وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر انتشارات کمک آموزشی
www.roshdmag.ir
فصلنامه‌ی آموزشی، تحلیلی و اطلاع رسانی
دوره‌ی بیست و پنجم، شماره‌ی ۴، تابستان ۱۳۸۹، ۶۴ صفحه، ۴۵۰۰ ریال

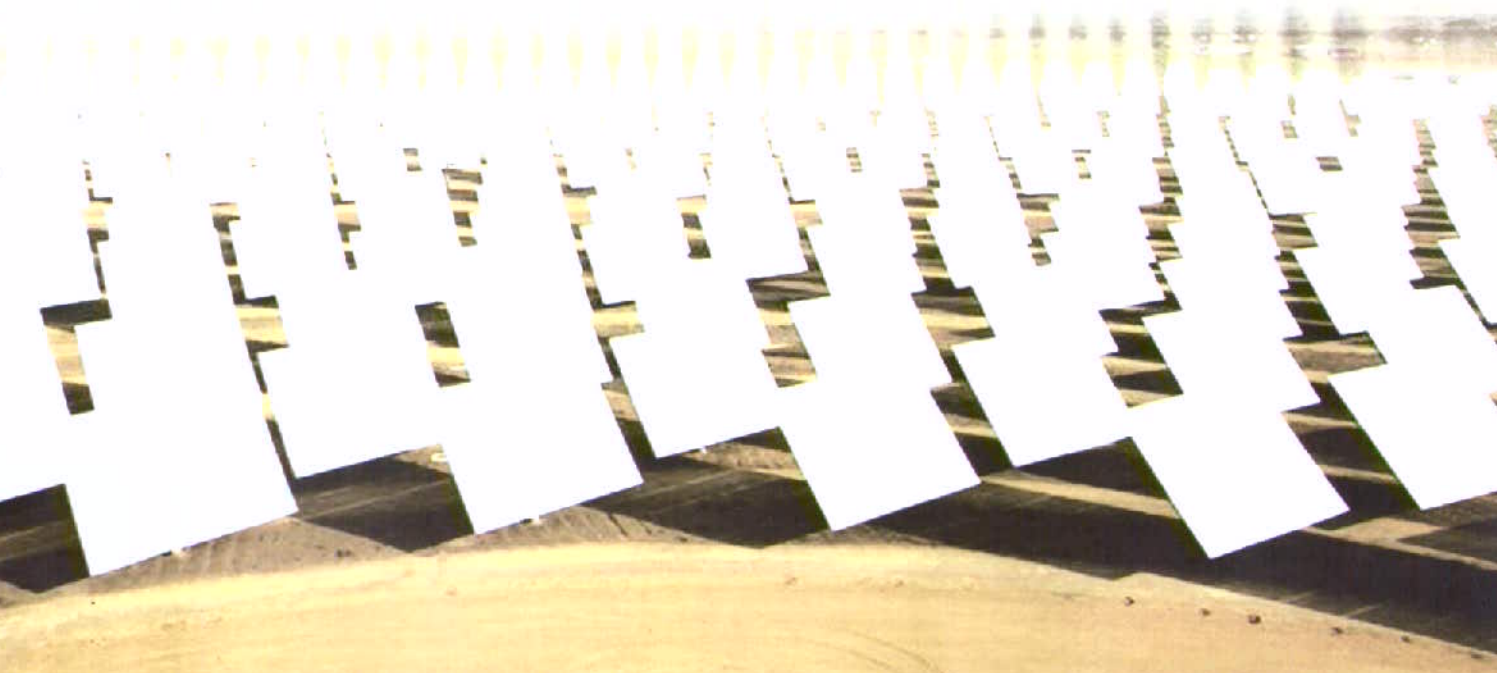
رشد آموزش فیزیک ۹۱

فیزیک موشک‌های کاغذی

رهیافت مناسب به مبحث فیزیک کوانتومی

استفاده از نقشه‌ی مفهومی در آموزش

مهدی آذریزدی و مایکل فارادی



«حمام فرابنفش»
در کودکستانی در روسیه.
بچه‌ها یک تا دو دقیقه تحت
تابش فرابنفش قرار می‌گیرند
تا ویتامین D مورد نیاز برای
استحکام استخوان‌های خود را
که باید به‌طور طبیعی توسط
خورشید تأمین شود،
دریافت دارند.

بسم الله الرحمن الرحیم

رشد آموزش فیزیک ۹۱

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

آموزشی، تحلیلی و اطلاع رسانی

دوره ی بیست و پنجم، شماره ی ٤، تابستان ۱۳۸۹

مدیرمسئول: محمد ناصری
سردبیر: دکتر منیژه رهبر
مدیر داخلی: احمد احمدی
طراح گرافیک: نوید اندرودی
ویراستار: منیژه رهبر
هیئت تحریریه: احمد احمدی، روح الله خلیلی بروجنی، محمدرضا خوش بین خوش نظر، منیژه رهبر، سید جعفر مهرداد

www.roshdmag.ir
info@roshdmag.ir

نشانی مجله: تهران صندوق پستی: ۱۵۸۷۵-۶۵۸۵
دفتر مجله: (داخلی ۳۷٤-۳۷۰) ۸۸۳۰۵۸۶۲-۰۲۱
خط گویای نشریات رشد: ۸۸۳۰۱٤۸۲-۰۲۱
مدیر مسئول: ۱۰۲
دفتر مجله: ۱۱۳
امور مشترکین: ۱۱٤
چاپ: شرکت افست (سهامی عام)
شمارگان: ۷۰۰۰ نسخه

سرمقاله/(۲)
فیزیک موشک‌های کاغذی/سیامک خادمی و علی فرنودی/(۳)
تأثیر چسبندگی و تلاطم بر جریان شاره‌ها/روح‌اله خلیلی بروجنی/(۱۲)
رهیافت مناسب به مبحث فیزیک کوانتومی/محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر/(۶)
استفاده از نقشه ی مفهومی در آموزش/سپیده محبی، ثریا نیک‌نیا/(۱۹)
ریشه‌یابی واژه‌های فیزیک/سید جعفر مهرداد/(۲۶)
نمایش هیجان‌انگیز فیزیک/یرل واکر/(۳۰)
مرزهای فیزیک/منیژه رهبر/(۳۷)
استفاده از تاریخ فیزیک در آموزش آن/خدیجه محبوبی/(۴۱)
تعیین چگالی مایع با خط‌کش/کی. ان. چاتوپادهیا/(۴۶)
مهدی آذریزدی و مایکل فارادی/ اسفندیار معتمدی/(۴۹)
روشی برای تدریس قانون اول ترمودینامیک/دستان هرمزی‌نژاد/(۵۱)
نمایشی ساده از قاعده‌ی کلی تغییر میدان مغناطیسی با فاصله/کی. کُداما/(۵۲)
گوشی‌های تلفن همراه کمک می کنند تا تصویر واضح‌تری از حرکت‌شناسی به دست آید/ای. ایی. جی. فالکائو و همکاران/(۵۶)
روان شدن انرژی در خازن با فاصله‌ی متغیر صفحه‌ها/ناتانیل ر. گرین/(۵۸)
جشنواره‌ی فناوری نانو/مهرناز طلوع‌شمس/(۶۱)

تصویر روی جلد: دشتی پر از آینه‌هایی هر یک به بزرگی یک خانه، در جنوب اسپانیا که برای جذب بخشی از ۱۲۰ کوادریلیون وات حاصل از تابش خورشید نصب شده‌اند.

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

- مطالب باید یک خط در میان و در یک روی کاغذ نوشته و در صورت امکان تایپ شود.
- شکل قرار گرفتن جدول‌ها، نمودارها و تصاویر پیوست باید در حاشیه‌ی مطلب نیز مشخص شود.
- نثر مقاله باید روان و از نظر دستور زبان فارسی درست باشد و در انتخاب واژه‌های علمی و فنی دقت لازم مبذول گردد.
- مقاله‌های ترجمه شده باید با متن اصلی همخوانی داشته باشد و متن اصلی نیز پیوست 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 شماره‌ی صفحه مورد استفاده باشد.
- مجله در رد، قبول، ویرایش و تلخیص مقاله‌های رسیده مختار است.
- آرای مندرج در مقاله‌ها، ضرورتاً مبین نظر دفتر انتشارات کمک‌آموزشی نیست و مسئولیت پاسخگویی به پرسش‌های خوانندگان، با خود نویسنده یا مترجم است.
- مجله از بازگرداندن مطالبی که برای چاپ مناسب تشخیص داده نمی‌شود، معذور است.

مسئله‌ی اوقات فراغت

با فرا رسیدن تابستان و تعطیلی مدرسه‌ها، مسئله‌ی اوقات فراغت دانش‌آموزان ذهن مسئولان و اولیای آن‌ها را به خود مشغول می‌دارد. همه می‌خواهند کاری کنند که این اوقات برای بچه‌ها پربار و نشاط‌آور شود. این موضوع از این‌رو اهمیت دارد که این فرصت، علاوه بر نقش مؤثری که در تجدید قوای شاگردان و آماده‌سازی آن‌ها برای سال تحصیلی دیگر دارد، می‌تواند بسیار مفید و آموزنده نیز باشد.

مسئله‌ی چگونه پر کردن اوقات فراغت جوانان همواره یکی از دغدغه‌های مهم مسئولان کشور بوده است. در این راستا اقدام‌های بسیار مفیدی نیز صورت گرفته که گسترش فضاهای ورزشی و فرهنگی از آن جمله است. گرچه به واسطه‌ی درصد بالای جمعیت جوان کشور این فضاها هنوز پاسخ‌گوی نیاز فزاینده‌ی متقاضیان استفاده از آن‌ها نیستند، ولی توجه مسئولان به این موضوع که نشان از درک آن‌ها از موضوع دارد، شایان تقدیر است.

کار مهم دیگری که در این جهت می‌تواند صورت گیرد، توجه دقیق اولیای دانش‌آموزان به بهره‌برداری از فرصتی است که در اختیار فرزندانشان قرار گرفته است. این روزها اغلب پدران و مادران کوشش زیادی در جهت فراهم آوردن بهترین امکانات برای فرزندان خود انجام می‌دهند و دغدغه‌ی اصلی آن‌ها شکوفا ساختن هرچه بهتر استعدادهای آن‌هاست اما باید گفت که در این راه‌گاهی کارهایی صورت می‌گیرد که به‌جای کمک به رشد استعداد بچه‌ها باعث خستگی و بیزاری آن‌ها می‌شود. پدران و مادران زیادی را می‌شناسیم که در تمام طول تعطیلات وقت خود را صرف بردن فرزندان از کلاسی به کلاس دیگر می‌کنند؛ در حالی‌که این کار چه‌بسا جز بی‌علاقه کردن فرزندان به آموختن علوم و هنرها ثمر دیگری درپی نیاورد. در مواردی نیز عدم توجه کافی به فعالیت فرزندان باعث درگیر شدن آن‌ها در فعالیت‌های نه‌چندان مفید می‌گردد، در صورتی‌که با اندکی دقت و تأمل می‌توان آموزش و تفریح را به‌خوبی با هم تلفیق کرد.

یکی از چیزهایی که در جامعه‌ی ما کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد عادت به مطالعه است. بسیاری از دانش‌آموزان فقط در مدرسه و بیشتر هنگام نزدیک شدن امتحانات به کتاب مراجعه می‌کنند. شک نیست که برای این بچه‌ها مطالعه نه تنها لذت‌بخش نیست، بلکه نوعی انجام وظیفه‌ی شاق است. در نتیجه اغلب دانش‌آموزان پس از تمام شدن امتحانات کتاب‌های خود را به‌سویی پرتاب می‌کنند و مسرورند که از شر آن‌ها راحت شده‌اند. در صورتی‌که کتاب خواندن برای بچه‌ها از کودکی، هم‌چنین مراجعه به کتاب‌خانه‌ها و خواندن کتاب‌های مختلف می‌تواند آنان را با لذت مطالعه آشنا کند. از این طریق نه تنها اوقات فراغت آن‌ها پر می‌شود، بلکه باعث می‌شود خوشه‌هایی از خرمن فرهنگ غنی سرزمین خود و جهان بردارند. متأسفانه اکنون بی‌توجهی به فرهنگ مطالعه در کشور باعث شده که حتی قشر تحصیل‌کرده هم کمتر بزرگان ادب و هنر این سرزمین کهن را بشناسد. در صورتی‌که آموزه‌های ارزشمند این بزرگان در سراسر جهان مورد توجه است و بسیاری از کشورهای همسایه مدعی آن هستند که این بزرگان به آن‌ها تعلق دارند.

یکی دیگر از امکاناتی که برای گذراندن اوقات فراغت در اختیارمان قرار دارد طبیعت زیبا و غنی و میراث فرهنگی بسیار ارزشمند کشورمان است. کمتر کشوری در جهان وجود دارد که از لحاظ تنوع اقلیم، آب‌وهواهای مختلف، و گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری، و منظره‌های طبیعی زیبا به اندازه‌ای ایرانی غنی باشد، همچنین در سراسر این سرزمین می‌توان آثار فرهنگی بسیار ارزشمندی را یافت که یادگار گذشتگان ماست. بازدید از این آثار و دقت و توجه به آن‌ها علاوه بر سرگرم ساختن بچه‌ها، باعث افزایش معلومات و آشنایی آن‌ها با اقوام مختلف این سرزمین می‌شود.

اغلب ما عادت داریم که به محض شروع تعطیلات رهسپار نقاط خاصی از کشور شدیم. این کار علاوه بر به‌وجود آوردن ترافیک سنگین و صرف وقت زیاد در رفت‌آمد، باعث غفلت از جاهای دیدنی دیگر نیز می‌شود. در صورتی‌که در سراسر کشورمان مکان‌های بسیار دیدنی و جالبی وجود دارد که می‌توان با گذراندن تعطیلات در آن‌ها، علاوه بر آشنایی با فرهنگ مردم مختلف، به رشد و شکوفایی اقتصاد این مناطق نیز کمک کرد. در بیشتر نشریات آگهی‌های بسیاری برای سفر به کشورهای مختلف جهان وجود دارد. این سفرها گرچه بسیار مفید و ارزشمندند، اما نباید مانع از آن شوند که امکانات گسترده‌ی سرزمین خود را نادیده بگیریم.

بنابراین، شروع تابستان و تعطیلات فرصت مناسبی است تا با پرداختن به فعالیت‌های مختلف فرهنگی و گردشگری، علاوه بر آشنایی با فرهنگ پربار و غنی کشورمان، به رشد و شکوفایی اقتصادی بخش‌های مختلف آن نیز کمک کنیم.

فیزیک موشک‌های کاغذی

سیامک خادمی و علی فرنودی
گروه فیزیک دانشگاه زنجان

کلید واژه ها: موشک، موشک کاغذی، تعادل موشک.

درآمد

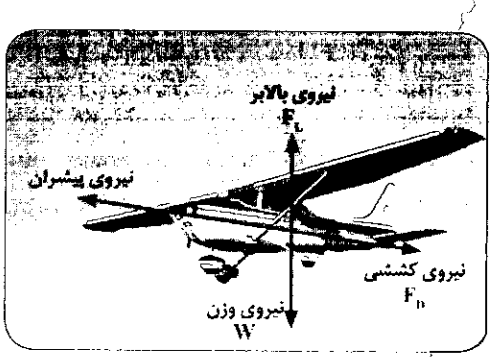
یکی از بازی‌های مورد علاقه‌ی بچه‌ها بازی با موشک‌های کاغذی است. تقریباً همه می‌دانند چگونه یک موشک کاغذی ساده بسازند. آن‌ها در ساخت موشک، خودآگاه یا ناخودآگاه بعضی اصول فیزیکی را رعایت می‌کنند. در این مقاله به اصول اولیه و روش‌های فیزیکی که در طراحی و ساخت این موشک‌ها استفاده می‌شود، اشاره شده است. این مقاله به معلمان فیزیک کمک می‌کند، تا با ارائه‌ی مثال‌هایی از این نوع، یادگیری فیزیکی را برای شاگردان جذاب و سرگرم‌کننده نماید.

۱. مقدمه

گمان می‌رود که چینی‌ها حدود ۲۰۰۰ سال پیش، از موشک‌های کاغذی برای بازی استفاده می‌کردند. بسیاری نیز لئوناردو داوینچی[1] را مخترع موشک‌های کاغذی می‌دانند. جورج کیلی[2] نیز در اوایل سال ۱۸۰۰ گلایدری[3] از جنس کتان و شبیه به بادبادک ساخت که با دست پرتاب می‌شد؛ به همین علت وی را پدر گلایدرها می‌نامد [۱]. جک نورتروپ[4]، یکی از مؤسسان شرکت لاکهید[5] در دهه‌ی ۱۹۳۰ از موشک‌های کاغذی برای امتحان مدل‌های هواپیماهای خود استفاده کرد که بعدها منجر به ساخت هواپیمای بمب‌افکن استیلت[6] B۲ شد [۱]. در این دوره بود که استفاده از موشک‌های کاغذی برای بازی بین مردم گسترش یافت و مدل‌های مختلفی از موشک‌های کاغذی در مجله‌ها و کتاب‌ها به چاپ رسیدند.

بسیاری از معلمان به دنبال روشی هستند که علاقه‌ی شاگردان را به سوی مطالب علمی جلب کنند، از طرف دیگر شاگردان اغلب دوست دارند بازی کنند و به روش‌های مختلف خود را سرگرم سازند. به‌نظر می‌رسد می‌توان از بازی و یا وسایل بازی که در طراحی آن‌ها از اصول فیزیکی سود برده شده است، انگیزه‌ی لازم و مناسب را برای افزایش یادگیری شاگردان ایجاد نمود. آموزش فیزیک با استفاده از بازی با موشک‌های کاغذی یکی از روش‌هایی است که اجازه می‌دهد شاگردان از انجام کار علمی لذت نیز ببرند. شاگردان علاقه‌مند در جست‌وجوی مدل‌های جدید موشک با حرکت‌های جدید، ضمن فراگیری بعضی از مفاهیم فیزیکی، با انرژی و انگیزه‌ی بیشتری به یادگیری می‌پردازند.

موشک‌های کاغذی نیروی پیشران ندارند، بنابراین نیروی کشش که ناشی از مقاومت هواست، موجب حرکتی کندشونده می‌شود، زیرا نیروی کشش همیشه در خلاف جهت حرکت موشک است



شکل ۱. نیروهای وارد بر یک هواپیما، نیروهای پیشران، بالابر، پسا و وزن به ترتیب با T، F_L، F_D و W نشان داده شده‌اند.

۲. نیروهای اصلی مؤثر در پرواز

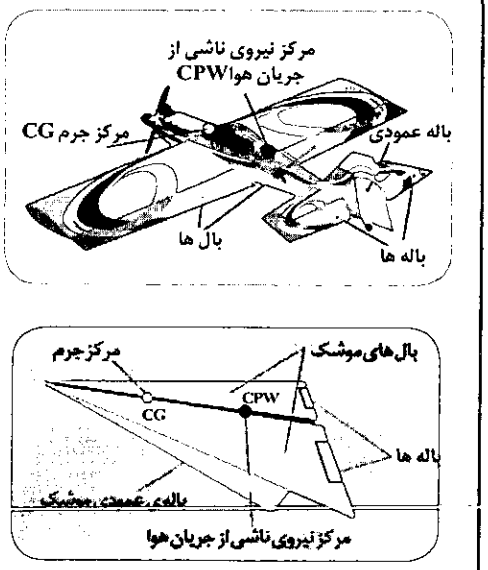
در حالت کلی نیروهای متعددی مانند نیروی پیشران T، نیروی بالابر F_L، نیروی کشش F_D، و نیروی وزن W در حرکت هر جسم پرنده‌ای مانند هواپیما در هوا وارد عمل می‌شوند. در شکل ۱ نیروهایی را که بر یک هواپیما وارد می‌شود، نشان داده است. علاوه بر نیروی وزن که از جاذبه‌ی زمین ناشی می‌شود، نیروی کشش ناشی از مقاومت هوا، نیروی بالابر ناشی از نیروی وارد از جریان هوا بر بال‌های هواپیما و نیروی پیشران توسط موتور هواپیما به‌وجود می‌آیند. نیروی کشش و نیروی پیشران عامل کنترل حرکت افقی هستند و برای حرکت با سرعت و ثابت و مستقیم، طبق قانون اول نیوتون، باید این دو نیرو باهم مساوی باشند.

نیروی بالابر بر اثر نیرویی که به سبب حرکت جسم در هوا بر بال‌های وارد می‌شود، تولید می‌گردد. این نیرو با انتخاب مناسب شکل آئرودینامیکی سطح مقطع بال و زاویه‌ی حمله‌ی بال (شیب بال) به‌وجود می‌آید. در حرکت هواپیما در ارتفاعی ثابت، نیروی بالابر نیز مساوی نیروی وزن است [۲]. پرواز یک موشک کاغذی شباهت‌هایی با پرواز هواپیما دارد. در شکل ۲ قسمت‌های مختلف یک هواپیما و یک موشک نشان داده شده و با یکدیگر مقایسه شده‌اند. برای به‌دست آوردن اطلاعات بیشتری در مورد نوع و نقش نیروهای وارده بر اجسام پرنده‌ای مانند: هواپیماها، پرندگان و... به مراجع [۴ـ۲] مراجعه کنید.

موشک‌های کاغذی نیروی پیشران ندارند، بنابراین نیروی کشش که ناشی از مقاومت هواست، موجب حرکتی کندشونده می‌شود، زیرا نیروی کشش همیشه در خلاف جهت حرکت موشک است. در حالت کلی نیروی کشش تابع سرعت موشک است.

$$F_{D1}=\frac{1}{2}\rho(p,T,h)A\ (c_{1D}v+c_{2D}v^2) \qquad (1)$$

این نیرو متناسب با سطح مقطع موشک A، و چگالی هوا ρ است. البته در نگاهی دقیق‌تر به موضوع، چگالی هوا تابعی از فشار هوا p، دمای T و ارتفاع h است اما برای موشک کاغذی این کمیت‌ها با تقریب خوبی ثابت فرض می‌شوند. ضریب‌های c_{1D} و c_{2D} نیز ضریب‌های مقاومت هوا و تابعی از جنس و شکل ظاهری موشک هستند. با توجه به این‌که برای موشک‌های کاغذی که دارای سرعت کمی هستند، $c_{1D} > c_{2D}$ است، نیروی مقاومت هوا یا همان نیروی کشش متناسب با سرعت در نظر گرفته می‌شود. البته نیروی مقاومت هوا در رابطه‌ی (۱)، تنها یک قسمت از نیروی کشش را ایجاد می‌کند و بخش دیگر نیروی کشش ناشی از فشار جریان هوایی است که به بال‌های موشک وارد می‌شود. در شکل ۳ نیروهای وارد بر موشک نشان داده شده است. نیروی کشش نیروی کندکننده است و طبق قانون دوم نیوتون، شتابی درخلاف جهت سرعت تولید می‌کند و از سرعت موشک به تدریج می‌کاهد.



شکل ۲. مقایسه‌ی قسمت‌های مختلف هواپیما و موشک کاغذی. موشک‌ها نیز مانند هواپیما دارای بال، باله و باله عمودی هستند. بالا: قسمت‌های مختلف هواپیما و پایین: قسمت‌های مختلف موشک‌ها.

از طرف دیگر نیروی بالابر نیز نیرویی است تابع سرعت [۲]،

$$F_L=\frac{1}{2}\rho(p,T,h)A_w(c_{1L}v+c_{2L}v^2) \qquad (2)$$

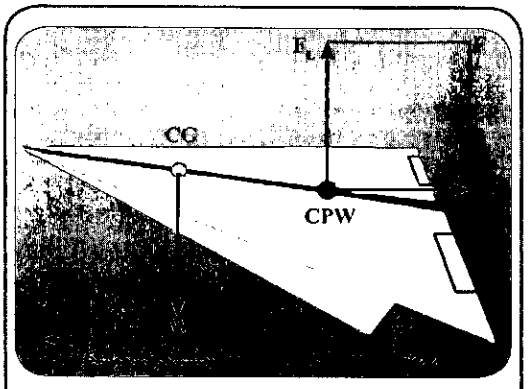
که در آن A_W مساحت بال و ضریب‌های c_{1L} و c_{2L} مقاومت هوا و تابعی از جنس و شکل ظاهری بال‌های موشک هستند. برای موشک‌هایی که دارای سرعت کمی هستند $c_{1D} \approx c_{2D}$ است. در این‌صورت، مانند نیروی کشش، نیروی بالابر را نیز می‌توان تنها متناسب با سرعت در نظر گرفت. پس با کاهش سرعت موشک نیروی بالابر نیز کاهش یافته و از وزن موشک کمتر می‌شود و در نتیجه موشک به تدریج ارتفاع خود را کم می‌کند. نیروهای دیگری نیز در حرکت موشک مؤثر هستند که در بخش‌های بعدی به آن‌ها می‌پردازیم.

در شکل ۳ نشان داده شده است که اگر بال‌های موشک نسبت به امتداد حرکت آن زاویه‌ی θ داشته باشند به آن زاویه‌ی حمله گفته می‌شود. در این‌صورت علاوه بر نیروی وزن که به مرکز گرانشی CG وارد می‌شود، برایند نیروهای ناشی از فشار F باد نیز عمود بر بال‌ها و به مرکز فشار باد CPW وارد می‌شود که دارای دو مؤلفه‌ی عمودی و افقی است. این مؤلفه‌های نیرو به ترتیب نیروی بالابر و سهمی دیگر از نیروی کشش را می‌سازند. این قسمت از نیروی کشش با

$$F_{D_2} = \frac{1}{2}\rho(p,T,h)A_w(c'_{1L}v + c'_{2L}v^2) \qquad (۳)$$

داده می‌شود. هر کدام از نیروهای مقاومت هوا در رابطه‌های (۱) تا (۳) ضریب‌های مقاومت هوای متفاوتی دارند که به جنس و شکل هندسی بدنه، بال‌ها و زاویه‌ی حمله‌ی موشک بستگی دارد. اختلاف در موشک‌های مختلف به علت تفاوت این ضریب‌هاست. پس نیروی کشش کلی برابر است با

$$F_D = F_{D_1} + F_{D_2} \qquad (۴)$$



شکل ۳. نیروهای وارده بر موشک کاغذی که دارای زاویه‌ی حمله‌ی θ است: نیروی باد F به مرکز CPW وارد شده و به دو نیروی بالابر F_L و نیروی کشش F_D تجزیه می‌شود. نیروی وارد W به مرکز جرم CG وارد می‌شوند. برای حالت تعادل CG باید در جلوی CPW قرار گیرد. موشک‌ها دارای نیروی پیشران نیستند.

۳. تعادل موشک

برای کنترل پرواز موشک باید آن را در حال تعادل قرار داد. تعادل موشک به دو قسمت تعادل استاتیکی و تعادل دینامیکی تقسیم می‌شود که در زیر به آن‌ها می‌پردازیم.

۱.۳ تعادل استاتیکی

وجود تعادل استاتیکی از نکته‌های مهمی است که معمولاً در طراحی موشک‌ها و هواپیماها مورد توجه قرار می‌گیرد. موشک‌های خوب به گونه‌ای ساخته می‌شوند که تعادل استاتیکی مناسبی داشته باشند. برای این منظور موشک باید دارای تقارن هندسی بوده و مرکز جرم و مرکز نیروهای وارده از هوا نیز بر روی محور تقارن هندسی موشک قرار داشته باشد. بنابراین در ساخت موشک، یکنواختی جنس کاغذ و دقت در تا زدن‌های متقارن کاغذ ضروری است. جنس و ضخامت کاغذ باید به گونه‌ای انتخاب شود که موشک ظاهری صلب داشته باشد و برای مثال، بال‌های آن به علت وزن خود، خمیده نشوند و یا بر اثر عبور جریان هوا در اطراف آن به نوسان درنیایند.

۲.۳ تعادل دینامیکی

در حالت کلی در بررسی تعادل دینامیکی به این نکته توجه می‌کنیم که اگر به هر علت، اختلالی در حرکت موشک به‌وجود آید و آن را حول یکی از محورهایی که در شکل ۴ نشان داده شده است اندکی بچرخاند، آیا این اختلال رشد می‌کند یا نه؟ اصولاً چه پیش‌بینی‌هایی را در طراحی موشک باید در نظر گرفت تا این اختلال‌ها به‌وجود نیاید و یا در صورت به‌وجودآمدن، خودبه‌خود از بین بروند.

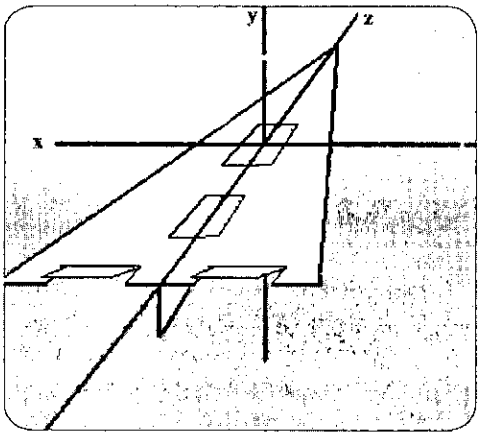
باله‌ی عمودی موشک نقشی مشابه با دم عمودی هواپیما دارد و موجب حرکت مستقیم و متعادل هواپیما در مسیری مستقیم می‌گردد. در صورتی که به هر علت محور تقارن هندسی موشک از راستای بردار سرعت منحرف شود و مطابق شکل ۵ اندکی حول محور y بچرخد، نیروی $\mathbf{F}_N$ی ناشی از برخورد جریان هوا به باله‌ی عمودی به‌وجود می‌آید. این نیرو به موشک گشتاور نیروی $\boldsymbol{\tau}_n$ را وارد می‌کند و آن را در جهت مخالف انحراف ایجاد شده، می‌چرخاند

$$\boldsymbol{\tau}_n = \mathbf{r} \times \mathbf{F}_N \qquad (۵)$$

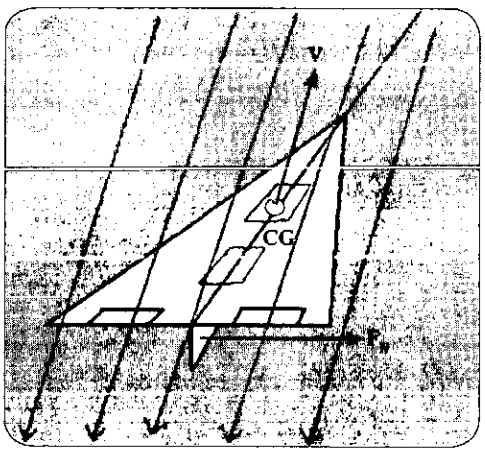
در رابطه‌ی بالا بردار $\mathbf{r}$ مکان برایند نیروی وارد شده به باله‌ی عمودی نسبت به مرکز جرم است. در این حالت مجدداً راستای حرکت موشک و محور تقارن هندسی آن در یک جهت قرار می‌گیرند. پس، هرگونه انحراف اتفاقی در جهت محور

هندسی موشک، توسط گشتاور نیروی وارد بر باله‌ی عمودی، خودبه‌خود رفع می‌گردد. بنابراین وجود باله‌ی عمودی نقش مهمی در تعادل دینامیکی موشک ایفا می‌کند.

از طرف دیگر برای تعادل بهتر موشک بهت است بال‌های آن اندکی به سمت بالا منحرف شوند. این عمل کمک می‌کند تا مرکز جرم موشک CG زیر مرکز فشار زیاد CPW، که تکیه‌گاه موشک شناور در هواست، قرار گیرد. درست شبیه به یک آونگ ساده، اگر مرکز جرم موشک در زیر تکیه‌گاه قرار گیرد، همان‌گونه که در شکل ۶ـ الف نشان داده شده است، در حال تعادل است.



شکل ۴. در اثر هرگونه اختلاف ناخواسته ممکن است موشک حول یکی از محورهایی که در شکل نشان داده شده است بچرخد.



شکل ۵. اگر محور تقارن موشک نسبت به جهت سرعت آن منحرف شود، نیروی F_N به باله‌ی عمودی آن وارد می‌شود که موشک را به حالت اولیه باز می‌گرداند.

در صورتی که به هر علت موشک اندکی از حالت تعادل منحرف شود، یعنی مقداری حول محور تقارن هندسی بچرخد، نیروی عمود بر موشک یک مؤلفه‌ی افقی F_y پیدا می‌کند که به نوبه‌ی خود موجب حرکت افقی آن می‌شود. بر اثر این حرکت افقی، نیروی F_c به بال وارد شده و گشتاور نیرویی حول محور تقارن موشک تولید می‌کند که آن را به حالت تعادل اولیه بازمی‌گرداند.

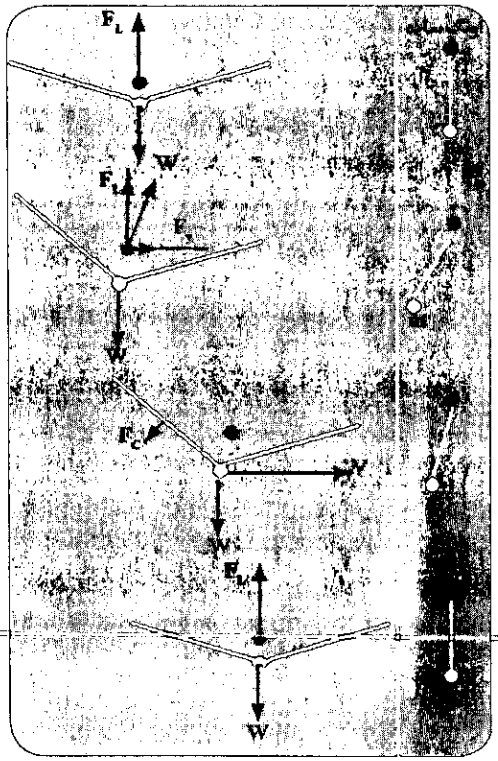
وضعیت این نیروها و طرز کار آن‌ها در شکل ۶ نشان داده شده است.

با توجه به تشابه این حالت به یک آونگ ساده که بر اثر یک انحراف اولیه به نوسان درمی‌آید، ممکن است در ابتدا انتظار داشته باشیم که موشک نیز شروع به نوسان کند. در واقع به علت وجود مقاومت هوا، انرژی نوسانی موشک پس از مدتی تلف شده و نوسان‌ها میرا می‌شوند. در صورتی که مقاومت هوا زیاد باشد موشک در زمان کوتاهی به تعادل می‌رسد. از بال‌های زاویه‌دار برای طراحی بسیاری از هواپیماها نیز استفاده می‌شود. در شکل ۷ بال‌های زاویه‌دار برای یکی از مدل‌های هواپیمای کوچک نشان داده شده است.

۴. هدایت موشک

انواع مختلف موشک‌ها حرکت‌های متنوعی دارند. بعضی از آن‌ها مسیری مستقیم را طی می‌کنند و بعضی مسیر دایره‌ای افقی یا عمودی دارند. گاهی موشک پس از پرتاب حول محور تقارن هندسی خود شروع به چرخش می‌کند. البته نوع حرکت موشک به روش پرتاب آن نیز بستگی دارد. در این بخش حرکت مستقیم، حرکت دورانی عمودی یا افقی و حرکت چرخشی حول محور تقارن موشک مورد بررسی قرار گرفته است. سایر حرکت‌های موشک‌ها نیز ترکیبی از حرکت‌های فوق هستند. پس، با بررسی این حرکت‌ها می‌توان به تحلیل سایر حرکت‌های موشک‌ها پرداخت.

۱.۴ حرکت مستقیم: اگر در ساخت موشک به گونه‌ای عمل شود که تقارن کافی در نیمه‌های راست و چپ موشک وجود داشته باشد، نیروهای متفاوتی که به بال‌ها و سایر قسمت‌های موشک وارد می‌گردند نیز دارای تقارن می‌شوند در این‌صورت مجموع نیروهایی که به سمت راست و چپ موشک وارد آمده‌اند، هیچ گشتاور نیروی خالصی را تولید نمی‌کنند. در این‌صورت موشک بدون چرخش در مسیری مستقیم به حرکت خود ادامه می‌دهد. به علت وجود نیروی مقاومت هوا، به‌تدریج سرعت موشک کم می‌شود و به همین علت نیروی بالابر که متناسب با سرعت موشک است، کاهش یافته و از نیروی وزن کمتر



شکل ۶. تصویر موشک از روبرو. مرکز فشار باد موشک با رنگ سفید و مرکز جرم موشک با رنگ تیره نشان داده شده است. انحراف از حالت تعادل زمانی رخ می‌دهد که مرکز جرم در زیر مرکز فشار باد قرار گیرد. انحراف از حالت تعادل موشک و سپس بازگشت خودبه‌خودی به حالت تعادل شبیه آونگ ساده میرا است. الف) موشک در حال تعادل. ب) موشک از حال تعادل خارج شده است و نیروی افقی F_y به‌وجود آمده است. موشک دارای حرکتی افقی می‌شود. ج) نیروی F_c گشتاوری تولید می‌کند که موشک را به حالت تعادل بازمی‌گرداند. د) موشک مجدداً به حالت تعادل می‌رسد.

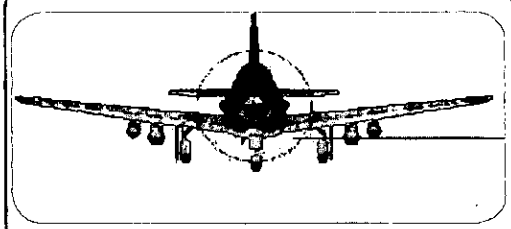
می‌شود. در این‌صورت جهت برایند نیروهای عمودی به سمت پایین قرار گرفته و ارتفاع موشک به تدریج کاهش می‌یابد.

در عمل اگر برای رعایت تقارن در ساخت موشک دقت کافی صرف نشود، نیروهای وارد شده به موشک متقارن نخواهند بود و موشک از مسیر مستقیم منحرف شده و ممکن است در جهت‌های متفاوت و ناخواسته شروع به چرخش کند.

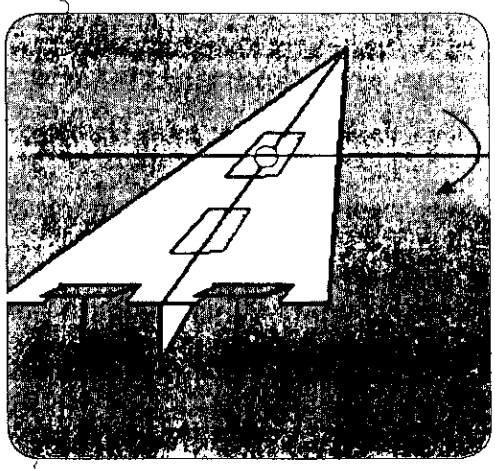
۲.۴ حرکت دورانی عمودی یا افقی: در انتهای هر بال موشک یک باله قرار داده می‌شود، که مانند باله‌های دم هواپیما عمل می‌کنند و با تغییر زاویه‌ی آن‌ها جهت حرکت موشک به بالا یا پایین هدایت می‌گردد. اگر مطابق شکل ۸، باله‌ها را اندکی به سمت بالا خم کنیم نیروهای F_N عمود بر سطح موشک به‌وجود می‌آیند. این نیروها در راستای مرکز گرانشی نیستند و گشتاوری را حول محور x که از مرکز گرانشی می‌گذرد به‌وجود می‌آورند. این گشتاور سر موشک را به سمت بالا چرخانده و به اوج‌گیری موشک کمک می‌کند.

برای سرعت اولیه‌ی کم، مشابه ۹ـ ب، موشک تا ارتفاع خاصی اوج گرفته و سپس سقوط می‌کند. در اصطلاح هوانوردی به این حالت، وضعیت افت ارتفاع[۶] گفته می‌شود. این وضعیت به این علت در موشک به‌وجود می‌آید که اولاً انرژی جنبشی اولیه‌ی موشک برای انجام حرکت دایره‌ای‌شکل ۹ـ الف کافی نیست و پس از این‌که موشک تا ارتفاع خاصی بالا رفت مقداری از انرژی جنبشی هدر رفته و بقیه‌ی آن به انرژی پتانسیل تبدیل می‌شود

$$E_0 = \frac{1}{2} m v_0^2 = Q + m g h_s \qquad (۶)$$



شکل ۷. برای ایجاد تعادل، در طراحی هواپیما از بال‌هایی که رو به بالا زاویه دارند استفاده می‌شود.



