رشد آموزش
فیزیک
۱۲۲
فصلنامهٔ آموزشی، تحلیلی و اطلاع‌رسانی
دورهٔ سی و چهارم، شمارهٔ ۲، زمستان ۱۳۹۷

بسم الله الرحمن الرحیم

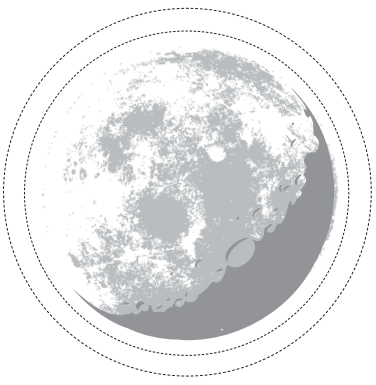
یادداشت سردبیر / مدرک‌گرایی به جای کارآمدی/ ۲
تعامل انسان با رویداد / جهانگیر ریاضی / ۳
آموزش علوم به روش کاوشگری / هانیه عالی‌نژاد/ ۵
انواع رنگین‌کمان‌ها / شهناز پایه/ ۸
کاربرد تارهای مرتعش در آموزش مفاهیم صوت / محمود طاهری تهرانی، جاوید ضمیرانوری/ ۱۱
کمک کنیم ماه از خودش سلفی بگیرد / ویلیام بیرد، ترجمهٔ سیدمهدی میرفتحی/ ۱۶
گفت‌وگو، ضرورت نگاه فلسفی به علم / نصرالله دادار/ ۱۸
دمای تعادل اجسام از دید ریاضی / اژدر سلیمان‌پور با کفایت/ ۲۳
آموزش فیزیک در ایران / اسفندیار معتمدی/ ۲۶
بررسی مبحث شار و قانون القای فاراده فیزیک (۲) پایهٔ یازدهم / یوسف مظهری خیاوی / ۳۱
مرزهای فیزیک، تازه‌ترین اخبار پژوهشی / منیژه رهبر/ ۳۲
تداخل تک‌شکافی با استفاده از یک تار مو و نشانگر لیزری / ربکا هسر، ترجمهٔ احمد توحیدی/ ۳۷
فعالیت توموگرافی گسیل پوزیترون / گردآوری دکترحسن قلمی باویل علیایی/ ۴۰
مثالی ساده برای نمایش جرم به‌عنوان نوعی انرژی / کلودیودیب، برگردان مرجان روح‌نواز/ ۴۴
چگونه اجسام سنگین می‌شوند؟ سرشت جرم / دون لینکین، ترجمهٔ احمد توحیدی/ ۴۶
بررسی فعالیت‌های مکمل کتاب فیزیک (۱) رشته ریاضی و فیزیک پایه دهم و تطابق آن با کتاب آزمایشگاه علوم تجربی / عاطفه عارفی/ ۵۲
گزارش هفدهمین کنفرانس آموزش فیزیک و نهمین کنفرانس فیزیک و آزمایشگاه / اسفندیار معتمدی، توحید گنج/ ۶۰
معرفی کتاب / فیزیک لعنتی ـ آلیس در سرزمین علوم / زهرا باقری/ ۶۲

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

مدیرمسئول: محمد ناصری
سردبیر: دکتر منیژه رهبر
مدیر داخلی: احمد احمدی
هیئت تحریریه: احمد احمدی، روح الله خلیلی بروجنی، دکتر حسن قلمی باویل علیایی، دکتر هانیه عالی‌نژاد، دکتر سیدهدایت سجادی، دکتر منیژه رهبر، اسفندیار معتمدی
طراح گرافیک: نوید اندرودی
ویراستار: دکتر منیژه رهبر
نشانی مجله: تهران، ایرانشهر شمالی، پلاک ۲۶۶
تلفن دفتر مجله: ۸۸۳۰۵۸۶۲-۰۲۱ (داخلی ۳۷۴)
نمابر مجله: ۸۸۸۴۹۰۳۱۶-۰۲۱
صندوق پستی مجله: ۱۸۵۷۵/۶۵۸۵
صندوق پستی امور مشترکین: ۱۵۸۷۵/۳۳۳۱
تلفن امور مشترکین: ۸۸۸۶۷۳۰۸-۰۲۱
وبگاه مجلات رشد: www.roshdmag.ir
پیام‌نگار مجله: Physics@roshdmag.ir
پیامک: ۳۰۰۰۸۹۹۵۰۲
چاپ و توزیع: شرکت افست
شمارگان: ۳۳۰۰ نسخه

مجله رشد آموزش فیزیک، نوشته‌ها و حاصل تحقیقات پژوهشگران و متخصصان تعلیم‌وتربیت، 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.



مدرک‌گرایی به‌جای کارآمدی

آمـــوزش کارآمد کلید پیشـــرفت هر جامعه اســـت. تمام کشـــورهایی که توانســـته‌اند در روند توســـعه پایدار جایگاه مناســـبی داشته باشند، این کار را با تأکید بر آموزش مناسب انجام داده‌اند. این موضوع که کشور ما به‌رغم امکانات فراوان از لحاظ شاخص توسعه‌یافتگی از وضعیت مناسبی برخوردار نیست ناشی از ضعف‌های نظام آموزشی ما است که نمی‌تواند منابع ارزشمند خود را در جهت پیشرفت جامعه هدایت کند. تجلی این مطلب را می‌توان در تفـــاوت بارز جایگاه ایران در مقام هجدهم از لحاظ ثروت و هفتاد و ششم در بین کشورهای درحال‌توسعه دید. این تفاوت زیاد نشان می‌دهد که مدیریت صحیح در جهت بهره‌برداری از امکانات وجود ندارد.

در جهانی که نیروی انســـانی کارآمد بزرگ‌ترین سرمایهٔ هر کشور محسوب می‌شود و کشـــورهای توسعه‌یافته بیشترین توجه را به آموزش نیروی انســـانی کارآمد دارند، مسائل نظام آموزشی ما همچنان پابرجاست. تلاش چندانی در جهت رفع مشکلات صورت نمی‌گیرد و در مواردی تشدید هم می‌شود.

هنوز مدرسه محیط دلپذیری برای شاگردان نیست که در آن برقـــراری ارتباط با دیگران، کمک به یکدیگر، همکاری و کسب مهارت‌های لازم برای یک زندگی موفق را یاد بگیرند. هدف از مدرســـه رفتن حفظ کردن طوطی‌وار مطالب برای موفقیت در امتحان، قبول شـــدن در آزمون ورودی دانشگاه و گرفتن مدرکی است که شاید چندان به کار نیاید. شگفت اینکه، همهٔ افـــراد درگیر در نظام آموزشـــی کم‌وبیش این موضوع را قبول دارند، اما کمتر گامی در جهت رفع مشکلات برداشـــته می‌شود و تبلیغات گسترده‌ای هم در جهت هرچه ناکارآمد کردن آن صورت می‌گیرد.

مدت‌هاســـت کـــه همـــه کم‌وبیـــش می‌دانند کـــه رتبهٔ دانش‌آمـــوزان مـــا در آزمون‌های بررســـی کیفیت آموزش بین‌المللی چندان بالا نیســـت، اما به جای تلاش در جهت یافتـــن علت‌های آن و رفع موانـــع موجود در جهت آموزش مؤثر، همچنان بر مخفی کردن مشکل اصرار می‌ورزند.

معلمان نیز در توجیه عدم تلاش در جهت آموزش عمیق و مفهومی مطلب می‌گویند که در صورت این نوع آموزش مورد اعتراض والدین قرار می‌گیرند که چرا روش تســـت‌زنی را به شـــاگردان یاد نمی‌دهند. رسانه‌ها هم مدام بر طبل موفقیت در کنکور می‌کوبند و مؤسســـه‌های مروج این روش‌ها عملاً هدایت آموزش کشور را در دست دارند.

این روند کم‌وبیش در همهٔ ســـطوح به چشـــم می‌خورد. هدف پژوهش‌های دانشـــگاهی ما به جای رفع مشـــکلات فراوان کشـــور و تولید محصولات با کیفیت، چاپ مقاله‌های ISI جهت کســـب امتیاز برای ارتقاســـت. بنابراین، مشاهده می‌کنیم که به‌رغم بالا رفتن تعداد مقاله‌ها و آمار تولید علم در کشور، نه‌تنها بازتاب آن را در زندگی روزمرهٔ خود مشاهده نمی‌کنیم، بلکه مشکلات از هر نظر بیشتر هم می‌شود.

کلید پیشرفت هر جامعه، سرمایه‌گذاری در جهت اعتلای علم و فرهنگ در آن، با کســـب مهـــارت در زمینهٔ فناوری پیشرفته و روزآمد، مناسب با شرایط اقلیمی و زیست‌محیطی آن جامعه اســـت. برای نابـــودی یک ملت هیـــچ نیازی به سلاح‌های کشـــتارجمعی نیست، کافی است با پایین آوردن کیفیت آموزش، به‌جای یاددادن مهارت‌های لازم برای حل مســـائلی که افراد در زندگی واقعی با آن‌ها روبه‌رو می‌شوند، آن‌هـــا را به حفظ کردن مطالب، بـــدون درک عمیق آن‌ها، ترغیب کرد. در این صورت مدرک‌گرایی جایگزین کارآمدی می‌شود و تعلیم‌وتربیت نسل جوان به کسانی واگذار می‌شود که دغدغه اصلی آن‌ها به جای اینکه اعتلای کیفیت زندگی و فرهنگ جامعه باشد، کسب سود مادی است.

تعامل انسان با رویداد

جهانگیر ریاضی

اشاره

تعامل انسان با رویداد فرایندی است که در شکل مدیریت شده می‌تواند زمینه‌های شناخت بهتر عوامل شکل‌گیری و وقوع رویداد، اجزا یا متغیرهای اصلی رویداد، و اصول ناظر بر رفتار دینامیکی آن را فراهم کند. وجود مسیرهای مختلف ورود به تعامل با رویداد باعث شکل‌گیری برداشت‌هایی متفاوت و گوناگون از ماهیت و رفتار رویداد خواهد شد.

از سوی دیگر، دستیابی به شناخت جامع و همه‌جانبه از ماهیت و رفتار رویداد، نیازمند جمع‌بندی و تحلیل اطلاعات به دست آمده از مسیرهای مختلف ورود به تعامل با رویداد است.

مراحل مختلف تعامل با رویداد

تعامل انسان با رویداد فرایندی است که از اشکال ساده آغاز می‌شود و می‌تواند با ارزیابی پیچیده‌تر از رفتار رویداد ادامه یابد. در فرایند گذار از سادگی به پیچیدگی، گستره‌ای از برداشت‌ها و نظرات مطرح خواهد شد. به یقین همهٔ افرادی که وارد تعامل با رویداد می‌شوند، تا انتهای مسیر را طی نخواهند کرد. برخی از آنان در همان مراحل ابتدایی شناخت از رویداد باقی می‌مانند و آنان که تا انتهای این مسیر را طی می‌کنند و به شناختی همه جانبه‌تر از رویداد دست می‌یابند، جمعیت کمتری را تشکیل می‌دهند.

وجود گستره‌ای از تعاملات مختلف افراد با یک رویداد معین باعث طرح دیدگاه‌ها و تحلیل‌های گوناگون از رفتار این رویداد می‌شود. تحلیل‌های گوناگون باعث به‌وجود آمدن درک و برداشت‌هایی مختلف از مفاهیم مرتبط با رویداد خواهد بود.

بر همین اساس می‌پذیریم که از یک مفهوم معین ممکن است فهم و تعبیرهایی گوناگون مطرح شود. واقعیتی که با اندیشه «یکسان‌نگر» بسیار فاصله دارد. اندیشه‌ای که انتظار دارد همگان برداشت و درکی یکسان از یک مفهوم داشته باشند. اندیشه «یکسان‌ساز» تلاش می‌کند این درک و تعبیر یکسان را ایجاد کند.

به‌طور کلی می‌توان برای تعامل انسان با رویداد به مراحل زیر اشاره کرد.

داشتن نگاه کلی، بدون توجه و ورود به جزئیات رویداد: در این مرحله تصویری کلی که مشخص‌کننده قلمرو و مرزهای رویداد با دنیای پیرامون آن است، دریافت می‌شود. چنین تصویری نمی‌تواند مبنای تحلیل همه جانبه رویداد شود.

توجه به اجزای تشکیل‌دهندهٔ رویداد: به‌طور کلی در هر پدیده یا رویداد، پارامترها یا متغیرهایی وجود دارد که تعیین‌کننده رفتار آن‌اند و برای توصیف پدیده یا رویداد باید از همین متغیرها استفاده کرد.

این متغیرها را می‌توان عناصر یا اجزای اصلی رفتار رویداد تلقی کرد. برای مثال در بررسی و پیش‌بینی‌های هواشناسی، به پارامترهایی مانند فشار، دما، چگالی، رطوبت و ... توجه می‌شود. از این منظر رویدادهای مربوط به تغییرات هوا و جو، براساس همین پارامترها یا عناصر قابل‌تحلیل است.

شناخت رابطهٔ بین اجزا یا متغیرهای اصلی رفتار رویداد: رابطهٔ اجزاء یا متغیرهایی که اساس توصیف حالت و رفتار دینامیکی رویداد یا پدیده هستند، می‌تواند امکان تحلیل رفتار کنونی و همچنین پیش‌بینی رفتار بعدی رویداد را فراهم سازد.

رابطهٔ بین این متغیرها می‌تواند در قالب اثر متقابل یا برهم کنش آن‌ها باشد که نشان می‌دهد تغییر در هر یک از این متغیرها، چگونه بر دیگر پارامترها تأثیر می‌گذارد و این تأثیر در نهایت چه نقشی در رفتار کلی رویداد خواهد داشت. رابطه این متغیرها در قالب روابط ریاضی یا نمودار تغییرات، حاصل می‌شود. همین روابط ریاضی که بستگی متغیرها را نشان می‌دهد، امکان پیش‌بینی رفتار بعدی رویداد را فراهم می‌کند.

توجه به زیرسازه‌های اجزای پدیده یا رویداد: نگاه دقیق و عمیق‌تر به رویداد یا پدیده، زمینه‌ساز دستیابی به زیرسازه‌های تشکیل‌دهندهٔ اجزا یا عناصر اصلی رویداد می‌شود. به این معنی که رفتار متغیرهای اصلی رویداد، وابسته به زیرسازه‌هایی هستند که شناخت آن‌ها به دقت بیشتری نیاز دارد. برای مثال، توجه به زیرسازه‌های اتم‌ها در رویدادهای جهان ریزمقیاس.

شناخت رابطهٔ بین زیرسازه‌های اجزا یا متغیرهای اصلی رویداد: با پذیرش این اصل که متغیرهای اصلی و تعیین‌کننده‌های رفتار رویداد یا پدیده، خود از زیرسازه‌هایی تشکیل می‌شوند، باید تلاش کرد رابطه‌ی این زیرسازه‌ها را به دست آورد. چنین رابطه‌ای در قالب تأثیر متقابل این زیرسازه‌ها و نقش آن‌ها در رفتار کلی و عمومی رویداد ظاهر می‌شود.

مسیرهای مختلف ورود به تعامل با رویداد

وجود مسیرهای مختلف برای ورود به تعامل با یک رویداد، یکی از عوامل بسیار مهم در به‌وجود آمدن تعبیرهای گوناگون در توصیف ماهیت و رفتار این رویداد است. تعامل از یک مسیر مشخص و کلیشه شده باعث می‌شود زمینه‌های شکل‌گیری اندیشه‌های متفاوت در مورد رویداد کم‌رنگ شود.

تعامل همه جانبه می‌تواند ابعاد مختلف رویداد را روشن‌تر کند. اگر برای رفتار رویداد یا پدیده، بخش‌های مختلفی در نظر بگیریم، در آن صورت، نگاه از یک زاویهٔ محدود باعث می‌شود تنها بخش محدودی از ویژگی‌های رفتاری پدیده یا رویداد در میدان دید و شناخت ما قرار گیرد.

در واقع سایر بخش‌ها از نگاه و دید ما پنهان می‌ماند و زمینه‌ساز شناختی ناقص از پدیده یا رویداد خواهد شد. تعامل همه جانبه نیازمند طراحی فرایندهایی است که در آن با نگاهی خلاق بتوان از مسیرهای تجربه نشده به بخش‌های دیده نشده و دست نخورده دست یافت، که این خود نیازمند نگرشی دینامیکی به مفهوم تعامل است. ذهن ایستا همه چیز را از قبل در قالب‌های کلیشه‌ای پذیرفته است. در نتیجه در فکر یافتن مسیرهای جدید و تجربه نشده نیست.

هزاران بار یک مسیر را تکرار می‌کند بدون آنکه در این تکرار به دستاورد جدیدی در این تعامل دست یابد. به بیان دیگر: جغرافیای رویداد را نمی‌توان در یک مسیر تکراری به‌طور همه جانبه شناخت. ذهن خلاق تلاش می‌کند با تجربه و اندیشهٔ خود، مسیر ورود به تعامل را طراحی کند. او منتظر نمی‌ماند تا دیگران مسیر را به او توصیه کنند. به همین دلیل است که این ذهن خلاق در تعامل با رویداد به جنبه‌ها و ویژگی‌هایی دست می‌یابد که از دید دیگران کم و بیش پنهان مانده‌اند!

نمی‌توان برای طراحی مسیرهای مختلف ورود به تعامل با رویداد، قالب یا فرمول خاصی طرح کرد و انتظار نداشته باشیم با عبور از یک مسیر، تمامی ویژگی‌های رفتاری رویداد را بشناسیم. شناخت گسترده از ویژگی‌های رفتاری رویداد و تشخیص متغیرهای اصلی تعیین‌کنندهٔ این رفتار، مستلزم به‌کارگیری مجموعهٔ دستاوردهای حاصل از ورود از مسیرهای مختلف به تعامل با یک رویداد معین است.

تحلیل رویداد با توجه به برهم کنش آن با متغیرهای بیرونی

در شرایط ایستا با پارامترهای مشخص و تکراری نمی‌توان وجوه مختلف رویداد را شناخت. تحلیل رفتار دینامیکی رویداد نیازمند توجه به واکنش و پاسخ پدیده یا رویداد به متغیرهای جدید بیرونی است. چنین شرایطی امکان دستیابی به وجوه بیشتری از ویژگی‌های رفتاری رویداد را فراهم می‌کند. در شرایط ایستا، واکنش و پاسخ رویداد به شرایط بیرونی، کم و بیش معلوم است. شناخت حاصل از چنین شرایطی، بسیار محدود است.

با نگاهی خلاق به مفهوم رفتار دینامیکی پدیده یا رویداد، می‌توان با دستکاری در متغیرهای بیرونی و فراهم آوردن شرایط جدید و تجربه نشده، واکنش و پاسخ رویداد را به این شرایط، مورد تحلیل قرار داد.

تحلیل رفتار دینامیکی رویداد در مقابل شرایط جدید ایجاد شده، اطلاعات جدیدی از رفتار رویداد به دست خواهد داد. همان‌گونه که پاسخ و واکنش‌های انسان به شرایط جدید و نامتعارف، شناخت بیشتری از وجوه دیده نشدهٔ رفتار او را به‌وجود می‌آورد.

ذهن خلاق تلاش می‌کند نمودداری از رفتارهای گوناگون رویداد را در مقابل متغیرهای بیرونی در یک دورهٔ معین ترسیم کند. توجه به این نمودار و ویژگی‌های آن، برای ما امکان پیش‌بینی رفتار آیندهٔ رویداد را فراهم می‌سازد. توجه می‌شود که در این پیش‌بینی‌ها که براساس رفتار پیشین طرح می‌شود، همواره احتمال وجود متغیرهای پنهان و دیده نشده وجود دارد. به این معنی که ضمن داشتن پشتوانه‌های لازم از رفتارهای پیشین، باید آمادگی لازم برای مواجه شدن با شرایط پیش‌بینی نشده را داشت.

از این منظر «شناخت» از رویداد، مفهومی دینامیکی تلقی می‌شود که با تعبیرهای ایستا و مطلق قابل توصیف نیست. به بیان دیگر تعامل انسان با رویداد، منشأ به وجود آمدن سازه‌ای به نام شناخت خواهد شد. این سازه در فرایند تعامل همچون موجودی زنده، مداوم خود را بازسازی و باز تعریف می‌کند و فرایند تکوین را طی خواهد کرد.

هر قدر تعامل انسان با رویداد دقیق‌تر و پیچیده‌تر باشد، رابطهٔ زیرسازه‌های شناخت، پیچیده‌تر خواهد شد. در این تعبیر، مفهوم «شناخت» در قلمرو مفاهیم نسبی قابل توصیف است. یعنی شناخت حاصل از تعامل امروز با رویداد، پاسخگوی شرایط اکنون است. هر گونه تغییر در متغیرها و پارامترهای دنیای بیرون، ضرورت دستیابی به شناختی پیچیده‌تر از رویداد را مطرح می‌سازد.

نباید فراموش کرد که اضافه شدن یک متغیر به شرایط بیرونی یا جابه‌جایی متغیرها، می‌تواند پایداری پدیده یا رویداد را دچار اختلال کند و ضرورت طراحی فرایند دستیابی به پایداری جدید را در اولویت قرار دهد.

درک مفاهیم در جغرافیای رویداد

بسیاری از مفاهیم در جغرافیای پدیده‌ها و رویدادها متولد و به مرور زمان و طی فرایندی پیچیده، به مفاهیم امروزی تبدیل می‌شوند. خطاست اگر تلاش کنیم یک مفهوم را جدا از جغرافیای شکل‌گیری آن و تنها در قالب کنونی‌اش درک

وجود مسیرهای مختلف برای ورود به تعامل با یک رویداد، یکی از عوامل بسیار مهم در به‌وجود آمدن تعبیرهای گوناگون در توصیف ماهیت و رفتار این رویداد است

آموزش علوم به روش کاوشگری

هانیه عالی‌نژاد

کنیم. به یقین چنین درکی، ناقص و ایستا خواهد بود.

برای درک یک مفهوم لازم است به جغرافیای رویدادی سفر کنیم که مفهوم در آنجا چشم به جهان گشوده است.

سفر به جغرافیای رویداد، امکان دستیابی به فرایند شکل‌گیری و تولد مفهوم را فراهم می‌سازد. در این سفر به مفهوم فرصت می‌دهیم به جغرافیای رویداد بیاید، به روزهای آغاز به‌وجود آمدنش!

در واقع طی فرایند تعامل با رویداد است که انسان می‌تواند مفاهیم مرتبط با رویداد را ببیند و تلاش کند آن‌ها را درک کند.

دیدن مفهوم در جغرافیای رویداد، به انسان فرصت می‌دهد شرایط اولیهٔ شکل‌گیری مفهوم را درک کند. درک شکل اولیهٔ مفهوم و فرایند تکوین تا رسیدن به شکل امروزی آن، باعث روشن شدن وجوه بیشتری از مفهوم می‌شود. از این منظر، می‌توان جغرافیای تعامل انسان با رویداد را یکی از مناسب‌ترین محیط‌های یادگیری تلقی کرد. فضایی که امکان تجربه شخصی را برای فرد فراهم می‌سازد.

در این شرایط است که انسان تلاش می‌کند طرحی مناسب برای چگونگی ورود به تعامل با رویداد طراحی کند. عناصر این طرح از جنس اندیشه، باورها و تجربه‌های شخص هستند. یعنی چنین تعاملی براساس ویژگی‌های فردی تعریف می‌شود. به بیان دیگر به تعداد انسان‌هایی که وارد تعامل با رویداد می‌شوند، می‌توان طرح‌هایی متفاوت داشت.

در کل می‌توان گفت: یکی از ویژگی‌های یک تعامل موفق، حضور فعال در جغرافیای رویداد با تأکید بر عناصر اولیه شکل‌گیری و تولد مفاهیم مرتبط با رویداد است.

موانع موجود در مسیر درک جامع و دینامیکی از پدیده یا رویداد

- ترویج اندیشهٔ ورود کلیشه‌ای و تکراری از یک مسیر معین برای تعامل با رویداد.
- مسدود کردن تمامی مسیرهای متفاوت ورود به تعامل با رویداد و پدیده‌ها که به تولید کثرت و تفاوت در درک مفاهیم می‌انجامد.
- طراحی سامانه‌های «یکسان‌ساز» برای به‌کارگیری در محیط‌های مختلف تعامل انسان با رویداد.
- هرگاه ورودی این سامانه‌ها، «گوناگونی و تنوع» باشد، خروجی آن‌ها به یقین «یکسان‌شدگان» در قلمرو اندیشه و درک از مفاهیم خواهد بود.
- جایگزین کردن «القای تفکر» که در فضای قیدها شکل می‌گیرد، به جای «تعامل خلاق» که در محیط رهایی از قیدها و داشتن فرصت تجربهٔ شخصی ایجاد می‌شود.

مقدمه

امروزه آموزش، آماده کردن دانش‌آموزان برای زندگی در دنیایی ثابت و ایستا نیست، بلکه مهیا کردن آن‌ها برای مقابله با تغییرات و چالش‌های زندگی امروز و آینده است. در آموزش به روش سنتی، هدف، تسلط بر محتوا بدون تأکید روی توسعه مهارت‌ها و نگرش‌ها بود و دانش‌آموزان در واقع فقط گیرنده‌های دانش معلم خود بودند. در چنین نظامی معلم‌ها دائم مشغول بالا بردن نمره‌های دانش‌آموزان خود هستند در حالی که بچه‌ها به‌طور معناداری به یادگیری نمی‌رسند[۱].

اما آموزش به روش کاوشگری، در اصل، معتقد به آماده ساختن فرد برای یادگیری مستقل است و روش آن مبتنی بر مشارکت فعال شاگردان در فرآیند کاوشگری علمی است. کودکان، مشتاق و کنجکاو رشد و نمو خود هستند و آموزش کاوشگری، توان طبیعی و اکتشافی آن‌ها را به‌کار می‌گیرد و به آن‌ها جهت‌های خاصی برای کشف بهتر زمینه‌های جدید می‌دهد. هدف کلی آموزش کاوشگری، کمک به شاگردان در ایجاد نظم عقلی و مهارت‌های لازم برای طرح پرسش و پژوهش برای پاسخ به آن‌ها مبتنی بر کنجکاوی خود آن‌هاست.

واژه کاوشگری اشاره به فرآیند کسب اطلاعات از راه تحقیق و بررسی توسط شخصی را دارد که مشتاق شناختن پدیدهٔ نهفته در یک پرسش است. کاوشگری می‌تواند به این صورت تعریف شود: «فرایند تشخیص مسئله، نقد

آزمایش‌ها، تشخیص جایگزین‌ها، طراحی تحقیق‌ها، بررسی حدس و گمان‌ها، جست‌وجوی اطلاعات، مدل‌سازی، گفت‌وگو با همسالان و پروردن استدلال‌های منسجم» [۲]. از نظر هیانگ [۳] کاوشگری شامل بررسی یک مسئله، یافتن حقیقت یا دانش ــ که خود نیازمند تفکر، مشاهده، پرسشگری، انجام آزمایش و نتیجه‌گیری است ــ و تفکر خلاق و استفاده از شهود می‌باشد. در روش تدریس کاوشگری سه حوزه کاوش، کشف و تجربه وجود دارد. کاوشگری، فرایند شناخت علم از طریق انجام آزمایش‌های علمی است. همچنین افراد از طریق آزمون و خطاها و جست‌وجوی اطلاعات می‌توانند کم‌کم الگوها و ارتباطات را ببینند که این فرایند منجر به کشف می‌شود. کشف برای به دست آوردن دانش، مفاهیم و تعمیم آن‌هاست. اگر کاوشگری و کشف هم‌زمان اتفاق بیفتند تا فرایند توسعه مهارت‌های علمی محقق شود، درواقع تجربه حاصل شده است. آکسلا [٤] قابلیت‌های روش کاوشگری در علوم را شامل تصمیم‌گیری، تفکر انتقادی، انعطاف‌پذیری، بردباری و استقلال می‌داند [۱].

آموزش به روش کاوشگری می‌تواند یک راه پرانگیزه برای یادگیری علوم باشد زیرا روی علایق خود بچه‌ها متمرکز می‌شود و با توانا کردن آن‌ها به پیشبرد تحقیقات خودشان، منجر به تحقق یادگیری فعال در آن‌ها می‌شود. از آنجا که نشانه گرفتن انگیزه و علایق خود بچه‌ها روی عملکرد آن‌ها به‌طور مثبتی مؤثر است، روش کاوشگری به‌عنوان یک رویکرد تأثیرگذار برای یادگیری مفاهیم و طبیعت واقعی علم شناخته می‌شود [۵]. در واقع برای اینکه به کودکی کمک کنیم تا مسئله را حل کند، باید مسئله برای او معنی پیدا کند و او تا حد ممکن در ایجاد و توسعه آن نقش داشته باشد. به‌طور خلاصه مسئله باید مسئله خود کودک شود تا او متمایل به حل آن شود [٦].

بچه‌ها حرف می‌زنند تا چیزی را که مشاهده کرده‌اند بگویند، حرف می‌زنند تا فرض‌ها و پیشنهادهای خود را مطرح کنند، آن‌ها را توجیه کنند، از دیگران بپرسند یا آن‌ها را نقد کنند

کلیدواژه‌ها: روش کاوشگری، آزمایش علمی، حل مسئله

یادگیری به روش کاوشگری

آموزش به روش کاوشگری، در حقیقت از این تجربه حاصل شده که کودکان با کنجکاوی ذاتی خود و با نگاه کردن به الگوها و روابط در تجربیات و ارتباطشان با دیگران، سعی در شناخت جهان اطراف و قابل پیش‌بینی کردن آن دارند. در مورد همه چیز فکر و استدلال می‌کنند و براساس چیزهایی که دیده‌اند و تجربه کرده‌اند فرضیه می‌سازند که گاهی نیز ممکن است به مفاهیم خامی برسند که علمی نیست. به‌عنوان مثال خیلی از بچه‌ها (یا حتی بزرگسالان) ممکن است فکر کنند که سایه زمین باعث ایجاد حالت‌های ماه می‌شود. زیرا در زندگی روزمره به تجربه مشاهده کرده‌اند که وقتی خورشید به چیزی می‌تابد، سایه درست می‌شود و هر روز می‌بینند که خورشید به زمین می‌تابد. این نشان‌دهنده دانش و تجربه ناکافی آن‌هاست [۷]. برای ساخت دانش صحیح، آموزش باید تجربیات انتخاب شده و ساختارمندی را برای دانش‌آموزان فراهم کند تا استدلال آن‌ها به‌روزرسانی شود و در مسیر درستی برای پرورش ایده‌هایشان قرار بگیرند.

آموزش به روش کاوشگری بر چند پایه استوار است:

کنجکاوی: اگر کنجکاوی نبود در تاریخ بشر علمی وجود نداشت. کنجکاوی یک ویژگی مغز است که میراث تحول نوع بشر به بهترین شکل است. ما جهان هستی را با تمام احساسمان و نه فقط دیدن، درک و پرسش مطرح می‌کنیم. درواقع احساسات ما ابزارهای اندازه‌گیری ما هستند.

مشاهده: دیدن با مشاهده کردن متفاوت است. ما چیزهای زیادی می‌بینیم ولی خیلی کم مشاهده می‌کنیم، تفاوت آن‌ها در توانایی ما برای توجه کردن است. اغلب بزرگسالان متفاوت به دنیا نگاه می‌کنند. آن‌ها چیزهای زیادی دیده‌اند و فکر می‌کنند باید جای دیگری بروند تا ببینند، مشاهده کنجکاوانه آن است که شخص به جای فقط دیدن سطحی دنیا، آن را واقعاً مشاهده کند و مسائلی که قبلاً ندیده است را ببیند که این مسائل ابزارهای دانش هستند.

تخیل: وقتی بچه‌ها پدیده‌ای را مشاهده می‌کنند، تخیل آن‌ها می‌تواند به اطراف رانده شود. مثلاً با مشاهده پدیده خسوف ممکن است فکر کنند که اژدها ماه را خورد! اما تخیل علمی بچه‌ها در کلاس درس باید از مسیر مشخصی بگذرد. بچه‌ها یک امتیاز عالی شامل داشتن یک تخیل فعال دارند ولی در خطر عدم توانایی کنترل آن هستند. این به آموزش‌دهنده بستگی دارد که این دو را به هم مرتبط کند و پایه‌های رویکرد علمی را بنا گذارد.

طبیعت: ممکن است فکر کنیم که معلومات علمی مجموعه‌ای قابل تحسین و تأمل است که کتابخانه‌ها و پایگاه داده‌های اینترنتی را پر کرده و ارتباط بین معلم و دانش‌آموز فقط انتقال دانش موجود در کتاب‌هاست. ولی علم درواقع این نیست. علم یعنی پرسش و پرسش‌ها در کتاب‌ها نیستند، بلکه پاسخ‌ها هستند. اما بازیگر بسیار مهمی در این میان وجود دارد، طبیعت، یعنی جهان، پدیده‌ها و اشیای اطراف ما که نمی‌توانیم ارتباطش را با علم نادیده بگیریم و نقش آن را به جمله‌ای در کتاب‌ها تقلیل دهیم. درواقع معلم، دانش‌آموز و طبیعت، سه رأس مثلث سه‌گانه تعلیم هستند. به همین دلیل است که بدون کمک طبیعت، تجربه کردن و آزمایش کردن، یک دانش کوته‌فکرانه حاصل می‌شود که خیلی زود تأثیر خود را از دست می‌دهد.

حقیقت: در واقع ساختن دانش، اجازه دادن به تولد حقیقت است. وقتی چیزی را می‌بینیم، مشاهده می‌کنیم یا آزمایش می‌کنیم، اهداف شکل عینی پیدا می‌کنند. در مثال خسوف، اینکه اژدها ماه را می‌خورد تلاشی برای توصیف واقعیت است ولی دوامی نخواهد داشت. برخلاف آن، سایه زمین پایدار است، بنابراین یک قدم به سمت جلو برای خلق حقیقت خواهیم برداشت. اما ساختن چنین حقیقتی بر عکس کنجکاوی، تخیل و مشاهده که از ویژگی‌های یک فرد هستند، یک کار گروهی است. تبادل نظرها، یافتن یک فکر مشترک، مقابله با تضاد نظرها از مراحل ساخت حقیقت هستند. استدلال کردن، یک جاده شلوغ، پیچیده و پر از سختی در راه حقیقت است.

زبان: باید در نظر داشته باشیم که دانش‌آموزان به خاطر تفاوت‌های اجتماعی و فرهنگی، استفاده‌های متفاوتی از زبان دارند. اگر نخواهیم که این تفاوت‌ها به تفاوت‌های بزرگ‌تری منجر شوند، نباید با چیزهایی شروع کنیم که به زندگی و تجربیات شخصی آن‌ها مربوط می‌شود زیرا یکسان نیستند و بازتاب‌های متفاوتی خواهند داشت. بنابراین باید بچه‌ها را تشویق کنیم که با توجه به چیزی که در کلاس می‌بینند و انجام می‌دهند، روی زبانشان کار کنند. یکی از دروسی که زمینه این کار در کلاس را خوب فراهم می‌کند، درس علوم است.

بچه‌ها حرف می‌زنند تا چیزی را که مشاهده کرده‌اند بگویند، حرف می‌زنند تا فرض‌ها و پیشنهادهای خود را مطرح کنند، آن‌ها را توجیه کنند، از دیگران بپرسند یا آن‌ها را نقد کنند. حرف می‌زنند تا آن‌چه را فهمیده‌اند خلاصه کنند و دانش کسب شده را بیان کنند. برای انجام این کار در پیش‌دبستانی اولین مانع کمبود تجربه است. بچه‌ها کوچک هستند و برخی از موقعیت‌ها و کلمات را نمی‌شناسند. به همین دلیل لازم است که تماشا کنند، لمس کنند و دستکاری کنند تا بتوانند ایده‌پردازی کنند. معلم می‌تواند اجسام و کارها را نام‌گذاری کند که به بچه‌ها اجازه می‌دهد کلمات بیشتری را یاد بگیرند. مانع دیگر، اتصال بچه‌ها به زمان حال در این مقطع سنی است. آن‌ها فقط به کاری که انجام می‌دهند توجه می‌کنند و ارتباط دادن به آن‌چه قبلاً دیده‌اند یا انجام داده‌اند برای آن‌ها سخت است. بنابراین معلم باید دائم به آن‌ها یادآوری کند یا از آن‌ها بپرسد.

بخش بعدی مهارت‌های زبان‌شناختی، توانایی استفاده از کلمات نوشتار در بخش‌های مختلف کار فکری است. ما ایده‌ها و کارهایمان را می‌نویسیم تا به خاطر بسپاریم که چه فکری کردیم، تا بتوانیم برای عمل آماده شویم و بهتر بفهمیم. چیزی که خوب فهمیده شده باشد، واضح نوشته می‌شود. ساختن روابط روی کاغذ باعث فهم عمیق می‌شود. نوشتن، گاهی اوقات فقط یادداشت کردن روی یک طرح کلی است. در آنجا هم کلمات هست ولی ارتباط دادن کلمات به عناصر و روابط، کار فکری مربوط به تشخیص و طبقه‌بندی کردن است که برای بچه‌ها خیلی مهم است.

برای تقویت مهارت‌های زبان‌شناختی و به کارگیری آن‌ها در دروس مختلف، می‌توان از کلاس‌های ادبیات استفاده کرد.

مراحل آموزش به روش کاوشگری

یک واحد آموزشی به روش کاوشگری شامل بحث و گفت‌وگو، مناظره، همکاری، بازتاب، به اشتراک‌گذاری و ثبت دانش است. چارچوب کلی برای چنین واحد آموزشی دارای بخش‌های زیر است [۷]:

۱. مشغول کردن

چه چیزی را می‌توانم امتحان کنم؟ از چه چیزی متعجب می‌شوم؟ چه چیزی می‌دانم؟ چه چیزی جالب است؟

۲. طراحی و هدایت پژوهش علمی

طراحی: پرسش یا مسئله من چیست؟ من چه چیزی را می‌خواهم بدانم؟ چطور آن را خواهم فهمید؟

اجرا: چه چیزی مشاهده می‌کنم؟ آیا از ابزارهای درست استفاده می‌کنم؟ چه جزئیاتی را باید ثبت کنم؟

سازماندهی و تحلیل داده‌ها: اطلاعات را چگونه سازماندهی می‌کنم؟ چه الگوهایی را می‌بینم؟ چه ارتباط‌هایی ممکن است وجود داشته باشد؟ این ارتباط چه معنی‌ای می‌تواند داشته باشد؟

نتیجه‌گیری آزمایشی: چه ادعاهایی می‌توانم داشته باشم؟ چه شواهدی دارم؟چه چیزهای دیگری را لازم است بدانم؟

تنظیم پرسش‌های جدید: هنوز چه پرسش‌هایی دارم؟ چه پرسش‌های جدیدی دارم؟ چطور می‌توانم پاسخ آن را پیدا کنم؟

۳. نتیجه‌گیری نهایی

از تمام پژوهش‌هایی که انجام دادم چه چیزی می‌دانم؟ چه شواهدی برای دفاع از ایده‌هایمان داریم؟

۴. برقراری ارتباط با سایر مخاطبان

چه چیزی می‌خواهم به بقیه بگویم؟ چطور به آن‌ها خواهم گفت؟ چه چیزی حتماً باید در صحبت من باشد؟

یک واحد آموزشی ممکن است تا قبل از رسیدن به مرحله نتیجه‌گیری نهایی، مراحل تحقیق متعددی را طی کند. یک جلسه یا ساعت درسی هرگز نمی‌تواند شامل تمام مراحل چارچوب ذکر شده در بالا باشد و شاید به ندرت بتواند همه بخش‌های مرحله طراحی و هدایت تحقیقات علمی را پوشش دهد.

منابع

1. Strategies of Teaching Science Using an Inquiry Based Science Education (IBSE) by Novice Chemistry Teachers. Nurshamshida Md Shamsudin, Nabilah Abdullah, Nurlatifah Yaamat. 2013. 6th International Conference on University Learning and Teaching. pp. 583-592.
2. Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell. P. Inquiry and technology. Internet Environments for Science Education. s.l. : Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2004, pp. 3-28.
3. Hiang, P. S. Pedagogy of Science. s.l. : Kuala Lumpur: Percetakan Sentosa(K.L) Sdn.Bhd, 2005.
4. Taking IBSE into Secondary School. Aksela. M, J. A. 2010. IAP-International Conference.
5. Inquiry-based science education: towards a pedagogical framework for primary school teachers. Martina S. J. van Uum, Roald P. Verhoeff & Marieke Peeters. 3, 2016, International Journal of Science Education, Vol. 38, pp. 450-469.
6. Saltiel, Edith. Inquiry-Based Science Education: Applying it in the Classroom Methodological Guide. s.l. : Pollen Europe.
7. Karen Worth, Mauricio Duque, Edith Saltiel. Designing and Implementing Inquiry-Based Science Units for Primary Education. s.l. : La main à la pâte, 2009.

انواع رنگین‌کمان‌ها

شهناز پایه
معلم شیمی بابلسر و کارشناس ارشد شیمی فیزیک

اشاره

سازوکار رنگین‌کمان‌ها از زمان‌های قدیم مطالعه شده است. فیلسوفان یونانی از نقش بازتاب نور در تشکیل یک رنگین‌کمان آگاه بودند. در قرن سیزدهم دانشمندان نظریه‌هایی را در مورد تشکیل رنگین‌کمان ارائه کردند و در قرن هفدهم رنه دکارت[1] وضعیت‌هایی را که منجر به مشاهده یک رنگین‌کمان می‌شود توضیح داد. یک رنگین‌کمان به وسیلهٔ شکست و بازتاب داخلی نور داخل قطره‌های باران به‌وجود می‌آید که در نتیجه آن، نور سفید به رنگ‌های رنگین‌کمان تجزیه می‌شود. دیدن یک رنگین‌کمان بعد از باران طبیعی است، اما آیا تا به حال دو رنگین‌کمان دیده‌اید؟ در این مقاله، به پدیده تشکیل انواع رنگین‌کمان‌ها می‌پردازیم.

کلیدواژه‌ها: رنگین‌کمان، مه‌کمان[2]، رنگین‌کمان دوتایی[3]

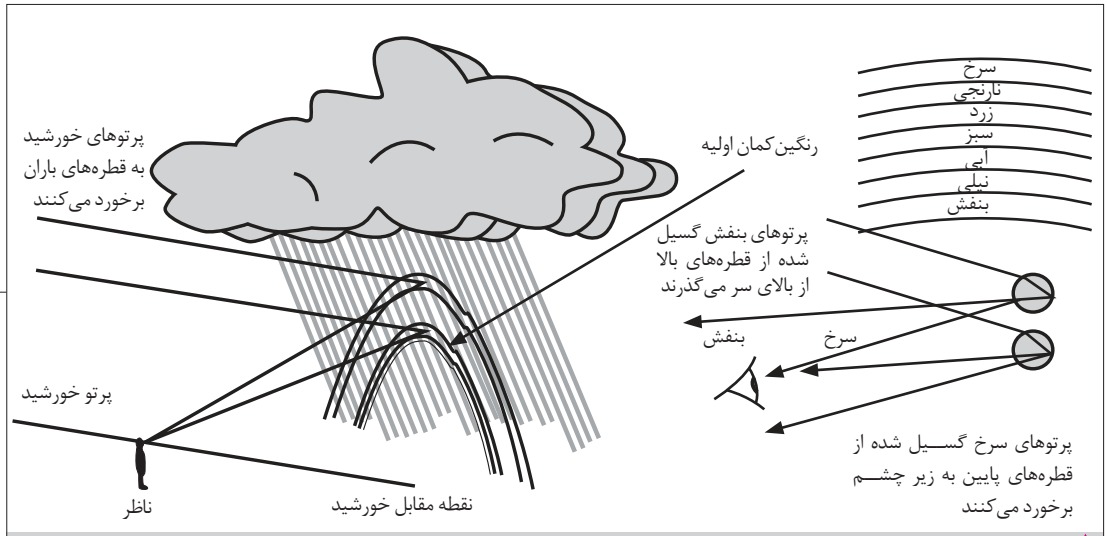
رنگین‌کمان

نور سفید خورشید، طیفی کامل از رنگ‌هاست. رنگ‌های رنگین‌کمان به ضریب شکست نور در آب و طول‌موج‌های آن بستگی دارد. ضریب شکست نور در آب تابع سرعت نور در آب است. رنگ‌های با طول‌موج متفاوت، با سرعت یکسانی عبور نمی‌کنند. نور قرمز با طول‌موج بلندتر، زاویه بزرگ‌تری در رنگین‌کمان به‌وجود می‌آورد و نور آبی با طول‌موج کوتاه‌تر، زاویه کمتری دارد. رنگ‌های رنگین‌کمان، طیف پیوسته‌ای از رنگ‌های قرمز، نارنجی، زرد، سبز، آبی، نیلی و بنفش هستند.

