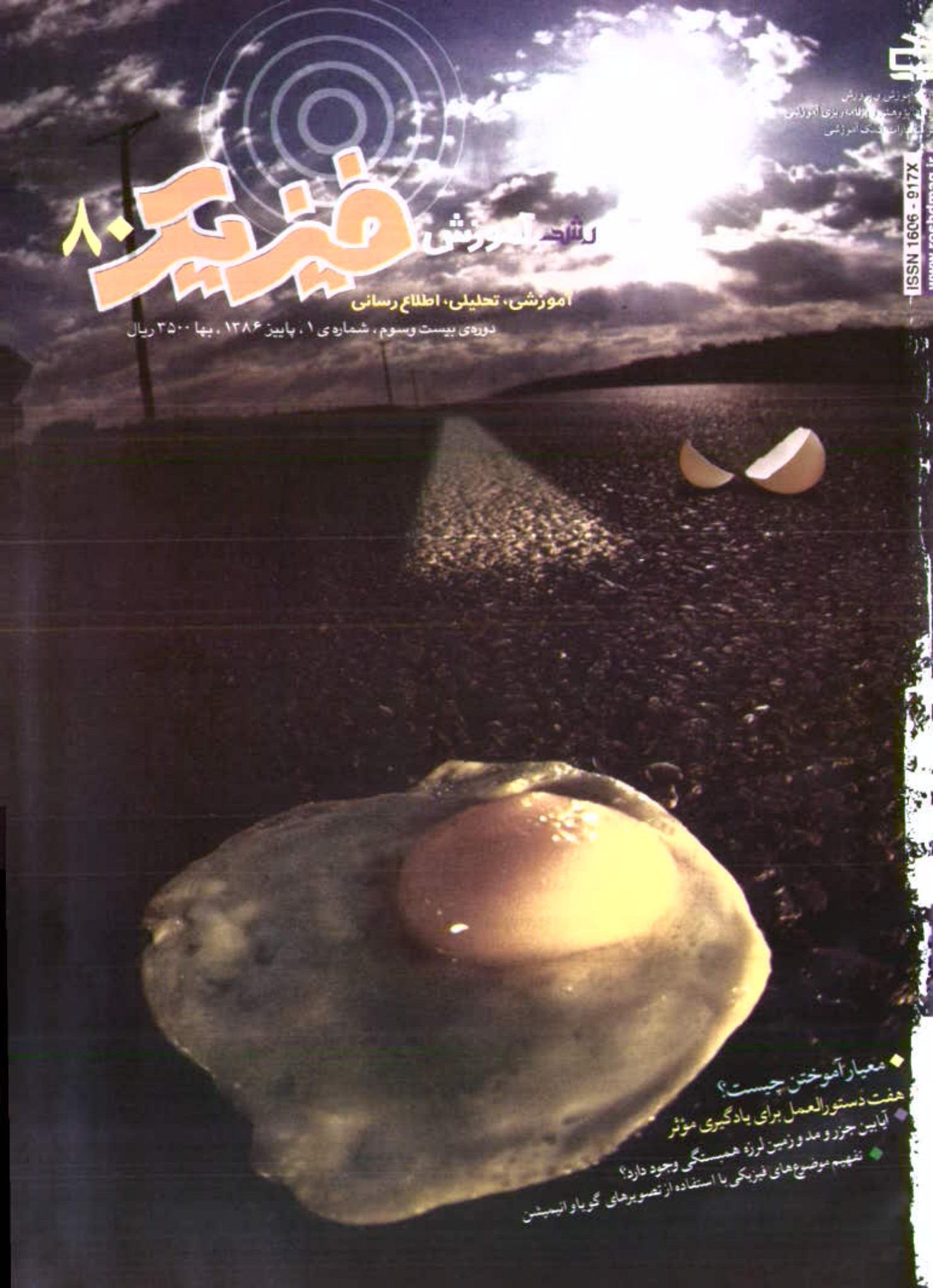
ISSN 1606 - 917X

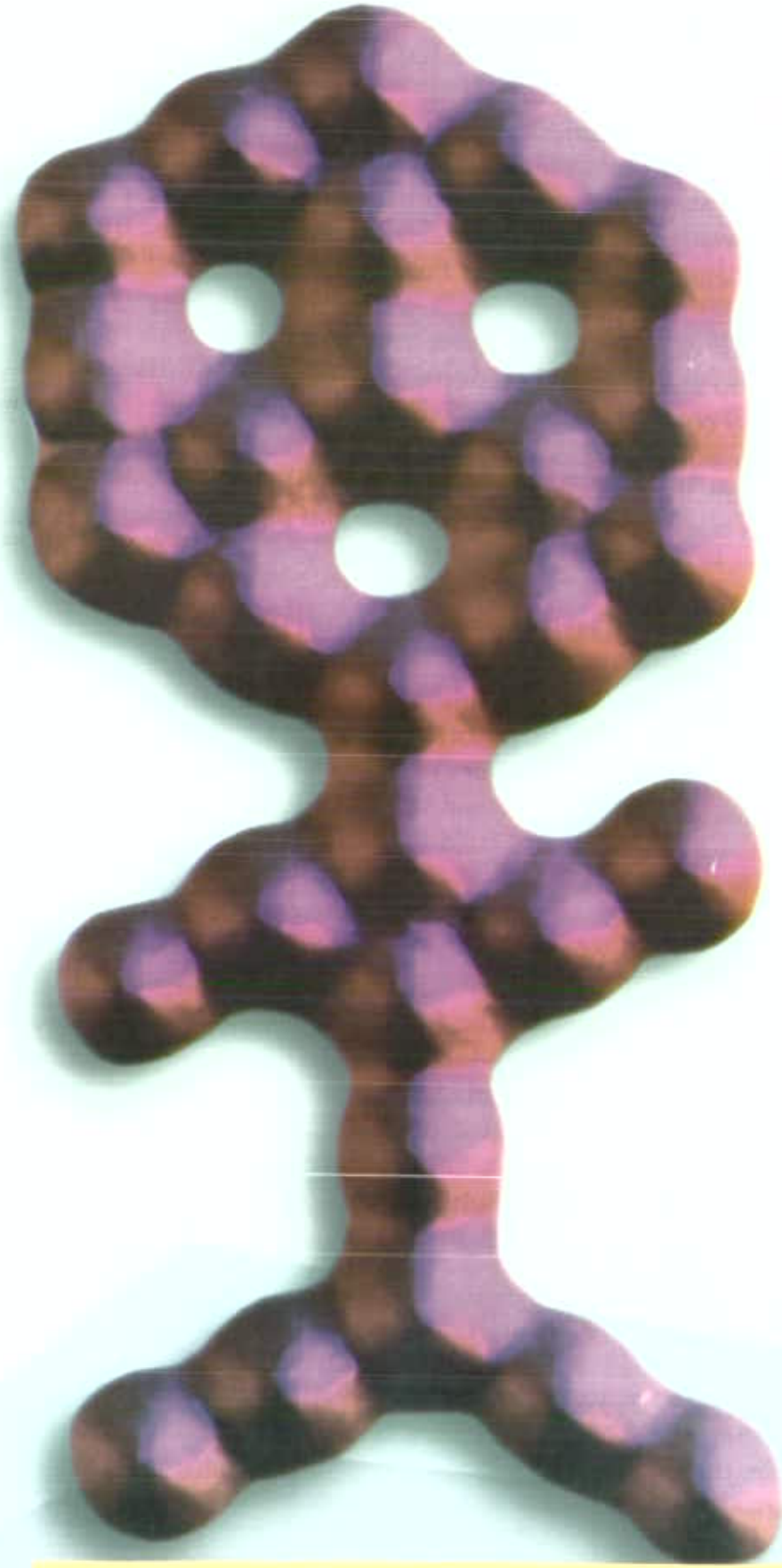
رشد آموزش فیزیک ۸۰

آموزشی، تحلیلی، اطلاع رسانی

دوره‌ی بیست و سوم، شماره ی ۱، پاییز ۱۳۸۶، بها ۳۵۰۰ ریال



- معیار آموختن چیست؟
- هفت دستورالعمل برای یادگیری مؤثر
- آیا بین جزر و مد و زمین لرزه همبستگی وجود دارد؟
- تفهیم موضوع‌های فیزیکی با استفاده از تصویرهای گویا و انیمیشن



این آدمک که با چند مولکول مونوکسید کربن ساخته شده است در واقع با قرار گرفتن مولکول‌ها روی یک سطح پلاتینی به وجود آمده است. تصویر آدمک را نمی‌توان با میکروسکوپ‌های معمولی مشاهده کرد.

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

دوره‌ی بیست و یکم / شماره‌ی ۴ / تابستان ۱۳۸۵

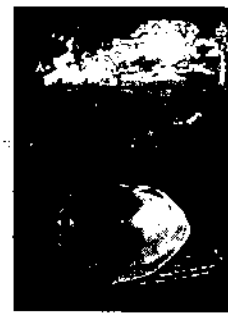
www.roshdmag.ir

ISSN : 1606-917X

شمارگان: ۱۵۰۰۰۰ 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 مشترکان: ۳۳۳۱ - ۱۵۸۷۵
پیام‌گیر نشریات رشد: ۸۸۳۰۱۴۸۲-۸۸۸۳۹۲۳۲
مدیر مسئول: ۱۰۲
دفتر مجله: ۱۱۳
امور مشترکین: ۱۱۴

رشد آموزش فیزیک ۸۰

آموزشی، تحلیلی، اطلاع‌رسانی



تصویر روی جلد:
پس از یک روز طولانی زیر آفتاب سوزان، سطح جاده برای نیمرو کردن تخم‌مرغ به اندازه کافی داغ می‌شود.

مدیر مسئول: علیرضا حاجیان‌زاده
سردبیر: دکتر منیژه رهبر
مدیر داخلی: احمد احمدی
ویراستار: لعیا عروجی
طراح گرافیک: پروانه هادی‌پور رحیم آبادی
هیات تحریریه: احمد احمدی، روح الله خلیلی بروجنی
منیژه رهبر، سید جعفر مهرداد

سرمقاله: معیار آموختن چیست؟ ۲ سردبیر
جایگاه «تجربه و اندیشه‌ی شخصی» در آموزش نوین ۳ جهانگیر ریاضی
آیا تصویر مجازی سایه می‌افکند؟ ۵ مویکا چیچ
هفت دستورالعمل برای یادگیری مؤثر ۹ جی‌مک تیگه و کن اوکانر
برج کاشی‌ها، آیا کاشی‌ها را می‌توان تا هرجا جلو برد؟ ۱۶ محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر
قانون سوم نیوتون معلق بر یک ترازو ۱۸ پل گلاک
چگونه به دانش‌آموزان ضعیف کلاس توجه کنیم؟ ۱۹ نسرین صباغ مقدم
فیزیک: پندار و واقعیت ۲۰ آر. پی. والاس
مسأله‌ای چالش‌برانگیز برای معلمان و دانش‌آموزان ۲۴ ردریگو پلبو
آیا بین جذر و مد و زمین‌لرزه همبستگی وجود دارد؟ ۲۶ پل دبلیو. برتون
اتم‌ها را می‌توان دید ۲۸ دیوید کوکاین
مجسم کردن فیزیک ۳۳
چرا فلزهای براق گسیلنده‌های بد تابش هستند ۳۵ رونالد بریان
بار الکتریکی ۳۷ لوئیس رایدر
دینامیک و سینماتیک یک نمونه ربات سیار ۴۲ فریده نوری
راهکارهای تنوع بخشی به روش‌های نوین تدریس با ... ۴۶ انور اسمعیل پوری و سلیمان رسولی
تفهیم موضوع‌های فیزیکی با استفاده از تصویرهای گویا و ... ۵۲ فردوس عظیمی
فیزیک یک فلزیاب هترودین ۵۸ جان کاتنل و کنت جانسون
ما و خوانندگان ۶۲

- 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 هماهنگی داشته باشد و متن اصلی نیز ضمیمه مقاله باشد.
- در متنهای ارسالی باید تا حد امکان از معادل‌های فارسی واژه‌ها و اصطلاحات استفاده شود.
- زیرنویسها و منابع باید کامل و شامل نام اثر، نام نویسنده، نام مترجم، محل نشر، ناشر، سال انتشار و شماره صفحه‌ی مورد استفاده باشد.
- مجله در رد، قبول، ویرایش و تلخیص مقاله‌های رسیده مختار است.
- آرای مندرج در مقاله‌ها، ضرورتاً مبین نظر دفتر انتشارات کمک آموزشی نیست و مسولیت پاسخگویی به پرسشهای خوانندگان، با خود نویسنده یا مترجم است.
- مجله از بازگرداندن مطالبی که برای چاپ مناسب تشخیص داده نمی‌شود، معذور است.

سر مقاله

معیار آموختن چیست؟

یکی از مسائلی که امسال توجه زیادی را به خود جلب کرده است، موضوع حذف آزمون ورودی دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی کشور تا سال ۱۳۹۰ است که البته اجرا شدن یا نشدن آن هنوز مورد تردید است و معلوم نیست که آیا با رفع اشکال‌های مربوطه می‌تواند بالاخره به صورت اجرایی درآید یا به صورت بلاتکلیف باقی خواهد ماند. نتیجه هرچه باشد، باید گفت این یکی از مسائل بسیار مهم و حیاتی جامعه ماست که به واسطه‌ی حجم قابل توجه افراد درگیر در آن، بیشتر خانواده‌های کشور را در بر می‌گیرد که می‌خواهند با فرستادن فرزندان خود به این مراکز آینده‌ی روشنی را برای آن‌ها رغم بزنند، باید مورد توجه خاص برنامه‌ریزی آموزشی و دست‌اندرکاران تعیین سیاست‌های علمی فرهنگی کشور قرار بگیرد.

در گذشته به واسطه‌ی تعداد کم دانشگاه‌ها و مؤسسه‌های آموزش عالی و تعداد زیاد داوطلبان ورود به آن‌ها، استفاده از امتحان ورودی جهت گزینش دانشجو اجتناب‌ناپذیر بود. اما، این امتحان را دانشگاهی برگزار می‌کرد که می‌خواست دانشجو بگیرد و افراد برای ورود به آن به صورت کنونی برنامه‌ریزی بلندمدت نمی‌کردند. افراد علاقه‌مند به ادامه‌ی تحصیل البته درس خود را می‌خواندند و معمولاً برای آمادگی حداکثر چند ماه به کلاس کنکور می‌رفتند. مدرسان این کلاس‌ها اغلب از دبیران بسیار برجسته بودند و برنامه‌ی آن‌ها بیشتر عمق بخشیدن به آموخته‌های دانش‌آموز بود. باید اذعان کرد که گزینش‌ها نیز اغلب بسیار منطقی بود و افراد برگزیده غالباً بهترین دانش‌آموزان بودند.

با گسترش دانشگاه‌ها و مؤسسه‌های آموزش عالی، ظرفیت افزایش بسیار یافت. البته، تعداد داوطلبان نیز زیاد شد، ولی باید قبول کرد که اکنون برای بیشتر آن‌ها کم‌وبیش امکان ادامه‌ی تحصیل در جایی وجود دارد. اما چیزی که باید مورد توجه قرار گیرد تغییر نگرش به موضوع آزمون ورودی است که اکنون موفقیت در آن به صورت هدف اصلی آموزش درآمده است. تمام هم‌وغم و توجه فکری کسانی که تحصیل می‌کنند و اولیای آن‌ها از همان سال‌های اول آماده‌شدن برای قبولی در این آزمون‌هاست و نه یادگرفتن مهارت‌های لازم برای زندگی بهتر و موفق‌تر در جامعه. البته، مؤسسه‌های عریض و طویلی نیز برای تحقق این هدف به‌وجود آمده‌اند، و با کمی توجه معلوم می‌شود اغلب نشریه‌هایی که در کشور منتشر می‌شود و با شمارگان بالا به‌فروش می‌رسد نیز در این مورد است.

متأسفانه این موضوع تنها منحصر به تحصیل در دوره‌ی کارشناسی نیست، بلکه مرحله‌های کارشناسی‌ارشد و دکتری را نیز در بر می‌گیرد و اطلاعیه‌های مربوط به کلاس‌های کنکور دوره‌ی دکتری را نیز می‌توان کم‌وبیش ملاحظه کرد. همین‌طور، سال آخر دوره‌ی کارشناسی به‌هیچ‌وجه جدی گرفته نمی‌شود، زیرا دانشجویان، حتی آن‌هایی که سابقه‌ی تحصیلی درخشانی ندارند و بعضی از آن‌ها مشروط و در مرحله‌ی اخراج یا گرفتن مدرک کاردانی هستند نیز مشغول آماده شدن برای آزمون کارشناسی‌ارشد هستند.

حال اگر این همه کوشش و تلاش سبب می‌شد که دانش‌آموزان و دانشجویان مطالب درسی را به خوبی یاد بگیرند و معلومات خود را عمیق کنند، جای نگرانی وجود نداشت. اما، متأسفانه آنچه در این مرحله‌های آماده‌سازی به آن‌ها یاد می‌دهند حفظ کردن پاسخ گزینه‌های مختلف و تست‌زدن سریع است. به‌طوری که در مواردی حتی اگر ترتیب جمله‌بندی پرسش عوض شود، دیگر داوطلب قادر به جواب دادن نیست.

نتیجه این کار، انبوه فارغ‌التحصیلان بی‌کاری است که وضعیت آن‌ها علاوه بر مشکلات موجود در جامعه، تا حد زیادی ناشی از کیفیت آموزش آن‌ها نیز هست. زیرا اغلب آن‌ها در ضمن آموزش و به‌واسطه عادت‌های غلطی که کسب کرده‌اند مهارت چندانی در روبه‌رو شدن با مسائل و حل آن‌ها به دست نیاورده‌اند. چون آموزشی که با حفظ کردن طوطی‌وار تست‌ها و خرید پایان‌نامه انجام شود نمی‌تواند مشکلات جامعه را حل کند.

البته، آنچه اکنون به عنوان کمک به آموزش بهتر، ولی در واقع برای نابود کردن کیفیت آن به وجود آمده به‌قدری ریشه‌دار شده است که بدون شک حتی در صورت حذف آزمون ورودی نیز توجه خود را به یاد دادن روش نمره گرفتن معطوف خواهد کرد و باز هم آنچه به حساب نخواهد آمد یادگرفتن و آموزش واقعی به صورتی خواهد بود که بتواند در جهت زندگی بهتر فراگیران و افراد دیگر جامعه به کار رود. چون بهترین معیار این که آیا چیزی را به راستی یاد گرفته‌ایم آن است که ببینیم آیا می‌توانیم آن را در جای مناسب خود به‌درستی به کار ببریم یا خیر. امید است که کارگزاران سیاست‌های علمی فرهنگی آموزشی کشور با توجه لازم به این موضوع بسیار مهم و حیاتی بتوانند اقدام‌های لازم در این مورد را هرچه سریع‌تر به عمل آورند.

جایگاه «تجربه و اندیشه ی شخصی» در آموزش نوین

جهانگیر ریاضی

مقدمه

یکی از اصول اساسی در آموزش نوین، فراهم نمودن امکان «تجربه و اندیشه ی شخصی» برای دانش پژوهان در محیط آموزشی است. فرایندی که دانش‌آموز در تعامل با فضای واقعی رویدادها، الگوی آشنای خود را برای فراگیری «مفهوم» می‌سازد و به عبارت دیگر، موضوع را به «روایت» خود درک و آن را باور می‌کند. اندیشه ی پویا در شرایط ایستا و ساکن ماندن در یک فضای بسته و محیط تکراری ایجاد نمی‌شود. رفتن به فضای رویدادهایی متفاوت با مؤلفه‌هایی جدید و تجربه نشده، امکان تجربه و اندیشه ی شخصی را توأماً فراهم می‌سازد. این که دانش‌آموز: چه چیزی را به صورت شخصی تجربه می‌کند و به چه موضوع‌هایی باید بیندیشد و از طرف دیگر با چه نگرشی به این تجربیات نگاه کند، حائز اهمیت است.

«مفهوم تجربه شخصی»: اگر «تجربه شخصی» را متناظر با قرار گرفتن در فضای رویداد بدانیم، در این صورت فرد می‌تواند مؤلفه های تشکیل دهنده ی یک رویداد را تجسم و جایگاه هر مؤلفه را تشخیص داده و خود بتواند تعامل بین مؤلفه ها را درک کند. از طرف دیگر تفسیر درستی از برهم کنش مجموعه ی مؤلفه های تشکیل دهنده ی رویداد با محیط خارج داشته باشد. به این صورت می‌توان موضوع را به صورت عینی و ملموس تجسم کرد. گاه امکان دارد فرد حتی درگیر یک تجربه گردد، مستقیماً در محیط رویداد قرار گیرد، ولی عملاً در آنجا حضور نداشته باشد. پنجره ی ورود به فضای واقعی رویداد را نیابد. از کنار رویداد به صورتی سطحی بگذرد. رشته ی ارتباط بین اجزاء رویداد را تشخیص ندهد. و گاه می‌توان از «همین جا» که هستیم آن گونه به فضای رویداد برویم که واقعاً احساس کنیم «آنجا» هستیم. مثلاً با رفتن به مکانی به نام آزمایشگاه، الزاماً انتظارات ما از «تجربه شخصی» تأمین نمی‌شود. یا این که با این عقیده که طبیعت می‌تواند بزرگترین آزمایشگاه و محل مشاهده ی گستره ی وسیعی از رویدادها باشد، برای ملموس شدن مفاهیم، همراه با دانش‌آموزان به طبیعت برویم. اما «نوع نگرش» ما هنگام حضور در طبیعت و فضای رویداد، از خود «حضور» اهمیت بیشتری دارد. باید تصورهای کلیشه‌ای در مورد مفهوم «تجربه شخصی» را کنار بگذاریم. با رفتن بدون انگیزه و هدف به طبیعت و فضای رویداد، مفهوم تجربه شخصی تأمین نمی‌شود. تجربه شخصی باید حاصل «عزم و اراده ی» تجربه کردن باشد. باید چنان فضا و شرایطی را ایجاد کرد که دانش‌آموز نیاز و ضرورت «تجربه شخصی» را با تمام وجود احساس کند، و این احساس و درک، محرک او در جهت کسب تجربه باشد. او خود باید احساس کند که این قالب‌های تکراری و غیرخلاق جوابگوی نیازهای او نیست. در واقع هم معلم و هم دانش‌آموز باید درک درستی از مفهوم «تجربه شخصی» داشته باشند.

دانش‌آموزی که آموخته باشد «با دقت نگاه کند»، فضای رویداد را دقیق‌تر می‌بیند. حتی در آن عناصری را خواهد دید که ممکن است از یک نگاه معمولی پنهان مانده باشد. تلاش در جهت یافتن رابطه منطقی بین عناصر تشکیل دهنده ی رویداد، زمینه‌ساز تقویت بسیاری از مهارت‌ها در فرد خواهد بود. مهارت‌هایی که در شرایط ایستا و عدم تحرک، به دست نمی‌آیند.

زیبایی و نشاط حاصل از تجربه شخصی

یافتن رابطه بین مؤلفه های رویداد و قانون‌های ناظر برآن، از زیبایی خاصی برخوردار است و رضایت‌مندی و نشاط را برای فرد ایجاد می‌کند. این باور خود به خود ایجاد نمی‌شود. باید زیبایی حاصل از تلاش در جهت تجربه ی شخصی را به دانش‌آموز نشان داد. از دانش‌آموزانی که در اکثر موارد به جای آن‌ها را تجربه کرده‌اند، به جای آن‌ها به فضای رویداد رفته‌اند، نباید انتظار داشت زیبایی «انجام تجربه» و نشاط حاصل از کشف رابطه ی بین

عامل‌های رویداد را عمیقاً درک کنند. این زیبایی صرفاً با رفتن به فضای رویداد حاصل نمی‌شود. این نوع نگاه ما به رویداد است که می‌تواند رضایت خاطر را در ما ایجاد کند. دانش‌آموز وقتی این زیبایی و نشاط را احساس می‌کند که بداند: «برای چه به فضای رویداد می‌رود! چرا دست به تجربه شخصی می‌زند! مفهوم تجربه شخصی و جایگاه آن در کل نگرش او کدام است؟ و ... ممکن است فردی بارها در محیط رویداد قرار گرفته، حتی از کنار آن گذشته باشد ولی رضایت خاصی در خود احساس نکند. تجربه‌های توأم با رضایت‌مندی علاوه بر تقویت مهارت‌ها، ذهنیتی مطلوب در فرد ایجاد می‌کند. مجموعه‌ی این خاطرات مطلوب و نتیجه‌های مثبت آن، ضرورت تجربه شخصی را بیشتر تقویت می‌کند.

اندیشه‌ی شخصی: به طور کلی، درست اندیشیدن از یک سری اصول علمی پیروی می‌کند. اندیشه‌ی اصولی با بررسی و تحلیل درست از مشاهده‌های عینی، دیده‌ها، شنیده‌ها، تجربه شده‌ها و ... نتیجه‌هایی به دست می‌آورد که بعدها با استفاده از آن‌ها بتواند بر روند رویدادها مدیریت داشته باشد. اندیشه‌ی اصولی به دنبال یافتن قانون‌های ناظر بر رویدادهاست. بنابراین خود را از فضای رویداد جدا نمی‌کند. منتظر نمی‌ماند تا رویداد خود به دنبال او بیاید و قانون‌های ناظر بر تغییرات را نشان دهد. با وجود اصول کلی در درست اندیشیدن، هر کس سرانجام با توجه به مجموعه‌ی شرایط زندگی گذشته‌اش مناسبات اجتماعی و میزان پیچیدگی اندیشه‌هایش ... به شیوه‌ی خود می‌اندیشد. یعنی پدیده‌ها و رویدادها را از منظر و پنجره‌ی خود می‌بیند، و مسیر اندیشیدن خود را مشخص می‌کند. این مسیر از چگونگی ورود به رویداد آغاز و تا شناخت مؤلفه‌های اسامی و تشخیص رابطه‌ی بین آن‌ها و تشخیص قانون‌های ناظر بر رویداد و سرانجام یافتن پاسخی مناسب برای حل مشکل، امتداد می‌یابد.

انسان‌ها، مسیرهایی متفاوت را از آغاز تا انجام در رابطه با تحلیل یک رویداد مشخص طی می‌نمایند. این مسیر، « وسیله مؤلفه‌های اندیشه‌ی هر فرد طراحی می‌شود. فرد می‌خواهد مسیر اندیشه‌های خود را طی نماید. معلم نباید این فرصت را از دانش‌آموز بگیرد و از او بخواهد مسیر «اندیشه‌ی معلم» را طی کند. معلم بارها و بارها این مسیر را برای خود مرور کرده، با مؤلفه‌های تفکرات خودآشناست. چگونه می‌توان انتظار داشت دانش‌آموز بتواند این مسیر اندیشه‌ی ناشناخته را با رضایت‌مندی طی کند و نتیجه‌های درستی را در چگونه اندیشیدن به دست آورد؟ همان‌گونه که هر انسانی به شیوه‌ی خود تجربه می‌کند، به شیوه‌ی خود به فضای رویداد می‌رود، طبعاً به شیوه‌ی خود جهان را تفسیر می‌کند. وظیفه‌ی معلم شناخت این مسیر اندیشه‌ی دانش‌آموز و کمک در جهت تصحیح، جنبه‌های غیراصولی اندیشه‌های اوست. ولی این به معنی نفی اندیشیدن شخصی نیست. تجربه نشان می‌دهد که دانش‌آموز آنگاه موضوعی را درک کرده و آن را باور کرده و فراموش نمی‌کند، که خود شخصاً با مسیر فکری خود، به آن اندیشیده باشد.

اندیشیدن شخصی یعنی: زندگی کردن با یک مفهوم، یعنی همراه مفهوم به خواب برویم، همراه آن از خواب برخیزیم، مفهوم را با خود به محیط‌های مختلف با مؤلفه‌هایی متفاوت ببریم، آن را در معرض چالش‌های مختلف قرار دهیم... فکر کردن شخصی، نیازمند جغرافیا و تاریخ خاصی نیست، باید بیاموزیم که اندیشیدن بخشی جدایی ناپذیر از لحظات و زندگی ماست. معلم نباید فکر کند با دقایقی فرصت دادن به دانش‌آموز، در واقع فرصت اندیشیدن شخصی برای او ایجاد کرده است.

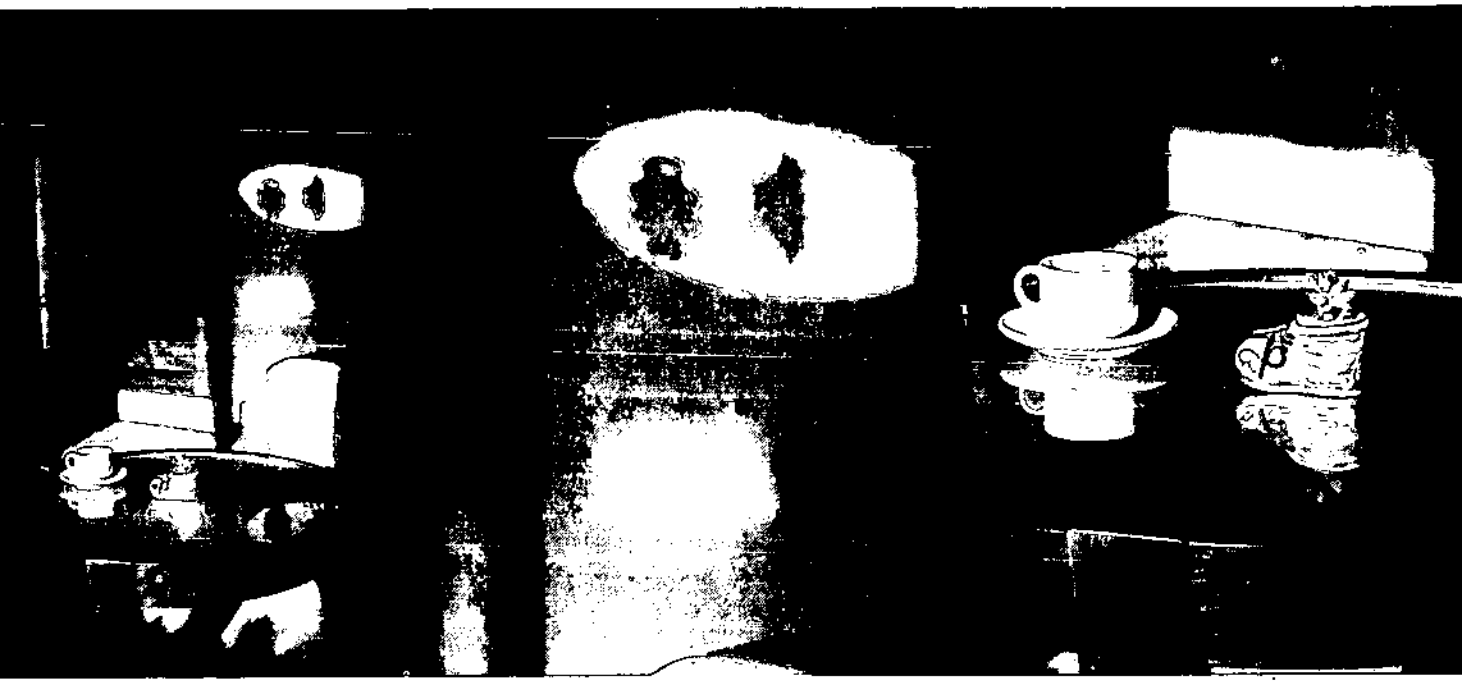
مجموعه‌ی شرایط محیط آموزشی و مؤلفه‌های آن باید به گونه‌ای باشد که این فرصت اندیشیدن شخصی در تمام لحظات فرایند یادگیری وجود داشته باشد. همان طور که اشاره شد، اندیشیدن نیازمند زمان خاص نیست. باید بیاموزیم بیان هیچ واژه‌ای و انجام هیچ اقدامی بدون اندیشیدن معنا ندارد. از این منظر یکی از وظایف محیط آموزشی، آموزش: «اندیشه‌های همیشه همراه» است. یعنی اندیشیدنی که هیچ‌گاه از ما جدا نمی‌شود. یعنی این که وجود ما بدون «اندیشیدن» معنایی نخواهد داشت. اگر قرار است در فرایند یادگیری، معلم به جای دانش‌آموز فکر نکند، باید زمینه‌های لازم برای فعال شدن اندیشه شخصی دانش‌آموز فراهم شود. باید صبور بود و آموخت که: چگونه می‌توان صدای اندیشیدن یک فرد را تشخیص داد و از شنیدن این صدا، بتوان مسیر اندیشیدن او را یافت، در این مسیر با او «همراه» شد. اگر این مسیر هموار نیست، اشکالاتی دارد، از نظر ما مطلوب نیست، او را رها نه کنیم! قرار نیست ما به جای او فکر کنیم! اگر ما به جای او فکر کنیم، تمام کلاس و فضای آموزشی را با صدای افکار خودمان پُر کرده‌ایم، آن‌قدر که دیگر صدای اندیشیدن دیگری طنین نخواهد افکند. این محیط آموزشی، محیط دانش‌آموز نیست، از جنس اندیشه‌ی او نیست. احساس و مطلوبیت‌های او را ندارد... این محیط، محیط معلم است! با مؤلفه‌های تفکر یک معلم. بگذاریم در فضای کلاس، صدای اندیشیدن‌هایی متفاوت و متنوع طنین انداز شود. بدین ترتیب است که دانش‌آموزان، صدای اندیشه‌ی آشنای خود را در این فضا می‌شنوند، پس محیط آموزشی را از خود می‌دانند، با آن بیگانه نخواهند بود. آن‌جا احساس آشنای آرامش و امنیت را خواهند داشت، چون آن را از جنس خود می‌دانند. و مدیریت معلم یعنی این که: از آن همه صدای متنوع در اندیشیدن، بتوان هماهنگی مطلوب و زیبایی ایجاد کرد، به طوری که برآیند این صداها، ندایی آرام‌بخش از اندیشیدن باشد، صدای اندیشیدنی که همه‌ی ما در ساختن آن سهیم بوده‌ایم و برایمان آشناست... و این گونه است که دانش‌آموز، «اندیشه شخصی» را به تدریج می‌آموزد.

آیا تصویر مجازی سایه می‌افکند؟

مویکا چیچ
ترجمه: سلیمان رسولی- لاله حسن ریحانی
آموزش و پرورش استان آذربایجان غربی (شهرستان مهاباد)

گرچه سایه‌ها و بازتاب‌های نور، پدیده‌های قابل مشاهده‌ی روزمره هستند که برای یک معلم فیزیک توجیه و تفسیر نسبتاً ساده‌ای دارند، اما در عین حال می‌توانند مشاهده‌های جالبی را عرضه کنند. در این مجال، ما درباره‌ی سایه‌ی مضاعف (دوگانه) بحث می‌کنیم. مناسب‌ترین و بهترین حالت مشاهده‌ی این پدیده هنگامی است که یک شیء بر روی آینه‌ای گذاشته شود و آینه به‌وسیله‌ی نور خورشید یا یک چشمه‌ی نور فاقد واگرایی، مانند یک پروژکتور اُورهِد روشن شود.

در پس این پرسش که «آیا تصویرهای مجازی سایه می‌افکنند؟» ماجرایی وجود دارد. در یک بعداز ظهر آفتابی در فصل زمستان، من و شوهرم داشتیم قهوه‌ی عصرانه صرف می‌کردیم. فنجان‌های قهوه روی میزی بودند که یک سطح شیشه‌ای صاف و صیقلی داشت. ما در عرض جغرافیایی ۴۵° شمالی زندگی می‌کنیم و پنجره‌ی اتاق نشیمن ما رو به جنوب است. در فصل زمستان، وقتی خورشید به اندازه‌ی کافی پایین می‌آید، پدیده‌ای به شرح زیر قابل مشاهده است: نکته‌های جالب توجه زیادی در شکل ۱ وجود دارد. اولاً، یک لکه‌ی بزرگ و روشن روی دیوار در نتیجه‌ی بازتاب نور از سطح شیشه‌ای است. سطح بالایی سطح میز صاف و صیقلی و سطح پایینی آن زبر و ناهموار است. ثانیاً، بازتاب نور از سطح، باعث ظاهر شدن تصویرهای آینه‌ای اشیأ روی میز می‌شود. هر دو جسم تصویرهای آینه‌ای مجازی و با سمتگیری رو به پایین هستند. بازتاب دیگری نیز دیده می‌شود. در لبه‌ی راست میز، تصویر آینه‌ای مجازی دیوار همراه با لکه‌ی روشن و تابان دیده می‌شود. دو مشاهده‌ی اول را می‌توان بر مبنای بازتاب نور به سادگی توضیح داد، اما مشاهده‌ی سوم معماگونه و حیرت‌انگیزتر است.

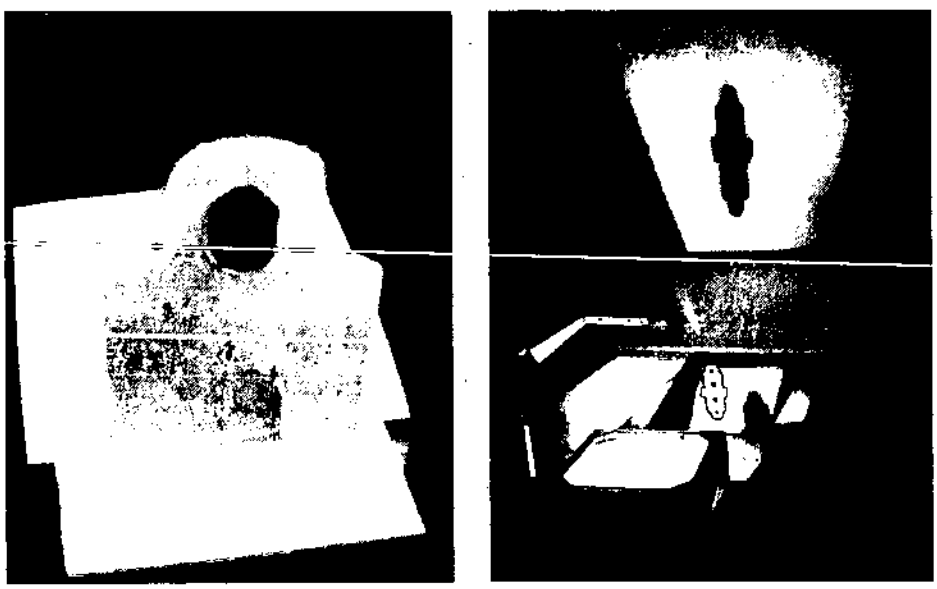


شکل ۱ . لکه‌ی روشن روی دیوار را نور بازتابیده از شیشه تولید کرده است . (سمت چپ)؛ سایه‌ی مضاعف (وسط) و اشیاء با تصویرهای آینه‌ای (سمت راست)

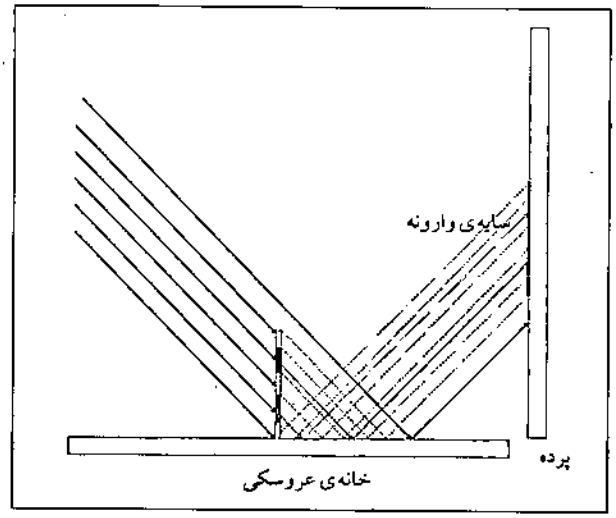
در داخل لکه‌ی روشن روی دیوار (شکل ۱ ، تصویر وسط) سایه‌ی جسم روی میز دیده می‌شود . به هر حال ، شکل سایه مضاعف شده است . و دو سایه تصویر آینه‌ای یکدیگرند . شکل سایه ، به جسم و تصویر آینه‌ای آن بر روی میز شباهت دارد (شکل ۱ ، سمت راست) . به نظر می‌رسد هم جسم و هم تصویر آینه‌ای آن در داخل لکه‌ی روشن سایه می‌افکنند .

