بسم الله الرحمن الرحیم

فیزیک ۱۰۱

رشد آموزش

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

آموزشی، تحلیلی و اطلاع رسانی

دورهٔ بیست و هشتم، شمارهٔ ۲، زمستان ۱۳۹۱

مدیرمسئول: محمد ناصری
سردبیر: دکتر منیژه رهبر
مدیر داخلی: احمد احمدی
هیئت تحریریه: احمد احمدی، روح الله خلیلی بروجنی، دکترسید حجت‌الحق حسینی، آزیتا سیدفدایی، دکتر منیژه رهبر، اسفندیار معتمدی
طراح گرافیک: نوید اندرودی
ویراستار: منیژه رهبر

www.roshdmag.ir
Physics@roshdmag.ir

نشانی مجله: تهران صندوق پستی: ۶۵۸۵-۱۵۸۷۵
دفتر مجله: (داخلی ۳۷۴-۳۷۰) ۸۸۳۰۵۸۶۲-۰۲۱
پیام‌گیر نشریات رشد: ۸۸۳۰۱۴۸۲-۰۲۱
مدیر مسئول: ۱۰۲
دفتر مجله: ۱۱۳
امور مشترکین: ۱۱۴
چاپ: شرکت افست (سهامی عام)
شمارگان: ۷۵۰۰ نسخه

تصویر روی جلد: مسیر حرکت جسم های متحرک را می‌توان توسط دوربینی که لنز آن باز است، مشاهده کرد.

در ستایش کردار نیک / سردبیر / ۲
اسطرلاب، ابزار اخترشناشی / سیدحجت‌الحق حسینی / ۴
سلول‌های خورشیدی / محمد گواهی / ۷
ربایش و رانش میله با القای الکتریکی / بلان بیکر / ۱۰
سه دست‌ساخته برای مشاهده‌پذیر کردن عملکرد دیود / نعمت‌الله مختاری / ۱۱
برق و خطرات آن در بدن انسان / حسن اتحادمهرآباد / ۱۳
سیاهچاله‌ها و برخورددهندهٔ بزرگ هادرونی / آرناواری / ۱۸
مرزهای فیزیک / منیژه رهبر / ۲۰
اینترنت به آموزش فیزیک کمک می‌کند / آزیتا سیدفدایی / ۲۳
گزارش کنفرانس بین‌المللی آموزش فیزیک / آزیتا سیدفدایی / ۲۹
نقش فراموش‌شدهٔ آزمایشگاه در آموزش فیزیک / سیامک خادمی / ۳۲
اصل مایر-ژول: اساس قانون اول ترمودینامیک / رنالدنیوبرگ، هاروس اس.لف / ۳۸
هنر تدریس جذاب و هیجان‌انگیز فیزیک / فاطمه ایجادی / ۴۲
تعداد و اندازهٔ اتم‌ها در یک نقطهٔ چاپی / بت شیفر و همکاران / ۴۷
امواج صوتی در عمق‌سنجی دریا / هادی فدوی حسینی و یلدا رشیدی / ۴۹
ساختار نظام آموزش و برنامهٔ‌درسی فیزیک سنگاپور / اشرف‌السادات شکرباغانی / ۵۲
تفاوت رابطه‌های بالمرو ریدبرگ / عباس عباسی و محمد شیخی / ۵۹
مقایسهٔ منحنی‌های تک‌دما و بی‌دررو / مهدی نوعی باهوش / ۶۲
محاسبهٔ سرعت هواپیما / حشمت کاکا / ۶۳

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.

درستایش کردار نیک

نقش مدرسه در آموختن رفتار درست به شاگردان اگر مهم‌تر از آموزش مطالب درسی نباشد، به هیچ وجه کمتر از آن نیست. به همین دلیل است که نهاد مربوطه وزارت آموزش و پرورش نامیده می‌شود. اکنون که اهمیت نقش نیروی انسانی در توسعه کشورها بیش از پیش نمایان شده است، در برخی کشورها در سال‌های اول تحصیلی بیش از اینکه به آموزش مطالب درسی بپردازند، به کودکان یاد می‌دهند چگونه با یکدیگر تعامل داشته باشند، به حقوق هم احترام بگذارند، نسبت به محیط زیست اطراف و اجتماع خود رفتار مسئولانه داشته باشند، و بکوشند تا با همکاری یکدیگر و رعایت اصول و قوانین اجتماعی، زندگی را برای خود و افراد دیگر راحت‌تر و دلپذیرتر سازند.

بدیهی است که این امر مورد توجه مسئولان کشور ما نیز هست و یکی از دغدغه‌های اصلی آن‌ها را تشکیل می‌دهد، به ویژه اینکه نام جمهوری اسلامی ضرورت توجه به اصول اخلاقی و رفتار شایسته را دو چندان می‌سازد. با این همه، گرچه همگی ما طبق گفته‌هایمان منبع رفتار نیکو و درست هستیم، اما متأسفانه بازتاب آن را در عمل چندان مشاهده نمی‌کنیم. در نتیجه موعظه‌های ما راه به جایی نمی‌برد، زیرا عامل تعیین کننده در این مورد چگونگی رفتار ماست. برای بیشتر روشن شدن این موضوع به ذکر موارد ملموسی می‌پردازم که همهٔ ما در زندگی روزمرهٔ خود کم و بیش با آن‌ها روبه رو می‌شویم.

یکی از مشکلات اساسی که همهٔ ما درگیر آن هستیم و باعث تلف شدن درصد قابل ملاحظه‌ای از انرژی جامعه می‌شود مسئله ترافیک است. بدون شک رشد جمعیت و افزایش تعداد وسایل نقلیه نقش مؤثری در ایجاد این مشکل دارد.

این یک مسئلهٔ جهانی است که کم و بیش در همه جا وجود دارد، اما کمتر جایی را می‌توان یافت که ترافیکی مانند کشور ما داشته باشد. آمار منتشر شده نیز حاکی از آن است که کشور ما به لحاظ تلفات جاده‌ای اگر مقام اول را در جهان نداشته باشد، یکی از رکورد داران محسوب می‌شود. آیا علت این امر غیر از آن است که احترام به حقوق دیگران و رعایت قوانین و مقررات را به درستی به ما یاد

بزرگی سراسر به گفتار نیست
دو صد گفته چون نیم کردار نیست
فردوسی

نداده‌اند؟ هرگز فراموش نمی‌کنم که یکی از استادان بسیار فعال و سرزنده، که ادامهٔ فعالیت علمی‌اش می‌توانست سود فراوانی برای کشور داشته باشد، بر اثر برخورد با موتور سواری که در خیابان یک طرفه در خلاف جهت حرکت می‌کرد دچار عارضهٔ مغزی شد و سال‌هاست که زندگی گیاهی دارد. متأسفانه تعداد این موارد بسیار است و همهٔ ما می‌توانیم تعدادی از آن‌ها را نام ببریم. آیا متوجه هستیم که این رفتار غیر مسئولانه چه هزینهٔ سنگینی را به کشور تحمیل و ما را از چه نیروهای ارزشمندی محروم می‌کند؟

مورد بارز دیگر منظره‌های ناخوشایند انبوه زباله‌هایی است که همگی ما در دامن طبیعت و نقاط سرسبز کشور شاهد آن هستیم. این موضوع به ویژه در شمال کشور که مهم‌ترین قطب گردشگری به شمار می‌آید از همه جا ملموس‌تر است. در کجا باید به افراد آموخت که طبیعت کشور یکی از گرانبهاترین سرمایه‌های ملی همهٔ ماست و حفظ و حراست از آن اگر از حفاظت از دارایی هامان مهم‌تر نباشد، به هیچ وجه کم‌اهمیت‌تر نیست؟ آیا کسانی که وظیفهٔ تربیت نسل جوان را به عهده دارند نباید دست کم به اندازه چگونه تست زدن برای موفقیت در امتحان بر این مسئلهٔ مهم تأکید کنند؟ و سرانجام، مورد دیگری که اغلب شاهد آن هستیم تلاشی است که افراد به جای صرف کردن در جهت همکاری برای به ثمر رساندن کارها به بهترین وجه، در جهت تخریب یکدیگر به عمل می‌آورند. در بسیاری از جلساتی که برای مشاوره و گفت و گو در جهت بهتر انجام شدن کارها تشکیل می‌شود، شاهد نبرد دو گروه متخاصم هستیم که می‌خواهند با نادیده گرفتن یا پایمال کردن تلاش گروه مقابل کار خود را به پیش ببرند.

آیا وقت آن نرسیده است که با اولویت دادن به منافع جمعی به جای منافع فردی، در نظر گرفتن ضابطه به جای رابطه در استفاده از استعدادهای موجود، و سیاست عمل به جای حرف کارها را به درستی مدیریت کنیم و از امکانات فراوان موجود به درستی بهره بگیریم؟ و آیا نباید به همان اندازه که نگران نمره‌های خوب و قبول شدن فرزندانمان در دانشگاه هستیم، رفتار اجتماعی درست و شایسته آن‌ها نیز یکی از دل مشغولی‌های ما را تشکیل دهد؟

اسطرلاب ابزار اخترشناسی

سیدحجت‌الحق حسینی

چکیده

تاریخ‌نگاران دانش در پهنهٔ ابزارشناسی دستگاه‌های ستاره‌شناسی باور دارند که اسطرلاب، کهن‌ترین ابزار علمی در اخترشناسی و فناوری‌های زندگی انسان است. در این نوشتار واژه‌شناسی، تاریخچه، گونه‌شناسی، ساختار، سازندگان و کاربردهای اسطرلاب از دیدگاه‌های علمی و تاریخ علم اخترشناسی بر پایه آگاهی‌های ایرانی بررسی می‌شود.

کلیدواژه‌ها: اسطرلاب، اخترشناسی، کاربردهای اسطرلاب

واژه‌شناسی

«اسطرلاب» واژه‌ای یونانی است که از دو بخش «آسطرو» به معنای ستاره و دیگری «لاب» به معنای ترازو و اندازه‌گیر ساخته شده است. در تاریخ علم اخترشناسی آن را دستگاهی دانسته‌اند که با آن می‌توان جایگاه ستارگان را در هر زمان از روزهای سال دید و حرکت آن‌ها را بررسی کرد. برخی دانشوران فارسی زبان، آن را «ستاره‌یاب» گفته‌اند. در زبان و ادب فارسی، نام‌های دیگری برای اسطرلاب آمده است. «جام‌جم» و «جام جهان‌نما» که به پیشینهٔ تاریخی نیز وابستگی دارند، از آن شمارند. جمشید جم را، که از نخستین پادشاهان ایرانی است، پایه‌گذار جشن‌های نوروزی و دارندهٔ جام جهان‌بین می‌شناسیم. در زبان علمی امروز، آن را «Star finder and identifier» به معنای هماهنگ‌کننده و ستاره‌یاب می‌خوانند. در زبان تازی «وضع الکره» گفته می‌شود.

تاریخچه

ساخت اسطرلاب را به بطلمیوس، ستاره‌شناس نامدار سده‌هایی پیش از میلاد مسیح نسبت می‌دهند. گفته‌اند ابرخس یونانی (هیپارخوس)، که در سدهٔ دوم پیش از میلاد مسیح می‌زیسته و رصدهای آسمانی داشته است، در این ابزار دگرگونی‌هایی به‌وجود آورده است. این نوآوری‌ها به افزایش کارایی دستگاه اسطرلاب انجامیده است. در سرزمین دانش‌پرور و دانشمند خیز بین‌النهرین، اسطرلاب کاربرد اخترشناسی پیشرفته‌ای داشته است. در سال‌های پایانی سده پنجم میلاد مسیح، فناوری ساخت و کاربرد اسطرلاب در بیزانس به اوج خود رسیده و پس از توقف کوتاهی تا سده‌های میانی پیوستگی داشته است. از آن زمان تنها یک اسطرلاب در دست است که نوشته‌های روی آن به زبان یونانی است. آن‌چه روشن است این است که اسطرلاب، کهن ترین ابزار علمی جهان در ستاره‌شناسی و فناوری زندگی انسان شناخته شده است.

در سدهٔ دوم قمری و در روزگار فرمانروایی اسلامی، اخترشناسان ایرانی و مسلمان با این ابزار ستاره‌شناسی آشنا شدند. استفاده‌های بسیاری از آن کردند و در بالندگی، کاربرد، و ساخت آن کوشش بسیار کردند. نخستین کسی که در روزگار اسلامی اسطرلاب ساخت و آن را به‌کار برد، ابراهیم بن حبیب فزاری بود. این گزارش تاریخی به نوشته عبدالرحمان صوفی رازی در «صور الکواکب» آمده است. کهن‌ترین نوشتار به زبان فارسی، درباره اسطرلاب «روضه المنجمین» از شهمردان فرزند ابی الخیر رازی به تاریخ نگارش ۴۶۶ قمری به یادگار مانده است. همچنین آمده است که قدیمی‌ترین نوشتار در

جهان اسلام در این‌باره کتاب «الجامع فی الاسطرلاب علما و عملا»، خوانده شده به نام جابربن حیان است. ابن مشاط سرقسطی (سده پنجم قمری) این نوشتار را در قاهره دیده و آن را بی‌همانند یافته است. دانشمندان اخترشناس در سده‌های طلایی (سوم تا نهم قمری) شکوفایی دانش‌ها در فرمانروایی اسلامی، به پیشرفت‌های بسیاری به‌ویژه در ستاره‌شناسی رسیدند. آن‌ها هزاران اسطرلاب در ایران و جهان اسلام ساختند و صدها نوشته به زبان فارسی و عربی پرداختند. آیین اسلامی، به انگیزهٔ انجام بهنگام فرایض دینی زمینه‌ساز رشد دانش ستاره‌شناسی کاربردی شد. در سدهٔ هفتم قمری در سراسر جهان اسلام، از هندوستان تا اسپانیا، اسطرلاب را می‌شناختند و آن را به‌کار می‌بردند. هنروران بسیاری در پهنه ایران و اسلام، اسطرلاب‌های کارآمد و زیبایی ساختند. از این قلمرو گسترده، اسطرلاب به شهرهای ونیز و سیسیل برده شد و اکنون برخی موزه‌های غرب (اسپانیا، انگلستان، ایتالیا)، میزبان ناخواندهٔ این ابزارهای هنرمندانه و دانشورانه ستاره‌شناسی هستند. ارزش ویژهٔ این ابزار در تاریخ اخترشناسی از دو دیدگاه، بسیار سودمند است: از یک‌سو اسطرلاب، نخستین ابزاری است که به غرب رسیده و از سویی دیگر، تنها دستگاهی است که دانشمندان ستاره‌شناس ایرانی و اسلامی، بیشترین نوشته‌ها را درباره‌اش نوشته‌اند، دگرگونی‌هایی در آن انجام داده‌اند و برای کاربرد بهتر و هماهنگ با نیازهایشان، آن را بهبود بخشیده‌اند.

گونه‌شناسی

گونه‌های ارزشمند اسطرلاب، مسطح، خطی و کروی شناخته شده‌اند.

الف) اسطرلاب مسطح: نخستین کسی که اسطرلاب مسطح را ساخت، ابیون بطریق بود که در شهر حرّان زندگی می‌کرد. اسطرلاب مسطح، دارای دو رویه فلزی است که قطر آن‌ها نزدیک ۱۰ تا ۲۵ سانتی‌متر است. یکی از این دو رویه، که صحیفه نامیده می‌شود، نشانگر زمین است و روی آن خط‌هایی کشیده شده‌اند که طول و عرض جغرافیایی، افق مشاهده‌گر و زاویه جرم‌های آسمانی را در بالای خط افق نشان می‌دهند. هر صحیفه را برای عرض جغرافیایی ویژه‌ای ساخته‌اند. هم از این‌رو، صحیفه‌های گوناگونی آماده و فراهم آورده می‌شد تا در عرض‌های جغرافیایی گوناگون به‌کار برده شوند. رویهٔ دیگری که نگاره ویژه‌ای نیز دارد، **شبکه** یا عنکبوتیه نامیده می‌شود و روی صحیفه قرار می‌گیرد. شبکه نشان دهندهٔ نگاره ساده‌ای از آسمان است و روی آن جای ستارگان نورانی با شاخص‌هایی منحنی‌وار نشان داده شده است. از این گذشته، روی شبکه دایره‌البروج، یعنی گذرگاه سالانه و آشکار خورشید در آسمان نسبت به ستارگان و منطقه البروج نیز نشان داده می‌شود. منطقه البروج، نگاره‌ای دایره‌ای از آسمان است که دارای دوازده صورت آسمانی است. هر کدام از آن‌ها را یک **برج** می‌نامند. این چنین به‌نظر می‌رسد که خورشید در زمان یک سال این دایره را می‌پیماید. اسطرلاب‌های مسطح، خود بیش از بیست گونه خرد دارند: اسطرلاب آسی (برگ مورد)، طبلی/ مطبل، سرطانی/ مسرطن (خرچنگ)، مبطخ (خربزه)، حلزونی، ثوری (سر گاوی)، جاموسی (سر گاومیش)، شقایقی، سفرجلی (گلابی)، زورقی و صلیبی. این نام‌گذاری‌ها، در ۹ مورد نخست به نگارهٔ منطقه البروج در رویهٔ عنکبوتیه بستگی دارد. اسطرلاب زورقی، نوآوری ابو سعید سجزی (سده چهارم مهی) است. گفتنی است اسطرلاب مسطح، همگانی‌ترین گونهٔ این ابزار ستاره‌شناسی است.

ب) اسطرلاب خطی: گونهٔ خرد ساده‌تری از ابزار مسطح است. شرف‌الدین مظفر طوسی (سده ششم مهی)، اسطرلابی به شکل خط‌کش ساخت که چون کار چندانی از آن برنمی‌آمد، همه‌گیر نشد.

پ) اسطرلاب کروی: اسطرلاب از آغاز به شکل کره ساخته می‌شد. در جهان اسلام نیز افزون بر شناخت اسطرلاب مسطح، نسبت به اسطرلاب کروی توجه بیشتری نشان داده شد. از جابربن سنان (سدهٔ سوم قمری) به عنوان نخستین سازندهٔ اسطرلاب کروی در جهان اسلامی یاد می‌شود. فضل بن حاتم نیریزی (سدهٔ سوم قمری) نوشتاری در برتری اسطرلاب کروی بر گونهٔ مسطح نوشت. برای ساخت و پرداخت اسطرلاب کروی، آشنایی با چگونگی نگاره کشیدن فضای سه بعدی بر رویهٔ مسطح بایسته بود. آسانی جابه‌جایی گونهٔ مسطح به‌زودی برتری‌های گونهٔ کروی را در سایه نهاد و خود همه جا پاگیر شد. اسطرلاب کروی در سدهٔ نهم قمری به‌دست مسلمانان ساخته شد. از این‌گونه ابزار تنها یک نمونه به‌جای مانده است که در موزه تاریخ علم آکسفورد انگلستان نگهداری می‌شود.

جنس اسطرلاب‌ها در زمان‌های پیشین از سفال و چوب بوده و سپس نمونه‌هایی فلزی از جنس برنج ساخته شده است.

ساخت و پرداخت اسطرلاب‌ها

به گمانی درست، کهن‌ترین اسطرلاب به‌جا مانده از تاریخ ۳۷۴ قمری،

در جهان اسلام نیز بر شناخت اسطرلاب مسطح، نسخت به اسطرلاب کروی توجه بیشتری نشان داده شد. از جابربن سنان (سدهٔ سوم قمری) به عنوان نخستین سازندهٔ اسطرلاب کروی در جهان اسلامی یاد می‌شود

دست ساختهٔ دو برادر به نام‌های احمد و محمد فرزندان ابراهیم در اصفهان است که توانایی بسیار بالای آنان را نشان می‌دهد. این اسطرلاب بی‌مانند اکنون در موزهٔ اشمولین آکسفورد نگهداری می‌شود. بر پایهٔ گزارش تاریخ‌نگاران علم در پهنهٔ ابزارشناسی دستگاه‌های ستاره‌شناسی، از ۱۶۵ اسطرلاب کهن و بازماندهٔ مشرق‌زمین، که به‌درستی بررسی شده‌اند، ۶۵ نمونه ساخت ایرانیان، ۴۲ نمونه از هنروران اسپانیا و شمال آفریقا، ۲۷: نمونهٔ دست‌ساز مسلمانان هند، ۲۱ ابزار ساخت اعراب (عراق، مصر و سوریه)، ۸ نمونه ساخت هندوان و ۲ ابزار دست‌ساز کلیمیان دیده شده است. در این فهرست، ایرانیان بر فراز گزارش جای گرفته‌اند. اسطرلاب‌های ایرانی، کارآمدی ابزاری و زیبایی هنری را با هم دارند. تازه ترین و بزرگ‌ترین اسطرلاب شناسنامه‌دار تاریخی، ساختهٔ زنده یاد دکتر ابوالفضل نبئی، استاد تاریخ، پژوهشگر گاه‌شماری و تاریخ علم اخترشناسی دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی دانشگاه فردوسی مشهد، در بخش ستاره‌شناسی موزهٔ آستان قدس رضوی نگهداری می‌شود.

ساختار اسطرلاب

اسطرلاب مسطح، همگانی‌ترین گونهٔ این ابزار ستاره‌شناسی است. شناخت ساختار اسطراب بر پایهٔ گونهٔ مسطح استوار است.

الف) رویهٔ امّ: رویه‌ها قطعه‌های دیگر اسطرلاب یا درون آن جای می‌گیرند یا به شیوه‌ای روی آن سوار می‌شوند. این رویه قطر و پهنای بزرگ‌تری دارد. در بخش رویی آن، حاشیه یا دیواره‌ای به پهنای یک سانتی‌متر و به بلندی سه یا چهار میلی‌متر ساخته شده است. این حاشیه را «حجره» می‌گویند؛ هرچند که بیشتر زمان‌ها «امّ» و حجره را یکی گرفته‌اند. در میانه امّ سوراخی دیده می‌شود. از این سوراخ با گذراندن «قطب» برای سوار کردن دیگر قطعه‌های اسطرلاب استفاده می‌شود. امّ، دربردارندهٔ پنج زیربخش است. ۱) حلقه: از جنس اسطرلاب، یعنی برنج محکمی است که آن را از سوراخ «عروه» می‌گذارند و این حلقه، عروه را به «علاقه» پیوند می‌دهد. ۲) عروه: به فارسی دستگیره یا دستاویز گفته می‌شود و آن، زایده‌ای است که به بخش پایانی «کرسی» وابسته شده است. کار عروه آزاد نگه‌داشتن اسطرلاب است. ۳) کرسی: بخش بالایی رویهٔ امّ را کسی می‌گویند. این بخش دارای زیبایی‌های ویژه و کنده‌کاری‌های هنرمندانه است. بیشتر بر روی آن، سخن خداوندگاری، گفتار پیام‌آور ارجمند، فرمودهٔ پیشوایان آیین یا نام سفارش‌دهنده وسازندهٔ ابزار نقش بسته است. ۴) حجره یا امّ ۵) علاقه: دستگیرهٔ اسطرلاب برای به‌دست گرفتن آن است. ۶) قطب.

ب) شبکه یا عنکبوتیه: رویه‌ای است مشبک که دایرهٔ منطقهٔ البروج و ستارگان شناخته شده بر روی آن نگاره شده‌اند و به نگاره‌های برگ و شاخ و بوته و منقار زیور شده است. هر یک از آن‌ها نشان‌دهندهٔ جایگاه یکی از ستارگان در نیمکرهٔ شمالی یا جنوبی است. به بخش پایانی نوک «شظیه» گفته می‌شود. در نقطه‌ای از حاشیهٔ دایرهٔ‌البروج، یعنی سرآغاز برج جدی، برآمدگی کوچکی است که آن را «مری» می‌خوانند. برآمدگی دیگری به نام «مدیر» یا «محرک» در زیر آن دیده می‌شود. ۱) مری: برآمدگی کوچکی بر حاشیهٔ دایره البروج است که در میانهٔ آغاز برج «قوس» و پایان برج «جدی» بر رویهٔ شبکه دیده می‌شود. ۲) مدیر یا محرک: برآمدگی کوچکی بر روی شبکه است که با آن، شبکه را درون امّ به حرکت درمی‌آورند.

پ) عضاده: مانند خط‌کشی است که در میانهٔ آن سوراخی دیده می‌شود و از این رویهٔ امّ از پشت به آن بسته می‌شود. بر روی آن نیز در هر سو یک برآمدگی به نام «لبنه» دیده می‌شود. نام دیگر لبنه، «هدفه» است. روزنهٔ لبنه را «مری عضاده» یا «ثقبه» نیز گفته‌اند.

ت) قطب: نام‌های دیگر آن «وتد» و «محور» است. همانند میخی است که یک سر آن پهن و در سر دیگرش روزنه‌ای است که اسبک یا «فرس» از آن گذر داده می‌شود و آن‌ها را به هم می‌پیوندد و چون در مرکز اسطرلاب و در نقطه قطب زمین قرار گرفته، به «قطب» شناخته شده است.

ث) فرس: قطعهٔ کوچکی همانند سر اسب است و در بخش پایانی آن میلهٔ کوچک‌تری است که در روزنهٔ قطب جای می‌گیرد و از آن برای باز و بسته کردن دیگر قطعه‌های اسطرلاب استفاده می‌شود.

ج) صفحه: صفحه‌ها یا رویه‌ها از برگه‌هایی برنجی به قطر حجره ساخته می‌شوند و هر دو روی آن‌ها، خط‌های خاور و باختر، میانهٔ آسمان، نیم روزان (نصف‌النهار)، سر سو، سر خرچنگ، سر بزغاله و... با توانایی ویژه‌ای و هماهنگ با اندازهٔ اسطرلاب، بر پایهٔ عرض جغرافیایی نقش می‌شوند.

کاربردهای اسطرلاب

اسطرلاب، ابزاری برای اندازه‌گیری‌ها و کاربردهای زیر است.

یک) اخترشناسانه: مانند سنجش ارتفاع آفتاب یا هر ستارهٔ نورانی دیگر از سطح افق، دریافت سوی و گرایش خورشید، دانستن زمان در طول روز و شب، آگاهی از هنگام طلوع و غروب آفتاب، شناسایی سوی نماز گزاردن، دانستن جایگاه ستارگان، ماه و سیاره‌ها، گاه‌نامه نگاری و آگاهی به نو شدن سال دانستن زمان و جای مه‌گرفت و خور گرفت.

دو) اخترگویی و ستاره‌بینی: که بسیار شناخته شده‌تر از کاربردهای دیگر آن در نزد مردم است.

سه) فناورانه: مانند آبادانی‌ها و سازندگی‌هایی چون آبیاری و کاریزسازی، کشاورزی، راه‌سازی، ساختمان‌های زیستگاهی و یادمان‌های سازه‌ای بلند، رزمایش و پیکارهای گوناگون در جنگاوری‌ها و... به‌کار می‌رفته است.

منابع

۱. ابن ندیم، محمدبن اسحاق. **الفهرست**. چ۱. برگردان محمدرضا تجدد، انتشارات اساطیری و مرکز بین‌المللی گفت‌وگوی تمدن‌ها، ۱۳۸۱.
۲. بیرونی، ابوریحان محمد بن احمد. **التفهیم لاوایل الصناعه التنجیم**. چ۴. تهران، مؤسسهٔ نشر هما، تیرماه ۱۳۶۷.
۳. بیرونی، ابوریحان محمد بن احمد. **الاستیعاب الوجوه الممکنه فی صنعئ الاصطرلاب**. تصحیح سیدمحمد اکبرحسینی جوادی (به تازی). مشهد، بنیاد پژوهش‌های اسلامی آستان قدس رضوی. ۱۳۹۰.
۴. حاسب طبری. محمد بن ایوب. **معرفئ الاسطرلاب (شش فصل)**. چ۱. تصحیح محمدامین ریاحی. تهران، شرکت انتشارات علمی و فرهنگی، ۱۳۷۱.
۵. ساووا، دنی. **اسطرلاب**. برگردان مریم موسوی. چ۱. تهران، کانون پرورش فکری کودکان و نوجوانان، ۱۳۸۵ خ.
۶. شهمردان رازی، ابن ابی الخیر. **روضئ المنجمین**. چ۱. تصحیح جلیل اخوان زنجانی. تهران، مرکز نشر میراث مکتوب و کتابخانه، موزه و مرکز اسناد مجلس شورای اسلامی، ۱۳۸۲.
۷. شیخ بهایی، محمد بهاءالدین عاملی. **تحفهٔ حاتمی**. چ۱. تصحیح محمدتقی عدالتی و ابوالفضل نبئی. مشهد، بنیاد پژوهش‌های اسلامی آستان قدس رضوی، ۱۳۷۰.
۸. صوفی رازی، عبدالرحمان. **صورالکواکب**. برگردان خواجه نصیرالدین طوسی. تصحیح سیدمعزالدین مهدوی. تهران، انتشارات بنیاد فرهنگ ایران. ۱۳۵۱ خ.
۹. مصاحب، غلامحسین. **دایره المعارف فارسی**. چ۱. چ۱. تهران، مؤسسهٔ انتشارات فرانکلین، ۱۳۴۵.
۱۰. میرهادی، توران و دیگران. **فرهنگنامهٔ کودکان و نوجوانان**. چ۲. چ۲. تهران. نشر فرهنگنامه، ۱۳۷۶.
۱۱. نبئی، ابوالفضل. **هدایت طلاب به دانش اسطرلاب**. چ۱. مشهد، بنیاد پژوهش‌های اسلامی آستان قدس رضوی. ۱۳۷۱.

سلول‌های خورشیدی

محمد گواهی
عضو گروه فیزیک استان خراسان‌شمالی

چکیده

سلول خورشیدی بهترین گزینهٔ جایگزین سوخت فسیلی است. نوعی انرژی پاک است که عوارض آلایندگی زیست‌محیطی ندارد. انرژی خورشیدی قابلیت تبدیل به انرژی‌های گرمایی، الکتریکی و مکانیکی را نیز دارد. تاریخواره، ساختار و ویژگی‌های سلول خورشیدی در این مقاله روشنگری شده است.

کلیدواژه‌ها: سلول‌های خورشیدی، فیبر نوری، فیزیک حالت جامد، سلول سیلسیمی، نیمرساناهای n و p

مقدمه

بشر امروزی با دو مشکل اساسی روبه‌روست؛ از یک طرف سوخت‌های فسیلی رو به اتمام‌اند و از طرف دیگر، این سوخت‌ها مشکلات زیست محیطی زیادی مانند آلودگی هوا و اثر گلخانه‌ای ایجاد می‌کنند. جایگزین نمودن سوخت‌های هسته‌ای هم نمی‌تواند مشکل چندانی را در این زمینه حل کند؛ زیرا هزینهٔ راه‌اندازی آن‌ها بسیار زیاد است و تابش‌های خطرناک آن‌ها نیز زیان‌های فراوان و جبران‌ناپذیری به بار می‌آورد. انرژی خورشید می‌تواند به عنوان یک انرژی تمیز و قابل دسترس، حلّال این مشکلات باشد؛ فقط باید دستگاه‌هایی ساخته شوند که این انرژی را به انرژی‌های قابل استفاده دیگر مانند انرژی مکانیکی، گرمایی و الکتریکی تبدیل کنند. یکی از این دستگاه‌ها سلول خورشیدی است که در زیر به آن می‌پردازیم.

تاریخچه

تحقیق علمی دربارهٔ سلول خورشیدی، از ۱۸۳۹ م. که **بکرل** فیزیکدان فرانسوی متوجّه شد با تاباندن نور به الکترودهای یک پیل می‌توان ولتاژ آن را افزایش داد. شروع شد. پنجاه سال بعد چارلز[1] اولین سلول خورشیدی واقعی را که از یک پیوند نیمرسانا و یک لایهٔ شفاف بسیار نازک طلا تشکیل شده بود، ساخت. کارآیی این سلول فقط یک درصد بود. در ۱۹۲۷ م. یک پیوندگاه دیگری که از فلز مس و نیمرسانای اکسید مس ساخته شده بود، شرح داده شد. قبل از ۱۹۳۰م. سلول خورشیدی اکسید مس و سلول خورشیدی سلنیم در وسایل نوری حساسی مانند فوتومتر به کار رفته بود.

راسل اهل[2] این فرایند را برای سلول‌های خورشیدی سیلیسیمی در ۱۹۴۱ م. گسترش داد. در ۱۹۵۴ م. سه محقق آمریکایی به نام‌های پیرسون[3]، داریل چپین[4] و کالوین فولر[5] یک سلول خورشیدی سیلیسیمی ارائه دادند که بازده آن شش درصد بود. در ۱۹۸۰م. یک سلول خورشیدی سیلیسیمی با ناخالصی‌های گالیم و آرسنیک با کارآیی ۲۰ درصد ساخته شد. در ۱۹۸۹م. با متمرکز کردن نور خورشید توسط یک عدسی بر روی سلول خورشید کارآیی آن را تا ۳۷ درصد بالا بردند.

سلول خورشیدی چگونه کار می‌کند؟

سلول خورشیدی از مواد نیم رسانای مختلف تشکیل می‌شود. نیمرساناها موادی هستند که در دماهای پایین نارسانا

هستند ولی با جذب گرما یا نور، رسانای الکتریسیته می‌شوند.

بیشتر از ۹۵ درصد سلول‌های خورشیدی از سیلیسیم ساخته می‌شوند، سیلیسیم دومین عنصر فراوان در پوستهٔ زمین است. با اضافه کردن ناخالصی به سیلیسیم می‌توان نیمرسانای نوع n یا p ساخت. در نیمرسانای نوع n ظرفیت شیمیایی هر اتم سیلیسیم ۴ است؛ بنابراین، می‌تواند چهار پیوند کوالانس با هر یک از همسایه‌های اول خود تشکیل دهد، وقتی یک اتم ناخالصی ۵ ظرفیتی مانند فسفر یا آرسنیک در شبکهٔ سیلیسیم در جای یک اتم آن قرار می‌گیرد، با چهار همسایهٔ اول خود پیوند کولانس تشکیل می‌دهد و یک الکترون ظرفیت اتم ناخالصی آزاد باقی می‌ماند. در این صورت، یک بار مثبت نیز بر روی اتم ناخالصی باقی می‌ماند.

در نیمرسانای نوع p، یک ناخالصی۳ ظرفیتی مانند Al یا Ga را وارد شبکهٔ سیلیسیم ۴ ظرفیتی می‌کنند. ناخالصی در جای یک اتم از شبکه سیلیسیم قرار می‌گیرد و چون فقط ۳ الکترون ظرفیت دارد، می‌تواند با گرفتن یک الکترون از یک پیوند کوالانس بین دو اتم سیلیسیم یک حفره (بار مثبت هم‌اندازهٔ بار الکترون) در شبکه ایجاد کند و ناخالصی هم بار منفی اضافی پیدا می‌کند.

در طرف نیمرسانای نوع n الکترون‌های آزاد و یون‌های مثبت اتم ناخالصی و در طرف نیم‌رسانای نوع p حفره‌ها و یون‌های منفی اتم ناخالصی به تعداد یکسان وجود دارند. وقتی دو نیمرسانا در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند، الکترون‌های آزاد از طرف n و حفره‌ها از طرف p می‌خواهند در تمامی نقاط مجموعهٔ دو نیمرسانا به طور یکنواخت پخش شوند ولی به محض اینکه تعدادی الکترون از طرف n به p و برعکس تعدادی حفره از طرف p به n منتقل شد، در طرف n یک فزونی اتم‌های یونیدهٔ مثبت ناخالص و در طرف p یک فزونی اتم‌های یونیدهٔ منفی ناخالص به وجود می‌آید و این لایهٔ دوگانه محل پیوند نیمرسانای n و p یک میدان الکتریکی از n به سوی p ایجاد می‌کند که مانع پخش کامل الکترون‌های آزاد و حفره‌ها در مجموع دو نیم‌رسانا خواهد شد. (شکل ۱)

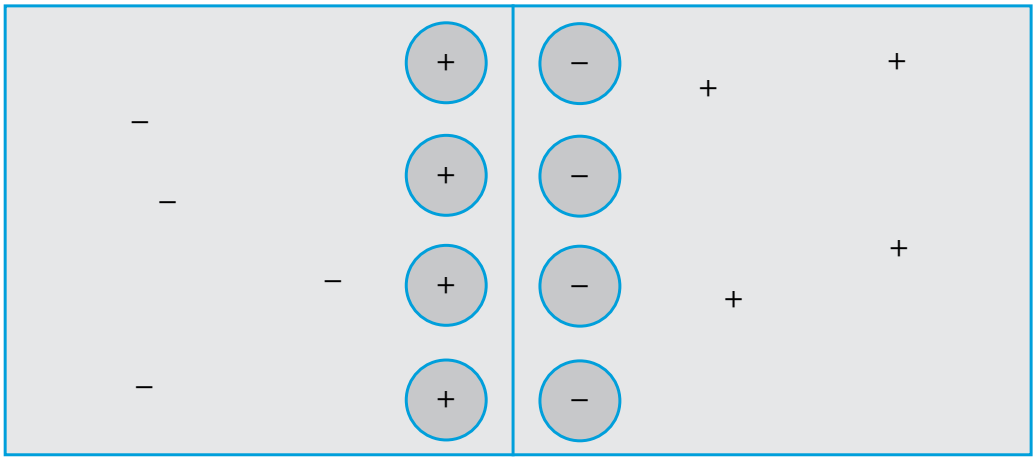
در سلول خورشیدی، همان‌طور که در شکل ۲ دیده می‌شود، نیم رسانای نوع n در بالای سلول قرار می‌گیرد و نیم‌رسانای نوع p در زیر آن است. دو لایه از رسانای فلزی خوب نیز به عنوان اتصال‌های الکتریکی سلول خورشیدی بالا و پایین لایه‌های n و p سلول قرار می‌گیرند. اتصال طرف n به صورت شبکه ساخته شده است تا نور خورشید بتواند از آن عبور کند و به نیم‌رسانای نوع n برسد اما اتصال طرف p چون در مسیر نور خورشید قرار نمی‌گیرد شبکه‌ای نیست.

وقتی نور خورشید به سلول خورشیدی می‌تابد فرایند فوتوولتایی به وجود می‌آید. در این فرایند، ذرات نور که فوتون نام دارند به داخل سلول‌ها نفوذ می‌کنند. با جذب این فوتون‌های نور توسط سلول خورشیدی تعدادی الکترون و حفره آزاد می‌شود که به طرف پیوندگاه پخش می‌شوند. میدان الکتریکی بارهای آزاد شده در پدیدهٔ فوتوولتایی در خلاف جهت میدان الکتریکی پیوندگاه سلول خورشیدی است .

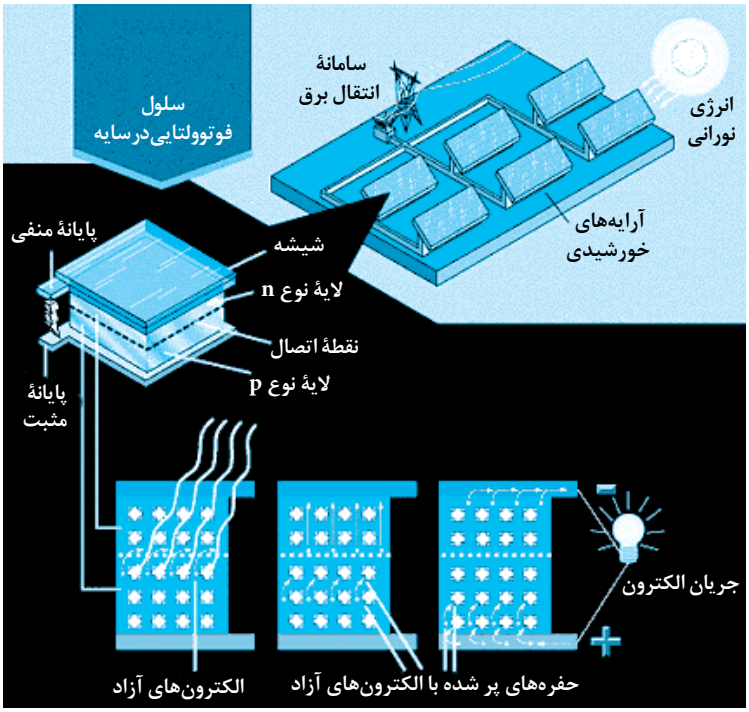
ویژگی‌های سلول خورشیدی

ولتاژ سلول‌های خورشیدی به مواد نیمرسانای آن بستگی دارد. در سلول سیلیسیم، مقدار این ولتاژ ۰/۵ ولت است، این ولتاژ به شدت نور فرودی وابسته نیست؛ در حالی که شدت جریان حاصل از آن با افزایش شدت نور افزایش می‌یابد. برای مثال، اگر شدت نور تابشی ۱۰۰۰ وات بر مترمربع باشد، شدت جریان خروجی از سلول خورشیدی تقریباً ۲A می‌شود. (شکل ۳)

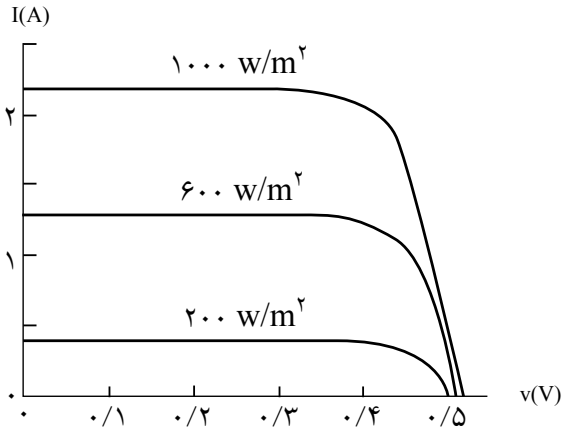
شکل۱



شکل ۲



شکل ۳



نمودار تغییرات جریان بر حسب ولتاژ در یک سلول سیلیسیم

توان خروجی یک سلول خورشیدی به دما آن بستگی دارد. در این نمودار، مشخص شده است که توان نور تابشی به یک سلول خورشیدی چقدر باید باشد تا انرژی الکتریکی خروجی آن مفید باشد.

ساخت سلول خورشیدی در ایران

در سال ۱۳۶۸ بعد از به ثبت رسیدن شرکت تولید فیبر نوری، شرکت مخابرات ایران برای استفاده از سامانه‌های برق خورشیدی امکان ساخت و مدول سلول خورشیدی را در کشور مورد مطالعه قرار داد و طرح توجیهی، فنی و اقتصادی آن را در سال ۱۳۶۹ به تأیید مسئولان وقت وزارت پست، تلگراف و تلفن رساند. مسئولیت اجرای طرح به عهدهٔ شرکت تولید فیبر نوری گذاشته شد که به شرکت فیبر نوری و برق خورشیدی تغییر نام یافت. تاکنون در استان‌های تهران و فارس یک نیروگاه فوتوولتایی به ظرفیت ۲ مگاوات ساخته شده است و ۲ نیروگاه فوتوولتایی در حال ساخت نیز در طالقان و شیراز وجود دارد.

پی‌نوشت

1. charles
2. Russel ohl
3. G.L. Pearson
4. Daryl chapin
5. Calvin Fuller

منابع

۱. کیتل، چارلز؛ آشنایی با فیزیک حالت جامد، چاپ اول، مترجمان: اعظم پورقاضی، مهدی صفا و جمشید عمیقیان. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی. ۱۳۶۷.
2. www.energy.gov/solar /solar_america/.
3. www.irantelecom.ir
4. www.ngdir.ir

ربایش و رانش میله با القای الکتریکی

بلان بیکر
ترجمهٔ سیدمهدی میرفتحی
دبیر فیزیک از رامسر، کارشناس ارشد فیزیک

اشاره

این مقاله، تلاشی در این جهت است که تجربه‌های یک معلم در مورد ربایش و رانش الکتریکی در اختیار معلمان دیگر گذاشته شود.

