ISSN: 1606-817x

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

رشد آموزش فیزیک ۱۱۶

فصل نامهٔ آموزشی، تحلیلی و اطلاع رسانی | برای معلمان، مدرسان و دانشجویان |
دورهٔ سی و دوم | شمارهٔ ۲ | زمستان ۱۳۹۵ | ۶۴ صفحه | ۱۳۰۰۰ ریال | پیامک: ۳۰۰۰۸۹۹۵۰۲ |
w w w . r o s h d m a g . i r

- نوترینوی اسرارآمیز
- فرایند رشته‌ای شدن نور
- طرح‌های زیبای طبیعت
- چشم‌ها را بشوییم و جور دیگر ببینیم

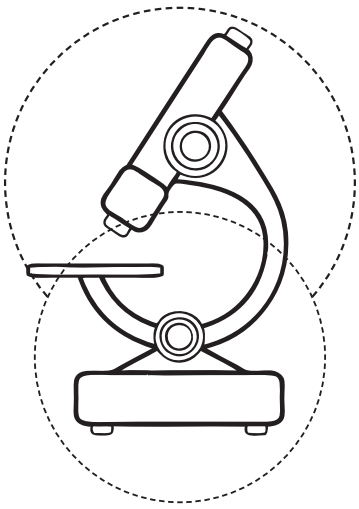
رشد آموزش
فیزیک
۱۱۶
فصل‌نامهٔ آموزشی، تحلیلی و اطلاع‌رسانی
دورهٔ سی و دوم، شمارهٔ ۲، زمستان ۱۳۹۵

بسم الله الرحمن الرحیم

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 سیدهدایت سجادی
طراح گرافیک: نوید اندرودی
ویراستار: دکتر منیژه رهبر
www.roshdmag.ir
Physics@roshdmag.ir
پیامک: ۳۰۰۰۸۹۹۵۰۲
roshdmag :
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: ۴۲۰۰ نسخه

یادداشت سردبیر / ضرورت توجه به فرهنگ غنی ایران / ۲
فرایند تولید کثرت / جهانگیر ریاضی / ۳
نوترینوی اسرارآمیز /دان لین کوین- تیامی سلی، ترجمهٔ احمد توحیدی/۶
ماجرای اتر / آرش ظهوریان پردل / ۱۴
دورهٔ درسی علوم فیزیکی در نسل جدید استانداردهای آموزش علوم / آرزو رضوی،آزیتا سیدفدایی / ۱۶
دو راهی تارزان!/ ماتیو رو و مارکوس سیرز، ترجمهٔ مرجان روح‌نواز/۲۳
تصورات و کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان دربارهٔ مفهوم گرما و دما / پریوا صفری / ۲۶
افراط در شگفت‌زده شدن و اغراق درکف زدن / آرش ظهوریان پردل / ۲۹
چشم‌ها را بشوییم و جور دیگر ببینیم / شلر آب‌خیز / ۳۰
طراحی ابزارهای کاربردی و سادهٔ اپتیکی / حسن اتحاد مهرآباد، محمد سبزی، مرضیه روان‌بخش / ۳۲
بررسی و تحلیل سطوح با میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) / سید محمد حسینی، علی دریکوندی / ۳۶
مرزهای فیزیک / منیژه رهبر / ۳۸
فرایند رشته‌ای شدن نور / هدایت دادک / ۴۴
طرح‌های زیبای طبیعت / مهرانگیز طالب‌زاده / ۴۷
محاسبهٔ خطای آزمایش با نگرش دیفرانسیلی / منوچهر مرادویسی / ۵۴
گام هفدهم در آموزش فیزیک ایران / اسفندیار معتمدی / ۵۷
معرفی کتاب / از انتهای رنگین‌کمان تا لبه زمان، سیری در شگفتی‌های فیزیک / آزیتا سیدفدایی / ۶۱



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.

ضرورت توجه به فرهنگ غنی ایران

مقامـــات بلند پایهٔ کشـــور همواره بر اهمیـــت علم و فرهنگ و ضرورت پرداختن به پژوهـــش در این زمینه به عنوان مهم‌ترین عامل پیشرفت جامعه تأکید فراوان داشته‌اند. این موضوع پیوسته مورد توجه افراد دلســـوز و علاقه‌مند به رشد و اعتلای جامعه در همه اعصار بوده، اما هنوز یکی از نگرانی‌های مهم جامعهٔ ما کمبود شـــناخت عمومی از روش‌های علمی و فرهنگی معقول و ارزش منحصربه‌فرد آن‌ها به‌عنوان مهم‌ترین تلاش‌های بشری است.

سرانهٔ مطالعه که یکی از شـــاخص‌های توسعه‌یافتگی در عصر حاضر محســـوب می‌شود در جامعهٔ ما بسیار پایین است و بیشتر افراد دســـت‌اندرکار نشر وضعیت نامســـاعدی دارند و بسیاری از فروشـــگاه‌های کتاب در ســـال‌های اخیر به محل فروش اغذیه و مواردی از این دســـت تبدیل شده است. شاید برخی علت این امر را گران بودن کتاب بدانند، اما لازم به ذکر اســـت که در سال‌های اخیر هندی‌ها که افراد ثروتمندی هم نیستند توانسته‌اند با سرانهٔ مطالعه بالا در طول روز مقام مهمی را در این زمینه به‌دست آورند. در ایران گرچه آمار موجود دربارهٔ ســـرانهٔ مطالعه متناقض است، اما با اســـتفاده از نمونه آماری که چنـــدان دور از واقعیت به‌نظر نمی‌رســـد مقدار تقریبی آن دوازده دقیقه در روز ثبت شده است. این سرانه زیبندهٔ کشوری نیست که بزرگان آن نقش بسیار مهمی در پیشرفت تمدن بشری داشته‌اند. می‌دانیم که توجه به ادبیات هر کشور به‌عنوان عصارهٔ تجربه‌های مردمان آن مورد توجه همهٔ علاقه‌مندان به فرهنگ بشری است. به‌عنوان مثالی در این مورد به نقل سخنان هانری ماسه در جشن بازنشستگی خود در دانشگاه سوربن می‌پردازم. وی گفت:

«من عمرم را وقف ادبیات فارســـی کردم و برای اینکه به شـــما بشناسانم که این ادبیات عجیب چیست، چاره‌ای ندارم جز اینکه به مقایسه بپردازم و بگویم که ادبیات فارسی بر چهار ستون اصلی استوار است: فردوسی، سعدی، حافظ و مولانا. فردوسی هم‌سنگ و همتای هومری یونانی اســـت و برتر از او سعدی، آناتول فرانس فیلسوف را به یاد ما می‌آورد. حافظ با گوتهٔ آلمانی قابل قیاس است که خود را شـــاگرد و زنده به نسیمی می‌شمارد که از جهان او به مشامش رسیده است.

اما مولانا...

در جهان هیچ چهره‌ای را نیافتم که بتوان مولانا را به آن تشبیه کرد. او یگانه است و یگانه باقی خواهد ماند. او فقط شاعر نیست، بلکه بیشتر جامعه‌شناس و به‌ویژه روان‌شناس کاملی است که ذات بشـــر و خداوند را دقیق می‌شناسد، قدر او را بدانید و به‌وسیلهٔ آن خود و خدا را بشناسید و من اگر تا پایان عمرم دیگر حرفی نزنم، همین چند جمله برایم کافی است.»

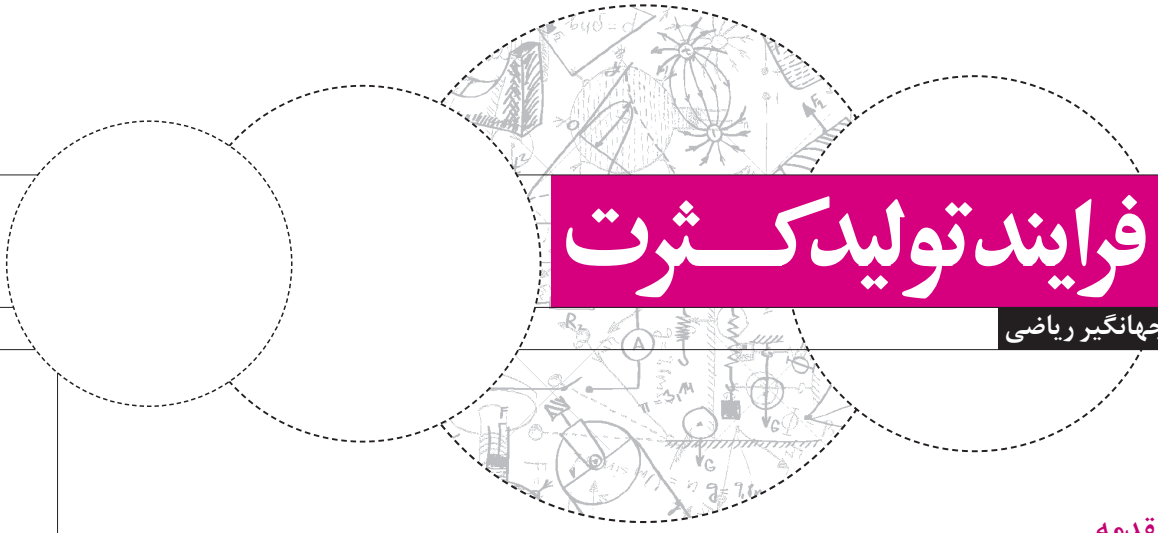
آیا سزاوار است که اعقاب این انسان‌های برجسته تا این حد به میراث گرانقدر آن‌ها بی‌اعتنا باشند؟

مسئله دیگری که در جامعه ما وجود دارد آن است که بسیاری از مردم اغلب علم را به‌صورت عامل پدیدآورندهٔ ابزارهای جالب چون رایانه و ماهواره یا به‌وجود آورندهٔ چیزهای مهلکی چون بمب اتمی می‌دانند و به واسطهٔ تأثیر مخرب مورد اخیر شاید آن را تهدیدی برای بشریت محسوب کنند. برخی نیز بر این باورند که علم باعث غرور و نخوت انسان و دور شدن او از شناخت خداوند می‌شود.

اغلـــب افراد از ایـــن نکته مهم غافل‌اند که دانشـــمندان واقعی همواره علم را به‌طور اجتناب‌ناپذیری همراه با عدم قطعیت در نظر می‌گیرند. آن‌ها به خوبی می‌دانند که علم همواره با ناآگاهی و عدم قطعیت فراوان همراه است و این موضوع اهمیت بسیار زیادی دارد. یک دانشمند وقتی پاسخ مسئله را نمی‌داند ناآگاه است، اما حتی وقتی حســـی دارد دربارهٔ اینکه پاسخ چه می‌تواند باشد نامطمئن اســـت و هنگامی‌که اطمینان دارد نتیجه چه خواهد بود، باز هم تردید دارد. بنابراین ما برای رسیدن به هرگونه پیشرفت در علم، فوق‌العاده مهم است که متوجه ناآگاهی خود باشیم و همواره جای تردید را باقی بگذاریم. دانشمند واقعی می‌داند که معلومات علمی توده‌ای از گزاره‌های با درجات مختلف عدم قطعیت است. برخی کاملاً نامطمئن هستند و برخی تا اندازه‌ای مطمئن، اما هیچ‌کدام کاملاً قابل اعتماد نیستند. دانشمندان به این موضوع عادت دارند و آن را مســـلم فرض می‌کنند. اما همهٔ مردم متوجه این واقعیت نیستند و همین موضوع باعث می‌شود که عده‌ای به دانشمندان و فعالیت‌های آن‌ها با تردید نگاه کنند و شاید این تردید باعث شود که فعالیت‌های علمی و پژوهشـــی آن‌طور که باید و شاید نتوانند نقش یکتای خود را در پیشـــرفت جامعـــه ایفا کنند و در جهتی باشند که باعث ارتقای کیفیت محصولات تولید شده و تأمین رفاه و پیشرفت جامعه باشند.

بی‌کرانگی عالم، قدرت تخیل دانشمندان را گسترش می‌دهد و متوجه می‌شوند که چشم کوچک آن‌ها می‌تواند این چرخ‌وفلک عظیم را ببیند و نور چند میلیون ساله آن را دریافت کند. دانستن اینکه پدیده‌های زیبای طبیعـــی چگونه به‌وجود می‌آیند زیبایی آن‌ها را دو چندان می‌کند. به‌عبارت دیگر، شـــناخت نه‌تنها باعث کاهش ایمان به خداوند نمی‌شـــود، بلکه آن را بســـیار زیادتر هم می‌کند.

آنچه در اطراف ما وجود دارد آزمایشگاهی عظیم برای پی بردن به عظمت عالم و آموختن اسرار آن به دیگران است. در هر سنگ کوچک اسرار عالم و چگونگی تحول ستارگان و کهکشان‌ها نهفته است. با شـــناخت این موضوع پی می‌بریم که همه اجزای جهان مدام در حال جوش و خروش‌اند. ما هم جزء بسیار ناچیزی از این طرح عظیم هستیم که می‌توانیم با کشف اسرار آن علاوه‌بر لذت بردن از این آگاهی نقش مهمی در پیشـــرفت و توسعه جامعه‌ای داشته باشیم که در آن زندگی می‌کنیم.



فرایند تولید کثرت

جهانگیر ریاضی

مقدمه

تولید کثرت و تنوع فرایندی است که در آن با استفاده از قوانین ناظر بر تغییرات پدیده‌ها و رویدادهای دنیای واقعی و مدیریت هدفمند این تغییرات، می‌توان به تولید ساختارها و پدیده‌های جدید و گوناگون دست یافت. فرایندی که تحقق آن نیازمند داشتن نگرشی دینامیکی به جهان و رویدادهای آن است. پذیرش تفاوت‌ها و تلاش برای درک چرایی به وجود آمدن این تفاوت‌ها، می‌تواند زمینه‌های اندیشهٔ تولید کثرت را ایجاد کند.

یکی از الگوهای بسیار زیبا از آفرینش کثرت و گوناگونی، طبیعت با تمامی جلوه‌های متنوع آن است. الگویی که انسان جست‌وجوگر در تعامل خلاق با آن می‌تواند به آموزه‌هایی ارزشمند از شیوه‌های تولید کثرت و وحدت‌یافتگی ناظر بر آن دست یابد.

کلیدواژه‌ها: کثرت و تنوع، محیط یادگیری، متغیرهای آسیب، تعامل، یکسونگری، فرایند.

در جست‌وجوی عناصر اولیهٔ کثرت در جغرافیای شکل‌گیری رویداد برای یافتن منشأ تفاوت‌ها، لازم است از شرایط کنونی رویداد یا پدیده، از مسیر زمان به جغرافیای شکل‌گیری آن مراجعه کنیم. چراکه عناصر اصلی کثرت و تنوع، در همان زمان شکل‌گیری رویداد به وجود می‌آیند. عناصری که در فرایندی طولانی در بستر دینامیکی زمان، به شکل و قالب امروزی تبدیل گردیده‌اند.

گاه پدیده‌های به ظاهر مشابه و یکسان، دارای تفاوت‌هایی هستند که در برخورد اول قابل تشخیص نیستند. با مراجعه به شکل‌های اولیه و شرایط به وجود آمدن هر یک می‌توان به عناصر متفاوت دست یافت. عناصری که با گذشت زمان ممکن است تحت اثر متغیرهای بیرونی، در ساختار پدیده یا رویداد کم‌رنگ شده باشند. همچون نمودارهای توصیف‌کنندهٔ رویدادهایی به ظاهر مشابه که با تحلیل هر نمودار به عناصر اولیه و تشخیص تابع وابسته به هر نمودار و بسامدهای همراه آن، می‌توان به تفاوت‌های آن‌ها دست یافت. از این منظر با نگاه شتاب‌زده نمی‌توان به وجود تنوع و کثرت در پدیده‌های دنیای خارج پی برد.

نگاهی که کثرت و تفاوت‌ها را می‌بیند، از مسیری فعال و کیفی وارد تعامل با رویداد می‌گردد. عناصر اصلی تشکیل‌دهندهٔ آن و جایگاه هر یک را در فرایند تغییرات احتمالی رویداد مشخص می‌کند. بر همین مبنا امکان مقایسهٔ رویدادها و یافتن تفاوت بین آن‌ها فراهم می‌گردد.

از طرف دیگر وجود تفاوت در ساختارهای ریز مقیاس، می‌تواند تنوع و کثرت در ساختارهای بزرگ مقیاس ایجاد کند. همان‌گونه که آرایه‌های مختلف از اتم‌ها، منشأ به وجود آمدن ساختارهای گوناگون می‌گردد. بر همین اساس که با دست‌کاری آرایهٔ اتم‌ها در فضای نانو، می‌توان مواد و ساختارهایی با خواص و ویژگی‌های جدید و متنوع تولید کرد.

بنابراین توجه دقیق به جغرافیای پیدایی یک پدیده یا رویداد و توجه به فرایند تغییرات آن از شکل‌های اولیه تا قالب امروزی آن، می‌تواند راهنمای ما برای یافتن منشأ کثرت و تفاوت‌ها در ساختارهای دنیای واقعی گردد.

«کثرت و تنوع» محصول برهم‌کنش‌های گوناگون

یکی از ویژگی‌های بسیار مهم در نگرش دینامیکی به جهان و رویدادهای آن، توجه به تنوع بر هم کنش‌ها و به وجود آمدن

ساختارها و پدیده‌های گوناگون ناشی از این برهم‌کنش‌هاست. بـــرای مثال با توجـــه و دقت به بر هم‌کنش‌های گرانشـــی و الکترومغناطیســـی و ... می‌توان منشأ شکل‌گیری بسیاری از رویدادها و پدیده‌های مرتبط با این برهم‌کنش‌ها را مشخص کرد.

از طرف دیگر دســـت‌کاری در شـــرایط اولیه وابسته به یک برهم‌کنش معین می‌توانـــد محصول نهایی این برهم‌کنش و ویژگی‌های آن را دســـتخوش تغییراتـــی قابل ملاحظه کند. سقوط قطرهٔ باران، حرکت یک پرتابه در مسیر سهمی، حرکت ماهواره در مســـیر دایره‌ای الگوهایی مختلف از حضور متنوع نیروی گرانش و شـــکل‌گیری حـــرکات و رفتارهای مختلف ناشـــی از آن اســـت. همچنین رفتارهای متنوع الکترون در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی، تحت‌تأثیر برهم‌کنش‌های الکترومغناطیسی و تولید حرکت‌های مختلف، نیز الگویی از گوناگونی حاصل از برهم‌کنش‌های مختلف است.

از این منظر، یکی از شیوه‌های اصولی دیدن کثرت و تنوع در جهان پیرامون‌مان، توجه دقیق‌تر به برهم‌کنش‌های گوناگون و دســـتاوردهای مختلف حاصل از آن‌هاســـت. به یاد داشته باشـــیم که لزومی ندارد متناظر با وجـــود کثرت و گوناگونی در ساختارها، در جست‌وجوی گسترهٔ وسیعی از برهم‌کنش‌ها باشـــیم. چراکه متغیرهای اولیهٔ اثرگـــذار بر یک برهم‌کنش معیـــن، می‌تواند منشـــأ کثرت و تنوع در دســـتاوردهای آن برهم‌کنش‌ها باشد.

وابســـتگی دســـتگاه‌هایی با رفتار آشـــوبناک به شرایط و متغیرهای اولیه و اثر غیر قابل انکار آن بر قالب آیندهٔ دستگاه، یکی از الگوهای زیبای تولید کثرت است.

جست‌وجو برای یافتن منشأ مشترک برای نیروهای اثرگذار بر شکل‌گیری رویدادها و پدیده‌های متنوع در دنیای واقعی، تلاش برای دستیابی به الگوی انسجام و وحدت‌یافتگی ناظر بر کثرت و گوناگونی ساختارهاست.

وابستگی دستگاه‌هایی با رفتار آشوبناک به شرایط و متغیرهای اولیه و اثر غیر قابل انکار آن بر قالب آیندهٔ دستگاه، یکی از الگوهای زیبای تولید کثرت است

پذیرش کثرت و تنوع، شرط اساسی دستیابی به نگرش جامع

برای دســـتیابی به نگرش جامع بـــه پدیده‌ها و رویدادهای دنیای واقعی، لازم اســـت این رویداد از زوایای مختلف مورد ارزیابی قـــرار گیرد. برای این منظور در طراحی مســـیرهای ورود به تعامل با رویـــداد، نباید محدودیت ایجاد کنیم. افراد مختلف از مسیرهایی متفاوت به تعامل با رویداد وارد می‌شوند و رویداد را از دید خود ارزیابی و تفسیر می‌کنند.

وجود مسیرهای مختلف برای ورود به تعامل با رویداد، باعث می‌شـــود بتوان به بخش‌های ناشناختهٔ رویداد دست یابیم و تحلیل جامع‌تری از آن داشته باشیم. تحلیلی جامع از چرایی و ماهیت شـــکل‌گیری آن، قوانین ناظر بـــر فرایند تغییرات رویداد، چگونگی مدیریت این تغییرات در راستای رسیدن به اهداف مشخص و ... .

لازمـــهٔ تحقق این تصویر از تعامل بـــا رویداد، ایجاد فرصت «تجربهٔ شـــخصی» در فرایند تعامل با رویدادهاست. به بیان دیگر نباید فرد را مقید به ورود به تعامل با رویداد از مسیری کنیم که تمامـــی عناصر آن از قبل طراحـــی، معلوم و قابل پیش‌بینی باشـــد. چنین روشـــی باعث می‌شـــود در بهترین شرایط، تنها به بخش‌هایی محدود از ویژگی‌های رویداد دست یابیم و بخش‌های دیگر از نگاه ما پنهان بماند.

سفر به ناشناخته‌های رویدادها و ساختارها، نیازمند پذیرش تنوع و کثرت در مســـیرهای ورود به تعامل با آن‌هاســـت. از ســـوی دیگر، داشتن تصویری روشـــن و جامع از یک رویداد یا یک ســـاختار، امکان دســـتکاری در اجزای آن و آفرینش ساختارهای جدید و متفاوت را فراهم می‌سازد. به بیان دیگر پیش شرط تولید کثرت و گوناگونی در دنیای واقعی، پذیرش کثرت و تنوع به‌عنوان یک اصـــل غیرقابل انکار در ماهیت و چرایی وجود هستی است.

از ایـــن منظر، محیط یادگیری بـــه جغرافیا و زمان خاصی وابســـته نیســـت. بلکـــه در مســـیرهای گوناگـــون تعامل با رویدادهاســـت که مفهوم دینامیکی خود را می‌یابد. به بیان دیگر هر یک از مســـیرهای ورود به تعامل با رویداد می‌تواند یک محیط یادگیری خلاق باشـــد کـــه از آن آموزه‌هایی نو به‌دست می‌آید.

در واقع سفر از مسیرهای مختلف به جغرافیای «چرایی‌ها»، زمینه‌هـــای طرح پرســـش‌هایی متفاوت و جدیـــد را فراهم می‌کند. پرســـش‌هایی که پاسخ به آن‌ها از یک مسیر ایستا و کلیشه‌ای امکان‌پذیر نیست. چرایی‌های گوناگون و همچنین چگونگی‌ها و راه‌حل‌های متنوع برای پاســـخ به آن‌ها باعث به وجود آمدن گســـتره‌ای از اندیشه و تفکرات متنوع و در واقع تولید کثرت می‌گردد.

طبیعت: الگویی بسیار زیبا از کثرت

نگـــرش دقیق به طبیعـــت بیانگر وجود تنـــوع و کثرت به اشکالی بســـیار زیبا و بدیع است. این کثرت و تنوع می‌تواند در قالب‌هایی مختلف، از تنوع در رنگ‌های طبیعت گرفته تا وجود گونه‌های مختلف از موجودات، زیســـتگاه‌ها، تعامل هر یک با محیط زندگی... خود را نشان دهد. آنچه دارای اهمیت

اساسی است، توانایی دیدن این تنوع و کثرت در ساختار طبیعت است.

اگر پذیرفته باشیم که انسان خلاق تلاش می‌کند تعامل با پدیده یا رویداد را به محیطی فعال برای یادگیری تبدیل کند، تعامل هوشمندانهٔ انسان با طبیعت می‌تواند یکی از محیط‌های بسیار مناسب برای یادگیری گستره‌ای از اصول و مفاهیم از جمله مفهوم کثرت و تنوع و همچنین وحدت ناظر بر این کثرت باشد. کافی است توجه شود که چگونه وجود یک تغییر اندک در یک ساختار می‌تواند گونه‌ای جدید از آن ساختار ایجاد کند و چگونه این تغییرات هر چند اندک در مجموعهٔ ساختارها، زمینه‌ساز تنوع و کثرت بسیار گسترده در ساختار طبیعت می‌گردد.