همچنین در محدوده فروسرخ و فرابنفش هم امتداد می‌یابند اما قابل‌مشاهده با چشم نیستند.

وقتی خورشید از پشت سر ما به قطره‌های باران می‌تابد، پرتوهای نور وارد قطره می‌شوند و به طرف داخل قطره شکسته می‌شوند. آن‌ها از پشت سطح قطره باران بازتابیده می‌شوند و دوباره می‌شکنند و به چشم‌های ما می‌رسند. شکست نور، عامل تجزیه نور خورشید به رنگ‌های تشکیل‌دهنده آن است. همان‌طور که شما حرکت می‌کنید، رنگین‌کمان شما تغییر خواهد کرد و از مشاهده‌های دیگران متفاوت خواهد بود. چون نور تنها از یک قطره پراکنده شده است، پس تنها یک پرتو از یک رنگ خاص به چشم شما می‌رسد. نوار بنفش با زاویه حدود ۴۰/۶ درجه از قطره باران خارج می‌شود و نوار قرمز با زاویه حدود ۴۲/۴ درجه. پس نور قرمز در قسمت بالاتر قطره باران نسبت به چشم شما قرار دارد.

بهترین زمان دیدن یک رنگین‌کمان صبح زود یا غروب است، وقتی‌که خورشید در وضعیت پایین‌تری قرار می‌گیرد. اگر در طول ریزش باران، بتوانید سایه سر خودتان را ببینید، در وضعیت مناسبی برای دیدن رنگین‌کمان هستید. رنگین‌کمان اول با زاویه‌های بین ۴۰ و ۴۲ درجه از نقطه مقابل خورشید تشکیل می‌شود. به همین دلیل رنگین‌کمان‌ها در هنگام ظهر دیده نمی‌شوند چون دایره کامل ۴۲ درجه در بیشتر عرض‌های جغرافیایی زیر خط افق است. زاویه خورشید روی رنگین‌کمانی که ما می‌بینیم تأثیر می‌گذارد. هرگاه خورشید بالاتر از ۴۲ درجه باشد، رنگین‌کمان زیر افق قرار می‌گیرد. با رسیدن خورشید به سطح افق، اندازه کمان قابل‌مشاهده افزایش می‌یابد و به یک شبه‌دایره کامل درست قبل از غروب می‌رسد.



▲ شکل ۱. نحوه تشکیل و مشاهده رنگین‌کمان اول

رنگین‌کمان‌ها همیشه به‌صورت کمان ظاهر می‌شوند زیرا در زاویه‌ای ثابت به دور نقطه مقابل خورشید (سایه سر شما) تشکیل می‌شوند. اگر شخصی روی زمین ایستاده باشد و به باران نگاه کند، امکان ندارد یک دایره کامل از رنگین‌کمان ببیند. اگر چه شما می‌توانید در هواپیما از بالا به قطره‌های باران نگاه کنید و یک رنگین‌کمان کامل ببینید، زیرا قطره‌های در حال ریزش هم بالا و هم پایین شما هستند. ولی این رنگین‌کمان دایره‌ای کامل، بیشتر سفید دیده می‌شود تا رنگی و سایه‌ای از هواپیما در مرکز آن دیده می‌شود. زیرا وقتی‌که قطره‌های آب خیلی کوچک می‌شوند، طبیعت موجی نور شروع به چیره شدن می‌کند، تا جایی که رنگ‌ها محو می‌شوند.

مه‌کمان

اندازه قطره‌های باران اثری بر هندسه رنگین‌کمان ندارد، اگرچه قطره‌های خیلی کوچک، مثل مه یا غبار، این اثر را کاهش می‌دهند. در این حالت، اثر پراکندگی، بر اثر شکست پراکندگی، غلبه می‌کند. یک مه کمان انحنایی از یک رنگین‌کمان دارد، اما همانند یک کمان سفید روشن و بدون رنگ‌های طیفی ظاهر می‌شود. مه‌کمان‌ها بارها مشاهده شده‌اند، اما از آنجایی که دید ما در شب خیلی نسبت به رنگ‌ها حساس نیست، آن‌ها سفید ظاهر می‌شوند و نه رنگی.

اگر قطره‌ها بزرگ باشند، با قطر یک میلی‌متر یا بیشتر، رنگ‌های قرمز، سبز و بنفش واضح هستند اما رنگ آبی دیده نمی‌شود. همان‌طور که قطره‌ها کوچک‌تر می‌شوند، قرمز کم‌رنگ‌تر می‌شود. در مه یا غبار خوب، همه رنگ‌ها بجز بنفش ممکن است ظاهر شوند. حتی قطره‌های کوچک‌تر از ۰/۰۵ میلی‌متر، رنگین‌کمان سفید یا مه‌کمان ایجاد می‌کنند.

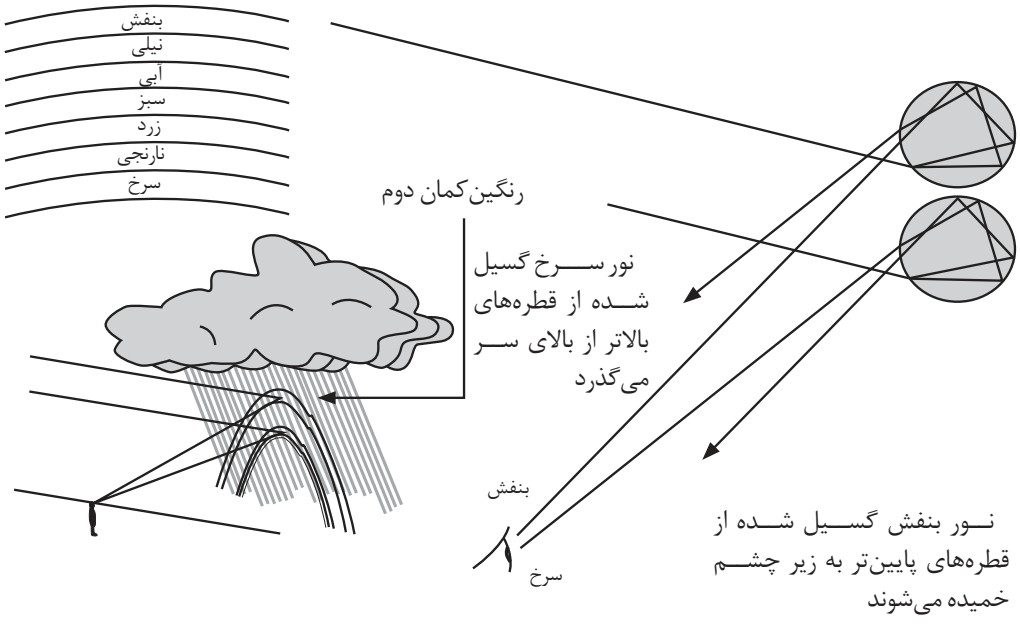
رنگین‌کمان دوتایی

اگر یک رنگین‌کمان زیبا باشد، دو تا رنگین‌کمان نفس‌گیر است. در حقیقت نور خورشید می‌تواند سه بار یا بیشتر در قطره باران بازتابیده شود، اما رنگین‌کمان سوم دیده نمی‌شود، چون نزدیک به خورشید تشکیل می‌شود و روشنایی خورشید بر آن غلبه می‌کند.

رنگین‌کمان دوم به وسیله نوری که دو بار داخل قطره‌های باران بازتابیده است، به‌وجود می‌آید. این کمان در محدوده ۵۰/۴ و ۵۳/۶ درجه اطراف سایه سر شما (نقطه مقابل خورشید) تشکیل می‌شود.

کمان دوم با زاویه‌ای حدود ۱۰ درجه بیشتر از کمان اول و بالای آن تشکیل می‌شود و با پهنایی حدود دو برابر و با رنگ‌هایی بر عکس کمان اولیه ظاهر می‌شود. نور کمان دوم، یک‌دهم شدت کمان اول است، زیرا نور در نتیجه دو بار بازتابیده شدن، کاهش می‌یابد.

رنگ‌های کمان اولیه روشن‌تر است و رنگ قرمز در بالا و بنفش در پایین قرار می‌گیرد. ترتیب رنگ‌ها در رنگین‌کمان دوم بر عکس است زیرا رنگین‌کمان دوم با کمترین زاویه نور خروجی نسبت به نقطه مقابل خورشید تشکیل می‌شود. کمترین زاویه برای نور سرخ، نسبت به نقطه مقابل خورشید، کمتر از بنفش است و برای رنگین‌کمان اول نور با بیشترین زاویه تشکیل می‌شود و ترتیب آن بر عکس است. روش دیگر برای توجیه آن به این صورت است که بازتاب دوم داخل قطره باران را مانند نوشتن مقابل یک آینه در نظر بگیریم که نوشته‌ها برعکس می‌شوند.



▲ شکل ۲. نحوه تشکیل و مشاهده رنگین‌کمان دوم

زاویه رنگین‌کمان اول، به وسیله بیشترین زاویه نوری که از میان قطره‌های مقابل خورشید می‌گذرد، تعیین می‌شود. برای رنگین‌کمان اول، نور در همه زاویه‌های نزدیک‌تر به نقطه مقابل خورشید پراکنده می‌شود، یعنی به داخل رنگین‌کمان. بنابراین منطقه‌ای که نور به‌وسیله قطره‌های باران یک بار داخل قطره بازتابیده و سپس پراکنده شده، روشن‌تر است. رنگین‌کمان دوم، به‌وسیله نوری که دو بار داخل قطره‌های باران بازتابیده شده و کمترین زاویه را نسبت به نقطه مقابل خورشید دارد، ایجاد می‌شود. بنابراین در خارج رنگین‌کمان دوم هم منطقه روشنی داریم که در نتیجه پراکنده شدن نور بعد از دو بار بازتاب آن داخل قطره‌های باران است.

نوری که از بین قطره‌های باران عبور کرده است، بین رنگین‌کمان‌های اول و دوم پخش نخواهد شد و این منطقه تاریک‌تر بین دو کمان، نوار تاریک الکساندر[4] نامیده می‌شود، که اولین‌بار به وسیله فیلسوف یونانی قرن سوم به نام الکساندر آفرودیسیاس شرح داده شد. آسمان زیر رنگین‌کمان اول و بالای رنگین‌کمان دوم روشن‌تر است. رنگین‌کمان اضافی، باندهای اضافی را در قوس داخلی رنگین‌کمان اول و یا گاهی در قسمت خارجی قوس رنگین‌کمان دوم به وجود می‌آورد. این نوارها که به صورت رنگی ظاهر می‌شوند، براثر تداخل امواج نور ایجاد می‌شوند. کمان مرتبه سوم هلالی با زاویه ۴۰/۲۰ درجه در اطراف خورشید دارد، پس شما باید برای دیدن آن به عقب و به طرف خورشید نگاه کنید. کمان مرتبه سوم یک‌بار در طبیعت دیده شده اما دیدن کمان مرتبه چهارم در طبیعت ثبت نشده است. رنگین‌کمان‌های سوم و چهارم اگر به زمین بازتابیده شوند، به احتمال بسیار کمی دیده می‌شوند.

نتیجه‌گیری

پدیده‌های رنگین‌کمان و مه‌کمان، مربوط به شکست و بازتاب نور داخل قطره‌های آب هستند. همه رنگ‌ها با طول‌موج‌های متفاوت با سرعت یکسانی از قطره‌های آب عبور نمی‌کنند. نور قرمز طول‌موج بلندتری دارد پس زاویه بزرگ‌تری در رنگین‌کمان به‌وجود می‌آورد و نور بنفش برعکس آن عمل می‌کند. رنگین‌کمان دوم، در نتیجه دو بار بازتاب نور از داخل قطره‌های آب تشکیل می‌شود و معمولاً محوتر است و رنگ‌های آن برعکس رنگین‌کمان اول دیده می‌شود. به همین ترتیب کمان‌های سوم و مرتبه بالاتر نیز احتمال دیده شدن دارند. در آزمایشگاه، تشکیل رنگین‌کمان‌های چندتایی به وسیله بازتاب‌های داخلی چندتایی امکان دارد. یک فلاسک کروی از آب، شبیه‌سازی یک قطره آب است.

پی‌نوشت‌ها
1. Rene Descartes
2. fogbow
3. double Rainbow
4. Alexander

منبع
www.accweather.com

کاربرد تارهای مرتعش در آموزش مفاهیم صوت

محمود طاهری تهرانی، دانشجوی کارشناسی ارشد آموزش فیزیک دانشگاه شهید رجایی تهران، دبیر فیزیک شهرستان تیران، استان اصفهان
جاوید ضمیر انوری، استادیار دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران

چکیده

در این مقاله ابتدا بعضی از مفاهیم صوت مانند بلندی، ارتفاع، طنین که در ارتباط با شدت، بسامد و شکل موج هستند، با بیانی ساده تشریح و سپس روش‌های مختلف تولید صوت در تارهای مرتعش به‌طور تحلیلی اما مختصر توضیح داده شده است. در پایان با استفاده از تارهای مرتعش و دیاپازون، هفده راهبرد مختلف برای آموزش مفاهیم صوت ارائه شده است.

کلیدواژه‌ها: تار مرتعش، دیاپازون، هماهنگ‌ها، طنین، راهبردهای آموزشی

مقدمه

نقش صوت هم از جهت استفاده آن در گفتار و هم از این جهت که صداهای موسیقی به‌عنوان وسیله ابراز و دریافت هیجان‌ها و احساسات دلپذیرند و هم از جهت اینکه باعث شناخت ما از محیط پیرامون می‌شود، بسیار مهم و کاربردی است. ولی شناخت عمومی جامعه ما از مفاهیم صوت، بسیار اندک است ولی در کشورهای پیشرفتهٔ جهان به‌طور مستمر در طول سال‌های تحصیلی و در مقاطع مختلف، به آن پرداخته می‌شود، در کشور ما فقط در پایان دورهٔ آموزشی متوسطه و آن هم به‌طور مختصر و صرفاً به‌طور نظری به آن پرداخته شده و فصلی از کتاب فیزیک پیش‌دانشگاهی را به خود اختصاص داده است.

بنابراین تدریس و آموزش مفاهیمی از صوت که جنبهٔ کاربردی و عملی دارد، هم برای معلمان و هم برای دانش‌آموزان همواره چالش‌برانگیز و با سختی همراه بوده است، چرا که یادگیری واقعی مفاهیم آن، تنها از روش سخنرانی و بیان شفاهی، امکان‌پذیر نیست. به‌عنوان مثال دانش‌آموزان کلاس‌های پیش‌دانشگاهی (چهارم متوسطه) با مسئله‌های مربوط به هماهنگ‌های یک تار مرتعش یا لولهٔ صوتی سروکار دارند ولی چون آن‌ها از روش‌های صحیح و به‌طور عملی آموزش نمی‌بینند، برای درک و فهم مطالب با دشواری روبه‌رو می‌شوند و مثلاً حتی اگر بتوانند بسامدهای مربوط به هماهنگ‌های دوم و سوم و ... صوت اصلی آن‌ها را از طریق رابطه‌های مربوط محاسبه کنند، ولی چون عملاً آن‌ها را تجربه نکرده‌اند، برداشت صحیحی از آن‌ها ندارند. بنابراین در اینجا به دنبال آن هستیم که ضمن بررسی تحلیلی و دقیق حالت‌های مختلف تولید صوت در تارهای مرتعش، به کمک آن‌ها راهکارهایی را بیابیم تا بتوانیم مفاهیم صوت را به‌طور عملی و زیبا آموزش دهیم تا درک مفاهیم آن آسان‌تر شود.

تولید صوت توسط تارهای مرتعش

مطالعه فاصله‌های موسیقی و قانون‌های تارهای مرتعش از زمان فیثاغورس یعنی (هفت قرن پیش از میلاد) آغاز شد. یونانی‌ها اختراع منوکورد را به او نسبت می‌دهند. منوکورد بعدها به وسیلهٔ فارابی کامل و دارای دو سیم شد و صداسنج (سونومتر) نام گرفت.

سازهای زهی یا زه‌صداها (chordophones) رده‌ای از سازها هستند که در آن‌ها صدا از لرزش یا ارتعاش تار صوتی یا زه یا سیم به وجود می‌آید. سازهای زیادی در این دسته جای می‌گیرند، از جملهٔ آن‌ها می‌توان به تار، سه‌تار، سنتور، ویلون، کمانچه و گیتار اشاره کرد. معمولاً با مضراب (زخمه) زدن یا ضربه زدن و یا کشیدن آرشه بر روی این تارها، صدای دلخواه از ساز ایجاد می‌شود. مضراب یا زخمه، در سازهای مختلف، از جنس‌های متفاوتی (مثل فلز، مواد پلاستیکی، شاخ و چوب و ...) است.

با توجه به اینکه تارها با نیروی نسبتاً زیادی کشیده شده‌اند، با زدن ضربه و یا کشیدن آرشه روی آن‌ها، تغییر مکان ذرات سازندهٔ تار از حالت تعادل، جزئی خواهد بود و موج‌هایی با دامنهٔ کم به دو انتهای تار مرتعش فرستاده می‌شود و پس از بازگشت از انتهای بسته و برهم‌نهی آن‌ها تولید امواج ایستاده (ساکن) می‌کند و در نتیجه صدا تولید می‌شود.

امواج صوتی که در تارهای مرتعش تولید می‌شود، به تنهایی شدت کافی برای خوب شنیده شدن، ندارند و باید روی جعبهٔ تشدیدی قرار گیرند تا اولاً طنین مناسبی پیدا کنند و ثانیاً شدت صدای آن‌ها افزایش یابد، تا به خوبی شنیده شوند.

تأثیر ارتعاش تار صوتی روی جعبهٔ تشدید، دست کم از دو

روش و یا دو حالت زیر، صورت می‌گیرد.

در حالت اول امواج صوتی روی جداره جعبه فرود می‌آید و انرژی آن به سه بخش تقسیم می‌گردد، بخشی از آن توسط جدار بازتابیده و بخش دیگری جذب می‌شود و بقیهٔ آن به طرف دیگر جدار انتقال می‌یابد و در فضای داخلی ساز منتشر می‌شود و بر اثر تشدید علاوه بر بسامد صوت ورودی (یا همان بسامد تار مرتعش) هماهنگ‌های دیگری از آن نیز تولید می‌شود.

در حالت دوم نیروی تار مرتعش از طریق تکیه‌گاه آن به چوب بدنهٔ ساز منتقل می‌شود. در حالتی که سیم‌ها غیر مرتعش باشند، چون با نیروی نسبتاً زیادی کشیده شده و روی خرک‌ها (تکیه‌گاه‌ها) قرار گرفته‌اند، همواره نیروی ثابتی به روی بدنهٔ ساز وارد می‌کنند ولی پس از آنکه تار مرتعش توسط ضربه یا آرشه به نوسان درمی‌آید، ارتعاش‌های ریز و سریعی را به بدنهٔ ساز وارد می‌کند و در واقع نیرویی را که به طور تناوبی در حال تغییر است، بر روی خرک (تکیه‌گاه) وارد می‌کند که سبب ارتعاش تمام بدنهٔ ساز می‌شود. سپس صدای تولید شده از طریق تشدیدی که در بدنهٔ ساز صورت می‌گیرد، تقویت می‌شود و صفحات بزرگ و نسبتاً سبک بدنهٔ ساز را به ارتعاش در می‌آورد و آن‌ها امواجی صوتی با شدت و بلندی بیشتر که طبیعتاً دارای برد بیشتری نیز هستند، تولید می‌کنند.

ایجاد ارتعاش در تارها توسط آرشه

آرشه، چوبی است که به دو سر آن موی اسب می‌بندند. موها در نوک آرشه با قطعه‌ای از جنس عاج یا فولاد به چوب آرشه می‌چسبند. در انتهای آرشه، قطعه‌ای به نام موگیر که از چوب و صدف ساخته شده، کشیدگی موها را تنظیم می‌کند و با پیچ به چوب آرشه متصل است. با کشیدن آرشه روی تار آن را به ارتعاش در می‌آورند. در ضمن برای اینکه تار زبری بیشتری ایجاد کند و ارتعاش تار به راحتی صورت گیرد، گرد کولیفون (نوعی صمغ درخت)، در سطح موها مالیده می‌شود.

هنگامی که آرشه‌ای مثلاً روی یک سیم ویولن کشیده می‌شود، به‌طور دوره‌ای با سیم درگیر و رها می‌شود و نیروی اصطکاک بین سیم و آرشه باعث این حرکت می‌شود. فرض کنید آرشه‌ای که روی یک سیم کشیده می‌شود، به طرف جلو حرکت کند. در هنگام درگیری سیم و آرشه، سیم و آرشه هر دو به یک جهت حرکت می‌کنند (آرشه سیم را با خود به جلو می‌برد) و به‌زودی نیروی کشسانی سیم که می‌خواهد آن را به حالت اولیه بازگرداند، بر نیروی اصطکاک غلبه می‌کند و سیم پس از رهایی به سرعت در خلاف جهت آرشه حرکت می‌کند و این درگیری و رها شدن، بارها تکرار می‌شود تا اینکه آرشه از حرکت بایستد. در هنگام بازگشت آرشه روی تار مرتعش این رویدادها دوباره تکرار می‌شود و بدین‌ترتیب تار مرتعش در هنگام رفت و برگشت آرشه روی آن به صدا در می‌آید.

صوت هم از این جهت که در گفتار مورد استفاده قرار می‌گیرد و هم از این جهت که صداهای موسیقی به‌عنوان وسیلهٔ ابراز و دریافت هیجان‌ها و احساسات دلپذیرند و از جهت اینکه باعث شناخت ما از محیط پیرامون می‌شود، بسیار مهم و کاربردی است

▲ شکل ۱. تصویری از یک آرشه و اجزای آن

راهبردهایی برای آموزش مفاهیم صوت

راهبردهای آموزشی که در این قسمت ارائه می‌شود، حاصل کاری تجربی و آزمایشگاهی است و برای اجرای آن‌ها اگر مثلاً استفاده از ساز سنتور پیشنهاد شده، اولاً لازم نیست که آموزش‌دهنده حتماً به نواختن آن ساز تسلط داشته باشد و همین که بداند در یک ساز سنتور که توسط استاد موسیقی کوک شده، چه بسامدهایی وجود دارد، کافی است و ثانیاً حتماً لازم نیست از همان وسیله‌ای که به آن اشاره شده استفاده شود و می‌توان از سایر سازها و یا سونومترهای آزمایشگاهی و یا وسایل سادهٔ دیگر استفاده کرد. نکتهٔ مهم راهبرد آموزشی و روش رسیدن به هدف آموزشی است و نه وسیلهٔ مورد استفاده.

۱. برای اینکه نشان دهیم چگونه صوت تولید می‌شود و همچنین صوت، حاصل ارتعاش یک جسم است، کار را با یک دیاپازون آزمایشگاهی شروع می‌کنیم. ابتدا دیاپازون را از جعبهٔ تشدید آن جدا می‌کنیم و به آن ضربه می‌زنیم. سپس آن را به گوش نزدیک می‌کنیم تا صدای آن را دقیق‌تر بشنویم و سپس آن را روی جعبهٔ تشدید قرار می‌دهیم تا صدای آن به وضوح شنیده شود.

بار دیگر دیاپازون را از روی جعبهٔ تشدید جدا کرده و به آن ضربه‌ای می‌زنیم و این بار آن را به لبهٔ یک جسم دیگر مثلاً میز کلاس یا شیشهٔ پنجره تماس می‌دهیم تا ارتعاش‌های آن محسوس شود. مراحل بالا را با چند دیاپازون با بسامدهای مختلف تکرار می‌کنیم. مثلاً دیاپازون ۴۴۰ هرتز (نت لا اوکتاو سوم) و دیاپازون ۶۴۰ هرتز (نت می اوکتاو چهارم).

۲. برای اینکه نشان دهیم گوش انسان بسامدهای کمتر از ۲۰ هرتز را نمی‌شنود، آزمایش ساده‌ای انجام می‌دهیم. مثلاً خودکاری را در دست گرفته و آن را به سرعت به چپ و راست حرکت می‌دهیم و به دانش‌آموزان یادآوری می‌کنیم که آن‌ها در این حالت هیچ صدایی از آن نمی‌شنوند. زیرا هر چقدر هم بسامد نوسان آن را با دست افزایش دهیم، نمی‌توانیم به ۲۰ ارتعاش در ثانیه برسانیم.

بار دیگر از دو دانش‌آموز می‌خواهیم دو طرف یک طناب را در دست بگیرند و آن را به گونه‌ای به ارتعاش درآورند که یک

شکم در وسط و دو گره در انتها باشد و توجه می‌کنند که در این حالت نیز صدایی به گوش نمی‌رسد زیرا بسامد ارتعاش ذرات طناب کمتر از ۲۰ هرتز است و دست ما قادر نیست ارتعاش‌هایی برابر و یا بیش از ۲۰ هرتز در طناب ایجاد کند.

۳. برای اینکه در ابتدای آموزش مفاهیم صوت یک دیدگاه کلی نسبت به بسامد صوت، به دانش‌آموزان بدهیم، به کمک یک نرم‌افزار (مثلاً Sonic) که به راحتی روی گوشی‌های تلفن همراه نیز نصب می‌شود، بسامدهایی از صفر تا ۲۵۰۰۰ هرتز را تولید می‌کنیم تا دانش‌آموزان یک دیدگاه کلی نسبت به صوت در بسامدهای گوناگون به دست آورند و در ضمن منظور از فراصوت و فروصوت را نیز متوجه شوند (بیش از ۲۰۰۰۰ هرتز و کمتر از ۲۰ هرتز). با همین آزمایش متوجه می‌شوند که گوش افراد مختلفی که در کلاس درس حضور دارند، توانایی شنیداری متفاوتی دارند و برخلاف آنچه در کتاب‌ها می‌خوانند که گوش انسان بسامدهای بین ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز را می‌شنود، ممکن است گوش آن‌ها این توانایی را نداشته باشد.

۴. برای آموزش دادن اینکه با افزایش دامنه و بسامد، شدت و در نتیجه بلندی صوت افزایش می‌یابد، ابتدا روی یک تار مرتعش (مثلاً تار روی ساز سنتور) ضربهٔ ملایمی می‌زنیم و بار دیگر ضربهٔ محکم‌تری به آن می‌زنیم. در حالت دوم که دامنهٔ نوسان افزایش می‌یابد، شدت صدا بیشتر می‌شود و دانش‌آموزان نیز آن را بلندتر احساس می‌کنند.

بار دیگر با ضربه‌های ملایم و یکنواختی روی سیم‌ها به ترتیب افزایش بسامد، ضربه می‌زنیم و مشاهده می‌شود که به‌رغم یکسان بودن شدت ضربه زدن، به خاطر افزایشی که در بسامد ایجاد شده، صدا بلندتر احساس می‌شود.

۵. برای اینکه نشان دهیم شدت صوت که متناسب با عکس مجذور فاصله است، با بلندی صوت رابطه‌ای خطی ندارد، درحالی‌که روی یک سیم سنتور ضربه‌ای ملایم می‌زنیم، دانش‌آموزی را یک بار در فاصلهٔ کمی از ساز و بار دیگر در فاصلهٔ بیشتر از ساز قرار می‌دهیم و در مورد احساس شنوایی او از صدا، پرسش می‌کنیم، تا مقایسهٔ بین دو حالت، باعث یادگیری شود. مثلاً یک بار دانش‌آموز را در فاصلهٔ ۱ متری از ساز و بار دیگر در فاصلهٔ ۳ متری از ساز قرار می‌دهیم. می‌دانیم که شدت صوت در فاصلهٔ ۱ متری ۹ برابر شدت در فاصلهٔ ۳ متری است ولی دانش‌آموز آن صدا را واقعاً ۹ برابر قوی‌تر نمی‌شنود و او این واقعیت را به خوبی احساس می‌کند.

۶. صداخوانی یکی از روش‌هایی است که می‌تواند درک عمیقی از صدا و به‌خصوص بسامد آن به فراگیران بدهد. در این روش از فراگیران می‌خواهیم تا سعی کنند، صدایی را که از یک ساز موسیقی تولید می‌شود، تقلید و به کمک تارهای صوتی خود همان بسامد را تولید کنند. فراگیر با تلاش و تمرین این توانایی را پیدا می‌کند که صدای هر نت را درست آن‌گونه که هست بخواند؛ و برای شروع کار باید نت‌هایی را انتخاب کنیم که تولید آن توسط تارهای صوتی حنجره زیاد مشکل نباشد؛ مثلاً نت «دو» را از سیم‌های سفید سنتور (با بسامد ۵۱۲ هرتز) به ارتعاش درآوریم، و همزمان با آن فرد تلاش می‌کند تا صدایی که از حنجره او خارج می‌شود دقیقاً با آن نت از لحاظ بسامد، یکسان باشد. (این روش در واقع یکی از مراحل سلفژ است که در آموزش موسیقی به‌کار می‌رود).

۷. برای اینکه نشان دهیم محل ضربه زدن روی یک سیم، تفاوت محسوسی در صدای آن ایجاد نمی‌کند، با یک آزمایش ساده می‌توانیم این موضوع را نشان دهیم: ضربه‌ای نزدیک به وسط یک تار مرتعش که روی یک سنتور است می‌زنیم و بسامد آن را به کمک کوک‌کن (که بسامد یا نت موسیقی را نشان می‌دهد) تعیین می‌کنیم. سپس به ترتیب با زدن ضربه‌هایی به یک انتهای سیم نزدیک می‌شویم و بسامد را اندازه می‌گیریم. همین کار را از طرف دیگر نقطهٔ میانی سیم انجام می‌دهیم. نتیجه‌های اندازه‌گیری نشان می‌دهد که در یک سیم یا تار مرتعش، که بسامد مشخصی را تولید می‌کند، تغییر مکان ضربه زدن، بسامد سیم را تغییر نمی‌دهد.

آزمایش بالا را می‌توان با کشیدن آرشه روی یکی از سیم‌های ویولن و یا کمانچه نیز نشان داد. البته محل ضربه زدن یا کشیدن آرشه روی سیم باید به‌گونه‌ای باشد که سیم صدای طبیعی خود را تولید کند. مثلاً اگر ضربه را در فاصلهٔ خیلی نزدیک به تکیه‌گاه سیم وارد کنیم، صدای طبیعی خود را تولید نمی‌کند.

۸. شدت ضربه زدن نیز اگرچه روی شدت صوت حاصل تأثیر می‌گذارد ولی نشان می‌دهیم که تأثیر چندانی در بسامد صوت حاصل ندارد. در فاصلهٔ ۵ سانتی‌متری یک انتهای تار ضربه‌ای ملایم می‌زنیم و بسامد آن را اندازه می‌گیریم، بار دیگر ضربه‌ای قوی‌تر به همان نقطه وارد می‌کنیم و نشان می‌دهیم که بسامد و نتی که کوک‌کن نشان می‌دهد، تغییر نمی‌کند.

۹. حال می‌خواهیم آموزش دهیم بسامد صدای یک تار مرتعش با طول تار مرتعش رابطه‌ای معکوس دارد. ابتدا یکی از سیم‌های سفید روی سنتور را انتخاب می‌کنیم (مثلاً نت do از سیم‌های سفید با بسامد ۵۱۲ هرتز) و ضربه‌ای به آن می‌زنیم و بسامد صدای آن را اندازه می‌گیریم. طول سیم پشت خرک در این حالت نصف طول سیم سمت راست خرک است و بنابراین بسامد صدای آن باید دو برابر باشد (۱۰۲۴ هرتز) و در واقع باید همان نت do را تولید کند، این موضوع را نیز آزمایش و درستی آن را نشان می‌دهیم. سپس خرک یا

برای نشان دادن اینکه صوت چگونه تولید می‌شود و اینکه صوت حاصل ارتعاش یک جسم است، می‌توان کار را با یک دیاپازون آزمایشگاهی شروع کرد

تکیه‌گاه سیم را به‌گونه‌ای جابه‌جا می‌کنیم که تنها طول اولیهٔ آن به ارتعاش درآید. در این حالت مشاهده می‌شود که بسامد نت حاصل $\frac{9}{8}$ برابر می‌شود. و اگر قبلاً نت do با بسامد ۵۱۲ هرتز را تولید می‌کرد، در این حالت نت re با بسامد ۵۷۶ هرتز را تولید می‌کند.

به فراگیران این نکته را متذکر می‌شویم که با استفاده از اصل بالا روی سازهای مختلف (مثلاً تار، سه‌تار، کمانچه، ویولن و ...) پرده‌بندی‌هایی ایجاد کرده‌اند و هنگامی‌که با دست روی نقاط خاصی از سیم فشار می‌آوریم، در واقع طول سیم را تغییر می‌دهیم و با این ترتیب امکان تولید صداهای مختلف در اوکتاوهای مختلف موسیقی، از تعداد کمی سیم (مثلاً ۴ سیم در ویولن)، ایجاد می‌شود.

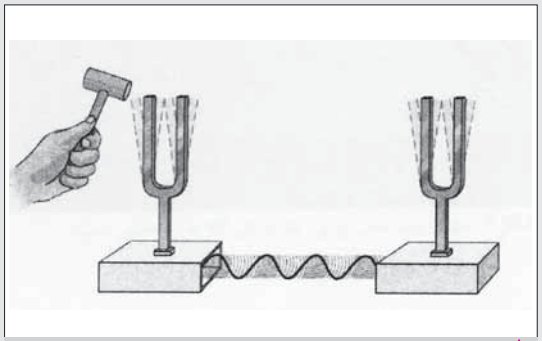
۱۰. برای اینکه بسامد صوت تولیدی توسط یک تار مرتعش را تغییر دهیم علاوه بر تغییر طول، می‌توانیم نیروی کشش تار را تغییر دهیم. در سنتور این کار را با پیچاندن گوشی (یا میله‌ای که سیم به آن وصل است) انجام می‌دهیم و اگر آن را ساعت‌گرد بچرخانیم، نیروی کشش آن زیاد می‌شود و بسامد صوت حاصل نیز افزایش می‌یابد و این موضوع را با کوک‌کن نشان می‌دهیم. در حالتی که هر چهار سیم نت do از سیم‌های زرد کوک‌شده‌اند و بسامد ۲۵۶ هرتز دارد، با پشت مضراب آن‌ها را به ترتیب و پشت‌سرهم به ارتعاش در می‌آوریم تا فراگیران هم‌صدایی آن‌ها را احساس کنند. سپس نیروی کشش سیم دوم آن را اندکی افزایش می‌دهیم و آن‌ها را پشت سر هم و با فاصلهٔ زمانی کم به صدا در می‌آوریم تا غیر هم‌صدایی آن‌ها را احساس کنند. به کمک کوک نت، بسامد سیم‌های اول و دوم را به‌طور جداگانه اندازه می‌گیریم و متوجه می‌شویم که افزایش نیروی کشش سیم، بسامد آن را افزایش داده است. بار دیگر همین آزمایش را تکرار می‌کنیم ولی این بار نیروی کشش سیم دوم را کم می‌کنیم و به نتیجه‌های مورد نظر می‌رسیم.

۱۱. برای اینکه نشان دهیم نحوهٔ به ارتعاش درآوردن یک تار مرتعش چه تأثیری در بسامد صدای تولید شده دارد، یکی از سیم‌های روی ساز سنتور (یا هر ساز دیگری) را یک بار از طریق مضراب زدن، بار دیگر با کشیدن و رها کردن توسط پشت مضراب و بار دیگر با کمک انگشت دست به ارتعاش در می‌آوریم و در هر بار صدای تولید شده را توسط کوک‌کن می‌سنجیم و نت آن را تعیین می‌کنیم و به دانش‌آموز نشان می‌دهیم که در هر بار نت یکسانی تولید شده است. (اگرچه شدت ضربه زدن، شدت هماهنگ‌هایی را که به همراه صوت اصلی ایجاد می‌شود، تغییر می‌دهد ولی بسامد صوت اصلی را که انتظار داریم از آن تار بشنویم، تغییر نمی‌دهد.)

برای اینکه بسامد صوت تولیدی توسط یک تار مرتعش را تغییر دهیم علاوه بر تغییر طول، می‌توانیم نیروی کشش تار را تغییر دهیم

۱۲. برای اینکه پدیده زنش یا ضربان را آموزش دهیم، باید دو تار مرتعش داشته باشیم که بسامد آن‌ها اندکی متفاوت باشد. مثلاً نیروی کشش دومین سیم نت سُل از سیم‌های زرد سنتور را به مقدار بسیار کم کاهش می‌دهیم تا بسامد آن هم به مقدار کمی کاهش یابد، سپس با دستهٔ مضراب سیم اول و دوم را بلافاصله و پشت‌سرهم به ارتعاش درمی‌آوریم و از دانش‌آموز می‌خواهیم تا به زنش و بالا و پایین شدن صدا توجه کند. سپس مقدار نیروی کشش را باز هم کمی کاهش می‌دهیم تا اختلاف بسامد دو سیم بیشتر شود و سپس مانند حالت قبل، آن‌ها را به‌طور همزمان به ارتعاش درمی‌آوریم و به زنش ایجاد شده توجه می‌کنیم که در این حالت بیشتر از قبل است. در این آزمایش باید دقت کنیم که اگر اختلاف بسامد خیلی زیاد باشد، پدیدهٔ زنش به خوبی شنیده نمی‌شود. روش دیگر برای آموزش پدیدهٔ زنش استفاده از دو دیاپازون هم‌صدا در کنار یکدیگر است که در قسمت بعدی توضیح داده می‌شود.

۱۳. می‌دانیم که اگر بسامد نیروی محرکی که بر یک جسم وارد می‌شود با بسامد طبیعی آن جسم یکسان باشد، دامنهٔ نوسان جسم رو به افزایش رفته و تشدید اتفاق می‌افتد. برای آموزش مفهوم تشدید، ابتدا دو دیاپازون هم‌بسامد (مثلاً هر دو ۴۴۰ هرتز باشند) را انتخاب می‌کنیم و آن‌ها را به همراه جعبه‌های طنینی‌شان روبه‌روی یکدیگر و در فاصلهٔ تقریباً ۱۰ سانتی‌متر از یکدیگر قرار می‌دهیم و به یکی از آن‌ها ضربه‌ای می‌زنیم تا به صدا درآید، سپس آن را با دست لمس می‌کنیم تا از ارتعاش بیفتد، مشاهده می‌شود که دیاپازون مجاور آن به ارتعاش درآمده است. بار دیگر همین آزمایش را تکرار می‌کنیم ولی این بار دیاپازون‌هایی با بسامدهای مختلف به کار می‌بریم. (مثلاً ۴۴۰ هرتز و ۶۰۰ هرتز) در این حالت پدیدهٔ تشدید مشاهده نمی‌شود.



▲ شکل۲. تشدید در دو دیاپازون هم‌بسامد

۱۴. به کمک آزمایش قبلی می‌توان پدیدهٔ زنش یا ضربان را نیز نشان داد. به این ترتیب که به یکی از دیاپازون‌های هم‌بسامد گیره‌ای در وسط شاخهٔ آن می‌بندیم و این بار هر

دو را با هم به ارتعـــاش در می‌آوریم و چون دیاپازونی که به آن گیره بسته‌ایم، به‌خاطر افزایش جرم مقداری کاهش بسامد داشـــته اســـت، می‌توان پدیدهٔ زنش را مشاهده کرد و باز هم در همین حالت محل گیره را از وسط شاخه‌های دیاپازون به اندازهٔ ۲ سانتی‌متر بالاتر می‌بریم و مجدداً هر دو دیاپازون را به ارتعاش درمی‌آوریم و پدیدهٔ زنش یا ضربان را این بار با بسامد بیشتر مشاهده می‌کنیم.

۱۵. یکی از موارد استفاده از زنش یا ضربان کوک کردن دو یا چند تار مرتعش به‌گونه‌ای است که صدا با بسامد مشخص تولید کنند. مثلاً در ســـنتور که هر نت دارای ۴ سیم مشابه اســـت و باید هر ۴ سیم هم‌صدا باشند، ابتدا یکی از سیم‌ها را با دیاپازون و یا گوش کوک می‌کنیم. (با تغییر نیروی کشش، به بســـامد مورد نظر می‌رسیم). ســـپس سیم‌های اول و دوم را با انتهـــای مضراب و بلافاصله پـــس از یکدیگر به ارتعاش در می‌آوریم و نیروی کشـــش ســـیم دوم را هم‌زمان تغییر می‌دهیم. وقتی که بسامد دو صوت به هم نزدیک شوند زنش را به خوبی احساس می‌کنیم و نیروی کشش را آن قدر تغییر می‌دهیم تا زنش بین آن‌ها صفر شـــود. در این صورت آن دو سیم با هم کوک شده‌اند.

۱۶. می‌دانیم که طنین هر ســـازی با ساز دیگر متفاوت است و همین باعث می‌شود که مثلاً اگر صدایی با بسامد ۲۵۶ هرتز توسط دیاپازون و یا سنتور و یا با ویولن و ... ایجاد شود گوش ما بتواند آن‌ها را از هم تمیز دهد. برای آموزش مفهوم طنین ابتدا یک دیاپازون آزمایشگاهی را از جعبه تشدید آن جدا می‌کنیم و بـــا زدن یک ضربه آن را به ارتعاش درمی‌آوریم. آن را نزدیک گوش خود می‌بریم تا صدای آن را به خوبی بشـــنویم. سپس جعبهٔ تشـــدید را در زیر آن قرار می‌دهیم. صدای تولید شده را که این بار متفاوت از قبلی، ولی با همان بسامد است می‌شنویم. بار دیگر همان دیاپازون را از جعبهٔ تشـــدید آن جدا می‌کنیم و این بار آن را روی جعبهٔ تشدید سنتور قرار می‌دهیم و به صدای حاصل گوش داده و آن را با قبلی مقایســـه می‌کنیم. به همین ترتیب جعبه‌های تشدید گوناگونی به کار می‌بریم و صداهای متفاوتی را احســـاس می‌کنیم. ایجاد این طنین‌های مختلف می‌تواند به خاطر نوع و تعداد و شدت هماهنگ‌هایی باشد که همراه با صدای اصلی دیاپازون تولید می‌شود.

۱۷. روش دیگر نشان دادن هماهنگی بین نت‌ها و آموزش مفهوم آن، استفاده از سیم‌های روی ساز سنتور است که به‌طور مناسبی کوک شده باشند. در این حالت نت do سیم‌های زرد دارای بسامد ۲۵۶ هرتز و نت do سیم‌های سفید ۵۱۲ هرتز و نت do سیم‌های پشت خرک ۱۰۲۴ هرتز است. ابتدا ضربه‌ای روی هر یک از ســـیم‌های بالا می‌زنیم تا فراگیران هر یک از آن صداها را جداگانه بشـــنوند. (گوش‌های ناآشنا به موسیقی ظاهراً نت‌های متفاوتی خواهند شـــنید.) سپس آن سیم‌ها را دو به دو به‌طور هم‌زمان به ارتعاش درمی‌آوریم (اســـتفاده از جفت مضراب) و در این حالت شنوندگان یک صدا می‌شنوند و نمی‌توانند آن‌هـــا را از هم تفکیک کنند. مثلاً ۲۵۶ و ۵۱۲ هرتز را هم‌زمان به ارتعاش درمی‌آوریم و شـــنونده هماهنگی بین این دو صدا را احساس می‌کند و بار دیگر ۲۵۶ و ۱۰۲۴ هرتز را به‌طور هم‌زمان به ارتعاش درمی‌آوریم و مجدداً ۵۱۲ و ۱۰۲۴ هرتز را. در تمام این حالت‌ها احساس هماهنگی در ذهن فراگیران نقش می‌بندد، چرا که آن‌ها از دو بسامدی که با هم می‌شـــنوند و ظاهراً با یکدیگر اختلاف زیادی هم دارند، یک صدا می‌شنوند.

▲ شکل ۳. سنتور یک ساز ایرانی که دارای ۷۲ تار مرتعش است.

