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

رشد آموزش فیزیک ۸۷

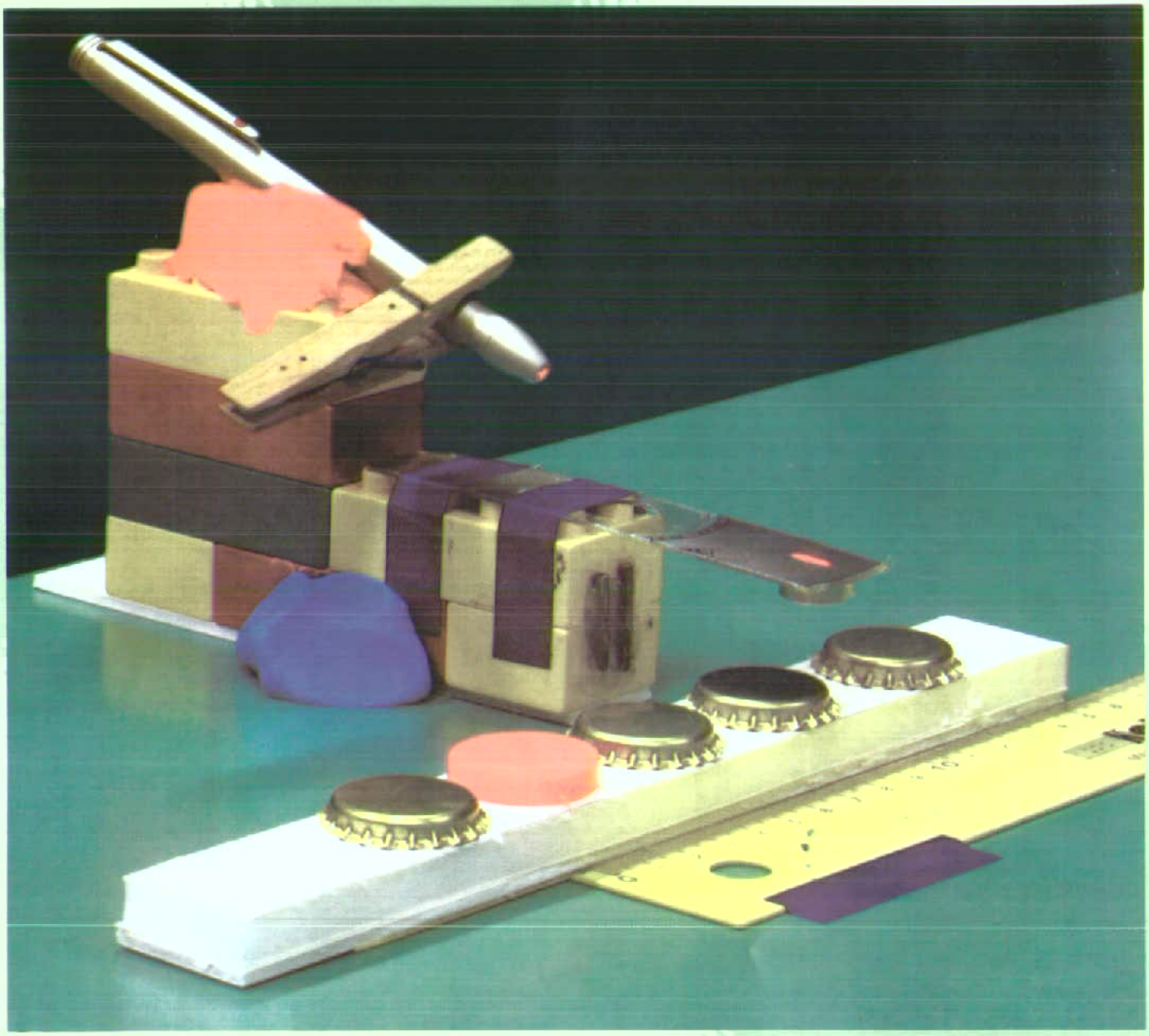
آموزشی، تحلیلی، اطلاع رسانی

دوره‌ی بیست و چهارم، شماره‌ی ۴، تابستان ۱۳۸۸، بها: ۴۰۰۰ ریال

www.roshdmag.ir

ISSN 1606 - 917X

◆سال جهانی نجوم ◆ نانو به مدرسه می‌رود ◆عجایب هفت گانه‌ی علم و فناوری ◆ گفت‌وگو با استاد پرشپور



مدلی از AFM (میکروسکوپ نیروی اتمی) که با موادی مانند چسب، قطعه‌های لگو، نواری از یک CD ی مستعمل، خمیر بازی، آهنربا، نشانگر لیزری و گیره‌ی لباس ساخته شده است. نمونه‌ای از «منظره‌ی اتمی» با تشتک ساخته شده است (نگاه کنید به مقاله‌ی نانو به مدرسه می رود)

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

دوره‌ی بیست و چهارم، شماره‌ی سوم، تابستان ۱۳۸۸

www.roshdmag.ir
ISSN : 1606-917X

شمارگان : ۹۲۰۰ نسخه
چاپ : شرکت افست (سهامی عام)
تلفن امور مشترکین : ۸۸۸۳۹۱۸۶
تلفن دفتر مجله : ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱ داخلی : ۲۷۱
نشانی دفتر مجله : تهران، صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۶۵۸۵
صندوق پستی امور مشترکین : ۳۳۳۱ - ۱۵۸۷۵
پیام‌گیر نشریات رشد : ۸۸۳۰۱۴۸۲-۸۸۸۳۹۲۳۲
مدیر مسئول : ۱۰۲
دفتر مجله : ۱۱۳
امور مشترکین : ۱۱۴

رشد آموزش فیزیک ۸۷

آموزشی، تحلیلی، اطلاع‌رسانی

تصویر روی جلد؛
خواجه نصیرالدین طوسی منجم برجسته ایرانی

مدیر مسئول: محمد ناصری
سردبیر: دکتر منیژه رهبر
مدیر داخلی: احمد احمدی

ویراستار: منیژه رهبر
طراح گرافیک: پروانه هادی‌پور رحیم آبادی
هیات تحریریه: احمد احمدی، روح الله خلیلی بروجنی
منیژه رهبر، سید جعفر مهرداد

سال جهانی نجوم	۲	سردبیر
نوآوری و خلاقیت در محیط آموزشی	۳	جهانگیر ریاضی
آهنگ تغییر در برنامه‌های درسی و آموزشی	۶	اسفندیار معتمدی
نانو به مدرسه می‌رود	۷	گورازد پلانیسیچ و همکاران
کاهش شکاف جنسیتی در کلاس‌های فیزیک	۱۴	مرسدس لورنزو و همکاران
پژوهش علمی چیست؟	۲۰	بخش فیزیک دانشگاه آریزونا
نمایش هیجان‌انگیز فیزیک	۲۶	یرل واکر
مرزهای فیزیک	۳۰	منیژه رهبر
نوسان لوله‌ی شناور	۳۷	حسن اتحاد مهرآباد
عجایب هفت‌گانه‌ی علم و فناوری	۴۰	آزیتا سیدفدایی
نمودارهای جسم آزاد: لازم یا کافی	۴۳	دیوید روزنگرانت و همکاران
اَبَرقهرمانان به آموزش فیزیک کمک می‌کنند	۴۸	خوئان سابین و همکاران
مسئله‌ای چالش‌برانگیز برای معلمان و دانش‌آموزان	۵۰	دان استین
پرسش‌های فرمی	۵۱	لاری واینشتاین
گفت‌وگو با استاد پزشپور	۵۳	
ما و خوانندگان	۶۳	

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 باشد، 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 حاشیه‌ی 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 ضمیمه مقاله باشد.
- ✓ در منتهای 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 صفحه‌ی مورد استفاده باشد.

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

✓ آرای مندرج در مقاله‌ها، ضرورتاً بیان 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.

سال جهانی نجوم

منیژه رهبر

در سال ۱۶۰۹ میلادی گالیله با تلسکوپی که ساخته بود به مشاهده‌ی آسمان پرداخت و از آن‌چه دید شگفت‌زده شد. او دریافت که ماه شبیه بیابانی برهوت است، روی خورشید لکه‌های سیاهی وجود دارد، راه شیری از ستارگان کم‌سوی بی‌شماری تشکیل شده است، و مشتری دارای تعدادی قمر است. بدین‌ترتیب فصل تازه‌ای در اخترشناسی متکی به مشاهده آغاز و ضربه‌های کاری بر عقاید ارسطویی مبنی بر جاودانگی و کمال افلاک و گردش همه‌ی اجرام آسمانی به دور زمین وارد شد. اکنون در سال ۲۰۰۹ پس از چهارصد سال از این رویداد تحولات گسترده‌ای در این حوزه به‌وجود آمده است. به این مناسبت انجمن بین‌المللی نجوم و یونسکو امسال را سال جهانی نجوم نامیده‌اند.

گستره‌ی آسمان همواره صحنه‌ای جذاب و کنجکاوی‌برانگیز برای افراد بشر در دوران مختلف بوده است. طلوع و غروب خورشید، درخشش ماه و ستارگان، کسوف و خسوف همگی توجه ساکنان زمین را به خود جلب کرده‌اند. درواقع، سراسر عالم آزمایشگاهی جذاب، شگفتی‌برانگیز و بی‌انتهاست که با سخاوت تمام در اختیار تمام کسانی قرار دارد که بخواهند با توجه دقیق و کنجکاوی به گوشه‌ای از عظمت بی‌کران، نظم و قانون‌مندی اعجاب‌برانگیز آن پی‌ببرند و با بهره‌گیری از قانون‌های حاکم بر آن علاوه بر لذت بی‌پایان ناشی از شناخت، آن را در جهت بهره‌گیری از نعمت‌های خداوند به‌کار گیرند.

آسمان صاف و زیبای ایران نیز همواره توجه این ملت را به پژوهش در این زمینه جلب کرده است. در آیین‌های کهن ایران، آسمان، خورشید، و ستارگان جایگاهی ویژه داشتند و در شاهنامه‌ی فردوسی به اشاره‌های بسیاری به ستاره‌شناسی و ابزارهای نجومی در دوران اساطیری برمی‌خوریم. شاید بارزترین جلوه‌ی این نوع فعالیت‌ها را بتوان در زیگورات «چغازنبیل» در نزدیکی شوش مشاهده کرد. ایرانیان باستان از نجوم برای جهت‌یابی به کمک ستارگان در مسافرت‌های زمینی و دریایی استفاده می‌کردند. بنابراین، علم نجوم از روزگار قدیم کاربرد گسترده‌ای در فعالیت‌های اجتماعی ایرانیان داشته است.

در دوران پس از اسلام این فعالیت‌ها بسیار گسترده‌تر می‌شود. در روزگاری که ریاضیات و نجوم در غرب رونق چندانی نداشت، دانشمندان ایرانی چون ابوریحان بیرونی و ابن‌سینا فعالیتی چشمگیر در این زمینه داشتند. بیرونی به تألیف دایرةالمعارف نجومی و رساله‌ای در باب ریاضیات و نجوم پرداخت و ابن‌سینا با همکاری شاگرد خود ابوعبیده جوزجانی رصدخانه‌ی اصفهان را تأسیس کرد. سپس به عمر خیام می‌رسیم که علاوه بر فعالیت‌های ریاضی خود به اصلاح تقویم ایرانی پرداخت و تقویم جلالی را تدوین کرد که نه تنها در شرق بلکه در غرب نیز بی‌رقیب ماند.

سپس هم‌زمان با حمله‌ی مغول به ایران و دوران آشفته‌ای که پس از آن به‌وجود آمد می‌بینیم که خواجه نصیرالدین طوسی حکیم، فقیه، فیلسوف، و ریاضی‌دان شیعی مذهب توجه علمای مسلمان و فقها و حوزه‌های علمیه را به علم نجوم جلب کرد. جامعیت خواجه نصیرالدین طوسی در زمینه‌های مختلف جایگاهی برجسته برای او در تاریخ علم ایران و جهان به‌وجود آورد. وی کتاب‌ها، اسناد و مدارک، آلات و ابزار نجومی زیادی را در رصدخانه مراغه گرد آورد و به تدوین و تألیف آثار و رساله‌های گوناگون اهتمام ورزید. علاوه بر آن، به تصحیح و تنقیح آثار علمی گذشتگان پرداخت و فعالیت‌های آموزشی او تحول چشمگیری در آموزش نجوم به‌وجود آورد. شاگردان بسیار از سراسر جهان با هیأت علمی برگزیده‌ای در مراغه در ارتباط بودند و از تجربیات آن‌ها بهره می‌بردند.

اکنون پس از گذشت هفتصد و پنجاه سال از تأسیس رصدخانه مراغه و چهارصد سال پس از گالیله علم نجوم هر روز توسعه‌ی بیشتری پیدا می‌کند. ابداع ابزار جدید شناخت انسان را از عالم پیوسته بیشتر می‌کند. نجوم، علم بسیار جذاب و هیجان‌انگیزی است و افراد مختلف در جامعه‌ی ما علاقه‌ی زیادی به آن دارند. سال جهانی نجوم فرصت مناسبی برای پرورش هرچه بیشتر این علاقه است. این کار را می‌توان با قرار دادن اطلاعات جدید از فیزیک و کیهان‌شناسی نوین و امکان بهره‌گیری از ابزارهای تجربی برای مشاهده‌ی مستقیم انجام داد. البته فعالیت‌هایی در این زمینه انجام و دروسی در بعضی مراکز علمی تدریس می‌شود. اما، این فعالیت‌ها به‌هیچ‌وجه متناسب با سابقه‌ی بسیار درخشان ما در این مورد نیست. به‌ویژه این‌که فعالیت‌ها و امکانات تجربی در این مورد بسیار محدود است. امید است سال جهانی نجوم فرصت مناسبی باشد تا علاوه بر گردهمایی‌هایی که در مراکز علمی مختلف برگزار می‌شود، کوششی نیز در جهت تجهیز مدارس به امکانات آموزشی جهت آشنایی دانش‌آموزان با تحولات جدید فراهم گردد.

نوآوری و خلاقیت در محیط آموزشی

جایگاه خانواده، دانش‌آموز و معلم

جهانگیر ریاضی

مقدمه

نوآوری و خلاقیت، جغرافیا و زمان نمی‌شناسد اما برای تولد، شکل‌گیری و امتداد یافتن به فضا و مجموعه‌ای از شرایط اولیه نیازمند است. این شرایط خود به خود ایجاد نمی‌شوند، بلکه به دستان و قلب‌هایی با ایمان و عاشق نیاز دارد که در پی ایجاد شرایط باشند. در این فضا باید چشمانی باشند که متفاوت ببینند، گوش‌هایی که متفاوت بشنوند و چشمان و گوش‌هایی که این تفاوت‌ها را متفاوت ببینند، بشنوند و باور کنند. و این گونه است که اندیشه و نگاه متفاوت به جهان، انسان و مناسبات انسانی به ارزش تبدیل می‌شود، هویت می‌یابد و در فضایی معتقد به فضیلت‌های اخلاقی مسیر بزرگ شدن را طی می‌کند.

در این نوشتار جایگاه خانواده، معلم و دانش‌آموز در «نوآوری و خلاقیت» در محیط آموزشی مورد بحث قرار می‌گیرد.

۱. خانواده

خانواده به عنوان بخشی کوچک از کل جامعه در هر لحظه با طیف وسیعی از انسان‌ها دارای تعاملی تأثیرپذیر است. از یک طرف از رفتار و فرهنگ عمومی جامعه تأثیر می‌پذیرد، از طرف دیگر باید بتواند بر آن تأثیر بگذارد. به هر حال باورهای عمومی جامعه می‌تواند خود را در فرهنگ و رفتار خانواده نشان دهد. پس برداشت خانواده از مفهوم نوآوری و خلاقیت می‌تواند متأثر از برداشت عمومی جامعه باشد. هرگاه در جامعه نگاه کیفی به زیستن و باهم زیستن به عنوان یک ارزش بنیادی مطرح باشد، تمام مؤلفه‌های مؤثر در این مسیر از جمله نگاه خلاق در کل تعاملات و رفتارها و اندیشه‌های جامعه تأثیر می‌گذارد. در این راستا لازم است خانواده با نقش کیفی «نگرش خلاق» آشنا گردد. باید باور کند که مشکلات و مسائلی که در بسیاری از موارد از حل درست آن‌ها عاجز بوده، با نگاهی متفاوت و خلاق قابل حل خواهد شد. باید بداند انسان خلاق از میان تمام هیاهوهای موجود در اطراف یک رویداد صدایی را می‌شنود که دیگران نتوانسته‌اند بشنوند، چیزی را می‌بیند که از چشم بسیاری از آدم‌ها پنهان مانده است. پس اندیشه‌ی خلاق و نوآوری، اندیشه و رفتاری راهگشاست. خانواده باید بیاموزد که حاصل تحصیلات فرزندشان را نباید در نمرات و مدارک کسب شده دنبال نمود، چرا که آن همه صرف وقت و انرژی در محیط آموزشی وقتی ارزشمند است که بتواند مهارت‌ها و نگرش‌های لازم برای حل مسائل و مشکلات زندگی در جهان امروز را به ما بدهند. باید نگاه خلاق و نوآوری برای خانواده به صورت ارزش درآید. حاصل آموزش صحیح را سرانجام در تغییر رفتار فرزند در برخورد با کل رویدادها ببیند و باور کند که آموزش و یادگیری فرایندی است که اگر در مسیر صحیح دست‌یابی به اهداف متعالی قرار گیرد، می‌تواند انسان‌هایی با آرمان‌های بزرگ تربیت کند. در این صورت، خانواده به عنوان یکی از مؤلفه‌های بسیار مهم و تأثیرگذار می‌تواند به عاملی پشتیبان و تشویق‌کننده در عرصه‌های نوآوری و خلاقیت فرزندان تبدیل شود و محیط و فضای حضور فرزند در خانواده را به تعاملی پویا و مثبت که بسترساز بروز خلاقیت‌ها می‌گردد، هدایت کند.

۲. معلم

در محیط آموزشی و در فرایند یادگیری، معلم یکی از مؤلفه‌های بسیار مهم و مؤثر در کیفیت‌بخشی به این فرایند است. برای این منظور باید خود معلم نگاهی خلاق و پویا به آموزش، یادگیری و عناصر مؤثر در این فرایند داشته باشد. معلمی که به

محیط آموزشی به صورت سنتی نگاه می‌کند و هنوز هم آموزش را مسیری یک‌سویه می‌داند که حاصل آن انتقال برخی اطلاعات به صورت ایستا به دانش‌آموزان است. نمی‌تواند نگاه خلاق به فرایند آموزش داشته باشد. در کلاس چنین معلمی، صدای متفاوت شنیده نمی‌شود، نگاه متفاوت دیده نمی‌شود و در واقع تنها یک صدا و یک نگاه بر فضای آموزش ناظر می‌شود و آن کلام معلم است. در چنین فضایی هیچ دانش‌آموزی خویشتن خود را در کلاس حاضر نمی‌بیند، آنچه حضور دارد کلیشه‌ای از آدم‌هایی است که مورد تأیید آموزش سنتی باشند. به همین دلیل آدم‌ها خودشان نیستند و تا هنگامی که خودت نباشی، حضورت نشانه‌های تو را نداشته باشد، صدایت ندای قلب تو را نداشته باشد نمی‌توانی اندیشه و نگاه متفاوت‌ات را نشان دهی یعنی وجود تو در این جهان، تأثیری بر فضای تعاملات ندارد. در چنین محیطی حرف از نوآوری و خلاقیت، کلامی بیهوده خواهد بود. و درواقع حرمت این واژه یعنی نوآوری از بین خواهد رفت چرا که هیچ‌یک از مؤلفه‌های لازم برای شکل‌گیری نگاه خلاق وجود ندارد. به‌طور کلی در هر فضا و محیطی که کلیشه‌های از پیش تعیین‌شده برای چگونگی حضور انسان‌ها، شیوه‌ی نگرش آن‌ها به رویدادها، و چگونگی تعامل آن‌ها با یکدیگر به‌صورت قطعی تعیین شده باشد و از هرگونه خروج از این اشکال تعریف‌شده پیش‌گیری به‌عمل آید در آن، آگاه یا ناآگاه پنجره‌ی اندیشه‌ها و حضور متفاوت را از قبل بسته‌ایم. بی‌تردید محیط سالم و پویا دارای ساختار و معیارهای اخلاقی است. این ساختار بر اصول کلی استوار است که هر فرد معتقد به چهارچوب اخلاقی آن‌ها را می‌پذیرد. اما در درون هر انسانی که این اصول اخلاقی را پذیرفته باشد، خویشتنی وجود دارد که باید در این جهان حضور داشته باشد تا تفاوت‌ها معنا پیدا کند. هر انسانی دوست دارد که این خویشتن را دیگران ببینند و او را به‌عنوان هویتی متفاوت بپذیرند. خلاقیت از همین خویشتن‌های متفاوت می‌تواند به‌وجود آید، نه از هویتی کلیشه‌شده. معلم نباید نگران اغتشاش حاصل از حضور این همه خویشتن متفاوت در فضای آموزشی باشد. بگذاریم «من» و «خویشتن» آدم‌ها فرصت بیابند تا خود را پیدا کنند، خویشتن را بیابند و اگر لازم است آن را با فضیلت‌های اخلاقی ارزشمند، بازسازی کنند. بگذاریم خویشتن‌های متفاوت سخن بگویند حدیث نفس خود را بیان کنند، بگویند دنیا را چطور می‌بینند، رویدادها را چگونه ارزیابی می‌کنند، انسان را چگونه می‌فهمند! بگذاریم خویشتن خودشان باشند، حتی اگر ما این خویشتن را قبول نداشته باشیم. نوآوری و خلاقیت سناریویی است که هریک از عناصر حاضر در فضای آموزشی نقش خود را در این سناریو خواهد داشت. سناریویی که تنها یک نفر در آن نقش داشته باشد اصولاً با مفهوم نوآوری تضاد دارد. پس باید صبور باشیم، بسیار صبور و فرصت بدهیم تا دانش‌آموزان در مراجعه با خویشتن با فرصت اندیشه و تجربه‌ی شخصی با بیان آنچه برداشت کرده‌اند، پنجره‌ی نگاه متفاوت خود را به جهان بگشایند... و باید بیاموزیم به پنجره‌ی نگاه متفاوت آن‌ها احترام بگذاریم. خلاقیت و نوآوری قالب از پیش تعیین‌شده‌ای ندارد و ممکن است مطلوب من و تو معلم علاقه‌مند نباشد و طبیعت نوآوری، همین غیرکلیشه‌ای بودن آن است. اگر من و تو نتوانستیم کلام متفاوت دانش‌آموز را درک کنیم، قضاوت نکنیم، صبور باشیم، یک‌بار دیگر تعمق کنیم، شاید در عناصر نگاه یک جوان، حرف‌هایی تازه و ناگفته نهفته باشد که ما قبلاً فرصت نکرده‌ایم به آن‌ها بپردازیم، شاید حرف‌هایی که دیگران قبلاً گفته‌اند به شیوه‌ای نو مطرح کنند، شاید تمام کلیشه‌ها و قواعد قبل را کنار گذاشته، از مسیری کاملاً متفاوت و جدید می‌روند! معلم علاقه‌مند: تو باید این‌ها را تشخیص بدهی، وظیفه‌ی من و توست که از میان آن همه نگاه و صدا، صدا و نگاه متفاوت، اندیشه‌ی متفاوت و خلاق را تشخیص دهیم و به آن فرصت تولد و امتداد و بلوغ را بدهیم. در تمام این مراحل، باید با اندیشه‌های نو و نگاه خلاق، «مهربان» باشیم. فراموش نکنیم که خویشتن هر انسان و پنجره‌ی متفاوت دیدن او، در محیطی آرام و قابل اعتماد و امن، خود را نشان می‌دهد. کمتر دیده شده که در یک محیط تنش‌زا و ناآرام، فرد بتواند فرصت یافتن نگاه خلاق را به‌دست آورد. بنابراین باید مؤلفه‌های آرامش را به محیط آموزشی بیاوریم. به دانش‌آموزان هم بیاموزیم که در مقابل اندیشه‌ی جدید، باید باحوصله رفتار کرد.

از طرف دیگر وظیفه‌ی من و تو معلم علاقه‌مند است که آن محیط مطلوب و مؤلفه‌های آرامش را برای این دانش‌آموز تشخیص دهیم تا بتوانیم در فراهم نمودن آن فعال باشیم. از نظر زیبایی‌شناسی، لازم است جلوه‌های زیبای طرح اندیشه‌های نو و زیبایی حاصل از شنیدن اندیشه‌های متفاوت را برای دانش‌آموزان توضیح دهیم. با ایجاد چنین فضایی، دانش‌آموزان، چشم‌اندازهایی متفاوت از زیبایی را احساس خواهند کرد. باید نگرش سنتی را به نوآوری کنار بگذاریم و خلاقیت و نوآوری را با نگاهی خلاق ببینیم، به دانش‌آموزان

فرصت تجربه‌ی شخصی بدهیم. تجربه‌ی شخصی، فرایندی است که ضمن آن، خویشتن هر فرد با رویداد مشخص وارد تعاملی می‌شود که نتیجه‌اش می‌تواند اندیشه‌های نو باشد. تجربه‌ی شخصی در فضایی آرام، مطلوب‌ترین محیطی است که خویشتن فرد، به راه‌های نرفته، به پنجره‌های یافته نشده، فکر می‌کند، خود را در مسیرهای جدید نارفته قرار می‌دهد. واقعاً خود را در فضای رویداد احساس می‌کند، و در این فضاست که آرامش و زیبایی را احساس می‌کند، و ذهن زیبا و خلاق خویشتن او، فعال‌تر می‌شود و حضور خود را در این جهان بیشتر نشان می‌دهد. باید بیاموزیم که اگر قرار است اندیشه‌های جدید و خلاق را ببینیم، نباید به جای دیگران تجربه کنیم، نباید به جای آن‌ها فکر کنیم، و بسیاری نبایدهایی که لازمه‌ی آن‌ها، رها شدن از نگرش سنتی به معنای آموزش، نوآوری و خلاقیت است. در تمام این مراحل، معلم در نقش هدایت‌گر، می‌تواند پنجره‌ی بهتر دیدن را به دانش‌آموز نشان دهد.

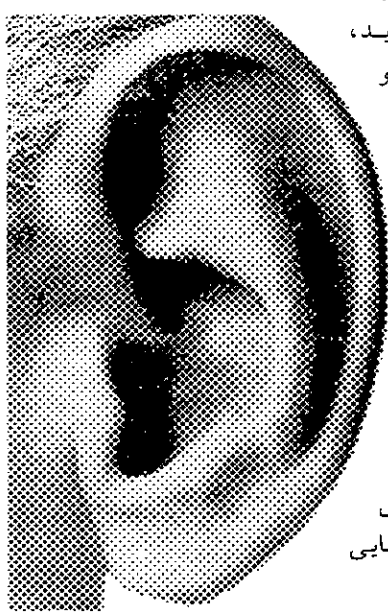
۳. دانش‌آموز

دانش‌آموز با باورها و اندیشه‌های خود وارد محیط آموزشی می‌شود. باورهایی که متأثر از عواملی بسیار از جمله خانواده و جامعه، شکل گرفته‌اند. حضور دانش‌آموز در یک محیط آموزشی حضور در تعاملی است که می‌تواند امکان تأثیرات متقابل را به‌صورت گسترده فراهم سازد. در چنین شرایطی دانش‌آموز باید بداند که حضور فعالش می‌تواند بر میزان مطلوبیت، زیبایی و جاذبه‌های محیط آموزشی، امکان تجربه و اندیشه‌ی شخصی، و سرانجام حضور خویشتن‌اش در این فضا، بسیار مؤثر باشد. دانش‌آموز نباید انتظار داشته باشد همه‌ی مؤلفه‌های لازم در محیط فراهم گردد تا او بتواند صرفاً به‌عنوان یک «مصرف‌کننده» از مجموعه‌ی این دستاوردها استفاده کند. اگر او باور کند که حضورش در این فضا حتی به‌عنوان یک نفر، می‌تواند آثار خود را داشته باشد، در این صورت تلاش می‌کند در ساختن این فضا دخالت فعال داشته باشد. این تفکر و باور باعث می‌شود در سناریوی یادگیری، خود را در حاشیه قرار ندهد، بلکه خویشتن خود را به‌عنوان یکی از ارائه‌دهندگان نقش بسیار مهم تلقی کند. پس با این باور در فرایند یادگیری مشارکت می‌کند، نسبت به رویدادها بی‌تفاوت نیست، برای لحظات و فرصت‌های حضور در این فضا، ارزش و احترام قائل است. سعی می‌کند فرصت‌ها، بیهوده از دست نروند.

چنین حضور فعالی باعث می‌شود «خویشتن خود» را به محیط تعامل بیاورد، او را پنهان نکند، و این خویشتن بتواند در فضای اعتماد متقابل، حرف‌ها و اندیشه‌های ناگفته‌اش را به زبان بیاورد، از مسیرهای جدید، از نگاه‌های نو حرف بزند، و احساس کند: «این‌جا همان جغرافیا و هوایی است که می‌توان همراه خویشتن درون خود، در کنار بسیاری خویشتن‌ها، از یافتن‌ها، از بازیافتن‌ها، از خویشتن یافتن‌ها حرف زد و زیبایی را احساس کرد و از آن لذت برد...» در این فضا است که او به‌تدریج احساس می‌کند جهان را به گونه‌ای دیگر می‌بیند و برای مسائل راه‌حل‌هایی متفاوت و نو می‌اندیشد... و این همه، معنای خلاقیت و نوآوری را برایش بیشتر مطرح می‌کند. پس آگاهی دانش‌آموز به این مسئله که حضور فعال‌اش چگونه می‌تواند در جهت‌یابی بهتر سناریوی یادگیری و آموزش مؤثر باشد، می‌تواند زمینه‌ساز بروز اندیشه‌های خلاق و نوآوری در فضای آموزشی باشد.

«برای ایجاد شرایط لازم در جهت شکوفایی اندیشه‌های نو و خلاقیت‌ها»:

به انسان‌ها فرصت بدهیم، خویشتن خود را بیابند، بگذاریم این خویشتن به شیوه‌ی خود جهان را ببیند، به شیوه‌ی خود تجربه کند، به شیوه‌ی خود خوشحال شود، غمگین شود، دلتنگ شود... بگذاریم لحظات زیستن در این جهان را به شیوه‌ی خود احساس کند و ارزش آن‌ها را بداند...



فرصت دهیم بگوید، بنویسد، کلام و نوشتارش، نشانه‌های او را داشته باشند... بگذاریم خودش باشد و پنجره‌ی نگاهش را بیابد... در این نگاه می‌توان عناصر خلاقیت را یافت، حتی اگر بسیار کوچک و اندک باشند،... و این یعنی ایجاد فرصت شکوفایی اندیشه‌های نو.

آهنگ تغییر

در برنامه‌های درسی و سیاست های آموزشی

اسفندیار معتمدی

تا حدود نیم قرن پیش برنامه های درسی و آموزشی از ثبات نسبی برخوردار بودند و مثلاً عنوان درس ها و سرفصل و محتوای آن ها در کشور ما از سال ۱۳۲۰ تا سال ۱۳۴۵ که نظام آموزشی ایران تغییر کرد، تقریباً ثابت بود. برای نمونه محتوای برنامه و کتاب های فیزیک و شیمی که گروه ریز (آقایان رضا قلی‌زاده، نوروزیان و رهنما) نوشته بودند حدود سی سال در مدارس تدریس می شد. اما در سال‌های اخیر عمر متوسط کتاب های درسی و برنامه های آموزشی کم‌تر از ده سال بوده است.

دلیل عمده‌ی تغییرات سریع برنامه ها و کتاب ها در سال‌های اخیر انتظاراتی است که جامعه از آموزش دیدگان مدارس و دانشگاه ها دارد و روز به روز این انتظارات بیش‌تر و متنوع‌تر می شوند.

تا زمانی که دستگاه های اداری ما به کارمند نیاز داشت و سازمان های بهداشتی، عمرانی، صنعتی، قضایی و نظامی، افرادی ماهر یا نیمه ماهر را به استخدام در می آوردند اشخاصی که مدرک تحصیلی متوسطه یا عالی داشتند، با مشکلی روبه‌رو نبودند. ولی پس از آن که ادارات و سازمان ها از کارمندان و کارکنان اشباع شدند و استخدام جدید کاهش یافت و تعداد بی کاران آموزش دیده زیاد شد، اولیا و مربیان و مسئولان آموزش و پرورش و آموزش عالی کم و بیش مشکلات را احساس کردند و در صدد رفع آن ها برآمدند و تغییرات پیاپی را در برنامه های درسی و آموزشی به وجود آوردند. چون این تغییرات براساس یافته های پژوهشی نبود و براساس سلیقه‌ی مدیران صورت می گرفت بی نتیجه بودن آن ها هنگام اجرا مشخص می شد و اغلب نیمه راه برنامه جدیدی جای برنامه‌ی قبلی را می گرفت و آن هم به همین سرنوشت دچار می شد.

امروز انتظار جامعه از سازمان های آموزشی فقط تربیت افرادی نیست که خواندن، نوشتن، حساب کردن بیاموزند و حتی برای انجام خدمتی ماهر یا نیمه ماهر مشغول شوند بلکه پرورش افرادی است که:

- بتوانند با استفاده از آن چه یاد گرفته اند، بیندیشند، مسائل اطراف خود را ببینند و بشناسند و حل و فصل نمایند و خلاق باشند.
- قدرت تصمیم گیری داشته و اهل عمل باشند و بتوانند از مهارت های خود در عمل بهره گیرند و نوآور باشند.
- از راه علم به نظم خلقت و عظمت پدیدآورنده‌ی آن پی ببرند و ایمان یابند.
- با اطرافیان به درستی ارتباط برقرار کنند و نسبت به مردم شهر، کشور و جهان و آبادانی آن احساس مسئولیت کنند.
- دارای هویت فرهنگی، دینی، ملی و خودباوری باشند و به سادگی و بی تأمل تغییر هویت ندهند.
- جستجوگر و پژوهنده باشند و فرایند تولید علم، فناوری و کالاها را با دقت بدانند، بشناسند و به کار بندند.
- کارآفرین، کاردان و کارکن باشند و با همه‌ی وجود بپذیرند که شخصیت انسان در کار شکل می گیرد و آدمی راه تعالی را می پوید.

گرچه هر یک از درس های مدرسه یا دانشگاه هدف های خاصی را دنبال می کنند اما می توان برنامه و محتوای هر درس را چنان تنظیم کرد که بسیاری از هدف های عمومی آموزش و پرورش را دربرگیرد. مثلاً در برنامه‌ی فیزیک می توان به جای انتقال یافته ها و فرآورده ها برنامه و کتاب را **فرایندمحور** کرد و راه و روش تولید علم را به دانش‌آموزان آموخت. به جای فقط بیان قانون ها و نظریه ها، **کاربردهای** آن ها را نیز در برنامه گنجانید و همراه نامه هایی از بزرگان علم سده های اخیر از تلاش و کوشش هایی که دانشمندان ایرانی در اوج عزت و اقتدار فرهنگ و تمدن اسلامی کرده‌اند، نام برد. خلاقیت ها، نوآوری ها و ابتکارات و خدمات بزرگان علم را یادآوری کرده و دانش‌پژوهان را به سوی این کارها برانگیخت.

در پایان هر کتاب یا هر کلاس، باید آموخته های مستقل و مجزای هر دانش‌آموز را به هم ارتباط داد و به معرفت کلی رسید. در صورت امکان، یافته های گوناگون یادگیرنده را با هم پیوند داد تا به یک نگرش کلی دست یابند و از آشفتگی های ذهنی که در اثر درس های مختلف به وجود آمده رهایی یابند و به وحدت نظر برسند.

برنامه ریزان و مجریان می کوشند برنامه هایی تنظیم و اجرا کنند که **انسان هایی دانا، توانا و با بینش و نگرش های انسانی** تربیت شود که برای خود و جامعه سودمند باشند و حیات مادی و معنوی انسان را تعالی بخشند.

آیا تا چه اندازه موفق بوده‌اند؟

مسلم است که در نیمه راهند و برای موفقیت، پیگیری و کوشش بسیار لازم است.

نانو به مدرسه می‌رود

مدلی آموزشی برای میکروسکوپ نیروی اتمی

گورازد بلاتیسچ[1] و با نز کراج[2]
ترجمه: مهرنار طلوع شمس ـ رامونا نیک خصال

چکیده

این مقاله مدلی آموزشی را برای میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) توصیف می‌کند که برای آشنایی با علوم نانو در دبیرستان مناسب است. این مدل می‌تواند دو شیوه‌ی کار AMF (شیوه تماسی و شیوه نوسانی) و نیز اصول بنیادی را به نمایش بگذارد که توان تفکیک این روش را محدود می‌سازد. می‌توان آن را به‌عنوان آزمایش نمایشی، تجربه آزمایشگاهی ساده یا آزمایش در خانه توسط خود شاگردان به‌کار برد.

مقدمه

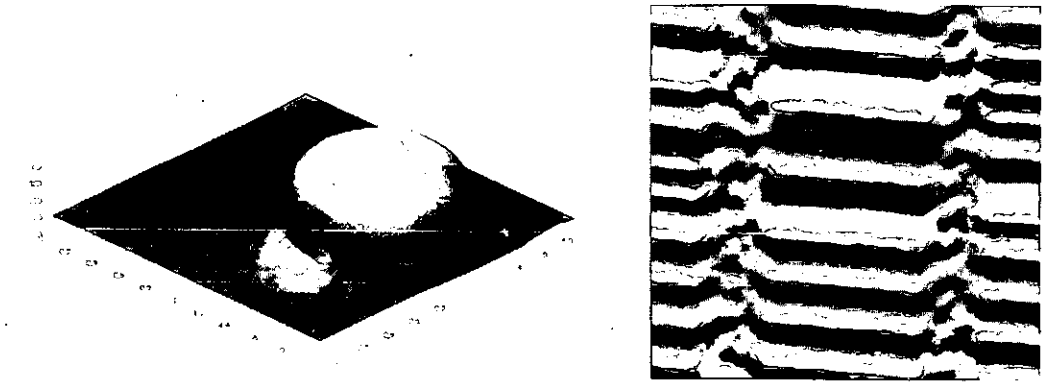
نانوفناوری آینده ما را بسیار تغییر خواهد داد. بعضی آینده‌نگرها می‌گویند تأثیر آن بر زندگی ما با ماشین بخار، الکتریسیته، ترانزیستور، و اینترنت قابل مقایسه است [۱]. در مقیاس نانو (یعنی، ابعاد اتمی و مولکولی) تفاوت‌های ماکروسکوپی بین مواد، و حتی بین رشته‌های علمی از بین می‌رود. در نتیجه، علوم نانو امکان به وجود آمدن فنّاوری‌ها و رشته‌های علمی را فراهم می‌سازند که به هدف مشترکی خواهند رسید. نانومواد که ویژگی‌های شگفت‌انگیز و غیرعادی دارند، در زندگی روزمره‌ی ما متداول شده‌اند. مثلاً، محصولات آرایشی ضدپیری، پوشش‌های ضدباکتری در یخچال‌ها، و پوشش‌های مختلف برای منسوجات و مبلمان مقاوم در برابر لک‌شدن فقط برخی از این محصولات نانوفناوری را تشکیل می‌دهند. از سوی دیگر، معلوم شده است که نانو مواد خطر بالقوه شدیدی برای سلامت ما هستند و معلومات ما در مورد چگونگی تأثیر نانو ذرات بر اندام‌های زنده بسیار محدود است. این موضوع دلیلی برای وارد کردن علوم نانو در آموزش سطوح مختلف است. رئیس انجمن فیزیک سوئیس [۲] اخیراً گزارش داده است که اکنون علوم نانو بخشی از برنامه‌ی درسی دانشگاه‌ها و دبیرستان‌های اروپا را تشکیل می‌دهد. همین تغییرات و فعالیت‌ها در ایالات متحده آمریکا هم صورت گرفته است. مثلاً، مراکز دانشگاه کرنل برای دستگاه‌های در مقیاس نانوی انستیتوی معلمان فیزیک تشکیل داده است تا معلومات دبیران و شناخت آن‌ها از تحولات اخیر در نانو فیزیک را بهبود بخشد [۳].

وارد کردن علوم نانو در برنامه‌ی درسی مدارس به مدل‌های جدید آموزشی نیاز دارد. چون موضوع‌های علمی به ساختار به اصطلاح هرمی نیاز دارند، نمی‌توانیم صرفاً بعضی مطالب قدیمی را از برنامه‌ی درسی حذف کنیم و به جای آن علوم نانو را قرار دهیم. بگذارید توجه خود را به فیزیک دبیرستان‌ها معطوف کنیم. یک روش برخورد به این مسئله شناسایی موضوع‌های خاص برای نانوفیزیک (مثلاً توصیف یک دستگاه یا روش، یا ویژگی ماده‌ای خاص) است که می‌توان آن را به صورت رضایت‌بخشی توصیف و وارد برنامه درسی موجود کرد. این مثال شاید به استفاده شاگردان از معلومات خود در شرایط جدید نیاز داشته باشد یا به صورت مثالی از چگونگی بهره‌گیری همزمان از موضوع‌های مختلف یا حتی رشته‌های علمی مختلف باشد. در این‌جا می‌توان از دیدگاه‌های مختلف (بهداشتی، اجتماعی، اقتصادی، و غیره) در مورد نانوفناوری بحث کرد. راه دیگر، ترکیب کلاس‌های با موضوع‌های مختلف (ایده‌های مختلفی در مورد مضمون‌های میان رشته‌ای علوم نانو را می‌توان در مرجع [۴] یافت).

