بسم الله الرحمن الرحیم

رشد آموزش
فیزیک
۱۱۱
فصل‌نامهٔ آموزشی، تحلیلی و اطلاع‌رسانی
دورهٔ سی‌ام، شمارهٔ ٤، تابستان ۱۳۹٤

معلمان فیزیک و سال جهانی نور / سردبیر/ ۲
آموزش و سال جهانی نور / آزیتا سیدفدایی/ ۳
مادهٔ تاریک / دان لینکن/ ترجمهٔ مریم نادمی/ ۹
مفهوم ارتباط در جهان واقعی و فضای مجازی /جهانگیر ریاضی /۱۴
علم تجربی ابن هیثم / مهسا تولّائیان/ ۱۸
یادگیری مفاهیم آینه‌های کروی به شیوهٔ استقرایی / علی یوسفی/ ۲۱
تاریخچهٔ سِرن (CERN) و فعالیت‌های آن / صدیقه رضاپور/ ۲۶
آزمایش‌های ساده برای درک مفاهیم فیزیک دبیرستان / سیدرضا معصومی‌نژاد/ ۳۴
مرزهای فیزیک / منیژه رهبر/ ۳۸
جریان آب در هنگام خالی شدن بطری‌ها / دیوید فیتونبی / ترجمهٔ سیدمهدی میرفتحی/ ۴۲
بازخوانی قانون‌های سه‌گانهٔ نیوتون / آرش ظهوریان پردل/ ۴۳
چگونه فیزیک ۲ را آسان تدریس کنیم؟ / آناهیتا آریایی‌نژاد، اکرم امیربیکی یزدی/ ۴۴
داستانی واقعی در چهار پرده / بابک حیدری/ ۵۰
پرسش‌های مسابقهٔ بین‌المللی فیزیک‌دانان جوان سال ۲۰۱۵ / ترجمهٔ آزیتا سیدفدایی/ ۵۱
تداخل و قانون پایستگی انرژی / رابرت دروسد/ ترجمهٔ احمد توحیدی/ ۵۵
شناوری، وزن مخصوص و ترازوی حکمت خازنی (قسمت اول) / غلامحسین رحیمی/ ۵۸

تصویر روی جلد: فیبرهای نوری

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، دکترسید حجت‌الحق حسینی، دکتر آزیتا سیدفدایی، دکتر منیژه رهبر، اسفندیار معتمدی
طراح گرافیک: نوید اندرودی
ویراستار: جعفرربانی
www.roshdmag.ir
Physics@roshdmag.ir
پیامک: ۳۰۰۰۸۹۹۵۰۲
نشانی مجله: تهران صندوق پستی: ۱۵۸۷۵-۶۵۸۵
دفتر مجله: (داخلی ۲۷۱) ۰۲۱-۸۸۳۰۵۸۶۲
پیام‌گیر نشریات رشد: ۰۲۱-۸۸۳۰۱۴۸۲
مدیر مسئول: ۱۰۲
دفتر مجله: ۱۱۳
امور مشترکین: ۱۱٤
چاپ: شرکت افست (سهامی عام)
شمارگان: ۷۵۰۰ نسخه

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

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

معلمان فیزیک و سال جهانی نور

در بیست و هشتمین جلسهٔ مجمع عمومی سازمان ملل متحد در ۲۰ دسامبر ۲۰۱۳، سال ۲۰۱۵ سال جهانی «نور و فناوری‌های مبتنی بر آن» اعلام شد.

هدف از این کار جلب توجه همگان و تمرکز بر نور و کاربردهای آن بود و سازمان ملل متحد می‌خواست بر اهمیت ارتقای آگاهی عمومی دربارهٔ فناوری‌های مبتنی بر نور در جهت توسعهٔ پایدار و یافتن راه‌حل‌هایی برای رویارویی با چالش‌های جهانی در زمینهٔ انرژی، آموزش، کشاورزی و بهداشت تأکید کند.

مراسم مربوط به این سال در ۱۹ ژانویه ۲۰۱۵ با رونمایی از ۱۰۰۱ اختراع و جهان ابن‌هیثم در مقر یونسکو در پاریس آغاز شد که فعالیتی جهانی شامل یک رشته نمایشگاه‌های تعاملی، کارگاه‌ها و نمایش‌های زنده‌ای است که دستاوردهای ابن‌هیثم در اپتیک، ریاضی، نجوم و نقش وی در بنیان‌گذاری شالوده‌های روش تجربی کنونی را نشان می‌دهد. بخشی از این فعالیت‌ها نیز مربوط به همایشی به میزبانی یونسکو با عنوان عصر طلایی علوم اسلامی برای جامعهٔ مبتنی بر علم است که در ۱۴ سپتامبر ۲۰۱۵ برگزار می‌شود. سال ۲۰۱۵ سالگرد رویدادهای علمی نیز هست که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

- ۱۰۱۵ کارهای ابن‌هیثم در زمینهٔ اپتیک
- ۱۸۱۵ مطرح شدن نور به‌عنوان موج توسط فرنل
- ۱۸۶۵ پیشنهاد نظریهٔ الکترومغناطیسی انتشار نور توسط ماکسول
- ۱۹۰۵ تبیین اثر فوتو الکتریک توسط اینشتین
- ۱۹۱۵ ورود نور به کیهان شناسی در نظریهٔ نسبیت عام اینشتین
- ۱۹۶۵ کشف تابش زمینه کیهانی توسط آرنو پنزیاس و رابرت ویلسون، و دشتاوردهای چارلز کائر در مورد تراگسیل نور در تارها و مخابرات نوری

برداشت عمومی از نور معمولاً نور مرئی است که با برانگیختن حس بینایی منظره‌ای از جهان اطراف را در اختیار می‌گذارد. ولی به‌طور کلی منظور از نور تمام گسترهٔ طیف الکترومغناطیسی است که پرتو گاما در ناحیهٔ پرانرژی تا امواج رادیویی با طول موج بلند در انتهای کم‌انرژی طیف الکترومغناطیسی را در برمی‌گیرد. با مشاهده جهان در هر بخش می‌توان منظره‌ای متفاوت را به‌دست آورد.

نور همواره توجه ذهن‌های کنجکاو را به خود مشغول داشته است. نیوتون گمان می‌کرد که نور سرشت ذره‌ای دارد و آزمایش دو شکاف یانگ آن را به‌عنوان پدیده‌ای موجی تثبیت کرد تا سرانجام این دو ویژگی در نظریهٔ کوانتومی با هم تلفیق و معلوم شد که نور دارای سرشت دوگانهٔ موجی ـ ذره‌ای است. سپس معلوم شد کوانتوم نور که فوتون نامیده می‌شود به‌واسطهٔ ویژگی‌های کوانتومی خود می‌تواند نقش بسیار مهمی را در فناوری ایفا کند و یک رشتهٔ علمی جدید به‌عنوان فوتونیک به‌وجود آمد. فناوری مطرح در قرن بیستم الکترونیک بود که در آن الکترون نقش پیام‌رسان را به‌عهده داشت. اما قرن بیست و یکم قرن فوتونیک است که در بیشتر وسایل مورد استفاده در این زمان به‌کار می‌رود.

در چالش‌های جهانی در زمینهٔ انرژی، آموزش، کشاورزی و بهداشت، نور به‌عنوان عاملی که بخش‌های مستقل مختلفی را به هم می‌پیوندد نقش مهمی را در زندگی ما ایفا می‌کند. نور تحول عظیمی در پزشکی به‌وجود آورده است. بسیاری از وسایل پزشکی که به نجات جان انسان‌ها کمک می‌کنند مانند وسیله‌های تصویرگیری CAT، MRI، PET و مانند آن مبتنی بر اپتیک و فوتونیک هستند.

علوم و مهندسی بسیاری از فناوری‌هایی که اکنون برای جلوگیری و آشکارسازی حمله‌های تروریستی، شیمیایی، میکروبی و هسته‌ای به‌کار می‌روند مبتنی بر نورند.

همین‌طور ارتباطات بین‌المللی از طریق اینترنت که نقش مهمی در جنبه‌های فرهنگی، اقتصادی و سیاسی ایفا می‌کند را پژوهش اپتیکی امکان‌پذیر ساخته‌اند. تارهای نوری اطلاعات مختلف را به خانه‌های ما می‌آورند و تراگسیل سریع اطلاعات را امکان‌پذیر ساخته‌اند.

بسیاری از فناوری‌های کنونی در دسترس همگان مانند دوربین‌های دیجیتال، تلویزیون پیشرفته و تلفن‌های هوشمند حاصل پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه‌اند. انتظار می‌رود که پژوهش‌های آتی در این مورد محصولات بیشتری را در اختیار ما بگذارند که باعث ارتقای کیفیت زندگی ما شوند.

بنابراین، جا دارد که معلمان عزیز با استفاده از این موقعیت و پرداختن به اهمیت نور در تمام جنبه‌های زندگی توجه شاگردان را به آن جلب کنند و انگیزه‌های لازم برای علاقه‌مند کردن شاگردان با استعداد به ادامه تحصیل و پژوهش در این مورد را به‌وجود آورند.

آمـــوزش و سال جهانی نـــور

آزیتا سیدفدایی

چکیده

ســازمان یونسکو سال ۲۰۱۵ را «سال جهانی نور» اعلام کرده اســت. این تصمیم در اکتبر ســال ۲۰۱۲ تصویب شد و تاکنون مورد حمایت بیش از ۱۰۰ شرکت، انجمن و دانشگاه معتبر فعال در زمینــه نور و فوتونیک، حدود ۸۵ کشــور جهان قرار گرفته است. مناسبت‌های علمی فرصتی مناسب برای همگام شدن با فعالیت‌های آموزشــی نوین در زمینــه آموزش فیزیک و به‌ویژه موضوع نور اســت. برای کاربردی کردن اهداف سال جهانی نور و همسو شدن با تلاش‌های بین‌المللی در زمینه آموزش نور، در این مقالــه تعدادی از فعالیت‌های آموزشــی بین‌المللی در این ســال را معرفی می‌کنیم. بدین‌منظور از علت و ضرورت مطرح کردن عنوان «ســال نور»، و نیز اهداف کلی و آموزشــی آن در این سال سخن خواهیم گفت. به این امید که با تأکید بر چنین الگویی ما نیز بتوانیم طرح‌های آموزشــی نوینــی را با توجه به نیازهای ملی، طراحی کنیم.

کلیدواژه‌ها: ســال جهانی نــور، ۲۰۱۵ میلادی، آموزش، فعالیت‌های بین‌المللی

چرا سال جهانی نور؟

● اکتشافات مربوط به نور و فناوری‌های مبتنی بر آن در تمام زمینه‌های زندگی آدمی، همچون کشاورزی، پزشکی، ارتباطات، هنــر و فرهنگ و حتی فعالیت‌های تفریحی و ســرگرمی، نور را به عاملی کلیدی برای توســعهٔ پایدار تبدیل کرده اســت تا جایی که حتی می‌توان قرن ۲۱ را «قرن نور» نامید. امروزه نور و فوتونیک تمامی ابعاد زندگی بشــر، از گوشی‌های هوشمند، لپ‌تاپ‌ها و اینترنت گرفته تا ابزارهای پزشکی مبتنی بر نور را، در برمی‌گیرد. فوتونیک علم و فناوری مربوط به تولید و کنترل و آشکارســازی فوتون‌ها یا همان ذرات نور است. شواهد بسیار و نیز پیشــرفت‌های فناوری نشان می‌دهد همان‌طور که قرن بیســتم قرن الکترونیک بود، قرن بیست و یکم قرن فوتونیک خواهــد بود. به‌عنوان مثال اختراع لیزر که یکی از فناوری‌های کاربردی نور در قرن بیستم است از این پس تأثیر به‌سزایی بر زندگی بشر در قرن بیست و یکم خواهد داشت.

روند اختراع لیزر تاکنون را به چند دوره می‌توان تقسیم کرد:

● ۱۹۷۰ـ ۱۹۶۱؛ سرعت زیاد در اختراع انواع لیزر

● ۱۹۸۰ـ ۱۹۷۱؛ ابزارهای دقیق در شناسایی کاربردهای لیزر

● ۱۹۹۰ـ ۱۹۸۱؛ ورود لیزر به زندگی مردم

● ۲۰۰۰ـ ۱۹۹۱؛ تجارت میلیاردها دلاری لیزر

● ۲۰۰۱ تاکنون؛ اختراعات روزافزون در بسیاری از زمینه‌ها

روند واضح در این مورد تأثیرگذاری بسیار زیاد علم و فناوری لیزر در تغییر زندگی بشر است. در واقع، در حالی‌که تنها پنجاه و پنج ســال از اختراع لیزر می‌گــذرد ولی تمامی ابعاد زندگی بشــر، اعم از ابعاد علمی، فناورانه، هنری و پزشــکی و رفاهی و حتی ســرگرمی‌های انســان را متحول کرده است. بنابراین در نظر گرفتن ســالی به‌نام «سال نور» برای آشنا کردن مردم سراسر دنیا با تأثیر آن، اهمیت فراوانی دارد.

در هم‌سویی با اهداف یونسکو، برگزارکنندگان سال جهانی نور مراسمی برگزار می‌کنند که می‌تواند به گسترش آگاهی از اهمیت نور و فناوری‌های وابســته به آن و نقش این فناوری‌ها در توسعه و بهبود زندگی انسان‌ها کمک کند.

برخی از اهداف سال جهانی نور

● بهبود بخشیدن به درک عموم از چگونگی ارتباط فناوری‌های نوری با زندگی انســان و محوریت این فناوری‌ها برای توسعهٔ آینده جهان؛

● ایجاد شــرایط آموزشــی و علمی لازم برای جوانان و طرح مسائل مربوط به نور، به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه

سال جهانی نور بهانه‌ای برای تغییر روند آموزش، از سنتی به نوین، و استفاده از آزمایش در آموزش است. فیزیک‌زبانی شیوا برای بیان قانون‌های حاکم بر طبیعتِ پیرامون ما و جهانی است

و اقتصادهای نوظهور؛

- تمرکز بر اکتشافات قرن ۱۹ و ۲۰ که محوریت نور در دانش بشری را آشکار ساخته‌اند؛
- شناساندن اهمیت پژوهش‌ها، هم در زمینهٔ بنیادی و هم در کاربرد نور و کارآفرینی در این زمینه؛
- ترویج اهمیت فناوری نور در توسعهٔ پایدار و بهبود کیفیت زندگی در کشورهای در حال توسعه؛
- شناساندن و تبیین پیوند نزدیک بین نور از یک‌سو، و هنر و فرهنگ و افزایش نقش فناوری نوری از سوی دیگر، به‌منظور حفظ میراث فرهنگی؛
- تأکید بر اهداف و دستاوردها در آینده و بعد از به پایان رسیدن سال جهانی نور.

ساختار اصلی فعالیت‌های سال جهانی نور در شکل ۱ خلاصه شده است:

شکل ۱. هنر، آموزش، بهداشت، اقتصاد، صنعت و توسعهٔ پایدار

در تمامی اهداف بالا، «آموزش» به‌صورت آشکار و یا پنهان نقش کلیدی دارد. برای وصول به این اهداف که بسته به نیازهای هر منطقه و کشور ممکن است از اهمیت بیشتر و یا کمتری برخوردار باشند، فعالیت‌های بومی و برنامه‌ریزی‌های ملی باید در دستور کار قرار گیرد.

بخش‌های مختلف فعالیت‌های بین‌المللی در سال جهانی نور

در سطح بین‌المللی، اهداف کلیِ مطرح شده و طرح کار را در نمایی کلی و بین‌المللی ترسیم می‌کنند که براساس آن‌ها فعالیت‌هایی هم معرفی شده است. البته لازم است این فعالیت‌ها در بخش‌های مختلف از جمله آموزش براساس نیازهای ملی، بازسازی شوند. فعالیت‌های پیش‌بینی شده بین‌المللی براساس اهداف شامل سه هدف به شرح زیر است:

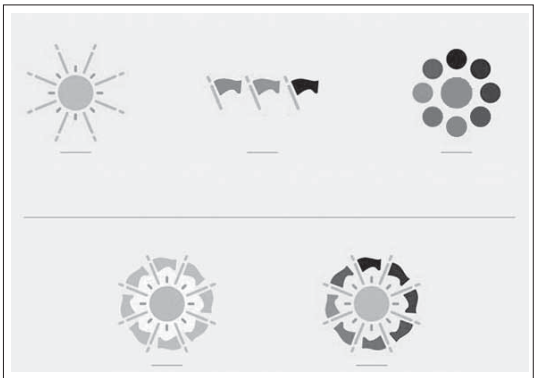
فعالیت اول؛ معرفی سال جهانی نور و ثبت فعالیت‌های کشورهای مختلف و بررسی میزان مشارکت آن‌ها در این مناسبت.

این فعالیت بیشتر بر مبنای پژوهش در بررسی تأثیر یک مناسبت علمی بر روند پیشرفت‌های علمی و همسان‌سازی فعالیت‌های کشورهای مختلف طراحی شده و یکی از اهداف آن فعال کردن کشورها در سطح بین‌المللی و پیشرفت کل دنیاست.

فعالیت دوم؛ تبیین ارزش نور در زندگی انسان‌ها و جوامع، با هدف علاقه‌مند کردن نسل نو و گام برداشتن در راه اختراعات و اکتشافات جدید.

این فعالیت براساس گسترش دانش و آگاهی به‌منظور جلب توجه مخترعان جوان به اهمیت پژوهش‌های آینده و معرفی علم به همگان است و جنبهٔ ترویجی دارد.

فعالیت سوم؛ بررسی مفاهیم نور در زمینه‌های مختلف. در



شکل ۲. در نشان سال جهانی نور به علامت‌های مختلفی از جمله نور خورشید، پرچم کشورهای مختلف، طیف نوری، گل، که نمادی از زندگی است، و یگانگی و اتحاد اشاره شده است.

این فعالیت، با نگرشی علمی و تخصصی‌تر، به علم و آموزش توجه شده است و می‌توان بر بعد و شیوه‌های بهینه آموزش نور و بررسی‌های علمی پدیده‌های نوری و تأکید بر اختراعات و فناوری‌های نوین در این زمینه اشاره کرد.

پیش‌بینی می‌شود این فعالیت‌ها راه را برای ظهور دانشمندان جوانی هموار سازد که در آینده نقش مهمی در ارتقای سطح زندگی و فناوری نوری داشته باشند. بدیهی است که هر پیشرفت علمی از سال‌ها قبل نیاز به برنامه‌ریزی‌های علمی و آموزشی، برای عامهٔ مردم تا سطوح بالای دانشگاهی را می‌طلبد. در طراحی این فعالیت‌ها لازم است پژوهشگران آموزش فیزیک و نور با اتخاذ شیوه‌های نوین و جذاب‌تر آموزش این شرایط را فراهم آورند. برای آشنا شدن با فعالیت‌های طراحی‌های آموزشی مرتبط با نور نگاهی به فعالیت‌های طراحی شده در سطح بین‌المللی می‌اندازیم تا بتوانیم از آن‌ها متناسب با اهداف و نیازهای آموزشی ملی بهره ببریم.

فعالیت‌های بین‌المللی آموزشی در سال جهانی نور

۱. آموزش تجربی نور

سال جهانی نور بهانه‌ای برای تغییر روند آموزش، از سنتی به نوین، و استفاده از آزمایش در آموزش است. فیزیک زبانی

شـیوا برای بیان قانون‌هـای حاکم بر طبیعـتِ پیرامون ما و جهانی سرشـار از شگفتی و زیبایی است. یکی از مشکلات در درک فیزیک و تدریس آن، استفاده نکردن از رویکرد مشاهدهٔ پدیده‌هـای طبیعی همچون نور اسـت. دانش‌آموزان و حتی گاهی معلمان (که خود نیز به همین شیوه آموزش دیده‌اند) به جهان اطراف با دید اکتشافی نمی‌نگرند، در حالی‌که یادگیری فیزیک با مشـاهدهٔ دقیق و کنجکاوی شروع می‌شود. غفلت از به‌کارگیـری روش‌های فعال تدریس، برای مثال مشـاهدهٔ محیـط اطراف به‌منظور کاوش علمی از جمله مواردی اسـت کـه این تفکر غلط را به‌وجود مـی‌آورد که تنها تعداد کمی از دانش‌آمـوزان قادر بـه درک فیزیک‌انـد، در صورتی‌که درک مفاهیم فیزیک و کاربرد آن‌ها در زندگی روزانه برای همه میسر است و با شیوه‌های آموزشی مناسب می‌توان دریچه‌های درک فیزیـک را بر روی همهٔ دانش‌آموزان، بـدون توجه به توانایی علمـی آن‌ها، باز کرد. مشـاهده، طبقه‌بندی، فرضیه‌سـازی، اندازه‌گیری، پیش‌بینی، و به‌کار بستن فعالیت‌های آزمایشگاهی یکـی از ارکان اصلـی آموزش علوم تجربی به‌شـمار می‌آید و موجب رشـد دانش، مهارت و نگرش‌های علمی دانش‌آموزان می‌شـود. توجه به فعالیت‌های آزمایشگاهی، علاوه بر تثبیت یادگیری و افزایش میزان ماندگاری مفاهیم آموخته‌شده، سبب دسـت‌ورزی و نیز کسب مهارت‌های مورد استفاده در زندگی روزانه می‌شود و زمینه‌های نوآوری، خلاقیت و تفکر انتقادی را برای دانش‌آموزان فراهم می‌کند. در فعالیت‌های آزمایشگاهی اصولی و برنامه‌ریزی شده، آشنا کردن دانش‌آموزان با ماهیت روش علمـی، از قبیـل مشـاهده، گردآوری و سـازمان‌دهی اطلاعات، و نتیجه‌گیـری منطقی از آن‌ها صورت می‌گیرد. به این دلیل معلوم می‌شود که فعالیت‌های آزمایشگاهی همواره نقش کانونی و برجسـته‌ای در برنامهٔ درسـی آموزشـی علوم تجربی دارند.

با توجه به اهداف سـال جهانی نور و تدوین فعالیت‌هایی در این راستا، تأکید خاصی بر روی آموزش نور از طریق آزمایش شده است که در اولین گام با مشاهده شروع می‌شود. مشاهدهٔ پدیده‌هـای نوری و آزمایش با آن‌هـا، آموزش را هیجان‌انگیز می‌کنـد و در دانش‌آموز انگیزهٔ بهتری برای یادگیری به‌وجود می‌آورد. بیـان حقایق علمی دربارهٔ نـور آن را واقعی‌تر جلوه می‌دهـد و به درک عمیق‌تر و ماندگارتـری می‌انجامد. بدین ترتیـب به‌جای اینکـه دانش‌آموزان در برابر سـیل یک‌طرفهٔ اطلاعات قـرار گیرند به‌طور فعال در مبادلهٔ اطلاعات و تجربه با معلم شریک می‌شوند. امروزه همهٔ متخصصان آموزش علوم اعتقاد راسـخ دارند که تدریس علوم هنگامی مؤثر و کارآمدتر اسـت که دانش‌آموزان، خود از طریق تجربه‌های دسـت اول، آزمایش‌های مستقیم و درگیر شدن در پژوهش و حل مسئله آموزش ببینند. مشـارکت دادن دانش‌آموزان در فعالیت‌های عملی، انجام آزمایش‌ها توسـط خود آن‌ها، و نیز ساختن مواد و وسـایل آزمایشـی (دست‌سـازه‌ها) در دانش‌آموزان میل به یادگیری، هیجان و علاقه ایجاد می‌کند و انگیزهٔ یادگیری بیشتر را در آن‌هـا به‌وجود می‌آورد. به این ترتیب یادگیری معنادار و پایدار محقق می‌شود. آزمایش سبب می‌شود مهارت‌های مورد نظر برنامهٔ درسـی و اهداف آموزشی مانند ارتباط‌های علمی، سـواد علمی، مهارت‌های شـهروندی و اجتماعی رشد کند و همچنین توانایی استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات ایجاد شود. از این‌رو به فعالیت‌های تجربی و آزمایشگاهی در آموزش نور، به‌ویژه فعالیت‌های دست‌ورزی، توجه ویژه‌ای شده است؛ چرا که دست‌سازه‌ها وسیله‌هایی در دسترس، ارزان و با قابلیت آموزشی در همه جا و برای همه وجود دارد.

استفاده از دست‌سازه‌ها در آموزش مفهوم نور و فناوری‌های مربوط بـه آن، یکی از بهترین راه‌هایی اسـت که می‌توان از طریق آن وارد فعالیت‌های آموزشـی سـال جهانی نور شـد. در این سـال مقاله‌های علمی سـاده، مواد آموزشی و برخی فعالیت‌های دسـت‌ورزی افراد را به مشارکت می‌گذارند. مثلاً افراد با ارسـال تصویری که از پدیده‌هـای نوری گرفته‌اند به مشارکت در این سـال ترغیب می‌شوند. با معرفی ویدئوهای سـخنرانی‌های عامه فهـم در مورد نـور، و معرفی کیت‌های آموزشـی برای کـودکان، تصاویر نوری، کیت‌هـای نوری و بیان مفاهیم علمی، مثلاً اصول علمی گوشـی‌های هوشمند، تلاش زیادی در برقـراری ارتباط مفاهیم نوری با عامهٔ مردم شده اسـت. بحث دیگر رویکرد «یادگیری فعال» در آموزش نور اسـت. تأکید یونسـکو بر روش یادگیری فعال در اپتیک وفوتونیـک فعالیتی بین‌المللی اسـت[1] که بـر روی طراحی دست‌سازه‌ها و طرح درس‌های مبتنی بر دست‌سازه‌ها، تمرکز می‌کند تا معلمان علوم را توانمند سازد و آن‌ها را تشویق کند که تجربیات خودشـان را با سـایر معلمان و دانش‌آموزان در میان بگذارند. این فعالیت‌های ساده با استفاده از مواد ارزان و در دسترس طراحی می‌شوند.

چنین فعالیت‌هایی در آموزش کشـورهای در حال توسـعه بسیار کاربردی و تأثیرگذار است. برنامهٔ یادگیری فعال قبلاً هم در سـال ۲۰۰۴، با برگـزاری کارگاه‌هایی برای بیش از ۱۰۰۰ معلم در ۵۵ کشـور در حال توسعه در آفریقا، آسیا و آمریکای لاتین اجرا شـده بود. در سـال ۲۰۰۴ میلادی طرح آموزشی یونسکو در بخش اپتیک وفوتونیک شامل شش حوزه بود:

نور هندسـی، عدسـی‌ها و بینایی چشـم، تداخل وپراش، نورشناسـی جوی، انتقال داده‌های نوری و مجزاسـازی طول موج‌هـا. در طی برگـزاری این کارگاه‌ها معلمـان یاد گرفتند که چگونه می‌توان با اسـتفاده از وسـایل ارزان و در دسترس یادگیری دانش‌آموزان را ارتقا بخشـید و با استفاده از ارزیابی مفهومی اپتیک[2] یادگیری آن‌ها را سنجید.

با توجه به اهداف سال جهانی نور و تدوین فعالیت‌هایی در این راستا، تأکید خاصی بر روی آموزش نور از طریق آزمایش شده است که در اولین گام با مشاهده شروع می‌شود

در سال ۲۰۰۲ میلادی، مجمع عمومی سازمان ملل متحد، دهۀ ۲۰۱۴ - ۲۰۰۵ را به‌عنوان «دهۀ آموزش برای توسعۀ پایدار» اعلام کرد

۲. آموزش نور، کیهان‌شناسی و نجوم

اینشتین درست صد سال پیش در سال ۱۹۱۵، با ارائۀ نظریۀ نسبیت عام بیان کرد که نور اساس درک مفاهیم فضا و مکان است. در این مورد مطالب زیادی برای درک همگان نسبت به این نظریه مهم وجود دارد و یکی از هدف‌های سال نور آشنا شدن مردم با این مفاهیم است. در این خصوص، یکی از مثال‌ها معرفی نظریۀ مهبانگ (سال ۱۹۶۵ میلادی) و امواج زمینۀ کیهانی برای شناسایی منشأ عالم است. امروزه اصطلاح «مهبانگ» به بخشی از فرهنگ عامه نفوذ کرده است؛ اما بیشتر مردم در مورد آن چیز زیادی نمی‌دانند. با معرفی و دسترسی به وبگاه‌ها و منابع علمی زمینه‌ای فراهم شده است تا اطلاعات مردم نسبت به این موضوع افزایش یابد. تصویر ماهواره‌ای و تلسکوپی که از کهکشان‌ها، تهیه می‌شود دستاوردی از فعالیت‌ها و اختراعات بشر در زمینۀ نور است. بخشی از فعالیت‌های این سال به ترغیب مردم در مورد این بخش از اکتشافات بشری می‌پردازد. به‌عنوان مثال طراحی کیت و ساخت ابزار نوری‌ای که گالیله (گالیلوئوسکوپ) با آن بسیاری از اکتشافات نجومی خود را انجام داد یکی از این موارد است. با ساخت گالیلوئوسکوپ افراد می‌توانند کشفیات نجومی را که بشر از حدود ۴۰۰ سال پیش تاکنون به آن‌ها دست یافته است دریابند.

سال ۲۰۰۹، **سال جهانی نجوم** بود. از آن سال تاکنون اجرا و ادامۀ فعالیت‌های بین‌المللی در زمینۀ نجوم ادامه دارد، اتحادیۀ بین‌المللی نجوم برای دهۀ اخیر (۲۰۲۰- ۲۰۱۱ میلادی) برنامه‌های زیادی طراحی کرده بود که فعالیت‌های آموزشی در زمینۀ نجوم از آن جمله بود. مجموعه‌ای از فعالیت‌های پیش‌بینی شده در برنامۀ سال جهانی نجوم فرهنگ و اجتماع، مهارت و فناوری، علم و پژوهش بود. زیربخش‌های آن شامل: «تاریخ، ابعاد جهان، منشأ عالم در بخش فرهنگ و اجتماع»، «نور، رایانه‌ها، الکترونیک، فضا در بخش مهارت و فناوری»، «فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی، ریاضیات در بخش علم و پژوهش» زیرمجموعه‌های اهداف سال نجوم را مشخص می‌کردند. در حال حاضر موضوع نور شرایط را برای مطرح کردن دوبارۀ بحث نجوم فراهم کرده است، به‌طوری که در سال جهانی نور فعالیت‌های نجومی به‌طور مشترک با اهداف سال نجوم نیز استمرار دارد؛ یافتن نقطه‌های مشترک بین برنامه‌های سال جهانی نجوم و سال جهانی نور به استمرار فعالیت‌ها کمک خواهد کرد.

۳. آموزش نور و توسعۀ پایدار

در سال ۲۰۰۲ میلادی، مجمع عمومی سازمان ملل متحد، دهۀ ۲۰۱۴-۲۰۰۵ را به‌عنوان «دهۀ آموزش برای توسعۀ پایدار» اعلام کرد. آموزش برای توسعۀ پایدار، طرحی است که هدف آن توانمندسازی مردم در پذیرش مسئولیت برای ایجاد یک آیندۀ پایدار است. آموزش، با توجه به ابعاد اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و زیست‌محیطی آن، رکن و ابزار اصلی این طرح است. این برنامه حدود ۳۳ مقوله را در بر می‌گیرد که برخی از آن‌ها عبارت است از: حاکمیت مناسب، تساوی جنسیتی، صلح، حقوق بشر، دسترسی به آموزش، مبارزه با مواد مخدر، حفظ میراث فرهنگی و دانش سنتی و بومی، شهرنشینی، فقر و امنیت غذایی، تغییرات آب‌وهوا، بلایای طبیعی و موارد دیگر. راهکارهای مطرح در آموزش برای توسعۀ پایدار این است که:

۱. دانش‌آموزان و جوانان را به‌گونه‌ای آموزش دهیم که آیندۀ جهان را بهتر رقم زنند.

۲. بستری فراهم شود تا مردم در سطوح مختلف و با توانمندی‌های متفاوت بتوانند قدرت تفکر نقادانه داشته باشند.

۳. لازمۀ این نوع آموزش، ایجاد تفکر سیستمی است؛ به این معنا که بین سازمان‌ها و نهادهای ذی‌ربط هم‌افزایی ایجاد شود؛ زیرا توسعۀ پایدار مفهومی چندبخشی است و به این دلیل نیازمند فهم و درک بین بخشی و بین سازمانی است.

علاوه بر موارد بالا، ایجاد مشارکت و همکاری درون‌سازمانی، مشارکت در تصمیم‌گیری و تصمیم‌سازی، آگاه‌سازی و مسئولیت‌پذیری، داشتن تفکر نقادانه بومی و محلی همراه با چشم‌انداز جهانی و نیز توجه به یادگیری مادام‌العمر از دیگر الزامات آموزش برای توسعۀ پایدار است. هم‌اکنون یک‌ونیم میلیارد نفر در جهان شب‌ها در تاریکی به سر می‌برند و از روشنایی شمع یا فانوس استفاده می‌کنند. این مسئله آسیب‌های زیادی به سلامتی و آموزش آنان می‌زند. با توجه به اهداف سازمان ملل در مورد توسعۀ پایدار لازمۀ پیشرفت در آموزش این است که جامعۀ جهانی یکپارچه به آموزش جوانان بیندیشد تا سرزمینشان را به‌سوی توسعۀ پایدار سوق دهند. کمک به ترویج تفکر سیستمی برای نیل به توسعۀ پایدار اولین گام در راه فقرزدایی در استفاده از نور شبانگاهی است. طراحی و کمک در ساخت ابزارها و ترویج انرژی خورشیدی و تبدیل به نور در مناطق محروم یکی از اهداف این سال است. طرح‌های ویژۀ آموزشی و ترویجی در بحث اپتیک وفوتونیک در کشورهای در حال توسعه، به‌عنوان مثال آفریقا، اجرا خواهد شد. اهداف چنین فعالیت‌هایی عبارت‌اند از: - افزایش اطلاعات در مورد فناوری‌های مبتنی بر نور به‌منظور حل مشکلات و چالش‌های مقابل روی بشر در این قاره، - گسترش تعامل بین مراکز علمی، صنعت و متخصصان در استفاده از فناوری‌های نوری وفوتونیک با رویکرد علم برای توسعۀ اقتصادی در این قاره و نیز جذب مخترعان به مطالعه و نوآوری در موضوع فناوری‌های مبتنی بر نور در قارۀ آفریقا.

۳. آموزش نور و روایت‌های علم

آموزش فیزیک موضوعی است که نیاز به محمل مناسب و بیان تفکرات علمی و روش‌شناسی علمی دارد. امروزه موضوع‌هایی چون روش‌های بر ساخت‌گرایی، در شکل‌گیری علم در دانش‌آموزان، از شیوه‌های مؤثر است. بیان تاریخ علم یکی از این راهکارهاست. گاهی تأثیر بیان تاریخ و روند شکل‌گیری علم در رشد و پویایی فراگیران تأثیر به‌سزایی دارد. تأکید بر دستاوردهای دانشمندان قدیم و سلسله تلاش‌های انجام شده در موضوع علمی نشان می‌دهد که علم امروز ما برایند تلاش انسان‌هایی است که در گذشته مجدانه با کمترین امکانات به مشاهدهٔ پدیده‌های طبیعی می‌پرداخته‌اند و از آنچه ساده به‌نظر می‌رسیده است، به سادگی عبور نمی‌کرده‌اند. روایت‌های علم و طرح موضوع‌های زیر، از دیگر فعالیت‌های سال جهانی نور است و با اهداف آموزشی طراحی شده است.

زنان و علم

نیمی از جمعیت جهان را زنان تشکیل می‌دهند. با وجود اینکه در بسیاری از کشورهای جهان پیشرفت‌های عظیمی در علم و فناوری رخ داده است، اما بیشتر زنان جایگاه ویژه‌ای در سطوح بالای علم و اختراعات علمی ندارند. می‌دانیم که جایزهٔ نوبل فیزیک از سال ۱۹۰۱ تا ۲۰۱۴ تاکنون ۱۰۸ بار اهدا شده است. از این میان ۱۹۹ فیزیک‌دان جایزه دریافت کرده‌اند که فقط دو نفر آنان زن هستند. یکی ماری کوری که در سال ۱۹۰۳ این جایزه را دریافت کرد (البته او در سال ۱۹۱۱ جایزه شیمی را نیز دریافت کرد) و دیگری ماریا ژئوپرت مایر[1] که در سال ۱۹۶۳ میلادی جایزه نوبل فیزیک گرفت. بررسی و معرفی پژوهش‌های انجام شده در این زمینه از جمله کارهایی است که انجام شده است. توجه به آموزش زنان در زمینهٔ موضوع‌های علمی مانند نور، نه‌تنها در کسب رتبه‌های علمی بالا، بلکه در ترویج علم در سطح کل جامعه و خانواده‌ها باید بیشتر شود. در پاره‌ای از این پژوهش‌ها میزان رشد دانش‌آموزان دختر برای ادامه تحصیل در رشته‌های علمی مانند فیزیک و گرایش آن‌ها به مشاغل علمی بررسی شده است و با ریشه‌یابی مشکلات و موانعی که در این راه وجود دارد بحث نور را یکی از جاذبه‌های زیبا برای آموزش دختران معرفی کرده‌اند. سطوح مختلف ارتقای کمی و کیفی مشارکت زنان در برنامه‌های علمی، در سال جهانی نور فرصت مناسبی فراهم کرده است تا پژوهشگران به اهمیت این امر پی ببرند و راهکارهایی برای آن بیندیشند.

شکل ۳. تصویر تعدادی از فیزیکدانان قرن بیستم

تاریخ علم، یادبود ابن‌هیثم

اروپا در قرون وسطی از نظر علمی فعال نبود ولی در همان عصر، بین قرون نهم و سیزدهم میلادی، تمدن اسلامی دورهٔ شکوفایی خود را طی می‌کرد. عصر طلایی تمدن اسلامی و دانشمندان مسلمان نقش مهمی در پیشرفت علم داشته است. در این دورهٔ طلایی، پیشرفت‌های بزرگی در ریاضیات، پزشکی، فیزیک، شیمی و فلسفه حاصل شد و در بین تمام نوابغ آن دوران، ابن‌هیثم، دانشمندان نورشناس، بالاتر از همه قرار می‌گیرد. ابن‌هیثم به‌حق، پدر روش علمی نوین است. عنوان «اپتیکِ عربی» از عناوینی است که در سال جهانی نور مطرح شده و از فعالیت‌های ابن‌هیثم، باعنوان پدر نورشناسی نوین در زمینه نور و نظریه‌های آن تقدیر شده است.

ابوحسن‌بن‌هیثم (قرن چهارم و پنجم هجری قمری/ یازدهم میلادی)، متولد در بصره، از جمله دانشمندان برجستهٔ «عصر طلایی» تمدن اسلامی است. ابن‌هیثم کتاب‌های بسیاری را در زمینه‌های مختلف به رشته تحریر درآورد، به‌طوری که تألیفات به‌جا مانده از او را در مجموع حدود هفتاد جلد می‌دانند. ولی متأسفانه قسمت عمده آثار او از بین رفته است. معروف‌ترین اثر باقی‌مانده از ابن‌هیثم، کتاب نفیس «المناظر» است. این کتاب به نام گنجینهٔ نور شناخته می‌شود در قرن شانزدهم میلادی از عربی به لاتین ترجمه شد و تاثیری ژرف و ماندگار بر دانش مغرب زمین گذاشت و پیشرفت بزرگی را در زمینه روش‌های کاربردی پدید آورد. یکی از دلایل نامگذاری سال ۲۰۱۵ به جهانی نور هزارمین سال نشر رسالهٔ هفت جلدی ابن‌هیثم است، ابن‌هیثم نقش بسیار مهمی در شکل‌گیری دانش بینایی‌سنجی و آزمایش‌های تجربی نور و استفاده از روش‌شناسی علمی دارد. وی اولین دانشمند در عصر خود بود که برای بررسی نظریه‌های خود، از شواهد تجربی و عملی استفاده می‌کرد؛ در حالی‌که در آن دوران فیزیک، همچون علم فلسفه، با تجربهٔ عملی همراه نبود. اما ابن‌هیثم برای نخستین‌بار ضرورت وجود شواهد تجربی برای پذیرش یک نظریه را عنوان کرد. وی اولین دانشمندی بود که بیان درستی از چگونگی دیده شدن اشیا توسط چشم ارائه کرد. او به‌طور تجربی ثابت کرد که آنچه، تا آن زمان، نظریهٔ انتشار نور نامیده می‌شد غلط

سطوح مختلف ارتقای کمی و کیفی مشارکت زنان در برنامه‌های علمی، در سال جهانی نور فرصت مناسبی فراهم کرده است تا پژوهشگران به اهمیت این امر پی ببرند و راهکارهایی برای آن بیندیشند

ابن‌هیثم کتاب‌های بسیاری را در زمینه‌های مختلف به رشته تحریر درآورد، به‌طوری که تألیفات به‌جا مانده از او را در مجموع حدود هفتاد جلد می‌دانند

است. این نظریه که از سوی بزرگانی چون افلاطون، اقلیدس و بطلمیوس پذیرفته شده بود، بیان می‌داشت که نور از چشم ما به چیزهایی که می‌بینیم، گسیل می‌شود، اما ابن‌هیثم، درست برخلاف نظر آنان، نظریه جدیدی را بنیان گذارد که تا امروز هم صادق است و آن این است که: «ما می‌بینیم چون نور از اشیا به چشم ما می‌تابد.» کار دیگری که وی برای اولین‌بار انجام داد استفاده از ریاضیات برای توضیح و اثبات این فرایند بود. در نتیجه او را می‌توان اولین فیزیک‌دان نظری هم دانست. از دیگر کارهای ابن‌هیثم اختراع دوربین، بدون عدسی، و کشف کیفی قانون‌های شکست است. او همچنین اولین آزمایش‌ها را روی پدیده تجزیه نور به رنگ‌های تشکیل‌دهنده‌اش انجام داد و سایه‌ها، رنگین‌کمان و خسوف را نیز برای اولین‌بار بررسی کرد و با دیدن چگونگی شکست نور در جو، توانست برآورد خوبی از ارتفاع جوّ زمین به‌دست آورد که طبق محاسبات او، حدود یک‌صد کیلومتر بود. در مجموع، حدود چهارده مورد از آثار ابن‌هیثم مربوط به نورشناسی هستند. یکی از دهانه‌های آتش‌فشان را در ماه، به افتخار وی سیارک الهازن ۵۹۲۳۹ نام‌گذاری کرده‌اند.

شکل ٤: دو نمونه از تمبرهایی که به نام ابن‌هیثم منتشر شده است.

دانشمندان نورشناس

از زمان‌های قدیم تا امروز دانشمندان زیادی در مورد نور کنجکاو بوده‌اند. برخی از آن‌ها معتقد بوده‌اند که نور باریکه‌ای از ذرات است و برخی به موجی بودن نور اعتقاد داشته‌اند. در قرن حاضر نیز دانشمندان به دنبال یافتن ناشناخته‌های مفاهیم نور هستند و همچنین در مورد فناوری‌های مبتنی بر نور تحقیق می‌کنند. این مجموعه فعالیت‌ها در سال جهانی نور با هدف شناساندن تاریخ نور و نورشناسی مورد توجه است.

در بخش دانشمندان نورشناس، فعالیت‌های اخیر دانشمندان از جمله برندگان جایزهٔ نوبل نیز معرفی شده است. در سال ۲۰۱٤، کار برندگان جایزهٔ نوبل هم در فیزیک و هم در شیمی در زمینهٔ فناوری‌های مبتنی بر نور بود. جایزه نوبل فیزیک را فرهنگستان سلطنتی علوم سوئد در استکهلم اهدا می‌کند. صد و هشتمین جایزه نوبل فیزیک در سال ۲۰۱٤ میلادی به‌طور مشترک به سه دانشمند به نام‌های **ایسامو آکاساکی، هیروشی آمانو** و **شوجی ناکامورا** برای پژوهش در ابداع دیودهای کارآمد گسیل‌کننده نور آبی اهدا شد که منابع نور سفید مقرون به صرفه را فراهم کردند. دیودهای قرمز و سبز از مدت‌ها قبل ابداع شده بودند، اما بدون نور آبی، ساخت لامپ‌های سفید امکان‌پذیر نبود و این معما از حدود سه دهه بدون جواب باقی مانده بود. با کمک این اختراع لامپ‌های ال.ای.دی متفاوتی عرضه خواهند شد که نه‌تنها با محیط زیست سازگارترند بلکه جایگزین مناسبی نیز برای نورهای قدیمی خواهند بود. قرن بیستم میلادی را لامپ‌های رشته‌ای روشن کردند و اکنون لامپ‌های ال‌ای‌دی روشن‌کنندهٔ قرن ۲۱ خواهند بود. لامپ‌های ال‌ای‌دی به ذخیرهٔ منابع انرژی زمینی نیز کمک می‌کنند.

چنان‌که اشاره شد در سال ۲۰۱٤ جایزهٔ نوبل شیمی هم در زمینهٔ کاربردهای نور و فناوری نور اهدا شد. برای مدت‌های طولانی، میکروسکوپ نوری به‌دلیل نداشتن و توان تفکیک بیشتر از نیم طول موج نور کنار گذاشته شده بود. تا اینکه برندگان نوبل شیمی سال ۲۰۱٤ با کمک مولکول‌های فلوئورسان توانستند این محدودیت را برطرف کنند. این روش بر خاموش و روشن کردن فلوئورسان مولکول‌های مختلف مبتنی است. دانشمندان چندین‌بار از یک منطقه تصویربرداری می‌کنند و هر بار به چند مولکول محدود اجازه درخشیدن می‌دهند. قرار دادن این تصاویر به یک ابرتصویر نهایی با تفکیک در سطح نانو می‌انجامد. دستاورد عظیم این دانشمندان میکروسکوپ نوری را به بعد نانو ساند، و بنابراین از این پس به مشاهدهٔ دنیای نانو خواهیم پرداخت. اکنون دانشمندان در حوزه نانوسکوپی، مسیرهای مولکول‌ها را درون سلول‌های زنده مشاهده می‌کنند. آن‌ها می‌توانند چگونگی تولید سیناپس‌های بین سلول‌های عصبی مغز توسط مولکول‌ها را ببینند و پروتئین‌های دخیل در بیماری‌های پارکینسون، آلزایمر را پی‌گیری کنند. همچنین قادر خواهند شد هر پروتئین درون تخم‌های بارور را در زمان تقسیم شدن برای تبدیل به جنین مشاهده کنند.

نکته قابل توجه در این فعالیت‌ها ارائه بخشی با عنوان وبلاگ دانشمندان جهان است که برای ثبت روزانه و روزنگاری افراد علاقه‌مند و نگارش فعالیت‌های علمی‌شان در مورد نور اختصاص دارد. با این روش راه برای مطالعات و اختراعات همچنان باز است و زمینهٔ مشارکت عامه در تولید علم وجود دارد.

پی‌نوشت‌ها
1. Maria Geoppert Mayer
2. UNESCO's International Basic Sciences Programme (IBSP)
3. Light and Optics Conceptual Evaluation

منابع
1. www.light2015.org
2. www.irunesco.org
3. www.nobelprize.org
4. www.iupap.org
5. http://spie.org/x39914.xml

مـــــادهٔ تاریک

دان لینکن[1]، گردآوری و ترجمه: **مریم نادمی**
کارشناسی ارشد فیزیک، گرایش کیهان شناسی

چکیده

شک نیست که معماهای کیهانی حل نشدهٔ بسیاری وجود دارد. کهکشان‌ها سریع‌تر از آن می‌چرخند که بتوان حرکت آن‌ها را با قانون‌های نیوتون و جرم درخشان توضیح داد. کهکشان‌های تک در پیرامون خوشه‌های کهکشانی به قدری سریع حرکت می‌کنند که خوشه‌ها در طول زمان باید پراکنده شده باشند. عدسی گرانشی که به لحاظ کیفی مانند میکرولنزینگ توصیف شده در اینجا در مقیاس وسیع وجود دارد و مقادیر بسیار عظیمی از جرم مشاهده نشده را نشان می‌دهد که در سراسر عالم پخش شده است.

بحث دربارهٔ مادهٔ تاریک گفت و گوی علمی جاری را تشکیل می‌دهد، در حالی که بیشتر جامعهٔ علمی فرضیهٔ مادهٔ تاریک سرد را ترجیح می‌دهند. اما این جر و بحث به هیچ‌وجه پایان نیافته است. تا زمانی که مادهٔ تاریک در بسیاری از آزمایش‌ها مشاهده شود و حکایت یکسانی را بیان کند و تا وقتی که مادهٔ تاریک در آزمایشگاه‌های فیزیک ذرات تولید شود، هویت و حتی وجود مادهٔ تاریک باید پرسشی باز باقی بماند: پرسشی که یکی از وسوسه انگیزترین و مهم‌ترین پرسش‌ها در فیزیک معاصر است.

کلیدواژه‌ها: مادهٔ تاریک، کهکشان راه شیری، خوشه‌های کهکشانی مادهٔ تاریک سرد، دوران کهکشانی

عالم در فضا تاریک، تاریک است، منظورم سیاهی آسمان شب نیست. زیرا وقتی سایه زمین را ترک کنید و وارد فضا شوید، نورهای زیادی شما را احاطه کرده‌اند که هر کجا را نگاه کنید چشمک می‌زنند. اما با وجود میلیاردها میلیارد ستاره و کهکشان ساگان[2]، حقیقت شگفت‌انگیز آن است که مادهٔ معمولی که من و شما از آن ساخته شده‌ایم فقط ۵ درصد موجودی انرژی عالم را تشکیل می‌دهد. منظرهٔ درخشان آسمان‌ها فقط لایهٔ نازک تزئینی روی یک کیک بزرگ تاریک است.

طبق جدیدترین برآوردها، مادهٔ معمولی صرفاً ٤/٦ درصد عالم را تشکیل می‌دهد، و مادهٔ مرسوم به «مادهٔ تاریک» ۲۲/۷ درصد آن را. یک مؤلفه حتی شگفت‌انگیزتر کیهان «انرژی تاریک» است که ۷۲/۸ درصد موجودی انرژی و مادهٔ عالم متشکل از آن است. این مقاله شناخت کنونی ما از مادهٔ تاریک و اینکه چرا بسیاری از اخترشناسان از وجود آن اطمینان دارند را شرح می‌دهد. یکی از وجوه بررسی وجود مادهٔ تاریک اهمیت آموزشی هم دارد، چون شاید به لحاظ اینکه تنها مسئله بغرنج در مرزهای کیهانی است که می‌توان آن را فقط با استفاده فیزیک پایه مبتنی بر جبر فهمید منحصر به فرد باشد.