همین آموزه‌های بسیار مهم می‌تواند راهنمای ما برای طراحی فرایند تولید کثرت و تنوع در قلمروهای مختلف از پدیده‌ها و رویدادهای جهان واقعی گردد. از منظر زیبایی‌شناختی، آنچه از طبیعت جلوه‌هایی بسیار زیبا و آرام‌بخش در ذهن و نگاه انسان ایجاد می‌کند، وجود کثرت و وحدت‌یافتگی ناظر بر این کثرت در آفرینش ساختار طبیعت است.

اندیشهٔ ایستا و یکسان‌نگر در عمل، جلوه‌های زیبایی‌شناختی را در تعامل انسان با جهان خارج، کم‌رنگ می‌کند یا از بین می‌برد. چراکه به جایگاه تنوع و کثرت در ایجاد چشم‌اندازهای زیبا باور دارد.

طبیعت به ما می‌آموزد که تولید کثرت نیازمند طراحی فرایندهای خیلی پیچیده نیست. آنچه اهمیت دارد شناخت عناصر تشکیل‌دهندهٔ یک سازه و مدیریت درست در دست‌کاری این عناصر برای تولید سازه‌ای جدید است. پس فراتر از ساده یا پیچیده بودن یک ساختار، وجود نگاه خلاق و پویا به جایگاه زیرسازه‌های این ساختار دارای اهمیت است. چراکه با شناخت نقش هر یک از این زیرسازه‌ها، می‌توان تغییری هدف‌مند در نقش و جایگاه هر یک از این زیرسازه‌ها ایجاد کرد. مشابه همان فرایندی که در طبیعت اتفاق می‌افتد. هر گاه به تشابه‌ها و تفاوت‌ها در عناصر سازندهٔ طبیعت توجه کنیم، به خوبی می‌توانیم عناصر اساسی شکل‌گیری تنوع و کثرت را در ساختار طبیعت بیابیم.

توجه به تفاوت‌ها یکی از آموزه‌های گرانبهایی است که از طبیعت می‌توان دریافت کرد. آموزه‌ای که در تعامل انسان با پدیده‌ها، رویدادها و انسان‌ها می‌تواند راهنمای درک واقعی‌تر از مفهوم تعامل گردد.

اندیشهٔ یکسان‌نگر از درک تنوع، تفاوت و کثرت در دنیای پیرامون خود عاجز است. تمایل دارد همه چیز را یکسان یا آن‌گونه که دوست دارد ببیند! این اندیشه در تعامل با طبیعت نیز نمی‌تواند به کثرت و تنوع ساختارها توجه داشته باشد.

متغیرهای آسیب در مسیر تولید کثرت

فرایند تولید کثرت درحضور تفکر ایستا و یکسان‌ساز، همواره با موانع اساسی مواجه است. اصل اساسی در فرایند تولید کثرت، داشتن نگرش دینامیکی به پدیده‌ها و رویدادهای دنیای واقعی است. در حالی که مبنای تفکر یکسان‌ساز، نگاه ایستا و لخت به جهان و رویدادهای آن است. از این منظر متغیرهای آسیب در محیط تولید کثرت، خود را در قالب ترویج اندیشه‌های ایستا، باقی ماندن در چرخه‌های نازیبای تکرار و پیروی از کلیشه‌ها نشان می‌دهند.

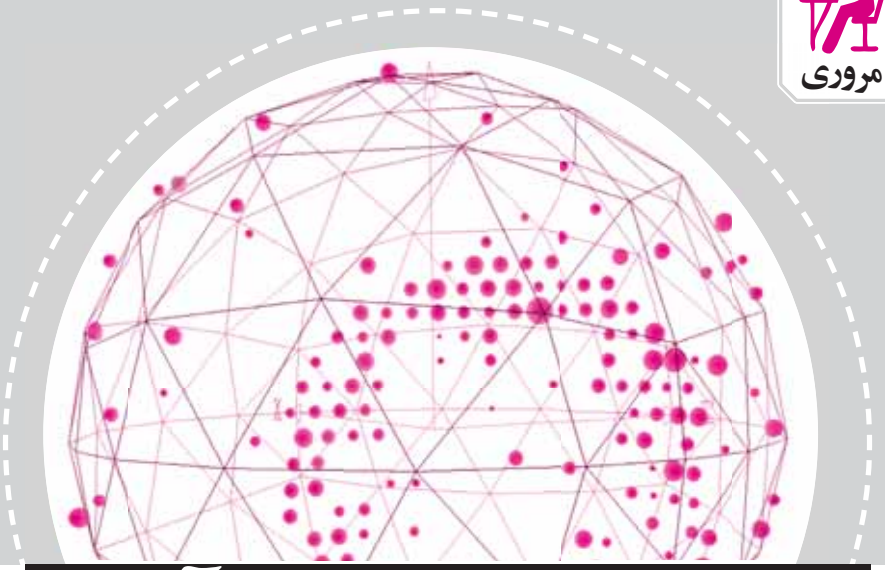
این متغیرها هر کدام به شکل خاص خود بر پیکرهٔ اندیشهٔ تولید کثرت، آسیب وارد می‌سازد. هر گاه کثرت را محصول تعامل خلاق انسان با پدیده‌ها و رویدادهای جهان خارج بدانیم، هر عاملی که زمینه‌های این تعامل خلاق را از بین ببرد یا مانع آن گردد، به‌عنوان مانع و آسیب در جغرافیای تولید کثرت عمل می‌کند.

در تعامل خلاق با رویداد، هر فرد می‌تواند مسیر تعامل را با توجه به پیشینه‌های ذهنی و تجربه‌هایش انتخاب و طراحی کند. وجود همین مسیرهای مختلف می‌تواند منشأ شکل‌گیری و تولید کثرت در ورود به تعامل و توصیف رویداد گردد. اندیشهٔ یکسان‌ساز برای ورود به تعامل با رویداد تنها یک مسیر را توصیه می‌کند. مسیری که ابتدا و انتهایش از قبل تعیین و تعریف شده و امکان هر گونه بازنگری و دست‌کاری در عناصر مسیر را از بین می‌برد.

در چنین شرایطی همگان تنها از همین مسیر وارد تعامل با رویداد خواهند شد. نتیجهٔ این رفتار از بین رفتن امکان توصیف‌های متنوع از یک رویداد معین خواهد بود. ورود به تعامل با رویداد از مسیرهای مختلف می‌تواند زمینه‌ساز شکل‌گیری چرایی‌های مختلف در رابطه با یک رویداد باشد. تفکر ایستا مانع از دستیابی انسان به چرایی‌های مختلف در توصیف یک رویداد یا پدیده می‌گردد.

نتیجهٔ این تفکر ایستا، راه‌حل‌ها و چگونگی‌های محدود و تکراری برای عبور از یک تنگنای مشخص خواهد بود. نبود تعبیرهای متنوع در چرایی وجود یک پدیده یا رویداد، باعث می‌شود انسان در تعامل با جهان پیرامونش دچار گونه‌ای یکسونگری شود. و این یعنی از بین بردن امکان تولید کثرت و تنوع در هستی و حیات انسان‌هاست.

طبیعت به ما می‌آموزد که تولید کثرت نیازمند طراحی فرایندهای خیلی پیچیده نیست. آنچه اهمیت دارد شناخت عناصر تشکیل‌دهندهٔ یک سازه و مدیریت درست در دستکاری این عناصر برای تولید سازه‌ای جدید است



نوترینوی اسرارآمیز

دان لین کوین- تیا می سلی
ترجمهٔ احمد توحیدی

اشاره

دیدیم که جایزهٔ نوبل فیزیک امسال برای کشف نوسان‌های نوترینو به دانشمندان فیزیک اعطا شد. تا کنون هیچ یک از ذرات بنیادی به اندازهٔ نوترینو جایزهٔ نوبل[1] فیزیک را نصیب دانشمندان نکرده است. تلاش در جهت شناخت این ذره و رفتار آن بسیاری از اسرار عالم را آشکار ساخته است و شاید بعد از این نیز آشکار سازد. این مقاله مروری کلی بر چگونگی کشف این ذره و مراحل تکاملی شناخت آن است که مطالب را به زبان ساده و روشن بیان می‌کند. مطالعهٔ آن می‌تواند اطلاعات کلی و سودمندی را در مورد نوترینو در اختیار خوانندگان قرار دهد.

کلیدواژه‌ها: نوترینو، نیروی ضعیف، نوسان نوترینو، واپاشی بتازا.

در مدت یک سده فیزیک‌دان‌ها با کار و تلاش، برای توضیح رفتار همهٔ ذرات بنیادی، نیروهایی که با آن‌ها سروکار دارند و برهم‌کنش‌شان در مقیاس کوچک مدلی را اصلاح و ارائه کرده‌اند. این اثر برجستهٔ علمی مدل استاندارد نام دارد. در حالی‌که این نظریه فوق‌العاده توانمند است، با این حال دست‌کم می‌دانیم برخی ذرات رفتارهایی از خود به نمایش می‌گذارند که خارج از محدوده این مدل قرار دارد و تاکنون بدون توضیح باقی مانده است. این ذرات که نوترینو نام دارد اشباح اسرارآمیز جهان کوانتومی‌اند. آن‌ها فقط با نیروی ضعیف برهم‌کنش می‌کنند، در واقع میلیاردها از این ذرات در هر ثانیه و از بدن شما می‌گذرند بدون آنکه آشکارسازی شوند. در حالی‌که ما رفتار شبح‌گونه ویژهٔ نوترینوها را درک می‌کنیم، اما در واقع نمی‌دانیم آن‌ها اصولاً با چه روشی می‌توانند هویتشان را تغییر دهند، درست مثل اینکه یک گربه خانگی پیش از تبدیل دوباره به گربهٔ خانگی به شیر و سپس به ببر تبدیل شود.

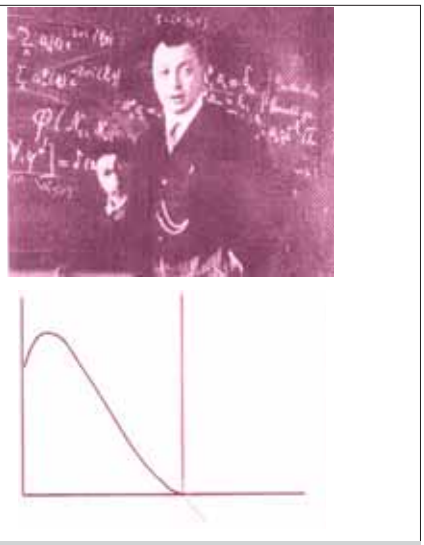
نوترینوها پژوهشگران را برای مدتی طولانی شگفت‌زده و آن‌ها را نسبت به قانون پایستگی انرژی در قلمروهای میکروسکوپی بدگمان کردند. نوترینوها به آن‌ها نشان دادند که بعضی از ذرات تقارن آینه‌ای ندارند، که این درست یکی از برخی رفتار شگفت‌انگیز نوترینوهاست. نوترینوها همچنان به گیج کردن فیزیک‌دان‌ها ادامه می‌دهند، به‌طوری که بررسی ویژگی آن‌ها زمینهٔ پرشوری برای پژوهش‌های جاری است.

تولد پرتوزای نوترینو

داستان ما از سال‌های ۱۹۱۵ شروع می‌شود وقتی که پرتوزایی موضوع داغ فیزیک و شیمی بود. در سال ۱۹۱۴، سِرچادویک[2] واپاشی تریتیم به هلیم و یک الکترون را بررسی می‌کرد ($^3H \rightarrow {}^3He+e$). برهم‌کنشی که در آن یک نوترون به پروتون تبدیل و یک الکترون گسیل می‌شود واپاشی بتازا نام‌گذاری شده بود. این وجه تسمیه تجلی ناآگاهی آزمایشگران اولیه دربارهٔ آن است که فکر می‌کردند ذره تولید شده در واپاشی فقط یک الکترون است.

در حالی‌که پژوهش‌های بعدی وضعیت را به وضوح روشن کرد، هنوز هم نام «واپاشی بتازا» برای توصیف یک فرایند هسته‌ای به کار می‌رود که در آن یک الکترون گسیل می‌شود.

چادویک و همکارانش تکانهٔ الکترون خروجی از واپاشی بتازا را اندازه‌گیری کردند. اگر یک ذرهٔ در حال سکون به



▲ شکل.۱ ولفانگ پاؤلی در سال ۱۹۳۰ راه حلی را پیشنهاد کرد، یک ذرهٔ بدون بار جدید که پایستگی انرژی را نجات می‌داد.

دو ذره دختر واپاشیده شود، انتظار داریم طبق قانون‌های پایستگی، تکانه و انرژی جنبشی ذرات تولید شده کاملاً معین باشند. آزمایش چادویک به حدّ کافی دقیق بود به‌طوری که او توانست انرژی الکترون گسیل شده را به دقت اندازه بگیرد. نتیجه به‌دست آمده گیج‌کننده بود. به‌نظر می‌رسید در آزمایش‌های واپاشی بتازا، قانون پایستگی انرژی و تکانه نقض می‌شوند.

دلیل منطقی برای آن به این قرار است. پیش از واپاشی، اتم تریتیم در حال سکون و دارای انرژی E است، که از معادلهٔ $E=mc^2$ اینشتین به‌دست می‌آید. به‌دلیل پایستگی انرژی این مقدار باید در حالت نهایی ذرات که در آن زمان به‌نظر می‌رسید هلیم و الکترون باشد موجود بود. چون مجموع جرم‌های هلیم-۳ و الکترون کمتر از جرم تریتیم است، پس انرژی باقیمانده باید به انرژی جنبشی ذرات نهایی تبدیل شده باشد. افزون بر این، چون تکانه هم مانند انرژی پایسته است، پس اتم هلیم و الکترون باید تکانه‌های مساوی و در جهت‌های مخالف داشته باشند. ترکیب این واقعیت‌ها ایجاب می‌کند که طیف انرژی الکترون گسیل شده باید یک مقدار معین و برابر ۱۸/۵۹ kev باشد (شکل ۱). ولی در عوض، چادویک مشاهده کرد که الکترون گسیل شده دارای انرژی‌های گوناگون است و مقدار معینی را که انتظار می‌رفت ندارد. آیا این موضوع حاکی از آن بود که در قلمرو کوانتومی پایستگی انرژی برقرار نیست؟ به مدت ۱۶ سال پس از اندازه‌گیری چادویک، چشم‌انداز شکست پایستگی انرژی در فرایندهای هسته‌ای، جامعه فیزیک را به خود مشغول کرده بود. با توجه به پایستگی انرژی فراگیر مشاهده شده این احتمال با ناخشنودی گسترده‌ای روبه‌رو گردید.

در دسامبر سال ۱۹۳۰، در یک همایش مربوط به پرتوزایی در مونیخ راه‌حل نوآورانه‌ای ارائه شد. ولفانگ پاؤلی[۴] راه‌حلی را پیشنهاد کرد که آن را «داروی لاعلاجی» نامید. پاؤلی پیشنهاد کرد اگر ذره مشاهده نشده دیگری در واپاشی بتازا گسیل شود که جرمی تقریباً برابر یا کمتر از جرم الکترون داشته باشد، قانون پایستگی انرژی برقرار خواهد بود. او این ذره را نوترون نامید. با معرفی ذرهٔ سوم در حالت نهایی واپاشی، انرژی می‌توانست به شیوه‌های گوناگونی بین سه ذره تقسیم شود. بنابراین در حالت نهایی انرژی ذرات باید انتظار یک توزیع پیوسته را داشته باشیم که به زاویه خروجی هر ذره بستگی دارد.

در سال ۱۹۳۳، انریکوفرمی استفاده از ذره پاؤلی یک مدل بسیار کلیشه‌ای از واپاشی بتازا آن ذره را نوترینو «به زبان ایتالیایی به معنای ذره کوچک خنثی بدون بار» نام‌گذاری کرد. مدل فرمی آهنگ‌های واپاشی مشاهده شده در واپاشی‌های بتازا و موئون را توضیح می‌داد. نظریهٔ فرمی تا انرژی‌های حدود ۱۰۰ Gev یعنی میلیون‌ها برابر انرژی مربوط به واپاشی بتازای تریتیم معتبر است. در این نقطه آهنگ‌های پیش‌بینی شده به‌طور غیرواقعی زیاد می‌شود. در این نقطه ۱۰۰ Gev، نظریه نقض می‌شود و به مدل واقع‌گرایانه‌تری نیاز داریم که اکنون آن را نظریهٔ الکترو ضعیف می‌نامیم. نظریه جدیدی که برهم‌کنش‌های نوترینو را توصیف می‌کند.

اگر یک ذرهٔ درحال سکون به دو ذرهٔ دختر واپاشیده شود، انتظار داریم طبق قانون‌های پایستگی، تکانه و انرژی جنبشی ذرات تولید شده کاملاً معین باشند.

▲ شکل.۲ ولفانگ پاؤلی با یک تلگرام از کشف ذره‌ای که پیش‌بینی کرده بود مطلع شد.

به دام انداختن نوترینو

در سال ۱۹۵۶ در راکتور هسته‌ای ساوانا ریور[۶] در کالیفرنیای جنوبی، کلایدکووان[۷] و فردریک رینس[۸] با اشتیاق چشم به‌راه تپ‌های نوری بودند که حاکی از برهم‌کنش یک نوترینو در آشکارسازهایشان بود. نوترینوها یا به بیان دقیق‌تر پادنوترینوها ($\bar{\nu}$)، در نیروگاه هسته‌ای در فرایند شکافت بر اثر واپاشی نوترون تولید می‌شوند $n^{\circ} = p^{+} + e^{-} + \bar{\nu}$. شار پادنوترینوها در آشکارساز $10^{13}/cm^2.s$ برآورد شده بود.

کووان و رینس آزمایش خود را با توجه به افسانهٔ آلمانی «پروژه روح پر سروصدا»[۹] نام نهادند. چون آن‌ها برای تأیید تجربی ذرهٔ گریزپا و شبح‌گونه پاؤلی بودند. پروژه شامل دو مخزن آب مخلوط با کلرید کادمیم بود که بین دو لایه سوزن

مایع قرار گرفته بودنـــد. پادنوترینوها هنگام ورود به مخزن‌ها می‌توانســـتند به یک پروتـــون برخورد کـــرده و آن را به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل کنند. این واکنش عکس واکنش بتازاست پس آن‌ها چشم به راه واکنش $\bar{\upsilon} + p^+ \rightarrow n^\cdot + e^+$ بودند. با ورود پوزیترون به آشکارسازشان، آن‌ها در پی درخشش نوری بودند که بر اثر نابودی سریع پوزیترون با الکترون و تولید پرتوهای گاما در مخزن ظاهر می‌شد و اندکی پس از آن فوران پرتوی گاما با دیگری بر اثر جذب نوترون توسط کادمیم به‌وجود می‌آمد.

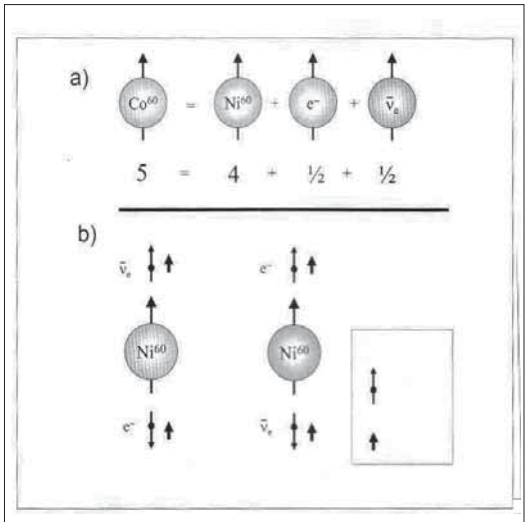
وقتی کـــه کووان و رینـــس نقطه‌های روشـــن الکترونیکی روی صفحه آشکارســـازهای فوتونی خـــود را دیدند که دلالت آشکارســـازی پادنوترینو داشـــت، فوراً به پاؤلی تلگراف زدند (شکل۲). در سال ۱۹۳۵، رینس تنها عضو در قید حیات زوج شکارکنندهٔ شبح، جایزه نوبل را به خاطر آشکارسازی پادنوترینو دریافت کرد.

نوترینوها چپ‌دست‌های ضعیف هستند

برای توضیح اینکه چرا نوترینوها تقـــارن بازتاب ندارند باید مفهوم اســـپین را معرفی کنیم، اســـپین در واقع یادآور گوی چرخانی اســـت که تکانه زاویه‌ای دارد، در فیزیک ذرات مقدار کوانتیدهٔ تکانه زاویه‌ای ذاتی یک ذره است.

بدیهی است که فرایندهای فیزیکی که در آینه ظاهر می‌شوند (یک تبدیل پاریتـــه) به همان انـــدازهٔ فرایندهای غیرآینه‌ای رخ می‌دهند. برای مثال، الکترون‌ها با احتمال یکســـان بدون توجه به چپگردی یا راستگردی اسپین‌شان پراکنده می‌شوند

رینس تنها عضو در قید حیات زوج شکارکنندهٔ شبح، جایزه نوبل را به خاطر آشکارسازی پادنوترینو دریافت کرد



▲ شـــکل.۳ الف) در آزمایش وو، کبالت- ۶۰ به نیکل- ۶۰، یک الکترون و یک پادنوترینو واپاشیده می‌شود. هسته کبالت دارای اسپین ۵ و نیکل دارای اسپین ٤ است. بنابراین یک اسپین باقیمانده به دولپتون منتقل می‌شود که باید در یک جهت قرار داشته باشند.
ب) هر دو واپاشی که در شکل نشان داده شده‌اند الزاماً دارای اسپین‌های در یک جهت هستند. فرایند سمت راست هرگز روی نخواهد داد، که دال بر آن است که نوترینوها همواره چپگردند و پادنوترینوها همیشه راستگردند. این آزمایش‌ها نشان دادند فرایندهایی که در آن‌ها نیروی ضعیف دخیل است دارای تقارن پاریته نیستند.

در سال ۱۹۵٦، چی‌ان شـــوینگ‌وو[10] به‌طور تجربی نشان داد که نوترینوها، و فرایندهای شـــامل نوترینوهـــا (به‌ویژه نیروی هســـته‌ای ضعیف) جهت چپ را بر راست ترجیح می‌دهند. او در آزمایش خود، نمونـــه‌ای از اتم‌های کبالت ٦۰ را در میدان مغناطیســـی قرار داد، در نتیجه اسپین اتم‌ها در جهت میدان مغناطیســـی قرار گرفتند. ســـپس منتظر ماند تا کبالت- ٦۰ پرتوزا با گسیل یک الکترون و پادنوترینو به نیکل-٦۰ واپاشیده شود $(Co^{60} \rightarrow Ni^{60} + e^- + \bar{\vartheta})$ (شکل ۳- الف). خوش‌باورانه انتظار داریم که الکترون‌ها با احتمال یکسان موازی یا پادموازی اسپین هسته گسیل شوند. با این همه، او دریافت که الکترون همواره در خلاف جهت اسپین هسته گسیل می‌شود و هرگز در جهت آن گسیل نمی‌شود (شکل۳-ب).

بنابراین نیروی مسئول واپاشی بتازا با ذرات چپگرد یا راستگرد به‌طور متقارن برخورد نمی‌کند. در واقع، در آزمایش او، پاریته در بالاترین حد نقص و به این نتیجه‌گیری مهم‌تر منجر شد که همهٔ نوترینوها چپگرد و همه پادنوترینوها راستگردند.

یافته‌های وو به این برداشت رایج ما از نیروی ضعیف انجامید، که در آن فقط ذرات چپگرد و یا ذرات راســـتگرد شرکت دارند (شکل-٤). این نتیجه به‌طور جبران‌ناپذیری تصور پاریته (P) به‌عنوان یک تقارن بنیادی را درهم شکست که شکست تقارن مادّه و پادمادّه (موسوم به C برای همیوغی بار) را نیز به‌دنبال داشت. اما نظریه‌پردازان به سرعت تقارن (CP) را جایگزین آن کردند. در هر فرایند مشاهده شده، اگر پاریتهٔ ذره را عوض کنید [(یعنی (x،y،z) به (-x، -y، -z)]تبدیل شود] و همه ذرات را با پادذراتشان جایگزین کنیم (و برعکس)، پیکربندی جدید هم مطابق شکل-٥ مشاهده خواهد شد.

