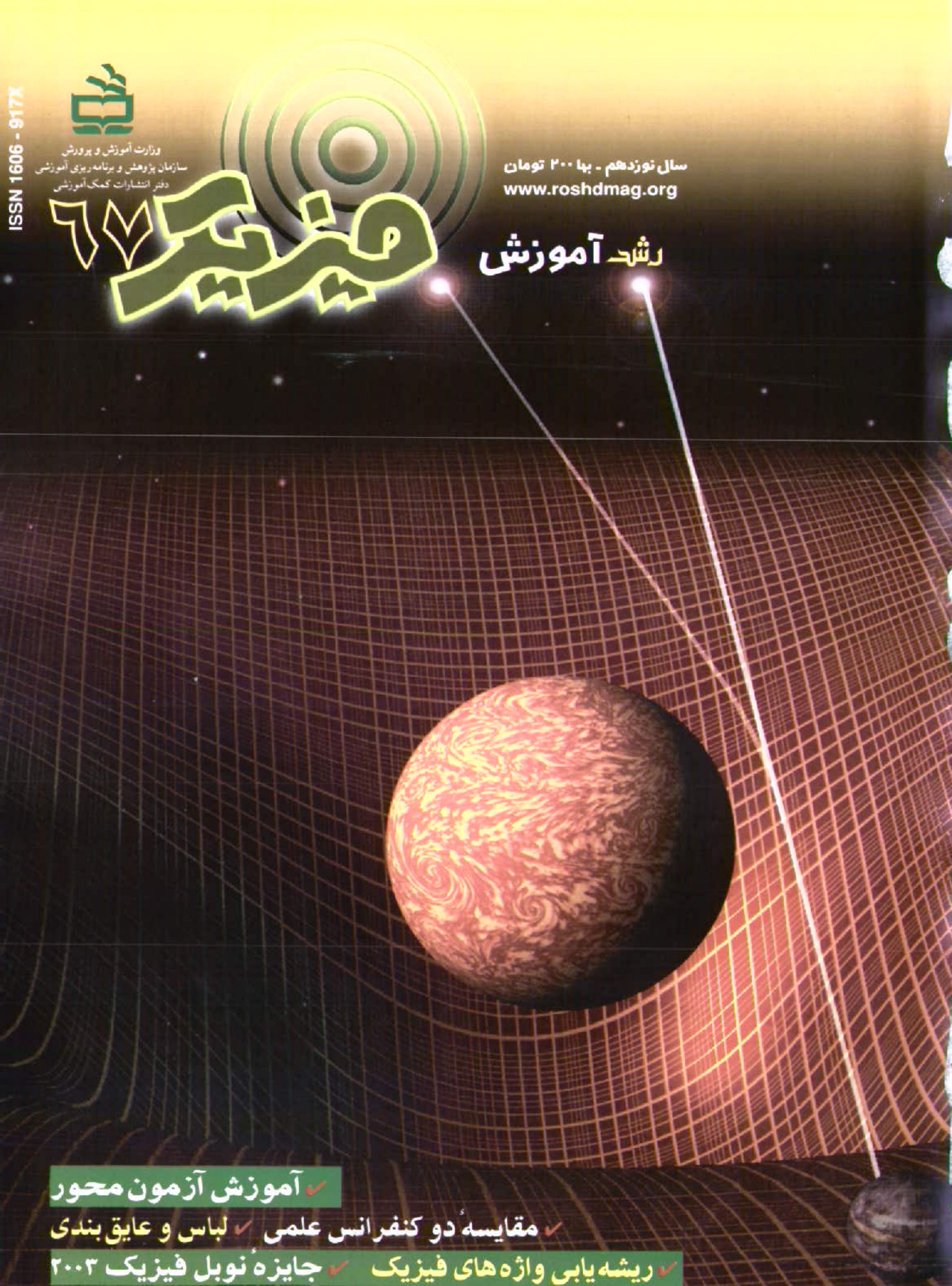
ISSN 1606 - 917X

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر انتشارات کمک‌آموزشی

فیزیک ۶۷

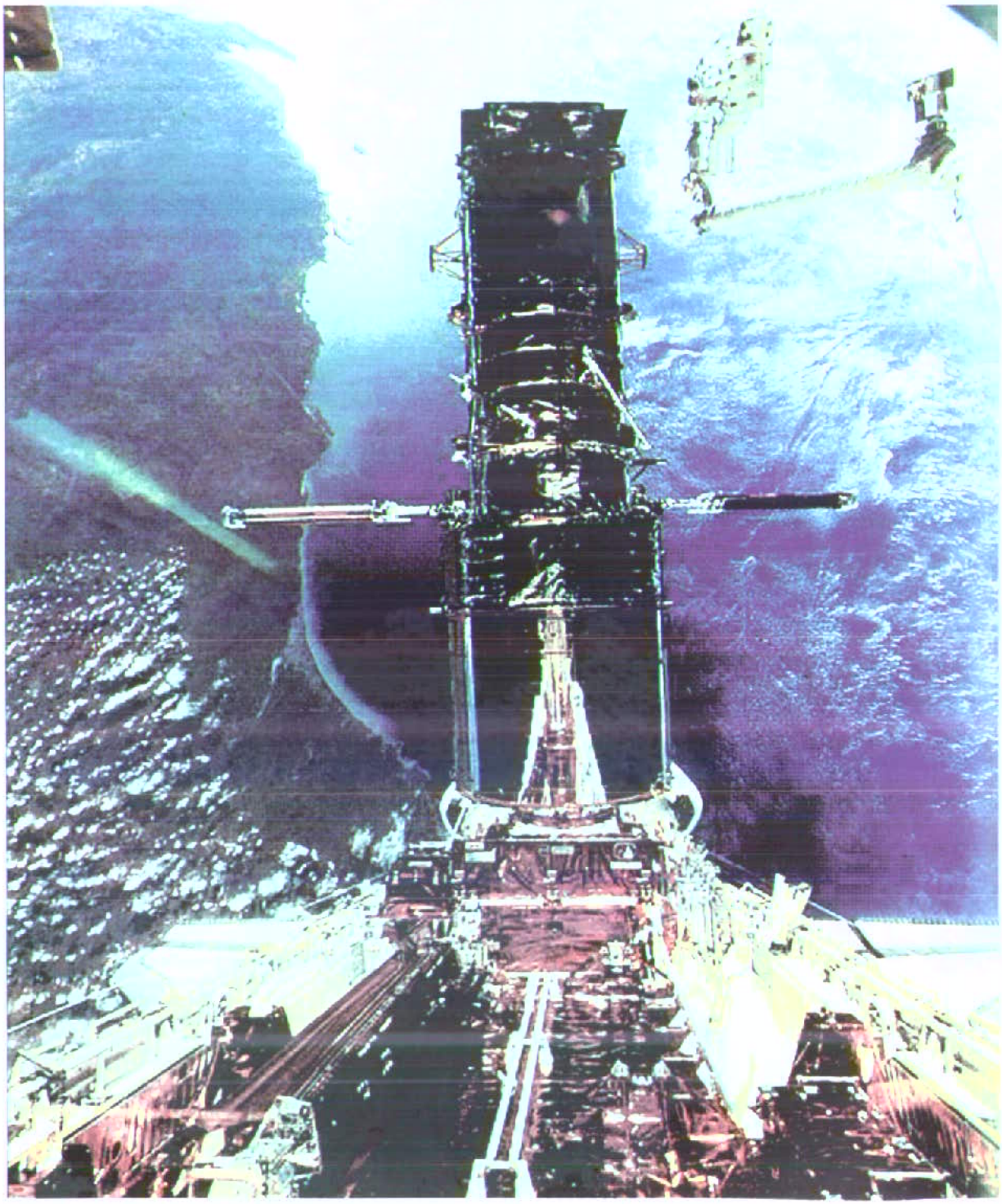
سال نوزدهم - بها ۲۰۰ تومان
www.roshdmag.org

رشد آموزش



- آموزش آزمون محور
- مقایسهٔ دو کنفرانس علمی
- لباس و عایق بندی
- ریشه یابی واژه های فیزیک
- جایزهٔ نوبل فیزیک ۲۰۰۳

عدسی و آینه های تلسکوپ فضایی در یک ماموریت
فضایی کارآمدتر می شوند



بسم الله الرحمن الرحیم

رشد آموزش فیزیک

۶۷

ISSN : 1606-917X

دورهٔ انتشار : سال : نوزدهم - ۱۳۸۳

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر انتشارات کمک‌آموزشی

پیش گفتار: آموزش آزمون محور ۲

روش‌های ارزشیابی کلاس درس ◇ *دایان ام. انرسون، کاترین ام و...* ۳

تجربهٔ آموزشی ◇ جهانگیر ریاضی ۸

عالم کوانتوم ◇ *علیرضا عرفان* ۱۱

حقایقی نه چندان معروف دربارهٔ دیاپازون معمولی ◇ *حامد شرقی* ۱۲

پاسخ معمای رنگین کمان و معماهای فیزیک ۱۴

مقایسهٔ دو کنفرانس علمی- آموزشی در اصفهان ◇ اسفندیار معتمدی ۱۵

پرسش‌های برانگیزانندهٔ فیزیک هالیدی ◇ *هالیدی، رزنیک و واکر* ۱۷

نجوم ستاره قطبی چیست؟ ◇ *جی المور، ام تی جولیت، تن* ۲۳

شکارچیان کهکشان در جستجوی سپیده‌دم کیهانی ◇ *رون کوون* ۲۴

لباس و عایق بندی ◇ *بلوم فیلد* ۳۲

مقدمه‌ای بر آشوب ◇ دیوید. م هاریسون ۴۱

تردیدهای تازه در مورد انرژی تاریک ◇ *بلی دوم* ۴۹

ریشه‌یابی واژه‌های فیزیک ◇ سید جعفر مهرداد ۵۰

جایزهٔ نوبل فیزیک سال ۲۰۰۳ ◇ ۵۵

شما چه فکر می‌کنید؟ ◇ *حسن قلمی باویل علیایی* ۶۰

آزمایش‌های عملی توسط یک آزمونگر ولتاژ ◇ *ام. جونر لسکا، آ. تیون ت ف و آ. زاجکف* ۶۱

صعود طولانی از مرکز خورشید ◇ *فیل پلیت* ۶۳

مدیر مسؤول: علیرضا حاجیان‌زاده

سردبیر: دکتر منیژه رهبر

مدیر داخلی: احمد احمدی

مدیر هنری: فریبرز سیامک نژاد

طراح گرافیک: پروانه هادی‌پور

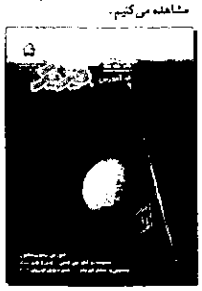
هیأت تحریریه: احمد احمدی، روح الله خلیلی بروجنی
منیژه رهبر، سید جعفر مهرداد

info@roshdmag.org

نشانی دفتر مجله: تهران، صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۶۵۸۵
تلفن امور مشترکین: ۸۸۳۹۱۸۶
تلفن دفتر مجله: ۹-۸۸۳۱۱۶۱ داخلی: ۲۷۱

چاپ: شرکت افست (سهامی عام)
تیراژ: ۱۱,۰۰۰ نسخه

تصویر روی جلد برگرفته از کتاب:
The Universe In A Nutshell-2001
نور ستارگانی که به ما می‌رسد در هنگام عبور از کنار خورشید، مسیرش به دلیل خمیدگی فضا منحنی می‌شود و به همین علت ما مکان ستاره a را در b مشاهده می‌کنیم.



رشد کودک (ویژهٔ پیش دبستان و دانش‌آموزان کلاس اول دبستان)

رشد نوآموز (برای دانش‌آموزان کلاس دوم و سوم دبستان)

رشد دانش‌آموز (برای دانش آموزان کلاس چهارم و پنجم دبستان)

رشد نوجوان (برای دانش‌آموزان دورهٔ راهنمایی)

رشد جوان (برای دانش‌آموزان دورهٔ متوسطه)

مجلات رشد مدیریت مدرسه، معلّم، تکنولوژی آموزشی، آموزش ابتدایی، آموزش معارف اسلامی، آموزش شیمی، آموزش زبان وادب فارسی، آموزش زبان، آموزش راهنمایی تحصیلی، آموزش ریاضی آموزش زیست‌شناسی، آموزش جغرافیا، آموزش تاریخ آموزش تربیت‌بدنی، آموزش علوم اجتماعی، آموزش زمین‌شناسی آموزش قرآن، آموزش هنر (برای دبیران، آموزگاران، دانشجویان تربیت معلم، مدیران مدارس و کارشناسان آموزش و پرورش).

رشد برهان راهنمایی (مجله ریاضی دوره راهنمایی)، رشد برهان متوسطه (مجله ریاضی دورهٔ متوسطه)

مجله رشد آموزش فیزیک، نوشته‌ها و حاصل تحقیقات پژوهشگران و متخصصان تعلیم و تربیت، بویژه آموزگاران، دبیران و مدرسان را، در صورتی که در نشریات عمومی درج نشده و مرتبط با موضوع مجله باشند، می‌پذیرد:

- مطالب باید یک خط در میان و در یک روی کاغذ نوشته و در صورت امکان تایپ شود.
- شکل قرار گرفتن جدولها، نمودارها و تصاویر ضمیمه باید در حاشیهٔ مطلب نیز مشخص شود.
- نثر مقاله باید روان و از نظر دستور زبان فارسی درست باشد و در انتخاب واژه‌های علمی و فنی دقت لازم مبذول گردد.
- مقاله‌های ترجمه شده باید با متن اصلی همخوانی داشته باشد و متن اصلی نیز ضمیمهٔ مقاله باشد.
- در متنهای ارسالی باید تا حد امکان از معادل‌های فارسی واژه‌ها و اصطلاحات استفاده شود.
- زیرنویسها و منابع باید کامل و شامل نام اثر، نام نویسنده، نام مترجم، محل نشر، ناشر، سال انتشار و شماره صفحهٔ مورد استفاده باشد.

مجله در رد، قبول، ویرایش و تلخیص مقاله‌های رسیده مختار است.

- آرای مندرج در مقاله‌ها، ضرورتاً مبین نظر دفتر انتشارات کمک آموزشی نیست و مسؤولیت پاسخگویی به پرسشهای خوانندگان، با خود نویسنده یا مترجم است.
- مجله از بازگرداندن مطالبی که برای چاپ مناسب تشخیص داده نمی‌شود، معذور است.

سرمقاله

آموزش آزمون محور

انسان از بدو پیدایش با بهره گیری از استعدادهای خداداد کوشیده است با شناخت طبیعت اطراف خود و غلبه بر آن از امکانات موجود در جهت بهبود زندگی و فراهم آوردن وسایل آسایش خود بهره‌مند شود. در گذشته این روند مطالعه و شناخت، بسیار کندتر بود و سالیان دراز طول می کشید تا معلومات بشر دربارهٔ جهان دوبرابر شود. پس از انقلاب علمی قرن هفدهم این روند سرعت بیشتری گرفت و دانشمندان با نگرش جدیدی که به جهان پیدا کرده بودند، توانستند این بهره گیری را کارآمدتر و روند رشد علم را سریع تر سازند. ولی، آنچه به این روند سرعت بیشتری بخشید، انقلابی بود که پایه های آن در پایان قرن نوزدهم و آغاز قرن بیستم گذاشته شد و ثمرهٔ آن چنانکه می دانیم تحولات گسترده‌ای بود که بشر را به دستاوردهای شایان توجهی هم در بزرگ مقیاس در شناخت کیهان و هم در کوچک مقیاس و آشنایی با نیروهای نهفته در اتم و هستهٔ آن نائل ساخت. حال در آستانهٔ هزارهٔ سوم و آغاز قرن بیست ویکم میلادی بشر توجه خود را به ابعاد کوچک معطوف ساخته و فناوری نانومتری را محور پژوهش خود قرار داده است. این پیشرفت ها همه به مدد کارها دانشمندانی صورت می گیرد که در این زمینه ها فعال اند.

بنابراین، امروز مهم‌ترین و با ارزش‌ترین سرمایه هر کشور نیروهای آموزش دیده و متخصص آشنا به اسرار طبیعت اند که می توانند از این نیروها در جهت تولید ثروت و تأمین آسایش و بالا بردن سطح زندگی افراد جامعهٔ خود بهره بگیرند. از این رو، در این کشورها اولویت آموزش نیروی انسانی متخصص است که از عهدهٔ این مهم برایند. پس آموزش در این کشورها اهمیتی فراوان دارد و می بینیم که پژوهش های گسترده‌ای در زمینهٔ هرچه کارآمدتر ساختن آن صورت می گیرد. تجلی بارز این موضوع را در تجدید نظر در کتاب های درسی می بینیم که با سرعت زیاد به گونه‌ای تنظیم می شوند که دانش آموزان و دانشجویان با مطالعهٔ آنها بتوانند آموخته های خود را هرچه بیشتر در زندگی روزمره به کار گیرند. از این رو مشاهده می کنیم که هرچه در این کتاب ها آمده است ارتباطی مستقیم با دنیای واقعی و زندگی روزمره دارد.

اکنون به چگونگی آموزش در کشور خود می پردازیم تا ببینیم این روند در کشور ما نیز وجود دارد یاخیر؟ در سال های اخیر تعداد دانش آموزان و دانشجویان در کشور ما از رشد قابل ملاحظه‌ای برخوردار بوده است که البته موجب امیدواری است. اما آیا تأثیر این رشد در بهبود کیفیت زندگی و محصولاتی که تولید می کنیم نیز مشاهده می شود یا فقط رشدی کمّی است که تأثیر چندانی در زندگی ما ندارد؟ مثالی ملموس در این مورد شاید در روبه‌رو شدن ما با آنچه به اصطلاح حوادث غیرمترقبه نامیده می شود، تجلی می یابد. همهٔ ما می دانیم که کشور ما در منطقه‌ای زلزله‌خیز قرار دارد و البته این وضعیت منحصر به کشور ما نیست و بسیاری از کشورهای پیشرفته و یا در حال توسعه نیز در همین شرایط هستند. ولی آیا دستگاه آموزشی ما، افراد را برای روبه‌رو شدن با این نوع حادثه آماده می سازد؟ تجلی بارز منفی بودن پاسخ این پرسش را می توان در زلزله اخیر بم دید که با وجود گذشتن بیست و پنج سال از زلزلهٔ طبس در منطقه‌ای مشابه آن و با شدتی حتی کمتر رخ داد و تلفات بیشتری به جا گذاشت. در صورتی که همزمان با این رویداد زلزله هایی شدید در کشورهای آمریکا، ژاپن، و اندونزی به وقوع پیوست که تلفات آن بسیار ناچیز بود.

نتیجهٔ بدیهی این بحث آن است که سیستم آموزشی ما از کارآیی چندانی برخوردار نیست و دانش آموزان و دانشجویان به رغم استعداد فراوانی که دارند و کوشش زیادی که می کنند نتیجهٔ چندانی از آن نمی گیرند. در صورتی که انسان هوشمند باید از کمترین تلاش، بیشترین نتیجه را بگیرد. یافتن علت واقعی این مشکل نیز چندان دشوار نیست. زیرا هدف دستگاه آموزشی ما آماده ساختن دانش آموزان و دانشجویان برای زندگی راحت و کارآمد در اجتماع نیست، بلکه تمام همّ و غمّ افراد درگیر در این دستگاه آماده ساختن افراد برای گذراندن آزمون هایی است که آنها را به مقطع های بالاتر ببرد، بدون این که این درجه های بالاتر تأثیری در بهبود کیفیت زندگی آنها داشته باشد و تا زمانی که این نگرش بر دستگاه آموزشی کشور حکمفرما باشد، نمی توان انتظار وضعیتی بهتر از اوضاع کنونی را داشت.

روش‌های ارزشیابی کلاس درس

دایان ام. انرسون، کاترین ام. پلانک و ار. نیل جانسون
مترجم: مریم عباسیان

بی‌شک، برای ما، لحظه‌ای که (به ویژه هنگام تصحیح ورقه‌های امتحان) متوجه می‌شویم آنچه دانش‌آموزانمان آموخته‌اند، به هیچ عنوان آنچه که فکر می‌کردیم به آن‌ها آموخته‌ایم، نبوده است، لحظهٔ بسیار ناراحت‌کننده‌ای است. آموزگاران، و به تبع آن‌ها دانش‌آموزان، نیازمند روش‌های مؤثری برای به تصویر کشیدن دانسته‌هایشان در طول سال تحصیلی هستند. اگرچه اغلب پیش می‌آید که مربیان شیوه‌های مؤثری برای این کار اختراع یا کشف می‌کنند، یا حتی تصادفاً به آن‌ها پی می‌برند، اما این اکتشافات شانسی، به ندرت مورد استفاده عموم قرار می‌گیرند.

بر همین اساس، چند سال پیش **توماس آ. آنجلو** و **کی. پاتریشیا کراس** نکته‌هایی را در کتابی به نام «روش‌های ارزیابی کلاس درس» گرد آوردند که مرجعی برای مدرسان است. در این کتاب، روش‌هایی که به نظر استادان موفق، مدل‌هایی برای پرسش‌های اساسی هستند، مطرح شده‌اند؛ پرسش‌هایی مانند: «دانش‌آموزان شما درواقع چه می‌آموزند؟» و در نتیجه آن: «شیوهٔ تدریس شما چه قدر مؤثر است؟»

چند سالی است که «مرکز بهبود کیفیت آموزش و پرورش (CELT)» مشغول ترویج استفاده از روش‌های آنجلو و کراس است که نتایج خوبی هم داشته است. در این طرح ما متوجه شدیم، نتایجی که معلمان از ارزیابی فعالیت‌های کلاس‌ها گرفته‌اند، می‌توانند از راه‌های گوناگون، به گسترش آموزش و پرورش در کلاس‌های درس منجر شوند. برای مثال، این فعالیت‌ها می‌توانند، معلمان را به بررسی مطالبی که در کلاس مطرح می‌کنند، تشویق کنند، یا به دانش‌آموزان کمک کنند تا به دسته‌بندی شخصی از مطالبی که آموخته‌اند، دست بزنند.

به علاوه، دریافتیم که برخی از روش‌هایی را که آنجلو و کراس برای ارزشیابی کلاس بیان می‌کنند، معلمان ایالت پنسیلوانیا بیش از دیگران به کار گرفته‌اند. خوشبختانه، روش‌هایی که بیش‌ترین کاربرد و موفقیت را دارند، از آسان‌ترین روش‌ها هستند. در این مقاله، به طور خلاصه روش‌هایی را که از نظر کاربرد، تفسیر، استفاده و تغییرات آسان هستند، بررسی می‌کنیم. به علاوه، مثال‌هایی از چگونگی به دست آوردن و تشکیل بعضی از این روش‌ها توسط دبیران پنسیلوانیا ذکر شده است. امیدواریم شما یکی دو تا از این روش‌ها را در کلاس‌های درس خود امتحان کنید. حتی شاید خواندن مطالبی پیرامون روش‌هایی که

دیگران طراحی کرده‌اند، شما را تشویق به کشف روش‌هایی جدید کند.

پیشنهادهای کلی برای استفاده از روش‌های ارزیابی کلاس

هنگام مطالعهٔ روش‌های ارزیابی کلاس، که در ادامه آمده است، درنظر داشته باشید:

- کدام یک از آن‌ها برای درسی که تدریس می‌کنید، بالقوه سودمند است و چرا؟
- با به کار بردن این روش، چه مطلبی را می‌آموزید؟
- فکر می‌کنید، به چه ترتیبی بازخوردی را که می‌گیرید، در کار شما مؤثر خواهد بود؟

همانند اکثر شیوه‌های تدریس، استفاده مؤثر از روش‌های ارزیابی کلاس، ریشه در درک صحیح از هدف و نتایج مورد نظر دارد.

آیا لازم است مراحل اصلی را برای تطبیق با شرایط خاصی تغییر دهیم؟ برای مثال، آیا بهتر نیست به جای این که از تک‌تک دانش‌آموزان بخواهیم به پرسش‌ها پاسخ دهند، از روش دیگری استفاده کنیم؟ بعضی از دبیران ایالت پنسیلوانیا، از دانش‌آموزان خواستند، دو نفری یا در گروه‌های کوچک به پرسش‌ها پاسخ دهند و نتایج خوبی به دست آورند. در این روش، میزان دقت در اندازه‌گیری فعالیت افراد کم‌تر است، اما برآورد خوبی از سطح فعالیت کلاس به دست می‌دهد و می‌تواند در یکپارچه کردن برداشت کلی از فعالیت دانش‌آموزان در کلاس‌های بزرگ، تأثیر فراوانی داشته باشد. علاوه بر این، فعالیت‌های جمعی، روش فوق‌العاده مؤثری برای آشنا شدن دانش‌آموزان با یکدیگر است و آموزش گروهی را ترویج می‌دهد. البته روش‌های جایگزین دیگری نیز وجود دارند که در ادامه به آن‌ها می‌پردازیم. دستورالعمل‌هایی که در زیر آمده‌اند، به منظور عرضهٔ طرح‌های کلی ارائه می‌شوند و به هیچ‌وجه در تمام موارد توصیه نمی‌شوند.

آیا فعالیت دانش‌آموزان باید بدون احتساب نمره باشد؟ اگر چه آنجلو و کراس پیشنهاد کردند که روش‌های ارزیابی کلاس بدون درجه‌بندی باشد، اما بعضی معلمان در ایالت پنسیلوانیا، نمره دادن را به ویژه در ابتدا بسیار موفق ارزیابی کردند. حتی احتساب ۱ درصد از نمرهٔ نهایی (حتی با طرح نمره‌بندی به صورت چک مارک، + یا −) دانش‌آموزان را تشویق می‌کند که ارزیابی را جدی بگیرند. هنگامی که این روش‌ها به عنوان منبع بازخورد برای تعیین سطح کلاس، و نه سیستمی برای سنجش فعالیت دانش‌آموزان درنظر گرفته شوند، نتایج مفیدتر هستند. برای رسیدن به معیار مناسب، ممکن است تجربهٔ بیش‌تری لازم باشد.

هنگامی که فعالیتی را طرح‌ریزی می‌کنید، سعی کنید ساده باشد. چه توقعی از دانش‌آموزانتان دارید؟ فکر می‌کنید، چه پاسخی دریافت خواهید کرد؟ در پی داده‌هایی بیش از آنچه لازم دارید و مایل به استفاده از آن هستید، نباشید. پرسش‌ها یا کارهایی را که یادداشت کرده‌اید، بخوانید، یا بهتر است از کس دیگری بخواهید، آن‌ها را بخواند. بررسی کنید که آیا این پرسش‌ها اطلاعاتی را که در پی آن هستید، در اختیار شما می‌گذارد یا نه.

فعالیت موردنظر را با شرح این مطلب که چرا از این روش استفاده می‌کنید، برای دانش‌آموزان بازگو کنید و شرح دهید که جمع‌آوری اطلاعات چگونه به آن‌ها کمک می‌کند. حتی یک جملهٔ ساده در مورد این که چگونه چنین اطلاعاتی برنامه‌ریزی جلسات آیندهٔ کلاس را آسان می‌کند، ممکن است کفایت کند. به نظر می‌رسد، تعریف صحیح، اما عاقلانه از روش و هدف آن، بهترین کار باشد.

هنگامی که پاسخ دانش‌آموزان را جمع‌آوری کردید، اطلاعات را طبقه‌بندی و بررسی کنید. دنبال الگویی مشترک بگردید. پاسخی که بیش از همه تکرار شده، کدام است؟ چند بار تکرار شده است؟ آیا داده‌ها از توزیع دوجمله‌ای پیروی می‌کنند؟ چه مطالبی را قبلاً نمی‌دانستید و چه برنامه‌ای برای انجام آن‌ها دارید؟ در اغلب موارد، پاسخ‌های دانش‌آموزان به آسانی در چند گروه عمدهٔ دسته‌بندی می‌شوند. اما اگر تعداد زیادی (۷۵ یا بیش‌تر) پاسخ دارید، بررسی خود را با یک نمونه از کل پاسخ‌ها شروع کنید؛ اما مطمئن شوید که نمونه کاملاً تصادفی است.

وقتی داده‌ها را بررسی کردید، دست کم بخشی از تحلیل را به کمک دانش‌آموزان انجام دهید. چه توقعی داشتید؟ و انتظار چه چیزهایی را نداشتید؟ این فعالیت چگونه روی تجربیات شما به عنوان دانش‌آموزان کلاس تأثیر می‌گذارد؟ به نظر می‌آید، دانش‌آموزان بیش‌تر، از دانستن این که چگونه شما از اطلاعاتی که آن‌ها برایتان فراهم کرده‌اند، استفاده

می‌کنید، بهره‌مند می‌شوند و شاید مهم‌تر آن باشد که آن‌ها چگونه می‌توانند، از پاسخ‌هایشان به عنوان راهنمایی برای بهبود مهارت‌های خود، به عنوان دانش‌آموز، استفاده کنند.

سرانجام، فکر نکنید که شما باید از این روش‌ها در همهٔ کلاس‌ها یا در تمام جلسات استفاده کنید. آرام شروع کنید و اگر نمی‌توانید، اثر این روش‌ها را در یک کلاس خاص حس کنید، از آن‌ها به زور استفاده نکنید. استفادهٔ بی‌موقع یا شتاب‌زده از این روش‌ها، در واقع می‌تواند زیان‌آور باشد. این توصیف‌های بنیادی، منبع سودمندی از ایده‌ها برای بسیاری از معلمان در ایالت پنسیلوانیا بوده‌اند و تأثیر مثبت بسیار هم داشته‌اند. اما از تنها مشکلی که معمولاً در ارزیابی کلاس پیش می‌آید، پرهیز کنید و آن کسب اطلاعات بسیار زیاد، ولی بدون زمان یا تجربهٔ کافی برای استفاده از این داده‌هاست.

دیدگاه کلی دربارهٔ این روش

برآورد کردن اطلاعات پایه

کوشش برای آگاهی از اطلاعات عمومی و زمینه و آمادگی دانش‌آموزان در هر درس، در میان معلمان کالج متداول است.

برآورد کردن اطلاعات پایه، شامل امتحان ساده‌ای است که معمولاً چندین پرسش هدفمند را در مورد مفاهیمی که دانش‌آموزان برای موفقیت در درس نیاز دارند، دربر می‌گیرد. پرسیدن سؤالاتی از این دست، همان‌طور که می‌تواند به دانش‌آموزان کمک کند تا به مفاهیم مهم بیش‌تر اهمیت دهند، به معلمان نیز کمک می‌کنند که از دانش و توانایی‌های دانش‌آموزان آگاه شوند. آزمایش معلومات عمومی دانش‌آموزان، می‌تواند در ابتدای هر درس یا بحث تازه یا قبل از معرفی مبحثی جدید و مهم، انجام شود. گردآوری و بررسی این داده‌ها در برنامه‌ریزی برای جلسات یا فصل‌های بعدی در طول سال تحصیلی نیز می‌تواند بسیار مفید باشد. اگرچه بسیاری از فعالیت‌های ارزیابی کلاس با احتساب نمره انجام می‌شوند، اما اغلب بهترین روش این است که این آزمون‌های تعیین سطح، بدون احتساب نمره انجام شوند. کشف این مطلب که اطلاعات پایه یا آمادگی دانش‌آموزانتان با انتظار شما تفاوت دارد، گاهی می‌تواند شما را وادار کند، بهترین قسمت درس را که حتی به نحو بسیار خوبی برای تدریس دسته‌بندی شده است، حذف کنید. به هرحال، دانستن مسلماً بهتر از ندانستن است. دست کم، این اطلاعات به شما کمک می‌کند که دانش‌آموزانتان را به منابع مناسب‌تری ارجاع دهید؛ منابعی که ممکن است، دانش‌آموزان به عنوان بحث‌های تکمیلی به آن‌ها احتیاج داشته باشند.

آزمون بدفهمی‌ها و پیش‌پندارها

این آزمون نوع دیگری از برآورد کردن اطلاعات پایه است. اما در واقع در این روش، تأکید بر آن دسته از پیش‌پندارهایی است که مانع از آموختن می‌شوند. این روش به ویژه در درس‌هایی که با مطالب حساس یا بحث‌برانگیز سروکار دارند، یا درس‌هایی که دانش‌آموزان در آن‌ها نظریه‌های ذهنی غلطی را در خود پرورش داده‌اند، می‌تواند بسیار مفیدتر باشد. ارزیابی این موضوع قبل از شروع کلاس، از تلف شدن وقت در آینده جلوگیری خواهد کرد.

آماده کردن این آزمون را با پرسیدن سؤال‌های زیر از خود شروع کنید:

- **چه بدفهمی‌ها و پیش‌پندارهایی برای دانش‌آموزانی که این درس را می‌گذرانند، ممکن است پیش آید؟**
- **کدام‌یک از آن‌ها بیش‌تر با اصل یادگیری این درس ارتباط دارند؟**
- **هنگام روبه رو شدن با این تصورهای غلط، چگونه می‌توانم با آن‌ها برخورد کنم؟**

به طور کلی، برداشت‌های نادرست دانش‌آموزان را به آسانی و فقط با آگاه کردن آن‌ها نمی‌توان تصحیح کرد و یا آن‌ها را از آن‌گونه نگاه کردن به مطلب بازداشت. عموماً دانش‌آموزان، قبل از این که موفق شوند درک کنند که به چه دلیل آموخته‌های قبلی آن‌ها غلط بوده است، لازم می‌دانند که ارتباطی با پیش‌پندارهای خود برقرار کنند. برای مثال، بسیاری از دانش‌آموزان فکر می‌کنند، زمستان به این دلیل سرد است که فاصلهٔ زمین از خورشید زیاد است؛ اگر چه که بی‌شک موضوعی مغایر این مطلب به آن‌ها تدریس شده است. بنابراین، می‌توان از آن‌ها خواست توضیحی در مورد حقایق دیگری مانند تفاوت فصل‌ها در نیم‌کره‌های شمالی و جنوبی بیان دارند. چنین پرسش‌هایی ممکن است چیزی جز دسته‌بندی پاسخ به یک سلسله پرسش‌ها را دربر نداشته

باشند. اما بحث با دانش‌آموزان در مورد تصورات غلطی که عموماً پیش می‌آیند و اجازه دادن به آن‌ها برای کشف محدودیت‌های این تصورهای غلط، و سپس خواستن پاسخ برای پرسش‌های جدید همراه با دراختیار گذاشتن فرصتی برای تجربه‌های مجدد و این که دانش‌آموز شخصاً باورهایش را تصحیح کند، می‌تواند مفید باشد.

کاغذ یادداشت

سریع‌ترین و آسان‌ترین روش برای گردآوری نتیجهٔ آزمون کتبی از مطالبی که دانش‌آموزان آموخته‌اند، با صرف کم‌ترین هزینه و انرژی، اغلب تحت عنوان «کاغذ یادداشت» مطرح می‌شود. مربی دو یا سه دقیقه زودتر کلاس را تعطیل می‌کند و از دانش‌آموزان می‌خواهد، به طور خلاصه به دو پرسش زیر پاسخ دهند:

■ **مهم‌ترین چیزی که در طول این جلسه آموختید، چه بود؟**

■ **چه پرسشی هنوز در ذهن شما بی‌پاسخ باقی مانده است؟**

«**کاغذ یادداشت**» به رغم سادگی، چیزی بیش از یادآوری مطلب تدریس شده را نشان می‌دهد. برای انتخاب مهم‌ترین یا برجسته‌ترین مطلب، دانش‌آموزان باید چیزی را که به خاطر می‌آورند، ارزیابی کنند. استفاده مکرر از «کاغذ یادداشت»، کمک می‌کند دانش‌آموزان تمرکز بیش‌تری در طول درس داشته باشند.

مسلماً این روش را می‌توان با تعداد بی‌شماری از موارد مشابه جایگزین کرد. برای مثال، می‌توانید از دانش‌آموزان بخواهید که «کاغذ یادداشت» خود را به گونه‌ای بنویسند که گویی مهم‌ترین مطلب در طول درس را برای فردی که غایب بوده است، شرح می‌دهند. به این ترتیب آن‌ها تشویق می‌شوند پاسخ‌های مستدل بنویسند. روش مشابه دیگری هم هست که گاهی «**گل آلودترین نکته**» نامیده می‌شود. در این روش، از دانش‌آموزان می‌خواهیم، به شرح مطلب یا موضوعی بپردازند که بیش از سایر مطالب و موضوعات در یک جلسه، برایشان گیج کننده بوده است.

مسأله‌های مستند

در این روش، معلم از دانش‌آموزان می‌خواهد که هم کارشان و هم دلایلی را که کارشان بر آن‌ها مبتنی است، شرح دهند. به این ترتیب، معلمان می‌توانند اطلاعات بسیار دقیق و موجزی در مورد مشکلات ذهنی دانش‌آموزان یا برداشت‌های نادرستی که آن‌ها را به خود مشغول می‌دارد، به دست آورند. به علاوه، تصویری کلی از راهبردهای اصلی که دانش‌آموزان برای حل مشکلاتشان از آن‌ها استفاده می‌کنند، به دست می‌دهد. «مسأله‌های مستند»، وسیله‌ای بسیار دقیق برای کمک به دانش‌آموزان در جهت روشن شدن افکارشان و به دست آوردن کنترل روی تفکراتی است که در طول فرایند حل مسائل پیش می‌آید. شرح مستدل آنچه که در طول حل یک مسأله انجام داده‌ایم، می‌تواند به سادگی شامل یکی دو بند مختصر از آنچه که انجام داده‌ایم (و چرا آن را انجام داده‌ایم)، یا گزارش خط به خط و توضیح استنادهای انجام شده در هر مرحله باشد. از دانش‌آموزان بخواهید، استدلال‌های هر مرحله از پاسخ را شرح دهند. این به معلم کمک می‌کند که ارزیابی بسیار دقیقی از درک و مهارت‌های دانش‌آموزان به دست آورد. به علاوه، به دانش‌آموزان فرصتی می‌دهد که تشخیص دهند، چه قدر خوب می‌توانند نوع خاصی از مسأله را درک کنند.

اگرچه استفاده از این روش به نظر ساده می‌آید، اما درواقع اجرای آن دشوار است. معمولاً دانش‌آموزان عادت به مختصر و واضح نوشتن ندارند و باید توجیه شوند که چگونه آنچه را که انجام داده‌اند، شرح دهند. بنابراین، ممکن است لازم باشد، دستوالعملی در مورد شرح کتبی مناسب یا چگونگی رسیدن به اهدافشان در نوشتن، به آن‌ها بیاموزیم. همچنین، چون ممکن است بسیاری از دانش‌آموزان همچنان فقط به جواب درست گرفتن اهمیت دهند، ممکن است تشویق دائم و توجه دادن به یافتن راه‌حل ـ نه نتیجه ـ ضروری باشد.

شبکهٔ رده‌بندی

در بسیاری از نظام‌ها، به ویژه در سطوح پایه، اولین گام در حل واقعی مسائل، دانستن این مطلب است که چگونه دسته‌بندی ذهنی مطالب در رده‌های مختلف می‌تواند مفید باشد. به بیان دیگر، دانش‌آموزان باید قوانین مربوط به ارتباط اجزای مسأله را با یکدیگر بدانند. «شبکه رده‌بندی» در این گونه موارد می‌تواند کمک مفیدی برای تشخیص باشد. برای مثال، درک درس‌های مربوط به زیست‌شناسی و علوم طبیعی به این روش بستگی بسیار دارد. برای شروع باید یک

رده‌بندی کلیدی را بیابید و سپس جدولی طراحی کنید که این ارتباطات داخلی را نمایش دهد. ابتدا سعی کنید مدل ساده‌ای را طراحی کنید. به علاوه، سعی کنید ارتباطات جزئی یا مبهم را نادیده بگیرید تا دانش‌آموزان بیش‌تر روی روش‌های پرفایدهٔ آموزش تمرکز کنند. احتمالاً این روش برای کمک به گسترش مهارت‌های پایهٔ آموزش در دانش‌آموزانی که قصد ادامهٔ تحصیل دارند، بسیار مفید خواهد بود.