اولین سرنخی که اخترشناسان در مورد اینکه شاید تلسکوپ‌های آن‌ها تمام ماجرا را بیان نمی‌کند در اختیار داشتند اندکی پس از چاپ یک مقالهٔ ادوین هابل[3] در سال ۱۹۲۵ به‌دست آمد. هابل با ترکیب رصدهای اخترشناسان دیگر با یافته‌های خود جامعهٔ علمی را از وجود کهکشان‌های دیگر آگاه ساخت، که پیامد آن این بود که مادر کهکشانی متعلق به خودمان یعنی کهکشان راه شیری زندگی می‌کنیم. تشخیص اینکه راه شیری مجموعهٔ متراکمی از ستارگان است که با نیروی گرانشی به هم پیوند یافته‌اند، برتیل لیندبلاد[4] نظریه‌پرداز و یان اورت[5] رصدکننده (که ابر اورت به نام اوست) را بر آن داشت که پیش‌بینی‌های نیوتونی دوران راه شیری را با مشاهده‌ها مقایسه کنند. نتایج آن روشن بود. راه شیری تندتر از آن می‌چرخید که اصول نیوتونی و مقدار مادهٔ مشاهده شده پیش‌بینی می‌کردند کار لیند بلاد و اورت باعث شد که اورت در سال ۱۹۳۲ بگوید که به نظر می‌رسد جرم موجود در راه شیری دو تا سه برابر چیزی باشد که می‌توان مشاهده کرد. البته، این در سال‌های ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ بود که سازگاری داده‌ها با نظریه با ضریب دو در واقع بسیار خوب به حساب می‌آمد. کاملاً امکان داشت که توضیح سادهٔ (خطای رصد) در مورد آن صادق باشد. در سال ۱۹۳۳ فریتس تسویکی[6] خوشه کهکشانی گیسو را بررسی می‌کرد و اطمینان یافت که کهکشان‌های واقع در پیرامون خوشه سریع‌تر از آن حرکت می‌کردند که در پیوند گرانشی با مرکز کهکشان باقی بمانند. این اختلاف بسیار بیشتر از آن بود که اورت با جرم درخشان بتواند به‌حساب فقط ۱۰ درصد گرانی لازم برای حرکت این کهکشان‌ها بگذارد. مسئله جدی شد. تلاش‌های بعدی برای اندازه‌گیری جرم کهکشان‌ها با استفاده از پدیدهٔ عدسی گرانشی به این تنش‌ها اضافه شد. تسویکی اصطلاح «جرم تاریک» را برای توصیف این مؤلفه نامرئی کیهان ابداع کرد.

در دهه‌های بعد، رصدهای بسیاری از این عقیده که مادهٔ تاریک همه‌جا هست حمایت کرد، از حرکت خوشه‌های کهکشانی فوق‌الذکر، تا پدیده عدسی گرانشی در مورد اجسامی مانند NGC٤٥٥٥، یک کهکشانی بیضوی احاطه شده با گاز هیدروژن در دمای ۱۰/۰۰۰/۰۰۰K. دمای این گاز به اندازه‌ای زیاد است که اگر چیزی در کهکشان آن را نگه نمی‌داشت باید پراکنده می‌شد. با این همه، دلیل وجود مادهٔ تاریک که درک آن برای شاگردان فیزیک پایه از همه راحت‌تر است منحنی‌های چرخش کهکشان‌هاست.

اخترشناسان می‌توانند با استفاده از انتقال دوپلر سرعت

ایدهٔ کلی مادهٔ تاریک این است که ماده‌ای در عالم‌وجود دارد که نور را گسیل یا جذب نمی‌کند

ستارگان در کهکشان‌ها را اندازه بگیرند. به علاوه، حتی می‌توانند از رابطه‌های شناخته شده بین درخشندگی و رنگ ستارگان تا جرم ستاره استفاده کرده و توزیع مادهٔ نور گسیل (یعنی، مرئی) را در کهکشـان اندازه بگیرند. با ترکیب سادهٔ اصول نیوتونی، به راحتی می‌توان جنبه‌های غالبی را به‌دست آورد که انتظار داریم در منحنی دوران وجود داشته باشد. محاسبه با در نظر گرفتن گرانی به‌عنوان یک نیروی مرکز گرا شـروع می‌شـود. سـپس فرمول‌های استاندارد مربوط را در آن می‌گذاریم:

$$\frac{m_{\text{ستاره}}\,\upsilon^2_{\text{ستاره}}}{r} = G\frac{m_{\text{ستاره}}M_{\text{جاذبه}}}{r^2} \qquad (۱)$$

با کمی دستکاری به دست می آوریم

$$\upsilon_{\text{ستاره}} = \sqrt{\frac{GM_{\text{جاذبه}}}{r}} \qquad (۲)$$

$M_{\text{جاذبه}}$ مقدار جرم کهکشـان است که ستاره را جذب و سبب حرکت آن در مدارش می شود محاسبه آن در بیرون کهکشان سـاده است و $M_{\text{جاذبه}} = M_{\text{کهکشـان}}$. با این همه، در داخل کهکشان تمام جرم آن در تعیین حرکت سـتاره نقش ندارد. توزیع جرم در یک کهکشـان نوعی دشوار اسـت و باید از روش‌های عددی استفاده کرد. اما، برای نشان دادن مطلب می‌توانیم کهکشان را کره‌ای با چگالی یکنواخت در نظر بگیریم. با اسـتفاده از قضیهٔ پوستهٔ نیوتون، که همان منطقی است که همه شاگردان فیزیک پایه در قانون گاؤس با آن آشنا هستند، مشاهده می‌کنیم جرمی که سـتاره را جـذب می‌کند جرم داخل کره‌ای به شـعاع برابر فاصلهٔ بین مرکز کهکشان و ستاره است. پس در داخل کهکشان $M_{\text{جاذبه}} = M_{\text{کهکشان}} \times (\frac{r}{R_{\text{کهکشان}}})^3$ با قرار دادن این جمله در معادلهٔ (۲)، می‌توانیم منحنی دوران ستارگان داخل این کهکشان ساده شده را پیش‌بینی کنیم.

$$\upsilon_{\text{ستاره}} = \begin{cases} r\sqrt{\dfrac{GM_{\text{کهکشان}}}{R^3_{\text{کهکشان}}}} & r < R_{\text{کهکشان}} \\ \sqrt{\dfrac{GM_{\text{کهکشان}}}{r_{\text{کهکشان}}}} & r \geq R_{\text{کهکشان}} \end{cases} \qquad (۳)$$

بنابراین می‌بینیم که سـرعت مداری یک ستاره با زیاد شدن شـعاع داخل کهکشـان به‌طور خطی افزایش می‌یابد و سپس در بیرون توزیع جرم کهکشـان با عکس مجذور ریشهٔ دوم آن فرو می‌افتد. در حالی‌که کهکشـان‌های فیزیکـی دارای توزیع جـرم پیچیده‌تر از چیزی هسـتند که در اینجا بـه کار بردیم، اما منحنی‌های دوران واقعی، مطابق شـکل (۱) شکل مشابهی دارند. در نزدیکی مرکز کهکشان، سرعت با شعاع مداری تقریباً متناسب است و در بیرون کهکشان سرعت کاهش می‌یابد زیرا شعاع بیشـتر جرمی را اضافه نمی‌کند ولی نیروی گرانی را کم می‌کند. در پیرامون کهکشـان، پیش‌بینی می‌شود که منحنی دوران ایـن دو رفتار را به‌صورت هموار به هم مرتبط سـازد که گویای این واقعیت است که کهکشان واقعی کره‌های یکنواخت نیستند بلکه دارای گرادیان توزیع جرم‌اند.

شکل ۱- منحنی‌های دوران هزاران کهکشان همه یک حکایت را بیان می‌کنند. در داخل کهکشان، داده‌ها و نظریه سازگارند. با این همه، در پیرامون کهکشان ستارگان با سرعت تقریبا ثابت می‌چرخند. این با پیش‌بینی‌ها تضادی آشکار دارد.

شکل ۱ یک پیش‌بینی و مشاهده را برای نمونه‌ای از کهکشان نشان می‌دهد. طی چند دهه، هزاران کهکشان مورد بررسی قرار گرفته‌اند. بارها و بارها، اخترشناسان دریافته‌اند که در شعاع‌های زیاد، همه سـتارگان تمایل به حرکت مداری با سرعت یکسان دارند که در تضاد آشکار با پیش‌بینی‌هاست.

زیبایی آموزشی مسئلهٔ پیچیدهٔ مادهٔ تاریک در سادگی معادلهٔ (۱) نمایان اسـت. منحنی معادلهٔ (۱) نشـان می‌دهد که منشأ نیروی مرکز گرا نیروی گرانشی است. برای توجیه اختلافی که در شکل ۱ دیده می‌شود. باید نتیجه‌گیری کنیم که یک یا چند فرض ساده‌ای که در نظر گرفتیم غلط است.

این موارد عبارت اند از:

۱. قانون دوم نیوتون (F=ma) غلط است؛

۲. نظریهٔ گرانی نیوتون $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$ غلط است؛

۳. نیروهایی در نظر گرفته نشده‌اند(یعنی $F_{\text{گرانی}} \neq F_{\text{مرکزگرا}}$)؛یا

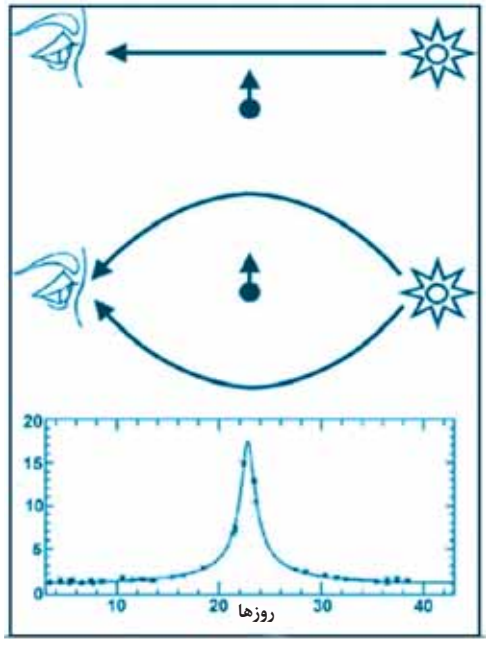
٤. عالم حاوی نوعی جرم است که مرئی نیست.

MOND[۶]: اصلاح دینامیک نیوتونی

مردخای میلگروم[۷] فیزیک‌دان در سال ۱۹۸۱ مطرح کرد که قانون دوم نیوتون برای مقادیر بسیار کم شتاب معتبر نیست. او به‌جای فرمول معروف F=ma فرمول $F = ma\mu(\frac{a}{a_0})$ را پیشـنهاد کـرد که تابع $\mu(\frac{a}{a_0})$ به دقت مشـخص نشـده اسـت، اما برای شتاب‌هایی که در مقایسه با a_0 بزرگ‌اند برابر یک و برای $a<a_0$ برابر $\frac{a}{a_0}$ است. متغیر a شتاب از مرتبهٔ $10^{-10}\ \frac{m}{s^2}$ است در حالی‌که شکل $\mu(\frac{a}{a_0})$ معلوم نیست، می‌توانیم تأثیر آن بر قانون دوم نیوتون را با این فرض ساده کننده در نظر بگیریم که فقط می‌تواند دو مقدار مربوط به آنچه در فاصله‌های زیاد از a_0 مشاهده می‌شود را اختیار کند. این موضوع رابطهٔ بین نیرو و شـتاب را به‌صورت زیر در می‌آورد.

$$F = \begin{cases} ma & a > a_0 \\ ma^2/a_0 & a \leq a_0 \end{cases} \qquad (٤)$$

با اسـتفاده از رابطهٔ استاندارد بین شتاب مرکز گرا و سرعت، $a = \frac{\upsilon^2}{r}$ و گذاشتن مقادیر تقریبی در معادلهٔ (۱)، در می‌یابیم کـه MOND پیش‌بینـی می‌کند در شـعاع‌های مـداری زیاد $\upsilon_{\text{ستاره}} = \sqrt[4]{GMa_0}$ که مسـتقل از شـعاع اسـت. در شـعاع‌های کوچک‌تر، پیش‌بینی‌های MOND با نظریهٔ معمولی نیوتونی



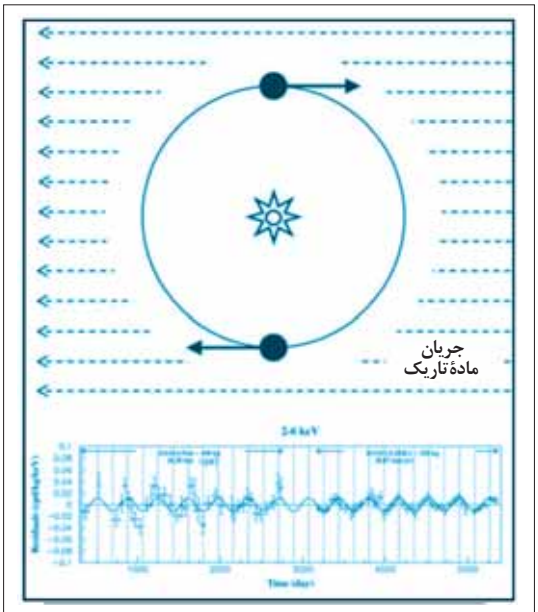
▲ شکل ۲- وقتی جسمی سنگین از بین ستاره‌ای دوردست و چشم شما بگذرد (بالا)، به‌طور گرانشی طوری نور ستاره را کانونی می‌کند که نور بیشتری به دستگاه شما می‌رسد (وسط). یک نمونه منحنی درخشان شدن در شکل پایین نشان داده شده است. محور عمودی درخشندگی نسبی است و خروجی نور پیش از رویداد میکرولنزینگ به واحد بهنجار شده است. برای محافظت در برابر ستارگانی که طبیعتاً خروجی نور متغیر دارند، از چند رنگ مختلف نمونه‌گیری شده است تا اطمینان حاصل شود که همهٔ رنگ‌ها به یک اندازه درخشان شده‌اند. اگر این کار انجام گیرد، مورد نامزدی برای رویداد میکرولنز است.

یکسان است. این رفتار با مشاهده‌ها سازگار است. البته، این سازگاری ساختگی است. انتقادهای معتبر زیادی در مورد نظریهٔ MOND وجود دارد. اولاً، شکل تابع $\mu(\frac{a}{a_0})$ فقط در موارد حدی معلوم است. انتقاد دیگر شکل ساده شدهٔ معادلهٔ (٤) است که در آن نه انرژی و نه تکانه پایسته نیست. اما هیلگروم و یاکوب بکنشتاین[8] در یک مقالهٔ سال ۱۹۸٤، که در آن از فرمول‌بندی لاگرانژی استفاده شده بود، این نقص جدی را برطرف کردند. یک نقد دیگر بر شکل‌های اولیهٔ MOND نسبتی نبودن این نظریه بود. کار بعدی که بخشی از آن مربوط به بکنشتاین بود، راه‌های مختلفی را برای پیوند MOND با نسبیت یافت.

دلیل صحت یک نظریه خوب کار کردن آن است. بنابراین، MOND چقدر خوب کار می‌کند؟ در مورد منحنی‌های دوران کهکشان، این نظریهٔ بسیار خوب کار می‌کند. همچنین در موارد بسیار زیادی که به معمای مادهٔ تاریک انجامیده تا اندازه‌ای موفقیت‌آمیز است. ما پس از بحث دربارهٔ راه‌حل‌های دیگر به میزان موفقیت راه‌حل‌های پیشنهادی مختلف باز خواهیم گشت.

مادهٔ تاریک: باریونی

ایدهٔ کلی مادهٔ تاریک این است که ماده‌ای در عالم وجود دارد که نور را گسیل یا جذب نمی‌کند. در حالی که ایده‌های جدید مادهٔ تاریک عجیب‌اند فکر اولیه بسیار عادی‌تر بود. به پیروی از ماکسیم «با شنیدن صدای سم، به دنبال اسب‌ها



▲ شکل ۳- حرکت زمین در WIMPS عبوری از منظومهٔ شمسی باعث تغییر سرعت بین WIMPS و آشکارسازها می‌شود. این تغییر می‌تواند به مدولاسیون سالانه‌ای در آهنگ رصد نامزدهای WIMPS آزمایش شود.

بگردید، نه گورخرها»، اخترشناسان نامزدهای مادهٔ تاریکی را در نظر گرفتند که از مادهٔ معمولی تشکیل شده بودند. چون جرم ماده معمولی در باریون‌ها (پروتون‌ها و نوترون‌ها) در مرکز اتم‌ها مستقر شده است، به این نوع مادهٔ تاریک «مادهٔ تاریک باریونی» می‌گوییم. مثال‌های مادهٔ تاریک باریونی شامل ابرهای گازی سرد، سیاهچاله‌ها، کوتوله‌های قهوه‌ای، کوتوله‌های سفید سوخته، سیاره‌های میان‌ستاره‌ای و مانند آن است.

جست‌وجو برای این نوع اجسام در سال‌های ۱۹۹۰ در همکاری‌هایی مانند OGLE، MACHO و دیگران انجام شد. این آزمایش‌ها از اصل عدسی گرانشی استفاده می‌کردند که اولین بار اورست خولوسون[9] در سال ۱۹۲٤ پیش‌بینی کرد، اما سال‌ها بعد با یک مقاله اینشتین شهرت یافت، وقتی جسم سنگینی از خط دید بین یک ستارهٔ دوردست و ناظر بگذرد، ستاره درخشان‌تر می‌شود زیرا جسم سنگین عملاً مانند یک عدسی عمل می‌کند و نور بیشتری را به دستگاه‌های ناظر می‌فرستد. تلسکوپ‌ها به سوی ابرهای بزرگ و کوچک ماژلانی نشانه‌گیری شدند. این هدف‌ها نمونهٔ بزرگی از ستارگان دوردست را در اختیار می‌گذاشتند. اگر اجسام متراکم سنگین نامرئی در هالهٔ کهکشانی وجود داشتند، می‌باید گاهی از مقابل یکی از این ستارگان دوردست بگذرند. یک پرنور و کم نور شدن مشخصه مشاهده می‌شود و پدیده «هیکرولنزینگ[10]» نامیده می‌شود. اصول مهم آن را می‌توان در شکل ۲ دید.

هر یک از تقریباً نیم دو جین آزمایش تعدادی رویدادهای میکرولنزینگ را از ستارگان ابرهای ماژلانی و از ستارگان با یک مرتبهٔ بزرگی بیشتر در مرکز کهکشان راه شیری رصد کردند. پس از گزارش اولیهٔ یک مؤلفهٔ بزرگ مادهٔ تاریک MACHO، آزمایش‌های جدید به این نتیجه‌گیری رسیدند که مؤلفهٔ متراکم

اگر اجسام متراکم سنگین نامرئی در هالهٔ کهکشانی وجود داشتند، می‌باید گاهی از مقابل یکی از این ستارگان دوردست بگذرند

شبیه‌سازی‌های چگونگی تحول عالم تحت تأثیر دماهای مختلف ممکن مادهٔ تاریک غیرباریونی به‌عالم‌های بسیار متفاوتی می‌انجامد

مادهٔ تاریک بیش از ۲۰ درصد جرم مفقود لازم برای توجیه منحنی دوران راه شیری نیست، و بعضی از این آزمایش‌ها نتیجه گرفتند که این کسر بسیار کوچک‌تر است و برخی اصلاً چیزی را اندازه نگرفتند.

مادهٔ تاریک: غیر باریونی

اگر مادهٔ تاریک متراکم را برای توجیه تعداد بسیار زیاد پرسش‌های بدون پاسخ کیهانی مانند منحنی‌های دوران کهکشان‌ها کنار بگذاریم، چه چیزی باقی می‌ماند؟ این امکان وجود دارد که انواعی از ماده وجود داشته باشند که باریونی نیستند. یک امکان آن نوترینوهای باقی مانده از مهبانگ است. در سال ۱۹۹۸ معلوم شد که جرم نوترینوها گرچه اندک ولی غیر صفر است و تعداد عظیمی نوترینو از آفرینش عالم باقی مانده است. با این همه، چنان‌که خواهیم دید، این دیگر به‌عنوان یک نامزد معتبر در نظر گرفته نمی‌شود...

مادهٔ تاریک غیرباریونی می‌تواند به‌صورت گازی از ذرات باشد که کهکشان را در بر گرفته و سراسر کیهان آکنده از آن است. می‌دانیم که این ذرات فرضی باید به لحاظ الکتریکی خنثی باشند و حاوی کوارک‌ها و گلوئون‌ها نباشند چون اگر باردار بودند، بر اثر نور ستارگان و کهکشان‌ها گرم و قابل مشاهده می‌شدند. و اگر حاوی کوارک‌ها و گلوئون‌ها بودند، پرتوهای کیهانی هنگام عبور از عالم با آن‌ها برهم کنش می‌کردند و بازهم مشاهده می‌شدند پس ذرات فرضی باید جرم (و جای پای گرانشی مطلوب را) داشته باشند و احتمالاً از طریق برهم کنش هسته‌ای ضعیف برهم کنش کنند. اگر این ذرات سبک باشند، سرعت زیادی دارند و می‌توانند پیش از برهم کنش ضعیف مسافت زیادی را طی کنند. ماده به این شکل را مادهٔ تاریک «داغ» می‌نامند. برعکس، اگر این نوع ماده سنگین و کُند باشد، مسافت آزاد میانگین نسبتاً کوچکی دارد. این نوع ماده را مادهٔ تاریک «سرد» می‌نامند. توجه کنید که مقیاس فاصلهٔ مربوطه از مرتبهٔ ده‌ها یا صدها هزار سال نوری است، یعنی تقریباً اندازهٔ ابر گازی که سرانجام با فروریختن به‌صورت کهکشان در می‌آید.

شبیه‌سازی‌های چگونگی تحول عالم تحت تأثیر دماهای مختلف ممکن مادهٔ تاریک غیر باریونی به عالم‌های بسیار متفاوتی می‌انجامد. اگر مادهٔ تاریک داغ باشد، اولین ساختارها به‌صورت ساختارهای بزرگ و پن‌کیک‌مانند گازی هستند که سرانجام به‌صورت اَبَرخوشه‌های کهکشانی در می‌آیند. این سناریوی «سرپایین» نامیده می‌شود. برعکس، مادهٔ تاریک سرد، به واسطهٔ مسافت کمتری که می‌تواند پیش از برهم کنش طی کند، ابتدا پیش - کهکشان‌ها را تشکیل می‌دهد، که سرانجام ابتدا به‌صورت تک‌کهکشان و سپس خوشهٔ کهکشانی در می‌آید. بررسی‌های مربوط به توزیع فضایی کهکشان‌ها تا فاصلهٔ میلیاردها سال نوری به نفع سناریوی مدل تاریک سرد است.

این بدان معنا نیست که مدل تاریک سرد بی‌مسئله است. به‌عنوان مثال، این مدل پیش‌بینی می‌کند که تعداد کهکشان‌های ماهواره‌ای کوچک راه شیری باید بیشتر از آن باشد که مشاهده شده است. هیچ پاسخ به پرسش مربوط به مادهٔ تاریک بی‌مسئله نیست

با این همه، معتبرترین فرضیهٔ مادهٔ تاریک همان مادهٔ تاریک سرد است. این ماده یک مادهٔ جرم‌دار و با حرکت کُند از ذرات به لحاظ الکتریکی خنثی است که به‌طور گرانشی و شاید از طریق نیروی ضعیف برهم کنش می‌کند. چون سرشت این ذره را نمی‌دانیم به آن نام عام «ذرهٔ جرم‌دار با برهم کنش ضعیف»، یا WIMP را داده ایم که تعداد ده یا صدها از آن‌ها در هر لحظه می‌توانند از بدن شما بگذرند. اگر این موضوع درست باشد، شاید بتوان مادهٔ تاریک را مشاهده کرد.

سه روش کلی برای مشاهدهٔ بالقوهٔ WIMPS وجود دارد که روش مستقیم، غیرمستقیم و تولید آن‌هاست. در روش مستقیم آشکارسازهایی را روی زمین، معمولاً در معدن‌های عمیق زیرزمینی، قرار می‌دهند. ایدهٔ اصلی آن است که WIMPS هنگام حرکت در زمین با آشکارساز برهم کنش می‌کنند و حضور خود را نمایان می‌سازند. یک دوجین آزمایش مادهٔ تاریک در سراسر جهان در جریان است. فناوری‌های مورد استفاده شامل آشکارسازهای حالت جامد، آرگون و زنون مایع، اتاقک‌های حباب، فناوری مبتنی بر سوسوزن‌ها، و دیگر رهیافت‌هاست. در بسیاری از آن‌ها آشکارسازها باید تا سطح میلی کلوین سرد شوند، گر چه در بعضی دیگر چنین چیزی ضروری نیست. باید دقت کرد تا از موادی استفاده شود که کمترین آلودگی پرتوزا را دارند. محل آشکارسازها در عمق زمین آن‌ها را در برابر رگبار همه‌جا موجود پرتوهای کیهانی محافظت می‌کند.

بیشتر آشکارسازها موفق به یافتن هیچ دلیلی برای وجود WIMPS نشده‌اند. برخی از آن‌ها موفق شده‌اند. آزمایش DAMA مدولاسیون سالانه‌ای را مطابق شکل ۳، در سیگنال مشاهده شده دیده است. این در صورتی انتظار می‌رود که آن‌ها مادهٔ تاریک را مشاهده کنند. روش مجسم کردن آن در نظر گرفتن مادهٔ تاریک به‌صورت بادی است که از منظومهٔ شمسی می‌گذرد. در یک نقطه در طول سال مدار زمین آن را وارد باد مادهٔ تاریک می‌کند. این موضوع باعث افزایش سرعت نسبی بین آشکارساز موجود در زمین و ذرات مادهٔ تاریک می‌شود. شش ماه بعد، زمین در همان جهت باد حرکت می‌کند و سرعت نسبی مادهٔ تاریک آشکارساز کم می‌شود. این تغییر سرعت باید به‌صورت تغییر سالانه سیگنال نمایان شود؛ که درست همان چیزی است که آشکارساز DAMA برای بیش از یک دهه گزارش کرده است. بسیاری از آشکارسازهای دیگر، که انتظار می‌رود حساسیت برخی از آن‌ها بسیار بیشتر باشد، نتیجهٔ DAMA را تأیید نمی‌کنند. از سوی دیگر، آزمایش COGENT در سال ۲۰۱۱ اعلام کرد که مدولاسیون سالانه مشخصه را مشاهده کرده است. وضعیت تجربی آشکارسازی مستقیم ماده تاریک فعلاً بسیار تیره و تار است و امید می‌رود آشکارسازهای جدید و بهتری که وارد کار می‌شوند شرایط را روشن سازند.

اندازه‌گیری‌هـای غیرمسـتقیم متفاوت‌اند. اگـر ذرات مادهٔ تاریک وجود داشته باشند و از مدل‌های خاصی پیروی کنند، باید پادذرات مادهٔ تاریک هم وجود داشـته باشـند. زوج‌های مـاده/ پادماده گاهی در فضای بیرونی با هم برخورد می‌کنند و نابود می‌شـوند. شـاید این برهم کنش زوج‌های پرتوگاما یا زوج‌هـای الکترون/پوزیترون به‌وجود آورد کـه بتوان آن‌ها را در آزمایش‌هـای ماهواره‌ای مشـاهده کـرد. در این موارد هم مانند اندازه‌گیری‌های مستقیم اختلاف نظر بین آزمایش‌های مختلف وجود دارد.

در حالی که معماهای موجود در کیهان باعث شـده است تا دانشـمندان دربارهٔ وجود مادهٔ تاریک تأمل کنند، اما اگر مادهٔ تاریک نوعی ذرهٔ زیر اتمی کشف نشده باشد، احتمال تولید آن در شـتاب‌دهنده‌های بزرگ ذرت مانند برخورد دهنده بزرگ هادرونی در سـرن وجود دارد. درسـت همان‌طور که **کوارک سـر** در سال ۱۹۹۵ کشف شد و ذرهٔ جدیدی که شاید بوزون هیگز باشد در ژوئیه ۲۰۱۲ مشاهده شد. این شتاب‌دهنده‌های ذرات انرژی را به شکل‌های جدید ماده تبدیل می‌کنند. بدون آگاهی از سرشـت مادهٔ تاریک، دانسـتن اینکه چطور این کار انجام خواهد شد دشوار است. نظریه‌های حاوی اَبَرتقارن برای حل تِعداد زیادی از معماهای فیزیک ذرات پیشـنهاد شده‌اند. ظاهراً این مسائل پیچیده ربطی به پرسش‌های مربوط به مادهٔ تاریک ندارند، اما یکی از پیش‌بینی‌های بسیاری از نظریه‌های ابرتقارن وجـود ذرهٔ جرم‌دار به لحاظ الکتریکی خنثای پایدار اسـت. چون این ویژگی‌ها همان چیزی است که مادهٔ تاریک باید داشـته باشد، طبیعی است که این آزمایش‌ها توجه اختر فیزیک‌دانـان را به خود جلب کرده باشـد. شـاید اولین مادهٔ تاریکی که مشـاهده می‌شود از کیهان نباشـد، بلکه شاید از همان آشکارسـازهایی به‌وجود آید که برزون هیگز را کشـف کرده‌اند.

MOND در برابر مادهٔ تاریک سرد

اگر در مورد مادهٔ تاریک فکر کنید، چند رصد توجیه نشده را به یاد می‌آوریم که می‌توان آن‌ها را با یکی از چند فرضیه حل کـرد. همان‌طور که در این مقاله گفتیـم، راه حل مادهٔ تاریک باریونی دیگر معتبر نیسـت، همین‌طور فرضیـهٔ مادهٔ تاریک غیرباریونـی داغ. در حالی که بسـیاری از اختـر فیزیک‌دانان فرضیهٔ مادهٔ تاریک غیر باریونی سـرد را محتمل‌ترین راه حل می‌دانند، هنوز جمع کوچکی از آنان وجود دارد که به MOND بسیار علاقه‌مندند. با توجه به اینکه مادهٔ تاریک تاکنون مشاهده نشده است، بدنیست که محض احتیاط فرضیهٔ MOND را نگه داریم، با این همه، مشـاهده‌ای وجود دارد که بسـیاری گمان می‌کنند دلیل تعیین‌کننده‌ای برای مادهٔ تاریک سرد به‌عنوان پاسـخ است. این دلیل را می‌توان در بقایای یکی از بزرگ‌ترین برخوردهای در عالم یافت که در آن در خوشهٔ بزرگ کهکشانی از هم عبور کردند. این تصادف زنجیره‌ای کیهانی خوشهٔ گلوله[۱۲] نامیده می‌شود (نگاه کنید به شکل ٤)

▲ شکل ٤- این تصویر ناسابرخورد بین دو خوشهٔ کهکشان را نشان می‌دهد. ناحیه‌های مختلف گاز هیدروژن داغ باقیمانده بین دو خوشه در نتیجهٔ برخورد و اینکه توده ماده در کجا وجود دارد را نشان می‌دهند. این جرم همایند با کهکشان‌های مرئی و بسیار بیشتر از جرم موجود در کهکشان‌هاست. این مشاهده دلیل محکمی است که نشان می‌دهد فرضیهٔ مادهٔ تاریک سرد معتبر است.

پیش از برخورد، مرکز جرم مادهٔ معمولی درخشان (ستارگان و کهکشـان‌ها)، مادهٔ تاریـک معمولی (ابرهای هیـدروژن)، و مادهٔ تاریک «واقعی» (مادهٔ تاریک سـرد) باید در دو خوشه کم و بیش یکسان باشـد. وقتی در خوشه به هم برخورد می‌کنند، انتظار می‌رود ستارگان و کهکشان‌ها از هم عبور کنند. به لحاظ گرانشی کند شوند ولی اساساً تغییر نکنند. ابرهای گاز هیدروژن، که پراکنده شـده‌اند، باید برخورد کنند، گرم شوند و هنگام دور شدن از هم بین خوشه‌ها باقی بمانند. هر دوی این پیش‌بینی‌ها مشـاهده شـده‌اند. اما، نظریه‌های MOND و مادهٔ تاریک سرد پیش‌بینی متفاوتی می‌کنند. چون مادهٔ تاریک سرد در بهترین شـرایط دارای برهم کنش ضعیف اسـت، انتظار می‌رود که این ماده در همان محل مادهٔ درخشـان یافته شود. از سوی دیگر در MOND، انحراف‌ها از فیزیک نیوتونی باید به شکل جرم اضافی در همان محل تودهٔ باریونی قرار داشـته باشـد. این توده در گاز هیدروژن یافته شـده است. رصدهای خوشهٔ گلوله فرضیهٔ مادهٔ تاریک سرد را ترجیح می‌دهد.

اما طرفـداران MOND می‌گوینـد «نه این‌قدر سـریع». در حالی که فرضیهٔ مادهٔ تاریک سـرد به مادهٔ تاریک ۱۰ برابر مادهٔ معمولی نیاز دارد، فرضیهٔ MOND لزوم ماده غیرقابل مشاهده را فقط به دو برابر مادهٔ مشـاهده شده تقلیل می‌دهد. این اختلاف بسـیار کوچک‌تر می‌توانـد ماده‌ای معمولی باشـد که تا کنون مشاهده نشده است. به علاوه، آن‌ها متذکر می‌شوند که راه‌حل اختلاف‌های گرانشی مشاهده شده در خوشه‌های کهکشانی شاید ربطی به منحنی‌های دوران کهکشـان نداشته باشد. طرفداران مادهٔ تاریک سرد در واکنشی سریع متذکر می‌شوند که MOND هم به اصلاح دینامیک نیوتونی نیاز دارد و هم به نوعی مادهٔ تاریک باقی‌مانده تا دینامیک خوشـه‌های کهکشانی را توضیح دهد، و اینکه صرفاً مادهٔ تاریک اضافی را در نظر بگیریم تنگ‌نظرانه است.

پی‌نوشت‌ها

1. Don Lincoln
2. Sagan
3. Edwin Hubble
4. Bertil Lindblad
5. Jan Oort
6. Fritz Zwicky
7. Modifications of Newtonian Dynamics
8. Mordehai Milgrom
9. Jakob Bekenstein
10. Orest Khvolson
11. microlensing
12. Weakly Interacting Massive Particle
13. Bullet Cluster

منابع

بـرای مطالعهٔ بیشـتر رجوع کنید به

- Iain Nicolson *Dark Side of the Universe* (JHUP, 2007).
- Richard Pane, *The 4% Universe* (Mariner Books, 2011)
- Evalyn Gates, *Einsteins Telescope* (w.w.Norton & Company;2010)
- Dan Hooper, *Dark Cosmos* (Smithsonian,2006)

مرجع

The Physics Teacher.Vol si. March 2013, pp 134-138.

مفهوم ارتباط در جهان واقعی و فضای مجازی

جهانگیر ریاضی

مقدمه

کثرت و تنوع مسیرهای ورود به تعامل با یک پدیده یا رویداد، و یا انسان‌ها، نشان می‌دهد که تلقی‌ها و تعبیرهای متفاوتی از مفهوم ارتباط وجود دارد. برحسب آنکه چه برداشتی از مفهوم ارتباط و اهداف آن داشته باشیم، مسیر امتداد و فردای رابطه متفاوت خواهد بود.

ورود به تعامل می‌تواند حاصل یک رویداد اتفاقی و یا فرایندی مدیریت شده باشد. ارتباط در مسیری کیفی، نیازمند مدیریتی هدفمند و کیفی است. تعبیر پویا از شکل‌گیری و امتداد یک رابطه بر مبنای توصیف آن در بستر دینامیکی زمان امکان‌پذیر می‌گردد. به بیان دیگر شاخص اساسی در ارزیابی کیفی از یک رابطه، میزان هماهنگی و هم‌فازی آن با بستر دینامیکی زمان است.

افزایش فاصله از بستر زمان و ناهماهنگی با آن، نشانه‌ای از ایستایی یک رابطه است. از این منظر می‌توان ارتباط را هم‌چون موجودی زنده و پویا در نظر گرفت که توانایی انطباق با تغییرات جهان خارج را دارد. یعنی ادبیات و واژگان ناظر بر این ارتباط، در تعاملی کیفی با متغیرهای جهان خارج در هر زمان، مفهوم و تعبیر جدید خود را می‌یابند. و این‌گونه است که یک رابطه می‌تواند بازتابی از «سفر در زمان» باشد و بکوشد چشم‌اندازهایی جدید از قلمروهای زیبایی شناختی تعامل انسانی ایجاد کند.

کلیدواژه‌ها: دنیای واقعی، دنیای مجازی، بستر دینامیکی زمان

چرایی، چگونگی و ادبیات امتداد رابطهٔ انسانی

رابطهٔ انسانی را می‌توان تلاقی دو امتداد یا دو مسیر دانست که ممکن است در جغرافیای اتفاق‌ها و رویدادهای پیش‌بینی نشده و یا در فضایی قابل پیش‌بینی شکل بگیرد. اینکه تلاقی دو امتداد یک اتفاق ساده و یا رویدادی مدیریت‌شده باشد می‌تواند بر چگونگی امتداد آن تأثیر گذارد. امتداد یافتن یک رابطه نیازمند انگیزه‌هایی است که در سرزمین چرایی‌ها معنا می‌یابند. اگر نتوانیم به چرایی تولد و امتداد یک رابطه پاسخ روشن و اصولی بدهیم، رابطه در امتداد خود ممکن است ما را به هر سویی ببرد حتی به جایی که انتظارش را نداریم!

جغرافیای چرایی‌ها، سرزمین تشخیص ضرورت‌ها و نیازهاست. «چه نیازی وجود دارد که این رابطه ادامه یابد؟ کدام ضرورت‌ها ما را به این امتداد فرامی‌خواند؟ این نیاز و ضرورت‌ها براساس کدام ویژگی‌ها مشخص می‌شود؟ در جغرافیای چرایی‌ها هر یک از ما چرایی حضور خود را جست‌وجو می‌کنیم یا باید سعی کنیم چرایی حضوری مشترک را بیابیم؟»

در چرایی‌های حضور مشترک لازم است یکدیگر را در این جهان به‌عنوان انسان بپذیریم. چرایی حضور یکدیگر را درک کنیم. بپذیریم که ما از دو مسیر متفاوت آمده‌ایم تا در فصل مشترک و تلاقی آن‌ها، دلتنگی‌های یکدیگر را درک کنیم، تنگناهای هستی یکدیگر را بشناسیم، عبورنشده‌ها، حل‌نشده‌ها، به زبان نیاورده‌ها، ناتوانی‌ها در عبور از تنگناها و تنهایی‌های یکدیگر را بفهمیم. سرزمین چرایی‌ها به ما می‌گوید که: ما نیامده‌ایم که هرکس تنها خود را ببیند،

تنگناهـا و دلتنگی‌هایش را... با کوله‌باری تهی از پاسـخ‌هایی اصولـی، سـرزمین چرایی‌هـا را تـرک نکنیم. دسـتیابی به پاسـخ‌های کیفی‌تر می‌توانـد زمینه‌های امتـدادی زیباتر و پایدارتـر را برای رابطـه فراهم نماید. از سـرزمین چرایی‌ها به جغرافیای چگونگی‌ها و شـیوه‌های ایجـاد و امتداد رابطه می‌رویـم. «برای امتداد پایدار رابطه چـه فکرهایی داریم؟ از کدام روش‌ها برای پویایی و زنده نگه داشـتن رابطه استفاده خواهیم کرد؟ چگونه به زبانی مشـترک، به ادبیات و واژگان امتداد یافتن دست خواهیم یافت؟ چقدر مراقب خواهیم بود که واژگان و ادبیات ما، ادبیات ایجاد فاصله و جدایی نباشـد؟ مراقب هسـتیم که گاه بیان حتی یک واژه که معنای جدایی آن بیش از تعبیر امتدادش است، می‌تواند چه اثر نامطلوبی در رابطه داشته باشد؟ واژگان امتداد از چه ویژگی‌هایی برخوردار هستند؟»

ادبیات امتداد یافتن رابطه، ادبیات مهربانی و آرامش اسـت. کنایه نیست و ناآرامی را دور می‌کند، تو را نمی‌آزارد، مهربان می‌گوید و مهربان می‌شـنود... قضاوت نمی‌کند و حکم صادر نمی‌کند. اگر نتواند شرایط شادمانی تو را فراهم نماید، تلاش می‌کند تو را غمگین و دلتنگ نکند! «ادبیات امتداد» صدای دلتنگی و تنگناهای تو را خوب می‌شـنود... واژه‌هایش ساده است و لطیف و به دنبال پیچیده نمودن کلام نیست.

ادبیات امتـداد، رایحهٔ واژه‌های کوچه‌های کودکی را دارد و متانت واژه‌های جغرافیا بلوغ واژگان! بر دل می‌نشـیند آن‌گاه کـه آن را خوب بشـنویم تا نشـانه‌های دلتنگی‌هایمان را در آن ببینیـم. ادبیات امتداد تنها مجموعه‌ای از واژه‌ها نیسـت، بلکه ایجاد فضایی از حضور کیفی اسـت که زیبایی‌ها را خلق می‌کند. چشـمان و نگاهی اسـت که مهربانی را همراه دارد، دسـتانی اسـت که آرامش می‌آورد و ناآرامی را دور می‌کند. فضایی اسـت که با کلیشه‌ها و تکرارهای دل‌آزار بسیار فاصله دارد. تـو را یـادآوری می‌کند کـه امتداد رابطه، بـا باورها و دل‌بستگی‌های تو طراحی می‌شود... و نه براساس دیدگاه‌های کلیشه‌ای دیگران!

برای طراحی مسـیر و یافتن واژه‌ها و ادبیات امتداد، تلاش کن دلبستگی‌ها، مطلوبیت‌ها، تنگناها و دلتنگی‌های آن‌سوی رابطه یعنی دوستت را نیز بشناسی. انتظار نداشته باشیم که دیگـران چگونگی ایجـاد ارتباط و ادبیات آن را به ما نشـان دهند. زیبایی در آن است که خودمان در فکر و اندیشهٔ یافتن چگونگی‌های امتداد باشـیم. رابطـه‌ای که چرایی و چگونگی امتداد آن به‌وسـیلهٔ دیگران القا می‌شود، متعلق به ما نیست! نشانه‌های ما را ندارد.

ارتباط کیفی: بازتابی از «سفر در زمان»

در یک رابطهٔ کیفی، انسـان‌ها از دو مسیر متفاوت می‌آیند اما در تلاقی این دو مسیر یعنی در تولد رابطه، همراه یکدیگر سـفری در زمان را آغاز می‌کنند. دو همسـفر که مسیرشان در جغرافیا و مکان تعریف نمی‌شود! بلکه در بستر دینامیکی زمان تلاش می‌شود هر روز و هر لحظه، تعبیرهایی نو از واژه‌ها و مفاهیم ارائه گردد. سفر در زمان در واقع مسیر دستیابی به بلوغ واژه‌هاست. برای این منظور ضرورتی ندارد که در تمامی لحظات در مسیری یکسان قرار گرفت.

ما، در دو جغرافیا در دو مکان که ممکن است دور یا نزدیک باشیم، صدای اندیشیدن یکدیگر را، صدای رنج عبور از موانع و خروج از تنگناها و نزدیک شـدن بـه اهدافمان را از همین فاصله خوب می‌شـنویم. و این یعنی سـفر در زمان! یعنی ما در سـفر زمان، بدون نیاز به تغییر در جغرافیا می‌توانیم خود را با بسـتر دینامیکی زمان انطباق دهیم. رابطهٔ کیفی یعنی همسفر شدن در راستای دستیابی به اهدافی مشترک. گاه در یک جغرافیا و گاه در دوردسـتی از یکدیگر. اما سفر در زمان هزینه‌ها و دشـواری‌های خود را دارد یعنـی نمی‌توان بدون تلاش، همسفر خوبی برای این سفر باشیم. ورود به یک رابطهٔ کیفی و هم‌ارزی آن با سـفر در زمان به معنی فراموش کردن خویشتنمان نیسـت. هرکس از مسیری با ویژگی‌های خاص خود وارد رابطه می‌گردد. اما در امتداد رابطه، مسـیر جدیدی در زمان تعریف می‌شـود که رایحه‌ای از هر دو مسیر قبلی را داشته اما با آن مسیر متفاوت است.

ما قطاری را سـوار شـده‌ایم که در زمان پیـش می‌رود. در بسـتر دینامیکی زمان! مسـیر این قطار باید به ما بگوید قرار است فردایمان چگونه باشد. قطار ما مسیری بین آنچه هستیم و آنچه باید باشـیم، بین امروزمان و فردایی شـدنمان را طی می‌کند! در هر جایی که از این قطار خارج شـویم، معنی‌اش این اسـت که بسـتر دینامیکی زمان را ترک نموده‌ایم. یعنی می‌خواهیـم در «اکنون» بمانیم به‌جـای آنکه در زمان پیش برویم... و چون قطار زمان با آهنگ خود پیش می‌رود، طولی نمی‌کشـد که «اکنون» به «گذشته» تبدیل می‌شود. پس ما خیلی در اکنون متوقف نمی‌شویم بلکه به گذشته برمی‌گردیم، با تمام اندیشه‌های گذشته‌ای‌اش!

سـفر در زمان یک انتخاب آگاهانه اسـت و نـه یک اتفاق غیرقابـل انتظـار! حتی اگـر نقطهٔ آغاز آن یـک اتفاق خوب باشد، اما امتداد آن هرگز از قوانین کاتوره‌ای پیروی نمی‌کند. سـفر در زمان یک انتخاب است چرا که مسافر آن می‌داند به کجا می‌رود و چرا می‌رود، سـفری تحمیلی نیسـت که تو در شـرایطی اجباری آن را بپذیری. تو با انتخاب خود، براسـاس درک و برداشـت‌هایت از مفهـوم زیبایی‌های فردایی شـدن در این مسـیر قرار می‌گیری. اگر امروز بر مبنای هیجان‌های زودگذر به قطار زمان سـوار شویم، با فروکش کردن هیجان، به زودی از این قطار خارج خواهیم گردید. در این صورت در این سـفر به آرامش نخواهیم رسید و از زمرهٔ نیمه‌همراهان و یا ناهمراهان سفر زمان خواهیم گردید. بنابراین در یک رابطهٔ

ادبیات امتداد، رایحهٔ واژه‌های کوچه‌های کودکی را دارد و متانت واژه‌های جغرافیا بلوغ واژگان! بر دل می‌نشیند آن‌گاه که آن را خوب بشنویم تا نشانه‌های دلتنگی‌هایمان را در آن ببینیم

انسانی باید تلاش کرد از دلبستگی‌های هیجانی و زودگذر عبور کرده تا به اصالت‌های پایدار دست یافت.

هر انسانی بنا به درک خود از سفر زمان براساس ظرفیت‌ها و توانمندی‌هایش با آن همراه می‌شود. پس انتظار نداشته باشیم مسافران سفر زمان همه درک یکسانی از این سفر داشته باشند. آنچه مهم است اینکه کمتر کسی است که به‌طور اتفاقی در این مسیر قرار گیرد و آن را ادامه دهد. در واقع می‌توان گفت که اتفاقی‌ها خیلی زود از این مسیر خارج می‌گردند!

زیبایی در یک رابطه، حاصل زیبایی هر یک از لحظه‌های آن است. لحظه‌های زیبا خودبه‌خود ایجاد نمی‌شوند. اندیشهٔ چگونگی تولید لحظه‌های زیبا که زمینه‌ساز یک رابطهٔ کیفی است، در سرزمین چگونگی‌های راه‌گشا قابل جست‌وجوست. باید به یاد داشت که ارتباط، مفهومی کیفی است نه کمی! نیاز نیست که با افراد زیادی رابطهٔ کمی داشت. مهم این است که روابطی هر چند محدود را در راستای کیفی هدایت کرد.

تولید لحظه‌های زیبا در یک رابطهٔ انسانی حاصل تلاش و اندیشهٔ مشترک عناصر تشکیل‌دهندهٔ آن است و نشانه‌های این تلاش مشترک را همراه دارد. زیبایی در یک رابطه همچون موجودی زنده است که اگر به او توجه نشود، پویایی و زیبایی‌اش را از دست خواهد داد. ما پذیرفته‌ایم که میهمان رابطهٔ مشترکمان نیستیم! هر لحظهٔ این سفر با اندیشه و تدبیرهای ما معنا می‌یابد. در سفر زمان کسی نیست که از ما پذیرایی کند، این خود ما هستیم که لحظات و مسیر سفرمان را طراحی می‌کنیم. ما از آنچه خود تولید کرده‌ایم به آرامش رسیده و زیبایی آن را حس می‌کنیم. این تفکر که دیگران این مسئولیت را بر عهده می‌گیرند، متناظر با خروج از سفر زمان است. یعنی اینکه باید هر یک از ما مسئولیت ورود به این سفر را بپذیریم، با تمامی زیبایی‌ها و دشواری‌های آن.

اگر تلقی و تصور ما از یک رابطهٔ انسانی، از سفر در زمان و فردایی شدن، با آنچه بیان گردید فاصله داشته باشد، باید در اندیشهٔ کاهش این فاصله باشیم. پیش از آنکه وجود این فاصله، ما را از بستر دینامیکی زمان حذف کند.

مسیر ورود به یک رابطهٔ انسانی

انسان از مسیرهایی متفاوت به یک رابطه وارد می‌شود و رابطه را می‌توان فصل مشترک یا محل تلاقی این دو مسیر تصور کرد. اینکه هرکس با کدام پیشینهٔ ذهنی به رابطه وارد می‌گردد، به عوامل مختلفی مانند: دلبستگی‌ها و مطلوبیت‌ها، دلتنگی‌ها و تنگناهای او بستگی دارد. پس با دقت در نشانه‌های موجود در مسیر ورود یک فرد به یک رابطه می‌توان برخی ویژگی‌های او را شناخت. هرکس ممکن است با سناریویی به رابطه وارد گردد، اما رابطه یعنی سناریویی جدید که ممکن است عناصری از آن‌ها را داشته باشد اما خود آن‌ها نیست. به بیان دیگر هر یک از ما با انگیزه‌هایی به رابطه وارد می‌شویم، اما خود رابطه به‌عنوان موجودی زنده می‌تواند منشأ شکل‌گیری انگیزه‌هایی جدید و حتی تجربه‌نشده باشد.

شاید به مرور زمان عناصر و انگیزه‌های ورود، جای خود را به عناصری قوام‌یافته‌تر، زیبا و داناتر بدهند. این‌گونه است که می‌توانیم چرایی حضورمان در یک رابطه را بهتر درک کنیم. یک رابطهٔ انسانی را نمی‌توان با یک خط راست که دو نقطهٔ آغاز و انجام را به‌هم وصل می‌کند مقایسه کرد. زیبایی در همان افت‌وخیزها، پیش‌بینی نشده‌ها و تلاش برای مدیریت درست آن‌ها، از دست دادن تعادل قبلی و رسیدن به توازن جدید و پایدارتر... خود را نشان می‌دهد.

ورود به یک رابطهٔ انسانی متناظر با آغاز سفری در زمان و هستی با تمام زیبایی‌ها و آسیب‌های آن است. برای چنین سفری نمی‌توان از قبل تمام رویدادها را به‌صورت آرمانی طراحی و پیش‌بینی کرد و از مواجه شدن با شرایطی تجربه نشده هراس داشت! سفر در زمان و زندگی واقعی یعنی پذیرش احتمال برخورد با شرایطی که می‌تواند توازن عناصر درونی رابطه را دستخوش تغییر کند. مهم آموختن شیوهٔ برخورد صحیح و مدیریت‌شده با این شرایط است.