۴. نتیجه‌گیری

آموزش مفاهیـــم صوت برای دانش‌آمـــوزان و معلمان در نظام آموزشـــی ما یکی از موضوع‌های چالش‌برانگیز اســـت زیرا زمینه‌های کاربرد و اجرای عملی برنامه‌های آموزشـــی آن فراهم نشـــده است و فقط در کتاب‌های پیش‌دانشگاهی، آن هـــم به‌طور مختصـــر به آن پرداختـــه و فصلی را به آن اختصاص داده‌اند. در نتیجه زمینه‌های ذهنی و ابزار مناسب بـــرای تدریس و آموزش مفاهیم آن وجود ندارد و در نتیجه دانش‌آموزان زیبایی‌های آموزش صوت را دریافت نمی‌کنند. بنابراین برای تدریس جنبه‌هایی از صوت که حالت کاربردی و عملـــی دارد، باید از ســـازوکارهای مناســـب و اجرایی و خلاقانـــه بهره گرفت. در این مقالـــه به‌عنوان قدمی هرچند کوچک در راســـتای اهداف گفته شده، ابتدا عوامل مؤثر بر تولید صوت در تارهای صوتی مورد بررسی قرار گرفته و در پایان با اســـتفاده از تارهای صوتی و دیاپازون و نرم‌افزارهای مناســـب، راهبردهایی عملی و اجرایی برای آموزش مفاهیم صوت ارائه شـــده است و به این نتیجهٔ مهم رسیده‌ایم که به کمک چند وسیلهٔ سادهٔ موســـیقایی و کمی اطلاعات راجع به آن‌ها می‌تـــوان روش‌های نو و خلاقانه‌ای را برای آموزش مفاهیم صوت ارائه کرد.

منابع

۱. کیانی؛ مجید، **هفت دســـتگاه موسیقی ایران**، نشر مؤلف، چاپ اول، پاییز (۱۳۶۸)

۲. احمـــدی، احمـــد- همـــکاران، **فیزیـــک دورهٔ پیش‌دانشگاهی علوم ریاضی**، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درســـی، چاپ یازدهم، (۱۳۹۱)

۳. پورتـــراب؛ مصطفی کمال، **تئوری‌موسیقی**، نشر مؤلف، چاپ پنجم، (۱۳۷۰)

۴. شـــهمیری؛ امیـــن، **صوت‌شناســـی در موسیقی**، نشـــر نـــی، چاپ دوم، (۱۳۸۸)

۵. اسمـــاعیـــل‌زاده، غلام‌حسین، **مقدمه‌ای بـــر آکـــوستیـــک ســـازهای زهـــی و بادی**، نشر مؤلف، چاپ اول(۱۳۸۴)

6. Jes'us A Torres, and Pablo L Rend' on, Asimple method for synthesizing and producing guitar sounds, EUROPEAN JOURNAL OF PHYSICS (2013).

کمک کنیم ماه از خودش سلفی بگیرد

ویلیام بیرد، استادیار دانشگاه ایالتی آرمسترانگ، ساوانا، آمریکا
ترجمهٔ سیدمهدی میرفتحی، دکتری فیزیک

چکیده

یک نتیجه بنیادی از اپتیک مقدماتی این است که اگر می‌خواهید تمام بدن خود را در آینه‌ای تخت ببینید، ارتفاع این آینه تخت باید دست‌کم نصف قد شما باشد. شاگردان اغلب دربارهٔ اینکه آیا با فاصله گرفتن و دور شدن از آینه این شرط همچنان برقرار است یا خیر، سردرگم‌اند. پرسش جالب یک شاگرد، باعث شد تا پیشنهاد دیدن تصویر ماه در آینه تخت کوچک مطرح شود. اگر شخصی بر روی ماه، تلسکوپی به اندازه کافی بزرگ داشت تا شما و اطرافتان را به خوبی ببیند، آیا می‌توانست با نگاه کردن از روی شانهٔ شما تصویر کل ماه را در آینه‌ای که در دستانتان قرار دارد ببیند؟ پاسخ به این پرسش «دیدگاه» مفیدی از مبحث بازتاب‌های نور در آینه در اختیار می‌گذارد.

کلیدواژه‌ها: آینه تخت، بازتابش نور، تصویر مجازی

مقدمه

تشکیل تصویر به کمک آینه تخت سرآغازی متداول برای آشنایی با قانون‌های اپتیک است. از قانون بازتاب نور چنین برمی‌آید که زاویه‌های تابش و بازتابش (اندازه‌گیری شده نسبت به خط عمود بر آینه) باید برابر باشند:

$\theta_i=\theta_r$

این رابطه برای نشان دادن اینکه صرفاً نیاز است یک آینه نصف قد فرد باشد تا بتوان در آن کل بدن فرد را دید، کفایت می‌کند. مسئله‌ای که در بسیاری از کتاب‌های درسی مقدماتی به آن اشاره شده است. [۱،۵] اگر فرض کنیم چشمان فرد در بالای سرش قرار دارد (یعنی فاصله چشمان فرد از سطح زمین برابر با قد فرد در نظر گرفته بشود)، به تصویر کشیدن این رخداد آسان‌تر خواهد بود. (شکل ۱)

در این میان، در حالی که فاصله خاصی بین فرد و آینه مشخص نشده است، چند سال پیش، شاگردی پرسشی جالب مطرح کرد: فرض کنید آینه تخت کوچکی دارید و از این آینه که با دست در فاصلهٔ دور از خود نگه داشته‌اید برای دیدن ماه که به راحتی در میدان دید آینه قرار دارد، استفاده می‌کنید (شکل ۲). اگر فردی که بر روی سطح ماه قرار دارد تلسکوپی به اندازهٔ کافی بزرگ داشته باشد تا بتواند شما و آینه در دستتان را ببیند، آیا می‌تواند ماه را هم، درست مثل شما، در آینه ببیند؟

چون این پرسش در همان اوایل فعالیت حرفه‌ای تدریس از من پرسیده شد، نقطه عطفی برای من بود. اوایل از روی عادت از اینکه شاگردی از من چیزی بپرسد که نتوانم جواب دهم می‌ترسیدم، حالا بعد از اینکه این اتفاق برایم افتاد همیشه هیجان‌زده‌ام که چیزی جدید در زمینه فیزیک پایه یاد می‌گیرم.

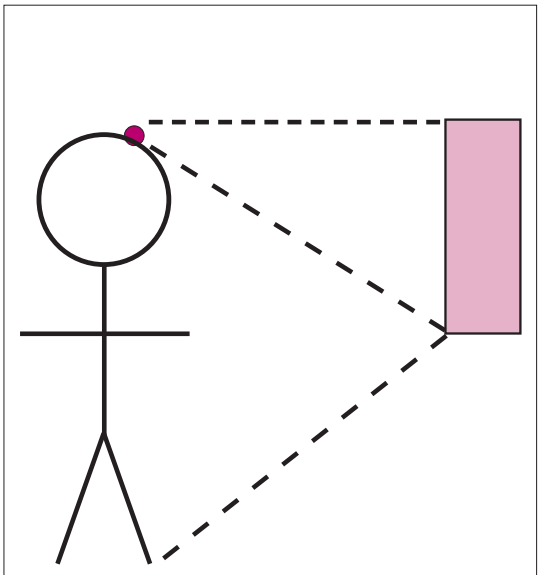
وقتی از شاگردان فیزیک پایه چیزی می‌پرسم، دریافته‌ام که

چنین مواردی می‌توانند پرسش‌های برانگیزانندهٔ ذهن باشند. حتـــی پس از چندین بحث و تبادل‌نظر، صرفاً به جای گفتن پاسخ به شـــاگردانم، به آن‌ها می‌گویم که مسئله را به‌صورت تجربی حل کنند. بدون شک آن‌ها نمی‌توانستند روی سطح ماه تلسکوپی بسازند، اما می‌توانستند از آینه‌ای کوچک دور شـــوند و با افزایش فاصله خود را از آن با دوربین دو چشمی برای حفظ محدوده دیدشان استفاده کنند. شاگردانم با انجام این کار دریافتند که چه نزدیک باشـــند و چه دور، آینه کسر یکسانی از بدنشان را نشان خواهد داد (شکل ۳).

ساده‌ترین توجیهی که برای این موضوع پیدا کردم، تشویق شاگردانم به درک مفهوم ابعاد زاویه‌ای اشیا بود. به‌طور مثال هنگامی که آینه تخت کوچک در انتهای دســـتان کشـــیده شخصی قرار داشـــته باشـــد، می‌توان قطر ۱۰ سانتی‌متر و فاصلهٔ ۱۰۰ ســـانتی‌متری از چشـــم ناظر را برای آن در نظر گرفت. براســـاس معادله، آینه در زاویهٔ کوچک می‌تواند ابعاد زاویه‌ای ۰/۱ رادیان یا تقریبـــاً ۵/۷ درجه را دربربگیرد. قطر ماه ۳۴۷۶ کیلومتر و فاصله متوســـط آن از زمین ۳۸۴۴۰۰ کیلومتر است که با ابعاد زاویه‌ای ۰/۵ درجه‌ای‌اش، تصویر آن به راحتی در داخل این آینه قرار خواهد گرفت.

هنگامـــی که شـــخص روی ماه بـــه آینه تخـــت کوچک در ســـطح زمین نگاه می‌کنـــد، اندازه زاویـــه‌ای‌اش تقریباً $۲/۶\times۱۰^{-۱۰}$ رادیـــان خواهـــد بود. تصویر مـــاه (در آینه‌ای مناســـب) دارای اندازه‌ای برابر با قطر ماه تقسیم بر دو برابر فاصله ماه از زمین یا تقریباً $۴/۵\times۱۰^{-۳}$ رادیان خواهد داشت. برای فرد روی ماه، تصویر ماه حدوداً ۱۷/۳ میلیون برابر اندازه زاویه‌ای آینه است. با یک حساب ساده می‌توان مشخص کرد که ابعاد آینه مورد نیاز باید ۱۷/۳ میلیون برابر ۱۰ سانتی‌متر یا ۱۷۳۰ کیلومتر باشـــد. تعجب نـــدارد که این میزان نصف اندازهٔ ماه است.

با در نظر گرفتن آینـــه به‌عنوان روزنه‌ای به تصویر مجازی درونش، این موضوع کمی روشـــن‌تر خواهد شـــد. اگر چشم شـــما فقط ۱ ســـانتی‌متر از روزنه، فاصله داشته باشد (حتی روزنه بدون عدسی) شما می‌توانید بخش اعظم یا تمام بدن شخصی را که در آن سوی در قرار گرفته است ببینید. اگر تا یک متـــری از در فاصله بگیرید و این بار هم تلاش کنید به آن سوی روزنه نگاه کنید، تنها بخش کوچکی از بدن فرد را خواهید دید. ابعاد زاویه‌ای ماه نســـبت به ابعاد آینه از دید ما به مراتب کوچک‌تر اســـت، اما از دید ناظری که بر سطح ماه قرار دارد، تصویر مجازی ماه هنوز به مراتب از آینه‌ای که در دست ما است بزرگ‌تر است.



▲ شکل ۱. آینه‌ای تخت که مسیر نور بازتابیده از پای ناظر (خط‌چین) و از سر وی (نقطه‌چین) را نشان می‌دهد اگر آینه نصف قد ناظر باشد، تصویر سر فرد، از بازتاب نور از بالای آینه تشکیل می‌شود در حالی که تصویر پای فرد، ناشی از بازتاب نور از پایین آینه است.

▲ شکل ۲. ماه چنانکه در آینه هشت‌گوش به قطر ۱۲/۵ سانتی‌متر دیده می‌شود.

▲ شـــکل ۳. فرد چه به آینه نزدیک باشد(تصویر سمت چپ) و چه از آینه دور باشد (تصویر سمت راست) کسر یکسانی از چهره عکاس قابل رؤیت است (در هر دو حالت نشان داده شده در این شکل، این نسبت برابر با ۴/۴ است). این آزمایش را می‌توان با دوربین‌های دوچشمی ارزان نیز انجام داد. توجه داشته باشید لبه آینه به دلیل اینکه نسبت به تصویر عکاس دو برابر به دوربین نزدیک‌تر است، واضح نیست.

منابع

1. R. A. Serway and J. W. Jewett, Principles of Physics: A Calculus-Based Text 4th edn (Belmont, CA: Brooks/Cole-Thomson Learning) 891 (2006).
2. P. A. Tipler and G. Mosca, Physics for Scientists and Engineers Extended Version 6ht end (New York, NY: W H Freeman and Company) 1135 (2008).
3. J. D. Cutnell and K. W. Johnson, Physics 8th end (Hoboken, NJ: John Wiley and Sons) 777 (2009).
4. R. D. Knight, Physics for Scientists and Engineers: A Strategic Approach with Modern Physics 3rd end (Boston, MA: Addison-Wesley) 660 (2012).
5. E. Etkina, M. Gentile and A. Van Heuvelen, College Physics 1 st edn (2013).
6. William H Baird, Physics Education 49, 486-488 (Sep. 2014).

ضرورت نگاه فلسفی به علم

پای صحبت دکتر عبدالرسول عمادی، رئیس مرکز سنجش آموزش‌وپرورش

گفت‌وگو از نصرالله دادار
عکاس غلامرضا بهرامی

اشاره

در شماره پیش با دکتر عبدالرسول عمادی رئیس مرکز سنجش آموزش‌وپرورش در مورد ارزشیابی صحبت کردیم. رشتهٔ تحصیلی آقای دکتر عمادی تاریخ علم است و ایشان در گروه تاریخ علم در پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی تحصیل کرده‌اند و اکنون در آنجا مشغول تدریس‌اند. چون شناخت چندانی از اهمیت تاریخ و فلسفهٔ علم در آموزش و درک مطالب فیزیک وجود ندارد، در این مورد هم با ایشان صحبت کردیم که آن را در ادامه ملاحظه خواهید کرد:

é رهبر: خواهشمند است جهت آشنایی خوانندگان دربارهٔ رشته تحصیلی خود صحبت کنید.

ê عمادی: من لیسانس دبیری فیزیک از دانشگاه بوعلی همدان دارم، بعد از آن دبیر فیزیک بودم. در سال ۱۳۷۷ در آزمون کارشناسی ارشد دانشگاه شریف پذیرفته شدم، ولی چون مسئولیت اداری داشتم از سال ۱۳۷۹ با تأخیر وارد دانشگاه شدم. در سال ۱۳۸۰ فوق‌لیسانس فلسفه علم گرفتم و به بوشهر برگشتم. در سال ۱۳۸۴ برای خواندن دکترای تاریخ علم به تهران آمدم. در سال ۱۳۸۶ در این رشته پذیرفته و در سال ۱۳۹۱ فارغ‌التحصیل شدم. پس از آن در گروه تاریخ علم پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی مشغول تدریس شدم. جزو اولین فارغ‌التحصیلان این رشته بودم. البته دو سه نفری مانند آقای دکتر حسین معصومی همدانی که در پاریس دکترایش را خوانده در این رشته تحصیل کرده‌اند. ایشان از شاگردان پروفسور رشدی راشد هستند. استاد راهنمای من دکتر غلامحسین رحیمی شهرباف مقدس، رئیس گروه مکانیک دانشگاه تربیت‌مدرس هستند. پس از پایان تحصیل در همین پژوهشگاه که برای دورهٔ دکتری دانشجو می‌گرفت در درس متون تاریخ علم به زبان فارسی و عربی با دانشجوها کار کردم. در حال حاضر هم چند دانشجو دارم که راهنمایی رسالهٔ آن‌ها در حوزهٔ طبیعیات و تاریخ فیزیک با من است.

موضوع رساله دکترای من هم مقایسه میان نظریات ابن‌سینا و ابوالبرکات بغدادی دربارهٔ جسم، ماده، حرکت، زمان، مکان و چند کمیت فیزیکی دیگر بود. من این موضوع‌ها را در آثار ابن‌سینا و کتاب المعتبر فی‌الحکمة ابوالبرکات بغدادی مقایسه کردم. ابوالبرکات یکی از منتقدان جدی ابن‌سینا در حوزه طبیعیات است و تاکنون خیلی اساسی روی این موضوع کار نشده است.

چون ابوالبرکات بغدادی یهودی بود، خیلی از مسلمانان توجهی به او نکردند. اما در دانشگاه اورشلیم خیلی روی ابوالبرکات کار شده است. موضوعی که دربارهٔ زندگی ایشان وجود دارد این است که ابوالبرکات مسلمان شده و کتابی را که نوشته است با بسم‌الله و صلوات بر پیغمبر شروع می‌کند، ولی یهودیان می‌گویند که او یهودی است و بیشتر روی آثار ایشان کار کرده‌اند.

به نظرم اولین کسی که روی ابوالبرکات یک کار جدی‌تر در حوزهٔ طبیعیاتش انجام داد و نقدهای ایشان را بر روی ابوعلی‌سینا بررسی کرد من بودم. آقای دکتر حمید عبدی که چند سالی است مترجم شده‌اند، یک کاری بر روی مطالب ابوالبرکات انجام دادند که خیلی عمیق نبوده است.

é خلیلی بروجنی: امکان دارد به‌طور خلاصه تمایز دیدگاه‌های ابن‌سینا و ابوالبرکات را بیان کنید؟

ê عمادی: ابوالبرکات تمایزها و نقدهای خیلی جزئی به ابن‌سینا وارد کرده است. مثلاً در بحث حرکت پرتابی در اینکه وقتی جسم را به طرف بالا پرتاب می‌کنیم، آیا در نقطهٔ اوج متوقف می‌شود یا خیر؟ نقطهٔ تمایزشان این است که ابوعلی سینا معتقد است که اگر جسم به صورت قائم پرتاب شود، در نقطهٔ اوج برمی‌گردد. اما ابوالبرکات این را نقد کرده است. این دو در نکته‌های خیلی ریز و جزئی با هم اختلاف دارند.

é رهبر: خیلی خوب است که روی این موضوع‌ها کار شود و اطلاعات کلی در اختیار عموم قرار بگیرد. چون که ما همیشه فقط صحبت می‌کنیم و می‌گوییم در علم حرف اول را می‌زنیم و کلی‌گویی می‌کنیم و هیچ کس واقعاً وارد این موضوع‌ها نمی‌شـــود که وقتی در زمان گذشته نقش مهمی در علم داشتیم، نقش ما چه بوده و چگونه بوده است؟

ê عمادی: اینان به صورت جزئی وارد موضوع شدند. مثلاً ابن‌سینا در آثارش مثل شفا، نجات، اشارات، دانشنامه علایی و ... بحث‌هـــای فیزیکی خیلی دقیقی دارد. در ارتباط با همه موضوع‌های فیزیک این‌گونه اســـت. مثلاً اگر دانشنامه علایی را، که بـــرای علاءالدوله کافویه حاکم اصفهان نوشـــته بود و به همین دلیل نام آن را دانشـــنامه علایی گذاشت، بخوانید می‌بینید بحث‌های مفصلی دربارهٔ حرکـــت، نور، صوت و ...، دارد. حاکم اصفهان گفته بود تمام کتاب‌های شما عربی است و ما متوجه نمی‌شـــویم که شـــما چه می‌گویید. حداقل یک کتاب به زبان فارســـی بنویسید . ابن‌سینا دانشنامه علایی را نگارش کرد.

من در حال حاضر با دانشـــجویان تاریـــخ علم روی همین موضوع طبیعیات ابن‌سینا کار می‌کنم و مباحث خیلی مهم و مفیدی است و اگر بخواهید می‌توانم برخی از این موضوع‌ها را برای مجله ارسال کنم و دربارهٔ هر موضوعی یک مقاله کوتاه بنویسم.

é معتمدی: مثل اینکه کتاب دانشـــنامه علایی تنها کتاب فارسی ابن‌سیناست!

ê عمادی: کتاب رگ‌شناســـی ابن‌سینا نیز به زبان فارسی اســـت. تعـــدادی مقاله کوتاه هم هســـت کـــه صحبت‌ها و سخنرانی‌های ابن‌سینا به زبان فارسی است.

é احمدی: ما همیشه تردید داریم که تاریخ علم و فلسفهٔ علم چقدر می‌تواند بر روی آموزش و درک مطالب فیزیک تأثیرگذار باشد؟ گاهی وقت‌ها در متن‌نویسی یا محتوانویسی که به این موارد می‌رسیم، می‌گوییم این موارد فلسفه است و باید کنار گذاشته شود. مثلاً تاریخ علم امروز کتاب‌ها را نگاه می‌کنیم، می‌بینیم نگاه تاریخ علم که در چند دههٔ قبل خیلی جدی ورود مباحث را نوشته بود کنار گذاشته شده است. چون شما هم دبیر بودید و الان در این قسمت پژوهشگر هستید، اگر بخواهید نقش تاریخ علم را در آموزش فیزیک بیان کنید چه می‌گویید؟

ê عمادی: زمانی که دانشـــجوی ارشـــد فلسفهٔ علم بودم، بحثی با دانشـــجویان فیزیک داشتیم و آنان می‌گفتند: اصلاً جای شـــما در دانشگاه شریف نیســـت. چون شما یک سری بحث‌های فلســـفی دارید باید به دانشـــگاه امام صادق بروید. چرا به دانشـــگاه صنعتی آمده‌اید؟ منتهی این مباحث بیشتر از اینکه وجه فلســـفی داشته باشد علمی و برای پرداختن به مباحث حوزهٔ علم است. چون علم یک سری مسائل فلسفی و تاریخی دارد و نباید به این‌ها بی‌توجه بود.

منتهی اینکه این موضوع‌ها چه نقشـــی بر فهم فیزیک دارد و دبیـــر فیزیک برای انتقال دانش فیزیک به دانش‌آموزان چه نیازی به زمینه‌های فلســـفی و تاریخی علم دارد، باید بگویم که اگر به فلســـفهٔ علم و تاریخ علم بی‌توجه باشیم تفکری بر ذهن ما حاکم می‌شـــود که گویا آنچه در علم به دانش‌آموزان یاد می‌دهیم قطعی و صد در صد اســـت و اصلاً امکان تغییر ندارد. در حالی‌که علم تجربی، دانش متواضعی اســـت. دانش تجربی می‌گوید: در حال حاضر یافته‌هایم این است. اگر شما شـــواهدی در رد این‌ها دارید، ارائه کنید و من آن‌ها را تغییر می‌دهم.

ولی اگر من به‌عنوان معلم فکـــر کنم مطلبی که خواندم و به دانش‌آموزان منتقل می‌کنم به منزلهٔ وحی منزل اســـت و دیگر تغییر نمی‌کند، راه کنجکاوی، پژوهش و پرســـش را بر دانش‌آموزانم می‌بندم.

یادم هست وقتی دانشجوی فیزیک بودم، استادی داشتم که وقتی بعد از توضیح‌های او می‌گفتم درســـته. می‌گفت: «نگو درســـته. بگو من فهمیدم. این مطلب خودش درست است». یعنی به قدری روی بحث خود متعصب بود که به من می‌گفت شما نگو درســـته. درست بودن مطلب مربوط به شما نیست. بلکه مطلب از اساس درست بوده است.

باید بدانیم که گزاره‌های علمی چگونه شکل می‌گیرند و اثبات می‌شـــوند یا اینکه اصلاً اثبات می‌شوند یا خیر؟ آیا گزاره‌های علمی قابل ابطال هستند، آیا گزاره‌های علمی توسط شواهد تجربی تأیید یا اثبات می‌شوند؟ گاهی ما اثبات ریاضی داریم. مثل اســـتقرای ریاضی، روش پیدا کردن یقین ریاضیاتی که مثلاً یک گزاره صحیح است. ولی آیا می‌توان دربارهٔ گزاره‌های دانش فیزیک هم مانند ریاضیات یقین پیدا کرد؟ برای اینکه نســـبت به یک گزاره فیزیکی یقین پیدا کنیم، باید به شواهد مؤید در جهان بیرون یا مشـــاهده‌های خود مراجعه کنیم: آیا مشاهده‌های ما امکان اثبات گزاره‌های فیزیکی را دارند؟ یک گزاره کلی که در دانش فیزیـــک دارید، آیا این گزاره کلی را شواهد جزیی اثبات می‌کنند یا این شواهد جزیی فقط مؤید گزاره فیزیکی شـــما هستند؟ مثلاً فرض کنید آب در شرایط متعارف در ۱۰۰ درجه ســـانتی‌گراد به جوش می‌آید، شما از

باید بگوییم که اگر به فلسفهٔ علم و تاریخ علم بی‌توجه باشیم تفکری بر ذهن ما حاکم می‌شود که گویا آنچه در علم به دانش‌آموزان یاد می‌دهیم قطعی و صددرصد است و اصلاً امکان تغییر ندارد

اگر من به‌عنوان معلم فکر می‌کنم مطلبی که خواندم و به دانش‌آموزان منتقل می‌کنم به منزلهٔ وحی منزل است و دیگر نمی‌تواند تغییر کند، راه کنجکاوی، پژوهش و پرسش را بر دانش‌آموزانم می‌بندم

کجا متوجه این مطلب شدید و به دانش‌آموزان می‌گویید که آب در شرایط خاص، فشـــار یک اتمسفر، اگر به دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد برسد شروع به جوشیدن می‌کند؟ آیا غیر از این است که می‌گویید آزمایش کرده‌اید و این‌گونه بوده است و در آزمایشـــگاه هم همین آزمایش را به دانش‌آموزان نشان می‌دهید و می‌گویید هـــر کجا این آزمایش را انجام دهید به همین نتیجه می‌رسید. آیا آزمایش‌های ما این گزاره را تأیید کرده است، یا اثبات کرده است؟

همین موضوع که می‌گوییم اثبـــات کرد یا تأیید کرد یک بحث فلسفی است و دبیر فیزیک به این بحث نیاز دارد. دبیر فیزیک نیاز دارد بداند که آیا این گزاره اثبات می‌شود یا تأیید می‌شود و آیا اصلاً امکان ابطال آن وجود دارد؟ چگونه ممکن است یک گزاره علمی ابطال شود؟

é رهبر: فیزیک‌دانان بزرگ بحث‌های زیادی از این نوع را داشته‌اند. مثال آن کتاب جزء و کل هایزنبرگ است، تمرکز فیزیک‌دانان بزرگ بر این مطالب است.

ê عمادی: در بحث تاریخ علم باید یک بحث تاریخی انجام داد که آیا به تاریخ نیاز داریم یا خیر؟ گاهی می‌گویید تاریخ یک گاهشمار است و رویدادهای هر سال را بیان می‌کنید و درباره‌اش توضیح می‌دهید، مانند تاریخ عمومی و تاریخ جهان. چه موقع یک پدیده، تاریخی می‌شود؟ زمانی یک پدیده تاریخی می‌شود که یک فاصلهٔ زمانی از آن پیدا می‌کنیم و روایت‌های تاریخی شکل می‌گیرد. اگر دانش تاریخ را به‌عنوان تقویم به شمار بیاورید، فقط یک تقویم اســـت که به گاهشماری وقایع و رویدادها می‌پردازد. ولی اگر بپرسیم دانش تاریخ چیســـت؟ دانش تاریخ به صورت تحلیل وقایع تاریخی از منظر شواهد و قرائن و یافته‌ها، مستندات و کتاب‌های تاریخی درمی‌آید.

تاریخ علم به چه درد می‌خورد؟ به هر حال علم یک سیری را طی کرده، انباشـــته شده و به دســـت ما رسیده است و ما پالایش شـــده و منزه شده آن را در کتاب‌ها مطالعه می‌کنیم. آیا واقعاً نیاز اســـت که برگردم و ببینم پشت سر هر کدام از آن‌ها چه داستانی بوده است؟ آیا وقتی فیزیک کلاسیک را از منظر متون دانشگاهی و مدرسه می‌خوانم، لازم است که بروم و کتـــاب اصول نیوتون را هم بخوانـــم؟ چه نیازی به خواندن کتاب اصول نیوتون وجود دارد؟ چون در این کتاب حرف‌های خوب و بد، درست و نادرست، قابل قبول و قابل رد است. چرا باید آن کتاب را بخوانم؟ من همین کتاب دانشـــگاهی را که نوشته شده است می‌خوانم.

به نظر من اهمیت تاریخ علم فرع بر مســـئلهٔ فلســـفهٔ علم اســـت. من فکر می‌کنم یک دانشمند یا معلم فیزیک بیش از نیازمند بودن به تاریخ علم، نیازمند داشتن نگاه فلسفی به علم است. یعنی همان اثبات، تأیید، ابطال و .... که درباره‌اش سخن گفتیم. باید در ابتدا نگاه این چنینی داشـــته باشد. بعد از آن برای عمیق‌تر کردن نگاه باید بداند در گذر زمان برای علم چه اتفاقی افتاده است.

به نظر من تاریخ علم دو وجه پیدا می‌کند. یک وجه آن این است که وقایع تاریخ علمی نقل شده و بررسی شود که واقعاً اتفاق افتاده‌اند یا خیر؟ باید آثار باستانی را بررسی و مشاهده کرد آنچه دربارهٔ نیوتون و دکارت گفته شـــده درست است یا خیر؟ آیا گفته‌ها واقعیت دارند؟ برای پاسخ به پرسش‌ها باید تمام شواهد تاریخی را مورد بررسی قرار دهیم و اسناد و منابع موجود را مطالعه کنیم و ماحصل آن را به‌عنوان شـــخصیت نیوتون و گفته‌های او در اختیار دیگران قرار دهیم.

بحث دیگر این است که از گذر تاریخ علم یعنی سیر تحولات صورت گرفته در تطور علم، شـــناختی از اثبات، تأیید و تغییر پارادیم در فلســـفه علم به دست آید. وقتی از پارادیم فیزیک کلاسیک و فیزیک نیوتونی گذر کردیم و به فیزیک نسبیتی و کوانتومی رسیدیم، شناخت گذر و درک اینکه تحول پارادیم در فیزیک اتفاق می‌افتد، مستلزم آشنایی با تاریخ علم است.

یعنی اول نگاه فلســـفی پیدا می‌کنید و بعد برای اینکه نگاه فلســـفی خود را عمیق و در درک آن مســـئله پژوهش کنید نیازمند مراجعه به تاریخ علم هســـتید. آن وقت در تاریخ علم بررســـی می‌کنید که چه اتفاقی افتاد که پس از ۲۰۰ یا ۳۰۰ ســـال که حرف‌های نیوتون در مورد نور پذیرفته شـــده بود، حرف او نقض شـــد و در حرکت و مطلق بودن زمان و مکان حرف ایشـــان منتفی و نسبی شد. در تمام این موارد نیازمند رجوع به تاریخ علم هستیم. به نظر من دبیران فیزیک نیازمند یک دوره فلسفه علم و یک دوره تاریخ علم هستند.

وقتی دانشـــجو بودم (در دورهٔ کارشناسی) درس تاریخ علم اختیاری بود. فکر می‌کنم که این درس در دوره آموزشی باید حتماً هم برای معلمان و هم برای دانشجویان فیزیک الزامی باشد. به دلیل اینکه ما در دانش فیزیک به شدت با این خطر مواجه‌ایم که به مطلق‌اندیشی، ساینتیسم و تفکر **«این است و جز این نیست»** دچار شویم. بنابراین باید حتماً تاریخ علم و فلسفهٔ علم خوانده شود.

é سجادی: نظام آموزش پیش از دانشگاه ما یک نظام آموزش عمومی اســـت. در آموزش عمومی نباید کاملاً تخصصی فکر کنیم که قرار است حتماً مهندس، پزشک یا کارمند تربیت کنیم. ما در نظام آموزشـــی پیش از دانشگاه می‌خواهیم کسی را تربیت کنیم که شناختی کلی از این مباحث داشـــته باشد. ما باید بدانیم که کار ما در نظام پیش از دانشگاه یک کار نیمه‌تخصصی است.

نظام آموزش پیش از دانشگاه ما یک نظام آموزش معمولی است. در نظام آموزشی پیش از دانشگاه می‌خواهیم کسی را تربیت کنیم که شناختی کلی از مباحث داشته باشد

وقتی فرد وارد دانشگاه شود، کارش تخصصی می‌شود. شما از یک مهندس عمران یا مکانیک خیلی توقع فلسفی بودن ندارید، اما از دانشجوی فیزیک دارید، چون فیزیک مبنایی فلسفی دارد و یک دانش نظری است. اگر کسی می‌خواهد فیزیک بخواند (و اگر می‌خواهد معلم فیزیک بشود، بیشتر)، باید نظام فلسفی و تاریخی حاکم بر فیزیک را بشناسد. پرسش بعدی مربوط به تألیف کتاب‌های درسی است. تاکنون هرگاه می‌خواستیم تاریخ علم را وارد کتاب‌های درسی کنیم، زندگی یک دانشمند را به صورت پاورقی در صفحه‌ای می‌آوردیم و گاهی به برخی کارهایش اشاره می‌کردیم. آیا می‌توان تاریخ علم را به شیوه‌ای دیگر در کتاب درسی گنجاند؟

é عمادی: اعتقاد من این است که ما نمی‌توانیم مباحث تاریخی را در کتاب‌های درسی بیاوریم. به نظر من مباحث تاریخی و فلسفی علم باید برای دانش‌آموزان به صورت تک‌مضراب‌هایی در ذهنشان باشد و معلمان باید بحث‌های توضیحی و تشریحی در این مورد را در کلاس ارائه کنند. ولی ذهن دانش‌آموزان و زمان تدریس کتاب و انتقال محتوای مورد نظر، گنجایش ارائه تاریخ تفضیلی از دانش فیزیک به شاگردان را ندارد و با اهداف برنامهٔ درسی هم سازگاری ندارد. فرض کنید در هدف هر درس مشخص می‌کنند که کدام مفهوم و محاسبه را دانش‌آموز باید بفهمد و انجام دهد. یک معلم متخصص باید در خلال برنامهٔ درسی و هدف آن، درک تاریخی و فلسفی را به شاگردان منتقل کند. به نظرم نمی‌شود این مسائل را در متن درس گنجاند. فکر می‌کنم که در زمان حرکت کاروان علم باید همیشه دو اکیپ فلسفی و تاریخی آن کاروان را همراهی کنند. همان‌طور که کاروان ورزشی را همواره یک تیم پزشکی و تغذیه همراهی می‌کنند. به موازات حرکت کاروان علم، دو جریان فلسفی و تاریخی باید همراه و همپای آن به‌صورت استادانه در حاشیه آورده شوند. همان‌گونه که پزشک تیم هرگز برای پرتاپ توپ نمی‌رود، یک فیلسوف علم هم نمی‌رود گزاره‌های علمی را کم و زیاد کند.

é معتمدی: در کتاب قبلی که برای دوره‌های دانشسرای عالی و دانشکده علوم نوشته می‌شد مثل کتاب صوت دکتر اسماعیل بیگی یا ترمودینامیک دکتر روشن، مقدمه تاریخی وجود داشت که برخی از مفاهیم فلسفی نیز داخل آن آورده شده بود. ضمن اینکه در دوره‌های تحصیلی دانشسرای عالی در دههٔ سی، هم درس به‌طور جدی تاریخ علم داشتیم و هم فلسفهٔ علم.

é عمادی: این درس‌ها برای دانشجویان بود. من معتقدم که این درس‌ها باید برای دانشجویان، اجباری و جزو درس‌های اصلی باشد. ولی برای دانش‌آموزان نمی‌توان این مطالب را جز به صورت پاورقی و مقدمه و حواشی مطرح کرد.

é معتمدی: اما فکر می‌کنم می‌توان آن‌ها را به صورتی گنجاند و معلمانی که مطالب خود را با مفاهیم تاریخی و فلسفی شروع می‌کنند از نظر جلب توجه دانش‌آموز خیلی موفق هستند.

ê عمادی: تدریس یک مهارت است. شاید در تدریس از زبان‌شناسی، ادبیات و شعر استفاده کنید تا بتوانید مفهومی را به دانش‌آموز منتقل کنید. عرض من این است که مباحث فلسفی و تاریخی علم را نمی‌توانیم در متنی که به دانش‌آموز تدریس می‌کنیم بیاوریم. چون این‌ها از هدف درس دور می‌افتد.

é خلیلی بروجنی: البته ما یک تجربهٔ جدید در برنامه درسی قبلی داشتیم. در مقطع دهم، یازدهم و اخیراً هم دوازدهم، مسیر تحول یک سری مفاهیم را در قالب تاریخی بررسی کردیم و تاریخ علم با زندگینامهٔ دانشمند تفاوت دارد: مثلاً در قرن شانزدهم دعوای زیادی بود که mv درست است یا mv/۲. در قرن هفدهم بیشتر

روی mv^2 تأکید داشتند و در قرن هجدهم برخی دیدند ۱/۲ کم دارد تا سرانجام رابطه انرژی جنبشی به صورت فعلی درآمد. یعنی رسیدن به $\frac{1}{2}mv^2$ یک سیر تحول ۴۰ -۳۰ ساله را گذرانده است. یک سری بحث‌های این چنینی را وارد کتاب‌های درسی کردیم. (علاوه‌بر آنچه به زندگینامهٔ دانشمندان مربوط است)، تحول مفاهیم را هم در کتاب‌ها آوردیم.

ê عمادی: مفهوم علم را هم شما به معنی تاریخی‌اش در کتاب نمی‌آورید، بلکه به گونه‌ای برای دانش‌آموزان بیان می‌کنید که آیا می‌تواند به صورت mv^2 باشد یا چیزی کم دارد؟ بعد می‌گویید چیزی کسر دارد و باید $\frac{1}{2}mv^2$ باشد. نمی‌توانید به زمینه‌های شکل‌گیری mv، mv^2 و سرانجام $\frac{1}{2}mv^2$ به صورت تفضیلی بپردازید، بلکه باید آن را در حد کوتاهی در کتاب بیاورید تا ذهن دانش‌آموز را قلقلک دهد و اگر خواست به مطالعات بیشتر در این زمینه بپردازد.

é خلیلی بروجنی: هدف ما این بود که دانش‌آموز بفهمد این رابطه، آسان به دست نیامده است، بلکه برخی روابط حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ سال بین دانشمندان دست به دست چرخیده‌اند تا به شکل فعلی درآمده‌اند.

ê عمادی: اگر بتوانیم به دانش‌آموزان بفهمانیم آنچه را که به‌عنوان علم درس می‌دهیم، مسیر طولانی و پرفراز و نشیبی پشت سرش بوده است، کار خوبی کرده‌ایم.

«هر که او ارزان خرد، ارزان دهد
گوهری طفلی به قرص نان دهد»

ممکن است شما در عرض نیم‌ساعت تمام قانون‌های نیوتون را به دانش‌آموز یاد بدهید و او فکر کند که این قانون‌ها خیلی ساده به‌دست آمده‌اند و همان‌گونه که من الان این‌ها را یاد گرفتم، نیوتون به آن‌ها رسیده است و متوجه نمی‌شود که پشت هر قانون نیوتون جریانی طولانی وجود دارد. معلم باید بتواند توضیح دهد که اگر نیرو وارد شود چه اتفاقی می‌افتد یا اگر نیرو وارد نشود، چه اتفاقی می‌افتد؟ اصلاً آیا نیرو یک مفهوم درونی است یا بیرونی؟

من با مطالعاتی که داشتم معتقدم یک وجه اصلی تفاوت فیزیک جدید و قدیم یا طبیعیات قدیم با فیزیک جدید این است که آنچه در طبیعیات قدیم اصالت داشت مفهوم ذاتی نیرو بود. یعنی نیرو را از درون جسم قابل اعمال می‌دانستند و می‌گفتند: وقتی نیرو وارد شود از درون است.

é خلیلی بروجنی: در قدیم از لفظ نیرو استفاده نمی‌شد.

ê عمادی: بله دو تا قوه در طبیعیات قدیم وجود داشت. یکی قوهٔ طبیعت بود و دیگری قوهٔ نفس. یعنی به‌طور کلی دو نیرو وجود داشت. این دو نیرو در طبیعیات قدیم اصالت داشت. ما نیروی عرضی و قسری هم داشتیم. مثلاً اگر جسمی را با دست بالا می‌بریم آن نیرو، نیروی قسری است و می‌گفتند القسر و لایرون، یعنی نیروهای قسری دوام ندارند و اصلاً اهمیتی هم ندارند. اگر جسم را رها کنید تحت تأثیر نیروی طبیعت‌اش پایین می‌افتد. آنچه اصالت دارد، طبیعت نیرویی است که در ذاتش حرکت و سکون ایجاد می‌کند. چون طبیعت را منشأ ذاتی حرکت و سکون می‌دانستند، یعنی طبیعت است که در ذات جسم حرکت یا سکون ایجاد می‌کند. اگر جسم در مکان طبیعی خودش قرار گرفت، ساکن می‌ماند. اگر جسم در مکان طبیعی خودش قرار نگرفت، آن نیروی ذاتی آن را به حرکت درمی‌آورد و به مکان خودش می‌رساند و آن نیرویی که ما بر جسم وارد می‌کنیم یک نیروی قسری است که منتظر زایل شدن آن هستیم، و به محض اینکه انگشتانم را باز کنم، نیرو منتفی می‌شود و جسم با طبیعت خودش شروع به حرکت می‌کند.

در قدیم می‌گفتند نیروی طبیعت در یک راستا اثر می‌کند، یا بالاسو است یا پایین‌سو و این نیروی طبیعت است که مستقیم، بدون اراده و اجبار در ذات همهٔ اشیا وجود دارد. نیروی دیگر نیروی نفس بود که می‌گفتند نفس نباتی، نفس حیوانی، نفس انسانی و نفس ملکی داریم. پس از آن نیروی ارادی بود که می‌توانست از درون باشد.

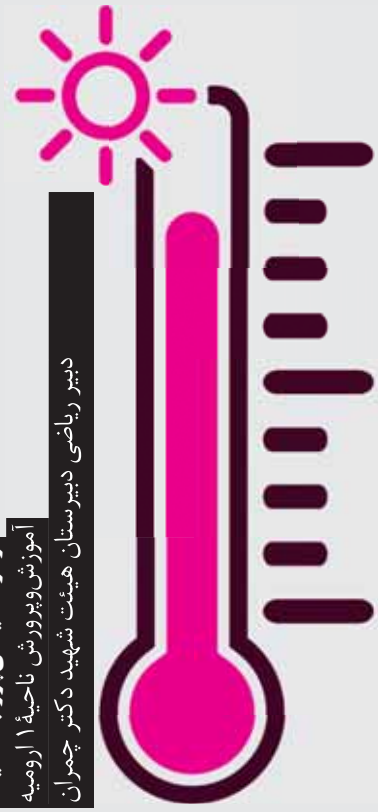
در فیزیک جدید می‌گوییم نیرو مفهومی است که حتماً بین دو جسم وجود دارد. یعنی جسمی که نیرو به آن وارد می‌شود و جسمی که نیرو را وارد می‌کند و مفهوم نیرو در فیزیک جدید اساساً یک مفهوم بیرونی است. اما اگر ما این‌گونه مفاهیم تاریخ علم را به دانشجوی دبیری فیزیک یا معلم فیزیک چنان منتقل کرده باشیم که بتواند در یک نگاه تفاوت حال و گذشته را به دانش‌آموزش منتقل کند و رویکردهای متفاوت را بگوید به درک بهتر دانش‌آموز کمک کرده‌ایم.

به‌عنوان مثال، در نسبیت عام نیروی گرانشی به هندسهٔ فضا تبدیل می‌شود. چرا؟ چون با کاری که اینشتین می‌کند و می‌گوید جرم، فضا ـ زمان را خمیده می‌کند، ذات‌گرایی نیوتونی منتفی می‌شود. چون وقتی نیوتون می‌گوید جاذبه‌ای میان این جرم و آن جرم وجود دارد، گویا از درون جسم کششی برای این کار وجود دارد و باز هم پای یک ذات‌گرایی و نیروی درونی به میان می‌آید. ولی نسبیت می‌آید و این حلقه را هم پاره می‌کند و می‌گوید خمیدگی در فضا ـ زمان وجود دارد. اگر به این موارد نگاه کنید مشاهده می‌کنید که فیزیک مدام از ذات‌گرایی جدا می‌شود و به این سمت می‌رود که نیرو را به جای اینکه منتسب به ذات جسم بداند به محیط منتسب کند.