شکل ۸. موشکی با باله‌هایی به سمت بالا. نیروی F_N گشتاوری ایجاد می‌نماید که موجب چرخش موشک حول محور x می‌شود.

موشک‌های خوب به گونه‌ای ساخته می‌شوند که تعادل استاتیکی مناسبی داشته باشند. برای این منظور موشک باید دارای تقارن هندسی بوده و مرکز جرم و مرکز نیروهای وارده از هوا نیز بر روی محور تقارن هندسی موشک قرار داشته باشد

در رابطه‌ی (۶) h_s اختلاف ارتفاع موشک در لحظه‌ی افت ارتفاع نسبت به مکان پرتاب موشک و Q انرژی تلف شده آن در طول پرواز تا رسیدن به این نقطه است. سرعت $v_.$ نیز سرعت اولیه‌ی پرتاب است. پس از رسیدن به نقطه‌ی افت ارتفاع، انرژی جنبشی صفر شده و سپس موشک شروع به سقوط می‌کند. ثانیاً به علت گشتاور نیروی ایجاد شده زاویه‌ی حمله بال‌های موشک افزایش یافته و در نتیجه نیروی کشش بزرگ‌تر می‌شود. این اثر به نوبه‌ی خود به اتلاف هرچه سریع‌تر انرژی جنبشی و رسیدن به وضعیت افت ارتفاع کمک می‌کند.

اگر سرعت افقی اولیه‌ای که در لحظه‌ی پرتاب به موشک داده می‌شود به اندازه‌ی کافی زیاد باشد، موشک در مسیر دایره‌ای عمودی مطابق شکل ۹ـ الف حرکت می‌کند.

در حرکت چرخشی عمودی مقدار انرژی اولیه‌ی موشک در لحظه‌ی پرتاب باید به اندازه‌ای باشد تا انرژی پتانسیل برای تغییر ارتفاع $۲R$ و مقدار انرژی تلف شده Q را در طول مسیر حرکت جبران کند. بنابراین حداقل انرژی لازم اولیه برابر با

$$E_. = \frac{۱}{۲} m v_.^۲ \geq Q + \frac{۱}{۲} m v_m^۲ + m g h(۲R) \quad (۷)$$

خواهد بود. در رابطه‌ی بالا v_m سرعت موشک در نقطه‌ی اوج است و مقدار آن از مساوی قرار دادن نیروی جاذبه‌ی زمین با نیروی جانب به مرکز به‌دست می‌آید:

$$m g = \frac{۱}{۲} m \frac{v_m^۲}{R} \Rightarrow v_m = \sqrt{۲ R g} \quad (۸)$$

با جایگزینی رابطه‌ی (۸) در رابطه‌ی (۷) انرژی اولیه‌ی لازم به‌صورت

$$E_. \geq Q + ۳ m g h \quad (۹)$$

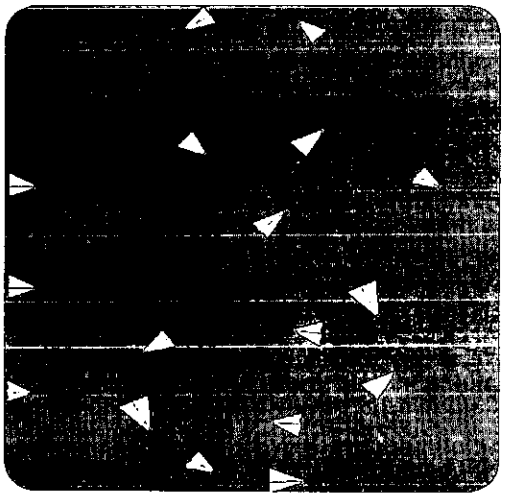
به‌دست می‌آید. لازم به ذکر است که معادله‌های (۷) تا (۹) با این فرض به‌دست آمده‌اند که مسیر دایره‌ای به شعاع R است، اما در عمل به علت وجود نیروی اتلافی مقاومت هوا این مسیر از حالت دایره‌ای مقداری انحراف خواهد داشت.

نوع حرکت موشک به مقدار قابل توجهی به وضعیت موشک در لحظه‌ی پرتاب و سرعت اولیه‌ی آن بستگی دارد. برای مثال اگر باله‌ها به سمت بالا و وضعیت موشک در لحظه‌ی پرتاب به‌صورت شکل ۱۰ به اندازه‌ی ۹۰ درجه حول محور z چرخیده باشد، آن‌گاه با سرعت اولیه‌ی مناسب، حرکت موشک مطابق مسیر دایره‌ای افقی نشان داده شده در شکل ۹ـ ج، خواهد بود.

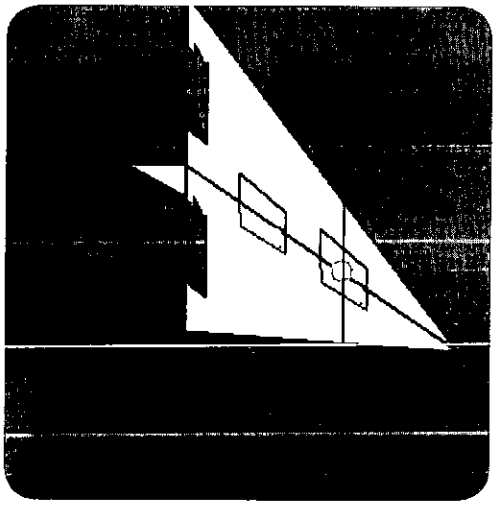
در این حالت موشکی به جرم m مسیر دایره‌ای افقی به شعاع R را طی می‌کند که در آن نیروی جانب مرکز از رابطه

$$F_L = m \frac{v^۲}{R} \quad (۱۰)$$

به‌دست می‌آید. با توجه به این‌که در سرعت‌های کم نیروی بالابر متناسب با توان اول سرعت است از معادله‌ی (۱۰) و



شکل ۹. مسیر حرکت موشکی با باله‌هایی به سمت بالا الف) با سرعت اولیه‌ی زیاد $v_۲$ مسیری به شکل حلقه را طی می‌کند. ب) با سرعت اولیه‌ی کم $v_۱$ موشک در وضعیت افت ارتفاع قرار می‌گیرد و سپس سقوط می‌کند ج) اگر موشک را ۹۰ درجه حول محور تقارن بچرخانیم و پرتاب کنیم مسیر دایره‌ای را طی می‌کند.

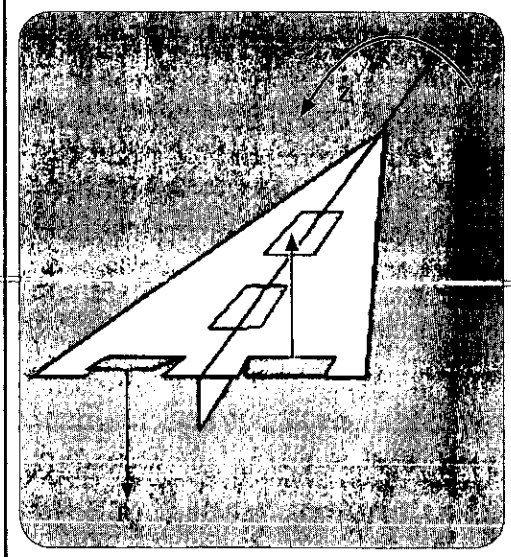


شکل ۱۰. در پرتاب زاویه‌دار موشک مؤلفه‌ی افقی نیروی بالابر را یاری می‌کند. در شکل بالا این زاویه برابر ۹۰ درجه در نظر گرفته شده است. در این‌صورت تمام نیروی بالابر موشک (که اکنون به سمت بالا نیست اما هنوز بر سطح موشک عمود است) برابر با نیروی جانب مرکز است. اگر موشک در لحظه‌ی اول به این صورت پرتاب شود مسیر دایره‌ای افقی طی می‌کند.

جمله‌ی اول معادله‌ی (۲) نتیجه می‌گیریم که شعاع دوران موشک R متناسب با سرعت آن خواهد بود

$$v = \frac{۱}{۲m}\rho(p,T,h)A_w c_{۱L} R\cos\alpha \qquad (۱۱)$$

زاویه‌ی α، میزان چرخش موشک حول محور z است. در این حالت تنها مؤلفه‌ی نیروی بالابر که عمود بر امتداد نیروی جاذبه است بر حرکت عمودی موشک تأثیر دارد و مؤلفه‌ی افقی نیروی بالابر نقش نیروی جانب مرکز را در حرکت دورانی افقی ایفا می‌کند.



شکل ۱۱. اگر یکی از باله‌های موشک را به سمت بالا و دیگری را به سمت پایین منحرف کنیم دو نیروی F_N در خلاف جهت یکدیگر که در راستای مرکز جرم نیز نمی‌باشد به‌وجود می‌آید. این جفت نیرو گشتاوری را به موشک می‌دهند و آن را حول محور zها می‌چرخاند.

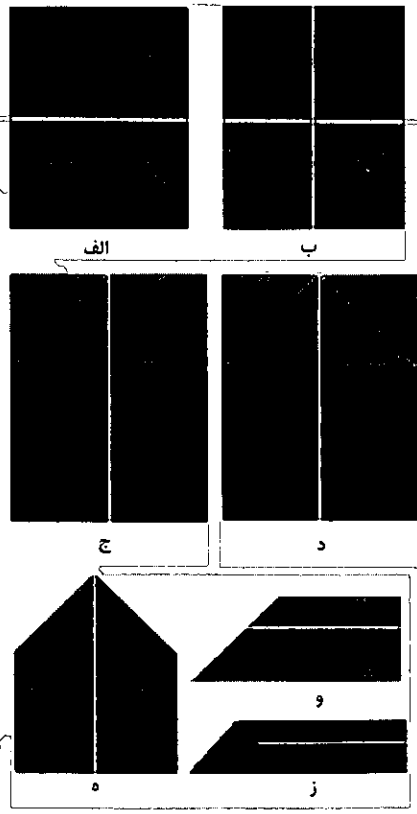
۳.۴ حرکت چرخشی حول محور تقارن: یکی از حرکت‌های موشک‌ها حرکت چرخشی حول محور z یا محور تقارن هندسی آن است. گاهی موشک به علت عدم تقارن در دو سمت آن دارای این حرکت می‌شود و پس از پرتاب حول محور z شروع به دوران می‌کند.

برای ایجاد این حرکت باید تقارن را در موشک به گونه‌ای از بین برد. اگر یکی از باله‌های موشک به سمت بالا و دیگری به سمت پایین قرار داده شود، دو نیروی F_N یکی به سمت بالا و دیگری به سمت پایین به‌وجود آمده و گشتاوری را به‌وجود می‌آورند که موشک را حول محور تقارن z به دوران وامی‌دارد. در یک موشک معمولی گاهی ترکیبی از حرکات مختلف صورت می‌گیرد. برای ساخت موشکی که تنها یکی از این حرکات را انجام دهد دقت فراوانی لازم است.

۵. ساخت موشک کاغذی

موشک کاغذی مثل یک هواپیمای اسباب‌بازی بدون موتور کاغذی است. ساده‌ترین موشک کاغذی معمولاً با پنج‌بار تاکردن کاغذ ساخته می‌شود. در شکل ۱۲ مراحل ساخت یکی از ساده‌ترین انواع موشک نشان داده شده است. اما روش‌های فراوانی برای ساخت انواع موشک‌ها وجود دارد. شکل ۱۳ مراحل ساخت یکی دیگر از این موشک‌ها، که به نام مدل گلایدناف[۱۰] مشهور است، را در ده مرحله نشان می‌دهد.

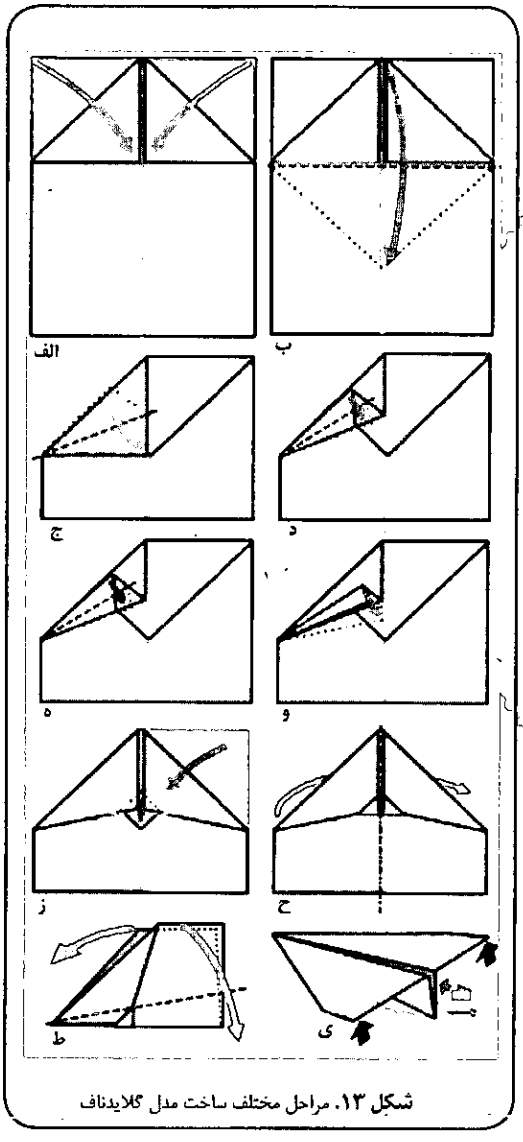
یکی از مزیت‌هایی که موشک نشان داده شده در شکل ۱۳ نسبت به موشک شکل ۱۲ دارد این است که مرکز جرم CG



شکل ۱۲. در مراحل «الف» تا «ز» از تعداد ۵ تا برای ساخت یکی از ساده‌ترین موشک‌ها استفاده می‌شود.

با فاصله‌ی قابل توجهی جلوتر از مرکز فشار باد CPW است، زیرا انجام مراحل ۱۲ـ ب موجب سنگین‌تر شدن سر موشک شده و مرکز جرم را به جلوتر سوق می‌دهد و همان‌گونه که در بخش دوم به آن اشاره شد، این امر به نوبه‌ی خود به ایجاد تعادل

اگر برای رعایت تقارن در ساخت موشک دقت کافی نشود، نیروهای وارد شده به موشک متقارن نخواهند بود و موشک از مسیر مستقیم منحرف شده و ممکن است در جهت‌های متفاوت و ناخواسته شروع به چرخش کند



شکل ۱۳. مراحل مختلف ساخت مدل گلایدناف

موشک کمک می‌کند.

در ساخت موشک‌ها نکته‌های ظریفی وجود دارد که رعایت آن‌ها در حرکت متعادل موشک مؤثر است، در زیر به چند مورد اشاره می‌شود:

الف- برای تا کردن کاغذ از یک عدد خط‌کش استفاده شود تا با کشیدن لبه خط‌کش روی محل تای کاغذ، تاهای تیز و مناسبی به‌دست آید.

ب- معمولاً نوک موشک پس از پرتاب‌های متعدد صدمه می‌بیند و از شکل اولیه خارج می‌شود. این صدمه موجب تغییرات ناخواسته‌ای در حرکت موشک می‌شود. با آغشته کردن نوک موشک به چسب مایع این قسمت از موشک حالت اصلی به خود گرفته و دیرتر صدمه می‌بیند.

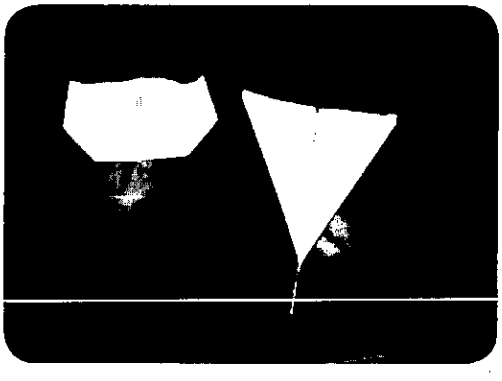
ج- برای ثابت و صلب‌ماندن موشک در حین پرواز در چند قسمت موشک، که در شکل ۴ و ۱۳- ی نشان داده شده را با نوارچسب به هم می‌چسبانیم.

د- هم‌چنین با تا کردن بال‌ها به گونه‌ای که به سمت بالا خمیده شود تعادل دینامیکی باز هم افزایش می‌یابد.

ه- با ایجاد باله‌ها برای این نوع موشک، که با نقطه‌چین در شکل ۱۳- ی نشان داده شده است و راهنمایی‌هایی که در بخش‌های قبلی انجام شد، می‌توان قابلیت هدایت موشک و نوع حرکت آن را تعیین کرد.

شما نیز می‌توانید با استفاده از تجربه‌های قبلی و کمی خلاقیت، انواع جدیدی از این موشک‌ها را طراحی کنید. شکل ۱۴ چند نوع موشک مختلف را نشان می‌دهد.

یکی از سازنده‌های مشهور موشک‌های کاغذی لوکاس



شکل ۱۴. چند مدل موشک ساده.

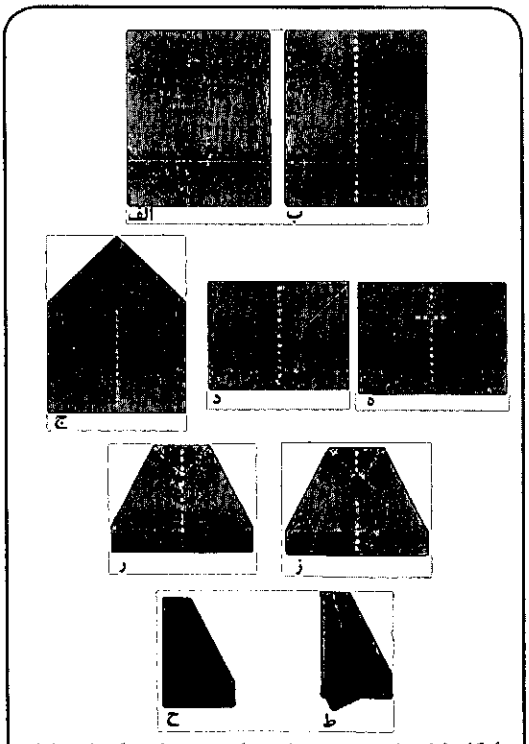
توتورا[11] است که در سال ۲۰۰۷ رکورد جهانی بیشترین زمان پرواز و هم‌چنین بیشترین مسافت پرواز را شکست [۱]. موشک دست‌ساز وی در پروازی که ۸۳/۴۷ ثانیه طول کشید مسافت ۳۴

یکی از سازنده‌های مشهور موشک‌های کاغذی *لوکاس توتورا* است که در سال ۲۰۰۷ رکورد جهانی بیشترین زمان پرواز و هم‌چنین بیشترین مسافت پرواز را شکست

متر را طی کرد. قبل از لوکاس، کن بلکبرن[12] در سال‌های ۱۹۸۳، ۱۹۸۷، ۱۹۹۴ و ۱۹۹۸ به ترتیب رکوردهای ۱۶/۸۹، ۱۷/۲، ۱۸/۸ و ۲۷/۶ ثانیه را از آن خود نمود [۱]. برای این‌که به اهمیت طراحی موشک در رکوردهای بالا پی ببرید کافی است برای یکی از موشک‌های دست‌ساز خود رکورد طولانی‌ترین پرواز را اندازه بگیرید و تلاش کنید رکوردهای بلکبرن و یا لوکس را بهبود دهید.

۶. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این مقاله به فیزیک پرواز به‌صورت کلی و پرواز موشک‌های کاغذی به‌صورت خاص پرداخته شده است. چگونگی ایجاد تعادل استاتیکی و دینامیکی بررسی قرار گرفته است. چگونگی ایجاد حرکت مستقیم، دورانی افقی و عمودی و حرکت چرخشی حول محور تقارن با بررسی عمل نیروهایی که به موشک وارد می‌شود بررسی شده است. ساده‌ترین فرمول‌های فیزیکی که بتوانند این نوع حرکت‌ها را توجیه کنند نیز برآورده شده است. از ذکر پیچیدگی‌هایی دیگری که در حرکت موشک وجود دارد اجتناب شده است تا حتی‌الامکان مورد استفاده‌ی دانش‌آموزان مقطع متوسطه، دانشجویان سال‌های اول و دوم کارشناسی رشته‌های علوم و مهندسی قرار گیرد. هم‌چنین دبیران فیزیک نیز می‌توانند از این نوع مطالب در آموزش مکانیک در دروس فیزیک استفاده کنند.



شکل ۱۵. مراحل تا زدن و ساختن یک نوع موشک دیگر طی مراحل الف تا ط نشان داده شده است. مرحله‌ی ج و د موجب می‌شود که مرکز جرم به نوک موشک نزدیکتر شود.

زیرنویس

1. Leonardo da vinci
2. George Cayley
۳. هواپیماهای بدون موتور را گلایدر می‌نامند و موشک کاغذی جز همین دسته طبقه‌بندی می‌شود.
4. Jack Northrop
5. Lockheed
6. B2 stealth bomber
7. Center of Pressure of the Wind Force
8. Center of Gravity
9. Stall
10. Belly-Button Glider
11. Lucas Tortora
12. Ken Blackburn

منابع

1.http://en.wikipedia.org/wiki/paper_plane
2. J. Oliver Linton, The Physics & flight: I. Fixed and rotating wings, *Physics Education, 42* (4), 2007, 351-357.
3. J. Oliver Linton, The physics & flight: II. Flapping wings, *Physics Education, 42* (4), 2007, 358-364.
4. J. Oliver Linton, The physics & flight: III. Hovering, *Physics Education, 42* (5), 2007, 496-501.

آموزشی

تأثیر چسبندگی و تلاطم بر جریان شاره‌ها

روح‌اله خلیلی بروجنی
www.avang.org

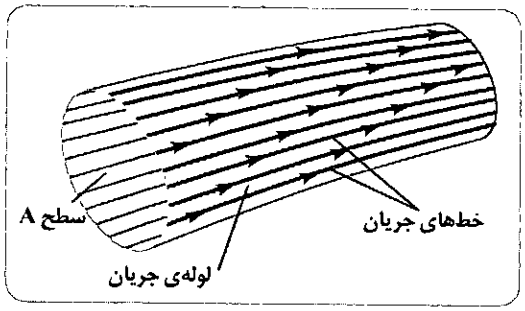
چکیده

چسبندگی، اصطکاک داخلی درون یک شاره است و تلاطم جریان نامنظم و آشوبناک یک شاره. در این مقاله ضمن آشنایی کامل‌تری با این پدیده‌ها، تأثیر آن‌ها را در برخی از موقعیت‌ها و مسائل روزمره بررسی خواهیم کرد.

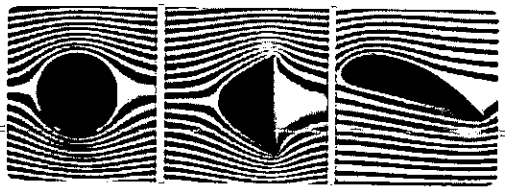
الف. نگاهی به مفاهیم اولیه

جریان شاره‌ها، همان‌طور که در حرکت سریع آب رودخانه یا پیچ و تاب شعله‌ی آتش دیده می‌شود، می‌تواند بسیار پیچیده باشد. اما برخی از وضعیت‌ها را می‌توان توسط مدل‌های آرمانی نسبتاً ساده‌ای بیان کرد. **شاره‌ی آرمانی**، شاره‌ای است که تراکم‌ناپذیر باشد (یعنی چگالی آن از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر تغییر نکند) و اصطکاک داخلی (که **چسبندگی**[1] یا **وشکسانی** نامیده می‌شود) نداشته باشد. در اغلب موارد مایع‌ها تقریباً تراکم‌ناپذیرند، در مورد گازها هم، اگر اختلاف فشار گاز از یک ناحیه به ناحیه‌ی دیگر آن چندان زیاد نباشد می‌توان آن را تراکم‌ناپذیر در نظر گرفت.

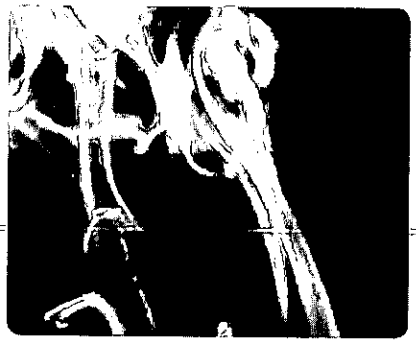
مسیر یک ذره‌ی منفرد در شاره‌ی در حال حرکت، **خط جریان**[2] نامیده می‌شود. اگر طرح کلی جریان با زمان تغییر نکند جریان شاره، **جریان پایا**[3] نامیده می‌شود. در جریان پایا هر جزء شاره که از نقطه‌ی معینی می‌گذرد خط جریان یکسانی را دنبال می‌کند. در این حالت اگرچه سرعت یک ذره‌ی خاصی ممکن است هم از نظر جهت و هم از نظر اندازه، در حین حرکت تغییر کند اما نقشه‌ی سرعت‌های شاره در نقطه‌های متفاوت در فضا ثابت است. خط‌های جریان که از کناره‌های یک جزء فرضی سطح می‌گذرند، مانند سطح A در شکل ۱، لوله‌ای به نام **لوله‌ی جریان**[4] تشکیل می‌دهند. با توجه به تعریف خط جریان، در جریان پایا شاره نمی‌تواند از جدار لوله‌ی جریان عبور کند؛ هم‌چنین شاره‌ها در لوله‌های جریان مختلف نمی‌توانند با هم مخلوط شوند.



شکل ۱. لوله‌ی جریان را خط‌های جریان محدود می‌کنند. در جریان پایا، شاره نمی‌تواند از دیواره‌های لوله‌ی جریان عبور کند.



شکل ۲. جریان لایه‌ای اطراف مانع‌هایی با شکل‌های مختلف



شکل ۳. جریان های دود از سرچوب‌های عود تا نقطه‌ی معینی به صورت لایه‌ای بالا می‌روند و سپس متلاطم می‌شوند.

شکل ۲ طرح‌های جریانِ شاره را از چپ به راست، در اطراف تعدادی مانع، نشان می‌دهد. این عکس‌ها با تزریق رنگ به درونِ آبِ در حال جریان بین دو صفحه‌ی شیشه‌ای نزدیک به هم تهیه شده است. این طرح‌ها نوعی **جریان لایه‌ای**[۵] هستند، به‌طوری که لایه‌های مجاور شاره به آرامی روی یکدیگر می‌لغزند و جریان پایاست. (منظور از لایه، یک ورقه‌ی نازک است.)

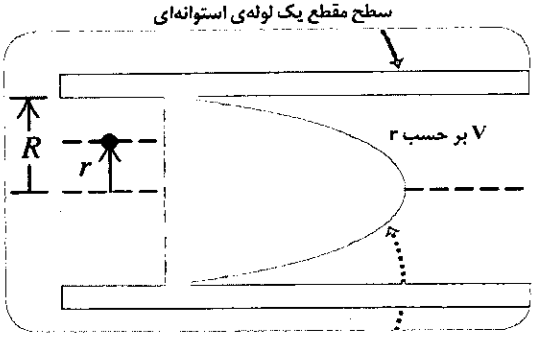
وقتی آهنگ جریان به حد کافی بزرگ باشد یا وقتی سطح‌های مرزی باعث تغییر ناگهانی سرعت شوند، جریان می‌تواند نامنظم و آشوبناک شود. این وضعیت **جریان متلاطم**[۶] نامیده می‌شود (شکل ۳). در جریان متلاطم طرح حالت پایا وجود ندارد و طرح شاره به طور پیوسته تغییر می‌کند.

ب. چسبندگی

چسبندگی، اصطکاکِ داخلیِ درون یک شاره است. نیروهای چسبندگی با حرکت بخشی از شاره نسبت به بخش دیگر مخالفت می‌کند. چسبندگی باعث می‌شود که برای پاروزدن قایق در آب آرام، تلاش صورت گیرد، چسبندگی هم‌چنین دلیلی برای انجام کار پارو است. اثرهای چسبندگی در جریان شاره‌ها در لوله، جریان خون، روغن کاری بخش‌هایی از موتور، و بسیاری دیگر از موقعیت‌ها اهمیت دارند.

شاره‌هایی مانند آب یا بنزین که به راحتی جاری می‌شوند، از مایع‌های غلیظی مانند عسل یا روغن موتور چسبندگی کم‌تری دارند. چسبندگی همه‌ی شاره‌ها به شدت تابع دماست. به طوری

شکل ۴. گدازه‌های آتش‌فشان نمونه‌ای از یک شاره‌ی چسبنده است. چسبندگی با افزایش دما، کاهش می‌یابد. هرچه گدازه داغ‌تر باشد راحت‌تر جاری می‌شود.



نمایه‌ی سرعت برای جریان شاره‌ی چسبنده در این لوله شکلی سهموی دارد.

شکل ۵. نمایه‌ی سرعت برای شاره‌ی چسبنده در یک لوله‌ی استوانه‌ای

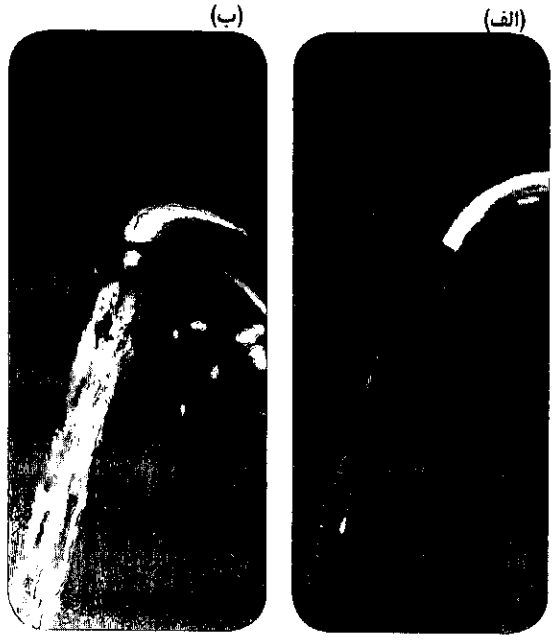
که با افزایش دما چسبندگی گازها زیاد می‌شود و چسبندگی مایع‌ها کاهش می‌یابد (شکل ۴). یک هدف مهم در تهیه‌ی روغن موتورها، آن است که تغییر چسبندگی ناشی از دما را تا حد امکان کاهش دهند.

یک شاره‌ی چسبنده به سطح جامدی می‌چسبد که با آن در تماس است. همواره یک **لایه‌ی مرزی**[۷] نازک تقریباً ساکن شاره در نزدیک سطح آن وجود دارد. به همین دلیل ذره‌های غبار می‌توانند به پره‌ی پنکه‌ای که به سرعت می‌چرخد بچسبند و باز هم به همین دلیل نمی‌توان همه‌ی لکه‌های روی بدنه‌ی اتومبیل را تنها با فوران آب شیلنگ شست.

چسبندگی همچنین تأثیر مهمی بر جریان مایع در لوله‌ها، از جمله جریان خون در رگ‌ها دارد. برای بررسی دلیل این موضوع، شکل ۵ را در نظر بگیرید که نمایه‌ی جریان لایه‌ای یک شاره‌ی چسبنده را در یک لوله‌ی استوانه‌ای بلند نشان می‌دهد. به دلیل چسبندگی، اندازه‌ی سرعت در جداره‌ی لوله صفر (چون شاره می‌چسبد) و در مرکز آن بیشینه است.

این حرکت شبیه لغزیدن تعداد زیادی لوله‌ی هم مرکز نسبت به یکدیگر است، به طوری که لوله‌ی مرکزی بیش‌ترین سرعت را دارد و بیرونی‌ترین لوله ساکن است. نیروهای چسبنده بین لوله‌ها با این لغزش مخالفت می‌کنند، بنابراین برای تداوم جریان شاره باید فشار بیش‌تری به عقب شاره نسبت به جلوی آن وارد کنیم. به همین دلیل برای خروج شاره از تیوب خمیردندان یا ظرف سس گوجه‌فرنگی باید آن‌ها را فشار دهیم (هر دو شاره چسبنده‌اند). انگشت‌های شما فشاری به عقب شاره وارد می‌کنند که از فشار جو در جلوی شاره خیلی بیش‌تر است.

اختلاف فشار لازم برای تداوم آهنگ جریان حجم معینی از شاره از یک لوله‌ی استوانه‌ای به طول L و شعاع R با L/R^4 متناسب است. اگر R به نصف کاهش یابد، فشار لازم $2^4=16$ برابر زیاد می‌شود؛ با کاهش R به اندازه‌ی $0/90R$ (۱۰ درصد کاهش) اختلاف فشار لازم به اندازه‌ی $(\frac{1}{0/90})^4=1/52$ زیاد می‌شود (حدود ۵۲ درصد افزایش). این رابطه‌ی ساده می‌تواند ارتباط بین برنامه غذایی با کلسترول زیاد (که باعث تنگ شدن سرخرگ‌ها می‌شود) و فشار خون بالا را بیان می‌کند؛ به این معنا که: به دلیل بستگی R^4، حتی تنگ شدن اندک سرخرگ‌ها می‌تواند به افزایش چشمگیر فشارخون بینجامد و به ماهیچه‌های قلب صدمه بزند.



شکل ۶. جریان آب از شیر (الف) در سرعت‌های کم لایه‌ای، اما (ب) در سرعت‌های به حد کافی زیاد متلاطم است.

جریان عادی خون در سرخرگ انسان لایه‌ای است، اما یک بی‌نظمی کوچک، مانند آسیبی در قلب، می‌تواند سبب جریان متلاطم شود.

پ. تلاطم

وقتی سرعت جریان شاره از مقدار معینی فراتر رود جریان، دیگر لایه‌ای نخواهد بود. بلکه، طرح جریان بی‌اندازه نامنظم و پیچیده می‌شود و پیوسته با زمان تغییر می‌کند و دیگر طرح حالت پایایی وجود ندارد. این جریان نامنظم و آشوبناک، تلاطم نامیده می‌شود. شکل ۳ تفاوت بین جریان لایه‌ای و جریان متلاطم (غیرلایه‌ای) را برای دودی نشان می‌دهد که در هوا بالا می‌رود.

لایه‌ای یا متلاطم بودن جریان تا اندازه‌ای تابع چسبندگی شاره است. هرچه چسبندگی بیش‌تر باشد جریان شاره بیش‌تر به صورت ورقه‌ای یا لایه‌ای است.

برای شاره‌ای با چسبندگی معین، اندازه‌ی سرعت جریان عاملی تعیین‌کننده برای آغاز تلاطم است. طرح جریانی که در سرعت‌های کم پایدار است به مجرد رسیدن به سرعت بحرانی ناپایدار می‌شود، ناصافی‌ها در دیواره‌ی لوله، تغییرات چگالی شاره، و عوامل بسیار دیگری باعث بی‌نظمی طرح جریان می‌شوند. این بی‌نظمی‌ها در سرعت‌های کم از بین می‌روند؛ طرح جریان پایدار می‌شود و سرشت لایه‌ای خود را حفظ می‌کند (شکل ۶ الف). اما وقتی جریان به سرعت بحرانی می‌رسد، طرح جریان ناپایدار می‌شود. این بی‌نظمی‌ها دیگر از بین نمی‌روند بلکه چنان رشد می‌کنند که طرح جریان لایه‌ای به‌طور کامل از بین برود (شکل ۶ ب).

جریان عادی خون در سرخرگ انسان لایه‌ای است، اما یک بی‌نظمی کوچک، مانند آسیبی در قلب، می‌تواند سبب جریان متلاطم شود. تلاطم **نوفه** تولید می‌کند، به همین دلیل گوش‌دادن به جریان خون با گوشی روش مفیدی برای تشخیص بیماری قلبی است.

زیرنویس

1. viscosity
2. flow line
3. steady flow
4. flow tube
5. laminar flow
6. turbulent flow
7. boundary layer

مرجع

University Physics, 12th Edition, Sears, Zemansky, Young, Freedman, Addison wesley, 2008.

(ایـن کتاب با ترجمه اعظم پورقاضی، محمـد تقی فلاحی، و روح اله خلیلی بروجنی توسط نشر علوم نوین منتشر شده است.)

پژوهشی

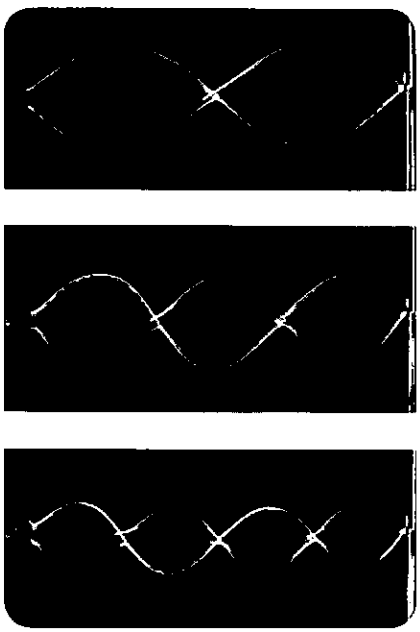
رهیافت مناسب به مبحث فیزیک کوانتومی

محمدرضا خوش‌بین‌خوش‌نظر
skhoshbin@yahoo.com

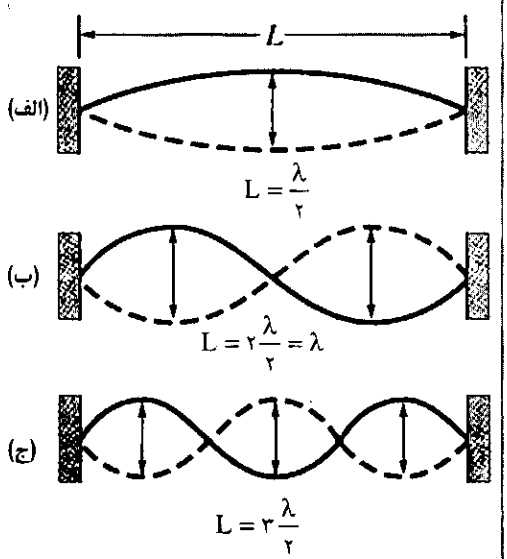
سال‌هاست بر این باورم طرح مبحث تابش جسم سیاه در کتاب فیزیک پیش‌دانشگاهی امری ناصواب بوده است و حتی در صورت تفهیم درست این مبحث به دبیران، راه ورود به مبحث فیزیک کوانتومی در سطح دبیرستان نباید از این طریق باشد. بارها در تحقیقات میدانی خود که گروهی از دانشجویان سال اول دانشگاه بوده‌اند این موضوع را به بحث گذاشته‌ام و دریافته‌ام که ایشان به طور کلی هیچ درکی از این مبحث ندارند و اصلاً چرایی طرح چنین موضوعی را نمی‌دانند. در تعلیم و تربیت توجه به ظرفیت ذهنی یادگیرندگان امری ضروری است و این‌که تصور کنیم در هر سنی می‌توان هر مطلبی را، آن هم بی‌هیچ پیش‌زمینه‌ای، به یادگیرندگان منتقل کنیم با اصول تعلیم و تربیت صحیح ناسازگار است. جالب است که پاره‌ای از کتاب‌های دانشگاهیِ مقدماتی از قبیل *مبانی فیزیک* [۱] در مباحث فیزیک جدید خود هیچ اشاره‌ای به تابش جسم سیاه نداشته‌اند و با این حال وارد مباحث بسیار روزآمدی در عرصه‌ی فیزیک کوانتومی نیز شده‌اند. به عبارتی، می‌توان با ورود بسیار منطقی‌تر و ساده‌تر به عرصه‌ی فیزیک کوانتومی، به بسیاری از دستاوردهای این علم نیز دست یافت. اکنون، حتی بسیاری از کتاب‌های کوانتومی پیشرفته نیز از طریق مبحث جسم سیاه وارد عرصه‌ی فیزیک کوانتومی نمی‌شوند (مثلاً نگاه کنید به کتاب *مکانیک کوانتومی* نوشته‌ی *بالنتاین* [۲]، که من در ادامه به آن خواهم پرداخت)، و حتی ریچارد فاینمن نیز در درسنامه‌های مشهور خود از زاویه‌ای دیگر به مبحث فیزیک کوانتومی وارد شده است (مثلاً نگاه کنید به کتاب *شش قطعه‌ی آسان*، انتشارات هرمس). در سیلابس‌های پیشنهادی IB[1] نیز که در دو سطح معمولی و پیشرفته تنظیم شده است نیز هیچ بحثی از تابش جسم سیاه به میان نیامده است. بر این باورم که مسیر پیشنهادی این برنامه بهترین راه‌کار برای ورود به عرصه‌ی فیزیک کوانتومی است. مسیر پیشنهادی این برنامه به ترتیب بررسی سرشت کوانتومی تابش، اثر فوتوالکتریک، مفهوم امواج مادی و قضیه‌ی دوبروی، طیف‌های اتمی و مدل اتمی بور، محدودیت‌های مدل بور، و مدل شرودینگر است. این مسیر کاملاً منطبق بر کتاب‌های فیزیک دانشگاهی مقدماتی است و بنابراین با بررسی اجمالی کتاب‌هایی در سطح *مبانی فیزیک* می‌توان برنامه‌ی درسی محکمی را برای مبحث فیزیک کوانتومی پی‌ریزی کرد. با این حال بر این باورم که می‌شود در این مسیر، پس از بخش مفهوم موج مادّی و قضیه‌ی دوبروی، راه دیگری را نیز برای تفهیم هرچه بیشتر این مبحث ارائه کرد؛ همان راهی که برخی از کتاب‌های مکانیک کوانتومی از آن طریق وارد این مبحث می‌شوند و من پیش‌تر نیز به آن اشاره کردم. این روش، استفاده از شباهت موج‌های تار مرتعش (که دانش‌آموزان در فصل ۱ کتاب فیزیک پیش‌دانشگاهی ۲ با آن آشنا شده‌اند) و امواج مادی است. اگر طول تار مرتعش نامحدود باشد، می‌توانیم موج پیشرونده با هر بسامدی را روی آن ایجاد کنیم، ولی اگر دو سرِ آن به جایی بسته شده باشد و طول آن محدود باشد فقط می‌توانیم روی آن موج‌های ایستاده ایجاد کنیم که این موج‌های ایستاده فقط می‌توانند بسامدهای گسسته‌ای داشته باشند (شکل ۱). به عبارت دیگر، محدود کردن موج به ناحیه‌ی محدودی از فضا به کوانتیده کردن حرکت و وجود حالت‌های گسسته‌ی موج می‌انجامد که هر حالت، بسامد کاملاً مشخصی دارد و به این اصطلاحاً **اصل محدودیت** می‌گویند. این اصل برای کلیه‌ی امواج، از جمله امواج مادی به کار می‌آید. موج مادی یک الکترون

مسیر پیشنهادی برنامه‌ی IB به ترتیب بررسی سرشت کوانتومی تابش، اثر فوتوالکتریک، مفهوم امواج مادی و قضیه‌ی دوبروی، طیف‌های اتمی و مدل اتمی بور، محدودیت‌های مدل بور، و مدل شرودینگر است

متحرک که تحت تأثیر هیچ نیروی خالصی نیست (اصطلاحاً ذره‌ی آزاد) می‌تواند هر مقداری از انرژی داشته باشد که این شبیه تاری با طول نامتناهی است که می‌تواند هر بسامدی داشته باشد. ولی اگر الکترونی را بررسی کنیم که تحت تأثیر نیروی جاذبه‌ی کولنی بین خود و هسته‌ی باردار مثبت است، انرژی الکترون فقط می‌تواند در حالت‌های خاصی باشد که هر یک انرژی گسسته‌ی مربوط به خود را دارند که این شبیه یک تار کشیده با طول محدود است در یک تار با طول محدود نقش‌های گسسته‌ی موج ایستاده آن‌هایی هستند که برای آن‌ها طول L تار مضرب صحیحی از نصف طول موج است $(L = n\lambda/2)$ که به زبان فیزیک کوانتومی n عددی کوانتومی است (شکل ۲).

