌مقایسه نیست. افزایش تعداد مقالات پذیرفته‌شده در ششمین همایش (سال۱۳۸۴) باعث شد مدت همایش به یک روز و نیم افزایش یابد که این امر بعد از دوره‌ی هشتم عملاً به استاندارد زمانیِ همایش بدل شد. از دوره یازدهم (سال۱۳۸۹) نیز ارائه‌ی مقاله به صورت پوستر نیز در دستور کار همایش قرار گرفت. ارائه‌ی سخن‌رانی‌های عمومی نیز از دوره‌ی نهم به‌بعد در برنامه‌ی همایش قرار گرفت که باعث استقبال دوچندان از آن شد. تحول بسیار مهم دیگر که در چند دوره‌ی اخیر شاهدش بوده‌ایم ارائه‌ی مقالات در زمینه‌ی کیهان‌شناسی رصدی و تحلیل داده‌ها بوده است که قطعاً بر غنای همایش افزوده است و برگزارکنندگان سعی دارند این امر همچنان با سیر صعودی تداوم یابد. با برگزاری دوازدهمین دوره‌ی همایش در سال ۱۳۹۰ برگزارکنندگان امیدوار هستند با اتخاذ معیارهای جدید برای مقالات ارائه‌شده گام دیگری در جهت افزایش کیفیت محتوا و نحوه‌ی ارائه‌ی مطلب بردارند. شاید بتوان تحولات در سیر کمی و کیفی این همایش در طی دوازده سال گذشته را انعکاس تحولات کمی و کیفی در آموزش تحصیلات تکمیلی در زمینه‌ی گرانش و کیهان‌شناسی در کشور دانست که خود بی‌شک متأثر از تحولات شگرف علمی در این زمینه در ۱۲ سال اول قرن بیست و یکم درسطح جهان است، تحولاتی که منجر به دو جایزه‌ی نوبل در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۱ برای کیهان‌شناسان شده است.

• **زمان برگزاری:**
۱۲و۱۳ بهمن ۱۳۹۰

• **محل برگزاری:** دانشکده‌ی فیزیک دانشگاه تهران
• **برگزار کنندگان:** انجمن فیزیک ایران با همکاری دانشگاه تهران
• **تعداد مقالات دریافتی:** ۵۶
• **تعداد مقالات پذیرفته‌شده برای ارائه‌ی شفاهی:** ۱۹
• **تعداد پوسترهای پذیرفته‌شده:** ۲۲
• **زمینه‌های مورد بحث:**
- ماده و انرژی تاریک
- تابش زمینه‌ای کیهان
- تشکیل ساختار کیهانی و کهکشان‌ها، گرانش کلاسیک و کوانتمی
- کیهان اولیه
- سیارات فراخورشیدی

• **کمیته‌ی علمی:**
- سهراب راهوار (دانشگاه صنعتی شریف)
- حمیدرضا سپنجی (دانشگاه شهید بهشتی)
- فاطمه شجاعی (دانشگاه تهران)
- محمد نوری زنوز (دانشگاه تهران)**(دبیر کمیته علمی)**
• **کمیته ی اجرایی:**
- ناهید احمدی
- علی شجاعی **(دبیر کمیته اجرایی)**
- فاطمه شجاعی
- امیرمسعود عباسی
- محمد نوری زنوز

معرفی شاخه‌های تخصصی انجمن فیزیک ایران

در حال حاضر در ایران تعداد قابل توجهی فیزیک‌پیشه در زمینه‌های متنوع فیزیک فعال هستند، به همین دلیل شاخه‌های تخصصی فیزیک در انجمن فیزیک ایران شکل گرفته است به‌این ترتیب که افراد در فرم عضویت خود، شاخه‌ی تخصصی مورد نظر خود را تعیین می‌کنند. ارتباط مؤثر میان پژوهشگران هر شاخه از جمله اهداف شکل‌گیری شاخه‌هاست.

جدول زیر در برگیرنده‌ی عنوان شاخه‌ها و آمار اعضای آنهاست.

علاوه بر شاخه‌های تخصصی که خود می‌توانند عضو دانشجویی داشته باشند، انجمن شاخه‌ی دانشجویی را برای ارتباط هرچه مفیدتر میان اعضای دانشجو در نظر گرفته است. در زیر به معرفی شاخه‌ها و شرح مختصری از فعالیت‌های آنها می‌پردازیم:

۱- شاخه‌ی ذرات و میدان‌ها

• اعضای شورای اجرایی شاخه: حسام‌الدین ارفعی (رئیس شاخه)، منصور حقیقت، محسن خاکزاد، علی خرمیان، احمد شیرزاد، حمیدرضا مشفق

• سال تأسیس: ۱۳۸۹

• سابقه فعالیت‌ها: برگزاری دو کنفرانس در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ به‌ترتیب در دانشگاه یزد (۶ و ۷ بهمن ۱۳۸۹) و دانشگاه سمنان (۲ و ۳ آذر ۱۳۹۰).