در مقاله‌ی حاضر یک مدل آموزشی میکروسکوپ نیروی اتمی ارائه شده است که در آشنایی دانش‌آموزان و دبیران شاغل با نانوفیزیک موفقیت‌آمیز بوده است.

میکروسکوپ نیروی اتمی

هزاران سال است که ذرات در مقیاس نانو در محیط زیست ما ـ مثلاً، به صورت بلورهای نمک در اقیانوس و هوا یا کربن در دوده ـ وجود داشته‌اند. اما ساخت عمدی ذرات در مقیاس نانو و بررسی ویژگی‌های آن‌ها فقط پس از به‌وجود آمدن ابزارها و روش‌هایی



(ب) (الف)

شکل ۱ . تصاویر AFM . (الف) تصویر توپوگرافی سطح یک دیسک مغناطیسی که در برهم کنش مغناطیسی احساس می‌شود . این تصویر با نوکی به سطح مقطع $20\mu m \times 20\mu m$ گرفته شده است که پوشش نازکی از ماده‌ی مغناطیسی دارد . (ب) تصویر AFM از باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس*[7] که واکنش وان در والس را احساس می‌کند . تصویر در منظره‌ای سه‌بعدی در سطح $2\mu m \times 2\mu m$ نشان داده شده است . هر دو تصویر به شیوه‌ی نوسانی با میکروسکوپ NT-MDT-AMF، مدل سولور PRO گرفته شده‌اند .

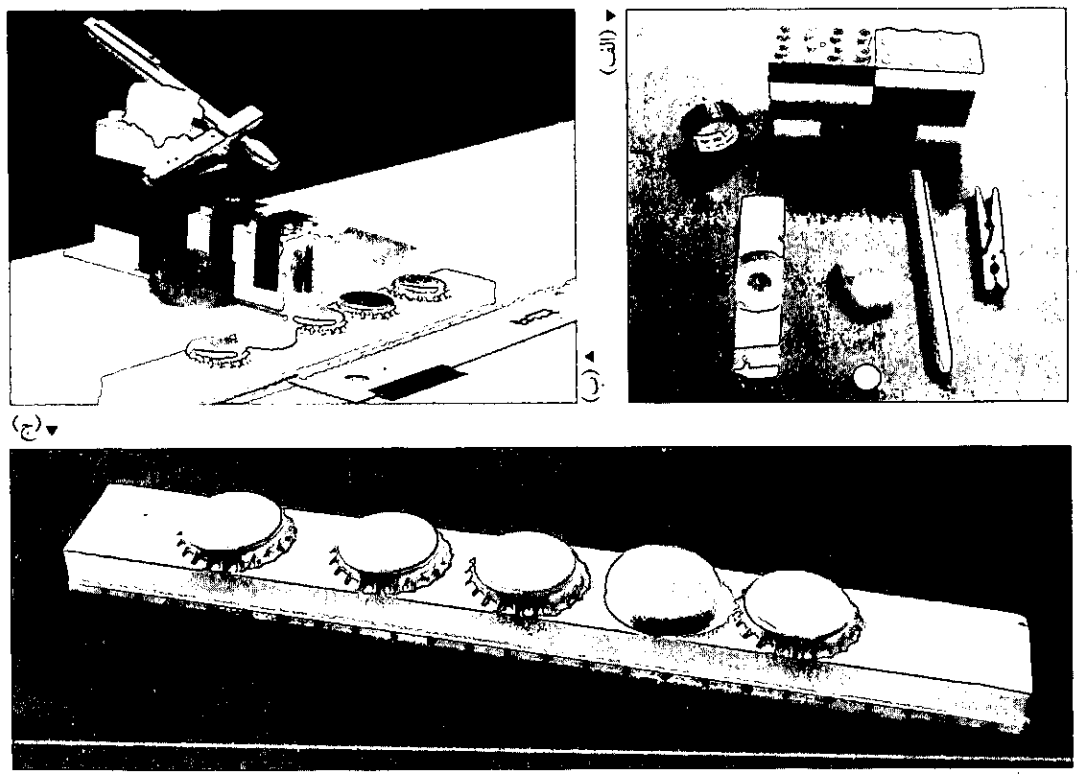
امکان‌پذیر شده است که «مشاهده» و کار با آن‌ها را امکان‌پذیر ساخته‌اند . یکی از این روش‌های کاوش موضعی، میکروسکوپی تونل زنی روبشی است که آن را **گِرد بنینگ**[3] و **هاینریش روهرر**[4] در اوایل سال‌های ۱۹۸۰ ابداع، و به خاطر آن جایزه ی نوبل فیزیک سال ۱۹۸۶ را دریافت کردند . برهم کنشی که در میکروسکوپ تونل‌زنی روبشی[5] (STM) بررسی می‌شود جریان تونل‌زنی بین کاوند و نمونه است که وابستگی شدید احتمال عبور الکترون از گاف بین دو رسانای جامد را به فاصله نشان می‌دهد . چند سال بعد، گروه بنینگ دستگاهی را توسعه دادند که مبتنی بر برهم‌کنش کوتاه بُرد وان در والس بود و میکروسکوپ نیروی اتمی[6] (AFM) خوانده می‌شد . چون در روش AFM، انتقال الکترون دخیل نیست، هم عایق‌ها و هم نمونه‌های زیست شناختی را می‌توان با تفکیک‌های اتمی بررسی کرد . اطلاعات مربوط به توپوگرافی، ناهمواری، اصطکاک، چسبندگی، ویژگی‌های کشسانی، برهم‌کنش بین نوک و سطح نمونه، توزیع‌های میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی، مقاومت ویژه، پتانسیل سطحی و غیره را می‌توان به کمک AFM با تفکیک نانومتری به‌دست آورد (نگاه کنید به شکل ۱) .

علاوه بر آن، دستکاری سطح نمونه را می‌توان با نوک AFM از طریق نانولیتوگرافی جریان یا ولتاژ انجام داد . توانایی انجام اندازه‌گیری‌ها در هوا، عملکرد نامطمئن و ساخت ساده‌ی دستگاه AFM آن را وسیله‌ای استاندارد در بسیاری از آزمایشگاه‌ها می‌سازد .

طرز کار AFM بر مبنای برهم کنش بین نوک تیز متصل به یک بازو و اتم‌های سطح نمونه است . نیروهای روی نوک می‌توانند جاذبه یا دافعه باشند . انحراف نوک ناشی از تغییر نیرو را بازتاب باریکه‌ی لیزر از پشت بازو آشکار می‌سازد .

دو روش اساسی کار AFM وجود دارد . در شیوه‌ی *تماسی*، نوک در طول روبش صفحه‌ی افقی در نزدیکی سطح نمونه قرار دارد . این شیوه برای تصویرگیری از سطوح سخت مفید است . در شیوه‌ی *نوسانی* (که به شیوه غیرتماسی هم معروف است) نوک در طول روبش سطح نمونه در امتداد محور قائمی نوسان می‌کند . امتیاز شیوه نوسانی آسیب کمتر به سطح نمونه به واسطه‌ی برهم کنش ضعیف‌تر بین نوک و سطح است که مدل نوسانی را به ویژه برای تصویرگیری از نمونه‌های زیست‌شناختی نرم و نانو لوله‌های کربنی مناسب می‌سازد . علاوه بر آن، AFM می‌تواند برهم کنش بین نوک و سطح را بکاود و با دور و نزدیک شدن به سطح در مکان انتخاب شده منحنی‌های نیرو ـ فاصله را به‌دست دهد، این اطلاعات داده‌هایی را در مورد اندازه‌ی پتانسیل برهم کنش و وابستگی آن به فضا در اختیار می‌گذارد که ممکن است در پژوهش و کاربردهای چسبندگی، قابلیت تر شدن، برهم کنش‌های کلوئیدی و موارد دیگر مفید باشند . برای اطلاعات بیشتر در مورد مبانی روش‌های STM، و AFM می‌توان به کتاب درسی عالی تألیف میرونوف[8] رجوع کرد [۵] .

لازم به ذکر است که AFM اغلب به روش اندکی متفاوت از آن‌چه در این‌جا گفته شد کار می‌کند . نگهدارنده ی بازوی افقی، هنگام روبش سطح بالا و پایین برده می‌شود تا نیروی وارد بر نوک (و در نتیجه انحراف نوک) ثابت بماند . این کار با تصحیح مکان عمودی نگهدارنده انجام می‌شود به‌طوری که باریکه لیزر بازتابیده همواره در مکان ثابتی بماند . گرچه این روش (که به کنترل بازخورد معروف است) از دیدگاه فنی بسیار مهم است، اما برای شناخت اساس کار AFM در سطح دبیرستان ضروری نیست، و در این‌جا به آن نمی‌پردازیم .



شکل ۲ (الف) مواد لازم برای ساخت یک مدل AFM (از قسمت بالای سمت چپ تا قسمت پایین سمت راست): نوار چسب، قطعه‌های لگو، نواری که از یک CD مستعمل بریده شده است، خمیربازی، آهنربای قوی، نشانگر لیزری، گیره لباس. (ب) یک مدل AFM در طول کار به شیوه تماسی. (ج) نمونه‌ای از «منظره اتمی» ساخته شده از تشتک. چهار تشتک از فلز فرومغناطیسی و یک تشتک پلاستیکی است. توجه کنید که فاصله‌ی بین تشتک‌ها مساوی نیست.

تدریس مدل AFM

طرز کار AFM مبتنی بر چند اصل فیزیکی ساده است که آن را برای بحث در فیزیک دبیرستان یا دوره‌های مقدماتی فیزیک مناسب می‌سازد. این موضوع AFM را برای مدل‌سازی از آزمایش‌های ساده‌ای سودمند می‌کند که به دانش‌آموزان امکان کارهای عملی را می‌دهد و با مقایسه‌های صورت گرفته آن‌ها را سرشوق می‌آورد. نسخه‌ای از این مدل، که حد تفکیک روش‌های روبشی را نشان می‌دهد، می‌توان به صورت کیت تجارتی خریداری کرد [۶].

مدل AFM در این مقاله دو شیوه‌ی اصلی تماسی و نوسانی مورد استفاده در کار یک AFM واقعی را نشان می‌دهد. این مدل شامل قانون هوک، نوسان واداشته، تشدید، و قانون بازتاب است که جزء مواد درسی فیزیک دبیرستان است و برای درک طرز کار AFM به آن نیاز داریم.

مهم است به تفاوت بین یک مدل AFM و میکروسکوپ AFM واقعی توجه کنیم. برای ما نیروی مغناطیسی تنها منبع برهم کنش بین نمونه و میکروسکوپ است، در حالی که در میکروسکوپ AFM واقعی از نیروی وان در والس بیشتر از نیروی مغناطیسی استفاده می‌شود.

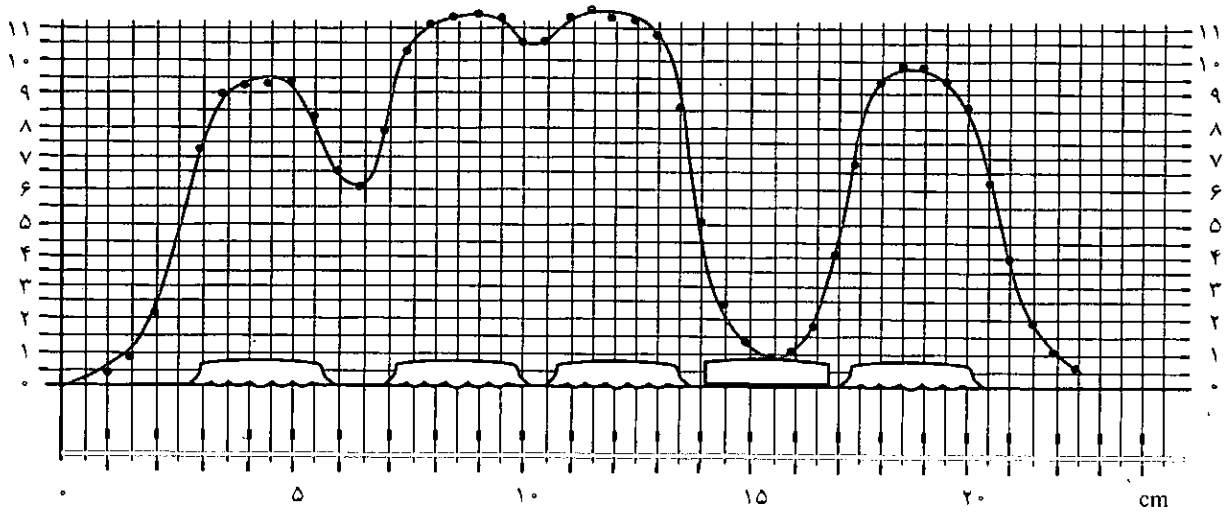
هدف اصلی ما در طراحی این مدل آن بود که شاگردان و معلمان می‌توانند آن را بسازند و می‌توانند اساس آشکارسازی AFM را در مدت زمانی نشان دهد که برای نمایش‌های در طول درس به اندازه‌ی کافی کوتاه است.

شیوه‌ی تماسی

در شیوه تماسی، نمونه به‌طور منظم خط به خط در زیر بازویی به حرکت در می‌آید که (طبق قانون هوک) تحت تأثیر نیروی بین نوک و نمونه منحرف می‌شود. انحراف‌های بازو چین و چروک‌های سطح نمونه را آشکار می‌سازد و اطلاعاتی در مورد نیروهای برهم کنشی در اختیار می‌گذارد.

برای ساخت مدلی از AFM که بتواند به شیوه‌ی تماسی کار کند به موادی نیاز داریم که در شکل ۲ (الف) نشان داده شده‌اند. وسیله‌ای سوار شده در شکل ۲(ب) نشان داده شده است.

بدنه‌ی مدل AFM ما از قطعه‌های لگو ساخته شده است. بازو از یک دیسک رایانه‌ای (CD) مستعمل بریده شده است که ویژگی‌های کشسانی خوب و بازتابندگی اپتیکی را با هم دارد. از بخشی از دیسک استفاده کنید که نوشته‌ای در سطح بالای آن وجود

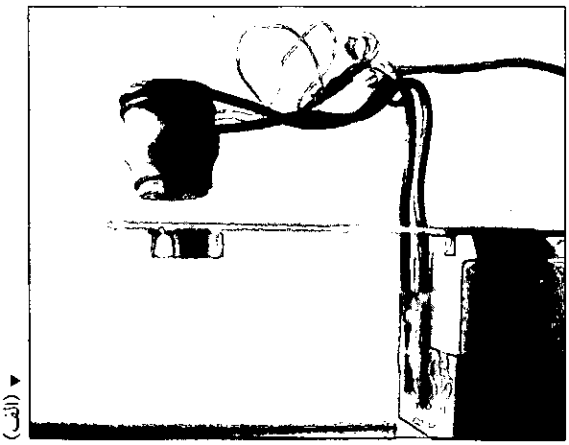


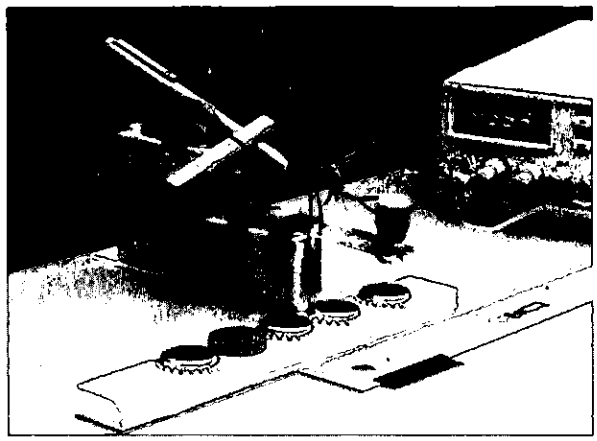
شکل ۳ نمایش نموداری اندازه‌گیری‌های به‌دست آمده از شیوه تماسی و نمونه‌ی اصلی. مکان نقطه‌ی روشن روی دیوار (محور عمودی) بایکاهای دلخواه اندازه‌گیری شده است. این داده‌ها در کمتر از ۵ دقیقه به‌دست آمده‌اند.

ندارد و آن را طوری روی قطعه‌ی لگو بگذارید که سطح داده‌دار به طرف پایین باشد (بازتاب از سطح بالایی CD از سطح داده‌دار آن که با لایه‌ی پلاستیکی شفاف محافظت می‌شود واضح‌تر است). از یک آهنربای نئودیمیمی (NB) به‌عنوان نوک استفاده کنید. ما از یک آهنربای استوانه‌ای به قطر ۱۴mm و ارتفاع ۵mm برای نوک استفاده کردیم به‌طوری که اندازه‌ی آهنربا (یعنی نوک) با اندازه‌ی «اتم‌ها» (به پاراگراف بعدی نگاه کنید) قابل مقایسه بود. آهنربا را مطابق شکل ۲ (ب) به سطح زیرین بازو بچسبانید. از نشانگر لیزری به‌عنوان چشمه‌ی نور استفاده کنید. لیزر را با خمیر بازی به قطعه‌های لگو متصل کنید. محل لیزر را طوری تنظیم کنید که باریکه به انتهای آزاد بازو در بخش بازتابنده‌ی سطح آن برخورد کند. نرمی خمیر بازی تنظیم دقیق لیزر را امکان‌پذیر می‌سازد.

اکنون باید نمونه‌ای با «منظره اتمی» مناسب بسازیم. در مدل ما، برای این‌که آزمایش برای نمایش در کلاس درس مناسب باشد، فقط یک خط از «اتم‌ها» مورد استفاده و روبش قرار گرفت. همچنین فکر می‌کنیم در سطح مدرسه با مشاهده و بررسی روبش‌های خطی می‌توان جنبه‌های مهم این روش را نشان داد، و وقتی شاگردان آن را بفهمند بسط آن به روبش سطحی را می‌توان به سرعت، مثلاً با بهره‌گیری از شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای، انجام داد. برای «اتم‌هایی» که به برهم‌کنش‌های مغناطیسی واکنش نشان می‌دهند از تشتک‌های فلزی و «اتم‌هایی» که به این برهم‌کنش‌ها حساس نیستند از تشتک‌های پلاستیکی استفاده کرده‌ایم. نمونه‌ی کامل با «ساختار اتمی» مورد استفاده در آزمایش‌ها در شکل ۲(ج) نشان داده شده است. قبل از طراحی نمونه‌ی مورد نظر خود، ویژگی‌هایی را در نظر بگیرید که می‌خواهید به نمایش بگذارید و فراموش نکنید ابعاد آهنربا را در نظر بگیرید (به پیوست الف: «تفکیک» نگاه کنید).

اکنون مدلی از AFM برای آزمایش آماده است. وسیله را به فاصله‌ی ۲m از دیوار یا وایت‌بورد قرار دهید، و لیزر را روشن کنید. نمونه را روی میز بگذارید به طوری که یک طرف آن زیر آهنربا قرار بگیرد. برای نگه داشتن کلید لیزر برای مدت طولانی در وضعیت روشن از گیره‌ی لباس استفاده کنید. **هشدار**: قبل از روشن کردن لیزر مطمئن شوید که باریکه‌های لیزر قبل و بعد از بازتاب به شاگردان نمی‌خورد! تکه کاغذی با خط‌های موازی (در حدود ۲۰ خط به فاصله ۵mm از هم کافی است) را روی دیوار نصب کنید به طوری که باریکه لیزر بازتابیده نقطه‌ای را در انتهای بالایی این مقیاس به‌وجود آورد. این نقطه را با علامت صفر مشخص کنید و مقادیر را با پایین آمدن زیاد کنید. اکنون، با حرکت آهسته‌ی نمونه در جهت عمود بر بازو نقطه‌ی روشن روی پرده باید بالا و پایین برود (در طراحی ما بیشینه جابه‌جایی نقطه روی دیوار حدود ۲۲cm بود). وقتی مطمئن شدید مدل AFM کار می‌کند، می‌توانید آزمایشگاهی را برای شاگردان طراحی کنید که در آن اندازه‌گیری‌های منظمی را روی نمونه‌ها انجام دهند. این کار با گروه‌های سه یا چهار نفری به بهترین نحو انجام می‌گیرد. اولین نفر نمونه را در گام‌های ۵میلی‌متری حرکت می‌دهد، نفر دوم مکان نقطه‌ی روشن را می‌خواند، و نفر سوم داده‌ها را ثبت می‌کند. وقتی تمام داده‌ها گردآوری شد، شکل اندازه‌گیری شده‌ی سطح را باید با شکل نمونه مقایسه کرد. این کار را می‌توان با آماده کردن دستور کارهای آزمایشگاه و تصویری از نمونه با دستگاه مختصات بر روی آن (و یک مقیاس عمودی دلخواه) به راحتی انجام داد. از شاگردان خواسته می‌شود تا نقطه‌های اندازه‌گیری شده را در دستگاه مختصات رسم و درباره‌ی شباهت‌ها


(الف) ◄


► (ب)

شکل ۴ مدل AFM برای کار به شیوه نوسانی: (الف) پیچه برای به حرکت درآوردن بازو (سیم پیچ‌ها را لوله‌ای محافظت می‌کند). (ب) مدل AFM برای کار به شیوه‌ی نوسانی.

و تفاوت‌های شکل‌های اصلی و اندازه‌گیری شده بحث کنند (نگاه کنید به شکل ۳).

حتی این نمایش ساده حاوی اطلاعات کافی برای نشان دادن محدودیت‌های این روش است (به پیوست الف نگاه کنید). مثلاً، به روشنی دیده می‌شود که گاف بین تشتک دوم و سوم کم‌عمق‌تر از گاف بین تشتک اول و دوم به نظر می‌رسد. هم‌چنین توجه کنید ارتفاع تشتک‌های دوم و سوم از تشتک‌های دیگر بیشتر به نظر می‌رسد. این احتمالاً ناشی از صف‌بندی نادرست تشتک‌ها نسبت به خط روبش است.

اگر وقت کافی داشتید، به عنوان کار نمایشی یا تکلیف خانه از شاگردان بخواهید از روی مکان نقطه‌ی نورانی روی دیوار و معلوم بودن طول بازو و فاصله‌ی نوک تا دیوار، حرکت‌های آن را محاسبه کنند.

شیوه‌ی نوسانی

در شیوه‌ی نوسانی نیروی محرک سینوسی بازو را با بسامد ثابت به حرکت در می‌آورد. بسامد طوری تنظیم می‌شود که وقتی نمونه در حوالی نوک است نزدیک به بسامد تشدید باشد (در آزمایش ما بسامد تشدید HZ ۱۴/۶ بود، و زمان فروافت دامنه به حدود یک‌سوم مقدار اولیه‌اش را در حدود ۱s می‌شد). حال اگر نمونه به نوک نزدیک شود نیروهای برهم‌کنشی بین آن‌ها همان تأثیری را خواهد داشت که اگر سفتی بازو تغییر می‌کرد. این موضوع باعث تغییر بسامد تشدید بازو و کاهش دامنه‌ی نوسان می‌شود (توجه کنید که بسامد برانگیختگی همواره یکسان است). در این مورد تغییر دامنه‌ی بازو (و هم‌چنین فاز آن نسبت به نیروی محرک) تغییرات گرادیان نیروی برهم‌کنشی (dF/dz) در امتداد سطح نمونه را نشان می‌دهد. برای توضیح بیشتر به پیوست ب ـ «تغییر تشدید» نگاه کنید.

برای کار مدل AFM پاراگراف قبل به شیوه نوسانی، باید پیچه‌ی کوچکی را به آن اضافه کنید تا یک ژنراتور سینوسی داشته باشید (یک ژنراتور سینوسی معمولی با امپدانس خروجی ۵۰Ω و قابلیت تنظیم بسامد ولتاژ تا HZ ۰/۱ و بهتر به خوبی این کار را انجام می‌دهد). می‌خواهیم با قرار دادن پیچه در بالای آهنربا و تنظیم بسامد جریان در پیچه، بازو را به تشدید درآوریم. پیچه را با پیچیدن ۱۰۰ دور سیم مسی لاک الکلی mm ۰/۲ روی توپی لاستیکی (به قطر حدود mm ۱۵) ساختیم. نگهدارنده‌ی پیچه از سیم مسی mm ۳ ساخته شده بود که دو سر آن در لوله‌های برنجی قرار داشت که به یکی از قطعه‌های لِگو چسبانده شده بودند. این طراحی امکان انتقال راحت از شیوه‌ی تماسی به نوسانی را فراهم می‌سازد. پیچه و نگهدارنده‌ی آن در شکل ۴ (الف) نشان داده شده‌اند، و مدل کامل در حال کار به شیوه نوسانی در شکل ۴ (ب) آمده است.

در هنگام کار به شیوه نوسانی باید ابتدا بسامد و دامنه جریان در پیچه را طوری تنظیم کنید که بازو (بدون نمونه در زیر آن) در حالت تشدید باشد، اما طوری که ردّ نور لیزر بازتابیده روی دیوار طول مناسب را داشته باشد (در مورد ما در حدود cm ۴۰). وقتی این کار انجام شد، نمونه را زیر بازو بگذارید. دامنه نقطه‌ی نوسان کننده باید کم شود (این کاهش تا اندازه‌ای به علت جریان‌های گردابی در تشتک‌هاست، اما اثر غالب ناشی از تغییر تشدید است). سپس نمونه را مانند آزمایش قبل گام به گام حرکت دهید، و هر بار طول ردّ نقطه نوسان کننده نور (یعنی دامنه‌ی قله به قله) روی دیوار را با خط‌کش بزرگی اندازه بگیرید. مانند مورد قبل، در فعالیت گروهی کار سریع‌تر انجام می‌شود.

وقتی تمام داده‌ها گردآوری شدند، تغییرات دامنه‌ی اندازه‌گیری شده را می‌توان با تغییرات شکل نمونه مقایسه کرد. باز هم، می‌توان این کار را با رسم مقادیر اندازه‌گیری شده انجام داد. چون بزرگ‌ترین

برجستگی در نمونه دارای کمترین دامنه است، شکل اندازه‌گیری شده در این مورد وارونه به‌نظر می‌رسد. شکل مستقیم را می‌توان با کم کردن مقادیر اندازه‌گیری شده از بزرگ‌ترین مقدار به‌دست آورد. (شکل۵).

چون در این آزمایش نیروی برهم‌کنشی (یعنی نیروی جاذبه بین آهنربا و دوقطبی‌های مغناطیسی القا شده در تشتک‌های فرومغناطیسی) همواره یکسانند، اندازه‌گیری‌های به شیوه نوسانی همان شکل شیوه تماسی را به‌دست می‌دهند.

اندازه‌گیری بالا را که در شکل‌های ۳و۵ نشان داده شده‌اند یک نفر با یک دوربین دیجیتال هم می‌تواند انجام دهد. برای هر نقطه‌ی اندازه‌گیری شده یک عکس با دوربین دیجیتال و از مکان ثابت از نقطه‌ی روی دیوار گرفته می‌شود. از روی این عکس‌ها مختصات نقطه‌ها (یا طول ردّها) را می‌توان با بهره‌گیری از برنامه‌های تحلیل تصاویر دیجیتالی به‌دست آورد.

یک آزمایش جالب توجه دیگر را می‌توان با مدلی نشان داد که به شیوه‌ی نوسانی کار می‌کند. یک آهنربای دائمی را زیر بازو بگذارید، به‌طوری که بتوانید با چرخاندن آهنربا نیروهای جاذبه و دافعه داشته باشید. حال اگر بخواهید بسامد تشدید بازو را در سه وضعیت مختلف (بدون آهنربا در زیر نوک، با آهنربا در حالت دافعه، و با آهنربا در حالت جاذبه) به‌دست آورید متوجه می‌شوید که این مقادیر به لحاظ کیفی با پیش‌بینی‌های پیوست ب سازگارند. در مورد ما بسامد تشدید بازو ۱۵٫۱HZ بود؛ وقتی آهنربا در حالت جاذبه اضافه شد بسامد به ۱۴٫۳HZ کاهش یافت، و وقتی آهنربا در حالت دافعه اضافه شد مقدار آن به ۱۵٫۷HZ افزایش یافت. بازو در حال سکون در حدود ۴۵mm بالاتر از صفحه آهنرباهای پایینی بود.

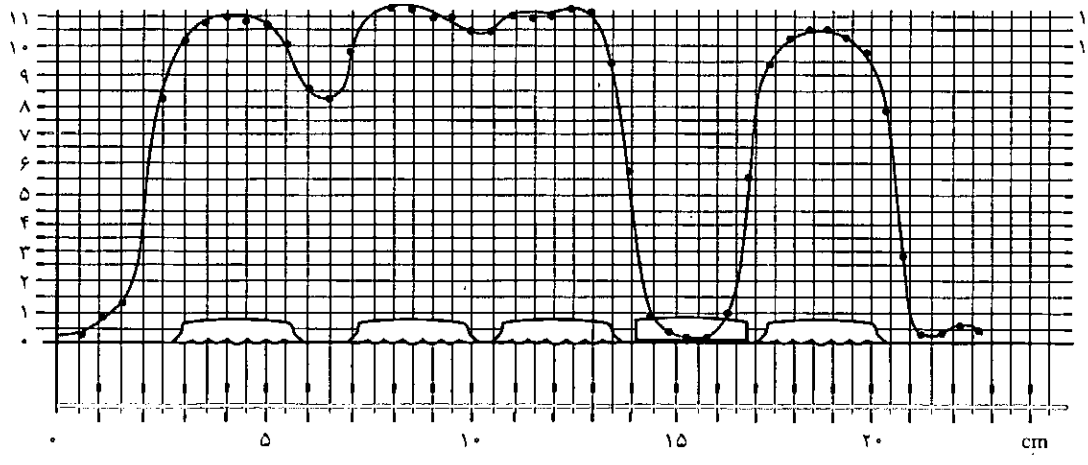
پیوست الف ـ تفکیک

یکی از مهم‌ترین عواملی که در تفکیک AFM تأثیر دارد تیز بودن نوک روبشگر است، در ساده‌ترین تقریب می‌توان نوک را چرخی به شعاع R در نظر گرفت که روی سطح می‌غلتد (شکل الف ـ۱) (در عمل شعاع مؤثر آن تا اندازه‌ای بزرگ‌تر از شعاع نوک است). وقتی نوک روی برجستگی حرکت می‌کند مرکز نوک شکلی را توصیف می‌کند، که پهن‌تر از برجستگی است، اما وقتی نوک روی فرورفتگی در حرکت است شکل حاصل از فرورفتگی باریک‌تر است. همین‌طور توجه کنید که فرورفتگی‌های با عرض کمتر از قطر نوک کم‌عمق‌تر از مقدار واقعی به نظر می‌رسند. این اثرها را گاهی به عنوان چین و شکن نوک توصیف می‌کنند. در عمل تفکیک را با حساسیت آشکارساز ارتفاع نیز بیان می‌کند. بهترین نوک‌های کنونی دارای شعاع خمیدگی حدود ۵nm هستند.

پیوست ب ـ تغییر شدید

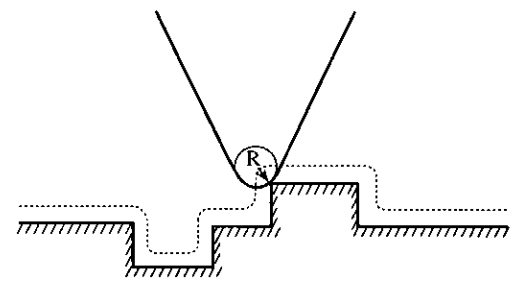
بازو و نوک نوسانگری (مانند جرم متصل به فنر) را تشکیل می‌دهند، که دارای بسامد مشخصه‌ی f_0 است. برای انحراف‌های کوچک بازو رابطه‌ی نیرو ـ انحراف خطی است (قانون هوک) و می‌توان آن را به‌طور کیفی با نمودار شکل ب ـ۱ نشان داد. شیب خط در نمودار نیرو ـ انحراف برابر ثابت فنر k دستگاه است، که در صورت ثابت بودن جرم، بسامد تشدید $(f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}})$ را مشخص می‌کند. هرچه بازو سفت‌تر باشد، بسامد تشدید بیشتر است.

اگر علاوه بر نیروی فنر نیروی جاذبه/دافعه هم بر نوک اثر کند،

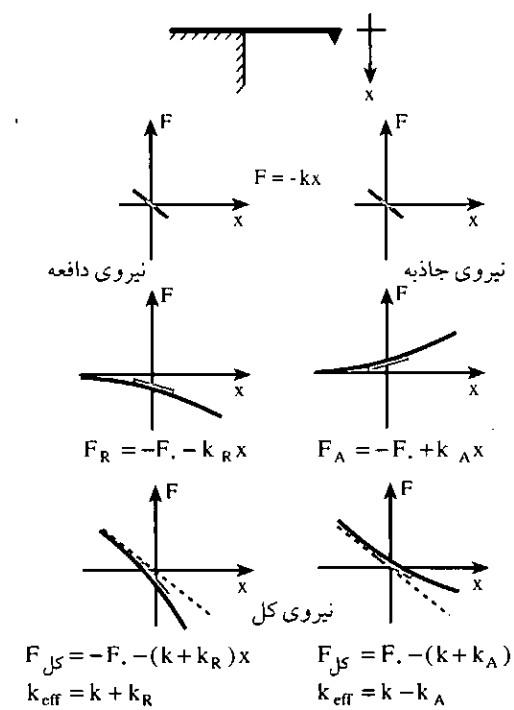


شکل۵ نمایش نموداری اندازه‌گیری‌های انجام شده به شیوه نوسانی در مقایسه با نمونه اصلی. مختصات عمودی نقطه‌ها (با یکاهای دلخواه) نظیر دامنه‌های نقطه‌ی نورانی نوسان کننده روی دیوار است و همه‌ی آن‌ها از بزرگ‌ترین مقدار اندازه‌گیری شده کم شده‌اند.

تغییر محسوسی در سفتی بازو (یعنی تغییری در نمودار نیرو ـ انحراف) به‌وجود می‌آید و در نتیجه بسامد تشدید کاهش/افزایش می‌یابد. تأثیر نیروهای اضافی در شکل ب-۱ مشخص و توضیح داده شده است، که در آن ثابت‌های مؤثر فنر برای نیروهای جاذبه/دافعه در حوالی $x = 0$ با استفاده از تقریب خطی نشان داده شده‌اند. توجه کنید که نیرو جاذبه/دافعه شکل مشخصی ندارد، فقط علامت آن و این واقعیت در نظر گرفته شده است که اگر از نمونه دور شویم هر دو نیرو به صفر میل می‌کنند. هم‌چنین توجه کنید نیروهای اضافی مکان تعادل بازو (یعنی مکانی که در آن $F_{کل} = 0$ است) را تغییر



شکل الف ـ در شکلی که حرکت نوک توصیف می‌کند برجستگی‌ها عریض‌تر و فرورفتگی‌ها باریک‌تر از مقدار واقعی هستند.



شکل ب ـ ۱ تغییر ثابت مؤثر فنر (k_{eff}) در حضور نیروهای دافعه/جاذبه. فقط جمله‌ی خطی برای نیروی دافعه/جاذبه در حوالی $x = 0$ در نظر گرفته شده است. انتخاب دستگاه مختصات در بالای شکل نشان داده شده است.

می‌دهند.

با استفاده از رابطه خطی نیرو ـ فاصله مطابق شکل ب-۱، تغییر بسامد تشدید را می‌توان به‌صورت زیر بیان کرد:

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k_{eff}}{m}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k + k'}{m}} \approx f_0\left(1 + \frac{k'}{2k}\right)$$

که f_0 بسامد تشدید در هنگامی است که نمونه‌ای وجود ندارد. برای نیروی دافعه $k' = k_R$ و $f > f_0$، در حالی‌که برای نیروی جاذبه به $k' = -k_A$ و $f < f_0$.

مدل آموزشی AFM را گروه ۳۰ نفره معلمان فیزیک به‌عنوان یک فعالیت در کارگاه «نانو به مدرسه می‌رود» در کنفرانس GIREP-EPEC که در اوت امسال در اوپاتیا در کرواسی برگزار شد امتحان کردند و مورد استقبال شدید آن‌ها قرار گرفت.

پانوشت:

1. Gorazd Planinsic
2. Janez Kovac
3. Gerd Binning
4. Heinrich Rohrer
5. Scanning tunneling microscope
6. Atomic force microscope
7. Staphylococcus Aureus
8. Mironov

منابع:

[1] Shand H and Wetter K K 2006 Shrinking science: an introduction to nanotechnology State of the Word 2006, A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society (New York: W W Norton) p 78

[2] Gyalog T 2007 Nanoscience education in Europe Europhys. News 38 13, also available online at http://www.europhysicsnews.org

[3] Home page of Instutute for Physics Teachers, Centre for Nanoscale Systems, Cornel University http://www.cns.cornell.edu/cipt/ index.html see 'Resources' for useful material for teachers!

[4] Drexler K E 2005 Productive nanosystems: the physics of molecular fabrication phys. Educ. 40 339

[5] Mironov V L 2004 Fundamentals of the scanning probe microscopy, the Russian Academy of Sciences, Institute of physics of microstructures (Nizhniy Novgorod 2004) also available online at http://www.nanotech-america.com/dmdocuments/mironov-book-en.pdf.

[6] West Hill Biological Resources, Inc. www.westhillbio.com (see also [4] for laboratory exercise with AFM kit)

[7] Program ImageJ for analysing digital images can be downloaded from http://rsb.info.nih.gov/ij/

مرجع:

Physics Education, January 2008,43(1), pp 37-45.

پژوهشی

کاهش شکاف جنسیتی
در کلاس‌های فیزیک

مرسدس لورنزو و همکاران[1]
ترجمه: هاجر حیدری، دبیر فیزیک از زنجان

بررسی کرده‌ایم که آیا شکاف جنسیتی در درک مفهومی درس فیزیک پایه در دانشگاه را می‌توان با استفاده از ارتقای تعامل در کلاس درس، کاهش رقابت، و تشویق همکاری، و تأکید بر درک مفهومی از بین برد. تاکنون داده‌های مربوط به درس فیزیک پایه بر مبنای حسابان را برای رشته‌های غیرفیزیک در دانشگاه هاروارد تحلیل کرده‌ایم که به صورت سنتی یا با درجات مختلف درگیری تعاملی تدریس می‌شوند. نتایج ما نشان می‌دهند که تدریس با استفاده از راه‌بردهای تعاملی نه تنها درک زنان و مردان را افزایش می‌دهد، بلکه باعث کاهش شکاف جنسیتی نیز می‌شود. در درس‌هایی که کاملاً به طور تعاملی تدریس می‌شدند، شکاف جنسیتی در پایان درس کاملاً از بین رفته بود.

۱. مقدمه

در دوره‌ها و حرفه‌های مرتبط با علوم و فناوری در ایالات متحده زنان در سطح پایین‌تری از مردان حضور دارند، و در آزمون‌های علمی در سطح متوسطه و بالاتر میانگین نمره‌های آن‌ها کمتر است. این شکاف جنسیتی در سطح متوسطه در ۲۸ کشور دیگر جهان در اروپا، امریکای شمالی، آسیا، اقیانوسیه، و خاورمیانه گزارش شده است [۷ـ۵ و ۳]. گرچه شکاف جنسیتی در بیشتر زمینه‌های علمی و فنی کمتر شده است، اما بیشترین نابرابری جنسیتی هم به لحاظ تخصصی و هم در موفقیت‌های حرفه‌ای در فیزیک است [۳ـ۱].

پژوهش‌های گسترده بر روی تفاوت‌های جنسیتی در کارهای علمی از سال ۱۹۸۱ انجام شده است. نتایج این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که راه‌بردهای آموزشی زیر به کاهش این شکاف جنسیتی کمک می‌کند.

۱. وارد کردن تجربه‌های روزمره و مواردی که هر دو جنس به آن علاقه‌مندند در مطالب و مفاهیم آموزشی [۹ـ۷].

۲. ارزیابی و بهره‌گیری از معلومات قبلی شاگردان در تشکیل معلومات جدید.

۳. ایجاد محیط تعاملی که همکاری و ارتباط کلاسی بین شاگردان و نیز بین شاگردان و معلمان را زیاد کند.

۴. استفاده‌ی متناوب از بحث‌های گروهی و آموزش سازمان‌یافته. زنان وقتی موفق‌ترند که بتوانند اندیشه‌های خود را به صورت شفاهی بیان کنند. مردان وقتی بهتر عمل می‌کنند که تجربه‌های آموزشی آنان سازمان‌یافته باشد.

۵. فعالیت‌هایی که رقابت را کم می‌کند.

۶. ارزشیابی‌های مکرر و متنوع و بازخورد [۷ و ۵ و ۲].

۷. فعالیت‌هایی که شناخت دانش آموزشی را پرورش می‌دهد [۱۶ـ۱۴ و ۵].

۸. استفاده از فیزیک برای به‌دست آوردن دیدگاه گسترده‌تری از جهان [۱۶].

بعضی بررسی‌ها نشان می‌دهند که زنان به‌ویژه از روش‌های آموزشی فعال سود می‌برند [۱۳ و ۱۲]. اگرچه درگیری‌های فعال به نفع هر دو جنس است، اما زنان تمایل دارند اندیشه‌های خود را به صورت شفاهی بیان کنند، در حالی که مردان ترجیح می‌دهند به صورت مستقل کار کنند.