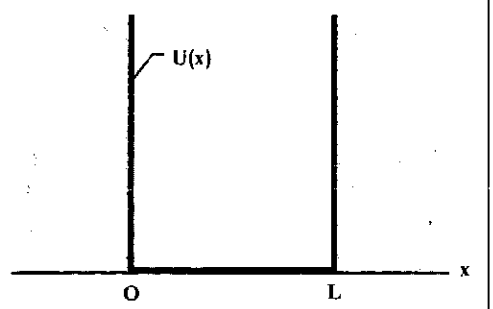


شکل ۱. عکس‌های استربوسکوپی، نقش‌های موج ایستاده را در تاری که از انتهای چپ به نوسان درآمده نشان می‌دهد. این نقش‌ها در بسامدهای معینی از نوسان ظاهر می‌شوند.



شکل ۲. نقش‌های موج ایستاده آن‌هایی هستند که برای آن‌ها طول L تار مضرب صحیحی از نصف طول موج است. سه نقش نشان داده شده است.

آنـگاه هر جابه‌جایی عرضی تار در هـر مکان x از رابطه‌ی $y_n(x) = A\sin(n\pi x/L)$ به دسـت می‌آید. در مورد یک مـوج مادی نیز می‌توان آن را اصطلاحـاً در تله‌ای محصور کرد، طوری که در حالت یک بعـدی به ازای $U = 0 ،0 < x < L$ و به ازای $x < 0$ و $x > L$ ، $U \to \infty$ میل کند که این همان چیزی است که به آن چاه پتانسیل نامتناهی می‌گوییم (شکل۳).



شـکل ۳. انرژی پتانسیل الکتریکی $U(x)$ الکترون محصور در یک تله‌ی آرمانی. می‌بینیم که به ازای $U = 0 ،0 < x < L$ و به ازای $x < 0$ و $x > L$ ، $U \to \infty$.

طـول موج دوبروی با $\lambda = h/p$ تعریف می‌شـود و چون الکترون غیرنسبیتی است، p را می‌توان به صورت $p = \sqrt{2mK}$ نوشـت که m جرم الکترون و K انرژی جنبشـی آن اسـت. در $0 ،0 < x < L$ است و بنابراین $K = E$ می‌شود و داریم $\lambda = h/\sqrt{2mE}$ و پیش‌تـر دیدیم که $L = n\lambda/2$ اسـت. بنابراین خواهیم داشت

$$E_n = \left(\frac{h^2}{8mL^2}\right)n^2, \quad n = 1, 2, 3, \ldots$$

پس، دریافتیم که چون الکترون در تله‌ای به دام افتاده است، فقط می‌تواند انرژی‌هایی داشته باشد که با این معادله داده می‌شود و نمی‌توانـد هر مقـداری را اختیار کند. این نتیجـه را به راحتی می‌توان به چاه‌های دو و سه بُعدی نیز تعمیم داد.

جالب است اگر معادله‌ی شرودینگر را برای الکترونی که در چاه پتانسـیل نامتناهی یک ـ بُعدی به پهنای L گیر افتاده است حل کنیم، برای توابع موج الکترون به رابطه‌ی زیر می‌رسیم

$$y_n = A\sin(n\pi x/L), \qquad n = 1, 2, 3, \ldots$$

که همان جابه‌جایی عرضی تار محدود در هر مکان x است. یعنی، همان‌طور که پیش‌تر هم اشاره کردیم الکترون به دام افتاده در چاه پتانسـیل یک بعدیِ نامتناهی را می‌توان شـبیه یک موج مادّی سـاکن در نظر گرفت. توجه کنید که با همین شبیه‌سـازی ساده می‌توانیم بسیاری دیگر از مفاهیم مکانیک کوانتومیِ ظاهراً خارج از محدوده‌ی کتاب‌های درسـی، مانند احتمال آشکارسازی که با چگالی احتمال $\psi_n^2(x)$ داده می‌شود و اصل بهنجارش، را به دانش‌آموزان تفهیم کنیم. جالب است که حتی می‌توان انرژی نقطه‌ی صفر را بیان کرد، و با توجه به این‌که به ازای $n = 0$ ، $E_n = 0$، و $\psi_n^2(x) = 0$ می‌شود، این بحث را مطرح کرد که این نتیجه به معنی آن است که هیچ الکترونی در چاه وجود ندارد و چون می‌دانیم که وجود دارد، بنابراین $n = 0$ قابل قبول نیست و انرژی نقطه‌ی صفر که کمترین انرژی مجاز الکترون است مربوط به $n = 1$ است.

همین روش دلیل اصلی عدم موفقیت مدل بور را نیز توضیح می‌دهد. چرا که الکترونی که در اتم به دام افتاده اسـت، در واقع موج مادی محصور در چاه پتانسـیل اسـت و برای یافتن مقادیر انرژی کوانتیده حاصل **باید** معادله‌ی شرودینگر را به کار برد.

زیرنویس

1.International Baccalaurate

منابع

1.Fundamentals of Physics, Halliday, Resnick, Walker, John wiley & Sons, 8th edition.

2. Quantum Mechanic, Leslie E. Ballentine, Prentice Hall, 1990.

سپیده مجبی
دانشجوی کارشناسی ارشد آموزش فیزیک دانشگاه شهید رجایی
ثریا نیک‌نیا
دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت آموزشی دانشگاه شهید رجایی

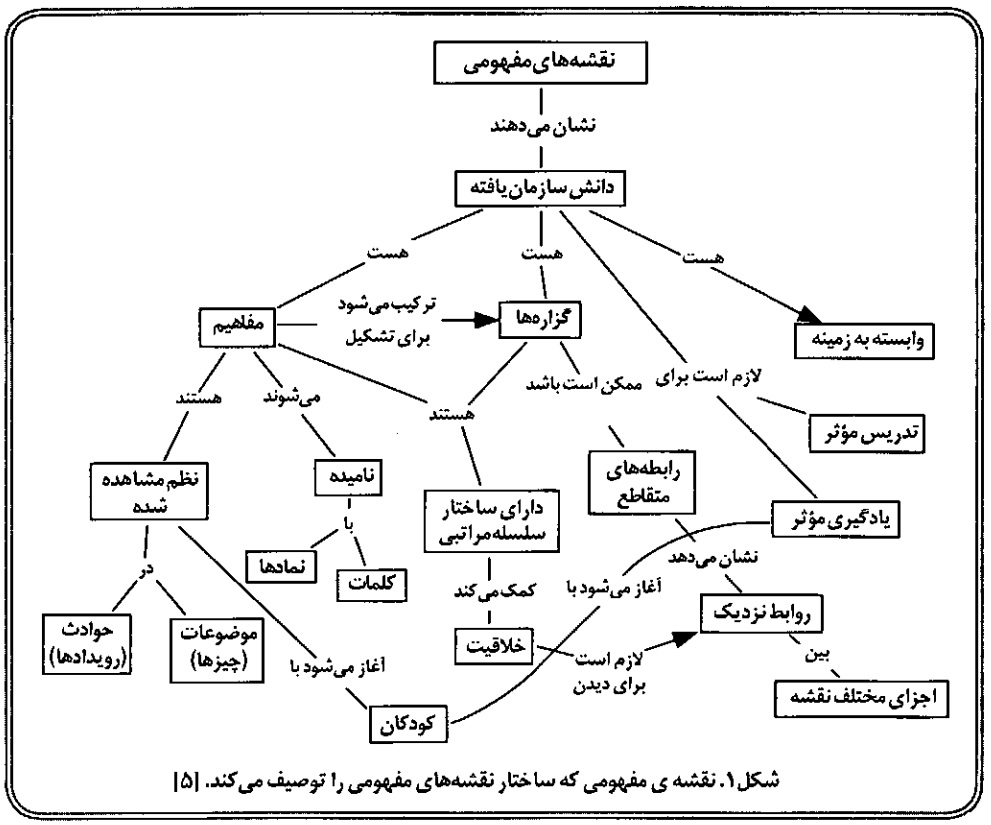
تجربه های آموزشی

استفاده از نقشه‌ی مفهومی در آموزش

کلید واژه‌ها: نقشه‌ی مفهومی، ساختن‌گرایی، نقشه‌ی ذهنی، تولید دانش، طرحواره‌های ذهنی.

نقشه ی مفهومی یک راهبرد آموزشی نوین است که در رویکردهای آموزشی جدید، از جمله در رویکرد ساختن‌گرایی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در رویکرد بر ساختن‌گرایی اعتقاد بر این است که یادگیرندگان به صورت فعال و بر اساس تجربه‌های شخصی دانش خود را می‌سازند. بر اساس این نظریه هر شخص خودش نقشه‌های ذهنی یا طرحواره‌های ذهنی خود را می‌سازد و یادگیری هنگامی صورت می‌گیرد که این طرحواره‌ها بازنگری شده، گسترش یافته یا بازسازی شوند. ساخت‌گرایان بر اهمیت دانش و آموخته‌های پیشین در یادگیری تأکید می‌کنند و دانش قبلی را به منزله چارچوبی برای یادگیری جدید در نظر می‌گیرند. روش آموزشی مبتنی بر این رویکرد، دانش‌آموز محور و روش تدریس فعال است و در آن معلم به جای ارائه‌دهنده اطلاعات به هدایت‌گر و تسهیل کننده یادگیری دانش‌آموزان تبدیل می‌شود بنابراین معلم باید موقعیت تولید دانش را برای فراگیران فراهم نماید و به فراگیر کمک کند تا بین اطلاعات جدید تجربه‌های پیشین ارتباط صحیح و مناسبی برقرار سازد. یکی از راه‌کارهای مؤثر استفاده از نقشه ی مفهومی است.

نقشه‌ی مفهومی نمایش بصری روابط معنادار میان مفاهیم است. آن‌ها ابزاری برای سازمان‌دهی و نمایش دانش هستند، به بیانی دیگر نقشه‌های مفهومی نمایانگر تفسیر فردی یا گروهی ازایده‌ها و یا واقعیت‌های درک شده به شکل نموداری‌اند[۴]. آن‌ها شامل مجموعه‌ای از مفاهیم هستند که داخل منحنی‌های بسته‌ای مانند دایره‌ها و انواع چهار ضلعی‌ها قرار می‌گیرند. رابطه‌های میان مفاهیم گزاره‌هایی هستند که به وسیله خط‌های رابط میان مفاهیم نشان داده می‌شوند. بر روی این خط‌های جهت‌دار کلماتی نوشته می‌شود که رابطه‌ی میان مفاهیم را مشخص می‌کند. در واقع گزاره شامل دو یا چند مفهوم است که برای تشکیل یک عبارت معنی‌دار به کلمات دیگر متصل شده‌اند. در شکل (۱) یک نقشه مفهومی که ساختار نقشه‌های مفهومی را توصیف می‌کند، نشان داده شده است.



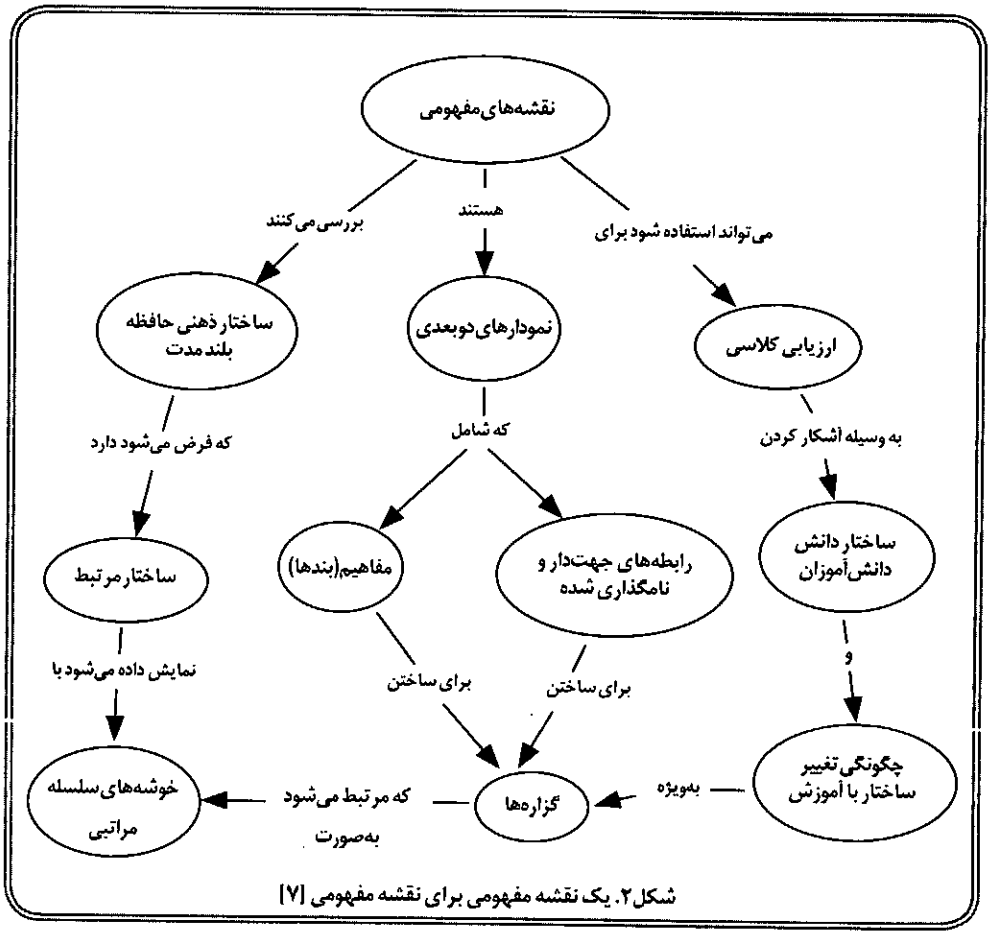
شکل ۱. نقشه ی مفهومی که ساختار نقشه‌های مفهومی را توصیف می‌کند. [۵]

نقشه‌های مفهومی نمایانگر تفسیر فردی یا گروهی ازایده‌ها و یا واقعیت‌های درک شده به شکل نموداری‌اند

نقشه‌های ساختار دانش مفهومی [فرایندی] را نشان می‌دهند که دانش در ذهن انسان شکل می‌گیرد و نقشه‌های ذهنی انسان را به تصویر می‌کشند. نقشه‌های مفهومی در اوایل دهه ۱۹۷۰ در جریان برنامه تحقیقی نواک[۱] در دانشگاه کورنل[۲] به‌وجود آمدند که به دنبال درک تغییرات دانش کودکان درباره علم بود.

به عقیده نواک نقشه‌های مفهومی باید حتماً با ساختار سلسله مراتبی داشته باشد، یعنی مطالب کلی‌تر و جامع‌تر در بالای نقشه قرار بگیرند و هرچه به پایین نقشه نزدیک می‌شویم، مطالب و مفاهیم جزئی‌تر شوند. اما همه صاحب نظران در زمینه نقشه مفهومی با این عقیده موافق نیستند. برخی [۶] اعتقاد دارند که لازم نیست که نقشه‌ها حتماً ساختار سلسله مراتبی داشته باشند، زیرا همه پیوندهای میان مفاهیم در یک سلسله مراتب اتفاق نمی‌افتد و محدود کردن نقشه مفهومی به ساختار سلسله مراتبی رابطه‌های میان مفاهیم را محدود می‌کند. به‌ویژه افرادی که بر استفاده از نقشه مفهومی برای پرورش قوه خلاقیت تأکید دارند، با ساختار سلسله مراتبی نقشه‌های مفهومی موافق نیستند، زیرا به عقیده‌ی آنان الحاق غیرعادی مفاهیم می‌تواند قوه خلاقیت را افزایش دهد.

یکی از ویژگی‌های مهم نقشه مفهومی استفاده از رابطه‌های متقاطع است. رابطه‌های متقاطع پیوندهای بین مفاهیم در قلمروهای مختلف نقشه مفهومی است. همچنین نقشه‌های مفهومی شامل مثال‌هایی هستند که به روشن شدن معنای مفاهیم کمک می‌کند. فقط یک نقشه مفهومی صحیح در مورد یک موضوع وجود ندارد و می‌توان نقشه‌های مفهومی مختلفی برای یک موضوع رسم کرد که به سلیقه طراح آن بستگی دارد، به‌عنوان مثال در شکل (۲) نقشه مفهومی دیگری در مورد نقشه‌های مفهومی نشان داده شده است. برای نشان دادن اولویت‌بندی و انواع اطلاعات در یک نقشه مفهومی، می‌توان از رنگ‌های متفاوتی استفاده کرد.



شکل۲. یک نقشه مفهومی برای نقشه مفهومی [۷]

ساخت‌شناسی مجموعه‌ای از اطلاعات، مفاهیم، اصول و تعمیم‌های سازمان‌یافته‌ای است که فرد قبلاً در یکی از رشته‌های دانش، آموخته است

مبانی نظری نقشه‌های مفهومی

نقشه مفهومی براساس نظریه‌ی یادگیری معنی‌دار آزوبل[۳] به‌وجود آمده است. در نظریه‌ی آزوبل اساس یادگیری، ساخت‌شناسی و تغییراتی است که در اثر یادگیری در آن صورت می‌گیرد. در این نظریه ساخت‌شناسی عبارت است از مجموعه‌ای از اطلاعات، مفاهیم، اصول و تعمیم‌های سازمان یافته‌ای که فرد قبلاً در یکی از رشته‌های دانش، آموخته است. این ساخت‌شناختی به‌صورت یک هرم فرضی است که کلی‌ترین مطالب و مفاهیم در رأس آن قرار دارند، مطالبی که کلیت و جامعیت کمتری دارند، در میانه هرم قرار دارند و اطلاعات جزئی‌تر در قاعده هرم قرار می‌گیرند. در نظریه آزوبل یادگیری معنی‌دار زمانی به‌وجود می‌آید که مطالب جدید سازمان‌دهی شده و به مطالب آموخته شده قبلی ارتباط پیدا کنند و به عبارت دیگر میان مطلب جدید یادگیری و ساخت شناختی فرد نوعی ارتباط برقرار شود، اما اگر بستری مناسب برای جذب مطالب جدید در ساخت‌شناختی وجود نداشته باشد و مطلب تازه را نتوان به آموخته‌های قبلی فرد مربوط ساخت، یادگیری به‌صورت طوطی‌وار انجام می‌شود. به‌طور خلاصه می‌توان گفت که در یادگیری معنی‌دار مطالب دارای پیوندهای عمیق و مفهومی با ساختار شناختی هستند و در یادگیری طوطی‌وار این پیوندها ضعیف است یا اصلاً وجود ندارد. به همین دلیل یادگیری معنی‌دار موجب یادآوری و یادداری بهتر و طولانی‌تر مطالب یاد گرفته شده می‌شود.

هرچه اطلاعات موجود فرد گسترده‌تر و سازمان‌دهی آن‌ها روشن‌تر باشد، هرم ساخت‌شناختی در آن حوزه از توانایی بالاتری برای جذب اطلاعات جدید برخوردار است. آموخته‌های قبلی یادگیرنده مهم‌ترین و مؤثرترین عامل در یادگیری‌های جدید است. کسی که پیشینه اطلاعاتی ضروری را در اختیار ندارد و یا نمی‌تواند آن‌ها را در ذخیره‌ی اطلاعاتی خود شناسایی کند، آمادگی لازم را برای یادگیری معنی‌دار ندارد.

آزوبل عقیده دارد که به هنگام ارائه مطالب درسی باید ابتدا به مطالب کلی‌تر و انتزاعی‌تر پرداخت و سپس به‌تدریج مطالب جزئی‌تر و اختصاصی‌تر ارائه شود. همچنین برنامه درسی باید به‌صورتی سازمان یابد که هر یادگیری جدید به‌دقت به آموخته‌های قبلی مربوط شود تا یادگیری معنی‌دار حاصل شود. او برای آماده کردن یادگیرندگان برای یادگیری معنی‌دار، استفاده از پیش‌سازمان‌دهنده را پیشنهاد می‌کند.

پیش‌سازمان‌دهنده نسبت به خود مطالب درسی در سطح انتزاعی‌تر و کلی‌تری قرار دارد. پیش‌سازمان‌دهنده می‌تواند به‌صورت گفتاری، نوشتاری یا تصویری باشد و نسبت به مطالب درسی در سطح انتزاعی‌تر و کلی‌تر قرار دارد. پیش‌سازمان‌دهنده مطلبی است که معلم پیش از ارائه درس برای کمک به یادگیرندگان و به‌منظور سازمان دادن درس در اختیار آنان می‌گذارد. می‌توان از نقشه مفهومی به‌عنوان پیش‌سازمان دهنده برای ارائه مطالب درسی استفاده کرد. این کار به یادگیرندگان کمک می‌کند تا مطالب جدید را دسته‌بندی کرده و به‌خاطر بسپارند و نیز آن را به آموخته‌های دیگرشان پیوند دهند. این کار به‌ویژه برای درس‌های پیچیده‌ای که دارای بخش‌های متعددی هستند مفید است. همچنین اگر نقشه مفهومی به‌صورت سلسله مراتبی تهیه شود، تصویری از هرم ساخت‌شناسی در اختیار می‌گذارد.

کاربرد نقشه‌های مفهومی

به‌طور کلی می‌توان کاربردهای نقشه‌های مفهومی در فرایند یاددهی ـ یادگیری را به سه دسته تقسیم کرد:

۱. آموزش: استفاده از نقشه مفهومی در آموزش می‌تواند به دو روش صورت گیرد. یکی روش ارائه نقشه‌های مفهومی از پیش آماده شده توسط معلم یا دیگر افراد متخصص به فراگیران است، روش دیگر ساخته شدن نقشه‌ها توسط فراگیران نتایج پژوهش‌های انجام شده در زمینه‌ی اثربخش‌تر بودن یکی از این دو روش متناقض است. بدین‌صورت که عده‌ای از پژوهشگران [۱۳] ارائه نقشه‌های از پیش آماده شده را مفیدتر می‌دانند و برخی دیگر [۱۴] بر اثربخش‌تر بودن ساخت نقشه‌ها توسط فراگیران تأکید دارند. استفاده از نقشه‌های مفهومی از پیش آماده شده جهت ارئه درس، موجب می‌شود که مفاهیم کلیدی و مهم درس و رابطه‌ی بین آن‌ها با سایر مفاهیم شناسایی شده و تأکید بیشتری بر آن‌ها صورت گیرد و وقت کلاس صرف موضوع‌های کم اهمیت نشود. معلم می‌تواند نقشه مفهومی را به‌عنوان پیش‌سازمان‌دهنده در تدریس به‌کار گیرد یا در حین آموزش از آن استفاده نماید. همچنین می‌تواند نقشه مفهومی خلاصه مطالب درسی را تهیه کرده و در پایان درس به فراگیران ارائه نماید.

هنگامی‌که فراگیران به تهیه نقشه مفهومی یک موضوع می‌پردازند، آن را مجدداً مرور کرده و با استفاده از گزاره‌های جدید مفاهیمی را که از قبل می‌دانسته، به‌طور منطقی به یکدیگر مرتبط می‌کند و در این میان متوجه می‌شود که مفاهیم بسیاری را می‌توان به نقشه اضافه کرد و ارتباطهای احتمالی بسیاری نیز میان مفاهیم وجود دارد. بدین‌ترتیب وی در انتخاب مفاهیم و ارتباطهای میان آن‌ها دچار چالش ذهنی شده و به‌طور عمیق در مورد موضوع به تفکر می‌پردازد که به یادگیری عمیق و معنی‌دار منجر می‌شود.

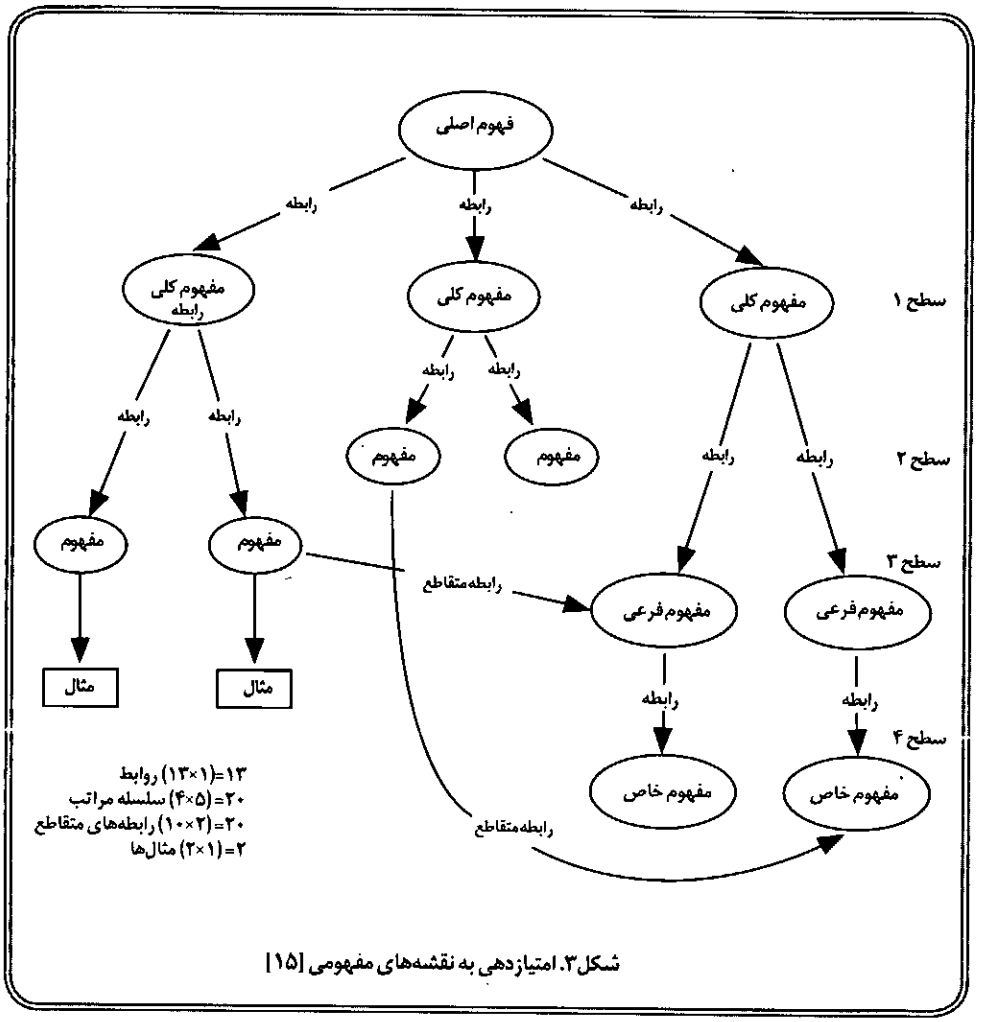
۲. ارزشیابی: نقشه مفهومی ابزار ارزشیابی قدرتمندی است که می‌توان از آن برای بررسی درک و فهم یادگیرندگان درباره یک موضوع استفاده کرد. با به‌کارگیری نقشه مفهومی می‌توان جنبه‌هایی از چارچوب دانش فرد را سنجید که از طریق روش‌های دیگر ممکن نیست. می‌توان از نقشه مفهومی به‌عنوان یک ابزار ارزشیابی تکوینی استفاده کرد. معلم می‌تواند از این طریق از اشتباه‌ها و برداشت‌های غلط دانش‌آموزان آگاه شود و آموزش را به گونه‌ای هدایت کند که به رفع آن‌ها کمک کند. در ارزشیابی پایانی نیز می‌توان از نقشه مفهومی استفاده کرد. می‌توان از فراگیران درخواست که نقشه مفهومی موضوع آموزش داده شده را رسم کنند. با بررسی نقشه‌های رسم شده توسط یک فرد، می‌توان توسعه عقاید و تغییرهای درک و فهم وی را به مرور زمان بررسی کرد. درست کردن یک نقشه مفهومی کامل، به‌ویژه در ابتدای کار، ممکن است برای فراگیران مشکل باشد. از سوی دیگر ارزشیابی نقشه‌های مفهومی تهیه شده توسط فراگیران نیز مشکل است، زیرا فقط یک نقشه مفهومی صحیح در مورد یک موضوع وجود ندارد و هر فرد با توجه به دانش و دیدگاهی که نسبت به موضوع دارد، می‌تواند نقشه متفاوتی بکشد. به‌طور کلی در ارزشیابی نقشه‌های مفهومی باید به موارد زیر توجه کرد:

- تعداد مفاهیم (گستردگی نقشه) و صحت آن‌ها
- وجود مفاهیم مهم مربوط به موضوع
- تعداد ارتباط‌های صحیح میان مفاهیم
- نسبت تعداد ارتباط‌ها به تعداد مفاهیم
- تعداد مثال‌های صحیح
- تعداد رابطه‌های متقاطع صحیح
- رعایت خاصیت سلسله مراتبی

نواک و گوین[۲] [۱۵] یک روش امتیازدهی کمّی برای نقشه‌های مفهومی پیشنهاد کرده‌اند. به این ترتیب که:

- هر رابطه (پیوند مفهوم ـ مفهوم) = ۱ امتیاز
- هر مثال = ۱ امتیاز
- هر رابطه متقاطع صحیح و مهم = ۱۰ امتیاز
- هر سطح سلسله مراتبی صحیح = ۵ امتیاز

در شکل (۳) مثالی از این روش امتیازدهی نشان داده شده است.



شکل ۳. امتیازدهی به نقشه‌های مفهومی [۱۵]

با به‌کارگیری نقشه‌ی مفهومی می‌توان جنبه‌هایی از چارچوب دانش فرد را سنجید که از طریق روش‌های دیگر ممکن نیست

می‌توان از فراگیران خواست تا به‌صورت گروهی به تهیه نقشه مفهومی بپردازند. نتایج پژوهش‌های انجام شده در زمینه مفیدتر بودن ساخت انفرادی یا گروهی نقشه‌های مفهومی متناقض است، اما واضح است که ساخت گروهی نقشه مفهومی فرصتی است که دانش‌آموزان در مورد موضوع بحث کنند و عقایدشان را با یکدیگر در میان بگذارند، که این امر در تقویت روحیه همکاران و کار گروهی مؤثر خواهد بود.

چون فرایند تهیه نقشه مفهومی توسط فراگیران و ارزشیابی آن توسط معلم، به‌ویژه در کلاس‌های پرجمعیت، بسیار وقت‌گیر است، می‌توان از روش‌های دیگری استفاده کرد که به زمان کمتری نیاز داشته و امتیازدهی به آن‌ها راحت‌تر باشد. در ادامه به چند تا از این روش‌ها اشاره می‌شود:

ـ یک نقشه مفهومی تهیه کرده و همه مفاهیم را از آن حذف می‌کنیم تا فقط رابطه‌ها باقی بماند. سپس از فراگیران می‌خواهیم که با جای‌گذاری مفاهیم مناسب، نقشه مفهومی را کامل کنند.

ـ تعدادی از مفاهیم یک نقشه مفهومی را حذف می‌کنیم و با قرار دادن مفاهیم حذف شده در اختیار فراگیران، از آن‌ها می‌خواهیم بتا با انتخاب از میان آن‌ها، نقشه را کامل کنند. در این حالت می‌توان بر اساس درصد پاسخ‌های صحیح انتخاب شده توسط دانش‌آموزان به آن‌ها نمره داد. در حقیقت نمره دادن به چنین آزمونی مانند نمره دادن به یک آزمون چندگزینه‌ای است.

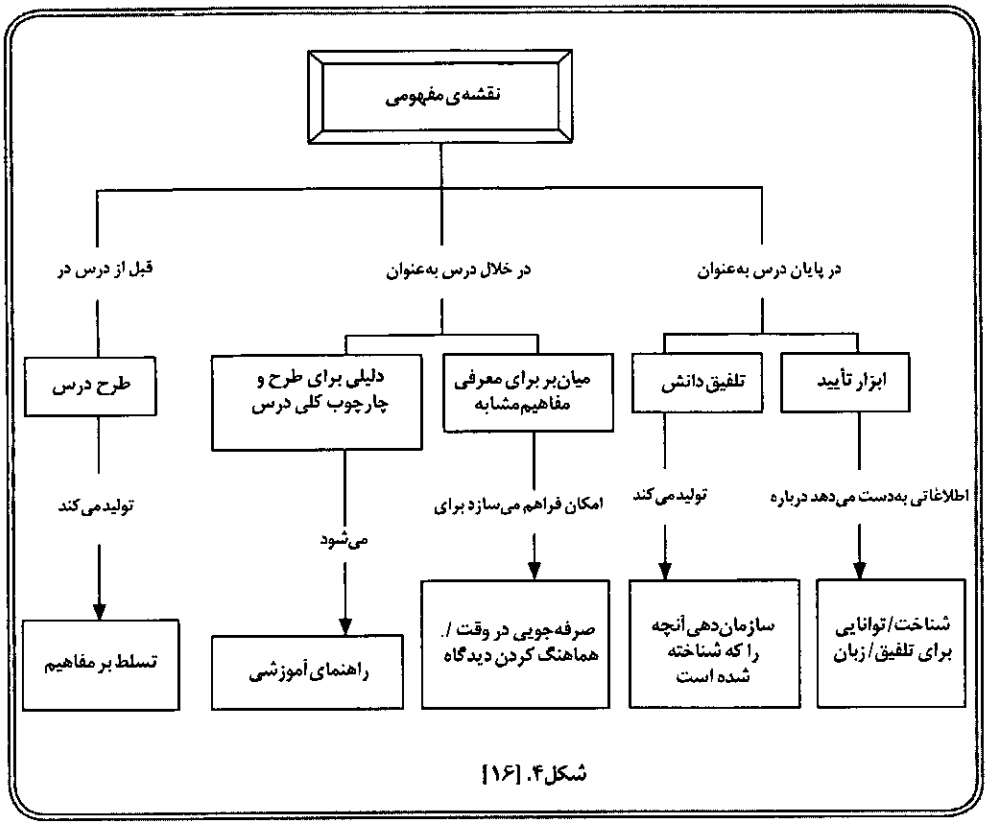
ـ فهرستی از مفاهیم (حدود ۱۰ تا ۲۰ مفهوم) تهیه می‌کنیم و از فراگیران می‌خواهیم که فقط با استفاده از آن‌ها نقشه مفهومی بسازند.

ـ تعدادی مفهوم (۵ تا ۱۰ مفهوم) انتخاب می‌کنیم و از دانش‌آموزان می‌خواهیم که با استفاده از این مفاهیم و مفاهیمی که خودشان اضافه می‌کنند، نقشه مفهومی تهیه کنند.

ـ تعدادی از مفاهیم را در اختیار فراگیران قرار می‌دهیم و از آن‌ها می‌خواهیم که تعداد مشخصی (مثلاً ۱۰تا) از این مفاهیم را انتخاب

کرده و با آن‌ها نقشه مفهومی بسازند.

۳. برنامه‌ریزی آموزشی: می‌توان از نقشه‌های مفهومی برای تهیه طرح و برنامه آموزشی استفاده کرد. این کار موجب می‌شود که معلم به‌طور دقیق در مورد موضوعی که باید تدریس کند و همچنین ترتیب ارائه محتوای آن، به تفکر بپردازد. نقشه‌های مفهومی تهیه شده ساختار محتوای درس را نشان می‌دهند، به مشخص کردن مسیر درس، قالب‌بندی عناوین و توالی محتوا کمک می‌کند. در شکل (۴) یک نقشه مفهومی در زمینه به‌کارگیری نقشه‌ها در برنامه درسی آورده شده است.



شکل ۴. [۱۶]

معلمان باید در زمینه نظریه‌های بنیادی نقشه ی مفهومی، فرایند ساختن آن و همچنین مزایای استفاده و موارد کاربرد آن آموزش ببینند

دشواری‌های به‌کارگیری نقشه‌های مفهومی

استفاده از نقشه مفهومی در فرایند آموزش با وجود داشتن امتیازهای بسیار، با دشواری‌هایی نیز همراه است. بسیاری از فراگیران نقشه مفهومی را نمی‌شناسند و باید در این زمینه آموزش ببینند. آموزش و استفاده از نقشه‌ها کاری وقت‌گیر است. همچنین زمانی که دانش‌آموزان برای اولین‌بار با نقشه مفهومی آشنا می‌شوند، ممکن است در کشیدن آن دچار مشکل شوند. این احتمالاً موجب بروز اضطراب و ناامیدی در آن‌ها می‌شود. اگر دانش‌آموزان به صورت گروهی نقشه مفهومی را تهیه کنند، می‌توانند در مورد موضوع بحث کرده و دیدگاه‌هایشان را با هم در میان بگذارند و این مسئله تا حدی حل می‌شود. حتی ممکن است فراگیرانی که به یادگیری طوطی‌وار عادت کرده‌اند، سعی کنند که نقشه‌های مفهومی را حفظ کنند. با وجود این دشواری‌ها تأثیر استفاده از نقشه‌های مفهومی در آموزش به‌قدری زیاد است که ارزش دارد معلم روی آن کار کند.