کلیدواژه‌ها: بارالقایی، دافعه، جاذبه، الکتروستاتیکی

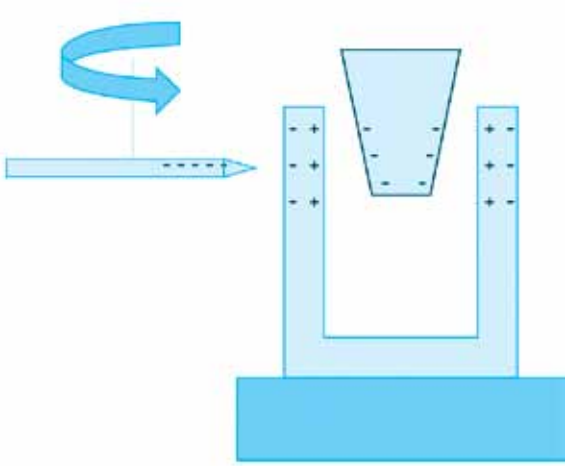
قابلیت جداسازی بارهای الکتریکی درون یک ماده، بدون تغییر در حالت بار کلی آن، اساس انواع مشخصی از نیروهای بین مولکولی است و اغلب سبب ربایش بین جسمی باردار و جسمی خنثی می‌گردد. برای نمونه، هنگامی‌که یک جسم رسانای خنثی چنین جدایی‌ای (در بار الکتریکی) را تجربه می‌کند، افزایشی در بار الکتریکی منفی در ناحیهٔ A از آن، منجر به تهی شدن هم‌زمان ناحیهٔ B از بار منفی خواهد شد. به واسطهٔ این جدایی، رسانای خنثی حامل بار القایی می‌گردد. یکی از ساده‌ترین نمونه‌های القای بار شامل نزدیک کردن جسمی باردار یک لایهٔ فلزی خنثی است. اگر جسم باردار، دارای بار الکتریکی خالص منفی باشد، سطح خارجی لایه (در نزدیکی آن جسم) به بار مثبت القایی دست می‌یابد؛ درحالی‌که سطح درونی آن دارای بار منفی القایی خواهد شد (و در نهایت لایهٔ فلزی همچنان خنثی باقی خواهد ماند).

نمایش‌های کلاسی ارائه‌شده در این مقاله، نشان‌دهنده حضور نیروهای الکترواستاتیکی بین یک سطل فلزی دارای بار سطحی القایی و میله‌ای لاستیکی است که به‌واسطهٔ انتقال مستقیم بار (رسانش)، باردار شده است. هنگامی‌که میلهٔ لاستیکی در معرض بار سطحی القایی سطل قرار گیرد، انتهای آن جذب ظرف می‌شود اما هنگامی‌که یک لیوان اسفنجی باردار وارد ظرف شود و در معرض بار القایی سطل قرار گیرد، انتهای باردار میله از سطل دفع می‌شود. مواد مورد نیاز برای این آزمایش عبارت‌اند از: یک ظرف فلزی با پایهٔ عایق میلهٔ لاستیکی سفت (محکم) با انتهای نشانه‌گذاری شده، نخ سبک به همراه آویز و خز یا سایر مواد باردارکننده.

برای مشاهدهٔ کلاسی، میلهٔ لاستیکی را به کمک نخ سبکی به‌صورت افقی آویزان می‌کنیم. سپس به آرامی انتهای نشانه‌گذاری شدهٔ آن را با مالش دادن به خز یا سایر مواد مناسب، باردار می‌کنیم. ظرف فلزی را که روی پایه‌ای عایق قرار دارد به طرف سر نشانه‌گذاری شده میله جابه‌جا می‌کنیم؛ به‌گونه‌ای که لبهٔ ظرف حدود ۱cm از نشانهٔ میله فاصله داشته باشد اما در تماس نباشند (با محکم گرفتن عایق آن، مطمئن شدید که ظرف و عایق با یکدیگر جابه‌جا می‌شوند).

یک بار دیگر سر باردار میله در ظرف فلزی بار القایی تولید می‌کند. لذا این دو (میله و ظرف) یکدیگر را جذب می‌کنند و سر نشانه‌گذاری شدهٔ میله مستقیماً به طرف ظرف باقی می‌ماند برای این‌که نشان دهیم ظرف میله را جذب می‌کند، ظرف را در امتداد یک کمان به آرامی (به طرفین) جابه‌جا می‌کنیم. در واکنش به این کار، میله در پیروی از حرکت ظرف، جابه‌جا می‌شود. در بعضی حالت‌ها میله با حرکت به عقب و جلو نوسان می‌کند اما به صورت کلی هنوز به طرف ظرف قرار دارد.

سپس هنگامی‌که میله در مقابل ظرف قرار گرفت (یا به آرامی در حال نوسان بود) به‌وسیله خز، لیوانی اسفنجی را به‌شدت باردار و آن را به طوری وارد بالایی سطل می‌کنیم که



زیرنویس شکل۱- یک میلهٔ باردار با بار منفی از بارهای منفی سطحی که به‌واسطهٔ وارد کردن لیوان اسفنجی باردار ایجاد شده‌اند رانده می‌شود.

در تماس با سطوح سطل نباشد (شکل۱). به محض وارد شدن لیوان با بار منفی به درون سطل، سطوح خارجی سطل دارای بار القایی منفی می‌شوند. لذا انتهای دارای بار منفی میله، از سطح خارجی سطل دفع می‌شود. مجدداً می‌بینیم که القا سبب نیروهای الکترواستاتیکی می‌شود؛ هرچند این بار میله چون در نزدیکی سطحی با بار القایی منفی بوده است، تحت تأثیر نیروی دافعه قرار می‌گیرد.

در چیدمان کلاسی، اثربخش‌ترین شیوه برای ارائهٔ این کار، روش سخنرانی تعاملی است. در قالب تجربه‌ای که در کلاس حاصل شده، سه شیوه برای یکسان‌سازی پرسش به شرح زیر ارائه می‌گردد:

۱- بعد از قرار دادن سطل در نزدیکی سر میله از دانش‌آموزان بپرسید: اگر سطل به آرامی در راستای یک کمان، به راست یا چپ جابه‌جا شود، چه اتفاقی می‌افتد؟

۲- از آن‌ها بخواهید در مورد پیش‌بینی‌ای که انجام داده‌اند، توضیح دهند.

۳- هنگامی‌که که دانش‌آموزان دافعهٔ بین میلهٔ باردار و سطل فلزی را به‌واسطهٔ القای الکتریکی درک کردند، لیوان اسفنجی را باردار کنید. پس از اینکه اعلام کردید که لیوان دارای بار منفی شده است، از دانش‌آموزان بپرسید: اگر لیوان به درون ظرف فرو برده شود، چه اتفاقی خواهد افتاد و چرا؟

منبع

Phys. Edu. 46,372 (2011)

(http://iopscience.iop.org/0031-9120/46/4/F01)

سه دست ساخته برای مشاهده پذیرکردن عملکرد دیود

نعمت‌الله مختاری

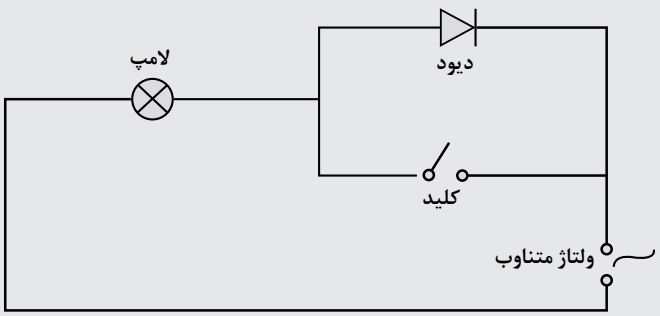
دبیر فیزیک شیراز

چکیده

دیود از قطعات مهم الکترونیکی است که در کتاب فیزیک پیش‌دانشگاهی نیز مطرح شده است. بدیهی است هر وسیله یا آزمایش ساده‌ای که بتواند طرز کار این قطعهٔ مهم الکترونیکی را به‌طور عملی نشان دهد، می‌تواند در یادگیری هرچه بیشتر دانش‌آموزان مؤثر باشد. هدف از طراحی و ساخت این سه وسیله (یا مدار) که در زیر معرفی می‌شوند آشنایی عینی و عملی دانش‌آموزان و مخاطبان با این قطعهٔ مهم الکترونیکی است.

کلیدواژه‌ها: دیود، جریان متناوب، مدار الکتریکی، آرمیچر

۱. در مدار اول، که مطابق شکل ۱، است، نشان می‌دهیم که دیود در یک مدار متناوب باعث نیم موج شدن یا به عبارت دیگر نصف شدن جریان و ولتاژ می‌شود.

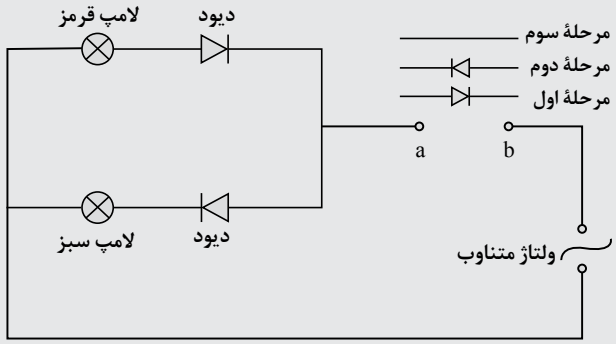


شکل۱

هـرگاه مدار بالا بـه جریان متناوب وصل و کلید بسـته باشـد، هر دو نیم مـوج متناوب از مدار عبـور می‌کنند و نور لامپ در حد اسـتاندارد خود اسـت؛ زیرا در این حالت، دیود اتصال کوتاه است و عملاً نقشی در مدار نخواهد داشت.

هنگامی‌که که کلید باز می‌شـود جریـان متناوب باید از دیـود عبـور کند و به همین دلیل یک نیـم موج آن حذف و جریان یا ولتاژ نصف می‌شـود. از این‌رو، نور لامپ نیز کاهش می‌یابـد. با قرار دادن یک آمپرسـنج (یا ولت‌سـنج) در مدار می‌توان تغییرات ایجادشـده در جریان (یا ولتاژ) را قبل و بعد از وصل کلید مشاهده کرد.

۲. در مدار دوم، که مطابق شکل ۲، است، نشان می‌دهیم کـه جریان متناوب در یک مدار جریان دوطرفه‌ای اسـت که می‌توان با دیود آن را در جهت دلخواه یک‌طرفه کرد.



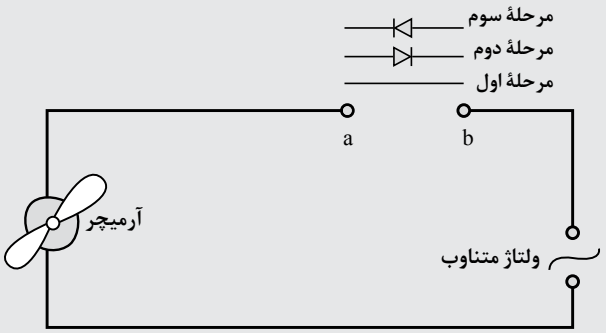
شکل ۲

پس از وصل مدار به ولتاژ متناوب در مرحله اول آزمایش، دیود سـوم و آزاد را مطابق جهت نشان داده‌شده به نقطه‌های a و b وصـل می‌کنیـم. در این حالت که جهـت دیود آزاد با جهت دیود در شاخهٔ بالایی مدار یکی است، فقط لامپ همین شاخه، یعنی لامپ قرمز، روشن می‌شود و لامپ سبز خاموش می‌مانـد. یعنـی در این حالـت فقط نیم مـوج مثبت جریان متنـاوب می‌تواند از مدار و (لامپ قرمز) عبور کند و نیم موج منفی توسط دیود شـاخهٔ پایینی حذف می‌شود. بنابراین، در این حالت جریان در مدار یک‌طرفه و ساعت‌گرد است.

اگـر جهت همین دیود آزاد را معکوس کنیم (مرحلهٔ دوم آزمایش)، مشـاهده می‌کنیم که لامپ شـاخهٔ پایینی، یعنی لامپ سـبز روشـن و لامپ قرمز، خاموش می‌شود. علت آن اسـت که در این حالت، فقط نیم‌موج منفی می‌تواند از مدار و (لامپ قرمز) عبور کند و نیم موج مثبت توسـط دیود شـاخهٔ بالایی حذف می‌شـود. بنابراین، در این حالت جریان در مدار یک‌طرفه و پاد ساعت‌گرد است.

در مرحلهٔ سـوم، بین دو نقطه a و b سـیم رسانا را وصل می‌کنیم. در این حالت شـاهد روشـن شـدن هـر دو لامپ خواهیـم بود؛ زیرا در این حالت دیود شـاخهٔ بالایی نیم موج مثبت و دیود شـاخهٔ پایینی نیم موج منفی جریان متناوب را از خـود عبـور می‌دهند و بنابراین، هر دو لامپ قرمز و سـبز می‌توانند روشن بمانند.

۳. مـدار سـوم مثالی کاربردی از دیود و مطابق شـکل ۳ است:



شکل ۳

آرمیچرهای معمولی با برق یکسو و مستقیم کار می‌کنند و بـا برق متنـاوب نمی‌توانند بچرخنـد. در اینجا می‌خواهیم نشـان دهیم چگونه از یک دیود بـرای تبدیل برق متناوب به برق یکسو استفاده می‌کنیم و با آن آرمیچری را می‌چرخانیم.

اگر در مدار ۳ نخسـت بین دو نقطهٔ a و b سـیم رسـانا را قرار دهیم، مدار کامل می‌شـود اما آرمیچر به هیچ سـمتی نمی‌تواند بچرخد؛ زیـرا در این حالت در مدار جریان متناوب برقرار است اما اگر بین دو نقطه یک دیود قرار دهیم، آرمیچر در یک سـمت معین شروع به چرخیدن می‌کند و با معکوس کردن جهت دیود سمت چرخش آرمیچر هم برعکس می‌شود. در واقع با این وسـیله اولاً دوطرفه بـودن برق متناوب و ثانیاً عملکرد دیود را در یک‌طرفه کردن آن به نمایش می‌گذاریم.

برق و خطرات آن در بدن انسان

حسن اتحاد مهرآباد
دبیر فیزیک منطقه عجب‌شیر، استان آذربایجان شرقی

چکیده

انرژی الکتریکی یکی از بهترین و تمیزترین نوع انرژی‌هاست، اما استفاده از آن در حالت‌ها و شرایط مختلف با مشکلاتی همراه است که اگر اصول بهره‌گیری صحیح آن رعایت نگردد، برق‌گرفتگی پیش می‌آید که می‌تواند انسان را تا حد مرگ برساند. در این نوشتار سعی بر این است که برق و خطرهای آن بر موجودات زنده، اعم از انسان و حیوان، مورد بحث قرار گیرد.

برق‌گرفتگی انواع مختلفی دارد که میزان تأثیر آن بر بدن و خطرات آن به شدت جریان برق و نوع آن به مدت زمان عبور جریان الکتریکی، اندازه ولتاژ یا فشار الکتریکی برق و مقاومت بدن انسان بستگی دارد. همچنین، مسیر عبور جریان بسیار مهم است؛ زیرا ممکن است از محلی عبور کند که موجب از کارافتادن دستگاه تنفس یا اختلال در کار قلب یا حتی هر دو شود. چند نمونه از حالت‌های مختلفی که جریان برق ممکن است از بدن عبور کند، به قرار زیرند:

از یک دست به یک پا، از دست راست به پاها، از دست چپ به پاها، از پا به پا، از دست به دست.

خطرناک‌ترین حالت وقتی است که جریان از یک دست وارد و از دست دیگر خارج شود؛ زیرا در این هنگام جریان برق از قلب و ریه می‌گذرد و می‌تواند باعث از کار افتادن آن‌ها و در نتیجه مرگ شود. در پایان توصیه‌هایی برای ایمنی بیشتر ارائه شده است.

کلیدواژه‌ها: انرژی الکتریکی، برق‌گرفتگی، فشار قوی، جریان الکتریکی، مرگ، سیم ارت

مقدمه

انرژی الکتریکی یکی از بهترین و تمیزترین نوع انرژی‌هاست این انرژی را می‌توان به‌راحتی از یک نقطه به نقطهٔ دیگر منتقل کرد. تبدیل آن به سایر انرژی‌ها نیز خیلی ساده است [1]. اما روش حفاظت و بهره‌داری صحیح از آن همیشه و در همه‌جا با مشکلاتی همراه است.

یکی از مهم‌ترین مشکلات آن، برق‌گرفتگی و خطرات ناشی از آن است که گاهی موجب از دست دادن جان انسان‌ها و حیوانات می‌گردد.

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد، پنجاه درصد برق‌گرفتگی‌های منجر به مرگ بر اثر تماس مستقیم سیم حامل جریان برق در حمام، استخر، حیاط، زیرزمین، پارک‌ها و یا جاهای مرطوب بوده که جریان برق مستقیماً از بدن افراد به زمین رفته است. بقیهٔ موارد ناشی از فرسودگی کابل‌ها یا عایق‌بندی نادرست لوازم خانگی و دستگاه‌های برقی و یا سیم‌کشی‌های غلط اتفاق افتاده است.

جریان برق در نقاطی از بدن که مقاومت اهمی کمتر باشد بیشتر و راحت‌تر برقرار و موجب متلاشی شدن و سوزاندن آن می‌شود.

چگونگی برق‌گرفتگی

تمامی نقاط سطح زمین، دیوارها و کف اتاق‌ها در همه طبقات، نقطه‌ای از دستگاه برق‌رسانی محسوب می‌شوند و اگر

نقطـه‌ای از بدن موجود زنده از یـک طرف به زمین یا دیوارها و از طرف دیگر به سیم برق یا بدنه فلزی یک وسیله برقی (مانند یخچال یا کولر...) تماس داشته باشد، جریان قوی از بدن او عبور می‌کند.

شدت برق‌گرفتگی به شدت و مدت عبور جریان برق بستگی دارد و می‌تواند پیامدهای مختلفی نظیر مرگ، ناشـی از ایست قلبی ـ سوختگی داخلی و سوختگی خارجی داشته باشد. بعد از برق‌گرفتگی ممکن است کلیه‌ها از کار بیفتند یا دست‌ها به‌دلیل سوختگی داخلی قطع شـوند و یا به علت پرتاب شدن (به‌دلیل لرزش ناشی از برق‌گرفتگی)، استخوان‌ها دچار شکستگی گردند.

بنابراین، برای جلوگیری از برق‌گرفتگی بایستی از تماس با سـیم‌های برق و بدنهٔ فلزی دسـتگاه‌های برقی که ممکن است اتصال داخلی داشته باشند، خودداری کنیم.

انواع برق‌گرفتگی

دو نوع برق‌گرفتگی وجود دارد: [۲]

با ولتاژهای بالا

با ولتاژهای پایین

در موارد با ولتاژ بالا، حتماً لازم نیسـت بدن انسان به‌طور مسـتقیم با سـیم یا کابل برق تماس داشته باشد، بلکه ممکن اسـت در فاصله چند متری هم جریان برق از هوا عبور کند و به بدن فرد منتقل و باعث برق‌گرفتگی شـود. در این موارد، هر چقدر ولتاژ برق و رطوبت هوا بالاتر باشد، میزان انتقال و آسیبی که به بدن او وارد می‌شود بیشتر است.

موارد ولتاژ پایین بیشتر در منازل مسکونی اتفاق می‌افتد. مثلاً فرد از سـیم لخت و یا وسـایل برقی (به‌ویژه آن دسته از وسـایلی که در آن‌ها آب ریخته می‌شـود) آسیب می‌بیند و یا ممکن است از طریق کلید برق، برق‌گرفتگی ایجاد شود.

در برق‌گرفتگی با ولتاژ پایین بدن فرد دچار لرزش می‌شود، حال آنکه در برق‌گرفتگی با ولتاژ بالا به‌دلیل گرفتگی عضلات، منجر به اتصال دائم با آن وسیله خواهد شد.

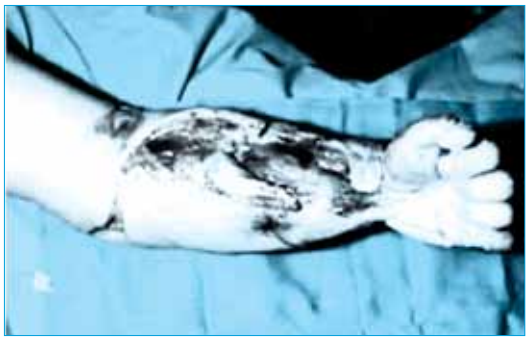
سـاختمان بدن انسـان و هر جانور زندهٔ دیگـر در مقابل جریان برق از مقاومت‌های زیادی تشـکیل شده است و به‌طور سـاده می‌توان گفت که مقاومت کل بدن انسـان برابر مجموع مقاومت‌های اجزای بدن است.

$$R=R_1+R_2+R_3+R_4+R_5+R_6+R_7+R_8+R_9$$

کمتریـن مقاومت‌هـا مربوط بـه عضـلات و ماهیچه‌ها و حسـاس‌ترین و ظریف‌ترین آن‌ها دریچه‌های قلبی، کبد، ریه و غدهٔ تیروئید است.

بیشـترین مقاومت‌ها از پوسـت بدن شـروع و به سلسـله مویرگ‌ها می‌رسـد کـه در مقابل جریان برق دچار سـوختگی ناگواری می‌شوند.

این نوع سـوختگی‌ها عمیق و مداوای آن‌هـا چنانچه زیاد باشـند بسیار دشـوار و در بعضی موارد علاج‌ناپذیر است. به‌ویژه اگر سـوختگی در برق‌گرفتگی با ولتاژ زیاد اتفاق افتاده باشـد و زخم‌های ایجاد شـده عمیق‌تر باشند، همیشه با دردهای زیاد و عفونت‌های سختی همراه خواهند بود.



▲ شکل ۱. سوختگی شدید بر اثر برق‌گرفتگی

ارتبـاط اعصـاب بـا مراکز عصبـی و ضربان قلب توسـط الکترون‌های موجود در بدن صورت می‌گیرد. هنگام عبور جریان برق از بدن کسـی که دچار برق‌گرفتگی شده است ماهیچه‌های بدن واکنش‌هایی را به‌وجـود می‌آورند و مفصل‌ها حالت تعادل خود را از دسـت می‌دهند. این امر منجر به پرت‌شدن شخص از منطقه برق‌گرفتگی می‌شود که به علت فرمان مغز جهت رهایی از مدار جریان الکتریکی است.

تأثیر برق‌گرفتگی حتی اگر زمان آن خیلی کوتاه باشد بسیار زیاد و ناگوار اسـت. برخی بر این باورند که وقتی شخصی دچار برق‌گرفتگی می‌شود، اگر جریان برق او را پرت کند می‌میرد. در صورتی‌که چنین نیسـت؛ زیرا هرگز برق کسی را پرت نمی‌کند بلکه پرت‌شـدن نتیجه واکنشی اسـت که ماهیچه‌های بدن در مقابل رهایی از جریان برق از خود نشـان می‌دهند. مرگ واقعی وقتی اتفاق می‌افتد که سـلول‌های مغزی از کارافتاده باشند و تا زمانی که اکسیژن کافی به مغز می‌رسد، انسان زنده است.

▲ شکل ۲. برق‌گرفتگی و پرت‌شدن ظاهری که نتیجه واکنش ماهیچه‌های بدن نسبت به رهایی از جریان برق است.

▲ شکل ۳. سوختگی شدید در اثر برق فشار قوی

جریان عبوری از بدن انسان تا رها کردن سیم برق و قطع جریان را می‌توان به چهار گروه تقسیم کرد. [۲]

الف) جریان‌های کمتر از نیم میلی‌آمپر:

در ایـن حالت بدن انسـان عبور جریان برق را احسـاس نمی‌کند.

ب) جریان‌های بین نیم میلی‌آمپر تا ۲۰۰ میلی‌آمپر برای مدت کمتر از ۲ میلی‌ثانیه:

در این حالت خطرات و جراحات جدی بر اثر برق‌گرفتگی به‌وجـود نمی‌آید ولـی درد زیاد در ماهیچه‌ها و انگشـتان و یا مفصل‌ها احساس می‌شود.

پ) جریان‌های بین نیـم میلی‌آمپر تا ۱۰ میلی‌آمپر برای مدت بیشتر از ۲ میلی ثانیه:

در ایـن حالت نیز مشـابه حالت قبل خطرهـا و جراحات جـدی در اثر برق‌گرفتگی به‌وجـود نمی‌آید ولی با درد زیاد در ماهیچه‌ها و انگشتان ـ یا مفصل‌ها احساس می‌شود.

ت) جریان‌های بیشتر از ۲۰۰ میلی‌آمپر:

خطرات و لرزش‌های قلبی در این گروه اتفاق می‌افتد که تا زمان کوتاهی در حدود چند ثانیه با دردهای شدیدی در بازوان و پاها و ماهیچه‌های شانه و اضافه‌شدن فشار خون و تنگی نفس و تغییر ضربان قلب با احسـاس بی‌هوشی توأم است. خطرها و لرزش‌های قلبی در این گروه قطعی اسـت. سوزش‌های داخلی قلب و جراحات قلبی بسیار زیاد و از کارافتادن قلب نیز قطعی است و گرفتگی ماهیچه‌ها و دردهای بسیار شدید نیز به همراه دارد. در این گروه، مرگ به واسطهٔ سوختگی‌های داخلی بسیار زیاد حتمی است.

در برق‌گرفتگـی، مسـیر و مـدت عبـور جریـان برق و پایین‌آوردن مقاومت بدن شـخص مؤثر اسـت. تجربیات نشان داده است که هرچه مدت عبور جریان برق از بدن بیشتر باشد، مقاومـت الکتریکی بدن کمتر می‌گردد، یعنی مقاومت بدن در مقابل عبور جریان در لحظات اول بسـیار بیشتر از چند لحظهٔ بعدی اسـت. همچنین مسیر عبور جریان نیز بسیار مهم است؛ زیرا شـاید برق از محلـی عبور کند که موجـب از کار افتادن دستگاه تنفس یا اختلال در کار قلب یا حتی هر دو شود. چند نمونه از حالت‌های مختلفی که جریان برق ممکن است از بدن عبور کند، به قرار زیرند:

از یک دست به یک پا

از دست راست به پاها

از دست چپ به پاها

از پا به پا

از دست به دست.

خطرناک‌ترین حالت وقتی اسـت که جریان از یک دست وارد و از دست دیگر خارج شود؛ زیرا در این هنگام جریان برق از قلب و ریه می‌گذرد و می‌تواند باعث از کار افتادن آن‌ها و در نتیجه موجب مرگ انسان شود.

جریـان الکتریکی که از بدن انسـان می‌گذرد، به دو عامل بستگی دارد؛ اول مقاومت بدن و دوم ولتاژ (یا فشار الکتریکی) کـه بدن را تحـت تأثیر قـرار می‌دهد. در صورتی‌کـه بتوانیم به‌نحـوی از ورود جریان به بـدن یا خروج آن جلوگیری کنیم، خطر برق‌گرفتگی ایجاد نخواهد شد. این کار با بالا رفتن مقاومت سطح تماس بدن با برق توسط ابزارهای ایمنی مانند دستکش عایق، کفش، کف‌پوش عایق و غیره امکان‌پذیر خواهد شد.

▲ شکل ۴. برق‌گرفتگی از نوع دست به دست

تأثیر متفاوت جریان‌های الکتریکی مستقیم و متناوب در برق‌گرفتگی

جریان‌هـای الکتریکی در دو دسـته مسـتقیم و متناوب تقسیم می‌شوند.

الف) جریان مستقیم

جریان مسـتقیم جریانی اسـت که جهت و انـدازه آن در لحظات مختلف همواره ثابت است. نمونهٔ این نوع جریان، جریان الکتریکی پیل یا باتری و یا ناشی از دستگاه‌های یکسوساز است که جریان متناوب را به جریان مستقیم تبدیل می‌کنند.

مقاومتی که بدن انسـان در مقابل جریان مستقیم از خود نشان می‌دهد، بسیار بیشتر از جریان متناوب است؛ به‌طوری‌که می‌تواند عبور تا ۸۰ میلی‌آمپر جریان مستقیم را از بدن تحمل کند، بدون اینکه تأثیر مهمی در دستگاه تنفس و یا قلب بگذارد. البته جریان مستقیم خطر الکترولیز یا تجزیهٔ سریع خون را به همراه دارد که می‌تواند موجب مرگ شود.[۳]

ب) جریان متناوب

جریان متناوب جریانی است که جهت و اندازه آن به‌صورت تناوبـی تغییر می‌کند. بدن انسـان در مقابـل جریان متناوب، مقاومـت کمتـری از خود نشـان می‌دهد و برخـلاف جریان مسـتقیم، که تا ۸۰ میلی‌آمپر خطـر جدی پیش نمی‌آورد، در این نوع جریان در ۲۵ میلی‌آمپر خطر برق‌گرفتگی وجود دارد.

بسامد در جریان متناوب

تعداد دفعاتی که جهت جریان متنـاوب در واحد زمان عوض می‌شود را بسـامد می‌گویند. برای مثال، برق شهر ۵۰ هرتز است؛ یعنی، جهت جریان در هر ثانیه ۵۰ مرتبه تغییر می‌کند. تجربه نشان می‌دهد بسامد ۵۰ تا ۴۰۰ هرتز مهلک‌ترین بسامدهاست.

بسامدهای بیشتر از ۴۰۰ هرتز فقط موجب سوختگی در محل می‌گردد. گرچه برای بسامدهای کمتر از ۵۰ هرتز خطر مرگ کاهش می‌یابد ولی اسـتفاده از آن‌ها باعث اتلاف مقادیـر زیادی انرژی در خطوط انتقال می‌شود که از لحاظ اقتصادی مقرون به‌صرفه نیست.

به‌دلیل غیرصفر بودن بسـامد در برق متناوب (AC)، خطر و آسیب‌های برق‌گرفتگی آن بیشتر از برق مستقیم (DC) است زیرا تغییر جهت مداوم جریان متناوب باعث ایجاد ضربات شدیدی بر سلسـلهٔ اعصاب می‌شود و منجر به کاهش مقاومت بدن انسان نیز می‌گردد. به همین دلیل، عبور جریان حدود ۲۵ میلی‌آمپر در بسامد ۵۰ تا ۶۰ هرتز می‌تواند باعث از کار افتادن دستگاه تنفس و مرگ انسان شود. در صورتی‌که جریان‌های بالای ۸۰ میلی‌آمپر در برق مستقیم این شرایط را به‌وجود می‌آورد و باعث مرگ می‌شود.

در جریان‌های متناوب (AC) با بسامد ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلو هرتز نحوه تأثیرگذاری جریان برق روی بدن به جای شوک و خارش به صورت گرما ظاهر می‌شود و اساساً گرما و سوختگی تنها آثار شوک ناشی از عبور جریان با بسامدهای بالای ۱۰۰ کیلو هرتز هستند.

ولتاژ خطرناک برای انسان

حداکثـر ولتاژ بی‌خطر برای انسـان در شـرایط عادی در بسـامد ۵۰ هرتز برق شـهر حدود ۵۰ ولت است. و در رابطه با جریان مسـتقیم یا دی‌سی حداکثر ولتاژ بی‌خطر را ۱۲۰ ولت اعلام نموده‌اند.[۴]

▲ شکل ۵. سیم های بالای سر ما می توانند بسیار خطرناک‌باشند

مقاومت الکتریکی بدن انسان و تأثیر آن در برق‌گرفتگی

مقاومت الکتریکی بدن انسـان ثابت نیست و بر اثر عوامل فردی و شـرایط محیط ممکن اسـت تا ۱۰۰ برابر تغییر کند، مهم‌ترین عوامل مؤثر در تغییر این مقاومت عبارت‌اند از:

الف) حالات روحی فرد

خسـتگی، گرسـنگی، تشـنگی، بی‌خوابـی، عصبانیـت، خوشـحالی، غم و بیماری از عواملی اسـت که مقاومت بدن را می‌تواند به حد زیادی تغییر دهد و کم کند.

ب) سطح تماس و فشار تماس

هرچه سطح و فشار تماس بیشتر باشد، مقاومت بدن کمتر می‌گـردد. البته عوامـل دیگری غیر از آنچه ذکر شـده وجود دارد کـه می‌توانـد مقاومت بدن را کمتر کنـد؛ از جمله وقتی که بدن مرطوب و عرق‌کرده باشـد مقاومـت آن تا حد زیادی کم می‌شـود که در این صورت خطر برق‌گرفتگی چندین برابر افزایش می‌یابد.

بیشترین مقاومت بدن در قسمت پوست است؛ به‌طوری‌که مقاومت پوسـت‌های خشک و سالم گاهی حتی تا چند درصد هزار اُهم نیز می‌رسـد. چون جریان برق برای عبور از بدن باید از پوسـت داخل و خارج شود، هرگونه اقدامی که در جهت بالا

بـــردن مقاومت محل ورود و خـــروج جریان صورت گیرد خطر برق‌گرفتگی را کاهش می‌دهد.

اســـتفاده از دستکش و کفش برای کسی که با وسیله‌های برقی ســـروکار دارد، بســـیار حائز اهمیت است؛ چون دستکش و کفش باعث افزایش مقاومت در برابر عبور جریان می‌شوند.

شدت آسیب به بدن انسان به عوامل زیر بستگی دارد[۵]:

ـ شدت و نوع جریان (متناوب و مستقیم‌بودن)

ـ مقـــدار ولتـــاژ، به‌طوری که بیـــش از ۵۰ ولت خطرناک تلقی می‌گردد

ـ سطح تماس بدن با زمین

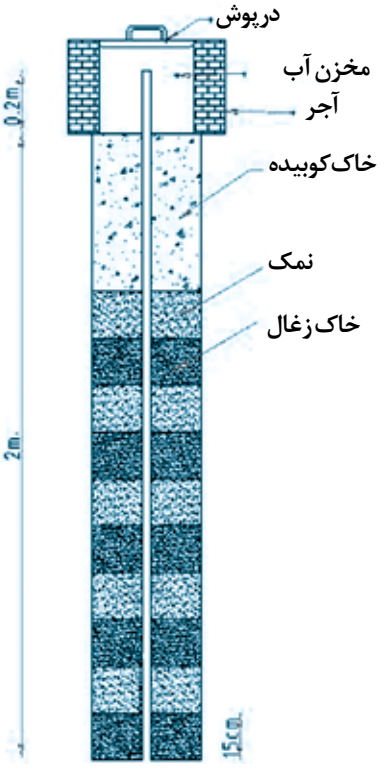
ـ مدت زمان تماس.

چند توصیه برای ایمنی بیشتر

۱. هرگز با دســـتان خیس ســـیم‌های لخـــت را امتحان و کلیدهای برق را لمس یا روشن و خاموش نکنید، و اگر ناچارید با پشت دست راست این کار را انجام دهید؛ زیرا موقع برق‌گرفتگی عضلات بدن منقبض و انگشـــتان دست مشـــت می‌شوند و به اتصال شدت می‌بخشند.

۲. در سیم‌کشی ســـاختمان از سیم زمین یا ارت استفاده کنید.

سیم زمین یا اتصال به زمین برای وسایلی مؤثر است که دو شاخهٔ آن‌ها سه سیم فاز، نول و ارت دارد. این‌گونه وسایل برقی



▲ شکل ۶. نمای کلی چاه ارت

در صورت داشتن اتصال داخلی و یا هر مشکل الکتریکی دیگر کاملاً ایمن هســـتند؛ چون برقِ بدنهٔ آن‌ها از طریق همان سیم ارت به زمین اتصال کوتاه می‌شود و اگر این اتصال کوتاه کامل باشد، فیوز عمل کرده و جریان برق را قطع می‌کند.

برای داشـــتن یک ارت مناسب، وجود یک چاه ارت الزامی اســـت. چاه ارت چاهی اســـت که در زیرزمین با رعایت قوانین خاصی حفر می‌شـــود. سپس درون آن یک شـــبکهٔ فلزی قرار می‌دهند و آن را با استفاده از سیم‌های ضخیم به تمام پریزهای برق می‌رسانند.

پریزهای برق از نوع ارت‌دار (که متأسفانه در ساختمان‌های غیراصولی به‌کار گرفته نمی‌شود) علاوه بر دو سوراخ مربوط به دو شـــاخه، یک فنر فلزی هم در محیط گـــودی پریز دارند که سیم ارت به آن متصل می‌شود.

▲ شکل ۷. نمونهٔ یک پریز مجهز به سیم اتصال به زمین

▲ شکل ۸. نمونهٔ یک پریز غیراستاندارد بدون ارت

۳. در هنگام کار با برق به اعصاب خود مسلط باشید.

۴. موقع کار کردن با سیم‌های برق سعی کنید دست چپ خود را در پشـــت قرار دهید و با دســـت راست کار کنید؛ چون دست راست در بیشترین فاصله از قلب قرار دارد.

۵. اگر با سیم‌کشـــی ساختمان و کار کردن با برق آشنایی کافی ندارید، هرگز در مورد آن کنجکاوی به خرج ندهید.

منابع

۱. پورقاضی، اعظم، شیوایی، سیدمهدی، حسن عزیزی و غلامعلی محمودزاده، **فیزیک ۱ و آزمایشگاه**، تهران، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران. ۱۳۸۲.

۲. ذره، مهدی؛ **مبانی حفاظت در برابر خطر برق‌گرفتگی** (فشار ضعیف)، مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۷.

۳. فرانک، ج. بِلَت. **فیزیک پایه جلد سوم: الکتریسیته، مغناطیس و الکترومغناطیس**، مترجم: محمد خرمی، انتشارات فاطمی، ۱۳۸۵.

۴. محمدی، روح‌الله؛ **برق و خطرات آن**، تهران، نشر شهر، ۱۳۸۹.

۵. مکبری، سیدحجت‌اله؛ **آموزش ایمنی خطرات جریان‌های الکتریکی**، دانشکدهٔ صنعت آب و برق شهید عباسپور، ۱۳۸۸.

سیاهچاله‌ها و برخورددهندهٔ بزرگ هادرونی

آرُناوا رُی
ترجمهٔ احمد توحیدی

کلیدواژه‌ها: سیاهچاله‌ها، مدل استاندارد، برخورد دهنده، اَبرتقارن و گراویتون

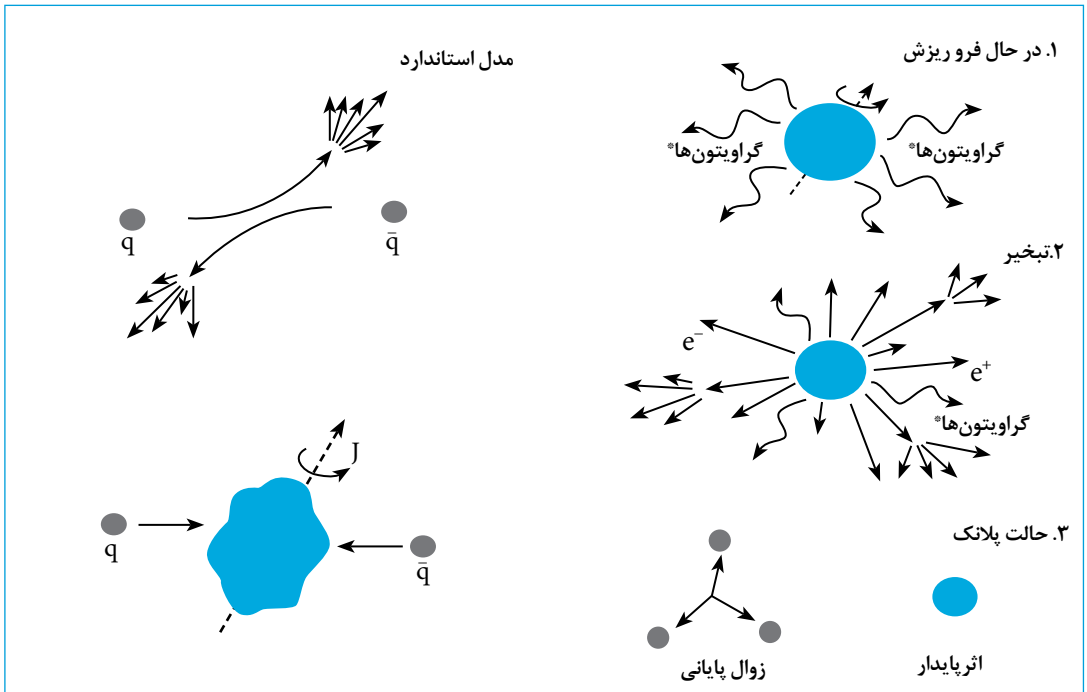
مـورد توجـه قرارگرفتـن برخورددهندهٔ بـزرگ هادرونیِ (LHC)، مرکز پژوهش‌های فیزیک هسـته‌ای اروپا (CERN) تا اندازه‌ای مدیون فیلم «فرشـتگان و شـیاطین» است. در این فیلـم، قهرمان داسـتان حمله بـه واتیکان را با بمـب پادماده خنثی می‌کند. این موضوع شـاید درسـت مانند تشکیل مینی سـیاهچاله‌ها (BH_S) بحث برانگیز باشـد. به تازگی، در وبگاه انجمن فیزیک آمریکا[1] مقاله‌ای با موضوع تشـکیل سیاهچاله‌ها در برخورددهندهٔ بزرگ هادرونی منتشر شده است. در این مقاله برخی از ویژگی‌های مینی سـیاهچاله‌ها و امکان آشکارسـازی آن‌ها در LHC بررسی شده است.

مدل اسـتاندارد (SM) فیزیـکِ ذرات، ذره‌های بنیادی و برهم‌کنش‌های آنها را توصیف می‌کند. آزمایش‌های بسـیاری، اعتبار مدل اسـتاندارد را تأیید کرده‌اند. با این همه، دانشمندان بـر این باورند که مدل اسـتاندارد به خودی خود نظریهٔ کاملی نیسـت، بلکه تقریب انرژی‌هـای پایین نظریـهٔ معتبرتری در انرژی‌هـای بالاتر اسـت. هدف اصلی LHC حرکت سـریع به طرف هدف بررسی فیزیک جدید است (فیزیک فراسوی SM). نظریه‌های بسیاری برای توضیح آنچه انتظار می‌رود در LHC مشاهده شود، پیشنهاد شده است.

در اینجا تشکیل سیاهچاله بررسی می‌شود؛ زیرا این موضوع برای ما جاذبه‌ای بیشتر از هر امکان دیگری دارد.

در برخـورد دهندهٔ بزرگ هادرونی، با ۶۰۰ میلیون برخورد در هر ثانیه، امکان ایجاد شـرایطی درسـت شبیه آنچه پس از مهبانگ روی داده اسـت، وجود دارد. فعالیت‌هایی برای بررسی نیروها و ذراتی که در آن زمان وجود داشته‌اند، صورت می‌گیرد. برخورددهندهٔ دایره‌ای پروتون ـ پروتون با پیرامون ۲۷ کیلومتر میزبان انواع آشکارسازهای آزمایش‌هایی چون آلیس[2]، اطلس[3]، و سی‌ام‌اس[4] است. هدف اولیهٔ آشکارسازهای LHC اندازه‌گیری مـکان، بار الکتریکی، سـرعت، جرم و انرژی ذرات اسـت. هر آشکارسـاز از آشکارسازهای فرعی تشکیل شده است که با هم این وظایـف را انجام می‌دهند. اولین برخوردها با انرژی بالا در سی‌ام مارس ۲۰۱۰ م. (۱۰ فروردین ۱۳۸۸) صورت گرفت.

