بسم الله الرحمن الرحیم

رشد آموزش فیزیک

۱۱۰

فصل نامهٔ آموزشی، تحلیلی و اطلاع رسانی

دورهٔ سی‌ام، شمارهٔ ۳، بهار ۱۳۹۴

برنامهٔ درسی آیندهٔ ایران / ۲

اندیشهٔ مؤلف / جهانگیر ریاضی / ۳

زمینهٔ علمی جایزهٔ نوبل فیزیک ۲۰۱۴ / منیژه رهبر / ۵

آسمان‌نما؛ پیوند دانش و فناوری / سیدحجت‌الحق حسینی / ۱۰

روشی جدید برای تعیین جهت نیروی مغناطیسی / بابک حیدری / ۱۴

وابستگی مقاومت الکتریکی به دما / حسن اتحاد مهرآباد / ۱۶

ارائه یک طرح درس فیزیک / فاطمه ابراهیمی‌بادی / ۱۸

حلقهٔ جهنده / ام. بیلای و همکاران / ترجمهٔ احمد توحیدی / ۲۳

تداخل‌سنج / مریم اویسی فردویی / ۲۶

اسپینترونیک / ابوالفضل مرادی / ۲۹

ساخت و مطالعهٔ یک سلول خورشیدی بر پایه اکسید مس / فاطمه قنبری، مبینا ابراهیمی و... / ۳۰

آموزش به کمک یادگیری مشارکتی / میترا اژدری و غلامحسین ظفری / ۳۳

آزمایشگاه بزرگ LHC و کشف بوزون هیگز / فاطمه بوربور / ۳۶

مرزهای فیزیک / منیژه رهبر / ۴۰

دربارهٔ قانون اول ترمودینامیک / آرش ظهوریان پردل / ۴۵

ترموکوپل / مهندس مهرزاد کازرانی / ۴۸

کاربردهای راکتورهای تحقیقاتی هسته‌ای / جعفر حیدری / ۵۲

نمایشگر پلاسما چگونه کار می‌کند؟ / ترجمهٔ فاطمه ثابتیان و هاجر فریدونی / ۵۸

آیکون‌های نرم‌افزار Physics Tracker و اجرای نمونه طرح درس... / فاطمه فرخزاد و آزیتا سیدفدایی / ۶۰

تصویر روی جلد:
نسل جدیدی از راکتورهای تحقیقاتی که سوخت آن‌ها از اورانیم با غنای کمتر از ۲۰ درصد است و برای تولید رادیوایزوتوپ مورد استفاده قرار می‌گیرند.

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 ۳۷۴) ۰۲۱-۸۸۳۰۵۸۶۲
پیام‌گیر نشریات رشد: ۰۲۱-۸۸۳۰۱۴۸۲
مدیر مسئول: ۱۰۲
دفتر مجله: ۱۱۳
امور مشترکین: ۱۱۴
چاپ: شرکت افست (سهامی عام)
شمارگان: ۴۸۰۰ 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.

برنامهٔ درسی آیندهٔ ایران

چکیده‌ای از مقالهٔ ارائه شده در همایش «تحول بنیادین در نظام برنامهٔ درسی ایران»

پیدایش محیط‌های نوین یادگیری با گشودن امکانات و افق‌های جدید برای «برنامهٔ درسی» آن را با چالش‌های تازه‌ای نیز روبه‌رو ساخته است. یک جنبهٔ این تحولات به ابعاد فناورانه ناشی از انقلاب الکترونیکی مربوط می‌شود. با این همه، ابعاد مسئله از سطح صرفاً فنی فراتر می‌رود و عمق و دامنهٔ آن به شدت در حال رشد است. دگرگونی‌های مهمی در ساختار و ارتباطات جامعهٔ نوین اطلاعاتی صورت می‌گیرد.

با ظهور شبکه‌های اطلاعاتی جامعه‌ای به وجود آمده است که در آن مدل گفتمان و دامنهٔ کارکرد ذهن بشر تحول می‌یابد. تحولاتی که روز به روز گسترش می‌یابند و از نوع پیوستهٔ متعارف نیستند. بلکه دگرگونی‌هایی ناپیوسته‌اند که تغییراتی عمیق در محیط‌های یاددهی- یادگیری به وجود آورده‌اند. نه تنها وسیله‌های رسیدن به هدف‌های برنامهٔ درسی تغییر کرده است، بلکه خود اهداف نیز موضوع بحث و گفت‌وگو هستند.

چرا باید از «بوم‌شناسی برنامهٔ درسی» سخن به میان آورد؟ زیرا در محیط برنامهٔ درسی و در ارتباط با آن چیزی نمانده است که با تغییرات عمیق و گسترده دست به گریبان نباشد:

۱. افرادی که برنامهٔ درسی برای آن‌ها تدوین می‌شود در معرض تغییرات گسترده قرار دارند و اطلاعات، مفاهیم، رفتارها و عادت‌های آن‌ها در معرض دگرگونی است؛ رعیت‌ها جای خود را به شهروندها داده‌اند؛

۲. گفتمان‌های دخیل در برنامهٔ درسی (مانند گفتمان حقوق بشر، مردم سالاری، برابری و مانند آن) تغییر کرده‌اند؛

۳. نهادها، خانواده، مدرسه، بازار و مانند آن، تحول یافته‌اند؛

٤. روابط، مناسبات، ساختارها و فرهنگ (مناسبات پدر سالاری و برتری جنس مذکر) دگرگون شده است؛

۵. اشیا و ابزارها تغییر کرده‌اند. به‌عنوان مثال، رایانه جایگزین ماشین حساب شده است و اینترنت جای پست و تلگراف را گرفته است؛

٦. فضا و مکان به شدت دگرگون شده است. اکنون مکان بیش از آنکه محلی خاص باشد یک جریان است، یعنی افقی با چشم‌انداز؛

۷. ساخت و عملکرد رسانه عمیقاً تغییر کرده است؛ کتاب‌های کاغذی با شمارگان محدود را با کتاب‌های الکترونیکی و فرستنده‌های محدود تلویزیونی را با شبکه‌های ماهواره‌ای مقایسه کنید؛

۸. رویدادها متحول شده‌اند؛ بسیاری از رویدادها دیگر در فضا-زمان متعارف فیزیکی صورت نمی‌گیرند، بلکه می‌توانند مجازی نیز باشند.

۹. سرشت ارتباطات تغییر کرده است. مسافت‌های گذشته دیگر معنی ندارند، به‌طوری که از «مرگ فاصله» صحبت به میان می‌آید.

۱۰. سازمان‌های کار و خدمات تحول می‌یابند؛ (دانش بنیان می‌شوند، یادگیرنده می‌شوند...)،

۱۱. قدرت نیز دیگر از فردی به فرد دیگر و از گروهی به گروه دیگر منتقل نمی‌شود، بلکه ایده، دانایی، و معناست که باعث قدرت می‌شود.

۱۲. مفهوم سرمایه نیز دچار تحول شده است. سرمایه دیگر فقط چیزهای سنتی، مانند پول، زمین، و منابع نیست بلکه سرمایهٔ انسانی، اجتماعی، و فرهنگی نقشی مهم‌تر از آن‌ها به دست آورده است.

۱۳. متن به معنای گذشته نیز دگرگون شده است و متن‌ها به هم موکول شده‌اند و اگر اَبَر متن‌هایی مانند شبکهٔ جهان‌گستر موضوعیت پیدا کرده است.

١٤. مخاطب‌ها دیگر محدود نیستند و مخاطب‌های نامحدود و «اَبَر مخاطب» ظاهر شده‌اند.

آنچه در این ١٤ وجه تحول محیط برنامه درسی بیان شد، بدون شک همهٔ ابعاد آن را در بر نمی‌گیرد ولی نشان می‌دهد که دامنهٔ تغییرات تا چه اندازه گسترده است. بوم‌شناسی جدید یادگیری در ورای جنبه‌های ظاهری و فناورانهٔ آن خبر از دگرگونی عمیق در مدل برنامهٔ درسی می‌دهد که جنبه‌های وسیع رفتاری و فرهنگی دارد. پیدایش اینترنت فقط یک تحول فنی متعارف نیست، بلکه جنبه‌های فرهنگی نیز دارد و مدل‌های ارتباطی و اندیشمندی نوینی را در حوزهٔ برنامه درسی به همراه می‌آورد.

دیگر نمی‌توان آموزش‌وپرورشی با افکار ممنوع، مدارس حراست شده، متن‌های محدود، کلاس‌های تک‌صدایی و معلمان با افکار دست‌چین شده را تصور کرد. بلکه شبکه‌ای چندرسانه‌ای و چند متنی وجود دارد.

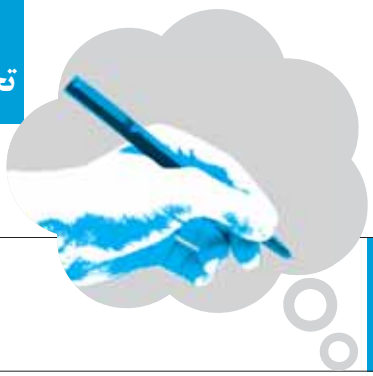
برنامهٔ درسی شبکه‌ای ناهمگن از کنشگران متعدد است: شبکه متشکل از «انسان- انسان» (مانند معلمان و دانش‌آموزان متعلق به نسل‌های مختلف) و «انسان- اشیا» (اعضای کلاس درس با وسیله‌های کمک آموزشی، MP۳ها، اسلایدهای پاورپوینت، فراگیران دارای نوت بوک، لپ‌تاپ، تبلت که آن‌ها را مدام با اطلاعاتی گسترده و سیال درگیر می‌کند.)

«اشیا- اشیا» (رایانه‌هایی که به‌هم متصل شده‌اند و اینترنت را به‌وجود آورده‌اند و عالم صغیر کلاس درس و یاددهی- یادگیری را هر لحظه به عالم کبیر جهانی متصل کرده‌اند.)

«انسان- اشیا- انسان» (فراگیرانی که از طریق فناوری اطلاعات و ارتباطات چندرسانه‌ای امکان ارتباط با سرعت نور با یکدیگر را دارند. مدرسه، جامعه، بازار در هم تنیده‌اند.)

یاددهی- یادگیری در آینده در شبکه‌ای ناهمگن با ساخت متکثر، چندگانه، غیرخطی و فوق‌العاده پیچیده صورت می‌گیرد.

برنامه درسی آینده باید با توجه به آزادی، برابری، کثرت و مشارکت تنظیم شود، چندرسانه‌ای و چندصدایی باشد، میان رشته‌ای شدن و جهانی شدن در آن دخیل باشد و در عین حال جنبه‌های بومی و محلی را نیز کاملاً در نظر بگیرد. آمادگی گفت‌وگوهای چند فرهنگی را داشته باشد، هویت‌ها و سبک‌های متنوع را در نظر بگیرد، و از قید زمان، مکان، و فاصله آزاد باشد.



اندیشهٔ مؤلف

جهانگیر ریاضی

کلیدواژه‌ها: اندیشهٔ مؤلف، کلیشه‌ها، توصیف کیفی، تجسم رویداد، قوانین دینامیکی ناظر، ریاضیات توصیف رویداد.

مقدمه

اندیشهٔ مؤلف، تفکری است که تلاش می‌کند اجزای اصلی پدیده‌ها و رویدادهای جهان خارج را بشناسد، رابطهٔ بین آن‌ها و قوانین ناظر بر فرایندهای دینامیکی آن‌ها را تبیین کند و سپس با استفادهٔ خلاق از این قوانین، می‌توان بر فرایند تغییرات آیندهٔ این رویدادها تأثیری مدیریت شده گذاشت.

از این منظر، اندیشهٔ مولف پنجره‌ای دیگرگونه و متفاوت را به جهان خارج به روی ما باز می‌کند که از آن می‌توان پدیده‌ها را در شرایطی پویا و غیرایستا ارزیابی کرد. این پنجره متفاوت به انسان فرصت می دهد از خلاقیت‌ها و ابتکارهای خود در راستای ایجاد آرایه‌هایی جدید از متغیرهای جهان خارج به صورتی فعال استفاده کند.

بنابراین اندیشهٔ مولف تنها به دنبال توصیف وضعیت کنونی متغیرهای جهان خارج نیست. بلکه در جست‌وجوی شیوه‌هایی جدید و تجربه نشده برای ایجاد دست‌کاری‌های هدفمند در این متغیرهاست.

اندیشه مؤلف در تعامل با یک رویداد یا یک پدیده، می‌تواند از مسیرهایی نو و تجربه نشده وارد تعامل گردد، یا اینکه به دنبال تغییراتی کیفی و خلاق در اجزای مسیرهای تجربه شده باشد. نباید فراموش کرد که گاه با یک تغییر ساده در آرایه‌ای از متغیرها، می‌توان مجموعه‌ای متفاوت و جدید از این متغیرها را به وجود آورد.

یک تغییر ساده که می‌تواند گامی کوچک در راستای تحقق اندیشهٔ مولف باشد. مهم این است که در طراحی این تغییر ساده و گام‌های کوچک، رفتاری فعال متکی به ذهنی خلاق داشته باشیم. به یاد داشته باشیم که تولید اندیشه‌های نو، بدون ایجاد تعاملی پویا و خلاق با پدیده‌ها و رویدادهای جهان واقعی امکان‌پذیر نیست. بنابراین نباید انتظار داشت در مجموعه شرایطی ایستا و غیرفعال، بتوان به اندیشهٔ جدیدی دست یافت. پس گام اساسی در راستای دست‌یابی به اندیشهٔ مولف، یافتن پنجرهٔ نگاهی متفاوت و خلاق به رویدادهای جهان خارج است.

برای دستیابی به این نگاه متفاوت، لازم است که آموزه‌های محیط‌های آموزشی بر مدار درک دینامیکی مفاهیم و چگونگی انطباق آن‌ها با متغیرهای جدید استوار باشد. چنین درکی از مفاهیم را نمی‌توان در یک محیط آموزشی محدود به اجزای ایستا و به دور از رویدادهای جهان واقعی به دست آورد.

برای آموزش اجزای اندیشه مولف، لازم است که واژه‌ها و مفاهیم به دور از قالب‌های کلیشه‌ای، در قلمروهای مختلف تعامل با متغیرهای جهان خارج و در فرایندی دینامیکی باز تعریف گردند. در چنین شرایطی است که هر فرد می‌تواند الگوی درک دینامیکی از مفهوم را برای خود طراحی کند و بر اساس این الگو به اندیشه‌های خلاق و نو نزدیک گردد.

توجه شود که ایستایی و کلیشه‌زدگی در قلمرو اندیشه و رفتار، زمینه‌ساز توقف و باقی ماندن در چرخه‌های نازیبای «تکرار» می‌گردد. تکرار نازیبای کلیشه‌ها باعث می‌شود انسان به موجودی مصرف کننده در تمامی قلمروها تبدیل و از بستر دینامیکی زمان و تفکر مولد دور شود. چرا که هیچ گونه تلاشی برای خروج از چرخه‌ی تکرار صورت نمی‌گیرد.

در واقع می توان گفت: اندیشهٔ مولد متناظر با نگرش دینامیکی به متغیرهای جهان واقعی و اندیشهٔ مصرفی به مفهوم نگرش ایستا به پدیده‌هاست.

موانع موجود در مقابل خروج از کلیشه‌ها

فکر خروج از کلیشه‌ها و چرخه‌های تکرار، تفکری است مبتنی بر تلاش برای پویایی و قرار گرفتن در بستر دینامیکی زمان و همگام شدن با تغییرات جهان خارج. دستیابی به اهداف نیازمند شناخت صحیح از موانع موجود در مسیر تحقق آن‌هاست. برخی از این موانع به مرور زمان شکل گرفته‌اند عمری طولانی، و برای استحکام خود فرصت کافی داشته‌اند.

عادت‌ها و تفکرات ایستا و غیردینامیک از جمله عناصری است که این استحکامات را تقویت می‌کند. دستیابی به اندیشهٔ مولد نیازمند خروج از کلیشه‌ها و چرخه‌های تکرار یعنی گسستن رشته‌هایی است که توقف در این چرخه‌ها را پشتیبانی می‌کند. موانع و رشته‌هایی که عمری به وسعت زندگی انسان‌ها دارند، به سهولت و با رفتاری هیجانی، شتاب‌زده و در کوتاه مدت از بین نمی‌روند. هیجان و شتاب‌زدگی در برخورد به این موانع، متناظر با تسلیم شدن در مقابل آن‌ها و از بین رفتن امکان عبور از موانع است.

نباید فراموش کرد که بدون شناخت صحیح از فرایند شکل‌گیری و مستحکم شدن این موانع و جایگاه آن‌ها در باورهای انسان، عبور از آنها امکان‌پذیر نیست. عبور موفق و درست از هر مانع نیازمند طراحی فرایندی هدفمند است که با واکنش‌های هیجانی بسیار فاصله دارد. فرایندی که بر بستر شناخت موانع و قوانین مورد نیاز برای چگونگی عبور از آن‌ها طراحی می‌گردد. در طراحی این فرایند باید از بیشینه ظرفیت اجزا، استفادهٔ کیفی به عمل آید. به این ترتیب فرایند عبور از موانع همچون سناریویی است که در آن هر یک از عناصر نقش خود را اجرا می‌کند. نباید انتظار داشته باشیم اجزای سناریوی عبور، نقش خود را به خوبی بشناسند و در اجرای آن کاملاً موفق باشند. این عناصر برای دورانی طولانی با این موانع همزیست

قوانین ناظر بر تغییر و رابطهٔ بین زیرسازه‌های تشکیل‌دهندهٔ یک پدیده یا رویداد، در قالب روابط ریاضی و یا هندسه‌ای از تجسم رویداد ارائه می‌شود

بوده‌اند! پس برای آن‌ها رها شـدن از سیطرهٔ این کلیشه‌ها و عبور از موانع موجود در مسـیر خروج از آن‌ها، کار دشـواری خواهد بود. در اینجا نقـش آموزش کیفی برای هدایت فرایند خروج از کلیشـه‌ها مشـخص می‌گردد. هر قدر این آموزه‌ها از کیفیت بالاتری برخوردار باشند، فرایند خروج از کلیشه‌ها و عبور ازموانع موفق‌تر خواهد بود.

اندیشهٔ مؤلف و توصیف کیفی رویدادها

یکی از ویژگی‌های مهم اندیشه‌ی مؤلف، توانایی لازم برای توصیف کیفی پدیده‌ها و رویدادهای دنیای واقعی است. هر قدر این توصیف به واقعیت‌های جهان خارج نزدیک‌تر باشـد، در ایجاد تغییرات لازم در متغیرهای آن موفق‌تر خواهد بود.

به‌طور کلی پدیده‌ها و رویدادهایی با طبیعت و ماهیت متفاوت، بر اساس پارامترها و متغیرهایی متفاوت قابل توصیف هستند. با وجود تنوع در پارامترهای توصیف‌کنندهٔ پدیده‌های مختلف، با نگاهی علمی و دقیق می‌توان وجوهی مشترک برای این توصیف‌ها مشخص کرد. این وجوه مشترک همان اصول کلی چگونگی توصیف یک پدیده یا رویداد را تشکیل می‌دهند. به بیان دیگر بررسی هر رویداد از اصول کلی تبعیت می‌نماید، اما هر پدیده یا رویداد دارای ویژگی‌های خاص خود نیز هست که توصیف آن مستلزم پارامترهایی خاص است.

برای توصیـف کیفی یک پدیده یا رویداد، لازم اسـت زمینه‌ها و بسـترهای مناسـب و ضروری را برای ایجـاد تعاملی کیفی و فعال بـا عناصـر رویداد فراهم کرد. بدون شـناخت اجزا و زیرسـازه‌های تشـکیل‌دهندهٔ یـک پدیده یا رویـداد و رابطهٔ متقابـل بین آن‌ها، نمی‌توان از تعاملی کیفی با پدیده گفت‌وگوکرد. از سوی دیگر بدون حضور فعال در فضای رویداد و ایجاد تعاملی راهگشـا با اجزای آن، نمی‌توان به شناختی کیفی از رابطه‌آن‌ها دست یافت.

اندیشـهٔ مؤلف توصیـف رویداد و بیان قوانین ناظـر بر رابطهٔ بین زیرسـازه‌ها و چگونگی ایجاد تغییر در آرایهٔ آنان را گامی راهگشا در راسـتای تأثیرگذاری برروند تغییرات جهان خـارج می‌داند. و برای ایـن منظور از ابزارها و شـیوه‌های توصیف کیفی رویداد اسـتفاده می‌کند. این اندیشه در برخورد خلاق به رویدادها و پدیده‌ها، مواردی را تشـخیص می‌دهد که از دیـد دیگران پنهان مانـده و بر همین اسـاس است که چشـم‌اندازی متفاوت از رویداد را ترسیم می‌کند. سرانجام قوانینی را ارائه می‌کند که امکان ایجاد تغییرات کیفی را در زیرسـازه‌های تشکیل‌دهندهٔ رویداد فراهم می‌سازند. توصیف کیفی یک رویداد به استناد ابزارها و شیوه‌هایی متفاوت و متنوع امکان‌پذیر می‌گردد. آنچه اهمیت دارد تشـخیص صحیح جایگاه هریک از این ابزارها و روش‌ها و همچنین تعیین بهترین آرایه از ابزارها در توصیف یـک رویداد معین اسـت. به بیـان دیگر هرگاه توصیـف رویداد را «سازه‌ای» متشکل از مجموعه‌ای از زیرسازه‌ها بدانیم، در این صورت مدیریت موفق برای هدایت این سـازه بهترین و کیفی‌ترین آرایه از این زیرسازه‌ها را ساماندهی می‌کند. اما زیرسازه‌های توصیف رویداد کدام‌اند؟ بدون توجه بـه تنوع و ماهیت رویدادها و پدیده‌ها، برخی زیرسازه‌ها در واقع ارکان اساسی توصیف رویداد را تشکیل می‌دهند که می‌توان آن‌ها را در قالب‌های زیر بررسی کرد.

واژگان و آرایـهٔ آن‌ها: به‌طور کلی در توصیـف هر رویداد باید بتـوان آرایهٔ کیفی از واژگان را فراهم کـرد. که اجزای اصلی رویداد را در قالبـی زیبا ارائه کند. از منظر زیبایی‌شـناختی، چنین قالبی می‌تواند منشـأ آرامش و رضایت‌مندی گردد به‌طوری که فرد بتواند ارتباطی نزدیک‌تـر با اجزای رویداد برقرار کنـد. به بیان دیگر باید ادبیات توصیف رویداد را شناخت و شیوه‌های به کارگیری درست آن را آموخت. توجه می‌شـود که زیبایی واژه‌ها الزاماً حاصل آرایه‌هایی پیچیده و دور از ذهن نیسـت! مسـئلهٔ اساسـی در ادبیات توصیف رویداد، استفادهٔ خلاق از واژه‌ها و آرایه‌هایی است که بسترساز ایجاد ارتباط فعال انسان با رویداد می‌گردد.

قوانین دینامیکی ناظر بر تغییرات رویداد: توصیف کیفی یک پدیده یا رویداد، بر مبنای شناخت فرایند تغییرات آن ضمن تعامل با متغیرهای جهان خارج امکان‌پذیر اسـت. به بیان دیگر نمی‌توان یک پدیده یا رویداد را در شرایط ایستا و جدا از برهم کنش‌های آن بـا جهان خارج مورد ارزیابی قرار داد. از این منظر یکی از مهم‌ترین عناصـر لازم بـرای توصیف کیفی یـک رویداد، آشـنایی با قوانین دینامیـک تغییر رویداد اسـت. بنابراین لازم اسـت که محیط‌های آموزشی بر جایگاه بسیار مهم این قوانین در توصیف رویدادها تاکید داشته و آن را به دانش‌پژوهان در فرایندی کیفی و هدفمند آموزش دهند. اندیشـهٔ مؤلف با شناخت و اسـتفادهٔ خلاق از همین قوانین است که می‌تواند بر روند تغییرات یک پدیده یا رویداد، اثری کیفی و هدفمند بگذارد.

ریاضیـات توصیف رویداد: قوانین ناظـر بر تغییر و رابطهٔ بین زیرسـازه‌های تشـکیل‌دهندهٔ یک پدیده یا رویداد، در قالب روابط ریاضی و یا هندسـه‌ای از تجسـم رویداد ارائه می‌شود. محیط‌های آموزشـی باید بتوانند مفاهیم ریاضی را از جهـان تجرید به دنیای واقعی و پدیده‌های وابسـته به آن بیـاورد و در اختیار فراگیران قرار دهند. فراگیر باید بیاموزد که چگونه می‌توان با نگاهی دقیق و کیفی بـه جهان واقعی، عناصر تقارن و قانونمندی را تشـخیص دهد و از آنـان برای توصیف بهتر رویدادها اسـتفاده کند. چگونه می‌توان در مجموعـه‌ای در ظاهـر نامنظم، عناصر و زیرسـازه‌های نظم را پیدا نمود و مسـیر را برای توصیف یک پدیـده یا رویداد هموار کرد؟ در همین راسـتا، ریاضیات پنجره‌ای نو را به روی فراگیر می‌گشاید. به او چشمانی می‌دهد که نادیده‌ها را در طبیعت و جهان واقعی، بهتر ببیند. کوچک‌ترین آرایه از زیرسـازه‌هایی را تشـخیص دهد که باز تولید منسـجم و وحدت‌یافته از آن‌ها می‌تواند سـازه‌هایی متنوع را به وجود بیاورند. او می‌آموزد بر اسـاس نگرشی جامع به پدیده‌ها و درکی کیفی از رابطهٔ جزء و کل، چگونه می‌توان توصیف واقعی‌تر از رویدادها ارائه کرد.

باید توجـه کرد که قلمرو کاربرد ریاضـی در توصیف رویدادهای مختلف، یکسان نیست. با توجه به ماهیت و طبیعت برخی رویدادها، مفاهیم و روابط ریاضی جایـگاه مهم‌تری در توصیف آن‌ها خواهند داشت. مهم سـادگی یا پیچیده بودن پدیده یا رویداد نیست. آنچه اهمیت دارد توانایی توصیف رفتار دینامیکی آن بر اسـاس کمترین متغیرها در قالب ساده‌ترین روابط ریاضی است. به بیان دیگر توانایی تشخیص ابزار و روش‌های مناسب برای بررسی پدیده یا رویداد است. به یاد داشته باشیم که توصیف درست و کیفی پدیده‌ها و رویدادها، زمینه‌ساز حل خلاق مسئله و عبور از یک مانع در دنیای واقعی است.

پس آنچه مانع حل یک مسـئله و عبور از مانع می‌شود، ناتوانی ما در شناخت اجزای اصلی و تعیین کننده مسئله یا رویداد و توصیف رابطهٔ بین آن‌هاست.

زمینهٔ علمی جایزهٔ نوبل فیزیک ۲۰۱۴

دیودهای نورآبی گسیل کارآمد، چشمه‌های نورسفید کم‌مصرف تولید می‌کنند

منیژه رهبر

کلیدواژه‌ها: دیود نور گسیل، نیمرسانا، LED فرو سرخ، پیوندگاه، گالیم نیترید، LED مرئی، آلایش GaN

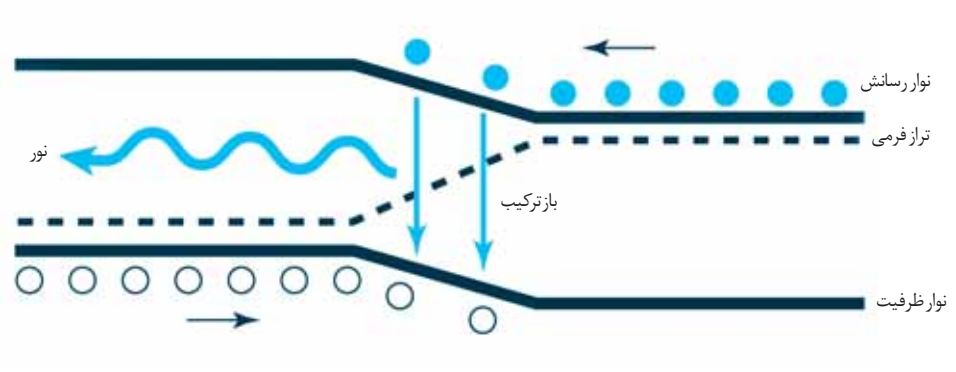
دیودهای نورگسیل (LEDS) چشمه‌های نور در نواری باریک و مبتنی بر قطعات نیمرسانا هستند که طول موج آن‌ها در گسترهٔ فروسرخ تا فرابنفش قرار دارد. اولین LEDها در سال‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ ابتدا در چند آزمایشگاه بررسی و سپس ساخته شدند. آن‌ها نور را در طول موج‌های متفاوت، از فروسرخ تا سبز، گسیل می‌کردند. اما گسیل نور آبی کار دشواری بود که دستیابی به آن پس از بیش از سه دهه امکان‌پذیر شد؛ چراکه این کار به توسعهٔ روش‌هایی برای رشد بلورهای باکیفیت، همچنین کنترل آلایش p نیمرساناهای با گاف نوار پهن نیاز داشت که فقط در پایان سال‌های ۱۹۸۰ با ساخت گالیم نیترید (GaN) از قوه به فعل درآمد. توسعهٔ LEDهای آبی کارآمد نیازمند تولید آلیاژهای مبتنی بر GaN با ترکیب‌های مختلف و قرار دادن آن‌ها در ساختارهای چند لایه مانند پیوندگاه‌های ناهمگن و چاه‌های کوانتومی نیز بود.

اختراع LEDهای آبی کارآمد به تولید چشمه‌های نور سفید، برای روشنایی، انجامید، به این شکل که، با برانگیختن مواد فسفری با یک LED آبی، در گستره‌های طیفی سبز و قرمز نوری گسیل می‌شود که در ترکیب با نور آبی سفید به‌نظر می‌رسد. شق دیگر، استفادهٔ همزمان از چند LED با رنگ‌های مکمل (قرمز، سبز و آبی) است. هر دو فناوری در چشمه‌های نور سفید الکترولیان با کارآیی زیاد کنونی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اکنون این چشمه‌های نور با عمر بسیار طولانی، برای روشنایی، کم‌کم جایگزین لامپ‌های فلوئورسان و التهابی می‌شوند. از آنجا که روشنایی، ناشی از فقط ۲۰ تا ۳۰ درصد مصرف انرژی الکتریکی است و به خاطر اینکه مصرف انرژی این چشمه‌های نور سفید ده بار کمتر از لامپ‌های معمولی است، استفاده از LEDهای آبی کارآمد به صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در انرژی انجامیده است.

با اهدای جایزه نوبل فیزیک سال ۲۰۱۴ به مخترعان ژاپنی LEDهای آبی کارآمد، یعنی **ای. آکاساکی**[1]، **اچ. آمانو**[2] و **اس. ناکامورا**[3]، جهان علم و فناوری، این اختراع را ارج نهاد.

تاریخچهٔ اولیه

اولین گزارش تولید نور به‌صورت الکتریکی، به روش گسیل از یک ابزار نیمرسانا، مربوط به **اچ.جی.راند**[4] از آزمایشگاه مارکونی الکترونیکز[5] در سال ۱۹۰۷ است.[۱]. اچ.جی.راند ولتاژی را به دو سر اتصال موجود روی بلور کربوراندوم (SIC) اعمال کرد. در نتیجه، در ولتاژهای کم نور زرد مشاهده شد، و در ولتاژهای بالاتر نورهای بیشتر گسیل شد. **او. لوسف**[6] (۱۹۰۳-۱۹۴۲) یک فیزیک‌دان قطعات، که در سال‌های ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ چند مقاله دربارهٔ الکترولیانی حاصل از کربوراندوم در مجلات بین‌المللی منتشر کرده بود نیز این پدیده را مطالعه کرد[۲۰]. این تحولات قبل از تدوین نظریهٔ جدید ساختار الکترونی مواد در حالت جامد صورت گرفت.



▲ شکل ۱. اصل گسیل نور در یک پیوندگاه p-n. در یک پیوندگاه p-n با ولتاژ مستقیم، الکترون‌ها از طرف n به طرف p و حفره‌ها در جهت مخالف تزریق می‌شوند. الکترون‌ها با حفره‌ها باز ترکیب و نور گسیل می‌شود (گسیل خود به خود). برای دیودهای کارآمد مهم است که مواد نیم‌رسانا دارای گاف‌های نوار مستقیم باشند. LEDهای با گاف‌های نوار غیرمستقیم به باز ترکیب با کمک فونون‌ها نیاز دارند که کارایی آن‌ها را محدود می‌کند. کارآیی کوانتومی یک LED نسبت فونون‌های گسیل شده به الکترون‌هایی است که در زمان یعنی از محل تماس می‌گذرند.

در سال‌های ۱۹۴۰ پیشرفت قابل ملاحظه‌ای در درک فیزیک نیمرساناها و پیوندگاه‌های p-n صورت گرفت که به اختراع ترانزیستور در آزمایشگاه‌های تلفن بل[۷] در ایالات متحده انجامید، که پیامد آن اهدای جایزهٔ نوبل سال ۱۹۵۶ به **شاکلی**[۸]، **باردین**[۹] و **براتن**[۱۰] بود. معلوم شد که پیوندگاه p-n می‌تواند ابزار جالب توجهی برای گسیل نور باشد. در سال ۱۹۵۱ **کی.لهووک**[۱۱] و همکارانش در آزمایشگاه مهندسی سیگنال کورپز[۱۲] در ایالات متحده[۳] از این ایده‌ها برای توضیح دادن الکترولیانی ناشی از تزریق حاملان بار در یک پیوندگاه و سپس بازترکیب الکترون‌ها و حفره‌ها در SIC استفاده کردند. با این همه، انرژی فوتون مشاهده شده کمتر از گاف انرژی SIC بود، پس این فرض مطرح شد که باز ترکیب تابشی احتمالاً ناشی از ناخالصی‌ها یا نقص‌های شبکه است. در سال ۱۹۵۵، الکترولیانی تزریقی در تعدادی از ترکیب‌های III-V نشان داده شد. [۴/۵]. در سال ۱۹۵۵ و ۱۹۵۶ **جی. ار. هینز**[۱۳] در آزمایشگاه‌های تلفن بل نشان داد که الکترولیانی مشاهده شده در ژرمانیم و سیلیسیم ناشی از بازترکیب حفره‌ها و الکترون‌ها در پیوندگاه p-n است[۶] (نگاه کنید به شکل ۱)

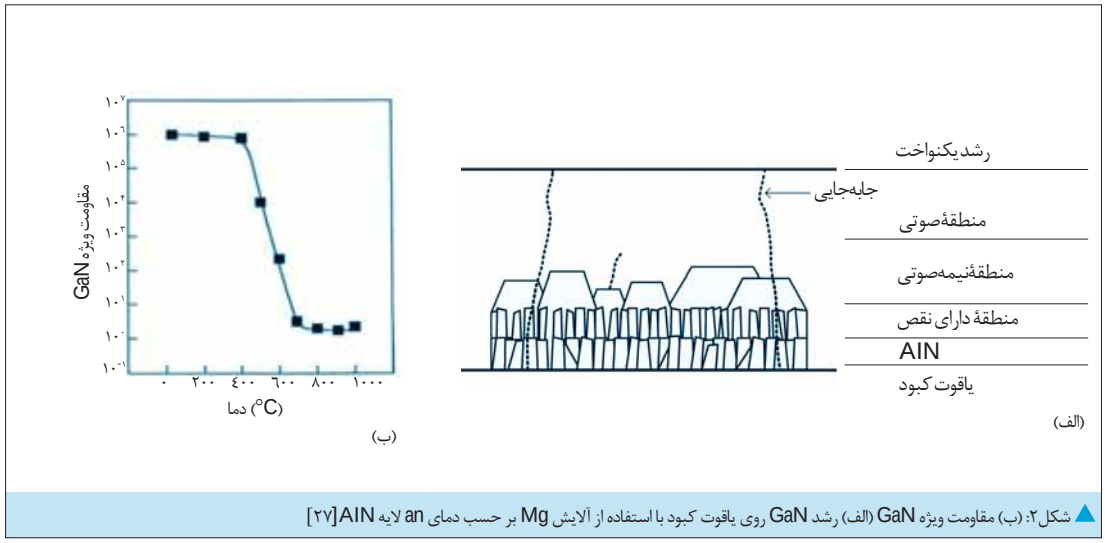
LEDهای فروسرخ

روش‌های کارآمدسازی پیوندگاه‌های p-n با GaAs در سال‌های بعد به سرعت توسعه یافت. GaAs به واسطهٔ گاف نوار مستقیم خود جالب توجه بود و این امکان را به‌وجود می‌آورد که الکترون‌ها و حفره‌ها بدون دخالت فوتون‌ها بازترکیب شوند. گاف نوار ۱/۴ eV متناظر با نور فروسرخ است. در تابستان سال ۱۹۶۲، مشاهدهٔ سیکل نور از پیوندگاه‌های p-n گزارش شد [۷]. چند ماه بعد، سیکل لیزری در GaAs در دمای نیتروژن مایع [۷] به‌طور همزمان و مستقل از یکدیگر توسط سه گروه پژوهشی، در جنرال الکتریک[۱۴]، در IBM و در آزمایشگاه لینکلن[۱۵] MIT، در ایالات متحده نشان داده شد [۸-۱۰]. با این همه چند سال طول کشید تا به واسطهٔ گسترش ناجورساختارها،- که جایزهٔ نوبل ۲۰۰۰ را برای **زد.آی.آلفروف**[۱۶] و **اچ. کرومر**[۱۷] در پی داشت- و چاه‌های کوانتومی محصورسازی بهتر حاملان بار، کاهش اتلاف‌ها امکان کار مداوم دیودهای لیزری در دمای اتاق، کاربرد در حوزه‌های گوناگون بسیار زیادی امکان‌پذیر گردد.

LEDهای مرئی

پس از آزمایش‌های اولیه در پایان سال‌های ۱۹۵۰ [۱۱]، پیشرفت‌هایی در ساخت LEDهای کارآمد، با استفاده از Gap (گاف نوار غیرمستقیم برابر ۲/۲ eV) به‌صورت موازی در سه گروه پژوهشی از آزمایشگاه مرکزی فیلیپس[۱۸] در آلمان (اچ.جی. گریمسیز[۱۹])، آزمایشگاه‌های سرویس الکترونیکز[۲۰] (SERL) در بریتانیا (جی. دبلیو. آلن[۲۱]) و آزمایشگاه‌های تلفن بل در ایالات متحده (ام. گرشنزون[۲۲]) صورت گرفت. گروه‌های یاد شده اهداف متفاوتی داشتند که از مخابرات، روشنایی و تلویزیون صفحه‌های نمایشگر برای دستگاه‌های الکترونیکی و تلفن را دربرمی‌گرفت. استفاده از آلاینده‌های متفاوت (برای مثال zn-o یا N) در غلظت‌های مختلف، طول موج‌های گوناگون در گسترهٔ قرمز تا سبز را تولید می‌کند. در اواخر سال‌های ۱۹۶۰ تعدادی از سازندگان در کشورهای مختلف LEDهای سبز تا قرمز بر مبنای Gap را می‌ساختند.

بلورهای مخلوط از جمله As,Ga، و (Gap_xAs_{1-x}) از این رو جالب توجه‌اند که طول موج گسیلی از آن‌ها می‌تواند کوتاه‌تر از طول موج مربوط به GaAs باشد و به گسترهٔ مرئی می‌رسد در حالی که گاف نوار آن مستقیم و x کوچک‌تر از ۰/۴۵ است. **ان. هولویناک کوچک**[۲۳] و همکارانش در آزمایشگاه جنرال الکتریک در اواخر سال‌های ۱۹۵۰ کار روی Gap_xAs_{1-x} را آغاز کردند و موفق به ساخت پیوندگاه‌های p-n و مشاهدهٔ گسیل LED شدند. گسیل از دیود لیزری در ۷۱۰ nm (قرمز) نخستین‌بار در سال ۱۹۶۲ گزارش شد[۱۵].



▲ شکل ۲: (ب) مقاومت ویژه GaN (الف) رشد GaN روی یاقوت کبود با استفاده از آلایش Mg بر حسب دمای an لایه AlN [۲۷]

کار اولیه روی LEDهای آبی

معلوم شد که برداشتن گام برای رسیدن به نور آبی به‌طور قابل ملاحظه‌ای دشوارتر است. تلاش‌های اولیه با ZnSe و Sic، با گاف‌های نوار غیرمستقیم پهن، به گسیل نور آبی کارآمد نینجامید؛ بلکه ماده‌ای که امکان توسعهٔ LEDهای آبی را فراهم ساخت GaN (گالیم نیترید) بود.

گالیم نیترید

GaN یک نیمرسانا در گروه III-V، با ساختار بلوری ورتزیت[۲۴] است. می‌توان آن را روی بستر یاقوت کبود (Al_2O_3) یا Sic رشد داد، و به رغم تفاوت ثابت‌های شبکه می‌توان GaN را با مثلاً سیلیسیم به نوع n و با منیزیم به نوع p آلایید. متأسفانه، آلایش با فرآیند رشد تداخل می‌کند به‌طوری که GaN شکننده می‌شود. به‌طور کلی، نقص‌های موجود در بلورهای GaN باعث می‌شود که این بلورها رسانای خوبی برای الکترون گردند. یعنی ماده به‌طور طبیعی نوع n است. GaN دارای گاف نوار مستقیم ۳/٤ ev متناظر را طول موج در ناحیهٔ فرابنفش است.

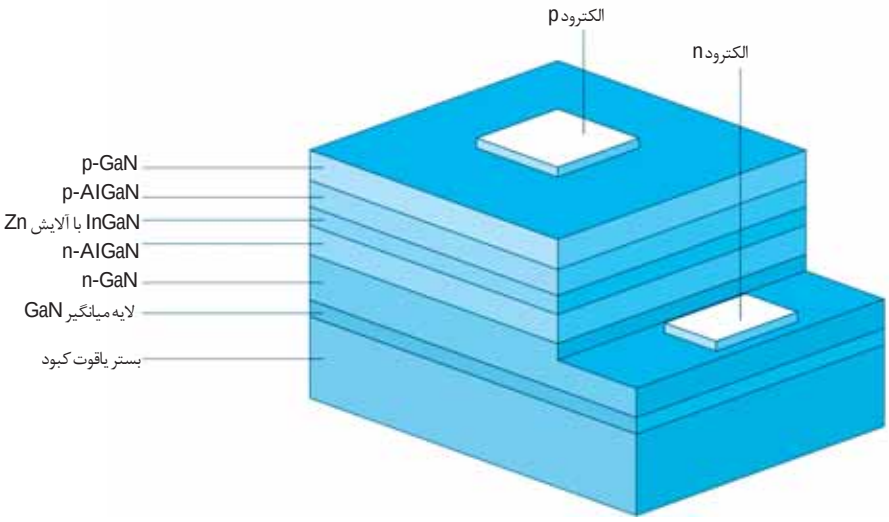
آزمایشگاه‌های پژوهشی فیلیپس، در پایان سال‌های ۱۹۵۰، امکان اختراع یا ابداع یک فناوری روشنایی جدید با استفاده از GaN را به‌طور جدی بررسی کردند که گاف نوار آن به تازگی اندازه‌گیری شده بود. **اچ.جی. گریمسیز** و **اچ. کولمان** موفق شدند با استفاده از فعال‌کننده‌های مختلف فوتولیانی از GaN را در گسترهٔ وسیعی از طیف به‌دست آورند و درخواست ثبت اختراع کردند[۱٦]. با این همه، در آن زمان رشد دادن بلورهای GaN بسیار دشوار بود. فقط امکان تولید بلورهای کوچک به شکل پودر وجود داشت که نمی‌شد در آن‌ها پیوندگاه‌های p-n به‌وجود آورد. پژوهشگران فیلیپس تصمیم گرفتند به جای آن توجه خود را روی Gap متمرکز کنند.

تولید بلورهای GaN با کارآیی بیشتر در پایان سال‌های ۱۹٦۰ با رشد GaN روی یک بستر با استفاده از فناوری HVPE[۲٦] صورت گرفت[۱۷]. تعدادی از آزمایشگاه‌ها در ایالات متحده [۱۸ و ۱۹]، ژاپن[۲۰]، و اروپا[۲۱] روش‌های رشد و آلایش GaN را با هدف توسعه LEDهای آبی بررسی کردند، اما مسائل مربوط هنوز حل‌نشدنی به‌نظر می‌رسید. ناهمواری سطح کنترل نشده بود، و مواد رشد یافته به روش HVPE آلوده به ناخالصی فلزات‌گذاری بودند و آلایش p به علت حضور هیدروژن غیرفعال می‌شد و با آلاینده‌های پذیرنده کمپلکس تشکیل می‌داد. نقش هیدروژن در آن زمان شناخته شده نبود.

جی.آی. پانکوف[۲۷] یک دانشمند پیشگام در این زمینه در یک مقالهٔ مروری، در سال ۱۹۷۳، نوشت[۲۲]: «به رغم پیشرفت زیاد در بررسی GaN در دو سال اخیر، هنوز کار زیادی باید انجام شود. هدف‌های اصلی در فناوری GaN باید عبارت باشد: از ۱- ساخت تک‌بلورهای بدون کرنش، و ۲- وارد کردن پذیرنده‌های کم‌عمق با تراکم زیاد» (برای فراهم آوردن آلایش p مؤثر)، باز هم تلاش‌های پژوهشی به علت عدم پیشرفت متوقف شد.

روش‌های جدید رشد

در سال‌های ۱۹۷۰ روش‌های جدید MBE[۲۸] (برآرایی باریکهٔ مولکولی) و MOVPE[۲۹] (برآرایی بخار فلز- آلی) توسعه یافت. تلاش در جهت تطبیق دادن این روش‌ها با رشد GaN صورت گرفت. ایسامو اکاساکی بررسی GaN را در سال ۱۹۷٤ وقتی آغاز کرد که در انستیتوی پژوهشی مالتوشیتا[۳۰] در توکیو کار می‌کرد. وی در سال ۱۹۸۱ عهده‌دار مقام استادی در دانشگاه ناگویا شد و پژوهش روی GaN را همراه با هیروشی آمانو و سایر همکاران ادامه داد. تولید بلورهای GaN با کیفیت و خواص اپتیکی خوب به روش MOVPE تا سال ۱۹۸٦ طول کشید. پیشرفت در این زمینه حاصل یک سلسله آزمایش‌ها و مشاهده‌های طولانی بود. ابتدا یک لایهٔ نازک (۳۰ nm) ALN



▲ شکل ۳. ساختار یک LED آبی با پیوندگاه ناجور دوتایی InGaN/AlGaN

چند بلوری روی بستر یاقوت کبود در دمای کم ($500^{o}c$) جوانه می‌زد و سپس تا دمای رشد GAN ($1000^{o}c$) گرم می‌شد. در طی فرایند گرم کردن، لایه دارای بافت بلوری ریز با سمتگیری مشخص می‌شد که بلور GaN را می‌شد روی آن رشد داد. چگالی جابه‌جایی‌های رشد بلور GaN ابتدا زیاد است، اما پس از چند μm رشد به سرعت کاهش می‌یابد. می‌شد یک سطح با کیفیت خوب را به دست آورد که برای رشد ساختارهای چندلایه‌ای نازک در گام‌های بعدی توسعهٔ LED اهمیت داشت. به این ترتیب، GaN با کیفیت خوب لازم برای تولید قطعه برای اولین‌بار به‌دست آمد (نگاه کنید به شکل ۲ الف). امکان تولید GaN با زمینهٔ بسیار کمتر آلایش n نیز فراهم شد. شوجی ناکامورا در شرکت شیمیایی نیشیا[۳۱]، یک شرکت شیمیایی کوچک در ژاپن بعداً روش مشابهی را توسعه داد که در آن به جای AlN لایهٔ نازکی از GaN در دمای کم استفاده شده بود[۲۸].