انتظار نداشته باشیم که رابطهٔ انسانی مورد علاقهٔ ما، همیشه مطابق تمایل و مطلوبیت‌های ما پیش برود. فراموش نکنیم که یک‌سوی رابطه، آرمان‌ها و جغرافیای مطلوبیت‌های ما و سوی دیگر آن، واقعیت‌ها و دشواری‌های زمینی است. و ما در محدوده‌ای بین آرمان‌ها و واقعیت‌ها باید تلاش کنیم توازن پایداری در هستی‌مان ایجاد کنیم. توازنی که لطافت سرزمین رویا را دارد اما می‌تواند خود را با دشواری‌های زمین انطباق دهد به‌گونه‌ای که از فروپاشی رابطه جلوگیری کند. و زیبایی در همین تلاش برای ایجاد توازن است. صبوری در یافتن شیوه‌های مختلف مدیریت امتداد رابطه یعنی اینکه توجه یک‌سویه بر تنها یک شیوه برای ورود و امتداد رابطه، خصلت پویای رابطه را از آن می‌گیرد. و این یعنی کم‌رنگ شدن چشم‌اندازهای زیبای رابطه. به‌یاد داشته باشیم که زیبایی همچون موجودی زنده است، مراقبت کیفی نیاز دارد تا زیبا باقی بماند. اگر به حال خود رها شود، زیبایی آن کم‌رنگ شده و نازیبایی جای آن را می‌گیرد. تلاش کنیم ویژگی‌های مسیر ورودمان به رابطه را بشناسیم... تا از آنجا یکدیگر را بهتر شناخته و جایگاه خودمان را در فصل مشترک این دو مسیر تشخیص دهیم.

مسیر ورود به رابطه نه‌تنها آغاز و تولد رابطه را توصیف می‌کند بلکه بر چگونگی امتداد یافتن رابطه تأثیر می‌گذارد. عوامل و متغیرهای مختلفی می‌توانند بر ویژگی‌های مسیر امتداد رابطه اثر بگذارند. تفاوت اساسی ورود به رابطه و امتداد آن در این است که هر کس با باورها و ویژگی‌های

انتظار نداشته باشیم که رابطهٔ انسانی مورد علاقهٔ ما، همیشه مطابق تمایل و مطلوبیت‌های ما پیش برود. فراموش نکنیم که یک‌سوی رابطه، آرمان‌ها و جغرافیای مطلوبیت‌های ما و سوی دیگر آن، واقعیت‌ها و دشواری‌های زمینی است

خـود به رابطـه وارد می‌گردد، در صورتی‌که مسـیر امتداد رابطه براسـاس الگوی رضایتمندی‌های مشـترک انسان‌ها طراحی می‌شـود. مسـیر امتداد به ما می‌گوید که جای هر یـک از مـا در این رابطه کجاسـت، چه انتظـاری از رابطه داریـم و چگونه به انتظارات رابطه از خود پاسـخ می‌دهیم. یعنـی ورود بـه رابطه تا امتـداد یافتن آن متناظر اسـت با گذار از مطلوبیت‌های شخصی به رضایت‌های جمعی. یعنی اندیشـیدن به رضایتمندی‌های انسانی که پیش از این برای تو وجود نداشت اما امروز او را یافته‌ای و در هستی‌ات حضور دارد... و از ایـن پس به او و رنج‌ها و تنگناهایش و چگونگی خروج از آن‌ها می‌اندیشی و این همان مفهوم تعلق خاطر در یک رابطهٔ انسانی است.

ارتباط در دنیای مجازی

شکل‌گیری و گسـترش قلمروهای دنیای مجازی به همراه خود الگوهایی متفاوت از مناسـبات و تعامل بین انسـان‌ها را ایجاد کرده اسـت. مناسـباتی که نمی‌تـوان آن‌ها را تنها بازتابی از مناسبات انسان‌ها در جهان واقعی دانست. چرا که در این‌صورت باید دنیای مجازی و مناسـبات آن را در قالب متغیری وابسـته به رویدادهای دنیای واقعـی تعبیر کرد و هیچ‌گونه هویت مستقلی برای آن تعریف نکرد.

با دقت بیشـتر در عناصر تشـکیل‌دهندهٔ فضای مجازی و درک رابطـهٔ بین ایـن عناصر و قواعد ناظر بـر آنان متوجه شکل‌گیری دنیایی با مناسـباتی متفاوت می‌گردیم. دنیایی کـه با جاذبه‌های خـود در تعامل با جهـان واقعی می‌تواند مناسـبات انسـان‌ها را تحت اثـر خود قرار دهـد، هنجارها و باورهای انسـانی را به چالش بکشـاند. گسـترش دانش و فناوری ورود و حضور در دنیای مجازی، هر روز و هر لحظه می‌تواند قالب و محتوای این چالش را پیچیده‌تر کند.

سـازوکارها و امکانات دسترسـی به گسـتره‌ای از دانش و اطلاعـات بـدون وجود تـوان سـاماندهی و مدیریت این اطلاعات باعث سرگشتگی در انبوهی از دریافت‌های پراکنده می‌گـردد. به‌گونه‌ای که فرد نمی‌دانـد از کدام بخش از این اطلاعـات در کدام قلمرو می‌تواند به‌صورت کیفی اسـتفاده کنـد. از طرف دیگر نبود تعریف‌های مشـخص و روشـن از حریـم انسـان‌ها و مقید نبـودن برخی افراد بـه حفظ این حریم‌ها در دنیای مجازی، باعث شـکل‌گیری بازتابی نازیبا از حرمت‌شکنی در دنیای واقعی می‌گردد.

بسـیاری از تجربه‌هـای مفیـد زندگـی، حاصـل ایجـاد فرصت‌هـای لازم برای تعامل کیفی انسـان بـا متغیرهای دنیـای واقعی اسـت. آیا وابسـتگی بیش از حـد به دنیای مجازی و مناسـبات آن، فرصت‌های ضروری برای دستیابی به تجربه‌های مفید را کاهش نمی‌دهد؟ آیا مناسبات موجود در فضـای مجـازی می‌تواند جایگزین روابـط دنیای واقعی گردد و تمامی تجربیات مورد نیاز انسـان برای زیسـتن در جهان امروز و فردا را ایجاد نماید؟

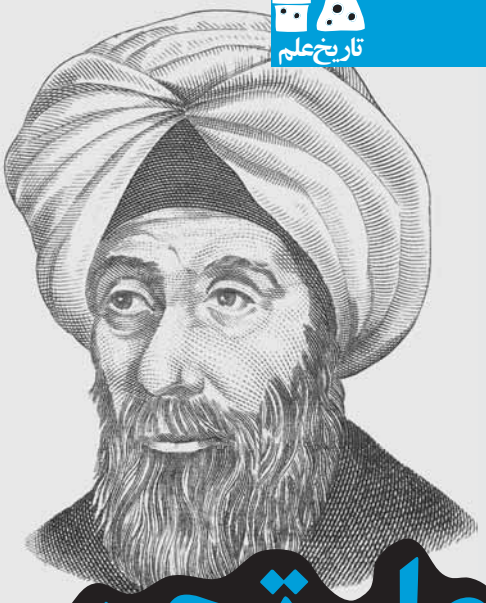
تنهـا در صورت وجـود توانایی لازم برای ایجـاد توازن و تعـادل بیـن فرصت‌های حضور در فضای مجـازی و دنیای واقعی و مناسـبات آن‌ها اسـت که می‌توان بر این مشـکل غلبه کرد. به این معنـی که ضمن پذیرش فضای مجازی و جنبه‌هـای مفید آن به‌عنوان یکی از عناصر اساسـی جهان امـروز، آموزه‌های لازم برای ارزش‌گـذاری کیفی به جایگاه عناصـر و رابطهٔ بین آن‌هـا در دنیای مجازی و جهان واقعی را به‌دست بیاوریم.

با حضور در سرزمین چرایی‌ها و درک آنچه بستر دینامیکی زمـان به ما می‌آموزد، می‌توانیم مناسـبات خود را براسـاس اولویت‌ها و نیازهای زیسـتن در جهان واقعی سـازمان‌دهی کنیـم. چرا که با وجود تمامی دسـتاوردهای فضای مجازی، زیسـتن در دنیای واقعی نیازمند درک قواعد و اصول خاص آن اسـت و بدون چنین درکی امکان دسـتیابی به موفقیت و آرامش وجود نخواهد داشـت. یکی از عناصر بسیار مهم در دسـتیابی به آرامش و رضایت‌مندی، درک چرایی حضور در جهان واقعی اسـت. نبود تفکر روشـن و شفاف در این زمینه می‌تواند مسیر ناآرامی‌ها بر وجودمان را هموار نماید.

مناسـبات دنیای مجازی تا چه اندازه در دسـتیابی ما را به چرایی‌های اساسی زندگی‌مان راهنمایی خواهند کرد؟ آیا ما را در رسـیدن به اندیشه‌ای منسـجم در این زمینه همراهی می‌کند؟ بر مبنای پاسـخی که به این پرسـش ها می‌دهیم، می‌توانیم الگوی آرامش و رضایت‌مندی خود را تعریف کنیم. سـازوکار برخورد و ایجاد تعاملی مدیریت شـده با نسلی که بخش قابل توجهی از لحظه‌هایش را در فضای مجازی سپری می‌کند، ویژگی‌های خاص خود را دارد و با نگرش سـنتی به مناسبات انسان‌ها متفاوت است.

یکی از اساسـی‌ترین آموزه‌های مورد نیاز این نسل، پذیرش دنیای مجازی در قالب امکاناتی است که با استفاده از آن بتوان به الگوی کیفی‌تری برای خروج از تنگناها و عبور از موانع در دنیای واقعی دست یافت. پذیرش این اصل اساسی که شناخت انسـان‌ها در شرایطی ایسـتا و به دور از هرگونه تعامل کیفی با متغیرهای جهان خارج امکان‌پذیر نیست. شناخت انسان‌ها نیازمند وجود قلمروهایی گسـترده از چگونگی ایجاد ارتباط آن‌ها با پدیده‌ها، رویدادها و سایر انسان‌هاست. قلمروهایی که دنیای مجازی به تنهایی قادر به ایجاد آن‌ها نیست.

شکل‌گیری و گسترش قلمروهای دنیای مجازی به همراه خود الگوهایی متفاوت از مناسبات و تعامل بین انسان‌ها را ایجاد کرده است. مناسباتی که نمی‌توان آن‌ها را تنها بازتابی از مناسبات انسان‌ها در جهان واقعی دانست



علم تجربی ابن هیثم

مهسا تولّائیان

چکیده

علم نورشناسی قدمتی دیرین دارد. پیشروان نظریه‌های نورشناسی را می‌توان اقلیدس و ارسطو و بطلمیوس دانست اما نقش دانشمندان اسلامی، در بررسی و تلفیق و ترکیب این نظریه‌ها، و رسیدن به نظریه‌ای جامع نیز قابل تأمل است. معمار اصلی این ترکیب و تلفیق، دانشمند نامدار، ابن‌هیثم است. هرچند که وی در نوع بررسی نظریه‌ها روش جدیدی ارائه نداد اما روش مطالعهٔ نورشناسی وی تا قرن چهارم هجری/ دهم میلادی منحصر به فرد بود در این مقاله ضمن بررسی نظریه صدوری و دخولی نور و نگرش ابن‌هیثم به این موضوع، به یکی از بررسی‌هایی که وی برای انتشار نور به خط مستقیم انجام داده است، می‌پردازیم.

کلیدواژه‌ها: ابن‌هیثم، انتشار نور در خط راست، دانشمندان اسلامی، نظریه صدوری و دخولی نور

مقدمه

علم نورشناسی، یا چنان‌که در تمدن اسلامی به «المناظر» شهرت یافته قدمتی دیرین دارد و با علوم گوناگونی چون ریاضیات، فیزیک، جهان‌شناسی، الاهیات... وابسته است. هنگامی که در قرون اولیه اسلام آثار ارسطو، اقلیدس و بطلمیوس دربارهٔ نور از یونانی به زبان عربی ترجمه شد و سنتی بنیادین در مطالعات نورشناسی در جهان اسلام پدید آورد، رهیافت‌های یونانی به پدیده‌های نوری جدی گرفته شد، از آن‌ها دفاع به‌عمل آمد و بسط و تکمیل یافت. اما دستاورد مهم نورشناسی اسلامی تلفیق موفقیت آمیزش از این سنت‌های پراکنده و ناسازگار یونانی به‌صورت یک نظریهٔ جامع و واحد بود.[۱]

یونانیان و نظریه‌های نورشناسی

بیشتر اندیشمندان یونانی دربارهٔ نورشناسی نگرشی محدود داشتند و مجموعه‌ای از معیارهای نسبتاً محدود رهنمون آن‌ها بود. مثلاً ارسطو تقریباً به‌صورت انحصاری توجه خود را به سرشت فیزیکی نور و سازوکارهای فیزیکی تماس ادراک بصری میان شیء مورد رؤیت و چشم ناظر، معطوف داشته بود. وی به‌ویژه استدلال می‌کرد که شیء مرئی استحاله‌ای در مادهٔ شفاف واسط یا ملأ به‌وجود می‌آورد، و ملأ یا واسطه بلافاصله این استحاله را به چشم ناظر، که با آن در تماس است، منتقل می‌سازد تا احساس دیدن پدید آید. این نظریه به «نظریهٔ دخولی» معروف است، و بدین نام خوانده شده است زیرا عامل رؤیت از شیء مرئی به چشم می‌رسد.

بر عکس ارسطو، توجه اقلیدس به مسئله نورشناسی صرفاً جنبهٔ ریاضی داشت. به‌نظر اقلیدس هدف و غایت نورشناسی به‌وجود آوردن یک نظریهٔ هندسی از ادراک فضا (مکان) بر مبنای مخروط رؤیت (مخروط بصری)، بدون کوچک‌ترین توجهی به جنبه‌های غیرریاضی نور و رؤیت بود. به‌موجب «نظریهٔ رؤیت» اقلیدس پرتویی از چشم به صورت یک مخروط صادر می‌شود تا ادراک بصری رخ دهد و این اتفاق وقتی می‌افتد که شعاع‌های درون این مخروط به یک شیء مات برخورد کنند. اندازه، شکل و مکان شیء ادراک شده را الگوی مکان شعاع‌های برخوردکننده تعیین می‌کنند. چون بنا بر این نظریه پرتوها از چشم صادر می‌شوند می‌توانیم آن را «نظریه صدوری» بنامیم.

همان‌طور که بیان شد همهٔ نظریه‌های قدیم در بابت رؤیت صدور نور از چشم را مفروض می‌گرفتند، و حال آنکه اگر آن‌ها نظریه‌های موجبیّت فیزیکی را مدنظر می‌داشتند (اگر از روی آثار ارسطو و اتم‌گرایان قضاوت کنیم) باید تصور می‌کردند که نور به چشم داخل می‌شود. اگر در این ارتباط و وابستگی شکی بود، با کشف این نکته که ارسطو هنگام تحلیل ریاضی پدیده‌های نوری (در نظریه‌اش دربارهٔ قوس قزح) در یک مورد نظریهٔ صدوری رؤیت را به کار بسته بود، این شک برای خوانندهٔ دقیق آثار ارسطو برطرف می‌شد.[۲]

نورشناسی و دانشمندان اسلامی

چنانکه اشاره کردیم، سهم دانشمندان اسلامی در فیزیک نور، تلفیق این نظریه‌های پراکنده و متفرق یونانی بود. معمار اصلی این تلفیق ابن‌هیثم (حدود ۳۵۴-۴۳۰ ه‍ق/ ۹۶۵-۱۰۴۰م) بود هرچند بطلمیوس، آخرین دانشمند نورشناس دنیای قدیم، راهکار را نشان داده بود. اما تجزیه و تحلیل ما از دستاوردهای ابن‌هیثم، به‌شرط توجه به جنبه‌های ریاضی و فیزیکی، آسان خواهد بود. قبل از ابن‌هیثم دانشمندان اسلامی

دیگـری نظریه‌های نورشناسـی را مطالعه کـرده بودند که از جمله آن‌ها می‌توان به الکندی (فوت حدود ۲۵۲ ه ق/۸٦٦م) اشاره کرد اما موفیقت و دستاورد ابن‌هیثم دو چندان بود. اول آنکه نظریهٔ صدوری را با یک رشـته براهین قاطع به‌طور کلی ویران سـاخت. مثلا توجه وی به این نکته که اشـیاء تابناک می‌توانند به چشـم صدمه بزنند جلب شد (بر پایهٔ این امر که ماهیت صدمه اقتضای آن را دارد که نور از خارج وارد چشـم شـود) و تفسـیر کرد که وقتی ما به آسمان می‌نگریم چگونه امکان دارد که چشم منبع صدور ماده‌ای باشد که همهٔ فضا را تا فلک ستارگان پر کند. ابن‌هیثم پس از آنکه نظریهٔ صدوری را به این صورت رد کـرد، به روایت جدیدی از نظریهٔ دخولی پرداخـت و از آن دفاع کـرد. وی در این نظریهٔ جدید مخروط بصری صدوریان را نیز به کار گرفت [۳]

ابن‌هیثم و نورشناسی

نوشته‌های ابن‌هیثم در مورد نورشناسی شامل رساله‌ای است «بـر طبق روش بطلمیوس»، کـه ترجمهٔ عربی المناظر او، به اسـتثنای کتاب اول و بخش پایانی کتاب پنجم و آخر که در دسترسـش بوده است، و نیز خلاصه‌ای از نظریه‌های اقلیدس و بطلمیـوس که در آن وی «مطالبی از کتـاب اول را، که در نوشته‌های بطلمیوس موجود نبود» بر آن افزوده است.

نظریـهٔ کلی ابن‌هیثم دربارهٔ نور و دیـد در کتاب المناظر او آمده است. المناظر، معروف‌ترین کتاب ابن‌هیثم شامل ۷ مقاله است و نسخه‌های متعددی از آن در کتابخانه‌ها موجود است. ترجمـهٔ لاتینی این کتاب در قرون وسـطی، تأثیر عمیقی بر دانش غربی نهاد و پیشـرفت عظیمی را در روش تجربی به‌بار آورد (سارتن، ۸۲۷/۱). این کتاب توسط کمال‌الدین فارسی با عنوان «تنقیح المناظـر لذی الابصار و البصائر» نقد و تهذیب شـده و در حیدرآبـاد (۱۳٤۷-۱۳٤۸ق) در دو مجلد به چاپ رسیده است. ویدمان چند فصل اول کتاب تنقیح‌المناظر را به آلمانی ترجمه و با عنوان «نورشناسی ابن هیثم» در ۱۹۱۲ م در مجلهٔ «آرشیو تاریخ علوم طبیعی...» منتشر کرد. این مقاله بعداً توسط فؤاد سزگین در جلد اول مجموعه مقالات ویدمان چاپ شـده اسـت. همچنین ویدمان بخشـی دیگر از تنقیح المناظـر کمال‌الدین را ترجمه کرده که در جلد اول مجموعه مقالات وی چاپ شده است.[٤]

روش «ترکیبی» ابن هیثم

عبدالحمید صبره، اسـتاد تاریخ علم در دانشگاه هاروارد، که به ویرایش و ترجمهٔ المناظر اشـتغال داشت، معتقد است که «ابن هیثم از لحاظ روش به هیچ وجه نوآور نبوده اسـت، زیرا استقرا را به همان شیوهٔ ارسطویی به‌کار برده و الگوی بسیاری از آزمایش‌هـای او را نیـز می‌توان در آثـار بطلمیوس یافت. آنچه ابن‌هیثم را از پیشـینیانش متمایز می‌کند این است که در المناظر جز اسـتدلال‌های «استقرایی و تجربی یا ریاضی» از چیز دیگری اسـتفاده نکرده اسـت. در عین حال، هدف از آزمایش در آثار ابن‌هیثم بیشتر اثبات است تا کشف، و این‌گونه تلقی از آزمایش ریشه در آثار بطلمیوس دارد.» پس نظر صبره را چنیـن می‌توان خلاصه کرد: «در نظریهٔ ابن‌هیثم دربارهٔ نور و دید... عناصری از نظریه‌های پیشین با هم ترکیب شده‌اند» که «از وارسی مجدد و بازآرایی آن‌ها چیز تاره‌ای حاصل شده اسـت...» و آن ترکیبی است که در آن «شیوهٔ ریاضی‌دانان بر ظاهر تحقیق حاکم است، اما نظریه‌های ایشان در پرتو نظریات فیزیک‌دانـان (حکمای طبیعی) تغییر کـرده و در واقع وارونه شده است» پس به نظر صبره، ابن‌هیثم استدلالات استقرایی و تجربی و ریاضی را به همان شـیوهٔ قدما به‌کار برده است، اما تفاوتی که با آن‌ها داشـته این بـوده که از براهین دیگر، مثل استدلال‌های غایت‌اندیشانه (teleological) و مابعدالطبیعی استفاده نمی‌کرده است. [٥]

انتشار نور به خط مستقیم (۹ قرن قبل از بازن فیزیک‌دان فرانسوی)

یکی از اصول مهم مبحث نور انتشـار نور به خط مسـتقیم در محیط متجانس است، مقصود از محیط متجانس محیطی است که از لحاظ شفافیت یکنوا و همگن باشد. در این صورت نور در آن به خط مسـتقیم منتشر می‌شـود. برای مثال، نور خورشید که به زمین می‌آید، از قشرهای مختلف با چگالی‌های متفـاوت می‌گذرد. بنابراین محیط انتشـار دیگر حکم محیط شفاف متجانس را نخواهد داشت.

ابن‌هیثـم به این اصل مهم توجه می‌کنـد و می‌گوید: «نور به خط مسـتقیم سیر می‌کند، به‌شـرط اینکه محیط انتشار همه‌جا از حیث شـفافیت متشابه باشـد». وی حرکت نور در خط مستقیم را چنین تشـریح می‌کند: «در خانه تاریکی که فضـای آن را غبار و یا دود احاطه کرده اسـت، هرگاه از روزنه در یا سـوراخ، نور به آن‌جا بتابد ملاحظه می‌شود که نور از آن سـوراخ تا محلی که نور افتاده خط [مسیری] مستقیم‌الخط پیدا کرده است.»

ابن‌هیثم به همین بسـنده نمی‌کند، بلکه به منظور تشخیص حرکت مستقیم نور به تجربه‌ای می‌پردازد که مشابه آن چند قرن پس از وی توسط بازن (Bsin) فیزیکدان فرانسوی انجام شد. [٦]

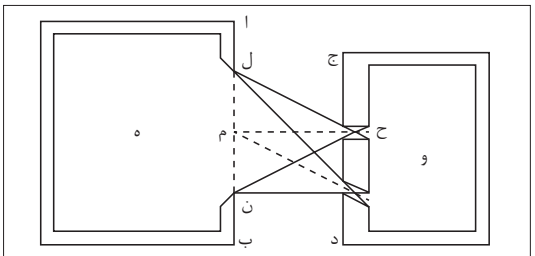
آزمایش ابن‌هیثم برای اثبات انتشار نور به خط مستقیم

در این بخش به شرح آزمایش ابن‌هیثم می‌پردازیم که برای اثبات انتشار نور به خط مستقیم انجام داده است.

ابن‌هیثم اجسام را به دو نوع اجسام کثیف (اجسام تاریک) و اجسام نورانی تقسیم می‌کند. منظور او از اجسام روشن همان چشمه‌های نور اسـت که امروزه در فیزیک نور می‌شناسیم و اجسـام کثیف اجسامی هستند که هیچ نوری از خود ندارند و آن‌ها را به واسـطهٔ چشمه‌های نور می‌شناسیم. همان‌طور که در بخش قبل اشـاره شد ابن‌هیثم آزمایشی برای نمایش سیر مستقیم نور طراحی کرده بود. این آزمایش برای انتشار نورهای عرضی در اجسام تاریک طراحی شده است که شرح کامل آن به قرار زیر است؛ در این آزمایش دو اتاقک (ه، و) با دیواره‌های سفید که در نزدیکی هم هستند و هیچ چشمهٔ نوری در آن‌ها قرار ندارد، در نظر گرفته می‌شود. دیوارهٔ (ا ب) روبه‌روی اتاقک

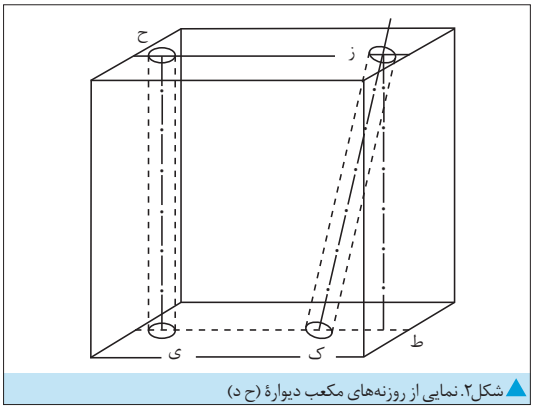
(ه)، ضخامت کمتری نسبت به دیوارهٔ اتاقک دیگر دارد، و بر روی آن پنجرهٔ بزرگی به ابعاد (ل ن) وجود دارد که با دیوارهٔ داخلی اتاقک زاویه‌ای می‌سازد. این برای آن است که دقیقاً بتوان روزنهٔ مرزی را شناسایی کرد.

همان‌طور که گفته شد دیوارهٔ اتاقک دیگر ضخامت بیشتری دارد و با نام (ح د) در شکل (۱) مشخص شده است.



شکل۱. نمایی از اتاقک‌ها در کنار یکدیگر

در دیوارهٔ اتاقک (و) پنجرهٔ مکعب مستطیلی قرار می‌دهیم و بر روی وجه بالایی مکعب دو دایره با قطر دو انگشت (دو سانتی‌متر) یکسان ایجاد می‌کنیم. فاصلهٔ دو روزنه از هم برابر با فاصلهٔ دو دیوار از یکدیگر است. سپس از نقطه (ز) بر روی وجه پایینی مکعب خط عمودی رسم می‌کنیم و آن نقطه را (ط) می‌نامیم. نقطهٔ (ک) را بر روی وجه پایینی در جایی مشخص می‌کنیم که نسبت (ط ک) به (ک ی) با نسبت ارتفاع مکعب به فاصلهٔ دو روزنه برابر باشد.

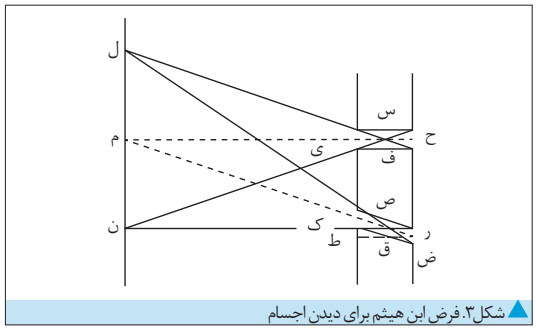


شکل۲. نمایی از روزنه‌های مکعب دیوارهٔ (ح د)

پس از ایجاد استوانه‌ها، مطابق شکل ۲، مکعب را، مطابق با شکل ۱، درون دیوارهٔ (ح د) قرار می‌دهیم. توجه داشته باشید که جنس مکعب باید به‌گونه‌ای باشد که نور تنها از روزنه‌ها وارد شود.

پنجرهٔ (ل ن)، دیوارهٔ (ا ب) را با لایه‌ای می‌پوشانیم و در نقطهٔ مرکزی (م) آن روزنه‌ای ایجاد می‌کنیم. حال اگر درون اتاقک (و) قرار گیریم و از روزنه‌های (ح) و (ز) به نقطهٔ (م) نگاه کنیم درخواهیم یافت که از هر دو روزنه می‌توان نقطهٔ (م) را دید و همچنین از هر نقطه دورترین نقطه‌ای که خواهیم دید نقطهٔ (ل) است.

ابن‌هیثم استدلال هندسی خود را به این شرح بیان می‌کند که، ابتدا فرض می‌کند انسان چیزی را می‌بیند که به‌صورت مستقیم در جلوی چشمان او قرار گرفته باشد. با این فرض و با توجه به شکل ۳، خواهیم داشت.



شکل۳. فرض ابن هیثم برای دیدن اجسام

با در نظر گرفتن نقاط ف، ق به عنوان مرکز هر استوانه و همان‌طور که از قبل گفتیم داریم؛

$$\frac{\text{ح ی}}{\text{م ی}} = \frac{\text{ط ک}}{\text{ی ک}}$$

با ترکیب نسبت در صورت خواهیم داشت:

$$\frac{\text{ح ی+م ی}}{\text{م ی}} = \frac{\text{ط ک+ک ی}}{\text{ی ک}}$$

$$\frac{\text{ح م}}{\text{م ی}} = \frac{\text{ط ی}}{\text{ی ک}}$$

چون ی ط= ز ح داریم

چون ک ی و ز ح با هم موازی‌اند پس نقاط ز، ک و م بر یک راستا هستند. حال اگر زک را در نقطهٔ ق به دو نیم کنیم، چون ف ق موازی سطح پایینی است از تشابه دو مثلث س ی ف و ف ل م نسبت‌های تشابه زیر به دست می‌آیند:

$$\frac{\text{ی ف}}{\text{ف م}} = \frac{\text{ی س}}{\text{ل م}}$$

با در نظر گرفتن مثلث ق م ل و ق ص ک، که آن دو نیز با یکدیگر مشابه‌اند می‌توان نسبت بالا را به‌صورت زیر نوشت:

$$\frac{\text{ی ف}}{\text{ف م}} = \frac{\text{ق ک}}{\text{ق م}}$$

و چون ی س (شعاع روزنه مستقیم) با ک ص (شعاع روزنه مایل) برابر است می‌توان نسبت‌های تشابه را به‌صورت زیر نوشت:

$$\frac{\text{ص ک}}{\text{ل م}} = \frac{\text{ق ک}}{\text{ق م}} = \frac{\text{ی ف}}{\text{ف م}} = \frac{\text{ص ک}}{\text{ل م}}$$

پس نقاط ق، ص و ل نیز در یک امتداد قرار دارند؛ یعنی اگر ناظر از پایین‌ترین نقطهٔ روزنه مایل بنگرد، یعنی نقطه ض، باز هم نقطهٔ ل را در بالاترین حد رؤیت خود خواهد دید. [۷]

نتیجه‌گیری

همان‌طور که بیان شد علم نورشناسی از یونانیان آغاز شد و دانشمندان اسلامی نقش اساسی در تلفیق و ترکیب نظریه‌های آنان داشتند. در این مقاله به شرح آزمایش ابن‌هیثم برای اثبات انتشار نور به‌خط مستقیم پرداختیم. هرچند که در این آزمایش داده‌هایی مبنی بر اثبات انتشار نور به‌خط مستقیم بیان نشده است اما ابن‌هیثم با استفاده از استدلال‌های هندسی و تشابه مثلث‌ها آنچه را که در ابتدای آزمایش فرض کرده بوده به اثبات رساند.

منابع

۱. دیوید سی. لیندبرگ، ترجمه، دکتر فریدون بدره‌ای، سرآغازهای علم در غرب، جلد ۱، ۱۳۷۷.
۲. دائرةالمعارف دانشوران، ابن‌هیثم
۳. دیوید سی. لیندبرگ، ترجمه دکتر فریدون بدره‌ای، سرآغازهای علم در غرب، جلد ۱، ۱۳۷۷.
٤. زندگینامه علمی دانشمندان، بنیاد دانشنامه بزرگ فارسی، ک.م ص ۵۲
۵. معصومی همدانی، حسین، مقاله حرف تازه ابن‌هیثم
٦. امیرحسین، محتشمی‌پور، مقاله ابن‌هیثم، سایت باشگاه اندیشه.
۷. مصطفی نظیف، الحسن بن‌هیثم بحوثه و کشوفه البصریه، مرکز دراسات الوحده العربیه

یادگیری مفاهیم آینه‌های کروی به‌شیوهٔ استقرایی

علی یوسفی، بیله‌سوار

چکیده

هدف این مطالعهٔ موردی نشان دادن نحوهٔ کاربرد الگوی استقرایی در آموزش مفاهیم مربوط به آینه‌های کروی، در کتاب فیزیک سال اول متوسطه و مقایسه میزان یادگیری آن یادگیری با الگوی سنتی بود. یک گروه (کلاس) با روش استقرایی و گروه دیگر با روش سنتی آموزش داده شدند. تحلیل داده‌ها پس از بررسی تفاوت‌های اولیه، اثر معنادار (P « ۰/۰۰۱ و F=۱۳/۲۷) روش استقرایی را در یادگیری نشان داد. همچنین اندازه اثر الگوی استقرایی ES= ۰/۸۷ به‌دست آمد.

کلیدواژه‌ها: آموزش و یادگیری، الگوی استقرایی، دانش‌آموزان، آینه‌های کروی

مقدمه و بیان مسئله

دانش‌آموزان برای رو به رو شدن با تحولات عصر حاضر باید مهارت‌های تفکر انتقادی و خلاق را برای حل مسائل جامعه فراگیرند، سواد علمی مبتنی بر فناوری را بیاموزند و به مهارت‌های پژوهش و حل مسئله مجهز شوند بدین منظور آموزش مهارت‌های تفکر و یادگیری از طریق روش‌های یاددهی / یادگیری فرایند مدار و شاگرد محور به آنان ضروری به نظر می‌رسد.

بروس جویس[1] گفته است که: «یادگیری دانش‌آموزان متفاوت است و آنان واکنش‌های متفاوتی نسبت به الگوهای مختلف تدریس از خود نشان می‌دهند. ساختار شخصیت، استعداد و آموخته‌های قبلی دانش‌آموزان موجب شکل‌گیری سبک‌های مختلف یادگیری می‌شود. تا جایی که هیچ‌یک از دانش‌آموزان واکنش‌های یکسانی در مقابل الگوهای تدریس از خود نشان نمی‌دهند.» (۱)

بنابراین می‌توان گفت هر دانش‌آموز به شیوهٔ خاصی مطالب درس را درک می‌کند و وظیفه معلم است که با شناخت تک‌تک شاگردان و آگاهی از چگونگی کاربرد روش‌های مختلف تدریس، الگوی مناسبی برای تدریس خود انتخاب کند. پرسش اساسی این است که آیا الگوی استقرایی می‌تواند یادگیری کلی دانش‌آموزان را افزایش دهد؟ بر این اساس هدف اصلی این مقاله نشان دادن نحوهٔ کاربرد الگوی تفکر استقرایی و بررسی میزان تفاوت و اثر این الگو نسبت به روش‌های متداول و مألوف است. همچنین در این فرایند تفکر استقرایی در سه مرحلهٔ تکوین مفهوم، تفسیر مطالب و کاربرد اصول، همراه با اجرای یک نمونه تدریس (سناریوی تدریس) به شیوه تفکر استقرایی ارائه شده است.

پژوهش‌ها

تاکنون پژوهش‌های متعددی دربارهٔ الگوهای مربوط به پردازش اطلاعات انجام شده که کانون توجه آن‌ها چگونگی افزایش قابلیت‌های دانش‌آموزان در ساخت و استفاده از مفاهیم و فرضیه‌ها بوده است.

بلیکا و فلوریس[2] (۲۰۰۹) در تحقیقی با عنوان «تفکر استقرایی و قیاسی یک مدل برای توسعهٔ درس» نشان می‌دهند که شاگردان اگر در درس‌هایشان مهارت به کارگیری تفکر علمی و استدلالی را تمرین کنند، راجع به اینکه چگونه فکر کنند تا مشکل را حل کنند پیشرفت بهتری خواهند داشت. (۲)

پرنس[3] (۲۰۰۴) اظهار می‌دارد: «کاربرد روش‌های استقرایی مانند یادگیری مبتنی بر مسئله، معمولاً بر روش‌های یادگیری فعال و همیارانه است، که این دو ویژگی اثرات مثبتی بر

بسیاری از نتایج یادگیری دارد.» (۳) لی[۴] (۲۰۰۴) عنوان می‌کند: «در صورت به‌کارگیری مؤثر روش‌های استقرایی، شاگردان می‌توانند، شکل‌دهی مناسب به پرسش‌ها، شناسایی و گردآوری شواهد متناسب، ارائه نظام‌مند نتایج، تحلیل و تفسیر نتایج، شکل‌دهی به نتیجه‌گیری‌ها و ارزیابی ارزش و اهمیت آن نتایج را فراگیرند». (۳) بنس و یاون[۵] (۲۰۰۹) در پژوهشی نشان می‌دهند با روش‌های یاددهی و یادگیری دانش‌آموز/ معلم و شاگردمحور انگیزه معلمان برای کشف و توسعهٔ پروژه‌های علوم در مدارس به‌طور معناداری افزایش می‌یابد و درک علوم با روش‌های استقرایی و کاوشگری توسعه می‌یابد. (٤)

الگوی تفکر استقرایی

الگوی یاددهی - یادگیری استقرایی بدین منظور طراحی شده است که چگونگی تکوین مفهوم را به دانش‌آموزان بیاموزد و به‌طور هم‌زمان، کاربرد مفاهیم و تعمیم آن‌ها را به آنان آموزش دهد. (۱) این الگو باعث بهبود مهارت تفکر، گردآوری، سازماندهی و کنترل اطلاعات و نام‌گذاری مفاهیم می‌شود. الگوی استقرایی باعث می‌شود شاگردان اطلاعات را گرد آورند، آن را از نزدیک بررسی کنند، آن اطلاعات را به شکل مفاهیم سازمان دهند و یاد بگیرند آن مفاهیم را به کار ببرند. این راهبرد، اگر به‌طور منظم به کار رود توانمندی‌های شاگردان را افزایش می‌دهد تا مفاهیم را به طور کارآمد شکل دهند و بر دامنه چشم‌اندازهایی که بتوانند به اطلاعات بنگرند بیفزایند. مراحل روش تدریس با الگوی استقرایی به شرح زیر است.

مرحله اول: تکوین مفهوم

در این الگو معلم نقطهٔ شروع فعالیت است، زیرا فعالیت‌ها از قبل به‌وسیله معلم تعیین می‌شود. اما جو همکاری دوستانه بین معلم و شاگردان وجود دارد. در جریان آموزش مفاهیم زمینه‌سازی می‌شود تا مفهوم با مشارکت فعالانه دانش‌آموزان و معلم تولید شود. آموزش به این شیوه، برای دانش‌آموزان ارزشمند است، زیرا خود سازنده و تولید کننده آن هستند. نیل به این مرحله از طریق روش‌های زیر انجام می‌شود.

گام اول: برشماری و فهرست‌گیری

فعالیت معلم: مشخص کردن موضوع و مسئلهٔ تدریس برای فراگیران، تشکیل گروه کاری از دانش‌آموزان، اختصاص زمان مناسب برای تفکر گروهی و مشورت افراد هر گروه، تشویق و ترغیب گروه‌هایی که توانسته‌اند بیشترین نمونه‌ها را فهرست کنند و نظارت، هدایت و تسهیل کنندگی است.

فعالیت دانش‌آموزان: فعالیت انفرادی در آغاز مرحله اول و بیان نظرات چند دانش‌آموز در حضور بقیهٔ دانش‌آموزان، تنظیم فهرست مشترک برای هر یک از گروه‌ها، بحث و گفت‌وگو بین سرگروه‌ها.

گام دوم: گروه‌بندی

فعالیت معلم: در صورتی که موضوع برای دانش‌آموزان تفهیم نشده باشد با استفاده از روش سخنرانی، زمینه‌های فکری را تقویت و کلیات مسئله را بازگو کند و به شاگردان برای درک شباهت‌ها و تفاوت‌ها کمک کند.

فعالیت دانش‌آموزان: دانش‌آموزان باید ابتدا به‌صورت انفرادی و سپس با نظر بقیه اعضای گروه فهرست به‌دست آمده را به چند بخش تقسیم کنند. گروه‌بندی عناوین باید براساس تشابه آن‌ها باشد و تشخیص این شباهت‌ها به‌عهدهٔ دانش‌آموزان است.

گام سوم: عنوان‌دهی و طبقه‌بندی

فعالیت معلم: کمک به دانش‌آموزان به منظور انتخاب عنوان مناسب برای طبقه‌بندی خود دانش‌آموزان، انتخاب نام و عنوان مناسب برای گروه‌بندی‌ها که با توجه به ویژگی‌های مشترک دسته‌بندی شده‌اند و تبدیل گروه‌بندی به طبقه‌بندی و قرار دادن هر جزء در طبقهٔ ویژه خود.

مرحلهٔ دوم: تفسیر مطالب

یادگیری مؤثر و مطلوب زمانی اتفاق می‌افتد که شاگردان بتوانند در خصوص مسئله و موضوع مورد نظر، اظهار عقیده کنند و به تفسیر و تحلیل آن بپردازند. البته باید توجه داشت که داشتن توانایی تحلیل و تفسیر مطالب، به شناخت دقیق و عمیق مسائل بستگی دارد و در مراحل متفاوت الگوی استقرایی، دارا بودن این تسلط و مهارت بسیار ضروری است.

مرحله تفسیر مطالب از طریق موارد زیر تحقق می‌یابد.

گام اول: تعیین روابط شاخص

فعالیت معلم: کمک به دانش‌آموزان برای درک مفهوم اجزا و توصیف دقیق آن‌ها.

فعالیت دانش‌آموزان: تعیین خواص و ویژگی‌های شاخص و مشترک و بیان تعریف و توصیفی از اجزای هر گروه.

گام دوم: کشف روابط

فعالیت معلم: کمک به دانش‌آموزان برای بررسی روابط علت و معلولی بین اجزا و طبقات، کمک به دانش‌آموزان برای تحلیل جایگاه عناوین، و تدوین یک جدول دو بعدی.

فعالیت دانش‌آموزان: بررسی روابط علت و معلولی و نتیجه‌گیری، و تحلیل ویژگی‌ها و ارتباط طبقات.

گام سوم: استنباط

فعالیت معلم: طرح پرسش‌های مناسب که پاسخ‌گویی به آنان بیانگر عمق یادگیری و درک دانش‌آموزان از مسئله باشد.

فعالیت دانش‌آموزان: درک عمیق موضوع و ارائهٔ دلایل و دفاعیات به‌طور گسترده از طبقه‌بندی خود.

مرحله سوم: کاربرد اصول

اصولی که در مراحل تکوین مفهوم و تفسیر مطالب کشف و تولید شده است. در این مرحله در ابعاد جدیدتری به کار گرفته می‌شود. اطلاعات از ذهن بیرون می‌آید و در عرصهٔ زندگی به عمل متصل می‌گردد. برای مرحلهٔ کاربرد اصول سه فعالیت پیش‌بینی شده است.

گام اول: پیش‌بینی نتایج، توضیح و بیان پدیده‌های ناآشنا و فرضیه‌سازی

فعالیت معلم: طرح اطلاعات جدید و ناآشنا، هدایت و رهبری بحث‌های گروهی

فعالیت دانش‌آموزان: فرضیه‌سازی مفاهیم جدید و ناآشنا براساس اصول و مفاهیم تدریس شده، بحث و گفت‌وگو پیرامون فرضیه‌های متفاوت.

گام دوم: توضیح و یا پشتیبانی از پیش‌بینی‌ها و فرضیه‌ها

فعالیت معلم: هدایت و رهبری بحث‌های گروهی، خودداری از تأیید یا رد فرضیه‌ها.

فعالیت دانش‌آموزان: بحث در میان اعضای هر گروه، ارائه دلایل هر گروه به سایر گروه‌ها، بحث پیرامون نظرات مخالفان و موافقان هر یک از فرضیه‌ها.

گام سوم: تأیید پیش‌بینی

فعالیت معلم: تأیید پیش‌بینی و اثبات فرضیه‌ها، جمع‌بندی مطالب.

نمونه تدریس به روش استقرایی (طرح درس معلم)

انتظار می‌رود پس از تدریس با این الگو، دانش‌آموزان بتوانند: با انواع آینه و کاربرد آن‌ها آشنا شده و به مقایسه تصویر در آینه مقعر و محدب بپردازند.

مرحله اول

معلم: ما در این درس می‌خواهیم با انواع آینه و چگونگی تشکیل تصویر در آن‌ها آشنا شویم. بچه‌ها! شما در دوره ابتدایی و راهنمایی با انواع آینه‌ها آشنا شدید. پس قلم بردارید و فهرستی از اشیایی را که مانند آینه عمل می‌کنند بنویسید...

خوب! حالا از شما می‌خواهم به‌صورت گروه بنشینید و یک سرگروه برای خودتان انتخاب کنید. کاغذ و خودکار هم که دارید. من این اشیا را که مثل آینه عمل می‌کنند و این شمع و خط‌کش را در اختیار هر گروه قرار می‌دهم. شما ابتدا با مشاهدهٔ دقیق و لمس اشیاء و سپس با قرار دادن یک جسم یا شمع روشن در مقابل آن مشخصات تصویر را در هر شیء آینه مانند بنویسید.

دانش‌آموزان: به انجام فعالیت گروهی با راهنمایی معلم مشغول می‌شوند.

معلم: بچه‌های خوب! حالا یک جدول دو ستونی همانند جدولی که من اکنون در روی تخته رسم می‌کنم (جدول ۱) در روی کاغذ رسم کنید. شما می‌توانید برای هر شیء شماره بدهید، در یک طرف نام یا شمارهٔ اشیاء آینه مانند را بنویسید و در طرف دیگر مشخصات شیء آینه مانند و ویژگی‌های تصویر را بنویسید.

جدول ۱: شماره‌گذاری و ثبت مشخصات اشیاء

اشیاء آینه مانند	مشخصات آینه و تصویر

معلم: اکنون من از سرگروه‌ها می‌خواهم گروه‌بندی خود را برای بچه‌های دیگر بخوانند و بقیه دقت کنند. اگر کسی نظری داشت، می‌تواند آن را بگوید و فهرست خود را کامل کند.

گزارش سرگروه‌ها (پاسخ احتمالی): مشاهده کردیم سطح این آینه‌ها همانند آینه تخت که قبلاً آن را دیده بودیم نیست. برخی از این آینه‌ها سطح‌شان برآمده و برخی دیگر سطح‌شان فرورفته است.

معلم: آفرین، حالا از شما می‌خواهم آینه‌ها را براساس ویژگی‌هایشان در دو گروه قرار دهید و برای هر گروه نام مناسبی را انتخاب کنید.

دانش‌آموزان آینه‌ها را براساس مشاهده‌ها و یادداشت‌های خود نام‌گذاری می‌کنند. آن‌ها ممکن است به جای آینه فرورفته و برآمده، با راهنمایی معلم کلمات دیگری مانند آینه مقعر یا کاو و محدب یا کوژ را انتخاب کنند.

معلم: حالا از سرگروه‌ها می‌خواهم نام‌گذاری خود را برای آینه‌ها بیان کنند.

سرگروه‌ها: عنوان‌هایی که انتخاب کرده‌اند را ارائه می‌دهند و گروه‌های دیگر با ذکر دلیل آن را تأیید یا رد می‌کنند.

معلم: پاسخ‌ها را بدون آنکه رد یا تأیید کنم، می‌شنوم. حالا آنچه را که درباره آینه‌ها گفتید و توافق کردید در دو گروه قرار دهید.

دانش‌آموزان آینه‌ها را براساس مشاهده‌ها و یادداشت‌های خود نام‌گذاری می‌کنند. آن‌ها ممکن است به جای آینه فرورفته و برآمده، با راهنمایی معلم کلمات دیگری مانند آینه مقعر یا کاو و محدب یا کوژ را انتخاب کنند

دانش‌آموزان: آینه‌هـا را در دو گروه فرورفته (مقعر یا کاو) و برآمده (محدب یا کوژ) قرار می‌دهند.

مرحله دوم

معلم: حالا بگویید آینه‌های مقعر و محدب چه ویژگی‌هایی دارند؟ ویژگی‌های هر گروه را بیان کنید.

دانش‌آموزان بنا توجه به مشاهده‌ها، ویژگی‌های شاخص آینه را بیان می‌کنند.

معلم: بچه‌های عزیز شـما توانسـتید ویژگی‌های آینه‌های کروی و مشـخصات تصویر را در آن‌ها بگویید اکنون از شـما می‌خواهم به این موضوع فکـر کنید چه ارتباطی بین فاصله جسـم از آینه و مشـخصات تصویر آن در آینـه وجود دارد؟ هم‌چنیـن در چه مواقعی تصویر مجازی و یا تصویر حقیقی با این آینه‌ها ایجاد می‌شود؟

دانش‌آموزان با بررسـی روابط بین آنچه کشف کرده‌اند و با اسـتنباط از این یافته‌ها به این پرسش‌ها پاسخ می‌دهند و در جدول (۲) یادداشت می‌کنند.

جدول ۲: ثبت نتایج آزمایش

شماره آزمایش	نوع آینه	محل جسم	محل تصویر	اندازه و نوع تصویر
۱				
۲				

معلـم: تا اینجا، مفهـوم آینه کروی و روابـط و ویژگی‌های آینه‌های کروی را درک کردید. حالا آنچه را فهمیده‌اید در چند جمله بنویسید. سپس با گروه مشورت کنید و بقیهٔ نتایج را هم یادداشت کنید، آن‌گاه مفاهیم را به‌صورت تعریف بیان کنید.

دانش‌آموزان بـه بحث دربارهٔ یافته‌های خـود می‌پردازند و تعریف و تفسیر و توصیف‌هایی ارائه می‌دهند.

مرحله سوم

معلـم از دانش‌آموزان می‌خواهد موارد اسـتفاده از آینه‌های کروی را نام ببرند. دانش‌آموزان می‌توانند به موارد اسـتفاده از آینه در آزمایشگاه، اتومبیل و خانه اشاره کنند.

معلم: حالا می‌خواهم این پرسش‌ها را یادداشت کنید و پاسخ دهید:

فکر می‌کنید که در اتومبیل‌ها برای این‌که راننده پشت سر خود را ببیند از چه نوع آینه‌ای استفاده شده است؟

حدس بزنید یک دندان‌پزشـک برای اینکه دندان کسـی را ببیند از چه نوع آینه‌ای استفاده می‌کند؟

دانش‌آموزان ابتدا به‌صورت فردی و سپس به‌صورت گروهی پاسـخ‌ها را حدس می‌زنند. بعد از بحث گروهی و با هم‌فکری اعضای گروه، با توجه به تجارب و آموخته‌های خودشان، با ذکر دلایل از پیش‌بینی‌ها و فرضیه‌های خود، دفاع می‌کنند.

روش‌شناسی تحقیق

بـرای انجام تحقیق از طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل و بدون استفاده از گزینش تصادفی که یکی از طرح‌های نیمه‌تجربی است، اسـتفاده شد. برای پژوهش، دو کلاس اول متوسـطه با روش نمونه‌گیری در دسـترس انتخاب شد. یک کلاس با ۲۵ نفر دانش‌آموز با روش سنتی آموزش داده شدند. دانـش و مهارت دانش‌آموزان پیش و پـس از اجرای تدریس درس «آینه‌هـای کروی» با آزمون پیشـرفت تحصیلی معلم ساخته اندازه‌گیری شد.

یافته‌های تحقیق

این تحقیق با هدف آزمون این فرض انجام شد که: با اجرای روش استقرایی بین نمرات میانگین گروه تجربی و گروه کنترل تفاوت معنادار ایجاد می‌شـود. جدول (۳) آماره‌های توصیفی (میانگیـن، تعداد و انحـراف معیار) نمره‌هـای پیش‌آزمون و پس‌آزمـون دو گروه تجربی (آزمایشـی) و کنتـرل را گزارش می‌دهد.