روش‌های درگیری تعاملی[2] (IE) که در این بررسی مورد استفاده قرار گرفت (آموزش گروهی[3] [۱۹ و ۱۸]، *گفت‌وشنودهای آموزشی در فیزیک پایه* [۲۰]، و فعالیت‌های حل مسئله کمّی دسته‌جمعی) از بسیاری از راه‌بردهای بالا [به‌ویژه موارد (۷)ـ(۳)] استفاده می‌کند. بنابراین بررسی کردیم که آیا این

روش های تدریس شکاف جنسیتی در کلاس های بزرگ فیزیک پایه بر مبنای حسابان در دانشگاه هاروارد را باریک می سازد.

روش کار

درس فیزیک پایه بر مبنای حسابان برای رشته‌های غیرفیزیک از سال ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۷ در هاروارد تدریس شد (در سال ۱۹۹۲ داده‌ای گردآوری نشد). این درس که شامل مکانیک نیوتونی است دو بار در هفته در سالنی بزرگ جمعاً به مدت ۳ ساعت درس و در جلسه‌های کوچک‌تر متشکل از ۱۵-۲۰ شاگرد به راهنمایی دستیاران به مدت ۱ تا ۲ ساعت یک بار در هفته تدریس می‌شد. در مدت هفت سال مورد مطالعه تعداد میانگین ثبت‌نام ۲۰۲؛ و نسبت میانگین زنان به مردان ۱/۷ بود.

الف ـ رهیافت‌های تدریس

رهیافت تدریس از سخنرانی‌های سنتی به سبک تدریس بسیار تعاملی متحول شد، در سال ۱۹۹۰ هم سخنرانی‌ها و هم جلسه‌های تمرین به صورت سنتی انجام می‌شد. در سال ۱۹۹۱ آموزش گروهی (PI) جانشین سخنرانی‌های سنتی شد. آموزش گروهی شامل اصلاح روش سنتی به کمک سخنرانی‌های کوتاه (۱۰-۱۵ دقیقه‌ای) و پرسش‌های مفهومی است که در آن شاگردان در گروه‌های کوچک مستقیماً در مورد اشکال‌های مفهومی در وقت کلاس بحث می‌کنند. انتظار می‌رود که شاگردان قبل از تشکیل کلاس موضوع موردنظر را در کتاب بخوانند، به طوری که بتوانند مشارکت فعال‌تری در این بحث‌ها داشته باشند.

در مدت پنج سال بعد به انجام رساندن روش PI را بهبود بخشیدیم. در سال‌های ۱۹۹۳ و ۱۹۹۴ مجموعه پرسش‌های مفهومی و راه‌برد پرسش / بحث کلاسی اصلاح شد. در سال ۱۹۹۵ شروع به استفاده از یک کتاب درسی مکانیک مبتنی بر پژوهش کردیم که مازور[۴] تدوین کرده بود[۲۱]. در این کتاب درسی مفاهیم پیش از تشکیل چارچوب ریاضی مطرح می‌شوند و به موانع مفهومی که در جهان واقعی با آن روبه رو هستیم در مواردی پرداخته می‌شود که مورد علاقه‌ی هر دو جنس است. تا سال ۱۹۹۶ با دادن آزمون‌های چندگزینه‌ای پیش از کلاس اطمینان حاصل می‌کردیم که شاگردان کتاب را خوانده‌اند. در سال‌های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷، شاگردان تکالیف درسی کتبی در این مورد را پیش از کلاس تکمیل می‌کردند. جزئیات بیشتر توصیف دستورالعمل پر و چگونگی اجرای آن در گذشته و حال را می‌توان در مرجع ۱۹ یافت.

گرچه در سخنرانی‌های سال ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۵ درگیری فعال شاگردان پس از اجرای آموزش گروهی دخیل بود، اما جلسات هفتگی ۱ تا ۵ ساعته عمدتاً ارائه‌ی سنتی مطالب به شاگردانی بود که در کلاس نشسته بودند و یک دستیار آن را انجام می‌داد. در سال ۱۹۹۶ کارگاه‌های هفتگی ۲ ساعته جانشین این جلسات شد که در آن شاگردان در گروه‌های سه یا چهار نفره در اطراف یک میز کار می‌کردند. در طول ساعت اول کارگاه، شاگردان گفت‌وشنودهای آموزشی[۲۰] را تکمیل می‌کردند که به جای حل مسئله‌ی کمّی استاندارد بر استدلال‌های مفهومی و فعالیت‌های عملی تأکید داشت و به شاگردان این امکان را می‌داد تا درباره‌ی مفاهیم با یکدیگر بحث کنند. این گفت‌وشنودهای آموزشی زیرنظر دستیاران به شاگردان کمک می‌کند تا مدل‌های مفهومی را بسازند و آن‌ها را در مواردی که به جهان واقعی مربوط می‌شود به کار برند. نیمه دوم کارگاه به تقویت مهارت حل مسئله‌ی شاگردان با استفاده از فعالیت‌های حل مسئله‌ی کمّی دسته‌جمعی اختصاص داشت که شبیه چیزی بود که هلر[۵] و همکاران[۲۲] به وجود آورده‌اند خلاصه‌ی رهیافت‌های تدریس مورد استفاده در جدول ۱ آمده است.

در تدریس این دروس از پنج مربی استفاده شد؛ یکی از آن‌ها در سال‌های مختلف از هر سه رهیافت استفاده کرد، و دیگران فقط

جدول۱. طبقه‌بندی درس‌هایی که بر حسب رهیافت تدریس مورد بررسی قرار گرفت و در سخنرانی‌ها و جلسات گروهی به‌کار رفت. T (سنتی)؛ IE۱ (تا اندازه‌ای تعاملی)، IE۲ (کاملاً تعاملی).

گروه	سال	سخنرانی‌ها	جلسات گروهی
T	۱۹۹۰	سنتی	سنتی
IE۱	۱۹۹۱-۱۹۹۵ (به استثنای ۱۹۹۲)	آموزش گروهی	سنتی
IE۲	۱۹۹۶-۱۹۹۷	آموزش گروهی	گفت‌وشنودهای آموزشی و فعالیت‌های حل مسئله‌ی دسته‌جمعی

یک یا دو رهیافت را مورد استفاده قرار دادند. بدون توجه به مربی، نتایج سازگاری را برای هر رهیافت به دست آوردیم. بنابراین، به این نتیجه گیری رسیدیم که تغییرات مشاهده شده در عملکرد شاگردان ناشی از تغییر مربی نیست، بلکه نتیجه‌ی تغییر راه‌برد تدریس است.

ب ـ روش‌های ارزیابی و گردآوری داده‌ها

برای بررسی چگونگی تأثیر روش‌های تدریس تعاملی بر شکاف جنسیتی در درک مفهومی از پرسش‌نامه‌ی مفهوم نیرو[۲۳] (PCI)[۶] استفاده کردیم. این آزمون برای ارزیابی درک شاگردان از مکانیک نیوتونی در دروس فیزیک پایه و برآورد تأثیر تغییر روش تدریس به کار می‌رود[۲۴]. به شاگردان ۴۵ دقیقه فرصت داده شد تا این آزمون را تکمیل کنند. این کار یک بار در ابتدای نیمسال (پیش‌آزمون) و سپس سه ماه بعد پس از تکمیل درس مکانیک (پس‌آزمون) انجام شد. هیچ داده‌ی مربوط به پیش‌آزمون برای تدریس سنتی وجود ندارد.

بین سال‌های ۱۹۹۰ و ۱۹۹۴ از نسخه‌ی اصلی آزمون استفاده کردیم که از ۲۹ پرسش تشکیل شده بود. در سال ۱۹۹۵ در این آزمون تجدیدنظر شد تا ابهامات آن برطرف شود. در سال ۱۹۹۵ از این آزمون تجدیدنظرشده‌ی متشکل از ۳۰ پرسش استفاده کردیم. این دو نسخه از آزمون ۲۷ پرسش مشترک دارند، گرچه جمله‌بندی برخی از آن‌ها اندکی متفاوت است. چون وسیله‌ی ارزیابی در این بررسی اندکی تغییر کرد، نمره‌های FCI را با نمره دادن به تمام پرسش‌های هر نسخه از آزمون و به‌حساب آوردن فقط نمره‌های ۲۷ پرسش مشترک در دو نسخه تحلیل کردیم. این دو تحلیل نتایج یکسانی داشت که نشان می‌داد تجدیدنظر در FCI در سال ۱۹۹۵ تأثیری در نتایج ندارد. تحلیل آماری ارائه شده در این مقاله بر مبنای مجموعه‌ی کامل پرسش‌ها برای هر دو نسخه‌ی آزمون است.

علاوه بر FCI، نمره‌های آزمون معیار مکانیک[۲۵] (MBT)[۷] را هم بررسی کردیم که درست پیش از امتحان نهایی اجرا شد. این نمره‌ها در مواد تکمیلی آنلاین جدول‌بندی شده است[۲۶]. میانگین شکاف جنسیتی در نمره‌های MBT که برای تمام گروه‌های بررسی شده کمتر یا مشابه نمره‌های پس‌آزمون برای FCI است. اگرچه شکاف نسبتی کوچکی پس از تدریس برای هر سه گروه وجود دارد، اما شکاف نمره‌های MBT برای گروه IE۲ (۴٫۸٪) از همه کوچک‌تر است. به‌علاوه، گروه IE۲ بالاترین نمره‌های MBT را در بین سه گروه دارد.

ما فقط داده‌های مربوط به شاگردانی را تحلیل کردیم که پیش‌آزمون FCI (برای درس‌های IE)، پس‌آزمون FCI، و MBT را تکمیل کرده بودند. تعداد این شاگردان ۱۰۴۸ نفر بود. تحلیل ما به جای MBT بر FCI تأکید داشت، زیرا FCI تأثیر آموزش را مستقیماً با پیش‌آزمون و پس‌آزمون می‌کاود، در حالی که MBT فقط به صورت پس‌آزمون مطرح می‌شود. چون طرح نمره دادن و سرشت امتحان نهایی سال به سال تغییر می‌کند، داده‌های مربوط به امتحانات و نمره‌های نهایی سال‌های مختلف قابل مقایسه نیستند و درنتیجه در این بررسی حذف شده‌اند.

نتایج و بحث

جدول ۲ میانگین نمره‌های پیش‌آزمون S_i و پس‌آزمون S_f در آزمون FCI را برای مردان و زنان نشان می‌دهد که نظیر شکاف جنسیتی ($S^M - S^F$) و مقادیر p است. میانگین پیش‌آزمون برای مردان و زنان در دوره‌های IE در مدت بررسی تقریباً ثابت ماند، و تغییرات سال به سال به لحاظ آماری قابل ملاحظه نبود. بنابراین، اختلاف مشاهده‌شده‌ی نمره‌های پس‌آزمون در بین گروه‌ها را می‌توان به جای زمینه‌های متفاوت شاگردان، مربوط به اختلاف روش تدریس دانست به علاوه، شکاف جنسیتی پیش‌آزمون $S_i^M - S_i^F$ برای هر درس به لحاظ آماری قابل ملاحظه است.

جدول ۲ نشان می‌دهد که نمره‌های هر دو جنس پس از آموزش افزایش می‌یابد. به‌علاوه، با افزایش سطح درگیری تعاملی، نمره‌های پس‌آزمون هر دو جنس از T به IE۱ و IE۲ افزایش می‌یابد. نمره‌های پس‌آزمون هر دو جنس در دوره‌های T کمتر از گروه‌های IE است. طبق بررسی‌های هندرسون[۸] و همکاران[۲۷] اجرای پیش‌آزمون تأثیری در نتایج پس‌آزمون ندارد، و درنتیجه نمره‌های پایین پس‌آزمون دوره‌های T را نمی‌توان مربوط به نبود پیش‌آزمون دانست.

شکل ۱ نشان می‌دهد که سطح درگیری تعاملی چه تأثیری بر شکاف جنسیتی دارد. میانگین شکاف جنسیتی برای سه گروه (IE۲، IE۱، T) برای پیش‌آزمون و پس‌آزمون نشان داده شده است. داده‌های پیش‌آزمون برای گروه T وجود ندارد. با این همه، نمره‌های پیش‌آزمون برای هر جنس در شش سال بعد اساساً ثابت می‌ماند و اختلاف شکاف جنسیتی بین گروه IE۱ (۱۳٪) و IE۲ (۹٫۲٪) فقط اهمیتی حاشیه‌ای دارد (۴۷٪= مقدار p). بنابراین، شکاف جنسیتی پس‌آزمون را با میانگین شکاف جنسیتی پیش‌آزمون درس‌های IE (۱۱٪) مقایسه می‌کنیم.

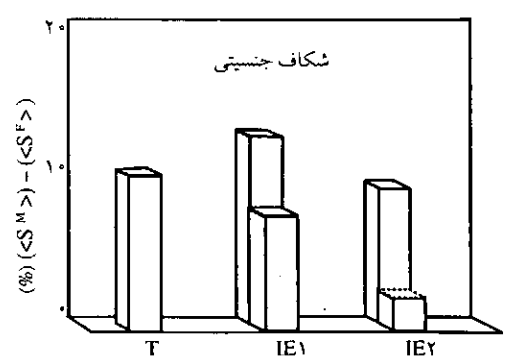
مقایسه‌ی شکاف جنسیتی پیش‌آزمون و پس‌آزمون در داخل هر گروه نشان می‌دهد که با افزایش میزان تعامل، شکاف جنسیتی از پیش‌آزمون به پس‌آزمون به طور قابل ملاحظه‌ای کم می‌شود. شکاف جنسیتی پس‌آزمون برای درس T (۱۰٪) اساساً همان میانگین شکاف جنسیتی پیش‌آزمون درس‌های IE است. برعکس، مطرح کردن دستورالعمل پر در سخنرانی‌ها (IE۱) شکاف جنسیتی را به ۷٫۸٪ کاهش می‌دهد که کمتر از دوسوم شکاف جنسیتی پیش‌آزمون است. تعامل کامل (IE۲) این شکاف را با کاهش به ۲٫۴٪ ـ که فقط یک‌چهارم مقدار پیش‌آزمون است ـ باز هم کمتر می‌کند. مهم‌تر از همه پس از این دوره شکاف جنسیتی برای گروه

جدول ۲ . داده‌های مربوط به پرسش‌نامه مفهوم نیرو برای فیزیک پایه بر مبنای حسابان در دانشگاه هاروارد . $N^M (N^F)$ تعداد مردان (زنان)؛ $S_i^M (S_i^F)$ نمره‌های میانگین پیش‌آزمون مردان (زنان)؛ و $S_f^M (S_f^F)$ نمره‌های میانگین پس‌آزمون مردان (زنان) است، نمره‌های داخل پرانتز انحراف معیار مقادیر گزارش‌شده $S_i^M - S_i^F (S_f^M - S_f^F)$ شکاف جنسیتی قبل، (بعد) از آموزش است . تمام داده‌ها دو رقم بامعنی دارند . ارقام ستاره‌دار به لحاظ آماری اهمیت ندارند .

		نمره‌های پیش‌آزمون FCI				نمره‌های پس‌آزمون FCI			
گروه	سال	N^M	N^F	S_i^M	S_i^F	$S_i^M - S_i^F$	مقدار p	S_f^M	S_f^F	$S_f^M - S_f^F$	مقدار p
T	۱۹۹۰	۶۱	۴۴	...	...	...	...	۸۲(۱۳)	۷۱(۱۶)	۱۰	۰٫۰۰۰۴
IE۱	۱۹۹۱	۱۰۵	۶۱	۷۴(۱۵)	۶۲(۱۶)	۱۲	<۰٫۰۰۰۱	۸۶(۸٫۶)	۷۸(۱۱)	۷٫۹	<۰٫۰۰۰۱
	۱۹۹۳	۹۱	۵۲	۷۲(۱۴)	۶۱(۱۴)	۱۱	<۰٫۰۰۰۱	۸۸(۷٫۰)	۸۰(۱۱)	۸٫۲	<۰٫۰۰۰۱
	۱۹۹۴	۱۲۱	۷۷	۷۵(۱۵)	۶۰(۱۶)	۱۵	<۰٫۰۰۰۱	۸۹(۸٫۱)	۸۱(۱۲)	۷٫۶	<۰٫۰۰۰۱
	۱۹۹۵	۱۱۵	۶۱	۷۲(۱۸)	۶۰(۱۷)	۱۳	<۰٫۰۰۰۱	۹۰(۹٫۴)	۸۳(۱۴)	۷٫۴	<۰٫۰۰۰۱
IE۲	۱۹۹۶	۹۴	۵۲	۷۱(۱۹)	۶۱(۱۹)	۹٫۸	۰٫۰۰۳۹	۹۰(۱۱)	۸۷(۱۰)	۳٫۳*	۰٫۰۸۲۸
	۱۹۹۷	۶۷	۴۷	۷۱(۱۹)	۶۲(۲۰)	۸٫۵	۰٫۰۲۰۵	۹۲(۱۱)	۹۱(۸٫۳)	۱٫۵*	۰٫۴۲۹۰

IE۲ دیگر به لحاظ آماری اهمیت ندارد که نشان می‌دهد عملکرد مردان و زنان در این گروه پس از آموزش یکسان است . این نتایج نشان می‌دهند که هرچه سطح درگیری تعاملی درس بالاتر باشد، شکاف جنسیتی پس از تدریس کمتر می‌شود .

برای ارزیابی بیشتر تأثیر هر یک از سه رهیافت تدریس بر عملکرد شاگردان، بهره‌ی میانگین بهنجار شده $\langle g \rangle = (\langle S_f \rangle - \langle S_i \rangle)/(100 - \langle S_i \rangle)$ را هم برای نمره‌های FCI محاسبه کردیم . این بهره‌ی بهنجارشده با تعیین این که چه کسری از بهره‌ی کل ممکن از پیش‌آزمون به پس‌آزمون حاصل شده است، اختلاف نمره‌های پیش‌آزمون را به حساب می‌آورد . از میانگین نمره‌های پیش‌آزمون درس‌های IE به عنوان پیش‌آزمون درس T

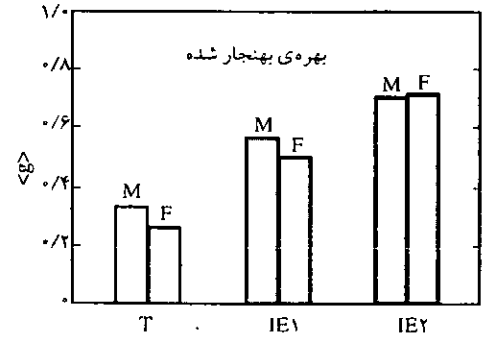


شکل ۱ . تأثیر رهیافت آموزشی بر شکاف جنسیتی عملکرد شاگردان در آزمون پرسش‌نامه‌ی مفهوم نیرو برای درس فیزیک پایه بر مبنای حسابان در دانشگاه هاروارد؛ نمادها: M (مرد)؛ F (زن)؛ پیش (قبل از آموزش)؛ پس (بعد از آموزش)؛ T (سنتی)؛ IE۱ (تا اندازه‌ای تعاملی)، و IE۲ (کاملاً تعاملی) . شکاف جنسیتی پیش‌آزمون در گروه IE۲ به لحاظ آماری مهم نیست .

استفاده شد . شکل ۲ نشان می‌دهد که با افزایش سطح درگیری تعاملی $\langle g \rangle$ برای هر دو جنس افزایش می‌یابد . اختلاف بهره‌ی بهنجارشده برای گروه‌های IE۱ و IE۲ به لحاظ آماری مهم نیست؛ در گروه IE۲، هر دو جنس به بهره‌ی بهنجارشده‌ی بالای یکسان (۷۰٪ برای مردان و ۷۱٪ برای زنان) می‌رسند . داده‌های شکل ۲ همراه با مقادیر P در پیوست آنلاین جدول‌بندی شده است[۲۶] . چون گروه T در پیش‌آزمون شرکت نکرده بودند، نتوانستیم تعیین کنیم آیا شکاف جنسیتی در این گروه اهمیت آماری دارد .

طبق طبقه‌بندی بهره‌ی بهنجارشده‌ی هیک[۹]، هر دو گروه شاگردان مرد و زن گروه IE۲ در طبقه‌ی با بهره‌ی بالا $\langle g \rangle \geq 0/7$ قرار می‌گیرند[۲۴] . برعکس، زنان در درس T در طبقه با بهره‌ی کم $\langle g \rangle < 0/3$ قرار گرفتند، در حالی که شاگردان مرد دوره‌ی T در انتهای پایین طبقه‌ی با بهره متوسط قرار گرفتند $0/3 \leq \langle g \rangle < 0/7$. اگرچه بهره‌های بهنجارشده در گروه‌های IE برای هر دو جنس تقریباً یکسان است، زنان به بهره‌های مطلق بالاتری دست یافتند زیرا نمره‌های پیش‌آزمون آن‌ها از مردان کمتر است . داده‌های شکل ۲ به روشنی نشان می‌دهند که سطح درگیری تعاملی ضمن آموزش نه‌تنها به سود تمام شاگردان است، بلکه به تساوی بهره‌های بهنجارشده در جنس کمک می‌کند .

اکنون به تحلیل این موضوع می‌پردازیم که روش‌های مختلف آموزش چه تأثیری بر تعداد شاگردانی دارد که بالاترین یا پایین‌ترین نمره را در آزمون FCI می‌گیرند . طراحان FCI نمره‌های کمتر از ۶۰٪ را شناخت واقعی مکانیک نیوتونی به حساب نمی‌آورند، و نمره‌های بالاتر از ۸۵٪ را مهارت در مکانیک نیوتونی درنظر می‌گیرند . ما شاگردان با نمره‌ی کمتر از ۶۰٪ در آزمون FCI را با «امتیاز کم» و شاگردان با نمره‌ی بالاتر از ۸۵٪ را با «امتیاز زیاد»



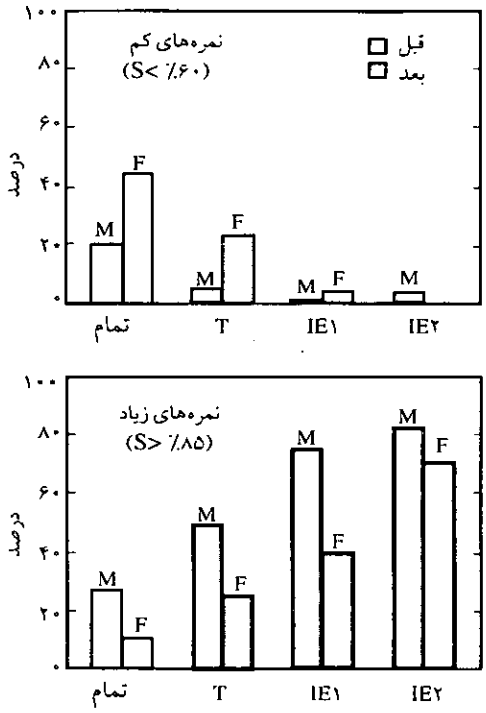
شکل۲ . تأثیر رهیافت آموزشی بر بهره‌ی بهنجارشده‌ی پیش‌آزمون ـ پس‌آزمون آزمون پرسش‌نامه‌ی مفهوم نیرو برای درس فیزیک بر مبنای حسابان در دانشگاه هاروارد . چون پیش‌آزمونی برای درس T صورت نگرفته بود، میانگین پیش‌آزمون درس‌های IE به عنوان پیش‌آزمون T به کار رفت .

درنظر گرفتیم . هیچ تغییر قابل‌ملاحظه‌ای را در درصدهای پیش‌آزمون در سال‌های مختلف و برای جنس‌های مختلف به دست نیاوردیم، بنابراین، میانگین تمام داده‌های پیش‌آزمون IE را با درصدهای پس‌آزمون هر سه گروه مقایسه کردیم .

پیش از آموزش، قسمت بالای شکل۳ نشان می‌دهد که درصد زنان با نمره‌های کم دو برابر مردان با نمره‌های کم است . تقریباً نیمی از زنان (۴۳٪) در ابتدای نیمسال شناختی از مکانیک ندارند . برعکس، درصد زنان در طبقه‌ی با نمره‌ی بالا فقط یک‌سوم تعداد مردان است (۱۰٪ در مقایسه با ۲۷٪) .

پس از آموزش، وضعیت شاگردان زن فقط در درس‌های با درگیری تعاملی به طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد . در گروه IE درصد زنانی که هنوز در طبقه‌ی با نمره‌ی کم باقی می‌مانند فقط ۴/۴٪ است که یک‌دهم این تعداد در شروع کار است ـ و هیچ زن با نمره‌ی کم پس از آموزش در گروه IE۲ وجود ندارد . بهبود وضعیت در درس T کمتر بارز است؛ ۲۳٪ شاگردان زن هنوز در طبقه‌ی با نمره‌ی کم هستند، که نصف این تعداد در پیش‌آزمون است . تعداد مردان با نمره‌ی کم در هر سه گروه فقط چند درصد (به طور میانگین ۲٪) کاهش یافت، و هیچ اختلاف قابل‌ملاحظه‌ای بین گروه‌ها وجود نداشت .

سه جنبه از داده‌های مربوط به شاگردان با نمره‌های زیاد، در قسمت پایین شکل۳، جالب توجه است . درصد زنان با نمره‌های زیاد قبل از آموزش کوچک است (۱۰٪ برای زنان در مقایسه با ۲۷٪ برای مردان) . اگرچه درصد شاگردان با نمره‌های زیاد پس از آموزش سنتی برای هر دو جنس تا اندازه‌ای افزایش یافت، ولی میزان این افزایش پس از آموزش تعاملی بیشتر بود . در گروه IE۲ نمره‌های زنان به اندازه‌ای زیاد شد که هیچ کدام از آن‌ها پس از آموزش در گروه با نمره‌های کم باقی نماندند، و اختلاف درصد زنان و مردان با نمره‌های زیاد به لحاظ آماری اهمیت ندارد . این



شکل۳ . تأثیر رهیافت آموزشی بر درصد شاگردان با نمره‌های کم (S< ٪۶۰) (بالا)، و زیاد (S> ٪۸۵) (پایین) در آزمون پرسش‌نامه‌ی مفهوم نیرو برای درس فیزیک بر مبنای حسابان در دانشگاه هاروارد . برای گروه ـ درصد اختلاف بین مردان با نمره‌های زیاد و زنان با نمره‌های زیاد به لحاظ آماری مهم نیست .

نتیجه نشان می‌دهد که درس‌های با درگیری تعاملی درصد زنان با نمره‌های کم را به صورت مؤثرتر از درس‌های سنتی کاهش و درصد زنان با نمره‌های زیاد را افزایش می‌دهند .

کاهش یا حذف شکاف جنسیتی در مکانیک در درس‌های تعاملی ناشی از بهبود قابل‌ملاحظه‌ی عملکرد شاگردان زن بدون از دست رفتن دستاوردهای شاگردان مرد است . شاگردان مرد هم در آموزش با درگیری تعاملی به سطح آموزش بالاتر از آموزش سنتی دست می‌یابند .

ما کاهش شکاف جنسیتی را ناشی از آموزش گروهی، گفت‌وشنودهای آموزشی، و فعالیت‌های دسته‌جمعی حل مسئله‌های کمّی می‌دانیم . این روش‌های آموزشی به شاگردان امکان می‌دهد تا با تعامل اندیشه‌های خود را در ضمن درس و جلسات تمرین بیان کنند، و با طرح پرسش‌های مفهومی و گفت‌وشنودهای آموزشی بازخورد مناسب در اختیار آن‌ها قرار می‌گیرد، این گذار بین آموزش سازمان‌یافته و بحث‌های شاگردان که بر استدلال مفهومی تأکید می‌کند، باعث افزایش همکاری بین آن‌ها می‌شود، و فرهنگ کلاس درس را کمتر رقابتی می‌سازد . نتایج ما نشان می‌دهند که این روش‌های آموزشی شکاف جنسیتی در درک فیزیک را کم می‌کند . فرض ما این است که این روش تدریس محیط آموزشی مناسب را برای شاگردان مرد و زن به‌وجود می‌آورد .

نتیجه گیری

بررسی‌ها نشان می‌دهد که درگیری تعاملی باعث کاهش شکاف جنسیتی در عملکرد درس فیزیک می‌شود. اگرچه هر دو جنس از این روش بهره‌مند می‌شوند و به بهره‌های بهنجارشده‌ی بالاتری دست می‌یابند، اما بهبود عملکرد زنان بیشتر است و بر عدم تساوی قابل ملاحظه‌ی پیش از آموزش غلبه می‌کند.

با افزایش توجه به درک مفهومی و سطح تعامل در کلاس درس و همکاری، شکاف جنسیتی کاهش می‌یابد؛ در درس‌های کاملاً تعاملی، این شکاف به کلی از بین می‌رود. رهیافت آموزشی توصیف‌شده در این مقاله، با ایجاد محیط آموزشی مناسب برای هر دو جنس، شناخت شاگردان را بهبود می‌بخشد و شکاف جنسیتی در آموزش فیزیک را باریک می‌سازد.

پانوشت :

1. Mercedes Lorenzo et al
2. Interactive engagement
3. Peer Instruction
4. Mazur
5. Heller
6. Force Concept Inventory
7. Mechanics Baseline Test
8. Henderson
9. Hake

منابع :

1. R. Ivie and K. Stowe, "Women in Physics, 2000", AIP Report R-430, R. College Park, MD, 2000 (http://www.aip.org/statistics/trends/wmtrends. htm).
2. J. B. Kahle and J. Meece, "Research on gender issues in the classroom", in *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, edited by D. L. Gabel (Macmillan, New ork, 1994), pp. 542-557.
3. I. V. S. Mullis, M. O. Martin, E. G. Gierros, A. L. Goldberg, and S. E. Stemler, *Gender Differences in Achievement. IEA'S Third International Mathematics and Science Study (TIMSS)* (Boston College, TIMSS International Study Center, Chestnut Hill, MA, 2000).
4. R. R. Hake, "Relationship of individual student normalized learning gains in mechanics with gender, high-school physics, and pretest scores on mathematics and spatial visualization", online at: (http://www.physics.indiana.edu/~hake/PERC2002h-Hake.pdf).
5. A. Zohar and D. Sela, "Her physics, his physics: Gender issues in Israeli advanced placement physics classes", Int. J. Sci. Educ. **25**(2), 245-268 (2003).
6. G. L. Erickson and L. J. Erickson, "Females and science achievement: Evidence, explanations, and implications", Sci, Educ. **68**(2), 63-89 (1084).
7. P. Labudde, W. Herzog, M. P. Neuenschwander, E. Violi, and C. Gerber, "Girls and physics: Teaching and learning strategies tested by classroom interventions in grade", Int. J. Sci. Educ. **22**(2), 143-157 (2000).
8. L. McCullough, "A gender context for the Force Concept Inventory", Paper presented at the winter meeting of the American Association of Physics Teachers, San Diego, CA, 2001 (unpublished).
9. J. Taylor, "Sexist bias in physics textbooks", Phys. Educ. **14**(5), 277-280 (1979).
10. L. Danzl-Tauer, "The relaationship between intervention, equity, and excellence in rural high school biology classrooms". Ph. D. dissertation, Purdue University, 1990. Results described in J. B. Kahle and J. Meece, "Research on gender issues in the classroom", in *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, edited by D. L. Gabel (Macmillan, New York, 1994), pp. 542-557.
11. A. Kitchenham, "Vive la difference: Gender, motivation, and achievement", School Libraries in Canada **22**(2), 34-37, 44 (2002): **22**, 44 (2002).
12. P. Laws, P. Rosborough, and F. Poodry, "Women's responses to an activity-based introductory physics program", Am. J. Phys. **67**(7), S32-S37 (1999).
13. M. Schneider, "Encouragement of women physics majors at grinnell college: A case study", Phys. Teach. **39**(5), 280-282 (2001).
14. B. Smail, "Organizing the curriculum to fit girls' initerests", in *Science for all girls?*, edited by A. Kelly (Buckingham and Philadelphia, Open University Press, 1984).
15. G. M. Hilderbrand, "Redefining achievement", in *Equity in the Classroom: Towards Effective Pedagogy for Girls and Boys*, edited by P. F. Murphy and C. V. Gipps (Falmer and UNESCO, Washington, DC, 1996), pp. 149-171.
16. H. Stadler, R. Duit, and G. Benke, "Do boys and girls understand physics differently?", Phys. Educ. **35**(6), 417-422 (2000).
17. R. Kimbell, K. Stables, T. Wheeler, A. Wosniak, and V. Kelly, *The assessment of performance in design and technology* (London, School Examinations and Assessment Authority, 1991), cited in D. Y. Yip, M. M. Chiu, and E. S. C. Ho, "Hong Kong Student Achievement in OECDPISA Study: Gender Differences in Science Content, Literacy Skills, and Test Item Formats", Int. J. Sci. Math. Ed. 2(1), 91-106 (2004).
18. E. Mazur, *Peer Instruction: A User's Manual* (Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1997). Additional information and resources for Peer Instruction can be found at (http://galileo.harvard.edu).
19. C. H. Crouch and E. Mazur, "Peer instruction: Ten years of experience and results", Am. J. Phys. **69**(9), 970-997 (2001).
20. L. C. McDermott, P. S. Schaffer, and the University of Washington PERG, *Tutorials in Introductory Physics* (Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1998).
21. Eric Mazur, *Introductory Physics* (to be published).
22. P. Heller, R. Keith, and S. Anderson, "Teaching Problem Solving through cooperative grouping. 1. Group versus individual problem solving", Am. J. Phys. **60**(7), 627-636 (1992); P. Heller and M. Hollabaugh, "Teaching problem solving through cooperative grouping. 2. Designing problems and structuring groups", *ibid.* **60**(7), 637-644 (1992).
23. D. Hestenes, M. Wells, and G. Swackhamer, "Force Concept Inventory", Phys. Teach. **30**(3), 141-151 (1992). Revised in 1995 by I. Halloun, R. R. Hake, E. Mosca, and D. Hestence. The rervised version appears in Ref. 18 and can be obtained from Professor Hestenes at Arizona State University.
24. R. R. Hake, "Interactive-engagement versus traditional methods: A sixthousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses", Am. J. Phys. **66**(1), 64-74 (1998).
25. D. Hestenes and M. Wells, "A mechanics baseline test", Phys. Teach. **30**(3), 159-166 (1992).
26. See EPAPS Document No. E-AJPIAS-74-003603 for tables of the Mechanics Baseline Test scores and Force Concept Inventory gains and normalized gains. This document can be reached via a direct link in the online article's HTML reference section or via the EPAPS homepage (http://www.aip.org/pubservs/epaps.html).
27. C. Henderson, "Common concerns about the Force Concept Inventory", Phys. Teach. **40**(9), 542-547 (2002).
28. I. Halloun and D. Hestenes, "Interpreting the Force Concept Inventory: A response to Huffman and Heller", Phys. Teach. **33**(8), 502-506 (1995).

Am J. Phys. Vol 74, No2. February 2006, PP 118-122

پژوهش علمی چیست؟

بخش فیزیک و نجوم دانشگاه ایالتی آریزونا
ترجمه : اشرف لک

بین پدیده‌های طبیعی ضرب‌آهنگ و طرحی وجود دارد که به چشم نمی‌آید، بلکه فقط با چشم تحلیل می‌توان دید؛ این ضرب‌آهنگ و طرح‌ها چیزی است که آن را قانون‌های فیزیکی می‌نامیم.

ار . پی . فاینمن
ویژگی قانون‌های فیزیکی

کشف فرایند پژوهش علمی از اساسی‌ترین دستاوردهای بشری در تاریخ است . آغاز پژوهش علمی دورانی را مشخص می‌کند که به اندازه‌ی پیدایش اولین زبان نوشتاری اهمیت دارد . شگفت آن‌که ، روش‌های جدید پژوهش علمی تا اواخر قرن شانزدهم و اوایل قرن هفدهم پذیرفته نشدند . بنابراین ، از نظر تاریخ بشریت پژوهش علمی در دوران کودکی خویش است .

علوم طبیعی

علوم طبیعی به مطالعه‌ی پدیده‌های طبیعی مربوط به اجسام بی‌جان می‌پردازد . علوم طبیعی تمام علوم غیر از علوم زیستی را در بر می‌گیرد ، و شامل نجوم ، شیمی ، زمین‌شناسی و فیزیک می‌شود . در علوم طبیعی ویژگی‌های ماده و برهم‌کنش بین اجسام بی‌جان را بررسی می‌کنیم . در این‌جا تفاوتی بین انواع مختلف علوم طبیعی قائل نمی‌شویم زیرا قانون‌های علمی و نظریه‌ها در مورد تمام علوم طبیعی به‌کار می‌روند . دانشمندان در چهار قرن گذشته بافت قانون‌های علمی و نظریه‌هایی را به دقت با هم تلفیق کرده‌اند که شناخت ما و پیش‌بینی‌هایمان از پدیده‌های طبیعی را هدایت می‌کند .

نظم در طبیعت

دانشمندان کشف کرده‌اند که در طبیعت نظم ذاتی زیبایی وجود دارد . هدف پژوهش علمی یافتن و مشخص کردن این طرح‌هاست . بنابراین یک هدف پژوهش علمی کنار هم گذاشتن طرح‌های موجود در طبیعت به صورت نوعی لحاف چهل‌تکه‌ی به لحاظ منطقی سازگار است . مانند مورد کنار هم گذاشتن تکه‌های لحاف چهل‌تکه ، علم به تدریج جلو می‌رود ، و هر بخش از بافت علم فقط از طریق پژوهش علمی دقیق ، سنجیده ، و موشکافانه کشف می‌شود . پژوهش علمی ، برخلاف تفکر منطقی منزوی ، بر آزمایش و مشاهده استوار است . در واقع ، قانون‌های علمی که

پژوهش علمی با پدیده‌ای طبیعی شروع می‌شود که پرسشی را در ذهن فردی به وجود می‌آورد که پاسخ شناخته شده ندارد

پدیده‌های طبیعی را توصیف می‌کنند معمولاً کاملاً متفاوت از عقل سلیم معقول از کار درمی‌آیند. مثلاً، شاید حس شهودی ما باعث این استدلال شود که آهنگ سقوط یک جسم به زمین به جرم آن بستگی دارد. در واقع این دیدگاه رایج تا ۴۰۰ سال پیش بود. وقتی آزمایش علمی مبنای پژوهش علمی شد، این درک نادرست در مورد سرشت حرکت اجسام افتان اصلاح شد.

طبیعت برای بافت طرح‌هایش از بلندترین نخ‌ها استفاده می‌کند و هر قطعه‌ی کوچک از این طرح سازمان تمام فرش را به نمایش می‌گذارد.

ار. پی. فاینمن

ویژگی‌های قانون‌های فیزیک

به ندرت پیش می‌آید که بخش بزرگی از بافت علم کشف شود و انقلابی عظیم به وجود آورد که به علم شکلی تازه ببخشد. تأثیر این کشف کلیدی و عظیم به اندازه‌ای زیاد است که باعث تغییر همیشگی جامعه‌ی علمی می‌شود. در واقع، شروع علم فیزیکی جدید را این پیشرفت تکان‌دهنده مشخص می‌کند که مسئله‌ای را حل کرد که قرن‌ها به علت لاینحل بودن باعث نگرانی شده بود. اولین قطعه‌ی عظیم بافت علم به صورت قانون‌های حرکت و نظریه‌ی گرانشی نمایان شد که آن‌ها را گالیله و نیوتون در قرن هفدهم کشف کردند.

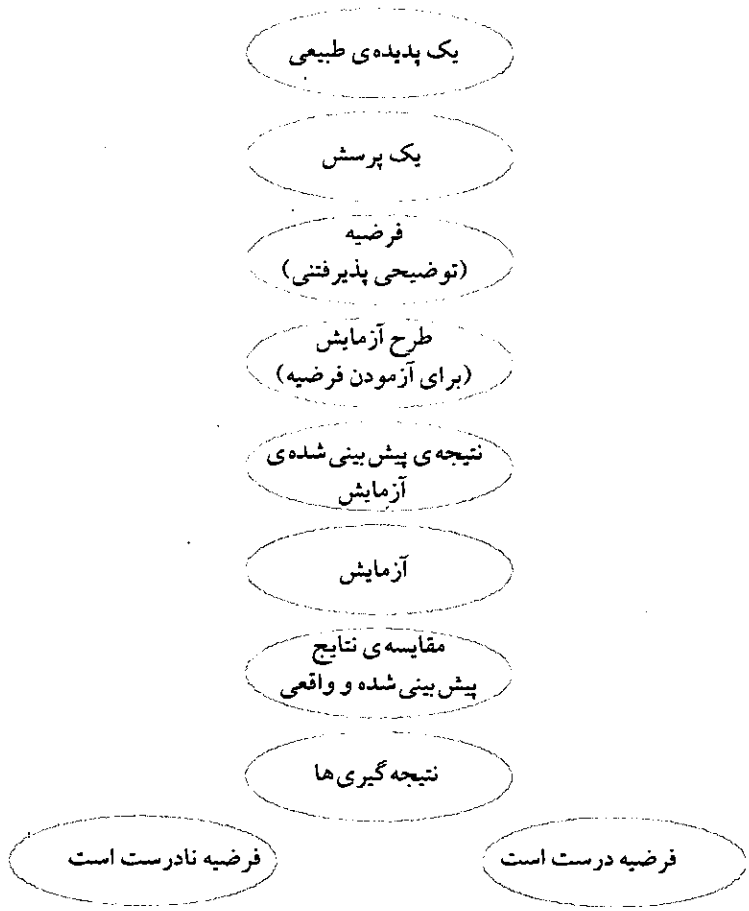
علم پرسش بی‌پاسخی است که شانس خوبی برای یافتن جواب دارد.