آلایش GaN

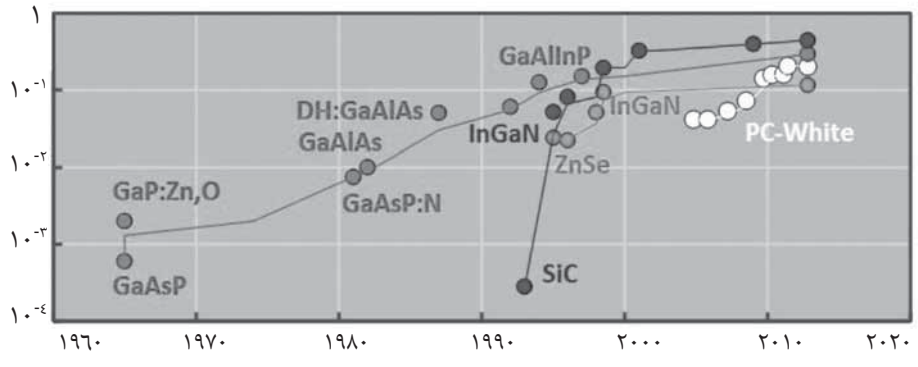
یک مسئله مهم در ساخت پیوندگاه‌های p-n مشکل آلایش p GaN به صورت کنترل شده بود. در پایان سال‌های ۱۹۸۰، آمانو آکاساکی و همکاران موفق به یک مشاهدهٔ مهم شدند. آن‌ها متوجه شدند که وقتی GaN با آلایش Zn را با میکروسکوپ الکترونی روبشی بررسی می‌کنند، نور بیشتری گسیل می‌کند[۲۹] که نشان‌دهندهٔ آلایش p بهتری است. به همین ترتیب، وقتی GaN با آلایش Mg تحت تابش الکترون‌های کم‌انرژی قرار گیرد، دارای ویژگی‌های آلایش p بهتری می‌شود[۳۰]. این یک موفقیت مهم بود و راه را برای پیوندگاه‌های p-n در GaN گشود.

اثر تابش الکترون چند سال بعد در یک مقالهٔ ناکامورا و همکارانش توضیح داده شد[۳۱]. پذیرنده‌هایی مانند Mg و Zn با هیدروژن کمپلکس‌هایی را تشکیل می‌دهند و در نتیجه غیرفعال می‌شوند. باریکه‌های الکترون این کمپلکس‌ها را جابه‌جا می‌کنند و پذیرنده‌ها را فعال می‌سازند. ناکامورا نشان داد که حتی یک پرداخت گرمایی ساده (تابکاری) به فعال شدن کارآمد پذیرنده‌های Mg می‌انجامد. تأثیر هیدروژن بر خنثی‌سازی آلاینده‌ها از کار قبلی **پانکوف**[۳۲]، **جی.اف. نومارک روتچیلد**[۳۳][۳۳] و دیگران با مواد دیگر شناخته شده بود.

یک گام مهم در توسعهٔ LEDهای آبی کارآمد رشد و آلایش p آلیاژهای (Al GaN,InGaN) بود که برای تولید پیوندگاه‌های ناجور ضروری هستند. این پیوندگاه‌های ناجور در هر دو گروه پژوهشی آکاساکی و ناکامورا در اوایل سال‌های ۹۰ تحقق یافتند.

پیوندگاه‌های ناجور و چاه‌های کوانتومی

توسعهٔ LEDهای فروسرخ و لیزرهای دیودی نشان داد که پیوندگاه‌های ناجور و چاه‌های کوانتومی برای دست یافتن به کارآیی زیاد ضروری هستند. **در این ساختارها در حجم کوچکی تزریق می‌شوند** که در آن، باز ترکیب با کارآیی بیشتر و کمترین اتلاف صورت می‌گیرد. آکاساکی و همکارانش ساختارهایی را بر مبنای AlGaN/GaN [۳۶/۳۷] به‌وجود آوردند، در حالی که ناکامورا از ترکیب‌های In GaN/ AlGaN, InGaN/GaN برای تولید پیوندگاه‌های ناجور، چاه‌های کوانتومی، و چاه‌های کوانتومی چندگانه با موفقیت زیاد استفاده کرد[۳۸]. در سال ۱۹۹۴ ناکامورا و همکارانش با استفاده از یک پیوندگاه ناجور دوتایی InGaN/AlGaN به کارآیی کوانتومی ۲/۷ درصد دست یافتند (نگاه کنید به



▲ شکل ٤. تحول تاریخی LEDهای تجارتی[٤٢]. PC-White فسفر تبدیل شده به نور سفید و HD ساختار ناجور دوتایی را نشان می‌دهد. کارآیی رولپلاگ نسبت توان نور خروجی به توان الکتریکی تأمین شده است.

شـکل ۳)[۳۹]. با این گام‌های اولیهٔ مهم، راه برای توسـعهٔ LEDهـای آبی کارآمد و اسـتفاده از آن‌ها هموار شـد. هر دو گـروه توسـعهٔ LEDهای آبی بـا هدف کارآیی بیشـتر، چندمنظـوره بودن، و کاربردهـا را ادامه داده‌اند. هر دو گروه گسـیل لیزری آبی مبتنی بر GaN را در سـال‌های ۱۹۹٦-۱۹۹۵ مشاهده کردند.

اکنون LEDهای کارآمد مبتنی بر GaN ناشی از یک رشته موفقیت در فیزیک مواد و رشد بلور، فیزیک قطعات نیمرسانا و طراحی سـاختارهای ناجور پیشرفته، واپتیک فیزیک برای بهینه‌سـازی خروجی نور هستند. توسعهٔ تاریخی LEDهای آبی، سبز، قرمز و «سفید» در تصویر زیر خلاصه شده است.

کاربردها

در حال حاضر فناوریِ روشنایی انقلابی را از سر می‌گذراند و آن گـذار از لامپ‌هـای معمولـی و فلوئورسـان به LED هاسـت. لامپ روشـنایی که **توماس ادیسـون**[۳۳] در سال ۱۸۷۹ اختراع کـرد دارای کارآیی انـدک ≃۱٦lm/w بود چراکـه در آن لامـپ تقریبـاً ٤ درصد انـرژی الکتریکی به نـور تبدیل می‌شـد. لومن (شـمع) یکایی اسـت که برای مشـخص کردن شارنور به کار می‌رود و واکنش طیفی چشم را در نظـر می‌گیرد. لامپ‌های فلوئورسـان حاوی جیوه که **پی.کوپر هیوئیت**[۳٤] در سـال ۱۹۰۰ اختراع کرد به کارآیی ۷۰ lm/w می‌رسـند. LEDهـای سـفید اکنون بـه بیش از ۳۰۰ lm/w رسیده‌اند که کارآیی رولپلاگ بیش از ۵۰ درصد را نشان می‌دهد.

LEDهای سفید مورد استفاده در روشنایی اغلب مبتنی بر LEDهای آبی‌اند که یک فسـفر را برانگیخته می‌کنند تا نور آبی به نور سفید تبدیل شود. این LEDهای باکیفیت با طول عمرهای بسیار زیاد (۱۰۰۰۰۰ سـاعت) ارزان‌تر می‌شوند و فعلاً بازار در حال انفجار است. شاید در آینده به جای LED های سـه رنگ از ترکیب LED آبی و فسـفر برای روشنایی کارآمد اسـتفاده شود. این فناوری کنترل پویایی ترکیب نور را امکان‌پذیر می‌سازد.

جایگزین شـدن لامپ‌های معمولی و فلوئورسـان با LED هـا به کاهش قابـل ملاحظهٔ الکتریسـیته مورد نیـاز برای روشنایی می‌انجامد. از آنجا که در اقتصاد صنعتی تنها ۲۰ تا ۳۰ درصد الکتریسـیتهٔ مصرفی به روشنایی تبدیل می‌شود، اکنون کوشش قابل ملاحظه‌ای صرف جایگزینی فناوری‌های روشنایی قدیمی با LEDها می‌شود.

امروز LEDهای مبتنی بر GaN فناوریِ غالب برای روشن کـردن صفحه‌های نمایـش بلور مایع بسـیاری از تلفن‌های همراه، تبلت‌ها، لپ‌تاپ‌ها و نمایشـگرهای رایانه، صفحه‌های تلویزیـون و مانند آن به شـمار می‌رونـد. لیزرهای دیودی گسیل‌کنندهٔ نورهای آبی و فرابنفش در DVDهای با چگالی زیاد که سطح فناوری ضبط کردن موسیقی، تصاویر و فیلم‌ها را بسـیار بالا برده‌اند نیز مورد اسـتفاده قرار می‌گیرند. شاید کاربردهای آتی آن شـامل اسـتفاده از LEDهای AlGaN / GaN نور فرابنفش گسـیل بـرای تصفیه آب باشـد، چون نـور فرابنفـش DNA باکتری‌هـا، ویروس‌هـا و موجـودات زندهٔ ذره‌بینی را از بین می‌برد. در کشـورهای با شـبکه‌های بـرق ناکافی یا ناموجود، الکتریسـیتهٔ تولیـدی از صفحات خورشـیدی را می‌توان در طول روز ذخیره کرد و توان لازم جهت LEDها در طول شـب را تأمین کرد. در اینجا، شاهد گذار از چراغ‌های نفتی به LEDهای سفید خواهیم بود.

پی‌نوشت‌ها

1. I. Akasaki
2. H.Amano
3. S. Nakamura
4. H.J.Round
5. Marconi Electrouics
6. O.Losev
7. Bell Telephone Laboratories
8. Shockley
9. Bardeen
10. Brattain
11. K. Lehovec
12. Signal Corps Engineering Laboratory
13. J.R. Haynes
14. General Electric
15. Lincoln Laboratory
16. Z.I. Alfrov
17. H.Kromer
18. Philips Central Laboratory
19. H.G. Grimmeiss
20. Services Electronics Laboratories
21. J.W. Allen
22. M. Gershenzon
23. N. Holonyak Jr
24. Wurtzite
25. H. Koelmans
26. Hydricle Vapour Phase Expitaxy
27. J.I.Pankov
28. Molecular Beam Epitaxy
29. Metalorganic Vapour phase Expitaxy
30. Matsushita
31. Nichia Chemical Corporation
32. G.F. Neumark Rothschild
33. Thomas Edison
34. P. Cooper Hewitt

آسمان‌نما: پیوند دانش و فناوری

سید حجت‌الحق حسینی

چکیده

یکی از بهترین روش‌های آموزش اخترشناسی و تبیین مفاهیم مکانیک سماوی، همانندسازی رفتار اجرام آسمانی با نگاهی واقع‌گرایانه است. «آسمان‌نما» که نام عمومی و خاص مجموعه‌ای است، شامل ابزار اخترشناسی، مکان آموزشی ستاره‌شناسی و نرم‌افزارهای رایانه‌ای هوشمند، روایتی دیگر از آسمان، به لطف فناوری، دارد. «انجمن بین‌المللی آسمان‌نما»، تنها مرجع جهانی برای ساماندهی امور و خواسته‌ها و بایسته‌های این فعالیت علمی است. کشورهای زیادی در جهان، آسمان‌نما دارند و رسماً با این انجمن همکاری می‌کنند.

کلیدواژه‌ها: آسمان‌نما، افلاک‌نما، انجمن بین‌المللی آسمان‌نما، آسمان‌نمای تهران، دستگاه فراتاب آسمان‌نما

پیش‌گفتار

بشر از آغاز پیدایش خود تا امروز بر «زمین» ایستاده و «آسمان» را نظاره کرده است. پدیده‌های زمینی و طبیعی زندگی از یک سو و زیبایی‌ها و رویدادهای آسمانی از سوی دیگر، همواره و همیشه انسان را مبهوت خود کرده‌اند. کوشش انسان برای فهم آسمان و رازهای آن هم سنگ تلاش او برای شناخت و بهره‌گیری زمین بوده است. اگر روز و روزگاری «اسطوره» از آسمان برای آدمی چهره عیان می‌کرد، امروزه این «فناوری» است که از زمین برای شناخت، بهره‌مندی و شاید چیرگی بر طبیعت و مواهب طبیعی عرض اندام می‌کند. مدل‌سازی[1] و الگوپذیری مهم‌ترین ویژگی‌های فناوری بر پایهٔ دانش ریاضیات و فیزیک کاربردی است. آسمان‌نما[2] یا به تعبیری افلاک‌نما[3] کوششی فناورانه و دانشی در عرصهٔ علمی است که چندان راحت در دسترس انسان نیست. همانندسازی رفتار اجرام آسمانی از ستاره تا سیاره و شبه‌سیاره و روشنگری پدیده‌های آن از خورگرفت و مه‌گرفت تا بارش‌های شهابی و شفق و فلق خورشیدی، محتوای اصلی نمایش‌های آسمان‌نماست. فناوری آسمان‌نماها، در روزگار ما بیشتر و بیشتر نشئت گرفته از هوش مصنوعی[4]، مکاترونیک[5] و دانش‌های میان‌رشته‌ای/ چندرشته‌ای[6] است. سفری فناورانه از مکانیک تا دیجیتال، سرگذشت این ابزار نجومی است.

هر چه شناخت انسان از این ابزار و فن بیشتر و بهتر باشد، دامنهٔ کنجکاوی او از سرگرمی تا آموزش اثربخش، گسترده‌تر می‌شود. مؤسسه‌های آموزشی، فرهنگی و تفریحی و بیشتر موزه‌های علم آسمان‌نما دارند؛ اگر چه اندازهٔ این آسمان‌نماها متفاوت است. با آسمان‌نما می‌توان موقعیت ستاره‌ها را در هزاران سال پیش یا هزاران سال آینده نشان داد. با استفاده از آسمان‌نماهای رایانه‌ای می‌توان آسمان را حتی از چشم بیننده‌ای تماشا کرد که بر کرهٔ ماه ایستاده است یا در سفینهٔ فضایی در حرکت است.

تاریخچه‌ای گذرا در جهان و ایران

جهان

در سال ۱۶۹۹م. دکتر وایگل، استاد دانشگاه ینای آلمان، کره‌ای از ورق نازک فلزی ساخت و روی این کره، به مثابه

آسمان کروی، محل دقیق ستارگان پرنورتر را سوراخ کرد. چند سوراخ بزرگ‌تر نیز در محلی که آسمان ظاهراً بی‌ستاره به نظر می‌رسد به‌وجود آورد. با این اختراع، بیننده با نگاه کردن از این سوراخ‌های بزرگ به درون کره می‌توانست منظره‌ای از آسمان را مشاهده کند. بعدها کره‌های بزرگ‌تری با همین روش ساخته شد.

در سال ۱۹۱۲ م. در شهر شیکاگوی آمریکا کره‌ای ساخته شد که به نام ات وود[۷]، دانشمند نامدار جغرافی و زمین‌شناسی، نامگذاری شد. قطر این کره حدود ۵ متر بود و به دور محوری می‌چرخید و برای ۱۲ نفر جا داشت. در سطح داخلی و تاریک این کره وسایلی قرار داشت که می‌توانست ماه و خورشید و حرکت آن‌ها را نشان دهد.

در سال ۱۹۲۳ م. دکتر بائر سفلد[۸] آلمانی که در کارخانهٔ ابزارهای نوری کارل زایس[۹]، سازندهٔ انواع عدسی‌ها و ذره‌بین‌ها، کار می‌کرد، پیشنهاد داد در تالاری با سقف کروی، نورافکنی قرار دهند و با استفاده از آن جای ستارگان را بر این سقف نشان دهند. این کار انجام شد و امروزه با افزودن نورافکن‌های کوچک‌تر به نورافکن اصلی و تنظیم گردش آن با رایانه می‌توان بیش از ۹۰۰۰ ستاره را در آسمان‌نما دید و حرکت ستاره‌ها را ردیابی کرد. [۳]

آسمان‌نمای مسکو در روسیه نیز در سال ۱۹۲۹ م. پایه‌گذاری شد که تا دههٔ هشتاد میلادی فعالانه کار می‌کرد، زیرا به‌دلیل مسایل سیاسی و اقتصادی و قطع کمک‌های دولتی بسته شد اما بار دیگر در سال ۲۰۰۴ م. و پس از سال‌ها تخریب و فرسودگی بازسازی شد و دوباره سامان گرفت.

آسمان‌نمای ادلر[۱۰] در شیکاگوی آمریکا در سال ۱۹۳۰ م. ساخته شد و آسمان‌نمای لندن نیز در سال ۱۹۵۸ م. کامل شد که نخستین آسمان‌نما با گنبد بتنی بود. پیشتاز و مروج آسمان‌نماهای کوچک در آمریکا، آرماند اسپیتز[۱۱] بود که صدها آسمان‌نمای کوچک در مناطق مختلف راه‌اندازی کرد. در سال‌های ۱۹۷۰ م. در کشور ژاپن دو شرکت تولیدکنندهٔ ابزارهای نوری به نام‌های سیزوگوتو[۱۲] و مینولتا[۱۳]، صدها آسمان‌نمای کوچک در کشورهای مختلف جهان نصب کردند. از سال ۱۹۸۰ م. اونز[۱۴] و سادرلند[۱۵] نخستین آسمان‌نمای ستاره‌ای رایانه‌ای را ساختند که توانمندی‌های بیشتری نسبت به آسمان‌نماهای مکانیکی داشت. در پایان سدهٔ بیستم میلادی بیش از ۱۰۰ آسمان‌نمای بزرگ در سراسر جهان مشغول به کار بودند. [٤]

«انجمن بین‌المللی آسمان‌نما/ IPS»[۱۶] در اکتبر ۱۹۷۰ م. در شهر میشیگان آمریکا پایه‌گذاری شد و در طول ٤٤ سال فعالیت حرفه‌ای و جهانی خود، هر دو سال یک‌بار بیست و سه همایش بین‌المللی در کشورهای آمریکا، کانادا، مکزیک، ژاپن، انگلستان، اسپانیا، استرالیا، مصر و چین برگزار کرده است.[۵] این انجمن هفتصد نفر عضو از ۳۵ کشور جهان دارد که اعم از مدیران، معلمان، فناوران، نویسندگان، هنرمندان، دانشمندان، دانشجویان و... هستند. دورهٔ ریاست آن دو سال است و تاکنون ۲۱ نفر آن را مدیریت کرده‌اند. [٦] امروزه نزدیک ۳۰۰۰ آسمان‌نما و افلاک‌نمای آموزشی و تفریحی در مدارس، دانشگاه‌ها، مؤسسه‌های فرهنگی، موزه‌ها و مراکز علمی در بیش از ۱۰۰ کشور جهان فعالیت دارند. بیشترین شمار این آسمان‌نماها در کشور آمریکا قرار گرفته‌اند. مجلهٔ بین‌المللی «آسمان‌نما» یکی از کارهای انتشاراتی این انجمن است. در جهان سی و سه کارخانهٔ طراحی و ساخت آسمان‌نما در کشورهای آمریکا، ژاپن، ایتالیا، برزیل، چین، انگلستان، اسپانیا و آرژانتین فعالیت می‌کنند که به آسمان‌نماهای ثابت و قابل حمل نیز خدمات تخصصی می‌دهند.

کتاب **دستنامه برای آسمان‌نماهای قابل حمل** از سوی کمیتهٔ آسمان‌نماهای قابل حمل وابسته به انجمن بین‌المللی آسمان‌نما در ٤٧٧ صفحه و در هفده بخش تخصصی در ژوئیه ۲۰۰۲ م. با ویراستاری سوزان رینولدز باتن[۱۷] راهنمای بسیار خوب و حرفه‌ای برای خرید و کاربری این نوع ابزارهای آموزشی است.

شمار کلی آسمان‌نماهای موجود و البته رسمی جهانی، و نیز افلاک‌نماهای آموزشی استاندارد پس از کشور آمریکا بدین قرار است: [۷]

نام قاره	شمار آسمان‌نما	رتبه در جهان	شمار کشورهای عضو رسمی
آفریقا	۵	۳	۳
آسیا	۸۸	۲	۱۵
اروپا	۲۰۳	۱	۲۷

برترین آمارهای جزیی و دقیق شمار آسمان‌نماهای موجود در کشورهای جهان: [۷]

کشور	شمار آسمان‌نما	قاره	رتبه در جهان
انگلستان	۳۱	اروپا	۱
ایتالیا	۳۱	اروپا	۱
ژاپن	۳۱	آسیای دور	۱
هندوستان	۲٤	آسیا	۲
اسپانیا	۲۳	اروپا	۳
لهستان	۲۰	اروپا	٤
سوئد	۱۵	اروپا	۵
آلمان	۱٤	اروپا	٦
چک	۸	اروپا	۷
اسلواکی	٦	اروپا	۸
فرانسه	٦	اروپا	۹
هلند	۵	اروپا	۱۰
بلغارستان	۵	اروپا	۱۰

توضیح: پردازش داده‌ها و رتبه‌بندی موجود قاره‌ها و کشورها از نویسندهٔ این نوشتار است.

در سال ۱۹۱۲ م. در شهر شیکاگوی آمریکا کره‌ای ساخته شد که به نام ات وود، دانشمند نامدار جغرافی و زمین‌شناسی، نامگذاری شد

آسمان‌نما یا افلاک‌نما ساختمانی گنبدی‌شکل است که در تالار اصلی آن، آموزش‌همگانی اخترشناسی و رشته‌های وابسته‌انجام می‌شود

آسمان نمای تهران

آسمان نمای مراغه

آسمان نمای نیشابور

ایران

نخستین آسمان‌نمای کشور ما، آسمان‌نمای تهران است که به همت سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح در اردیبهشت سال ۱۳۷۲ خورشیدی بنیان‌گذاری شد. نمایشگاه دائمی ادوات نقشه‌برداری در آنجا نیز تعریف شده است. آسمان‌نمای مرکز ستاره‌شناسی تهران نیز در سال ۱۳۷۹ خورشیدی با سقفی هنرمندانه و لامپ‌هایی نشان‌دهندهٔ رنگ و قدر روشنایی ستاره‌ها به سعی و کوشش دکتر هدایت‌الله تاج‌بخش رونمایی شد. این آسمان‌نما در منطقهٔ یک شمیران قرار دارد و از زیرمجموعه‌های شهرداری تهران است. همچنین آسمان‌نمای شهر ری در اردیبهشت ۱۳۸۳ مورد بهره‌برداری قرار گرفت. این آسمان‌نما وابسته به آستان حضرت عبدالعظیم الحسنی(ره) است. در کشور ما، آسمان‌نماها و افلاک‌نماهایی کوچک و نمایشی دیگری نیز وجود دارند. متأسفانه کشور ما، به دلایل مالی و حقوقی در نپرداختن حق عضویت انجمن، عضو رسمی انجمن بین‌المللی آسمان‌نماها نیست.

از دید دانش ستاره‌شناسی و فناوری مربوط

آسمان‌نما یا افلاک‌نما ساختمانی گنبدی شکل است که در تالار اصلی آن، آموزش همگانی اخترشناسی و رشته‌های وابسته انجام می‌شود. این تالار به‌طور سنتی دارای سقفی به شکل نیمکره است که تصویر اجرام آسمانی را همان‌گونه که از زمین دیده می‌شوند، بر آن می‌اندازند و با استفاده از یک نورافکن (پروژکتور) اصلی و شماری نورافکن‌های کوچک‌تر موقعیت‌های گوناگون زمین، ماه، خورشید، سیاره‌ها، ستارگان و صورت‌های فلکی و حرکت آنان را در آسمان برای بینندگان نمایش می‌دهند. اصطلاح آسمان‌نما در اصل برای توصیف ابزارهایی آموزشی یا نمایشی به‌کار می‌رفت که به‌منظور نشان دادن حرکت‌های مداری سیاره‌ها و قمرهای آنان طراحی شده بود. امروزه این اصطلاح در مورد نرم‌افزارهای رایانه‌ای یا پایگاه‌های اینترنتی نیز به‌کار می‌رود که تصویر آسمان شب و پدیده‌های گوناگون آسمانی را همانندسازی می‌کنند.

نور اصلی آسمان‌نما، که در وسط تالار کار گذاشته می‌شود دستگاه پیچیده‌ای است که از دو کره و چند استوانهٔ متصل به آن تشکیل شده است. یکی از دو کره آسمان را آن‌گونه که از نیمکرهٔ شمالی و دیگری آسمان را آن‌گونه که از نیمکرهٔ جنوبی دیده می‌شود، نشان می‌دهند. داخل هر کره یک چراغ پرنور و دور آن صدها عدسی بسیار کوچک نصب شده است. نور از راه این عدسی‌ها روی پردهٔ آسمان‌نما می‌افتد. پشت هر عدسی لامپی، که درون فضای کوچک فانوس مانندی قرار دارد تصویر اجرام آسمانی را روی پرده می‌اندازد و منظره‌ای مانند آسمان واقعی شب به‌وجود می‌آورد.

نورافکن اصلی آسمان‌نما دور دو راستای عمودی و افقی حرکت می‌کند و می‌تواند به حالت عمودی یا مایل درآید و دور خود بچرخد. هنگامی که دور خود می‌چرخد می‌توان حرکت ظاهری ستارگان را از شرق به غرب از چشم بیننده‌ای که بر کره زمین ایستاده است، مشاهده کرد. اگر سرعت چرخش نورافکن زیاد باشد، وضعیت آسمان در یک شبانه‌روز را می‌توان تنها در یک دقیقه به نمایش گذاشت.

در یک آسمان‌نمای عمومی نمایش جلوه‌های آسمانی طبق برنامه‌ای منظم به مردم ارائه می‌شود. نمایش این برنامه‌ها می‌تواند با موسیقی، انواع جلوه‌های ویژه و با گفتاری همراه شود و توسط گوینده‌ای حرفه‌ای اجرا و ضبط شود. برای آنکه همه بازدیدکنندگان نمایش‌هایی همانند را مشاهده کنند، مسئولان این سازمان‌های آموزشی به خودکارسازی برنامه گرایش یافته‌اند. فراگیرترین آرایش صندلی‌های تماشاگران

در آسمان‌نماها به‌صورت دایره‌هایی هم مرکز، پیرامون نورافکن اصلی تالار نمایش است.

تأسیسات و فناوری مربوط آسمان‌نماها بسیار متفاوت‌اند. برخی از آن‌ها فضای نمایشی گسترده، موزه و نیروی انسانی حرفه‌ای و پشتیبانی دارند. ممکن است قطر گنبد نمایشی آن‌ها بیش از ۲۵ متر باشد و جایگاهی با گنجایش بیش از ۶۰۰ تن تماشاگر داشته باشند. آسمان‌نماهای دیگری را که کوچک‌ترند و گنجایش کمتری دارند، می‌توان ابزار کمک آموزشی (افلاک‌نما) دانست.

مهم‌ترین ابزار هر آسمان‌نما، دستگاه نورافکن یا فراتاب آن است. فراتاب‌ها انواع گوناگونی دارند. نخستین دستگاه فراتاب الکترومکانیکی جدید در کارخانه ابزارهای نوری زایس در آلمان ساخته شد. فراتاب‌های کنونی، دستگاه‌هایی پیشرفته مرکب از عدسی‌ها، لامپ‌ها، چرخ‌دنده‌ها و موتورهایی است که با رایانه کنترل می‌شوند و به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که حرکت دقیق اجرام آسمانی را در عرض‌های جغرافیایی گوناگون به درستی نمایش دهند.

فراتاب‌های الکترومکانیکی آسمان‌نماهای بزرگ به شکل دمبل ساخته می‌شوند و در مرکز تالار روی زمین قرار می‌گیرند. این فراتاب‌ها دارای ۲۹۰۰۰ قطعهٔ مکانیکی‌اند و وزنشان به ۲/۵ تن می‌رسد. امروزه مؤسسه‌های آموزشی بزرگ در آسمان‌نماهای خود فناورهای مدرن، همچون فراتاب‌های دیجیتالی (رایانه‌ای هوشمند) و لیزری را جایگزین فراتاب‌های الکترومکانیکی کرده‌اند. به کمک این فناوری‌ها می‌توان آمیزه‌ای از تصاویر آسمان، عکس، فیلم و تصویرهای پویانمایی رایانه‌ای را به نمایش گذاشت.

سه معیار مهم نرم‌افزاری برای طراحی و کارآمدی برنامه‌های رایانه‌ای و پردازش محتوایی آن‌ها عبارت‌اند از:

- ارائهٔ تصویر واقعی آسمان آن‌چنان‌که از زمین دیده می‌شود
- توانایی نشان دادن حرکت اجرام آسمانی در لحظهٔ واقعی
- توانایی شبیه‌سازی مکانی و همانندسازی زمانی در زمان‌های گذشته و آینده. [۷]

شرایط راهبردی حقوقی، معماری و علمی آسمان‌نما

از نگاه حقوقی؛

● به دلیل عدم عضویت کشور ما در «انجمن بین‌المللی آسمان‌نما» هیچ موضوع خاصی در سطح ملی و جهانی قابل طرح و بررسی نیست. «انجمن بین‌المللی آسمان‌نما» الزامات و قوانینی را به‌طور دقیق در سیزده بند در نظام نامهٔ حقوقی خویش به‌عنوان سازمان مرجع جهانی و در موضوع‌های کمیته‌های تخصصی (طراحی هنری و صنعتی، معماری مکان - فضا، ساخت انواع ثابت و قابل حمل آسمان‌نما و بهره‌برداری در فضاهای فرهنگی و آموزشی کوچک و بزرگ) در چهل و هشت صفحه آورده است. آخرین ویرایش این متن در اوت ۲۰۱۲ م. در دسترس همگان است. [۸]

از دیدگاه معماری بنا و مدیریت فضا - مکان؛

● آسمان‌نما، محیط و فضایی است که به بازنمایی آسمان و پدیده‌های آسمانی می‌پردازد، از این رو بسیار مهم است که در ساخت آن عناصر معماری بنا و نشانه‌های اخترشناسانه، متناسب با سه موضوع بسیار مهم و بنیادین زیر به‌کار گرفته شود:

۱. دانش فنی و تخصصی مهندسی سازه

رعایت استانداردهای تخصصی در سطوح سازمانی و ملی و در همهٔ ابعاد ایجاد و ساخت یک آسمان‌نما. استانداردهای سازمانی Build a Planetarium. 1994. IPS وابسته به کمیتهٔ ساخت و مهندسی «انجمن بین‌المللی آسمان‌نما» و Planetarium: Building improvement Project. CP 166185. University of Colorado. 393 pages. .05 March 2013

راهگشا و کاربردی هستند. تمامی موارد سامانهٔ صدا، جلوه‌های ویژهٔ فراتاب‌ها (نورافکن‌ها)، انتخاب گنبد، نورپردازی، محیط آسمان‌نما، سامانهٔ پرتو برش (لیزر)، انتخاب پیمانکاران و طراحان و معماران، طراحی پروژه، ساخت و هزینهٔ عملیات، ایمنی و امنیت سازه و... به‌صورت روش اجرایی و پایش چک‌لیستی در آن‌ها پرداخته شده است.

۲. مسائل فرهنگی و اجتماعی

فرهنگ ملی و دستاوردهای میهنی و ای بسا افتخارات کشور در حوزهٔ نجوم و دانش‌های آسمانی (اخترفیزیک، کیهان‌شناسی، فضا و کیهان نوردی) در این‌گونه مکان‌های علمی، جلوهٔ بیشتری پیدا می‌کند. باورهای دینی و نگرش‌های قومی نیز اهمیتی بالا در معماری بنا و مدیریت مکان - فضا دارند. اقبال مردم به این‌گونه مکان‌های عمومی، یکی از نمودهای پاسداشت رفتارهای فرهنگی جامعه است.

۳. شرایط اقلیمی و آمایش سرزمینی

اقلیم بر افراد انسان تأثیر می‌گذارد و خلق و خوی ویژه‌ای را به نوعی در آن‌ها نهادینه می‌کند. اقلیم بر بنا نیز اثر گذار است و بر پایهٔ اصول ترمودینامیک، کمیتهٔ انرژی و بیشینهٔ آشفتگی، سازگاری و ماندگاری بنا را در تعمیر و تخریب سرعت می‌بخشد.

از نگاه دانش اخترشناسی و محتوای علمی:

● آسمان‌نما در حوزهٔ دانش‌های آسمانی (گاه‌شماری، اخترفیزیک، کیهان‌شناسی، شیمی کیهانی، اختر باستان‌شناسی، اختر شیمی و زیست فرازمینی و حیات هوشمند) می‌تواند و بایستی فیلم، عکس، نمایش‌های پویانمایی و... داشته باشد. اهمیت خاص این مسئله وقتی معلوم می‌شود که روزآمدی و اعتبار مفاهیم ارائه شده دانسته شود. اینجاست که شورای راهبردی و دانش آن‌ها در گزینش، داوری و تدوین موارد آموزشی دیداری و شنیداری روشن می‌شود. عدم تعارض و تضاد بین نکته‌های گفته شده و ذهنیت‌های علمی، فرهنگی و دینی بیننده و شنونده بسیار مهم است.

پی‌نوشت‌ها

1. Modeling
2. Planetarium
3. Orrery
4. Artificial intelligence
5. Mechatronics
6. Multidisciplinary
7. Atwood
8. Bauersfeld
9. Carl Zeiss
10. Adler
11. Armand Spitz
12. Seizo
13. Minolta
14. Evans
15. Sutherland
16. International Planetarium Society
17. Susan Reynolds Button

منابع

۱. قنبری، جمشید. **واژگان نجوم و اخترفیزیک**. چ ۱. مشهد: دانشگاه امام رضا(ع)، ۱۳۸۹ خ. ص ٤٦٢

۲. اکرمی، موسی. **واژه‌نامهٔ کیهان‌شناسی**. چ ۱. تهران: بنیاد دانشنامهٔ بزرگ فارسی، ۱۳۷٦ خ. ص ۲٤

۳. میرهادی، توران و دیگران. **فرهنگنامهٔ کودکان و نوجوانان**. ج ٥ چ ٦. تهران: شورای کتاب کودک و شرکت تهیه و نشر فرهنگنامهٔ کودکان و نوجوانان، ۱۳۹۱ خ. ص ۱۱.

٤. موسوی بجنوردی، کاظم و دیگران. **دانشنامهٔ ایران**. ج۳ . چ ۱. تهران: مرکز دائرةالمعارف بزرگ اسلامی، ۱۳۸۹ خ. ص ۸۱۰.

5. WWW. ISP-Planetarium.org
6. Raul R. Engle. PLANETARIA. Vol: 11. No: 2. Second Quarter 1982. Historical Aspect if IPS
7. www. ISP - Planetarium. org Go to List of Planetariums. Page:16: نک
8. www.ISP-Planetarium.org Go to "LOWS of international Planetarium Society: نک

روشی جدید برای تعیین جهت نیروی مغناطیسی

بابک حیدری
دبیر فیزیک شیراز

کلیدواژه‌ها: نیروی مغناطیسی، جهت نیروی مغناطیسی، قطب‌های مغناطیسی، جهت‌های درون‌سو و برون‌سو

یکی از مباحث جالب توجه در کتاب فیزیک سال سوم دبیرستان، نیروی مغناطیسی است که آهنربا بر سیم حامل جریان الکتریکی وارد می‌کند. همواره دیده‌ام دانش‌آموزانی را که از دیدن حرکت سیم حامل جریان به طرف آهنربا، و یا رانده شدن از آن، به وجد می‌آیند و پرسش‌هایی را مطرح می‌کنند. دانش‌آموز با علم به آنچه قبلاً فرا گرفته است می‌داند که در اطراف سیم حامل جریان الکتریکی میدان مغناطیسی به وجود می‌آید (آزمایش اورستد و رابطهٔ آمپر). به زبان ساده‌تر سیم حاملِ جریان الکتریکی یک آهنرباست که توسط آهنربای دیگر (مثلاً یک آهنربای نعلی شکل) ممکن است جذب و یا دفع شود. تا این مرحله ساختار توجیه فیزیکی آزمایش یکپارچه است اما زمانی که تعیین جهت نیروی مغناطیسی مطرح می‌شود کتاب با بیان قانون دست راست آمپر تنها روش پیش‌بینی صحیح جهت نیرو را بیان می‌کند! بیشتر توضیح می‌دهم: در ابتدای فصل، دانش‌آموز با دو قانون اولیهٔ مغناطیس این‌گونه آشنا می‌شود که:

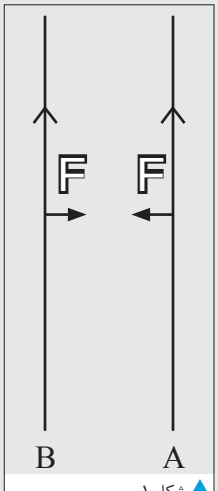
۱. قطب‌های همنام مغناطیسی یکدیگر را می‌رانند؛

۲. قطب‌های ناهمنام مغناطیسی یکدیگر را می‌ربایند.

پس او در مواجهه با هر نیروی مغناطیسی، به دنبال قطب‌هایی می‌گردد که مسبب این نیرو شده‌اند!

به دو پرسشی که در بعضی کلاس‌ها از من شده است توجه کنید:

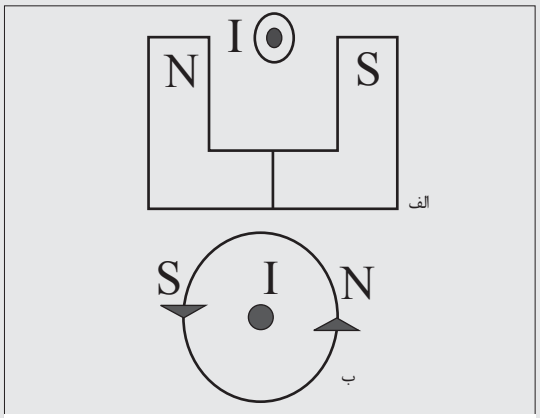
الف - آقا اجازه...! اگر دو سیم (شکل ۱) بر یکدیگر نیروی جاذبه مغناطیسی وارد کنند، سمت چپ سیم A خاصیت مغناطیسی از نوع S دارد و سمت راست سیم B از نوع N و یا برعکس؟!



شکل ۱.

ب - در شکل ۲ (الف)، سیم حامل جریان الکتریکی توسط آهنربای نعلی شکل دفع می‌شود. آیا در این صورت سمت راست سیم خاصیت مغناطیسی N و سمت چپ سیم خاصیت S دارد؟

به‌عبارت دیگر آیا می‌توان شکل ۲ (ب) را صحیح دانست؟



شکل ۲.

برای دور کردن ذهن دانش‌آموزان از چنین تصورات عجیبی پیشنهاد می‌کنم پس از آشنا شدن دانش‌آموزان با میدان مغناطیسی و خطوط میدان مغناطیسی (یعنی تقریباً در همان ابتدای مبحث)، دو قانون مغناطیس بالا را به‌صورت زیر بازنویسی کنیم:

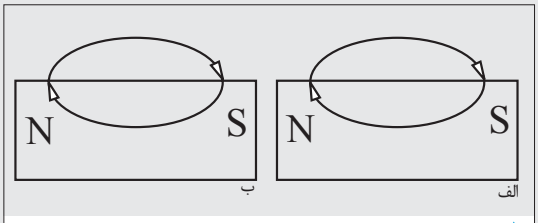
۱. میدان‌های مغناطیسی همگرد یکدیگر را می‌ربایند؛

۲. میدان‌های مغناطیسی ناهمگرد یکدیگر را می‌رانند.

نکته: واژه‌های هم‌گرد و ناهمگرد دو واژهٔ ابداعی است تا روش پیشنهادی راحت‌تر به ذهن سپرده شود.

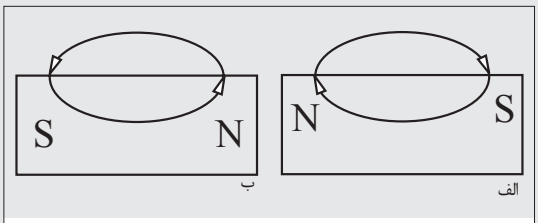
به چند مثال توجه کنید:

- در شکل ۳ میدان‌های مغناطیسی حاصل از دو آهنربای الف و ب هم‌گرد هستند پس باعث به‌وجود آمدن نیروی جاذبه مغناطیسی میان آن‌ها می‌شود.



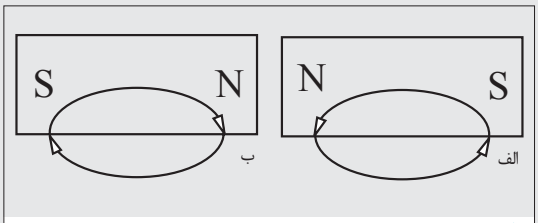
شکل ۳.

- در شـکل ٤ میدان‌های مغناطیسی حاصل از دو آهنربای الف و ب ناهمگرد هسـتند، پس باعـث به‌وجود آمدن نیروی دافعه مغناطیسی میان آن‌ها می‌شود.



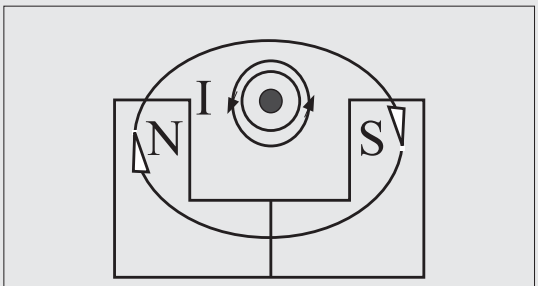
شکل ٤.

توجه: در این روش میدان‌های مغناطیسی یک منطقه را در نظر بگیرید. به‌طور مثال می‌توان شکل ٤ را به‌صورت شکل ٥ نیز در نظر گرفت:



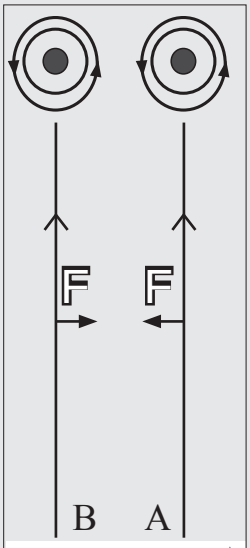
شکل ٥.

- در شکل ٦، میدان آهنربای نعلی شکل و میدان مغناطیسی اطراف سـیم حامل جریان الکتریکی ناهمگرد هسـتند، پس یکدیگر را می‌رانند.



شکل ٦.

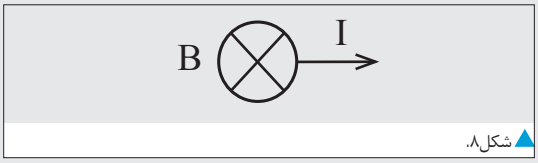
-اگر از بالا (یا پایین) به مقطع دو سیم حامل جریان الکتریکی شـکل ۷ نگاه کنیم، به راحتی با تشخیص همگرد یا ناهمگرد بودن خطوط میدان‌های مغناطیسـی اطراف سیم می‌توانیم جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم‌ها را تعیین کنیم.



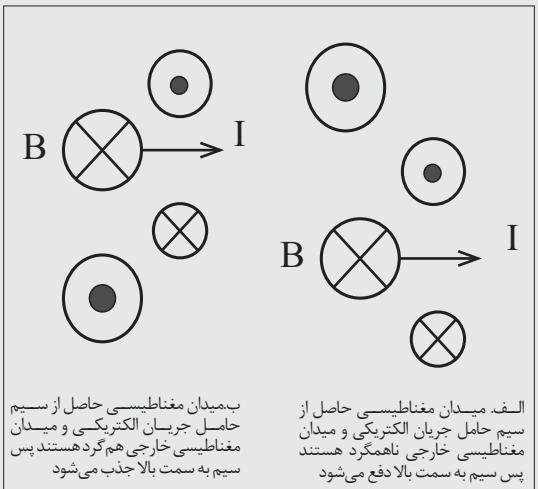
شکل ۷.

نکتـه: در مـورد ذرات باردار متحرک در میدان مغناطیسی نیز می‌توانیم، جهت حرکت ذره بـاردار مثبت (یـا خلاف جهت حرکـت ذره بـاردار منفـی) را جهت جریان الکتریکی در یک سـیم فرض کنیم و سـپس از روش بالا استفاده کنیم.

- در شـکل ۸ نکتـهٔ مهمـی نهفته است و آن اینکه مشخص نیسـت جهـت خطوط بسـته میـدان مغناطیسـی رو به بالا اسـت یا رو به پایین، اما مطابق دو ترسیم شکل ۹ خواهیم دید با روشی که یاد گرفته‌ایم، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم به‌طور صحیح تعیین می‌شود.



شکل۸.



الـف. میـدان مغناطیسـی حاصل از سیم حامل جریان الکتریکی و میدان مغناطیسی خارجی ناهمگرد هستند پس سیم به سمت بالا دفع می‌شود

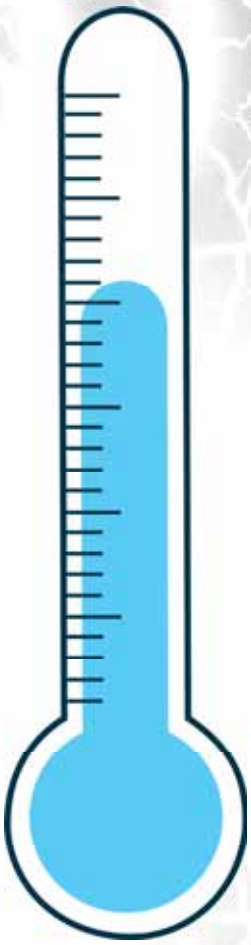
ب.میدان مغناطیسـی حاصل از سـیم حامـل جریـان الکتریکـی و میـدان مغناطیسی خارجی هم‌گرد هستند پس سیم به سمت بالا جذب می‌شود

شکل۹.

در این مقاله قصد نداشـتم که روشـی را به جای قانون‌های دست راست آمپر (که بسـیار کاربردی است) قرار دهم. بلکه می‌خواستم با روشی ابداعی، علاوه بر ساده‌تر کردن تشخیص جهت نیروی مغناطیسـی، از یک سـاختار منسـجم‌تر برای توجیه جهت نیروی مغناطیسـی اسـتفاده کنم؛ تا دیگر لازم نباشـد به‌دنبال قطب‌های مغناطیسی (خصوصاً در مکان‌های بی‌اتم!) بگردیم.

وابستگی مقاومت الکتریکی به دما

حسن اتحاد مهرآباد



کلیدواژه‌ها: تفاوت الکتریکی، اثر دما، ضریب دمایی، الکترولیت.

اغلب مقاومت‌های الکتریکی تابع دما هستند. در فلزات رسانا با افزایش دما مقاومت الکتریکی افزایش می‌یابد. در برخی فلزات این افزایش مقاومت قابل توجه است؛ مثلاً در فلزات خالص افزایش دما به اندازه $100^{\circ}C$ موجب افزایش مقاومت تا ۵۰-۴۰ درصد می‌شود، در حالی‌که در آلیاژها این افزایش مقاومت بر اثر دما کمتر محسوس است. آلیاژهای خاصی وجود دارند که تغییرات مقاومت آن‌ها با افزایش دما تقریباً صفر است (مثل کنستانتان و منگانین). تغییر مقاومت الکتریکی الکترولیت‌ها با تغییر دما متفاوت است به‌طوری‌که با افزایش دما مقاومت الکترولیت کاهش می‌یابد. در برخی مواد مثل زغال سنگ و نیمرساناها نیز با افزایش دما اندازه مقاومت الکتریکی کاهش می‌یابد. تغییر مقاومت با دما در نیمرساناها ۱۰ تا ۲۰ برابر فلزات رساناست و با گرم کردن آن‌ها به اندازه $100^{\circ}C$ مقاومت الکتریکی آن‌ها حدود $\frac{1}{50}$ برابر می‌شود.

از این ویژگی در ساخت دماسنج‌های مقاومتی برای اندازه‌گیری دماهای بسیار پایین و یا بسیار بالا که خارج از گستره کاربرد دماسنج‌ها جیوه‌ای است بهره می‌گیرند. با توجه به اینکه نیمرساناها دارای ضریب مقاومت دمایی بسیار بالایی هستند به مقاومت‌های حساس به دما یا ترمیستورها معروف‌اند و در کنترل خودکار، فاصله سنجی و نیز دماسنج‌های خیلی دقیق و بسیار حساس کاربرد دارند.

تغییر مقاومت ناشی از گرم کردن فلز به اندازه $1^{\circ}C$ تقسیم بر مقاومت اولیه را ضریب دمایی مقاومت α گویند. در ضمن خود ضریب دمایی هم به دما بستگی دارد ولی در بیشتر موارد، در فاصله دمایی گسترده مقدار α تغییر ناچیزی دارد و برای این فاصله می‌توان از مقدار میانگین ضریب دمایی α_m استفاده کرد.

اگر مقاومت رسانایی در دمای θ_0 برابر R_0 و در دمای θ برابر R باشد، مقدار میانگین را می‌توان از رابطهٔ زیر به‌دست آورد.

$$\frac{R-R_0}{R_0} \times \frac{1}{\theta-\theta_0} = \alpha_m$$

معمولاً موادی که با افزایش دما مقاومت الکتریکی آن‌ها افزایش می‌یابد دارای ضریب دمایی مثبت‌اند و با PTC[2] نشان داده می‌شوند و موادی که با افزایش دما مقاومت الکتریکی آن‌ها کاهش می‌یابد دارای ضریب دمایی منفی هستند و با NTC[3] نشان داده می‌شوند.

بررسی اثر دما روی مواد با ضریب دمایی منفی (NTC)

۱. با مچاله کردن بخشی از طول یک سیم مسی لخت انتهای

آن را کلفت می‌کنیم و در یک لوله شیشـــه‌ای نازک فرو می‌بریم.