جدول ۳: میانگین و انحراف‌معیار دو گروه

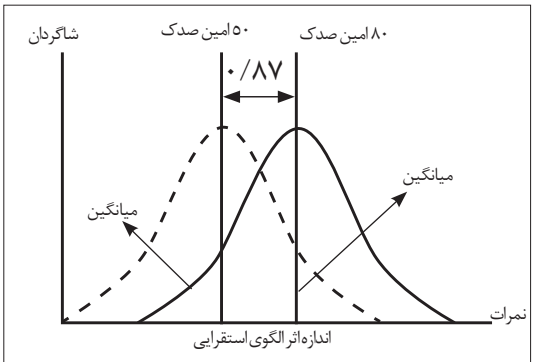
گروه	تعداد	پیش‌آزمون		پس‌آزمون	
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
تجربی	۲۵	۹/۳۰	۳/۲۰	۱۶/۷۸	۲/۱۴
کنترل	۲۴	۹/۵۷	۳/۲۱	۱۴/۵۷	۲/۵۳

همان‌گونـه که جدول (۳) نشـان می‌دهد، تفـاوت نمره میانگیـن دانش‌آمـوزان گـروه تجربـی و گـروه کنترل در پیش‌آزمـون به اندازه ۰/۲۳ نمره اسـت و ایـن تفاوت در میانگین نمره پس‌آزمـون دو گروه ۲/۲۱ نمره و قابل توجه است. این تفاوت نشان می‌دهد که دانش‌آموزان گروه تجربی به یادگیری بیشـتری دست یافته‌اند. به‌منظور بررسی اثرات پیش‌آزمون بر میزان عملکرد شـاگردان در دو گروه تجربی و کنترل از تحلیل هموردا[۶] اسـتفاده شد. تحلیل هموردا به محقق این امکان را می‌دهد که شـرایط پیش از آزمایش را در مورد گروه‌ها از نظر متغیرهای مورد مطالعه معادل کند. در این‌جا شـرایط اولیهٔ گروه‌هـا از روی نمرات پیش‌آزمون تعیین شـده است. با این روش، تفاوت میان شرایط اولیه از نظر آماری حذف شـده تا گروه‌ها با هم قابل مقایسه باشند. تحلیل با اسـتفاده از نرم‌افزار اس‌پی‌اس‌اس[۷] انجام شـد. در

این تحلیل، نسبت F [8] در مقایسه دو گروه، معادل ۱۳/۲۷ به‌دست آمد که از نظر آماری در سطح ۰/۰۱ (در سطح اطمینان ۹۹ ددرصد) معنادار است. بنابراین با ۹۹ درصد اطمینان نتیجه می‌گیریم که تفاوت‌های مشاهده شده بین نمره‌های میانگین پس‌آزمون دو گروه تجربی (آزمایشی) و کنترل، حاصل تأثیر عمل آزمایشی (الگوی استقرایی) است نه حاصل عامل شانس یا خطا. این یافته بدین معناست که روش استقرایی در یادگیری درس تأثیر معناداری داشته است، به‌عبارت دیگر اجرای تدریس به روش استقرایی موجب افزایش عملکرد دانش‌آموزان در درس فیزیک شده است.

شاخص اندازهٔ اثر [9] برای قضاوت در مورد معناداری عملی نتایج تحقیق مفید است. اندازه اثر برآوردی از بزرگی تفاوت، رابطه یا تأثیر در جامعهٔ مورد مطالعه است. اندازه اثر بزرگ‌تر نشان دهندهٔ تفاوت بیشتر بین دو گروه است. اگر اندازه اثر در حد صفر باشد، یعنی به‌طور متوسط دانش‌آموزانی که در معرض مداخله (عمل آزمایشی) بوده‌اند نسبت به دانش‌آموزانی که در معرض مداخله نبوده‌اند بهتر یا بدتر عمل نکرده‌اند. گرچه پژوهشگران اندازه اثر بیش از ۰/۳۳ را از نظر عملی معنادار می‌دانند، اما طبق بررسی‌های رول هیسر [10] اندازه اثر آزمون‌ها به‌طور متوسط می‌تواند میان ۰/۴۸ تا ۳ نمره انحراف معیار را دربرگیرد. (۵)

نمودار زیر نمرات پس‌آزمون دانش‌آموزان را در دو گروه کنترل و تجربی مقایسه می‌کند. نمره میانگین دانش‌آموزان گروه تجربی در مقابل هشتادمین صدک [11] توزیع فراوانی گروه کنترل قرار دارد. اندازه اثر از طریق تقسیم تفاوت بین دو میانگین (۱۴/۷۵ -۱۶/۷۸) بر انحراف معیار گروه کنترل (۲/۵۳) به‌دست می‌آید. اندازه اثر در این مورد ۰/۸۷ انحراف معیار است.



شکل ۱.

سطح زیرمنحنی مربوط به ۰/۸۷ انحراف معیار برابر با ۰/۸۰ است [12]. اندازه اثر ۰/۸۷ بدین معناست که نمره میانگین گروه تجربی (نمره صدکی ۵۰ در توزیع نمره‌های گروه تجربی) در مقابل ۸۰ امین صدک توزیع نمره‌های گروه کنترل قرار می‌گیرد. به‌عبارت دیگر استفاده از الگوی تدریس استقرایی معدل دانش‌آموزان در حد متوسط را از حد ۵۰ درصد به ۸۰ درصد پیش برده است. بنابراین الگوی ارائه شده در گروه تجربی (آزمایشی) توانسته است اثر مداخله‌ای نسبتاً خوبی را در نتایج مورد سنجش نشان دهد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش موردی و نیمه‌تجربی نشان داد که به کارگیری الگوی استقرایی در آموزش و یادگیری درس فیزیک، عملکرد دانش‌آموزان را نسبت به روش‌های معمول بیشتر افزایش می‌دهد. به‌عبارت دیگر دانش‌آموزانی که با این الگو آموزش دیدند، توانستند در طبقه‌بندی، استنباط، پیش‌بینی و توضیح نتایج، از دانش‌آموزانی که با این الگو آموزش ندیدند عملکرد بهتری نشان دهند. الگوی استقرایی باعث می‌شود دانش‌آموزان اطلاعات را گردآورند، به‌دقت مورد بررسی قرار دهند، به شکل مفاهیم درآورند و دست‌ورزی با آن مفاهیم را یاد بگیرند. دانش‌آموزان با استفاده منظم از این شیوه توانایی کارآمدتری را در تکوین مفاهیم می‌یابند و بر چشم‌اندازهای خود در نگرش به اطلاعات می‌افزایند. با این الگو دانش‌آموزان یک کلاس به‌صورت گروهی داده‌ها و مفاهیم را گروه‌بندی می‌کنند و سپس گروه‌ها طبقه‌بندی‌های به وجود آمده را به مشارکت می‌گذارند و بر اساس مشخصات اصلی هر دسته از مفاهیم، عنوان واحد را از آن‌ها استنتاج می‌کنند. هم‌چنین این الگو به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا با بهبود ظرفیت تفکر، روابط میان اجزا را کشف کنند و به پیش‌بینی نتایج و فرضیه‌سازی بپردازند. می‌توان گفت هر دانش‌آموز به شیوهٔ خاصی مطالب درسی را می‌آموزد و وظیفه معلم است که با شناخت بهتر تک‌تک دانش‌آموزان و آگاهی از چگونگی کاربرد روش‌های مختلف تدریس، الگوی مناسبی برای تدریس انتخاب کند. مسلماً این کار نیاز به داشتن توانایی و مهارت فراوان در کاربرد روش‌ها و فنون تدریس دارد. بنابراین معلم باید بر روش‌ها و الگوهای گوناگون تدریس مسلط باشد و با توجه به عوامل مختلف، شیوه مناسب را برای تدریس در کلاس انتخاب کند. معلم همواره باید راهنمای فعالیت‌هایی باشد که برای کلاس طراحی شده است و کلاس درس نیز باید کارگاه فعالی باشد که دانش‌آموزان در آن‌جا به انجام فعالیت‌های فکری و عملی می‌پردازند.

پی‌نوشت‌ها

1. Bruce Joyce
2. Bilica & Flores
3. Prince
4. Lee
5. Beneze & Bowen

۶. در این روش آماری، میانگین‌های پس‌آزمون پس از تعدیل کردن نمره‌های پیش‌آزمون (کنترل تفاوت‌های اولیه)، مورد مقایسه قرار می‌گیرند تا مشخص شود آیا بین گروه‌ها تفاوت معناداری وجود دارد یا خیر.

7. Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)

۸. آزمون تحلیل واریانس: نسبت واریانس (پراکندگی) ناشی از دستکاری متغیر مستقل به واریانس خطا است که هر چه این نسبت بزرگ‌تر باشد، اثر متغیر مستقل بر داده‌ها بیش‌تر از متغیر مزاحم (واریانس خطا) است.

9. Effect Size (ES)
10. Rol Heiser

۱۱. به روش نشان دادن وضعیت نسبی یک نمره در داخل یک توزیع صدک گفته می‌شود. برای نمونه هشتادمین صدک، نقطه‌ای که هشتاد درصد همه نمرات در زیر آن قرار می‌گیرند.

۱۲. اندازهٔ این سطح از روی جدول آماری «نسبت سطح‌های زیر منحنی بهنجار» که در کتب روش‌های آماری وجود دارد تعیین می‌گردد.

منابع

۱. جویس؛ بروس، کالهون؛ امیلی هاپکینز؛ دیوید، **الگوهای تدریس ابزارهایی برای یادگیری**، ترجمه محمود مهرمحمدی و لطفعلی عابدی، انتشارات سمت، (۱۳۸۴).

2. Bilica; K, Flores; M., Inductive & Deductive Science Thinking: A Model for Lesson Development. Science Scope, 32 (6) 36-41. Feb (2009).

۳. کار؛ دیوید، ماخر؛ فنستر، سون؛ ریچارد، **روش‌های تدریس پیشرفته**، ترجمه هاشم دانش‌فر، انتشارات کویر، (۱۳۸۵).

4. Beneze: J., Bowen; G., Student-Teachers' Dialectically Developed Motivation for Promoting Student-l,ed Science Projects. Internqtionql Journal of Science and Mathematics Education, v 7 nl pl33-159 Feb (2009). Available at http://eric.ed.gov/

۵. بهرنگی؛ محمدرضا، فراقی؛ اعظم، نظریه یادگیری نگاره مفهوم، اجرا و تعیین اندازه اثر آن بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان، **فصلنامه تعلیم‌وتربیت**، شماره ۹۲، (۱۳۸۶)، ۲۸ -۷.

تاریخچهٔ سرن (CERN) و فعالیت‌های آن

دان لینکن[1]، ترجمهٔ صدیقهٔ رضاپور
آموزش‌وپرورش ناحیه ٤ مشهد

چکیده

آنچه در این مقاله می‌خوانید مروری است بر تاریخچه سرن[1]، فعالیت‌های آن، و برنامه‌هایی که در آینده سرن اجرا خواهد شد. در این میان نگاهی هم به برنامه‌های آموزشی این سازمان خواهیم داشت، به‌خصوص برنامه معلمان دبیرستان یا HST [2] که با جزئیات بیشتری بیان شده است.

کلیدواژه‌ها: سرن، فیزیک ذرات، شتاب‌دهنده، سینکروترون

مقدمه

سرن CERN مخفف عبارت فرانسوی *Conseil Europ•en pour la Recherche Nucl•aire* ، یعنی شورای تحقیقات هسته‌ای اروپاست؛ شورایی که در سال ۱۹۵۲ ساختار اولیهٔ آن به دستور سازمان جهانی تحقیقات فیزیک بنیادی در اروپا شکل گرفت. در آن زمان، مطلق تحقیقات فیزیک، روی فهم اتم و پس از آن کلمه «هسته» متمرکز شده بود.

«سِرن» برجسته‌ترین آزمایشگاه فیزیک ذرات در جهان است، که دفتر مرکزی آن در ژنو قرار دارد. سِرن حاصل یکی از اولین همکاری‌های مشترک اروپاست که اکنون ۲۱ عضو دارد. در حال حاضر، کشورهای اتریش، بلژیک، بلغارستان، جمهوری چک، دانمارک، فنلاند، فرانسه، آلمان، یونان، مجارستان، اسرائیل، ایتالیا، هلند، نروژ، لهستان، پرتغال، اسلواکی، اسپانیا، سوئد، سوئیس و انگلستان عضو آن هستند. رومانی نامزد عضویت است. صربستان عضو وابسته در مرحله قبل از به عضویت رسیدن است. هند، ژاپن، روسیه، ایالات متحده آمریکا، ترکیه، اتحادیه اروپا و یونسکو نیز در مقام ناظر هستند.

چون اکنون شناخت ما از ماده از مرز هسته هم فراتر رفته است، سرن بخش اصلی تحقیقاتش را به فیزیک ذرات (مطالعه اجزای بنیادی ماده و نیروهای مؤثر بین آن‌ها) اختصاص داده است. به این دلیل، آزمایشگاه CERN اغلب به‌عنوان آزمایشگاه اروپایی فیزیک ذرات نامیده می‌شود.

در سازمان تحقیقات هسته‌ای اروپا (سرن) فیزیک‌دانان و مهندسان، ساختار بنیادی جهان را بررسی می‌کنند. آن‌ها بزرگ‌ترین و پیچیده‌ترین ابزار علمی جهان را برای مطالعه اجزای اصلی ماده (ذرات بنیادی) به‌کار می‌برند تا ذرات را با سرعتی نزدیک به سرعت نور با یکدیگر برخورد دهند. این فرایندها سرنخ‌هایی از چگونگی برخورد ذرات و بینشی از قوانین بنیادی طبیعت را در اختیار فیزیک‌دانان قرار می‌دهد.

مهم‌ترین وسایل مورد استفاده در سرن آشکارسازها و شتاب‌دهنده‌های ذرات هستند. قبل از اینکه پرتوها برخوردهایی با یکدیگر یا با هدف ثابت داشته باشند، شتاب‌دهنده‌ها پرتوهای ذرات را تا انرژی‌های بالا تقویت می‌کنند. نتایج این برخوردها را آشکارسازها مشاهده و ثبت می‌کنند.

۲. تاریخچهٔ سرن

۹ دسامبر ۱۹۴۹: مبدأ

در پایان جنگ جهانی دوم، هنگامی دانش اروپایی هنوز در سطح جهانی نبود، تعدادی از دانشمندان ساخت آزمایشگاه فیزیک اتمی اروپا را به‌عنوان نمونه‌ای از سازمان‌های بین‌المللی مطرح کردند. رائول دوتری[3]، پیر اوژه[4] و لوکوارسکی[5] در فرانسه، ادواردو آمالدی[6] در ایتالیا و نیلس بور[7] در دانمارک در بین این

پیشـگامان بودند. این آزمایشگاه نه‌تنها دانشمندان اروپایی را متحد می‌کرد، بلکه اجازه مـی‌داد در تأمین هزینه‌های مازاد امکانات فیزیک هسته‌ای نیز اشتراک مساعی داشته باشند.

اولین پیشـنهاد رسـمی برای ایجاد یک آزمایشگاه اروپایی را فیزیک‌دان فرانسـوی لویی دوبروی[8] در کنفرانس فرهنگی اروپا، که شـروع به کار آن در ۹ دسـامبر ۱۹۴۹ در لوزان بود، مطرح کرد. تأکید بیشتر در پنجمین همایش عمومی یونسکو، در ژوئـن ۱۹۵۰ در فلورانـس، انجام گرفـت. در آنجا ایزودور رابی[9]، فیزیک‌دان آمریکایـی و برندهٔ جایزه نوبل، قطعنامه‌ای را مطـرح کـرد که یونسـکو را بـه «کمک و تشـویق جهت تشکیل آزمایشگاه‌های تحقیقاتی منطقه‌ای، به‌منظور افزایش همکاری‌های علمی بین‌المللی...» مجاز می‌دانست.

سـپس، در نشست بین‌دولتی یونسـکو، که در ماه دسامبر سـال ۱۹۵۱ در پاریس برگزار شـد، اولین قطعنامه در مورد تشـکیل شورای تحقیقات هسـته‌ای اروپا به تصویب رسید و واژهٔ CERN متولد شد. دو ماه بعد ۱۱ کشور تشکیل شورای موقت را امضا کردند.

۱ اکتبر ۱۹۵۲: کجا ساخته شود؟

در سـومین جلسهٔ شـورای موقت، در سـال ۱۹۵۲، ژنو به‌عنوان مکانی برای آزمایشـگاه CERN انتخاب شـد. این انتخاب موفقیت‌آمیز، حاصل همه‌پرسـی کانتون ژنو در ماه ژوئن سـال ۱۹۵۳ بود که بـا ۱۶۵۳۹ رأی موافق، در برابر ۷۳۳۲ رأی مخالف، به نتیجه رسید.

۱۹۵۴: حفاری زمین

در۱۷ ماه می سال ۱۹۵٤، اولین حفاری، با حضور مقامات ژنـو و اعضای هیأت CERN، در شـهر میـرن (*Meyrin*) سوئیس انجام شد.

۲۹ سپـــتامبر ۱۹۵۴: تولد سازمان تحقیقات هسته‌ای اروپا

در ششـمین جلسهٔ شورای CERN، که در پاریس (از ۲۹ ژوئن - ۱ ژوئیه سال ۱۹۵۳) برگزار شد، قرارداد تأسیس این سازمان به امضا رسید این قرارداد به تدریج توسط ۱۲ کشور بلژیک، دانمارک، فرانسـه، جمهوری فـدرال آلمان، یونان، ایتالیا، هلند، نروژ، سوئد، سوئیس، انگلستان، و یوگسلاوی، تصویب شد. در ۲۹ سپتامبر سال ۱۹۵٤، با تصویب فرانسه و آلمان، سازمان تحقیقات هسته‌ای اروپا رسماً به وجود آمد. CERN موقت، منحل شد اما مخفف آن باقی ماند.

۱۱ مه ۱۹۵۷ : شروع به‌کار اولین شتاب‌دهنده CERN:سینکروسیکلوترون

تا سـال ۱۹۵۷، ۶۰۰ MeV سینکروسـیکلوترون (SC) اولین شتاب‌دهنده CERN ساخته شده بود، که پرتوهایی را برای اولین آزمایش‌های CERN در فیزیک ذرات و فیزیک هسـته‌ای آماده می‌کرد. در سـال ۱۹٦٤، این دستگاه تنها روی فیزیک هسـته‌ای تمرکز کرد ولی فیزیک ذرات برای پروتون سینکروترون (PS) که جدیدتر و قوی‌تر است، باقی ماند. SC یک ماشین فوق‌العاده با عمری طولانی شد.

در سـال ۱۹٦۷، ارسـال پرتوهایی بـرای مکانی مختص یـون ناپایدار بـه نـام ISOLDE، کـه تحقیقاتـی اعم از فیزیک هسـته‌ای خالص تا اخترفیزیک و فیزیک پزشـکی را انجام می‌داد، شـروع شد. در سـال ۱۹۹۰، ISOLDE به شـتاب‌دهنده متفاوتی منتقل شـد، و SC پس از ۳۳ سال خدمت بسته شد.

۲۴ نوامبر ۱۹۵۹: آغاز به‌کـــار پروتـــون سینکروترون

پروتون سـینکروترون (PS) برای اولین‌بـار در ۲٤ نوامبر ۱۹۵۹ پروتون‌هـا را شـتاب داد، و پس از مدت کوتاهی، با پرتویی به انرژی ۲۸ GeV، به شتاب‌دهنده ذرات انرژی بالا در جهان تبدیل شـد. PS میزبان برنامه فیزیک ذرات سرن شـد و تا امروز پرتوها را بـرای آزمایش‌های مختلف فراهم می‌کند.

پرتوهای تولید شـده در طول شب ۲٤ نوامبر سال ۱۹۵۹ PS به بیشـترین حد انرژی خود رسید. صبح روز بعد جان آدامز[10] (در تصویر) در حالی که یک بطری خالی نوشـابه، که آن را از دوبنا[11] دریافت کرده بود، در دسـت داشـت در سالن اصلی اعلام کرد که موفق شده‌اند با این پیام که وقتی CERN از رکورد جهانی انرژی ۱۰ GeV سینکروفسترون[12] روسیه گذشت، محتوای این بطری هم نوشیده شد. بطری حـاوی تصویر پولارویدی از تپ ۲٤ GeV آماده ارسـال به دوبنا بود.

پـس از اینکـه CERN شـتاب‌دهندهٔ جدیـد را در دهه ۱۹۷۰ساخت، نقش اصلی PS، تأمین ذرات برای ماشین‌آلات جدید، بود. از آنجا که PS در سـال ۱۹۵۹ راه‌اندازی شـد،

اولین پیشنهاد رسمی برای ایجاد یک آزمایشگاه اروپایی را فیزیک‌دان فرانسوی لویی دوبروی در کنفرانس فرهنگی اروپا، که شروع به کار آن در ۹ دسامبر ۱۹۴۹ در لوزان بود، مطرح کرد

اکنون شـدت پرتو پروتون آن هزار برابر افزایش یافته است و به متنوع‌ترین ماشین شعبده‌بازی ذرات در جهان تبدیل شده است.

PS در ایـن دوره از تاریخش، انواع مختلفی از ذرات را، یا برای تغذیهٔ شتاب‌دهنده‌های قوی‌تر، و یا به‌طور مستقیم به آزمایش‌ها، شتاب داده است.

۱ سپتامبر ۱۹۶۵: اولین مشاهدهٔ پادهسته

در سال ۱۹٦۵، برای هرکدام از سه ذرهٔ الکترون، پروتون و نوترون که اتم را تشکیل می‌دهند، یک پادذره شناخته شده بـود. بنابراین اگر ذراتی که در اتم‌ها به یکدیگر وابسـته‌اند واحـد پایه ماده باشـند، طبیعی اسـت که فکـر کنیم که پادذره‌هـای مقید به هم، در پاداتم‌ها نیز واحد پایه پادماده باشند.

امـا آیا مـاده و پادمـاده دقیقـاً برابـر و مخالف‌انـد، یا همان‌طوری که دیراک فرض کرده بود، متقارن‌اند؟ گام مهم بعـدی، آزمایش این تقارن بود. فیزیک‌دانان می‌خواسـتند بداننـد پادذره‌هـای زیراتمی، زمانی که گـرد هم می‌آیند چگونه رفتار می‌کنند. آیا همان‌طور که پروتون و نوترون به هم چسـبیده و هسته اتم را تشکیل می‌دهند، پادپروتون و پادنوترون به شکل پادهسته به یکدیگر می‌چسبند؟

در سـال ۱۹٦۵ با مشـاهده پاددوترون، هسـتهٔ پادماده ساخته شده از یک پادپروتون، به علاوهٔ یک پادنوترون، (در حالی که یک دوترون- هسـته اتم دوتریوم- از یک پروتون به‌علاوه یک نوترون ساخته شـده)، پادهسته به‌دست آمد. این نتیجهٔ مهم همزمان توسط دو تیم از فیزیک‌دانان ، یکی با رهبری آنتونینو زیچیچی[۱۳] که از پروتون سـینکروترون CERN استفاده می‌شد، و دیگری به رهبری لئون لدرمن[۱٤]، که از شتاب‌دهنده سـینکروترون گرادیان متناوب (AGS) در آزمایشـگاه ملی بروکهاون نیویورک استفاده می‌کردند، دریافت شد.

۲۷ ژانویه ۱۹۷۱: اولین برخورد پروتون‌ها: حلقه متقاطع ذخیره‌سازی

در اواخر دهه ۱۹۵۰، فیزیک‌دانان می‌دانسـتند که برای افزایش انرژی برخورد، به جای اسـتفاده از یک پرتو منفرد و یک هدف ثابت، می‌توان از برخورد سـر به سر باریکه‌های ذرات اسـتفاده کرد. در CERN، کارشناسان شتاب‌دهنده، ایدهٔ استفاده از پروتون سینکروترون (PS) را برای تغذیهٔ دو حلقهٔ به‌هم پیوسـته را که در آن دو پرتوی پروتون شدید، تشکیل می‌شود و سپس به هم برخورد می‌کنند فهمیدند. در سال ۱۹٦۵ طرح حلقه‌های متقاطع ذخیره‌سازی (ISR) به‌طور رسمی به تصویب رسید.

در ۲۷ژانویه ۱۹۷۱، کی کل جانسـون[۱۵] (در تصویر)، که رهبری تیم ساخت‌وسـاز حلقه‌های متقاطع ذخیره‌سـازی (ISR) را به عهده داشـت، اعلام کرد کـه برای اولین‌بار در جهان، برهم‌کنش‌های حاصل از برخورد پروتون ثبت شده است.

طی ۱۳ سـال بعد هم، دسـتگاه، نمای منحصر به فردی از جهـان کوچـک فیزیک ذرات را ارائه مـی‌داد. همچنین CERN فرصت یافت دانش و تخصص ارزشـمندی را برای پروژه‌های پرتو- برخوردی بعدی، و سرانجام برخورددهنده بـزرگ هادرونی، تقویت کند. به‌عنـوان مثال، در اینجا بود که برای اولین‌بار ایده‌های سـیمون ون درمیر[۱٦] برای تولید باریکه‌های شـدید توسـط فرایندی به‌نـام «خنک کننده تصادفی» اثبات شد.

۱۰ فوریه ۱۹۷۱: شورای کمیسیون سینکروترون اَبَرپروتون

محیط هفت کیلومتری، سـینکروترون اَبَرپروتون (SPS)، اولیـن غول حلقه زیرزمینـی CERN بود. همچنین اولین شتاب‌دهنده‌ای که از مرز فرانسه و سوئیس عبور کرد.

در فوریه ۱۹۷۱، یازده کشـور عضو CERN، ساخت SPS را تصویـب کردند و در ۱۷ ژوئن ۱۹۷٦، دو سـال زودتر از برنامه، برای اولین‌بار آن را روشـن کردند. SPS به سـرعت اسـب بارکش برنامه فیزیک ذرات سـرن شـد و پرتوها را برای دو منطقه بزرگ آزمایشگاهی تأمین کرد. با پیشرفت فناوری نه‌تنها ساخت‌وسـاز خیلی زود به پایان رسید، بلکه آن‌ها توانستند پرتویی با انرژی ۱۰۰ GeV - ٤۰۰ GeV را، که بالاتر از سطح انرژی طرح اصلی بود، بهره‌برداری کنند.

امروزه SPS انرژیی بالغ بر ٤۵۰ GeV را بهره‌برداری کرده، و انواع مختلفی از ذرات را به‌کار گرفته اسـت. در موارد زیر پرتوهای SPS برای تحقیقات مفید بوده‌اند: کشف ساختار درونی پروتون، بررسـی سرشـت تسـلط ماده بر پادماده، جست‌وجوی ماده به شکلی که ممکن است در اولین لحظات عالم بوده باشد و جست‌وجوی اشکال نامتعارف ماده.

محیط هفت کیلومتری، سینکروترون اَبَرپروتون (SPS)، اولین غول حلقه زیرزمینی CERN بود. همچنین اولین شتاب‌دهنده‌ای که از مرز فرانسه و سوئیس عبور کرد

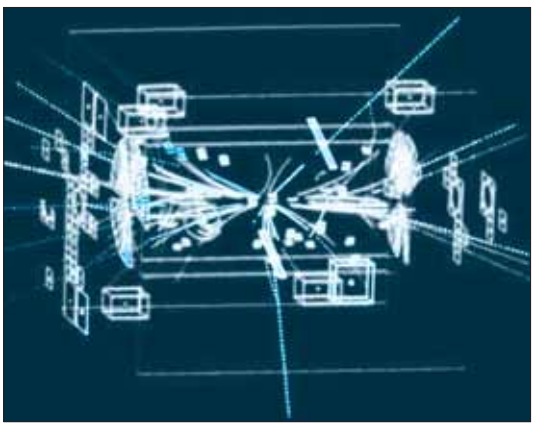
۴ آوریل ۱۹۸۱: نخستین برخوردهای پروتون – پادپروتون

اولین برخورد پروتون- پادپروتون جهان در ٤ آوریل ۱۹۸۱ توسط حلقه متقاطع ذخیره‌سازی تولید شد. با هموار شدن راه برای برخورد پروتون- پادپروتون در سینکروترون اَبَرپروتون (SPS)، جایزه نوبل هم به سیمون ون درمیر و کارلو روبیا[۱۷] اختصاص یافت.

ISR ثابت کرد که ابزاری بسیار عالی برای فیزیک ذرات است. تا تعطیل دستگاه در سال ۱۹۸٤ نتایج بسیار و مهمی توسط این دستگاه تولید شد؛ از جمله نشانه‌هایی از اینکه پروتون‌ها حاوی ترکیبات کوچک‌تری هستند، که سرانجام به عنوان کوارک و گلوئون شناخته شدند.

۲۰ ژانویه ۱۹۸۳: کشف ذرات W و Z

در سال ۱۹۷۹، CERN تصمیم گرفت سینکروترون اَبَرپروتون (SPS) را به یک برخورددهنده پروتون- پادپروتون تبدیل کند. برای موفقیت این پروژه، روشی به‌نام خنک‌کنندهٔ کاتوره‌ای، حیاتی بود. با این روش می‌توان پادپروتون‌ها را چنان گردآوری کرد که یک باریکه تشکیل شود.



اولین برخورد پروتون- پادپروتون، تنها دو سال پس از تصویب طرح انجام شد، و دو آزمایش، UA۱ و UA۲، در آثار برخورد، در جست‌وجوی نشانه‌هایی از ذرات W و Z بودند که حامل برهم‌کنش ضعیف بین ذرات هستند.

در سال ۱۹۸۳، CERN، کشف ذرات W و Z را اعلام کرد. شکل۳ نخستین تشخیص ذره Z^0 را نشان می‌دهد که توسط آزمایش UA۱ در ۳۰ آوریل سال ۱۹۸۳ انجام شد. Z^0 به سرعت فرو می‌پاشد و نمی‌توان آن را دید، اما زوج الکترون و پروتون تولید شده در فروپاشی، به رنگ آبی ظاهر می‌شود. بین سال‌های ۱۹۸۱ و ۱۹۹۳، برخوردهای پروتون- پادپروتون مشاهده شده در UA۱، روی SPS به منظور یافتن بوزون‌های Z و W انجام شد.

۱۱ ژوئن ۱۹۸۶ آغاز برخورد یون سنگین

لحظه‌ای پس از مهبانگ، عالم بسیار داغ و نسبت به ذرات آشنایی همچون پروتون‌ها و نوترون چگال بود. در عوض، ترکیبات‌شان (کوارک‌ها و گلوئون‌ها) آزادانه در «سوپ ذرات» به نام پلاسمای کوارک - گلوئون، حرکت می‌کردند.

در سال ۱۹۸٦، CERN، برای مطالعهٔ این احتمال، که آیا موضوع پلاسمای کوارک - گلوئون بیش از یک نظریه است یا نه، شتاب دادن یون‌های سنگین (هسته که شامل بسیاری از نوترون‌ها و پروتون) را در سینکروترون اَبَرپروتون (SPS) آغاز کرد. در اولین آزمایش‌ها هسته‌های نسبتاً سبکی مانند اکسیژن و گوگرد، و نتایج حاصل از نظریه پلاسمای کوارک - گلوئون، مورد استفاده قرار گرفتند، اما نتیجه‌ای نداشت. در سال ۱۹۹٤ نسل دوم آزمایش، با یون‌های سرب آغاز شد و در سال ۲۰۰۰ شواهد قانع‌کننده‌ای به‌دست آمد که حالت جدیدی از ماده دیده شده است.

۱۴ اوت ۱۹۸۹: برخورددهندهٔ بزرگ الکترون – پوزیترون: نخستین تزریق

برخورددهندهٔ بزرگ الکترون– پوزیترون یا LEP، با محیط ۲۷ کیلومتری‌اش، بزرگ‌ترین شتاب‌دهندهٔ الکترون–پوزیترونی است که تاکنون ساخته شده است. LEP شامل ۵۱۷٦ آهنربا و ۱۲۸ حفرهٔ شتاب است. مجموعهٔ شتاب‌دهنده سرن ذرات را آماده کرده و چهار آشکارساز عظیم آن ، DELPHI، ALEPH، L۳ و OPAL برخوردها را مشاهده می‌کنند.

این شتاب‌دهنده با انرژی ۱۰۰ GeV، در مدت هفت سال، ۱۷میلیون ذرهٔ Z بدون بار حامل نیروی ضعیف را تولید کرده است. در دومین فاز عملیاتی، برای دو برابر شدن انرژی و تولید بوزون W، حفره‌های شتاب ابررسانا به ۲۸۸ حفره افزایش یافت. سرانجام در سال ۲۰۰۰ انرژی برخورددهنده LEP به ۲۰۹ GeV افزایش یافت.

۲۰ دسامبر ۱۹۹۰: اولین وب‌سایت و سرور جهان در سرن متولد شد

در کریسمس ۱۹۹۰، برنرز لی[۱۸] مفاهیم اساسی وب، *URL*، *http* و *html*، را تعریف کرده و نخستین مرورگر و نرم‌افزار سرور را نوشته بود. *Info.cern.ch* آدرس اولین وب سایت و وب سرور جهان بود، که بر روی رایانهٔ بعدی *CERN* قابل اجرا بود. نشانی *http://info.cern.ch/hypertext/WWW/TheProject.html*، آدرس اولین صفحهٔ وب جهان است که روی اطلاعاتی راجع به پروژه *WWW* تمرکز کرده بود. هیچ تصویری از این صفحهٔ اصلی وجود ندارد، ممکن است بتوانید آخرین نسخهٔ آن را (۱۹۹۲) در وب سایت کنسرسیوم شبکه جهانی وب[۱۹] پیدا کنید

اولین برخورد پروتون– پادپروتون، تنها دو سال پس از تصویب طرح انجام شد، و دو آزمایش، UA۱ و UA۲، در آثار برخورد، در جست‌وجوی نشانه‌هایی از ذرات W و Z بودند که حامل برهم‌کنش ضعیف بین ذرات هستند

برخورددهنده بزرگ‌الکترون – پوزیترون در ۸ صبح دوم نوامبر ۲۰۰۰ به کلی تعطیل شد. اما چون تونل آن قابل استفاده بود، در این محل حفاری جدیدی برای احداث چهار آشکارساز بزرگ برخورددهندهٔ بزرگ هادرونی آغاز شد

۱۵ سپتامبر ۱۹۹۵: تولید نخستین پاداتم‌ها: پادهیدروژن در سرن

نخستین‌بار، تیم والتر اولرت[۲۰] در تأسیسات حلقه پادپروتون انرژی پایین(LEAR)[۲۱] سرن، اتم‌های پادهیدروژن را خلق کردند. ۹ عدد از این اتم‌ها که در برخوردهای بین پادپروتون‌ها و اتم‌های زنون در دوره‌ای ۳ هفته‌ای تولید شده بودند، طول عمری حدود ۴۰ میلیاردیم ثانیه داشتند که با سرعتی نزدیک به سرعت نور، مسیر ۱۰ متری را طی کرده و با ماده فروپاشیده می‌شدند.

این اولین‌باری بود که با گردهم آوردن ذرات پادماده، اتم‌های کامل ساخته شدند؛ و نخستین گام برنامه اندازه‌گیری‌های جزئیات پادهیدروژن بود. اتم هیدروژن که ساده‌ترین اتم‌هاست، از یک پروتون منفرد و الکترونی که حول آن می‌چرخد تشکیل شده است. سه چهارم مادهٔ جهان را هیدروژن تشکیل می‌دهد و اتم هیدروژن یکی از بهترین دستگاه‌های فیزیکی فهمیده شده است. مقایسهٔ هیدروژن با پادهیدروژن، مسیری را برای فهم تقارن ماده – پادماده در جهان پیشنهاد می‌کند.

۲ نوامبر ۲۰۰۰: تعطیلی نهایی LEP

برخورددهنده بزرگ الکترون – پوزیترون در ۸ صبح دوم نوامبر ۲۰۰۰ به کلی تعطیل شد. اما چون تونل آن قابل استفاده بود، در این محل حفاری جدیدی برای احداث چهار آشکارساز بزرگ برخورددهندهٔ بزرگ هادرونی آغاز شد.

تصویب آزمایش‌های سرن:

۲۰ نوامبر ۲۰۰۶: آغاز به کار بزرگ‌ترین آهنربای ابررسانا

بزرگ‌ترین آهنربای ابررسانا، که بشکه، مارپیچ ATLAS[۲۲] نام گرفت (زیرا شبیه بشکه است) یک میدان مغناطیسی بسیار قوی را برای ATLAS فراهم می‌کند. این آهنربا شامل هشت هسته ابررساناست که هرکدام به شکل مستطیلی به عرض ۵ متر، طول ۲۵ متر و وزن ۱۰۰ تن با گوشه‌های گرد هستند و همه با دقت میلی‌متری تراز شده‌اند.

دمای این دستگاه حدود شش هفته به حدی سرد شد تا به دمای $-۲۶۹\ C^{\circ}$ رسید. سپس روشن شد و جریان آن گام به گام افزایش یافت تا اولین بار طی شب ۹ نوامبر به $۲۱۰۰۰\ A$ رسید. پس از آن جریان قطع شد و انرژی مغناطیسی ذخیره شده $۱/۱\ GJ$ (معادل با انرژی ۱۰۰۰۰ اتومبیل که با سرعت $۷۰\ Km/h$ در حال حرکت باشند) به راحتی از بین رفت و دمای آهنربا تا $-۲۱۸\ °C$ رسید.

۱۰ سپتامبر ۲۰۰۸: راه اندازی LHC

ساعت ۱۰:۲۸' صبح ۱۰ سپتامبر ۲۰۰۸، نخستین پرتو از پروتون‌ها، با موفقیت حول برخورد دهندهٔ بزرگ هادرونی (LHC) ۲۷ کیلومتری گسیل شد. این دستگاه آماده است تا مرز جدیدی از انرژی‌های بالا را کشف کند. آزمایش‌های LHC آدرسی برای پرسش‌های زیر است: چه چیزی به ماده جرم می‌دهد؟ ٪۹۶ جهان که نامرئی است از چه چیزی ساخته شده است؟ چرا طبیعت ماده را به پادماده ترجیح می‌دهد؟ و چطور از اولین لحظات عالم می‌توان وجود ماده را استنباط کرد؟

۵ ژوئن ۲۰۱۱: ALPHA اتم‌های پادماده را به مدت ۱۰۰۰ ثانیه به دام می‌اندازد

طبق گزارش آزمایش ALPHA در سرن، اتم‌های پادماده در مدتی بالغ بر ۱۶ دقیقه، با موفقیت به دام افتادند، که این مدت زمان برای مطالعه ویژگی‌های جزئی آن‌ها کافی است. ALPHA بخشی از برنامه کند کننده پادپروتون است که اسرار یکی از مواد فرّار طبیعت را بررسی می‌کند.

ALPHA، ۳۰۰ پاداتم به دام افتاده را مطالعه کرد. به

عنوان آزمایش	هدف	تاریخ تصویب
آزمایش‌های CMS و ATLAS	کشف طبیعت اولیه ماده و نیروهای بنیادی‌ای که عالم ما را شکل داده‌اند، و کشف بوزون هیگز	۳۱ ژانویه ۱۹۹۷
کندکننده پادپروتون Antiproton Declerator	انجام آزمایش‌های (LEAR) با پادپروتون‌های کند	۷ فوریه ۱۹۹۷
آزمایش ALICE	مطالعه پلاسمای کوارک – گلوئون	۱۴ فوریه ۱۹۹۷
آزمایش LHCb	توضیح اینکه چرا در عالم ماده بر پادماده غالب است؟	۱۷ سپتامبر ۱۹۹۸

دام انداختن پاداتم‌ها، به پادهیدروژن اجازه خواهد داد تا طیف‌سنجی ریزموج یا لیزر را به دقت ترسیم کند به‌طوری‌که می‌توان آن را با اتم هیدروژن، که از جملهٔ شناخته‌شده‌ترین دستگاه‌های فیزیکی است، مقایسه کرد. هر تفاوتی بین ماده و پادماده باید به دقت بررسی شود.

۱۳ دسامبر ۲۰۱۱: جزئیات امیدوارکننده‌ای از هیگز

در همایشی که در این روز برگزار شد، آزمایش‌های CMS و ATLAS جایگاه پژوهش‌های خود را برای بوزون هیگز مدل استاندارد، ارائه دادند. مهم‌ترین نتیجه این بود که اگر بوزون هیگز مدل استاندارد وجود داشته باشد، جرم احتمالی آن را، آزمایش ATLAS حدود GeV ۱۳۰-۱۱۶ به‌دست آورد و CMS حدود GeV ۱۲۷-۱۱۵. جزئیات امیدوارکننده‌ای در این ناحیه جرمی وجود داشت، اما آن‌قدر قوی نبود که بتوان ادعا کرد چیزی کشف شده است.

۴ ژوئیه۲۰۱۲: ذره مشاهده‌شده CMS و ATLAS با بوزون هیگز همخوانی دارد

در چهارم ژوئیه ۲۰۱۲، آزمایش‌های ATLAS و CMS در برخورددهندهٔ بزرگ هادرونی سرن اعلام کردند که هر یک از آن‌ها ذره جدیدی با جرمی حدود GeV ۱۲۶ را مشاهده کرده‌اند. این ذره با بوزون هیگز همخوانی داشت اما کار بیشتری می‌خواست تا تعیین شود آیا این همان بوزون هیگز است که مدل استاندارد پیش‌بینی کرده بود یا خیر. بوزون هیگز، آن‌گونه که در مدل استاندارد پیشنهاد شده، ساده ترین جلوهٔ ساز و کار بروت- انگلرت- هیگز است. انواع دیگری از بوزون‌های هیگز توسط نظریه‌های دیگری که فراتر از مدل استاندارد هستند پیش‌بینی شده است.

نتایج اولیه منتشر شده توسط آزمایش‌های ATLAS در CERN شواهدی را نشان می‌دهد که بوزون هیگز به دو ذرهٔ تاو تبدیل می‌شود. تاوها به گروهی از ذرات زیر اتمی به نام فرمیون‌ها تعلق دارند که ماده را تشکیل می‌دهند.

در ۸ اکتبر ۲۰۱۳ جایزهٔ نوبل در فیزیک به‌طور مشترک به فرانسوا انگلرت و پیتر هیگز تعلق گرفت. سازوکار بروت- انگلرت- هیگز اولین پیشنهاد برای توضیح چگونگی دریافت جرم بوزون‌ها بود. مدل استاندارد پیش‌بینی می‌کند که در این روش فرمیون‌ها هم جرم به‌دست می‌آورند، بنابراین بوزون هیگز می‌تواند مستقیماً به بوزون‌های دیگر یا فرمیون‌ها واپاشیده شود. جدیدترین نتیجه اولیه از ATLAS، که با پیش‌بینی الگوی استاندارد همخوانی دارد، شاهد روشنی است بر اینکه بوزون هیگز حقیقتاً به فرمیون‌ها واپاشیده می‌شود.

۶ فوریه ۲۰۱۴: آمادگی CERN برای آینده‌ای بلندمدت

ژنو، ششم فوریه سال ۲۰۱۴. فیزیک ذرات چشم‌انداز بلندمدتی دارد. در طرح اصلی که در دههٔ ۱۹۸۰ تصویب شد، ۲۵ سال دیگر زمان می‌برد تا LHC به‌وجود آید. این شتاب‌دهنده، برخلاف سایر شتاب‌دهنده‌ها، در آغاز برنامه‌ای است که انتظار می‌رود برای ۲۰ سال دیگر اجرا شود. در حال حاضر هم، به‌عنوان کاری تثبیت شده با هدف راه‌اندازی مجدد در سال ۲۰۱۵ ادامه می‌یابد، برنامه‌های دقیقی برای ارتقای آن در مقیاس بزرگ اندیشیده شده که درخشندگی را افزایش می‌دهد و در نتیجه از پتانسیل کامل LHC استفاده می‌شود. در LHC ، HL [۲۳] (درخشندگی بالا) اولویت شماره یک CERN است و تعداد برخوردهای انباشته شده در آزمایش‌ها، از ۲۰۲۴ به بعد با ضریب ده افزایش خواهد یافت.

هرچند برنامهٔ LHC برای دو دههٔ آینده به‌خوبی تعریف شده، اما زمان آن رسیده است که بیشتر پیش‌رو را بنگریم، زیرا در حال حاضر CERN مطالعهٔ اکتشافی پروژه‌ای را در آیندهٔ بلند مدت شروع کرده است که روی برخورددهنده‌های دایره‌ای نسل جدید با محیط ۸۰ تا ۱۰۰ کیلومتر متمرکز شده است؛ یعنی جانشین شایسته برای LHC، که به انرژی‌های برخوردی TeV۱۴خواهد رسید. چنین شتاب‌دهنده‌ای به فیزیک‌دانان ذرات اجازه می‌دهد مرزهای دانش را بیش از پیش گسترش دهند. برنامه آینده برخورددهندهٔ مدور (FCC) مشابه LHC، روی مطالعات برخورددهنده هادرونی متمرکزخواهد شد، تا قادر باشد به انرژی‌های بی سابقه‌ای در ناحیه TeV ۱۰۰ برسد.

در نتیجه FCC به موازات مطالعه دیگری اجرا خواهد شد که از چند سال قبل در دست اقدام بوده است، برخورددهنده خطی فشرده، یا «کلیک[۲۴]»، گزینهٔ دیگری برای شتاب‌دهندهٔ بعدی CERN است. هدف از مطالعه کلیک، بررسی پتانسیل یک برخورددهندهٔ خطی است که بر فناوری جدیدی از شتاب مبتنی است.

سرجیو برتولوچی[۲۵]، مدیر تحقیقات و محاسبات CERN می‌گوید: «ما هنوز هم در مورد بوزون هیگز بسیار کم می‌دانیم، و جست‌وجوی ما برای ماده تاریک و ابر تقارن همچنان ادامه دارد. نتایج LHC در آینده، تعیین‌کننده خواهد بود زیرا مسیرهای تحقیق را، که در آینده دنبال می‌شوند، به ما نشان می‌دهند و اینکه چه نوعی از شتاب‌دهنده‌ها برای پاسخ به پرسش‌های جدید که به‌زودی پرسیده خواهد شد مناسب‌تر خواهد بود».مدیر شتاب‌دهنده‌ها و فناوری CERN، فردریک بردی[۲۶] می‌افزاید: «بذر فناوری فردا را، امروز باید بیفشانیم، بنابراین ما آماده‌ایم که برای چند سال آینده تصمیم‌گیری کنیم».

هدف دانشمندان از این دو مطالعه، بررسی عملی شدن

در چهارم ژوئیه ۲۰۱۲، آزمایش‌های ATLAS و CMS در برخورددهندهٔ بزرگ هادرونی سرن اعلام کردند که هر یک از آن‌ها ذره جدیدی با جرمی حدود ۱۲۶ GeV را مشاهده کرده‌اند

مدارس فیزیک انرژی‌های بالای CERN شامل دو نوع مدرسه است؛ مدرسهٔ اروپایی، که هر ساله به‌طور مشترک با JINR ۲۸ سازماندهی می‌شود، و مدرسهٔ آمریکای لاتین که در هر دو سال یک بار و در سال فرد تشکیل می‌شود

دستگاه‌های مختلف است تا هزینه‌ها را ارزیابی و گزارشی از طراحیِ مفهومی FCC را تهیه کنند و به موقع روی موردی که قبلاً برای CLIC تولید شده استادانه کار کنند تا راهبرد اروپایی بعدی تا سال‌های ۲۰۱۸ / ۲۰۱۹ به‌روزرسانی شود.

۳. برنامه‌های آموزشی سرن

اطلاعاتی در مورد برنامه‌های معلمان و منابع آموزشی مدارس در وب‌سایت آموزش‌وپرورش CERN ارائه شده است.

۱.۳. برنامهٔ معلمان فیزیک؛ HST

CERN برای معلمان فیزیک، دوره‌های آموزشی ۳ روزه و ۳ هفته‌ای را به زبان انگلیسی یا به زبان رسمی کشورشان ارائه می‌دهد. برنامه معلم دبیرستان، یک دوره بین‌المللی جامع، به زبان انگلیسی، است که در سه هفته اول تیر ماه در CERN برگزار می‌شود.

برنامهٔ ملی معلمان که به زبان رسمی است برای شرکت‌کنندگان کشورهای عضو CERN برگزار می‌شود. در این برنامه‌ها شما فضای پژوهش مرزی در LHC را تجربه خواهید کرد، با دانشمندان و همکاران آموزشی‌تان ملاقات خواهید داشت و ایده‌های جدیدی برای آوردن فیزیک جدید به کلاس درس به‌دست خواهید آورد. در این برنامه با آخرین پیشرفت‌های فیزیک ذرات و حوزه‌های مرتبط با آن آشنا شده و با تجربه کردن یک محیط تحقیقات بین‌المللی پویا خود را به روز نگه‌می‌دارید.

CERN تمامی حمایت‌های علمی، اداری و فنی، مانند محتوای علمی، تسهیل در ارائه زبان ملی، تأمین استادان و راهنمایی‌های لازم را برای این برنامه فراهم می‌کند، از جمله:

۳. ۱. ۱. اهداف برنامه معلمان دبیرستان؛

۱. توسعهٔ تدریس فیزیک و به‌ویژه فیزیک ذرات در دبیرستان‌ها؛

۲. توسعهٔ تبادل دانش و تجربه در بین معلمان ملیت‌های مختلف؛

۳. قرار دادن معلمان در جریان پژوهش‌های جهانی؛

٤. فعالیت‌های هیجان‌انگیز درون و بیرون کلاسی برای جذابیت درس فیزیک؛

٥. کمک به ایجاد ارتباط نزدیک‌تر سرن با مدارس؛

٦. ترغیب برای همکاری بین سرن و برنامه‌های تحت حمایت اتحادیهٔ اروپا در زمینهٔ آموزش علمی.

۲.۱.۳. اولویت‌های انتخاب معلمان

معلمان منتخب باید تجارب ثبت شده‌ای در فعالیت‌های آموزشی فوق برنامه داشته باشند. مانند:

عضویت برنامه‌های حمایتی اروپا، سازماندهی فعالیت‌های آموزشی (المپیادهای فیزیک، دوره‌های آموزشی تابستانه برای دانش‌آموزان)، همکاری در طرح‌های آموزشی ملی و بومی، نوشتن کتاب‌های درسی، همکاری با انجمن معلمان یا دیگر ساختارهای آموزشی ملی و بین‌المللی

۳.۱.۳. منابع آموزشی

مواد آموزشی ارائه شده در اینجا به معلمان اجازه خواهد داد که موضوع‌هایی در فیزیک جدید را به دانش‌آموزان مدارس متوسطه و سطح بالا معرفی کنند و به این منظور روش‌های بسیار جذاب و جدید را به‌کار گیرند. علاوه بر این برای بخش جدید آموزش پاد ماده (مجموعه‌ای از طرح درس‌ها، مواد آموزشی پس‌زمینه و موضوع‌های گسترده‌ای در پادماده، برای دانش‌آموزان ۱۵-۱٤ سال)، این مواد شامل پاورپوینت سخنرانی‌ها، یادداشت‌های درسی، مواد آموزشی، فیلم، انیمیشن، بازی، پوستر، عکس و ایده‌هایی برای فعالیت‌های عملی کلاس درس است که برای اهداف آموزشی به‌صورت رایگان می‌توان از آن‌ها استفاده کرد.