یک معلم متخصص باید در خلال برنامهٔ درسی و هدف آن، درک تاریخی و فلسفی را به شاگردان منتقل کند. به نظرم نمی‌شود این مسائل را در متن درس گنجاند

دمای تعادل اجسام از دید ریاضی

اژدر سلیمان‌پور با کفایت
آموزش‌وپرورش ناحیهٔ ۱ ارومیه
دبیر ریاضی دبیرستان هیئت شهید دکتر چمران



چکیده

در این مقاله، با ارائه مفهـــوم ترکیب خطی و ترکیب محدب در اعداد (بردارها)، کاربرد آن در تفســـیر دمای تعادل بین اجسام را مورد بررسی قرار می‌دهیم. ملاحظه خواهیم کرد که خیلی از پرســـش‌های نسبتاً سخت در رابطه با دمای تعادل، با استفاده از این مفهوم به راحتی پاسخ داده می‌شوند در حالی که بدون این روابط ریاضی، درک چنین مفاهیمی مشکل خواهند بود.

کلیدواژه‌ها: دمای تعادل، ترکیب محدب

۱. ترکیب خطی و ترکیب محدب

مجموعـــه اعداد حقیقی (R) را در نظـــر می‌گیریم. ترکیب خطی دو عدد $a,b\in R$ به‌صورت زیر است:

$$M=c_1a+c_2b \qquad (1)$$

که در آن $c_1,c_2\in R$ و فرض می‌کنیم $a<b$. در (۱) عدد حاصل M یک عدد حقیقی اســـت. M را ترکیب خطی از a و b می‌نامیم. مسئلهٔ مهم برای ما این ویژگی است که مقدار M بین دو عدد a و b یا مســـاوی یکی از آن‌ها باشـــد، و یا خارج بازه [a,b] باشـــد. مثلاً اگـــر $c_1=0$ و $c_2=1$، آنگاه M برابر b اســـت. اکنون حالتی را که در نظر می‌گیریم که مجموع c_1 و c_2 برابر ۱ است. در این حالت ترکیب (۱) به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$N=\lambda a+(1-\lambda)b \quad \text{و} \quad 0\le\lambda\le 1 \qquad (2)$$

به ترکیـــب (۲) ترکیب محدب a و b می‌گوییم. (۲) حالت خاصی از (۱) اســـت. در این ترکیب، مقدار N همواره بین دو عدد a و b یا برابر یکی از آن‌هاســـت. مثلاً اگر $\lambda=1$، N برابر a اســـت و اگر $\lambda=0$، N برابر b خواهد بـــود. برای بقیه مقادیر λ مقدار N بین دو عدد قرار می‌گیرد و دیگر مســـاوی هیچ‌کدام نیست. حال اگر مقدار λ نزدیک ۱ باشد مقدار N نزدیک a، و اگر مقدار λ نزدیک صفر باشد مقدار N نزدیک b خواهد بود.

فـــرم دیگری از ترکیب خطی دو عـــدد a و b به صورت زیر است:

$$k=\frac{c_1}{c_1+c_2}a+\frac{c_2}{c_1+c_2}b \qquad (3)$$

چون مجموع ضرایب در (۳) برابر ۱ است پس k نیز ترکیب محدب از a و b اســـت. اگر مقادیر c_1 و c_2 مثبت باشند آنگاه عدد k همواره بین دو عدد a و b است.

۲. دمای تعادل اجسام

جسم اول به جرم m_1، دمای θ_1 و ظرفیت گرمایی ویژه c_1 و جسم دوم نیز به جرم m_2، دمای θ_2 و ظرفیت ویژه c_2 مفروض هستند. اگر این دو جسم در محیط بی‌در رو[1] در تماس گرمایی قرار گیرند آنگاه دمای تعادل θ از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow m_1c_1(\theta - \theta_1) + m_2c_2(\theta - \theta_2) = 0 \quad (۴)$$

با استفاده از رابطه (۴) مقدار دمای تعادل به صورت زیر حساب می‌شود:

$$\theta = \frac{m_1c_1}{m_1c_1 + m_2c_2}\theta_1 + \frac{m_2c_2}{m_1c_1 + m_2c_2}\theta_2 \quad (۵)$$

این رابطه نشان می‌دهد دمای تعادل، ترکیب خطی محدب از دمای دو جسم داده شده است، زیرا مجموع ضرایب برابر ۱ است. چون هیچ‌یک از جرم‌ها و نیز ظرفیت گرمایی ویژه اجسام صفر نیستند، پس دو نتیجه مهم زیر از رابطه (۵) حاصل می‌شود:

(i) دمای تعادل همواره بین دو دمای θ_1 و θ_2 است و هیچ‌گاه نمی‌تواند کمتر یا مساوی دمای سردتر و بیشتر یا مساوی دمای گرم‌تر باشد.

(ii) اگر دمای دو جسم با هم برابر باشند یعنی $\theta_1=\theta_2$، آنگاه دمای تعادل همواره همان دمای اولیه اجسام خواهد بود و به جرم‌ها و ظرفیت گرمایی ویژه آن‌ها بستگی ندارد. این نتیجه از ساده کردن رابطه (۵) حاصل می‌شود.

اکنون چند حالت خاص را بررسی می‌کنیم:

(حالت اول) فرض کنید در دو جسم با جرم‌های m_1 و m_2، ظرفیت گرمایی ویژه هر دو برابر باشند، در این صورت رابطه (۴) به‌صورت زیر خلاصه می‌شود:

$$\theta = \frac{m_1}{m_1 + m_2}\theta_1 + \frac{m_2}{m_1 + m_2}\theta_2 \quad (۶)$$

از رابطهٔ (۶) نتیجه‌های زیر حاصل می‌شوند:

(i) دمای تعادل، بین دو دمای θ_1 و θ_2 است (البته این نتیجه از رابطه کلی (۵) نیز معلوم بود).

(ii) اگر m_1 بیشتر از m_2 باشد آنگاه دمای تعادل به θ_1 نزدیک‌تر است.

(iii) اگر $m_1=m_2$ آنگاه رابطه (۶) به‌صورت زیر در می‌آید:

$$\theta = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \quad (۷)$$

پس دمای تعادل، میانگین دو دما است.

(iv) تعمیم رابطه (۶) به سه ماده، به‌صورت زیر است.

(۸)

$$\theta = \frac{m_1}{m_1 + m_2 + m_3}\theta_1 + \frac{m_2}{m_1 + m_2 + m_3}\theta_2 + \frac{m_3}{m_1 + m_2 + m_3}\theta_3$$

مانند بحث بالا می‌توان گفت دمای تعادل در (۸)، به دمای جسم با جرم بیشتر، نزدیک است.

(حالت دوم) حال فرض می‌کنیم ظرفیت گرمایی ویژه دو جسم برابر نبوده ولی جرم‌ها برابر باشند. در این حالت رابطه (۵) به‌صورت زیر نوشته می‌شود.

$$\theta = \frac{c_1}{c_1 + c_2}\theta_1 + \frac{c_1}{c_1 + c_2}\theta_1 \quad (۹)$$

همه نتیجه‌های بالا در این حالت نیز برقرارند. مثلاً ظرفیت گرمایی هر جسم که بیشتر باشد آنگاه دمای تعادل به دمای آن جسم نزدیک‌تر است.

مثال ۱,۲. جسمی به جرم m با ظرفیت گرمایی $4c$ در مجاورت گرمایی جسم دیگری به جرم $3m$ و ظرفیت ویژه c قرار گرفته است. اگر دمای هر دو جسم برابر θ باشد و گرمایی هدر نرود دمای تعادل کدام است؟

(۱) 3θ

(۲) θ

(۳) 4θ

(۴) $\frac{3}{7}\theta$

حل: چون دمای دو جسم ثابت است پس بدون توجه به بقیه پارامترهای مسئله، گزینهٔ (۲) صحیح است.

مثال ۲,۲. دو جسم هم‌جنس با دماهای متفاوت مفروض‌اند. اگر جرم یکی دو برابر جرم دیگری باشد کدام گزینه صحیح است؟

(۱) دمای تعادل به دمای جسم سنگین‌تر نزدیک‌تر است.

(۲) دمای تعادل به دمای جسم سبک‌تر نزدیک‌تر است.

(۳) دمای تعادل فاصله یکسانی از دمای جسم‌ها دارد.
(۴) دمای تعادل از دمای جسم سردتر کوچک‌تر است.

حل. براساس نتیجه (ii)، گزینهٔ (۱) صحیح است.

مثال۳،۲. دمای تعـــادل، در کدام‌یـــک از حالت‌های زیر می‌تواند صفر باشد؟
(۱) فقط ظرفیت گرمایی ویژه دو جسم یکسان باشد.
(۲) این حالت امکان ندارد عملاً رخ دهد.
(۳) دمای دو جسم قرینه و فقط جرم‌ها نابرابر باشند.
(۴) از دمای دو جسم، یکی منفی و دیگری مثبت باشد.

حل. گزینهٔ(۱) درســـت نیســـت زیـــرا با یکســـان بودن ظرفیت‌های ویژه رابطه (۶) برقرار اســـت و چون جرم‌ها برابر نیستند پس دمای تعادل نمی‌تواند صفر باشد.
گزینهٔ (۳) نیز درســـت نیست زیرا همان شرایط گزینه (۱) برقرار بوده و چون جرم‌ها برابر نیســـتند لـــذا با قرینه بودن دماها، دماهای تعادل نمی‌تواند صفر شود.
گزینهٔ (۴) صحیح اســـت زیرا بنا به رابطه کلی (۵) در تمام حالت‌هایی که $m_۱c_۱=m_۲c_۲$ باشـــد، دمای تعادل صفر است. به‌ویژه زمانی که جرم‌ها با هم و ظرفیت‌ها با هم برابر باشـــند، رابطهٔ (۵) به رابطهٔ (۷) تبدیل می‌شود که با قرینه بودن دماها، دمای تعادل صفر خواهد شد.

مثال۴،۲. جســـم اول با دمای $\theta_۱$ و جسم دوم با دمای $\theta_۲$ مفروض‌اند. اگر $\theta_۱<\theta_۲<۰$ کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟
(۱) دمای تعادل می‌تواند برابر $۲\theta_۲$ باشد.
(۲) دمای تعادل ممکن است $\frac{\theta_۱}{۲}$ باشد.
(۳) دمای تعادل ممکن است $\theta_۲$ باشد.
(۴) دمای تعادل می‌تواند برابر $\frac{۱}{۳}\theta_۱+\frac{۲}{۳}\theta_۲$ باشد.

حل. بنا به نتیجه (i) واضح است گزینه (۴) درست است.

مثال۵،۲. جرم یک جسم دو برابر جرم جسم دیگر و هر دو جسم هم‌جنس هستند. اگر دمای جسم اول ۲ درجه بیشتر از دمای جسم دوم باشد، دمای تعادل چند درجه بیشتر از دمای جسم دوم خواهد بود؟

(۱) $\frac{۱}{۲}$
(۲) $\frac{۱}{۳}$
(۳) $\frac{۴}{۳}$
(۴) ۳

حل. چون ظرفیت‌ها برابرند لذا رابطهٔ (۶) برقرار اســـت. با قرار دادن $m_۱=۲m_۲$ و $\theta_۱=\theta_۲+۲$ در این رابطه معلوم می‌شود گزینهٔ (۳) صحیح است. توجه داریم دمای جسم اول از دمای جسم دوم بیشتر است.

مثال۶،۲. دو جســـم در مجاورت گرمایی قرار می‌گیرند و اتلاف انرژی وجود نـــدارد. در صورتی‌که $m_۱=m_۲$ و $c_۲=۲c_۱$ باشـــد، دمای تعادل برابر ۵ درجه سلســـیوس می‌شود و اگر $c_۱=c_۲$ و $m_۱=۲m_۲$ باشـــد، دمـــای تعـــادل برابـــر ۱۰ درجه سلسیوس می‌شود. دمای جسم گرم‌تر کدام است؟

(۱) $۰°C$
(۲) $۱۵°C$
(۳) $۱۰°C$
(۴) $۵°C$

حل. در حالتی که جرم ها برابرند از رابطه (۹) و زمانی‌که ظرفیت‌هـــا برابرند از رابطهٔ (۶) اســـتفاده می‌کنیم. از این دو رابطه، دو معادله دو مجهولی به دســـت می‌آید که بعد از حل آن‌ها دمای اجسام برابر $۰°C$ و $۱۵°C$ می‌شوند. پس گزینهٔ (۲) درست است.

نتیجـــه نهایی اینکه، تمام مثال‌های بـــالا را می‌توان تنها با رابطـــهٔ کلی (۴) حل کرد. اما تحلیل‌های ریاضی بالا ســـبب می‌شوند مسئله‌ها با دید وسیع‌تر و در زمان کمتر حل شوند. در واقع ریاضی و فیزیک نقاط مشترک زیادی داشته و ریاضی می‌تواند زبان بیان و تفسیر رابطه‌های فیزیک تلقی شود.

پی‌نوشت
۱. محیطی که عایق‌بندی شده و تبادل گرمایی با بیرون ندارد.

منبع
۱. شورای برنامه‌ریزی و تألیف گروه فیزیک، **فیزیک (۱)**، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، پایهٔ دهم دورهٔ دوم متوسطه، چاپ اول ۱۳۹۵.

آموزش فیزیک در ایران

اسفندیار معتمدی

دارالمعلمین و تأسیس گروه فیزیک (۱۳۰۷)

قانون تأسیس دارالمعلمین مرکزی و دارالمعلمات در سال ۱۲۹۷ به تصویب رسید و چند معلم اروپایی برای تدریس علوم تجربی و ریاضی استخدام شدند. مشخصات و هدف این مؤسسه طبق یکی از مواد این قانون چنین است:

«دارالمعلمین مرکزی مدرسه‌ای است دولتی و مجانی تحت‌نظارت وزارت معارف که برای تعلیمات ابتدایی و حد معینی از تعلیمات متوسطه معلم تربیت می‌کند و با این نظر منقسم بر دو شعبه است. یکی شعبه ابتدایی، دیگر شعبه عالی. مدت تحصیل در شعبه عالی چهارسال تعیین می‌شود[1]»

ریاست دارالمعلمین به مدت ۱۰ سال با مرحوم ابوالحسن فروغی بود. معلمان دارالمعلمین از برگزیدگان علم و فرهنگ ایران بودند. تدریس فیزیک بر عهدهٔ مرحوم اسماعیل مرآت بود که در سال ۱۳۱۸ وزیر فرهنگ شد. پس از سال ۱۲۹۷ با سرعت تعداد مدارس افزایش یافت. به‌طوری که از ۲۹۵ باب، در ۱۳۰۳ به ۲۳۳۶ باب، و در ۱۳۰۸ به ۳۶۴۴ باب مدرسه و تعداد دانش‌آموزان در این مدت از ۲۳۰۲۳ نفر به ۱۶۳۳۴۶ نفر رسید.

مشکل افزایش جمعیت دانش‌آموز، کتاب درسی، معلم و هزینه کادر مدرسه و به‌ویژه تأمین دبیر خارجی و حقوق آن‌ها مشکلات را کاملاً نمایان کرد. در نتیجه وزارت معارف اقدام به اعزام محصل به خارج کرد و بر طبق قانون مصوب، مقرر شد هر سال لااقل یک‌صد نفر دانشجو برای فراگرفتن فنون و علوم طبیعی و ریاضی، تعلیم‌وتربیت، پزشکی و مهندسی از میان فارغ‌التحصیلان دبیرستان‌ها با امتحان مسابقه انتخاب شوند و با هزینه دولت به اروپا اعزام شوند. بر طبق مواد همین قانون ۳۵ درصد از دانشجویان منتخب برای آموزش معلمی اعزام می‌شدند.

تأسیس دارالمعلمین عالی برای تربیت‌دبیر دبیرستان‌ها

برای ادارهٔ دارالمعلمین اساس‌نامه‌ای، به تصویب شورای‌عالی معارف رسید. برطبق این اساس‌نامه دارالمعلمین دارای دو قسمت علمی و ادبی بود. قسمت علمی شامل سه بخش ریاضیات، طبیعیات، فیزیک و شیمی بود.

قسمت ادبی شامل دو بخش فلسفه و ادبیات، تاریخ و جغرافی بود.

دارالمعلمین عالی در سال ۱۳۰۷ در زمان وزارت مرحوم میرزا یحیی‌خان اعتمادالدوله قراگزلو (وزارت: ۲۹ آبان ۱۳۰۷ تا ۱۶ خرداد ۱۳۱۲) تأسیس شد. اغلب استادان آن، همان معلمان دارالمعلمین مرکزی بودند. برای راه انداختن رشتهٔ فیزیک و شیمی، وزیر معارف از شادروان دکتر محمود حسابی دعوت به کار کرد. دکتر حسابی (۱۲۸۱- ۱۳۷۱) دورهٔ دکترای فیزیک را در سال ۱۳۰۶ در پاریس به پایان برد و برای خدمت به ایران آمد و در استخدام وزارت طرق (وزارت راه کنونی) به کار نقشه‌برداری و آموزش آن مشغول بود. وی این دعوت را پذیرفت و بخش فیزیک و شیمی را دایر کرد و جریانی از تربیت و آموزش دبیر، تألیف کتاب، پژوهش، واژه‌گزینی و تأسیس بنیادهای علمی و فنی را در موضوع فیزیک و شیمی به وجود آورد که به تدریج توان بیشتر یافت تا به وضع کنونی رسید.

کلاس‌های دارالمعلمین عالی در دورهٔ اول به تدریج و با حاضر شدن داوطلب تحصیل و آماده شدن استاد شروع می‌شد. آغاز کار کلاس فیزیک- شیمی با حضور دانشجویان (کمال‌الدین جناب، محمد منجمی و ...) بود. مدت تحصیل دورهٔ لیسانس سه سال تحصیلی بود. فارغ‌التحصیلان دارالمعلمین عالی به

موجب قانونی که در سال ۱۳۰۸ به تصویب رسید از نظر استخدامی از اعتبارات خاصی برخوردار بودند و طبق قانون دولت مکلف بود تا زمانی که وزارت معارف به فارغ‌التحصیلان، این مرکز نیاز دارد آن‌ها را در ادارات دیگر به خدمت نگیرد.

دانشجویان و آموزش‌دیدگان فیزیک

در سال ۱۳۱۰ تعداد ۲۸ نفر از دارالمعلمین عالی فارغ‌التحصیل شدند که سه نفر آن‌ها دورهٔ فیزیک را گذرانده بودند. این آموزش‌دیدگان در تمام مراحل تحصیل و بعد از آن، شایستگی خود را از هرجهت نشان دادند و در پایه‌گذاری آموزش‌وپرورش جدید ایران اثربخش بودند. از سال ۱۳۱۲ به بعد طبق قانون تربیت‌معلم، دانشسراهای مقدماتی در ۲۵ شهر ایران تأسیس شد و نفرات اول و دوم هر یک،پس از گذراندن دورهٔ یک‌ساله تکمیلی به تهران آمدند و با دیگر داوطلبان در هر یک از رشته‌ها، ازجمله فیزیک شرکت کردند و پس از پذیرفته شدن، دورهٔ عالی تحصیلی خود را شروع کردند و ادامه دادند. بنابراین دانشجویان این مرکز آموزشی از نخبگان جامعه بودند. بر طبق قانون، شاگردان اول دارالمعلمین عالی (دانشسرای عالی) از سوی دولت برای ادامه تحصیل به اروپا فرستاده می‌شدند. نخستین این افراد شادروانان دکتر کمال جناب و دکتر علی‌اصغر خمسوی بودند که دورهٔ لیسانس فیزیک- شیمی را در ایران گذرانده و همراه گروه اعزامی به فرانسه رفته بودند. در آنجا آقای دکتر احمد آذر، سرپرست دانشجویان ایرانی در فرانسه که تصور می‌کرد سطح تحصیل لیسانس در ایران پایین است؛ دوباره گذراندن این دوره را به این دو نفر توصیه می‌کند و چون آن‌ها به خودباوری رسیده بودند از این کار امتناع می‌کنند و با دانشجویان فرانسوی در امتحانی شرکت می‌کنند که به ترتیب نفر اول و دوم و موجب تعجب سرپرست و دیگر مسئولان می‌شوند. آمادگی دانش‌آموزان و دانشجویان ایرانی در خارج از کشور- که همواره وجود داشته ـ معرف آگاهی و جدیت و آموزش درست دبیران و استادان آن‌ها بوده است.

شادروان پروفسور تقی فاطمی (استاد مکانیک استدلالی) گفته بود که: آنچه از علوم و ریاضیات در دورهٔ دبیرستان صارمیه اصفهان آموخته بودم پس از قبول شدن در امتحان اعزام محصل به اروپا (۱۳۰۷) و ادامه تحصیل در فرانسه مرا از آموختن مجدد بعضی از دروس بی‌نیاز کرده بود» (کیهان علمی- سال چهارم- شماره۲).

گروه فیزیک- شیمی تا سال ۱۳۲۱ ادامه داشته، از آن پس مجزا شد و بعد از آن دانشکده علوم تأسیس شد و رشتهٔ فیزیک به وجود آمد. دانشجویان این رشته دو گروه شدند: گروه دبیری و گروه آزاد. گروه دبیری از کمک هزینه دولتی برخوردار بودند و تعهد پنج‌سال خدمت دبیری داشته و علاوه بر دروس فیزیک، درس‌های تربیتی را هم می‌گذراندند. گروه آزاد می‌توانستند پس از پایان تحصیل، استخدام و یا به کار آزاد بپردازند. در سال ۱۳۳۴ دانشسرای عالی از دانشگاه تهران مستقل شد و برنامه و کلاس بخش‌های دبیری فیزیک و لیسانس فیزیک از هم جدا شد.

توجه به عمل

با وجود مشکلات مالی و کمبود وسایل آزمایشگاهی، در برنامهٔ درسی دورهٔ لیسانس فیزیک و شیمی، برای هر درس آزمایشگاه پیش‌بینی شده بود و دانشجویان موظف به انجام آزمایش و تهیهٔ دفتر گزارش کار بودند. بسیاری از وسایل آزمایشگاه مکانیک، فیزیک و اکوستیک و ... ساخته دست دانشجویان و یا وسایلی بود که از بازار تهیه شده بود. برای درس مکانیک عملی دو سه موتور اتومبیل در کارگاه وجود داشت. کارهای سوهانکاری، عکاسی، تراشکاری و ... جزو کارهای دانشجویان بود.

برای هر درس نمره بخش عملی از بخش نظری جدا بود. کار در آزمایشگاه در بعضی اوقات تا پاسی از شب ادامه می‌یافت و استاد و دبیر آزمایشگاه قدم‌به‌قدم دانشجویان را، راهنمایی می‌کردند. دانشجویان در کلاس‌های مختلف مدارس حاضر می‌شدند و در تدریس شرکت و تمرین دبیری می‌کردند.

«مرحوم دکتر حسابی از یک نظر کاملاً ممتاز بود؛ او معتقد بود که باید علوم رواج پیدا کند. او واقعاً مؤسس این فکر در ایران بود... ایشان به کارهای عملی توجه داشت. ما شیشه‌گری و لحیم‌کاری می‌کردیم. او خودش این کارها را می‌کرد و توقع داشت ما هم این کارها را بکنیم. ما خودمان آکومولاتور را با موتور پر می‌کردیم و موتور را با هِندِل روشن می‌کردیم. ما در زمان تحصیل در دارالمعلمین عالی رادیو ندیده بودیم و با راهنمایی آقای دکتر حسابی یک دستگاه رادیو ساختیم و ظرفیت خازن آن را تغییر دادیم تا با بسامد یک فرستنده به حالت تشدید درآمد. چون بلندگو نداشتیم از یک گوشی تلفن استفاده کردیم و برای اولین بار صدای موسیقی را از رادیو شنیدیم. از آقای دکتر حسابی پرسیدیم این موسیقی مال کجاست؟ گفتند مال نزدیک‌ترین فرستنده‌ای است که در تفلیس قرار دارد» (مصاحبه دکتر جناب با مجله رشد آموزش فیزیک شمارهٔ ۴۳) در قسمت علوم دارالمعلمین عالی دکتر حسابی تنها استاد ایرانی بود و دیگر استادان خارجی بودند!

در سال ۱۳۱۰ تعداد ۲۸ نفر ازدارالمعلمین عالی فارغ‌التحصیل شدند که سه نفر آن‌ها دورهٔ فیزیک را گذرانده بودند. این آموزش‌دیدگان در تمام مراحل تحصیل و بعد از آن، شایستگی خود را از هرجهت نشان دادند

استادان ایرانی دارالمعلمین عالی که در پایه‌گذاری فرهنگ و آموزش‌وپرورش جدید ایران سهم مهمی دارند عبارت بودند از: شادروان دکتر محمود حسابی (فیزیک)، دکتر اسدالله بیژن (علوم تربیتی)، عباس اقبال آشتیانی (تاریخ)، احمد بهمنیار (زبان و ادبیات عرب)، رضازاده شفق (فلسفهٔ تاریخ)، سید کاظم عصار (حکمت قدیم)، ابوالقاسم ذوالریاستین (معلم گیاه‌شناسی)، بدیع‌الزمان فروزانفر (ادبیات فارسی)، مسعود کیهان (جغرافیا) و عبدالحسین شعبانی (تاریخ).

استادان خارجی عبارت بودند از:

استاد ژان آزما[2] فارغ‌التحصیل از دانشسرای عالی پاریس معلم شیمی.

استاد شارل آندره[3] دکترای پزشکی، معلم گیاه‌شناسی و جانورشناسی.

استاد گابریل باریر[4] فارغ‌التحصیل از دانشسرای معلم مکانیک و هندسهٔ ترسیمی

استاد پل پن‌ویل[5] معلم گیاه‌شناسی و جانورشناسی.

استاد آندره ریویر[6] معلم زمین‌شناسی و معدن‌شناسی

اهداف و تأثیرهای تشکیل گروه فیزیک

اما با تحقیق در کارها، آثار و نظرات مؤسس بخش فیزیک و همکاران نسل اول به روشنی می‌توان دریافت که آن‌ها درصدد تحقق اهداف زیر بوده‌اند:

- ارائه فیزیک استاندارد؛
- تربیت نیروی انسانی کارآمد؛
- ترویج علوم تجربی نوین؛
- نوشتن علم به زبان فارسی؛
- راه‌اندازی مؤسسه‌های علم محور مرتبط با فیزیک؛
- راه‌اندازی بخش‌های فیزیک در دانشکده‌ها و دانشگاه‌های دیگر.

ارائهٔ فیزیک استاندارد

«برنامهٔ درسی دورهٔ لیسانس از فرانسه اقتباس شد و کتاب‌های معتبر و جاافتاده ژرژ بروها که در فرانسه به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گرفت به‌عنوان متون اصلی دوره انتخاب شد... در آن زمان دانشگاهیان فرانسه بر این باور بودند که دانشگاه محل تحصیل نخبگان است. به همین سبب سطح کتاب‌های دانشگاهی از جمله کتاب‌های بروها بالا بود. در سال‌های اول تأسیس، دکتر حسابی تمام درس‌های نظری دورهٔ لیسانس را ارائه می‌کرد ولی بعدها دانشجویان سال‌های بالاتر در تدریس سال‌های پایین‌تر همکاری می‌کردند» (توسلی، ۱۳۸۹).

درس‌های دانشجویان شامل دروس ریاضیات عمومی (جبر و آنالیز)، شیمی (معدنی، آلی، تجزیه، شیمی-فیزیک)، فیزیک (الکتریسیته، مکانیک فیزیک، اپتیک هندسی و موجی، اسپکتروسکپی، ترمودینامیک، نظریهٔ جنبشی گازها، و اکوستیک و آزمایشگاه فیزیک آن‌ها)، دروس تربیتی (روان‌شناسی، اصول آموزش‌وپرورش، تاریخ فرهنگ ایران و اروپا)، ادبیات فارسی و زبان خارجه بود. هر درس برای مدت یک سال تدریس می‌شد و دانشجویان آخر سال امتحان می‌دادند و قبول یا مردود می‌شدند. اگر در یک درس قبول نمی‌شدند می‌توانستند ضمن ادامه تحصیل، آن درس را در سال بعد بدون حضور در کلاس امتحان بدهند و قبول شوند. این برنامه تا سال ۱۳۳۵ ادامه داشت، تا آنکه دانشسرای‌عالی از دانشگاه تهران جدا شد و دورهٔ لیسانس دانشکده علوم که به‌صورت واحدی در سه سال با ۱۰۰ واحد، از سال ۱۳۴۳ چهار سال، ۱۴۰ واحد برای گرفتن لیسانس برنامه‌ریزی و اجرا شد. برنامه چهار ساله از دانشگاه‌های امریکا اقتباس شد.

تربیت نیروی کارآمد

تأسیس دارالمعلمین مرکزی (۱۲۹۸) و بعد دارالمعلمین عالی (۱۳۰۷) به‌منظور تربیت معلم آموزش دیده و آشنا با علم و تربیت بود تا با کمک آن‌ها و هزینه‌ای کمتر از استخدام معلمان خارجی، مدارس کشور اداره شود و فرهنگ، توسعه یابد. شادروان دکتر حسابی مؤسس گروه فیزیک و همکاران نسل اول او به مؤثر بودن معلم اعتقاد و کوشش فراوان در جهت تربیت‌معلم داشتند. آن‌ها می‌کوشیدند تا دانشجویان را با فرایند و فرآورده‌های علم فیزیک آشنا کنند. فرایند علم راه رسیدن به قانون‌های طبیعی (شامل طرح مسئله، ساختن فرضیه، جمع‌آوری اطلاعات، طبقه‌بندی و نقد فرضیه از راه تجربه و آزمایش و سرانجام نتیجه‌گیری و گزارش) است و فرآورده‌های علم دستاوردهایی است که به‌صورت نظریه و قانون و نتیجه در کتاب‌ها ارائه شده و کاربردهایی در مهندسی و صنعت و انواع فناوری‌ها دارد.

«خوشبختانه این ویژگی‌ها در دو طرف، حداقل در دو سه دهه اول ۱۳۰۰وجود داشت. معمولاً نخبگان به دانشگاه راه می‌یافتند و با توجه به آنکه دولت، دانشجویان دانشسرای‌عالی را بورسیه می‌کرد و مبلغ نسبتاً قابل توجهی به آن‌ها پرداخت می‌کرد و معلمان و دبیران در جامعه از احترام نسبتاً مطلوبی برخوردار بودند، افراد شایسته به معلمی روی آوردند...» (توسلی-۱۳۸۹)

تأسیس دارالمعلمین مرکزی (۱۲۹۸) و بعد دارالمعلمین عالی (۱۳۰۷) به‌منظور تربیت‌معلم آموزش دیده و آشنا با علم و تربیت بود تا با کمک آن‌ها و هزینه‌ای کمتر از استخدام معلمان خارجی مدارس کشور اداره شود و فرهنگ، توسعه یابد

ترویج علوم تجربی نوین

با تأسیس مدارس و تدریس علوم فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و زمین‌شناسی، تدریس مفاهیم هر یک از این رشته‌های علمی در روزنامه‌ها، مجلات و کتاب‌های غیردرسی وارد شد و در اندیشه و عمل عموم مردم جای گرفت. دکتر حسابی در سال ۱۳۱۱ انجمن فیزیک ایران را با عضویت دانش‌آموختگان فیزیک تشکیل داد و هر یک از اعضا وقتی به شهر محل مأموریت خود رفتند انجمن مشابهی تأسیس کردند. مثلاً آقای اصغر نوروزیان، شاگرد اول لیسانس فیزیک سال ۱۳۱۷پس از شروع کار تدریس خود در تبریز به تشکیل انجمن دست زد و به آزمایش و سخنرانی علمی پرداخت:

«انجام آزمایش فوکو مدت ۱۵روز در سالن سخنرانی مرتفع، در حضور تمام دانش‌آموزان دورهٔ دبیرستان و عامه مردم، توأم با نمایش، برگزار شد. در این مدت تماشاچیان حرکت وضعی کره زمین را با آزمایش مشاهده کردند...» .

همین‌طور سخنرانی دربارهٔ برق در سال ۱۳۱۸ در سالن دانشسرای دختران تبریز که شنوندگان بیشتر از مقامات عالی رتبه ادارات و اولیای دانش‌آموزان بودند، به‌طوری که آقای افتخار رئیس بانک سپه تبریز فی‌البداهه اشعاری در این‌باره سرود که با این ابیات شروع می‌شد.

شبی یاد دارم که نوروزیان
همی گفت در محفل دوستان
که برق است زینت ده زندگی
ز برق است وارستن از بندگی
زبرق است عالم سراسر بهشت
به برق است اکنون همه زرع و کشت

(نوروزیان‌نامه- اتحادیه انجمن‌های علمی آموزشی ایران)

همین آقای نوروزیان و همکاران ایشان پس از تأسیس رادیو و بعد از آن تلویزیون به آموزش تدریجی علوم در کشور پرداختند.

نوشتن علم به زبان فارسی

برای آموزش فیزیک ابتدا از کتاب‌های بروها استفاده می‌شد تا آنکه دکتر تقی ارانی در سال ۱۳۱۰ کتاب اصول علم فیزیک را نوشت و در «مطبعه سیروس» به چاپ رساند. از آن پس بود که مهدی برکشلی در ۱۳۱۵ و مدنی گرکانی در شهریور ۱۳۱۷ کتاب فیزیک نوشتند.

در سال ۱۳۱۷ وزارت فرهنگ مسئولیت یافت که کتاب‌های درسی دبیرستان را تألیف و منتشر کند. در نتیجه این کار

آقایان دکتر محمود حسابی، دکتر کمال جناب، دکتر امانت‌اله روشن، مرتضی قلی‌اسفندیاری و مدنی گرکانی یک دوره کامل فیزیک (کتاب‌های وزارتی فیزیک) تألیف و منتشر کردند. این کتاب‌ها تا سال ۱۳۲۴ در جریان بود تا آنکه کتاب‌های فیزیک[۲] جای آن‌ها را گرفت. برای نوشتن علم به زبان فارسی نیاز به وجود اصطلاحات علمی بود. فرهنگستان ایران که در سال ۱۳۱۳ تشکیل شده بود. اقدام به انتخاب و وضع اصطلاحات علمی کرد. در این فعالیت استادان و دبیران پیشقدم کار شدند. در بخش فیزیک افراد نامبرده زیر در کمیسیون اصطلاحات علمی شرکت داشتند (واژگانی که انتخاب کردند در سال ۱۳۱۹ انتشار یافت): دکتر محمود حسابی (مخبر کمیسیون)، دکتر کمال جناب و دکتر روشن‌زائر (عضو کمیسیون). نمونه این واژه‌ها عبارت‌اند از: آبگونه (مایع)، آرامش (سکون)، آزمایش (تجربه)، آشام (جذب مایع)، آشکارساز (دتکتور)، آغازگر (استارتر). جریانی که در نوشتن به زبان فارسی و ساختن و انتخاب اصطلاحات در بخش فیزیک آغاز شد اکنون با قوت بسیار و شور و شوق فراوان ادامه دارد.

۱. دبیران فیزیک آقایان رضا قلی‌زاده، نوروزیان و رهنما لیسانسه‌های دانشسرای عالی مجموعه کتابی تألیف و منتشر کردند که عنوان رنر یافتند.

۲. دکتر محمود حسابی «فرهنگ حسابی» که شامل واژگان انگلیسی به فارسی است پژوهش و نگارش کرد.

۳. واژگان فیزیک مجموعه‌ای از اصطلاحات فیزیک است که استادان و پژوهندگان فیزیک به دنبال کارهای اولیه تألیف کرده‌اند.

برای آموزش فیزیک ابتدا از کتاب‌های بروها استفاده می‌شد تا آنکه دکتر تقی ارانی در سال ۱۳۱۰ کتاب اصول علم فیزیک را نوشت و در «مطبعه سیروس» به چاپ رساند

راه‌اندازی مؤسسه‌های علم‌محور

یکی از پیامدهای تأسیس گروه فیزیک، تربیت افرادی کارآزموده بود. این افراد متناسب با زمان احتیاجات علمی و فناوری کشور را دریافتند و در تأسیس بنیادهای علم‌محور اقدام کردند و در مدیریت و راه‌اندازی آن‌ها کوشیدند. در اینجا به معرفی سه نمونه از این مؤسسات که سه نفر از دانش‌آموختگان دورهٔ لیسانس فیزیک در ایران آغازگر آن بودند، می‌پردازیم.

مرکز اتمی دانشگاه تهران- در سال ۱۳۳۵ براساس پروژه صلح‌جویانه بین ایران و کشورهای همسایه، مرکز اتمی دانشگاه تهران به‌وجود آمد و قرار شد از بین استادان فیزیک یک نفر برای آشنایی بیشتر با علوم و فنون هسته‌ای به امریکا رود. برای این کار دکتر علی اصغر آزاد انتخاب شد و ایشان برای مدت یک سال (۱۳۳۶) در مرکز آزمایشگاه ملی آرگون[۷] در شیکاگو به یادگیری پرداخت و پس از گذراندن آن دوره در ۱۳۳۷ به ایران بازگشت و رسماً به‌عنوان رئیس مرکز اتمی دانشگاه تهران[۸] (T.U.N.C) کار خود را آغاز کرد. در همین سال وسایل لازم به کشور وارد شد و دانشجویان مشغول برپا کردن و راه‌اندازی دستگاه‌ها شدند.

ضمناً زمینی به مساحت ۳۶ هکتار در انتهای خیابان کارگر شمالی (امیرآباد) در اختیار این مرکز قرار گرفت و جریانی از کار و فعالیت آغاز شد که اکنون در سطح بسیار وسیعی در کشور ادامه دارد.

مؤسسه ژئوفیزیک- نخستین مرکز زلزله‌شناسی در ایران در سال ۱۳۲۸ راه‌اندازی شد تا آنکه مؤسسه ژئوفیزیک به وسیلهٔ شادروانان دکتر حسابی و دکتر حسین کشی‌افشار (۱۳۷۹-۱۲۸۹) بنیانگذاری شد. در سال ۱۳۳۶ دستگاه زلزله‌نگار در این مؤسسه نصب شد. دکتر کشی‌افشار از فارغ‌التحصیلان دورهٔ لیسانس فیزیک ایران بود که درجهٔ دکترا در مهندسی ژئوفیزیک و رشتهٔ اکتشاف نفت را از دانشگاه‌های لندن و کمبریج گرفته بود. ایشان نخستین دوره فوق‌لیسانس ژئوفیزیک را در ایران دایر کرد. مؤسسهٔ ژئوفیزیک اکنون بسیار گسترش یافته و به یک مرکز بزرگ علمی- فناورانه تبدیل شده است.

نخستین مرکز زلزله‌شناسی در ایران در سال ۱۳۲۸ راه‌اندازی شد تا آنکه مؤسسه ژئوفیزیک به وسیلهٔ شادروانان دکتر حسابی و دکتر حسین کشی‌افشار (۱۳۷۹-۱۲۸۹) بنیانگذاری شد

تأسیس بخش آکوستیک و پژوهشگاه موسیقی

مطالعات علمی بر موسیقی ایرانی به وسیلهٔ علی نقی‌خان وزیری و پیش از آن به وسیلهٔ حاج مهدیقلی هدایت (مخبرالسلطنه) انجام می‌شد و اختلاف نظریه‌هایی میان آن دو به وجود آمده بود، تا آنکه «موضوع اندازه‌گیری فواصل گام موسیقی ایرانی در سال ۱۳۲۶ هجری شمسی در دانشکده علوم تهران از طرف آقای دکتر مهدی برکشلی استاد فعلی دانشکده دامپزشکی شروع و در دانشکده علوم پاریس و مرکز تحقیقات علمی فرانسه به وسیلهٔ خود ایشان به نتیجه رسید» (دکتر ضیاءالدین اسماعیل بیگی- آکوستیک۲، ۱۳۳۵، ۴۸) تأسیس بخش آکوستیک و پژوهشکده موسیقی از همان زمان و به دنبال تحقیقات دکتر برکشلی (۱۳۹۶-۱۲۹۱) به وجود آمد و گسترش یافت.

منابع

۱. اسماعیل بیگی، دکتر ضیاءالدین، ۱۳۳۵. آکوستیک۲. انتشارات دانشگاه تهران.
۲. برکشلی، دکتر مهدی، ۱۳۵۷. اندیشه‌های علمی فارابی درباره موسیقی، پژوهشگاه موسیقی‌شناسی ایران.
۳. توسلی، دکترتقی، ۱۳۸۹. دارالمعلمین و تأسیس گروه فیزیک. مقاله چاپ نشده.
۴. معتمدی، اسفندیار، ۱۳۸۴. نورویان‌نامه، انتشارات لوح زرین، تهران.
۵. معتمدی، اسفندیار، ۱۳۸۵. فیزیک برای دورهٔ متوسطه، انتشارات لوح زرین، تهران
۶. محبوبی اردکانی، حسین، ۱۳۶۸. تاریخ مؤسسات تمدن جدید در ایران، تهران دانشگاه تهران (۳ جلد)
۷. یغمایی، اقبال، ۱۳۷۵. وزیران علوم و معارف و فرهنگ ایران، تهران، مرکز نشر دانشگاهی
۸. یغمایی، اقبال، ۱۳۷۶. مدرسهٔ دارالفنون، تهران، انتشارات سروا.
۹. رشد آموزش فیزیک از انتشارات سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی درسی، مصاحبه آقای دکتر جناب با آقای مهرداد و ....

پی‌نوشت‌ها

۱. مکان دارالمعلمین در ابتدا خانه قوام‌السلطنه (باغ قوام‌الدوله) در میدان حسن‌آباد- خیابان حافظ بود پس از مدتی به نزدیکی دروازه گمرک منتقل شد) و در تیرماه ۱۳۱۱ به کوشش مرحوم دکتر عیسی صدیق (۱۲۷۳-۱۳۵۷) رئیس وقت آن زمان به باغ نگارستان- نزدیک میدان بهارستان انتقال یافت. دکتر صدیق در تأسیس شعبه علوم عالیه تعلیم‌وتربیت کوشش بسیار کرد و نام آن را به «دانشسرای‌عالی» تغییر داد.
2.Jean Azema
3. Charles Andre
4. Gabriel Barriere
5. Paul Pon Vill
6. Andre Riviere
7. Argonne National Laboratory
8. Tehran University Nuclear Center

بررسی مبحث شار و قانون القای فاراده فیزیک (۲) پایهٔ یازدهم

یوسف مظهری خیاوی
پژوهش‌سرای دانش‌آموزی دکتر حسابی مشکین‌شهر

اشاره

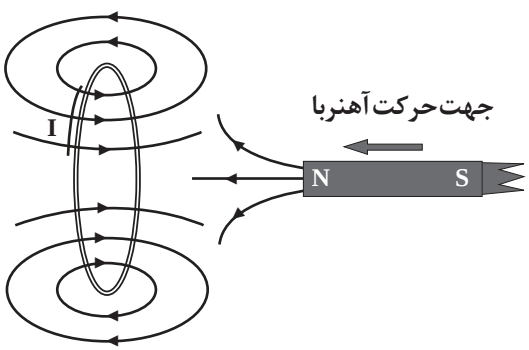
هدف از این نوشته ارائه بحثی کامل‌تر در مورد شار و قانون القای فاراده و قانون لنز است که در کتاب فیزیک(۲) پایهٔ یازدهم آورده شده است. امید است نوشته زیر که در سطح کتاب فیزیک یازدهم است ولی براساس کتاب‌های پایهٔ فیزیک دانشگاهی نگارش شده، بتواند مورد استفاده قرار گیرد.

حلقه‌ای مسطح را در میدان مغناطیسی یکنواختی در نظر می‌گیریم. اگر خط‌های میدان مغناطیسی از وجهی وارد حلقه شوند، از وجه دیگر خارج می‌شوند. در این حالت برای وجهی که خط‌های میدان مغناطیسی از آن خارج می‌شوند، نیم‌خط عمود بر این وجه و بردار میدان با یکدیگر زاویهٔ حاده $(0 \le \theta < \frac{\pi}{2})$ و برای وجهی که خط‌های میدان مغناطیسی به آن وارد می‌شوند، نیم‌خط عمود بر این وجه و بردار میدان با یکدیگر زاویهٔ منفرجه $(\frac{\pi}{2} < \theta \le \pi)$ می‌سازند. بنابراین بنا به فرمول محاسبهٔ شار مغناطیسی $\Phi = BA\cos\theta$، علامت شار مغناطیسی برای وجهی که خط‌های میدان مغناطیسی به آن وارد می‌شوند مثبت و برای وجه دیگر منفی است. بنابراین در محاسبه شار مغناطیسی بهتر است بیان شود که شار کدام وجه مدنظر است.