۲. انتهای یک ســـیم مســـی دیگـــر را روی ســـطح خارجی همان لوله در محلی که سیم مســـی قبلی در درون لوله قرار گرفته از بیرون می‌پیچیم.

۳. مطابق شکل مداری شامل یک لامپ ۲۲۰ ولتی و یک کلید قطع و وصل ترتیب می‌دهیم.

٤. دو ســـر مـــدار را به بـــرق ۲۲۰ ولت وصل می‌کنیم. مشاهده می‌شـــود به‌علت زیاد بودن مقاومت الکتریکی شیشه در مدار، لامپ روشن نمی‌شود.

۵. محـــل اتصال ســـیم‌ها با ســـطح درونی و بیرونی لوله شیشه‌ای را از بیرون با چراغ بونزن گرم می‌کنیم. مشاهده می‌شود با اندکی افزایش دمای لوله شیشه‌ای لامپ روشن می‌شود.

٦. بـــا خاموش کردن چراغ بونزن و به محض کاهش دمای لوله شیشه‌ای مقاومت الکتریکی لوله زیاد و لامپ خاموش می‌شود.

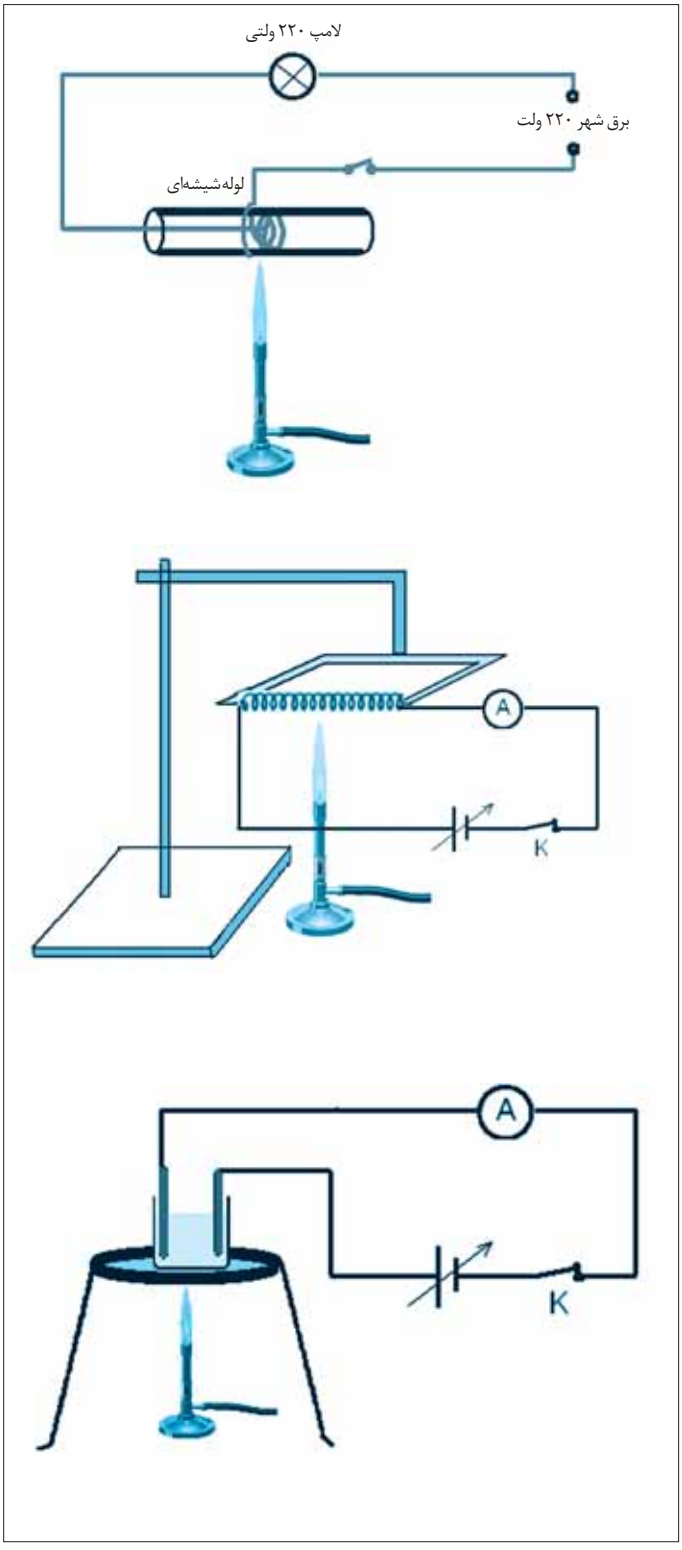
بررســـی اثـــر دمـــا روی مـــوادی با ضریب دمایی مثبت (PTC)

چند متر سیم آهنی نازک را دور یک خودکار می‌پیچیـــم و به‌صورت فنر درمی‌آوریم و آن را در مداری شامل یک مولد با ولتاژ قابل تنظیم و یک آمپرسنج حساس قرار می‌دهیم.

اختـــلاف پتانســـیل مولد را طـــوری انتخاب می‌کنیم که عقربهٔ آمپرســـنج تقریباً تا آخرین حد ممکن منحرف شود. با کمک چراغ بونزن سیم را به شـــدت گرم می‌کنیم. در حین گرم شدن سیم مشاهده می‌شود شدت جریان مدار که با آمپرســـنج نمایش داده می‌شـــود کمتر می‌شود و این بدان معناست که مقاومت سیم بیشتر می‌شود.

بررســـی اثـــر دمـــا روی مقاومـــت الکتریکی الکترولیت‌ها

اگـــر در آزمایـــش بالا به‌جای ســـیم آهنی از محلول الکترولیت اســـتفاده کنیم می‌بینیم با گرم کردن، عقربه آمپرســـنج بیشـــتر منحرف و به‌عبارت دیگـــر مقاومـــت الکترولیت کمتر می‌شود.



پی‌نوشت‌ها

1. Thermistor
2. Positive temperature constant
3. negative temperature constant

منابع

۱. گ. س. لندســـبرگ، دوره درســـی فیزیـــک جلـــد دوم. ترجمه لطیف کاشـــیگر، ناصـــر مقبلی، مهرانگیز طالب‌زاده. چاپ ســـوم. تهـــران. انتشـــارات فاطمی

۲. احمـــدی، احمـــد. طلوع‌شـــمس، مهرنـــاز و سیدفدایی، آزیتا (۱۳۸۹) - کتـــاب راهنمـــای معلـــم (راهنمـــای تدریـــس) فیزیـــک ۳ و آزمایشـــگاه - تهران. شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران

۳. ابوالقاســـم قلمســـیاه و محمدعلـــی پیغامـــی. فیزیک سال سوم آموزش متوسطه عمومی. تهران. شـــرکت چـــاپ و نشـــر کتاب‌های درسی ایران

ارائه یک طرح درس فیزیک

در جشنواره الگوهای برتر تدریس

فاطمه ابراهیمی بادی

مقدمه

نگارنده همـواره در تدریس فیزیـک از روش‌های همیاری، مفهوم‌سـازی، اکتشـافی و یا ترکیبی از این روش‌ها استفاده می‌کنـد. زیرا این روش‌ها با توجه بـه مزایایی که دارند، برای دانش‌آموزان جذابیت بیشـتری دارنـد و کلاس را از محیطی خشک به محیطی فعال تبدیل می‌کنند و نقش معلم را نیز از حالت رهبری به حالت تسهیل‌کننده تبدیل و رابطهٔ نزدیک‌تری بیـن دانش‌آموز و معلم ایجاد می‌کننـد و به‌ویژه دانش‌آموز را متوجه می‌کنند که مسئول یادگیری او خود اوست و...

در اینجا قصد دارم این کلاس‌ها را با کلاس‌هایی که با شرایط متفاوت دیگری اداره می‌شـوند مقایسـه کنم. در این روش‌ها اصولاً روی فعالیت‌های گروهی بسیار تأکید می‌شود، بنابراین در جلسهٔ اول پس از آشنایی و معارفهٔ مختصر با توجه به تعداد نفرات کلاس، دانش‌آموزان را بنا به علاقهٔ خودشان که دوست دارنـد با کدام دانش‌آموزان در یک گروه باشـند، به گروه‌های (تیم‌های) چهار نفره تقسـیم می‌کنـم و صندلی‌ها و میزها را طوری قـرار می‌دهم که اعضای گروه روبه‌روی هم باشـند و نسبت به معلم و تابلو نیز دید داشته باشند. همچنین هر گروه بـا توجه به واژه‌هـای درس فیزیک، نامی دلخـواه برای گروه خود انتخاب می‌کنند و دلیل این نامگذاری را نیز برای کلاس توضیح می‌دهند. اعضای گروه در هر جلسـه از بین خودشان یک نفر را به‌عنوان سـرگروه (گزارشگر) انتخاب می‌کنند و او وظیفه دارد طبق توضیحاتی که معلم در جلسه اول ارائه داده است گزارش کار گروه خود را به کلاس ارائه دهد.

طرح درس زیر برای تدریس یک جلسهٔ (۳۰ دقیقه) فیزیک ۲ و آزمایشـگاه تدوین و اجرا شده اسـت. در این طرح درس نحوه نوشتن هدف‌ها کاملاً منطبق بر هدف‌گذاری تألیف کتب درسی جدید است. در مورد هدف‌های رفتاری قابل ذکر است که جملات نوشـته شده با عبارت «دانش‌آموزان قادر خواهند بود» بیان نشـده اسـت زیرا با توجه بـه روش نوین یاددهی - یادگیـری کـه معتقدیم گامـی فراتر برای پـرورش فکری دانش‌آموزان اسـت، نمی‌توان جملات هدف‌ها را با فعل «قادر خواهند بود» مکتوب کرد و گاهی نیز نمی‌شود به همهٔ هدف‌ها رسـید، بنابراین هدف‌های رفتاری را با عبارت «عملکردهای مورد انتظار» مشخص می‌کنیم.

کلیدواژه‌هـا: همیـاری، مفهوم‌سـازی، اکتشـافی، انرژی پتانسیل

۱. هدف کلی

آشـنایی دانش‌آموزان با: مباحث انرژی پتانسـیل گرانشی، انرژی پتانسیل کشسانی و انرژی پتانسیل الکتریکی

۲. اهداف جزیی درس

دانش‌آموزان در فرایند تدریس باید:

۲-۱: با مفهوم تبدیل کار به انرژی آشنا شوند؛

۲-۲: چگونگی تبدیل انرژی را توضیح دهند؛

۲-۳: مفهوم انرژی پتانسیل گرانشی را درک کنند؛

۲-٤: با انرژی پتانسیل کشسانی آشنا شوند؛

۲-۵: دلایل این نامگذاری‌ها، برای این انرژی‌ها را بشناسند؛

٦ -۲: انرژی پتانسـیل الکتریکی را با توجه به آزمایش‌های انجام شده توضیح دهند؛

۲-۷: بـا تأثیر اصطکاک بر میزان ذخیره شـدن انواع انرژی پتانسیل آشنا شوند؛

۸ -۲: به همکاری در کلاس در جهت فهم و گسترش مطالب درسی علاقه‌مند شوند.

۳. عملکردهای مورد انتظار

پـس از تدریس ایـن درس از دانش‌آمـوزان انتظار می‌رود بتوانند:

۳-۱: مفهوم تبدیل کار به انرژی را توضیح دهند؛

۳-۲: چگونگی تبدیل انرژی را شرح دهند؛

۳-۳: مفهوم انرژی پتانسیل گرانشی را بیان کنند؛

۳-٤: شرح دهند که انرژی پتانسیل کشسانی چه نوع انرژی است؛

۳-۵: دلایل نامگذاری انواع انرژی پتانسیل را بیان کنند؛

۳-٦: تعریف انرژی پتانسیل الکتریکی را بنویسند؛

۳-۷: بتوانند تأثیر اصطکاک را بر میزان ذخیره شـدن انواع انرژی پتانسیل توضیح دهند؛

۳-۸: با دیدن آزمایش انجام شـده در مورد انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره شده تفاوت حالتی که بارها همنام هستند و حالتی که بارها ناهمنام‌اند را بیان کنند؛

۳-۹: با دیدن آزمایش‌ها و فیلم تهیه شـده نتایج آزمایش را برشمارند؛

۳-۱۰: بـا میل و رغبت در بحث‌های کلاس و انجام آزمایش و فعالیت‌های محوله شرکت کنند؛

۳-۱۱: بـه مطالعـه فعالانه و بیشـتر در مورد انـواع انرژی پتانسیل علاقه نشان دهند؛

۳-۱۲: با توجه به فرمول انرژی پتانسـیل گرانشـی، مسائل مربوط به این قسـمت را حل و کمیت‌های مجهول مورد نظر را محاسبه کنند.

۴. مواد آموزشی و رسانه‌های مورد نیاز

۴-۱: گچ، ماژیک، تختهٔ معمولی یا وایت‌برد و رایانه؛

۴-۲: CD یـا فیلم آموزشـی در ارتباط با انرژی پتانسـیل (گرانشی، کشسانی، الکتریکی)؛

۴-۳: وسـایل ساده آزمایشگاهی به‌خصوص دست سازه‌های دانش‌آموزان که نشـانگر جنبهٔ کاربردی انواع انرژی پتانسیل باشد.

۵. پیش‌بینی رفتار ورودی

از دانش‌آموزان انتظار داریم برای شروع درس جدید:

۵-۱: با انرژی پتانسیل گرانشی در حد تعریف و فرمول آشنا باشند؛

۵-۲: با انرژی پتانسیل کشسانی در حد تعریف آشنا باشند؛

۵-۳: بـا مفهـوم کار و تبدیل انرژی آشـنا باشـند. (در حد کتاب‌های علوم دوره راهنمایی و اول فصل ٤)؛

۵-٤: با بارهای همنام و ناهمنام و نوع نیروی بین آن‌ها آشنا باشند.

۶. ارزشیابی ورودی

فرم شـماره ۱(مشتمل بر ۳ سـؤال مفهومی در مورد انرژی پتانسیل کشسانی)

«دانش‌آموزان به‌صورت انفرادی پاسخ را می‌نویسند»

٦-۱: فرض کنید یک وزنه آهنی را به‌وسیلهٔ طناب و قرقره از روی زمین بلند می‌کنید و تا نزدیک سقف بالا می‌برید. به نظر شما آیا در این حالت وزنه انرژی دارد؟ چه نوع انرژی دارد؟ از کجا می‌توان فهمید؟

٦-۲: آزمایشـی طراحی و اجرا کنید که نشـان دهد انرژی به‌صورت پتانسیل ذخیره و سپس آزاد می‌شود.

٦-۳: با چه نوع انرژی پتانسـیل قبلاً آشنا شده‌اید، نام ببرید و تعریف کنید.

۷. فعالیت‌های آموزشی (مراحل تدریس)

۷-۱: سلام و احوال‌پرسی و حضور و غیاب؛

۷-۲: خواستن گزارش کار از سرگروه‌های این جلسه (شامل: بررسـی انجام تکالیف اعضای گروه - درس پرسـیدن از اعضا توسط سرگروه‌ها) و بررسی گزارش‌ها؛

۷-۳: رفع اشکال درس جلسهٔ قبل

۷-٤: فرم شماره ۱

۷-۵: معرفی درس جدید: در این بخش به‌منظور ایجاد زمینه برای شروع تدریس (ایجدا انگیزه) و تمرکز حواس دانش‌آموزان و همچنیـن مطرح کردن موضوع درس به‌طور غیرمسـتقیم، فیلم یا اسـلایدهایی نمایش داده می‌شـود و ذکر می‌شود که مشاهدهٔ دقیق یادشان نرود؛ موضوع اسلایدها و فیلم عبارت‌اند از:

- انجام آزمایش جسم و سطح شیب‌دار؛
- انجام آزمایش گلوله و فنر که در استوانه مدرج قرار دارد؛
- کار با تیر و کمان و کش؛

– استفاده از ماکت بارهای الکتریکی (دانش‌آموزان در نقش بارهای الکتریکی همنام و ناهمنام نمایش بازی می‌کنند) و یا استفاده از شبیه‌سازی رایانه‌ای؛
– دانش‌آموزی روی تشک فنری می‌پرد یا روی تخته فنری ژیمناستیک می‌پرد.

خطاب به دانش‌آموزان

حتماً متوجه موضوع درس امروز شدید. در این جلسه ضمن یادآوری مطالب سال گذشته جزئیات گسترده‌تری در مورد انرژی پتانسیل گرانشی و انرژی پتانسیل کشسانی و مطالبی در مورد انرژی پتانسیل الکتریکی خواهیم آموخت.

۷-۶: از دانش‌آموزان خواسته می‌شود در ارتباط با فعالیت‌ها و آزمایش‌های انجام شده بخش قبل با اعضای گروه خود گفت‌وگو کنند و مشاهدات خود را در برگه‌ای که در اختیار دارند به‌صورت گروهی بنویسند. (در فرم شماره ۲)

«ثبت مشاهدات مربوط به آزمایش‌های بند ۵-۷»

ثبت مشاهدات کمی	
ثبت مشاهدات کیفی	

۷-۷: خطاب به دانش‌آموزان: (طرح سؤال برای سیال‌سازی ذهن)
– در آزمایش سطح شیب‌دار چگونه می‌توان فهمید جسم دارای انرژی پتانسیل گرانشی است؟ چگونه اندازه‌گیری کنیم؟ کاری که برای بالا بردن جسم انجام دادیم چه شد؟ فرضیه شما چیست؟
– در آزمایش گلوله و فنر چرا هر چه فنر فشرده‌تر می‌شود سرعت حرکت گلوله کمتر می‌شود؟ چه اتفاقی می‌افتد که گلوله سرانجام متوقف می‌شود؟ در موقع برگشت، گلوله انرژی را از کجا آورده است و از چه نوعی است؟ آیا تبدیل انرژی صورت گرفته است؟ چه حدسی می‌زنید؟ – اگر همین آزمایش را در محیطی مثل آب انجام دهیم (داخل آب) شما پیش‌بینی می‌کنید فنر بیشتر فشرده شود؟ پیش‌بینی خود را تفسیر کنید.
– در نمایش انجام شده اگر دو بار همنام را به یکدیگر نزدیک کنیم انرژی پتانسیل الکتریکی آن‌ها چگونه تغییر می‌کند؟
– اگر دو بار ناهمنام را از یکدیگر دور کنیم انرژی پتانسیل آن‌ها چگونه تغییر می‌کند؟
۷-۸: از دانش‌آموزان خواسته به پرسش‌های مطرح شده در بند (۷-۷) توجه کنند. اعضای گروه با هم مشورت کنند و سپس پاسخ‌های گروه را در فرم شماره ۳ بنویسند و تحویل دهند و سرگروه‌های این جلسه جواب‌های گروه را جدا از ارزیابی معلم با توجه به کلید سؤالات و ملاک‌های ارزیابی که قبلاً آموزش داده شده ارزیابی کنند و به گروه خود امتیاز دهند.

فرم شماره ۳
«پاسخ پرسش‌های مطرح شده در بند ۷-۷ به‌صورت گروهی»
۷-۹: ملاک‌های ارزیابی یا روش ارزیابی پاسخ‌هایی که دانش‌آموزان به پرسش‌هایی داده‌اند که قبلا در کلاس توضیح داده شده است عبارت‌اند از:
اطمینان کامل دارم: ۵ امتیاز
اطمینان دارم: ٤ امتیاز
خیلی مطمئن نیستم: ۳ امتیاز
مطمئن نیستم: ۲ امتیاز
اصلاً اطمینان ندارم: ۱ امتیاز
در اینجا به بچه‌ها اعلام می‌شود با توجه به مجموع امتیازهای گروهی و فردی که کسب خواهند کرد برای آن‌ها جوایز نفیسی از جمله گردش علمی (اردو) در پایان نیمسال در نظر گرفته شده است.
۷-۱۰: خطاب به دانش‌آموزان: با توجه به مطالب گفته شده و آزمایش‌ها و مشاهداتی که داشتید کدام‌یک از شما می‌تواند مفاهیم را جمع‌بندی کند تا به دوستان خود، در درک آن‌ها کمک کرده باشد!

۷-۱۱: خطاب به دانش‌آموزان
قرار بود شما به‌صورت گروهی (نمونه‌ای از فنرها، چند قطعه چوب هم اندازه، چند توپ در اندازه‌های کوچک و بزرگ و چیزی شبیه ریل) تهیه کنید و به همراه اسباب‌بازی کوکی، ساعت کوکی قدیمی و دست سازه‌ای و یا فیلمی در مورد بارهای الکتریکی، به مدرسه بیاورید.
الف – با توجه به آزمایشی که ترتیب می‌دهید فنرها را طبقه‌بندی کنید و عوامل مؤثر در میزان انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنرها را در جدولی ثبت کنید. (صفحه ۸۵ کتاب را نگاه کنید) (مطالب تکمیلی در فرم تعامل دانش‌آموز و معلم)
ب – با استفاده از وسایلی که آورده‌اید آزمایشی طراحی و اجرا کنید که نشان دهد میزان انرژی پتانسیل گرانشی یک جسم به چه عواملی بستگی دارد. کاری که برای بالا بردن جسم انجام دادیم چه می‌شود؟

$W=mgh$
$W=U$
$U=mgh$

(صفحه ٨٤ کتاب را نگاه کنید) (مطالب تکمیلی در فرم تعامل دانش‌آموز و معلم)
پ– با توجه به مطالبی که سال‌های گذشته در مورد بارهای الکتریکی خوانده‌اید آیا در مورد انرژی پتانسیل الکتریکی چه

طراحی آزمایشی را پیشنهاد می‌کنید؟ به نظر شما میزان انرژی ذخیره شده به چه عواملی بستگی دارد؟ (مطالب تکمیلی را در فرم تعامل دانش‌آموز و معلم)

- در (الف و ب و پ) چگونه می‌توان پی برد که در فنر و جسم و بارهای الکتریکی انرژی پتانسیل ذخیره شده است؟

(معلم به میان دانش‌آموزان می‌رود و اشکال و کم‌کاری بعضی دانش‌آموزان را اگر باشد برطرف می‌کند.)

۷-۱۲: قطعاً دانش‌آموزان برای پرسش‌های مطرح شده در بند ۷-۱۱ جواب‌هایی می‌دهند و پرسش‌های دیگری نیز مطرح می‌کند.

۷-۱۳: نتیجه‌گیری کاربردی (توسط معلم): تا اینجا راجع به عوامل مؤثر بر میزان انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنر و چگونگی ذخیره شدن این نوع انرژی اطلاعاتی به‌دست آورده‌ایم. در مورد انرژی پتانسیل گرانشی و عوامل مؤثر بر میزان ذخیره شدن این نوع انرژی نیز صحبت شد. همچنین راجع به انرژی پتانسیل الکتریکی و چگونگی ذخیره شدن آن گفت‌وگو کردیم و تا حد زیادی پاسخ پرسش‌هایمان را گرفتیم و می‌توانیم مقدار انرژی پتانسیل را محاسبه کنیم (با توجه به فرمولی که به دست آوردیم) ولی در عین‌حال از شما می‌خواهم تا خودتان بیشتر بررسی کنید و من هم تحقیق می‌کنم.

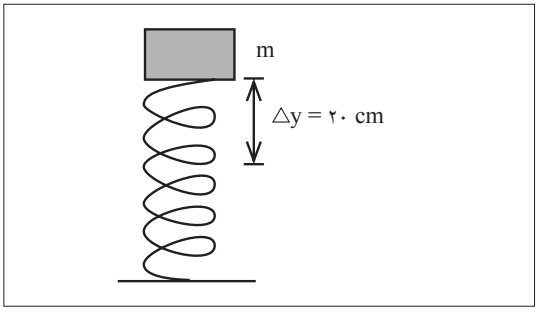
۷-۱۴: آزمون تکوینی: در این مرحله از جلسه امروز اطلاعات قبلی خودمان را با اطلاعات فعلی مقایسه کردیم و می‌کنیم. (در حین تدریس به‌صورت پرسش‌های امتیازی مطرح شده است و هدف از آن‌ها پی بردن به نقاط ضعف و قوت دانش‌آموزان است که در طول تدریس باید رفع شود)

«نمونه پرسش‌های آزمون تکوینی که طی تدریس پرسیده می‌شود»

۱. انرژی لازم برای پرش ورزشکارانی که در فیلم پخش شده از تلویزیون روی تخت فنری می‌پرند از کجا تأمین می‌شود؟

۲. در کتابی که معرفی شد و مطالعه کردید چرا هر چه فنر فشرده‌تر و یا کشیده‌تر می‌شود انرژی پتانسیل کشسانی آن نسبت به حالت آزاد فنر بیشتر است؟

۳. در شکل زیر، جرم جسم ۲kg است. انرژی پتانسیل گرانشی جسم- فنر را محاسبه کنید.($g = ۱۰ m/s^۲$)



۸. فعالیت‌های پس از تدریس

۸-۱: خطاب به دانش‌آموزان: حالا کدام‌یک از شما یا کدام گروه می‌تواند خلاصهٔ درس این جلسه را به کمک اورهد یا نوشتن روی تخته توضیح دهد.

۸-۲: منابع تکمیلی کتاب در ارتباط با موضوع درس، که معرفی می‌شود:

- معرفی فیلم و CD آموزشی موجود در مخزن نوار و CD مدرسه؛
- معرفی سایت‌های آموزشی اینترنتی؛
- معرفی کتاب (کتاب فیزیک بلت، کتاب هالیدی جلد اول، کتاب فیزیک اوهانیان جلد اول)

۸-۳: ارزشیابی پایانی: پرسش‌ها طی فرم شماره ٤ داده می‌شود تا نمره گروهی و انفرادی دانش‌آموزان محاسبه شود. (فرم شماره ٤ که مشتمل بر ٤ پرسش مفهومی در مورد انرژی پتانسیل کشسانی و انرژی پتانسیل گرانشی است.)

۸-۴: تکلیف جلسه آینده:

تمرین ٤-٣ از صفحه ٨٧ کتاب، فعالیت ٤-٣ از صفحهٔ ٨٦ کتاب، و پرسش ١ کتاب و مسئله ١ کتاب صفحه ٩٢ کتاب، سؤالات ٧ و ٨ پلی‌کپی فصل.

۸-۵: صحبت در مورد موضوع درس جلسه بعد:

برای جلسه آینده فکر می‌کنید مباحث درسی چه باشد؟ (صحبت بیشتری در مورد توان و بازده)

حتماً پیش مطالعه شود.

۹: صحبت در مورد مسابقات دههٔ فجر و موضوع‌های پژوهشی پیشنهادی

- مسابقات علمی از نگاه هنر (نمایشی، ادبی، تجسمی) در ارتباط با فیزیک؛
- ساخت وسیله (تهیه ابزارهای آزمایشی که جنبه کاربردی داشته باشند در ارتباط با فیزیک به‌خصوص فزیک سال دوم)؛
- انجام تحقیقات در ارتباط با فیزیک و موضوع‌های پژوهشی پیشنهادی روی تخته اعلام شده است. (تحقیقاتی که فقط گردآوری یا رونویسی نباشد، بلکه تمامی موارد روش تحقیق در آن رعایت شود همان‌طور که قبلاً آموزش داده شده است)؛
- مسابقه روزنامه دیواری و کاریکاتور در ارتباط با تمام مباحث فیزیک دوم)؛
- مسابقه تهیهٔ نشریه برتر فیزیک.

۱۴. منابع استفاده شده برای تدوین طرح درس حاضر:

۱۴-۱: کلیات روش تدریس، نادرقلی قورچیان

۱۴-۲: الگوهای جدید تدریس، دکتر محمدرضا بهرنگی

۱۴-۳: روش‌های تدریس بر مبنای راهبردهای فراشناختی، دکتر علیرضا خورشیدی، شهاب‌الدین غندالی، حسین فهرجی

۱۴-۴: کتاب آشـنایی با یادگیری از طریق همیاری، ترجمه طاهره رستگار و مجید ملکان
۱۴-۵: کتاب درسی فیزیک ۲ و آزمایشگاه
۱۴-۶: کتاب آموزشی بلت
۱۴-۷: کتاب فیزیک اوهانیان جلد اول
۱۴-۸: سایت‌های اینترنتی
۱۴-۹: مجلات رشد معلم و فیزیک

پیوست

فرم تعامل دانش‌آموز و معلم:

بند ۱۰-۷ و (بند ۸-۷ مختصر): دانش‌آموز: در اسـلاید دیدیم که جسم روی سطح شیب‌دار به دلیل ارتفاعش از سطح زمین دارای انرژی پتانسـیل گرانشی بود و زمانی که رها شد در اثر انرژی پتانسیلی که داشت به طرف پایین حرکت کرد و کاری که قبلا انجام شده بود به‌صورت انرژی پتانسیل ذخیره شده بود. (رها کردیم حرکت کرد)

- در مورد گلوله و فنر داخل اسـتوانه مدرج، انرژی پتانسیل کشسـانی ذخیره شـده در فنر باعث بالا رفتن گلوله شد زیرا گلولـه موقع پایین آمدن روی گلوله کار انجام داد و کار انجام شده به‌صورت انرژی پتانسیل در فنر ذخیره شد (گلوله بعد از چند لحظه رو به بالا حرکت می‌کند)

- کاری که روی بارهای الکتریکی انجام شده (بارهای همنام را نمی‌گذاریم از هم دور شوند و بارهای ناهمنام را نمی‌گذاریم به هم نزدیک شوند) نیز به‌صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در آن‌ها ذخیره شد.

بند ۱۱-۷: الف: دانش‌آمـوز: در این حالت می‌توان گفت کاری که با سرعت ثابت برای کشیدن فنر از یک نقطه تا نقطه دیگر و یا فشردن آن از یک نقطه تا نقطه دیگر انجام می‌دهیم به‌صورت انرژی پتانسیل کشسانی در فنر ذخیره می‌شود و به بیان دیگر (انرژی پتانسـیل فنر در یک حالت خاص نسبت به حالت آزاد فنر، برابر است با کاری که انجام می‌دهیم تا آن را از حالت آزاد با سرعت ثابت به حالت ذکر شده برسانیم و مقدار کشیدگی و فشردگی فنر روی مقدار انرژی ذخیره شده تأثیر دارد پس U متغیر است.)

ب: دانش‌آموز: در این قسـمت بایـد توجه کنیم که برای بـالا بردن تـوپ تا ارتفاع h باید کار انجـام دهیم (W) و این کار به‌صورت انرژی پتانسیل گرانشی در جسم ذخیره می‌شود (W=U). در طراحی‌های آزمایشـی که داشتیم و اجرا کردیم پی بردیم انرژی پتانسـیل گرانشی با جرم جسم (M) و ارتفاع (h) و شـتاب جاذبه زمین (g) بسـتگی دارد و رابطه به‌دست می‌آید:

پس انرژی پتانسـیل گرانشی چنین تعریف می‌شود: انرژی پتانسیل گرانشی یک جسم در یک نقطه نسبت به زمین برابر اسـت با کاری که انجام می‌دهیم تا جسم را با سرعت ثابت از سـطح زمین تا ارتفاع h منتقل کنیـم. باید نیرویی برابر وزن جسم رو به بالا وارد کنیم (F=mg) تا جسم را با سرعت ثابت تا ارتفاع h بالا ببریم:

$W=mghcos(^{\circ})$

$W=U$

$U=mgh$

پ: دانش‌آموز: در هر حالت بارها همنام و بارهای ناهمنام، بارها ابتدا باید بطریقی ساکن نگه داشته شوند (اگر آزاد باشند حرکت خواهند کرد) پس می‌توان گفت مجموعه دو بار دارای انرژی پتانسیل است.

در این حالت نیز انرژی پتانسـیل الکتریکی تعریف می‌شود: کاری که با سرعت ثابت برای نزدیک کردن دو بار همنام و دور کردن دو بار ناهمنام انجام می‌دهیم به‌صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در دو بار ذخیره می‌شـود و فرمول محاسـبه آن را سال‌های بعد می‌آموزیم.

بند ۱۳-۷: معلم: مطالب همین بند در طرح درس و تکرار مطالب بالا را بیان می‌کند.

بنـد ۱-۸: دانش‌آموز اول داوطلب روی تخته یا طلق (اورهد) می‌نویسد: در یک جمله کوتاه (در مورد بند ۱۱-۷ قسمت الف)

دانش‌آموز دوم داوطلـب روی تخته یا طلق (اورهد) می‌نویسـد: در یک جمله کوتاه (در مورد بند ۱۱-۷ قسمت ب)

دانش‌آموز سـوم داوطلب روی تخته یا طلق (اورهد) می‌نویسـد: در یک جمله کوتاه (در مورد بند ۱۱-۷ قسمت پ)

حلقهٔ جهنده

ام. بیلای و همکاران
ترجمهٔ احمد توحیدی

چکیده

آزمایش حلقهٔ جهنده بیلی، فورد و دیگران، بخش مهمی از نمایش‌های نیتروژن مایع است که در بخشی از فعالیت دانشگاه بات[۲] در روزهای بازدید همگانی است. اصول اساسی آزمایش و همچنین تأثیر تغییر شکل حلقه‌ها و حالت متالورژی آن‌ها توضیح داده شده است. به‌طور کلی، از حلقه‌های آلومینیمی استفاده می‌شود، اما اثر کاربرد حلقه‌های مسی به‌طور مختصر مورد بحث قرار گرفته است.

کلیدواژه‌ها: حلقهٔ جهنده، القای الکترومغناطیس، قانون لنز

مقدمه

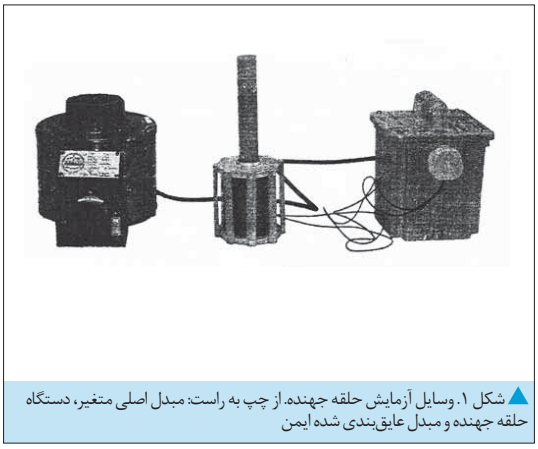
آزمایش حلقهٔ جهنده نمایش جذابی از قوانین القای الکترومغناطیسی فاراده و نیز قانون لنز است. ترتیب آزمایش در شکل ۱ و حلقهٔ جهنده واقعی در شکل ۲ نشان داده شده است. حلقهٔ آلومینیمی بالای پیچهٔ متصل به منبع تغذیهٔ اصلی قرار دارد. با کلید زدن سریع منبع تغذیه، و روشن و خاموش کردن آن یک تپ الکتریسیته به سیم‌پیچ فرستاده می‌شود که در پی آن معمولاً حلقه تا ارتفاع ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر بالا می‌جهد. آزمایش به‌ویژه وقتی جذاب‌تر می‌شود که حلقه تا دمای نیتروژن مایع سرد شده باشد تا در این صورت جهش حلقه تا ارتفاع ۲ تا ۳ متر مشاهده می‌شود. این به واسطهٔ مقاومت الکتریکی کمتر حلقه است (که مقدار آن یک مرتبهٔ بزرگی از مقاومت آن در دمای اتاق کمتر است) پس شدت جریان القایی و نیروی دافعه بسیار بیشتر است.

آزمایش حلقهٔ جهنده موضوع مهم سخنرانی‌ها و نمایش‌هایی، به‌ویژه برای دانش‌آموزان است که با مشاهدهٔ ارتفاع بیشتر جهش حلقه با اشتیاق زیادی به آن واکنش نشان می‌دهند. در طی یکی از سخنرانی‌های پیتر فورد[۳] اتفاقی غیرعادی روی داد. مثل همیشه حلقهٔ سرد شده تقریباً سه متر بالا جهید، سپس روی لبه‌اش فرود آمد، چند متری غلتید تا سرانجام در سوراخی در کف اتاق پشت صحنه‌ای که سخنرانی در آن انجام می‌شد ناپدید گشت. تلاش‌های اولیه برای بازیافت آن موفقیت‌آمیز نبود. اما این مشکلی را به وجود نیاورد. پیتر فورد با دوراندیشی غیرعادی ابعاد و جرم حلقه را اندازه گرفته بود. مسئول کارگاه بخش فیزیک به سرعت دو حلقه دیگر آماده کرد. اما در نهایت تعجب، حلقه‌های جدید پس از سرد شدن فقط نصف ارتفاع حلقهٔ اصلی بالا جهیدند. حلقه‌هایی هم که با استفاده از ورقه آلومینیمی که در کارگاه مرکزی دانشگاه ساخته شده بودند تا ارتفاع حلقه‌های بخش فیزیک بالا جهیدند. سرانجام حلقهٔ اصلی به لطف مسئولان نظافت کردن دانشگاه بیرون آورده شد، و به سرعت نشان داده شد که اگر حلقه سرد شود باز هم به همان ارتفاع قبلی بالا می‌جهد و توقف چند هفته‌ای که در زیر صحنه نمایش بوده در وضعیت آن تأثیری نگذاشته است. حلقه اصلی در سال ۱۹۹۱ م. به‌عنوان بخشی از طرح یکی از دانشجویان به مناسبت بزرگداشت ۲۰۰امین سالگرد تولد مایکل فاراده ساخته شده بود. سپس این پرسش مطرح شد که تفاوت حلقه‌های آلومینیمی در این فاصلهٔ ۱۵ ساله چه بوده است؟ این پرسش به طرح پژوهش دانشجویی دیگری منجر شد که جنبه‌های گوناگون آزمایش حلقه جهنده را مورد بررسی قرار می‌داد و برای چند سال موضوع چندین تحقیق بود.

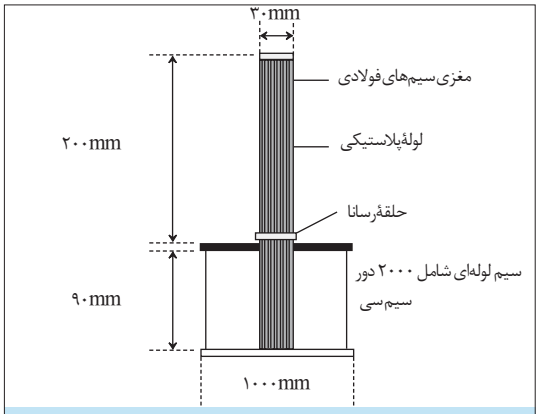
شخصی که اختراع آزمایش حلقه جهنده به او نسبت داده می‌شود الایهیو تامسون[۴] است، و گاهی از او به‌عنوان آزمایش «حلقه تامسون» یاد می‌شود. الایهیو زندگی جالبی داشت. در سال ۱۸۵۳ در منچستر متولد شد، اما خانواده‌اش پنج سال بعد از انگلستان به امریکا مهاجرت کردند. در سال ۱۸۷۹، شرکت برق تامسون - هوستون را تأسیس کرد که در سال ۱۸۸۲ با شرکت برق ادیسون ادغام شد و شرکت جنرال الکتریکی را به‌وجود آورد. تامسون مخترع فعالی بود، و در بیش از پنج دهه زندگی‌اش تقریباً موفق به ثبت ۱۷۰۰ اختراع گردید. آزمایش حلقهٔ جهنده اولین بار در ۱۸۸۷ در گردهمایی مؤسسه امریکایی مهندسان برق به نمایش درآمد، از آن پس، این آزمایش بارها نشان داده شده است، یک مورد برجستهٔ آن مربوط به لرد ریلی در سال ۱۸۹۱ در لندن است که در طی یک سخنرانی به مناسبت صدمین سال تولد مایکل فاراده را اجرا کرد.

نظریه

جریانی الکتریکی با بسامد ثابت (۵۰ هرتز) در بریتانیا به سیملوله‌ای مطابق شکل ۳ اعمال شده است. این جریان الکتریکی باعث القای میدان مغناطیسی B_s می‌شود. قدرت B_s به شدت جریان I_s اعمال شده به سیم‌پیچ و تعداد دورهای سیم‌پیچ بستگی دارد. B_s جریان I_l را در حلقه القا می‌کند. نیروی محرکه الکتریکی (emf) مربوط به این جریان که به



شکل ۱. وسایل آزمایش حلقه جهنده. از چپ به راست: مبدل اصلی متغیر، دستگاه حلقه جهنده و مبدل عایق‌بندی شده ایمن



شکل ۲. نمودار طرحواره دستگاه حلقه جهنده

کمک قانون القای مغناطیسی فاراده توصیف می‌شود برابر است با:

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt}$$

در این رابطه مقدار نیروی محرکه القایی emf به آهنگ تغییر شار مغناطیسی بستگی دارد. علامت منفی، قانون لنز را در برمی‌گیرد که بیان می‌کند ... نیروی محرکه القایی emf (و جریان القایی) چنان جهتی را انتخاب می‌کنند که با آنچه آن‌ها را تولید می‌کند مخالفت کنند. البته، این شرط لازم است، زیرا اگر با جهت حرکت مخالفت نشود، اصل پایستگی انرژی نقض می‌شود. جریان القایی خود میدان B_r را در حلقه تولید می‌کند چون هدف جریان حلقه مخالفت در مقابل جریان سیملوله است، هر دو میدان مغناطیسی یکدیگر را دفع می‌کنند، که اثر آن جهش حلقه است. مقدار نیروی محرکه بین حلقه و سیملوله به شدت میدان مغناطیسی B_s جریان و ابعاد حلقه بستگی دارد.

با کاهش دمای حلقه، مقاومت الکتریکی آن کم می‌شود و در نتیجه جریان القایی حلقه افزایش می‌یابد. این به نوبهٔ خود، شدت میدان مغناطیسی B_r را افزایش می‌دهد، در نتیجه باعث می‌شود که ارتفاع جهش حلقه بیشتر شود. استفاده از نیتروژن مایع (نقطه جوش ۷۷K) به‌عنوان سرد کننده به‌معنای آن است که دمای مطلق حلقه با ضریب تقریباً چهار از دمای اتاق (۳۰۰K) کمتر شده است. در این گسترهٔ دما، مقاومت ویژه الکتریکی آلومینیم تقریباً با ضریب ده کم می‌شود. در نتیجه جریان القایی در حلقه با ضریب ده افزایش می‌یابد، بنابراین وقتی دمای حلقه تا دمای نیتروژن مایع سرد می‌شود انتظار داریم ارتفاع جهش افزایش چشمگیری پیدا کند که در واقع مشاهده شد. هیچ‌کدام از بحث‌های نظری استاندارد بالا نمی‌تواند توضیح دهد چرا ارتفاع جهش حلقه‌های جایگزین در سخنرانی پیتر فورد در مقایسه با حلقه اصلی گم شده بسیار کمتر بود.

روش آزمایش

آزمایش‌ها با گذاشتن حلقه‌ای که باید بررسی شود روی قاب چوبی سیم‌پیچ قبلی انجام شد. خط‌کشی در مقابل سیم‌پیچ روی دیوار پشتی قرار داشت. جریان الکتریکی از سیملوله می‌گذشت و همزمان حلقه بالا می‌جهید. شایان ذکر است که بدانیم جریان سیملوله باید بلافاصله پس از پریدن حلقه قطع گردد تا از سوختن سیم‌پیچ جلوگیری شود. با توجه به مشاهدات مقدماتی، منطقه فرود حلقه تعیین گردد تا بتوان دوربین ویدیو را طوری در آنجا متمرکز کرد که با دقت (در حدود نیم‌سانتی‌متر) ارتفاع بیشینه حلقه را به‌دست آورد. برای آزمایش‌های با دمای کم، از همین روش استفاده شد، در این حالت حلقه در جعبهٔ کم‌عمقی از پلی استیرین حاوی نیتروژن مایع سرد و سپس به سرعت با استفاده از انبرک روی قاب چوبی سیم‌پیچ منتقل شد.

آزمایش‌هایی نیز برای شناخت عوامل مؤثر در ارتفاع جهش حلقه‌های آلومینیمی انجام شد. در اولین مجموعه از آزمایش‌ها چگونگی تغییر شکل حلقه‌ها (تغییر ضخامت و قطر داخلی و خارجی) بررسی گردید. در دومین تحقیق اثر حالات مختلف متالورژی حلقه‌ها مورد توجه قرار گرفت. این کار با تغییر زمان سرد کردن و دما انجام شد.

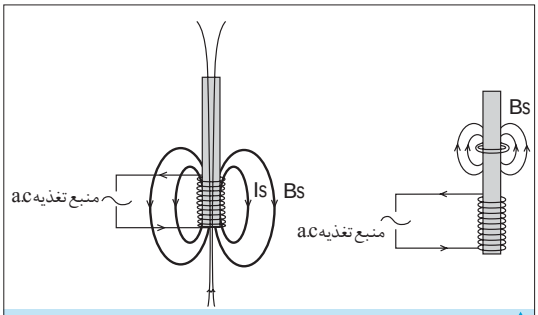
نتایج

تغییر ابعاد حلقه

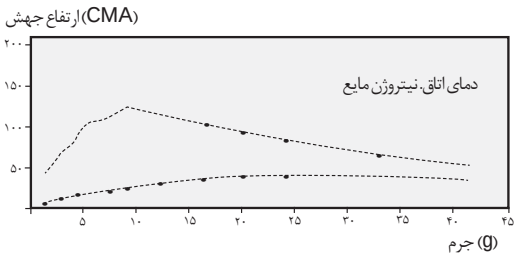
مجموعه حلقه‌هایی با جرم‌های مختلف ساخته شد. تفاوت جرم‌ها متناسب با تغییر ضخامت آن‌ها، ضمن یکسان نگه داشتن قطرهای داخلی و خارجی حلقه‌ها، بود. نتایج این تحقیق در شکل ٤ نشان داده شده است. به‌طور آشکار دیده می‌شود که در دماهای نزدیک به دمای نیتروژن مایع، ارتفاع جهش بیشینهٔ (خوش تعریفی متناظر است با جرم مناسبی که این اثر را تولید می‌کند.) در دمای اتاق (با توجه به نمودار) واکنش بسیار پهن‌تر است و ارتفاع بیشینه برای حلقه‌هایی با جرم بیشتر روی می‌دهد. دلایل این نتیجه هنوز به خوبی شناخته نشده است.

ملاحظات متالورژی

آهنگ‌های سرمایش مختلف تأثیر قابل ملاحظه‌ای روی اندازه ذرات مواد دارد. در داخل فلزات، اندازه ذره متناظر



شکل ۳. نمایش نموداری الف، میدان مغناطیسی که با عبور جریان از سیم‌پیچ اطراف سیملوله تولید می‌شود و ب، میدان مربوط به جریان القایی اطراف حلقه رسانا که در میدان الف، قرار گرفته است. I_S جریان متناوب لحظه‌ای در سیملوله، B_S میدان مغناطیسی لحظه‌ای مربوط به میدان مغناطیسی حاصل از جریان I_S.
I_r جریان القایی در حلقه به‌وسیله گذشتن جریان I_S و B_S میدان مغناطیسی حلقه حاصل از جریان I_r.



شکل ٤. نمودار ارتفاع جهش برحسب جرم حلقه (با افزایش ضخامت حلقه‌ها) برای حلقه‌های آلومینیمی با قطرهای داخلی و خارجی یکسان. همه حلقه‌ها از شمش آلومینیمی یکسانی ساخته شده‌اند.

بـا اندازه هر یک از حوزه‌هایی اسـت که بـا مرزهای دانه‌ای و دررفتگی‌ها (جابه‌جایی‌ها) از یکدیگر جدا می‌شوند. سرمایش سـریع یا سخت کردن (آب دادن)، با اندازه کوچک ذره همراه اسـت. در حالی‌که سرمایش آهسـته یا تابکاری، باعث بزرگ شـدن ذره می‌شـود. ذرات کوچک در سـخت کـردن تولید می‌شوند زیرا دما با چنان آهنگی کاهش می‌یابد که اتم‌ها زمان کافی در اختیار دارند تا در یک سـاختار شـبکه بلوری کامل آرایش یابند. این به علت آن اسـت کـه اتم‌ها انرژی گرمایی کافی دارند تا بر انرژی‌های پتانسیل درون مواد غلبه کنند و در نتیجه می‌توانند جابه‌جا شوند.

در خـلال تابکاری، دما و در نتیجـه انرژی گرمایی اتم‌ها به تدریج کاهش می‌یابد، بنابراین اتم‌ها فرصت کافی دارند تا در یک شبکه بسیار کامل آرایش یابند. نرم کردن نسبت به سخت کردن به علت تعداد کمتر نقص‌های تشکیل دهنده در ساختار بلوری در کاهش مقاومت الکتریکی مواد تأثیر بیشـتری دارد. مرزهای دانه‌ای و سـطوح می‌تواننـد به‌عنوان نقص‌ها در نظر گرفته شوند زیرا باعث ترک خوردگی در ساختار شبکه بلوری می‌گردند. همچنین حضور دیگـر نقص‌ها مانند ناخالصی‌ها، مقاومـت مواد را افزایش می‌دهد که بـه علت دررفتگی‌ها در ساختار بلوری آن‌هاست. این وضعیت روی جریان الکترون‌ها و همچنیـن جهت‌گیـری اتم‌ها اثر می‌گـذارد و برخوردهای مستقیم آن‌ها را بیشتر خواهد کرد.