ساده‌ترین شکل پژوهش علمی

روش کار ساده‌ای برای انجام کار علمی وجود ندارد. روش کلی پژوهش علمی معمولاً با پرسشی آغاز می‌شود که در هنگام مشاهده‌ی پدیده‌ای طبیعی مطرح می‌شود. اگر پاسخ شناخته‌شده‌ای برای پرسش مطرح شده وجود نداشته باشد، فرضیه‌ها و توضیح‌های بیشتر را می‌توان با آزمایش علمی برای پاسخ دادن به این پرسش آزمود. بنابراین، فرایند انجام کار علمی معمولاً با پرسشی شروع می‌شود که پاسخ شناخته‌شده ندارد. برای یافتن پاسخ به این پرسش همواره به آزمایش‌های علمی متوسل می‌شویم. قضاوت ما در مورد موفقیت یک قانون علمی، نظریه، یا مدل، درستی پیش‌بینی‌های آن از پدیده‌های طبیعی است. دانشمندان با تکرار و طراحی مجدد آزمایش‌ها، قانون‌های علمی موجود، نظریه‌ها و مدل‌ها را پیوسته اصلاح می‌کنند تا سازگاری بهتری با نتایج آزمایش‌ها داشته باشند و پدیده‌های طبیعی را بهتر پیش‌بینی کنند.

در طرح ساده‌ترین رهیافت به پژوهش علمی (به اصطلاح «روش علمی»)، وقتی پرسش علمی مطرح شد، دانشمند تمام فرضیه‌ها یا توضیح‌های پذیرفتنی را در نظر می‌گیرد که ممکن است به پرسش مطرح شده پاسخ دهند. سپس باید هر فرضیه‌ی پذیرفتنی

ساده‌ترین شکل پژوهش علمی



نمودار بالا ساده‌ترین و بنیادی‌ترین طرح استدلال و فرایند پژوهش علمی را به اختصار نشان می‌دهد.

را با آزمایشی جداگانه آزمود. پس از برنامه‌ریزی آزمایش، دانشمند باید نتایج آن را با فرض درست بودن فرضیه پیش‌بینی کند. کلید طراحی آزمایش‌های موفق شناسایی تمام متغیرهای مربوط به پدیده‌ی مشاهده شده و پرسش مطرح شده است. در حالت ایده‌آل آزمایش علمی آزمایشی است که در آن تمام متغیرهای تجربی غیر از یکی را آزمایشگر کنترل کند. با پیشروی آزمایش، در حالی که تمام متغیرها ثابت نگه داشته شده‌اند فقط یک متغیر می‌تواند تغییر کند.

دیدیم که پژوهش علمی شامل راه‌های توجیه پرسش‌های مطرح شده در مورد پدیده‌های طبیعی، و استفاده از آزمایش‌ها برای آزمودن فرضیه‌های پذیرفتنی است. در واقع، توضیح‌های مختلفی که دانشمند در نظر می‌گیرد فرایندی خلاق و مبتنی بر تجربه‌های شخص و هم‌چنین قانون‌ها و نظریه‌های شناخته شده است. اندیشیدن در مورد پرسش اولیه‌ای که باید درباره‌ی پدیده‌ی مشاهده‌شده مطرح کرد، و تمام توضیح‌های ممکن (یا فرضیه‌ها) برای توجیه پدیده از جمله‌ی خلاق‌ترین لحظه‌های در فرایند پژوهش علمی (یعنی «انجام کار علمی») هستند. گرچه اغلب به «عقل سلیم» متوسل می‌شویم، اما فرضیه‌های خود را مبتنی بر قانون‌ها و نظریه‌های شناخته‌شده نیز می‌سازیم. معلومات علمی به شیوه‌ی «روی پای خود ایستادن» با اصلاح و تجدیدنظر در

قانون‌ها و نظریه‌های موجود تشکیل می‌شوند.

قانون‌ها، نظریه‌ها، و مدل‌ها ابتدا به صورت فرضیه‌های ساده شکل می‌گیرند. پس از آزمایش‌های مکرر، معمولاً فرضیه پیچیده‌تر می‌شود. در علم معمولاً توصیه می‌شود که فرضیه‌ها را حتی‌الامکان ساده نگه داریم. درواقع، وقتی انتخاب بین دو فرضیه‌ی به یک اندازه منطقی پیش می‌آید، دانشمندان همواره فرضیه‌ی ساده‌تر را انتخاب می‌کنند. این اصل را «تیغ اوکام»[1] می‌نامند.

قانون‌ها و نظریه‌های علمی

دانشمند می‌خواهد هم به چگونگی و هم به چرایی کارهای طبیعت پی ببرد. اما در شناخت «چگونگی‌ها» بسیار موفق‌تر از «چراها» بوده‌اند. ما در تشخیص طرح‌های طبیعت و پیش‌بینی‌های آن‌ها موفق هستیم. اما شناختمان از پیچیدگی‌های طبیعت تازه شروع شده است. اگرچه همواره دوست داریم بدانیم چرا پدیده‌ای در طبیعت رخ می‌دهد، اما به دست آوردن اطلاعات ممکن است بسیار دشوار باشد. از سوی دیگر، کشف چگونگی کار طبیعت که از طریق طرح‌ها و نظمی که از آزمایش‌های علمی به دست می‌آید می‌تواند به قانون‌هایی کلی بینجامد که پیش‌بینی‌هایی را در مورد پدیده‌ی مورد نظر امکان‌پذیر سازد. مهم است که از ابتدا بدانیم علم لازم نیست به این پرسش پاسخ دهد که چرا چیزی به وقوع می‌پیوندد، بلکه فقط به چگونگی آن می‌پردازد. موفقیت یک قانون علمی، نظریه، یا مدل را از روی درستی پدیده‌هایی تعیین می‌کنند که می‌تواند پیش‌بینی کند.

قانون علمی قاعده یا مجموعه قواعدی است که رفتار پدیده‌ای در طبیعت را تعمیم می‌دهد. مثلاً، قانون اول نیوتون بیان می‌کند که جسم یا ساکن می‌ماند یا به حرکت در خط راست ادامه می‌دهد مگر این‌که نیرویی بر آن وارد شود. قانون علمی با آزمایش‌های گوناگونی که بارها تکرار می‌شوند در معرض آزمون جدی قرار می‌گیرند. یک قانون علمی معتبر می‌تواند پدیده‌های طبیعی را دقیقاً پیش‌بینی کند. مثلاً، قانون اول نیوتون پیش‌بینی می‌کند شاگردی که با کفش‌های اسکیت روی سطح هموار افقی بدون اصطکاک حرکت می‌کند، مادامی که نیروی خارجی به کفش‌های اسکیت وارد نشود، به حرکت خود ادامه می‌دهد. اگر اندازه‌ی سرعت این شاگرد را بدانیم، می‌توانیم پیش‌بینی کنیم که در مدت معین چه مسافتی را طی خواهد کرد. مثلاً، اگر به مدت ۵ ثانیه با سرعت ۲ m/s حرکت کند، چه مسافتی را به پیش می‌رود؟ در این‌جاست که به قانون اول نیوتون متوسل می‌شویم که به‌صورت شناخته‌شده‌ی d=vt، یا زمان × اندازه‌ی سرعت = مسافت بیان می‌شود.

نظریه، برخلاف قانون علمی، معمولاً کاملاً با آزمایش‌ها آزموده نمی‌شود. قانون یا نظریه گاهی می‌تواند علت پدیده را توضیح دهد. با این همه، نه قانون و نه نظریه برای موفقیت‌آمیز بودن به بیان علت پدیده‌های طبیعت نیاز ندارند. بلکه برای این‌که جامعه‌ی دانشمندان قانون‌ها یا نظریه‌های علمی، چه به صورت گزاره‌ها و چه به شکل رابطه‌های جبری، را بپذیرند باید صرفاً پیش‌بینی‌های مطمئنی از پدیده‌های طبیعی انجام دهند. پژوهش علمی در علوم طبیعی معمولی نه با آزمودن فرضیه‌ها، بلکه با توسعه و اصلاح «مدل‌ها» به پیش می‌رود.

رهیافت مدل‌سازی در آموزش علوم، را که **دیوید هستنز**[2] و همکارانش در دانشگاه ایالتی آریزونا به‌وجود آوردند، روش بسیار مؤثری در یادگیری علوم است. این رهیافت از گام‌های زیر تشکیل شده است:

۱) به‌وجود آوردن مدل و ۲) اصلاح مدل. گام اول معمولاً مفهومی است و گام دوم مدل اولیه را به صورت مدل‌های عددی یا ریاضی درمی‌آورد. در این‌جا بر گام اول رهیافت مدل‌سازی در پژوهش علمی تأکید می‌کنیم که همان توسعه‌ی مدل است.

معمولاً در پژوهش علمی مورد استفاده در علوم طبیعی از رهیافت مدل‌سازی استفاده می‌کنیم.

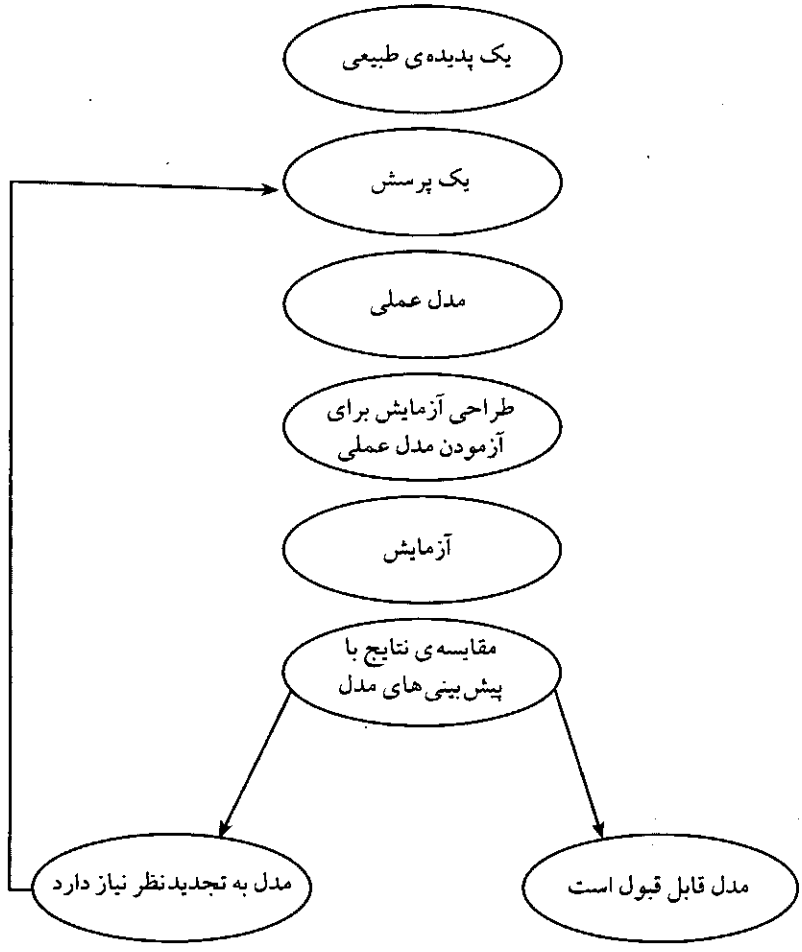
به‌وجود آوردن مدل

ساده‌ترین فرایند انجام کار علمی معمولاً متداول‌ترین رهیافتی نیست که در فیزیک به‌کار می‌رود. یعنی، کار علمی معمولاً با سرهم‌کردن فرضیه، آزمودن آن‌ها با انجام آزمایش‌ها، و رد یا قبول فرضیه‌ی اولیه انجام نمی‌شود. فرایند واقعی پژوهش علمی اندکی پیچیده‌تر است و به آزمایش‌های مکرر و اصلاح فرضیه‌ی اولیه یا «مدل عملی» نیاز دارد. در اینجا از «مدل عملی» به‌عنوان نقطه‌ی شروع توضیح ممکن یک پدیده‌ی طبیعی استفاده می‌کنیم.

پس از آزمایش‌های مکرر، مدل عملی اولیه معمولاً شکل پیچیده‌تری به‌خود می‌گیرد که سازگاری آن با نتایج تجربی بهتر از نسخه‌ی اولیه‌ی مدل عملی است. مدل‌ها می‌توانند ساده یا پیچیده باشند یا شکل‌های مختلفی چون مدل‌های فیزیکی، عبارت‌های ریاضی، نمودارها، یا مفاهیم، به‌خود بگیرند. هم مدل و هم فرضیه بر مبنای تجربه‌های شخصی (یعنی، عقل سلیم یا حس شهودی) در زندگی و هم‌چنین نظریه‌ها و قانون‌های علمی شناخته شده‌اند.

فرایند مشخص کردن طرح‌ها و روندهای داده‌های تجربی با بهره‌گیری از نظریه‌های علمی شناخته شده، قانون‌ها، و مدل‌ها را مدل‌سازی می‌نامند. مدل همواره ساده‌تر از پدیده‌ی طبیعی است

به‌وجود آوردن مدل در علوم طبیعی

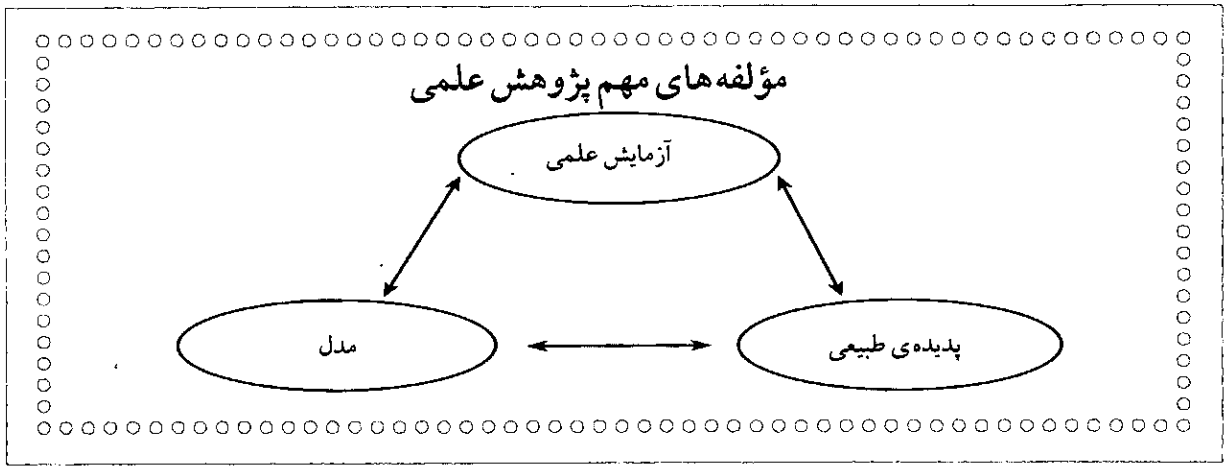


که می‌خواهد آن را توصیف، نمایش، یا شبیه‌سازی کند. یک دلیل این ساده‌تر بودن از پدیده‌ی طبیعی مشاهده شده در نظریه‌ها، قانون‌ها و مدل‌ها در واقع ساده‌سازی و تعمیم بخشیدن به طرح‌هایی است که در طبیعت مشاهده می‌شوند. فرض اولیه‌ی علم آن است که علم وقتی به پیش می‌رود که همخوانی بین مدل و پدیده‌ی ظبیعی مشاهده شود که در مورد آن پرسشی مطرح شده است.

معمولاً باید آزمایش‌های گوناگونی را ترتیب دهیم و «مدل عملی» خود را چند بار تغییر دهیم تا همخوانی بین پدیده و مدل قابل قبول در نظر گرفته شود. چرا فکر می‌کنید که هرگز نمی‌توان به همخوانی دقیق بین یک مدل و پدیده‌ی طبیعی که قصد نشان دادن آن را دارد دست یافت؟

مثال به وجود آوردن مدل

فرض کنید می‌خواهیم با بهره‌گیری از روش‌های مناسب پژوهش علمی (آزمایش‌ها یا مشاهدات) به این پرسش پاسخ دهیم: چه عواملی وضوح یک رنگین‌کمان را تعیین می‌کنند؟ از راهنمای به‌وجود آوردن مدل برای استدلال از طریق کنجکاوی و آزمایش/ مشاهده، استفاده می‌کنیم که اولین گام در به‌وجود آوردن مدل است.



در این مثال دیدیم که نتیجه‌ی مشاهده این پرسش جدید (چگونه جهت نور خورشید تغییر کرده است؟) را مطرح می‌کند، و نشان می‌دهد که باید مدل عملی اولیه‌ی خود (به‌طور دقیق، مکان‌های نسبی خورشید، باران، و چشمان خود) را اصلاح کنیم. مانند مورد این مثال، آزمایش معمولاً پیش از تبدیل به «مدل قابل‌قبول» به آزمایش‌های بیشتری نیاز دارد. مدل‌ها وقتی قابل قبول هستند که بتوان با استفاده از آن‌ها پدیده‌ی مورد نظر را به‌طور موفقیت‌آمیز پیش‌بینی کرد. در این مورد، وقتی مدل شما برای علت به‌وجود آمدن رنگین‌کمان قابل قبول شد، می‌توانید شرایط آسمان و چگونگی ایستادن و سمتگیری لازم برای مشاهده‌ی رنگین‌کمان را به دیگران بگویید. مهارت‌های به‌وجود آوردن مدل شرط لازم پژوهش علمی است.

علوم را حجم وسیعی از قانون‌های علمی هدایت می‌کند که با آزمایش‌های دقیق در طی ۴۰۰ سال گذشته تشبیت شده‌اند. همان‌طور که در این بحث گفتیم، پژوهش علمی با پدیده‌ای طبیعی شروع می‌شود که پرسشی را در ذهن فردی به‌وجود می‌آورد که پاسخ شناخته‌شده‌ای ندارد. شالوده‌های پژوهش علمی در علوم طبیعی روی به‌وجود آوردن مهارت‌های مطرح کردن پرسش علمی، به‌وجود آوردن، آزمودن و به‌کار بردن یک مدل علمی نیاز دارد که بتواند پدیده‌های مشاهده شده را به خوبی توجیه کند.

چه عواملی وضوح یک رنگین کمان را تعیین می کنند؟

مدل عملی

نور خورشید در هنگام عبور از قطره‌های باران به رنگ‌های مختلف تجزیه می‌شود و سپس در خط راست به چشمان ما می‌رسد.

آزمایش پیشنهادی

وقتی یک صبح زود باران می‌بارد، به طرف خورشید در حال بالا رفتن می‌ایستم تا بتوانم به راحتی رنگین‌کمان را ببینم.

نتایج پیش‌بینی‌شده

وقتی در یک صبح بارانی به شرق نگاه کنم رنگین‌کمان را در آسمان خواهم دید.

نتایج واقعی

هیچ رنگین‌کمانی در شرق مشاهده نمی‌شود. با این همه، وقتی برمی‌گردم و به غرب نگاه می‌کنم رنگین‌کمانی را می‌بینیم.

نتیجه گیری

مدل عملی من نیاز به تجدیدنظر دارد. برای مشاهده‌ی رنگین‌کمان خورشید باید پشت سر من باشد. علاوه بر تجزیه‌ی نور به رنگ‌های مختلف در قطره‌ی باران اثر دیگری هم باید وجود داشته باشد. نور چطور می‌تواند در رسیدن به چشمان من تغییر جهت دهد؟

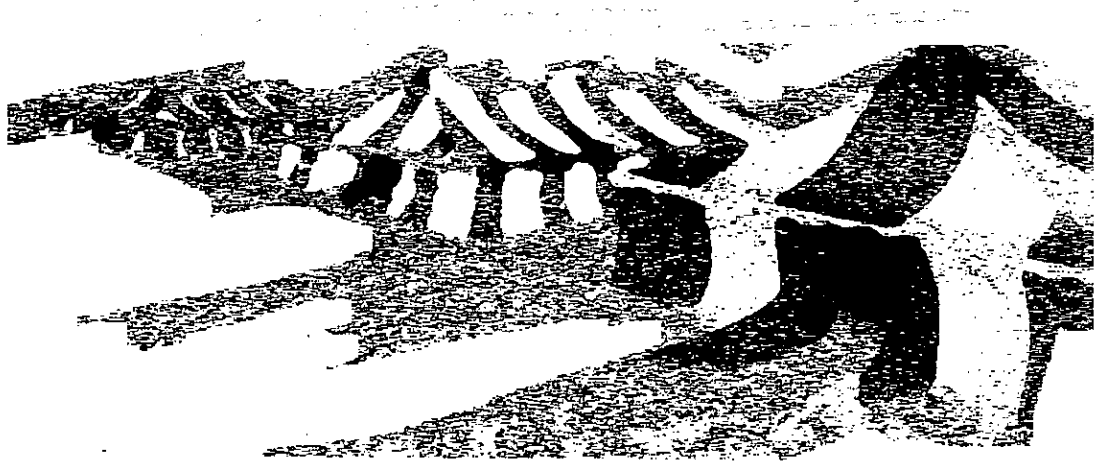
پانوشت:

1. occam's razor
2. David Hestenes

منبع:

http://acept.asu.edu/phsllo/si/chapter1.html

نمایش هیجان انگیز فیزیک



یرل واکر

ترجمه: محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر

اشاره

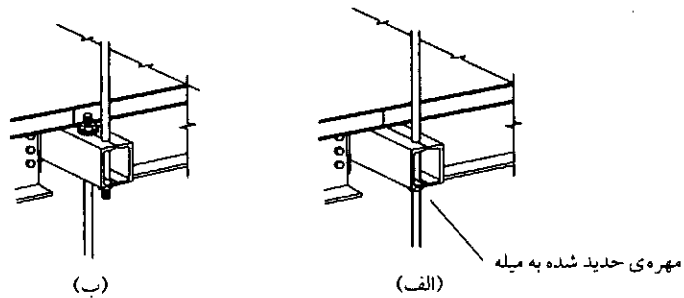
مطالب مقاله بخش‌هایی از کتاب «نمایش هیجان‌انگیز فیزیک» تألیف یرل واکر است که به کاربردهای فیزیک در زندگی روزمره می‌پردازد.

فرو ریزش راهروی هوایی

۱۷ ژوئیه‌ی ۱۹۸۱، کانزاس سیتی: هتل هایت تازه افتتاح شده پر از مردمی بود که با آهنگ‌های محبوب دهه‌ی ۴۰ میلادی گوش می‌دادند و پایکوبی می‌کردند. بسیاری از آن‌ها در راهروهایی بودند که مانند پل‌هایی بر فراز بارگاهی عریض آویزان بودند. ناگهان دو تا از این راهروها بر روی افراد شادمان در صحن هتل فرو ریخت و موجب مرگ ۱۱۴ نفر و زخمی شدن حدود ۲۰۰ نفر دیگر شد.

چه چیزی موجب این فروریزش شد؟ یقیناً وزن جماعت در راهروها یک عامل بود، ولی آیا نقصی ساختاری در طراحی راهروها وجود نداشت؟ پس از چند روز تحقیق، روزنامه‌ای در کانزاس سیتی خاطرنشان کرد که جزئیاتی از طرح اولیه ضمن ساختن ساختمان تغییر داده شده بود. در طرح اولیه، انتهای سه راهرو باید از یک میله‌ی آویخته از سقف، آویزان می‌شد. واشر و مهره‌ای حدیده شده به این میله درست زیر راهروی هوایی وزن راهرو را تحمل می‌کرد (شکل ۱ـ الف).

ظاهراً شخص مسئول ساختن آن متوجه شده بود که ساختن چنین دستگاه معلقی تقریباً غیر ممکن است، و درنتیجه به جای آن در همان جایی که باید میله از راهرو بگذرد از دو میله استفاده کرده بود (شکل ۱ـ ب). چگونه چنین تغییر ساده و معقولی در این مراسم بعدازظهر جمعه به مرگ و مجروح شدن غم‌انگیز انجامید؟



شکل ۱ (الف) طرح اولیه و (ب) طرح مورد استفاده که در واقع برای تحمل راهروی هوایی تغییر داده شده بود.

پاسخ. مسیری را در نظر بگیرید که در آن وزن را انتهای بلندترین راهرو تحمل می‌کرد. در طرح اولیه، وزن راهرو و مردم روی آن را پیچی تحمل می‌کرد که قرار بود به میله‌ای در آن‌جا حدیده شده باشد. در مورد طرح تغییر یافته که در آن از دو مهره استفاده شده بود، چطور؟ در بالای راهرو، مهره روی میله‌ای که رو به پایین بود باید هم‌وزن راهروهای پایینی و هم مردم روی آن را تحمل کند. خطرناک‌تر آن‌که، مهره‌ی روی میله‌ی رو به بالا باید وزن سه راهرو و مردم روی آن‌ها را تحمل کند. ظاهراً، وقتی که راهروها شلوغ شد، مجموع این وزن‌ها برخی از این مهره‌ها را از هم گسیخت یا شکست و موجب شد سازه فرو ریزد. یک تغییر ساده به تفاوتی فجیع انجامید.

فروریختن مرکز تجارت جهانی

از لحاظ فیزیکی، چرا برج‌های دوقلوی مرکز تجارت جهانی (WTC)[1] پس از برخورد هواپیماها در ۱۱ سپتامبر سال ۲۰۰۱، فرو ریختند؟

پاسخ. دو توضیح کلی برای فروریختن برج‌های دوقلو وجود دارد.

(۱) برخورد و انتقال سوخت هواپیما آتشی با دمایی فراتر از ۸۰۰ درجه‌ی سلسیوس به‌وجود آورد. چون بر اثر برخورد، عایق‌بندی گرمایی ستون‌های فولادی قائم از بین رفت، دمای بالا موجب نرم شدن ستون‌ها و سپس کمانش آن‌ها بر اثر وزن طبقه‌های بالاتر ساختمان شد. آن‌گاه، ناگهان بسیاری از ستون‌های قائم درهم شکستند و بخش‌های بالاتر ساختمان روی طبقه‌های پایین‌ترشان فروریختند. حتی اگر ستون‌های طبقه‌های پایین‌تر گرم نشده بودند، این ضربه‌ی عظیم و ناگهانی موجب درهم‌پیچیدگی ستون‌های نگه‌دارنده‌ی آن می‌شد. بنابراین، طبقه‌ها به طرف پایین پهن شدند.

(۲) برخورد و اشتعال سوخت موجب آتش‌سوزی شد، ولی دما کمتر از مقدار لازم برای نرم کردن ستون‌های نگه‌دارنده‌ی قائم بود. (همان‌طور که برخی از پژوهشگران استدلال کرده‌اند، طبقه‌های آسیب‌دیده از برخورد هواپیما تهویه‌ی کافی برای چنان آتش‌سوزی بزرگی را نداشتند و دودی که از حفره‌ی ناشی از برخورد هواپیما بیرون می‌زد حاکی از آتش‌سوزی عظیمی نبود.) بلکه، این آتش موجب انبساط یک یا چند طبقه و تیرهای افقی نگهدارنده (داربست‌ها) شد. چون این طبقه‌ها و تیرهای افقی مقیّد شده بودند، فقط می‌توانستند با خم شدن منبسط شوند، که درنتیجه ستون‌های نگهدارنده‌ی قائم را به‌طرف داخل کشید. اگر ستون‌ها و تیرهای افقی بر اثر آتش‌سوزی نرم شده بودند، این کشش رو به داخل می‌توانست افزایش یابد. وقتی ستون‌های قائم به داخل کشیده شدند، دیگر نتوانستند وزن بخش‌های بالایی ساختمان را تحمل کنند و درنتیجه ساختمان فروریخت.[2]

رکوردهایی برای سقوط از بلندی

فوریه‌ی ۱۹۵۵ : یک چترباز بی‌آن‌که موفق به باز کردن چترش شود از ارتفاع ۳۷۰ متری (۱۲۰۰ فوتی) از یک هواپیمای C-۱۱۹ سقوط کرد. او از پشت روی برف فرود آمد، و گودالی به عمق یک متر به‌وجود آورد. با انتقال او به بیمارستان دریافتند که فقط چند شکستگی کوچک استخوان و مقداری کوفتگی پیدا کرده است.

مارس ۱۹۴۴ : گروهبان نیروی هوایی **نیکلاس آلکماده**[3]،

توپچی عقب نیروی هوایی سلطنتی، سوار بر بمب‌افکن لنکستر[3] که در حال حمله‌ی هوایی به فراز آسمان بود، دریافت که هواپیمایش آتش گرفته و نمی‌تواند به چترش برسد. پس از پرش از ارتفاع ۵/۵ کیلومتری، به درختی برخورد و سپس روی برف فرود آمد، و با این حال فقط دچار خراشیدگی و کوفتگی شد.

جنگ جهانی دوم: آی. ام. کیشف[4]، سروان نیروی هوایی اتحاد جماهیر شوروی، وقتی مورد حمله‌ی چند هواپیمای آلمانی قرار گرفت، تصمیم گرفت که با چتر از هواپیمایش بیرون بپرد. چون نمی‌خواست برای خلبان‌های آلمان یک «هدف بی‌دفاع و آسان» باشد، بر آن شد که زمان باز شدن چترش را به تأخیر بیاندازد، تا زمانی که به خوبی پایین‌تر از آن‌ها قرار گیرد. متأسفانه، درضمن ۷ کیلومتر سقوط، بی‌هوش شد. ولی، خوشبختانه در دره‌ای پر از برف سقوط کرد. گرچه بر اثر این برخورد آسیب دید، ولی در کمتر از چهار ماه به خدمت نظام برگشت.

شاید حتی عجیب‌تر، نمایشی باشد که **هنری لاموته**[5] برای مدتی طولانی انجام می‌داد. او از ارتفاع ۱۲ متری با شکم به استخر آبی شیرجه می‌رفت که فقط ۳۰ سانتی‌متر عمق داشت؛ در این برخورد نیرویی ۷۰ برابر وزن بدنش به او وارد می‌شد. (این نمایش واقعاً خطرناک است و نباید تکرار شود. شنیدم مرد جوان احمقی که می‌خواست این کار را انجام دهد سرانجام از گردن به پایین فلج شد.)

رسانه‌های خبری معمولاً داستان سایر نجات‌یافتگان از سقوط‌های بلند را گزارش می‌دهند (و داستان‌های بسیاری از نجات‌نایافتگان.) چرا این نجات‌یافتگان، جان سالم به‌در می‌برند؟

پاسخ. البته عامل مرگبار در هر سقوط، نیرویی است که حین برخورد با سطح زمین (یا هر سطح صلب دیگر) به قربانی وارد می‌شود. این نیرو با تکانه‌ی قربانی پیش از برخورد نسبت مستقیم و با زمان برخورد نسبت عکس دارد. تکانه به سرعت و جرم قربانی بستگی دارد. وقتی سقوط از ارتفاع زیاد باشد، قربانی در حین سقوط به **سرعت حد** می‌رسد. گرچه گرانی بدون‌شک هم‌چنان او را به پایین می‌کشد، اما شتاب قربانی را نیروی کشش هوا خنثی می‌کند که پس از آن برابر کشش گرانی می‌شود. اندازه‌ی سرعت حد به سمتگیری بدن قربانی بستگی دارد: قرار گرفتن در وضعیت «عقاب گسترده‌بال» نیروی کشش بیشتری نسبت به وضعیت «شیرجه با پا» یا «شیرجه با سر» ایجاد می‌کند، و بنابراین سرعت حد کوچک‌تر می‌شود. با این حال، فرود در وضعیت عقاب گسترده‌بال پس از سقوط طولانی مزیت چندان مهمی نیست.

زمان برخورد عامل بسیار مهم‌تری است. اگر برخورد «سخت» باشد ممکن است ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۱ ثانیه طول بکشد، و نیرویی که قربانی را متوقف می‌کند، یقیناً کشنده است. ولی اگر برخورد «نرم‌تر» باشد (قربانی در مدت طولانی‌تر متوقف می‌شود)، این نیرو کوچک‌تر می‌شود و قربانی می‌تواند جان سالم به‌در برد. سقوط در برف عمیق می‌تواند زمان برخورد را به اندازه‌ی کافی طولانی کند تا نیرو را به سطح نجات‌بخش کاهش دهد. ظاهراً ۳۰ سانتی‌متر آب برای لاموته کافی بود تا از شیرجه جان سالم به‌در برد.

کسی که در وضعیت «شیرجه با سر» فرود آید، به دلیل آسیب‌پذیری زیاد ستون فقرات، ساقه‌ی مغزی، و مغز، احتمال کشته شدن بیشتری نسبت به هر وضعیت دیگری دارد.

عملیات تهوّرآمیز نجات چترباز

در آوریل ۱۹۸۷، چتربازی به نام **گریگوری رابرتسون**[6] ضمن پرش متوجه شدکه دوست چترباز‌ش **دبی ویلیامز**[7] در برخورد با چترباز دیگر بی‌هوش شده است و نمی‌تواند چترش را باز کند. رابرتسون که در آن لحظه خیلی بالاتر از ویلیامز بود و هنوز پس از ۴ کیلومتر تعلیق در هوا چترش را باز نکرده بود، ترتیبی داد که به ویلیامز برسد و، پس از تنظیم سرعتش با ویلیامز، او را بگیرد. او چتر ویلیامز را باز کرد و سپس، پس از رها کردن او، حدود ۱۰s پیش از برخورد با زمین، چتر خودش را هم باز کرد. ویلیامز به‌دلیل عدم کنترل در هنگام فرود، آسیب داخلی زیادی دید، ولی جان سالم به‌در برد. رابرستون چگونه توانست به ویلیامز برسد؟

پاسخ. رابرتسون توانست با تغییر نیروی (رو به بالای) کشش هوای وارد بر خود به هنگام سقوط، جان ویلیامز را نجات دهد. با سقوط شیرجه روی هوایی سرعت رو به پایین او افزایش می‌یابد، نیروی کشش هوا که در خلاف جهت نیروی گرانشی است که شیرجه‌رو را رو به پایین می‌کشد، به‌تدریج زیاد می‌شود تا برابر نیروی گرانشی شود. پس از آن، شیرجه‌رو با سرعت ثابت، موسوم به **سرعت حد**، سقوط می‌کند. اندازه‌ی سرعت حد به مساحت سطح مقطعی بستگی دارد که شیرجه‌رو با هوای عبوری می‌سازد. وقتی شیرجه‌رو در یکی از دو وضعیت «شیرجه با سر» یا «شیرجه با پا» باشد سطح مقطع کوچک‌تری نسبت به هنگامی دارد که در وضعیت افقی «عقاب گسترده‌بال» است.

وقتی رابرتسون ابتدا متوجه‌ی وضعیت خطرناک ویلیامز شد، سمتگیری بدنش را به وضعیت «شیرجه با سر» تغییر داد تا نیروی کشش هوای وارد بر خود را کمینه و سرعت رو به پایینش را بیشینه کند. ویلیامز که در حال سقوط کنترل نشده‌ای با نیروی کشش هوای بسیار بیشتری بود، به سرعت حدّی‌ای در حدود ۱۹۰ کیلومتر بر ساعت رسیده بود. رابرتسون، با نحوه‌ی سمتگیری خود که مقاومت هوا را کم می‌کرد، به سرعت تقریبی ۳۰۰ کیلومتر بر ساعت رسید، به ویلیامز نزدیک شد، و در همین زمان به وضعیت افقی «عقاب گسترده‌بال» رفت تا نیروی کشش هوای وارد بر خود را زیاد و سرعتش را برای رسیدن به سرعت ویلیامز کم کند.

سقوط‌های گربه از ارتفاع زیاد

انسان‌ها به ندرت از سقوط از ارتفاع زیاد جان سالم به در می‌برند، ولی ظاهراً گربه‌ها شانس بسیار بیشتری دارند. پژوهشی که در سال ۱۹۸۷ منتشر شد ۱۳۲ گربه را بررسی می‌کرد که اتفاقاً از ارتفاع‌های دو تا سی و دو طبقه (۶ تا ۹۸ متر)، اغلب روی سطح‌هایی بتونی، فرو می‌افتادند. در حدود ۹۰٪ آن‌ها جان سالم به در بردند، و حدود ۶۰٪ حتی جراحتی هم برنداشتند. طرفه آن‌که، میزان جراحت (از قبیل تعداد شکستگی‌های استخوان‌ها یا مرگ قطعی) در صورتی که سقوط از طبقه‌های بالاتر از هفتم یا هشتم بود، با افزایش ارتفاع کاهش می‌یافت. (گربه‌ای که از طبقه‌ی سی و دوم سقوط کرده بود فقط آسیب کوچکی به قفسه‌ی سینه و یکی از دندان‌هایش وارد شده بود و پس از ۴۸ ساعت مراقبت، مرخص شد.) چرا شانس زنده ماندن گربه در سقوط از ارتفاع زیادتر، بیشتر است؟ (این جان به در بردن به هیچ‌وجه تضمین نمی‌شود، بنابراین اگر در برج بلندی زندگی می‌کنید، گربه‌ی خود را از پنجره‌ی باز دور نگه دارید.)

پاسخ. اگر گربه‌ای خواب‌آلود اتفاقاً از لبه‌ی پنجره‌ای سقوط کند، به سرعت و به‌طور غریزی سمتگیری بدن خود را تغییر می‌دهد تا پاهایش زیر بدنش قرار گیرد. آن‌گاه گربه از انعطاف‌پذیری پاهای خود استفاده می‌کند تا ضربه‌ی ناشی از فرود آمدنش را کاهش دهد: این انعطاف‌پذیری زمان فرود آمدن را طولانی و درنتیجه نیروی وارد بر گربه را کم می‌کند.

در هنگام سقوط گربه، نیروی کشش هوا که به طرف بالا با گربه وارد می‌شود، افزایش می‌یابد. اگر سقوط از لبه‌ی پنجره تا کف اتاق باشد، نیروی کشش هوا هرگز چندان بزرگ نمی‌شود. ولی اگر سقوط از ارتفاع بیشتری باشد، نیروی کشش هوا می‌تواند به اندازه‌ی کافی بزرگ باشد تا شتاب رو به پایین گربه را کم کند. در واقع، اگر سقوط از ارتفاع بیش از شش طبقه باشد، نیروی کشش هوا می‌تواند به اندازه‌ای بزرگ شود تا با نیروی گرانشی که گربه را رو به پایین می‌کشد، برابری کند. از آن‌پس گربه بدون شتاب و با سرعت ثابتی موسوم به **سرعت حد** سقوط می‌کند.

گربه تا رسیدن به سرعت حد از شتابش هراسان است و پاهایش را برای فرود زیر بدنش نگه می‌دارد. (بدن شما نیز به شتاب بیشتر از سرعت حساس است.) ولی پس از رسیدن به سرعت حد، شتاب از بین می‌رود، و گربه تا حدی آسوده می‌شود، به‌طور غریزی پاهایش را به طرف بیرون باز می‌کند (برای افزایش نیروی کشش هوای وارد بر آن) تا سرانجام برای فرود آماده شود.

وقتی گربه پاهایش را به طرف بیرون باز می‌کرد، نیروی کشش هوا، خودبه‌خود افزایش و سرعت گربه کاهش می‌یابد. هرچه سقوط از ارتفاع بیشتر باشد، این سرعت بیشتر کاهش می‌یابد، تا یک سرعت حد جدید و کاهش یافته در حدود ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت به‌دست آید. بنابراین، گربه‌ای که مثلاً از طبقه‌ی دهم سقوط می‌کند با سرعتی فرود می‌آید که کمتر از سرعت گربه‌ای است که از طبقه‌ی پنجم سقوط کرده است و بنابراین شانس بیشتری برای فرار از جراحتی جدی دارد.

پانوشت:

1. World Trade Center
2. Nicholas Alkemade
3. Lan Caster
4. I. M. Chissov
5. Aenri Lamothe
6. Gregory Robertson
7. Debbie Williams

مرجع:

Jearl Walker, The Flying Circus of Physics, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 2007.

م (مترجم.) در این جا به‌جا دیدم، محض اطلاعات عمومی به مقادیر عددی حادثه‌ی ۱۱ سپتامبر اشاره‌ای داشته باشم که در سال ۲۰۰۱ در مجله‌ی آمریکن سایانتیست به چاپ رسید:

● **انرژی پتانسیل آزاد شده حاصل از فرو ریختن برج‌ها در اثر برخورد دو هواپیما:** با توجه به این‌که ارتفاع متوسط برج‌ها ۲۱۶ متر و جرم تقریبی کل دو برج ۱٫۲۵ میلیون تن بوده است، یک محاسبه‌ی ساده‌ی انرژی پتانسیل ناشی از فروپاشی برج‌ها را $۲/۱\times۱۰^{۱۲}$ J به‌دست می‌دهد که برابر با ۵۰۰ تن TNT می‌شود.

● **انرژی حاصل از انفجار سوخت‌ها:** با توجه به این‌که حداکثر ظرفیت سوخت یک هواپیمای بوئینگ ۷۶۷ برابر ۹۱۰۰۰ لیتر است، مقدار سوخت تقریبی‌ای که بر اثر اصابت دو هواپیما مشتعل شدند حدود ۱۱۰۰۰ لیتر تقریب زده شد. با توجه به این‌که هر لیتر سوخت حدود ۰/۸kg جرم دارد و گرمای احتراق سوخت $۱۰^{۷}$ cal / kg است، مجموع انرژی انفجار دو هواپیما در حدود ۹×۱۰^{۱۱} J می‌شود که معادل ۱۸۰ تن TNT است.