برای محاسبه تغییر شار مغناطیسی هم باید بیان شود که این تغییر شار برای کدام وجه محاسبه می‌شود. زیرا اگر علامت $\Delta\Phi$ برای وجهی مثبت باشد، برای وجه دیگر منفی خواهد بود.

مقدار نیروی محرکه القا شده متوسط بنا به قانون القای فاراده در یک حلقه برابر است با $\bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$. حال به معنای علامت منفی در این فرمول می‌پردازیم. برای درک معنای علامت منفی ابتدا باید جهت مثبت را برای حلقه تعریف کنیم. اگر انگشت شست دست راست را در جهت نیم‌خط عمود بگیریم، جهت بسته شدن چهار انگشت دیگر، جهت مثبت را نشان می‌دهد. بنابراین بنا به قاعدهٔ بالا اگر مقدار محاسبه‌شده برای ε مثبت باشد جهت نیروی محرکهٔ القایی و جریان القایی در جهت بسته شدن چهار انگشت (یعنی پادساعتگرد) است و اگر مقدار محاسبه‌شده برای ε منفی باشد جهت نیروی محرکه القایی و جریان القایی در خلاف جهت بسته شدن چهار انگشت (یعنی ساعتگرد) است که جهت جریان القایی و جریان القایی به‌دست آمده طبق این قاعده در تطابق با قانون لنز است. یعنی اگر جهت جریان القایی را با استفاده از قانون لنز به دست بیاوریم به نتیجه یکسانی می‌رسیم.

موردی را به‌عنوان مثال مطابق شکل زیر درنظر می‌گیریم. برای این شکل، علامت تغییر شار در وجه سمت راست منفی و بنابراین علامت نیروی محرکه القایی طبق فرمول $\bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$، مثبت است. بنابراین، بنا به قاعده دست راست ذکر شده، وقتی از سمت راست به حلقه نگاه می‌کنیم نیروی محرکهٔ القایی و جریان القایی پادساعتگرد است. همچنین علامت تغییر شار در وجه سمت چپ مثبت و بنابراین علامت نیروی محرکه القایی طبق فرمول $\bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$، منفی است. بنابراین وقتی از سمت چپ به حلقه نگاه می‌کنیم جهت نیروی محرکهٔ القایی و جریان القایی ساعتگرد است که نشان می‌دهد فرمول $\bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ در سازگاری با قانون لنز است.



نکته دیگری که باید یادآور شد این است که رابطه $\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ وقتی برقرار است که تغییر شار $\Delta\Phi$ برای هر N حلقه یکسان باشد.

مرزهای فیزیک

تازه‌ترین اخبار پژوهشی

دکتر منیژه رهبر

جایزهٔ نوبل فیزیک سال ۲۰۱۸

◀ دونا استریکلند / متولد سال ۱۹۵۹ گوئلف، کانادا
دکترا سال ۱۹۸۲ دانشگاه راچستر ایالات متحده
◀ ژرار مورو / متولد سال ۱۹٤٤ آلبرت ویل فرانسه
دکترا سال ۱۹۷۳ اکول پلی تکنیک، فرانسه
◀ آرتور اشکین / متولد سال ۱۹۲۲، نیویورک
دکترا ۱۹۵۲ دانشگاه کورنل، ایالت متحده

جایزهٔ نوبل فیزیک سال ۲۰۱۸ برای «اختراع‌های خلاقانه در رشتهٔ فیزیک لیزر» به این صورت تقسیم شد که نیمی از آن برای «انبرک‌های نوری و کاربرد آن‌ها در دستگاه‌های زیست‌شناختی» به آرتور اشکین[1] اعطا شد و نیم دیگر به خاطر «روش تولید تپ‌های لیزری بسیار کوتاه و با شدت زیاد» بین ژرارمورو[2] و دونا استریکلند[3] تقسیم‌شد.

اشکین پژوهشگر آزمایشگاه‌های بل در نیوجرسی «انبرک‌های نوری» باریکه‌های کانونی‌شدهٔ نور را اختراع کرده است که می‌توان از آن‌ها برای گرفتن ذرات، اتم‌ها و حتی سلول‌های زنده استفاده کرد و اکنون به طور گسترده برای مطالعه دستگاه‌های زنده به کار می‌رود.

مورو از اکول پلی تکنیک فرانسه و دانشگاه میشیگان و استریکلند از دانشگاه واترلد در کانادا راه را برای توانمندترین لیزرهایی هموار ساختند که بشر با استفاده از روشی به وجود آورده است که باریکه نور را ابتدا می‌کشد و سپس تقویت می‌کند.

میلیون‌ها نفر هر روز از دیسک گردان‌های نوری، چاپگرهای لیزری و اسکنرهای نوری استفاده می‌کنند. میلیون‌ها نفر مورد جراحی لیزری قرار می‌گیرند. بنابراین لیزر در واقع یکی از مثال‌های بارزی است که نشان می‌دهد چگونه یک کشف علمی زندگی روزمرهٔ ما را دگرگون ساخته است.

استریکلند سومین زنی است که جایزهٔ نوبل فیزیک را دریافت می‌کند. پیش از او، ابتدا ماری کوری در سال ۱۹۰۳ (برای کار روی پرتوزایی) و سپس ماریا گوپرت مایر در سال ۱۹۶۳ (برای کار روی ساختار هستهٔ اتم) این جایزه را دریافت کرده بودند.

اشکین ۹۶ ساله مسن‌ترین فردی است که تاکنون جایزهٔ نوبل گرفته است. او هنوز هم سخت روی پروژه‌هایش کار می‌کند. از سال ۱۹۶۰ که لیزر اختراع شد، دانشمندان حدس می‌زدند که می‌توان از انرژی این باریکه‌های متمرکز برای جابه‌جا کردن اجسام استفاده کرد، اما این موضوع برای مدتی طولانی به صورت موضوعی علمی - تخیلی باقی ماند. اشکین با مطالعات گسترده خود متوجه شد که می‌توان اجسام را به طرف مرکز باریکه که تابش شدید است کشید و با کانونی کردن بیشتر نور توسط یک عدسی «تله‌ای نوری» به وجود آورد که جسم در مرکز آن معلق باشد. اشکین از این روش ابتدا برای نگه داشتن یک ذره، سپس یک اتم، و سرانجام در سال ۱۹۸۷ برای گرفتن یک باکتری استفاده کرد. اشکین حتی نشان داد که از این ابزار می‌توان برای ورود به یک سلول بدون آسیب رساندن به دستگاه زندهٔ آن استفاده کرد.

مورو و استریکلند که با هم در دانشگاه راچتر کار می‌کردند می‌خواستند مسئله‌ای را حل کنند که پژوهشگران لیزر را دهه‌ها به خود مشغول کرده بود: باریکه‌های لیزر با شدت زیاد ماده‌ای را که برای تقویت آن‌ها به کار می‌رفت نابود می‌کردند. مثل آن بود که دانشمندان آب را در ظرفی بجوشانند که تاب تحمل دماهای زیاد را نداشت.

این پژوهشگران روشی ظریف را ابداع کردند که آن را «تقویت مداوم تپ» نامیدند. آن‌ها ابتدا باریکه را با یک تار نوری به طور یک مایل گسترش می‌دادند تا شدت آن را کم کنند و سپس پیش از متراکم کردن آن به صورت یک تپ بسیار کوتاه و توانمند که فقط کسری از ثانیه دوام می‌آورد، آن را تا سطح مطلوب تقویت‌می‌کردند.

در آن زمان استریکلند دانشجوی تحصیلات تکمیلی بود و مقاله‌ای که در سال ۱۹۸۵ این دستاورد را اعلام کرد اولین مقالهٔ علمی او بود.

پی‌نوشت‌ها
1. Arthur Ashkin
2. Gerard Mourou
3. Donna Strickland
4. Maria Goeppert - Mayer
5. Marie - Curie

اختراع‌هایی که امسال مورد تشویق قرار گرفتند فیزیک لیزر را متحول ساخته‌اند. اجسام بی‌نهایت کوچک و فرایندهای بسیار سریع اکنون به صورتی جدید ظاهر می‌شوند. نه‌تنها فیزیک، بلکه شیمی، زیست‌شناسی و پزشکی نیز اکنون دارای وسایل دقیق برای کار در پژوهش‌های بنیادی و کاربردهای عملی شده‌اند.

آرتور اشکین انبرک‌های نوری را اختراع کرد که با انگشتان متشکل از باریکه‌های لیزری خود ذرات، اتم‌ها و مولکول‌ها را می‌گیرند. همچنین می‌توانند ویروس‌ها، باکتری‌ها و دیگر سلول‌های زنده را هم بگیرند، و بدون آسیب رساندن به آن‌ها مورد بررسی قرار دهند. انبرک‌های اشکین موقعیت‌های کاملاً جدیدی را برای مشاهده و کنترل تشکیلات زندگی فراهم ساخته است.

ژرار مورو و دونا استریکلند راه را برای تولید تپ‌های لیزری ساخت بشر که بسیار کوتاه و دارای بیشترین شدت است هموار ساختند، روش ابداعی ایشان زمینه‌های پژوهش جدید را فراهم آورده است که بیشترین کاربردها را در پزشکی و صنعت دارد، مانند میلیون‌ها جراحی چشم که همه ساله با باریکه‌های لیزر بسیار نوک‌تیز انجام می‌شود.

سفر در باریکه‌های نور

آرتور اشکین رویایی داشت؛ تصور کنید که بتوان از باریکه‌های نور برای جابه‌جا کردن اجسام استفاده کرد. در سریال تلویزیونی پیشتازان فضا که در سال ۱۹۶۰ شروع شد امکان استفاده از یک باریکه نور برای پیدا کردن و آوردن اجسام، حتی سیارک‌ها، بدون لمس کردن آن‌ها وجود داشت. البته، این موضوع کاملاً علمی ـ تخیلی به نظر می‌رسد. می‌توانیم حس کنیم که باریکه‌های نور خورشید حامل انرژی‌اند ـ در نور آفتاب گرم می‌شویم ـ گرچه فشار این باریکه برای اینکه حتی یک سیخونک کوچک را حس کنیم بسیار کم است. اما آیا نیروی آن برای به حرکت درآوردن ذرات بسیار کوچک و اتم‌ها کافی نیست؟

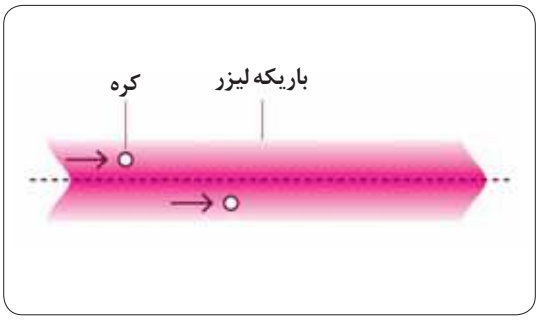
بلافاصله پس از اختراع اولین لیزر در سال ۱۹۶۰، اشکین در آزمایشگاه‌های بل در خارج نیویورک، شروع به آزمایش با این ابزار جدید کرد. در لیزر، برخلاف نور سفید معمولی که در آن مخلوطی از همهٔ رنگ‌های رنگین‌کمان وجود دارد و در همه جهت‌ها پخش می‌شود، امواج نور به‌صورت همدوس حرکت می‌کنند.

اشکین متوجه شد که لیزر ابزاری کامل برای به دست آوردن باریکه‌های نور جهت به حرکت درآوردن ذرات است. او آن را به کره‌های شفاف میلی‌متری تاباند و البته، کره‌ها بلافاصله به حرکت درآمدند. همزمان با آن، اشکین با تعجب دریافت که کره‌ها به طرف مرکز باریکه، که شدت آن بیشینه بود، کشیده می‌شوند. توجیه این موضوع آن است که باریکه لیزر هر چقدر هم که نوک‌تیز باشد، شدت آن از مرکز به طرف لبه‌ها کم می‌شود. بنابراین، فشار تابش نور لیزر به ذرات هم تغییر می‌کند و آن‌ها را به وسط باریکه‌ای که آن‌ها را نگه داشته است می‌راند.

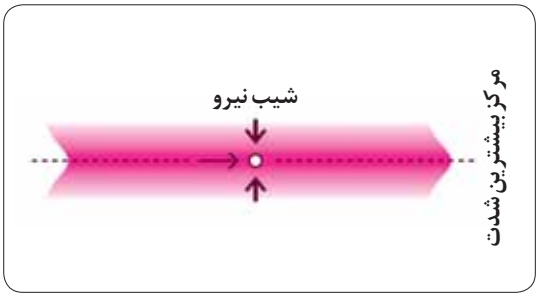
اشکین برای نگه داشتن ذرات در جهت باریکه، یک عدسی قوی را برای کانونی کردن نور لیزر به‌کار برد. در نتیجه ذرات به نقطه‌ای کشیده شدند که بیشترین شدت را داشت. به این ترتیب که یک تله نوری به وجود آمد، این تله به انبرک‌های نوری معروف شد.

اشکین تله نوری‌اش را به وجود می‌آورد

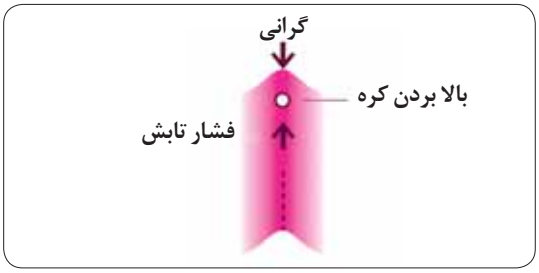
۱. کره‌های کوچک شفاف با تاباندن نور لیزر به آن‌ها به حرکت درمی‌آیند. سرعت آن‌ها با برآورد نظری اشکین متناظر است، که نشان می‌دهد درواقع فشار تابش، آن‌ها را به پیش می‌راند.



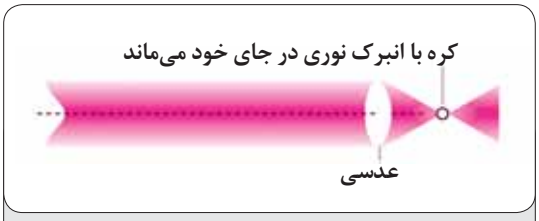
۲. یک اثر غیرمنتظره شیب نیرویی بود که کره‌ها را به مرکز باریکه می‌راند که شدت نور در آنجا بیشینه بود. زیرا با حرکت به طرف خارج شدت کم می‌شود و مجموع همه نیروها کره‌ها را به مرکز باریکه می‌راند.



۳. اشـــکین با گرفتن باریکه لیزر به طرف بالا کره‌ها را بلند می‌کند. فشار تابش درخلاف جهت گرانی است.



۴. باریکه لیزر با یک عدســی کانونی می‌شود. نور، ذرات و حتی باکتری‌های زنده و سلول‌ها را با انبرک نوری می‌گیرد.



▲ شـــکل ۱. اشـــکین یک تلهٔ نوری به وجود می‌آورد که به انبرک نوری معروف می‌شود.

نور باکتری‌های زنده را گیر می‌اندازد

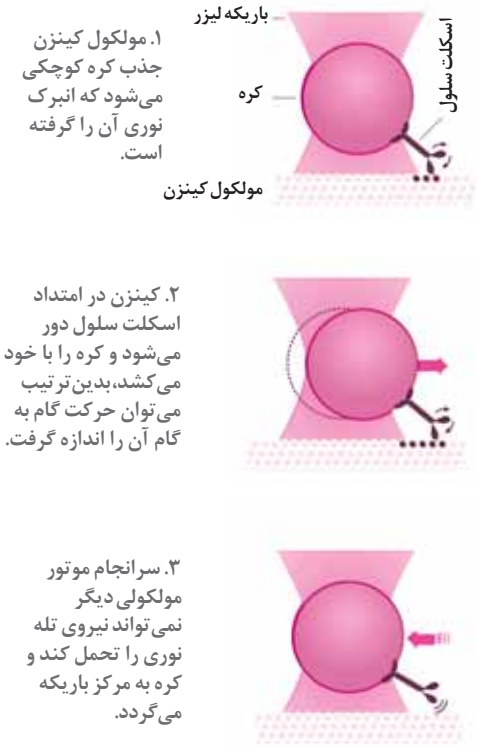
پس از گذشت چند سال و عقب‌نشینی‌های بسیار، تک‌تک اتم‌ها هم در تله به دام افتادند. مشکلات بسیاری وجود داشت: یکی از آن‌ها ایـــن بود که برای گرفتن اتم‌ها، انبرک نوری به نیروهای شـــدیدتر نیاز داشت و مشکل دیگر ارتعاش‌های اتم بـــود. باید راهی برای کند کردن اتم‌هـــا و قرار دادن آن‌ها در ســـطحی کوچک‌تر از نقطه پایان این جمله وجود می‌داشت. همه چیز وقتی در ســـال ۱۹۸۶ در جای خود قرار گرفت که انبرک نوری توانست با روش متوقف کردن و به دام انداختن اتم‌ها ترکیب شود.

در حالی‌که کند کردن اتم‌ها یک حوزهٔ پژوهشـــی خاص شده بود، آرتور اشـــکین کاربرد کاملاً جدیدی برای انبرک‌های نوری خود کشف کرد که مطالعهٔ دستگاه‌های زیست‌شناختی بود. بخت او را به آنجا کشـــاند. در تلاش جهت گیر انداختن ذرات هرچه کوچک‌تر، او از نمونه‌هایی استفاده می‌کرد که تلفیقی از ویروس‌ها بودند. پس از اینکه اتفاقاً آن‌ها را در طول شب باز گذاشت، متوجه شـــد نمونه پر از ذراتی است که این‌سو و آن‌ســـو می‌روند. او با استفاده از یک میکروسکوپ کشف کرد که این ذرات باکتری‌هایی بودند که آزادانه شناور نیستند ـ وقتی این ذرات به باریکهٔ لیزر نزدیک شدند در تله نوری به دام افتادند. با این همه، باریکه لیزر ســـبز او باکتری‌ها را می‌کشت، بنابراین، برای بقای آن‌ها باریکه ضعیف‌تری لازم بود. در نور فروســـرخ نامرئی باکتری‌ها آسیب ندیدند و توانستند در تله تولیدمثل کنند.

در نتیجه، مطالعات اشکین روی باکتری‌های دیگر، ویروس‌ها و سلول‌های زنده متمرکز شد. ســـپس او نشان داد می‌توان بدون آسیب رساندن به غشاء سلول وارد آن شد.

اشـــکین یک دنیا کاربرد جدید برای انبرک‌های نوری خود یافت. یک تحول مهم توانایی بررســـی ویژگی‌های مکانیکی موتورهای مولکولی بـــود، مولکول‌های بزرگی که کار حیاتی در داخل سلول‌ها انجام می‌دهند. اولین موردی که با استفاده از انبرک نوری به دقت نگاشته شد موتور پروتئین، کینزن، و حرکت گام به گام آن در امتداد ریزلوله‌هایی بود که بخشـــی از اسکلت سلول‌اند.

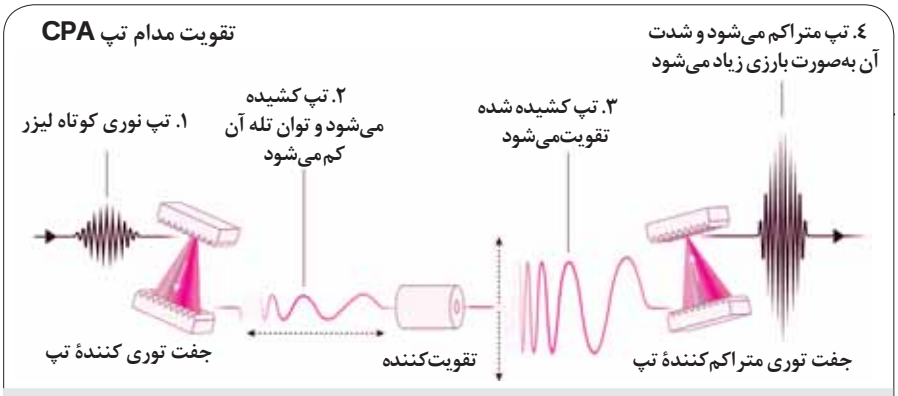
یک موتور مولکولی در داخل تله نوری قدم می‌زند



▲ شکل ۲. انبرک نوری به نگاشت موتور مولکولی کینزن در هنگام حرکت آن در امتداد اسکلت سلول می‌پردازد.

از داســـتان علمی ـ تخیلی تا کاربردهای عملی

در چند سال اخیر، بســـیاری از پژوهش‌های دیگر با الهام از روش‌های اشـــکین و در جهت بهتر شدن آن‌ها صورت گرفته است. توسعه کاربردهای بی‌شمار انبرک‌های نوری اکنون امکان مشـــاهده، چرخاندن، فشار دادن و کشـــیدن را بدون تماس با جسم مورد نظر فراهم ساخته است. در بسیاری از آزمایشگاه‌ها، انبرک‌های نوری وسیلهٔ اســـتاندارد جهت مطالعهٔ فرایندهای



▲ شکل ۳. روش CPA فناوری لیزر را متحول ساخت. این روش امکان گسیل تپ‌های کوتاه نور با استفاده از روشی پیچیده را برای اجتناب از نابودی مادهٔ تقویت‌کننده فراهم ساخت. به جای تقویت مستقیم تپ نوری، این تپ ابتدا برحسب زمان کشیده می‌شود. قلهٔ آن کاهش می‌یابد. سپس تپ تقویت می‌شود و پس از متراکم شدن دارای شدتی بیشتر از مقدار اول می‌شود ـ شدت تپ نور بسیار زیاد می‌شود.

زیست‌شناختی مانند پروتئین‌ها، موتورهای مولکولی، DNA یا زندگی درونی سلول‌ها هستند. تمام‌نگاری اپتیکی در بین جدیدترین این تحولات است که در آن هزاران انبرک، مثلاً برای جدا کردن سلول‌های خونی سالم از سلول‌های آلوده، همزمان مورد استفاده قرار می‌گیرند. چیزی که می‌توان در مبارزه با مالاریا به‌صورت گسترده به‌کار برد.

آرتور اشکین هرگز از شگفت‌زده شدن در مورد توسعه انبرک‌های نور خود دست نکشیده است، ماجرایی علمی ـ تخیلی که اکنون صورت واقعیت به خود گرفته است. بخش دوم جایزهٔ نوبل امسال ـ اختراع تپ لیزری بسیار کوتاه و با شدت زیاد ـ نیز متعلق به پژوهشگرانی است که بصیرتی بلندپروازانه از آینده داشته‌اند.

فناوری جدید برای باریکه‌های بسیار کوتاه با شدت زیاد

الهام‌بخش این پژوهش یک مقالهٔ علمی همگانی بود که رادار و امواج رادیویی بلند آن را توصیف می‌کرد. با این همه، تعمیم دادن آن به ایدهٔ امواج نوری با طول موج کوتاه‌تر، هم به لحاظ نظری و هم در عمل، دشوار بود. کار مربوط به این موفقیت در مقاله‌ای در دسامبر سال ۱۸۹۵ چاپ شد که اولین مقاله علمی دونا استریکلند بود. او از کانادا به دانشگاه راچستر در ایالات متحده آمده بود و باریکه‌های لیزر سبز و قرمزی که مثل درخت کریسمس آزمایشگاه را روشن می‌کردند توجه او را به فیزیک لیزر جلب کرده بود، البته رویاهای استاد راهنمایش ژرار مورو در این مورد بی‌تأثیر نبود. یکی از این رویاها اکنون واقعیت یافته است: ایدهٔ تقویت تپ‌های کوتاه لیزری تا سطح‌های بی‌سابقه.

نور لیزر در یک واکنش زنجیره‌ای تولید می‌شود که در آن ذرات نور یعنی فوتون‌ها، فوتون‌های بیشتری را تولید می‌کنند. این فوتون‌ها به‌صورت تپ‌هایی گسیل می‌شوند. از زمان اختراع لیزر، در تقریباً ۶۰ سال پیش، پژوهشگران در پی آن بودند که تپ‌های با شدت بیشتری را تولید کنند. با این همه، در اواسط سال‌های ۱۹۸۰، به پایان راه رسیدند. زیرا امکان افزایش شدت تپ‌های کوتاه بدون نابود کردن مادهٔ تقویت‌کننده وجود نداشت.

روش استریکلند و مورو که به تقویت مداوم تپ[1]، CPA معروف است هم ساده و هم ظریف است. تپ کوتاهی را در نظر بگیرید آن را در طول زمان بکشید، و دوباره کنار هم بگذارید. وقتی تپی برحسب زمان کشیده شود، قله توان آن پایین می‌آید که به معنی آن است که می‌توان آن را بدون آسیب رساندن به تقویت‌کننده بسیار تقویت کرد، یعنی نور در سطح بسیار کوچکی از فضا متراکم می‌شود و شدت تپ به میزان بسیار زیاد افزایش می‌یابد.

چند سال طول کشید تا استریکلند و مورو همه چیز را به‌طور موفقیت‌آمیز با هم ترکیب کنند. طبق معمول، تعداد زیادی از جزئیات علمی و مفهومی مشکلاتی را به وجود آوردند. به‌عنوان مثال، قرار بود تپ با استفاده از یک کابل نوری به طول ۲/۵ km که تازه به دست آمده بود کشیده شود. اما هیچ نوری از آن بیرون نیامد ـ کابل جایی در وسط آن شکسته شده بود. پس از دردسرهای بسیار، معلوم شد که ۱/۴ km هم کافی است.

یک چالش مهم همگام‌سازی مرحله‌های مختلف در دستگاه بود تا ابزار باریکه‌کش با متراکم‌ساز همساز شود. این مسئله حل شد و استریکلند و مورو در سال ۱۹۸۵ توانستند ثابت کنند که رویای زیبایشان عملاً هم کار می‌کند.

روش CPA که استریکلند و مورو اختراع کردند فیزیک لیزر را متحول ساخت. این روش به‌صورت استانداردی برای تمام لیزرهای با شدت زیاد درآمد و راه ورود به حوزه‌هایی جدید و کاربردهای فراوان در فیزیک، شیمی و پزشکی شد. اکنون می‌توان کوتاه‌ترین تپ‌های لیزری را با بیشترین شدت در آزمایشگاه تولید کرد.

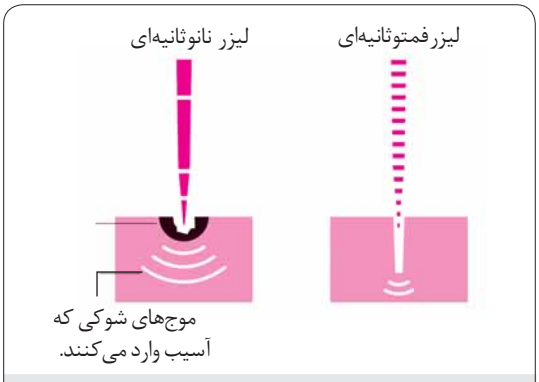
سریع‌ترین دوربین فیلم‌برداری جهان

از این تپ‌های بسیار کوتاه و دارای شدت زیاد چگونه استفاده می‌شود؟ یک حوزهٔ جدید بهره‌برداری از آن‌ها روشن کردن سریع رویدادهایی بود که مدام در جهان میکروسکوپی بین مولکول‌ها و اتم‌ها رخ می‌دهد. وقایع به سرعت اتفاق می‌افتند، به قدری سریع که برای مدتی زیاد فقط توصیف آنچه پیش و پس از آن‌ها رخ می‌دهد امکان‌پذیر بود. اما با تپ‌های فمتوثانیه‌ای، یعنی میلیونیم یک میلیاردیم ثانیه، می‌توان رویدادهایی را مشاهده کرد که پیش از این آنی به نظر می‌رسید.

شدت بسیار زیاد لیزر نور آن را برای تغییر دادن ویژگی‌های ماده مناسب می‌سازد: عایق‌های الکتریکی را می‌توان به رسانا تبدیل کرد؛ و با باریکه‌های بسیار نوک‌تیز می‌توان برش‌ها یا سوراخ‌های بسیار دقیق در مواد ـ حتی ماده زنده ـ به وجود آورد.

به‌عنوان مثال، می‌توان از لیزرها برای ذخیره‌سازی کارآمدتر داده‌ها استفاده کرد، زیرا ذخیره‌سازی نه فقط در سطح ماده بلکه در سوراخ ریز عمیقی که در محیط ذخیره‌سازی به وجود

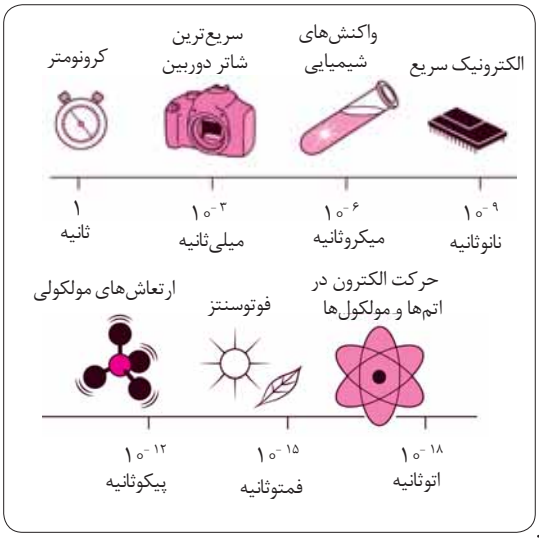
آمده اســت هم امکان‌پذیر است. از این فناوری برای ساخت اســتنت‌های جراحی ـ استوانه‌های میلی‌متری از فلز کشیده شده که رگ‌های خونی، مجاری ادرار و دیگر راه‌های عبور در داخل بدن را گشاد و محکم می‌کند ـ استفاده می‌شود.



▲ شکل ۴. تپ‌های کوتاه از یک لیزر فمتوثانیه‌ای (طرف راست) آســیبی کمتر از تپ‌های یک میلیون بــار طولانی‌تر یک لیزر نانوثانیه‌ای (طرف چپ) به مــاده وارد می‌کنند. از این تپ‌های بسیار کوتاه و با شدت زیاد در جراحی چشم، ذخیره‌سازی داده و ساخت استنت‌های پزشــکی برای جراحی در رگ‌های بدن استفاده می‌شود.

حوزه‌های کاربرد بی‌شــماری وجود دارنــد که هنوز کاملاً بررسی نشده‌اند. هرگام به جلو به پژوهشگران امکان می‌دهد بصیرت بیشــتری دربارهٔ دنیاهای جدید به دست آورند و هم حوزه پژوهش و هم کاربردهای عملی را تغییر دهند.

یکی از حوزه‌های جدید پژوهش که در ســال‌های اخیر به وجود آمده فیزیک اتوثانیه اســت. تپ‌های لیزری کوتاه‌تر از یک صد اتوثانیه (هر اتوثانیــه یک میلیاردیم یک میلیاردیم ثانیه اســت) جهان شــورانگیز الکترون‌ها را نمایان می‌سازد. الکترون‌ها اسب‌های بارکش شــیمی هستند؛ آن‌ها مسئول ویژگی‌هــای اپتیکــی و شــیمیایی همهٔ مــواد و پیوندهای شــیمیایی هستند. اکنون نه‌تنها می‌توان آن را مشاهده کرد، بلکه کنترل آن‌ها هم امکان‌پذیر است.



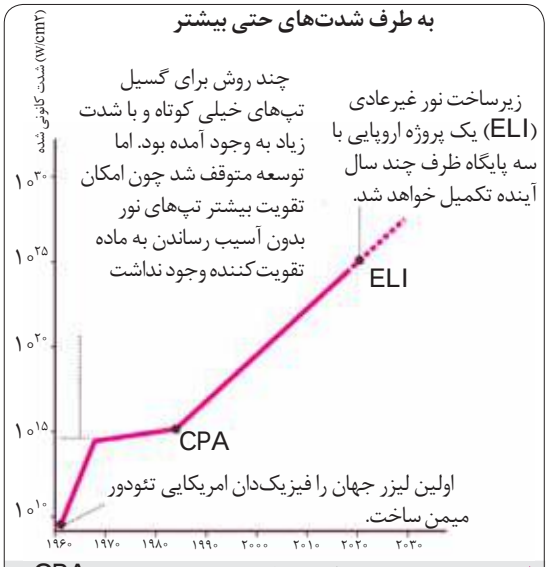
به سوی نور حتی غیرعادی‌تر

بســیاری از کاربردهــای این روش‌های جدیــد در لیزر در انتظار ماست مانند الکترونیک سریع‌تر، سلول‌های خورشیدی کارامدتر، کاتالیزگرهای بهتر، شتابدهنده‌های توانمندتر، منابع جدید انرژی، یا داروهای طراحی شده. تعجبی ندارد که رقابت در فیزیک لیزر بسیار شدید است.

دونا اســتریکلند اکنون کار پژوهش خــود را در کانادا دنبال می‌کند، در حالی‌که ژرار مورو که به فرانســه بازگشــته است، درگیر یــک فعالیت اروپایــی در فناوری لیزر در بین ســایر فعالیت‌هاســت. او بنیان‌گــذار و هدایت‌کنندهٔ توســعهٔ اولیه زیرساخت نور غیرعادی[2] (ELI) است. سه پایگاه در جمهوری چک، مجارستان و رومانی طی چند سال آینده تکمیل خواهند شــد. قله توان پیش‌بینی شده ۱۰ پتاوات است که هم‌ارز یک درخش بسیار کوتاه از صدهزار میلیارد لامپ است.

این پایگاه‌ها در حوزه‌های مختلف تخصص خواهند داشت ـ اتوثانیه در مجارستان، فیزیک هسته‌ای در رومانی و باریکه‌های ذره پرانــرژی در جمهوری چک. امکاناتی حتی توانمندتر در چین، ژاپن، ایالات متحده و روسیه برنامه‌ریزی شده‌اند.

حدس و گمان‌هایی دربــارهٔ گام بعدی وجود دارد: افزایش ده‌برابری توان، تا ۱۰۰ پتاوات، رویاهای مربوط به آیندهٔ لیزر در اینجا متوقف نمی‌شــود. چرا به توان زتاوات (یک میلیون پتاوات، ۱۰۲۱ وات) دست پیدا نکنیم، یا تپ‌های زپتوثانیه‌ای، که با زمــان باورنکردنی 10^{-21} ثانیه هم‌ارزند؟ افق‌های جدید در برابرمان گشوده می‌شــوند، از مطالعات فیزیک کوانتومی در خلأ تــا تولید باریکه پروتون با شــدت زیاد که می‌توانند در از بین بردن ســلول‌های ســرطانی در بدن مورد استفاده قرار بگیرند. با این همه، حتی همین حالا هم این اختراع‌های بلندآوازه امکان آن را فراهم کرده‌اند که در جهت اهداف عالی آلفرد نوبل ـ یعنی بیشــترین منفعت برای بشــر ـ در جهان کوچک مقیاس به کندوکاو بپردازیم.



▲ شــکل ۶. توسعه تپ لیزری با بیشترین شدت. روش CPA امسال به‌عنوان شالوده توسعه انفجاری تپ‌های لیزری با شدت فزاینده پاداش گرفت.

پی‌نوشت‌ها
1. Chirped Pulse Amplification
2. Extreme Light Infrastructure

تداخل تک شکافی با استفاده از یک تار مو و نشانگر لیزری

ربکا هسر
ترجمهٔ احمد توحیدی

اشاره

شـــاگردان می‌توانند به آســـانی قطر موی خود را با استفاده از یک چشمهٔ نور تکفام مانند لیزر اندازه‌گیری کنند. این فعالیت کم‌هزینه آن‌ها را با کاربرد تک شکاف پراش با استفاده از اصل بابینه[1] درگیر خواهد کرد.

اطلاعات زمینه

ویژگی موجی نور را می‌توان با طرح تداخل تولید شـــده در تاباندن نور یک نشـــانگر لیزری بر یک شکاف نمایش داد. بنا به اصل بابینه اشـــیأ مکمل، طرح‌های پراش یکسانی تشکیل می‌دهند. اگر به جای شکاف، جسمی با همان قطر قرار دهیم، طرح تداخل یکسانی تشکیل می‌شود.

یک نشـــانگر لیزری و یک تک شـــکاف را می‌توان مطابق شکل ۱ قرار داد و طرح و تداخلی را روی پرده تولید کرد.

طرح تداخل تک شـــکاف در شکل ۲ نشان داده شده است. طرح تداخل یک بیشـــینهٔ مرکزی پهن دارد، نوار درخشانی که یک رشـــته از نوارهای باریک تاریک و روشن متناوب در طرف‌های چپ و راست آن قرار گرفته‌اند.

فاصله نوارها از یکدیگر به طول موج نور (λ) فاصله شکاف تا پرده (L) و پهنای شکاف (W) بستگی دارد. **تداخل ویرانگر** وقتـــی رخ می‌دهد که اختلاف راه بین طـــول موج‌های **نور پراشیده شده** از لبـــهٔ شکاف مساوی **مضرب صحیحی** از طول موج‌ها ($n\lambda$) باشد.

$$n\lambda = w\sin\theta \qquad (۱)$$

روش آزمایش

ســـوراخی را روی یک کارت مقوایی نزدیک وسط آن ایجاد کنید. یک تار مو را مطابق شکل (۳) در امتداد عمودی روی آن بچسبانید.

نشـــانگر لیزری را طـــوری قرار دهید که نـــور آن به تار مو برخورد کند. طرح تداخل را می‌توان روی پرده‌ای که دست‌کم در فاصله یک متری قرار دارد مشـــاهده کرد. فاصله کارت تا پرده را یادداشت کنید. یک قطعه کاغذ را روی پرده بچسبانید. در وسط بیشینه مرکزی و وسط پنج یا شش نوار تاریک که در طرفین آن قرار دارند علامت بگذارید (شکل ۵). اکنون می‌توان برای تحلیلِ کمّی کاغذ را از روی پرده برداشت. فاصله (S) بین اولین کمینه‌ها ($n=1$) (خط‌های ســـیاه) که دوطرف بیشـــینه مرکزی قرار دارند را اندازه‌گیری کنید. با تقســـیم کردن این فاصلـــه برعدد دو، فاصله خطی y برای محاســـبه زاویه θ به دســـت خواهد آمـــد. مطابق شـــکل ۶ اندازه‌گیری‌ها را برای فاصله‌های بین دومین و ســـومین کمینه از بیشینه مرکزی تکرار کنید. با استفاده از اندازه‌گیری‌ها و طول موج نور لیزر، می‌توان ضخامت مو را تعیین کرد.

چـــون فاصلـــه (L) بین کارت و پـــرده بســـیار بزرگ‌تر از فاصله مرکز بیشـــینه مرکزی و مرکز نوارهای تاریک y است (شـــکل ۷)، می‌توان از تقریب زاویه کوچـــک $\sin\theta = \tan\theta$ استفاده کرد. بنابراین

$$\tan\theta = \frac{y}{L} \qquad (۲)$$

اگر رابطه (۲) را در معادلـــه (۱) قرار دهیم، ضخامت مو از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$n\lambda = w\left(\frac{y_n}{L}\right) \qquad (۳)$$

نتایج با توجه به داده‌های نشان داده شده در جدول زیر و استفاده از نشانگر لیزری نور قرمز Ne – He با طول موج ۶۳۲/۸ nm و فاصله تار مو تا پرده L – ۱/۲۸۵ m به دست آمده است.

n	s(mm)	y(m)	w(m)
۱	۲۴/۵	۱/۲۰×۱۰$^{-۲}$	۶/۶۴×۱۰$^{-۵}$
۲	۴۵/۰	۲/۳۰×۱۰$^{-۲}$	۷/۲۳×۱۰$^{-۵}$
۳	۷۳/۰	۳/۷۰×۱۰$^{-۲}$	۶/۶۸×۱۰$^{-۵}$
۴	۹۸/۰	۴/۹۰×۱۰$^{-۲}$	۶/۶۴×۱۰$^{-۵}$
۵	۱۲۳/۰	۶/۲۰×۱۰$^{-۲}$	۶/۶۱×۱۰$^{-۵}$

جدول ۱. جدول نمونه داده‌ها برای محاسبه ضخامت تار مو.

پس از آن که دانش‌آموزان مقدار میانگین ضخامت تار مو را تعیین کردند، می‌توانید از آن‌ها بپرسید آیا مقدار قطر به دست آمده برای یک تار مو را احساس می‌کنید.

وقتی که دانش‌آموزان گفتند: «بلی، قابل تشخیص است»، از آن‌ها بپرسید چگونه فهمیدید. دانش‌آموزان معمولاً پاسخ می‌دهند «قابل تشخیص است زیرا واقعاً عدد کوچکی است.» این پاسخ به حد کافی قانع‌کننده نیست، زیرا منطقی از احساس عددی، به‌درستی در پشت آن قرار ندارد. بهتر است که دانش‌آموزان میانگین ضخامت تار مو را به عددی تبدیل کنند که با چیز شناخته شده‌تری مطابقت داشته باشد.

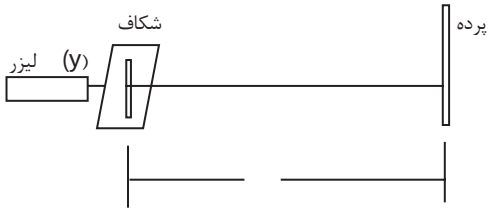
استفاده از یک برگه کاغذ بسیار مناسب است، زیرا بیشتر دانش‌آموزان می‌دانند که ضخامت یک بند (دسته) کاغذ ۵۰۰ برگی سه سانتی‌متر است. بنابراین ضخامت یک تک برگ کاغذ در حدود $\frac{۳}{۵۰۰}$ cm یا ۶*۱۰$^{-۵}$ cm است. این مثال به دانش‌آموزان به‌طور آشکارتری توضیح می‌دهد که چگونه اندازه یک عدد واقعاً قابل تشخیص است.

نتایج و پرسش‌های فعالیت

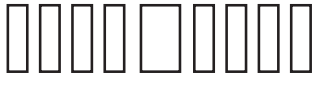
براساس داده‌های دانش‌آموزان، مقدار میانگین ضخامت یک تار مو از مرتبه ۷×۱۰$^{-۵}$ m است. با این مقدار ضخامت تقریباً ۱۵ تار مو در هر میلی‌متر جای می‌گیرند. نتایج را می‌توان با یک ریزسنج یا میکروسکوپ بررسی کرد.

در اینجا چندین ایده برای گسترش فعالیت انجام شده ارائه می‌شود.

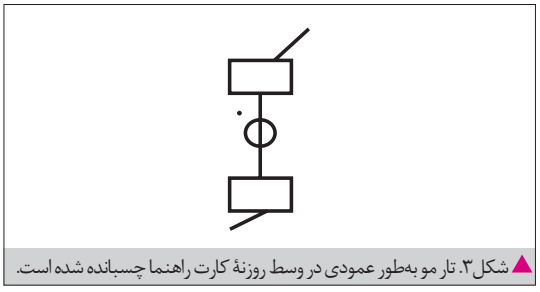
- قطر یک تار موی صاف را با تار موی مجعد (فردار) مقایسه کنید.
- نشانگر لیزر قرمز را با لیزر سبز جایگزین کنید.
- به جای تار مو از شیء دیگری مانند یک قطعه نخ یا سیم نازک استفاده کنید.
- طرح پراش لیزری را در تولید صنعتی انواع سیم‌ها بررسی کنید.
- نوع دیگری از این آزمایش را می‌توان با تا کردن (دولاکردن) یک تار مو برای ساخت «شکاف دو گانه» طرح تداخل انجام داد. در این حالت برای بزرگ‌تر شدن طرح باید فاصله میان تار مو و پرده را افزایش داد.
- چگونه روزالیند فرانکلین[۲] زاویه شیب مدل DNA را تعیین کرد.