مثالی از آزمون بدفهمی‌ها و پیش‌پندارها

در روز اول و دوم کلاس عمومی زیست‌شناسی، من بحث عقل سلیم و روش علمی را با یک شیوهٔ عملی شروع کردم. سپس یک دورهٔ «روانشناسی اجتماعی» را آموزش دادم. این روش شامل انتخاب تصادفی دانش‌آموزان برای به جلوی کلاس آمدن و پاسخ گفتن به پرسش‌هاست. آن‌ها خودشان را معرفی می‌کردند و سپس سؤالی از آن‌ها می‌پرسیدم؛ سؤالی مانند این که:

■ **آیا فکر می‌کنید اکثر مردم در مورد برداشت دیگران از آن‌ها، در ارتباط با جذابیتشان، دچار خودبزرگ‌بینی یا خودکم‌بینی می‌شوند؟**

■ **آیا در مورد زنان و مردان، این برداشت متفاوت است؟**

■ **اگر چنین است، چگونه؟**

حدود نیمی از دانش‌آموزان در مورد خود پاسخ درستی دادند.

علاوه بر فرصت دادن به دانش‌آموزان برای شناختن یکدیگر در کلاس‌های بزرگ و داشتن تصویر ذهنی قبل از تدریس بخش‌هایی از مطلب، این فعالیت کمک می‌کند بفهمیم که اگرچه «حس مشترک» گاهی پاسخ مشابهی دربر خواهد داشت، اما ما بیش‌تر علاقه‌مند هستیم آن باورهایی را در مورد سرشت انسان بپذیریم که برگرفته از روش‌های علمی باشند.

تحقیقات نشان می‌دهد که همهٔ افراد خودبزرگ‌بینی دارند. اما در میان مردان ارتباطی بین درجه‌بندی شخصی و درجه‌بندی که دیگران دارند، وجود ندارد. درحالی که در میان زنان، ارتباط مختصری دیده می‌شود.

مثالی از «کاغذ یادداشت»

من از دانش‌آموزانم خواستم که در ازای هر برگی که تحویل می‌دهند، به یک پرسش کتبی نیز پاسخ دهند؛ چون دریافته بودم که پاسخ‌هایشان حقایق زیادی را در رابطه با مسائلی که آموخته‌اند، می‌خواهند بیاموزند و یا لازم است بیاموزند بازگو می‌کند. فکر کردم اگر از آن‌ها بخواهیم فکر کنند این کار را انجام خواهند داد؛ در غیر این صورت، پاسخ دادن به این پرسش‌ها درست مانند آن است که کاری را که موظف به انجام آن بوده‌اند، به پایان رسانده‌اند. درست در پایان امتحان، کمی قبل از این که برگه‌هایشان را تحویل دهند، پرسش‌هایی را پاسخ می‌دهند و یا جمله‌هایی نظیر مثال‌های زیر را تکمیل می‌کنند.

۱. من از ..... راضی نیستم. من از ..... اصلاً راضی نیستم. من مشکلاتی در زمینهٔ ..... دارم.

۲. در نوشتن این مطلب، چه چیزی آموختید که برایتان جالب بود؟ هنگام بازخوانی مطالب در مورد چه مطلبی شک داشتید؟

۳. در بحث‌های خود، نکته‌هایی را که در آن‌ها آگاه بودید که شنوندگانتان (از نظر دانش یا نقطه‌نظراتشان) برای درک آن‌ها به اطلاعات اضافی احتیاج دارند، مشخص کنید. در آن‌ها، جملاتی را که فقط برای گرفتن تأئید روی مطالب نوشته‌اید، ذکر کنید.

۴. چرا چنین ترتیب خاصی را درنظر گرفته‌اید؟ اگر وقت بیش‌تری داشتید، چه کارهای متفاوتی انجام می‌دادید؟

۵. چه نکاتی در مورد این ترتیب خاص برایتان جالب توجه است؟ چه موردی در طول فرآیند نوشتن شما، از ابتدای درس تغییر کرده است؟

برحسب نوع تکالیف، پرسش‌ها نیز تغییر خواهند کرد. اما تجربه نشان می‌دهد که بهتر است خود را به چند پرسش محدود کنیم. اگر از دانش‌آموزان پرسش‌های زیادی نشود، آن‌ها می‌توانند پرسش‌ها را بیش‌تر بسنجند و پاسخ‌های بهتری ارائه کنند.

منبع
Introduction to Classroom Assessment Techniquies
http//www.psu.edu/celt

تجربهٔ آموزشی

جهانگیر ریاضی

مقدمه

«تجربهٔ آموزشی» دیگران راهنمایی بسیار با ارزش در کار آموزش است و هر معلم در کار خود به استفاده از این تجربیات نیاز دارد. به کارگیری صحیح و اصولی این تجربه‌ها به وسیلهٔ یک معلم علاقه‌مند باعث می‌شود، راه پرنشیب و فراز آموزش و مدیریت بهتر در محیط آموزشی هموار شود. به طور کلی، هر معلم در محیط آموزشی، در دو محدودهٔ بسیار کلی به استفاده از تجربیات افراد با تجربه نیازمند است:

الف) تجربه‌هایی در زمینهٔ آموزش مفاهیم علمی و تخصصی به دانش‌آموزان مانند: نحوهٔ ارائهٔ مطالب درسی، استفادهٔ درست از امکانات آموزشی، چگونگی ارزش‌یابی علمی و...

ب) تجربیاتی در زمینهٔ روابط عاطفی بین خود و دانش‌آموزان و دادن پاسخ‌های مناسب در مقابل رفتارهای متنوع دانش‌آموزان.

محدوده‌های مورد بحث به هیچ‌وجه قابل تفکیک از یکدیگر نیستند. زیرا هر معلم موفق، بر اساس ایجاد رابطهٔ صمیمی و دوستانه، می‌تواند در محدودهٔ آموزش مفاهیم علمی، تأثیر عاطفی لازم را نیز بر دانش‌آموزان داشته باشد.

استفاده از تجربیات آموزشی دیگران تا چه حد راهگشای کار یک معلم است؟

آیا تجربهٔ آموزشی دیگران را می‌توان به عنوان «تجربهٔ شخصی خود» تلقی کرد؟ اگر من به عنوان یک معلم، تجربیات آموزشی دیگران را که ممکن است به صورتی مدون و در قالب کتاب یا مقاله ارائه شده باشد تماماً مطالعه کنم، آیا می‌توانم ادعا کنم که عملاً در جایگاه نگارندهٔ آن مطالب، یعنی کسی که در جریان افت و خیزهای کار آموزشی، این موضوع‌ها را آزموده است، قرار گرفته‌ام؟

از طرف دیگر، آیا این صحیح است که با بی‌اعتمادی به تجربیات دیگران و کم بها دادن به آن‌ها، هر معلمی در کار آموزشی خود از نقطهٔ صفر شروع کند و بخواهد تمام

افت‌وخیزهایی را که در جریان آموزش پیش می‌آید و قطعاً تأثیر منفی بر آموزش دارد، شخصاً تجربه کند تا به یک معلم با تجربه تبدیل شود؟

من و تجربهٔ دیگران

واقعیت این است که هر فرد علاقه‌مند و دلسوز در آموزش، نیاز به استفاده از تجربیات آموزشی دیگران را احساس می‌کند. ولی باید توجه داشت که «تجربیات دیگران» به هیچ‌وجه جایگزین تجربه شخصی فرد نمی‌شود. به بیان دیگر، نمی‌توان صرفاً با مطالعه یا شنیدن تجربیات دیگران، بدون آن‌که در عملِ مشخص، ضرورت آن‌ها احساس شود، خود را یک فرد با تجربه دانست. تجربهٔ آموزشی دیگران هنگامی کارکرد کیفی خواهد داشت که فرد در جریان افت و خیزهای کار آموزشی، ضرورت آن‌ها را درک و احساس کند. این تجربیات به جمع‌بندی از شرایط و تشخیص روش مناسب برخورد با این شرایط کمک خواهد کرد. در این صورت، معلم به منظور یافتن پاسخ مناسب برای مشکلات آموزشی، با اشتیاق بیش‌تری به تجربیات آموزشی دیگران مراجعه خواهد کرد.

آیا برخورد با شرایط مشخص قابل فرمول‌بندی است؟

آیا می‌توان قبل از هر تجربه و برخورد شخص با شرایط محیط آموزشی، برای یک معلمِ تازه‌کار، روش‌های مواجه شدن با شرایط مختلف و متنوع محیط آموزشی را فرمول‌بندی کرد؟

به این معنی که در برخورد با یک شرایط مشخص، کدام واکنش مناسب‌تر است و از کدام فرمول و کلیشه باید پیروی کرد؟ آیا برای برخورد با شرایط مشخص تنها و صرفاً یک شیوه و یک راه کار مناسب وجود دارد یا راه‌های متفاوتی را باید آزمود؟ به بیان دیگر، آیا می‌توان روشِ مدیریت کیفیِ محیط آموزشی را که نیازمند تجربیات آموزشی فراوان است، به صورت کلیشه‌ای به یک معلم جوان منتقل کرد؟

تجربه نشان می‌دهد که اگر تمام تجربیات آموزشی مُدون دیگران را حتّی در قالب کلاس‌های آموزشی به معلمِ جوان ارائه کنیم، تا زمانی که معلم شخصاً با شرایط مشخص محیط آموزشی برخورد نکند و در تنگناها قرار نگیرد، چنین تجربیاتی نمی‌تواند عاملِ اصلیِ تنظیم و سازمان‌دهی برخوردهای مناسب او در کلاس باشد. به بیان دیگر، معلم باید در محیط رویدادهای آموزشی قرار گیرد تا بتواند با توجه به تمام توانمندی‌ها و ضعف‌های رفتاری خود، در مقابل شرایط آموزشی واکنش‌های واقعی از خود نشان بدهد. تجربه به ما می‌آموزد که در مقابل یک وضعیت مشخص در محیط آموزشی، معلمان واکنش‌هایی متفاوت نشان می‌دهند که گاهی اوقات پاسخ‌هایی نامناسب به آن وضعیت مشخص است.

برداشت‌های متفاوت از «تجربیات آموزشی» دیگران

«تجربه‌های آموزشی»، که توسط دیگران به دست آمده و به صورت‌هایی متفاوت تدوین شده‌اند، ممکن است در قالب خاطرات آموزشی یا مقالات یا کلاس‌های آموزشی ارائه شوند. ولی هر معلم بر اساس مجموعه شرایط شخصی خود، از جمله: تجربیات حاصل از تمام تعاملات اجتماعی، نوع نگرش به مسائل آموزشی و قوت‌ها و ضعف‌هاست که به این تجربیات نگاه می‌کند و برداشت خود را از آن‌ها دارد و به شیوهٔ خود از آن‌ها در کار آموزش استفاده می‌کند. پس «تجربهٔ آموزشی دیگران» تا رسیدن به مرحلهٔ اجرا به وسیلهٔ یک معلم، فرایندی را طی می‌کند که قابل فرمول‌بندی کلی نیست. به همین دلیل، برای معلمان برداشت‌هایی متفاوت از تجربیات آموزشی یکسان می‌توان قائل بود، زیرا هر معلم قبل از هرچیز، انسانی است با ویژگی‌های خاصِ خود که مبین رفتارها و واکنش‌های او در محیط آموزشی می‌شود. به بیان دیگر: «هر معلم روایتِ خاصِ خود را ازتجربهٔ آموزشی دیگران» خواهد داشت. در واقع، اگر قرار بود تمام معلمان با استفاده از تجربهٔ آموزشی و روش‌های تجربه شده در آموزش، یکسان عمل کنند، دیگر این‌همه تفاوت و تنوع در شیوه‌های آموزش و مدیریت محیط آموزشی پیش نمی‌آمد.

«حفظ هویت»، ضمن استفاده از تجربهٔ آموزشی دیگران

این امکان وجود دارد که یک فرد آن‌قدر به تجربیات آموزشی دیگران استناد کند و در به‌کارگیری کلیشه‌ای آن‌ها بکوشد که ضمن فراموش کردن رأی شخص خود، فرصت هرگونه ابتکار و نوآوری و خلاقیت در امر آموزش را از خود بگیرد. آنچه خلاقیت و ابتکار را در امر آموزش رشد می‌دهد

و فرصت آن را ایجاد می‌کند، «حفظ هویت» در ضمن توجه به تجربیات آموزشی دیگران است. معلم باید بتواند به صورت فعال و خلاق، از تجربهٔ آموزشی دیگران استفاده کند. استفادهٔ خلاق از تجربهٔ آموزشی، به این معنی است که تجربهٔ آموزشی را در یک زمینهٔ خاص، تمام شده و کامل تصور نکنیم تا در این بستر بتوان امکان نوآوری و افزودن تجربه‌های جدید به تجربیات قبلی را فراهم ساخت. علاوه بر این، باید توجه کنیم که یک تجربهٔ آموزشی موفق، در کجا و چه شرایطی موفق است و آیا قابل اجرا در شرایطی دیگر هست یا خیر. به بیان دیگر باید دید، چگونه از یک تجربهٔ آموزشی می‌توان در شرایطی متفاوت استفاده کرد. پس نباید صرفاً یک مصرف‌کننده و مجری غیرفعال تجربیات دیگران بود. استفاده از تجربیات آموزشی در شرایط مشخص، مستلزم شناخت ویژگی‌های این شرایط مشخص است. پس معلم باید محیط آموزشی خود را از نقطهٔ نظر مجموعهٔ عوامل فرهنگی، تاریخی، اجتماعی و... شناخته باشد تا بتواند، الگوهای تجربه شده را با این شرایط تطبیق دهد. در غیر این صورت، تلاش در جهت اجرای الگوهای آموزشی دیگران، بدون توجه به شرایط مشخص، تلاشی بیهوده و محکوم به شکست خواهد بود.

«تجربهٔ آموزشی» و شرایط متحول محیط آموزشی

هر تجربه‌ای، از جمله تجربهٔ آموزشی، متعلق به شرایط اجتماعی و فرهنگی مشخصی است که با گذشت زمان و متحول شدن این شرایط، لزوم تجدیدنظر در آن احساس می‌شود. باید پذیرفت که نمی‌توان یک «تجربهٔ آموزشی» را به تمام دوره‌ها و شرایط متفاوت تعمیم داده و از آن انتظار کارکرد مؤثر را، بدون توجه به تفاوت محیط آموزشی داشت. شرایط متحول اجتماعی باعث می‌شود که ویژگی‌های محیط‌های آموزشی روزبه‌روز تغییر کند. دانش‌آموز سال‌های گذشته، با دانش‌آموز امروز متفاوت است و در نتیجه، معلم امروز باید دارای تجربیاتی نو نسبت به معلم دیروز باشد. یادآوری شرایط روزگار گذشته که در آن، معلم و استاد از احترام و ارزش اجتماعی خاص برخوردار بودند و دانش‌آموز نیز دارای ویژگی‌های مخصوصی بود، پاسخ مشکلات محیط آموزشی فعلی نیست. باید پذیرفت که این شرایط متفاوت با گذشته، تجربیات خاص خود را می‌طلبد.

پس ضمن حرمت گذاشتن به تجربهٔ گذشتگان در محیط آموزشی، لازم است در فکر تدوین اندیشه‌ها و تجربیات جدید در محیط آموزشی باشیم؛ تجربیاتی که پاسخگوی شرایط فعلی محیط آموزشی باشند.

«تجربهٔ آموزشی» و شرایط جدید پیش‌بینی نشده

به صورت اصولی، در مدیریت یک محیط آموزشی مثلاً کلاس درس، تمام حرکات و واکنش‌ها را نمی‌توان از قبل پیش‌بینی کرد. چرا که مجموعهٔ مورد بحث ما، مجموعهٔ انسانی و دارای روحیه‌های متفاوت و متغیر است. به همین مناسبت، یک تجربهٔ آموزشی ممکن است فقط در شرایطی کارکرد داشته باشد که قبلاً شخص تجربه کرده است. اما اگر معلم در محیط آموزشی با شرایطی جدید که قبلاً به آن فکر نکرده، یا در تجربیات آموزشی دیگران با آن برخورد نکرده، مواجه شود، نمی‌تواند فقط به استناد تجربیات کلی دیگران، مشکل را حل کند. در چنین شرایطی است که ضرورت داشتن «تفکر مدیریت علمی» که دارای انعطاف است و می‌تواند فرد را با شرایط جدید سازگار سازد تا او پاسخ مناسب را بیابد، بیش‌تر احساس می‌شود. به عبارت دیگر، برای شرایط متحول، فرمول و الگوی از قبل پیش‌بینی شده‌ای وجود ندارد. معلم دارای تفکر مدیریت علمی، در شرایط جدید و پیش‌بینی نشده، حداقل کاری که انجام می‌دهد، دست‌یابی به شرایط متعادل‌تر، دور نمودن شرایط اغتشاش و ایجاد آرامش در محیط است؛ چرا که در یک محیط آرام بهتر می‌توان فکر کرد و تصمیمی بهتر گرفت. در حالی که فرد کم‌تجربه، در صورت بروز شرایط نامتعارف، خود به عنوان بخشی از شرایط ناآرام وارد معرکه می‌شود و توان مدیریت مجموعه را از دست می‌دهد.

شرایط دست‌یابی به «تجربهٔ آموزشی جدید»

تجربهٔ آموزشی جدید، خود به خود و بدون برخورد فعال و خلاق یک معلم با محیط آموزشی به دست نمی‌آید. شرط اولیه حصول چنین شرایطی، «داشتن دغدغه و علاقه به یافتن روش‌های نو در آموزش است». در شرایطی که دانش‌آموزان یک کلاس به خاطر برخورد یکسویهٔ معلم، جرأت اظهارنظر و پرسش را ندارند و فضای کلاس یکنواخت، بدون هیچ گونه

افت و خیز و برخورد آرا و عقاید است. به هیچ‌وجه شرایط بروز خلاقیت و کسب تجربهٔ جدید ایجاد نمی‌شود. نتیجهٔ آموزشی چنین محیطی کم‌وبیش مشخص و قابل پیش‌بینی است، پس محلی برای دغدغه باقی نمی‌ماند. اعمال چنین شرایطی توسط معلم، یکی از ویژگی‌های آموزش سنتی است؛ آموزشی که نوآوری و خلاقیت ندارد و در پی ایجاد آن هم نیست. اما معلمِ علاقه‌مند و دلسوز که به دنبال کسب تجربه جدید و نوآوری در شیوه‌های آموزشی است، خود شرایط اولیهٔ لازم را در کلاس ایجاد می‌کند. تجربهٔ آموزشی با ارزش در محیطی باز که فرصت اظهارنظر و برخورد آرای دانش‌آموزان و معلم در آن فراهم است، قابل دست‌یابی است. طرح پرسش‌هایی جدید که در قالب‌های متعارف و معمولی قابل پاسخگویی نیستند و نیاز به بحث بیش‌تر دارند، از جمله روش‌هایی است که به ایجاد محیط خلاق آموزشی کمک می‌کند. به‌طور کلی، می‌توان گفت که وظیفهٔ معلم، خارج کردن کلاس از حالت «تعادل غیر فعال و غیر خلاق» و ایجاد عدم تعادلی است که زمینهٔ شکل‌گیری تجربیات آموزشی جدید را فراهم می‌آورد.

نتیجه گیری

۱. هر معلمِ علاقه‌مند به کارش، باید در محیط آموزش ضرورت استفادهٔ فعال از تجربیات آموزشی دیگران را احساس کند و این احساس برای معلمی شکل می‌گیرد که دغدغه یافتن روش‌های بهتر در آموزش را داشته باشد.

۲. استفادهٔ «کلیشه‌ای» و «غیر خلاق» از تجربهٔ آموزشی دیگران، به هیچ‌وجه دست یابی به تجربهٔ موفق آموزشی را تضمین نمی‌کند.

۳. ارزش هر تجربهٔ آموزشی، به استفادهٔ خلاق و فعال از آن بستگی دارد. هر قدر استفادهٔ فعال‌تری از تجربهٔ آموزشی دیگران داشته باشیم، نقش آن تجربه در هدایت و مدیریت محیط آموزشی مؤثرتر خواهد بود.

۴. در استفادهٔ خلاق از تجربهٔ آموزشی دیگران، همواره باید امکان برخورد با شرایط جدید و پیش‌بینی نشده را که نیازمند تجربهٔ جدید است، در نظر گرفت.

۵. «تجربهٔ آموزشی» با ارزش، حاصلِ «شرایط آموزشی پویا» است. در شرایط «ایستا» و عدم تحرک، امکان دست‌یابی به تجربهٔ آموزشی وجود ندارد.

عالم کوانتوم

علیرضا عرفان

رفتم به عالم خواب در وادی کوانتا
در بین موج و ذره، در داخل اتم‌ها
در هسته خفته بودند، جمعی ز نوکلئون‌ها
بر گردشان دویدم همچون الکترون‌ها
روی مدار بوهری آرام می‌خزیدم
فارغ زهر چه تابش یا ریزش اتم‌ها
با جنبشی جهیدم، رفتم مدار بالا
وقتی که باز گشتم، آزاد شد فوتون‌ها
ناگه مدار لرزید وقتی جناب هایزن*
از اصل خویش می‌گفت با دوستان سخن‌ها
دیگر مکان ذره این گونه شد مشخص
با احتمال اندک، یا احتمال بالا
ای مالکی که ملکت در حد بی‌نهایت
از منشا پیون‌ها تا اوج کهکشان‌ها
از باب لطف و رحمت بر ما عنایتی کن
باچشم دل ببینیم اسرار این معما
«عرفان» تو را چه حاصل از درس و علم و مکتب
گر عشق او نباشد با این همه نشان‌ها

زیرنویس

* هایزنبرگ

حقایقی نه چندان معروف درباره دیاپازون معمولی

پی پی اونگ*
مترجم: حامد شرقی، دانشجوی فیزیک دانشگاه گیلان

دیاپازون مبنای مسابقهٔ تجربی در سومین المپیاد آسیایی فیزیک بود که از ۶ تا ۱۴ ماه مه سال ۲۰۰۲ در سنگاپور برگزار شد. من به عنوان ممتحن برای این قسمت از رقابت بررسی مقدماتی از معلومات عمومی دانش‌آموزان در مورد دیاپازون انجام دادم تا سطح مشکل بودن پرسش به درستی تعیین شود. اما با اینکه دیاپازون وسیله بسیار شناخته شده‌ای در تدریس آزمایشگاهی است بسیاری از دانش آموزان و حتی مدرسان نتوانستند به پرسش‌های زیر پاسخ دهند.

■ چرا دیاپازون به جای اینکه تنها یک شاخه داشته باشد دو شاخه دارد؟

■ آیا دو شاخه در:

الف) فاز یکسان

ب) فاز مخالف

ج) با 90° اختلاف فاز

د) بدون هیچ نسبت فازی

ارتعاش می‌کنند؟

■ چگونه می‌توان بسامد نوسان را بدون لمس کردن شاخه‌ها (که موجب میرایی حرکتشان می‌شود) اندازه گرفت؟

■ آیا محاسبهٔ ارتعاش نوسان در کتاب‌های درسی *استاندارد* با استفاده از مدول کشسانی یانگ انجام می‌شود؟

در این جا از خواننده دعوت می‌شود که قبل از خواندن راه‌حل زیر بکوشد به این پرسش‌ها پاسخ دهد.

پاسخها:

■ دیاپازون طوری طراحی می‌شود که پس از ضربه‌زدن به آن، در مدت تا حدامکان طولانی با بسامد بنیادی بدون هیچ هماهنگی ارتعاش کند. برای پایسته نگه‌داشتن انرژی ارتعاشی دو شاخه لازم است تا نیروی وارد بر پایهٔ آن خنثی شود. دیاپازونی با تنها یک شاخه طبق قانون سوم نیوتون به ناچار باید نیروی ارتعاشی غیر صفر بر پایه وارد کند و در نتیجه ارتعاش آن به سرعت میرا می‌شود.

■ دوشاخهٔ دیاپازون از هر لحاظ متقارن هستند و درست پس از ضربه خوردن در مدهای بسیار متفاوتی ممکن است شروع به ارتعاش کنند. امّا فقط مدهای در *فاز مخالف* دوام می‌آورند و همه مدهای دیگر به سرعت از بین می‌روند. در مد با فاز مخالف شاخه‌ها همیشه نیروهای برابر و مختلف‌الجهت بر روی پایه وارد می‌کنند به طوری‌که نیروی برایند وارد بر میله همیشه برابر صفر است. بنابراین با محکم نگه داشتن میله هیچ میرایی ناخواسته‌ای به‌وجود نمی‌آید. به همین دلیل شاخه‌های دیاپازون نمی‌توانند به صورت همفاز ارتعاش کنند چرا که نیروی نوسانگر حاصل وارد بر میله موجب میرایی سریع ارتعاش می‌شود.

■ راحت‌ترین روش برای اندازه‌گیری تجربی بسامد هر جسم در حرکت دوره‌ای بدون نیاز به تماس فیزیکی مستقیم، استفاده از دستگاه استروبوسکوپ است. این وسیله الکتریکی از یک لامپ تخلیه تشکیل شده است که می‌تواند برای کوتاه مدت با شدّت زیاد در بازه‌های کاملاً منظم روشن و خاموش شود.

دانش‌آموزان معمولاً اولین‌بار از مشاهده اینکه در زیر نور استروبوسکوپی شاخه‌ها دائماً در فاز مخالف ارتعاش می‌کنند، کاملاً هیجان‌زده می‌شوند.

برای تشریح نظری بیشتر مشاهدات، ذره‌ای را که با حرکت دایره‌ای یکنواخت می‌چرخد را در نظر بگیرید که توسط استروبوسکوپ روشن می‌شود. اگر بسامد درخش، مضرب یا کسری از دورهٔ حرکت باشد ذره ساکن به‌نظر می‌رسد. پس دورهٔ حرکت دایره‌ای ذره را می‌توان با تنظیم بسامد نور درخش تعیین کرد. فرض کنید بسامد دوران ذره، X هرتز و بسامد درخش، Y هرتز باشد. در این صورت ذره در بازهٔ زمانی $1/Y$ بین دو درخش متوالی، زاویهٔ $2\pi X / Y$ را طی خواهد کرد. اگر Y/X عددی اصم باشد (یعنی نتواند به صورت نسبت دو عدد صحیح بیان شود) آنگاه ذرّه ساکن به نظر نمی‌رسد، بلکه بر حسب اینکه Y/X اندکی کوچک‌تر یا بزرگ‌تر از عدد گویای نزدیک به آن باشد در جهت دوران یا خلاف آن می‌چرخد. (به همین دلیل است که در تصاویر سینمایی، چرخیدن سریع چرخ، گاهی به صورت دوران آرام در خلاف جهت چرخش به نظر می‌رسد به جای اینکه درجهت آن باشد.) اگر $Y/X=q/p$ باشد که q و p دو عدد صحیح‌اند، در این صورت استروبوسکوپ q بار به ازای هر p دور کامل، چشمک می‌زند. به علاوه اگر q و p هیچ مقسوم‌علیه مشترکی نداشته باشند هر درخش موقعیت متفاوتی از ذرّه را نشان می‌دهد. بنابراین ذرّه q تصویر ساکن زیر نور درخش از خود نشان می‌دهد.

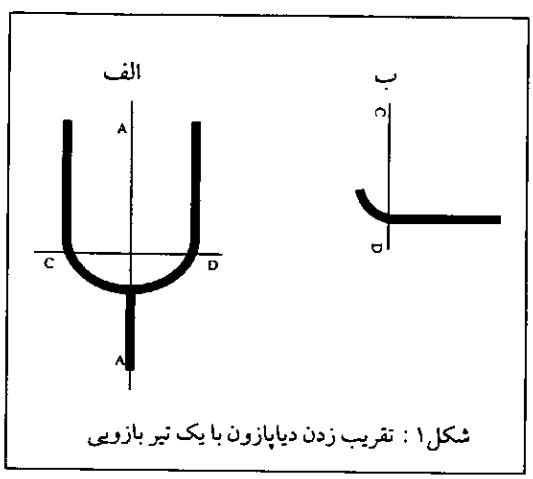
همزمانی بنیادی وقتی حاصل می‌شود که لامپ به ازای هر دور دوران جسم مورد نظر یک درخش بزند به طوری که به‌نظر می‌رسد جسم در یک موقعیت متوقف است.

به هر حال، نتیجه مشابه و *تمیزناپذیر* نیز وقتی حاصل می‌شود که بسامد درخش کسری (مثلاً $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}$ و غیره) از بسامد حرکت باشد. بنابراین اگر بسامد اخیر به کلی ناشناخته باشد، برای سازگارکردن با اصل همزمانی بنیادی روش مطمئن، شروع با بسامد درخش زیاد و زمانی که چند تصویر به دست می‌آید و سپس، بسامد درخش را به آرامی کاهش می‌دهیم *تا اولین* تصویر منفرد ظاهر شود. این روش در تمام اندازه گیری‌ها برای بررسی همزمانی بنیادی باید به‌کار گرفته شود.

نظریه بالا که در مورد ذره در حال دوران به کار می‌رود را می‌توان برای دیاپازون در حال نوسان در حرکت هماهنگ ساده نیز به‌کار برد اگر این حرکت ارتعاشی را با حرکت تصویر مکان ذره در حال دوران روی قطر هم‌ارز بگیریم. اما در این صورت چون جسم در حال ارتعاش در هر نیم‌دور از همان مسیر اما در جهت مخالف بر می‌گردد، فرصتی، اگر چه بعید وجود دارد که تصویر در یک نیم‌چرخه ارتعاش با نیمه دیگر منطبق باشد. در نتیجه به جای دو تصویر فقط یک تصویر حاصل می‌شود (با دو برابر شدت) در یک مشاهده تجربی باید مواظب این انطباق غیر منتظره بود.

■ نظریه دیاپازون مرتعش ممکن است در نظر اول مبهم به نظر برسد. اما با تقریبی ساده می‌توان با ظرافت نشان داد که با نظریهٔ تیربازویی استاندارد هم‌ارز است.

چگونگی اعمال این تقریب در شکل ۱ نشان داده شده است. در شکل (۱ـ الف)، AB نشانگر صفحهٔ تقارن دیاپازون است. از آنجایی که شاخه‌ها همیشه پاد متقارن ارتعاش می‌کنند، همهٔ نقطه‌های دیاپازون واقع بر سطح باید همواره ساکن باقی بمانند.



شکل۱ : تقریب زدن دیاپازون با یک تیر بازویی

بنابراین ارتعاش یک شاخه، مثلا سمت راستی، نظیر آن است که انتهای متصل آن به طور محکم به یکی از دیواره‌های دربرگیرنده تمام طرف چپ AB چسبیده است. بنابراین می‌توان ارتعاش شاخه سمت راست را چنان در نظر گرفت که گویی شاخه سمت چپی وجود ندارد؛ و مسئله بدون از دست دادن دقت یا عمومیت به قضیهٔ دیاپازون تک شاخه‌ای تبدیل می‌شود.

سپس چون خمیدگی U شکل معمولا دارای سطح مقطعی بزرگ‌تر از بازوی مرتعش است، ارتعاش بسیار اندکی در ناحیه اطراف خمیدگی U شکل وجود دارد. بنابراین اگر ما به جای AB شاخه راست را به صورت قطعه جلو آمده از دیوار CD در نظر می‌گرفتیم خطای کوچکی را مرتکب می‌شدیم. سمتگیری نسبی شاخهٔ راست برآمده از دیوار CD در شکل (۱ـ ب)، دوباره رسم کرده‌ایم، تا نشان دهیم که با یک تیر بازویی هم‌ارز است. در حالتی که حرکت ارتعاشی ماده در خمیدگی U شکل را نتوان نادیده گرفت، هنوز امکان دارد که این بخش را با یک طول اضافی مؤثر برای بازوی نوسان کننده تقریب زد.

برای تیربازویی استاندارد متشکل از یک تیر یکنواخت، دورهٔ ارتعاش، T، با رابطه (۱) داده می‌شود.

$$T^2 = (4\pi^2 / 3EI_A)(M + 33M_bL^3/140) \quad (1)$$

که E مدول یانگ بازوی مرتعش، L طول مؤثر بازوی برآمده از دیوار ثابت، M جرم بار در انتهای آزاد، و I_A گشتاور دوم مساحت سطح مقطع است.

در مسابقات المپیاد، از شرکت کنندگان خواسته شد که به کمک استروبوسکوپ بسامد دیاپازون را بر حسب جرم M درگیر در انتهای هر بازو اندازه بگیرند. برای کمینه‌سازی میرایی، دو بازو باید به صورت متقارن با جرم‌های یکسان به هم بسته شوند.

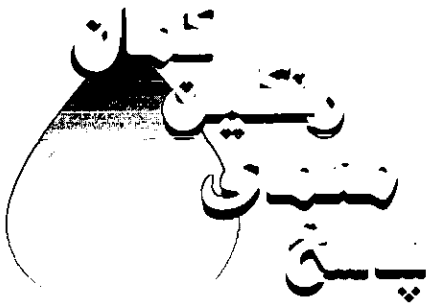
زیرنویس

* دپارتمان فیزیک، دانشگاه بین‌المللی سنگاپور، 117542 Kent Ridge

مراجع

Stephenson مکانیک و خصوصیات ماده (نیویورک: Wiley) R.J ۱۹۶۹

Physics Education, November 2002 P.540-542



معما این بود که اگر قطره‌های باران را کره‌های کوچکی در نظر بگیریم که نور در آن‌ها بازتاب کلی پیدا می‌کند، به این نتیجه می‌رسیم که نور نباید هرگز از این قطره‌ها خارج شود.

به دو راه می‌توان این مشکل را حل کرد. راه اول این است که قطره‌های باران در واقع کاملاً کروی نیستند. بنابراین در پراکندگی‌های مختلف از فصل مشترک هوا ـ آب شرایط هندسی یکسان نیستند.

راه حل دوم این معما آن است که حتی در بازتاب کلی همواره بخشی از نور از فصل مشترک عبور می‌کند و صد در صد بازنمی‌تابد.

معماهای فیزیک

دمای میانگین سطح زمین

آیا تاکنون فکر کرده‌اید که چه عامل یا عامل‌هایی دمای سطح زمین را تعیین می‌کند؟ بدون شک این عامل نمی‌تواند گرمایی باشد که از داخل زمین به سطح آن جریان می‌یابد، زیرا مقدار این گرما در مقایسه با آنچه از خورشید به زمین می‌رسد ناچیز است. پس عامل اصلی گرم شدن سطح زمین تابش خورشید است. در حالت تعادل، باید مقدار انرژیی که زمین از خورشید به عنوان جسم سیاهی که دمای سطح آن ۵۸۰۰K است دریافت می‌کند، با آنچه زمین نیز به عنوان جسمی سیاه از تمام سطح خود به فضا بازمی‌تاباند، برابر باشد. از این راه می‌توان دمای میانگین سطح زمین را به دست آورد. اما، چیزی که از این راه به دست می‌آید ۲۵۶K یا ۱۷°C− می‌شود که ۳۰°C از مقدار واقعی اندازه‌گیری شده کمتر است. آیا محاسبهٔ ما اشتباه است یا چیزی را به حساب نیاورده‌ایم؟

مقایسهٔ دو کنفرانس علمی - آموزشی در اصفهان

اسفندیار معتمدی

دو کنفرانس علمی ـ آموزشی در سطح آموزش متوسطه، به فاصله ۳۴ سال از یکدیگر دراصفهان تشکیل شد؛ یکی هشتمین کنفرانس عمومی انجمن های معلمان علوم تجربی کشور ـ ۲۸ تیرماه تا ۴ مرداد ۱۳۴۸، دیگری نهمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران ۱۱ تا ۱۴ شهریور ۱۳۸۲. میزبان هر دو کنفرانس آموزش و پرورش اصفهان (نخست با عنوان اداره کل و سپس به نام سازمان) بود که با مدیریت کامل و همکاری صمیمانه معلمان اصفهان درسطحی عالی برگزار شدند.

اکنون به مقایسه هدف، سازمان، چگونگی اجرا و نتایج کار این دو کنفرانس می پردازیم.

۱ - زمان

کنفرانس اول در زمانی برگزار شد که سه سال از تغییر نظام آموزشی گذشته بود و تبلیغات فراوان سبب شده بود که معلمان امید بسیار به کار آموزش و پرورش بیابند وخود را برای دو سال بعد که تغییر نظام به دبیرستان راه می یافت، آماده کنند. صحبت از تجهیز مدارس راهنمایی تحصیلی، مدارس فنی و حرفه‌ای و مدارس جامع، بویژه توجهی که به آموزش علوم تجربی شده بود و درس علوم تجربی از کلاس اول دبستان در برنامه گنجانده شده بود، دبیران علوم را برانگیخته بود تا خود را برای اثر بخشی بیشتر آماده کنند. درخواست بزرگ معلمان آن بود که آزمایشگاه ها را مجهز کنید تا ما با انجام آزمایش بهتر درس بدهیم. بعد از کنفرانس کم و بیش همان برنامه ها اجرا شد و لیکن با وجود پیشرفت های کمی، تغییر نظام هم نتوانست انتظار معلم و جامعه را برآورد.

درکنفرانس دوم موضوع مهم دبیران، **روش فعال** بود. پرسش عمده آن بود که چه کنیم تا دانش آموزان فعال شوند و در تولید مفاهیم و فرایند یاددهی ـ یادگیری شرکت و فعالیت داشته باشند؟ این پرسش اساس امیدهای تازه ای آفرید. چشم به راه نتایج آن هستیم.

۲ - مکان

برنامه نخستین کنفرانس را هیات رئیسه انجمن های معلمان علوم تجربی کشور و دفتر آموزش متوسطه آن زمان درتهران تهیه و تنظیم و اجرا کردند. برنامه کنفرانس دوم بوسیله نمایندگان انجمن های علمی ـ آموزشی معلمان فیزیک ایران، دانشگاه‌های اصفهان و دفاتر ستادی وزارت آموزش و پرورش در اصفهان تهیه شد. نظر دبیران در برنامه ریزی کنفرانس دوم بیشتر مورد توجه قرار گرفت.

۳-طول برنامه

مکان برگزاری کنفرانس اول دانشگاه اصفهان و سالن و کلاس های دانشکده علوم و آزمایشگاه‌های آن بود و کنفرانس دوم درمحل تالار غیر دولتی رودکی بود که با وجود ظرفیت بیشتر، خارج از محیط های علمی و آموزشی بود.

۴ - مدت

مدت کنفرانس اول یک هفته بود و کنفرانس دوم فقط سه روز طول کشید. فرصت تبادل نظر میان معلمین به طور غیر رسمی از نظر آموزشی بسیارمؤثر بود.