برای شبیه سازی و دوباره ساختن این پدیده در آزمایشگاه ، یک خانه‌ی عروسکی که خود سایه می‌افکند ، به کار برده شد که این امکان را فراهم می‌ساخت تا پرتوهای نور نشانه گذاری شوند . خانه‌ی عروسکی شامل دو قسمت است : قسمت بالایی آن سوراخی داشت که با یک صافی قرمز رنگ پوشانده شده بود و قسمت پایینی آن با یک صافی سبز رنگ پوشانده شده بود . (شکل ۲ ، سمت چپ) .

باریکه‌ی پهن نور خروجی از پروژکتور اُورهِد نشانگر نور



شکل ۲ . سمت چپ : یک خانه‌ی عروسکی که خود سایه می‌افکند . سمت راست : مدلی برای مشاهده‌ی «قهوه‌ی عصرانه»



شکل ۳. سمت چپ: سایه‌ی جسم وارونه است. سمت راست: نمودار پرتوها برای یک سایه‌ی وارونه (معکوس). نور سفید پس از عبور از صافی، رنگی می‌شود و پرتو نور را علامت‌گذاری می‌کند.

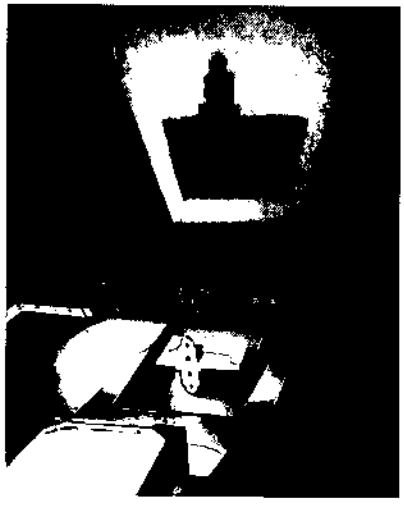
خورشیدی بود که از پنجره‌ی اتاق وارد می‌شد. نور از آینه‌ی روی میز بین پروژکتور و وایت‌بردی که به جای پرده به کار رفته بود، باز می‌تابید. آینه نشانگر سطح شیشه‌ای صاف و صیقلی میز بود. لکه‌ی نورانی به شکل آینه که روی پرده ظاهر می‌شد دقیقاً به همان شیوه‌ای بود که لکه‌ی روشن روی دیوار خانه‌ی ما ظاهر شده بود. خانه‌ی عروسکی هم جایگزین فنجان‌های روی میز شده بود.

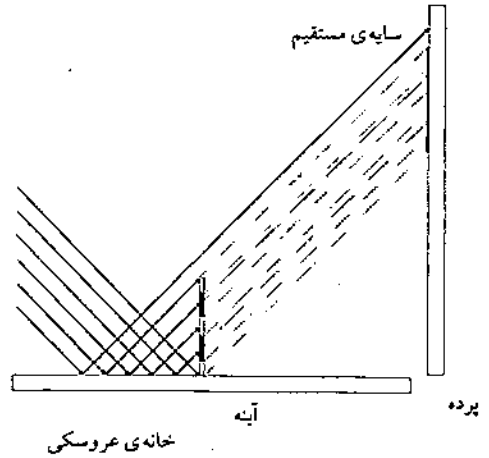
دو سایه، یکی مستقیم و دیگری وارونه در لکه‌ی نورانی بازتابیده ظاهر می‌شد. چون از بازتاب نور از سطح آینه جلوگیری به‌عمل آمده بود، سایه به وضوح دیده می‌شد. ولی چرا دو سایه وجود دارد؟

بگذارید ابتدا پرسش اول را پاسخ دهیم: آیا تصویر مجازی سایه می‌افکند؟ با پوشانیدن بخشی از آینه که رو به پروژکتور اُورهِد است، به محض این‌که سطح غیر بازتابنده‌ی پوشش نور را جذب کند، تصویر خانه‌ی عروسکی در آینه‌ی افقی ناپدید می‌شود. (نگاه کنید به طرف چپ شکل ۳). یک سایه‌ی خانه‌ی عروسکی که وارونه است، روی پرده باقی می‌ماند. این همان سایه‌ی جسم است که به نوری که مستقیماً بر خانه‌ی عروسکی می‌تابد، باز تولید کرده است.

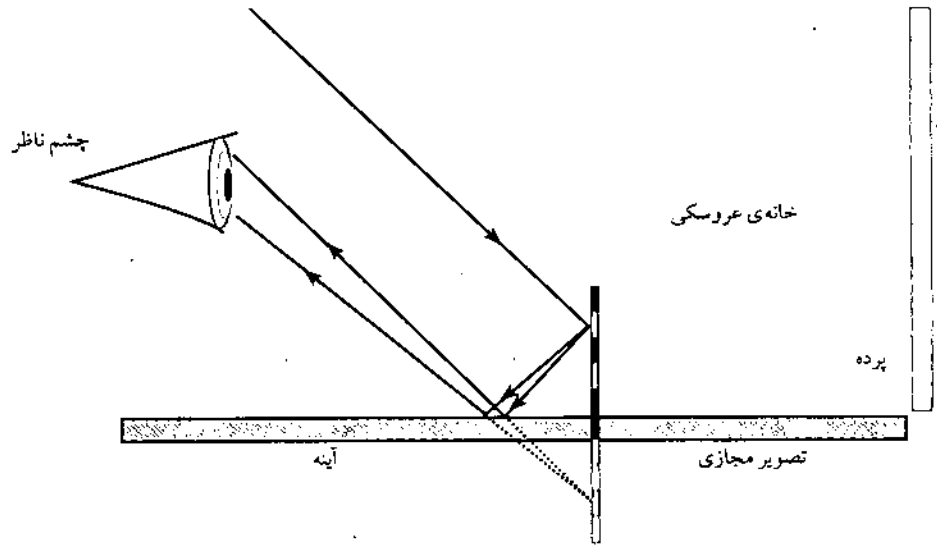
سپس، با پوشانیدن بخشی از آینه که پشت خانه‌ی عروسکی است، از بازتاب نور پشت خانه‌ی عروسکی جلوگیری به‌عمل می‌آید. اکنون تصویر خانه‌ی عروسکی در آینه به وضوح دیده می‌شود. نور فقط می‌تواند از آن قسمتی از آینه بازبتابد که در جلوی خانه‌ی عروسکی قرار دارد. نتیجه‌ی آن در شکل ۴ (سمت چپ) دیده می‌شود. سایه همان سمتگیری خانه‌ی عروسکی را دارد.

در صورتی که شخص این «قاعده» را بسط دهد که سایه و





شکل ۴. سمت چپ: از بازتاب نور فضای پشت خانه‌ی عروسکی جلوگیری می‌شود. اینک تصویر آینه‌ای خانه‌ی عروسکی به وضوح قابل مشاهده است. سمت راست: نمودار پرتوهای مربوط به سایه‌ی مستقیم.



شکل ۵. نمودار پرتوها برای مشاهده‌ی جسم و تصویر مجازی آن. یک چشم برای روشنی مطلب اضافه شده است و پرده برای مقایسه‌ی راحت‌تر با شکل‌های قبلی باقی مانده است.

«چشمه‌ی» مولد آن سمتگیری‌های خلاف هم دارند، خیلی راحت می‌توان سایه‌ی مستقیم نسبت جسم در شکل ۴ را به صورت سایه‌ی تصویر مجازی، به غلط تفسیر کرد. برای اجتناب از این بدفهمی در نظر گرفتن آرایش تصویر مجازی خانه‌ی عروسکی ارزشمند است.

این درنتیجه نوری است که در همه‌ی جهت‌ها از روی سطح ناهموار خانه‌ی عروسکی بازتابیده است. بخشی از آن دوباره از سطح قسمت نزدیک آینه بازتابیده است، و بعضی از این پرتوها سرانجام به چشم ناظر می‌رسند بنابراین تصویر حقیقی روی شبکیه‌ی چشم تشکیل می‌شود و به صورت تصویر مجازی وارونه‌ی خانه‌ی عروسکی در آینه تشخیص داده می‌شود. (شکل ۵)

اگرچه معمولاً گمان می‌رود که در تدریس سایه‌ها، اطلاعات جدید و اندکی می‌تواند به دانسته‌های ما افزوده شود، ولی چشم یک فیزیکدان می‌تواند پدیده‌های بسیار جالبی را در این مبحث مشاهده کند. سایه‌ی مضاعف نیز در هنگامی که نور از سطح آینه‌ای بازمی‌تابد که روی آن اشیائی قرار گرفته‌اند، قابل مشاهده است. سایه‌ی مضاعف را می‌توان به راحتی غلط تفسیر کرد و آن را سایه‌ی تصویر مجازی در نظر گرفت که آینه دیده می‌شود.

منبع:

Physics Education, July 2006

هفت دستورالعمل برای یادگیری مؤثر

جی. مک تیگه و کن اوکانر
ترجمه: طاهره رستگار

معلمان در تمام حوزه‌ها می‌توانند این هفت دستورالعمل ارزشیابی و درجه‌بندی را برای ارتقای کیفیت یادگیری و یاددهی به کار گیرند.

شیوه‌های مناسب سنجش و رتبه‌بندی نه‌تنها توان بالقوه‌ی اندازه‌گیری و گزارش آموخته‌ها را دارند، بلکه می‌توانند برای ارتقای آن نیز به‌کار روند. در واقع پژوهش جدیدی مزایای ارزشیابی تشخیصی و تکوینی را به‌عنوان بازخوردی برای یادگیری به‌اثبات رسانده‌اند (Black, et al, 2004) معلمان خوب، درست مانند مربیان موفق ورزشی، به اهمیت سنجش‌های مستمر و نقش آن در اصلاح مداوم برنامه‌ی تدریس معلم و شیوه‌ی کار دانش‌آموز برای رسیدن به بهترین عملکرد آگاهی دارند. برخلاف سنجش‌های استاندارد پایانی که بیشتر ویژگی بارز مدرسه را نشان می‌دهند. سنجش‌های کلاسی خوب طراحی شده و رتبه‌بندی بر مبنای آن می‌تواند اطلاعات دقیق، شخصی، و به‌هنگام برای هدایت فرایند یاددهی و یادگیری را تأمین کند.

سنجش‌های کلاسی می‌توانند به یکی از سه شکل زیر باشند که هر کدام از آن‌ها در خدمت هدفی متفاوت هستند. سنجش‌های جمع‌بندی (پایانی)[1] که آموخته‌های دانش‌آموزان را در پایان یک دوره‌ی آموزشی جمع‌بندی می‌کنند. این سنجش‌ها اغلب برای ارزشیابی به‌کار می‌روند و معمولاً نتیجه‌ی سنجش را به‌صورت نمره یا رتبه گزارش می‌کنند. امتحان‌های معمول، تکالیف عملی امتحانات نهایی، پروژه‌های جامع و پوشه کارنما مثال‌های آشنایی از سنجش جمع‌بندی (پایانی) هستند. این نوع سنجش به دلیل این‌که نتیجه‌ی کار دانش‌آموز را به‌صورت کارنامه ارائه می‌دهد توجه دانش‌آموزان و اولیای آن‌ها را به خود جلب می‌کند. اما، این نوع سنجش به‌تنهایی نمی‌تواند ابزار مناسبی برای بهینه‌سازی یادگیری باشد. زیرا برای آگاهی از چگونگی یادگیری دانش‌آموزان باید تا پایان دوره‌ی آموزشی صبر کرد و این صرفاً خیلی دیر است.

دو نوع سنجش کلاسی دیگر تشخیصی[2] و تکوینی[3] هستند که سوخت لازم برای موتور محرک فرایند یاددهی و یادگیری را از طریق بازخوردهای توصیفی در طول فرایند تأمین می‌کنند. آزمون‌های تشخیصی که گاهی آن را پیش‌آزمون می‌نامند، معمولاً قبل از آموزش صورت می‌گیرد و معلم از آن برای به دست آوردن اطلاعات کافی در مورد سطح فعلی دانش و مهارت و آگاهی از برداشت‌های نادرست فراگیران، و زمینه‌ی علاقه‌ی آنان، و تعیین اولویت‌های روش آموزش استفاده می‌کند. آزمون‌های تشخیصی به معلم اطلاعات کافی می‌دهد تا طرح درس مناسبی بریزد و از شیوه‌های متفاوت تدریس استفاده کند. مثال‌های سنجش تشخیصی شامل سنجش دانش و مهارت اولیه‌ی فراگیران و شناخت زمینه‌های مناسب برای آموزش آنان است. از آن‌جا که پیش‌آزمون دارای هدف‌های تشخیصی است، معمولاً معلمان به نتیجه‌ها نمره نمی‌دهند.

سنجش تکوینی (مستمر) همزمان با فرایند آموزش صورت می‌گیرد. این نوع سنجش مستمر هم به معلم و هم به دانش‌آموز بازخورد مناسب برای بهبود آموزش را می‌دهد و سنجش تکوینی، که می‌تواند رسمی یا غیررسمی باشد، آزمونه‌های[4] بدون نمره، پرسش‌های شفاهی، مشاهده‌ی تکالیف دانش‌آموزان، بلندبلند

فکر کردن آن‌ها، نقشه‌های مفهومی دانش‌آموز ساخت، گزارش‌های کار، و مرور پوشه کارنما را در بر می‌گیرد. گرچه ممکن است معلم نتیجه‌های ارزشیابی تکوینی (مستمر) را ثبت کند، اما نباید نتیجه‌ی آن را در سنجش پایانی و رتبه‌بندی دخالت دهد.

با توجه به این سه شیوه‌ی سنجش و رتبه‌بندی، بیایید با هم هفت روش ارزشیابی و رتبه‌بندی خاص را که می‌توانند باعث ارتقای کیفیت یاددهی و یادگیری شوند با هم مرور کنیم.

دستورالعمل اول: از سنجش پایانی برای تدوین هدف‌های عملکردی معنادار بهره بگیرید

در اولین روز از سه هفته‌ای که قرار بود واحد تغذیه در یک کلاس راهنمایی تدریس شود، معلم دو روش ارزشیابی پایانی مورد استفاده‌ی خود را برای دانش‌آموزان شرح می‌دهد. ارزشیابی اول از طریق آزمون چندگزینه‌ای انجام می‌شود تا وی بتواند اطلاعات دانش‌آموزان از علم تغذیه و مهارت‌های اولیه‌ی آن‌ها را در تجزیه و تحلیل برچسب‌های مواد غذایی بسنجد. ارزشیابی دوم مربوط به عملکرد صحیح است که در آن هر دانش‌آموز یک برنامه‌ی غذایی مناسب برای یک سفر قریب‌الوقوع دو روزه‌ی علمی را در یک مجتمع آموزشی، در فضای آزاد تنظیم می‌کند. این برنامه غذایی باید شامل هم غذاهای اصلی باشد و هم میان‌وعده‌های متوازن و مغذی».

تأکید جاری در تعیین استانداردهای محتوای تثبیت‌شده بیشتر توجه خود را بر آموزش دانش و مهارت‌های مشخص متمرکز می‌سازد. برای اجتناب از خطر در نظر گرفتن استانداردها و معیارها به‌عنوان محتوایی ایستا که باید از آن حفاظت کرد. مدرسان باید این استانداردها و معیارها را براساس عملکرد ایده‌آل تنظیم کنند تا اطمینان یابند که این عملکرد حتی‌الامکان صحیح است. سپس باید در شروع واحد یا درس جدید چگونگی سنجش پایانی را به دانش‌آموزان ارایه کنند.

این کار سه امتیاز دارد، اولاً، سنجش پایانی استانداردها و معیارهای مورد نظر را برای معلم و دانش‌آموز روشن و شفاف می‌سازد. نقش سنجش در آموزش استاندارد مدار آن است که تعیین کند آیا استانداردها تحقق یافته‌اند. آیا دانش‌آموزان محتوای استانداردها و معیارها را یاد گرفته‌اند. مثال توصیفی تغذیه روشنگر است. وقتی معلم از ابتدا مشخص کند که در سنجش نهایی چه مواردی را خواهد سنجید، دانش‌آموزان بهتر می‌توانند بر آنچه باید یاد بگیرند (اطلاعات در مورد تغذیه‌ی سالم) و آنچه قرار است براساس آموخته‌ها انجام دهند (طراحی یک برنامه‌ی غذایی مغذی) تمرکز کنند.

ثانیاً، سنجش عملکردی شواهدی را در اختیار می‌گذارد که ادراک را نشان می‌دهد. وقتی صحبت از کاربرد صحیح به میان می‌آید، منظورمان به‌هیچ‌وجه یادآوری اطلاعات ابتدایی و یا بیان طوطی‌وار فرمول‌ها نیست، بلکه می‌خواهیم دانش‌آموز آموخته‌های خود را به‌کار برد- یعنی آنچه را می‌داند در موقعیتی جدید به کار برد. معلمان باید شرایط واقعی و صحیحی را برای سنجش فراهم سازند که به دانش‌آموزان امکان دهد تا آموخته‌های خود را با تفکر و انعطاف‌پذیری به‌کار برند، درنتیجه میزان درک خود را از استانداردهای محتوایی ارایه کنند.

ثالثاً، وقتی معلم در ابتدای یک واحد درسی انتظار خود از دانش‌آموزان را در قالب یک فعالیت عملکردی بیان می‌کند، درواقع یادگیری را برای دانش‌آموزان معنادار می‌سازد. درست مثل کاری که یک مربی ورزشی انجام می‌دهد. وی نه‌تنها همواره در پی آن است که مهارت بازیکنان را در بازی کردن بهتر کند، بلکه مرتب هدف نهایی بازی را برای بازیکنان یادآور می‌شود. اغلب تدریس در کلاس و سنجش‌ها بر تمرین‌هایی تأکید بسیار می‌کنند که ارتباطی به متن ندارند و فرصت چندانی را برای این‌که فراگیران به واقع بازی کنند فراهم نمی‌آورند. چند نفر از بازیکنان فوتبال ضربه‌های کورنر یا سریع دویدن را تمرین می‌کنند، اگر نخواهند خود را برای مسابقه‌ی بعدی آماده سازند؟ یا چند شناگر در تمرین‌های مستمر شرکت می‌کنند اگر نخواهند در مسابقه‌ای رقابتی شرکت کنند؟ عملکرد صحیح هدفی ارزشمند را در اختیار می‌گذارد و به فراگیران کمک می‌کند تا دلیل یادگیری آنچه را می‌آموزند مشاهده کنند.

دستورالعمل ۲: ملاک‌ها و مدل‌ها را از قبل نشان دهید

یک دبیر ادبیات در ابتدای درس خود خلاصه‌ای از تکالیف عملکرد پایانی را که دانش‌آموزان باید در یک واحد پژوهشی انجام دهند و شامل دستورالعمل قضاوت درباره‌ی کیفیت عملکرد است می‌نویسد و بین آنان توزیع می‌کند. به‌علاوه، مثال‌هایی از کارهای دانش‌آموزان سال‌های قبل (بدون ذکر نام آن‌ها) را نشان می‌دهد تا ملاک سطوح عملکرد را نشان دهد. در طول تدریس هم معلم مثال‌ها و ملاک‌هایی از عملکرد دانش‌آموزان سال‌های قبل را برای آشنایی بهتر دانش‌آموزان از ماهیت کارهای با کیفیت و پشتیبانی تدریس خود با مهارت‌های پژوهشی و گزارش‌نویسی ذکر می‌کند.

سنجش دیگری که از یادگیری پشتیبانی می‌کند، شامل ارائه‌ی ملاک‌ها و مدل‌های کاری است که سطوح مختلف کیفیت را نشان می‌دهند. سنجش عملکرد معتبر، برخلاف آزمون‌های چندگزینه‌ای، کوتاه‌پاسخ، باز پاسخ هستند یعنی، پاسخ منحصربه‌فرد، فقط یک پاسخ صحیح یا فقط یک راه‌حل ندارند. درنتیجه، معلم نمی‌تواند با یک کلید پاسخ و ماشین‌وار به دانش‌آموزان نمره دهد، بلکه باید محصول کار و عملکرد آن‌ها را صرفاً براساس معیارهای تعریف‌شده ارزیابی کند.

فرم‌هایی[5] که امروزه در مقیاس وسیع به‌عنوان ابزار سنجش

شکل ۱ـ فرم تحلیلی برای نمایش نموداری داده‌ها

	عنوان	برچسب‌ها	دقت	نظم و ترتیب
۱	نمودار حاوی عنوانی است که به روشنی می‌گوید داده‌ها چه چیزی را نشان می‌دهند. ☐	تمام بخش‌های نمودار (یکاهای اندازه‌گیری، ردیف‌ها و غیره) به درستی علامت‌گذاری شده‌اند. ☐	تمام داده‌ها به درستی روی نمودار نشان داده شده‌اند. ☐	نمودار بسیار منظم و خواندن آن راحت است. ☐
۲	نمودار حاوی عنوانی است که نشان می‌دهد داده‌ها چه چیزی را نشان می‌دهند. ☐	برخی از بخش‌های نمودار به صورت نادرست علامت‌گذاری شده‌اند. ☐	نمایش داده‌ها حاوی خطاهای جزیی است. ☐	به طور کلی نمودار منظم و قابل خواندن است. ☐
۳	عنوان معلوم نمی‌کند که داده چه چیزی را نشان می‌دهند یا عنوانی وجود ندارد. ☑	نمودار به صورت نادرست علامت‌گذاری شده است یا برچسب‌ها وجود ندارند. ☐	داده‌ها به صورت نادرست نشان داده شده‌اند، حاوی خطاهای عمده‌اند، یا وجود ندارند. ☐	نمودار پرپیچ و خم و خواندن آن دشوار است. ☐

دانش‌آموزان به کار می‌روند، یک معیار اندازه‌گیری (مثلاً، یک مقیاس چهارنقطه‌ای) به همراه توصیف ویژگی‌های هر امتیاز است. فرم‌هایی که خوب تنظیم می‌شوند می‌توانند ابعاد مهم یا اجزای کیفیت یک محصول یا عملکرد را به خوبی منتقل ساخته و به معلمان کمک کنند تا عملکرد دانش‌آموزان را به درستی ارزیابی کنند. وقتی یک گروه یا تیم یا بهتر از آن، تمام مدرسه یا ناحیه، از یک معیار مشخص مشترک برای قضاوت استفاده کنند، نتیجه‌های ارزشیابی سازگارتر خواهد بود، زیرا معیارهای عملکرد مستقل از معلم یا مدرسه می‌شود.

دانش‌آموزان نیز از این فرم بهره می‌گیرند، وقتی که آن‌ها از قبل از معیارهای عملکردشان آگاه باشند، در هنگام انجام کار هدف‌های مشخصی را دنبال خواهند کرد، زیرا ملاک‌هایی که به‌خوبی تعریف شده‌اند توصیف روشنی از کیفیت عملکرد در اختیار دانش‌آموزان می‌گذارد. دیگر لازم نیست که دانش‌آموزان نکته‌های مهم یا شیوه‌ی قضاوت معلم را حدس بزنند.

تهیه‌ی سرمشق برای دانش‌آموزان قبل از ارزشیابی گرچه لازم است، اما، اغلب برای حمایت از آن‌ها در فرایند یادگیری کافی نیست. گرچه، معلمان باتجربه، اغلب برداشت روشنی از مفهوم کار کیفی دارند، اما دانش‌آموزان الزاماً چنین نیستند. اگر معلمان مثال‌هایی را به دانش‌آموزان نشان دهند که هر دو نوع کارهای عالی و ضعیف را به نمایش می‌گذارد، آن‌ها به احتمال زیاد بازخوردها و ارزشیابی‌ها را بهتر درک می‌کنند. این مدل‌ها باعث می‌شوند که زبان خشک و مجرد فرم برای فراگیران قابل درک و ملموس شود.

از سوی دیگر، معلمان نگران آن هستند که دانش‌آموزان مثال‌ها را صرفاً تقلید یا کپی کنند. یک نگرانی دیگر آن است که نشان دادن مدل عالی (که گاهی سرمشق خوانده می‌شود) باعث بی‌اثر شدن خلاقیت آن‌ها شود. اما، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که اگر مثال‌ها متنوع باشند این اتفاق نمی‌افتد. وقتی دانش‌آموزان چند نمونه‌ای را مشاهده کنند که نشان می‌دهد دانش‌آموزان مختلف به راه‌های بی‌نظیر به سطح بالایی از عملکرد دست یافته‌اند، احتمال این‌که رویکرد کلیشه‌ای را دنبال کنند کمتر می‌شود. به علاوه، وقتی دانش‌آموزان مثال‌های مختلف از کارهای با کیفیت متفاوت از بسیار ضعیف تا بسیار قوی را بررسی و مقایسه کنند، بهتر می‌توانند تفاوت‌ها را دریابند و این مدل‌ها دانش‌آموزان را قادر می‌سازد تا خود را بهتر ارزیابی و کار خود را قبل از تحویل دادن تا حدامکان اصلاح کنند.

دستورالعمل ۳: پیش از تدریس ارزیابی کنید.

یک معلم پیش‌دبستان قبل از شروع تدریس «حس‌های پنج‌گانه» از هر یک از کودکان می‌خواهد تا تصاویر بخشی از بدن را که به حس‌های مختلف مربوط می‌شود رسم کنند و نشان دهند که هر بخش از بدن چه کاری را انجام می‌دهد. او این فرایند را با رسم تصویر یک چشم روی تخته مدل‌سازی می‌کند و می‌گوید «چشم به ما کمک می‌کند تا چیزهای اطراف خود را ببینیم» وقتی کودکان مشغول رسم تصویرها هستند، معلم در کلاس می‌چرخد، و گاهی برای مطرح ساختن پرسش‌های روشنگر توقف می‌کند، «می‌بینم که یک بینی کشیده‌ای، بینی برای چه‌کاری به ما کمک می‌کند؟» معلم بر مبنای اطلاعاتی که در حین انجام کار درباره‌ی شاگردان به دست آورده است آن‌ها را به دو گروه تقسیم می‌کند تا با آن‌ها به شیوه‌های متفاوت کار کند. در پایان درس، معلم از شاگردان

می‌خواهد که یک نقاشی دیگر را با همان هدف بکشند. سپس با مقایسه‌ی این نقاشی با نقاشی اول شواهدی از پیشرفت آن‌ها به دست می‌آورد.

ارزشیابی تشخیصی درست به اندازه‌ی معاینه‌ی قبل از تجویز رژیم مناسب اهمیت دارد. در شروع هر درس، شاید برخی از دانش‌آموزان به مهارت‌هایی که معلم قصد مطرح کردنش را دارد مسلط باشند، و تعدادی نیز مفاهیم کلیدی را به‌خوبی درک کنند. همین طور، ممکن است تعدادی از آن‌ها پیش نیازهای لازم برای آموزش جدید را نداشته باشند و مواردی را به درستی نفهمیده یا غلط یاد گرفته باشند. آزمون تشخیصی به معلم امکان می‌دهد تا در شروع تدریس با دانستن این که باید به چه کمبودهایی بپردازد و از چه چیزهایی که قبلاً شناخته شده‌اند بگذرد، شناخت بهتری از آنچه باید آموزش دهد به دست آورد. و با گروه‌بندی بداند که چگونه درس و فعالیت‌ها را شروع کند تا مبتنی بر شیوه‌های یادگیری برتر و علاقه‌مندی‌ها باشد و محتوای درس را به استعدادها و علاقه‌های دانش‌آموزان مرتبط سازد، معلم می‌تواند از راهبردهای مختلف برای انجام این پیش-آزمون استفاده کند که شامل پیش-آزمون‌های دانش محتوایی، ارزیابی مهارت‌ها، نقشه‌های مفهومی، نقاشی‌ها و یا جدول K-W-L[۶] (می‌دانم، می‌خواهم بدانم، یاد گرفتم) است. از سوی دیگر پیش-آزمون این توان بالقوه را دارد که به موارد نگران‌کننده‌ای بپردازد که در بررسی‌های مستمر و فزاینده گزارش داده می‌شود (Brandsford, Brown & Cocking 1991; Gardner, 1991) تعداد قابل ملاحظه‌ای از دانش‌آموزان با درک ناقص و نادرست از مفاهیم علمی وارد مدرسه می‌شوند (مثلاً، این‌که اجسام سنگین‌تر زودتر از اجسام سبک سقوط می‌کنند) و همین طور، در مورد خودشان به عنوان کسی که یاد می‌گیرد. مثلاً، فکر می‌کنند هرگز نمی‌توانند یاد بگیرند که نقاشی کنند. اگر معلمان این بدفهمی‌ها را مشخص و برطرف نکنند، آن موارد، حتی با آموزش مناسب، ماندگار می‌شوند. برای کشف این بدفهمی‌ها معلم می‌تواند آزمونه‌ای تشخیصی طراحی کند که در آن از دانش‌آموزان بخواهد تعیین کنند کدام مورد درست یا نادرست است. از این طریق می‌تواند با توجه به هدف‌های آموزشی خود بدفهمی آن‌ها را به‌درستی بشناسد و درجهت رفع آن بکوشد. در آینده، با در اختیار قرار گرفتن هرچه بیشتر ابزارهای الکترونیکی قابل حمل برای پردازش پاسخ‌های دانش‌آموزان، معلمان می‌توانند اطلاعات را فوراً به‌دست آورند.

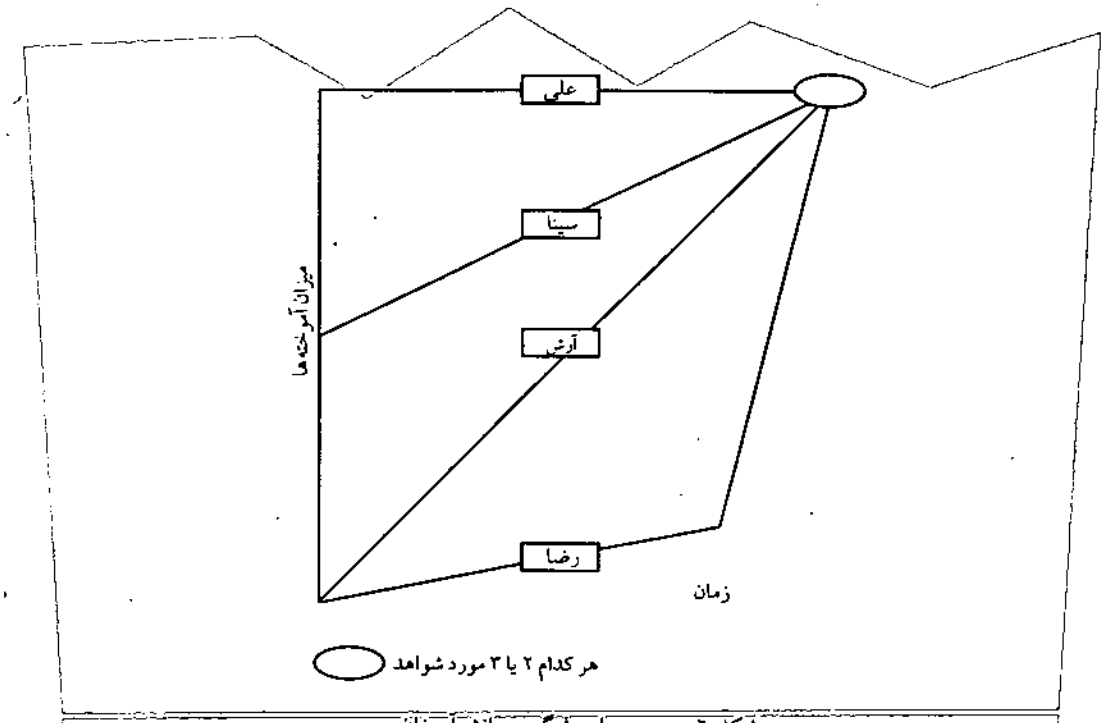
۱۲ دستورالعمل ۴: انتخاب‌های مناسب را پیشنهاد کنید

به‌عنوان بخشی از برنامه‌ای که به ارزشیابی یک واحد اصلی درس تاریخ و جغرافیای ایالت می‌انجامد، معلم کلاس چهارم باید به کمک دانش‌آموزان نمایشگاهی را ترتیب دهد. این نمایشگاه باید پاسخگوی این پرسش اساسی درس باشد: چگونه وضعیت جغرافیایی، آب و هوا، و منابع طبیعی در شیوه‌ی زندگی، اقتصاد، فرهنگ، و زندگی اجتماعی مردم تأثیر می‌گذارد؟ اولیا و دانش‌آموزان کلاس‌های دیگر از این نمایشگاه بازدید می‌کنند. دانش‌آموزان در انتخاب آنچه می‌خواهند به نمایش بگذارند آزادند، این آزادی به آن‌ها امکان می‌دهد تا قابلیت‌های خود را به نمایش بگذارند. معلم بدون توجه به آنچه دانش‌آموز انتخاب کرده است از دستورالعمل مشترکی برای ارزیابی پروژه‌ها استفاده می‌کند، نمایشگاه حاصل حاوی انواع زیادی از محصولات منحصربه‌فرد و آموزنده‌ای است که آموخته‌های آن‌ها را نشان می‌دهد.

تفاهم در سنجش به اندازه‌ی تفاهم در شیوه‌ی آموزش اهمیت دارد، دانش‌آموزان نه تنها در روش پردازش داده‌ها بلکه در شیوه‌ی ارائه‌ی آموخته‌هایشان نیز با یکدیگر تفاوت دارند. بعضی دانش‌آموزان نیاز دارند که کار «انجام دهند»، برخی دیگر در بیان شفاهی مطالب ماهرند، و بعضی در نمایش‌های بصری مهارت دارند، پاره‌ای هم خیلی خوب می‌نویسند. برای این‌که معلم در یاد دادن به نتیجه‌های بهتری برسد، باید بگذارد دانش‌آموزان در حوزه‌ی توانایی‌های خود کار کنند. یک رویکرد استاندارد در سنجش کلاسی ممکن است کارآمد باشد، ولی عادلانه نیست. زیرا هر قالبی را که معلم انتخاب کند، فقط برای برخی از دانش‌آموزان مناسب است و بقیه را مجازات می‌کند.

سنجش وقتی پاسخگو می‌شود که دانش‌آموزان حق انتخاب‌های مختلفی را برای نشان دادن معلومات، مهارت‌ها، و شناخت خود داشته باشند. به دانش‌آموزان حق انتخاب بدهید- اما همواره به قصد گردآوری دلایل و شواهد مناسب مبتنی بر هدف‌ها. در مثال مربوط به پروژه‌ی نمایشگاه دانش‌آموزان کلاس چهارم، معلم می‌خواست دانش‌آموزان شناخت خود از رابطه‌ی بین جغرافیا و اقتصاد را به نمایش بگذارند. این کار را می‌شد از طریق نوشتن مقاله‌ای برای روزنامه، یک شبکه‌ی مفهومی، نرم‌افزار رایانه‌ای، نمودار مقایسه‌ای، یا شبیه‌سازی مصاحبه‌ی رادیویی انجام داد. وقتی به دانش‌آموزان این حق انتخاب‌ها داده شود، آن‌ها بیشتر تلاش می‌کنند و کار با کیفیت‌تری را ارائه می‌دهند. در این موارد مبنای قضاوت معلم معیاری است که بر صحت، محتوا، روشن و شفاف بودن توضیح‌ها و کیفیت کمی محصول تأکید دارد.

رعایت احتیاط در سه مورد زیر ضروری است. اولاً، معلمان باید به جای مطرح ساختن فهرستی «خشک» از گزینه‌های سنجش، دلیل‌های مناسب و مبتنی بر هدف‌های آموزشی را گردآوری کنند. وقتی یک استاندارد محتوایی به مهارت در نحوه‌ی ارائه‌ی کتبی یا شفاهی تأکید دارد، در اختیار گذاشتن حق انتخاب‌هایی به غیر از



شکل ۲ . منحنی‌های یادگیری دانش‌آموزان
میزان آموخته‌های چهار دانش‌آموز در پایان یک دوره آموزشی یکسان است اما منحنی میزان آموخته‌های آنان با زمان بسیار متفاوت است.

آن‌هایی که در آن‌ها نوشتن یا صحبت کردن دخیل است مناسبتی ندارد، به‌استثنای مواردی که این اهداف برای دانش‌آموزان به‌وضوح نامناسب است (مثلاً، برای کسی که تازه شروع به آموختن زبان انگلیسی کرده است). ثانیاً، حق‌انتخاب‌ها باید ارزش صرف وقت و انرژی لازم را داشته باشند، مثلاً وقتی معلم می‌تواند با یک پرسش چندگزینه‌ای آموخته‌های محتوایی را به‌درستی بسنجد. ارائه‌ی کارهای سه‌بعدی و یا انیمیشن، یا استفاده از رایانه برای نشان دادن آموخته‌ها بی‌مورد است. به بیان خودمانی «در ارزشیابی‌های عملکرد، آب میوه باید ارزش چلاندن را داشته باشد.» ثالثاً، وقت و انرژی معلم محدود است. پس باید در تعیین این‌که در چه مواردی حق‌انتخاب محصول و عملکرد بدهد حساب‌شده عمل کند. باید بین انتخاب یک یا چند روش سنجش تعادلی سازنده برقرار ساخت.

دستورالعمل ۵: بازخوردهای زودهنگام و مکرر را تدارک ببینید

دانش‌آموزان یک مدرسه‌ی راهنمایی روش‌های نقاشی آبرنگ را می‌آموزند. معلم نقاشی آن‌ها را با روش‌های مختلف مخلوط کردن و استفاده از رنگ‌ها آشنا می‌سازد، و دانش‌آموزان شروع به‌کار می‌کنند. در هنگام نقاشی، معلم کار آن‌ها را زیر نظر دارد و مرتب به تک‌تک دانش‌آموزان و به کلاس بازخوردهای مناسب را می‌دهد. او اشتباه‌های مشترک مانند استفاده از رنگ زیاد و آب ناکافی را که باعث کاهش شفافیت کار می‌شود هدف قرار می‌دهد. دانش‌آموزان با بهره‌گیری از بازخورد مداوم معلم، بر روی کاغذهایی با اندازه‌ی کوچک یا متوسط تمرین می‌کنند. در کلاس نوبت بعد به آن‌ها فرصت کافی داده می‌شود تا روش‌های مختلف آبرنگ را بیاموزند و بتوانند به مهارت‌های مخلوط کردن رنگ و ایجاد لبه‌های هموار دست یابند، کلاس به یک جلسه‌ی بازخورد غیررسمی همسالان منتهی می‌شود. ترکیب آموزش مستقیم، مدل‌سازی، ایجاد فرصت‌هایی برای تمرینی و هدایت دانش‌آموزان با بازخورد مداوم، باعث بهبود مهارت و تقویت به‌وجود می‌آورد نتیجه‌ی کار می‌شود.

اغلب می‌گویند بازخورد صبحانه‌ی قهرمان است. هر نوع یادگیری چه در میدان مسابقه باشد یا در کلاس درسی، نیازمند بازخورد مناسب بر مبنای سنجش تکوینی و مستمر است. عجیب این‌که، بازخورد کیفی لازم برای ارتقای کیفیت یادگیری یا اصلاً وجود ندارد و یا میزان آن بسیار ناچیز است.

بازخورد مؤثر در یادگیری باید دارای چهار ویژگی زیر باشد: باید به‌موقع باشد، دقیق و مشخص باشد، برای دریافت‌کننده قابل فهم باشد، طوری باشد که دانش‌آموز بتواند خود را با آن تطبیق دهد (Wiggins, 1998). پس، اولاً بازخورد توانایی‌ها و نقطه‌های ضعف دانش‌آموز باید بی‌درنگ باشد تا سبب بهتر شدن کار او

شود. اگر قرار باشد دانش‌آموز برای اطلاع از نتیجه‌ی امتحان سه هفته صبر کند، بازخورد به آموزش کمک نمی‌کند.