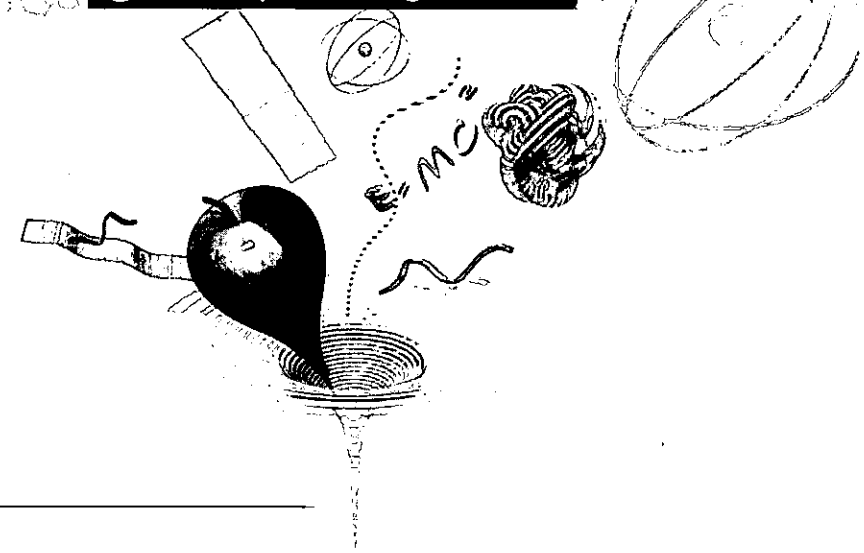
● **انرژی آتش حاصل از سوخت برجای‌مانده:** حدود ۵×۱۰^{۱۲} J تقریب زده شد.

● **انرژی حاصل از انرژی جنبشی اولیه‌ی هواپیماها:** با توجه به این‌که بیشینه‌ی جرم در حال سکون هواپیمای بوئینگ ۷۶۷ برابر ۱۸۷ تن، و سرعت میانگین پرواز آن‌ها ۸۵۰km / h است، انرژی جنبشی مجموع دو هواپیما ۹×۱۰^{۹} J بوده است که در حدود ۲ تن TNT می‌شود.

نتیجه: در مجموع حدود ۱۷۰۰ تن TNT انرژی آزاد شده بود. یک کلاهک هسته‌ای روی یک موشک زمین‌به‌زمین، انرژی‌ای بین ۳۰۰ تا ۲×۱۰^{۵} TNT آزاد می‌کند و در انفجار هسته‌ای هیروشیما ۲×۱۰^{۴} تن TNT انرژی آزاد شد. پس می‌توان انرژی حاصل از حادثه‌ی ۱۱ سپتامبر را در مقیاس انرژی‌های حاصل از انفجارهای هسته‌ای در نظر گرفت!

مرزهای فیزیک

تازه‌ترین اخبار پژوهشی



مترجم: منیژه رهبر

آشکارساز جدید به جست‌وجوی ماده تاریک کمک می‌کند

چند طرح جدید می‌کوشند ذراتی را آشکار سازند که ممکن است «ماده تاریک» اسرارآمیزی باشند که بخش اعظم جرم عالم را تشکیل می‌دهند. اما آشکارسازهای موجود دارای این مشکل‌اند که مواد معمولی ـ نوترون‌های پرتابی را که به لباس ذرات ماده تاریک گریزپای مورد نظر درمی‌آیند ـ نیز آشکار می‌سازند.

جاسلین مونرو[1] فیزیک‌دان MIT[2] راه‌حلی برای این مشکل پیدا کرده است. او و شاگردانش ساخت آشکارسازی را تمام کرده‌اند که مرحله‌ی اول آزمایش آن در آزمایشگاه ملی لوس‌آلاموس به پایان رسیده است. وقتی این وسیله‌ی جدید ظرف چند ماه آینده در کنار یکی از آشکارسازهای موجود ماده تاریک به‌کار گرفته شود می‌تواند تمام نوترون‌های معمولی را شناسایی کرده و چیزهای دیگری را مشخص کند که آشکارساز دیگر می‌تواند آن را به عنوان نامزد ماده تاریک گریزپا آشکار سازد.

مونرو می‌گوید: «آزمایش‌های مربوط به ماده تاریک بسیار دشوارند.» آن‌ها در جست‌وجوی سیگنال بسیار کوچک پدیده‌ای هستند که به ندرت رخ می‌دهد. این پدیده برخورد ذره‌ی ماده تاریک با ماده‌ی معمولی است که به تولید درخش نورانی کوچک و کوتاه مدتی می‌انجامد.

این درخش‌ها را می‌توان با قرار دادن مخزنی از مایع در عمق زمین آشکار ساخت که آن را در مقابل بیشتر ذرات سرگردان محافظت می‌کند. سپس این مخزن را با آشکارسازهای فوتونی می‌پوشانند که می‌توانند کوچک‌ترین درخش نور را آشکار سازند.

مشکل آن است که حتی اگر این مخزن را در عمق یک مایل زیر زمین قرار دهند، محاسبه‌ها نشان می‌دهد که تعداد برخوردهای آشکارسازی‌شده مربوط به ماده معمولی بسیار بیشتر از برخوردهای ناشی از ذرات ماده تاریک هنوز ناشناخته خواهد بود. به عبارت دقیق، برخوردهای معمولی به میزان ۱۰ میلیارد میلیارد برابر (10^{19} مرتبه بزرگی) برخوردهای ماده تاریک خواهد بود. بنابراین، کنار گذاشتن این برخوردهای معمولی کلید یافتن ماده ناشناخته است.

مونرو می‌گوید: «ما در پی مشخص کردن زمینه‌ایم و اندازه‌گیری دقیقی از طیف انرژی نوترون‌های زمینه انجام می‌دهیم. پس از شناخت سرشت این زمینه، طراحی مواد حفاظتی مؤثرتر برای دور نگه داشتن آن‌ها از آشکارساز امکان‌پذیر خواهد بود.»

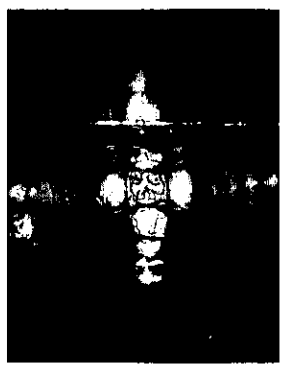
با استفاده‌ی همزمان از دو آشکارساز، هر بار که سیگنالی در آشکارساز نوترون دیده شود، سیگنال همزمان در آشکارساز ماده تاریک را می‌توان با اطمینان نادیده گرفت. تنها هنگامی که آشکارساز ماده تاریک چیزی را ببیند که آشکارساز نوترون نمی‌بیند احتمال یافتن ذرات ماده تاریک وجود دارد.

هیچ کس نمی‌داند ماده تاریک از چه ساخته شده است، اما اخترشناسان اطمینان دارند که این ماده وجود دارد زیرا کشش گرانشی آن بر ماده معمولی مرئی در فضا را مشاهده می‌کنند. این مطلب امکان تعیین مقدار این ماده اسرارآمیز را ـ که بیش از پنج برابر ماده معمولی است ـ فراهم می‌سازد و تعیین این که این ماده چیست را ممکن نمی‌سازد.

نظریه‌پردازان نامزدهای گوناگونی را برای این ماده مشخص کرده‌اند که مهم‌ترین آن‌ها گروهی از ذرات زیراتمی موسوم به WIMPS[3] ـ ذرات سنگین با برهم‌کنش ضعیف ـ است. این ذرات شامل ذره‌ای به نام نوترالینوست که فقط می‌توان آن را در اعماق زمین آشکار ساخت.

مونرو می‌گوید: «فکر می‌کنم که در پنج سال آینده کسی نامزدی را برای ذره ماده تاریک مشاهده خواهد کرد. گرچه بعضی آزمایشگران مدعی یافتن نامزد ممکنی برای ماده تاریک هستند که بسیاری از دانشمندان این ادعاها را شگفت‌انگیز می‌دانند و تأیید نمی‌کنند.»

مونرو و شاگردانش برای آزمایش این آشکارساز آن را به آزمایشگاه ملی لوس آلاموس بردند تا آن را در معرض چشمه‌ی نوترون قرار دهند و به دقت مدرج کنند. پس از تحلیل نتایج آزمایش، این وسیله به آزمایشگاهی زیرزمینی برده خواهد شد و یکی از اهداف میان‌رشته‌ای آن فراهم ساختن عمیق‌ترین نقطه برای آشکارسازی ماده‌ی تاریک کیهانی خواهد بود.



نمای داخلی آشکارساز نوترونی که در آزمایشگاه علوم هسته‌ای ام. آی. تی طراحی شده است. تصویر جاسلین مونرو در میان آشکارساز مشاهده می‌شود.

پانوشت:

1. Tocelyn Monroe
2. Massachusettes Institute of Technology
3. Weakly Interacting Massive Particles

منبع:

http://www.physorg.com

پژوهشگران معمای انگشتان گرانی را حل می‌کنند

پژوهشگران MIT اخیراً راه‌حل زیبایی را برای این مسئله‌ی علمی در مکانیک شاره‌ها یافته‌اند که چرا آب به‌صورت یکنواخت در خاک نشت نمی‌کند، بلکه چیزی را تشکیل می‌دهد که مانند انگشتان شاره‌ای است که به‌طرف پایین روان می‌شود.

دانشمندان این جویبارها را «انگشتان گرانی» می‌نامند و تشکیل آن‌ها را مربوط به کشش سطحی در محلی می‌دانند که آب ـ یا هر مایع دیگر ـ به خاک یا (محیط دیگر) برخورد می‌کند. توجیه ریاضی این پدیده تأثیر گسترده‌ای بر مسائل مربوط به علوم و کاربردهای

مهندسی، از جمله بازیافت نفت از مخازن و استخراج کربن زیرزمینی دارد.

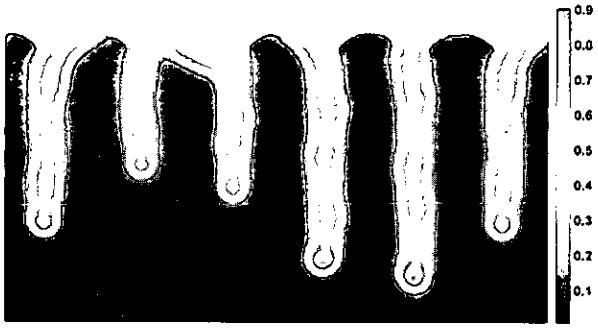
حل این مسئله در شماره ۱۲ دسامبر *فیزیکال ریویو لترز*[1] شامل اصطلاحی ریاضی از توصیف ریاضی مسئله‌ی ساده و زیبای مشابهی است که تاکنون از دید پژوهشگرانی که می‌خواستند آن را توجیه کنند پنهان مانده بود.

لوئیس کوئتوفلگوروزو[2] و **رابین خوثانس**[3] در بخش مهندسی راه و ساختمان و محیط زیست MIT این راه‌حل را وقتی کشف کردند که جابه‌جایی نفت توسط آب را در مخازن زیرزمینی بررسی می‌کردند (مهندستان نفت معمولاً با ریزش ناگهانی آب در مخازن نفت بازیافت آن را بالا می‌برند.)

کوئتو فلگوروزو می‌گوید «مقاله‌ی ما به مسئله‌ای قدیمی در فیزیک خاک می‌پردازد. تجربه‌های آزمایشگاهی نفوذ آب در خاک خشک و همگن، بارها روان شدن ترجیحی آب به صورت انگشتان را نشان داده است. اما، با گذشت چند دهه جامعه علمی نتوانسته بود با استفاده از مدل‌های ریاضی این مسئله را توجیه کند.»

به گفته‌ی خوثانس «این مسئله از نوعی بود که فردی از رشته‌ی پژوهشی دیگر باید به آن می‌پرداخت و راه‌حل را به‌دست می‌آورد. لوئیس با بهره‌گیری از تخصص خود در رشته مکانیک شاره‌ها آن را در محیطی دیگر- محیط متخلخل- به‌کار برد و به سرعت به جواب رسید».

کوئتو فلگوروزو که قبلاً روی مسائل مربوط به جریان هوا در مکانیک شاره‌ها کار کرده بود پاسخ را هنگامی پیدا کرد که متوجه شد انگشتان گرانی در خاک (یا خاک رُس یا ماسه) بسیار شبیه آبی است که روی شیشه‌ی پنجره پایین می‌رود و پدیده‌ای شناخته شده است. سپس او و خوثانس از توصیف ریاضی (که می‌توانید آن را به‌صورت عبارتی از واژه‌ها یا موسیقی فرض کنید) معادله‌ای که آب روی پنجره را توصیف می‌کند جمله‌ی ریاضی حرکت مایع در



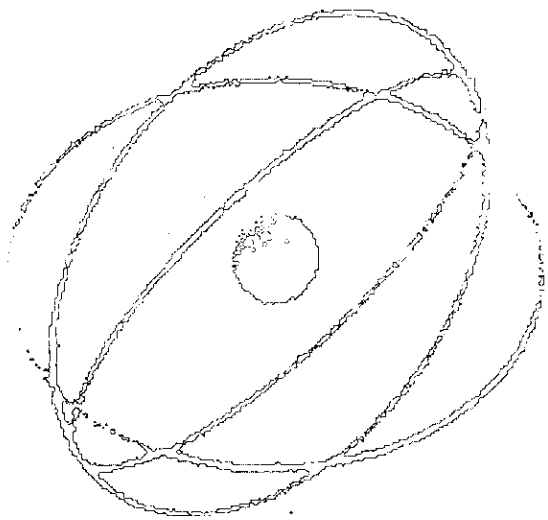
نقشه‌های اشباع از شبیه‌سازی عددی مدل پیشنهادی که دینامیک روان شدن و فراروی‌های بارز در نوک انگشتان را نشان می‌دهد که با مشاهده‌های تجربی سازگارند.

خاک را اضافه کردند.

پس از مقایسه‌ی دقیق داده‌های به‌دست آمده از مدل ریاضی جدید با پدیده‌های مشاهده شده، آن‌ها به راه‌حلی دست یافتند که به نظر دانشمندی که مقاله‌ی آن‌ها را در *فیزیک ریویو لترز* بررسی کرده «ساده، زیبا، و موفقیتی بزرگ» در این زمینه است.

راه‌حل کوئتو- فلگوروزو و خوثانس هم‌چنین یکی از جنبه‌های پدیده‌ی روان شدن آب روی شیشه‌ی پنجره را توصیف می‌کند. که به «روان شدن لایه‌های نازک» معروف بود و دانشمندان به خوبی نمی‌فهمیدند که چرا آب در نوک انگشتان جمع می‌شود. باز هم پاسخ آن به کشش سطحی مربوط می‌شود. قبل از این‌که آب بتواند از لایه پایان برود، باید انرژی کافی برای غلبه بر کششی را پیدا کند که آن را در جای خود نگه داشته است.

چه چیزی در مدل‌های قبلی آب وجود نداشت که نشان می‌داد آب به جای مسیرهای انگشتی شکل- حتی وقتی که ذرات خاک همگن و یک شکل بودند- در جبهه‌های یکنواخت و افقی به پایین روان می‌شود؟



این جمله‌ی ریاضی گمشده کشش سطحی در تمام انگشت آب بود که می‌تواند پهنایی چند سانتی‌متری داشته باشد و برخلاف کشش موجود در منفذهای میکرونی بین ذرات خاک است. و این جمله موسیقی دلنوازی برای فیزیک‌دانان و مهندسان است.

پانوشت:

1. Physical Review Letters
2. Luis Cueto Flgueroso
3. Ruben Juanes

منبع:

http://www.physorg.com

۱۰۰۰ تلسکوپ برای مدرسه‌های بریتانیا

در سال ۲۰۰۹ یکی از هر چهار مدرسه در بریتانیا، در یکی از بزرگ‌ترین طرح‌های امدادرسانی نجوم، منظره‌هایی از ماه، سیارات و ستارگان را در اختیار خواهند داشت. انجمن نجوم همگانی[1] (SPA)، انجمن نجوم سلطنتی[2] (RAS) و شورای وسایل علوم و فناوری[3] (STFC) با همکاری هم در اوایل سال ۲۰۰۹ میلادی ۱۰۰۰ تلسکوپ مجانی را به دبیرستان‌ها خواهند داد.

این طرح بزرگ ـ تلسکوپ برای مدرسه‌ها ـ فقط بخشی از تلاش گسترده‌ی جهانی برای گرامی‌داشت سال بین‌المللی نجوم (IYA ۲۰۰۹) است که در بزرگداشت چهارصدمین سالگرد استفاده‌ی گالیله از تلسکوپ در نجوم، که به انقلابی در علم انجامید، برگزار می‌شود. به گفته‌ی استاد یان رابسون[4] رئیس فعالیت‌های IYA ۲۰۰۹ در بریتانیا «بریتانیا پیشگام نجوم در جهان است و هدف ما بهره‌گیری از این مناسبت برای جلب توجه همگان به نجوم و آسمان شب و تشویق توجه به علوم و فناوری در مدارس است. عملی کردن این طرح بسیار هیجان‌انگیز است و مشتاقانه منتظر نتیجه‌ی این کار هستم.»

چهار قرن پس از گالیله، اخترشناسان امیدوارند با بهره‌گیری از ۱۰۰۰ تلسکوپ و سرشوق آوردن شاگردان انقلاب دیگری در مدارس بریتانیا به‌وجود آورند. هدف از این طرح علاقه‌مند کردن شاگردان به نجوم و علوم فضایی و هم‌چنین موضوع‌هایی چون فیزیک و ریاضی است که شالوده‌ی آن‌ها را تشکیل می‌دهند.

به گفته‌ی استاد آندی فابیان[5] رئیس RAS، «طرح تلسکوپ برای مدارس فقط شروع کار است و فکر می‌کنم هر مدرسه باید تلسکوپی داشته باشد. زیبایی آسمان شب الهام‌بخش من برای دنبال کردن حرفه‌ی نجوم بود. می‌خواهم نسل جدیدی داشته باشیم که بتوانند به «پرسش‌های مهمی» پاسخ دهند که اخترشناسان و دانشمندان علوم فضا همواره درباره‌اش می‌اندیشند. با تلسکوپ‌های مدارس می‌توانیم گام‌های گالیله را دنبال کنیم و به دهانه‌های آتشفشان در ماه یا قمرهای مشتری بنگریم یا اجسام دورتر را مورد بررسی قرار دهیم. در هر صورت، تلسکوپ شناخت بهتری از عالم در اختیارمان خواهد گذاشت».

مدرسه‌های شرکت کننده در این طرح یک DVD با فیلم‌های کوتاه در مورد چگونگی استفاده از تلسکوپ و چیزهایی که باید جستجو کنند دریافت خواهند کرد. بخش Moon watch پایگاه SPA برای حمایت از طرح تلسکوپ برای مدارس راه‌اندازی شده است. این بخش به معلمان نشان می‌دهد که در یک شب صاف چه چیزی را می‌توانند در آسمان مشاهده کنند و ارتباط‌هایی با سایر منابع و پایگاه‌ها، از جمله منابعی دارد که به ویژه برای مدارس طراحی شده‌اند.

دکتر هلن واکر[6] رئیس SPA این طرح را برای علاقه‌مند کردن شاگردان مدارس به علوم بسیار مؤثر می‌داند «بریتانیا جامعه‌ی فعالی از منجمان آماتور و حرفه‌ای دارد. آن‌ها می‌توانند از طریق این طرح تجربه‌های خود را در اختیار جوانان بگذارند ـ امیدواریم هر سال با ده‌ها هزار شاگرد تماس برقرار کنیم. فکر می‌کنیم هر شاگرد مدرسه

تلسکوپ مجانی در مرکز علوم گلاسکو

باید این امکان را داشته باشد که با نگاه کردن در تلسکوپ تجربه‌ای به دست آورد که همواره به‌خاطر داشته باشد.»

STFC نیز با حمایت از این طرح ارتباط فعالی را با معلمان و مدارس برقرار کرده است. **دکتر رابین کلگ**[7] رئیس طرح گفت: «ما از نجوم برای علاقه‌مند کردن شاگردان به رشته‌های علمی استفاده کرده و به معلمان کمک می‌کنیم تا مهارت‌هایی را در این زمینه ایجاد کنند. این بخشی از برنامه‌ی گسترده‌تر ما برای حمایت از معلمان و شاگردان و کمک به بسیج نسل آینده‌ی دانشمندان و مهندسان در بریتانیاست». STFC امکانات دیگری چون بازدیدها، کمک‌های مالی، و دسترسی به پژوهشگران را در اختیار معلمان می‌گذارد.

پانوشت:

1. Society for Popular Astronomy
2. Royal Astronomical Society
3. Science and Technology Facilities Council
4. Ian Robson
5. Andy Fabion
6. Helen Walker
7. Robin Cleag

منبع:

http://www.iop.org/News

قطره‌های چرخان آب، شناختی از سیاهچاله‌ها و هسته‌های اتمی در اختیار می‌گذارند

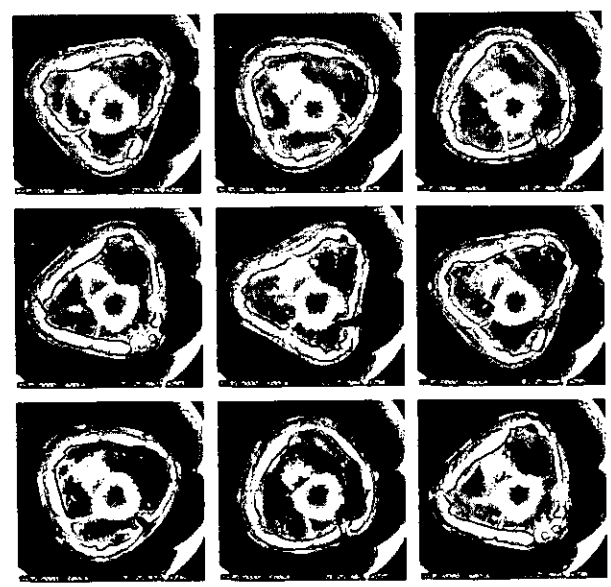
با به پرواز در آوردن مغناطیسی قطره‌های آب و بهره‌گیری از روش «موتور الکتریکی مایع» برای چرخاندن آن‌ها، پژوهشگران می‌توانند چگونگی تغییر شکل قطره‌ها را بررسی کنند. این آزمایش علاوه بر هیجان‌انگیز بودن می‌تواند شناختی از دستگاه‌هایی چون سیاهچاله‌ها و هسته‌های اتمی در اختیار می‌گذارد که نمی‌توان آن‌ها را در آزمایشگاه بررسی کرد.

ریچارد هیل[1] و **لاورنس اثوس**[2] پژوهشگران دانشگاه ناتینگهام در بریتانیا اخیراً آزمایشی را طراحی کرده‌اند که از امکانات یک قطره آب چرخان بهره‌برداری کامل می‌کند. روش آن‌ها بر چالش‌هایی چون حذف کامل تأثیرهای گرانی، و کمینه کردن کشش چسبندگی ناشی از چرخش برای پایداری قطره بر چالش‌های قبلی غلبه می‌کند. این بررسی در شماره ۵ دسامبر ۲۰۰۸ مجله *فیزیکال ریویو لترز* چاپ شده است[۱].

هیل می‌گوید: «برایمان جالب است که آب را ـ که همگی می‌شناسیم ـ در شرایط غیرعادی مشاهده کنیم. قطره آبی داریم که در حالت بی‌وزنی روی زمین شناورست، و با عبور جریان الکتریکی آن را می‌چرخانیم، یعنی عملاً قطره را به موتوری الکتریکی تبدیل می‌کنیم. نتایج آزمایش هیجان‌انگیز است زیرا رفتار قطره‌ی چرخان بی‌وزنی به قطر ۱cm، که جسمی در ابعاد انسان است، می‌تواند شناختی از اجسام در مقیاس هسته‌ای و هم‌چنین در ابعاد نجومی در اختیارمان قرار دهد. امیدواریم با مطالعه‌ی قطره‌آب بی‌وزن چرخان، که به راحتی با چشم غیرمسلح قابل مشاهده است، پژوهشگران بتوانند شناختی از اجسام عجیب‌تری چون سیاهچاله‌ها و هسته‌های اتمی به‌دست آورند.

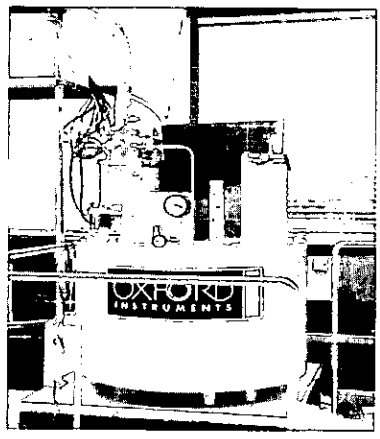
کنجکاوی دانشمندان درباره قطره‌های آب چرخان به سال ۱۸۶۳ برمی‌گردد ـ که **ژوزف آنتوان ـ فردیناند پلاتر**[۳]، فیزیک‌دان بلژیکی قطره‌ای روغن‌زیتون را در مخلوط آب و الکل شناور ساخت و دریافت که شکل قطره تغییر می‌کند. او از میله‌ای دوّار برای چرخاندن قطره استفاده کرد و دریافت شکل قطره تغییر می‌کند: قطب‌های آن فرورفته و استوایش برآمده می‌شود (که اتفاقاً شبیه شکل ناشی از چرخش زمین است).

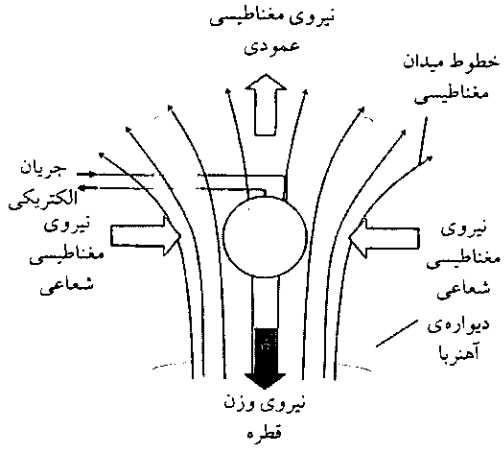
بررسی‌های نظری اخیر نشان داده است که شکل قطره بسته به سرعت چرخش آن تغییر می‌کند و با دوران هرچه سریع‌تر شکل‌های متفاوتی را به خود می‌گیرد. به‌نظر دانشمندان، دلیل این تغییر شکل آن است که قطره به ازای بسامد چرخش معین می‌خواهد حالت با کمترین انرژی را اختیار کند. به بیان دقیق، با شروع از شکل کروی در حالت سکون، کم‌کم به شکل بادام‌زمینی با دو لُب در می‌آید.



نظریه پیش‌بینی می‌کند که در سرعت‌های چرخش بیشتر شکل‌های مثلثی (با سه لُب) و مربعی (با چهار لُب) به دست آید، اما این شکل‌ها باید ناپایدار باشند و سرانجام به‌صورت بیضی درآیند. اما آزمایش‌های قبلی در مورد قطره‌هایی که به‌طور اکوستیکی به پرواز درآمده بودند نشان داد که می‌توان شکل مثلثی چرخان را تثبیت کرد. با این همه، در این آزمایش‌ها شکل قطره در هنگام چرخش تغییر می‌کرد، در نتیجه شکل تعادل در آن‌ها به روشنی قابل مشاهده نبود. در بررسی فعلی، **هیل و ائوس** برای اولین‌بار از روشی استفاده کردند که امکان مشاهده‌ی شکل تعادل سه لُبی را برایشان فراهم می‌ساخت. آن‌ها برای این کار ابتدا با بهره‌گیری از تعلیق دیامغناطیسی محیطی بدون گرانی به‌وجود آوردند. چون آب دیامغناطیسی است، الکترون‌های مولکول آب هنگام بازآرایی در میدان مغناطیسی خارجی جریان‌های مختصری را تولید می‌کنند. این جریان‌ها طبق قانون لنز با میدان خارجی مخالفت کرده و دافعه‌ی مغناطیسی کافی برای متوازن ساختن نیروی گرانی را تأمین می‌کنند، در نتیجه قطره به پرواز در می‌آید.

پس از بی‌وزنی قطره، پژوهشگران از روش جدید «موتور الکتریکی مایع» برای چرخاندن آن استفاده کردند. آن‌ها با فرو کردن دو الکترود سیمی نازک در قطره و عبور جریان، گشتاوری را بر قطره وارد ساختند که باعث چرخش آن شد. سپس توانستند با تنظیم جریان بسامد را به راحتی کنترل کنند. مهم‌تر از آن، جریان آب از کنار یکی از الکترودها امواج کوچکی را در سطح آن به‌وجود می‌آورد و این جریان‌های جانبی به تثبیت شکل قطره کمک می‌کرد و مانع از آن می‌شد که قطره به شکل بیضی در آید. پژوهشگران دریافتند رفتار شکل‌های بادام‌زمینی و مثلثی با پیش‌بینی‌های نظری سازگاری کامل دارد.





(چپ) زمپای حاوی آهنربای سیملوله‌ای ابررسانا که در آزمایش‌های تعلیق مغناطیسی به کار رفت. سیملوله دما را در ۴K نگه می‌دارد. (راست) نمودار سطح مقطع که قطره‌های آب معلق در آهنربا، محل الکترودهای مورد استفاده برای اعمال جریان لازم برای چرخاندن قطره را نشان می‌دهد.

پژوهشگران امیدوارند درک رفتار قطره‌های آب چرخان شناختی از دستگاه‌های شبیه شاره‌ها در اختیارشان بگذارد. مثلاً، گرانی و نیروی هسته‌ای قوی رفتاری شبیه به کشش سطحی دارند زیرا همگی آن‌ها نیروهای چسبندگی هستند. بنابراین، درک کشش سطحی در قطره‌ی آب چرخان، می‌تواند به شناخت دانشمندان از چگونگی پیوند اجسام نجومی و همین‌طور هسته‌های اتمی کمک کند.

هیل می‌گوید: «کیهان‌شناسان فکر می‌کنند که رفتار افق رویداد در سیاهچاله به گونه‌ای است که انگار مثل یک قطره دارای کشش سطحی است. تثبیت شکل‌های قطره‌ی چرخان می‌تواند اطلاعاتی در مورد پایداری افق رویداد یک سیاهچاله‌ی چرخان در اختیار بگذارد.»

او می‌گوید: «شکل سایر اجرام نجومی مانند سیاره‌ها و سیارک‌ها، که به‌جای کشش سطحی گرانی خودشان آن‌ها را یکپارچه نگه می‌دارد، نیز از طرح مشابه قطره پیروی می‌کند. مثلاً، رصدهای اخیر سیارک‌های کمربند کوپر در فراتر از نپتون اجسامی بیضی‌وار را نمایان ساخته است که احتمالاً، مانند آنچه در آزمایش‌های ما مشاهده شده، ناشی از چرخش سریع آن‌هاست.»

این دانشمندان اضافه کردند که کار آن‌ها در ارتباط با مدل قطره مایعی هسته‌ی اتم برای بررسی پایداری هسته‌هایی مورد استفاده قرار گرفته است که به سرعت می‌چرخند. پژوهشگران با استفاده از رفتار قطره‌ی مایع می‌توانند اطلاعاتی را در این مورد نیز به‌دست آورند.

این دانشمندان قصد دارند در آینده از امکانات تعلیق مغناطیسی در مواردی چون بررسی رفتار موجودات زنده مانند گیاهان و جانوران در شرایط بی‌وزنی در فضا نیز استفاده کنند. به گفته‌ی هیل «می‌توانیم اجسام را با استفاده از آهنربا ماه‌ها معلق نگه داریم و اطلاعاتی به‌دست آوریم که برای مأموریت‌های آینده به ماه یا مریخ بسیار سودمند. به هر حال، شاید مانند پلاتر که قطره‌های روغن معلق را در سال ۱۸۶۳ بررسی کرد، مجبور باشیم به مدت چند دهه برای کاربرد این روش صبر کنیم».

پانوشت:

1. Richard Hill
2. Laurence Eaues
3. Joseph - Antoine-Ferdinand Platear

منبع:

1. Hill, R.J.A. and Eaues L. "Nonaxi symmetric shapes of a Magnetically Leuitated and Spinning water Droplet" *Physical Review Letters*, 101/234501 (2008).

مرجع:

http://www.physorg.com

نوسان لوله‌ی شناور

حسن اتحاد مهرآباد
دبیر فیزیک شهرستان عجب‌شیر

نظریه‌ی آزمایش

اگر لوله آزمایشی را که حاوی مقداری جیوه (یا تعدادی ساچمه‌ی فلزی) است در آب شناور کنیم بخشی از لوله در آب فرو می‌رود و بخش دیگر به علت نیروی حاصل از اختلاف فشار قسمت بالایی و پایینی لوله (نیروی ارشمیدس) بیرون از آب می‌ماند. و با توجه به این‌که بخش اعظم جرم لوله و مواد درون آن در ته لوله قرار گرفته‌اند، مرکز جرم لوله در پایین قرار می‌گیرد و لوله به‌طور قائم در آب شناور می‌شود. (شکل ۱)

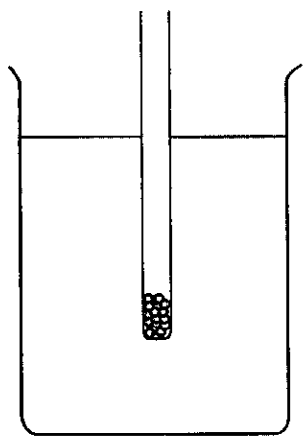
اگر در حالت تعادل، لوله را به اندازه y نسبت به وضعیت تعادل بالا یا پایین بیاوریم و سپس رها کنیم، لوله مثل یک نوسانگر شروع به حرکت هماهنگ ساده می‌کند. زیرا نیروی بازگرداننده که عامل اصلی حرکت هماهنگ ساده است را نیروی ارشمیدس تأمین می‌کند.

لازم به توضیح است که دوره نوسان به میزان انحراف اولیه لوله شناور (دامنه نوسان) بستگی ندارد و میرایی تدریجی دامنه در بازه‌های زمانی نسبتاً کوچک تأثیر قابل در دوره‌ی نوسان ندارد. اما در بازه‌های زمانی بلند با توجه به رابطه $\omega = \sqrt{\omega_0^2 + \gamma^2}$ (که در آن $\gamma = b/2m$ ضریب میرایی نوسان است.) دوره نوسان افزایش می‌یابد.

اگر M جرم لوله و m جرم جیوه درون لوله باشد، داریم

$$F = (M+m).a = (M+m).(\omega^2.y)$$

ازطرفی با توجه به این‌که ΔP تغییر فشار وارد بر لوله با تغییر



شکل ۱

عمق لوله‌ی درون آب و y عمقی است که لوله نسبت به حالت تعادل در آب فرو می‌رود و ρ چگالی آب (یا مایع) درون ظرف است داریم:

$$F = \Delta P.A = \rho gy.A$$

و از آن‌جا

$$(M+m)(\omega^2 y) = \rho gy.A$$

$$\Rightarrow \omega^2 = \frac{\rho gA}{(M+m)}$$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{M+m}{\rho gA}}$$

که در آن A سطح مقطع لوله است.

اگر در آزمایش از n عدد ساچمه فلزی که جرم هر کدام برابر m است. استفاده کرده باشیم، این رابطه به صورت زیر درمی‌آید

$$T^2 = (\frac{4\pi^2 m}{\rho g A})n + (\frac{4\pi^2 M}{\rho g A}) \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{M+nm}{\rho g A}}$$

روش کار

۱. با کولیس قطر خارجی لوله آزمایش را اندازه می‌گیریم و مساحت سطح مقطع آن را محاسبه می‌کنیم.

● در این آزمایش بعد از اندازه‌گیری قطر خارجی لوله ۳ سانتی‌متر و مساحت آن برابر $A = \pi r^2 = 3/14 \times 0/015^2 = 0/07 \times 10^{-4} m^2$ به‌دست آمد.

۲. جرم لوله آزمایش را با ترازو اندازه‌گیری می‌کنیم.

● در این آزمایش بعد از اندازه‌گیری، مقدار آن $M = 54/6 gr$ به‌دست آمد.

۳. مقداری جیوه (یا تعدادی ساچمه فلزی) در لوله آزمایش می‌ریزیم و جرم مجموعه لوله و محتویات درون آن را اندازه‌گیری می‌کنیم و جرم جیوه درون لوله را با کم کردن جرم لوله از جرم کل مجموعه به‌دست می‌آوریم.

۴. لوله را در آب شناور می‌کنیم. تا به حالت عمودی قرار گیرد.

۵. بعد از برقراری حالت تعادل، کرونومتر را در حال آماده به‌کار قرار می‌دهیم. و لوله را در راستای قائم به اندازه y نسبت به وضعیت تعادل به بالا یا پایین جابه‌جا کرده و رها می‌کنیم تا شروع به نوسان بکند و در همین لحظه کرونومتر را به‌کار می‌اندازیم.

۶. زمان ۱۰ نوسان کامل لوله را اندازه می‌گیریم و زمان به‌دست آمده را به ۱۰ تقسیم می‌کنیم تا دوره نوسانگر را به‌دست آوریم. $(T = t/n)$

۷. آزمایش را برای ۵ مقدار متفاوت جیوه و برای هر مقدار حداقل ۳بار انجام می‌دهیم، و نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها را در جدول مربوط ثبت می‌کنیم.

۸. با قرار دادن مقادیر ρ و g و A و m و M در رابطه $T = 2\pi\sqrt{\frac{M+m}{\rho g A}}$ مقدار به‌دست آمده برای دوره را با مقدار اندازه‌گیری شده مقایسه می‌کنیم. (جدول ۱)

با مقایسه دو ستون آخر جدول و در نظر گرفتن میرایی نوسان و عوامل خطا مشاهده می‌شود دوره‌ی اندازه‌گیری شده با دوره‌ی محاسبه‌ای سازگاری مناسبی دارد.

۹. آزمایش را برای دامنه‌های مختلف (عمق جابه‌جایی اولیه لوله یا y) تکرار می‌کنیم و دوره نوسانگر را در حالت‌های مختلف با هم مقایسه می‌کنیم. ملاحظه می‌شود که دوره نوسانگر با تغییر دامنه نوسان هیچ تغییری نمی‌کند.

۱۰. جهت بررسی تأثیر میرایی نوسان در دوره، در اندازه‌گیری زمان به‌جای ۱۰ نوسان از تعداد نوسان‌های متنوعی استفاده می‌کنیم. و در هر مرحله دوره به‌دست آمده را با اعداد قبلی مقایسه می‌کنیم. ملاحظه می‌شود که دوره نوسانگر برای تعداد نوسان کمتر (در بازه‌های زمانی کوچک) با میرایی نوسان تغییر چندانی ندارد. اما میانگین دوره برای تعداد نوسان بیشتر (یا بازه‌های زمانی بلند) تغییرات قابل ملاحظه‌ای دارد.

۱۱. جهت بررسی وابستگی دوره به چگالی مایع درون ظرف به‌جای آب از الکل استفاده می‌کنیم و ملاحظه می‌شود که با کاهش چگالی مایع دوره نوسان بیشتر می‌شود.

۱۲. در اجرای آزمایش اگر از ساچمه فلزی استفاده کنیم ابتدا جرم هر ساچمه را اندازه‌گیری و ثبت می‌کنیم، و آزمایشی مثل حالت قبلی که از جیوه استفاده کرده بودیم انجام می‌دهیم. مقادیر حاصل از اندازه‌گیری در جدول زیر خلاصه شده است. (جدول ۲)

جدول۱ ـ(اعداد ثبت شده در جدول مربوط به اندازه‌های حاصل از اجرای عملی آزمایش در آزمایشگاه دبیرستان نمونه دولتی تربیت عجب‌شیر می‌باشد.)

	دوره اندازه‌گیری شده بوسیله کرونومتر در مرحله اول	دوره اندازه‌گیری شده بوسیله کرونومتر در مرحله دوم	دوره اندازه‌گیری شده بوسیله کرونومتر در مرحله سوم	میانگین دوره اندازه‌گیری شده بوسیله کرونومتر	دوره حاصل از محاسبه بوسیله رابطه $T=2\pi\sqrt{\frac{M+m}{\rho g A}}$
$m_1 = 54/4 gr$	۰/۶۹ ثانیه	۰/۷۱ ثانیه	۰/۶۹ ثانیه	۰/۷۰ ثانیه	۰/۷۸ ثانیه
$m_2 = 60/2 gr$	۰/۷۳ ثانیه	۰/۷۴ ثانیه	۰/۷۲ ثانیه	۰/۸۳ ثانیه	۰/۸۱ ثانیه
$m_3 = 64/1 gr$	۰/۷۵ ثانیه	۰/۷۷ ثانیه	۰/۷۷ ثانیه	۰/۷۶ ثانیه	۰/۸۳ ثانیه
$m_4 = 69/3 gr$	۰/۷۹ ثانیه	۰/۷۹ ثانیه	۰/۸۱ ثانیه	۰/۷۹ ثانیه	۰/۸۵ ثانیه

جدول۲ ـ (اعداد ثبت شده در جدول مربوط به اندازه‌های حاصل از اجرای عملی آزمایش در آزمایشگاه دبیرستان نمونه دولتی تربیت عجب‌شیر است و جرم هر ساچمه در اندازه‌گیری به‌وسیله ترازوی سه اهرمی برابر ۱/۵ گرم به‌دست آمده است .)