۵- سخنرانی ها

برنامه های هر دو کنفرانس از نظر سخنرانی های مسئولان وزارت آموزش و پرورش، سخنرانی های عمومی، سخنرانی های اختصاصی، میزگرد، تشکیل نمایشگاه و گردش علمی تقریباً یکسان بود با این تفاوت که سخنرانان نخستین کنفرانس را فقط

استادان دانشگاه تهران و استادان مدعو خارجی تشکیل می دادند. اما درکنفرانس دوم همه ی سخنرانان ایرانی بودند، جوان بودند و سخنرانی ها فقط حاصل مطالعات کتابخانه ای آن ها نبود. بلکه بعضی از سخنرانی هاحاصل کار پژوهشی آن ها بود.

در کنفرانس دوم تنی چند از دبیران به تحقیق علمی پرداخته و به نتایج جالبی رسیده بودند که بسیار امید بخش بود و چنانچه این روند ادامه یابد، می توان امیدوار بود که تحقیق و پژوهش در ایران هم ریشه بیابد

۶- تبادل نظر معلمان

در نخستین کنفرانس نمایندهٔ انجمن هر محل گزارش کارهای انجام شده را در جلسه عمومی مطرح می کرد و از مشکلات و مسائل مربوط به آموزش فیزیک، شیمی و طبیعی (علوم تجربی) بحث می شد و برنامه های آموزشی در علوم تجربی مورد بحث کلی قرار می گرفت در صورتی که درکنفرانس جدید در میزگردها فقط درباره ی یکی از موضوع های کتاب، آزمایشگاه و ارزشیابی بحث می شد و کمتر متوجه کل نگری و یا بررسی سیستمی می شد و فرصت تبادل نظر کم بود.

۷- تفاوت های اساسی

الف ـ در کنفرانس اول دغدغه معلمان بیشتر، چگونگی روبروشدن با نظام جدید آموزش و پرورش بود که از سال ۱۳۴۵ آغاز شده بود و قرار بود که شرط تدریس درنظام جدید دیدن دوره های آموزشی باشد و معلمان می خواستند که از برنامه ها و روش های جدید زودتر و بیش تر آگاه شوند تا بهتر بتوانند مفاهیم را یاد بدهند، اما با بحث های جدیدی که اکنون در آموزش و پرورش مطرح است و دو سه سخنرانی که در هدف ها و روش های جدید آموزش و پرورش شد، معلمان دریافتند که: کتاب جزیی از مواد آموزشی است، سخنرانی در کلاس مردود است و معلم و ظیفه ای بزرگ تر و خطیرتر در جامعه دارد.

درکنفرانس دوم معلمان دریافتند که از فناوری های جدید باید بهره گیرند، بر رایانه مسلط شوند و دریچه ورود اطلاعات را به سوی دانش آموزان بگشایند. باید آن ها بر انگیزاننده دانش آموزان باشند و دانش آموزان را به سوی فرایند علم رهبری کنند. مهارت های علم آموزی را به کودکان و جوانان بیاموزاند.

ب ـ روش فعال و شرکت دانش آموزان در فعالیت های یادگیری از تولید مفهوم تا نتیجه گیری مورد بحث دبیران درکنفرانس دوم بود، در صورتی که کنفرانس اول به معلم و فعالیت های یاددهی او بیشتر توجه می شد. به عبارت دیگر درکنفرانس اول موضوع اصلی آن بود که چگونه معلم یاد بدهد و درکنفرانس دوم سخن از آن بود که دانش آموز را چگونه برانگیزانیم که یاد بگیرد.

پ ـ در کنفرانس دوم بحث از سواد علمی فناورانه، مهارت های کاربردی، نگرش ها، یادگیرنده مادام العمر، توسعه پایدار، حفظ محیط زیست و اینترنت بود در صورتی که کنفرانس اول بیش تر متوجه مسایل کتاب درسی بود.

ت ـ درکنفرانس دوم آقای احمد احمدی کارشناس دفتر برنامه ریزی و تالیف کتاب های درسی اعلام کرد که سازمان پژوهش برنامه ریزی آموزشی به دنبال آن است که هر چه می تواند معلمان بیشتری را در برنامه ریزی آموزشی و تالیف کتاب های درسی و آموزشی شرکت دهد و هم اکنون آماده است که نمونه کارهای دبیران را برای تالیف کتاب های راهنمای معلم دریافت کند و چنانچه با استانداردهای آموزش و پرورش مطابقت داشته باشد از نویسندگان آن نمونه کارها برای تالیف کتاب راهنمای معلم دعوت کند. درکنفرانس اول صحبت از همکاری معلمان به این صورت مطرح نبود و به نظر می رسید که معلم فقط مشمول اجرای برنامه های از پیش تعیین شده است و دربرنامه ریزی و تولید مواد درسی دخالت ندارد.

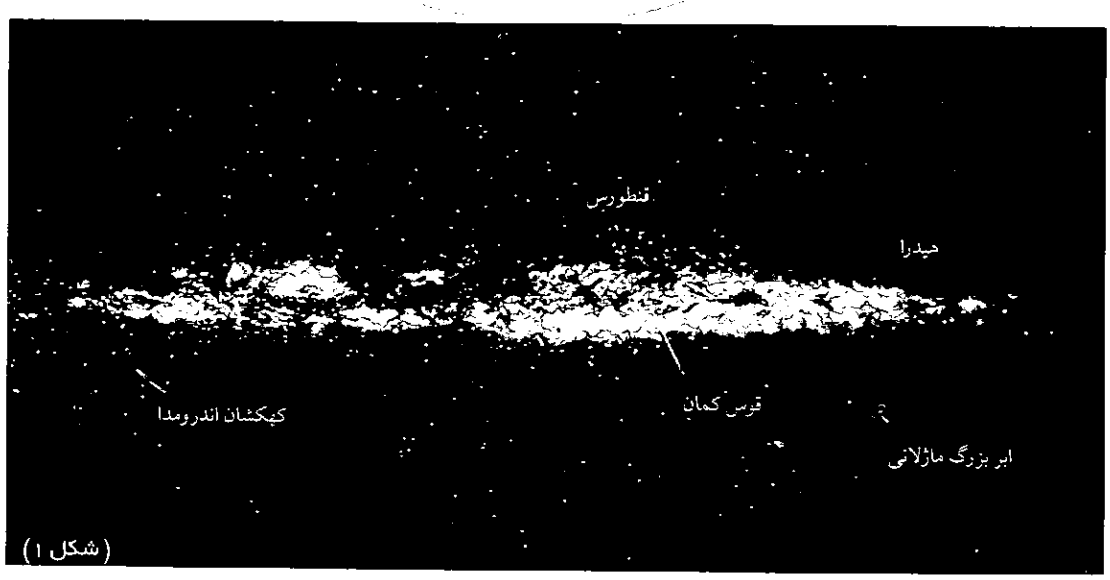
هر دو کنفرانس از شور و شوق لازم برخوردار بود. دبیران با همه ی وجود در جلسه های کنفرانس شرکت می کردند و از این که می توانند آزادانه اظهار نظر کنند و با همکاران خود در موضوع مسایل مشترک بحث و تبادل نظرکنند، خوشحال و راضی بودند.

یکی از نکته های جالب آن بود که بعضی از افرادی که در ۳۴ سال پیش از نویسندگان مقالات خبرنامه و نشریه ها بودند، در نوشتن مقالات جدید هم شرکت داشتند. مثلاً آقای شیخ الاسلام که در نشریه انجمن معلمان علوم تجربی اصفهان مقالهٔ رنگ را نوشته بود، درمجله «فرآیند» که همزمان با این کنفرانس شمارهٔ دوم آن منتشر شد، مقاله رنگین کمان را نوشته بود و آقای دکتر محمدعلی جعفریان که مقاله **چینه شناسی ایران** را درهمان نشریه تالیف کرده بود به معرفی نخستین استاد بزرگ زمین شناسی ایران پرداخته بود. بسیاری از دبیران فیزیک که مسئولیت هایی در کنفرانس دوم داشتند درکنفرانس اول نیز پرتلاش بودند. البته جای چند نفر آن ها هم بسیار خالی بود که تصور می شد در سفر هستند و اگر در اصفهان بودند، در جلسه حضور می یافتند.

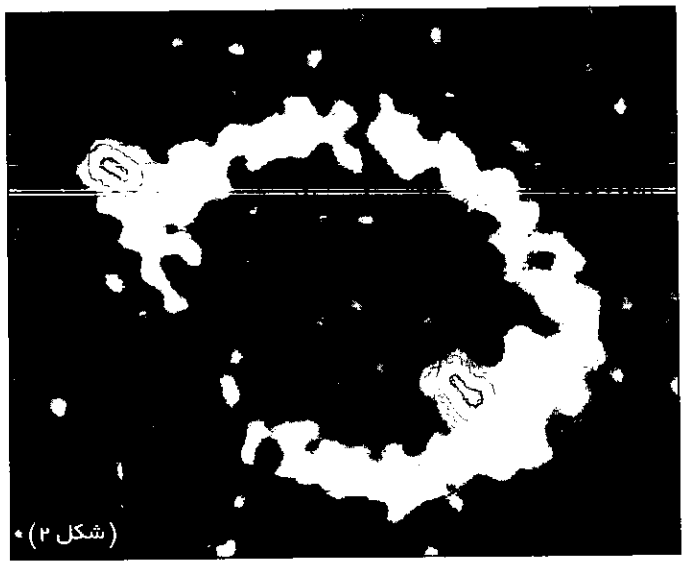
پرسش های برانگیزانندهٔ فیزیک هالیدی

دیوید هالیدی، رابرت رزنیک، جی واکر
مترجم: محمدرضا خوش بین خوش نظر
skhoshbin@yahoo.com

در ویرایش جدید کتاب مشهور مبانی فیزیک [۱]، هر فصل با پرسش برانگیزنده‌ای آغاز می‌شود. در این جا پاره‌ای از این پرسش‌ها که برای چاپ در مجلهٔ «رشدآموزش فیزیک» مناسب است و پاسخ به آن‌ها نیازی به محاسبات ریاضی ندارد، همراه با پاسخ درج می‌شود.



(شکل ۱)


(شکل ۲)

پرسش۱ . کهکشان راه شیری مجموعه‌ای قرص مانند شامل غبار، سیارات و میلیاردها ستاره ازجمله خورشید و منظومهٔ شمسی است. نیرویی که اجزای این کهکشان و یا هر کهکشان دیگری را به هم پیوند می‌دهد و این پیوند را نگه می‌دارد، همان نیرویی است که ماه را در مدار زمین و شما را روی زمین نگه داشته است؛ یعنی «نیروی گرانشی». این نیرو حافظ یکی از شگفت‌انگیزترین اجسام در طبیعت، یعنی «سیاه‌چاله»هاست.

سیاه‌چاله، ستاره‌ای است که به طور کامل به درون خود رمبیده شده است. نیروی گرانشی در نزدیکی یک سیاه‌چاله به حدی قوی است که حتی نور نیز به دام آن می‌افتد. در این صورت، یک سیاه‌چاله را چگونه می‌توان آشکار کرد؟ (شکل ۱)

پاسخ: هنگامی که نور از نزدیکی یک ساختار پرجرم عبور می‌کند، مسیر آن به علت خمیدگی فضا، منحنی می‌شود. این حالت، بر اثر پدیده‌ای موسوم به «عدسی شدن گرانشی» است. اگر چنین ساختاری بین ما و یک «ابر نواختر» قرار داشته باشد، نور ابر نواختر به دور این ساختار و به سوی ما خمیده می‌شود. از آن‌جا که نور از راستاهای مختلفی به زمین می‌رسد، ما نیز این ابر نواختر را در راستاهای مختلفی می‌بینیم. در برخی از حالت‌ها، این نورها درهم می‌آمیزند و تشکیل قوس روشن و عظیمی می‌دهند که «*حلقهٔ اینشتین*» نامیده می‌شود. (شکل ۲)

(شکل۳)

پرسش۲ . وقتی در یک بطری نوشابهٔ کربنات‌دار سرد را باز می‌کنیم، هاله سفیدرنگ رقیقی اطراف در بطری تشکیل می‌شود و مقداری از قطرات مایع به بیرون پرتاب می‌شوند. در شکل ۳، این هالهٔ سفیدرنگ، اطراف در بطری را فرا گرفته است و قطرات مایع به صورت رگه‌هایی در داخل هاله دیده می‌شوند.

علت تشکیل این هالهٔ سفیدرنگ چیست؟ (شکل ۳)

پاسخ: در فضای بالای درون شیشه نوشابهٔ کربنات‌دار بازنشده، گاز دی‌اکسیدکربن و بخار آب وجود دارد. چون فشار گاز درون شیشه از فشار جو (اتمسفر) بیش‌تر است، وقتی در نوشابه را باز می‌کنیم، گاز، درون جو پخش می‌شود. بنابراین، حجم آن افزایش می‌یابد و این به معنی آن است که کاری در برابر جو (اتمسفر) انجام شده است. چون این افزایش حجم سریع رخ می‌دهد، این فرآیند، فرآیندی بی‌دررو است.

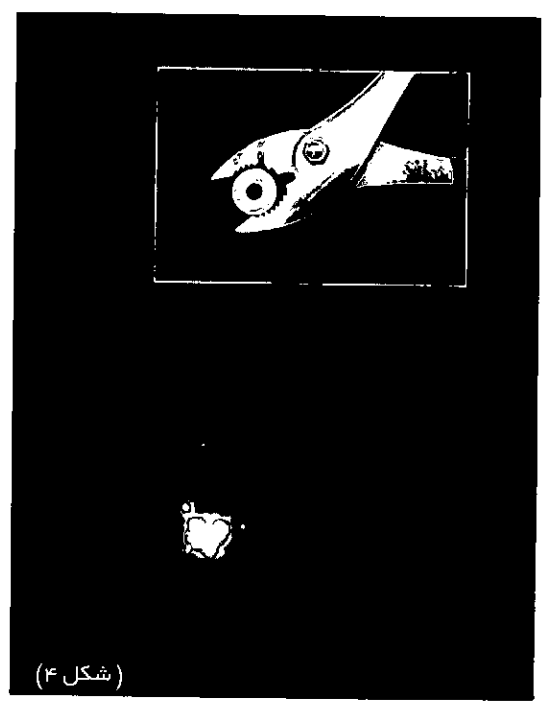
انرژی لازم برای انجام این کار، توسط انرژی داخلی گاز تأمین می‌شود و چون انرژی داخلی گاز کاهش می‌یابد، دمای آن نیز پایین می‌آید. این کاهش دما، سبب تبدیل بخار آب داخل گاز به قطرات ریز آب می‌شود و همین قطرات ریز

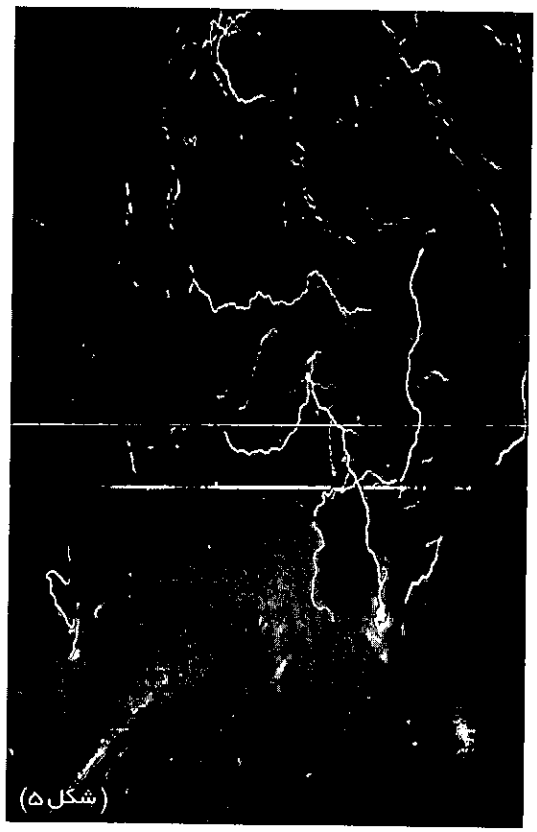
آب هستند که هالهٔ سفیدرنگ دور دهانهٔ شیشه نوشابه را تشکیل می‌دهند.

پرسش۳. اگر چشمان خود را حدود ۱۵ دقیقه به تاریکی عادت بدهید و سپس به دوستتان که درحال جویدن یک نوع آب‌نبات است نگاه کنید، با هربار جویدن او، درخشش نور آبی رنگ ضعیفی را در دهانش مشاهده خواهید کرد (برای این که دندان‌های دوستتان آسیب نبینند، می‌توانید آب‌نبات را مطابق شکل با انبردستی بشکنید.)

چه عاملی باعث این تلألو نور که به «جرقه‌زنی» موسوم است، می‌شود؟ (شکل ۴)

پاسخ: کوانتیده بودن بار الکتریکی، سبب این تلألو آبی‌رنگ است. هنگامی که بلورهای قند (ساکاروز) یک آب‌نبات می‌شکنند، در حالی که بخشی از بلور شکسته دارای الکترون‌های اضافی است، بخش دیگر آن یون‌های مثبت اضافی دارد. تقریباً به طور آنی الکترون‌ها و یون‌های اضافی از شکاف شکستگی پرش می‌کنند تا هر دو بخش از لحاظ بار خنثی شوند. هنگام این پرش، الکترون‌ها و یون‌های مثبت با مولکول‌های هیدروژن موجود در هوا برخورد می‌کنند. این برخوردها سبب می‌شوند که هیدروژن نور نامرئی فرابنفش و نیز نور آبی مرئی گسیل کند. آب‌نبات


(شکل ۴)

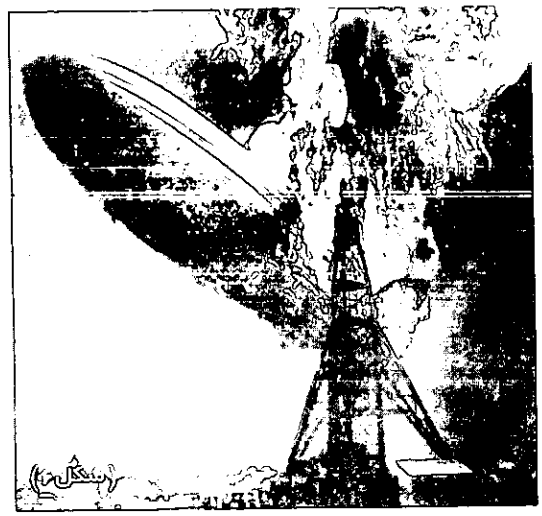

(شکل ۵)

بی‌درنگ نور فرابنفش را جذب و نور آبی را بازتاب می‌دهد. البته اگر آب‌نبات با بزاق دهان خیس شود، این نور دیگر دیده نمی‌شود. چرا که رسانا بودن بزاق دهان، دو بخش شکستهٔ بلور را پیش از جرقه‌زنی، خنثی می‌کند.

پرسش۴. هنگام فوران‌های پی‌درپی آتشفشان «ساکوراجینا»[1] در ژاپن، در اثر تخلیه‌های الکتریکی متعدد (جرقه‌ها) فضای اطراف دهانهٔ آتشفشان روشن می‌شود و امواجی صوتی که عامل ایجاد تندر هستند، به وجود می‌آیند. با این حال، این پدیده، همانند آذرخش در یک توفان تندری نیست که بر اثر تخلیهٔ ابرهای باردار ایجاد می‌شود. بلکه با آن قدری متفاوت است.

فضای بالای آتشفشان چگونه باردار می‌شود؟ و آیا جرقه‌ها از دهانهٔ آتشفشان بیرون می‌زنند و یا به درون آن فرو می‌روند؟ (شکل ۵)

پاسخ: وقتی آتشفشان «*ساکوراجینا*» فوران می‌کند، به هوای اطراف دهانهٔ خود خاکستر می‌پاشد. نحوهٔ تشکیل این خاکستر به این ترتیب است که آب داخل آتشفشان به وسیلهٔ



گدازه‌های داغ بخار می‌شود، صخره‌ها می‌شکنند و آتش می‌گیرند. بخار و خاکستر در هوا پخش می‌شوند و تشکیل ابرهایی با بار مثبت و منفی می‌دهند. وقتی بارها زیاد شدند، میدان‌های الکتریکی بین بارهای مخالف، افزایش می‌یابند و هنگامی که بزرگی میدان الکتریکی به $3\times10^{6}\ N/C$ می‌رسد، فروریزش الکتریکی رخ می‌دهد.

پرسش۵. یکی از افتخارات آلمان [نازی] و یکی از عجایب زمان آنان، کشتی هوایی «هیندنبرگ»[۲] بود که طولی تقریباً سه برابر یک میدان فوتبال داشت. این بزرگ‌ترین ماشین پروازی بود که تا آن زمان ساخته شده بود. هرچند این ماشین پرواز به وسیلهٔ ۱۶ مخزن آتش‌زای گاز هیدروژن در هوا نگه‌داری می‌شد، با این حال، بدون هیچ گونه حادثه‌ای، سفرهای زیادی بر فراز اقیانوس اطلس کرده بود. در واقع، برای این کشتی هوایی که حرکت آن به هیدروژن وابسته بود، هیچ حادثه‌ای که ناشی از وجود هیدروژن باشد، رخ نداده بود. ولی در ۶ ماه مه سال ۱۹۳۷ (۱۶ اردیبهشت ۱۳۱۶ شمسی)، اندکی بعد از ساعت ۷ و ۲۱ دقیقه بعدازظهر، هنگامی که هیندنبرگ برای فرود روی پایگاه نیروی دریایی آمریکا واقع در «لاکهارست»[۳] آماده می‌شد، آتش گرفت.

خدمهٔ کشتی که در انتظار اطفای حریق با باد و باران بودند، طناب‌هایی را برای خدمهٔ پایگاه زمینی فرستادند. در همین زمان بود که خراش‌هایی در بدنهٔ خارجی، حدود یک‌سوم جلوتر از عقب کشتی هوایی مشاهده شد. چند ثانیه بعد، آتش در آن ناحیه زبانه کشید و نور قرمزرنگی داخل کشتی هوایی را روشن کرد. در عرض ۳۲ ثانیه، کشتی هوایی سقوط کرد.

چرا کشتی هوایی هیندنبرگ پس از آن همه پرواز موفقیت‌آمیز، در آتش سوخت؟ (شکل ۶)

پاسخ: طناب‌هایی که خدمهٔ کشتی هوایی به سوی خدمه پایگاه زمینی فرستادند، در هوای بارانی خیس شدند و به صورت رسانای حامل جریان درآمدند. بدین ترتیب بدنهٔ فلزی کشتی هوایی که به طناب‌ها وصل بود، «اتصال به زمین» شد. یعنی طناب‌های خیس، حامل‌های رسانایی بین بدنهٔ فلزی کشتی هوایی و زمین ایجاد کردند و باعث هم‌پتانسیل شدن بدنهٔ کشتی و زمین شدند. از طرفی، قسمت خارجی هیندنبرگ با موادی که مقاومت ویژهٔ الکتریکی آن‌ها زیاد بود، رنگ شده بود. بنابراین بدنهٔ کشتی، در ارتفاع تقریباً ۴۳ متری از زمین، در همان پتانسیل الکتریکی زمین باقی ماند. این پتانسیل به خاطر وجود باران، نسبت به پتانسیل سطح زمین خیلی زیاد بود.

علاوه بر آن، حرکت طناب‌ها یکی از مخازن هیدروژن را از هم گسیخت و هیدروژن بین این مخزن و سطح خارجی کشتی هوایی پخش شد؛ که این باعث خراش‌های گزارش شده در قسمت خارجی کشتی هوایی شد. قسمت خارجی کشتی هوایی که از آب باران خیس شده بود، با بقیهٔ بدنهٔ کشتی اختلاف پتانسیل زیادی پیدا کرد. بار الکتریکی در راستای قسمت خارجی به حرکت درآمد و با رسیدن به بدنهٔ فلزی جرقه زد که در اثر آن، هیدروژن آزاد شده مشتعل شد. اگر رنگ‌های بدنهٔ خارجی هیندنبرگ مقاومت ویژهٔ کمتری داشتند، فاجعهٔ هیندنبرگ رخ نمی‌داد.

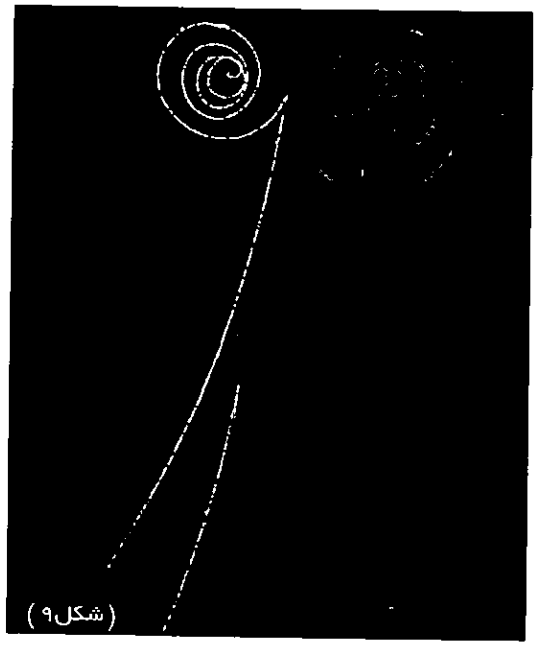
(شکل ۷)

(شکل ۸)

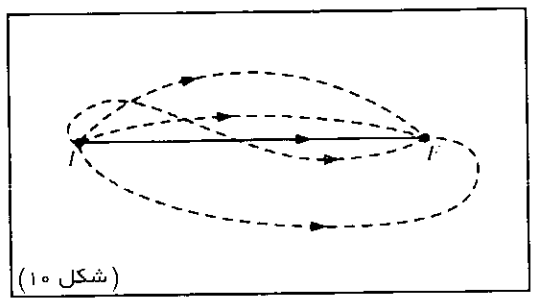
پرسش ۶. پس از آن که موسیقی راک در میانهٔ سال‌های ۱۹۵۰ نضج گرفت، خیلی زود گیتاریست‌ها، از گیتارهای صوتی به گیتارهای الکتریکی روی آوردند، ولی این جیمی هندریکس[۴] بود که برای نخستین بار، گیتار الکتریکی را یک ابزار موسیقی پنداشت. او در سال‌های ۱۹۶۰ با کشیدن مضراب بر سیم‌های گیتار و قرار دادن خودش در برابر یک بلندگو، برای حفظ «فیدبک» و سپس متمایل ساختن زه‌ها رو به پایین در اوج فیدبک، روی صحنه ولوله‌ای به پا کرد. او در سال‌های پایانی دههٔ ۶۰ میلادی راک را با استفاده از ملودی‌های مذهبی به سبک جنون‌آمیز هیپی گری ارائه کرد و در سال‌های نخستین دههٔ ۷۰ آن را به سبک "*Led zepplin*" پیش برد و امروز نیز عقاید او بر راک تأثیرگذار است.

چه تفاوتی بین گیتار الکتریکی و گیتار صوتی وجود دارد که هندریکس را قادر ساخت از این وسیلهٔ الکتریکی استفادهٔ بسیار متنوعی بکند؟ (شکل ۷)

پاسخ: صدای یک گیتار صوتی به شدت صوتی که در بدنهٔ توخالی آن، به وسیلهٔ نوسان‌های زه ایجاد می‌شود، بستگی دارد. در حالی که بدنهٔ گیتار الکتریکی توپر است و تشدید صدا در بدنهٔ آن وجود ندارد. درعوض، نوسان‌های سیم‌های فلزی به وسیلهٔ پیکاپ‌هایی الکتریکی که علائم را به تقویت‌کننده و سپس به بلندگوها می‌فرستند، ایجاد می‌شود. پیکاپ از پیچه‌ای که به دور آهن‌ربای کوچکی پیچیده شده است تشکیل می‌شود. وقتی سیم نواخته می‌شود و به ارتعاش درمی‌آید، حرکت آن نسبت به پیچه، شار میدان



(شکل ۹)



(شکل ۱۰)

مغناطیسی عبوری از پیچه را تغییر می دهد و جریانی القایی در پیچه به وجود می آورد. جریان القایی در پیچه با همان بسامدی که سیم نوسان می کند تغییر جهت می دهد. بنابراین، پیچه بسامد نوسان را به تقویت کننده و بلندگو منتقل می کند. در یک گیتار الکتریکی، سه دسته پیکاپ در انتهای بدنهٔ گیتار قرار دارد. کلید انتخاب در انتهای گیتار به نوازنده اجازه می دهد، گروه پیکاپ موردنظر خود را انتخاب کند و بدین وسیله، نوسان را به تقویت کننده و درنهایت به بلندگو منتقل کند. گاهی یک نوازنده برای این که حساسیت نسبی گیتار خود را افزایش دهد، سیم ها را در پیچه های پیکاپ گیتار خود چند دور بیش تر می پیچد تا با افزایش این دورها، مقدار نیروی محرکهٔ القایی در پیچه افزایش یابد.

پرسش ۷. شکل ۸ از نمای بالا قورباغه ای را نشان می دهد که در میدان مغناطیسی حاصل از عبور جریان در «سیملوله ای» عمودی واقع در زیر قورباغه، معلق شده است. نیروی مغناطیسی رو به بالای سیملوله با نیروی گرانشی وارد بر قورباغه، خنثی می شود (البته به قورباغه هیچ بد نمی گذرد؛ زیرا این وضعیت برای قورباغه مانند شناور شدن در آب است که قورباغه ها آن را خیلی دوست دارند.) با این حال، قورباغه ماده ای مغناطیسی نیست (مثلاً به در یخچال نمی چسبد). پس نیروی مغناطیسی چگونه بر قورباغه اثر می کند؟ (شکل ۸)

پاسخ: قورباغه (مثل سایر جان داران) ماده ای دیامغناطیس است. وقتی که قورباغه در یک میدان مغناطیسی واگرا در نزدیکی سر سیملولهٔ عمودی حامل جریان قرار می گیرد، هر اتم قورباغه، به سمت بالا، یعنی دور از ناحیه ای که میدان مغناطیسی در آن قوی تر است، دفع می شود.

قورباغه در امتداد میدان مغناطیسی که هر لحظه ضعیف تر و ضعیف تر می شود، آن قدر بالا می رود تا نیروی مغناطیسی رو به بالا با میدان گرانشی برابر شود. اگر می شد سیملوله ای به حدّ کافی بلند ساخت، آن گاه می شد یک انسان را هم در هوا معلق نگه داشت.

پرسش ۸. مسیرهای باریک حباب های بخار در اتاقک حبابی شکل ۹، حرکت الکترون ها و پوزیترون ها را آشکار می سازد. یک پرتو، که به هنگام ورودش از بالا، هیچ ردّی از خود به جای نگذاشته است، گاه از اتم های هیدروژنی که اتاقک حبابی را پر کرده اند، یک الکترون را پس می زند و سپس به یک جفت «الکترون ـ پوزیترون» تبدیل می شود. سایر پرتوهای گاما نیز دست خوش فرایندهای بعدی «تولید زوج» می شوند. این مسیرها که به دلیل حضور میدان مغناطیسی خمیده شده اند، به وضوح نشان می دهند که الکترون ها و پوزیترون ها ذراتی هستند که در امتداد مسیرهای باریکی حرکت می کنند. از اینرو، برای این ذرات می توان تعبیر موجی نیز ارائه کرد.

آیا یک ذره می تواند موج بشود؟ (شکل ۹)

پاسخ: اجازه دهید برای سادگی کار، میدان مغناطیسی را در نظر نگیریم؛ به گونه ای که مسیرهای ذرات، خطوط راستی در اتاقک حباب باشند. ما می توانیم هر حباب را بعنوان یک نقطهٔ آشکارسازی الکترون درنظر بگیریم. امواجی مادّی که بین این نقاط آشکارسازی، از قبیل I و F در شکل زیر، در حرکتند، تمام مسیرهای ممکن را می کاوند. در حالت کلی برای هر مسیری که I و F را به هم می پیوندد (به جز مسیر مستقیم)، یک مسیر مجاور هم وجود دارد که با آن مسیر تداخل می کند و باعث حذف آن می شود. (شکل ۱۰)

ولی برای خط راستی که I و F را به هم می پیوندد، این وضعیّت رخ نمی دهد. بلکه برعکس امواج مادّی عبوری، این مسیر را تقویت می کنند. درواقع حباب ها تشکیل مسیری از مجموع نقاط آشکارسازی را می دهند که دست خوش تداخل سازنده شده اند.

زیرنویس

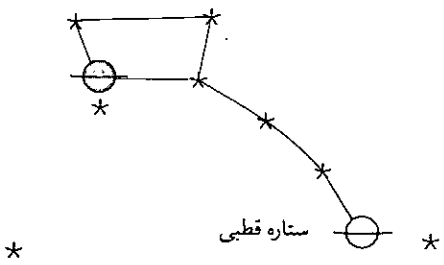
1. Sakurajina
2. Hindenburg
3. Lakehurst
4. Jimi Hendrix

منبع

[۱] Fundamental of Physics/ D. Halliday, R. Resnick, J. Walker 6th ed. 2001, John wily & Sons.

نجوم ستاره قطبی دقیقاً چیست؟

جی المور، ام تی جولیت، تن
مترجم: سحر عبداللهی



ریچ اسکولار دستیار مربی و هماهنگ‌کننده بخش ارتباطات در بخش فیزیک و نجوم دانشگاه میسوری ـ اس تی لوئیس، به این پرسش پاسخ می‌دهد.

ستارهٔ شمالی، یا قطبی، درخشان‌ترین ستاره در صورت فلکی دب اصغر، خرس کوچک است (همچنین به ملاقهٔ کوچک هم معروف است). از دید رصدکنندگان در نیمکرهٔ شمالی ستاره قطبی جایگاه خاصی دارد. نقطه‌ای در آسمان شب که تصویر محور زمین روی آن می‌افتد به قطب شمال سماوی معروف است (NCP)[1]. با چرخیدن زمین دور محورش (هر ۲۴ ساعت) به نظر می‌رسد که ستارگان در آسمان شمالی دور NCP می‌چرخند. ستارهٔ قطبی تقریباً نیم درجه با NCP فاصله دارد، بنابراین به نظر می‌رسد که این ستارهٔ خاص تقریباً در طول ساعت‌ها و شب‌ها ثابت باقی می‌ماند.

چون زمین کروی است، مکان ستاره قطبی نسبت به افق به موقعیت مشاهده‌کننده بستگی دارد. درنتیجه، زاویه بین افق شمالی و ستارهٔ قطبی با عرض جغرافیایی مشاهده‌کننده برابر است. برای مثال هنگامی که از استوا (با عرض جغرافیای ۰ درجه) رصد شود ستاره قطبی روی افق شمالی می‌افتد. با حرکت رصدکننده به سمت شمال به عنوان مثال، «به طرف هوستون در تگزاس». (با عرض جغرافیایی ۳۰ درجه) ستاره قطبی ۳۰ درجه بالای افق شمالی قرار می‌گیرد. این روند تا هنگامی که متحرک به قطب شمال جغرافیایی (نه مغناطیسی) برسد ادامه دارد. در این نقطه (با عرض جغرافیایی ۹۰ درجه)، ستارهٔ قطبی ۹۰ درجه بالای افق شمالی قرار می‌گیرد و دقیقاً بالای سر ظاهر می‌شود.

«المور» در ادامه می‌پرسد، «آیا مسافران در زمان قدیم واقعاً از ستاره قطبی برای یافتن مسیر استفاده می‌کردند؟»

مسافر در روی زمین یا در دریا تنها زاویهٔ بین ستارهٔ قطبی و افق شمالی را اندازه می‌گیرد تا عرض جغرافیایی خود را مشخص کند.

بنابراین ستاره قطبی ابزاری سودمند برای یافتن اندازهٔ موقعیت شمالی یا عرض جغرافیایی است، بنابراین مسافران در قدیم به‌ویژه دریانوردان به میزان زیادی از آن استفاده می‌کردند. متأسفانه، عرض جغرافیایی به تنهایی برای تعیین موقعیت دقیق روی سطح زمین کافی نیست. خطوط عرض جغرافیایی ثابت که زمین را دور می‌زند موازی استوا هستند. با دانستن عرض جغرافیایی به تنهایی، فرد فقط می‌داند که روی کدام «دایره عرضی» است. بدون مشخص کردن همزمان مختصه طول جغرافیایی مشاهده‌کننده می‌تواند روی هر نقطهٔ محیط دایره‌ای با عرض جغرافیایی ثابت کرهٔ زمین باشد. همین‌طور با وجود اینکه بسیاری از فرهنگ‌ها تنها با استفاده از ستاره‌ها آب و هوا و جریان‌ها موفق به سفرهای دریایی طولانی شدند «مسئلهٔ طول جغرافیایی» برای دریانوردان به مدت هزار سال دردسر ایجاد می‌کرد و تا اختراع ساعت که می‌توانست زمان دقیق را در مدتی که کشتی تلوتلو می‌خورد، این طرف و آن طرف می‌رفت و منحرف می‌شد اندازه بگیرد (حدود ۱۷۴۰) حل نشده باقی ماند.

در حال حاضر هیچ ستاره‌ای در نیمکره‌ای جنوبی نیست که بر قطب جنوبی سماوی منطبق باشد. به‌علاوه، ستارهٔ قطبی راهنمای مطلق برای اندازه‌گیری عرض جغرافیایی در نیمکره شمالی برای رصدکنندگان نیست. علاوه بر چرخهٔ دوران ۲۴ ساعتهٔ روزانه، محور زمین حرکت مخروطی نیز هست. بنابراین، تصویر محور زمین دارای در آسمان نیمکرهٔ شمالی (و جنوبی) دایره‌ای را با دورهٔ ۲۶۰۰۰ ساله دنبال می‌کند. محل قطب سماوی (شمالی و جنوبی) با تصویر کردن محور زمین بر کرهٔ سماوی مشخص می‌شود؛ درنتیجه، با تغییر موقعیت محور زمین، «ستارهٔ شمالی» نیز تغییر می‌کند. درنتیجه ۵۰۰۰ سال پیش محور زمین به سمت «اژدها»[2] و ستاره شمالی توبان[3] بود. همین‌طور در عرض ۱۲۰۰۰ سال ستاره وگا[4] (در صورت فلکی چنگ[5]) ستاره شمالی خواهد بود.

زیرنویس

J.Elmore,Mt.Juliet,Tenn.