به علاوه، شفافیت بازخورد کلید کمک به دانش‌آموز در جهت شناخت توانایی‌ها و حوزه‌هایی است که می‌تواند کارش را بهتر کند. بسیاری از معلمان نمره یا رتبه را بازخورد به حساب می‌آورند، در حالی که همه‌ی آن‌ها از آزمون و «بازخورد شفاف» ناموفق بیرون می‌آیند. نمره‌ی ۱۶/۵ یا رتبه‌ی خوب می‌تواند پیامی در حد «خوب بود» یا «می‌توانی بهتر شوی» داشته باشد و نه بیشتر. گرچه نمره‌ی خوب یا اظهارنظر مثبت احساس خوبی به دانش‌آموز می‌دهد ولی باعث رشد یادگیری او نمی‌شود. بازخورد مشخص، مانند آنچه در مثال زیر می‌آید، چیزی دیگر است:

مقاله‌ی پژوهشی شما به طور کلی خوب تنظیم شده و حاوی اطلاعات زیادی درباره‌ی موضوع است. شما از منابع مختلفی استفاده، و آن‌ها را به درستی ثبت کرده‌ای. با این همه، مقاله‌ی شما فاقد نتیجه‌گیری روشن است، و در واقع هرگز به پرسش اساسی پژوهش موردنظر پاسخ نداده‌ای.

گاهی زبان یک دستورالعمل برای دانش‌آموز نامفهوم است. معنی جمله‌هایی مثل «خوب تنظیم شده» یا «استدلال عالمانه» چیست؟ دستورالعمل‌هایی که به زبان بچه‌ها تنظیم شده باشد می‌تواند بازخورد را روشن‌تر و قابل فهم‌تر سازد. مثلاً، معلم به جای این‌که بگوید «فرایند استدلال خود را مستند کن»، می‌تواند بگوید «کارهایت را مرحله به مرحله نشان بده تا خواننده بفهمد چگونه فکر کرده‌ای».

در این‌جا یک آزمون سرراست برای دستگاه بازخورد را ذکر می‌کنیم: آیا فراگیران می‌توانند به‌دقت از بازخورد معین دریابند که چه کاری را خوب انجام داده‌اند و چه کاری را می‌توانند دفعه‌ی بعد بهتر انجام دهند؟ اگر چنین نیست، بازخورد شما دقیق و به اندازه‌ی کافی قابل فهم نیست.

سرانجام، فراگیر باید فرصت کافی داشته باشد تا براساس بازخورد عمل کند ـ کار خود را اصلاح کند، مرور کند، تمرین کند، و دوباره انجام دهد. نویسندگان به‌ندرت برای بار اول دست‌نوشته‌ی کاملی را تنظیم می‌کنند. زیرا فرایند نویسندگی بر چرخه‌های تهیه‌ی پیش‌نویس، بازخورد، و مرور به عنوان راه رسیدن به برتری تأکید دارد. تعجب‌آور نیست که بهترین بازخورد معمولاً در رشته‌های مبتنی بر عملکرد ـ مانند هنر، موسیقی و ورزش ـ نمایان می‌شود و در فعالیت‌های فوق‌برنامه، مانند گروه‌های موسیقی و بازی‌های ورزشی، در واقع، اساس مربیگری، سنجش و بازخورد مداوم است.

دستورالعمل ۶: خودسنجی و تعیین هدف را تشویق کنید.

دانش‌آموزان قبل از ارائه‌ی گزارش کار آزمایشگاه خود، آن را براساس فهرستی از معیارهای دقیق مرور می‌کنند. آن‌ها با توجه به این خودسنجی در کار خود تجدیدنظر می‌کنند تا بهتر شود. معلم می‌بیند که این کار باعث بهبود کیفیت کار آزمایشگاهی دانش‌آموزان شده است.

کارآمدترین فراگیران که هدف‌های آموزشی خود را مشخص می‌کنند، از راهبردهای امتحان شده برای سنجش کارشان بهره می‌گیرند. معلمان می‌توانند با بهره‌گیری مداوم از خودسنجی و تعیین هدف، این عادت‌ها را در دانش‌آموزان نهادینه سازند.

دستورالعمل‌ها می‌توانند به دانش‌آموزان کمک کنند تا در سنجش صادقانه و بهبود سازنده‌ی کار خود کارآمدتر شوند. نمونه‌ای از این دستورالعمل در شکل نشان داده شده است. دانش‌آموزان می‌توانند مثلاً با قرار دادن علامتی در مربع سمت چپ هر خانه بفهمند که تا چه حد به معیار لازم دست یافته‌اند. سپس معلم از مربع سمت راست برای سنجش او بهره می‌گیرد. در حالت ایده‌ال، این دو قضاوت باید با هم جور باشد. اگر چنین نباشد، این اختلاف فرصت مناسبی به‌وجود می‌آورد که معلم و دانش‌آموز درباره‌ی معیارها، انتظارها و استاندارد عملکردها با یکدیگر گفت‌وگو کنند. با گذشت زمان قضاوت معلم و شاگرد سازگار می‌شود. در واقع، در بسیاری موارد پیش می‌آید که دانش‌آموزان نسبت به خود سختگیرتر از معلمان هستند.

در این فرم‌های سنجش فضایی برای بازخورد و اظهارنظر نیز درنظر گرفته شده است. درنتیجه، از حالت صرفاً یک ابزار ارزیابی برای «مشخص کردن نمره» دانش‌آموز به صورت وسیله‌ای برای بازخورد، خودسنجی، و تعیین هدف درمی‌آیند.

در ابتدا، معلم با مطرح کردن پرسش‌های زیر از دانش‌آموزان، چگونگی خودسنجی، تعیین هدف‌ها، و برنامه‌ریزی بهبود کار را مدل‌سازی می‌کند:

- تأثیر چه جنبه‌هایی از کار شما بیش از همه بود؟
- تأثیر چه جنبه‌هایی از کار شما کمتر از هم بود؟
- انجام چه کار یا کارهای خاص سبب می‌شود عملکرد شما بهتر شود؟
- چه کاری را دفعه بعد به صورتی دیگر انجام می‌دهید؟

پرسش‌هایی از این نوع به تمرکز دانش‌آموزان بر تفکر و برنامه‌ریزی کمک می‌کند. با گذشت زمان، دانش‌آموزان مسئولیت بیشتری را برای اجرای مستقل این فرایندها بر عهده می‌گیرند.

معلمانی که فرصت‌های منظمی را برای خودسنجی و تعیین هدف در اختیار دانش‌آموزان می‌گذارند، اغلب تغییری را در فرهنگ کلاس

درس گزارش می‌دهند. یک معلم آن را چنین مطرح ساخته است.

شاگردان از من پرسیدن «چه نمره‌ای گرفته‌ام» یا «چه نمره‌ای به من خواهی داد؟» به مرحله‌ای رسیده‌اند که به صورت فزاینده‌ای قابلیت آن را دارند که بدانند طرز کارشان چگونه است و برای بهتر شدن چه کاری را باید انجام دهند.

دستورالعمل ۷: بگذارید موفقیت‌های جدید جایگزین شواهد قدیمی شوند

یک شاگرد کلاس رانندگی در امتحان رانندگی مردود می‌شود، اما بلافاصله نوبتی برای تکرار آن در هفته‌ی بعد می‌گیرد. اولین بار موفق می‌شود زیرا معلومات لازم و مهارت‌های خود را با موفقیت نشان می‌دهد. افسر راهنمایی میانگین عملکرد اول و دوم او را نمی‌گیرد، همین‌طور در گواهینامه‌ی او درج نمی‌شود که «بعد از دوبار امتحان قبول شده است.»

این قطعه‌ی توصیفی اصل مهم رتبه‌بندی و گزارش دادن را در سنجش کلاسی نشان می‌دهد: شواهد موفقیت جدید باید جایگزین شواهد قدیمی شوند. سنجش‌های کلاسی و رتبه‌بندی باید بر چقدر خوب تمرکز کنند ـ نه چه موقع ـ دانش‌آموز در معلومات و مهارت موردنظر تسلط پیدا کرده است.

منحنی‌های یادگیری چهار دانش‌آموز را با توجه به هدف آموزشی مشخص درنظر بگیرید (شکل ۲). علی قبلاً دارای معلومات و مهارت موردنظر است و برای این هدف خاص نیاز به آموزش ندارد. سینا معلومات و مهارت قابل‌ملاحظه‌ای دارد اما جای بهتر شدن هم دارد. آرش و رضا تازه‌کارهای واقعی بودند که در *پایان* آموزش براثر یاددهی خوب و یادگیری با پشتکار به موفقیت زیادی دست یافته‌اند. اگر سیستم رتبه‌بندی مدرسه‌ی آن‌ها یادگیری واقعی را ثبت کند، همه‌ی این دانش‌آموزان یک نمره را می‌گیرند زیرا همه‌ی آن‌ها با گذشت زمان به سطح مطلوب رسیده‌اند. با این همه، اگر معلم عملکردهای اولیه آن‌ها را وارد ارزیابی نهایی می‌کرد، آرش و رضا نمره‌هایی کمتر از علی و سینا می‌گرفتند. این شیوه کار، که نمونه‌ای از رویکرد رتبه‌بندی در بسیاری از کلاس‌های درس است، موفقیت آرش و رضا را به خوبی نشان نمی‌دهد، زیرا تشخیص مناسبی از سطح موفقیت واقعی ـ یا فعلی ندارد.

وقتی معلمان چند فرصت را برای نشان دادن آموخته‌ها در اختیار دانش‌آموزان می‌گذارند دو نگرانی می‌تواند به وجود آید. ممکن است دانش‌آموزان وقتی متوجه شدند که فرصت یادگیری هم دارند، اولین اقدام را چندان جدی نگیرند. به‌علاوه، معلمان اغلب نگران تأمین فرصت‌های متعدد برای دانش‌آموزانند. برای مؤثر ساختن این رویکرد، دانش‌آموزان باید قبل از اقدام به استفاده از «فرصت دوم» شواهدی ارایه کند که نشان دهد همه‌ی فعالیت‌های قبلی تصحیح شده‌اند ـ مانند تمرین با همسالان، بررسی مجدد گزارش کارها، یا تمرین مهارت لازم به صورت معین ـ را در اختیار بگذارند.

وقتی دانش‌آموزان سعی می‌کنند تا به هدف‌های یادگیری شفاف و تعریف‌شده‌ای برسند و شواهدی دال بر موفقیت خود را به وجود می‌آورند، باید مطمئن باشند که معلمان آنان را برای نداشتن معلومات کافی در ابتدای یک دوره‌ی درسی یا کوشش‌های اولیه برای مهارت‌آموزی مجازات نمی‌کنند. فراهم ساختن امکان این که نشانه‌های جدید جایگزین قدیمی‌ها شوند این پیام مهم را به دانش‌آموزان منتقل می‌کند که معلمان نگران یادگیری موفقیت‌آمیز آن هستند، و نه صرفاً نمره‌های آن‌ها.

مشتاق یاد گرفتن

راهبردهای ارزشیابی که بیان کردیم به سه عامل توجه می‌کند که در اشتیاق دانش‌آموزان به یادگیری مؤثر است (Marzano, 1992). دانش‌آموزان احتمالاً وقتی کوشش لازم را صرف می‌کنند که این عامل‌ها موجود باشند.

- *شفافیت کار* ـ وقتی هدف یادگیری را به روشنی بفهمند و بدانند که معلمان چگونه یادگیری آن‌ها را ارزیابی می‌کنند (دستورالعمل‌های ۱ و ۲).
- *رابط داشتن* ـ وقتی فکر کنند که هدف‌های یادگیری و سنجش با معنی هستند و ارزش یاد گرفتن را دارند (دستورالعمل ۱).
- *داشتن توان بالقوه برای موفقیت* ـ وقتی باور کنند که می‌توانند با موفقیت یاد بگیرند و انتظارهای ارزیاب‌کننده را برآورده سازند (دستورالعمل‌های ۳-۷).

با بهره‌گیری از این هفت دستورالعمل ارزشیابی و درجه‌بندی، تمام معلمان می‌توانند باعث ارتقای یادگیری در کلاس‌های درس خود شوند.

زیرنویس:

1. Summative
2. diagnostic
3. formative
4. quizzes
5. Rubric
6. K: Know
W: Want to learn
L: Learned

مراجع:

1. Black, P., Harrison, C., Lee, C., Marshall, B., & Wiliam, D. (2004). Working inside the black box: Assessment for learning in the classroom. *Phi Delta Kappan*, 86(1), 8-21.
2. Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Research Council.
3. Gardner, H. (1991). *The unschooled mind*. New York: BasicBooks.

بازنگری به مساله‌ی

برج کاشی‌ها

آیا کاشی‌ها را می‌توان تا هرجا جلو برد؟*

محمدرضا خوش بین خوش نظر
khoshbin@talif.sch.ir

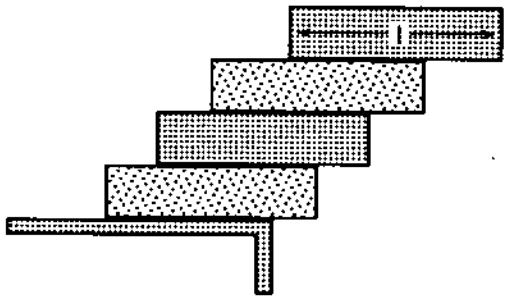
در مسأله‌ی بسیار مشهور برج کج کاشی‌ها[۱]، با توجه به این که میزان جلورفتگی کاشی‌ها از لحاظ ریاضی سری ناهمگرایی می‌سازد، ادعا می‌شود که در شرایط مساعد و با رعایت کلیه‌ی جوانب، کاشی‌های بالایی را می‌توان تا بی نهایت به طرف راست جابه‌جا کرد. در این مقاله نشان داده می‌شود که در شرایط واقعی چنین امری ناممکن است و در عمل تعداد کاشی‌هایی را که می‌توان با رعایت تمام جوانب فیزیکی به طرف راست جابه‌جا کرد از تعدادی خاص (هر چند زیاد) تجاوز نمی‌کند. پیش از حل این مسأله، به مسأله‌ای که کاشی‌های هم اندازه‌ای دقیقاً روی هم قرار می‌گیرند می‌پردازیم. خواهیم دید که در این مسأله برای ارتفاع کاشی‌هایی که روی هم قرار می‌گیرند حد مشخصی وجود دارد و از آن حد به بعد، برج کاشی‌ها فرو خواهد ریخت[۲].

مسأله. بیشینه ارتفاع ستونی از کاشی‌ها با سطح مقطع s، که در آن ارتفاع ستون کاشی‌ها تحت اثر نیروی گرانشی فرو خواهد ریخت چقدر است؟ چگالی هر کاشی برابر با $\rho = 1/8\times10^{3}\ kg/m^{3}$ و تنش تراکمی حدی آن‌ها $\sigma_{lim} = 3Mpa$ است.

حل. پیش از حل این مسأله خوب است برای آن دسته از خوانندگانی که با مفهوم تنش آشنا نیستند، تنش و انواع آن را تعریف کنیم[۳]. تنش نیرویی است که بر واحد سطح جسمی وارد می‌شود و باعث کُرنش آن می‌شود. انواع تنش تراکمی با نماد σ نشان داده می‌شود و باعث فشردگی جسم در جهت نیروی وارد شده می‌شود، تنش کپه‌ای که به جسمی غوطه‌ور در شاره وارد می‌شود، و تنش برشی (مماسی) که با نماد τ نمایش داده می‌شود و برابر مجموع نیروهای مماسی بر واحد سطح است.

بدیهی است که در مسأله‌ی ما این تنش تراکمی است که اعمال می‌شود و بیشینه‌ی مقدار آن در پایه‌ی ستون برابر با $\sigma = Mg/s$ است که در آن M جرم کل ستون و برابر ρSH است. در نتیجه $\sigma = \rho sgH/s = \rho gH$ و بنابراین $H = \sigma/\rho g$ می‌شود. آنگاه بیشینه‌ی ارتفاع ستون راست کاشی‌ها برابر با $H_{max} = \sigma_{lim}/\rho g \cong 170m$ به‌دست می‌آید.

حال به مسأله‌ی اصلی بازمی‌گردیم. هر چند بدیهی است که تنش کششی کمتری به پایه‌ی ستون کج کاشی‌ها وارد می‌شود و در نتیجه (و در کمال تعجب!) ستون کج کاشی‌ها تا ارتفاع بیشتری بالا می‌رود، ولی در هر حال نمی‌توان اثر آن را نادیده گرفت؛ کاری که تاکنون در کتاب‌های درسی رخ داده است و حتی بدون اشاره به لفظی مثل «اثر تنش را نادیده بگیرید» به معرفی این پدیده



چهار آجر مشابه (به‌عنوان نمونه) هر یک به طول L طوری روی هم قرار گرفته که هریک مقداری از آجر زیرینش جلوتر باشد. دنبال حالت تعادلی می‌گردیم که بیشترین جلورفتگی را در برداشته باشد.

پرداخته‌اند. نشان می‌دهیم اثر تنش، تعداد کاشی‌هایی را که به سمت راست جابه‌جا می‌شوند محدود خواهد کرد. بار دیگر، تنش تراکمی را این بار در پای ستون کج کاشی‌ها محاسبه می‌کنیم. اگر l طول، a عرض و h ارتفاع هر کاشی باشد خواهیم داشت:

$$\sigma = \frac{Mg}{S} = \frac{\rho h(S_1 + S_2 + \ldots + S_n)g}{al}$$

که در آن S_nها نماد سطح مقطع تماس کاشی‌هاست. بدیهی است که

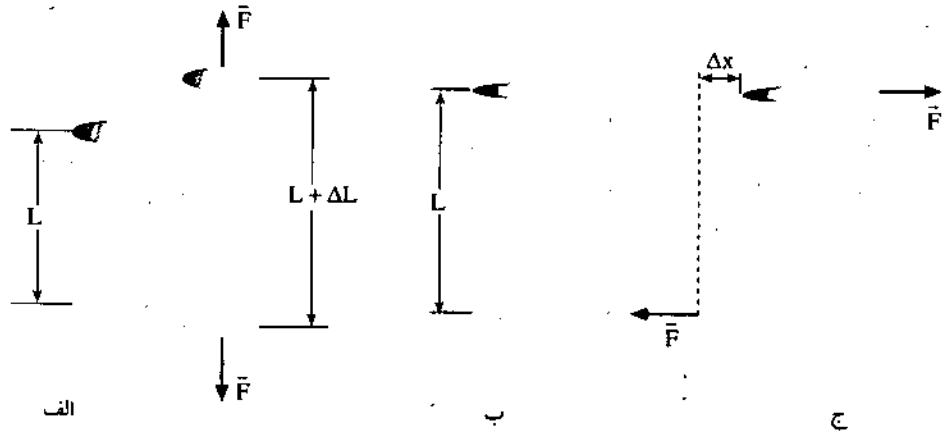
$$\sigma = \frac{\rho ha(l_1 + l_2 + \ldots + l_n)g}{al} = \frac{\rho h(l_1 + l_2 + \ldots + l_n)}{l}$$

که در آن l_nها میزان جلورفتگی هر کاشی است. می‌دانیم که بیشترین میزان جلورفتگی با قرار دادن گرانیگاه آخرین کاشی بر روی لبه‌ی کاشی دوم از بالا و قرار دادن گرانیگاه دو کاشی بالایی بر روی لبه‌ی کاشی سوم از بالا و الی آخر صورت می‌پذیرد. در نتیجه خواهیم داشت

$$\sigma = \frac{\rho h[1 + (1-1/2) + (1-1/4) + (1-1/6) + \ldots (1-1/2N)]g}{l}$$

$$= \rho h\left[1 + N - \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \ldots + \frac{1}{2N}\right)\right]g$$

و از آنجا



(الف) استوانه‌ای تحت تأثیر تنش کششی قرار گرفته و به اندازه‌ی ΔL کشیده شده است. (ب) استوانه تحت تأثیر تنش برشی قرار گرفته و به اندازه‌ی Δx تغییر شکل داده است، تا اندازه‌ای شبیه بسته‌ای کارت که همین طور تغییر شکل داده است.

$$\frac{\sigma}{\rho hg} = N+1-(\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{6}+...+\frac{1}{2N})$$

حال اگر به جای σ و ρ همان مقدارهای مسأله‌ی قبل را قرار دهیم و $h = 0/2m$ در نظر بگیریم، برای سمت چپ معادله‌ی بالا مقدار ۸۵۰ را به دست می‌دهد. حال به سراغ طرف راست این معادله می‌رویم و آن را چنین بازنویسی می‌کنیم:

$$RHS = N+1-\frac{1}{2}(1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+...+\frac{1}{N})$$

که برای Nهای خیلی بزرگ به صورت زیر در می‌آید:

$$RHS \cong N-\frac{1}{2}\ln N$$

این رابطه، مقدار N را محدود می‌کند و برای آن $N \equiv 853$ را به دست می‌دهد. با ضرب N در h بیشینه ارتفاع ممکن $H_{max} \approx 170/6m$ به دست می‌آید. توجه کنید که اندازه‌ی H_{max} ثابت است و هر چه ارتفاع کاشی‌ها را باریکتر بگیریم، بر تعداد آن‌ها افزوده می‌شود، ولی اندازه‌ی H_{max} تغییری نمی‌کند. پس، به نظر می‌رسد در صورتی که اثر تنش را در نظر بگیریم، ارتفاع برج و در نتیجه میزان جلورفتگی کاشی‌ها متناهی می‌شود.

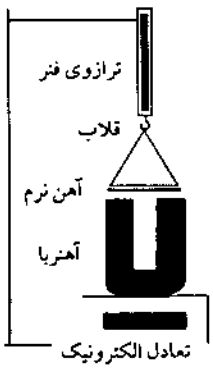
● بخش عمده‌ای از این مقاله تحت عنوان
"simplifying modeling can mislead students"
در مجله‌ی Physics Education به چاپ رسیده است:
Physics Education, 42, No.1, January2007
جالب آنکه یرل واکر یکی از سه نویسنده‌ی کتاب مشهور مبانی فیزیک (هالیدی ـ رزنیک ـ واکر) نیز از این مقاله در کتاب و وب سایت The flying circus of physics که ویرایش هشتم (۲۰۰۸) مبانی فیزیک با آن به جلو می‌رود، استفاده کرده است.
نگاه کنید به:
http://www.flyingcircusofphysics.com/pdf/chapter_Ref_com.pdf
زیر بخش ۶۶ . ۱

مراجع:
۱. مسئله‌ی ۹ فصل ۹ جلد اول کتاب
Physics (Volume 1), Robert Resnick, David Halliday & Kenneth S.Krane, Fifth Edition, Johnwiley & Sons, 2001.**
۲. فیزیک مقدماتی، مسائل و حل آن‌ها. نوشته‌ی آی. پی. گورسکی. ترجمه‌ی محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر، انتشارات مبتکران، ۱۳۷۹.
۳. مبانی فیزیک (جلد اول)، دیوید هالیدی، رابرت رزنیک و یرل واکر. ویرایش هفتم (۲۰۰۵)، ترجمه‌ی محمدرضا جلیلیان نصرتی، محمد عابدینی و محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر، انتشارات صفار، ۱۳۸۴.
** یرل واکر در وب‌سایت کتاب The flying circus of physics که در بالا به آن اشاره شد، کلیه‌ی مقالات مربوط به این مسأله را از سال ۱۹۵۴ تا ۲۰۰۷ گردآورده است که مجموعاً ۲۳ مرجع می‌شود و مقاله‌ی نگارنده در واقع بیست و سومین و آخرین مرجع این فهرست است.

آموزشی

قانون سوم نیوتون معلق بر یک ترازو

پل گلای
ترجمه: نازیلا نیازی



موضوع به قدمت نیوتون است: یک آهنربا و یک تکه آهن نرم، همدیگر را با نیروهای برابر و در جهت‌های مخالف جذب می‌کنند. نیوتون آن‌ها را روی آب شناور کرد؛ ما آزمایش را به‌طور کمی با یک ترازوی دیجیتالی، یک نیروسنج، یک آهنربای نعلی‌شکل و یک تکه آهن نرم، تکرار کردیم.

ابتدا نشان می‌دهیم که آهن نرم، براده‌های آهن را جذب نمی‌کند. سپس قطعه‌ی آهن را از دو طرف با نخ به‌طور افقی از یک نیروسنج عمود که به‌وسیله‌ی یک پایه‌ی آزمایشگاهی نگه داشته شده آویزان کنید. آهنربا را روی ترازو قرار دهید و عدد ترازو را صفر کنید. حال آهن را در دست بالای آهنربا قرار دهید (به شکل توجه کنید.)، مطمئن شوید که فاصله‌ی آهن و آهنربا کمترین مقدار جهت بیشترین تأثیر باشد. درست در بالای نقطه‌ای که آهن‌ربا آهن را به خود جذب می‌کند، به دلیل جاذبه‌ی متقابل عدد خوانده شده از نیروسنج به همان اندازه‌ای که عدد مشاهده شده از ترازوی دیجیتالی کاهش نشان می‌دهد، افزایش خواهد داشت.

آزمایش بدون نیروسنج نیز قابل انجام است. ابتدا آهن نرم را روی ترازویی دیجیتالی قرار دهید و آن را صفر کنید. آهنربا را درست در بالای آهن قرار داده و فاصله‌ی آهن و آهنربا را با یک خط‌کش مناسب اندازه بگیرید.

به عدد ترازوی دیجیتالی توجه کنید؛ عدد ترازوی دیجیتالی به دلیل جذب متقابل، زیر صفر و منفی است. حالا همین فرایند را تکرار کنید ولی این‌بار آهنربا روی ترازو بوده و آهن در بالای آن آویخته باشد و مطمئن شوید که فاصله‌ی آهن و آهنربا مانند حالت قبل باشد. مشخص می‌شود که عدد ترازو و مقدار منفی ترکیب قبلی را نشان می‌دهد.

منبع:
Physics Education, March 2006.

چگونه به دانش‌آموزان ضعیف کلاس توجه کنیم؟

نسرین صباغ مقدم
دبیر فیزیک ناحیه‌ی ۴ مشهد

چکیده

در این مقاله ارائه یک تجربه آموزشی در زمینه‌ی بالابردن انگیزه دانش‌آموزان ضعیف بیان خواهد شد. و نتیجه نهایی را که با تجربه به آن‌ها رسیده‌ام در ادامه می‌آید تا شاید، همکاران محترم نیز در طول سال تحصیلی با نادیده‌نگرفتن آن‌ها در فرایند آموزش نتیجه‌های مطلوبی را در پایان سال کسب کنند.

مقدمه

مشاهده و تجربه دوران دانش‌آموزی این باور را در من به‌وجود آورد که دانش‌آموزان ضعیف در کلاس از اعتمادبه‌نفس و توجه پایین‌تر معلمان برخوردارند. و این مسأله باعث شده است که آن‌ها از بی‌انگیزگی خود در درس استفاده کرده و حتی جو کلاس را نیز متشنج سازند.

روش کار

مدتی بود که یک تجربه را در کلاس درسی خود پیاده می‌کردم و آن‌هم گرفتن امتحان‌های مستمر و کوتاه و غافلگیرانه از دانش‌آموزان بود. البته با دانستن این مطلب که در صورت ندادن نمره و نتیجه امتحان‌های اعتماد آن‌ها سلب خواهد شد و انگیزه مطالعه برای امتحان نیز در آن‌ها فروکش خواهد کرد. و از طرفی هم فرصت کافی برای تصحیح همه‌ی امتحان‌ها نبود. لذا بر آن شدم تا ضمن انتخاب یک راه‌حل منطقی، پایه دانش‌آموزان ضعیف را مستحکم‌تر کرده و اعتماد به نفس آن‌ها را تقویت کنم. براین اساس در پایان هر امتحان سه نفر از دانش‌آموزان ضعیف کلاس را که نمره‌های پایین‌تری در امتحان‌های قبلی گرفته بودند انتخاب، و در حضور همگان آن‌ها را نماینده تصحیح معرفی نمودم و ورقه‌های امتحانی را بین آن‌ها تقسیم کردم. ابتدا این ذهنیت در من به‌وجود آمد که ممکن است آن‌ها از اعتماد من سوء استفاده کرده و جواب‌های نادرست را درست کنند. اما با بررسی دوباره‌ی ورقه‌ها پس از تصحیح دانش‌آموزان، به نادرست بودن ذهنیت خود پی بردم. به این ترتیب معلم می‌تواند فرصت بیش‌تری را برای فرایند آموزش صرف کند. لازم به ذکر است پاسخ‌نامه و بارم سؤال‌ها در اختیار دانش‌آموزان مصحح قرار داده می‌شد.

تجربه

اولین تجربه‌ی من در کلاس موفقیت‌آمیز بود و به نتیجه‌ی مطلوبی انجامید، به‌طوری که تراز نمره‌های آن‌ها در امتحان‌های بعدی پیشرفت چشمگیری داشت. در جدول زیر بخشی از نتیجه این تجربه آمده است.

نام	تاریخ امتحان ۷/۱۵ نمره	تاریخ امتحان ۷/۲۹ نمره	تاریخ امتحان ۸/۱۳ نمره
مریم	۶	۱۰	۱۳
ملیحه	۶	۱۱	۱۳
سودابه	۷	۱۰	۱۱
شهلا	۹	۱۲	۱۴
سحر	۱۰	۱۳	۱۵

ارزشیابی و نقطه‌های قوت تجربه

۱ـ تکرار و تمرین هر مسأله با تصحیح‌های مکرر در هر ورقه
۲ـ بالابردن دقت و تقویت حس مشارکت در امور آموزشی
۳ـ پرورش خودباوری در میان دانش‌آموزان کلاس
۴ـ جلوگیری از بی‌انگیزگی و ریختن قبح نمره بد در امتحان

با انجام این تجربه، در اواسط سال تحصیلی، رقابت و هیجان زیادی بین بچه‌های کلاس برقرار شد. به‌طوری که همه کلاس در این امر مشارکت نمودند.

لازم به ذکر است در این میان توجه خود را از دانش‌آموزان قوی‌تر نیز کم نکردم و هربار یکی از آنها را نیز با شرط کسب حد نصاب نمره، برای انجام این کار شریک می‌کردم.

در پایان سال تحصیلی به این نتیجه باور پیدا کردم که تکرار و تمرین مسأله، موفقیت به همراه خواهد داشت و یاد گرفتم که می‌توان بد را نیز خوب دید.

فیزیک: پندار و واقعیت

آر. پی. والاس
ترجمه: عبدالحسن بصیره
گروه فیزیک ـ دانشگاه کردستان

ج: اولین پرسشی که در آخرین جلسه بی‌پاسخ ماند این بود که امواج در معادله‌ی شرودینگر چه چیزی هستند؟ از این پرسش شما اندکی دلسرد شدم، چون نظیر آن در ابتدای بحث مربوط به امواج الکترومغناطیسی ماکسول مطرح شده، و به چند دهه بحث بی‌حاصل در مورد چیزی انجامیده بود که به اصطلاح «اتر» نامیده می‌شود، که البته وجود نداشت. بنابراین، گمان می‌کنم پاسخ این است که این یک موج الکترون‌ها باشد. اما پرسش دوم، یعنی این که چگونه در فیزیک کوانتومی، می‌توان تغییر را توصیف کرد پرسش خوبی است، و نشان می‌دهد که چگونه این توصیف در مکانیک کوانتومی با مکانیک کلاسیک تفاوتی بنیادی دارد. در مکانیک کوانتومی، تغییر را صرفاً با گذارهای دستگاه از یک حالت به حالت دیگر توصیف می‌کنند.

س: ولی چه چیز باعث تغییر می‌شود، یا، چگونه این تغییر به وجود می‌آید؟

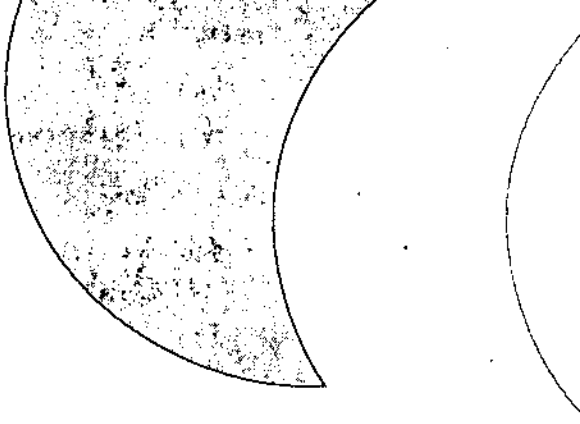
ج: پاسخ، برهم‌کنش با میدان‌های دیگر است. به طور مثال، اگر مسأله‌ی الکترون را در اتم هیدروژن در نظر بگیرید، این الکترون در یک مسیر نمی‌چرخد، بلکه به دلیل برهم‌کنش آن با میدان الکترو مغناطیسی می‌تواند از تراز یا حالتی که پیوند ضعیفی با هسته دارد آغاز کند، و سپس با گذار به ترازهایی با انرژی کمتر «واپاشی» کند. هرچند، و این نکته از اهمیت خاصی برخوردار است، که پایین‌ترین تراز وجود دارد، و هنگامی که الکترون در این تراز قرار گیرد نمی‌تواند از آن فراتر رود و در آن تراز پایدار می‌ماند. این تراز، منطقاً تکانه زاویه‌ای ندارد، بنابراین مسأله وجود مدار یا حتی دوران بی‌معنی می‌شود. پس الکترون در آن حالت شتاب و درنتیجه تابشی ندارد.

س: پس چه چیزی سبب وجود این حالت در حضور نیروی الکتریکی درون سو می‌شود؟

ج: اصل اولی که توسط دوبروی بیان شد و نشان می‌داد که «امواج الکترون» طول موجی برابر h/p دارند که در آن p تکانه‌ی الکترون (و h ثابت پلانک) است. اگر الکترون سریع‌تر حرکت کند، طول موج کوتاه‌تر و بسامد بزرگ‌تر خواهد شد، که سبب افزایش انرژی می‌شود. این موضوع، انرژی از دست رفته بر اثر نزدیک شدن به هسته را خنثی می‌کند. لذا این موضوع تعادل زیبایی را به وجود می‌آورد و چنان تنظیم می‌شود که الکترون تا حد امکان به هسته نزدیک شود بدون این که در تعارض با این اثر کوانتومی مخالفت کننده قرار گیرد.

س: چگونه می‌توانید درباره‌ی طول موج چیزی صحبت کنید که موجی نیست؟

ج: این همان قدر موج است که «موج» حاصل از ارتعاش یک طبل است. با این همه، می‌ترسم که مطلب را بیش از حد ساده کرده باشم. حل دقیق مسأله خیلی مشکل است. ولی بگذار از راه دیگری به آن برسیم. اگر به مقایسه‌ی با دستگاه‌های مرتعش برگردم، برای هریک از بسامدهای مجازی که صحبت کرده‌ام، طرحی از میدان وجود دارد. ساده‌ترین مورد مربوط به یک تار ویلن



است. «میدان»، جابه‌جایی عرضی تار است که در هر نقطه مقدار مشخصی دارد. در این جا امواج دوره‌ای حقیقی داریم، اما قید ثابت بودن دو انتها مستلزم آن است که موج به دو انتها «برازش» یابد. طولانی‌ترین موجی که می‌توانید به دست آورید نصف طول موج است، به عبارتی یک طول موج دو برابر طول تار است. بلندترین طول موج مربوط به کمترین بسامد است، این ارتعاش «پایه»، و نظیر پایین‌ترین حالت انرژی اتم هیدروژن است. اگر بخواهیم آن را کمی پیچیده‌تر کنیم می‌توانیم طبلی را در نظر بگیریم. طبل نیز دارای کمترین بسامد است که در آن بین نقطه‌های مرزی محیط آن برازش می‌یابد. اگر مقطعی از طبل را در نظر بگیرید که از مرکز آن می‌گذرد، این مقطع از صفر تا بیشترین مقدار بالا می‌رود و سپس در جهت مخالف تا صفر برمی‌گردد. اما مطلب مهم در این جا این است که همیشه حالتی از کمترین بسامد وجود دارد، و همین طور در اتم نیز همواره حالتی با کمترین انرژی وجود دارد.

س: بنابراین، مثلاً توصیف شما از اتم، متضمن این طرح‌های ارتعاش برای هر حالت است، و تا اندازه‌ای این که چگونه برهم‌کنش با چیزی دیگر سبب تغییر از حالتی به حالت دیگر می‌شود.

ج: در واقع مطلب ساده‌تر از این است. شما به طرح ارتعاش نیازی ندارید. دیراک نشان داد که حالت را می‌توان با تعداد کمی از کمیت‌هایی که در واقع به تقارن دستگاه مربوط می‌شوند کاملاً مشخص کرد. منظورم این است که با معلوم بودن آن‌ها، توصیف فیزیکی دستگاه کامل می‌شود. و این کمیت‌ها باید سازگار باشند. برای مثال، شما نمی‌توانید به دو پرسش یک پاسخ دهید: «الکترون کجاست»، و «انرژی (یا تکانه) آن چیست»؟ زیرا اگر الکترون انرژی یا تکانه‌ای داشته باشد، این‌ها به وسیله ویژگی‌های یک میدان مشخص می‌شوند، که نقطه به نقطه تعریف می‌شود و «مکانی» ندارد. کمیت‌های سازگار کمیت‌هایی هستند که مقادیرشان را می‌توان همزمان تعیین کرد. این کمیت‌ها را می‌توان بدون تأثیرگذاری بر حالت دستگاه و بدون تأثیرگذاری بر اندازه‌گیری‌های دیگر اندازه گرفت.

س: عجیب است. حتی در فیزیک کلاسیک نیز نمی‌توانید چیزی را بدون لااقل کوچک‌ترین تغییر در آن اندازه بگیرید، و معمولاً گفته می‌شود که در مکانیک کوانتومی این جنبه یک ویژگی ذاتی بسیار بنیادی است، این طور نیست؟

ج: این امر برای متغیرهای ناسازگار کاملاً صادق است، ولی برای «اعداد کوانتومی» پایه که دستگاه را توصیف می‌کنند چنین نیست.

س: عجیب نیست که بتوانید چیزی را حتی بدون لمس کردن آن اندازه بگیرید؟

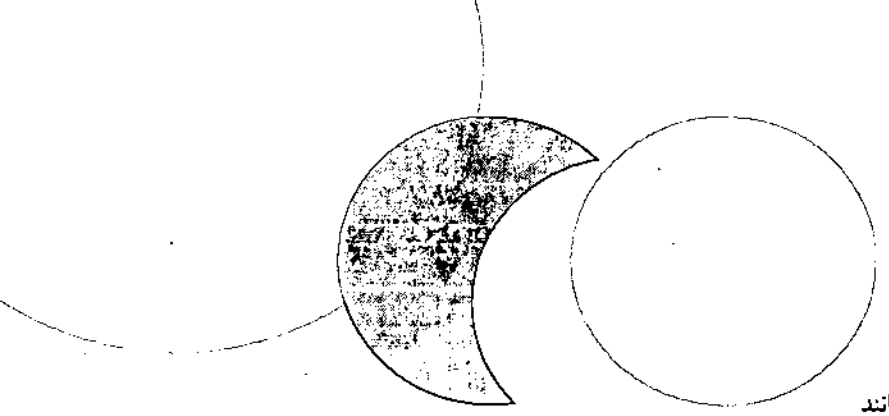
ج: ممکن است ابتدا این طور به نظر برسد، اما بگذارید مثالی بیاورم که اغلب در تدریس به کار می‌رود. در آن فوتون‌ها دخیل هستند و نشان می‌دهد که تنها یک انتخاب از متغیرهای سازگار وجود ندارد. یک راه توصیف فوتون‌ها مشخص کردن قطبیدگی آن‌هاست، که صرفاً جهت بردار میدان الکتریکی در موج کوانتیده است. فقط دو امکان وجود دارد، یا می‌تواند در امتداد جهت نامشخصی باشد یا در جهتی عمود بر آن باشد. می‌توان این جهت‌ها را به ترتیب x و y نامید. اما ویژگی دیگری که می‌توان برای توصیف آن‌ها به کار برد وابسته به این واقعیت است که فوتون‌ها دارای تکانه‌ای زاویه‌ای حول جهت انتشارند، که این جهت می‌تواند ساعتگرد، یا پاد ساعتگرد باشد و اندازه‌ی آن با ثابت پلانک (h) متناسب است. این دو ویژگی، یعنی قطبیدگی و تکانه زاویه‌ای، متقابلاً ناسازگارند؛ نمی‌توانید هر دو را با هم در یک لحظه همزمان تعیین کنید. در واقع، اگر یکی از آن دو (مثلاً قطبیدگی) را مشخص کنید، فوتون با ترکیب خطی از حالت‌های دیگر یعنی تکانه زاویه‌ای توصیف خواهد شد و برعکس. اگر بخواهید تکانه‌ی زاویه‌ای را اندازه بگیرید، در این صورت، وقتی قطبیدگی تعیین شده باشد، می‌توان یک مقدار یا مقدار دیگری را با احتمال مساوی به دست آورد.