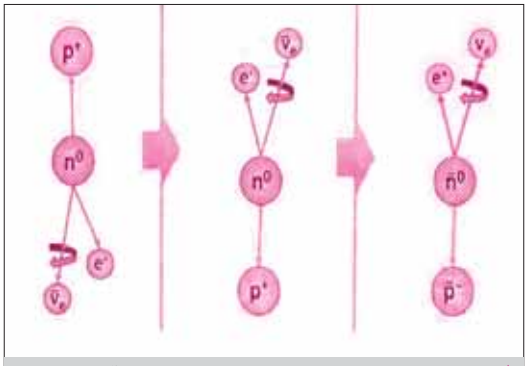
شـــگفتی‌های ناشی از نســـل دوم: نوترینوهای موئونی

در سال ۱۹٦۲، در آزمایشگاه ملی بروکهیون[11] در نیویورک، لئون لدرمن[12]، ملوین شوارترز وجک[13] اشتینبرگر[14] آزمایشی را برای جست‌وجوی نوع دیگر نوترینو انجام دادند. که مبتنی بر این فرض بود که هرگز دیده نشـــده اســـت که موئون‌ها به الکترون و فوتون واپاشیده شوند. اگر نکتهٔ منحصربه‌فردی دربارهٔ موئون‌ها در مقایسه با الکترون‌ها وجود نداشت این واپاشی باید روی می‌داد. اما چون این اتفاق روی نمی‌دهد (و چون ارتباطی بین نوترینوها و الکترون‌ها وجود دارد)، بنابراین منطقی به‌نظر می‌رسید که بپذیریم احتمالاً دو نوع نوترینو با طعم‌های مختلف یکی همراه با الکترون و دیگری همراه با موئون وجود دارند.

اولین باریکهٔ نوترینوی مصنوعی با استفاده از سینکروتون با گرادیان متناوبِ بروکهیون ساخته شد. بدین منظور پروتون‌ها به یک هدف فلزی کوبیده می‌شدند. حاصل این برخورد خروج مخلوطی از ذرات بود. با متمرکز شـــدن این ذرات باریکه‌ای از پیون‌های باردار به دست می‌آمد. به پیون‌ها فرصت داده می‌شد تا به موئون‌ها و نوترینوها واپاشیده شوند.

موئون‌های محصول واپاشی جدا می‌شدند و می‌گذاشتند تا

شکل ٤. چی ان شونیگ وو در سال ١٩٥٦ کشف کرد که نوترینوها چپگردند.



شکل ٥- برای هر برهم کنش ضعیف معین، طبیعت تصویر آینه‌ای (با پاریته معکوس) مجاز نیست. با این همه، اگر پادماده جایگزین ماده شود و بر عکس تصویر با پاریته معکوس را طبیعت مجاز می‌شمرد.

واپاشیده و با استفاده از حفاظ متوقف شوند، در نتیجه باریکه‌ای از نوترینوها تولید می‌شد که عمدتاً حاصل برهم‌کنش‌های موئونی بودند.

پژوهشگران در پی برهم‌کنش‌های تولید شدهٔ ناشی از باریکهٔ نوترینوها بودند. اگر فقط یک نوع نوترینو وجود داشت این برهم‌کنش‌ها باید الکترون و موئون‌های مساوی تولید می‌کردند. اما، آنچه مشاهده شد این بود که فقط موئون‌ها تولید شده بودند.

با توجه به اینکه نوترینوها از برهم‌کنش موئون‌ها تولید شده بودند، پس آن‌ها «هویت موئونی» خود را حفظ کرده بودند. این آزمایش نشان داد که دست‌کم دو نوع نوترینو وجود دارد، یکی الکترون‌گونه (υ_e) و دیگری موئون‌گونه (υ_μ).

لدرمن، شوارتز واشیتنبرگر برای کشف نوترینوی موئونی مشترکاً برنده جایزه نوبل سال ۱۹۸۸ شدند.

خورشید و نوترینوهای گمشده

در سال‌های ۱۹۶۰، جان باکال[15] تلاش می‌کرد تا فرایندهای هسته‌ای را که در همجوشی خورشیدی روی می‌دهند محاسبه کند. او پیش‌بینی کرد که در واکنش

$$H^+ + H^+ \rightarrow H^2e + \upsilon + \text{(ذرات‌دیگر)}$$

تعداد $\frac{\text{نوترینو}}{cm^2}$ در روی زمین تولید می‌کند- یا تقریباً در هر ثانیه ۱۰۰ میلیارد نوترینو از ناخن شست شما می‌گذرند- او امیدوار بود که این تعداد نوترینو برای رقابت با نوترینوهای بررسی شده از شکافت هسته‌ای پروژه روح پر سروصدا کافی باشد. او با آزمایشگری به نام ری دیویس[16]، گروهی را تشکیل داد که تصمیم داشت نوترینوهایی را که از خورشید سرچشمه می‌گرفتند آشکارسازی کند. آن‌ها به طرح آزمایشی جدیدی نیاز داشتند تا بتوانند نوترینوها را آشکارسازی کنند. در حالی‌که در پروژهٔ روح پر سروصدا پادنوترینوهای الکترونی بررسی می‌شدند.

ری دیویس و همکارانش تقریباً در حدود ۲ کیلومتری زیرزمین در معدن طلای هوم استیک[17] در داکوتای جنوبی مخزنی را برای نگه داری ۳۸۰۰۰ لیتر پرکلرین اتیلن (مایع تمیزکننده در خشک‌شویی‌ها) ساختند. آن‌ها امیدوار بودند با قرار دادن آشکارسازشان در ژرفای زمین مانع نفوذ نوترینوهای پرتوهای کیهانی شوند زیرا فقط نوترینوهای خورشیدی می‌توانند آزادانه از زمین عبور کنند. اگر یک نوترینوی خورشیدی به داخل آشکارساز وارد می‌شد در واکنش $\upsilon + Cl \rightarrow Ar + \bar{e}$ انجام می‌شد.

گاز هلیم به‌طور مرتب در پرکلراتیلن به‌صورت حباب در می‌آمد و اتم‌های آرگون تولید شده را جذب می‌کرد، سپس اتم‌های آرگون شمرده می‌شدند. مخزن حاوی حدود 10^{30} اتم بود و در طول یک دوره متوالی یک هفته یا بیشتر انتظار می‌رفت که در حدود ۱۰ اتم آرگون تولید شود. اما تعداد اتم‌هایی که آشکارسازی شدند در حدود یک‌سوم آهنگ تعدادی بود که باکال پیش‌بینی کرده بود. کمبود تعداد اتم‌ها را می‌توان به سادگی به علت برداشت ناکافی کارایی آشکارساز دانست. اما دیویس توانسته بود با دقت مقدار تنظیم شده‌ای از آرگون را که به مخزن وارد شده بود اندازه گرفته و نشان داد که او آنچه را انتظار داشت به دست آورده است. آزمایش بی‌عیب و نقص به‌نظر می‌رسید. پژوهشگران به پیش‌بینی‌های باکال توجه کردند که در آن شار نوترینو به توان بیست‌وپنجم دمای مرکز خورشید بستگی داشت.

با چنین حساسیتی کاملاً امکان داشت که کوچک‌ترین عدم دقت در آزمایش تقویت شده و به اختلاف مشاهده شده منجر گردد. اما هم‌چون آزمایش باکال، محاسبات و اندازه‌گیری‌های اخترشناسی پشتیبان آن هم بی‌عیب و نقص به‌نظر می‌رسیدند. بی‌شک معمایی وجود داشت که باید حل می‌شد. آزمایش‌های بعدی اختلاف به‌دست آمده را تأیید کرد. شار نوترینوهای الکترونی در زمین $\frac{1}{3}$ مقدار پیش‌بینی شده بود.

در حالی‌که «مسئله نوترینوی خورشیدی» چنانکه نامیده می‌شد می‌توانست ناشی از شناخت نادرست تولید نوترینوهای خورشیدی باشد، اختلاف مشابهی در نوترینوهای جوّی زمین (که از پروتون و نوترون تشکیل شده است) مشاهده می‌شود. برخوردهای پرانرژی پروتون با پروتون یا پروتون با نوترون‌های جوّ زمین پیون‌های باردار تولید می‌کند. همان‌طور که در توضیح آزمایش لدرمن و دیگران گفته شد پیون‌ها به موئون و نوترینوهای

هر ثانیه ۱۰۰ میلیارد نوترینو از ناخن شست شما می‌گذرند باکال امیدوار بود که این تعداد نوترینو برای رقابت با نوترینوهای بررسی شده از شکافت هسته‌ای پروژه روح پرسروصدا کافی باشد

موئونی واپاشیده می‌شوند.

$$(\mu^+ \rightarrow \vartheta_\mu + \mu^+ \rightarrow e^+ + \vartheta_\mu^- + \vartheta_e)$$

در مورد نوترینوهای جوّی پیش‌بینی شـــده بود که برای هر نوترینوی الکترونی باید دو عدد نوترینوی موئونی تولید شود. اما در آزمایش مشـــابهی مانند آزمایش هوم استیک نسبت یک به یک مشاهده شد که به‌طور آشکاری با آنچه پیش‌بینی شده بود ناسازگاری داشت. اکنون فیزیک‌دان‌ها باید راز دو معمای نوترینو را بگشایند و مردم شگفت‌زده خواهند شد وقتی که معلوم شود هر دو خاستگاه مشـــترکی دارند. برونو پونته کروو[18] فیزیک‌دان ایتالیایی فرض کرد که شاید هویت‌های نوترینو ثابت نباشد و دو نوع نوترینو بتوانند از یک نوع به نوع دیگر نوسان کنند.

نوترینوها و عدم توازن مادّه- پادمادّه

احتمالاً نوترینوها ســـرنخی برای حل یکـــی از بنیادی‌ترین پرسش‌ها در اختیار می‌گذارند: چگونه است که عالم فقط از مادّه ساخته شده است نه پادمادّه؟ بنا بر فرضیه مهبانگ در آغاز فقط انرژی بود، سپس انرژی به دو بخش مساوی مادّه و پادمادّه تبدیل شد. اگر این درست باشد، پس پادّمادهٔ تولیدشده کجا رفته است؟

چـــون نیروی ضعیف تفاوت نوترینوهای مـــادّه و نوترینوهای پادمادّه از یکدیگر را تشـــخیص می‌دهد، پس شاید بررسی‌های مربوط به نوترینو بتواند چگونگی رجحان ذرات نسبت به پاد ذرات را در طول تحول عالم توضیح دهد. اولین گام در تعیین اینکه آیا نوترینو می‌تواند مســـئولیت کامل یا بخشی از عدم توازن ماده- پادمادّه در عالم مرا بر عهده بگیرد در نوســـان‌های نوترینوست. آزمایش‌های جاری با یکدیگر رقابت می‌کنند تا ببینند پارامترهای نوسان نوترینوها به شرایط اولیه آزمایش- مثلاً اینکه آیا با باریکهٔ نوترینو شـــروع کرده‌ایم یا با باریکه پادنوترینو- بستگی دارد. در ژاپـــن، آزمایش توکایی تاکامیـــوکا[19] (T2K) با اســـتفاده از اَبر آشکارساز کامیوکا (اَبر-k) برای آشکارسازی نوترینوهایی استفاده می‌کند که در فاصله ۳۰۰ کیلومتری در توکایی تولید شده‌اند در ایالات متحده آمریکا، آزمایشگاه ملی فرمی آزمایش (NOVA) را انجام می‌دهد. NOVA از باریکهٔ نوترینویی استفاده می‌کند که در آزمایشگاه فرمی تولید می‌شود و فاصله ۸۰۰ کیلومتری در زمین را طی می‌کند تا به معدن اَش‌ریور[20] در مینه‌سوتا برسد. در سرن، یک باریکهٔ نوترینو از سوئیس به آزمایشگاه گراند ساسو[21] در ایتالیا (CNGS) در فاصله ۷۳۲ کیلومتری شلیک می‌شود. رقابت کاملاً شدید است.

نسل دوم نوترینو و خورشید

در ســـال ۱۹۸۳، یک گروه علمی مستقر در دانشگاه توکیو آزمایش واپاشی نوکلئون کامیوکاندە[22] را ساخت تا در جست‌وجوی واپاشی پروتون به‌عنوان آزمونی برای اعتبار مدل استاندارد از آن استفاده کند. اگرچه کامیوکانده برای بررسی این واکنش ساخته شده بود، اما این واپاشی مشاهده نشد. بلکه درعوض با گذاشتن محدودیت‌های موجود برای واپاشـــی پروتون بـــه اعتبار مدل استاندارد کمک کرد (با این نتیجه که نیمهٔ عمر پروتون بیشتر از 10^{31} سال اندازه‌گیری کرد که این مقدار ۲۱مرتبه بزرگی از سن عالم بیشتر است! نیمه عمر پروتون پس از آنکه در سال ۱۹۹۶ کامیوکانده بزرگ‌تر شد و به اَبر کامیوکانده[23] ارتقا یافت به 10^{32} سال افزایش پیدا کرد (جدیدترین محدودیت‌ها از حدود 10^{34} بزرگ‌تر است).

اگرچه اَبر-K واپاشـــی پروتون را پیدا نکرد، اما معلوم شده که عالی‌ترین آشکارســـاز نوترینوهای خورشـــیدی و جوّی است. تحلیل‌های اولیه اَبر-K بررسی‌های قبلی را که ابهامی در تعداد (جمعیت) نوترینوها تشخیص داده بودند تأیید کرد. اما، آشکار ساز اَبر-K دارای یک امتیاز بود. این آشکارساز می‌توانست جهتی را که نوترینوها از آن سرچشمه می‌گیرند تعیین کند. با مشاهده نوترینوهای ناشـــی از پرتوهای کیهانی که به بالای جوّ برخورد می‌کننـــد (در فاصلهٔ حدود ۲۰ کیلومتـــر) و نوترینوهایی که از طرف دیگر زمین (در فاصلهٔ حدود ۱۳۰ کیلومتر) سرچشـــمه می‌گیرند، پژوهشگران توانستند تعیین کنند که این کسری برای نوترینوهای تولید شده در فاصله نزدیک کمتر از آن‌هایی است که در فاصله دورتر قرار داشتند. بنابراین در سال ۱۹۹۸ اعلام شد که این اندازه‌گیری‌ها اولین دلیل قطعی نوسان نوترینوهاست، اگرچه اندازه‌گیری‌های دیگری لازم بود تا این تصویر را کامل کند.

پاسخ‌های خورشیدی ناشی از نسل سوم: نوترینوهای تاؤ[24]

در ســـال ۲۰۰۰، نوترینوی با طعم تـــاؤ در آزمایش دونات[24] آزمایشـــگاه فرمی کشف شد (لپتون تاؤ سومین عضو از خانواده لپتون‌های باردار شامل الکترون و موئون است). معلوم شد که این کشف آخرین قطعهٔ پازل نوترینوهای خورشیدی است. رصدخانه نوترینو در ســـادبری[25]، اونتاریو (SNO) توانســـت هر سه نوع نوترینوی خورشیدی (الکترون، موئون و تاؤ) را آشکارسازی کند. در ســـال ۲۰۰۱، آزمایش SNO اعلام کرد که مجموع شارهای سه طعم نوترینوهای خورشیدی (الکترون، موئون و تاؤ) کاملاً با محاسبات همجوشی خورشیدی باکال سازگارند. به طور خلاصه، باکال شارنوترینوهای خورشیدی را به درستی محاسبه کرده بود، اما نوترینوها هنگام مسافرت به طرف زمین هویت خود را تغییر داده بودند.

نظریه نوسان نوترینوها در پیوست توضیح داده شده است، به هر حال این نظریه اصولاً می‌گوید تعداد نوترینوهای با هویت خاص (مثلاً، نوترینوهای نوع موئون) می‌توانند به انواع دیگر تبدیل شوند. پارامترهایی که میزان اختلاط نوترینوها در یک آشکار دوردست را معین می‌کنند به فاصله بین چشمه تا آشکارساز، انرژی اولیه نوترینوها و اختلاف میان جرم انواع آن‌ها بستگی دارد. به‌طوری که در پیوســـت گفته خواهد شـــد، طعم‌های انواع نوترینوهای مشاهده شده جرم معین منحصر به فردی ندارند، به علاوه، آنچه در نوسان نوترینوها اهمیت دارد جرم آن‌ها نیست بلکه اختلاف جرمشان است. بنابراین اَبر-SNO CK و آزمایش‌های مبتنی بر شـــتاب‌دهنده‌های بعدی صرفاً اختلاف جرم نوترینوها را اعلام کردند. مقادیر مطلق آن‌ها هنوز معلوم نیست.

نظریه نوسان نوترینوها در پیوست توضیح داده شده است، به هر حال این نظریه اصولاً می‌گوید تعداد نوترینوهای با هویت خاص (مثلاً، نوترینوهای نوع موئون) می‌توانند به انواع دیگر تبدیل شوند

معماهای بارز

اگرچه تاریخچهٔ پژوهش دربارهٔ نوترینو سرشار از اکتشافات شگفت‌انگیز است، اما هنوز این ذره اسرارآمیز همهٔ اسرار خود را آشکار نکرده است. این رازها گسترهٔ وسیع شامل از جرم واقعی نوترینوها تا اختلاف مادّه و پادمادّهٔ انواع نوترینوها و اینکه آیا با شناخت سه طعم نوترینوها ماجرا پایان می‌یابد دربرمی‌گیرد.

جرم نوترینوها چقدر است؟

طعم نوترینوها از این رو نوسان می‌کند که آن‌ها جرم دارند. همان‌طور که در پیوست توضیح داده خواهد شد، یک نوترینو با طعم خاص (یعنی، الکترون، موئون و تاؤ) دارای احتمال داشتن یکی از سه حالت طعم با جرم‌های متفاوت υ_1، υ_2، υ_3 است.

یک نوترینو با حالت جرم خاص دارای احتمال داشتن یکی از سه حالت طعم مختلف υ_e ، υ_μ ، υ_τ است. نوسان در طعم به جرم یک نوع نوترینوی خاص بستگی ندارد، بلکه تابع مجذور اختلاف جرم طعم‌هاست. آزمایش‌ها تعیین کرده‌اند که نوترینوهای υ_1، υ_2 جرم‌های مشابهی دارند که υ_1 ذرهٔ سنگین‌تر است. اما نمی‌دانیم که υ_3 جرم بسیار بالاتری دارد «سلسله مراتب معمولی» یا جرم بسیار پایین‌تر «سلسله مراتب وارون». همچنین میانگین جرم نوترینو معلوم نیست، اما آزمایش گستردهٔ گوناگونی از بررسی‌های اخترشناختی گرفته تا آزمایش واپاشی بتازا، حدود آن‌ها را معین کرده‌اند.

رصدهای کیهان‌شناختی با استفاده از زمینه ریز موج کیهانی، داده‌های اَبر نواختر و جنگل آلفای لیمان (جذب هیدروژن در طیف‌های مربوط به کهکشان‌های دوردست) پیش‌بینی می‌کنند که جرم نوترینوها باید کمتر از ۰/۳ eV باشد. همچنین دیگر رصدهای کیهان‌شناختی مربوط به عدسی گرانشی (خمیده شدن مسیر نور گسیل شده از اجسام بسیار دور دست ناشی از تاب برداشتن فضا زمان ناشی از اجرام بسیار سنگین زمینه نیز جرم نوترینو را به کمتر از ۱/۵eV محدود می‌کند).

آزمایش نوترینوی کارلسروهه (KATRN) در آلمان داده‌هایی را گردآوری می‌کند تا اندازه‌گیری بسیار دقیقی از طیف انرژی الکترون ناشی از واپاشی بتازا را انجام دهد. با تعیین بیشینه انرژی خروجی ممکن الکترون‌ها، دانشمندان کمینه انرژی ممکن پادنوترینوی خروجی را به دست خواهند آورد. گمان می‌رود که کمینه انرژی متشکل از همهٔ انرژی جرم، و انرژی جنبشی صفر است، بنابراین اندازه‌گیری پادنوترینو را ممکن می‌سازد.

- مایورانا یا دیراک

یک ذرهٔ مایورانا [۲۶] ذره‌ای است که نوع مادّه و پادمادّه آن یکسان باشد. ذراتی که ذره و پادذرهٔ آن‌ها قابل تشخیص باشند ذرهٔ دیراک [۲۷] نامیده می‌شوند. برای مثال، پادفوتون همان فوتون است، بنابراین فوتون یک ذره مایورانا است. اگر نوترینو ذرهٔ مایورانا باشد، نوترینو اولین ذره بنیادی فرمیونی دارای این ویژگی است.

برای آزمودن اینکه آیا نوترینوها ذرات مایورانا هستند آزمایش‌های بسیاری انجام می‌شود. آن‌ها در پی فرایندی هستند که واپاشی دو بتایی بدون نوترینو نام دارد. در این فرایند، نوترینوهای خروجی از هر واپاشی بتازا بلافاصله یکدیگر را نابود می‌کنند. آشکارسازهای این آزمایش‌ها در پی یافتن دو الکترون تولید شده بدون نوترینو هستند، هنوز چنین فرایندی مشاهده نشده است. آزمایش‌های جاری در این مورد عبارت‌اند از: MAJORANA,XMASS, EXO, KAMLAND- ZONE

افزون بر این، آزمایش‌هایی که در برخورددهندهٔ بزرگ هادرونی انجام می‌شود هم این هدف را دنبال می‌کنند.

تعیین اینکه نوترینوها مایورانا هستند یا دیراک به ما کمک خواهد کرد که ببینیم آیا جرم نوترینوها از سلسله مراتب معمول پیروی می‌کند یا وارون. همچنین اگر معلوم شود که نوترینوها مایورانا هستند، آزمایش‌های واپاشی دو بتایی بدون نوترینو می‌توانند جرم نوترینو را برآورد کنند. برای مثال، آزمایش EXO-۲۰۰ نشان داد که اگر نوترینو مایورانا باشد، میانگین جرم آن کمتر از ۱۴۰-۳۸۰ meV است.

آیا نوترینوهای بیشتری وجود دارد؟

محور اسپین نوترینوهایی که مثلاً در آزمایش وو مشاهده می‌کنیم در خلاف جهت تکانه آن‌ها است (دستوارگی چپگرد)، درحالی که محور اسپین پادنوترینوها همیشه در جهت تکانه آن‌ها است (دستوارگی راستگرد). تنها راهی که یک ذره می‌تواند همیشه دستوارگی معین داشته باشد آن است که با سرعت نور حرکت کند. اگر ذره‌ای با سرعت کمتر از سرعت نور حرکت کند، می‌توان چارچوب مرجعی انتخاب کرد که در آن ذره در جهت مخالف حرکت کند، اما جهت اسپین آن تغییر نکند. با توجه به نتایج نوسان آزمایش اَبَر کامیوکانده در سال ۱۹۹۸ می‌دانیم که نوترینوها جرم اندکی دارند. بنابراین نوترینوهایی که به‌طور تجربی یافته‌ایم در چارچوب مدل استاندارد فیزیک ذرات بنیادی قرار نمی‌گیرند، زیرا در این مدل نوترینوها باید بدون جرم و همیشه چپگرد و پاد نوترینوها همیشه راستگرد باشند.

چون معلوم شده است که نوترینو دارای جرم است، این پرسش باقی می‌ماند «که نوترینوهای راستگرد یا پاد نوترینوهای چپگرد کجا هستند؟» مدل استاندارد طوری گسترش یافت که به این پرسش پاسخ دهد. نوترینوهای جدیدی در نظر گرفته شدند که سنگین‌ترند و از طریق نیروی گرانی برهم‌کنش می‌کنند نه نیروی ضعیف. این نوترینو را «نوترینوی سترون» می‌نامند. این نوترینوها بخشی از یک «ساز و کار نوسانی/الاکلنگی» توصیف می‌شوند که بین جرم نوترینوهای طعم‌دار شناخته شده چه آن‌ها نوترینوهای سترون نظری باشند یا نوترینوهای راستگرد سنگین ارتباط برقرار می‌کند. در مدل الاکلنگی با سبک‌تر شدن نوترینوهای طعم‌دار نوترینوهای سترون یا نوترینوهای راستگرد سنگین‌تر می‌شوند. همچنین امکان دارد چند نوترینوی سترون با جرم‌های مختلف وجود داشته باشند.

رصدهای کیهان‌شناختی با استفاده از زمینه ریزموج کیهانی، داده‌های اَبرنواختر و جنگل آلفای لیمان (جذب هیدروژن در طیف‌های مربوط به کهکشان‌های دوردست) پیش‌بینی می‌کنند که جرم نوترینوها باید کمتر از ۰/۳ eV باشد

نظریهٔ نوسان نوترینو پیوند محکمی با نظریه مکانیک کوانتومی دارد، و می‌توان آن را مثال عملی و ساده از چگونگی استفاده از معادلهٔ شرودینگر وابسته به زمان دانست

نوترینوهای سترون می‌توانند نتایج غیرمنتظرهٔ آزمایش‌ها را توضیح دهند. در آشکار ساز MiniBooNE که یک آشکارساز روغنی چرنکوف در آزمایشگاه شتاب‌دهنده ملی فرمی در ایالات متحده امریکا- است افزایش غیرمنتظره‌ای در تعداد نوترینوهای الکترونی نوسانی در باریکهٔ نوترینوی موئونی دیده شد. شاید تولید نوترینوهای سترون سنگین بتواند توضیحی مناسب برای این افزایش باشد.