شکل ۱. ترتیب وسایل آزمایش

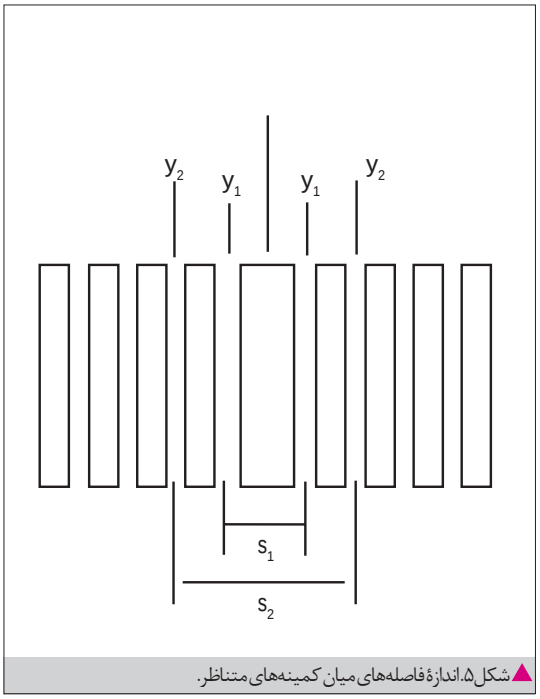


شکل ۲. طرح تداخل

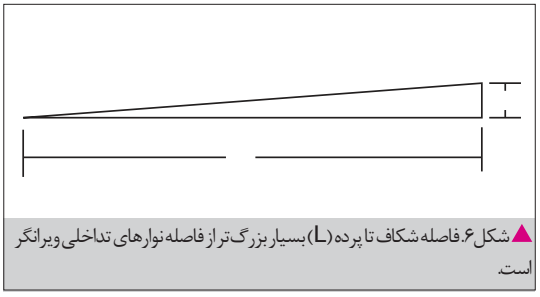


شکل۳. تار مو به‌طور عمودی در وسط روزنهٔ کارت راهنما چسبانده شده است.

شکل ۴. داده‌های پردازش نشده دانش‌آموزان



شکل۵. اندازهٔ فاصله‌های میان کمینه‌های متناظر.



شکل۶. فاصله شکاف تا پرده (L) بسیار بزرگ‌تر از فاصله نوارهای تداخلی ویرانگر است.

* روزنهٔ تک شکاف یک طرح پراش تولید می‌کند، با یک بیشینهٔ مرکزی و درخشان و نوارهای تاریک و روشن که در دو طرف بیشینه مرکزی قرار می‌گیرند.
زاویه‌ای که تحت آن کمینه‌های پراش ظاهر می‌شوند عبارت است از:

$$\theta_m \approx \sin\theta_m = \frac{m\lambda}{d} \quad \text{و} \quad m = 1, 2, 3, \ldots$$

فیزیک پایه ـ جلد چهارم ـ تألیف فرانک. ج. بلت ـ صفحه ۹۴۷ انتشارات فاطمی

* روزالیند السی فرانکلین (۱۹۲۰ ـ ۱۹۵۸) دانشمند انگلیسی در سال ۱۹۵۱ پژوهش‌هایش را در کینگز کالج لندن آغاز کرد. جایی که در آن تا مرز پراش پرتو X در برخورد با مولکول DNA پیش رفت. جیمز واتسون و فرانسیس کریک از یک نسخه قبل از چاپ پژوهش فرانکلین در مورد DNA استفاده کردند تا به چگونگی ساختار DNA برسند. آن دو، مقاله معروف خود را در سال ۱۹۵۲، به چاپ رساندند. چهار سال بعد کریک و واتسون به دریافت جایزه نوبل نائل شدند.

پی‌نوشت‌ها

1. babinet
2. Rosalind Franklin

منابع

Single slit inteference made easy with a strand of hair and a laser, Rebeca Hesser, The Physics Teacher vol56, Janoary 2018

فعالیت توموگرافی گسیل پوزیترون

گردآوری دکتر حسن قلمی باویل علیایی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

اشاره

این مقاله مقدمه‌ای مختصر دربارهٔ پادماده و چگونگی استفاده آن، همراه با دیگر موضوع‌های فیزیک جدید، در اسکن‌های توموگرافی گسیل پوزیترون (PET) را ارائه می‌دهد. همچنین فعالیتی را برای شاگردان ارائه می‌دهد که به آن‌ها در درک چگونگی کمک پت‌اسکن‌ها در تشخیص سرطان کمک می‌کند. موضوع‌های فیزیک جدید یک راه جالب برای آشنایی شاگردان با برنامه‌های کنونی فیزیک را بیان می‌کند.

کلیدواژه‌ها: توموگرافی، پت اسکن، فرمیون، پادماده

مقدمه

وجود پادماده اولین بار توسط پل دیراک در سال ۱۹۲۸ مطرح شد. با ترکیب مکانیک کوانتومی و نسبیت خاص، دیراک معادله موج نسبیتی مجزا برای فرمیون‌ها (ذرات بنیادی که تابع قانون پاؤلی هستند) را بیان کرد، که منجر به نتیجه‌ای شگفت‌آور شد: حل این معادله، نه تنها الکترون دارای بار منفی (که اکنون شناخته شده است)، بلکه الکترون بار مثبت را توضیح می‌دهد. این موضوع باعث شد تا دیراک وجود «پادماده» را پیش‌بینی کند، و منجر به این ادعا شد که برای هر ذره‌ای از ماده، یک ذره پادماده با جرم یکسان اما بار مخالف وجود دارد.

چهار سال بعد وجود پادماده توسط کارل اندرسون[۱]، دانشجوی پسا دکتری در مؤسسه فناوری کالیفرنیا ثابت شد [۱]. اندرسون با استفاده از یک اتاقک ابر، برخی از مسیرهای غیرمعمول پرتوهای کیهانی را شناسایی و مشاهده کرد. این مسیرها ویژگی‌های یکسانی داشتند به‌طوری که این مسیرها ردهایی را از خود به‌جا گذاشته بودند، که در جهت مخالف الکترون‌ها خم شده بودند. این موضوع به یک ذره الکترون یا بار مثبت اشاره می‌کرد. بنابراین، آندرسون، پوزیترون، پاد ذره الکترون، را کشف کرد و اولین تأیید پادماده دیراک را ارائه کرد:

با اینکه دانشمندان از کشف پادماده مسحور شده بودند، اما تا زمانی که با داستان‌های علمی تخیلی به عموم معرفی نشد توجه زیادی به آن نشد. ابتدا «پیشتازان فضا[۲]» علاقه مردم به پادماده را به واسطهٔ یواس‌اس که شامل هسته پیچیده ماده/پادماده بود جلب کرد. با استفاده از انرژی آزاد شده از نابودی ماده و پادماده، سازمان فضانوردی قادر به کشف جهان بود. بعدها کتاب دن‌براون[۳] به نام فرشتگان و شیاطین مردم را بیشتر به سمت پادماده سوق داد. در ابتدای کتاب آمده است که شخصی به سازمان اروپایی پژوهش‌های هسته‌ای (CERN) نفوذ کرد تا یک قوطی پادماده را به سرقت ببرد و بعداً از آن به‌عنوان یک بمب برای از بین بردن واتیکان استفاده کند [۲].

شاگردان با این تصاویر ذهنی و بقیه تصاویر مشهوری که از علم در ذهن دارند وارد کلاس می‌شوند. در حالی که این مثال‌ها دیدگاه متفاوتی از علم را در اختیار آن‌ها قرار می‌دهد، و علاقه آن‌ها را برمی‌انگیزد. این علاقه فرصتی عالی را برای معلمان در ارائه موضوع‌های فیزیک جدید مانند پادماده، پرتوزایی، هم‌ارزی جرم و انرژی و حتی برخورددهنده هادرون در کلاس درس فراهم می‌کند. این موضوع‌ها جرقه‌ای در ذهن شاگردان می‌زند و علاقه به فیزیک را در آن‌ها پرورش می‌دهد. علاوه بر این، به ما اجازه می‌دهد تا به شاگردان نشان دهیم در حالی که ما سامانه‌های دفاعی متشکل از پادماده نداریم، برنامه‌های دنیای واقعی فیزیک پادماده مانند پت‌اسکنر را داریم که دنیای خودمان را با تشخیص تومورها، متاستاز (پخش شدن) سرطان، آلزایمر، و زوال عقل بهتر می‌سازیم. با این برنامه‌ها، شاگردان نمونه‌ای از فیزیک انتزاعی و زیست‌شناسی را در قالب یک دستگاه پزشکی مفید، به هم پیوند می‌دهند.

پیش‌زمینه

پوزیترون‌ها در فرایند واپاشی بتازا تولید می‌شوند. کانال واپاشی β^+ به هسته با مقدار بار مثبت اجازه ثبات بیشتر را می‌دهد. وقتی در یک عنصر واپاشی β^+ صورت می‌گیرد، یک

پروتون به یک نوترون تبدیل می‌شـود، سپس در گسیل یک پوزیترون و نوترینو، بارالکتریکی پایسته می‌ماند. پوزیترون به سـرعت با یک الکترون ماده معمولی برخورد می‌کند. در این فرایند دو پرتو گاما تولید می‌شـود که با انرژی هر یک ۵۱۱ کیلـو الکترون ولت در جهت کامـلاً مخالف یکدیگر حرکت می‌کنند [۳]. این نابودی یکی از واضح‌ترین نمونه‌های دقیق تبدیل ماده به انرژی است.

در سـال ۱۹۵۳، گوردون براونل و ویلیام سویت از نابودی پوزیترون/الکترون برای نشان دادن مغز و تشخیص تومورهای مغزی اسـتفاده کردند [۴]. به بیماران ایزوتوپ پرتوزا تزریق شـد که در آن واپاشـی β^+ صورت می‌گرفت. وقتی ایزوتوپ در بدن حرکت می‌کرد واپاشـیده می‌شـد و پوزیترون‌ها با الکترون‌های مجاور نابود می‌شدند. پرتوهای گاما گسیل شده از بدن بیمار را آشکارسازهای دو طرف بدن او جذب می‌کرد.

این آشکارسـازها رویـدادی را ثبت می‌کردنـد که هر دو آشکارساز یک پرتو گاما را در فاصلهٔ حدود ۵ میلیاردیم ثانیه از یکدیگر ثبت کنند. با ثبت تعداد کافی رویداد مشاهده شده، یک تصویر فازی از مغز ایجاد شد و براونل و سویت توانستند وجود تومور را تعیین کنند.

این اولین مورد توموگرافی گسیل پوزیترون بود، (پت‌اسکن). در طول سـال‌ها، اسکنرها و فناوری تصویربرداری پیچیده‌تر شده اسـت، در حالی که پرتوداروها در اسکن مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما اصول اساسـی اسکنرهای PET همچنان یکسان باقی مانده‌اند [۵].

در حالـی که اصول فیزیک بـرای درک چگونگی و چرایی کار آشکارسـازها مهم هستند، دانش زیست‌شناسی نیز برای شـناخت توانایی پت‌اسـکنرها در تشـخیص تومورها مهم هستند. نکته کلیدی در سوخت‌وساز سلول است. سلول‌ها از گلوکز ($C_6H_{12}O_6$) برای انرژی استفاده می‌کنند، و سلول‌های متفاوت نیازهای انرژی مختلف را دارند. از آنجا که سلول‌های سرطانی به سرعت رشد می‌کنند و تقسیم می‌شوند، سوخت‌وساز بالاتری نسبت به سلول‌های سالم دارند [۶]. برای استفاده مفید از تفاوت‌های بین سلول‌های سالم و سرطانی، پت اسکن‌ها از مولکول‌های گلوکز که دارای یک فرستنده پوزیترون هستند استفاده می‌کنند.

در حال حاضر، بیشـترین کاربرد، مولکول فلوئوروکسـی گلوکز ($C_6H_{11}FO_5$) اسـت که به‌عنوان FDG[6] نیز شناخته شـده است. انتشار پوزیترون در FDG، F-18 است، ایزوتوپ پرتوزای فلوئور دارای نیمه‌عمر تقریباً ۱۱۰ دقیقه است. تفاوت سوخت‌وساز سلول‌های سـرطانی و سالم به این معنی است که سـلول‌های سـرطانی گلوکز را با سرعت بیشتری نسبت به سلول‌های سـالم جذب می‌کنند. این موضوع برای FDG نیز صدق می‌کند. با این حال، FDG قادر به تکمیل مسـیر متابولیک نیست و بنابراین در سـلول‌ها به دام می‌افتد. این کار باعث ایجاد FDG در سـلول‌های سرطانی می‌شود [۷]. زمانی که فلوئور تحت‌تأثیر واپاشی β^+ قرار می‌گیرد، پوزیترون بیشـتر اوقات در ناحیه سرطانی منتشر می‌شود. بنابراین، در حالی که آشکار سازها وقایع را در اطراف بدن ثبت می‌کنند، پوزیترون بیشتری در مناطق سرطانی ثبت می‌شود. هنگامی که بسیاری از همپوشانی‌ها در همان منطقه ردیابی می‌شوند نشان دهنده یک تومور است.

در حالی که شبیه‌سازهای زیادی برای نشان دادن چگونگی عملکرد پت‌اسـکن وجود دارد، یک فعالیت ساده در کلاس می‌تواند به شـاگردان در توانایی تشـخیص سرطان توسط پت‌اسکن فهم عمیق‌تری ارائه دهد.

فعالیت

برای درک بهتر چگونگی عملکرد پت‌اسـکنر، به شاگردان یک اسکنر مدل ایجاد شـده با استفاده از بورد میکروکنترلر آردوینو، ال‌ای‌دی‌ها، و اتصال پی‌وی سی (شکل ۱) داده شد. علاوه بر اسـکنر مدل، به شاگردان یک برگه با یک جدول و یک نمودار که نشـان‌دهنده نمای بالا اسکنر است (شکل ۲) داده می‌شود.

اسـکنر از قبل به این صورت برنامه‌ریزی شـده اسـت تا ال‌ای‌دی‌ها را در فواصل زمانی تعیین شـده روشن و خاموش کند. هر اسـکنر به‌صورتی برنامه‌ریزی می‌شود تا مکان‌های تومورهای مختلف را با تغییرات جزئی به صورت کد نشـان دهد. زمانی که آموزش به اتمام رسـید، شاگردان اسکنرهای خود را روشـن می‌کنند و به تماشـای رویدادهای تصادفی می‌پردازنـد. هماننـد یک پت اسـکنر واقعـی، رویدادهای کاتوره‌ای زمانی ایجاد می‌شود که دو چراغ همان زمان روشن شود. در مدل، این رویدادهای کاتوره‌ای نشان‌دهنده تشخیص دو پرتو گاما تولید شـده از رویداد نابودی پوزیترون/الکترون است. این موارد تنها رویدادهایی هستند که شاگردان باید به آن‌ها توجه کنند و علاقه‌مند باشند.

شاگردان تعداد موقعیت چراغ‌هایی که به‌طور همزمان روشن شده‌اند را ثبت می‌کنند، به‌عنوان مثال، اگر چراغ‌های ۱ و ۸ هم‌زمان روشـن شـوند، آن‌ها ۱ و ۸ را در ستون اول جدول ثبت می‌کنند. آن‌ها اسـکنر را تا پایان اسکن نگاه می‌کنند و تمام رویدادها را ثبت می‌کنند. در صورت نیاز، آن‌ها می‌توانند اسـکن را تکرار کنند تا از مشـاهده همه رویدادها اطمینان حاصل کنند. شـاگردان باید مـواردی را که فقط یک چراغ روشـن می‌شـود را نادیده بگیرند، این موارد نشـان‌دهنده تابش پس‌زمینه کاتوره‌ای اسـت که در اسکنر دیده می‌شود. شاگردان باید درک کنند که این تابش‌ها وجود دارند و توسط اسکنر شناسایی می‌شوند، اما فیلترهای الکترونیکی این‌ها را

در حالی که اصول فیزیک برای درک چگونگی و چرایی کار آشکارسازها مهم‌هستند، دانش زیست‌شناسی نیز برای شناخت توانایی پت‌اسکنرها در تشخیص تومورها مهم هستند

حذف می‌کنند به‌صورتی که اسکنر تنها بر رویدادهای اصلی تمرکز می‌کند.

هنگامی که شاگردان اطمینان پیدا کردند که همه رویدادهای کاتوره‌ای را ثبت کرده‌اند، هر کدام را بر روی نمودار ترسیم می‌کنند. اگر اولین رویداد ۱، ۸ باشد، شاگردان یک خط را بین موقعیت ۱ و ۸ می‌کشند. آن‌ها همچنان این کار را برای تمام وقایع انجام می‌دهند. زمانی که همه وقایع ترسیم گردید، آن‌ها قادر خواهند بود محل تومور سرطانی را با نگاه کردن به نقطه‌ای که بیشتر خطوط یکدیگر را قطع کرده‌اند تعیین کنند. شکل ۳ یک برگه تکمیل شده را نشان می‌دهد.

شکل ۱. مدل پت اسکن

برای اینکه مدل واقعی‌تر باشد، وقایع ثبت شده‌ای که تومور را نشان نمی‌دهند نیز باید در نظر گرفته شوند. این کار به دانشجویان کمک می‌کند تا این موضوع را درک کنند که واپاشی‌های پوزیترون/الکترون منحصر به یک منطقه سرطانی نیست در عوض، آن‌ها در همه‌جا اتفاق می‌افتند، اما در یک منطقه سرطانی فراوانی بیشتر دارد.

هنگام استفاده از هر مدلی، بسیار ضروری است که مربیان با شاگردان محدودیت‌های آن را به بحث بگذارند. یکی از محدودیت‌های مهم این مدل این نکته است که برای یادآوری مدت کوتاه اسکن و تعداد رویدادهای کاتوره‌ای نیز ثبت شده است. باید به دانشجویان نشان داد که یک پت اسکن معمولی ۱۰ تا ۲۰ دقیقه طول می‌کشد که در آن زمان ده‌ها میلیون رویداد کاتوره‌ای شناسایی و کشف می‌شود. شاگردان همچنین از تصاویر واقعی شکل ۴ و ۵ استفاده بهینه می‌برند.

نام:

هدف: تعیین محل دقیق تومور بیماران با استفاده از مدل پت‌اسکنر

مسیرها: پت‌اسکنر تقریباً به مدت یک دقیقه کار می‌کند. با دقت نگاه کنید و جدول زیر را برای ثبت چراغ‌های رویداد پر کنید. اسکن زمانی به پایان می‌رسد که همه چراغ‌ها هم زمان چشمک بزنند.

داده‌ها: در جدول ثبت رویدادها ذرات از پت‌اسکن هم‌زمان شناسایی می‌شوند.

بصری: با استفاده از جدول داده، یک خط بین چراغ‌هایی که در هر اتفاق وجود دارد بکشید تا محل تومور را تعیین کنید.

	اتفاق اول	اتفاق دوم	اتفاق سوم	اتفاق چهارم	اتفاق پنجم
چراغ شماره:					
چراغ شماره:					

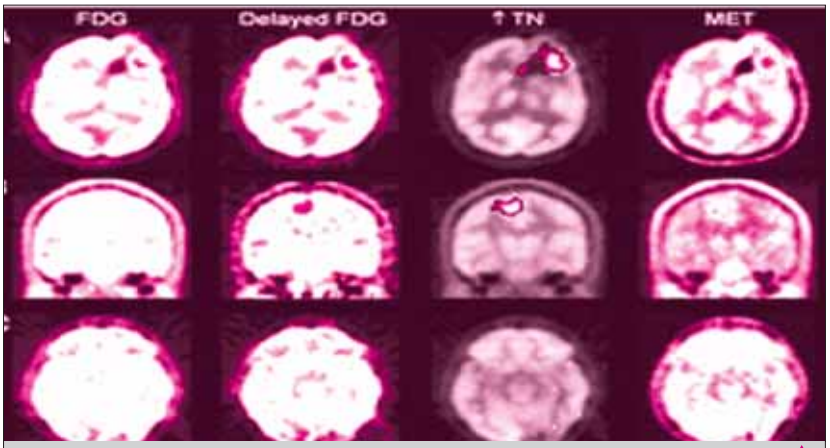
شکل ۲. برگه فعالیت

نام:
هدف: تعیین محل دقیق تومور بیماران با استفاده از مدل پت‌اسکنر
مسیرها: پت‌اسکنر تقریباً به مدت یک دقیقه کار می‌کند. با دقت نگاه کنید و جدول زیر را برای ثبت چراغ‌های رویداد پر کنید. اسکن زمانی به پایان می‌رسد که همه چراغ‌ها هم زمان چشمک بزنند.
داده‌ها: در جدول ثبت اتفاقات، ذرات از پت‌اسکن هم‌زمان شناسایی می‌شوند.
بصری: با استفاده از جدول داده، یک خط بین چراغ‌هایی که در هر اتفاق وجود دارد بکشید تا محل تومور را تعیین کنید.

	اتفاق اول	اتفاق دوم	اتفاق سوم	اتفاق چهارم	اتفاق پنجم
چراغ شماره:	۱	۹	۴	۲	۱۱
چراغ شماره:	۸	۲	۱۰	۵	۶

شکل ۳. برگه تکمیل شده

شکل۴. بیمار درون دستگاه پت‌اسکن [۸]



شکل۵. تصویر پت‌اسکن مغز تومور را نمایش می‌دهد [۹]. با اجازهٔ مجله فیزیک هسته‌ای

نتیجه‌گیری

ایـــن فعالیت می‌تواند بـــه بحث‌هایی در مورد تعدادی از موضوع‌هـــای فیزیک از جمله ماده، پادماده، پرتوزایی، بیوفیزیک، تشـــخیص ذرات، هم‌ارزی انرژی- جرم و تابش الکترومغناطیس بینجامد و به مطالب مهندسی، فناوری، محاسبه و ریاضی اشاره‌ای ندارد. علاوه بر این شاگردان چگونگی ترکیب این مفاهیم برای ارائه یک برنامه مهم در دنیای واقعی را احســـاس می‌کنند. برای بحث بیشـــتر، معلمان می‌توانند تحقیقات بنیادی فعلی ماننـــد برخورد دهنده هادرونی بزرگ (LHC) در ســـازمان اروپایی پژوهش‌های هسته‌ای (CERN) را ارائه دهند. دانشمندان در سازمان اروپایی پژوهش‌های هسته‌ای (CERN) در حال حاضر درحال کار بر روی آنچه که از آشکارسازهای برخورددهنده‌های هادرونی بزرگ آموخته‌اند، هستند و از آن در ماشین‌هایی مانند پت‌اسکنرها برای اســـکن دقیق‌تر استفاده می‌کنند که به پزشکان این امکان را می‌دهد از مواد پرتوزای کمتری اســـتفاده کنند و نتیجه و تصاویر بهتری را بگیرند. نشان دادن اهمیت تحقیقات بنیادی به شاگردان در حال حاضر بسیار ضروری است، اگر بخواهیم حمایت عمومی از این نوع تحقیق را در آینده داشته باشیم.

مواد تکمیلی

برای اطلاعات بیشتر در مورد مواد تکمیلی به ساخت مدل پت‌اسکنر، کد نمونه آردوینو، برگه دانشجویی و ویدیو اسکنر مراجعه کنید [۱۰].

پی‌نوشت‌ها

1.Carl David Anderson
2. STAR TREK
3. Dan Brown

منابع

1. Carl David Anderson, The Discovery of Anti-matter, (World Scientific Publishing, Singapore, 1999), pp. 27–32. Google Scholar
2. Dan Brown, Angels and Demons (Pocket Books, New York, 2000). Google Scholar
3. Syed Naeem Ahmed, Physics & Engineering of Radiation Detection, 1st ed. (Academic Press, San Diego, 2007), p. 78. Google Scholar
4. Leah H. Portnow, David E. Vaillancourt, and Michael S. Okun, "The history of cerebral PET scanning," Neurology 80, 952–956 (March 2013). https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e318285c135, Google ScholarCrossref
5.Gordon L. Brownell, "A history of positron imaging," in Physics Research Laboratory (Massachusetts General Hospital, 1999). Google Scholar
6. R.A Cairns, I. Harris, S. McCraken, and T. W. Mak, "Cancer cell metabolism," Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol. 76, 299–311 (2011). https://doi.org/10.1101/sqb.2011.76.012856, Google ScholarCrossref, CAS
7. P. Oehr, H. J. Biersak, and R. E. Coleman, PET and PET-CT in Oncology (Springer-Verlag, Germany, 2004), p. 36. Google ScholarCrossref
8.S. Rossman, US Navy 030819-N-9593R-151, https://commons.wikimedia.org/ wiki/File:US_Navy_030819-N-9593R-151_A_patient_goes_through_Positiron_Emission_Tomography_(PET)_at_the_National_Naval_Medical_Center_in_Bethesda,_Maryland.jpg, accessed May 30, 2017. Google Scholar
9. E. Prieto et al., "Voxel-based analysis of dual-time-point 18F-FDG PET images for brain tumor identification and delineation," J. Nucl. Med. 52, 865–872 (2011). https://doi.org/10.2967/jnumed.110.085324, Google ScholarCrossref
10. Readers can view the supplemental documents at TPT Online, https://doi.org/10.1119/1.5033868 E-PHTEAH-56-008805, under the Supplemental tab. Google Scholar

مثالی ساده برای نمایش جرم به‌عنوان نوعی انرژی

کلودیو دیب
برگردان مرجان روح‌نواز

اشاره

یکی از پیامدهای مهم نسبیت خاص که در معادلهٔ $E_e = mc^2$ بیان شده این است که انرژی کل یک جسم در حال سکون از جمله انرژی گرمایی و انرژی بستگی اجزای سازنده آن معیاری از لختی جسم یعنی جرم آن است. این رابطه را نخستین بار اینشتین بیان کرد و نشان داد که لختی جسمی که دو تپ تابش الکترومغناطیسی گسیل می‌کند برای سازگاری با اصول نسبیت خاص باید کاهش یابد.

مشکل آموزشی این مثال آن است که تابش، پدیده‌ای کاملاً نسبیتی است و ارتباط دادن آن با مثال‌هایی که شاگردان در درس‌های مکانیک مقدماتی می‌آموزند، ساده نیست. در اینجا به بررسی مثال سادهٔ جرم و فنر می‌پردازیم که حد نانسبیتی آن را می‌توان به آسانی درک کرد و معلوم می‌شود که انرژی پتانسیل آشکارا بخشی از جرم دستگاه مقید است.

مقدمه

انرژی و تکانهٔ ذره‌ای به جرم m و سرعت v نسبت به یک ناظر معین به ترتیب برابرند با:

$$E = mc^2\gamma \quad \text{و} \quad P = m\gamma v \qquad (۱)$$

که در آن $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ ضریب معروف نسبیتی و c سرعت نور است. این معادله‌ها نه‌تنها برای ذرات نقطه‌ای بلکه برای یک جسم مرکب هم درست هستند به شرط اینکه v سرعت چارچوب مرکز تکانه جسم نسبت به ناظر، و جرم ضرب در c^2 (mc^2) نیز انرژی کل جسم دراین دستگاه (که برای ناظر آن $v = 0$ است) باشد. این انرژی نه‌تنها شامل جرم اجزای سازنده بلکه انرژی داخلی و انرژی‌های **بستگی** جسم نیز هست.

برای مثال جرم یک مولکول اکسیژن O_2، به دلیل جاذبهٔ بین دو اتم آن کمتر از جرم دو تک اتم اکسیژن است و این یعنی باید به مولکول انرژی داد تا به دو اتم مجزا تبدیل شود.

آشکارسازی این تغییر جرم (به اندازهٔ یک قسمت در 10^9) در این واکنش شیمیایی یا واکنش‌های همانند آن چندان ساده نیست. اما در واکنش‌های هسته‌ای که در آن‌ها انرژی **بستگی** هسته‌ها کسر بزرگ‌تری از جرم هسته است (نزدیک یک قسمت در ۱۰۰)، قابل آشکارسازی است.

دستگاه آزمایش ما از جرم M در مرکز و دو جرم کوچک‌تر m در اطرافش تشکیل شده که مطابق شکل ۱ (الف) به فنرهایی متصل‌اند که با سازوکاری متراکم شده‌اند. وقتی این سازوکار حذف شود فنرها آزاد و منبسط می‌شوند و مطابق شکل ۱ (ب) به جرم‌های کوچک‌تر فشار می‌آورند و آن‌ها را دور می‌کنند. نشان خواهیم داد که انرژی پتانسیل ذخیره شده در فنرها باید بخشی از جرم دستگاه در حالت اولیه باشد.

این انرژی، پتانسیل علاوه بر انرژی‌ای است که باعث می‌شود جرم دستگاه بیشتر از جرم اجزای سازنده آن باشد. در مورد دستگاه مقیدی مانند یک مولکول، انرژی **بستگی**، مقداری منفی است، که باعث سبک‌تر شدن مولکول از تک‌تک اتم‌های آن می‌شود. اما در اینجا انرژی پتانسیل در یک مورد و انرژی **بستگی** در مورد دیگر هر دو نقشی یکسان دارند یعنی با به شمار آوردن علامتشان در جرم دستگاه مرکب سهیم‌اند.

فرایند مشاهده‌شده (چارچوب سکون)

در چارچوب سکون که مقدار تکانه کل صفر است، اگر تقارن دستگاه را در نظر بگیریم پایستگی تکانه خود به خود برقرار است، یعنی جرم‌های کوچک با سرعتی برابر و مخالف هم (که فعلاً مقدار آن را نمی‌دانیم) از جرم M دور می‌شوند.

از سوی دیگر، پایستگی انرژی، رابطه‌ای در اختیار می‌گذارد که با استفاده از آن می‌توان v را به دست آورد:

$$E_i = E_f: Mc^2 + 2mc^2 + Ep = Mc^2 + 2mc^2\gamma$$

Ep انرژی پتانسیل کل ذخیره شده در فنرهای فشرده و نیز ضریب نسبیتی مربوط به v است.

معادله بالا را می‌توان به شکل زیر نوشت:

$$Ep = 2mc^2(\gamma - 1) \qquad (۳)$$

معنای معادله ۳ این است که انرژی پتانسیل فنرها در حالت اولیه به انرژی جنبشی کل جرم‌های کوچک در حالت نهایی تبدیل شده است. با توجه به اینکه برای سرعت‌های بسیار کوچک‌تر از سرعت نور داریم: $\gamma \approx 1 + v^2/(2c^2)$، می‌توان حد نانسبیتی معادله ۳ را به شکل زیر به دست آورد:

$$E_p = mv^2 \qquad (۴)$$

معادله ۴، معادله‌ای است که آن را در درس‌های مکانیک کلاسیک مقدماتی به آسانی به دست می‌آوریم.

دستگاه در حال حرکت: حالت نانسبیتی

اکنون همان دستگاه شکل (۱) را از منظر چارچوبی در نظر می‌گیریم که با سرعت v نسبت به چارچوب قبلی به سمت چپ حرکت می‌کند.

در این حالت چنانکه در شـــکل (۲) نشـــان داده شده است به نظر می‌رسد که دستگاه ما با سرعت V به طرف راست حرکت می‌کند. در این حال می‌توان رابطهٔ سرعت‌های نهایی دو جرم کوچک v_1 و v_2 را با تبدیل سرعت‌های بین دو چارچوب به v و v مرتبط ساخت. برای حرکت نانسبیتی که در مکانیک کلاسیک بررسی کردیم، پایستگی تکانه به صورت زیر است:

$$P_i = P_f : (M + 2m)\, v = MV + mv_1 + mv_2 \qquad (۵)$$

توجه کنید که Ep در این معادله ظاهر نشده است. با استفاده از تبدیل گالیلهٔ سرعت‌ها بین دو چارچوب متحرک و ساکن داریم:

$$v_1 = V + v$$
$$v_2 = V - v \qquad (۶)$$

به این ترتیب معادلهٔ تکانه به اتحاد زیر فروکاسته می‌شود:

$$(M + 2m)V = MV + 2\,mV \qquad (۷)$$

ولی باز هم اطلاعاتی در اختیار نمی‌گذارد. از سوی دیگر با توجه به پایستگی داریم:

$$E_i = E_f : \frac{1}{2}(M+2m)V^2 + Ep = \frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{2}m(v_1^2 + v_2^2) \qquad (۸)$$

با اســـتفاده مجـــدد از تبدیل‌های گالیلهٔ معادله (۶) به دســـت می‌آوریم:

$$\frac{1}{2}(M\,2m)V^2 + Ep = \frac{1}{2}MV^2 + \quad m\,(V^2 + 2V^2) \qquad (۹)$$

که به همان بیان درســـت $Ep = mv^2$ که در چارچوب سکون به دست آوردیم فروکاسته شده است.

دستگاه در حال حرکت: حالت نسبیتی

اکنون حالت کلی حرکت نسبیتی را در نظر می‌گیریم. فرض می‌کنیم که جرم اولیه $M + 2m$ باشد و آنگاه پیامدهای آن را بررسی می‌کنیم. در این حالت تکانه اولیه باید برابر با مقدار زیر باشد:

$$P_i : (M + 2m)\,\Gamma V \qquad (۱۰)$$

که در آن Γ عامل نسبیتی مرتبط با V است. بر پایهٔ پایستگی تکانه داریم:

$$P_i = P_f : (M + 2m)\,\Gamma V = m\Gamma V + m\gamma_1 v_1\, m\gamma^2 v^2 \qquad (۱۱)$$

که γ_1 و γ_2 ضریب‌های نســـبیتی مربوط به v_1 و v_2 هســـتند. این بار به جای اســـتفاده از تبدیل‌های گالیله، از تبدیل نسبیتی استفاده می‌کنیم:

$$\gamma_1 v_1 = \Gamma\,(\gamma v + V\gamma) \qquad (۱۲)$$
$$\gamma_2 v_2 = \Gamma\,(-\gamma v + V\gamma)$$

و معادله (۱۱) به‌صورت زیر در می‌آید.

$$(M + 2m)\,\Gamma V = M\Gamma V + 2m\,\Gamma V\gamma \qquad (۱۳)$$

اما این معادله نادرســـت است و تنها در صورتی معتبر است که $\gamma = 1$ باشد.

که غیر از برای $E_p = 0$ برخلاف معادله (۳) است.

اشـــتباهی که در اینجا رخ داد آن بود که در معادله‌های (۱۰) و (۱۱) انرژی پتانسیل فنرها، (E_p) را باید به‌عنوان بخشی از (جرم ـ انرژی) حالت اولیه به شمار آورده شود.

اکنون جرم دستگاه را نه $M + 2m$، بلکه $M + 2m + \Delta m$ فرض می‌کنیم و بررســـی می‌کنیم آیا می‌توان عبارتی منطقی برای Δm به دســـت آورد. در این حالت پایستگی تکانه به جای معادله (۱۱) به‌صورت زیر خواهد بود:

$$P_i = P_f : (M + 2m + \Delta m)\,\Gamma V = m\Gamma V + m\gamma_1 v_1 + m\gamma_2 v_2 \qquad (۱۴)$$

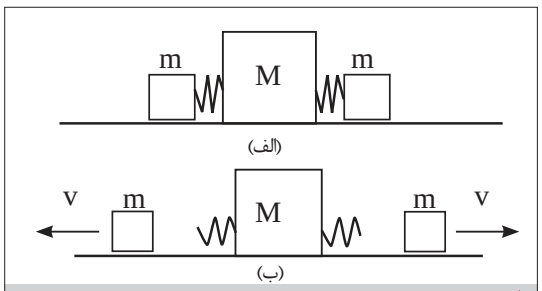
دیگر بار با استفاده از تبدیل سرعت‌های نسبیتی خواهیم داشت:

$$\Delta m = 2m\,(\gamma - 1) \qquad (۱۵)$$

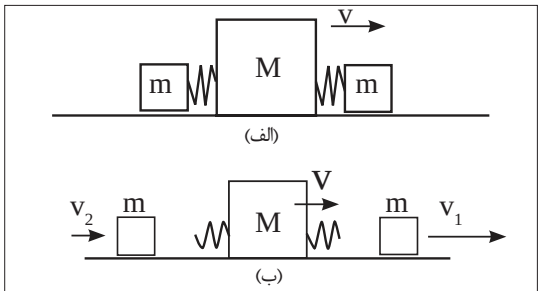
در مقایسه با معادله (۳) می‌بینیم که:

$$\Delta m = EP / c^2 \qquad (۱۶)$$

و در نتیجه جرم حالت اولیه ما باید شـــامل Δm درست برابر مقدار انرژی بستگی (تقسیم بر c^2) حالت اولیه باشد.



▲ شکل ۱. دستگاه جرم‌هایی که روی سطح افقی بدون اصطکاک می‌لغزند در چارچوب ســـکون مشاهده می‌شود: (الف) پیش از آزاد شدن فنرها و (ب) پس از آزاد شدن فنرها



▲ شکل ۲. همن جرم که از منظر ناظری مشاهده می‌شدند که با سرعت v به طرف چپ چارچوب سکون دستگاه حرکت می‌کند (الف) پیش از آزاد شدن فنرها (ب) پس از آزاد شدن فنرها

نتیجه‌گیری

ما با اســـتفاده از مثال سادهٔ جرم و فنر نشان دادیم که جرم یک دســـتگاه مقید باید علاوه بر جرم اجزای آن شامل انرژی پتانسیل فنرها (یا انرژی بســـتگی به‌طور کلی) باشد تا سازگاری با نسبیت خاص حاصل شـــود. در اینجا نســـبیت خاص با استفاده از تبدیل سرعت‌های نسبیتی بین دو چارچوب وارد کار شد.

منبع

1. Claudio Dib "Mass as a Form of Energy in a simple Example", The physics Teacher,Vol 81, December 2013, pp 546 - 348.

چگونه اجسام سنگین می‌شوند؟ سرشت جـــــرم

دون لینکین[1]
ترجمهٔ احمد توحیدی

اشاره

فیزیک می‌تواند علم وزینی باشد، سرشـــار از جوهر و منزلـــت. بنابراین شاید کاملاً منطقی باشـــد که جرم، یک مبحث مهم آموزشی به شـــمار آید. اما واقعاً، جرم چیست؟ خاســـتگاه و سرشت مهم‌ترین جنبه جهان اطرافمان چیست؟ و آیا تعجب‌آور است که باید به بررسی عمیق این پرسش بپردازیم؟

در این مقاله، امیدوارم هر خواننده را دست‌کم یک بار هم که شده شگفت‌زده کنم.

همهٔ ما شناختی شـــهودی از آنچه جرم است داریم. جرم، مقدار «ماده»ای است که چیزی را می‌سازد. در حالی‌که شاید فیزیک‌دان‌ها شناخت بسیار متنوعی از آن داشته باشند. درک روزمره‌مان دربارهٔ جرم به خویشاوند نزدیک آن یعنی وزن گره خورده اســـت. اشیا با جرم بیشـــتر وزن زیادتری دارند. درک ارتباط میان جرم و وزن از نیمهٔ هزاره گذشـــته آغاز و معلوم شـــد که موضوعی بسیار اساسی و شـــناخته نشده است که گاهی اهمیتی کمتر از ساختار عالم ندارد. بعداً به این موضوع خواهیم پرداخت.

جرم نقشـــی هم در لختی، یعنی تمایل یک شی به حرکت یا ســـکون، دارد و هم در وزن، که نیرویی است که به واسطهٔ گرانی به جســـم وارد می‌شود. ارسطو در سدهٔ چهارم پیش از میلاد ثابت کرد که اشیا با سرعتی متناسب با جرمشان سقوط می‌کنند (و درواقع منظور او از جرم چیزی اســـت که اکنون وزن می‌نامیم).

آزمایش‌های گالیله (شـــکل ۱) در اواخر ســـدهٔ شـــانزدهم همهٔ چیزها را تغییر داد. در ســـال‌های (۱۵۹۲ ـ ۱۵۸۹/ ۹۷۱ تا ۹۶۸) گالیله رفتار اشیاء مختلف را هنگام سقوط تحت‌تأثیر نیروی گرانی بررسی کرد. او دریافت که آن‌ها مستقل از جرمشان سقوط می‌کنند. این تأییدکنندهٔ حس شهودی او بود که به کمک یک آزمایش فکری به دست آورده بود. هر جسم صلب را می‌توان متشکل از دو جسم مجزا در نظر گرفت که وزن یکی از آن‌ها دو برابر دیگری است. وقتی جسم رها می‌شود، هر دو قطعه با آهنگ یکسانی ســـقوط می‌کنند. افزون بر این، گالیله مجسم کرد که اگر واقعاً دو قطعه از هم جدا شـــوند، ســـپس با ریسمانی به هم متصل و بار دیگر رها شـــوند، با هم سقوط می‌کنند نه با آهنگ‌های مختلف. او با این اســـتدلال انتظار داشت بتواند نظریهٔ ارسطو را باطل کند، که همان چیزی بود که در نهایت مشاهده کرد.

▲ شکل ۱. نخستین بینش‌های واقعی دربارهٔ ارتباط جرم، وزن و حرکت به نام گالیله ثبت شده است.

در ســـال (۱۶۵۴/ ۱۰۳۳) وینچنتـــو ویویانـــی شـــاگرد و زندگی‌نامه‌نویس گالیله در کتابـــش داســـتان سقوط گوی‌های گالیله را از بُـــرج کج پیزا نقل کرد. چنین داستانی در نوشته‌های خود گالیله نیامده است. او در کتاب *دو علم نوین* که در سال (۱۶۳۸/ ۱۰۱۷) منتشر

شد تا اندازه‌ای به توضیح آزمایش‌هایی با استفاده از گوی‌های برنزی و سطح شیبدار تخته‌ای می‌پردازد. اگرچه معلمان فیزیک جدید تشخیص خواهند داد که بَرداشت مناسب از این آزمایش‌ها مستلزم در نظر گرفتن ویژگی‌های دورانی جسم است. دو نتیجه اساسی دیگر گالیله آن بود که اجسام با ابعاد یکسان، حرکت مشابهی را (مستقل از جرمشان) خواهند داشت و مسافت پیموده شده توسط جسم به مجذور زمان طی شده بستگی دارد.

نیوتن و هوک

در طول یک دهه یا بیشتر، ایزاک نیوتون (شکل ۲) و رابرت هوک به‌طور مستقل روی نظریهٔ نیروی گرانی کار کردند. آن‌ها رابطه‌ای دوستانه نداشتند و مطالب زیادی دربارهٔ اینکه کدام‌یک اولین بار به این ایده پرداخت نوشته شده است. هوک تندخو و نیوتون بسیار موفق‌تر و کمی کینه‌جو بود به طوری که گفته می‌شود حتی تنها نقاشی از چهرهٔ هوک را از بین برده است. معمولاً تاریخ‌نویس‌ها بر این باورند که هوک نخست فرض کرد نیروی گرانی میان دو جسم به عکس مجذور فاصلهٔ بین آن‌ها بستگی دارد و نیوتون با استفاده از نظریهٔ حسابان پیشرفته جدیدش توضیح داد که این فرضیه درست است. اما نیوتون تحقیق بسیار ژرف‌تری دربارهٔ این موضوع کرد.

قطع نظر از اسناد، فیزیک‌دان‌های جدید از توصیف نیوتون برای یک جسم سبک، به جرم m که دور جسم سنگینی به جرم M در حرکت است استفاده می‌کنند. می‌توان قانون گرانش عمومی نیوتون، $F=\frac{GmM}{r^2}$ را با قانون دوم حرکت نیوتون (برای حرکت دایره‌ای)، $F=ma=\frac{mV^2}{r}$ ترکیب کرد. با مساوی قرار دادن آن دو معادله، می‌بینیم که سرعت جسم سبک در مدار دایره‌ای $V=\sqrt{\frac{GM}{r}}$ است، که در آن r فاصله میان مراکز دو جسم و G ثابت گرانشی است. می‌بینیم که سرعت مداری جسم سبک‌تر به جرمش بستگی ندارد.

این نتیجهٔ شناخته شده‌ای است، اما وارسی دقیق‌تر آن کاملاً شگفت‌انگیز است. دلیل این وضعیت آن است که این محاسبه ساده دو مفهوم متفاوت را با یکدیگر ترکیب می‌کند. اولی جرم گرانشی یعنی کمیت مؤثر در ایجاد نیروست.

اصولاً، جرم گرانشی بار نیروی گرانی است. مفهوم دیگر یعنی جرم لختی، کمیتی است که در برابر تغییر حرکت شی مقاومت می‌کند. به لحاظ نظری، هیچ دلیلی برای یکسان بودن این دو مقدار وجود ندارد. بنابراین، باید با احتیاط بیشتر قانون نیروی گرانی:

$$F=\frac{G\,m_{\text{گرانی}}.M_{\text{گرانی}}}{r^2} \qquad (۱)$$

و معادله نیوتون را برای حرکت دایره‌ای

$$F=ma=\frac{m_{\text{لختی}}V^2}{r} \qquad (۲)$$

بازنویسی کنیم. ما با انتخاب رهیافت دقیق‌تر متوجه می‌شویم که درواقع سرعت جسم با جرم کمتر که در مدار جرم جسم سنگین‌تر می‌گردد عبارت است از:

$$V_{\text{جرم سبک}}=\sqrt{G\left[\frac{m_{\text{گرانی}}}{m_{\text{لختی}}}\right]\frac{M_{\text{گرانی}}}{r}} \qquad (۳)$$

این واقعیت که اجسام با جرم لختی مختلف، اطراف یک جسم سنگین با سرعت یکسانی می‌گردند آشکارا حاکی از آن است که لختی m = گرانی M. چنانچه بعداً خواهم گفت این تأکید که با آزمون‌های تجربی جدی روبه‌رو شده است، نقشی اساسی در نظریهٔ نسبیت عام اینشتین دارد (شکل ۳).