از سوی دیگر بسیاری از معلمان ما با نقشه‌های مفهومی آشنا نیستند و حتی ممکن است که با استفاده از آن به‌عنوان یک روش آموزش جدید مخالفت کنند. بنابراین معلمان باید در زمینه نظریه‌های پایه نقشه مفهومی، فرایند ساختن آن و همچنین مزایای استفاده و موارد کاربرد آن آموزش ببینند. همچنین باید به آنان کار کردن با نرم‌افزارهای نقشه مفهومی را نیز آموخت تا در آموزش خود از آن بهره بگیرند.

آموزش نقشه‌ی مفهومی به دانش‌آموزان

به‌منظور به‌کارگیری نقشه‌های مفهومی در فرایند آموزش، باید ابتدا آن را به دانش‌آموزان آموزش داد. روش‌های مختلفی برای آموزش نقشه مفهومی به دانش‌آموزان وجود دارد که در ادامه به یکی از آن‌ها اشاره می‌شود: [۷]

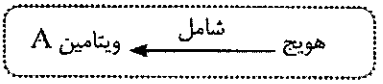
● مفهومی را که همه دانش‌آموزان با آن آشنا هستند، مثل اتومبیل، صندلی یا غذا به آن‌ها معرفی کنید.

● از دانش‌آموزان بخواهید تا ۱۰ مفهوم دیگر را که به این مفهوم اصلی ارتباط دارد، بنویسند.

● از آن‌ها بخواهید تا این ۱۰ مفهوم را از کلی‌ترین و جامع‌ترین به جزئی‌ترین یا از مهم‌ترین به کم اهمیت‌ترین مرتب کنند. این مرحله به چند دقیقه زمان نیاز دارد.

● از آنان بخواهید که مفهوم اصلی را در بالای یک صفحه نوشته و آن را داخل یک چهار ضلعی یا بیضی قرار دهند. به آن‌ها بگویید که بهتر است از مداد استفاده کنند.

● توضیح دهید که می‌خواهید آن‌ها مفاهیم فهرست را دو به دو با رابطه‌های جهت‌دار به هم مرتبط کنند و خطها را نامگذاری کنند و این کار را ادامه دهند تا همه‌ی مفاهیم روی نقشه را بیابند. مثلاً



● وقت زیادی (حدود ۲۰ الی ۳۰ دقیقه) به دانش‌آموزان بدهید. از آن‌ها بخواهید که هر تعداد مفهوم که می‌خواهند، به نقشه اضافه کنند. ارتباط‌های بیشتری میان مفاهیم پیدا کنند و بین قسمت‌های مختلف نقشه رابطه‌های متقاطع شناسایی کنند. به آنان بگویید که داخل هر بیضی یا چهارضلعی یک مفهوم می‌تواند قرار بگیرد، نه یک جمله. توضیح دهید که هنگام کامل کردن نقشه نگران مرتب و تمیز بودن آن نباشند و هرچند بار که بخواهند، می‌توانند نقشه را دوباره بکشند.

● هنگامی که دانش‌آموزان نقشه‌هایشان را درست می‌کنند، در کلاس قدم بزنید و بر کارشان نظارت داشته باشید. به آنان بگویید که فقط یک نقشه مفهومی صحیح وجود ندارد و می‌توان برای یک موضوع نقشه‌های مفهومی صحیح مختلفی تهیه کرد. به این ترتیب حس خلاقیتشان تقویت خواهد شد.

● از چند دانش‌آموز بخواهید که نقشه‌هایشان را در کلاس نشان دهند. ممکن است برای این کار در کلاس‌های بزرگ نیاز به اسلاید داشته باشید. به نقشه‌هایی که دانش‌آموزان درست کرده‌اند و به ویژه به ارتباط میان مفاهیم توجه کنید. در مورد امتیازهای استفاده از نقشه‌های مفهومی برای دانش‌آموزان صحبت کنید. اشاره کنید که از نقشه‌های مفهومی می‌توان برای خلاصه کردن مطالب درسی یا کتاب به هنگام مطالعه استفاده کرد.

● در کلاس بعدی مفهوم اصلی درستان (مثل ستاره یا سلول) را به دانش‌آموزان بدهید و از آن‌ها بخواهید که برای آن نقشه مفهومی درست کنند. نقشه‌ها را از دانش‌آموزان بگیرید و بررسی کنید. اگر لازم باشد، می‌توانید پیشنهادهایی برای اصلاح نقشه‌ها به دانش‌آموزان بدهید.

● نقشه‌ها را به دانش‌آموزان برگردانید و از آن‌ها بخواهید که بعداً فکر کنند و اگر می‌خواهند، تغییرهایی در نقشه ایجاد کنند یا حتی آن را دوباره بکشند.

زیرنویس

1. Novak
2. Cornel
3. Ausubel
4. Gowin

منابع

۱. سیف، علی‌اکبر «روان‌شناسی پرورشی (روان‌شناسی یادگیری و آموزشی)» انتشارات آگاه، ۱۳۸۰.

۲. کرد نوقابی، رسول «آموزش مستقیم (به همراه نظریه‌ها، الگوها، و راهبردهای آموزشی)» نشر دیدار، ۱۳۸۶.

۳. جویس، بروس؛ ویل، ماشا؛ بهرنگی، محمدرضا «الگوهای جدید تدریس» انتشارات تابان با همکاری نشر کمال تربیت، ۱۳۷۶.

4. Beitz, J.M. "Concept mapping: Navigating the learning process.", Nurse Education, 1998.

5. Novak, J.D. "The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them.", 2005, in www.stanford. edu/dept/SUSE/projects/ireport/articles/concept _maps/The%20 Theory %20Underlying%20 Concept%20Maps.pdf

6. Jonassen, D.H., Reeves, T.C., Hong, N., Harvey, D. and Peters, K." Concept mapping as cognitive learning and assessment tools." , Journal of Interactive Lerarning Reserarch, 1997.

7. Zeilik, M. "Concept mapping", 2000, in http://www.flaguide.org/extra/download/cat/conmap/conmap.pdf

8. Cooper. J. M, "classroom teaching skills", Boston: Houghton Mifflin company, 1999.

9. Williams. M.A, "integrating concept mapping into science curriculume and instructional practice: teacher experiences, observation, and recommendation for future projects" ,Journal of interactive learning research, 1997.

10. Grayson. H, Walker. J, "concept mapping and curriculum design", Teaching resource center, 2000.

11. Novak, J.D "Concept maps: A useful tool for science education", Journal of Research in Science Teaching, 1990.

12. Bruillard, E. and Baron, G. "Computer-Based Concept Mapping a Cognitive Tool for Students: A review", Proceedings of conference on educational uses of information and communication technologies, 2000.

13. Willerman M. and Mac Harg. R. A. "The concept map as an organizer". Jornal of Research in Science Teaching. 1991.

14. Wander see, J.H. "Concept Mapping and Cartography of Cognition". Journal of Research in saince Theaching, 1990.

15. Novak, J.D. and Gowin, D.B. "Learning how to learn". Cambridge University Press, 1984.

16. Trombetta. M, Azzali. E, Bassi. M, Beltrame. S, Bitto. D, Calvani. M, Catanese. G, Margari. A, Sclippa. S, Stella. S, Trifiletti. G, Visintin. I, "Using Conceptual maps and semi-structured interviews in teaching Mathematics", 2001.

مروری

قسمت دهم

ریشه‌یابی واژه‌های فیزیک

سید جعفر مهرداد

۵۶ - دما

انگلیسی: temperature
فرانسوی: température[f]
عربی: درجه الحراره

در ترمودینامیک «دما» به‌صورت زیر تعریف شده است.

«کمیتی که معرف انرژی جنبشی متوسط مولکول‌های جسم است.»[۱] این تعریف معطوف به مولکول و بنابراین تعریف میکروسکوپی «دما» است.

«چون ماده از اتم و مولکول ساخته می‌شود مفهوم میکروسکوپی دما را باید برحسب دینامیک ذرات سازنده‌ی سیستم(سامانه) تعبیر کنیم... به طور مشخص در مورد گاز کامل متشکل از فقط یک نوع ذره‌ی تک اتمی، با به کار بستن ملاحظات مکانیکی برای این سامانه ذرات آرمانی می‌توان رابطه‌ی زیر را به دست‌آورد

$$\frac{۳}{۲}K_B T = \frac{۱}{۲}m\bar{v}^۲$$

که در آن K_B ثابت بولتزمن $K_B = ۱/۳۸\times۱۰^{-۲۳}\ J/K$، m جرم ذره و $\bar{v}$ سرعت متوسط ذره است. دمای زیادتر با حرکت سریع‌تر مولکول‌ها متناظر است».[۲]

وقتی دو جسم، یکی سرد و دیگری گرم، در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند، انرژی جنبشی جسم یا دمای بیش‌تر به تدریج به

مولکول‌های جسم با دمای کم‌تر منتقل می‌شود. به این ترتیب دمای جسم سردتر افزایش و دمای جسم گرم‌تر کاهش می‌یابد تا آن‌جا که تعادل گرمایی ایجاد شود در این هنگام انرژی جنبشی مجموعه‌ی دو سامانه به‌طور متوسط در میان تمام مولکول‌ها به‌طور یکنواخت توزیع شده است.[۳]

حس لامسه در تشخیص میزان گرمی و سردی یا دمای جسم خطا می‌کند. در زمستان دستگیره‌ی فلزی در چوبی سردتر از چوب حس می‌شود در صورتی که دمای آن‌ها یکسان است. هرگاه دست راست را در آب گرم و دست چپ را در آب سرد قرار دهیم و پس از آن هر دو دست را خارج و در آب نیمگرمی وارد کنیم، دست راست آب نیمگرم را سرد و دست چپ همان آب نیم‌گرم را گرم حس می‌کند. این آزمایش در سال ۱۶۹۰ میلادی به وسیله‌ی جان‌لاک بیان شده است.[۴]

در کتاب‌های فارسی معادل temperature واژه‌های درجه حرارت، حرارت، تبش، گرمش، تفسازینه، گرمش زینه، زینه‌گرما، گرمازینه را نیز به‌کار گرفته‌اند.

زینه به معنی پله و پایه و نردبان است. فرهنگستان اول «زینه» را معادل درجه (Degré فرانسوی و degree انگلیسی) گرفته است.[۵]

زیرنویس

۱. واژه‌های مصوب فرهنگستان دفتر دوم گروه واژه‌گزینی

۲. دانشنامه‌ی فیزیک - مرکز تحصیلات تکمیلی علوم پایه - زنجان - ص۷۰۳ Raymond A. Swrway– Physics, 1992, P.563

۳. همان

4.Harris Benson University Physics, 1991, P. 357

۵. مرجع و ۵- واژگان برق مرکز نشر دانشگاهی

۵۷- انرژی درونی

انگلیسی: Internal energy
فرانسوی: energie interne
عربی: طاقه داخلیه

در فیزیک «انرژی درونی» به‌صورت زیر تعریف شده است: «مجموع انرژی‌های جنبشی و ذاتی تک‌تک ذرات و انرژی برهم‌کنش میان آن‌ها در هر سامانه‌ترمودینامیکی»[۱].

در ترمودینامیک «دما» به‌صورت زیر تعریف شده است: «کمیتی که معرف انرژی جنبشی متوسط مولکول‌های جسم است»

«انرژی درونی» ویژگی حالت سامانه‌ی ترمودینامیکی (سیستم ترمودینامیکی) را مشخص می‌کند. این واژه را در قانون اول ترمودینامیک به‌کار می‌برند.[۲]

برای یک سامانه‌ی ترمودینامیکی که با محیط خارج خود، فقط کار و گرما مبادله می‌کند، قانون اول ترمودینامیک را با رابطه زیر بیان می‌کنند.

$$\Delta U = Q - W$$

W و Q به‌ترتیب کل کار و کل گرمای مبادله شده و ΔU تغییر انرژی درونی سامانه ترمودینامیکی را نشان می‌دهد.[۲]

در رابطه‌ی مربوطه به قانون اول ترمودینامیک هرگاه سامانه یا سیستم از خارج گرما بگیرد Q مثبت است (و اگر به خارج گرما بدهد Q منفی است) و هنگامی‌که سامانه به خارج کار بدهد W مثبت است (و اگر از خارج کار بگیرد W منفی است)

مثال: استوانه‌ای با پیستون شامل ۰/۲ کیلوگرم آب $100^\circ C$ است. هرگاه این آب در فشار ثابت یک اتمسفر به بخار آب $100^\circ C$ تبدیل شود، انرژی درونی آب چقدر تغییر می‌کند؟

چگالی آب $\rho_w = 10^3 kg/m^3$ و چگالی بخار $\rho_s = 10^3 kg/m^3$ و گرمای نهان تبخیر $L = 2/26 \times 10^6 J/kg$ است.

حل: مقدار گرمایی که آب می‌گیرد تا به بخار تبدیل شود برابر است با

$$Q = mL = 0/2 \times 2/26 \times 10^6 = 4/452 \times 10^6 J$$

V_w حجم آب و V_s حجم بخار و P فشار محیطی خارج و W کاری است که آب بر اثر انبساط به محیط خارج می‌دهد.

$$W = p(V_s - V_w) = p\left(\frac{m}{\rho_s} - \frac{m}{\rho_w}\right)$$

$$W = 1/01 \times 10^5 \left(\frac{0/2}{0/6} - \frac{0/2}{1000}\right) = 3/36 \times 10^4 J$$

بنابراین تغییر انرژی درونی آب برابر است با

$$\Delta u = Q - W = 452 kJ - 332 kJ = 418 kJ$$

به جای انرژی درونی، انرژی داخلی و مترادف با آن‌ها انرژی ترمودینامیکی (thermalydmamic energy) را نیز به‌کار می‌برند.[۴]

زیرنویس

۱. واژه ی مصوب فرهنگستان دفتر دوم گروه واژه‌گزینی

۲. مرجع ۷

3.Harris Benson University Physics, 1991, P. 377, 380

۴. مرجع ۶- الف و مرجع ۸

۵۸- گاز آرمانی

انگلیسی: Ideal gus
فرانسوی: gaz parfait
عربی: غاز مثالیّ

در فیزیک گاز کامل عبارت است از:
«گازی که ذرات آن بی‌نهایت کوچک و بدون برهم کنش محسوس باشد.»[1]
گاز آرمانی را مترادف با گاز کامل (Perfect gas) نیز به‌کار می‌برند و گاز کامل را به‌صورت زیر تعریف می‌کنند.
«گاز حقیقی بسیار رقیقی که نیروهای بین مولکولی آن بسیار کم است».[2]
گاز آرمانی به‌صورت زیر نیز تعریف شده است:
گازی است که از قانون بویل پیروی می‌کند. مطابق این قانون برای مقدار معینی گاز در دمای ثابت، حاصل‌ضرب حجم گاز در فشار آن مقداری است ثابت.[3] این قانون توصیف ماکروسکوپی گاز آرمانی است.
قانون گازهای آرمانی نخستین‌بار توسط بویل در ۱۶۶۰ در انگلیس و دوباره شانزده سال بعد توسط ماریوت در فرانسه انتشار یافت.[4]
معادله‌ی حالت یا رابطه میان فشار و حجم و دمای مطلق گاز آرمانی به‌صورت زیر است.

$$PV=nRT$$

در این رابطه P فشار، V حجم، T دمای مطلق و n تعداد مولکول‌های گاز است. R مقدار ثابت گاز آرمانی است که برای تمام گازهای با چگالی بسیار کم یکسان و برابر با $R = ۸/۳۱۴ J/mol.K$ است ($n = m/M$ و m جرم گاز، M جرم مولکولی گاز است).[5] در کتاب‌ها به جای گاز آرمانی، گاز کامل، گاز ایده‌آل نیز به‌کار می‌برند.[6]

زیرنویس
۱. واژه مصوب فرهنگستان دفتر سوم گروه واژه‌گزینی
۲. همان و مرجع ۸
۳. مرجع ۷
۴. دانشنامه فیزیک ذیل واژه‌گاز ایده‌آل
۵. مرجع ۹
۶. مرجع ۶ - الف

۵۹- گاز حقیقی

انگلیسی: Real gas, Im perfect gas
فرانسوی: gaz réel
عربی: غاز حقیقی

گاز حقیقی «گازی که به علت برهم کنش بین مولکولی، خواص آن با خواص گاز آرمانی متفاوت است.»[1]
معادله‌ی حرکت گاز آرمانی برای گاز حقیقی وقتی صادق است که این گاز به اندازه‌ی کافی رقیق و دمای آن هم به‌قدر لازم از دمای میعانش بیشتر است. به‌عنوان مثال هوا در فشار جو و دمای اتاق همانند گاز آرمانی است و از معادله حرکت آن پیروی می‌کند.
حدود سال ۱۸۰۰ شارل و گی‌لوساک به‌طور جداگانه دریافتند که در فشار ثابت حجم مقدار معینی گاز با دمای مطلق آن نسبت مستقیم دارد و همچنین گی‌لوساک پی برد که در حجم ثابت فشار مقدار معینی گاز با دمای مطلق آن نسبت مستقیم دارد.
معادله‌ی حالت گاز آرمانی شامل همه قانون‌های مذکور است.[2]

$$PV=nRT \Rightarrow$$

(دمای ثابت) ← ثابت = PV ← (بویل)
(فشار ثابت) ← $V \propto T$ ← (شارل و گیلوساک)
(حجم ثابت) ← $P \propto T$ ← (گیلوساک)

بویل دانشمند انگلیسی (۱۶۹۱-۱۶۲۷) در کتاب **شیمی‌دان شکاک** (۱۶۶۱) تجربه‌های خود را درباره رابطه بین فشار و حجم هوا انتشار داد. ماریوت کشیش فرانسوی (۱۶۸۴-۱۶۲۰) در سال ۱۶۷۶ در کتاب خود به‌نام «تجربه درباره طبیعت هوا»

نوشت اگر می‌خواهیم حجم گازی را نصف کنیم باید فشار آن را مضاعف کنیم و اگر طالب آن هستیم که حجم گاز مضاعف شود راهش آن است که فشار آن را نصف کنیم. اهمیت اساسی کارهای این فیزیک‌دان بزرگ در آن نبود که قانون مهم و بزرگ [قانون بویل یا قانون بویل ماریوت] را به‌دست آورد بلکه فتح و غلبه روش جدید تجربی را ثابت و مسلم کرد.

گی‌لوساک (۱۸۵۰-۱۷۷۸) دانشمند و فارغ‌التحصیل پلی تکنیک ضمن مطالعه انبساط گازها قانون گی‌لوساک را کشف کرد و دوبار به وسیله‌ی بالون به هوا رفت و بار دوم تا ۷۰۱۶ متری بالای زمین رسید و طی راه انواع تجربه‌های علمی را انجام داد.

شارل (۱۸۲۳-۱۷۴۶) دانشمند فرانسوی رئیس بخش فیزیک تجربی در فرهنگستان علوم بود. سفر موفقیت‌آمیزی به مسافت تقریباً ۴۳/۵ کیلومتر از پاریس با بالون انجام داد. قانون انبساط گاز $V \propto T$ را نخست گی‌لوساک علنی ساخت. همین قانون را شارل دو سال پیش از آن کشف کرده بود و از این‌رو اغلب آن را «قانون شارل» می‌نامند.[۲] [قانون شارل یا شارل و گی‌لوساک]

زیرنویس
۱. واژه مصوب فرهنگستان دفتر سوم گروه واژه گزینی
2.Harris Benson University Physics, 1991, P. 360
۳. تاریخ علوم پیر روسو - سرگذشت فیزیک ژرژ گاموف - زندگینامه علمی دانشمندان دانشنامه بزرگ فارسی

۶۰- صفر مطلق

انگلیسی: absolute zero
فرانسوی: zéro absolute
عربی: درجه الصفر المطلق

در فیزیک صفر مطلق عبارت است از:
«دمایی که در آن فرض بر این است که حرکت مولکولی از میان می‌رود و جسم دارای انرژی گرمایی نیست».[۱]

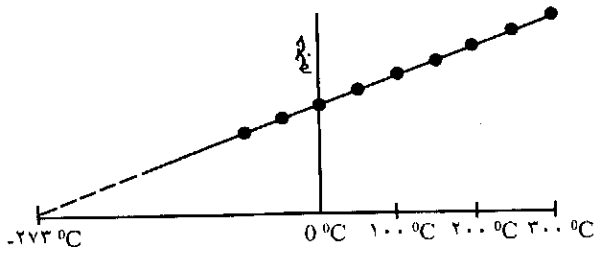
در فیزیک، صفر مطلق عبارت است از: دمایی که در آن فرض بر این است که حرکت مولکولی از میان می‌رود و جسم دارای انرژی گرمایی نیست

فیزیک‌دان سوئدی سلسیوس استاد فیزیک دانشگاه در سال ۱۷۴۲ درجه‌بندی مابین صفر و صد را که به دو دمای انجماد و غلیان آب محدود می‌شد قبول کرد و میزان الحراره [دماسنج] صد درجه‌ای یا سانتی‌گراد در همه جهان معمول شد. از طرف دیگر به موجب تعلیمات گی‌لوساک هربار که دمای گازی یک‌درجه تنزل کند در حجم ثابت به‌قدر $\frac{۱}{۲۷۳}$ از فشار آن کاسته می‌گردد بنابراین اگر دمای مفروض ۲۷۳ درجه تنزل کند گاز مزبور مطلقاً [یعنی به‌طور کامل و تمام و بی‌قید و بی‌شرط] دارای فشار نیست و از یک عده مولکول‌های بی‌حرکت تشکیل می‌گردد. بنابراین *دمای صفر مطلق*، در دمای یخ نیست بلکه ۲۷۳ درجه پایین آن است.»[۲]

اختلاف مقیاس مطلق با مقیاس سلسیوس (یا سانتی‌گراد) تنها در انتقال صفر است یعنی صفر مطلق برابر $-۲۷۳^{\circ}C$ اختیار شده است و هر درجه مطلق برابر یک درجه سانتی‌گراد است. پس اگر در مقیاس دمای مطلق دما را با T و در مقیاس سلسیوس یا سانتی‌گراد دما را با t نشان دهیم، رابطه‌ی زیر را خواهیم داشت.

$$T=t+۲۷۳$$

مقیاس دمای مطلق و مفهوم صفر مطلق را فیزیکدان بریتانیایی ویلیام تامسون (لُرد کلوین) (۱۸۲۴-۱۹۰۷) مطرح کرد.[۳] دمایی را که در مبنای پایه صفر مطلق سنجیده می‌شود کلوین (K) می‌خوانند.



در شکل محور افقی دما و محور قائم حجم مقدار معینی گاز را در فشار ثابت نشان می‌دهد. خط پر از روی دانسته‌های واقعی مربوط به دما و حجم گاز رسم شده است. نمودار نشان می‌دهد که با افزایش دما حجم گاز با آهنگ ثابتی افزایش یافته است. (قانون شارل گی‌لوساک). امتداد خط پر به صورت خط‌چین محور دما را در $-۲۷۳^{\circ}C$ قطع کرده است. این بدان معناست که اگر گاز تا $-۲۷۳^{\circ}C$ سرد شود حجم آن صفر می‌شود. بنابراین پایین‌ترین دما از لحاظ نظری $-۲۷۳^{\circ}C$ است و آن را صفر مطلق می‌نامند.[۴]

(با توجه به تجربه‌ها و اندازه‌گیری‌های دقیق تازه و انتخاب نقطه‌ی مرجع مناسب در ترمودینامیک از لحاظ نظری پایین‌ترین دمای ممکن یعنی صفر مطلق برابر $-۲۷۳/۱۵^{\circ}C$ و سرانجام $-۲۷۳/۱۶^{\circ}C$ اختیار شده است.)[۵]

زیرنویس
۱. واژه مصوب فرهنگستان دفتر دوم واژه‌گزینی
۲. تاریخ علوم پیر روسو
۳. بنیاد دانشنامه بزرگ فارسی - گامشمار علم
4. Douglase. Physics, 1985, P. 226
۵. به ترتیب مرجع ۸ و مرجع ۷

نمایش هیجان انگیز فیزیک

پرل واکر
ترجمه: محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر

آموزشی

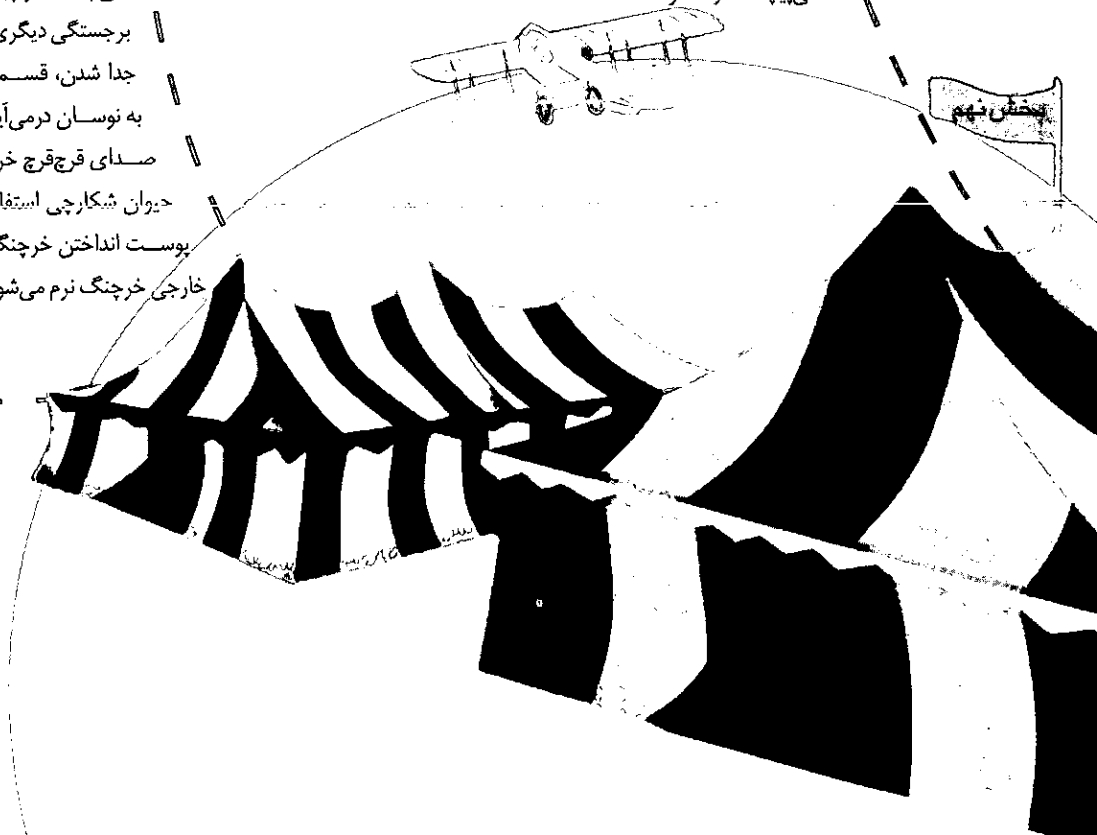
جیرجیرک و خرچنگ‌های دریایی خاردار

جیرجیرک‌ها چگونه جیرجیر می‌کنند و خرچنگ‌های دریایی چگونه قرچ‌قرچ می‌کنند؟

پاسخ. جیرجیرک نر با باز کردن بال‌های جلوی خود و بستن بال جلوی سمت راست خود بر روی بال جلوی سمت چپش، برای جیرجیرک ماده جیرجیر می‌کند. وقتی بال‌ها روی یکدیگر بسته می‌شوند، یک بخش نوک‌تیز سخت (یک مضراب) در بالای بال سمت چپ بر روی مجموعه‌ای از برجستگی‌های کوچک (ردیفی از دندانه‌های قلاب شکل) در زیر بال سمت راست کشیده می‌شود. مضراب به برجستگی‌های متوالی برخورد می کند و باعث نوسان مضراب و ردیف دندانه‌ای‌شکل می‌شود که این خود موجب به نوسان درآمدن بیشتر بقیه‌ی دو بال می‌گردد. سپس این نوسان بال‌ها، به‌ویژه در ناحیه‌ی نسبتاً بزرگی موسوم به چنگ، تغییراتی را در فشار هوا تولید می‌کند که به‌صورت امواج صوتی از بال منتشر می شوند که همان صدای جیرجیرک است. بسامد این صدا به سرعتی بستگی دارد که با آن زخمه به برجستگی‌ها گیر کرده و از آن‌ها رها می‌شود. ظاهراً این سرعت را بسامد به نوسان درآمدن ناحیه‌ی چنگ در هر یک از بال‌ها کنترل می کند: وقتی چنگ حرکت کند، زخمه یا یکی از برجستگی‌ها را می‌پیچاند تا رها شوند.

اما جفت‌یابی جیرجیرک‌های نر هزینه‌ای هم دارد، زیرا این فراخوان موجب جذب حشراتی می شود که می‌توانند به‌طور شنیداری به سمت جیرجیرک حرکت و روی آن تخم‌گذاری کنند. لاروهای انگلی که سرانجام از این تخم‌ها بیرون می‌آیند به بدن جیرجیرک نقب می‌زنند و آن را می کشند. (جفت‌یابی هم برای مردان و هم جیرجیرک‌های نر اغلب مشکل‌آفرین است!)

گرچه خرچنگ دریایی خاردار نیز یک قسمت نوک‌تیز (بخشی از یک شاخک) را بر روی ردیفی دندانه‌ای شکل (یک صفحه‌ی زبر میکروسکوپی در زیر چشمان خود) می‌کشد، اما شرایط در اینجا کاملاً متفاوت است. زیرا این قسمت نوک‌تیز بافت نرمی دارد و با برخورد به برجستگی‌های ردیف، صدایی تولید نمی‌کند. بلکه، وقتی این قسمت نوک‌تیز در طول ردیف دندانه‌ای شکل و بر روی هر یک از برجستگی‌ها کشیده می‌شود، به یک برجستگی می‌چسبد و پیش از آن‌که سرانجام به طرف برجستگی دیگری حرکت کند، کش می‌آید. در هنگام جدا شدن، قسمت نوک‌تیز و ردیف دندانه‌ای‌شکل به نوسان درمی‌آیند که صدایی تولید می‌کند ـ همان صدای قرچ‌قرچ خرچنگ. این صدا که برای رم دادن حیوان شکارچی استفاده می شود، حتی می‌تواند در طول پوست انداختن خرچنگ، که در حین آن پوشش محافظ خارجی خرچنگ نرم می‌شود، نیز عمل کند.



بخش نهم

قورباغه و نواختن درخت؛ جیرجیرک و نواختن نقب

چرا قورباغه‌ی نر درختی برونئویی(Metaphrynella sundana) در سوراخ درخت می‌نشیند و برای جفت خود جیرجیر می‌کند؟ چرا وقتی جیرجیرک خال‌دار در زمین نقب می‌زند، شدت و صافی صدایش افزایش می‌یابد؟

پاسخ. قورباغه‌ی نر درختی معمولاً راحت در حوضچه‌ای از آب در درون حفره‌ی درخت می‌نشیند. وقتی قورباغه می‌خواهد توجه جفت خود را جلب کند معمولاً فراخوانش را با افزایش و کاهش بسامد آزمایش می‌کند تا این‌که با پایین‌ترین **بسامد تشدید** حفره منطبق شود. این پایین‌ترین بسامدی است که در آن امواج صوتی یکدیگر را تقویت می‌کنند و در نتیجه یک موج صوتی قوی به‌وجود می‌آید. وقتی این تطابق حاصل شود، صدایی که از حفره خارج می‌شود بلند خواهد بود و برای حکایت کردن تنهایی قورباغه مسافت زیادی را طی می‌کند.

جیرجیرک نقب‌زن هم همین‌طور است زیرا حفره‌ای را می‌کند که در آن جیرجیرش تشدید شود؛ یعنی، بسامد جیرجیر یا بسامد تشدید حفره منطبق گردد. جیرجیرک حفره‌ی خود را در چند مرحله می‌سازد که عموماً از یک حفره‌ی حباب مانند و یک بخش شیپوری شکل تشکیل شده است که حفره را به بیرون متصل می‌کند، بسیار مانند برخی سازهای موسیقایی که انتهای باز آن‌ها شیپوری است تا صدا بتواند از آن‌ها خارج شده و به گوش برسد. جیرجیرک در پایان هر مرحله مکث و جیرجیر می‌کند تا امتحان کند صدا در حفره تشدید پیدا می‌کند یا نه. سرانجام تشدید حاصل می‌شود و شیپور به خوبی امواج صوتی قوی را از حفره به محیط منتقل می‌کند.

حمله‌ی زنجره‌های استرالیایی

اگر وقتی خواب‌اید، زنجره[1] نر استرالیایی موسوم به Cyclochila australasiae در نزدیکی شما سر و صدا کند، وحشت‌زده خواهید شد، زیرا این صدا بسیار بلند است (۱۰۰ دسی‌بل در فاصله‌ی یک متری). چگونه این حشره‌ی ۶۰ میلی متری که پرسروصداترین حشره‌ی شناخته شده است می‌تواند این قشقرق را راه بیندازد؟

پاسخ. هر طرف بدن زنجره حاوی ساختار طبل مانندی با چهار دنده‌ی عمودی است که به بیرون خم شده‌اند. یک عضله این ساختار را طوری به داخل می‌کشد که دنده‌ها ناگهان یکی پس از دیگری به داخل خم می‌شوند. هنگام خم شدن این ساختار، هر دنده تپی را ـ به‌صورت تلق ـ گسیل می‌کند. دسته‌ای از تلق‌ها موجب تشدید در کیسه‌ی هوای درون شکم زنجره می‌شوند؛ یعنی، امواج صوتی تقویت شده بسامدی برابر با ۴۳۰۰ هرتز و تراز صوتی بیش از ۱۵۰ دسی‌بل دارد (که حتی بیشتر از ترازی است که شما در یک کنسرت پرسروصدا می‌شنوید). سپس صدای تولید شده در شکم از طریق یک پرده‌ی گوش در دو طرف زنجره گسیل می‌شود. این‌که چرا زنجره کر نمی‌شود، کاملاً معلوم نشده است.

صداهای پنگوئن

پنگوئن امپراتور پس از شیرجه زدن در آب و خوردن غذا باید دوباره روی جایگاه یخی شناور خود بخزد و پیش جفتش برگردد. اما در زمستان، جفت او می‌تواند هر جا در بین هزاران پنگوئنی باشد که دور هم جمع شده‌اند تا از یخ‌زدگی در هوای خشن قطب جنوب، که در آن‌جا دما می‌تواند $-40^{\circ}C$ و سرعت باد ۳۰۰ کیلومتر در ساعت باشد در امان بمانند. وانگهی، همه‌ی پنگوئن‌ها تقریباً یک شکل‌اند، و در نتیجه یک پنگوئن نمی‌تواند از طریق دیدن، جفت خود را بازشناسد. پس، چگونه یک پنگوئن جفت خود را از میان هزاران پنگوئن دیگر می یابد؟

پاسخ. اکثر پرندگان فقط با استفاده از یک طرف عضو صوتی دو طرفه‌ی خود، موسوم به سیرنکس (جعبه‌ی صدا)[2]، صدا تولید می کنند. اما پنگوئن‌های امپراتور با استفاده‌ی همزمان از هر دو طرف این عضو، صدا تولید می‌کنند. هر طرف باعث تشدید در گلو و دهان پرنده می‌شود، که بسیار شبیه تولید تشدید در لوله‌ای دو سر باز است؛ یعنی، امواج صوتی برای تولید یک موج برایند قوی یکدیگر را تقویت می کنند. آن بسامد این موج صوتی که یک طرف سیرنکس تولید می‌کند با بسامدی که طرف دیگر آن به وجود می‌آورد فرق دارد. شنونده، میانگینی از این دو بسامد را حس می‌کند. اما همچنین متوجه می‌شود که این میانگین، ارتعاش دارد[3]. یعنی، شدت آن با *بسامد زنش* معینی که برابر با تفاوت دو بسامد واقعی است، بلند و کوتاه می‌شود. پنگوئن‌ها می‌توانند متوجه این بسامدهای زنش شوند. بنابراین، فریاد پنگوئن مملو از بسامدهای تشدید متفاوت و بسامدهای زنش مختلف است، که این امکان تشخیص صدا حتی در بین صدای هزاران پنگوئن دیگر را فراهم می‌سازد.

اکثر پرندگان فقط با استفاده از یک طرف عضو صوتی دو طرفه‌ی خود، موسوم به سیرنکس (جعبه‌ی صدا)، صدا تولید می کنند. اما پنگوئن‌های امپراتور با استفاده‌ی همزمان از هر دو طرف این عضو، صدا تولید می‌کنند

تلق تلق‌های نهنگ

نهنگ عنبر[4] با ایجاد یک رشته تلق‌تلق صدا تولید می‌کند. در واقع، نهنگ برای شروع این رشته تلق‌تلق‌ها، فقط صدایی را در حوالی جلوی سر خود تولید می‌کند. چه چیزی بقیه‌ی این رشته را تولید می‌کند؟ چگونه پژوهشگران با استفاده از چنین رشته‌ی تلق‌تلق‌ها می‌توانند طول این نهنگ را تعیین کنند؟

پاسخ. بخشی از صدایی را که نهنگ در جلوی سر خود تولید می‌کند وارد آب می‌شود تا نخستین تلق‌تلق آشکار شده باشد. بقیه‌ی صدا از طریق کیسه‌ی روغن[5] (توده‌ای چربی) در سر

نهنگ رو به عقب حرکت می‌کند، از کیسه‌ی قدامی (لایه‌ای از هوا) در پشت سر بازمی‌تابد، و سپس از طریق کیسه‌ی روغن جلو می‌رود. وقتی صدا به کیسه‌ی تحتانی (یک لایه‌ی هوای دیگر) در جلوی سر نهنگ می‌رسد، بخشی از صدا به درون آب می‌گریزد تا تلق‌تلق دوم شکل بگیرد و بقیه‌ی آن از طریق کیسه‌ی روغن به عقب فرستاده می‌شود. این چرخه چند بار تکرار می شود و بدین ترتیب تلق‌تلق‌های بیشتری تولید می‌گردد. بازه‌ی زمانی بین تلق‌تلق‌های متوالی به فاصله‌ی بین کیسه‌های قدامی و تحتانی بستگی دارد، که خود متناسب با اندازه‌ی نهنگ است. بنابراین، پژوهشگران می‌توانند با اندازه‌گیری این بازه‌ی زمانی، طول نهنگ را برآورد کنند.

طنین بازتاب

وقتی هواپیمایی در فاصله‌ای نزدیک تقریباً در بالای سر شما پرواز می‌کند که صدای آن را می‌شنوید، با خم شدن به طرف زمین، سر خود را پایین بیاورید. چرا وقتی سر خود را پایین می‌آورید، بسامد صدای هواپیما افزایش می‌یابد؟

پاسخ. صدایی که می‌شنوید متشکل از صدایی است که مستقیماً از هواپیما به شما می رسد و نیز صدایی که از سطح زمین به طرف شما بازمی‌تابد. این دو دسته از امواج صوتی در گوش شما تداخل می‌کنند و در وهله‌ی اول صدای امواجی را می‌شنوید که به‌طور سازنده تداخل کرده‌اند (یعنی به جای این‌که یکدیگر را خنثی کنند، همدیگر را تقویت می کنند). ارتفاعی از سطح زمین که در آن تداخل سازنده رخ می دهد به طول موج بستگی دارد ـ طول موج بزرگ‌تر (بلندتر) به ارتفاع بیشتری نیاز دارد. وقتی سر خود را پایین می‌آورید، در ارتفاع‌هایی قرار می‌گیرید که در آن‌ها طول موج‌های کوتاه‌تر (بسامدهای بالاتر) تداخل سازنده می‌کنند. بنابراین، وقتی خم می‌شوید، بسامد صدایی که می شنوید افزایش می‌یابد.

وقتی یک موج صوتی تحت زاویه‌ای نسبت به امتداد قائم روبه بالا فرستاده می‌شود، در صورتی که با تغییرات دمای هوا مواجه شود، جهت حرکت خود را تغییر می‌دهد. [در این صورت] گفته می‌شود که موج شکسته شده یا شکست پیدا کرده است

اگر از یک آبشار دور شوید و به طرف دیواری قائم حرکت کنید که صدای آبشار را به سمت شما بازمی‌تاباند می‌توانید اثر مشابهی را بشنوید، زیرا صدای بازتابیده با صدایی که مستقیماً از آبشار به شما می رسد تداخل می‌کند. وقتی به دیوار نزدیک می‌شوید، بسامد صدایی که می‌شنوید افزایش می‌یابد.