س: گفته‌ی اخیر شما در مورد آنچه به ادعای شما جوهر نظریه‌ی کوانتومی است مرا نگران نمی‌سازد. اما هنوز با مسأله‌ی امکان اندازه‌گیری هر چیز بدون ایجاد کمترین اختلال در آن مشکل دارم.

ج: بله، داشتم به این مطلب می‌رسیدم. صافی‌های شفافی از پلاستیک وجود دارند، به طوری که می‌توانند متناوباً فوتون‌هایی با قطبیدگی معین یا فوتون‌هایی با تکانه زاویه‌ای معین را از خود عبور دهند. برای امواجی که از صافی می‌گذرند می‌دانید که کدام ویژگی را انتخاب کرده‌اید، اما ویژگی آن فوتون‌ها را تغییر نداده‌اید.

س: متوجه شدم. شما اطلاعات را آزاد به دست نیاورده‌اید، بلکه بر دستگاه تأثیر گذاشته بودید.

ج: حال اگر موج خروجی را از صافی دیگری با همان قطبیدگی عبور دهید بدون هیچ اختلالی خواهد گذشت.



س: بله، اما قبلاً مقدار قطبیدگی را می‌دانستید، بنابراین، در این نقطه آن را تعیین نکرده‌اید.

ج: کاملاً درست است.

س: به نظر من «اندازه‌گیری» شما درست مانند به‌وجود آوردن گذاری در دستگاه است اما گزارش در تمام مدت ادامه دارند. آن‌ها برای هر فیزیکی ضروری هستند! بنابراین، ویژگی اندازه‌گیری توسط انسان چیست؟ البته، می‌بینید که به پرسش «واقعیت آفریده‌ی مشاهده‌گر» می‌رسم. به نظر من، جهان فیزیکی، دائماً واقعیت‌های خود را تغییر می‌دهد. این ما هستیم که هرچند وقت یک‌بار پاروی خود را داخل آن می‌کنیم. چون بالاخره، بخشی از جهان فیزیکی هستیم!

ج: اما این گذارهایی که می‌گویید با اندازه‌گیری‌هایمان به‌وجود می‌آوریم از نوع خاصی هستند. ما آن‌ها را «غیریکانی» می‌نامیم، که نشان می‌دهد دستگاه در پایان اندازه‌گیری چیزی را نسبت به حالت اولیه از دست داده است. از یک نظر، فقط بخشی از حالت اولیه دستگاه را در اختیار داریم.

س: ولی در واقع چیزی از دست نرفته است، به‌جز این‌که آن بخش از موج را که از صافی عبور نکرده است از دست داده‌ایم، و بدون شک اندازه‌گیری متضمن گذاری در دستگاه است.

ج: ولی فراموش می‌کنید که این امر می‌تواند تا سطح تک‌تک فوتون‌ها تنزل کند. آنگاه آن‌ها یا عبور می‌کنند یا عبور نمی‌کنند.

س: بنابراین اگر عبور کنند چیزی از دست نرفته است، و اگر عبور نکنند مورد نظر ما نیستند.

ج: پس آنگاه، آیا اندازه‌گیری، واقعیت را برای آن فوتون خلق نخواهد کرد؟

س: این گزاره‌ای عجیب است. اگر در باریکه‌ی فرودی برخی فوتون‌ها با یک قطبیدگی و برخی با قطبیدگی دیگر وجود نداشته باشند، در نقطه‌ای از صافی چگونه فوتونی را از فوتون دیگر جدا می‌کنید؟

ج: می‌توانید بگویید که «صافی» اصلاً یک صافی نیست، و می‌تواند فوتون‌هایی را با یک قطبیدگی یا قطبیدگی دیگر با احتمال مساوی «خلق» کند. منظورم این است که می‌توان فوتون‌های ورودی را به این طریق پردازش کرد و این با صافی کردن آن‌ها فرق دارد.

س: بسیار خوب، حال این را به من بگویید: آیا همه‌ی باریکه‌های نور الزاماً دارای تعداد مساوی از فوتون‌های با دو قطبیدگی هستند، و آیا «صافی کردن» یک باریکه همیشه آن‌ها را به تعداد مساوی تولید می‌کند؟ زیرا اگر نتیجه‌ی اندازه‌گیری همیشه نتیجه‌ی یکسانی را تولید نکند بلکه مربوط به آنچه وارد می‌شود باشد، مشکل می‌توان ادعا کرد که این صافی است که خنثی بوده است، و اگر بخواهید می‌توانید آن را «وسیله» بنامید. مشکل می‌توان ادعا کرد که وسیله است که نتیجه را خلق کرده و تابعی از آنچه وارد شده نبوده است. به عبارت دیگر، منطقی است نتیجه بگیریم «واقعیت» پیش‌آفریده‌ای وجود داشته است که با اندازه‌گیری آن را مشخص کرده‌ایم، و وسیله این واقعیت را نیافریده است. در واقع فکر می‌کنم که آزمون ساده‌ای وجود دارد که مشخص می‌کند «آیا چیزی که وارد شده، خارج شده است.» می‌توانید باریکه‌ای مثلاً با ترکیب ۲ : ۱ از دو قطبیدگی بیافرینید، سپس با آزمایشی محتوای باریکه را مشخص کنید.

ج: این ترکیب ۲ : ۱ را چگونه تولید می‌کنید؟

س: با دو وسیله‌ی مختلف، می‌توان دو باریکه با ویژگی‌های مخالف، یکی با شدتی دو برابر دیگری به‌وجود آورد، سپس با آینه‌های بازتابنده‌ی کامل آن‌ها را با هم ترکیب کرد.

ج: اما می‌بینید که برای تشخیص ویژگی‌های صافی‌ها ناچار صافی‌هایی را به‌کار می‌برید؟ آیا این یک استدلال مبتنی بر دور نیست؟

س: فکر می‌کنم که دوباره به دام من لغزیده‌اید، اما هنوز فکر می‌کنم که اکثر مردم منطقی این ایراد را نخواهند گرفت. و در واقع به‌رغم آن، بخشی از استدلال من باقی مانده است. زیرا اگر باریکه‌های کاتوره‌ای بسیاری را اختیار کنید، یعنی باریکه‌هایی که در شرایط گوناگونی تولید شده باشند، و آن‌ها را با یک وسیله بررسی کنید نتیجه‌های گوناگونی خواهید گرفت. در واقع، مشکل بتوان گفت که چگونه می‌توان این نتیجه‌ها را به وسیله‌ی مرتبط ساخت.

ج: آیا هنوز نمی‌توان آن را به «آگاهی انسان» نسبت داد؟

س: بی‌تردید چرا، ولی فکر می‌کنم برای متقاعدکردن هرکس به دردسر بیفتم.

ج: بسیار خوب، فکر می‌کنم فقط یک مورد از دستور کار ما باقی می‌ماند. می‌خواستید بدانید وقتی می‌گوییم دستگاهی، قبل از اندازه‌گیری، در «ترکیب خطی حالت‌ها» بوده، اما اندازه‌گیری سبب «تبدیل آن به حالت معینی» شده. منظور چیست.

س: کاملاً درست است. پرسش این است که چه وقت یک

حالت به صورت یک حالت است و چه وقت یک حالت رمبیده است؟

ج: بگذارید توضیح دهم. آزمایشی برای تعیین یک ویژگی خاص دستگاهی ترتیب داده می‌شود. معمولاً، دستگاه در حالتی نخواهد بود که در آن ویژگی مورد نظر مقدار معینی را داراست. داشتن یک مقدار یا مقدار دیگر دارای احتمال‌های گوناگونی است. این اساساً همان منظور ما از «ترکیب خطی حالت‌هاست». این با توجه به یک ویژگی معین است. وقتی اندازه‌گیری انجام شد، مقدار مشخصی به دست می‌آید. و منظور ما از «رمبش تابع موج» همین است.

س: ولی به معنای دقیق، دستگاه قبل و بعد از اندازه‌گیری یا گذار بدون شک در «حالت مشخص» یا هر آنچه که می‌خواهید آن را بنامید، بوده است. همان‌طور که گفتید «ترکیب خطی» نیست به یک ویژگی معین و دلخواه تعریف می‌شود. اما همین حالت می‌تواند «حالت معنی» در وضعیتی متفاوت باشد. در واقع، اگر این وضعیت در طبیعت وجود داشته باشد، آیا مجبور نیست که چنین باشد؟ به نظر من «ترکیب خطی حالت‌ها» یک حالت معین است، همان‌طور که یک «حالت معین» نیز می‌تواند ترکیب خطی حالت‌ها باشد!

ج: از یک نظر، این موضوع بدون شک صحیح است. هرگونه تفاوت به شرایط برمی‌گردد.

س: بنابراین آنچه که تاکنون گفته شد مرا متقاعد ساخته است که یک «اندازه‌گیری» درست یک گذار تجربی از یک حالت به حالت دیگر است. آیا اشتباه می‌کنم؟

ج: فکر می‌کنم نمی‌توان با آن مخالفت کرد. گرچه به نظرم عبارت به شرح و تفصیل نیاز دارد. برای مثال، وسیله‌ی اندازه‌گیری همیشه ماکروسکوپی است. لذا با این مشکل مواجه‌ایم که چگونه اطلاعات میکروسکوپی را از وسیله‌ی ماکروسکوپی به دست آوریم. همین‌طور گزاره‌ی شما بدین معنی است که یک اندازه‌گیری «درست» یک گذار کوانتومی میکروسکوپی است که احتمالاً تقویت یا به گونه‌ای توسط یک وسیله‌ی اندازه‌گیری ماکروسکوپی آشکارسازی شده است. من از به کار بردن کلمه‌ی «درست» خشنود نیستم، زیرا خود گزاره معانی ضمنی زیادی دارد. مثلاً، وقتی شما واژه‌ی «اندازه‌گیری» را به کار می‌برید، معمولاً درباره‌ی ویژگی ثابتی فکر می‌کنید که دستگاه میکروسکوپی دارد، در عین حال آن را برحسب گذار توصیف می‌کنید که همان تغییر است.

س: بگذار ببینم آیا می‌توانم آن را ساده بیان کنم. به نظرم ساده‌تر است که آن را با مثال مشخصی بیان کنم تا به زبان عام و کلی گویی.

ج: به این ترتیب می‌روید که همچون یک فیزیکدان خوب به صورت استقرایی استدلال کنید.

س: امیدوارم چنین باشد. یک مثال ساده‌ی زیبا در نظر گرفتن صافی قطبیدگی است. فوتون‌ها با صافی برخورد، و یا از آن عبور می‌کنند، یا جذب آن می‌شوند، یا شاید پس‌پراکنده شوند. اگر از آن عبور کنند، مشخص کرده‌ایم که قطبیدگی آن‌ها، چه هنگامی که به صافی می‌رسند و چه هنگامی که در طرف دیگر آن پدیدار می‌شوند، چیست. اما اگر عبور نکنند، دستخوش گذار می‌شوند و بیرون نخواهند آمد. بنابراین باریکه‌ای از فوتون‌ها تا اندازه‌ای پراکنده می‌شود و تا اندازه‌ای عبور می‌کند و این آن چیزی است که معتقدم گذاری در باریکه است.

ج: ولی باز شما به همان نقطه برگشتید. مسأله هنگامی به وجود می‌آید که فوتون‌های تک را در نظر بگیرید. در آن صورت برخی دارای قطبیدگی معین اندازه‌گیری می‌شوند، چون عبور کرده‌اند. آن‌ها اندازه گرفته می‌شوند ولی گذاری را انجام نداده‌اند، یعنی آن‌ها از صافی عبور کرده‌اند. و بقیه گذاری را انجام می‌دهند.

س: اما بدون شک در هر دو مورد به طریقی اندازه گرفته می‌شوند.

ج: گمان می‌کنم اندکی شبیه اندازه‌گیری طول عمر یک هسته‌ی پرتوزا باشد. در دوره‌ی مشخصی از زمان هسته ممکن است واپاشی کند یا واپاشی نکند، و این تشخیص مبنای اندازه‌گیری است. مثال دیگری را در نظر بگیریم، در آزمایش مشهور رادرفورد درباره‌ی پراکندگی ذره‌های آلفا، برای یک ذره نتیجه‌های مختلفی وجود داشت نه دو نتیجه. در هر دو مثال چه آزمایش رادرفورد و چه صافی‌های قطبیدگی، اندازه‌گیری فقط هنگامی کامل می‌شود که گذار دیگری به وقوع بپیوندد که متضمن آشکارسازی ذره‌ای باشد که موضوع اندازه‌گیری است. در این آشکارسازی متضمن چارچوبی از تفسیر نظری دخیل است، لذا می‌بینید که مطلب خیلی پیچیده است.

س: فکر می‌کنم این مطلب به آن برمی‌گردد که آیا آنچه «رمبش تابع موج» نامیده شد، دارای تضاد است. اگر یک اندازه‌گیری فقط متضمن گذارهایی از یک حالت به حالت دیگر باشد، آیا یک فرایند کاملاً طبیعی از نوعی نیست که برای توصیف هر تغییری در چارچوب نظریه‌ی کوانتومی لازم است؟ اگر چنین است، پس این همه های‌وهوی و قیل و قال درباره‌ی «رمبش تابع موج» که مسائل ویژه‌ای را مطرح می‌سازد چیست؟

ج: این شکلی از واژه‌ها برای توصیف فرایندی است که چند لحظه قبل درباره‌ی آن صحبت کردم. ولی آنچه که یک «اندازه‌گیری»

را متمایز می‌سازد آن است که یک گذار غیریکانی است.

س: خب، یعنی «رمبش» ظاهراً همین است. هر چند فکر کردم که توافق کردیم که این غیریکانی نبوده است. هنوز چنین به نظرم می‌رسد، اگر ویژگی این ایده‌ی غیریکانی را فهمیده باشم، که منظور از غیریکانی آن است که ما همه‌چیز را به حساب نمی‌آوریم، بلکه اگر دستگاه شامل بیش از یک فوتون باشد، ما بخشی از دستگاه را نادیده می‌گیریم و اگر فقط یک فوتون وجود داشته باشد بخشی از اطلاعات را نادیده می‌گیریم.

ج: با این همه، به نظرم وقتی درباره‌ی دستگاه‌های متشکل از فوتون‌های متعدد صحبت می‌کنید گفته‌های شما کاملاً مستدل و قابل قبول است، اما مشکل هنگامی ظاهر می‌شود که شما تک‌فوتون‌ها را مورد بحث قرار می‌دهید.

س: بدون شک درست است که چیزها عجیب‌تر به نظر می‌رسند، ولی آیا این چیزی بیش از یک واکنش ذهنی نسبت به کشف جدید است؟ به‌هرحال، نمی‌توانم نقش ویژه‌ای را برای «عامل انسانی» مشاهده کنم. هر چیزی که انسان می‌تواند انجام دهد، هر چیزی که از تفکر او تراوش کند و سرانجام او را به آماده ساختن وسیله‌ای برای انجام آزمایشی ویژه هدایت کند، نمی‌تواند بر نتیجه‌ی خود آزمایش تأثیر داشته باشد؛ این همان چیزی است که بر قانون‌های فیزیک حکمفرماست. البته انسان‌ها با هر کاری که در زندگی انجام می‌دهند اثر خود را بر جهان فیزیکی و طبیعت اطراف خود می‌گذارند. با این دید «آگاهی انسان» بر واقعیت فیزیکی تأثیر می‌گذارد، همان‌طور که یک آسیاب بادی یا یک لکه‌ی خورشیدی تأثیر می‌گذارد. تنها چیز خاصی که درباره‌ی برهم‌کنش ما با جهان فیزیکی خارج از ذهن ما پیش می‌آید آن است که ما درباره‌ی این که دقیقاً چگونه نقش خود را به‌عنوان جزیی از طبیعت باز می‌کنیم انتخاب‌های حساب‌شده‌ای می‌کنیم، و کاملاً روشن نیست که چگونه قانون‌ها و کنش‌های جهان فیزیکی بر انتخاب‌هایی که می‌کنیم تأثیر می‌گذارند.

ج: فکر می‌کنم حداقل این نکته‌ای است که می‌توانیم بر سر آن به توافق برسیم. ولی مورد دیگری هست که هنوز مرا آزار می‌دهد. بخش عمده‌ی بحثی که انجام داده‌ایم بر این پایه بوده که چگونه واقعیت را تفسیر کنیم. گاه و بی‌گاه به نظرم رسیده است که این اختلاف در تفسیرها هیچ‌گونه تأثیر واقعی بر خود واقعیت نداشته است. به نظر می‌رسد که آن‌ها اصلاً اهمیتی نداشته باشند. البته این نظری است که با آن احساس آرامش نمی‌کنم. ولی چه این امر درست باشد و چه نباشد مهم‌ترین پرسشی است که از تمام بحث ما حاصل می‌شود.

منبع:

آموزشی

مسأله‌ای چالش برانگیز برای معلمان و دانش‌آموزان

در سیاره‌تهر[1]، رابطه‌ی ضریب شکست جوّ با ارتفاع به صورت $n(h) = n_0 - bh$ است که در آن b ضریبی ثابت و $(b << n_0 / h)$ است. یک دانشمند تهرینی[2] از بالای بلندترین کوه در این سیاره پرتولیزری را به طور افقی می‌تاباند. دانشمند با تعجب درمی‌یابد که پرتولیزر پس از دور زدن سیاره دوباره به مکانی که از آن‌جا تابش شده برمی‌گردد. ارتفاع کوه چه‌قدر است؟ شعاع سیاره R است.

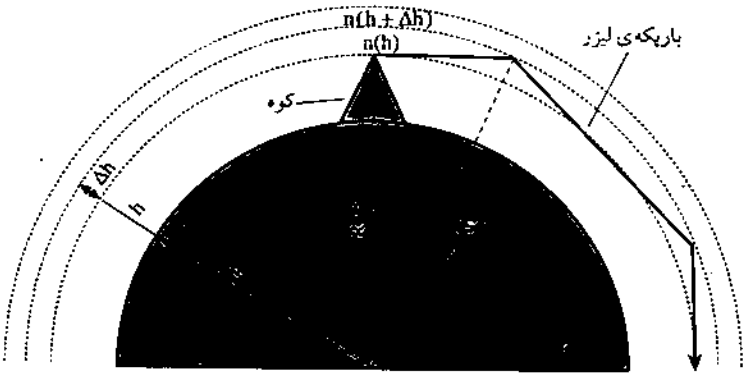
حل: فرض کنید که جوّ تهر[3] از لایه‌هایی از گاز تشکیل شده باشد که ضخامت هریک از آن‌ها Δh است، همان‌طور که شکل نشان می‌دهد، ضریب شکست هر لایه ثابت است به‌طوری که لایه‌ای که از ارتفاع h شروع می‌شود دارای ضریب شکست n(h) و لایه‌ای که از ارتفاع $h + \Delta h$ شروع می‌شود دارای ضریب شکست $n(h + \Delta h)[n(h + \Delta h) < n(b)]$ است.

اگر ارتفاع h به اندازه کافی زیاد باشد، پرتولیزر در هنگام ورود به لایه‌های بالایی به واسطه‌ی برابری زاویه‌ی تابش آن با زاویه‌ی حد θ بازتابش کلی می‌یابد. با استفاده از قانون اسنل خواهیم داشت:

$$n(h)\sin\theta = n(h + \Delta h) \qquad (1)$$

از طرف دیگر، با توجه به شکل، و با در نظر گرفتن این‌که $\Delta h << R + h$، مشاهده می‌کنیم که:

ردریگو پلبو
ترجمه : علی رضا اکبری



$$\sin\theta = \frac{R+h}{R+h+\Delta h} = \frac{1}{1+\frac{\Delta h}{R+h}} \approx 1 - \frac{\Delta h}{R+h} \quad (2)$$

با جایگزینی معادله‌ی (۲) در (۱) و با کمی محاسبه‌ی جبری خواهیم داشت :

$$n(h)\left(1-\frac{\Delta h}{R+h}\right) = n(h+\Delta h)$$

$$n(h) - \frac{n(h)\Delta h}{R+h} = n(h+\Delta h)$$

$$\frac{n(h+\Delta h)-n(h)}{\Delta h} = -\frac{n(h)}{R+h} \quad (3)$$

اگر در رابطه (۳) $\Delta h \to 0$ میل کند، این رابطه به صورت معادله‌ی دیفرانسیل زیر درمی‌آید :

$$\frac{dn}{dh} = -\frac{n(h)}{R+h} \quad (4)$$

اما، می‌دانیم، در تهر $n(h) = n_0 - bh$ ، بنابراین :

$$\frac{dn}{dh} = -b$$

با جایگزینی در معادله‌ی(۴)، رابطه زیر را خواهیم داشت :

$$-b = -\frac{n(h)}{R+h}$$

$$bR + bh = n_0 - bh$$

$$h = \frac{n_0 - bR}{2b}$$

زیرنویس :

1. Tehar
2. Teharian

منبع :
The Physics Teacher, Vol.44 May 2006.

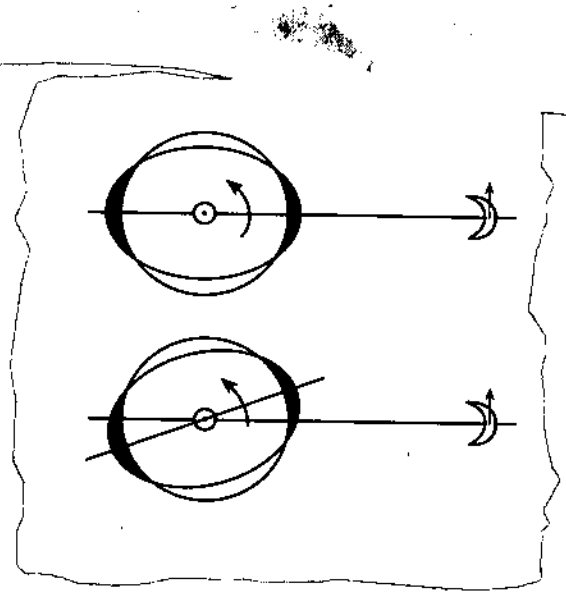
آیا بین جزر و مد و زمین لرزه همبستگی وجود دارد؟

پل دبلیو. برتون
ترجمه: مریم اسدی

آیا بین کشندهای زمین و زمین لرزه رابطه‌ای وجود دارد؟

آیا کشندهای زمین باعث زمین‌لرزه می‌شوند؟ آیا برخی زمین‌لرزه‌ها یا ناحیه‌هایی از زمین که بیشتر در معرض زمین‌لرزه‌اند بیشتر از سایر عامل‌ها فعال می‌شوند؟ و آیا این موضوع به پیش‌بینی زمین‌لرزه مربوط می‌شود؟ تا کنون توفیق چندانی در پاسخ به این پرسش‌ها وجود نداشته است، اگرچه مطالعه‌های گسترده‌ی تی. آچ. هیتون[۴] نشان داد که برخی از انواع زمین‌لرزه‌های کم‌عمق با بزرگی بیش از ۳ راحت‌تر از رویدادهای کوچک‌تر فعال می‌شوند. ولی مطالعه‌های دقیق‌تر بعدی او فرضیه‌ی قبلی‌اش را تایید نمی‌کرد. به نظر می‌رسد عامل‌های پیچیده و مبهمی در این موضوع دخیل باشند. ا. پالومبو[۵] اکنون می‌کوشد به برخی از این پرسش‌ها پاسخ دهد. او دریافته است زمین‌لرزه‌های فعال‌شده باکشند، آن‌هایی هستند که بزرگی بیش از ۵ داشته باشند و زمین‌لرزه‌های کم‌عمق و پیش‌لرزه‌های آن‌ها در کوه‌های آپنین[۶] درست موقعی که کشیدگی پوسته‌ی حاصل از کشند به نقطه‌ی اوج خود می‌رسید، به‌طور قابل ملاحظه‌ای فراوان‌تر می‌شوند.

تنش‌ها یا کشندهایی در زمین جامد مورد بررسی قرار گرفتند که با کُنش خورشید یا ماه روی زمین قابل تغییر شکل تولید شده‌اند. (کشندهای اقیانوس‌ها و در جو با کُنش‌های یکسان ولی در محیط‌های با تحرک بیش‌تر و متحرک‌تر صورت می‌گیرد). تغییرات تنش و کُرنش که در زمین بر اثر تغییر فاصله‌ی خورشید و ماه به‌وجود می‌آید با تغییرات شتاب ناشی از گرانی g در سطح زمین همراه است. به این ترتیب g با اندازه‌ی ۹٫۸۱m/s ثابت نیست بلکه دارای افت‌وخیزهای روزانه یا در دوره‌های طولانی‌تر است. این موضوع را می‌توان به سهولت با تغییرشکل در سطح زمین مجسم کرد، و این می‌تواند باعث حرکت زمین به اندازه‌ی یک‌دهم متر به بالا یا به پایین در نصف‌روز گردد. این حرکت‌ها را اصطکاک زمین میرا می‌سازد و به این ترتیب کُرنش بیشینه از آنچه از پاسخ زمین کاملاً کشسان انتظار می‌رود عقب می‌افتد؛ برخی از بخش‌های زمین کشیده می‌شوند در حالی که سایر بخش‌ها متراکم می‌شوند. تراکم هنگامی بیشینه است که ماه یا خورشید روی افق باشند (زمین‌لرزه‌های صبحگاهی) و برخی از دستگاه‌های گسل لرزه‌ای می‌توانند به اختلال‌های تراکمی حساس باشند. رژیم‌های تنشی در منطقه‌های گسل ممکن است زمانی که ماه یا خورشید بالای



سرند (زمین‌لرزه‌های میان‌روز) آسیب‌پذیر باشند.

کشندهای زمین ناشی از کُنش ماه (الف) بدون اصطکاک، کُرنش زمین باعث حرکت رو به بالای آن در راستای خط بین مرکزهای زمین و ماه موجب می‌شود. زمانی که ماه در سطح افق است کرنش باعث حرکت رو به پایین و به طرف زمین گردد (ب) با اصطکاک برآمدگی کشندی در روی زمین با چرخش زمین به جلو می‌رود تغییر فازی را نسبت به کُنش ماه بر روی زمین به وجود می‌آورد. کُرنش‌های دوره‌ای کوچک ممکن است انرژی کُرنش ذخیره شده در زمین را آشفته سازند و موجب آزاد شدن انرژی به صورت زمین‌لرزه گردد.

زمانی که زمین به لحاظ گرانشی روی ماه اثر می‌گذارد (اثر جسم بزرگ‌تر روی جسم کوچک‌تر)، این یک تغییر قابل قبول است که اثرهای کشندی باعث راه‌اندازی مه‌لرزه‌ها شوند. وضعیت بر عکس زمانی رخ می‌دهد که تأثیر ماه به صورت گرانشی بر زمین اثر می‌کند، دارای پیچیدگی و ابهام است. به‌عنوان مثال، اختلال‌های کُرنش نمی‌تواند خیلی زیاد باشد؛ زمین اقیانوس‌های پویایی دارد و جوّی که بارگذاری سطحی را تغییر می‌دهد، جداول زمین‌لرزه به‌ندرت همگن و کامل هستند. هنگامی که بسیاری از زمین‌لرزه‌ها به‌طور کلی مورد بررسی قرار می‌گیرند تأثیر مهمی قابل مشاهده نیست ـ احتمالاً هر تأثیری را چندگانگی سمتگیری گسل‌ها و رژیم‌های تنشی مبهم می‌سازد. پالومبو با دقت بسیار زیاد ناحیه‌های نسبتاً کوچکی از زمین را در ایتالیا جدا نمود و با کنار گذاشتن تحلیل‌های طیفی فوریه، از روش چاپمن ـ میلر[4] برای آشکارسازی تغییرات روزانه‌ی ماه استفاده کرد. نتیجه‌های او واضح‌تر از بحث و تحلیل او هستند: هیچ جمله‌ی کشندی در ناحیه‌های آلپ و کالابریای جنوبی قابل تشخیص نیست، اما یک جمله‌ی کشندی ماه برای زمین‌لرزه‌های بزرگ و پیش‌لرزه‌های وابسته در آپنین قابل مشاهده است. او پیشنهاد می‌کند که جمله‌های کشندی در بسامد زمین‌لرزه‌ها با تنش‌های کشندی در جهت شرق ـ غرب در ارتباط هستند. گرچه این پیشنهاد در سطح پیش‌گویی برای سیاره‌ی «مشتری» نیست. اما ارتباط آن با زمین‌لرزه‌های آپنین اعجاب‌انگیز است. بسیار جالب خواهد بود که ببینیم آیا مسأله ارتباط به‌دست آمده توسط پالومبو می‌تواند جواب‌های تانسور گشتاور لرزه‌ای (توصیف کامل از موقعیت گسل لرزه‌زا و بردار لغزش) را برای زمین‌لرزه‌های آپنین با تانسورهای کشندی ناحیه‌ای بهبود بخشد. به‌نظر می‌رسد که پالومبو منطقه‌ی جغرافیایی را شناسایی کرده است که در آن تغییرات کشندی در بسامد زمین‌لرزه‌ها، به‌رغم مسائل اجتناب‌ناپذیری که همبستگی بالقوه‌ی بین کشندهای زمین و زمین‌لرزه‌ها را مبهم می‌سازد، قابل مشاهده ساخته است. ارتباط آن با پیش‌بینی زمین‌لرزه موضوع دیگری است. گرچه اطلاعات زیادی در مورد کشندهای زمین و لرزه‌زایی موضعی و کلی موجود است. اما رابطه‌ی بین آن‌دو در حد خطای هر تحلیل است: بدون شک فاجعه‌های زمین‌لرزه تغییرات نیم روزانه یا روزانه‌ای را با آن دقت نشان نمی‌دهد که بتوان این تغییرات را با دقت در شفق با فلق به‌کار گرفت.

این مسأله به‌طور گسترده از دیدگاه آماری تحلیل نشده و مبهم باقی مانده است. اما وسیله‌هایی که برای اندازه‌گیری کشندهای زمین و تغییرات کرنش به‌کار گرفته می‌شود، به تغییرات حجم همراه با تغییرات سنگ‌ها قبل از شکستگی آن حساس باشند. در این‌جا ممکن است یک رابطه‌ی عملی بین این دو موضوع برقرار کرد؛ در غیر این صورت رابطه‌ی میان کشندها و زمین‌لرزه به شدت موضعی است و به مطالعات بیشتری نیاز دارد. ولی در شرایط فعلی، معلومات و تفکیک این رابطه نشان می‌دهد که این مطالعات بیشتر به شکل یک فعالیت اسرارآمیز باشد.

زیرنویس:

1. T.H.Heaton
2. A.Palumbo
3. Appennine
4. Chapman-Miller

منبع:

P.W.Burton, "Is there coherence between Earth tides and earthquake?", Nature, vol.328/May 1986/p 115

اتم‌ها را می‌توان دید

دیوید کوکاین
ترجمه: مریم یعقوبی ریگندی

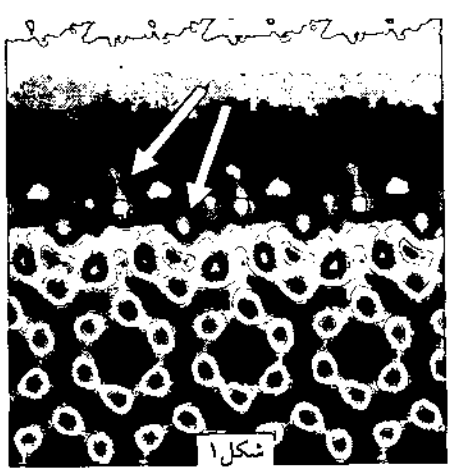
چکیده

در این مقاله نویسنده دو شکل اصلی میکروسکوپی الکترونی -رویشی و عبوری- را مورد مطالعه قرار می‌دهد و عامل‌های محدود کننده توان تفکیک آن‌ها و نحوه‌ی توسعه‌ی آن‌ها به منظور کاوش در دنیای نانو را از طریق تصویریابی و طیف‌سنجی بررسی می‌کند.

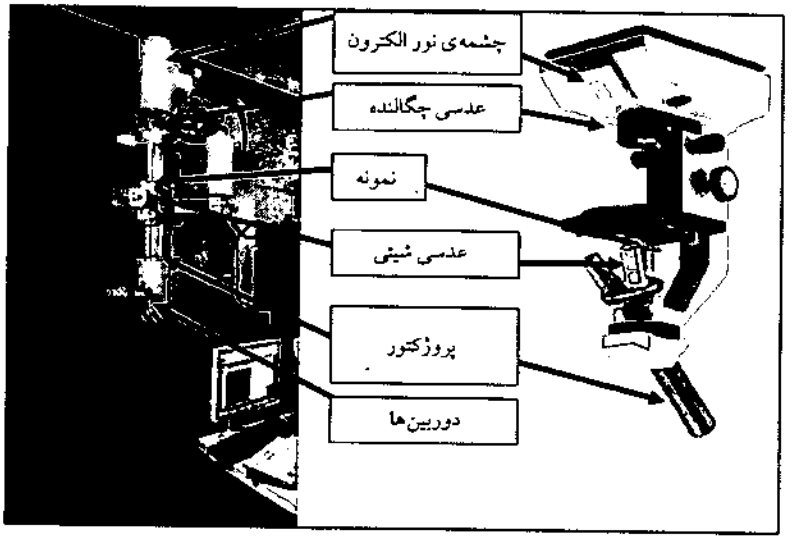
«می‌توان اتم‌ها را دید»

بیست سال پیش، این گزاره اغلب با تعجب دانش‌آموزان و شک و بدبینی معلمان مدرسه مواجه می‌شد. «این در واقع دیدن نیست» این جمله را پس از ارائه یک نمایش به کلاسی مشتاق دورادور از معلمی شنیدم. او در حال بیان دیدگاهی فراگیر مبنی بر این‌بود که: هر نوع مشاهده‌ای که در آن نور دخیل نباشد دیدن واقعی نیست. امروزه دیدن اتم‌ها و حتی دیدن آن‌ها در حال حرکت کاری معمولی است. چالش دیگر دیدن اتم‌ها نیست بلکه مشاهده نحوی قرار گرفتن آن‌هاست که ویژگی‌های مواد از قبیل سختی، مقاومت، خمش، تردی و ویژگی‌های کاتالیستی آن‌ها را تعیین می‌کند. میکروسکوپ‌های الکترونی جدید این امکان را فراهم می‌سازند که این آرایش‌ها را ببینیم. بنابراین، به عنوان مثال در سرامیک‌های نیترید سیلیسیم (که مثلاً در یاتاقان‌های اتومبیل به‌کار می‌رود) آرایش اتم‌های لانتانم (که در شکل ۱ با پیکان مشخص شده‌اند) در فصل مشترک یک لایه‌ی شیشه‌ای (دربالا) و یک بلور نیترید سیلیسیم (در پایین) نشان داده شده است. اتم‌های La در کنترل مسیر ترک‌ها به‌هنگام عبور از بین سرامیک نیترید سیلیسیم نقش دارند.

شکل ۱. فصل مشترک بین یک بلور نیترید سیلیسیم (پایین) و یک شیشه (بالا) در یک سرامیک نیترید سیلیسیم. اتم‌های روشن در فصل مشترک La هستند که برای تقویت فصل مشترک به‌کار برده می‌شوند.



شکل ۱



شکل۲. مقایسه یک TEM مدرن و یک میکروسکوپ نوری عبوری TEM مجهز به تصحیح کننده‌های ابیراهی هم برای عدسی چگالنده. و هم برای عدسی شیئی است. این تصحیح کننده‌ها در زیر هریک از این عدسی‌ها قرار داده شده‌اند که در شکل به صورت استوانه‌های نقره‌ای‌رنگ دیده می‌شوند.

میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) را می‌توان صرفاً با مقایسه با میکروسکوپ نوری عبوری درک کرد به شرط آن‌که نحوه‌ی کار میکروسکوپ نوری را بدانید. اگر یک میکروسکوپ نوری را وارونه کنید (شکل۲ را ببینید)، در این صورت:

الف) در بالا یک چشمه‌ی نور ـ یک سیم داغ ـ وجود دارد. این سیم نور و گرمای زیادی را تابش می‌کند و احتمالاً تعدادی الکترون. اگر سیم از تنگستن ساخته شده باشد نه فقط نور و گرما بلکه تعداد بسیار زیادی الکترون (به دلیل تابع کار پایین آن) تابش خواهد کرد. بنابراین در TEM از یک سیم تنگستن به عنوان چشمه الکترونی استفاده می‌شود (چشمه‌های الکترونی درخشان‌تر دیگری نظیر LaB_6 و چشمه‌های گسیل میدانی به طور روزافزونی مورد استفاده قرار می‌گیرند).

ب) در میکروسکوپ نوری، نور با سرعت نور(!) به طرف نمونه حرکت می‌کند. در میکروسکوپ الکترونی، الکترون‌هایی که از سیم تنگستن گسیل می‌شوند، الکترون‌های «گرمایی» هستند و چندان سریع حرکت نمی‌کنند. باید این الکترون‌ها سریع‌تر حرکت کنند تا طول موج کوتاهی داشته باشند. طول موج کوتاه به این دلیل لازم است که کوچک‌ترین جسمی که با امواجی به طول موج λ قابل مشاهده‌اند، ابعادی در حدود $\lambda/2$ دارند (معیار ریلی). و طول موج الکترون طبق رابطه‌ی $\lambda = \frac{h}{mv}$ به سرعت آن مربوط می‌شود (رابطه غیر نسبیتی دوبروی) که در آن h ثابت پلانک و m و v به‌ترتیب جرم و سرعت الکترون هستند. اگر v بزرگ‌تر از ۸۰٪ سرعت نور باشد، در این صورت λ کوچک‌تر از ۱/۱۰۰ ابعاد اتم می‌شود. بنابراین برای این‌که الکترون سریع‌تر حرکت کند باید در اختلاف پتانسیل بزرگی (یک تا سه میلیون ولت) شتاب داده شود. در نتیجه الکترون‌ها نیز نظیر نور در میکروسکوپ نوری با سرعت به طرف نمونه حرکت می‌کنند.

ج) یک عدسی شیشه‌ای (عدسی چگالنده) نور را متمرکز و روی هدف هدایت می‌کند. شیشه نمی‌تواند برای الکترون‌ها به عنوان عدسی به‌کار رود، بلکه باید از یک میدان مغناطیسی به‌عنوان عدسی چگالنده استفاده کرد تا الکترون‌ها را روی نمونه متمرکز سازد.

د) نمونه، نور (یا الکترون‌ها) را پراکنده می‌کند که بعداً توسط عدسی شیئی شیشه‌ای (یا مغناطیسی) گردآوری می‌شوند تا تصویری را تشکیل دهند (در مورد میکروسکوپ الکترونی، این تصویر همواره یک تصویر حقیقی است). در میکروسکوپ نوری این تصویر در واقع تغییر شدت نور در سرتاسر میدان تصویر است.

هـ) این تصویر سپس حکم یک شیء را پیدا می‌کند و توسط مجموعه‌ای از عدسی‌ها (مثلاً عدسی یا عدسی‌های پروژکتور) به یک تصویر نهایی روی یک فیلم عکاسی در مورد میکروسکوپ نوری تبدیل می‌شود. همین‌طور در میکروسکوپ الکترونی تصویر روی فیلم عکاسی یا روی صفحه فلوئورسان و یا روی دوربین CCD تشکیل می‌شود. در میکروسکوپ نوری، چشم می‌تواند عدسی پروژکتور نهایی و شبکیه، پرده نهایی باشد. اگر شما از چشم و شبکیه به‌عنوان عدسی نهایی و پرده در میکروسکوپ الکترونی استفاده کنید، نابود خواهند شد!