به‌طور مرسـوم، بحث دربارهٔ سـیاهچاله‌ها یـادآور موارد اخترفیزیکی بسـیار پرجـرم مانند سـیاهچالهٔ نهفته در مرکز کهکشانِ راه‌شیری اسـت. عامل اصلی برای تولید سیاهچاله‌ها در LHC وجود ابعاد اضافی (ED^6) است. سیاهچاله ناحیه‌ای با میدان گرانشـی شدید است که شـرایطی برخلاف آنچه در نیروهای گرانشی اطراف خود مشاهده می‌کنیم، به‌وجود می‌آورد. وجود بُعدهای اضافی توان اضافی برای گرانی لازم جهت تولید سـیاهچاله را تضمین می‌کند. وقتی پروتون‌ها در LHC با هم برخورد می‌کنند، به‌قدری به یکدیگر نزدیک می‌شوند که اصولاً می‌تواننـد این بعدهای اضافی را (کـه در آن‌ها گرانی توانمند اسـت) به اصطلاح «ببینند» و تشکیل سـیاهچاله امکان‌پذیر می‌شـود. اگر بخواهیم این مورد پیش آید، باید اندازهٔ بعدهای اضافی در حدود 10^{-11} mm باشـد، برپایـهٔ نظریهٔ هاوکینگ، سـیاهچاله‌های کوچک با گسـیل تابش واپاشـیده می‌شوند. دمای سـیاهچاله با شعاع آن نسـبت عکس دارد؛ برای مثال، دمای هاوکینگ سـیاهچاله‌ای به جرم سه برابر جرم خورشید 10^{-7} k اسـت. بنابرایـن، سـیاهچاله‌های اَبَـر سـنگین انرژی تابشـی بسـیار بیشـتر از مقـدار گسـیل شـده را جـذب می‌کننـد. در نتیجـه نمی‌تـوان از ایـن ویژگی تابـش انرژی



شکل ۱. تشکیل سیاهچاله و واپاشی آن بر اثر برخورد ذرات. برخوردهای غیر رو در روی ذرات می‌توانند به تشکیل سیاهچاله‌های چرخان بینجامند. در این شکل، چرخش با J مشخص شده است.

برای آشکارسازی این نوع سیاهچاله‌های کوچک استفاده کرد. برای مثال، دمای یک سیاهچالهٔ Tev ـ۴ Gev ۶۰۰ است و به سرعت در $۰/۴\times۱۰^{-۲۶}s$ با گسیل تابش هاوکینگ واپاشیده می‌شود. یکی از روش‌هایی که فیزیک‌دان‌ها امیدوارند در LHC برای آشکارکردن سیاهچاله‌های کوچک به‌کار برند، استفاده از ذرات گسیل شده است. انتظار داریم چه نوع ذراتی در سیاهچاله‌ها تولید شوند؟ باید به یاد داشته باشیم که در فیزیک ذرات سیاهچاله یک شئ معمولی نیست. می‌دانیم که در مدل استاندارد ذرات به چه چیزهایی واپاشیده می‌شوند اما در مورد اینکه سیاهچاله به چه ذراتی واپاشیده می‌شود، چیزی نمی‌دانیم. آیا ذراتی غیرعادی از سیاهچاله گسیل می‌شوند؟ فیزیک‌دان‌ها بر این باورند که سیاهچاله‌ها می‌توانند همهٔ ذرات شناخته شده در مدل استاندارد و گراویتون[۵] (مبادله‌کنندهٔ نیروی گرانی) را گسیل کنند. چون گراویتون‌ها و نوترینوها قابل آشکارسازی نیستند، یک نشانهٔ مهم واپاشی سیاهچاله انرژی مفقود است. در پایان تبخیر هاوکینگی آثار حالت گرانی کوانتومی اهمیت پیدا می‌کند. ما از این حالت شناخت درستی نداریم اما مدل‌های شبیه‌سازی شدهٔ رایج نشان می‌دهند که سیاهچاله یا به تعدادی ذره منفجر می‌شود و یا باقیمانده‌ای از خود به‌جا می‌گذارد. شکل ۱ تشکیل و واپاشی سیاهچالهٔ ناشی از برخوردهای ذرات را به صورت واپاشی حالت‌های مختلف نشان می‌دهد. در این شکل، J چرخش و بالدینگ، اتلاف تکانهٔ زاویه‌ای سیاهچالهٔ تولید شده را مشخص می‌کند.

امکان دیگری از فیزیک جدید در LHC اَبَرتقارن[۶] است. اَبَرتقارن به عنوان محبوب‌ترین مدل فیزیک جدید پذیرفته شده است. فیزیک‌دان‌ها امیدوارند که شاید نشانه‌های اَبَرتقارن را زمانی در تحلیل داده‌های LHC (در حدود[۷] ۱۰ گیگابایت در سال) مشاهده‌کننده ساده‌ترین مدل اَبَرتقارن پیش‌بینی می‌کند که هر ذرهٔ مدل استاندارد دارای یک اَبَرشریک[۷] است. اما ذرات اَبَرتقارن در طبیعت مشاهده نشده‌اند؛ زیرا ذرات اَبَرتقارن سنگین‌تر از ذرات همتایشان در مدل استاندارددند. شتاب‌دهنده‌های ذرات پیش از LHC انرژی و شدت لازم را برای تولید ذرات اَبَرتقارن نداشتند. همچنین، واپاشی ذره پُرجرم اَبَرتقارن انرژی مفقود به وجود می‌آورد. در نتیجه، سیگنال‌های اَبَرتقارن می‌توانند شبیه سیگنال‌های سیاهچاله در LHC باشند. بنابراین، جالب است ببینیم دانشمندان در LHC چگونه سیگنال‌های اَبَرتقارن و سیاهچاله را از یکدیگر تشخیص می‌دهند. کنار گذاشتن هر یک اهمیت زیادی در شناخت از فیزیک جدید دارد.

نمی‌دانیم در LHC چه نوع اطلاعاتی برای ما به ارمغان می‌آورد. اکنون فرصت هیجان‌انگیزی برای فیزیک و به‌طور کلی جامعهٔ علمی به‌وجود آمده است. می‌خواهیم بدانیم اگر کشفی در LHC صورت بگیرد، برداشت ما از فیزیک را چه تغییری می‌دهد. در شمارهٔ دسامبر سال ۱۹۹۹ مجله «*ساینتیفیک آمریکن*[۸]» مقاله‌ای از استیون واینبرگ[۹]، برندهٔ جایزهٔ نوبل با عنوان «فیزیک وحدت یافته در سال ۲۰۵۰» منتشر شد. اکنون جامعهٔ علمی مسیری را در پیش گرفته است. که در آن، با زمانی که LHC شناختی روشن از چگونگی تشکیل عالم به‌دست دهد و نظریه‌ای واحد برای فیزیک شکل گیرد، فاصلهٔ چندانی نداریم.

* گراویتون‌ها: ذرات فرضی که حامل نیروهای گرانشی‌اند به همان نحو که فوتون‌ها الکترومغناطیسی را منتقل می‌کند.

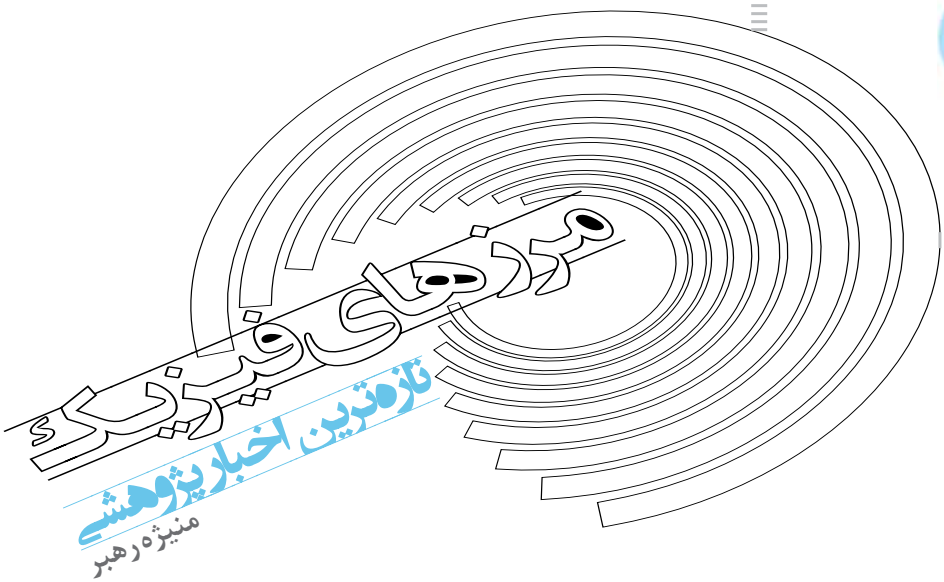
** آرُناوا رُی متخصص نظریهٔ گرانشی و انرژی‌های بالا است. پژوهش‌های او در حوزهٔ فیزیک جدید در انرژی‌های بالاست. مطالعات او به‌طور مشخص دربارهٔ ساختار، مشخصات و انهدام سیاهچاله‌های کوچک در اَبَرشتاب‌دهنده‌هاست. درست همانند آن چیزی که در سرن CERN، نزدیک مرز فرانسه و سوئیس می‌گذرد.

پی‌نوشت

۱. وبگاه انجمن فیزیک آمریکا www.aps.org
2. ALICE
3. ATLAS
4. CMS
۵. گراویتون‌ها: ذرات فرضی که حامل نیروهای گرانشی‌اند؛ به همان نحو که فوتون‌ها الکترومغناطیس را منتقل می‌کند.
6. Super Symmetry
7. Superpartner
8. Scientific American
9. Steven Weinborg

منبع

Arunava Roy, "Black Holes and Larg Hadron Collider". Phys. Teach. 49, 544-545 (December 2011)



مهندسان خطر بهمن‌ها را مدل‌سازی می‌کنند

بهمن‌ها که در بسیاری از کشورها، از سوییس گرفته تا افغانستان، تهدیدی واقعی به شمار می‌آیند، در واقع یک مسئلهٔ فیزیکی هستند. قانون‌های فیزیکی حاکم بر شکل‌گیری، رشد و حرکت آن‌ها کدام‌اند و چگونه مدل‌سازی نظری به پیش‌بینی آن‌ها کمک می‌کند؟

پژوهشگران دانشگاه کورنل سرنخ‌هایی در این مورد به دست آورده‌اند. چان کارول[1]، دانشجوی تحصیلات تکمیلی، مؤلف اصلی مقاله‌ای بود که در مجلهٔ فیزیکز اوفلوییدز[2] شمارهٔ ژوئن به چاپ رسید. او در این مقاله مدلی دینامیکی برای شتاب و رشد چیزی را بررسی می‌کند که پژوهشگران آن را «ابر» بهمنی می‌نامند. آن‌ها امیدوارند مدلشان بتواند اندازه، سرعت، چگالی و دیگر پارامترهایی را پیش‌بینی کند که به برنامه‌ریزی در نواحی پر خطر کمک می‌کنند.

پژوهش‌های قبلی در مورد بهمن‌ها نشان داد که آن‌ها مقدار زیادی از جرم خود را در «اوج» یک جریان گرانی به دست می‌آورند. این جرم در بقیهٔ جریان، یا ابر، توزیع می‌شود و سپس با چگالیده شدن، شتاب گرفتن و رشد کردن در جلوی جریان به حرکت درمی‌آید و فاجعه‌ای طبیعی به وجود می‌آورد.

پژوهشگران ابتدا ساز و کاری را بررسی کردند که مسئول گردآمدن برف در چند متر اولیهٔ جریان است. سپس ساز و کاری را مشخص کردند که گرادیان‌های فشار محرک آن است و در بستهٔ برف نفوذ می‌کند و باعث ناپایداری و تکه پاره شدن ذرات برف می‌شود.

آن‌گاه به نواحی درست بالای بستهٔ برف نگاه کردند تا ببینند گردآمدن برف چه تأثیری بر ابر بالای آن و امواج فشار دارد. آن‌ها مشاهده کردند که چگالی‌های متغیر برف چگونه شکل‌گیری سرعت داخلی را در درون ابر تغییر می‌دهد. سپس آن را با توجه به آزمایش‌های انجام شده در یک ناودان آب بررسی کردند. شبیه‌سازی‌های بیشتر این امکان را فراهم ساخت تا جزئیات بیشتر مانند تأثیر چسبندگی بر جریان و چگونگی تغییر متورم شدن ابر مورد بررسی قرار گیرند.

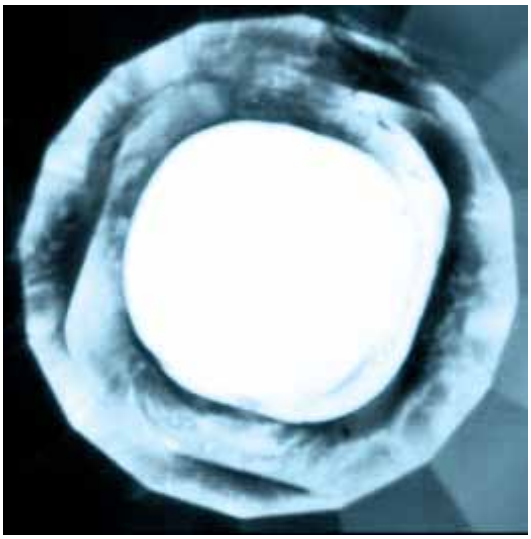
دیگر مؤلفان این مقاله، میچل لوگ[3] استاد مهندسی مکانیک و هوا فضا و استاد راهنمای کارول، همچنین باربارا ترنبل[4] از دانشگاه ناتینگهام[5] بودند. این پژوهش با حمایت مالی بخش پژوهش نفت انجمن شیمی آمریکا انجام گرفته است.

پی‌نوشت

1.Cia Carrol
2. Physics of Fluids
3. Michel Louge
4. Barbara Turnbell
5. Notting ham

منبع

http://phys.org/news/2012



سایه‌ها آسیب جدی از کربن M را نشان می‌دهند.

گروهی از پژوهشگران فیزیک مواد معدنی دانشگاه ییل[1] برای اولین بار تأیید کردند که با انجام دادن آزمایش‌هایی در فشار زیاد روی گرافیتی که به صورت سرد متراکم شده است، نوعی کربن به دست آورده‌اند که سختی آن مانند خویشاوندش الماس است و ساخت آن فقط نیازمند فشار است. این پژوهشگران بر این باورند که یافته‌های آن‌ها می‌تواند راه‌گشای ساخت ماده‌ای بسیار سخت باشد که قادر است نیروی زیادی را تحمل کند و جایگزین مواد مبتنی بر الماسِ کنونی در کاربردهای الکترونیکی و صنعتی باشد. این پژوهش در مجلهٔ ساینتیفیک ریپورتز[2] چاپ شده که یکی از مجله‌های نیچر[3] است.

در شرایط معمولی کربن خالص، بسته به نوع ساختارش، خواص فیزیکی بسیار متفاوتی از خود نشان می‌دهد؛ برای مثال، گرافیت نرم است اما الماس از سخت‌ترین مواد شناخته شده به شمار می‌آید. گرافیت رسانای الکتریسیته اما الماس عایق است.

گروهی از پژوهشگران دانشگاه ییل وجود نوعی کربن میانی موسوم به کربن – M را تأیید کرده‌اند که وجود آن به روش‌های نظری در سال ۲۰۰۶ برای اولین بار پیش‌بینی شده است. کربن –M وقتی به وجود می‌آید که گرافیت در فشارهای تقریباً ۲۰۰۰۰۰ برابر فشار اتاق، در دمای اتاق متراکم شود. گرچه تغییرات گرافیت در شرایط فشار زیاد و دمای اتاق پنجاه سال قبل پیش‌بینی شده بود، اکنون پژوهشگران ساختار بلورین آن را با استفاده از پراش پرتو X طولانی مدت، طیف نمایی رامان و روش‌های اپتیکی برای اثبات این پیش‌بینی‌ها تعیین کرده‌اند.

یوجیان ونگ[4]، پژوهشگر فوق دکتری در ییل که اکنون استادیار دانشگاه اوکلند[5] است، می‌گوید: «علاوه بر ویژگی‌های مکانیکی منحصر به فرد، کربن –M بسیار کم‌تحرک و در نتیجه برای رسیدن به تعادل نیازمند زمان طولانی است و شاید دلیل دیگر این‌که این معما در نیم قرن گذشته حل نشده، همین بوده است.»

پژوهشگران می‌گویند تقارن این ساختار میانی بسیار کمتر از الماس است اما همان سختی الماس را دارد. در واقع، مطالعات آن‌ها نشان داده که کربن – M تراکم‌ناپذیر و سخت است و به قدری با ویژگی‌های حدی الماس رقابت می‌کند که می‌تواند به آن آسیب برساند.

کانانی‌لی، استادیار زمین‌شناسی و ژئوفیزیک دانشگاه ییل، می‌گوید: «طی چند سال گذشته محاسبات نظری زیادی وجود دست کم یک دو جین ساختار بلورین برای این حالت را پیش‌بینی کرده بودند اما آزمایش‌های ما نشان داد که فقط یک ساختار بلورین به داده‌ها برازش می‌یابد که کربن – M است.»

برای کسب اطلاعات بیشتر در این مورد به نشانی زیر مراجعه کنید.

Scientific Reports DOI: IO. 1038/serp 00520

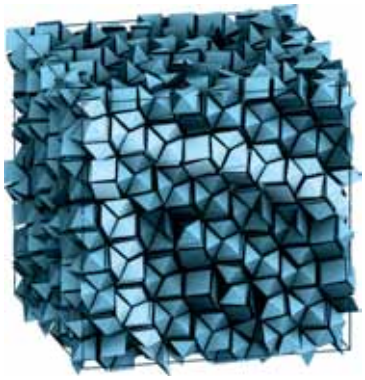
پی‌نوشت

1. Yale
2. Scientific Reports
3. Nature
4. Yuejian Wang
5. Oakland
6. Kaani K.M.Lee

منبع

http://phys.org/news/2012

آنتروپی به نظم می‌انجامد و راه را برای نانو ساختارها هموار می‌سازد



پژوهشگران دانشگاه میشیگان نشان داده‌اند که شکل‌ها فقط تنها از طریق آنتروپی می‌توانند به صورت ساختارهای بلورین درآیند.

پژوهشگرانی که می‌کوشیدند ذرات ریز را به صورت ترکیب‌های منظم مفید درآورند، یک حامی غیر متحمل یافته‌اند و آن، آنتروپی یعنی گرایش به «بی‌نظمی» است.

شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای دانشمندان و مهندسان دانشگاه میشیگان نشان می‌دهد که این ویژگی می‌تواند ذرات را وادار به تشکیل ساختارهای منظم کند. آن‌ها با تحلیل شکل ذرات از قبل می‌توانند پیش‌بینی کنند که چه ساختارهایی تشکیل خواهند شد.

این یافته‌ها که در مجلهٔ **ساینس**[1]، شمارهٔ ۲۶ ژوییه، منتشر شد، قاعده‌های بنیادی مواد طراحی شده را با قابلیت‌هایی مانند پوسته‌های تغییر شکل دهنده برای استتار یک وسیلهٔ نقلیه یا بهینه‌سازی آئرودینامیک آن فراهم می‌سازد.

شارون گلوتسر[2]، فیزیک‌دان و استاد مهندسی شیمی، مطرح می‌کند که این مواد را می‌توان با توجه به ویژگی‌های مطلوب برای تولید یک طرح کلی طراحی کرد. سپس این طرح‌ها را با استفاده از نانو ذرات (که هزاران بار کوچک‌تر از عرض موی انسان‌اند) تحقق بخشید که می‌توانند به صورت‌هایی که از طریق شیمی عادی ناممکن است، ترکیب شوند.

یکی از چالش‌های اصلی، وادار ساختن نانو ذرات به تشکیل ساختارهای مورد نظر است اما بررسی‌های اخیر گروه گلوتسر و دیگران نشان داده است که برخی شکل‌های سادهٔ ذرات هنگام گردهم آمدن این کار را خود به خود انجام می‌دهند. پژوهشگران در این فکرند که آیا شکل‌های دیگر ذرات هم می‌توانند این کار را انجام دهند. آن‌ها ۱۴۵ شکل مختلف را بررسی کرده و بیش از هر کس دیگر در مورد این شکل‌های بلورین بالقوه اطلاعات به دست آورده‌اند. به گفتهٔ گلوتسر «با این مقدار اطلاعات می‌توان دید چند ساختار ممکن وجود دارد و سپس به بررسی روندها پرداخت.»

این پژوهشگران با استفاده از کد رایانه‌ای نوشته شده بدین منظور، هزاران آزمایش مجازی انجام داده و چگونگی رفتار هر شکل را در شرایط مختلف انباشته شدن بررسی کرده‌اند. این برنامه می‌تواند به هر شکل چند وجهی، مانند تاس با هر تعداد رخ، بپردازد.

اگر این ذرات انباشته شده به حال خود رها شوند، آرایش‌های با بالاترین آنتروپی را انتخاب می‌کنند. این آرایش‌ها در صورتی با ایدهٔ بی‌نظمی بودن آنتروپی سازگارند که ذرات فضای کافی در اختیار داشته باشند. در این صورت، پخش می‌شوند و در جهت‌های کاتوره‌ای به حرکت درمی‌آیند. اما اگر قرص و محکم تنگ هم چیده شوند، شروع به تشکیل ساختارهای بلورین شبیه اتم‌ها می‌کنند؛ گرچه پیوندی تشکیل نمی‌دهند. این بلورهای منظم هم باید آرایش‌هایی باآنتروپی زیاد باشند.

گلوتسر می‌گوید که این واقعاً به وجود آمدن نظم از بی‌نظمی نیست، بلکه تصویر آنتروپی باید روزآمد شود. به این ترتیب، او آنتروپی را «معیاری از احتمال‌ها» تعریف می‌کند. اگر شما بتوانید گرانی را حذف و کیسه‌ای پر از تاس را در یک شیشه خالی کنید، تاس‌های شناور در هر جهت حرکت می‌کنند اما اگر اضافه کردن تاس‌ها را ادامه دهید، سرانجام فضا چنان محدود می‌شود که تاس‌ها چاره‌ای جز رخ به رخ قرار گرفتن ندارند. این چیزی است که برای نانوذرات رخ می‌دهد. آن‌ها به قدری کوچک‌اند که تأثیر آنتروپی را شدیدتر از گرانی حس می‌کنند.»

گلوتسر می‌گوید: «همه‌اش به حق انتخاب مربوط می‌شود. در این مورد، آرایش‌های منظم بیشترین امکانات را در اختیار می‌گذارند؛ یعنی بیشترین حق انتخاب را، که البته بر خلاف انتظار است.»

شبیه‌سازی نشان داد که تقریباً ۷۰ درصد شکل‌های بررسی شده فقط تحت تأثیر آنتروپی ساختارهای بلور مانند به وجود آوردند، اما نکتهٔ تکان دهنده پیچیدگی برخی از این ساختارها بود. گاه تا ۵۲ ذره در طرحی دخیل بودند که در سراسر بلور تکرار می‌شد.

به گفتهٔ گلوتسر «این ساختار بلورین حتی برای اتم‌ها بسیار پیچیده است، چه رسد به ذراتی که نمی‌توانند پیوند شیمیایی تشکیل دهند.»

شکل ذرات سه نوع بلور به وجود آورد: بلورهای منظم مانند نمک طعام، بلورهای مایع مانند آنچه در برخی صفحه‌های تلویزیون تخت وجود دارد و بلورهای پلاستیک که در آن ذرات می‌توانند در جای خود بچرخند. با تحلیل شکل ذرات و چگونگی رفتار آن‌ها پیش از بلورین شدن می‌توان پیش‌بینی کرد که ذرات چه نوع بلوری را تشکیل می‌دهند. چگونگی دور هم جمع شدن ذرات به هندسهٔ آن‌ها بستگی دارد. اینکه چرا ۳۰ درصد دیگر هرگز ساختار بلورین تشکیل ندادند، هنوز یک راز است. گلوتسر می‌گوید: «شاید آن‌ها هم بخواهند بلور تشکیل دهند اما گیر افتاده‌اند. ما شکل‌هایی بسیار شبیه آن‌ها را داریم که بلور تشکیل می‌دهند.»

گلوتسر و همکاران پژوهشگرش علاوه بر تلاش برای یافتن چگونگی ترغیب نانوذرات به تشکیل بلور، می‌کوشند بفهمند چرا برخی شکل‌ها در برابر منظم شدن مقاومت می‌کنند. برای کسب اطلاعات بیشتر به مرجع زیر مراجعه کنید.

«Predictive Self – Assembly of Polyhedra into Complex Structures», by P.F. Damasceno et al, *Science*, 2012

پی‌نوشت

1. Science
2. Sharon Glotzer

منبع

http://phys.org/news/2012

اشاره

موفقیت در روند آموزش فیزیک و پیشـبرد برنامهٔ درسـی فیزیک منوط به بهره‌گیری از نظرات دبیران، مدرسان و استادان فیزیک است؛ افرادی که چالش تفهیم مفاهیم فیزیک به دانش‌آموزان را به طور مستقیم تجربه کرده‌اند. در این گفت‌وگو، پای صحبت دبیران فیزیک منطقهٔ شـهر قدس، از شهرسـتان‌های استان تهران، نشسته و مشـکلات و موفقیت‌های آنان را جویا شـده‌ایم. امیدواریم این جستار، اهمیت واکاوی روش‌های تدریس را بیش از پیش نمایان سازد.

کلیدواژه‌ها: دبیران فیزیک، شهر قدس، آموزش، پژوهش، آزمایش

سیدفدایی: در خدمت تعدادی از معلمان فیزیک منطقهٔ شهر قدس از شهرستان‌های استان تهران هستیم. پنج نفر از دبیران خانم با نام‌های: زهرا بزم‌آرا، ترلان علیزاده، بهناز نعیمی، معصومه عبادی ومهسا جلیلی.

اینترنت به آموزش فیزیک کمک می‌کند

پای صحبت دبیران فیزیک شهر قدس استان تهران

آزیتا سیدفدایی

دانشجوی دکترای آموزش فیزیک

گفت و گو

این جلسه در ادامهٔ یکی از کلاس‌های ضمن خدمت فیزیک در این منطقه تشکیل شده است. حضور همکاران را ارج می‌نهیم. اولین پرسش را این‌گونه مطرح می‌کنم که «آیا تدریس فیزیک علاوه بر قبول شدن در این رشته و در نتیجه معلم فیزیک شدن نیاز به انگیزهٔ دیگری دارد؟»

بزم‌آرا: من خودم این رشته را خیلی دوست دارم و فکر می‌کنم همین علاقه باعث می‌شود در تدریسم موفق باشم. صرف قبول شدن در رشتهٔ دبیری فیزیک و تدریس باعث موفقیت نخواهد شد؛ بنابراین، علاقهٔ شخصی خود معلم به رشتهٔ فیزیک و تدریس در کار او تأثیر می‌گذارد.

سیدفدایی: شما چند سال سابقه کار دارید؟

بزم‌آرا: ده سال.

سید فدایی: در حال حاضر کدام پایه را تدریس می‌کنید؟

بزم‌آرا: امسال اول و سوم دارم.

سیدفدایی: خانم علیزاده، شما چند سال سابقهٔ تدریس دارید؟

علیزاده: دوازده سال.

سیدفدایی: امسال چه پایه‌هایی را تدریس می‌کنید؟

علیزاده: دو سال است که معاون فناوری هستم و تدریس ندارم.

سیدفدایی: بین معلم فیزیک و معاون فناوری چه ارتباطی وجود دارد؟

علیزاده: من در سمت‌های مختلفی مثل کارشناس پژوهش و معاون فناوری و معلمی کار کرده و در هر موقعیت کوشیده‌ام ببینم چه تحولی در آموزش می‌توانم ایجاد کنم و به دنبال رشد بچه‌ها هستم. در سمت معاونت فناوری ارتباط بیشتری با بچه‌ها دارم؛ مثلاً به کمک وب نوشت (وبلاگ) با آن‌ها ارتباط برقرار می‌کنم و برای دانش‌آموزان مطلب می‌گذارم و به آن‌ها نرم‌افزار و کتاب معرفی می‌کنم. در رابطه با همکاران هم همین‌طور؛ اطلاع‌رسانی‌ها در آموزش از این طریق صورت می‌گیرد و باید بگویم که از این جهت استفاده از فناوری اثربخش‌تر است.

سیدفدایی: در واقع نظر شما این است که معاونت فناوری در یک مدرسه می‌تواند به دبیران به‌عنوان عناصر کلیدی کمک کند و نوآوری‌های آموزشی را در اختیار آنان قرار دهد.

علیزاده: من این‌طور فکر می‌کنم اما معاون‌های فناوری در مدارس مختلف مسئولیت‌های مختلفی دارند که بسته به فرد و مدرسه متفاوت است.

سیدفدایی: حالا فرض کنید که یک معاون فناوری فارغ‌التحصیل رشتهٔ شیمی باشد؛ آیا می‌تواند به دبیران فیزیک و آموزش فیزیک کمک کند؟

علیزاده: خب مثلاً در مورد شیمی باید بگویم که من برای برگزاری المپیاد شیمی در مدرسه خیلی فعالیت کردم و زمینه‌ساز شرکت دانش‌آموزان در این دوره شدم. رشته مهم نیست، فعال کردن دانش‌آموزان مهم است.

سیدفدایی: من از صحبت‌های شما این‌طور استنباط کردم که یکی از کارهای شما شناخت وبگاه‌های اینترنتی است و ظاهراً خودتان هم وبلاگ می‌نویسید. نظر شما در مورد ارتباط اینترنت و آموزش فیزیک چیست؟

علیزاده: اینترنت به آموزش فیزیک خیلی کمک می‌کند. اطلاع‌رسانی از طریق وبگاه‌ها خیلی راحت‌تر است؛ مثلاً آموزش روش تحقیق را از طریق اینترنت انجام می‌دهم یا آموزش روش اقدام‌پژوهش برای معلمان را روی وبلاگ می‌گذارم. حتی در مواردی برای دانلود نرم‌افزارهایی مثل phet لینک می‌دهم و به معلمان توصیه می‌کنم که از آن استفاده کنند.

سیدفدایی: چند نرم‌افزار را که با آن‌ها کار می‌کنید، نام ببرید.

علیزاده: مثلاً در مکانیک working model، در الکتریسیته work bench یا Edison، در اپتیک Looking glass مناسب‌اند.

سیدفدایی: دبیران فعالی مثل شما اگر در این شرایط قرار بگیرند، نقش بسیار مفیدی در تدریس و IT ایفا می‌کنند. خانم نعیمی شما چند سال سابقه تدریس دارید؟

نعیمی: ۲۲ سال سابقه تدریس دارم و امسال در مدرسهٔ دولتی در پایهٔ اول و پایهٔ چهارم مشغول کار هستم. البته در یک مدرسهٔ بزرگسالان هم همهٔ پایه‌ها را درس می‌دهم. اعتقاد دارم که تدریس معلم در همهٔ پایه‌ها به تسلط او بر مفاهیم کمک می‌کند.

سیدفدایی: آیا تدریس را دوست دارید و از آن لذت می‌برید؟

نعیمی: دبیری را دوست دارم. از بچگی هم در بازی‌های کودکانه، همیشه دبیر می‌شدم. شغل پدرم فنی بود و وقتی او کارهای فنی انجام می‌داد، لذت می‌بردم. تدریس دیدگاه دیگری را برای من باز کرد؛ مثل اینکه یک دشت پر از گل داریم و باید به همهٔ آن‌ها توجه کنیم، چون خیلی سریع از دست می‌روند.

سیدفدایی: با توجه به انرژی و شوق و ذوقی که در شما وجود دارد، چه شیوه‌ای را در تدریس به کار می‌برید؟

نعیمی: براساس موقعیت کلاس و شخصیت دانش‌آموز فرق می‌کند. حتی ممکن است از جلسه‌ای به جلسهٔ دیگر روش تدریس متفاوت باشد. براساس موقعیت‌ها و موضوع درس روش‌های عملی را به کار می‌برم؛ چون وقتی دانش‌آموز عملاً کاری را انجام می‌دهد، می‌بیند و لمس می‌کند، بیشتر در ذهنش می‌ماند. مثلاً در سال چهارم در مبحث موج‌ها و نوسان‌ها از دانه‌های تسبیح و از پردهٔ کلاس و وسایل موجود در کلاس برای آزمایش‌های

اینترنت به آموزش فیزیک خیلی کمک می‌کند. اطلاع‌رسانی از طریق وبگاه‌ها خیلی راحت‌تر است؛ مثلاً آموزش روش تحقیق را از طریق اینترنت انجام می‌دهم یا آموزش روش اقدام‌پژوهش برای معلمان را روی وبلاگ می‌گذارم

دست‌ورزی استفاده می‌کنم.

در پایهٔ اول دبیرستان دانش‌آموزان را تشویق می‌کنم خودشان بیشتر فعالیت کنند؛ فعالیت‌هایی مانند چسباندن پوستر در کلاس، یادداشت مطالب و نوشتن روی تخته سیاه، تهیهٔ عکس و چسباندن آن به دیوار. از طرف دیگر، محیط آزمایشگاه تمرکز را بالا می‌برد و این باعث می‌شود که بچه‌ها مفاهیم را بهتر درک کنند.

سیدفدایی: به اعتقاد خانم نعیمی اگر بچه‌ها در فضای آزمایشگاه قرار بگیرند، محیط بر آن‌ها تأثیر مثبت زیادی دارد ولی برخی از معلمان فیزیک معتقدند که بردن دانش‌آموز به فضای آزمایشگاه شلوغی و شیطنت و سر و صدا و بی‌نظمی ایجاد می‌کند و باعث می‌شود که معلم وقت را از دست بدهد.

عبادی: اگر فضای آزمایشگاه‌ها مناسب باشد و به تعداد گروه‌ها وسیله فراهم باشد، نتیجه خیلی خوب است. اگر دانش‌آموزان با برنامه‌ریزی مشغول شوند، سر و صدا و شلوغی ایجاد نمی‌شود.

سیدفدایی: مناسب‌سازی فضای آزمایشگاه به عهدهٔ کیست؟

عبادی: مسئول آزمایشگاه نقش خیلی مهمی دارد؛ به‌خصوص اگر رشته‌اش مرتبط باشد.

سیدفدایی: پس تا اینجا وجود وسایل مناسب و کارشناس مرتبط با رشتهٔ فیزیک شرط اساس برای موفقیت در استفاده از آزمایشگاه دانسته شد. آیا در مدرسهٔ شما برای انجام دادن آزمایش‌های کتاب وسایل کافی وجود دارد؟

عبادی: متأسفانه دبیرستان محل تدریس من جزء مدارسی است که در ردیف بازسازی قرار گرفته‌اند و هیچ هزینه‌ای در مدرسه نمی‌شود. ما نه تنها آزمایشگاه بلکه حتی یک لولهٔ آزمایش ساده نیز نداریم. یک پریز در کلاس پیدا نمی‌کنید؛ برای همین، ما وسایل آزمایش را از پژوهش‌سرا یا از مدارس دیگر قرض می‌گیریم.

سیدفدایی: البته ممکن است در بعضی از مدارس همهٔ این امکانات هم باشد اما معلم علاقه‌مند نباشد. هم امکانات و متصدی آزمایشگاه و هم معلم اثر دارند.

علیزاده: در رابطه با کمکی که تکنیسین و مسئول فناوری می‌تواند به آموزش بکند نکته‌ای هست و آن اینکه امسال پست متصدی آزمایشگاه حذف و به جای آن سمتی به نام «معاون فناوری» جایگزین شده است که مسئولیت آزمایشگاه هم بر عهدهٔ اوست. البته شاید این مورد در دبیرستان ما اتفاق افتاده است. من و خانم بزم‌آرا در یک مدرسهٔ خوب نمونه دولتی همکار هستیم. وسایل آزمایشگاه مجهز و خوب است ولی وقتی ایشان می‌خواستند آزمایش انجام بدهند، آن‌قدر کار و مسئولیت‌های من زیاد بود که به یکی از دانش‌آموزان کلید می‌دادم و او مسئول برداشتن وسایل از آزمایشگاه می‌شد. من به عنوان معاون فناوری فرصت نمی‌کنم متصدی آزمایشگاه هم باشم.

در آنجا معلم علوم کلاس علوم را در آزمایشگاه برگزار می‌کند. بر این اساس، تمام مفاهیم برای دانش‌آموزان جا افتاده است و تأثیر کار عملی را در دانش‌آموزان به وضوح می‌بینیم

سیدفدایی: پس پست متصدی آزمایشگاه زیر مجموعهٔ معاون فناوری قرار گرفته است.

علیزاده: کارهایی مثل دادن وسایل به دانش‌آموزان را می‌توان انجام داد ولی چینش وسایل آزمایش برای هر جلسه و کمک به معلم هنگام انجام دادن آزمایش و... به فرصت خاصی نیاز دارد که با مسئولیت معاون فناوری جمع نمی‌شود.

عبادی: در واقع، شرح وظایف معاون فناوری حضور در آزمایشگاه، به کار نگه داشتن سایت رایانه‌ای و کتابخانه است.

علیزاده: البته شرح وظایف بلند و بالایی برای او تعریف می‌شود که به توافق مدیر و معاون فناوری بستگی دارد.

سیدفدایی: پس یکی از مشکلات در آموزش فیزیک نبود متصدی آزمایشگاه است؛ زیرا فیزیک را با تجربه و آزمایش می‌توان تفهیم کرد.

عبادی: پسر من در مدرسهٔ راهنمایی شاهد مشغول به تحصیل است. در آنجا معلم علوم کلاس علوم را در آزمایشگاه برگزار می‌کند. بر این اساس، تمام مفاهیم برای دانش‌آموزان جا افتاده است و تأثیر کار عملی را در دانش‌آموزان به وضوح می‌بینیم. دو تا معلم علوم هم‌زمان در یک مدرسه مشغول‌اند که یکی از آن‌ها در آزمایشگاه تدریس می‌کند و دیگری دانش‌آموزان را به آزمایشگاه نمی‌برد. شاید به اندازهٔ ۵۰ درجه اختلاف نمره در سطح کلاس این دو وجود دارد.

سیدفدایی: از مجموع صحبت‌ها نتیجه می‌گیریم که حتی اگر در مدرسه‌ای پست متصدی آزمایشگاه وجود نداشته باشد، اگر معلم علاقه‌مند باشد آزمایشگاه را وارد فضای کلاس می‌کند.

عبادی: در واقع، این به دیدگاه مدیر هم برمی‌گردد که این اجازه را به دبیرش بدهد که کلاس را در آزمایشگاه برگزار کند. برای دبیر سخت است وسایل را هر جلسه به کلاس بیاورد. البته تأثیر حضور در آزمایشگاه بیشتر است اما بی‌نظمی بیشتر از زمانی است که تدریس در کلاس انجام می‌شود.

بزم‌آرا: با وجود اینکه امسال متصدی آزمایشگاه نداریم، من خودم بیشتر آزمایش‌های کتاب را در کلاس انجام می‌دهم. حتی در مواردی از آزمایش‌های مکمل هم استفاده می‌کنم.

در سال‌های قبل هم که آزمایشگاه متصدی داشت، یا رشتهٔ او علوم پایه نبود که حتی وسایل آزمایش را با تسلط بشناسد و اگر وسیله‌ای می‌خواستیم، حتی وسایل را نمی‌شناخت. در مواردی هم کارایی لازم را نداشت و همه کاری انجام می‌داد جز اینکه در آزمایشگاه بنشیند و دستیار معلم باشد.

من بیشتر آزمایش‌های کتاب را انجام می‌دهم و گاه از وسایل آزمایشگاه هم استفاده نمی‌کنم یا حتی دانش‌آموزان را به دلیل فراهم نبودن شرایط به آزمایشگاه نمی‌برم. خیلی وقت‌ها وسایل

بعضی آزمایش‌ها را بچه‌ها در خانه دارند، مثل شمع و آینه و...، که در صورت برنامه‌ریزی معلم می‌توانند با آوردن آنها آزمایش‌ها را در کلاس انجام دهند.

مشکل دیگر کمبود زمان است. برای حل این مشکل آزمایش‌ها را بین دانش‌آموزان تقسیم می‌کنم تا در کلاس انجام دهند. بعضی وسایل در دسترس را آن‌ها از خانه به همراه می‌آورند و در مواردی، وسایل مورد نیاز را از آزمایشگاه مدرسه به کلاس می‌بریم. این برنامه‌ریزی باعث صرفه جویی در وقت معلم و کلاس می‌شود؛ زیرا همان‌طور که می‌دانید آماده کردن وسایل هر آزمایش زمان می‌برد.

مناسب است که مدیر یکی دو ساعت از تدریس موظف را برای معلم فیزیک وقت آزاد بگذارد و این دو ساعت زمان لازم برای بررسی وسایل آزمایشگاه و آماده کردن آن‌ها برای انجام دادن آزمایش در آن هفته باشد. خیلی پیش آمده است که با دانش‌آموزان به آزمایشگاه می رویم وقتی مدار می‌بندیم، می‌بینیم که نه آمپرسنج کار می‌کند نه ولت‌سنج، یا وقتی آزمایش انجام می‌دهیم، می‌بینیم جواب برخلاف انتظار ما می‌شود. به‌ویژه اگر قبل از آزمایش با توجه به نظریهٔ موجود از دانش‌آموزان خواسته باشیم که نتیجه را پیش‌بینی کنند، یک مشکل اساسی ایجاد می‌شود. دانش‌آموز گیج می‌شود و نمی‌داند مباحث نظری را دنبال کند یا به نتیجهٔ آزمایش اهمیت دهد. به این دلیل است که دبیر فیزیک برای آماده کردن وسایل و وارسی آزمایش‌ها به هفته‌ای دو ساعت زمان نیاز دارد.

سیدفدایی: در مورد آزمایش با وسایل دم‌دستی چه تجربیاتی دارید؟

نعیمی: در بحث آینه‌ها با استفاده از یک ملاقه و لیزر پوینتر تصویری روی دیوار ایجاد کردیم. بچه‌ها لذت بردند و بیشتر از آن‌ها من هیجان زده شدم؛ چون فکر نمی‌کردم به این راحتی تصویر تشکیل شود. الآن هم یک طرح تعریف کرده‌ام که اگر ملاقه نو نباشد و مصرف شده باشد، آیا این اتفاق خواهد افتاد؟ که منتظر جواب نتایج هستم. می‌خواهم بگویم که نیازی نیست حتماً آینهٔ محدب و مقعر داشته باشیم بلکه سر سفره هم می‌توان فیزیک را تجربه کرد.

سیدفدایی: خانم جلیلی، شما چند سال سابقهٔ تدریس دارید و در حال حاضر در چه پایه‌هایی درس می‌دهید؟

جلیلی: ۱۴ سال سابقهٔ تدریس دارم و امسال در گروه‌های آموزشی به‌عنوان سرگروه درس فیزیک هستم و توفیق حضور در کلاس‌های درس را ندارم.