صدای دوردست

خانه‌ی من در بلندی‌های کلیولند اوهایو در بالای منطقه‌ی مسطحی قرار دارد که به *دریاچه‌ی ایری*[6] متصل است. یک خط آهن در منطقه‌ی مسطح، واقع درکوهپایه‌ی این ارتفاعات کشیده شده است. بدون شک نمی‌توانم این خط آهن را ببینم، زیرا نه تنها از خانه‌ی من خیلی دور است، بلکه خط دید من را نیز پشته‌ای که به بلندی‌های کلیولند می آنجامد و نیز هزاران درخت و خانه سد کرده‌اند. پس چرا، در بعضی شب‌ها، صدای تلق‌وتلوق قطار روی خط آهن، به‌راحتی از خانه‌ام شنیده می‌شود؟

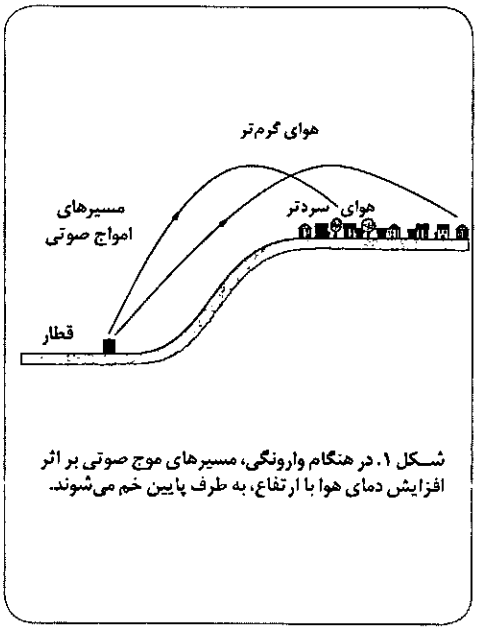
وقتی انفجارهایی مکرر با صدای بلند دریک مکان رخ دهند، مثل شلیک پی‌درپی توپخانه، شاید صدای آن‌ها فقط در مناطقی به گوش رسد که در اطراف منطقه‌ی انفجار قرار دارند. اگر در حال رانندگی از چنین مناطق انفجاری دور شوید، شدت صدا در منطقه‌ی اول (منطقه‌ی مرکزی) کاهش می یابد، در منطقه‌ی دوم از بین می رود، و سپس در منطقه‌ی سوم دوباره ظاهر می‌شود. چرا این مناطق به وجود می آیند؟

وقتی کوه آتشفشان *سنت هلن*[7] واقع درایالت واشنگتن درسال ۱۹۸۰ فوران کرد، انرژی آزاد شده معادل چند مگاتن TNT بود. پس چرا صدای این انفجار در فاصله‌ای کمتر از ۱۰۰ کیلومتر شنیده نشد؟

در جنگ جهانی اول، در نزدیکی‌های مسین[8]، واقع در جنوب *ییپر*[9] بلژیک، نظامیان بریتانیایی یک سال را صرف کندن ۲۱ تونل کردند که در عمق حدوداً ۳۰ متری زیر محل پیاده نظام ارتش آلمان قرار داشت. وقتی این تونل‌ها کامل شدند، حدود یک میلیون پوند مواد منفجره در آن‌ها جاسازی شد و در نیمه شب ۷ ژوئن ۱۹۱۷، بریتانیایی‌ها ۱۹ تونل از این ۲۱ انبار مواد منفجره را منفجر کردند (دو تا از انبارها منفجر نشدند) و بدین‌ترتیب بزرگ‌ترین انفجار ساخت بشر تا آن زمان را به‌وجود آوردند. صدای این انفجار در لندن و حتی دوبلین، که صدها کیلومتر دورتر بود، شنیده شد. چگونه صدای انفجار توانست از منطقه‌ی انفجار تا آن فاصله‌ی دوردست برسد؟ (یکی از انبارهای باقی‌مانده به‌طور غیر منتظره‌ای در یک توفان آذرخش در سال ۱۹۵۵ منفجر شد، اما خوشبختانه فقط یک گاو به هلاکت رسید. هنوز امکان انفجار تنها انبار باقی‌مانده، که محل آن کاملاً مشخص نیست، وجود دارد که باعث نگرانی ساکنینی است که در کل آن منطقه زندگی می‌کنند.)

پاسخ. وقتی یک موج صوتی تحت زاویه‌ای نسبت به امتداد قائم روبه بالا فرستاده می‌شود، در صورتی که با تغییرات دمای هوا مواجه شود، جهت حرکت خود را تغییر می‌دهد. [در این صورت] گفته می‌شود که موج شکسته شده یا شکست پیدا کرده است. اگر دما کاهش یابد، امواج در زاویه‌ی کوچک‌تری نسبت به امتداد قائم حرکت می‌کنند. اگر دما افزایش یابد، امواج در زاویه‌ی بزرگ‌تری نسبت به امتداد قائم حرکت می‌کنند و حتی ممکن است جهت آن‌ها «وارون شود»، به‌طوری که به طرف زمین برگردند. وقتی هوای بالای منطقه گرم‌تر از هوای نزدیک سطح زمین باشد، که به *وارونگی*

مشـهور اسـت، می‌توانم صدای خط آهن دوردست را بشنوم. در این صورت بخشی از امواج صوتی که خطّ آهن به بالا روانه می‌کند، در بلندی‌های کلیولند به طرف پایین خم می‌شوند،به‌طوری که همه می‌توانند آن را بشنوند (شکل ۱).



شـکل ۱. در هنگام وارونگی، مسیرهای موج صوتی بر اثر افزایش دمای هوا با ارتفاع، به طرف پایین خم می‌شوند.

در گذشـته، این انتقـال صدا تا دوردسـت به هنگام وارونگی نسبتاً شناخته شده بود. به عنوان مثال، اهالی قبیله‌ی *زولو*[10] می‌دانستند که می‌توانند صدای یکدیگر را در دو طرف دره‌ای به عرض ۲ کیلومتر بشنوند، مشروط بر آن‌که تا عصر که هوای روی دره خنک‌تر از هوای بالای دره می‌شـد، صبر می‌کردند.

وقتی امواج صوتی ناشـی از یک انفجار، روبه بالا در هوا حرکت کنند، می‌توانند بر اثر افزایش دما که در پایین پوش‌سپهر[11] (زیر پوش ایسـت[12]، واقع در ارتفاع ۴۲ کیلومتری) و در پایین گرم سـپهر[13] (بالای میان ایست[14]، واقع در ارتفاع ۸۵ کیلومتری) رخ می دهد، خم شـوند و به طرف زمین بازگردند. بنابراین ممکن است امواج صوتی در فاصله‌ای بس شگفت‌انگیز از چشمه‌ی خود به زمین بازگردند، بسیار بیشتر از مسافتی که امواج صوتی پیشرونده در سطح زمین طی می کنند که با موانعی چون درختان، خانه‌ها و سـایر موانع دیگر روبه‌رو می شوند. در نتیجه، صدا می تواند در منطقه‌ای دورتر از منطقه‌ی اول (منطقه‌ی مرکزی) به گوش رسد. اگر صدای بازگشته اتفاقاً از سطح زمین بازتابد، می‌تواند با «جهشی» دیگر در ناحیه‌ای دورتر به سطح زمین بازگردد.

وقتی کوه سنت هلن فوران کرد، امواج تراکمی (هوا توسط موادی که براثر فوران رو به بیرون حرکت می کردند متراکم شده بود) چنان به کندی شکل می‌گرفتند که گوش انسـان نمی‌توانست صدای آن‌ها را بشنود. بنابراین، امواج تراکمی در *تولیدو*[15] واشنگتن، واقع در ۵۴ کیلومتری محل انفجار شنیده نشدند (و بنابراین آسیبی به پنجره‌ها یا سایر اشیا شکستنی وارد نکردند). ولی، وقتی امواج تراکمی به پوش سپهر رسیدند، روی هم جمع شدند و دوباره به سمت زمین کمانه کردند. وقتی آن‌ها در فاصله‌ای بیش از ۱۰۰ کیلومتر به سطح زمین رسیدند، تغییرات فشار [ناشی از] آن‌ها به حدی کافی برای شنیدن سریع بود.

صدای ناشی از انفجارهای نزدیک مسین نیز به‌صورت مشابهی به طرف پوش سپهر حرکت کرد و سپس به سطح زمین بازگشت. اما بر خلاف فوران کوه سـنت‌هلن، امواج تراکمی به سرعت در محل انفجار شکل گرفتند و صدای فوق‌العاده شدیدی را در نزدیکی سربازان تولید کردند.

جهت حرکت یک موج صوتی از باد نیز تأثیر می‌پذیرد. اگر موج روبه بالا و در جهت باد حرکت کند، مسیر موج عوض می‌شود تا در جایی در مسیر باد به زمین بازگردد. بعضی اوقات این بازگشت در فاصله‌ای بس شگفت‌انگیز رخ می‌دهد.

سرعت صوت هم به عمق و هم به دمای آب بستگی دارد

سایه‌های صوتی

در جنگ داخلـی آمریکا بین سـال‌های ۱۸۶۲ تا ۱۸۶۵، فرماندهـان جنگـی هر دو طـرف، طرفداران دولـت فدرالی و طرفـداران دولت مرکزی، برای تعیین زمان شـروع جنگ و این‌کـه در کجـا موضع بگیرند، به‌شـدت وابسـته به صدا بودنـد. بارها اتفاق می‌افتاد فرماندهی سـربازان خود را به دو دسـته تقسـیم می‌کرد تا از دو جهت حمله کنند، اما تنها راه برای هماهنگ‌سـازی حملات هنگامـی صورت می‌گرفت که سـروصدای ناشـی از حمله‌ی یک گروه به گروه دیگر علامت مـی‌داد تا آن‌هـا نیز حمله کنند. چون ممکن بـود دو گروه چند کیلومتر از هم فاصله داشـته باشـند، این نقشـه منطقی به نظر می‌رسید، اما با وجود این بعضی اوقات در جنگ‌های سرنوشت‌ساز این نقشه با شکست مواجه می‌شد.

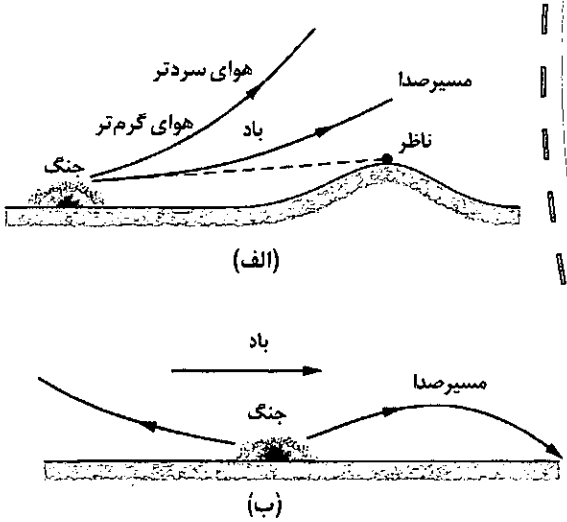
وقتی در ژوئن سـال ۱۸۶۲ وزیر جنگ مؤتلفه و یکی از افسران او جنگ Gaines's Mill را از بالای تپه‌ای در فاصله‌ای کمتر از ۲ کیلومتر مشاهده می‌کردند به اثر عجیب مشابهی پی بردند. این جنگ در دره‌ای رخ می‌داد که درون آن دست کم ۵۰ هزار جنگجو و ۱۰۰ اراده توپ جنگی وجود داشت، و بر اثر آن صدای دهشناکی تولید می‌شد که سربازان را تا مرز کر شدن پیش می‌برد، با وجود این، این دو نفر در طول دو ساعت مشاهده‌ی خود هیچ صدایی را نشنیدند. چطور ممکن بود چنین جنگی در فاصله‌ی فقط چند کیلومتر، قابل شنیدن نباشد؟

پاسخ. سه دلیل عمده وجود داشت که چرا این جنگ‌های با صداهای

مهیب حتی در چند کیلومتری نیز قابل شنیدن نبودند. (۱) جنگل انبوهی که می‌توانست با جذب امواج صوتی، صدا را خفه کند. (۲) امواج صوتی گسیل شده در سطح زمین می‌توانستند به جای انتشار در امتداد مسیرهای نسبتاً افقی در طول مسیرهایی منتشر شوند که روبه بالا خمیده شده بودند. (۳) اگر دمای هوا یا سرعت باد با ارتفاع تغییر می‌کرد، مسیر طی شده توسط امواج صوتی خمیده می‌شد.

در مورد دلیل سوم، اگر دمای هوا با ارتفاع کاهش پیدا کند، امواج صوتی‌ای که در امتداد مسیرهایی منتشر می‌شوند که قدری رو به بالا کج شده‌اند، در طول مسیرهایی حتی پرشیب‌تر به حرکت درمی‌آیند و در نتیجه به ناظرانی که در چند کیلومتری، روی زمین قرار دارند نمی‌رسند (شکل۲ .الف). سرعت باد معمولاً با ارتفاع افزایش می‌یابد. اگر در این وضعیت طبیعی، صدا در جهت باد فرستاده شود، می‌خواهد ناگهان به طرف زمین پیش رود و در نتیجه می‌توان آن را شنید (شکل۲ .ب). اما اگر صدا در خلاف جهت باد فرستاده شود، می خواهد مسیری را دنبال کند که روبه بالا خمیده می شود و در نتیجه نمی‌توان آن را شنید.

طول موج‌های صدا در نجوا، کوتاه‌تر از بیشتر طول موج‌های یک صدای معمولی است (بسامدهای بالاتری دارد)



شکل۲. (الف) با کاهش دمای هوا بر اثر افزایش ارتفاع، صدای جنگ با خم شدن از ناظر دور می‌شود. (ب) باد مسیرهای صدا را خم می‌کند.

در بعضی نبردهای جنگ داخلی، وقتی سرعت باد بر اثر ارتفاع افزایش چشمگیری می‌یافت، فرمانده در خلاف جهت باد قرار داشت. [اصطلاحاً] گفته می‌شد فرمانده در **سایه‌ی صوتی** قرار دارد. حتی عجیب‌تر وضعیت‌هایی بود که در آن‌ها امواج صوتی تحت تأثیر دما رو به بالا تغییر جهت می‌دادند، سپس تحت تأثیر باد دوباره به پایین برمی‌گشتند و در فاصله‌ای دور از محلّ نبرد به زمین می رسیدند. در نتیجه، سربازانی که در دوردست بودند صدای نبرد را می‌شنیدند اما سربازانی که نزدیک‌تر بودند، خیر.

شنیدن صدای زیردریایی‌های شوروی

در طول جنگ سرد، ایالات متحده زیردریایی‌های اتحاد جماهیر شوروی را با شبکه‌ای از آنتن‌های صوتی در زیر آب دیدبانی می‌کرد که می‌توانستند سروصداهای حاصل از این زیردریایی‌ها، مثل صدای ملخ آن‌ها، را آشکارسازی کنند. جنبه‌ی عجیب این‌کار آن بود که این آنتن‌ها در عرض‌های جغرافیایی میانی بودند و زیر دریایی‌ها ۱۰۰۰ کیلومتر در عرض‌های قطبی قرار داشتند. چطور می‌شد صدای حتی یک ملخ پر سروصدا را در چنان فاصله‌ای شنید؟ ایالات متحده ازاین امکان استراق سمع خشنود بود تا یک جاسوس گزارش محرمانه‌ای به شوروی‌ها داد.

پاسخ. بخشی از صدایی که مثلاً، یک ملخ پر سروصدا گسیل می‌کند در چیزی موسوم به *کانال صوتی عمیق* (DSC)[۱۶] به دام می افتد، که بین عرض‌های جغرافیایی قطبی و میانی قرار دارد. این کانال در عمقی قرار دارد که در آن سرعت صوت در آب کمینه است. سرعت صوت هم به عمق و هم به دمای آب بستگی دارد. اگر هنگام پایین رفتن در آب، سرعت صوت را اندازه بگیریم، نخست اثر دما غالب است و با کاهش دما، سرعت صوت نیز کاهش می‌یابد. اما سرانجام، تأثیر عمق حاکم می‌شود و از آن پس، سرعت صوت افزایش پیدا می‌کند.

بنابراین، گستره‌ای از عمق وجود دارد که در آن، اندازه‌ی سرعت کمینه است. اگر صوت در این گستره حرکت کند، می‌تواند درست مانند نوری که در یک تار نوری گرفتار شده است، به دام افتد. مثلاً، اگر صوت تا اندازه‌ای به طرف بالا و به درون منطقه‌ی با سرعت بیشتر در بالای کانال هدایت شود، بر اثر تغییر سرعت مسیر آن رو به عقب و به سمت بالا خم می‌شود. سروصدای زیر دریایی‌های شوروی که در عرض‌های جغرافیایی قطبی فعالیت داشتند، در

این کانال صوتی به دام می‌افتاد و سپس به طرف آنتن‌هایی می‌رفت که در عرض‌های جغرافیایی میانی قرار داشتند.

بوق معرکه‌گیر، بوق مه‌کشتی‌ها[17]

اگر یک معرکه‌گیر رو به جمعیت عظیم و شلوغی فریاد بزند، هیچ‌کس در جمعیت صدای فریاد او را نخواهد شنید. اما اگر این معرکه بگیر در بلندگو فریاد بزند، صدای او به راحتی شنیده می‌شود. چگونه بلندگو صدای فریاد را بلندتر می‌کند؟

چرا دهانه‌ی یک بوقِ مه سنتی در جهت عمودی عریض‌تر از جهت افقی است؟ آیا این بدان معنا نیست که صدا در انتشار رو به بالا، تلف می‌شود؟

پاسخ. وقتی صدا از روزنه‌ای خارج شود که اندازه‌اش با طول موج صوت قابل مقایسه است، پراشیده می‌گردد، یا در مسیرهای جدیدی پخش می‌شود. هرچه روزنه کوچک‌تر باشد، این پخش شدن بیشتر است. وقتی یک معرکه‌گیر در جمعیت فریاد می‌کشد، صدایی که از دهان او خارج می‌شود به میزان چشمگیری، نه تنها به سمت جلو، بلکه به راست، چپ، بالا و پایین نیز پراشیده می‌شود. این پراشیدگی، شدت صوت (بلندی صدا) در هر جهت را به میزان زیادی کاهش می‌دهد. وقتی معرکه‌گیردر بلندگو با لبه‌ی مخروطی فریاد می‌زند، صدا از دهانه‌ی بسیار بزرگ‌تر (در انتهای دور بلندگو) خارج می‌شود و پخش شدن به‌طور چشمگیری کاهش نمی‌یابد. بنابراین، صدا عمدتاً رو به جلو حرکت می‌کند و شدت آن بسیار بیشتر است. پس، از بلندگو برای کاهش پراش فریادهای معرکه‌گیر استفاده می‌شود.

بوق مه می‌خواهد اعلام خطر را در جهت افقی و در گستره‌ای حتی‌الامکان وسیع پخش کند، تا هر کس که کشتی در حال نزدیک شدن به او است، بتواند آن اعلام خطر را بشنود. چون پخش شدن افقی و نه عمودی صدا مطلوب است، دهانه‌ی بوقِ مه عرض کم و ارتفاع زیادی دارد.

جهت نجوا

در محیطی باز (که در آن چیز کمی وجود دارد که صداها را به طرف شما باز بتاباند، از کسی بخواهید تا در حالی که روی خود را از شما برمی‌گرداند با صدایی نسبتاً یکنواخت و آرام صحبت کند. احتمالاً، می‌توانید حرف‌های او را در بیشتر مدت این کار بشنوید. سپس از او بخواهید تا دوباره این کار را با همان سطح صدای پچ‌پچ (شاید به‌صورت نجوا در صحنه، مثل این‌که شنوندگانی باید آن را بشنوند) تکرار کند. چرا وقتی شخص از شما دور می‌شود، نجوا سریع‌تر از صدای طبیعی، غیر قابل شنیدن می‌گردد؟

پاسخ. در اینجا دو توضیح وجود دارد که اول توضیح ساده‌تر را بیان می‌کنیم. همان‌طور که در بخش قبل گفتیم، وقتی صدا از روزنه‌ای می‌گذرد که اندازه‌ی آن با طول موج صوت قابل مقایسه است، پراشیده می‌شود (در جهت حرکت خود پخش می‌گردد). پراش برای طول موج‌های کوتاه‌تر کمتر است. طول موج‌های صدا در نجوا، کوتاه‌تر از بیشتر طول موج‌های یک صدای معمولی است (بسامدهای بالاتری دارد.) بنابراین، چون پخش شدن کمتر است، صورت شخصی که نجوا می‌کند باید به طرف شما باشد تا بتوانید صدایش را بشنوید.

پاسخی مبهم‌تر بدین صورت است: محاسبه‌ی پخش شدن صدا از دهان، که اولین بار *لرد ریلی*[18] در سال ۱۸۹۶ انجام داد، دشوار است. *ریلی* با فرض آن‌که یک چشمه‌ی کوچک صوت روی سطح کره‌ای قرار گرفته است، پی‌برد که امواج صوتی به دور کره می‌پیچند، به‌طوری که پیچش امواج با طول موج کوتاه‌تر کم‌تر از امواج با طول موج بلندتر است. در نتیجه، نجوا که دارای طول موج‌های کوتاه‌تری است به اندازه‌ی یک صدای طبیعی به دور سر نمی‌پیچد.

شاید صدای یک بازیگر مرد را حتی زمانی که رویش به طرف شما نیست، به راحتی بشنوید، اما احتمالاً بازیگر زنی که درست به همان بلندی اما با بسامدهای بیشتر صحبت می‌کند، باید روبه شما باشد تا صدایش شنیده شود

می‌توانید متوجه اثر مشابه در زمانی شوید که در میان حضار نمایشی در فضای آزادید که فاقد سطوح کافی برای بازتاب صدای بازیگران است. شاید صدای یک بازیگر مرد را حتی زمانی که رویش به طرف شما نیست، به راحتی بشنوید، اما احتمالاً بازیگر زنی که درست به همان بلندی اما با بسامدهای بیشتر صحبت می‌کند، باید روبه شما باشد تا صدایش شنیده شود.

انتقال دوپلر

چرا اگر در کنار خط آهن ایستاده باشید و قطاری سوت‌زنان از کنارتان بگذرد، بسامد سوت آن تغییر می کند؟ و آیا این تغییر از بسامد بالا به پایین رخ می‌دهد یا برعکس؟

پاسخ. حرکت چشمه‌ی صوت نسبت به شنونده (شما یا هر آشکارساز دیگر) بسامد صوت را تغییر می دهد، اثری که *انتقال دوپلر* خوانده می‌شود. دلیل اصلی این انتقال آن است که صدا موج است. اگر چشمه‌ی صوت نسبت به شما ساکن باشد، فازهای پرفشار موج با همان آهنگ (بسامدی) از کنار گوش‌های شما می‌گذرند که چشمه تولید کرده است. بنابراین، همان بسامدی را می‌شنوید که چشمه تولید کرده است، و انتقالی وجود ندارد. ولی، اگر چشمه‌ی صوت به طرف شما حرکت کند، امواجی

را که به طرف شما گسیل می‌دارد، دنبال می‌کند. اکنون آهنگ عبور فازهای پر فشار از کنار شما از آهنگ تولید آن‌ها توسط چشمه‌ی صوت بیشتر است و در نتیجه بسامد بالاتری را می شنوید.

اگر چشمه‌ی صوت از شما دور شود، این اثر دقیقاً برعکس می‌شود: بسامدی کم‌تر از آنچه چشمه تولید کرده است را می شنوید. بنابراین، "به طرف شما" به معنی انتقال بسامد به بالا و "به دور از شما" به معنی انتقال بسامد به پایین است و میزان این انتقال به سرعت چشمه بستگی دارد. اگر حرکت چشمه در راستای شما نباشد، این اثر (میزان انتقال بسامد) کمتر است، و اگر این حرکت عمود بر مسیر شما باشد، هیچ انتقالی صورت نمی‌گیرد.

اگر یک آشکارساز صدا را بین ریل‌های قطار قرار دهید، می‌توانید انتقال دوپلر سوت قطار را اندازه بگیرید. سوت در کلّ حرکت خود به طرف آشکارساز، بسامد بالای معینی خواهد داشت (تا این‌که تقریباً در بالای آشکارساز قرار گیرد) و سپس در کلّ مدت دور شدن خود از آشکارساز، بسامد پایین معینی خواهد داشت.

حال اگر آشکارساز را در فاصله‌ی ایمنی از ریل قرار دهید ـ مثلاً در ۲۰ متری آن ـ به دلایل هندسی این اندازه‌گیری‌ها متفاوت خواهد بود. با نزدیک شدن قطار به آشکارساز، سرعت آن *طرف* آشکارساز کم‌تر و کم‌تر می‌شود و در نتیجه میزان انتقال دوپلر کاهش می‌یابد. بنابراین اگر بسامد را آشکارساز روی ریل اندازه بگیرد، سوت قطار در بیشتر زمان نزدیک شدن قطار به آشکارساز، بسامد بالای معینی خواهد داشت. اما، با نزدیک‌تر شدن قطار، همراستا نبودن چشمه و آشکارساز شروع می‌شود و بسامد به‌سرعت کاهش می‌یابد تا این‌که حرکت قطار عمود بر جهت آشکارساز شده و بسامد ثابت شود. سپس، بسامد دوباره به سرعت کاهش می‌یابد تا این‌که به بسامد پایین معینی برسد، که تا زمانی که بتوان صدای سوت را شنید این بسامد حفظ شد.

فرض کنید شما آشکارسازید و به حدّی نزدیک خطّ آهن قرار دارید که می‌توان تأثیر هندسی را نادیده گرفت. باید با نزدیک شدن قطار به شما، بسامد بالای معینی را حس کنید و با دور شدن قطار، بسامد پایین معینی را. اما، در کمال تعجب چنین نیست. بلکه، وقتی قطار به طرف شما حرکت می‌کند *افزایش مدامی* را در بسامد حس می‌کنید، و وقتی قطار از شما دور می‌شود، *کاهش مدامی* در بسامد را. این بسامد حس شده را اغلب *ارتفاع صدا*[19] گویند.

در این وضعیت، ارتفاعی که حس می‌شود تحت تأثیر بلندی صدا قرار دارد. چون با نزدیک شدن سوت، صدای آن مدام زیاد می‌شود، به غلط فکر می‌کنید که بسامد دائماً افزایش می‌یابد. چون با دور شدن سوت، صدای آن مدام کمتر می‌شود، به غلط فکر می‌کنید که بسامد دائماً کاهش می‌یابد. این اثر تغییر ارتفاع را *توهم اثر دوپلر* می‌نامند.

مرجع

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

زیرنویس

1. cicada
2. syrinx
3. warble
4. sperm whale
5. spermceti sac
6. Lake Erie
7. Mount St.Helens
8. Messines
9. Ypres
10. Zulo. قبیله‌ای در آفریقای جنوبی (مترجم)
11. Stratosphere
12. stratopause
13. thermosphere
14. mesopause
15. Toledo
16. Deep Sound Chanel
17. foghorn ، بوق اعلام خطری که وقوع مه را در مسیر کشتی‌ها خبر می‌دهد(مترجم)
18. Lord Rayleigh
19. pitch

مترجم: منیژه رهبر

تازه‌ترین اخبار پژوهشی

مرزهای فیزیک

جست‌وجوی فناوری‌های نوین در درون اتم

فیزیک هسته‌ای که هسته‌های گوناگون را در ماده‌ی اطراف ما بررسی می‌کند، نه تنها پاسخ‌هایی به چگونگی تحول عالم می‌دهد، بلکه شناخت لازم برای بهره‌گیری از ویژگی‌های هسته در فناوری‌های نوین را فراهم می‌سازد.

گزارش جدید انستیوی فیزیک[1] (IOP) با عنوان *فیزیک و فناوری هسته‌ای* در درون اتم، بیان می‌کند که چگونه کشف اتم توسط رادرفورد در دانشگاه منچستر در سال ۱۹۱۱ به بهبود کیفیت مراقبت‌های بهداشتی، تأمین انرژی امنیت ملی انجامید و الهام‌بخش هزاران دانشجو در رشته‌های علمی شد.

در پزشکی نوین می‌توان مثال‌های فراوانی از بهره‌گیری فناوری‌های مبتنی بر فیزیک هسته‌ای یافت. کشف ایزوتوپ‌های با نیمه عمر کوتاه، و تابشی که این ایزوتوپ‌ها گسیل می‌کنند. آغازگر عصری جدید در تصویرگیری پزشکی بود. با بهره‌گیری از روش موسوم به توموگرافی رایانه‌ای با گسیل تک‌فوتون، پیشرفت‌های بیش‌تر در زمینه‌ی تصویرگیری سه‌بعدی از جریان خون در مغز و قلب به وجود آمده است. در این روش پرتوهای گامای گسیل شده از ردیاب‌های پرتوزا در تمام زاویه‌ها آشکارسازی می‌شوند که این روش فیزیک هسته‌ای مناسبی برای استفاده در بیمارستان‌هاست.

کشف ایزوتوپ‌های با نیمه عمر کوتاه، و تابشی که این ایزوتوپ‌ها گسیل می‌کنند. آغازگر عصری جدید در تصویرگیری پزشکی بود.

هم‌چنین روش‌های فیزیک هسته‌ای روش‌هایی را برای درمان بیماری‌هایی مانند سرطان در اختیار می‌گذارند. استفاده از باریکه‌های ذرات برای از بین بردن مستقیم تومورها کاربردهای روزافزون دارند. شکل و انرژی این باریکه‌ها را می‌توان طوری تنظیم کرد که تمام انرژی خود را در تومور از دست بدهند بدون این‌که به بافت سالم اطراف آن آسیب برسانند.

درست همان‌طور که خیره شدن به درون اتم به پیدایش فناوری‌های بدیعی در زمینه‌ی مراقبت‌های بهداشتی انجامید، کاوش در این علم بنیادی همواره روش‌های نوینی را برای به‌کارگیری و شناخت نیروهای توانمند درون هسته، و کمک به تولید چشمه‌ی انرژی دوست محیط‌زیست فراهم می‌سازد.

سایر کاربردهای **فیزیک هسته‌ای** در گزارش مذکور عبارت‌اند از روش‌های تبدیل پسماندهای هسته‌ای به مواد بی‌ضرر، و تولید یک رشته ابزارهای مختلف برای پژوهش و ساخت دستگاه‌های دیدبانی زیست محیطی.

دکتر *رابرت کربی ـ هاریس*[2] رئیس IOP اظهار داشت: «آشکار شدن ساختار **اتم‌ها** ـ اجزای بنیادی ماده ـ به‌صورت واحدهای متشکل از ابرهای الکترونی در اطراف یک هسته‌ی مرکزی، یکی از رویدادهای بزرگ قرن بیستم بود که اساس مراقبت‌های بهداشتی نوین، تولید مواد پیشرفته و فناوری اطلاعات را بنیان نهاد».

زیرنویس

1. Institute of Physics
2. Robert Kirby - Harris

مرجع

- www.phsorg.com

«ماشین زمان» باستان‌شناختی دانشمندان

پژوهشگران دانشگاه کوینیز[1] ابزار باستان‌شناختی جدیدی را تولید کرده‌اند که می‌تواند به بسیاری از پرسش‌های تکامل انسان پاسخ دهد.

منحنی درجه‌بندی جدید که تا ۵۰۰۰۰ سال پیش گسترش یافته نقطه‌ی عطف مهمی در سن‌یابی رادیو کربنی است. باستان‌شناسان و دانشمندان علوم زمین از این روش برای تعیین سن اشیا مبتنی بر کربنی استفاده می‌کنند.

این طرح در دانشگاه کوینیز بلفاست و با حمایت مالی مرکز ملی پژوهش‌های زیست‌محیطی انجام شده است.

این منحنی که INTCALoq نامیده می‌شود در مجله‌ی **رادیوکربن** چاپ شده است و نه تنها درجه‌بندی رادیوکربنی را توسعه داده بلکه بخش‌های اولیه‌ی آن را به‌طور قابل ملاحظه‌ای بهبود بخشیده است.

رون رایمر[2] استاد ممتاز دانشگاه کوینیز می‌گوید: «باستان‌شناسان و دانشمندان علوم زمین در سراسر جهان از این منحنی درجه‌بندی رادیوکربنی برای تبدیل سن‌های اشیا به مقیاس‌های زمانی با معنای قابل مقایسه با زمان‌های تاریخی و برآورد سن تقویمی استفاده خواهند کرد.

منحنی درجه‌بندی جدید از این‌رو اهمیت دارد که اکنون گستره‌ی کامل سن‌یابی رادیوکربنی تا ۵۰،۰۰۰ سال پیش را دربرمی‌گیرد. مقایسه‌های منحنی جدید با آرشیوهای مربوط به هسته‌ی یخی یا دیگر آرشیوهای آب و هوا اطلاعاتی را در مورد تغییرات فعالیت خورشید و **جریان اقیانوسی** در اختیار می‌گذارد.

۳۰ سال طول کشیده تا پژوهشگران این منحنی درجه‌بندی را که تا این حد به اعماق گذشته می‌رود تهیه کنند. یک گروه بین‌المللی از اوایل سال‌های ۱۹۸۰ به کار زمینه مشغول بوده‌اند.

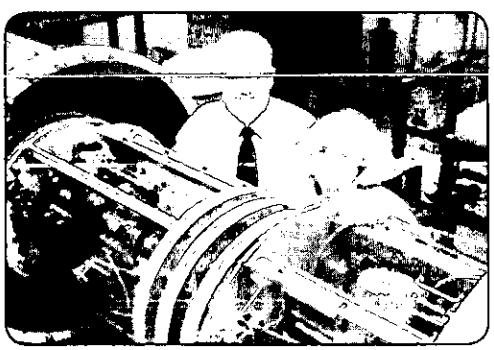
مبنای سن‌یابی رادیوکربنی آن است که گیاهان و حیوانات در طول زندگی خود اندکی کربن ۱۴ پرتوزا را از دیوکسیدکربن موجود در جو جذب می‌کنند، ولی این فرایند پس از مرگ موجود زنده متوقف می‌شود. کربن ـ ۱۴ موجود در نمونه‌های باستان‌شناختی و زمین‌شناختی واپاشیده می‌شود، به‌طوری که مقداری کربن ـ ۱۴ باقی‌مانده سن نمونه را تعیین می‌کند.

چون مقدار کربن ـ ۱۴ موجود در جوّ ثابت نیست بلکه برحسب شدت میدان مغناطیسی زمین، فعالیت خورشید تغییر می‌کند، سن‌های رادیوکربنی را باید با یک منحنی درجه‌بندی تصحیح کرد.

بیشتر متخصصان حد **سن‌یابی رادیوکربنی** را حدود ۵۰،۰۰۰ سال می‌دانند، که پس از آن مقدار کربن ـ ۱۴ موجود در نمونه کوچک‌تر ازآن می‌شود که با فناوری‌های کنونی بتوان مقدار آن را تعیین کرد.

برای اطلاعات بیشتر به سایت www.chrono.qub.ac.uk مراجعه کنید.

منحنی درجه‌بندی جدید از این‌رو اهمیت دارد که اکنون گستره‌ی کامل سن‌یابی رادیوکربنی تا ۵۰،۰۰۰ سال پیش را دربرمی‌گیرد



پروفسور گری مک کورمک[3] و دکتر پائولا رایمر[4] در مرکز کربن ـ ۱۴ دانشگاه کوینیز. کارکنان این مرکز منحنی درجه‌بندی جدیدی را به‌وجود آورده‌اند که تا ۵۰،۰۰۰ سال پیش گسترش یافته‌اند.

زیرنویس

1. Queen's university
2. Ron Rimer
3. Gerry Mc Cormac
4. Paula Reimer

مرجع

- www.physorg.com

سرانجام «سیندرلا» کشف شد

پژوهش‌های اخیر وجود بلورهای مایع با دو محور اصلی را ثابت کرده‌اند. بلورهای مایع با یک محور اصلی در LCDS (نمایشگرهای بلور مایع) مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما بلورهای با دو محور اصلی می‌توانند نمایشگرهای رایانه‌ای و سوئیچ‌های اپتیکی را بسیار سریع‌تر سازند، و راه‌گشای فناوری‌های سه‌بعدی نوین باشند.

چند دهه است که پژوهشگران در پی «سیندرلای» بلورهای مایع هستند که **بلور مایع** دو محدود است. چند سال پیش، تشکیل این بلورهای مایع با دو محور اصلی در مولکول‌های پیچیده به شکل نور گزارش داده شد؛ اما، این نتایج زیر سؤال رفت، زیرا برخی پژوهشگران گمان می‌کردند این مشاهده‌ها می‌تواند ناشی از ساختار داخلی پیچیده‌ی بلورهایی باشد که الزاماً دومحوره نیستند.

پژوهشگران دانشگاه اوترخت[1]، هلند، وجود بلورهای مایع دومحوره را در دستگاه بسیار ساده‌تر ذرات آلی کلوییدی ثابت کرده‌اند که می‌توانند خودبه‌خود بلورهای دومحوره تشکیل دهند. دلیل این امر وسیله‌ای به دست آمد که در آن پژوهشگران هلندی و فلاندری از پرتوهای X ESRF[2] (دستگاه تابش سنکروترون اروپایی) در گرونوبل فرانسه استفاده می‌کردند.

اگر انگشتان را به پرده‌ی LCD فشار دهید ـ که در واقع توصیه نمی‌شود ـ متوجه حرکتی در اطراف انگشتان خود خواهید شد. علت آن است که بلورهای مایع (LCS) می‌توانند مثل یک مایع جریان یابند. با این همه، بلورهای مایع برخلاف بلورهای معمولی از مولکول‌های طویلی تشکیل شده‌اند که همگی در امتداد یک محور اصلی قرار گرفته‌اند. بنابراین بلورهای مایع ناهمسا نگردند. یعنی، **ضریب شکست نور** بستگی به این دارد که قطبش آن در امتداد محور اصلی باشد یا در دو جهت دیگر. می‌توانید با استفاده از ولتاژ الکتریکی جهت این مولکول‌ها را تنظیم کنید. از این اثرها در نمایشگر LCD شما استفاده می‌کنند تا نور را با سیگنال‌های الکتریکی دست‌کاری کرده و تصویر تشکیل دهند.

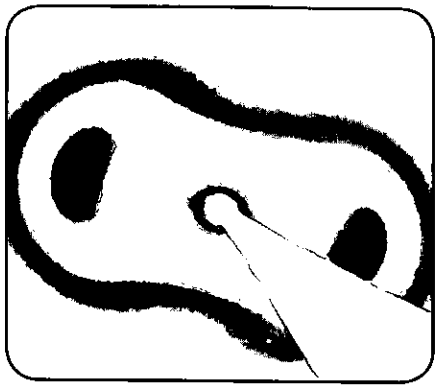
مولکول‌های نمایشگر LCD شما در امتداد یک محور منظم می‌شوند. بخش طویل مولکول‌های میله‌ای شکل موازی هم قرار می‌گیرند و می‌توان آن‌ها را به راحتی در جهت‌های دیگر چرخاند. بلورهای مایع متشکل از مولکول‌های به شکل قرص نیز وجود دارند، که بخش کوتاه‌شان موازی هم قرار می‌گیرند. در هر دو مورد، طول و عرض به روشنی از دو بُعد دیگر متفاوت است. با این همه، بیش از چهل سال قبل پیش‌بینی شد که مولکول‌های با طول، عرض، و ضخامت متفاوت می‌توانند در امتداد بلندترین و کوتاه‌ترین محورهای خود ردیف شوند. این نظریه اکنون برای اولین‌بار امتحان شده است.

دانشمندان تشکیل خودبه‌خود بلورهای مایع به وسیله‌ی ذرات قرص مانند ماده‌ی معدنی کوئتیت[3] را بررسی کردند. آن‌ها با بهره‌گیری از پرتوهای X ساختار سه‌بعدی بلورهای مایع را آشکار ساختند. ذرات استوانه‌ای شکل توانستند در هر سه جهت، طول، عرض، و ضخامت موازی هم قرار گیرند. پیش‌بینی چهل سال قبل سرانجام عملی شد. نتیجه‌ی این پژوهش بر روی جلد شماره دسامبر مجله‌ی معتبر فیزیکال ریدیو لترز به چاپ رسید.