و) حتی اگر الکترون‌ها خیلی سریع حرکت کنند چون ذرات

	میکروسکوپ الکترونی	میکروسکوپ نوری
تابش	الکترون‌ها	فوتون‌ها
چشمه	سیم تنگستن	سیم تنگستن
عدسی	میدان مغناطیسی	شیشه
آشکار ساز	پرده یا فیلم عکاسی	چشم یا فیلم عکاسی
خلأ مورد نیاز	بله	خیر

سنگینی نیستند توسط حدود یک سانتی متر از هوا متوقف می‌شوند. در نتیجه میکروسکوپ الکترونی باید تخلیه شود.

ز) چون الکترون‌ها به آسانی متوقف می‌شوند، نمونه در میکروسکوپ الکترونی باید بسیار نازک باشد. این ضخامت نوعاً کمتر از یک میکرون است.

میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) از چشمه‌ی الکترونی مشابه و عدسی چگالنده‌ی مشابه استفاده می‌شود. اما در این مورد عدسی چگالنده برای متمرکز کردن الکترون‌ها در یک نقطه بسیار کوچک روی سطح نمونه به کار می‌رود. بعضی از این الکترون‌ها در این نقطه کوچک به یک آشکارساز (آشکارساز پس‌پراکندگی) پس‌پراکنده می‌شوند. و از تعداد این الکترون‌ها برای کنترل درخشندگی یک نقطه روی لامپ پرتوکاتدی (CRT) استفاده می‌شود. این نقطه سپس در سرتاسر سطح نمونه به صورت مجموعه‌ای از خطوط موازی روبیده می‌شود و نقطه نورانی روی CRT به طور همزمان روبیده می‌شود. اگر تغییراتی در سطح نمونه وجود داشته باشد (مثلاً عناصر مختلف در نقطه‌های مختلف وجود داشته باشند) تعداد الکترون‌های پس‌پراکنده شده با مکان تغییر خواهد کرد و بنابراین شدت روی CRT تغییر می‌کند. بدین‌ترتیب یک تصویر پس‌پراکندگی (BS) تشکیل می‌شود. همزمان، برخی از الکترون‌ها به داخل سطح نفوذ می‌کنند و الکترون‌هایی (الکترون‌های ثانویه‌ی SE) از سطح خارج می‌شوند. یک آشکارساز متفاوت می‌تواند این الکترون‌های ثانویه را برحسب مکان نقطه شمارش کند و بنابراین تصویری با استفاده از الکترون‌های ثانویه روی CRT تشکیل دهد.

چون الکترون‌ها در TEM از نمونه عبور می‌کنند، TEM برای مشاهده ساختار داخلی نمونه مورد استفاده قرار می‌گیرد در حالی که SEM سطح نمونه (ویا نزدیک سطح نمونه) را بررسی می‌کند.

چه عامل‌هایی آنچه را که با میکروسکوپ الکترونی می‌توان دید محدود می‌کنند؟

قبل از بحث در مورد محدودیت‌های میکروسکوپ‌های الکترونی، باید چند مورد از آنچه را که تا به حال گفته شده است قدری تعدیل کنیم.

اول: در TEM الکترون‌ها به‌هنگام عبور از نمونه اغلب چندین‌بار پراکنده می‌شوند. در نتیجه تصویر را اغلب نمی‌توان مانند مورد LM افکنش مستقیم ساختار نمونه قلمداد کرد و برای درک تصویر، مدل‌هایی را باید در نظر گرفت و تصویرها را محاسبه کرد تا دید آیا آن‌ها با تصویرهای مشاهده شده همخوانی دارند یا خیر. دوم: عدسی‌ها وحشتناکند!

در میکروسکوپ نوری می‌توان نشان داد که با رعایت دقت کافی امکان ساخت عدسی‌های کامل (از دیدگاه ابیراهی کروی و ابیراهی رنگی) وجود دارد و این عدسی‌ها ساخته شده‌اند. و در نتیجه برای نور، توان تفکیک میکروسکوپ را انرژی‌های پراش نور ـ یعنی طول موج نور ـ محدود می‌سازد. اما چند دهه پیش معلوم شد که عدسی‌های مغناطیسی (متقارن) همواره ابیراهی خواهند داشت و نمی‌توان از آن‌ها اجتناب کرد. و بنابراین برخلاف میکروسکوپ نوری، توان تفکیک درک TEM را نه λ بلکه ابیراهی‌ها محدود می‌سازند و چه ابیراهی‌هایی! بیشتر شبیه ته بطری نوشابه به‌جای یک عدسی شیشه‌ای. اما چون طول موج الکترون‌ها خیلی کوچک‌تر از اتم است، می‌ارزد از چنین عدسی‌های ضعیفی استفاده کنیم، به این امید که امکان دیدن اتم‌ها را به ما بدهد. و همین‌طور هم هست (شکل ۱ را ببینید).

در میکروسکوپ الکترونی روبشی آنچه که بیشتر توان محدود می‌کند ابیراهی‌ها نیستند بلکه این است که چقدر می‌توان نقطه‌ی الکترونی را کوچک کرد. اما چون نقطه‌ی الکترونی را عدسی چگالنده تشکیل می‌دهد، ابیراهی‌ها در این عدسی، اندازه‌ی نقطه

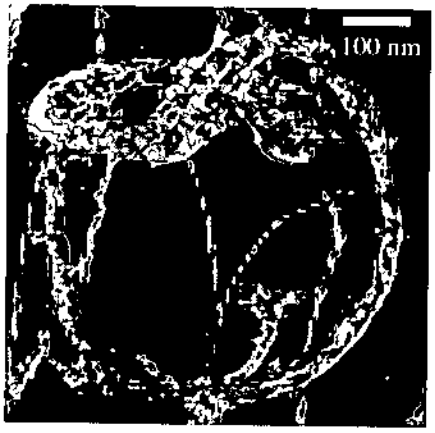
و در نتیجه توان تفکیک را محدود می‌سازد. بنابراین در SEM هم محدودیت‌های ابیراهی در توان تفکیک وجود دارند. اما محدودیت مؤثر دیگر در توان تفکیک SEM این واقعیت است که پراکندگی‌های چندگانه نقطه‌ی الکترونی در نمونه سبب می‌شود تا نقطه الکترونی زیر سطح پخش شود که باعث افزایش اندازه‌ی نقطه به میزان قابل ملاحظه‌ای می‌گردد، به‌ویژه اگر اندازه‌ی نقطه کوچک باشد. بنابراین در تصویرگیری به کمک الکترون‌های ثانویه، توان تفکیک را میزان پخش‌شدگی محدود می‌سازد.

تصحیح ابیراهی

چون توان تفکیک در میکروسکوپ الکترونی متأثر از ابیراهی‌هاست و چون نمی‌توان ابیراهی‌های عدسی‌ها را از بین برد، اخیراً تصحیح کننده‌های ابیراهی ابداع شده‌اند که ابیراهی‌ها را در عدسی‌ها *جبران می‌کنند*، همان‌گونه که عینک ابیراهی‌ها (مثلاً استیگماتیسم) را در چشم جبران می‌کند. این تصحیح کننده‌ها به‌قدری موفق بوده‌اند که امروزه می‌توان بر ابیراهی اصلی (کروی) در TEMهای جدید غلبه کرد. شاید تصحیح ابیراهی مهم‌ترین ابداع در میکروسکوپ‌های الکترونی در طول ۳۰ سال گذشته باشد. میکروسکوپ نشان داده در شکل۲ مجهز به تصحیح کننده‌های ابیراهی هم برای عدسی چگالنده و هم برای عدسی شیئی (اولین در دنیا) است. این تصحیح کننده‌های ابیراهی در شکل۲ به‌صورت استوانه‌های نقره‌ای رنگ دیده می‌شوند.

مشاهده در سه بعد

انسان‌ها در سه بعد می‌بینند زیرا هر چشم دیدگاه متفاوتی از یک شیء را دریافت می‌کند و مغز ما می‌تواند این دو دیدگاه متفاوت را به مجموعه سه‌بعدی از داده‌ها (تصویر سه‌بعدی) تبدیل کند. میکروسکوپ الکترونی فقط یک دیدگاه را دریافت می‌کند. اما با گرفتن دو تصویر به نحوی که نمونه بین آن‌ها اندکی چرخیده باشد، این امکان وجود دارد که تصویر متفاوتی به هریک از چشم‌هایمان نشان دهیم (یا با قرار دادن دو تصویر در کنار هم یک صفحه و «عبور دادن» چشم‌هایمان، یا با استفاده از یک مشاهده‌کننده استریو) و بنابراین در سه بعد ببینیم. این روش مدت‌ها است که مورد استفاده قرار می‌گیرد. اخیراً تعداد بسیار زیادی از تصویرها که نمونه بین هرکدام اندکی چرخیده است به‌عنوان داده‌های ورودی به رایانه داده شده‌اند. رایانه می‌تواند الگوی بسیار دقیق سه‌بعدی از شیئی بسازد (شکل۳ را ببینید) «توموگرافی الکترونی» اکنون به‌صورت خودکار درآمده است و ابزار توانمندی برای مطالعه‌های



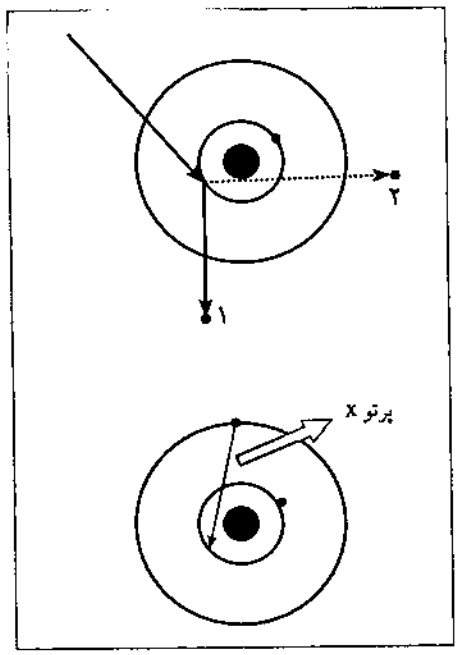
شکل۳. یک تصویر سه‌بعدی از نانولوله‌های کربنی که با استفاده از چندین نما تشکیل شده است

ساختاری هم در علوم زیستی و هم در علم مواد به‌دست می‌دهد. توان تفکیک این روش در حال حاضر نزدیک به یک نانومتر است. بدون شک ظرف یک دهه توموگرافی الکترونی با توان تفکیک اتمی به‌دست خواهد آمد.

تحلیل میکروئی

همان‌گونه که توانایی مشاهده اشیا کوچک مفید است، دانستن این‌که اشیا از چه گونه‌های اتمی ترکیب شده‌اند نیز مفید است. راه‌های متعددی برای دست یافتن به این هدف وجود دارد که دوتا از آن‌ها در این‌جا مورد بحث قرار می‌گیرند. یکی طیف‌نمایی افت انرژی الکترونی[1] (EELS) و تصویرگیری و دیگری تحلیل میکروئی پرتوایکس و تصویرگیری.

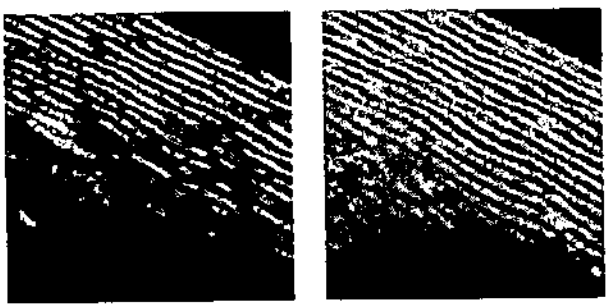
وقتی الکترون با اتم برهم‌کنش می‌کند، انرژی خود را با فرایندهای متعددی از دست می‌دهد. یک فرایند مهم بیرون انداختن الکترون از یک مدار داخلی اتم است (شکل۴ را ببینید). انرژی لازم برای انجام این کار انرژی برانگیزش نامیده می‌شود که برای پوسته‌ی خاص در اتم خاص مقدار ثابتی است (مثلاً ۲۸۴eV برای پوسته‌ی داخلی C و ۶keV برای Fe). بنابراین با اندازه‌گیری افت انرژی الکترون فرودی، این امکان وجود دارد که مشخص کنیم آیا اتم C بوده است یا Fe. همچنین نسبت تعداد الکترون‌هایی که ۲۸۴eV را از دست داده‌اند به تعداد الکترون‌هایی که ۶keV را از دست داده‌اند معیاری برای نسبت C:Fe خواهد بود. این نسبت با عبور دادن همه الکترون‌ها از یک آهنربا (طیف‌سنج) پس از این‌که با نمونه برهم‌کنش کرده باشند، اندازه‌گیری می‌شود. آن‌هایی که ۶keV انرژی از دست داده‌اند خیلی آهسته‌تر از آن‌هایی که ۲۸۴eV



شکل۴ . یک الکترون سریع(۱) یکی از الکترون‌های پوسته‌ی داخلی اتم(۲) را به بیرون پرتاب می‌کند (تصویربالایی) و انرژی از دست می‌دهد. سپس یک الکترون از مدار دیگری به پوسته‌ی داخلی فرو می‌افتد و یک پرتو x گسیل می‌شود (تصویر پایینی)

افت انرژی داشته‌اند حرکت می‌کنند و بنابراین بیشتر توسط آهن‌ربا منحرف خواهند شد. در نتیجه الکترون‌ها میدان مغناطیسی را در جهت‌های متفاوت و مطابق با افت انرژی‌سان ترک خواهند کرد. از آن‌جا که افت انرژی نظیر هر عنصر معلوم است مطالعه الکترون‌های پراکنده شده (طیف افت انرژی الکترونی) عناصر موجود در نمونه را آشکار خواهد ساخت. پس از مدرج‌سازی طیف می‌توانید تحلیل کمی نمونه را نیز انجام دهید.

اتمی که باعث افت انرژی الکترون فرودی می‌شود دستخوش اختلال در پوسته‌ی داخلی الکترونی‌اش (α) می‌شود، به‌عنوان مثال یک الکترون از دست می‌دهد. این پدیده اتم را ناپایدار می‌سازد، اتم می‌تواند با پرتاب یکی از الکترون‌های پوسته‌ی بیرونی (β) به پوسته‌ی داخلی پایدار شود. این واپاشی می‌تواند به گسیل یک پرتو x با انرژی ($E_{\alpha\beta}$) معادل اختلاف انرژی‌های برانگیختگی دو پوسته‌ی α و β بینجامد. از آن‌جا که $E_{\alpha\beta}$



شکل۵ . چند لایه‌های Cu /Nb (ضخامت هر دوره‌ی تناوب ۱٫۵nm)

مشخصه اتم است، می‌توانید مجدداً ترکیب نمونه را با اندازه‌گیری انرژی‌های پرتو x به کمک یک آشکارساز پرتو x تعیین کنید.

اگر میکروسکوپ را در مد روبشی به‌کار ببرید، سیگنال افت انرژی یا پرتوهای x وقتی باریکه الکترونی نمونه را می‌پیماید تغییر خواهد کرد. با دیدبانی شدت یک انرژی خاص در طیف برحسب مکان (مثلاً با دیدبانی تعداد الکترون‌هایی که ۲۸۴eV از دست داده‌اند) الگویی از توزیع عنصری در نمونه تشکیل می‌شود. به همین ترتیب، شکل ۵ الگویی از یک نمونه متشکل از لایه‌های متناوب Cu و Nb را نشان می‌دهد. این روش‌ها و روش‌های بسیار دیگری (مثلاً تمام‌نگاری الکترونی برای مطالعه ساختارهای مغناطیسی، پراش الکترونی) ابزاری برای بررسی ساختار مواد در مقیاس اتمی یا نزدیک به آن را در اختیار دانشمندان می‌گذارند، چیزی که ۲۰ سال پیش غیرقابل تصور بود. میکروسکوپ الکترونی با توانایی خود برای تصویرگیری و تحلیل مواد تا سطح اتمی، ابزاری کلیدی در مطالعه‌های نانوساختارهای مورد استفاده در توسعه نانوفناوری محسوب می‌شود. میکروسکوپ الکترونی به‌طور فزاینده‌ای در حال پیچیده‌تر شدن است و به‌طور گسترده و فراگیری در دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی صنعتی، تشخیص پزشکی و هرجا که اطلاعات درباره نانوساختار مورد نیاز باشد به‌کار گرفته می‌شود.

زیرنویس:

1. electron energy loss spectroscopy

منبع:

Physics Education 40(2) March 2005/ pp 134-138

مجسم کردن فیزیک

ترجمه: سیدمهدی میرقیوم‌نیا

● صفحه‌ی تخت بزرگی را در نظر بگیرید که مماس بر سطح زمین و در فضا گسترش یافته است. فرض کنید که در روی صفحه و درست بالای نقطه تماس آن با زمین، قطعه‌ای آهنی را روی صفحه با سرعت اولیه ۰v بلغزانیم. همین طور فرض کنید که صفحه کاملاً بدون اصطکاک، مقاومت هوا ناچیز، و سرعت ۰v از سرعت فرار v کوچک‌تر باشد. کدام گزینه درباره‌ی حرکت قطعه صادق است:

الف- مطابق قانون لَختی، مکعب با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد.

ب- با دور شدن مکعب و ضعیف‌تر شدن گرانی، سرعت افزایش می‌یابد.

ج- به دلیل کشش گرانی، سرعت مکعب کاهش می‌یابد.

د- قطعه حرکت نوسانی خواهد داشت.

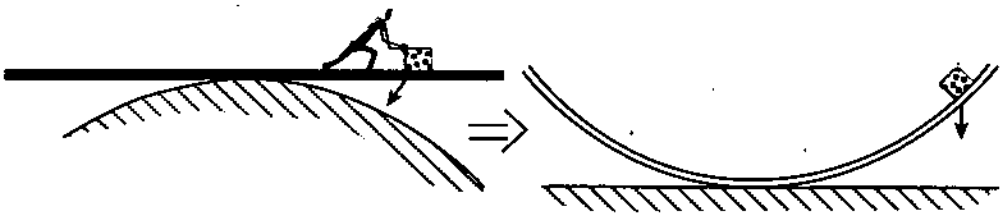
پاسخ: گزینه‌ی «د» صحیح است.

پنج قرن قبل گالیله این موضوع را مورد بررسی قرار داده بود.

گزینه «ج» نیز صحیح است، اما کامل نیست: نیروی گرانی در آغاز لغزش، بر صفحه‌ی مفروض عمود است. با دور شدن قطعه، مؤلفه نیروی گرانی موازی با صفحه، سرعت قطعه را کاهش می‌دهد و سرانجام متوقف می‌شود. بعد چه اتفاقی می‌افتد؟ قطعه برمی‌گردد و فرآیند در چرخه‌ای جدید تکرار می‌شود. مطابق شکل زیر می‌توان صفحه تخت را معادل سطح دایره‌ای شکل دانست.

● «گلوله‌ای مستقیماً از یک تفنگ فنری به طور افقی (در امتداد

مکعب مانند یک توپ غلتان،
روی سطح داخلی
دایره‌ای شکل نوسان می‌کند.



خط دید) به سمت مرکز هدف نشانه گیری شده است. به دلیل کشش گرانی، گلوله در فاصله y زیر سطح افقی برخورد می‌کند. برای این‌که گلوله به هدف برخورد کند، تفنگ باید در خط دیدی قرار گیرد که فاصله قائم از سطح افقی:

(الف) درست به اندازه y باشد.

(ب) اندکی کوچک‌تر از y باشد.

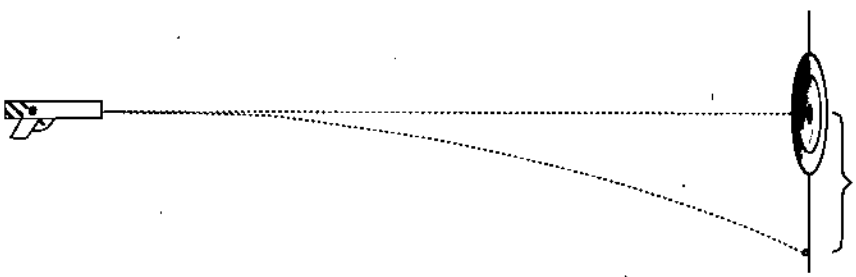
(ج) اندکی بزرگ‌تر از y باشد.

از پاسخ خود دفاع کنید.

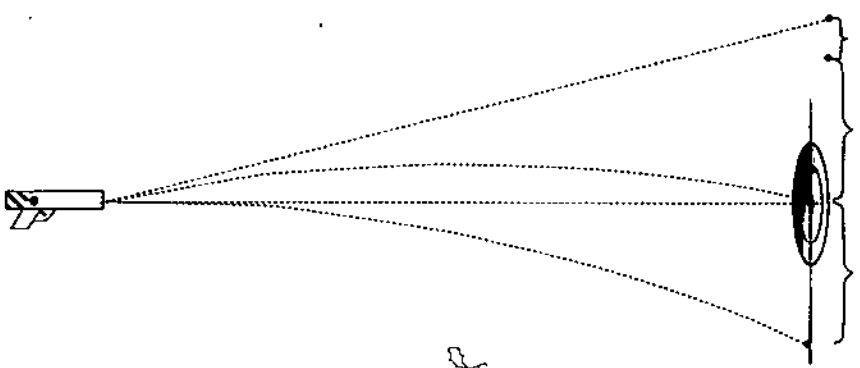
پاسخ: (ج)، کمی بزرگ‌تر از y. به دو دلیل:

اول این‌که وقتی تفنگ به طرف بالا شلیک شود، مؤلفه افقی سرعت کوچک است. بنابراین زمان پرواز اندکی بیشتر است و پرتابه فاصله عمودی بیشتری را طی می‌کند.

در ثانی به دلیل جرم پرتابه و کشش فنر، سرعت حاصل در



هنگام صعود کم است، زیرا فنر فقط نمی‌تواند پرتابه را براند، اما می‌تواند برخلاف گرانی آن را بالا ببرد.



منبع:

The Physics Teacher, Vol 40, Novamber 2002

چرا فلزهای براق گسیلنده‌های بد تابش هستند؟

رونالد بریان
ترجمه و توضیح: روح‌اله خلیلی بروجنی
khalili@talif.sch.ir

در مجله‌ی فیزیکس تیچر، آوریل ۲۰۰۷ مقاله‌ای کوتاه از **رونالد بریان**، استاد فیزیک دانشگاه A&M تگزاس، آمده است که در آن با ارائه‌ی مدلی کوشیده به این پرسش پاسخ دهد که: «چرا فلزهای براق گسیلنده‌های بد تابش هستند؟» پیش از آن‌که ترجمه‌ی این مقاله را بخوانید خوب است ابتدا، جهت یادآوری و برای حضور ذهن بیش‌تر موارد زیر را بخوانید.

● همه‌ی ذره‌های باردار شتابدار بخشی از میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی خود را به صورت موجی الکترومغناطیسی که حامل انرژی، تکانه و تکانه‌ی زاویه‌ای است منتشر می‌کنند. این میدان‌های گسیلیده از بار را تابش الکترومغناطیسی (EM) می‌نامند. بسته به این که شتاب ذره‌های باردار به چه صورت باشد، نوع تابش متفاوت است. در یک تقسیم‌بندی کلی، ذره‌های بارداری که:

✓ روی مسیری دایره‌ای در حرکتند **تابش سنکروترونی** گسیل می‌کنند.

✓ هنگام عبور از ماده‌ای کُند شوند، **تابش ترمزی** از خود گسیل می‌کنند.

✓ مانند فنر نوسان‌های سینوسی داشته باشند **تابش دو قطبی** گسیل می‌کنند.

✓ به طور کاتوره‌ای حرکت کنند، **تابش گرمایی** (یا تابش جسم سیاه) گسیل می‌کنند.

✓ سرعت عبور آن‌ها در یک محیط شفاف بیشتر از سرعت نور در همان محیط باشد، **تابش چرنکوف** گسیل می‌کنند. (برای تولید تابش چرنکوف لازم نیست که ذره‌های باردار حرکت شتابدار داشته باشند).

● همه‌ی جسم‌ها در هر دمایی که باشند، به دلیل نوسان‌های گرمایی خود، انرژی به صورت موج‌های الکترومغناطیسی تابش می‌کنند. هرچند این تابش گرمایی می‌تواند تمام طیف موج‌های EM از موج‌های رادیویی تا موج‌های گاما را دربرگیرد، اما در دماهای کمتر از K ۱۰۰۰ این تابش عمدتاً درناحیه‌ی فروسرخ است، که چشم انسان به آن حساس نیست، طیف این تابش گرمایی پیوسته است.

● آهنگ تابش گرما از جسمی به مساحت A در دمای T (برحسب کلوین) را می‌توان با قانون استفان بولتزمن $\Delta Q / \Delta t = \sigma \varepsilon A T^4$ بیان کرد که در آن σ ثابت فیزیکی بنیادی به نام ثابت استفان بولتزمن، و ε ثابت گسیلندگی جسم است که از صفر تا یک تغییر می‌کند. ثابت گسیلندگی به صافی و ناصافی سطح جسم و رنگ آن بستگی دارد. گسیلندگی، بیانگر این است که تابش انرژی جسم با چه سهولتی انجام می‌شود. سطح‌های تیره و مات و کاواک‌ها بهترین گسیلنده هستند در حالی که سطح‌های صیقلی و براق با رنگ‌های روشن بدترین گسیلنده‌ها هستند. جسمی که گسیلندگی ε آن برابر یک باشد، جذب‌کننده و گسیلنده‌ی کامل تابش است. چنین جسمی را جسم سیاه می‌نامند. انرژی گرمایی که از جسم سیاه تابش می‌شود به جنس مواد یا سایر مشخصه‌های آن بستگی ندارد. این موضوع باعث می‌شود که تنها دمای جسم سیاه در تعیین طیف تابش ناشی از آن نقش داشته باشد.

● اجسام تابش‌های گرمایی را از محیط اطراف خود جذب هم می‌کنند. سطح‌هایی که گسیلنده‌های خوبی هستند جذب‌کننده‌های خوبی هم هستند و سطح‌هایی که گسیلنده‌های ضعیفی هستند جذبشان نیز ضعیف است. هر جسم هنگامی با محیط اطراف خود

در حالت تعادل قرار می‌گیرد که مقدار انرژی گرمایی گسیل شده از آن با مقدار انرژی گرمایی که از اطراف جذب می‌کند برابر باشد. اگر انرژی گسیل شده از جسم بیشتر از انرژی جذب شده در آن باشد، جسم سرد می‌شود؛ و چنانچه گسیل انرژی کمتر از جذب انرژی باشد، جسم گرم می‌شود.

در ادامه ترجمه‌ی مقاله را بخوانید.

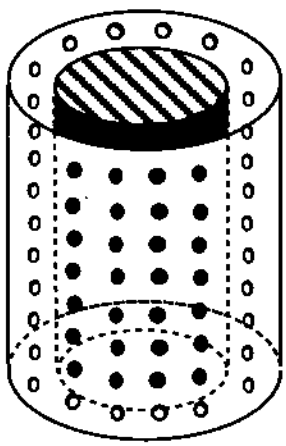
اغلب دانش‌آموزان تعجب می‌کنند چرا فلزهای صیقلی وقتی بسیار براقند گسیلنده‌های بد تابش هستند. در این جا مدل ساده‌ای را که به توضیح این تعارض کمک خواهد کرد ارائه می‌کنم.

مبنای این مدل، این واقعیت است که تابش از هر جسم هرگز فراتر از تابش جسم سیاه نمی‌رود. به علاوه، طیف تابشی یک جسم (تابش برحسب طول موج) تقریباً می‌خواهد از همان منحنی جسم سیاه پیروی کند و قله‌ی آن تا نزدیکی قله‌ی جسم سیاه پیش رود. به این ترتیب، به عنوان یک تقریب خام برای طیف تابش جسم، فرض می‌کنم که آن دقیقاً از طیف جسم سیاه پیروی می‌کند ولی با عامل ثابت a که مقداری مثبت و از یک کوچک‌تر است. در این تقریب، می‌توان استوانه‌ای از یک ماده‌ی دلخواه را به صورت استوانه‌ی جسم سیاه تو پری نشان داد که یک استوانه‌ی خارجی نازک کاملاً بازتابنده، که سوراخ‌هایی روی آن وجود دارد، مطابق شکل آن را دربرگرفته است. استوانه‌ی داخلی، جسم سیاهی است که تابش الکترومغناطیسی فرودی را کاملاً جذب می‌کند.

اکنون جسم سیاه را، مثلاً با یک گرماده درونی، گرم می‌کنیم. وقتی جسم سیاه گرم شود بنابر قانون پلانک، تابش EM گسیل می‌کند. چون استوانه‌ی نازک بیرونی سوراخ‌های کوچک بسیاری دارد، تابش EM مستقیماً از این سوراخ‌ها خارج می‌شود. از سوی دیگر، موج‌های EM که از سطح داخلی استوانه‌ی نازک باز می‌تابند مستقیماً به جسم سیاه بازمی‌گردند و توسط آن جذب می‌شوند. بنابراین اگر در دمای T، جسم سیاه بدون پوششی مقدار انرژی W بر ثانیه بر مترمربع تابش کند، جسم سیاه پوشش‌دار تنها انرژی به اندازه‌ی aW بر ثانیه برمترمربع تابش می‌کند که در آن a برابر نسبت «سطح کل سوراخ‌ها روی پوشش استوانه‌ای» به «سطح کل پوشش استوانه‌ای با سوراخ‌های روی آن» است.

(در مورد جسم سیاه پوشش‌دار، می‌توانیم مقدار گرمای گسیل شده از گرماده را با نگه داشتن دمای جسم سیاه در T کاهش داد.)

اکنون اگر تابشی از یک چشمه‌ی خارجی به جسم سیاه بدون



پوشش فرود آید پس از برخورد به جسم سیاه تمام آن جذب می‌شود ولی اگر جسم سیاه دارای پوشش باشد، تابشی که به پوشش برخورد می‌کند ۱۰۰ درصد باز نمی‌تابد و تنها پرتوهای EM که از سوراخ بگذرند به جسم سیاه می‌رسند. بنابراین، اگر تابش EM فرودی برابر I باشد، تابش جذب شده برابر aI است که a همان عامل، در تعریفی است که بیان شد.

و اکنون چند حالت خاص:

۱) اگر a = ۱ (استوانه‌ی بدون پوشش)، ترکیب جسم سیاه ـ پوشش یک گسیلنده و یک جذب‌کننده‌ی کامل است.

۲) اگر a = ۰ (پوشش بدون سوراخ)، این ترکیب در حالت کلی نه گسیل می‌کند نه تابش.

۳) اگر a = ۰/۰۵ باشد (پوشش با تعداد کمی سوراخ، مانند شکل)، این سطح بازتابنده‌ی بسیار خوب و جذب‌کننده و گسیلنده‌ی بسیار بدی است. در نتیجه سطح‌های فلزی صیقلی که بازتابنده‌های خوبی هستند، گسیلنده‌های بدی هستند.

در این جا نشان دادیم که جسم یا سطحی که گسیلنده‌ی خوب است، می‌خواهد یک جذب‌کننده‌ی خوب باشد و جسم یا سطحی که یک گسیلنده بدی است می‌خواهد که یک جذب‌کننده‌ی بدی باشد.

منبع:

The Physics Teacher, Vol. 45, April 2007

بار الکتریکی

لوئیس رایدر[1]
مترجم: منیژه رهبر

چکیده

این مقاله شناخت ما از بار الکتریکی را از زمان کولن تا امروز بررسی می‌کند.

از کولن تا QED

احتمالاً شناخته شده‌ترین واقعیت در مورد بار الکتریکی آن است که بارهای همنام یکدیگر را دفع، بارهای ناهمنام یکدیگر را جذب می‌کنند، و جاذبه یا دافعه از قانون کولن به دست می‌آید

$$\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{r} \qquad (1)$$

که $\hat{r}$ بردار یکه در جهت از q_1 به q_2 و F نیرویی است که بر q_2 وارد می‌شود. به‌طوری که اگر هر دو بار مثبت (یا هر دو منفی) باشند، نیرو در جهت $\hat{r}$ و دافعه است. در این جا بد نیست به شباهت بین این قانون عکس مجذوری و قانون نیوتون برای نیروی گرانشی توجه کنیم

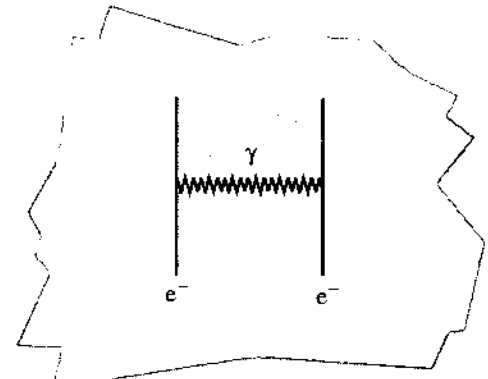
$$\vec{F} = -\frac{m_1 m_2 G}{r^2}\hat{r} \qquad (2)$$

شباهت این دو قانون آن است که هر دو قانون‌های عکس مجذوری هستند. اما، نخستین تفاوت بارز گرانش و الکتریسیته، آن است که بارهای الکتریکی دارای هر دو علامت مثبت و منفی هستند، و نیروی گرانشی بین دو جرم (مثبت) جاذبه است نه دافعه. معلوم می‌شود که شباهت بین (۱) و (۲) چیزی تصادفی است. هر دوی آن‌ها تقریبی - گرچه تقریب‌های بسیار خوب - از عبارت‌های دیگری هستند که در مورد الکتریسیته و گرانی کاملاً متفاوتند.

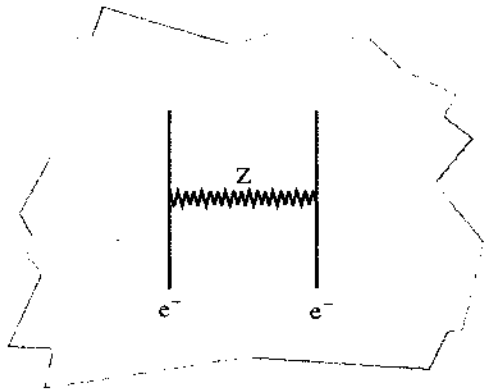
گرچه معلوم شد که قانون کولن به خوبی کار می‌کند، اما دانشمندان، به‌ویژه ریاضیدانان فرانسوی قرن هجدهم، نگرانی‌هایی را در مورد آن ابراز داشتند. با توجه به صورت ظاهر آن، به نظر می‌رسد که (مثلاً) بار q_2، در فاصله‌ی محدود از q_1 در معرض نیروی ناشی از آن قرار می‌گیرد، *بدون این که چیزی بین آن‌ها باشد*. این در واقع، «کنش از دور است»، یعنی مفهومی که، دست کم به لحاظ فلسفی، مشکوک بود. چگونه علتی در یک نقطه می‌تواند معلولی در نقطه دیگر به وجود آورد، بدون این که چیزی بین آن‌ها به وقوع بپیوندد؟ «راه‌حل» این مسأله مطرح ساختن مفهوم میدان الکتریکی بود. بار q_1 میدان زیر را در اطراف خود به وجود می‌آورد

$$\vec{E} = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{r} \qquad (3)$$

این میدان در سراسر فضا نفوذ می‌کند، و وقتی بار q_2 در فاصله‌ی r از q_1 در این میدان قرار گیرد، نیروی $\vec{F} = q_2\vec{E}$ بر آن وارد می‌شود، که $\vec{E}$ مقدار میدان الکتریکی در محل q_2 است. این به روشنی قانون کولن بالا را باز تولید می‌کند، با این تفاوت مهم که اکنون تصویر باری را داریم که به میدان در نقطه‌ای که بار در آن قرار دارد پاسخ می‌دهد، و در نتیجه ایده‌ی کنش از دور را لغو می‌کند.



شکل ۱ . دو الکترون فوتونی را مبادله می‌کنند .



شکل ۲ . دو الکترون یک ذره‌ی Z مبادله می‌کنند .

اما این پرسش مهم مطرح می‌شود ـ چون ما دانشمندانی جدی هستیم ـ که آیا این میدان الکتریکی **واقعی** است ، یا صرفاً فرمولی را برای خلاص شدن از مشکل فلسفی ابداع کرده‌ایم؟ پیش از پاسخ دادن به این پرسش ، بگذارید در این جا ، برای ارجاع بعدی ، بگویم که عبارت میدان E (که فقط یک مؤلفه‌ی شعاعی دارد) در بالا را می‌توان به صورت زیر نوشت :

$$E_r = -\frac{\partial V}{\partial r} \ , \quad V = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 r} \qquad (۴)$$

میدان الکتریکی ، منفی گرادیان *پتانسیل کولنی* V است .

فصل بعد در توسعه‌ی این موضوع نظریه‌ی ماکسول[۲] است . علاوه بر پدیده‌های الکتریکی پدیده‌های مغناطیسی نیز وجود دارند و سهم عظیم ماکسول در این موضوع آن بود که دقیقاً نشان داد چگونه این پدیده‌ها به هم مربوط می‌شوند . معادله‌های ماکسول به زبان *میدان‌ها* بیان شده‌اند و یکی از پیامدهایشان آن است که اگر بار حول مکان میانگین خود *نوسان* کند ، میدان الکترومغناطیسی انرژی آن را منتقل می‌کند (یک جواب «تابشی» معادله‌ها) . پس این میدان تابشی باید موجودی حقیقی باشد . این میدان تابشی را ابتدا هرتز[۳] به طور تجربی در کارلسروهه یافت ، که البته همان میدان دخیل در پخش رادیویی است . بنابراین ، میدان الکتریکی در واقع حقیقی است ؛ این میدان صرفاً ترکیبی از واژه‌ها برای پنهان ساختن نگرانی ما از کنش از دور نیست . حاصل همه‌ی این‌ها آن است که علاوه بر بارهای الکتریکی (یا به‌طور دقیق‌تر ، ذره‌هایی که حامل بار الکتریکی هستند) موجود در طبیعت ، *میدان* الکترومغناطیسی نیز وجود دارد . و برهم کنش بارها با هم از طریق این میدان الکتریکی (یا به‌طور کلی ، الکترومغناطیسی) صورت می‌گیرد .

و بدین‌سان به پلانک[۴] و نظریه‌ی کوانتومی رسیم . پلانک متوجه شد که برای توجیه شدت اندازه‌گیری شده برحسب بسامد تابش جسم سیاه باید مفهوم *کوانتوم‌های* میدان (الکترومغناطیسی) را وارد کند ، و اینشتین[۵] از این فرض برای توجیه اثر فوتوالکتریک استفاده کرد . میدان الکترومغناطیسی «جوهری» نبود که بتوان آن را به صورت نامحدود تقسیم کرد ، بلکه از تعداد زیادی «کوانتوم» ، یا فوتون تشکیل شده بود . بنابراین ، وقتی الکترودینامیک ماکسول را با نظریه‌ی کوانتومی ترکیب می‌کنیم ، **ساده‌ترین** راهی که دو ذره‌ی باردار با هم برهم کنش می‌کنند از طریق «مبادله» یک فوتون به صورت نمودار فاینمن[۶] در شکل ۱ است . این نمودار براساس تمام محاسبه‌ها در الکترودینامیک کوانتومی ، QCD ، را تشکیل می‌دهد . یک واقعیت بسیار مهم دیگر آن است که فوتون ، که کوانتوم نور است ، با سرعت نور حرکت می‌کند ، و در نتیجه ، طبق نظریه‌ی نسبیت ، وقتی به عنوان ذره در نظر گرفته شود ، دارای جرم سکون *صفر* است ـ فقط ذره‌های با جرم سکون صفر می‌توانند با سرعت نور حرکت کنند .

از قانون کولن تا QCD راه درازی را طی کرده‌ایم . بار الکتریکی چشمه‌ی میدان (میدان الکترومغناطیسی) است ؛ این میدان کوانتیده است و کوانتوم‌ها فوتون هستند ، این ذرات دارای جرم سکون صفرند . این موضوع در اولین ورودی جدول ۱ نشان داده شده است . (دو ورودی دیگر بعداً توضیح داده می‌شوند .)

نظریه‌ی الکتروضعیف

تاکنون وضعیت معلومات موجود تا سال ۱۹۵۰ را بیان کردیم .