در آزمایش بعدی MicroBooNE، اندازه‌گیری روی همان باریکهٔ نوترینو اما با حساسیت بیشتر آشکارساز برای تعیین سرشت این مقدار اضافی صورت خواهد گرفت. آشکارساز از آرگون مایع به‌عنوان محیط آشکارسازی استفاده می‌کند که تشخیص بهتر الکترون‌ها از فوتون‌ها را که محدودیت اصلی در آزمایش MiniBooNE بود امکان‌پذیر می‌سازد.

MicroBooNE می‌تواند انرژی بر جای مانده در طول مسیر اصلی رگبار الکترومغناطیسی را اندازه‌گیری کند، در حالی که MiniBooNE فقط می‌توانست انرژی برجا مانده نهایی را اندازه بگیرد. رگبار الکترومغناطیسی ناشی از حرکت الکترون یا فوتون در ابرهای الکترونی اطراف اتم‌هاست. رگبار الکترومغناطیسی بارشِ الکترون‌ها، پوزیترون‌ها و فوتون‌ها است. پیش از آنکه یک فوتون، یک رگبار الکترومغناطیسی تولید کند، به یک الکترون و یک پوزیترون تبدیل می‌شود و انرژی بیشتری در مقایسه با الکترون در واحد طول مسیر بر جای می گذارد. MicroBooNE با اندازه‌گیری این مسیر منجر به رگبار الکترومغناطیسی می‌تواند الکترون‌ها را از فوتون‌ها تشخیص دهد.

ماجراهای نوترینو ادامه دارد.

تعداد زیادی آشکارساز بسیار پیشرفته آمادهٔ گردآوری داده‌ها و یا اکنون در حال طراحی هستند تا اسرار باقیماندهٔ نوترینوها را کشف کنند. آشکارساز MicroBooNE در آزمایشگاه فرمی سرشت مقادیر اضافی را در آشکارساز MimiBooNE بررسی می‌کند. همچنین آزمایشگاه فرمی یک برنامه گستردهٔ آزمایش نوسان نوترینو با خط مبنای کوتاه (~۱km) و آزمایش بین‌المللی نوسان نوترینو با خط مبنای بلند (~۱۳۰۰km) برنامه‌ریزی کرده است، که اکنون DVNE نامیده می‌شود (شکل ٦).

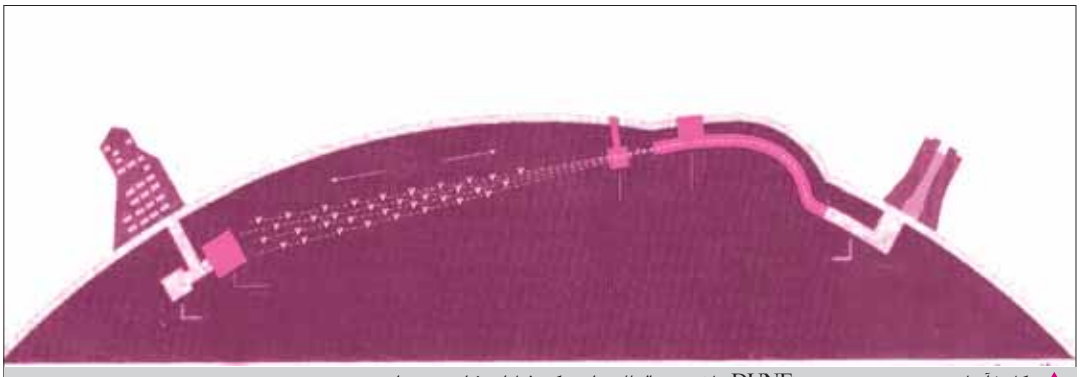
هر دو برنامه از فناوری آشکارسازی آرگون مایع استفاده خواهند کرد که اکنون MicroBooNE آن را آزمایش می‌کند. آزمایش‌های با خط مبنای کوتاه و خط مبنای بلند مکمل یکدیگرند زیرا برنامه‌های آن‌ها نوسان‌های باریکه نوترینو را در انرژی‌های مختلف و در فاصله‌های متفاوت اندازه می‌گیرند. هر دو آزمایش برای شناخت چگونگی رفتار این ذره عجیب ضروری هستند

از آزمایش‌های فعلی و آنچه در آینده انجام خواهد گرفت، انتظار شگفتی‌هایی را داریم و با کشف جزئیات جدیدی از گریزپاترین ذره شاهد پدیدار شدن چشم‌اندازی تاریخی خواهیم بود. امیدواریم که جرم نوترینو ها را به زودی از آزمایش KATRIN و بررسی‌های اخترشناختی به دست آوریم. از آزمایش‌های واپاشی دو بتایی بدون نوترینو معلوم خواهد شد که آیا نوترینوها پادذره خودشان‌هستند.

شاید در MicroBooNE نوترینوهای جدیدی کشف کنیم. سرانجام، شاید از آزمایش‌های NOVA,T$_2$K ,CNGS چیزهایی دربارهٔ عدم توازن مادّه و پادمادّه در عالم یاد بگیریم. مؤسسه‌های پژوهشی در سراسر جهان اسرار نوترینو را دنبال می‌کنند. آزمایشگاه فرمی بزرگ‌ترین مؤسسه فیزیک ذرات آمریکا انتخاب شده است تا در دو دهه آینده عنوان مهم‌ترین برنامه پژوهش خود را روی بررسی‌های نوترینو متمرکز کند. مدت‌هاست که نوترینوها پژوهشگران را شگفت‌زده کرده‌اند و به احتمال زیاد شگفتی‌ها تداوم خواهند داشت و ما از آن‌ها چیزهای قابل توجه و غیرمنتظره‌ای درباره عالم خواهیم آموخت.

پیوست الف: جرم‌های نوترینو و نوسان‌های طعم

نظریهٔ نوسان نوترینو پیوند محکمی با نظریه مکانیک کوانتومی دارد، و می‌توان آن را مثال عملی و ساده از چگونگی استفاده از معادلهٔ شرودینگر وابسته به زمان دانست. درست مانند بسیاری از مسائل کوانتومی به مؤلفه‌های غیرمنطقی برخورد می‌کنیم، برای مثال، این واقعیت که نوترینوها می‌توانند طعم خود را تغییر دهند،



▲ شکل٦. آزمایش نوترینو در عمق زمین (DUNE) تلاشی بین‌المللی برای درک رفتار این ذرات عجیب است.

رابطهٔ تنگاتنگی با غیر صفر بودن جرم آن دارد. به علاوه، مبنای جرم (υ_1، υ_2، υ_3) وجود دارد که با مبنای طعم قابل آشکارسازی (υ_e، υ_μ، υ_τ) اختلاف دارد. به عنوان مثال، نوترینوی الکترونی مخلوط کوانتوم مکانیکی این سه مؤلفه جرم است. برای به دست آوردن احساسی از این رفتار بگذارید مدل ساده دو نوترینویی را انتخاب کنیم و فعلاً نوترینویی سوم را نادیده بگیریم.

کار را با حلّ معادله شرودینگر برای ذره آزاد شروع می‌کنیم.

$$\psi(x,t) = Ae^{-\frac{i}{\hbar}(Et-\vec{p}.\vec{x})} \qquad (1)$$

نماد برا- کِتی معادله بالا به صورت زیر است:

$$|\vartheta_\alpha(x,t)> = e^{-i\vartheta_\alpha}|\vartheta_\alpha(\cdot,\cdot)>$$

که در آن

(۲) طعم‌های نوترینو

$$\vartheta_\alpha = \frac{1}{\hbar}(E_\alpha t - \widetilde{p_\alpha}.\widetilde{x}), \alpha = e \quad \mu$$

اگر فرض کنیم ویژه حالت‌های طعم $(|x_e>, |x_\mu>)$ باشند می‌توان آن‌ها را بر حسب ترکیب خطی ویژه حالت. ویژه جرم‌های $(|V_1>, |V_2>)$ با زاویهٔ اختلاط θ نوشت. بنابراین

$$\begin{aligned} |V_\mu> &= -\sin\theta|x_1> + \cos\theta|V_2> \\ |V_\mu> &= -\sin\theta|x_1> + \cos\theta|V_2> \end{aligned} \qquad (3)$$

برای محاسبه احتمال یک $|\upsilon e\rangle$ در نقطه $(x,t) = (\cdot,\cdot)$ که پس از مدتی به $|\upsilon\mu\rangle$ در نقطه اختیاری (x,t) نوسان می‌کند، معمولاً از توصیف مکانیک کوانتومی کت به عنوان حالت نهایت و برا به عنوان حالت اولیه و مجذور کردن آن‌ها می‌توان استفاده کرد. بنابراین

$$P(|\upsilon_e> \to |\upsilon_\mu>) = |<\upsilon_\mu(x,t)|o_e(\cdot,\cdot)>|^2 \qquad (4)$$

با قرار دادن معادله (۳) و انجام عملیات جبری خواهیم داشت:

$$P(|\upsilon_e> \to |\upsilon_\mu>) = \sin^2 2\theta \sin^2 \frac{\vartheta_1 - \vartheta_2}{2} \qquad (5)$$

برای اینکه وابستگی نوسان طعم به جرم را به روشنی ببینیم $\vartheta_1 - \vartheta_2$ را مستقیماً محاسبه می‌کنیم.

$$\vartheta_1 - \vartheta_2 = \frac{1}{\hbar}(E_1.t - \widetilde{p_1}.\widetilde{x} - E_2 t + \widetilde{p_2}.\widetilde{x}) \qquad (6)$$

نوترینوها تقریباً با سرعت نور حرکت می‌کنند، $x=ct=L$ خواهد بود که در آن L فاصله میان چشمهٔ نوترینو تا نقطه آشکارسازی است. پس معادله (۶) به صورت زیر در می‌آید.

$$\vartheta_1 - \vartheta_2 = \frac{L}{\hbar}\left[\frac{E_1}{C} - P_1 - \frac{E_2}{C} + P_2\right] \qquad (7)$$

بار دیگر فرض می‌کنیم که در هنگام نوسان، تکانه تغییر نکند بنابراین $p_1=p_2$ و معادله (۷) به صورت زیر خلاصه می‌شود.

$$\vartheta_1 - \vartheta_2 = \frac{1}{\hbar C}(E_1 - E_2) \qquad (8)$$

اکنون رابطه نسبیتی انرژی- تکانه را برای E_1 می‌نویسیم $E_1 = \sqrt{P_1^2c^2 + m_1^2c^4}$ اگر تکانه بسیار بزرگ‌تر از جرم باشد، می‌توان از بسط دو جمله‌ای استفاده کرد. افزون بر این برای سادگی هر چه بیشتر می‌توان $p >> mc, P = P_1 = P_2$ فرض کرد، بنابراین $P \sim \frac{E}{C}$

$$E_1 = E + \frac{m_1^2}{2E}, E_2 = E + \frac{m_2^2c^4}{2E} \qquad (9)$$

خواهد شد. با قرار دادن معادله (۹) در معادله (۸) داریم:

$$\vartheta_1 - \vartheta_2 = \frac{Le^3}{\hbar}\frac{m_1^2 - m_2^2}{2E} \qquad (10)$$

در فیزیک نوترینو را کمیت مجذور اختلاف جرم‌ها را تعریف می‌کنیم

$$\Delta m_{12}^2 = m_1^2 - m_2^2$$

بنابراین احتمال اینکه یک نوترینو با طعم الکترون به یک نوترینو با طعم الکترون به یک نوترینو با طعم موئون در مخلوط دو نوترینویی نوسان کند برابر است با

$$p(|\upsilon_e> \to |\upsilon_\mu>) = \sin^2 2\theta \sin^2 \frac{Lc^3\Delta m_{12}^3}{4\hbar E} \qquad (11)$$

معمولاً معادله (۱۱) به شکل ویژه‌ای نشان داده می‌شود. که در آن Δm_{12}^2، L، E به ترتیب بر حسب ev^2، کیلومتر و Gev است.

$$p(|\upsilon_e> \to |\upsilon_\mu>) = \sin^2 2\theta \sin^2 \frac{1/27\Delta m_{12}^2}{E} \qquad (12)$$

در معادله (۱۲) مشاهده می‌کنیم که احتمال آغاز نوسان یک نوترینو با طعم الکترون و انرژی E و آشکارسازی آن به عنوان یک نوترینو با طعم موئون در فاصله L، به جرم نوترینوها و زاویه θ بستگی ندارد.

چون نوسان‌های طعم نوترینو را به طور تجربی مشاهده کردیم، می دانیم که جرم‌های نوترینو غیرصفر است. اما نمی‌توان از آزمایش‌های نوسان جرم مطلق نوترینوها را تبیین کرد و فقط می‌توان مجذور اختلاف جرم‌ها را اندازه‌گیری کرد. این بدان معناست که شاید جرم نوترینوهای m_1، m_2، m_3 می‌توانند دو پیکری‌بندی ممکن $(m_1 > m_2 > m_3)$ را داشته باشند.

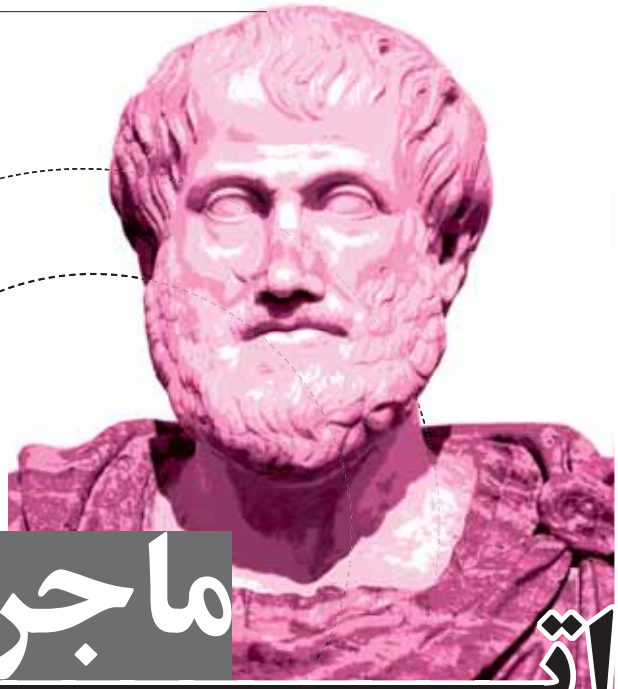
تعداد زیادی آشکارساز بسیار پیشرفته‌آمادهٔ گردآوری داده‌ها و یا اکنون در حال طراحی هستند تا اسرار باقیماندهٔ نوترینوها را کشف کنند

پی‌نوشت‌ها

1. Don Lincoin
2. Tia Miceli
3. Chadwick
4. Wolfgang Pauli
5. Enrico Fermi
6. Savannah River
7. Clyde Cowan
8. Frederick Reines
9. Poltergeist
10. Chien Shiung Wu
11. Brookhaven National Laboratory
12. Leon Lederman
13. Melvin Schwartz
14. Jack Steinberger
15. John Bahcall
16. Ray Davis
17. Homestake
18. Bruno Pontecorvo
19. To kai to kamioka (T_2K)
20. Ash River
21. Grand sasso
22. Kamioka NPE
23. Super-k
24. Donut
25. Sudbury Neutrino observatory
26. Mayorana
27. Dirac

منابع

The Enigmatic Neutrino
DonLincoin
Tiamiceli
The physics Teacher
Vol. 53, september 2015



ماجرای اتر

آرش ظهوریان پردل

مقدمه

ارسطو می‌پنداشت که جهان از چهار لایه، متشکل از چهار عنصر ساخته شده است: خاک (گوی دج)، آب (اقیانوس)، هوا (جو)، آتش (یک لایهٔ بیرونی که دیده نمی‌شود و احیاناً با جهش آذرخش به چشم می‌خورد). وی بر این عقیده بود که جهان در آن‌سوی این لایه‌ها، از عنصر پنجمی کامل و غیرخاکی تشکیل شده است که وی آن را اثیر (اتر) نامید.

در طرح ارسطو، «هیچ» جایگاهی نداشت: «آنجا که خاک تمام می‌شد، آب آغاز می‌گردید؛ جایی که هر دو به‌پایان می‌رسید، هوا شروع می‌شد؛ پایان هوا آغاز آتش بود و بعد از آتش، نوبت اثیر می‌رسید و تا دنیا دنیا بود، ادامه می‌یافت. دانشمندان باستانی می‌گفتند «طبیعت از خلأ بیزار است»[1]

کلیدواژه‌ها: اتر، مکانیک نیوتون، الکترومغناطیس ماکسول، نسبیت.

فیزیک قرن نوزدهم؛ محتاج اتر

اما آنچه که از اتر مدنظر ماست، رویکرد فیزیک‌دانان نیمهٔ دوم سدهٔ نوزدهم است؛ یعنی وقتی جیمز کلارک ماکسول معادله‌های الکترومغناطیس خود را تنظیم کرد و نتایج این معادله‌ها، وی را مجبور و مصمم به استفاده از مفهوم ماده‌ای مرموز (و ساختگی) به‌نام اتر کرد. (بدیهی است که برداشت و استفادهٔ ماکسول از اتر، با ارسطو و پیشینیانش کاملاً متفاوت بود.)

از جمله نتایج معادله‌های ماکسول، این بود که نور مرئی، به همراه بسیاری از امواج دیگر (از جمله پرتوهای X، ریزموج‌ها، فروسرخ، فرابنفش، رادیویی و ...)، جزئی از امواج الکترومغناطیسی هستند،که همگی با سرعتی ثابت حرکت می‌کنند. این نتیجه، سرآغاز دردسر عظیمی شد:

اولین مشکلی که مطرح شد، این پرسش بود که «محیطی» که امواج الکترومغناطیسی در آن منتشر می‌شوند، چیست؟ (در آن زمان، تصور آنکه موج چیزی به جز آشفتگی و انتقال انرژی در یک محیط باشد، تقریباً غیرممکن بود) و از آنجایی که نور در فضای تهی میان‌ستاره‌ای منتشر می‌شود، یافتن محیط برای نور، تبدیل به معمایی آزارنده شده بود.

دومین مشکل، عبارت «سرعت ثابت انتشار امواج الکترومغناطیسی» بود: نسبت به چه؟ به‌عبارت دیگر، بیان سرعت بدون ذکر چارچوب مرجع، بی‌معنا تلقی می‌شود و به همین دلیل، ماکسول از این ابهام، آشفته شده بود.

ماکسول، راه‌حل این مشکل را در توسل به ماده‌ای فرضی (اتر) یافت که همه‌جا حضور دارد. در این صورت، هر دو مشکل (ظاهراً) حل می‌شد: اتر، محیطی بود که آشفتگی و انتقال انرژی در آن، امواج الکترومغناطیسی را تعریف می‌کند و از سوی دیگر، مرجعی را فراهم می‌کرد تا عبارت سرعت ثابت نور، نسبت به آن سنجیده و معنادار شود.

$$\oint \vec{E}\cdot d\vec{A} = 4\pi kq \qquad \oint \vec{E}\cdot d\vec{r} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$
$$\oint \vec{B}\cdot d\vec{A} = 0 \qquad \oint \vec{B}\cdot d\vec{r} = \mu_0 I$$

اتر آزاردهنده

فرض وجود چنین ماده‌ای، مستلزم رویارویی با انواع و اقسام تضادها و کشمکش‌های منطقی بود. به چند مورد از این مشکلات اشاره می‌کنم:

۱. اتر، ماده‌ای به شدت عجیب بود چراکه از یک‌سو، می‌بایست بسیار محکم و مقاوم باشد تا توان تحمل آشفتگی

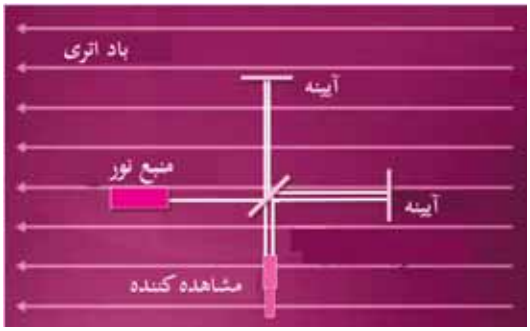
بســیار پرسرعتی چون نور را داشته باشــد، اما در عین‌حال، نباید به‌گونه‌ای باشــد که وجود و حضــور آن را حس کنیم و باز از ســوی دیگر، نمی‌تواند مایع یا گاز باشــد (زیرا امواج الکترومغناطیسی، امواجی عرضی‌اند). پس تنها حالت ممکن این است که احتمالاً ماده‌ای ژله ـ مانند باشد.

۲. چنانچه وجــود اتر را بپذیریم، در این صورت باید این را هم بپذیریم که امواج الکترومغناطیسی، فقط و فقط نسبت به اتر با ســرعت ثابت حرکت می‌کنند و این، یعنی «قانون‌های الکترومغناطیــس، تنها در یک چارچــوب مرجع خاص معنا دارند: چارچوبی که نســبت به اتر ســاکن باشد. و این، یعنی برتری یک چارچوب لخت ویژه.»

چنین ایده‌ای، در تضاد آشــکار با اصل نسبت گالیله است که طبق آن «بین چارچوب‌هــای مرجع لخت، هیچ تمایز و برتری‌ای در انجام آزمایش و اعتبار قانون‌های مکانیک وجود ندارد.»

در نتیجه، از دیدگاه اصل نســبیت، شــکافی عمیق میان مکانیک نیوتونی و الکترومغناطیس ماکسول ایجاد گردید.

۳. اگــر اتر وجود دارد، ما باید نســبت به آن حرکت کنیم (چنین نتیجه‌ای، با بررسی پدیده ابیراهی ستاره‌ای به دست آمد). در نتیجه، نســبت به ما (زمیــن)، باید یک «باد اتری» بوزد که حاصل آن، اختلاف فاز امواج نوری خواهد بود که در راســتاهای مختلفی در اتر حرکت می‌کنند. اما متأسفانه (یا خوشبختانه!) آزمایش دقیق و هوشمندانهٔ آلبرت مایکلسون و ادوارد مورلی (با دســتگاهی به‌نام تداخل‌سنج) هیچ نشانی از اختلاف فاز را آشکار نکرد!



اینشتین رهایی‌بخش می‌شود!

در حالی‌کــه فیزیک‌دانان حیران و مأیــوس نیمهٔ دوم قرن نوزدهم، تلاش می‌کردند با روش‌هایی ساختگی (و بعضاً عجیب)، راهــی برای نتایج منفی آزمایش مایکلســون ـ مورلی بیابند، اینشتین جوان وارد معرکه شد. وی با ذکاوت و اعتمادبه‌نفسی مثال زدنی، در یکی از مقاله‌هایی که در سال ۱۹۰۵ (که «سال معجزه‌آسا» لقب گرفته) منتشر کرد، ابراز داشت:

هیچ نیازی به اتر نداریم! امواج الکترومغناطیسی نسبت به «همهٔ» چارچوب‌های لخت با سرعت ثابت حرکت می‌کنند؛ چه چشــمهٔ نور حرکت بکند، چه نکند: چه نسبت به چشمه نور حرکت بکنیم، یا نکنیم اما چطور ممکن اســت؟! چگونه ممکن است نور، از قانون جمع سرعت‌های گالیله (که همگی در تجربه‌هــای روزمره، به‌خوبــی آن را درک کرده و به کار می‌گیریم!) پیروی نکند؟

پاســخ اینشتین این بود که راه چاره، این است که نگاهمان را به مفاهیمی چون فضا و زمان تغییر دهیم؛ چنین مفاهیمی (که از دیدگاه نیوتونی، کاملاً «مطلق» محسوب می‌شوند)، در شرایطی که با سرعت‌های زیاد (نزدیک به سرعت نور) سروکار داریــم، مطلق نخواهند بود: از دید مــن ناظر، فضای من، با فضای ناظری که با سرعت زیاد نسبت به من حرکت می‌کند، متفاوت است. به همین ترتیب، به نظر من، زمان در چارچوب ناظری که نســبت به من حرکت می‌کنــد، متفاوت (کندتر) می‌گذرد. چنین ایده‌ای، برق از سر فیزیک‌دانانی که به نگرش مکانیکی و فلسفهٔ نیوتونی عادت داشتند پراند؛ «برقی» که آن را جزء امواج الکترومغناطیسی محسوب می‌کنیم!