بنابراین با نرم کردن مناسب یک حلقه آلومینیمی توانستیم مقاومت الکتریکی آن را چنان کاهش دهیم که ارتفاع جهش آن مشابه مقدار مشاهده شده ارتفاع حلقهٔ اصلی آزمایش پیتر فورد گردید. نتیجه به دست آمده یکی از هدف‌های اصلی این تحقیق بود.

جالب توجه است که بدانیم اگرچه اثرات رفتار گرمایی فلزات برای هزاران سـال توسط آهنگران شناخته شده بود، اما درک این موضوع تنها از اوایل دهه ۱۹۳۰ شروع شد یعنی در حدود همان زمانی که فیزیک‌دان‌ها شناخت هسته اتم را آغاز کردند.

بحث

یکی از ویژگی‌های آزمایش حلقهٔ جهنده مناسـب بودن آن برای بررسـی و توسعهٔ تجربی اسـت. در وسیله اصلی، تعداد دورها و قطر سیم استفاده شده در سیم‌پیچ اختیاری بودند - قرقره بزرگ سـیم به درد نخوری بود که سال‌ها در آزمایشگاه در گوشـه‌ای افتاده بود - اما، شاید بسـیار جالب توجه باشد اگر تغییـر این عوامل مـورد توجه قرار گیـرد. همچنین در وسـیله اصلی از تعداد زیادی سـیم آهنی استفاده شده بود تا شار عبوری از حلقه افزایش یابد. مهم است که چگونگی تأثیر هسته‌های آهنی یکپارچه (جامد) با ارتفاع و قطرهای مختلف در ارتفاع جهش حلقه مورد توجه قرار گیرد.

در تحقیقات اولیه از حلقه‌هایی با مواد مختلف استفاده شد. احتمالاً مقایسه فلز مس با آلومینیم جالب است و در این مورد کارهای مختلف انجام شـد. چون چگالی مس تقریباً سه برابر آلومینیم اسـت، بنابراین حلقه‌ای از مس که ابعادش با حلقه آلومینیمی یکسان است سه برابر سنگین‌تر خواهد بود. مقاومت ویـژه الکتریکی مس و آلومینیم در دمای ۷۷K در حدود ۱۰ درصـد یکدیگرند. ترکیب جرم و مقاومت ویژه می‌تواند پیامد چشم‌گیری داشته باشد. پیتر فورد زمانی در مؤسسه انتشارات IOP در دیراک هاوس، بریسـتول، انگلیس سخنرانی کرد و آزمایش حلقه جهنده را با اسـتفاده از حلقه مسـی انجام داد. در دماهـای پایین، حلقه تا ارتفاع دو متر بالا پرید و از قوانین نیوتون پیروی کرد. حلقه روی سـطح یـک پروژکتور که در آن نزدیکی قرار داشـت، افتاد و شیشـه آن را شکسـت. این رویداد باعث افزایش اعتبار فورد در مؤسسـه انتشارات IOP نشد، اما این سخنرانی برای همیشه خاطره‌انگیز باقی ماند. اگر از حلقه آلومینیمی اسـتفاده می‌شد احتمالاً شیشه پروژکتور نمی‌شکست چون جرم کمتری داشت.

نتیجه‌گیری

آزمایش حلقه جهنده آزمایشی به یاد ماندنی از قوانین القای مغناطیسی است، وقتی که در برابر تماشاچیان اجرا شود بدون شک طرفداران بسـیاری خواهد داشت. این آزمایش می‌تواند با موادی که به آسانی در دسترس‌اند به آسانی انجام شود. در پایان، آزمایش حلقه جهنده برای تحقیقات مناسب است، مثلاً، موضوع خوبی برای تحقیقات دانش‌آموزی است.

پی‌نوشت‌ها
1. M.Baylie
2. Bath University
3. Peter Ford
4. Elihu Thomson

مرجع
* The Jumping ring experiment
* M. Baylie, PJ-Ford, GPMathlin and epalmer physics Education, January 2009

تداخل‌سنج

مریم اویسی فُردویی
دبیر فیزیک دبیرستان شاهد

مقدمه

تداخل نور هنگامی رخ می‌دهد که نور از منبع تا آشکارساز مسیرهای متفاوتی را طی کند و اختلاف طول مسیر پرتوها کمتر از طول همدوسی زمانی منبع باشد. آنگاه شدت در آشکارساز کمتر، برابر و یا بیشتر از مجموع شدت پرتوها خواهد شد. پدیدهٔ تداخل اولین بار در قرن هفدهم مورد توجه بویل و هوک قرار گرفت و در قرن هجدهم یانگ با آزمایش دو شکافی خود توانست وجود تداخل را اثبات کند. بعدها مایکلسون در سال ۱۸۸۱ تداخل‌سنج معروف خود را طراحی کرد که کاربردهای وسیعی در اثبات عدم وجود اتر، آزمون اپتیکی و نجوم پیدا کرد.

با اختراع لیزر، آشکارسازهای دوبعدی مانند CCD و رایانه تحولات زیادی در تداخل‌سنجی صورت گرفت. از جمله کاربردهای جدید تداخل‌سنجی در عصر حاضر می‌توان به استفاده از تداخل‌سنج در آشکارسازی امواج گرانشی، آزمون قطعات اپتیکی بزرگ تا چند متر، تلسکوپ‌های دوقلو جهت افزایش قدرت تفکیک، با استفاده از تداخل نور دو تلسکوپ، و آزمون سطوح غیرکروی نام برد.

کلیدواژه‌ها: تداخل‌سنج، فریز، همدوسی، مایکلسون

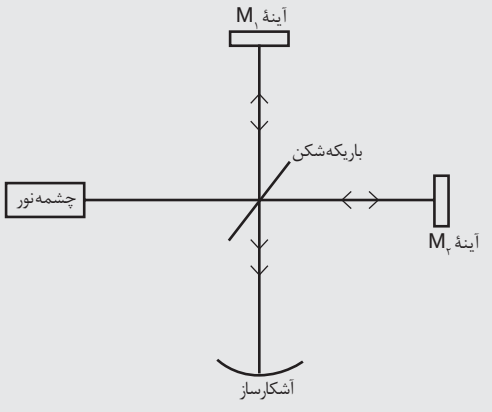
۱. اصول تداخل‌سنجی

تداخل‌سنجی در واقع روش اندازه‌گیری اختلاف فاز دو موج با استفاده از پدیدهٔ تداخل است. مهم‌ترین مفهوم در تداخل‌سنجی جبهه موج است که مکان هندسی نقاطی با فاز یکسان است. از برهم‌نهی دو جبهه موج که شرایط تداخل را دارا باشند، فریز تداخلی یا نقش تداخلی تولید می‌شود و فریز تداخلی مکان هندسی نقاطی با فاز یکسانِ است.

شرایط تداخل عبارت است از اینکه اولاً اختلاف راه نوری دو موج کمتر از طول همدوسی باشد، و ثانیاً دو موج هم قطبش باشند.

همدوسی زمانی

برایِ نشان دادن و اندازه‌گیری همدوسی زمانی یک چشمه اصولاً از تداخل سنج مایکلسون استفاده می‌شود.



▲ شکل ۱. طرح ساده‌ای از تداخل‌سنج مایکلسون

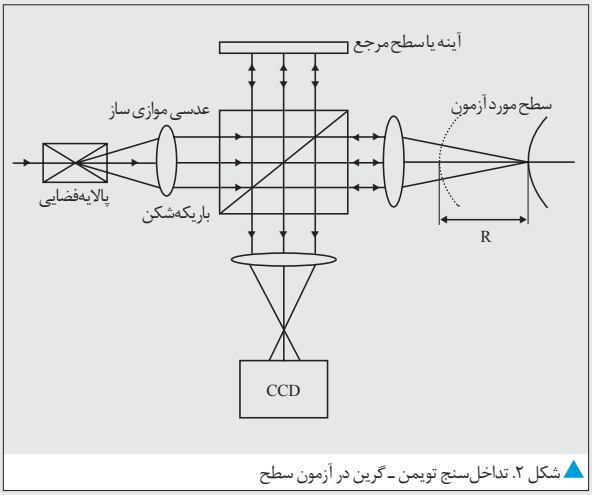
در صورتی‌که بین دو مسیر اختلاف زمانی وجود داشته باشد آنگاه مطابق شکل ۱، بسته‌های موج همپوشانی کامل نخواهد داشت و لذا نمایانی فریزها کاهش می‌یابد. اندازه یا پهنای بسته موج‌ها با پهنای طیف منبع نور رابطهٔ معکوس دارد و از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$Lc = \frac{\lambda^2}{2\pi\Delta\lambda}$$

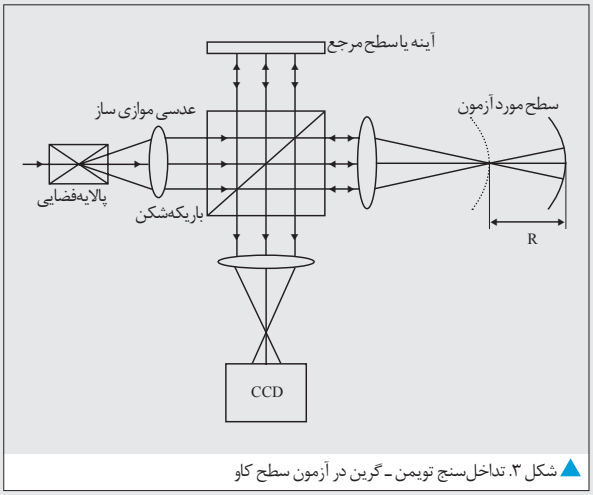
۲. تداخل‌سنج‌های متداول در آزمون قطعات اپتیکی

۲-۱. تویمن گرین

شکل ۲ آرایهٔ تداخل‌سنج تویمن ـ گرین در آزمون سطح کروی محدّب و اندازه‌گیری شعاع خمیدگی آن را نشان می‌دهد. تداخل‌سنج تویمن ـ گرین شامل دو بازوی مرجع و آزمون است. که عموماً بازوی مرجع شامل یک سطح تخت مرجع با همواری قابل قبول است. نکته قابل توجه در این تداخل‌سنج این است که طول دو بازوی آن را می‌توان برابر کرد به‌طوری که منبع لیزر کوتاه همدوس نیز قابل استفاده باشد. با جابه‌جایی سطح مورد آزمون در امتداد محور اپتیکی، در دو مکان نور برگشتی به تداخل‌سنج مجدداً موازی می‌شود.



شکل ۲. تداخل‌سنج تویمن ـ گرین در آزمون سطح



شکل ۳. تداخل‌سنج تویمن ـ گرین در آزمون سطح کاو

اختلاف فاصله مکانی‌ای دو مکان معادل شعاع خمیدگی سطح است. این روش برای سطوح کاو نیز به روش شکل ۳ به کار می‌رود. در این تداخل‌سنج فرض بر این است که عدسی مرکب همگراکننده دارای کیفیت قابل قبول باشد.

۲-۲ فیزو

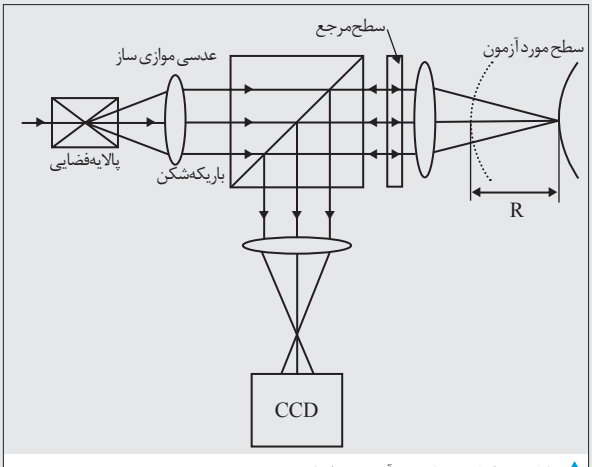
تداخل‌سنج فیزو از نوع تداخل‌سنج‌های دارای مسیر مشترک است. در این تداخل‌سنج‌ها هم مرجع و هم باریکهٔ باز تابیده از قطعهٔ مورد آزمون، در قسمت اعظم تداخل‌سنج، مسیر مشترکی را طی می‌کنند که این امر سبب می‌شود حساسیت به ارتعاش محیطی و متلاطم هوا کمتر باشد. به همین دلیل تداخل‌سنج فیزو برای محیط‌های کارگاهی بسیار مناسب است.

این تداخل‌سنج علاوه بر آزمون سطوح تخت، مطابق شکل ٤ و برای آزمون سطوح کوژ و کاو نیز استفاده می‌شود. سطح مرجع یک تیغهٔ شیشه‌ای است که یک سطح آن دارای کیفیت همواری قابل قبول باشد. البته فرض بر این است که سطوح مورد آزمون نیز ضریب بازتابی حدود شیشه داشته باشند. در غیر این صورت نمایانی فریزها کاهش می‌یابد. در این تداخل‌سنج طول همدوسی زمانی منبع باید بیشتر از دو برابر اختلاف راه نوری سطح مورد آزمون مرجع باشد.

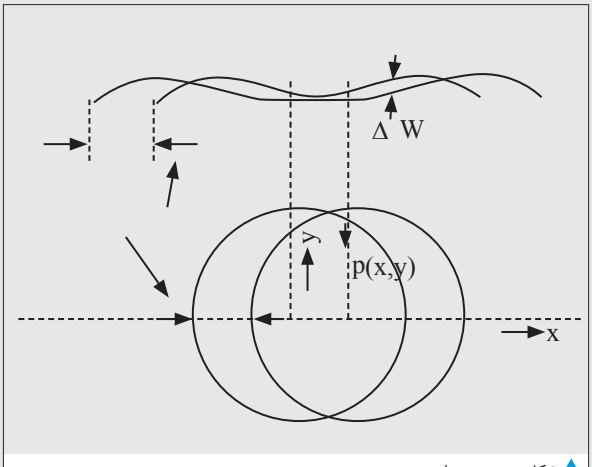
تداخل‌سنج فیزو در آزمون سطوح عدسی‌های کوچک یا ریزعدسی نیز کاربرد دارد.

۲-۳ تداخل‌سنج چینشی جانبی

اساس این تداخل‌سنج، ایجاد یک نسخه از جبههٔ موج و جابه‌جایی آن به طور جانبی نسبت به اولی و تداخل این دو بار با هم است (شکل ۵) به عبارتی موج با نسخه خودش تداخل داده می‌شود و به جبهه موج مرجع نیاز نیست. چیدمان‌های مختلفی برای ایجاد چینش جانبی وجود دارد که از تیغه شیشه‌ای برای ایجاد چینش استفاده می‌شود و یک سطح تخت مورد آزمون قرار می‌گیرد. بازوی همانند تداخل‌سنج‌های بخش‌های پیشین طراحی می‌شود لذا آن را تکرار نمی‌کنیم.



شکل ٤. تداخل‌سنج فیزو در آزمون سطح کوژ

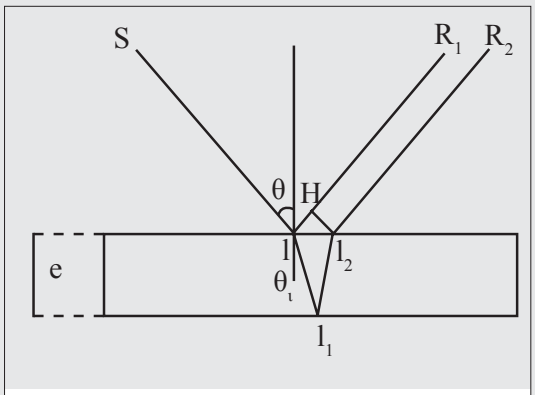


شکل ۵. چینش جانبی دو جبهه موج

اگر مقدار جابه‌جایی عرضی کوچک باشد در واقع اختلاف فاز دو نقطهٔ مجاور از سطح موج آزمون با این دو روش اندازه‌گیری می‌شود که با تقسیم آن بر مقدار جابه‌جایی مشتق توزیع فاز موج آزمون حاصل می‌شود. به عبارت دیگر در این تداخل‌سنج مشتق سطح موج از تحلیل فریزهای تداخلی به دست می‌آید.

۲ـ۴ تداخل‌سنجی با تیغه شیشه‌ای با سطوح متوازی

فرمول‌بندی و مطالعه دقیق این نوع تداخل‌سنج اولین بار توسط دکتر توسلی از دانشگاه تهران صورت گرفت. [۱] این تداخل‌سنج مطابق شکل ٦ شامل یک تیغه شیشه‌ای شفاف با سطوح موازی و یک چشمه نور است که در آن ضخامت تیغه e و ضریب شکست آن N است.



شمل ٦. تداخل‌سنجی با یک تیغه شیشه‌ای شفاف

و فاصله دو پرتو بازتابیده از هم از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$L = \frac{eSin2\theta}{(n^2 - Sin^2\theta)^{1/2}}$$

با قرار دادن یک چشمه خطی یا یک شکاف در محل چشمهٔ S، روی صفحه فریزهای دو شکافی یانگ مشاهده خواهد شد.

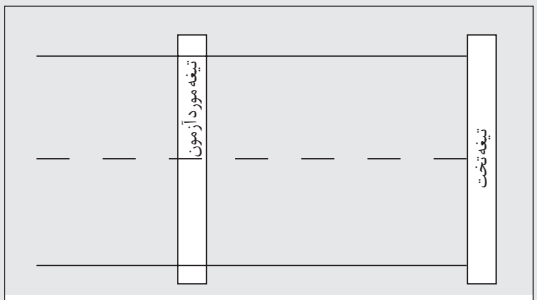
۳. چند نمونه از کاربرد تداخل‌سنج‌ها

۳ـ۱ آزمون سطوح کروی

بازوی آزمون نمایش داده شده در شکل ۲ و شکل ۳ روش آزمون سطوح کروی و اندازه‌گیری شعاع انحنای آن‌ها را نشان می‌دهد. آزمون سطوح کوژ حداکثر با قطری برابر با اندازه قطر باریکه مرجع امکان‌پذیر است، در حالی که برای آزمون سطوح کاو این محدودیت وجود ندارد. با جابه‌جا کردن سطح کروی و قرار دادن سطح آن در مکان کانون عدسی دوباره فریزهای تداخلی به تعداد کم ایجاد می‌شود. با اندازه‌گیری دقیق میزان جابه‌جایی سطح کروی نسبت به مکان قبل می‌توان شعاع خمیدگی سطح را اندازه‌گیری کرد، در این اندازه‌گیری دقت اندازه‌گیری فاصله کانونی به دقت اندازه‌گیری میزان جابه‌جایی بستگی دارد.

۳ـ۲ آزمون همگنی ضریب شکست یا ضخامت تیغه شیشه‌ای

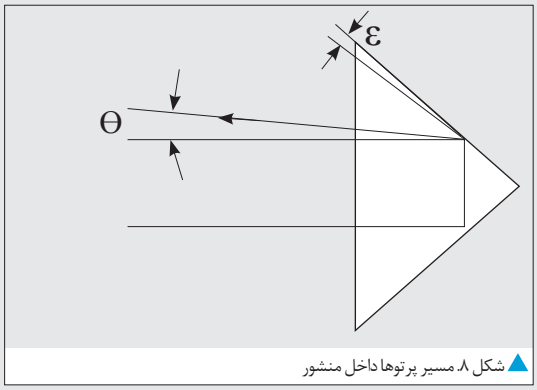
برای آزمون همگنی تیغه شیشه‌ای به روش شکل ۷، تیغهٔ مورد آزمون در مسیر باریکه قرار می‌گیرد و باریکه دو بار از تیغه عبور می‌کند، که در نتیجه حساسیت تداخل‌سنج دو برابر می‌شود. با این روش اگر دو سطح تیغه موازی و صاف باشد، می‌توان ناهمگنی در محیط تیغه را در فریزهای تداخلی مشاهده کرد. تیغهٔ تخت موجود در طرح مانند تیغهٔ مرجع دارای سطح صاف با دقت است. این تیغه باید عمود بر باریکهٔ فرودی باشد تا باریکهٔ بازتابی لیزر همان مسیر قبلی را در جهت معکوس طی کند.



شکل ۷. آزمون همگنی تیغه شیشه‌ای

۳ـ۳ آزمون منشور

با قرار دادن منشور مطابق شکل زیر، دقت زاویه ۹۰ درجه اندازه‌گیری می‌شود. البته منشور باید متساوی‌الاضلاع باشد. در صورتی که زاویهٔ ۹۰ درجه دقیق نباشد، فریزهای تداخلی دو نیمه هیچ‌گاه موازی نمی‌شوند. زیرا باریکه لیزر ورودی از بالای منشور از نیمه پایین منشور و باریکه ورودی از پایین منشور از نیمه بالا خارج می‌شود. حال اگر زاویهٔ منشور ۹۰ درجه نباشد، این دو باریکه خروجی موازی یکدیگر نخواهند بود و در نتیجه یکی از دو باریکه با باریکهٔ مرجع زاویه‌ای متفاوت با دیگری دارد که نتیجهٔ آن ایجاد زاویه بین فریزهای تداخلی است. از رابطه زیر خطای زاویهٔ ۹۰ درجه، محاسبه می‌شود:



شکل ۸. مسیر پرتوها داخل منشور

منابع

1.M.T. Tavassoly, A simple method for measuring the refractive index of a plate, Optics and Lasers in Engineering 35 (2001) 397 - 402 Ehsan

2. A.Akhlaghi, Ahmad Darudi, and M. Taghi Tavassoly, Reconstructing the phase distribution of two Interfering wavefronts by analysis of their nonlocalized fringes with an interactive method, Optics Express, Vol. 19, Issue 17, pp.15976-15981,2011.

اسپینترونیک

ابوالفضل مرادی
کارشناس ارشد فیزیک ماده چگال، دبیر دبیرستان و مدرس دانشگاه آزاد، استان مرکزی، محلات

چکیده

فیزیک‌دان‌ها در سال‌های اخیر پژوهش‌های گسترده‌ای روی مواد انجام داده‌اند که مهندسان نتایج آن‌ها را تعمیم و در فناوری مورد استفاده قرار داده‌اند. یکی از این پژوهش‌ها در زمینهٔ الکترونیک است که همراه با گسترش فناوری مبتنی بر مفاهیم حالت جامد و کوچک‌سازی قطعات الکترونیکی موجب پیدایش قلمرو تازه‌ای به نام «میکروالکترونیک» گردیده است. هدف اصلی در این قلمرو، تولید مدارها و قطعات الکترونیکی در مقیاس میکرو است که در عین‌حال از ضریب اطمینان بالایی برخوردار و از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشند. تلاش در جهت رسیدن به این هدف باعث به‌وجود آمدن حوزه‌های فناوری نوظهوری نظیر «فناوری نانوالکترونیک» شده است. بررسی‌های اخیر در نانوالکترونیک دربارهٔ الکترونیک مغناطیسی بوده است که الکترونیک اسپینی یا اسپینترونیک[1] نیز نامیده می‌شود.

کلیدواژه‌ها: اسپینترونیک، بر هم کنش اسپین - مدار

بررسی‌های اخیر در نانوالکترونیک دربارهٔ شاخه‌ای از الکترونیک مغناطیسی بوده است که به آن الکترونیک اسپینی یا اسپینترونیک گفته می‌شود. هدف اصلی اسپینترونیک درک برهم کنش اسپین ذرات و محیط اطرافشان و ساخت ابزار مناسب با استفاده از دانش به‌دست آمده است. مثلاً در اسپینترونیک جفت‌شدگی اسپین - مدار[2] از اهمیت زیادی برخوردار است. جفت‌شدگی حرکت‌مداری الکترون با درجهٔ آزادی اسپین آن، امکان کنترل و دست‌کاری اسپین را از طریق اعمال یک میدان الکتریکی خارجی با یک ولتاژ دریچه[3] فراهم می‌کند. [۳، ۲]. ریشهٔ این علم جدید به سال ۱۹۲۰ برمی‌گردد که پل دیراک (۸۴-۱۹۰۲) فرضیهٔ وجود اسپین یا تکانهٔ زاویه‌ای مغناطیسی را برای الکترون ارائه کرد. در واقع، کمیت ذاتی اسپین تعیین‌کنندهٔ خواص مغناطیسی ماده است. در فلزات فرومغناطیسی تعداد الکترون‌های رسانشی با اسپین «پایین» با تعداد الکترون‌های با اسپین «بالا» متفاوت است و این امر باعث مغناطش (مغناطیسی شدن) خود به خودی می‌شود. به‌عبارتی سمتگیری اسپین‌ها در یک راستای خاص به‌گونه‌ای است که درحضور یک میدان مغناطیسی، الکترون‌های با اسپین «بالا» و «پایین» انرژی‌های متفاوتی دارند، یعنی در نوار انرژی، شکافتگی اسپین وجود دارد. اسپینترونیک علم استفاده از درجهٔ آزادی اسپین الکترون‌ها در کنترل ویژگی‌های ترابرد است. در اسپینترونیک دست‌کاری درجات آزادی اسپین می‌تواند به افزایش سرعت پردازش اطلاعات، کاهش توان مصرفی و مجتمع‌تر شدن مدارها بینجامد. مزیت دیگر استفاده از درجهٔ آزادی اسپین این است که می‌توان به یک همدوسی، فازی فراتر از مقیاس ابزارهای الکترونیکی، رسید که نتیجهٔ مهم این مطلب توانمندی قابل توجهی است که در ساخت بیت‌های کوانتومی[4] ایجاد می‌شود. مطالعات اساسی در اسپینترونیک بر پایهٔ بررسی ترابرد اسپین است که فراتر از دینامیک و واهلش اسپین است. در اسپینترونیک از حالت بالا و پایین اسپین به جای صفر و یک یا مثبت و منفی استفاده می‌شود و پیش‌بینی می‌شود در آینده تحولی در دستگاه‌های میکروالکترونیکی به‌وجود خواهد آورد. این ویژگی برای ساخت دستگاه‌های دودویی بسیار کوچک، یعنی در مقیاس اتمی، مورد استفاده قرار می‌گیرد که انرژی کمتری لازم خواهند داشت. به‌علاوه از طبیعت کوانتومی چنین برمی‌آید که اسپین غیر از بالا و پایین می‌تواند در حالت‌های بینابینی هم وجود داشته باشد، که با استفاده از این خاصیت در پردازش موازی، سرعت بالاتری برای رایانه‌های کوانتومی در دسترس خواهد بود. تمام قطعات اسپینترونیک بر مبنای سازوکار ساده زیر عمل می‌کنند [۱،۲،۳]:

۱. اطلاعات روی حالت کوانتومی اسپین‌ها متناظر با جهت اسپین (بالا و پایین) ذخیره می‌شوند؛

۲. اطلاعات ثبت شده توسط الکترون‌های متحرک، در سیم حمل می‌شوند؛

۳. اطلاعات در یک پایانه خوانده می‌شوند.

حاکت کوانتومی اسپین (جهت اسپین) الکترون‌های انتقالی برای زمان نسبتاً طولانی ثابت می‌ماند. (در حد چند نانو ثانیه در مقایسه با ده‌ها فمتو ثانیه که طول می‌کشد تا تکانهٔ الکترون از بین برود). این ویژگی باعث می‌شود قطعات اسپینترونیکی به‌ویژه برای ذخیرهٔ اطلاعات، قطعات حسگر مغناطیسی و به‌طور بالقوه برای محاسبات کوانتومی، که در آن‌ها اسپین الکترون نشان‌دهندهٔ یک بیت (که کیو بیت نامیده می‌شود) اطلاعات است، مناسب باشند.

پی‌نوشت‌ها
1. Spintronics
2. Spin-Orbit Coupling (SOC)
3. Gate Voltage
4. Quantum Bit (qb)

منابع
[1] C. Zuozhong, "Nano-structure & nanomaterials: systhsis, properties & application "(Imperical college press, USA, 2004).
[2] I. Zutic, J. Fabian, and S. Dass Sarma, Rev. Mod. phys. 76, 323 (2004).
[3] M. Johonson, J. phys. Chem. B. 109, 14278: 14291 (2005).

ساخت و مطالعهٔ یک سلول خورشیدی بر پایهٔ اکسید مس

فریبا وفائیان
دبیر راهنمای پژوهش‌سرای دانش‌آموزی باقرالعلوم شهرستان قرچک
فاطمه قنبری، مبینا ابراهیمی، زهرا گلستان و نیلوفر فعله‌گری
دانش‌آموزان پایه اول دبیرستان فرزانگان قرچک و عضو انجمن فیزیک پژوهش‌سرای دانش‌آموزی باقرالعلوم شهرستان قرچک

چکیده
در این، مقاله با بیان اهمیت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به‌ویژه انرژی خورشیدی، به تاریخچه و تحول سلول خورشیدی اشاره شده است. سپس با استفاده از وسایل سادهٔ آزمایشگاهی، اساس کار یک سلول خورشیدی ساده بر پایه اکسید مس مورد مطالعه و آزمایش قرار گرفته که در پایان جریان خروجی از آن حدود ۲۰۰ برابر بهبود یافته است.

کلیدواژه‌ها: سلول خورشیدی، نیمرساناها، اکسید مس

مقدمه

مصرف انرژی جهان در سال ۱۹۶۰ Gtoe ۳/۳ بود (که هر Gtoe معادل ۱،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰ تن بنزین و معادل ۴۱،۸۶۸،۰۰۰،۰۰۰ * ۱،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰ ژول انرژی است). در سال ۱۹۹۰ این رقم به Gtoe ۸/۸ بالغ گردید. و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۰ به Gtoe ۱۲ افزایش خواهد یافت. بنابراین این پرسش مطرح می‌شود که آیا منابع انرژی فسیلی در قرن آینده پاسخگوی نیاز انرژی برای توسعه و بقا خواهد بود یا خیر.

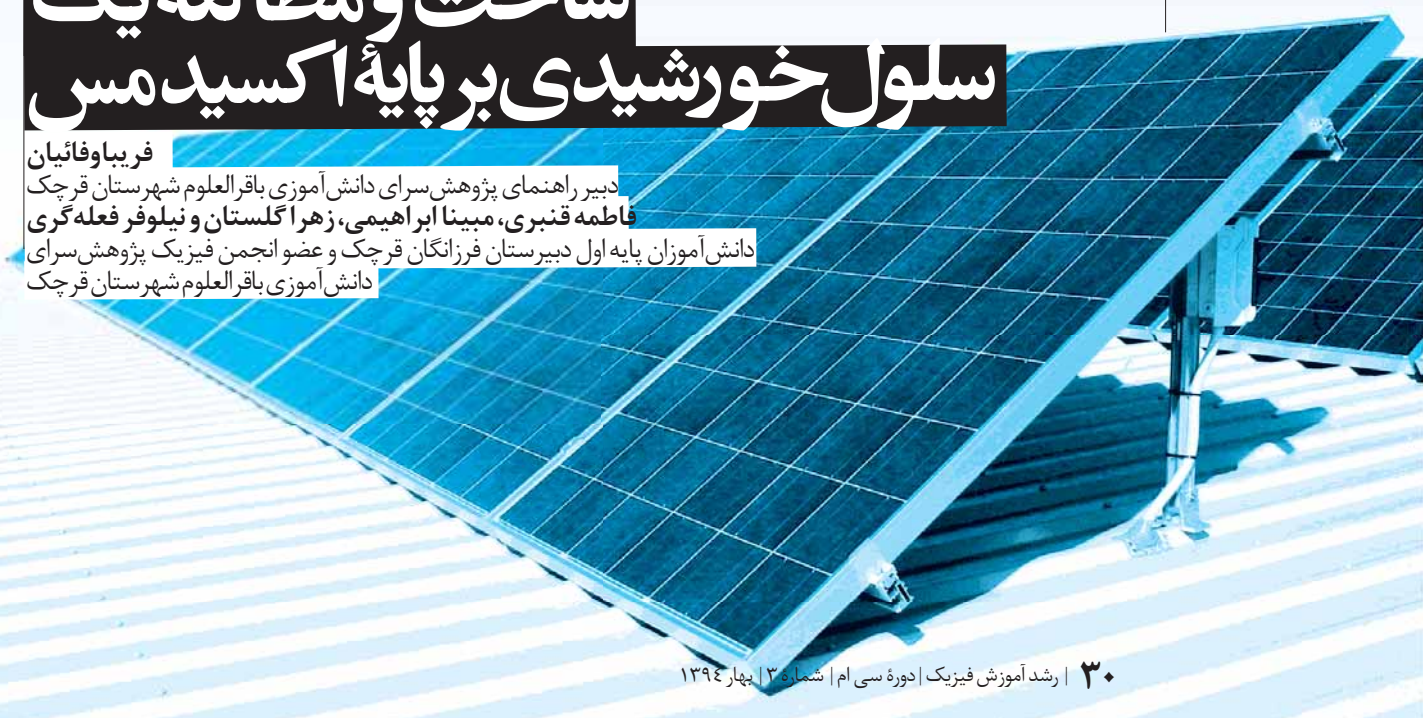
اگرچه سوخت‌های فسیلی از لحاظ احتراق مرغوبیت بالایی دارند؛ اما محدودیت منابع آن‌ها از یک سو و مشکلات زیست‌محیطی که امروزه سلامت جو را به‌خطر انداخته، از سوی دیگر جامعه انسانی را به تلاش برای استفاده از منابع جدید انرژی واداشته است.

شهرهای کوچک و بزرگ ایران از ۱۹۵ تا ۲۵۰ روز آفتابی در سال برخوردارند و این گویای توان بالقوهٔ زیاد کشور ما در استفاده از انرژی خورشید است. در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت ایران؛ انرژی خورشیدی در مرتبهٔ اول اهمیت قرار گرفته است و تحقیقات در این حوزه روزبه‌روز جدی‌تر می‌شود.

در حال حاضر قطعات سیلسیمی مورد نیاز صفحات خورشیدی از خارج از کشور وارد کشور می‌شود و فناوری ساخت این صفحات عملاً بومی نشده است.

۱-۲ تاریخچه

کشف پدیدهٔ فتوولتاییک را به فیزیک‌دان فرانسوی الکساندر ادموند بکرل[1] نسبت داده می‌شود که در سال ۱۸۳۹ مشاهده کرد که وقتی صفحات نقره‌ای باتری تحت تابش نور خورشید قرار می‌گیرند ولتاژ آن افزایش می‌یابد. اما اولین گزارش از پدیده فوتوولتاییک در یک ماده جامد را، در سال ۱۸۷۷، دو دانشمند کمبریج ار. ای. دی[2] و دبلیو. جی. آدامس[3] در مقاله‌ای به انجمن سلطنتی تقدیم کردند «با موضوع تغییرات در خواص الکتریکی سلنیم وقتی که تحت تابش نور قرار گیرد» در سال ۱۸۸۳ چارلز ادگار فریش[4] که یک مهندس برق اهل نیویورک بود، یک سلول خورشیدی سلینمی ساخت که از برخی جهات شبیه به سلول‌های خورشیدی سیلسیمی امروزی بود. این سلول از یک نانک نازک سلنیم تشکیل شده بود که با یک توری از سیم‌های خیلی نازک طلا و یک ورق حفاظتی از شیشه پوشانده شده بود. اما کارایی سلول ساخت او خیلی کم بود. به‌طوری که تنها کمتر از ۱درصد انرژی خورشیدی فرود آمده به سطح این سلول ابتدایی به الکتریسیته تبدیل می‌شد. با وجود این؛ درهمان زمان سلول‌های سلینمی سرانجام در



نورسنج‌های عکاسی به طور وسیعی به‌کار گرفته شد. در سال ۱۸۸۷، هاینریش هرتز[5] کشف کرد که نور فرابنفش حداقل ولتاژ لازم برای ایجاد جرقه برای پرش بین دو الکترود فلزی را تغییر می‌دهد. در سال ۱۹۰٤ هال واکس کشف کرد که ترکیبی از مس و اکسید مس به نور حساس است. همچنین در این سال اینشتین مقاله‌اش در زمینه اثر فوتوالکتریک را منتشر کرد. فهم کامل و مفصل‌تر از قوانین اساسی سلول‌های خورشیدی در سال ۱۹۰۵ توسط اینشتین و در سال ۱۹۰۳ توسط شوتکی[7] به‌وجود آمد. سلول‌های خورشیدی از اواسط ۱۹۰۵ موجود بود. اولین سلول خورشیدی سیلیسیمی با کارایی حدود ٦درصد با نور مستقیم را داریل‌چاپین[8]، جرالد پیرسون[9] و کالوین فولر[10] در سال ۱۹٤۱ ساختند که ابتدا در ماهواره‌های فضایی مورد استفاده قرار گرفت. البته بعضی‌ها اختراع سلول خورشیدی سیلیسیمی با کارایی زیر ۱درصد را اولین بار در سال ۱۹٤۱ به راسل اوهل[11] نسبت می‌دهند. اولین سلول خورشیدی توسط راسل اوهل ۱۹٤۱ با اتصال نیمرسانای سیلیسیمی نوع p,n ساخته شد.

در سال ۱۹٥٤ سه نفر در آزمایشگاه بل یک سلول خورشیدی با کارایی حدود ٦ درصد ساختند که بازده آن در مقایسه با مدل قبلی‌اش تا ۱۰ درصد افزایش یافته بود و پیشرفت چشمگیری به حساب می‌آمد. در دهه ۱۹۷۰ به دلیل افزایش قیمت نفت، سلول خورشیدی توسعه یافت و به این ترتیب انواع مختلفی از این سلول ها به بازار آمد.

۳-۱ فناوری فتوولتائیک و نیمرساناها

تاکنون مواد گوناگونی در ساخت سلول‌های خورشیدی مورد استفاده قرار گرفته‌اند که کارایی و هزینه‌های ساخت متفاوتی دارند. در واقع این سلول‌ها باید طوری طراحی شوند که بتوانند طول موج‌های نور خورشید را که به سطح زمین می‌رسد با کارایی بالا به انرژی مفید تبدیل کنند. موادی را که برای ساخت سلول‌های خورشیدی استفاده می‌شوند می‌توان در چهار نسل طبقه‌بندی کرد.

۳-۲-۱ نسل اول (سلول‌های خورشیدی بلورین)

فناوری نسل اول بر پایه نانک‌های سیلیسیمی با ضخامت ٤۰۰-۳۰۰ میکرومتر است که ساختاری بلوری یا چند بلوری دارند که یا از بریدن شمش به‌دست می‌آیند یا از روش EFG و با ۱/٤eV کمک خاصیت **موبینگی** رشد داده می‌شوند.

سلول‌های نسل اول دارای موادی با کیفیت بالا و مقطع وسیع بودند که از اتصال نیم‌رساناهای نوع n و p از جنس سیلیسیم تشکیل می‌شدند.

سیلیسیم یکی از فراوان‌ترین عناصر در کره زمین است. این عنصر یک نیمرسانای بسیار مناسب برای استفاده در سلول‌های فتوولتائیک است. اما استخراج سیلیسیم از ماسه و خالص‌سازی آن قبل از رشد بلورهای سیلیسیم، فرایندی پرهزینه است. در ضمن برای تولید سلول‌های نسل اول انرژی بالایی در حد سوخت‌های فسیلی مصرف می‌شود.

۳-۲-۲ نسل دوم (سلول‌های خورشیدی لایهٔ نازک)

بیش از ۲۰ سال تحقیق و توسعه، سلول‌های خورشیدی لایهٔ نازک شروع به گسترش نمودند. این لایه‌ها کاهش قابل ملاحظه‌ای در هزینه تولید الکتریسیته نسبت به کاهش نانک‌های سیلیسیمی به‌وجود آوردند.

سلول‌های نسل دوم یا فناوری لایه نازک براساس لایه نشانی نیم‌رسانا بر بسترهای شیشه‌ای فلزی یا پلیمری است کارایی سلول‌های نسل اول به دلیل کیفیت بالای مواد به‌کار رفته در آن‌ها که اغلب سلول‌های موجود در بازار را تشکیل می‌دهند از سلول نسل دوم بیشتر است. اما با گذشت زمان این اختلاف کارایی‌ها کم شده و سلول‌های نسل دوم جایگزین نسل اول شدند.

در سال ۱۹٦۱، شاکلی[12] و کوئیزر[13] با در نظر گرفتن یک سلول خورشیدی پیوندی به شکل یک جسم سیاه با دمای ۳۰۰کلوین نشان دادند که بیشترین کارایی یک سلول خورشیدی بدون توجه به نوع فناوری به‌کار رفته در آن، ۳۰ درصد است که در گاف انرژی یعنی انرژی ۱/٤ eV گالیم آرسنایدبه‌دست می‌آید. بنابراین کارایی سلول‌های خورشیدی نسل اول و دوم حتی در بهترین حالت نمی‌تواند از حدود ۳۰ درصد بیشتر شود. این در حالی است که حد کارنو برای تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی ۹٥ درصد است، و این مقدار تقریباً سه‌برابر بیشتر از کارایی نهایی سلول‌های نسل اول و دوم است.

بنابراین دستیابی به سلول‌هایی با کارایی‌هایی دو تا سه برابر کارایی‌های کنونی، امکان‌پذیر است. سلول‌های خورشیدی که دارای چنین بازدهی‌هایی باشند، نسل سوم سلول‌های خورشیدی نامیده می‌شوند.

۳-۲-۳ - نسل سوم

فناوری‌های این نسل در مرحله پیش از تجاری‌سازی است. فناوری نسل سوم به دسته‌های زیر تقسیم می‌شوند:

۱. CPV؛
۲. سلول‌های خورشید آلی؛
۳. سلول‌های خورشیدی حساس به رنگ؛
٤. سلول‌های خورشیدی پلیمری؛
٥. سلول‌های خورشیدی مبتنی بر بلورهای مایع.

سلول خورشیدی حساس به رنگ از دسته سلول‌های لایه نازک به‌شمار می‌آید و تنها نمونه‌ای از فناوری نسل سوم سلول‌های خورشیدی است که تاکنون به مرحلهٔ تجاری‌سازی رسیده است.

در سال ۱۹٥۴ سه نفر در آزمایشگاه بل یک سلول خورشیدی با کارایی حدود ٦ درصد ساختند که بازده آن در مقایسه با مدل قبلی‌اش تا ۱۰ درصد افزایش یافته بود

۴-۲-۳ نسل چهارم

دنیـا هم‌اکنـون در آغـاز راه طراحـی و تولید سـلول‌های خورشـیدی به کمک فنـاوری نانو اسـت و زمـان زیادی تا کاربردی کردن و افزایش کارایی آن‌ها باقی مانده اسـت اما با توجه به تنوع مواد اولیه برای این سلول‌ها نسبت به سلول‌های خورشیدی متداول، این هدف چندان دور به‌نظر نمی‌رسد.

۴-۱ طراحی یک سلول خورشیدی ساده در آزمایشگاه

۴-۲-۱ مرحله اول

دو ورقهٔ مسـی سمباده کشیده شده و مربعی شکل به ابعاد ۲۰*۲۰ را به‌صـورت مـوازی و در فاصلـه یک سـانتی‌متر از یکدیگر، در معرض تابش نور خورشید قرار دادیم. در حقیقت این دو ورقهٔ مسی الکترودهای منفی و مثبت باتری خورشیدی هستند. سپس ورقه‌های مس را، به کمک سیم‌های سوسماری به هم متصل کردیم و بدون اسـتفاده از هیچ‌گونه الکترولیتی یکی از دو ورقهٔ مسی را به خروجی منفی(-) و ورق دوم را به خروجی مثبت (+) میکرو آمپرسنج وصل نمودیم.

حتی با متمرکز نمودن نور خورشـید به کمک عدسی‌های قوی هیچ جریانی از میکروآمپرمتر عبور نمی‌کرد.

۴-۲-۲ مرحله دوم

بـا قرار دادن ورقه‌هـای مسـی درون الکترولیت آب نمک، آزمایـش را تکرار کردیم. در این مرحله نیز جریانی مشـاهده نشد.

۴-۲-۳ مرحله سوم

بـه مـدت ۳۰دقیقه؛ یکـی از ورقه‌های مسـی را با گرمای مستقیم و یکنواخت گرمکن برقی حرارت دادیم.

پس از اینکه روی سـطح این ورقه از یک لایهٔ نازک سـیاه پوشـیده شد؛ آن را سـرد کردیم و با آب و صابون شست‌وشو دادیم. در این زمان هیچ‌گونه فشاری را برای از بین بردن لایه سیاه به ورقه مسی اعمال نکردیم.

حال اگر صفحهٔ مس اکسـید شـده جایگزین الکترود شود که در برابر تابش نور مرئی خورشـید قـرار دارد، جریان فوتو الکترونی معادل ۵۰ میکروآمپر در مدار مشاهده خواهد شد.

۴-۲-۴ مرحله چهارم

به منظور افزایش بازده این سـلول، فلزات آهن، روی، چدن، آلومینیم، نقره، تیتانیم و طلا را، به جای صفحهٔمسـی، درون الکترولیت قرار دادیم. (الکتـرودی که در برابر تابش نور قرار نـدارد) وقتی این الکترود را از جنس آلومینیم انتخاب کردیم جریـان فوتوالکترونی تا ۲۰۰ برابر افزایـش پیدا کرد. جریان عبوری از مدار به حدود ۵-۳ میلی‌آمپر رسید.

۴-۳ نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در زیر لایهٔ سیاه‌رنگ لایه‌ای از مس متمایل به نارنجی است که اصطلاحاً لایه حساس به نور نامیده می‌شود و بخش اصلی این سـلول خورشیدی را تشـکیل می‌دهد، این لایه نازک از اکسید مس cu_2O و نوعی نیمرسانای نوع p به حساب می‌آید. فوتون‌ها از نور خورشید با سلول خورشیدی برخورد می‌کند و توسط نیمرسانای ورقه اکسید مس جذب می‌شوند. الکترون‌ها در این نیمرسـاناها انرژی گرفته از قید هسته و مدار الکترونی خود رها شـده در کل ماده شـناور می‌شـدند. الکترون‌های آزادشـده، وارد محلول نمک (الکترولیت) و سـپس وارد ورقه مس تمیز می‌شـوند، از طریق سـیم به آمپرسنج و دوباره به ورقه اکسید مس انتقال می‌یابند. فرق این باتری با باتری‌های معمولی این اسـت که آغازگر جریـان الکتریکی یک واکنش شیمیایی نیست بلکه فوتون‌های نور مرئی است.

آرایش الکترونی مس به صورت زیر است:

$29[Cu]=18[Ar]: 4s^2 3d^9 4p$

زمانی که دو اتم مس هر کدام یک الکترون لایهٔ 3d خود را با اکسیژن به اشتراک می‌گذارند و ترکیب cu_2O ایجاد می‌شود؛ در زیر لایـه 4p مس حفره‌های زیادی برای پذیرش الکترون به‌وجود می‌آید.

فاصله نوار ظرفیت و نوار رسـانش مس، به علت پر نشدن لایه 3d. زیاد است بنابراین در مرحلهٔ دوم آزمایش انرژی فوتون‌های نور خورشید قادر به ایجاد جریان نبودند.

فلز آلومینیم به علت خاصیت الکترون‌کشندگی بالا می‌تواند جریان فوتوالکترونی را افزایش دهد. (برخلاف اثر فوتوالکتریک که جنس الکترود دوم در میزان جریان فوتوالکتریک تأثیر ندارد.)

با سـری کردن مدولی از این سـلول سـاده می‌توان جریان فوتوولتائیک را افزایش داد.

پی‌نوشت‌ها

1. Alexander Edmand Beq-uerel
2. R.E.Day
3. G. Adams
4. Charles Eclgar Fritts
5. Hinruch Hertz
6. Hall Wachs
7. Schottky
8. Daryl chapin
9. Gerald Pearson
10. Colvin Fuller
11. Russel Ohl
12. Shockley
13. Quisser

منابع

۱. کتاب فیزیک پایهٔ چهارم متوسطه
۲. وبگاه سازمان انرژی‌های نو ایران www.suna.org. ir
۳. وبگاه دانشگاه علم و صنعت ایران .www iust.ac.ir
۴. آموزش فناوری نانو www. edu.nano.ir
۵. خبرگزاری دانشجویان ایران isna. ir
6. http://voh. chem. ucla. edu/ classes/ Solar cells/ pdf/Student Solar. pdf
7. http:// sci-toys. com/sci-toys/ scitoys/ e chem/ echem2. html# solarcell

آموزش به‌کمک یادگیری مشـــــارکتی

میترا اژدری و غلامحسین ظفری
دبیران آموزش‌وپرورش ناحیه ۲ شهرستان اهواز

چکیده

یکی از روش‌های آموزشی یادگیرنده - محور روش آموزش به کمک یادگیری مشارکتی یا، به‌طور خلاصه، یادگیری مشارکتی است. نام دیگر این روش یادگیری با هم است. یادگیری مشارکتی برای انجام دادن انواع فعالیت‌ها و تکلیف‌های یادگیری و نیز برای انجام پروژه‌های تحقیقی مورد استفاده قرار می‌گیرد و غالباً در گروه‌های بیشتر از دو نفر به کار بسته می‌شود.