1. North celestial pole
2. Draco
3. Thuban
4. Vega
5. Lyra

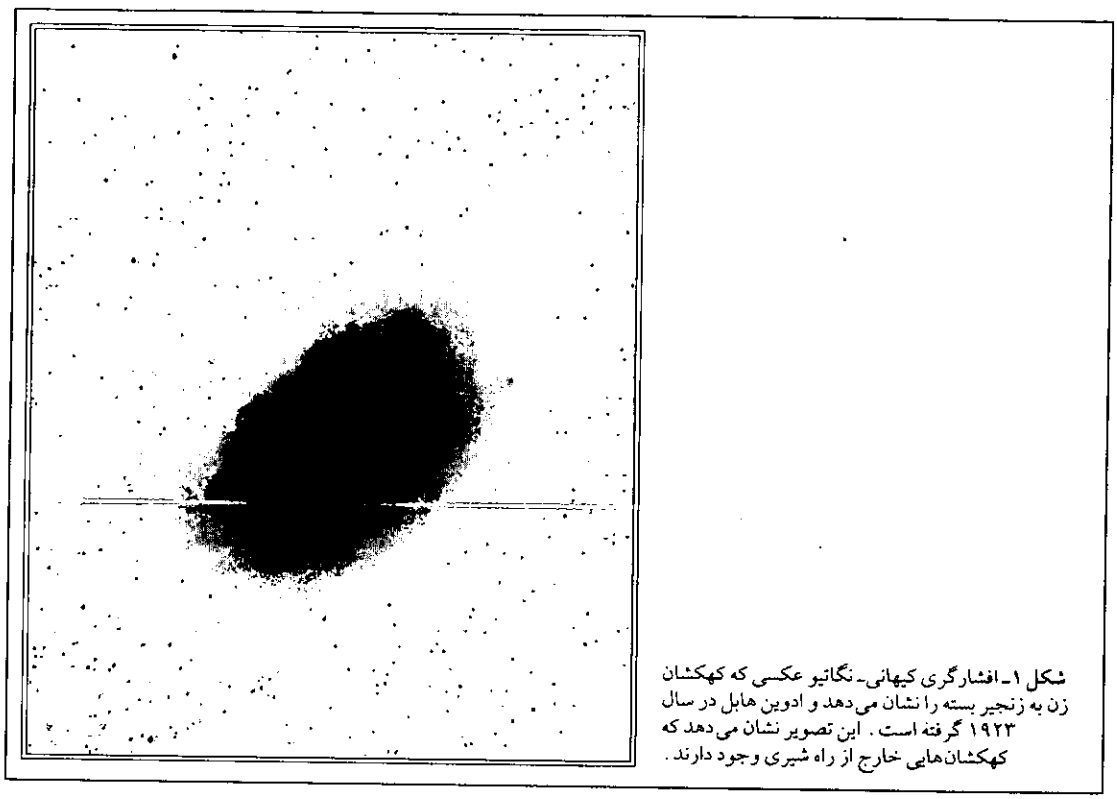
شکار جهان کهکشان در جستجوی نزدیک‌ترین همسایه‌ی کیهانی

رون کوون[1]
مترجم: منیژه رهبر

عالمی را در نظر بگیرید که هیچ ستاره، کهکشان، یا نوری ندارد، بلکه فقط معجونی سیاه از گازهای آغازین غوطه‌ور در مادهٔ نامرئی است. با شروع در چند صدهزار سال پس از درخش خیره‌کنندهٔ مهبانگ، عالم در ظلمتی فرورفت که حدود نیم‌بیلیون سال به طول انجامید. سپس رویدادی به وقوع پیوست که همه چیز را تغییر داد، چیزی که نه‌تنها به آفرینش ستارگان و کهکشان‌ها انجامید، بلکه سیارات، مردم، گیاهان و حیوانات را نیز خلق کرد. این واقعه چه می‌توانست باشد؟

سرنخ‌های تازه‌ای دربارهٔ این معما ـ که بنیادی‌ترین مسئله در کیهانشناسی است ـ از همه‌سو سیل‌آسا فرا می‌رسد. نظریه‌پردازان با بهره‌گیری از شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای راه‌هایی را پیموده‌اند که تا آفرینش اولین ستارگان و کهکشان‌ها به عقب برمی‌گردد. منجمان با نگریستن در تلسکوپ‌های عظیم جدید در جستجوی اولین کهکشان‌ها به عقب برگشته‌اند. پژوهشگران با مطالعهٔ تصویرهای تلسکوپ هابل، گوناگونی مبهوت‌کنندهٔ کهکشان‌هایی را کشف کرده‌اند که اکنون ما را احاطه کرده‌اند ـ از قرقره‌های عظیم که با نور آبی ستارگان تازه متولد شده فروزان‌اند، تا توپ فوتبال‌های واپیچیده‌ای که نور سرخ‌فام ستارگانی را دارند که بیلیون‌ها سال پیش متولد شده‌اند، و کهکشان‌های پاره‌پوره‌ای که در امتداد نوارهایی از ستارگان می‌خزند که بر اثر برخورد از کهکشان‌های مهاجم کنده شده‌اند. تا کمتر از یک قرن قبل منجمان فقط چیزهایی را دربارهٔ کهکشان خود ما، راه شیری، می‌دانستند که تصور می‌کردند حاوی حدود ۱۰۰ میلیون ستاره است. سپس رصدکنندگان کشف کردند که لکه‌های مه‌آلود موجود در آسمان در کهکشان ما قرار ندارند، بلکه به نوبهٔ خود کهکشان‌های دیگر متشکل از مجموعهٔ ستارگان، گازها و گرد و غباری هستند که با نیروی گرانی به هم پیوسته‌اند. اکنون می‌دانیم که راه شیری حاوی بیش از ۱۰۰ بیلیون ستاره است و ۱۰۰ بیلیون کهکشان در عالم وجود دارد که هریک از تعداد عظیمی ستارگان تشکیل شده‌اند.

برداشت ما از عالم کاملاً تغییر کرده است و علت این امر شناخت جدید ما از چگونگی تشکیل کهکشان خود ماست. به گفتهٔ کارلوس فرانک[2] از دانشگاه دارام انگلستان «اغراق نیست اگر بگوییم که در دوران تحولی، شبیه انقلاب کوپرنیکی هستیم».



شکل ۱ـ افشارگری کیهانی. نگاتیو عکسی که کهکشان زن به زنجیر بسته را نشان می‌دهد و ادوین هابل در سال ۱۹۲۳ گرفته است. این تصویر نشان می‌دهد که کهکشان‌هایی خارج از راه شیری وجود دارند.

تام آبل[۳] یکی از کیهانشناسان جدید دانشگاه پنسیلوانیا فکر می‌کند که چگونگی تولد اولین ستاره را یافته است. به نظر او اولین ستاره حدود ۱۴ بیلیون سال قبل در عالمی متولد شد که اسرارآمیزتر و ساده‌تر از عالم کنونی بود. این عالم کوچک‌تر و چگال‌تر از امروز، قیرگون و حاوی هیدروژن، هلیم واندکی لیتیم بود، آبل به کمک همکارانش در چند سال اخیر با شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای چگونگی تشکیل ستارگان را از این گازها نشان داده‌اند.

با توجه به این شبیه‌سازی‌ها، اولین گام هنگامی برداشته شد که گرانی این گازها را به صورت ابرهای پراکنده درآورد. با خنک شدن گازها، آنها در مرکز هرابر در کُپه‌هایی به هم چسبیدند که بزرگ‌تر از خورشید ما نبود. سپس این کپه‌ها با انباشته شدن گازهای اطراف بر روی آنها بیشتر به هم چسبیدند. بدین‌ترتیب به صورت هیولایی با جرم حدود ۱۰۰ برابر خورشید درآمدند. سرانجام، چند میلیون سال پس از آغاز این فرایند، تراکم شدید، ستاره‌ای کامل را به وجود آورد و نور متولد شد.

در جای دیگر، همین فرایند تشکیل ستاره در ابر گازی دیگری آغاز شده بود که آبل آن را ریز کهکشان می‌نامد یعنی نسخه مینیاتوری و تک‌ستاره‌ای کهکشان‌های کنونی. به‌زودی پرتوهای نور از ستارگان پرجرم در تاریکی نفوذ کردند. این ستارگان با نور زیاد می‌سوختند و سپس فقط بعد از چند میلیون سال از میان می‌رفتند، مرگ آنها در انفجارهای عظیمی صورت می‌گرفت که اَبَرنواختر نامیده می‌شود. در طول مدت کوتاهی که این اولین ستارگان حکمفرما بودند، تغییراتی را در عالم به‌وجود آوردند که تأثیر عمیقی بر تشکیل کهکشان در آینده داشت، زیر گازهای اطراف را گرم و آنها را با نور فرابنفش بمباران کردند. هنگامی که منفجر شدند، بذر ستارگان بعدی را در عالم کاشتند که اولین منبع عناصر سنگین از جمله اکسیژن شد که تنفس می‌کنیم.

از بین رفتن انفجاری این ستارگان، می‌تواند تفاله‌های چگالی به‌جا گذاشته باشد، که اولین سیاهچاله‌های عالم هستند. به‌علاوه، انفجارهای اَبَرنواختری ممکن است با درخش‌هایی از تابش پرانرژی موسوم به فوران‌های پرتوگاما همراه باشد که بیلیون‌ها بار روشن‌تر از خورشید هستند.

اگر چنین باشد، فوران‌های پرتوگاما که قبلاً آشکارسازی شده‌اند می‌تواند مربوط به اولین ستارگان باشد.

به نظر آبل «بسیار جالب توجه است اگر اولین ستارگان درخشان‌ترین آنها نیز باشند». نمایش آبل بسیار موفقیت‌آمیز بوده است. دانشمندان شبیه‌سازی‌های او را متقاعدکننده‌ترین سناریو برای چگونگی تولد ستارگان می‌دانند. این شبیه‌سازی‌ها بر مبنای این سناریوی اعجاب‌انگیز به‌وجود آمده‌اند که نوعی مادهٔ اسرارآمیز، که نمی‌توانیم ببینیم و به مادهٔ تاریک معروف است، با نسبت نُه به یک بر مادهٔ مرئی غلبه دارد. کهکشان‌ها صرفاً خال‌های روشنی بر دریای مادهٔ تاریک هستند. به نظر منجمان، بدون کشش اضافی ناشی از مادهٔ تاریک گرانی کافی برای تشکیل کپه‌های با اندازهٔ کهکشان‌ها یا تشکیل اولین ستارگان وجود نمی‌داشت.

مفهوم مادهٔ تاریک برای چنددهه مطرح بوده است، اما کیهانشناسان به کندی آن را پذیرفتند. شاید علت این امر آن باشد که یکی از اولین افرادی که آن را مطرح کرد نابغه‌ای بااستعداد، اما خشن به نام فریتس زویکی[۴] متولد ۱۸۹۸ بود. شخصیت زویکی طرفداران زیادی را به خود جلب نمی‌کرد. او یک‌بار همکاران خود در رصدخانهٔ مونت‌ویلسون[۵] را «حرامزاده‌های کروی» نامیده بود، زیرا فکر می‌کرد به هر طرف که نگاه می‌کند، حرامزاده می‌بیند. زویکی در سال ۱۹۳۳ توجه خود را به خوشه کهکشانی نزدیکی، به نام خوشهٔ ذوائب معطوف کرد و متوجه شد که نباید چنین چیزی وجود داشته باشد. هر کهکشان در این خوشه با چنان سرعتی حرکت می‌کند که گرانی حاصل از بخش‌های مرئی خوشه برای بدون تغییر نگه‌داشتن آن بسیار ضعیف است. اما زویکی راه‌حلی برای آن داشت. او پیشنهاد کرد که نقش تمام مادهٔ موجود در خوشه صرفاً به صورت یک تلنگر است، بقیه را که نمی‌توانست ببیند مادهٔ تاریک نامید. هیچ‌کس نمی‌خواست باور کند که حق با «فریتس دیوانه» است.

در دهه‌های بعد، مقاومت در برابر ایده‌های زویکی هنگامی رنگ باخت که منجمان متوجه شدند برای حل معماها از مادهٔ تاریک مدد می‌گیرند. در سال ۱۹۷۳ کیهانشناسان دانشگاه پرینستون گفتند که این مادهٔ اسرارآمیز برای جلوگیری از متلاشی‌شدن کهکشان‌های مارپیچی، از جمله کهکشان راه شیری خودما، ضروری است. چند سال بعد ورا رابین[۶] از انستیتوی کارنگی واشنگتن به این نتیجه رسید که کهکشان‌های مارپیچی که او و همکارانش بررسی کرده‌اند باید در هاله‌ای از مادهٔ تاریک قرار داشته باشند. به نظر او این تنها دلیلی است که چرا ستارگان در لبه خارجی کهکشان‌های مارپیچی با سرعتی کمتر از ستارگان مرکزی حرکت نمی‌کنند.

علاوه بر آن، مادهٔ تاریک به یک معمای کلیدی تشکیل کهکشان، یعنی اینکه چگونه عالم از سوپ همگن و داغ ذرات به کپه‌ای از کهکشان‌ها و خوشه‌های کهکشانی تبدیل شد پاسخ می‌دهد. در ابتدا باید تکه‌هایی وجود می‌داشتند، اما مادهٔ معمولی یعنی پروتون‌ها، نوترون‌ها، و الکترون‌ها، نمی‌تواند این تکه‌ها را به‌وجود آورد. زیرا مقدار کافی از آنها وجود نداشت، و آنها نمی‌توانستند قبل از خنک‌شدن عالم به هم بپیوندند. اما مادهٔ تاریک، برخلاف آنها، فراوان بود و تحت‌تأثیر هیچ نیرویی بجز گرانی قرار نداشت. این ماده می‌توانست تقریباً بلافاصله پس از تولد عالم به هم بچسبد و به مادهٔ معمولی جاپایی برای تشکیل کهکشان، حتی به‌رغم دور شدن آنها بر اثر انبساط، بدهد.

دلیلی که از این نظریهٔ سوپ ناهمگن حمایت می‌کرد در سال ۱۹۹۲ هنگامی به‌دست آمد که ماهوارهٔ ناسا به نام کاوشگر زمینهٔ کیهانی[۷] لکه‌های داغ و خنک کوچکی را در فضا آشکار ساخت. این آزمایش ایده‌ای را تأیید کرد که بذرهای تشکیل کهکشان، یعنی تکه‌های آغازین در عالم اولیه که متشکل از مادهٔ تاریک بودند، تغییر دمایی را در تابش زمینهٔ کیهانی به‌وجود می‌آورند. این تابش زمینه اکنون تا ۲/۷۳ کلوین سرد شده است. کیهانشناس معروف استیون هاوکینگ این یافته را «کشف قرن، اگر نه تمام اعصار» نامید.

ادوین هابل هنگامی صحنه را برای مطالعات امروزی آماده کرد که کشف کرد راه شیری تنها نیست. او در ساعت‌های قبل از سپیده‌دم ۶ اکتبر ۱۹۲۳ در رصدخانهٔ مونت ویلسون در کالیفرنیا از تکهٔ مارپیچی پشمالویی از ستارگان که به M۳۱ یا زن به زنجیر بسته، که اغلب منجمان فکر می‌کردند بخشی از راه شیری است، عکس گرفت. وی به زودی متوجه شد که در داخل این بخش جواهر کوچکی وجود دارد که ستاره‌ای موسوم به متغیر قیفاووسی[۸] است. این نوع ستارگان دارای این ویژگی جالب‌توجه

شکل ۲ـ این تصویر شبیه‌سازی شده با دادن داده‌های مربوط به مادهٔ تاریک، گاز میان ستاره‌ای، و گرانی، و تشکیل ستاره به یک ابر رایانه چگونگی برخورد دو کهکشان را نشان می‌دهد.

هستند که روشنایی آنها به‌طور منظم کم و زیاد می‌شود، و هرچه زمان این تغییرات طولانی‌تر باشد، روشنایی ذاتی آنها، بیشتر است. یعنی به کمک این ستارگان می‌توان فاصله‌های کیهانی را اندازه گرفت. با مقایسهٔ روشنایی واقعی قیفاووسی M۳۱ با روشنایی ظاهری آن در آسمان، هابل توانست فاصلهٔ ستاره تا زمین را تعیین کند.

او کشف کرد که ستاره و ابری که در آن قرار دارد، یا سحابی، در فاصلهٔ یک میلیون سال نوری از زمین قرار دارند، که سه‌برابر قطر براورد شده عالم در آن زمان بود! بدیهی است که این کُپه ستارگان بسیار فراتر از محدودهٔ راه شیری قرارداشتند. اما اگر زن به زنجیر بسته یک کهکشان مجزا بود، شاید بسیاری از سحابی‌های دیگر در آسمان نیز کهکشان بودند. اندازهٔ عالم شناخته شده ناگهان بسیار بزرگ شد.

هابل به‌زودی متوجه شد که کهکشان‌ها بر سه نوع‌اند. بیضوی، که بیشتر گاز خود را قبلاً تبدیل به ستاره کرده‌اند و شبیه توپ فوتبال کج و کوله‌اند. کهکشان‌های مارپیچی، از جمله کهکشان خود ما، دوسوم کهکشان‌های شناخته‌شدهٔ عالم را تشکیل می‌دهند. برآمدگی‌های مرکزی این کهکشان‌ها، درست مانند کهکشان‌های بیضوی، از ستارگان پیر تشکیل شده است، اما هسته مرکزی آنها را قرصی حاوی بازوهای مارپیچی باریک احاطه کرده است که هنوز با ستارگان تازه متولد برافروخته‌اند. نزدیک‌ترین همسایهٔ مارپیچی ما، زن به زنجیر بسته، شبیه یک فریزبی[۹] با نیمرویی در مرکز آن است. سرانجام، کهکشان‌های نامنظم خرحمال‌هایی هستند که ظاهراً ستارگان را از ابتدای تولدشان با آهنگ بسیار کند می‌سازند.

به نظر جولیو ناوارو[۱۰] از دانشگاه ویکتوریا در کانادا ریشهٔ این گوناگونی در خشونت است. او که شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای از تحول کهکشان‌ها کرده است، توجه خود را به مرحله‌های بعدی چرخه زندگی کهکشان‌ها معطوف کرده است که در آن پر از ستاره‌اند و می‌توانند با یکدیگر برخورد کنند. مطالعات اخیر نشان داده است که چگونه

برخوردها می‌توانند ظاهر یک کهکشان را در طی ۱۲ بیلیون سال تاریخ کیهانی تغییر دهد.

به نظر ناوارو اولین کهکشان به علت دوران سریع آن و کشش گرانشی به صورت قرص بود. بر اثر برخورد این قرص و مخلوط شدن آن با بچه کهکشان‌های دیگر، مدارها و ستارگان آن درهم برهم شدند و قرص درب و داغون به صورت توپ چرخان پرجوش و خروشی از گاز و ستارگان، یعنی کهکشانی بیضوی درآمد. سپس با کشیده شدن کهکشان در جریان‌های گاز، این توپ قسمت مرکزی و پیر قرص بزرگ‌تری با بازوهای مارپیچی شد. برخوردهای دیگر ساختار را از میان بردند و توپ بزرگ‌تری خلق کردند. با هر برخورد شکل کهکشان تغییر کرد، درست مانند تکه‌ای از گِل که دائم تغییر شکل می‌دهد و بزرگ‌تر می‌شود. با توجه به موفق‌ترین روایت از نظریهٔ مادهٔ تاریک، کهکشان‌ها کوچک بودند و با گذشت زمان بر اثر انباشت ماده از محیط اطراف بزرگ شدند.

و این برخوردها فقط مربوط به گذشته نیست. مشاهدهٔ کهکشان آنتن‌داری در کشمکش کیهانی در فاصلهٔ ۶۳ بیلیون سال نوری از زمین این موضوع را تأیید می‌کند. گرانی متقابل دو نوار طویل از مادهٔ درخشان را به طرف هم کشیده است که شبیه شاخک‌های یک سوسک هستند. نزدیک‌تر از آن، کهکشان زن به زنجیر بسته اکنون با سرعت ۳۰۰۰۰۰ مایل در ساعت به طرف راه شیری می‌آید و به پیش‌بینی نظریه‌پردازان در چند بیلیون سال آینده با آن یکی می‌شود.

اما آنچه نظر چاک استدیل[11] را در انستیتوی فناوری کالیفرنیا به خود جلب کرد شکل منظم کهکشان‌های بالغ نبود، بلکه شکل درهم‌ریختهٔ بچه کهکشان‌ها بود. کار او به کشف بیش از ۲۰۰۰ کهکشان اولیه انجامید که گاهی با آهنگ بیش از ۱۰۰ کهکشان در هر شب، داده‌های مهمی را در اختیار نظریه‌پردازانی چون آبل و ناوارو قرار داد. و این کار با صعود به قلهٔ دوردستی در هاوایی آغاز شد.

هنگامی که استدیل و سه نفر از همکارانش در سربالایی جادهٔ پردست‌انداز به آهستگی تا قلهٔ کوه ۱۳۷۹۶ فوتی هرناکی[12] رانندگی می‌کردند، می‌دانستند که احتمال دارد به اسرار عالم اولیه پی ببرند. اگر آسمان صاف باقی می‌ماند، می‌توانستند آسمان را با بزرگ‌ترین تلسکوپ نور مرئی در جهان یعنی کک[13] مشاهده کنند.

۳۰ سپتامبر ۱۹۹۳ بود و استدیل ۳۲ ساله امیدوار بود به کاری دست زند که کسی موفق به انجام آن نشده بود، یعنی آشکارسازی تمام کهکشان‌های دوردستی که فاصلهٔ آنها به‌قدری زیاد است که نور ۱۲ بیلیون سال قبل از آنها اکنون به زمین می‌رسد. این بدان معنی است که آنها اکنون چنان به‌نظر می‌رسند که در زمان کودکی بودند. اگر استدیل و همکارانش می‌توانستند تعداد کافی از آنها را بیابند، می‌توانستند نه تنها نشان دهند که کهکشان ما در ابتدا چگونه به نظر می‌رسید، بلکه چگونگی تغییر آن در طول زمان، و توزیع آنها در عالم را نمایان می‌ساختند.

تا آن زمان، منجمان شکارچی کهکشان پیشرفت چندانی نکرده بودند. آنها فقط چند جسم قدیمی را یافته بودند که با نور زیاد می‌درخشید، ولی نتوانسته بودند کهکشان‌های دوردست معمولی را بیابند که در کیهان متداول‌اند. اغلب منجمان فکر می‌کردند که برای یافتن این اجسام کم‌نور به تلسکوپ‌های بزرگ‌تری نیاز دارند. ولی استدیل ایده دیگری داشت. او فکر می‌کرد که شاید کهکشان‌های عالم اولیه آشکارسازی شده‌اند، ولی کسی نتوانسته است آنها را از هزاران جسم دیگر در نقشهٔ آسمان تشخیص دهد.

استدیل مانند چند منجم قبل از او متوجه شد که کهکشان‌های دوردست علامت مخصوص به خود را دارند. آنها حاوی گاز هیدروژن فراوان‌اند و فاصلهٔ میان کهکشانی زیادی تا زمین دارند. هنگامی که انرژی نور فرابنفش گسیل شده از ستارگان این کهکشان‌ها از حدی بیشتر باشد، گاز هیدروژن آنها را جذب می‌کند و این نور هرگز به زمین نمی‌رسد. بنابراین، قبل از رفتن استدیل و همکارانش به تلسکوپ کک، آنها کهکشان‌هایی را ثبت می‌کردند که با صافی‌های قرمز و سبز درخشان بودند ولی در صافی‌های فرابنفش وجود نداشتند. آنها این کهکشان‌ها را کهکشان قطع لیمان می‌نامیدند که به نام تئودور لیمان[14] فیزیکدان اوایل قرن بیستم نام‌گذاری شده بود که مطالعاتی را در زمینهٔ گذر فرابنفش انجام داده است. با توجه به معیار رنگ، کهکشان‌های کم‌نور که گروه استدیل قبل از رفتن به موناکی یافته بودند باید بسیار دور می‌بودند. اما آیا واقعاً چنین بود؟ منجمان، برای اندازه‌گیری فاصله باید تعیین کنند که طول موج نور چقدر بر اثر انبساط عالم، بلند، یا به سرخ

شکل ۳ـ کهکشان مارپیچی در فاصلهٔ ۲۸ میلیون سال نوری به اندازه کافی نزدیک است که بتوان ستارگان آبی جدید را در پیچک‌های آن که با یک تلسکوپ آماتوری گرفته شده است دید. گسیل‌های رادیویی (تصویر طرف چپ) میدان‌های مغناطیسی شدید را در بازوهای مارپیچی نشان می‌دهند. تصویری در فروسرخ میانه (دوم از چاپ) طرح‌های گردوغبار و محل ستارگان جدید را آشکار می‌سازد، درحالی‌که تصویر فروسرخ نزدیک (سوم از چپ) ستون فقرات کهکشان از ستارگان پیر است. پرتوهای X نواحی گاز داغ را نمایان می‌سازند (زرد)، که برخی از آنها نزدیک سیاهچاله‌ها هستند.

منتقل شده است. هرچه این انتقال به سرخ بیشتر باشد، فاصلهٔ کهکشان از زمین بیشتر است. به‌عنوان مثال، کهکشانی با انتقال به سرخ سه، با فاصلهٔ ۱۲ بیلیون سال نوری متناظر است.

برای کهکشان‌های کم‌نور، انتقال به سرخ را فقط می‌توان به تلسکوپ‌های توانمندی چون کک تعیین کرد. استدیل و همکارانش دو شب تلسکوپ را در اختیار داشتند. اگر می‌توانستند نشان دهند که روش رنگی آنها کار می‌کند روش خوبی برای یافتن نه‌تنها یک یا دو که صدها کهکشان دوردست داشتند.

سال‌ها قبل، گروه استدیل اولین هدف خود را در کهکشان نهر[۱۵] یافته بودند که روشن‌ترین کهکشان قطع لیمانی بود که تا آن زمان یافته شده بود. آنها می‌دانستند که فقط با این روش ممکن است موفق شوند، ولی این را هم می‌دانستند که در موناکی نور ستاره فقط به مدت یک ساعت در هر شب بالای افق است.

اما، این یک ساعت کافی بود. درست همان‌طور که استدیل پیش‌بینی کرده بود، طیف نشان داد که کهکشان در فاصلهٔ ۱۲ بیلیون سال نوری از زمین قرار دارد. استدیل از اینکه روش او توانسته بود کهکشان معمولی در این فاصله را بیابد مسرور بود.

منجمان شب بعد را به کار بلندپروازانه‌تری دست زدند. با بهره‌گیری کامل از توان طیف‌نگار تلسکوپ کک، کوشیدند تا همزمان فاصلهٔ چند کهکشان را در یک بخش از آسمان تعیین کنند. برای این کار از ماسکی استفاده کردند که قطعه‌ای آلومینیم در حدود اندازه یک کاغذ شیرینی بود که چند شکاف نازک به دقت در آن کنده شده بود. هر شکاف به دقت در محل یک کهکشان هدف قرار داشت. با این ماسک، فقط نور از کهکشان هدف می‌توانست وارد طیف‌نگار کک شود. در پایان شب، منجمان جوان ۱۵ کهکشان با انتقال به سرخ بیش از سه را یافته بودند.

تا سال ۱۹۹۷ گروه استدیل ۲۵۰ کهکشان قطع لیمان را یافته بودند که طرح هیجان‌انگیزی را به‌وجود می‌آورد. درنهایت تعجب منجمان، این کهکشان‌های دوردست طوری خوشه‌بندی شده بودند که چگونگی توزیع مادهٔ تاریک را نشان می‌داد. اولین کهکشان‌ها در چگال‌ترین نواحی عالم تشکیل شده بود که به‌طور میانگین با چگال‌ترین نواحی کیهان کنونی متناظرند که در آنها بزرگ‌ترین گروه‌ها و خوشه‌های کهکشانی را می‌یابیم. با گذشت زمان و اعمال کشش گرانی، در نواحی با چگالی کمتر نیز کهکشان‌هایی

با ستارگان جوان متولد شدند.

استدیل و کورت آدلبرگر[۱۶] کشف مهم دیگری را در سال ۲۰۰۱ کردند: معلوم شد که بادهای توانمندی که از کهکشان‌های قطع لیمان خارج می‌شوند به همان اندازهٔ مادهٔ تاریک در شکل‌گیری کهکشان‌ها اهمیت دارند. این بادها، که بر اثر انفجارهای ابرنواختر به‌وجود آمده بودند، به اندازه‌ای شدید بودند که به مادهٔ معمولی امکان فرار موقت از کشش مادهٔ تاریکی را می‌دادند که تحت‌تأثیر این بادها قرار می‌گرفت. این بادها نه تنها حباب عظیمی را در اطراف کهکشان مبدأ به‌وجود می‌آوردند، بلکه هیدروژن و سایر عناصر را به محیط اطراف می‌بردند. عناصر سنگین که فقط می‌توانستند در داخل ستارگان شکل بگیرند، صحنه را برای تشکیل نسل بعدی کهکشان‌ها آماده کردند. این بادها لایه‌ای از پیچیدگی را به ماجرای تشکیل کهکشان ما از عالم سادهٔ متشکل از مادهٔ تاریک و گازهای عناصر تام‌آبل اضافه کردند. بدون آنها توجیه ظاهر عالم مرئی امروزی آسان بود.

ساندرا فابر[۱۷] منجم دانشگاه کالیفرنیا در سانتا کروز که کار گروه استدیل را دنبال می‌کند اکنون در رصدخانه دوم کک که در سال ۱۹۹۶ در کنار رصدخانه اول ساخته شده است طیف‌نگار بسیار دقیقی را نصب می‌کند که او و گروهش طراحی کرده‌اند.

آنها اولین‌بار آلبوم کاملی از تاریخ عالم شامل تصاویر کودکی، جوانی و بلوغ گردآوری می‌کنند. منجمان حتی لحظه‌هایی از چگونگی عالم قبل از تولد کهکشان‌ها را ثبت کرده‌اند. اگر تولد کهکشان‌ها را نقطهٔ مرجع در نظر بگیریم، نقطه‌های داغ و خنک در تابش زمینهٔ کیهانی تصاویر قبل از تولد است.

هدف فابر بررسی فرایند تشکیل کهکشان‌ها از اواسط کودکی تا اوایل بلوغ است. در انتقال به سرخ سه، کهکشان‌ها تکه‌تکه و نامنظم بودند. در انتقال به سرخ یک، یعنی هنگامی که عالم نصف سن کنونی خود را داشت، شکل کهکشان‌ها که هابل آنها را فهرست‌بندی کرد در جای خود قرار گرفت. بین این دو بازهٔ اسرارآمیزی بین ۱۲ تا ۸ بیلیون سال قبل وجود دارد که در آن آشکارسازی کهکشان‌ها بسیار دشوار است. در این بازهٔ ناشناخته، کهکشان‌ها بالغ شدند و به جریان نهایی و شکل شناخته‌شدهٔ خود دست یافتند. هدف طیف‌نگار جدید آن است که این بازه را در معرض دید قرار دهد.

به نظر فابر «طیف آسمان شب دشمنی بزرگ و حصاری باور نکردنی از خط‌های گسیلی درخشان، یعنی نور روشنی است که از اتم‌ها و مولکول‌ها در طول موج‌های معین گسیل می‌شود». این حصار موجود در جو زمین بر نور فروسرخ ضعیف از کهکشان‌هایی غلبه می‌کند که هدف گروه او مطالعهٔ آنهاست. به هر حال، موهبت نجات‌دهنده‌ای وجود دارد. خط‌های گسیلی باریک‌اند، درحالی که خط‌های کهکشان‌های دوردست بسیار پهن‌تر هستند. با توجه به این موضوع، گروه فابر، طیف‌نگار را طوری طراحی کرده‌اند که طیف فروسرخ را بسیار بسط می‌دهد. بدین‌ترتیب گروه می‌توانند توجه خود را به نور گسیلی از کهکشان‌ها معطوف کنند.

در این هنگام است که سرگرمی آغاز می‌شود. روشنایی و شکل کهکشان‌ها در انتقال به سرخ‌های متفاوت و هزاران ویژگی دیگر را می‌توان با طیف‌نگار مشاهده کرد که نشان می‌دهند چگونه کهکشان‌های کوچک ژولیده پولیده در عالم اولیه به صورت کهکشان‌هایی درآمدند که هابل در سال‌های ۱۹۲۰ توصیف کرد.

شاید جالب‌ترین این ویژگی‌ها، جرم کهکشان‌ها باشد. با اندازه‌گیری جرم آنها در زمان‌های مختلف، فابر امیدوار است که چگونگی ادغام و رشد کهکشان‌ها را ردیابی کند. همین‌طور او علاقه‌مند است بداند که چرا کهکشان‌های مارپیچی، که بر اثر برخورد آشفته می‌شوند، تا این اندازه فراوان‌اند. پاسخ شاید آن باشد که اخیراً مارپیچی‌ها بیشتر با جذب ماده از اطراف رشد کرده‌اند تا برخورد. اگر استدلال او درست باشد، در کهکشان‌های مارپیچی ستارگان باید به‌جای رشد سریع همراه با برخورد با آهنگی کُند تشکیل شوند. طیف‌نگار در چند سال آینده پاسخ این پرسش را خواهد داد.

تمام این کارها به چه معنی است؟ آیا منجمان سرانجام معمای چگونگی تولد و تحول کهکشان‌ها را حل کرده‌اند؟ پاسخ این پرسش منفی است، ولی احتمال دارد که منجمان قطعه‌های مختلف این پازل را در دههٔ آینده کنار هم بگذارند. با نقشه‌های جدید و غول‌آسای کیهان اطراف، دانشمندان می‌توانند ۱۳ بیلیون سال تحول کهکشان را مطالعه کنند.

شکل ۴ـ دردسر دوگانه یک زوج سیاهچاله بسیار پرجرم در عمق یک کهکشان NGC۶۲۴۰ در فاصله ۴۰۰ بیلیون سال نوری از زمین قرار دارند. منجمان بر این باورند که کهکشان بسیار درخشان (تصویر اپتیکی در قسمت بالا طرف چپ) بر اثر برخورد دو کهکشان، که هریک حاوی یک سیاهچاله بوده‌اند، تشکیل شده است، در طی چند صد میلیون سال دو سیاهچاله، که دور هم می‌چرخند (تصویر پرتو X، بالا طرف راست) در هم ادغام می‌شوند. یک رشته تصاویر از یک خوشه تا کهکشانی بزرگ (در بالا) چگونگی تغییر سیاهچاله را متناسب با ماده ستاره‌ای نشان می‌دهد که می‌تواند بیلیون‌ها برابر جرم خورشید باشد. این اکتشاف‌ها می‌تواند منجمان را به رمزگشایی از طرح کهکشان‌ها، بزرگ‌ترین ساختار موجود در طبیعت، نزدیک کند.

اما هنوز پرده‌ای آنچه را که در طی دوران اولیه تشکیل کهکشان‌ها روی داده است می‌پوشاند. منجمان این دوره را دوران تاریک می‌نامند. این دوره چند صد هزار سال پس از مهبانگ آغاز و شاید یک بیلیون سال پس از آن به پایان رسیده است. در اولین قسمت این دوره عالم کاملاً تاریک بوده است. اما، بعدها اولین کورسوی نور ستارگان نمایان شده است و تلسکوپی که توان کافی و حساسیت به طول موج مناسب را داشته باشد، می‌تواند این کورسوها را آشکار سازد.

یک کار عمده، ساخت تلسکوپی است که بتواند در این پرده نفوذ کند. بسیاری از منجمان امیدوارند که تلسکوپی که در سال ۲۰۱۰ جانشین تلسکوپ هابل می‌شود و آینه آن دارای توان گردآوری نور شش برابر این تلسکوپ و ابزارهای پیشرفته در ناحیه فروسرخ و مرئی است، بتواند اجسام کم‌نورتر و دوردست‌تر از آنچه را تاکنون مشاهده شده است آشکار سازد. این به دانشمندان امکان نفوذ در دوران تاریک و ثبت نور گرم از اولین ستارگان و کهکشان‌ها را خواهد داد. این اجسام را اکنون فقط می‌توان در شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای دید.

تا آن زمان مرزهای نهایی تشکیل کهکشان در تاریکی در انتظار ما خواهند ماند.

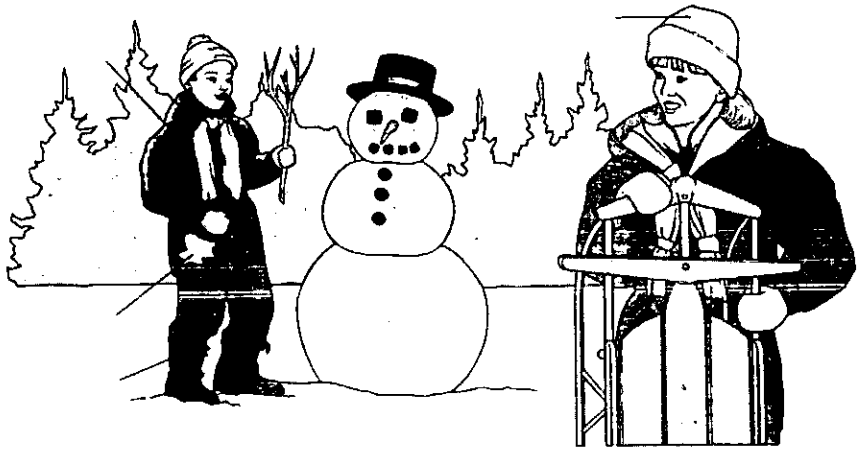
زیرنویس

1. Ron Cowen
2. Carlos Frank
3. Tom Abel
4. Fritz Zwicky
5. Mount wilson obsevatory
6. Vera Rubin
7. Cosmic Background Explorer
8. Cepheid Variable
9. Frisbee
10. Julio Navarro
11. Chuck Steidel
12. Mauna Kea
13. Kech
14. Theodore Lyman
15. Eridanus
16. Kurt Adelberger
17. Sandra Faber

منبع

National Geographic February 2003, P6-29.

لباس و عایق بندی



هنگامی که در یک روز سرد زمستان کنار آتش نشسته‌اید، پوست شما بر اثر شعله‌های داغ آن گرم می‌شود، اما هنگامی که مسیری را پیاده روی برف طی می‌کنید، علاقه‌ای به انتقال گرما ندارید؛ چون شما گرم‌ترین چیزی هستید که در آن اطراف وجود دارد، پس سردتر می‌شوید نه گرم‌تر. بنابراین، برای اجتناب از انتقال گرما بهترین کار را انجام می‌دهید که پوشیدن پالتوست. عایق‌بندی گرمایی شما را در محیط سرد، گرم نگه می‌دارد. در این مقاله، عایق‌بندی گرمایی را بررسی می‌کنیم و خواهیم دید که چگونه این عمل از نقل و انتقال گرما میان اجسام جلوگیری می‌کند.

اهمیت دمای بدن

«عایق‌بندی گرمایی» تبادل گرما میان اجسام را کند می‌سازد، خانه‌ها را گرم و یخچال‌ها را سرد نگه می‌دارد و از انگشتان شما هنگام گرفتن فنجان چای داغ، در برابر گرما محافظت می‌کند. پوشاک مهم‌ترین نمونهٔ عایق‌بندی گرمایی است. هدف اصلی پوشاک به غیر از جنبهٔ زیبایی آن، تنظیم آهنگ جریان گرما از داخل به خارج بدن است. پوشاک به ثابت نگه‌داشتن دمای بدن کمک می‌کند.

ثابت نگه داشتن دمای بدن هدف مشترک چهارپایان و پرندگان است. حیوانات خونسرد، مانند خزندگان، دوزیستان و ماهیان، هیچ تلاشی برای تنظیم دمای بدن خود انجام نمی‌دهد. برعکس، آزادانه گرما را با محیط اطرافشان مبادله می‌کنند و معمولاً با محیط در تعادل گرمایی هستند.

متأسفانه، فرایندهای شیمیایی حیاتی به دما بسیار حساس‌اند. بسیاری از واکنش‌های شیمیایی تنها زمانی انجام می‌شوند که انرژی گرمایی لازم برای فعال‌سازی آن‌ها فراهم شود. اما با کاهش هر چه بیش‌تر دمای بدن حیوان خونسرد، انرژی گرمایی هر مولکول از بدن او نیز کاهش می‌یابد، در نتیجه واکنش‌های شیمیایی آن هم کندتر می‌شوند. سرانجام تمام سوخت و سازهای بدن حیوان هم کندتر می‌شود و حیوان بی‌حال ناهشیار در برابر شکارگر قرار می‌گیرد.