ذرات کوئتیت اکنون دلیل روشنی برای ساختار دومحوره در اختیار دانشمندان گذاشته‌اند. با این همه، ذرات مورد استفاده‌ی پژوهشگران را نمی‌توان بلافاصله برای ساخت نمایشگر یا سوئیچ‌های اپتیکی بسیار سریع به کار برد. این ذرات نور زیادی را جذب می‌کنند، و هنوز تا اندازه‌ای بزرگ و در نتیجه کُند هستند. اما، اصل امکان استفاده از آن نویدبخش است.

وسیله‌ی مورد استفاده‌ی آن‌ها یکی از سی وسیله‌ی اطراف حلقه‌ی ESRF در گرونوبل است که پرتوهای X مورد استفاده در پژوهش را تأمین می‌کند. تابش آن بسیار شدید و شامل تمام طول موج‌های طیف الکترومغناطیسی است. دانشمندان با بهره‌گیری از پراکندگی پرتو X می‌توانند ساختارهای بین ۱ تا ۱۰۰۰ میلیونیم میلی‌متر (یعنی ۱ نانومتر تا ۱ میکرون) را بررسی کنند. در چهار سال اخیر، دانشمندان از این روش برای مطالعه‌ی مواردی مانند پروتئین‌های بزرگ، بلورهای مایع، بلورهای کلوییدی، آب فوق سرد، پلی‌مرها و پوست استفاده کرده‌اند.

پژوهشگران دانشگاه اوترخت، هلند، وجود بلورهای مایع دومحوره را در دستگاه بسیار ساده‌تر ذرات آلی کلوییدی ثابت کرده‌اند که می‌توانند خودبه‌خود بلورهای دومحوره تشکیل دهند



طرح پراش پرتو X روی جلد فیزیکال ریویو لترز نشان می‌دهد که دو طول همبستگی متفاوت در بلور مایع دومحوره‌ی ذرات گوئتیت وجود دارد.

زیرنویس

1. Utecht
2. European Synchrotron Radiation Faulity
3. goethite

مرجع

• www.physorg.com

گامی به سوی اَبَرجامد بی‌اصطکاک

مخلوط‌های اَبَرشاره‌ی اتم‌های در دماهای فوق‌العاده کم می‌جوشند و منجمد می‌شوند. این انجماد باعث تشکیل اَبَر جامدهایی از اتم‌ها می‌شود که می‌توانند بدون اصطکاک در کنار هم روان شوند. این گفته‌ی پژوهشگر هلندی کوس گابلس[1] است نتیجه‌های پژوهش او، شناخت اَبَررساناها را، که می‌توانند مسئله‌ی انرژی را حل کنند آسان‌تر کرده است.

اَبَرشارگی و اَبَررسانایی باعث می‌شوند که ذرات بی‌اصطکاک حرکت کنند. *کوس گابلس* بررسی کرده است که در چه شرایطی این ذرات همواره بدون اتلاف انرژی به حرکت خود ادامه می‌دهند؛ مثل شناگری که پس از یک ضربه‌ی قوی برای همیشه در استخر شنا به آرامی حرکت می‌کند. اَبَرشارگی و اَبَررسانایی دارای اهمیت عملی و بنیادی بسیار زیادند. مثلاً، مورد اول را می‌توان در اندازه‌گیری‌های بسیار دقیق به کار برد. اَبَررسانایی تولید میدان‌های مغناطیسی قوی برای پژوهش MRI، شتابگرهای ذره با خنک‌کننده‌ی هلیم مایع یا قطارهای سریع‌السیر ژاپنی را امکان‌پذیر می‌سازد. اَبَررسانایی حتی می‌تواند به ما کمک کند تا در آینده معضل انرژی را حل کنیم.

گابلس گازهای اتمی را بررسی کرده است. این مواد از فلزاتی که **اَبَررساناها** را تشکیل می‌دهند بسیار ساده‌ترند، اما هنوز فرایند بنیادی اَبَرشارگی را از خود نشان می‌دهند. امتیاز اصلی گازهای اتمی، راحتی کار با آن‌هاست از جمله، پژوهشگران می‌توانند دما و شدت برهم‌کنش بین ذرات آن‌ها را به راحتی کنترل کنند. گابلس همراه با استاد راهنمای خود هنک *استوف*[2] نظریه‌ای را برای پیش‌بینی رفتار این اَبَرشاره‌ها به وجود آورد و کشف کرد که گازهای اتمی می‌توانند دارای ویژگی‌های منحصر به فرد باشند.

گابلس در طی کار خود نشان داد که گازهای اتمی مورد بررسی او ابتدا در دمای اندکی بیش از **صفر مطلق** شروع به «جوشیدن» می‌کنند. سپس، در مخلوط، جدایی حالت رخ می‌دهد. همه‌ی ما هر روز با جدایی حالت روبه‌رو می‌شویم، مثل این‌که ظرف آب روی اجاق از مایع تشکیل شده است، ولی هم‌زمان حاوی حباب‌های گاز هم هست؛ بنابراین، بخشی از آن مایع و بخش دیگر گاز است. گرچه جدایی حالت در مواد اَبَرشاره بسیار نادر است، اما گابلس کشف کرد که این پدیده در دماهای فوق‌العاده کم و قطبش‌های خاص امکان‌پذیر است. در این مورد، قطبش تعیین می‌کند چگونه تعداد زیادی ذره می‌توانند برهم‌کنش کرده و به‌صورت اَبَرشاره درآیند. گابلس پیش‌بینی کرد که مخلوط‌های اَبَرشاره‌ی خاصی از اتم‌ها می‌توانند منجمد هم بشوند، یعنی به‌طور شگفت‌انگیزی بدون **اصطکاک** روان شوند و هم‌زمان در ساختاری ثابت به دام افتند.

حالت بی‌اصطکاک گازهای اتمی به‌صورت شگفت‌انگیزی پایدار است. گاز، در این حالت، تا دمای حدود ۱۰۰۰ درجه‌ی کلوین، که بسیار داغ‌تر از دمای اتاق است، اَبَررسانا باقی می‌ماند. اگرچه اَبَررساناهای فعلی را باید بسیار سرد نگه داشت که مسئله‌ی مهمی را در کاربرد بزرگ مقیاس آن‌ها به‌وجود می‌آورد.

پژوهش گابلس بخشی از طرح ویچی به رهبری هنک استوف است که در سال ۲۰۰۳ برنده‌ی جایزه‌ی پژوهش نوآورانه‌ی سازمان پژوهش علمی هلند (NWO) شد.

امتیاز اصلی گازهای اتمی، راحتی کار با آن‌هاست از جمله، پژوهشگران می‌توانند دما و شدت برهم‌کنش بین ذرات آن‌ها را به راحتی کنترل کنند.

زیرنویس

1. Koos Gubbles
2. Henk Stoof

مرجع

- www.physorg.com

استفاده از تاریخ فیزیک در آموزش آن

خدیجه محبوبی
دانشجوی کارشناسی ارشد آموزش فیزیک دانشگاه شهید رجایی تهران
و دبیر فیزیک آموزش‌وپرورش ناحیه‌ی ۳ تبریز

کلید واژه ها: تاریخ فیزیک، تاریخ علم، آموزش علوم.

چکیده

اتخاذ روش مناسب برای آموزش فیزیک و در حالت کلی آموزش علوم بسیار حائز اهمیت است چرا که علاقه‌مند کردن شاگردان به شناخت محیط زیست خود و پژوهش در آن یکی از اهداف اصلی آموزش علوم است. آموزش علوم باید به رشد مهارت‌ها و نگرش‌های لازم در دانش‌آموزان به‌منظور شناخت ابعاد علمی دنیای پیرامونشان بینجامد.

این مقاله اهمیت استفاده از تاریخ فیزیک در تدریس فیزیک و روش‌های مطرح کردن تاریخ فیزیک در کلاس را بررسی می‌کند و نیز تأکید می‌کند که تاریخ علم چالش‌های عقلانی را که در تفکر علمی وجود دارد نشان می‌دهد و می‌تواند ارتباط خوبی با دانش و تجربه‌ی دانش‌آموزان برقرار کند و به‌عنوان یک ابزار انگیزشی مورد استفاده قرار گیرد.

مقدمه

آموزش‌وپرورش نوعی سرمایه‌گذاری بلندمدت و البته ارزشمند برای جامعه و کلید توسعه محسوب می‌شود. از این‌رو، تقویت حس کنجکاوی و پرورش روحیه‌ی علمی در کودکان و نوجوانان امری است که توجه به آن پیشرفت علمی و فناورانه کشور را تضمین می‌کند. یکی از نکته‌هایی که در اکثر کشورهای جهان سوم و نیز در کشور ما کمتر به آن توجه شده است، مسئله پرورش روحیه علمی و پژوهشی در دانش‌آموزان است.

آموزش علوم و به‌ویژه علوم پایه، سنگ بنای پیشرفت‌های علمی و فنی جامعه تلقی می‌شود و در کشور ما باید در این زمینه گام‌های بلندی برداشته شود. علوم باید به شیوه ای آموزش داده شود که علاوه بر این‌که شاگردان را با اصول و مفاهیم شاخه‌های مختلف علم آشنا می‌کند و آن‌ها را برای زندگی در جهان رو به رشد و فناورانه امروز آماده می‌کند، شوق یاد گرفتن را نیز در آن‌ها افزایش داده و شاگردان را به یادگیرندگان مادام‌العمر تبدیل می‌کند.

یکی از مهم‌ترین عوامل آموزشی که در ایجاد انگیزه و ترغیب دانش‌آموزان به یادگیری تأثیر بسزایی دارد، نحوه‌ی فعالیت و روش تدریس معلم است. معلمان موفق تنها کسانی نیستند که در عرضه‌ی مطالب متخصص، قانع‌کننده، و برتر باشند. بلکه، معلمانی موفقند که به شاگردان خود مطالب شناختی و اجتماعی را خوب عرضه می‌دارند و نحوه‌ی استفاده‌ی مؤثر از آن‌ها را می‌آموزند. یادگیران خوب از معلمان خود اطلاعات، نظرات و حکمت دریافت کرده و به خوبی از منابع یادگیری استفاده می‌کنند. بنابراین، نقش عمده در تدریس، پرورش یادگیرانی خوب است. [۱]

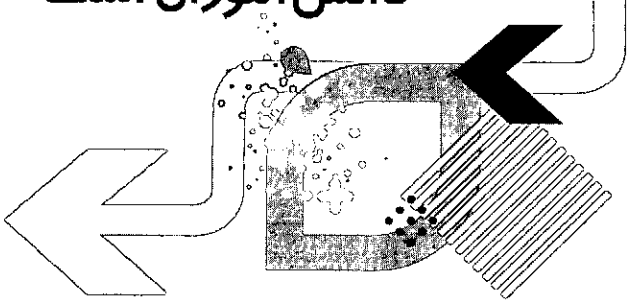
تاریخ علم منبع بالقوه‌ای است که با مطرح شدن صحیح در کلاس درس می‌تواند علم را به‌صورت یک فعالیت بشری جلوه داده و به شاگردان بقبولاند که دانشمندان انسان‌هایی عادی هستند. به‌ویژه اطلاعاتی در مورد این‌که دانشمندان چگونه در تحقیقات علمی‌شان دچار اشتباه شده‌اند و شکست خورده‌اند می‌تواند علاقه شاگردان را به علم افزایش دهد. به این ترتیب شاگردان یاد می‌گیرند که آن‌ها نیز می‌توانند کار علمی انجام دهند.

بیان مسئله

درس‌های علوم و مخصوصاً درس فیزیک اغلب برای اکثر شاگردان جذابیتی ندارد و یکی از دلایل بی‌علاقگی شاگردان به فیزیک به این علت است که آن‌ها فکر می‌کنند فیزیک تنها به آزمایشگاه‌های فیزیک مربوط می‌شود و محتوای آن به زندگی روزمره ربطی ندارد. یکی از مشکلات اساسی دانش‌آموزان و دانشجویان در کشور ما عدم آشنایی عملی و واقعی با مفاهیم و مطالبی است که در درس‌های نظری می‌آموزند. این مسئله اغلب باعث می‌شود که بین دنیای کتاب و درس و دنیای زندگی واقعی فاصله عمیقی وجود داشته باشد.

در حال حاضر روش معمول این است که شکل نهایی علم آموزش داده شود و نظریه‌های جاری مورد قبول ارائه شود و به‌ندرت پیش می‌آید که در مورد آن‌ها پرسشی مطرح شود. حتی در یک نظام آموزش مبتنی بر آزمایش نیز، آزمایش‌ها طوری طراحی

یکی از نکته‌هایی که در اکثر کشورهای جهان سوم و نیز در کشور ما کمتر به آن توجه شده است، مسئله‌ی پرورش روحیه‌ی علمی و پژوهشی در دانش‌آموزان است



می‌شود که به یک جواب درست از پیش تعیین شده بینجامند. حال آن‌که «در آموزش علوم به جای رسیدن به فرآورده‌های علم، کوشش بر آن است که یادگیرندگان با فرایند علم آشنا شوند تا به جای مصرف‌کنندگی به درجه سازندگی و خلاقیت علمی برسند.» [۲] گذر از مرحله مصرف به مرحله تولید فناوری و علم در گرو شکستن سدّ عظیمی است که بین زندگی روزمره و معارف نظری قرار گرفته در ذهن افراد وجود دارد. این کار در گرو تحول اساسی در نحوه‌ی آموزش علوم تجربی از مقطع ابتدایی تا مقاطع عالی است.

تاریخ علم به‌خوبی نشان می‌دهد که علم یک فرایند است، فرایندی که در آن یک پاسخ غلط مدت‌های زیادی مورد قبول واقع می‌شود. برای مثال از زمان ارسطو (قرن چهارم قبل از میلاد) تا زمان کوپرنیک (قرن شانزدهم میلادی) پذیرفته شده بود که زمین مرکز عالم است.

مروری بر تحقیقات انجام گرفته

از سال ۱۹۵۰ به بعد، برای وارد کردن تاریخ علم در آموزش علوم از روش‌های گوناگونی استفاده شده است. قبل از سال ۱۹۷۰، آموزشگران علوم، تاریخ علم را در برنامه‌ی درسی علوم قرار دادند تا نگرش شاگردان را به درس علوم تغییر دهند و به شاگردان کمک کنند تا روش‌شناسی علمی را بهتر بفهمند. در این قسمت به چند نمونه از تحقیقات انجام گرفته اشاره می‌شود.

ـ واریک[۱] [۳] از تاریخ علم در کلاس علوم خود به‌صورت یک فعالیت فوق‌برنامه استفاده کرد و مشاهده کرد که علاقه‌ی شاگردان به علوم افزایش یافت. او طرحی داشت که در آن شاگردان، هر کدام در مورد زندگی و اختراعات یکی از شیمی‌دان‌های معروف تحقیق کردند و گزارش کارشان را به کلاس ارائه دادند. او ادعا کرد که علاقه و انگیزه‌ی شاگردان به‌دلیل این طرح افزایش یافت.

ـ کلوپفر و کولی[۲] [۴] اولین کسانی هستند که تاریخ علم را به برنامه‌ی درسی دبیرستان وارد کرده‌اند. آن‌ها ۱۶۰ کلاس را به‌طور تصادفی به یکی از گروه‌های آزمایش (۵۹ کلاس) یا گروه کنترل (۴۷ کلاس) اختصاص دادند. کلوپفر و کولی با استفاده از تاریخ علم، ۸ مطالعه‌ی موردی برای موضوع‌های مختلف در شاخه‌های مختلف علوم انجام دادند. موضوع‌های مورد مطالعه‌ی آن‌ها در زمینه‌ی فیزیک، شامل تاریخ «خطوط فرانهوفر»، «سرعت نور» و «فشار هوا» بود. این موضوع‌ها در گروه‌های آزمایشی مورد استفاده قرار گرفت، در حالی که برنامه‌ی درسی سنتی هم توسط گروه کنترل دنبال می‌شد. نتایج نشان داد که استفاده از تاریخ علم تأثیر معناداری بر درک شاگردان از اراده علمی و روش‌ها و اهداف علوم دارد، اما بر دانش محتوایی تأثیر معناداری ندارد.

ـ بریان جی[۳] [۵] در تحقیقی با عنوان «پیشنهادهایی برای

استفاده از تاریخ فیزیک در درس فیزیک» پیشنهادهایی برای افزودن تاریخ فیزیک به تدریس فیزیک برای یادگیری بهتر و عمیق‌تر مطالب درسی ارائه کرده است که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. به آزمایش‌های اصلی مراجعه شود. انجام دادن آزمایشی که با آزمایش اصلی ارتباط دارد برای شاگرد ارزشمند است.

۲. یک نسخه یا کپی از متن نوشته‌های اصلی دانشمندان یا کتاب‌های قدیمی به شاگردان داده شود.

۳. یک پرسش تاریخی به‌صورت تحقیق به شاگردان داده شود.

۴. فیلم‌های ویدئویی کوتاه از زندگی و اکتشافات دانشمندان تهیه شود.

ـ تحقیق هولتون، رادرفورد و واتسون[۴] [۶] که به تألیف کتاب‌های درسی طرح فیزیک هاروارد انجامید یکی از هدف‌های این تحقیقات گنجاندن تاریخ فیزیک در برنامه‌های درسی فیزیک بود.

ـ سیداحمد سادات‌حسینی [۷] در تحقیقی نقش تاریخ ریاضی در تدریس و یادگیری حسابان را بررسی کرده است. وی تاریخ انتگرال و مشتق و رابطه بین انتگرال و مشتق و نیز تاریخ آموزش ریاضی در ایران را بررسی کرده است. وی پیشنهاد کرده است که محتوای تاریخی در کتاب‌های ریاضی گنجانده شود و مفاهیمی مثل حد، پیوستگی، انتگرال و مشتق به‌صورت سیر تکوینی آن‌ها آموزش داده شود.

اهمیت تاریخ علم در آموزش علوم

«درک عمیق دانش فیزیک، بدون توجه به روند تاریخی و نگرش‌های فلسفی آن، از جذابیت این دانش بنیادی می‌کاهد». [۸]

در زمان‌ها و مکان‌های مختلف به دلایل زیر کشش‌هایی برای وارد کردن یک بخش تاریخی به برنامه‌ی درسی علوم وجود داشته است:

۱. تاریخ علم به درک بهتر مفاهیم و روش‌های علمی کمک می‌کند.

۲. رویکردهای تاریخی توسعه‌ی تفکر فردی را به توسعه‌ی ایده‌های علمی ربط می‌دهد.

۳. تاریخ علم ذاتاً ارزشمند است. شاگردان باید با رویدادهای مهم علمی مثل انقلاب علمی، داروینیزم، کشف پنی‌سیلین و... آشنا شوند.

۴. تاریخ علم لازم است تا سرشت علم را بفهماند.

۵. تاریخ، با آزمودن زمان و زندگی فردی دانشمندان، موضوع علم را انسانی می‌کند. نیز باعث می‌شود که علم از حالت مجرد درآمده و برای شاگردان جذاب شود.

۶. تاریخ علم موضوع‌ها و شاخه‌های مختلف علم را به خوبی به یکدیگر متصل می‌کند؛ تاریخ علم نشان می‌دهد که طبیعت پیشرفت‌های انسان چگونه به یکدیگر وابسته است. [۹]

در تلاش‌های علمی برخی حادثه‌های ضمنی وجود دارد که اهمیت فوق‌العاده‌ای در میراث فرهنگی دارد، که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

ـ نقش گالیله در شناخت ما از جایگاهمان در جهان.

ـ دیدگاه نیوتون مبنی بر این‌که همان قوانینی که برای حرکت در روی زمین به‌کار می‌رود برای حرکت افلاک نیز به‌کار می‌رود.

ـ مشاهده‌های طولانی داروین از گوناگونی و ارتباط شکل‌های زندگی که منجر به اصل موضوع وی شد.

ـ شناسایی بیماری‌های واگیر یا ارگانیسم‌های کوچکی که فقط با میکروسکوپ قابل رؤیت است توسط پاستور.

ابعاد بافت تاریخی و مثال‌هایی از تاریخ علم برای تأیید ایده‌ی استفاده از تاریخ فیزیک در تدریس فیزیک از دیدگاه‌ها هاوسلر و هافمن[۵] [۱۰] به‌صورت زیر است:

۱. فیزیک به‌عنوان ابزاری برای بهبود صلاحیت علمی: اختراعات ادیسون تغییرات شگرفی در زندگی روزمره‌ی انسان ایجاد کرده است. بعد از مرگ ادیسون تمام شهرها با الکتریسیته روشن شدند.

۲. فیزیک به‌عنوان یک اقدام مهم اجتماعی ـ اقتصادی: ضرورت لامپ‌های روشنایی و استفاده از آن‌ها از زمان اختراع تا کنون.

۳. فیزیک برای ارتقاً تجربه‌ی هیجانی: آزمایش‌های هیجان‌انگیز از اختراع لامپ، داستان اختراع لامپ را می‌توان در اختیار شاگردان قرار داد تا آن‌ها همان آزمایش‌ها را انجام دهند. انجام دادن آزمایش‌هایی که توسط یک دانشمند برجسته انجام شده می‌تواند علاقه‌ی شاگردان را افزایش دهد و نگرش آن‌ها را به علم تحت تأثیر قرار دهد.

۴. فیزیک به‌منزله‌ی یک چالش خردمندانه‌ی مهم علمی: پایداری ادیسون در تکرار آزمایش‌ها حتی در صورتی که شکست می‌خورد.

۵. فیزیک به‌عنوان ابزاری برای توصیف کردن کار جهان: اختراع لامپ با زدن مثال‌هایی از زندگی روزمره.

مرور مطالعات اصلی از سال ۱۹۵۰ به بعد نشان می‌دهد که برای استفاده از اطلاعات تاریخی در کلاس درس، چهار نوع رویکرد وجود دارد: الف) تاریخچه مفاهیم علمی، ب) روش‌های علمی، ج) تعامل بین علم و جامعه و د) داستان‌هایی از زندگی شخصی دانشمندان.

الف) تاریخچه‌ی مفاهیم علمی

بعضی از منابع تاریخی توسعه مفاهیم علمی را در طول تاریخ نشان می‌دهد. مثلاً، تاریخ حرکت نشان می‌دهد که دانشمندان

زیادی با مفاهیم شتاب، سقوط آزاد و... درگیر شده‌اند. در این رویکرد به جای انواع دیگر اطلاعات شخصی، سهم دانشمندان در توسعه مفاهیم علمی گفته می‌شود.

ب. روش‌های علمی در طول تاریخ

نوع دوم اطلاعات تاریخی بر چگونگی تولید دانش علمی توسط دانشمندان تمرکز می‌کند. این نوع اطلاعات تاریخی می‌تواند جنبه‌های طبیعت علم را تأیید کند.

ج. تعامل بین علم و جامعه

یکی دیگر از جنبه‌های تدریس تاریخ علم این است که به شاگردان کمک می‌کند تا تعامل بین علم و جامعه را درک کنند. وقتی چنین تعاملاتی در کلاس درس مطرح نمی‌شود، مشاهده می‌شود که شاگردان با ارتباط متقابل بین علم، فناوری و محیط اجتماعی که در آن زندگی می‌کنند آشنا نیستند و دیدی که نسبت به علم دارند دور از جهانی است که در آن زندگی می‌کنیم.

درک تعامل بین علم و جامعه یکی از اصول طبیعت علم است. شاگردان باید از ارزش دانش علمی آگاه شوند، از این‌رو، معلم‌ها باید شاگردان را از تأثیر اختراعات و اکتشافات بر توسعه‌ی فرهنگی و اجتماعی جوامع مطلع سازند. بعضی از اطلاعات تاریخی به نقش علم در رویدادهای فرهنگی و اجتماعی تأکید می‌کند و نشان می‌دهد علم و فناوری از طریق مشارکت مردمان مختلف در فرهنگ‌های مختلف و در زمان‌های مختلف در طول تاریخ پیشرفت کرده است.

البته کتاب‌های درسی و معلمان در پوشش و آموزش تعامل بین علم، فناوری و جامعه موفق نبوده‌اند و این امر باعث شده است که شاگردان به فیزیک علاقه چندانی نداشته باشند. [۱۱]

د. داستان‌های زندگی شخصی دانشمندان

در این رویکرد تاریخ علم، عموماً بر رویدادهای مهم زندگی دانشمندان برجسته متمرکز است و ارتباطی به محتوای علم و مفاهیم علمی ندارد. لذا، معلم شاگردان را با اطلاعاتی در مورد دانشمندان آشنا می‌کند تا تصویر آن‌ها را از دانشمند تغییر دهد. برای مثال، اطلاعات تاریخی نظیر این‌که نیوتون بعد از مرگ پدرش در خانه مادربزرگش بزرگ شد. وقتی او سه‌ساله بود مادرش مجدداً ازدواج کرد و او را ترک کرد، توجه شاگردان را به تجربه‌های دانشمندان در مقام یک شخص عادی جلب می‌کند. استفاده از اطلاعات تاریخی به شکل داستان به شاگردان کمک می‌کند که ساختار شناختی خود را سازمان دهند و عقاید خود را به موضوع درس ارتباط دهند.

روش‌های استفاده از تاریخ علم در کلاس درس

سه روش اصلی برای فراهم کردن بافت کلاس با مواد تاریخی وجود دارد. اولی پیشنهاد می‌کند که اندیشه‌های شاگردان مشابه اندیشه‌های دانشمندان گذشته است. تاریخ‌نویسان علوم و معلمان علوم دریافته‌اند که شباهت‌هایی بین اندیشه‌های دانشمندان در طول تاریخ و دانش پیشین شاگردان وجود دارد؛ شباهت‌هایی که از تجربه‌های زندگی روزمره یا فعالیت‌های یادگیری به‌وجود می‌آید. به‌عنوان مثال دانش‌آموزان در مورد جایگاه زمین در جهان کج‌فهمی دارند: زمین در مرکز است. این اندیشه شبیه به اندیشه فیلسوفان قدیم یونان است. اگر شاگردان با این اندیشه‌ها در بافت تاریخی آشنا شوند، به تشخیص آن‌ها در کج‌فهمی‌های خود کمک می‌کند.

دومین روش، پیشنهاد می‌کند که تعارض بین شاگردان نیز مشابه تعارض‌های دانشمندان است. تاریخ علم شامل بحث‌هایی است بین دانشمندان تا تضادهایشان را رفع کنند. پاسخ‌های دانشمندان پرسش‌هایی را برای دانشمندان آینده ایجاد می‌کند. همان‌طور که دانشمندان با ابهام در آزمایش‌های خود یا ابهام در مطالعات دانشمندان دیگر مجبور می‌شوند که نظریه‌های جدیدی بدهند. این احتمال نیز وجود دارد که وقتی شاگردان با مفاهیم جاری قانع نشدند، مفاهیم جدید را یاد بگیرند. معلم‌ها می‌توانند از جلسه‌های بحثی مشابه جلسه‌های بحث دانشمندان پیشین استفاده کنند تا شاگردان به درگیر شدن در کلاس درس تشویق شوند.

سومین روش در بافت تاریخی، توضیح‌هایی را به‌ویژه به شکل داستان پیشنهاد می‌کند. داستان‌ها به‌عنوان یک سازمانگر شناختی، ابزار تدریس نیرومندی هستند.

نتیجه‌گیری

دادن اطلاعات تاریخی به شاگردان سبب تغییر دید آن‌ها نسبت به علم می‌شود و باعث می‌شود بفهمند که اولین جواب یا فرضیه‌ای که برای مسئله‌ای معین به ذهن ما می‌رسد، لزوماً جواب درست نیست.

نمونه‌هایی از اصل آزمایش‌هایی که توسط دانشمندان برجسته انجام گرفته و داستان‌هایی در مورد زندگی دانشمندان و تاریخچه‌ی قانون‌ها و مفاهیم فیزیک می‌تواند بافت زندگی واقعی را برای ارائه فیزیک فراهم کند و علم را به‌صورت یک فعالیت انسانی درآورد. مخصوصاً مثال‌هایی در مورد این‌که دانشمندان چگونه در تحقیقات و آزمایش‌های علمی‌شان دچار خطا شدند و شکست خوردند، می‌تواند نگرش شاگردان را به آزمایش‌هایی که در آن‌ها نتایج واقعی انتظار دارند تغییر دهد.

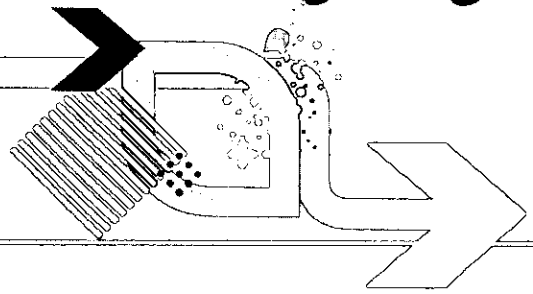
امتیاز دیگر وارد کردن تاریخ علم به درس فیزیک این است

که مفاهیم علمی و طبیعت علم را تأیید می‌کند و می‌تواند شاگردان را به درس فیزیک علاقه‌مند کند. «البته افزودن تاریخ فیزیک به تدریس فیزیک به این معنی نیست که نام‌ها و داده‌ها الزاماً مهم است، آن‌چه که اهمیت بیشتری دارد این است که در زمان‌های مختلف چه ایده‌هایی متداول بوده است. و یا زمانی که اختراعی پدید آمده و یا مفهومی برای اولین‌بار مطرح شده، چگونه این ابزارها و مفاهیم بر روش زندگی انسان تأثیر گذاشته است.» [۵]

استفاده از تاریخ فیزیک در تدریس فیزیک می‌تواند شاگردان را یاری دهد تا علم فیزیک را به صورتی واقعی، آن چنان که هست، به‌صورت فعالیت انسانی همه‌جانبه، بنگرند، و این بدان معنی است که موضوع در دورنمای تاریخی و فرهنگی آن ارائه شود و معلوم گردد که اندیشه‌های علم فیزیک با آن‌که راه‌های تکاملی سازگاری و تغییر را می‌پیماید سابقه و سنتی دیرینه نیز دارد. بدین‌ترتیب، با تأکید بر اصول انسان‌دوستانه و با توجه به دستاوردهای علم، فیزیک را نه به صورت مجموعه‌ای از قانون‌ها و واقعیت‌ها، بلکه به‌صورت فعالیتی پیگیر و فرایندی پژوهشی، و ثمره‌ی کار بسیاری از مردمان سرزمین‌های گوناگون جهان خواهیم یافت. [۶]

باید به توصیه‌ی رابی[6] (فیزیکدان برنده جایزه نوبل) گوش کنیم که می‌گوید: «علم باید از بالاترین تا پایین‌ترین سطح آن به روشی انساندوستانه، یعنی با یک درک تاریخی روشن از زندگینامه، پیروزی‌ها، شکست‌ها، رنج‌ها و طبیعت کسانی که ساختار علم را به‌وجود آورده‌اند، تدریس شود.» [۵]

برای استفاده از اطلاعات تاریخی در کلاس درس، چهار نوع رویکرد وجود دارد: الف) تاریخچه مفاهیم علمی، ب) روش‌های علمی، ج) تعامل بین علم و جامعه و د) داستان‌هایی از زندگی شخصی دانشمندان



زیرنویس

1. Warrick
2. Klopfer, L., & Cooley, W.
3. Brian Gee
4. Holton, Rutherford & Watson
5. Haussler, P., & Hoffmann
6. Rabi

منابع

۱. بروس. جویس. مارشا. ویل و بورلی شاورز. الگوهای تدریس، ترجمه محمدرضا بهرنگی. تهران: کمال تربیت، چاپ چهارم، (۱۳۷۵).

۲. معتمدی. اسفندیار. آموزش علوم پایه در ایران «فیزیک». مجله رشد آموزش فیزیک. شماره ۶۵ وزارت آموزش‌وپرورش. دفتر انتشارات کمک‌آموزشی. سال هیجدهم. صص ۱۰-۲. (۱۳۸۲).

3. Warrick, J. Bringing science history to life. Science Scope, 23(7), 23-25. (2000).

4. Klopfer, L., & Cooley, W. The use of case histories in the development of student understanding of science and scientists. Cambridge, MA: Harvard University Press. P. 5. (1961).

5. Gee, B. Some suggestion for the use of the history of physics in a physics course, Jurnal of Physics education, 7(8), 53-57. (1972).

۶. هولتون و دیگران. طرح فیزیک هاروارد واحد ۱. ترجمه‌ی احمد خواجه نصیر طوسی و هوشنگ شریف‌زاده، تهران، انتشارات فاطمی. چاپ پنجم (۱۳۸۰).

۷. سادات حسینی، سیداحمد. نقش تاریخ ریاضی در تدریس و یادگیری حسابان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. (۱۳۸۳).

۸. جوادی، حسین. جوادی، افسانه. فیزیک از آغاز تا امروز. تهران، انتشارات اندرز. چاپ دوم (۱۳۸۷).

9. Matthews, M. R. Science teaching: The role of history and philosophy of science. New York: Routledge. 47-50. (1994).

10. Solbes, J., & vilches, A. STS interactions and teaching of physics and chemistry. Science Education, 81, 377-386. (1997).

11. Haussler, P., & Hoffmann, L. A curricular frame for physics education: Development, comparison with student interests, and impact on students'achievement and self-concept. Science Education, 84, 689-705. (2000).

آموزشی

تعیین چگالی مایع با خط‌کش

کی.ان.چاتوپادهیا[1]
ترجمه: زهرا سادات مرتضوی
دبیر فیزیک

چکیده

روش ساده‌ای که تنها بر پایه‌ی اصل گشتاور نیروهاست، برای تعیین چگالی مایعات بدون اندازه‌گیری جرم و حجم شرح داده می‌شود. ابتدا یک لوله‌ی آزمایش خالی و یک ماده‌ی جامد که به دو طرف یک خط‌کش آویزان‌اند، متوازن می‌شوند و بازوی گشتاور لوله‌ی آزمایش اندازه گرفته می‌شود. با نگه داشتن جسم جامد در وضعیت قبلی، لوله‌ی آزمایش با مایعی که چگالیش معلوم است به اندازه‌ی مشخص پر می‌شود و دوباره توازن برقرار می‌شود و بازوی گشتاور اندازه گرفته می‌شود. سپس لوله‌ی آزمایش با مایع نامعلوم (که چگالیش باید اندازه گرفته شود) تا اندازه‌ی مشخص قبلی پر شده و بعد از حالت تعادل بازوی گشتاور اندازه‌گیری می‌شود. با اندازه‌گیری این سه بازوی گشتاور و استفاده از رابطه‌ی چگالی مایع معلوم، چگالی مایع نامعلوم تعیین می‌شود.

مقدمه

یک روش ساده که تنها براساس اصل گشتاور نیروهاست برای تعیین چگالی مایعات شرح داده می‌شود.

چگالی به صورت جرم واحد حجم تعریف می‌شود یعنی حجم / جرم = چگالی، بنابراین برای محاسبه‌ی مقدار چگالی یک جسم، جرم و حجم آن اندازه گرفته می‌شود. در سال ۱۹۸۴ کوینیگز [۱] روشی را برای اندازه‌گیری چگالی یک مایع توضیح داد. این بر پایه‌ی اصلی است که نیروی شناوری (ارشمیدس) که یک مایع به جسم غوطه‌ور اعمال می‌کند با نیروی رو به پایین وارد بر آن متوازن می‌شود. *هیوز* [۲] از اصل ارشمیدس برای تعیین چگالی مایعات استفاده کرد و *سینگ* [۳] دو روش ساده را برای تعیین چگالی جامدات با استفاده از اصل ارشمیدس و گشتاور یک نیرو تشریح کرد.

اخیراً، *مامبا* و *تی‌سایی* [۴] روش خیلی خوبی را برای تعیین چگالی یک شی بدون اندازه‌گیری جرم و حجم پیشنهاد کردند. این روش مبتنی بر اصل ارشمیدس و گشتاور نیروها، و خیلی ساده و دقیق است و به آسانی می‌توان در کلاس انجام داد. اما آن‌ها نگفته‌اند که چگونه می‌توان از این روش برای اندازه‌گیری چگالی مایعات استفاده کرد.

روش آزمایش

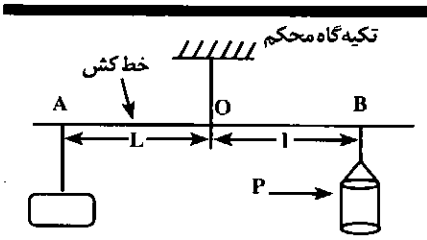
مواد و وسایل لازم: یک خط‌کش یک متری، سه قطعه نخ سبک، یک جسم جامد با هر شکلی و جرم نامشخص، یک لوله‌ی آزمایش به جرم نامعلوم و مایعی با چگالی مشخص (مثلاً آب).

ترتیب آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است. خط‌کش با یک نخ از یک تکیه‌گاه محکم در نقطه‌ی مرکزی O آویزان شده است. جسم جامد از سمت چپ خط‌کش با یک نخ از نقطه‌ی A آویزان است. برای تعادل دستگاه، یک لوله‌ی آزمایش خالی به‌وسیله‌ی یک تکه نخ در سمت راست خط‌کش در نقطه‌ی B آویزان شده است. اگر جرم‌های جسم جامد و لوله‌ی آزمایش خالی به ترتیب M و m و فاصله‌ی نقاط A و B از نقطه‌ی O به ترتیب L و l باشد، از اصل گشتاور نیروها می‌توانیم بنویسیم:

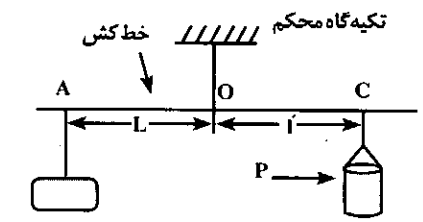
$$MgL=mgl \qquad (1)$$

مایعی با چگالی معلوم (مثلاً آب) را در لوله‌ی آزمایش تا علامت P می‌ریزیم. این علامت می‌تواند هر جایی باشد اما بهتر است که درست زیر بالای لوله باشد. باید موقع ریختن آب در لوله دقت شود تا هیچ آبی روی کناره‌های لوله باقی نماند و زمانی که سطح آب تقریباً به علامت P رسید توصیه می‌شود که آب قطره قطره ریخته شود. برای حفظ تعادل دستگاه، لوله‌ی آزمایش پر از

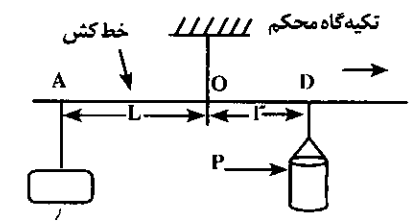
در روش یافتن چگالی مایع با استفاده از خط‌کش، احتیاجی به دانستن جرم و حجم مایع نیست



شکل ۱. متوازن ساختن یک لوله آزمایش خالی با جسم جامدی به جرم نامعلوم



شکل ۲. متوازن ساختن لوله آزمایش پر از آب با جسم جامد



شکل ۳. متوازن ساختن لوله آزمایش پر از مایع ناشناخته با جسم جامد

آب را به سمت نقطه‌ی C در سمت راست خط‌کش حرکت دهید (شکل ۲). محل ماده‌ی جامد S و تکیه‌گاه O تغییر نمی‌کند. اگر فاصله‌ی نقطه‌ی C از نقطه‌ی O، l' باشد دوباره با استفاده از اصل گشتاور نیروها می‌توانیم بنویسیم:

$$Mgl = (m + M_1)gl' \qquad (۲)$$

که M_1 جرم آب در لوله‌ی آزمایش است.

لوله‌ی آزمایش را از آب خالی کرده و خشک می‌کنیم. سپس خیلی با دقت آن را تا علامت P از مایعی که باید چگالیش تعیین شود پر می‌کنیم. با نگه داشتن جسم جامد S و تکیه‌گاه O در مکان‌های اولیه، لوله‌ی پر شده از مایع را به نقطه‌ی D حرکت می‌دهیم، به‌طوری‌که دستگاه دوباره متوازن شود (شکل ۳). اگر این طول برای حفظ تعادل (OD) را l'' در نظر بگیریم، از اصل گشتاور نیروها می‌توانیم بنویسیم:

$$Mgl = (m + M_2)gl'' \qquad (۳)$$

که M_2 جرم مایعی است که در لوله تا علامت P پر شده است.