	تعداد ساچمه‌های استفاده شده n = ۳۳	تعداد ساچمه‌های استفاده شده n = ۳۴	تعداد ساچمه‌های استفاده شده n = ۳۵	تعداد ساچمه‌های استفاده شده n = ۳۶
دوره اندازه‌گیری شده بوسیله کرونومتر T	۰/۷۷ ثانیه	۰/۷۷ ثانیه	۰/۷۸ ثانیه	۰/۷۹ ثانیه
مجذور دوره T^2	۰/۵۹ ثانیه	۰/۵۹ ثانیه	۰/۶۱ ثانیه	۰/۶۲ ثانیه

با رسم نمودار T^2 بر حسب n (تعداد ساچمه‌ها)، با استفاده نمودار می‌توانیم جرم لوله و جرم هر عدد ساچمه را محاسبه کنیم .

$$T^2 = (\frac{4\pi^2 m}{\rho g A})n + (\frac{4\pi^2 M}{\rho g A})$$

در نمودار تغییرات T^2 بر حسب n، شیب نمودار برابر $\frac{4\pi^2 m}{\rho g A}$

و عرض از مبداء آن برابر $\frac{4\pi^2 M}{\rho g A}$ است (که در آن m جرم هر ساچمه و M جرم لوله آزمایش است) .

● در این آزمایش با توجه به اعداد به‌دست آمده در اجرای عملی آزمایش در آزمایشگاه دبیرستان نمونه دولتی تربیت عجب‌شیر نمودار T^2 بر حسب n را در کاغذ میلی‌متری پیوست رسم کرده‌ایم . با توجه به نمودار رسم شده، عرض از مبدأ حدود $0/31 s^2$ به‌دست آمده است . و شیب نمودار با استفاده از دو نقطه‌ی انتخابی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود .

$$\frac{T_2^2 - T_1^2}{n_2 - n_1} = \frac{0/62 - 0/32}{36 - 0} = 8/33 \times 10^{-2} s^2$$

برای جرم هر ساچمه

$$\frac{4\pi^2 m}{\rho g A} = 8/33 \times 10^{-3} \Rightarrow m = 1/46 \times 10^{-3} kg$$

برای جرم لوله آزمایش

$$\frac{4\pi^2 M}{\rho g A} = 0/31 \Rightarrow M = 54/4 \times 10^{-3} kg$$

جرم لوله آزمایش و جرم هر ساچمه در اندازه‌گیری‌های قبلی به‌وسیله ترازو به ترتیب 54/6gr و 1/5gr به دست آمده بود . با توجه به لحاظ نمودن عوامل خطا اعداد به‌دست آمده از نمودار با اندازه‌گیری‌های قبلی سازگاری خوبی دارد .

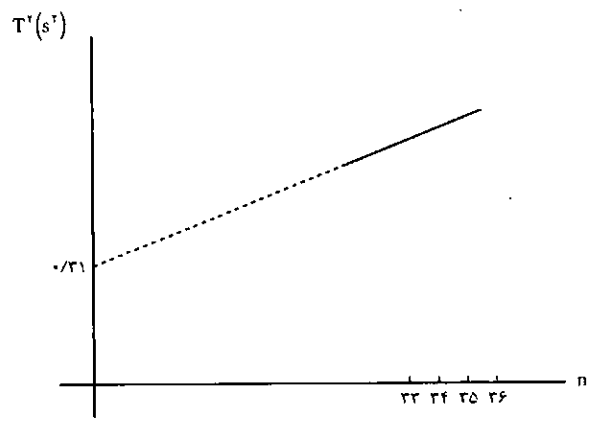
خلاصه و نتیجه گیری

۱ . لوله‌ی قائم شناور در مایع می‌تواند یک نوسانگر ساده باشد، که نیروی بازگرداننده در آن نیروی ارشمیدس شاره‌ها (نیروی حاصل از اختلاف فشار بالا و پایین جسم) است .

۲ . میزان انحراف اولیه‌ی لوله‌ی شناور (دامنه نوسان) تأثیری بر مقدار دوره نوسان ندارد .

۳ . دوره‌ی نوسانگر در بازه‌های زمانی کوچک با میرایی نوسان تغییر چندانی ندارد . اما میانگین دوره برای تعداد نوسان بیشتر (یا بازه‌های زمانی بلند) تغییرات قابل ملاحظه‌ای دارد .

۴ . دوره‌ی نوسان لوله‌ی شناور به جرم، چگالی مایع، سطح مقطع لوله و شتاب گرانی بستگی دارد . (شکل ۲)



شکل ۲

منابع :

۱ . کیت ر . سایمون (۱۳۷۳) . مکانیک . اعظم نیرومند راد، غلامحسین همدانی . چاپ سوم . تهران مؤسسه علمی دانشگاه صنعتی شریف

۲ . موج و پدیده‌های ارتعاشی . (۱۳۷۱) . ام . بالکانسکی و س . سین . ضیاء طاهری و هوشنگ پاکزاد . تهران . مؤسسه انتشارات فاطمی

۳ . اعظم پور قاضی، سید مهدی شیوایی، حسن عزیزی و غلامعلی محمودزاده . (۱۳۸۲) . فیزیک ۱ و ۲ پیش‌دانشگاهی . تهران . شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران

علم و فناوری

عجایب هفت گانه‌ی

آزیتا سیدفدایی
seiedfadaei@yahoo.com

کنفرانس بین‌المللی آموزش فیزیک در سال ۲۰۰۷ از تاریخ ۱۱ الی ۱۶ نوامبر در کشور مغرب برگزار شد. یکی از بخش‌های کنفرانس برگزاری مسابقه و نظرسنجی در مورد عجایب هفت گانه در فیزیک بود که به آمارگیری در مورد شگفت‌انگیزترین و تأثیرگذارترین بُعد فیزیک در زندگی بشر می‌پرداخت. نتیجه‌ی بررسی مسلماً به سرمایه‌گذاری و گسترش آن شاخه از فیزیک می‌انجامد و فرصت‌های شغلی جدیدی را به‌وجود خواهد آورد.

منظور از عجایب هفت‌گانه، تأثیرگذارترین کشفیات، در زمینه‌ی علم (فیزیک) و فناوری است که توانسته است زندگی بشر را متحول کند. از میان ۲۱ عنوان، انتخاب ۷ عامل برتر، کاری سخت است، زیرا اگر به عناوین داده شده توجه کنیم همه‌ی آن‌ها مهم و در متحول کردن زندگی از لحاظ صنعتی و پیشرفت‌های علمی مؤثر هستند و شاید حتی بتوان عامل‌های دیگری را نیز به این عجایب اضافه کرد. مخاطبان این نظرسنجی، متخصصان آموزش فیزیک، استادان و معلمان فیزیک شرکت کننده در کنفرانس از سراسر دنیا بودند.

هنگامی که در نظرسنجی شرکت کردم پس از پر کردن فرم، منتظر نتیجه‌ی نهایی بودیم ولی آمارگیری و نتیجه‌ی نهایی به بعد موکول شد. شاید هدف برانگیختن حس دقت و جست‌وجو و تمرکز متخصصان و معلمان فیزیک بر روی عنوان‌های مطرح شده بود. جالب‌توجه است که برانگیختن حس کنجکاوی معلمان در مورد نتیجه‌ی نظرسنجی، خود می‌تواند منشأ پژوهش‌های دانش‌آموزی در زمینه‌های مطرح شده باشد. شناسایی عامل‌های مؤثر (عجایب هفت‌گانه) در زندگی بشر می‌تواند در طراحی برنامه‌ی درسی از نظر کاربردی بودن علم فیزیک تأثیرگذار باشد. نتیجه‌ی نظرسنجی نشان می‌دهد که عجایب هفت‌گانه به ترتیب اولویت عبارتند از:

۱. شبکه جهانی (اینترنت)

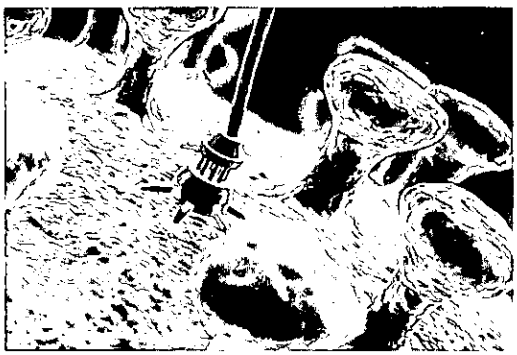
اولین رتبه از نظر تأثیرگذارترین عامل در زندگی امروزی را اینترنت به‌دست آورد. این مسئله دلیلی بر تأکید بیشتر بر روی پیش‌بینی تأثیر بیشتر شبکه جهانی بر روی زندگی بشر در آینده است. این فکر که اینترنت سیستمی برای تبادل اطلاعات در سرتاسر کره‌ی زمین تلقی شود را **تیم برنرز لی**[1] در سال ۱۹۸۹ در سرن (CERN) مطرح کرد، کره‌ی زمین با عمر بیش از ۲/۵ بیلیون سال، توسط شبکه‌ی جهانی (اینترنت) به یک دستگاه عصبی دارای ادراک خاص تبدیل می‌شود که قابلیت تبادل اطلاعات از یک طرف به طرف دیگر کره‌ی زمین را داراست، این تبادل اطلاعات با سرعت نور صورت می‌گیرد. (شکل ۱)

شکل ۱

۲ . نانوفنّاوری

دومین مورد شگفت‌آور در تأثیرگذاری بر روی زندگی زمینی‌ها، نانوفنّاوری است که در آینده شاهد پیشرفت‌های بیشتری در این زمینه خواهیم بود. حتی بدن انسان حاصل فرایندهای نانوفناوری طبیعی‌ای است که از فرایندهای بیوشیمی پیروی می‌کند، این فرایندها همگی در سطح اتمی و مولکولی صورت می‌گیرند.

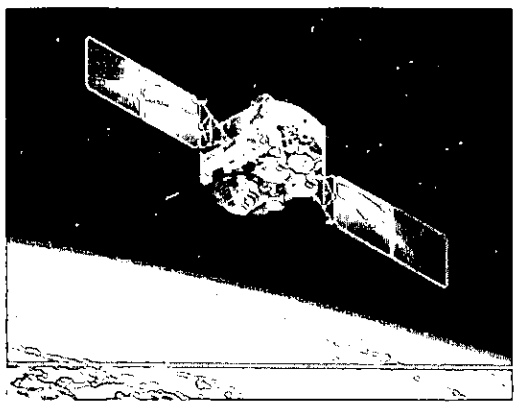
ریچارد فاینمن[۲] در سخنرانی خود در سال ۱۹۵۹ میلادی به اساس نظریه فنّاوری میکرو اشاره کرده بود ولی امروزه تحقیقات دانشمندان در ابعاد نانو است، طبیعی است که فنّاوری نانو بیش از فنّاوری میکرو زندگی بشر را متحول خواهد کرد. (شکل ۲)



شکل ۲

۳ . ارتباطات ماهواره‌ای

ارتباطات ماهواره‌ای به‌عنوان عامل مهم سوم مطرح شده است. آنتن‌های ماهواره در سراسر کره‌ی زمین کاربرد فراوانی دارد و امروزه از لوازم زندگی بشر محسوب می‌شود. (شکل ۳)

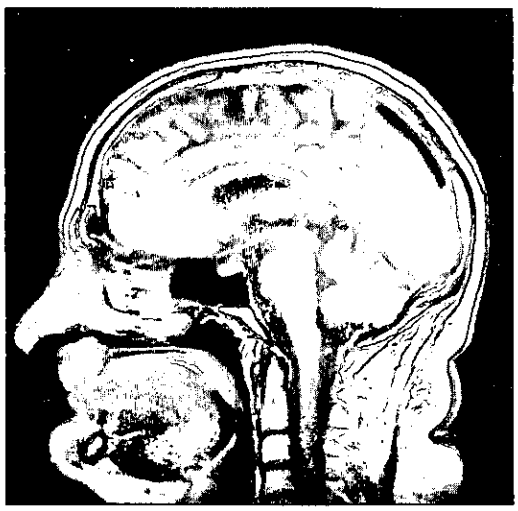


شکل ۳

۴ . تصویربرداری پزشکی و صنعتی

تصویربرداری جدید، روش جذاب مهمی را در اختیار می‌گذارد که دانش‌آموزان را بدون درگیر شدن با مفاهیم مکانیک و الکترومغناطیس با فیزیک آشنا می‌سازد.

امواج فراصوتی، MRI، پرتوهای X و عبور پوزیترون از تومورهای سرطانی، ... تأثیر مهمی بر زندگی مردم و تشخیص بیماری‌ها داشته است و زندگی بشر را متحول کرده است. این عامل نقش علم فیزیک در زمینه کاربردی و صنعتی را پررنگ‌تر کرده است. (شکل ۴)



شکل ۴

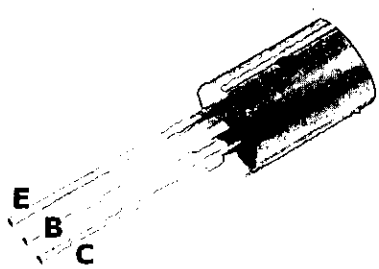
۵ . ترانزیستور

ترانزیستور (transistor) برگرفته از

transferring current across a resistor

حدود ۶۰ سال پیش اختراع شد. مخترع آن، سه نفر به نام‌های باردین[۳]، براتین[۴]، **شاکلی**[۵] بودند که در سال ۱۹۶۵ به خاطر اختراع ترانزیستور جایزه‌ی نوبل فیزیک را دریافت کردند.

باردین به دلیل سهمی که در نظریه‌ی ابر رسانایی داشت جایزه‌ی نوبل دیگری نیز دریافت کرد. او را به‌عنوان فردی می‌شناسند «می‌توانست الکترون‌ها را ببیند». ترانزیستور با کاربردهای مختلف خود نقش مهمی در زندگی بشر دارد. بدین دلیل وجود آن در فهرست عجایب هفت‌گانه قابل پیش‌بینی بود. (شکل ۵)



شکل ۵

۶ . لیزر

امروزه لیزر ابزار مهمی در عمل‌های جراحی و... (با کاربرد پزشکی) و طراحی دستگاه‌های صوتی و تصویری، رایانه‌ای (با کاربرد صنعتی و تجاری) محسوب می‌شود.

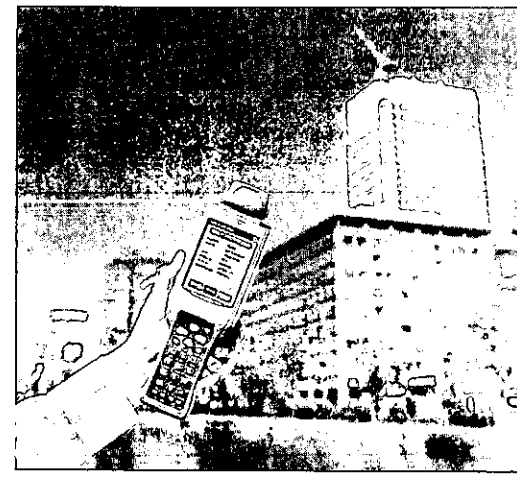
نظرسنجی نشان می‌دهد که نقش لیزر در متحول کردن زندگی بشر حتی از میکروسکوپ‌ها و تلسکوپ‌ها و موتورهای الکتریکی مهم‌تر است. شاید به همین

نتیجه‌ی نظرسنجی در مورد عجایب هفت گانه‌ی فیزیک و فناوری

شبکه جهانی (اینترنت)	۷۶	میکروسکوپ‌ها	۲۸
نانو فنّاوری	۶۰	ماشین‌های بخار	۲۷
ارتباطات ماهواره‌ای	۵۵	شتاب‌دهنده‌های ذرات	۲۵
تصویربرداری پزشکی و صنعتی	۵۴	سفرهای فضایی	۲۱
ترانزیستور	۴۹	ابزارهای مشاهده‌ی نجومی	۲۰
لیزر	۴۷	پردازنده‌ها	۲۰
ارتباطات بی‌سیم	۴۳	ابر رساناها	۲۰
فضا پیماها	۴۲	طیف سنج‌ها	۱۴
مولدهای الکتریکی	۴۲	حسگرها و وسیله‌های کنترل	۷
فناوری اپتیک، فیبر نوری	۳۹	تلسکوپ‌ها	۷
تلسکوپ فضایی هابل	۳۲		

جدول۱

شکل۶



شکل۷

دلیل باشد که فیزیکدانان شرکت کننده در نظرسنجی نقش و تأثیر فیزیک کوانتومی را مهم‌تر می‌دانند. (شکل۶)

۷. ارتباطات بی‌سیم

شاید در اولین برخورد تفاوتی بین ارتباطات بی‌سیم و ارتباطات ماهواره‌ای قائل نشویم ولی وجه اشتراک بین ارتباطات بی‌سیم و ارتباطات ماهواره‌ای (با سومین امتیاز برتر) وجود دارد ولی نمی‌توان گفت که این دو عامل یکی هستند. (شکل۷)

ویژگی ارتباطات بی سیم آن است که وسیله‌ای توانمند در تبادل و به اشتراک گذاشتن اطلاعات هستند. هم‌اکنون امکان دسترسی بی‌سیم به اینترنت و تلفن‌های همراه و... باعث می‌شود تا ارتباطات بی‌سیم عاملی مستقل و مهم فرض شود. ارتباطات بی سیم به تاریخچه‌ای غنی از تحقیقات علمی ماکسول، هرتز و... در رتبه‌ی هفتم عجایب هفت‌گانه قرار گرفته‌اند. (جدول۱)

* گزارش این کنفرانس در شماره ۸۳ رشد آموزش فیزیک تابستان ۱۳۸۷ به صورت یک مقاله توسط اینجانب ارائه شده است.

پانوشت:

1. Tim Burners - Lee
2. Richard Feynman
3. Bardeen
4. Brattain
5. Shockley

منابع:

Robert Lambourne, The Open University, United Kingdom/ International Newsletter on Physics Education/ IUPAP/ICPE/April 2008/Number 55/Page:10,11.

نمودارهای جسم ـ آزاد: لازم یا کافی

دیوید روزنگرانت[1] و همکاران
ترجمه: معصومه قاسمی

چکیده

گروه پاثر دانشگاه راتگرز[2] می‌کوشند توانایی‌های علمی مختلف در شاگردان را گسترش دهند. یکی از این توانایی‌ها ایجاد، شناخت و یادگیری استفاده از استدلال کیفی و نمایش‌های مختلف حل مسئله فرایندهای فیزیکی از قبیل نمایش‌های تصویری، نمودارهای حرکت، نمودارهای جسم ـ آزاد و نمودارهای میله‌ای انرژی است. نوشته‌های مربوط به آموزش فیزیک نشان می‌دهند که استفاده از نمایش‌های چندگانه برای درک مفاهیم فیزیکی و حل مسئله شاگردان مفید است. ما رهیافت ویژه‌ای را برای آموزش و استفاده از نمودارهای جسم ـ آزاد در نمایش پدیده‌های فیزیکی و حل مسئله به‌وجود آورده‌ایم. بررسی خواهیم کرد آیا شاگردان با دانستن این‌که امتیازی نمی‌گیرند در حل مسئله، از نمودار جسم ـ آزاد استفاده خواهند کرد یا نه؛ آیا در زمینه‌های مفهومی متفاوت، آن‌ها را به‌صورت منظم به کار می‌برند؛ و آیا شاگردانی که از نمودارهای جسم ـ آزاد در حل مسئله در بخش‌های مختلف فیزیک استفاده می‌کنند، از آن‌هایی که استفاده نمی‌کنند موفق‌ترند؟

مقدمه

نمایش خارجی، چیزی است که اجسام یا فرایندها را نمادین می‌سازد یا نمایش می‌دهد. مثلاً اجسام یا فرایندها در فیزیک با واژه‌ها، نمودارها، معادله‌ها، نمودارهای قطعه‌ای و طرح‌ها نشان داده می‌شوند. افراد بسیاری بر نقش مثبت نمایش‌های چندگانه در یادگیری تأکید کرده‌اند [۵-۱]. سایمون[3] می‌گوید: «یافتن نمایش‌های ساده‌کننده برای تقریباً هر نوع مسئله باید به عنوان دستاورد ذهنی مهمی مورد توجه قرار گیرد که اغلب به عنوان جزء مهمی از فرایندهای حل مسئله در علوم و در طراحی آموزشی دست‌کم گرفته می‌شود.» [۶] نمودار جسم ـ آزاد نمایشی است که فیزیکدان‌ها برای نمایش فرایندهایی استفاده می‌کنند که در آن‌ها نیرو دخیل است. معلم‌های فیزیک چگونگی رسم نمودارها را به شاگردان می‌آموزند و شاگردان از آن‌ها برای حل مسئله استفاده می‌کنند [۹-۷]. اگرچه، شواهد اندکی بر موفق‌تر بودن شاگردانی که در حل مسئله از نمودارها استفاده می‌کنند وجود دارد، اما معلوم نیست که آیا شاگردان در حوزه‌هایی غیر از مکانیک از نمودارهای جسم ـ آزاد استفاده می‌کنند یا نه؟

در این بحث، سه پرسش بررسی می‌شود: الف) آیا اگر شاگردان بدانند که رسم نمودار جسم ـ آزاد امتیازی ندارد از آن‌ها در حل مسئله‌ها استفاده می‌کنند؟؛ (ب) آیا شاگردان در استفاده از نمودارهای جسم ـ آزاد در حوزه‌های مفهومی به صورت سازگار عمل می‌کنند؛ و (ج) آیا شاگردانی که از نمودارهای جسم ـ آزاد استفاده می‌کنند، موفق‌تر از آن‌هایی هستند که این کار را نمی‌کنند؟

شرح دوره

این بررسی در درس فیزیک دو نیمسالی بر مبنای حسابان برای رشته‌های علوم صورت گرفت که تعداد زیادی در آن شرکت می‌کردند. درس شامل دو سخنرانی ۵۵ دقیقه‌ای، یک مرور ۵۵ دقیقه‌ای و سه ساعت کار در آزمایشگاه در هر هفته بود. درس از روش محیط آموزشی تحقیقی علوم (ISLE)[4] استفاده می‌کرد [۱۰]. یکی از ویژگی‌های مهم ISLE آن است که به شاگردان کمک می‌کند در یادگیری پدیده‌های فیزیکی از روش‌های مختلف استفاده کنند. در دوره مورد بررسی شاگردان روش استفاده از نمودارهای حرکت، نمودارهای جسم ـ آزاد، نمودارهای میله‌ای انرژی و تکانه را برای استدلال درباره‌ی فرایندهای فیزیکی یاد گرفتند. چون این نمایش‌ها مختص فیزیک است، آن‌ها را نمایش‌های فیزیکی می‌نامیم [۳].

همچنین، شاگردان از نمایش‌های ریاضیاتی و تصویری نیز

استفاده کردند. برای این دوره بسته‌ای طراحی شده بود که شامل مسائل نمایش‌های چندگانه به عنوان مسائل جداگانه بود[۱۱]. در هر جلسه درس معلم در مورد رهیافت نمایش‌های چندگانه و چگونگی حرکت از نمایش نموداری به نمایش ریاضیاتی را بحث می‌کرد. سپس شاگردان هم به تنهایی و هم در گروه‌های کوچک روی این نوع فعالیت‌ها کار می‌کردند. بازخورد به شاگردان به صورت شفاهی و یا از طریق دستگاه پاسخ‌دهی شخصی الکترونیکی (PRS)[۵] داده می‌شد. مسائل نمایش‌های چندگانه ۴۰ درصد زمان مرور را در بر می‌گرفت. رسم نمایش فیزیکی بخشی از راهبرد حل مسئله بود که معلم در سخنرانی‌ها بر آن تأکید ویژه داشت و شاگردان را به استفاده از آن‌ها در بازگویی و تکالیف منزل تشویق می‌کرد. نمونه راه‌حل‌های تکالیف منزل شامل گام ویژه‌ای (رسم نمایش فیزیکی از موقعیت مسئله) بود.

نمودارهای جسم ـ آزاد

برای کمک به شاگردان در یاد گرفتن رسم نمودارهای جسم ـ آزاد از روش زیر استفاده شد. دور جسم مورد نظر نمودار موقعیت را خط بکشید. دنبال اجسامی بگردید که با جسم در تماس هستند یا از فاصله‌ی دور بر آن اثر می‌کنند. هر برهم‌کنش را با یک پیکان نیرو نمایش دهید. تعداد پیکان‌های نیرو باید با تعداد اجسامی که بر جسم موردنظر اثر می‌کنند، برابر باشد. مثلاً در E بر F_b با نوشتن دو زیرنویس نشان می‌دهیم که نیرو را زمین به توپ وارد می‌کند. طول نسبی پیکان نیرو اندازه‌ی نسبی نیرو را نشان می‌دهد. نمودار باید با نمایش‌های دیگر، مثلاً پیکان شتاب در نمودار حرکت سازگار باشد.

معلم در هر سخنرانی دائماً از نمودارهای جسم ـ آزاد برای تحلیل پدیده‌ها و ارائه ریاضی قانون دوم نیوتون به شکل مؤلفه‌ای استفاده می‌کرد. شاگردان در مرور درس‌ها، رسم نمودارها را به طور جداگانه تمرین می‌کردند و سپس از آن‌ها برای نوشتن قانون دوم نیوتون و حل مسئله استفاده می‌کردند. نمونه راه‌حل‌های تکالیف خانه بر نمودارهای جسم ـ آزاد و رابطه آن‌ها با شکل مولفه‌ای قانون دوم نیوتون تأکید می‌کرد. در نیم‌سال دوم، معلم در تدریس الکتروستاتیک و مغناطیس از نمودارهای جسم‌ـآزاد برای حل مسئله‌هایی استفاده کرد که شامل نیرو بودند.

ابزارها/ شرکت کنندگان

در هر نیمسال دو امتحان میانی و یک امتحان نهایی وجود داشت. بیشتر امتحان‌ها شامل پرسش‌های چندگزینه‌ای در کنار پرسش‌های تشریحی بودند. در این بررسی از مسائل چندگزینه‌ای خاصی طراحی کردیم که شامل چند جسم بودند و حل آن‌ها بدون رسم نمودار جسم‌ـآزاد مشکل بود. البته رسم نمودار جسم‌ـآزاد به‌طور مستقیم در مسئله خواسته نشده بود. پرسش‌های چندگزینه‌ای با رایانه تصحیح شد. به شاگردان امتیاز خاصی برای کار با نمودارها داده نشد. ما سؤال از ۴ امتحان را برای این بررسی انتخاب کردیم (پیوست را ببینید).

طی بررسی به نمودارهای جسم‌ـآزادی که شاگردان در برگه‌های امتحان برای حل مسائل رسم کرده بودند، نگاه کردیم. اگر هیچ نموداری رسم نشده بود، به آن پرسش نمره صفر دادیم. اگر دانش‌آموزی نمودار را اشتباه رسم کرده بود (نیروها، طول بردارها یا علامت گذاری نادرست بود) به او نمره یک دادیم. اگر نمودار درست رسم شده بود و اطلاعات کافی برای حل مسئله در آن وجود داشت، به پاسخ نمره۲ دادیم. این نمرات را به پاسخ‌های شاگردان مربوط کردیم. برای ۱۲۵ شاگرد داده‌های کامل را گردآوری کردیم. این ۱۲۵ نفر را از نمونه ۲۰۰تایی برگزیدیم که به‌طور کاتوره‌ای از ۵۶۰ شاگرد نیم‌سال اول انتخاب شده بودند. (۱۰ شاگرد از هر ۲۰ نفر بخش مرور). بعضی از آن‌ها در نیم‌سال دوم و برخی دیگر در یکی از امتحانات نهایی شرکت نکرده بودند. بنابراین، تعداد مورد بررسی به ۱۲۵ دانش‌آموز کاهش یافت. توزیع نمرات برای شاگردان مورد مطالعه تقریباً توزیع نمره برای کل کلاس را نشان می‌داد. بنابراین معتقدیم که نمونه انتخاب شده نماینده کل شاگردان است.

یافته‌ها

پرسش الف) اگر شاگردان بدانند که رسم نمودار جسم ـ آزاد امتیازی ندارد آیا از آن در حل مسئله استفاده می‌کنند؟ برای پاسخ به این پرسش تعداد تمام شاگردانی را شمردیم که نمودارها را، چه درست و چه غلط، رسم کرده بودند (جدول۱). دریافتیم که ۱۵٪ شاگردان در نمونه انتخابی یک نمودار برای هر ۵ پرسش برگزیده شده (۳ پرسش مکانیک و ۲ پرسش الکتروستاتیک) رسم کرده بودند؛ ۷۲٪ شاگردان مورد مطالعه برای دست‌کم یک پرسش مکانیک و یک پرسش الکتروستاتیک؛ ۱۲٪ تنها برای پرسش‌های مکانیک؛ ۱۰٪ برای تنها پرسش‌های الکتروستاتیک نمودار جسم‌ـآزاد رسم کرده بودند و ۵٪ شاگردان هیچ‌گونه نموداری رسم نکرده بودند، (جدول۲).

پرسش تحقیقی (ب): آیا شاگردان به‌طور سازگار از نمودارهای جسم‌ـآزاد در حوزه‌های مفهومی مختلف استفاده می‌کنند؟ پس از بررسی دریافتیم که ۲۴٪ شاگردان نمودار جسم‌ـآزاد را هر بار درست رسم کرده‌اند، ۲۰٪ آن‌ها برای بیشتر پرسش‌ها نمودار درست رسم کرده بودند، برای ۱۸٪ آن‌ها تعداد نمودارهای جسم ـ آزاد درست و غلط برابر بود؛ ۱۰٪ شاگردان بیشتر نمودارها و ۲٪ تمام آن‌ها را غلط رسم کرده بودند. ۱۴٪ شاگردان را کنار گذاشتیم چون برای پنج پرسش تنها یک نمودار رسم کرده

جدول۱ . مقایسه دانش‌آموزانی که نمودار جسم ـ آزاد رسم کرده بودند و دانش‌آموزانی که رسم نکرده بودند . (N=۱۲۵)

پرسش	تعداد کسانی که نمودار رسم کرده‌اند	تعداد کسانی که نمودار رسم نکرده‌اند
مکانیک : امتحان۱ ، پرسش۱	۹۴	۳۱
مکانیک : امتحان ۱ ، پرسش ۲	۶۳	۶۲
مکانیک : امتحان نهایی	۴۹	۷۶
الکتروستاتیک : امتحان۱	۷۳	۵۲
الکتروستاتیک : امتحان نهایی	۹۱	۳۴

جدول۲ . سازگاری استفاده از نمودار جسم‌ـآزاد در مکانیک و الکتروستاتیک
(N = ۱۲۵)

نمونه	درصد
استفاده در ۵ مسئله	۱۵
استفاده در دست‌کم یک پرسش مکانیک و الکتروستاتیک	۷۲
استفاده تنها در مکانیک	۱۲
استفاده تنها در الکتروستاتیک	۱۰
عدم استفاده	۵

جدول۳ . سازگاری استفاده از نمودار جسم‌ـآزاد در رابطه با استفاده‌ی درست از آن‌ها (N = ۱۲۵)

نمونه	درصد
درست بودن تمام نمودارهای جسم ـ آزاد	۲۴
درست بودن اکثر نمودارهای جسم ـ آزاد	۲۶
تعداد نمودارهای درست = تعداد نمودارهای نادرست	۱۸
نادرست بودن اکثر نمودارها	۱۰
نادرست بودن تمام نمودارها	۲
رسم تنها یک نمودار	۱۴
عدم رسم نمودار	۵

بودند . مورد دیگر سازگاری آن بود که ۵٪ از شاگردان هیچ نموداری رسم نکرده بودند ، (جدول۳) .

پرسش تحقیقی (ج) : آیا شاگردانی که برای حل مسائل سنتی از نمودارهای جسمِ ـ آزاد استفاده می‌کنند ، موفق‌تر از آن‌هایی هستند که از نمودار استفاده نمی‌کنند؟ برای پاسخ به این پرسش برای هر پرسش امتحانی شاگردان را به سه گروه تقسیم کردیم . (جدول۴) شاگردانی که یک نمودار جسم ـ آزاد کاملی را رسم کرده بودند ؛ آن‌هایی که در رسم نمودار اشتباه‌هایی داشتند و آن‌هایی که هیچ نموداری رسم نکرده بودند . سپس درصد شاگردان در هر گروه را که به پرسش درست پاسخ داده بودند (سه ستون اول) محاسبه کردیم . ستون چهارم «میزان موفقیت» برای هر پرسش را نشان می‌دهد . میزان موفقیت برای یک پرسش با درصد شاگردان نمونه که پاسخ درست را انتخاب کرده بودند ، سنجیده شد . جدول۴ اطلاعات اضافی در مورد نسبت تعداد شاگردانی که پاسخ درست داده بودند به تعداد کل شاگردان در هر گروه را نیز نشان می‌دهد .

جدول۴ . مقایسه نمودارهای جسم ـ آزاد به پاسخ های داده شده (N = ۱۲۵)

پرسش امتحان	نمودار درست	نمودار نادرست	بدون نمودار	میزان موفقیت
مکانیک، امتحان۱ ، پرسش۱	$\frac{۶۱}{۷۹} = \%۷۷$	$\frac{۵}{۱۵} = \%۳۱$	$\frac{۱۸}{۳۱} = \%۵۸$	$\frac{۸۴}{۱۲۵} = \%۶۷$
مکانیک، امتحان۱ ، پرسش۲	$\frac{۴۵}{۵۱} = \%۸۸$	$\frac{۲}{۱۲} = \%۱۷$	$\frac{۱۹}{۶۲} = \%۳۱$	$\frac{۶۶}{۱۲۵} = \%۵۳$
مکانیک، امتحان نهایی	$\frac{۱۲}{۲۲} = \%۵۵$	$\frac{۴}{۲۷} = \%۱۵$	$\frac{۲۴}{۷۶} = \%۳۲$	$\frac{۴۰}{۱۲۵} = \%۳۲$
الکتروستاتیک، امتحان۱	$\frac{۴۹}{۵۵} = \%۸۹$	$\frac{۱۳}{۱۸} = \%۷۳$	$\frac{۳۳}{۵۲} = \%۶۳$	$\frac{۹۵}{۱۲۵} = \%۷۶$
الکتروستاتیک، امتحان نهایی	$\frac{۳۷}{۴۶} = \%۸۰$	$\frac{۳۷}{۴۶} = \%۳۳$	$\frac{۱۲}{۳۶} = \%۳۳$	$\frac{۶۳}{۱۲۵} = \%۵۰$

بحث و نتیجه گیری

در مورد کاربرد نمودارها توسط شاگردان در آزمون ها در دوره های سنتی (به ویژه هنگامی که نمودارها لازم هستند) اطلاعات کمی وجود دارد [۱۲] . بنابراین ، این مطالعه سهم مهمی در بررسی نقش نمودارهای جسم ـ آزاد در حل موفقیت آمیز مسئله ارائه می دهد . البته متوجه محدودیت های بررسی خود نیز هستیم : تمام داده ها از امتحان ها به دست آمده اند و هیچ گروه مرجعی وجود نداشته است . نتایج این مطالعه به قرار زیر است :

بسیاری از شاگردان نمودارهای جسم ـ آزاد رسم می کنند : اگرچه شاگردان برای این کار در امتحان چندگزینه ای هیچ نمره ای نمی گرفتند ، اما اکثر آن ها نمودار جسم ـ آزاد رسم کردند . جدول ۱ نشان می دهد که در اکثر موارد تعداد شاگردانی که نمودار رسم کرده اند بیشتر از آن هایی بود که آن ها رسم نکرده بودند (تنها استثناء پرسش امتحان نهایی مکانیک بود) .

شاگردان از نمودارهای جسم ـ آزاد در موقعیت های غیر مکانیکی نیز استفاده می کنند : متوجه شدیم که شاگردان در حل مسائل مکانیک و الکتروستاتیک از نمودارهای جسم ـ آزاد استفاده می کنند . تقریباً سه چهارم شاگردان در این مطالعه از نمودارهای جسم ـ آزاد در حل مسائل مکانیک و الکتروستاتیک استفاده کردند .

شاگردان سازگارند : شاگردان تا حدی در استفاده از نمودارهای جسم ـ آزاد سازگارند . نیمی از شاگردان مورد بررسی به راستی از نمودارهای جسم ـ آزاد استفاده کردند .

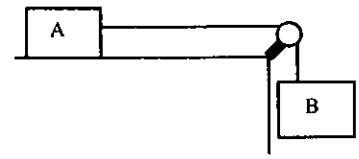
شاگردانی که نمودار جسم ـ آزاد را به درستی رسم می کنند با احتمال بیشتری مسئله را درست حل می کنند : متوجه شدیم شاگردانی که نمودار جسم ـ آزاد را درست رسم می کنند ، مسائل مورد نظر را نیز معمولاً درست حل می کنند ، (جدول ۴) . همچنین دریافتیم که رسم نمودار نادرست به راه حل های نادرست تر از رسم نکردن نمودار می انجامد . به عبارت دیگر رسم نمودار جسم ـ آزاد غلط بدتر از رسم نکردن آن است . گزینه های نادرست (جواب های ممکن ناشی از استدلال نادرست) برای پرسش ۱ از امتحان الکتروستاتیک احتمالاً باید مورد بازنگری قرار گیرد زیرا شاگردانی که نمودارهای نادرست رسم می کنند ، موفقیت کمتری دارند .

و اما توضیح نهایی این بررسی چیست؟ می توان حدس زد چرا شاگردان در هنگام حل مسئله ای خاص نمودار جسم ـ آزاد رسم می کنند یا نمی کنند . در حال بررسی این موضوع از طریق مصاحبه هستیم تا ببینیم آیا شاگردان از روی عادت نمودار رسم می کنند یا واقعاً آن ها را در حل مسائل مشکل مفید می دانند و هنگامی که فکر می کنند مسئله آسان است ، از آن ها استفاده نمی کنند . یک توضیح ممکن برای ارتباط رسم نمودار نادرست با عملکرد بدتر آن است که شاگردانی که نمودار رسم نمی کنند احتمالاً می توانند آن ها را در ذهن خود به طور صحیح رسم و یا از روش های دیگری برای حل مسئله استفاده کنند ، در حالی که رسم نمودار نادرست خبر از عدم درک فیزیک دارد . درواقع مطالعات بیشتری برای بررسی این مورد باید صورت گیرد .

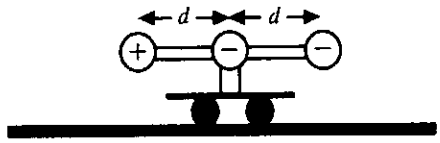
پیوست

امتحان مکانیک ۱ ، پرسش ۱

یک آتش نشان به جرم ۱۰۰ kg از حال سکون شروع به حرکت



شکل ۱ . تصویر همراه با پرسش امتحان مکانیک



شکل ۲ . تصویر همراه با پرسش امتحان الکتروستاتیک ۱

می‌کند و از میله‌ای عمودی با شتاب رو به پایین و ثابت $۴/۰ m/s^2$ پایین می‌آید. اندازه‌ی نیروی اصطکاکی که میله بر او وارد می‌کند را محاسبه کنید.

امتحان مکانیک ۱ ، پرسش ۲

فرض کنید سرعت آتش‌نشان ۱۰۰ کیلوگرمی هنگام رسیدن به کف اتاق $۶/۰ m/s$ باشد. او ترتیبی می‌دهد که مرکز بدنش را با خم کردن زانوها و پاشنه‌های پایش در ۰/۴ متری متوقف کند. اندازه‌ی نیروی متوسطی که کف اتاق هنگام توقف به پاهای او وارد می‌کند، چقدر است؟

امتحان نهایی مکانیک

قطعه‌ی A به جرم $۶/۰ kg$ روی میز صافی ساکن است و با نخی که از روی قرقره (ایده‌آل) می‌گذرد به قطعه‌ی B به جرم $۴/۰ kg$ متصل است. جسم B از حال سکون رها می‌شود. چقدر طول می‌کشد تا جسم A از حال سکون مسافت $۰/۸۰ m$ را طی کند؟ (شکل ۱)

امتحان الکتروستاتیک (۱)

سه کره‌ی فلزی باردار هریک دارای بار Q علامت‌های مخالف هستند در شکل (۲) نشان داده شده‌اند. جهت مثبت به طرف راست است. نیروی الکتریکی خالصی که به کره‌ی باردار سمت راست وارد می‌شود چقدر است؟

امتحان نهایی الکتروستاتیک

یک گوی کوچک فلزی با بار $+۲/۰ \mu c$ از انتهای یک نخ عمودی آویزان است. گوی مشابه دیگری با بار $-۲/۰ \mu c$ از انتهای نخ دیگر آویزان است. بالای نخ‌ها را به هم نزدیک می‌کنیم تا در فاصله‌ی $۳/۰ m$ از هم به وضعیت تعادل برسند (دیگر عمودی نباشند). اگر نیروی گرانشی وارد از زمین به هر گوی $۳۰ N$ باشد، کشش هریک از نخ‌ها چقدر است؟

پانوشت:

1. David Rosengrant et al
2. Rutgers Paer group
3. Simon
4. Investigative Science Learning Environment
5. Personal Response System

منابع:

1. J. I. Heller and F. Reif, "Prescribing effective human problem solving processes: Problem description in physics", Cognit. Instruct. 1, 77-216 (1984).
2. J. Larkin, "Understanding, problem representations, and skill in physics", Thinking and Learning Skills, 2, 141-159 (1985).
3. A. Van Huevelen, "Learning to think like a physicist: A reveiew of research-based instructional strategies", Am. J. Phys., 59, 891-897 (1991).
4. R. Dufresne, W. Gerace, and W. Leonard, "Solving Physics Problems with Multiple Representations", Phys. Teach. 35, 270-275 (1997).
5. D. Hestenes (1997), Modeling Methodology for Physics Teachers. In E. Redish & J. Rigden (Eds). The clanging role of the physics department in modern universities, AIP Part II. P. 935-957.
6. H. A. Simon, Models of discovery and other topics in the methods of science, Dordrecht: Reidel (1977).
7. D. P. Maloney, "Forces as Interactions", Phys. Teach. 28, 386-390 (1990).
8. A. Puri, "The art of free-body diagrams", Phys. Educ. 31, 155-157 (1996).
9. B. Lane, "Why can't Physicists draw FBD's?" Phys. Teach. 31, 216-217 (1993).
10. E. Etkina and A. Van Heuvelen, "Investigative Science Learning Environment: Using the processes of science and cognitive strategies to learn physics" Proceedings of the 2001 Physics Education Research Conference. Rochester, NY, 17-21 (2001).
11. A. Van Heuvelen and E. Etkina, Physics 203/204 Activity Guide, University Press, E. Brunswick, NJ (2003).
12. Harper, K. A., Investigating the Development of Problem Solving Skills during a Freshman Physics Sequence, Unpublished PhD dissertation, The Ohio State University, (2001).