سیدفدایی: پس با معلمان فیزیک تعامل دارید و با برنامه‌ریزی و کمک همکاران و نوآوری‌های خودتان آموزش را به پیش می‌برید. نظر همکاران شما در مورد ساعت‌های آموزش فیزیک چیست؟

جلیلی: در مورد زمان لازم برای تدریس در پایهٔ اول چون دانش‌آموزان از دورهٔ راهنمایی وارد دبیرستان می‌شوند، انرژی زیادی لازم است تا در آنان آمادگی یادگیری مفاهیم جدید را ایجاد کنیم و شرایطی فراهم آوریم که جو دبیرستان برای آن‌ها ملموس شود. بدین ترتیب، این زمان بسیار کم است و با شور و نشاط و انرژی دانش‌آموز اصلاً مطابقت ندارد. در فیزیک دوم اگر معلم مکانیک و سینماتیک را در حد کتاب درس بدهد، این زمان مناسب است ولی اگر بخواهد کمی بالاتر از کتاب تدریس کند، زمان کم است. در فیزیک سوم رشتهٔ ریاضی وقت کم است؛ چون مبحث ترمودینامیک کار می‌برد ولی در سوم تجربی زمان مناسب‌تر است. سال چهارم تدریس نداشته‌ام ولی همکاران می‌گویند که برای فیزیک ترم اول زمان کم است. از طرف دیگر، در فیزیک ترم

دوم دانش‌آمـوز اضطراب کنکور دارد و دلش می‌خواهد که معلم بیشتر به تست بپردازد؛ از این‌رو کاملاً زمان کم است.

نعیمی: در سال چهارم رشتهٔ تجربی، براساس محتوای کتاب که تفاوت چندانی با رشتهٔ ریاضی ندارد، زمان سه ساعت در هفته بسیار کم است. چون خیلی عمیق نمی‌توانیم کار کنیم. تست هم نمی‌توان کار کرد و یکی از ایرادهایی که بچه ها از من می‌گیرند، این است که شما اصلاً تست کار نکرده‌اید.

سیدفدایی: آیا شما باید آزمایش کار کنید.

نعیمـی: نه. به دانش‌آموزان می‌گویم که من روش را یادتان می‌دهم و خودتان ادامه بدهید. برای این کار ترفندی اندیشیده‌ایم و آن، این است که بچه‌ها تست‌ها را به همراه پاسخ تشریحی وارد دفترشان کنند. این روش نوعی آزمون برای آن‌هاست.

سـیدفدایی: اگر در مورد ساعت‌های تدریس نظر دیگری دارید، بفرمایید.

عبادی: من می‌دانم که هر جلسه درس فیزیک یک ساعت آزمایشـگاه دارد. مثلاً برای ۴ کلاس فیزیک، ۴ ساعت آزمایشگاه وجود دارد. اما معمولاً مدیران این ساعت‌ها را به درس‌های دیگر می‌دهند یا نیروی کار دفتری می‌گیرند. تقریباً ۶ سـال است که تقاضای کتبی به منطقه داده‌ام که این یک ساعت هر کلاس را به دبیر خودش اختصاص بدهند.

سـیدفدایی: من فکر می‌کنم برای حل این مشـکل، یک مسیر خاص اداری باید طی شود و مدیران به اتفاق به این نتیجه برسند و آن را اعمال کنند.

عبادی: تعدادی از مناطق تهران الآن این کار را انجام می‌دهند و ایرادی به آن‌ها گرفته نمی‌شود. حتی مدرسهٔ بزرگسالان شهریار هم این کار را انجام می‌دهد و میزان قبولی‌اش ۱۵ درصد افزایش یافته است. با دادن همین یک ساعت به معلم، روند تدریس کندتر و تأثیرش در دانش‌آموزان بیشتر خواهد شد.

سـیدفدایی: از بحث آزمایشـگاه به بحث پژوهش برویم. آیا می‌توان دانش‌آموزان را با تشـویق به پژوهـش و انجام دادن پروژه‌های تحقیقی به یادگیری فیزیک علاقه‌مند کرد؟

علیزاده: فیزیک در مجموع علمی پژوهشـی است. من به بچه‌ها می‌گویم که فیزیک یادگیری صرف فرمول‌ها نیسـت. اگر یک طرح پژوهشـی فیزیک را به انجام برسانید می‌توانید خیلی موفق باشید.

سـیدفدایی: به نظر شـما یـک دبیر فیزیـک خوب چه ویژگی‌هایی دارد؟

عبادی: مـن چندین بار در جلسات مؤلفان کتاب‌های درسی فیزیک شـرکت کـرده و متوجه شـده‌ام که برداشـت ما از کتاب با قصـد و نیت اصلی نویسـندهٔ کتـاب خیلی تفـاوت دارد. یعنی ما مجموعه‌ای از مفاهیم اضافی را به دانش‌آموزان می‌گوییم که اصلاً در دبیرسـتان ضرورت ندارد. دانش‌آمـوز اگر مفهوم انرژی را بفهمد، در صورتی که بخواهد در این باره بیشتر مطالعه کند، خودش به دنبال مطلب اضافی می‌رود، اما اگـر بخواهم همهٔ این مطالب را بـه او بدهم، هم حجم کارم زیاد می‌شـود و هم یک کلاس خیلی خشک خواهم داشت. اگر ما اهداف نویسندهٔ کتاب درسی را بدانیم و کارهای اضافه‌ای را که آموزشگاه‌ها وارد کار ما کرده‌اند کنار بگذاریم، راحت‌تر می‌توانیم کار کنیـم و نتیجهٔ مطلوب‌تری هـم خواهیم گرفت. به نظر من فیزیک ۱ فیزیک عمومی است و به دانش‌آموز این پایه نباید سخت بگیریم.

سیدفدایی: پس در یک جمله دبیر فیزیک خوب کیست؟

عبادی: دبیر فیزیک باید بـه آنچه دانش‌آموز یاد می‌گیرد، دقت کند. باید نیاز دانش‌آموزان را بشناسد، اگر بخواهد به نیازهای اطراف پاسخ بدهد، مثلاً نیاز نظام مدرسه، نظام آموزش، نیاز کنکور، نیاز ارزشیابی پایانی و... هدف را گم می‌کند و در این صورت، هم او و هم دانش‌آموز اذیت می‌شوند. دبیر فیزیک خوب باید حرفه‌ای‌تر کار کند تا بتواند به نیازهای علمی دانش‌آموز پاسخ دهد.

علیزاده: من فکر می‌کنم معلم فیزیک خوب معلمی است کـه دانش‌آموز او بعد از یادگیری یک نکتهٔ فیزیکی بتواند با دید فیزیکی خوبی به دنیای اطراف نگاه کند.

نعیمی: دبیر فیزیک خوب:

۱. در کلاس با انرژی باشد که از دید بچه‌ها خیلی مهم است؛

۲. همان‌طـور که دوسـتان فرمودند، فیزیـک را طوری به دانش‌آموزان یاد بدهد که مثلاً وقتی دانش‌آموز دختر در آشپزخانه است بداند که چگونه با زودپز کار کند. در واقع، فیزیک را طوری یاد بدهد که دانش‌آموز بتواند آن‌را درست به کار ببرد.

بزم‌آرا: من با همکاران موافقم ولی این چیزی نیست که الآن جامعه در مورد معلم فیزیک بپسندد. خیلی چیزها ایده‌آل هستند ولی مورد قبول جامعه قرار نمی‌گیرند. الآن یک معلم فیزیک خوب از نظر دانش‌آموز، از نظر مدیر، از نظر کل جامعهٔ ما، معلمی است که باعث موفقیت دانش‌آموز بشود؛ زیرا مسئلهٔ اصلی دانش‌آموزان کنکور است و اینکه بتوانند در رشته‌ای خوب درس بخوانند و یک شغل خوب پیدا کنند. این در زندگی آینده‌شان خیلی بیشتر تأثیر دارد. رشـد شـخصیتی در کنار آموزش مهم است ولی نه به این معنی که هدف باشد. اگر دانش‌آموز من بتواند خوب تست بزند و خوب مسئله حل کند، یعنی از لحاظ چیزی که جامعه از او توقع دارد، عالی باشـد، من هم از خودم راضی هسـتم. اگرچـه در کلاس درسـم سـعی می‌کنم شخصیت دانش‌آمـوز را رشـد بدهـم و بـا مثال‌هایی که ضمن تدریس می‌زنم، نکات اخلاقی نیز به او بیاموزم.

سـیدفدایی: لطفـاً مثالی بزنید.

دبیر فیزیک خوب در کلاس درس با انرژی است و نیازهای آن‌ها را می‌شناسد و این از دید دانش‌آموزان خیلی مهم است

بزم‌آرا: مثلاً اگر یک دانش‌آموز ناراحت باشد یا مشکل اخلاقی داشته باشد، تا آنجا که بشود سعی می‌کنم همهٔ این چیزها را در نظر بگیرم. یعنی هر جا که بتوانم کلاس را به زندگی ربط می‌دهم. ولی این کار برای من هدف اول نیست. بیشتر هدف من این است که دانش‌آموز بتواند خوب تمرین حل کند و خوب بفهمد. وقتی می‌بینم بچه‌ها وارد دانشگاه یا در امتحان فیزیک موفق شده‌اند خیلی بیشتر خوشحال می شوم.

سیدفدایی: آیا یکی از ویژگی‌های معلم خوب می‌تواند ایجاد ارتباط میان دانش‌آموز و کتاب درسی باشد؟ شما تا چه حد دانش‌آموز را به خواندن کتاب درسی ترغیب می‌کنید؟

نعیمی: صد درصد؛ از آن‌ها می‌خواهم زیر مطالب مهم خط بکشند و تک تک مثال‌ها و تمرین‌ها را حل کنند. وقتی که درس می‌دهم، آن‌ها نباید یادداشت بردارند. اگر لازم بود که نوشتاری باشد، بچه ها را به همان صفحهٔ کتاب ارجاع می‌دهم و از آن‌ها می‌خواهم که مطلب را در همان لحظه بخوانند و زیرش خط بکشند.

علیزاده: من با خانم نعیمی موافقم. در فیزیک ۱ و۲ و ۳ حتی سال چهارم صفحه به صفحه، کتاب را مرور می‌کنیم. زیرا ممکن است نکاتی اضافه کنم ولی مرجع اصلی کتاب است؛ چون بچه‌ها باید آن را یاد بگیرند و ارزشیابی هم طبق آن صورت می‌گیرد.

عبادی: من هم جمله جملهٔ کتاب را برای دانش‌آموزان باز می‌کنم؛ مثلاً در بحث انرژی درونی فیزیک ۱، برای مثال، دو دست را به هم می‌مالیم و بعد روی مبحث انرژی تلف شده و انرژی درونی حدود یک جلسه وقت می‌گذاریم. هر بند را با مثال‌های مختلف توجیه می‌کنیم و معتقدم که دانش‌آموز اگر کتاب را درست بخواند، موفق می‌شود. من تصویر تمام کتاب‌های دورهٔ دبیرستانم در ذهنم هست و صحبت‌های دبیرم، آقای قرایی، کلمه کلمه در ذهنم مانده است. حتی الان می‌توانم بگویم فلان مبحث کتاب دبیرستان در کدام صفحه بوده است. من مطالب کتاب را با این روش ملکهٔ ذهنم کرده بودم. این تأثیر را با خواندن کتاب می‌توان روی بچه‌ها داشت. دبیر فیزیک خوب دبیری است که بتواند بین فیزیک و دانش‌آموز پیوندی برقرار کند.

علیزاده: جمله‌ای که من در ابتدای هر کلاس در اول سال می‌گویم این است:

«کتاب فیزیک شما به زبان فارسی نوشته شده و شما قرار است خودتان آن را بخوانید و من کمک کنم هر جایی را که متوجه نشدید، یاد بگیرید.» یعنی دانش‌آموزان کتاب را خودشان باید یاد بگیرند.

سیدفدایی: آخرین بار، کی مجلهٔ رشد فیزیک را دیدید و آن را ورق زدید؟

عبادی: دیشب، هنگامی که کتابخانهٔ منزل را مرتب می‌کردم. مجلات رشد نوجوان و نوآموز و کودک در منزل ما یافت می‌شوند. چندین سال است که آن‌ها را جمع‌آوری و هر سال صحافی می‌کنم. به فرزندانم هم یاد داده‌ام که پرسش‌هایشان را در این مجلات بیابند. مثلاً در مناسبت‌های مختلف مثل عید یا مناسبت‌های مذهبی به جای اینکه دنبال کتاب و منبع برای مطالعه بگردند، اول به سراغ مجلات رشد می‌روند. خودم هم که معلم فیزیک هستم، ساعت‌ها مجلهٔ رشد فیزیک را مطالعه می‌کنم و اصلاً نکتهٔ تکراری در آن نمی‌یابم، مطالب جدید و همراه با ذکر منبع است. اطلاع‌رسانی خوبی هم دارد. ضمناً مطالب ساده نوشته می‌شوند و با دانش‌آموزان و دبیران ارتباط برقرار می‌کنند. من که از خواندن این مجله واقعاً لذت می‌برم. اغلب در کلاس درس فیزیک مجلهٔ رشد را همراه می‌برم. بچه‌ها در مورد آن سؤال می‌کنند و تشویق می‌شوند تا سال بعد مشترک مجله بشوند و آن را تهیه کنند.

سیدفدایی: خانم جلیلی، آیا در گروه‌های آموزشی از مطالب مجلات رشد آموزش فیزیک استفاده می‌شود؟

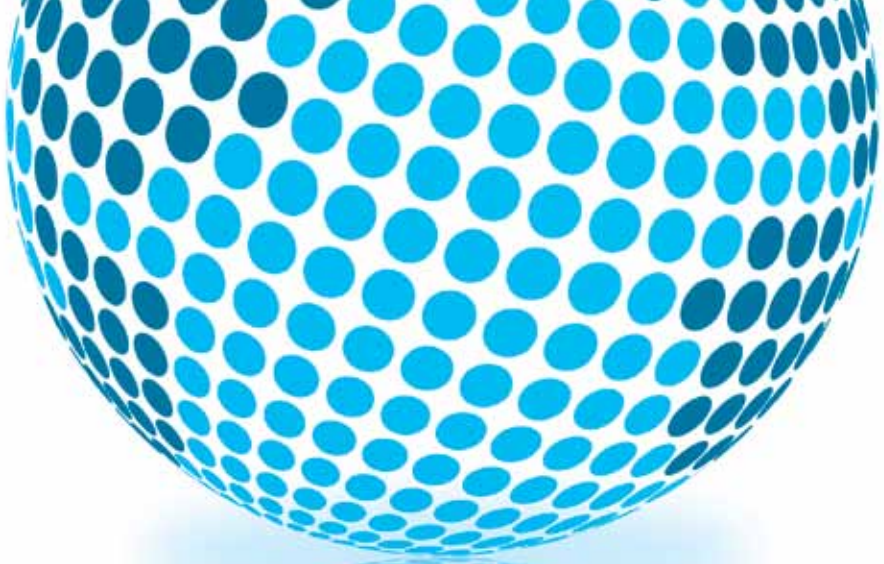
جلیلی: متأسفانه تعداد مجله‌های رشد تخصصی کمتر است ولی رشد دانش‌آموز و رشد تکنولوژی آموزشی، مدیریت، راهنمایی تحصیلی، که ماهنامه هستند و هر ماه مرتب می‌آیند، بیشتر در دسترس‌اند. رشدهای تخصصی چون فصل‌نامه هستند، گاهی فراموش می‌شوند. نکتهٔ دیگر اینکه دسترسی به مجلهٔ رشد به صورت الکترونیکی جایگزین بهتری است. مثلاً از طریق سایت شبکهٔ مدرسه دسترسی به لینک مجلهٔ رشد امکان‌پذیر است و مطالب زیادی را از این طریق می‌توان یافت.

سیدفدایی: در مجلات رشد فیزیک چه نوع مقالاتی بیشتر مورد استقبال معلمان قرار می‌گیرند؟

نعیمی: من مقالات مرتبط با روش‌های تدریس را ترجیح می‌دهم. البته مقاله‌های علمی هم جایگاه خود را دارند. یک موردی که مرتبط با روش تدریس بود و در من تحول ایجاد کرد، بررسی مشکل یکی از دانش‌آموزان استان اردبیل بود که انگشتانش به هم چسبیده بودند و قادر نبود قانون دست راست را استفاده کند. معلم مربوطه در یک تجربه تلاش کرده بود تا با مقوا قانون را آموزش بدهد. این روش برای من قابل استفاده بود؛ زیرا دانش‌آموزی داشتم که نمی‌توانست انگشتانش را بپیچاند. من از آن مقاله ایده گرفتم و خیلی هم راضی بودم. از آن سال به بعد، این روش را به همهٔ دانش‌آموزان آموزش می‌دهم و با خودم می‌گویم «همکار گرامی، دستت درد نکند که این روش را به من هم یاد دادی». در، مجلات رشد، اغلب به دنبال مقالاتی در این قالب هستیم. مباحث علمی خیلی خوب هستند. اما دانشنامه‌ها و مجلات دانشگاهی دیگری هم وجود دارند که مطالب علمی سطح بالا را می‌توانیم آنجا پیدا کنیم. به نظر من، تنها منبعی که می‌تواند روش تدریس را به معلم یاد بدهد، همین مجلهٔ رشد است.

سیدفدایی: امیدوارم در آیندهٔ نزدیک فعالیت‌ها و تجربه‌های شما عزیزان در زمینهٔ تدریس فیزیک برای استفاده بقیهٔ همکاران در مجلهٔ رشد آموزش فیزیک به مشارکت گذاشته شود.

از تک تک شما که در این مصاحبه شرکت کردید، تشکر می‌کنم.



WCPE 2012
گزارش کنفرانس بین‌المللی آموزش فیزیک
۶-۱ژوییه، استانبول، ترکیه

آزیتا سیدفدایی
دانشجوی دکترای آموزش فیزیک

مقدمه

هدف دســت‌اندرکاران حوزهٔ آموزش فیزیک ارتقای فرایندهای یاددهی و یادگیری فیزیک اســت. بــرای نیل به این هدف، همفکری پژوهشگران آموزش فیزیک، فیزیک‌دانان، روان‌شناسان و نظریه‌پردازان آموزش و معلمان ضرورت دارد. یکی از بهترین زمینه‌های تبادل نظر و همکاری، تشــکیل مجامع بین‌المللی اســت. یکــی از این مجامع، کنفرانس بین‌المللی آموزش فیزیک (WCPE)[1] اســت که امسال از تاریخ ۱ تا ۶ ژوییه در دانشگاه شهر استانبول[2] برگزار شد.

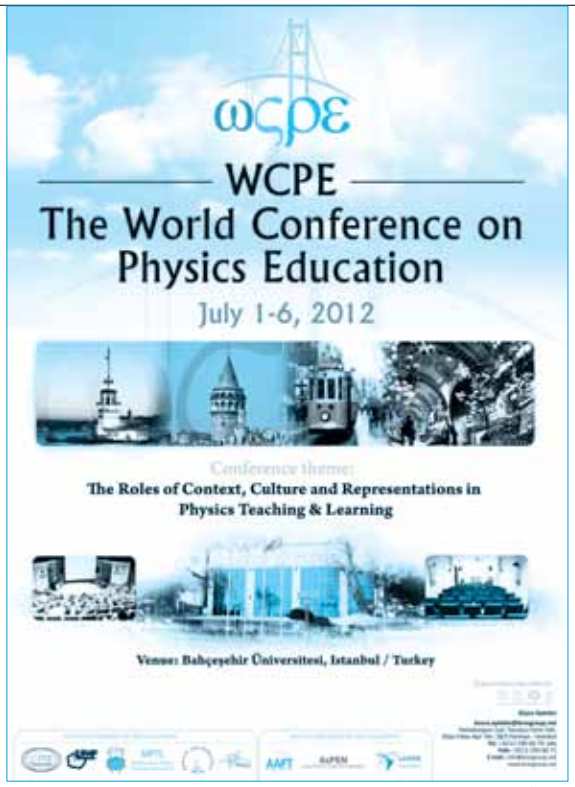
کلیدواژه‌ها: گزارش، کنفرانس بین‌المللی آموزش فیزیک، سال ۲۰۱۲، ترکیه

هدف کنفرانس

گــروه بین‌المللی آمــوزش فیزیک Girep و کمیســیون بین‌المللــی آموزش فیزیــک (ICPE) و اتحادیــهٔ بین‌المللی فیزیــک محــض و کاربــردی (IUPAP) ایــن کنفرانس را با هدف ایجاد زمینهٔ بحث و تبادل نظر بین معلمان و مدرســان، محققان و سیاست‌گذاران آموزش فیزیک برگزار کردند. بررسی زمینه‌هــای فرهنگــی و ارائــه در یاددهــی و یادگیری فیزیک هدف خاص کنفرانس بود. چشــم‌انداز این کنفرانس مشارکت بین‌المللــی قبل و بعد از کنفرانس و طی آن بود و حضور فعال تمامی کشورهای علاقه‌مند توانست همفکری لازم برای از میان برداشتن محدودیت‌های موجود را به ارمغان آورد. در کنفرانس امســال ۲۳۰ متخصص و ۶۸ دانشــجوی دکتری و ۳۱ معلم از ۴۹ کشور دنیا شرکت داشتند.

کنفرانس دارای بخش‌های زیر بود:

بخش‌های کنفرانس	تعداد
سخنرانی‌های کلیدی	۵
کارگاه‌های آموزشی	۲۷
پوسترها	۱۰۰
نشست‌های علمی	۱۲
ارائه‌های شفاهی	۲۴۹



پوستر کنفرانس بین‌المللی آموزش فیزیک سال ۲۰۱۲

سالن اصلی محل برگزاری کنفرانس

دانشگاه بهچشیر استانبول، ترکیه

عناوین مهم ارائه شده در کنفرانس عبارت بودند از:

استفاده از فناوری اطلاعات و چند رسانه‌ای‌ها در آموزش فیزیک، نظریه‌های یاددهی و یادگیری فیزیک، فعالیت‌های آزمایشگاهی در آموزش فیزیک، فیزیک در دورهٔ ابتدایی، فیزیک در دورهٔ دبیرستان، فیزیک دانشگاهی، آموزش معلمان فیزیک، توسعهٔ مهارت‌های معلمان برنامهٔ درسی فیزیک، روش‌های ایجاد انگیزه در آموزش، تاریخ فیزیک، فلسفهٔ علم، موضوع‌های فرهنگی، یاددهی و یادگیری غیررسمی فیزیک و دیدگاه‌های بین‌المللی. دربخش سخنرانی‌های کلیدی ادوارد ردیش[۳] در مورد مفهوم و فرهنگ در آموزش فیزیک صحبت کرد. او که استاد دانشگاه مریلند است و دکترایش را در فیزیک هسته‌ای از MIT دریافت کرده است، چهل سال است که در دانشگاه مریلند تدریس می‌کند و در زمینهٔ تدریس و شیوه‌های آموزش فیزیک صاحب نظریه‌ها و شیوه‌های متنوعی است. از جمله آثار او در این زمینه می‌توان به کتاب معروفش «تدریس فیزیک با بستهٔ همراه» اشاره کرد. او به پاس فعالیت‌های فراوان در زمینهٔ آموزش فیزیک جوایز زیادی دریافت کرده که مدال میلیکان از انجمن معلمان فیزیک امریکا از آن جمله است. در کنفرانس امسال نیز جایزهٔ ویژهٔ کمیسیون بین‌المللی آموزش فیزیک سال ۲۰۱۲ به ردیش اهدا شد. سخنران دیگر رابرت تینکر[۴] ازمرکز پژوهشی کنکور کنسرسیوم[۵] بود که در مورد تأثیر فناوری بر آموزش فیزیک صحبت کرد. او مخترع استفاده از گیرنده‌ها به ویژه گیرنده‌های امواج فراصوتی حرکت و اولین نظریه‌پرداز استفاده از آموزش آنلاین و شبیه‌سازی‌ها و آموزش رایانه‌ای و کاربرد شبکه‌ها در آموزش علوم است. سخنران بعدی جان اوگبورن[۶] از دانشگاه لندن بود. او در مقاله‌ای با عنوان «گسترش برنامهٔ درسی فیزیک» به روش‌های استفاده از مدل‌سازی‌های رایانه‌ای و ورود آن‌ها به برنامهٔ درسی اشاره کرد. سخنران دیگر پورنات واتاناکازیویچ[۷] از تایلند بود که در مورد بررسی نقش فرهنگ در درک دانش‌آموزان سخن گفت. او در زمینهٔ درک دانش‌آموزان از مباحث ترمودینامیک و مکانیک کوانتومی و مغناطیس در تایلند و استرالیا به‌ویژه در مورد آموزش فعال با استفاده از ارائهٔ مفاهیم به طریق سخنرانی در کلاس‌های پرجمعیت تحقیقاتی داشته است. سخنران مهم دیگر اِد وندنبرگ[۸] از هلند بود. او در زمینهٔ آموزش فیزیک در دبیرستان تجربه‌های زیادی دارد و هم‌اکنون در زمینهٔ دوره‌های آموزش معلمان فعالیت می‌کند. وندنبرگ نیز در مورد تأثیر فرهنگ و ساختار آموزش بر دانش‌آموزان سخنرانی کرد.

کارگاه‌ها

مسعود صدرالاشرافی و مهری میرزایی «مهارت‌های کندوکاو برای کلاس فیزیک» را به‌صورت کارگاه برگزار کردند. همچنین منصور وصالی «بیانی از طبیعت علم: محفظهٔ پنهان مثالی برای آزمایش‌های جعبهٔ سیاه در علم» را برگزار کرد.

▲ ردیش در حال سخنرانی

▲ مسعود صدرالاشرافی هنگام ارائهٔ کارگاه در کنفرانس WCPE ۲۰۱۲ استانبول

▲ لیلیان‌مک‌درموت

▲ آزیتا سیدفدایی هنگام ارائهٔ مقاله کنفرانس WCPE ۲۰۱۲ استانبول

مقاله‌ها

در این بخش شرکت کنندگان ایرانی مقاله‌های زیر را ارائه کردند:

منصور وصالی و نوشین نوری – طرح‌واره‌های ذهنی دانش‌آموزان در خصوص نمودارهای سینماتیک

سیدفدایی – چند رسانه‌ای تعاملی مرتبط با زندگی روزمره، مدلی برای تدریس فیزیک در دبیرستان

نوشین نوری و منصور وصالی – آموزش سینماتیک با عکاسی

روح‌الله خلیلی بروجنی – از کتاب درسی فیزیک تا بستهٔ آموزشی فیزیک: تجربه‌ای جدید در آموزش فیزیک در مدارس ایران

اصغر سلطانی، کاظم کاظمی، حسین معین‌آبادی، جمشید روستا مطالعهٔ وضعیت موجود و مطلوب آموزش فیزیک در دبیرستان‌های دخترانهٔ ایران

فاطمه احمدی و مسعود صدرالاشرافی، بررسی تأثیر تدریس القای الکترومغناطیسی به روش کند و کاو بر فرایند مهارت‌ها و یادگیری دانش‌آموزان

مسعود صدرالاشرافی- سواد واقعی، مهارتی مهم برای یادگیری فیزیک در مدرسه ابتدایی.

همچنین مقالهٔ زیر به صورت پوستر ارائه شد.

بررسی کیفی بدفهمی‌ها و مشکلات یادگیری مبحث سقوط آزاد در دانش‌آموزان دبیرستان - مریم صابری و منصور وصالی.

گفتنی است که عناوین تعدادی از مقاله‌های پذیرفته شدهٔ پژوهشگران ایرانی به دلیل عدم امکان حضورشان در استانبول در کتاب خلاصه مقالات ذکر نشد.

از جمله ویژگی‌های بارز کنفرانس سال ۲۰۱۲ حضور افراد صاحب نظر حوزهٔ آموزش فیزیک همچون لیلیان مک‌درموت[9] مؤلف کتاب معروف (۱۹۹۶) Physics by Inquiry بود. او که در سال ۱۹۵۹ میلادی دکترای خود را در فیزیک هسته‌ای از دانشگاه کلمبیا دریافت کرده، سال‌هاست در حوزهٔ آموزش فیزیک فعالیت می‌کند. خانم مک درموت در این کنفرانس مسئولیت برگزاری سه نشست علمی با عنوان یاددهی و یادگیری مفهوم انرژی از کودکی تا دانشگاه را بر عهده داشت. این طرح در چندین مرحله ارائه و اجرا شد.

در مراسم پایانی جمع‌بندی نظرات فعالیت‌های کار گروه‌های کنفرانس ارائه شد و مقرر گردید که کنفرانس ICP – EPEC ۲۰۱۳ در سال آینده با عنوان یادگیری فعال – در جهان متغیر فناوری‌های نوین[10] از ۵ تا ۹ اوت به میزبانی کشور جمهوری چک در دانشگاه چارلز پراگ برگزار شود. نشانی وبگاه کنفرانس سال ۲۰۱۳ www.icpe 2013.org اعلام شد.

امیدواریم که بررسی نتایج این‌گونه مجامع علمی، سبب ایجاد انگیزه در جهت ارتقای سطح کیفی آموزش فیزیک کشورمان از نظر همگامی با استانداردهای نوین آموزشی باشد.

پی‌نوشت

1.World conference on Physics Education
2. Bahcesehir
3. Edward F. Redish
4. Robert F. Tinker
5. Concord Consertium
6. John ogborn
7. Pornrat Wattanakasiwich
8. Ed Van denborg
9. Lillian Mc. Dermott
10. Active Learning-in a changing world of new technologies

منبع

http://www.wcpe2012.org/

سیامک خادمی
عضو هیئت علمی گروه فیزیک دانشگاه زنجان

نقش فراموش‌شدهٔ آزمایشگاه در آموزش فیزیک

چکیده

در سال جاری تدوین راهنمای برنامه درسی فیزیک باتوجه به برنامهٔ درسی ملی مراحل نهایی خود را می‌گذراند. در چشم‌انداز ایران ۱۴۰۴ کسب رتبهٔ علمی نخست در بین کشورهای منطقه از مهم‌ترین اهداف این برنامه است. موفقیت این برنامه جز با تقویت زیربنایی آموزش با کیفیت و با بهره‌وری در مراکز آموزشی اعم از مراکز آموزش عالی و یا آموزش مقدماتی در مدارس ممکن نیست اما با نگاهی به وضعیت آموزش درسی در دانشگاه‌ها و مدارس به نقاط ضعف جدی در این زمینه پی می‌بریم. بررسی همه‌جانبهٔ این موضوع و یافتن راهکارهایی برای بهبود آن نیاز به پژوهشی گسترده دارد که در این مقاله نمی‌گنجد. در اینجا تنها به بررسی علل عدم استفاده مناسب و کافی از آزمایشگاه و شیوهٔ آموزشی فعال در مقطع متوسطه و در درس فیزیک می‌پردازیم و راهکارهایی را برای افزایش کمی و کیفی آموزش فیزیک در مدرسه پیشنهاد می‌کنیم.

کلیدواژه‌ها: آموزش فعال، برنامهٔ درسی ملی، آزمایشگاه، آزمون سراسری

مدتی است که اهمیت استفاده از آزمایشگاه در آموزش فیزیک در بین متخصصان آموزش فیزیک و دبیران این رشته مطرح شده است. همگان بر این باورند که فیزیک علمی تجربی است و پیشرفت آن در دنیای کنونی نه براساس محاسبات روی کاغذ بلکه در آزمایشگاه‌ها اتفاق می‌افتد. آزمایشگاه‌ها نظریه‌های ارائه شده را در محک تجربه قرار می‌دهند و نتایج تجربی به‌دست آمده را با مدل‌ها مقایسه می‌کنند یا به دنبال مدلی برای توجیه و پیش‌بینی نتایج آزمایشگاهی می‌گردند. بنابراین، علم فیزیک را نمی‌توان مانند ریاضیات تدریس کرد و درک مفاهیم اساسی فیزیک به آموزش از راه مشاهده و لمس طبیعت نیاز دارد.

به‌رغم توافق قریب به اتفاق دست‌اندکاران آموزش فیزیک متأسفانه آنچه اغلب در کلاس‌های درس اتفاق می‌افتد، نشانی از این تحول ندارد. در دههٔ گذشته راهنمای برنامهٔ درسی فیزیک با این نگرش که آموزش فیزیک با تدریس هم‌زمان و هماهنگ نظریه‌های فیزیکی و تجربه در آزمایشگاه روشی اصولی است کتاب‌های فیزیک دورهٔ دبیرستان به کتاب فیزیک و آزمایشگاه تغییر نام داد و تلاش شد در جای‌جای مباحث درسی به همراه ارائه مبانی نظری از آزمایش‌ها و فعالیت‌های عملی نیز در آموزش استفاده شود. اما این روش نیز به‌رغم ایده صحیحی که در آن وجود داشت در عمل موفقیت چندانی به همراه نداشت. متأسفانه در بعضی موارد آزمایشگاهی که جداگانه و مستقل از درس ارائه می‌شد نیز فدای مباحث نظری گردید و برخی از این آزمایشگاه‌ها تعطیل و برخی بدون استفاده باقی ماندند. کاهش زمان تدریس فیزیک نیز به این مشکل افزود و بسیاری از دبیران به تدریس نظری روی آوردند که بسیار راحت‌تر است. نقد و بررسی راهنمای برنامه درسی در زمان اجرا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. راهنمای برنامهٔ درسی باید بتواند در دوره‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت نقاط ضعف خود را اصلاح کند. اینکه برنامه‌ای برای ده یا پانزده سال نوشته شود با تغییرات سریعی که در علم فیزیک و روش‌های آموزشی رخ می‌دهد سازگار نیست. از طرف دیگر تغییرات سلیقه‌ای و خلق‌الساعه نیز می‌تواند به برنامه درسی و اجرای مناسب آن صدمه وارد کند. اکنون که سازمان

پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی درصدد اصلاح راهنمای برنامه درسی براســاس برنامه درســی ملی برآمده، فرصت مناســبی است که به گذشــته و حال خود نگاهی بیندازیم و با تحلیل آنچه اتفاق افتاده است، بتوانیم برای آینده برنامه‌ریزی کنیم که حداقل مشکلات قبلی را نداشته یا کمتر داشته باشیم.

علل استفاده نکردن از آزمایشگاه

معلمان و پژوهشــگران موارد متعــددی را به‌عنوان علل عدم استفاده از آزمایشگاه مطرح می‌کنند. این نظرات را می‌توان به چهار گروه تقسیم کرد:

۱. زمان تدریس؛ این زمان که در آن فرصتی کوتاه است برای انجام دادن آزمایش نیست.

۲. روش ارزشــیابی؛ موفقیــت در آزمون سراســری و ورود به دانشگاه از اهداف بسیاری از دانش‌آموزان و خانواده‌های آن‌هاست. در پرسش‌های این آزمون آشنایی دانش‌آموزان با امور تجری و توانایی و مهارت آن‌ها در انجام دادن آزمایش سنجیده نمی‌شود پس انگیزه‌ای برای انجام دادن فعالیت‌های عملی و تجربی در دانش‌آموزان وجود ندارد. فشــار دانش‌آمــوز و خانوادهٔ وی و برخــی از مدیران مدارس موجب می‌شود معلم به‌جای اجرای برنامه درسی و توجه به اهداف آن به موفقیت دانش‌آموزان در آزمون سراســری بیندیشد و برنامه درســی خود را بر این اساس تنظیم کند. همچنین، در آزمون‌های میان ترم و پایان ترم به مهــارت دانش‌آموز در انجام دادن آزمایش توجه خاصی نمی‌شود.

۳. تجربه و مهارت معلم؛ بســیاری از معلم‌ها خود تجربهٔ کافی در اجــرای آزمایش‌ها ندارند و زمانی را صــرف افزایش این مهارت نمی‌کنند.

۴. کمبود امکانات آزمایشــگاهی در مدرســه؛ در این موارد یا مدرســه دارای آزمایشگاه نیســت یا تجهیزات کافی و یا کارشناس آزمایشگاه در آن وجود ندارد.

در اینجا این چهار مورد را بررســی می‌کنیم. البته باید اشــاره کرد که در یک مدرسه ممکن است چند علت هم‌زمان وجود داشته باشــد. در اینجا نمی‌خواهیم برای همهٔ مدارس با شرایط و امکانات متفاوت نسخه‌ای یکسان ارائه دهیم. انتظار داریم که دبیران، مدیران و دســت‌اندرکاران اجرایی در رده‌های مختلف بــه این موارد توجه نموده و خود در حیطهٔ اختیاراتی که دارند، در رفع مشکل بکوشند.

تأثیر کمبود زمان تدریس در انجام آزمایش

اولین علت به کمبود ساعت‌های تدریس اشاره دارد. در سه دههٔ گذشــته مجموعه ساعات تدریس فیزیک به‌تدریج کاهش یافته اما عناوین درسی جدیدی به برنامهٔ درسی متوسطه افزوده شده است. اگرچه به‌نظر می‌رســد که برای هر تغییر در برنامه درسی متوسطه باید کل برنامه یکجا دیده شود و تأثیر اضافه کردن یا کاهش دادن ســاعت درســی برای هر درس و زمان اختصاص داده شــده به آن متناســب با حداقل‌های محتوای مورد نیاز بــرای هر درس و روش تدریس آن باشد. بررسی تغییر و تحول در عناوین دروس مختلف و زمان اختصاص داده شده به آن‌ها نیاز به بررسی جداگانه دارد، اما دبیران و کارشناســان آموزش فیزیک دربارهٔ این تغییرات و تأثیرات منفی آن‌ها بر آموزش مناسب درس فیزیک بارها هشدار داده‌اند.

اما به‌نظر می‌آید که این همهٔ مشــکل نیســت. آیا در صورتی که زمان تدریس فیزیک افزایش یابد، دبیران به ســراغ فعالیت‌های آزمایشگاهی می‌روند؟ برای یافتن پاسخ این پرسش بهتر است سری به مدارســی بزنیم که در آن‌ها مدیر زمان بیشتری به درس فیزیک اختصاص داده اســت. در بعضی از مدارس، فیزیک ۱ و آزمایشــگاه به‌جای ۴ ساعت در ۶ ساعت تدریس می‌شود اما متأسفانه ۲ ساعت اضافه نیز اغلب مشــابه ۴ ســاعت قبلی تدریس می‌شود و دبیران به آموزش نظری یا حل مســائل کتاب یا حل مســائل اضافه برای دانش‌آمــوزان می پردازند. البته تعدادی از دبیــران با تجربه که به فعالیت‌های آزمایشگاهی علاقه‌مندند شیوهٔ تدریس خود را به‌صورت فعال و همراه با آزمایش تنظیم می‌کنند، اما متأسفانه این روش غالب دبیران فیزیک نیست. هرچه معلم‌های فیزیک بیشتر به آموزش فعال روی آورند، برنامهٔ درســی فیزیک و یادگیری توسط دانش‌آموزان با موفقیت بیشتری اتفاق می‌افتد. ممکن است افزایش زمان اختصاص داده شده به درس فیزیک لازم باشد و به یادگیری توسط دانش‌آموز و تدریس توســط معلم کمک کند اما کافی به‌نظر نمی‌رســد. باید از خود بپرســیم چرا به‌رغم این‌که معلم‌ها می‌دانند یا شنیده‌اند که انجــام دادن آزمایش در آموزش فیزیک ضروری اســت اما در عمل آموزش نظری را ترجیح می‌دهند. شــنیده نشــده است که معلمی به خاطر انجام دادن آزمایش وقت کم آورده باشــد و مباحث نظری را تمام نکرده باشد، اما عکس آن فراوان دیده شده است؛ یعنی، در صورت کمبود زمان تدریس معلم اولین بخشی را که صلاح می‌داند حــذف کند، بخش آزمایش اســت نه بخش نظری و این نشــان از باور معلم به اهمیت کمتر انجام آزمایش نســبت به مباحث نظری دارد. البته در اینجا قصد نداریم تمام تقصیرها را به گردن معلم‌های زحمتکش بیندازیم و می‌دانیم که شرایط و فشارهای محیطی باعث این عمل می‌شــود. متأسفانه اکثر معلم‌ها خود فیزیک را به همین روش فرا گرفته‌اند و ارزشــیابی‌ها و نظارت‌هایی که بر فعالیت معلم وجود دارد، نسبت به عدم تدریس مباحث نظری حساس‌تر از عدم تدریس مباحث آزمایشــگاهی و عملی هستند. بنابراین، لازم است در مورد معلم با توجه به شــرایطی که وی در آن قرار دارد قضاوت نمود. طبیعتاً اگر شرایط تغییر کند، اکثر دبیران شیوهٔ عمل خود را متناسب با آن تنظیم می‌کنند و بهبود می‌دهند.

بنابراین، ارزشــیابی و نظارت باید به‌گونه‌ای باشــد که معلم را به ســوی روش تدریس فعال ســوق دهد. در این مــورد در بخش آخــر پیشــنهادهایی ارائه خواهد شــد. در هر صــورت، اگر حجم کتاب‌های درســی متناسب با ساعت تدریس باشد و روش تدریس مطابــق با اهــداف برنامه درســی پیش گرفته شــود، کمبود زمان مشــکلی جدی نخواهد بود. این اختلاف‌نظر بین بسیاری از دبیران و مؤلفان کتاب‌های درســی وجود دارد که حجم کتاب‌های موجود متناســب با زمان تدریس نیست. از طرفی حجم کتاب‌های درسی در دهه‌های گذشته به‌تدریج کاهش یافته و به‌نظر می‌رسد کاهش

همگان بر این باورند که فیزیک علمی تجربی است و پیشرفت آن در دنیای کنونی نه براساس محاسبات روی کاغذ بلکه در آزمایشگاه رخ می‌دهد

بررسی‌های انجام شده در گروه فیزیک سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی در مورد آزمون‌های بین‌المللی تیمز نشان می‌دهد که سرفصل‌های فعلی دورهٔ متوسطه حدود ۳۰ درصد کمتر از سرفصل‌هایی است که در دیگر کشورها تدریس می‌شود

بیش از حد آن موجب حذف بخش‌های مهمی از مباحث فیزیک شده است. بررسی‌های انجام شده در گروه فیزیک سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی در مورد آزمون‌های بین‌المللی تیمز نشان می‌دهد که سرفصل‌های فعلی فیزیک دوره متوسطه حدود ۳۰ درصد کمتر از سرفصل‌هایی است که در کشورهای دیگر تدریس می‌شود. پس برای اینکه محتوای درسی راهنمای برنامه درسی فیزیک هماهنگ با سایر کشورهای جهان باشد، لازم است عناوینی نیز به آنچه فعلاً وجود دارد، اضافه شود یا دست‌کم عناوین موجود کاهش نیابند. اگر به راهکار دیگری جز کاهش حجم کتاب فکر نکنیم، پس از چندی دانش‌آموزان ما در مقایسه با دانش‌آموزان سایر کشورها سواد فیزیکی کمتری خواهند داشت. البته با توجه به نتایج آزمون‌های بین‌المللی تیمز وضعیت فعلی حتی در مباحث نظری نیز چندان مناسب نیست و باید برای رفع این مشکل به‌صورت جدی برنامه‌ریزی کرد.