یادگیری مشارکتی به روشی گفته می‌شود که در آن یادگیرندگان در گروه‌های کوچک با هم کار می‌کنند و برای دستاوردهای جمعی‌شان مورد تقویت قرار می‌گیرند. ویژگی مهم این روش آن است که در آن اعضای گروه با هم کار می‌کنند تا به هدف مشترکی برسند که هم کل گروه و هم تک‌تک اعضای گروه از آن سود ببرند. یادگیری مشارکتی از دانش‌آموزان می‌خواهد تا در گروه‌های کوچک با هم کار کنند و به هم کمک نمایند تا سطح یادگیری خود و سایر اعضای گروه را افزایش دهند.

کلیدواژه‌ها: فرهنگ یادگیری، تعامل گروهی، اصول یادگیری از طریق هم‌یاری، الگوهای یادگیری مشارکتی، دانش‌آموزان، کار گروهی، یادگیری، حل مسئله

مقدمه

امروزه پذیرفته شده است که موفقیت در زندگی اجتماعی و شغلی با توجه به ابعاد مختلف کار، جز از طریق همکاری گروهی امکان‌پذیر نیست. در ارزیابی توانایی‌های یک فرد، علاوه بر قابلیت‌های فردی به این امر نیز توجه می‌شود که فرد تا چه حد می‌تواند به‌عنوان عضوی از یک گروه، دانش و تجربهٔ خود را به کار گیرد. به همین دلیل یکی از راه‌های آمادگی دانش‌آموزان برای زندگی در جامعه آینده، یادگیری مشارکتی است.

در آموزش به روش مشارکتی، دانش‌آموزان با توانایی‌های متفاوت در کنار یک‌دیگر قرار می‌گیرند و با استفاده از فعالیت‌های یادگیری گوناگون، درک خود را نسبت به موضوع درسی بالا می‌برند. هر یک از اعضای گروه، نه‌تنها مسئول یادگیری مطلب تدریس شده است بلکه مسئول کمک به یادگیری سایر اعضای گروه خود نیز خواهد بود. تحقیقات نشان داده وقتی از دو عنصر کلیدی؛ یعنی «اهداف گروهی» و «مسئولیت فردی» با هم استفاده شود، پیشرفت تحصیلی چشمگیر خواهد شد، به‌علاوه بررسی‌ها نشان می‌دهد دانش‌آموزانی که با یک دیگر کار می‌کنند، هم‌دیگر را دوست خواهند داشت؛ افرادی که دارای ناتوانایی‌های یادگیری هستند بر اثر استفاده از این راهبرد، روابط بهتری با هم‌کلاس‌های خود خواهند داشت و مهارت اجتماعی آنان پیشرفت خواهد کرد.

وابستگی مثبت اعضا به یک‌دیگر در موفقیت گروهی نقش بسزایی دارد؛ زیرا پویایی ناشی از پیوستگی درونی به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا از هم یاد بگیرند و به یک‌دیگر یاد بدهند و بفهمند که در گروه، همانند دنیای واقعی، هر کدام از ما می‌تواند کاری را انجام دهد؛ ولی هیچ‌کس نمی‌تواند به‌تنهایی همهٔ کارها را انجام دهد و برآیند کل از جمع اجزای آن بزرگ‌تر است. (فلسفی، فاطمه، ۱۳۸۸، ص ۱۸)

اقدامات مورد نیاز آموزش به کمک یادگیری مشارکتی

در آموزش به کمک یادگیری مشارکتی، اقدامات زیادی صورت می‌پذیرد. ما در اینجا مهم‌ترین آن‌ها را توضیح می‌دهیم.

۱. تشکیل گروه‌های کوچک نامتجانس

یادگیری مشارکتی معمولاً در گروه‌های ٤ تا ٦ نفری صورت می‌گیرد که از جهت‌های مختلف توانایی یادگیری، میزان پیشرفت، نژاد و غیره نامتجانس هستند.

۲. داشتن هدف‌های روشن

یادگیری مشارکتی باید دارای هدف‌های روشن و قابل دسترس باشد و همهٔ اعضای گروه بدانند که باید برای رسیدن به آن‌ها بکوشند. از جملهٔ هدف‌های یادگیری مشارکتی روشن این است

که بچه‌ها سه دلیل علمی برای حفظ جنگل‌های بارانی استوایی پیدا کنند، یک معادلهٔ ریاضی دشوار را حل کنند، یا یک آگهی تجاری تلویزیونی تهیه و ضبط کنند.

۳. وابسته بودن اعضای گروه به یکدیگر

وقتی موفقیت دانش‌آموزان به کمک و مشارکت سایر اعضای گروه وابسته باشد آن‌ها بیشتر به‌صورت مشارکتی فعالیت می‌کنند. برای این منظور، می‌توان مواد آموزشی را میان اعضای گروه تقسیم کرد و از هر یک از گروه‌ها خواست تا سهم خود را از آن بیاموزد و آن را به دیگران آموزش دهد.

۴. معلم به‌عنوان هدایت‌کننده و منبع اطلاعات

نقش معلم در یادگیری مشارکتی باید عمدتاً به‌صورت هدایت‌کننده باشد. همچنین زمانی که گروه نیاز به اطلاعاتی دارد که نمی‌تواند آن را به‌دست آورد معلم می‌تواند آن اطلاعات را در اختیار گروه قرار دهد.

۵. مسئولیت فردی

برای جلوگیری از وضعیتی که در آن بعضی اعضای گروه بیشترین مقدار کار را انجام می‌دهند و بعضی‌ها از زیر بار مسئولیت شانه خالی می‌کنند، معلم باید مواظب باشد که همهٔ اعضای گروه مسئولیت انجام بخشی از کار را بپذیرند. برای این منظور، معلم می‌تواند از تک‌تک اعضا بخواهد تا به پرسش‌های شفاهی یا کتبی او که دربارهٔ فعالیت‌های گروهی طرح شده پاسخ دهند.

۶. پاداش دادن به توفیق گروهی

پس از آنکه گروه به هدفش دست یافت و به موفقیت رسید، همهٔ اعضای گروه باید به پاس این موفقیت پاداش دریافت کنند. به‌عنوان مثال، وقتی که در امتحان مربوط به کار گروهی همهٔ اعضا موفق می‌شوند، تک‌تک آنان مستحق دریافت پاداش خواهند بود.

۷. ارزشیابی از خود

پس از آنکه فعالیت‌های گروهی به پایان رسید و هدف‌های پیش‌بینی شده تحقق یافتند، گروه به تحلیل عملکرد خود می‌پردازد و نقاط قوت و ضعف کار را مشخص می‌کند و به ارزیابی از فعالیت‌های انجام شده اقدام می‌کند. در صورت لزوم این کار به کمک معلم صورت می‌پذیرد.

۸. تنوع مدت کار

مدت فعالیت کار گروهی باید متنوع باشد. بعضی گروه‌ها برای انجام کارهای مختصر و مشخص تشکیل می‌شوند و کارشان را در زمان محدودی به ثمر می‌رسانند. بعضی گروه‌ها برای انجام کارهای مهم‌تری تشکیل می‌شوند و لذا مدت بیشتری به فعالیت می‌پردازند. اما بعضی گروه‌ها که به گروه‌های پایه معروف‌اند برای تمام سال یا ترم تحصیلی به فعالیت می‌پردازند. این گروه‌ها منابع یادگیری را با هم شریک می‌شوند، وظایف را میان خود تقسیم می‌کنند، یادداشت‌های کلاسی را در اختیار هم می‌گذارند، و در همه چیز از همدیگر حمایت می‌کنند و به همدیگر یاری می‌دهند. (سیف، علی‌اکبر، ۱۳۸۹، صص ٥٤٦-٥٤٥ - ٥٤٣)

ضرورت استفاده از یادگیری مشارکتی

پژوهش‌ها نشان داده است که یادگیری مشارکتی:

- یادگیری دانش‌آموزان و پیشرفت تحصیلی‌شان را ارتقا می‌بخشد؛
- قدرت حافظهٔ دانش‌آموزان را افزایش می‌دهد؛
- رضایت دانش‌آموزان از تجارب یادگیری را تقویت می‌کند؛
- به رشد مهارت‌های ارتباط کلامی دانش‌آموزان کمک می‌کند؛
- مهارت‌های اجتماعی دانش‌آموزان را تقویت می‌کند؛
- اعتمادبه‌نفس دانش‌آموزان را تقویت می‌کند؛
- به تقویت روابط نوع مثبت کمک می‌کند. (تلخابی، محمود، ۱۳۸٤، ص ۹).

چه مواردی را معلم باید برای اجرای موفق یادگیری مشارکتی رعایت کند؟

- هنگامی که دانش‌آموزان در یک گروه کار می‌کنند کار آن‌ها را زیر نظر داشته باشد؛
- نتایج حاصل از مهارت‌های اجتماعی را که دانش‌آموزان به کار می‌گیرند، به آن‌ها بگوید و به آن‌ها کمک کند تا از این مهارت‌ها آگاهانه استفاده کنند؛
- در مواقع مناسب برای آموزش مهارت‌های ضروری در کار گروه‌ها مداخله کند؛
- دروس هیجان‌انگیز و کاربردی را انتخاب کند و آن‌ها را برای کار مشارکتی برنامه‌ریزی کند؛
- مشکلاتی را که دانش‌آموزان ممکن است در کار با یکدیگر داشته باشند تشخیص دهد و برای حل مشکلات آنان در مواقع لزوم دخالت کند (الیس، سوزان و والن، سوزان، ۱۳۷٦، ص ۱۹)؛
- حس خوشحالی و شوخ‌طبعی داشته باشد که این حس حالت خشکی و یکنواختی کلاس را از بین می‌برد؛
- اگر راهبرد خاصی نتیجه نمی‌دهد، آن را تغییر دهد؛
- انتظار نداشته باشد که دانش‌آموزان به سرعت پیش بروند. هدف او باید ایجاد تغییرات کوچک در هر مرحله باشد. (اسکات، جوانا، ۱۳۷۷، ص ٥٧)

چه نوع تکالیفی برای کار گروهی مناسب‌ترند؟

مسلماً چنانچه ساختار تکالیف از فعالیت‌های ساده و کوتاه نظیر: بررسی کار فازمتر و آزمایش با آن، بررسی مدار ساده، تولید نقشه یک مدار، ماکت مدار ساده با نخ و سپس ساخت مدار واقعی و... به سمت فعالیت‌های کلی‌تری از نوع حل مسئله پیشرفت کند، نتایج بهتری حاصل خواهد شد. بنابراین مدیر یادگیری (دبیر) در یادگیری مشارکتی می‌تواند فعالیت‌های متناسب با هدف برنامهٔ درسی را از ساده به مشکل تنظیم و در ارائهٔ تکالیف به دانش‌آموزان همواره این ساختار را رعایت کند. (زارع‌زاده، منیر، ۱۳۸۵، ص ۳۳)

نحوهٔ آماده‌سازی دانش‌آموزان برای یادگیری مشارکتی

برای انجام یادگیری مشارکتی گفتن این‌که با همدیگر کار کنید، مشارکت کنید و یا گروه‌بندی کردن دانش‌آموزان کافی

برای جلوگیری از وضعیتی که در آن بعضی اعضای گروه بیشترین مقدار کار را انجام می‌دهند و بعضی‌ها از زیر بار مسئولیت شانه خالی می‌کنند، معلم باید مواظب باشد که همهٔ اعضای گروه مسئولیت انجام بخشی از کار را بپذیرند

نیست. بلکه زمانی که می‌خواهیم یادگیری مشارکتی را ارائه دهیم باید دانش‌آموزان را برای این کار آماده کنیم. برای آماده‌سازی باید روحیه کار گروهی را در دانش‌آموزان ایجاد کنیم. برای مثال از دانش‌آموزان می‌خواهیم که به موقعیت‌هایی فکر کنند که به کمک دیگران چیزی را یاد گرفته و یا کاری را انجام بدهند. معلم نیز می‌تواند به شرح موقعیت‌هایی بپردازد که طی آن از کمک دیگران بهره‌مند شده است، مانند طرح مشکل با یک دوست یا همکاری با معلمان دیگر در تهیه برنامه‌های درسی.

در این مرحله معلم باید وظایف دانش‌آموزان را برای آنان شرح دهد و بخواهد یک رشته دستورالعمل‌های مهم را که باعث موفقیت کار گروهی می‌شود تهیه کنند. مثلاً هیچ سخن تحقیرآمیزی شنیده نشود، آهسته صحبت کنند، به یکدیگر کمک کنند و کار را تا انتها پیش ببرند. معلم می‌تواند قوانینی را که گروه‌ها باید رعایت کنند به‌صورت فهرست درآورد و در معرض دید بچه‌ها قرار دهد و زمانی که بچه‌ها تجربه‌های بیشتری در کار پیدا کردند موارد جدیدی را به فهرست اضافه کند. (حسنی زنور، پریسا، ۱۳۸۲، ص ۴۳)

چگونه می‌توان تکالیفی را که به‌منظور اجرای فردی طراحی شده‌اند، به‌صورت فعالیت گروهی درآورد؟

مدیر یادگیری، دانش‌آموزان را ترغیب می‌کند تا اعضای گروه نظرات خود را با یکدیگر در میان بگذارند، مسئله‌ای را حل کنند و فعالیت یا کاری را با هم انجام دهند. بنابراین آنچه که باید اتفاق بیفتد این است که در عوض آنکه دانش‌آموزان به چندین نتیجهٔ فردی برسند، نتیجهٔ گروهی واحدی به‌دست آورند. در این صورت است که می‌توانند تجربه‌های فردی خود را در گروه مطرح سازند و بر علاقه‌ها، انگیزش و درک یکدیگر تأثیر بگذارند. (زارع‌زاده، منیر، ۱۳۸۵، ص ۳۳)

اصول یادگیری از طریق همیاری

تنها تحت شرایط خاصی می‌توان انتظار داشت که فعالیت‌های همیارانه کارامدتر از تلاش‌های فردی و رقابتی باشند. این شرایط عبارت‌اند از:

- همبستگی مثبت، که کاملاً قابل درک و مشهود باشد؛
- میزان زیاد ارتباط چهره به چهره؛ که حس تشویق و ترغیب ایجاد کند؛
- مسئولیت‌پذیری شخصی؛ برای رسیدن به اهداف گروه به‌گونه‌ای که کاملاً قابل درک و مشهود باشد؛
- استفادهٔ مکرر از مهارت‌های مرتبط بین فردی و گروهی؛
- ارزیابی مکرر و منظم عملکرد گروه، برای افزایش کارایی آن در آینده. (خسروی، سعیده، ۱۳۸۹، ص ۳۹)

نتیجه‌گیری

با توجه به آنچه گذشت درمی‌یابیم که در یک فضای گرم، دوست‌داشتنی و جذاب که دانش‌آموزان احساس امنیت می‌کنند، یادگیری افزایش پیدا می‌کند. یادگیری مشارکتی با فراهم آوردن امکان اظهار نظر و تعامل در ایجاد چنین محیطی نقش بسزایی ایفا می‌کند. عوامل، مشخصه‌ها و نتایج این شیوه نوظهور نشانگر این امر است که یادگیری مشارکتی نسبت به یادگیری انفرادی و یا رقابتی در افزایش موفقیت‌های تحصیلی دانش‌آموزان به همراه رشد ادراک آن‌ها مؤثر بوده و زمینه را برای رشد مهارت‌های اجتماعی در دانش‌آموزان فراهم می‌آورد.

این نکته را باید مدنظر داشته باشیم که دانش‌آموزان بدون توجه به هر شغلی که انتخاب کنند باید یاد بگیرند که با دیگران ارتباط داشته باشند و این روش یا ایجاد این مهارت‌ها سهم عمده‌ای در فعالیت‌های تحصیلی و زندگی دانش‌آموزان دارد. این روش همچنین باعث افزایش علاقه دانش‌آموزان به مدرسه می‌شود. در این روش کلاس‌ها به‌گونه‌ای است که اگر معلم به عللی مجبور به ترک کلاس شود، دانش‌آموزان می‌توانند فعالیت‌های سودمند خود را به آسانی ادامه دهند و تجربه نشان می‌دهد معلمی که از این روش استفاده می‌کند نسبت به معلم دیگر منصف‌تر است و دانش‌آموزان این معلم را بیشتر دوست دارند. برای هر تغییری لازم است چهار سطح زیر را پشت سر بگذاریم: ۱. اطلاعات و آگاهی ۲. نگرش ۳. عملکرد فردی ٤. عملکرد گروهی

به‌منظور اجرای این روش تدریس، لازم است مسئولان مناطق و نواحی آموزش‌وپرورش با همکاری هم، ابتدا با دادن اطلاعات و آگاهی به تبلیغ موضوع بپردازند، بعد از ایجاد نگرش مثبت، آموزش‌های لازم را به آن‌ها بدهند تا منجر به عملکرد فردی شود و در نهایت با استمرار، تأکید و تلاش بیشتر موجبات عملکرد گروهی فراهم آید.

پیشنهادها

۱. از آنجا که روش تدریس یادگیری مشارکتی یکی از شیوه‌های مؤثر در جبران عقب‌ماندگی درسی است، باید آموزش‌وپرورش نواحی و مناطق، شرایط یادگیری روش تدریس یادگیری مشارکتی را از طریق آموزش‌های ضمن خدمت و حین خدمت، به‌صورت کارگاهی برای تمام معلمان خود فراهم آورند.

۲. آموزش‌وپرورش نواحی و مناطق می‌توانند، با تهیهٔ مقالات و نوشتارهای مربوط به این روش تدریس، بروشورها، CDهای آموزشی و... معلمان را در یادگیری و اجرای روش فوق یاری کنند.

۳. معلمان راهنمای تعلیماتی شهر و روستا و مدیران، معاونان و بازرسان مدیریت آموزش‌وپرورش، ضمن راهنمایی و تشویق همهٔ معلمان، در مبادرت به اجرای این روش، می‌توانند در حین خدمت، به آموزش این روش بپردازند و ضمن گفتن محاسن آن، معلمان را به اجرای این روش تشویق کنند.

٤. لازم است گروه‌های آموزشی نواحی و مناطق به‌طور کامل بر این روش تدریس مسلط باشند و در جلسات خود به‌صورت نمادین از آن استفاده کنند.

۵. در صورت امکان بهتر است در این خصوص تحقیقاتی گسترده‌تر انجام دهند و نتایج آن را به همهٔ همکاران اعلام کنند.

٦. مسئولان دوره‌های گوناگون تحصیلی می‌توانند، از معلمان بخواهند، برای یک درس کتابی که تدریس می‌کنند، با توجه به روش تدریس یادگیری مشارکتی، طرح درس بنویسند.

منابع

۱. الیس، سوزان و والن، سوزان؛ **آشنایی با یادگیری از طریق همیاری**، طاهره رستگار و مجید ملکان، تهران، نشر نی، چاپ غزال، ۱۳۷٦ ص ۱۹.

۲. اسکات، جوانا؛ **یادگیری مشارکتی**، دکتر محمد امینی و دکتر منصور مرعشی، تهران، انتشارات مدرسه، چاپخانه مدرسه، چاپ اول، ۱۳۷۷ ص ۵۷.

۳. سیف، علی‌اکبر؛ **روانشناسی پرورشی نوین** (روانشناسی یادگیری و آموزش) تهران، نشر دوران، چاپ چهل و نهم، ۱۳۸۹، صص ٥٤٦-٥٤٥-٥٤٣.

٤. حسینی‌زنور، پریسا؛ ماهنامه پرورشی وزارت آموزش‌وپرورش، سال نوزدهم، شماره ٤، دی ماه ۱۳۸۲، ص ۴۳.

۵. تلخابی، محمود؛ ماهنامه آموزشی، تحلیلی، اطلاع‌رسانی رشد تکنولوژی آموزشی ۲، دورهٔ بیست‌ویکم، آبان ۱۳۸٤، شماره پی‌درپی ۱٦۹، ص ۹.

٦. زارع‌زاده، منیر؛ ماهنامه آموزشی، تحلیلی، اطلاع‌رسانی رشد تکنولوژی آموزشی ٤، دورهٔ بیست‌ودوم، دی ماه ۱۳۸۵، شماره پی‌درپی ۱۸۰، ص ۳۳.

۷. فلسفی، فاطمه؛ ماهنامه آموزشی، تحلیلی، اطلاع‌رسانی رشد آموزش راهنمایی ۸، دوره چهاردهم، اردیبهشت ۱۳۸۸، شماره پی‌درپی ۷٤، ص ۱۸.

۸. خسروی، سعیده؛ ماهنامه آموزشی، تحلیلی، اطلاع‌رسانی رشد تکنولوژی آموزشی ۷، دوره بیست و پنجم، فروردین ۱۳۸۹، شماره پی‌درپی ۲۰۷، ص ۳۹.

آزمایشگاه بزرگ LHC و کشف بوزون هیگز

فاطمه بوربور
مدرس فیزیک دانشگاه فرهنگیان

بزرگ است. جرم‌پذیری ذرات و میدان هیگز، دو موضوع بنیادی و پایه‌ای در این مسئله است.

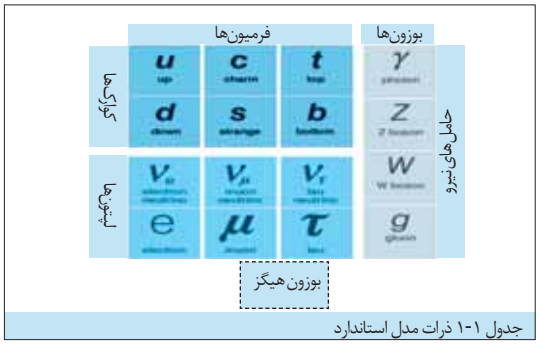
کلیدواژه‌ها: بوزون هیگز، جرم‌پذیری ذرات، ذرات مدل استاندارد، شتاب‌دهندهٔ LHC

اشاره

شـاید تاکنون درباره شـتاب‌دهنده بزرگ CERN (LHC) و ذرات سریع‌تر از نور و امکان استفاده از آن به‌عنوان ماشین زمان چیزی شنیده باشید. در سال‌های گذشته این ماشین غول‌آسا، سر و صدای زیادی بر پا کرده و در صدر اخبار دنیا قرار گرفته اسـت. کشف بوزون هیگز توسط دانشمندان سـرن، فیزیک‌دانان را به وجد آورده است. به قول تحلیلگر ارشد آزمایش CMS سرن: «ما هم‌اکنون در آغاز یک دوراهی (وجود یا عدم وجود بوزون هیگز) قرار داریم که بالاخره می‌توانیم مسـیرمان را انتخاب کنیم. این کشـف تنها آغاز یک راه و زمینه‌ساز کشفیات شگرفی در دانش بشری است. «اما جدای از همه این شور و هیجان واقعاً بوزون هیگز چیست و چرا این‌قدر کشف آن برای دانشمندان مهم است؟»

۱. مدل استاندارد

مدت زیادی تصور می‌شـد که پروتون‌هـا و نوترون‌ها ذرات بنیادی هسـتند و گمـان می‌رفت مثل الکتـرون دیگر قابل تقسیم و دارای سـاختار داخلی نیستند. امروزه می‌دانیم که نوکلئون‌هـا (پروتون‌ها و نوترون‌ها) خود از ذرات کوچک‌تری سـاخته شده‌اند که کوارک نامیده می‌شـوند. بنابراین اجزای جدول ذرات بنیادی که مدل اسـتاندارد نامیده می‌شود، تنها شـامل ذرات بنیادی از جمله کوارک‌هـا، لپتون‌ها و بوزون‌ها است و نوکلئون‌ها را می‌توان از مدل استاندارد استخراج کرد (جدول ۱-۱).



جدول ۱-۱ ذرات مدل استاندارد

مدل پذیرفته شـده اسـتاندارد، سـاده و شامل یک توضیح از ذرات بنیـادی و نیروهای بنیادی اسـت. این مدل شـامل دوازده ذره فرمیون با اسـپین ۱/۲ شامل شش کوارک و شش لپتون (جدول ۱-۱)، و ذرات با اسـپین یک (فوتون، گلوئون و بوزون‌هـای برداری)، یک ذره با اسـپین ۲ (گراویتون) حامل نیروها و یک ذره بوزون با اسپین صفر (هیگز) است که موجب جرم‌دار شدن ذرات می‌شود (جدول ۱-۲).

جدول ۱-۲ ذرات بوزون

نام	اسپین	بارالکتریکی	جرم	مشاهده
گراویتون	۲	۰	۰	نشده
فوتون گاما γ	۱	۰	۰	شده
گلوئون g	۱	۰	۰	غیرمستقیم
بوزون‌های برداری	۱	۱	۸۰ GeV	شده
بوزون برداری W^+	۱	-۱	۸۰ GeV	شده
بوزون برداری Z°	۱	۰	۹۱ GeV	شده
هیگز H	۰	۰	>۷۸ GeV	به تازگی دیده شده

چکیده

کشف بوزون هیگز در مرکز پژوهشی سرن، یکی از مهم‌ترین بحث‌هـای کیهان‌شناسـی روزگار ماسـت. ذرات بنیـادی و کیهان‌شناسـی ارتباط محتوایی دو حـوزهٔ بی‌نهایت کوچک و

بسیاری از فیزیک‌دانان باور دارند بزرگ‌ترین چالش فیزیک در قرن بیست‌ویکم به تحقیقات روی ذرات هیگز مربوط می‌شود. مدل استاندارد در علم فیزیک جایگاهی همانند نظریه تکامل در علم زیست‌شناسی دارد. این نظریه بهترین توضیح و تفسیری است که فیزیک‌دانان دربارهٔ چگونگی کنار هم قرار گرفتن قطعات سازنده جهان توانسته‌اند ارائه کنند. این نظریه شرح می‌دهد که چگونه ۱۲ ذره بنیادی توسط چهار نیروی اصلی کنترل می‌شوند[۱].

تأیید مدل استاندارد، یا شاید اصلاح آن، می‌تواند گامی به جلو برای رسیدن به هدف نهایی فیزیک «نظریه همه چیز[۲]» باشد که ماده تاریک، انرژی تاریک و نیروی جاذبه را در برمی‌گیرد، چیزی که مدل استاندارد از پس توضیح آن برنمی‌آید. این داستان همچنین می‌تواند نور دانش را حتی بر ایده‌های مبهم‌تری همچون امکان وجود جهان‌های موازی بتاباند*. جیمز جیلز[۳] سخنگوی سرن گفته بود همان‌گونه که نظریات اینشتین در برگیرندهٔ کارهای ایزاک نیوتون و بر پایه آن‌ها بنا شده بود، چیزی که اکنون هزاران فیزیک‌دان در سرن مشغول انجام آن هستند، همین کار را با نظریات اینشتین خواهد کرد.

مدل استاندارد به رغم نامش تنها یک مدل نیست، بلکه نظریه‌ای کامل برای تشریح ذرات بنیادی و توضیح برهم‌کنش آن‌هاست. همه آنچه در دنیای ما رخ می‌دهد (به‌جز اثرهای گرانشی) را می‌توان با قوانین و معادلات مدل استاندارد توضیح داد. مدل استاندارد در دهه هفتاد میلادی فرمول‌بندی شد و در اوایل دهه هشتاد آزمایش‌ها به‌طور نسبی درست بودن آن را نشان دادند. نزدیک به سه دهه آزمایش‌های دقیق و موشکافانه این نظریه را آزموده‌اند و تأیید کرده‌اند که همه پیش‌بینی‌های نظریه درست است. امروزه شکل دقیق همه معادله‌های مدل استاندارد توسط نظریه مشخص شده است و تا چندی پیش همه مقادیر غیر از جرم بوزون هیگز اندازه‌گیری شده بود. قبل از دستیابی به مدل‌های فراتر از مدل استاندارد، تنها چیزی که می‌تواند تغییر کند، دقت اطلاعات ما از مقادیر با توجه به نتایج جدید است و هر چه در این مسیر پیشرفت کنیم، دسترسی به دقت بیشتر نه‌تنها ساده‌تر نمی‌شود بلکه مشکل‌تر هم می‌شود. برای اینکه همه اطلاعات تجربی همچنان با یکدیگر سازگار باقی بمانند، مقادیر اندازه‌گیری شده باید تا حد بالاتری از دقت با یکدیگر همخوانی داشته باشند.

۲.میدان هیگز

دانشمندان می‌گویند در یک میلیاردم ثانیه پس از مهبانگ، عالم یک سوپ کیهانی عظیم از ذراتی بود که با سرعت نور با یکدیگر مسابقه گذاشته بودند و هیچ جرمی نداشته‌اند. در این میان برهم‌کنش آن‌ها با میدان هیگز باعث شده که جرم پیدا کنند و سرانجام عالم شکل بگیرد. میدان هیگز، یک میدان انرژی نظری و نادیدنی است که تمام عالم را در برگرفته است. برخی ذرات (همچون فوتون‌ها که اجزای نور هستند) تحت تأثیر این میدان قرار نگرفته‌اند و در نتیجه جرمی ندارند. بقیه ذرات اما به خوش‌شانسی فوتون‌ها نبودند و همانند قاشقی که در آش گیر می‌کند، در این میدان انرژی به دام افتادند. تمامی ذرات با فواصل کم و زیاد در اطراف این میدان هستند و در حال بده‌بستان و تأثیر متقابل با آن هستند و بوزون‌های هیگز را که به‌صورت خوشه‌ای به تعداد کاملاً متفاوت در اطراف هر ذره هستند، به خود جذب می‌کنند. عالم را یک میهمانی در نظر بگیرید. میهمانان عادی که یکدیگر را نمی‌شناسند با سرعت و بدون هیچ توجهی از کنار یکدیگر رد می‌شوند. اما میهمانان مشهور و اشخاص مهم، گروه‌هایی از مردم (بوزون‌های هیگز) را به دور خود جذب می‌کنند و در نتیجه سرعت حرکت آن‌ها در اتاق کند خواهد شد. سرعت حرکت ذرات در میدان هیگز هم بسیار شبیه به این داستان است. برخی ذرات معین، گروه بزرگ‌تری از بوزون‌های هیگز را جذب می‌کنند و جرم بیشتری هم پیدا خواهند کرد.

ذره هیگز که اکنون وجودش کاملاً تأیید شده است، برای اولین بار در ۱۹٦٤ م. توسط شش فیزیکدان وارد فرضیه‌های علمی شد، که یکی از آن‌ها پیتر هیگز[۵] بود. اما جست‌وجو برای یافتن این ذره فرضی از اوایل دهه هشتاد شروع شد. این آزمایش‌ها ابتدا در آزمایشگاه فرمی و با استفاده از شتاب‌دهندهٔ تواترون در نزدیکی شیکاگو انجام می‌شد سپس در سرن با دستگاهی شبیه به آن (ولی بسیار بزرگ‌تر) دنبال و سرانجام با تمرکز عمده بر این ذره، از سال ۲۰۱۰ و با آغاز کار LHC، شکل گرفت و سرانجام تأیید شد.

۳.ذرات چگونه جرم‌دار می‌شوند؟

مبانی درک نوین ما از جرم بسیار پیچیده‌تر از تعریف نیوتون و مبتنی بر مدل استاندارد است. در بطن مدل استاندارد تابع ریاضی به نام لاگرانژی وجود دارد که نشان‌دهنده چگونگی برهم‌کنش ذرات گوناگون است. فیزیک‌دانان با استفاده از این تابع و پیروی از قواعدی به نام *نظریه نسبیت کوانتومی* می‌توانند رفتار ذرات بنیادی را محاسبه کنند و دریابند این ذرات چگونه گردهم می‌آیند و ذرات مرکبی همچون پروتون را به‌وجود می‌آورند. می‌توان چگونگی واکنش ذرات بنیادی و ذرات مرکب را نسبت به نیروها به‌دست آورد. در مورد نیروی F معادله F=ma، نیرو، جرم و شتاب را به هم پیوند می‌دهد. اما مقدار m را در این معادله لاگرانژی تعیین می‌کند. اما جرمی که به‌طور معمول آن‌را درک می‌کنیم، چیزی بیش از F=ma از خود نشان می‌دهد. برای مثال نظریه نسبیت خاص پیش‌بینی می‌کند که ذرات بدون جرم در خلأ با سرعت نور و ذرات جرم‌دار بسیار کندتر از نور حرکت می‌کند، به‌طوری‌که اگر جرمشان را بدانیم می‌توانیم سرعتشان را حساب کنیم. قوانین گرانش با دقت بسیار، پیش‌بینی می‌کند که گرانش هم روی ماده و هم روی انرژی تأثیر می‌گذارد. مدل استاندارد ما را مجاز می‌سازد که تقریباً تمام جرم پروتون‌ها و نوترون‌ها را از انرژی جنبشی کوارک‌ها و گلوئون‌ها تشکیل‌دهنده آن به‌دست آوریم و باقی مانده آن از جرم سکون کوارک‌ها به‌دست می‌آید. بنابراین چهار تا پنج درصد از کل جهان، تقریباً تمام معمولی، از انرژی حرکت کوارک‌ها و گلوئون‌های موجود در پروتون‌ها و نوترون‌ها ناشی می‌شود[٦].

ذره هیگز که اکنون وجودش کاملاً تأیید شده است، برای اولین بار در ۱۹۶۴ م. توسط شش فیزیک‌دان وارد فرضیه‌های علمی شد، که یکی از آن‌ها پیتر هیگز بود. اما جست‌وجو برای یافتن این ذره فرضی از اوایل دهه هشتاد شروع شد

۴. شتاب‌دهنده بزرگ LHC[۷]

برخورددهنده بزرگ سرن[۸] در واقع بزرگ‌ترین و قدرتمندترین دستگاه شتاب‌دهندهٔ ذرات جهان است. LHC از یک لوله حلقوی ۲۷ کیلومتری در عمق ۱۰۰ متری زمین میان فرانسه و سوئیس تشکیل شده است. ساخت این مجموعه عظیم بیش از ۱۰ میلیارد دلار هزینه دربر داشته است. دو باریکه ذرات در جهت مخالف یکدیگر، درون این لوله عظیم به حرکت درمی‌آیند و سپس با یکدیگر برخورد می‌کنند تا میلیون‌ها ذره در هر ثانیه تولید شود. و این واکنش، شرایطی شبیه ثانیه اول مهبانگ را شبیه‌سازی خواهد کرد، همان زمانی که به اعتقاد فیزیک‌دان‌ها میدان هیگز به‌کار افتاده است. هم‌اکنون حجم بسیار عظیمی از داده‌ها طی آزمایش‌های سرن در رایانه‌های این مرکز جمع‌آوری شده است. اطلاعاتی از تریلیون‌ها برخورد انجام شده که هر کدام نور کوچکی بودند برای افشای ذره بنیادین جهان هستی: بوزون هیگز. البته این فرایند، کاری کند و بسیار زمان‌بر بوده است. پرداختن به این نوع فیزیک مستلزم بازتولید شرایطی است که تنها یک تریلیونیم ثانیه پس از مهبانگ وجود داشته است؛ کاری که فناوری‌های نوین را به مرزها و ماورای آن‌ها سوق می‌دهد. آهنرباها برای نگهداری پرتوهای پروتون Tev در طول مسیر باید میدانی به قدرت ۳/۸ تسلا را تولید کنند. این شدت میدان تقریباً ۱۰۰هزار برابر میدان مغناطیسی زمین است و بالاترین شدت میدانی است که تاکنون در شتاب‌دهنده‌ای به‌کار رفته است. این آهنرباها مبتنی بر فناوری ابررسانایی هستند؛ جریان‌های عظیم بدون هیچ‌گونه مقاومتی از میان سیم‌های نازک ابررسانا جریان می‌یابند که حاصل آن، آهنرباهای فشرده‌ای است که می‌توانند میدان مغناطیسی‌ای تولید کنند که شدت آن با آهنرباهای معمول ساخته شده توسط سیم‌های مسی غیرقابل دسترسی است. برای پایداری ابررسانایی در این وضعیت با جریان ۱۲ هزار آمپر، هسته‌های آهنرباها باید در طول مسیر ۲۲/٤ کیلومتری تونل، در دمای ۲۷۱- درجه سانتی‌گراد نگه داشته شود. تلاش برای رسیدن به خنک‌سازی در این مقیاس هیچ‌گاه صورت نگرفته بود. در دسامبر ۱۹۹٤ یک قطعه از نمونه اصلی کامل LHC به مدت ۲٤ ساعت به‌کار پرداخت و ثابت کرد محک فنی کلیدی برای انتخاب آهنرباها صحیح است. از آن زمان تاکنون آزمون‌هایی روی نمونه‌های اولیه انجام شده و اجرای LHC را به مدت ده سال شبیه‌سازی کرده‌اند. هم‌اکنون آهنرباهایی که از معیارهای طراحی روز بالاترند به سرن تحویل و نصب شده است و تنها طرح شتاب‌دهنده دنیاست که می‌تواند یک برنامه تحقیقاتی متنوع در مرزهای انرژی بالا را اجرا کند[۹]. پرتوها متشکل از خوشه‌های پروتون هستند که مانند مهره‌های یک زنجیره، رشته رشته شده‌اند. در هر نقطه برخورد، جفت‌هایی از این خوشه‌ها ٤۰ میلیون بار در ثانیه از بین یکدیگر عبور خواهند کرد و هر بار حدود ۲۰ برخورد پروتون - پروتون را به‌وجود خواهند آورد. برخوردها چنان زیاد هستند که هنگامی‌که برخورد بعدی روی می‌دهد ذراتی از برخورد قبلی هنوز در حال عبور از آشکارسازها هستند. برای اینکه پا به پای این سرعت سرسام‌آور پیش برویم، اطلاعات از آشکارساز به درون خط الکترونیکی لوله خواهد رفت که آن‌قدر طولانی هست که داده‌های مربوط به هزاران برخورد را نگاهداری کند. این امر به دستگاه‌های الکترونیک «پایین رودخانه» آنقدر زمان می‌دهد تا در این مورد تصمیم‌گیری کند که آیا برخورد جالب است و باید قبل از رسیدن داده‌ها به پایان خط لوله و ناپدید شدن ضبط و ثبت شود یا نه. آشکارگرهای LHC ده‌ها میلیون کانال بازخوانی دارند. جفت و جور کردن تمام علائم موجود در خط لوله که از یک برخورد پروتون - پروتون یکسان سرچشمه می‌گیرد هدفی بسیار بلند پروازانه است.

برخورددهنده بزرگ سرن در واقع بزرگ‌ترین و قدرتمندترین دستگاه شتاب‌دهندهٔ ذرات جهان است. LHC از یک لوله حلقوی ۲۷ کیلومتری در عمق ۱۰۰ متری زمین میان فرانسه و سوئیس تشکیل‌شده است

۵. جست‌وجو برای بوزون هیگز در LHC

فیزیک‌دانان چیزهایی در مورد جرم هیگز می‌دانند. آزمایشگرها در شتاب‌دهنده LEP حدود بیست کمیت را که توسط مدل استاندارد به هم مربوط می‌شوند، در آن زمان (سال‌های ۲۰۰۷) همه مقادیر مورد نیاز برای محاسبه پیش‌بینی آن کمیت‌ها اندازه‌گیری شده بود، به‌جز جرم بوزون هیگز. بنابراین آن‌ها می‌توانستند برعکس کار کنند و از روی اطلاعات به‌دست آمده دریابند که چه جرمی با این بیست کمیت بیشترین سازگاری را دارد. جواب آن بود که جرم هیگز کمتر از ۲۰۰Gev است. رهیافت مشابهی برای پیش‌بینی دقیق جرم کوارک بالا قبل از مشاهدهٔ مستقیم آن طی شده بود. شتاب‌دهندهٔ LEP به‌طور مستقیم در پی ذرات هیگز بود و سرانجام آن را یافت. نتایج به‌دست آمده جرمی بین ۱۱۵Gev تا ۲۰۰Gev را برای هیگز پیش‌بینی می‌کردند. بنابراین LEP برچیده شد تا راه برای ساختن LHC هموار شود.

در این بین جست‌وجو برای یافتن هیگز در تواترون آزمایشگاه فرمی ادامه داشت. اگر تواترون طبق برنامه کار می‌کرد، روی هم رفته هزار بوزون هیگز تولید می‌شد و آنگاه می‌توان پیش‌بینی کرد که آیا بوزون هیگز مانند پیش‌بینی‌ها رفتار می‌کند یا خیر. شتاب‌دهنده LHC کارخانه بوزون هیگز است، میلیون‌ها از آن را تولید می‌کند و امکان بررسی دقیق آن را فراهم می‌سازد. همچنین شتاب‌دهنده LHC تعداد زیادی از ذرات ابرتقارنی را ایجاد می‌کند که اگر وجود داشته باشند آزمونی برای این مطلب است که آیا ابر تقارن جزئی از طبیعت هست یا خیر. توان کاوشگری LHC در برگیرنده توان LEP و تواترون است و هیچ‌گونه شکافی باقی نمی‌گذارد که پدیده‌های فیزیکی جدید در آن پنهان بمانند. علاوه بر این اندازه‌گیری‌هایی با دقت زیاد که در دهه گذشته انجام شد ثابت کرد که بوزون هیگز و یا پدیده‌های فیزیکی جدید دیگری که وابسته به تولید جرم باشند در LHC یافت خواهند شد[۱۰]. نام مستعار و جالب ایزد ذره را برای این ذره گریزپا دانشمند برنده جایزه نوبل، **لئون لدرمن** برای عنوان کتابش انتخاب کرد. البته وی به مزاح می‌گوید ابتدا می‌خواسته است نام آن را ذرهٔ نفرین شده بگذارد، زیرا هیچ‌کس نمی‌توانسته آن را پیدا کند!

شکل ۱

۶. اعلام رسمی کشف بوزون هیگز توسط CERN

دانشـمندان CERN اعلام کرده‌اند که آن‌ها ذره جدیدی را یافته‌اند که با مدل استاندارد بوزون هیگز با اطمینان ۵ انحراف استاندارد (احتمال بروز خطای یک به ۹ تریلیون) سازگار است و همخوانـی دارد. اطلاعات جمع‌آوری شـده از آزمایش‌های CMS و ATLAS در شتاب‌دهنده بزرگ سرن، نشان از وجود ذره‌ای در دامنهٔ جرم Gev۱۲۶ دارند.

جوی اینکاندلا سـخنگوی CMS شرح می‌دهد که: «این به‌طور قطع یک ذره جدید است. ما می‌دانیم که این باید یک بوزون باشد و در واقع سـنگین‌ترین بوزونی است که تاکنون پیدا شده است.»

شـاید نکتـه جالـب برنامه را هـم بتوان حضور دانشـمند فیزیک‌دان انگلیسـی آقای پیتر هیگـز[11] در این کنفرانس در ژنو سوئیس دانسـت. پیتر هیگز در دهه ۱۹۶۰ همزمان با ۵ نظریه‌پرداز دیگر، وجود این ذره را پیش‌بینی کرده بود.[12]

شکل ۲ پیتر هیگز در کنفرانس ژنو سوئیس

۷. قطعیت در کشف بوزون هیگز

در اصطلاح غیرحرفه‌ای و عادی در حال حاضر احتمال عدم وجود ذره بوزون هیگز یک در ۵۵۰ میلیون است. فیزیک ذرات زمانی یک مسـئله را «کشف» قلمداد می‌کند که دانشمندان در رابطـه با آن به سـطح پنج انحراف اسـتاندارد از قطعیت رسـیده باشـند. میزان انحراف معیار یا سیگما نشان می‌دهد چقدر یک نتیجهٔ علمی بعید به‌نظر می‌رسـد. شتابگری چون برخورددهندهٔ بزرگ هادرونـی ذرات را با انرژی فوق‌العاده‌ای به یکدیگـر برخورد می‌دهد تا یک بوزون هیگز تولید شـود، ایـن هیگز تنها در کسـری از یک ثانیه وجـود دارد و پس از آن به سـایر ذرات یا فوتون‌های نور تبدیل می‌شـود. در حال حاضر پرسـش‌های بسـیاری از این امر مطرح می‌شود که آیا این ذره همان بوزون هیگز اسـت یا ذره دیگری است، چرا که در هنگام اعلام، باز هم سـرن از عبارت محتاطانهٔ ذره «شـبه هیگز» یاد می‌کرد. در حال حاضر باید بررسـی‌ها و تحقیقات بسیاری صورت پذیرد تا مشخص شود که آیا این ذره می‌تواند مدل اسـتاندارد فیزیک را به‌عنوان کامل‌ترین نظریه‌ای که در رابطه با ذرات و نیروها وجود دارد، کامل کند یا نه؟ در آخرین نتایج، دانشمندان به ۵ انحراف معیار رسیده بودند؛ به این معنا که دانشـمندان ۹۹/۹۹۹ درصد اطمینان داشتند که یک ذره جدید کشف کرده‌اند.

یافتن ذره هیگز یک حفره را در مدل اسـتاندارد فیزیک پر می‌کند، نظریه‌ای که تمام ذرات، نیروها و تعامل آن‌ها را برای شکل‌گیری عالم توصیف می‌کند. اگر این ذره یافت نمی‌شد به این معنا بود که نظریه مدل استاندارد فیزیک از هم می‌پاشید و دانشـمندان باید تمام تحقیقات خود را از سـر می‌گرفتند. بوزون هیگز آخرین قطعه از پازل مدل استاندارد فیزیک بود، مدل نظریه که ذرات و نیروهای بنیادینی را که عالم را کنترل می‌کنند توصیف کرده است.

یافتن ذره هیگز یک حفره را در مدل استاندارد فیزیک پر می‌کند، نظریه‌ای که تمام ذرات، نیروها و تعامل آن‌ها را برای شکل‌گیری عالم توصیف می‌کند

۸. پژوهشگران ایرانی سـهیم در کشف بوزون هیگز

در پژوهشـگاه دانش‌های بنیـادی نیز دانشـمندان ایرانی مشـارکت‌کننده در این پروژه میزبان خبرنگاران علمی بودند. عکـس زیرگروه تحقیقـات تجربی فیزیـک ذرات بنیادی در پژوهشـگاه دانش‌های بنیادی را نشـان می‌دهد و اعضای آن به ترتیب از راسـت به چپ عبارت‌اند از: **دکتر حسام‌الدین ارفعی، دکتر حامد بخشیان، خانم دکتر عبیده جعفری، دکتر سـعید پاک‌طینت، دکتـر مجتبی محمدی، خانم دکتر مریم زینلی** و **خانم دکتر بتول صفرزاده**[13].

شکل ۳ اعضای تیم ایرانی سهیم در کشف بوزون هیگز

پی‌نوشت‌ها

۱. فیزیـک ذرات بنیـادی، ال.جـی. تاسـی (مترجـم مهدی بارزی، حسن بقایی)

2. theory of everything

3. James Gillies

4. Briton Peter Higgs

۵. تکامل علم فیزیک، آلبرت اینشتین و لئوپولد اینفلد

6. Large Hadron Collider

7. scientific American, jul 2000

8. physicsdaily,jan 2010

9.God Particle

10. Peter Higgs

11. http://www.calphysics.org/research.html

۱۲. فیزیک از آغاز تا امروز، جـوادی حسـین؛ جـوادی افسانه، (شهریور ۱۳۸۷)

۱۳. خبرگزاری مهر

*. Parallel worlds

مرزهای فیزیک

تازه‌ترین اخبار پژوهشی

منیژه رهبر

رامین گلستانیان برندهٔ جایزهٔ هول‌وک شد

رامین گلستانیان از اولین دانش‌آموزان ایرانی شرکت‌کننده در المپیاد فیزیک، برندهٔ جایزهٔ هول‌وک (Fernand Holweck) سال ۲۰۱۴ شد. این جایزه برای کار پیشگامانه او در حوزهٔ مواد نرم فعال به ویژه شناگرهای میکروسکوپی و کلوییدهای فعال به وی اهدا شده است. جایزهٔ هول‌وک شامل یک مدال طلا و جایزهٔ نقدی است و در ۲۷ اوت ۲۰۱۴ (۵ شهریور ۱۳۹۳) در پاریس به گلستانیان داده شد.