از معادله‌های (۱) و (۲) ما داریم:

$$M_1 = m(l/l' - 1) \qquad (۴)$$

و از معادله‌های (۱) و (۳) می‌توانیم بنویسیم:

$$M_2 = m(l/l'' - 1) \qquad (۵)$$

اگر V حجم داخلی لوله‌ی آزمایش تا علامت P و d_1 و d_2 به ترتیب چگالی‌های آب و مایع نامشخص باشد، آنگاه:

$$d_1 = M_1/V \quad \text{و} \quad d_2 = M_2/V$$

بنابراین،

$$d_1/d_2 = M_1/M_2 \qquad (۶)$$

اما با استفاده از معادله‌ی (۴) و (۵)، معادله‌ی (۶) را می‌توان به این شکل نوشت:

$$d_2/d_1 = (l/l'' - 1)(l/l' - 1) \qquad (۷)$$

چگالی آب، d_1، معلوم است بنابراین از معادله‌ی (۷)، d_2، چگالی مایع نامعلوم به آسانی محاسبه می‌شود. به جای آب، می‌توان از مایع مناسب دیگری استفاده کرد اما چگالی آن مایع (d_1) باید در دمای آزمایشگاه معلوم باشد.

این روش پیدا کردن چگالی مایع برای مدارس و همچنین سطح پیش‌دانشگاهی مفید است و این مزیت‌ها را دارد:

۱. احتیاجی به دانستن جرم و حجم مایع نیست. ۲. تنها کمیت‌هایی که اندازه‌گیری می‌شود سه بازوی گشتاور است. ۳. نیازی به تعادل فیزیکی نیست. ۴. روش خیلی آسان و دقیق است. ممکن است خطاهایی در اندازه‌گیری بازوی گشتاور وجود داشته باشد اما این خطاها را می‌توان با دقیق خواندن کمینه کرد.

زیرنویس

1. K N Chattopadhyay

• Physics Education, March 2008, 43(2), pp203-205

منابع

1. Koenigs F F R 1984 Phys. Educ. 19 83-5
2. Hughes S W 2005 Phys.Educ. 40 468-74, 2006 Phys. Educ. 41 211-2
3. Singh S 2006 Phys.Edus. 41 297-8
4. Mumba and Tsige M 2007 Phys.Educ. 42 293-5

مهدی آذر یزدی (۱۳۸۸-۱۳۰۱) عمر پربرکت خود را صرف خواندن و نوشتن کرد. از روستای خرمشاه، شهر بادگیرها و آتشگاه‌های زیبا سربرآورد و قصه‌هایی از قرآن مجید و متن‌های کهن فارسی را به شکل ساده و روان به کودکان ایرانی پیشکش کرد و آن‌ها را با ریشه‌های فرهنگی خود آشنا نمود

اسفندیارمعتمدی

مهدی آذر یزدی

زندگی این دو انسان سخت‌کوش در بسیاری جهات شبیه یکدیگر بود اما محیط اجتماعی آن‌ها با هم تفاوت بسیار داشت. هر دو مؤثر بودند اما این کجا و آن کجا.

مهدی و مایکل هر دو روستازاده و دهاتی بودند. مهدی در خرمشاه یزد به دنیا آمد و مایکل در روستایی در حومه لندن. هر دو فقیر بودند و نتوانستند به مدرسه بروند و تحصیلات رسمی داشته باشند. هر دو از کودکی با کار سخت آشنا شدند و دست و مغز آن‌ها به کار افتاد. پدر مهدی جز کار زراعت و باغبانی درآمد دیگری نداشت و کم سواد، خیلی خشک، وسواسی و متعصب بود. مهدی مختصر خواندن و نوشتن را در خانه از پدرش یاد گرفت و قرآن را از مادربزرگش. از هفت و هشت سالگی همراه پدرش توی صحرای داغ و زمین زراعتی کار می‌کرد.

پدر مایکل آهنگری و نعلبندی داشت. هر روز با کوره آتش و دَم آهنگری سروکار داشت و چکش‌های سنگین بر سر میخ و نعل می‌زد. و مایکل از همان کودکی با نعل و میخ و سم اسب و خر سرگرم بود و دست‌هایش برای کار کردن ورزیده شد. هنوز به سن نوجوانی نرسیده بود که پدرش را از دست داد و مهم‌تر از آن دکانش نیز تخته شـد و نتوانست کار پرزحمت پدر را ادامه دهد و بر دست و پای قاطر و مادیان نعل بزند و مزد بگیرد و زندگی کند. پس به ناچار کار نعلبندی را کنار گذاشت و در ۱۴ سالگی در یک کتاب‌فروشی و صحافی به کار پرداخت.

مهدی هم یک روز از کار زراعت دسـت کشـید و گفت: «دیگر به صحرا نمی‌روم» گرچه اوقات پدرش تلخ شد اما مادرش با این کار موافق بود. ابتدا در شهر یزد کارگر بنا شد، بعد در کارگاه جوراب بافی مشغول شد تا به بهشت خود دست یافت و در یک کتاب‌فروشی به کار پرداخت و در راه دانایی قدم برداشت.

«در این کتاب‌فروشـی بود که فهمیدم چه‌قدر بی‌سوادم و بچه‌هایی که به دبستان و دبیرستان می‌روند چه‌قدر چیزها می‌دانند که من نمی‌دانم. برای رسیدن به دانایی بیشتر، یگانه راهی که جلو پایم بود خواندن کتاب بود. سه، چهار سال کار در این کتاب‌فروشی (کتاب‌فروشی یزد، سَرِ بازارخان) ذوق نوشتن و شعر گفتن و با بچه‌های درس خوانده همرنگ شدن را در من به وجود آورد.»

مایکل در کتاب‌فروشی تحول یافت و به خواندن کتاب‌ها پیش از چاپ و صحافی آن‌ها پرداخت. نخستین بار وقتی مقاله برق را در نسخه‌ای از دانشنامه بریتانیکا که مشغول صحافی آن بود خواند کاملاً برانگیخته و دگرگون شد. به دنبال علاقه‌ای که به خواندن یافت کتابی به نام «مکالماتی درباره شیمی» از جین مارست در دسترس او قرار گرفت که افکارش را متوجه شیمی کرد و وی را به سوی توانایی و ساختن رهنمون شد.

مایکل فارادی

مایکل فارادی هم نخستین کتاب علمی مخصوص کودکان را منتشر کرد و برای بچه‌ها سخنرانی ترتیب می‌داد. او هم مانند آذر یزدی بچه‌ها را دوست داشت

در همین کتاب‌فروشی بود که «یکی از مشتریانش بلیط سخنرانی‌های همفری دیوی دانشمند انگلیسی را به او داد. فارادی در این سخنرانی‌ها شرکت و نکته‌های این سخنرانی‌ها را یادداشت کرد و آن‌ها را به صورت کتابی درآورد و همراه درخواست شغلی برای دیوی فرستاد. او پذیرفته شد و به عنوان دستیار آزمایشگاه دیوی در مؤسسه سلطنتی شروع به کار کرد».

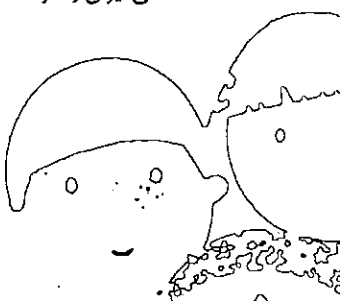
فارادی به عنوان کارگر عادی در سال ۱۸۱۳ به آزمایشگاه سلطنتی انگلیس راه یافت و پس از آن که با *سارا بارنارد* ازدواج کرد در یک اتاقک زیر شیروانی بالای مؤسسه سلطنتی انگلیس زندگی می‌کرد و شبانه‌روز در تلاش آن بود که **توانایی** خود را افزایش دهد.

مهدی در کتاب‌فروشی یزد رشد یافت. با اهل مطالعه، کتاب و شعر آشنا شد و به جایی رسید که شهر برایش کوچک شد و به دنبال یافتن محیط بزرگ‌تری به تهران نقل مکان کرد. در خیابان ناصرخسرو در چاپخانه حاج محمدعلی علمی به کار مشغول شد و از آن پس در کتاب‌فروشی‌های مختلفی به کار پرداخت و به خواندن نمونه‌های چاپی کتاب‌های متعدد مشغول شد.

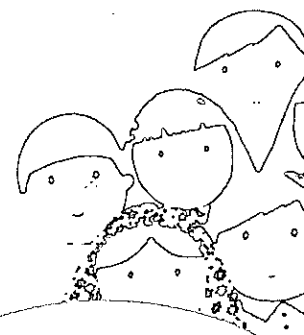
مهدی آذر یزدی و مایکل فارادی هر دو برای کودکان کتاب نوشتند. اما مهدی کتاب می‌نوشت تا دانستنی‌ها و آگاهی‌های کودکان را افزایش دهد و آن‌ها را به مرحله **دانایی** برساند اما مایکل می‌نوشت و می‌ساخت تا کودکان را به درجه سازندگی و **توانایی** برساند.

مهدی می‌گوید: «اولین بار که به فکر تدارک کتاب برای کودکان افتادم سال ۱۳۳۵ (یعنی در سن ۳۵ سالگی‌ام) بود. بعضی‌ها از کودکی شروع به نوشتن می‌کنند، ولی من تا سن هجده سالگی خواندن درست و حسابی را بلد نبودم در سال ۱۳۳۵ در «عکاسی یادگار» یا «بنگاه ترجمه و نشر کتاب» کار می‌کردم و ضمناً کار غلط‌گیری نمونه‌های چاپی را هم از انتشارات امیرکبیر گرفته بودم و شب‌ها آن را انجام می‌دادم. قصه‌ای از انوار سهیلی را در چاپخانه می‌خواندم که خیلی جالب بود. فکر کردم اگر ساده‌تر نوشته شود، برای بچه‌ها خیلی مناسب است. جلد اول *قصه‌های خوب برای بچه‌های خوب* خود به خود از این‌جا پیدا شد. آن را شب‌ها در حالی می‌نوشتم که توی یک اتاق ۳×۴ متری زیرشیروانی با یک چراغ لامپا نمره ۱۰ دیوارکوب زندگی می‌کردم. نگران بودم کتاب خوبی نشود و مرا مسخره کنند.

کتاب اول مهدی آذر یزدی چاپ شد و کم‌کم به هشت جلد رسید و بعد نوشت و هم‌چنین نوشت تا در کارنامه‌ی او ۳۶ جلد کتاب ثبت شد. برای نوشته‌هایی که نوشته، جایزه یونسکو، جایزه سلطنتی کتاب سال، و جایزه کتاب برگزیده سال جمهوری اسلامی ایران را گرفته است.



مایکل فارادی هم نخستین کتاب علمی مخصوص کودکان را منتشر کرد برای بچه‌ها سخنرانی ترتیب می‌داد. او هم مانند آذر یزدی بچه‌ها را دوست داشت اما فقط به جای خواندن و نوشتن و دانا شدن به ساختن و تولید کردن وسایل برقی و اختراع و اکتشاف روی آورد.



نخستین اختراع او ساختن موتور الکتریکی بود. موتور الکتریکی دستگاهی است که با جریان الکتریکی حرکت مکانیکی تولید می‌کند. نمونه این دستگاه را در پنکه، یخچال، پمپ آب، جاروبرقی می‌توان دید. کار مهم‌تری که فارادی کرد تبدیل حرکت مکانیکی به جریان الکتریکی و اختراع مولد الکتریکی بود. نمونه مولد الکتریکی دینام دوچرخه، دینام اتومبیل و در نمونه‌های بزرگ ژنراتورهای عظیمی است که برق شهرها و کشورها را تولید می‌کنند. اختراع دیگر فارادی ساختن مبدل یا ترانسفورماتور است. ترانسفورماتور دستگاهی است که ولتاژ برق را می‌تواند زیاد یا کم کند. مثلاً برق ۲۲۰ ولت شهر به کمک مبدل به برق ۳ ولت یا ۶ ولت تبدیل می‌شود و موتورهای کوچک الکتریکی را به کار می‌اندازد و یا آن که برق با ولتاژ چند هزار ولت تبدیل می‌گردد.

مهدی آذر یزدی و مایکل فارادی در زمان زندگی خود به شهرت فراوان رسیدند، ولی نه این یکی قبول کرد که در قطعه نام‌آوران به خاک سپرده شود و نه آن حاضر شد که در گورستان وست مینیستر دفن گردد. هر دو وصیت و درخواست کردند که در زادگاه‌های خود به خاک روند

جالب است بدانیم که مهدی آذر یزدی و مایکل فارادی در زمان زندگی خود به شهرت فراوان رسیدند و لیکن نه این یکی قبول کرد که در قطعه نام‌آوران به خاک سپرده شود. و نه آن حاضر شد که در گورستان وست مینیستر دفن گردد. هر دو وصیت و درخواست کردند که در زادگاه‌های خود به خاک روند.

مهدی آذر یزدی و مایکل فارادی انسان‌های کوشا و پرتلاشی بودند که شرایط اولیه زندگی آن‌ها یکسان بود اما محیط اجتماعی یکی را فقط تا حد دانایی بالا برد و دیگری علاوه بر آن به جایگاه توانایی رساند. مهدی آذر یزدی کودکان را به سوی اندیشه روشن و دانایی حرکت داد و مایکل فارادی با اختراع مولد برق زمین را روشنایی الکتریکی بخشید و با اختراع موتور انرژی الکتریکی را به کار مکانیکی تبدیل کرد و حمل‌ونقل و انجام بسیاری از کارها را آسان نمود. یاد و نام هر دو جاودان خواهد ماند. این یکی برای ما ایرانیان و آن دیگری برای مردم جهان.

مهدی آذر یزدی

در آموزش‌وپرورش دانش‌آموزان و جوانان ایران بعضی از افراد نقش‌های مهمی داشته‌اند: حاج میرزا حسن رشیدیه اولین مدرسه را در ایران دایر کرد، میرزا علی‌خان امین‌الدوله با تأسیس انجمن معارف مدرسه‌سازی را رونق داد، میرزا احمدخان بدر دولت را مسئول آموزش‌وپرورش کودکان کشور کرد و مدرسه دولتی را بنیان نهاد، میرزا ابوالحسن فروغی معلم آموزش دیده تربیت کرد و علی اصغر حکمت آموزش بزرگسالان را به راه انداخت و بسیاری کسان دیگر کارهای مهم دیگری کردند.

در این میان مهدی آذر یزدی دست به کار مهم‌تری زد و آن به ذوق آوردن بچه‌ها برای خواندن بود. او خالق «قصه‌های خوب برای بچه‌های خوب» بود. مهدی آذر یزدی (۱۳۸۸-۱۳۰۱) عمر پربرکت خود را صرف خواندن و نوشتن کرد. از روستای خرمشاه، شهر بادگیرها و آتشگاه‌های زیبا سربرآورد و قصه‌هایی از قرآن مجید و متن‌های کهن فارسی را به شکل ساده و روان به کودکان ایرانی پیشکش کرد و آن‌ها را با ریشه‌های فرهنگی خود آشنا نمود و در دل آن‌ها جای گرفت. او آغازگر نوشتن برای بچه‌ها بود. در فقر و تنگدستی به دنیا آمد، با سربلندی زیست و نوشته‌اش را هرکس خواند عشق به زندگی و یادگیری و انسانیت آموخت.

خشت زیر سرو بر تارک هفت اختر پای
دست قدرت نگر و منصب صاحب جاهی

آذر یزدی مدرسه نرفت، استاد نداشت، ازدواج نکرد، خانه و زندگی مرتبی نداشت اما آزاده بود، نیازمند زر و مال و جاه نبود، از انسان‌های خود ساخته بود. احساس می‌کرد که باید مؤثر باشد. در حالی که خود را در برابر بچه‌ها مسئول احساس می‌کرد در یکی از نامه‌ها، در روزگار پیری خود، چنین نوشته است: همین که هیچ مسئولیتی ندارم، در مضیقه مالی هم نیستم و با این‌که هیچ عضو تن‌ام درست کار نمی‌کند، اما چشم‌ام درست کار می‌کند و برای کتاب خواندن هیچ غصه‌ای ندارم. یعنی آدم می‌تواند این قدر خوشبخت و آزاد باشد؟ (۱۳۸۱/۵/۲۸).[۱]

او علاقه‌مند به کتاب و خواندن بود و می‌خواست همه را به کتاب و خواندن علاقه‌مند کند و در جامعه‌ای که مردم کمتر کتاب می‌خوانند و بیشتر حرف می‌زنند او مشوق بزرگی بود و توانست شیرینی کتاب خواندن را به بسیاری از بچه‌های کشور بچشاند. آذر یزدی ریشه در فرهنگ غنی این سرزمین داشت و در عمر پر ثمر خود کوشید برای همه‌ی بچه‌ها قصه‌های خوب نوشت و فرهنگ گذشته ایران زمین را به خانه‌های آن‌ها برد.

زیرنویس

• برای اطلاعات بیشتر به کتاب‌های زیر مراجعه شود:

۱. خلاصه زندگینامه علمی دانشوران، بنیاد دانشنامه بزرگ فارسی.

۲. ۱۰۰ دانشمند که جهان را تغییر داده‌اند. انتشارات فاطمی، ترجمه اسفندیار معتمدی و امیر فرهنگ معتمدی.

۳. زندگی‌نامه و خدمات علمی و فرهنگی. استاد مهدی آذر یزدی، انجمن آثار و مفاخر فرهنگی.

آموزشی

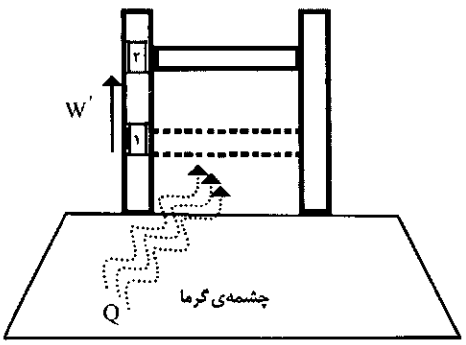
روشی برای تدریس قانون اول ترمودینامیک

دوستان صمدی نژاد
دبیر فیزیک اصفهان
مدرس غیرانتفاعی دانشگاه پیام نور مرکز شاهین شهر

مقدمه

یکی از روش‌های تواناتر کردن دانش‌آموزان برای حلّ مسائل، تجزیه و تحلیل عمیق مفاهیم فیزیک براساس قوانین پایستگی حاکم بر طبیعت است. در این نوشتار سعی بر این است که با به‌دست آوردن قانون اول ترمودینامیک از قانون پایستگی انرژی، این درک در دانش‌آموز سوم ریاضی افزایش یابد. خوشبختانه به‌نظر می‌رسد که دانش‌آموزان از این روش احساس رضایت می‌کنند.

دستگاهی را شامل مقدار معینی گاز کامل و پیستونی که اصطکاک ناچیز با استوانه دارد، در نظر می‌گیریم. دستگاه را با چشمه‌ی گرما تماس می‌دهیم (شکل ۱).



شکل ۱. چشمه‌ی گرما به دستگاه گرمای Q را می‌دهد و پیستون به سمت بالا به اندازه‌ی مشخصی جابه‌جا می‌شود و دستگاه کار W' را روی محیط انجام می‌دهد.

انرژی درونی دستگاه قبل از تماس با چشمه‌ی گرما برابر U_1 بوده است. بدیهی است که انرژی درونی گاز کامل برابر مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل تک‌تک ذرات گاز است.

چشمه‌ی گرما به آرامی مقدار Q ژول گرما به دستگاه می‌دهد در نتیجه گاز کامل منبسط می‌شود و کار W' را روی محیط انجام می‌دهد. در این حالت، انرژی درونی دستگاه برابر U_2 می‌شود.

قانون پایستگی انرژی برای این فرایند غیرخاص را ـ که همواره بسیار نزدیک به حالت تعادل است ـ می‌نویسیم:

(۱) انرژی حالت (۲) = انرژی حالت (۱)

$$U_1 + Q = U_2 + W' \qquad (۲)$$

بنابراین

$$-W' + Q = U_2 - U_1 \qquad (۳)$$

چون کار دستگاه روی محیط W' برابر منفی کار محیط روی دستگاه، یعنی W است؛ داریم:

$$\left.\begin{array}{l} -W' + Q = \Delta U \\ W = -W' \end{array}\right\} \Rightarrow \Delta U = Q + W \qquad (۴)$$

که در این‌جا Q گرمای داده شده به دستگاه است. معادله‌ی (۴) قانون اول ترمودینامیک را بیان می‌کند:

«در هر فرآیند ترمودینامیکی مجموع گرمای داده شده به دستگاه و کار انجام شده روی دستگاه برابر تغییر انرژی درونی دستگاه است.»

آموزشی

کی. کُداما
ترجمه: زهرا خواصی
دبیر فیزیک زنجان

نمایشی ساده از قاعده‌ی کلی تغییر میدان مغناطیسی با فاصله

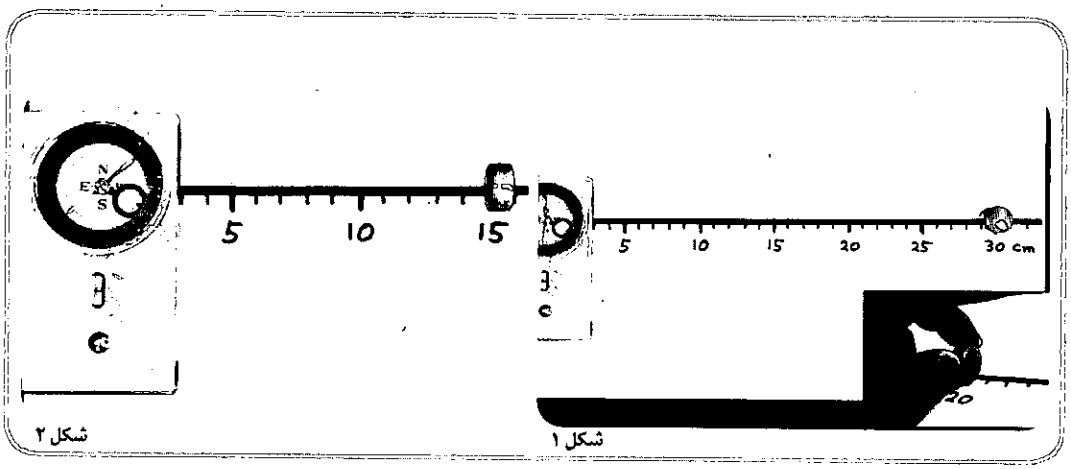
مقدمه

بیشتر دانشجویان علوم، اغلب اطلاعات بنیادی درباره‌ی آهنربا دارند. قطب‌های آهنربا بستگی به قطبیت خود همدیگر را جذب یا دفع می‌کنند. هرچه فاصله تا آهنربا کمتر باشد نیروی مغناطیسی بزرگ‌تر خواهد بود اگرچه به‌نظر می‌رسد، رابطه‌ای بین نیروی مغناطیسی و فاصله باعث سردرگمی شاگردان می‌گردد. بسیاری از آن‌ها به غلط، در مقایسه با میدان الکتروستاتیک یا گرانی، فکر می‌کنند که نیروی بین آهنرباها از قانون عکس مجذوری پیروی می‌کند. مشکل بتوان به دانش‌آموزان آموخت که جهت و اندازه‌ی میدان مغناطیسی به طریق کاملاً متفاوت از نیروهای برهم‌کنشی دیگر تغییر می‌کند. ما یک ابزار آموزشی مبتنی بر تغییر اندازه میدان مغناطیسی نسبت به فاصله را پیشنهاد می‌کنیم که به شاگردان این امکان را می‌دهد که معنی قطب‌ها و دوقطبی‌های مغناطیسی را به روشنی درک کنند.

این روش از قطب‌نمای معمولی، آهنربای کوچک (دایره‌ای‌شکل)، و یک میله‌ی آهنربا به طول حدود ۶۰cm استفاده می‌کند. آهنرباهای کوچک مثل آهنرباهایی است که در تابلوی اعلانات و یا در یخچال‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. آهنربای میله‌ای بلند هم یک میله‌ی فولادی است که با یک سیملوله بلند و با استفاده از جریان کم آهنربا شده است. روش‌های مشابه دیگر با استفاده از قطب‌نما و آهنربای میله‌ای برای نشان دادن پدیده‌های مختلف مانند آشکارسازی اختلالات غیرعادی و شدید میدان مغناطیسی زمین [۱] یا اندازه‌گیری شدت میدان مغناطیسی زمین مطرح شده است [۲]. آزمایشی که درباره‌ی آن توضیح داده می‌شود از این رو بی‌همتاست که به شاگردان امکان می‌دهد قانون کلی را بدون نیاز به وسایل خاص از مشاهداتشان استنتاج کنند [۳]. اساس این آزمایش بر مبنای الکترومغناطیس است اما به راحتی قابل درک است چون فقط از نسبت بین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده استفاده می‌کند. بعضی محاسبات مثلثاتی و لگاریتمی به آسانی با ماشین حساب جیبی محاسبه می‌شود. هیچ محاسبات خاصی که به رایانه نیاز داشته باشد لازم نیست.

اصل و روش

خطی روی صفحه‌ی A۴ بزرگ‌تر رسم کنید و آن را بر حسب سانتی‌متر یا اینچ مدرج کنید. قطب‌نمای مغناطیسی را در یک انتهای خط قرار دهید. قطب‌نما و کاغذ زیر آن را طوری تنظیم کنید که عقربه‌ی قطب‌نما به موازات میدان مغناطیسی زمین قرار گیرد (شکل ۱). قطب‌نماهای پر از مایع برای سریع خواندن بهتر است. سپس آهنربای دگمه‌ای کوچکی را در دور از قطب‌نما قرار دهید. این موجب می‌شود عقربه‌ی قطب‌نما چندین درجه به غرب یا شرق منحرف شود. در همین حالت آهنربا را طوری بچرخانید که صفحات آن یک در میان رو به عقربه قرار گیرد (سمت راست پایین شکل ۱). عقربه‌ی قطب‌نما کمی بیشتر منحرف می‌شود. این نشان می‌دهد که برهم‌کنش مغناطیسی بین دو آهنربا با تغییر جهت یکی نسبت به دیگری تغییر می‌کند. آهنربا را ثابت نگه دارید و آن را آهسته در امتداد خط به سمت قطب‌نما حرکت دهید. به‌عنوان مثال اگر آهنربا در سمت راست قطب‌نما طوری قرار گرفته باشد که قطب S (جنوب) آن به سمت قطب‌نما باشد با نزدیک کردن آهنربا به قطب‌نما عقربه‌ی قطب‌نما بیشتر به سمت شرق منحرف می‌شود (شکل ۲). این شکل نشان می‌دهد که برهم‌کنش مغناطیسی با فاصله‌ی بین دو آهنربا تغییر می‌کند. آموزنده و مفید است بگوییم وقتی عقربه‌ی قطب‌نما ۴۵ درجه از شمال منحرف شده باشد نشانه



شکل ۲ شکل ۱

این است که مؤلفه‌ی افقی میدان مغناطیسی زمین برابر با نیروی جاذبه آهنربایی است که در مجاورت آن قرار دارد. در ادامه روشی را برای بیان کمّی‌تر و فیزیکی‌تر این مشاهدات شرح می‌دهیم تا بتوانیم قاعده‌ای کلی بین نیروی مغناطیسی و فاصله ارائه دهیم.

فرض کنید عقربه‌ی قطب‌نما در زاویه‌ی θ از شمال میدان مغناطیسی زمین منحرف شود. آهنربای دگمه‌ای را مثل دوقطبی مغناطیسی فرض کنید. تعادل به‌صورت توازن بین دو گشتاور مغناطیسی رقیب (که یکی ناشی از میدان مغناطیسی زمین و دیگری ناشی از آهنربای نزدیک قطب‌نما است) بیان می‌شود (شکل ۳).

$$\mathbf{m}\times(\mathbf{H}_E+\mathbf{H}_M)=0 \qquad (۱)$$

که در آن m به‌عنوان گشتاور دوقطبی مغناطیسی عقربه‌ی قطب‌نما، $\mathbf{H}_E$ مؤلفه افقی میدان مغناطیسی زمین (که در محیط آزمایش ثابت فرض می‌شود) و $\mathbf{H}_M$ مؤلفه‌ی افقی میدان مغناطیسی ناشی از آهنربا است. اگر $\mathbf{m}$ و $\mathbf{H}_M$ و $\mathbf{H}_E$ شدت‌های H_M، H_E و m باشند آن‌گاه سه رابطه‌ی (۱) به‌صورت زیر درمی‌آید:

$$MH_E\sin\theta = MH_M\cos\theta$$

$$\Rightarrow \tan\theta=\frac{H_M}{H_E} \qquad (۲)$$

به‌طور کلی H_M با تغییر سمتگیری و محلّ آهنربا تغییر می‌کند، اگر سمتگیری ثابت باشد H_M تابع فاصله (L) است. سپس فرض می‌کنیم که H_M با توان N ام L رابطه‌ی معکوس دارد. در این صورت

$$H_M = CML^{-N}$$

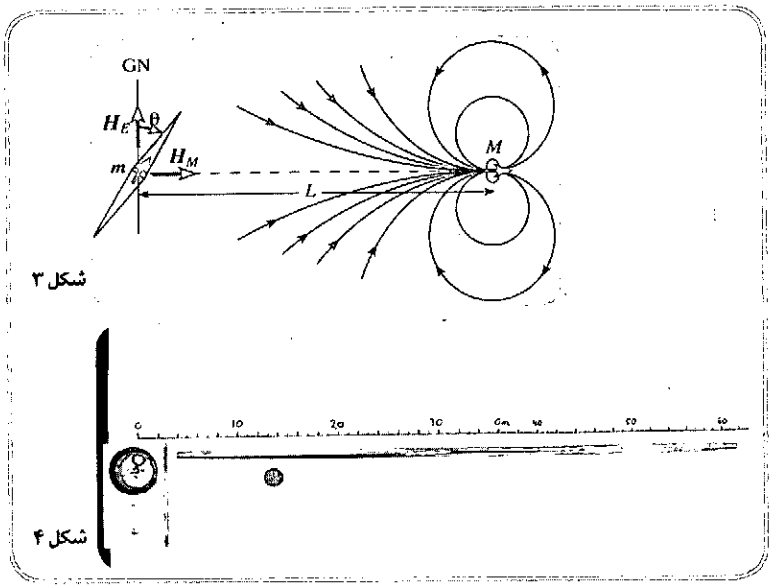
در آن C ثابت و M گشتاور مغناطیسی آهنربا است. بنابراین از رابطه‌ی (۲) داریم

$$\tan\theta = A/L^N, \log(\tan\theta)=\log A - N\log L \qquad (۳)$$

که در آن $A = C_M/H_E$.

معادله‌ی (۳) رابطه‌ای خطی بین $\log(\tan\theta)$ و $\log(L)$ را نشان می‌دهد. در نتیجه ضریب N را می‌توان شیب خط در نظر گرفت و می‌تواند هر مقداری باشد. اما در این مورد به خصوص فرض می‌کنیم که N عددی صحیح است. بنابراین فرایند به‌دست آوردن N چنین است (i) زاویه‌ی θ را چندبار در فاصله‌های مختلف L از مرکز عقربه قطب‌نما بخوانید، θ_i و با L_i را به i امین اندازه‌گیری نسبت دهید. (ii) لگاریتم $\tan\theta_i$ و L_i را محاسبه کنید. (iii) نمودار آن‌ها را رسم کنید طوری که در آن $\log(\tan\theta_i)$ به‌عنوان محور عمودی و $\log(L_i)$ به‌عنوان محور افقی در نظر گرفته شود. (iv) بهترین خط منطبق

هرچه فاصله تا آهنربا کمتر باشد نیروی مغناطیسی بزرگ‌تر خواهد بود اگرچه به‌نظر می‌رسد، رابطه‌ای بین نیروی مغناطیسی و فاصله باعث سردرگمی شاگردان می‌گردد



شکل ۳

شکل ۴

اساس این آزمایش بر مبنای الکترومغناطیس به راحتی قابل درک است چون فقط از نسبت بین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده استفاده می‌کند

بر مجموعه داده‌هایمان را رسم کنید. (V) شیب خط را به‌دست آورید و آن را به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد کنید. این پاسخ باید مقدار N باشد.

روش بالا در مورد دیگری نیز به‌کار می‌رود که در آن آهنربای دایره‌ای کوچک با میله‌ی آهنربا جایگزین شود. اگر فاصله‌ی یک سر آهنربای میله‌ای از قطب‌نما به اندازه‌ی کافی زیاد باشد می‌توان با تقریب خوبی مشاهده کرد که میدان مغناطیسی نزدیکی یک قطب آهنربا چگونه با مقایسه N برای دو آهنربای مختلف تفاوت زیادی در اندازه میدان مغناطیسی برحسب فاصله از آهنربا نشان می‌دهد. شاید مفید باشد که گشتاور مغناطیسی آهنربای کوچک دایره‌ای را تغییر دهیم، یعنی با روی هم قرار دادن چند آهنربای کوچک و افزایش گشتاور مغناطیسی نشان دهیم که این گشتاور مستقل از N است.

با انجام یک‌سری از این آزمایش‌ها، شاگردان در نهایت قادر خواهند بود سرشت دوقطبی مغناطیسی را تشخیص دهند که مفهوم علمی مشکلی در کتاب‌های درسی است زیرا به صورت یک آهنربای فرضی با دو قطبی مغناطیسی مخالف متصل به هم در نظر گرفته می‌شود.

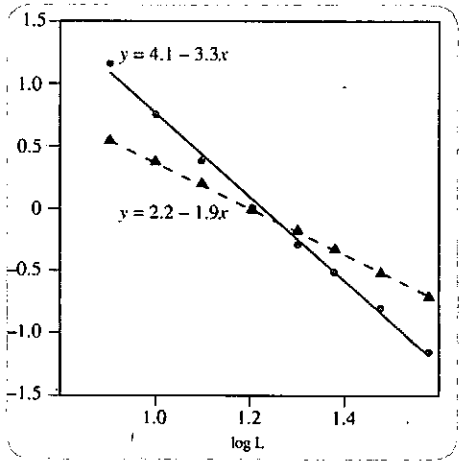
نتایج و بحث

ما دو آزمایش انجام دادیم و در هر یک از آن‌ها از آهنربای دایره‌ای کوچک یا یک آهنربای میله‌ای بلند استفاده کردیم (شکل ۴). آهنربای میله‌ای، یک میله‌ی فلزی با طول ۶۳cm و قطر ۵mm بود که درست قبل از آزمایش وامغناطیده و سپس با استفاده از یک سیملوله (سیم‌پیچ) مغناطیسی شد. گشتاور مغناطیسی میله طوری بود که وقتی در فاصله ۱۶cm از قطب‌نما قرار می‌گیرد، عقربه‌ی قطب‌نما همان مقدار منحرف شود (مثلاً ۴۵ درجه)، که وقتی آهنربای دایره‌ای در آن فاصله قرار می‌گیرد. برای هر دو آزمایش با تغییر فاصله از مرکز عقربه مغناطیسی θ هشت‌بار خوانده شد.

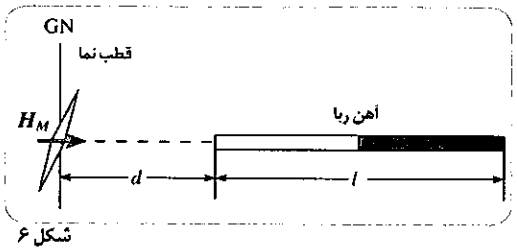
نتایج در جدول (۱) و نمودار آن‌ها در شکل ۵ نشان داده شده است. این نمودارها چگونگی تغییر شدت میدان مغناطیسی را با فاصله را نشان می‌دهند. دو خط که با روش برگشت کمترین مربعات رسم شده‌اند دارای شیب‌های زیرند:

۳/۳ برای آهنربای کوچک‌تر و ۱/۹ برای آهنربای میله‌ای بلند، همان‌طور که انتظار می‌رفت نزدیک‌ترین عدد صحیح به اولی قانون عکس مکعبی را برای میدان مغناطیسی ناشی از دوقطبی مغناطیسی نشان می‌دهد. برعکس، عدد دوم قانون عکس مجذوری را که بیشتر شبیه به الکتروستاتیک و گرانش است تا مغناطیس نتیجه می‌دهد. مفید و جالب است به تفاوت این دو قانون تأکید کنیم که دلیل فیزیکی تفاوت بین دوقطبی و تک‌قطبی‌های مغناطیسی را بیان می‌کند.

ما این آزمایش را با استفاده از یک آهنربای کوچک دایره‌ای در یک کلاس دو ساعته درس زمین‌شناسی مقدماتی برای شاگردان جدیدالورود در رشته‌ی زمین‌شناسی به کار بردیم. اغلب آن‌ها با قطب‌نمای مغناطیسی به‌عنوان ابزار ضروری مکان‌یابی جغرافیایی آشنایی داشتند و در ژئوفیزیک مقدماتی آموخته بودند که زمین دارای میدان مغناطیسی است که موجب می‌شود عقربه قطب‌نما به سمت جنوب یا شمال سمتگیری کند. با وجود این‌که بسیاری از شاگردان پیش‌زمینه‌ای از الکترومغناطیس داشتند. تدریس مفاهیم ابتدایی الکترومغناطیس را از قانون کولن شروع کردیم، سپس مفاهیم و مهارت‌های عملی آزمایش‌ها را توضیح دادیم. در پی این مقاله مقدماتی، تمامی ۲۷ شاگرد در ۶ گروه تقسیم شدند، که آزمایش را از طریق بحث با همدیگر و با سه



شکل ۵



شکل ۶

L (cm)								θ
۸	۱۰	۱۲.۵	۱۶	۲۰	۲۴	۳۰	۳۸	(درجه)
۸۶	۸۰	۶۷	۴۵	۲۷	۱۷	۹	۴	θ_a
۷۴	۶۷	۵۸	۴۵	۳۴	۲۵	۱۷	۱۱	θ_b

جدول ۱

استاد آموزشی پیش می‌بردند. هر شاگرد برای امتحان (ارزشیابی) باید برگه‌ای شامل نتایج آزمایش مانند شکل (۱) و جدول ۵ تحویل دهد. بهترین خط با پردازش به نقطه‌ها رسم شد، اما میانگین کلی شیب ۲/۹±۰/۶ بود که با پاسخ درست سازگاری داشت.

چند نفر از شاگردان شکل‌های ناجورمانند شکل ۱ و ۴ به‌دست آوردند، برای این‌که آن‌ها فاصله را بدون تبدیل لگاریتمی رسم کرده بودند و در نتیجه نقاط را خیلی پرت و پراکنده به‌دست آوردند. چند دانشجوی دیگر در بازه‌هایی غیر از بازه‌های جدول (۱) انجام دادند هنگامی که آن‌ها نمودارشان را رسم کردند نقطه‌های طبق انتظار توزیع نشدند ولی به‌صورت مکانیکی آن‌ها را تحلیل کردند (بنابراین اطلاعاتشان را دستکاری کردند)

در یک چنین سطح مقدماتی برای به‌دست آوردن بهترین نمودار برای داده‌هایی که به صورت یکنواخت بعد از تبدیل لگاریتمی پراکنده شد باید تأکید کنیم. برای بهتر فهمیدن چگونگی رسیدن به دو قانون، استفاده از یک رابطه‌ی کلی مبتنی بر رابطه‌ی کولن در مغناطوستاتیک مفید خواهد بود. در روش ما (شکل ۶) میدان مغناطیسی H_M ناشی از میله آهنربا به طول l با گشتاور مغناطیسی m به‌طور معمول نوشته می‌شود.

$$H_M = \frac{m}{4\pi\mu_0 l}\left[\frac{1}{d^2} - \frac{1}{(d+1)^2}\right]$$

که μ_0 تراوایی مغناطیسی در خلأ و d فاصله‌ی بین عقربه‌ی قطب‌نما و قطب آهنربایی است که در نزدیک به انتهای آهنربا است. در مورد آهنربای طویل فرض می‌کنیم: $d/l << 1$ و در نتیجه H_M تقریباً برابر است با

$$H_M = \frac{m}{4\pi\mu_0 l}\frac{2d/l+1}{d^2(d/l+1)} \approx \frac{m}{4\pi\mu_0}\frac{1}{d^2} \quad (۴)$$

باید توجه کنیم که m/l بر بار مغناطیسی در مغناطوستاتیک دلالت دارد و نشان می‌دهد که قانون عکس مجذوری نظیر قانون کولن در الکتروستاتیک است. در مورد آهنربای کوچک دایره‌ای فرض شده که $l/d << 1$ و H_M تبدیل می‌شود به

$$H_M = \frac{m}{4\pi\mu_0 l}\frac{2l/d + (l/d)}{d^2(l/d+1)} \approx \frac{m}{4\pi\mu_0}\frac{1}{d^2} \quad (۵)$$

معادله‌ی (۵) قانون عکس مکعبی را نمایش می‌دهد و نشان می‌دهد H_M با گشتاور مغناطیسی m متناسب است نه با m/L مانند رابطه (۴). بنابراین باید تأکید کرد در این حالت گشتاور مغناطیسی را باید گشتاور دوقطبی مغناطیسی نامید.