۳. ۲. آموزش در سطوح بالاتر

CERN برنامه‌هایی را نیز برای دانشجویان دانشگاه‌ها و فارغ‌التحصیلان جوان، در زمینه فیزیک ذرات، فیزیک شتاب‌دهنده و محاسبات در نظر گرفته است که عبارت‌اند از:

برنامهٔ دانشجویی تابستانه CERN، مدارس فیزیک انرژی بالا، مدرسه شتاب‌دهندهٔ CERN، مدرسهٔ رایانه CERN (CSC[۲۷])، برنامه آموزش علمی CERN (ضبط سخنرانی‌ها)

۳. ۲. ۱. ۱. مدارس فیزیک انرژی‌های بالا در CERN

مدارس فیزیک انرژی‌های بالای CERN شامل دو نوع مدرسه است؛ مدرسهٔ اروپایی، که هر ساله به‌طور مشترک با JINR [۲۸] سازماندهی می‌شود، و مدرسهٔ آمریکای لاتین که در هر دو سال یک بار و در سال فرد تشکیل می‌شود. CERN در برپایی مدرسه فیزیک انرژی‌های بالای آسیا و اروپا و اقیانوس آرام که هر دو سال یک‌بار در سال‌های زوج برگزار می‌شود نیز شرکت فعالی خواهد داشت.

مدرسه فیزیک انرژی‌های بالای آسیا و اروپا و اقیانوس آرام

AEPSHEP [۲۹] (مدرسه فیزیک انرژی‌های بالای آسیا و اروپا و اقیانوس آرام) مجموعه‌ای از مدارس است که در منطقه آسیا و اقیانوس آرام هر دو سال یک‌بار برگزار می‌شود

و دانش‌آموزان را در سطحی مشابه با سالانه مدرسه اروپایی فیزیک انرژی‌های بالا CERN-JINR آماده می‌سازد. AEPSHEP براساس تجربه مدارس فیزیک انرژی‌های بالای آمریکای لاتین و همچنین موفقیت مدرسه فیزیک ذرات فرانسه - آسیا ساخته شده است.

هدف این مدرسه آماده‌سازی فرصتی برای فیزیک‌دانان جوان است که پیشرفت‌های اخیر فیزیک ذرات بنیادی را از محققان برجسته جهان یاد بگیرند. همچنین هدف دیگر آن، تشویق ارتباطات بین پژوهشگران جوان آسیا، اروپا و منطقه اقیانوس آرام است. در این مدرسه دوره درسی فیزیک انرژی بالا، از نظر تجربی و پدیدارشناسی، با تمرکز بر روی برنامه‌های مبتنی بر شتاب‌دهنده در آسیا و اروپا، و سایر زمینه‌های مرتبط مانند فیزیک ذره‌ای ستارگان و جنبه‌های کیهانی فیزیک ذرات ارائه می‌شود.

این برنامه برای دانشجویان دکترای فیزیک ذرات تجربی است. دانشجویانی که بر روی پدیدارشناسی کار می‌کنند (اگرخیلی از آزمایش فیزیک ذرات دور نباشد) نیز ممکن است پذیرفته شوند. دانشجویان پست دکترا (از اتمام دکترای آن‌ها کمتر از دو سال گذشته باشد)، و همچنین دانشجویان سال آخر کارشناسی ارشد که معلومات قبلی آن‌ها با فیزیک ذرات مرتبط باشد می‌توانند از دوره‌های ارائه شده بهره‌مند شوند. انتظار می‌رود در هر مدرسه تا صد نفر دانشجو شرکت داشته باشند.

سازمان‌های بین‌المللی مدرسه شامل نمایندگانی از استرالیا، CERN، چین، فرانسه، هند، ژاپن، کره، روسیه و تایوان است. پذیرش برای شرکت در مدرسه ویژه دانشجویان کشورهای منطقه آسیا ، اقیانوس آرام و اروپا است، هرچند درخواست پذیرش سایر مناطق نیز ممکن است بررسی شود.

۳. ۲. ۲. به مدرسه شتاب‌دهنده CERN خوش آمدید

مدرسهٔ شتاب‌دهنده CERN در طول سال، دوره‌های آموزشی فیزیک شتاب‌دهنده و فناوری‌های مرتبط با آن را برای فیزیک‌دانان، مهندسان، تکنسین‌ها و دانشجویان برگزار می‌کند. این دوره‌ها در کشورهای مختلفی که عضو CERN هستند، برگزار می‌شود و برنامه‌ای از سخنرانی‌ها و آموزش‌هایی را که در یک دوره یک یا دو هفته‌ای گسترده شده است شامل می‌شود. شرکت‌کنندگان از کشورهای عضو CERN و دیگر کشورهای سراسر جهان پذیرش می‌شوند.

۳. ۲. ۳. دربارهٔ مدرسهٔ رایانهٔ CERN

مدارس رایانه CERN (CSCS) در اوایل دههٔ هفتاد شکل گرفت تا برای دانشجویان کارشناسی ارشد و پژوهشگرانی مجرّب در فیزیک ذرات بنیادی، رایانه و یا زمینه‌های مرتبط با آن، که در CERN یا سایر مؤسسات پژوهشی مشغول به کارند، دوره‌های آموزشی برگزار شود.

شرکت‌کنندگانی که از آزمایشگاه‌های سراسر جهان، دانشگاه‌ها و حتی خارج از جامعه فیزیک ذرات، به این مدرسه می‌آیند، با مباحث پیشرفته‌ای که آموزش داده می‌شود، جذب می‌شوند. به‌طور معمول ۶۰ تا ۸۰ فراگیر، از ۱۵ تا ۳۰ ملیت مختلف در این دوره حضور داشته‌اند، که حدود ۸۰ درصد آنان از کشورهای اروپایی هستند.

آنچه در این مدرسه ارائه می‌شود مجموعه‌ای از سخنرانی‌ها و تمرین‌های پی‌درپی است. جزء اصلی این مجموعه بخش عملی است و ممکن است شامل پروژه‌هایی باشد که توسط گروهی از فراگیران انجام شود و یا درقالب مسابقه اجرا شود.

در این مدرسه برنامه‌های ورزشی نیز در چند بعد از ظهر، به مدت دو تا سه ساعت برای علاقه مندان به ورزش ارائه می‌شود.

۳. ۲. ۴. برنامهٔ دانشجویان در تابستان

CERN برای دانشجویان مقطع کارشناسی فیزیک، رایانه و مهندسی، برنامه دانشجویی تابستانی را ارائه می‌دهد. پیوستن به تیم‌های پژوهشی شرکت‌کننده در آزمایش‌های CERN در ژنو سوئیس، فرصت منحصر به فردی است. از دانشجویان منتخب در محیطی چند رشته‌ای و چند فرهنگی مشغول به کار شوند و تجربه شخصی بسیار پرباری را به‌دست آورند. این فرصتی است که یک بار در طول عمر به‌دست می‌آید تا ارتباطات ارزشمند و طولانی مدتی را با دیگر دانشجویان و دانشمندان سراسر اروپا داشته باشید.

دانشجویان تابستانی علاوه بر کار در تیم‌های تجربی، در سلسله سخنرانی‌های خاصی که برای آن‌ها آماده شده است نیز حضور دارند. چندین دانشمند از سراسر جهان، دانش خود را در مورد طیف وسیعی از موضوع‌ها در زمینه فیزیک ذرات نظری و تجربی و رایانه با آن‌ها به اشتراک می‌گذارند. بازدید از شتاب‌دهنده‌ها و مناطق آزمایشگاهی نیز بخشی از این برنامه است، و همچنین جلسات بحث و گفت‌وگو، کارگاه‌های آموزشی و یک جلسه پوستر است. دانشجویان باید گزارش کوتاهی از کار خود در CERN تهیه کنند و در پایان اقامت خود ارائه دهند. مدت اقامت دانشجویان بین ۸ هفته تا ۱۳ هفته است.

پی‌نوشت‌ها

1. CERN
2. High School teachers' programme
3. Raoul Dautry
4. Pierre Auger
5. Lew Kowarski
6. Edoardo Amaldi
7. Niels Bohr
8. Louis de Broglie
9. Isidor Rabi
10. John Adams
11. Dubna
12. Synchrophasotron
13. Antonino Zichichi
14. Leon Lederman
15. Kjell Johnsen
16. Simon van der Meer
17. Carlo Rubbia
18. Berners-Lee
19. World Wide Web
20. Walter Oelert
21. Low Energy Antiproton Ring
22. ATLAS Barrel Toroid
23. High Luminosity
24. CLIC
25. Sergio Bertolucci
26. Frédérick Bordry
27. CERN School of Computing
28. JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH
29. Asia-Europe-Pacific School of High-Energy Physics

مراجع

1. teachers.web.cern.ch/teachers/HST2014
2. timeline.web.cern.ch, The history of CERN
3. hom.web.cern.ch/students-educators
4. press.web.cern.ch/press-rereleases/2014

آزمایش‌های ساده برای درک مفاهیم فیزیک دبیرستان

سید رضا معصومی نژاد
دبیر دبیرستان، منطقه ۲، تهران

چکیده

اساس پیدایش علوم تجربی، و در رأس آن فیزیک، به تلاش برای پاسخگویی به پرسش‌های انسان در مورد آنچه در عالم واقع وجود دارد، از طریق آزمایش و تجربه، بازمی‌گردد. از این جهت شاید، یکی از بهترین راه‌های ایجاد ارتباط با مفاهیم در فرایند آموزش و ایجاد انگیزه‌های علمی و مشاهده رویدادهای جهان واقعی آزمایش‌های علمی است. آزمایش‌های علمی پیچیده، اندازه‌گیری‌های دقیق و وسایل مختلف و پیچیده، معادله‌های مفصل، همه و همه در پیشرفت مباحث علمی تأثیرات بسیار زیادی داشته‌اند. اما وقتی مباحث آموزش برای مخاطبی مانند دانش‌آموز مطرح می‌گردد. قاعدتاً باید به طراحی آزمایش‌های بسیار ساده و با وسایل ابتدایی که بشود آن را به سهولت تهیه کرد پرداخت. در این نوشتار به بررسی برخی از این آزمایش‌های ساده می‌پردازیم.

کلیدواژه‌ها: آزمایش‌های ساده فیزیکی، درک مفاهیم فیزیکی، جذابیت در آموزش فیزیک.

مقدمه

اساس علوم تجربی را روش آزمایشگاهی، که بر پایه اکتشاف استوار است، تشکیل می‌دهد. در این روش شرایطی فراهم می‌گردد تا دانش‌آموز به پژوهش پرداخته و با پرسش‌هایی مواجه شود و برای پاسخ‌های خود فرضیه بدهد و در صورت امکان فرضیه خود را بررسی کند.

این روش می‌تواند کیفیت یادگیری را افزایش دهد، برای ارضای حس کنجکاوی و تقویت نیروی اکتشاف و اختراع و پرورش تفکر انتقادی فراگیران بسیار مفید باشد و اعتمادبه‌نفس و رضایت خاطر در دانش‌آموز ایجاد کند. در روش آزمایشی چون یادگیری از طریق تجارب مستقیم

حاصل می‌شود، یادگیری باثبات‌تر و مؤثرتر خواهد بود. به‌علاوه موجب تقویت انگیزهٔ مطالعه و تحقیق می‌شود. چون این روش احتیاج به وسایل و امکانات دارد لذا لازم است با همکاری دبیر و مسئولان مدرسه شرایطی فراهم شود تا از کمترین امکانات به نحو مطلوب استفاده شود. آزمایش‌های ساده دارای مزایای زیر هستند:

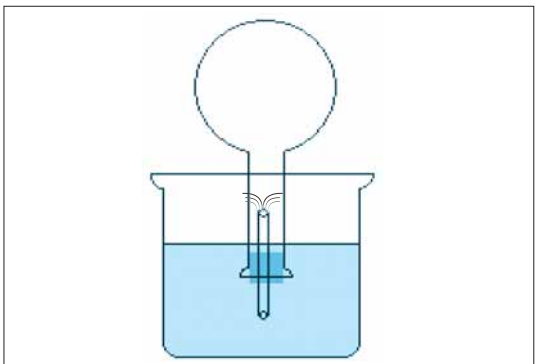
- به سادگی در کلاس درس، توسط دانش‌آموزان یا دبیر، قابل انجام است و وقت چندان زیادی را از مجموعه نمی‌گیرد.
- وسایل مورد نیاز ارزان قیمت است و معمولاً در بازار قابل تهیه است.
- ساده بودن وسایل و ابزارها حواس دانش‌آموزان را روی محتوای اصلی متمرکز می‌کند.
- انجام آزمایش در محیط‌های غیرآزمایشگاهی مثل اردو، منزل و کلاس درس نیز قابل انجام است.

در این مقاله، با مثال‌هایی، سعی در تبیین بیشتر این روش داریم.

مثال ۱. فواره آب؛ بحث فشار و ماشین‌های گرمایی اولیه

وسایل مورد نیاز: یک عدد بالن پیرکس، درپوش برای بالن یک سوراخه، لوله بلند، بشر، گیره بالن، چراغ گاز

چراغ گاز را روشن می‌کنیم. مقدار کمی آب را داخل بالن روی شعله می‌گذاریم و می‌جوشانیم. در حالت جوش چراغ گاز را خاموش می‌کنیم و درپوشی را که از داخل آن لوله‌ای عبور داده شده روی دهانه بالن قرار می‌دهیم و آن را محکم می‌کنیم. بالن را کاملاً وارونه می‌کنیم و آن را داخل بشر آب سرد قرار می‌دهیم. سپس چند قطره آب روی بالن می‌ریزیم. آب با فشار زیاد به داخل بالن مکش می‌شود و فواره می‌زند. دلیل جوشش آب سبب شده که بخار آب هوای داخل بالن را خارج کند و خود جای آن را بگیرد. ولی وقتی آب سرد روی بالن می‌ریزیم ایجاد میعان شده و خلأ نسبی به‌وجود می‌آید. این امر سبب کاهش فشار هوای داخل بالن شده و لذا آب بشر به داخل بالن پمپاژ می‌شود.



شکل ۱. قرار دادن فواره آبی داخل بشر آب و ایجاد میعان

استفاده آموزشی: ماشین‌های اولیهٔ گرمایی از دستگاه خلأ نسبی استفاده می‌کردند. مثل ماشین‌های نیوکامن و ساوری آزمایش ارائه شده در حین جذابیت مدلی از این ماشین‌ها است.

این آزمایش برای معرفی مفهوم فشار هوا نیز مناسب است.

مثال ۲. جوش آوردن به‌وسیله آب سرد بحث تأثیر فشار بر نقطه جوش مواد و روش کار یخچال

وسایل مورد نیاز: یک عدد بالن پیرکس، درپوش، گیره بالن، چراغ گاز، بشر

کمی آب را داخل بالن می‌جوشانیم و در حالت جوش چراغ گاز را خاموش می‌کنیم و درپوش را بر سر آن قرار می‌دهیم. مدتی صبر می‌کنیم تا آب از جوشش بیفتد. حال آن را زیر آب سرد می‌گیریم، مشاهده می‌کنیم که آب در دمای پایین شروع به جوشیدن می‌کند. در اینجا از دانش‌آموزان می‌خواهیم بالن را لمس و کاهش دمای آن را مشاهده کنند.

دلیل: بخار آب جوش هوای داخل بالن را خارج می‌کند و خود جای آن را پر می‌کند. وقتی بالن آن را سرد می‌کنیم میعان و در نتیجه کاهش فشار خواهیم داشت. با کاهش فشار آب نقطهٔ جوش آب معمولاً ۱۰۰c کاهش می‌یابد و آب در دمای پایین شروع به جوشیدن می‌کند.

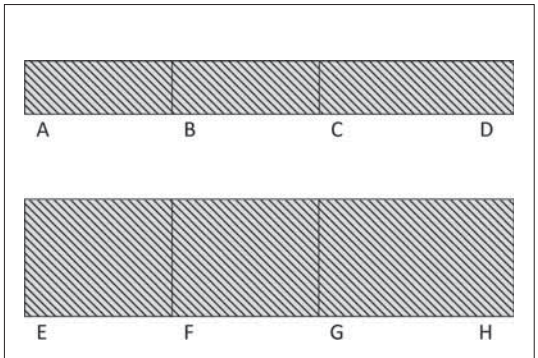
شکل ۲. مراحل انجام آزمایش جوش آوردن با آب سرد

استفاده آموزشی: در توضیح چگونگی عملکرد یخچال، که اساس عملکرد آن تغییرات نقطه جوش و میعان به‌وسیله تغییر فشار است، می‌تواند کاربرد بسیار داشته باشد.

مثال ۳. عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی

وسایل مورد نیاز: کاغذ، مداد، اهم سنج (مقادیر زیاد)

روی کاغذ ۲ نوار یکی نازک و دیگری پهن، مطابق شکل ۳، رسم کنید و این دو نوار، را با مداد و یکنواخت پررنگ کنید.



شکل ۳. باریکه‌های نازک پهنی که به‌وسیلهٔ مداد رنگ می‌شوند.

با استفاده از اهم سنج مقاومت‌های نقاط زیر را اندازه‌گیری کند.

$R_{AB}=$	$R_{AC}=$	$R_{AC}=$
$R_{EF}=$	$R_{EG}=$	$R_{EH}=$

جدول شماره ۱. مقاومت قسمت‌های مختلف دو باریکه

با اندازه‌گیری نسبتاً دقیق مشاهده می‌شود که با افزایش طول نوار مقاومت الکتریکی افزایش می‌یابد و با افزایش عرض مقاومت الکتریکی کم می‌شود. در مقایسه سطری هر دو سطر تأثیر طول مقاومت و از مقایسه ستونی دو سطر تأثیر ضخامت مقاومت را می‌توان بررسی نمود.

در پر کردن نوارها از یک مداد سخت استفاده و به‌صورت یکنواخت نمودار را پر کنید.

مثال ۴. ساخت خازن ساده

وسایل مورد نیاز: یک بطری خالی نوشابه خانواده، ورقهٔ آلومینیم آشپزخانه، مقداری سیم، چسب

شرح کار: ته بطری نوشابه را می‌بریم، سپس داخل و خارج بطری را با ورقهٔ آلومینیم می‌پوشانیم. ورقهٔ آلومینیم را با سیم به بیرون از ظرف هدایت می‌کنیم. خازن آماده است.

شکل ٤. خازن ساخته شده از یک بطری پلاستیکی

کافی است برای شارژ خازن بدنهٔ بیرونی آن را با دست بگیریم و سیم داخل را به یک واندوگراف یا لامپ تصویر تلویزیون‌های CRT متصل کنیم. پس از مدتی خازن شارژ می‌شود.

نشانهٔ خالی شدن خازن چیست؟

برای مشاهده دسته جمعی و اثربخش بودن این آزمایش بهتر است تعدادی از دانش‌آموزان دست همدیگر را بگیرند و نفر اول خازن را در اختیار بگیرد و نفر آخر به سیم خازن دست بزند تا تمام بچه‌ها تخلیه خازن را حس کنند.

کاربردهای آموزشی: بچه‌ها به‌خوبی با مفاهیم ذخیرهٔ بار در خازن، تخلیهٔ بار در خازن و جریان الکتریکی آشنایی پیدا می‌کنند.

مثال۵. مشاهدهٔ کانون آینهٔ مقعر

وسایل مورد نیاز: یک ظرف استوانه‌ای شیشه‌ای در دار، یک ورقهٔ آلومینیمی براق، مقداری اسفند، ۲ عدد چراغ قوه لیزری، یک چراغ هالوژن

روش کار: با چسباندن ورقهٔ آلومینیمی براق بر روی دیواره ظرف استوانه ۲ آینه محدب و مقعر در داخل و خارج استوانه دایره‌ای تولید می‌شود. اکنون مقداری از اسفند را دود می‌کنیم و دود آن را به داخل ظرف هدایت می‌کنیم. درپوش ظرف را می‌بندیم و به‌وسیله دو چراغ قوه لیزری ۲ پرتو موازی به داخل ظرف می‌تابانیم. بازتاب این دو پرتو از محل کانون که حدوداً در وسط شعاع استوانه است مشاهده می‌شود.

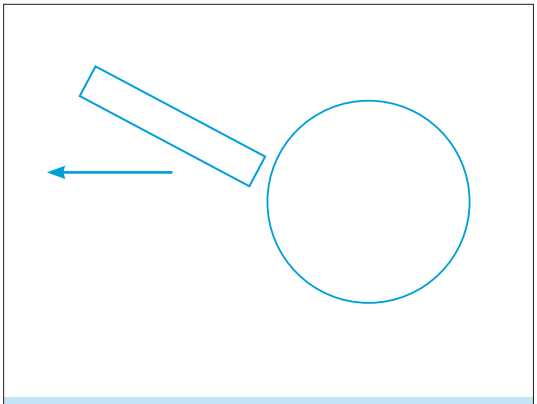
تمرکز پرتوهای موازی در کانون بازتاب پرتو مرکزی روی خودش توسط دو آینه محدب (ورق بیرونی ظرف) از جمله کاربردهای آموزشی این وسیله است.

مثال ۶. مشاهدهٔ القا و جذب الکتریکی

وسایل مورد نیاز: یک قوطی نوشابه فلزی، یک میله پلاستیکی، یک پارچه پشمی

شرح کار: قوطی نوشابه را روی زمین مسطح قرار می‌دهیم. میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش می‌دهیم و باردار می‌کنیم. میله را به قوطی نزدیک می‌کنیم با حرکت دادن میله قوطی نیز حرکت می‌کند.

علت: قوطی فلزی تحت تأثیر بار میله دارای بار القایی می‌شود و بارهای غیرهمنام در نزدیکی میله قرار می‌گیرد و جذب میله می‌شود. با حرکت دادن میله قوطی نیز حرکت می‌کند.



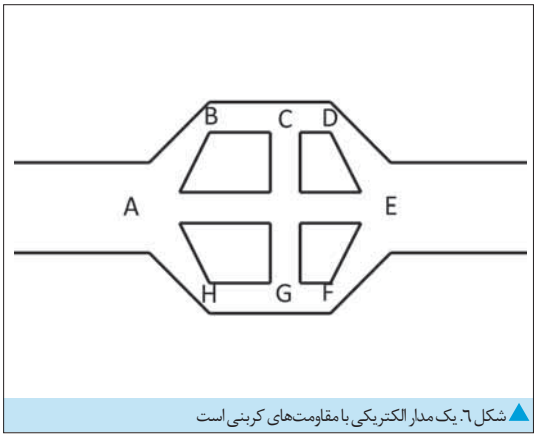
▲ شکل ۵. با حرکت دادن میله باردار قوطی فلزی القا شده شروع به حرکت می‌کند.

کاربرد آموزشی: مفاهیم شیء، القا، جذب، و بارهای غیرهمنام را می‌توان نمایش داد.

مثال ۷. قانون پتانسیل در مدارهای چند حلقه

وسایل مورد نیاز: کاغذ، مداد، مولد الکتریکی، ولت متر، ۲ قطعه ورق آلومینیم

روی کاغذ مطابق شکل زیر را رسم کنید و آن را با مداد یکنواخت پررنگ رنگ کنید



▲ شکل ٦. یک مدار الکتریکی با مقاومت‌های کربنی است

به دو سر این شکل که در لبه‌های ورق قرار دارد ۲ تکه ورقه آلومینیمی وصل می‌کنیم. سپس با ۲ سیم این ۲ سر را به مولد متصل می‌کنیم. روی شکل چند حلقه دلخواه مشخص می‌کنیم. مثل حلقه زیر اختلاف پتانسیل نقاط مختلف را به ترتیب با ولت‌سنج اندازه‌گیری می‌کنیم و در جدول ۲ می‌نویسیم. مجموع اختلاف پتانسیل‌ها را هم جمع می‌کنیم.

حلقه ABCD EFGH	V_{AB}	V_{BC}	V_{CD}	V_{DE}	V_{EF}	V_{FG}	V_{HA}	مجموع

جدول شماره ۲. اختلاف پتانسیل نقاط مختلف مدار کربنی را نشان می‌دهد

عدد مجموع، اگر فرایند ولت‌سنجی به دقت انجام شده باشد، نزدیک صفر است. باید دقت کرد که اگر محل نقاط انتخاب شده تغییر کند موجب افزایش خطا در جواب نهایی می‌گردد.

کاربرد آموزشی: دانش‌آموزان به چگونگی اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل آشنا می‌شوند. قانون صفر بودن اختلاف پتانسیل‌ها در هر حلقه بسته به مدار الکتریکی ثابت می‌شود.

مثال ۸. سازه‌ای انسانی

وسایل مورد نیاز: ٤ صندلی، ٤ نفر تقریباً هم وزن

روش کار: چهار صندلی را در کنار هم به گونه‌ای قرار می‌دهیم که قسمت پشت هر صندلی رو به بیرون باشد و وقتی هر کسی می‌خوابد سرش روی پای کنار دستی باشد. پس از آنکه همه در محل خود مستقر شدند یک نفر صندلی‌ها را بیرون می‌کشد. سازه تشکیل شده بدون کوچک‌ترین مشکل در محل خود مستقر می شود. تمام وزن این افراد از طریق پای افراد به زمین منتقل می‌شود و سازه تعادل خود را حفظ می‌کند.

استفاده آموزشی: دانش‌آموزان با مفهوم نیرو و تعادل استاتیکی به‌صورت عملی و محسوس آشنا می‌شوند.

نتیجه‌گیری

آزمایشگاه یکی از امکانات مهم دبیران برای تفهیم درس فیزیک است به شرط آن که در خدمت کلاس قرار گیرد. از این رو بر انجمن دبیران فیزیک کشور ضروری است که مجموعه‌ای از تجربه‌های بومی دبیران را گردآوری کند و در اختیار همه قرار دهد. مجموعه ارائه شده مثال کوچکی از این آزمایش‌هاست.

مرزهای فیزیک

تازه‌ترین اخبار پژوهشی

منیژه رهبر

شاید عالم با آینده تاریک‌تری روبه‌رو باشد

کیهان‌شناسان با استفاده از کهکشان‌های رصد شده توسط نقشه‌برداری دیجیتالی آسمان اسلوئن[1] سرشت انرژی تاریک را بررسی می‌کنند.

پژوهش‌های جدید بینش تازه‌ای دربارهٔ سرشت مادهٔ تاریک و انرژی تاریک و اینکه آیندهٔ جهان چه می‌تواند باشد در اختیار ما گذاشته‌اند.

پژوهشگران در پورتسموت و رم سرنخ‌هایی به‌دست آورده‌اند که «مادهٔ تاریک» یعنی داربست کیهانی که عالم ما روی آن ساخته شده است، به‌تدریج از بین می‌رود و انرژی تاریک آن را می‌بلعد.

یافته‌های آن‌ها در مجلهٔ *فیزیکال ریویو لترز*[2] چاپ شده است که انجمن فیزیک امریکا منتشر می‌کند. در این مجله کیهان‌شناسان پورتسموت و رم، استدلال می‌کنند که آخرین داده‌های کیهان‌شناختی به نفع انرژی تاریکی هستند که در برهم‌کنش با مادهٔ تاریک رشد می‌کند، و به‌نظر می‌رسد که این موضوع رشد ساختار در کیهان را کند می‌کند.

پروفسور دیوید وندز[3]، رئیس انستیتوی کیهان‌شناسی و گرانش پورتسموت یکی از اعضای این گروه پژوهشی است. او می‌گوید «این بررسی دربارهٔ ویژگی‌های بنیادی فضا- زمان است. در مقیاس کیهانی، این موضوع سرنوشت عالم را مشخص می‌کند. اگر انرژی تاریک رشد کند و مادهٔ تاریک تبخیر شود، با یک عالمِ بزرگ، تهی، و کسل‌کننده روبه‌رو خواهیم بود و تقریباً چیزی در آن نیست. مادهٔ تاریک چارچوبی را به‌وجود می‌آورد تا ساختارها در عالم رشد کنند. کهکشان‌هایی که مشاهده می‌کنیم روی داربست‌هایی ساخته شده‌اند و آنچه در اینجا با یافته‌های خود می‌بینیم آن است که ماده تبخیر می‌شود و رشد ساختارها را کند می‌کند.»

وقتی پژوهشگران در سال ۱۹۹۸ اعلام کردند که آهنگ انبساط عالم شتاب می‌گیرد، تغییری در الگوی کیهان‌شناسی وجود آمد. ایدهٔ انرژی تاریک ثابت در سراسر فضا- زمان (ثابت «کیهان‌شناختی») به صورت مدل استاندارد کیهان‌شناسی درآمد، اما اکنون پژوهشگران پورتسموت و رم بر این باورند که توصیف بهتری، از جمله انتقال انرژی بین انرژی تاریک و مادهٔ تاریک، یافته‌اند.

دانشجویان پژوهشی والنتینا سالواتلی[4] و نجلا سعید[5] از دانشگاه رم در پورتسموت با دکتر مارکو برونی و پروفسور وندز و در رم با پروفسور الساندرو ملچیوری[6] کار می‌کنند. آن‌ها داده‌های حاصل از یک رشته نقشه‌برداری‌های اخترشناسی از جمله نقشه‌برداری دیجیتالی آسمان اسلوئن را بررسی و از ساختار رشد به‌دست آمده از این نقشه‌برداری‌ها برای مدل‌های مختلف انرژی تاریک استفاده کردند.

پروفسور وندز گفت: «والنتینا و نجلا چند ماه تابستان را صرف نگاه کردن به پیامدهای آخرین رصدها کردند. اکنون داده‌هایی بیشتر از سال ۱۹۹۸ در اختیار داریم و به‌نظر می‌رسد که مدل استاندارد دیگر برای توصیف تمام داده‌ها کافی نیست. فکر می‌کنیم مدل بهتری برای انرژی تاریک یافته‌ایم. از اواخر سال‌های ۱۹۹۰ اخترشناسان متقاعد شده‌اند که آنچه باعث انبساط عالم ما می‌شود شتاب گرفته است. ساده‌ترین توضیح آن بود که فضای تهی- خلأ- دارای یک چگالی انرژی است که ثابت کیهان‌شناختی بود. اما دلایل فزاینده‌ای وجود دارد که نشان می‌دهد این مدل ساده نمی‌تواند گسترهٔ کامل داده‌های اخترشناسی را توجیه کند که اکنون اخترشناسان در اختیار دارند؛ به‌ویژه به‌نظر می‌رسد که رشد ساختار کیهان، کهکشان‌ها و خوشه‌های کهکشانی کندتر از چیزی است که انتظار داریم.»

پروفسور دراگان هاترر[7] از دانشگاه میشیگان که شرح این پروهش را خوانده است گفت «دانشمندان باید به این یافته‌ها توجه کنند. این مقاله بسیار جالب به‌نظر می‌رسد. هرگاه تحول جدیدی در بخش انرژی تاریک صورت گیرد باید به آن توجه کرد زیرا شناخت بسیار کمی از آن وجود دارد. به هر حال، نمی‌گویم که نتایج مرا شگفت‌زده کرده است، آن‌ها متفاوت از ساده‌ترین مدل بدون هیچ‌گونه برهم‌کنش هستند. اکنون چند ماه است که می‌دانیم در برازش کامل داده‌ها به ساده‌ترین مدل استاندارد مسئله‌ای وجود دارد.»

برای اطلاعات بیشتر رجوع کنید به:

"Indications of a Late- Time interaction in Dark Sector". Phys. Rev. Lett. 113, 181301- Published 30 october 2014

پی‌نوشت‌ها

1. Sloan Digital Sky Survey
2. Physical Review Letters
3. David Wands
4. Valentina Salvatelli
5. Najla Said
6. Alessandro Melchiorri
7. Dragan Huterer

منبع

University of Portsmouth

سر ریچارد برانسون[1]، بنیان‌گذار ویرجین گالاتیک[2] با مدلی از سفینهٔ فضایی شمارهٔ دو در ۲۳ ژانویه ۱۹۰۸ در موزهٔ تاریخ طبیعی امریکا در نیویورک مشاهده می‌شود.

سقوط مرگبار سفینهٔ فضایی ویرجین گالاتیک تأثیر فاجعه‌آمیزی در گردشگری فضایی داشت و اولین پروازهای تجاری به ستارگان را، به‌نظر متخصصان، سال‌ها به تأخیر انداخت.

امید می‌رفت که ویرجین گالاتیک، پس از چندبار تأخیر، مسافران را در سال ۲۰۱۵ به کرانهٔ فضا ببرد و عصر جدیدی را در گردشگری برای کسانی آغاز کند که تمایل و ثروت کافی برای پرداخت ۲۵۰/۰۰۰ دلار برای این کار را داشته باشند.

مارکو کاسرز[3] یک تحلیلگر فضایی ارشد و رئیس مطالعات فضایی گروه تیل[4] که یک گروه مشاوران دفاعی و هوافضای مستقر در واشنگتن است می‌گوید «هیچ‌گونه پرواز تجاری برای گردشگری فضایی را در سال آینده و احتمالاً چند سال پس از آن نخواهید داشت. زیرا این حادثه بدون شک هرگونه پرواز تجاری ویرجین گالاتیک را دست‌کم دو سال به تأخیر می‌اندازد».

تا قبل از این حادثه، ۶۵۰ متقاضی، از جمله تعدادی افراد صاحب‌نام، برای اولین پروازهای ویرجین گالاتیک ثبت‌نام کرده بودند.

به‌نظر کاسرز «این واقعیت که حادثه درست چند روز پس از انفجار موشک خصوصی حامل مواد مورد نیاز ایستگاه بین‌المللی فضایی اندکی پس از پرواز در ویرجینیا منفجر شد نیز به احتمال زیاد به صنعت گردشگری فضایی لطمه می‌زند.»

این موضوع این صنعت و همچنین صنعت گردشگری تجاری به مدار زمین را به تأخیر می‌اندازد زیرا تحولات آتی این صنعت به پروازهای زیر مداری وابسته است که در آن مسافران به مدت چند دقیقه بی‌وزنی را تجربه می‌کنند و می‌توانند در حالی که، با شوق، خمیدگی زمین را مشاهده می‌کنند از تاریکی کیهان لذت ببرند.

گردشگری زیرمداری توجه همگان را به خود جلب و آن‌ها را هیجان‌زده می‌کند و اگر این کار را به تأخیر بیندازید، روند سایر امور نیز به تأخیر می‌افتد.

این تصویر تکه‌پاره‌های سفینهٔ فضایی ویرجین گالاتیک شماره دو را ۳۱ اکتبر ۲۰۱۴ نشان می‌دهد.

آزمون‌های بیشتری لازم است

کاسرز گفت «ویرجین گالاتیک اکنون باید آزمون‌های بسیار بیشتری را بگذراند تا پروازهای تجاری بتواند تحقق یابد: متأسفانه، پروازهای آزمایشی کافی با این سفینه انجام نشده بود. این جنبهٔ منفی طرح بود. آن‌ها آزمایش‌های زیادی را روی زمین انجام می‌دهند، اما آزمایش‌های کافی در پرواز را انجام نمی‌دهند. قبل از هر پرواز تجاری باید پروازهای آزمایشی زیادی انجام شود».

سفینه فضایی شماره دو پیش از رها شدن و آغاز پرواز زیرمداری خود به مدت حدود سه ساعت با یک هواپیمای چهار موتوره با بدنهٔ دوجداره به کرانه‌های دور جو پرواز می‌کرد.

برانسون قصد داشت همراه با پسر خود در اولین پرواز این سفینه در سال آینده حضور داشته باشد. ویرجین گالاتیک در ماه مه مجوز لازم را، برای پرواز از پایگاهی در نیومکزیکوا، که قرار بود «بندر فضایی امریکا» نامیده شود، از ادارهٔ ملی هوانوردی دریافت کرده بود.

طبق گزارش‌ها قرار بود در موج اول پرواز ویرجین گالاتیک، در ۲۱ سپتامبر ۲۰۱۴ در نیویورک ستارگانی مانند لئوناردو دی‌کاپریو[5] و اشتون کاچر[6] حضور داشته باشند.

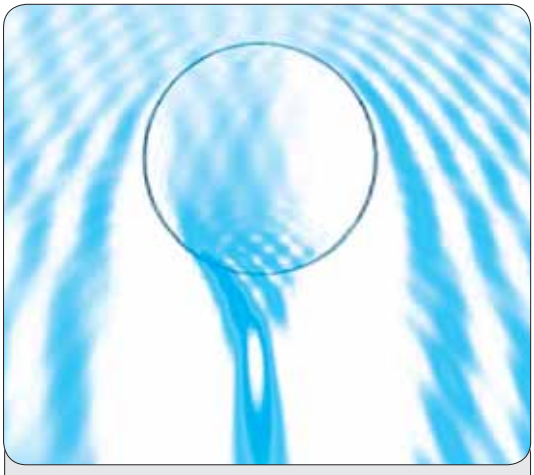
جان لوگزدان[7]، رئیس پیشین انستیتوی سیاست فضایی دانشگاه جورج واشنگتن گفت «این سقوط تأثیر هشداردهنده‌ای داشته است. این موضوع نوعی آگاهی را به شور و شوق کسانی تزریق خواهد کرد که به تجربهٔ پروازهای فضایی علاقه‌مندند. مقدار زیادی تمرین روی زمین صورت می‌گرفت و بندرگاه‌های فضایی آماده می‌شدند که از صنعت گردشگری فضایی، شاید با مقدار زیادی انتظارهای غیرواقعی، حمایت کنند. این حادثه آب سردی بر روی این شور و شوق‌ها بود.»

شاید این حادثه شوی تلویزیونی موسوم به «مسابقهٔ فضایی» را هم که تلویزیون NBC برنامه‌ریزی کرده بود دچار رکود سازد. این برنامه سال گذشته اعلام شد و قرار بود علاقه‌مندان به فضا در آن شرکت کنند و جایزهٔ برنده سفر مجانی در سفینه فضایی شماره دو بود.

پی‌نوشت‌ها
1. Sir Richard Branson
2. Virgin Galatic
3. Marco Caceres
4. Teal Group
5. Leonardo Dicaprio
6. Ashton Kutcher
7. John Logsdown

منبع
http://Phys.org/news/2014-10-Virgin-Space-tourism-years-experts.html

لیتوگرافی نانومتری پاسخگوی ساخت ارزان‌تر و ساده‌تر ابزار



مهندسان حوزهٔ نانو یک نانو روبات کروی از سیلیکا ساخته‌اند که نور را مانند یک عدسی میدان نزدیک کانونی می‌کند تا طرح‌های سطحی را روی ابزارهای در مقیاس نانو بنویسد، در این تصویر نواحی تیره‌تر جاهایی را نشان می‌دهند که در آن‌ها نور تقویت می‌شود تا طرح‌های گودی را روی مواد حساس به نور به‌وجود آورد.

پژوهشگران روش «لیتوگرافی نانومتری» خود را در مجلهٔ نیچر کامیونیکشنز[1] چاپ کرده‌اند.

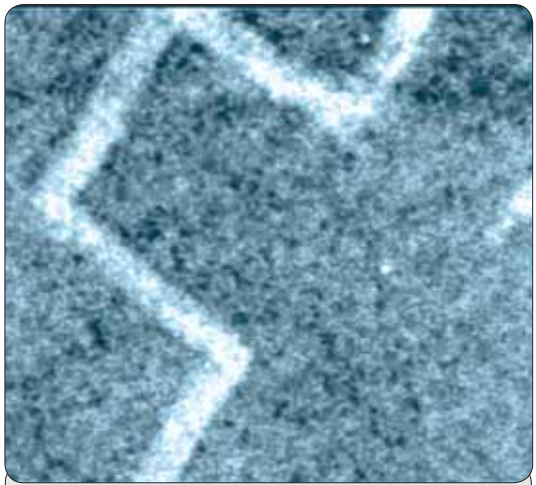
برای ساخت ابزارهای الکترونیکی و پزشکی ریزتر از موی انسان چه باید کرد؟ مهندسان حوزهٔ نانو در دانشگاه کالیفرنیا در سن‌دیه‌گو اخیراً یک روش جدید لیتوگرافی اختراع کرده‌اند که در آن روبات‌های در مقیاس نانو با شنا کردن روی سطح مواد حساس به نور طرح‌های سطحی پیچیده‌ای تولید می‌کنند که حسگرها و قطعات الکترونیکی ابزارهای در مقیاس نانو را تشکیل می‌دهند. پژوهش آن‌ها که اخیراً در مجلهٔ نیچر کامیونیکشنز چاپ شده است مشق ساده‌تر و ارزان‌تر از روش‌های گران‌بها و پیچیدهٔ ساخت ابزارهای پیشرفته کنونی مانند نوشتن با باریکهٔ الکترونی است.

این گروه به رهبری پروفسور جوزف ونگ[2] نانوروبات و نانوموتورهایی ساخته‌اند که توان خود را به‌صورت شیمیایی تأمین می‌کنند و به‌طور مغناطیسی خود به خود به پیش رانده و کنترل می‌شوند. بررسی‌های اثبات پدیدهٔ آن‌ها نشان می‌دهد که اولین نانوروبات‌های شناگر می‌توانند با استفاده از نور طرح‌های نانومتری را روی سطح به‌وجود آورند. این راهبرد جدید حرکت کنترل شده را با توانایی‌های منحصر به فرد تمرکز و مسدود کردن مسیر نور روبات‌های در مقیاس نانو ترکیب می‌کند.

روش‌های لیتوگرافی بسیار پیشرفته مانند نوشتن با باریکهٔ الکترون برای تعیین طرح‌های سطحی بی‌نهایت دقیق روی بسترهایی به‌کار می‌روند که در ساخت میکروالکترونیک و ابزارهای پزشکی به کار می‌روند. این طرح‌ها حسگرهای عملیاتی و قطعات الکترونیکی مانند ترانزیستورها و سوییچ‌هایی را تشکیل می‌دهند که روی مدارهای یکپارچهٔ کنونی انباشته شده‌اند. در اواسط قرن بیستم کشف اینکه مدارهای الکترونیکی را می‌توان به‌جای متصل کردن تک‌تک قطعات مستقل در یک «مدار گسستهٔ» بزرگ روی یک تراشهٔ کوچک سیلیسیمی طرح‌ریزی کرد، انقلابی در صنعت الکترونیک به‌وجود آورد و ابزارها را در مقیاسی که قبلاً باور نکردنی بود، مینیاتوری کرد.

اکنون، همان‌طور که دانشمندان ابزارها و ماشین‌هایی را در مقیاس نانو ابداع می‌کنند، علاقهٔ جدیدی به توسعهٔ فناوری‌های ساخت غیرمتداول در مقیاس نانو برای تولید انبوه به‌وجود می‌آید.

باید توجه کرد که این روش لیتوگرافی با نانوموتور نمی‌تواند کاملاً جایگزین تفکیک بسیار پیشرفتهٔ مثلاً یک چاپگر با باریکهٔ الکترون گردد. با این همه، فناوری چارچوبی برای نوشتن خودمختار طرح‌های نانو با کسری از هزینه و پیچیدگی این دستگاه‌های بسیار پیشرفته‌تر فراهم می‌سازد که برای تولید انبوه مفید است. گروه ونگ همچنین نشان داده که چند نانو روبات با کار کردن با هم می‌توانند طرح‌های سطحی موازی به‌وجود آورند، کاری که چاپگرهای با باریکه الکترون نمی‌توانند انجام دهند.



یک تصویر میکروسکوپ نیروی اتمی از طرح یک موج مربعی که با یک روبات نانوسیم میله‌ای شکل برای ساخت ابزار در مقیاس نانو نوشته شده است.

این گروه دو نوع نانوروبات به وجود آورده‌اند: یک نانو روبات کروی از جنس سیلیکا که نور که مثل یک عدسی میدان نزدیک کانونی می‌کند، و یک نانو روبات میله‌ای شکل از جنس فلز که مسیر نور را مسدود می‌کند. هر یک از این روبات‌ها به تجزیهٔ کاتالتیک محلول سوخت هیدروژن پراکسید خود به خود به پیش می‌رود. دو نوع طرح به شکل گودال‌ها و شیارها تولید می‌شوند. وقتی نور مقاوم به نور در معرض نور

پی‌نوشت‌ها
1. Nature com munications
2. Joseph Wang

منبع
University of California, SanDiego

UV قرار گیرد، نانو روبات‌های کروی به‌کارگیری و تقویت نور روی سطح حرکت و طرح یک گودال را به‌وجود می‌آورند، در حالی‌که نانوروبات‌های میله‌ای با مسدود کردن مسیر نور طرح شیار را تولید می‌کنند.

پروفسور ونگ می‌گوید «نانو روبات‌های ما مثل میکروارگانیسم‌ها می‌توانند سرعت و حرکت فضایی خود را کنترل کنند و با خود سازماندهی به اهداف جمعی برسند.» نانو روبات‌های گروه او نویدبخش کاربردهای فراوان در حوزه‌های گوناگون زیست‌پزشکی و کاربردهای زیست‌محیطی و امنیتی هستند.

شاید امواج صوتی با شدت زیاد به پزشکی ترمیمی کمک کنند

▲ سطح مقطع یک ضایعهٔ ناشی از هیستوتریپسی۱ که در بافت کبد گاو به‌وجود آمده است و محتویات سلولی مایع شده خارج شده است و بافت مانه برون یاخته‌ای۲ باقیمانده را نمایان ساخته‌اند.

پژوهشگران دانشگاه واشنگتن روشی برای استفاده از صوت برای به‌وجود آوردن داربست سلولی برای مهندسی بافت یافته‌اند؛ رهیافت منحصر به فردی که می‌تواند به غلبه بر یکی از موانع مهم پزشکی ترمیمی کمک کند. پژوهشگران این روش را در ۱٦۸امین گردهمایی انجمن اکوستیک امریکا ارائه کرده‌اند.

توسعهٔ این روش جدید با یک کشف تا اندازه‌ای نیک‌بختانه آغاز شد. گروه دانشگاه واشنگتن هیستوتریپسی جوشان- یک روش استفاده از فوران‌های میلی‌ثانیه‌ای امواج فراصوتی با شدت زیاد برای متلاشی کردن بافت- را به‌عنوان راهی برای از بین بردن تومورهای سرطانی به‌وسیله مایع کردن آن‌ها با امواج فراصوتی مطالعه می‌کردند. پس از اینکه امواج صوتی تومورها را متلاشی کرد، بدن می‌تواند آن‌ها را به‌عنوان پسماند سلولی از بین ببرد. اما، وقتی پژوهشگران این بافت‌های «تخلیه شده از یاخته» را بررسی کردند از آنچه پس از جوشیدن سالم باقی مانده بود شگفت‌زده شدند.

یک- نم ونگ[3] یک مهندس ارشد در آزمایشگاه فیزیک کاربردی دانشگاه واشنگتن گفت «ما کشف کردیم که در برخی از آزمایش‌های ما بافت پیوندی و عروقی باقی مانده بود. پس این ایده را پیدا کردیم که از آن برای تخلیهٔ یاخته‌ای بافت در مهندسی بافت و پزشکی ترمیمی استفاده کنیم.»

ساختاری که پس از تخلیهٔ یاخته‌های بافت باقی می‌ماند به بافت مانه برون‌یاخته‌ای موسوم است، یک ماتریس رشته‌ای که داربستی را تأمین می‌کند که سلول‌ها روی آن رشد کنند. در بیشتر روش‌های دیگر برای تخلیهٔ یاخته‌ای بافت و اندام‌ها درمان‌های شیمیایی و آنزیمی دخیل‌اند که می‌توانند به بافت‌ها و رشته‌ها آسیب برسانند و چندین روز طول می‌کشند. از سوی دیگر، هیستوتریپسی امکان تهی‌سازی سلولی سریع بافت را با کمترین آسیب به ماتریس در اختیار می‌گذارد.

ونگ گفت «در مهندسی بافت، یکی از موارد مهم توسعهٔ ساختارهای بیومیمتیک[4] به طریقی است که بتوانید آن‌ها را جایگزین بافت بومی کنید. جدا کردن یاخته‌ها از بافتی که قبلاً به‌وجود آمده است می‌تواند نامزد خوبی برای این ساختارها باشد، زیرا بافت مانهٔ برون‌یاخته‌ای قبلاً به‌عنوان چارچوب یاخته‌ای برای دستگاه‌های بافت عمل می‌کند».

این بافت مانه به علت ترکیب خاص خود فقط واکنش ایمنی نسبتاً ضعیفی را از میزبان دریافت می‌کند. سپس می‌توان یاخته‌های بنیادی یا یاخته‌های همان شخص را برای رشد مجدد عضو به آن خوراند.

ونگ گفت «فکر دیگر آن است که شاید بتوان بافت مانه برون‌بافتی کاشت و سپس اگر جایگزینی تکه کوچکی از بافت مورد نظر باشد، خود بدن می‌تواند هستهٔ بافت را تأمین کند. شما هیچ بافت ایمنی نخواهید داشت، و چون این داربست بیومیمتیک را دارید که به بافت محلی نزدیک‌تر است، بهبودی بهتر صورت می‌گیرد، و بدن بافت عادی خود را تشخیص می‌دهد.»

در حال حاضر ونگ مشغول تخلیهٔ یاخته‌های کلیه و کبد حیوانات بزرگ است. کارهای آتی شامل افزایش اندازه بافت تخلیه شده از یاخته و ارزیابی کارآمدی ترمیمی داخل موجود زندهٔ آن‌هاست.

پی‌نوشت‌ها
1. histotripsy
2. extracellular matrix
3. Yak- Nam Wang
4. Biomimetic

منبع
Acoustical Society of America

جریان آب در هنگام خالی شدن بطری‌ها

دیوید فیتونبی
ترجمه: سید مهدی میرفتحی، دانشجوی دکتری فیزیک دانشگاه مازندران

کلیدواژه‌ها: فشار هوا، فشار مایع

دو بطری خالی یکسان را به روال زیر آماده می‌کنیم. روی درپوش هر بطری را سوراخ می‌کنیم، طوری که بتواند بخشی از یک لوله پلاستیکی نازک یا یک نی را از خود عبور دهد. می‌توان نی را با چسب در جای خود محکم کرد مگر اینکه حفره ایجاد شده ضد آب باشد. برای کنترل جریان آب در این آزمایش و ساده‌تر کردن انجام آن، در انتهای هر بطری یک حفره کوچک ایجاد می‌کنیم که به‌راحتی با یک انگشت بتوان آن را مسدود کرد. با قرار دادن یک انگشت روی حفرهٔ هر یک از بطری‌ها و درحالی که درپوش آن‌ها که نی را در بر گرفته، در جای خود محکم شده است. دو بطری را پر از آب می‌کنیم سپس مطابق شکل ۱ بطری‌ها را وارونه می‌کنیم، هنگامی که حفرهٔ کوچک (اینجا در انتهای بطری‌ها) با برداشتن انگشت آزاد می‌شود، آب از هر دو بطری با عبور از نی‌ها به سمت بیرون جریان خواهد یافت.