اکنون از نظر دانش‌آموز، خانواده و بعضی از مدیران مدارس، معلم باید کلیهٔ مسائل را در کلاس برای دانش‌آموز حل کند؛ در حالی‌که وظیفهٔ معلم یاددادن چگونگی حل مسئله است نه حل کردن آن برای دانش‌آموز. این شیوه علاوه‌بر اینکه وقت کلاس را می‌گیرد، اعتماد به نفس و خلاقیت دانش‌آموز در برخورد با مسائل جدید را از بین می‌برد. در صورتی که برخی کارشناسان اعتقاد داشته باشند که دانش‌آموز باید حل مسائل کتاب را ببیند باید این مسئله را با اختصاص دادن یک سی-دی حل مسئله در بستهٔ آموزشی حل کرد. در این صورت باید این زمان برای معلم آزاد می‌شود و می‌توان از آن برای انجام دادن آزمایش استفاده کرد.

تأثیر ارزشیابی‌های مختلف بر انجام آزمایش

تأثیر روش ارزشیابی بر عدم انجام آزمایش دومین علت مهمی است که به آن می‌پردازیم. پیشنهادهایی از این دست که نمرهٔ خاصی به آزمایش اختصاص داده شود یا اینکه نمرهٔ مجزایی به انجام دادن آزمایش و فعالیت عملی دانش‌آموز اختصاص یابد، در عمل چندان تأثیری بر حل مشکل نداشته است. مدارسی که آزمایشگاه ندارند یا زمان کافی برای انجام دادن آزمایش ندارد، راهی جز این ندارد که همان نمرهٔ ارزشیابی نظری را برای فعالیت آزمایشگاهی قرار دهند یا اینکه آزمایش‌های کتاب پرسش‌های نظری طرح کنند؛ بدون اینکه دانش‌آموز در آزمایشگاه یا کلاس فعالیت آزمایشی انجام داده و مهارت آن را به‌دست آورده باشد. عدم آشنایی بسیاری از دانش‌آموزان با اصول اولیه و روش‌های تجربی در مسابقات آزمایشگاهی نمایان می‌شود. بسیاری از دانش‌آموزانی که برگزیدهٔ مدرسه یا منطقهٔ خود شده‌اند و در این مسابقات شرکت می‌کنند، در انجام دادن ساده‌ترین آزمایش‌ها مشکل دارند. این نشان از عدم توجه به کسب مهارت‌های آزمایشگاهی توسط دانش‌آموزان دارد. البته تعداد محدودی از دانش‌آموزان مدارس خاص یا کسانی که خود براساس علاقهٔ شخصی یا کمک یک معلم علاقه‌مند موفق می‌شوند در این مسابقات شرکت کنند و مقامی به‌دست آورند، در اقلیت‌اند و در واقع، نشان از آشنایی و مهارت کافی متوسط دانش‌آموزان در انجام دادن آزمایش ندارد.

از طرفی، آماده کردن دانش‌آموزان برای تحصیلات عالی تنها یکی از اهداف راهنمای برنامهٔ درسی است اما دانش‌آموزان، خانواده‌ها و بعضاً مدیران مدارس و دبیران در عمل به این هدف به‌عنوان تنها هدف اصلی نگاه می‌کنند که سایر اهداف را به شدت تحت‌الشعاع قرار داده است. در این بین، آموزشکده‌های خصوصی برای رفع این نیاز به سرعت رشد کرده‌اند و با روش‌های مختلف، که بسیاری از آن‌ها با اهداف آموزشی برنامهٔ درسی نه‌تنها سازگار نیستند. بلکه شاید خلاف آن‌ها نیز باشند، دانش‌آموزان را به خود جلب می‌کنند. نویسندهٔ این مقاله برای نمونه حتی یک آموزشگاه خصوصی را نمی‌شناسد که به آموزش فیزیک از راه انجام دادن آزمایش اقدام کرده باشد.

پرسش‌های آزمون سراسری نیز به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که به‌ندرت به آزمایشگاه یا مهارت‌های عملی دانش‌آموزان مربوط می‌شوند. بنابراین، دانش‌آموزان برای قبولی در دانشگاه نیازی به کسب مهارت‌های آزمایشگاهی حس نمی‌کنند و آموزشگاه‌ها نیز به این نکته اهمیتی نمی‌دهند. در صورتی که در ارزشیابی دانش‌آموزان برای ادامهٔ تحصیل به مهارت‌های آموزشی توجه می‌شد، مسئولان آموزشگاه‌های خصوصی نیز خود به خود به این سمت گرایش پیدا می‌کردند. اکنون فعالیت در این بخش خصوصی به‌گونه‌ای سودآور شده که مراکز بزرگ با درآمدهای بسیار بالا نقش مدرسه‌ها و حتی سازمان آموزش و پرورش را ایفا می‌کنند و تأثیر آن‌ها بر آموزش کشور برنامه‌های آموزشی را تحت‌الشعاع قرار داده است، به‌گونه‌ای که بسیاری از دبیران به‌ویژه در سال آخر دبیرستان لازم می‌دانند که باید مسائل آزمون را برای دانش‌آموزان حل کنند و ساعت‌های کلاس خود را، همچون کلاس‌های آموزشگاه‌ها، صرف آموزش روش‌های تست‌زنی و حل نمونه پرسش‌های آزمون سراسری سال‌های قبل کنند. شاید یکی از دلایلی که دبیران در سال‌های آخر دبیرستان وقت کمتری را به فعالیت‌های عملی اختصاص می‌دهند، همین باشد.

بنابراین، اصلاح شیوه‌های ارزشیابی در مدرسه و به‌ویژه در آزمون سراسری و توجه به مهارت‌های عملی و آزمایشگاهی می‌تواند تأثیر چشمگیری در افزایش رغبت به انجام دادن آزمایش در مدرسه داشته باشد. حتی ممکن است با تأثیرگذاری بر آموزشگاه‌های خصوصی و جلب توجه آن‌ها به یاددهی مهارت‌های آزمایش، بتوان از ظرفیت‌های قوی آن‌ها در این مسیر سود جست.

تأثیر تجربه و مهارت معلم در انجام دادن آزمایش

یکی دیگر از مواردی که بر عدم تمایل به اجرای آزمایش توسط معلم تأثیر دارد، عدم تجربه و مهارت کافی معلم در انجام دادن آزمایش یا استفاده از مهارت‌های عملی در انتقال مفاهیم و

تجربیات علمی اســت. متأسفانه بسیاری از معلم‌ها اکنون به روش دورهٔ تحصیــل خود آموزش می‌دهند. این امر ســنتی را در آموزش فیزیک کشــور به‌وجود آورده است. دانش‌آموزان این معلم‌ها نیز که در آینده پیشهٔ معلمی را انتخاب می‌کنند، فیزیک را به همین روش بــه دانش‌آموزان آینده خواهند آموخت و این مشــکل در آینده نیز تداوم خواهد داشــت؛ مگر اینکه در جایی این روش اصلاح شود که لازمهٔ آن تغییر در نگرش معلم‌ها در انتخاب شیوهٔ آموزشی و افزایش مهارت‌آن‌ها بــا ایجاد دوره‌های بازآموزی اســت. بنابراین، توجه به آموزش ضمن خدمت برای معلم فیزیک اهمیت ویژه‌ای دارد.

البته در صورتی که آموزش‌های ضمن خدمت نیز از مدرسانی استفاده شــود که مجدداً شیوهٔ آموزش سنتی را اجرا می‌کنند این تسلســل ادامه خواهد یافت و مشکل حل نخواهد شد. بنابراین باید مدرســانی را که از این شیوهٔ آموزشی اســتفاده می‌کنند و مهارت لازم برای انجام دادن آزمایش را نیز دارند شناســایی و از آن‌ها برای آموزش معلم‌ها استفاده کرد. از سوی دیگر، نظارت بر اجرای صحیح و با کیفیت این آموزش‌های ضمن خدمت اهمیت ویژه‌ای دارد. عدم رعایت سرفصل این دوره‌ها و اجرای دوره‌هایی که نام آن‌ها با محتوا تطبیق نداشــته باشد، می‌تواند به کیفیت آن‌ها صدمه وارد کند. در صورتی که تصمیم گرفته شود که معلم‌های ما در این زمینه آموزش مناســب ببینند و مهارت کافی کسب کنند، برای اجرای گسترده و دقیق این دوره‌ها به مدرسان کارآزموده و با تجربه نیاز داریم. تعیین یک فاصلهٔ زمانی دو ســاله برای اینکــه تمام معلم‌های فیزیک این دوره‌هــا را ببینند و مهارت تدریس فعال و انجــام دادن آزمایش را کسب کنند، ضروری است. اکنون که راهنمای برنامهٔ درسی جدید در دست تدوین است، زمان کافی برای شناسایی مدرسان و اجرای ایــن دوره‌ها وجود دارد تا وقتی که کتاب‌های درســی جدید تألیف می‌شوند، معلم‌هایی که با این شیوهٔ تدریس آشنایی دارند نیز تربیت شــده باشند. البته با معرفی برنامهٔ درسی و اهداف آن به تعدادی از دبیرانی که اکنون با این شــیوه تدریس می‌کنند و اجرای دوره‌های تربیت مدرس، می‌توان آن‌ها را برای تدریس در این دوره‌های ضمن خدمت آماده کرد. مدیران مدارس نیز باید با این شــیوه آموزشــی آشنا باشند؛ زیرا عدم توجیه آن‌ها نسبت به تغییر در شیوهٔ آموزشی فیزیک ممکن است باعث ناهماهنگی مدیر و معلم در مدرسه شود. مدیران مدارس الزاماً با رشتهٔ فیزیک و روش‌های آموزشی آن آشنا نیســتند و ممکن اســت توقع‌های دانش‌آموزان یا خانواده‌ها را، که هماهنگ با برنامه درســی نیست، به معلم منتقل کنند. برای مثال شــاید توقع داشته باشــند که معلم به حل مسائل آزمون سراسری بپردازد تا انجام دادن آزمایش. از ســوی دیگر، مدیر مدرسهٔ آشنا با راهنمای برنامهٔ درسی فیزیک و شیوه‌های آموزشی آن بهتر می‌تواند از معلمی که این شیوه‌های آموزشی را اجرا می‌کند، پشتیبانی کند و امکانات و تجهیزات لازم را برای وی فراهم آورد. امید است با این روش، رقابت مدارس با یکدیگر تنها در میزان موفقیت دانش‌آموزان آن‌ها در آزمون سراسری نباشد و تجهیز آزمایشگاه‌ها و اجرای جدی آزمایش در برنامهٔ هفتگی دانش‌آموزان از شاخصه‌های مدرسهٔ خوب تلقی شود.

البته باید به این نکته اشاره کرد که اگرچه بر وجود آزمایشگاه‌ها، تجهیز آن‌ها و استفاده از امکانات آزمایشگاهی به همراه معلم آشنا بــا مهارت‌های تجربی تأکید می‌شــود، اما فعالیــت عملی تنها در آزمایشــگاه صورت نمی‌گیرد. طبیعت و محیط زندگی روزمره پر از تجربیات فیزیکی اســت. انجام دادن آزمایش اگر نتواند به شناخت، توصیف و توجیه پدیده‌هایی که دانش‌آموز در طبیعت یا در زندگی روزمره با آن‌ها برخــورد دارد کمک کند، نتیجهٔ مطلوب را نخواهد داشــت. پس، ایجاد ارتباط بین مفاهیــم نظری و تجربی فیزیک با زندگی روزمــره و توجه به کاربردهای آن عــلاوه بر اینکه می‌تواند به تعمیق یادگیری در دانش‌آموز کمک کند، می‌تواند برای زندگی معمولی وی مفید نیز باشد. باید توجه داشت که همهٔ دانش‌آموزانی که در دبیرســتان فیزیــک می‌خوانند، لزومــاً در آینده فیزیک‌دان نخواهند شد و هدف از برنامهٔ درسی نیز این نیست بلکه این درس در واقع به آن‌ها کمک می‌کند که نگرشــی صحیح نسبت به جهان اطراف خود داشته باشند و بتوانند پدیده‌هایی را که با آن‌ها برخورد می‌کنند، به‌درستی توصیف و توجیه نمایند. دانش‌آموز باید بتواند در زندگی کارهای ساده‌ای را با استفاده از آموخته‌های خود انجام دهد. برای مثال، اگر مطالب مربوط به الکتریســیته را بخواند و امتحانات خود را با نمرهٔ خوبی پشت‌سر بگذارد اما نتواند با ایمنی کافی نسبت به تعویض فیوز وسایل الکترونیکی خانه یا لامپ‌های سوخته اقدام کند، معلوم می‌شود که دانشی که به‌دست آورده برای وی سودمند نبوده است. دانش‌آموز باید روش کار دستگاه‌هایی مانند کنترل از راه دور، ماکروویو، تلویزیون‌های ســه بعدی و در آیندهٔ نزدیک وسایلی را که در آن‌ها فناوری نانو اســتفاده می‌شــود و به‌تدریج جای خود را در زندگــی مــا باز می‌کنند، توصیف کننــد و در برخورد با آن‌ها دچار فریفتگی شــدید نشــود. وی باید بتواند با شناخت روش علم تجربی با فناوری‌های جدید روبه‌رو شــود، به‌خوبــی آن‌ها را درک کند و مورد اســتفاده قرار دهد. دانش‌آموزی که کلیهٔ دانسته‌هایش را به‌صورت نظری آموخته باشــد و تجربهٔ عملی در روبه‌رو شدن با آن‌ها و استفاده از آن‌ها را کسب نکرده باشد، حتی اگر در آینده فرد موفقی هم شــود، آموزشــی که در فیزیک دیده در کسب موفقیت او ســهم جدی نداشته است. معلم و برنامهٔ درسی این مسئولیت را دارنــد که مهارت‌های دانش‌آمــوز را در این زمینه افزایش دهند. از طرف دیگر، اکثر دانش‌آموزان از انجام دادن فعالیت‌های عملی لذت می‌برنــد. به‌ویژه اگر این فعالیت‌ها بتواننــد مهارت‌هایی را در آن‌ها افزایش دهند که در زندگی برای آن‌ها مفید باشــد، علاقه و انگیزهٔ آن‌هــا را در فراگیری درس فیزیک افزایش می‌دهند. به این ترتیب، آن‌ها دیگر به فیزیک به‌عنوان یک درس سخت نگاه نمی‌کنند و به پاسخ این پرســش تاریخی همهٔ دانش‌آموزان که «چرا باید فیزیک بخوانیم؟» دست می‌یابند.

آشنا نبودن بسیاری از دانش‌آموزان با اصول اولیه و روش‌های تجربی در مسابقه‌های آزمایشگاهی نمایان می‌شود. بسیاری از دانش‌آموزانی که برگزیدهٔ مدرسه یا منطقهٔ خود شده‌اند، در این مسابقات شرکت می‌کنند، در انجام دادن ساده‌ترین آزمایش‌ها مشکل دارند

تأثیر کمبود امکانات آزمایشگاهی در انجام دادن آزمایش

آخرین دلیل مهمی کــه به آن می‌پردازیم، نبود آزمایشــگاه، تجهیزات کافی یا کارشــناس آزمایشگاه در مدرسه است. مسئولان

در چشم‌انداز ایران ۱۴۰۴ کشور ما باید رتبهٔ اول علمی را در بین کشورهای منطقه کسب کند. این امر جز با تقویت زیرساخت‌های آموزشی در دوره‌های تحصیلی اعم از دانشگاه یا مدارس زیرمجموعهٔ آموزش و پرورش امکان‌پذیر نیست

آمـوزش و تجهیزات مدارس باید به این نکته توجه کنند که وجود آزمایشـگاه و تجهیزات آزمایشـی در مدارس کشور یک امر شیک و فانتزی نیسـت بلکه مانند وجود میز و صندلی و تخته سـیاه از لوازم ضروری مدارس اسـت. در تأسـیس یا تجهیز مـدارس باید جایگاه آزمایشـگاه را مشخص کرد و متناسب با تعداد دانش‌آموزان و کلاس‌ها، به راه‌اندازی آزمایشـگاه‌های مجهز مورد نیاز اندیشید و هزینه‌های آن‌را در بودجه نیز پیش‌بینی کرد. متأسفانه هنوز تعداد مدارسـی که آزمایشگاه ندارند، در کشور کم نیستند. بعضی هم که آزمایشگاه دارند، تجهیزات کافی ندارند. این مشکل نه‌تنها در مناطق محروم بلکه در شـهرهای پیشـرفته‌ای مانند تهران نیز خودنمایی می‌کند. البته تجهیز یک‌بارهٔ همهٔ مدارس به آزمایشـگاه‌های مجهز بـه حداقل امکانـات لازم در کوتاه مدت، علاوه‌بر همت مسـئولان بودجه‌ای را می‌طلبد که تأمین آن در یک‌سال شاید ممکن نباشد. اما در صورت توجه به این نیاز با یک برنامهٔ دو یا سه ساله می‌توان مـدارس موجود را تجهیز کـرد. اگر پس از تصویب راهنمای برنامهٔ درسی در سال جاری بتوانیم تهیهٔ بسته آموزشی را، که شامل کتاب درسی نیز هست، شروع کنیم، حدود سال ۹۲ می‌توان این برنامه را با کتاب جدید و معلم‌های آموزش دیده و مدارسی که دارای حداقل تجهیزات‌اند، به اجرا درآورد اما در کوتاه‌مدت تقویت آزمایشگاه‌های مرکزی نیز می‌تواند مفید باشد.

این موضوع در کشـورهای دیگر نیز دارای سابقه است. طبیعتاً در کشورهای پیشرفته مدارس بیشتری دارای امکانات آزمایشگاهی هستند اما در برخی کشورهای آفریقایی یا کشورهای آسیایی فقیر این امکانات در مدارس کمتر اسـت. کشور هند یکی از کشورهایی است که به‌رغم پیشرفت‌هایی که در بسیاری از شاخه‌های علم داشته اسـت، به علت فقر مردم نتوانسته امکانات آزمایشگاهی کافی را در اختیـار دانش‌آمـوزان و معلم‌های خود در مـدارس خود قرار دهد. آقـای آروین گوپتا، که یک معلم هندی اسـت، راهـکار خاصی را برای رویارویی با این موضوع دنبال می‌کند. وی با استفاده از وسایل معمولی و ارزان‌قیمتی که در اطراف همهٔ ما وجود دارد، بدون استفاده از تجهیزات گران‌قیمت دستگاه‌هایی را طراحی کرده و ساخته است که پدیده‌های فیزیکی مهمی را به نمایش می‌گذارند. شـاید بدانید که برای تجزیهٔ نور گسیل شده از چشمه‌های نور مانند خورشید یا لامپ از دستگاه طیف‌سـنج که دارای منشور یا توری پراش است، اسـتفاده می‌شود. قیمت این دستگاه بسـیار بالاست و شاید همهٔ مدارس نتوانند آن‌را تهیه کنند. این مشکل در هندوستان که درآمد سرانه پایین است، بیشـتر دیده می‌شود. آروین گوپتا با استفاده از یک سـی‌دی معمولی و مقداری مقوا توانسته است طیف‌سنجی را طراحی کند که طیف بسـیاری از منابع نور را نشان می‌دهد. البته کیفیت این وسـیله به‌پای دستگاه نسبتاً گران طیف‌سنج نمی‌رسد اما در سطح دبیرستان برای نشان دادن طیف‌های گسیلی پیوسته و خطی پیوسـته به‌خوبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. او برای نشان دادن القای فاراده نیز از مقداری سـیم لاکی، یک آهنربای معمولی و LEDهـای ارزان‌قیمتی، که به‌راحتی در بازار یافت می‌شـوند، اسـتفاده می‌کند. در اکثر آزمایش‌ها گوپتا از خلاقیت خود استفاده کرده و توانسـته اسـت هزینه‌ها را به‌راحتی کاهش دهد. این نشان می‌دهـد که حتی بـا کمترین امکانات نیز معلم می‌تواند از شـیوهٔ آموزش فعال و آزمایش با وسایل ساده در کلاس استفاده کند. البته ممکن اسـت همهٔ معلم‌ها نتوانند مانند گوپتا با وسایلِ در دسترس یا دورریز آزمایش‌های جالبی را طراحی کنند اما دست‌کم می‌توانند از کارهـای وی تقلید کنند و ایـن آزمایش‌ها را در کلاس درس به دانش‌آموزان نشـان دهند یا آن‌ها را تشـویق کنند که این وسایل را بسازند. البته در کشور ما هم معلم‌هایی هستند که توانسته‌اند با وسایل بسیار ساده آزمایش‌های زیبایی را طراحی کنند و در کلاس درس از آن‌ها بهره ببرند. این معلم‌های خلاق را باید شناسایی و به روش‌های گوناگون تشـویق کرد. یکی از کارهای خوبی که اتحادیهٔ انجمن‌های علمی آموزشـی معلمان فیزیک ایران پایه‌گذاری کرد، برگزاری کنفرانس فیزیک و آزمایشگاه بود که برای اولین‌بار در سال ۱۳۸۴ در اسـتان گیلان برگزار شد. در تداوم این کنفرانس علاوه‌بر تشویق معلم‌ها و دانش‌آموزان به طراحی و ساخت وسایل آزمایشی با امکانات ساده، باعث آشنایی سایر معلم‌ها با کارهای همکاران خود می‌شود. در نتیجه، آن‌ها می‌توانند آنچه را همکارانشان ساخته و در کنفرانس ارائه داده‌اند، بازسازی کنند و در کلاس درس از آن‌ها بهره ببرند. این کنفرانس می‌تواند به‌تدریج به پیشرفت مهارت معلم‌های فیزیک کمک کند و شیوهٔ آموزش فعال با استفاده از آزمایش را در کلاس درس ترویج نماید.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در چشـم‌انداز ایران ۱۴۰۴ کشـور ما بایـد رتبهٔ اول علمی را در بین کشـورهای منطقه کسـب کند. این امر جز با تقویت زیرسـاخت‌های آموزشـی در دوره‌های تحصیلی اعم از دانشگاه یا مـدارس زیرمجموعهٔ آمـوزش و پرورش امکان‌پذیر نیسـت. فیزیک نیز از دروس پایه‌ای اسـت کـه فراگیری آن می‌تواند به یادگیری سـایر علوم کمک کند. بنابرایـن، توجه به آموزش آن در دورهٔ متوسـطه لازم و ضروری است. به‌رغم تأکید کارشناسان و معلم‌های آموزش فیزیک بر شـیوهٔ تدریس فعال و انجام دادن آزمایش، این شـیوه هنوز در مدارس ما به اندازهٔ کافی توسـعه نیافته است. علل مختلفی برای این مشکل معرفی شده که چهار مـورد مهم آن در این مقاله بررسـی شـده اسـت. کمبود زمان تدریس فیزیک، شـیوهٔ ارزشـیابی نامناسـب، نبود مهارت انجام دادن آزمایـش در معلـم و عدم وجود آزمایشـگاه یـا تجهیزات آزمایشی کافی در مدرسه از جمله علت‌های عدم استفاده از این شـیوهٔ تدریس‌اند. برای رفع این مشکلات تا شروع اجرای برنامهٔ درسـی و تدوین کتاب‌های درسـی جدید در یـک فاصلهٔ زمانی حدود ۲ ساله اقدامات زیر ضروری به‌نظر می‌رسد:

۱. در مـورد زمان تدریس دروس مختلف به‌صورت هم‌زمان پژوهشی انجام شـود. همچنین، برنامه‌های درسی سایر کشورها باتوجـه به محتـوای آن‌ها مـورد بررسـی قرار گیرنـد و زمان اختصاص داده شـده به هر درس در قالب برنامهٔ درسـی ملی با توجه به محتوای درس تعییـن گردد تا دیگر نیازی به چانه‌زنی

برای افزایش یا کاهش زمان تدریس دروس مختلف نباشد.

۲. در برنامهٔ درسی علاوه‌بر تأکید بر شیوه فعال و انجام دادن آزمایش در کلاس، ساعت مشخصی نیز برای آزمایش در آزمایشگاه اختصاص یابد.

۳. در شیوهٔ طراحی سؤال در آزمون سراسری و امتحانات میان ترم و پایان ترم در مدارس تغییر جدی صورت گیرد و علاوه‌بر پرسش‌هایی که جنبهٔ نظری و حل مسئله دارند، پرسش‌هایی نیز آورده شوند که مهارت عملی دانش‌آموزان را بسنجند.

۴. در طراحی پرسش‌های درسی از معلم‌های باتجربه و آشنا با اهداف برنامهٔ درسی و در انتخاب پرسش‌های امتحان‌های متمرکز و آزمون سراسری از مجموعه‌ای از کارشناسان و معلم‌های آشنا با اهداف برنامه درسی و مؤلفان کتاب‌های درسی استفاده شود.

۵. در برنامهٔ درسی جدید نمرهٔ جداگانه‌ای به مهارت دانش‌آموز در انجام آزمایش در آزمایشگاه اختصاص داده شود. به‌علاوه، گروه‌های آموزشی بر فعال بودن آزمایشگاه‌های مدارس مطابق برنامهٔ درسی نظارت داشته باشند.

۶. تا قبل از شروع راهنمای برنامهٔ درسی نسبت به آموزش ضمن خدمت معلم‌ها و آشنا کردن آن‌ها با شیوهٔ آموزش فعال و کسب مهارت انجام دادن آزمایش با رعایت استانداردهای آموزشی برای همهٔ معلم‌های فیزیک اقدام شود.

۷. تدوین کتاب‌های درسی هرچه بیشتر با شیوهٔ آموزش فعال متناسب باشد. و فعالیت و آزمایش‌هایی با وسایل معمولی و ساده برای آن‌ها در نظر گرفته شود که جذابیت داشته باشند و آن‌ها را به یادگیری فیزیک تشویق کنند. همچنین بر کاربرد مفاهیم نظری و تجربی فیزیک در زندگی روزمره تأکید شود.

۸. در دوره‌های ضمن خدمت علاوه‌بر معلمان، مدیران مدارس نیز با برنامه‌های درسی و اهداف آن‌ها و همچنین شیوه‌های آموزش فعال آشنا شوند تا ضمن هماهنگی با معلم بتوانند فعالیت‌های آموزشی او را نیز به لحاظ معنوی و تجهیزاتی پشتیبانی کنند.

۹. در بستهٔ آموزشی قسمتی نیز به معرفی آزمایش‌های متعددی اختصاص یابد. معلم‌ها می‌توانند این قسمت‌ها را که به تجهیزات گران‌قیمت هم نیاز ندارد، در کلاس درس به دانش‌آموزان ارائه دهند.

۱۰. مسئولان در یک برنامهٔ میان‌مدت، در کلیهٔ مدارس کشور فضایی مناسب را به آزمایشگاه فیزیک اختصاص دهند و آن را به حداقل تجهیزات آزمایشگاهی مجهز کنند. همچنین، در تأسیس مدارس جدید دولتی یا غیر دولتی از ابتدا وجود فضای آزمایشگاهی و حداقل تجهیزات پیش‌بینی شود. نظارت بر حسن اجرای فعالیت‌های آزمایشگاهی برعهدهٔ گروه‌های آموزشی باشد و دست‌کم برای چند سال در هر ترم گزارش این فعالیت به‌صورت مکتوب برای هر مدرسه مشخص شود و رتبهٔ مدارس نسبت به این شاخص معین گردد.

۱۱. از برگزاری منظم و سالانهٔ کنفرانس فیزیک و آزمایشگاه حمایت شود و معلم‌ها و دانش‌آموزانی که مقالات و آزمایش‌ها آن‌ها در این کنفرانس پذیرفته می‌شود، مورد تشویق قرار گیرند. برای این منظور می‌توان این کنفرانس و مسابقات آزمایشگاهی را در هم ادغام کرد؛ به این ترتیب، علاوه بر صرفه‌جویی در هزینه‌ها کیفیت مسابقات نیز افزایش می‌یابد.

۱۲. در کتاب درسی تعداد محدودی مسئله برای اینکه معلم در کلاس درس حل کند و با استفاده از آن‌ها شیوهٔ حل مسئله را آموزش دهد، آورده شود. در کتاب قید شود که سایر مسائل مخصوص دانش‌آموز است و دانش‌آموز خود باید با روش حل مسئله‌ای که از معلم یاد گرفته است، به حل آن‌ها اقدام کند. (اگرچه متأسفانه کتاب‌های حل مسئله فوراً به بازار می‌آیند و مانع از آن می‌شوند که دانش‌آموزان خود به تفکر بپردازند. در هر صورت، اگر این اتفاق هم بیفتد باز توجیهی برای اینکه معلم تمامی مسائل کتاب درسی را حل کند، وجود ندارد.) این کار قسمتی از مشکل کمبود زمان تدریس را رفع می‌کند.

اصل مایر ـ ژول: اساس قانون اول ترمودینامیک

رونالد نیوبرگ، هاروی اس. لف*
ترجمهٔ محمدعلی جعفری

مقدمه

امروزه برای بسیاری از شاگردان، هم‌ارز مکانیکی گرما، موسوم به اصل مایر ـ ژول، صرفاً راهی برای تبدیل کالری به ژول و برعکس است اما این اصل، که کار و گرما را ـ که زمانی مفاهیمی جدا از هم تلقی می‌شدند ـ به هم مربوط می‌کند بسیار فراتر از تبدیل یکاست. شناخت سرشت گرما به مدت دو قرن پس از ساخت اولین دماسنج به دست گالیلئو گالیله هنوز مقدور نبود. دو دانشمند به نام‌های یولیوس رابرت مایر[2] و جیمز پرسکات ژول[3] مستقل از هم ارتباط بین گرما و کار را پیدا کردند که اصل مایر ـ ژول نام گرفت.

به گمان عده‌ای منبع گرما، حرکت و به تصور دیگران، شاره‌ای پایسته، بی‌جرم و نامحسوس به نام کالریک بود. دانشمندانی چون جوزف بلک[4] و نیکلاس سادی کارنو[5] چند مدل *مختلف* کالریک با ویژگی‌های متفاوت را پیشنهاد کردند (۱ و ۲).

پیش از سال ۱۸۴۰ گمان می‌کردند که گرما و کار به اندازهٔ سیب و پرتقال، با هم فرق دارند و ابعاد فیزیکی و یکاهای آنها با هم متفاوت‌اند.

اصل مایر ـ ژول به قانون اول ترمودینامیک انجامید که بیان پایستگی انرژی کل است و گرما و کار مکانیکی را به کمک تابع انرژی داخلی به هم مربوط می‌سازد. در حالی که کمیت‌های گرما و کار وابسته به فرایندند. اما تغییرات انرژی داخلی مستقل از فرایند است. نقش اصل مایر ـ ژول بسیار فراتر از صرفاً عامل تبدیل یکاست. در واقع دستاورد اساسی مایر و ژول، یعنی ترکیب‌کردن گرما و کار، در فیزیک به اندازهٔ ایده‌های جیمز کلارک ماکسول و آلبرت اینشتین در ترکیب الکتریسیته و مغناطیس اهمیت بنیادی دارد.

تنها با درک مبنای معلومات و فضای فکری این دانشمندان است که می‌توان قدرت و زیبایی اصل مایر ـ ژول را مشاهده کرد. ما ردپای تکامل ۲۵۰ ساله‌ای را که برای تشخیص یکسان‌بودن بُعد فیزیکی گرما و کار، یعنی انرژی با آهنگ تبادل J، مورد نیاز بوده است، دنبال می‌کنیم. برعکس، اگر کسی بخواهد کار را با این مفهوم آغاز کند که گرما و کار به لحاظ ابعادی یکسان‌اند، قادر به درک ظرافت‌های گرما نخواهد شد. هدف ما مرور تحولات تاریخی مربوط به دما و دماسنجی، داستان پرپیچ و خم گرما، اصل مایر ـ ژول و اهمیت بنیادی آن و دشواری‌های زبانیِ موجودِ ناشی از تاریخ پیچ‌درپیچ است.

کلیدواژه‌ها: اصل مایر ـ ژول، قانون اول ترمودینامیک

دما و دماسنجی

ایزاک نیوتون پایه‌های مکانیک کلاسیک را در کتاب *اصول* خود (۱۶۸۷) بنیاد نهاد اما فیزیک گرما فاقد مجموعه اصول وحدت‌بخش مشابه بود و راهی برای برقراری ارتباط بین پدیده‌های گرمایی با مفاهیم دینامیکی مکانیک وجود نداشت.

قرن‌ها از واژه‌های *داغ* و سرد برای توصیف حالت گرمایی (۳) اجسام استفاده می‌شد اما معیاری کمّی برای میزان گرما در دست نبود. مقایسهٔ حالت‌های گرمایی دو جسم تقریباً غیرممکن بود. واژهٔ ***دما*** اولین بار در قرن شانزدهم نه به مفهوم جدید آن، بلکه به معنای واقعیت یا حالت وجودی مخلوط یا معتدل بود. اولین مورد استفاده آن برای توصیف میزان گرما در اواسط قرن هفدهم بود(۴) که با پیشرفت‌های دماسنجی هم‌زمان شد. برای توسعهٔ دماسنجی باید خاصیتی را در مواد پیدا می‌کردند که به حالت گرمایی آن بستگی داشت. حتی در یونان باستان از انبساط گاز گرم شده در اسباب‌بازی‌ها و وسایل مکانیکی استفاده می‌کردند. گالیله اولین کسی بود که این اصل را در ساخت نوعی دماسنج به‌کار برد (۵ و ۲)؛ دماسنجی که هم به تغییر حالت گرمایی و هم فشار جوّ حساس بود (در واقع یک *فشار ـ دمانما* بود). اما چون نقطهٔ مرجع نداشت، هیچ‌گونه اطلاعات کمّی به‌دست نمی‌داد.

در اوایل قرن هجدهم، توانایی شیشه‌های مویین، امکان استفاده از مایعات به جای گازها را در دماسنج فراهم ساخت. با در اختیار داشتن نقاط مرجع، یعنی نقطه‌های جوش و انجماد آب، می‌شد یک مقیاس دماسنجی درست کرد. در آن زمان، متوجه شده بودند که انبساط مایعات خطی نیست و در مواد مختلف فرق می‌کند. بنابراین، هر دماسنجی منحصر به فرد بود اما می‌شد آن را با دماسنج‌های دیگر مقایسه کرد. قراردادن دماسنج در تماس با جسم دیگر امکان اختصاص دادن یک عدد، یعنی دما، را برای توصیف حالت گرمایی فراهم می‌کرد. جالب توجه است که یکای دما، مانند یکای طول، جرم، زمان و بار الکتریکی، یکای بنیادی

است؛ یعنی، یکای دما را نمی‌توان از یکاهای دیگر به‌دست آورد.(۶)

استفاده از دماسنج برای تعیین عددی که حالت گرمایی را توصیف کند به یک اصل موضوع نیاز داشت. رالف فاولر[۶] در دهۀ ۱۹۳۰ قانون صفرم ترمودینامیک را تدوین و آرنولد زومرفلد[۷] آن را نام‌گذاری کرد (۸). جالب است که ارنست ماخ[۸] جوهر آن را پیش‌بینی کرده بود: «اگر دو جسم A و B، به بیان متعارف، به اندازۀ جسم سوم C گرم باشند یا احساس گرمای مشابهی را به‌وجود آورند، آن‌گاه جسم A به اندازۀ جسم B گرم خواهد بود. این یک ضرورت منطقی است و نمی‌توانیم گونۀ دیگری بیندیشیم.» (۵) منظور ماخ نه احساس ذهنی بلکه اندازه‌گیری کمّی دما بود. آهن و چوب در دمای یکسان در وضعیت گرمایی مشابهی قرار دارند حتی اگر پیام حواس ما این باشد که آهن را هنگام لمس کردن، به دلیل رسانایی گرمایی بیشتر آن‌ها سردتر احساس می‌کنیم. قانون صفرم ایجاب می‌کند که اگر دو جسم A و B در تماس گرمایی باشند، دماهایشان یکسان می‌شود؛ یعنی در تعادل گرمایی هستند.

گرما

در اوایل دهۀ ۱۶۲۰، بیکن[۹] و گالیله (مستقل از یکدیگر) این فرضیه را مطرح کردند که گرما پیامد حرکت میکروسکوپی ذرات نامرئی تشکیل‌دهندۀ جسم گرم است (۹). با وجود این، امکان توصیف و ربط‌دادن این حرکت به هرگونه کمیت دینامیک نیوتونی وجود نداشت. در اواسط قرن هجدهم، نظریۀ دومی مطرح شد که براساس آن گرما نوعی ماده بود. حتی پس از اختراع دماسنج نیز تفسیر دما همچنان مبهم بود. آیا دما و مقدار گرما یکسان بودند یا دو مفهوم فیزیکی جدا از هم؟ بلک اولین کسی بود که با در نظر گرفتن دما به عنوان *درجۀ گرمای* یک جسم، یا یک شدت، بین این دو تفاوت قائل شد (۱۰). او پی برد که جیوه یک مادۀ دماسنجی مناسب است و گرما را برحسب زمان گرم کردن با استفاده از یک منبع گرمای ثابت اندازه گرفت. اجسام در تعادل گرمایی بدون توجه به اندازه‌شان دمای یکسان دارند. نکتۀ با اهمیت آن بود که بلک گرما را کمیتی قابل اندازه‌گیری در نظر گرفت که با توجه به دیدگاه مبتنی بر «گرما به عنوان حرکت» ناممکن بود. او می‌دانست که زمان لازم برای جوش آوردن آب به جرم آن بستگی دارد و هر چه جرم بیشتر باشد، زمان گرم کردن بیشتر می‌شود و باید گرمای بیشتری را تأمین کرد.

بلک با تشخیص نیاز به اندازه‌گیری‌های کمی گرما، کالری متر را به وجود آورد. او روش مخلوط کردن را تکمیل کرد که براساس آن دو مایع با جرم‌ها و دماهای متفاوت با هم مخلوط می‌شدند و سرانجام به یک دمای مشترک می‌رسیدند. بلک این کار را با مایعات، با جرم‌ها و دماهای مختلف تکرار کرد. این آزمایش‌ها به مفهوم ظرفیت گرمایی ویژه انجامید که مقدار گرمای لازم (متناسب با زمان گرم کردن) به ازای واحد جرم برای افزایش دمای یک جسم به اندازۀ یک درجه است.

او با تکیه بر مهارت‌های تجربی و توانایی تحلیل خود گرمای نهان ذوب و میعان را کشف کرد (۱۲). بلک این آزمایش را دلیل آن دانست که گرما جوهری پایسته است؛ یعنی هنگام مخلوط کردن دو مایع مقدار گرمایی که یکی از آن‌ها از دست می‌دهد، با مقدار گرمایی که دیگری به دست می‌آورد برابر است. در سال ۱۸۲۰، نیکلاس کِلمنت[۱۰]، کالری را «گرمای لازم برای افزایش دمای آب از ۱۳/۵ °C به ۱۴/۵ °C» تعریف کرد (۱۳).

موضوع پایستگی در اواخر قرن هجدهم سر زبان‌ها بود و آنتوان لاووازیه[۱۱] به شدت از آن حمایت می‌کرد و آن را مادۀ کالریک می‌دانست. کالریک، به عنوان یک ماده، نامحسوس، بی‌جرم و نامرئی بود و رابطۀ شناخته‌شده‌ای با مکانیک کلاسیک نداشت. کنت رامفورد (بنجامین تامپسون[۱۲]) با نشان دادن اینکه کار انجام شده در سوراخ کردن لولۀ توپ مقدار نامحدود گرما تولید می‌کند، نظریۀ گرما به عنوان حرکت را احیا کرد (۱۴).

دیدگاه مزبور این ایده را که «گرما جوهری پایسته است» نابود کرد. او همچنین ثابت کرد که کالریک الزاماً بی‌جرم است. شگفت اینکه رامفورد تأثیر اندکی در توسعۀ فیزیک گرما داشت؛ زیرا هیچ قانون پایستگی جدیدی را که جایگزین کالریک شود پیش‌بینی نکرد (۱۵ و ۱۶).

از برخی جهات کالریک وقتی به بیشترین موفقیت دست یافت که کارنو از آن برای تحلیل کارایی موتور بخار استفاده کرد.

به‌رغم کار رامفورد، کارنو تحلیل خود را بر مبنای پایستگی کالریک در کار چرخۀ ماشین گرمایی خود گذاشت. کالریک از مخزن دما بالا به مخزن دما پایین منتقل می‌شد و دوباره به مخزن دما بالا برمی‌گشت اما با وجود اینکه هیچ کالریکی در چرخه تلف نمی‌شد، کار همچنان انجام می‌گرفت. کارنو در مقایسه با آبشار استدلال کرد که کار انجام می‌شود اما آب از بین نمی‌رود. در آبشار، کار به اختلاف ارتفاع بستگی دارد، در حالی که در ماشین کارنو این کمیت تابع اختلاف دماست (۱۸). جالب توجه است که یکای کالریک او، مبتنی بر اندازۀ دما (یادآورِ آنتروپی) بود که کاملاً با کالریک بلک، که دارای یکای شبیه کالری امروزی بود، تفاوت داشت. اگرچه کار کارنو رابطه‌ای بین گرما و کار مکانیکی مطرح می‌کرد اما چنین رابطه‌ای تا زمان فعالیت‌های مستقل مایر و ژول برقرار نشد.

کالریک از مخزن دمای بالا به مخزن دمای پایین منتقل می‌شد و دوباره به مخزن دمای بالا برمی‌گشت اما با وجود اینکه هیچ کالریکی در چرخه تلف نمی‌شد، کار همچنان انجام می‌گرفت

جیمز ژول

اصل مایر – ژول و معنای آن

در سال ۱۸۴۰، سال اولین کشفیات مایر، گرما به عنوان حرکت مفهومی کامل نبود؛ زیرا به کمیت‌های دینامیک نیوتونی مربوط نمی‌شد. کالریک نیز به عنوان یک ماده رضایت‌بخش نبود؛ زیرا رامفورد نشان داده بود که پایسته نیست. اگرچه رامفورد توانست از کار مکانیکی گرما تولید کند و کارنو می‌توانست از گرما کار تولید کند (گرچه نه با کارایی ۱۰۰ درصد) هیچ کس نمی‌دانست که گرما و کار جنبه‌های متفاوت یک موجود فیزیکی هستند.

اما پیشنهاد مایر چه بود؟ او به عنوان پزشک در جاوه مشاهده کرد که خونی که در مناطق استوایی از سیاهرگ کشیده می‌شود، از همان خون در آلمان بسیار روشن‌تر است. او که با مطالب لاووازیه دربارۀ احتراق آشنا بود، استدلال کرد که احتراق غذا توان لازم برای کار ماهیچه‌ها و نیز گرمای بدن را تأمین می‌کند. در مناطق استوایی گرمایی کمتر از اروپای سردتر به محیط داده می‌شود تفاوت رنگ ناشی از محصولات اکسایش کمتر در خون است. گرچه مایر آموزش فیزیک ندیده بود، با استفاده از داده‌های موجود

لِف می‌نویسد: «انتقال یک چیز حرکت آن از یک منطقهٔ ذخیره‌سازی به منطقهٔ دیگر را ایجاب می‌کند.... پس نتیجه می‌گیریم که چون نمی‌توان گرما را ذخیره کرد، اصطلاح انتقال گرما متناقض است»

رابرت مایر

به مقداری کمی برای آهنگ تبادل J رسید که گرما و کار را قابل مقایسه‌می‌ساخت.

لاسلوتیلا[13] با استفاده از نمادنگاری و اصطلاحات جدید استدلال مایر را توصیف می‌کند (۱۵). فرض کنید انرژی مورد نیاز برای گرم کردن گاز رقیقی به جرم m در اختلاف دمای dT، هنگام گرم کردن در فشار ثابت برابر đQp و در حجم ثابت برابر đQv باشد. این انرژی‌های گرم کردن برحسب «یکای گرما» یا کاری نوشته شده‌اند. مایر می‌دانست که đQp-đQv، با هم فرق دارند و این اختلاف را به کار انجام شده توسط گاز در حال انبساط طی گرم شدن در فشار - ثابت نسبت می‌داد. این کار، برحسب ژول، برابر است با PdV که P فشار و dV تغییر حجم است.