اینشتین بیست و شــش ساله، در نتیجهٔ این نگرش جدید (نسبیتی)، با طیب خاطر و آسودگی خیال، اصل نسبیت خود را ارائه کرد:

همه قانون‌های فیزیک (چه مکانیک، چه الکترومغناطیس)، در همهٔ چارچوب‌های مرجع لخت، برقرارند.

اینشتین بیست و شش ساله، در نتیجهٔ این نگرش جدید (نسبیتی)، با طیب خاطر و آسودگی خیال، اصل نسبیت خود را ارائه کرد: همه قانون‌های فیزیک (چه مکانیک، چه الکترومغناطیس)، در همهٔ چارچوب‌های مرجع لخت، برقرارند

پی‌نوشت

بخش اول (مقدمه)، برگفته از این کتاب است:
رهبر علم، «آیزاک آسیموف، ترجمــهٔ احمد بیرشــک، انتشارات خوارزمی»

دورهٔ درسی علوم فیزیکی در نسل جدید استانداردهای آموزش علوم

آرزو رضوی
کارشناس ارشد آموزش فیزیک، دانشگاه تربیت‌دبیر شهید رجایی
آزیتا سیدفدایی
دکترای آموزش فیزیک

چکیده

در ایـــن مقاله، برنامه درســـی فیزیک براســـاس چارچوب مفهومی جدید استانداردهای آموزش علوم بررسی شده است، استانداردهای جدید آموزش علوم که توسط فرهنگستان ملی علوم آمریکا[1] در ســـال ۲۰۱۳ تهیه شـــده است، در طراحی ایـــن چارچوب برای دانش‌آموزان در طی دوره دوازده ســـاله تحصیلی مورد اســـتفاده قرارگرفته است. در این برنامه به سه بعد مهم توجه شده است که عبارت‌اند از: روش‌های علمی و کاوشگرانه در یادگیری علم، درک و شناخت مفاهیم بنیادین علم، موضوع‌ها و عناوین علمی لازم برای آموزش. از آنجا که برنامه نسل جدید استانداردها با انجام تحقیقات گسترده و بر پایه آخرین یافته‌ها در امر آموزش وضع شـــده است، بررسی ابعـــاد و چارچوب‌های مهم اســـتانداردهای آموزش می‌تواند در گســـترش دیدگاه معلمان و پژوهشگران و صاحب‌نظران امـــر آموزش علوم در زمینه طراحـــی روش‌های آموزش علم توأم با کند و کاو و بررســـی مفاهیم بنیادین و مشترک بین علـــوم مختلف و برنامه‌ریزی برای انتخاب و یا حذف برخی از موضوع‌ها و عناوین درسی مفید باشد.

کلیدواژه‌ها: علوم فیزیکی، استانداردهای آموزشی، آموزش، علوم، دانش‌آموزان.

۱. مقدمه

در چارچوب مفهومی استانداردهای جدید آموزش علوم، که بر پایهٔ تحقیقات وسیع در زمینه یاددهی و یادگیری علوم صورت گرفته اســـت، از علم و فناوری به‌عنـــوان واقعیت‌هایی مهم در زندگی کنونی بشـــر یاد شده است، ولی متأسفانه بیشتر مردم شناخت درستی از آن‌ها ندارند. هدف اصلی آموزش علوم در این چارچوب این اســـت که دانش‌آموزان پس از ۱۲ سال تحصیل، شناخت درستی از شگفتی و زیبایی علم و دانش کافی از علم و فناوری داشته باشند تا بتوانند در بحث عمومی مربوط به علم شـــرکت کنند. آن‌ها باید از علم و فناوری در زندگی روزمره به خوبی اســـتفاده کنند و یادگیری را بعد از مدرسه ادامه دهند. افراد باید مهـــارت کارکردن در حرفه‌های وابســـته به علوم و مهندسی و فناوری را پس از اتمام تحصیل داشته باشند. [۱]

این چارچوب مفهومی نســـل جدید استانداردهای آموزش علوم را متخصصان و پژوهشـــگران آموزش علوم پایه‌گذاری کرده‌اند. آن‌ها معتقدند سه بعد اصلی که آموزش علوم باید بر مبنای آن بنا شود عبارت‌اند از: روش‌های علمی و مهندسی، مفاهیم علمی پایه و میانبری که مطالعات علوم و مهندسی را به هم می‌پیوندد. عناوین مطرح علمی در چهار رشته شامل: علوم فیزیکی (فیزیک و شیمی)، علوم زیستی، علوم زمین و فضا و مهندسی و فناوری و کاربرد علوم.

یکی از پایه‌های اساسی تدوین نسل جدید استانداردها، طراحی مباحث آموزشی و عناوین مطرح در شاخه‌های مختلف علوم است. به‌عنوان مثال در استانداردهای آموزش علوم، عناوین درسی در علوم فیزیکی که یکی از چهار رشته اصلی علوم است بررسی شده است. در این مقاله عناوین و موضوع‌های درسی مربوط به علوم فیزیکی و توالی و محتوای آموزشی پیشنهاد شده، در نسل جدید استانداردهای آموزش علوم برای تدریس مفاهیم این رشته بررسی شده است. با بررسی و مطالعه عناوین درسی در علوم فیزیکی در نسل جدید استانداردهای آموزش علوم راه برای طراحی آموزشی براساس نیازهای بومی در کشورمان هموارتر خواهد شد. از آنجا که نسل جدید استانداردهای آموزش علوم با انجام تحقیقات بسیار گسترده و برپایهٔ آخرین یافته‌ها در امر آموزش و یادگیری تدوین شده است، بررسی ابعاد مهم آن می‌تواند در دیدگاه آموزشگران و صاحب‌نظران امر آموزش در کشور ما مفید باشد.

تعاریف

۲-۱ استانداردهای آموزشی

استاندارد مدرکی است دربرگیرنده قواعد راهنمایی‌ها یا ویژگی‌هایی برای فعالیت یا نتایج آن‌ها که به منظور استفاده عمومی و مکرر از طریق هم رایی فراهم و به وسیله سازمان شناخته شده‌ای تصویب شده باشد و هدف از آن دستیابی به میزان مطلوبی از نظم در یک زمینه خاص است.[۲]

استانداردهای آموزشی را می‌توان سامانه‌ای در نظر گرفت که کنترل کیفی فعالیت و خدمات ارائه شده از سوی آموزش‌وپرورش را برعهده دارد.

۲-۲ نسل جدید استانداردهای آموزش علوم (NGSS)[۲]:

۱۵ سال بعد از اینکه استانداردهای آموزش در سال ۱۹۹۶ برای ریاضیات و زبان انگلیسی درنظر گرفته شد، تصمیم گرفتند استانداردهای مشترکی برای آموزش علوم از کودکستان تا کلاس دوازدهم (K - ۱۲) تدوین کنند. در یک فرایند طولانی که از سال ۲۰۱۱ آغاز شد سرانجام در آوریل ۲۰۱۳ استانداردهایی در آموزش علوم در ایالات متحده منتشر شد که به نسل جدید استانداردهای آموزشی علوم معروف است.[۱]

۲-۳ چارچوب مفهومی:

فرایند تدوین نسل جدید استانداردها شامل ۲ مرحله است. ایجاد چارچوب مفهومی و گسترش استانداردها بر مبنای چارچوب. [۳] برای این منظور کارگروهی از متخصصان و کارشناسان تشکیل شد و دیدگاه‌های کمیته در مورد آموزش علوم، مهندسی و فناوری که مورد نیاز قرن ۲۱ است در قالب یک چارچوب مفهومی گسترش یافت.

در چارچوب مفهومی از توالی موضوع‌ها و محتوای یادگیری مورد نیاز دانش‌آموزان بحث شده است تا در اختیار طراحان و برنامه‌ریزان درسی و ارزشیابی قرار گیرد.[۱]

۲-۴ روش‌های علمی و مهندسی

روش‌های علمی و مهندسی روش‌های کندوکاو یا کاوشگری هستند که امکان درک پدیده‌ها و کشف علمی را فراهم می‌کند. بر این اساس روش‌های علمی و کاوشگری فراگیر وارد فرایند یادگیری علم می‌شود. این روش‌ها از مشاهده، طبقه‌بندی، فرضیه‌سازی، اندازه‌گیری ... آغاز می‌شود و تا استنتاج و تعامل در درک علمی پیش می‌رود.

۲-۵ مفاهیم بنیادین

در چارچوب استانداردهای آموزش علوم، مفاهیم کلی‌ای که دانش‌آموزان لازم است بدانند تا پدیده‌های مختلف را تحلیل کنند، به‌عنوان مفاهیم بنیادین تعریف شده است.

الگوها، مدل‌ها، دستگاه و مدل‌های دستگاه، انرژی و ساختار و عملکرد نمونه‌ای از مفاهیم بنیادین هستند.

مفاهیم بنیادین توانایی این را دارند که به دانش‌آموزان کمک کنند تا وحدت علوم را درک کنند. به‌طور مثال انرژی یک مفهوم بنیادین است، مفهوم انرژی در زیست‌شناسی، فیزیک، زمین‌شناسی و مهندسی یکسان است. در تمامی این شاخه‌ها به‌دنبال پاسخ به این پرسش هستیم که انرژی از کجا آمده است، چطور از آن استفاده می‌شود و کجا می‌رود؟

مفاهیم بنیادین باعث می‌شوند دانش‌آموزان درک بهتری از روش‌های علمی و کاوشگری داشته باشند. زیرا مفاهیم بنیادین، جنبه‌های بنیادی طبیعت را مشخص می‌کنند و دورنمایی برای دستیابی به روش‌های علمی و کاوشگری در وصول به آن‌ها را ایجاد می‌کنند تا بشر به درک آن‌ها برسد. در واقع رسیدن به درک مفاهیم بنیادین مختلف، با روش‌های علمی و کاوشگرانه امکان‌پذیر است و در چارچوب مفهومی

استاندارد مدرکی است در برگیرنده قواعد راهنمایی‌ها یا ویژگی‌هایی برای فعالیت یا نتایج آن‌ها که به‌منظور استفاده عمومی و مکرر از طریق هم‌رایی فراهم و به وسیله سازمان شناخته شده‌ای تصویب شده باشد

استانداردهای آموزش علوم مفاهیم بنیادین با روش‌های علمی و کاوشی خاص خود ارائه شده‌اند.

به‌عنوان مثال وقتی دانش‌آموزان براساس روش‌های علمی و کاوشگرانه یک پدیده را بررسی و مشاهده می‌کنند، داده‌های یک آزمایش را تجزیه و تحلیل می‌کنند به دنبال الگویی هستند که با فرضیه‌سازی و انجام تحقیق، به روابط علت و معلولی بین پدیده‌ها آگاه می‌شوند و براساس استفاده از مدل‌ها به یکی از مفاهیم بنیادین دست می‌یابند.

۲-۶ عناوین و موضوع‌های علمی

عناوین موضوع‌های علمی، مفاهیم پایه‌ای در هر رشته علمی هستند که دانش‌آموزان پس از گذراندن دوره دبیرستان باید اطلاعاتی در مورد آن‌ها داشته باشند. به‌طور مثال امواج در فیزیک و چرخه زندگی اکوسیستم‌ها در علوم زیستی.

چارچوب استانداردها روی تعداد محدودی از عناوین درسی در علوم و مهندسی تمرکز دارد. این محدودیت اجازه می‌دهد که زمان بیشتری برای معلمان و دانش‌آموزان برای بررسی هر موضوع درسی وجود داشته باشد. حذف عنوان موضوع‌های درسی جزئی باعث تسلط روی اهداف اصلی می‌شود. کاهش تعداد عناوین درسی باعث می‌شود زمان کافی برای دانش‌آموزان وجود داشته باشد تا در تحقیقات و پژوهش‌های علمی شرکت کنند.

۳. بررسی چارچوب استانداردهای آموزش علوم

علوم و مهندسی، قسمت مهمی از فرهنگ بشری هستند که اوج موفقیت و سیطره انسان بر جهان طبیعی را بیان می‌کنند و از راه‌های بنیادی زندگی انسان را بهبود می‌بخشند.[۱]

هدف از آموزش علوم تولید نسل بعدی دانشمندان نیست. امروزه در سطح دنیا با مسائلی مثل منابع محدود انرژی، تولید غذا، تغییرات ژنتیکی و دیگر موضوع‌هایی روبه‌رو هستیم که نیاز به مردمی با سواد علمی دارد تا در مواقع لازم تصمیم‌گیری‌های درستی داشته باشند. [٤] سواد علمی یکی از اهداف اولیهٔ آموزش علوم است که هدف آن بیشتر تسلط بر محتوا و مهارت است. همچنین شامل فهم ماهیت علم، چگونگی پیشرفت در علم و تأثیرگذاری آن بر زندگی ما است.[۵]

تدوین استانداردهای ملی برای آموزش، بخشی از سیاست‌های ارتقای کیفیت آموزشی در ایالات متحده آمریکا برای رسیدن به سواد علمی بوده است.

اولین نسل از استانداردها در سال ۱۹۹٦ بر پایه دو هدف، علم برای همه و تدوین معیارهای سواد علمی تدوین شد.

علوم و مهندسی، قسمت مهمی از فرهنگ بشری هستند که اوج موفقیت و سیطره انسان بر جهان طبیعی را بیان می‌کنند و از راه‌های بنیادی زندگی انسان را بهبود می‌بخشند

چند سال بعد هنگامی که تعداد زیادی از ایالات استانداردهای مشترکی در ریاضیات و زبان اتخاذ کردند، فرصتی برای این تفکر ایجاد شد که استانداردهای مشترکی برای آموزش علوم از کودکستان تا کلاس دوازدهم نیز ایجاد شود.

برای این پروژه دو گام اساسی تعریف شد. اول، ایجاد یک چارچوب به‌وسیلهٔ مجمع تحقیق ملی (NRC)[۳] و دوم ایجادنسل جدید استانداردهای آموزش علوم (NGSS) بر پایهٔ چارچوب. [۳]

گام اول ایجاد یک چارچوب مفهومی بود. این چارچوب به وسیله کمیته‌ها و افراد خبره و آگاه زیادی تدوین شد و بارها به نظرسنجی عمومی گذاشته شد تا سرانجام در سال ۲۰۱۱ منتشر شد تا در اختیار طراحان نسل جدید استانداردهای آموزش علوم قرار گیرد و سند مهمی برای مدیران آموزشی، برنامه‌ریزان درسی و... محسوب شد.

پس از آن طراحان نسل جدید آموزش علوم دو هدف اساسی را دنبال کردند: نخست اینکه همه دانش‌آموزان به یادگیری علوم و مهندسی ترغیب شوند. ثانیاً زمینه گسترش و رشد دانش‌های بنیادی در علوم و مهندسی در آینده فراهم شود. آن‌ها معتقدند اگر آموزش به خوبی انجام گیرد افراد زیادی به موضوع‌های وابسته به علم علاقه‌مند خواهند شد و به مشاغل وابسته به علوم و مهندسی روی خواهند آورد.[۱]

به‌طور کلی کارشناسان ارائه‌دهندهٔ نسل جدید استانداردها معتقدند تجربه‌های یادگیری باید در مورد جهان پرسش ایجاد کنند و نشان دهند که دانشمندان چگونه با تحقیق کردن به این پرسش‌ها پاسخ می‌دهند. بنابراین دانش‌آموزان باید فرصتی برای انجام پژوهش‌های علمی وابسته به رشته‌های علمی و طراحی‌های مهندسی به دست آورند. آن‌ها باید درک کنند که فهم علمی از جهان نتیجه صدها سال تلاش خلاقانهٔ بشر است؛ از این‌رو کارشناسان برای رسیدن به این اهداف، چارچوب استانداردهای جدید آموزشی را در سه بعد پیش‌بینی کردند که عبارت‌اند از:

۱. روش‌های علمی و مهندسی (کاوشگری)
۲. مفاهیم بنیادین
۳. عناوین و موضوع‌های درسی

یکی از اصول زیر بنای نسل جدید استانداردهای آموزش علوم، تمرکز روی موضوع‌ها و عناوین درسی رشته‌ها است. رشته‌های علمی مطرح شده در این چارچوب عبارت‌اند از:

۱. علوم فیزیکی (فیزیک و شیمی)
۲. علوم زیستی
۳. علوم زمین و فضا

٤. مهندسی و فناوری و کاربرد علوم

که در چارچوب مفهومی اســتانداردها موضوع‌های درسی همه این رشــته‌ها توضیح داده شده است. با مطالعه می‌توان فهمید چارچوب به جای اینکه روی مفاهیم با وسعت زیاد و عمق کم تمرکز کند روی مجموعــه‌ای محدود از موضوع‌ها تمرکز دارد. موضوع‌ها و عناوین درسی در علوم فیزیکی اولین دســته در چارچوب است که پس از توضیح روش‌های علمی و مهندســی و مفاهیم بنیادین، به تفضیل در مورد آن بحث شده است. در این چارچوب مطرح می‌شود که بین فیزیک و شیمی ارتباط تاریخی برقرار است و قوانین مشابهی از مقیاس زیراتمی تا جهانی در آن‌ها وجود دارد و برای انســجام بیشتر آن‌ها را در کنار هم قرار داده‌ایم. آن‌ها ٤ موضوع درسی از علوم فیزیکی را مطرح کرده‌اند. این موضوع‌های درسی عبارت‌اند از:

PS۱- ماده و واکنش‌های آن

PS۲- حرکت و ثبات ـ نیرو و کنش‌های آن

PS۳- انرژی

PS٤- امواج و کاربرد آن‌ها در فناوری برای انتقال اطلاعات

هر کدام از این موضوع‌های درسی، اجزایی دارند که در جدول زیر نشان داده شده است:

جدول ۱. اجزای موضوع‌های درسی علوم فیزیکی

اجزای ایده‌های اصلی علوم فیزیکی
PS۱- ماده و واکنش‌های آن PS۱A- ساختار و ویژگی‌های ماده PS۱B- واکنش‌های شیمیایی PS۱C- فرایندهای هسته‌ای
PS۲- حرکت و ثبات، نیرو و کنش‌های آن PS۲A- نیرو و حرکت PS۲B - انواع کنش‌ها PS۲C- حرکت و سکون در دستگاه‌های فیزیکی
PS۳- انرژی PS۳A- تعریف انرژی PS۳B- پایستگی انرژی و انتقال انرژی PS۳C- ارتباط بین انرژی و نیرو PS۳D- انرژی در فرایندهای شیمیایی و زندگی هر روزه
PS۴- امواج و کاربرد آن‌ها در فناوری برای انتقال اطلاعات PS٤A- ویژگی‌های امواج PS٤B- تابش الکترومغناطیسی PS٤C- ابزار و فناوری انتقال اطلاعات

جدول ۱ موضوع‌های درســی علوم فیزیکی را که برای دوره تحصیلی کودکستان تا دبیرســتان (K- ۱۲) در نظر گرفته شده اســت، نشــان می‌دهد. هر کدام از این موضوع‌ها باید به‌گونه‌ای که در جدول‌های زیر نشان داده شده‌است در طول دوره تحصیلی تدریس شــود. آن‌ها دوره تحصیلی را به چهار قسمت تقسیم کرده‌اند. از کودکستان تا کلاس دوم (K-۲)، از کلاس ســوم تا پنجم (۵-۳)، کلاس ششــم تا هشتم (۸ -٦) و از نهــم تا کلاس دوازدهم (۱۲-۹) اســت. جدول ۲ تا ۵ چگونگی ارائه مطالب در طی تحصیل برای موضوع درسی خاصی را نشان می‌دهد.

جدول ۲. نحوه ارائه مطالب درسی برای دوره (K-۲)

	K-۲
PS۱A ساختار و ویژگی‌های ماده PS۱C فرایندهای هسته‌ای	مــاده انــواع مختلــف دارد کــه دارای ویژگی‌های مختلف قابل مشــاهده است. ویژگی‌های مختلف با روش‌های متفاوت قابل مطالعه اســت. مــواد از بخش‌های کوچک‌تری ساخته شده است.
PS۱B واکنش‌های شیمیایی	گرما و سرما باعث تغییراتی می‌شوند که گاهی اوقات برگشــت‌پذیر است و گاهی چنین نیست.
PS۲A نیرو و حرکت PS۲B انواع کنش‌ها	هــل دادن و کشــیدن می‌تواند قدرت و جهت‌های مختلف داشته باشد و می‌تواند ســرعت یا جهت حرکت را تغییر دهد یا شروع و یا متوقف می‌کند.
PS۳A تعریف انرژی	.....
PS۳B پایستگی انرژی و انتقال انرژی PS۳O انرژی در فرایندهای شیمیایی و زندگی	نورخورشید سطح زمین را گرم می‌کند.
PS۳C ارتبــاط انرژی و نیرو	کشیدن یا هل دادن شدیدتر باعث تغییر بیشتر در شکل یا حرکت اجسام می‌شود.
PS٤A ویژگی‌های امواج	صدا اجســام را مرتعش می‌کند و اجسام مرتعش صدا تولید می‌کند.
PS٤B تابش الکترومغناطیسی	اجسام وقتی دیده می‌شوند که نور داشته باشند.
PS٤C ابــزار و فنــاوری انتقال اطلاعات	مردم از ابزاری برای فرســتادن یا دریافت اطلاعات استفاده می‌کنند.

با مطالعه می‌توان فهمید چارچوب به جای اینکه روی مفاهیم با وسعت زیاد و عمق کم تمرکز کند روی مجموعه‌ای محدود از موضوع‌ها تمرکز دارد

جدول ۳. نحوه ارائه مطالب درسی برای دوره (۵-۳)

	۵-۳
PS۱A ساختار و ویژگی‌های ماده PS۱C فرایندهای هسته‌ای	ماده از ذراتی که خیلی کوچک‌اند و دیده نمی‌شوند ساخته شده است. ماده همیشه پایسته است حتی اگر به نظر می‌رسد که ناپدید شده است. اندازه‌گیری ویژگی‌های قابل مشاهده را می‌توان برای شناسایی مواد مورد استفاده قرار داد.
PS۱B واکنش‌های شیمیایی	در واکنش‌های شیمیایی مواد با خواص مختلف ظاهر می‌شوند اما جرم کلی تغییر نمی‌کند.
PS۲A نیرو و حرکت PS۲B انواع کنش‌ها	اثر نیروهای نامتعادل باعث تغییر حرکت جسم می‌شود. الگوهای حرکتی می‌تواند برای پیش‌بینی حرکت آینده مورد استفاده قرار گیرد برخی از نیروها از طریق تماس عمل می‌کنند، برخی از نیروها از راه دور. نیروی گرانی زمین بر روی یک شی در نزدیکی سطح زمین تأثیر می‌کند و آن شی به سمت مرکز کره زمین کشیده می‌شود.
PS۳A تعریف انرژی PS۳B پایستگی انرژی و انتقال انرژی	حرکت اشیاء حاوی انرژی است. هر چه جسمی سریع‌تر حرکت کند، انرژی بیشتری دارد. انرژی را می‌توان از طریق صدا، نور، و یا جریان‌های الکتریکی به مکان دیگری منتقل کرد. انرژی را می‌توان از یک شکل به شکل دیگر تبدیل کرد.
PS۳C ارتباط انرژی و نیرو	هنگامی که اشیاء برخورد می‌کنند، انرژی از یکی به دیگری منتقل می‌شود.
PS۳D انرژی در فرایندهای شیمیایی و زندگی	انرژی را می‌توان «تولید»، «استفاده» و یا «تبدیل» کرد. گیاهان از نور خورشید انرژی می‌گیرند، که می‌تواند به‌عنوان سوخت مصرف شود.
PS٤A ویژگی‌های امواج	امواج طرح‌های منظمی از حرکت اجسام هستند. امواج دوره و دامنه مختلف دارند و می‌توانند اجسام را حرکت دهند.
PS٤B تابش الکترومغناطیسی	اجسام وقتی دیده می‌شوند که از آن‌ها نور به چشم برسد.
PS٤C ابزار و فناوری انتقال اطلاعات	مدل‌ها می‌توانند رمزگذاری، ارسال، دریافت و رمزگشایی اطلاعات شوند.