پروفسور رامین گلستانیان فرزند دکتر نعمت‌الله گلستانیان استاد دانشگاه خوارزمی (تربیت معلم سابق) مدرک کارشناسی فیزیک خود را از دانشگاه صنعتی شریف و کارشناسی‌ارشد و دکترا را از مرکز تحصیلات تکمیلی علوم پایه در زنجان دریافت کرد. او اکنون استاد دانشگاه اکسفورد است.

جایزهٔ هول‌وک یک جایزهٔ اروپایی در حوزهٔ فیزیک است که انستیوی فیزیک بریتانیا (ICP) و سوسیته فرانسه دو فیزیک (SFP) به‌طور مشترک اهدا می‌کنند. اهدای این جایزه از سال ۱۹۴۵ برای یادبود فرناندهول‌وک و دیگر فیزیک‌دانانی شروع شد که توسط نازی‌ها در طی اشغال فرانسه در جنگ جهانی دوم محاکمه و کشته شده بودند. اما جایزه در زمینهٔ فیزیک تجربی (که با علاقه علمی هول‌وک در ارتباط باشد) به تناوب به یک فیزیک‌دان از بریتانیا و فرانسه اهدا می‌شود.

فعالیت پژوهشی دکتر رامین گلستانیان در زمینهٔ مسائل مربوط به مادهٔ چگال نرم است. گروه پژوهشی او می‌کوشد ویژگی‌های فیزیکی و ساختاری مادهٔ نرم، هم مصنوعی و هم زیست‌شناختی، را با توجه به کشسانی ساختاری و انتروپیک، برهم کنش‌های الکتروستاتیک، نیروهای پراکننده، هیدرودینامیک و تعادل، و افت و خیزهای غیرتعادلی درک کند. این بررسی‌ها با استفاده از ابزارهای نظری گوناگون از تحلیلی گرفته تا دینامیک براونی و شبیه‌سازی‌های دینامیک مولکولی صورت می‌گیرند.

این گروه از یافته‌های خود در زمینهٔ عملکرد سامانه‌ها در مقیاس نانو برای طراحی ماشین‌هایی استفاده می‌کنند که قادر به انجام کارهای مکانیکی مفید باشند و امکان ساخت مجموعهٔ برهم کنش‌کننده‌ای از آن‌ها را بررسی می‌کنند.

در سال‌های اخیر فعالیت گروه روی بررسی ساز و کارهایی بوده است که می‌توان از آن‌ها برای ساخت شناگرهای میکروسکوپی استفاده کرد و همین فعالیت باعث اهدای جایزهٔ هول‌وک به رامین گلستانیان شده است. موفقیت‌های هرچه بیشتری را برای او آرزومندیم.

خداحافظ مهبانگ، سلام سیاهچاله؟

نظریه‌ای جدید در مورد آفرینش عالم

آیا نظریهٔ معروف «مهبانگ» نیاز به بازنگری دارد؟ گروهی از فیزیک‌دانان نظری گمان می‌کنند که شاید پیدایش عالم پس از واهلش یک ستارهٔ چهاربعدی به سیاهچاله و پرتاب تکه پاره‌های آن صورت گرفته باشد.

پیش از ورود به یافته‌های پژوهشگران، بگذارید بگوییم که هیچ‌کس چیزی را با اطمینان کامل نمی‌داند. بدیهی است که هنگام پیدایش عالم انسان‌ها حضور نداشته‌اند. طبق یک نظریهٔ معروف استاندارد، عالم از یک نقطهٔ بی‌نهایت چگال یا تکینگی شکل گرفته است، اما چه کسی می‌داند که پیش از آن چه بوده است؟

سه نفر از پژوهشگران انستیوی پریمتر[1] در کانادا ایدهٔ جدیدی در مورد اینکه پیش از مهبانگ چه بوده است دارند. این ایده اندکی گیج‌کننده است اما دارای مبانی ریاضی محکم، آزمون‌پذیر، و به اندازه کافی فریبنده است که روی جلد مجلهٔ *ساینتیفیک امریکن*[2] با عنوان «سیاهچاله در آغاز زمان» را به خود اختصاص دهد.

شکل ۱ . برداشت هنرمندانه از افق رویداد یک سیاهچاله

شکل ۳ برداشت هنرمندانه‌ای که محیط اطراف یک سیاهچالهٔ پرجرم در مرکز کهکشان فعال NGC۳۷۸۳ در صورت فلکی قنطورس را نشان می‌دهد.
رصدهای جدید تداخل سنج وری لارج تلسکوپ در ESO یک رصدخانه در شیلی نه‌تنها گردوغبار داغ اطراف سیاهچاله بلکه بادی از مواد خنک در نواحی قطبی آن را نشان می‌دهد.

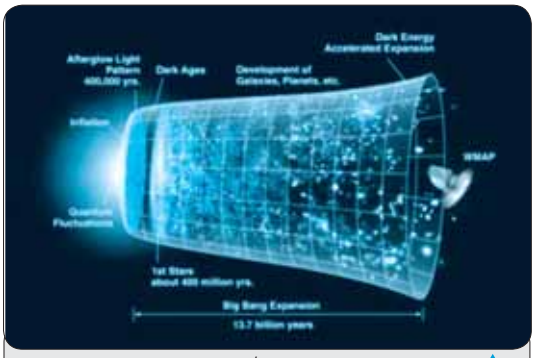
آن‌هـا می‌گویند آنچـه از مهبانـگ درک می‌کنیم می‌تواند «سراب» سه بعدی یک ستارهٔ در حال واهلش در عالمی بسیار متفاوت از عالم ما باشد.

نیایش افشـردی عضو وابسـته انسـتیوی پریمتر، پروفسور رابرت مان[3] عضو وابسـته انسـتیو و استاد دانشـگاه واترلو، و راضیهٔ پورحسن دانشجوی دورهٔ دکتری می‌گویند «بزرگ‌ترین چالش کیهان‌شناسی شناخت خود مهبانگ است».

درک معمولـی مـا از این پدیده آن اسـت کـه مهبانگ با یک تکینگی آغاز شـده اسـت — یک پدیـده بی‌نهایت داغ و چـگال فضا- زمان که در آن قانون‌های اسـتاندارد فیزیک در هم می‌شـکنند. تکینگی‌ها بسیار عجیب و شناخت ما از آن‌ها محدود است.

افشـردی در یک مصاحبه با نیچر[3] گفته اسـت «تا آنجا که فیزیک‌دانان می‌دانند، گروهی اژدها هم می‌توانستند پرواز کنان از تکینگی بیرون بیایند».

مسـئله‌ای که این پژوهشـگران بـا آن مواجه‌اند آن اسـت که فرض مهبانگ باعث می‌شـود که عالم نسـبتاً قابل درک، یکنواخـت و قابـل پیش‌بینی ما از یک تکینگـی جنون‌آمیز نقض‌کننـده قانون‌های فیزیک به وجود آید. به نظر آن‌ها این موضوع نامحتمل است . دمای تقریباً یکنواخت عالم نیز مشکل دیگر است، زیرا سن ۱۳/۸ میلیارد سال عالم برای رسیدن آن



شکل ۲ .نمایش تحول زمانی عالم در ۱۳/۷ میلیارد سال، از مهبانگ، در سال‌های تاریک کیهان، تا تشکیل اولین ستارگان، و انبساط عالم پس از آن

به دمای تعادل کافی نیست.

بیشتر کیهان‌شناسـان می‌گویند برای اینکه این تعادل رخ دهد، عالم باید با سرعت بیش از سرعت نور در ارتباط باشد. اما این نظریه هم مشکلات خودش را دارد.

افشردی می‌گوید «مهبانگ به قدری آشوبناک بوده است که معلوم نیسـت حتی یک تکه همگن می‌توانست وجود داشته باشد که تورم بتواند با آن شروع به کار کند.»

پس شـاید چیز دیگری به وقوع پیوسـته باشد. شاید عالم ما هرگز تکین نبوده اسـت. آن‌ها می‌گویند که عالم شناخته شدهٔ ما می‌توانسته یک «پوشـش» سه بعدی در اطراف یک افق رویداد چهار بعدی سیاهچاله باشد. دراین سناریو، عالم ما وقتی به وجود آمد که یک سـتاره در عالم چهاربعدی به یک سیاهچاله تبدیل شد.

این مدل متشکل از یک عالم سه بعدی شناور مانند یک غشاء (یا برین*) در یک «عالم کپه‌ای» دارای چهار بعد اسـت. (بله، این سرمان را به دوران در می‌آورد، پس شاید راحت‌تر باشد که موقتاً هنگام تجسـم آن برین را دوبعدی و عالم کپه‌ای، را سه بعدی در نظر بگیریم.) جزییات بیشتر آن را می‌توانید در ۲۰۰۰ مقاله‌ای بیابید که نظریهٔ جدید مبتنی بر آن‌هاسـت. بنابراین، اگر این «عالم کپه‌ای» دارای سـتارگان چهاربعدی باشد، این ستارگان می‌توانند همان چرخه‌های حیاتی را داشته باشند که ستارگان سـه بعدی شناخته شدهٔ ما دارند. پرجرم‌ترین آن‌ها به‌صورت اَبَرنواختر منفجر می‌شـدند که پوستهٔ خود را پرتاب می‌کردند و بخش داخلی آن‌ها به‌صورت سیاهچاله در می‌آمد. این سـیاهچالهٔ ۴D دارای یک «افق رویداد» درسـت مانند «افق رویداد» ۳D بود که با آن آشـنا هستیم. افق رویداد مرز بین درون و بیرون ستاره است. نظریه‌های زیادی در مورد آنچه در درون سیاهچاله رخ می‌دهد وجود دارد، گرچه هرگز چیزی مشاهده نشده اسـت. در یک عالم ۳D، افق رویداد به‌صورت یک سطح دوبعدی نمایان می‌شود. بنابراین در عالم ۴D، افق رویداد جسمی ۳D موسوم به اَبَر کره است. پس چیزی که این مدل اصولاً می‌گوید آن است که هنگام متلاشی شدن ستارهٔ ۴D، مواد باقیمانده یک برین ۳D احاطه شده توسط یک افق رویداد ۳D به‌وجود آورده و سپس منبسط شده‌اند.

پی‌نوشت‌ها
1.Perimeter
2. Scientific American
3. Nature
* brane کوتاه شدهٔ membrane به معنی غشا است.

منابع
1. Perimeter Institute for theoretical physics
2. Universe Today

برای مختصر کردن یک داستان مفصل و مربوط ساختن این چیزها با آنچه می‌توانیم مشاهده کنیم می‌دانیم که رصدها نشان می‌دهند که عالم در حال انبساط است (در واقع انبساطی که احتمالاً به‌علت وجود انرژی تاریک اسرارآمیز، آهنگ آن سریع‌تر می‌شود). طبق نظریهٔ جدید این انبساط ناشی از رشد برین ۳D است. اما در اینجا دست کم یک محدودیت وجود دارد.

در حالی که مدل توضیح می‌دهد که چرا عالم دارای دمای تقریباً یکنواخت است (زیرا عالم چهار بعدی پیش از آن برای مدت بیشتری وجود داشته است)، یک تلسکوپ آژانس فضایی اروپایی به نام پلانک اخیراً تغییرات دمای مختصر تابش زمینهٔ کیهانی را نگاشته است که گمان می‌رود مربوط به پسماندهای شروع عالم باشد.

اختلاف این مدل جدید با قرائت‌های CMB حدود چهاردرصد است، بنابراین پژوهشگران درصدد اصلاح مدل هستند. اما، هنوز باور دارند که این مدل ارزشمند است، پلانک نشان می‌دهد که تورم صورت می‌گیرد، اما نمی‌گوید که چرا رخ می‌دهد.

پژوهشگران می‌گویند «این بررسی می‌تواند به ما کمک کند که نشان دهیم چگونه حرکت عالم در یک واقعیت با ابعاد بیشتر باعث تورم شده است». می‌توانید اطلاعات بیشتری دربارهٔ این موضوع در مقاله‌های Arxiv به‌دست آورید. ورودی Arxiv مشخص نمی‌کند که آیا مقاله برای چاپ به مجلهٔ علمی فرستاده شده است.

الماس بهترین دوست رایانه‌های کوانتومی

دانشمندان دانشگاه فناوری وین[1] (درویین) و (انستیوی ملی افورماتیک و آزمایشگاه‌های تحقیقات بنیادی NTT) ژاپن نوع جدیدی از رایانهٔ کوانتومی را پیشنهاد کرده‌اند.

رایانهٔ کوانتومی جام مقدس فناوری کوانتومی است. توان محاسباتی آن حتی سریع‌ترین رایانهٔ کلاسیکی را که اکنون در اختیار داریم پشت سر می‌گذارد. گروهی از پژوهشگران TUوین (وین) انستیوی ملی انفورماتیک (توکیو) و آزمایشگاه‌های تحقیقات بنیادی NTT در ژاپن اکنون معماری جدیدی را برای محاسبات کوانتومی بر مبنای نقص‌های میکروسکوپی در الماس پیشنهاد کرده‌اند. یک رایانه کوانتومی که قادر به حل مسائل پیچیده باشد دارای میلیاردها دستگاه کوانتومی خواهد بود، این وسیله هنوز دور از دسترس است. اما پژوهشگران متقاعد شده‌اند که اجزای بنیادی معماری تازه پیشنهاد شدهٔ آن‌ها برای مینیاتوری شدن، تولید انبوه، و یکپارچه‌سازی روی یک تراشه از مفاهیم پیشنهاد شدهٔ قبلی برای محاسبات کوانتومی مناسب‌تر است. آزمایش‌های مربوط به این طرح محاسبات کوانتومی هم اکنون در TUوین در جریان است.

برهم نهش‌های کوانتومی شکننده

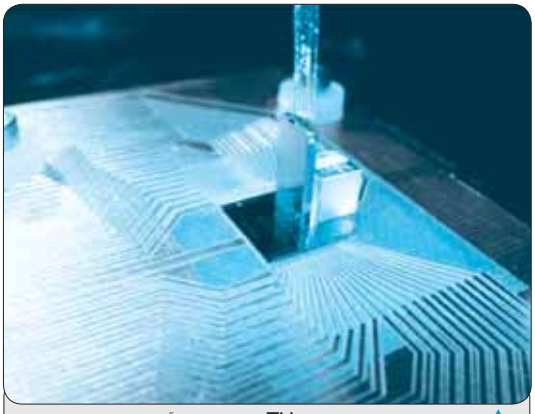
چند دهه است که دانشمندان می‌کوشند از دستگاه‌های کوانتومی برای محاسبات منطقی استفاده کنند. یورگ اشمیدمایر[2] (از TUوین) می‌گوید، «در رایانهٔ کلاسیک یک بیت فقط می‌تواند یک عدد صفر یا یک را ذخیره کند. اما، فیزیک کوانتومی برهم نهش حالت‌ها را مجاز می‌دارد. یک بیت کوانتومی می‌تواند همزمان در حالت صفر و حالت یک باشد و این موضوع امکانات محاسباتی باور نکردنی را در اختیار می‌گذارد».

این حالت‌های برهم نهشی را می‌توان در انواع مختلف دستگاه‌های کوانتومی مانند یون‌های به دام افتاده در تله‌ها یا در بیت‌های کوانتومی اَبَر رسانای راهگشای معماری به‌کار رفته در مقاله‌ای که در مجلهٔ فیزیکال *ریویو X*[3] منتشر شده متفاوت است: اتم‌های نیتروژن که می‌توانند دو حالت اسپین متفاوت را اشغال کند، در الماس کوچکی تزریق می‌شوند. هر ناکاملی نیتروژن در تشدیدگر اپتیکی متشکل از دو آینه به دام می‌افتد. فوتون‌ها از طریق رشته‌های شیشه‌ای به این دستگاه کوانتومی متشکل از تشدیدگر، الماس و اتم نیتروژن جفت می‌شوند، به این ترتیب می‌توان حالت کوانتومی دستگاه را بدون از بین بردن ویژگی‌های کوانتومی اسپین‌ها در الماس خواند و دست‌کاری کرد.

رایانه‌های کوانتومی واقعی به تصحیح خطا نیاز دارند

هر دستگاه متشکل از آینه‌ها، الماس و ناکاملی نیتروژن- می‌تواند یک بیت کوانتومی اطلاعات: صفر و یک، یا برهم نهش دلخواهی از این دو را ذخیره کند. اما معمولاً این بیت کوانتومی بسیار ناپایدار است. برای ساخت یک رایانه کوانتومی که با اطمینان کار کند به دستورالعمل‌های تصحیح خطا نیاز داریم. مایکل تروپک[4] (از TUوین) می گوید «اگر از تصحیح خطا استفاده کنیم، یک بیت کوانتومی

شکل ۱. مفهوم جدیدی برای یک رایانه کوانتومی پیشنهاد شده است



شکل ۲. در دانشگاه فناوری وین (TU وین) هم اکنون آزمایش‌های با اتم‌های هیدروژن انجام می‌شود.

را دیگر نمی‌توان در یک تک ذرهٔ کوانتومی ذخیره کرد. بلکه به معماری پیچیده‌ای از دستگاه‌های کوانتومی متصل به هم نیاز داریم».

پژوهشگران محاسبه کرده‌اند که چطور می‌توان الماس‌ها و اتم‌های نیتروژن را گرد هم آورد تا یک دستگاه کوانتومی دوبعدی مقاوم به خطا یا به اصطلاح «رایانه کوانتومی محافظت شده توپولوژیک» تولید کرد. طبق محاسبات، در حدود ٤/٥ میلیارد دستگاه کوانتومی از این نوع برای انجام الگوریتم «Shor-۲۰٤۸» ضروری است که می‌تواند فاکتورهای اولیه یک عدد ۲۰٤۸ بیتی را محاسبه کند.

در هر معماری رایانه کوانتومی، بدون توجه به اینکه از تله‌های یونی، بیت‌های کوانتومی ابَررسانا، یا اسپین‌های نیتروژن در الماس استفاده کنیم، به این تعداد عظیم عناصر کوانتومی نیاز داریم. مایکل تروپک می‌گوید «رهیافت ما این امتیاز بزرگ را دارد که می‌دانیم چطور این اجزا را کوچک‌تر کنیم. این معماری توان بالقوه مینیاتوری شدن و تولید انبوه را دارد. در تمام صنایعی که با الماس کار می‌کنند علم مواد پیشرفتی سریع دارد. هنوز باید بر موانعی غلبه کنیم، اما اتصال اسپین‌های نیتروژن در مواد جامد راهی را می‌گشاید که می‌تواند سرانجام به رایانهٔ کوانتومی عملی بینجامد».

درست مثل ترانزیستور در شروع کار هستیم

تروپک شرایط فعلی محاسبهٔ کوانتومی را با روزهای اولیه محاسبهٔ الکترونیکی مقایسه می‌کند. او می‌گوید «وقتی اولین ترانزیستورها ساخته شدند هیچ کس گمان نمی‌کرد می‌تواند میلیاردها از آن‌ها را روی یک تراشهٔ کوچک بگذارد. امروز این تراشه‌ها را در جیب خود این طرف و آن طرف می‌بریم. اسپین‌های نیتروژن در الماس هم می‌توانند درست مانند ترانزیستورها در علوم رایانه کلاسیک توسعه پیدا کنند».

پژوهشگران TU وین شروع ساخت این طرح جدید در مقیاس کوچک کرده‌اند. یورگ اشمید مایر می‌گوید: «ما این امتیاز بزرگ را داریم که با تعداد زیادی از گروه‌های پژوهشی برجسته علوم مواد و فناوری کوانتومی در TU وین همکاری می کنیم. فریدریش اومایر[5] روی روش‌های تزریق اتم‌های نیتروژن به الماس کار می‌کند، پیتر موهان[6] داده‌های عددی را در شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای بزرگ مقیاس به‌دست می‌آورد. آرایه‌های ریز کواکی نتیجهٔ همکاری اولریش اشمید[7] در مرکز میکرو و نانوساختارها (ZMNS) در TU وین است. الماس‌ها به‌صورت روتین در مرکز پرتو X خود دانشگاه تحلیل می‌شوند. شاید هنوز تا استفاده از الگوریتم Shor-۲۰٤۸ روی رایانه کوانتومی راه درازی در پیش داشته باشیم. اما دانشمندان گمان می‌کنند که در چند سال آینده باید بتوان قطعه‌های ساختمانی کوانتومی را در هم تنیده کرد و خوشه‌های بزرگ‌تری از سلول‌ها به‌وجود آورد. کی نه‌موتو[8] از انستیوی ملی انفورماتیک «وقتی این واقعه رخ دهد، بالا بردن مقیاس سریع خواهد بود، همهٔ آن بستگی به این دارد که بتوانیم وارد مرحلهٔ تولید انبوه و مینیاتوری کردن فناوری کوانتومی شویم. هیچ‌گونه قانون فیزیکی که مانع ما از انجام این کار شود را نمی‌بینم».

برای اطلاعات بیشتر مراجعه کنید به
Journals.aps.org/prx/abstract/...03/phys Rev X. 4. 031022

پی‌نوشت‌ها
1. TU wien
2. Jorg Schmied-mayer
3. Physical Review X
4. Michael Trupke
5. Friedrich Aumayr
6. Peter Mohn
7. Ulrich Schmid
8. Kae Ne-moto

منبع
Vienna University of Technology

دانشمندان با استفاده از لیزر و نانو لوله‌های کربنی به درون مغز زنده می‌نگرند

گروهی از دانشـمندان دانشگاه استنفورد روشی کاملاً غیرتهاجمی ابـداع کرده‌اند که جریان خون در مغز را به نمایش در می‌آورد. این وسـیله بصیـرت کاملی در مورد سکته‌ها و احتمالاً بیماری آلزایمر در اختیار می‌گذارد.

بسیاری از بیماری‌های آسیب‌رسان مغز ناشی از جریان نامنظم خون در مغز اسـت. اکنون دانشـمندان استنفورد با استفاده از لیزر و نانو لوله‌های کربنی موفق به مشاهدهٔ جریان خون در مغز زنده شده‌اند.

این روش برای موش‌ها ابداع شده است ولی می‌توان با استفاده از آن برای انسـان‌ها اطلاعات مهمی دربارهٔ سـکته و میگرن، و حتی شـاید بیماری‌های آلزایمر و پارکینسـون به‌دست آورد. ایـن کار در مجلهٔ *نیچر فوتونیکز*[1] بیان شـده اسـت. روال‌های جاری بررسی مغز در موجودات زنده با بده بستان جدی همراه است. برداشت بخشـی از جمجمه با جراحی منظرهٔ روشنی از فعالیت مغز در سطح سـلولی در اختیار می‌گذارد. اما جراحت حاصـل می‌تواند عملکرد یا فعالیـت مغز را تغییر دهد یا حتی باعث واکنش دستگاه ایمنی شـود. در همین حال، روش‌های غیرتهاجمی مانند اسکن‌های CT یا MRI عملکرد کلی عضو را به خوبی نمایان می‌شود؛ اما نمی‌تواند تک‌تک رگ‌ها یا گروهی از سلول‌های عصبی را در معرض دید بگذارد.

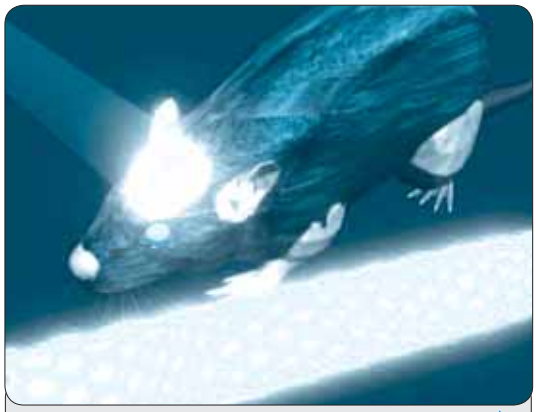
اولین گام روش جدید موسوم به تصویرگیری فرو سرخ نزدیک IIA یـا NIR-II-a تزریق نانو لوله‌های کربنی محلول در آب در جریان خون موش زنده است. سپس پژوهشگران یک لیزر فرو سرخ نزدیک را به جمجمهٔ حیوان جونده می‌تابانند.

این نور باعث می‌شـود که نانولوله‌های بـا طراحی خاص در طول موج‌های ۱۴۰۰-۱۳۰۰ نانومتر فلوئورسـان شـوند. این گسترهٔ نقطهٔ مناسبی برای نفوذ مناسب با پراکندگی اندک است. سپس می‌توان نانولوله‌های فلوئورسان را آشکار سازی و ساختار رگ‌های خونی را مشاهده کرد.

هونجی دی[2] می‌گوید: «شـگفت‌انگیز اسـت که این روش به دانشـمندان امکان می‌دهد تا حدود سه میلی‌متر زیر جمجمه را ببینند و به اندازه کافی دقیق اسـت که خونی را نشـان دهد که در مویرگ‌های به قطر چند میکرون جریان دارند. به‌علاوه، به نظر نمی‌رسـد که هیچ تأثیر سویی روی عملکرد ذاتی مغز داشته باشد.

گوسونگ هونگ[3] نویسـندهٔ اول این مقاله که این پژوهش را به‌عنوان دانشجوی تحصیلات تکمیلی در آزمایشگاه رای انجام داد واکنون عضو پسادکتری در هاروارد است می‌گوید «نور NIR-II-a می‌تواند از پوست سر و جمجمه بگذرد و چند میلی‌متر در مغز نفوذ کند. تنها کاری که باید انجام شود تراشیدن موست».

هونگ می‌گوید از این روش می‌توان سرانجام در آزمایش‌های کلینیکی برای بیماران استفاده کرد، اما باید اصلاح شوند. اولاً، عمق نفوذ نور باید افزایش یابد تا به‌خوبی به مغز انسـان برسد.



▲ شکل ۱. این شکل نشان می‌دهد که چگونه نانولوله‌های کربنی پس از تزریق در بدن موضوع مورد بررسی را می‌توان با استفاده از نور فرو سرخ نزدیک فلوئورسان و عروق مغز و جریان خون در آن‌ها را مشاهده کرد.

▲ شکل ۲. یک تصویر فلوئورسان از مغز موش عروق مغز و جریان خون در آن را بدون دست زدن به پوست سر و جمجمه نشان می‌دهد.

ثانیـاً، تزریق نانو لوله‌های کربنـی در کاربردهای کلینکی باید تأیید شود؛ اکنون دانشمندان سایر عوامل فلوئورسان را بررسی می‌کنند

گرچه این یک روش جدید برای بررسی بیماری‌های مغزی – عروقی انسان مانند سکته و میگرن با مدل‌های جانوری است. اما سایر پژوهش‌ها نشان داده‌اند که شاید بیماری‌هایی مانند آلزایمر و پارکینسون ناشی از تغییر جریان خون به برخی بخش‌های مغز باشد و شاید تصویرگیری NIR-II-a وسیله بهتری برای شناخت نقش عروق سالم در این نوع بیماری‌ها باشد.

هونگ می‌گوید «همچنین می‌توانیم انواع مختلف نورون را با نشـانه‌گذاری‌های زیستی بر چسـب بزنیم و از این روش برای بررسی عملکرد آن‌ها استفاده کنیم. سرانجام، خواهیم توانست از NIR-II-a بـرای پی بردن به عملکرد هر نورون در داخل مغز استفاده کنیم».

برای اطلاعات بیشتر رجوع کنید به
Nature Photonics, www.nature.com/nphoton/Journal...photon.2014.166.html

پی‌نوشت‌ها
1. Nature Photonics
2. Hongjie Dai
3. Guosong Hong

دربارهٔ قانون اول ترمودینامیک

آرش ظهوریان پردل

کلیدواژه‌ها:

مقدمه

پیش از آغاز بحث اصلی دربارهٔ قانون اول ترمودینامیک، باید برخی از مفاهیم اساسی مورد نیاز (از جمله گرما، دما، کار و انرژی درونی) را تشریح و کژفهمی‌های رایج دربارهٔ آن‌ها را بررسی کنیم.

با «انرژی درونی» آغاز می‌کنیم: می‌توانیم انرژی‌های مختلفی را به ذرات تشکیل‌دهندهٔ اجسام، نسبت دهیم، از انرژی جنبشی دورانی و انتقالی گرفته تا انرژی پتانسیل گرانشی و الکتریکی (که آن‌را به نام انرژی شیمیایی می‌شناسیم). هنگامی که از «انرژی درونی» یک جسم سخن می‌گوییم، منظورمان «مجموع تمام انرژی‌های تمام ذرات تشکیل‌دهندهٔ جسم» است. در این تعریف، دو نکتهٔ مهم نهفته است:

اول اینکه انرژی درونی به «مقدار» ماده بستگی دارد و به صرف افزایش یا کاهش مقدار ماده، تغییر خواهد کرد،

دوم آنکه تمامی انواع انرژی‌هایی که یک ذره می‌تواند داشته باشد، در تعریف انرژی درونی جسم، در نظر گرفته خواهند شد.

از آنجایی‌که تحلیل خود انرژی درونی، کاری بسیار پیچیده و دشوار است، در بررسی‌هایمان، به «تغییرات» انرژی درونی می‌پردازیم. با این کار، هم از پیچیدگی‌های نالازم می‌کاهیم و هم- همان‌گونه که خواهیم دید- می‌توانیم «تغییر انرژی درونی» را هم ارز «تغییر دما» در نظر بگیریم.

اما «دما» تعریف کاملاً متفاوتی دارد. تعریف دما به‌صورت «معیار عددی برای تعیین گرمی و سردی جسم»، چندان کارامد نیست. تعریف بهتر و دقیق‌تر دما را می‌توان این‌گونه در نظر گرفت: «دما عبارت است از میانگین انرژی‌های جنبشی انتقالی ذرات تشکیل‌دهندهٔ جسم». در این تعریف نیز دو نکته اساسی نهفته‌است:

اول: دما، «میانگین» است، نه «مجموع». به‌عبارت دیگر، با افزایش یا کاهش مقدار ماده، لزوماً تغییری در دمای آن صورت نخواهد گرفت.

دوم: برای تعیین دما، نه با انواع و اقسام انرژی‌های گوناگون ذرات، که فقط و فقط با نوع خاصی از انرژی سر و کار داریم: انرژی جنبشی‌انتقالی.

از تعاریف مزبور، به این نتیجه می‌رسیم که دما و انرژی درونی، دو مفهوم کاملاً متمایزند: جدا از تفاوت مفاهیم و تعاریف، چنانچه انرژی درونی جسمی افزایش یابد، لزوماً نمی‌توان گفت دمای آن افزایش یافته است (ظرف آب ۳۰ درجه‌ای را در نظر بگیرید که به آن، مقدار دیگری آب ۳۰ درجه می‌افزاییم؛ بدیهی است که دمای آب حاصل، تغییری نمی‌کند در حالی‌که انرژی درونی آن، بیشتر خواهد شد، چرا که انرژی درونی به کمیت ماده بستگی دارد).

بنابراین، بلافاصله این پرسش مطرح می‌شود که چگونه است که در ترمودینامیک، «تغییر انرژی درونی» را معادل «تغییر دما» در نظر می‌گیریم؟

معمولاً در ترمودینامیک، برای سهولت بیشتر در توصیف پدیده‌های گرمایی، از مفهوم «گاز کامل» استفاده می‌کنیم. البته باید توجه داشت که واژهٔ کامل، به این معنا نیست که عملاً و در دنیای واقعی نمی‌توان به چنین گازهایی دست یافت (اغلب گازهای معمولی، رفتاری بسیار نزدیک به گاز کامل دارند). مطالعهٔ گازهای ایده‌آل، ما را به درک بسیار عمیقی از رابطه رفتار ماکروسکوپی و میکروسکوپی ماده، رهنمون می‌سازد.

جدا از قانون گازهای کامل (که مستقل از نوع گاز است)، می‌توان به چند ویژگی اساسی آن‌ها نیز اشاره کرد:

۱. گاز کامل، از مولکول‌هایی یکسان و هم‌جرم تشکیل شده است؛

۲. این مولکول‌ها، تحت تأثیر نیروهای بلند بُرد (مؤثر در فاصله‌های زیاد) قرار ندارند، و تنها زمانی با یکدیگر برهم‌کنش خواهند داشت که با هم برخورد کنند (همچون توپ‌های بیلیارد)؛

۳. اندازه و جهت سرعت مولکول‌های گاز کامل، کاتوره‌ای و نامعین است؛

٤. برخورد مولکول‌ها با ظرف حاوی گاز، کشسان است.

اما از تمام این‌ها مهم‌تر، باید به ویژگی بسیار مهم و سودمند گازهای کامل که به انرژی درونی و دما مرتبط است اشاره کنیم:

دما (تغییر دما) و انرژی درونی (تغییر انرژی درونی) گاز کامل، با هم متناسب‌اند.

دلیل چنین تناسبی این است که در گاز کامل، هیچ برهم‌کنشی میان ذرات وجود ندارد و این ذرات، فقط انرژی جنبشی دارند.

این در حالی‌ست که در موردِ موادِ دیگر، الزاماً چنین نیست (همان‌گونه کــه در مثال ظرفِ آب دیدیم، بــا افزایش انرژی درونی آب، دمای آن لزوماً افزایش نمی‌یابد).

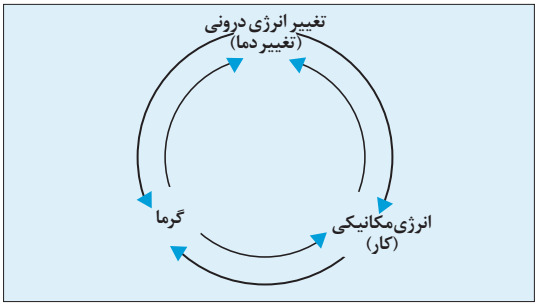
مواظب باشید که "تناسب" را مترادفِ «تساوی» به‌کار نبرید، چــرا که با توجه به تعاریفِ دما و انــرژی درونی، می‌دانیم که این‌دو اساســاً نمی‌توانند یکی باشند (دما میانگین انرژی‌های جنبشی‌ســت و انــرژی درونــی (گرمایــی) مجمــوع تمــام انرژی‌هاست).

اما می‌رسیم به «گرما» که بیشترین سوءِ برداشت و کژفهمی را بــه خود اختصاص داده اســت: این واقعیت که بســیاری از عباراتِ علمی، در زبان محاوره و گفت‌وگو روزمره وارد شده‌اند، خود عامل و انگیزه‌ای‌ست برای استفاده‌های نادرست و نادقیق. از جملــهٔ این عبارات، می‌توان به «گرما» اشــاره کرد. بارها و بارهــا در گفت‌وگوهایمــان، به «میزان گرمای فلان جســم» اشــاره کرده‌ایم، در حالی که از نظر علم فیزیک، گرما چیزی نیست که جسم بخواهد آن‌را داشته باشد، بلکه عبارت است از «انرژی‌ای که صرفاً به‌دلیل وجود اختلافِ دما میان دو جسم، منتقل می‌شود». در این تعریف هم باید به دو نکته توجه کنیم:

اول: گرما، انرژی‌ست. (البته نه مانند انرژی درونی که جسم آن‌را «دارد»).

دوم: گرما انرژی در حال انتقال اســت که پس از رسیدن به جسم کم دماتر، دیگر «گرما» نخواهد بود و به انرژی درونی آن جسم تبدیل می‌شود.

ترمودینامیک، علمی است که به بررسی سه مفهوم اساسی و ارتباط آن‌ها با یکدیگر می‌پردازد. این سه مفهوم عبارت‌اند از گرما، انرژی مکانیکی (یا کار) و تغییر انرژی درونی (یا تغییر دما):



بررســی خود درباره تبدیل گرما، انــرژی مکانیکی و انرژی درونی را با چند مثال آغاز می‌کنیم:

مثال اول

کتابــی روی میــز قرار دارد و ما آن‌را بــه جلو هُل می‌دهیم. کتاب (که دارای انرژی مکانیکی اســت)، پس از طی مسافتی اندک، از حرکت باز خواهد ایستاد. این پرسش مطرح می‌شود که چه بر ســر انرژی مکانیکی جســم آمده است؟ در تعاریفِ مقدماتی (و البته نه چندان صحیح)، غالباً گفته می‌شــود که انرژی مکانیکی به «گرما» تبدیل شده. اما بگذارید درست‌تر و دقیق‌تر به بررسی این مثال بپردازیم:

واضح اســت که در این مثال انرژی مکانیکی پایسته نیست. دلیل این عدم پایستگی این است که نیروی عمل‌کننده در این مورد، یعنی نیروی اصطکاک نیرویی ناپایستار است. زمانی‌که نیروی ناپایستار عمل کند انرژی مکانیکی پایسته نخواهد ماند. جسم متوقف‌شده گرم‌تر می‌شود. بنابراین انرژی مکانیکی از بین نرفته و باعث «افزایش» انرژی درونی جسم شده است.

اما این انرژی درونی می‌تواند منتقل شــود: چنانچه جسمی بــا دمای پایین‌تر در مجاورتِ آن قرار گیرد، بخشــی از انرژی درونی، در قالب «گرما» منتقل می‌شود:

بنابراین، ارتباطِ ســه مفهومِ مزبور در این مثال را می‌توان به این صورت نشان داد:

گرما ⟵ افزایش انرژی درونی ⟵ انرژی مکانیکی

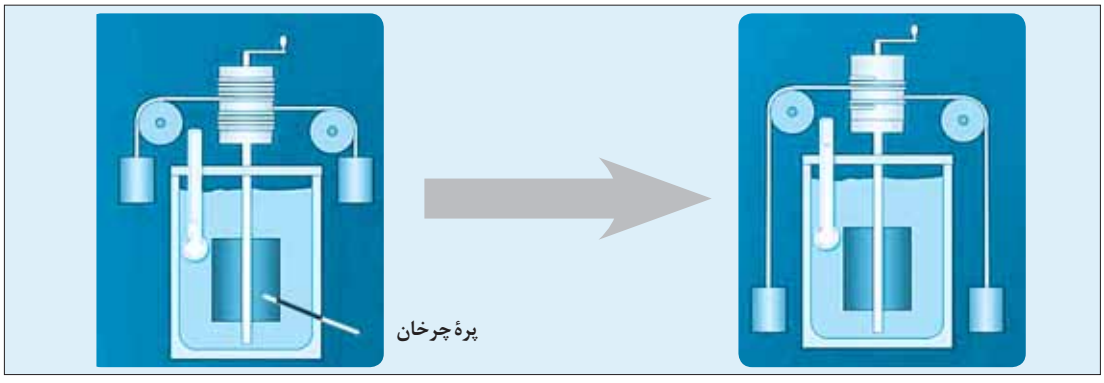
ایــن مثال نشــان می‌دهد کــه تحلیل ارتباط گرمــا، انرژی مکانیکی و انرژی درونی منجر به تبیین قانون پایستگی انرژی (و نه لزوماً پایستگی انرژی مکانیکی) می‌شود. به‌عبارت دیگر، اساس ترمودینامیک پایستگی انرژی‌ست.

مثال ۲

ظرفی پر از آب را در نظر بگیرید. می‌توانیم با انتقال گرما به ظرف، مثلا از طریق رســانش، انــرژی درونی آب را بالا ببریم. همان‌طور که پیشتر اشاره شد این افزایش انرژی درونی هم ارز افزایش دمای جسم است:

افزایش انرژی درونی ⟵ گرما

اما جیمزژول در آزمایش هوشمندانهٔ خود مفهوم دیگر (یعنی کار یا انرژی مکانیکی) را هم به‌کار گرفت. ژول به‌جای آنکه با گرمادادن، دمای جســم را بالا ببرد، با انجام کار (رها ساختن وزنه) پــره‌ای را درون ظرف به حرکت درآورد که حرکتِ پره، منجر به افزایش انرژی درونی (افزایش دمای) آب شد:

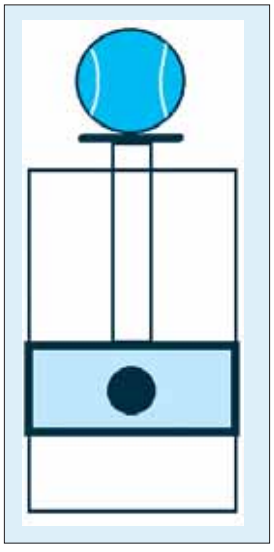


و بـاز هم در اینجـا، انرژی درونی، می‌توانـد به‌صورتِ گرما منتقل شود. (این آزمایش مشابه هم زدن چای شیرین است).
بنابراین ارتباط مفاهیمِ سه‌گانه در این آزمایش به‌صورت زیر خواهد بود:
گرما⟵ افزایش انرژی درونی⟵ کار مکانیکی

ژول از این نتیجه اسـتفاده کرد تا ثابت کند گرما، بر خلافِ آنچه که در آن زمان تصور می‌شـد، نه ماده‌ای سیال‌مانند، که نوعی انرژی است:
«انـرژی مکانیکـی (و یا معـادلِ آن، کار صـورت گرفته بر دستگاه)، منجر به گرم شدن آب می‌شود، بنابراین این گرم‌تر شدن آب را با افزایش انرژی گرمایی (درونی) توصیف می‌کنیم که می‌تواند به شکل گرما منتقل شود.»
توجـه کنید که عبارتِ «انرژی مکانیکـی تبدیل به گرمای جسـم می‌شـود، در نتیجه گرما نوعی انرژی‌سـت» عبارتی نادرست است. چرا؟

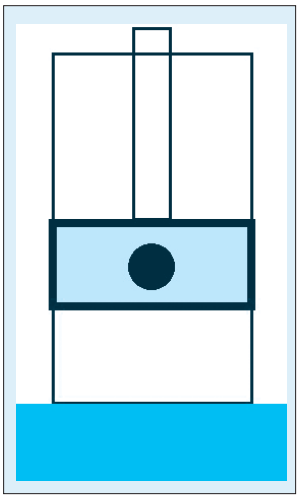
مثال ۳

یک دسـتگاه پیستون- سـیلندر را در نظر بگیرید. چنانچه به این دسـتگاه (گاز درون محفظه)، گرما منتقل شود، شاهد افزایش انرژی درونی / دمای این گاز خواهیم بود. حال، فرض کنید بالای پیستون، توپی را قرار داده‌ایم. نتیجهٔ افزایش انرژی درونی دستگاه، می‌تواند حرکتِ پیستون به بالا و انجام کار بر روی توپ باشد:
کار مکانیکی ⟵ افزایش انرژی درونی ⟵ گرما
این فرایند را می‌توان بر عکس کرد: با انجامِ کار روی دستگاه (اعمالِ نیرو به پیسـتون)، انرژی درونی گاز افزایش می‌یابد و ایـن افزایش انرژی، می‌تواند به‌صورتِ گرما منتقل شـود. در این‌صورت:
گرما ⟵ افزایش انرژی درونی ⟵ کار



مثال ۴

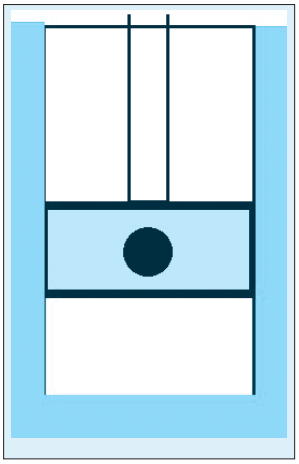
همان دسـتگاه پیسـتون- سـیلندر را در نظر بگیرید که این‌بار به منبعی عظیم متصل اسـت، به‌گونه‌ای کـه تغییر انرژی درونـی (تغییر دمای) محسوسی نداشته باشد. مثلاً، اسـتخر آبی کـه اولاً به‌دلیل مقدار زیادِ آب، و ثانیاً به‌دلیل ظرفیـت گرمایی بـالای آب، مانـع از تغییرات اساسـی در انرژی درونی دستگاه می‌گردد. در این‌صورت، گرمای منتقل شده به دستگاه، به کار تبدیل می‌شود و برعکس، کار انجام شده بر دسـتگاه، صرفِ انرژی درونی نخواهد شد و مستقیماً به‌صورتِ گرما منتقل می‌شود.



این فراینـد را که در آن انرژی درونـی (دما) تغییر نمی‌کنـد فراینـد هم‌دما می‌نامیم.

مثال ۵

این‌بـار می‌خواهیـم کاری کنیـم تـا گرمـا امکان ورود یـا خروج به دسـتگاه را پیدا نکند که در نتیجه، کار انجام شده بـر روی دسـتگاه، انرژی درونـی آن‌را بـالا می‌برد (بدون آنکـه گرما امکان یا فرصت شـارش داشته باشـد). چنین فرایندهایی را بی دررو می‌نامیم.
بـه دو طریـق می‌توانیم گرما را حذف کـرده و فرایند را به فرایند بی‌دررو تبدیل کنیم:
راهـکار اول: می‌توانیم دسـتگاه را به خوبـی عایق‌بندی کنیـم



راهـکار دوم: چنانچـه کار انجـام شـده بـر روی دسـتگاه به‌قدری سـریع انجام شود که گرما فرصت انتقال نداشته باشد، فرایند بی‌دررو خواهد بود.
چنیـن اتفاقـی، در موتورهـای دیزلـی رخ می‌دهـد: حرکت سـریعِ پیستون به پایین، به‌قدری سریع اسـت که کار انجام شـده تماماً صرفِ افزایش انـرژی درونـی دسـتگاه می‌شود و بدون نیاز به جرقه، احتراق صورت می‌گیرد.

نتیجه‌گیری

با اسـتفاده از تمام تعاریف و مثال‌های فوق، می‌توانیم قانون اولِ ترمودینامیک را این‌گونه تعریف کنیم:
چنانچه گرما به دستگاه منتقل شود، می‌تواند:
۱- موجبِ افزایـش انرژی درونی آن شـود (افزایش انرژی درونی ⟵ گرما) و یا
۲- موجـب انجـام کار از طـرفِ سیسـتم بر محیط شـود (کارمکانیکی ⟵ گرما) و یا
۳- موجب انجام کار و افزایش انرژی درونی شود:
(افزایش انرژی درونی ⟵ گرما) و (کار⟵ گرما)

ترموکوپل

مهندس مهرزاد کازرانی
هنرآموز رشته صنایع شیمیایی، آموزش و پرورش ناحیه ۲ شیراز

چکیده

به‌طور کلی دماسنج‌ها براساس تأثیر دما بر یکی از ویژگی‌های مواد ساخته می‌شوند. به‌عنوان مثال دماسنج مایع بر اساس تأثیر دما بر انبساط حجمی مایعات، دماسنج دوفلزه براساس تأثیر دما بر انبساط طولی فلزات و ترموکوپل براساس تأثیر دما بر جریان الکتریکی تولیدی در فلزات طراحی شده است.

ترموکوپل یا کوپل ترموالکتریک، دماسنجی است که براساس پدیده ترموالکتریک کار می‌کند، بدین صورت که هر تغییری در دمای یک فلز، باعث به حرکت درآمدن الکترون‌های آن فلز می‌گردد و چون مقدار بار الکتریکی در یک نقطه تغییر می‌کند جریان الکتریکی خفیفی به‌وجود می‌آید. با اندازه‌گیری این جریان می‌توان پی به میزان دما برد، این اصل در ساخت ترموکوپل‌ها مورد استفاده قرار گرفته است.

کلیدواژه‌ها: ترموکوپل، حسگر، ولتاژ، نیروی محرکه الکتریکی (emf)، اثر سیبک، ساق‌های ترموکوپل، دماچاه، ترموپیل

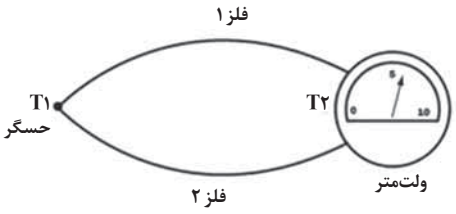
ترموکوپل[1]

ترموکوپل یکی از رایج‌ترین دماسنج‌هایی است که به روش الکتریکی کار می‌کند. این دماسنج در حقیقت نوعی مولد برق است.

ترموکوپل از دو سیم فلزی غیر هم جنس تشکیل شده است که دست کم از یک طرف به هم لحیم شده‌اند و دو سر دیگر آن‌ها به یک ولت متر یا آمپرمتر متصل می‌شود. محل اتصال را «اتصال گرم» یا «حسگر» ترموکوپل، و دو سر متصل به ولت متر یا آمپرمتر را «اتصال سرد» یا «دوسر آزاد» می‌نامند.

▲ شکل ۱. ترموکوپل

شکل ۱ یک ترموکوپل را نشان می‌دهد که طرح آن به‌صورت شکل ۲ نشان داده می‌شود:



▲ شکل ۲.