اما در حیوانات خونگرم، دستگاه‌های تنظیم دما در بدن آنها به آن‌ها امکان می‌دهد که دمای بدن خود را در دمای بهینه، ثابت نگه دارند. پستاندار یا پرنده، همواره بدن خود را در دمایی خاص نگه می‌دارد، به طوری که طرز کار بدن آن در زمستان یا تابستان یکسان است. امتیاز ثابت بودن دما بسیار است. مثلاً در یک روز سرد، یک حیوان خونگرم به آسانی می‌تواند یک جانور کم تحرک خونسرد را بگیرد و بخورد.

اما خونگرم بودن هم هزینه‌ای دارد. انرژی گرمایی مورد نیاز به بدن حیوان باید از جایی تأمین شود و حیوان برای ثابت نگه داشتن دمای بدن در برابر محیط زیست خود باید تلاش کند. بسیاری از رفتارهای ما بدون آن‌که متوجه شویم، متأثر از نیازهایمان برای ثابت نگه داشتن دمای بدن است. بدن ما مواظب است که چه قدر انرژی گرمایی تولید کند و ما در تلاشیم که آهنگ مبادلهٔ این گرما با

بلوم فیلد
مترجم: احمد توحیدی

می گذرد، به علاوه رسانندگی گرمایی پوست، باید اندازه، شکل و اختلاف دمای دو سر پوست آن را نیز در نظر بگیریم. هر چه سطح پوست بدن بیش تر و اختلاف دمای دو سر آن بزرگ تر باشد، این پوست گرمای بیش تری را به روش رسانش تلف می کند. اما هرچه پوست ضخیم تر باشد، اختلاف دمای دو سر هر مکعب کوچکی از آن کم تر می شود و در نتیجه، رسانایی آن کاهش می یابد.

بنابراین مقدار گرمایی که از پوست بدن می گذرد، به رسانندگی گرمایی، مساحت سطح، اختلاف دمای دوسر، و ضخامت آن بستگی دارد. بدن می کوشد این عوامل را طوری تنظیم کند که اتلاف گرما به حداقل برسد؛ یعنی بدن:

۱. موادی با رسانندگی کم را در پوست به کار می‌برد.

۲. تا حد امکان پوست را ضخیم می سازد.

۳. مساحت سطح پوست را به حداقل می‌رساند.

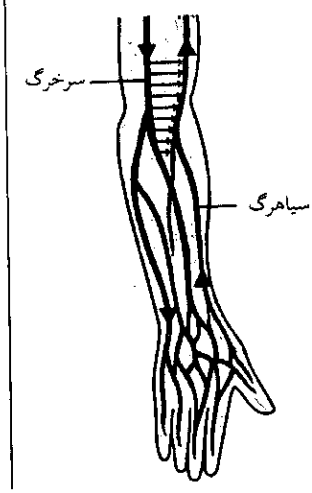
۴. اختلاف دمای دو سر آن را کمینه می سازد.

پوست بدن و لایه‌هایی که بلافاصله زیر آن قرار دارند، حاوی چربی و سایر عایق‌های گرمایی هستند. مقدار رسانندگی گرمایی چربی در حدود ۲۰ درصد رسانندگی آب و تنها در حدود ۰/۰۳ درصد رسانندگی مس است. به هر حال، بدن از چربی برای ذخیرهٔ انرژی بهره می گیرد، اما قرار گرفتن چربی زیر پوست بدن، به حفظ گرما کمک زیادی می کند. افزون بر این، وجود لایه‌های چربی زیر پوست عملاً موجب ضخیم شدن آن و در نتیجه، کاهش اختلاف دما در دو سر هر واحد از ضخامت پوست می شود. افراد «پوست کلفت» گرمای بدن را بهتر از افراد «پوست نازک» نگه می‌دارند.

کمینه کردن مساحت سطح بدن بدین معنی است که بدن شما بیش تر شبیه گوی باشد تا ورق کاغذ. بسیاری از فشارهای ناشی از سازگاری با محیط به گونه‌ای منجر به تکامل بازوها، ساق پاها و انگشتان بدن شده که مساحت آن‌ها افزایش یافته است. به هر حال، مساحت سطح بدن شما اندکی بیش از مقدار مورد نیاز برای اتلاف گرما به روش رسانش است.

سرانجام، بدن باید بکوشد، حتی‌الامکان اتلاف گرمای رسانشی را با کاهش اختلاف دمای میان پوست بدن و هوای اطراف به حداقل برساند. این کار با کاهش دمای پوست به کم‌تر از دمای بدن میسر می‌شود. هر چه پوست سردتر شود، گرمای کم‌تری را در ارتباط با هوای سرد مجاور خود از دست می‌دهد.

اگر گردش خون وجود نداشت، دست‌های شما به سادگی سرد می شدند. دمای خون باید هنگام رسیدن به انگشتان دست تا کم‌تر از دمای مرکزی بدن، خنک شود. در عین حال، هنگام رسیدن به قلب باید به دمای مرکزی بدن برسد. این تغییر دمای خون با سازوکاری انجام می گیرد که «مبادلهٔ برخلاف جریان» نام دارد. در حالی که خون گرم در سرخرگ‌ها به طرف انگشتان سرد جریان پیدا می کند، گرمای آن به خونی که در سیاهرگ‌های مجاور جریان دارد و به قلب می‌رود، منتقل می‌شود (شکل ۱). بدین ترتیب، خونی که به طرف انگشتان می‌آید، سرد و خونی که به قلب بازمی گردد، گرم می شود.



شکل ۱ - خونی که در سرخرگ‌ها به طرف دست‌های شما جریان دارد، با خونی که در سیاهرگ‌ها به طرف قلب برمی‌گردد، گرما مبادله می‌کند. به این طریق جریان گردش خون می‌تواند، بدون گرم‌کردن خون تا دمای مرکز در طول راه به انگشتان شما اکسیژن و غذا برساند. این سازگاری آهنگ اتلاف گرمای بدن شما در هوای سرد را کاهش می‌دهد.

نگه‌داری گرمای بدن: همرفت

گرمای خروجی از پوست بدن هوای اطراف را گرم می کند. سرعت افزایش دما به مقدار هوا و ظرفیت گرمایی ویژهٔ آن بستگی دارد؛ یعنی مقدار گرمای لازم برای گرم کردن یک کیلوگرم هوا به اندازهٔ یک درجهٔ سانتی گراد (کلوین). هر چه مقدار هوا و ظرفیت گرمایی ویژهٔ آن بیش تر باشد، مقدار گرمای بیش تری برای افزایش دما به اندازهٔ یک درجه لازم است. هر چه هوای مجاور بدن شما سردتر

محیط اطرافمان را تنظیم کنیم.

فرد در حال استراحت انرژی پتانسیل شیمیایی را با آهنگی در حدود ۸۰ کالری در ساعت به انرژی گرمایی تبدیل می‌کند. بدن ما این انرژی را، حتی هنگامی که ما هیچ کار خارجی انجام نمی‌دهیم، مصرف می‌کند. قلب ما خون را تلمبه می‌کند و بدن ما مواد شیمیایی مفید را سنتز و سلول‌ها را تولید می‌کند. وقتی مشغول فکر کردن هستیم، چون انرژی شیمیایی کار خارجی انجام نمی‌دهد و انرژی پتانسیل زیادی تولید نمی‌کند، بنابراین بخش بیش‌تری از آن به صورت انرژی گرمایی درمی‌آید.

۸۰ کالری در هر ساعت معادل توان حدود ۱۰۰ وات است. توان انرژی مصرفی فرد در حال استراحت برابر با توان یک لامپ روشنایی ۱۰۰ واتی است و مانند لامپ روشنایی، توان آن هم بیش‌تر به صورت انرژی گرمایی درمی‌آید. هر چه فرد فعال‌تر باشد، انرژی گرمایی بیش‌تری تولید می‌کند و همین تولید مستمر انرژی است که موجب گرم شدن اتاق پرجمعیت بسیار شلوغ می‌شود. شاید توان ۱۰۰ وات چندان زیاد به نظر نرسد، اما اگر صد نفر در فضای کوچکی جمع شوند، می‌توانند مانند گرم‌کنندهٔ ۱۰۰۰۰ واتی اتاق را به صورت نامطبوعی گرم کنند. اگر نتوانید به نحوی از این انرژی سوخت و ساز رهایی یابید، هر لحظه داغ‌تر و داغ‌تر خواهید شد.

برای ثابت نگه داشتن دمای بدنتان باید گرمای تولید شده را به محیط اطرافتان منتقل کنید. چون گرما به صورت طبیعی از اجسام گرم به اجسام سرد جریان می‌یابد، بنابراین دمای بدن شما باید گرم‌تر از محیط اطرافتان باشد. براین اساس دمای بدن انسان باید تقریباً ۳۷°C (۹۸/۶°F) باشد. این دما تقریباً از دمای اغلب مکان‌های روی زمین، به استثنای داغ‌ترین آن‌ها بیش‌تر است. بنابراین گرما همواره به طور طبیعی از بدن شما به اطرافتان جریان می‌یابد. انرژی گرمایی به عنوان محصول فرعی فعالیت شما تولید می‌شود و شما این انرژی گرمایی را به صورت گرما به محیط سرد اطرافتان منتقل می‌کنید.

چون آهنگ تولید انرژی بدن در حال استراحت تقریباً ثابت است. تنظیم آهنگ گرمای تلف شده، راه اصلی ثابت نگه داشتن دمای بدن است. شما و دیگر حیوانات خونگرم، برای تنظیم گرمای تلف شده، روش‌های فیزیولوژیکی متعددی را به کار می‌برید. در این قسمت از مقاله، روش‌ها را بر حسب سه سازوکار انتقال گرما به روش‌های رسانش، همرفت، و تابش بررسی خواهیم کرد.

نگه‌داری گرمای بدن؛ رسانندگی گرمایی

به طور کلی، باید با همان آهنگی که انرژی تولید می‌کنید، انرژی از دست بدهید؛ یعنی در حدود ۱۰۰ ژول در هر ثانیه. انتقال انرژی با این آهنگ ملایم نسبتاً آسان است؛ البته به غیر از روزهای خیلی گرم و یا هنگام ورزش‌های سنگین که باید بدن شما بکوشد تا از اتلاف سریع گرما اجتناب کند. چون هر سه سازوکار انتقال گرما اتلاف انرژی به همراه دارد، بنابراین برای نگه داشتن گرما، باید سازوکارهای بدنتان را تنظیم کنید.

یکی از راه‌های نگه‌داری گرمای بدن، جلوگیری از اتلاف گرمای رسانشی است. بعضی مواد رساناهایی بهتر هستند. در واقع مواد مختلف رسانندگی گرمایی متفاوتی دارند. **رسانندگی گرمایی** سرعت جریان گرما را در ماده‌ای که در دماهای متفاوت قرار گرفته است، اندازه می‌گیرد. رسانندگی گرمایی پوست بدن پائین است؛ یعنی در مقایسه با موادی مانند فلز مس یا شیشه گرما را کم منتقل می‌کند.

چون رسانندگی گرمایی مشخصهٔ خود ماده است، نه جسمی که از آن ماده ساخته می‌شود، بنابراین رسانندگی گرمایی را برای مکعبی کوچک از ماده‌ای تعریف می‌کنیم که اختلاف دمای میان دو سر آن یک درجهٔ سانتی‌گراد است. برای این که تعیین کنیم، چه مقدار گرما از پوست بدن

باشد، مقدار گرمای بیش‌تری باید مصرف کنید تا دمای آن را به دمای بدنتان برسانید.

مواد مختلف، ظرفیت گرمایی ویژهٔ متفاوتی دارند. برای مثال، مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای یک کیلوگرم آب به میزان یک درجه، در حدود ۴ برابر مقدار گرمایی است که برای افزایش دمای یک کیلوگرم هوا به اندازهٔ یک درجه باید مصرف کرد. اختلاف ظرفیت گرمایی ویژهٔ آب و هوا یکی از عواملی است که موجب می‌شود، شما بر اثر شنا کردن در آب سرد سریع‌تر از ایستادن در هوای سرد خنک می‌شوید. ظرفیت گرمایی ویژه راه‌هایی را که انرژی گرمایی می‌تواند در یک ماده وجود داشته باشد، نشان می‌دهد. چون مولکول‌های یک کیلوگرم آب ۴ برابر از مولکول‌های هوا انرژی گرمایی دارند، بنابراین با افزودن انرژی گرمایی مساوی به یک مقدار آب یا هوا، دمای هوا چهار مرتبه بیش‌تر از دمای آب افزایش پیدا می‌کند.

چون هوا رسانای گرمایی ضعیفی است، پوست بدن شما فقط لایهٔ نازکی از هوای مجاور خود را گرم می‌کند. تا زمانی که این لایهٔ هوا حرکت نکند، دمای آن به آهستگی به دمای پوست بدن شما نزدیک می‌شود و در نتیجه، آهنگ جریان گرما از بدن شما هم کاهش می‌یابد. در اثر حفاظت این هوای گرم است که حتی در روزهای سرد هم احساس راحتی می‌کنید.

اما هوا به ندرت آرام است. بر اثر پدیدهٔ همرفت، هوای گرم از مجاور پوست شما به آرامی حرکت می‌کند و هوای سرد جایگزین آن می‌شود. با سرد شدن هوای مجاور پوست، اختلاف دمای دو طرف پوست بیش‌تر می‌شود و گرما با سرعت هرچه بیش‌تر از پوست خارج می‌شود. باد این وضع را بدتر می‌کند. زیرا هوای گرم مجاور پوست را از آن دور می‌کند. افزایش اتلاف انرژی گرمایی بر اثر هوای متحرک را «سوز سرما» می‌گویند. به همین علت در روزهایی که باد می‌وزد، احساس سرمای بیش‌تری می‌کنید.

برای مبارزه با کاهش گرمای حاصل از همرفت و سوز سرمازا، بدن حیوانات خون گرم پوشیده از مو یا پر است. مو رسانای ضعیف گرماست. امّا نقش اصلی آن جلوگیری از جریان هوا است. هوا در گذر موها با نیروی مقاوم بزرگی مواجه می‌شود که حرکت آن را کُند می‌کند. هوا در پشم آشفته و انبوه گوسفند به دام می‌افتد و حرکت نمی‌کند. چون عمل همرفت گرما نیاز به جریان هوا دارد، گوسفند تنها از راه رسانش میان پشم و هوا می‌تواند گرما از دست بدهد و چون هر دو رساناهای فوق‌العاده ضعیفی هستند، بدن گوسفند انرژی گرمایی را نگه می‌دارد.

انسان موهای نسبتاً کمی دارد، بنابراین سازگاری او با آب‌وهوای بادی و سرد فوق‌العاده ضعیف است. یکی از دلایل لباس پوشیدن ما، نداشتن عایق طبیعی است. لباس‌های ما هم مانند پر و موی حیوانات هوا را به دام می‌اندازند و همرفت گرما را کاهش می‌دهند. تارها و رشته‌های ظریف مجزا به صورت مؤثری مانع از جریان هوا می‌شوند. شگفت‌انگیز نیست که بهترین لباس‌های عایق، معمولاً از مو (طبیعی یا مصنوعی) یا پر (طبیعی یا مصنوعی) ساخته می‌شوند. چون رسانندگی گرمایی هوای ساکن کم‌تر از مو یا پرهایی است که آن را محبوس کرده‌اند، بنابراین در بهترین لباس‌ها موادی به کار برده می‌شوند که بتوانند لایهٔ ضخیمی از هوا را از حرکت بازدارند.

این بحث دربارهٔ آب و ورزش شنا نیز صادق است. اگر آب اطراف بدن شما حرکت نکند، به زودی احساس گرمای مناسبی خواهید داشت. به همین سبب، بعضی از شناگران لباس‌های غواصی می‌پوشند. مواد اسفنجی در لباس‌های غواصی، لایه‌ای از آب را که نزدیک بدن شناگر است، از حرکت باز می‌دارند. تا زمانی که آب بی‌حرکت باشد، عایق گرمایی مناسبی است. شکل ۲ به روشنی نشان می‌دهد که چگونه گرم کردن بالای لوله آزمایش مانع از همرفت می‌شود.

شکل ۲ ـ همرفت فقط وقتی روی می‌دهد که جسم گرم پائین‌تر از جسم سرد یا در کنار آن باشد؛ به طوری که شارهٔ گرم شده بتواند صعود کند. اگر شما یک لولهٔ آزمایش محتوی آب را از حوالی بالای آن گرم کنید، آب گرم در بالا و آب سرد در پایین باقی می‌ماند؛ زیرا آب رسانای ضعیفی است. آب بالای لوله می‌تواند، بجوشد در حالی که آب پایین لوله به حد کافی سرد است که لوله را می‌توان در دست نگه داشت.

نگه‌داری گرمای بدن: تابش

شما با روش تابش، گرما را نیز مبادله می‌کنید. پوست بدن شما امواج الکترومغناطیسی به اطراف گسیل می‌کند و آن‌ها نیز به نوبهٔ خود، امواج الکترومغناطیسی را به طرف شما گسیل می‌کنند. مقدار گرمایی که این امواج گسیل می‌کنند، به دمای سطح اجسام و چگونگی جذب و گسیل نور توسط آن‌ها بستگی دارد. مقدار تابش گرمایی یک سطح تقریباً با توان چهارم دمای آن، در مقیاس دمای مطلق، متناسب است. بنابراین، اجسام گرم از اجسام سرد تابش گرمایی بیش‌تری دارند.

گرما مانند همیشه از جسم گرم به جسم سرد جریان می‌یابد. اما در حالی که انتقال گرما به روش‌های رسانش و همرفت به اختلاف دمای اجسام بستگی دارد، انتقال گرما به روش تابش به اختلاف **توان چهارم** دمای اجسام بستگی دارد. به همین علت، هنگامی که پوست بدن با اجسام بسیار گرم یا سرد مواجه می‌شود، تابش گرمایی گسیل شده از آن قابل توجه است.

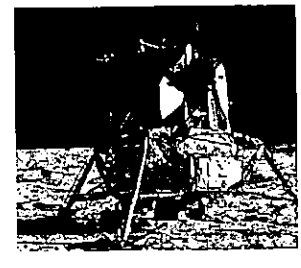
خورشید پوست بدن را به سرعت گرم می‌کند، زیرا بقیهٔ محیط اطراف شما گرمای بیش‌تری تابش می‌کند. دمای سطح خورشید بر حسب دمای مطلق ($6000^{\circ}k$) در حدود ۱۰ برابر دمای پوست بدن ($310^{\circ}k$) است. اگر چه فاصلهٔ خورشید از زمین بسیار زیاد است و خیلی کوچک به نظر می‌رسد، اما خورشید 2^{0} یا ۱۶۰۰۰۰ بیش از آنچه شما به طرف خورشید گرما می‌فرستید، به سوی شما تابش می‌کند.

بر عکس، آسمان تاریک شب شما را به سرعت خنک می‌کند. زیرا دمای آن بسیار کم است. دمای فضای تقریباً خالی که در ورای جوّ زمین قرار دارد، چند درجه بیش‌تر از صفر مطلق است. وقتی در هنگام شب در فضای باز می‌ایستید، بدنتان به فضا در حدود ۱۰۰ وات گرما تابش می‌کند، در حالی که فضا توان بسیار کمی به طرف شما می‌تاباند. چون شما به سرعت گرما از دست می‌دهید، احساس سرما می‌کنید. این وضعیت را می‌توانید با ایستادن زیر یک درخت پر شاخ و برگ بهبود بخشید. حتی در هوای سرد، درخت بسیار گرم‌تر از فضاست و تابش گرمایی بسیار زیادی گسیل می‌کند. البته درخت نمی‌تواند جای آتش پر سر و صدا را در یک محیط باز بگیرد، اما با این همه شما را گرم نگه می‌دارد.

شاید به این فکر بیفتید که چرا هوای بالای سر شما گرما تابش نمی‌کند تا جای گرمایی را که شما تابش می‌کنید، بگیرد. پاسخ این است که هوا به طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به نور فروسرخ شفاف است و کسر اندکی از آن را جذب و باز گسیل می‌کند. تنها بخار آب و دی‌اکسید کربن و چند گاز دیگر، با نور فروسرخ بر هم کنش می‌کنند. بنابراین، بیش‌ترین مبادلهٔ انرژی تابشی میان شما و فضای خالی صورت می‌گیرد.

همهٔ سطح‌ها به یک نسبت تابش گرمایی را جذب یا گسیل نمی‌کنند. سطح آینه تابش گرمایی را بازمی‌تاباند و سطح سفید رنگ آن را پراکنده می‌سازد. چون این سطح‌ها با تابش گرمایی بر هم کنش شدیدی ندارند، عایق گرمایی محسوب می‌شوند.

قدرت جذب و گسیل انرژی گرمایی مواد «گسیلمندی» نامیده می‌شود. جسم سیاه کامل دارای گسیلندگی واحد است، یعنی همهٔ تابش‌های گرمایی که به آن برخورد می‌کنند، جذب و تابش گرمایی مربوط به خود را نیز با بیش‌ترین کارایی گسیل می‌کند. جسمی به رنگ سفید خالص و یک بازتابندهٔ بسیار خوب، گسیلمندی نزدیک به صفر دارد؛ یعنی تقریباً همهٔ تابش گرمایی را که به آن برخورد می‌کنند، بازتابش یا پراکنده می‌کند و تابش گرمایی بسیار ناچیزی گسیل می‌کند (شکل ۳). چون بخش بزرگی از تابش گرمایی در ناحیهٔ فروسرخ قرار دارد، نمی‌توانیم آن را ببینیم. بنابراین، با



شکل ۳- برای این که گسیلمندی ماه‌نشین آپولو را کاهش دهند، آن را با ورقه‌های بازتابنده می‌پوشانند. در نتیجه، تابش گرمایی کمی را جذب یا گسیل می‌کند.

نگاه کردن به یک جسم به آسانی نمی‌توان گسیلمندی آن را حدس زد. جسمی که نسبت به نور مرئی سفید یا درخشنده است، شاید برای نور فروسرخ تقریباً سیاه باشد.

چون سطح بزرگ‌تر بیش از یک سطح کوچک انرژی تابشی گسیل می‌کند، بنابراین مقدار گرمایی که یک جسم تابش می‌کند، متناسب با سطح آن است. ما می‌توانیم با ترکیب مشاهده‌های خود، رابطه‌ای میان دما، گسیلمندی، مساحت سطح، و توانی که یک جسم در خلال تابش گرمایی دارد، پیدا کنیم. این رابطه را می‌توان به صورت معادلهٔ کلامی زیر نوشت:

مساحت سطح × دما × ثابت استفان بولتزمن × گسیلمندی = توان تابشی

و به صورت نمادین: $P = e.\sigma.T^{۴}.A$

و به زبان روزمره با عبارات زیر بیان داشت:

برای این که بدنتان گرمای بیش‌تری تابش کند، مجبور نیستید پوست گرم خود را عریان کنید. تنها کافی است، آن را با لباس‌های نازک و با رنگ روشن بپوشانید و به این ترتیب در معرض دید قرار گیرید.

این رابطه قانون استفان بولتزمن نامیده می‌شود و مقدار ثابت بولتزمن در این رابطه برابر است با $۵/۶۷\times۱۰^{-۸}\ \frac{J}{s.m^{۲}.k^{۲}}$ به خاطر داشته باشید که دما بر حسب کلوین اندازه‌گیری می‌شود.

موضوع انتقال گرما به روش تابش نشان می‌دهد که چرا لباس‌هایی با رنگ‌های معین می‌پوشیم، با احتیاط خود را در معرض نور خورشید قرار می‌دهیم، و در روزهای گرم و آفتابی لباس‌هایی با رنگ روشن می‌پوشیم و در سایه می‌نشینیم. هر دو عمل باعث می‌شوند، مقدار گرمای کم‌تری از خورشید به ما منتقل شود. لباس‌هایی با رنگ روشن، دست کم برای نور مرئی گسیلمندی پائینی دارند. بنابراین آن‌ها نور خورشید را جذب نمی‌کنند. در سایه نشستن هم از مبادله گرمای خورشید جلوگیری می‌کند.

واقعیت کم‌تر مشهود آن است که لباس‌های بازتابنده یا سفید رنگ، هنگامی که خورشید نباشد، شما را گرم‌تر از محیط سرد اطرافتان نگه می‌دارند. این نوع پوشش‌ها معمولاً گسیلمندی کمی در ناحیهٔ نور فروسرخ دارند. بنابراین، به طور مؤثری از تابش گرمای بدن به خارج جلوگیری می‌کنند. چون شما گرما را در لباس‌های بازتابنده یا سفید رنگ نگه می‌دارید، بنابراین احساس گرما می‌کنید. پتوهای پلاستیکی که بازتابندگی بالایی دارند و در جعبهٔ عملیات نجات اضطراری یافت می‌شوند، با کاهش مقدار تابش گرمایی به شما کمک می‌کنند تا در هوای بسیار سرد، باز هم گرم بمانید.

خنک ماندن، وقتی که هوا داغ است

کند کردن آهنگ اتلاف گرما همیشه فکر خوبی نیست. بعضی اوقات اگر ما گرما را به خوبی نگه داریم، گرمازده می‌شویم. هنگامی که در یک روز خیلی گرم ورزش می‌کنید، شاید بهتر باشد با به کار بردن روش‌های رسانش، همرفت، یا تابش، میزان انتقال گرما به محیط اطراف خود را هر چه بیش‌تر کنید.

در این شرایط، شما می‌توانید با حرکت در هوای سرد یا حتی بهتر از آن، در آب سرد اتلاف گرما را به روش رسانش زیاد کنید. هر چه اختلاف دمای دو طرف پوستتان بیش‌تر باشد، آهنگ اتلاف گرما از آن به روش رسانش زیادتر می‌شود. می‌توانید اتلاف گرما به روش همرفت را با جریان هوا یا آب با پنکه یا تلمبه بیش‌تر کنید. هر چه هوا یا آب سردتری با پوست شما برخورد کند، اتلاف گرما بیش‌تر خواهد شد. می‌توانید با پوشیدن لباس‌های سیاه رنگ هنگامی که زیر نور خورشید قرار

ندارید، اتلاف گرما به روش تابش را افزایش دهید. در واقع تنظیم انتقال گرما به روش تابش دشوار است، زیرا نور خورشید غیرمستقیم هم می‌تواند گرما را به شما انتقال دهد. به طور کلی، با پوشیدن لباس‌های سفیدرنگ می‌توان مانع از انتقال گرمای تابشی شد.

اما اگر در محیطی که داغ‌تر از دمای بدنتان است، قرار بگیرید چه اتفاقی می‌افتد؟

اگر شما سردترین جسم محیط باشید، لحظه به لحظه داغ‌تر می‌شوید. برای یک یا دو دقیقه، با لباس‌های عایق می‌توانید، آهنگ افزایش دمای بدنتان را کُند کنید. بنابراین می‌توانید با دست‌هایتان مثلاً یک ظرف پیرکس را از فر داغ بیرون آورید و یا فردی را از یک آتش‌سوزی نجات دهید. اما حتی وقتی خود را از اطراف کاملاً عایق‌بندی کرده‌اید، سوخت و ساز بدنتان باعث افزایش دما می‌شود. چه عاملی می‌تواند مانع از گرم شدن بیش از اندازه شود؟

عرق کردن

اگر پوست بدن خود را خیس کنید، بدن شما برای دفع گرما شگرد تازه‌ای به کار می‌بندد. مولکول‌های آب برای تبخیر و از حالت مایع به حالت گاز درآمدن، به انرژی نیاز دارند. مولکول‌های آب در حالت مایع را پیوندهای شیمیایی کنار هم نگه می‌دارند. این پیوندها باید در طول تبخیر شکسته شوند. مقدار انرژی لازم برای شکستن این پیوندها، به صورت گرما از بدن شما گرفته می‌شود. هر چه آب بیش‌تر تبخیر شود، گرمای بیش‌تری از پوست شما خارج می‌شود. حیواناتی که بدنشان دارای موست، نمی‌توانند مستقیماً عرق کنند؛ زیرا جریان هوا در اطراف پوستشان بسیار کم است. در عوض، این حیوانات نفس نفس می‌زنند و تبخیر آب از دهان و ریه‌آن‌ها، گرما را از بدنشان خارج می‌کند.

عایق‌بندی خانه‌ها

روش‌هایی که انسان‌ها یا حیوانات را گرم نگه می‌دارد، برای تنظیم جریان گرمای خانه‌ها و لوازم آن نیز به کار می‌رود. اما چون خانه و لوازم آن حرکت چندانی ندارند، روش‌های عایق‌بندی آن‌ها سنگین، حجیم، صلب، یا شکننده است. در این قسمت نگاهی به چند طرحِ عایق‌بندی در جهان اطراف خود می‌اندازیم.

هدف از عایق‌بندی خانه، مستقل کردن دمای مؤثر داخل آن از دمای خارج است. هنگامی که بیرون خانه سرد است، شما می‌خواهید تا حد امکان گرمای کمی از خانهٔ گرمتان خارج شود. برعکس، هنگامی که بیرون خانه گرم است، مایل هستید تا حد امکان گرمای کمی وارد خانهٔ سردتان شود. بنابراین شما یا سازندهٔ ساختمان، دیوارهای خانه را پر از مواد نارسانا می‌سازد.

در حالی که مواد نارسانای جامد بسیاری مانند شیشه، پلاستیک، مو، شن، و سفال وجود دارند، اما بهترین ماده‌ای که در سازه‌های معمولی به کار می‌رود، هواست. در ساختمان‌های جدید از عایق‌بندی هوا استفاده می‌کنند. متأسفانه، هوا به روش همرفت گرما را منتقل می‌کند. بنابراین، نمی‌تواند به تنهایی به کار برده شود. برای جلوگیری از همرفت، هوا را در مواد رشته‌ای یا متخلخل مانند پشم شیشه، خاک‌اره، اسفنج‌های پلاستیکی یا کانال‌های باریک به دام می‌اندازند.

ابتدا شیشه را به صورت تارهای نازک بسیار طویل در می‌آورند و سپس تارها را مانند پشمک به هم می‌پیچند، شیشهٔ جامد رسانای بسیار ضعیفی است. اما وقتی به صورت تار درمی‌آید، عایق باز هم بهتری می‌شود. مسیری که گرما در تارهای شیشه‌ای در هم پیچیده طی می‌کند، بسیار طولانی

شکل ۳ - حالی که سنگ رسانای گرمایی خوبی نیست، اما نارسانایی آن به خوبی هوای محبوس در تارهای به هم پیچیده نیست. قصرهای سنگی قرون وسطایی به نحو بارزی سرد بودند، زیرا گرما به آسانی از دیوارهٔ سنگی آن‌ها خارج می‌شد. فرشینهٔ روی دیوار قصر فرانسوی از جریان گرما به هوای خارج قصر جلوگیری می‌کند و اتاق را گرم نگه می‌دارد.

است؛ بنابراین گرمای کمی می‌تواند از آن‌ها بگذرد. بخش اعظم حجم پشم‌شیشه، از هوای محبوس در تارهای آن تشکیل شده است. بدین ترتیب، تارهای شیشه‌ای از انتقال هوا به روش همرفت جلوگیری می‌کند. بنابراین، انتقال هوا از تارهای شیشه باید با روش رسانش انجام شود.

به طور کلی، پشم‌شیشه و هوای محبوس در آن عایق بسیار خوبی هستند. آن‌ها این امتیاز را هم دارند که غیرقابل اشتعال‌اند. افزون بر کاربرد پشم‌شیشه در ساختمان‌ها، می‌توان از آن به عنوان عایق در فر یا آب‌گرمکن و در موتورهایی که عایق غیرقابل اشتعال نیازمندند، استفاده کرد. در خانه‌های جدید، درون دیوارهای خارجی ساختمان لایه‌ای از پشم شیشه به ضخامت ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر با سدی از بخار وجود دارد تا از وزش مستقیم باد به پشم‌شیشه جلوگیری کند (برای اطلاع دربارهٔ عایق‌بندی ساختمان‌ها، توضیح پائین شکل ۴ را مطالعه کنید).

چون هوای گرم صعود و هوای سرد نزول می‌کند، میان هوای گرم زیر سقف اتاق و هوای بام بالای آن، اختلاف دما می‌تواند خیلی زیاد شود. بنابراین، سقف و بام از نظر انتقال گرمای ناخواسته، محل‌های مهمی در خانه محسوب می‌شوند و به عایق‌بندی زیادی نیازمندند. در ساختمان‌های جدید، لایه‌ای از پشم شیشه را بین سقف و بام قرار می‌دهند که بعضی اوقات، ضخامت آن به بیش‌تر از ۳۰ سانتی‌متر می‌رسد.

در حالی که پشم‌شیشه عایق بسیار خوبی است، در بعضی موارد، مواد دیگری نیز به کار می‌روند. صفحات اسفنجی پلی‌استیرنی و اورتین هر دو ضد آب و عایق‌هایی بهتر از پشم‌شیشه هستند. متأسفانه، هر دو قابل اشتعال‌اند و کاربرد آن‌ها نسبتاً مشکل است. به هر حال، در ساختمان‌ها و به ویژه در یخچال‌ها و فنجان‌های قهوه که سختی و اشتعال‌زایی آن‌ها مشکل‌ساز نیست، به کار می‌روند (برای اطلاع از عایق‌بندی بهتر، به توضیح پائین شکل ۵ نگاه کنید).

در خانه‌های قدیمی‌تر، که هنگام ساخت به درستی عایق‌بندی نشده‌اند، با ایجاد سوراخ‌هایی در سطح دیوارها یا سقف اتاق‌ها می‌توان مواد عایق را داخل آن‌ها کرد. مثل همیشه، این مواد متخلخل یا رشته‌ای هستند و هوا را محبوس می‌کنند. اسفنج‌های اورافرمالوئید برای پرکردن دیوار و سقف اتاق‌ها مناسب هستند؛ زیرا پیش از آن‌که به صورت جامد درآیند، می‌توان آن‌ها را درون روزنه‌ها جای داد؛ اگرچه نگرانی از انتشار گازهای شیمیایی سمی امروز، مصرف آن‌ها را کم کرده است. تراشه‌های ورمیکولیتی و سلولزی نسوز، معمول‌ترین عایق در این موارد هستند.

شکل ۵- بهترین عایق‌های گرمایی که اخیراً مورد بررسی و آزمایش قرار گرفته‌اند، مواد ظریفی هستند که «ائروژل» نامیده می‌شوند. ساختارهای شیشه‌ای متخلخل آن‌ها که تقریباً از جنس هواست، شبیه دود منجمد شده به نظر می‌رسد. امید است که عملکرد خوب ائروژل‌ها و دیگر نارسانا‌ها به طور چشمگیری کارایی انرژی یخچال‌ها و دیگر موتورها را تقویت کنند.

انواع دیگر عایق‌بندی

در حالی که بیش‌ترین عایق‌بندی‌های خانگی بر پایهٔ هوایی است که خُلل و فُرج یا در اطراف تارها به دام افتاده است، شرایط خاصی وجود دارد که در آن، مواد ظریف خرد شده قابل استفاده نیستند. مثلاً، پنجره‌های ساختمان باید از مواد شفاف ساخته شوند. آن‌ها را نمی‌توان با اسفنج یا تارهای شیشه‌ای پر کرد و شیشهٔ جامد هم به اندازهٔ کافی عایق نیست.

متداول‌ترین روش عایق‌بندی پنجره‌ها، استفاده از چند جام شیشه است که با لایه‌ای از هوا یا گازهای دیگر از هم جدا شده‌اند. این لایه‌های هوا مانع از رسانش گرما از یک طرف به طرف دیگر پنجره می‌شوند. در حالی که همرفت، هوای بین شیشه‌هایی روی می‌دهد که نزدیکی آن‌ها با هم، سلول‌های همرفتی بلند و باریکی به وجود می‌آورد که در انتقال گرما از طرفی به طرف دیگر آن، نسبتاً بی‌اثرند.

به هر حال، حتی پنجره‌های دارای شیشه‌ای چند جداره بیش‌تر از دیوارهای به خوبی عایق‌بندی شده، گرما را منتقل می‌کنند. شیشه گرما را به خوبی هدایت می‌کند و نمی‌تواند کاملاً مانع از انتقال

تابش گرمایی شود. سایه‌بان‌ها و پرده‌ها نه تنها مانع دیدن می‌شوند، بلکه از انتقال گرما از یک طرف پنجره به طرف دیگر آن جلوگیری می‌کنند. بعضی از خانه‌هایی که برای مصرف بهینهٔ انرژی طراحی شده‌اند، از سایه‌بان‌های لایی‌دار استفاده می‌کنند که انتقال تابش گرمایی را به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهند.

روش پیشرفته‌تر کم کردن انتقال تابش گرمایی از پنجره‌ها، استفاده از شیشه‌هایی با گسیلمندی کم است. این شیشه‌ها پوشش ویژه‌ای دارند که موجب کاهش جذب یا گسیل تابش فروسرخ می‌شود. در واقع، شیشه مانند آینه‌ای برای تابش فروسرخ است. پوشاندن سطوح داخلی شیشه‌های چندلایه، قابلیت عایق‌بندی آن‌ها را به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود می‌بخشد؛ زیرا شیشه تابش گرمایی کمی را مبادله می‌کند.

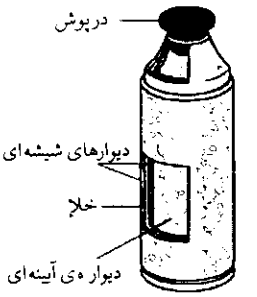
نگهداری غذا هم به عایق‌بندی گرمایی چون اسفنج‌های پلاستیکی و تارهای تنیده درهم نیازمند است. اما اگر بخواهید غذا را برای مدتی بسیار طولانی گرم یا سرد نگهدارید، حتی لایهٔ ضخیمی از اسفنج یا عایق‌های رشته‌ای نمی‌توانند مانع کافی در مقابل انتقال گرما باشند. بهتر است با به کارگیری فلاسک‌های فلزی یا شیشه‌ای این کار را انجام داد. در فلاسک‌ها از روش متفاوتی برای عایق بندی استفاده می‌کنند که ایجاد خلأ است.

فلاسک‌های شیشه‌ای نوع مصرفی فلاسک دوئر هستند که به نام سازنده‌اش **جیمز دوئر** که آن را در اواخر سدهٔ نوزدهم اختراع کرد، به این نام مشهور شدند. در این فلاسک به جای عایق‌بندی با هوا یا مواد ظریفی که از همرفت جلوگیری می‌کنند، فلاسک، غذا را با ناحیه‌ای احاطه می‌کند که در آن به طور کلی هیچ ماده‌ای حتی هوا وجود ندارد (شکل ۶).

برای این که فلاسک بتواند در مقابل فشار جوّ مقاومت کند، آن را دوجداره می‌سازند، یک دیواره غذا را محصور می‌کند و دیوارهٔ دوم به فاصلهٔ کمی از دیوارهٔ اول قرار می‌گیرد. چون میان دو دیواره ماده‌ای وجود ندارد، در این ناحیه رسانش و همرفت گرمایی وجود ندارد. هر دو دیواره به صورت آینه هستند و بنابراین مانع از تابش گرمایی میان دیواره‌ها می‌شوند. تنها راه جریان گرما از داخل به خارج یا از خارج به داخل فلاسک، دهانهٔ باریک آن است. فلاسک‌های خوش ساخت می‌توانند، غذای گرم یا سرد را برای مدتی بسیار طولانی گرم یا سرد نگه دارند.

ساخت وسایل آشپزخانه چالشی برای سازندگان این وسایل است. یک قابلمهٔ ایده‌آل نه تنها باید با هدایت گرما از خارج، غذا را یکنواخت نپزد، بلکه سطوح آن باید نچسب، غیر سمی، از لحاظ شیمیایی بی‌اثر، و در مقابل تغییر رنگ و سائیدگی مقاوم باشد. دستهٔ آن هم باید تا حد امکان سرد باقی بماند.