جدول۴ . نحوه ارائه مطالب موضوع‌های درسی برای دوره (۸ ـ ۶)

	۸-۶
PS۱A ساختار و ویژگی‌های ماده PS۱C فرایندهای هسته‌ای	واقعیت این است که ماده از اتم‌ها و مولکول‌ها تشکیل شده است. برای توضیح ویژگی‌های مواد، تنوع مواد، حالات ماده، تغییر حالت و پایستگی ماده می‌توان از آن استفاده کرد.
PS۱B واکنش‌های شیمیایی	واکنش مواد فرم مولکول‌هایشان را تغییر می‌دهد اما تعداد اتم‌ها پایسته است برخی واکنش‌ها انرژی آزاد و برخی جذب می‌کند.
PS۲A نیرو و حرکت	جرم یک جسم کمیتی است برای توضیح هر گونه تغییر در حرکت به دلیل نیروها.
PS۲B انواع کنش‌ها	نیروهایی که از دور عمل می‌کنند شامل میدان هستند که می‌تواند بر روی یک شی تأثیر بگذارد.
PS۳A تعریف انرژی PS۳B پایستگی انرژی و انتقال انرژی	انرژی جنبشی را می‌توان از شکل‌های مختلف انرژی پتانسیل متمایز کرد. تغییرات انرژی از هر نوع می‌تواند از طریق واکنش‌های فیزیکی یا شیمیایی دنبال شود. رابطه بین دما و انرژی کل یک دستگاه بستگی به نوع، حالت و مقدار ماده دارد.
PS۳C ارتباط انرژی و نیرو	وقتی دو جسم برخورد می‌کنند هر کدام از آن‌ها به دیگری نیرو وارد می‌کند. این نیرو انرژی را بین آن‌ها منتقل می‌کند.
PS۳D انرژی در فرایندهای شیمیایی و زندگی	گیاهان نور خورشید را می‌گیرند تا هیدرو کربن تولید کنند. مولکول‌های هیدروکربن با سوختن انرژی نور خورشید را آزاد می‌کنند.
PS٤A ویژگی‌های امواج	موج ساده، یک الگوی تکرار شونده با طول موج، بسامد و دامنه خاص است. و امواج مکانیکی نیاز به یک محیط دارند که از طریق آن‌ها منتقل شوند. این مدل می‌تواند صدا و نور را توضیح دهد. امواج انرژی منتقل می‌کنند.
PS٤B تابش الکترومغناطیسی	از ویژگی‌های موج، برای توضیح تأثیر نور بر اجسام استفاده می‌شود.
PS٤C ابزار و فناوری انتقال اطلاعات	امواج را می‌توان برای انتقال اطلاعات دیجیتال مورد استفاده قرار داد. اطلاعات دیجیتالی از یک الگوی ۰ و ۱ تشکیل شده است.

جدول ۵. نحوه ارائه موضوع‌های درسی برای دوره (۱۲-۹)

	۹-۱۲
PS۱A ساختار و ویژگی‌های ماده PS۱C فرایندهای هسته‌ای	از مدل زیر اتمی و رفتار بین بارهای الکتریکی در مقیاس اتمی می‌توان برای توضیح ساختار واکنش‌های ماده، از جمله واکنش‌های شیمیایی و فرایندهای هسته‌ای استفاده کرد. طرح‌های تکرار شونده از جدول تناوبی بازتاب طرح‌هایی از الکترون‌های خارجی هستند. یک مولکول پایدار انرژی کمتری از مجموعه‌ای از اتم‌های تشکیل‌دهنده‌اش دارد.
PS۱B واکنش‌های شیمیایی	فرایندهای شیمیایی برمبنای برخورد مولکول‌ها، بازآرایی اتم‌ها و تغییر در انرژی، قابل درک‌اند.
PS۲A نیرو و حرکت	از قانون دوم نیوتون و پایستگی تکانه، برای پیش‌بینی تغییر در حرکت اجسام ماکروسکوپی استفاده می‌شود.
PS۲B انواع کنش‌ها	نیروهایی از دور اثر می‌کنند و توسط میدان‌هایی که می‌توانند انرژی را منتقل کنند توضیح داده می‌شوند. این نیروها را می‌توان برای توصیف رابطه بین میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی مورد استفاده قرار داد.
PS۳A تعریف انرژی PS۳B پایستگی انرژی و انتقال انرژی	کل انرژی در یک دستگاه پایسته است. انتقال انرژی در داخل و بین دستگاه را می‌توان برای توصیف و پیش‌بینی حرکت و یا پیکربندی ذرات (شی) به کار برد. دستگاه‌ها در حالت پایدار حرکت می‌کنند.
PS۳C ارتباط انرژی و نیرو	میدان‌ها انرژی دارند که بستگی به محل قرار گرفتن اشیاء در این میدان دارد.
PS۳D انرژی در فرایندهای شیمیایی و زندگی	فوتوسنتز، ابزاری زیست‌شناختی است که از نور خورشید انرژی می‌گیرد. انرژی نمی‌تواند نابود شود، بلکه به اشکال دیگر تبدیل می‌شود.
PS٤A ویژگی‌های امواج	طول موج و بسامد یک موج توسط سرعت موج، که بستگی به نوع موج و محیطی دارد که از آن می‌گذرد به هم مربوط می‌شوند. امواج را می‌توان برای انتقال اطلاعات و انرژی مورد استفاده قرار داد.
PS٤B تابش الکترومغناطیسی	هر دو مدل موج الکترومغناطیسی و مدل فوتون ویژگی‌های تابش را توضیح می‌دهد و کاربردهای معمول از تابش الکترومغناطیسی را توصیف می‌کند.
PS٤C ابزار و فناوری انتقال اطلاعات	مقادیر زیادی از اطلاعات را می‌توان ذخیره و به‌صورت دیجیتالی حمل کرد.

نکته قابل توجه در مفاهیم ارائه شده این است که روی تعداد محدودی از موضوع‌های درسی تمرکز دارد. یکی از اشکالاتی که به استانداردهای قبلی گرفته می‌شد این بود که مطالب وسعت زیاد اما عمق کمی داشتند و دانش‌آموزان به شناخت عمیق و کاملی از مطالب نمی‌رسیدند

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در چارچوب مفهومی اســـتانداردهای جدید مطرح شده است که علوم فیزیکی (فیزیک و شیمی) اساس دانش در مورد همه پدیده‌های جهان طبیعی و ساخت بشر هســـتند. یکی از اهداف مطالعه فیزیک آن است که دانش‌آموزان ببینند رابطهٔ علت و معلولی در همه دســـتگاه‌ها و پدیده‌ها وجـــود دارد که با مجموعه‌ای از قواعد فیزیک و شـــیمی شناخته می‌شوند. هنگام مطالعه موضوع‌های درســـی مطرح شـــده در نســـل جدید استانداردهای آموزش علوم متوجه خواهیم شد تدوین‌کنندگان آن کوشیده‌اند به قابل مشاهده بودن پدیده‌ها توجه شـــود. در استانداردهای قبلی آموزش علوم موضوع چهارم، یعنی امواج و کاربردهای آن در فناوری انتقال اطلاعات، وجود نداشـــت و این عنوان در استانداردهای جدید مطرح شده است. با توجه به تأثیر همه‌جانبه انتقال اطلاعات در زندگی بشر می‌توان فهمیـــد، هدف از گنجاندن این موضوع در برنامه‌های درسی جدید این است که دانش‌آموزان درک کنند که پیشرفت علوم فیزیکی در قرن بیستم مبنای بسیاری از فناوری‌های پیشـــرفته امروزی اســـت و بسیاری از پیشـــرفت‌های علمی با انگیزه رفع نیازهای بشـــری رخ داده اســـت. در واقع گنجاندن این موضوع درسی می‌تواند به نوعی اهمیت کاربرد علوم را در مهندسی و فناوری و ارتباط آن‌ها را در زندگی نشان دهد.

نکته قابل توجه در مفاهیم ارائه شـــده این است که روی تعداد محدودی از موضوع‌های درسی تمرکز دارد. یکی از اشـــکالاتی که به اســـتانداردهای قبلی گرفته می‌شد این بود که مطالب وسعت زیاد اما عمق کمی داشـــتند و دانش‌آموزان به شناخت عمیق و کاملی از مطالب نمی‌رسیدند. چارچوب روی تعداد محدودی از موضوع‌های اصلی در علوم و مهندسی تمرکز دارد. این انتخاب اجازه می‌دهد که زمان بیشتری برای معلمان و دانش‌آموزان برای کشف هر موضوع وجود داشته باشد. حذف جزئیات باعث تسلط روی اهداف اصلی می‌شود. محدود کردن موضوع‌های درسی باعث می‌شود زمان کافـــی برای دانش‌آموزان وجود داشـــته باشـــد تا در پژوهش‌های علمی شرکت کنند. در چارچوب مفهومی استانداردها، روی تلفیق تحلیل علمی و روش‌هایی که مورد نیاز پژوهش علمی است تأکید می‌شود. به این معنـــا که دانش و روش‌ها به‌صـــورت در هم تنیده در طراحی تجارب یادگیری استفاده می‌شوند.

بررســـی عناوین علمی و درســـی نشان می‌دهد که بـــه مفهوم یادگیـــری به‌عنوان یک پیشـــرفت تکاملی توجه شـــده و طوری طراحی شده است که دانش‌آموزان به‌طور مستمر به تشکیل و تجدید نظر در دانش خود بپردازند. و با توانایی‌های خود، حس کنجکاویشـــان را در مورد آنچه که در اطراف آن‌ها وجـــود دارد تقویت کنند و مفاهیم اولیه را در مورد چگونگی کارکرد جهان بسازند. هدف این است که برای هدایت دانش خـــود به یک دیدگاه علمی‌تر و منسجم‌تر برســـند. موضوع‌های درسی در هر پایه تحصیلی و هر کلاس کامل‌تر شده و تکرار آن باعث می‌شـــود، مفهوم عمیق‌تری در ذهن ایجاد شـــود. ارتبـــاط طولی برای مفاهیم به خوبی در نظر گرفته شده است و با رشـــد فکری دانش‌آموزان و افزایش سطح تفکر آن‌ها پیچیدگی مطالب هم بیشتر شده است.

از ویژگی‌های منحصربه‌فرد چارچوب این است که از سه راه به آموزشگران علوم دید منسجم می‌دهد.

۱. مفهـــوم یادگیری به‌صورت پیشـــرفت تکاملی نشـــان داده می‌شـــود به این معنا که دانش‌آموزان به‌طور مداوم دانش خود را بسازند و در توانایی خود تجدید نظر کنند.

۲. روی تعداد محدودی از عناوین درسی رشته‌ها متمرکز می‌شـــود تا وقت کافی برای کشف حقایق و فهم عمیق از این موضوعات وجود داشته باشد.

۳. روی تحلیـــل علمی و روش‌هایی که مورد نیاز پژوهش علمی اســـت تأکید می‌شود به این معنا که دانـــش و روش‌ها به‌صورت در هم تنیده در طراحی تجارب یادگیری استفاده می‌شوند.

امروزه تعامل بیـــن یافته‌های علمی نقش مهمی را در گســـترش روش‌های آموزشـــی دارد. بررسی و مطالعه معیارهای آموزشـــی کشـــورهایی که در عرصهٔ علمی و صنعتی موفق هســـتند می‌تواند در ارائه راهکارهای کاربردی برای دست‌اندرکاران نظام آموزشی کشور ما مفید باشـــد. ما با مطالعهٔ چنین اســـنادی می‌توانیـــم با دیدی عمیق‌تـــر و علمی‌تر دســـت به یک تحول همه‌جانبه در امر آموزش که کاملاً مورد نیاز کشـــورمان اســـت بزنیم. براساس چنین مطالعاتی می‌توان موضوع‌ها و عناوین درسی و روش‌های علمی لازم برای دســـتیابی به درک و کشف آن‌ها را براســـاس نیازهای بومی و منطقه‌ای تعریف کرد و در آمـــوزش به نقش مهم تلفیق علم و فناوری و برنامه‌ریزی در بهره‌برداری از آثار موفق آموزش در این راستا بیش از پیش تأکید داشت.

پی‌نوشت‌ها

1. National Academy of Sciences
2. New Generation Science Standards
3. National Research Council

منابع

[1]National research council.(2012).A framework for k-12 science Education: practices, crosscutting concepts, and core Ideas. Washington, Dc: The National press.

[۲] بختیاری، ابوالفضل. استانداردها ابزاری برای اعتبارسنجی،نشریه شاخص پیش شماره دوم. آبان ۱۳۸۲: ص۲

[3]http:// www.nap.edu/catalog/ 4962 .html

[4] wieman, carl. Science Education in the 2l[st] century. Using the Tools of Science to Teach Science. Forum For The Future Of Higher Education. (2008).pp, 61- 64

[5] American Association for the Advancement of Science. (1993). Benchmarks for Science Literacy. Project 2016. New York: Oxford University press. Avaliable: http:// www.project2061.org

[6]Bybee, Rodger W. Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices.(1997). pp69 -86

[7] National Commission on Excellence in Education. A Nation at Risk: The Imperatives For Educational Reform. Washington, DC:U.S. Government Printing Office, 1983.

دو راهی تارزان!

مسئله‌ای چالش‌برانگیز برای شاگردان فیزیک پایه

ماتیو رو و مارکوس سیرز
ترجمهٔ مرجان روح‌نواز

اشاره

هدف از طرح این مسئله که بسیار ساده به‌نظر می‌رسد اما حل آن چالش برانگیز است، آموزش شیوه‌های تفکر و استدلال در فیزیک نظری است.

کلیدواژها: زاویهٔ پرتاب، مسافت افقی، پایستگی انرژی

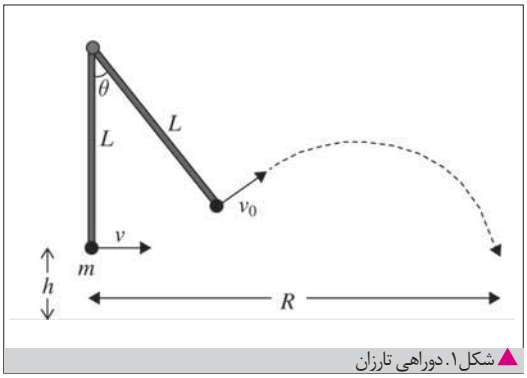
مسئله: فرض کنید تارزان می‌خواهد با استفاده از شاخهٔ درختی که آویزان است از روی یک برکه آب بپرد. برای عبور از برکه هنگام تاب خوردن آرام در کدام نقطه باید از شاخه جدا شود (شکل ۱)

این مسئله را دو راهی نامیده‌ایم چراکه دو عامل مهم در آن نقش دارند. از یک سو هر چه تارزان زودتر شاخه را رها کند، سرعت بیشتری خواهد داشت. از سوی دیگر هر چه دیرتر آن را رها کند، مسافت بیشتری را روی برکه طی خواهد کرد و پس از رها کردن شاخه زاویهٔ پرتاب اولیهٔ بیشتری خواهد داشت. بنابراین پرسش ما این است که در چه زاویه‌ای تارزان باید شاخه را رها کند تا مسافت افقی پرش وی بیشینه شود؟

در عمل این از مسئله‌هایی است که داشتن درک فیزیکی خوب از مسئله کمتر به کار شاگردان می‌آید و بهتر است خودمان با پرش از روی یک استخر (با استفاده از طناب) آن را تجربه کنیم. نخستین حدس شاگردان البته زاویهٔ 45° خواهد بود، چراکه این زاویه، مربوط به بیشینه مسافت افقی (برد) یک پرتابه در سطح افق است.

فرض می‌کنیم شاخه درخت بدون جرم و کاملاً صاف و محکم است. طول شاخه L و انتهای آن نخست در ارتفاع h بالای زمین قرار داشته باشد. همچنین فرض می‌کنیم تارزان جرم نقطه‌ای (m) باشد که از انتهای شاخه آویزان شده است (تا بتوان مرکز جرم او را هم‌تراز با نقطهٔ انتهایی شاخهٔ فرض کرد). سرعت اولیهٔ افقی v است و می‌خواهیم مسافت افقی تا رسیدن به سطح زمین بیشینه باشد (:برد). در ضمن این مساحت را از نقطهٔ شروع پرتاب محاسبه می‌کنیم نه از نقطهٔ رها کردن شاخه. پهنای برکه نقشی در محاسبه‌های ما ندارد مگر اینکه بخواهیم بدانیم که آیا تارزان به داخل برکه سقوط خواهد کرد یا نه؟ اصطکاک و مقاومت هوا را هم نادیده می‌گیریم.

بهتر است شاگردان مسئله را ساده شده در نظر بگیرند و سپس کم‌کم پیچیدگی‌های فیزیکی را به آن اضافه کنند. برای همین نخست برد پرتابه‌ای واقع بر سطح افق را در نظر می‌گیریم. برای پرتابه‌ای با سرعت اولیهٔ v_0 و زاویه پرتاب θ بالای سطح افق بیشتر کتاب‌های درسی مقدار برد (دامنهٔ بیشینه افقی) زیر را به دست می‌دهند.



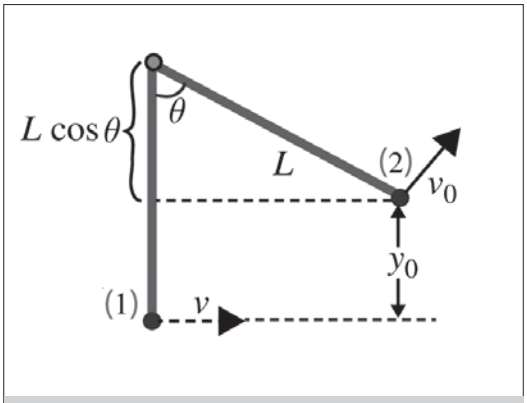
▲ شکل ۱. دوراهی تارزان

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g} \qquad (۱)$$

مقدار $g = +9/8 m/s^2$ فرض می‌شود (فصل ٤ فیزیک سروی)

معادله (۱) می‌تواند پایه و اساس یافتن حل نهایی مسئله باشد.

در گام بعد دامنهٔ یک پرتابه (با سرعت اولیه v_0 و زاویه پرتاب θ) را در نظر می‌گیریم که از لبهٔ صخره‌ای به ارتفاع H از سطح زمین پرتاب شده است. این مسئله یک مسئله دو بعدی سینماتیک است و براساس معادلهٔ $\Delta y = v_{i,y}\Delta t + \frac{1}{2}a_y \Delta t^2$ خواهیم داشت.



▲ شکل ۲. استفاده از قانون پایستگی انرژی در حل مسئله. نقطهٔ ۱، نقطهٔ شروع حرکت و نقطهٔ ۲ نقطه‌ای است که در آن تارزان شاخه را رها می‌کند.

$$\frac{1}{2}g\Delta t^2 - (v_0 \sin\theta)\Delta t - H = 0 \qquad (۲)$$

که یک معادلهٔ درجه ۲ برحسب Δt است.

پاسخ این معادله عبارت است از

$$\Delta t = \frac{v_0 \sin\theta + \sqrt{(v_0 \sin\theta)^2 + 2gH}}{g} \qquad (۳)$$

(تنها پاسخ مثبت رادیکال انتخاب شده است) و بنابراین دامنه افقی این پرتابه برابر است با :

$$R = v_{0,x}\Delta t$$

$$= v_0 \cos\theta\left(\frac{v_0 \sin\theta + \sqrt{(v_0 \sin\theta)^2 + 2gH}}{g}\right) \qquad (٤)$$

می‌توان تحقیق کرد کــه در حد $H \to 0$ (یعنی اگر نقطهٔ فرود پرتابه هم‌تراز با سطح افقی پرتاب باشد.) معادله ٤ تبدیل به معادله ۱ می‌شود.

زاویــهٔ بهینه برای برد (که با قرار دادن $\frac{dR}{d\theta} = 0$ به دســت می‌آیــد) بــا افزایش ارتفــاع H کاهش می‌یابــد. یعنی برای صخره‌هایی بســیار مرتفع برای طی کردن بیشترین مسافت باید جسم را افقی پرتاب کرد. برای حل مسئله در این مرحله، برنامه‌های رایانه‌ای ریاضی ماننــد Mathematica یا Maple می‌توانند پیچیدگی‌های معادله (٤)و بررسی شرایط حدی آن را برای شاگردان به خوبی به تصویر بکشند. با این حال حتی با استفاده از برنامهٔ ساده‌ای همانند Excel نیز می‌توان نمودارهای مفیدی را رسم کرد

پاسخ نهایی دو راهی تارزان

حال مســتقیم به حل مسئله می‌پردازیم. از آنجا که سرعت تارزان هنگام رها کردن شــاخه (v_0) را نمی‌دانیم، بنابراین از قانون پایســتگی انرژی مکانیکی در دو نقطهٔ نشان داده شده در شکل (۲) اســتفاده می‌کنیم. نقطهٔ ۱: نقطه‌ای که شاخه مســتقیم به پایین آویزان است (و تارزان در این نقطه شاخه را می‌گیرد) و نقطهٔ ۲: نقطه‌ای که شــاخه تا زاویه θ بالا رفته است (نقطه‌ای که تارزان شاخه را رها می‌کند).

انرژی پتانســیل دستگاه را در نقطهٔ ۱ صفر فرض می‌کنیم (در این حالت E_1 فقط شامل انرژی جنبشی است). با مساوی قرار دادن E_1 و E_2 داریم:

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgy_0 + \frac{1}{2}mv_0^2 \qquad (۵)$$

از آنجا که $y_0 = L - L\cos\theta$ خواهیم داشت:

$$v_0 = \sqrt{v^2 - 2gy_0} = \sqrt{v^2 - 2gl + 2gl\cos\theta} \qquad (٦)$$

دقــت کنید که ســرعت اولیه‌ای که برای تــارزان در نظر می‌گیریــم به او امکان می‌دهد که به هر زاویه‌ای از ۰ تا 90° برسد (درباره این مسئله بعداً بحث خواهیم کرد).

برد حرکت تارزان از نقطهٔ رها شــدن او (R_2) با قرار دادن معادلــه (٦)در معادلهٔ(٤) به دســت می‌آید. پاســخ یعنی بــرد R_1 (که از نقطهٔ ۱ اندازه گرفته می‌شــود) برابر اســت $R_2 = L\sin\theta$ و پاسخ نهایی برابر است با:

$$R_1 = L\sin\theta\cdot\sqrt{v^2 - 2gl + 2gl\cos\theta\cos\theta} \qquad (7)$$

که در آن $H = h + y_0 = h + L - L\cos\theta$ با دادن مقادیر معقولی از h،v و L می‌توان این برد را همانند شکل ۳ برحسب زاویهٔ θ روی یک نمودار نشان داد و بنابراین به راحتی برآورد کرد که در کدام زاویه بیشینه مسافت (برد) به دست می‌آید. برای حل دقیق‌تر می‌توان از $\frac{dr_1}{d\theta} = 0$ استفاده کرد و مسئله را برای متغیر θ حل کرد. گرچه برای حل مسئله به این روش شاید نیاز به استفاده از روش‌های محاسبات عددی باشد چند مورد حدی، به‌ویژه جالب توجه‌اند. هنگامی که تارزان به سرعت می‌دود. (فرض کنیم که حد نهایی سرعت، بی‌نهایت شود) می‌توان نشان داد که زاویه دلخواه برای بیشینه کردن R_1، 45° است (یعنی همان زاویهٔ به‌دست آمده برای پرتابه روی سطح افق). در واقع هنگامی که v بسیار بزرگ باشد سرعت تارزان هنگام تاب خوردن اندکی تغییر می‌کند، بنابراین در این حالت تاب خوردن روی شاخه نقش مهمی در تعیین برد ندارد. اما هنگامی که v کوچک است اتفاق عجیبی رخ می‌دهد: در نمودار R_1 برحسب θ شکاف و گاف‌هایی به وجود می‌آید. پس از راهنمایی‌های بسیار شاگرد سرانجام متوجه می‌شود که به ازای یک مقدار انرژی جنبشی کمینه تارزان به ارتفاع مشخص می‌رسد. درنتیجه مقادیر گوناگون سرعت اولیه v_0 برای مقدار زاویه θ که از نظر فیزیکی امکان‌پذیر است، محدودیت ایجاد می‌کند. شکل‌های نمودار مربوط به مقادیری از v هستند که در آن‌ها عبارت زیر رادیکال منفی است. سرعت کمینه‌ای که نیاز است تا به زاویه خاصی مانند θ رسید برابر است با :

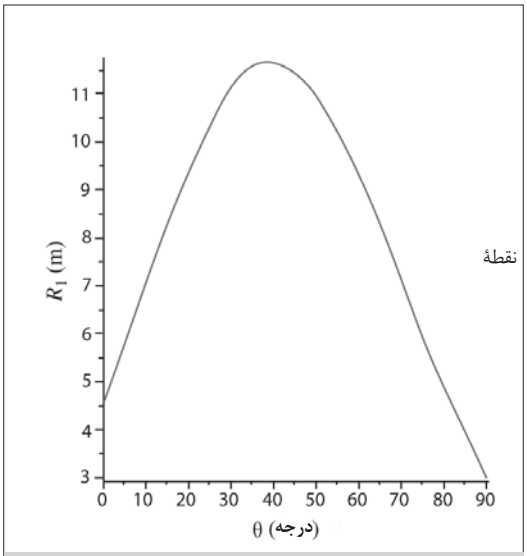
$$v_{min} = \sqrt{2gy_0} = \sqrt{2g(L - L\cos\theta)}$$

به دست آوردن رابطهٔ بالا با استفاده از قانون پایستگی انرژی بسیار ساده است. به‌عنوان مثال عددی برای مقدار $L=3m$ سرعت کمینه‌ای که می‌توان به هر زاویه‌ای تا زاویهٔ 90° رسید برابر است با $7/67 m/s$. هنگامی که از مقادیری کمتر از این مقدار آستانه برای v استفاده کنیم، نمودار R_1 برای زاویهٔ بحرانی خاص $\theta c = \cos^{-1}[1 - v^2/2gl]$ معنای فیزیکی خود را از دست می‌دهد. برای سرعت‌های بیشتر از v_{min}، معادله θ_c پاسخی ندارد. بنابراین هیچ نقطهٔ رها شدنی نیز وجود ندارد که به معنای آن است که تمام زاویه‌ها قابل‌قبول هستند.