۲- شاخه فیزیک محاسباتی

• اعضای هیات مؤسس: هادی اکبرزاده (رئیس هیئت)، محمدرضا اجتهادی، سعید جلالی اسدآبادی، شاهین روحانی، سیدمهدی واعظ علایی

• سال تأسیس: ۱۳۸۹

• سابقه‌ی فعالیت‌ها: برگزاری سه کارگاه به ترتیب

• دوره‌ی آموزش نرم‌افزار LAMMPS ۵ در دانشگاه تهران (۱۲ اسفند ۱۳۸۹)

• کارگاه آموزشی پیشرفته محاسبات تمام‌الکترونی مبتنی بر نظر تابعی چگالی در دانشگاه اصفهان (۱۲ و ۱۳ خرداد ۱۳۹۰)

• چهارمین کارگاه محاسبات سریع و تورین در پژوهشگاه دانش‌های بنیادی (۲۲ تا ۲۸ آذرماه ۱۳۹۰)

۳- شاخه‌ی گرانش و کیهان شناسی

این گرایش به صورت شاخه فعال نیست ولی از سال ۱۳۷۹ هر سال همایش ملی گرانش و کیهان‌شناسی را در یکی از دانشگاه‌های تهران، صنعتی شریف یا شهید بهشتی برگزار می‌کند. فعالیت این گرایش به شکل شاخه در انجمن فیزیک بناست از امسال آغاز شود.

۴- شاخه‌ی ماده‌ی چگال

این گرایش هم به‌صورت شاخه فعال نیست اما کنفرانس‌های دوسالانه‌ی فیزیک ماده‌ی چگال را از سال ۱۳۶۹ تا کنون برگزار کرده است. فعالیت این گرایش به‌صورت شاخه هم بناست از امسال آغاز شود.

۵- شاخه‌ی فیزیک هسته‌ای

فعالیت این شاخه بناست از امسال آغاز شود.

۶- شاخه‌ی فیزیک اتمی و مولکولی

فعالیت این شاخه نیز بناست از امسال آغاز شود.

۷- شاخه‌ی دانشجویی

• اعضای کمیته‌ی اجرایی: از سال ۱۳۸۴ تا کنون، انتخاباتی صورت نگرفته و جمعی به صورت داوطلبانه فعالیت‌های این شاخه را انجام می‌دهند. با توجه به آیین‌نامه‌ی انجمن فیزیک ایران، انتخابات این شاخه امسال برگزار می‌شود.

• سال تاسیس: ۱۳۷۳

• سابقه‌ی فعالیت‌ها: برگزاری سالانه‌ی گردهمایی دانش‌آموزی

شاخه	عضو پیوسته	عضو وابسته	عضو دانشجویی	عضو سایر	جمع اعضا
ماده چگال	۳۲۳	۴۰	۵۲۷	۱	۸۹۱
ذرات و میدان‌ها	۸۹	۲۰	۱۵۴	۰	۲۶۳
فیزیک محاسباتی	۲۲۹	۳۴	۲۷۱	۰	۵۳۴
فیزیک هسته‌ای	۱۱۲	۳۲	۲۷۶	۰	۴۲۰
اتمی و مولکولی	۲۳۴	۴۲	۳۹۵	۰	۶۷۲
گرانش و کیهان‌شناسی	۱۲۶	۵۰	۲۴۶	۱	۴۲۳

فعالیت‌های انجمن فیزیک ایران در بهار و تابستان ۱۳۹۱

بهار۱۳۹۱:

۱- اردیبهشت ۱۳۹۱: کنفرانس دینامیک شاره‌ها (سیالات)

۲- خرداد ۱۳۹۱: کنفرانس ملی پیشرفت‌های ابررسانایی

۳- اردیبهشت ۱۳۹۱: کنفرانس ملی رشد بلور ایران

۴- اردیبهشت ۱۳۹۱: سلسله کارگاه‌های مسائل تحقیقاتی روز در فیزیک

تابستان ۱۳۹۱:

۱- شهریور ۱۳۹۱:کنفرانس سالانه‌ی فیزیک ایران

۲- مرداد یا شهریور ۱۳۹۱: گردهمایی دانش‌آموزی فیزیک ایران

www.psi.ir