طبعاً، یک ماده نمی‌تواند همهٔ شرایط بالا را داشته باشد. معمولاً قابلمه‌ها از رساناهای خوبی مانند آلومینیم و مس ساخته می‌شوند. فولاد ضد زنگ خالص رسانای نسبتاً ضعیفی است و بدون ترکیب با آلومینیم و مس، برای ساخت ظروف آشپزخانه مناسب نیست. برای این که ظروف آشپزخانه غیرسمی، نچسب و در برابر تغییر رنگ و سائیدگی مقاوم باشند، اغلب آن‌ها را با فولاد ضدزنگ، آلومینیم آبکاری شده و پلاستیک‌هایی مانند تفلون یا سیلوراستون می‌پوشانند. دسته‌های این وسایل اغلب از عایق‌های گرمایی مانند پلاستیک‌های بادوام ساخته می‌شوند.



شکل ۲ ـ در فلاسک دوئر، برای نارسانا کردن حجم داخلی از خلأ استفاده می‌شود. خلأ نمی‌تواند گرما را به روش رسانش یا همرفت انتقال دهد و دیواره‌های آینه‌ای آن، نقش انتقال گرما به روش تابش را نیز کاهش می‌دهند. تنها گرمای قابل توجهی که انتقال پیدا می‌کند، از دهانهٔ باریک آن است.

منبع:

How Things work. Louis A. Bloom Field p. 263-272

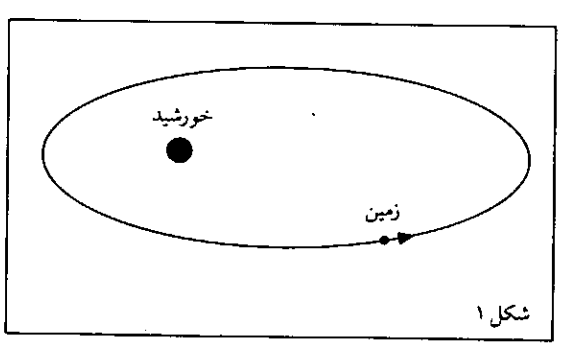
مقدمه‌ای بر آشوب

دیوید. م. هاریسون[1]
مترجم: مسعود انصاری نو

جیمز گلیک، برای کتاب مشهور خود، *آشوب*، عنوان فرعی *بنای یک علم جدید* را انتخاب کرد. به کلمهٔ علم و نه فیزیک دقت کنید. این عنوان فرعی کاملاً مناسب است؛ گرچه بیش‌تر کارهایی که روی سیستم‌های آشوبناک انجام می‌شوند، در حوزه‌های مربوط به فیزیک هستند.

متن حاضر مروری غیرفنی بر سیستم‌های آشوبناک است. این متن، تقریباً بدون تغییر، بر اساس درسی یک ساعته تنظیم شده است که به دانشجویان سال اول دورهٔ کارشناسی فیزیک یا سال‌های بالاتر دانشجویان علوم، و همچنین به عنوان درس تخصصی دانشجویان سال‌های بالاتر فیزیک ارائه می‌شود. در این متن، روی ویژگی‌هایی که در تمام سیستم‌های آشوبناک ظاهر می‌شوند، تأکید شده است. بر این واقعیت نیز تأکید شده که بیش‌تر کارهایی که روی سیستم‌های مذکور انجام گرفته‌اند، بدون فناوری رایانه‌ای انجام نمی‌شدند.

تاریخچهٔ مطالعهٔ سیستم‌های آشوبناک، پدیده‌های مشترک بسیاری را در علوم نشان می‌دهد. وقتی اشخاصی شروع کردند به مطالعهٔ سیستم‌هایی که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرند، به نظر آن‌ها این سیستم‌ها کاملاً آشفته بودند. بنابراین آن‌ها را *آشوبناک* نامیدند. با پیشرفت کار مطالعه معلوم شد که در ورای این نابسامانی ظاهری، ساختار بزرگی نهفته است. این ساختار مشترک در سیستم‌های مذکور، تعریف فنی آن‌هاست که آن را آشوبناک می‌نامیم. پس معنی فنی آشوب کاملاً با معنی روزمرهٔ آن متفاوت است. انرژی، تکانه و مانند آن‌ها مثال‌های دیگری هستند که تعریف فنی آن‌ها با معنای روزمره‌شان متفاوت است.

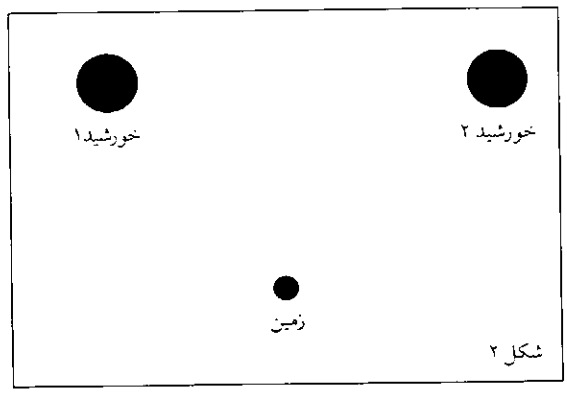


شکل ۱

مسئلهٔ سه جسمی گرانشی

وقتی نیوتون قانون گرانش

عمومی را کشف (یا «ابداع») و قوانین حرکت را ابداع (یا «کشف») کرد؛ از آن‌ها برای حل مسئلهٔ یافتن مدار سیاراتی مانند زمین به دور خورشید استفاده کرد. با این فرض ساده کننده که خورشید در فضا ساکن است، پاسخ مسئله مدار بیضوی برای زمین است. (شکل ۱)



شکل ۲

اصطلاح شناسی: می‌توان خورشید را یک *رباینده* برای زمین نامید.

سپس نیوتون کوشید، مسئلهٔ دو خورشید و یک زمین را حل کند. او با تعجب نتوانست پاسخی برای این دومین مسئلهٔ سادهٔ سیستم گرانشی بیابد. طی سال‌های بعد، اشخاص دیگری بدون موفقیت، برای حل این *مسئلهٔ* سه جسمی *گرانشی* کوشش کردند. حتی یک بار هم جایزه‌ای برای حل آن پیشنهاد شد، ولی کسی مدعی دریافت جایزه نشد.

طی سال‌های دههٔ ۱۹۶۰ معلوم شد که در حل تحلیلی این مسئله مشکل وجود دارد، ولی می‌توان با استفاده از رایانه، برای آن پاسخ‌های تقریبی به‌دست آورد. ایده بسیار ساده است:

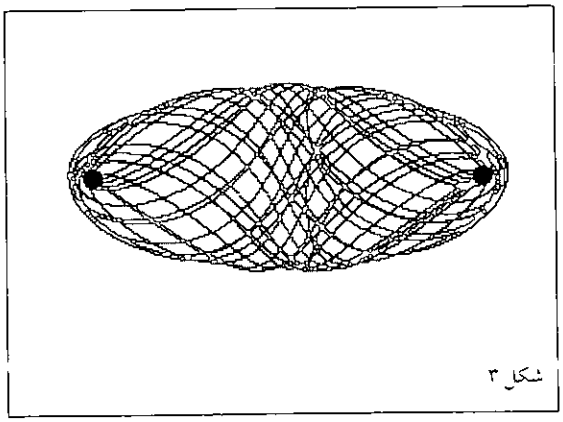
۱. مکان و سرعت زمین را در لحظهٔ معینی می‌دانیم، با استفاده از قوانین نیوتون می‌توانیم شتاب آن را حساب کنیم.

۲. اطلاعات بالا به ما اجازه می‌دهد که مکان و سرعت جدید زمین را در یک *گام زمانی* بسیار کوچک بعد حساب کنیم. شتاب جدید با استفاده از قوانین نیوتون به‌دست می‌آید. (شکل ۲)

۳. در گام ۲ می‌توان، مکان و سرعت جدید را در زمان بسیار کوچک بعدی حساب کرد.

این کار را می‌توانیم تا هرجا که بخواهیم ادامه دهیم. دقت کنید که پاسخ کاملاً درست نیست. اما اگر گام زمانی مورد نظر به اندازهٔ کافی کوچک باشد، می‌توان به هر مقدار دلخواه به پاسخ درست نزدیک شد. به این نکته نیز دقت کنید که انجام محاسبه‌های بالا اصولاً با دست امکان‌پذیر است، اما در عمل این روش غیرعملی است. (شکل ۳)

شکل ۳ نتیجهٔ محاسبه را نشان می‌دهد. فرض کرده‌ایم که خورشیدها ذرات نقطه‌ای هستند؛ به طوری که (زمین) هرگز با آن‌ها برخورد نمی‌کند. زمین، از محلی بین دو خورشید، که زیر نقطهٔ میانی و کمی متمایل به راست است، شروع به حرکت می‌کند و در ابتدا، به آرامی به طرف راست و بالا حرکت می‌کند. مسئله را از زمان اولیهٔ صفر تا ۸۰ واحد بعد حل کردیم. توجه کنید که توانایی حل تحلیلی مسئله، با یافتن عبارتی ریاضی برای این منحنی هم ارز است. مطالب بالا ما را به درستی این موضوع که یافتن پاسخ تحلیلی برای این مسئله ممکن نیست، هدایت می‌کند. می‌توان نشان داد که زمین هرگز مسیر خود را *تکرار* نمی‌کند، حتی اگر زمان به بینهایت میل کند. نکتهٔ بالا به این ایده می‌انجامد که مسیر پس از زمان بینهایت، خطی به طول بینهایت در حجمی محدود است. این مثال سادهٔ سیستم گرانشی، اولین مثال ما از سیستمی آشوبناک است.


شکل ۳

نکتهٔ فنی: مسئلهٔ سه جسمی بالا در فرمول بندی **هامیلتون**، با استفاده از تابع «NDSOLVE» در نرم‌افزار «MATHEMATICA» حل شد. یکاها طوری انتخاب شده‌اند که: $GM=m=1$ و دو خورشید دو واحد مجزا هستند.

بر این نکتهٔ مهم تأکید می‌کنیم که این سیستم و کلیهٔ سیستم‌های آشوبناک کلاسیک، کاملاً جبری[۲] هستند. یعنی هربار که با مکان وسرعت اولیهٔ یکسان شروع کنیم، مسیر زمین *دقیقاً* مشابه خواهد بود. با این حال، *سیستم‌های کوانتومی* آشوبناکی نیز وجود دارند که معمولاً آن‌ها را غیرجبری[۳] می‌دانند.

حال همان مسئلهٔ سه جسمی را باتفاوتی اندک بررسی می‌کنیم. در قسمت بالا، مؤلفهٔ افقی سرعت در شروع برابر ۰/۰۰۵۰۰ بود. مسئله را با مولفهٔ افقی یک درصد بزرگ‌تر (یعنی ۰/۰۰۵۰۵)، مکان و سرعت اولیهٔ دقیقاً مشابه با مقادیر قبل و برای مدت نهایی ۱۵ واحد زمانی دوباره حل و آن را با حل سیستم قبلی برای مدت مشابه ۱۵ واحد زمانی مقایسه

می‌کنیم. (شکل ۴)

در شکل‌های ۴(الف) و ۴(ب)، پاسخ‌های مسئلهٔ سه‌جسمی نشان داده شده‌اند. هر دو ازنقطه‌ای شروع شده‌اند که به‌طور افقی تقریباً در میان دو خورشید و در زیر خط واصل آن‌ها قرار دارد. مسیر نشان داده شده در شکل ۴(الف)، پاسخ قبلی است و در مسیر شکل ۴(ب)، مؤلفهٔ افقی سرعت اولیه تنها به اندازهٔ یک درصد بیش‌تر از حالت ۴(الف) است. با نگاه دقیق دیده می‌شود که در نقطهٔ شروع، دو مسیر به یکدیگر بسیار نزدیک هستند، ولی بعداً ازیکدیگر دور می‌شوند. در شکل‌های بالا دیده می‌شود که دو مسیر در زمان‌های اولیه تقریباً یکسان هستند (این همان چیزی است که برای سیستم‌های غیر آشوبناک انتظار داریم)، ولی ناگهان به طور کلی از یکدیگر دور می‌شوند. این واگرایی شدید که از اختلاف بسیار جزئی در شرایط اولیه ناشی می‌شود، *وابستگی حساس به شرایط اولیه* نامیده می‌شود و ویژگی کلیهٔ سیستم‌های آشوبناک است. این ویژگی را گاهی *اثر پروانه* نیز می‌نامند، زیرا اگر تاریخ نیز آشوبناک می‌بود، نشستن یا برخاستن یک پروانه روی گلی در کوه‌های هیمالیا در سال ۱۸۳۷ می‌توانست نتیجهٔ جنگ جهانی دوم را تعیین کند.

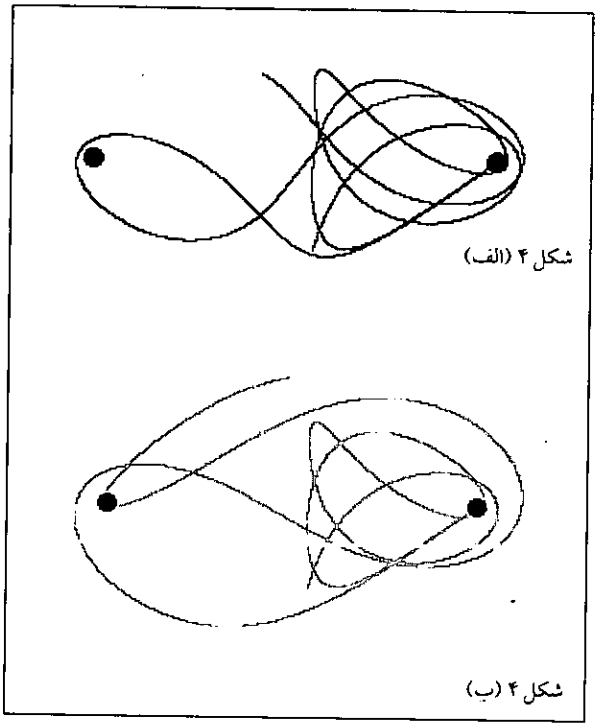
بسیاری از کسانی که در این شاخه کار می‌کنند، وابستگی حساس به شرایط اولیه را شاخص اصلی یک سیستم آشوبناک می‌دانند. به این ترتیب، در فهرست خواصی که برای سیستم‌های آشوبناک خواهیم ساخت، آن را اولین ورودی فهرست ویژگی‌های این نوع سیستم‌ها قرار می‌دهیم:

✓ تمام سیستم‌های آشوبناک دارای ویژگی وابستگی حساس به شرایط اولیه هستند.

در مطالب قبل، پدیدهٔ دیگری را نیز که کلیهٔ سیستم‌های آشوبناک در آن سهیم هستند، مشاهده کردیم.

✓ برای کلیهٔ سیستم‌های آشوبناک، مسیر هرگز تکرار نمی‌شود.

در این‌جا مثالی را ارائه می‌کنیم که محققان سیستم‌های آشوبناک بسیار مطالعه کرده‌اند. یک قیف بزرگ پر از شن را که در هر لحظه یکی از دانه‌های درون آن روی سطح زیرین می‌افتد، در نظر می‌گیریم. یک کپهٔ شن شروع به شکل گرفتن می‌کند. در این‌جا مشخصهٔ اصلی، ارتفاع کپهٔ شن است که با افتادن دانه‌ها روی آن افزایش می‌یابد. رابطهٔ دقیق بین ارتفاع کپه و تعداد دانه‌های شن به عواملی مانند چگونگی روی هم انباشته شدن دانه‌ها در کپهٔ شن بستگی دارد. این قبیل وضعیت‌ها را خطی می‌نامند.



شکل ۴ (الف)

شکل ۴ (ب)

در این‌جا لازم نیست که ارتفاع کپه مستقیماً با تغییر تعداد دانه‌های شن تغییر کند، بلکه احتمالاً با ریشهٔ دوم یا توان دوم تعداد آن‌ها افزایش می‌یابد. استاد جیم درومونده[۲]، سیستم خطی را به این شکل توصیف می‌کند:

«اگر به آن لگد بزنیم، جیغ می‌زند. اگر به آن محکم‌تر لگد بزنیم، بلندتر جیغ می‌زند.»

بعضی مواقع، ارتفاع کپهٔ شن به حدی می‌رسد که افتادن یک دانهٔ اضافه روی آن باعث فرو ریختن کپه و کاهش ارتفاع آن می‌شود. در این‌جا توضیح دو نکته لازم است:

۱. تغییری کوچک در ورودی سیستم (مانند افزایش یک دانه شن) باعث تغییری بزرگ در خروجی آن (ارتفاع کپهٔ شن) می‌شود. بنابراین سیستم وابستگی حساس به شرایط اولیه را از خود بروز می‌دهد.

۲. سیستم غیر خطی است. یعنی خروجی سیستم با ورودی آن متناسب نیست.

خاصیت اخیر در کلیهٔ سیستم‌های آشوبناک مشترک است.

پس مورد بعدی از فهرست خواص مشترک در سیستم‌های آشوبناک عبارت‌است از:

✓ تمام سیستم‌های آشوبناک غیرخطی هستند.

در قسمت‌های بعد به فهرست بالا افزوده خواهد شد.

نگاشت لجستیک

تصور کنید، می‌خواهیم جمعیت یک گونه (مثلاً خرگوش‌ها در جنگل) را

مدل‌سازی کنیم. می‌دانیم که افزایش جمعیت خرگوش‌ها به تعداد جمعیت فعلی آن‌ها بستگی دارد. بنابراین انتظار چنین عبارتی را داریم:

$$N_{k+1} = LN_k$$

که در آن N_k تعداد نسل فعلی، N_{k+1} تعداد نسل بعدی و L ضریبی است که معرف میزان باروری خرگوش‌هاست.

همین‌طور معلوم است که وقتی تعداد خرگوش‌ها در جنگل افزایش یابد، مسائلی مانند ازدحام جمعیت و کمبود غذا، تعداد خرگوش‌ها را درنسل بعدی محدود خواهد کرد. با توجه به این محدودیت، اگر تمام خرگوش‌ها وقتی که تعداد آن‌ها مثلاً به ۱۰۰۰۰۰ رسید، تلف شوند، به جملهٔ تکمیلی دیگری به شکل زیر نیازداریم:

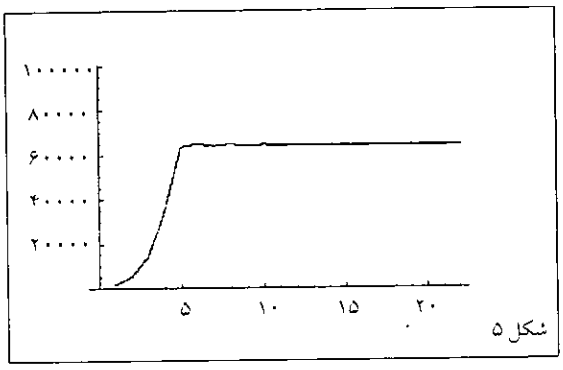
$$N_{k+1} = ۱۰۰۰۰۰ - N_k$$

با ترکیب دو عبارت بالا خواهیم داشت:

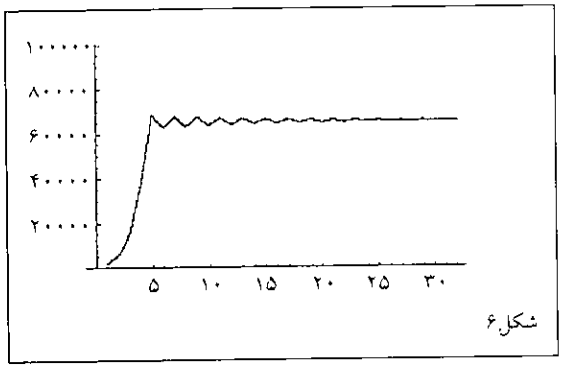
$$N_{k+1} = LN_k(۱۰۰۰۰۰ - N_k)$$

معادلهٔ بالا به معادلهٔ لجستیک معروف است. این معادله بسیار ساده‌تر از آن است که چیزی دربارهٔ دینامیک واقعی تغییرات جمعیتی خرگوش‌ها (یا هر نوع دیگر) ارائه دهد. بعدها با مثال‌های بیش‌تری از سیستم‌هایی آشنا خواهیم شد که بسیار ساده‌تر از آن هستند که حاوی هیچ نکتهٔ فیزیکی باشند، ولی درس‌های مهمی دربارهٔ سیستم‌های آشوبناک به ما می‌آموزند.

فرض کنید با تعداد دو هزار خرگوش شروع کرده‌ایم و L نیز برابر ۰/۰۰۰۲۸ است. جمعیت نسل بعدی برابر است با:



شکل ۵



شکل ۶

$$۰/۰۰۰۲۸ \times ۲۰۰۰ \times (۱۰۰۰۰۰ - ۲۰۰۰) = ۵۴۸۸$$

و نسل بعد از آن نیز برابر است با:

$$۰/۰۰۰۲۸ \times ۵۴۸۸ \times (۱۰۰۰۰۰ - ۵۴۸۸) = ۱۴۵۲۳$$

و به همین ترتیب الی آخر. می‌توان نموداری از تعداد جمعیت خرگوش‌ها ترسیم کرد. دیده می‌شود که ابتدا، در تعداد خرگوش‌ها نوسان‌های کوچکی وجود دارد، ولی در نهایت جمعیت در مقدار ۶۴۲۸۵ ثابت می‌شود (شکل ۵).

حال فرض کنید با تعداد دوهزار خرگوش شروع کرده‌ایم و L برابر ۰/۰۰۰۲۹ است. دیده می‌شود که ابتدا، در تعداد خرگوش‌ها چندین نوسان نسبتاً بزرگ‌تر وجود دارد، ولی در نهایت جمعیت در مقدار ۶۵۵۱۷ ثابت می‌شود (شکل ۶). به این ترتیب، افزایش L به افزایش جمعیت حالت پایدار خرگوش‌ها منجر می‌شود.

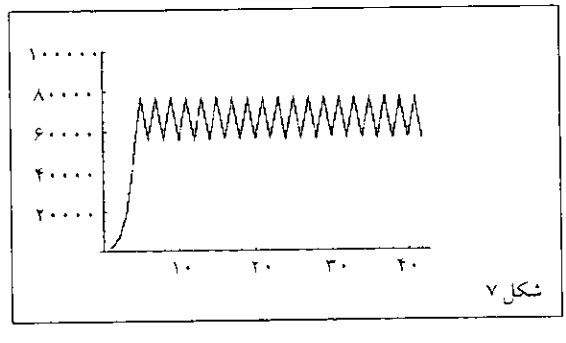
اگر میزان باروری خرگوش‌ها را با قرار دادن $L=۰/۰۰۰۳۱$ افزایش دهیم، اتفاق جالبی می‌افتد. جمعیت دو شاخه می‌شود و «حالت پایدار» بین دو مقدار متفاوت نوسان می‌کند (شکل ۷).

هم‌اکنون بعضی از متخصصان بوم‌شناسی اعتقاد دارند که این قبیل «رونق و کسادی» سیستم‌های بوم‌شناختی بهتر از حالت پایدار آن‌هاست. با افزایش L به مقدار ۰/۰۰۰۳۲، دامنهٔ نوسان جمعیت نیز افزایش می‌یابد (شکل ۸).

در $L=۰/۰۰۰۳۵$، تعداد جمعیت که قبلاً دو شاخه شده بود، برای بار دوم دو شاخه می‌شود و بین چهار مقدار متفاوت نوسان می‌کند (شکل ۹).

در $L=۰/۰۰۰۳۹۵$، مقادیر جمعیت کاملاً غیرعادی است. در واقع اکنون سیستم آشوبناک شده است (شکل ۱۰) یعنی تمام خواص سیستم‌های آشوبناک را از خود بروز می‌دهد. مثلاً تغییری بسیار کوچک در تعداد اولیهٔ خرگوش‌ها به تغییرات اساسی در تعداد نسل‌های بعدی آن‌ها می‌انجامد. همین‌طور که مسیر نشان داده شده در شکل ۱۰، صرف‌نظر از این که چندبار نسل‌های بعدی را حساب می‌کنیم، هیچ‌گاه تکرار نمی‌شود. (شکل ۱۰)

توضیح فنی: در مثال‌های عددی بالا، تمام اعداد به



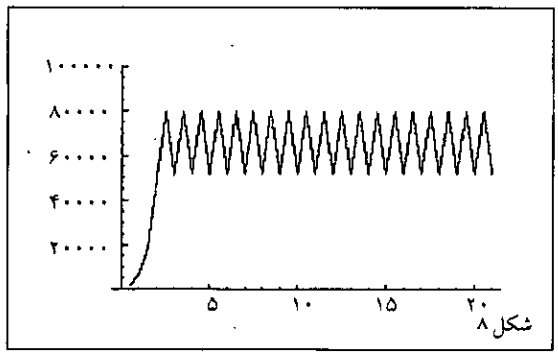
شکل ۷

نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد شده‌اند.

می‌توان مقادیر حالت پایدار جمعیت خرگوش‌ها را به عنوان تابعی از میزان باروری آن‌ها محاسبه کرد، که نتیجهٔ چنین محاسبه‌ای در شکل ۱۱ نشان داده شده است. شکل ۱۱ را *نگاشت لجستیک* می‌نامند. همان‌طور که دیده می‌شود، در ابتدا با افزایش مقدار L جمعیت نیز افزایش می‌یابد. سپس اولین دو شاخگی جمعیت و به دنبال آن دو شاخگی دوم به وجود می‌آید و در نهایت، گذار به آشوب اتفاق می‌افتد. برای بعضی مقادیر بزرگ‌تر L جزیره‌های پایداری وجود دارند. در شکل، نشانه‌هایی از ایجاد دوشاخگی‌های دیگری پس از دوشاخگی دوم دیده می‌شود که در واقع، عملاً چنین اتفاقی می‌افتد. اگر ناحیهٔ درست قبل از اولین گذار به آشوب را بزرگ کنیم، مرتبه‌های دیگری از دوشاخگی دیده می‌شود. می‌توان نشان داد که تولید این دوشاخگی‌ها تابینهایت مرتبه ادامه دارد. این موضوع ما را به مشخصهٔ دیگری از سیستم‌های آشوبناک هدایت می‌کند:

✓ **برای کلیهٔ سیستم‌های آشوبناک، قبل از گذار به آشوب، بینهایت مرتبهٔ دوشاخگی تولید می‌شود.**

بیش‌تر کارهای اولیه روی نگاشت لجستیک، توسط فیزیکدانی به نام مایکل فیگن‌باوم[۵]، در سال‌های میانی دههٔ ۱۹۷۰ انجام شد. در آن سال‌ها، فیگن‌باوم در آزمایشگاه ملی لوس‌آلاموس مشغول به کار بود. او برای محاسبهٔ دوشاخگی‌های بعدی جمعیت که در اثر افزایش L اتفاق می‌افتد، از



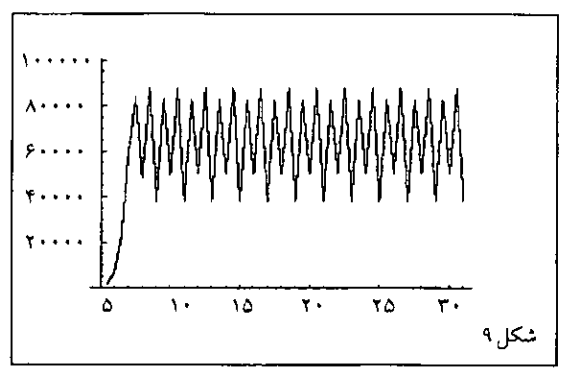
شکل ۸

ماشین حساب دستی قابل برنامه‌ریزی جدید HP-65 ساخت شرکت هیولت‌پاکارد استفاده کرد. در آن زمان، HP-65 بسیار شگفت‌انگیز بود، ولی حالا فقط می‌توان از آن به عنوان وزنهٔ نگه‌دارندهٔ کاغذ استفاده کرد. این ماشین حساب به اندازه‌ای کند بود که فیگن‌باوم برای بی‌شمار محاسبهٔ خود، باید زمان زیادی صرف می‌کرد. بنابراین شروع کرد به حدس زدن مقدار L که برای آن دو شاخگی بعدی اتفاق می‌افتد.

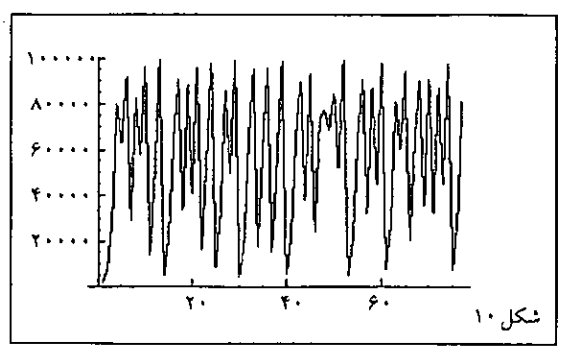
این کار او را به کشف آهنگ تولید دو شاخگی‌ها هدایت کرد. اگر L(n) و L(n+1) به ترتیب مقادیری از L باشند که برای آن‌ها n امین و n+1 امین دوشاخگی اتفاق می‌افتد، در تمام مراحل نسبت L(n+1) به L(n) مقدار ثابتی است. این مقدار ثابت که آن را *عدد فیگن‌باوم* می‌نامند، عدد گنگی است که مقدار آن تقریباً ۴/۶۶۹۲۰۱۶۰۹۹ است. همچنین معلوم شد که عدد فیگن‌باوم برای کلیهٔ سیستم‌های آشوبناک یکسان است. از این رو:

✓ **برای تمام سیستم‌های آشوبناک، بینهایت دوشاخگی قبل از گذار به آشوب که، با عدد فیگن‌باوم مشخص می‌شود، رخ می‌دهد.**

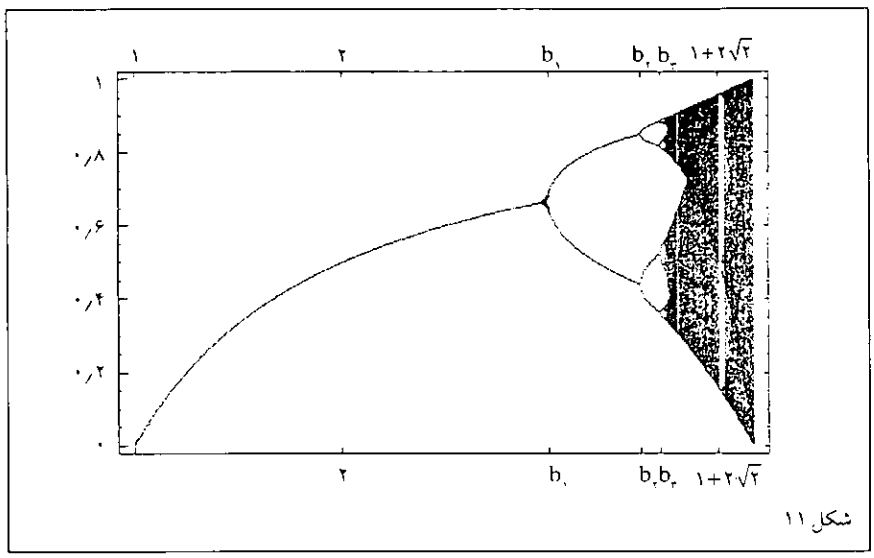
وقتی با دایره سروکار داریم، اصولاً غیرممکن است بتوان از عدد گنگ π اجتناب کرد که مقدار تقریبی آن ۳/۱۴۱۵۹۲۶ است. به نظر می‌رسد این عدد به طور ذاتی با سیستم‌های دایره‌ای و یا به هر طریقی که دربارهٔ چنین سیستم‌هایی فکر کنیم، مرتبط است. همین طور، وقتی با سیستمی سروکار داریم که میزان تغییر پارامتری از آن با مقدار همان پارامتر متناسب است، عدد گنگ e ظاهر می‌شود (به عنوان مثال، لگاریتم طبیعی یا رشد و فروافت نمایی). بنابراین عدد e که مقدار تقریبی آن ۲/۷۱۸۲۸ است، به نحوی با خود این سیستم‌ها و یا به هر طریقی که دربارهٔ آن‌ها فکر کنیم، ارتباط دارد. این دو عدد، عددهای نسبتاً اسرار آمیزی هستند که به آن‌ها عادت کرده‌ایم. حال به نظر می‌رسد، سومین عدد از این نوع را داریم که این بار با سیستم‌های آشوبناک



شکل ۹



شکل ۱۰



شکل ۱۱

ارتباط دارد: عدد فیگن باوم.

ربایندهٔ لورنز

در اوایل دههٔ ۱۹۶۰، ادوارد لورنز[۶] در MIT سیستم‌های جوی را مدل‌سازی می‌کرد. او مجموعه معادله‌هایی را که باید آشفتگی‌های جوی را در بخش فوقانی آن توصیف کنند، به‌دست آورد؛ اما با کمال تعجب موفق به حل آن‌ها نشد. او شروع به ساده‌سازی معادله‌ها کرد تا جایی که معادله‌های به‌دست آمده، هیچ ارتباطی با مسئلهٔ آشفتگی جوی نداشتند. این معادله‌ها را صرفاً برای ارجاع در این جا می‌آوریم:

$$\frac{dx}{dt} = S(x - y)$$

$$\frac{dy}{dt} = -xz - y + rx$$

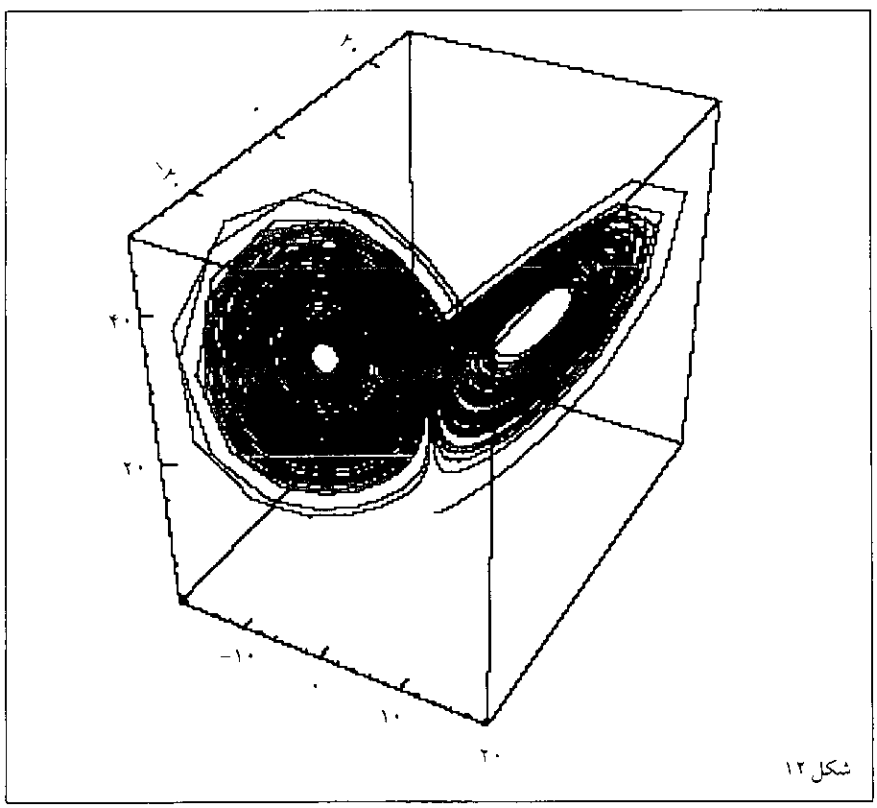
$$\frac{dz}{dt} = xy - bx$$

x، y و z متغیر، s، r و b ثابت و t زمان است. (شکل ۱۲)

لورنز نتوانست هیچ یک از معادله‌های سادهٔ بالا را حل کند. اما می‌توان آن‌ها را با یک رایانه به طور تقریبی حل کرد؛ درست به همان روشی که قبلاً در مورد مسئلهٔ سه‌جسمی گرانشی توصیف شد. نتیجهٔ چنین محاسبه‌ای، مسیر {z و y و z} را با گذشت زمان به‌دست می‌دهد که در شکل ۱۲ نشان داده شده است.

می‌بینیم که این رباینده دارای دو نقطه است که مسیر را به طرف خود جذب می‌کنند و این شبیه چیزی است که در مورد مسئلهٔ سه‌جسمی گرانشی دیدیم. در اولین روزهای مطالعهٔ رباینده‌ٔ لورنز، همه‌چیز دربارهٔ آن عجیب به نظر می‌رسید. به همین دلیل، آن را رباینده‌ٔ عجیب می‌نامیدند. هرچند، حالا هم اعتقاد داریم که این رباینده عجیب است؛ همان طور که بسیاری از سیستم‌های آشوبناک عجیب هستند.

این رباینده یک سیستم آشوبناک دیگر است. بنابراین دارای تمام ویژگی‌های این نوع سیستم‌هاست. ترسیم رایانه‌ای حل



شکل ۱۲

بالا (که می‌توان توسط آن مسیر را چرخاند)، به وضوح نشانگر سرشت سه‌بعدی مسیر است.

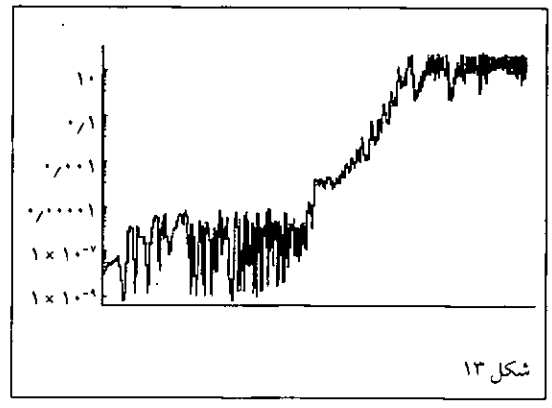
در این ترسیم رایانه‌ای دیده می‌شود که مسیر اطراف هر ربانیده تقریباً در یک صفحه قرار دارد. دو صفحهٔ اطراف و دو ربانیده تقریباً (و نه دقیقاً) در یک صفحه قرار دارند. در واقع، *تعداد ابعاد* ربانیدهٔ لورنز کمی بزرگ‌تر از دو است. این تعداد ابعاد غیر صحیح یا کسری، ویژگی دیگری از سیستم‌های آشوبناک است. این نوع اشیا را که دارای بُعد غیر صحیح هستند، «*فراکتال*» می‌نامند.

✓ **تمام سیستم‌های آشوبناک، بعدپذیری غیر صحیح از خود بروز می‌دهند.**

توضیح فنی: جواب بالا برای معادله‌های لورنز دارای شرایط اولیهٔ $x=0$ ، $y=1$ و $z=0$ و ثابت‌های $r=28$ ، $S=10$ و $b=\frac{8}{3}$ بود و برای آن، زمان از صفر تا ۲۰۴۸ افزایش می‌یابد. لازم به ذکر است که تمام جواب‌های معادله‌های لورنز آشوبناک نیستند و عامل اصلی مقدار ثابت r است.

همان طور که در توضیح فنی گفته شد، جواب بالا با شرایط اولیهٔ y دقیقاً برابر یک به‌دست آمد. جواب دیگر، با شرایط اولیهٔ جدید ۱/۰۰۰۰۰۰۰۰۱ محاسبه و سپس نمودار فاصلهٔ بین دو مسیر به عنوان تابعی از زمان ترسیم شد. نمودار حاصل در (شکل ۱۳) نشان داده شده است.