اَبَرقهرمانان به آموزش فیزیک کمک می‌کنند

خوثان سابین و همکاران[1]
مترجم: منیژه رهبر

ماده چیست؟ این یکی از بنیادی‌ترین و جالب‌ترین پرسش‌هایی است که شاگردی جوان می‌تواند مطرح کند. فیزیک کوانتومی در قرن گذشته تا اندازه‌ای به این پرسش پاسخ داده است. فیزیک‌دان‌ها به نتیجه‌گیری‌هایی رسیده‌اند که، در بعضی موارد، برای شاگردان جوان یا در واقع هر کسی که به علم علاقه‌مند باشد درک آن دشوار است.

«اَبَر قهرمانان در دنیای کوانتومی» مدل کوارکی ما برای آموزش پیش‌دانشگاهی، روش جدیدی است که با بهره‌گیری از شخصیت‌های خنده‌دار برخی از جنبه‌های بنیادی فیزیک کوانتومی، همچنین مدل کوارک، را معرفی می‌کند. قصد نداریم به کند و کاو عمیق در نظریه‌ی کوانتومی بپردازیم، بلکه با بهره‌گیری از شوخ طبعی به خاطر آوردن فیزیک کوانتومی را آسان می‌سازیم.

برای توصیف ویژگی‌ها و دلیل نام‌گذاری کوارک‌ها و دیگر ذرات بنیادی مانند الکترون‌ها، پروتون‌ها، و گلوئون‌ها، آن را به صورت ابر قهرمانان دنیای کوانتومی درآورده‌ایم. دنیایی که این موجودات در آن زندگی می‌کنند ویژگی‌هایی دارد که باعث رفتارهای عجیب و غریب آن‌ها می‌شود. مثلاً، آن‌ها توان غیرعادی تبدیل جرم به انرژی را دارند($E = mc^2$).

درست همان‌طور که خانه از آجر و سیمان ساخته شده است، تمام مواد عالم از ذرات بنیادی و دیگر ذراتی ساخته شده‌اند که آن‌ها را به هم می‌پیوندد. در جهان کوانتومی دو گروه ابر قهرمان وجود دارد که هر کدام ویژگی‌های خاص خود را دارند. این دو گروه عبارتند از گروه فرمیون‌ها و گروه بوزون‌ها.

گروه فرمیون‌ها آجرهای ماده را تشکیل می‌دهند. این گروه دارای سلسله مراتب جدی هستند. آقای الکترون رئیس اصلی است (شکل ۱)، و شش دنباله‌رو دارد که کوارک‌ها هستند. هیچ‌کس تاکنون کوارکی را مستقیماً ندیده است اما شایعه‌ی خلافکاری‌هایشان در بین دانشمندان پیچیده است. ویژگی اصلی این ابر قهرمانان دل‌نازکی آن‌هاست. اگر یکی از آنان در جایی در همان شرایط فرمیون دیگر ظاهر شود، بلافاصله به کمک اصل طرد پاؤلی رانده می‌شود.

آقای الکترون مهم‌ترین فرمیون است. او مسئول الکتریسیته است. بار الکتریکی الکترون ۱- است. او همواره از کوارک‌ها که پیروانش هستند دفاع می‌کند.

برادران کوارک بالا و پایین محبوب‌ترین کوارک‌ها در هسته‌ی اتمی‌اند. بار الکتریکی آن‌ها کسری است. کوارک بالا به علت بار الکتریکی مثبت $+\frac{2}{3}$ خود بسیار خوش‌بین است. برعکس، برادرش کوارک پایین به علت بار منفی $-\frac{1}{3}$ خود خیلی بدبین است. کوارک شگفت بسیار اسرارآمیز است. هر جا که باشد،

شکل ۱ آقای الکترون رهبر گروه فرمیون هاست.

شکل ۲ کوارک سر می‌تواند با کلاه سیلندرش شعبده‌بازی کند.

ماده به‌صورت عجیبی رفتار می‌کند. خوشبختانه معمولاً داخل هسته‌ی اتمی نیست. شایعاتی وجود دارد که چون به سختی می‌توان آن را یافت، تقریباً نامرئی است. کوارک افسون زیباترین و شیک‌ترین کوارک‌هاست. او خواهر کوارک شگفت است. نام او مربوط به روزی است که کشف شد. دانشمندان به قدری از خود بی‌خود گشتند که کاملاً مجذوب او شدند. کوارک سر ابر قهرمانی بسیار بلند قامت است که می‌تواند با کلاه سیلندر خود شعبده بازی کند (شکل ۲). برادرش، کوارک ته، کوتاه قد و چهار شانه است.

این چهار کوارک اخیر در هسته اتمی نیستند. آن‌ها فقط وقتی ظاهر می‌شوند که مقدار زیادی انرژی، مثلاً در برخوردی در شتابگر ذرات، فوران کند. هیچ کدام از کوارک‌ها کاملاً آزاد نیستند، بلکه همواره به‌صورت زوج یا سه تایی وجود دارند.

تمام فرمیون‌ها ابر قدرتی در جهان کوانتومی هستند. اگر کسی به آن‌ها نگاه نکند، می‌توانند هم‌زمان در مکان‌های مختلف باشند (اصل عدم قطعیت هایزنبرگ) و می‌توانند از دیوارها بگذرند (اثر تونل‌زنی).

گروه بوزون‌ها سیمان ماده‌اند و مواد را به هم می‌چسبانند. آن‌ها گروه انرژی و برهم‌کنش‌ها را تشکیل می‌دهند. افراد این گروه، بر خلاف فرمیون‌ها، بسیار اجتماعی هستند. آن‌ها دوست دارند با سایر ذرات برهم کنش کنند و معمولاً در کنار هم هستند زیرا اثر طرد پاؤلی تأثیری به آن‌ها نمی‌گذارد.

فوتون بوزون دارای توان الکترومغناطیسی است. علاوه بر آن نور را هم منتقل می‌کند و سریع‌ترین ذره در عالم است. سرعت آن در خلأ، بدون مانع، می‌تواند به $3\times10^{8}\ m/s^{-1}$ برسد.

گلوئون پروتون ونوترون هسته‌ی اتم را به هم می‌پیوندد. بدون نیروی عظیم گلوئون، پروتون‌های داخل هسته یکدیگر را چنان دفع می‌کردند که اتم متلاشی می‌شد و هیچ چیز وجود نداشت.

نیرویی غیر عادی گلوئون کوارک‌ها را هم به یکدیگر متصل می‌سازد. به این دلیل است که کوارک‌ها همواره در دسته‌های دو یا سه‌تایی هستند. کوارک آزاد منزوی هرگز آشکار سازی نشده است. نیروی بین گلوئون‌ها با افزایش فاصله‌شان زیاد می‌شود. اگر دو کوارک از هم دور شوند، نیروی جاذبه‌ی گلوئون بین آن‌ها به اندازه‌ای شدید می‌شود که آن‌ها را به جای اولیه‌شان برمی‌گرداند.

پانوشت:

1. Juan sabin et al

منابع:

[1] Gilmore R 2001 The Wizard of Quarks: a Fantasy of Particle Physics (New York: Springer)

[2] Milner B 2001 Nuclear and Particle Physics (Cambridge: Cambridge University Press)

[3] Clemente de la Torre A 2000 Física Cuántica para Filósofos (Mexico: Fondo de Cultura Económica)

[4] Blinder S M 2004 Introduction to Quantum Mechanics: in Chemistry, Materials Science and Biology (Amsterdam: Elsevier)

[5] Kakalios J 2005 The Physics of Superheroes (New York: Penguin)

[6] Fernández Alvarez-Estrada R and Ramón Medrano M 1988 Particulas Elementales (EUDEMA)

مرجع:

Physics Education, Nov. 2008, pp 564 _ 570

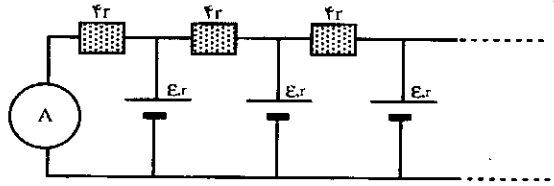
آموزشی

مسئله‌ای چالش‌برانگیز برای معلمان و دانش‌آموزان

دان ایستن[1]
ترجمه: علی‌رضا اکبری
دبیر فیزیک فریدونکنار

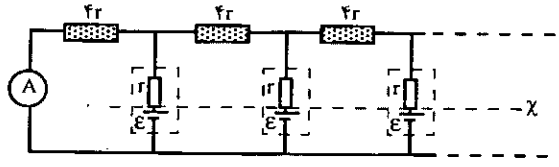
قاعده‌های زنجیره

در زیر شکل مدار نشان داده شده از سمت راست تا بی‌نهایت ادامه دارد. هر باتری دارای نیروی محرکه‌ی نامعلوم ε و مقاومت درونی r است. اندازه‌ی هر یک از مقاومت‌ها نیز ۴r است. شدت جریان که آمپرمتر آرمانی می‌خواند برابر I است. مقدار ε را بر حسب I و r بیابید (شکل ۱).



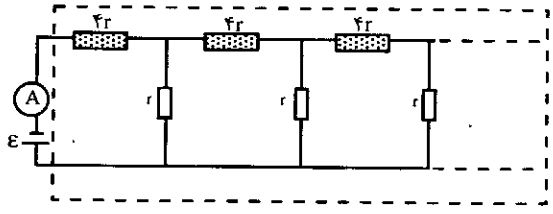
شکل ۱

حل: هر یک از باتری‌های حقیقی را می‌توان با یک باتری آرمانی با مقاومت درونی مجزای r جایگزین نمود. در نتیجه شکل مدار به صورت زیر در خواهد آمد (شکل ۲):



شکل ۲

خط‌چین‌های ممتد که با حرف x نشان داده شده‌اند نقاط هم پتانسیل است و می‌توان آن‌ها را با سیم ایده‌آل بدون اثر در مدار به‌هم وصل کرد. مدار معادل را می‌توان با یک باتری آرمانی و مقاومت‌های همانند شکل زیر که به طور



شکل ۳

پرسش‌های فرمی

لاری واینشتاین
ترجمه: علی‌رضا اکبری

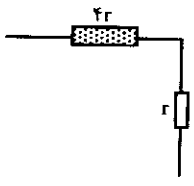
پرسش ۱، دنیا را متوقف کنید، می‌خواهم پیاده شوم

اگر همه‌ی افراد روی زمین به مدت ۱۰ ثانیه با حداکثر سرعت ممکن به طرف شرق بدوند، سرعت زاویه‌ای زمین دور محورش چقدر تغییر می‌کند؟

پاسخ: از پایستگی تکانه زاویه‌ای استفاده می‌کنیم. باید بیشینه‌ی تکانه زاویه‌ای افراد در حال دویدن را برآورد و آن را با تکانه زاویه‌ای زمین دور محورش مقایسه کنیم. یعنی باید جرم و سرعت افراد دونده را بدانیم. جمعیت روی زمین حدود ۶×۱۰^{۹} نفر است. جرم متوسط افراد بین ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم است. البته برای راحتی محاسبه همان ۱۰۰ کیلوگرم را برای جرم هر نفر درنظر می‌گیریم.

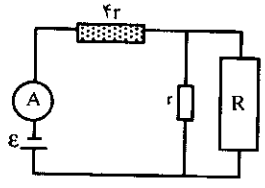
منظم در داخل خط چین چیده شده‌اند، نشان داد (شکل۳).

یک قطعه از مقاومت‌های منظم شده را در شکل زیر نشان داده‌ایم (شکل۴):



شکل۴

اگر یک قطعه از این مدار را برداریم چون بر تعداد بی‌نهایت تأثیری ندارد بنابراین با جدا کردن اولین قطعه باز هم بی‌نهایت قطعه مدار برجا می‌ماند که مقاومت معادل آن‌ها را R می‌نامیم. در نتیجه مدار ساده شده به شکل زیر خواهد بود: (شکل۵)



شکل۵

مقاومت معادل مدار برابر است با:

$$R=\left(\frac{۱}{R}+\frac{۱}{r}\right)^{-۱}+۴r$$

که می‌توان آن را به صورت زیر مرتب کرد.

$$R^{۲}-۴rR-۴r^{۲}=۰$$

اگر فقط جواب مثبت معادله بالا را به‌دست آوریم، خواهیم داشت:

$$R=(۲+۲\sqrt{۲})r$$

مقدار ε را می‌توان برحسب مقادیر I و r به‌صورت $\varepsilon=RI$ نوشت.

$$\varepsilon=(۲+۲\sqrt{۲})Ir$$

یا

$$\varepsilon\simeq۴/۸۲Ir$$

جالب است که مقاومت معادل این زنجیره، ۴/۸۲r است که چندان با ۵r تفاوتی ندارد و می‌توان این زنجیره مقاومت‌ها را با یک مقاومتی به همین اندازه جایگزین نمود. اگر مقاومت معادل تنها دو حلقه از زنجیره را با استفاده از قانون‌های کیرشهوف درباره حلقه به‌دست آوریم خواهیم داشت:

$$R\simeq۴/۸۳r$$

یا

$$R=\frac{۲۹}{۶}r$$

پانوشت:

1. DonEaston

مرجع:

The Physics Teacher. Vol.46. March 2008

برآورد سرعت افراد به چند روش امکان‌پذیر است. رکورد دو ۱۰۰ متر حدود ۱۰ ثانیه است، بنابراین بیشینه‌ی سرعت افراد به ۱۰ متر برثانیه می‌رسد. سرعت میانگین قابل قبول ۵ متر بر ثانیه برای هر فرد است. از طرفی سرعت افراد در حالت راه رفتن بین ۲ الی ۴ مایل بر ساعت یا ۱ الی ۲ متر بر ثانیه است (۲ مایل بر ساعت را حدود ۱ متر بر ثانیه درنظر گرفتیم). سرعت ما در حال دویدن بیشتر از راه رفتن است، بنابراین سرعت ما در حال دویدن بین ۳ الی ۵ متر بر ثانیه است، که همان ۵ متر بر ثانیه را درنظر می‌گیریم.

شعاع زمین $R_E = ۶\times۱۰^{۶}\ m$ است. در این صورت تکانه زاویه‌ای از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$L = mvr = (۶\times۱۰^{۹}\times۱۰۰ kg)(۵ m/s)(۶\times۱۰^{۶} m)$$
$$= ۲\times۱۰^{۲۹} kg.m^{۲}/s$$

(توجه داشته باشید که عرض جغرافیایی افراد دونده را نادیده گرفتیم. برای دونده‌ای که در عرض جغرافیایی ۴۵° می‌دود مقدار $R = r\cos(۴۵°) = ۰/۷r$ را باید در رابطه بالا قرار داد که این ضریب ۰/۷ را نادیده گرفتیم.)

به هرحال در مقایسه با تکانه زاویه‌ای زمین که برابر

$$L = I\omega = \frac{۲}{۵}mR^{۲}\frac{۲\pi}{T}$$

$$= ۰/۴(۶\times۱۰^{۲۴} kg)(۶\times۱۰^{۶} m)^{۲}\left(\frac{۶}{۱۰^{۵} s}\right)$$

$$= ۵\times۱۰^{۳۳} kg.m^{۲}/s$$

(جرم زمین $M_E = ۶\times۱۰^{۲۴} kg$ و $T = ۲۴\times۶۰\times۶۰ \approx ۱۰^{۵} s$ = یک روز است). بنابراین حتی اگر با بیشترین سرعت ممکن بدویم، تکانه‌ی زاویه‌ای و همچنین سرعت زاویه‌ای زمین به‌اندازه‌ی کمتر از $۱۰^{-۱۴}$ (یک در $۱۰^{۱۴}$) تغییر می‌کند. (البته به محض این‌که دست از دویدن برداریم، سرعت زاویه‌ای زمین به مقدار اولیه‌ی خود برمی‌گردد.)

پرسش ۲، انرژی جنبشی اتومبیل

انرژی جنبشی اتومبیلی را که در آزادراهی در حرکت است با انرژی شیمیایی مورد نیاز برای راندن آن به مدت یک دقیقه و یک ساعت مقایسه کنید. چه کسری از انرژی شیمیایی به صورت اصطکاک و مقاومت هوا تلف می‌شود (به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود)؟ چگالی انرژی (انرژی در یکای حجم) بنزین را $۳\times۱۰^{۷} J/L$ در نظر بگیرید.

پاسخ: برای برآورد انرژی جنبشی اتومبیل باید جرم و سرعت آن را بدانیم. جرم اتومبیل حدود ۱ تا ۲ تن است که (جرم آن بسیار بیشتر از جرم یک شخص ۱۰۰ کیلوگرمی یا ۰/۱ تنی و کمتر از جرم یک اتومبیل سنگین ۴۰ تنی است). اگر مقدار متوسط این دو جرم را درنظر بگیریم خواهیم داشت:

$$m = \sqrt{۰/۱\ \text{تن}\times۴۰\ \text{تن}} = ۲\ \text{تن}$$

سرعت اتومبیل در آزادراه حدود ۱۱۰ کیلومتر بر ساعت یا ۳۰ متر بر ثانیه است. بنابراین انرژی جنبشی آن برابر است با

$$K = \frac{۱}{۲}mv^{۲} = \frac{۱}{۲}(۲\times۱۰^{۳} kg)(۳۰ m/s)^{۲} = ۱۰^{۶} J$$

اکنون باید انرژی شیمیایی مصرفی را برای راندن اتومبیل به‌مدت یک دقیقه و همچنین یک ساعت را به طور تقریبی محاسبه می‌کنیم. یک اتومبیل به ازای هر ۳۲ کیلومتر تقریباً ۴ لیتر بنزین مصرف می‌کند. بنابراین مقدار متوسط توان شیمیایی مورد نیاز برابر است با

$$P = \frac{۳۰ m/s}{۸\times۱۰^{۳} m/L}\times۳\times۱۰^{۷} J/L \approx ۱۰^{۵} J/s = ۱۰^{۵} W$$

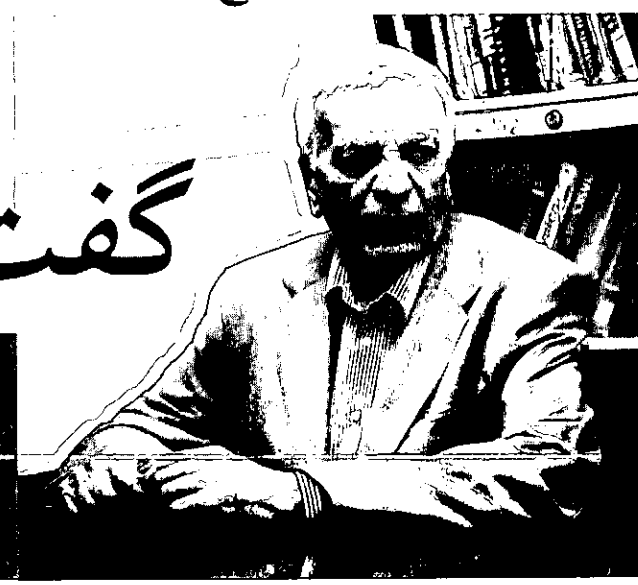
بیشتر اتومبیل‌های جدید امروزی در مدت ۱۰ ثانیه سرعت خود را از صفر به ۱۰۰ کیلومتر بر ثانیه می‌رسانند، و بنابراین توان شیمیایی مصرفی در هنگام شتاب گرفتن بیشتر از $۱۰^{۵}$ وات است. به‌ویژه با درنظر گرفتن کارآیی ترمودینامیکی سه (یا بیشتر) برای موتور و با درنظر گرفتن این که برای حرکت شتابدار تند و کندشونده نسبت به حالتی که خودرو با سرعت ثابت در حرکت است سوخت بیشتری مصرف می‌شود.

برای رانندگی به مدت یک دقیقه انرژی مصرفی $۶\times۱۰^{۵} W \times ۶۰ s = ۶\times۱۰^{۶} J = ۶MJ$ خواهد بود. در این مدت فقط ۱MJ برای شتاب دادن به اتومبیل و بقیه‌ی ۵MJ برای ناکارآمدی ترمودینامیکی غلبه بر اصطکاک و مقاومت هوا صرف شده و به‌هدر می‌رود. با رانندگی به مدت یک ساعت، انرژی مصرفی $۴\times۱۰^{۵} W \times ۳۶۰۰ s = ۴\times۱۰^{۸} J = ۴۰۰MJ$ خواهد بود. در این مدت، ۱MJ صرف شتاب گرفتن خودرو و بقیه‌ی ۴۰۰MJ صرف غلبه بر اصطکاک و مقاومت هوا شده است.

منبع:
The Physics Teacher. Vol. 45, October 2007

مصاحبه

دریای کار و تواضع



گفت‌وگو با استاد پزشپور

خانم رهبر: *آقای پزشپور، می‌دانیم که شما در دانشکده‌ی علوم فیزیک خوانده‌اید.*

آقای پزشپور: بله، من سال ۱۳۲۹ از دانشکده‌ی علوم فارغ‌التحصیل شدم. به‌خاطر علاقه وارد این رشته شدم. هرچه دایی‌ام گفت رشته‌ی دیگری انتخاب کن، نپذیرفتم و به دانشکده‌ی علوم آمدم. آقای دکتر حسابی هم آن موقع از استادان ما بود. خاطرم هست، ایشان که تدریس می‌کردند، تعدادی از جمله‌هایشان فرانسه بود، تعدادی عربی و تعدادی هم فارسی. ما با دوستان قرار می‌گذاشتیم، حرف‌های استاد را می‌نوشتیم و وقتی که او می‌رفت، کنار هم می‌نشستیم و جمله‌ها را درست می‌کردیم.

استاد دیگرمان دکتر جناب بود. ایشان به من خیلی لطف داشت و با اسم کوچک صدایم می‌کرد. یادم هست، در امتحان کتبی نمی‌دانم چه نوشته بودم که به برگه‌ام صفر داده بود. بعد در امتحان شفاهی، یک سؤال کرد و خوب جواب دادم. دومین سوال را هم خوب جواب دادم. گفت: محمد بیا جلو. نوشت کتبی صفر، شفاهی ۴۰، میانگین ۲۰. و گفت: برو محمدجان.

رهبر: با چه کسانی هم‌کلاس بودید؟

پزشپور: واقعاً به یاد ندارم.

آقای خلیلی: *تعدادشان هم یادتان نمی‌آید؟ چند نفر بودید؟*

پزشپور: در مجموع ۲۹ یا ۳۰ نفر بودیم.

خلیلی: *نسبت خانم‌ها و آقایان چگونه بود، حدوداً؟*

پزشپور: به نظرم تعداد خانم‌ها زیادتر از پنج یا شش نفر نبود.

رهبر: *الان اکثریت با خانم‌هاست. حتی دوره‌ی ما و خیلی بعد هم خانم‌ها کم بودند. به گمانم در دوره‌ی ما چهار یا پنج نفر خانم بودیم و بقیه آقا بودند. البته مثلاً در رشته‌ی زیست‌شناسی، چهار یا پنج نفر آقا و بقیه خانم بودند.*

خلیلی: *به چه صورت برای تحصیل در رشته‌ی فیزیک پذیرش شدید؟ آیا آزمونی وجود داشت؟*

پزشپور: خیر، امتحان ورودی نداشت. بعد هم در سال‌های ۱۳۲۹ تا ۱۳۳۱ در رشته‌ی دبیری فیزیک تحصیل کردم و لیسانس روان‌شناسی گرفتم. از سال ۱۳۳۲ هم معلم شدم.

رهبر: *محل دانشکده کجا بود؟*

پزشپور: اول نزدیک مجلس بود، اگر خاطرتان باشد، بهارستان. هم دانش‌سرای عالی بود و هم دانشکده‌ی علوم. بعدها مثل این که جابه‌جا شد.

رهبر: *خب، از آن به بعد مشغول دبیری شدید.*

پزشپور: بله، از آن به بعد مرتب پای تخته بودم. گچ می‌خوردم و با بچه‌ها کار می‌کردم. به تدریس علاقه داشتم. بازنشسته هم که شدم، خاطرم هست که رییس آموزش و پرورش منطقه‌ی ۳ و یکی دیگر از آقایان آمدند منزل ما، و لطفی کردند و هدیه آوردند و گفتند:

آقا به شما بازنشستگی نمی‌آید، دو مرتبه بیایید. گفتیم: چشم. دوباره رفتیم و شروع کردیم به کار کردن.

به این ترتیب، چند سالی در مدارس غیر انتفاعی تدریس کردم و بعد به «دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی» آمدم. در این دفتر هم دوستان خیلی لطف کردند و ما را پذیرفتند. هم توی گروه فیزیک بودم، هم توی گروه شیمی با آقای ارشدی، و هم گروه علوم تجربی با آقای امانی.

شیمی داستان خوبی دارد. در سال ۱۳۴۴ یک کتاب درس و کار شیمی نوشتم. در این کتاب، بالای هر صفحه مواد آزمایش، شرح آزمایش، نتیجه‌گیری و غیره آمده بود و در صفحه‌ی بعد هم پرفراژ می‌شد و گزارش کار بود. یک روز این کتاب را نشان دکتر ارشدی دادم. تا نگاه کرد، خوشش آمد و گفت: این پیش من بماند، دو روز دیگر آن را پس می‌دهم. گفتم: باشد. از روی آن یک نسخه کپی گرفت و به کمیته‌ی تخصصی داد.

خلیلی: *عذر می‌خواهم، من هنوز متوجه نشده‌ام، بعد از گرفتن دیپلم، چه طور به رشته‌ی فیزیک علاقه‌مند شدید؟*

پزشپور: فکر کنم بیشتر از روی علاقه‌ی شخصی‌ام بود. این موضوع را در نوشته‌ای که خدمتتان داده‌ام، عرض کردم. گفتم، چون علاقه داشتم قد خودم را اندازه بگیرم، در رشته‌ی فیزیک تحصیل کردم. اما آن‌جا هم موفق نشدم. ناچار رفتم و فوق‌لیسانس فیزیک گرفتم. متأسفانه بالاخره هم نتوانستم قد خودم را اندازه بگیرم.

رهبر: *فوق‌لیسانس را هم از دانشکده‌ی علوم گرفتید. استاد راهنمای پایان‌نامه‌ی شما چه کسی بود؟*

پزشپور: به خاطر نمی‌آورم.

رهبر: *عنوان پایان‌نامه‌تان چه بود؟ شاید از این طریق سرنخی به دست ما بیاید.*

پزشپور: تا آن‌جا که یادم هست، برای پایان‌نامه، یا کارهای عملی را قبول می‌کردند یا کارهای ترجمه‌ای را. به نظرم کار ترجمه یا نوشتن را قبول کرده بودم که در حقیقت آسان‌تر بود.

خلیلی: *پس ماهیت رساله‌ها با الان فرق می‌کرد. یعنی مطلبی برای ترجمه انتخاب می‌شد و آن را به‌عنوان رساله تحویل می‌دادند.*

پزشپور: بله، موضوع را معین می‌کردند و آن وقت ما کار می‌کردیم. پس از مطالعه و ترجمه، مطلبی تهیه می‌کردیم که فکر می‌کنم حداقل باید حدود ۱۲-۱۰ صفحه می‌شد؛ این طور که ذهنم یاری می‌کند.

خلیلی: *ببخشید، بدون وقفه بعد از گرفتن لیسانس مشغول کار شدید یا چند سال بعد و پس از گرفتن فوق‌لیسانس؟*

پزشپور: به نظرم بعد از این که فارغ‌التحصیل شدم، همان سال تدریس را شروع کردم. دوره‌های روان‌شناسی و فوق‌لیسانس را هم در ضمن کار کردن گذراندم. خاطرم هست که موقع درس خواندن، برای این که حریف خودم بشوم و خوابم نبرد، کفش‌هایم را در می‌آوردم و روی زمین داغ راه می‌رفتم. درس می‌خواندم که برای امتحان آماده بشوم.

رهبر: *کتاب درسی شما بود؟ جزوه بود؟*

پزشپور: جزوه‌ی آقای دکتر خمسوی را یادم هست.

رهبر: *دکتر خمسوی به شما چه درس می‌دادند؟*

پزشپور: اپتیک هندسی. یادم هست قرار بود در آزمایشگاه پانتوگراف بسازیم. دکتر خمسوی جلوی من عکس یک خانوم را کشید و گفت: این را بزرگ کن. گفتم: من نمی‌توانم.

رهبر: *این غیرشرعی است؟ صور قبیحه است؟*

پزشپور: بله. بعد گفتند که منظورم با پانتوگراف است. دکتر خمسوی خیلی هم خوش‌اخلاق بود. من این خاطره را از ایشان دارم. غیر از دکتر حسابی و دکتر جناب، استاد دیگرمان دکتر شیروانی بود که شیمی درس می‌داد. ما در سال اول شیمی هم می‌خواندیم.

خلیلی: *برگردیم به همان سال‌هایی که تازه تدریس را شروع کرده بودید. آیا به یاد دارید، سال اولی که رفتید درس بدهید، فضای کلاس چه طور بود؟ چه قدر آموزش برایتان لذت‌بخش بود؟*

پزشپور: بله، از آن زمان خاطرات خوبی دارم. من سر کلاس که می‌رفتم، به‌خصوص اوایل، روش کارم را برای بچه‌ها توضیح می‌دادم؛ این که چه طور درس می‌دهم و چه طور باید درس بخوانند. می‌خواستم شیوه‌ای را پیاده کنم که خود بچه‌ها فعال باشند. به آن‌ها می‌گفتم: سؤال‌های امتحان را می‌دهم ببرید منزل و بنویسید. یک سؤال هم می‌دهم که سر کلاس بنویسید. یک امتحان شفاهی هم از شما می‌گیرم. مجموع این دو نمره، می‌شود نمره‌ی آخر سال شما. بچه‌ها خوش‌حال می‌شدند. خدا بیامرزد، دایی‌ام در آن وقت رییس «دبیرستان حکیم نظامی» بود. من سال اول وارد همان مدرسه شدم. دبیرستانی بود که خودم هم شاگرد آن بودم. وقتی روشم را برای بچه‌ها شرح دادم، خوش‌حال شدند و کف زدند. بعد مرا قلمدوش کردند و از طبقه‌ی سوم یکراست آوردند دم دفتر. آقای **جواهری‌زاده** ناظم مدرسه بود. خدا بیامرزدش، گفت: این معلم به درد ما نمی‌خورد. از همان در ببریدش بیرون. معلمی که قلمدوشش کنند، به درد ما نمی‌خورد. ولی خودم شخصاً با علاقه درس می‌دادم و با بچه‌ها هم خوب کار می‌کردم.

خلیلی: *چه طور درس می‌دادید؟ آن سال‌های اول را می‌گویم، نه به مرور که تجربه به دست آوردید.*

پزشپور: سال اول من این طور کار می‌کردم: مطلبی را شروع می‌کردم به نوشتن روی تخته و به بچه‌ها می‌گفتم اگر سؤالی دارید، بپرسید. بچه‌ها معمولاً سؤال نمی‌کردند، چون مثلاً می‌ترسیدند که سؤالشان ناجور باشد. من خودم می‌دانستم که کجای درس را

سریع رد شده‌ام. آن‌جا را باز کمی بیشتر توضیح می‌دادم. درباره‌ی امتحان هم که برایتان گفتم. سؤال‌ها را طوری می‌دادم که بچه‌ها در خانه ناچار شوند، کتاب را ورق بزنند و عملاً از چند جای کتاب مطلب جمع کنند. به هر حال، با ورق زدن و خواندن و چند تا مطلب را سر هم کردن، یاد می‌گرفتند.

برای امتحان سر کلاس هم، سؤال می‌دادم و از کلاس می‌رفتم بیرون. سؤال را هم طوری می‌دادم که اگر بچه‌ها بخواهند از کتاب استفاده کنند، برایشان مشکل باشد. اگر بخواهند از دیگری هم بپرسند، دیگری وقت نکند پاسخ را بگوید. در امتحان شفاهی هم بچه‌ها را سه نفر سه نفر می‌آوردم و می‌نشستیم با هم صحبت می‌کردیم. من در حال صحبت کردن با آن‌ها، می‌پرسیدم که مثلاً چی خوانده‌اید، کجای کتاب مشکل است، به نظرتان این فصل آسان است یا سخت، و یا مثلاً از این جا چه فهمیدید. به این ترتیب متوجه می‌شدم که هر شاگرد چند مرده حلاج است.

به نمره‌ی کار منزل ضریب ۱ می‌دادم، به نمره‌ی سؤال سر کلاس ضریب ۲، و به نمره‌ی امتحان شفاهی خودم، ضریب ۳. حالا ببینید من چه بلایی سر بچه‌ها آورده بودم؛ همه هم خوش‌حال بودند!

خلیلی: *آزمایش کجای کارتان بود؟*

پزشپور: آزمایش هم بله. در سال اول شیمی هم تدریس می‌کردم. میزهای مخصوصی را برای آزمایشگاه طراحی کرده و داده بودم ساخته بودند. فهرستی از وسایل، داروها و مواد هم تهیه کرده بودم تا بچه‌ها بخرند و بیاورند. بعد هم می‌گفتم: هر کس هر چه آورده بنویسد و به دیوار نصب کند که برای بچه‌ها تشویق باشد. بچه‌ها را از اول گروه‌بندی می‌کردم. دلم می‌خواست با هم تشریک مساعی کنند و اگر چیزی می‌دانند، به هم بگویند و هم یاری شود. بچه‌ها آزمایش می‌کردند و وسایل آزمایش را هم خودشان جمع می‌کردند. تدریس شیمی من این‌طور بود.

در فیزیک یادم نمی‌آید که تجارب مهمی باشد، ولی تجارب ساده‌ای بود. یک سال هم هندسه تدریس کردم. در هندسه با نقاله و پرگار و وسایل دیگر، بچه‌ها را به کار عملی وامی‌داشتم تا خط بکشند و رسم کنند. آن‌موقع یک کتاب رسم بود که بچه‌ها باید رسم‌های آن را کار می‌کردند. به بچه‌ها می‌گفتم، هر کس هر جور که دلش می‌خواهد، خط بکشد و بچه‌ها خط خطی می‌کردند. می‌گفتم: عالی است و یک نمره برای هر کدامشان می‌گذاشتم. بعد بچه‌ها یواش‌یواش به ذوق می‌آمدند. می‌گفتم: از هر جا که می‌خواهید استفاده کنید و خط بکشید. هر جا را هم که دلتان نمی‌خواهد، هیچ. یواش‌یواش باور کنید طرح‌های جالبی می‌کشیدند. ولی وادارشان نمی‌کردم که از کتاب رسم، رسم بکشند.

خود من هم از این رسم‌ها کشیده‌ام. اتفاقاً دایی‌ام، آقای **احمد مقبلی**، معلم رسم ما هم بود. اگر نمره‌ی رسم من ۱۲ بود، ۸ می‌داد و هر دفعه همین کار را می‌کرد. یک روز ناهار منزل ما بود، گفتم: دایی‌جان چه‌طور است، به رسم بچه‌ها که بدتر از مال من است، نمره‌ی ۱۷-۱۶ می‌دهید و به من ۸ و ۹ می‌دهید؟! گفت: تو عقلت نمی‌رسد. بعداً که معلم شدی، می‌فهمی که من چرا به تو ۸ دادم. بعدها فهمیدم که...

رهبر: *که یک وقت حرف یا صحبتی پیش نیاید! نگویند پارتی‌بازی می‌کند!*

پزشپور: سال اول انقلاب که همه‌ی معلمان مرد را از مدارس دخترانه بیرون کردند، خانم نجد، رییس «دبیرستان ایران» بود. نمی‌دانم چه‌طور شد که به من گفت بیا معلم ما باش. در آن‌جا دختر اولم، مریم، شاگردم بود. من عادت داشتم در کلاس همیشه اول اسامی را می‌خواندم تا قدری متوجه فضای کلاس بشوم. گفتم: مریم پزشپور. بلند شد و ایستاد. گفتم شما را کمی می‌شناسم، بفرمایید. با این برخورد جدی من، بقیه ماست‌ها را

کیسه کردند که با این معلم نمی‌شود شوخی کرد.

شما یادتان هست که در مدرسه‌ی دخترانه آن زمان‌ها، خیلی مشکل بود که یک مرد تدریس کند؛ آن هم بعد از انقلاب. مدرسه‌ی شریعتی هم کنار آن مدرسه بود. آن‌ها رفتند شکایت کردند که چرا مدرسه‌ی ایران معلم مرد داشته باشد، ما نداشته باشیم. باید بیاید در مدرسه‌ی ما هم تدریس کند. به هر حال سال اول انقلاب من تنها معلمی بودم که در سه مدرسه‌ی دخترانه تدریس می‌کردم. خوش‌بختانه یا بدبختانه، چون من آدم بداخلاق و بدقلقی به نظر می‌رسیدم، بچه‌ها سربه‌سرم نمی‌گذاشتند.

بد نیست این مطلب را هم بگویم. قبل از انقلاب، از پله‌ها که می‌خواستیم بالا برویم، خب لباس بچه‌ها کوتاه بود و این برای من که حالت مذهبی داشتم، بد بود. از پشت سر هم فشار می‌دادند. دیدم این طور نمی‌شود. یکدفعه که زنگ خورد و خواستم از پله بالا بروم، این واقعه تکرار شد. من همیشه کتاب دستم بود. با کتاب آن‌ها را هل دادم که ریختند روی هم و روی زمین افتادند. بعد گفتند این معلم کاراته‌باز است. از آن به بعد تا چند سالی راحت بودم. من که از دفتر بیرون می‌آمدم، پله خالی بود.

رهبر: *آقای پزشپور، چه کتاب‌هایی را درس می‌دادید؟ نظرتان درباره‌ی کتاب‌های درسی فیزیک آن زمان چیست؟*

پزشپور: من زیاد آدم دقیقی نیستم که درباره‌ی کتاب قضاوت کنم، ولی خاطرم هست همیشه عادت داشتم، غیر از مطالب درسی، یکی دو جمله هم نصیحت‌گونه و به اصطلاح ارشادی همراه جمله‌های دیگر بگویم. بچه‌ها هم می‌پذیرفتند. به‌علاوه هر جلسه به کلاس می‌رفتم، یک جمله پای تخته می‌نوشتم. بچه‌ها یواش‌یواش عادت کرده بودند و گاهی قبل از این‌که من سر کلاس بروم، از خودشان یک جمله می‌نوشتند.

این را هم فراموش کردم بگویم که از سال هشتم نهم تدریسم به بعد، من مطالب کوتاهی تهیه می‌کردم و به نام نیایش، در جلسه‌ی اول کلاس می‌خواندم. روز اول خودم می‌خواندم و روزهای بعد به بچه‌ها می‌گفتم که با این نیایش کلاس را شروع کنند. این باعث می‌شد روح آرامش پیدا کند. بچه‌ها هم یواش‌یواش عادت می‌کردند و گاهی خودشان جملات کوتاهی تهیه می‌کردند. البته ابتدا من می‌دیدم که نکند مثلاً شیطنتی کرده باشند. والحق والانصاف، خیلی خوب بود و خیلی به روحیه‌ی کلاس کمک می‌کرد. بچه‌ها به هر حال آرامش پیدا می‌کردند. اگرچه سر کلاس‌های دیگر گاهی اوقات شیطنت می‌کردند، ولی به من لطف داشتند و کاری نمی‌کردند.

رهبر: *آخر مهم است که یاد بگیرند قدرشناس باشند؛ حالا از خداوند که در رأس همه است و بعد بقیه، و بالاخره فقط طلبکار نباشند.*

پزشپور: بله و واقعاً احترام مرا نگه می‌داشتند. مثلاً من در تیم فوتبال بچه‌ها بازی می‌کردم و فوروارد راست بودم. بعد از بازی که سر کلاس می‌آمدیم، روابط معلم و شاگردی هم‌چنان برقرار بود. یا در دارالفنون مسابقه‌ی کشتی داشتیم. یادم می‌آید، چند بار رفتم پای زمین کشتی نشستم و گفتم: اکبری لنگش کن. می‌پرسیدند: این کیست؟ بچه‌ها می‌گفتند: معلممان. می‌گفتند: عجب! این چه‌جور معلمی است؟! ولی فردا سر کلاس، نظم و ترتیب بچه‌ها مثل قبل بود.