شاید این ایده شناخته شده باشد، اما بیانگر نکته‌ای بسیار بنیادی دربارهٔ نیروهای حاکم بر عالَم است. برای مثال، فرض کنید، همان تحلیلی را که پیش از این استفاده شد، در مورد یک جفت ذرهٔ تحت‌تأثیر نیروی الکتریکی مورد استفاده قرار گیرد. ما باید نیروی کولنی را جایگزین قانون گرانی نیوتون کنیم. k ثابت کولن و $q_{\text{سبک}}$ و $q_{\text{سنگین}}$ به ترتیب بازنمای بارِ جرم‌های سبک و سنگین‌اند، معادله (۳) به‌صورت زیر درمی‌آید:

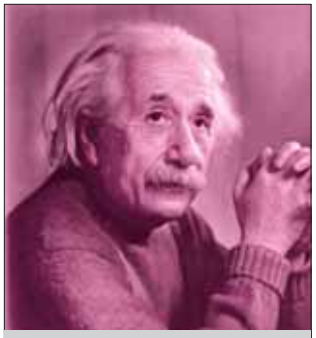
شکل ۲. ایزاک نیوتون و رابرت هوک رقیبان سرسختی بودند که هرکدام مدعی شناخت واقعی رفتار نیروی گرانی هستند. در اینجا تصویر نیوتون می‌بینید که گفته می‌شود تنها نقاشی چهرهٔ هوک را نابود کرده است

$$V=\sqrt{k\left[\frac{q_{\text{سبک}}}{m_{\text{لختی}}}\right]\frac{q_{\text{سنگین}}}{r}} \qquad (۴)$$

در این مورد می‌بینیم که نسبت بار به جرم جسم سبک $\frac{q}{m}$ را داریم و انتظار هم نداشتیم که حذف شوند. این مثال تأکید می‌کند که از چهار نیروی بنیادی شناخته شده (گرانی، الکترومغناطیسی و نیروهای قوی و ضعیف هسته‌ای)، فقط نیروی گرانی به لختی بستگی دارد که پیامدهای عمیقی در شناخت ما از ساختار عالم به همراه دارد.

نظریهٔ نسبیت خاص اینشتین

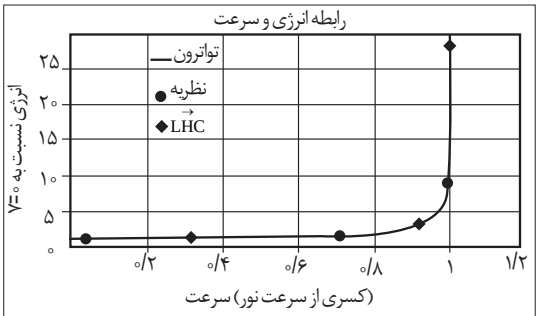
جرم نقشی اساسی در مکانیک بازی می‌کند، اما در حوزهٔ نسبیت هم نقشی بر عهده دارد. شاید بیشترین تأکید نسبیت خاص این باشد که جرم یک جسم با افزایش سرعتش افزایش می‌یابد. این ادعا صرفاً حقیقت ندارد. من این را با کمی نگرانی بیان می‌کنم چون تجربه‌های طولانی و تأسف‌آور به من می‌گویند که شکاکان نسبیت برداشت غلطی از این گزاره می‌کنند. شما نباید این گفته را به‌عنوان نشانه‌ای از عدم پذیرش پیش‌بینی‌های بدون استثنا موفق نسبیت خاص از طرف من بدانید. من چنین نمی‌گویم. نسبیت درست است. آنچه نادرست است بیشتر تعبیرهای رایج از معادله‌های آن است.



▲ شکل ۳. نظریه‌های نسبیت خاص و نسبیت عام اینشتین شناخت مهمی را دربارهٔ ماهیت جرم و نقشی که در بافت واقعیت به عهده دارد در اختیار می‌گذارند.

درست است که گزارهٔ «جرم یک جسم با افزایش سرعت آن افزایش می‌یابد» ولی از لحاظ کیفی و ساده‌لوحانه معقول است، اما چنانکه در شکل ۴ دیده می‌شود افزایش سرعت جسم از ۹۰ تا ۹۵ درصد سرعت نور از افزایش صفر تا ۵ درصد سرعت نور مشکل‌تر است و انرژی بیشتری می‌خواهد (دقیقاً بیشتر از ۷۲۵ مرتبه).

افزون بر این، امکان ندارد جسم را با سرعت‌های بیشتر از سرعت نور شتاب دهیم. اما این گزاره‌ها واقعاً دربارهٔ جرم نیست بلکه دربارهٔ لختی است و در اینجا من علاقه‌مندم دو نکته را بیان کنم، اولاً، در سرعت‌های پایین، جرم و لختی



▲ شکل ۴. نظریهٔ نسبیت اینشتین نشان می‌دهد که رابطه‌ای بسیار غیرخطی بین سرعت و انرژی وجود دارد که اغلب به غلط گفته می‌شود ناشی از تغییر جرم جسم است. داده‌ها نقطه‌های نمودار خروجی برخی اندازه‌گیری‌های انجام شده در شتابدهنده‌های تواترون آزمایشگاه فرمی و مجتمع LHC است.

رابطه‌ای مستحکم با هم دارند. ثانیاً، جرم کمیتی قابل اندازه‌گیری است، در حالی که لختی صرفاً این مفهوم است که اجسام در مقابل تغییر حرکت مقاومت می‌کنند.

بنابراین درست‌تر است که بگوییم *لختی* با افزایش سرعت زیاد می‌شود نه جرم، و فیزیک‌دان‌ها، معلمان و ساده‌نویسان فیزیک باید برای این اشتباه مفهومی سرزنش شوند. منشأ این اشتباه مربوط به دشواری‌هایی است که هنگام ارائه زمینه‌های غیرشهودی نسبیت خاص به دانش‌آموزان روی می‌دهد. معمولاً پس از اینکه تبدیل‌های لورنتس آموزش داده شد، استادان تکانه و انرژی را مورد توجه قرار می‌دهند. معادله‌های نسبیتی برای تکانه، P، و انرژی کل، E، عبارت‌اند از:

$$P=\gamma mV \qquad (۵)$$
$$E=\gamma mc^{۲}$$

که در آن‌ها m جرم، v سرعت، C سرعت نور و $\gamma = \sqrt{۱-(\frac{V}{C})^{۲}}$ است.

وقتی که $v \longrightarrow ۰$ میل می‌کند، $\gamma \longrightarrow ۱$ میل خواهد کرد.

پس، در سرعت‌های پایین، معادله‌ها می‌توانند به‌صورت معادله‌های شناخته شدهٔ $P=mv$ و $E=mc^{۲}$ بازنویسی شوند.

بنابراین چیزی به نام جرم نسبیتی ابداع می‌شود که $m=\gamma m$. جرم جسم در حالت سکون (یعنی وقتی $v=۰$ است) m سکون نامیده می‌شود. معادله‌های شناخته شده نسبیتی $P=mV$ نسبیتی و $P=mC^{۲}$ را می‌توان با این رهیافت بازیافت. آشنایی با این معادله‌ها تکیه‌گاهی برای شاگردان فراهم می‌کند که آن‌ها با پیش‌بینی‌های غیرشهودی نسبیت خاص آشنا شوند. درواقع، فقط یک جرم وجود دارد و آن جرم سکون است. چون یک جرم (لختی) وجود دارد که فقط با نشانه m مشخص می‌شود و لختی در دستگاه‌های نسبیتی γm است.

ایده جرم وابسته به چارچوب را اغلب افرادی با حسن‌نیت اما برداشت غلط از نسبیت، مورد سوءاستفاده قرار می‌دهند. شاید آن‌ها جرم نسبیتی را مثلاً با قانون گرانی نیوتون ترکیب می‌کنند و به نتایج بی‌معنایی می‌رسند. پس شاید توجه به گفت‌وگوی پرشور مفهوم جرم نسبیتی و بحث دربارهٔ امتیازات این مفهوم که در نوشته‌ها یافت می‌شوند ارزشمند باشد.

معادله‌ای دیگر در نسبیت وجود دارد که بینش‌های جالب توجهی را عرضه می‌کند. این معادله، انرژی، تکانه و جرم سکون (که اکنون می‌بینیم تنها جرم است) را به یکدیگر مربوط می‌سازد. این معادله عبارت است از:

$$E^{۲}=(pC)^{۲}+(mC^{۲})^{۲} \qquad (۶)$$

پیام اصلی این معادله را می‌توان ابتدا با بیان آن در دستگاه

یکایی که در آن همهٔ سرعت‌ها برحسب کسری از سرعت نور (به‌طور مثال C=۱) بیان شده‌اند نوشت و سپس عملیات جبری روی آن انجام داد تا به‌صورت زیر درآید.

$$m^2=E^2-p^2 \qquad (۷)$$

این معادله که در هر چارچوبِ مرجعی صحیح است، درواقع، به معنای آن است اگر تکانه و انرژی ذره‌ای را در هر چارچوبی اندازه‌گیری کنید، می‌توانید جرم آن را تعیین کنید. شاید این گزاره از لحاظ ریاضی بدیهی باشد که جرم سکون یک عدد خاص است. اما می‌توان با استفاده از تبدیل‌های لورنتس برای انرژی و تکانه بررسی و تأیید کرد که جرم یک ناوردای لورنتسی در هر چارچوب مرجع یکسان باقی است.

معادله (۷) بسیار مهم است، زیرا در طرف چپ آن یک ناوردای لورنتسی غیرقابل تغییر و در طرف راست آن متغیرهای وابسته به چارچوب مرجع قرار گرفته‌اند. این معادله همچنین ارتباط آشکاری میان انرژی، تکانه و جرم برقرار می‌کند. در ادامهٔ مقاله به اهمیت فوق‌العاده این رابطه خواهیم پرداخت.

نسبیت عام

نظریه نسبیت خاص اینشتین برای محیط بدون نیروی گرانی است. معمولاً نسبیت خاص در چارچوب‌های مرجع بدون شتاب به‌کار گرفته می‌شود، اگرچه معادله‌های آن را می‌توان تعمیم داد.

در سال (۱۹۱۵/ ۱۲۹۴)، اینشتین نیروی گرانی را به نظریهٔ پیشین خود افزود که نتیجهٔ آن به نسبیت عام انجامید. اینشتین از اصل هم‌ارزی استفاده کرد. بر پایهٔ این اصل فرض می‌شود که هم‌ارزی کاملی میان یک میدان گرانشی و یک دستگاه مرجع شتابدار برقرار است. به‌طور خلاصه، ایدهٔ یکسان بودن جرم لختی و جرم گرانشی مؤلفه بدون قید و شرط نسبیت عام است که به پیامدهای شگفت‌انگیز کُند شدن زمان در نواحی میدان‌های گرانشی شدید می‌انجامد که لزوم انعطاف‌پذیری فضا و زمان را می‌طلبد.

اگرچه، بحث در جزئیات خارج از چارچوب این مقاله است، اما نقل سه روایت از اصل هم‌ارزی و اختلاف میان آن‌ها شایان ذکر است.

é هم‌ارزی ضعیف: فرض می‌شود جرم لختی و جرم گرانشی هم‌ارزند. افزون بر این، اثرها موضعی‌اند، به عبارت دیگر آن‌ها در حجم‌های به حدّ کافی کوچک به‌کار برده می‌شوند به طوری که گرادیان میدان گرانشی آن‌ها بارز نیست. سرانجام، اجسام فقط به وسیله نیروهای غیرگرانشی به هم می‌پیوندند. یعنی می‌توان انرژی بستگی گرانشی را نادیده گرفت.

é هم‌ارزی اینشتین: فرض می‌شود اصول هم‌ارزی ضعیف برقرار است و این شرط هم اضافه می‌شود که پیامد یک آزمایش غیرگرانشی در یک آزمایشگاه در حال سقوط آزاد مستقل از سرعت محل آزمایش در فضا ـ زمان است. این هم‌ارز آن است که اصل هم‌ارزی ضعیف را با ناوردایی لورنتس ترکیب کنیم.

é هم‌ارزی قوی: فرض می‌شود بعضی از اصول هم‌ارزی اینشتین برقرار است، اما برخی از شرایط آن تخفیف یافته است. در اولین تغییر، اجسام در دست بررسی می‌توانند با نیروهای گرانشی به یکدیگر پیوند داشته باشند. همچنین این امکان وجود دارد که در حالی‌که قانون‌های گرانش مستقل از سرعت و مکان‌اند، حرکت جسمِ مورد آزمون می‌تواند به هر دو وابسته باشد.

آزمون‌های انجام شده روی انواع مختلف این اصول هیچ نشانه‌ای از غلط بودن آن ندارند. آزمون‌های اصل هم‌ارزی ضعیف شامل همان اصولی است که در آزمایشگاه‌های فیزیک پایه انجام می‌شود. انداختن دو وزنهٔ مختلف و دیدن اینکه آن‌ها با سرعت یکسانی سقوط می‌کنند، بارزترین مثال این مورد در سال (۱۳۵۰/۱۹۷۰) توسط دیوید اسکات[۲] فضانورد انجام شد. او همزمان یک پَر و یک چکش را در سطح کرهٔ ماه رها کرد. آزمون‌های اصول هم‌ارزی اینشتین ابتدا تایید اصل هم‌ارزی ضعیف را می‌طلبند، اما مستلزم آن هم هستند که با انجام آزمایش نشان داده شود که نسبت ضرایب ثابت بدون بُعد و نسبت جرم‌ها با زمان تغییر نمی‌کند و ثابت است. این آزمون‌ها شامل نسبت جرم الکترون به جرم پروتون یا ثابت ساختار ریز است که با شواهد جمع‌آوری شده از تماشای اختروش‌های دوردست و یا به‌وسیلهٔ اطلاعاتی که از راکتور طبیعی شکافت هسته‌ای اُکلو[۳] به‌دست آمده تعیین شدند. این راکتور در واقع یک معدن اورانیم در گابن است که در حدود دو میلیارد سال پیش واکنش‌های هسته‌ای طبیعی در آن روی داده است. آزمون دیگر هم‌ارزی اینشتین آزمایش پوند - ربکا[۴] است که یکسان بودن قانون‌های فیزیک را وقتی که اجسام انتقال پیدا می‌کنند بررسی می‌کند. این روش همچنین می‌تواند انتقال به سرخ‌گرانشی را بیازماید.

آزمون‌های اصل هم‌ارزی قوی در جست‌وجوی تغییرات گرانشی G برحسب زمان است. یکی از آن‌ها از دستگاه‌های ردگیر فاصله زمین و ماه ناسا استفاده کرد. آزمون‌های دیگر در جست‌وجوی «نیروی پنجم» است که به معنای تغییر سرشت نیروی گرانی از رفتار $\frac{۱}{r^۲}$ مورد انتظار است.

موفقیت‌های نسبیت ما را وامی‌دارد نتیجه بگیریم اصل هم‌ارزی جرم لختی و جرم گرانشی که نخست در کلاس‌های فیزیک مقدماتی ارائه می‌شود خودش پیوندی نزدیک با بافت

نظریه نسبیت خاص اینشتین برای محیط بدون نیروی گرانی است. معمولاً نسبیت خاص در چارچوب‌های مرجع بدون شتاب به‌کار گرفته می‌شود، اگرچه معادله‌های آن را می‌توان تعمیم داد

کیهان دارد. اما نمی‌دانیم چرا؟ این صرفاً یک اصل اثبات‌شده نسبیت عام است و این ایده که لختی به‌وسیلهٔ عواملی به نیروی گرانی ارتباط دارد که با دیگر نیروها اختلاف دارد، می‌تواند سرنخی واقعی در این مورد باشد که نظریه غایی فیزیک باید چگونه باشد.

میدان هیگز

تاکنون، موضوع بحث‌مان به رفتار جرم محدود بوده است، اما هنوز به خاستگاه جرم نپرداخته‌ایم. برای انجام این کار نیازمندیم از دستاوردهای فیزیک نیم قرن گذشته کمک بگیریم.

در سال‌های ۱۹۶۰ فیزیک‌دان‌ها راه‌هایی را بررسی می‌کردند تا ثابت کنند نیروی ضعیف و نیروی الکترومغناطیسی دارای خاستگاه مشترکی هستند. پژوهشگران با استناد کردن به یک اَبَربار ضعیف و یک ایزواسپین موفق به وحدت این دو در قالب اَلکتروضعیف شدند، گرچه به نظر می‌رسد تلاششان حاوی یک نقص جدی است. معلوم شد که ذراتِ منتقل‌کنندهٔ نیروهای ضعیف و الکترومغناطیسی بی‌جرم و در نتیجه دارای بُرد بی‌نهایت هستند. اگرچه، این ویژگی برای فوتون وجود داشت، اما این پیش‌بینی با اندازه‌گیری‌های بُرد ضعیف که از مرتبهٔ 10^{-18} متر به‌دست آمد کاملاً ناسازگار بود. این اختلاف در سال ۱۹۶۴ وقتی حل شد که گروهی از دانشمندان متشکل از رابرت براوت،[5] فرانسوا انگلرت[6] و پیتر هیگز[7] میدان‌های اسکالری را مطرح کردند که به لحاظ نظری با بوزون‌های پیش‌بینی شده الکتروضعیف برهم‌کنش می‌کردند و فوتون‌های مشاهده شدهٔ بدون جرم نیروی الکترومغناطیسی و بوزون‌های جرم‌دار نیروی ضعیف W و Z را تولید می‌کردند.

میدان جرم‌دهنده کوانتیده است و باعث تولید ذره پیش‌بینی شده‌ای می‌شود که اکنون بوزون هیگز نام دارد. کشف بوزون هیگز در سال ۲۰۱۲ اعلام شد. اندازه‌گیری‌های انجام شده در بین این سال‌ها، نتیجه‌گیری‌هایی را که طی نیم سدهٔ گذشته با کشف بوزون هیگز پیش‌بینی شده بود تقویت کردند.

هنوز معماهایی در نظریهٔ هیگز باقی‌مانده است. اگرچه اکنون ما بر این باوریم که کوارک‌ها، لپتون‌های باردار، و بعضی از بوزون‌های حامل نیرو در میدان هیگز دارای جرم می‌شوند، اما کاملاً درک نمی‌کنیم چرا بعضی از ذرات جرمی بیشتر از دیگران دارند. آسان‌ترین پاسخ آن است که، هر ذره باید دارای نوعی بار باشد که با میدان هیگز برهم‌کنش می‌کند. آن‌هایی که با میدان هیگز بیشتر برهم‌کنش می‌کنند در نهایت جرم بیشتری به‌دست می‌آورند. البته باید به نکته مهمی توجه کرد. اغلب گفته می‌شود هر چه جرم اجسام بیشتر باشد برهم‌کنششان با میدان هیگز بیشتر است. اما در اینجا رابطهٔ علت و معلولی برعکس شده است. برهم‌کنش علت، و جرم معلول است. بر پایهٔ این ویژگی بار هیگز بنیادی‌تر از جرم است. هنوز نظریهٔ تأییدشده‌ای وجود ندارد که این بارها را به‌طور پیشینی پیش‌بینی کند.

اگر شما بخواهید بفهمید منشأ جرمتان چیست، باید اتم‌هایی را در نظر بگیرید که از آن تشکیل شده‌اید. اگر جرم اتم‌ها را جمع کنید، به مقداری مساوی جرمتان دست خواهید یافت

نیروی قوی

شاید فکر کنید با کشف بوزون هیگز شناخت ما از خاستگاه جرم کامل و به پایان خود نزدیک شده است. با این همه، ساده‌سازی‌های علمی اخیر در این مورد آسیب بزرگی به شیفتگان علم و حتی معلمان فیزیک و دیگر مصرف‌کنندگان نه‌چندان فرهیختهٔ علم رسانده است. معلوم شده است که میدان هیگز علت به‌وجود آمدن جرم مادهٔ معمولی نیست.

اگر شما بخواهید بفهمید منشأ جرمتان چیست، باید اتم‌هایی را در نظر بگیرید که از آن تشکیل شده‌اید. اگر جرم اتم‌ها را جمع کنید، به مقداری مساوی جرمتان دست خواهید یافت. در کاوش ژرف‌تر درون اتم، با پروتون‌ها، نوترون‌ها و الکترون‌ها روبه‌رو خواهید شد. پروتون‌ها و نوترون‌ها در هسته و دارای جرم تقریباً یکسان‌اند، بنابراین می‌توانیم آن‌ها را در یک گروه مشترک به نام نوکلئون‌ها جمع کنیم. برعکس، جرم الکترون فقط حدود ۵ صدم درصد جرم یک نوکلئون است و بنابراین سهم جرم الکترون‌ها در جرم ماده معمولی ناچیز است. با این حال، اگر جرم نوکلئون‌هایتان را با هم جمع کنید، به عددی نسبتاً نزدیک به جرمتان خواهید رسید.

در کاوش باز هم ژرف‌تر در کوچک‌ترین ذرات شناخته‌شدهٔ ماده، به کوارک‌ها خواهیم رسید. می‌دانیم که نوکلئون‌ها از سه کوارک تشکیل شده‌اند. بنابراین انتظار داریم که جرم هر کوارک در حدود یک سوم جرم هر نوکلئون باشد. اما در اینجا است که با وضعیت جالب توجهی روبه‌رو می‌شویم. اگر جرم کوارک‌هایی که بدنتان از آن‌ها تشکیل شده است را با هم جمع کنید، به جرمی در حدود یک یا دو درصد جرم بدنتان دست خواهید یافت. این کاملاً خلاف چیزی است که هنگام جمع کردن جرم نوکلئون‌های تشکیل‌دهنده بدنتان روی داد.

بنابراین، منشأ جرمتان از کجاست؟ دربارهٔ آنچه در هر نوکلئون اتفاق می‌افتد کمی فکر کنید. در ساده‌ترین مدل، هر نوکلئون دارای سه کوارک است که در کره‌ای با شعاعی از مرتبه فمتومتر (10^{-15} m) محصور شده‌اند. آن‌ها با سرعتی نزدیک به سرعت نور حرکت می‌کنند. با استفاده از معادله (۵) خواهید که γ بزرگ است و بنابراین آن‌ها انرژی قابل ملاحظه‌ای به‌ویژه از نوع جنبشی خواهند داشت. افزون بر این، این ذرات در حجم کوچکی محصور شده‌اند و با سرعتی تقریباً نزدیک به سرعت نور حرکت می‌کنند. این وضعیت مستلزم وجود نیروهای بستگی بسیار قوی است که به مقدار انرژی پتانسیل فوق‌العاده‌ای در هر نوکلئون می‌انجامد.

به‌علاوه، وقتی از حرکت کوارک‌ها در یک نوکلئونِ در

حال سکون انتگرال‌گیری کنیم، می‌بینیم که مجموع تکانه متوسطشان صفر می‌شود. بنابراین می‌توان با استفاده از معادله (۷) مقدار عظیم انرژی را که خاستگاه ۹۸ تا ۹۹ درصد از جرم بدنتان است پیدا کنید. به‌طور خلاصه، جرم شناخته شده، تقریباً ناشی از انرژی جنبشی و پتانسیل کوارک‌های درون بدنتان است.

منشأ بقیهٔ جرم برهم‌کنش بارهای هیگز کوارک‌ها و لپتون‌ها در میدان هیگز است. این برهم‌کنش‌ها شبیه همان برهم‌کنش بارهای الکتریکی در میدان‌های الکتریکی است که انرژی پتانسیل را به‌وجود می‌آورد. بنابراین، مجبوریم نتیجه بگیریم که کاملاً صحیح نیست بگوییم جرم و انرژی هم‌ارزند. بلکه درست‌تر آن است که بگوییم جرم چیزی نیست جز انرژی متراکم. اگر آگاهی به‌دست آمده را با پیروزی‌های مشاهده شده در نسبیت عام ترکیب کنیم می‌توانیم نتیجه بگیریم، انرژی متراکم است که فضا زمان را واپیچیده می‌کند.

معماهای باقی‌مانده

با توجه به آشنایی معمولی با موضوع به نظر می‌رسد بررسی جرم بسیار کسل‌کننده باشد. اما، چنانکه مشاهده کردیم، شاید بررسی‌های سرشت جرم در سطح ژرف و بنیادی باعث شگفتی‌مان شود. اینجا پرسش‌هایی را مطرح می‌کنیم که هنوز به آن‌ها پاسخ داده نشده است.

در حالی‌که خاستگاه جرم اتم‌های ماده معمولی را می‌دانیم، این را هم می‌دانیم که جرم ماده معمولی فقط ۵ درصد از مادهٔ عالم را تشکیل می‌دهد. طبق برآوردهای جدید جرم مادهٔ تاریک که ورا روبین[8] آن را عامه‌پسند کرد (شکل ۵)، ۵ برابر ماده معمولی است. ماده تاریک عملاً هنوز کشف نشده است. بنابراین باید جانب احتیاط را رعایت کنیم، اما باید متوجه باشیم که بر فرض که وجود داشته باشد، خاستگاه این ماده عجیب را نمی‌دانیم. آیا ماده تاریک جسم مرکبی مانند نوکلئون است؟ آیا مادهٔ تاریک جرمش را از برهم‌کنش با میدان هیگز به دست می‌آورد؟ یا در اینجا پدیدهٔ دیگری تأثیرگذار است؟

دومین معما به نوترینوها مربوط می‌شود، نوترینوها، بخش شناخته‌شده‌ای از گروه مادهٔ معمولی هستند. اما اینکه جرمشان را از کجا به دست می‌آورند هنوز مشخص نشده است. آن‌ها می‌توانند جرمشان را از برهم‌کنش‌هایی با میدان هیگز به‌دست آورند، اما به نظر می‌رسد که نوترینوها با کوارک‌ها و لپتون‌های دیگر فرق دارند. فوتون و گلوئون (ذره‌ای که کوارک‌ها را به یکدیگر پیوند می‌دهد) بدون جرم‌اند، در حالی‌که الکترون، سبک‌ترین لپتون، جرمی در حدود $۵۱۱\frac{kev}{c^۲}$ دارد و جرم کوارک بالا (سبک‌ترین کوارک) در حدود $۱۷۲\frac{Gev}{c^۲}$ است. برعکس، مجموع جرم‌های سه طعم نوترینوها کم‌تر از $۰/۰۳\frac{ev}{c^۲}$ است.

شکل ۵. ورا روبین اندازه‌گیری‌های مهم سرعت‌مداری ستارگان داخل کهکشان‌ها را بر حسب فاصله‌هایشان از مرکز کهکشان انجام داد. متأسفانه او که اخیراً در گذشته است پاسخ به پرسش‌های ناشی از کشفیات خود را نخواهد دید.

به نظر می‌رسد با توجه به اینکه جرم لپتون‌های باردار، کوارک‌ها، بوزون‌های حامل نیرو از مرتبه یک MeV تا چند صد Gev است، جرم بسیار پایین اما غیرصفر نوترینوها دست‌کم این امکان را به‌وجود می‌آورد که آن‌ها جرمشان را از منبع دیگری به‌دست می‌آورند. اینکه این چه سازوکاری می‌تواند باشد هنوز شناخته نشده است، اما چندین ایدهٔ خلاقانه پیشنهاد شده است. یکی از پیشنهادها به دسته‌ای از نوترینوها که هنوز کشف نشده‌اند اشاره دارد که نوترینوهای سترون نامیده می‌شوند. آن‌ها برخلاف نوترینوهای معمولی که با نیروی ضعیف برهم‌کنش می‌کنند، جرم کمی دارند و فقط دارای اسپین‌های چپگردند. نوترینوهای سترون با نیروی ضعیف برهم‌کنش نمی‌کنند، جرم دارند و دارای اسپین‌های راستگردند. جرم نوترینوهای معمولی به نوترینوهای سترون با یک معادله مربوط می‌شود، *مقداری ثابت* = سترونm × معمولm. بنابراین اگر جرم یکی زیاد شود (مثلاً نوترینوهای سترون) جرم دیگری کم خواهد شد. به این رابطه به شوخی سازوکار الاکلنگی گفته می‌شود.

سرانجام، فیل بزرگی در اتاق تاریک فیزیک نظری قرار دارد. نسبیت عام در جهان کوانتومی کارساز نیست. بنابراین، اگرچه، هم‌ارزی جرم لختی و جرم گرانشی در مقیاس‌های بزرگ به وضوح نشان داده می‌شود و پیامد آن به سازگاری فضا و زمان و نظریه نسبیت عام می‌انجامد، اما آنچه در مقیاس‌های کوچک (زیراتمی) روی می‌دهد برایمان ناشناخته است. می‌دانیم که جرم زیراتمی در واقع صرفاً انرژی است و همچنین جرم لختی ذرات زیراتمی را اندازه‌گیری کرده‌ایم، اما نمی‌دانیم چگونه نیروی گرانی در قلمرو زیراتمی تأثیر می‌گذارد. پس شاید وقتی نظریهٔ مناسبی برای گرانی کوانتومی پرداخته شود هم‌ارزی جرم لختی یا گرانشی / انرژی نقض شود. اما این را هنوز نمی‌دانیم. در واقع بدون شک جرم مفهوم آشنایی است، اما از موضوع‌هایی است که اغلب در سطح بنیادی ناشناخته مانده است. ادامهٔ بررسی‌های مجدد، چیزهای زیادی را دربارهٔ ژرف‌ترین اسرار عالم برایمان خواهد گفت.

پی نوشت‌ها

1. Don Lincoin
2. David Scott
3. Oklo
4. Pound - Rebka
5. Robert Brout
6. Francois Englert
7. Peter Higgs
8. Vera Rubin

* How Things Get Heavy: The Nature of Mass Don Lincoin

منبع

The PHYSICS TEACHER. Vol 55, OCTOBER 2017.

بررسی فعالیت‌های مکمل کتاب فیزیک(۱) رشته ریاضی و فیزیک پایه دهم و تطابق آن با کتاب آزمایشگاه علوم تجربی

عاطفه عارفی
کارشناس ارشد فیزیک، دبیر مرکز استعدادهای درخشان فرزانگان، قوچان

چکیده
کتاب‌های درسی مهم‌ترین ابزار برای نظام آموزشی یک کشور است. اگر تغییری در نظام آموزشی پدید آید به دنبال آن تغییراتی در کتاب‌ها و منابع درسی نیز به وجود می‌آید. یکی از مهم‌ترین شاخصه‌های تألیف کتاب درسی همگام بودن با دانش و اطلاعات پیشین و موازی دانش‌آموزان است. در این مقاله سعی بر آن شده که وابستگی مطالب کتاب فیزیک(۱) رشته ریاضی و فیزیک با کتاب آزمایشگاه علوم تجربی مورد بررسی و کنکاش قرار گیرد. بررسی نشان می‌دهد که این دو کتاب به خوبی با یکدیگر در ارتباط‌اند.

کلیدواژه‌ها: کتاب فیزیک(۱) رشته ریاضی و فیزیک، کتاب آزمایشگاه علوم تجربی

۱. مقدمه
نظام آموزشی هر کشور، با توجه به سیاست‌های آموزشی و فرهنگی آن مشخص می‌شود. کتاب‌های درسی که برای آموزش در مراکز آموزشی کشورها تهیه می‌شود، یکی از ابزارهای قدرتمند برای رسیدن به اهداف تعیین شده آموزش‌وپرورش کشورها است. در ایران نیز، مانند دیگر کشورها به موضوع تدوین و تألیف کتاب‌های درسی اهمیت ویژه‌ای داده می‌شود. جریان تغییر نظام آموزشی در چند سال اخیر باعث تغییرات در کتاب‌های درسی و حتی خلق عناوین جدید شده است. یکی از این عناوین جدید کتاب آزمایشگاه علوم تجربی است. در تألیف کتاب‌های درسی برای یک سال تحصیلی سعی بر آن است که کتاب‌های درسی که در ارتباط با هم هستند، همگرایی با هم داشته باشند. در این مقاله سعی بر آن شده است که مطالب کمک‌کننده به مبحث مورد بحث در دو کتاب تازه‌تألیف فیزیک(۱) رشتهٔ ریاضی‌فیزیک و مطالب مرتبط کتاب آزمایشگاه علوم تجربی مورد بررسی و نقد قرار گیرد. هرچند مرزبندی بین رشته‌ها در کتاب آزمایشگاه علوم مشخص نیست و هدف این کتاب شناخت علوم تجربی است نه یک رشته خاص، اما به دلیل اینکه با کتاب فیزیک(۱) رشته ریاضی‌فیزیک، بررسی می‌شود، آزمایش‌های فیزیک مورد توجه قرار گرفته است.

در ادامه برای راحتی کار به جای استفاده از عنوان کتاب فیزیک(۱) رشته ریاضی‌فیزیک، از عنوان کتاب فیزیک(۱) استفاده می‌شود.

۲. بررسی فصل‌های کتاب فیزیک(۱) و مطالب مرتبط با آن در کتاب آزمایشگاه علوم تجربی
کتاب فیزیک(۱) دارای پنج فصل است. این پنج فصل مباحث مختلفی را مورد بررسی قرار می‌دهد. در این کتاب پس از مطلب اصلی درس، برای درک و فهمیدن بهتر آن از تصاویر، تمرین، مثال، فعالیت و... استفاده شده است.

کتاب آزمایشگاه علوم‌تجربی نیز دربرگیرنده آزمایش‌هایی از رشته‌های زمین‌شناسی، زیست‌شناسی، شیمی و فیزیک است. این کتاب می‌تواند در جبران جایگاه آزمایش و آزمایشگاه در نظام آموزشی نقش مهمی داشته باشد. مطالب مکمل درسی از کتاب فیزیک(۱) و آزمایش‌های مربوط به رشته فیزیک از کتاب آزمایشگاه علوم تجربی برای هر فصل در زیر مورد بررسی قرار گرفته است.

۱.۲. بررسی فصل اول فیزیک(۱) و مطالب مرتبط با آن در کتاب آزمایشگاه علوم تجربی
در این فصل علم فیزیک، به‌عنوان علمی تجربی معرفی شده است. مفهوم و روش اندازه‌گیری در آن نقش اساسی دارد و در آخر فصل نیز مفهوم چگالی معرفی شده است. در فصل اول کتاب فیزیک (۱)، مطالب و فعالیت‌هایی برای درک بهتر موضوع مورد مطالعه قرار داده شده است. فهرست این مطالب در جدول شماره (۱) قابل مشاهده است.

کتاب آزمایشگاه علوم‌تجربی(۱) نیز در مباحث اندازه‌گیری

جدول شماره (۱): مطالب مکمل فصل اول کتاب فیزیک(۱)

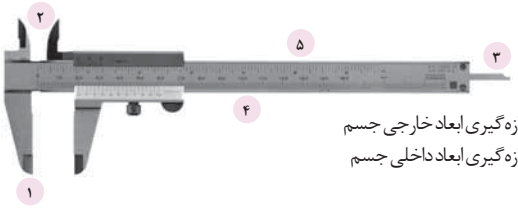
عنوان مطلب	صفحه	مبحث
خوب است بدانید	۳	تاریخ علم
فعالیت۱-۱	۴	کاربرد علم فیزیک در فناوری
فعالیت۱-۲	۸	اندازه‌گیری
فعالیت۱-۳	۹	اندازه‌گیری
شکل ۱-۸	۱۴	خطای اندازه‌گیری
شکل ۱-۱۰	۱۵	میانگین گیری عددهای بدست آمده در اندازه‌گیری
شکل ۱-۱۱	۱۵	دقت اندازه‌گیری
مثال۱-۲	۱۶	دقت و خطا در اندازه‌گیری
تمرین ۱-۴	۱۷	گزارش اندازه‌گیری
فعالیت ۱-۵	۱۷	معرفی کولیس و ریزسنج
فعالیت ۱-۶	۱۸	طراحی آزمایش اندازه‌گیری
خوب است بدانید	۱۸	رقم‌های با معنا
فعالیت ۱-۷	۲۳	چگالی
فعالیت ۱-۸	۲۳	چگالی
پرسش ۱-۵	۲۳	چگالی
خوب است بدانید	۲۴	چگالی

و چگالی آزمایش‌هایی را مورد بررسی قرار داده است. فهرست این آزمایش‌ها در جدول(۲) آورده شده است.

در این فصل فعالیت ۱-۱و ۱-۴ کار تحقیقی و فعالیت ۱-۲ و ۱-۳ معرفی یکاهای قدیمی در جهت آشـــنایی با فرهنگ اندازه‌گیری در ایام قدیم مطرح شـــده، که به نوبه خود قابل تأمل است. در ادامه، مطالب به‌طور مستقیم در ارتباط با بالا بردن ســـطح یادگیری دانش‌آموزان است. فعالیت ۱-۵ دقیقاً بـــا آزمایش‌های اندازه‌گیری ابعاد یک لوله و اندازه‌گیری‌هایی به ضخامت یک برگ کاغذ، یکســـان و تکراری است. با توجه به کمبود ســـاعت تدریس این درس بهتر است این فعالیت از کتاب فیزیک(۱) حذف شود[۴].

جدول شماره (۲): آزمایش‌های مربوط به فصل اول کتاب فیزیک(۱) در کتاب آزمایشگاه علوم‌تجربی

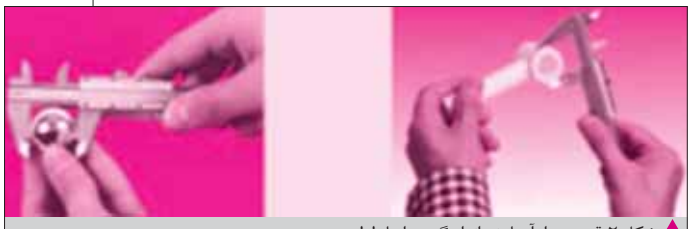
عنوان آزمایش	نوع آزمایش	صفحه	مبحث
اندازه‌گیری ابعاد یک لوله	آزمایش‌های دستور عملی	۱۰۲	کار با کولیس
اندازه‌گیری.. به ضخامت ...کاغذ	آزمایش‌های دستور عملی	۱۰۴	کار با ریزسنج
چگونه قطر نخ ۰۰	آزمایش‌های کاوشگری	۱۳۸	اندازه‌گیری
نی غواص	آزمایش‌های مربی	۴۶	چگالی- اصل پاسکال
چگالی	آزمایش‌های دستور عملی	۱۰۸	چگالی
چگالی سنج‌ساده ساخت	آزمایش‌های کاوشگری	۱۴۰	چگالی، نیروی شناوری



(الف)
۱. شاخک‌های اندازه‌گیری ابعاد خارجی جسم
۲. شاخک‌های اندازه‌گیری ابعاد داخلی جسم
۳. عمق‌سنج
۴. درجه‌بندی اصلی با دقت میلی‌متر
۵. درجه‌بندی ورنیه

(ب)
۱. استوانه مدرج ثابت
۲. استوانه مدرج چرخان
۳. پیچ هرزگرد
۴. قفل
۵. فک ثابت (سندان)
۶. فک متحرک (زبانه)

شکل ۱. وسیله‌های اندازه گیری کولیس و ورنیه

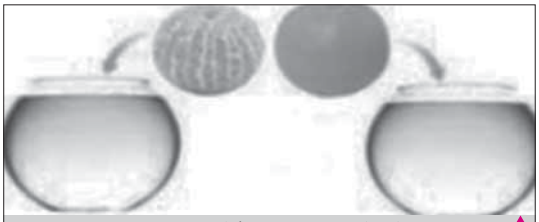


شکل ۲: قسمتی از آزمایش اندازه‌گیری ابعاد لوله

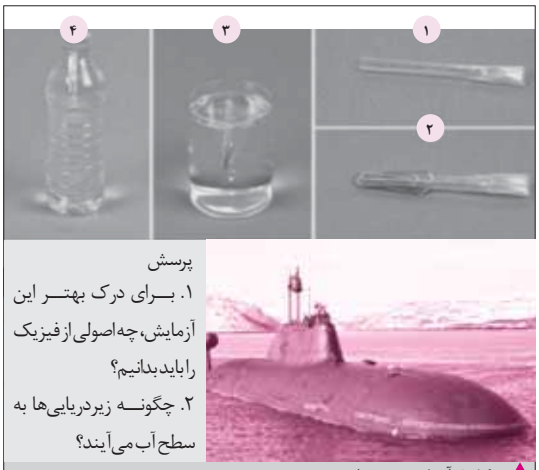
فعالیت ۱-۶، فعالیتی هوشمندانه در جهت خلاقیت و تفکر دانش‌آموز است. خوب اســت بدانید صفحه ۱۸ که در مورد مفهوم و شــناخت ارقام با معنا و تفاوت دقت و صحت نوشته شده، جابه‌جا بیان شده است.

شکل ۳. نشان دادن تفاوت دقت و صحت در خوب است بدانید

فعالیت ۱-۷ فعالیتی قابل انجام در کلاس درس اســت، از طرفی دانش‌آموز را وادار به تفکر می‌کند. فعالیت ۱-۸ نیز در واقع انجام آزمایش‌هایی ساده، خلاقانه و زیبا است.


شکل ۴. قسمتی از فعالیت ۱-۷، مبحث چگالی

در کتاب آزمایشگاه علوم‌تجربی مباحث فصل اول به خوبی پوشش داده شده است. اما برای مطلب اندازه‌گیری، آزمایش ســاده و جذاب (بخش آزمایش مربی) در نظر گرفته نشــده اســت. به همین علت احساس می‌شــود برای مطلبی که در اول کتاب فیزیک(۱) به آن پرداخته شــده است، آزمایشگاه علوم‌تجربی به آن دیرتر می‌پردازد. همچنین بهتر بود مطلبی در مورد نحوه مدرج کردن دســتگاه‌های دیجیتال نیز در این کتاب گنجانده می‌شــد. در مبحث چگالی آزمایش‌ها بسیار خوب انتخاب شده است.



پرسش
۱. بــرای درک بهتــر این آزمایش، چه اصولی از فیزیک را باید بدانیم؟
۲. چگونــه زیردریایی‌ها به سطح آب می‌آیند؟
شکل ۵. آزمایش نی غواص

۲.۲. بررسی فصل دوم فیزیک (۱) و مطالب مرتبط با آن در کتاب آزمایشگاه علوم‌تجربی

فصل دوم فیزیک(۱) با توجه به اطلاعاتی که دانش‌آموزان از پایه هفتم و نهم خود دارند، تدوین شــده است. این فصل در کتاب فیزیک(۱) نسبت به بقیه فصل‌ها دارای فعالیت‌های کمتری است. بیشتر با شکل، مثال و تمرین‌های محاسباتی به درک مطالب فصل پرداخته شده است.

پرسش ۲.۲
شخصی جسمی را یک بار با طنابی بلند (شکل الف) و بار دیگر با طنابی کوتاه‌تر (شکل ب) روی سطحی هموار می‌کشد. اگر جابه‌جایی و کاری که این شخص در هر دو بار روی جعبه انجام می‌دهد یکسان باشد، توضیح دهید در کدام حالت، شخص نیروی بزرگ‌تری وارد کرده است. اصطکاک را در هر دو حالت، ناچیز فرض کنید.
شکل ۶. پرسش ۲-۲، بررسی تأثیر زاویه بین نیرو و جابه‌جایی

مثال‌ها و پرســش‌های مطرح شــده در بین مطالب فصل، هدفدار است و به خوبی مهارت حل مسئله را در دانش‌آموزان تقویــت می‌کنــد. همچنین نکات مفهومــی را که مرتبط با موضوع مورد بحث است خاطر نشــان می‌کند. تنها فعالیت فصل، فعالیت ۲-۱ صفحه ۴۶ اســت که در آن به تبدیل‌های انرژی پرداخته شده است.