و در شکل ۳ انواع ترموکوپل صنعتی نمایش داده شده است:

▲ شکل ۳. انواع ترموکوپل صنعتی

هر گاه محل اتصال دو فلز را گرم کنیم، در صورت وجود اختلاف دما بین T_1 و T_2، جریان الکتریکی در سیم‌های فلزی به‌وجود خواهد آمد که با یک آمپرمتر قابل اندازه‌گیری است. این پدیده به دلیل متفاوت بودن جنس فلزات است که سبب می‌شود، توازن بار الکتریکی به‌هم خورده و یکی مثبت و دیگری منفی شود و یک نیروی محرکه الکتریکی[2] (emf) یا ولتاژ در دو سر آزاد به‌وجود آید، اولین بار «توماس سیبک»[3] این پدیده را کشف کرد که به نام خودش «اثر سیبک»[4] نام

گذاری شـد. عکس این پدیده نیز صادق اسـت یعنی اگر در مداری مطابق شکل ۲ جریان الکتریکی برقرار کنیم در دو سر ترموکوپل دماهای متفاوتی مشاهده خواهیم کرد.

در واقع ترموکوپل یک دماسنج دیفرانسیلی است که اختلاف دما را به اختلاف پتانسیل یا ولتاژ تبدیل می‌کند، البته مقدار ولتاژی که تولید می‌شـود بسـیار ضعیف و در حد میلی ولت است. ولتاژ تولیدی به دو عامل بستگی دارد:

۱. جنس سیم‌های فلزی

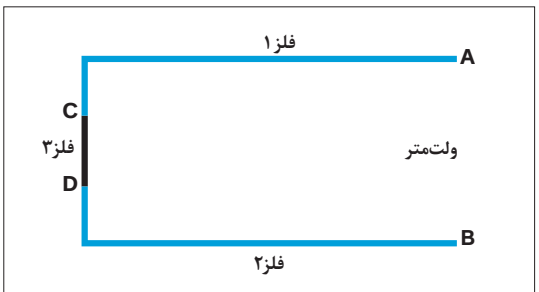
۲. اختلاف دمای دو سر ترموکوپل

اختلاف دمای دو سر ترموکوپل اهمیت زیادی در ایجاد ولتاژ دارد به طوری که اگر هر دو سر در یک دما باشند ولتاژ تولیدی صفر خواهد بود. بنابراین قابلیت استفاده از ترموکوپل فقط در صورت وجود اختلاف دماسـت و هر چه این اختلاف بیشـتر باشد، میزان بار الکتریکی بیشتر و در نتیجه برق تولیدی بیشتر خواهد بود. براین اساس سعی می‌شود دمای دو سر آزاد (T_2) ترموکوپل یکسـان و ثابت نگه داشته شـود که به آن «دمای مرجع یا مبنا» گفته می‌شود که در این صورت ولتاژ خروجی از ترموکوپل فقط تابع دمای نقطه اتصال است.

آلیاژهای فلزات واسطه به‌عنوان کوپل‌های ترموکوپل بسیار خوب عمل می‌کنند؛ فقط باید مثبت و منفی شوند تا در ازای اختلاف دمای مشخص، ولتاژ خروجی قابل ملاحظه‌ای تولید کنند.

باید دقت کرد که در یک مـدار ترموالکتریکی، غیر از emf سـیبک که به دلیل اتصال دو فلز ایجاد می‌شـود، emfهای دیگـری نیز ممکن اسـت تولید شـود که عدم حـذف آن‌ها می‌تواند باعث خطا در اندازه‌گیری گردد. از جمله:

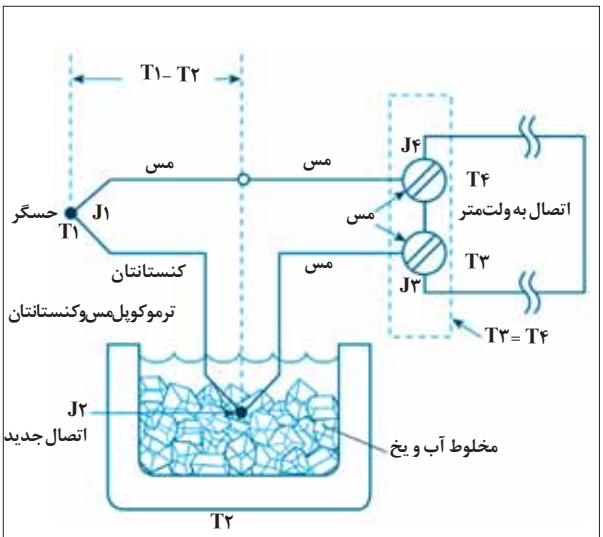
۱. اگر در ناحیهٔ اتصال دو فلز (حسـگر)، به دلیل اسـتفاده از فلز سـومی برای جـوش دادن (فلز ۳) اختـلاف دما برای اتصالات جدید ایجاد شـود ($T_C \neq T_D$)به دلیل به‌وجود آمون emf جدید، خطا در اندازه‌گیری ایجاد می‌شود، (قانون فلزات میانی). شکل ٤ این مشکل را نشان می‌دهد.



شکل ٤.

۲. در مسـیرهای طولانی، یا آنقدر سـاق‌ها را بلند انتخاب می‌کنند تا مسـتقیماً به ولت‌متر برسند و یا ادامه سیم‌ها را از جنس‌ساق‌ها یا آلیاژی از آن‌ها انتخاب می‌کنند. اگر مجبور به انتخاب جنس دیگری باشند، به‌طور طبیعی emf جدیدی در محل اتصالات جدید ایجاد می‌شود. برای حذف این emf نقطه اتصال ساق‌ها به جنس جدید را در مخلوطی از آب و یخ قرار می‌دهند تا اثر emf ایجاد شده از بین برود.

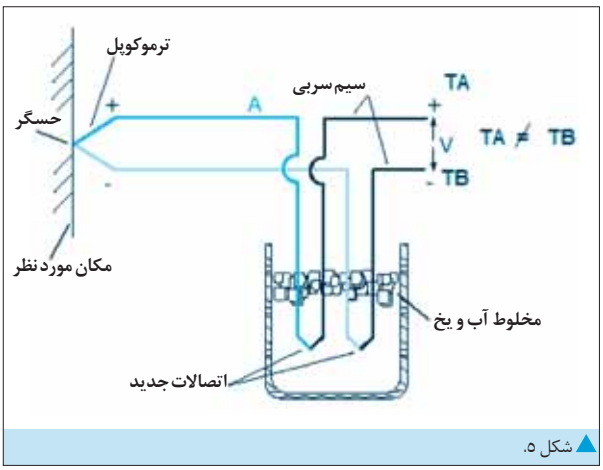
در شـکل ٥ چون فقط جنس یکی از سـاق‌های ترموکوپل عوض شـده و اختلاف دما در ناحیه اتصال به ولت متر وجود ندارد، پس کافی است که تنها همان محل اتصال جدید را در دمای صفر قرار دهند تا emf اضافی حذف شود.



شکل ٥.

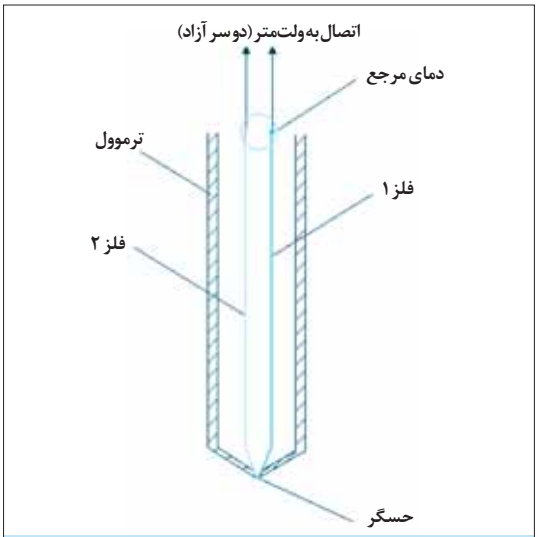
۳. اگر دمای دو سر فلز در ناحیه اتصال به ولت متر، یکسان نباشـد، emf جدیدی در مدار ایجاد می‌شود که این نیز باید حذف گردد.

در شـکل٦ جنس سیم‌های ترموکوپل به‌طور یکسان تغییر کرده، پس emf تولیدی در هر دو سـاق نیز یکسـان اسـت و تأثیـری در emf کل مدار نـدارد. ولی به دلیل اختلاف دما در ناحیه اتصال به‌ولت متر باید محل‌های اتصال هر دو سـاق در مخلوط آب و یخ قرار گیرند تا emf تولیدی ناشـی از این اختلاف حذف گردد.



شکل ٥.

معمولاً ساق‌های ترموکوپل را به‌منظور جلوگیری از خوردگی در یک روکش قرار می‌دهند و بعد در محیط مورد نظر می‌گذارند که به این روکش «دماچاه»[۵] می‌گویند، مانند شکل ۷. انتقال گرما از شاره به ترموکوپل با دو سازوکار جابه‌جایی و رسانش صورت می‌گیرد که دما از طریق روکش به حسگر ترموکوپل می‌رسد و همین باعث می‌شود که ترموکوپل نتواند دمای واقعی شاره را اندازه‌گیری کند، و در نتیجه خطا در اندازه‌گیری به‌وجود آید.



شکل ۷. نمایش ترموول

خطای دیگر، ناشی از تابش گرما از ترموکوپل به اطراف است. می‌دانیم همه مواد دارای مقداری تابش هستند و ترموکوپل نیز مقداری گرما تابش می‌کند، به همین دلیل دمای واقعی را نمی‌تواند بخواند.

انواع متداول ترموکوپل‌های مورد استفاده در صنعت در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود هر ترموکوپل دارای یک علامت اختصاری است که فلزات مورد استفاده در آن با توجه به مثبت و منفی بودن ساق‌ها در آن نمایش داده شده است و برای اتصال آن‌ها به ولت‌متر مورد نیاز است. همچنین محدودهٔ دمایی مورد اندازه گیری آنان نیز ذکر شده است که چگونه با تغییر جنس ساق‌ها، این محدوده تغییر می‌کند و این ویژگی ترموکوپل‌هاست که موجب افزایش کارآیی آن‌ها در صنعت می‌شود.

نوع ترموکوپل	فلزات مورد استفاده	محدوده دمایی مورد استفاده
E	Chromel (+) constantan (-)	-270 to +1000
J	Iron (+) constantan (-)	-210 to +1200
T	Copper (+) constantan (-)	-270 to +400
K	Chromel (+) alumel (-)	-270 to +1370
N	Nicrosil (+) nisil (-)	-270 to +1300
B	Platinum (30% rhodium)(+) Platinum (6% rhodium) (-)	0 to 1820
S	Platinum (10% rhodium) (+) platinum (-)	-50 to +1760
R	Platinum (13% rhodium) (+) platinum (-)	-50 to +1760

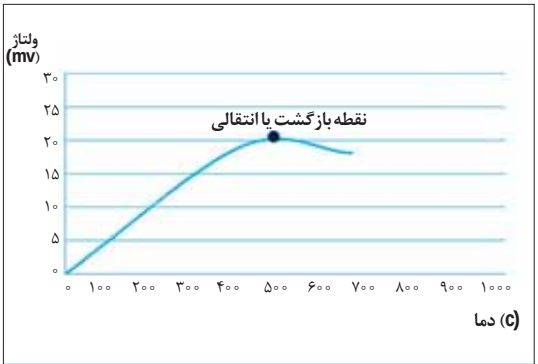
جدول ۱. انواع ترموکوپل

در کشورهای مختلف (به ترتیب از راست آمریکا، ژاپن، آلمان، فرانسه، انگلستان و به‌صورت بین‌المللی) ساق‌های انواع ترموکوپل‌ها را با رنگ‌های خاصی نمایش می‌دهند که می‌تواند کمک بزرگی در تشخیص ساق‌های مثبت و منفی و چگونگی اتصال آن‌ها به ولت متر باشد؛ مانند آن‌چه در جدول شماره ۲ مشاهده شود:

جدول ۲. انواع ترموکوپل

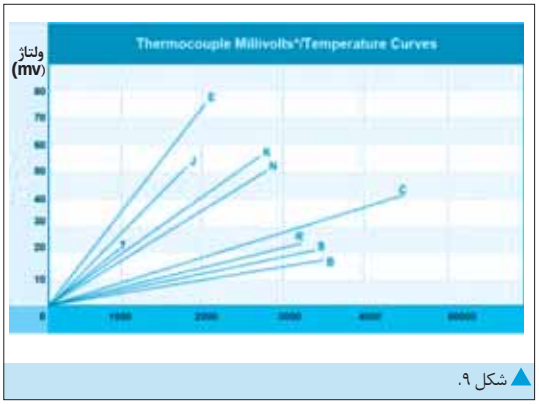
برای استفاده از ترموکوپل‌ها باید آن‌ها را مدرج کرد. این کار را می‌توان با رسم منحنی ولتاژ بر حسب دما انجام داد. در آزمایشگاه‌ها با فراهم آوردن حمامی از گلیسیرین یا پارافین و کمک گرفتن از یک دماسنج جیوه‌ای به عنوان دماسنج شاهد این کار قابل انجام است. بدین صورت که حسگر ترموکوپل و دماسنج شاهد را در حمام قرار دهند و دو سر آزاد ترموکوپل را به یک ولت متر متصل می‌کنند. سپس حمام گلیسیرین را گرم می‌کنند و در دماهای مختلف که از دماسنج جیوه‌ای خوانده می‌شود ولتاژ را از ولت متر می‌خوانند و بعد منحنی ولتاژ نسبت به دما را رسم می‌کنند.

ترموکوپل‌ها رفتار کاملاً خطی از خود نشان نمی‌دهند و تنها در یک محدوده‌ای از دما، رابطه ولتاژ و دما مستقیم است که ترموکوپل مربوطه در همان منطقه کاربرد دارد و در دماهای بالاتر، این رابطه حالت معکوس پیدا می‌کند. برای هر ترموکوپلی نقطه بازگشت در یک دمای خاصی رخ می‌دهد. مانند شکل (۸)



شکل ۸.

ترموکوپل‌ها بر اســاس منحنی‌های درجه‌بندی دسته‌بندی می‌شــوند، زیرا آن‌ها بسته به نوع کوپل فلزی‌شان در دماهای یکسان رفتارهای متفاوتی از خود بروز می‌دهند. بعضی از آن‌ها در دماهای پایین ولتاژ بیشتری تولید می‌کنند مانند ترموکوپل نــوع (E) و بعضی تا زمانی که دما بــه حد لازم بالا نرود ولتاژ قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌کنند، مانند ترموکوپل نوع (B)، این مطلب را در شکل ۹ که منحنی ترموکوپل‌های مختلف را نشان می‌دهد، می‌توانید مشاهده و مقایسه کنید.



شکل ۹.

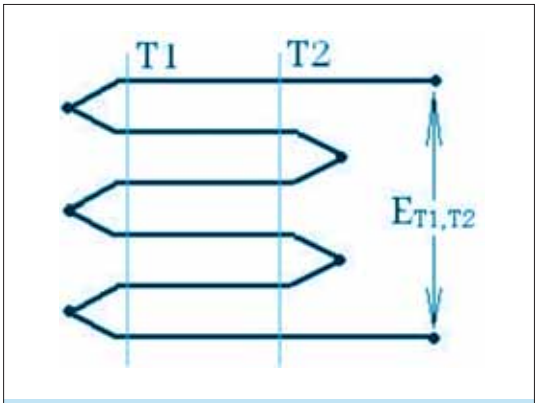
چنانکه گفتــه شــد ترموکوپل‌ها فقط در محــدودهٔ خطی منحنی‌شــان کاربرد دارند به‌همین دلیــل اگر در آن محدوده بر اثر خطاهای آزمایشــگاهی نقاط پرتی به‌دســت آمده باشد بهترین خط را رســم می‌کننــد، مانند آنچه در شــکل (۱۰) مشاهده می‌کنید (مبحث خطی کردن منحنی)[6]

شکل ۱۰. خطی رکدن منحنی ها

کاربردهای ترموکوپل‌ها

- ساخت ترموپیل‌ها:

چنانکه ذکر شد ترموکوپل‌ها مولد ولتاژ هستند ولی میزان ولتاژ تولیدی آن‌ها کم اســت. جهت ایجاد ولتاژ بیشتر، چند ترموکوپل را به صورت سری به‌هم می‌بندند که این مجموعه را «ترموکوپل مرکب یا ترموپیل» می‌نامند. ثابت شده است که ولتاژ خروجی n ترموکوپل یکســان n برابر ولتاژ هر یک از ترموکوپل‌ها اســت، و در صورتی که ترموکوپل‌ها یکسان نباشند آن‌گاه ولتاژ خروجی برابر مجموع ولتاژهای تولیدی ترموکوپل‌هــا می‌شــود. شــکل ۱۰ چگونگی ســری کردن ترموکوپل‌ها و ایجاد یک ترموپیل را نشان می‌دهد:



شکل ۱۱. ترموپیل

لازم به ذکر اســت که در اثر ســری بســتن ترموکوپل‌ها حساسیت اندازه‌گیری دما بالا می‌رود.

- استفاده از ترموکوپل‌ها در وسایل گازسوز:

از خاصیــت تولید ولتــاژ ترموکوپل در شــیر کنترل‌های وســایل گازسوز اســتفاده می‌کنند. بدین صورت که حسگر ترموکوپل در نزدیکی شــمعک قرار داده می‌شود و سر دیگر آن بــه یک بوبین متصل می‌گردد، به واســطهٔ جریان تولید شده بر اثر گرمای شمعک، یک میدان مغناطیسی در بوبین ایجاد می‌شود و هستهٔ بوبین را به حالت جذب نگه می‌دارد. به هر دلیلی اگر شعله خاموش شود بوبین حالت مغناطیسی خود را از دســت می‌دهد و فنری که پشــت هســته بوبین قــرار دارد بیرون می‌آید و مســیر اصلــی گاز را می‌بندد به همین دلیل اســت که موقع روشــن کردن وســایل گازسوز ترموکوپل‌دار، باید مدتی دکمه آن را نگه داشت تا ترموکوپل گرم شده و برق تولید شود و هسته بوبین را در حالت جذب نگــه دارد تا مســیر گاز باز شــود. این‌گونه اســت که وجود ترموکوپل در وســایل گازســوز از نظر ایمنی بسیار ضروری اســت زیرا در صورت قطع گاز شــبکه و بازگشت مجدد آن، از تجمــع گاز و خطر آتش‌ســوزی جلوگیری می‌کند. حتی در اجاق‌گازهــای ترموکوپل‌دار، در صورت ســر رفتن غذا و خاموش شدن شــعله، جریان گاز نیز قطع می‌گردد و بدین ترتیب از پخش گاز در محیط جلوگیری می‌شود.

بررسی ترموکوپل

- از شــکل ظاهری ترموکوپل می‌توان به ســلامت آن پی بــرد، بدین صورت که به محل اتصال دو فلز توجه کنیم که در اثر سوختگی دو فلز از هم جدا نشده باشند.

- یک راه ساده این است که محل اتصال را گرم و بلافاصله دو ســر آزاد آن را بــه یــک بلندگوی کوچــک وصل کنیم. ایجاد صدا، نتیجه برقراری جریان الکتریکی و نشانه سلامت ترموکوپل است.

پی‌نوشت‌ها
1. Thermocouple
2. Electromotive force
3. Tomas Seebeck
4. Seebeck Effect
5. Thermowell
6. Linearity

منابع

۱. توفیقی، سیدپندار، **کارگاه عملیات دستگاهی**، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۰
۲. پایاب، حسین و فاطمه مهناز محسن‌زاده، **دستگاه‌ها و روش‌های اندازه‌گیری کمیت‌های مهندسی**، کاوش، ۱۳۹۰
3. www.omega.com
4. en.wikipedia.org
5. www.Dataforth.com
6. www.kostic.niu.edu
7. www.Capgo.com
8. www.watlow.com
9. www.about-thermocouples.com
10. www.mosaic-industries.com

کاربردهای راکتورهای تحقیقاتی هسته‌ای

جعفر حیدری
دبیر فیزیک، کارشناس ارشد مهندسی هسته‌ای

چکیده

راکتورهای تحقیقاتی هسته‌ای، راکتورهای هسته‌ای کوچکی هستند که در بیشتر کشورها با توجه به کاربردهای فراوان آن و یا اهداف مدنظر سازندگان آن طراحی و ساخته شده‌اند. این راکتورها در ابعاد و توان‌های متفاوتی ساخته می‌شوند و انواع مختلفی دارند. این راکتورها برای تولید جریان الکتریسیته و چرخاندن توربین مورد استفاده قرار نمی‌گیرند بلکه کاربردهای دیگری دارند که در این مقاله به‌طور مختصر برخی از آن‌ها شرح داده می‌شود.

به‌طور کلی یک راکتور تحقیقاتی کاربردهای فراوانی دارد که برخی از آن‌ها عبارت‌اند از: ۱. جنبه آموزشی ۲. تحلیل با فعال‌سازی نوترونی ۳. تولید رادیو ایزوتوپ‌ها ۴. سن‌سنجی ۵. تبدیل یک عنصر به عنصری دیگر با استفاده از تابش ۶. پرتونگاری نوترونی ۷. مطالعه ساختار مواد ۸. چشمه پوزیترونی ۹. نوترون درمانی ۱۰. آزمایش‌های ایمنی و...

در این مقاله به طور مختصر به شرح هر یک از موارد فوق می‌پردازیم و سپس با بیان توضیحات مختصری درباره راکتور تحقیقاتی تهران و کاربردهای آن در ایران شرح مختصری خواهیم داشت.

کلیدواژه‌ها: راکتور تحقیقاتی تهران، تحلیل با فعال‌سازی نوترونی، سن‌یابی، تبدیل عناصر

۱. جنبه آموزشی راکتورهای تحقیقاتی

هر راکتور تحقیقاتی قابلیت استفاده در اهداف آموزشی و تمرینی را دارد و می‌توان به‌وسیله آن اپراتورها و دانشجویان ماهر و دانش‌آموخته‌ای را پرورش داد. این بخش با توضیح از سطوح پایین‌تر آموزش و تمرین شروع می‌شود و تا سطح دانشگاهی مهندسی هسته‌ای و آموزش اپراتور راکتورهای قدرت ادامه می‌یابد. همچنین در جلسات و ملاقات‌های عمومی و تورهای آموزشی مخصوص همگان، دانشجویان، معلمان و استادان و دیگر گروه‌های علاقه‌مند که به بازدید این‌گونه راکتورها می‌روند، مشاهدهٔ کیفیت ساختمان راکتور از نزدیک و مشاهده و معرفی تمهیدات امنیتی آن، موجب دلگرمی آن‌ها می‌شود و تأثیر اطمینان‌بخشی در آن‌ها به‌وجود می‌آید. این بازدیدها با معرفی آزمایش‌ها و فعالیت‌های مختلف در بازدیدکنندگان و دانشجویان ایجاد علاقه می‌کند. این بازدیدها می‌تواند در حد یک بازدید ساده برای عموم شامل پیاده‌روی و گردش و بازدید جزئی تا بازدید کامل و مفصل برای دانش‌آموزان و دانشجویان رشته‌های مرتبط به هسته‌ای باشد.

۲. تحلیل با فعال‌سازی نوترونی

تحلیل با فعال‌سازی نوترونی[1] NAA بیشتر یک تحلیل کیفی عناصر است. تحلیل نمونه به روش فعال‌سازی نوترونی (NAA) به‌عنوان یک روش کارآمد برای تحلیل نمونه‌های مختلف و تعیین کیفی و کمی عناصر موجود در نمونه به‌کار می‌رود. اساس این روش به این‌گونه است که عناصر مختلف موجود در نمونه در اثر تابش‌دهی با نوترون در راکتور تحقیقاتی هسته‌ای

به ایزوتوپ‌های پرتوزا تبدیل می‌شوند. تابش‌دهی ایزوتوپ‌های پایدار که اکثر عناصر تشکیل‌دهنده نمونه‌های معدنی، مواد زیست‌شناختی و... را تشکیل می‌دهند با نوترون‌گیری مواد پرتوزا تولید می‌کند. این عناصر پرتوزا متناسب با نیمهٔ عمرشان که از ثانیه تا سال متغیر است شروع به واپاشی می‌کنند که بیشتر این واپاشی‌ها با گسیل پرتو گاما با انرژی مشخص صورت می‌گیرد. به‌منظور تشخیص منبع این پرتوهای گاما بلافاصله مشخصات آن‌ها به‌وسیله آشکارساز نیمرسانا اندازه‌گیری می‌شود. از آنجا که هر رادیو ایزوتوپ، پرتو گاما با طول موج یا انرژی مشخصی گسیل می‌کند بنابراین پرتوهای گامای منتشر شده مشخصهٔ ایزوتوپ‌های تشکیل‌دهنده و در نتیجه بیانگر عناصر موجودند. این یک روش مؤثر برای تعیین همزمان ۳۰-۲۵ جزء ماتریسی کوچک و بزرگ با دقت ppm و ppb در نمونه‌های زمین‌شناسی، محیطی و زیست‌شناسی به‌شمار می‌رود که کاربرد بسیار مهمی است و در اکثر راکتورهای تحقیقاتی در اکثر کشورهای هسته‌ای پیشرفته مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تقریباً هر راکتور تحقیقاتی با قدرت چند ده کیلووات به بالا توانایی تابش نوترون برای تحلیل نمونه‌ها را دارد. چون شناسایی عناصر و تشخیص آن و ارزیابی غلظت و مقدار آن در نمونه کاربرد فراوان و بسیار مهمی دارد، این روش می‌تواند سودهای کلان اقتصادی داشته باشد. بنابراین به تحلیل با فعال‌سازی نوترونی نمونه‌ها می‌توان به‌عنوان یک مؤلفه کلیدی بسیاری از طرح‌های راهبردی راکتورهای تحقیقاتی نگاه کرد. در شکل (۱) مراحل استفاده از شیوه فعال‌سازی نوترونی به همراه توضیحات آن نمایش داده شده است.

شکل ۱. نمایشی از شیوه فعال‌سازی نوترونی

۳. تولید رادیو ایزوتوپ

ایزوتوپ‌های مهم را، که معمولاً کاربرد تجاری و موارد استفادهٔ بسیار دارند، عمدتاً در راکتورها تولید می‌کنند و نیاز به سرمایه‌گذاری اساسی دارد. تولیدکنندگان ایزوتوپ باید تحلیل هوشمندانه‌ای از قیمت‌های بازار بین‌المللی و بازارهای واقع در منطقه خودشان و همین‌طور میزان مصرف در کشور و منطقه انجام می‌دهند و سپس اقدام به طراحی و ساخت قسمت‌های اصلی و تأسیسات مربوطه کنند.

در هر حال تأسیسات راکتورهای تحقیقاتی توانایی تابش مواد برای تهیه ایزوتوپ‌های خاص در مقدار کم را دارند. به این طریق آن‌ها می‌توانند حداقل نیازمندی‌های کاربران حوزهٔ خود (مثلاً یک دانشگاه یا پژوهشگاه علمی) را برآورده کنند.

در چرخه‌های مختلف کاری یک راکتور تحقیقاتی باید هم ایزوتوپ‌هایی که عمر کمی دارند و هم ایزوتوپ‌هایی که عمر بیشتری دارند، تولید شوند. این کار با گیراندازی شار نوترون و استفاده از آن در راکتورهای تحقیقاتی با هر سطح قدرت و با هر امکاناتی از تابش، صورت می‌گیرد (مثل انتقال بادی، انتقال هیدرولیکی، بسته‌های تابش در قلب یا در لوله‌های پرتو) و به همین نحو توانایی بر هم کنش عناصر با تابش نوترون گرمایی و سریع برای تولید رادیوایزوتوپ‌ها باید در دسترس باشد. علاوه بر این، به یک دستگاه طیف‌نمایی گاما برای اندازه‌گیری با کیفیت و مطمئن سطوح فعالیت و اندازه‌گیری خلوص رادیوایزوتوپ نیاز داریم. قطعاً برای کارهای تجاری یک برنامه کنترل کیفی نیز لازم است.

در طراحی و ساخت راکتور باید احتمال وقوع اتفاقات غیرعادی و ایمنی آن مشخص شود. رادیو ایزوتوپ‌های دارویی نیز برای استفاده‌های مخصوص در پزشکی با توجه به نوع آن در دستگاه تابش‌دهی در داخل راکتور تولید می‌شوند. استفاده از این رادیو ایزوتوپ‌ها بر روی انسان در پزشکی برای درمان و همین‌طور در حیوانات برای انجام آزمایش‌ها، نیاز به تجهیزات مخصوص و شرایط ایمنی ویژه‌ای دارد که برای این کار باید از سازمان‌های متولی این امر نیز نظر خواسته شود. در شکل (۲) نمونه‌ای از این رادیو ایزوتوپ‌ها نشان داده شده است.

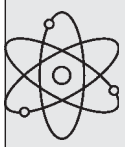
شکل ۲. رادیو ایزوتوپ‌های تولید شده در راکتور تحقیقاتی

در چرخه‌های مختلف کاری یک راکتور باید هم ایزوتوپ‌هایی که عمر کمی دارند و هم ایزوتوپ‌هایی که عمر بیشتری دارند، تولید شوند

۴. سن‌یابی

سن‌سنجی و تعیین قدمت یک نمونهٔ باستانی یکی از کاربردهای مختلف تخصصی از راکتورهای تحقیقاتی است. برای انجام این کار راکتور باید در سطوح قدرت معقولانه و تنظیم شده‌ای قرار بگیرد. علاوه بر تجهیزات و امکانات موجود در راکتور نیاز به امکانات خاصی از قبیل دستگاه‌های خاص اندازه‌گیری قطر داخلی نمونه‌ها نیز هست. این برآورد سن با

با استفاده از تابش نوترون و تابش گاما می‌توان با تبدیل عناصر در خواص مواد تغییر ایجاد کرد که کاربردهای فراوانی دارد و این کاربرد از راکتورهای تحقیقاتی شامل تمامی این موارد می‌شود



استفاده از روش‌های مختلفی از قبیل سن‌سنجی با آرگون، سن‌سنجی با زنجیره شکافت اورانیم و... صورت می‌گیرد.

۴-۱ سن‌یابی با آرگون

یک روش سن‌یابی است که در آن سن مقادیر بسیار کم (در حدود میلی‌گرم) مواد معدنی با استفاده از واپاشی پتاسیم طبیعی به آرگون سنجیده می‌شود. آرگون ۴۰ پرتوزا، از واپاشی‌هایی از قبیل واپاشی پتاسیم ۴۰ تولید می‌شود. بنابراین با استفاده از تعیین مقدار آرگون ۴۰ نسبت به مقدار پتاسیم مادر، می‌توان عمر نمونه‌ها را تخمین زد. در این روش، نخست با استفاده از قرار دادن نمونه‌ها در راکتور، واکنش : $^{39}K\ (n,p) \rightarrow {}^{39}Ar$ صورت می‌گیرد. در نتیجه مقدار آرگون ۳۹ همان مقدار پتاسیم ۳۹ است. سپس با استفاده از گازهای تولید شده در دستگاه طیف‌سنجی می‌توان نسبت آرگون ۳۹ به آرگون ۴۰ را در نمونه اندازه گرفت. با مقایسه این نسبت و با توجه به نیمه عمر واپاشی طبیعی پتاسیم ۴۰ می‌توان عمر نمونه را تخمین زد. با این روش عمر نمونه‌هایی از ۲۰۰۰ سال تا عمری در حد عمر کره زمین را بسته به طبیعت نمونه، می‌توان اندازه گرفت. به دلیل اینکه تجهیزات خاص لازم برای عمرسنجی، بسیار پرهزینه‌اند، برای ارزیابی مقادیر و انجام سن‌یابی فقط حدود ٦ آزمایشگاه در جهان وجود دارد. نمونه‌ها را بعد از تابش در راکتور باید برای بررسی به این آزمایشگاه‌ها فرستاد.

۴-۲ روش سن‌یابی با زنجیره شکافت اورانیم

از این روش برای سن‌یابی مواد معدنی که حاوی اورانیم هستند، آپادیت‌ها و زیرکون‌ها، استفاده می‌شود. آپادیت‌ها فسفات کلسیم هستند که در گرافیت‌ها و سنگ‌های دگرگون شده موجودند. زیرکون نیز سیلیکات زیرکونیم است که معمولاً در سنگ‌های مشابه یافت می‌شود. سن این نمونه، با شمارش زنجیره‌های شکافت از واپاشی خود به خودی اورانیم۲۳۸ تعیین می‌شود. این زنجیره از زمان شروع شکافت تا زمان خاتمه آن است. ابتدا نمونه را در یک راکتور تحقیقاتی مورد تابش قرار می‌دهند. اورانیم ۲۳۸ شکافته و مقدار آن کم می‌شود. با تفاوت مقدار قبل و بعد از ورود نمونه به راکتور غنای اورانیم را مشخص می‌کنند و عمر نمونه سنجیده می‌شود.

۵. تبدیل عناصر

با استفاده از تابش نوترون و تابش گاما می‌توان با تبدیل عناصر در خواص مواد تغییر ایجاد کرد که کاربردهای فراوانی دارد و این کاربرد از راکتورهای تحقیقاتی شامل تمامی این موارد می‌شود. برای ایجاد تبدیل در مواد معمولاً مواد در تابش داخل راکتور نیازمند به شار زمان نوترون زیاد است تا در یک دوره زمانی مناسب القای مؤثری را روی ماده مورد نظر داشته باشد. بنابراین برای تبدیل مواد به راکتورهای تحقیقاتی با قدرت‌های متوسط به بالا نیازمندیم.

۵-۱ انواع تبدیلات مورد استفاده

۱. تولید ناخالصی در سیلیسیم ۲. تابش مواد با استفاده از تابش نوترون و یا با تابش گاما ۳. آزمون سلاح‌ها ٤. تغییر رنگ سنگ‌های گرانبها ۵. تبدیل آکتینیدها.

سال‌های زیادی طول کشید تا این موضوع که از لحاظ نظری امکان دارد برخی از اکتینیدهای پرعمر با مصرف در سوخت هسته‌ای به محصولاتی با عمر کوتاه تبدیل شود. نتیجه این کار کاهش میزان خطر دفع مواد زائد با عمر طولانی است. در راستای این امر چند راکتور برای برخی از آکتینیدها طراحی شده است اما هیچ‌کدام هنوز برای این هدف خاص ساخته نشده‌اند. این امکان وجود دارد که برخی از این راکتورها برای تابش بر روی صفحات سوخت و یا عناصر، مورد استفاده قرار گیرند.

سیلیسیم به‌عنوان یک نیمرسانا، استفادهٔ فراوانی در صنعت الکترونیک دارد و امروزه با پیشرفت این صنعت و افزایش استفاده از مدارهای مجتمع برای کوچک کردن مدارها با استفاده از ناخالصی در داخل سیلیسیم. این جنبه از کاربرد راکتورها برای کشورهای صنعتی بسیار مهم و پر سود شده است. تولید ناخالصی با تبدیل نوترونی (NDT[۲]) بر روی سیلیسیم فرایندی است که در آن سیلیسیم خالص در قلب راکتور تحقیقاتی مورد تابش نوترون‌های گرمایی قرار می‌گیرد و با استفاده از این تابش مقداری از سیلیسیم با یک واکنش نوترون‌گیری و گاما به فسفر تبدیل می‌شود که به‌صورت ناخالصی در سیلیسیم وجود دارد. مزیت این روش هسته‌ای بر روش‌های دیگر غیرهسته‌ای، تولید ناخالصی قدرت نفوذپذیری نوترون در سیلیسیم است. با این روش در سال می‌توان صدتن محصول به‌دست آورد که البته با امکانات و تجهیزات بزرگ‌تر و بیشتر می‌توان آن را به بیست الی سی‌تن در سال افزایش داد.

برای ایجاد تغییر در ماده بر اثر تابش با توجه به نوع تابش، ماده را در داخل راکتور تحقیقاتی قرار می‌دهند

تابش نوترونی را در موارد زیر مورد استفاده قرار می‌دهند:

۱. در موادی همچون فولاد محفظهٔ پرفشار راکتور قدرت، برای آزمون آن‌ها می‌توان اثرات تابش نوترون روی آن‌ها را بررسی کرد. ۲. اجزای الکترونیکی ۳. مواد موجود در راکتور که در دمای بالا کار می‌کنند. مثل گرافیت ٤. مواد مورد استفاده برای منابع نوترونی ریز مثل مواد پنجره‌ای ۵. مواد مورد استفاده در راکتورهای همجوشی هسته‌ای تابش گاما: با سرمایه‌گذاری کم روی تأسیسات تابش گاما می‌توان به آسانی از راکتور تحقیقاتی برای تابش اهدافی مثل تخم‌های گیاهان و حبوبات مورد نیاز برای اصلاح و بهبود ژنی آن‌ها استفاده کرد.

۵-۲ آزمون سختی و مرغوبیت سلاح‌ها

این آزمون یکی از کاربردهای نخستین این راکتورها است. ولی امروزه استفاده از این راکتورها برای آزمایش میزان مقاومت در برابر تابش و یا آزمون میزان سختی، نباید به‌عنوان طرحی راهبردی از راکتورهای تحقیقاتی انتظار رود. در حوزه جنگ سرد، پیدا کردن مواد مختلف به‌ویژه اجزای الکترونیکی مقاوم در برابر نوسان‌های تابش نوترون و گاما بسیار مهم است. چند راکتور نیز بدین منظور ساخته شده‌اند و واضح است که این امکانات مخصوص هر دولت با توجه به پیشرفت علمی آن است و علمی است بومی هر کشور که باید در آن ایجاد گردد.

۵-۳. تغییر رنگ سنگ‌های گرانبها

بعضی از سنگ‌های گرانبها را برای بهبود ویژگی‌هایشان از جمله تغییر رنگ و زیباتر کردن رنگشان و همین‌طور افزایش قیمت آن‌ها تحت تابش نوترونی قرار می‌دهند. اغلب این روش برای یاقوت زرد به‌کار می‌رود.

۵-۴ بازمصرف آکتینیدها

در مورد امکان تبدیل برخی از آکتینیدهای با عمر طولانی هنگام مصرف در سوخت هسته‌ای به محصولاتی با عمر کوتاه، سال‌های زیاد بررسی و پژوهش شده است. نتیجه این کار کاهش میزان خطر دفع مواد زائد با عمر طولانی باقی‌مانده از سوخت‌های مصرف شدهٔ هسته‌ای در راکتورهای قدرت است. در راستای تحقق بخشی به این امر، چنان‌که گفتیم چند راکتور تحقیقاتی برای برخی از آکتینیدها طراحی شده اما هیچ راکتوری هنوز صرفاً فقط به‌منظور استفاده از این هدف خاص ساخته نشده است.

۶. پرتونگاری نوترونی

دو نوع پرتونگاری نوترونی مورد استفاده قرار می‌گیرد که عبارت‌اند از: پرتونگاری نوترونی ساکن و پرتونگاری متحرک

پرتونگاری ساکن تولید یک تصویر بر روی فیلمی است که در معرض تابش ثانویه نوترون قرار می‌گیرد. نمونه را در داخل راکتور قرار می‌دهیم. نوترون‌های موجود در راکتور به داخل نمونه نفوذ می‌کنند و جذب سطوح جاذب نوترون می‌شوند و نوترون‌های جذب نشده به فیلم می‌رسند. با این کار، قطعه هرگونه نشت و یا ترکی داشته باشد در مقدارهای بسیار ریز تشخیص داده و مشخص می‌شود.

پرتونگاری متحرک: در این پرتونگاری از انرژی سنج‌های هندسی و فیلترهای انرژی نوترون، دریچه‌ها و یک دستگاه تلویزیونی که قادر به تهیه تصاویر با کیفیت است، استفاده می‌شود.

توموگرافی

توموگرافی نوترون همان پرتونگاری آنی است با این تفاوت که در توموگرافی یک تحلیگر رایانه‌ای داریم که قادر است تصاویر سه بعدی تولید کند.

۷. مطالعه ساختار مواد

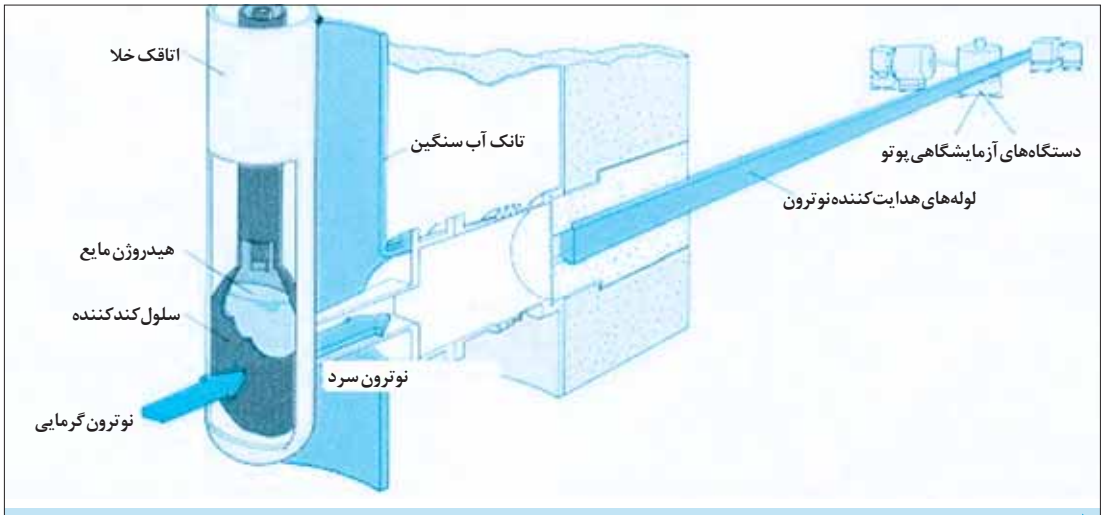
با استفاده از راکتورهای تحقیقاتی با قدرت‌های متفاوت می‌توان بر روی مواد و ویژگی‌های آن‌ها مطالعه کرد. از راکتورهای با قدرت کم تا جایی‌که امکان مطالعه مواد را دارد استفاده می‌شود. راکتورهای با قدرت متوسط و قوی برای این کار، کارآمدترند. خیلی از راکتورهای تحقیقاتی پرقدرت اساساً به‌منظور انجام مطالعه روی مواد طراحی و ساخته شده‌اند. برای انجام این کار از نوترون‌های تولید شده از راکتور به‌وسیله دریچهٔ پرتو استفاده می‌شود. از این‌رو نوترون‌ها از انرژی‌های کمتر از گرمایی تا چند مگا الکترون ولت هستند. از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود تا از نوترون‌هایی که در یک نوار کوچک انرژی هستند برای انجام آزمایش استفاده شود. سپس این نوترون‌ها را به نمونه می‌تابانند و این نوترون‌ها با برهم کنش با نمونه‌ها در طیف گسترده‌ای بنا به نیاز از ابزار مختلف، طیف‌سنج و آزمایش‌های پراکندگی نوترون و طیف‌سنجی سنجیده می‌شوند. در طیف‌سنجی نوترونی آزمایش‌های متعدد فیزیک، شیمیایی، زیست‌شناختی و علم مواد صورت می‌گیرد. از نوترون‌های سرد نیز برای بررسی ساختار لایه‌بندی شده‌ای از پلیمرها استفاده می‌شوند. به نوترون‌هایی با طول موج بیشتر از چهار آنگستروم مربوط به پراش براگ در اتم‌های بریلیم است و می‌توان آن‌ها را از راکتورهای تحقیقاتی به‌دست آورد. بازتاب آینه‌ای نوترون‌های سرد و ابرسرد از لایه‌های نازک، اطلاعات مفیدی را در مورد ساختار فیزیکی و شیمیایی این لایه‌ها فراهم می‌آورد که ابزار مفیدی برای مطالعهٔ ساختار سطوح است.

۸. چشمهٔ پوزیترونی و تولید پوزیترون

پوزیترون یا پادذره الکترون (ذره‌ای که تنها اختلاف آن با الکترون بار مثبت آن است) به‌عنوان ذرهٔ فرودی، برای شناسایی عیوب با تراکم کم مواد مناسب و مفید است. فیزیک‌دانان به طور کلی پرتوهای پوزیترون را در روش نابود کردن پوزیترون و توزیع آن در ماده در مورد، نقص‌های موضعی، لایه‌های نازک و فصل مشترک مواد استفاده کنند. علاوه بر این، پرتو پوزیترون می‌تواند برای شناسایی نقص موجود در مواد در مقیاس جانبی کوچک‌تر از میکرومتر به‌کار رود. به همین ترتیب می‌توان تهی‌جاهای داخل مواد را در یک حالت سه‌بعدی با استفاده از آن بررسی کرد.

به دست آوردن پرتو پوزیترون موضوع ظریف و حساسی است. از میدان‌های الکترواستاتیکی برای به‌دست آوردن پوزیترون از سطح تنگستن استفاده می‌شود. فرایندهای تشکیل پوزیترون عبارت‌اند از پرتوزایی مصنوعی و برهم کنش پرتوهای گامای پرانرژی وابسته به آن‌ها با هسته‌های

دو نوع پرتونگاری نوترونی مورد استفاده قرار می‌گیرد که عبارت‌انداز: پرتونگاری نوترونی ساکن و پرتونگاری متحرک



شکل ۳. نمایشی از تجهیزات مربوط به استفاده از نوترون سرد

اتم‌های مختلف که می‌توان آن‌ها را با تاباندن نوترون در داخل راکتورهای هسته‌ای به‌دست آورد. پوزیترون‌های باکیفیت با استفاده از تاباندن نوترون سرد به این اتم‌ها به‌دست می‌آیند.

شاید طول انتشار پوزیترون در حدود ۵۰ نانومتر باشد. (این به این معنی است که تقریباً تمامی پوزیترون در هنگام خروج از سطح تا مسافت ۵۰ نانومتر منتشر می‌شود). پوزیترون حاصل بیشتر از طریق هدایت‌کننده‌های مغناطیسی، جابه‌جا می‌شود. در شکل (۳) نمایی کلی دستگاه مخصوص استفاده از نوترون‌های سرد است. دستگاه به‌نحوی طراحی شده است که نوترون با عبور از هیدروژن مایع در دمای صفر مطلق (منفی ۲۵۳ درجه سانتی‌گراد) تبدیل به نوترون سرد شده و سرعت آن کاهش یابد.

۹. نوترون درمانی با جذب نوترون

وقتی ^{10}B یک نوترون جذب می‌کند، یک ذره آلفای به شدت یونیده گسیل می‌کند که بردی برابر با قطر یک سلول دارد. بنابراین، این روش درمان با جذب نوترونی بور (BNCT[۳]) است و می‌توان در داخل تومور ترکیبی از بور قرار داد و به آن نوترون تاباند.

اگر شرایط مناسب و دوز تومور بسیار بالاتر از بقیه بافت اطراف آن باشد، به نابودی سلول‌های تومور می‌انجامد.

استفاده از نوترون‌های گرمایی در محل تومور مورد نظر به‌دلیل احتمال بیشتر واکنش بور با نوترون‌های گرمایی بسیار بیشتر و مناسب این کار است. بنابراین، برای سطح و یا تومورهای سطحی از تابش نوترون‌های گرمایی استفاده می‌شود. برای سلول‌های توموری که در عمق چند سانتی‌متری‌اند می‌توان با تابش نوترون نیمه سریع که پس از عبور از سلول‌های سطحی نوترون گرمایی تبدیل می‌شوند استفاده کرد. نوترون گرمایی

استفاده از نوترون‌های گرمایی در محل تومور مورد نظر به‌دلیل احتمال بیشتر واکنش بور با نوترون‌های گرمایی بسیار بیشتر و مناسب این کار است

همچنین برای تحقیقات مربوط به کشت سلولی یا تابش به حیوانات کوچک مفید است.

در حال حاضر کاربردی‌ترین درمان با استفاده از جذب نوترون، استفاده از ترکیبات بور است با این حال، سایر ترکیبات نیز می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. اکثر پژوهش‌های نوترون درمانی بر روی درمان ملانوم بدخیم و تومورهای مغزی، متمرکز است.

راکتور تحقیقاتی تهران

ساخت راکتور تحقیقاتی تهران در سال ۱۳۴۰ توسط شرکت AFM[۴] در منطقه امیرآباد تهران آغاز شد. عملیات ساختمانی و سوخت‌گذاری ۶ سال به‌طول انجامید و سرانجام در روز ۲۰ آبان ماه سال ۱۳۴۶ بحرانی شد. این راکتور ابتدا زیر نظر دانشکده علوم دانشگاه تهران بوده و از سال ۱۳۵۳ با تأسیس سازمان انرژی اتمی ایران، اداره و بهره‌برداری از آن به سازمان انرژی اتمی ایران منتقل گردید. سوخت این راکتور از نوع MRT[۵] است.