پرسش این است که بعد چه اتفاقی خواهد افتاد؟ آیا هر دو بطری در مدت زمان یکسانی خالی می‌شوند یا یکی از آن‌ها زودتر تخلیه می‌شود؟ چه عاملی بیشتر بر آهنگ جریان آب از بطری‌ها تأثیر می‌گذارد؟

مرجع
Physics Education, Nov. 2013, 810- 812

جریان آب در نی بلندتر، سریع‌تر است.

کدام جریان آب برنده می‌شود؟

با در نظر گرفتن فشار آب در انتهای لوله، که ناشی از آب بالای آن است، به‌عنوان عامل کلیدی، بطری با نی بزرگ‌تر زودتر خالی می‌شود. فشار در پایین ستونی از یک مایع، متناسب با ارتفاع مایع بالای آن است. در حالتی که از نی کوتاه‌تر استفاده شود، فشار تنها اندکی از طول بطری بیشتر است، در حالی که در بطری دیگر ارتفاع ستون مایع ۳۰ سانتی‌متر بیشتر از طول خود بطری است. برای راحتی انجام آزمایش می‌توان گذاشت تا بطری‌ها جداگانه تخلیه شوند و مدت زمان خروج آب از هر یک از آن‌ها را اندازه‌گیری کرد.

این اصل را می‌توان به شیوه‌ای غیر مرسوم نیز شرح داد: هر دو حفره را مسدود و بطری‌ها را کاملاً از آب پر می‌کنیم و سپس درپوش‌های نی‌دار را در حالی‌که جداگانه توسط قیف از آب پر شده‌اند در جای خود قرار می‌دهیم. با باز کردن همزمان هر دو حفره می‌توان طول اولیهٔ فوارهٔ آب خارج شده از بطری‌ها را مشاهده کرد. فواره آب خروجی از بطری دارای نی بزرگ‌تر، ابتدا بسیار بزرگ‌تر است زیرا تحت فشار ناشی از ۳۰ سانتی‌متر آب بیشتر از بطری دیگر قرار دارد. البته هنگامی که آن میزان آب اضافی درون نی بزرگ‌تر تخلیه شود، هر دو بطری ارتفاع یکسانی از آب را خواهند داشت و لذا فواره آن‌ها مشابه خواهد بود.

از این روش، سال‌ها قبل، برای ترکاندن بشکه‌ها استفاده می‌شد. بشکه را از آب پر می‌کردند و سپس لوله‌ای مملو از آب را، که چندین متر ارتفاع داشت، از بالا به درون بشکه وارد می‌کردند. به‌شرط خوب بسته شدن منافذ، فشار درون بشکه برابر با فشار ناشی از چندین متر آب بود و همین باعث می‌شد تا بشکه در مقابل این فشار زیاد دوام نیاورد و متلاشی شود.

شکل۱. دو بطری آماده پر شدن از آب هستند

شکل۲. طری‌های وارونه شده فواره‌های آبی را نشان می‌دهند که از درون نی‌ها خارج شده‌اند.

بازخوانی قانون‌های سه‌گانهٔ نیوتون

آرش ظهوریان پردل

مقدمه

اگـر از یک دانش‌آموز دبیرسـتانی بخواهیم سـه قانون نیوتون را تعریف کند، به احتمال زیاد با دشـواریِ چندانی روبه‌رو نخواهد شد و همان تعاریف معمول و متداولی را که در کتاب درسی و کتاب‌های کمک‌آموزشـی خوانده اسـت ارائه خواهد داد. (و به احتمال زیاد تا سال‌ها بعد نیز همین تعریف‌ها را در حافظهٔ خود نگه خواهد داشت).

اما پرسش اصلی این است که آیا صرف به خاطر سپردن «تعاریف»، بـه معنای درک عمیق این مفاهیم اسـت؟ آیا اینکـه دانش‌آموزی، به‌خوبـی بتواند از عهدهٔ تعریف قوانین نیوتـون برآید، در حالی‌که از به‌کارگیری این قوانین در زندگی روزمره و پدیده‌های فیزیکی ناتوان است، می‌تواند امری مثبت و مفید تلقی شود؟

در ایـن مقاله، نگاهی داریم به برخی تعاریف ناقص، کلیشـه‌ای و البته رایج از قوانین نیوتون، و سـپس به تشـریح و تحلیل نقص‌ها و کژفهمی‌های ناشی از هر یک خواهیم پرداخت.

کلیدواژه‌هـا: قانون‌های نیوتون، نیرو، شـتاب، تکانه، کنش و واکنش

در اغلب کتاب‌های درسی و کنکوری، قانون‌های سه‌گانهٔ نیوتون به صورت‌های زیر تعریف می‌شوند:

قانون اول: اگر برآیند نیروهای وارد بر جسـم، صفر باشـد، جسم یا سـاکن خواهد ماند و یا به حرکتِ مستقیم‌الخط و یکنواخت ادامه خواهد داد.

قانون دوم: برآیند نیروهای وارد بر جسـم= جرم جسم × شتاب= حاصل ضرب جرم جسم و شتاب

قانون سـوم: هر کنشـی را واکنشی است، مسـاوی با آن ولی در جهت مخالف

قانون اول: اشـکال تعریف قانون اول این اسـت که به دانش‌آموز، هیچ‌گونـه توضیحی در مورد «چارچوب مرجـع (لخت)» نمی‌دهد؛ یعنی اول نمی‌گوید چارچوب لخت چیسـت و سپس بر مبنای آن، اصل لختی (قانون نخسـت نیوتون) را تعریـف کند. به‌عبارت دیگر، ویژگی اصلی قانون اول، در حالی‌که می‌توان آن را به راحتی از قانون دوم نتیجه گرفت، همین مقولهٔ چارچوب مرجع لخت است که برای درک نظریهٔ نسـبیت نیز ضروری است. بنابراین، قانون اول نیوتون را می‌توان به این شکل، دقیق‌تر، تعریف کرد: «اگر جسمی در چارچوب مرجع لخت قرار داشته باشد و برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد، اگر نسبت به چارچوب، ساکن است، به حالت سکون باقی می‌ماند و اگر نسبت به آن، با سرعت ثابت در حرکت است، به حرکت خود ادامه می‌دهد این قانون را اصل لختی یا قانون اول نیوتون می‌نامیم.

بنابراین، می‌توان از یک نظر، قانونِ اول نیوتون را «تعریف چارچوب لخت» در نظر گرفت.

قانـون دوم: تعریف دوم نیوتون از دو جهت قابل ایراد و بررسـی است:

۱. نیرو یعنی کشش و یا فشار. بنابراین، حاصل‌ضرب جرم در شتاب، «تعریف نیرو» نیست؛ بلکه این رابطه تنها و تنها «از لحاظ عددی» برقرار و قابل توجه است.

۲. نیوتون در تبیین قانون دوم خود، به‌دنبال کمیتی می‌گشـت تا بیانگر «مقدار» و یا «اندازه» حرکت باشد. بنابراین، تکانه را به‌صورت حاصل ضرب جرم جسـم در سرعت آن تعریف کرد (برخلاف نیرو و جرم و شتاب، این‌بار می‌توانیم این فرمول را به مثابه «تعریفِ تکانه» در نظر بگیریم). سرانجام، وی قانون دوم خود را به‌صورتِ «رابطهٔ میانِ نیرو و آهنگ تغییر تکانه» تعریف کرد.

البته نوشتن قانون دوم به صورت

$$F = ma$$

غلط نیسـت، امـا ناآگاهی از مفاهیمی که در پـسِ آن قرار دارند، می‌تواند به کژفهمی بینجامد، به‌ویژه اگر تعریف و مفهوم تکانه، به‌عنوان لختی جسم در حال حرکت، به‌خوبی تشریح نگردد.

قانون سـوم: تعریف قانون سوم به شـکل بالا، اولاً دانش‌آموز را به تردیـد وا می‌دارد که چرا با وجود اینکـه دو نیرو، برابر ولی در جهت مخالفانـد، اثر همدیگـر را خنثی نمی‌کنند؟ ثانیـاً لفظ «کنش» و «واکنش» این تصـور را ایجاد می‌کند که یک نیروی «اصلی» وجود دارد و برای آن، یک «واکنش» هم موجود است.

تعریف صحیح‌تری از قانون سـوم نیوتون بهتر اسـت برای بیان به تعریف خود «نیرو» رجوع کنیم و از تشریح نیرو، به قانون سوم برسیم.

نیرو، نمی‌تواند به تنهایی اعمال شود، همان‌گونه که شما نمی‌توانید چیزی را بدون دسـت زدن به آن لمس کنید. اگر هنگامی که تلاش می‌کنید به جسمی نیرو وارد کنید، آن جسم قابلیت و توانایی اعمال همان نیرو (در جهت مخالف) به شما را نداشته باشد، نیروی شما مؤثر نخواهد بود. پس، در هر صورت و در هر شرایط، ما با یک «جفت نیرو» (یا «زوج نیرو») سر و کار داریم و در ضمن، نمی‌توانیم و نباید به آن‌ها برچسب «کنش» یا «واکنش» بزنیم؛ هر کدام از این نیروها می‌تواند «کنش» محسوب شود، همان‌طور که می‌تواند «واکنش» نیز محسوب شود. در ضمن، از آنجایی که این نیروها «به دو جسم متفاوت» اعمال می‌شـوند (نه به «یک» جسم)، پس نمی‌توانند اثر همدیگر را خنثی کنند. (حتی اگر جزئی از نیروهای «داخلی» یک دسـتگاه باشند، باز هم به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند، ولی در تغییر حرکت دستگاه کلی، نقشی نخواهند داشت)

چگونه فیزیک ۲ را آسان تدریس کنیم؟

آناهیتا آریایی‌نژاد، اکرم امیربیکی یزدی
دبیران فیزیک ناحیه ۲ یزد

چکیده

معمولاً آموزش فیزیک و یادگیری آن برای دانش‌آموزان خسته‌کننده است. اما توجه به تاریخ، فلسفه و کاربرد فیزیک در آموزش، می‌تواند جذابیت این درس را دو چندان کند. در این مقاله سعی شده ضمن بررسی اهمیت آموزش تاریخ و فلسفه و کاربرد فیزیک، روش‌هایی را برای تدریس آسان فیزیک ۲ که تجربهٔ چندین سالهٔ ماست پیشنهاد کنیم.

کلیدواژه‌ها: فلسفه، تاریخ، فیزیک، انگیزه.

مقدمه

آموزش فیزیک همواره متوجه هدفی است. این هدف در دورهٔ دبیرستان آماده کردن یادگیرندگان برای زندگی در جامعه و آشنا شدن با مسئولیت فردی و اجتماعی اوست. آموزش‌دهندهٔ فیزیک که معلم است باید فیزیک بداند و بر مفاهیم و مطالبی که می‌خواهد درس دهد مسلط باشد، دانش‌آموز را بشناسد و از نیازها و خواسته‌ها و توانایی‌های او آگاهی داشته باشد. و نیز اصول روان‌شناسی و یادگیری را بداند (دانش). او باید بر انواع روش‌های یادگیری و تدریس هم مسلط باشد و بتواند در شرایط مختلف از روش‌های متفاوت استفاده کند و بداند که آیا می‌خواهد دانش‌آموز را به یک بانک اطلاعاتی تبدیل کند یا اینکه او را قادر سازد تا بتواند مسائل زندگی خود را حل و فصل کند[۱]. آموزش فیزیک در دورهٔ دبیرستان به‌منظور آموختنِ واقعیت‌ها و نظریه‌های علم فیزیک است. در این کتاب‌ها معمولاً از بیان جنبه‌های تاریخی پیشرفت علم و فلسفهٔ آن خودداری شده است و جای خالی تاریخ علم فیزیک و فلسفه فیزیک و در خیلی از موارد، کاربرد آن دیده می‌شود.

برای اینکه کتاب‌های درسی را پربارتر کنیم و انگیزهٔ کافی یادگیری را به دانش‌آموزان بدهیم، باید علم را با عمل و دانستن را با اندیشیدن و به‌کار بستن بیامیزیم و با آشنا کردن دانش‌آموزان با تاریخ و فلسفهٔ علم، باعث انگیزه در آنان گردیم.

تاریخ فیزیک

ما در زمان حال زندگی می‌کنیم و به آینده می‌اندیشیم، پس چرا باید به کندوکاو در گذشته‌های دور بپردازیم؟ گفته می‌شود که گذشته چراغ راه آینده است و ما با آگاهی از گذشته، زمان حال خود را درمی‌یابیم و با شناخت آن می‌توانیم آیندهٔ بهتری پدید آوریم. ما از بررسی گذشته درمی‌یابیم که جامعهٔ ما در گذشته برای رساندن ما به وضعیت کنونی چه روندی را پیموده و چه عواملی بر این روند اثر گذاشته و به آن جهت داده است. بنابراین، تاریخ گنجینه‌ای از اطلاعات را در دسترس ما می‌گذارد تا با تحلیل آن‌ها بتوانیم روند پیشرفت آینده را پی‌ریزی کنیم[۲].

از اموری که در آموزش هر شاخه از علم می‌تواند سودمند باشد آگاهی از تاریخ آن علم است. معلمی که بتواند مراحل تکامل تاریخی آن علم را برای دانش‌آموزان بیان کند در تفهیم آن علم موفق‌تر است.

با آموزش فرایند علم به کمک تاریخ علم، دانش‌آموزان به‌خوبی درمی‌یابند علم زنجیره‌ای از پرسش‌هاست که هر پژوهشگری کوشیده است پاسخ بخشی از آن را روشن کند. همچنین می‌آموزند که کشف علمی به زمان، مکان و یا فرد خاصی تعلق ندارد بلکه حاصل رویدادهای در هم تنیده‌ای است که دانشمندانی در زمان‌ها و مکان‌های متفاوت در آفرینش آن سهیم بوده‌اند، خلاصه آن‌ها علم را واقعی‌تر می‌آموزند و برای ایفای نقش واقعی در این زمینه آماده می‌شوند.

فیزیک، مثل هر علم دیگری، یک فعالیت اجتماعی و فکری است که طی زمان تکامل یافته است. بنابراین تاریخی دارد. مطالعات تاریخی گذشتهٔ فیزیک جزء جدایی‌ناپذیر این علم است[۳].

چرا مطالعهٔ تاریخ فیزیک مهم تلقی می‌شود؟

فیزیک علمی است که به پرسش‌های علمی بنیادی می‌پردازد و اهمیت اساسی برای برداشت انسان از عالم دارد و بخشی از فرهنگ امروزی است؛ تنها راه درک ارزش فیزیک به‌عنوان محمل و مظهر فرهنگ را باید بررسی تحول تاریخی آن دانست. فیزیک به مناسبت نقشی که در تولید دانش فنی دارد نیز مهم است، بمب اتمی، لیزر، ترانزیستور و ارتباطات ماهواره‌ای از آن جمله‌اند. این وسایل چگونه ساخته شده‌اند؟ چه ارتباطی با پیشرفت‌های دانش فیزیک داشتند؟ پیامدهای اقتصادی و سیاسی آن‌ها چه بود؟ به این پرسش‌ها هم فقط می‌شود با مطالعهٔ تاریخی فیزیک، نه با مطالعهٔ خود فیزیک به تنهایی، به طرز رضایت‌بخشی پاسخ داد. به عبارت دیگر، به‌خاطر اهمیت زیادی که فیزیک هم از لحاظ فرهنگی و هم از لحاظ اقتصادی در جامعهٔ امروزی دارد، تاریخ فیزیک راه‌گشای درک بهتر ما از وضعیت کنونی است[۳].

یادآوری نکته‌های تاریخی است که دانش‌آموزان را برای یادگیری نظریهٔ اتمی، روش علمی، سقوط آزاد، و... برمی‌انگیزد تا مطالب و مفاهیم علمی در ذهن آن‌ها جای گیرد و ماندگار شود. برای مثال گالیله با رفتن به بالای برج پیزا فهمید که برای مطالعهٔ پدیده‌های جهان باید مستقیماً به بررسی قانون‌های

طبیعت پرداخت نه آنکه کتاب‌های ارسطو را خواند[۱].

اینشـتین در توصیه‌هـای خود برای بهبـود آموزش فیزیک می‌گوید: «تاریخ اکتشافات علمی و فنی به ما می‌آموزد که نوع بشـر، در تفکر خود مستقل و بدون قدرت تخیل سازنده، فقیر است. حتی وقتی شرایط خارجی و علمی برای شکل‌گیری یک ایده وجود دارد، معمولاً محرک و مشـوقی بیرونی لازم است تا آن ایده را عملی سازد؛ به عبارت دیگر، بشر قبل از ظهور ایده‌ای جدید باید بارها اشتباه کند و سکندری برود.»

به علت تصورهای مربوط به عقل سلیم[۱] که دانش‌آموزان با خود به کلاس می‌آورند، رهیافت‌های علمی پذیرفته شدهٔ معروف به «آموزش اکتشافی» به‌ندرت در فراگیری مدل‌های پذیرفته شدهٔ علمی دربارهٔ جهان کارسـازند. بعید به‌نظر می‌رسد که بتوان با قرار دادن پدیده‌هایی که بصیرت انتقادی را در دانشمندانی چون ارشـمیدس و نیوتون به‌وجود آوردند، بر سـر راه دانش‌آموزان، آن‌ها را به بازتولید اکتشاف دانشمندان بزرگ گذشته رهنمون شـد. در عوض، معلم باید به دقـت چارچوبی را برای یادگیری فراهم کند تا دانش‌آموزان برای رسیدن به نتیجه‌گیری درست لنگان لنگان به پیش بروند![۳].

پس با توجه به سـخنان یک دانشمند فیزیک که متخصص فیزیک باشـد نه آموزش، این پرسش پیش می‌آید که آموزش تاریخ به دانش‌آموزان چه دلایلی می‌تواند داشته باشد؟

یکـی از این دلایل، رویکرد اجتماعـی- فرهنگی در انگیزش دانش‌آموزان است. وقتی که یک جمع موید پیشرفت و یادگیری بیشتر باشد انگیزهٔ بیشتری در افراد ایجاد می‌کند. همان‌طور که فرد در رفتار و چگونگی غذا خوردن و لباس پوشـیدن و خرید کردن اجتماعی می‌شـود، مشاهدهٔ یادگیری دیگران و توجه به افراد بزرگ‌تر و صاحب منزلت به یادگیری نیز باعث برانگیخته شدن او می‌گردد. (روگوف، تورکانیز، و بارتلت، ۲۰۰۱) [٤].

این انگیزش زمانی بیشتر می‌شود که دانش‌آموز از این موضوع آگاهی یابد که افرادی از کشـور خودش توانسته‌اند خدمتی به پیشرفت علم بکنند.

در واقع آگاهی دانش‌آموزان از تاریخ باعث ایجاد اعتمادبه‌نفس آن‌ها می‌شود. با دانستن این موضوع که مثلا قدیمی‌ترین باتری شیمیایی متعلق به ایرانیان بوده است دانش‌آموزان به خود اعتماد پیدا می‌کنند که آن‌ها هـم اگر بخواهند می‌توانند دوباره خود را به دانش روز برسـانند و پابه‌پای کشورهای پیشرفته به پیش بروند. در فیزیک ۲ در بحث اندازه‌گیری، از دانشـمند مسلمان و ایرانی، **عبدالرحمن خازنی** نام برده شـده، یکی از کارهای مهم وی طراحی و سـاخت ترازوی حکمـت با دقت یک دهم گرم بوده است. همین‌طور از این دانشمند مباحثی مانند مرکز ثقل، سنگینی و سبکی قوانین تعادل مایعات و بسیاری مسائل دیگر در کتاب «میزان‌الحکمه» داریم. این مطلب در چاپ‌های قدیمی‌تر کتاب فیزیک ۲ نبود ولی در چند سال اخیر آورده شده است و می‌تواند برای دانش‌آموزان جالب باشد. گاهی معلمان از این مطالب بدون توجه می‌گذرند و به دانش‌آموزان هیچ توضیح نمی‌دهند. در حالی‌که باید از دانش‌آموزان خواسته شود که در این موارد تحقیق و یا حداقل در مورد سـاخت ترازوی حکمت فکر کرده و نظر خود را بیان کنند.

همین‌طور آگاهی دانش‌آموزان از اینکه بعضی از دانشـمندان در سال‌های آخر عمرشان توانستند با تلاش و پشتکار به مرحلهٔ بالایی برسند، می‌تواند این حس را در دانش‌آموزان به‌وجود آورد که هیچ‌گاه برای رسـیدن به موفقیت دیر نیست و تنها اراده و پشتکار لازم است.

برای مثال، نیوتون در سال‌های اولیه تحصیل خود چیزی نشان نداد که نشـانهٔ بزرگی و نبوغ او باشـد. آنچه وی را از این مرحلهٔ عادی خارج ساخت دست و پنجه‌ای بود که با یکی از محصلان مدرسه‌اش نرم کرد، این محصل یکی از بهترین محصلان کلاس و در ضمن نسبت به دیگر رفقای کلاسش بسیار ستیزه‌جو بود. وقتی که لگدی در شکم نیوتون زد، نیوتون او را به مبارزه طلبید و با استفاده از اراده و هوش سرشار خود وی را شکست داد و چون در این جبههٔ بدنی پیروز شد تصمیم گرفت که پیروزی خود را در نبرد هوشی نیز تکمیل کند و چنان سخت کوشید که شاگرد اول کلاس شد [٥]. بعدها تأثیری که نیوتون بر پیشرفت علم در جهان گذاشت تا حدی بود که **الکساندر پوپ** در مورد او گفت: « طبیعت و قوانین طبیعت در تاریکی شب نهان بودند. خداوند گفت بگذارید نیوتون به‌وجود آید! و همه‌چیز روشن شد. [٦]»

باتوجه به سـخنان اینشـتین که قبلا بیان شـد، هرچند ما نمی‌توانیم با قرار دادن دانش‌آموز در شـرایطی که دانشمندان بوده‌اند آن‌ها را به بازتولید علم وادار‌یم، ولی می‌توان شرایطی را برای ایجاد انگیزه در آن‌ها به‌وجود آورد و یا حداقل کلاس را از یکنواختی درآورد.

باتوجـه به اینکه کتاب‌های درسـی فیزیک به‌ویژه فیزیک ۲ از کنار نام دانشـمندان به‌ویژه آن‌هایی که بعضی قانون‌ها را به اسم آن‌ها می‌شناسیم، خیلی راحت گذشته است، باید معلمان هنگام تدریس توجه داشته باشند که ذکر نام و سرگذشت آن‌ها می‌تواند توجه دانش‌آموز را به خیلی از مسائل جلب کند. مثلاً چرا نیوتون از افتادن سـیب از درخت که برای هر فردی خیلی عادی به‌نظر می‌آید قانون جاذبه را کشف کرد؟

در گذشته دانشمند یا فیلسوف به کسی می‌گفتند که عالِم به همهٔ دانش‌ها باشد ولی با گسترش دانش بشری و پیشرفت دیگر کسی قادر نیست تمام دانش‌ها را فراگیرد. علوم مختلف از هم جدا شدند و هر یک علم مستقلی به‌شمار آمدند. این جدا شدن باعث پیشرفت سـریع‌تر علم شد. اگر تاریخچهٔ علوم را بررسی کنیم می‌بینیم که پیشرفت علوم مختلف جدای از هم نیست. مثلا می‌دانیم که گیاه‌شناسی به نام **رابرت براون**، حرکت درهم و برهـم و بی‌وقفـه گرده‌های گیاهـی را در آب توصیف کرد و **اینشتین** در ۲٦ سالگی حرکت براونی ذرات را بر اثر نیروهای متغیری که از برخورد ذرات مولکول‌ها حاصل می‌شوند، در یک مقاله نشـان داد در حالی‌که در آن زمان حتی وجود مولکول‌ها برای همهٔ دانشـمندان مسلم نشده بود چند سال بعد نیز **ژان پرن** با اسـتفاده از نتایج اینشتین توانست جرم مولکول‌ها را از طریـق اندازه‌گیری‌هایش در حرکت براونی تعیین کند و وجود مولکول را نشان دهد.

اگر تاریخچه پیدایش علوم را مورد توجه قرار دهیم. ملاحظه می‌گردد که فیزیک و ریاضی معمولاً پا به پای هم گسـترش و رشد یافته‌اند و اکثر فیزیک‌دانان قدیمی، ریاضی‌دان نیز بوده‌اند که می‌توان به ایزاک نیوتون، گالیله و دیگران اشاره کرد. علاوه بر این هر مبحث فیزیک را که مدنظر قرار دهیم، ملاحظه می‌کنیم

در گذشته دانشمند یا فیلسوف به کسی می‌گفتند که عالِم به همهٔ دانش‌ها باشد ولی با گسترش دانش بشری و پیشرفت دیگر کسی قادر نیست تمام دانش‌ها را فراگیرد. علوم مختلف از هم جدا شدند و هر یک علم مستقلی به‌شمار آمدند

به نوعی ریاضیات در آن دخالت دارد.

فیزیک علمی است که قوانین حاکم بر جهان طبیعت را بیان می‌کند. برای بیان این قانون‌ها، معادلات و روابط ریاضی می‌تواند به فیزیک‌دان کمک کند، پس لازم است فیزیک‌دان با اصول و قوانین اساسی ریاضی آشنا باشد. این در حالی است که اکثر دانش‌آموزان نمی‌توانند ریاضیات را در فیزیک به‌کار ببرند. برای مثال، در برایندگیری بردارها و همچنین در به‌دست آوردن شیب خط و یا رسم نمودار و نوشتن معادلهٔ مکان- زمان و سرعت- زمان دانش‌آموزان اغلب نمی‌توانند به یاد بیاورند که همان مبحث را در ریاضی خوانده‌اند و لذا باید قبل از شروع هر بحث نکته‌های ریاضی را یادآور شد و شباهت و تفاوت پارامترهای ریاضی را برای دانش‌آموزان شرح داد. مثلاً در رسم نمودار x-t باید نشان داد که این همان نمودار x-y در ریاضی است تا دانش‌آموز کاربرد ریاضی را در فیزیک درک کند.

در کتاب فیزیک۲ به دفعات می‌توان از دانشمندان و زندگی و طرز کارشان صحبت کرد، دانشمندانی مانند نیوتون و گالیله. خوشبختانه در فعالیت‌های کتاب هم چندین مورد از دانشمندانی مانند کاوندیش و کارهایشان تحقیق داده شده است.

فلسفه‌فیزیک

در آن دوران که بشر خود را از پیشینیان و حتی از خویش، به سبب مشخصات فکری و عاطفی که از آن پس علائم ممیزهٔ وی محسوب شدند، جدا ساخت اهم این مشخصات کنجکاوی عقلی و کنجکاوی عملی بودند که اولی ریشهٔ فلسفه و دومی ریشهٔ علم است[۷].

واژهٔ فلسفه از دو واژهٔ یونانی «فیلو» و «سوفیا» ساخته شده است. «فیلو» پیشوندی است به معنی دوستداری و «سوفیا» یعنی دانایی. از این‌رو فلسفه به معنی دوستداری دانایی است. خاستگاه فلسفه، عشق و مقصد آن شناسایی ذات چیزها یعنی رسیدن به روشنایی «بودن» است. رو کردن به سنجش فلسفی علم، نه‌تنها اندیشه را روشن می‌کند بلکه با گشودن افق‌های تازه آدمی را از تنگ‌نظری و تنگناهایی که نتیجهٔ وضعیت‌های خاص اجتماعی و پایبندی به عادت‌هاست می‌رهاند. از این‌روست که جست‌وجوی فلسفی بی‌آنکه از آغاز در پی فایده و هدفی معین باشد، چه بسا به نتیجه‌های سودمند می‌رسد و راهی که در آغاز تنها به انگیزهٔ شوق به شناسایی در پیش گرفته می‌شود چه بسا به سوی فرجامی رهایی‌بخش رود. این از آن‌روست که اندیشه، روشنگر راه زندگانی است و فلسفه، روشنگر بنیاد و روش اندیشیدن. از اینجاست که با آنکه بسیاری، فلسفه را پیشرو علم- و گاه مادر آن- نامیده‌اند، ولی فیلسوفی چون افلاطون هم از دوران باستان بر تفاوت بنیادی آن‌ها تأکید کرده است: تفاوتی که با پیشرفت علم و پدید آمدن علم‌های دقیق به‌خوبی آشکار شده است[۸].

علم به بررسی پایهٔ نظریه‌ها و روش‌ها و پیش‌فرض‌ها و قوانین و ده‌ها مسائل اساسی دیگر چون علیّت و... نمی‌پردازد و شاید هم پاره‌ای از این مباحث از حیطهٔ قلمروی آن خارج است. بر این اساس این قبیل مسائل از رهگذر فلسفهٔ علم مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. از رشته‌های فلسفه، شناخت‌شناسی و منطق است. بررسی روش‌های حل مسئله، معیارهای استدلال برای پذیرفتن یا نپذیرفتن راه‌حل‌ها، چگونگی ارتباط و نحوه تعریف مفاهیم اصلی، نحوه ارتباط و همبستگی مفاهیم، و... می‌توانند به‌عنوان مسائل شناخت‌شناسی تلقی گردد. منطق فنی است که مراعات قوانین آن ذهن را از خطای تفکر باز می‌دارد. منطق استدلالات با رابطهٔ میان دلیل و نتایج مبتنی بر دلایل را مورد بررسی قرار می‌دهد[۹].

فلسفهٔ یک علم باعث تحولات اساسی و بنیانی در علم می‌شود. فلسفه همواره با پرسش آغاز می‌شود و در طی تاریخ نظام‌های فلسفی متشکل بوده از مجموعهٔ پاسخ‌های افرادی که با این علم سروکار داشته‌اند. اکثر پرسش‌ها از همان بدو شروع به تفکر منظمی که فلسفه نامیده شده است تاکنون به قوت خود باقی هستند و تنها پاسخ آن‌ها تغییر پذیرفته‌اند. فلسفهٔ فیزیک دربارهٔ قضایا، نظریات و به‌طور کلی سیر و تحول آن‌ها تحقیق می‌کند[۱۰].

فیزیک علمی است که رابطه‌های ریاضی حاکم بر یک پدیدهٔ تکرارپذیر را به‌صورت قانون بیان می‌کند و علمی است برای اثبات جهان آفرینش، پس فلسفهٔ فیزیک در جهت شناخت هستی از دیدگاه علم و تجربه و آزمون است. هرچند می‌توان بدون توجه به فلسفهٔ یک دانش آن را یاد گرفت. اما فهم عمیق آن بدون توجه به فلسفهٔ آن میسر نیست. فلسفهٔ فیزیک اهداف و اعتبار گزاره‌های آن را تعیین می‌کند و روش به‌دست آوردن نتایج را توضیح می‌دهد. بنابراین می‌توان فلسفه را چراغ راهی دانست که دانش در آن حرکت می‌کند و این را می‌توان دلیلی برای نزدیکی علم و فلسفه دانست که هدف آن درک جهان است.

نتیجه آنکه قانون‌های فیزیک از واقعیت‌ها و شناخت‌های حسی مایه می‌گیرند و سپس در اثر شناخت عقلی مورد توجیه و تفسیر قرار می‌گیرند و در اثر تجربه رد یا تأیید می‌شوند و با تجربه‌های جدید و کامل‌تر، تغییر و تکامل می‌یابند. برای مثال، علت سقوط اجسام از نظر فیلسوفان یونان این بود که همان‌طور که کودک به سوی مادر می‌رود و در بغل او جای می‌گیرد، زمین هم مادر چیزهایی است که در او قرار دارند و به این دلیل همهٔ اجسام به طرف زمین کشیده می‌شوند. قرن‌ها گذشت تا نیوتون این نظر را ابطال و خود قانون گرانش را بیان کرد[۱].

در کتاب فیزیک ۲ دبیرستان در اکثر موارد به روش به‌دست آوردن فرمول و رسیدن به نتیجه اهمیت داده شده است. به‌طور مثال در بیان فشار، ابتدا فرمول اصلی فشار مطرح شده است و با توجه به دانش قبلی دانش‌آموزان در مورد چگالی و حجم، فرمول فشار در مایعات به‌دست آمده است. ولی در مورد قانون گازها این روش رعایت نشده است. در اینجا می‌بینیم که تنها با ذکر نام دانشمندانی چون بویل، ماریوت، شارل و گی‌لوساک به فرمول کلی فشار گازها رسیده‌اند. در صورتی که اگر از ابتدا روش کار بویل و ماریوت و رسیدن به قانون بویل- ماریوت ($P_1V_1=P_2V_2$) شرح داده می‌شد و دانش‌آموزان به ارتباط بین حجم و فشار در دمای ثابت پی می‌بردند، سپس قانون شارل- گی‌لوساک مطرح می‌شد ($V_1/T_1=V_2/T_2$) و دانش‌آموزان به رابطهٔ بین حجم و دما در فشار ثابت پی می‌برند درک عمیق‌تری از قانون کلی گازها ($P_1V_1/T_1=P_2V_2/T_2$) پیدا می‌کردند و در سال بعد نیز، در مبحث ترمودینامیک، قانون گازها را بهتر می‌فهمیدند.

فیزیک علمی است که رابطه‌های ریاضی حاکم بر یک پدیدهٔ تکرارپذیر را به‌صورت قانون بیان می‌کند و علمی است برای اثبات جهان آفرینش، پس فلسفهٔ فیزیک در جهت شناخت هستی از دیدگاه علم و تجربه و آزمون است

کاربرد فیزیک

فیزیک یکی از علوم بنیادی است و بسیاری از مفاهیم آن علوم دیگر را نیز دربرمی‌گیرد، فیزیک علمی است تجربی و پدیده‌های مختلفی را که در جهان رخ می‌دهد، توصیف می‌کند. آیا به‌راستی راه‌های یادگیری فیزیک چیست؟ آیا یادگیری فیزیک به کمک فرمول‌ها و نکته‌های مندرج در کتاب‌های درسی کافی است؟

آنچه دانش‌آموز امروز از آن لذت می‌برد و در یادگیری به آن اهمیت می‌دهد، آموزش‌های عینی و توام با کاربرد علوم است و هرچقدر معلم بتواند آموزش خود را بر پایهٔ آموزش‌های عملی و کاربردی استوار کند در امر آموزش موفق‌تر خواهد شد و انگیزهٔ لازم در نزد فراگیران برای یادگیری را به‌وجود خواهد آورد[۱۲].

در فصل ۱ کتاب فیزیک ۲ رشته‌های ریاضی و تجربی با اشاره‌ای کوتاه به شاخه‌ها و کاربردهای مختلف فیزیک در صنعت، فناوری و زندگی بشر، نوشته شده است که فیزیک‌دانان علاوه‌بر فعالیت در شاخه‌های گوناگون فیزیک از قبیل فیزیک مادهٔ چگال، اختر فیزیک، فیزیک هسته‌ای، فیزیک اتمی، فیزیک مولکولی و فیزیک لیزر، فیزیک ذرات بنیادی، فیزیک پلاسما و... در زمینه‌ها و شغل‌های متفاوت دیگری از جمله فیزیک پزشکی، رایانه، سازمان‌های دولتی و آموزش، هواشناسی، علم مواد، انرژی‌های نو، مخابرات، فیزیک محیط زیست، مهندسی، صنعت و... مشغول به‌کارند. فهمیدن این مطالب برای دانش‌آموزان می‌تواند باعث انگیزه برای ادامهٔ تحصیل در رشتهٔ فیزیک شود در حالی که ممکن است تدریس و یادگیری فیزیک در طول سال به‌گونه‌ای نباشد که این انگیزه را حفظ کند و چون دانش‌آموزان فیزیک را معمولاً درسی خشک با یک معلم سخت‌گیر تصور می‌کنند، پس اگر کاربردهای فیزیک در زندگی روزمره را مطرح کنیم، هم فیزیک جذاب می‌شود و هم انگیزهٔ ادامه تحصیل در آن‌ها حفظ شده و مرتب با این پرسش دانش‌آموزان مواجه نمی‌شویم که می‌گویند فیزیک در کجا استفاده می‌شود؟ در واقع اگر دانش‌آموزان بیشتر با تجربیات روزمرهٔ زندگی خود فیزیک را یاد بگیرند، احساس می‌کنند که قادرند با فیزیک، مشکلی را که قبلاً با آن درگیر بوده‌اند حل کنند و یا به پرسش‌هایی که در ذهنشان بوده است جواب دهند.

این در حالی است که اگر دانش‌آموزان را برای پژوهش در کاربرد فیزیک در کتابخانهٔ مدرسه بفرستیم، آن‌ها با انبوهی از کتاب‌های تست و حل مسائل روبه‌رو می‌شوند و در ضمن نظام آموزشی ما و مدیران مدارس هم دانش‌آموزانی می‌خواهند که تنها بتوانند به پرسش‌های تستی پاسخ دهند.

بنابراین اکثر معلمان ما بیشتر به مباحث نظری کتاب‌ها و حل مسائل آن‌ها می‌پردازند که عمدتاً نیازمند قلم و کاغذ است. آن‌ها با این کار خود دانسته و ندانسته، علم فیزیک را در چارچوب کتاب محدود می‌کنند. به قول اینشتین توضیح علم باید تا حد امکان ساده باشد اما نه بیش از آنچه لازم است.

پس در تدریس فیزیک اگر بتوان به کاربرد فیزیک توجه بیشتری کرد و از کلنجار رفتن زیاد با فرمول‌ها خودداری کرد، می‌توان نقش کلیدی قوانین فیزیک را در زندگی یافت. اگر کاربردهای فیزیک را به‌طور ساده در لابه‌لای تدریس بگنجانیم، ذهنیت دانش‌آموزان نسبت به فیزیک تغییر خواهد کرد و درگیری دانش‌آموز با مسائل کاربردی دید او را نسبت به محیط اطراف بازتر می‌کند و در زندگی فردی و اجتماعی خود موفق عمل خواهد کرد. چراکه هدف یادگیری علم رسیدن انسان به کمال است و استفادهٔ بهینهٔ او از زندگی است. نمونه‌هایی از کاربردهایی که در کتاب فیزیک ۲ می‌توان مطرح کرد، در زیر آورده شده است.

در درس اصطکاک در مورد حرکت اتومبیل یا جسم و توقف آن به‌کار رفته، در صورتی که می‌دانیم اصطکاک خدمات بسیار بزرگی به ما می‌کند، در مورد ماشین‌ها مهندسان تلاش می‌کنند تا هرچه بیشتر از حضور این نیرو بکاهند و البته آن‌ها حق دارند. در مورد مکانیک صنعتی هم آن‌ها اصطکاک را نامطلوب می‌شمرند، در این محیط کوچک و کاملاً خاص نیز این نظر درست است. اما در بقیه امور باید شکرگزار اصطکاک باشیم که به ما امکان می‌دهد راه برویم، پشت میز بنشینیم و کار کنیم بی‌ترس از اینکه شاهد مثلاً افتادن کتاب از روی میز به زمین و حتی فرار قلم از لای انگشتان خود باشیم [۱۳].

در فصل ٦ فیزیک ۲ در یکی از فعالیت‌ها اشاره به چگونگی استفاده از زودپز و کار آن شده است، که می‌توان در موارد دیگر نیز از این کاربردها نام برد. مثلاً استفاده از آرام‌پز که در دمای ثابت غذا جا می‌افتد و یا با استفاده از یکاهای مناسب اندازه‌گیری و گرمای مناسب غذاهای خوشمزه و انواع کیک‌ها را پخت.

در مبحث نیروها نیز می‌توان مطرح کرد که با استفاده از نیروها و جهت آن‌ها و فشار و گرانیگاه، به بیماران ناتوان یا کم‌توان جسمی کمک می‌شود و در ورزش دانش فیزیک به ما می‌گوید چه حرکتی به چه عضوی از بدن فشار می‌آورد و موجب آسیب‌دیدگی می‌شود. به‌طور مثال اضافه وزن باعث زیاد شدن فشار وارد بر عضلات بدن می‌شود، به همین علت پزشکان ما را به کاهش وزن توصیه می‌کنند.

در نیروی کنش و واکنش می‌توان به تیراندازی با تیروکمان و ورزش‌هایی مثل پرش طول اشاره کرد که حتی جهت نیرو نیز در آن‌ها اثر دارد که برداری بودن نیرو را نشان می‌دهد. می‌دانیم که هرچه زه کمان بیشتر کشیده و درست نشانه‌گیری شود پرتاب تیر بهتر خواهد بود. در پرش طول هم عکس‌العمل نیرویی که به زمین وارد شده به شخص اثر می‌کند و پرش انجام می‌شود. کمک فنر نیز کاربرد دیگری از نیرو را در ماشین نشان می‌دهد. و یا در ماشین کیسهٔ هوا با کمک یک شتاب‌سنج کار می‌کند. کاربردهای زیادی را می‌توان علاوه بر آنچه در کتاب نوشته شده برای دانش‌آموزان برشمرد که چند مورد آن در اینجا ذکر شد.

در نیروی کنش و واکنش می‌توان به تیراندازی با تیروکمان و ورزش‌هایی مثل پرش طول اشاره کرد که حتی جهت نیرو نیز در آن‌ها اثر دارد که برداری بودن نیرو را نشان می‌دهد

راهکارهای تدریس جذاب در فیزیک ۲

▲ شکل ۱

روش‌های تدریس در کل کتاب فیزیک۲ و راه‌های جذاب کردن آن به قدری زیاد است که شرح آن به یک مقاله چندصد صفحه‌ای نیاز دارد، ما در اینجا به‌طور خلاصه چند روش تدریس فعال را که در رابطه‌باموضوع مقاله‌است آورده‌ایم:

همهٔ اندازه‌گیری‌ها تاریخی دارند که تاریخ آن در وسایل اندازه‌گیری نهفته‌است. کمدی با وسایل اندازه‌گیری جدید و قدیمی می‌تواند کلاس متنوع‌تری را ایجاد کند

شکل۲

شکل۳

● شروع کلاس با سخنانی از فیزیک‌دانان بزرگ می‌تواند کلیدی برای ورود به دانش فیزیک باشد. چه بهتر که این جملات مربوط به بخش تدریس باشد. مانند جمله‌ای از اینشتین که می‌گوید: «زندگی مثل دوچرخه‌سواری است، اگر بایستی تعادل نداری»؛ که می‌تواند در درس نیروها بیان شود.

● داستان‌های کوتاه در تغییر فضای کلاس و رفع کسالت دانش‌آموزان معجزه می‌کند و باعث آرامش معلم و دانش‌آموز می‌شود، بهتر است این داستان‌ها تاریخ فیزیک را بیان کند. حتی در این مورد می‌توان با استفاده از داستان‌های طنزگونه مفاهیم فیزیک را در ذهن دانش‌آموزان حک کرد و در این زمینه نیز می‌توان از دانش‌آموزان با استعداد در زمینه ادبیات کمک گرفت و اشعار طنزگونه‌ای را برای بیان قوانین فیزیک در نظر گرفت. از نمونهٔ این داستان‌ها داستان طنز نیوتون و پاسکال[۲] است.

● در فصل اول فیزیک۲ از تاریخچهٔ پیدایش و گسترش فیزیک سخنی به میان آمده و از تحولات تاریخی فیزیک از ۵۰۰ سال قبل از میلاد شروع شده و سریع از کنار نام دانشمندان کشورمان گذشته است و به نتایج کار گالیله و دیگران پرداخته است.

نمی‌خواهیم منکر کار دانشمندان غیرایرانی شویم ولی با توجه به ارزش‌گذاری به کار دانشمندان ایرانی می‌توان از دانش‌آموزان خواست تا پوستری از دانشمندان فیزیک (ایرانی و غیرایرانی) و مختصری از شرح حال و کارهایشان تهیه و به دیوار کلاس نصب کنند. در مواردی که لازم است از دانشمندان و فیزیک‌دانان نامی ببریم این پوستر می‌تواند کمک خوبی باشد.

● همهٔ اندازه‌گیری‌ها تاریخی دارند که تاریخ آن در وسایل اندازه‌گیری نهفته است. کمدی با وسایل اندازه‌گیری جدید و قدیمی می‌تواند کلاس متنوع‌تری را ایجاد کند. در دسترس بودن این وسایل تا آخر سال در موارد زیادی کارها را راحت‌تر می‌کند، مثلاً چگالی را می‌توان در کلاس اندازه‌گیری کرد. وسایل اندازه‌گیری قدیمی جرم مثل قپان و طرز کار آن برای دانش‌آموزان جالب است. در این مورد یکی از دانش‌آموزان ما از پدربزرگش خواسته بود به کلاس بیاید و طرز کار آن را نشان دهد. آن روز کلاس پرهیجانی به واسطه یک پدربزرگ باتجربه داشتیم و غرور دانش‌آموز از داشتن چنین پدربزرگی دیدنی بود. دانش‌آموز دیگری به‌عنوان تحقیق از برادر تراشکارش طرز کار کولیس و ریزسنج را یاد گرفته بود که به دانش‌آموزان نشان داد. (شکل۲)

● با چند مرحله مسابقه طناب‌کشی در طول سال می‌توان مباحث بردارها، برایند آن‌ها و قانون سوم نیوتون را بررسی کرد. (شکل۳)

● برای یادگیری بهتر مفهوم جابه‌جایی، دانش‌آموزان را به حیاط برده و تفاوت بین مسافت و جابه‌جایی را نشان می‌دهیم و با برگزاری یک مسابقه دو و دانستن جابه‌جایی و به‌دست آوردن زمان با آموزش نحوهٔ استفاده از کرونومتر می‌توان سرعت هر یک را به‌دست آورد و مفهوم توان را نیز در دوهای سرعتی رفت و برگشت به دانش‌آموز فهماند، بدین صورت که زمان‌های رفت و برگشت را در مسافت‌های یکسان با هم مقایسه کرده و توان آن‌ها را مشخص می‌کنیم. این مسابقه‌ها در چند مرحله در طول سال برگزار می‌شود که باعث هیجان زیادی در بین دانش‌آموزان می‌شود به‌ویژه اگر همراه با جایزه باشد.

● می‌توان از علاقه دانش‌آموزان به یک درس، در یادگیری دروس دیگر کمک گرفت. در فیزیک۲ دبیر ورزش می‌تواند کمک زیادی به دانش‌آموزان در فراگیری مفاهیم بکند که مثال‌های آن در بالا ذکر شد. دبیران دروس دیگر مثل جغرافیا با عکس‌های جذاب از آتش‌فشان‌ها در مورد تغییر حالت مواد و همین‌طور در مورد جهت وزش باد در مناطق ساحلی و علت آن می‌تواند کمک خوبی باشد و در

پی‌نوشت‌ها

۱. «همهٔ دانشمندان تصمیم‌می‌گیرند سوک‌سوک یا قایم‌باشک بازی کنند. از بخت بد اینشتین» اولین کسی است که باید چشم بگذارد. او باید تا ۱۰۰ بشمرد و سپس شروع به گشتن کند. همه شروع به قایم شدن می‌کنند به‌جز نیوتون. نیوتون فقط یک مربع یک متر در یک متر روی زمین می‌کشد و داخل آن روبه‌روی اینشتین می‌ایستد. اینشتین می‌شمرد و وقتی چشمانش را باز می‌کند و می‌بیند که نیوتون روبه‌روی او ایستاده است. اینشتین بلافاصله می‌گوید: سوک‌سوک نیوتون. نیوتون انکار می‌کند و می‌گوید من نیوتون نیستم. تمام دانشمندان، بیرون می‌آیند تا ببینند چگونه او ثابت می‌کند که نیوتون نیست. نیوتون می‌گوید: من در یک مربع به مساحت یک متر مربع ایستاده‌ام این باعث می‌شود که من بشوم یک نیوتون بر متر مربع که معادل با پاسکال است، پس من پاسکال هستم!

شکل ٤

این مورد می‌توان با دبیران رشته‌های دیگر در این رابطه هم‌فکری کرد.

● یک صبحانه تخم‌مرغی در کنار دانش‌آموزان می‌تواند قانون لختی را به آن‌ها یاد بدهد. ما از دانش‌آموزان خواستیم هر کدام یک «تخم‌مرغ پخته» با خود بیاورند. خودمان هم چند عدد «تخم‌مرغ خام» را با تخم‌مرغ‌های دانش‌آموزان قاطی کرده و از آن‌ها خواستیم روشی را برای جدا کردن آن‌ها بیابند. بعضی از دانش‌آموزان بنا بر تجربهٔ قبلی تخم‌مرغ‌ها را یکی‌یکی چرخاندند و به پرسش ما پاسخ صحیح دادند. سپس در کلاس علت این پدیده را با کمک قانون لختی بررسی کردیم.

● نوشیدن یک نوشیدنی با نی همراه با دانش‌آموزان می‌تواند بحث فشار هوا را آموزش دهد.

● برای بررسی نیروی عمودی تکیه‌گاه با کمک ترازو نشان می‌دهیم که نیروی عمودی تکیه‌گاه ثابت نیست و از قانون دوم نیوتون به‌دست می‌آید. در اینجا دانش‌آموزان با تفاوت جرم و وزن آشنا می‌شوند. جالب است واکنش دانش‌آموزان در برابر جرمشان و اینکه بدانند اضافه وزن چه نیرویی بر زانوها و پاهایشان وارد می‌کنند. چند روش عملی در مورد کاهش وزن می‌تواند پیام‌های بهداشتی خوبی را برای دانش‌آموزان داشته باشد. راه غیرعملی هم رفتن به کره ماه است که توسط دانش‌آموزی به شوخی مطرح شد.

● دو الک ریزخانه را، که یکی از آن‌ها را چرب کرده‌ایم، به کلاس می‌آوریم و از دانش‌آموزان می‌خواهیم با آن‌ها برایمان آب بیاورند. یکی از بچه‌ها موفق می‌شود و ما می‌توانیم دلیل این کار را با استفاده از نیروی چسبندگی سطحی و کم شدن این نیرو با چرب کردن الک نشان دهیم.

● برای نشان دادن انتقال گرما به طریق همرفتی می‌توان از دانش‌آموزان خواست که به‌وسیلهٔ شعله و یخ جسمی را گرم و یا سرد کنند. شعله را زیر جسم و یخ را روی جسم قرار می‌دهند.

● گردش علمی و بازدید از مراکز علمی و موزه‌ها می‌تواند راهکاری برای جلب دانش‌آموز به مباحث علمی باشد. در اکثر شهرها مراکز تاریخی زیادی برای نشان دادن مباحث فیزیک وجود دارد. به‌طور مثال در استان ما، یزد، باغ نمیر یا صدری یکی از باغ‌خانه‌های شهر زیبای تفت است که از ویژگی‌های آن می‌توان به وجود استخری با ۹۵ فواره اشاره کرد که براساس فوارهٔ هِرون کار می‌کرده است. این باغ در حال بازسازی است. یا باغ دولت‌آباد یزد با بادگیرهای معروفش. در شهرهای دیگر هم چون شیراز، خرابه‌های تخت جمشید و در اصفهان هنر قلم‌زنی و... برای دانش‌آموزان جالب توجه است. (شکل ٤)

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

فیزیک شاخه‌ای از درخت علم است و «آموزش فیزیک» خود یک نوع فنّاوری است. فیزیک‌دانان مفاهیم فیزیک را می‌دانند و می‌شناسند اما معلمان فیزیک فنّاوران آموزش این مفاهیم‌اند. کار فناوران فیزیک به‌وجود آوردن شرایطی است که دانش‌آموزان به سوی یادگیری روی آورند و کسب علم کنند[۱]. در این مقاله از تأثیر تاریخ و فلسفه و کاربرد آن‌ها در یادگیری فیزیک گفته شد. هر کدام از این مباحث می‌تواند موضوعی برای یک مقاله باشد ولی هر سه مورد در کنار یکدیگر می‌توانند انگیزهٔ یادگیری را در دانش‌آموزان افزایش دهند.