اختلاف انرژی گرم کردن برابر است با dQp-dQv= $Jm(c_p-c_v)\,dT$ که J کالری را به ژول تبدیل می‌کند. گرماهای ویژهٔ c_p و c_v به ترتیب در فشار و حجم ثابت $g^{-1}cal°C^{-1}$ است. با استفاده از فرض مایر که اختلاف انرژی گرم کردن برابر است با کار فشار - ثابت، داریم:

$$Jm\,(c_p-c_v)dT=pdv \qquad (۱)$$

اگر جرم گاز (m) با n مول متناظر باشد، آن‌گاه در فشار ثابت، pdv=nRdT، که R ثابت گاز است. با اندکی عملیات جبری به نتیجهٔ زیر می‌رسیم:

$$J=\frac{nR}{m(c_p-c_v)}$$

نتیجه‌ای که مایر با استفاده از داده‌های موجود اما ناقص گرمای ویژه به دست آورد، معادل J=۳/۵۸ Joules/cal بود (۱۹).

ژول به طور مستقل مقدار J را در جریان آزمایش‌های گرماسنجی متعددی تثبیت کرد. او در یکی از نقل شده‌ترین آزمایش‌ها از یک میله‌ای استفاده کرد که پره‌هایش در مایع می‌چرخیدند. ژول مقدار کاری را که میله انجام داده بود و افزایش دمای مایع ناشی از آن را اندازه گرفت. او همچنین با استفاده از جریان‌های گالوانی و القایی به عنوان منابع کار الکتریکی آزمایش‌هایی انجام داد. لُرد کلوین (ویلیام تامسون)[14] مشوق پرشور آزمایش‌های ژول بود. برای اطلاع از شرح مفصل آزمایش‌های مایر و ژول به مرجع ماخ مراجعه کنید (۵). بهترین مقداری که ژول به دست آورد و در سال ۱۸۵۰ منتشر کرد، ۱۶/۴ Joules/cal بود که کاملاً به مقدار جدید ۱۸/۴ Joules/cal نزدیک است (۲۰). موضوع حق تقدم نزاع تلخی را بین مایر و ژول به وجود آورد؛ کدورتی که رنگ ملی‌گرایی به خود گرفت (۲۱).

معرفی مفهوم انرژی داخلی U و نوشتن قانون اول ترمودینامیک به شکل جدید به رودولف کلاوزیوس[15] واگذار شد (۲۲).

$$dU=đQ-đW \qquad (۳)$$

در این رابطه، dU دیفرانسیل *کامل* تابع حالت انرژی داخلی و به معنی استقلال تغییرات U از مسیر است. برعکس، نماد đ تغییر وابسته به مسیر را نشان می‌دهد و đQ و đW وابستگی صریح به مسیر ترمودینامیکی دارند. با وجود اینکه Q و W تابع حالت ترمودینامیکی دستگاه نیستند، اختلاف đQ-đW یک دیفرانسیل کامل است. جالب است که ترکیب‌های نامحدود گرما و کار، در مسیرهای مختلف، می‌تواند به تغییر یکسانی در U بینجامد.

برای گاز کامل، $dU=mc_v\,dt$ و برای گرم کردن در فشار-ثابت، $đQ=mc_p\,dt$ و đW=nRdt؛ بنابراین، معادله‌های (۳) و (۱) هم‌ارزند. این نشان می‌دهد که تأکید مایر بر اینکه اختلاف انرژی‌های گرم کردن در فشار- ثابت و حجم- ثابت برابر با کاری است که گاز در فشار ثابت انجام می‌دهد، برای گاز کامل صحیح است (۲۳). بعد از تشخیص این نکته که گرما و کار هر دو انتقال انرژی قابل توصیف با یکاهای یکسان هستند، دیگر نیازی به J نبود؛ یعنی، گرما و کار می‌توانستند هر دو یکای انرژی **یکسانی** داشته باشند. معادلهٔ (۳) بیان می‌کند که تغییر انرژی داخلی یک دستگاه برابر است با مقدار **انرژی** جذب شده از گرم کردن منهای مقدار انرژی، کاری که دستگاه انجام می‌دهد. این یک قانون پایستگی است که فرایندهای گرما و کار را به هم مربوط می‌سازد و وجود انرژی داخلی را ثابت می‌کند.

دشواری‌های مداوم زبان

چون ریشه‌های مفهوم گرما در نظریهٔ اکنون منسوخ کالریک بود، بقایای این ریشه‌ها همچنان پا برجاست (۲۴) و معلمان و شاگردان فیزیک باید از آن آگاه باشند. در این مورد به‌خصوص، به اختصار پنج نکته وجود دارد.

۱. گرما و کار به معنای دقیق کلمه فرایندهای انتقال انرژی‌اند. بنابراین، به لحاظ ترمودینامیکی، بهترین راه این است که گرما و کار را صفت تلقی کنیم. رابرت رومر[16] استدلال می‌کند که «گرما اسم نیست» (۲۵)؛ در حالی که به نظر جان جوئیت[17] در واقع گرما می‌تواند اسم باشد اما نام فرایند است نه نام چیزی که منتقل می‌شود. نکتهٔ اصلی این است که کاربرد گرما به عنوان اسم برای مشخص کردن «گرمای موجود در یک جسم» صحیح نیست و یک راه اجتناب از خطا استفاده از گرما یا به عنوان صفت (مثلاً «فرایند گرمایی») یا به‌عنوان فعل (مثلاً «آب گرم می‌شود») است.

۲. استفاده از گرمای موجود در یک جسم مناسب‌تر از کار موجود در یک جسم نیست. هر دوی این گزاره‌ها بی‌معنی هستند. مارک زیمانسکی[18] اشاره می‌کند که «گرما و کار روش‌های انتقال انرژی هستند و وقتی جریان پایان یابد، واژه‌های گرما و کار دیگر فایده یا معنایی ندارند... و وقتی انتقال تمام می‌شود فقط می‌توانیم دربارهٔ انرژی داخلی دستگاه صحبت کنیم. نمی‌توان انرژی داخلی را به دو بخش، یکی انتقال گرما و دیگری کار تقسیم کرد.»(۲۴)

۳. در یک فرایند اتلافی، مانند مورد جسمی که روی میز افقی می‌لغزد و آن‌گاه متوقف می‌شود. مردم اغلب کاهش انرژی مکانیکی را به‌صورت «تبدیل به گرما» بیان می‌کنند، این توصیف رضایت‌بخش نیست، زیرا گرما را نمی‌توان ذخیره کرد. احتمال دارد با افزایش دمای جسم و میز یک فرایند گرمایی اتفاق بیفتد اما این فرایند گذراست. پس از خاتمهٔ فرایند، انرژی جنبشی اولیه به انرژی

داخلی ذخیره شده در جسم، میز و محیط اطراف‌شان تبدیل شده است.

۴. اصطلاح انتقال گرما به هر حال گمراه کننده است. لف می‌نویسد: «انتقال یک چیز حرکت آن از یک منطقهٔ ذخیره‌سازی به منطقهٔ دیگر را ایجاب می‌کند.... پس نتیجه می‌گیریم که چون نمی‌توان گرما را ذخیره کرد، اصطلاح انتقال گرما متناقض است» (۲۷). به‌رغم این واقعیت، اصطلاحاتی چون *انتقال گرمایی* و *انتقال گرما* متداول‌اند و احتمالاً (و متأسفانه) در نوشته‌های علمی باقی خواهند ماند.

۵. باتوجه به مطالب بالا، بهتر به این گفتهٔ والتر ت. گرندی[۱۹] توجه کنیم که «در قرن ۲۱ام هنوز عادت داریم از گرما طوری حرف بزنیم که انگار «ماده‌ای» است که جاری می‌شود و می‌توان آن را یک شاره در نظر گرفت؛ به لحاظ علمی هنوز از اصطلاح «ظرفیت گرمایی» استفاده می‌کنیم که به معنی مقداری از یک چیز است، اگرچه گولش را نمی‌خوریم. ما به این نقاط ضعف اشاره می‌کنیم تا تأکید کرده باشیم که ادراک بشری هنگام بحث دربارهٔ مفهوم گرما تا حدی «مبهم» باقی مانده است و گاهی قادر به تثبیت دقیق آن نیست. باوجود این، به لحاظ فنی مشکلی در پذیرش این دو موضوع نداریم که گرما یک ماده نیست بلکه فرایند تبادل انرژی بین دستگاه‌های ماکروسکوپی و محیط اطراف‌شان است.

پی‌نوشت

* متوفی در مارس ۲۰۱۰، نسخهٔ اصلی این مقاله، توسط رونالدنیوبرگ نوشته شد. بعد از مرگ او، بخش «دشواری‌های مداوم زبان» به مقاله اضافه شد و ویرایش‌های گوناگونی توسط هاروی. اس. لف انجام گرفت البته با حفظ مفهوم شاکلهٔ نوشتار اصلی.

*Email: hsleff@csu-pomona.edu

1. Richard Newburgh, H.S. Leff
2. Julius Robert Mayer
3. James Perscott Joule
4. Joseph Black
5. Nicolas Sadi Carnot
6. Ralph Fowler
7. Arnold Sommerfeld
8. Ernst Mach
9. Bacon
10. Nicolas Clement
11. Antoine Lauoiser
12. Bejamin Thompson
13. Laszlo Tiszla
14. William Thomson
15. Rudolf Clausius
16. Robert Romer
17. John Jewettt
18. Mark Zemansky
19. Walter T.Grandy

منبع

THE PHYSICS TEACHER, Vol, 49, NOVEMBER 2011

مراجع

1. M. Bailyn, A Survey of Thermodynamics (AIP Press, New York, 1994), pp. 36-43.
2. D. Roller, The Early Development of the Concepts of Temperature and Heat (Harvard University Press, Cambridge MA, 1950), pp. 12-47, 61-81.

۳. در اینجا منظور ما از حالت گرمایی، حالت ترمودینامیکی که برای تعیین کامل آن به دو یا چند متغیر- مثلاً دما و فشار- نیاز داریم نیست.

4. Oxford University Dictionary, 3rd ed. (Clarendon Press, Oxford, 1955), p. 2145.
5. E. Mach, Principles of the Theory of Heat (Reider, Dordrecht, 1986), pp. 7-47, 224-250. Die Principen der Wärmelehre (Barth, Leipzing, 1900). Translated by T. J. McCormack form the German.

۶. در تومودینامیک و فیزیک آماری دما به‌طور نامحسوس از طریق ثابت بولتزمن $k = ۱/۳۸ \times ۱۰^{-۲۳}$ J/K وارد معادله می‌شود. بحث مربوط را می‌توان در مرجع زیر دنبال کرد:

H. S. Leff, "What if entropy were dimensionless?" Am J. Phys. 67, 1114-1122 (1999).
7. R. H. Fowler and E. A. Guggenheim. Statictical Thermodynamics (Cambridge University Press, Cambridge, 1949), p. 56.
8. A. Sommerfeld, Thermodynamics and Statical Mechamocs, Vol. 5 of Lectures on Theoretical Physics (Academic Press, New York, 1951), p. 1, edited by F. Bopp, J. Meixner; translated by J. Kestin.
9. C. J. T. Lewis, Heat and Thermodynamics (Greenwood Press, Westport, CT, 2007), pp. 5-7.
10. J. Black, Lectures on the Elements of Chemistry, Vol. I. edited by J. Robinson (Edinburgh, 1804).
11. J. Black, "The supposed effect of boiling upon water in disposing it to freeze more readily", Phil, Trans. R. Soc. London A 65, 124 (1775).

۱۲. یکی از ما (Newburgh) در یادداشتی شخصی این آزمایش را در دوران دبیرستان در سال ۱۹۴۲ انجام داده است. این آزمایش یکی از رضایت‌بخش‌ترین تجربه‌های علمی است.

۱۳. اولین استناد منتشر شده به کالری بدون نام (ظاهراً توسط یکی از دانشجویان کلمنت) در Le Producteur, Journal de l'Industrrie, des Sciences, et das Beaux Arts 1, 574-587 (1825). For a full discussion of Clement's related work on the calorimetric properties of gases, see Mach (Ref, 5, pp. 182-190).

14. B. Thompson, "Count Rumford: An inquiry concering the source of the heat which is excited by friction," Phil. Trans. R. Soc. London A 88, 80-90 (1798).
15. L. Tisza, Generalized Thermodynamics (MIT Press, Cambridge, MA, 1966), pp. 13, 23-24.
16. S. Brush, The Kind of Motion We Call Heat, Vol. 1 (North-Hol-land, Amsterdam, 1976), pp. 27-32.
17. S. Carnot, Reflections on the Motive Power of Fire, edited by E. Mendoza (Dover, Mineola, NY, 1968). Translated by R. H. Thurston from the French Reflexions Sur la Puissance Motrice de Feu (Bachelier, Paris, 1824).
18. R. Newburgh, "Carnot to Clausius: Caloric to entropy," Eur. J. Phys. 30, 713-728 (2009).

۱۹. در سال ۱۸۴۱ مایر نوشت که سقوط وزن mg از ارتفاع m ۳۶۵ متناظر است با گرم کردن همان میزان جرم آب به اندازهٔ $1^{\circ}C$. او مقدار J را صریحاً مشخص نکرد اما براساس نتیجهٔ او:

$$J/\ ۵۸/۳ = J\ \text{یا}\ ۱^{\circ}C)(Kcal/kg/^{\circ}C۱)(m)(m*kg)=(J)(m*kg۳۶۵)(m/s۲۸/۹)$$

cal این مقدار در ابتدا کوچک بود؛ زیرا مایر از مقادیر ناقص گرمای ویژهٔ هوا استفاده کرده بود. او محاسبهٔ فوق را تا سال ۱۸۴۵ منتشر نکرد. در این سال محاسبهٔ فوق در مقاله‌ای با عنوان «حرکت موجودات زنده و رابطه‌شان با سوخت و ساز- مقاله‌ای در علوم طبیعی، آمد. ناکامی مایر در ارائهٔ جزئیات تکمیلی در سال ۱۸۴۱ نزاع بر سر حق تقدم او یا ژول در رسیدن به «هم ارز مکانیکی گرما» را شدیدتر کرد. در سال ۱۸۵۱ مایر نتیجهٔ صحیح را با استفاده از داده‌های بهبود یافتهٔ گرمای ویژه منتشر کرد که عبارت از ۱۶۵J/cal/۴= و نزدیک به مقدار ژول، ۱۸J/cal/۴، بود. ترجمه‌های انگلیسی مقاله‌های ۱۸۴۱ و ۱۸۴۵ در مرجع زیر آمده است:

20. به تعریف خاص کالری، از میان چند تعریف متداول، بستگی دارد. J مقدار تعریف می‌شود؛ در 184/4 J برای مثال، کالری گرما و شیمیایی دقیقاً معادل 1868/4 J حالی که کالری در جدول بین‌المللی برابر است. نگاه کنید به Thompson, B. N. Taylor, NIST Special Publication 811: Guide for the Use of the International System of Units (SI) (2008), available online at http://physics.nist.gov/cuu/pdf/sp811.pdf.
21. J. T. Lloyd, "Background to the Joule-Mayer controversy," Notes Rec. R. Soc. Lond. 25, 211-255 (1970).
22. R. Clausius, "Über die bewegende Kraft der Wärme, Part I, Part II," Poggendor's Annalen der Physik 79, 368-397, 500-524 (1850).

۲۳. این قضیه در مورد گاز کامل صدق می‌کند که انرژی داخلی‌اش تابعی از دما امانه حجم است. در گازهایی که برهم کنش بین مولکولی دارند، انرژی داخلی عموماً وابسته به حجم است. بنابراین، اختلاف بین انرژی‌های گرمایش فشار- ثابت و حجم- ثابت صرفاً برابر با کار فرایند در فشار ثابت نیست. به ویژه اینکه $Jm[cp-cv]dT=[(dU/dT)p-(dU/dT)v+(PdV/dT)JpdT$ اصرار مایر فقط در صورتی صادق است که اختلاف بین مشتق‌های انرژی داخلی صفر باشد، که دیگر کلاً معطوف به گازهای غیر- کامل نیست.

24. M. Zemansky, "The use and misuse of the word 'heat' in physics teaching," Phys. Teach. 8, 295 (Sept. 1970).
25. R. Romer, "Heat is not a noun," Am. J. Phys. 69, 107-109 (2001).
26. J. W. Jewett, "Energy and the confused student III: Language," Phys. Teach. 46, 149-153 (March 2008).
27. H. S. Leff, "Entropy and heat along reversible paths for fluids and magnets," Am. J. Phys. 63, 814-817 (1995).
28. W. T. Grandy, Entropy and the Time Evolution of Macroscopic Systmes (Oxford University Press, Oxford, 2008), p. 2.

چکیده

همـهٔ ما به اهمیت علـم فیزیک در زندگی روزمـره و حتی در پیشـرفت علوم دیگر واقف هستیم. می‌دانیم که یافتن روشی مناسب بـرای ارائهٔ این درس که بتواند دانش‌آموزان را به درس فیزیک جذب کند و آن‌ها را با انگیزه و علاقه به کلاس بکشـاند به‌طوری که از این کلاس لـذت ببرند و بتوانند بین فیزیک و زندگی روزمره خود ارتباط برقرار کنند، از اهمیت بالایی برخوردار اسـت. زیرا با رسـیدن به این هدف‌های پایه، هدف‌های بعدی علم فیزیک محقق خواهد شد.

یکی از روش‌های مناسـب تدریس درس فیزیک که رسیدن به اهداف بالا را نیز تحقق می‌بخشد، جذاب و هیجان‌انگیز کردن کلاس درس است.

این مقاله به بررسـی شیوه‌هایی پیشـنهادی برای هیجان‌انگیز کردن کلاس درس فیزیک می‌پردازد نمونه‌های عملی در کلاس درس و نتایج حاصل از هر یک بر مبنای تجربهٔ شخصی بیان شده است.

این شـیوه‌های پیشنهادی عبارت‌اند از: استفاده از اسباب‌بازی و وسـایل تزیینی سادهٔ مرتبط با اصول فیزیک، استفاده از آزمایش‌های سـاده و جذاب و برگزاری مسـابقه علمی، پژوهشی، هنری به‌عنوان امتحان در کلاس.

من این شیوه‌ها را در سه سال تدریس خود از سال ۸۸ تاکنون در سه پایهٔ اول، دوم و سوم به‌کار گرفته و نتایج خوبی به‌دست آورده‌ام.

کلیدواژه‌ها: تدریس هیجان‌انگیز، تدریس با اسباب‌بازی، آزمایش‌های ساده، آزمایش‌های جذاب، مسابقه

مقدمه

چون برخی دانش‌آموزان دید مناسبی از فیزیک ندارند و فیزیک را درسی خشک و بی‌فایده می‌دانند، نمی‌توانند لذت و جذابیت‌های فیزیک و دنیای اطرافشان را درک کنند و در زندگی‌شان به‌کار گیرند.

برای بالا بردن میزان یادگیری درس فیزیک توسط دانش‌آموزان تحقیقات بسیاری صورت گرفته است ولی اینها کافی نیستند؛ چون برای یادگیری موضوع یا مطلبی ابتدا باید به آن علاقه‌مند شـد و به یادگیری آن مطلب احساس نیاز کرد.

بنابرایـن باید ابتدا دانش‌آموزان را به شـیوه‌ای خاص و پویا، به فیزیک علاقه‌مند کنیم. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که اشتیاق معلمان بیش از هرچیز به انگیزش درونی دانش‌آموزان و سرزندگی آن‌ها ارتباط دارد. به عبارت دیگر، معلمی که مطالب خویش را به سبک پویا و با اشتیاق عرضه می‌کند، جو کلاس را متحول می‌سازد و دانش‌آموزان وی انگیزه بیشـتری نسبت به مطالب درسی و نیز انرژی بالاتری در کلاس درس پیدا خواهند کرد.

توماس گـوردون در مورد فنون (آموزش اثربخش معلم) اصلاح کلاس درس و ایجاد آمادگی فراگیرندگان در امر یادگیری بیان می‌کند

آموزشی

هنر تدریس

جذاب و هیجان‌انگیز فیزیک

فاطمه ایجادی

دبیر فیزیک از مشهد

که هر معلم در کلاس درس باید این اصول را که شـامل غنی‌سازی، توسعه دادن، محدود کردن، تنظیم دوباره و ساده‌سازی مطالب است بـه‌کار گیرد تا بتواند مطالب خود را به فراگیرندگان آموزش دهد. در امر یاددهی باید کوشـید تا محیط غنی شود؛ یعنی محیطی جذاب، هیجان‌انگیز، غیرمعمول و غیریکنواخت به‌وجود آید. محیطی غیر از این محیطی کسل‌آور است که در آن یادگیری به بطالت فکری (که اساس «کارگاه‌های شیطان» است) تبدیل خواهد شد.(۱)

امروزه شیوه‌های جدید و فعال در یادگیری نقش اساسی برعهده دارند اما این شیوه‌ها باید بگونه‌ای به‌کار گرفته شوند که دانش‌آموزان به‌جای ذخیره‌سازی اصول و مطالب علمی درگیر مسائل زندگی شوند. آن‌ها باید مسائلی را که با زندگی واقعی‌شان در ارتباط باشد، یاد بگیرند؛ زیرا روش‌های ابتکاری منطبق با زندگی، موقعیت آموزشی را جذاب‌تر و رغبت و تلاش فراگیرندگان را در یادگیری افزون‌تر می‌کند.(۲)

بنابراین من به‌عنوان معلـم فیزیک تصمیم گرفتم کلاس‌های درس خود را جذاب و هیجان‌انگیز کنم تا دانش‌آموزان به درس فیزیک علاقه‌مند شـوند و بتوانند از این درس و علم لـذت ببرند و آن را در زندگی روزمره به‌کار گیرند.

شیوهٔ پیشنهادی

ارائهٔ یک موقعیت اسرارآمیز، پرابهام، مهیج و غیرمعمول می‌تواند حس کنجکاوی دانش‌آموز را برانگیزد و شـروع خوبی برای تدریس درس جدید باشـد. این موقعیت می‌تواند طرح یک پرسـش خاص، استفاده از یک اسباب‌بازی و یک آزمایش ساده باشد.

مطرح کردن یک پرسـش خاص، اسـتفاده از یک اسباب‌بازی یا آزمایش سـاده علاوه‌بر بـه کار انداختن ذهـن دانش‌آموزان برای پاسـخ دادن به آن پرسـش، انگیـزهٔ خوبی بـرای یادگیری مفاهیم فیزیک، ساخت یک اسـباب‌بازی جدید یا ارتباط بین درس فیزیک و زندگی‌شان خواهد بود.

اسـتفاده از وسایل ساده، ارزان و دم‌دستی برای آزمایش، کلاس را سرشار از تحرک می‌کند و برای دانش‌آموزان لذت خاصی به همراه می‌آورد که باعث کشـف قوانین فیزیک و حک شـدن در ذهنشان می‌شود.

تدریس به شیوهٔ بازی‌گونه نیز می‌تواند هیجان خاصی در کلاس به‌وجـود آورد که به یادگیـری بهتر فیزیک می‌انجامد. این شـیوهٔ بازی‌گونه می‌تواند به صورت گروهی یا به شـکل مسابقه‌ای علمی-پژوهشی برگزار شود.

مـن برای جذاب و هیجان‌انگیز کـردن کلاس درس فیزیک از چندین شـیوه شامل استفاده از اسباب‌بازی و وسایل تزیینی ساده با اصول فیزیکی، آزمایش‌های ساده و جذاب، برگزاری مسابقهٔ علمی-پژوهشی- هنری به‌عنوان امتحان با هدف مرور درس بهره برده‌ام.

الف. اسـتفاده از اسـباب‌بازی و وسایل تزیینی سادهٔ مرتبط با اصول فیزیک

همهٔ ما در هر سنی که باشیم، به اسباب‌بازی و بازی کردن با آن‌ها علاقه‌ای خاص داریم. چه ایرادی دارد که در سن نوجوانی و جوانی نیز به سراغ این اسباب‌بازی‌ها برویم و این بار از علم به‌کار گرفته شده در آن‌ها بهره بگیریم.

در فروشـگاه‌های اسـباب‌بازی اطراف خانه‌تـان و هرجا که به چشـمتان می‌خورد، به اسباب‌بازی‌ها توجه کنید. حتماً اسباب‌بازی مناسـب برخی از عنوان‌های درسـی فیزیک پیـدا خواهید کرد که می‌توانید آن‌ها را به کلاس درس ببرید.

روش کار

به دو شـیوه می‌توان از اسـباب‌بازی یا وسایل تزیینی مرتبط با اصول فیزیک در کلاس استفاده کرد

- در ابتدای کلاس و قبل از شروع درس برای ایجاد انگیزه
- در انتهای درس برای تثبیت مفاهیم تدریس شده

روش اول: بـرای تدریـس درس جدیـد در ابتـدای جلسـه، اسباب‌بازی را به‌کار می‌اندازیم و به دانش‌آموزان نشان می‌دهیم. سپس از دانش‌آموزان در مورد نحوهٔ کار اسباب‌بازی و موارد دیگر (که سرانجام به پاسخ صحیح و مرتبط با مفهوم درس می‌انجامد) سؤال می‌کنیم. از دانش‌آمـوزان می‌خواهیم تا یک به یک دلایلشـان را بیان کنند و هم‌زمان، هدف‌هایشان را روی تخته یادداشت می‌کنیم. در مرحلهٔ آخر، به کمک دانش‌آموزان به بررسـی دلایل ارائه شده می‌پردازیم و سعی می‌کنیم در ضمن پیدا کردن بهترین دلیل، مفهوم درس جدید را در آن بگنجانیم.

روش دوم: بعد از اتمام درس جدید، اسباب‌بازی را به دانش‌آموزان نشان می‌دهیم و پرسشی دربارهٔ طرز کار اسباب‌بازی یا وسیلهٔ تزیینی (به‌طوری که پاسخ نهایی مرتبط با مفهوم درس جدید باشد) را مطرح می‌کنیم و از آن‌ها می‌خواهیم پاسخ‌هایشان را بیان کنند. در نهایت، روی پاسخ‌های آن‌ها بحث و تبادل‌نظر می‌کنیم.

چند نمونه از اسباب‌بازی‌ها و وسایل تزیینی که خود در کلاس از آن‌ها اسـتفاده کرده و نتایج خوبی دریافت نموده‌ام، در صفحه بعد آمده است.

نتایج

نتایجی که من از اجرای این شیوه طی دو سال گرفتم

۱. نظـر همهٔ دانش‌آموزان کلاس نسـبت به فیزیک تغییر کرد و به فیزیک علاقه‌مند شدند.

۲. همهٔ دانش‌آمـوزان از کلاس لذت بردند و جز در برخی موارد، که مسائل کمی مشکل می‌شد، احساس خستگی نمی‌کردند.

۳. برخـی از دانش‌آموزان از اسـباب‌بازی‌های دیگری که دیده بودند صحبت می‌کردند و طرز کار آن‌ها را می‌پرسیدند. این می‌تواند شروع خوبی برای تقویت پرسشگری و کاوش دانش‌آموزان نسبت به دنیای اطراف باشد.

۴. بعضی دانش‌آموزان تمایل پیدا کردند که خودشان با فراگیری علم فیزیک اسباب‌بازی بسازند.

ب. استفاده از آزمایش‌های ساده و جذاب

ما معمولاً با مشکل نبود آزمایشگاه و کمبود وسایل آزمایشگاهی در مدرسه روبه‌رو هستیم. طراحی آزمایش‌های ساده و جذاب و استفاده از آن‌ها در کلاس می‌تواند علاوه بر آموزش هرچه بهتر موضوع درسی، کلاس را به شور و هیجان، که لازمهٔ سطوح بالاتر یادگیری است،بکشاند.

آزمایش‌های ساده نیاز به تجهیزات خاص ندارند. از طرفی، برقراری ارتباط بین دانش‌آموز و وسایل آزمایش خیلی راحت صورت می‌پذیرد. دانش‌آموز از اینکه این وسایل را می‌تواند در خانه نیز تهیه کند و یک‌بار دیگر آن را در کنار اعضای خانواده به نمایش بگذارد، احساس لذت می‌کند.

روش کار

آزمایش را در ابتدای درس جدید انجام می‌دهیم و پرسش‌هایی را مطرح می‌کنیم و از هر یک از دانش‌آموزان می‌خواهیم به آن‌ها پاسخ دهند. پاسخ‌ها را روی تخته می‌نویسیم و بهترین پاسخ را (با نظارت و سوق دادن پاسخ‌ها به هدف اصلی) به کمک دانش‌آموزان انتخاب می‌کنیم. با رسیدن به پاسخ صحیح، مفهوم درس را به دانش‌آموزان آموزش داده‌ایم. اکنون توجه دانش‌آموزان به درس جدید جلب می‌شود و آمادهٔ مراحل بعدی تدریس می‌شوند. از آنجا که دانش‌آموزان مفهوم اصلی درس را فرا گرفته‌اند، مراحل بعدی تدریس آسان خواهد شد.

با این کار هم توجه دانش‌آموزان را به مفاهیم فیزیک جلب کرده‌ایم و کلاسی پرشور و هیجان ساخته‌ایم و هم مطالب درس را برای آنان که علاقه‌مند شده‌اند آسان کرده‌ایم؛ چراکه علاقه مطالب سخت درس را نیز ساده خواهد کرد.

چند نمونه از آزمایش‌های ساده و جذابی که من در کلاس خود استفاده کرده و نتایج خوبی به‌دست آورده‌ام، در زیر آمده است.

نتایج حاصل از اجرای این شیوه

۱. دید همهٔ دانش‌آموزان کلاس نسبت به فیزیک تغییر کرد و به فیزیک علاقه‌مند شدند. به‌طوری که ضعیف‌ترین دانش‌آموز کلاس با نمرهٔ فیزیک ۵ توانست نمره‌اش را به ۱۵ افزایش دهد. اگرچه درس ریاضی او همچنان ضعیف (در حدود ۴) بود و این مطلب باعث تعجب مدیر مدرسه گردید.

۲. دانش آموزان از کلاس لذت می‌بردند. آن‌ها فعال شده بودند و دیگر مثل گذشته از کلاس فیزیک احساس خستگی نمی‌کردند. بچه‌ها همواره منتظر کلاس فیزیک و آزمایش جدید بودند.

۳. آن‌ها اظهار می‌کردند که آزمایش‌های فیزیک لذت‌بخش‌ترین بخش درس است و کلاس فیزیک را بهترین کلاس خود می‌دانستند.

۴. بعضی دانش‌آموزان آزمایش را در خانه تکرار می‌کردند و گزارش کارشان را به همراه عکس به کلاس می‌آوردند.

۵. مطالب درس بهتر در ذهن دانش‌آموزان تثبیت می‌شد.

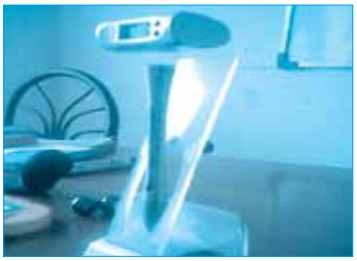
شکل۱. هیجان در کلاس اول؛ نمایش ساعت ژله‌ای برای تثبیت مفهوم تبدیل انرژی پتانسیل به جنبشی.

شکل۲. نمایش مفهوم تار نوری

شکل۳. هیجان در کلاس سوم؛ ایجاد انگیزه در ابتدای فصل ترمودینامیک

شکل۴. تدریس حالت چهارم ماده در پایهٔ دوم به کمک چراغ پلاسما

شکل۵. رسانایی بدن در برقراری جریان



شکل۶. خودکار معلق

شکل۷. یویو برای آموزش لختی در کلاس دوم

شکل۸. بادکنک پرنده برای آموزش فشار در کلاس دوم

شکل۹. چسبونک برای آموزش فشار در کلاس دوم

پ. برگزاری مسابقه علمی، پژوهشی، هنری

کلاس تـا زمانی کـه در حال انجـام دادن آزمایش، مشـاهده و یادگیری اسـت، فعال و لذت‌بخش اسـت اما همین که صحبت از امتحان به میان می‌آید، ترس وجود دانش‌آموزان را فرا می‌گیرد. برای هیجان‌انگیز کردن کلاس در زمان امتحان نیز می‌توان دو، سه مرتبه در سـال امتحان کلاس را (با هدف مرور مطالب) به شـکل مسابقه برگزار کرد. برگزاری امتحان به این سبک بدون شک باعث ایجاد شور و هیجان و لذت خاصی در کلاس خواهد شد.

روش کار

۱.یکی دو جلسـه قبل از برگزاری امتحان به صورت مسابقه به دانش‌آموزان اعلام می‌کنیم که در روز x مسابقه‌ای علمی- پژوهشی- هنری شـامل پرسش و مسئله، نقاشـی و معما از قسمت‌های x و y کتـاب خواهید داشـت. از آن‌ها می‌خواهیم در روز مسـابقه علاوه‌بر مطالعه بخش‌های تعیین شده، وسایل لازم (اعلام شده توسط معلم) را نیز همراه خود بیاورند.

۲.بهتر است مسابقه را در همان جلسهٔ دو ساعتی کلاس درس با هماهنگی دفتر مدرسه در حیاط یا فضای باز دیگری برگزار کنید.

۳.دانش‌آموزان را به گروه‌های بیش از سـه نفر تقسـیم کنید؛ به‌طوری که در هر گروه دانش‌آموزانی با هوش‌های مختلف (منطقی، تصویری، کلامی و...) و از نظر سـطح درسی ضعیف، متوسط و قوی وجود داشته باشند.

۴.پرسـش‌های مسابقه را که قبلاً در خانه جداگانه در برگه‌های کوچکی نوشته و امتیاز آن‌ها را در زیر برگه‌ها قید کرده‌اید، به تعداد یکسان و تقریباً مشابه به هر گروه تحویل دهید.

۵.پرسش‌های موضوع نقاشی را (که از مطالب تعیین شده برای امتحان و برای هر گروه متفاوت است) به صورت کاتوره‌ای به گروه‌ها تحویل دهید.

۶.معمای فیزیکی را (که بهتر اسـت از مطالب تعیین‌شده برای امتحان باشد و برای گروه‌ها یکسان است) به همراه وسایل مورد نیاز جهت اجرای عملی به گروه‌ها بدهید.

۷.قوانین مسابقه را به اطلاع دانش‌آموزان برسانید.

قوانین مسابقه

- گروه‌ها نباید با یکدیگر تعامل داشته باشند.
- همهٔ افراد یک گروه باید با هم مشورت و هم‌فکری داشته باشند.
- گروهـی که کارش را زودتر تحویل دهـد، امتیاز گروه اول در زمان را می‌گیرد.
- هر پرسش و فعالیت امتیاز مخصوصی دارد.
- سرانجام، گروهی که بیشترین امتیاز را کسب کند، برندهٔ مسابقه می‌شود و به آن گروه جایزه‌ای تعلق می‌گیرد.

شکل ۱۰. تبدیل انرژی خورشیدی به مکانیکی

شکل ۱۱. ایجاد انگیزه و هیجان در تدریس بحث فشار

شـکل ۱۲. انجـام دادن آزمایش در ابتـدای تدریس مفهوم فشـار با آزمایش بادکنک بادشده و پرشده از آب روی تخته میخ‌دار(۳)

شکل ۱۳. هیجان در کلاس در تدریس مفهوم فشار با آزمایش بادکنک باد شـده و پرشـده از آب روی تختهٔ میخ‌دار(۳)

شکل ۱۴. دانش‌آموزان در حال آزمایش کردن

شکل ۱۵. تدریس تصویر در آینهٔ مقعر

شـکل ۱۶. هیجـان در کلاس با دیـدن ویژگی‌های تصویر در آینهٔ مقعر

شـکل ۱۷. رسـم پرتـو در آینهٔ تخـت و متقاطع به صورت سه بعدی

شـکل ۱۸. رسـم پرتو در آینهٔ کروی به صورت سـه بعدی

من این امتحان را امسال در جلسهٔ دوم بعد از تعطیلات نوروزی برگزار کردم. مطالب مورد امتحان عبارت بودند از:

- پرسش به صورت نقاشی (۳ فصل اول)
- پرسش کتبی و حل مسئله (فصل ۴ و قسمتی از فصل ۵)
- دو معمای فیزیکی خارج از موضوع درس شامل

چگونه می‌توان بادکنک را با استفاده از یک نی در بطری باد کرد. وسایل مورد استفادهٔ مجاز عبارت‌اند از: نی، بادکنک و بطری.

چگونه می‌توان مدت زمان سقوط یک برگ کاغذ A۴ را از ارتفاع معین افزایش داد؟ وسایل مورد استفادهٔ مجاز: قیچی و مقدار کمی چسب.

- بازی فکری برای جذاب‌تر شدن کار.

تصاویری از این شیوهٔ تدریس در کلاس‌های اول دبیرستان‌های نشاط نو و شفق در زیر آمده است:

نتایج حاصل از اجرای این شیوه

۱. رقابتی سالم و مؤثر بین گروه‌ها به‌وجود آمد؛ به‌طوری که دانش‌آموزان نسبت به درس فیزیک و محتوای آموزش داده شده احساس رضایت و هیجان پیدا کردند.

۲. دانش‌آموزان ضعیف در گروه احساس اهمیت کردند؛ چراکه خود را در سرنوشت خویش و دیگران سهیم دیدند.

۳. خودباوری و اعتماد به نفس دانش‌آموزان تقویت شد.

۴. در گروه‌ها احساسات مثبت نسبت به یکدیگر افزایش یافت و جدایی و تنهایی کاهش پیدا کرد.

۵. ضمن اینکه روابط درون‌گروهی و برون‌گروهی دانش‌آموزان افزایش یافت، آنان مهارت‌های تحمل یکدیگر و با هم زیستن را به‌طور عملی تجربه کردند.

۶. تمایل دانش‌آموزان به دادن امتحان به این شیوه افزایش یافت؛ به طوری که چندین بار از من خواستند که دوباره چنین مسابقه‌ای برگزار کنم.

نتیجه‌گیری

استفاده از اسباب‌بازی و وسایل تزیینی مرتبط با فیزیک و آزمایش‌های ساده، کلاس درس را جذاب و هیجان‌انگیز کرد و حاصل آن این شد که در نیمهٔ دوم سال همهٔ دانش‌آموزان به درس فیزیک علاقه‌مند شدند و در نمرات کلاسی دانش‌آموزان ضعیف پیشرفت در خور ملاحظه‌ای مشاهده گردید. همچنین، برگزاری امتحان به صورت مسابقهٔ علمی- پژوهشی- هنری (با هدف مرور درس) بر جذابیت کلاس افزود و تا حدودی دید دانش‌آموزان را نسبت به امتحان تغییر داد.

منابع

۱. گوردون، توماس. آموزش اثربخش معلم

۲. شریعتمداری، علی. **رسالت تربیتی و علمی مراکز آموزشی**، تهران، انتشارات مدرسه، ۱۳۸۶.

۳. سایت انجمن معلمان فیزیک فارس (http://amff.ir)

۴. کارگاه‌های آموزشی درس فیزیک برگزار شده توسط گروه فیزیک استان خراسان رضوی/مجید عتیقی

شکل ۱۹. تدریس ضریب شکست با آزمایشی مهیج(۴)

شکل ۲۰. آزمایشی جذاب برای تدریس مفهوم چگالی

شکل ۲۱. آزمایشی جذاب برای تدریس کشش سطحی

شکل ۲۲. یک گروه ۵ نفره در دبیرستان شفق در حال بازی فکری- حل مسئله و نقاشی

شکل ۲۳. دو گروه از دانش‌آموزان در حال تعامل در دبیرستان شفق

شکل ۲۴. یک گروه ۳ نفره در دبیرستان نشاط نو در حال حل مسئله و نقاشی

شکل ۲۵. نقاشی‌های گروه‌ها

شکل ۲۶. ساخت کاغذ A۴ در دبیرستان نشاط نو

شکل ۲۷. تلاش گروه ۳ نفرهٔ دبیرستان نشاط نو برای بازی فکری و حل مسئله

شکل ۲۸. تلاش یکی از دانش‌آموزان برای حل معمای باد کردن بادکنک در بطری

تعداد و اندازهٔ اتم‌ها در یک نقطهٔ چاپی

بت‌شیفر و همکاران
ترجمهٔ احمد توحیدی

شاگردان مدارس ابتدایی می‌دانند اتم‌ها بسیار بسیار کوچک‌اند. همچنین به آن‌ها یاد می‌دهند که اتم‌ها (و مولکول‌ها) اجزای بنیادی جهان مادی هستند. اغلب تعداد و اندازهٔ آن‌ها هم داده می‌شود امّا با این همه، تجسم اندازهٔ آن‌ها نسبت به چیزهای معمولی دور و بر مشکل است. برای این‌که شاگردان شناختی کمّی از اندازهٔ اتم‌ها به دست آورند، مسئله را با این پرسش بررسی کرده‌ایم که چند اتم در یک نقطهٔ چاپی آخر جمله (.) وجود دارد؟ در این مقاله تعداد اتم‌هایک یک نقطه مشخص و دربارهٔ معادلهٔ تعیین شعاع اتم نیز بحث شده است.

برای تعیین تعداد و اندازهٔ یک اتم، نقطه‌ای را در نظر بگیرید که لیزری یا مرکبی روی یک ورقهٔ کاغذ چاپ کرده است. هر قطرهٔ مرکب شامل کربنِ سیاه حل شده در یک محلول فَرّار است. چند ثانیه پس از چاپ، فقط مقدار بسیار کمی از کربن خالص روی کاغذ باقی می‌ماند. وارسی نقطه به کمک ذره‌بین یا میکروسکوپ نشان می‌دهد که این نقطه تقریباً شبیه یک «پن‌کیک» استوانه‌ای بسیار نازک است. اکنون تعداد اتم‌های این نقطه را برآورد می‌کنیم.