این دو آزمایش و رابطه‌های ریاضی بر مبنای فرض‌های نسبتاً ساده و ترتیب آزمایشی خاصی است. نتایج حاصله به‌طور منطقی شامل قاعده‌های کلی الکترومغناطیس است. با در نظر گرفتن سادگی آزمایش‌ها ما بر این باوریم که روش پیشنهاد شده در تدریس اصول مغناطوستاتیک با استفاده از شباهت آن با الکتروستاتیک بسیار ارزشمند است.

زیرنویس

● Kodama K. 2009, Phys. Edu. 44(3), 276-280.

منابع

1. Zaffo P.A. 2000 A simple aurora defector, J. Geosci. Educ. 48, 127-130

2. Cartacci A. And Straulino S.2008 Measuring the Earth's magnetic field in a Laboratory, Phys.Educ. 43, 412, 416

3. IMAGE Education and Public Outreach 2003, Exploring the Earth's Magnetic Field, NaSA, Imager for Magnetopause - to - Auroral Global Exploration (IMAGE) P64.

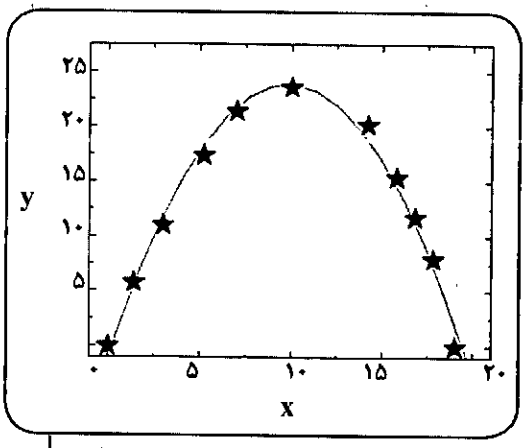
گوشی‌های تلفن همراه کمک می‌کنند تا تصویر واضح‌تری از حرکت‌شناسی به دست آید

ای. ایی. جی. فالکائو و همکاران
ترجمه: سلیمان رسولی
لاله حسن ریحانی
آموزشکده سما، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد مهاباد

هدف اصلی این مقاله افزایش فهرست مثال‌هایی است که بیان می‌کنند چگونه گوشی تلفن همراه را می‌توان به عنوان ابزار تدریس در کلاس درس به کار برد [۱]. یک نمونه‌ی بسیار جالب از این مثال‌ها به مطالعه‌ی حرکت پرتابه، مسئله‌ی کلاسیک «گلوله‌ی توپ»، برمی‌گردد. این مسئله برای مطالعه‌ی حرکت‌شناسی مهم و نخستین موضوعی است که دانش‌آموز در فیزیک با آن روبه رو می‌شود. با توجه به این که اکنون تقریباً تمام دانش‌آموزان تلفن همراه دارند و بیشتر تلفن‌های همراه دوربین دارند به این موضوع پرداخته‌ایم

شکل ۱. عکس فوران آب از لوله‌ی آب‌سردکن

شـکل۱ روال کار را نشان می‌دهد، عکسـی از فوران آب از لوله‌ی آب‌سـردکن گرفته شده، که در آن یک خط‌کش به عنوان مقیاس اندازه‌گیری به کار رفته است، و جهت رسم نمودار منحنی (x-y) چاپ شده است. فواره از قطره‌های آب تشکیل شده است، تقریباً به طور پیوسته از لوله‌ی خروجی بیرون می‌آید. پس از چاپ عکس، دانش‌آموزان یک جفت از محورهای x وy را رسم کرده، مختصـات دو بعـدی (x-y) حرکت پرتابه را به دسـت آوردند و جدولی طرح‌ریزی کردند.



شکل۲. نمودار ارتفاع بر حسب جابه‌جایی افقی برای پرتابه‌ی قطره‌های آب

سپس داده‌ها با معادله‌ی (۱) و همان‌گونه که در شکل۲ نشان داده شده است با به کاربردن نرم‌افزار گرافیکی اصلی[۲] برازش داده شد. جدول I پارامترهای a, b و c را نشان می‌دهد. با قراردادن[۳] $b=\tan\theta_0$ و $c=-g/2(v_0\cos\theta_0)^2$ و $g=9.81\,m/s^2$ مقدار $\theta=78.8\pm0.5^\circ$ و $v_0=223\pm5\,cm/s$ به دسـت آمد.

پارامتر	اندازه (مقدار)
a	-۱/۰۳ cm
b	۵/۰۷ cm
c	-۰/۲۶ cm^{-1}

در حین سـفر به یک باغچه‌ی مربوط به گیاه‌شناسـی، دانش‌آمـوزان می‌توانند سرعت برگ‌های شـناور در یک آبراه را اندازه گرفته، وجود کشـش سطحی را تحقیق کننـد و اندازه‌ای برای نیروی چسبندگی آب به دست آورند

آزمایش‌های مشابه دیگری را می‌توان با به‌کارگیری دوربین گوشـی تلفن همراه در بیرون منزل انجـام داد، این روش کمک می‌کند ارتباط بین فیزیک، ریاضی و سـایر علوم طبیعی به دانش آموزان نشان داده شود. برای نمونه، در حین سفر به یک باغچه‌ی مربوط به گیاه‌شناسـی، دانش‌آموزان می‌توانند سرعت برگ‌های شناور در یک آبراه را اندازه گرفته، وجود کشش سطحی را تحقیق کنند و اندازه‌ای برای نیروی چسـبندگی آب به دسـت آورند. یا ممکن است عکس‌هایی از آذرخش گرفته و شکل‌ها و ابعاد فرکتال آن را استخراج نمایند، به علاوه نوع ابرهایی که معمولاً به طوفان مربوط هسـتند را ثبت نمایند. حالت‌های امکان‌پذیر زیادی وجود دارند که نشان می‌دهند گوشی‌های تلفن همراه بسیار بیشتر از یک زنگ برهم‌زننده و مزاحم در طول مدت درس دادن هستند... آن‌ها ابزار قدرتمندی برای تدریس هستند.

مرجع

The Physics Teacher Vol.47,March 2009, PP 167-168.

منابع

1. See, for example, Dave Van Domelen, Teaching light polarization with cell phones," phys.Teach.45,469 (Nov.2007),and E.C. Hammond and Meron Assefa, "Cell phones in the classroom,"phys. Teach. 45,312 (May 2007).
2. See http://originlabs.com (temporary web address).
3. David Halliday, Robert Resnick, and Jearl Walker, Fundamentals of physics, 6th ed. (Wiley,2001), p.65.

روان شدن انرژی در خازن با فاصله‌ی متغیر صفحه‌ها

ناتانیل ر. گرین
ترجمه: جلال صبری
مرکز استعدادهای درخشان شهید هاشمی‌نژاد (۲)

هنگامی که صفحه‌های خازنی از یکدیگر فاصله می‌گیرند بسته بـه این‌که بار الکتریکی و یا اختلاف پتانسـیل ثابت بماند، انرژی الکتروستاتیکی ممکن است کاهش و یا افزایش یابد. در حالت ثابت ماندن ولتاژ می‌توان پرسش جالبی برای دانش‌آموزان طرح کرد. چرا در حالـی که عامل خارجی بر روی خازن کار مثبت انجام می‌دهد، انرژی ذخیره شـده در آن کم می‌گردد؟ درک این موضوع با روان شدن انرژی بین اجزای مختلف دستگاه براساس مقاله‌ی هابسون میسر است.[۱] هم‌چنین در این مسیر می‌توان آن‌چه را که ریچارد فاینمن در رابطه با نیروی بین دو صفحه خازن «ضریب شگفت‌انگیز $\frac{1}{2}$» نامیده است برای دانش‌آموزان مطرح کرد.[۲]

حالت بار ثابت و ضریب شگفت‌انگیز $\frac{1}{2}$

خازنی با صفحات تخت و موازی را در نظر بگیرید. فرض کنید بار هر صفحه‌ی خازن Q اسـت و پس از جدا کردن آن از باتری در حالی که یک صفحه‌ی آن ثابت نگه داشته شده است صفحه‌ی دیگرش از x به $x+\Delta x$ جابه‌جا گردد. انرژی ابتدایی ذخیره شده در میدان الکتریکی خازن برابر است با

(۱)

$$U_1 = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} Q(Ex) = \frac{1}{2} \sigma A E x$$

که V اختلاف پتانسیل اولیه‌ی بین دو صفحه، E میدان الکتریکی یکنواخت بین صفحـات، σ چگالی بار الکتریکی صفحات و A مساحت هر صفحه اسـت. با افزایش فاصله‌ی بین صفحاتانرژی ذخیره شـده برابر اسـت با $U_2 = \frac{1}{2}\sigma A E (x+\Delta x)$ می‌شود. بنابراین تغییرات انرژی از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید.

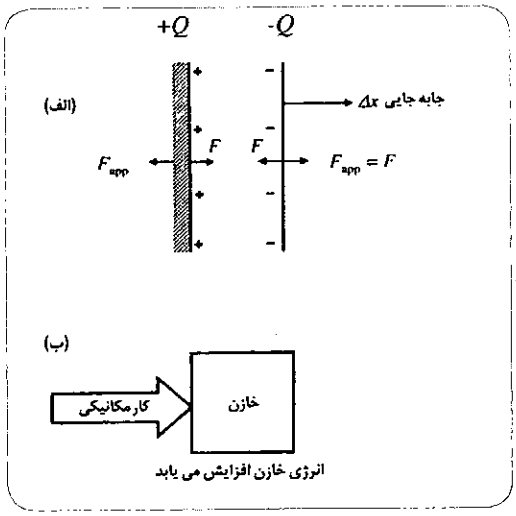
(۲)

$$\Delta U = \frac{1}{2} \sigma A E \Delta X$$

حال این پرسش مطرح می‌شود که این افزایش انرژی از کجا تأمین می‌گردد؟ عامل خارجی که صفحه‌ها را با سـرعت ثابت از یکدیگـر دور می‌کند باید نیرویی برابر با نیروی دافعه‌ی الکتریکی بین دو صفحه وارد کند کار این نیرو برابر است با

(۳)

$$W = F \Delta x$$



شـکل (۱ ـ الف): نیروی وارد صفحه‌ی منفی را با سرعت ثابت دور می‌کند در حالی که صفحه‌ی مثبت ثابت نگه داشته می‌شود. در این حالت بار خازن ثابت است.
شکل (۱ ـ ب) کار انجام شده توسط نیرو باعث افزایش انرژی خازن می‌گردد.

شـکل (۱ ـ الـف) این وضعیت را نشـان می‌دهد و شـکل (۱ـ ب) مربوط به روان شدن انرژی است. کار انجام شده به انرژی تبدیل می‌گردد. پس، از روابط (۲) و (۳) نتیجه می‌شود که:

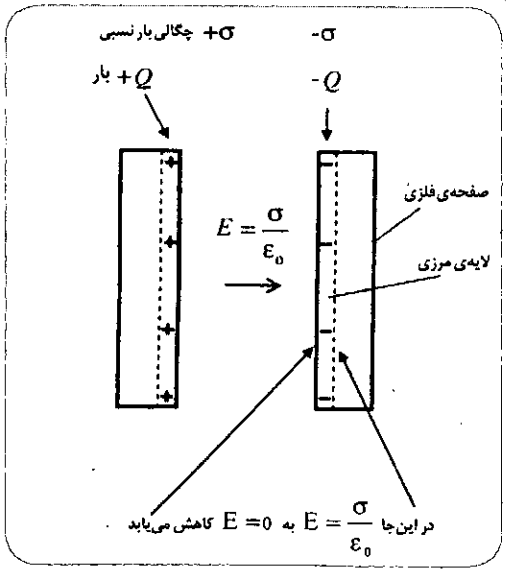
(۴)

$$F = \frac{1}{2}\sigma A E = \frac{1}{2} QE$$

در ایـن رابطه ضریب $\frac{1}{2}$ قابل توجه اسـت زیـرا معمولاً به دانش‌آموزان گفته می‌شود که نیروی الکتریکی از رابطه $F=QE$ به دست می‌آید. یک توضیح برای این ضریب آن است که بار تحت

تأثیر میدان الکتریکی صفحه‌ی دیگر قرار دارد و میدان حاصل از هر صفحه $\sigma/2\varepsilon_0$ است که در واقع نصف میدان الکتریکی در فضای بین دو صفحه‌ی خازن تخت است. اما قانون گاوس تفاوتی بین میدان صفحه‌ها قایل نیست. به بیان دیگر اگر سطح گاوسی را بـا قوطی قرصی انتخاب کنیم که در دو طرف صفحه قرار دارد به نتیجه‌ی $E = \sigma/\varepsilon_0$ می‌رسیم. پس، براساس قانون گاوس بار Q در واقع میدان $\sigma/2\varepsilon_0$ را تجربه می‌کند پس چرا بر این بار نباید نیروی QE وارد شود؟ پاسخ هوشمندانه‌ای به این پرسش را ریچارد فاینمن داده است. بار Q در گستره‌ی بسیار باریکی از عمق صفحه پخش می‌شود. در نزدیکی سطح میدان الکتریکی $\sigma/2\in_0$ است در حالی که درون آن میدان صفر است. بنابراین میدان میانگین این دو مقدار یعنی $\sigma/2\varepsilon_0$ می‌گردد (شکل ۲ را ببینید).

با وسایل ساده‌ای می‌توان نیروی الکتریکی بین دو صفحه‌ی خازن را اندازه‌گیری کرد و وجود ضریب $\frac{1}{2}$ را مشاهده نمود [۳ و ۴].



شکل ۲. توضیح فاینمن در رابطه با توزیع بار در صفحه‌های خازن تخت. در سطح فلز مقدار میدان برابر با مقدار آن در هوا است (با چشم‌پوشی از اثرات لبه‌ای). اما ضمن نفوذ در فاز مقدار آن به صفر می‌رسد. بنابراین مقدار میدان اعمال شده بر هر بار نصف مقدار آن بر روی سطح است.

حالت اختلاف پتانسیل ثابت و روان شدن انرژی

بیایید یک‌بار دیگر آزمایش بالا را با ثابت نگه‌داشتن ولتاژ دو صفحه‌ی خازن ضمن دور کردن آن‌ها از یکدیگر بررسی کنیم. مقادیر اولیه و نهایی و تفاوت انرژی در این دو حالت برابر است با

$$U_1 = \frac{1}{2}C_1 V^2$$

$$U_2 = \frac{1}{2}C_2 V^2$$

$$\Delta U = -\frac{1}{2}|\Delta C| V^2 \qquad (5)$$

علامت منفی نشان‌دهنده‌ی کاهش انرژی خازن است (کاهش ظرفیت باعث کاهش بار و در نتیجه کاهش انرژی می‌گردد) چون عامل خارجی دو صفحه با بار الکتریکی مخالف را از یکدیگر دور می‌کند، پس باید کار مثبت انجام دهد. کار انجام شده برابر است با:

$$W = \int_x^{x+\Delta x} F\,dx = \int_x^{x+\Delta x} \frac{1}{2}QE\,dx$$

$$= \frac{1}{2}\int_x^{x+\Delta x} CV\left(\frac{V}{x}\right)dx = \frac{1}{2}V^2 \int_x^{x+\Delta x}\left(\frac{C}{x}\right)dx$$

با فرض بزرگ بودن صفحه‌های موازی می‌توان از مقدار $\varepsilon_0 A/x$ برای ظرفیت استفاده کرد.

$$W = \frac{1}{2}V^2 \int_x^{x+\Delta x} (\varepsilon_0 A/x^2)\,dx$$

$$= \frac{1}{2}\varepsilon_0 A\left[\frac{1}{x} - \frac{1}{x+\Delta x}\right]V^2 = \frac{1}{2}|\Delta C|V^2 \qquad (6)$$

مقایسه‌ی رابطه‌های (۵) و (۶) نتیجه‌ی عجیبی را نشان می‌دهد: با وجود این که انرژی به خازن داده شده است (به دلیل کار مثبت W) انرژی ذخیره شده در خازن کم می‌گردد (ΔU منفی است). برای محاسبه‌ی این اختلاف انرژی که دو برابر W است باید به برهم‌کنش باتری با خازن توجه کرد. شکل (۳) این موضوع را به‌طور خلاصه نشان می‌دهد.

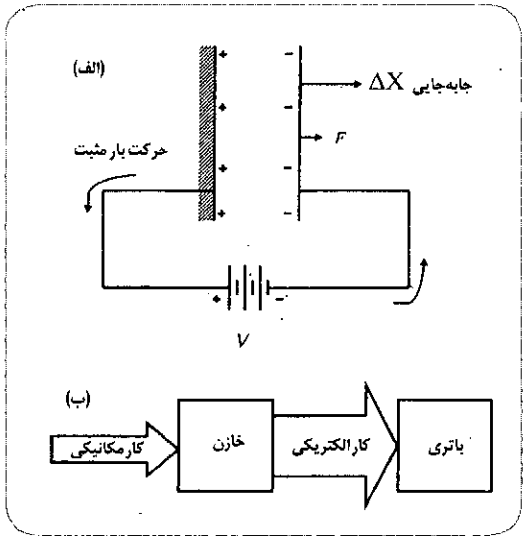
با دور کردن صفحه‌های خازن از یکدیگر که به معنای کاهش ظرفیت خازن است یک تخلیه‌ی جزیی بار از خازن به باتری انجام می‌شود به بیان دیگر جریان الکتریکی به باتری در جهت معکوس برقرار می‌گردد گویی که باتری شارژ می‌شود. در واقع اگر باتری واقعاً شارژپذیر باشد انرژی در آن به‌صورت انرژی شیمیایی ذخیره می‌گردد. در غیر این صورت به صورت گرما در مقاومت داخلی آن نمایان می‌گردد.

در این‌جا می‌خواهیم انرژی منتقل شده به باتری را بیابیم. کار انجام شده بر روی باتری صرفاً از ضرب مقدار باری که خازن از دست می‌دهد در اختلاف پتانسیل باتری به دست می‌آید:

$$W' = |\Delta Q|V = (|\Delta C|V)V = 2W$$

در توافق با نمایش روان شدن انرژی در شکل (۳ ـ ب) انرژی داده شـده به باتری بزرگ‌تر از (دقیقاً دو برابر) انرژی داده شده به خازن توسط عامل خارجی است.

برخلاف نمایش انرژی هابسـون که در آن روان شدن انرژی در دسـتگاه‌های پایدار و یا فرایندهای چرخه‌ای پایسته است، در این‌جا با موقعیتی روبه‌رو می‌شویم که انرژی خروجی از خازن بیشتر از انرژی ورودی به آن است. این وضعیت بیشتر شبیه دستگاه‌های هیدرولیکی با جریان‌هایی با سرعت ثابت است. مواردی که لوله‌ی باریکـی آب را به درون محفظه وارد می‌کند و لوله‌ی بزرگی آن را از محفظه خارج می‌کند. بدیهی است در این حالت آب ذخیره شده در محفظه کم می‌گردد. به همیـن ترتیب خازن نیز انرژی ذخیره شده‌اش را از دست می‌دهد.



شکل (۳. الف): صفحه‌ی منفی با رعایت ثابت ماندن اختلاف پتانسیل در جهـت مخالف حرکـت می‌کند. در این حالـت ظرفیت خازن کم می‌گردد که به معنای تخلیه‌ی جزیی بار در باتری است.
شکل (۳. ب): توسط کار عامل خارجی انرژی به خازن داده می‌شود امـا انرژی بیشـتری (دو برابر) بـا انجام کار بـر روی باتری تخلیه می‌گردد. از این‌رو انرژی ذخیره شده در خازن کم می‌گردد.

مرجع
• The Physics Teacher, Vol.43, Sep. 2005, pp541-342

منابع
1. A. Hobson. "Energy flow diagrams for teaching physics concepts," *Phys. Teach.* **42,** 113-117 (Feb. 2004).
2. R. P. Feynman, R. B. Leighton, and M. Sands, *The Feynman Lectures on Physics,* Vol. II (Addison-Wesley, Reading, MA. 1964), pp. 82-84.
3. R.J. Harwood and D.E. Kinkaid, "Use of a mettler balance and parallel plate capacitor to measure the permittivity of free space," *Am. J. Phys.* **43,** 924 (Oct. 1975).
4. F.N. Yan and H.K. Wong, "Force berween the plates of a parallel-plate capacitor," *Am. J. Phys.* **61,** 1153 (Dec. 1993).

جشنواره‌ی

در طی سـال‌های اخیر موضوع فناوری نانو و انقلابی که در صنعت و تولید مواد و طبعاً شیوه‌ی زندگی ما به وجود خواهد آورد یکی از بحث‌های مهم به شمار می‌رود و این پرسش در ذهن ما شکل می‌گیرد که «فناوری نانو چیست؟»

سـتاد فناوری نانو در راسـتای تحقق اهداف سند راهبردی در سـال ۸۷ در محل مرکز آفرینش‌های فرهنگی و هنری (سالن حجاب) اقدام به برگزاری نمایشگاه فناوری نانو کرد که با استقبال گسـترده‌ی مخاطبان و متخصصان روبه‌رو شـد. سـتاد ویژه‌ی توسـعه‌ی فناوری نانو امسال این رویداد را در سطح وسیع‌تر و در قالب جشنواره‌ی فناوری نانو برگزار کرد. این جشنواره از تاریخ ۱۳ تـا ۱۷ آبان ماه ۱۳۸۸ در محل مصـلای بزرگ امام خمینی (ره) برگزار شد. جشنواره دارای ۸ بخش اصلی به شرح زیر بود:

۱. نمایشـگاه

در بخش نمایشـگاه شـرکت‌کنندگان در هفت گـروه مجزا دستاوردهای خود را در حوزه‌ی فناوری نانو به نمایش گذاشته بودند.

این هفت گروه به شکل زیر تقسیم شده بود:

۱ـ۱ تحقیقات (دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها)

۱ـ۲ ترویج (نشریات و انجمن‌ها و شرکت‌های آموزشی)

۱ـ۳ آزمایشـگاه (آزمایشگاه‌ها و شرکت‌های تولیدکننده‌ی تجهیزات)

۱ـ۴ فناوری (شرکت‌های دارای محصول و مراکز رشد)

۱ـ۵ کریدور فناوری (شرکت‌های خدماتی و نهادهای پشتیبان)

۱ـ۶ نهادهای دولتی

۱ـ۷ بخش فروش

۱ـ۸ بخش بین‌الملل

فناوری نانو

مهرناز طلوع شمسی

۲. آموزش عمومی

در این بخش مفاهیم و کاربردهای ملموس از فناوری نانو به طور علمی به بازدیدکنندگان و به ویژه دانش‌آموزان آموزش داده می‌شد و جزوه‌ها و کتابچه‌هایی نیز در میان بازدیدکنندگان توزیع می‌شد.

۲ـ۱ اهداف

ـ افزایش سطح آگاهی عمومی نسبت به فناوری نانو و فرصت‌های موجود در آن.

ـ فرهنگ‌سازی و ایجاد بستر مناسب جهت آشنایی خانواده‌ها با محتوای علمی مرتبط با فناوری نانو

ـ آشناسازی خانواده‌ها با مزایا و معایب فناوری نانو در فرصت‌های موجود در این حوزه.

ـ آشنایی کودکان با علوم و فناوری نانو.

۲ـ۲ معرفی بعضی از غرفه‌ها

غرفه‌های متعددی در فضای جذاب و دلنشین پذیرای چشم‌ها و ذهن‌های پرسشگر بود. در هر غرفه یکی از کاربردها و یا مفاهیم مربوط به فناوری نانو به نمایش گذاشته شده بود که توسط مسئول غرفه (دانش‌آموز یا دانشجوی عضو باشگاه نانو) توضیحات کافی در مورد آن داده می‌شد. مثلاً در یکی از غرفه‌ها شیشه‌هایی به نمایش گذاشته شده بود که با فناوری نانو لایه‌گذاری شده‌اند. این شیشه‌ها قادرند مانع عبور گرما شوند. هم‌چنین در کنار آن‌ها شیشه‌های آب‌گریز قرار داشت با این شیشه‌ها هنگام رانندگی زیر باران نیاز به استفاده از برف پاک‌کن نیست.

در غرفه‌ای دیگر خاصیت آب‌گریزی سطوح با استفاده از ویژگی برگ گیاهان توضیح داده می‌شد و در قسمتی الیاف نسوز معرفی می‌شد. دانش‌آموزانی که به طور گروهی با همراهی مسئولان مدرسه

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

با مجله‌های رشد آشنا شوید

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

مجله‌های عمومی دانش‌آموزی

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

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

مجله‌های عمومی-رشد معلم

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

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

مجله‌های اختصاصی

(به صورت فصلنامه و ۴ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شوند):

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

مجله‌های رشد عمومی و اختصاصی برای آموزگاران، معلمان، مدیران، مربیان و مشاوران مدارس، دانش‌جویان مراکز تربیت معلم و رشته‌های دبیری دانشگاه‌ها و کارشناسان آموزش و پرورش تهیه و منتشر می‌شوند.

◆ نشانی: تهران، خیابان ایرانشهر شمالی، ساختمان شماره‌ی ۴ آموزش و پرورش، پلاک ۲۶۶، دفتر انتشارات کمک‌آموزشی.
◆ نمابر: ۸۸۳۰۱۴۷۸-۰۲۱
◆ تلفن: ۸۸۸۴۹۰۹۹-۰۲۱
◆ E_mail:info@roshdmag.ir ◆ www.roshdmag.ir

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

برگ اشتراک مجله های رشد

شرایط:

۱ـ پرداخت مبلغ ۵۰/۰۰۰ ریال به ازای هر عنوان مجله‌ی درخواستی، به صورت علی‌الحساب به حساب شماره‌ی ۳۹۶۶۲۰۰۰ بانک تجارت شعبه ی سه راه آزمایش (سرخه‌حصار) کد ۳۹۵ در وجه شرکت افست.

۲ـ ارسال اصل فیش بانکی به همراه برگ تکمیل شده‌ی اشتراک با پست سفارشی. (کپی فیش را نزد خود نگه دارید.)

- **نام مجله های درخواستی :**

.....

.....

.....

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

استان: ..... شهرستان: .....

خیابان: .....

پلاک: ..... کدپستی: .....

- در صورتی که قبلاً مشترک مجله بوده اید ،شماره‌ی اشتراک خود را بنویسید:

امضا:

- **امور مشترکین:** ۷۷۳۳۶۶۵۵ـ۷۷۳۳۶۶۵۶ـ۰۲۱
- **صندوق پستی امور مشترکین:** ۱۶۵۹۵/۱۱۱
- **پیام گیر مجله های رشد:** ۸۸۳۰۱۴۸۲ـ۰۲۱

یادآوری:

- هزینه‌ی برگشت مجله در صورت خوانا و کامل نبودن نشانی و عدم حضور گیرنده، بر عهده‌ی مشترک است.
- مبنای شروع اشتراک مجله از زمان دریافت برگ اشتراک است.

در حاشیه‌ی جشنواره چندین کارگاه آموزشی با هدف آشنا کردن متخصصان با توسعه‌ی فناوری نانو در زمینه‌های مختلف برگزار شد

خود در جشنواره شرکت کرده بودند از مشاهده‌ی خودرویی که با پیل سوختی کار می‌کرد به وجد آمده بودند و مسئول غرفه در مورد کاتالیزگر پلاتین آن که با فناوری نانو بسیار نازک و من هزینه تهیه شده است توضیح می‌داد.

مسئولان باشگاه نانو در غرفه‌ی خود از متقاضیان عضویت ثبت نام به عمل می‌آوردند.

یکی از پرطرفدارترین غرفه‌ها مربوط به مسابقه‌ی جورچین بود که در آن به هر متقاضی یک بسته جورچین داده می‌شد تا با آن بتواند ساختار نانو کربن C_{60} (معروف به باکی بال) را بسازد. با تحویل دادن C_{60} ساخته شده، دو بسته‌ی جورچین برای ساخت یک مولکول ابتکاری به متقاضی داده می‌شد که او می‌توانست با رعایت تعداد پیوندهای ممکن و قابل قبول بین اتم‌های کربنی در ساختارهای نانویی طرحی ابتکاری ارائه کند. مشاهده‌ی خانواده‌هایی که گروه‌گروه روی پله‌ها و یا هر گوشه‌ی سالن نشسته بودند و با شور و هیجان جورچین خود را می‌ساختند بسیار دلنشین بود. در روز پایانی جشنواره داوران طرح‌های رسیده را بررسی کردند و به خانم پگاه فلاح جایزه‌ی بهترین طرح را دادند و ۵ طرح دیگر را نیز به عنوان طرح‌های قابل قبول معرفی کردند.

۲ـ۳. معرفی باشگاه دانش‌آموزی نانو

کار گروه ترویج ستاد نانو فعالیت‌های آموزشی دانش‌آموزان را در قالب باشگاه نانو برنامه‌ریزی کرده است. انجام این فعالیت‌ها برای کمک به سازوکارهای آموزشی و ایجاد انگیزه‌های نو در تربیت پژوهشگران فناوری نانو است. باشگاه با تأمین محتوای آموزشی مورد نیاز دانش‌آموزان، برقراری ارتباط مستقیم با آن‌ها و آموزش مفاهیم پایه‌ای در کارگاه‌های آموزشی خود سعی در رسیدن به این اهداف را دارد.

با توجه به اهمیت فناوری نانو و لزوم آشنایی معلمان و دانش‌آموزان با آن باشگاه سایتی را با آدرس:

Nanoclub.ir

یکی از پرطرفدارترین غرفه‌ها مربوط به مسابقه‌ی جورچین بود که در آن به هر متقاضی یک بسته جورچین داده می‌شد تا با آن بتواند ساختار نانو کربن C60 (معروف به باکی بال) را بسازد

طراحی کرده است که در آن اطلاعات جامع و کاملی را درباره‌ی فناوری نانو به زبان ساده در اختیار کاربران قرار می‌دهد. دانش‌آموزان می‌توانند در این سایت عضو باشگاه شوند و از بانک اطلاعاتی مقالات نانو به زبان ساده استفاده کنند.

پایگاه مجازی علاوه بر مقالات دارای تالارهای گفت‌وگوی فعالی است که در آن فضای دوستانه و روحیه‌ی پژوهش هم‌افزایی پیدا می‌کند.

گزارش‌ها، فعالیت‌ها و کارتون‌ها از بخش‌های دیگر این پایگاه است. مهم‌ترین جز قالب جدید در این سایت طرح آموزش پروژه محور و هدایت پروژه‌های دانش‌آموزی است. در این قسمت دانش‌آموزان علاقه‌مند و دوره‌دیده در هر کجای ایران توسط پژوهش یاران متخصص برای انجام طرح‌های مفید و موفق راهنمایی می‌شوند.

۳. بخش ویژه‌ی صنعت

در این بخش مدیران و متخصصان صنایع امکان آشنایی با کارکردهای صنعتی و توانمندی‌های داخلی را داشتند. آن‌ها در زمینه‌های نفت، گاز، پتروشیمی و پلیمر، کشاورزی و مواد غذایی، پزشکی و بهداشتی و دارویی، ساختمان، نساجی و صنعت خودرو با دارندگان فناوری ارتباط برقرار می‌کردند.

۴. نمایش دستاوردهای علمی دانشجویی

تا به حال بیش از ۳۵۰۰ پایان‌نامه و طرح پیشنهادی مورد حمایت ستاد قرار گرفته است.

در این نمایشگاه از بین حدود ۱۰۰ پایان‌نامه ارسالی به دبیرخانه ۱۵ پایان‌نامه اجازه‌ی حضور پیدا کردند که همگی دفاع شده بودند، نمونه‌ی آزمایشگاهی داشتند و یا امکان تجاری‌سازی آن‌ها وجود داشت.

۵. فروشگاه محصولات نانو

در این قسمت محصولات گوناگونی از نرم‌افزارها و کتاب‌های اطلاع‌رسانی و حتی تخصصی گرفته تا روغن‌موتور و جوراب ضدباکتری و انواع هواکش و فیلتر و... عرضه شده بود. بسیاری از مراجعان برای اولین بار امکان استفاده از محصولاتی را پیدا می‌کردند که با استفاده از فناوری نانو تهیه شده بودند. صحبت‌های فروشندگان در مورد خواص جالب این محصولات خریداران را هیجان‌زده کرده بود.

۶. نشست‌ها و کارگاه‌های تخصصی

در حاشیه‌ی جشنواره چندین کارگاه آموزشی با هدف آشنا کردن متخصصان با توسعه‌ی فناوری نانو در زمینه‌های مختلف برگزار شد که فهرست این کارگاه‌ها و امکان ثبت‌نام در آن‌ها در سایت جشنواره قرار داشت.

۷. مراسم تجلیل از برترین‌های فناوری نانوی ایران

این برنامه به صورت سالیانه برگزار می‌شود و به منظور تجلیل از افراد و مؤسسه‌هایی است که بیشترین فعالیت مؤثر در زمینه‌ی فناوری نانو را داشته باشند. بر این اساس محققان، فناوران، مراکز پژوهشی بنگاه‌ها و مراکز رشد رسانه‌ها و آزمایشگاه‌های برتر معرفی شدند.

۸. بخش بین‌الملل

در این بخش کشورهایی مثل روسیه و قزاقستان و... حضور داشتند. هدف از تدارک این بخش کمک به شرکت‌های داخلی بود به این ترتیب که متقاضیان حضور در نمایشگاه باید قادر به انتقال فناوری به طرف‌های ایرانی باشند و صرفاً محصولات نهایی خود را ارائه نکنند.

به امید آن‌که شاهد برگزاری هر چه بیشتر این گونه جشنواره‌ها و نمایشگاه‌ها باشیم.

IN THE NAME OF ALLAH

91 فیزیک Roshd

The problem of leisure time / M. Rahbar / 2
Physics of paper rockets / S.Khademi and A.Farnoodi / 3
Effects of viscosity on turbulence of fluids flow / R.Khalili Boroujeni / 12
Proper approch to quantum physics / M.R. Khoshbin-e- Khoshnazar / 16
Using conceptual maps in education / S. Mohebi and S. Niknia / 19
Roots of physics words / J. Mehrdad / 26
The flying circus of physics / Jearl Walker / 30
Physics frontrier / M. Rahbar / 37
Using the history of physics in its education / Kh. Mahbobi / 41
Finding the density of a liquid using a metre ruler / K. N. Chattopadhyay / 46
Mehdi Azar yazdi and Michael Faraday / S. Moatamedi / 49
A method for teaching first law of thermodynamics / D. Hormozi Nejad / 51
A simple demonstration of a general rule for the variation of magnetic field with distance / K. Kodama / 52
Cellular phones helping to get a clear picture of kinematics / A. Falcao etal / 56
Energy flow for a variable - gap capacitor / Nathani R. Greene / 58
Nanotechnology festival / M. Toloeshams / 61

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

www.roshdmag.ir
info@roshdmag.ir
ISSN: 1606-917x
P.O. Box: 15875/6585
Department of Physcis. Tehran-Iran

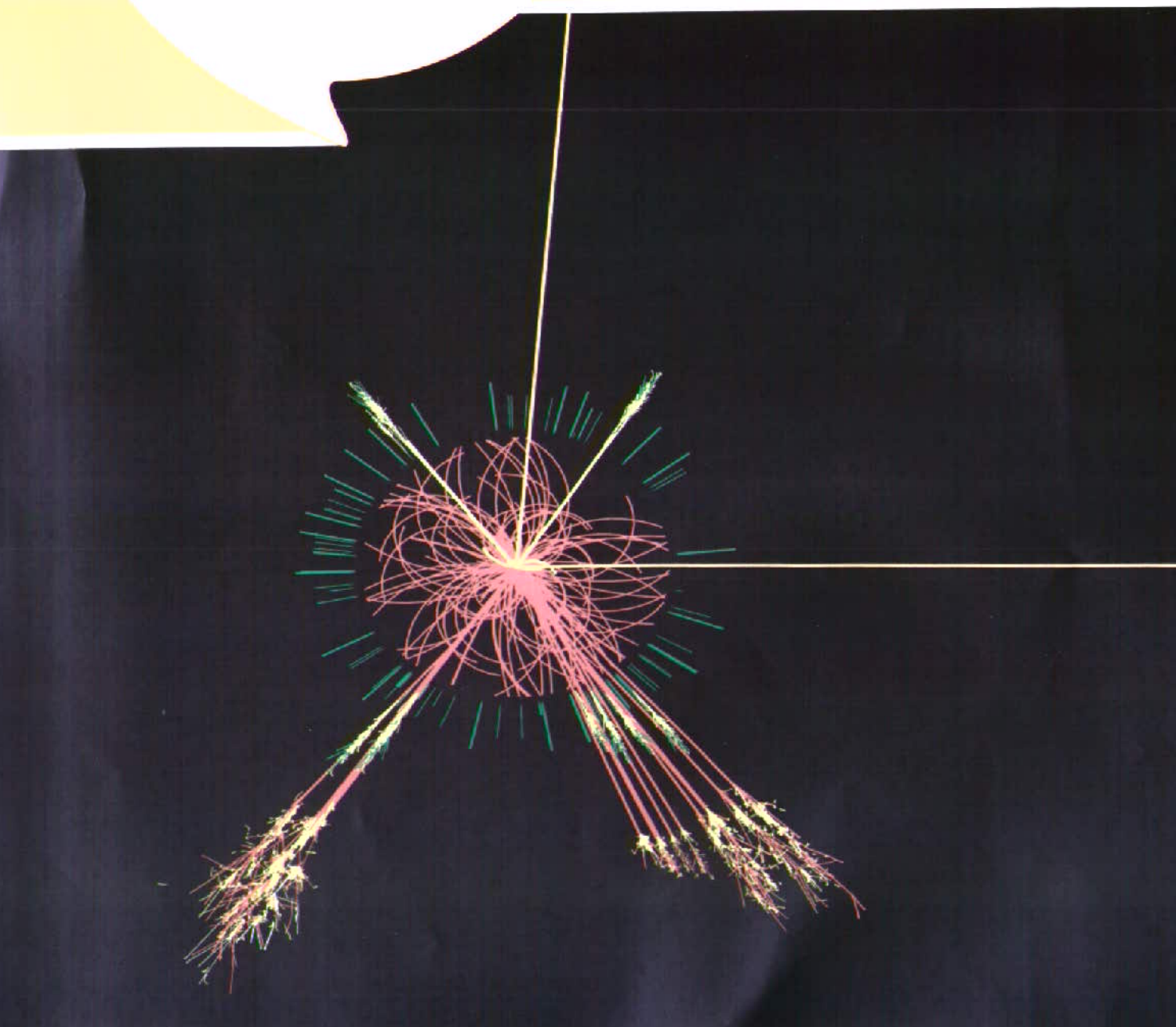
Physics Education Journal
Vol.25- No.91- 2010

Managing Editor: Mohammad Naseri
Editor-in-Chief: Manijeh Rahbar
Executive Director: Ahmad Ahmadi
Graphic Designer: Navid Andarodi
Editor Board: Ahmad Ahmadi, Rouhollah Khalili, M.R. Khoshbin-e-Khoshnazar, Jafar Mehrdad, Manijeh Rahbar

چه زیباست رخسار خورشیدی تو

یامهدی ارکنی

شبیه‌سازی تولید بوزون هیگز در آشکارساز ATLAS سرن



مدلی برای در امان
ماندن از آذرخش که توسط
مهندسان وستینگهاوس طراحی
شده است. سیم‌های بالایی ولتاژ سه
میلیون ولتی را به سمت زمین منحرف
می کنند تا سیم‌های پایینی که خطوط
انتقال برق هستند از آذرخش در
امان بمانند.