رهبر: *آقای پزشپور یک سؤال دیگر. از میان فیزیک‌دان‌های دنیا، آیا کسی هست که شما به او علاقه‌ی خاص داشته باشید؟*

پزشپور: سؤال خیلی مشکلی است. اگر الگو مقصودتان باشد، دکتر جناب. از در که وارد می‌شد، به همه سلام می‌کرد. ما از ترس این‌که به ما سلام کند، می‌پیچیدیم پشت ساختمان و مخفی می‌شدیم تا او برود. ولی هیچ‌وقت آرزو نکردم که مثلاً مثل او باشم.

رهبر: *یعنی الگویتان نبود، شخصیتش را تحسین می‌کردید.*

پزشپور: بله. دکتر جناب در درجه‌ی اول و بعد دکتر خمسوی. به دکتر حسابی به‌عنوان یک استاد بزرگ نگاه می‌کردیم. از ایشان ترس و واهمه نداشتیم، ولی آن‌قدر برایمان بزرگ بودند که به اصطلاح مرعوب می‌شدیم.

خلیلی: *آقای پزشپور، بعد از این‌که به‌عنوان معلم سرکار رفتید، آیا به‌حال خودتان رها شدید یا دوره‌های آموزش ضمن خدمت داشتید؟*

پزشپور: یادم نمی‌آید که در چنین دوره‌هایی شرکت کرده باشم، ولی شخصاً علاقه‌مند بودم و کتاب‌های فیزیک متفاوتی را مخصوصاً به زبان انگلیسی خوانده‌ام که الان اسامی‌شان یادم نیست. آن موقع سواد انگلیسی‌ام خیلی بهتر از حالا بود. می‌خواندم تا بتوانم مطالب بیشتری به بچه‌ها یاد بدهم. چون من معلم سال سومشان بودم و دلم می‌خواست که دانش‌آموز ـ حمل برخودخواهی نباشد ـ فکر کند که من معلم ارجحی هستم و می‌توانم دانش بیشتری به او بدهم. ولی یادم نمی‌آید که در دوره‌های آموزشی خاصی شرکت کرده باشم.

خلیلی: *آیا انجمنی وجود داشت؟ انجمن علوم یا فیزیک که دبیرها سالانه دور هم جمع شوند؟*

پزشپور: انجمن فیزیک داشتیم، ولی به‌خاطرم نمی‌آید که در آن مثلاً کاری کرده باشند.

آقای مهرداد: *زمانی انجمنی به نام انجمن علوم وجود داشت که خیلی هم تأثیرگذار بود. وقتی «گروه فرهنگی هدف» تشکیل شد، پایگاه انجمن شد. جلسه‌ی انجمن هر سال در یکی از شهرستان‌ها برگزار می‌شد. اعضای انجمن کسانی بودند که در کار سیاست دخالت نمی‌کردند و فقط به کارهای علمی می‌پرداختند. بسیاری از استاندارها، فرمانداراها و صاحب‌منصبان شاگردانشان*

بودند. یکی از اعضای انجمن آقایی به نام قاسمی بود که در مدرسه‌ی البرز شیمی درس می‌داد و به او دکتر قاسمی می‌گفتند. ایشان تقریباً سخن‌گوی آقای نوروزیان، رییس انجمن بود. آقای نوروزیان ماشاءالله خیلی باهوش بود. به هر شهری می‌رفت، طوری عمل می‌کرد که استاندار، فرماندار و اولیای امور تحت شعاع برگزاری جلسه‌ی انجمن قرار می‌گرفتند.

آقای قاسمی تکیه‌کلام جالبی داشت و خیلی هم شیرین حرف می‌زد. به محض این‌که پشت تریبون می‌آمد، می‌گفت، آقاجان یادتان باشد: گدایی کنید تا محتاج خلق نشوید. بعد می‌گفت که ما انجمن فعالی داریم برای پیشرفت علوم این مملکت. آقای استاندار، آقای فرماندار، باید وسیله‌ی پذیرایی شرکت‌کنندگان را فراهم کنند.

البته این انجمن خاص فیزیک نبود، انجمن علوم بود. رشته‌ی آقای نوروزیان فیزیک بود؛ رشته‌ی آقای قاسمی شیمی، رشته‌ی آقای رضاقلی‌زاده شیمی...

مهرداد: دکتر خدایاری، خدا بیامرزدش، استاد زیست‌شناسی بود و آثاری هم داشت.

پزشپور: فرزندش هم در همان رشته بود. هر دو استادهای خوبی بودند.

خلیلی: تا آن‌جا که یادم هست، آقای نوروزیان گفته بودند که این انجمن در سال ۱۳۴۴ تأسیس شد و تا انقلاب هم ادامه داشت. یعنی قبل از سال ۱۳۴۴ جای متمرکزی برای آموزش معلمان وجود نداشت.

مهرداد: نه، جای متمرکزی نبود و بعد کم‌کم کلاس تشکیل شد و راه افتاد. فقط انجمن علوم یک کلاس‌هایی می‌گذاشت و واقعاً خیلی زحمت می‌کشیدند.

آقای احمدی: آقای پزشپور، شما تا این‌جا درباره‌ی دوره‌ی تحصیلی دانشگاه و خاطرات دانشگاهی‌تان گفتید. حالا درباره‌ی دوره‌ی مدرسه و معلم‌هایتان بگویید. کدام معلم در شکل‌گیری شخصیت شما تأثیرگذارتر بود و اگر یادتان هست، چه رفتاری از ایشان به‌نظر شما بارز بوده است؟

پزشپور: بله، معلم ریاضی‌ام، آقای رودی، خیلی جدی بود و جبر به ما درس می‌داد. خیلی دوستش داشتم، ولی طوری راه می‌رفت که آدم مرعوب می‌شد و جرئت نمی‌کرد پا به پایش راه برود. دکتر شریف بود که زیست‌شناسی درس می‌داد. کلاس را با یک داستان از زندگی شروع می‌کرد و بعد موضوع را می‌کشاند به درس آن‌روز. می‌گفت: بله، اگر آن‌ها این مطلب را می‌دانستند، این‌طور نمی‌شد. دیگر، معلم خطمان که اسمشان را به یاد ندارم، ولی رفتارش در من تأثیر گذاشته بود و کارهایی به نام خط ـ نقاشی انجام می‌دادم.

مهرداد: کدام مدرسه می‌رفتید؟

پزشپور: مدرسه‌ی حکیم نظامی. معلم‌های فیزیک و شیمی، هر دو اتفاقاً معلم‌های وارسته و خوبی بودند، ولی اسامی‌شان یادم نیست. هیچ‌کدام از معلمان دوره‌ی ابتدایی را به یاد ندارم. از کلاس اول ابتدایی تنها این خاطره را دارم که گویا تمایل نداشتم به کلاس بروم. پسرعمویم دکتر مقبلی که با من هم‌کلاس بود، مرا صدا کرد و گفت: محمد بیا این‌جا. من تا او را دیدم، خاطرم جمع شد که این‌جا محیط امن و آرامی است و رفتم نشستم. به خاطر دارم، ناظم دوره‌ی ابتدایی که اسمشان یادم نیست، چوبی در آستین داشت. بازرس آن وقت‌ها می‌گفت که زدن قدغن است. او چوبی در آستینش بود که هر جا لازم می‌شد، آن را بیرون بکشد. چیز دیگری از دوره‌ی ابتدایی یادم نمی‌آید.

احمدی: *آقای پزشپور، در این مدت ۱۵ سال یا کمتر که ما با شما آشنایی داریم، همواره طرف‌دار آموزش فعال بوده اید. ایده‌های خیلی خوبی هم در این زمینه، در شورای ما مطرح کرده‌اید. به نظر شما، آموزش خوب فیزیک چه ویژگی‌هایی دارد؟*

پزشپور: من از صمیم قلب می گویم که در گروه فیزیک و گروه شیمی ـ من با گروه‌های دیگر خیلی آشنا نیستم ـ شماها خیلی خیلی زحمت کشیده‌اید. کارهایی که کرده‌اید، عالی است. اما وقتی این برنامه به دست معلم می‌رسد، نمی دانم چرا به خوبی اجرا نمی‌شود. متأسفانه هنوز نتوانسته‌ایم، معلمان را به راه‌های درست بیاوریم. خودم شخصاً همیشه سعی می کردم طوری کار کنم که بچه‌ها اولاً گروهی کار کنند و هم یار باشند، ثانیاً خودشان شروع کنند به یاد گرفتن و هرجا اشکالی دارند، من به‌عنوان معلم، مستقیم راهنمایی نکنم. خاطرم هست که یک دفعه هم از شما دعوت کردم و به کلاسم تشریف آوردید تا اگر نقصی در کار کلاس هست، یادآوری کنید.

احمدی: *تا آن‌جا که یادم هست، مدرسه‌ی ارشاد بود. آمدیم خدمت شما و دیدیم که همه‌ی بچه‌ها به گروه‌های مشخصی تقسیم شده بودند. آرایش میزهای کلاس و نیمکت‌ها به گونه‌ای بود که بتوانند به شکل گروهی کار کنند. خیلی جالب بود که با نظم و با کدهای خاصی، می‌دانستند میزها را باید با چه زاویه‌ای کنار هم بگذارند و کی باید برگردانند. ابزار و امکانات هم ظاهراً در هر گروه مسئولانی داشت. ظاهراً قبل از کلاس شما به بچه‌ها می‌گفتید، چه ابزاری برای درس امروز لازم است و بچه‌ها آن‌ها را آماده می‌کردند.*

تا آن‌جا که باز یادم هست، شما موضوع را مشخص می‌کردید و بعد بچه‌ها فعالیت را شروع می‌کردند. بعد شما کنارشان به عنوان یک راهنما و هدایت‌کننده عمل می‌کردید و در نهایت جمع‌بندی‌هایی انجام می‌شد. گرچه به نظر می‌رسید که فضای کلاس خیلی کوچک است، ولی شما با دقت زیادی سعی می‌کردید بچه‌ها در یادگیری فعال باشند. از آن مشاهده، این نکات یادم هست.

پزشپور: همین طور که فرمودید، من شخصاً اعتقاد داشتم، یکی از نقایصی که ما در کشور داریم، این است که نمی توانیم با هم کار کنیم. اگر دو یا سه شرکت داریم، کاملاً مثل هم کار می کنند و با هم رقابت‌های ناشیانه‌ای دارند. نمی‌آیند با هم جمع شوند تا مجتمع بهتری باشند. این ایده را همیشه داشته‌ام که با بچه‌ها به صورت گروهی کار کنم. ابتدا بچه‌ها را گروه‌بندی می کردم. به‌این منظور، قبلاً می‌رفتم و نمره‌ی بچه‌ها را در درس‌هایی مثل فیزیک، ریاضی یا شیمی می‌پرسیدم و بر اساس تعداد دانش‌آموزان کلاس، هشت تا ده نفر از بهترین‌ها را انتخاب می کردم. اسامی آن‌ها را می‌خواندم و از بچه‌ها می‌پرسیدم که آیا موافق هستند، این‌ها سرگروه باشند یا خیر. وقتی توافق حاصل می‌شد، سرگروه‌ها در یک صف می‌ایستادند و به ترتیب عضو انتخاب می کردند و می‌نوشتند و گروه‌بندی می‌شد. بعد من خودم همین طور که جناب احمدی اشاره کردند، بچه‌ها را از اول طبق گروه‌بندی می‌نشاندم.

هر گروه دارای سرگروه، معاون گروه، منشی گروه و حسابدار بود. این عنوان‌ها هم در هر جلسه‌ای می‌چرخید. مثلاً اگر امروز این سرگروه بود، فردا سرگروه نبود تا برای بچه‌های دیگر به فرمانده مطلق تبدیل نشود. سعی می کردم مثلاً روز بعد معاون گروه بشود و همین طور به ترتیب دور می‌زد. البته من علاوه بر این که به گروه‌ها شماره می‌دادم، برای این که تشویق بشوند، می گفتم هر گروه دانشمندی را انتخاب کند و شرح حال و عکس او را تهیه کند و روی تابلوی یونولیت بالای سر گروه خودشان نصب کند. هم‌چنین، هر دفعه یک گروه «گروه خدمت» بود. خودم صبح زودتر می‌رفتم و وسایل مربوط به کار را با کمک اعضای گروه

خدمت یا اگر آن‌ها نبودند، با بچه‌های دیگر آماده می‌کردیم و در سینی‌های مخصوص می‌گذاشتیم.

گروه خدمت وظیفه داشت برنامه‌ی آزمایش‌ها را پای تخته بنویسد. بعد از انجام آزمایش هم دوباره گروه خدمت وسایل را جمع می‌کرد. در آن سی‌دی هم که من تهیه کرده‌ام و جناب خلیلی هم احتمالاً دیده‌اند، این‌ها را آورده‌ام. میزها را هم آرایش می‌دادیم. میزها که می‌دانید، کج بودند. در یک زمان کوتاهی میزها را برمی‌گرداندند. داده بودم برای روی میزها تخته‌ای به شکل مثلث ساخته بودند که وقتی روی میز می‌آمد، صاف می‌ایستاد و سر نمی‌خورد. این تخته‌ها هم در آن سی‌دی هست. البته روز اول آماده کردن میز خیلی مشکل بود. من ترتیبی اتخاذ می‌کردم که این کار سریع انجام بشود و میزها را که برمی‌گردانند، به همدیگر نزنند و سروکله‌ی هم را نشکنند.

من همیشه در هر کلاسی که کار می‌کردم، جلسه‌ی دوم سوم می‌رفتم و مدیر مدرسه را به کلاس می‌آوردم. نه به عنوان این‌که خودم را نشان بدهم، بلکه بگویم که این کار هم کار خوبی است. خاطرم هست، یک روز مدیر مدرسه به کلاس آمد و روش کار را دید. بعد به بچه‌ها گفت: بچه‌ها، این چه جور درس خواندنی است؟ بچه‌ها هم شروع کردند به تعریف کردن که بله ما با این روش بهتر یاد می‌گیریم. گفت: پس این معلمتان چه کاره است؟ با همین جمله گفت. مخصوصاً هم می‌گفت‌ها. گفتند که ما خودمان کار می‌کنیم و ایشان راهنمایی می‌کنند. بعد یکی از بچه‌ها اجازه خواست و گفت: بعضی وقت‌ها هم راهنمایی نمی‌کنند، آدم را به غلط می‌اندازند. البته من گاهی در پاسخ به سؤال، به جای این‌که مستقیم راهنمایی کنم، کمی پیچیده جواب می‌دادم تا بچه خودش فکر کند. به هر حال روش کارم این بود. خودم که شخصاً لذت می‌بردم و بچه‌ها هم یاد می‌گرفتند.

البته این را هم خدمتتان بگویم که معلمان دیگر قدری ناراحت بودند. اوایل می‌گفتند، این معلم می‌خواهد شاگرد خصوصی جمع کند. اما دیدند نه، ما شاگرد خصوصی نداریم. بعد گفتند که این می‌خواهد خودنمایی کند. اما دیدند که تواضع دارم. آخر سر گفتند که این آقا مریض است! خانم دکتر، این یکی را درست گفتند، چون من مرض این کار را دارم.

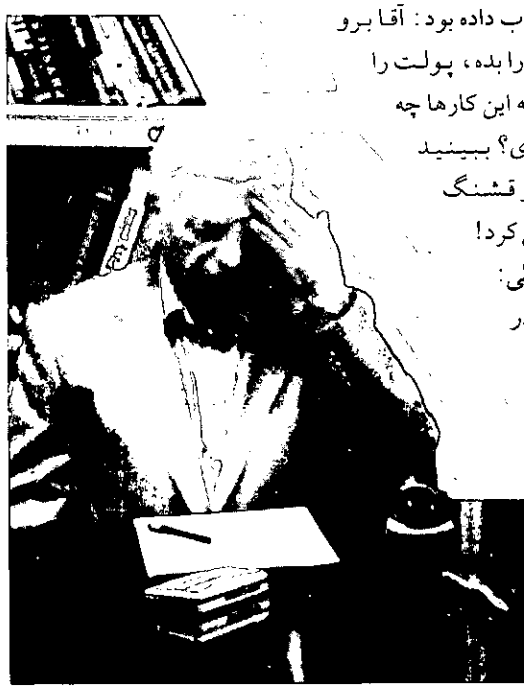
رهبر: *چه‌قدر هم خوب است آقای پزشپور. کاشکی بقیه هم از شما یاد می‌گرفتند. برای این‌که به نظر من، مشکل کل بشر، نه حالا فقط کشور ما، این است که ما اصلاً یاد نگرفته‌ایم با هم کار کنیم.*

پزشپور: من به این جمله اعتقاد دارم که: «همه چیز را همگان دانند و همگان از مادر نزاده‌اند.» خودم همیشه سعی می‌کنم، وقتی دیگران شرحی می‌دهند یا کاری می‌کنند، قدری دقت کنم و ببینم، از آن کجا می‌توانم در زندگی خودم استفاده کنم؛ حتی حالا که تدریس نمی‌کنم. خوش‌بختانه در خانواده هم، چه این‌جا که هستیم و چه در آمریکا، این نکات را رعایت می‌کنیم.

در آمریکا، اگر ده دوازده نفر سر میز نشسته‌اند و مهمان‌اند، بعد از غذا، هر کس بشقاب خودش را برمی‌دارد و می‌برد در ظرف‌شویی می‌شوید. من یک روز به گروه ثابت خودمان که همیشه با هم بودیم، اعتراض کردم. گفتم که بیایید قرار بگذاریم، امروز من با کمک ایشان ظرف‌ها را جمع کنیم، ببریم بشوییم و فردا دو نفر دیگر. از بس که گفتیم خوش‌بختانه تأثیر کرد و وقتی جمع می‌شویم، این کار را به صورت گروهی انجام می‌دهیم.

رهبر: *آقای پزشپور، حالا که شما تشریف می‌برید آمریکا، نوه‌هایتان حتماً در آن‌جا مدرسه می‌روند. آیا در جریان نظام آموزشی آن‌ها هستید؟*

پزشپور: خیر، من زیاد در جریان نظام آموزشی آن‌جا نیستم، ولی خیلی هم رضایت ندارم. از نظام آموزشی آن‌ها رضایت ندارم. در لس‌آنجلس یک «دبیرستان ایرانیان» داریم که به زبان فارسی آموزش می‌دهد. دوستی دارم به نام فرهنگ فرشاد که در آن‌جا تدریس می‌کند. از او پرسیدم: مدرسه‌ی شما چه‌طور است؟ گفت: خیلی خوب. گفتم: چند تا شاگرد داری؟ گفت ۱۶-۱۵ تا. گفتم: چه خوب. گفت: وقتی من درس می‌دهم، چند نفری زیر میز دارند بازی می‌کنند، چند نفری به هم دیگر ورق می‌دهند، دو سه نفری هم زل‌زل نگاهم می‌کنند. نمی‌دانم که چرا به من این‌طور نگاه می‌کنند. گفتم: خب فرشاد جان برو به مدیر مدرسه بگو که من چه کار کنم، بچه‌ها با علاقه به درسم گوش کنند. گفت: فکر خوبی است. رفته بود موضوع را به مدیر مدرسه گفته بود و راهنمایی خواسته بود. مدیر مدرسه هم جواب داده بود: آقا برو درست را بده، پولت را بگیر. به این کارها چه کار داری؟ ببینید چه‌قدر قشنگ هدایتش کرد!



خلیلی: یعنی در

این ۶-۵ سال که در آن‌جا حضور مستمر داشتید، فرصتی پیش نیامد سری به یک مدرسه بزنید و بازدیدی داشته باشید؟

پزشپور: چرا خیلی علاقه‌مند بودم. متأسفانه آن‌جا از آموزش و پرورش نامه‌ای می‌خواهند که باید ترجمه و مهر و امضا بشود. دوستی داشتم که آن‌جا تدریس می‌کرد. گفت مخفیانه بیا و از پشت پنجره، کلاس را نگاه کن. تنها چیزی که در این مشاهده نظرم را جلب کرد، طرز چیدن صندلی‌ها بود. آن‌ها را طوری قرار داده بودند که بچه‌ها برای صحبت کردن به هم نزدیک باشند. مثل دانش‌آموزان ما پشت سر هم نمی‌نشینند. دیگر سر کلاس نه، اجازه ندادند و متأسفانه نتوانستم از کلاسی بازدید کنم.

حتی یک‌دفعه پیش خودم فکر کردم، یواشکی بروم و سر کلاس بنشینم. بعد بالاخره می‌آیند بیرونم می‌کنند. اما دیدم که در آن‌جا این کار معنی خیلی بدی دارد. در ایران، اگر با بچه‌ی ۱۲-۱۰ ساله‌ای که از کنار خیابان رد می‌شود، سلام و علیک کنیم و حرف بزنیم، پدر و مادرش حرفی نمی‌زنند و برای دیگران هم سوءتفاهم پیش نمی‌آید. اما آن‌جا به مجرد این‌که آدم با بچه‌ای صحبت کند، ناراحت می‌شوند. دفعه‌ی اول در آمریکا که به بچه‌ای رسیدم و سلام کردم، دخترم مینا گفت: باباجان، این‌جا از این کارها نکنی‌ها! اگر لازم باشد، خودش سلام می‌کند. پرسیدم: چرا؟ گفت: آخر فکرهایی می‌کنند و چیزهایی می‌گویند.

البته آن‌ها یک کار خیلی خوبی می‌کنند. از دبیرستان خبر ندارم، اما از نوه‌هایم شنیده‌ام که این کار را می‌کنند. هر هفته یک روز، یا یک زمان مشخص، یکی از والدین به مدرسه می‌روند و با کارکنان آن همکاری می‌کنند. قبل از آن یک جلسه‌ی معرفی می‌گذارند و می‌گویند که کار چه‌طور انجام می‌شود. پارسال نوه‌ام پیش‌دبستانی بود. یک بار دخترم گفت: باید به مدرسه بروم. پرسیدم: چرا؟ گفت: ماهی یک دفعه نوبت من می‌شود که به مدرسه بروم و در کار کلاس کمک کنم. به نظر من این کار خیلی خوب است، اما در حال حاضر در ایران نشدنی است. البته ما انجمن خانه و مدرسه و اولیا و مربیان داریم، ولی قدری محدودیت دارد و به این کارها نمی‌رسد.

خلیلی: *بیشتر از آموزش گفتید. همان‌طور که اشاره کردید، تألیفاتی هم داشته‌اید. اولین کتابتان کتاب کار شیمی بود. بعد از آن چه کتاب‌هایی تألیف یا ترجمه کردید؟*

پزشپور: حضورتان عرض کنم، من مدیر اردوگاه منظریه بودم که آن‌جا هم داستانی دارد.

خلیلی: *از چه سالی؟ مدتی معلمی نکردید یا این‌که هم‌زمان با معلمی بود؟*

پزشپور: نه، هم‌زمان بود و حدود سال‌های آخر خدمتم.

خلیلی: *یعنی اوایل دهه‌ی پنجاه.*

پزشپور: بله حدوداً. حالا باز اگر فکر کنم، شاید دقیق‌تر بتوانم خدمتتان بگویم. من منظریه را اداره می‌کردم و به آقای **معتمدی** گفتم بیا به آن‌جا سری بزن. من آن موقع به خاطر اداره‌ی زندگی درس خصوصی می‌دادم. چون روزهای دیگر در مدرسه درس می‌دادم، فقط جمعه بیشتر وقت آزاد داشتم و حتی گاهی روزهای جمعه ناچار بودم که ناهارم را در ماشین بخورم. در منظریه آقای معتمدی که خداوند به او سلامتی بدهد، به من گفت: آقای پزشپور بیا یک کار ماندنی بکنیم. پرسیدم چه کنیم، و خلاصه با آقای معتمدی تألیف را شروع کردیم. یادم هست، اولین کتابی که تألیف کردیم، «الکتریسیته‌ی ساکن» بود و تا چاپ دهم هم رسید. آقای معتمدی اهل مطالعه است و با کمک ایشان تألیف را شروع کردیم. در دفتر تألیف هم جناب خلیلی دست ما را گرفتند.

خاطره‌ی خوبی هم از موضوع تألیف دارم. یادم هست که در مورد تألیف فیزیک اول و دوم مشکلی نداشتیم تا رسیدیم به فیزیک

سوم. قرار بود بخش صوت این کتاب را من تهیه کنم. ولی نمی‌دانم به چه علت، فرصت نکردم روی آن کار کنم. البته آقای خلیلی حقیقتاً زحمت می‌کشیدند و نوشته‌های مرا مرتب و ویرایش می‌کردند. گاهی هم به من نمی‌گفتند، ولی من تشخیص می‌دادم که اگر این فصل را خودش می‌نوشت، راحت‌تر بود تا این‌که ویرایش کند. نمی‌دانم بخش صوت را چه‌قدر ناجور نوشته بودم که وقتی دست این جوان آمد، آن را دور ریخت. البته آقای خلیلی حق داشتند. ایشان روی فیزیک اول و فیزیک دوم خیلی زحمت کشیده بود و کار را مرتب کرده بود، ما هم به او نگفتیم آقا دستت درد نکند؛ متأسفانه و با کمال عذرخواهی. بعد آقای معتمدی به ایشان گفت که آقا می‌خواستی روبه‌راهش کنی. گفته بود: به درد نمی‌خورد. پرسیده بود: خب چرا انداختی دور؟ آقای خلیلی یادت می‌آید؟ البته بگویم که آن موقع من به شما حق می‌دادم و قدر دقت و کار شما را می‌دانستم.

به هرحال همین طور که شما اشاره کردید، من تعداد کمی کتاب به صورت مستقل نوشته‌ام، تعدادی با آقای معتمدی تألیف کرده‌ایم و بعد هم با شما.

خلیلی: *آن موقع که مسئول اردوگاه منظریه بودید، هم‌زمان بود با افتتاح آن‌جا یا این‌که چند سالی بود کار می‌کرد و بعد شما مدیریتش را بر عهده گرفتید؟*

پزشپور: قبل از اردوگاه منظریه، من در اداره‌ی پیشاهنگی کار می‌کردم. راستی یکی از معلمان مدرسه‌ی حکیم نظامی آقای تابان، معلم فرانسه بود. آقای تابان کار مرا دیده بود. رفته بود پیش دکتر بنایی در اداره‌ی پیشاهنگی و به او گفته بود، این آقا به دردت می‌خورد. مرا دعوت کردند و من شروع کردم به کار. اتاق کارم یک میز شکسته داشت و یکی از این جعبه‌های پرتقال هم صندلی بنده بود. مدتی کار کردم. رفتارم طوری بود که مستخدمان خیلی مرا دوست داشتند. به کمک آن‌ها میز و صندلی فراهم شد و یواش یواش اتاق را رو به راه کردیم. بعد چند نفری را به آن‌جا بردم و مشغول کار کردم.

مدیر امور اداری آن‌جا، آقای **شایسته**، خدا بیامرزدش، مرد بسیار واردی بود. سال‌ها در تربیت‌بدنی خدمت کرده بود و در امور اداری شخصیتی بود. او پیش دکتر بنایی شکایت برد که آقا این خودش استخدام می‌کند، کارگزینی پول می‌دهد، و خلاصه کارهایی را که کرده بودم، شرح داد. من توی اتاق نشسته بودم و کار می‌کردم که آقای شایسته تلفن زد و گفت: آقای دکتر شما را می‌خواهند. من به اتاق دکتر بنایی رفتم و آقای شایسته دوباره همه‌ی حرف‌هایی را که زده بود گفت. دکتر بنایی گوش کرد و گوش کرد. بعد رو به من کرد و با عصبانیت گفت: آقای پزشپور! گفتم: بله قربان. گفت: آقای شایسته درست می‌گویند؟ گفتم: بله قربان، همه‌ی فرمایشاتشان درست است و من این کارها را کرده‌ام. بعد

دفتر انتشارات کمک آموزشی

آشنایی با مجله‌های رشد

مجله‌های رشد توسط دفتر انتشارات کمک‌آموزشی سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وابسته به وزارت آموزش و پرورش تهیه و منتشر می‌شوند:

مجلات دانش‌آموزی (به صورت ماهنامه و ۸ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شوند)

- **رشد کودک** (برای دانش‌آموزان آمادگی و پایه‌ی اول دوره‌ی ابتدایی)
- **رشد نوآموز** (برای دانش‌آموزان پایه‌های دوم و سوم دوره‌ی ابتدایی)
- **رشد دانش‌آموز** (برای دانش‌آموزان پایه‌های چهارم و پنجم دوره‌ی ابتدایی)
- **رشد نوجوان** (برای دانش‌آموزان دوره‌ی راهنمایی تحصیلی).
- **رشد جوان** (برای دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه).

مجلات عمومی (به صورت ماهنامه و ۸ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شوند)

- **رشد آموزش ابتدایی، رشد آموزش راهنمایی تحصیلی، رشد تکنولوژی آموزشی، رشد مدرسه فردا، رشد مدیریت مدرسه رشد معلم**

مجلات تخصصی (به صورت فصلنامه و ۴ شماره در سال منتشر می‌شوند)

- **رشد برهان راهنمایی** (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دوره‌ی راهنمایی تحصیلی)، **رشد برهان متوسطه** (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه)، **رشد آموزش قرآن، رشد آموزش معارف اسلامی، رشد آموزش زبان و ادب فارسی، رشد آموزش هنر، رشد مشاور مدرسه، رشد آموزش تربیت‌بدنی، رشد آموزش علوم اجتماعی، رشد آموزش تاریخ، رشد آموزش جغرافیا، رشد آموزش زبان، رشد آموزش ریاضی، رشد آموزش فیزیک، رشد آموزش شیمی، رشد آموزش زیست‌شناسی، رشد آموزش زمین‌شناسی، رشد آموزش فنی و حرفه‌ای**

مجلات رشد عمومی و تخصصی برای آموزگاران، معلمان، مدیران و کادر اجرایی مدارس، دانشجویان مراکز تربیت‌معلم و رشته‌های دبیری دانشگاه‌ها و کارشناسان تعلیم و تربیت تهیه و منتشر می‌شوند.

- **نشانی: تهران، خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش ـ پلاک ۲۶۸ ـ دفتر انتشارات کمک‌آموزشی**
- **تلفن و نمابر ۸۸۸۳۹۱۸۶**

به شایسته گفت: آقا ولش کن، و صحّه گذاشت روی کار من. البته من گزارش ماهانه هم می‌دادم که دارم چه می‌کنم.

این کارم در پیشاهنگی بود. بعد که دیدند من این‌طور کار می‌کنم، مرا به اردوگاه منظریه آوردند. اردوگاه منظریه اوایل خیلی گودال و چاله‌چوله داشت. برای پر کردن آن‌ها با ماشین خاک می‌آوردند و در چاله‌ها می‌ریختند. هر ماشین هم ۲ ریال می‌گرفت. ما یواش یواش ۲ ریال را کردیم ۳۰ شاهی، ۳۰ شاهی را کردیم یک قران، بعد ۱۰ شاهی و خلاصه آن‌قدر آن‌جا خاک ریختند که زمین کاملاً مسطح شد و فضای خیلی بزرگی به‌وجود آمد.

در منظریه، ما هم اردوهای ملی داشتیم و هم اردوهای خانوادگی، و از مدرسه‌ها می‌آمدند. ابتدا پولی نبود، ولی من گفتم، آن‌ها که به اردوگاه می‌آیند، باید پولی بدهند. چون معتقد بودم: آدم پول خرج نکند، قدر نمی‌داند؛ منتها مناسب. در مورد اردوگاه بین‌المللی یادم هست، یک سال قرار بود به اصطلاح اجتماع پیشاهنگی که به آن جمهوری می‌گویند، برگزار شود. جمهوری دو گونه است: ملی و جهانی. ما داشتیم آماده می‌شدیم که نمی‌دانم چه حادثه‌ای در آسیا یا مملکت اتفاق افتاد که آن جمهوری تشکیل نشد. ولی مدارس آمریکایی‌ها و یا فرانسوی‌ها گروه خودشان را به اردوگاه می‌آوردند.

ناگفته نماند، من خیلی کوشش کردم، برنامه‌ی بچه‌های این گروه‌های خارجی را با برنامه‌ی بچه‌های مدارس ایرانی تلفیق کنم که متأسفانه نتوانستم و نشد. حتی زمستان هم که برف‌های سنگین در منظریه داشتیم، باز ما آن‌جا را آماده نگه می‌داشتیم. صبح که می‌آمدم، کارکنان را وادار می‌کردم، راه عبور را برای بچه‌ها باز کنند. مجموعاً آن‌جا مرکز فعالی شد.

خلیلی: *آیا خودتان هم بچه‌ها را به کشورهای دیگر می‌بردید؟*

پزشپور: بله، ولی مستقلاً نه. به مناسبت پنجاهمین سال فوت پاول، مؤسس پیشاهنگی جهان، ما حدود ۹۰ نفر را با سه ماشین به لندن بردیم. من سرپرست یکی از ماشین‌ها بودم. از این‌جا به ترکیه، یوگسلاوی و چند کشور دیگر رفتیم تا وارد فرانسه شدیم. از فرانسه هم به لندن، یک کشتی بزرگ ماشین‌ها را حمل کرد. این برنامه سه ماه طول کشید. من خیلی سعی می‌کردم با بچه‌هایی که در ماشین خودم بودند ـ البته بر ماشین‌های دیگر هم به طور غیرمستقیم نظارت داشتم ـ رفتارشان گروهی باشد، غذا و استراحتشان درست باشد، یا محل خوابشان مناسب باشد. به هرحال بچه بودند. حواسم بود، یک وقت مسائلی پیش نیاید که بگویند آقا عجب سرپرست بی‌عرضه‌ای. باور کنید که در این شب‌ها، من شبی ۳-۲ ساعت بیشتر نخوابیدم.

یکی دو مأموریت هم به ژاپن داشتیم و به اردوگاهشان رفتیم. آن‌جا هم خیلی خیلی جالب بود. وارد مغازه‌ی کوچکی شدیم که

برگ اشتراک مجله‌های رشد

شرایط:

۱. واریز مبلغ ۳۰/۰۰۰ ریال به ازای هر عنوان مجله درخواستی، به صورت علی‌الحساب به حساب شماره‌ی ۳۹۶۶۲۰۰۰ بانک تجارت شعبه سه راه آزمایش (سرخه حصار) کد ۳۹۵ در وجه شرکت افست

۲. ارسال اصل رسید بانکی به همراه برگ تکمیل شده اشتراک

- **نام مجله:** .....
- **نام و نام خانوادگی:** .....
- **تاریخ تولد:** .....
- **میزان تحصیلات:** .....
- **تلفن:** .....
- **نشانی کامل پستی:**

استان: ..... شهرستان: .....

خیابان: .....

.....

پلاک: ..... کدپستی: .....

- **مبلغ واریز شده:** .....
- **شماره و تاریخ رسید بانکی:** .....
- **آیا مایل به دریافت مجله درخواستی به صورت پست پیشتاز هستید؟ بله ☐ خیر ☐**

امضا:

نشانی: تهران ـ صندوق پستی ۱۶۵۹۵/۱۱۱

نشانی اینترنتی: www.roshdmag.ir

پست الکترونیک: Email:info@roshdmag.ir

امور مشترکین: ۷۷۳۳۶۶۵۶ـ۷۷۳۳۵۱۱۰

پیام‌گیر مجلات رشد: ۸۸۳۰۱۴۸۲ ـ ۸۸۸۳۹۲۳۲

یادآوری:

- هزینه برگشت مجله در صورت خوانا و کامل نبودن نشانی، بر عهده مشترک است.
- مبنای شروع اشتراک مجله از زمان وصول برگ اشتراک می‌باشد.
- برای هر عنوان مجله برگ اشتراک جداگانه تکمیل و ارسال کنید (تصویر برگ اشتراک نیز مورد قبول است)

ما و خوانندگان

قسمت بالایش یک بالکن داشت. خانواده‌ی این آقای فروشنده، یعنی خانم و بچه‌اش آن بالا زندگی می‌کردند. این زیر هم که شده بود فروشگاه و پشتش انباری بود؛ یک جای محقر خیلی کوچک. همه هم چه‌قدر متواضع و پرکار بودند.

رهبر: *حالا که آن‌ها خیلی پیشرفت کرده و مترقی شده‌اند!*

پزشپور: آن موقع من خودم را خیلی فعال می‌دیدم، اما دیدم ما پیش این‌ها چیزی نیستیم. سفر دیگری هم داشتم برای کنفرانس لندن با یکی از استادان که اسمشان یادم رفته است.

رهبر: *دیگر خسته شدید آقای پزشپور. چایی‌تان را میل بفرمایید.*

احمدی: *دست شما درد نکند آقای پزشپور.*

خلیلی: *امروز ۱۴ مهرماه ۱۳۸۷ بود که در خدمت جناب آقای پزشپور، جناب آقای مهرداد، سرکار خانم دکتر رهبر و آقای احمدی بودیم.*

پزشپور: *بنده خیلی عذر می‌خواهم که شاگرد تنبلی بودم. خواهش کرده بودم که سؤالات را قبلاً به من بدهید تا یک دور مرور کنم.*

رهبر: *نه اتفاقاً بسیار خوب بود. ارزش این مصاحبه به فی‌البداهه بودنش است.*

مهرداد: *خسته نباشید. بسیار استفاده کردیم.*

دبیرستان دخترانه ناحیه‌ی ۲ ـ خانم طالبی

سعی شما در تهیه و تنظیم مصاحبه با استاد فیزیک زن ایرانی در آسایشگاه سالمندان قابل تقدیر است. خوانندگان علاقه‌مند می‌توانند به منبع مقاله در www.hupaa.com مراجعه نمایند.

چهارمحال و بختیاری ـ بروجن ـ ارمان فرهزاد

محاسبه‌های مربوط به نور هندسی در کتاب‌های درسی فیزیک سابق و پیش از آن به صورت‌های گوناگون چاپ و منتشر شده است. تکرار مطالب انتشار یافته و مسائل حل شده یا «تحقیق» در آموزش علوم فاصله‌ی بسیار دارد.

بابل ـ دبیر فیزیک آقای علی ایمانی

مقاله‌هایی بیشتر مورد استقبال خوانندگان علاقه‌مند مجله‌ی رشد آموزش فیزیک است که شامل نکته‌ی تازه یا شرح قابل ملاحظه‌ی مربوط به کتاب‌های درسی، امور آزمایشگاهی یا مفاهیم اساسی فیزیک باشد و به آموزش فیزیک غنای بیشتری ببخشد. امیدواریم کوشش شما در این راه ثمربخش گردد.

استان کرمان ـ مرکز پیش دانشگاهی فرجس خاتون ۲ و راهنمایی فرزانگان ۱، سرکار خانم فرشته کریمی گفتار

کوشش شما در آموزش درست علوم فیزیک قابل تقدیر است. به نظر می‌رسد هرگاه «موضوع تحقیق» از نیاز معلمان و کمک به آن‌ها برای ارائه‌ی بهتر برنامه‌ی درسی نشأت بگیرد حاصل تحقیق پرثمرتر خواهد بود. موضوعی ارزش تحقیق دارد که همکاران خود را در شرح و توضیح آن ناتوان ببینید. جمع‌آوری چند مطلب از دو سه کتاب فیزیک فارسی که عموماً در دسترس معلمان علاقه‌مند است «تحقیق» نیست به قول مولانا:

از محقق تا مقلد فرق‌هاست
کاین چو داد دست و آن دیگر صداست

IN THE NAME OF ALLAH

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

Roshd 87

Physics Education Journal

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

Vol.24 - No.87 - 2009
ISSN : 1606 - 917X

Managing Editor : Mohammd Naseri
Editor-in-Chief : Dr. Manijeh Rahbar
Executive Director : Ahmad Ahmadi
Graphic Designer : Parvaneh Hadipour
Editorial Board : Ahmad Ahmadi,
Jafar Mehrdad,Rouhollah Khalili,Manijeh Rahbar,

International year of astronomy 2 *Editor*
Innovation and creativity in educational media 3 *I. Riazi*
Rate of change in curricula 6 *E. Moatamedi*
Nano goes to school 7 *Gorazd planisic and Janez Kovac*
Reducing the gender gap in the physics classroom 14 *M. Lorenzo et al*
What is scientific inquiry? 20 *Physics dept. University of Arizona*
The flying circus of physics 26 *Yearl Walker*
Physics frontrier 30 *M. Rahbar*
Oscillation of the floating tube 37 *H. Etehad Mehrabad*
Seven wonders of science and technology 40 *A. Seied Fadai*
Free-body diagrams: necessary or sufficient 43 *David Rosengrant et al*
Superheroes aid the teaching physics 48 *Juan Sabin et al*
Physics challenge for teachers and students 50 *Don Easton*
Fermi questions 51 *Larry Weinstein*
Interview with master Pezeshpur 53
With the readers 63

۶۴
رشد آموزش فیزیک، دوره ی بیست و چهارم،
شماره ی ۴، تابستان ۱۳۸۸

سال جهانی نجوم به یادبود چهارصدمین سالگرد نخستین مشاهده‌ی نجومی
توسط گالیله نام‌گذاری شده است.

ماهواره‌ی امید نخستین گام در عرصه‌ی بومی سازی فناوری ماهواره بوده است. این ماهواره‌ی مخابراتی ۲۷ کیلوگرمی وظیفه‌ی برقراری ارتباط متقابل ماهواره و ایستگاه زمینی شامل مأموریت‌ها، تعیین مشخصات مداری ماهواره، تله‌متری مشخصات زیرسامانه‌های ماهواره (ارسال اطلاعات داخلی ماهواره به ایستگاه زمینی) برای بررسی وضعیت ماهواره و ارسال فرمان از ایستگاه زمینی به ماهواره را داراست.