طی حدود بیست سال پس از آن ، پیشرفت قابل ملاحظه‌ای در فیزیک ذرات بنیادی صورت گرفت . شاید مشهورترین آن‌ها این باشد که پروتون‌ها و نوترون‌ها صرفاً سبک‌ترین ذرات نوع خود (باریون‌ها) هستند ، و این که صدها باریون وجود دارد ، و تمام آن‌ها ذرات مرکب متشکل از **کوارک‌ها** هستند . این به واقع تحولی شگرف است ، اما برای اهداف ما هیجان‌انگیزترین آن‌ها نیست . آنچه بیشتر مورد توجه ماست ساختار پروتون‌ها و دیگر باریون‌ها نیست ، بلکه **واپاشی** بتازا ست .

$$n \rightarrow p + \bar{e} + \bar{\upsilon}_e$$

که در آن واپاشی نوترون به پروتون به گسیل یک الکترون و یک نوترینوی الکترونی می‌انجامد . این فرایند را مدتی بود که

جدول ۱ کوانتوم های میدان γ و Z در واقع مخلوط‌هایی از W^0 و X هستند ـ به متن نگاه کنید.

چشمه	میدان	کوانتوم	جرم کوانتوم
بار الکتریکی	الکترومغناطیسی	فوتون γ	۰
ایزواسپین ضعیف	میدان W	W^+ و W^-	$\Lambda\cdot Gev/c^2$
هیپربار ضعیف	میدان X	Z	$\Lambda\cdot Gev/c^2$

می‌شناختند، و فرمی[۷] آن را به صورت گسترده بررسی کرده بود اما پرسش جالب توجه آن بود که عامل این واپاشی چیست؟ زیرا در فیزیک هیچ چیز صرفاً همین طوری «اتفاق نمی‌افتد» هر چیزی علتی دارد، و به زبان جدید می‌گیریم که چیزها به دلیل یک برهم‌کنش رخ می‌دهند. چه برهم‌کنشی باعث واپاشی بتازا می‌شود؟ این برهم‌کنش الکترومغناطیسی نیست، زیرا نوترینوها چون بار و گشتاور مغناطیسی ندارند در معرض این برهم‌کنش قرار نمی‌گیرند. نیروی هسته‌ای قوی، که نوترون‌ها و پروتون‌ها حس می‌کنند و مسئول پایداری هسته است، نیز مسئول آن نیست؛ چون الکترون‌ها و نوترینوها این نیرو را حس نمی‌کنند. فرمی نوع جدیدی از برهم‌کنش را در نظر گرفت، و آن را برهم‌کنش ضعیف نامید. و سپس طبیعتاً این پرسش مطرح می‌شود که چه شباهت‌هایی بین برهم‌کنش ضعیف و الکترومغناطیسی وجود دارد. آیا مسأله کنش از دور وجود خواهد داشت، و اگر چنین باشد آیا میدانی وجود دارد؟ چه نوع میدانی؟ آیا می‌توان کوانتوم‌های آن (چیزی مانند فوتون‌ها) را یافت؟

فرمی این دیدگاه را (که در آن زمان کاملاً منطقی بود) اختیار کرد که هیچ *میدانی* در برهم‌کنش ضعیف دخیل نیست. این برهم‌کنشی «نقطه‌ای» یا «تماسی» بود که در آن کنش از دور دخالت نداشت. با این همه، با گذشت سال‌ها، نوعی نگرانی در مورد نظریه‌ی فرمی به وجود آمد. با توجه به نظریه‌ی میدانی کوانتومی، این نظریه از بیماری کم و بیش کشنده‌ی «باز بهنجارش ناپذیری» رنج می‌برد. فرمی این ایراد را چندان جدی نگرفت، اما این موضوع سبب نگرانی گلاشو[۸]، واینبرگ[۹]، و سلام[۱۰] شد، که سرانجام (و به صورت مستقل از هم) روایت جدیدی از نظریه‌ی فرمی را مطرح ساختند که از یک نظر مبتنی بر تعمیم الکترودینامیک ماکسول به QED بود. در واقع، این روایت برهم‌کنش الکترومغناطیسی و ضعیف را (به صورت الکتروضعیف) وحدت می‌بخشید، با این نتیجه که الکترودینامیک (اگر این نظریه درست بود) دیگر نظریه‌ای «مستقل» نبود ـ و بار نیز دیگر کمیتی «مستقل» نبود.

نظریه‌ی گلاشو ـ واینبرگ ـ سلام (GWS) به صورت زیر مطرح می‌شود. دو کمیت پایسته‌ی دیگر نیز وجود دارند که به *ایزواسپین ضعیف* و *هیپربار ضعیف* معروفند. ایزواسپین ضعیف کمیتی برداری است، اما برداری در فضای سه بعدی، فضایی «مجرد» که بعد سوم آن مربوط به بار الکتریکی است. پس، از یک نظر، بار به کمیتی برداری تعمیم می‌یابد. اگر ایزواسپین ضعیف دارای سه مؤلفه‌ی I_1^W، I_2^W و I_3^W باشد، رابطه‌ی بین آن، هیپربار ضعیف Y^W و بار الکتریکی به صورت زیر درمی‌آید:

$$Q = I_3^W + \frac{Y^W}{2} \qquad (۵)$$

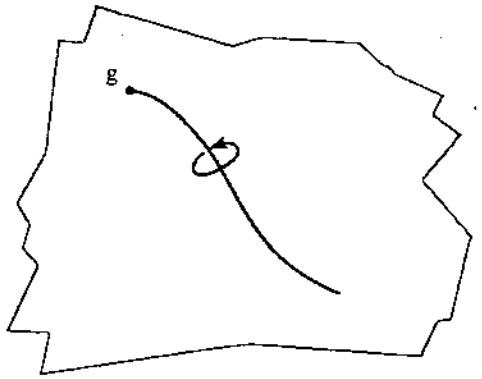
ایزواسپین ضعیف و هیپربار ضعیف هر دو، از این نظر مانند بار الکتریکی هستند که *میدانی* را به وجود می‌آورند، مثلاً، چون الکترون حامل بار الکتریکی Q است، پس حامل مقدارهای I_3^W و Y^W نیز هست، پس به عنوان چشمه‌ی میدان هیپربار ضعیف نیز عمل می‌کند، که کوانتوم‌های آن با X مشخص می‌شود، و همین طور میدان I_3^W، با کوانتوم‌های W^0. ذرات موجود در طبیعت (الکترون‌ها، پروتون‌ها، نوترون‌ها و غیره) دارای مقادیری از این کمیت‌ها هستند و برهم‌کنش‌های ضعیف آن‌ها شامل جفت‌شدگی آن‌ها با چهار *میدان* W^+، W^0، W^-، و X است. چیز واقعاً جالب توجه در مورد این نظریه آن است که فوتون γ در واقع *مخلوطی* از W^0 و X است

$$\gamma = \sin\theta_W W^0 + \cos\theta_W X.$$

(که θ_W به زاویه‌ی واینبرگ معروف است). این موضوع است که نظریه را نظریه‌ی وحدت یافته‌ای از برهم‌کنش‌های ضعیف و الکترومغناطیسی می‌سازد. اما چون فوتون وجود دارد، پس باید مخلوط («متعامد») دیگر زیر هم وجود داشته باشد

$$Z = \cos\theta_W W^0 - \sin\theta_W X.$$

نظریه‌ی GWS در واقع جرم ذرات W و Z را هم پیش‌بینی می‌کند و این ذرات در سرن، دقیقاً با جرم‌های پیش‌بینی شده، یافته شده‌اند. این در ورودی‌های بعدی جدول ۱ خلاصه شده است. با این همه، اگر ذره‌ی Z وجود داشته باشد ـ که وجود هم دارد ـ پس باید نوع



شکل ۳. حلقه‌ای در اطراف ریسمان دیراک

دیگری از نمودار فاینمن بر هم کنش دو الکترون را توصیف کند. این نمودار در شکل ۲ نشان داده شده است، که در آن الکترون‌ها به جای یک فوتون، یک کوانتوم Z را مبادله می‌کنند. اما، چون ذره‌ی Z دارای جرم است، پتانسیل نظیر آن عبارت است از

$$V=\frac{a}{r}\exp(-\kappa r) \qquad \kappa=\frac{m_z c}{\hbar} \qquad (۶)$$

این پتانسیل به صورت پتانسیل کولنی است، اما در فاصله‌ی $1/\kappa$، که κ تابع جرم بوزون Z است، به صورت *نمایی میرا* می‌شود. چون این ذره بسیار سنگین است (جرم آن تقریباً ۱۰۰ برابر پروتون است) پتانسیل بُردی بسیار کوتاه، از مرتبه‌ی 10^{-15} m، دارد و بنابراین فقط پتانسیل کولنی را در فاصله‌های هسته‌ای تغییر می‌دهد. با وجود این، نتیجه‌گیری حائز اهمیت در هر توصیفی از بار الکتریکی آن است که قانون کولن به صورت دقیق صادق نیست ـ بلکه تقریبی از GWS در فاصله‌های بزرگ است. (سرانجام، بد نیست متذکر شویم که وقتی به جای مبادله‌ی Z فوتون مبادله شود، به جای M_z در رابطه‌ی (۶)، مقدار m_γ را می‌گذاریم که صفر است، پس همان طور که انتظار داریم رابطه (۶) به صورت کولنی (۴) در می‌آید.)

سرشت گسسته‌ی بار الکتریکی

چرا بار الکترون دقیقاً مساوی و دارای علامت مخالف بار پروتون است؟ این را گاهی مسأله کوانتش بار می‌نامند، که به گمان من نامناسب است، زیرا معلوم نیست که رابطه‌ی آن با نظریه‌ی کوانتومی چیست. اما، این مسأله باقی می‌ماند که چرا تمام بارها مضرب صحیحی از بار «واحد» هستند. چند راه حل برای این مسأله مطرح شده است. هیچ کدام کاملاً رضایت‌بخش نیستند، اما راه‌حل دیراک[11]، که آن را در این جا به اختصار شرح می‌دهم، راه‌حلی تخیلی و جالب است. دیراک نشان داد که اگر در یک پوسته بارهای مغناطیسی منفرد وجود داشته باشد («تک قطبی‌های مغناطیسی») در این صورت بارهای الکتریکی در واقع مضرب‌های صحیحی از یک واحد بنیادی هستند ـ و در آن نظریه‌ی کوانتومی واقعاً دخیل است!

اگر خط‌های شدت میدان الکتریکی در اطراف یک بار الکتریکی را رسم کنیم، این خط‌ها به صورت شعاعی از آن دور می‌شوند؛ بار در واقع «چشمه‌ی» میدان الکتریکی است. موجودات معمولی الکترو دینامیک ماکسول (اتم‌ها، مولکول‌ها، و غیره)، اغلب دارای گشتاور مغناطیسی هستند، اما این گشتاور بیشتر ناشی از بار الکتریکی چرخان است تا دوبار مغناطیسی در فاصله‌ی محدود از یکدیگر. معمولاً گمان می‌رود که بارهای مغناطیسی منفرد، یا تک قطبی‌ها در طبیعت وجود ندارند. اما فرض کنید که این بارها وجود داشته باشند. در این صورت چه اتفاقی می‌افتد؟ اولین چیزی که رخ می‌دهد آن است که معادله‌های ماکسول را ـ و هر چیزی که از آن به دست می‌آید ـ باید اصلاح کرد. یکی از معادله‌های ماکسول برای القای مغناطیسی $\vec{B}$ به صورت $\mathrm{div}\vec{B}=\vec{\nabla}.\vec{B}=0$ است. این درست بیان این مطلب است که بارهای مغناطیسی وجود ندارند ـ خط‌های میدان مغناطیسی از هیچ نقطه‌ای، چون یک قطب مغناطیسی منشعب نمی‌شوند. شاید اصلاح این معادله و نوشتن آن به صورت $\vec{\nabla}.\vec{B}=\rho_m$، که ρ_m چگالی بار مغناطیسی است، کار ساده‌ای به نظر برسد. اما نکته این جاست که با دستکاری معادله‌های ماکسول یک پتانسیل برداری $\vec{A}$ وارد می‌شود که تاو آن میدان مغناطیسی است $\mathrm{Curl}\vec{A}=\vec{\nabla}\times\vec{A}=\vec{B}$ ـ خط‌های $\vec{B}$ دور خط‌های $\vec{A}$ «می‌چرخند». این چیزی بیش از یک ابزار ریاضی است، زیرا $\vec{A}$ اهمیت مخصوص به خود را دارد ـ مثلاً، در نظریه‌ی کوانتومی (QCD) حیاتی است. اما اگر خط‌های $\vec{B}$ به گونه‌ای بچرخند، به معنی آن است که نمی‌توانند «منشعب شوند». از معادله‌ها، اگر $\vec{B}=\vec{\nabla}\times\vec{A}$ پس $\mathrm{div}\vec{B}=\mathrm{div}\ \mathrm{curl}\vec{A}=\vec{\nabla}.(\vec{\nabla}\times\vec{A})=0$. یعنی، عمل وارد کردن یک پتانسیل برداری $\vec{A}$ تضمین می‌کند که $\vec{B}$ واگرایی ندارد، در نتیجه بارهای مغناطیسی نمی‌توانند وجود داشته باشند. پس چه کنیم؟ دیراک راه‌حل هوشمندانه‌ای یافت: پتانسیل $\vec{A}$ را نگه می‌داریم، ولی می‌گذاریم که رفتار ریاضی بی‌قاعده‌ای داشته باشد ـ یعنی می‌گذاریم در ناحیه‌ای تکین (نامحدود) شود. اگر این رویداد به وقوع بپیوندد، دیگر نمی‌توان گفت که $\mathrm{div}\vec{B}=0$، زیرا این فقط در مورد تابع‌های ریاضی خوش‌رفتار صدق می‌کند. دیراک نشان داد که می‌توان $\vec{A}$ را چنان در نظر گرفت که در امتداد یک خط نیمه ـ نامتناهی که از بار مغناطیسی g تا بی‌نهایت امتداد دارد تکین شود. این خط را «ریسمان دیراک» می‌نامند. دیراک سپس نظریه کوانتومی را مطرح می‌کند و می‌پرسد که برای تابع موج Ψ ذره‌ای با بار الکتریکی (مثلاً الکترون) در میدان یک تک قطبی مغناطیسی چه اتفاقی می‌افتد. در این مورد فاز α ی تابع موج $\Psi=|\psi|e^{i\alpha}$ اهمیت بسیار دارد. در ناحیه‌ای که $\vec{A}$ خوش‌رفتار است. چیز جالب توجهی رخ نمی‌دهد، اما حلقه‌ای دایره‌ای را دور ریسمان دیراک در نظر بگیرید (شکل ۳). اگر الکترونی دور این حلقه حرکت کند، در بازگشت به نقطه‌ی شروع

حرکت تابع موج نیز باید دارای مقدار اولیه‌ی خود شود، که به معنی $\alpha \to \alpha + 2\pi n$ است، که در آن n عددی صحیح است. اکنون به بخش هوشمندانه‌ی استدلال می‌رسیم. اگر حلقه در هر مکانی از فضا قرار داشته باشد که نزدیک ریسمان نیست، این استدلال را می‌توان با توجه به این که حلقه را می‌توان کوچک و کوچک‌تر کرد تا سرانجام به یک نقطه برسد، بسط داد، که به معنی آن است که باید داشته باشیم $n = 0$ زیرا در غیر این صورت α در آن نقطه چند مقدار خواهد داشت. اما ریسمان دیراک در ناحیه‌ای است که در آن پتانسیل برداری $\vec{A}$ بی‌نهایت است، که به معنی «نامعقول» بودن آن ناحیه است، پس تابع موج الکترون باید در آن‌جا صفر شود. ریسمان برای الکترون ناحیه‌ی ممنوع است. یعنی می‌توان حلقه را هرچه کوچک‌تر ساخت، اما نمی‌توان آن را به یک نقطه رساند، چون نقطه روی ریسمان قرار می‌گیرد که برای الکترون ممنوع است. و اگر حلقه را نتوان تا یک نقطه کوچک ساخت، بحث $n = 0$ منتفی می‌شود ـ پس لازم نیست که n صفر باشد، گرچه البته می‌تواند مقدارهای ± 1 ، ± 2 ، و غیره را اختیار کند. وقتی بقیه‌ی استدلال فیزیکی را وارد کنیم، که فاز یک الکترون، با بار q، در میدان یک تک قطبی مغناطیسی با بار مغناطیسی g ، می‌تواند در عبور از حلقه‌ی اطراف ریسمان دیراک به اندازه‌های $2\pi n$ تغییر کند، به شرط کوانتش زیر می‌رسیم

$$qg = (\frac{1}{2})n\hbar c \qquad (9)$$

حاصل ضرب بارهای الکتریکی و مغناطیسی، برحسب $\frac{1}{2}\hbar c$ ، کوانتیده است. همین‌طور می‌توان نوشت

$$q = n\frac{\hbar c}{2g} \qquad (10)$$

و این نتیجه را بیان کرد که اگر بار مغناطیسی وجود داشته باشد، بار الکتریکی هر ذره باید مانند رابطه‌ی (۱۰) کوانتیده باشد.

این جالب‌ترین استدلال برای کوانتش بار الکتریکی است. تنها اشکال این استدلال آن است که به نظر می‌رسد تک قطبی مغناطیسی وجود ندارد! در این مورد جستجوی مبسوطی به عمل آمده، اما چیزی یافته نشده است. بنابراین، به نظر می‌رسد که طبیعت از این نظریه‌ی بسیار تخیلی استفاده نکرده است. جای تأسف دارد! اما درسی که فیزیکدانان باید به خوبی یاد بگیرند آن است که در این مورد طبیعت دست بالا را دارد.

بار و جرم

بگذارید کار را با بازگشت به مشاهده‌ی اولیه‌ای که قانون عکس مجذوری هر دو نیروی الکتریکی (کولنی) و گرانشی (نیوتونی) ـ معادله‌های (۱) و (۲) ـ را توصیف می‌کند به پایان برسانیم. اکنون دیدیم که بار الکتریکی در طبیعت به صورت کمیتی منفرد ظاهر نمی‌شود، بلکه با ایزواسپین و هیپربار ضعیف همراه است، پس نیروی واقعی بین دو الکترون دقیقاً به صورت کولنی (۱) نیست، بلکه به واسطه‌ی بوزون‌های Z دارای یک سهم اضافی است، که نیرویی با شکل مشابه به‌وجود می‌آورد که به صورت نمایی میرا می‌شود، و در نتیجه در فاصله‌های بزرگ‌تر از فاصله‌های هسته‌ای قابل ملاحظه نیست. اما قانون نیوتون چطور؟ آیا باید آن را نیز اصلاح کرد؟ در واقع باید چنین کرد! اینشتین، در نظریه‌ی نسبیت عام خود، مطرح کرد که گرانی اصلاً یک نیرو نیست. بلکه صرفاً تجلی *فضای خمیده* است. در این نظریه دیگر نمی‌گوییم که زمین به واسطه‌ی نیرویی که خورشید *به آن وارد می‌کند* در مداری (تقریباً) دایره‌ای دور آن می‌گردد، بلکه می‌گوییم حضور خورشید (یا هر جسم سنگین) باعث خمیدگی فضا می‌شود. در فضای خمیده خط‌های راست وجود ندارند (سطح کره را در نظر بگیرید که در آن تمام خط‌ها خمیده‌اند)، بنابراین زمین در این فضا مسیری «طبیعی» اختیار می‌کند، که (با تقریبی خوب) دایره‌ای است! چه معجزه‌ای! با وجود این، نظریه‌های اینشتین و نیوتون پیش‌بینی‌های متفاوت دارند. در مورد عطارد، سیاره‌ای با مدار نسبتاً بیضوی، اختلاف این پیش‌بینی‌ها در واقع قابل اندازه‌گیری است، و نظریه‌ی اینشتین است، و نه نیوتون، که با آزمایش سازگاری دارد. پس پیش‌بینی نظریه‌ها مشابه است، اما یکسان نیست. و از همه مهم‌تر، نظریه‌ی اینشتین به زبانی کاملاً متفاوت بیان شده که در آن اصلاً از مفهوم نیرو استفاده نمی‌شود. پس معلوم می‌شود که شباهت ظاهری بین گرانی و الکتریسیته، از طریق قانون عکس مجذوری، شباهتی ساده ـ و شباهتی مبارک است!

در پایان، معلوم می‌شود که بار الکتریکی کمیتی جالب توجه‌تر از آن است که در نگاه اول به نظر می‌رسد. از یک لحاظ (از نظر شکل و نظریه‌ی الکترو ضعیف زیر بنایی آن) مهم‌تر و از نظر (شباهت ظاهری باگرانی) کم اهمیت‌تر از آن است که فکر می‌کردیم. تاریخچه‌ی بار الکتریکی زیر ـ تاریخچه‌ی فیزیک قرن بیستم است، که هیجان فکری شدیدی را تولید کرده است و همچنان تولید می‌کند.

زیرنویس:

1. Lewis Ryder
2. Maxwell
3. Hertz
4. Planck
5. Einstein
6. Feynman
7. Fermi
8. Glashow
9. Weinberg
10. Salam
11. Dirac

منبع:

Physics Education, 42(2),PP 141 - 145

دینامیک و سینماتیک یک نمونه ربات سیار

گردآورنده: فریده نوری
دبیر ناحیه‌ی ۲ اصفهان

سینماتیک و کنترل یک ربات سیار چهار چرخ

با استفاده از معادله‌های سینماتیکی، امکان طراحی کنترل‌کننده سریع و کوچک امکان‌پذیر می‌شود. در شکل ۱، طرح کلی یک ربات سیار چهارچرخ فرمانش لغزشی نشان داده است. پارامترهای موجود در این شکل عبارتند از:

CG: مرکز جرم ربات

W: عرض ربات سیار (از وسط چرخ‌های چپ تا وسط چرخ‌های راست)

L: طول ربات سیار (از وسط چرخ‌های عقب تا وسط چرخ‌های جلو)

c: فاصله مرکز جرم تا محور چرخ‌های عقب.

a: فاصله مرکز آنی دوران تا محور چرخ‌های عقب اندازه‌گیری شده در امتداد محور طولی

h: ارتفاع مرکز جرم ربات از سطح زمین

r_d: شعاع چرخ‌های داخلی

r_∞: شعاع چرخ‌های خارجی

برای تحلیل سینماتیکی دستگاه، مختصه‌های عمومی زیر را در نظر می‌گیریم:

S_i: مسافت طی شده از محل تقاطع محور چرخ‌های داخلی با خط که از مرکز آنی دوران می‌گذرد و بر این محور (به صورت محلی) عمود است.

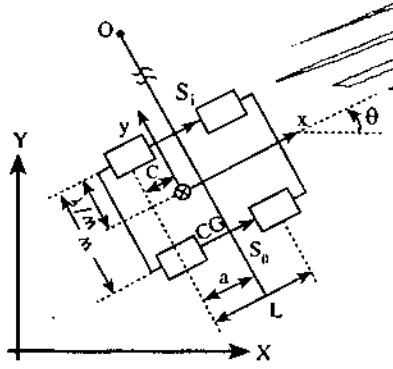
S_o: مسافت طی شده از محل تقاطع محور چرخ‌های خارجی با خطی که از مرکز آنی دوران می‌گذرد و بر این محور (به صورت محلی) عمود است.

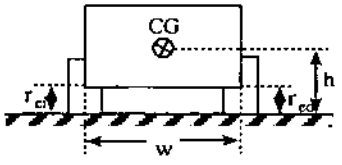
a: فاصله مرکز آنی دوران تا محور چرخ‌های عقب اندازه‌گیری شده در امتداد محور طولی.

X: فاصله مرکز جرم ربات تا محور y در صفحه افق.

Y: فاصله مرکز جرم ربات تا محور x در صفحه افق

θ: زاویه سر ربات (زاویه بین محور x در مختصات متحرک متصل به ربات در محل مرکز جرم ربات و محور افقی X)





شکل ۱ . طرح کلی یک ربات سیار چهار چرخ

با توجه به شکل ۱ سرعت مرکز جرم ربات برابر است با :

$$\bar{V}_{CG} = \dot{X}\hat{i} + \dot{Y}\hat{j} \qquad (۱)$$

با توجه به صلب‌بودن بدنه‌ی ربات و با فرض آن که : $\bar{V}_{CG/S_i}$ سرعت نسبی سرعت مرکز جرم $\bar{V}_{CG}$ نسبت به سرعت آنی مرکز دوران $\bar{S}$ باشد، برای سرعت مرکز جرم خواهیم داشت :

$$\bar{V}_{CG} = \bar{\dot{S}}_i + \bar{V}_{CG/S_i}$$

$$= \dot{S}_i(\cos\theta\hat{i} + \sin\theta\hat{j}) + \dot{\theta}\hat{k} \times$$

$$\left\{\left[\frac{w}{2}\sin\theta - (a-c)\cos\theta\right]\hat{i}\right.$$

$$\left. -\left[\frac{w}{2}\cos\theta + (a-c)\sin\theta\right]\hat{j}\right\} + \dot{a}(\cos\theta\hat{i} + \sin\theta\hat{j}) \qquad (۲)$$

از برقراری تساوی بین جمله‌های معادله ۱ و ۲ ، رابطه‌ی موجود بین سرعت زاویه‌ای ربات با سرعت چرخ‌های داخلی و خارجی مشخص می‌شود . و معادله‌های سینماتیکی مستقیم دستگاه به صورت زیر به‌دست می‌آیند

$$\dot{X} = \dot{S}_i\cos\theta + \dot{\theta}\left[\frac{w}{2}\cos\theta + (a-c)\sin\theta\right] + \dot{a}\cos\theta$$

$$\dot{Y} = \dot{S}_j\sin\theta + \dot{\theta}\left[\frac{w}{2}\sin\theta - (a-c)\cos\theta\right] + \dot{a}\sin\theta$$

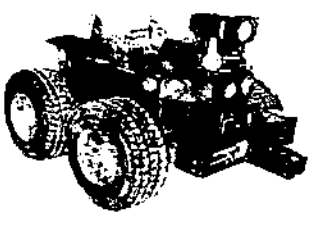
$$\dot{\theta} = \frac{\dot{S}_o - \dot{S}_i}{w} \qquad (۳)$$

همان‌طور که از معادله‌های بالا مشخص است، تعداد قیدهای موجود در دستگاه برابر سه است . با توجه به تعداد مختصه‌های عمومی (شش مختصه) درجه آزادی دستگاه برابر سه به‌دست می‌آید.

سینماتیک معکوس

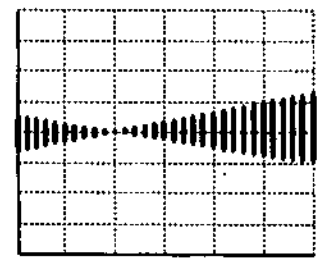
در حالت مستقیم معمولاً سرعت‌های چرخ‌های داخلی و خارجی (S_i و S_o) معلوم و سرعت مرکز جرم ربات مورد نیاز است . معادله‌های سینماتیکی دستگاه در حالت مستقیم در بخش قبل به دست آمد . در حالت معکوس می‌خواهیم مقدارهای S_i و S_o . برحسب مقدارهای مشخص $\dot{X}$ و $\dot{Y}$ و $\dot{\theta}$ را به دست آوریم . در دستگاه بالا تعداد درجه‌های آزادی دستگاه برابر ۳ است و در نتیجه با مقیدکردن سه مختصه از شش مختصه، حالت کل دستگاه مشخص می‌شود .

نامعلوم بودن کمیت a در معادله‌های بالا ، حل معکوس معادله‌ها را ناممکن می‌سازد . اما بررسی‌های انجام شده در آزمایشگاه تحقیقاتی ربات‌های سیار نشان داده است که در سرعت‌های کم و متوسط می‌توان قیدی به صورت عدم حرکت جانبی مرکز جرم برای ربات‌های سیار FWSS در نظر گرفت . شکل ۲ نتیجه‌های شبیه‌سازی ارائه شده مبتنی بر دینامیک دستگاه را که به کمک نتیجه‌های آزمایشگاهی بر روی ربات P2AT تأیید شده است ، نشان می‌دهد .



شکل ۲ . ربات سیار P2AT

در شکل ۳ تغییرات سرعت عمود بر راستای طولی ربات سیار در نقطه‌های مختلف و در حین انجام یک مانور، رسم شده است. همان‌طور که مشخص است در سرعت‌های پایین مرکز آنی دوران بر روی مرکز جرم (در شبیه‌سازی مرکز جرم در موقعیت $x = ۰/۱$ قرار داده شده است) قرار دارد و موقعیت آن در طول حرکت تغییر نمی‌کند. در نتیجه می‌توان در سرعت‌های کم مقدار $a = c$ و $\dot{a} = ۰$ را در نظر گرفت.



شکل ۳. توزیع سرعت جانبی در امتداد طول ربات

با معلوم در نظر گرفتن دو مختصه X، Y و $a = c$ و $\dot{a} = ۰$ و با توجه به معادله‌های ۳ خواهیم داشت:

$$\begin{cases} \dot{X} = \cos\theta(\dot{S}_i + \dot{\theta}\frac{w}{۲}) \\ \dot{Y} = \sin\theta(\dot{S}_i + \dot{\theta}\frac{w}{۲}) \\ \dot{\theta} = \frac{\dot{S}_o - \dot{S}_i}{w} \end{cases} \qquad (۴)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \dot{X} = (\frac{\dot{S}_i + \dot{S}_o}{۲})\cos\theta \\ \dot{Y} = (\frac{\dot{S}_i + \dot{S}_o}{۲})\sin\theta \end{cases}$$

در این حالت چون مرکز جرم ربات بر روی خطی قرار دارد که از مرکز آنی دوران (که عمود بر امتداد طولی ربات است) می‌گذرد، دو مؤلفه سرعت مرکز جرم نمی‌توانند به‌صورت مستقل تعیین شوند. با انتخاب $\dot{X}$ و $\dot{\theta}$ به عنوان متغیرهای سرعتی مرجع خواهیم داشت:

$$\Rightarrow \begin{cases} \dot{X} = (\frac{\dot{S}_o + ۲\dot{a} + \dot{S}_i}{۲})\cos\theta \\ \dot{\theta} = (\frac{\dot{S}_o - \dot{S}_i}{w}) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} \dot{X} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\cos\theta}{۲} & \frac{\cos\theta}{۲} \\ -\frac{۱}{w} & \frac{۱}{w} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{S}_i \\ \dot{S}_o \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{a}\cos\theta \\ \theta \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} \dot{S}_i \\ \dot{S}_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{۱}{\cos\theta} & -\frac{۱}{۲}w \\ \frac{۱}{\cos\theta} & \frac{۱}{۲}w \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{X} - \dot{a}\cos\theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} \qquad (۵)$$

و یا براساس مختصه‌های $\dot{Y}$ و $\dot{\theta}$ به عنوان متغیرهای سرعتی مرجع:

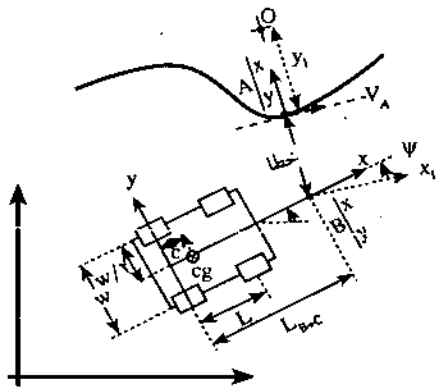
$$\begin{bmatrix} \dot{S}_i \\ \dot{S}_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{۱}{\sin\theta} & -\frac{۱}{۲}w \\ \frac{۱}{\sin\theta} & \frac{۱}{۲}w \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{Y} - \dot{a}\sin\theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} \qquad (۶)$$

ناوبری به کمک دوربین

در کار فعلی ربات موردنظر بر روی سطح مسطح قرار دارد و برای دنبال‌کردن یک مسیر هندسی مورد بررسی قرار می‌گیرد که به‌وسیله نقطه‌های رنگی بر روی زمین مشخص شده است. همین‌طور از یک دوربین CCD برای به دست آوردن اطلاعات نقطه‌های رنگی استفاده شده است.

تعریف خطا

همان‌طور که در شکل ۴ مشخص است خطای مقدار به صورت فاصله عمودی نقطه دنبال شونده تا مسیر، و خطا در جهت به‌صورت زاویه بین راستای ربات و خط مماس بر مسیر تعریف می‌شود. در صورتی که معادله مسیر در محور مختصات محلی متصل به ربات (xy) به صورت $y = f(x)$ مشخص باشد، مقدار خطا در مقدار به صورت زیر تعیین می‌شود.



شکل ۴. طرح کلی ربات در دنبال کردن مسیر

$$e = |AB| = ((x - x_.)^۲ + (y - y_.)^۲)^{۰.۵} \qquad (۷)$$

برای یافتن نقطه‌ای از مسیر که دارای کمترین فاصله با نقطه دنبال‌شونده است، خواهیم داشت:

$$\frac{d}{dx}(e) = ۰$$

$$\Rightarrow (x - x_o) + f'(x)(f(x) - y_.) = ۰$$

$$\Rightarrow f(x)f'(x)+x=x_0+y_0f'(x) \qquad (8)$$

براساس معادله‌ی بالا، مشخص بودن معادله مسیر و مختصات نقطه‌ی دنبال‌شونده (x_0,y_0) در مختصات محلی، ابتدا x نقطه‌ی A و سپس y‌ی این نقطه مشخص می‌شود و خطا در مقدار با توجه به معادله ۷ قابل محاسبه است (معادله‌ی مسیر، با توجه به قابلیت‌های ربات سیار موجود و با استفاده از یک دوربین CCD به‌دست می‌آید.) با مشخص بودن نقطه A، و محاسبه شیب خط مماس بر منحنی در این نقطه، مقدار خطا در جهت نیز محاسبه خواهد شد.

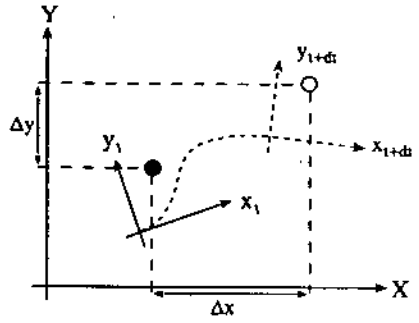
الگوریتم به دست آوردن خطا

در ربات سیار موجود، اطلاعات مسیر با استفاده از یک دوربین به‌دست می‌آید. اطلاع دقیق از میزان خطا (مقدار و جهت) می‌تواند نقش بسیار مهمی در دقت پاسخ ربات سیار ایفا کند. بر همین اساس الگوریتم‌های متعددی برای کارایی مناسب کنترل‌کننده‌ها و به دست آوردن دقیق میزان خطا در مقدار و جهت طراحی شده است.

تولید حافظه برای ثبت مسیر

با توجه به لزوم عملکرد مناسب ربات در مسیرهایی با پیچ‌های تند با خمیدگی زیاد، باید سر دوربین به طرف پایین قرار گیرد. در این حالت حوزه دید دوربین کاهش می‌یابد و دوربین تنها ناحیه بسیار محدودی را در جلوی ربات مشاهده می‌کند. آزمایش‌های عملی برای تعیین موقعیت مناسب دوربین نشان می‌دهد که در حالت مطلوب تنها سه نقطه از مسیر در حوزه دید قرار می‌گیرد. با توجه به حرکت ربات سیار احتمال دارد که در سر پیچ‌های تند و یا در سرعت‌های نسبتاً بالا این تعداد به کمتر از سه نیز برسد. همین‌طور به‌دست آوردن دقیق میزان خطا با دقتی مناسب احتیاج به‌وجود حداقل سه نقطه از مسیر دارد تا بتوان با استفاده از یک معادله‌ی درجه دو که از این نقطه‌ها می‌گذرد به تخمینی از خطا دست یافت. برهمین اساس در کنترل‌کننده‌های طراحی شده از یک الگوریتم برای ثبت نقطه‌های مشاهده شده در حافظه استفاده شده است. به این ترتیب و در هر لحظه تخمین می‌شود که سه نقطه برای تعیین خطا در حافظه وجود دارد.

با توجه به شکل ۵، تغییر مکان ربات سیار در یک بازه‌ی زمانی Δt و با استفاده از انتگرال‌گیری حالت‌های سرعتی دستگاه قابل محاسبه است. بر همین اساس، با توجه به این‌که موقعیت نقطه‌های مشاهده شده توسط دوربین در هر لحظه نسبت به محور مختصات محلی متصل به ربات مشخص است، با کم‌کردن مقدار حرکت ربات نسبت به محور مختصات لخت، تقریبی از مکان نقطه‌های مشاهده شده در زمان t نسبت به موقعیت فعلی ربات در زمان $t+\Delta t$ به‌دست می‌آید. اگر موقعیت نقطه مشاهده شده در محور مختصات محلی متصل به ربات x و y باشند، مقدار جابه‌جایی برابر است با:



شکل ۵. تغییر موقعیت ربات در زمان حرکت

$$\Delta x=(\dot{x}-y\dot{\theta})\Delta t$$

$$\Delta y=(\dot{y}+x\dot{\theta})\Delta t$$

با توجه به معادله‌های بالا می‌توان رشته‌ای از نقطه‌های مشاهده شده که در محدوده اطراف ربات دارای دقت مناسب است را تشکیل داد و براساس این اطلاعات مقدار دقیق خطا را مشخص نمود.

الگوریتم تعیین خطا

الگوریتم استفاده شده برای تعیین خطا در مقدار و جهت شامل سه قسمت است. در حالت اول اگر در حافظه تنها یک نقطه وجود داشته باشد فاصله آن نقطه تا نقطه مرجع به عنوان مقدار خطا در نظر گرفته می‌شود و مقدار خطا در جهت صفر فرض می‌شود.

در صورتی که تعداد نقطه‌های مشاهده شده برابر دو باشد، از نقطه‌های موجود یک خط عبور می‌دهیم و کمترین فاصله نقطه مرجع تا این خط به عنوان مقدار خطا، و شیب این خط در دستگاه مختصات محلی به عنوان خطا در جهت مشخص می‌شود.

در حالتی که سه نقطه یا بیشتر در حافظه وجود داشته باشد ابتدا نزدیک‌ترین نقطه به نقطه مرجع مشخص می‌شود، سپس براساس اطلاعات این نقطه و نقطه‌های قبلی و بعدی یک معادله‌ی درجه دو تشکیل می‌شود. با استفاده از این معادله کمترین فاصله تا نقطه مرجع مشخص می‌شود و شیب مماس بر منحنی در این نقطه و در مختصات محلی به عنوان خطا در جهت در نظر گرفته می‌شود.

مراجع:

۱. دینامیک و کنترل ربات، ۱۳۸۳، نوشته: دکتر فاتح، ناشر: انتشارات دانشگاه شاهرود.

۲. برنامه‌نویسی روبات، ۱۳۸۵، نوشته: جونز، مترجم: قدرت سپید نام، ناشر: علوم رایانه بابل.

۳. اصول و راهنمای ساخت روبات با استفاده از میکروکنترل‌های PIC، ۱۳۸۳، نوشته: جان لوین، مترجم: محمد عشاقی طبری، ناشر: کانون نشر علوم تهران.

راهکارهای تنوع بخشی به روش‌های نوین تدریس با رویکرد به فعالیت‌های مهارتی و استعدادهای دانش‌آموزان

انور اسمعیل‌پوری و سلیمان رسولی
دبیران فیزیک دبیرستان‌های شهرستان مهاباد

مقدمه

روش‌های نوین تدریس، با توجه به گسترش علم و فناوری دستخوش تحولی چشمگیر شده است. به تناسب این توسعه، در عرصه‌ی آموزش فیزیک نیز باید تغییرهای لازم صورت گیرد. در دوره‌های آموزش ضمن خدمت با بیان مفاهیم کلی، کمتر به روش‌های تخصصی در دستیابی به اهداف کلی و رفتاری توجه شده است و از طرفی تجربه‌ی دبیران در این زمینه کم و به‌همین سبب کمتر تمایل به اجرای روش‌های نوین تدریس دارند و حتی گاهی به مخالفت با آن نیز می‌پردازند.

در این مقاله با توجه به جذابیت پدیده‌های نور برای دانش‌آموزان و در نظر گرفتن امکانات و شرایط فیزیکی کلاس‌های درس معمولی و با نادیده گرفتن برخی از مشکلات نظام آموزشی کنونی، سعی شده است روش‌های نوین و ابتکاری در تدریس این مبحث از فیزیک ارائه گردد.