بررسی تغییرات طول شاخه (L) نیز جالب توجه است. برای Lهای کوچک معادله (v) به معادله (٤) تبدیل می‌شود. یعنی شاخه در تعیین برد نقشی ندارد(و البته این دقیقاً همان چیزی است که انتظار می‌رود) برای مقادیر بزرگ L نیز زاویه رهاشدنی وجود دارد که برای مقادیر بیشتر از آن مسئله پاسخی ندارد، زیرا دوباره عبارت زیر رادیکال منفی می‌شود. در این مورد سرعت تارزان برای رسیدن به این زاویه رهایی کافی نخواهد بود، به این معنا که انرژی جنبشی اولیه‌ای قیدی بر انرژی پتانسیل گرانشی که هنگام رها کردن شاخه دارد، قرار می‌دهد.

در پایان توجه به این نکته لازم است که زاویه بهینه رها شدن با زیاد شدن ارتفاع h کاهش می‌یابد.

با رسیدن h به بی‌نهایت، زاویه رها شدن به صفر می‌رسد. این مسئله محدودیت‌های معادله (٤) را به خوبی نشان می‌دهد. در واقع می‌توان گفت هر چه بلند قدتر باشید، باید زودتر شاخه را رها کنید.



▲ شکل ۳. دامنه افقی از نقطهٔ اولیهٔ گرفتن شاخه بر حسب زاویه رها شدن. برای مقادیر $L = 3m$, $h = 1m$, $v = 10 m/s$ دامنهٔ بیشینه در $\theta = 39/4^\circ$ رخ می‌دهد.

سازی مسئله‌ها در فیزیک گاهی به قدری اغراق‌آمیز انجام می‌شود که باعث ساخت شوخی‌های علمی می‌شود

زنگ خنده

ساده‌سازی مسئله‌ها در فیزیک گاهی به قدری اغراق‌آمیز انجام می‌شود که باعث ساخت شوخی‌های علمی نظیر لطیفهٔ زیر می‌شود:

یک ریاضی‌دان، یک مهندس و یک فیزیک‌دان بر سر اینکه چگونه می‌توان حجم یک گاو را اندازه گرفت با یکدیگر بحث و گفت‌وگو می‌کردند. ریاضی‌دان پیشنهاد کرد که با در نظر گرفتن تقارن‌های جسم گاو و کاربرد قوانین هندسه این کار را انجام دهند، اما ایدهٔ او به این دلیل که انجام آن زمان زیادی می‌برد، رد شد. مهندس پیشنهاد کرد که گاو را در استخری پر از آب فرو برند و سپس اختلاف ارتفاع آب بالا آمده را اندازه بگیرند،ایدهٔ وی نیز به‌دلیل عملی نبودن رد شد. در اینجا بود که فیزیک‌دان متفکرانه گفت: مسئله خیلی ساده است. کافی است فرض کنیم که گاو یک کره کوچک است، حجم آن را محاسبه می‌کنیم و سپس آن را تا اندازهٔ واقعی‌اش باد می‌کنیم!

منبع
The physics teacher• vol.51,November 2013

تصورات و کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان درباره مفهوم گرما و دما

پریوا صفری
دبیر فیزیک آموزش‌وپرورش منطقه ۱۲ شهر تهران

اشاره

گرما و دما در زمره کلیدی‌ترین مفاهیم علمی هستند که هم در برنامه درسی مدارس و هم در زندگی روزانه اهمیت فراوانی دارند. آموزش این مفاهیم از پایه اول ابتدایی آغاز می‌شود و در پایه‌های بالاتر با مباحث پیشرفته‌تری نظیر ترمودینامیک ادامه می‌یابد. بررسی‌ها نشان داده است که دانش‌آموزان کج‌فهمی‌های گوناگونی در زمینه گرما، دما و مفاهیم مرتبط نظیر تعادل گرمایی و ارتباط مستقیم جرم به گرما و عدم وابستگی دما به جرم دارند. در این مقاله تلاش شده است تا کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان در رابطه با گرما و دما مورد بررسی قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: کج‌فهمی دانش‌آموزان، گرما، دما.

مقدمه و بیان مسئله

بسیاری از تصورات ذهنی دانش‌آموزان، نتیجهٔ تجربه‌های روزانه، مشاهدهٔ پدیده‌های علمی و کاربرد علم و فناوری در زندگی انسان‌ها است و وقتی در کلاس درس درباره آن‌ها صحبت می‌شود، می‌تواند به‌عنوان پیش‌تصور یا یادگیری پیشین، نمایان شود و بر فرایند یاددهی ـ یادگیری تأثیر بگذارد. تصورات خام و غیرعلمی دانش‌آموزان که از آن‌ها به‌عنوان کج‌فهمی یاد می‌شود، از عوامل مهمی هستند که مانع یادگیری معنی‌دار و اثربخش می‌شود و بر تداوم یادگیری در پایه‌های بالاتر نیز تأثیر منفی می‌گذارند.

عوامل زیادی را می‌توان به‌عنوان منشأ کج‌فهمی‌های شاگردان معرفی کرد. تجربه‌های گذشتهٔ دانش‌آموز، مشترک بودن برخی از لغات در زبان علمی و غیرعلمی مانند انرژی و کار، عدم توجه به واژه‌های علمی به‌کار برده شده در کلاس درس، متن و تصاویر کتاب‌های درسی و غیره، همگی در شکل‌گیری کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان نقش دارند.

در بین انبوه مفاهیم علمی، گرما و دما از جمله مفاهیم مرتبط با زندگی روزانه هستند که پایه و اساس علوم فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی را تشکیل می‌دهند و در اغلب برنامه‌های درسی، یادگیری آن‌ها از همان پایه‌های اولیه دوره ابتدایی پیشنهاد شده است. چون مفهوم گرما یکی از مفاهیم اصلی کلیدی در آموزش علوم تجربی است، درک بسیاری از پدیده‌های فیزیکی و شیمیایی منوط به درک درست چنین مفهومی است. دانش‌آموزان باید با استفاده از این نظریه، خواص فیزیکی و شیمیایی مواد، رفتار مواد به‌صورت تک‌تک و مرکب، تغییر حالت مواد، تأثیر تغییر دما بر مواد، رفتار ماده در حالت مجزا و مرکب، انرژی جنبشی و انواع حرکت ماده را مورد بررسی قرار دهند. تقریباً همهٔ کتاب‌های درسی علوم تجربی دوره‌های ابتدایی و متوسطه اول و همچنین فیزیک و شیمی دوره متوسطه دوم که با مفهوم گرما و دما سروکار دارند، توصیف‌های متفاوتی از این واژه‌ها ارائه کرده‌اند. برای مثال جملاتی نظیر «گرما انرژی است»، «گرما صورتی از انرژی است»، «منبع گرما خورشید است»، «گرما نوعی انرژی درونی است»، و ... در انواع کتاب‌های درسی مشاهده می‌شوند. تنوع این توصیف‌ها ممکن است باعث سردرگمی و یا کج‌فهمی دانش‌آموزان شود.

نظریه کالریک یکی از قدیمی‌ترین نظریه‌ها دربارهٔ مفهوم گرما است که آن را لاوازیه[1] در سال ۱۷۸۷ ارائه کرد. براساس این نظریه، گرما شاره‌ای است که در جسم ذخیره شده است و می‌تواند از جسم گرم به جسم سرد منتقل شود. طبق این نظریه، هنگامی که یک مادهٔ گرم در کنار یک مادهٔ سرد قرار می‌گیرد، ماده‌ای نامرئی به نام کالریک از مادهٔ گرم خارج و به مادهٔ سرد منتقل می‌شود. این نظریه را دیوی[2] در سال ۱۸۳۵

رد کـــرد. دیوی با مالش دادن دو قطعه یخ به یکدیگر و ذوب کردن آن‌ها، ثابت کرد که گرما می‌تواند تولید شود. بنابراین طبق اصل پایســـتگی جرم و انرژی، گرما نمی‌تواند از جنس ماده محسوب شود.

هرچند که نظریـــه کالریک پیش از پایـــان نیمه اول قرن نوزدهم به‌عنوان یک نظریه منســـوخ کنار گذاشـــته شد؛ اما میراث آن یعنی کالری، هنور هم کاربرد فراوانی به‌عنوان یکای گرما دارد. در نظریه‌های جدید، گرما نوعی انرژی اســـت که به‌دلیل اختلاف دما میان دو جسم متصل به هم خودبه‌خود، از جسم با دمای بیشتر، به جسم با دمای کمتر، جریان می‌یابد. این جریان انرژی گرمایی آن‌قدر ادامه می‌یابد تا دو جسم به تعادل گرمایی برسند و هم‌دما شوند. این نوع جریان یا انتقال گرما را رسانش می‌گویند. در این نظریه‌ها، دما کمیتی است که اختلاف آن میان دو نقطه از یک جسم (یا دو جسم متصل به هم)، باعث جریان خودبه‌خود گرما از جسم با دمای بیشتر، به جســـم با دمای کمتر می‌شـــود. یا می‌توان در یک تعریف ســـاده‌تر و غیررســـمی گفت که: دما، معیاری برای سردی یا گرمی اجسام است.

گرما و دما دو کمیت مرتبط با یکدیگر هســـتند، اما این به معنای آن نیســـت که هر دو یک کمیت و به یک معنا باشند. دما را نباید با گرما که شـــکلی از انرژی است اشتباه کرد. دما اندازهٔ سرعت اتم‌ها و مولکول‌های یک جسم را نشان می‌دهد، در حالی‌که گرما نه‌تنها ســـرعت حرکت اتم‌ها و مولکول‌ها را نشان می دهد؛ بلکه تعیین‌کننده تعداد اتم‌ها و مولکول‌هایی هم هســـت که تحت‌تأثیر آن قرار گرفته‌اند. همچنین انرژی گرمایی می‌تواند بدون اینکه دمای جســـم تغییر کند، منتقل شـــود. به‌عنوان مثال در تبدیل یخ صفـــر درجه به آب صفر درجه، انرژی دستگاه افزایش می‌یابد، در حالی‌که دمای جسم ثابت است (سوزبیلیر[۳]، ۲۰۰۳)

پژوهش‌هـــای یئـــو[۴] و زادنیـــک[۵] (۱۹۹۲) نشـــان داد که به‌رغم نادرســـت بودن نظریه کالریـــک در مورد مفهوم گرما، دانش‌آمـــوزان تمایـــل دارند همچنان گرمـــا را به‌عنوان یک «ماده» در نظر بگیرند که می‌تواند در جسم ذخیره شود و از نقطهٔ گرم به نقطهٔ ســـرد جریان یابد. این امر باعث کج‌فهمی و درک نادرســـت مفاهیم مرتبط با گرما، نظیر انرژی درونی، رسانایی و ظرفیت گرمایی می‌شود.

بررسی کج‌فهمی‌های گزارش شده

در طول ۳۰ ســـال گذشته، پژوهش‌های زیادی در رابطه با شیوه‌های آموزش اثربخش مفهوم گرما و دما، کج‌فهمی‌های دانش‌آمـــوزان در ایـــن رابطه و همچنیـــن روش‌های اصلاح کج‌فهمی‌هـــای دانش‌آمـــوزان انجام گرفته اســـت (گونن[۶] و کوجاکایـــا[۷]، ۲۰۱۰؛ پایـــک[۸]، چو[۹] و گـــو[۱۰]، ۲۰۰۷؛ لویس[۱۱] و لین[۱۲]، ۲۰۰۳؛ جســـین[۱۳] و اوبرم[۱۴]، ۲۰۰۲؛ هریســـون[۱۵]، گرایسون[۱۶] و تریگوست[۱۷]، ۱۹۹۹).

در جدول ۱، انواع کج‌فهمی‌های ثبت شـــده درباره مفاهیم گرما و دما آورده شده است.

جدول ۱. کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان در مورد گرما و دما (شناخته شده توسط پژوهشگران)

پژوهشگران(۱)	سن دانش‌آموزان	کج‌فهمی‌های شناخته شده
سوزبیلیر، ۲۰۰۳	۱۳ـ۶ ساله	۱. دو نوع گرما وجود دارد: گرمای گرم و گرمای سرد. ۲. گرمای یک ماده مثل هوا یا بخار است. ۳. دمای یک جسم به اندازه آن بستگی دارد.
	۱۲ ساله‌ها	۱. گرما داغ است، اما دما می‌تواند سرد یا داغ باشد. ۲. تفاوتی بین گرما و دما وجود ندارد. ۳. دما در طول ذوب شدن یا جوشیدن تغییر می‌کند.
	۱۵ ساله‌ها	۱. گرما و دما دو مفهوم یکسان هستند. ۲. بعضی اجسام مثل فلزات ذاتاً سردتر از سایر اجسام مثل چوب هستند. ۳. گرما و سرما متضاد و هر دو قابل انتقال هستند.
کسیدو۱۳ و دوییت۱٤	۱۶ـ۱۵ ساله‌ها	۱. گرما توسط جسم سرد جذب می‌شود. ۲. گرما و سرما همدیگر را خنثی می‌کنند. ۳. گرما و دما اندازه یکسانی دارند. ٤. اگر دو جســـم هم‌دما شوند، انرژی یا گرمای آن‌ها یکسان می‌شود. ۵. هنگامی که گرما وارد جسم می‌شود، به روش‌های مختلف جسم را ترک می‌کند. ٦. اجســـام گرمـــا را جذب می‌کنند و بـــه روش‌های مختلف آن را نگه می‌دارند.
هریسون و همکاران (۱۹۹۹)	۱۸ـ۱۷ ساله‌ها	۱. اجسام در دمای اتاق دمای متفاوتی دارند. ۲. اجسام می‌توانند مقادیر مشخصی از گرما را در خود ذخیره کنند. ۳. اجسام می‌توانند داغ‌تر از محیط اطرافشان باشند. ٤. دمای آب می‌تواند از نقطه جوش هم بالاتر رود.
لویس و لین (۱۹۹٤)	۱٤ـ۱۲ ساله‌ها بزرگسالان (۱۹ـ٤۵ سال) دبیران فیزیک و شیمی	۱. فلزات ســـرما را جـــذب می‌کننـــد و در خود نگه می‌دارند. ۲. اجســـام رسانا کندتر از اجسام عایق گرما را هدایت می‌کنند. ۳. عایق‌ها گرما را ســـریع هدایـــت می‌کنند و گرما از آن‌هـــا خارج می‌شـــود، بنابراین هنـــگام لمس آن‌ها گرمایی احساس نمی‌شود. ٤. عایق‌ها گرما را نگه می‌دارند. ۵. پشم همه اجسام را گرم می‌کند.

در بررسی پژوهش‌های انجام گرفته، اغلب برداشت‌های دانش‌آموزان در رابطه با گرما و دما، عایق گرمایی، تبادل و تعادل گرمایی مورد بررسی قرار گرفته است. این مطالعات نشان می‌دهند که در بسیاری از موارد تصورات دانش‌آموزان در زمینه گرما و دما، حاصل مشاهدات آن‌ها در زندگی روزمره است.

پژوهش‌های سوزبیلیر (۲۰۰۳) نشان داد که بیشتر دانش‌آموزان پایه نهم انتقال گرما از اجسام گرم به اجسام سرد را باور دارند؛ اما معتقدند که دمای یک جسم به اندازه آن مربوط است. یعنی هرچه اندازه جسم بیشتر باشد، دمای آن نیز بیشتر خواهد بود. برای مثال بیش از ۵۰ درصد دانش‌آموزان ۱۱ ساله فکر می‌کردند که دمای یک تکه یخ بزرگ از یک تکه یخ کوچک کمتر است، زیرا دیرتر ذوب می‌شود.

چوی[20]، کیم[21]، پایک، لی[22] و چونگ[23] از دانش‌آموزان ۹ تا ۱۱ ساله پرسیدند که اگر دو ظرف آب با دمای مختلف با هم مخلوط شوند چه اتفاقی می‌افتد؟ دانش‌آموزان پاسخ دادند که اگر دو لیوان آب ۳۰ درجه سلسیوس با هم مخلوط شوند دمای آب مخلوط شده ۶۰ درجه سلسیوس خواهد بود. در این پژوهش مشاهده شد که دانش‌آموزان اجسام را به سه دسته اجسام گرم، اجسام ولرم و اجسام سرد طبقه‌بندی کرده و معتقد بودند که فلزات ذاتاً سرد و مواد پلاستیکی و چوب ذاتاً گرم هستند.

چان[24] (۱۹۹۳) در مطالعه خود دریافت که دانش‌آموزان دوره ابتدایی (۱۱ـ۹ سال) معتقدند که در فصل گرما فلز آهن جزو اجسام گرم ولی در فصل سرما جزو اجسام سرد است. وی پیشنهاد کرد که در آموزش مفهوم گرما و دما در دوره ابتدایی، به فرایند تعادل گرمایی نیز پرداخته شود. از نگاه چان، دانش‌آموزان شناخت درستی از انتقال گرما از دست انسان به فلز آهن در فصل سرد و انتقال گرما از فلز آهن به دست انسان در فصل گرما نداشتند.

پژوهش‌های کسیدو و دوییت (۱۹۹۳) در آلمان نشان داد که بیش از ۸۰ درصد دانش‌آموزان پایه دهم معتقد بودند که در نتیجه انتقال گرما بین این دو جسم با دمای متفاوت، دمای هر دو جسم با هم برابر نمی‌شود، زیرا با توجه به ویژگی‌های اجسام، ممکن است یکی از آن‌ها جزو اجسام سرد و دیگری جزو اجسام گرم باشد و توانایی سرد کردن یا گرم کردن سایر اجسام را داشته باشند.

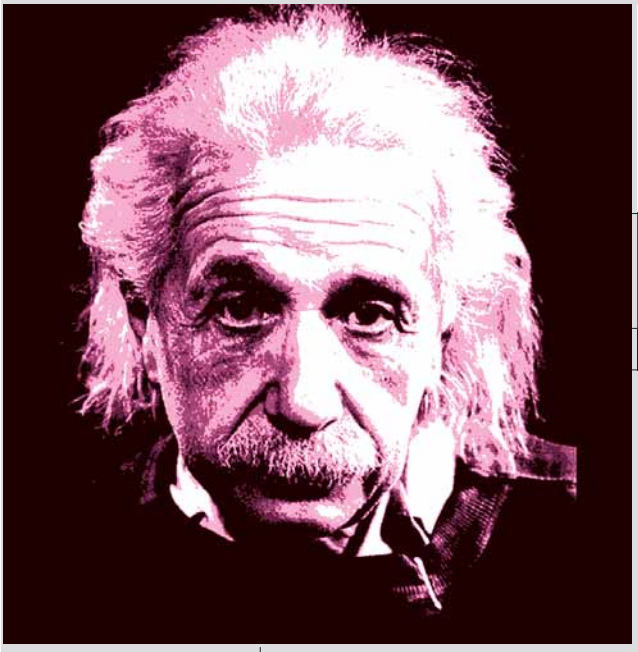
بررسی منشأ کج‌فهمی و شیوه‌های اصلاح کج‌فهمی نیازمند پژوهش‌های جداگانه‌ای است. بدون شک تجربه‌ها و آموخته‌های پیشین دانش‌آموزان (آلن، ۲۰۱۰)، شیوه تدریس معلمان (کارلتون[25]، ۲۰۰۰) و همچنین عدم سازماندهی مناسب محتوای آموزشی در کتاب‌های درسی (لیت[26]، ۱۹۹۹) به‌عنوان سه منبع عمده بروز کج‌فهمی مطرح هستند. باید هنگام برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی، تمام مفاهیم چالش‌برانگیز و مستعد ایجاد کج‌فهمی در دانش‌آموزان بررسی شوند. استفاده از ارزشیابی‌های تشخیصی و تکوینی و آگاهی معلمان از دیدگاه‌ها و عقاید دانش‌آموزان نسبت به مفاهیم چالش‌برانگیز، کمک می‌کند تا روش‌های تدریس مناسبی را در پیش بگیرند.

پی‌نوشت‌ها

1. Lavoisier
2. Davy
3. Sozbilir
4. Yeo
5. Zadnik
6. Gonen
7. Kocakaya
8. Paik
9. Cho
10. Go
11. Lewis
12. Linn
13. Jasien
14. Oberem
15. Harrison
16. Grayton
17. Treagust
18. Kesidou
19. Duit
20. Choi
21. Kim
22. Lee
23. Chung
24. Chun
25. Carlton
26. Leite

منابع

1. Allen, M. (2010) Misconceptions in primary science, Open University Press, McGraw-Hill Education, Berkshire, England.
2. Carlton, K., (2000). Teaching about Heat and Temperature. Physics Education, 35 (2), 101- 105.
3. Choi, H., Kim, E., Paik, S., Lee, K., & Chung, W. (2001). Investigating elementary students' understanding levels and alternative conceptions of heat and temperature. Elementary Science Education, 20, 123-138.
4. Chun, W. (1993). A survey on scientific misconceptions of elementary students. Elementary Science Education, 12, 145-166.
5. Erickson, G.L. (1979). Children's conceptions of heat and temperature, Science Education, 63, 221-230.
6. Gonen, S., & Kocakaya, S. (2010). A cross-age study: A Cross-Age Study on the Understanding of Heat and Temperature. Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education, 2(1), 1-15.
7. Harrison, A. G., Grayson, D. J., & Treagust, D. F (1999). Investigating a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature. Journal of Research in Science Teaching, 36 (1), 55-87.
8. Jasien, P. G., & Oberem, G. E. (2002). Understanding of elementary concepts in heat and temperature among college students and K-12 teachers. Journal of Chemical Education, 79 (7), 889-895.
9. Kesidou, S. & Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics- An interpretive study, Journal of Research in Science Teaching, 30, 85-106.
10. Leite, L. (1999). Heat and Temperature: An Analysis of How These Concepts are Dealt with in Textbooks. European Journal of Teacher Education, 22(1), 61-74.
11. Lewis, E. L., & Linn, M. C. (1994). Heat energy and temperature concepts of adolescents, adults, and experts: Implications for curricular improvements, Journal of Research in Science Teaching, 40(SI), S155-- S175.
12. Paik, S. H. Cho, B. K., & Go, Y. M. (2007). Korean 4- to 11-year-old student conceptions of heat and temperature. Journal of Research in Science Teaching, 44(2), 284-302.
13. Sozbilir, M. (2003). A review of selected literature on students' misconceptions of heat and temperature, Bogazici University Journal of Education, 20(1), 25-41, heat and temperature. Journal of Research in Science Teaching, 44(2), 284-302.
14. Yeo, S., & Zadnik, M. (2001). Introductory thermal concept evaluation: assessing students' understanding. Physics Teacher, 39 (8), 496-504.



افراط در شگفت‌زده شدن و اغراق در کف‌زدن

سخنی بیخ‌گوشی دربارهٔ اینشتین و خبرهای داغ این روزها

آرش ظهوریان پردل

مترادف گرفتنِ نام و چهرهٔ اینشتین با امتیازاتی چون نبوغ سرشار، استعداد منحصربه‌فرد و بهرهٔ هوشیِ مثال زدنی، تبدیل به یک الگویِ ذهنی تثبیت شده و عادت روزمرهٔ اجتماعی شده است.

متفکر ممتازی که امپراتوریِ شهرتش، ناخواسته، مرزهای فیزیک و فلسفه را درنوردید و عالم‌گیر شد: موقعیتی هم‌تراز با سوپراستارهای هالیوود و قابل قیاس با رهبرانِ سیاسی.