درست مانند مسئلهٔ سه‌جسمی، دیده می‌شود که ابتدا فاصلهٔ بین دو مسیر بسیار کوچک است، اما در جایی ناگهان شروع به دور شدن از یکدیگر می‌کنند. این منحنی را «*نمودار لیاپانوف*» می‌نامند. اگر از نظر فنی بخواهید بدانید، این یک نمودار Log-Log است.

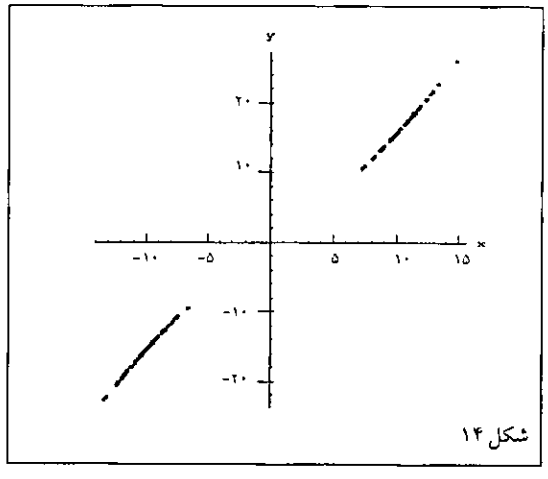


شکل ۱۳

می‌توان دید که وقتی دو مسیر شروع به دور شدن از یکدیگر می‌کنند، فاصلهٔ بین آن‌ها به عنوان تابعی از زمان، تقریباً به‌طور کامل یک خط مستقیم است. این نیز یک ویژگی همهٔ سیستم‌های آشوبناک است.

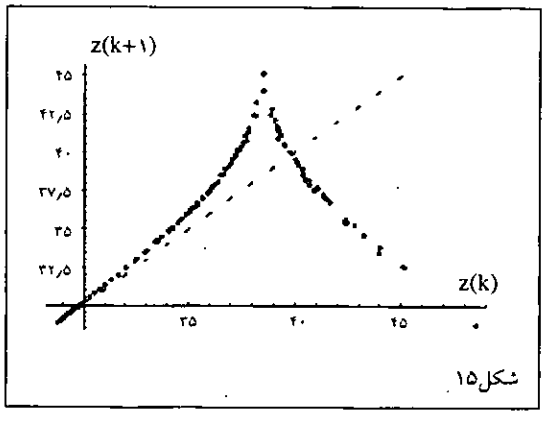
✓ **برای کلیهٔ سیستم‌های آشوبناک، نمودار لیاپانوف مربوط به فاصلهٔ بین مسیرها بر حسب زمان، به شکل خطی راست ظاهر می‌شود.**

یکی از جواب‌های معادله لورنز را در نظر می‌گیریم و منحنی نقطه‌هایی را که مسیر، صفحهٔ x-y را در z ثابت (مثلاً برابر ۲۰) قطع می‌کند، ترسیم می‌کنیم. شکل حاصل را یک «*مقطع پوانکاره*» می‌نامند که در شکل ۱۴ نشان داده شده است. یکی از راه‌های تحلیل حرکت‌های پیچیده، وقتی که از تعداد اطلاعات لازم یکی کم می‌کنیم، مقطع پوانکاره است. این طرز نمایش را پوانکاره در اواخر قرن نوزدهم، وقتی که روی مسئلهٔ سه‌جسمی گرانشی کار می‌کرد، ارائه داد.



شکل ۱۴

برای ربانندهٔ لورنز تمام متغیرها، از جمله z، بین دو مقدار کمینه و بیشینه تغییر می‌کنند، پس مسیر دور ربانده‌ها می‌چرخد. می‌توان نموداری از مقدار یک بیشینهٔ خاص z بر حسب مقدار z برای بیشینهٔ قبلی آن ترسیم کرد. نمودار حاصل را «*اولین نگاشت بازگشتی*» می‌نامند که در شکل ۱۵ نشان داده شده است. در این شکل، یک خط چین که با محور افقی دقیقاً زاویهٔ ۴۵ درجه می‌سازد نیز نشان داده شده است. دیده می‌شود که نقطه‌های نگاشت بازگشتی در ابتدا صعودی است و همهٔ آن‌ها در بالای خط چین قرار دارند. این نیز یکی از ویژگی‌های سیستم آشوبناک است. (شکل ۱۵)



شکل ۱۵

✓ **برای کلیهٔ سیستم‌های آشوبناک، نقطه‌های ابتدایی در اولین نگاشت بازگشتی، همواره در بالای خطی قرار دارند که با محور افقی زاویهٔ ۴۵° می‌سازد.**

بحث تکمیلی و نتیجه‌گیری

تا به این جا سه سیستم آشوبناک را بررسی کردیم. اکنون می‌دانیم تعداد سیستم‌هایی که می‌توانند آشوبناک باشند، بسیار زیاد است. برخی از این سیستم‌ها عبارت‌اند از:

۱. آونگی که پایهٔ نگه‌دارندهٔ آن به طرف بالا و پائین نوسان می‌کند.

۲. آونگ مرکب.

۳. شیرآبی که چکه می‌کند.

۴. توپ بیلیارد کاملاً کشسان روی میز بیلیاردی با دو دیوارهٔ موازی که با دو نیم‌دایره به یکدیگر متصل هستند. این مجموعه «استادیوم یا نیمو ویچ» نامیده می‌شود.

من و فیزیکدان‌هایی مانند من که کم‌وبیش به شکل سنتی آموزش دیده‌ایم، به طور تلویحی فکر می‌کنیم که عبور از ناآگاهی به شناخت روی خط سیر مستقیم انجام می‌گیرد. اما با نگاهی به گذشته درمی‌یابیم که این مسیر حتی نزدیک به خط راست هم نیست؛ چرا که از باتلاق‌ها و گودال‌های مربوط به آشوب (که به هرجایی که بنگریم، ظاهر می‌شوند)، اجتناب کرده‌ایم. سابقاً از این باتلاق‌ها و گودال‌ها اجتناب می‌کردیم، چون اغلب آن‌ها به طور تحلیلی قابل حل نبودند و حل تحلیلی مسائل، تنها روش اصلی مورد استفادهٔ ما بود. برای برخی سیستم‌های دیگر (مانند معادلهٔ لجستیک)، حل پذیری مسئله‌ای نیست، چون پیش نیازهای محاسباتی به طور عمده مانع مطالعهٔ آن‌ها تنها با یک قلم و مقداری کاغذ است. اختراع رایانه‌ها جهشی بزرگ در ادراک ما از سیستم‌های آشوبناک از ۳۵ سال پیش به این طرف را به‌وجود آورده‌اند.

در اواخر قرن نوزدهم، پوانکاره با استفاده از مسئلهٔ سه جسمی گرانشی به مشکلات زیادی پی برد و به تنهایی راه‌های ابتکاری و منحصر به فردی را برای کلنجار رفتن با حواشی مسئله پیدا کرد. این روش‌ها امروزه در مطالعهٔ آشوب به کار می‌روند.

در این مقاله برخی (ونه همهٔ) ویژگی‌های مشترک سیستم‌های آشوبناک را بررسی کردیم. این ویژگی‌ها عبارت‌اند:

✓ **وابستگی حساس به شرایط اولیه.**

✓ **تکرار نشدن مسیر**

✓ **غیر خطی بودن.**

✓ **قبل از گذار به آشوب، بینهایت مرتبهٔ دو شاخگی تولید می‌شود.**

✓ **بینهایت دوشاخگی مقدم برگذار به آشوب، توسط عدد فیگن‌باوم مشخص می‌شود.**

✓ **تعداد ابعاد غیر صحیح.**

✓ **نمودار لیاپانوف مربوط به فاصلهٔ بین مسیرها بر حسب زمان، به شکل یک خط راست ظاهر می‌شود.**

✓ **نقطه‌های ابتدایی در اولین نگاشت بازگشتی، همواره بالای خطی قرار دارند که با محور افقی زاویهٔ ۴۵ درجه می‌سازد.**

به این ترتیب می‌بینیم که در ورای این نابسامانی ظاهری، ساختار عظیمی پنهان است. اخیراً لورنز گفته است که به اعتقاد او، جو یک سیستم آشوبناک است. چون آگاهی از شرایط اولیه‌ای مانند دما، چگالی، باد، رطوبت و امثال آن‌ها عملاً غیرممکن است، وابستگی حساس به شرایط اولیه باعث می‌شود که اصولاً پیش‌بینی بلندمدت وضع هوا غیرممکن شود. به اعتقاد لورنز، «بلندمدت» در این جا به معنی یک هفته یا بیش‌تر است.

در ابتدا به طور مختصر به این واقعیت اشاره کردم که بیش‌تر تفسیرکنندگان مکانیک کوانتومی بر این باورند که این سیستم‌ها غیر جبری هستند. البته این موضوعی است که اینشتین نپذیرفت. او اظهار داشت که: «خدا با عالم تاس بازی نمی‌کند.» بور به اینشتین گفت: «به خداوند نگو که چه‌کار کند.»

در تعبیر تازه‌ای از مکانیک کوانتومی که توسط دیوید بوم و گروه او ارائه شده، ایدهٔ *پتانسیل کوانتومی* مطرح شده است. این پتانسیل غیر موضعی که به طور تجربی نیز تأیید شده است، پیش‌بینی عجیب مکانیک کوانتومی مبنی بر «تأثیر از راه دور» را توجیه می‌کند. در تعبیر بوم، حرکت اجسامی مانند الکترون که از آرایه‌ای از شکاف‌ها عبور می‌کنند، تحت تأثیر این پتانسیل است و به آشوبناک شدن مسیر آن‌ها منجر می‌شود. بنابراین، سیستم‌های کوانتومی بوم از جمله سیستم‌های آشوبناک جبری هستند.

سرانجام: یک برنامهٔ رایانه‌ای بسیار خوب به نام «فراکتینت» برای بازی و مطالعهٔ سیستم‌های آشوبناک وجود دارد. برای آگاهی بیش‌تر می‌توانید به سایت زیر مراجعه کنید:

http://spanky. triumf.ca/ www/ fractint/ fractint.html.

■

زیرنویس

1. harrison@ physics- utoronto.ca

دانشگاه تورنتو ـ بخش فیزیک دسامبر ۱۹۹۸

2. deterministic
3. nondeterministic
4. Jim Drummond
5. Mitchel Feigenbaum
6. Edward Lorenz

تردیدهای تازه در مورد انرژی تاریک

۱۷ دسامبر ۲۰۰۳

بلی دوم*
مترجم: مریم عباسیان

بیشتر ستاره شناسان بر این باورند که عالم را انرژی تاریک تسخیر کرده است زیرا تنها راه توضیح انبساط و شتاب گرفتن همزمان عالم است. با این همه، فیزیکدان‌ها در هلند و فرانسه پیشنهاد می دهند که این انرژی ممکن است وجود نداشته باشد. آن‌ها ادعا می کنند نبود انرژی تاریک می‌تواند دلیلی باشد برای رصدهای اخیر پرتو x کیهانی که تفاوت‌های حیرت‌آور بین خوشه‌های کهکشانی قدیمی و جدید را برملا کرد.

در فوریه ۲۰۰۳، ناسا از اولین نقشهٔ مفصل تمام آسمان که با پرتوهای میکروویو زمینهٔ کیهانی یا «پژواک» میکروویوی مهبانگ ـ گرفته شده بود پرده برداشت. داده‌هایی که توسط ماهواره کاوشگر ناهمسانگردی ماکروویوی ویلکینسون[1] (WMAP) گردآوری شده بود، «مدل هماهنگی» جاری که در مورد عالم پرطرفدار است تأئید کرد. این مدل پیش‌بینی می کند که عالم از ۵٪ مادهٔ معمولی، ۲۵٪ «ماده تاریک» غیرقابل آشکارسازی و ۷۰٪ انرژی تاریک تشکیل شده است. اگرچه سرشت انرژی تاریک هنوز معلوم نشده است، کهکشان‌های عالمی با این چگالی کم ماده، باید خیلی پیش از این در تاریخ عالم رشدشان متوقف می‌شد. در نتیجه آن‌ها باید امروز به همان شکلی دیده می‌شدند که قبلاً بوده‌اند.

دیوید لامب[2] و همکارانش درمرکز پژوهشی فناوری فضایی در هلند[3] (ESTEC) اکنون هشت خوشهٔ کهکشانی همسایه را با کمک رصدخانه پرتو x آژانس فضایی اروپا، XMM نیوتون اندازه‌گیری کرده‌اند. این خوشه‌ها ـ که فاصله دورترین آنها حدود ۱۰ میلیون سال نوری است ـ تصویری از عالم در حدود هفت بیلیون سال قبل به دست می دهد. لامب و همکارانش با تعجب دریافتند که خوشه‌های کهکشانی در عالم‌های دور، نسبت به عالم نزدیک‌تر پرتوهای x بیشتری گسیل می‌دادند.

علاوه بر آن، دومین گروه از فیزیکدان‌ها به رهبری آلن بلنشار[4] در رصدخانهٔ میدی-پیرنه[5] این داده‌ها را تحلیل کرده و نشان داده‌اند که عالم محیطی پرچگالی است که ماده‌ای بیشتر از آنچه که اکنون تصور می‌شود دارد. بلنشار می‌گوید: «برای به حساب آوردن این نتیجه‌ها باید مادهٔ بیشتری در عالم داشته باشیم که جای کمتری برای انرژی تاریک باقی می‌گذارد. اگر این داده‌ها تأیید شوند می‌تواند اشارهٔ ضمنی پر اهمیتی برای مدل هماهنگی و دیگر فرض‌های اساسی در مورد سرشت عالم باشند.

برگرفته از:
http://physicsweb.org/article/news/7/12/8

زیرنویس
* Belle Dume
1. Wilkinson Microwave Anisotropy probe satellite
2. David Lumb
3. Space Research Technology centre in Netherlands
4. Alan Blanchard
5. Midi _ Pyrénées

ریشه‌یابی واژه‌های فیزیک

سیدجعفر مهرداد

در نیم قرن اخیر، هجوم شگفت‌آور واژه‌های جدید انگلیسی بخصوص در زمینه علوم و فنون، زبان‌های زنده جهان را دچار مشکل ساخته است. در سال ۱۹۶۰ وقتی میزان واژه‌های قرضی انگلیسی در زبان فرانسه به شش‌دهم درصد رسید فرهنگستان زبان فرانسه اخطار کرد:

«واژه‌ای را که خود می‌توانیم بسازیم، از دیگران وام نمی‌گیریم و دست گدایی به سوی غیر دراز نمی‌کنیم.»*

در زبان فارسی این توانایی وجود دارد که از پیوند ریشه‌ها (فعل و اسم و صفت) با وندها (پیشوند و پسوند) واژه‌هایی ساخته شود که می‌تواند بار بسیاری از معانی تازه را به دوش بکشد.

معادل‌یابی و واژه‌گزینی برای واژه‌های بیگانه در آموزش علوم، نه فقط یک نیاز و ضرورت است، بلکه به تقویت و پیشرفت زبان علمی فارسی فرهنگ و ادب ایران نیز غنای بیشتری می‌بخشد.

ریشه‌یابی واژه‌های متداول فیزیک می‌تواند در آموزش علوم به روشن‌سازی مفاهیم کمک کند و راه تفهیم آن‌ها را هموار سازد.

* * *

برای تنظیم مجموعه «ریشه‌یابی واژه‌های فیزیک» از این مراجع استفاده شده است:

۱. لغت‌نامه دهخدا

۲. دایرةالمعارف فارسی ـ غلامحسین مصاحب

۳. فرهنگ اصطلاحات علمی ـ انتشارات بنیاد فرهنگ ایران

۴. فرهنگ فارسی ـ دکتر محمد معین

۵. واژه‌های نو ـ فرهنگستان زبان ایران پذیرفته شده تا پایان سال ۱۳۱۹

۶. الف ـ واژگان فیزیک. ب ـ واژه‌نامهٔ فیزیک (مرکز نشر دانشگاهی)

7. Dictionary of physics Mc GRAW -HiLL

8. The Penguin Dictionary of Physics

9. Diction naire de physique E´lie Lévy

۱۰. معجم‌الفیزیاء، انکلیزی، فرنسی، عربی. اکادیمیا بیروت. لبنان

۱۱. فرهنگ‌های: الف ـ Larosse

ب ـ Webster
ج ـ American Heritage
۱۲ . برخی مرجع دیگر که ذیل هر واژه به آن‌ها اشاره شده است :

۱ ـ مکانیک

انگلیسی : mechanics
فرانسوی : mécanique
عربی : المیکانیکا
فارسی : مکانیک

mechanics اسم به صورت جمع است و با فعل مفرد به کار می‌رود .[۱] méchanics از واژه لاتینی mechanicus و یونانی mekhné به معنی ماشین (machine) گرفته شده است .[۲] منظور از ماشین وسیله‌ای است که با نیروی کم بر نیروی بیشتر غلبه کند .

مکانیک قسمتی از علم فیزیک و موضوع آن بررسی قانون‌های حرکت و سکون اجسام بر اثر نیروهای وارد بر آن‌هاست .

مکانیک را به مکانیک نقطهٔ مادّی ، مکانیک جسم صلب و مکانیک شاره‌ها (مایع و گاز) تقسیم می‌کنند .

مکانیک به مکانیک نظری و مکانیک عملی نیز تقسیم می‌شود . در مکانیک نظری ، مکانیک استدلالی ، مکانیک برداری ، مکانیک تحلیلی ، مکانیک فیزیک ، مکانیک آماری ، مکانیک سماوی و... و در مکانیک عملی مکانیک مهندسی ، مکانیک مصالح صنعتی ، مکانیک جامدات ، مکانیک ماشین و... مورد بحث قرار می‌گیرد .

نیوتون (۱۶۴۲ ـ ۱۷۲۷ میلادی) پایه‌گذار نظریه‌ای در علوم فیزیک است که اکنون آن را «مکانیک کلاسیک» یا «مکانیک نیوتونی» می‌نامند .

مکانیک کلاسیک اولین نظریهٔ فیزیکی است که به زبان دقیق ریاضی بیان شده است . این نظریه به‌وسیله لاگرانژ فرانسوی (۱۷۳۶ ـ ۱۸۱۳) و هامیلتون ایرلندی (۱۸۰۵ ـ ۱۸۶۵) بسط یافته و تنظیم شده است .

از آغاز قرن بیستم ، مکانیک کلاسیک از دو دیدگاه متفاوت ، با دو انقلاب علمی روبه‌رو شد . یکی «انقلاب نسبیتی» و دیگر «انقلاب کوآنتومی» .

حرکت اجسام با سرعت زیاد ، نزدیک به سرعت نور ، از قانون‌های مکانیک کلاسیک پیروی نمی‌کند ، بلکه توضیح آن براساس مکانیک جدیدی به نام «مکانیک نسبیتی» است که به وسیلهٔ اینشتین (۱۸۷۹ ـ ۱۹۵۵) بنا نهاده شده است .

مکانیک کلاسیک که برای حرکت اجسام با سرعت نسبتاً کم در مقایسه با سرعت نور به کار می‌رود ، تقریب قابل قبولی از نظریهٔ عمومی‌تر «مکانیک نسبیتی» است .

رویدادهای اتمی و زیر اتمی نیز تابع قوانین مکانیک کلاسیک نیست . توجیه آن‌ها در قلمرو نظریه‌ای است که در سال‌های (۱۹۱۳ ـ ۱۹۳۰) به وسیلهٔ «بور» و «دوبروی» و یا روش‌های «شرودینگر» و «هایزنبرگ» و «دیراک» بسط و کمال یافت . این نظریه بر پایه‌های اصول موضوع «مکانیک موجی» و «مکانیک کوانتومی» قرار دارد .

حرکت ذرات بنیادی با نظریه مکانیک کوانتومی بررسی می‌شود . در صورتی که برای تحلیل حرکت اجسام با جرم نسبتاً زیاد ـ در مقایسه با ذرات اتمی ـ مکانیک کلاسیک را به کار می‌بریم .[۳]

***

مکانیک را ، علم حیل می‌نامند .[۴] در احصاءالعلوم فارابی (۲۶۰ ـ ۳۳۹ هـ . ق) می‌خوانیم : «علم حیل عبارت است از شناختن راه تدبیری که انسان با آن بتواند تمام مفاهیمی را که وجود آن‌ها در ریاضیات با برهان ثابت شده است بر اجسام خارجی منطبق سازد و به ایجاد و وضع آن‌ها در اجسام خارجی فعلیّت بخشد .»[۵] فارابی اقسام علم حیل را به معنی وسیع آن به قرار زیر شرح داده است :

حیل عددی (جبر و مقابله) و حیل هندسی (علم معماری یا مهندسی ساختمان و...) و حیل مناظریه (ساختن آلاتی که نیروی بینایی انسان را دقیق و قوی می‌کند) و علم حیلی که در ساختن ظرف‌های عجیب و ابزار صنایع مورد استفاده واقع می‌شود .

در این کتاب درباره علم اثقال می‌خوانیم : «علم اثقال از دو جهت بحث می‌کند ؛ یکی در مورد اثقال از آن جهت که وزن می‌شوند... و دیگر... بحث درباره آلات عمده‌ای که اشیای سنگینی را به وسیلهٔ آن‌ها بلند می‌کنند...» .[۶] جَرّ به معنی کشیدن و أثقال جمع ثقل به معنی بارهای گران است .

در باب هشتم مفاتیح العلوم کاتب خوارزمی ، نگارش یافته بین سال‌های (۳۶۷ ـ ۳۷۲ هـ . ق) از علم حیل در دو فصل سخن رفته است ؛ فصل اول : جر اثقال با نیروی اندک و نام ابزارهای آن ؛ و فصل دوم : آلت‌های محرک و ساختن ظرف‌های حیرت‌آور . در این کتاب صناعة‌الحیل به این صورت تعریف شده است : «این دانش را به یونانی منجانیقون [مکانیک] می‌گویند و یکی از اقسام آن جر اثقال با نیروی اندک است .»[۷]

کتاب «الحیل» احمدبن موسی بن شاکر خراسانی (قرن سوم هجری ـ قرن نهم میلادی) از عربی به انگلیسی و از انگلیسی به فارسی ترجمه و چاپ و منتشر شده است .[۸]

انگلیسی	Speed ، Velocity	acceleration
فرانسوی	Vitess n.f	accélération
عربی	السرعة، سرعة	عجله، تعجیل
فارسی	سرعت	شتاب

۲ـ سرعت و شتاب

در اولین کتاب فیزیک به زبان فارسی که به وسیله میرزا زکی مازندرانی از فرانسه ترجمه و در سال ۱۲۳۶ هـ. ش چاپ و منتشر شده است، معادل واژه vitess تندی و برابر واژه accélération سرعت اختیار شده است.

در فرهنگستان اول (۱۹ ـ ۱۳۱۴) به جای این دو واژه به ترتیب واژه‌های تندی و شتاب پذیرفته شد و امروز آن‌ها را سرعت و شتاب می‌نامیم که دو مفهوم کاملاً متمایز از هم هستند.

در نصاب الصبیان ابونصر فراهی (اوائل قرن هفتم) سرعت عربی به فارسی شتاب معنی شده است.

سُعال سُرفه و سرعت شتاب و لبث درنگ قصیر کوته و واسع فراخ و ضیّق تنگ.

در کتاب‌های فارسی به جای دو واژه Velocity [کمیت برداری] و Speed [کمیت نرده‌ای] در آغاز به ترتیب سرعت و تندی[1] و پس از آن برعکس تندی و سرعت[2] و سپس سرعت، سرعت خطی و سرعت[3] اختیار شده است.

در برخی فرهنگ‌ها و کتاب‌های فیزیک به واژه‌های Velocity of light و Velocity of Sound نیز برخورد می‌کنیم.[4]

در کتاب‌های فیزیک فرانسوی Vecteur Vitess (=بردار سرعت) به کار می‌رود و منظور از آن برداری است که اندازهٔ سرعت و جهت آن را در یک لحظه معین برای یک نقطهٔ مادی مشخص می‌کند.[5]

célérité در زبان فرانسوی مرادف Vitess است با این تفاوت که برای سرعت حرکت یک جسم مادی (Vitess) و در مورد سرعت انتشار موج یا یک نشانک (= Signal) واژه célérité به کار می‌رود. برای سرعت صوت Vitess du Son و célérité du Son هر دو به کار رفته است.[6]

در عربی معادل Velocity السّرعة و معادل Speed سرعة و گاه مقدار السّرعة به کار می‌رود.[7]

۳ـ (قانون ـ اصل ـ قضیه) ارشمیدس

قانون

واژهٔ قانون معرّب کلمهٔ یونانی kanón به معنی رسم، قاعده، روش و در علوم مختلف دارای مفهوم گوناگون است. همچنین قانون نام‌سازی از مخترعات معلم ثانی ابونصر فارابی است.[1]

فیزیکدان‌ها می‌کوشند تا میان کمیت‌های فیزیکی که از آزمایش‌ها یا تحلیل‌های نظری به دست می‌آورند رابطهٔ ریاضی برقرار سازند.[2]

در فیزیک، قانون عبارت است از یک رابطهٔ ریاضی میان کمیت‌های فیزیکی. برای مثال، قانون اُهْم رابطهٔ سادهٔ ریاضی میان دو کمیت فیزیکی شدت جریان و اختلاف پتانسیل الکتریکی است.

اصل

واژهٔ اصل را معمولاً در مقابل بدل و فرع به کار می‌برند. معنای لغوی آن بیخ و بن و ریشه است.

انگلیسی	Law	Principle	theorem
فرانسوی	loi	Principe	theoréme
عربی	قانون	اصل	قضیه
فارسی	قانون	اصل	قضیه

این کلمه در علوم مختلف مانند ریاضی، منطق، عروض و درایه [علمی که از متن حدیث و طرق آن بحث می کند] و همچنین در تداول حساب... و فقه و اصول بر چند معنی اطلاق می شود.[۳]

اصل هایی که در ریاضیات مقدماتی عموماً قرار می دهند عبارت است از اصل متعارف (axiom) و اصل موضوع (postulate).

اصل متعارف عبارت است از «... آن دسته از مبادی یک علم که «بدیهی» و غیر قابل انکارند و در راست بودن آن ها شک نیست. از قبیل بزرگ تر بودن کل از جزء و مساوی بودن دو چیز که با چیز سوم مساوی اند».[۴] axiom از کلمه یونانیَ axiomâ به معنی ارزیابی گرفته شده است.[۵]

اصل موضوع عبارت است از آنچه که «... متعلم در آغاز علم بدون دلیل از روی اعتقاد ظنی یا تقلیدی می پذیرد... مانند قضیه هایی که در هندسهٔ اقلیدسی در آغاز باید پذیرفته شود، از قبیل... از نقطه ای خارج از خط تنها یک خط به موازات آن می توان رسم کرد...».[۶] (اصل موضوع اقلیدس).

postulate از کلمهٔ لاتینی postulatum به معنی تقاضا گرفته شده است.

اصل موضوع بیانی بسیار عمومی دربارهٔ چگونگی عملکرد طبیعت و قانون محصور به قلمرو محدودی از فیزیک است. برای مثال: برای سرنشین قایقی که با سرعت ثابت در رودخانه ای حرکت می کند و ناظری که بر ساحل رود ایستا، قانون های فیزیک یکسان است. تعمیم این قوانین با نام «اصل اول نسبیّت خاص» به صورت زیر بیان می شود.

«قانون های فیزیک در تمام دستگاه های لَخت یکسان هستند و هیچ دستگاه لخت مُرجّحی وجود ندارد.»[۷]

گاهی اصطلاح اصل و قانون به جای هم به کار می رود. اغلب به جای «اصل پایستگی انرژی»، «قانون پایستگی انرژی» گفته می شود. از لحاظ اصطلاح شناسی (terminolsgy) این گونه تفاوت های دقیق ناچیز و قابل چشم پوشی است.[۸]

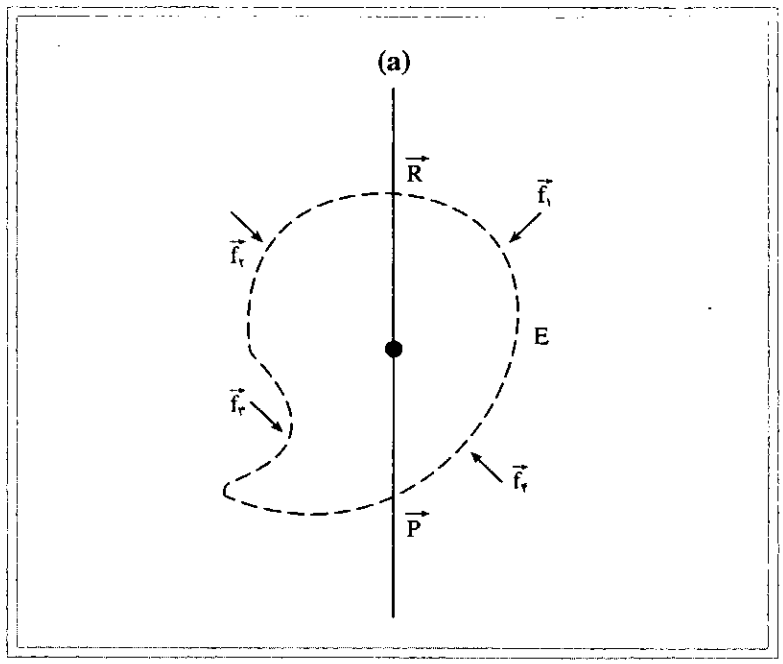
قضیّه

در ریاضیات و مخصوصاً در هندسه، قضیّه عبارت است از «صورت بیانی مطلبی که از روی مفروض بودن مقدماتی، با استدلال قابل اثبات است؛ مانند قضیهٔ عروس یا قضیه فیثاغورس: در مثلث قائم الزّاویه مربع وتر مساوی حاصل جمع مربّعین دو ضلع دیگر است.»[۹] به طور کلی یک گزارهٔ اثبات شده و مسلم (Proven) (Proposition را قضیه می نامند.[۱۰]

در منطق قضیه معادل Proposition و عبارت است از «گفتاری که محتَمَل صدق و کذب باشد؛ مانند زمین کروی است.»[۱۱] Proposition را به فارسی گزاره نیز می نامند.

* * *

مطابق آزمایش های دقیق می توان نتیجه گرفت «اگر جسمی در آب غوطه ور باشد، نیرویی از طرف آب از پایین به بالا بر آن جسم وارد می شود. اندازهٔ این نیرو برابر اندازه وزن آب جابه جا شده است.» این بیان را که از آزمایش ها در قلمرو



محدودی نتیجه می‌گیریم، «**قانون ارشمیدس**» می‌نامیم.

هرگاه برای اجسام با شکل و جنس متفاوت غوطه‌ور در مایع‌های دلخواه «قانون ارشمیدس» را تعمیم دهیم در این صورت آن را با عنوان «**اصل ارشمیدس**» بیان می‌کنیم.

هرگاه قانون ارشمیدس را با برهان (Demonstration) اثبات کنیم، شایسته است نام و عنوان «قضیهٔ ارشمیدس» را به کار بریم. «قضیه ارشمیدس» به شرح زیر به وسیلهٔ ریاضی‌دان و مهندس هلندی استوَن (stevin ۱۵۴۸ ـ ۱۶۲۰م) اثبات شده است.

برهان استون

مطابق شکل بالا مایعی [یا گازی] در حال تعادل است. حجمی از این مایع محدود به پوشش E به وزن $\vec{P}$ را درنظر می‌گیریم. این حجم فرضی مایع نیز درحال تعادل است. بر این حجم مفروض مایع، از سوی مایع باقی مانده، نیروهای فشاری $\vec{f}_1$ و $\vec{f}_2$ و $\vec{f}_3$ و... وارد می‌شود. بنابراین $\vec{R}$، برآیند این نیروها، با وزن $\vec{P}$ از لحاظ اندازه برابر و از لحاظ سو متقابل است.

حال فرض می‌کنیم مایع گنجیده شده در E بدون تغییر حجم منجمد شده و وزن آن $\vec{P}$ و نیروهای $\vec{f}_1$ و $\vec{f}_2$ و $\vec{f}_3$ و... نیز بدون تغییر باقی مانده است. این جسم جامد غوطه‌ور بر اثر دو نیروی برابر و متقابل در حال تعادل است. بنابراین «قضیهٔ ارشمیدس» به صورت زیر بیان می‌شود.

اگر جسم جامدی در مایع در حال تعادل کاملاً غوطه‌ور باشد مجموع نیروهایی که از طرف مایع بر جسم غوطه‌ور وارد می‌شود دارای برآیندی است مانند $\vec{R}$ که در امتداد قائم، به طرف بالا، دارای اندازه‌ای برابر اندازهٔ وزن مایع جابه‌جا شده است.

$\vec{R}$ را نیروی رانش ارشمیدس (La possée d'Archiméde) می‌نامند و نقطهٔ اثر آن به نام مرکز رانش، مرکز گرانش مایع جابه‌جا شده است.[۱۲]

■

* دکتر مهشید مشیری، سه گفتار درباره فارسی، دانشگاه هرمزگان، چاپ ۱۳۷۴، ص ۱۳

مراجع مکانیک

۱. مرجع ۱۱، ج
۲. مرجع ۱۱، الف و ب
۳. مرجع ۲ و ۹ ذیل واژه مکانیک و
BERNARD ROULET PROFESSEUR à L'UNIVERSITÉ PARIS NOUVEL AUTODIDACTIQLLE QUILLET 1993, PAG 145
۴. مرجع ۱ ذیل واژه مکانیک
۵. احصاءالعلوم، ترجمهٔ حسین خدیوجم، انتشارات بنیاد فرهنگ ایران، ۱۳۴۸، ص ۸۹
۶. همان
۷. مفاتیح‌العلوم خوارزمی، ترجمه حسین خدیوجم، مرکز انتشارات علمی و فرهنگی، سال ۱۳۶۲، ص ۲۳۵
۸. احمدبن موسی‌بن شاکر خراسانی، الحیل، ترجمه دکتر مهندس سرفراز غزنی، مؤسسهٔ چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، ۱۳۷۲

مراجع سرعت وشتاب

۱. اینشتین، سیر تکاملی فیزیک، ترجمه احمد آرام، تهران، علمی، ۱۳۲۷، ص ۲۱
۲. در کتاب‌های درسی دبیرستانی و دانشسراها در سال‌های ۶۰ ـ ۱۳۵۰
۳. مرجع ۶، ب
۴. مرجع ۸ و ۱۰
۵. مرجع ۱۱، الف
۶. مرجع ۹
۷. مرجع ۱۰

مراجع قانون ارشمیدس

۱. مرجع ۱ و ۴
2. HARIS BENSON/ University Physics John Wiley, 1991, pag 3
۳. مرجع ۱
۴. مرجع ۲ ذیل علوم متعارفه
۵. مرجع ۱۱
۶. دکتر محمد خوانساری، فرهنگ اصطلاحات منطقی، انتشارات بنیاد فرهنگ ایران، ذیل «اصل موضوع»
۷. هالیدی، فیزیک جلد اول ـ ترجمه مهدی گلشنی، ۱۳۶۳ ص ۴۴۶
۸. HARIS...، همان کتاب
۹. مرجع ۲
۱۰. مرجع ۱۱ ـ ج
۱۱. دکتر محمد خوانساری ـ همان کتاب ذیل قضیه
12. R. FAUCHER, Physique. Hatier 1958 page 163.

جایزه نوبل فیزیک

سال ۲۰۰۳

منیژه رهبر

فیزیک کوانتومی که جهان میکروسکوپی را کنترل می کند دارای گسترهٔ وسیعی از اثرهای تماشایی است که اغلب در دنیای ماکروسکوپی معمولی به وقوع نمی پیوندند. به هر حال، در بعضی موارد پدیده های کوانتومی قابل مشاهده اند. جایزه نوبل فیزیک امسال به کار در این موارد داده شده است: ابررسانایی و ابرشارگی. **الکسی ابریکوزف**[1] **و ویتالی گینزبرگ**[2] که نظریه هایی را برای ابررسانایی گسترش داده اند و **آنتونی لگت**[3] یک نوع ابرشارگی را توجیه کرده است. هر دوی ابررسانایی و ابرشارگی دردماهای بسیار پائین رخ می دهند.

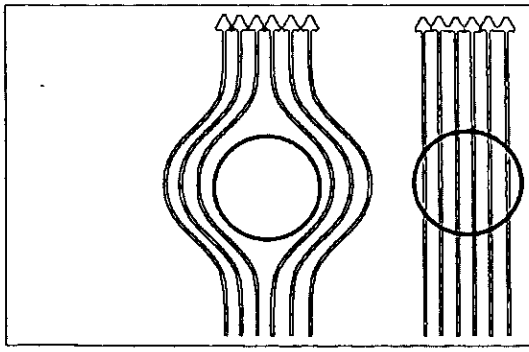
جریان بدون مقاومت
یک اثر سرد غیر منتظره

هنگامی که برای اولین بار در قرن ۱۹ پژوهش هایی دربارهٔ ماهیت الکتریسیته انجام می گرفت، معلوم شد که بعضی آلیاژها می توانند با به حرکت درآوردن الکترون ها در بین اتم ها الکتریسیته را هدایت کنند. اما حرکت بی نظم الکترون ها باعث ارتعاش اتم ها می شود، در نتیجه گرما به وجود می آید. اگر جریان بسیار شدید باشد، گرما به اندازه ای زیاد خواهد بود که رسانا ذوب می شود. به علاوه، معلوم شد که جریان الکتریکی در رسانا میدان مغناطیسی به وجود می آورد که به نوبهٔ خود جریانی در جهت مخالف تولید می کند. الکتریسیته و مغناطیس بر هم کنش می کنند و اثریکدیگر راخنثی می سازند.

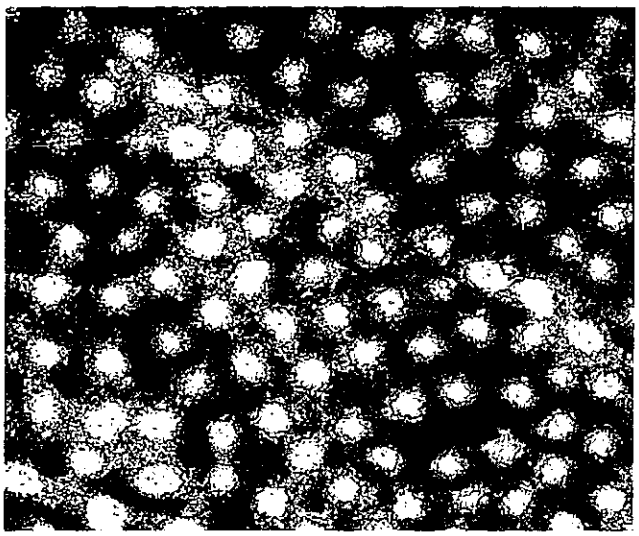
در سال ۱۹۱۱ فیزیکدان هلندی **هیک کامرلینگ اونز**[4] موفق به کشف قابل ملاحظه ای شد. او که به ویژگی های مواد دردماهای کم علاقه ای خاص داشت موفق به تولید هلیم مایع شده بود که دمای آن بسیار کم است. وقتی اونز رسانایی الکتریکی جیوه را بررسی کرد، متوجه شد که این فلز وقتی با هلیم مایع، تا چند درجه بالای صفر مطلق خنک شود، مقاومت الکتریکی اش از بین می رود. او این پدیده را *ابررسانایی* نامید. اگر چه هیچ توجیه نظری برای این پدیده پیدا نشد، اما معلوم بود که می تواند تأثیر بسیاری بر جامعهٔ جدید که وابستگی فزاینده ای به الکتریسیته پیدا می کرد، داشته باشد. اونز برای این کار جایزهٔ نوبل فیزیک سال ۱۹۱۳ را دریافت کرد.