حجم استوانه‌ای نقطه V_{CYL} برابر است با

$$V_{CYL} = \pi R^2 H, \qquad (1)$$

که R شعاعِ نقطه و H ارتفاعِ (ضخامت) آن است. بنابراین، جرم نقطه m_x

$$m_x = \rho_x V_{CYL} \qquad (2)$$

که ρ_x چگالی نقطه است. در رابطه(۲) شاخص پایین X مربوط به ترکیب شیمیایی نقطه است. تعداد مول‌ها M_x در نقطه برابر است با

$$M_x = \frac{m_x}{X} = \frac{\rho_x V_{CYL}}{X}, \qquad (3)$$

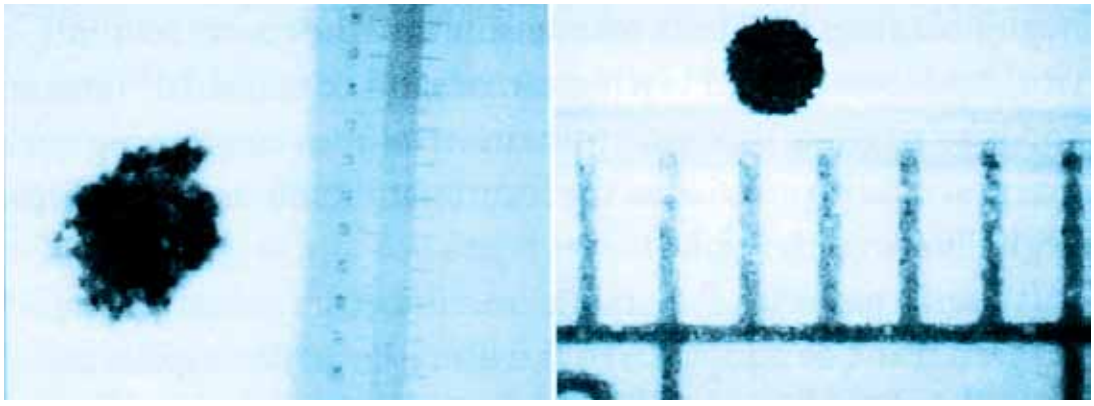
که X وزن مولی اتم (g/mol) است. تعداد اتم‌ها، nx، در نقطه با ضرب کردن رابطهٔ (۳) در عدد آووگادرو، N به‌دست می‌آید.

$$n_x = N.M_x = N.\frac{\rho_x V_{CYL}}{X}. \qquad (4)$$

با قراردادن رابطهٔ (۱) برای حجم در رابطهٔ (۴) و قراردادن $D=2R$ رابطهٔ زیر حاصل می‌شود.

$$n_x = \frac{N \rho_x}{X}\left[\frac{\pi H D^2}{4}\right] \qquad (5)$$

ارتفاع «پن‌کیک»؛ با استفاده از میکروسکوپ به صورت دیداری در حدود ضخامت متوسط یک ورقهٔ کاغذ ۵۰ گرمی



منظره‌های بزرگ شده نقطه‌های چاپی. چپ: فونت۱۲. راست: فونت ۲۸.

برآورد شـد (به سـختی می‌توان مرکـب را در طرف دیگر آن دید) ضخامت متوسط کاغذ ۵۰ گرمی ۰/۰۱۰cm=۱۰mm/۰ به‌دست می‌آید. قطر نقطه را می‌توان با یک خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیـری کـرد. تصویر اندازه‌هـای دو نقطه بـا فونت‌های (قلم‌های) مختلف در شکل (۱) نشان داده شده است.

بـرای یـک نقطـه بـا فونـت ۱۲، قطـر تقریبـاً D=۰/۰۵۲mm=۰/۰۵۲cm به‌دسـت آمـد. چگالی، ρ_c ، کربنِ سـیاه به اندازهٔ قطر بستگی دارد، اندازهٔ ذرات کربن سیاه در مرکب (در مقایسـه با ذرات موجود در تایرهای لاسـتیکی کوچـک اسـت) و چگالـی آن در حـدود $2/01 \frac{g}{cm^3}$ فرض می‌شـود. وزن مولی کربـن ۱۲/۰۱۱ g/mol و عدد آووگادرو $N = 6/023 \times 10^{23}$ اتم/mol اسـت. با قرار دادن این مقدارها در رابطه (۵) رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید.

$$n_c = \frac{6/023\times10^{23}\ /\mathrm{mol} \times 2/01\ \mathrm{g/cm^3}}{12/01\ \mathrm{g/mol}} \left[\frac{\pi(0/052\mathrm{cm})^2(0/01\mathrm{cm})}{4}\right] = 2/14\times10^{18}$$

(۶)

بنابرایـن، در یک نقطه تقریباً $2/14 \times 10^{18}$ اتم وجود دارد؛ یعنـی یک میلیارد، میلیارد اتم کربن در یک نقطه وجود دارد. اتم‌ها واقعاً کوچک‌اند.

اکنون با اطلاعات پیشین فقط یک گام کوچک تا محاسبه قطر یک اتم کربن فاصله داریم. همچنین فرض شـده است که مرکب روی کاغذ پخش می‌شود و تقریباً استوانه‌ای را تشکیل می‌دهد. اتم‌های کربن در زمینهٔ کاغذ جذب شده‌اند. فرض شده است استوانه فقط شامل اتم‌های کربن است. قطر یک اتم کربن را می‌توان به آسانی با تقسیم حجم استوانه، رابطهٔ (۱)، بر تعداد اتم‌ها، معادلهٔ (۶) برآورد کرد.

$$V_c = \frac{V_{CYL}}{n_c} = \frac{V_{CYL}}{n_c} = \frac{V_{CYL}}{\frac{N\rho_c}{X_c}V_{CYL}} = \frac{X_c}{N\rho_c} = 9/92\times10^{-24}\ \mathrm{cm^3} \quad (۷)$$

$$d_c = \sqrt[3]{V_c} = \sqrt[3]{9/92\times10^{-24}\ \mathrm{cm^3}} = 2/1\times10^{-8}\ \mathrm{cm}$$

این مقـدار قطر تقریبی یک اتم کربن اسـت. توجه کنید که در معادلهٔ (۷) لازم نیسـت ابعاد نقطه را بدانیم تا شعاع آن را پیدا کنیم. فقط بایـد مقدارهای تقریبی چگالی کربنِ به‌کار رفته را بدانیم.

شـعاع کووالانسـی اندازه‌گیـری شـده برای اتـم کربن $r \sim 0/70\times10^{-10}\ \mathrm{m}$

بنابراین، برآوردی که در این مقاله برای شـعاع اتم کربن به دسـت آمـده اسـت $r \sim 1\times10^{-10}\ \mathrm{m}$ ، سـازگاری خوبی با مقدارهای منتشر شده دارد.

سرانجام، هدف اصلی مقاله این بود که نشان دهیم چگونه و اتم‌ها در مقایسـه با به جهان «روزمرهٔ» ما کوچک‌اند. احتمالاً شاگردان از درک این موضوع شگفت‌زده می‌شوند که حتی در موجودی کوچک مانند «نقطه» تقریبـاً میلیاردها میلیارد اتم

پی‌نوشت

1. An Estimation of the Number and Size of Atoms in a Printed Period.

منابع

1. The Physics Teacher Vol. 49, october 2001

امواج صوتی در عمق سنجی دریا

هادی فدوی حسینی و یلدا رشیدی از مشهد

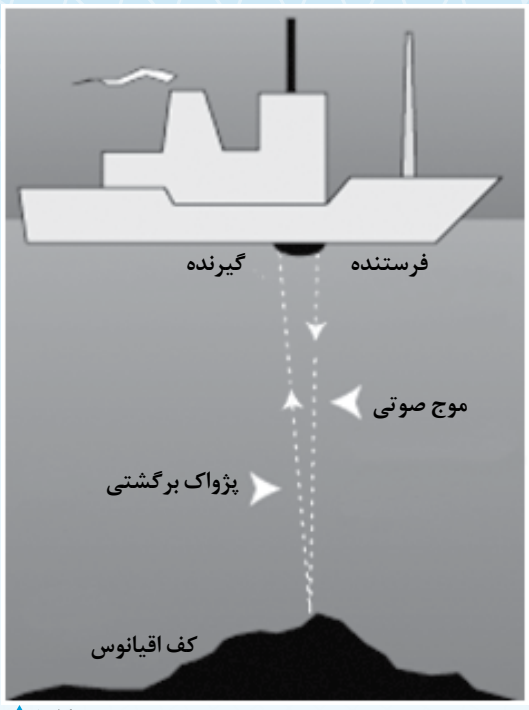
چکیده

تعیین عمق دریاها یک ضرورت دریانوردی و امکانی فیزیکی است. عمق‌سنجی، روش‌ها و شیوه‌های گوناگونی متناسب با درخواست و نیاز ما دارد. اختراع عمق‌سنجی صوتی، راهکار جدید و مؤثری است که بر پایهٔ بازتاب صوت طراحی و اجرا شده است. جذب، پراکندگی یا بازتاب رفتارهایی است که موج صوتی در برابر کاوشگر و در زیر دریا بروز می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: عمق‌سنج صوتی (سونار)، مبدّل، کاوشگر صوتی، بازتاب صوت

نقشهٔ اعماق اقیانوس‌ها و دریاها مشخص است. در گذشته، برای تعیین عمق دریاها از یک طناب که به وزنه‌ای متصل بود، استفاده می‌کردند. طناب از بالای کشتی به پایین فرستاده می‌شد و وقتی وزنه به کف دریا برخورد می‌کرد، روی آن علامتی زده و وزنه بالا کشیده می‌شد؛ آن‌گاه با اندازه‌گیری فاصلهٔ علامت تا وزنه عمق دریا در آن نقطه تعیین می‌گردید. این روش نقشه‌برداری کف دریا به زمان زیادی احتیاج دارد. به‌ویژه هنگامی که عمق‌سنجی از آب‌های عمیق انجام می‌گیرد.

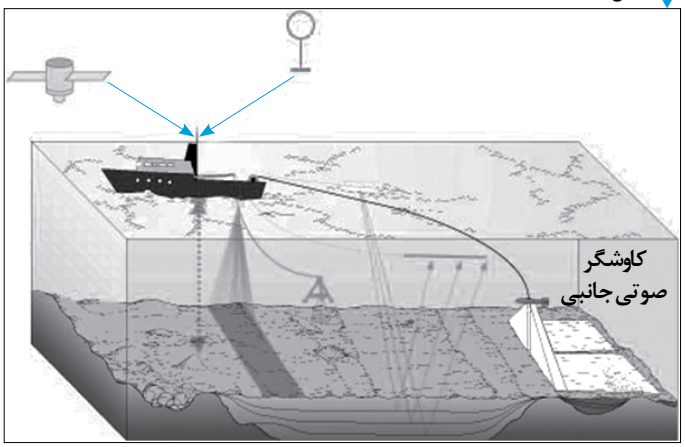
اختراع عمق‌سنج صوتی[1] (سونار)، نقشه‌برداری کف دریا را دگرگون کرد. فرستنده و گیرنده امواج صوتی، **مبدل**[2] نامیده می‌شود. فرستنده یک تپ[3] صوتی به داخل آب می‌فرستد، تپ بعد از برخورد با کف دریا، باز می‌تابد. مبدل می‌تواند بازتاب سیگنال‌های صوتی را دریافت کند. رایانه‌ها با دقت، زمان رفت و برگشت سیگنال صوتی را اندازه می‌گیرند. در آب کم‌عمق امواج صوتی خیلی سریع برمی‌گردند و در آب‌های عمیق‌تر زمان بیشتری برای دریافت بازتاب صوت لازم است. عمق دریا با دانستن سرعت صوت در آب محاسبه می‌شود (سرعت صوت در آب تقریباً ۱۵۰۰ متر در هر ثانیه است). به این روش نقشه‌برداری از کف دریا **عمق‌سنجی صوتی**[4] می‌گویند.



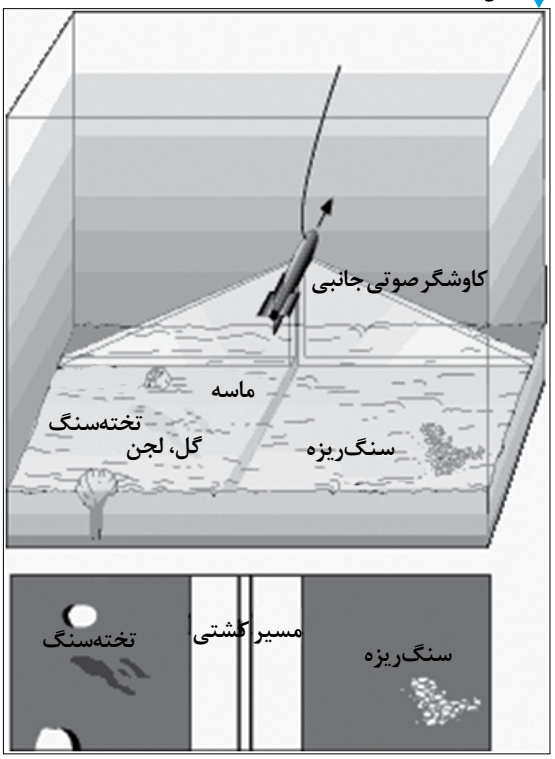
شکل ۱

عمق‌سنج صوتی می‌تواند در بسامدهای مختلف صوت کار کند؛ از آن می‌توان برای به‌دست آوردن اطلاعات مفید از بستر و ستون آب و حتی اشیا در دریاها و اقیانوس‌ها استفاده کرد. برای مثال از بسامد ۱۲ کیلوهرتز برای اندازه‌گیری عمق آب، بسامدهای پایین‌تر حدود ۳/۵کیلوهرتز برای بررسی لایه‌های رسوبی کف دریا و بسامدهای بالاتر حدود ۲۰۰ کیلوهرتز برای شناسایی ماهی و پلانکتون استفاده می‌شود.

شکل ۲



شکل ۳



شکل ۴. تصویر بستر دریای بیفورت که آثار تخریب ناشی از حرکت کوه‌های یخی روی آن مشخص است.

نوعی عمق‌سنج صوتی که به‌وسیلهٔ کشتی یدک می‌شود و برای پیدا کردن اشیا در کف دریاها مورد استفاده قرار می‌گیرد، **کاوشگر صوتی جانبی**[۵] نامیده می‌شود. از این وسیله برای نگاه کردن به جزئیات بستر دریاها استفاده می‌کنند. (شکل ۲)

این وسیله سیگنال‌های صوتی را که انرژی آن‌ها در یک نوار باریک متمرکز است، عمود بر مسیر کشتی در حال حرکت به طرف بستر ارسال می‌کند. این سیگنال‌ها بعد از برخورد به بستر یا مانع بازمی‌تابند. بازتاب این سیگنال‌های صوتی به‌وسیله میکروفون‌های زیر آبی حساس که در یدکش قرار دارند، دریافت می‌شوند.

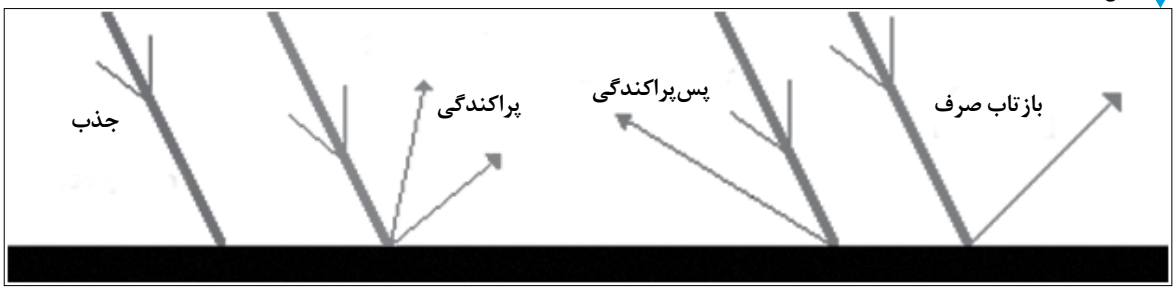
سیگنال‌های میکروفون زیر آبی برای پردازش و ایجاد تصویر به کشتی فرستاد می‌شود. این تصویر و اطلاعات از سطحی است که کاوشگر صوتی از روی آن عبور می‌کند. قسمت‌های تاریک‌تر تصویر نشان‌دهندهٔ بازتاب قوی‌تر امواج صوتی هستند. سیگنال‌ها بیشتر به یک ثبت‌کننده گرافیکی که تصویر می‌سازد، فرستاده می‌شوند.(شکل ۳)

تصویر زیر شکل مسیر یک کاوشگر صوتی را نشان می‌دهد. وسط تصویر، مسیر کاوشگر است. یک خط سیاه (یا دو خط سیاه) درست در وسط تصویر وجود دارد. این نشان‌دهندهٔ امواج صوتی گسیل شده از دستگاه و دریافت فوری امواج به‌وسیله هیدروفون‌های روی دستگاه است. فضای سفید خالی، خارج از خطوط سیاه، زمان لازم برای طی مسافتی است که صوت در درون آن طی می‌کند. اولین بازتاب از کف دریا (یا بعضی اوقات از سطح دریا) است. بازتاب‌های بعدی از کف دریا و اشیائی است که در فاصله‌های دورتر از کاوشگر صوتی قرار دارند. کاوشگر صوتی خیلی حساس است و می‌تواند اجسامی کوچک‌تر از یک سانتی‌متر را در کف اقیانوس اندازه‌گیری کند.(شکل ۴)

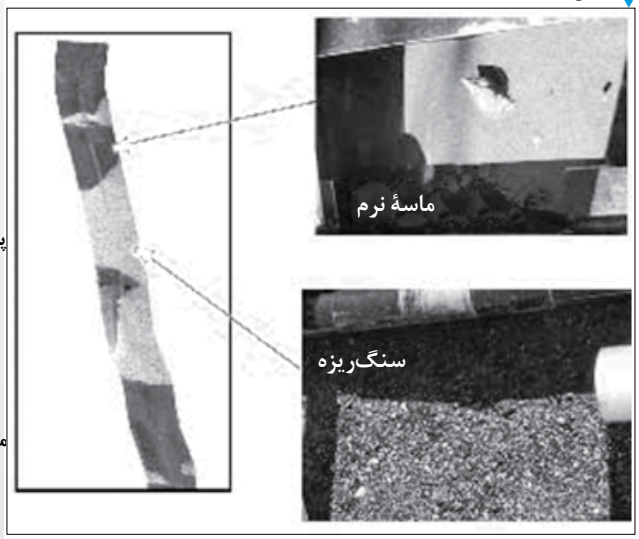
کاربردهای کاوشگر صوتی عبارت است از: جست‌وجوی اشیای کف دریا (کشتی‌های غرق شده و خطوط لوله، هواپیماهای سقوط کرده، محموله‌های گم شده)، نقشه‌برداری تفصیلی کف دریا، پژوهش در خواص و ویژگی‌های کف دریا (اندازه بافت و...) و مشاهدهٔ ویژگی‌های کف دریا مثل آتش‌فشان‌های زیر آب.

هنگام ارسال صوت به وسیلهٔ کاوشگر صوتی به بستر اقیانوس چند حالت می‌تواند برای موج صوتی رخ دهد. شاید موج در کف دریا جذب و بازتابیده شود. بازتاب صوت به چند طریق صورت می‌گیرد. صوت می‌تواند مستقیم به عقب

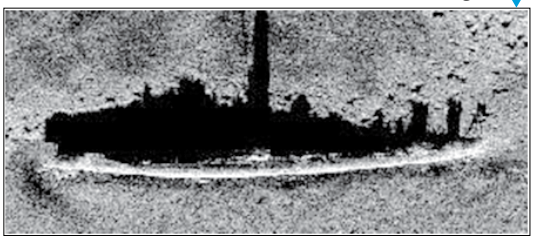
شکل۵



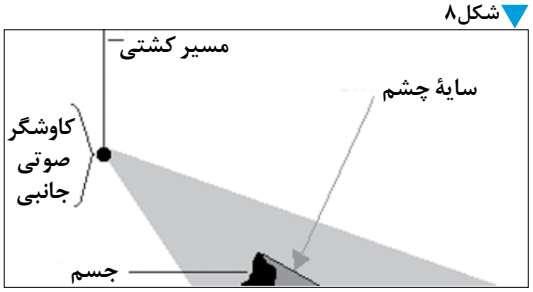
شکل۶



شکل۷



شکل۸



بازتابیده شـود یا آنکه در مسیرهای مختلف پراکنده گردد. این پراکندگی می‌تواند در جهت حرکت کشتی یا به طرف کاوشگر باشد .(شکل۵)

مقدار جذب و پراکندگی در جهات مختلف به ویژگی‌های کف دریا بسـتگی دارد. مواد سـخت مثل صخره‌ها بیشـتر از مـواد نرم مثـل گل و لای صوت را پراکنـده و مواد نرم صوت را بیشـتر جذب می‌کنند. بازتاب‌های مختلف صوت ناشـی از پراکندگی به‌وسـیلهٔ یدک‌کش دریافت، و سـبب ایجاد تصاویر متفاوتی از کف دریا می‌شود. تصاویر زیر مثال‌هایی هستند که نشان می‌دهند چگونه یک ویژگی کف دریا (اندازهٔ بافت بستر) به‌وسیله کاوشگر ردیاب صوتی مشخص می‌شود.(شکل۶)

عکس سـمت چپ، تصویر حاصل از ردیاب صوتی را نشان می‌دهد و در طرف راسـت دو نمونه به‌دسـت آمده از سـطوح حاصل از تصویر ردیاب اسـت. ماسـهٔ نـرم در تصویر تاریک‌تر است؛ زیرا بیشـتر انرژی صوتی از دانه‌های یکنواخت بازتابیده می‌شود. سـنگ‌ریزه‌ها در تصویر روشن‌ترند؛ زیرا سنگ‌ریزه‌ها بیشتر انرژی صوتی را پراکنده می‌کنند.

از کاوشـگر صوتی جانبی بیشـتر وقت‌ها برای پیدا کردن اشیائی مانند کشتی‌های شکسته در کف دریا استفاده می‌شود. تصویر زیر، زیردریایی آمریکا را که در سال ۱۹۲۰ م. غرق شده است، نشان می‌دهد. زیردریایی یک سایهٔ بزرگ دارد. (سایه در تصویر سیاه اسـت) و خود زیردریایی، قسمت روشن در پایین تصویر است.

عوارض در کف دریا به‌صورت سایه در تصویرهای کاوشگر صوتی ظاهر می‌شـوند که این به‌خاطر ویژگی هندسی پرتوی صوت در برخورد با اجسـام اسـت. شکل زیر چگونگی به‌وجود آمدن را نشان می‌دهد.(شکل۷)

عوارض در کف دریا به صورت سایه در تصویرهای کاوشگر صوتی ظاهر می‌شـوند که به این خاطر ویژگی هندسی پرتوی صوت در برخورد با اجسـام اسـت. شکل زیر چگونگی به‌وجود آمدن سایه را نشان می‌دهد.

صـوت حاصل از ردیـاب صوتـی جانبی بعـد از برخورد به اجسـام بازتابیده می‌شود. بخشـی از کف دریا، که به‌خاطر وجود اشـیا امواج صوتی را دریافت نکرده اسـت بازتابی ندارد. این قسـمت در تصویر ردیاب صوتی به‌صورت سایه است. سایه سـفید خواهد بود. سـایه در تصویر زیر دریایی بالا سیاه است، زیرا رنگ‌ها را برای مشخص نمودن زیردریایی معکوس کرده‌اند.

پی‌نوشت

1. sonar
2. transducer
3. pulse
4. echosounding
5. side scan scnar

منابع

1. Discovery of sound in the sea, office of marine programs, univesity of Rhode Island.
2. Robert H. Stewart, “Introduction Physical Ocenography”. Department Physical oceanography, Texas A & M University.
3. Spindel, R.C., and P.F. Worcedter, “Occan acoustic tomography.” Scientific American, 263, 94-99 (October, 1990)
4. Seminar of the 1st APEC Occan-Related Ministerial Meeting, Proceedings Aprii 22-23, 2002. Seoul, Korce
5. http://www.pmol.noaa.gov/vents/nemo/index.html

ساختار نظام آموزشی و برنامهٔ درسی فیزیک سنگاپور

اشرف‌السادات شکرباغانی
عضو هیئت علمی مؤسسهٔ پژوهشی برنامه‌ریزی درسی و نوآوری‌های آموزشی

کلیدواژه‌ها: نظام آموزشی، برنامهٔ درسی فیزیک، سنگاپور

وضعیت جغرافیایی، سیاسی، اقتصادی و اجتماعی سنگاپور

سنگاپور با جمعیتی بالغ بر چهار میلیون نفر و مساحت ۶۲۰ کیلومتر مربع، کوچک‌ترین کشور مستقل آسیاست که در منطقهٔ جنوب شرقی آسیا واقع شده است. شهر سنگاپور پایتخت کشور و حکومت آن جمهوری است. این کشور با توجه به موقعیت جغرافیایی‌اش، که در مرکز راه‌های دریایی و هوایی اقیانوس‌های آرام و هند قرار دارد، هدایت صادرات و واردات منطقه شرق آسیا را بر عهده دارد و دارای اقتصادی خدمات‌گراست. تولید ناخالص ملی این کشور در سال ۲۰۰۵ برابر ۱۲۰ میلیارد دلار آمریکا (رتبهٔ ۳۹ در جهان) بوده و سهم آموزش و پرورش از این تولید ۳/۸ درصد است. این تداوم رشد صعودی حاکی از اقتصادی سالم و قوی و نیمه دولتی همراه با خدمات اجتماعی و مدنی چشمگیر است که تأثیری عمیق بر رفاه مردم و اقتصاد کشور داشته است. به این علت مردم سنگاپور از درآمد سرانه (رتبهٔ ۲۷ در جهان) بالایی برخوردارند و در رده‌های بالای طبقه‌بندی جهانی قرار دارند. به‌طور کلی، سنگاپور از نظر اقتصادی دارای وضعیت مناسبی است. زبان‌های رسمی این کشور، مالزیایی، چینی، تامیلی و انگلیسی است. زبان انگلیسی زبان اداری سنگاپور است.

ساختار نظام آموزشی سنگاپور

با توجه به گفته‌های «وینستون هوگ»[1] (۲۰۰۸) هدف نظام آموزش سنگاپور فراهم‌سازی آموزشی همه‌گیر و جامع برای تمام دانش‌آموزان سنگاپوری است. مشخصهٔ اصلی نظام آموزش و پرورش سنگاپور ارائه و آموزش ویژگی‌های چند ملیتی و چند فرهنگی سنگاپور و همچنین رعایت سیاست دو زبانهٔ این کشور است.

در این نظام، دانش‌آموزان زبان انگلیسی را که زبان رایج و معمول دنیاست، می‌آموزند. آن‌ها همچنین زبان مادری خود را که ممکن است هر یک از این زبان‌های چینی، مالزیایی یا تامیلی باشد، فرا می‌گیرند تا به هویت، فرهنگ، میراث و ارزش‌های نژادی خویش بازگردند. سیاست‌های آموزشی سنگاپور متمرکز بر رشد منابع انسانی است و تلاش بر این است که دانش‌آموزان را با نیازهای فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی کشور آشنا کنند و با آموزش مهارت‌های ویژه به آن‌ها نیروهای کاری لازم جهت رفع این نیازها را فراهم آورند. نظام آموزش و

پرورش سنگاپور بیشتر بر آموزش اخلاق و تربیت بدنی، پرورش افکار خلاق، منتقد و مستقل استوار است. سیاست‌های آموزشی سنگاپور ایجاب می‌کند که هر دانش‌آموز زبان انگلیسی و زبان مادری خویش را یاد بگیرد. این عمل موجب می‌شود که دانش‌آموزان تبحر کافی را در زبان انگلیسی، که زبان تجارت، علم و فناوری است، به‌دست آورند. کارایی و بهره‌وری نظام آموزشی سنگاپور به اندازه‌ای بالاست که دانش‌آموزان پس از فارغ‌التحصیل شدن می‌توانند بلافاصله جذب بازار کار شوند یا به طور آگاهانه ادامه تحصیل دهند و مهارت‌های تخصصی بالاتر را کسب کنند. هدف برنامهٔ آموزشی ملی سنگاپور این است که کودکان به نحوی پرورش یابند که میل و اشتیاق به یادگیری برای تمام طول عمر در آن‌ها به‌وجود آید و بتوانند استعدادهای خود را کشف کنند و پرورش دهند. دانش‌آموزان به خاطر دسترسی به طیف وسیعی از تجارب، به سمت توسعه و رشد مهارت و آموزش‌هایی که در تمام عمر خود به آن‌ها نیازمندند، پیش می‌روند. برنامهٔ آموزشی فراگیر دانش، توانایی محاسبه، به‌کارگیری دو زبان، علوم، انسانیت، هنر، آموزش‌های جسمانی، اجتماعی، آموزش بین‌المللی و آموزش‌های اخلاقی را در بر می‌گیرد.

در کشور سنگاپور برنامهٔ آموزشی سال‌ها مورد بازبینی قرار گرفت تا به شکلی درآید که هم بتواند پاسخگوی تمام نیازهای کلی دانش و کارایی‌های لازم باشد و هم نیازهای دانش‌آموزان با توانایی‌ها و استعدادهای مختلف را برآورده کند.

وزارت آموزش و پرورش سنگاپور کانون توجه خود را بر آموزش عمومی معطوف داشته است و تلفیقی از موضوع‌های اختیاری و اصلی در دبیرستان به دانش‌آموزان ارائه می‌شود. موضوع‌های اصلی شامل زبان انگلیسی، زبان مادری، ریاضیات و تلفیقی از علوم تجربی و علوم انسانی است. موضوع‌های اختیاری در سنگاپور علوم انسانی و ادبیات چینی را در برمی‌گیرند. مسیر موضوع‌های اصلی امکان کسب تجربهٔ آموزش فراگیر و متعادل را برای دانش‌آموزان فراهم می‌کند؛ درحالی که موضوع‌های اختیاری با توانایی‌ها و علائق دانش‌آموزان سازگارند.

وزارت آموزش و پرورش، جهت ارائهٔ چشم‌انداز و دورنمای جهانی به دانش‌آموزان، زبان‌های خارجی مانند فرانسه، آلمانی و ژاپنی را به دانش‌آموزان علاقه‌مند تعلیم می‌دهد. این مسئله امکان استفاده از فرصت‌ها را برای دانش‌آموزان فرانسوی مقیم سنگاپور مهیا می‌کند. امسال وزارت آموزش و پرورش سنگاپور، محدودهٔ زبان‌های خارجی را به زبان‌های عربی، لهاسایی و اندونزیایی نیز توسعه داده و این زبان‌ها را به طیف زبان‌های آموزشی خود اضافه کرده است. همچنین برای دانش‌آموزانی که به آموختن زبان چینی و یا مالیایی به عنوان زبان دوم علاقه ندارند، این امکان را فراهم کرده است تا به جای چینی و مالیایی این زبان‌ها را بیاموزند. وزارت آموزش و پرورش همچنین امکان یادگیری زبان محاورهٔ چینی و مالزیایی را برای اکثر دانش‌آموزان فراهم کرده است.

برنامهٔ آموزشی دبیرستان بر حسب توانایی و علائق دانش‌آموزان متفاوت است. دانش‌آموزان تحصیلات خود را در یکی از چهار رشتهٔ تحصیلی که با علائق و توانایی‌های آن‌ها مطابقت دارد، ادامه می‌دهند. البته به منظور آماده‌سازی هر چه بهتر دانش‌آموزان برای دستیابی به نیازهای جهانی و بین‌المللی قرن ۲۱، وزارت آموزش و پرورش سنگاپور روندی را برای مرور و بازبینی مجدد برنامه‌های آموزشی، تعلیم و تربیت و ارزیابی‌های خود آغاز کرده است.

در نظام آموزشی سنگاپور در دورهٔ ابتدایی، یعنی از سال اول تا ششم، دانش‌آموزان چهار سال را به عنوان مرحلهٔ پایه‌ای می‌گذرانند. همه دانش‌آموزان در دورهٔ پایه موظف‌اند برنامه‌های مشترک زبان انگلیسی، زبان مادری، علوم تجربی و ریاضیات را داشته باشند. همچنین برخی دیگر از موضوع‌های درسی مثل موسیقی، هنر سفالگری، آموزش بهداشت، مطالعات اجتماعی و آموزش علوم فیزیکی (شامل فیزیک و شیمی) به دانش‌آموزان آموزش داده می‌شود. علاوه بر موارد یاد شده، علم اخلاق نیز به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا ارزش‌های اخلاقی و هویت ملی‌شان را بهتر درک کنند. در پایان سال ششم، از دانش‌آموزان امتحان نهایی با عنوان امتحان فارغ‌التحصیلی از مدرسهٔ ابتدایی گرفته می‌شود. آن‌ها با توجه به نمره‌ای که کسب می‌کنند و استعدادی که در درس‌های خاصی دارند، می‌توانند دروس دورهٔ متوسطهٔ مورد نظر را انتخاب کنند. دورهٔ متوسطه حدود چهار تا پنج سال است و زمان آن به استعداد دانش‌آموز بستگی دارد. دروس خاصی برای تمام دانش‌آموزان ارائه می‌گردد که آنان را برای امتحان ورودی دانشگاه، که در پایان چهار سال برگزار می‌شود، آماده می‌کند. کسانی که این امتحان را به خوبی بگذرانند، وارد سال پنجم می‌شوند. برنامهٔ آموزشی برای دوره‌های ویژه و معمولی شامل انگلیسی و ادبیات انگلیسی، زبان مادری، ریاضیات، علوم، تاریخ، جغرافی، هنر و صنعت، طراحی و فناوری، اقتصاد، خانه‌داری، آموزش اخلاق، آموزش تربیت‌بدنی و موسیقی است. با اتمام امتحانات پایانی مقطع متوسطه، دانش‌آموزان می‌توانند به مدت دو سال در آموزشکده‌های مقدماتی ادامه تحصیل دهند یا به دورهٔ سه سالهٔ پیش‌دانشگاهی در مؤسسات متمرکز وارد شوند. برنامهٔ آموزش ملی سنگاپور تا زمانی که اساس و بنیان قوی در حوزهٔ ادبیات و علوم برای دانش‌آموزان ایجاد نکرده باشد، ادامه خواهد داشت. با توجه به اینکه این اصول، اساس و شالودهٔ یادگیری آینده را پی‌ریزی می‌کنند، موضوعات درسی خاصی به عنوان امکان ابداع و نوآوری به‌طور اختیاری برای تکمیل رئوس مطالب

در نظام آموزشی سنگاپور در دورهٔ ابتدایی، یعنی از سال اول تا ششم، دانش‌آموزان چهار سال را به عنوان مرحلهٔ پایه‌ای می‌گذرانند. همه دانش‌آموزان در دورهٔ پایه موظف‌اند برنامه‌های مشترک زبان انگلیسی، زبان مادری، علوم تجربی و ریاضیات را داشته باشند

نمودار ۴-۱ نظام آموزشی سنگاپور

درسی مدارس در نظر گرفته می‌شوند. این مسئله امکان داشتن استقلال و انعطاف‌پذیری بیشتر را در فراسوی اختصاص زمان به برنامه‌های آموزشی برای مدارس فراهم می‌آورد. به این ترتیب، دانش‌آموزان وقت آزاد بیشتری برای رشد و پرورش مهارت‌ها و دیدگاه‌های خود خواهند داشت. نظام آموزشی سنگاپور در نمودار ۴-۱ نمایش داده شده است. همان‌طور که از نمودار مشخص است، دورهٔ تحصیلات دانش‌آموزان سنگاپوری برای ورود به دانشگاه ۱۱ تا ۱۲ سال و برای تحصیل در هر مرحله سن معینی مورد نظر است.

دورهٔ دبیرستان

۱) دورهٔ ویژه

دورهٔ ویژه یک دورهٔ زمانی ۴ ساله است که دانش‌آموزان پس از گذراندن آن و موفقیت در امتحان پایان این سطح (سطح O)، موفق به کسب دیپلم آموزشی سنگاپور می‌شوند. در این دوره، دانش‌آموزان انگلیسی و زبان مادری خود و همچنین ریاضیات، علوم و علوم انسانی را می‌آموزند. به علاوه برای مدرسه‌ها این امکان فراهم شده است تا موضوعات سطح O را براورده کنند. به‌طور خاص این دانش‌آموزان به سوی دیدگاه‌های یادگیری تمرین محوری، که برگرفته از متون دانشگاهی صنعتی و وابسته به علوم علمی مختلف است، هدایت و تشویق می‌شوند.

۲) دورهٔ معمولی آکادمیک

این دوره که در مجموع ۵ ساله است، شامل یک دورهٔ ۴ ساله می‌شود که بعد از اتمام آن افراد با گذراندن امتحانات سطح N به دیپلم سنگاپور دست پیدا می‌کنند. دانش‌آموزانی که امتحانات سطح N را به خوبی پشت سر گذاشته باشند، برای گذراندن امتحانات سطح O (پایان دورهٔ ویژه) و کسب دیپلم آموزشی یک‌سال دیگر خود را آماده می‌کنند. افراد برگزیده ممکن است برای گذراندن تا دو سطح موضوع O در دبیرستان تلاش کنند یا اینکه سطح N را نادیده بگیرند و به طور مستقیم به دبیرستان ارتقا یابند تا سطح O را بگذرانند. مباحث درسی‌ای که دانش‌آموزان در این دوره می‌آموزند، با مباحث دورهٔ ویژه یکسان و مشابه است.

۳) دورهٔ معمولی (فنی)

یک دورهٔ ۴ ساله است و دانش‌آموزان با گذراندن امتحانات سطح N موفق به اخذ دیپلم می‌شوند. در این دوره دانش‌آموزان زبان انگلیسی، زبان مادری خود، ریاضیات و مباحثی با گرایش‌های عملی و فنی را می‌آموزند. از سال ۲۰۰۵ نیز در مدارس واحدهای اختیاری‌ای همچون پرستاری، مهمان‌داری،

متحرک‌سازی دیجیتالی و مهندسی ارائه می‌شوند.

از سال ۲۰۰۷ برای ارتقای فراگیری عملی و تمرین محور، یک برنامهٔ آموزشی تجدید نظر شده برای دورهٔ معمولی فنی، که بیشتر بر یادگیری تمرین محور متمرکز است، در تمام مدارس به طور اجباری به اجرا درآمده و کانون دیدگاه‌ها و فرضیه‌های تدریس نیز بر کار گروهی، خلاقیت و ارائه شفاهی متمرکز شده است.

۴) برنامهٔ همگانی و منسجم

برای دانش‌آموزانی که قصد ورود به دانشگاه را دارند، در عین حال در محیط‌های نه چندان سازمان یافته نیز قادر به انجام وظایف خود باشند و همچنین برنامهٔ همگانی را انتخاب کرده‌اند، طراحی شده است. این برنامه برای دانش‌آموزانی است که آموزش‌های اولیه و ثانویه ورود به کالج و دانشگاه را بدون امتحانات متوسطه ملی در دبیرستان پشت سر گذاشته‌اند. برای آماده کردن دانش‌آموزان برای امتحانات سطح O جهت اخذ دیپلم، که آن‌ها را به سطح وسیع‌تری از تجارب یادگیری سوق می‌دهد، می‌بایست زمان بسیاری صرف کرد. همچنین به این دانش‌آموزان منتخب و برگزیده برنامه‌های آموزشی جایگزین و گواهی‌نامه‌هایی همچون کارشناسی بین‌المللی اعطا می‌شود.

چارچوب برنامهٔ درسی فیزیک در سنگاپور

لازمهٔ پیشرفت سریع هر کشور در علوم و فناوری، وجود شهروندانی است که با علوم پایه آشنایی داشته گرما و دارای سواد علمی – فناورانه باشند و بتوانند با درک واقعیت‌های علمی، در زندگی روزانه خود، که پر از پدیده‌های علمی و فناوری است، تصمیم‌های منطقی و آگاهانه اتخاذ کنند. هدف از آموزش علوم در سنگاپور، تربیت افرادی است که با علوم و فناوری آشنا باشند. در رویکردهای نوین آموزش علوم، افزایش دانش علمی و درک پدیده‌های مرتبط با علوم در اولویت قرار دارند اما چون گسترش دانش علمی دانش‌آموزان با توجه به حیطه‌های شناختی و سن آن‌ها در تمامی حیطه‌های علمی دارای محدودیت است، توانایی کسب اطلاعات، ایجاد یا پردازش آن اهمیت ویژه‌ای دارد. برای برخورداری همهٔ دانش‌آموزان از رویکردهای آموزشی همسان، برنامهٔ درسی و سرفصل‌هایی تدوین شده است که بر رشد مهارت‌های تفکر، مهارت‌های فرایندی، نگرش و نیز مهارت‌های تصمیم‌گیری و حل مسئله تأکید دارند.

در یک جامعهٔ متمدن و پیشرفته، برای درک این واقعیت که علوم و فناوری به زندگی انسان‌ها شکل می‌دهد، ضروری است در آموزش علوم نگرش‌های مثبت افراد نسبت به خویشتن و جامعه مطرح شود تا آنها بتوانند با زندگی ماشینی کنار آیند و خود را با شرایط دنیای مجازی وفق دهند. از این‌رو، برنامه‌های درسی آموزش علوم در سنگاپور تلاش می‌کنند تا از یک طرف دانش‌آموزان را با زمینه‌های علمی آشنا سازند و شرایط مطالعه و یادگیری بیشتر آنان را در آینده و در سطوح بالاتر یادگیری فراهم آورند و از سوی دیگر، با آگاهی دادن و آموزش روش‌های تفکر، آنان را برای زندگی در یک جامعهٔ علمی – فناورانه آماده سازند. لذا برای دریافت مدرک دیپلم سنگاپور گذراندن چهار سال آموزش متوسطه در دبیرستان الزامی است. در سال‌های سوم و چهارم متوسطه درس فیزیک برای دانش‌آموزان سنگاپوری ارائه می‌شود. محتوای کتاب فیزیک سوم متوسطه (سال نهم) شامل سرفصل‌های زیر است:

محتوای کتاب فیزیک سوم متوسطه:

۱. اندازه‌گیری

۱-۱ مقادیر فیزیکی، یکاها و اندازه‌گیری

۲. مکانیک نیوتونی

۲-۱- حرکت‌شناسی

۲-۲- نیرو

۲-۳ - جرم، وزن و چگالی

۲- ۴ – انرژی، کار و توان

۳. گرما

۳-۱- ماده از نظر جنبش ذرات

۳-۲- انتقال انرژی گرمایی

۳-۳- دما

۳-۴- ویژگی گرمایی مواد

۴. امواج

۴-۱- خواص عمومی موج

۴-۲- نور

۴-۳- طیف الکترومغناطیسی

۴-۴- صوت

۵. الکتریسیته و مغناطیس

۵-۱- الکتریسیته ساکن

۵-۲- الکتریسیته جاری

۵-۳- جریان مستقیم

۵-۴- الکتریسیته کاربردی

۵-۵- مغناطیس

۵-۶- الکترومغناطیسی

۵-۷- القای الکترومغناطیسی

لازمهٔ پیشرفت سریع هر کشور در علوم و فناوری، وجود شهروندانی است که با علوم پایه آشنایی داشته و دارای سواد علمی – فناورانه باشند و بتوانند با درک واقعیت‌های علمی، در زندگی روزانه خود، که پر از پدیده‌های علمی و فناوری است، تصمیمات منطقی و آگاهانه اتخاذ کنند

محتوای کتاب فیزیک چهارم متوسطه

۱. اندازه‌گیری
- مقادیر فیزیکی و یکاها
- اندازه‌گیری

۲. مکاینک نیوتونی
- حرکت‌شناسی
- دینامیک
- نیرو
- کار، انرژی و توان
- میدان گرانشی
- حرکت بر مسیر دایره‌ای

۳. حرکت نوسانی
- نوسان‌ها
- امواج
- تشدید

۴. خواص الکتریکی
- جریان الکتریسیته
- جریان مستقیم
- جریان متناوب
- میدان الکتریکی
- ظرفیت الکتریکی

۵. خواص مغناطیسی
- میدان‌های مغناطیسی
- الکترومغناطیس
- القای الکترومغناطیسی

۶. گرما
- دما
- ویژگی گرمایی مواد
- گازهای کامل

۷. فیزیک جدید
- بررسی الکترونی
- ذرات باردار
- فیزیک کوانتومی
- فیزیک هسته‌ای

موضوع‌های اختیاری

واحدهای اختیـاری با عنوان انتخاب F و انتخاب M ارائه می‌شوند:

انتخاب F : فیزیک شاره‌ها

انتخاب M: فیزیک پزشکی

این درس‌ها به زبان انگلیسی نوشته شده‌اند. همان‌طور که در سرفصل‌ها مشاهده می‌شود، بعضی از مطالب کتاب فیزیک سـال سوم متوسـطه در کتاب فیزیک سـال چهارم متوسطه مجدداً به عنوان یادآوری تکرار شـده اسـت. در طراحی زمان برنامه درسی، چهار بار در هر هفته و در هر بار ۴۰- ۳۵ دقیقه زمان‌بندی شـده است. ۸۵ درصد این زمان برای تدریس معلم در نظر گرفته شده است و معلمان در ۱۵ درصد زمان باقی‌مانده می‌توانند مراحل یاددهی – یادگیری را به صورت بحث و مبادله اطلاعات با شـاگردان بگذرانند یا مطابق با برنامه‌ریزی مدرسه به صورت برنامه درسـی محور عمـل کنند، این برنامه‌ریزی به معلمان اجازه می‌دهد که انعطاف‌پذیر باشـند و انعطاف‌پذیری معلمـان باعث می‌شـود تا بـه توانایی‌ها، تمایـلات و نیازهای شاگردان مطابق با اهداف برنامهٔ درسی پاسخ داده شود. علاوه بر افزایش فعالیت‌های مهارتی، به‌گونه‌ای آن‌ها را آموزش می‌دهند که در آینده بتوانند در رفع مشکلات جامعهٔ خود سهیم باشند.