طرح مسأله

از وسیله‌های ساده نوری مانند آینه و عدسی گرفته، تا ابزارهای دقیقی چون میکروسکوپ‌ها و دوربین‌های پیشرفته‌ی نجومی، برای مطالعه و بررسی پدیده‌ها در گستره‌ی بسیار وسیع، بهره گرفته می‌شود. به تنوع در این گستردگی کاربرد ابزارهای نوری و قانون‌های فیزیکی مرتبط با آن می‌توان روش تدریس را نیز با یک برنامه‌ریزی صحیح، ساده و در عین حال مطابق با شرایط واقعی موجود، تنوع و بهبود بخشید. از طرفی در نظر گرفتن تفاوت‌های فردی در نیاز و نگرش دانش‌آموزان به پدیده‌ها و توانایی‌های جسمی و مهارتی آنان لزوم تنوع و سامان‌بخشی به روش‌های تدریس را در درس فیزیک اهمیت می‌بخشد.

در این روش‌ها از توانایی‌ها و ابتکار عمل دانش‌آموزان به بهترین نحو در امر آموزش استفاده می‌شود توجه و به‌کارگیری این استعدادها در فعالیت‌های گروهی، فرآیند یادگیری را برای آن‌ها لذت‌بخش و جذاب خواهد نمود.

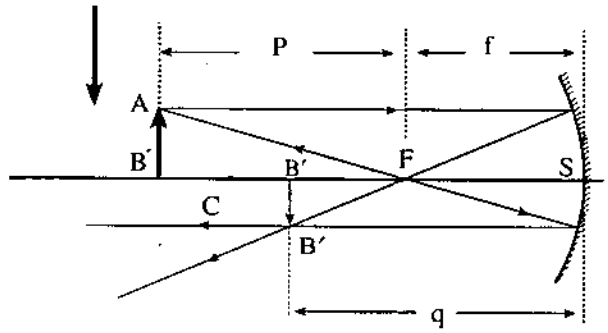
روش کار

برای مثال تدریس مبحث نور (رسم پرتوها و تصویرها در آینه‌ها (یا عدسی‌ها) و رابطه‌های مربوط به آن‌ها) را در نظر بگیرید. علاقه‌مندی‌های دانش‌آموزان به فعالیت‌هایی نظیر مهارت کار با وسایل ساده، فعالیت آزمایشگاهی، رایانه، رسم فنی، محاسبه‌ها و... را طبقه‌بندی و با توجه به خلاقیت‌های دانش‌آموزان به هر گروه به اختیار فعالیتی متناسب را واگذار می‌کنیم. با در نظر گرفتن تعداد دانش‌آموزان کلاس (معمولاً متوسط ۳۶ نفر در کلاس با گروه‌های ۵ تا ۶ نفره) هر گروه با توجه به اختیار و مهارت در فعالیت مورد نظرشان، ساماندهی می‌شوند. به‌طور مختصر شرح وظایف هر گروه را به آن‌ها یادآور می‌شویم و سپس به هر گروه یکی از فعالیت‌های زیر را محول می‌کنیم.

گروه ۱) رسم با استفاده از نخ و گچ بر روی تابلو و با همکاری دبیر.

گروه ۲) رسم روی کاغذ شطرنجی با استفاده از خط‌کش، نقاله و...

گروه ۳) محاسبه‌ی مقادیر با استفاده از رابطه‌ی $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$ و



طول شیء: AB

طول تصویر: A′B′

فاصله‌ی شیء تا آینه: P

فاصله‌ی تصویر تا آینه: q

فاصله‌ی کانونی: f

شعاع آینه $r = 2f$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

$$m = \left|\frac{q}{p}\right| = \frac{A'B'}{AB}$$

شکل ۱

$m = \left|\frac{q}{p}\right| = \frac{A'B'}{AB}$ و $r = 2f$.

گروه ۴) انجام آزمایش.

گروه ۵) کار بر روی رایانه و تحقیق رابطه.

گروه ۶) کار با مدادهای لیزری کوچک و آینه‌های تیغه‌های استوانه‌ای.

و...

با توجه به تعداد گروه‌ها و امکانات مدرسه می‌توان اقدام به افزایش و یا ادغام گروه‌ها و یا انتخاب بعضی از فعالیت‌ها کرد.

وسیله‌های مورد نیاز برای کار هر یک از این گروه‌ها به گونه‌ای است که اکثر آن‌ها را به راحتی می‌توان تهیه کرد. این وسیله‌ها عبارتند از:

نخ پنبه‌ای نازک به طول (2m)، گچ- کاغذ شطرنجی، خط کش- کاغذ سفید معمولی- آینه‌ی مقعر (مثلاً با $f = 20cm$)، خط کش بلند و شمع، کادر مقوایی سفید و کوچک- رایانه، نرم‌افزار مربوطه- مدادهای لیزری کوچک، آینه‌های تیغه‌های استوانه‌ای و مقوای سفید و بزرگ (با مساحتی دو برابر سطح کتاب)

در این حالت با توجه به مطالب پیشین و بحث‌های لازم برای پیوستگی مطالب می‌توان دانش‌آموزان را با رسم یک شکل ساده روی تابلو و یا کاربرگ شکل (۱) آماده انجام فعالیت کرد.

با یادآوری مطالب مربوط به پرتوها، ویژگی رفتار بازتابی سه پرتو مشخص زیر یادآوری می‌شوند.

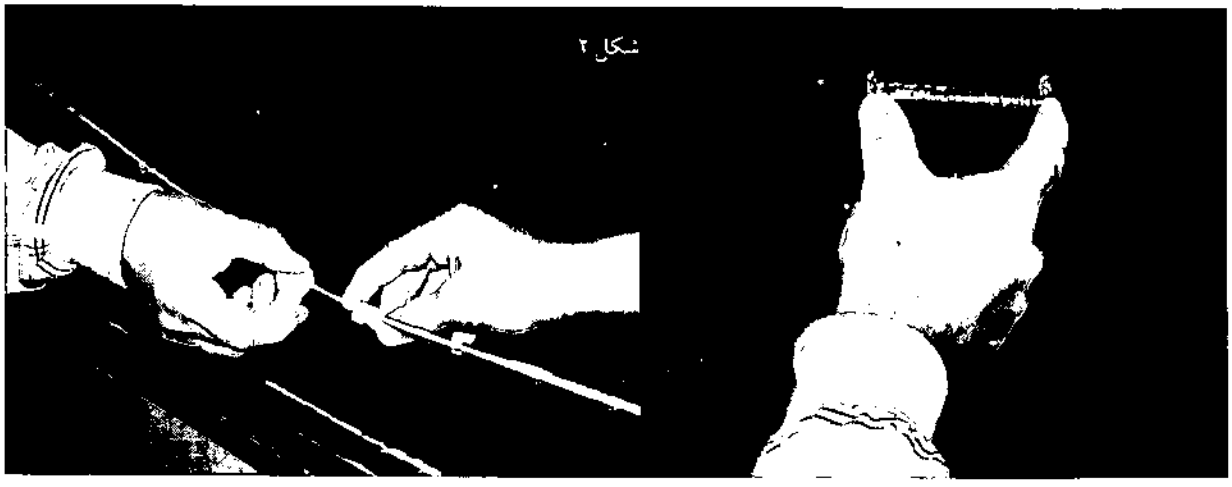
۱) راستای پرتوها ازمرکز آینه بگذرند.

۲) راستای پرتوها از کانون آینه بگذرند.

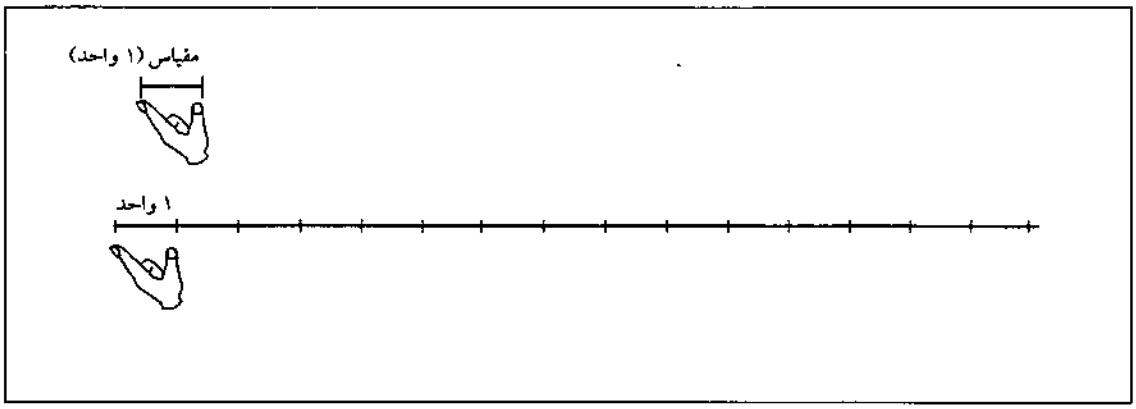
۳) راستای پرتوها موازی محور اصلی باشد.

با قرار دادن حداکثر وسیله‌های مورد نیاز برای گروه‌های دانش‌آموزی، توجه گروه‌ها به فعالیت گروه (۱) با همکاری دبیر جلب می‌شود.

مهارت و ظرافت کار با نخ و گچ طوری است (شکل ۲) که کمتر دانش‌آموزی بتواند نسبت به آن کم‌توجه باشد و یا از دیدن آن لذت نبرد.



شکل ۲



شکل ۳

روش کار گروه (۱)

در این روش بدون استفاده از خط کش و با انتخاب یک مقیاس دلخواه به راحتی می توان با دقت قابل قبول به طور کمی مقدارها را اندازه گرفت. بدین ترتیب که ابتدا دبیر با در دست داشتن یک سر نخ و به کمک یکی از دانش آموزان گروه (۱) چندبار با گچ روی نخ می کشد، به طوری که مقداری گچ به نخ بچسبد. با راهنمایی افراد دیگر همان گروه، دو سر نخ را طوری روی تخته سیاه می کشد که امتدادی افقی داشته باشد. با ثابت نگه داشتن دو سر نخ توسط دبیر و دانش آموز، وسط نخ را می کشیم و رها می کنیم ذرات نخ در اثر این ضربه خط زیبا و راستی (محور اصلی آینه) را روی تخته سیاه به وجود می آورند. در یک گوشه از تخته سیاه پاره خط دلخواهی را به عنوان مقیاس و مبنا رسم می کنیم. با باز کردن دو انگشت شست و نشانه مقیاس را به محور اصلی انتقال و محور را مدرج می کنیم (شکل ۳).

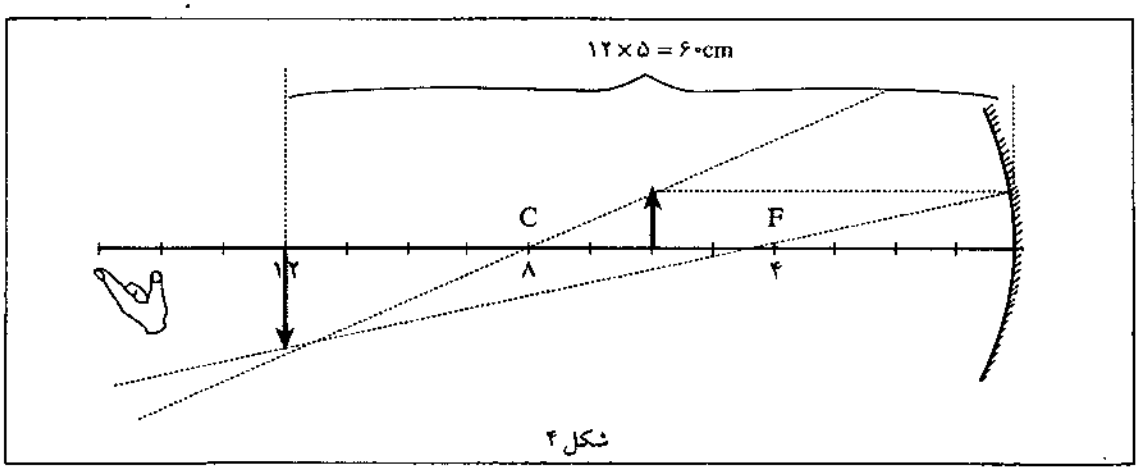
اگر آینه ی مقعر با فاصله ی کانونی ۲۰cm را انتخاب کنیم، مقیاس فاصله ی بین دو انگشت (۱ واحد) ما باید معادل ۵cm باشد. و بدین ترتیب اندازه گیری ما مستقل از یکای خط کش خواهد شد. به مرکز C، خمیدگی آینه را رسم و محل های C و F را روی محور مشخص می کنیم و شیء AB فرضی را در فاصله ی ۳۰cm (معادل ۶ واحد) مقابل آینه قرار می دهیم. به کمک نخ دو شعاع نوری تابشی (۱- موازی و نزدیک به محور و دیگری ۲- با عبور از مرکز) را با راهنمایی افراد گروه (۱) رسم می کنیم. محل برخورد پرتوها محل تشکیل تصویر و فاصله ی آن را تا آینه بر حسب واحد تعیین می کنیم و عدد حاصل را در ۵cm ضرب می کنیم (مانند شکل ۴).

در این جا با کمی دقت تا حد زیادی می توان به نتیجه هایی مطابق با آزمایش و محاسبه نزدیک شد. استفاده از گچ های رنگی به زیبایی شکل بیشتر جلوه می دهند (شکل ۵).

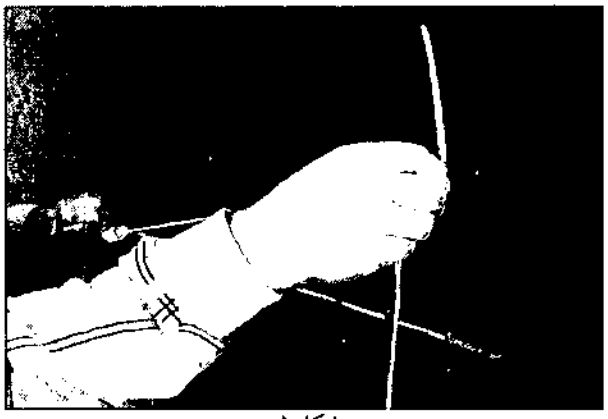
بدین ترتیب افراد گروه (۱) با همکاری، راهنمایی و ادامه ی قسمتی از کار به حداکثری از شرکت در فعالیت هدایت می شوند. حال به گروه های دیگر پیشنهاد می کنیم که هر کدام به روش خود مجدداً کار را انجام دهند.

روش کار گروه (۲)

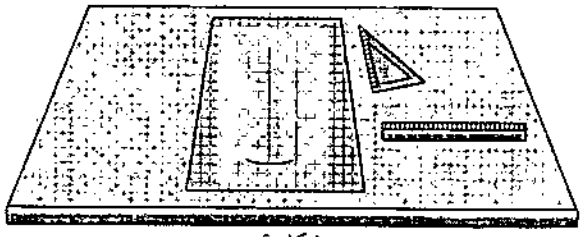
این گروه با خط کش و کاغذهای میلی متری (برگه هایی در قطع A_4) که در اختیار دارند با انتخاب مقیاس مناسب و رعایت اصول رسم پرتوها کار را شروع و نتایج را ثبت می کنند. شکل (۶)



شکل ۴



شکل ۵



شکل ۶

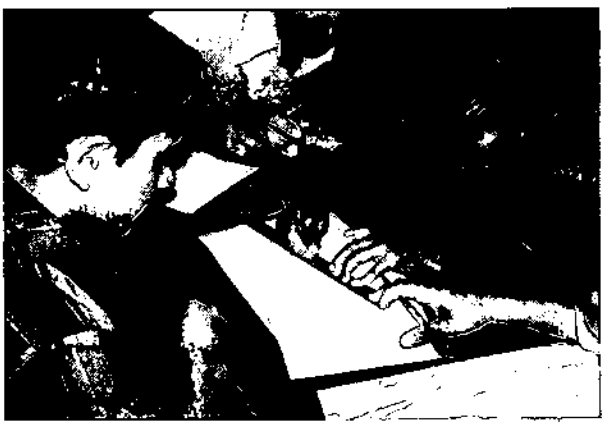
روش کار گروه (۳)

با قرار دادن اعداد انتخاب شده در گروه (۱) به کمک رابطه‌های $\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$ و $m=\left|\frac{q}{p}\right|=\frac{A'B'}{AB}$ و $r=2f$ محاسبه‌های مربوطه را انجام می‌دهند. و درستی رابطه‌ها را تحقیق می‌کنند. شکل (۷)

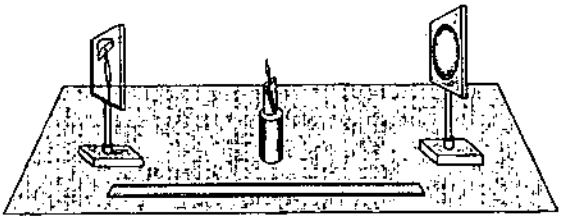
$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}\Rightarrow\frac{1}{30}+\frac{1}{q}=\frac{1}{20}\Rightarrow\frac{1}{q}=\frac{1}{20}-\frac{1}{30}\Rightarrow q=60cm$$

روش کار گروه (۴)

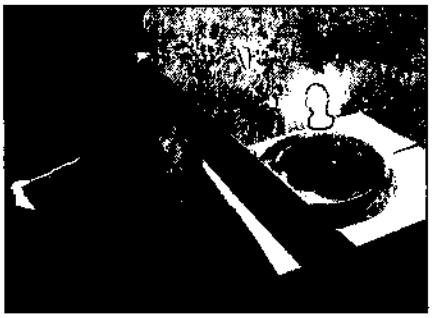
برای استفاده بهتر از وقت و جلب توجه دانش‌آموزان به نکته‌های اصلی آزمایش، بهتر است از ساده‌ترین وسایل استفاده شود. وسیله‌ها را مطابق شکل (۸) روی میز قرار می‌دهیم.



شکل ۷ گروه سوم در حال محاسبه



شکل ۸



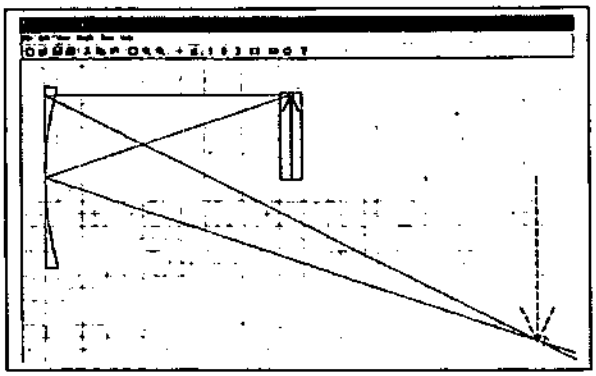
شکل۹ گروه (۴) انجام آزمایش

نظارت بر کار گروه (۴) در انجام آزمایش و به‌دست آوردن نتیجه‌های نزدیک به گروه‌های دیگر باید بیشتر باشد. سازگاری نتیجه‌های کار این گروه با مقدارهای نظری و فنی، برای دانش‌آموزان اهمیت بسیار دارد. به‌دست آوردن نتیجه‌های مطلوب، با کمی دقت ساده و برای دانش‌آموزان بسیار خوشایند است (شکل ۹).

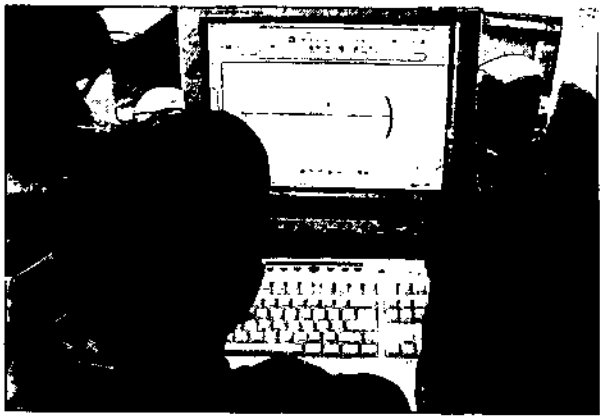
روش کار گروه (۵)

اعضای این گروه کار بر روی رایانه را با استفاده از نرم‌افزارهای آموزشی (مانند Looking Glass)، آغاز می‌کنند. بدیهی است که اعضای این گروه توانایی‌های لازم جهت کار با رایانه را دارند و با توجه به علاقه و مهارت‌هایی که در کار با رایانه دارند، این فعالیت را انتخاب کرده‌اند. محیط کار با نرم‌افزار Looking Glass در شکل (۱۰) نشان داده شده است.

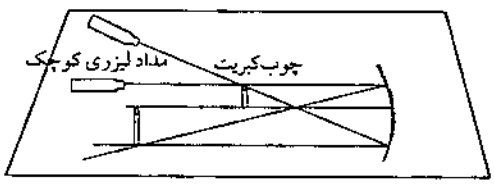
استفاده از فناوری نوین و به‌روز، در امر آموزش الزامی است



شکل ۱۰



شکل۱۱



شکل۱۲

و این وظیفه‌ی نظام آموزشی است که با مهیا نمودن امکانات مناسب همواره چند گام به کاربرد این فناوری در جامعه جلو باشد. با ایجاد چنین شرایطی مدرسه و دانش معلمان در نظر دانش‌آموزان بدیع و منشأ نشر دانش و علم خواهند بود شکل (۱۱).

روش کار گروه (۶)

کار این گروه با توجه به گسترش علم و دانش در بسیاری از عرصه‌ها از جمله صنعت طراحی اسباب‌بازی انتخاب شده است، انواع وسیله‌ها و اسباب‌بازی‌ها که با استفاده از پدیده‌های علمی به ساده‌ترین وجه ساخته شده‌اند می‌توانند ابزار و منبعی مناسب برای به‌کارگیری آن‌ها در آموزش مفاهیم فیزیک باشند.

در این روش روی یک قطعه‌ی مقوای سفید آینه (یا قوس متناسب با کادر مقوا) و محور اصلی را رسم، و محل‌های کانون و مرکز را روی آن مشخص می‌کنیم (شکل ۱۲). این کار را می‌توان از قبل آماده و در اختیار دانش‌آموزان قرار داد. اگر فاصله‌ها با مقیاس $\frac{۱}{۲}$ رسم شود، مساحت مقوا را می‌توان کمتر انتخاب کرد.

یک چوب‌کبریت را وسط فاصله‌ی بین مرکز و کانون و عمود بر آن می‌چسبانیم. حال دو عدد مداد لیزری کوچک را طوری روی مقوا نصب می‌کنیم که پرتوهای خروجی از آن‌ها هر دو از کنار نوک گوگردی چوب‌کبریت بگذرند و یکی از آن‌ها موازی محور اصلی و دیگری پس از عبور از کانون به آینه بتابند. مشکل آینه‌ی تیغه‌ای مناسب را می‌توان مطابق شکل (۱۳) به کمک چند آینه‌ی تخت کوچک حل کرد.

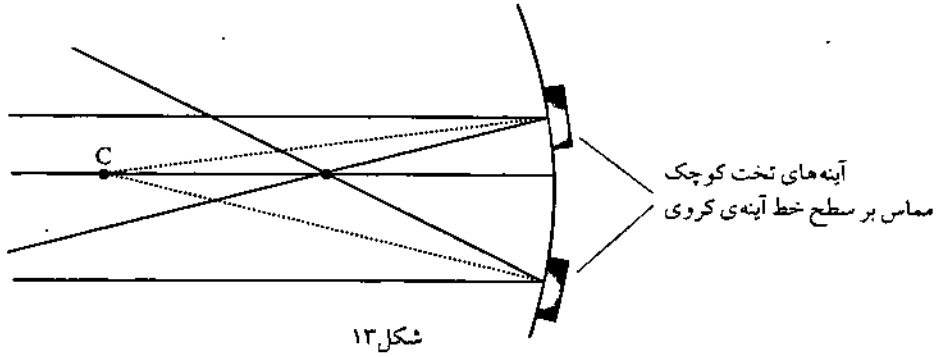
بدین صورت که درست در محل تابش پرتو با آینه‌ی تیغه‌ای فرضی، یک آینه‌ی تخت کوچک را طوری قرار می‌دهیم که بر مسیر منحنی محل قرار گرفتن آینه مماس باشد. این قطعه آینه‌ی تخت، کار آینه‌ی تیغه‌ای را در آن نقطه انجام می‌دهد. چون هر سطح منحنی از تعداد زیادی سطح تخت تشکیل شده است (شکل ۱۴).

در پایان می‌توان جدولی را برای درج نتیجه‌های به‌دست آمده از فعالیت‌های گروه‌های دانش طراحی و آن‌ها را با هم مقایسه کرد (جدول ۱).

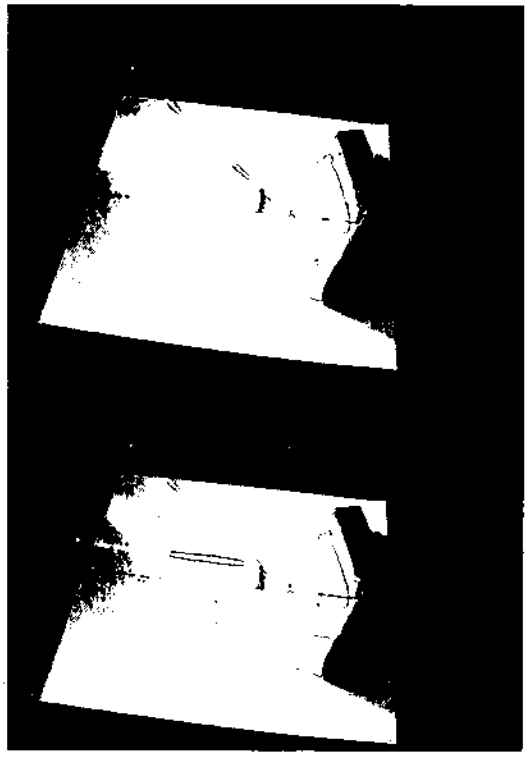
به دانش‌آموزان اجازه می‌دهیم در مورد یافته‌ها و نتیجه‌های به‌دست آمده بحث کنند. از مشاهده و مقایسه‌ی مقدارهای به‌دست آمده که با درگیری گروه‌های دانش‌آموزان در مبحث درس حاصل آمده است، دانش‌آموزان به درجه‌ای از شناخت در مهارت‌ها و استعدادهای خود می‌رسند که می‌توانند راه را برای دریافت مفاهیم با توجه به علاقه‌مندی‌ها و نیازهای درونی آن‌ها هموار کنند، و لذت کار گروهی را در گروهی که براساس استعداد و علاقه‌ی نزدیک به هم پدید آمده است تجربه کنند. از طرفی به شناخت نسبی از کیفیت کار گروهی و تنوع استعدادها در دیگران نیز آشنا می‌شوند، و بعید نیست که دریچه‌ای رو به ابعاد گوناگون استعدادهایشان و بهره‌گیری از آن‌ها باز شود.

جمع‌بندی و پیشنهادها

با به‌کارگیری کامل این روش یا قسمتی از آن می‌توان استعدادها و توانایی‌های فردی دانش‌آموزان را توسط خود آنان در جهت کمک به فرآیند آموزشی به کار گرفت و در آنان این نگرش را به وجود آورد که آموزش، فرآیندی یک‌سویه از معلم و کتاب به آن‌ها نیست، بلکه استعدادها و توانایی‌های آن‌ها با بروز یافتن و به‌کارگیری در



شکل۱۳



شکل ۱۴

جدول ۱

گروه	گروه (۱)	گروه (۲)	گروه (۳)	گروه (۴)	گروه (۵)	گروه (۶)
نوع فعالیت	رسم با نخ و گچ	رسم با کاغذ شطرنجی	محاسبه	آزمایش عملی	آزمایش مجازی	پرتوهای لیزری
فاصله‌ی تصویر از آینه به ازای $f = ۲۰cm$ $p = ۳۰cm$			۶۰			
مقیاس انتخابی	۱ واحد = ۵cm	$\frac{۱}{۱۰}$ ۱mm=۱cm	-	$\frac{۱}{۱}$ ۱mm=۱cm	متغیر	$\frac{۱}{۲}$

فعالیت‌های جمعی می‌تواند بهترین راه آموزش از خود به خود باشد. در صورتی که دانش‌آموزان پی ببرند که در فعالیت‌های جمعی مفروضات ذهنی و مهارت‌های دستی‌شان تا چه اندازه برای آنان لذت‌بخش است، برای انجام فعالیت‌های گروهی ترغیب می‌شوند.

و در نهایت به منظور تبادل تجربه‌های سازنده آموزشی مدرسان درس فیزیک، پیشنهاد می‌شود مرکزی برای شناسایی روش‌های تجربی دبیران در ارائه‌ی آموزش فیزیک و تلاش در نقد و اشاعه‌ی آن به وجود آید.

مراجع:

۱. کتاب درسی فیزیک ۱ و آزمایشگاه شورای برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی. ۱۳۸۴. دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی آموزش و پرورش. تهران.

۲. چگونه مسائل را حل کنیم؟ پولیا، جرج ۱۹۴۵. ترجمه احمد آرام.

۳. مختاری امیرمجدی، محمدحسین. خلاقیت / محمدحسین مختاری امیرمجدی؛ به راهنمایی: پورديهيمی، رازجویان. پایان‌نامه (کارشناسی ارشد) -- دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده معماری و شهرسازی، ۱۳۷۸.

۴. شعبانی سیچانی، زهرا. تأثیر روش‌های تدریس در افزایش توانایی‌های شناختی و عاطفی و رفتاری دانش‌آموزان / زهرا شعبانی سیچانی؛ به راهنمایی: علی تقی پور ظهیر. پایان‌نامه (کارشناسی ارشد) -- دانشگاه علامه طباطبایی، ۱۳۷۲.

۵. مجموعه مقالات برگزیده دهمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران، سازمان آموزش و پرورش استان گیلان، رشت، ۱۳۸۴.

تفهیم موضوع‌های فیزیکی با استفاده از تصویرهای گویا و انیمیشن

فردوس عظیمی
دبیر فیزیک منطقه ۱۳ تهران

خلاصه

ایجاد انگیزه، تفهیم بهتر، عینیت بخشی و افزایش جذابیت درس فیزیک هدف عمده و آرزوی تمامی دبیران فیزیک است. در این مقاله انجام آزمایش‌هایی که امکان انجام آن در بیشتر مدارس نیست و نمایش واقعیت‌های فیزیک به وسیله تصویرهای گویای ثابت و متحرک به کمک رایانه میسر شده است. بدین ترتیب می‌توان میزان ادراک دانش‌آموزان را از فیزیک افزایش داد. همین طور می‌توان کلاس فیزیک را از حالت خشک و نظری خارج و مطالب را ملموس‌تر نمود و بر میزان جذابیت مطالب افزود. در این تحقیق موارد بالا به کمک نمودارهای آماری تا حدودی ثابت شده‌اند.

مقدمه

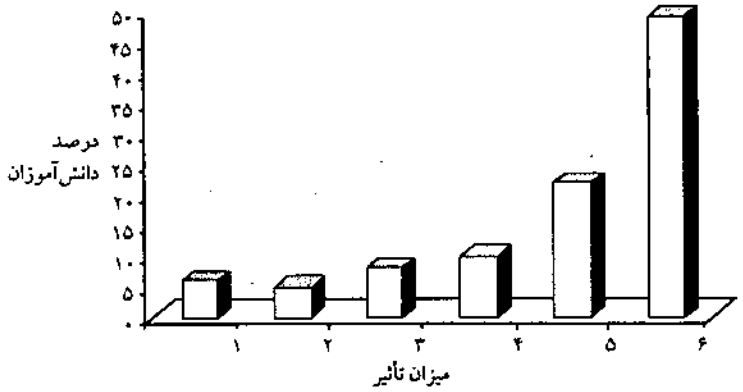
امروزه نقش پیشرفت فناوری آموزشی و استفاده از رایانه به‌خوبی در فرآیند یادگیری ملموس است. بعد از ۲۵ سال تدریس نظری در کنار آزمایش‌ها؛ در سال ۸۴-۸۵ به مدرسه‌ای منتقل شدم که دارای امکانات سمعی-بصری مانند video projection بود. وجود این وسیله و همچنین امکان استفاده از آن، مرا بر آن داشت که به کمک تصویرها، به تفهیم بهتر موضوع‌های درسی بپردازم. در این پژوهش با ارائه موضوع‌های درسی به شکل power point و director با استفاده از تصویرهای گویا، گاهی به شکل انیمیشن و به نمایش گذاشتن بعضی از آزمایش‌های کتاب مانند کارکرد موتور و آزمایش‌های الکتریسیته...، سعی شده است که به فیزیک عینیت بیشتری داده شود. این روش با استقبال زیاد از طرف دانش‌آموزان روبه‌رو شد. همچنین میزان علاقه‌مندی آنان به موضوع‌های درسی افزایش یافت. متأسفانه دانش‌آموزان به‌ویژه در پایه اول هنوز تصویر روشنی از آینده و اهداف خود ندارند و حتی به خوبی نمی‌دانند که چرا فیزیک می‌خوانند؟ آن‌ها پاسخ پرسش زیر را مطابق با جدول۱ و نمودار۱ دادند: (فیزیک در زندگی و شغل آینده شما چقدر تأثیر دارد؟)

بنابراین ایجاد انگیزه مهم‌ترین عامل یا گام اول در یادگیری است. حتی اگر این انگیزه به صورت یک برنامه سرگرم‌کننده باشد.

جدول۱. تأثیر فیزیک در زندگی و شغل دانش‌آموزان از دیدگاه آنان

درصد دانش‌آموزان	میزان تأثیر
۶	۱= اصلاً
۵	۳= خیلی کم
۸	۴= کم
۱۰	۲= متوسط
۲۲	۵= زیاد
۴۹	۶= خیلی زیاد

نظرسنجی از دانش‌آموزان درباره‌ی نقش فیزیک در زندگی
و شغل آینده آنان



نمودار۱ . میزان تأثیر فیزیک در زندگی و شغل دانش‌آموزان از دیدگاه آنان

از دید غالب دانش‌آموزان پایه اول رفتن به آزمایشگاه و انجام آزمایش یک سرگرمی محسوب می‌شود. از آنان پرسیده شد که انجام آزمایش‌ها در پیشبرد اهداف یادگیری فیزیک چقدر تأثیر دارد؟

و نتیجه پاسخ آن‌ها طبق جدول ۲ و نمودار ۲آمده است:

گویی آن‌ها از گوش دادن به درس به شکل خشک و نظری بیزارند و می‌خواهند کلاس درس هیجان بیشتری داشته باشد.

جدول۲ . تأثیر آزمایش در رسیدن به
اهداف آموزشی از دیدگاه دانش‌آموزان

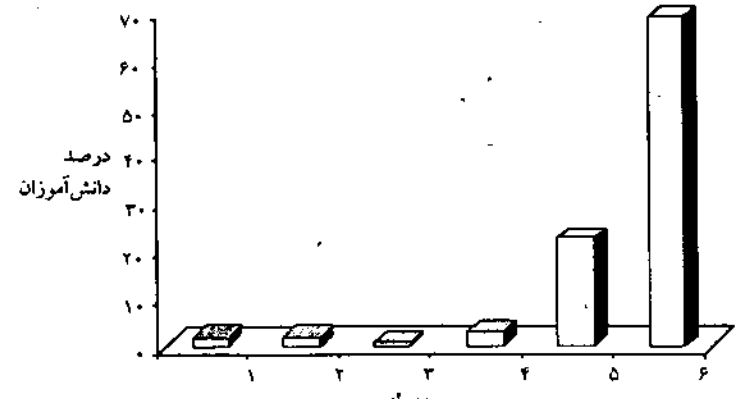
میزان تأثیر	درصد دانش‌آموزان
۱ = اصلاً	۲
۳= خیلی کم	۲
۴= کم	۱
۲= متوسط	۳
۵= زیاد	۲۳
۶= خیلی زیاد	۶۹

مسأله

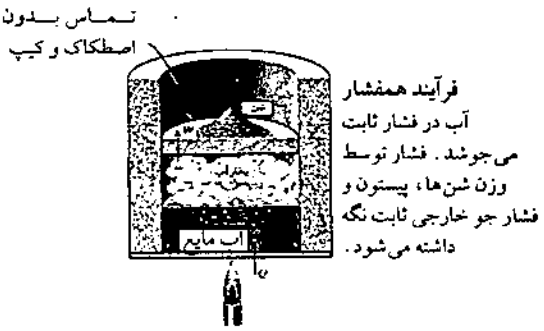
مسأله اصلی این است که چگونه می‌توان به موضوع‌های فیزیکی عینیت بخشید و بدین ترتیب به موفقیت بیشتری در فرآیند یادگیری دست یافت و همچنین میزان علاقه‌مندی فراگیران را افزایش داد؟

مشکل تفهیم موضوع‌های فیزیکی به روش نظری عمده‌ترین مشکل دبیران فیزیک محسوب می‌شود. عدم استفاده کافی از امکانات آزمایشگاه‌ها به دلیل‌های مختلف از جمله نداشتن امکانات آزمایشگاهی کافی و کمبود وقت و... به این مشکل دامن می‌زند.

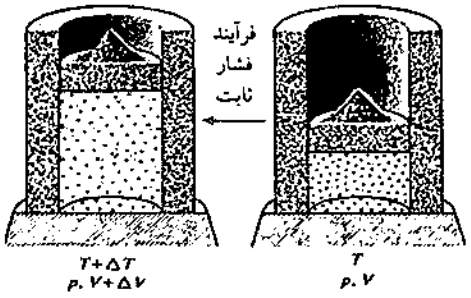
نظرسنجی از دانش‌آموزان درباره میزان تأثیر انجام آزمایش‌ها در
فرآیند یادگیری



نمودار۲ . تأثیر آزمایش در رسیدن به اهداف آموزشی از دیدگاه دانش‌آموزان



شکل۱. فرآیند همفشار: مقدار شن ثابت و در نتیجه فرآیند همفشار است.



شکل۲. در فرآیند همفشار؛ دستگاه با دریافت گرما؛ دما و حجمش افزایش می‌یابد.

زمینه پژوهش: نوآوری در روش تدریس

استفاده از رایانه در فرآیند یادگیری و ارائه موضوع‌های درسی به شکل power point و director و با استفاده از تصویرهای گویا؛ گاهاً به شکل انیمیشن و به نمایش گذاشتن بعضی از آزمایش‌های کتاب.

جمع آوری اطلاعات

اینترنت عمده‌ترین منبع در به‌دست آوردن این تصویرها بود. تصاویر کتب دبیرستانی و دانشگاهی و CDهای Encarta و آموزش فیزیک نیز از جمله منابع دیگر در این تحقیق محسوب می‌شوند.

پس از تایپ کلمه physics در google تمامی زیرمجموعه‌های درس فیزیک نشان داده می‌شوند. با انتخاب گزینه‌ی تصویر در هر موضوع، تصاویر مربوطه نشان داده می‌شوند. در این پژوهش تنها تصویرهایی انتخاب شده‌اند که مطابق با مطالب ارائه شده در کتاب باشند و نه بیشتر. زیرا به علت کمبود وقت معلم نمی‌تواند به مسائل مرتبط و یا فراتر بپردازد.

می‌توان تنها با تایپ معانی انگلیسی مفاهیم فیزیکی (که در آخر کتاب نیز آمده‌اند)؛ در google تصویرهای مربوطه را دریافت کرد. Encarta به صورت یک دانشنامه، در کلیه‌ی زمینه‌ها بدون اتصال به اینترنت نیز می‌تواند منبع مناسبی برای کلیه مطالب و دروس باشد.

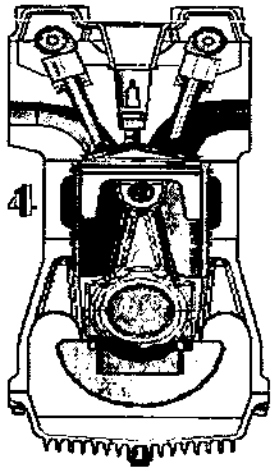
استفاده از تصویر فرآیندهای ترمودینامیکی از کتاب فیزیک شاره‌ها ـ امواج ـ حرارت (دیوید هالیدی ـ رابرت رزنیک) و نور شناخت (یوجین هشت ـ آلفرد زایاک) و در صورت نیاز از خود کتاب درسی دبیرستانی را نیز به عنوان سومین منبع مورد استفاده می‌توان ذکر کرد.