بنابراین هر روشی که در آن دانش‌آموزان بتوانند در یادگیری منظم و دقیق و بر پایهٔ تاریخ و فلسفه و کاربرد علم فیزیک موفق عمل کنند و در ایجاد انگیزه و یادگیری نتایج خوبی داشته باشد، درخور توجه و تقدیر است. اجرای روش‌های تدریس ذکر شده در این مقاله در طول چند سال تدریس فیزیک ۲ رشتهٔ ریاضی و تجربی، در مدارس مختلف یزد توسط نویسندگان این مقاله، نشان داد که تمامی روش‌ها در ایجاد انگیزه و یادگیری مؤثر واقع شده‌اند و به یادگیری عمیق‌تر دانش‌آموز کمک کرده‌اند. بنابراین پیشنهاد می‌شود، معلمان محترم فیزیک و دیگر همکاران با توجه به توانایی خود و امکانات مدارس در اجرای روش‌های فوق در کنار روش‌های فعال تدریس بکوشند تا دانش‌آموزان با به‌دست آوردن انگیزهٔ بیشتری برای یادگیری، در درس فیزیک موفق باشند. البته برای اجرای بهتر این راهکارها، پیشنهاد می‌شود تا با بازنگری در کتاب‌های درسی و کم کردن حجم آن و گنجاندن بیشتر تاریخ و فلسفه و به‌ویژه کاربرد در کتاب‌ها و یا حداقل بیشتر کردن ساعات تدریس درس فیزیک، کمکی به اجرای روش‌های فعال تدریس و ایجاد انگیزهٔ بیشتر در دانش‌آموزان شود.

منابع

۱. معتمدی؛ اسفندیار، تاریخ آموزش فیزیک در ایران (دوره متوسطه)، نشر لوح‌زرین، ۱۳۸۶.
۲. سالاری؛ حسن، چرا تاریخ مهم است؟، خبرنامه علمی-آموزشی-خبری اتحادیه انجمن‌های علمی و آموزشی معلمان فیزیک، شماره ۲۰.
۳. احمدی؛ احمد و دیگران، کتاب معلم فیزیک ۲ و آزمایشگاه، نشر شرکت چاپ و نشر کتب درسی، چاپ اول، ۱۳۸۹.
۴. لطف‌آبادی؛ حسین، روان‌شناسی تربیتی، نشر سمت، چاپ سوم، زمستان ۱۳۸۶.
۵. گاموف؛ جورج، سرگذشت فیزیک، ترجمه رضا اقصی، نشر پیروز، چاپ چهارم، ۱۳۶۳.
۶. جولیان؛ شوینگر، میراث اینشتین (وحدت فضا و زمان)، ترجمه سیروس فرمانفرمائیان، نشر فروزان، چاپ اول، ۱۳۷۹.
۷. جی. اچ. جینز، فیزیک و فلسفه، ترجمه مهندس علی قلی‌بیانی، مرکز انتشارات علمی و فرهنگی، چاپ دوم، ۱۳۶۱.
۸. نقیب‌زاده؛ میرعبدالحسین، نگاهی به فلسفه آموزش و پرورش، نشر طهوری، چاپ ۲۵، تابستان ۱۳۸۹.
۹. دهباشی؛ مهدی، فلسفه علم، نشر نشاط اصفهان، جلد ۱، چاپ اول، ۱۳۶۸.
۱۰. کارناپ، وان نویمان، راسل و دیگران، فلسفه ریاضی، ترجمه حسن ضیایی و دانشجویان رشته ریاضی دانشگاه صنعتی، چاپ ارگی تهران، چاپ اول، ۱۳۵۹.
۱۱. نجفی ابرقویی؛ سیدمحمدرضا، مقاله فیزیک در معماری سنتی ایران، رشد فیزیک، شماره ۸۴.
۱۲. رحیم‌زاده پوربناب؛ علی‌اصغر، فرایندهای جدید در ایجاد انگیزه یادگیری درس فیزیک، رشد فیزیک، شماره ۸۴.
۱۳. ای پرلمان، سرگرمی‌های فیزیک، ترجمه مهندس احمد تمدن، نشر سپهر تهران، جلد اول، چاپ دوم، ۱۳۶۸.
۱۴. پورقاضی؛ اعظم و دیگران، فیزیک ۲ و آزمایشگاه، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، چاپ دوازدهم، ۱۳۹۰.
۱۵. سایت اینترنتی www.huppa.com.
۱۶. رحیم‌زاده پوربناب؛ علی‌اصغر، تشکر؛ ناهید، فرایندهای جدید در ایجاد انگیزه یادگیری درس فیزیک، دوازدهمین کنفرانس آموزش فیزیک و دومین کنفرانس فیزیک و آزمایشگاه، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۴ تا ۱۶ شهریور ۱۳۹۰.

داستانی واقعی در چهار پرده

بایک حیدری
دبیر فیزیک، شیراز

۱. مادر با شعف فراوان به دختر جوانش نگاه می‌کرد. دختر قطعهٔ آلومینیم را از جلوی پولونیم برداشت و به دست همسرش داد. ژولیو فلز را روبه‌روی دستگاه آشکارساز قرار داد. با بلند شدن صدای ترق ترق دستگاه، شوری در جمع حاضر افتاد. ژولیو با خوشحالی گفت: ماری نگاه کن! فلز پرتوزا شده است.

ماری به صورت‌های درخشان ایرن و ژولیو نگاه کرد. برای یک لحظه تصویری از ۳۵ سال قبل را به‌خاطر آورد؛ زمانی که همراه پیر، پس از سه سال تلاش شبانه‌روزی آن هم در آزمایشگاهی ساده و محقرانه، پولونیم را کشف کرده بودند. به‌راستی که زمان چه با سرعت می‌گذرد! اکنون ماری کوری شاهد کشف بزرگ دیگری بود. کشفی که می‌توانست افق جدیدی را بر روی انسان بگشاید... .

۲. انریکو بر روی کاناپه‌ای راحت دراز کشیده بود و بادقت مشغول خواندن روزنامه بود. دو فیزیک‌دان فرانسوی[1]، ایرن کوری و همسرش فردریک ژولیو، با بمباران کردن ورقهٔ آلومینیم با ذرات پروتون، موفق به تولید پرتوزایی مصنوعی شدند. انریکو زیرلب زمزمه کرد: «عجب کشف جالبی! این یعنی ذرات پروتون نفوذی، هستهٔ فلز را ناپایدار و آن را به پرتوزایی و گسیل انرژی وادار می‌کنند!»

ناگهان جرقه‌ای ذهن انریکو را روشن کرد: به علت نیروی دافعهٔ بین بارهای مثبت، نفوذ پروتون به درون هسته کاری سخت است. اما نوترون ذره‌ای خنثی است و انرژی و سرعت آن با ورود به هستهٔ باردار تغییر نمی‌کند. بنابراین نوترون می‌تواند گزینهٔ بهتری برای نفوذ به هسته و ناپایدار کردن آن باشد؟!

ایده‌ای نو در فیزیک متولد شده بود ولی باید درستی آن به محک آزمایش گذاشته شود. چه چیزهایی لازم است؟ یک منبع تولیدکنندهٔ نوترون، وسیله‌ای برای اندازه‌گیری تعداد پرتوها و البته از همه مهم‌تر کمی شجاعت برای رویارو شدن با شکستِ احتمالی! و در نهایت نیز پذیرفتن نتیجه؛ هرچه که باشد!

وقتی انریکو از روی کاناپه برخاست کاملاً آماده بود تا به مانند هموطن ماجراجویش کریستف کلمب سفری پرمخاطره به سوی ناشناخته‌ها را آغاز کند... .

۳. همه خوشحال بودند. ماه‌ها کار شبانه‌روزی به نتیجه رسیده بود. عناصر جدول تناوبی یک به یک و به‌ترتیب در جلوی شیشهٔ حاوی گرد بریلیم و گاز رادون قرار داده شده بودند. انتظار می‌رفت که نوترون‌های آزاد شده از این مجموعه به هستهٔ عنصر روبه‌روی آن نفوذ کند و باعث ناپایداری هسته شود؛ اما وقتی عناصر پرتوزا شده را در جلوی آشکارساز قرار دادند مشاهده شد که میزانِ پرتودهی عنصر بسیار ضعیف و کوتاه‌مدت است. نتایج اصلاً امیدوارکننده نبود! به‌راستی چرا چنین بود؟ آشکارساز که ایرادی نداشت. انریکو این وسیله را بسیار دقیق ساخته بود. واقعاً چرا تنها تعداد کمی از نوترون‌ها به داخل هسته نفوذ می‌کنند؟ مدلی در ذهن انریکو شکل گرفت: اگر توپ گلف با سرعت به‌طرف گودال پرتاب شود، احتمال کمی دارد که به درون سوراخ بیفتد، حتی اگر از روی آن هم رَد شود!

پس شاید باید کاری کرد که سرعت نوترون‌های شلیک شده کمتر شود.

آزمایش... آزمایش... و باز هم آزمایش... و سرانجام یک نتیجهٔ‌عالی... و یک فرضیهٔ عالی!

پارافین می‌تواند پرتوزایی نقره را صدبرابر افزایش دهد. پرسشی دیگر: چرا پارافین چنین قابلیتی دارد؟ شاید برخورد نوترون‌های نفوذی با پروتون‌های موجود در هسته‌های هیدروژن مولکول پارافین، باعث کاهش انرژی نوترون‌ها می‌شود و سرعت آن‌ها را کمتر می‌کند!

اگر این‌گونه باشد، پس آب مادهٔ مناسب‌تری است. آب سرشار از هیدروژن است.

اکنون وقت آن رسیده که با آزمایش‌هایی هدفمند، راهی برای کنترل انرژی هسته‌ای پیدا کنیم... .

همه خوشحال بودند. ماه‌ها کار شبانه‌روزی به نتیجه رسیده بود. تک‌تک افراد گروه سعی می‌کردند خود را به انریکو فرمی برسانند و دستش را بفشارند. پایداری این افراد، قدرت تخیل نظری و عملی، آگاهی از علم روز و تأمل در آن، لذتشان از فهم مطالب و عطششان برای حرکت رو به جلو، آن‌ها را به پیروزی رسانده بود. سرزمینی جدید توسط دریانوردانی شجاع با تکیه بر نقشهٔ راهبردی گالیله (!) کشف شده بود.

٤. گالیله احساس خستگی می‌کرد! البته، شاید آزردگی توصیف مناسب‌تری برای احساسش بود. در شهر پادوا هم، مانند پیزا، او باید زمان زیادی را صرف بحث استادانی می‌کرد که به فلسفهٔ قدیم مانند وحی آسمانی می‌نگریستند و حاضر نبودند حتی کلمه‌ای مخالف با آن را بشنوند! مضحک است! چون ارسطو گفته: جسم سنگین‌تر، سریع‌تر سقوط می‌کند، پس حتماً سقوط می‌کند و هیچ آزمایشی لازم نیست... .

گالیله نفس عمیقی کشید و به‌سرعت این احساس ناخوشایند را از خود دور کرد، هرچه باشد او گالیله است!

شخصی که تاکنون چندین بار غلط بودن بعضی از نظریه‌های محکم چند صدساله را ثابت کرده بود. اکنون که می‌تواند بهتر از بسیاری از مردم فکر کند و عمیق‌تر ببیند، پس باید این کار را انجام بدهد!

گالیله به‌وسیله‌های روی میز نگاه کرد. یک ریسمان بلند که گوی کوچکی به آن آویزان شده بود، یک ساعت آبی، نقاله و... .

خاطره‌ای قدیمی ذهنش را پر کرد. حدود ۱۹ سال داشت که در یک کلیسای محلی مشغول خواندن دعا بود. تا این زمان بیشترین فکر و وقت او توسط شعر و موسیقی پر شده بود. مدتی هم به مطالعهٔ پزشکی پرداخته بود؛ با آنکه در هریک از این رشته‌ها پیشرفت خوبی داشت اما هیچ‌کدام نتوانسته بودند روح پرتلاطم او را آرام و راضی نگاه دارند. گالیله به چلچراغ سقف کلیسا نگاه کرد. چلچراغ به آرامی با وزش باد حرکت می‌کرد. گالیله مدتی به حرکت نوسانی زیبای چراغ نگاه کرد. عجیب بود به‌نظر می‌آمد که زمان رفت و برگشت جسم متحرک ثابت است! چه باد سریع بوزد و چه آرام! گالیله دست خود را بر روی نبضش قرار داد و ضربان‌ها را شمرد... .

از آن زمان سال‌ها می‌گذشت و آن جوان خام، اکنون بزرگ‌ترین منتقد روش‌های متداول علمی زمانه‌اش شده بود. اکنون او می‌خواست درستی فرضیهٔ دوران جوانی خود را بیازماید اما نه با روش ارسطو و فقط با تعدادی مشاهدهٔ ساده! بلکه با روش خود یعنی اندازه‌گیری‌های فراوان برای طول‌های متفاوت طناب، جرم‌های متفاوت و زاویه‌های انحرافی کوچک و بزرگ.

دانشمند پیشرو به روش خود اعتقاد فراوان داشت. تاکنون بارها این روش درستی نظریه‌های او را ثابت کرده بود، گالیله لبخندی زد، وزنهٔ آونگ را گرفت و پس از انحرافِ ۱۰ درجه‌ای آن را رها کرد... .

پی‌نوشت

۱. سال ۱۳۹۴ میلادی، ایرن کوری و همسرش فردریک ژولیو موفق به دریافت جایزه نوبل شدند.

منابع

۱. طرح فیزیک هاروارد؛ هولتون، رادرفورد، واتسون. انتشارات فاطمی، ۱۳۸۰.
۲. سرگذشت فیزیک نوین؛ میشل بیزونسکی، ترجمه لطیف کاشیگر.

بازتاب

پرسش‌های مسابقهٔ بین‌المللی فیزیک‌دانان جوان سال ۲۰۱۵

بیست‌وهشتمین دورهٔ مسابقات IYPT، تایلند

ترجمه: آزیتا سیدفدایی

اشاره

مسابقهٔ بین‌المللی فیزیک‌دانان جوان (IYPT) International Young Physicists' Tournament مسابقه‌ای بین‌المللی در زمینهٔ پژوهش در فیزیک، برای دانش‌آموزان دبیرستانی، است و هر سال تحت نظارت فدراسیون جهانی مسابقات فیزیک در یک کشور برگزار می‌شود. بیست و هشتمین دورهٔ این مسابقه در تایلند ایالت ناخون راتجاسیما، در تاریخ ۲۷ ژوئن تا ۴ ژوئیه ۲۰۱۵، برگزار می‌گردد. در این مقاله ترجمه رئوس پرسش‌هایی که در این دوره از مسابقات مطرح خواهد شد و تعدادی از منابعی را که از طرف کمیته برگزاری مسابقات برای هر پرسش معرفی شده است آورده‌ایم. همان‌طور که می‌دانید ما تاکنون ترجمه پنج دوره از این مسابقات را در این مجله چاپ کرده‌ایم و امیدواریم مورد استفاده دبیران و پژوهشگران آموزش فیزیک قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: مسابقات بین‌المللی فیزیک‌دانان جوان، سال ۲۰۱۵، پرسش‌ها.

مقدمه

مسابقه بین‌المللی فیزیک‌دانان جوان رقابتی جهانی به شکل پژوهشی است و هر سال تحت نظارت فدراسیون جهانی مسابقات فیزیک برگزار می‌شود. در جریان این مسابقات تیم‌های ۵ نفره از دانش‌آموزان دبیرستانی اعزامی از کشورها در زمینه پرسش‌های مطرح شده، به زبان انگلیسی، به رقابت می‌پردازند. تیم هر کشور از طریق برگزاری مسابقات داخلی که برگرفته از قوانین بین‌المللی همین مسابقه است از میان شرکت‌کننده‌های آن کشور انتخاب می‌شود. در هر دوره از مسابقات حدود ۲۵ کشور شرکت می‌کنند. رتبه‌های برتر این مسابقات (به ترتیب) در چند سال اخیر عبارت‌بوده‌اند از:

é سال ۲۰۱۰: سنگاپور، اتریش، نیوزیلند

é سال ۲۰۱۱: کره، اتریش، آلمان
é سال ۲۰۱۲: کره، ایران، سنگاپور
é سال ۲۰۱۳: سنگاپور، کره، سوئد
é سال ۲۰۱٤: سنگاپور، اسلواکی، لهستان

ناظران بین‌المللی در هر دوره هفده پرسش طراحی می‌کنند و پرسش‌های سال بعد این مسابقات تا پائیز هر سال در سایت IYPT قرار می‌گیرد (www.iypt.org). مسابقهٔ IYPT ویژگی‌هایی دارد که آن را از دیگر مسابقات بین‌المللی متمایز می‌سازد.

é دانش‌آموزان برای پاسخگویی به پرسش‌های این مسابقات حدود هشت ماه فرصت دارند تا با شیوه‌های پژوهشی و رویکردهای خلاقانه و با مشاوره با افراد متخصص راه پژوهش در فیزیک را بیاموزند و بیان کنند.

é برای بررسی پرسش‌ها دانش‌آموزان علاوه بر کسب مهارت لازم و انجام آزمایش‌ها با کار گروهی آشنا می‌شوند.

é تحلیل پرسش‌ها احتیاج به معلومات زیادی دارد از این رو دانش‌آموزان می‌توانند قبل از حضور در مسابقات با متخصصان مشورت کنند، زیرا زمان کافی برای پژوهش دارند.

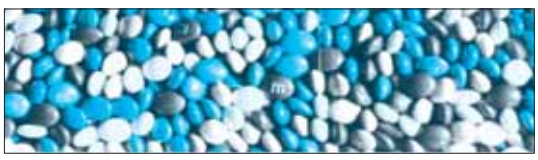
é پرسش‌های مطرح شده در مسابقات IYPT برای دانش‌آموزانی که حتی در مسابقات شرکت نمی‌کنند، به‌عنوان طرح‌های فیزیکی مناسب‌اند.

امیدواریم ترجمهٔ هفده پرسش این دوره از مسابقات (۲۰۱۵) مورد استفادهٔ دانش‌آموزان و دبیران و پژوهشگران در حوزهٔ آموزش فیزیک قرار گیرد. لازم به ذکر است که منابع مطالعاتی این هفده پرسش در اختیار علاقه‌مندان قرار دارد و شما می‌توانید با مراجعه به نشانی اینترنتی http://kit.ilyam.org از اطلاعات بیشتری در مورد پرسش‌ها بهره‌مند شوید. در این مقاله برای هر پرسش دو منبع معرفی شده است.

پرسش‌ها

۱. بسته‌بندی

مقدار فضایی که تعدادی دانهٔ‌ریز اشغال می‌کنند به شکل آن‌ها بستگی دارد. دانه‌های غیر کروی مانند برنج، کبریت، یا شکلات دراژه را در یک جعبه بریزید. ویژگی‌هایی مثل عدد هم‌آرایی، و ترتیب جهت‌گیری آن‌ها یا کسر بسته‌بندی نزدیک کاتوره‌ای آن‌ها چه رابطه‌ای با پارامترهای مربوط دارند؟



é W. Man, A. Donev, F. H.Stillinger, M.T. Sullivan, W. B. Russel, D. Heeger S. Inati, S. Torquato, and P.M. Chaikin. Experiments on Random Packings of EIlipsoids. phys. Rev. Lett. 94, 198001 (2005)

é Donev, I.Cisse, D. Sachs, E. A. Variano, F. H. Stillinger, R.Connelly, S. Torquato, and P.M. Chaikin. Improving the density of jammed disordered packings using ellipsoids. Science 303, 990-993 (2004)

۲. ستون دود

اگر یک شیشهٔ شفاف شمع سوزانی را بپوشاند، شعله آن خاموش می‌شود و ستونی‌ای از دود رو به بالا می‌رود. این ستون دود را در ابعاد مختلف بررسی کنید.

é k. Hill. Waxbows: The Incredible Beauty of a Blown Out Candle (scientificamerican. com, 2013), http:// blogs. scientificamerican. com/ but- not- simpler/ 2013/09/09/ waxbows- theincredible- beauty- of- a- blown- out- candle/

é Grover Schrayer: Candle album on Flickr (2009) http://www. flickr. com/ photos/ 14833125@ No2/ sets/ 72157625152859983/

۳. ماهیچهٔ مصنوعی

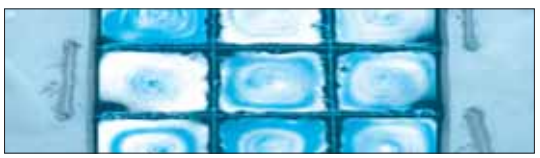
یک نخ ماهیگیری پلاستیکی را به سر یک متهٔ برقی وصل کنید و نخ را بکشید؛ سپس مته را روشن کنید. با چرخیدن مته، رشته نخ، شکل پیچه‌ای فشرده با آرایش فنر مانند، به خود می‌گیرد. پیچه فشرده را گرم کنید تا شکل فنر مانند آن تثبیت شود. اگر دوباره آن را گرم کنید، پیچه منقبض می‌شود. اکنون این «ماهیچهٔ مصنوعی» را بررسی کنید.

é J. Yuan and P. Poulin. Fibers do the twist. Science 343, 845- 846 (2014).

é Fishing Line Artificial Muscles (youtube.com, from ACESElectromaterials, 19.02.1014), http://youtu. be/ Tba8Nf02OSI

۴. موتور لایهٔ مایع

روی یک قاب تخت، لایهٔ نازکی از آب- صابون ایجاد کنید. این لایهٔ نازک را در میدان الکتریکی موازی با سطح آن قرار دهید و جریان الکتریکی را از آن عبور دهید. لایهٔ نازک در صفحه‌اش می‌چرخد. این پدیده را بررسی کنید و توضیح دهید.



é Zh. -Q. Liu, Y.- J. Li, G- C. Zhang, and S.-R. Jiang. Dynamical mechanism af the liquid film motor. Phys. Rev. E83, 2, 026303 (2011)

é R. Shirsavar, A. Amjadi, A. Tonddast- Navaei, and M. R. Ejtehadi. Electrically rotating suspended films of polar liquids. Exp. Fluids, 50, 2, 419- 428 (2011)

۵. دو بادکنک

دو بادکنک تا اندازه‌ای باد شـده و با یک شـلنگ و شـیر به یکدیگر متصل شـده‌اند. معلوم می‌شـود بسته به حجم اولیه بادکنک‌ها، هوا می‌تواند در جهت‌های مختلف جریان یابد. این پدیده بررسی را بررسی کنید.

é F. Weinhaus and W. Barker. on the equilibrium states of interconnected bubbles or balloons. Am. J. Phys. 46, 978-982 (1978)

é Wikipedia: Two balloons experiment, http://en. Wikipedia. org/ wiki/ Two- balloon- experiment

۶. گلایدر ماگنوس

بـرای سـاختن یک گلایـدر، تـه دو فنجان سـبک را به‌هم بچسبانید. سپس یک کش را به دور فصل مشترک دو فنجان بپیچانید و انتهای آزاد کش را در دسـت بگیرید. درحالی که گلایدر را در دسـت نگه داشته‌اید سـر آزاد کش را بکشید و گلایدر را رها کنید. حرکت آن را بررسی کنید.

é Magnus Glider by Childrens Museum of Houston (instructables. com, 2012), http://www. instructables. com/ file/ FJP 44INH461 WTRW

é Keith Ostfeld. Make your Own Magnus Glider (CMH, 2010), http://www. cmhoustonblog. org/ 2010/04/26/ make- your - own- magnus glider/

۷. قطب در سایه

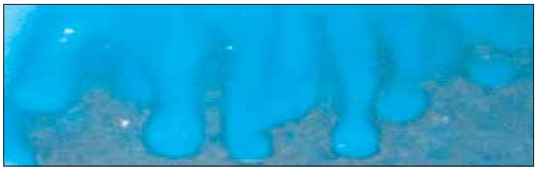
یـک قرص فلـزی غیرفرومغناطیـس را روی یـک آهنربای الکتریکی که به منبع ولتاژ متناوب متصل شـده اسـت، قرار دهید. قرص دفع می‌شود اما نمی‌چرخد اما، اگر یک ورقه فلزی غیرفرومغناطیس را حدی بین قرص و آهنربای الکتریکی قرار دهید، قرص خواهد چرخید. این پدیده را بررسی کنید.

é Wikipedia: Shaded- pole motor, http://en. wikipedia. org/ wiki/ Shaded- pole- motor

é Easy Shaded pole motor experiment (youtube. com, from stroll365, 11. 07. 2009), http:// youtu. be/ VvvEvccXRGs

۸. شکر و نمک

وقتـی بـه یک ظرف حاوی یـک لایه آب قند کـه روی یک لایه آب نمک قرار گرفته اسـت نور بتابانیم، می‌توان در سایهٔ آن طرحی انگشـت مانند را دید. این پدیده و بسـتگی آن به متغیرهای مربوطه را بررسی کنید.



é J. Taylor and G. Veronis. Experiments on double- diffusive sugar- salt fingers at high stability ratio. J.Fluid Mech. 321. 315-333 (1996)

é O. P. Singh and J. Srinivasan. Effect of Rayleigh numbers on the evolution of double- diffusive salt fingers. Phys. Fluids 26, 062104 (2014)

۹. هاور کرافت (هوا ناو)

با اسـتفاده از یک سی‌دی و یک بادکنک شده که با لوله‌ای به وسط سی‌دی متصل شده باشد می‌توان مدل ساده‌ای از هاور کرافت سـاخت. هوای خروجی می‌تواند دستگاه را بالا ببرد و آن را روی سطحی با اصطکاک کم شناور سازد. بررسی کنید که متغیرهای وابسته چگونه روی زمان حالت «کم اصطکاک» تأثیر می‌گذارد.

é C. de Izarra and G. de Izarra. Stokes equation in a toy CD hovercraft. Eur. Phys. 32, 89-99 (2011), http://www. rosehulman. edu/~moloney/Ph425/0143-0807- 32-1- 008%20cd%20hovercraft. pdf

é D. Burchil. Cheap- n- cool hovercraft. Phys. Educ. 38, 6, 490 (2003)

۱۰. تیغه‌های علف آوازخوان

با دمیدن بر یک تیغهٔ علف، نوار کاغذ یا مانند آن، می‌توان صدا تولید کرد. این اثر را بررسی کنید.

é C. Eloy, R. Lagrange, C. Souilliez, and L. Schoveiller. Aeroelastic instability of cantilevered flexible plates in uniform flow. J. Fluid Mech. 611,97-106 (2008)

é B. S. H. Connel and D. K. P. Yue. Flapping dynamics of a flag in uniform stream. J. Fluid Mech. 581, 33-67 (2007)

۱۱. سبیل گربه

اولین دیودهای نیم رسانا که به‌طور گسترده در رادیوهای بلوری مورد استفاده قرار می‌گرفتند از یک سیم نازک تشکیل شده بودند که به آرامی یک بلور ماده نیم رسانا (مثلاً گالن) را لمس می‌کردند. دیود «سبیل گربه‌ای» خودتان را بسازید و ویژگی‌های الکتریکی آن را بررسی کنید.

é H. Winfield Secor, Radio Detector Development, The Electrical Experimenter, January, 1917, pages 652+, http://earlyradiohistory. us/1917de. htm

é Build an antique style crystal radio by Ohm, http://www. instructables. com/id/ Buildan- antique-style-crystal- radio/? ALLSTEPS

۱۲. عدسی ضخیم

یک بطری پر از مایع، می‌تواند به‌عنوان عدسی عمل کند. بدیهی است که رها کردن این بطری در یک روز آفتابی روی میز خالی از خطر نیست. آیا کسی می‌تواند از این «عدسی» برای سوزاندن یک سطح استفاده کند؟

é W. F. Long. Thick lenses and Lens systems (drdrbill. com, 2007), www. drdrill. com/ downloads/ optics/ geometricoptics/ Thick- Lenses. pdf

é Thick lens formula (scienceworld. wolfram. com), http:// scienceworld. wolfram. com/Physics/ Thick- Lenses Formula. html

۱۳. آونگ مغناطیسی

با یک آهنربای کوچک آونگی بسازید. اگر این آونگ را در مجاورت یک آهنربای الکتریکی که به جریانی متناوب، با بسامدی بیشتر از بسامد طبیعی آونگ، است قرار دهید می‌تواند به ایجاد نوسان‌های نامیرا با دامنه‌های مختلف منجر شود. این پدیده را مورد مطالعه قرار دهید و درباره آن توضیح دهید.

é The Solarbotics SunSwinger Pendulum, http://content.solarbotics.com/ products/ documentation/ solarbotics-sunswinger- kit- jan082007. pdf

é Perpetual Swinging Pendulum (bowdenshobbycircuits. info), http:// www. bowdenshobbycircuits. info/ swinger. htm

۱۴. دایرهٔ نور

وقتی یک باریکهٔ لیزر بر یک سیم تابانده شود، روی صفحه عمود بر سیم می‌توان دایره‌ای از نور را مشاهده کرد. این پدیده را توضیح دهید و بررسی کنید که چگونه به متغیرهای مربوطه بستگی دارد.

é J. Segal, A. Cedarman, and D. MacIsaac. Diffraction with hair or wire (Buffalo State Univ.), http:// physicsed. buffalostate. edu/pubs/ StudentIndepStudy/ EURP09/Young/ Young. html

é Measuring the diameter of human hair with laser diffraction (stemak. org, 2008), http://stemak. org/sites/ default/ files/Measuring%20the%20diameter%20of%20a%20hair%20using%20a%20laser. pdf

۱۵. بُرس متحرک

شاید برسی که روی یک سطح افقی لرزان قرار دارد شروع به حرکت کند. این حرکت را بررسی کنید.

é Mini brush robot (youtube. com, from ZEUS MEFISTO, 08. 11. 2013), http://youtu.be/IIvs0h- 2XpY

é ROBOT BRUSH- BUILT and ACTION- Toy for Kids! (youtube. com, from The General Expert, 24.03.2012), http://youtu. be/-n-ODRQqWo

۱۶. خیس و تیره

گاه، وقتی لباس‌ها خیس می‌شوند، تیره‌تر به‌نظر می‌آیند یا حتی رنگ آن‌ها اندکی تغییر می‌کند. این پدیده را بررسی کنید.

é J. Lekner and M. C. Dorf. Why some things are darker when wet. Appl. Optics 27, 7, 1278- 1280 (1988)

é Eugene Hecht. Optics (Addison- Wesley Longman, 2002)

۱۷. فنجان قهوه

فیزیک‌دانان دوست دارند قهوه بنوشند، اما قدم زدن بین آزمایشگاه‌ها با یک فنجان قهوه می‌تواند مشکل‌آفرین باشد. تأثیر شکل فنجان، سرعت قدم زدن و دیگر عوامل را روی احتمال ریختن قهوه هنگام راه رفتن بررسی کنید.

é H. C. Mayer and R. Krechetnikov. Walking with coffee: why does it spill? Phys. Rev. E 85, 046117 (2012)

é Yeling Dai. why does coffee spill? (UCSD, 2012), http:// xray. ucsd. edu/ mediawiki/images/1/1d/11-19-12- group-meeting- coffee- spilling. pdf

مرجع ← www. iypt. org

تداخل و قانون پایستگی انرژی

رابرت دروسد[1]
ترجمهٔ احمد توحیدی

در کتاب‌های درسی فیزیک مقدماتی، تداخل عبارت است از فرایند توزیع دوبارهٔ انرژی چشمه‌های موج فضایِ اطراف که از تداخل‌های سازنده و ویرانگر حاصل می‌شود. همان‌طور که انتظار داریم، کُل شار انرژی پایسته می‌ماند. اما، یک حالت ناپایستگی انرژی ظاهری توجه بسیار را به خود جلب می‌کند. تصور کنید یک جفت چشمهٔ موج نقطه‌ای، همدوس (که در یک مکان قرار دارند) امواج سینوسی، با دامنهٔ موج A، تابش می‌کنند که در محیطی یکنواخت پخش می‌شود. همچنین فرض کنید تابش هر دو چشمه همفاز است. چون انرژی نوسان، E، به مربع دامنهٔ موج بستگی دارد، فوراً به یک تعارض ظاهری می‌رسیم. یعنی، انرژی نوسان یک چشمهٔ منفرد در هر نقطه $E=CA^2$ (C ضریب ثابت) است، در حالی که بر پایه اصل برهم‌نهی خطی، مجموع دامنهٔ موج نوسان‌های دو چشمه برابر 2A، و انرژی نوسان‌ها برابر $E=(2A)^2=4A^2=4E$ می‌شود؛ یعنی: چهار برابر (نه دو برابر) بزرگ‌تر از انرژی نوسانی یک چشمهٔ منزوی در نبود چشمهٔ دوم. در حالت کلی، برهم‌نهی دو موج با دامنه موج و طول موج‌های یکسان موجی تولید می‌کند که در همه‌جا شدت آن میان صفر و چهار برابر شدت یک منبع موج منفرد تغییر می‌کند (بستگی به فاز نسبی دارد). این موضوع به یک پرسش واضح می‌انجامد که چگونه می‌توان انرژی اضافی (از دست رفته) را، که ناگزیر نتیجهٔ تداخل همفاز (یا ناهمفاز) موج است، به حساب آورد؟ نقض ظاهری اصل پایستگی انرژی، به برهم‌نهی امواج بستگی دارد که موضوع اصلی این مقاله است.

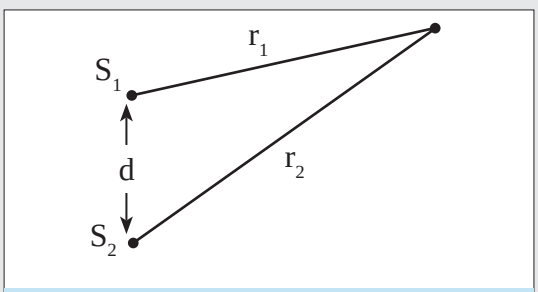
لِوین[1] این تعارض ظاهری را با معرفی امپدانس موج توضیح می‌دهد. این توضیح از نظر فنی درست است، اگرچه بیشتر دانش‌آموزان و معلمان با امپدانس موج آشنا نیستند، و درک این توضیح برای آنان دشوار است. به‌علاوه ٦ سال پس از انتشار مقالهٔ لِوین ماتیوس[2] تلاش کرد تا تعارض بالا را توضیح دهد (در همان مجله بدون نقل قول از لِوین). اما وی به نادرستی اظهار می‌کند که برای هر ناحیهٔ تداخل سازنده، جبران‌کنندهٔ نواحی تداخل ویرانگر وجود دارد که مانع از نقض پایستگی انرژی می‌شوند. برای اینکه این یک خطای کلی است، مثال سادهٔ دو چشمهٔ موج مشابه همفاز را که در یک مکان قرار دارند در نظر بگیرید. آن‌ها در همهٔ مکان‌های اطراف، تداخل‌های سازنده تولید می‌کنند. این واقعیت‌ها نشان می‌دهند که این مسئله به ظاهر پیش‌پاافتاده (ساده) به توضیح واضح و به بحث بیشتری نیازمند است.

تداخل دو منبع موج همفاز تکفام مشابه

تداخل دو چشمهٔ موج همفاز، تکفام و نقطه‌ای مشابه S_2 و S_1 را با طول موج‌های برابر λ در نظر بگیرید (شکل ۱). بیشینه و کمینه‌ها روی هذلولوی‌های دوار اطراف خطی قرار دارند که دو چشمه را به هم متصل می‌کند. شرایط برای بیشینه و کمینه‌ها عبارت‌اند از:

$m\lambda=r_1-r_2$ (بیشینه)

$r_2-r_1=(m+\frac{1}{2})\lambda$ (کمینه)



شکل ۱. تداخل دو چشمهٔ موج نقطه‌ای، تکفام، سینوسی (S1 و S2)

در اینجا r_1-r_2 اختلاف راه دو پرتو و m عدد صحیح است. مقدار کل انرژی که به محیط اطراف دو چشمه منتقل خواهد شد به فاصلهٔ دو چشمه بستگی دارد (نسبت به λ)، همچنین شاید اختلاف فاز میان دو چشمه نیز نقشی داشته باشد.

نخست فرض کنید که دو چشمه کاملاً از هم جدا هستند و به فاصلهٔ ($d\gg\lambda$) از هم قرار دارند. در این حالت، تداخل در بعضی از نواحی سازنده و در بعضی دیگر ویرانگر است. شار کل انرژیِ گذرنده از سطح بسته‌ای که دو منبع S_2 و S_1 را احاطه کرده است در هر زمان تقریباً مساوی مجموع شار انرژیِ هر یک از دو منبع منزوی است. اما این تساوی دقیق نیست. فقط در حالتی که نسبت $\frac{d}{\lambda}$ بزرگ می‌شود مجموع انرژی‌های ناشی از دو چشمهٔ منزوی تقریباً مساوی انرژی خالص انتقال‌یافته از ترکیب دو چشمه است (مرجع ۳ و ٤).

همچنین باید توجه کرد که وقتی فاصلهٔ دو چشمه بزرگ است (در مقایسه با λ)، اختلاف فاز میان دو چشمه تأثیری در مقدار کل انرژی منتقل شده به محیط ندارد.

اکنون حالت حدّی دیگر، $d \ll \lambda$ (یا $r_2 - r_1 \approx 0$) را در نظر بگیرید. در این حالت نوسان‌های دو چشمه عملاً در کلیهٔ نقاط فضا هم‌فازند. در این مورد شدت برایند امواج به‌دست آمده از دو چشمه در هر نقطه از فضا چهار (نه دو) برابر بزرگ‌تر از شدت یک چشمهٔ منزوی است. این نتیجهٔ مستقیم جمع کردن دامنه امواج است، وقتی که آن‌ها در رابطه شدت به توان دو می‌رسند به افزایش شدت با ضریب چهار می‌انجامند. بنابراین، اگر $d \ll \lambda$، شار انرژی از سطح احاطه‌کننده (که شامل دو چشمه است) *تقریباً دوبرابر مجموع هر یک از شارهای انرژی* است که این دو چشمه وقتی *منزوی باشند تولید می‌کنند*.

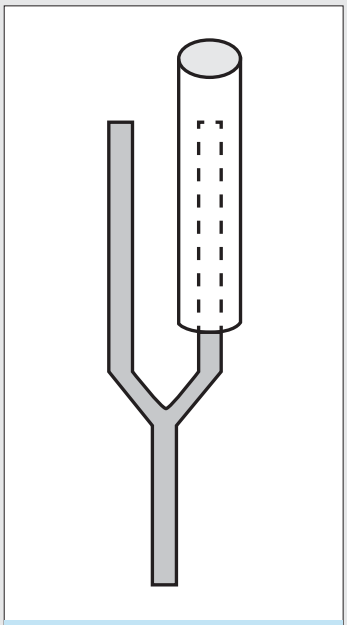
در اینجا باید تأکید کنیم در مورد قانون پایستگی انرژی، نیازی نیست که برابری توان‌های دو چشمهٔ منزوی، وقتی که نزدیک یکدیگر قرار دارند، با هم مقایسه شوند. در واقع، دو چشمه موج هم‌فاز وقتی که نزدیک یکدیگر قرار دارند ($d<\lambda$) توان بیشتری تولید می‌کنند، زیرا اکنون مانند یک چشمهٔ منفرد با دامنه موج 2A هستند. این افزایش توان تابش قانون پایستگی انرژی را نقض نمی‌کند بلکه ناشی از *کار اضافی* در ژنراتور موج برای تولید دامنه موج 2A برای نوسان‌های ترکیبی دو چشمه همفاز نزدیک به هم است. برای دست یافتن به دامنه نوسان اضافی، چشمه‌های موج باید توان بیشتری از منابع تغذیه دریافت کنند. اگر منابع تغذیه نتوانند توان اضافی را تولید کنند، دامنه موج ترکیبی هرگز مقدار 2A دست نمی‌یابد.

حالت مهم دیگر، دو چشمهٔ موج به فاصلهٔ نزدیک‌اند که ناهمفاز باشند. اگر آن‌ها منزوی بودند، هر چشمه انرژی خالصی تولید و به محیط منتقل می‌کرد، اما وقتی که هر دو چشمه در یک مکان قرار می‌گیرند، انتظار داریم هیچ انرژی‌ای به محیط منتقل نشود. هر چشمه هیچ کاری انجام نخواهد داد (به علت دامنه صفر برهم‌نهی نوسان‌ها) و در نتیجه هیچ مقدار انرژی از عامل محرکشان برداشت نخواهند کرد. یک بار دیگر قانون پایستگی انرژی نقض نشده است.

تداخل امواج صوتی

استفاده از تداخل امواج صوتی مثال مناسبی است. آزمایش‌های زیر به لحاظ کیفی افزایش (یا کاهش) توان تابشی دو چشمه که در فاصله نزدیک به هم قرار گرفته‌اند و دوبرابر شدن آن را در مقایسه با یک چشمهٔ منفرد منزوی تأیید می‌کنند.

نوسان شاخه‌های یک دیاپازن ساده را در نظر می‌گیریم. توان منتقل شده از نوسان‌های یک دیاپازن اساساً اندک است زیرا شاخه‌های دیاپازن به‌صورت ناهم‌فاز نوسان می‌کنند. اگر فاصله بین شاخه‌ها بسیار کمتر از طول موج دیاپازن باشد، برای همهٔ نقطه‌های اطراف دیاپازن تداخل *ویرانگر* است. چون فاصله میان شاخه‌ها گرچه کوچک، اما صفر نیست، تداخل کاملاً ویرانگر نیست (به‌طور کلی به همین علت است که اصلاً می‌توانیم صدای دیاپازن را بشنویم). اما انتظار داریم شدت صوت یک دیاپازن با دو شاخه از یک دیاپازن تَک شاخه کمتر باشد. این موضوع را می‌توان با قرار دادن یک لوله مقوایی روی یک شاخه دیاپازن که مانع از انتشار موج از آن شود به آسانی تأیید کرد (شکل ۲ سر لوله بسته است). این باعث افزایش شدت صوت می‌شود که می‌توان آن را صرفاً با گوش کردن تأیید کرد. این آزمایش به‌طور کیفی تأیید می‌کند که برای یک دیاپازن بیشتر تداخل، ویرانگر است. این نکته را می‌توان با توجه به کاهش دورهٔ نوسان‌های دیاپازن وقتی لوله مقوایی فقط یک شاخه آن را احاطه کرده بیشتر احساس کرد. چون از تداخل ویرانگر جلوگیری شده است، *توان بیشتری* به هوا منتقل شده است و انرژی مکانیکی دیاپازن نوسان‌کننده سریع‌تر کاهش می‌یابد. بدون لوله مقوایی، تداخل عمدتاً ویرانگر آهنگ انتقال انرژی در هوا را محدود می‌کند، و بنابراین چشمهٔ موج برای مدت طولانی‌تری انرژی مکانیکی خود را حفظ می‌کند. این وضعیت در توانایی دیاپازن برای تولید صدا برای مدت بیشتری که ما به آن عادت کرده‌ایم تأثیر می‌گذارد. این واقعیت که تداخل ویرانگر میان دو چشمهٔ موج باعث *طولانی‌تر شدن مدت* نوسان‌ها می‌شود معقول‌تر به‌نظر نمی‌رسد، اما با مثال زیر تأیید می‌شود.



شکل ۲. یک دیاپازن با استوانهٔ مقوایی روی یکی از شاخه‌هایش در مقایسه با دیاپازنی بدون استوانه مقوایی در هر نقطه از فضا شدت صوت بزرگ‌تری تولید می‌کند.

اگر شاخه‌های دیاپازن می‌توانستند همفاز نوسان کنند، مدت نوسان‌ها کاهش می‌یافت.

به همین دلیل است که پیانوها با تعداد زیادی سیم دوتایی (در بعضی موارد سه‌تایی) طراحی می‌شوند. مدت تداوم صوت هم‌فاز ارتعاش‌های آزاد چندین سیم مشابه پیانو که نزدیک هم قرار دارند (و تداخل سازنده تولید می‌کنند) کوتاه‌تر از مدت تداوم یک تار منزوی است. این دال بر آن است که توان تولیدی از یک جفت تار همفاز بیش از دوبرابر یک تار مرتعش منزوی است. انرژی مکانیکی اولیه سریع‌تر به نوسان‌های صوتی تبدیل می‌شود.

تحلیل کیفی

لیپ شیتز و اندر کوی[۳] در مورد تداخل دو بلندگو بررسی مفصلی انجام داده‌اند. نویسندگان مقاله ارتباط کل توان انرژی تابشی دو بلندگوی مشابه همسان‌گرد را برحسب فاصلهٔ بین

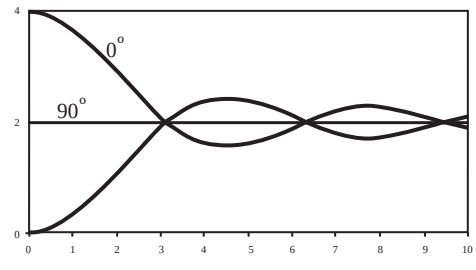
آن‌ها به‌دست آورده‌اند.

$$P = P_0\left[1+\frac{\sin(kd)}{kd}\cos\theta\right] \quad (1)$$

در این رابطه P_0 کل توان تابشی یک بلندگوی منزوی است (یعنی جمع توان در همهٔ جهت‌ها)، $k=\frac{2\pi}{\lambda}$ عدد موج و θ اختلاف فاز نوسان‌های دو چشمهٔ S_1 و S_2. رابطه (۱) نشان می‌دهد که کل توان تابشی دو بلندگوی هم‌فاز ($\theta=0$) که در یک مکان قرار دارند ($d=0$) چهار برابر کل توان یک بلندگوی منزوی است ($P=4P_0$). این واقعیت را گندر[4] و ارگل[5] با آزمایش تأیید کرده‌اند. چنانکه انتظار داریم با توجه به رابطه (۱) برای اختلاف فاز $\theta=\pi(180^\circ)$ و $d=0$ کل توان تابشی مساوی صفر است ($P=0$).

اکنون حالتی را در نظر بگیرید که فاصله دو چشمه قابل ملاحظه باشد ($d\gg\lambda$ یا $kd\gg1$). توان تابشی بدون توجه به اختلاف فاز θ مساوی دوبرابر توان یک تابشگر (منزوی) است ($P=2P_0$). شکل گزاره‌های بالا را به‌خوبی نشان می‌دهد. شکل ۳ تأیید می‌کند کل توان تابشی یکپارچه *فقط* وقتی که آن‌ها در فاصلهٔ کم از یکدیگر قرار دارند ($d\ll\lambda$) شدت تابع به اختلاف فاز است. برای فاصله‌های بزرگ‌تر از این مقدار کل توان یکپارچه دو چشمه همیشه (بدون توجه به اختلاف فاز) برابر $2P_0$ است.

وقتی که فاصله چشمه‌ها بسیار کمتر از طول موج باشد، در واقع کل توان یکپارچه می‌تواند به بزرگی $4P_0$ (یا به کوچکی صفر) باشد که با اصل پایستگی انرژی ناسازگار نیست. این پدیده را می‌توان با تأثیر قابل توجه نوسان‌های فشار هوای نزدیک چشمه اول روی فشار هوای نزدیک چشمهٔ دوم توضیح داد. در این حالت دیافراگم (غشاء) بلندگو با دامنه متفاوت نوسان می‌کند. (بنابراین مقدار کار متفاوتی روی هوا انجام می‌دهد) که ناشی از نزدیکی با بلندگوی دیگر است. انگبرستان[6] این پدیده‌ها را به‌صورت تأثیر امپدانس محیط روی توان تابش توضیح می‌دهد.



شکل ۳. نمودار نسبت به هنجار شده $\frac{P}{P_0}$ توان تابشی دو چشمه موج صوتی همفاز برحسب پارامتر $k_0d=2\pi\frac{d}{\lambda}$ برای زوایای 0°، 90° و 180° - اختلاف فاز نوسان‌های چشمه‌های صوتی - (P_0 توان تابشی دو منبع موج صوتی و P_0 توان شنیداری یک منبع صوتی منزوی است، یعنی P_0 توان ... تولید شده فقط به‌وسیلهٔ یک چشمه در نبود چشمه دیگر با همان دامنه نوسان‌ها به‌عنوان نوسان‌های جفت شده است.)

نتیجه‌گیری

اصل برهم‌نهی برای تداخل دو چشمهٔ موج همدوس، همفاز و مشابه که نزدیک یکدیگر قرار گرفته‌اند در مقایسه با توان یک چشمهٔ موج منزوی (P_0) به افزایش چهار برابری ($4P_0$) می‌انجامد. چون دو چشمه همفازند برای همه نقاط فضا تداخل سازنده روی خواهد داد. اما، در حالتی که منابع موج همفاز به‌طور قابل ملاحظه‌ای از یکدیگر دور باشند ($d\gg\lambda$)، نواحی جداگانه‌ای با تداخل‌های سازنده و ویرانگر به‌وجود می‌آید که باعث می‌شود کل توان تابش شده دوبرابر کمتر از حالتی باشد که منابع نزدیک یکدیگر قرار دارند ($d\ll\lambda$) یعنی $2P_0$. این برخلاف اصل پایستگی انرژی نیست. وقتی $d\gg\lambda$، چشمه‌های موج با هم جفت می‌شوند و نوسان‌هایی با دامنه بزرگ‌تر تولید می‌کنند (بنابراین کار بیشتری نسبت به وقتی که چشمه‌ها کاملاً جدا از یکدیگر باشند انجام می‌دهند). برای چشمه‌های موج نزدیک به یکدیگر برهم‌نهی نوسان‌های دو چشمه هم‌فاز بدون برداشت انرژی بیشتر از نوسانگرهایشان به سادگی امکان ندارد. به عبارت دیگر، دو چشمه همفاز وقتی نزدیک یکدیگر باشند باید کار بیشتری انجام دهند. بنابراین تعارض خاستگاه توان «اضافی» برای این حالت حل می‌شود. به همین ترتیب، دو چشمهٔ نزدیک به هم اما ناهم‌فاز کار کمتری (با جابه‌جایی کمتر) انجام می‌دهند که کل توان «از دست‌رفته» را توضیح می‌دهد. در رابطه، $E_0=CA^2$، C بستگی به عبارت زیر دارد

$$\left[1+\frac{\sin(kd)}{kd}\cos\theta\right]$$

C به ویژگی‌های دینامیکی محیط بستگی دارد، که آن‌ها هم به نوبهٔ خود تابعی از فاصله (نسبت به طول موج) میان منابع نوسان‌کننده هستند. با توجه به رابطه (۱) دیده می‌شود که فقط برای دو چشمه که در فاصلهٔ بسیار زیاد از هم قرار گرفته‌اند این ضریب تناسب مستقل از d است. بنابراین، اختلاف امپدانس‌های یک چشمهٔ منزوی با دو چشمه که نزدیک هم قرار دارند وجود دارد. برای مثال، دو چشمهٔ همفاز را که در یک مکان قرار دارند را در نظر بگیرید. C در این حالت دوبرابر حالت یک چشمهٔ منزوی است. بنابراین، توان تولید شده به‌وسیلهٔ هر چشمه دوبرابر بزرگ‌تر از توان یک چشمهٔ منزوی و توان تولید شده به‌وسیلهٔ یک جفت چشمهٔ هم‌فاز (تقریباً نزدیک به هم)، چهاربرابر بزرگ‌تر از توان یک چشمهٔ منزوی است. این موضوع توضیح ریاضی تعارض ظاهری است که در آغاز مقاله توصیف شد.