روش‌های تدریس در سنگاپور

روش‌های گوناگونـی برای ارتقای نیازهـای دانش‌آموزان مختلـف، افزایـش تجارب آموزشـی آن‌ها و مشارکتشـان در یادگیری ارائه شـده اسـت. روش‌های خاص تعلیـم و تربیت همچون یادگیری بر پایهٔ تحقیق (کاوشگری) و یادگیری تجربی وجود دارند که امـکان درک عمیق‌تر معنای یادگیری را برای دانش‌آموزان میسر می‌سازد. وزارت آموزش و پرورش سنگاپور، مدارس را برای استفادهٔ بیشتر در جهت تعلیم و تربیت و نحوهٔ آموزش‌های متفاوت حمایت می‌کند تا بدین وسـیله از انتقال برنامه‌هـا و رئوس مطالب پشـتیبانی کننـد. همچنین دبیران برای به اشـتراک گذاشتن مهارت‌های آموزشی خود با دیگران به واسـطهٔ شرکت در مجامع و محفل‌های یادگیری و آموزشی تشویق می‌شوند. در مدارس سنگاپور استفاده از رویکرد فعال در آموزش فیزیک به خوبی بهینه شده است و معلم، شاگرد، اولیا وکادر آموزشـی و اداری مدرسه به‌خوبی با این رویکرد آشنایی دارند. هر ساله دانش‌آموزان از طریق انجام دادن تکالیف، پروژه‌ها، آزمون محتوایی و عملکـردی و همچنین فعالیت‌های عملی و آزمایشگاهی توسـط معلم خود مورد ارزشیابی قرار می‌گیرند. تلاش‌ها و فعالیت‌های مـدارس و همچنین موقعیت‌های آنان در به‌کارگیری روش‌های آموزشـی مؤثر و کارآمد در مکان‌های

با توجه به اینکه برنامه‌های آموزشی می‌بایست مواردی را در برگیرد که ممکن است دانش‌آموزان در آینده به آن‌ها نیاز پیدا کنند، آموزش حرفه‌ای دبیران، به امری حساس و حیاتی تبدیل می‌شود

مختلف آموزش و پرورش و همچنین نمایشگاه‌های خارجی و بیرونی به نمایش گذاشته می‌شوند. این امر در ایجاد جو رقابتی در مدارس نقش مهمی ایفا می‌کند و سبب اجرای دقیق‌تر و بهتر اهداف آموزشی می‌شود.

تربیت معلم در سنگاپور

برنامه‌های آموزش حرفه‌ای معلمان در سنگاپور، توسط شورای ملی آموزش و پرورش سنگاپور تهیه و تدوین شده و شامل دوره‌های زیر است (دنگ[۲]، ۲۰۰۴؛ دنگ، گوپیناتان[۳]، ۲۰۰۳):

- یک سال برای دریافت دیپلم دانش آموخته
- دو سال برای دریافت دیپلم آموزش
- چهار تا پنج سال برای دریافت برنامه‌های دورهٔ لیسانس آموزشی
- دورهٔ ضمن خدمت برای تمرین عملی تدریس
- با توجه به اینکه برنامه‌های آموزشی می‌بایست مواردی را در برگیرد که ممکن است دانش‌آموزان در آینده به آن‌ها نیاز پیدا کنند، آموزش حرفه‌ای دبیران، به امری حساس و حیاتی تبدیل می‌شود. ضروری است، دبیران مهارت‌های لازم را جهت هدایت و تسهیل امر آموزش به دانش‌آموزان، دارا باشند. و بدین وسیله با نیازهای گروه‌های خاص دانش‌آموزان برحسب توانایی و روش‌های یادگیری آشنا شوند. آنان همچنین می‌بایست توانایی‌هایشان را برای ارتقای تجارب یادگیری دانش‌آموزان پرورش دهند و به توانایی تدریس خود به کمک تحقیق و استفاده از یافته‌های تحقیقاتی بیفزایند تا بدین وسیله تمرین‌های کلاسی را ارتقا و بهبود بخشند. سنگاپور جزو معدود کشورهایی است که موفق شده است در زمینهٔ تلفیق فناوری اطلاعات و ارتباطات با رویکردهای تربیت معلم و آموزش به دانش‌آموزان قدم‌های اساسی بردارد. مسئولان آموزش و پرورش سنگاپور برای راه‌اندازی رایانه‌های پرسرعت در مدارس، تربیت معلمانی که بتوانند از این فناوری در امر آموزش استفاده کنند، و تشویق دانش‌آموزان به پژوهش با استفاده از شبکه، به ساخت وب‌گاه و طراحی پروژه‌های شبکه‌ای طرح‌های جامع ملی روی آورده‌اند. براساس آخرین داده‌های رایانهٔ بانک جهانی، در سال ۲۰۰۱ به ازای هر نفر، ۵ دستگاه رایانه در کشور سنگاپور وجود داشته است. این رقم حتی از کشورهایی چون ژاپن و ایالات متحده نیز بالاتر است. بسیاری از دانش‌آموزان مدارس راهنمایی و متوسطهٔ سنگاپور از امکانات اینترنت بی‌سیم، رایانه‌های قابل حمل کیفی برای دریافت درس از وب سایت مدرسه و نیز ارسال پیام به دوستان و تبادل اطلاعات استفاده می‌کنند.

روش‌های ارزشیابی در سنگاپور

تمامی کتاب‌های درسی، کار و ارزشیابی مدارس سنگاپور، برای هر سطح و پایه‌ای بر پایهٔ برنامه درسی تنظیم شده از طرف وزارت آموزش و پرورش تدوین شده‌اند. با وجود کتاب‌های متنوع درسی برای هر سطح، مدارس سنگاپور می‌بایست از کتاب‌های یکسانی در سراسر کشور استفاده کنند. علاوه بر کتاب‌های درسی و کار، در نظام آموزشی سنگاپور استفاده از کتاب‌های ارزشیابی (شامل پرسش‌ها و مسائل اضافی) از اهمیت خاصی برخوردار است. کتاب‌های ارزشیابی سبب می‌شوند دانش‌آموزان در کنار کتاب‌های کار مدرسه تمرین‌های اضافی نیز داشته باشند. این کتاب‌ها تمامی موضوع‌های درسی و نیز فعالیت‌های کتاب‌های کار را پوشش می‌دهند. اغلب دانش‌آموزان سنگاپوری برای هر موضوع درسی یک کتاب ارزشیابی مجزا دارند. کتاب‌های ارزشیابی به طور گسترده‌ای به عنوان بخشی از برنامه درسی مدارس سنگاپور مورد استفاده قرار می‌گیرند و اوقات فراغت دانش‌آموزان را در زمان‌های خارج از مدرسه پر می‌کنند. کتاب‌های ارزشیابی ریاضی و علوم، دانش‌آموزان را ترغیب می‌کنند تا تمرین‌های بیشتری حل کرده و با مسائل و تمرین‌های سخت‌تر و چالش‌برانگیزتر نسبت به مفاهیم موجود در کتاب‌های درسی برخورد کنند. در این کتاب‌ها، پرسش‌های تشریحی و چند گزینه‌ای مفهومی، پرسش‌های مربوط به یادگیری مهارت‌های تفکر، استدلال و خلاقیت، سنجش سطوح بالاتر تفکر (عملیات صوری) و نیز تمرین‌هایی برای فعالیت‌های دست‌ورزی طرح می‌گردد.

عوامل مختلفی در موفقیت دانش‌آموزان سنگاپوری و نظام آموزش و پرورش سنگاپور نقش دارند. اولین و مهم‌ترین این عوامل کارایی، احساس مسئولیت و فعالیت هدف‌دار و برنامه‌ریزی شده توسط وزارت آموزش و پرورش سنگاپور است. مسئولان نظام آموزشی به کمک متخصصان تعلیم و تربیت، چارچوب‌های نظام آموزشی و نیز سرفصل‌های برنامه درسی را به بهترین نحو ممکن و بر پایهٔ مطالعات تطبیقی تهیه و تدوین کرده‌اند. در سایهٔ فعالیت‌های آنان کتاب‌های درسی، کار و ارزشیابی سنگاپور بر پایهٔ سرفصل‌های مورد نظر تدوین شده‌اند. روی هم رفته، می‌توان گفت که پشتیبانی وزارت آموزش و پرورش از معلمان، دانش‌آموزان، کادر آموزشی و نیز تولید محتوا برای آنان، به نحو احسن انجام می‌گیرد. سرفصل‌ها و چارچوب‌های برنامه درسی سنگاپور کاملاً پویا هستند و با توجه به وضعیت اقتصادی و بازار کار، قابلیت اصلاح‌پذیری دارند. فرهنگ اجتماعی کشور سنگاپور نیز در رشد تحصیلی دانش‌آموزان نقش به‌سزایی

عوامل مختلفی در موفقیت دانش‌آموزان سنگاپوری و نظام آموزش و پرورش سنگاپور نقش دارند. اولین و مهم‌ترین این عوامل کارایی، احساس مسئولیت و فعالیت هدف‌دار و برنامه‌ریزی شده توسط وزارت آموزش و پرورش سنگاپور است

دارد؛ زیـرا خانواده‌ها برای تحصیل فرزندشـان و یادگیری علوم و فنـاوری اهمیت زیادی قائل‌اند و حاضرند برای افزایش رشـد تحصیلی آنان سـرمایه‌گذاری کنند. وجود جو رقابتی در جامعهٔ آموزشی سنگاپور و گسترش این روحیه و فرهنگ به رقابت‌های بین‌المللی سبب شده اسـت تا خانواده‌ها برای مسابقات علمی و موفقیت فرزندان خود اهمیت بیشـتری قائل شوند. برگزاری مسابقات علمی در سطح مدارس، منطقه، کشور و جهان اهمیت زیادی در نظام آموزشـی و نیز در بین خانواده‌ها دارد و روی این اصل بسیاری از خانواده‌ها و مدارس، برنامه‌ریزی خاصی برای این مسابقات دارند. در مدارس سنگاپور هر ساله دانش‌آموزان ازطریق انجام دادن تکالیف، پروژه‌ها، آزمون‌های محتوایی و عملکردی و نیز فعالیت‌های عملی و آزمایشـگاهی به وسیله معلم خود مورد ارزشیابی قرار می‌گیرند. این امر در ایجاد جو رقابتی در مدارس، نقش مهمی ایفا می‌کند. بر پایه این ارزشیابی‌ها دانش‌آموزان به پایه‌های بالاتر تحصیلی ارتقا می‌یابند و جایگاه علمی و شخصیتی خود را در مدرسـه تثبیت می‌کنند. در آزمون‌های سالانه، علاوه بـر دانش‌آموزان، مدارس و عملکرد کادر اداری – آموزشـی آنها نیز مورد ارزشـیابی قرار می‌گیرد و از لحاظ سـطح علمی، رشد تحصیلی و کسب عناوین افتخارآمیز رتبه‌بندی می‌شوند. این امر سبب تشویق دانش‌آموزان و معلمان از طرف کادر اداری مدرسه و اجرای منظم‌تر و دقیق‌تر اهداف آموزشی می‌شود. ارزیابی‌های ملی برای حفظ و بقای استانداردها و همچنین محک زدن اهداف آموزشـی، انجام خواهد شد. مدل‌های گوناگون و انواع ارزیابی‌ها نیز به طور منظم و مستمر مورد بازبینی قرار می‌گیرند و تمرکز زیادی بر روی ارزیابی در یادگیری دارند. سواد و مهارت معلمان و دبیـران نیز با اسـتفاده از راهکارهای ارزیابی مورد ارزشـیابی قـرار می‌گیـرد. انواع ارزیابی‌ها ممکن اسـت بـرای یک زمینهٔ خاص مفید و مناسـب باشد. استفادهٔ وسیع از مدل‌های ارزیابی جایگزین نیز ممکن است برای آماده‌سازی دانش‌آموزان برای حل مشـکلات دشوار و گیج کننده که ممکن است در آینده با آن‌ها روبه‌رو شـوند، ترجیح داده شـود. برای درک این مسئله که آیا دانش‌آموزان مسائل مطرح شده را فرا گرفته‌اند یا نه، باید آن‌ها را ارزیابی کرد و این ارزیابی‌ها به‌وسـیلهٔ تست‌هایی که هدف آن‌ها ارزشیابی‌های کلی و جزئی است، صورت می‌گیرد. هر دانش‌آموز در سـنگاپور امکان این را دارد که دسـت کم ده سـال آموزش دریافت کند. این ۱۰ سال شامل ۶ سال آموزش اجباری (ابتدایی) و ۴ سال آموزش متوسطه یا همان دبیرستان است. دانش‌آموزان در پایـان دوران تحصیلات ابتدایی و دبیرسـتان برای امتحانات نهایی آماده می‌شـوند. در سـطوح ابتدایی، دانش‌آموزان ۶ سال آموزش می‌بینند و به کسـب زبان انگلیسی، زبان مادری خود و همچنیـن ریاضیات می‌پردازند. علاوه بر این‌ها، علوم، اجتماعی، مدنی، اخلاق، موسـیقی، هنر، مهارت‌ها، بهداشـت، سـلامت و ورزش را نیـز می‌آموزند. دانش‌آموزان، هر پایهٔ دوره ابتدایی را با ارزشـیابی کیفی می‌گذرانند. در پایان ۶ سال تحصیلی دبستان، از دانش‌آموزان امتحانی هماهنـگ به نام امتحانات «ترک دورهٔ ابتدایی» به عمل می‌آید تا آمادگی آن‌ها برای ورود به دبیرستان ارزیابی گردد و سـپس وارد مرحلهٔ جدید شـوند. از سال ۲۰۰۶ آزمون‌های فارغ‌التحصیلی از دورهٔ متوسطه و پیش‌دانشگاهی در همهٔ رشته‌های تحصیلی سنگاپور، به طریق آزمون‌های استاندارد و بین‌المللی (GCE) برگزار می‌شود.

۴-۱- نتایج مطلوب ناشی از برنامهٔ درسی آموزش و پرورش سنگاپور

در پایان دورهٔ تحصیلی ابتدایی دانش‌آموزان	در پایان دورهٔ تحصیلی دبیرستان دانش‌آموزان	در پایان دورهٔ پیش‌دانشگاهی دانش‌آموزان
قادر به تمایز بین درست و غلط هستند؛	کمال اخلاقی دارند؛	مصمم هستند؛
کارها را با مشارکت دیگران انجام دهند؛	به دیگران توجه می‌کنند و برای آن‌ها نگران می‌شوند؛	مسئولیت‌پذیری اجتماعی را با تمام وجود خود احساس می‌کنند؛
می‌توانند با دیگران رابطهٔ دوستی برقرار کنند؛	قادرند به صورت گروهی کار کنند و برای همکاری‌ها اعتبار و ارزش قائل‌اند؛	مسائل موجود را به راحتی درک می‌کنند؛
حس کنجکاوی دربارهٔ اجسام داشته باشند؛	به امور خطیر و خلاقیت دست می‌زنند؛	برای سرمایه‌گذاری و خلاقیت شور و نشاط دارند؛
فکر کنند و نظریات خودشان را بیان نمایند؛	برای آموزش‌های بیشتر آماده می‌شوند؛	می‌توانند به‌طور مستقل و خلاقانه فکر کنند؛
به کارهای خود افتخار کنند؛	به توانایی خود ایمان دارند؛	برای رسیدن به بهترین‌ها تلاش می‌کنند؛
شعارهای ترویجی سلامت را اجرا کنند؛	سنگاپور را کاملاً می‌شناسند و به آن ایمان دارند.	به زندگی میل و رغبت دارند؛
سنگاپور را دوست بدارند.		می‌دانند برای پیشرفت سنگاپور چه کارهایی می‌بایست انجام دهند.

پی‌نوشت

1.winston Hodge
2. Deng
3. Gopinathan

منابع

1. Wei- Ying Lim, Chee-Kit Looi. (2006). Sustaining and scaling innovations in Singapor schools: issues for school-based learning sciences research archive Internattional Confercnce on Learning Scienccs Proceedings of the 7th international confercnce on Learning, Indiana, Pages: 446- 452.
2. Winston Hodge. (2007). Basic Education Curriclum Revisited: A Look at the Current Content and Reform. Director, Training and Development Division, Ministry of Education Singapore
3. Syllabus Science lower Secondary nirmal (technical)- 2007- curriculum planning & development divison- ISBN 978-981-05-7761-2

تفاوت رابطه‌های بالمر و ریدبرگ در طیف اتم هیدروژن

و بررسی همپوشانی طیف اتم هیدروژن با استفاده از رابطه ریدبرگ

عباس عباسی، محمد شیخی
مدرسین فیزیک منطقه مراغه

چکیده

در این مقاله با تحلیل دو رابطه بالمر و ریدبرگ می‌خواهیم به بررسی اختلاف دیدگاه آن‌ها در طیف اتم‌ها به‌ویژه اتم هیدروژن و پیش‌بینی آن‌ها در خطوط طیفی بپردازیم و سپس با به‌دست آوردن محدودهٔ سری طیفی اتم هیدروژن با استفاده از رابطه ریدبرگ تداخل و همپوشانی سری‌ها را بررسی کنیم.

کلیدواژه‌ها: طیف اتم، رابطه بالمر، رابطه ریدبرگ

مقدمه

اتم هیدروژن ساده‌ترین اتم است و طیف آن اولین طیفی بود که به‌طور کامل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. آنگستروم تا سال ۱۸۸۵ میلادی طول موج چهار خط از طیف اتم هیدروژن را با دقت زیاد اندازه‌گیری کرد که به ترتیب در شکل(۱) نشان داده شده است.

بالمر که یک دبیر ریاضی و آمار در سوئیس بود با مطالعه این اعداد و کمی کار ریاضی و بدون هیچ دانش و تحلیل فیزیکی یک رابطه بین آن‌ها به‌دست آورد که به نام بالمر شناخته شد.

$$\lambda = 364/56 \frac{n^2}{n^2-4} \quad n = 3, 4, 5, 6, \ldots$$

که در آن داریم

توفیق بالمر درخصوص یافتن رابطه‌ای صرفاً ریاضی برای خط‌های طیف اتم هیدروژن در ناحیه مرئی موجب شد که تلاش‌های بیشتری در جهت یافتن خط‌های دیگر طیف اتم هیدروژن صورت گیرد. بالمر پیش‌بینی کرد که اتم هیدروژن ممکن است دارای خط‌های طیفی دیگری نیز باشد و روابط دیگری را نیز معرفی کرد که طول موج‌های حدسی بالمر از آن‌ها به‌دست می‌آمدند.

$$\lambda = 364/56 \frac{n^2}{n^2-9} \quad n = 4, 5, 6, 7, \ldots$$ که در آن

$$\lambda = 364/56 \frac{n^2}{n^2-16} \quad n = 5, 6, 7, 8, \ldots$$ که در آن

ولی داده‌های آن با نتایج تجربی متفاوت بود. در این میان

شکل۱: خطوط طیفی اتم هیدروژن در ناحیه مرئی

طول موج‌های دیگر اتم هیدروژن توسط لیمان، براکت و پاشن و دیگران اندازه‌گیری شد. در سال ۱۸۹۰ ریدبرگ با مشاهده این اختلاف، کار عمده خود در زمینه جست‌وجو برای طیف کامل اتم هیدروژن را آغاز کرد. ریدبرگ کار کردن با عکس طول موج را مناسب‌تر تشخیص داد لذا رابطه بالمر را به صورت زیر نوشت:

$\frac{1}{\lambda} = R_H(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2})$ که در آن داریم $n = 3, 4, 5, 6, \ldots$ در این رابطه $R_H = 0/0109 \ (nm)^{-1}$ ثابت ریدبرگ نامیده شد. تا اینجا دو رابطه ذکر شده در به‌دست آوردن طیف خطوط هیچ اختلافی نداشتند. ولی برای طول موج‌های دیگر رابطه بالمر دقیق‌تر بود. لذا رابطه کلی زیر که به رابطه ریدبرگ معروف است برای به‌دست آوردن دیگر طول موج‌ها استفاده شد.

$\frac{1}{\lambda} = R_H(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2})$ $n > n'$ که در آن

این رابطه کلی برای $n' = 2$ به رابطه بالمر تبدیل می‌شود و علاوه بر چهار خط دیگر، ریدبرگ n را به سمت بی‌نهایت ادامه داد. یعنی

$n = 6, 5, 4, 3, \ldots$

بیان اختلاف و حل آن:

با مقایسه کارهای بالمر و ریدبرگ اختلاف آن‌ها در جاهای دیگر بیشتر ظاهر می‌شود. مثلاً برای حالت $n' = 1$ که بالمر آن‌را نمی‌دانست رابطه ریدبرگ چنین می‌شود:

$\frac{1}{\lambda} = R_H(\frac{1}{1} - \frac{1}{n^2})$ که در آن $n = 2, 3, 4, 5, 6, \ldots$

این رابطه مربوط به رشته مشهور لیمان است. و رابطه مشابه بالمر آن چنین نوشته می‌شود: $\lambda = 364/56 \frac{n^2}{n^2 - n'^2}$

با قرار دادن $n' = 1$ داریم:

$\lambda = 364/56 \frac{n^2}{n^2 - 1}$

با معکوس کردن طرفین این رابطه داریم:

$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{364/56}(\frac{n^2 - 1}{n^2})$

$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{364/56}\left(\frac{1}{1} - \frac{1}{n^2}\right) = 0/002743\left(\frac{1}{1} - \frac{1}{n^2}\right)$

که به وضوح ضریب آن با ثابت ریدبرگ متفاوت است.

می‌توان این کار را برای $n' = 3$ که به رشته پاشن معروف است نیز انجام داد. داریم:

$\frac{1}{\lambda} = 0/02468\left(\frac{1}{1} - \frac{1}{n^2}\right)$

که این اختلاف در این رابطه نیز مشهود است. در حقیقت با معکوس کردن رابطه بالمر و قرار دادن $n'^2 = 4$ در ضریب این رابطه برای تمام سری‌ها و آزاد گذاشتن n' در مخرج کسر به رابطه ریدبرگ می‌رسیم. ظاهراً طبیعت بالمر را برای به‌دست آوردن طیف اتم هیدروژن به‌گونه‌ای راهنمایی کرده و سپس کار ریدبرگ آن‌را کامل‌تر کرده است چراکه اگر ابتدا خطوط نامرئی یعنی رشته لیمان آشکارسازی می‌شد با معکوس کردن رشته لیمان ریدبرگ نمی‌توانست دیگر خطوط را با آن دقت پیش‌بینی کند و کار سخت‌تر از یک معکوس کردن رابطه می‌شد.

جدول(۱): رابطه ریدبرگ و گسترهٔ طول موج هر رشته در اتم هیدروژن

نام سری	n'	رابطه ریدبرگ	n	گستره طول موج
لیمان	۱	$\frac{1}{\lambda} = R_H(\frac{1}{1} - \frac{1}{n^2})$	n=۲,۳,۴,۵,....	فرا بنفش
بالمر	۲	$\frac{1}{\lambda} = R_H(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2})$	n=۳,۴,۵,۶,....	فرابنفش و مرئی
پاشن	۳	$\frac{1}{\lambda} = R_H(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2})$	n=۴,۵,۶,۷,....	فروسرخ
براکت	۴	$\frac{1}{\lambda} = R_H(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2})$	n= ۵,۶,۷,۸,....	فروسرخ
پفوند	۵	$\frac{1}{\lambda} = R_H(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2})$	n=۶,۷,۸,۹,....	فروسرخ
همفری	۶	$\frac{1}{\lambda} = R_H(\frac{1}{6^2} - \frac{1}{n^2})$	n=۷,۸,۹,۱۰,....	فروسرخ

در ادامه می‌خواهیم همپوشانی رشته‌ها را به‌دست آوریم. با استفاده رابطه ریدبرگ می‌توان رشته‌های طیف اتم هیدروژن را به‌دست آورد که در جدول (۱) آمده است.

حال می‌خواهیم ببینیم کدام رشته‌های مربوط به رابطه ریدبرگ با هم همپوشانی دارند و به عبارت دیگر خطوط طیفی نزدیک به هم در یک ناحیه دارند. برای پاسخ دادن به این پرسش کافی است برای هر رشته با n' مشخص بلندترین و کوتاه‌ترین طول موج را به‌دست آوریم که با قرار دادن به ترتیب $n=\infty$ و $n=n'+1$ به‌دست می‌آید. نتایج حاصل از این محاسبه‌ها در جدول(۲) آورده شده است. چیزی که مشاهده می‌شود همپوشانی رشته‌ها از رشته پاشن به بعد آغاز می‌شود. برای درک واضح‌تر می‌توان محدودهٔ سری‌ها را در یک خط طیف رسم نمود که در شکل(۲) به‌طور کیفی رسم شده است.

می‌توان نتیجه گرفت که دو رشته لیمان و بالمر هیچ همپوشانی ندارند و همپوشانی از رشته پاشن به بعد که با رشته براکت همپوشانی دارد آغاز می‌شود. البته نتیجه این بحث جواب یک پرسش کنکور بود که در سال هشتاد و دو برای رشته ریاضی سراسری طراحی شده بود.

نتیجه‌گیری

در این مقاله به بررسی دو رابطه بالمر و ریدبرگ در پیش‌بینی طیف اتم هیدروژن پرداخته شد و منشأ اختلاف آن‌ها را در جهت به‌دست آوردن طیف اتم‌ها بررسی شد. در ادامه با به‌دست آوردن کوتاه‌ترین و بلندترین رشته‌های مختلف در رابطه ریدبرگ، همپوشانی رشته از نظر طول موج بررسی شد که دیده شد این همپوشانی از رشته پاشن آغاز می‌گردد.

منابع

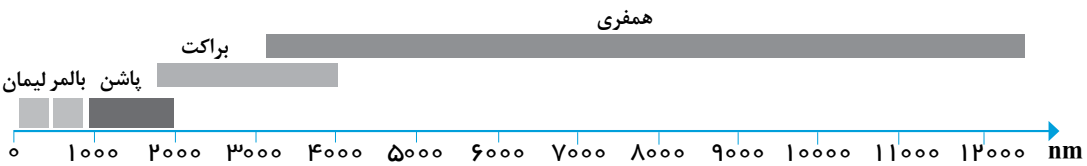
۱. کتاب درسی فیزیک رشته ریاضی و فیزیک- دورهٔ پیش‌دانشگاهی- رشته ریاضی و فیزیک. آموزش و پرورش- بخش دوم کتاب- فصل سوم- ص۲۰۶- ۱۳۸۴.

۲. سؤالات اختصاصی کنکور سراسری رشته ریاضی- درس فیزیک- سؤال ۱۹۵- سازمان سنجش آموزش کشور- ۱۳۸۲

۳. سایت اینترنتی:
http://www.abbasisci.blogfa.com/page/spectroscope.aspx

جدول(۲): کوتاه‌ترین و بلندترین طول موج هر رشته در اتم هیدروژن

نام سری	n'	کوتاه‌ترین طول موج بر حسب nm	بلندترین طول موج برحسب nm	گستره طول موج
لیمان	۱	۹۱	۱۲۲	فرا بنفش
بالمر	۲	۳۳۶	۶۶۳	فرابنفش و مرئی
پاشن	۳	۸۲۵	۱۸۸۷	فروسرخ
براکت	۴	۱۴۶۷	۴۰۷۷	فروسرخ
پفوند	۵	۲۲۹۳	۷۵۰۶	فروسرخ
همفری	۶	۳۳۰۲	۱۲۴۴۸	فروسرخ



شکل۲: رسم محدوده رشته‌های طیفی اتم هیدروژن به‌طور کیفی

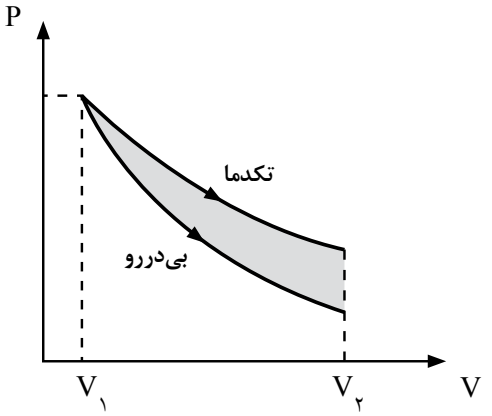
مقایسهٔ منحنی‌های تکدما و بی‌دررو

مهدی نوعی باهوش
دبیر فیزیک ناحیهٔ ۲ شهرری

چکیده

در کتاب فیزیک دبیرستان، سال سوم رشتهٔ ریاضی، دو منحنی بی‌دررو و تکدما در حالت انبساط روی نمودار P-V رسم شده‌اند. براساس توضیحی که کتاب داده است، منحنی تکدما بالاتر از منحنی بی‌دررو قرار می‌گیرد (شکل ۱) ولی توضیح کتاب درسی به مقدار زیادی دشوار و غامض است. در این مقالهٔ کوتاه این مسئله به دو طریق متفاوت توضیح داده می‌شود. روش اول مبتنی بر کتاب‌های دانشگاهی و روش دوم براساس یک طرح ابتکاری مبتنی بر برهان خلف است.

کلیدواژه‌ها: منحنی تکدما، منحنی بی‌دررو، برهان خلف، ضریب اتمیسیته و کار



شکل ۱. مقایسهٔ منحنی‌های تکدما و بی‌دررو در حالت انبساط

۱. روش کتاب‌های دانشگاهی در توضیح مسئله

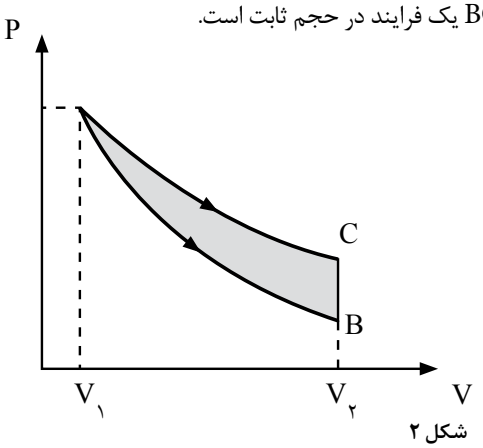
در کتاب‌های ترمودینامیک دانشگاهی به کمک معادله‌های دیفرانسیل با مشتقات جزئی، معادلهٔ فرایند بی‌دررو به شکل $P = \frac{C}{V^{\gamma}}$ به‌دست می‌آید. در این معادله γ ضریب اتمیسیته نام دارد و از رابطهٔ $\gamma = \frac{C_{MP}}{C_{MV}}$ پیروی می‌کند.

چون ضریب اتمیسیته عددی بزرگ‌تر از یک است، پس شیب منحنی بی‌دررو همواره از منحنی تکدما با معادلهٔ $P = C/V$ بیشتر است و این موضوع خود ایجاب می‌کند که در حالت انبساط منحنی تک‌دما با شیب کمتر در بالای منحنی بی‌دررو قرار بگیرد.[۱]

۲. بررسی براساس برهان خلف

در روش برهان خلف، ابتدا یک فرض اولیه به عنوان فرض درست در نظر گرفته می‌شود. اگر روابط منطقی به تضاد برسد یا به گزارهٔ نادرستی ختم شود، فرض اولیه باطل و فرض دیگری جایگزین آن می‌گردد.

ابتدا شکل ۲ را به عنوان یک حالت کلی در نظر می‌گیرم. در این شکل، دو منحنی AB و AC دو فرایند نامشخص و خط BC یک فرایند در حجم ثابت است.



شکل ۲

الف) فرض: AC بی‌دررو و AB تکدما

مسلم است که دمای نقطهٔ C از نقطهٔ B بیشتر است.

اکنـون فرض می‌کنیـم AB یک منحنی تکدمـا و AC یک منحنی بی‌دررو باشـد؛ بنابراین: $T_A=T_B$ و در نتیجه $T_C>T_A$. پس می‌توان نتیجه گرفت که در فرایند AC دما افزایش یافته و انرژی درونی زیاد شده است و $\Delta U>0$. همچنین طبق فرض در فراینـد AC به دلیل بـی‌دررو بودن $\Delta U=W$ پس کار W مثبت است.

(نتیجهٔ گرفته شده با واقعیت فیزیکی در تناقض است؛ زیرا کار انبساط همواره منفی است. پس فرض اولیه باطل می‌گردد.)

ب) فرض: AC تکدما و AB بی‌دررو

اکنـون فرض می‌کنیم AC تکدما و AB بی‌دررو اسـت؛ بنابراین: $T_A=T_C$ و می‌توان گفت $T_A>T_B$. پس در فرایند AB دما کاهش می‌یابد و انرژی درونی کم و منفی می‌شـود و چون در این فرایند $\Delta U=W$، بنابراین کار W منفی می‌شـود که با فیزیک مسئله سازگار است.

(چـون فرض اولیه به تناقض نرسـید و با واقعیت فیزیکی سازگار شد، فرضیه درست تلقی می‌گردد.)

۳. نتیجه‌گیری

هر روشی به غیر از روش‌های ریاضی، توأم با دشواری‌هایی خواهد بود ولی برای خاتمهٔ مقاله روش برهان خلف را به شکل خلاصه بیان می‌کنیم.

AC بی‌دررو

$AB \Rightarrow T_A=T_B \Rightarrow T_A<T_C \Rightarrow \Delta U_{AC}>0$ تکدما

$\Rightarrow W_{AC}>0$ (تناقض)

$BC \Rightarrow T_C>T_B$ در حجم ثابت

$AC \Rightarrow T_A=T_C$ تکدما

$AB \Rightarrow T_A>T_B \Rightarrow \Delta U_{AB}<0$ بی‌دررو

$\Rightarrow W_{AB}$ (تأیید فرض)

$BC \Rightarrow T_C>T_B>$ در حجم ثابت

پی‌نوشت

۱. C مقدار ثابتی است.

منابع

۱. احمدی، احمد و...، **فیزیک ۳ و آزمایشگاه سال سوم ریاضی فیزیک**، تألیف سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، وزارت آموزش‌وپرورش، ۱۳۸۹.

۲. هالیـدی، دیوید، رزنیک، رابرت و جرل واکر؛ مبانی فیزیک ویرایش ۲۰۰۸، مترجم: فرشید نورعلی شاهی، نشر آذرباد، ۱۳۸۹.

۳. زیمانسکی و دیتمن؛ **حرارت و ترمودینامیک**، مترجم: حسین توتونچی، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۶۴.

محاسبهٔ سرعت هواپیما

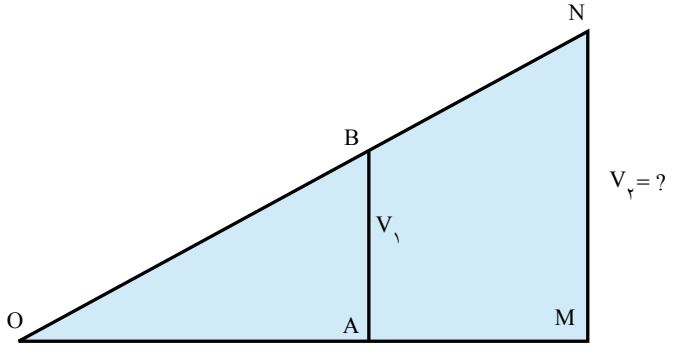
حشمت کاکا

دبیر فیزیک استان ایلام، کارشناس ارشد فیزیک

گاهی اوقات می‌توان به‌سادگی و بدون قلم و کاغذ هم از فیزیک استفاده کرد و لذت برد. یک‌بار که در پرواز تهران به باکو در کنار پنجره هواپیما بودم و از آنجا ابرهای شهریورماه و حرکت آن‌ها را نگاه می‌کردم، با خود فکر کردم که آیا می‌توان سرعت حرکت هواپیما را محاسبه کرد. البته جواب مثبت و محاسبه‌ام به صورت سادهٔ زیر بود:

فاصلهٔ من تا پنجره در حدود $OA = 20cm = 0/2m$ (شکل) بود و لکه‌ای که روی شیشه بود، نسبت به مناظر زمین با سرعت تقریبی $V_1 = AB = 1cm/s = 0/01m/s$ حرکت می‌کرد. پس با توجه به ارتفاع حدوداً سه کیلومتری ما از زمین $(OM = 3km = 3000m)$ و با استفاده از تشابه مثلث‌ها داریم:

$$OM/OA = V_2/V_1$$
$$3000/0/2 = V_2/0/01$$
$$V_2 = 150m/s = 540km/h$$



هنگام پیاده‌شدن، از عوامل پرواز سؤال نمودم و دانستم که سرعت واقعی هواپیما $600km/h$ بوده و ده درصد با محاسبهٔ من تفاوت داشته است.

IN THE NAME OF ALLAH

101 رشد Roshd

In praise of good behaviour/2
Astrolabe, an astronomy instrument /H. Hosseini/ 4
Solar Cells /M. govahi/7
Attraction and repulsion by electcic induction /B. Baker /10
Electric shocks /H. Etehad Mehrabad/ 13
Black holes and Large Hadron Collider/ Arunava Roy / 18
Physics Frontrier /M. Rahbar/20
A dialogue with Physics Teachers /A. Seid Fadai
2012 World conference on Physics Education /H. Seid Fadai/ 29
The neglected Role of Labaratory in physics education /S. khadami/32
Mayer- Joule Principle /R. Newburgh et al / 38
Teaching exciting physics /F. Ijadi/ 42
An Estimation of the Number and Size of Atoms in a Printed Period /B. Sheafer/ 47
Acousic wawes in oceanography /H. Fadavi Hosseini/49
Physics education in Singapore /A. shekarbaghani/ 52
The difference between Balmer and Rydberg Formula /A. Abasi, M. Shaykhi/ 59
Comparison of Isothermal and Adiabatic Curves /M. Noeei Bahosh/ 62
Calculation of Aeroplane's Speed /H. Kaka/ 63

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

Managing Editor: Mohammad Naseri
Editor-in-Chief: Manijeh Rahbar
Executive Director: Ahmad Ahmadi
Graphic Designer: Navid Andarodi
Editor Board: Ahmad Ahmadi, Rouhollah Khalili, Azita Seid Fadai, Hojat Alhagh Hoseini, Esfandyar Motamedi, Manijeh Rahbar

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

Physics Education Journal
Vol.28- No.101- 2012

تولیدملی،حمایت از کار و سرمایه ایرانی

برگ اشتراک مجله های رشد

نحوهٔ اشتراک:
شما می توانید پس از واریز مبلغ اشتراک به شماره حساب ۳۹۶۶۲۰۰ بانک تجارت، شعبهٔ سه‌راه آزمایش کد ۳۹۵، در وجه شرکت افست از دو روش زیر، مشترک مجله شوید:
۱. مراجعه به وبگاه مجلات رشد؛ نشانی: www.roshdmag.ir و تکمیل برگهٔ اشتراک به همراه ثبت مشخصات فیش واریزی.
۲. ارسال اصل فیش بانکی به همراه برگ تکمیل شدهٔ اشتراک با پست سفارشی (کپی فیش را نزد خود نگه دارید).

◆ نام مجلات درخواستی:
◆ نام و نام خانوادگی:
◆ تاریخ تولد: ◆ میزان تحصیلات:
◆ تلفن:
◆ نشانی کامل پستی:
استان: شهرستان: خیابان:
شمارهٔ فیش: مبلغ پرداختی:
پلاک: شمارهٔ پستی:
◆ در صورتی که قبلاً مشترک مجله بوده‌اید، شمارهٔ اشتراک خود را ذکر کنید:
امضا:

◆ نشانی: تهران، صندوق پستی امور مشترکین: ۱۶۵۸۵/۱۱۱
◆ وبگاه مجلات رشد: www.roshdmag.ir
◆ اشتراک مجله: ۱۴-۷۷۳۳۹۷۱۳ / ۷۷۳۳۵۱۱۰ / ۷۷۳۳۶۶۵۶ ۰۲۱-

◆ هزینهٔ اشتراک یکساله مجلات عمومی (هشت شماره): ۱۲۰۰۰۰ ریال
◆ هزینهٔ اشتراک یکساله مجلات تخصصی (چهار شماره): ۸۰۰۰۰ ریال

با مجله های رشد آشنا شوید

مجله‌های رشد توسط دفتر انتشارات و تکنولوژی آموزشی سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وابسته به وزارت آموزش و پرورش تهیه و منتشر می شوند:

مجله های دانش آموزی
(به صورت ماهنامه و هشت شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شوند):
نشانی: کودک (برای دانش‌آموزان آمادگی و پایهٔ اول دورهٔ دبستان)
نوآموز (برای دانش‌آموزان پایه‌های دوم و سوم دورهٔ دبستان)
دانش‌آموز (برای دانش‌آموزان پایه‌های چهارم، پنجم و ششم دورهٔ دبستان)
جوان (برای دانش‌آموزان دورهٔ متوسطه و پیش‌دانشگاهی)

مجله های عمومی
(به صورت ماهنامه و هشت شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شود):
◆ رشد آموزش ابتدایی ◆ رشد آموزش راهنمایی تحصیلی ◆ رشد آموزش تکنولوژی
◆ رشد مدرسه فردا ◆ رشد مدیریت مدرسه ◆ رشد معلم

مجله های بزرگسال و دانش آموزی تخصصی
(به صورت فصل‌نامه و چهار شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شود):
◆ رشد برهان (راهنمای (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دورهٔ راهنمای تحصیلی) ◆ رشد برهان متوسطه (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دورهٔ متوسطه) ◆ رشد آموزش قرآن ◆ رشد آموزش معارف اسلامی ◆ رشد آموزش زبان و ادب فارسی ◆ رشد آموزش هنر ◆ رشد آموزش مشاور مدرسه ◆ رشد آموزش تربیت‌بدنی ◆ رشد آموزش علوم اجتماعی ◆ رشد آموزش جغرافیا ◆ رشد آموزش تاریخ ◆ 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 تخصصی، برای معلمان، مدیران، مربیان، مشاوران و کارکنان اجرایی مدارس، دانش‌آموزان مراکز تربیت‌معلم و رشته‌های دبیری دانشگاه‌ها و کارشناسان تعلیم و تربیت تهیه و منتشر می‌شوند.

◆ نشانی: تهران، خیابان ایرانشهر شمالی بین‌خیابان شماره ۴ آموزش و پرورش، پلاک ۲۶۶، دفتر انتشارات و تکنولوژی آموزشی
◆ تلفن و نمابر: ۸۸۳۱۱۱۶۱-۰۲۱