فعالیت ۱.۲
یک فنر فلزی یا پلاستیکی نرم و نسبتاً بلند اختیار کنید. فنر را مطابق شکل بالا، از یک طرف آن در امتداد قائم آویزان کنید. ابتدا پیش‌بینی کنید که با رها کردن فنر چه اتفاقی می‌افتد؟ فنر را رها کنید و با دقت، تمامی تبدیل‌های انرژی آن را بررسی کنید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید. اگر دوربین با امکان ضبط و پخش آهستهٔ فیلم در اختیار دارید، فیلمی از این فعالیت تهیه کنید و آن را به‌طور آهسته مشاهده کنید.
شکل ۷. فعالیت ۲-۱، بررسی تبدیل‌های انرژی

در کتاب آزمایشــگاه علوم‌تجربی مطالبی که ارتباط با این فصل کتاب دارند در جدول شماره (۳) جمع‌آوری شده است.

جدول شماره(۳): آزمایش‌های مربوط به فصل دوم کتاب فیزیک(۱) در کتاب آزمایشگاه علوم‌تجربی

عنوان آزمایش	نوع آزمایش	صفحه	مبحث
انرژی به انرژی	آزمایش‌های مربی	۴۹	تبدیل انرژی
انتقال انرژی	آزمایش‌های مربی	۵۰	انتقال انرژی
از گرما تا حرکت	آزمایش‌های مربی	۵۲	تبدیل انرژی- ماشین گرمایی
قایق بخار	آزمایش‌های مربی	۵۳	تبدیل انرژی- ماشین گرمایی

آزمایش‌های مطرح شده در این موضوع‌ها به خوبی اهداف مشخص شده را برای دانش‌آموز بیان می‌کند. دو آزمایش از گرما تا حرکت و قایق بخار بین فصل دوم و فصل پنجم مشترک است. جای یک آزمایش که نشان دهد نحوه کشیدن جسم در جابه‌جایی آن مؤثر است، خالی است.

۳.۲. بررسی فصل سوم فیزیک(۱) و مطالب مرتبط با آن در کتاب آزمایشگاه علوم‌تجربی

حالت‌های ماده، معرفی دو مطلب جدید پلاسما و نانو، نیروهای بین مولکولی، فشار، اصل ارشمیدس و اصل برنولی در فصل سوم مورد بحث و بررسی است.

مطالب مکمل برای درک بهتر، در این فصل در جدول شماره (۵) گردآوری شده است.

در کتاب آزمایشگاه علوم‌تجربی نیز در خصوص مفاهیم مورد بحث در فصل سوم آزمایش‌هایی گنجانده شده است که در جدول شماره (۴) نشان داده شده است.

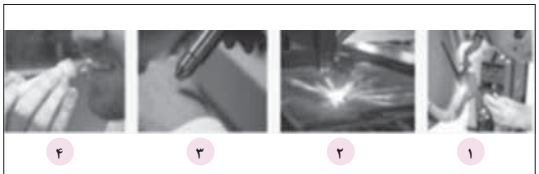
جدول شماره (۵): مطالب مکمل فصل سوم کتاب فیزیک(۱)

عنوان مطلب	صفحه	مبحث
شکل۳-۲ و ۳-۳	۶۲	ساختار جامدها
فعالیت ۳-۱	۶۳	تبدیل حالت مواد
شکل ۳-۴	۶۳	پدیده پخش
فعالیت ۳-۲	۶۴	تفاوت تراکم‌پذیری
شکل ۳-۷	۶۴	حرکت براونی
پرسش ۳-۱	۶۵	پدیده پخش در گازها
خوب است بدانید	۶۵	معرفی پلاسما
مثال مفهومی ۳-۱	۶۷	نانو
فعالیت ۳-۳	۶۸	نانو
فناوری و کاربرد	۶۸	نانو
شکل ۳-۹	۶۹	نیروی هم‌چسبی
پرسش ۳-۳	۶۹	نیروی هم‌چسبی
شکل ۳- ۱۰ و فعالیت۳-۴	۶۹ و۷۰	کشش سطحی
شکل ۳-۱۱، پرسش ۳-۴، فعالیت ۳-۵ و۳-۶	۷۰ و ۷۱	نیروی دگرچسبی
شکل۳-۱۲، فعالیت ۳-۷	۷۱ و ۷۲	اثر مویینگی
شکل ۳-۱۴، پرسش۳-۵	۷۳ و ۷۴	فشار در مایعات
شکل ۳-۱۸	۷۶	فشار هوا
پرسش ۳-۶	۷۸	رابطه فشار با چگالی
فناوری و کاربرد	۷۹	فشارسنج
تمرین ۳-۵، خوب است بدانید	۸۰	فشار پیمانه‌ای
فعالیت ۳-۹ و۱۰ پرسش ۳-۷ و ۸ شکل ۳-۲۴، فناوری و کاربرد، خوب است بدانید	۸۱ تا ۸۳	اصل ارشمیدس
شکل۳-۲۵، ۳-۲۷، ۳-۳۰، ۳-۳۱، پرسش ۳-۳، ۹-۱۰، فعالیت ۳-۱۱، خوب است بدانید	۸۶ تا ۸۸	اصل برنولی

جدول شماره (٤): آزمایش‌های مربوط به فصل سوم کتاب فیزیک(۱)در کتاب آزمایشگاه علوم

عنوان آزمایش	نوع آزمایش	صفحه	مبحث
مولکول‌ها دست در دست هم	آزمایش‌های مربی	۴۳	مویینگی
پرده‌ای از آب	آزمایش‌های مربی	۴۴	کشش سطحی
اقیانوسی از هوا	آزمایش‌های مربی	۴۵	فشار هوا
فشار مایع به.. بستگی دارد؟	آزمایش‌های کاوشگری	۱۴۹	فشار مایعات
شناوری	آزمایش‌های مربی	۴۷	اصل ارشمیدس
پرسرعت اما کم فشار	آزمایش‌های مربی	۴۸	اصل برنولی
اصل ارشمیدس	آزمایش‌های دستورالعملی	۱۰۸	اصل ارشمیدس

فصل سوم فیزیک(۱)، از فصل‌های جذاب کتاب است و این جذابیت را دانش‌آموزان در حین تدریس حس می‌کنند [۴]. در مورد معرفی پلاسما به یک پاراگراف و چند تصویر در خوب است بدانید بسنده شده، بهتر بود در مورد این مطلب اطلاعات بیشتر در اختیار دانش‌آموزان این زمان که مشتاق خواندن مطالب جدید و به روز هستند قرار داده می‌شد.

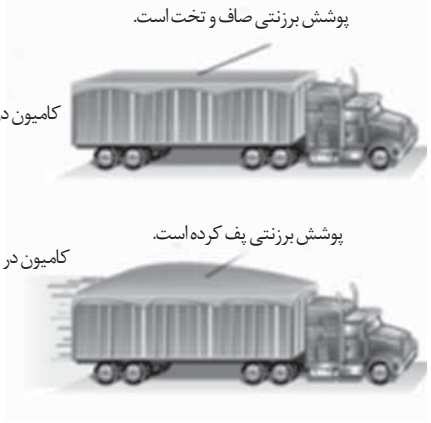


۱. جوشکاری با پلاسما
۲. برش کاری با پلاسما
۳. کاربرد پلاسما در پزشکی
۴. کاربرد پلاسما در دندانپزشکی

شکل ۸. خوب است بدانید صفحه ۶۵، معرفی پلاسما

فناوری و کاربرد صفحه ۶۸ می‌توانست برای دانش‌آموزان به‌طور مناسب‌تری به طور مثال از کاربرد علم نانو در پزشکی و... انتخاب شود. مباحث نیروی بین مولکولی و فشار به طور کامل به همراه شکل،فعالیت و... بیان شده است.

مطالب نیروی شناوری و شاره در حرکت، که در کتاب‌های درسی قبل از آن‌ها صحبتی نشده بود با کمک مطالب مکمل گنجانده شده که به مباحثی شیوا و قابل لمس برای دانش‌آموزان تبدیل شده است.



شکل ۹. پرسش ۳-۱۰ صفحه ۸۹، کاربرد اصل برنولی

در کتاب آزمایشگاه علوم‌تجربی نیز در مورد مطالب این فصل به خوبی آزمایش‌هایی قرار گرفته است.

در پرسش آزمایش مولکول‌ها دست در دست هم، اشاره‌ای به احتیاط در مصرف جیوه نشده، بهتر است این تذکر برای چنین آزمایش‌هایی گنجانده شود.

پرسش

در شکل روبه‌رو، جیوه بین دو تیغه قرار گرفته است. شکل قرار گرفتن جیوه را با آب مقایسه کنید.

شکل ۱۰. پرسش آزمایش مولکول‌ها، دست در دست هم

۴.۲. بررسی فصل چهار فیزیک (۱) و مطالب مرتبط با آن در کتاب آزمایشگاه علوم‌تجربی

در این فصل دانش‌آموز مطالبی در مورد دما و دماسنجی، انبساط گرمایی، گرما، تغییر حالت‌های ماده، روش‌های انتقال گرما و قوانین گازها را یاد می‌گیرد. برای بهتر شدن درک مطالب این فصل نیز از فعالیت، شکل و.... استفاده شده که درجدول شماره (۶) دسته‌بندی شده است. در کتاب آزمایشگاه علوم‌تجربی در راستای مفاهیم این فصل نیز آزمایش‌هایی طراحی شده که در جدول (۷) نشان داده شده است.

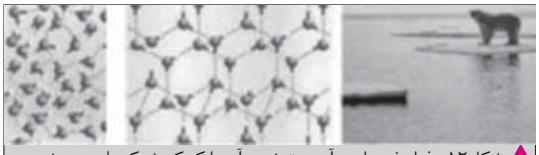
فصل چهارم، فصلی با مباحث متنوع مرتبط و طولانی است. طولانی بودن این فصل باتوجه به کمبود زمان برای تدریس دغدغه بسیاری از دبیران است. می‌توان با کاهش بعضی از مطالب به‌عنوان مثال روش‌های انتقال گرما و... از سنگینی این فصل کاست[۴]. در این فصل نیز به خوبی از ابزارهای تصویر، فعالیت، پرسش و مثال و... برای منسجم ساختن مطالب موردنظر استفاده شده است.

(الف) نمونه‌ای از بست‌های انبساطی
(ب) نمونه‌ای دیگر از بست‌های انبساطی

شکل ۱۱. کاربرد بست انبساطی بر روی پل‌ها

جدول شماره(٦): مطالب مکمل فصل چهار کتاب فیزیک(۱)

عنوان مطلب	صفحه	مبحث
فعالیت ۴-۲	۹۹	معرفی دماسنج
فعالیت ۴-۳، مثال ۴-۱، آزمایش ۴-۱، فناوری و کاربرد	۱۰۰ و ۱۰۱ و ۱۰۳ و ۱۰۲	انبساط طولی
تمرین ۴-۳	۱۰۴	انبساط سطحی
مثال ۴-۳، ۴-۴، فعالیت ۴-۵	۱۰۵ و ۱۰۶	انبساط مایعات
شکل ۴-۱۷	۱۰۹	تعادل گرمایی
فناوری و کاربرد، پرسش ۴-۳، آزمایش۴-۲، فناوری و کاربرد	۱۱۱ و ۱۱۵ و ۱۱۶	گرمای ویژه
فعالیت ۴-۷، ۴-۸، ۴-۹، ۴-۱۰، ۴-۱۱، ۴- ۱۲، آزمایش ۴-۳، ۴-۴ و ۳ خوب است بدانید	۱۱۷ و ۱۱۸ و ۱۱۹ و ۱۲۰ و ۱۲۱ و ۱۲۲ و ۱۲۳ و ۱۲۴	تغییر حالت ماده
شکل‌های ۴-۲۷، ۴-۲۸، ۴-۲۹، ۴-۳۰، پرسش ۴-۶، فعالیت ۴-۱۴	۱۲۵ و ۱۲۶ و ۱۲۷	رسانش گرمایی
شکل‌های ۴-۳۲ الی ۴-۳۶، آزمایش ۴-۵، فعالیت ۴-۱۵، خوب است بدانید	۱۲۸ و ۱۲۹ و ۱۳۰	همرفت
شکل‌های ۴-۳۷ الی۴-۴۰، فعالیت ۴-۱۶، ۲ خوب است بدانید	۱۳۰ و ۱۳۱ و ۱۳۲ و ۱۳۳	تابش گرمایی
شکل ۴-۴۲ الی ۴-۴۹، فعالیت۴-۱۷، ۴-۱۸، خوب است بدانید	۱۳۴ ،۱۳۵ و ۱۳۶ و ۱۳۷ و ۱۳۸ و ۱۳۹	قانون گازها

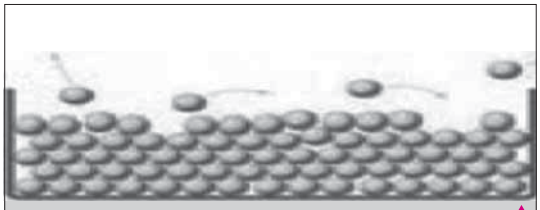


شکل۱۲. رفتار غیرعادی آب و توضیح آن با کمک شبکه بلورین یخ

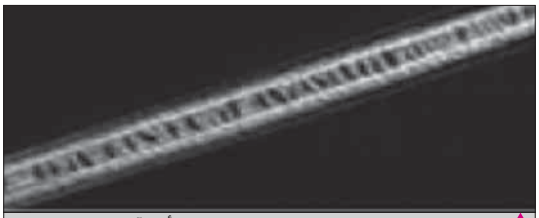
شکل۱۳. آزمایش اندازه‌گیری گرمای ویژه فلز

جدول شماره(۷): آزمایش‌های مربوط به فصل سوم کتاب فیزیک(۱) در کتاب آزمایشگاه علوم‌تجربی

عنوان آزمایش	نوع آزمایش	صفحه	مبحث
جوشاندن آب بدون گرما	آزمایش‌های مربی	۳۵	تأثیر فشار هوا بر روی نقطه‌جوش
حرکت آب با گرمای دست	آزمایش‌های مربی	۳۶	قانون گازها
اندازه‌گیری دما	آزمایش‌های دستورالعملی	۱۰۹	دماسنجی
ظرفیت گرمایی گرماسنج	آزمایش‌های دستورالعملی	۱۱۱	گرما
گاز آرمانی در دمای ثابت	آزمایش‌های دستورالعملی	۱۱۵	قانون گازها
آزمایش‌های داخل کتاب فیزیک	آزمایش‌های دستورالعملی	۱۱۵	
چرا روی سطح خیابان نمک می پاشند؟	آزمایش‌های کاوشگری	۱۴۱	تغییر نقطه ذوب بر اثر ناخالصی
چگونه ماهی‌ها زنده می‌مانند؟	آزمایش‌های کاوشگری	۱۴۲	انبساط غیرعادی آب
چگونه یک دما پای ساده بسازیم؟	آزمایش‌های کاوشگری	۱۴۳	انبساط طولی
کدام یک گرمای بیشتری مبادله می‌کنند؟	آزمایش‌های کاوشگری	۱۴۴	گرمای ویژه



شکل۱۴. نشان دادن وضعیت مولکول‌ها در تبخیر سطحی



شکل۱۵. توخالی بودن موی بدن خرس قطبی و تأثیر آن در گرم ماندنش

در کتاب آزمایشـــگاه علوم‌تجربی آزمایش‌های جوشاندن آب بـــدون گرمـــا و حرکت آب با گرمای دســـت در لابه‌لای آزمایش‌های رشـــته شـــیمی قرار گرفته اســـت امـــا از این آزمایش‌ها برای مفاهیم فیزیک این فصل نیز استفاده می‌شود. دیگر آزمایش‌ها نیز آزمایش‌های مفید انتخاب شـــده‌اند. اما چند آزمایش در کتاب علوم‌تجربی فقط تیتروار آورده شده و انجام آن‌ها به کلاس فیزیک محول شده است. به‌نظر می‌رسد، کمبود وقت درس فیزیک(۱) و نیاز به آزمایشگاه مجهز، مانعی برای انجام دادن این آزمایش‌ها است.

۵.۲. بررسی فصل پنج فیزیک (۱) و مطالب مرتبط با آن در کتاب آزمایشگاه علوم‌تجربی

فصل پنجم اختصاصی رشـــته ریاضـــی و فیزیک در کتاب فیزیک(۱)، مبحث ترمودینامیک را در برگرفته است.

معادله حالت، فرایندهای ترمودینامیکی ایســـتاوار، تبادل انرژی، قوانیـــن ترمودینامیک، فرایندهـــای ترمودینامیکی، چرخه ترمودینامیکی و ماشین‌های گرمایی مطالبی‌اند که در این فصل مورد توجه است.

در این فصل از شـــکل‌های طرح‌دار و رســـم نمودارها برای نشان دادن انواع فرایندهای ترمودینامیکی استفاده شده است.

علاوه بر این شـــکل‌ها از پرسش‌ها و فعالیت‌هایی نیز برای درک مفاهیم استفاده شده است. این مطالب در جدول شماره (۸) جمع‌بندی شده است.

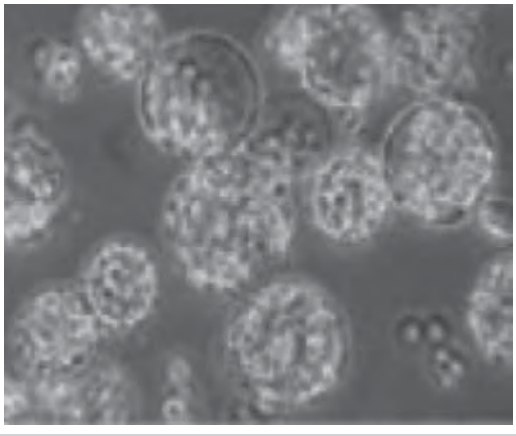
شکل۱۶. طرز کار کولر گازی، تبادل گرما بین منبع گرم بیرون و اتاق سرد هوای گرم بیرون

جدول شماره(۸): مطالب مکمل فصل پنج کتاب فیزیک(۱)

عنوان مطلب	صفحه	مبحث
خوب است بدانید	۱۴۹	قانون اول ترمودینامیک
پرسش ۵-۱	۱۵۱	فرایند هم‌حجم
فعالیت ۵-۱	۱۵۳	رابطه کار و مساحت نمودار p-v
فعالیت ۵-۲	۱۵۷	فرایند هم‌دما
فعالیت ۵-۳، پرسش ۵-۲	۱۵۹ و ۱۶۱	فرایند بی‌دررو
شکل ۵-۱۷، ۵-۲۰، فعالیت ۵-۵، ۵-۶، فناوری و کاربرد	۱۶۳ و ۱۶۴ و ۱۶۶ و ۱۶۸	ماشین گرمایی
خوب است بدانید	۱۷۰	قانون دوم ترمودینامیک (ماشین گرمایی)
شکل‌های ۵-۲۴ الی ۵-۲۶ خوب است بدانید، پرسش ۵-۳	۱۷۱ و ۱۷۲	قانون دوم ترمودینامیک (یخچال)

در کتاب آزمایشگاه علوم‌تجربی آزمایش‌هایی مانند از گرما تـــا حرکت، قایق بخار، گاز آرمانی در دمای ثابت، با این فصل دارند، که در فصل ارتباط دوم مورد بررسی قرار گرفت.

فعالیـــت، شـــکل، پرســـش و... این فصل از کتاب درســـی فیزیک(۱) و آزمایشگاه رشته ریاضی‌فیزیک بسیار بیشتر، بهتر و گسترده‌تر است. همین امر باعث شده مفاهیم ترمودینامیک بسیار راحت‌تر توسط دانش‌آموز درک شود.



شکل۱۷. سبزدیسه مانند یک ماشین گرمایی رفتار می‌کند

شکل۱۸. قایق بخار در کتاب آزمایشگاه علوم‌تجربی و فعالیت ۵-۶ کتاب فیزیک(۱)

۴. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به بررسی‌های انجام شده، مطالب تکمیلی در کتاب تازه‌تألیف فیزیک(۱) از لحاظ کمیت وکیفیت بســـیار بهتر از کتاب فیزیک و آزمایشگاه قدیم است [۵].

کتاب آزمایشـــگاه علوم تجربی با توجه به همسویی بسیار زیاد با کتاب فیزیک(۱)، در تعمیق و یادگیری بیشتر مطالب درســـی به دانش‌آموزان کمک می‌کند. البته به شرط آنکه در حق این کتاب تازه متولد شده اجحاف نشود!

پیشنهاد می‌شود در کتاب آزمایشگاه علوم‌تجربی در بخش آزمایش‌های مربی، برای اندازه‌گیری، از اندازه‌گیری ساده برای تصاویری که دارای خطای دید است، استفاده شود.

برای فصل دوم در کتاب آزمایشـــگاه علوم‌تجربی پیشنهاد می‌شود آزمایشی در مورد اندازه‌گیری ضریب اصطکاک سطح طراحی شود.

براســـاس انتقال بهتر مطلب پیشنهاداتی در متن مقاله در قسمت بررســـی هر فصل داده شده، که به علت تکرار نشدن مطالب از عنوان کردن آن‌ها در این قســـمت صرف نظر شده است.

منابع

۱. کتاب فیزیک (۱)؛ رشته ریاضی‌فیزیک؛ کد۱۱۰۲۰۹

۲. کتاب آزمایشگاه علوم تجربی(۱)؛ کد۱۱۰۲۱۷

۳. نسخه الکترونیکی راهنمای معلم

۴. شـــفیع، شهناز؛ عارفی، عاطفه؛ کتاب فیزیک دهم و چالش‌های آن در حین تدریس؛ اولین کنفرانس تجربه یک سال آموزش فیزیک خرداد۹۵

۵. صبری،جلال؛ هنرپرور، بررسی محتوا ـ زمانی فیزیک؛ اولین کنفرانس تجربه یک سال آموزش فیزیک خرداد ۹۵

هفدهمین کنفرانس آموزش فیزیک و نهمین کنفرانس فیزیک و آزمایشگاه

اسفندیار معتمدی، توحید گنج

نوزدهمیـــن کنفرانس ســـالانه آموزش فیزیـــک و نهمین کنفرانس فیزیک و آزمایشـــگاه در روزهای ۵ تا ۸ شـــهریور در شـــیراز برگزار شـــد. اتحادیه معلمان فیزیـــک و اداره کل آموزش‌وپرورش شیراز برگزارکنندگان این گردهمایی بودند.

این گردهمایی در راســـتای مشارکت گسترده برای ارتقای کیفیت فرایند یاددهی ـ یادگیری فیزیک و ایجاد زمینه لازم بـــرای افزایش مهارت‌های حرفه‌ای و صلاحیت‌های تخصصی معلمان فیزیک هر ســـال با دعوت از دبیران، پژوهشـــگران و مدرســـان دانشـــگاهی آموزش فیزیک و دیگر فعالان حوزه تعلیم‌وتربیت و آموزش فیزیک برگزار می‌شود.

آشنایی با روش‌ها و فنون نوین تدریس، شیوه‌های استاندارد ارزشیابی، بررسی نقش آزمایشگاه در تدریس، تعمیم وتأمین رابطه‌های علمی، آموزشـــی و پژوهشی بین اتحادیه و اعضای پیوســـته آن (انجمن‌های علمی ـ آموزشـــی معلمان فیزیک استان‌ها)، شناســـایی و تدوین نیازهای تخصصی و مشکلات فرایند یاددهی ـ یادگیـــری و ارائه راهکارهای عملیاتی برای حل آن‌ها، معرفی و قدردانی از پیشکسوتان برجسته فیزیک استان مجری و اطلاع از آخرین دستاوردهای آموزش فیزیک از اهداف این گردهمایی است که در قالب سخنرانی، پوسترها، کارگاه‌ها و غرفه‌های آزمایشگاهی ارائه می‌گردد.

مسئولیت کمیته علمی این کنفرانس به‌عهدهٔ آقای فرهنگ کریمی دبیر فیزیک استان فارس بود و ایشان از بین استادان فیزیک دانشگاه شیراز و دبیران فیزیک ۲۸ نفر را برای انتخاب محورهای کنفرانس، ســـخنرانان مدعـــو و داوران مقاله‌های کنفرانس برگزیدند.

محورهای کنفرانس را اعضای کمیته علمی پس از بحث و تبادل‌نظر به‌صورت زیر تعیین کردند:

ـ شیوه‌های آموزش فیزیک
ـ فیزیک و زندگی
ـ فیزیک و آزمایشگاه
ـ نقـــش انجمن‌های علمی و گروه‌های آموزشـــی در بهبود کیفیت آموزش فیزیک
ـ تازه‌های فیزیک در چارچوب محتوای کتاب‌های درسی
ـ مطالعهٔ تطبیقی محتوای آموزش فیزیک در ایران با سایر کشورها

ـ نقش ارزشیابی در آموزش فیزیک
ـ تأثیر آموزش غیررسمی در آموزش فیزیک

سخنرانان مدعو این گردهمایی آقایان دکتر عبدالرسول عمادی، دکتر علیرضا بهرام‌پور، دکتر نعمت‌اله ریاضی، دکتر قاسم کاکایی، دکتر رضا منصوری، دکتر حسین معصومی همدانی، روح‌الله خلیلی بروجنی و فرهنگ کریمی بودند که به ترتیب دربارهٔ نقش شیوه‌های سنجش و ارزشیابی‌های نوین در آموزش فیزیک، فیزیک و امنیت جامعه، چهار نکتهٔ مهم در کیهان‌شناسی، فیزیک و علم سماوات، فیزیک فقط فیزیک کلاسیک نیست، آینه‌های سوزان، فیزیک و زیبایی‌شناسی، و فیزیک و صرفه‌جویی در مصرف انرژی صحبت کردند.

علاوه برسخنرانی عمومی، برای حدود ۴۰۰ نفر شرکت‌کننده در این گردهمایی ۲۷ ارائه مقاله علمی شفاهی و مقالاتی به‌صورت پوستر، کارگاه، اجرای آزمایش در صحنه، نقد و بررسی کتاب‌های درسی و بازدید از دیدنی‌های شیراز ترتیب داده شده بود. در طول گردهمایی ۱۶ کارگاه برگزار شد و دبیران علاقه‌مند به آزمایشگاه، برنامه‌های جالبی را برای کودکان ترتیب داده بودند. همین‌طور آقای حازم فریپور آزمایش‌های جالبی در مورد نور و لیزر را در جلسهٔ اختتامیه کنفرانس انجام دادند.

کمیته‌ای هم به مسئولیت آقای صیاد رزمکن برای بزرگداشت پیشکسوتان تشکیل شده بود که در تماس با ۷۰ نفر از این افراد زندگی‌نامهٔ ۲۹ نفر از آن‌ها را دریافت و کتابی با عنوان «آموزش فیزیک فارس و نقش‌آفرینان آن» تنظیم شد که پدیدآورندگان آن آقایان اسفندیار معتمدی و حمید مصطفی‌نژادیان تاریخچه آموزش‌وپرورش در فارس، نخستین دبیران فیزیک فارس و مختصری از انجمن معلمان فارس را گردآوری کرده بودند.

کمیته اجرایی کنفرانس به مسئولیت خانم زهرا علی اکبریان با فعالیت مستمر و کار شبانه‌روزی به مدت چهارماه کارهای کنفرانس را با علاقه‌مندی بسیار انجام دادند که مورد تشکر و قدردانی شرکت‌کنندگان قرار گرفت. در خاتمه نمایندهٔ استان ایلام آمادگی انجمن این استان را برای برگزاری بیستمین کنفرانس آموزش فیزیک در این استان اعلام کرد که مقرر شد اتحادیه به همه استان‌ها در خصوص برگزاری کنفرانس بیستم نامه بنویسد و پس از دریافت پاسخ‌ها در این مورد تصمیم‌گیری شود.

فیزیک لعنتی
آلیس در سرزمین علوم

دسته‌بندی: مناسب برای نوجوانان
موضوع اصلی: معرفی فیزیک در قالب داستان برای نوجوانان
نویسنده: کارلو فرابتی
مترجم: لیلا مینایی
ناشر: فاطمی
نوبت چاپ: اول
تاریخ انتشار: ۱۳۹۷
تاریخ انتشار نسخه زبان اصلی: ۲۰۱۲

زهرا باقری

کارلو فرابتی(۱۹۴۵) نویسنده کتاب در کشور ایتالیا به دنیا آمد. وی در ۸ سالگی به همراه خانواده به اسپانیا مهاجرت کرده و در آنجا بزرگ شد. او که مخاطبانش هم نوجوانان و هم بزرگسالان هستند، برنده چندین جایزه ادبی می‌باشد. کارلو فرابتی ریاضی‌دانی شیفته علوم و به‌ویژه فیزیک است. این نویسنده پرکار اسپانیایی عضو آکادمی علوم نیویورک بوده و در انتشار دانش علمی و ادبیات نوجوانان تلاش دارد. او بیش از ۳۰ کتاب منتشر کرده که بسیاری از آن‌ها برای کودکان و نوجوانان است. همین‌طور نوشته‌ها و اشعار بسیاری از دیگر زبان‌ها را به زبان اسپانیایی ترجمه کرده است. او همچنین برنامه‌های تلویزیونی متعددی را تهیه کرده، نوشته و کارگردانی کرده است.

کتاب حاضر حقیقتاً کتابی جادویی است. جادویی است زیرا همانطور که خود نویسنده به زبان خویش بیان می‌کند، کتابی است که علاقه ما را به خود جلب می‌کند، تخیل ما را به حرکت می‌اندازد و باعث می‌شود که ما خواب یا بیدار، رویاپردازی کنیم.

آلیس یک دختربچه عادی ۱۱ ساله است که از طرف معلمش تکلیفی به او محول شده تا گزارشی درباره علم، به‌ویژه فیزیک بنویسد. آلیس آن روز، بعد از پایان مدرسه به پارک رفته و روی نیمکتی می‌نشیند تا درباره تکلیف مدرسه‌اش بیندیشد. در همین حین مرد کوتوله‌ای که به نظر می‌رسد قادر به خواندن ذهن آلیس است، به او نزدیک می‌شود و پیشنهاد می‌کند که او را در انجام تکالیف مدرسه‌اش یاری دهد. فردای آن روز وقتی آلیس از مدرسه به خانه می‌رود، در کوله‌پشتی‌اش کتابی را پیدا می‌کند که اطمینان دارد قبلاً آنجا نبوده است. عنوان کتاب «اسباب‌بازی گالیله» است و در آن توضیح داده شده که چگونه در سال ۱۶۰۹ گالیله با یک اسباب بازی روبه‌رو شد و کنجکاوی‌اش باعث گردید که آن را به اولین تلسکوپ جهان تبدیل کند و از طریق تلسکوپ او بتواند کشف کند که زمین و تمام سیارات به دور خورشید چرخش دارند.

این کتاب که به زبانی ساده و جالب نوشته شده است، توضیح می‌دهد که مفهوم علم، چندین سال قبل از کشف گالیله متولد شده است. از زمان‌های اولیه، انسان‌ها همواره هستی و سیاره و جهان ما را مورد پرسش قرار داده‌اند. این کتاب برخی از فیلسوفان و متفکران بزرگ یونانی مانند طالس، ارشمیدس و دموکریتوس را که هزاران سال پیش زندگی می‌کردند به ما معرفی می‌کند و تا نابغه‌های رنسانس مانند لئوناردو داوینچی ـ کسی که راه را برای دانشمندان بزرگ دیگر مانند گالیله و نیوتن که به نوبه خود راه را برای دیگر دانشمندان بزرگ مانند لاوازیه و یکی از بزرگترین دانشمندان زن، مادام کوری، افتتاح کردند ـ پیش می‌آید.

این کتاب، کتابی واقعاً جذاب است که تصورات و علاقه دانشمندان آینده را که ممکن است در معرض تحقیق و کشف بسیاری از اسرار هنوز حل نشده جهان ما قرار بگیرند، جلب می‌کند.

این کتاب، کوتاه، شاد، در دسترس، آموزنده و روان در خواندن نوشته شده تا فیزیک را به میان جوان‌ترین خوانندگان ببرد. نویسنده این کتاب توانسته با استفاده از تاریخ، قوانین فیزیکی نیوتون، گالیله و یونانیان باستان را به گونه‌ای نشان دهد که به نظر می‌رسد آن‌ها واقعاً شکلی تخیلی از سرگرمی هستند. کتابی که هر خواننده‌ای آن را تحسین می‌کند.

بخش‌هایی از کتاب فیزیک لعنتی

مرد کوتوله خیلی ناراحت و آشفته گفت: «باورم نمی‌شود که به علم می‌گویی لعنتی؛ انگار به اشـــتیاق بشر به دانایی گفته باشی لعنتی.»

آلیس گفـــت: «من نگفتم علم لعنتـــی، فقط گفتم فیزیک لعنتی.»

«فرقی نمی‌کند. فیزیک و ریاضی پایهٔ همه علوم‌اند. می‌شود بفرمایی برای چه لعنتی‌اند؟»

«برای اینکه معلم فیزیک تکلیفی به ما داده که باید تا دوشنبه تحویلـــش دهیم. حق با تو بود. معلـــم فیزیک ما به هیچ وجه دیوانه نیست، فقط مرض دیگرآزاری دارد!»

«گفته باید تاریخ فیزیک را بنویســـم؛ آن هم توی سه برگه! ...»

«سه برگه برای نوشتن تاریخ فیزیک خیلی کم است. ... »

آلیس فریاد زد: «خیلی کم!؟ خیلی هم زیاد اســـت! آن‌قدری که من از تاریخ فیزیک می‌دانم نصف برگه هم نمی‌شود!»

«خب شاید من بتوانم کمکت کنم.»

«چطوری؟»

کوتوله با لبخند مرموزی گفت: «خواهی دید.»

مکانیک نیوتنی و مکانیک کوانتومی

بعد از ناهار آلیس روی تختش دراز کشـــید و کتابچه کوتوله را به دست گرفت تا بخواند، نه برای تکلیف فیزیک، بلکه برای اینکه واقعاً دلش می‌خواست به خواندن کتابچه ادامه بدهد.

عنوان فصل بعدی سیب نیوتون بود و .... آلیس قانون دوم را نفهمید و قانون سوم باعث شد قهقهه بلندی سر دهد: «یعنی اگر من توپی را شوت کنم توپ هم عکس‌العمل نشان می‌دهد و مرا شوت می‌کند! چه مسخره!»

فصل بعدی اینطور شـــروع می‌شد: «اگر نسبیت برایت چیز عجیب و غریبی بود، آنچـــه را در ادامه می‌خوانی از آن خیلی عجیب وغریب‌تر است.»

آلیـــس با خودش گفت: «چقدر هم که با این جمله خواننده به ادامه مطالعه تشویق می‌شود! بلند شوم بروم تلویزیون تماشا کنم.»

اما زور کنجکاوی بیشـــتر بود و آلیس بـــه خواندن ادامه داد: ماکس پلانک... با انرژی همان کاری را کرد که دموکریتوس با ماده انجام داد. همانطور که نمی‌توانیم تا بی‌نهایت به تقسیم کـــردن ماده به اجزای کوچک‌تر ادامـــه دهیم، ... پلانک هم ثابت کرد که ... ذراتی از انرژی هســـتند که تقسیم‌ناپذیرند... پلانک این ذرات اولیه انرژی را کوانتوم نامید. براساس مکانیک کوانتومی حرکت ذرات اولیه کاملاً تصادفی شـــکل می‌گیرد. پیش از این تصور می‌شد که هر رویدادی در نتیجه رویداد قبلی اتفاق می‌افتد، یعنی براساس زنجیره محکم علی و معلولی.

آلیس به پایان کتابچه رسیده بود. فقط مانده بود بخش پایانی کوتاه که آلیس آن را هم با علاقه خواند.

سرزمین علوم

تخت خواب آلیس ناگهان ماســـه‌ای شد. انگار وسط ساحل بود.در ساحل دریا پیرمردی با کلاه‌گیسی بزرگ داشت از روی زمین سنگریزه و صدف جمع می‌کرد. آلیس از روی تصویری کـــه در کتابچه دیده بود، او را شـــناخت. او نیوتون بود. کمی آن‌طرف‌تر ... طالس میلتوسی لب دریا نشسته بود و ...کمی از کـــف روی آب دریا را می‌گرفت و به هوا پرتاب می‌کرد و... فریاد می‌زد: «همه‌چیز از آب است!..»

پشت سر طالس سه فیلسوف بزرگ یونانی دیگر داشتند، مثل گروه کر، آواز می‌خواندند:

«همه‌چیز از هواست!»

«همه‌چیز از خاک است!»

«همه‌چیز از آتش است!»

لاوازیه داشـــت بلال بزرگی را روی منقـــل کباب می‌کرد و داخل منقل به جای زغال تکه‌های درشت الماس بود: «ماده نه به‌وجود می‌آید نه از بین می‌رود... » در کنار لاوازیه، اینشـــتین داشت توضیح می‌داد : «ولی ماده به انرژی هم می‌تواند تبدیل شود.»

داروین پشـــت زرافه‌ای نشسته بود و داشت گردن زرافه را با متر اندازه می‌گرفت.

نیوتون رو به آلیس کرد و گفت: «برای اینکه دانشمند بزرگ یا حتی کوچکی شوی، باید شروع کنی به نوشتن تکلیفی که معلم فیزیکت داده.»

آلیس گفت: «قبلش باید به افکارم نظم بدهم ...»

مشق شب: تاریخ علم

گالیله گفت: «... وقتی کلمات را روی کاغذ بنویسی افکارت در ذهنت نظم و ترتیب پیدا می‌کنند.»

ارشـــمیدس که توی وانی روی دریا در نزدیکی ساحل شناور بود فریاد زد:

...

«... از اول شروع کن، از من!»

...

گالیله گفت: «بهتر اســـت از روش علمی شـــروع کنی. اول، مشـــاهده رویداد و جمع‌آوری داده‌ها!... دوم، تدوین نظریه که برایت توضیح دادم؛ سوم، آزمایش کردن؛ چهارم، اصلاح نظریه با توجه به نتایج آزمایش‌ها.»

ناگهان صدای زنانه‌ای گفت: «دخترک را گیج نکنید!» و مادام کوری از میان ماسه‌ها ظاهر شد... و مادام کوری ادامه داد :«تنها کاری که باید بکنی این اســـت که در ســـرزمین علوم گشتی بزنی و در اقیانوس ناشـــناخته حقیقت شـــنا کنی ... ساکنان این ســـرزمین همه دانشمندان تاریخ‌اند،که زبان مشترک‌شان ریاضی و تفریح‌شان بازی با عالم هستی است.؛ بازی جالبی که می‌کوشند قانون‌هایش را کشف کنند. کاری که باید بکنی این است که کنجکاو بمانی و قوه تخیلت را پرورش دهی!

Roshd
فیزیک
122
Physics Education Journal

IN THE NAME OF ALLAH

Degree orientation instead of efficiency / 2
Human Interaction with happening / J.Riazi / 3
Scince teaching by inquiry / H.Aali Nejad / 5
Different kinds of rainbow / Sh.Paye / 8
Using vibrating strings in sound teaching / M.Taheri et al /11
Help the moon take a selfi/ willam Baird / Seyed Mehdi Fathi / 16
The necessity for philosopical view of science / N.Dadar / 18
Mathematical view of equilibrium temperature / A.Soleiman Pour / 23
Physics education in Iran / E. Moatamedi / 26
flux and Faraday law in physics(2) gradell textbook / Y. Motahari Khayavi / 31
Physics Frontrier / M. Rahbar / 32
Single slit Inter Ference / Rebecca Hesser/ 37
Positron emission tomography / H. Gholami Bavil Oliai / 40
Mass as a form of energy / Claudio Dip /44
How things get heavy? The nature of mass / Don Lincoln /46
Complementary activities of Physics (1) grade to textbook / A. Arefi /52
Report of 17th Physics education conference / E. Moatamedi. T. Ganj /60
Book review/ Alice no Pais das Ciencias un Passeio Pela historia de fisica / Zahra Bagheri /62

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
Editorial Board: Ahmad Ahmadi, Rouhollah Khalili, Hassan. Ghalami Bavil Oliai, Hanie Alinejad, Esfandyar Motamedi, Manijeh Rahbar, seyyed Hedayat sajadi

www.roshdmag.ir
Physics@roshdmag.ir
ISSN: 1606-917X
SMS: 3000899502
P.O. Box: 15875/6585
Department of Physcis, Tehran-Iran

Physics Education Journal
Vol.34- No.122- 2018

حمایت از کالای ایرانی
رشد آموزش فیزیک
نحوهٔ اشتراک مجلات رشد به دو روش زیر:
الف. مراجعه به وبگاه مجلات رشد به نشانی www.roshdmag.ir و ثبت‌نام در سایت و سفارش و خرید از طریق درگاه الکترونیکی بانکی.
ب. واریز مبلغ اشتراک به شماره حساب ۳۹۶۶۲۰۰۰ بانک تجارت، شعبهٔ سه‌راه آرامایش کد ۳۹۵ در وجه شرکت افست و ارسال فیش بانکی به همراه برگ تکمیل‌شدهٔ اشتراک با پست سفارشی یا از طریق دورنگار به شمارهٔ ۸۸۴۹۰۲۳۳.
◆ عنوان مجلات درخواستی:
◆ نام و نام خانوادگی:
◆ تاریخ تولد:
◆ میزان تحصیلات:
◆ تلفن:
◆ نشانی کامل پستی:
استان:
شهرستان:
خیابان:
پلاک:
شمارهٔ پستی:
شمارهٔ فیش بانکی:
مبلغ پرداختی:
◆ اگر قبلا مشترک مجله رشد بوده‌اید، شمارهٔ اشتراک خود را بنویسید:
امضا:
◆ نشانی: تهران، صندوق پستی امور مشترکین: ۳۳۱-۱۵۸۷۵
◆ تلفن باز گانی: ۸۸۸۶۷۳۰۸-۰۲۱
Email: Eshterak@roshdmag.ir
◆ هزینهٔ اشتراک سالانه مجلات عمومی رشد (هشت شماره): ۴۵۰/۰۰۰ ریال
◆ هزینهٔ اشتراک سالانه مجلات تخصصی رشد (سه شماره): ۲۳۰/۰۰۰ ریال

با مجله‌های رشد آشنا شوید
مجله‌های دانش‌آموزی
به صورت ماهنامه و ده شماره در سال تحصیلی منتشر می‌شود:
رشد کودک — برای دانش‌آموزان پیش‌دبستانی و پایهٔ اول دورهٔ آموزش ابتدایی
رشد نوآموز — برای دانش‌آموزان پایه‌های دوم و سوم دورهٔ آموزش ابتدایی
رشد دانش‌آموز — برای دانش‌آموزان پایه‌های چهارم، پنجم و ششم دورهٔ آموزش ابتدایی
مجله‌های دانش‌آموزی
به‌صورت ماهنامه و هشت شماره در سال تحصیلی منتشر می‌شود:
رشد نوجوان — برای دانش‌آموزان دورهٔ آموزش متوسطهٔ اول
رشد برهان — برای دانش‌آموزان دورهٔ آموزش متوسطهٔ اول
رشد جوان — برای دانش‌آموزان دورهٔ آموزش متوسطهٔ دوم
مجله‌های بزرگسال عمومی
(به صورت ماهنامه و هشت شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شود):
◆ رشد آموزش ابتدایی ◆ رشد تکنولوژی آموزشی
◆ رشد مدرسه فردا ◆ رشد معلم
مجله‌های بزرگسال تخصصی:
به صورت فصلنامه و سه شماره در سال تحصیلی منتشر می‌شود:
◆ 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 تاریخ ◆ رشد آموزش جغرافیا
◆ رشد آموزش زبان‌های خارجی ◆ رشد آموزش ریاضی ◆ رشد آموزش فیزیک
◆ رشد آموزش شیمی ◆ رشد آموزش زیست‌شناسی ◆ رشد مدیریت مدرسه
◆ رشد آموزش فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش ◆ رشد آموزش پیش‌دبستانی
◆ رشد آموزش برهان متوسطهٔ دوم
مجله‌های رشد عمومی و تخصصی برای معلمان، مدیران، مربیان، مشاوران و کارکنان ادارات مدارس، دانشجویان دانشگاه فرهنگیان و کارشناسان گروه‌های آموزشی و... تهیه و منتشر می‌شود.
◆ نشانی: تهران، خیابان ایرانشهر شمالی، ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش‌وپرورش، پلاک ۲۶۶
◆ تلفن و نمابر: ۸۸۳۰۱۴۷۸ - ۰۲۱
◆ وبگاه: www.roshdmag.ir