به‌طور کلی، جمع دامنه‌های موج دو قطار موج کروی مشابه (با مراکز متوازن و فاز نسبی اختیاری) به طرح‌های تابشی می‌انجامد که کل توان آن‌ها میان صفر و چهاربرابر توان یکی از چشمه‌های منفرد است. در حالتی که فاصله مراکز موج‌ها نزدیک به هم باشند، و اختلاف راه‌ها کسر کوچکی از طول موج باشد، توان خالص تولید شده به فاز نسبی چشمه‌ها و نسبت فاصلهٔ آن‌ها به طول موج بستگی اساسی دارد. در پایان، حالتی را در نظر بگیرید که مراکز موج‌ها در فاصلهٔ زیادی از یکدیگر قرار دارند، آن‌ها طرح‌هایی تولید می‌کنند که شامل چندین گروه چندگانه از تداخل‌های سازنده و ویرانگر است. در این شرایط کل توان دوبرابر توان یک چشمه منفرد است. سرانجام، هیچ تعارضی در پایستگی انرژی هنگام برهم‌نهی امواج وجود ندارد، اما مسیر درک و شناخت این نتیجه بسیار پیچیده‌تر از آن است که در اصل انتظار می‌رفت.

پی‌نوشت‌ها

* Inter ference and The Law of Energy Conservation

1. Levine
2. Mathews
3. Vanderkooy Lipshitz
4. Gander
5. Eargle
6. Engebretson

مرجع

The Physics Teacher, Vol 52, octoBer 2014.

منبع

Robert Drosd and Leonid Minkin/ Alexander S. Shapovalov/ The Physics Teacher/ Vol/ 52/ october 2014/ PP428-430

قسمت اول

شناوری، وزن مخصوص و ترازوی حکمت خازنی

غلامحسین رحیمی
استادبخش مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

مقالهٔ حاضر به موضوع مهم شناوری اجسام در مایعات و نحوهٔ محاسبهٔ وزن مخصوصِ آلیاژها یا همبسته‌های فلزیِ مبتنی بر قانون شناوری، با استفاده از ترازوهای آبی و به‌ویژه ترازوی حکمت مندرج در کتاب میزان‌الحکمة خازنی، می‌پردازد.

برای این منظور، ابتدا شرح حال خازنی، فیزیک‌دان و منجم برجستهٔ تمدن اسلامی و شاهکار وی کتاب میزان‌الحکمة، به اختصار معرفی می‌شود. در بخش بعد انواع ترازوهای معرفی شده در میزان‌الحکمة که توسط دانشمندان قبل از خازنی مانند ارشمیدس، زکریای رازی، و ابوریحان بیرونی ساخته شده و برای اندازه‌گیری وزن مخصوص اجسام به‌کار می‌رفته، معرفی و به اختصار توصیف و تحلیل علمی می‌شوند. در نهایت، ترازوی حکمت خازنی و ویژگی‌های ممتاز آن معرفی می‌گردد و یکی از کاربردهای آن، یعنی روش تشخیص یک همبستهٔ دوفلزی با استفاده از ترازوی حکمت خازنی، مورد تحلیل علمی قرار می‌گیرد.

کلیدواژه‌ها: شناوری، وزن مخصوص، ترازوی حکمت خازنی

۱. سابقه

۱-۱ خازنی

ابوالفتح عبدالرحمان، معروف به خازنی، متوفی حدود ۵۱۵ ه.ق تا ۵۳۰ ه.ق (۱۱۱۵- ۱۱۳۰ م) یکی از دانشمندان برجسته در تمدن اسلامی، در حوزه‌های مختلف علوم مانند فیزیک، نجوم، شیمی و ریاضی است.

نقل است که بعد از پیروزی سلجوقیان بر امپراتور بیزانس، رومائوس چهارم، خازنی به دست ترک‌های سلجوقی اسیر و به‌عنوان برده به مرو برده شد. ارباب خازنی، یعنی شیخ عمیدابوالحسن علی‌ابن محمدخازن، بهترین امکانات و فرصت‌ها را برای آموزش او در رشته‌های مختلف علمی از جمله نجوم، طبیعیات، ریاضیات و فلسفه در اختیار وی قرار داد. از آن پس وی با توجه به نام ارباب خود خازن، خازنی نامیده شد. گفته می‌شود او شاگرد حکیم عمر خیام، ۴۳۹ ه.ق تا ۵۱۷ ه.ق (۱۱۳۱-۱۰۴۸ م) نیز بوده است که در آن زمان در مرو زندگی می‌کرد. از زندگی خازنی اطلاعات اندکی در دست است. در هر حال، آنچه قطعی است، وی در مرو، در ولایت خراسان بزرگ از ایران آن روز، که هم‌اکنون در ترکمنستان واقع است، زندگی می‌کرد و به‌عنوان منجم، طبیعی‌دان و مخترع دستگاه‌های علمی شناخته می‌شد. بعداً خازنی یکی از دانشمندان دربار سلطان احمد سنجر سلجوقی شد و تحت حمایت دودمان سلجوقی زندگی و فعالیت کرد. زندگی وی به سادگی می‌گذشت. مشهور است که وی هدیهٔ ۱۰۰۰ دیناری امیر یا همسر او را رد کرد، حال آنکه زندگی وی با ۳ دینار در سال می‌گذشت.[1] قطب‌الدین شیرازی از رصد دقیق خازنی در اندازه‌گیری میل کلی یاد کرده است.[2] به‌هر حال، خازنی سهم عمده‌ای در فیزیک و نجوم عصر خود داشت و بزرگ‌ترین دانشمند مرو محسوب می‌شد.

تألیفات: خازنی آثار متعددی دارد از جمله:

۱. زیج معتبر سنجری یا «زیج معتبر سلطانی». وی این زیج را به‌نام سلطان سنجر سلجوقی تألیف کرد. نسخه‌ای از زیج سنجری به شمارهٔ ۶۸۲ که به سال ۶۳۱ در موصل نوشته شده است در کتابخانهٔ مدرسهٔ عالی شهیدمطهری نگهداری می‌شود.

۲. رساله فی‌الالات العجیبه. در این رساله وسایل متعددی از قبیل پرگار (فرجاد)، آلت ذات الثقبتین، ربع[۳]، اسطرلاب و مانند آن‌ها توصیف و نحوهٔ استفاده از آن‌ها بیان شده است. نسخه‌ای از این رساله در کتابخانهٔ مسجد سپهسالار به شمارهٔ ٦٨١- ٦٨٢ موجود است. این رساله دارای هفت بخش است که هر بخش به‌وسیله‌ای خاص اختصاص یافته است.

۳. رسالهٔ اعتبار، که در چگونگی اعتبار مواضع سیارات نوشته شده است.

٤. کتاب ترکیب الافلاک و الکرة السّماویه

٥. شرح صدر المقاله العاشره من کتاب اقلیدس

٦. البرهان علی الشکل السابع من کتاب بنوموسی

۷. خازنی رسالهٔ مختصری دارد به‌نام «مقاله فی اتخاذ کره تدور بذاتها» که در آن دستگاه اختراعی وی کره‌ای که به‌طور خودکار به‌گونه‌ای دوران می‌کند که حرکت آن مساوی حرکت فلک است، تشرح شده است.

و چند کتاب دیگر.

در نهایت، باید از کتاب ارزشمند او «میزان الحکمه» نام برد که در زیر جداگانه معرفی می‌شود.

۱-۲. کتاب میزان‌الحکمه

شهرت خازنی به دو اثر مهم وی مربوط می‌شود؛ یکی کتاب زیج سنجری و دیگر کتاب میزان‌الحکمه، که دومی در حدود سال ٥۲۰ هجری (۱۱۲۲ م) کامل گردیده است.

خازنی کتاب میزان‌الحکمه را برای سلطان‌سنجر سلجوقی نوشت. حداقل چهار نسخهٔ کامل از کتاب باقی مانده است که سه نسخهٔ آن مستقل از هم هستند. متن عربی تصحیح شدهٔ آن در هند به چاپ رسیده است (خازنی، ۱۳٥۹ ه.) [۱]. همچنین در مصر، زیر نظر دکتر منتصرمحمود مجاهد، توسط الهیئة المصریه العامّه للکتاب، به چاپ رسیده است.[٤] بخش‌هایی از این کتاب نیز که در قرن هفتم هجری به زبان فارسی ترجمه شده بود در ایران، با تصحیح محمدتقی مدرس‌رضوی، در سال ۱۳۳۲ به چاپ رسیده است (خازنی، ۱۳٤٦ ش.) [۲]. بخشی از میزان‌الحکمه توسط خانیکف فرستادهٔ روسیه، در اواسط قرن نوزدهم به انگلیسی ترجمه شد[٥] [۳]. در سال ۲۰۰۸ خانم فایزه بانسل[٦] پایان‌نامهٔ مقطع دکترای خود را که شامل ترجمه و شرح شش مقالهٔ اول میزان‌الحکمه به زبان فرانسه بود، در فرهنگستان علوم تونس به چاپ رساند.

خازنی گفته است که وی کتاب را به سه بخش (ثلاثه قسم) تقسیم کرده است. **بخش اول** موضوعات عمومی و اساسی مانند سبکی و سنگینی، مراکز ثقل، غوطه‌وری و شناوری، سازوکار ترازوها و قپان (قفان) و نحوهٔ وزن کردن اجسام در هوا و در آب، نسبت بین فلزات و سنگ‌های قیمتی برحسب حجم، و نیز نظرات پیشینیان دربارهٔ ترازوی آبی.

در **بخش دوم** سازوکار ترازوی حکمت و نحوهٔ آزمایش آن مورد بحث واقع شده است. تعادل و نحوهٔ برقراری آن، استفاده از ترازو برای تشخیص اجرام تشکیل‌دهندهٔ یک سنگ قیمتی بدون ذوب کردن، تشخیص سنگ‌های قیمتی و تمایز بین خالص بودن و ناخالصی آن‌ها.

بخش سوم دربارهٔ چند نوع ترازوست. ترازو برای وزن کردن درهم و دینار بدون وزنهٔ تعادل، ترازو برای هم‌سطح‌سازی زمین در یک سطح افقی، ترازویی به‌نام قسطاس المستقیم که یک حبه یا هزار درهم یا دینار را به‌وسیلهٔ سه رمانه وزن می‌کند و ترازوی زمانی که ساعات شب و روز را می‌توان از آن فهمید و حتی کسرهایی از ساعت، مانند دقیقه و ثانیه و نظایر آن را می‌توان مشخص کرد.

با توجه به توضیح فوق، کتاب میزان‌الحکمه شامل سه بخش اصلی، و جمعاً در هشت مقاله، است. هر مقاله نیز دارای تعدادی باب و هر باب دارای تعدادی فصل است. بدین ترتیب، در مجموع، کتاب حاوی هشت مقاله، چهل‌ونه باب و صدوهفتادویک فصل است.[۷]

برخی از مباحث کتاب: کتاب از نظر اطلاعات تاریخی (تاریخ علم) بسیار ذی‌قیمت است. خازنی با مطالعهٔ دانش و روش پیشینیان خود، ثبت دقیقی از مشارکت علمی آن‌ها را به‌دست می‌دهد که می‌توانست مجهول و یا مفقود بماند. در بحث و بررسی در خصوص نظریه‌های مربوط به مرکز ثقل، خازنی به‌طور مشخص ناتوانی یونانیان را در تمایز قایل شدن بین نیرو[۸]، جرم[۹] و وزن[۱۰] نشان می‌دهد. وی آگاهی کامل خود را از **وزن هوا** و کاهش چگالی آن با افزایش ارتفاع به‌خوبی آشکار می‌سازد [٤].

یکی از مهم‌ترین بخش‌های کتاب مشتمل بر مباحث هیدرواستاتیک، ترازوی آبی- که خازنی خودش اختراع کرده و به‌کار گرفته است- نحوهٔ ساخت، استفاده و تشریح مبانی علمی آن است. همچنین، کتاب مشتمل بر توصیف ترازوهایی است که دانشمندان قبل از وی ساخته‌اند.

رابرت هال[۱۱] می‌نویسد: «ترازوی هیدرواستاتیک خازنی شکی باقی نمی‌گذارد که وی به‌عنوان سازندهٔ ابزار علمی، یکی از بزرگ‌ترین دانشمندان تجربی محسوب می‌گردد». [٤]

بیرونی و خازنی را باید نخستین دانشمندانی دانست که آزمایش‌های علمی را در حوزه‌های استاتیک و دینامیک و به‌ویژه اندازه‌گیری وزن مخصوص اجسام به‌کار گرفتند. به‌ویژه خازنی و شاگردان دانشمندان پس از او استاتیک و دینامیک را به مثابهٔ بخش‌های اصلی مکانیک با یکدیگر تلفیق کردند. آن‌ها حوزه‌های هیدرواستاتیک را با دینامیک ترکیب کردند که از آن‌ها هیدرودینامیک متولد شد. همچنین اولین دانشمندانی بودند که نظریهٔ مرکز ثقل را تعمیم دادند و برای اولین‌بار آن را برای اجسام سه‌بعدی به‌کار گرفتند. تعریف دقیق وزن مخصوص را نخستین‌بار خازنی در کتاب میزان‌الحکمه ارائه داد. خازنی مانند **کوهی** و **ابن‌هیثم** که قبل از وی می‌زیستند، در پی متحد کردن دو مفهوم جاذبه[۱۲] در ارتباط با مرکز عالم[۱۳] و در ارتباط با محور تعلیق اهرم[۱٤] بود.

وی نخستین فردی نیز بود که قضیهٔ زیر را بیان کرد:

«برای هر جسم سنگین[۱٥] با وزن معین، که در فاصلهٔ معینی

شهرت خازنی به دو اثر مهم وی مربوط می‌شود؛ یکی کتاب زیج سنجری و دیگر کتاب میزان‌الحکمه، که دومی در حدود سال ٥۲۰ هجری (۱۱۲۲ م) کامل گردیده است

ترازووسیله‌ای مکانیکی‌است متشکل‌از یک اهرم یا تیرعمودی که به آن یک یا چند کفه، یک یا چند وزنه (ثابت یا لغزنده)متصل است

از مرکـز عالم (زمیـن) قرار دارد، جاذبهٔ آن وابسـته به دوری از مرکز عالم اسـت. به‌عبارت دیگر، جاذبهٔ اجسام متناسب با فواصل آن‌ها از مرکز عالم (زمین) تغییر می‌کند.»

خازنـی، در حوزه‌هـای اسـتاتیک[16] و هیدرواسـتاتیک از یافته‌های **بیرونی** و **اسفزاری** بهره برد و به‌ویژه با استفاده از ابزارهای بیرونی، آزمایش‌های متعددی با فلزات[17] و سنگ‌های قیمتی[18] انجام داد. وی وزن مخصوص دقیق اجسـامی مانند نمـک[19] و کهربا[20] و نظایر آن را نیز اندازه گرفت. به‌طوری که مقادیر حاصل از آزمایش‌های وی تفاوت بسیار اندکی با مقادیر امروزین آن‌ها دارد. به‌علاوه، وی توانسـت نشـان دهد که آب چه در نقطهٔ انجماد و چه نزدیک دمای جوش چگالی کمتری از آب در دمای متوسـط دارد. او هم‌چنین مشـاهده کرد که شـناوری[21] در هوا باید مقدار وزن جسم را که در آن غوطه‌ور است، متأثر سازد.

خازنـی در کتاب میزان‌الحکمه با جزییات به توزین دقیق و محاسبهٔ وزن مخصوص اجرام می‌پردازد و در خصوص جاذبه، شناوری[22] و زمین‌پیمایی[23] نیز به بحث می‌نشیند.

عمـدهٔ مباحث خازنی، بـه مبحث هیدرواسـتاتیک به‌ویژه محاسـبهٔ وزن‌هـای مخصوص اختصاص یافته اسـت. خازنی وسایلی را که برای اخذ نتایج دقیق مورد نیازند به‌طور مفصل توصیف می‌کند.

خازنـی ترازوی خود را برای مقاصـد مختلف، از وزن کردن مرسـوم، تا تعییـن وزن مخصوص[24]، تعییـن ترکیب آلیاژها (هم‌بسته‌ها)، تغییر درهم به دینار و عملیات متعدد دیگر به‌کار می‌گیرد. دقت زیاد و تا حدی افراط‌گونهٔ خازنی در آماده‌سازی وسـایل و مواد خود و در کاربردهـای متعدد ترازوی خویش، کتـاب او را در حد یکـی از بهترین نمونه‌های علمی- تجربی ارتقا داده است.

ترجمـهٔ میزان‌الحکمـه: همان‌گونه که گفته شـد کتاب «ترجمهٔ میزان‌الحکمه»، برگردان گزیده‌هایی از میزان‌الحکمه عربی به فارسـی است که مترجم به تشـخیص خود آن‌ها را انتخاب کرده است. از مقدمهٔ کتاب می‌توان دریافت که ترجمه در اواخر قرن هفتم تا اواخر قرن هشـتم انجام شده است: «و قرب سیصد سـال گذشت تا از محامد سـبکتکین رحمه‌الله داستان می‌گویند»[25]

رئوس مطالب ترجمهٔ میزان‌الحکمه به قرار زیر است:

الـف. ملاحظـات عمومی در خصـوص فایده‌های تـرازو و منفعت‌هـای ترازوی حکمت، مبـادی دانش ترازوها و معرفی ترازوی آبی؛

ب. مباحثی دربارهٔ مرکز ثقل اجسـام و سبکی و سنگینی و وزن اجرام؛

پ. حرکت اجسام در مایعات؛

ت. چگالی و وزن مخصوص فلزات و اجرام قیمتی؛

ث. جاذبهٔ عمومی؛

ج. معرفی ترازوهایی که توسط دانشمندان پیشین ساخته و به‌کار گرفته شده است، مانند ترازوهایی که ارشمیدس، رازی، بیرونی، خیام و اسفزاری ساخته بوده‌اند.

چ. معرفی ترازوی حکمت؛

ح. شـرح کلمات و مفاهیمی که در حوزهٔ دانش مورد بحث استفاده می‌شوند. البته این بخش را مترجم، خود افزوده است.

همان‌طور که اشـاره شـد، مترجم، مباحث خاصی را برای ترجمـه انتخاب کرده اسـت که به‌نظر می‌رسـد تنها از نظر خودش مهم تلقی می‌شـده اسـت، زیرا ابواب متعددی که از نظـر علمی دارای غنای فراوان هسـتند از قلم افتاده اسـت. برای مثال توضیح مفصل خازنی در بخش‌های انتهایی کتاب اصلـی، در خصوص طراحی، سـاخت و اسـتفاده از ترازوی حکمت، به استثنای بخشی از صنعت میزان‌الحکمه، تماماً در ترجمه نیامده است. در هر حال، برای علاقه‌مندانی که امکان دسترسـی به اصل کتاب و اسـتفاده از متن عربی را ندارند، همین ترجمهٔ در دسـترس نیز حاوی نـکات فراوان علمی و فنی است.

باید یـادآوری کنیم کـه مصحح در مقدمـهٔ کتاب ترجمهٔ میزان‌الحکمه توضیحاتی درخصوص شـرح حـال، آثار و نیز تحلیـل آرای تعـدادی از مورخان علـم در خصوص نظریات علمی خازنی آورده است که اگرچه مفید ولی در برخی موارد دارای نقص یا اشکال جدی است. برای جبران این نقیصه اشاره می‌کنیم که مقالهٔ «خازنی» از زندگی‌نامهٔ علمی دانشـمندان اطلاعـات مفیدی در خصوص خازنـی و کتاب میزان‌الحکمه دارد که می‌تواند مورد اسـتفادهٔ علاقه‌منـدان قرار گیرد [٤]. البته، شـکل ترازوی حکمت در مقالهٔ فوق غلط ترسـیم شده است. مقالهٔ ترازو از دانشنامهٔ جهان اسلام نیز مطالب مفیدی در خصـوص بحث ترازو، به‌ویژه تـرازوی حکمت خازنی دارد که برای علاقه‌مندان به موضوع مفید اسـت [٥]. در هر حال، اشـتباه مقالهٔ [٤] در خصوص شـکل ترازوی حکمت در این مقاله نیز عیناً تکرار شده است.

۲. ترازوها

ترازو وسـیله‌ای مکانیکی است متشـکل از یک اهرم یا تیر عمـودی که به آن یک یا چند کفه، یک یـا چند وزنه (ثابت یا لغزنده) متصل است. همچنین، ترازو معمولاً دارای شاهین یا زبانه و حداقل یک نقطهٔ تکیه‌گاهی اسـت. اسـاس کارکرد ترازوهای مکانیکی بر اصل اهرم‌ها است و ترازوی آبی از ترکیب اصول اهرم‌ها و شـناوری بهره می‌گیرنـد. خازنی ترازو را ابزار اندازه‌گیری وزن، وزن مخصوص و نیز تعیین مشخصات مرتبط بـا وزن و ترکیب وزنی هم‌بسـته‌ها تعریـف می‌کند. علاوه بر این، خازنی ترازو را وسـیله‌ای برای برقراری عدل در معاملات می‌داند.

در خصوص سابقهٔ ترازوها در ایران باستان وولف می‌نویسد: «به‌کار بردن سـنگ‌ها (وزنهٔ) اسـتاندارد شده سابقهٔ طولانی در ایـران دارد. در زمان شاهنشـاهی داریـوش (۵۲۱- ۴۸۵

پیش از میلاد) دستگاه کامل وزنه‌های استاندارد شده در ایران وجود داشت. در سال ۱۹۳۷ ا. اف. اشمیت استاد مؤسسهٔ خاورشناسی دانشگاه شیکاگو یک سنگ ترازوی سبز خاکستری‌رنگ صیقلی‌شده از نوعی سنگ متبلور بومی را که سه جور خط روی آن نگاشته شده بود از زیر خاک بیرون آورد. ترجمهٔ خط باستانی پارسی آن این‌گونه آغاز می‌شود: «۱۲۰ کرشه. من داریوش شاه بزرگ هستم...» و مطالب دیگر که از ذکر آن خودداری می‌کنیم. طبق خط بابلی وزن سنگ مذکور ۲۰ مینه Mine است. این نمونه سنگ استانداردشده ۹۹۵۰ گرم وزن دارد که اگر گوشه‌هایی را که از آن پریده است به آن اضافه کنیم هر مینه درست ۵۰۰ گرم وزن خواهد داشت.»[۲۶] [٦]

همان‌گونه که اشاره شد دانشمندان مسلمان آثار متعددی در خصوص ترازو و علم توزین نوشته‌اند که تعدادی از آن‌ها بر جای مانده است، به‌گونه‌ای که تقریباً برای خود یک گرایش یا شاخهٔ علمی خاص پدید آورده است. ترازویی که به نحو گسترده در سرزمین‌های اسلامی در قرون میانه استفاده می‌شد یک ترازو با دو بازوی برابر بود که عمدتاً از مس ساخته می‌شد. ترازوهای ظریفی نیز برای طلا و جواهرات ساخته می‌شد. ترازوهایی بسیار بزرگ را بازرگانان، برای توزین غلات، چوب، پنبه و نظایر آن مورد استفاده قرار می‌دادند؛ از جمله نوعی ترازو بود که قرسطون یا قپان[۲۷] نامیده می‌شد و به‌نحو وسیع استفاده می‌گردید. قرسطون یا قپان با یک وزنهٔ لغزنده، روی بازوی قپان، از دوران قدیم استفاده می‌شده است. قپان شامل یک اهرم یا یک میلهٔ عمودی است که با دسته‌ای آویزان شده و به دو بازوی نابرابر تقسیم شده است. مرکز ثقل دستگاه زیر نقطهٔ تکیه‌گاهی[۲۸] قرار دارد. عموماً به بازوی کوتاه‌تر یک کفه یا پیمانه مدرج آویخته است که در آن جسمی که باید وزن شود قرار می‌گیرد و یا اینکه جسم مورد نظر از یک قلاب[۲۹] آویخته می‌شود. شاهین وزنه[۳۰] (رومانا)، در امتداد بازوی بلندتر تا رسیدن به تعادل حرکت داده می‌شود. این بازو که عموماً میله‌ای با سطح مقطع مستطیلی[۳۱] است، دو وزنه یا کفهٔ متقارن را که در امتداد و ضلع مقابل هم قرار گرفته، تحمل می‌کند. با توجه به اینکه قپان می‌تواند با دو قلاب آویخته شود، برای آن دو درجه‌بندی[۳۲] مستقل وجود دارد [۵ و ۷].

از انواع دیگر ترازو، ترکیب ترازوی معمولی و قپان به شکل یک ترازو با بازوی برابر و وزنهٔ متحرک است. مثالی از این وسیله، ترازوی ارشمیدس است که توسط خازنی بر طبق تعریف مِنلائوس توصیف شده است (خازنی [۱ و ۲]). به دو بازوی برابر دو کفهٔ ثابت آویخته شده است. هیچ‌کدام از این بازوها، شاهین وزن که بتواند به نقاط متفاوت آویخته شود، ندارند. این ترازو به‌عنوان ترازوی هیدروستاتیک برای محاسبهٔ وزن مخصوص، و نیز می‌تواند به‌عنوان ترازوی معمولی برای اندازه‌گیری وزن به‌کار برده شود.

محمد مَقدِسی در احسن‌التقاسیم فی‌معرفة الاقالیم، در قرن چهارم هجری (دهم میلادی)، می‌نویسد: دقیق‌ترین ترازوها در حرّان ساخته می‌شود. کوفه در جنوب عراق نیز برای دقت ترازوها مشهور بوده است. ناحیهٔ خراسان به صحت عمل[۳۳] در توزین تجّار خود شناخته می‌شد.

همچنین مسلمانان از ترازوی شاهین‌دار و ترازوهای رومی (قپان) استفاده می‌کردند که تصاویر آن‌ها در مینیاتورهای سدهٔ دوم هجری (هشتم میلادی) به چشم می‌خورد. همان‌گونه که گفته شد ثابت‌بن قرّه دربارهٔ ترازوهای شاهین‌دار کتابی تحت عنوان القرسطون دارد که اختصاص به مکانیک دارد و در آن به اثبات اصل تعادل اهرم‌ها می‌پردازد و ثابت می‌کند که اگر دوبار متساوی با بار سومی تعادل کنند می‌توان مجموع آن دوبار را در نقطهٔ وسط مواضع آن‌ها قرار داد بی‌آنکه تعادل دستگاه برهم بخورد.

سندبن علی یک یهودی نومسلمان بود. وی ترازویی به‌نام «ترازوی آب» ساخت که با آن تقلب در مایعات را آشکار می‌کرد. همچنین بیرونی دانشمند نامدار ایرانی ترازویی جهت اندازه‌گیری وزن مخصوص جامدات اختراع کرده بود.

امروزه مهرهایی از دوره‌های اولیهٔ اسلام باقی است که آن‌ها را بر روی بطری‌های شیشه‌ای می‌زدند تا گنجایش آن‌ها تأیید شود. همچنین ظرف‌هایی وجود دارد که دارای کتیبه‌هایی است که ثابت می‌کند براساس پیمانه‌های زمان حضرت محمد(ص) ساخته شده‌اند[۳٤].

ترازوی آبی (هیدرواستاتیک)

ترازوی آبی ترازویی بود که برای وزن کردن اجسام، با استفاده از آب یا مایع دیگر، مورد استفاده واقع می‌شد. به ترازوهای آبی ترازوی هیدرواستاتیک نیز گفته می‌شود.

وزن مخصوص ماده را می‌توان با ترازوی آبی یا هیدرواستاتیک، با وزن کردن در هوا و در آب، به‌دست آورد. ترازوی آبی معمولاً به‌شکل زیر کار می‌کند.

یک کفهٔ مقیاس (مکیال)[۳۵] از ترازو برداشته می‌شود و با کفهٔ آویخته با طناب کوتاه‌تر از تیر افقی، جایگزین می‌گردد. این کفه قلابی در زیر دارد. جسم مورد نظر از قلاب با سیم باریکی آویزان می‌شود.

برای پیدا کردن وزن ظاهری و نیز حجم یک جسم جامد، نخست آن را در هوا با ترازوی آبی وزن می‌کنیم سپس آن را در آب غوطه‌ور می‌سازیم. چون بخشی از وزنش را از دست می‌دهد، وزنه را در زیر محلی که جسم آویخته شده است اضافه می‌کنیم. وزن لازم برای حفظ تعادل مشخص می‌شود. بنابراین، وزن آب جابه‌جا شده معین می‌شود. از این وزن اضافه، حجم جسم نیز به‌دست می‌آید.

اگر وزن جسمی را یک‌بار در هوا و یک‌بار در آب اندازه بگیریم، وزن مخصوص جسم را از رابطهٔ زیر نیز می‌توان به‌دست آورد:

$$\text{وزن مخصوص جسم} = \frac{\text{وزن جسم در هوا}}{\text{وزن جسم در آب - وزن جسم در هوا}} \quad (۱)$$

ترازوی آبی ترازویی بود که برای وزن کردن اجسام، با استفاده از آب یا مایع دیگر، مورد استفاده واقع می‌شد. به ترازوهای آبی ترازوی هیدرواستاتیک نیز گفته می‌شود

نحوهٔ اســتفاده از ترازوهای آبی را در خلال توصیف ترازوی زکریای رازی و دیگر ترازوها، در همین مقاله، تشریح خواهیم کرد.

۳. برخی ملاحظات علمی

در ایــن بخش، بــه فشــردگی، ملاحظاتــی را در خصوص مفاهیمی مانند وزن مخصوص و نیروی شناوری بیان می‌کنیم که در توصیف ترازوهای مورد بحث این مقاله مورد اســتفاده قرار می‌گیرد.

۳-۱. چگالی؛ وزن مخصوص

اجســام عموماً در سه شکل متفاوت جامد، مایع و گاز وجود دارند. برای مقایســهٔ مقدار جرم اجسام مختلف با یکدیگر، در حجم مساوی، کمیتی تعریف شده است به‌نام **چگالی**[۳۶] که با نماد ρ (رو) نمایش داده می‌شود. به تعریف، چگالی جرم واحد (یکای) حجم از هر جسم است. بر این اساس، مقدار چگالی از رابطهٔ ریاضی زیر به‌دست می‌آید:

$$\rho = \frac{m}{v} \qquad (۲)$$

در این رابطه m جرم و v حجم جسم مورد نظر است. چگالی معمولاً برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب (gr/cm^3) و کیلوگرم بر مترمکعــب (kg/m^3) اندازه‌گیری می‌شــود. چگالی آب در دمای ۴°c برابر با ۱۰۰۰، طلا ۱۹۳۰۰، نقره ۱۰۵۰۰، ســرب ۱۱۳۰۰، مــس ۸۹۳۰، آهن (فــولاد) ۸۹۳۰، چوب ۱۰۰۰-۲۵۰ و یخ ۹۲۰ کیلوگرم بر مترمکعب اســت. بنابراین، هرچه جسم چگال‌تر باشد، مقدار جرم آن در واحد حجم بیشتر و در نتیجه سنگین‌تر است.

خازنی از دو واژهٔ **کثیف**، یعنی جسم چگال، و **نحیف**، یعنی جسم با چگالی کم استفاده می‌کند. جسم چگال یعنی «درهم شــده چون سرب» و جســم کم‌چگال یعنی «سست و از هم برآمده چون چوب»، و این یعنی چگالی سرب بیشتر از چگالی چوب است.

در بحــث چگالی آنچه اجرام را از هم متمایز می‌کند، میزان نیروی ثقلی (گرانش) اســت که آن‌ها را به‌ســمت مرکز عالم می‌کشــد. اجســام چون در چگالی متفاوت باشند، در نیروی ثقل متفاوت خواهند بود. لذا جسم هرچه چگال‌تر باشد، یعنی جرم بیشتری داشته باشــد، از نیروی ثقل بیشتری برخوردار است و برعکس. به‌عبارت دیگر، خازنی برای جرم و وزن نسبت مستقیم قائل است.

علاوه بر چگالی، یکی از مهم‌ترین کمیت‌های اجســام **وزن مخصوص**[۳۷] اســت. وزن مخصوص نسبت ثابتی از وزن جسم مورد نظر به وزن آب هم‌حجم آن است.

بنابرایــن، اگر به‌عنوان مثــال دو قطعه طلا و نقره را که وزن برابر دارند در آب فرو ببریم، با محاسبهٔ میزان آبی که جابه‌جا شــده است، مشخص می‌شود که طلا آب کمتری را نسبت به نقره جابه‌جا کرده اســت. بنابراین، وزن ظاهری طلا بیشتر از نقره خواهد بود.

وزن مخصوص با رابطهٔ زیر تعریف می‌شود:

(۳)

$$\text{وزن مخصوص} = \gamma = \frac{\text{وزن جسم}}{\text{وزن آب هم‌حجم جسم در دمای } ۴°C} = \frac{W}{W_{w۴t}}$$

رابطهٔ (۳) شکل دیگری از رابطهٔ (۱) است.

البتــه، در تمام حالات اگــر وزن حجــم آب را در دمای T° بدانیم، می‌توان وزن آن را در دمای ۴°c با رابطهٔ زیر یافت:

$$W)_{T=۴°} = \frac{W)_{T=T°}}{\text{وزن مخصوص در } T°} \qquad (۴)$$

وزن مخصــوص را می‌تــوان وزن مــاده در واحــد حجم نیز دانست. لذا، وزن جسم برابر است با:

$$W = \gamma V = \rho g V \qquad (۵)$$

که g شتاب گرانش است ($g = ۹/۸۱ m/s^2$).

بــرای اندازه‌گیری وزن مخصوص می‌تــوان از ترازوی آبی یا ترازوی هیدروستاتیک[۳۸] استفاده کرد.

خازنی می‌گوید: اگر دو جســم با حجم مساوی را برگیرند و آن‌ها را برکشــند و وزن یکی فزون‌تر باشد، آن جسم ثقیل‌تر (ســنگین‌تر) از اولی است. مقایسهٔ وزن‌های اجسام با وزن آب هم‌حجم آن اجســام، بــه آن‌ها صفت **ثقیل‌تــر** یا **خفیف‌تر** می‌دهد. «چون می‌گویند که فلان جســم از فلان آب ثقیل‌تر اســت...». لذا، همان‌گونه که مشــاهده می‌شــود، خازنی بیان روشــنی از مفهوم چگالی و وزن مخصوص به‌دست می‌دهد و آن این است که آب را به‌عنوان جسم مرجع برای تعریف وزن مخصوص و اجســام ثقیل و خفیف (وزن‌های نســبی) معرفی می‌کند. بــا توجه به نکتهٔ فــوق احتمالاً ابوریحــان بیرونی و عبدالرحمان خازنی را باید مبدع کمیتی دانســت که اینک به وزن مخصوص یا سنگینی ویژه مشهور است. آن‌ها وزن اجسام مختلف را، نسبت به آب هم‌حجم خود جسم، اندازه گرفتند و جداول دقیقی استخراج کردند.

۳-۲. شناوری

هنگامی‌که جسمی در مایعی غوطه‌ور می‌شود از طرف مایع به تمام سطح بیرونی آن جسم فشار وارد می‌شود که این فشار در بالا کمتر و در پایین بیشتر است. برآیند این فشار، نیرویی به‌سمت بالا است که به آن **نیروی شناوری** می‌گویند. مقدار

پی‌نوشت‌ها

۱. ادوارد استوارت کندی، پژوهشی در زیج‌های دورهٔ اسلامی، ترجمهٔ محمد باقری، تهران ۱۳۷۴ ش
۲. مدخل «خازنی»، ص ۶۲۸
3. Quadrant
۴. میزان‌الحکمه و منهج البحث العلمی عندالخازنی، دراسه و التقویم، منتصر محمود جاهد، ۲۰۰۵ م.
5. Khanikoff, N., "Analysis and Extract of kitab mizan al-hikma, Book of the Balance of Wisdon", Journal of the American oriental Society, No. 6(1859), pp 1-128
6. Faïza Laridhi Bancel
۷. میزان‌الحکمه، ص ۱۰
8. Force
9. Mass
10. Weight
11. Robert E.Hall
12. Gravity
13. Center of Universe
14. Lever
15. Heavy
16. Statics
17. Metals
18. Gem Stones
19. Salt
20. Amber
21. Buoyancey
22. Flotation
23. Geodesy
24. Specific Gravity
۲۵. ترجمهٔ میزان‌الحکمه، ص ۶
۲۶. وولف، ص ۵۴
27. Steelyard
28. Fulcrum
29. Hook
30. Cursor- Weight
31. Quadrangular
32. Graduation
33. Honesty
۳۴. تاریخ صنعت و اختراع، جلد اول، ص ۴۰۸ و ۴۰۹- نیز زندگی‌نامهٔ علمی دانشمندان اسلامی، بخش اول، ص ۳۸۷ و ۳۸۸.
35. Scale Pan
36. Density
37. Specific Gravity
38. Hydrostatic Balance
۳۹. داستان «یافتم، یافتم» ارشمیدس که آن را، چند قرن بعد از وی، ویتروویوس Vitruvius روایت کرده است مستقیماً به موضوع شناوری اجسام در مایعات

آن برابر با وزن مایع جابه‌جا شـده توسط جسم است. نیروی شناوری موجب می‌شود که جسم در آب سبک‌تر به‌نظر برسد. این معنا در قالب قانونی بیان می‌شود که به **قانون شناوری** یا **اصل ارشـمیدس** مشهور است. گفته می‌شود ارشمیدس نخستین دانشمندی بود که این نیروی شناوری را کشف کرد و با اسـتفاده از این کشف به ناخالص بودن طلایِ به‌کار رفته در تاج پادشاه سیراکوز پی برد. فارغ از اینکه اصولاً این انتساب صحیح باشد یا خیر، موضوع سبک‌تر شدن اجسام غوطه‌ور در مایعات، قرن‌ها قبل از خازنی شناخته شده بود.[۳۹]

هنگامی‌که جسم به‌طور کامل یا ناقص در مایعی فرو می‌رود، نیروی شناوری F_b از مایع به اطراف جسم وارد می‌شود. جهت این نیرو به‌سـمت بالا بوده و مقـدار آن برابر با وزن W_f مایع جابه‌جا شده توسط جسم است. بنابراین نیروی شناوری (F_b) عبارت است از:

$$F_b = m_f g \qquad (۶)$$

که m_f جرم مایعِ جابه‌جا شده توسط جسم است.

اگر جسمی کاملاً در مایع فرو رود، آن را **غوطه‌ور** می‌گویند و اگر فقط بخشـی از آن در مایع فرو رود، و به‌عبارت دیگر در سطح آب شناور شود، به آن جسم **شناور** گویند.

هنگامی‌که جسـمی در مایعی شناور می‌شود، مقدار نیروی شـناوری وارد به جسم با نیروی گرانشـی F_g وارد به آن برابر می‌شود. پس،

$$F_b = F_g \qquad (۷)$$

به بیان دیگر، چون جسـمی در مایعی شـناور شـود مقدار نیروی گرانشی F_g وارد به جسم برابر با وزن مایع جابه‌جا شده توسط جسم، $m_f g$ است. یعنی

$$F_g = m_f g \quad \Rightarrow \quad F_b = m_f g \qquad (۸)$$

به‌عبارت دیگر یک جسـم شناور، مایع را به اندازهٔ وزن خود جابه‌جا می‌کند.

اگر سـنگی به وزن W را، که مثـلاً از ترازوی فنری آویخته شـده و در نتیجه وزن آن در هوا معلوم اسـت، در مایعی فرو ببریم، به‌علت نیروی شـناوری وارد به سنگ سبک می‌شود و در نتیجه ترازو عدد کمتری را نشـان خواهد داد. عدد خوانده شده وزن ظاهری (**ثقل در آب** به تعبیر خازنی) جسم خوانده می‌شود. بنابراین،

$$W' = \text{(وزن ظاهری)} \quad W - F_b \quad \text{(وزن واقعی)} \qquad (۹)$$

با توجه به تعریف جسـم شناور، رابطهٔ (۹) بیان می‌کند که وزن ظاهری یک جسـم شناور (نه غوطه‌ور) صفر است. و لذا، ترازو عدد صفر را نشان می‌دهد.

خازنـی می‌گوید کـه اگر وزن (مخصوص) جسـمی با وزن (مخصـوص) آب برابر بود، چون در آب آن را بیندازند، آن‌قدر در آب فرو می‌رود تا حجم آن با حجم آب جابه‌جا شـده برابر شـود. به‌عبارت دیگر، در آب، در یک حالت تعادل غوطه‌وری بی‌تفاوت باشد. چنانچه جسم از آب سبک‌تر (ضعیف‌تر) باشد، چون آن را در آب بیفکنیم، بخشی از آن روی آب می‌ماند و به میان آب فرو نشود. یعنی جسم شناور خواهد بود.

خازنـی می‌گوید: اجسـامی کـه حجم (عظم) برابـر دارند، مکان‌های مساوی را اشغال می‌کنند. اگر اجسامی متفاوت، که از یـک جنس‌اند، در آب انداخته شـوند، وزن (ظاهری) آن‌ها متناسـب با حجم آن‌ها می‌شـود. لذا، هرچه حجم بیشتری داشته باشـند، نیروی شناوری آن‌ها بیشتر و لذا وزن ظاهری کمتری خواهند داشت. به‌عبارت دیگر،

$$W' = \rho g V - \rho_w g V = (\rho - \rho_w) g V \qquad (۱۰)$$

که ρ_w چگالی آب، یا هر مایع دیگر، است.

همچنین اگر دو جسم از دو جنس متفاوت، که وزن (شکل) آن‌ها یکسان است، در آب افکنده شوند وزن (ظاهری) آن‌ها در آب متفاوت خواهد بود. هرچه جسم چگال‌تر (کثیف‌تر) باشد، وزن (ظاهری) آن در آب بیشـتر اسـت. عبارت بالا را به زبان ریاضی چنین می‌توان نوشت:

$$W'_۱ = W_۱ - F_{b۱}$$
$$W'_۲ = W_۲ - F_{b۲}$$

اگر $W_۱ = W_۲$ باشد، چون $F_{b۱} \neq F_{b۲}$ لذا، $W'_۱ \neq W'_۲$ خواهد بود.

در ضمن، همان‌گونه که خازنی می‌گوید هرچه جسم چگال‌تر باشد، یعنی وزن بیشـتری داشته باشد، با توجه به رابطهٔ (۹) وزن ظاهری آن نیز بیشتر خواهد بود.

اگر وزن ظاهری دو جسم که از دو جنس متفاوت‌اند در آب یکسـان باشد، چون از آب بیرون کشـیده شوند و آن‌ها را در هوا وزن کنند جسمی که چگالی‌تر است وزن کمتری خواهد داشت یعنی سبک‌تر خواهد بود.

در این حالت داریم:

$$W'_۲ = W_۲ - F_{b۲} \quad , \quad W'_۱ = W_۱ - F_{b۱}$$
$$W'_۱ = W'_۲ \Rightarrow W_۱ - F_{b۱} = W_۲ - F_{b۲} \Rightarrow P_۱V_۱ - P_۲V_۲ = (V_۱ - V_۲)P_w g$$

که ρ_w چگالی آب است. اکنون $\rho_۱ > \rho_۲$ باشد، رابطهٔ بالا نشان می‌دهد که حکم خازنی زمانی صحیح است که $V_۱ < V_۲$ باشد. به‌عبارت دیگر، جملهٔ سمت راست منفی می‌گردد.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، هرچند خازنیِ دقیقاً با بیان امروزی سخن نمی‌گوید، اما آنچه می‌گوید کاملاً علمی، معتبر و سازگار با یافته‌های دانش روز است.

مربوط می‌شود (این حکایت در مقدمهٔ کتاب چهارم از کتب ده‌گانهٔ ویتروویوس آمده است.)

منابع

۱. ابوالفتح عبدالرحمن خازنی، «میزان‌الحکمه للخازنی» الطبعه الاولی، بمطبعه دائرةالمعارف العثمانیه، الحیدرآباد الدکن، سنه ۱۳۵۹ هـ.

۲. ابوالفتح عبدالرحمن خازنی، «ترجمه میزان‌الحکمه»، مقدمه و تصحیح محمدتقی مدرس‌رضوی، انتشارات بنیاد فرهنگ ایران، تهران، ۱۳۴۶

3. Khanikoff, N., "Analysis and Extract of kitab mizan al-hikma, Book of the Balance of Wisdom", Journal of the American oriental Society, No. 6(1859), pp 1-128

4. Hall, R. E., "Al-Khazini, "Dictoinary of Scientific Biography", Princeton University, Vol 7. pp 334-351.

۵. مقاله «ترازو» از: محمدجواد ناطق و فرید قاسملو، دانشنامهٔ جهان اسلام، جلد ۶، صفحات ۸۱۲-۸۱۷، تهران، ۱۳۸۰.

۶. هانس ای. وولف، «صنایع دستی ایران»، ترجمهٔ سیروس ابراهیم‌زاده، انتشارات و آموزش انقلاب اسلامی، تهران، ۱۳۷۲.

مشخصات کتاب اصلی به قرار زیر است:

Wulf, H. E., "The Traditional Crafts of Persia, Their Development, Tecnology and Influence on Eastern and Western Civilization", The MIT´S Press, Cambridge, 1966.

7. Mohammad Abattouy, "The Islamic Science of Weight and Balances", FSTC Limited, Nov 2006.

۸. آلدومیلی، «علوم اسلامی و نقش آن در تحولات علمی جهان»، ترجمهٔ محمدرضا شجاع‌رضوی و اسدالله علوم، مشهد، ۱۳۷۱ ش.

Roshd

فیزیک 111

IN THE NAME OF ALLAH

- Internationa eyear of light and the physics teachers/ 2
Education and Intornational year of light/ A. Seid Fadai/ 3
-Dark matter / Don Lincoln/ 9
- The meaning of relation in real and virtual world/ J. Riazi/ 14
-Ibn-al-Hay tham experimental Science/ M. Tavalaeian/ 18
- Learning the concepts of spherical mirrors with inductive method/ A. yousefi/ 21
- A glance at CERN and its activities/ S. Rezapour/ 26
- Simple experiments for understanding Concepts of high school physics/ R. Masuminejad/ 34
- Physics frontrier/ M. Rahbar/ 38
-- Water flow in emptying bottles/ David Featonby/ 42
- Review of Newton laws/ A. Zohourian Pordel/ 43
- Easy Teaching of Physics 2/ A.Ariainejad and A.Amirbaygi yazdi/ 44
- A true story in four harts/ B.Haydari/ 50
- Questions of 28th IYPT/ A.Seid Fadai/ 51
- Interference and the law of energy conservation/ R.Drosd etal/ 55
- Buoyancy, density and Khazini'sbalance/ G.Rahimi/ 58

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, Azita Seid Fadai, Hojat Alhagh Hoseini, Esfandyar Motamedi, Manijeh Rahbar

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.30- No.111- 2015

برگ اشتراک مجله‌های رشد

نحوهٔ اشتراک:
شما می‌توانید پس از واریز مبلغ اشتراک به شماره حساب ۳۹۶۶۲۰۰۰ بانک تجارت، شعبهٔ سه‌راه آزمایش که ۳۹۵ در وجه شرکت افست از دو روش زیر، مشترک مجله شوید:
۱. مراجعه به وبگاه مجلات رشد به نشانی: www.roshdmag.ir و تکمیل برگهٔ اشتراک به همراه ثبت مشخصات فیش واریزی.
۲. ارسال اصل فیش بانکی به همراه برگ تکمیل‌شدهٔ اشتراک با پست سفارشی (کپی فیش را نزد خود نگه‌دارید).

◆ نام مجلات درخواستی:
.....
◆ نام و نام خانوادگی:
◆ تاریخ تولد: ◆ میزان تحصیلات:
◆ تلفن:
◆ نشانی کامل پستی:
استان: شهرستان:
خیابان:
شمارهٔ فیش بانکی: مبلغ پرداختی:
پلاک: شمارهٔ پستی:
◆ اگر قبلاً مشترک مجله بوده‌اید، شمارهٔ اشتراک خود را بنویسید:
امضا:

◆ نشانی: تهران، صندوق پستی امور مشترکین: ۱۶۵۹۵/۱۱۱
◆ وبگاه مجلات رشد: www.roshdmag.ir
◆ اشتراک مجله: ۰۲۱-۷۷۳۳۹۷۱۴ / ۷۷۳۳۶۵۱۰ / ۷۷۳۳۶۵۲۶

◆ هزینهٔ اشتراک یکساله مجلات عمومی (هشت شماره): ۳۰۰/۰۰۰ ریال
◆ هزینهٔ اشتراک یکساله مجلات تخصصی (چهار شماره): ۲۰۰/۰۰۰ ریال

با مجله‌های رشد آشنا شوید

مجله‌های دانش‌آموزی
(به صورت ماهنامه و نُه شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شود):

رشد کودک (برای دانش‌آموزان آمادگی 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
(به صورت ماهنامه و هشت شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شود):

رشد نوجوان (برای دانش‌آموزان دورهٔ آموزش متوسطه (اول))
رشد جوان (برای دانش‌آموزان دورهٔ آموزش متوسطه (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 مدیریت مدرسه ◆ رشد معلم

مجله‌های بزرگسال و دانش‌آموزی تخصصی
(به صورت فصل‌نامه و چهار شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شود):

◆ رشد برهان (برای آموزش متوسطه اول (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دورهٔ متوسطه اول)) ◆ رشد برهان (برای آموزش متوسطه دوم (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دورهٔ متوسطه دوم)) ◆ رشد آموزش معارف اسلامی ◆ رشد آموزش زبان و ادب فارسی ◆ رشد آموزش قرآن ◆ رشد آموزش هنر ◆ رشد آموزش مشاور مدرسه ◆ رشد آموزش تربیت بدنی ◆ رشد آموزش علوم اجتماعی ◆ رشد آموزش تاریخ ◆ رشد آموزش جغرافیا ◆ رشد آموزش شیمی ◆ رشد آموزش زبان ◆ رشد آموزش ریاضی ◆ رشد آموزش فیزیک ◆ رشد آموزش زیست‌شناسی ◆ رشد آموزش زمین‌شناسی ◆ رشد آموزش فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش ◆ رشد آموزش پیش‌دبستانی

مجله‌های رشد عمومی و تخصصی برای معلمان، مدیران، مربیان، مشاوران و کارکنان اجرایی مدارس، دانش‌جویان مراکز تربیت معلم و رشته‌های دبیری دانشگاه‌ها و کارشناسان تعلیم و تربیت تهیه و منتشر می‌شود.

◆ نشانی: تهران، خیابان ایرانشهر شمالی، ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش، پلاک ۶۶۴، دفتر انتشارات و تکنولوژی آموزشی.
◆ تلفن و نمابر: ۸۸۳۰۱۴۷۸ - ۰۲۱