ابررسانایی از دو نوع

تقریباً ۵۰ سال طول کشید تا فیزیکدانان **جان باردین**[5]، **لئون کوپر**[6] و **رابرت شریفر**[7] (برندگان جایزهٔ نوبل فیزیک سال



شکل ۱ـ ابررسانای نوع I میدان مغناطیسی را دفع می کند (اثر مایسنر). اگر شدت میدان مغناطیسی افزایش یابد، خاصیت اَبَررسانایی این نوع ابررسانا از بین می رود. برای ابررسانای نوع II این واقعه رخ نمی دهد و آن ها می توانند با پذیرش میدان‌های مغناطیسی قوی آن ها درخود جا دهند.



شکل ۲ـ این تصویر شبکهٔ ابریکوزوفی از گرداب‌های درشارهٔ الکترونی در ابررسانای نوع II است. میدان مغناطیسی از این گرداب‌ها می‌گذرد.

۱۹۷۲) توانستند نظریه‌ای را ارائه کنند (نظریهٔ BCS با توجه به حروف اول نام فامیل آن‌ها) که این پدیده را توضیح می‌داد. این نظریه نشان می‌دهد که بعضی از الکترون‌های دارای بار منفی، در ابررسانا زوج‌هایی را تشکیل می‌دهند که به زوج‌های کوپر معروف‌اند. این زوج الکترون‌ها در امتداد کانال‌های جذب‌کننده‌ای حرکت می‌کنند که از ساختار اتم‌های فلزی با بار مثبت تشکیل شده است. درنتیجه این ترکیب و بر هم کنش جریان می‌تواند به‌طور یکنواخت حرکت کند و ابررسانایی به وجود می‌آید. الکترون‌های زوج شده را معمولاً مادهٔ چگالی چون قطره‌های مایع تشکیل شده در گاز خنک شده در نظر می‌گیرند.

بر خلاف مایع معمولی این «مایع الکترونی» ابررساناست.

این اَبَر رساناها را نوع ـ I می‌نامند. آنها فلزند و با اثر مایسنر[۸] مشخص می‌شوند، یعنی، در حالت ابررسانا آنها با میدان مغناطیسی اطراف خود تا زمانی که شدت آن به یک حد معین نرسیده است، مخالفت می‌کنند (شکل ۱). اگر میدان مغناطیسی اطراف بسیار شدید شود، خاصیت ابررسانایی از بین می‌رود. اما می‌دانیم که ابررساناهایی وجود دارند که فاقد اثر مایسنر هستند یا آن‌را تا اندازه‌ای از خود نشان می‌دهند. این ابررساناها معمولاً فلزات مختلف یا ترکیب‌هایی هستند که از غیرفلز و فلز تشکیل شده‌اند. آنها حتی درمیدان مغناطیسی شدید خاصیت ابررسانایی را حفظ می‌کنند.

آزمایش‌ها نشان می‌دهند که ویژگی‌های این به اصطلاح ابررسانایی نوع ـ II را نمی‌توان با نظریهٔ BCS توضیح داد.

الکسی ابریکوزوف که در انستیتوی **کاپیتزا**[۹] برای مسئله‌های فیزیکی در مسکو کار می‌کرد، موفق به فرمول‌بندی نظریهٔ جدیدی برای توضیح این پدیده شد. نقطهٔ شروع کار او توصیف نوعی ابررسانایی بود که در آن چگالی مادهٔ چگال ابررسانا به کمک یک پارامتر نظم (یک تابع موج) به حساب می‌آمد. ابریکوزوف توانست به صورت ریاضی نشان دهد که چگونه پارامتر نظم می‌تواند گرداب‌ها را توصیف کند و چگونه میدان مغناطیسی خارجی می‌تواند در امتداد کانال‌های موجود در این گرداب‌ها نفوذ کند. همین‌طور ابریکوزوف توانست به تفضیل پیش‌بینی کند که چگونه تعداد این گرداب‌ها با افزایش شدت میدان زیاد می‌شود و چگونه ویژگی ابررسانایی درماده با همپوشان شدن قسمت مرکزی این گرداب‌ها از میان می‌رود. این توصیف گام نخست درمطالعهٔ مواد ابررسانای جدید بود و هنوز درساخت و تجزیه تحلیل ابررساناهای جدید و آهنرباها به کار می‌رود. به مقاله‌های او از اواخر سال ۱۹۵۰ در ده سال اخیر بیش از پیش ارجاع داده می‌شود.

نظریه‌ای را که بحث ابریکوزوف بر مبنای آن بود را ویتالی گینزبرگ در **ولولاندآو**[۱۰] (که جایزهٔ نوبل فیزیک سال ۱۹۶۲ را برای این کار دریافت کرد) فرمولبندی کردند. هدف این نظریه توصیف ابررسانایی و شدت‌های میدان مغناطیسی

شکل ۳ـ تصویر MRI از مغز انسان. تفکیک دوربین تشدید مغناطیسی تا اندازه‌ای به شدت مغناطیسی بستگی دارد. امروزه از آهنرباهای ابررسانای با شدت زیاد استفاده می شود که همهٔ آن ها از نوع IIهستند.

بحرانی در ابررساناهای شناخته شده در آن زمان بود. گینزبرگ و لاندأو متوجه شدند که پارامتر نظم (تابع موج) بیانگر چگالی مادهٔ چگال ابررسانا در ماده را باید به صورتی درنظر گرفت که گویا می خواهیم بر هم کنش میان ابررسانا و مغناطیس را توصیف کنیم. وقتی این پارامتر وارد شد، معلوم بود با رسیدن به مقدار مشخصهٔ تقریباً ۰/۷۱ نقطه‌ای بحرانی به دست می آید و اصولاً دو نوع ابررسانا وجود دارد. برای جیوه این مقدار تقریباً ۰/۱۶ و برای سایر ابررساناهای شناخته شده در آن زمان مقادیر نزدیک به آن به دست آمد. بنابراین، در آن زمان دلیلی برای در نظرگرفتن مقادیر بالاتر از نقطهٔ بحرانی وجود نداشت. ابریکوزوف با نشان دادن اینکه ابر رساناهای نوع II دقیقاً دارای این مقادیر هستند توانست نظریه را به کار اندازد.

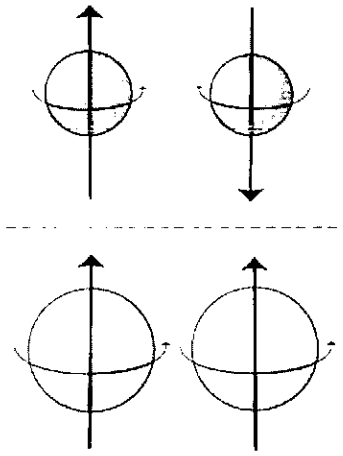
شناخت ما از ابررساناها به کاربردهای انقلابی انجامید (شکل ۳). ترکیب‌های جدید با ویژگی‌های ابررسانایی به صورت مداوم کشف شدند. در چند دههٔ اخیر تعداد زیادی از ابررساناهای دما ـ بالا توسعه یافته‌اند. اولین آنها را **گئورگ بدنورز**[11] و **الکس مولر**[12] تولید و جایزهٔ نوبل فیزیک ۱۹۸۷ را دریافت کردند. تمام ابررساناهای دما ـ بالا از نوع II هستند. خنک سازی عامل مهمی برای استفاده از ابررساناهاست. یک حد مهم ۷۷K(۱۹۶°c-)، نقطهٔ جوش نیتروژن مایع است، که از هلیم مایع ارزان‌تر و کار با آن آسان‌تراست.

دو اَبَرشارهٔ جذاب

سبک‌ترین گاز نادر، هلیم، در طبیعت به دو صورت یعنی دو ایزوتوپ وجود دارد. صورت متداول آن He^4 است که ۴ تعداد نوکلئون‌های موجود درهستهٔ اتم (متشکل از دو پروتون و دو نوترون) است. در هلیم طبیعی فراوانی ایزوتوپ سنگین‌تر با ضریب حدود ۱۰ میلیون بیش از ایزوتوپ سبک‌تر است. بدین سبب است که فقط در ۵۰ سال اخیر تولید مقدار زیاد He^3، مثلاً در نیروگاه‌های هسته‌ای، امکان‌پذیرگشته است. در دماهای متعارفی تفاوت دو گاز فقط در وزن اتمی آنهاست.

اگر گاز هلیم تا دماهای کم، تقریباً ۴ درجه بالاتر از صفر مطلق ۲۶۹/۱۵°- ، سرد شود، گاز مایع یعنی چگالیده می‌شود. این عمل به همان صورتی انجام می شود که بخار به آب چگالیده می‌شود. اگر دما بسیار پائین نباشد، مایع دو ایزوتوپ دارای ویژگی های مشابه اند. در این مورد، البته، از هلیم طبیعی استفاده می شود که شکل متداول و ارزان آن He^4 است.

اگرهلیم مایع تا دماهای حتی کمتر خنک شود، تفاوت بارزی میان مایع های دو ایزوتوپ به وجود می‌آید! اثرهای کوانتوم فیزیکی ظاهر می شوند که باعث از میان رفتن مقاومت این مایعات دربرابر حرکت داخلی می‌شود، و آنها اَبَرشاره می‌شوند. این پدیده برای دو اَبَرشاره در دماهای متفاوت رخ می دهد و آنها گستره‌ای از ویژگی های جالب توجه، مانند



شکل ۴ـ تشکیل زوج در اَبَرشارهٔ ^3He با آنچه بین الکترون‌ها در ابررسانا رخ می دهد (زوج کوپر) متفاوت است. خواص مغناطیسی اتم‌های هلیم همگام با یکدیگر عمل می کند، در حالی که خواص به الکترون ها بر خلاف هم عمل می کنند.

جریان از منفذهای موجود در ظرفی که درآن قرار دارند، را به نمایش می گذارند. این اثرها را تنها می توان با فیزیک کوانتومی توضیح داد.

کشف‌های تاریخی

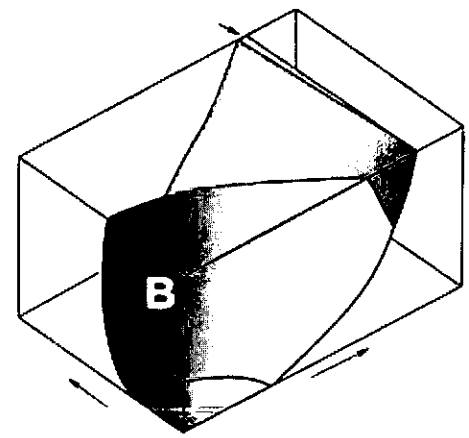
این واقعیت را که ^4He اَبَرشاره می شود **پیوتر کاپیتزا**[۱۳] و دیگران در اواخر سال‌های ۱۹۳۰ کشف کردند. این پدیده را بلافاصله نظریه پرداز جوان لولاندأو توضیح داد، که برای این کار جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۶۲ به او اعطا شد. (به کاپیتزا نیز جایزهٔ نوبل فیزیک داده شد و لی این کار در سال ۱۹۷۸ صورت گرفت.) تبدیل از مایع عادی به مایع ابررسانا، که برای ^4He تقریباً در ۲ درجه بالای صفر مطلق صورت می گیرد، مثالی از چگالش بوز ـ اینشتین است، فرایندی که اخیراً در گازها نیز مشاهده شده است، این کشف غیر منتظره نبود. با توجه به نظریهٔ میکروسکوپی ابررسانایی که باردین، کوپر، و شریفر در سال‌های ۱۹۵۰ ارائه کردند، ساز و کاری برای این پدیده وجود دارد که تشکیل زوج کوپراست، نظیر این پدیده باید در ^3He نیز رخ دهد (شکل ۴)

ابر شارهٔ گوناگون

نظریه پردازی که برای اولین بارموفق به توضیح ویژگی‌های ابرشارهٔ جدید به صورت تعیین کننده‌ای شد **آنتونی لگت** بود، که در سال‌های ۱۹۷۰ در دانشگاه سایپکس درانگلستان کار می کرد. نظریه او به آزمایشگران امکان داد تا نتیجه‌های خود را تعبیر کنند و چارچوبی برای توجیه نظام‌مند به وجود آورد. نظریهٔ لگت، که ابتدا برای اَبَرشارگی در ^3He فرمولبندی شد، در سایر زمینه‌های فیزیک مانند فیزیک ذرات و کیهان‌شناسی نیز سودمند بوده است.

به عنوان اَبَرشاره، ^3He از زوج اتم‌هایی تشکیل شده است که ویژگی های آن از اَبَرشاره ^3He بسیار پیچیده‌تر است. به ویژه زوج اتم‌های اَبَرشاره دارای خاصیت مغناطیسی هستند، که به معنی ناهمسانگرد بودن مایع است، یعنی ویژگی های آن در جهت‌های مختلف تغییر می کند. این واقعیت در آزمایش هایی به کار رفت که بلافاصله پس از کشف این موضوع انجام شد. با استفاده از اندازه‌گیری‌های مغناطیسی معلوم شد که اَبَرشاره دارای خواص بسیار پیچیده است، و سه حالت مختلف از خود نشان می دهد. این سه حالت ویژگی های متفاوت داشتند و نسبت آن ها درمخلوط تابع دما، فشار، و میدان‌های مغناطیسی خارجی است (شکل ۵)

اَبَرشارهٔ ^3He ابزاری است که پژوهشگران می توانند آن را در آزمایشگاه برای مطالعهٔ پدیده‌های دیگر نیز به کار ببرند. به ویژه، به وجود آمدن تلاطم در اَبَرشاره را اخیراً برای مطالعهٔ چگونگی تبدیل نظم به آشوب به کار گرفته اند (شکل ۶). این پژوهش ممکن است به شناخت بهتر از راه‌های به وجود آمدن تلاطم شود که یکی از آخرین مسئله های حل نشدهٔ فیزیک کلاسیک است.



شکل ۵ ـ آبَرشارهٔ ^3He می‌تواند در سه حالت A، A_1، B وجود داشته باشد، نوع حالت را فشار، دما و میدان مغناطیسی با توجه به نمودار حالت شکل تعیین می‌کند.

مشخصات برندگان

الکسی . ا . ابریکوزوف

تبعه امریکا (و روسیه) . متولد ۱۹۲۸ (۷۵ ساله) در مسکو، شوروی سابق. درجهٔ دکتری درسال ۱۹۵۱ درانستیوی مسائل فیزیکی، مسکو.

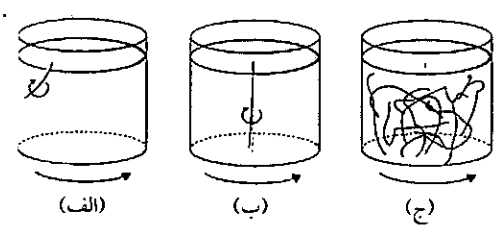
دانمشند برجستهٔ آزمایشگاه ملی ارگون، ارگون ـ ایلینویز، امریکا.

ویتالی ال . گینزبرگ

تبعهٔ روسیه، متولد ۱۹۱۶ (۸۷ ساله) در مسکو، روسیه. درجهٔ دکتری فیزیک از دانشگاه مسکو، رئیس قبلی گروه نظری در انستیوی فیزیک لبدوف، مسکو، روسیه.

آنتونی جی . لگت

تبعهٔ انگلستان و امریکا. متولد ۱۹۳۸ (۶۵ ساله) در لندن، انگلستان. درجه دکتری فیزیک درسال ۱۹۶۴ از دانشگاه آکسفورد. استاد مک آرتور در دانشگاه ایلینویز در اوربانا ـ کمپین، امریکا.



شکل ۶ـ اخیراً نشان داده شده است که اگر گردابی درظرف چرخان حاوی آبَرشارهٔ ^3He به وجود آید (الف). نتیجه می‌تواند به‌طور حساسی وابسته به دما باشد. دربالاتر از یک دمای بحرانی گرداب‌ها در امتداد محور دوران ردیف می شوند (ب). در زیر دمای بحرانی گرداب‌ها در هم برهم خواهند بود (ج).

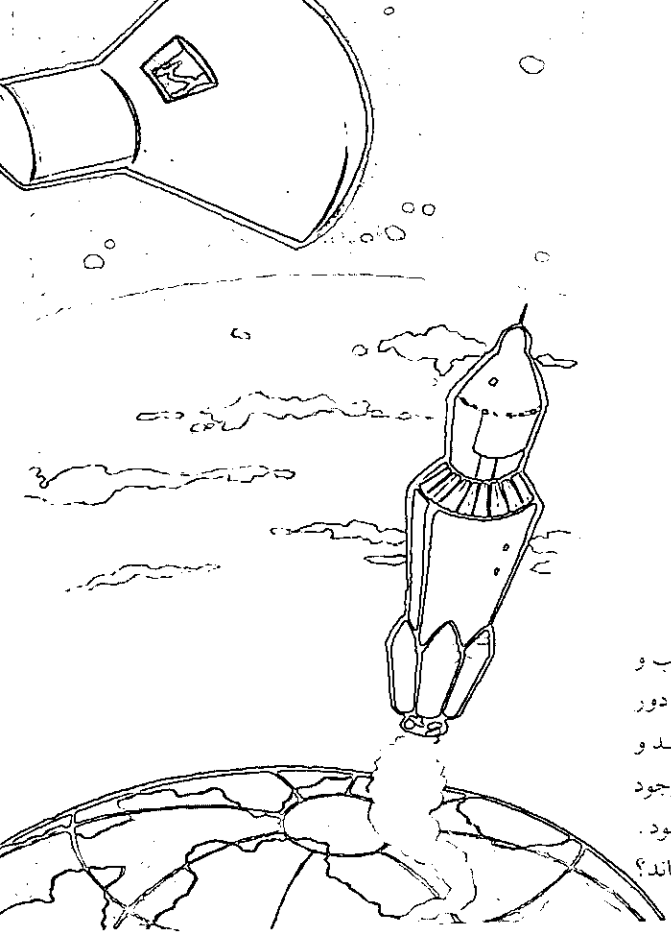
زیرنویس

1. Alexi Abrikosov
2. Vitaly Ginzberg
3. Anthony leggett
4. Heike Kamerlinghonnes
5. John Bardeen
6. Leon Cooper
7. Robert schrieffer
8. Meissner ffect
9. Kapitsa
10. Lev Landau
11. Georg Bednorz
12. Alex Müller
13. Pyotr Kapitsa

شما چه فکر می‌کنید؟

حسن قلمی باویل علیایی

شمع روشن در درون سفینه فضایی



دو شمع روشن را یکی در درون موشک در حال پرتاب و دیگری را در درون موشکی که در مداری دور از زمین به دور آن می‌چرخد، در نظر بگیرید. شمع‌ها می‌سوزند و دیوکسیدکربن تولید می‌کنند. یکی از شمع‌ها به علت وجود جریان همرفت روشن می‌ماند و دیگری خاموش می‌شود. به نظر شما کدام خاموش می‌شود و کدام یک روشن می‌ماند؟ شما چه فکر می‌کنید؟

منشور یا مَوشور؟

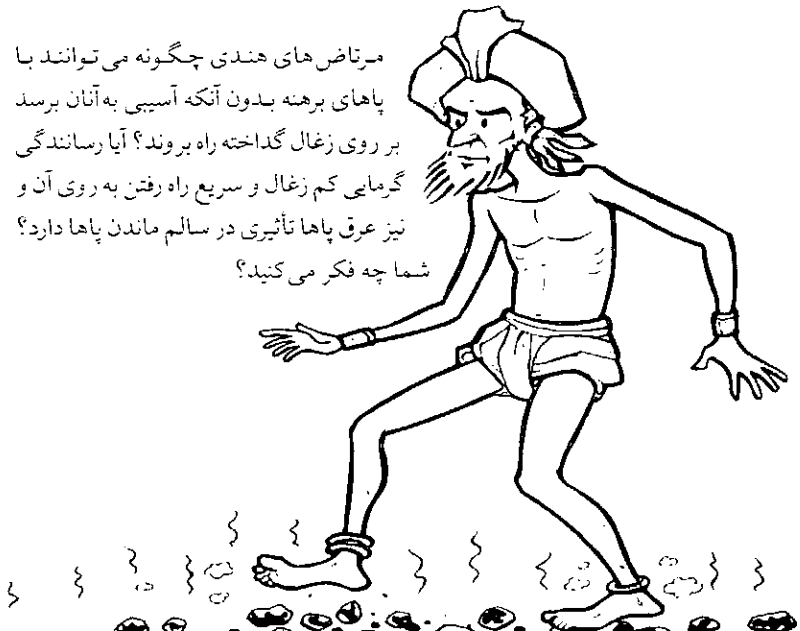
محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر

یکی از واژه‌هایی که به اشتباه در کتاب‌های درسی دبیرستان و دانشگاه جاافتاده است عبارت منشور است. این واژه در واقع به‌جای واژهٔ انگلیسی Prism به‌کار برده می‌شود. حال اگر به یک فرهنگ لغت مراجعه شود مشاهده می‌کنیم که در برابر عبارت منشور معانی زیر آمده است:

«لغتی عربی به معنی اعلامیه، فرمان، فرمان پادشاهی و نامهٔ سرگشاده.» جالب است که فرهنگ‌های لغت در برابر عبارت مَوشور چنین می‌آورند: «قطعه‌ای بلور که دارای قاعدهٔ مثلث است و نور را تجزیه می‌کند. عبارتی عربی است و جمع آن مواشیر می‌شود.»

بنابراین آنچه که باید در کتاب‌های درسی ما در برابر عبارت Prism قرار گیرد «مَوشور» و نه «منشور» است و این مورد باید در ترجمه و تألیف کتاب‌های درسی لحاظ شود.

راه رفتن روی زغال گداخته!



مرتاض‌های هندی چگونه می‌توانند با پاهای برهنه بدون آنکه آسیبی به آنان برسد بر روی زغال گداخته راه بروند؟ آیا رسانندگی گرمایی کم زغال و سریع راه رفتن به روی آن و نیز عرق پاها تأثیری در سالم ماندن پاها دارد؟ شما چه فکر می‌کنید؟

آزمایش های عملی توسط یك آزمونگر ولتاژ

ام. جونوسکا، آ. تیون‌تف و اُ. زاجکف
مترجم: محمد تقی زائری

در این مقاله آزمایش‌های خیلی مفید و جالبی مطرح می‌کنیم که کاملاً ساده‌اند و توسط معلمان یا دانش‌آموزان می‌توانند انجام شوند. لوازم مورد نیاز برای این آزمایش‌ها گران نیست. وسیلهٔ مهم هر آزمایش «آزمونگر ولتاژ»[1] است که گاهی اوقات «پیچ گوشتی نئون»[2] نیز نامیده می‌شود.

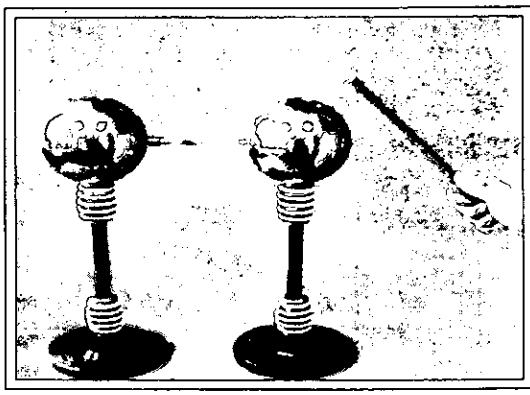
۱) جداسازی بارها توسط القای الکتریکی

جدا کردن بار در یک جسم رسانای دارای پایهٔ عایق می‌تواند بدون تماس با آن انجام شود.[3و2] این جداسازی می‌تواند توسط یک آزمونگر ولتاژ نشان داده شود.

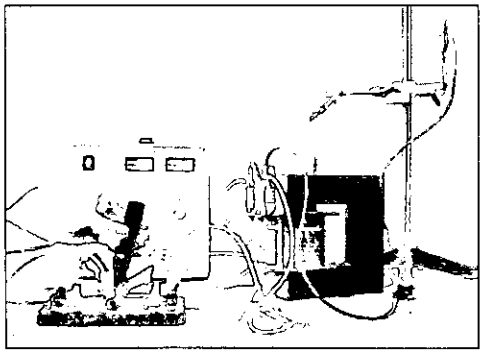
فرض کنید یک میلهٔ باردار منفی را به یکی از دو کرهٔ فلزی یکسان دارای پایهٔ عایق نزدیک کنیم. به طوری که یک آزمونگر ولتاژ بین آن دو واقع شود و در تماس با هر دوی آنها باشد (شکل ۱).

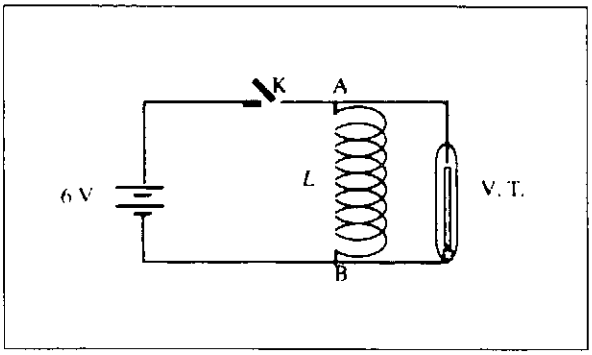
همان گونه که می‌دانیم، الکترون‌ها به کرهٔ سمت چپ رانده می‌شوند. این شارش جریان توسط آزمونگر ولتاژ نشان داده می‌شود. بعد از به حال سکون درآمدن میلهٔ باردار نزدیک کره، آزمونگر ولتاژ روشن نخواهد شد. جداسازی بار در آن زمان کامل می‌شود و سیستم در حال تعادل است.

زمانی که میلهٔ باردار منفی از کره دور می‌شود، جریان بار در جهت مخالف صورت می‌گیرد و آزمونگر ولتاژ دوباره روشن خواهد شد. از آنجایی که نور آزمونگر ولتاژ خیلی ضعیف است، بنابراین آزمایش باید در یک اتاق تاریک انجام شود.



شکل ـ۱. زمانی که میلهٔ باردار منفی را نزدیک کره می‌آوریم، آزمونگر ولتاژ روشن می‌شود اما زمانی که میلهٔ باردار منفی را دور می‌کنیم، اتفاق یکسانی رخ می‌دهد و آزمونگر ولتاژ مجدداً روشن می‌شود.





شکل ـ ۲ . الف) تنظیم‌شده برای نمایش خودالقایی ب) هنگامی که کلید K بسته می‌شود، ولتاژ بین نقاط A و B فقط ۶ ولت است اما زمانی که کلید K قطع می‌شود در سیم‌پیچ دارای حدود ۱۰۰۰ دور، ولتاژ بالایی حدود ۲۲۰ ولت القا می‌شود. آزمونگر ولتاژ، ولتاژ بالا را نشان می‌دهد (روشن می‌شود). (برای افزایش اندوکتانس از سیم‌پیچ U شکل با هسته آهنی استفاده می‌شود.)

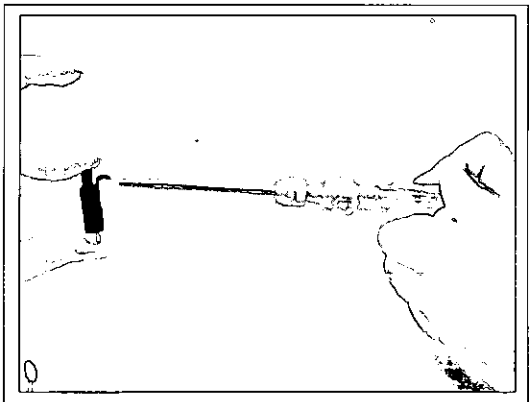
۲) به‌دست آوردن ولتاژ بالا از ولتاژ پایین توسط خودالقایی

آزمونگر ولتاژ در ولتاژهای ۱۰۰ ولت و بالاتر کار می‌کند. نیروی محرکهٔ القایی (emf) القاء شده در یک القاکننده می‌تواند با استفاده از یک لامپ نئون و سیم‌پیچ با هستهٔ آهنی نمایش داده شود (شکل ۲ـ الف و ۲ـ ب).

۳) آزمایش‌های دیگر

همچنین آزمونگر ولتاژ برای آزمایش‌های دیگر با ولتاژ بالا، به‌عنوان مثال باردار کردن یک میله توسط مالش یا تشخیص ولتاژ بالای تولید شده توسط دستگاه پیزو الکتریک[3] مفید است (شکل ۳). آزمونگر ولتاژ ممکن است به‌جای یک لامپ فلوئورسان برای نشان‌دادن ولتاژ بالای سیم‌پیچ ثانویهٔ یک ترانسفورماتور تسلا استفاده شود.

آزمایش‌هایی از این قبیل، لازم نیست کاملاً جدید باشند. اما متوجه می‌شویم که این آزمایش‌ها هنگامی که به عنوان تمرین‌های دانش‌آموز یا به‌عنوان پرسش‌های مفهومی آزمایشی در حین فرآیند آموزش فیزیک استفاده می‌شوند، خیلی مؤثر هستند.



شکل ـ ۳ . یک نوردهنده با یک مولد پیزو الکتریک، ولتاژ بالایی تولید می‌کند. می‌توانیم این را با یک آزمونگر ولتاژ نشان دهیم.

زیرنویس

1. The Voltage Tester
2. Neon Screwdriver
3. Piezo-electric

منبع

Jonoska, M., A. Tuntev, and O. Zajkov. (Jan. 2003). Hands-on Experiments with a Voltage Testers, *The Physics Teacher*, P. 14-15.

صعود طولانی از مرکز خورشید

فیل پلیت*
مترجم: صمد غلامی

ممکن است متوجه شده باشید که خورشید دو ویژگی بارز دارد. درخشان و داغ است. این دو به هم مرتبط هستند. منشأ گرمای خورشید تا نیمهٔ قرن بیستم، یعنی هنگامی که همجوشی هسته‌ای برای اولین بار به صورت ریاضی تحلیل شد، شناخته نشده بود. اگرچه حتی امروز هم نمی‌دانیم واقعاً چه اتفاقی در خورشید می‌افتد؛ اما تصور تقریباً خوبی از این وقایع داریم.

اصل مطلب این است که هنگامی که هستهٔ اتم‌های هیدروژن به شدت متراکم شوند به هم می‌آمیزند و اتم‌های هلیم را تشکیل می‌دهند. (فرایند واقعی کاملاً پیچیده‌تر از این است اما ترکیب برای تشکیل هلیم نتیجهٔ نهایی است.) این فرایند مقدار کمی انرژی آزاد می‌کند. حداقل هنگامی که این کار را یک بار انجام دهید. اما در هستهٔ خورشید در هر ثانیه میلیون‌ها تن هیدروژن تبدیل به هلیم می‌شود و بدین ترتیب مقدار عظیمی انرژی به شکل فوتون یا نور آزاد می‌شود. حال، این فوتون‌های آزاد شده باید از هستهٔ خورشید به سطح آن راه پیدا کنند. این مسافت ۷۰۰ هزار کیلومتر، یعنی تقریباً دو برابر مسافت ماه تا زمین است. بنابراین این کار مدتی طول می‌کشد. با این وجود نمی‌توان دقیقاً دانست که این زمان چقدر طول می‌کشد. مرکز خورشید بینهایت متراکم است و یک فوتون قبل از برخورد به هستهٔ هیدروژن مسافت کمی را می‌پیماید. این فوتون ممکن است توسط هسته‌های دیگر جذب و در جهت دیگری گسیل شود. معمولاً اگر جهت حرکت به طرف عقب مرکز خورشید باشد؛ فوتون موقعیت خود را از دست داده و دوباره جذب و بازگسیل می‌شود؛ این امر بارها وبارها و تریلیون‌ها مرتبه تکرار می‌شود. مسیری که فوتون طی می‌کند قدم زدن کاتوره‌ای (یا حرکت بی‌هدف یا تلوتلو) نامیده می‌شود. به هرحال فوتون راهش را به سطح خورشید پیدا می‌کند؛ اما زمان زیادی طول می‌کشد. میانگین این زمان، از لحظهٔ به وجود آمدن فوتون تا آزاد شدن آن از سطح خورشید در حدود یک میلیون سال است. بنابراین نوری که اکنون شما در سطح خورشید می‌بینید واقعاً بسیار قدیمی است؛ فوتون‌ها خیلی پیش از شروع تمدن ما به وجود آمده‌اند!

زیرنویس
* phil plait

IN THE NAME OF THE GOD

Physics Education Journal 67

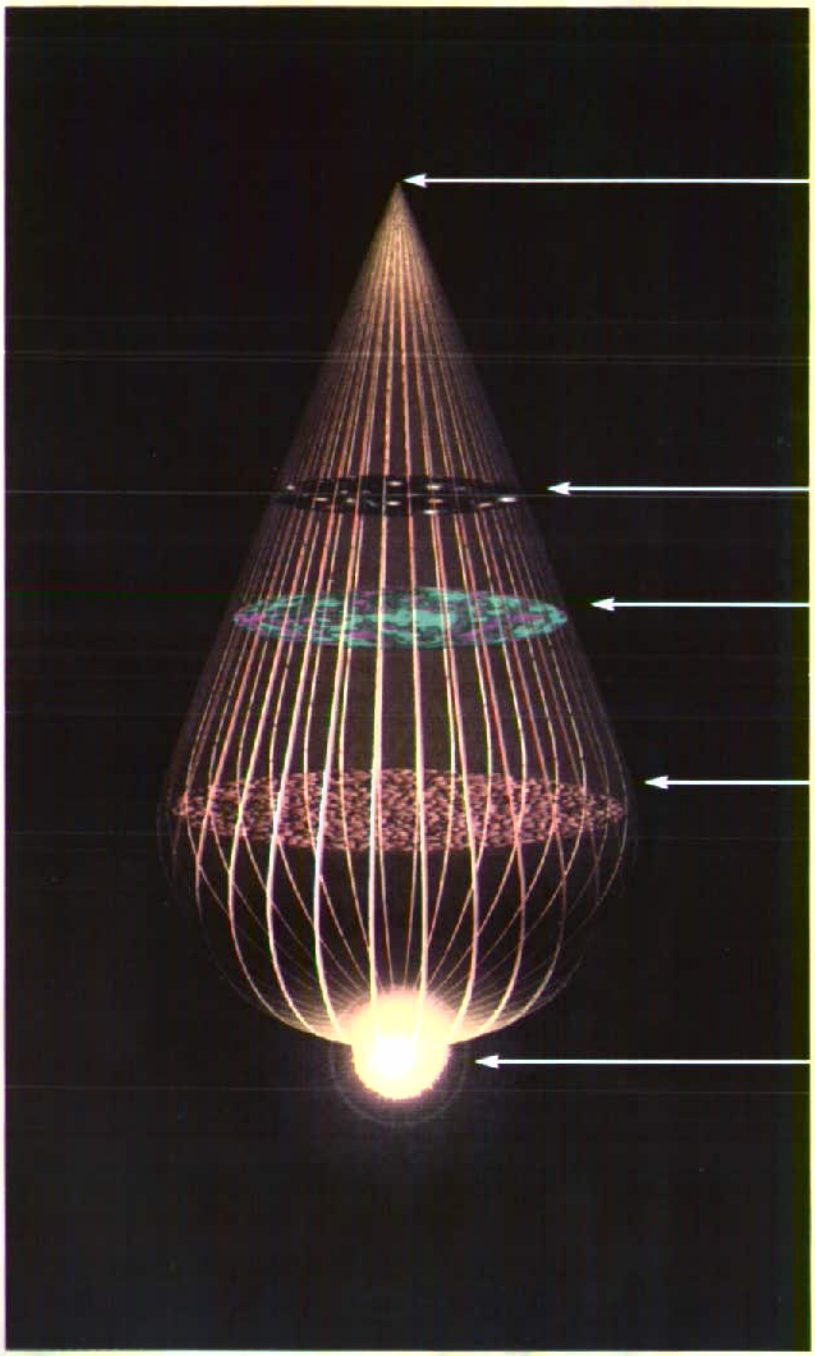
Vol.19 - No.67 - 2004
ISSN : 1606 - 917X

Test based education ◇ *by Editor* 2
Classroom assessment techniques ◇ *by Dayan. M. Enerson et al* 3
Educational experiences ◇ *by Jahangir Riazi* 8
Quantum world ◇ *by Ali Reza Erfan* 11
Little known facts about the common tuning fork ◇ *by Hamed sharghi* 12
Physics Puzzels 14
Comparison of two physics education Conferences ◇ *by Esfandiar Motamedi* 15
Engaging questions of Halliday's physics ◇ *by David Halliday et al* 17
What exactly is the North star? ◇ *by J.Elmore, Mt. J Juliet, Tenn* 23
Galaxy hunters in search of comic down ◇ *by Ron Kowen* 24
Clothing and insulaion ◇ *by Bloom Field* 32
An introduction to chaos ◇ *by David M. Harrison* 41
New doubts on dark energy ◇ *by Belle Dume* 49
Finding the root of hpysics words ◇ *by seyed Jafar Mehrdad* 50
Nobel prize in physics 2003 ◇ *by Manijeh Rahbar* 55
What do you think? ◇ *by Hassan olyaee* 60
Hands on experiments with a voltage tester ◇ *by M. Jonoska et al* 61
The long climb from the sun's core ◇ *by Phil Plait* 63

Ministry of Education
Organization of Research & Educational Planning
Teaching-Aids Publications Office

P.O. Box: 15875/6585
Department of Physics, Tehran-Iran

Managing Editor : Alireza Hajianzadeh
Editor-in-Chief : Manijeh Rahbar
Executive Director : Ahmad Ahmadi
Art Director : fariborz siamaknejad
Graphic Designer : Parvaneh Hadipour
Editors : Ahmad Ahmadi,
Jafar Mehrdad,Rouhollah Khalili,
Manigeh Rahbar,


ناظری که در این لحظه به گذشته نگاه می کند
کهکشان ها در ۵ بیلیون سال قبل
زمینه زیر موج
چگالی ماده باعث خم شدن مخروط نور به داخل می شود
تکینگی مهیانگ

مجلات رشد آگهی می پذیرند

سفر به ۱۴۰ هزار مدرسه و میلیون ها خانه با مجلات رشد

مجلات رشد (۹ ماهنامه و ۱۷ فصلنامه، با شمارگان ماهانه سه میلیون نسخه) با هدف اطلاع رسانی به دانش آموزان، معلمان، دست اندرکاران تعلیم و تربیت و خانواده ها برای دسترسی به کالاها و خدمات آموزشی ـ فرهنگی مناسب و به منظور کمک به انتخاب کالا و خدمات مورد نیاز و ارتقای فرهنگ مصرف، آگهی می پذیرد.

دفتر انتشارات کمک آموزشی
امور آگهی ها

دفتر انتشارات کمک آموزشی ناشر ماهنامه ها و فصلنامه های رشد:

کودک • نوآموز • دانش‌آموز • نوجوان • جوان • معلم • برهان • مدیریت مدرسه • آموزش ابتدایی
تکنولوژی آموزشی • آموزش فیزیک • آموزش زبان • آموزش ابتدایی • آموزش شیمی • آموزش ریاضی • آموزش زیست‌شناسی
آموزش تاریخ • تربیت بدنی • آموزش جغرافیا • هنر • زمین‌شناسی • آموزش معارف اسلامی • آموزش زیست‌شناسی