مشخصات عمومی راکتور تحقیقاتی تهران

راکتور تحقیقاتی تهران با اهداف زیر مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد:

۱. تولید رادیو ایزوتوپ‌هایی که کاربرد صنعتی و پزشکی دارند؛

۲. انجام نیازهای پژوهشگران هسته‌ای کشور؛

۳. در اختیار گذاشتن منبع نوترونی قوی برای کابردهای مختلف نوترون؛

۴. آموزش و تجهیز نیروی انسانی متخصص برای بخش‌های مختلف صنعت هسته‌ای کشور.

این راکتور از نوع استخری و غیرهمگن است و برای حداکثر

راکتور هسته ای تحقیقاتی تهران

قدرت MW ۵ طراحی شـده اسـت. آب سبک در این راکتور نقش خنک‌کننده، کندکننده و حفاظ زیست‌شـناختی را بر عهده دارد. اسـتخر از سیمان و بتون آرمه ساخته شده و لایهٔ داخلی آن فولاد ضدزنگ است. استخر راکتور دارای دو بخش مرتبط با هم است که قلب[6] راکتور در هر کدام از آنان می‌تواند قـرار گیـرد. در یک بخش، تسـهیلاتی جهـت آزمایش‌های پرتودهی مانند لوله‌های پرتودهی تعبیه شـده اسـت که این بخش را ناحیه بسته[7] می‌نامند. از بخش دوم که فضای اطراف قلب فقط محتوی آب اسـت می‌توان جهت مطالعات مربوط به اندازه‌گیری میزان پرتو و دیگر کاربردها اسـتفاده کرد. این بخش ناحیه باز[8] نامیده می‌شـود. سـاختمان محفظه ایمنی راکتور به شکل گنبدی و استوانه قائم با قطر حدود ۳۰ متر و ارتفاع حدود ۱۴ متر است. مساحت مقطع گنبد راکتور ۷۰۰ متر مربع با دیواری به ضخامت متغیر از ۸۰ سانتی‌متر تا ۱/۸۰ متر است.

مشخصات قلب و سوخت راکتور

صفحهٔ نگهدارنده از یک شـبکه آلومینیمی دارای ۵۴ محل بالقوه برای قرارگیری میله‌های سوخت است. میله‌های سوخت هـر یک در محـل خود روی این صفحه مسـتقر می‌گردند و مجموعه آن قلب را تشـکیل می‌دهنـد. این صفحه در عمق حدود ۸ متری آب استخر قرار دارد. سوخت‌ها در آرایش‌های مختلفی از بسته‌های سوخت و بسته‌های بازتاباننده گرافیتی و میله‌های کنترل در داخل قلب قرار می‌گیرند. سوخت اولیه ایـن راکتور آلیاژی از آلومینیم و اورانیـم با درصد غنای بالا[9] یعنی غنای ۹۳ درصد اورانیوم ۲۳۵ بوده است. در سال ۱۳۷۲ سوخت راکتور از درجه غنای بالا به درجه غنای پایین[10] تبدیل گردیـد و از آن تاریخ راکتور با سـوخت جدیـد کار می‌کند. ترکیب سوخت جدید به‌صورت U_3O_8Al است.

دستگاه خنک‌کننده راکتور تحقیقاتی تهران

قـدرت اسـمی راکتور تحقیقاتی تهران MW ۵ اسـت و در قدرت‌های بالای KW ۱۰۰ گرمای تولید شـده در سـوخت توسـط یک دسـتگاه خنک کننـده مبتنی بر خنک‌سـازی واداشته[11] برداشت می‌شـود. این مدار خنک‌کننده شامل دو مدار اولیه و ثانویه اسـت. گرمای تولیدی در سـوخت راکتور توسط مدار اولیه خنک‌کننده برداشت و توسط مبدل گرمایی به مدار ثانویه منتقل شده و سرانجام توسط برج خنک‌کننده در هوای اطراف خنک می‌گردد.

دستگاه حفاظ و کنترل راکتور

دستگاه حفاظت و کنترل راکتور دو وظیفه مهم بر عهده دارد که عبارت‌اند از:

۱. حفاظـت راکتور در مقابل عملکرد مناسـب و خطاهای احتمالی دستگاه

۲. راه‌اندازی صحیح راکتور و کنترل زنجیره شـکافت در هر لحظه از زمان.

این دسـتگاه بایستی راکتور را به‌طور خودکار تحت هرگونه شرایط غیرعادی و نامناسب فوراً خاموش کند. کنترل راکتور توسط ۵ میله کنترل[12] انجام می‌گردد.

از ایـن پنج میله کنترل یک نوع آن میله تنظیم کننده[13] و چهار نوع آن از نوع میله‌های کنترل ایمنی[14] هستند. میله‌های کنترل ایمنـی از آلیاژی از جنس نقـره (۸۰ درصد)، ایندیم (۱۵ درصد) و کادمیم (۵ درصد) سـاخته شده‌اند. این مواد به شـدت جاذب نوترون‌اند و در مواقع خطر و یا خاموشی راکتور با داخل کردن این میله‌ها در داخل راکتور نوترون‌های حاصل از شـکافت جذب شـده و مانع ادامه زنجیره شکافت اورانیوم می‌شـوند. میله کنترل تنظیمی از جنس فولاد ضدزنگ بوده و به‌گونه‌ای طراحی شـده است که با جذب مقدار کم نوترون قدرت راکتور را تنظیم کند.

نتیجه‌گیری

راکتورهای تحقیقاتی در دنیای امروزی و با توجه به پیشرفت فنـاوری علوم مختلـف کاربردهای مهم و فراوانـی دارند که اسـتفاده از این کاربردها برای کشور ما نیز چون دارای یکی از این راکتورهای تحقیقاتی هسـته‌ای هسـتیم فراهم است. برای اسـتفاده از این راکتور ما نیاز به سـوخت هسـته‌ای با اورانیمی به غنای ۲۰ درصد هستیم. سال‌هاست که کشورهای تأمین‌کننده قبلی این سوخت از تحویل این سوخت به کشور خودداری می‌کنند.

خوشـبختانه با تلاش دانشـمندان و مسـئولان کشور و با توجه به پیشرفت علم هسته‌ای و غنی‌سازی اورانیم در کشور متخصصان این امر در داخل کشور موفق به غنی‌سازی اورانیم با غنای ۲۰ درصد شـده و سپس سـاخت میله‌های سوخت این راکتور شـده‌اند. با این کار بسـیار مهم نیاز کشورمان به کشـورهای خارجی برای واردات این سوخت مهم قطع شده اسـت. در انتها برای کلیه زحمت‌کشـان در عرصهٔ هسـته‌ای کشـور آرزوی موفقیت و به‌خصوص برای شـهدای هسته‌ای آرزوی غفران و رحمت الهی دارم.

پی‌نوشت‌ها

1. Neutron activation analysis
2. Neutron transmutation doping
3. boron neutron capture therapy
4. American Machine & Foundry co
5. Material testing reactor
6. Core
7. Stall end
8. Open pool
9. High enriched uranium
10. Low enriched uranium
11. Forced cooling
12. Control fuel element
13. Regulatingrod
14. Shim safety rod

آموزشی

نمایشگر پلاسما چگونه کار می‌کند؟

درون یک نمایشگر پلاسما

ترجمهٔ فاطمه ثابتیان و هاجر فریدونی
دبیر آموزش‌وپرورش منطقه ۱۵ تهران

مقدمه

گازهای زنون و نئون موجود در تلویزیون پلاسما شامل صدها هزار سلول ریزی هستند که بین دو سطح شیشه‌ای قرار گرفته‌اند. الکترودهای زیادی نیز بین سطوح شیشه‌ای، در دو طرف سلول‌ها به شکل ساندویچ شده‌اند. الکترودهای آدرس در پشت سلول‌ها، در امتداد صفحهٔ شیشه‌ای عقبی قرار دارند. الکترودهای نمایشگر شفاف که با مادهٔ دی‌الکتریک نارسانا احاطه شده و با یک لایهٔ محافظ اکسید منیزیم پوشش داده شده‌اند و روی سلول‌ها، در امتداد صفحهٔ شیشه‌ای جلویی قرار گرفته‌اند.

هر دو مجموعه الکترودها در سرتاسر صفحه گسترش یافته‌اند. الکترودهای نمایشگر در ردیف‌های افقی به موازات صفحه و الکترودهای آدرس در ستون‌های عمودی مرتب شده‌اند. همان‌طور که در نمودار زیر مشاهده می‌کنید، الکترودهای عمودی و افقی یک شبکهٔ بنیادی را تشکیل می‌دهند.

برای یونیزه کردن گاز داخل یک سلول خاص، رایانهٔ نمایشگر پلاسما الکترودهایی را شارژ می‌کند که در آن سلول به یکدیگر برخورد می‌کنند. این کار هزاران بار در کسری از ثانیه انجام می‌شود و هر سلول را به ترتیب شارژ می‌کند.

کلیدواژه‌ها: نمایشگر پلاسما، پیکسل، نمایشگر LCD

وقتی الکترودهای برخوردکننده (با اختلاف پتانسیل بین آن‌ها) شارژ شدند، یک جریان الکتریکی در گاز درون سلول وجود دارد. همان‌طور که در بخش پیش دیدیم، جریان الکتریکی، شار سریعی از ذرات باردار را تولید می‌کند که اتم‌های گاز را برانگیخته می‌کند تا فوتون‌های فرابنفش گسیل کنند. فوتون‌های فرابنفش آزاد شده با مادهٔ فسفری که در دیوارهٔ داخلی سلول پوشش داده شده‌اند برهم‌کنش می‌کنند. **فسفرها** موادی هستند که وقتی در معرض نور دیگری قرار بگیرند نور گسیل می‌کنند. وقتی یک فوتون فرابنفش به یک اتم فسفر داخل سلول برخورد کند، یکی از الکترون‌های فسفر به تراز انرژی بالاتر اتم می‌پرد و اتم گرم می‌شود. حال اگر الکترون به تراز انرژی معمولی برگردد، همان انرژی را به شکل **فوتون نور مرئی** آزاد می‌کند.

فسفرهای درون نمایشگر پلاسما وقتی نور رنگی گسیل می‌کنند که برانگیخته شوند. هر **پیکسل** از سه سلول زیرپیکسل مجزا با فسفرهای به رنگ مختلف ساخته شده است. یک زیرپیکسل دارای فسفر نور قرمز، زیرپیکسل دیگر دارای فسفر نور سبز و دیگری دارای فسفر نور آبی است. ترکیب این رنگ‌ها با هم، رنگ کلی پیکسل را تولید می‌کند.

با تغییر تپ‌های جریان عبوری از سلول‌های مختلف، دستگاه کنترل می‌تواند شدت نور رنگی هر زیرپیکسل را زیاد یا کم کند تا صدها ترکیب مختلف از نورهای قرمز و سبز و آبی تولید شود. به این ترتیب، دستگاه کنترل می‌تواند رنگ‌های سراسر طیف را تولید کند.

مزیت اصلی فناوری نمایشگر پلاسما آن است که می‌توانید یک صفحه نمایش خیلی پهن را با استفاده از مواد بسیار نازک تولید کنید و چون هر پیکسل جداگانه روشن می‌شود، تصویر خیلی درخشان است و تقریباً از هر زاویهٔ دید خوب به‌نظر می‌رسد. کیفیت تصویر به‌خوبی استاندارد بهترین دستگاه‌های لامپ پرتو کاتدی نیست، امّا بدون شک پاسخگوی درخواست‌های بیشتر مردم است.

بزرگ‌ترین عیب این فناوری قیمت بالای آن است. با این همه، با افت قیمت‌ها و پیشرفت در فناوری به این معناست که نمایشگر پلاسما ممکن است به‌زودی بر دستگاه‌های قدیمی CRT پیشی بگیرد.

بسیاری از اولین نمایشگرهای پلاسما در بازار، از نظر فنی تلویزیون محسوب نمی‌شدند، زیرا آن‌ها تیونر تلویزیون را نداشتند. تیونر تلویزیون ابزاری است که سیگنال تلویزیون (یعنی سیگنالی که از سیم کابل وارد می‌شود) را دریافت می‌کند و با تفسیر آن تصویر ویدئویی را تولید می‌کند.

این نمایشگرهای پلاسما مانند نمایشگرهای LCD درست نمایشگرهایی بودند که سیگنال ویدئویی استاندارد را نشان می‌دادند. برای تماشای تلویزیون از طریق آن‌ها شما باید آن‌ها را با واحد مجزایی به برق وصل کنید که مانند یک VCR دارای تیونر تلویزیون مخصوص به آن نمایشگر است. امروزه، اکثر دستگاه‌های با نمایشگر پلاسما که می‌توانید در فروشگاه‌های الکترونیکی خریداری کنید تلویزیون‌های پلاسما با تیونرهای تلویزیون دیجیتال هستند.

نمایشگرهای LCD چگونه کار می‌کنند؟

گالری تصاویر HDTV

با تماشای یک صفحه پهن LCD با تصویر بسیار واضح، بسته به جهتی که به آن می‌نگرید، می‌توانید یکی از سه تصویر مختلف را ببینید. اکنون بیشتر درباره تصاویر HDTV بدانید.

احتمالاً، شما هر روز از اقلام و کالاهایی استفاده می‌کنید که شامل LCD (نمایشگر بلور مایع) هستند. آن‌ها همه‌جا در اطراف شما وجود دارند. در رایانه‌های لپ‌تاپ، ساعت دیواری و ساعت‌های مچی دیجیتال، کیلومترشمار یا هر دستگاه شماره‌انداز، فرهای ماکروویو، پخش‌کننده‌های CD و بسیاری از وسایل الکتریکی دیگر. LCD ها از این‌رو معمول‌اند که چند مزیت نسبت به سایر نمایشگرها دارند. آن‌ها نازک‌تر و واضح‌ترند و توان خیلی کمتر از لامپ‌های پرتو کاتدی مصرف می‌کنند.

اما این بلورهای مایع واقعاً چه چیزی هستند. نام «بلور مایع» یک چیز متناقض به‌نظر می‌رسد. آنچه ما بلور می‌دانیم یک مادهٔ جامد مانند کوارتز و معمولاً به سختی سنگ است و مایع به وضوح با آن تفاوت دارد. چطور ماده‌ای ممکن است این دو را ترکیب کند؟

در دبیرستان خوانده‌ایم که سه حالت کلی برای ماده وجود دارد، جامد، مایع یا گاز. رفتار جامدات به حرکت مولکول‌هایشان مربوط می‌شود زیرا مولکول‌های آن‌ها همیشه سمتگیری یکسانی دارند و در موقعیت یکسان نسبت به مولکول دیگری باقی می‌مانند.

مولکول‌های **مایعات** درست عکس حالت قبل است. مولکول‌های مایع می‌توانند سمتگیری خود را تغییر دهند و به هر جایی در مایع حرکت کنند. اما برخی از مواد می‌توانند در یک حالت غیرعادی باشند که تا اندازه‌ای شبیه به مایع و تا اندازه‌ای شبیه جامد است. وقتی آن‌ها در این حالت‌اند، مولکول‌هایشان مانند مولکول‌های جامد سمتگیری خود را حفظ می‌کنند، مانند مولکول‌های مایع حول موقعیت‌های مختلف نیز حرکت می‌کنند. این بدان معناست که بلور مایع نه جامد است نه مایع. به این دلیل است که آن‌ها را با نام ظاهراً متضادشان معرفی می‌کنند.

بنابراین، بلور مایع شبیه به جامدات رفتار می‌کند یا مایعات یا چیز دیگر؟ معلوم شده است که بلورهای مایع به حالت مایع‌تر نزدیک‌ترند تا به حالت جامد. برای تغییر حالت یک مادهٔ مناسب از جامد به بلور مایع به مقدار نسبتاً زیادی گرما نیاز داریم و برای تبدیل همان بلور مایع به مایع واقعی فقط اندکی بیشتر گرما لازم است. این مطلب نشان می‌دهد که چرا بلورهای مایع نسبت به **دما** خیلی حساس‌اند و چرا از آن‌ها برای ساخت دماسنج‌ها و انگشترهای تغییررنگ دهنده[1] استفاده می‌شود. همچنین این نکته را روشن می‌سازد که چرا نمایشگرهای لپ‌تاپ ممکن است در هوای سرد یا در یک روز گرم در ساحل دریا رفتار غیرعادی از خود نشان دهند.

همان‌طور که انواع متنوع جامد و مایع وجود دارند، انواع بلور مایع نیز یافت می‌شود. بسته به دما و سرشت خاص ماده، بلورهای مایع می‌توانند در یکی از چند حالت متفاوت وجود داشته باشد (همان‌طور که در زیر می‌بینید). در اینجا، دربارهٔ بلورهای مایع در **حالت نماتیک**[2] بحث می‌کنیم که از آن‌ها در ساخت LCD استفاده می‌شود.

یک ویژگی بلورهای مایع این است که تحت تأثیر جریان الکتریکی قرار می‌گیرند. نوع خاصی از بلورهای مایع نماتیک، که نماتیک در هم پیچیده (TN) نامیده می‌شود به‌طور طبیعی مارپیچی و درهم پیچیده است. با اعمال جریان الکتریکی به این بلورهای مایع، آن‌ها به میزان مختلفی که به ولتاژ جریان بستگی دارد از هم باز خواهند شد. بلورهای مایع که در LCDها به‌کار می‌روند از این نوع‌اند زیرا به‌صورت قابل پیش‌بینی نسبت به تغییر جریان الکتریکی واکنش نشان می‌دهند و می‌توانند نور عبوری را کنترل کنند.

بیشتر مولکول‌های بلور مایع به شکل میله‌ای راست و نازک هستند و به دو دسته دماگرا[3] و برگشت‌پذیر گرمایی[4] تقسیم‌بندی می‌شوند.

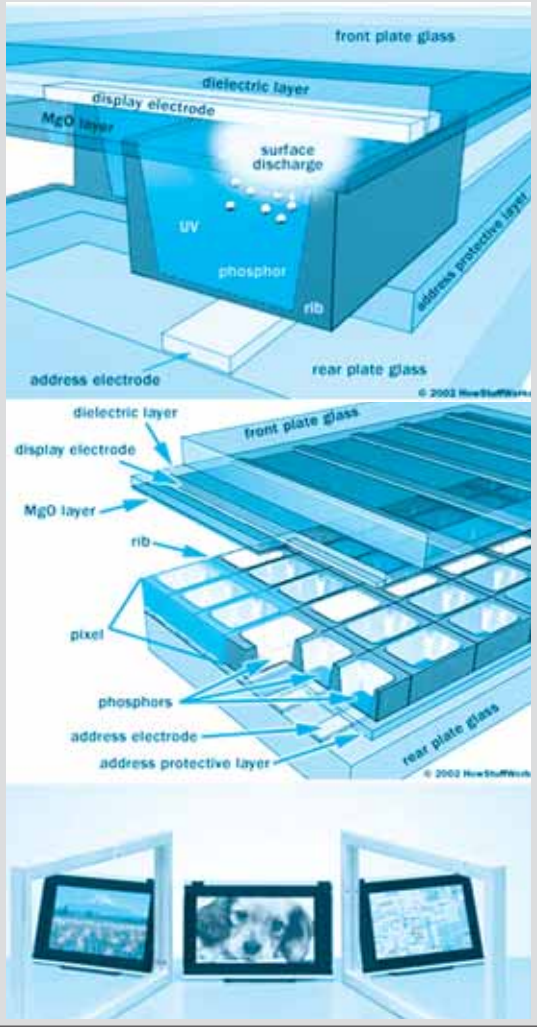
بلورهای مایع ترموتروپیک نسبت به گرما در برخی موارد نسبت به فشار واکنش نشان می‌دهند. واکنش بلورهای مایع لایوتروپیک که در تولید انبوه صابون‌ها و مواد ظرفشویی مورد استفاده قرار می‌گیرند به نوع حلالی بستگی دارد که با آن‌ها مخلوط شده است. بلورهای مایع ترموتروپیک یا همسانگردند و یا دماتیک. تفاوت اصلی آن‌ها این است که مولکول‌های مواد بلور مایع همسانگرد دارای آرایش کاتوره‌ای‌اند، در حالی که دماتیک‌ها نظم یا طرح منظمی دارند. سمتگیری مولکول‌ها در حالت نماتیک به **جهت‌دهنده** آن بستگی دارد. جهت‌دهندهٔ نماتیک می‌تواند هر چیزی از میدان مغناطیسی گرفته تا سطحی باشد که دارای شیارهای میکروسکوپی است.

بلورهای مایع در حالت نماتیک را می‌توان از نظر سمتگیری مولکول‌هایشان نسبت به مولکول دیگر نیز رده‌بندی کرد. اسمکتیک[5] (بلور برگی یا بلور لایه‌ای) متداول‌ترین آرایش مولکولی است که لایه‌هایی از مولکول‌ها را تولید می‌کند. انواع زیادی از حالت اسمکتیک وجود دارد، نظیر اسمکتیک C که مولکول‌ها در هر لایه تحت زاویه‌ای نسبت به لایه‌ی قبلی جهت می‌گیرد و لایه‌ها با یک شیب معین نسبت به هم قرار می‌گیرند.

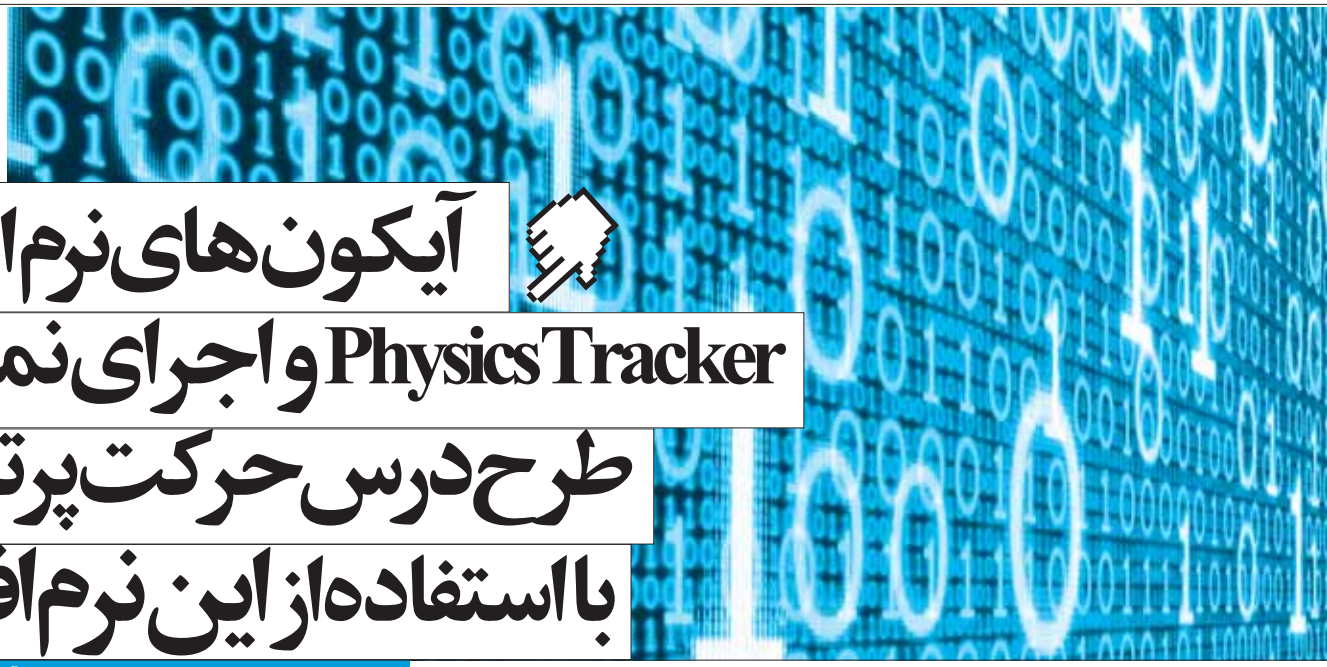
حالت عادی دیگری به نام کلستریک (بلور با ساختمان پیچ‌مانند) هست که تحت عنوان کایرال نماتیک شناخته می‌شود (دارای شکل سه‌بعدی است که با تصویر خود در آینه متقارن نیست). در این حالت، مولکول‌ها از یک لایه به لایهٔ بعدی کمی پیچ می‌خورند و یک شکل مارپیچی (چنبره یا حلزونی) را حاصل می‌کنند.

بلورهای مایع فروالکتریک (FLC) در مواد بلور مایع به‌کار می‌روند که دارای مولکول‌های کایرال در آرایش مولکولی نوع اسمکتیک C هستند. زیرا سرشت مارپیچی این مولکول‌ها که یک میلیونیم زمان پاسخ قطع و وصل جریان را ایجاب می‌کند که FLC را خصوصاً برای نمایشگرهای پیشرفته مناسب می‌سازد.

بلورهای مایع فرّوالکتریک با سطح مقاوم (SSFLC) به‌خاطر استفاده از صفحهٔ شیشه‌ای برای فشار معینی (تنظیم شده) مناسب هستند، نوفه‌گیری مولکول‌های مارپیچی باعث قطع و وصل مداوم و سریع‌تر می‌شود.



پی‌نوشت‌ها
1. mood rings
2. nematic
3. thermotropic
4. Iyotropic
5. Smectic



آیکون‌های نرم‌افزار Physics Tracker و اجرای نمونه طرح درس حرکت پرتابی با استفاده از این نرم‌افزار

فاطمه فرخ‌زاد، دانشجوی کارشناسی ارشد آموزش فیزیک
آزیتا سیدفدایی، دکترای آموزش فیزیک

چکیده

امروزه استفاده از فناوری آموزشی برای تدریس فیزیک فراگیر و عمومی شده است و فیلم‌ها و انیمیشن‌های مناسب زیادی در این حوزه تولید شده‌اند که هر کدام توانایی‌های مختلفی دارند. از آنجا که ما فیزیک را علم بررسی طبیعت و قانونمند کردن پدیده‌ها می‌دانیم نیاز به نرم‌افزاری که این توانایی را به ما دهد ضرورت دارد.

نرم‌افزار physics Tracker یا به‌طور اختصار Tracker نرم‌افزاری است که این امکان را به کاربر می‌دهد که پدیده‌های واقعی را با استفاده از آن تحلیل کند و فرمول‌ها و نمودارهای مربوط به آن را مشاهده کند.

در این مقاله ابتدا به معرفی توانایی‌های این نرم‌افزار و معرفی آیکون‌های مهم آن می‌پردازیم و در ادامه روش اجرای طرح درس آموزش حرکت پرتابی را ارائه می‌کنیم.

کلیدواژه‌ها: نرم‌افزار تحلیل فیلم- physics tracker- حرکت پرتابی

مقدمه

امروزه استفاده از نرم‌افزارها در تدریس فیزیک به‌عنوان ابزاری برای یادگیری بهتر و ایجاد جذابیت برای دانش‌آموزان صورت می‌گیرد. این نرم‌افزارها در آموزش فیزیک به چند دسته تقسیم می‌شوند؛

۱. برنامه‌های ابزاری: واژه‌پردازها- پایگاه‌های داده
۲. برنامه‌های یادگیری: شبیه‌سازی‌ها- بازی‌های آموزشی
۳. برنامه‌های یاددهی: خودآموزها- تمرین‌ها (سیدفدایی ۱۳۹۲)

در این میان دسته دوم که برنامه‌های شبیه‌ساز هستند برای استفاده در محیط‌های آموزشی زمینه ایجاد خلاقیت را فراهم می‌کنند و نرم‌افزارهای جالبی در این حوزه تهیه شده‌اند که می‌توان به Active Inter physics Edison Tracker physics Looking Glass اشاره کرد.

نرم‌افزار tracker به دلیل اینکه می‌تواند فیلم‌های مربوط به پدیده‌های فیزیکی را برای کاربر تجزیه و تحلیل کند و امکان بررسی دقیق حرکت و ارائه مدل مناسب برای آن را می‌دهد از جذابیت فراوانی برخوردار است.

(معرفی نرم‌افزار و برخی از آیکون‌های مهم)

نحوه دست‌یابی به این نرم‌افزار از طریق لینک http://www.cabrillo.edu/~dbrow/tracker امکان‌پذیر است و نرم‌افزارهایی که برای نصب آن و استفاده از ویدیوهای مناسب باید نصب شده باشند Java و Quick time هستند.

نمونه‌هایی از ویدیوهای مناسب برای استفاده و تحلیل در این نرم‌افزار با فرمت مناسب در سایت معرفی شده قرار دارند که قابل دانلود کردن نیز هستند.

بررسی حرکت پرتابی با کمک نرم‌افزار tracker

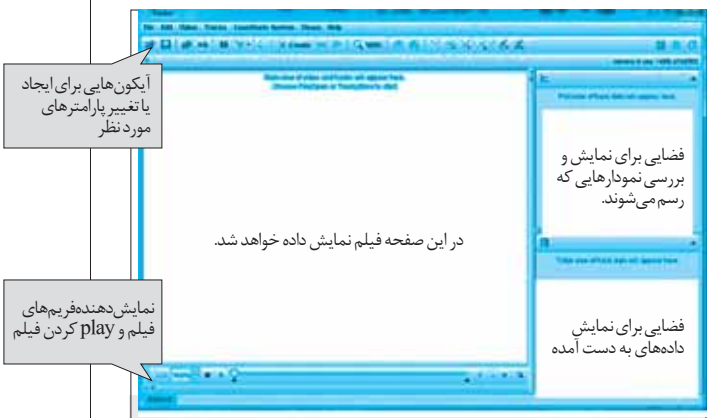
هدف کلی: بررسی حرکت پرتابی

۱. دانش‌آموز با مسیر حرکت پرتابی آشنا شود.

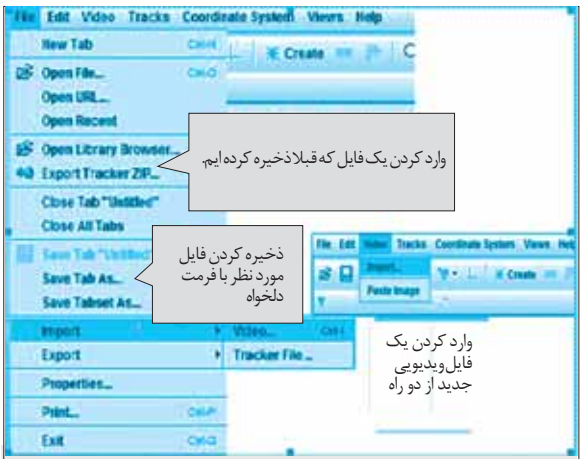
۲. دانش‌آموز بتواند بردارهای موجود در این حرکت اعم از سرعت و شتاب را در طول مسیر مشخص کند.

۳. دانش‌آمـوزان با نمودارهای $x\text{-}t, y\text{-}t, v_y\text{-}t$ در طول مسیر آشنا شوند.

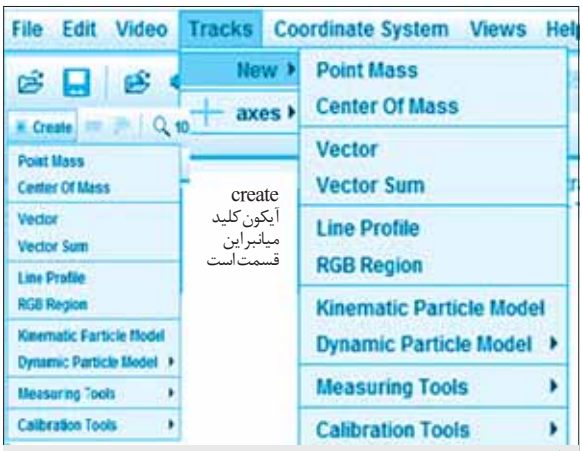
٤. معادلات حرکت و سرعت را در این حرکت پیدا کرده و با حرکت سقوط آزاد مقایسه کند.



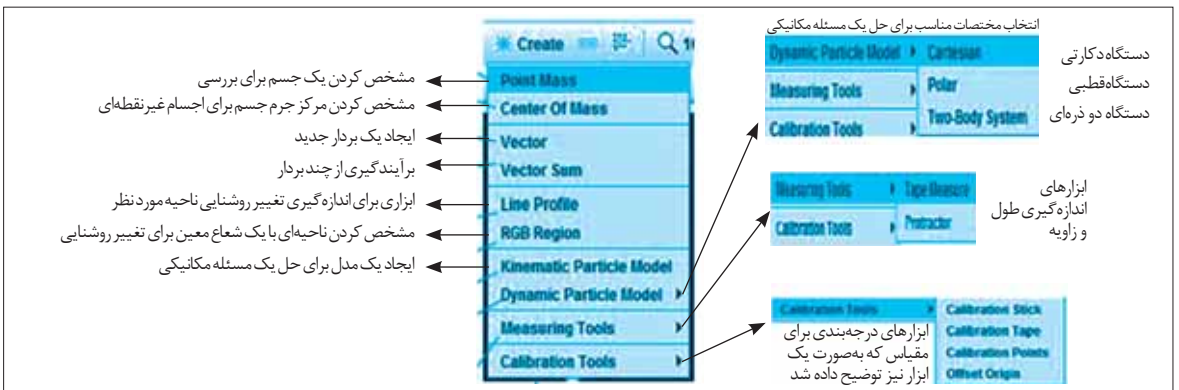
شکل ۱



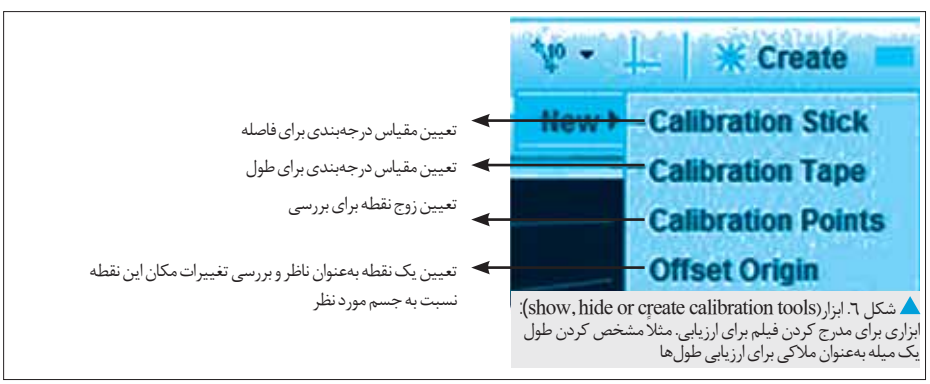
شکل ۲



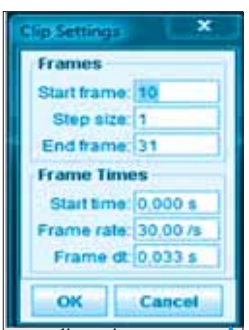
شکل ۳. ابزار create، این ابزار، ابزاری مهم برای تعیین جسم و ایجاد بردارهای مورد نظر است و در حقیقت کلید میانبر tracks/new می‌باشد.



شکل ٤



شکل ٦. ابزار (show, hide or create calibration tools): ابزاری برای مدرج کردن فیلم برای ارزیابی. مثلا مشخص کردن طول یک میله به‌عنوان ملاکی برای ارزیابی طول‌ها



شکل ٥. ابزار (clip setting): ابزاری که به وسیله آن می‌توان نقطه شروع و پایان یک فیلم را مشخص کرد. زمان فریم‌ها نیز در اینجا نمایش داده می‌شود.

گام‌هایی که برای بررسی این فیلم می‌تواند در نظر گرفت به صورت زیر است:

۱. انتخاب محورهای مختصات و قرار دادن آن بر روی جسم مورد نظر (شکل ۱۱)

۲. انتخاب فریم مورد نظر از طریق clip setting(شکل۱۲)

۳. انتخاب calibration stick بر روی میله‌ای که در فیلم موجود است و تعیین طول یک متر برای آنکه تمام فواصل بر حسب آن سنجیده شوند. (شکل۱۳)

٤. مشخص کردن جسم که در این فیلم یک توپ است از مسیر create/ point mass. (شکل١٤)

٥. جسم را با یک نام دلخواه مثلاً ball نام‌گذاری کرده و با کلیک راست بر روی نام جسم و انتخاب دکمه auto tracker می‌خواهیم مسیر جسم را از نظر مکانی در فیلم مشخص کنیم. (شکل ١٥)

٦. با کلیک بر auto tracker پنجره‌ای باز می‌شود که از ما می‌خواهد با گرفتن دکمه‌های shift+ctrl و کلیک بر روی جسم که یک توپ در این فیلم است جسم را برای نرم‌افزار تعریف کنیم. (شکل١٦)

٧. تصویر جسم در قسمت template نمایش داده می‌شود. (شکل ١٧)

٨. حال با کلیک بر ابزار search next مشاهده می‌کنیم که رد قرمز مشخص شده همراه با جسم شروع به حرکت کرده و مسیر جسم را تا calibration stick تعیین می‌کند. (شکل ١٨)

٩. ادامه مسیر حرکت توپ از calibration stick تا پایان مسیر را نشان می‌دهد. (شکل ١٩)

١٠. حال با توجه به سمت راست صفحه می‌بینیم که در قسمت plot نمودار x-t به‌صورت پیش‌فرض برای جسم رسم می‌شود. در قسمت پایین داده‌های مربوط به x،t نمایش داده می‌شوند. (شکل٢٠)

١١. با کلیک بر روی ابزار plot و انتخاب اعداد ۲ یا ۳ می‌توان تعداد نمودارهای در حال نمایش را افزایش داد. با انتخاب عدد ۲ نمودار y-t نیز به‌صورت پیش‌فرض نمایش داده می‌شود. (شکل ٢١)

١٢. با کلیک بر xیاt فهرستی از کمیت‌های فیزیکی در اختیار ما قرار می‌گیرد که می‌توان نمودار هر یک را بر حسب کمیت دلخواه رسم کرد. در این مرحله x-t به‌صورت خط و y-t به‌صورت سهمی نمایش داده می‌شوند. (شکل ٢٢)

١٣. با کلیک راست بر روی نمودار x-t و انتخاب گزینه analyze نمودار را می‌توان تحلیل کرد. (شکل ٢٣)

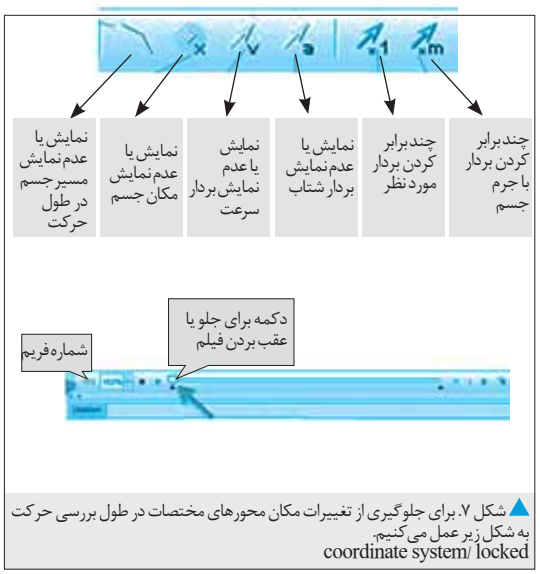
١٤. از صفحه باز شده curve fits را انتخاب می‌کنیم که داده‌ها برای بررسی بهتر تنظیم شوند. (شکل٢٤)

١٥. برای نمودار y-t نیز analyze را انتخاب می‌کنیم و هر دو نمودار در یک صفحه باز خواهند شد. (شکل٢٥)

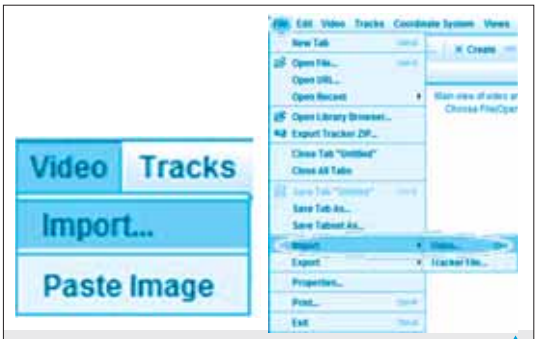
١٦. در پایین صفحه به کمک ابزار fit name می‌توان line را برای نمودار x-t و parabola را برای منحنیy-t انتخاب کرد و با انتخاب هر کدام معادله آن توسط نرم‌افزار داده می‌شود. (شکل ٢٦)

١٧. مثلاً با انتخاب parabola معادله یک سهمی برای ما مشخص می‌شود و به‌صورت $y=At^2+Bt+y_0$ معلوم می‌شود و A,B,C نیز با توجه به شرایط مسئله داده می‌شود با مقایسه این معادله با معادله حرکت برتابه شباهت این دو را متوجه می‌شویم. (شکل ٢٧)

١٨. مثالی دیگر از ارائه مدل توسط این نرم‌افزار رسم نمودار v_y-t است که معادله آن یک خط راست به‌صورت $v_y=AT+B$ داده می‌شود و با مقایسهٔ مقادیر پیشنهادی توسط نمودار همان معادله سرعت زمان حرکت پرتابی به دست می‌آید. (شکل ٢٨)

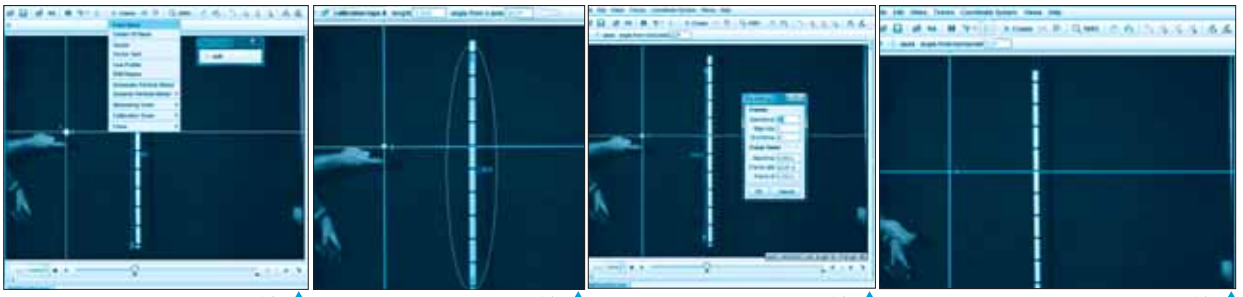


شکل ۷. برای جلوگیری از تغییرات مکان محورهای مختصات در طول بررسی حرکت به شکل زیر عمل می‌کنیم.
coordinate system/ locked



شکل ۸ و ۹. ابتدا باید ویدیوی مورد نظر را به نرم‌افزار وارد کنیم که از دو طریق شکل‌های ۸و۹ امکان‌پذیر است.

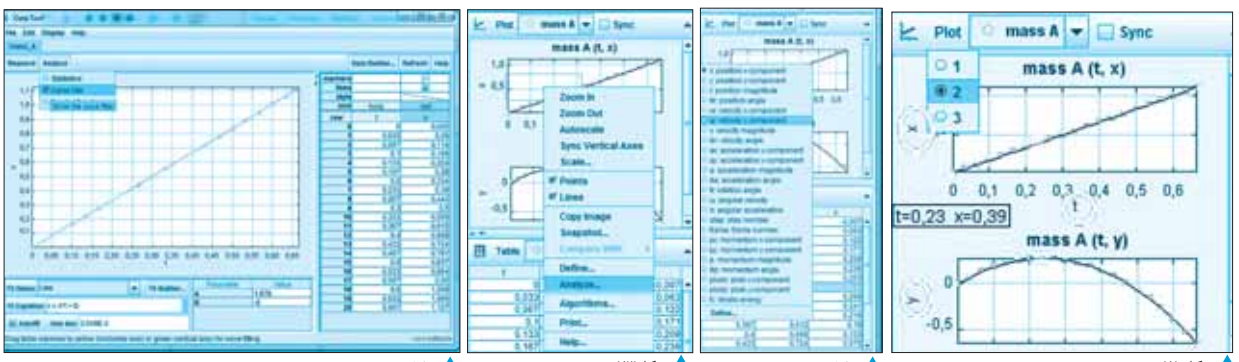
شکل ۱۰. انتخاب ویدیوی مناسب. پس از انتخاب فیلم مورد نظر مشاهده می‌کنیم که در صفحه نرم‌افزار فیلم نمایش داده خواهد شد و با کلیک بر روی دکمه play می‌توان آن را مشاهده کرد.



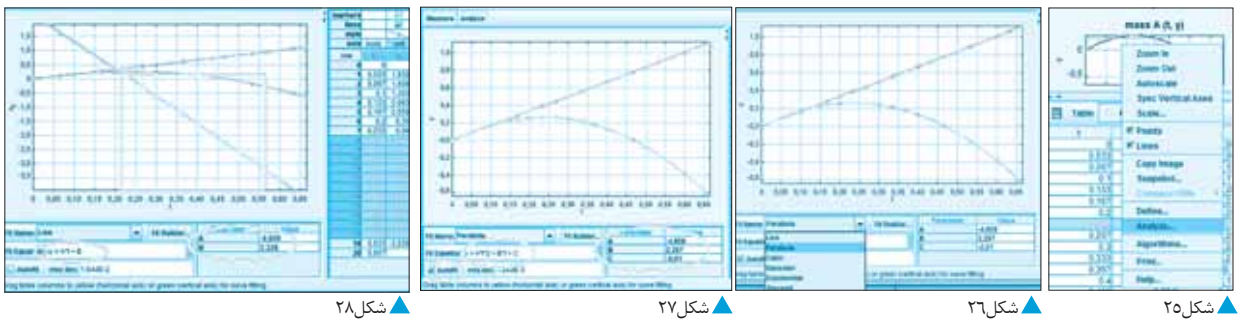
شکل ۱۱ شکل ۱۲ شکل ۱۳ شکل ۱۴

شکل ۱۵ شکل ۱۶ شکل ۱۷

شکل ۱۸ شکل ۱۹ شکل ۲۰



شکل ۲۱ شکل ۲۲ شکل ۲۳ شکل ۲۴



شکل ۲۵ شکل ۲۶ شکل ۲۷ شکل ۲۸

منابع

۱. سید فدایی، آزیتا. طراحی آموزشی برای دانش‌آموزان قرن بیست‌ویکم، مجله رشد آموزش فیزیک شماره ۱۰۳، ۱۳۹۲ صفحات ۳۲ تا ۳۶

2. http:// www.cabrillo. edu/~dbrown/tracker

3. Video Modeling with Tracker. Douglas Brown, cabrillo College AAPT 2009 Summer Meeting

Roshd

فیزیک 110

IN THE NAME OF ALLAH

- Future Curriculum of Iran/ 2
- Author mind/ J. Riazi/ 3
- Nobel Prize in physics 2014 / M. Rahbar/ 5
- Planetarium/ H. Hoseini/ 15
- A new method of determination of magnetic force direction/ B. Heydari/ 14
- Electric resistance dependance on temperature/ H. Etehad Mehrdad/ 16
- A Physis lesson plan/ F. Ibrahimi Badi/ 18
- The jumping ring experiment/ M. Baylie et al/ 25
- Interferometor/ M. Oveisi Fordai/ 26
- Spintronics/ A. Moradi/ 29
- A Solar Cell based on copper oxide/ F. Vafaian/ 30
- Education based on collective learning/ M. Edjdari and Gh. Mozafari/ 33
- LHC grand labaratory and Higgs boson/ F. Bourbour/ 36
- Physics fronteier/ M. Rahbar/ 40
- About First law of thermodynamics/ A. Zohourian Pordel/ 45
- Thermocouple/ M. Kazarani/ 48
- Research reactors applications/ J. Haydari/ 52
- How Plasma monitors work?/ F. Sabetian/ H. Fereydoni/ 58
- Physics Tracker Icons/ F. Farokhzad/ A. Seid Fadai/ 60

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.110- 2014

برگ اشتراک مجله‌های رشد

نحوهٔ اشتراک:
شما می‌توانید پس از واریز مبلغ اشتراک به شماره حساب ۳۹۶۶۲۰۰۰ بانک تجارت، شعبهٔ سه‌راه آزمایش که ۳۹۰۵ 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: ۰۲۱-۷۷۳۳۶۵۱۴ / ۷۷۳۳۹۷۱۰-۷۷۳۳۶۵۱۶

◆ 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 جوانه (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 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 قرآن ◆ رشد آموزش زبان و ادب فارسی ◆ رشد آموزش هنر ◆ رشد آموزش مشاور مدرسه ◆ رشد آموزش تربیت بدنی ◆ رشد آموزش علوم اجتماعی ◆ رشد آموزش تاریخ ◆ رشد آموزش جغرافیا ◆ رشد آموزش زبان ◆ رشد آموزش ریاضی ◆ رشد آموزش فیزیک ◆ رشد آموزش شیمی ◆ رشد آموزش زیست‌شناسی ◆ رشد آموزش زمین‌شناسی ◆ رشد آموزش 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 ۲۶۶، دفتر انتشارات و تکنولوژی آموزشی.
◆ تلفن و نمابر: ۸۸۳۰۱۴۷۸ - ۰۲۱