در این تحقیق از تصاویر CDهای آموزشی نیز خیلی کم و به ناچار استفاده شده است. ولی به علت اشکال‌های زیاد؛ در صورت استفاده غالب آن‌ها edit شده‌اند.

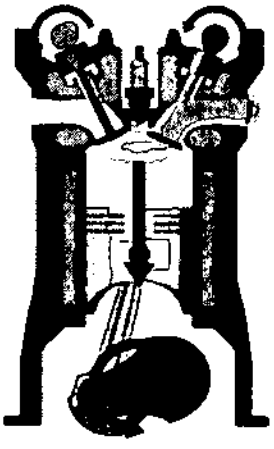
اجرا

اولین‌بار پروژه در کلاس سوم ریاضی با مبحث ترمودینامیک (بعد از تدریس نظری این بخش) به اجرا درآمد. اشتیاق آنها غیرقابل وصف بود. آن‌ها می‌گفتند به‌خوبی درس را فهمیدیم. باید اذعان کنم که بخش ترمودینامیک چندسالی است که وارد کتب دبیرستانی (سوم ریاضی) شده است. تصویر فرآیندها را از کتاب دانشگاهی خود مورد استفاده قرار دادم. به عنوان مثال فرآیند همفشار در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است:

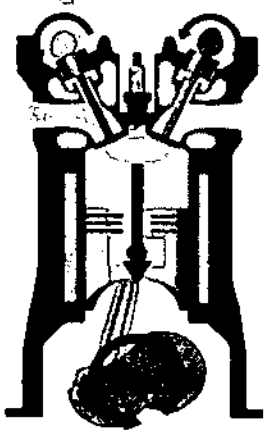
کارکرد موتورها نیز از جمله مشکل‌های این بخش است. زیرا در آزمایشگاه‌های مدارس امکان نمایش عملکرد موتور وجود ندارد. لذا ابتدا چهارمرحله موتور پشت‌سر هم به طور انیمیشن نشان داده می‌شود و سپس هر مرحله با تصویرهای ثابت جداگانه



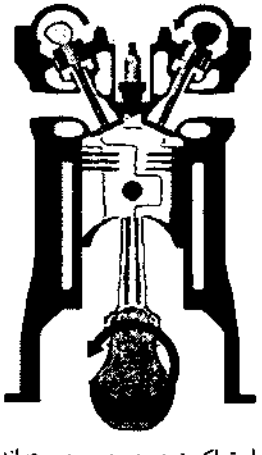
شکل۳. نمایش عملکرد موتور



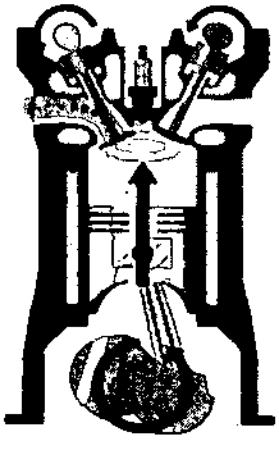
شکل۴ . مرحله مکش . دریچه ورودی استوانه باز است . با پایین آمدن پیستون مخلوط هوا و بنزین به داخل استوانه کشیده می‌شود .



شکل۶ . مرحله انجام کار : در اثر فشار زیاد دستگاه منبسط می‌شود و پیستون را به طرف پایین می‌راند .



شکل۵ . مرحله تراکم : هر دو دریچه بسته‌اند . پیستون بالا می‌آید و مخلوط را متراکم می‌کند . در این هنگام شمع جرقه می‌زند و مخلوط آتش می‌گیرد .



شکل۷ . مرحله تخلیه : دریچه خروج دود باز شده و دود حاصل از سوختن سوخت به خارج می‌رود .

مورد بررسی قرار می‌گیرد . تصویر۳ هنگام اجرا متحرک است .

سپس با تصویرهای ثابت ۴ الی۷ مرحله‌های مختلف را جداگانه مورد بحث قرار می‌دهیم :

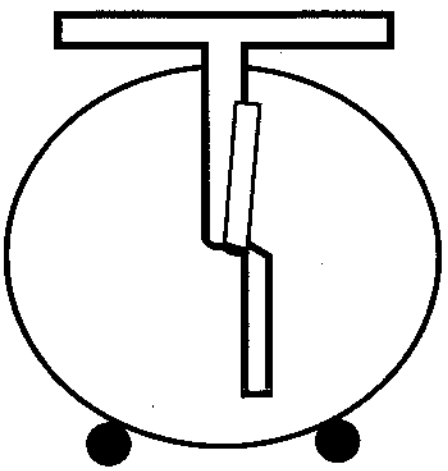
به این ترتیب عملکرد موتور برای دانش‌آموزان ملموس می‌شود .

استفاده از این برنامه به گوش کلاس‌های تجربی نیز رسید . دانش‌آموزان تجربی می‌خواستند که این برنامه برای آن‌ها نیز اجرا شود . ولی درس آن‌ها الکتریسیته بود و من هنوز در این زمینه پژوهش خود را شروع نکرده بودم . اشتیاق آن‌ها به حدی بود که از مدیر مدرسه خواسته بودند تا مرا وادار کند این برنامه را برای آن‌ها نیز اجرا کنم . پس از مدتی همکار شیمی مدرسه نیز از من چگونگی استفاده از برنامه فوق را پرسید و گفت : بچه‌ها خیلی علاقه‌مند هستند که مشابه کار شما در شیمی نیز انجام شود . به مرور و در طی سال جاری سعی کردم قبل از شروع هر بخش، power point آن را آماده کنم .

خوشبختانه تمام آزمایش‌های الکتریسیته سال اول در اینترنت به‌طور متحرک وجود دارد . دانش‌آموزان نه تنها آزمایش CD را انجام می‌دهند یا انجام آن را توسط معلم مشاهده می‌کنند ، بلکه نمایش مراحل مختلف را روی پرده بازبینی می‌کنند . به عنوان مثال

تصویر ۸ هنگام اجرا متحرک است:

باردار کردن الکتروسکوپ به روش القا



شکل۸. نمایش باردار کردن الکتروسکوپ به روش القا

ابتدا تنها استفاده کننده‌های اتاق سمعی و بصری، گروه فیزیک مدرسه بود ولی به مرور بقیه همکاران نیز به نوعی درصدد استفاده از این اتاق بودند. لذا مدیر مدرسه مجبور شد که کسی را مسئول هماهنگی برای این مقوله کند و باید از قبل این اتاق را رزرو می‌کردیم. به طوری که به سختی نوبت گروه فیزیک می‌شد!!!

بعضی از همکاران به عنوان تحقیق از دانش‌آموزان می‌خواستند که از اینترنت تصویر تهیه کنند و جایزه بگیرند.

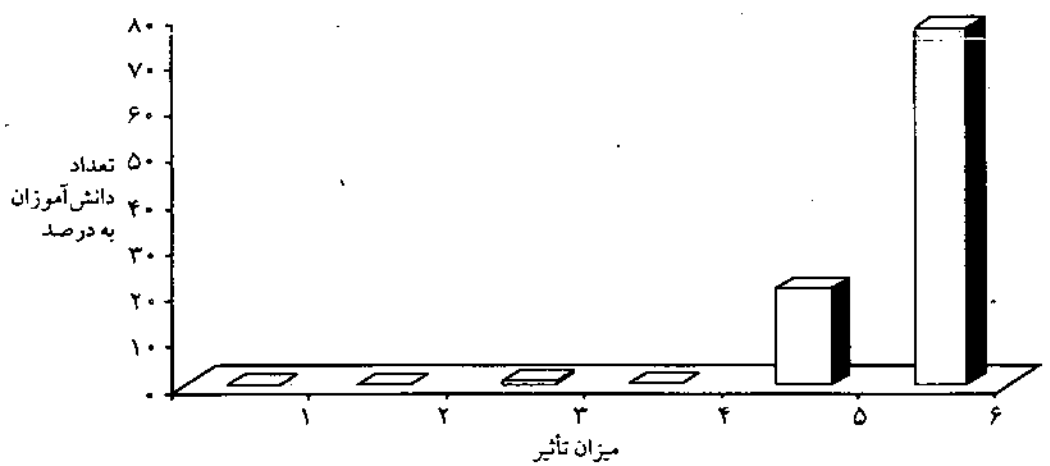
ارزیابی نتیجه‌ها

هیچ چیز گویا تر از علاقه و شور و شعف دانش‌آموزان در تأیید اثربخشی این طرح نیست. دانش‌آموزان در هر جلسه اصرار به رفتن به اتاق سمعی-بصری و تدریس به کمک power point را خواستار می‌شوند.

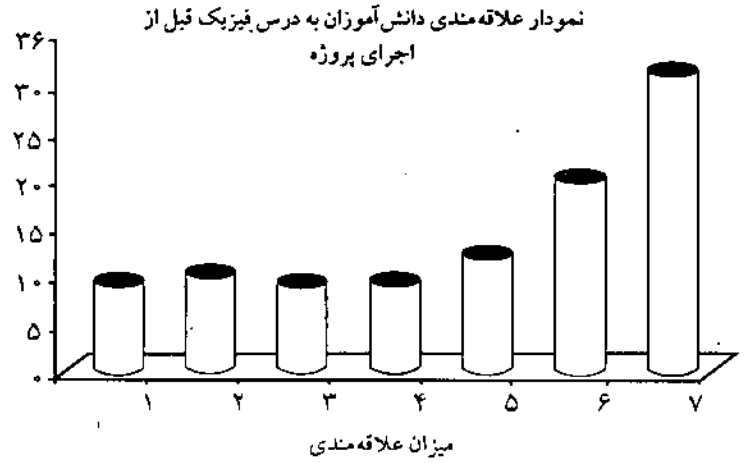
در نظرسنجی از دانش‌آموزان مقطع‌های اول و سوم دبیرستان علامه حلی، همگی خواستار استفاده از این شیوه در کلیه‌ی درس‌ها هستند. لازم به ذکر است که در سال تحصیلی ۸۵-۸۴ تنها در پایه اول و سوم تدریس داشته‌ام و اجرای پژوهش انجام گرفته تا کنون در همین دوپایه صورت گرفته است.

در یک نظرسنجی از دانش‌آموزان سوال شد که استفاده از تصویرهای ارائه شده (در قالب power point) چقدر می‌تواند در یادگیری شما تأثیر داشته باشد؟

نظرسنجی از دانش‌آموزان درباره استفاده از **power point**



نمودار۳. میزان تأثیر تصاویر در فرآیند یادگیری از دیدگاه دانش‌آموزان



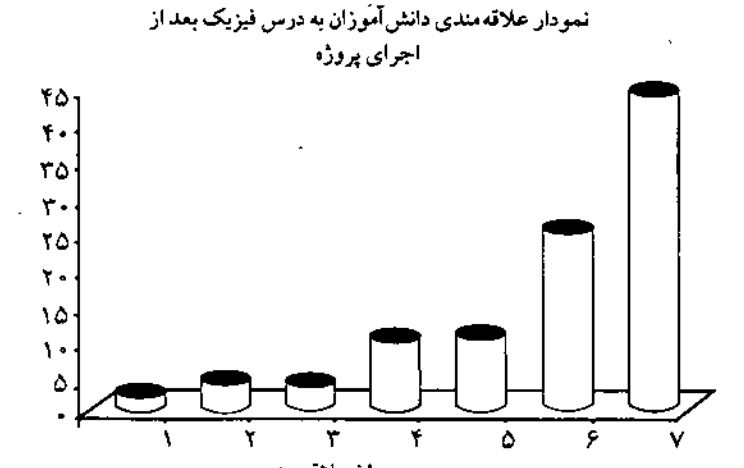
نمودار۴ . نمودار ستونی میزان علاقه‌مندی دانش‌آموزان به درس فیزیک قبل از اجرای پروژه

نتیجه را در نمودار ۳ملاحظه می‌کنید:

با توجه به جدول و نمودار فوق می‌توان گفت که دانش‌آموزان صددرصد با اجرای برنامه‌ی بالا موافقند. علاقه‌مندی دانش‌آموزان نه تنها در اجرای پروژه فوق بود؛ بلکه طبق نمودارهای ستونی ۴ و ۵ مربوط به قبل و بعد از اجرای پروژه، می‌توان این علاقه‌مندی را به درس فیزیک نیز تعمیم داد:

پیشنهاد

پیشنهاد می‌شود که همه مدارس مجهز به سیستم رایانه‌ای و دستگاه‌های سمعی و بصری از جمله video projection شوند. همچنین بهتر است؛ همکاران با برنامه‌هایی نظیر photo shop؛ paint و flash یا power point و... آشنایی مختصری داشته باشند.



نمودار۵ . نمودار ستونی میزان علاقه‌مندی دانش‌آموزان به درس فیزیک بعد از اجرای پروژه

جان کاتنل و کنت جانسون
ترجمه : احمد توحیدی

فیزیکِ یک فلزیاب هترودین

در این مقاله یکی از کاربردهای حالت تشدید در مدارهای الکتریکی بررسی می‌شود. در مثال زیر، نوسان انرژی بین خازن و یک القاگر مورد توجه بیشتر قرار می‌گیرد. وقتی یک مدار متشکل از خازن/القاگر دارای انرژی شود، اگر مقدار انرژیی که هربار در مقاومت القاگر تلف می‌شود به نحوی جایگزین و تأمین شود، انرژی مدار به طور نامحدودی بین خازن و القاگر نوسان می‌کند. مدارهایی که دارای این نوع تأمین‌کننده‌ی انرژی هستند را مدارهای نوسانگر می‌نامند.

شکل ۱ یک فلزیاب را نشان می‌دهد. این وسیله شامل دو مدار خازن/القاگر نوسانیِ A و B است (شکل ۲). هر مدار دارای یک بسامد تشدید مربوط به خود $f_{oA} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_A C}}$ و $f_{oB} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_B C}}$ است. هرگونه اختلاف میان دوبسامد، را می‌توان توسط گوشی‌های دستگاه به صورت بسامد زنش $f_{oB} - f_{oA}$ آشکار ساخت که مانند بسامد زنش بین دو صوت موسیقی تولید شده است. در نبود هر شئ فلزی نزدیک به وسیله، ضریب‌های القای L_A و L_B یکسان و f_{oA} و f_{oB} با هم برابرند و زنشی وجود ندارد. هنگامی که القاگر B (پیچه‌ی جستجوگر) به قطعه‌ی فلزی نزدیک شود، ضریب القایی L_B کاهش، و بسامد نوسان مربوط به آن f_{oB} افزایش می‌یابد و بسامد زنش از گوشی‌ها شنیده می‌شود. فرض کنید در ابتدا القاگرها طوری تنظیم شده باشند

شکل ۱. یک فلزیاب برای تعیین محل اشیاء فلزی به‌کار برده می‌شود.

که $L_B = L_A$ و بسامد هر نوسانگر ۸۵۵/۵kHZ باشد. اگر ضریب القایی پیچه‌ی جستجوگر هنگام نزدیک شدن به قطعه‌ی فلزی ۱٪ کاهش یابد، در این حالت بسامد زنش که از گوشی‌های دستگاه شنیده می‌شود چقدر است؟

برای پیدا کردن بسامد $f_{oB} - f_{oA}$ باید تغییر بسامد تشدیدی f_{oB} را که به علت ۱٪ کاهش در ضریب خودالقایی L_B بوجود آمده است حساب کنیم. نسبت f_{oB} به f_{oA} برابر است با

$$\frac{f_{oB}}{f_{oA}} = \frac{\frac{1}{2\pi\sqrt{L_B C}}}{\frac{1}{2\pi\sqrt{L_A C}}} = \sqrt{\frac{L_A}{L_B}}$$

امّا به علت کاهش ۱٪ ضریب القایی سیم‌پیچ B، $L_B = 0/99L_A$ می‌شود. پس

$$\frac{f_{oB}}{f_{oA}} = \sqrt{\frac{L_A}{0/99L_A}} = 1/005$$

بنابراین مقدار جدید f_{oB} برابر است با

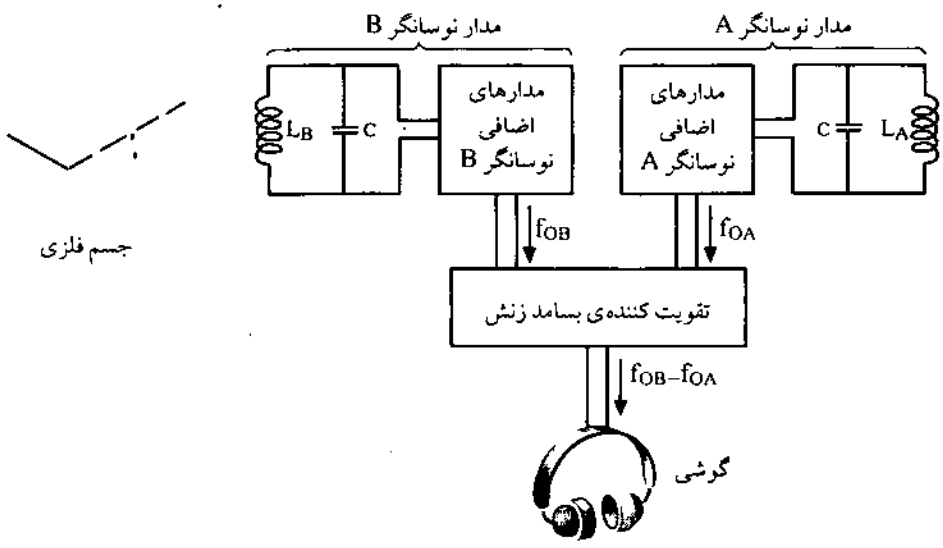
$f_{oB} = 1/005 f_{oA} = 1/005 \times (855/5kHZ)$

$= 859/8kHZ$

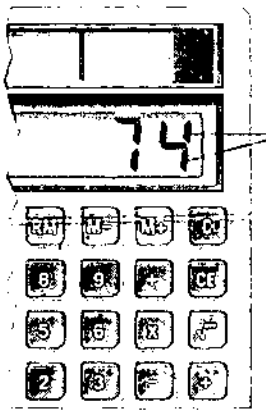
در نتیجه بسامد زنش آشکار شده برابر است با

$f_{oB} - f_{oA} = 859/8kHZ - 855/5kHZ$

$= 4/3kHZ$



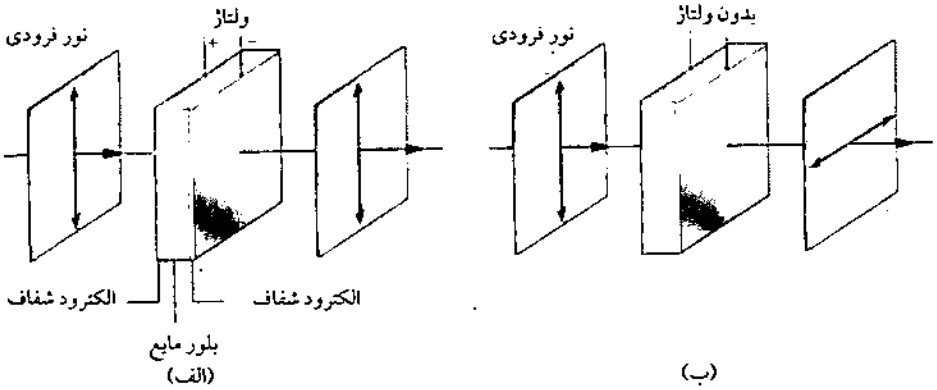
شکل۲ . یک فلزیاب هترودین از دو نوسانگر الکتریکی A و B استفاده می‌کند . وقتی بسامد تشدید نوسانگر B به‌واسطه‌ی نزدیکی به جسم فلزی تغییر کند، بسامد زنش $f_{oB} - f_{oA}$ در گوشی شنیده می‌شود .



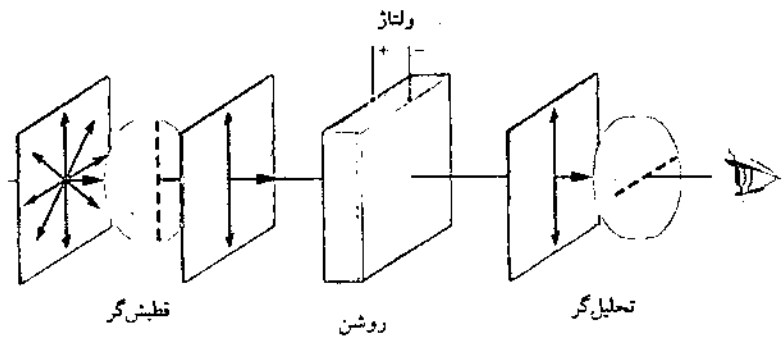
شکل۳ـ نمایشگر بلور مایع از «قطعه‌های» بلور مایع برای تشکیل اعداد استفاده می‌کند .

فیزیک نمایشگر بلور مایع (LCD)[1]

سیکی از کاربردهای ترکیب‌عمود برهم قطبش‌گر/تحلیل‌گر استفاده در نمایشگر بلور مایع (LCD) است . نمایشگرهای بلور مایع به صورت گسترده در تلویزیون‌های جدید، در ماشین‌حساب‌ها، و ساعت‌های رقمی به‌کار برده می‌شوند . معمولاً هر نمایشگر شامل مجموعه‌ای از اعداد و حروف سیاه‌رنگ است که در زمینه‌ی نور خاکستری رنگ قرار دارد . مطابق شکل۳ هر عدد یا حرف از ترکیب قطعه‌های بلور مایع تشکیل شده است که هنگام «روشن بودن» به رنگ سیاه آشکار می‌شود . هر بلور مایع از یک قطعه‌ی LCD، تشکیل شده که شامل ماده‌ای از جنس بلور مایع است که بین دو الکترود شفاف قرار دارد (شکل۴) . وقتی



شکل۴ ـ یک بلور مایع در حالت (الف) «روشن» و (ب) «خاموش»

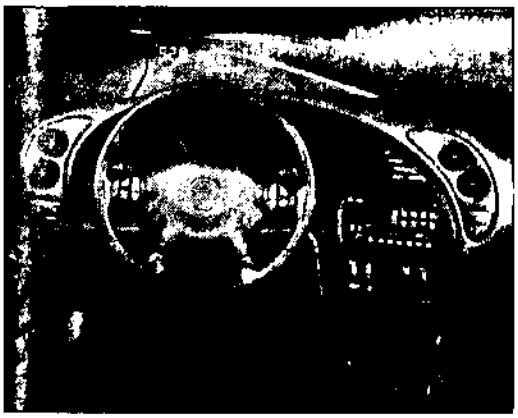


شکل۵

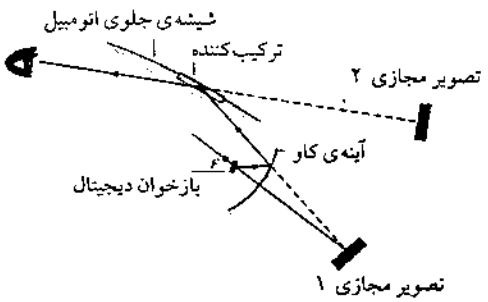
اختلاف پتانسیلی بین دو سر الکترودها برقرار شود، در اصطلاح گفته می‌شود که بلور مایع «روشن» است. بخش الف تصویر، نور قطبیده‌ی فرودی را نشان می‌دهد که از ماده در حالت «روشن» بدون تغییر جهت قطبش می‌گذرد. هنگامی که اختلاف پتانسیل حذف شود، جهت قطبش نور فرودی ۹۰° می‌چرخد و در اصطلاح گفته می‌شود که بلور مایع «خاموش» است. بخش ب یک قطعه‌ی کامل (LCD) نیز شامل ترکیب عمودبرهم قطبش‌گر/تحلیل‌گر است (شکل ۵). قطبش‌گر، تحلیل‌گر، الکترودها و ماده‌ی بلور مایع در یک واحد بسته‌بندی شده‌اند. قطبش‌گر از نور ناقطبیده‌ی فرودی، نور قطبیده تولید می‌کند. مطابق شکل با روشن بودن قطعه‌ی نمایشگر، فقط نور قطبیده‌ی خروجی از بلور مایع را تحلیل‌گر حذف می‌کند. زیرا نور را برای قطبش عمود بر جهت محور انتقالی تحلیل‌گر است. بنابراین چون هیچ نوری از تحلیل‌گر خارج نمی‌شود، مشاهده‌گر یک قطعه سیاه‌رنگ را در زمینه‌ی نور خاکستری رنگ می‌بیند (شکل ۳). از سوی دیگر، وقتی اختلاف پتانسیل حذف شود، قطعه خاموش می‌شود، در این حالت بلور مایع جهت قطبش نور را ۹۰° می‌چرخاند به‌طوری که بر محور تحلیل‌گر منطبق می‌شود. اکنون نور می‌تواند از تحلیل‌گر بگذرد و به چشم مشاهده‌گر برسد. امّا، نوری که از قطعه بیرون می‌آید طوری طراحی شده است که رنگ آن با رنگ نمایشگر (نور خاکستری) یکسان باشد، بنابراین نمی‌توان قطعه را از زمینه تشخیص داد.

روش جدید برای نمایش سرعت اتومبیل (روش HUD)[۲]

آینه‌های کاو (مقعر) در روش جدیدی برای نشان دادن سرعت اتومبیل‌ها به‌کار برده می‌شوند. در این روش در حالی که راننده‌ی اتومبیل مستقیم به جلو نگاه می‌کند یک باز خوان دیجیتال سرعت (مثلاً 55m/h) در مقابل او آشکار می‌شود (شکل ۶). مزیت این روش که نمایشگر سَر بالا (HUD) نامیده می‌شود آن است که راننده هنگام رانندگی در جاده، دیگر لازم نیست به صفحه‌ی تنظیم سرعت (نمایشگر سرعت) نگاه کند. شکل ۷ روش کار (HUD) را نشان می‌دهد. دستگاه بازخوان سرعت در پایین شیشه‌ی جلو اتومبیل قرار دارد که سرعت اتومبیل را به شکل دیجیتال نشان می‌دهد. این وسیله در جلوی یک آینه‌ی کاو و در فاصله کانونی آن قرار دارد. مطابق شکل آینه تصویری مجازی، مستقیم و بزرگ‌تر از بازخوان دیجیتال سرعت تشکیل می‌دهد. پرتوهای گسیل شده از این تصویر به شیشه جلوی اتومبیل برخورد می‌کنند. در محل برخورد پرتوها وسیله‌ای به نام «ترکیب کننده» قرار دارد. در واقع، نقش ترکیب کننده آن است که اطلاعات دیجیتال سرعت را با میدان دیدی که راننده از داخل شیشه‌ی جلو می‌بیند ترکیب کند. ترکیب کننده عملاً



شکل ۶ ـ نمایشگر سرـبالا سرعت اتومبیل را در میدان دید راننده در اختیارش می گذارد



شکل۷ ـ یک نوع از نمایشگر سربالا

توسط راننده قابل آشکارسازی نیست، زیرا همه رنگ ها غیر از یکی از آن ها را از خود عبور می دهد. این استثنا رنگی است که بازخوان دیجیتال تولید کرده است. ترکیب کننده برای رنگ بازخوان دیجیتال مانند یک آینه تخت عمل می کند و پرتوهایی که به نظر می رسند از تصویر (۱) در شکل ۷ گسیل شده اند را باز می تاباند و تصویر (۲) را به وجود می آورد که راننده آن را می بیند. راننده می تواند در حالی که چشمان خود را، روبه جاده متمرکز کرده است. سرعت را بخواند. سال ها روش (HUD) در هواپیماهای جنگنده به کار برده می شد. اکنون در اتومبیل ها نیز از آن استفاده می شود.

زیرنویس:

1. Liquid Cristal Display
2. Head-up Display

منبع:

Physics, Fourth Edition, Cuttnel and Johnson, John Wiley and Sons, Inc, 1998

دفتر انتشارات کمک آموزشی

مجله های رشد

مجله های رشد توسط دفتر انتشارات کمک آموزشی سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی وابسته به وزارت آموزش و پرورش، با این عناوین تهیه و منتشر می شوند:

مجله های دانش آموزی (به صورت ماهنامه ـ ۸ شماره در هر سال تحصیلی ـ منتشر می شوند):

- رشد کودک (برای دانش آموزان آمادگی و پایه ی اول دوره ی ابتدایی)
- رشد نوآموز (برای دانش آموزان پایه های دوم و سوم دوره ی ابتدایی)
- رشد دانش آموز (برای دانش آموزان پایه های چهارم و پنجم دوره ی ابتدایی).
- رشد نوجوان (برای دانش آموزان دوره ی راهنمایی تحصیلی).
- رشد جوان (برای دانش آموزان دوره ی متوسطه).

مجله های عمومی (به صورت ماهنامه ـ ۸ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می شوند):

- رشد آموزش ابتدایی، رشد آموزش راهنمایی تحصیلی، رشد تکنولوژی آموزشی، رشد مدرسه فردا، رشد مدیریت مدرسه
- رشد معلم (دو هفته نامه)

مجله های تخصصی (به صورت فصلنامه و ۴ شماره در سال منتشر می شوند):

- رشد برهان راهنمایی (مجله ی ریاضی، برای دانش آموزان دوره ی راهنمایی تحصیلی)، رشد برهان متوسطه (مجله ی ریاضی، برای دانش آموزان دوره ی متوسطه)، رشد آموزش معارف اسلامی، رشد آموزش جغرافیا رشد آموزش تاریخ، رشد آموزش زبان و ادب فارسی، رشد آموزش زبان رشد آموزش زیست شناسی، رشد آموزش تربیت بدنی، رشد آموزش فیزیک، رشد آموزش شیمی، رشد آموزش ریاضی، رشدآموزش هنر، رشد آموزش قرآن، رشد آموزش علوم اجتماعی، رشد آموزش زمین شناسی، رشد آموزش فنی و حرفه ای و رشد مشاورمدرسه.

مجله های رشد عمومی و تخصصی برای آموزگاران، معلمان، مدیران و کادر اجرایی مدارس
دانشجویان مراکز تربیت معلم و رشته های دبیری دانشگاه ها و کارشناسان تعلیم و تربیت تهیه و منتشر می شوند.

- نشانی: تهران، خیابان ایرانشهرشمالی، ساختمان شماره۴ آموزش و پرورش، پلاک ۲۶۸، دفتر انتشارات کمک آموزشی.
تلفن و نمابر: ۸۸۳۰۱۴۷۸

برگ اشتراک مجله های رشد

شرایط

۱ـ واریز مبلغ ۲۰/۰۰۰ ریال به ازای هر عنوان مجله درخواستی، به صورت علی الحساب به حساب شمارهٔ ۳۹۶۶۲۰۰۰ بانک تجارت شعبه سه راه آزمایش (سرخه حصار) کد ۳۹۵ در وجه شرکت افست.

۲ـ 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 مشترکین ۱۶۵۹۵/۱۱۱

نشانی اینترنتی: www.roshdmag.ir

پست الکترونیک: Email:info@roshdmag.ir

امور مشترکین: ۷۷۳۳۶۶۵۶ـ۷۷۳۳۹۷۱۳ـ۱۴

پیام گیر 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 است.
- برای هر عنوان مجله برگ اشتراک جداگانه تکمیل و ارسال کنید (تصویر برگ اشتراک نیز مورد قبول است).

◆ ۱ـ خواننده گرامی جناب آقای غلامرضا عظیمی سوته ـ کوشش شما در تنظیم نوشته‌ای مذهبی قابل تقدیر است. در مجله «رشد آموزش فیزیک» مقاله‌های مربوط به فیزیک و آموزش آن منتشر می‌شود.

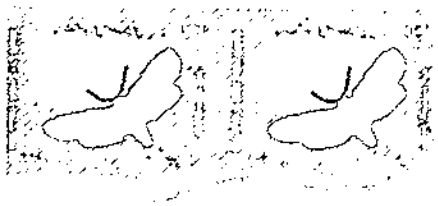
◆ ۲ـ جناب آقای حشمت کاکا، دبیرستان نمونه باقر العلوم(ع)، ایلام ـ مقاله‌ای با عنوان «روش تبدیل یکاها به یکدیگر» و با مثال‌های گوناگون ارائه کرده‌اند. در مثالی برای تبدیل مقدار m/s به km/h می‌خوانیم*:

$$۲۰\,m/s = \cdots\,km/h$$

$$۲۰\,m/s = x \times \frac{(۱۰)^{۳}\,m}{۳۶۰۰\,s} \Rightarrow x = \frac{۲۰ \times ۳۶۰۰}{۱۰^{۳}} = ۷۲$$

با استفاده از معادله‌های ابعادی و «ضریب تبدیل»های کمیت‌های مختلف نیز می‌توانیم مسائل مربوط به تبدیل واحدها را حل کنیم. به‌عنوان مثال می‌دانیم واحد فشار در دستگاه SI پاسکال است. هرگاه واحد طول را سانتی متر و واحد جرم را گرم و واحد زمان را ثانیه در نظر بگیریم (دستگاه CGS). حال می‌خواهیم حساب کنیم ۱ پاسکال چند برابر واحد فشار در دستگاه CGS است می‌توانیم به صورت زیر هم عمل کنیم.

$$\text{فشار}\quad P = \frac{F}{A} = \frac{MLT^{-۲}}{L^{۲}} = ML^{-۱}T^{-۲}$$



$$1\ \text{پاسکال} = (1\text{kg})(1\text{m})^{-1}(1\text{s})^{-2}$$

$$1\ \text{واحد فشار CGS} = (1\text{gr})(1\text{cm})^{-1}(1\text{s})^{-2}$$

$$\frac{1\ \text{پاسکال}}{1\ \text{واحد فشار CGS}} = \left[\frac{1\text{kg}}{1\text{gr}}\right]\left[\frac{1\text{m}}{1\text{cm}}\right]^{-1}\left[\frac{1\text{s}}{1\text{s}}\right]^{-2}$$

$$\frac{1\ \text{پاسکال}}{1\ \text{واحد فشار CGS}} = [10^3][10^2]^{-1} = 10$$

واحد فشار CGS ۱۰ = ۱ پاسکال

واحد فشار CGS را باری (barye) می‌نامند.

* معمولاً برای این کار از تبدیل‌های ارتباط زنجیری (chain-link conversions) استفاده می‌کنند. در این روش مقدار اصلی کمیت را در «ضریب تبدیل»ها ضرب می‌کنیم. در این مثال $\frac{1\text{km}}{1000\text{m}} = 1$ و $\frac{3600\text{s}}{1\text{h}} = 1$ را که اندازه‌ای برابر یک دارند ضریب تبدیل می‌نامیم. بدین ترتیب خواهیم داشت:

$$20\text{m/s} = (\frac{20\text{m}}{1\text{s}})(\frac{1\text{km}}{1000\text{m}})(\frac{3600\text{s}}{1\text{h}}) = 72\text{km/h}$$

1) J. Valentin, Problèmes de Physique Dunod UniversitÉ

2) Hcverma Concepts of Physics

◆ ۳ـ آقای سید محمد سهرابی دبیر منطقه زرین‌شهر اصفهان‌ـ کوشش شما به مدت یک ماه برای ترجمه مقاله‌ای که می‌تواند «دید ما را نسبت به تاریخ علم بازتر کند» قابل تقدیر است. لطفاً متن اصلی «نمایشنامه کپنهاگ» و ترجمه‌ی کامل آن را ارسال بفرمایید.

◆ ۴ـ جناب آقای محمد اسلامی فر ـ ضمن تشکر از ارسال مقاله‌ی «نظریه ابر ریسمان‌ها»، متأسفانه این مقاله با هدف‌های مجله‌ی رشد آموزش فیزیک منطبق نیست، ضمن آنکه مقاله از انسجام کافی برخوردار نبوده و بخش‌های مختلف آن با هم ارتباط منطقی چندانی ندارند.

◆ ۵ ـ سرکار خانم مولود جعفری ـ ضمن تشکر از ارسال مقاله‌های حضرتعالی، متأسفانه برخی از مقاله‌های شما با هدف‌های مجله‌ی رشد آموزش فیزیک انطباق ندارند و برخی دیگر فاقد مرجع هستند. ضمن آنکه مطالب برخی از این مقاله‌ها در کتاب‌هایی نظیر «تاریخچه‌ی مختصر زمان» هاوکینگ نیز آمده‌اند.

◆ ۶ ـ سرکار خانم فرانک ضیا ـ ضمن تشکر از زحمت شما، متأسفانه مقاله‌ی ارسالی در راستای هدف‌های مجله‌ی رشد آموزش فیزیک نیست.

◆ ۷ـ جناب آقای دکتر محمدرضا قیطانچی و سرکار خانم فردوس عظیمی ـ مقاله‌ای را تحت عنوان «سونامی در دریای عمان» برای چاپ در مجله ارسال نموده‌اند. ضمن تشکر از ایشان، با توجه به اینکه این مقاله با هدف‌های مجله منطبق نیست، از چاپ آن معذوریم. ضمن آنکه این مقاله در فصلنامه تخصصی دانشکده علوم پایه دانشگاه آزاد تهران شمال نیز پذیرفته شده است.

◆ ۸ـ جناب آقای جمشیدی و سرکار خانم حاجی‌زاده ـ از ارسال مقاله‌ی «گشایش درب‌های آزمایشگاه به روی دانش‌آموزان دبیرستان» سپاسگزاریم. متأسفانه چون مقاله بسیار طولانی است و به‌علاوه، امکان استفاده از تجربه‌ی آن در مورد کشور ما وجود ندارد، از چاپ آن معذوریم.

◆ ۹ـ سرکار خانم طاهره منصوری ـ ضمن تشکر از حضرتعالی برای ارسال مقاله‌ی «پیشرفت‌های اخیر در درک تپ اخترهای پرتو x» به اطلاع می‌رساند که مطلب ارسالی مربوط به سال ۱۹۹۳ است و برخلاف عنوان آن چندان به پیشرفت‌های اخیر این علم مربوط نمی‌شود، زیرا در این زمینه تحول بسیار سریع صورت می‌پذیرد.

◆ ۱۰ـ جناب آقای غلامرضا عظیمی سوته ـ مجله‌ی رشد آموزش فیزیک در مورد چنین مقالاتی صاحب‌نظر نیست و متأسفانه از چاپ آن‌ها معذور است.

IN THE NAME OF ALLAH

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

Roshd 80

Physics Education Journal

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

Vol.23 - No.80 - 2007
ISSN : 1606 - 917X

Managing Editor : Alireza Hajianzadeh
Editor-in-Chief : Manijeh Rahbar
Executive Director : Ahmad Ahmadi
Graphic Designer : Parvaneh Hadipour
Editorial Board : Ahmad Ahmadi,
Jafar Mehrdad,Rouhollah Khalili,Manijeh Rahbar,

What is the criterion for learning 2 *Editor*
Role of experience and personal reflection in modern education 3 *J. Riazi*
Does a virtual image cast shadow 5 *Mojca Cepic*
Seven practices for effective learning 9 *Jay Mc Tighe and Ken ó connor*
A second look at the tower tiles 16 *M.R. Khoshbin-e-Khoshnazar*
Third law of Newton hanging above a balance 18 *Paul Gelak*
How to pay attention to the weak students 19 *N. Sabagh Moghadam*
Physics, imagination and reality 20 *P. R. Wallace*
Physics challenge for teachers and students 24 *Rodrigo Pelebo*
Is there coherence between earth tides and earth quakes 26 *Paul W. Burton*
You can see atoms 28 *Davie Cockayne*
Figuring physics 33 *M. Mirghayum Nia*
Why shiny metals are poor emitters of radiation 35 *Ronald Bryan*
Charge 37 *Lewis Ryder*
Dynamics and kinematics of an itinerant robot 42 *F. Nouri*
Different methods of teaching by considering students' abilities and ... 46 *A. Esmail Poor*
Causing to understand physics by using pictures and animation 52 *F. Azimi*
The Physics of a Heterodyne metal detector 58 *J.Cutnell, K. Johnson*
With the readers 62

کدام پدیده‌ی فیزیکی، رنگ‌های زیبای چهره‌ی این میمون را به وجود می‌آورد؟

ANNIVERSARY OF JALAL EDIN RUMI (MOULANA)
EDIN RUMI (MOULANA)
مولانا تولد هشتصدمین سال