مطابقِ روایتی پرطرفدار، چارلی چاپلین از شهرت اینشتین در شرایطی که افراد غالباً نمی‌دانند از چه حرف می‌زنند، ابراز شگفتی کرده است. (دربارهٔ صحت و سقم آن نظری ندارم).

چنانچه فرض کنیم واقعاً چنین گفت و شنودی بین چاپلین و اینشتین برقرار شده باشد، می‌توان به هنرپیشهٔ محبوب حق داد که از سوت‌ها و جیغ‌ها و کف‌زدن‌ها برای دانشمندی که در انتزاعی‌ترین حیطهٔ درک آدمی فعالیت می‌کند، حیرت‌زده شود؛ افرادی که شاید حتی درکی از معنای عنوان نظریه «نسبیت» ندارند و معمولاً آن را در قالب «نسبی بودن همه چیز» می‌ریزند، برای امضا و عکس یادگاری و مصاحبه، شیرجه می‌زدند.

آلبرت اینشتین، در زمانِ مناسب و در جایِ مناسب قرار داشت؛ هم برای علم فیزیک و هم برای مردم. با نظریهٔ نسبیت خاص، در حالی که علم فیزیک را از شر مادهٔ مزاحمی چون «اتر» خلاص کرد، بر باورهای تثبیت شده‌ای چون مطلق بودن همزمانی و نیز مستقل فرض کردنِ فضا و زمان از هم، خط بطلان کشید. با نظریهٔ نسبیت عام (که امواج گرانشی یکی از پیش‌بینی‌های آن محسوب می‌شود)، مفهوم «کنش از دور» نظریهٔ گرانش نیوتونی را با ویژگی‌های هندسی فضا و زمان جایگزین کرد: فرایند ملال‌آور و فرسایندهٔ ده ساله، و کلنجار رفتن با ریاضیاتی به مراتب پیچیده‌تر، چون هندسه دیفرانسیلی و حساب تانسوری.

اما دربارهٔ اشتیاق و هیجان مردم چگونه باید استدلال کرد؟ آیا مردمانی که در نیویورک، ساعت‌ها به انتظار ماشینش ایستاده بودند، نگران تناقض‌های گرانش نیوتونی با نسبیت خاص بودند؟!

پاسخ بدیهی‌ست.

اما شاید دلیل این اقبال عمومی حیرت‌آور را، در عطش و نیاز آن‌ها به شخصیتی نمادین دانست:

ساده و خودمانی، در عین حال نابغه و درخشان.

خلأ پرنشدنی و گاف عمیق میان دانشمندان و عموم مردم، توسط «قهرمان» متواضع و بامزه، از میان برداشته شد. (چنین اتفاق‌هایی در مقیاس محدودتر و بُردی کوتاه‌تر، برای ریچارد فاینمن و استیون هاوکینگ نیز رخ داده است).

اما واکنش‌های امروز اکثر کاربران به کشف امواج گرانشی، توضیحی به جز سهل‌انگاری و بی‌قیدی نسبت به دانستن و تفکر ندارد.

بدیهی است که درک عمیق نظریهٔ نسبیت عام، نیازمند سال‌ها مطالعه و کنکاش فکری مستمر است، اما در شرایطی به سر می‌بریم که دانشمند و متخصص و تحصیل‌کرده بودن، تنها در محدودهٔ برج عاج‌نشینان نابغه قرار ندارد، و از طرفی، محدودیت و کمبودی برای جست‌وجو و بررسی جزئیات و کلیات نظریه اینشتین وجود ندارد: انواع ویدئوهای آموزشی و انیمیشن‌های جالب که در درک کلی دیدگاه‌های وی بسیار مؤثر و مفیدند، به همراه مقاله‌ها و کتاب‌های خوشخوان و مناسب برای افراد غیرمتخصص.

در چنین شرایطی، بزرگنمایی در «نفهم بودن خویشتن» و «مُخ بودن این یارو اینشتین»، چیزی به جز خود زنی به رخ کشیدنِ کم‌کاری‌ها و ناتوانی‌های خودخواسته نیست.

اینشتین متفکری ممتاز و کم‌نظیر بود. اما کاش به جای هوچی‌گری بی‌مورد و جنجال آفرینی‌های نا لازم پیرامون شخصیت بارز متداول، کمی بیشتر بر درک دستاوردهایش (نه الزاماً به نیت متخصص شدن) تمرکز کنیم.

چشم‌ها را بشوییم و جور دیگر ببینیم[1]

شلر آب‌خیز
دبیر فیزیک

چکیده

صدای آشنای نماینده کلاس:

«بچه‌ها! خانم ... گفته‌اند برای هفته بعد روزنامه‌دیواری درست کنید. هفته بعد هفته پژوهش است» (!)

برخوردی کلیشه‌ای و بی‌رحمانه با فرصتی که می‌تواند بسیار پربار باشد، جرقه‌ای شود و کششی ایجاد کند برای مطالعه عمیق و علاقه به امر «پژوهش» که البته در چند سال اخیر روزنامه‌دیواری‌ها بادست‌سازه‌هایی همراه شده‌اند و با هم در «نمایشگاه» هفته پژوهش به نمایش گذاشته می‌شوند و دانش‌آموزان اگر حوصله کنند، سری به آن طرف می‌زنند بدون اینکه معنی واقعی حضور بازیگران بی‌جان در این نمایش را بدانند و در نهایت بازدیدی از طرف مسئولان اداره و شاید برگه تشویقی! کاری که اینجانب نیز کمابیش انجام می‌دادم اما با حسرتی درونی ... که ای کاش می‌شد هدفمندتر از این فرصت استفاده کنیم و بیشتر درگیر شویم.

کلیدواژه‌ها: هفته پژوهش، روبات فیله، دنباله‌دار چوری، ماهوارهٔ امید

جرقه طرح، زده شد...

تا اینکه ۲۱ آبان ماه فرود تاریخی روبات فیله بر روی دنباله‌دار چوری[2] و فیلم شبیه‌سازی شده آن بهانه‌ای به دستم داد. به‌خصوص که مونیتور LED در سالن بر روی دیوار نصب بود و همان‌جا برای نمایشگاه مناسب بود. چون هر سال در اواخر مهر انتخاب دانش‌آموزان علاقه‌مند به کارهای علمی و تشکیل کمیته‌های پژوهشی شروع می‌شود، از جانب نیرو مشکلی نداشتم! این بار با حساسیت بیشتر موضوع‌ها را برای روزنامه، دست‌سازه و پوستر با نظر دانش‌آموزانم انتخاب کردم. برایشان توضیح دادم که باید برای ارائه کار دستی علمی‌شان آماده باشند. آزمایش‌هایی از کتاب انتخاب کردم و انجام و توضیح آن‌ها را به دانش‌آموزان داوطلب و علاقه‌مند، متناسب با مقطع تحصیلی‌شان محول کردم. پاورپوینتی درباره دنباله‌دارها و ماجرای این فرود تاریخی آماده کردم و در آن فیلم شبیه‌سازی را که دانلود کرده بودم، گذاشتم. آزمایش‌هایی را که انجام آن‌ها در مدرسه امکان‌پذیر نبود و یا جدید و زیبا بودند، بر روی سی‌دی مرتب کردم که بیشتر مربوط به سال چهارم بود. پیشنهادم را به‌صورت کتبی نوشتم و با مدیر محترم دبیرستان و معاون محترم فناوری در میان گذاشتم. این پیشنهاد مورد استقبال قرار گرفت و تصویب شد. همه‌چیز آماده بود حتی مجری برای اعلام هدف و برنامه‌هایی که در سه روز پیش‌رو، برای مدرسه تدارک دیده بودیم و یک طرح دقیق با ذکر ساعت و فعالیت و نام دانش‌آموزان مسئول.

همه همکاری می‌کردیم. حتی از کمک دلسوزانه همکاران پرورشی و معاونت اجرایی برای نمایش روزنامه‌ها و پوسترها، به کمک یک طناب که طرح جالبی بود، نیز بهره‌مند شدم.

اجرای طرح

چون کمبود وقت برای اجرای مراسم‌های رسمی، داد اغلب همکاران، به‌خصوص، علوم‌پایه را در می‌آورد، از تاریخ ۲۳ آذر تا ۲۵ آذر به مدت سه روز کل برنامه‌ها در زنگ تفریح اجرا می‌شد. البته بنده پنج یا ده دقیقه‌ای زودتر دانش‌آموزان کلاسم را به محل نمایش می‌بردم. در ۲۳ آذر با تلاوت آیاتی از سوره الرحمن نمایشگاه فشرده! با موضوع فیزیک آغاز شد. درهر مرحله پاورپوینت دنباله‌دار را پشت میکروفن می‌خواندم در حالی‌که همزمان تصویر پخش می‌شد.

یکی از بچه‌ها پرسید «خانم! ایران هم می‌تواند چنین کاری بکند مگر نه؟» و از پرتاب «ماهواره امید» یادکردیم.

شاگردان سال اول وقتی می‌فهمیدند که انرژی الکتریکی روبات از سلول‌های خورشیدی روی بدنه‌اش تأمین می‌شود، حسابی ذوق‌زده می‌شدند.

زیباترین لحظات برای من زمانی بود که شاگردانم با اعتمادبه‌نفس آزمایش‌ها را انجام داده برای بازدیدکننده‌ها توضیح می‌دادند و همچنین اوقاتی که روزنامه دیواری، پوستر، خلاصه مطلبی از کتاب فیزیک خود و یا دست‌سازه‌های خود را شرح می‌دادند.

در زنگ تفریح سوم (مدرسه مذکور هفت‌ساعته است.) بازدید آزاد، داشتیم و تصاویر علمی و آزمایش‌های دانلود شده، از مونیتور پخش می‌شد. درست است زمان کم بود اما بار دیگر ثابت شد اگر بخواهیم، می‌توانیم.

تأثیرهای ماندگار طرح

در جریان آن هفته و بعد از آن هم به‌ویژه در کلاس دوم، دانش‌آموزانم در اغلب جلسه‌های کلاسی، آزمایشی، فیلمی آموزشی یا مطلبی همراه داشتند که ارائه آن‌ها فقط کمتر از ده دقیقه طول می‌کشید. دانش‌آموزانم در دنیای غیرقابل‌اعتماد مجازی، فیلم‌های علمی آموزشی را جست‌وجو می‌کردند و آموخته‌ها و شنیده‌های علمی خود را با افتخار در کلاس مطرح می‌کردند. خوشحال بودم که بخشی از گردش اینترنتی را به کسب علم اختصاص می‌دادند و با ارائه و انتقال یافته‌هایشان در جمع کلاس، به لذتی مضاعف و اعتمادبه‌نفس بالا دست می‌یافتند.

و آینده...

یکی از خواسته‌های درونی چندساله‌ام برگزاری یک همایش دانش‌آموزی در مدرسه است. سخنرانی‌هایی هر سال با موضوع نانو فناوری و ... جهت آشنایی برای دانش‌آموزان برگزار می‌شود که برای آن‌ها فقط حالت وقت‌گذرانی دارد و غیر از چند صحنه هیجان‌انگیز به‌عنوان مثال از فیلم‌های کوتاهی درباره فناوری نانو، چیزی به یادشان نمی‌ماند. اما اگر برگزارکنندگان همایش، خود دانش‌آموزان باشند که در موضوع‌های مختلف، مقاله یا هر ابزار آموزشی دیگر را به کمک و راهنمایی دبیر آماده کرده و با بیان دانش‌آموزی آن‌ها را ارائه دهند، چه؟

خوشحالم که قدم اول را برای چنین طرحی برداشتم و دانش‌آموزانم نشان دادند که واقعاً می‌توانم روی همکاری و اشتیاق آن‌ها حساب کنم. بدیهی است که این دانش‌آموزان در مراحل بعدی تحصیلشان در دانشگاه، بهتر با واحدهای درسی که نیاز به تحقیق و پژوهش دارند، کنار آمده و از آن استقبال خواهند کرد.

پی‌نوشت‌ها

۱. برگرفته از شعر «صدای پای آب» از شاعر گرانقدر، زنده‌یاد سهراب سپهری ـ چشم‌ها را باید شست، جور دیگر باید دید...

۲. در تاریخ ۱۲ نوامبر ۲۰۱۴ (۲۱ آبان ماه سال ۱۳۹۳) بعد از ۱۱ سال تعقیب، روبات کاوشگر به نام فیله از سفینه مادرش به نام رزتا جدا شده و بر یک دنباله‌دار به نام اختصاری چوری یا پی ۶۷ فرود آمد.

طراحی ابزارهای کاربردی و سادهٔ اپتیکی

حسن اتحادمهرآباد، محمد سبزی، مرضیه روان‌بخش

چکیده

یکی از شاخه‌های اساسی و مهم فیزیک در تمام سطوح تحصیلی، اپتیک است. ابزارهای ساده و جدیدی را طراحی کردیم و به‌کار بردیم. در این نوشتار اندک، سعی خواهیم کرد با استفاده از قوانین ساده اپتیک هندسی ابزارهایی به شرح زیر را طراحی و توضیح دهیم.

الف. فاصله‌سنجی با بهره‌گیری از اپتیک هندسی (متر لیزری ساده)

ب. عدسی استوانه‌ای یک قطعه اپتیکیِ شکل‌دهنده باریکه و مولد خط نور

ج. طراحی شاقول لیزری ساده

کلیدواژه‌ها: اپتیک هندسی، ابزارهای ساده، فاصله‌سنجی، شاقول سادهٔ لیزری.

مقدمه

تا وقتی که طول موج نور تابشی خیلی کوچک‌تر از ابعاد شکاف‌ها یا سوراخ‌های محدودکننده مسیر نور باشد، اصل انتشار مستقیم‌الخط نور معتبر است و پدیده پراش اتفاق نمی‌افتد.

بنابراین می‌توان بر مبنای پیروی از مسیرهای مستقیم‌الخط پرتوهای نور، انتشار نور در دستگاه‌های اپتیکی را ردیابی کرد. اپتیک هندسی چنین مباحثی را بررسی و توضیح می‌دهد.

معمولاً در اپتیک هندسی با قانون‌های بازتاب و شکست نور تحت عنوان قوانین اسنل دکارت سروکار داریم که در توضیح قانون‌های بازتاب به‌طور خلاصه می‌توان نوشت:

اگر خط قائمی در نقطهٔ تابش نور به یک سطح، رسم کنیم:

- **اولاً:** زاویه تابش با زاویه بازتابش برابر خواهد بود. (i=r)
- **ثانیاً:** پرتو فرودی، پرتو بازتابیده و خط عمود بر سطح در نقطه تابش هر سه در یک صفحه قرار دارند.

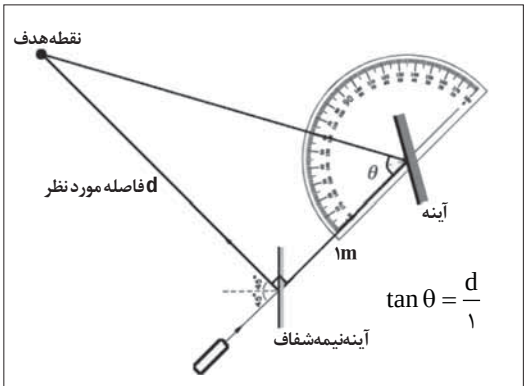
و در توضیح مختصر قانون‌های شکست نور می‌توان به دو مورد زیر اشاره کرد.

- پرتو فرودی، خط عمود بر سطح جداکننده دو محیط در نقشه تابش و پرتو شکسته شده، هر سه در یک صفحه قرار دارند.
- برای پرتوهایی که از یک محیط شفاف وارد محیط شفاف دیگری می‌شوند، نسبت سینوس زاویه تابش به سینوس زاویه شکست مقداری ثابت است. [۱] و [۲]

فاصله‌سنجی با بهره‌گیری از اپتیک هندسی (طراحی متر لیزری ساده)

با توجه به اینکه لیزر واگرایی ناچیزی دارد می‌توان با استفاده از لیزر و با یک روش هندسی ساده و سرعت بالا فاصله‌های طولانی را اندازه گرفت. با توسعه به‌کارگیری لیزر در صنعت، فاصله‌سنج‌های لیزری جایگزین ابزارهای متداول فاصله‌سنجی می‌گردند. فاصله‌سنج‌های لیزری بیشتر در اندازه‌گیری مسافت‌های طولانی کاربرد دارند. روش زمانی، روش تداخل‌سنجی و روش هندسی از عمده‌ترین روش‌های فاصله‌سنجی با لیزر است.

برای فاصله‌سنجی بین دو نقطه، به روش هندسی، چشمه نور لیزر را مطابق شکل (۱) در مقابل یکی از این نقاط قرار می‌دهیم و باریکه‌ای از لیزر را از دو محل متفاوت به نقطه دیگر که همان نقطه هدف است، تابش می‌دهیم. در این حالت یکی از پرتوها به‌طور مستقیم و دیگری از فاصله معین و به‌صورت مایل به هدف تابانده می‌شود. با تشکیل یک مثلث قائم‌الزاویه و اندازه‌گیری زاویه و طول قاعده مثلث قائم‌الزاویه، این فاصله‌سنجی صورت می‌گیرد. [۴]



شکل ۱. مسیر پرتوها و نحوه قرارگیری اجزا متر لیزری ساده

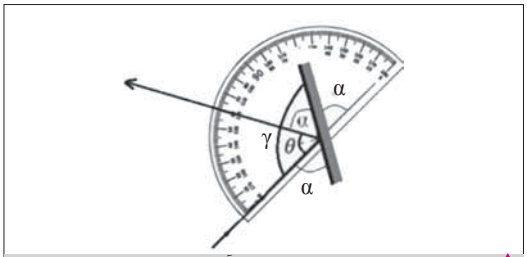
اگر مطابق (شکل ۱) باریکه لیزر را ابتدا تحت زاویه ۴۵ درجه به یک قطعه شیشه بازتابنده (که به‌عنوان آینه نیمه

شفاف عمل می‌کند) بتابانیم باریکه‌های بازتابیده و عبوری از آن با هم زاویه ۹۰ درجه می‌سازند.

اگر نور عبوری در فاصله یک متری به یک آینهٔ چرخان سوار بر یک نقاله برخورد کند، با تنظیم سطح آینه پرتو بازتابیده از آن به سمت نقطه هدف که در فاصله عمودی از چشمه لیزر قرار دارد نشانه‌گیری می‌شود و سرانجام با استفاده از زاویه‌ای که نقاله نشان می‌دهد فاصله عمودی هدف تا لیزر را می‌توان از رابطه $\tan\theta = \frac{d}{۱}$ تعیین کرد.

یک نکته

اگر مطابق (شکل ۲) θ یکی از زاویه‌های مثلث تشکیل شده باشد در این صورت زاویه α متمم زاویه تابش (و یا زاویه بازتاب) خواهد بود.



شکل ۲. زاویه‌های مختلف در بازتاب نور از آینه کامل سوار بر نقاله

فرض می‌کنیم γ زاویه بین سطح آینه با پرتو تابش و یا همان زاویه‌ای باشد که روی نقاله خوانده می‌شود. در این صورت:

$$\alpha = ۱۸۰ - \gamma$$
$$\theta = \gamma - \alpha$$
$$\theta = \gamma - (۱۸۰ - \gamma)$$
$$\theta = ۲\gamma - ۱۸۰$$

الف. وسایل لازم برای طراحی متر لیزری ساده

لیزر با پایه مناسب، یک آینه نیمه شفاف (شیشه بازتابنده)، یک آینه با پایه مناسب، نقاله چاپ شده روی کاغذ، خمیر بازی، چسب گرمایی.

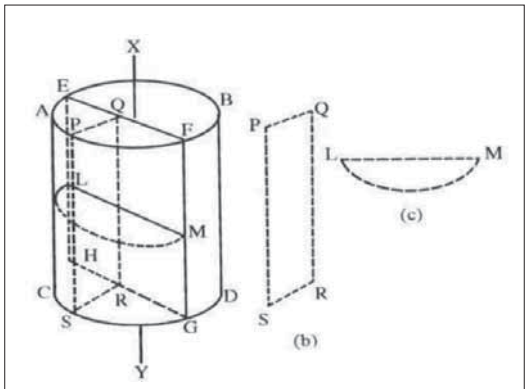
ب. روش کار

- تخته‌ای به ابعاد حداقل ۱۲۰ سانتی‌متر در ۱۵ سانتی‌متر تهیه می‌کنیم و در دو طرف آن دو نقاله کوچک کاغذی و چاپ شده را با نوارچسب به فاصله یک متر از هم می‌چسبانیم.
- با چسب گرمایی چشمه لیزر را در یک انتهای تخته ثابت می‌کنیم و برای اینکه پرتو لیزر موازی با سطح افقی تخته باشد برای تنظیم می‌توانیم مقداری خمیر قابل انعطاف زیر آن بگذاریم.
- آینه نیمه‌شفاف را با زاویه ۴۵ درجه مقابل باریکه لیزر قرار می‌دهیم و با چسب گرمایی آن را ثابت می‌کنیم به طوری که پرتو بازتابیده به هدفی که در راستای عمود بر آن قرار دارد، بتابد.
- آینه تخت با پایه مناسب را در پشت آینه نیمه‌شفاف قرار می‌دهیم تا پرتو عبوری از نیم آینه، به آن بتابد. آینه را به قدری می‌چرخانیم که پرتو بازتابیده از آن نیز بر روی هدف بتابد.
- زاویه آینه دوم را از روی نقاله می‌خوانیم.
- فاصله آینه تا آینه نیمه شفاف را دقیقاً برابر یک متر تنظیم می‌کنیم و اگر این کار مقدور نبود، فاصله مورد نظر (x) را اندازه می‌گیریم.
- فاصله عمودی هدف تا لیزر را می‌توان با رابطه $\tan\theta = \frac{d}{x} = \frac{d}{۱}$ تعیین کرد.

عدسی استوانه‌ای یک قطعهٔ اپتیکیِ شکل‌دهندهٔ باریکه و مولد خط نور

عدسی‌ها محیط‌های شفاف همگنی هستند که با تغییر مسیر نور می‌توانند ظاهر یک تصویر را تغییر دهند و ممکن است کروی یا استوانه‌ای یا ... باشند و به دو دسته همگرا و واگرا تقسیم می‌شوند. عدسی‌های کرویِ همگرا نور را متمرکز می‌کند. چون شکل کروی دارند، در نتیجه تمام پرتوهای تابیده، در تمام جهت‌ها را به‌طور مساوی به سمت نقطه‌ای به نام کانون هدایت و متمرکز می‌کنند.

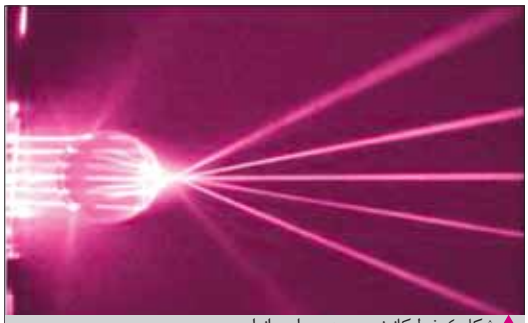
عدسی‌های استوانه‌ای مطابق (شکل ۳) دارای دو نصف‌النهار هستند. یکی نصف‌النهار افقی که خمیده است و عدسی در راستای این نصف‌النهار مانند یک عدسی کروی کار می‌کند. دیگری نصف‌النهار عمودی PQRS که خمیده نیست و عدسی در راستای آن مانند یک تیغهٔ متوازی‌السطوح کار می‌کند این نصف‌النهار عمودی را محور عدسی استوانه‌ای می‌نامند.



شکل ۳. نصف‌النهارهای عدسی استوانه‌ای

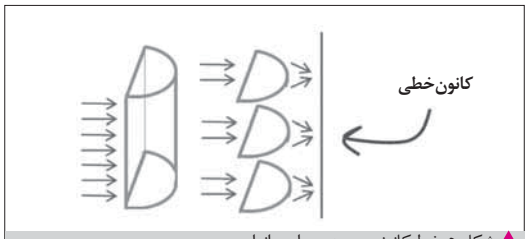
در یک عدسی کروی همهٔ نصف‌النهارها دارای خمیدگی یکسان هستند و پرتوهایی که از یک نقطه می‌آیند پس از برخورد به عدسی، خود و یا امتدادشان در یک نقطه همگرا می‌شوند. در صورتی که در عدسی‌های استوانه‌ای، پرتوهایی که به موازات محور استوانه و به‌طور عمود بر سطح مقطع آن می‌تابند شکسته نمی‌شوند. اما دسته پرتوهایی که در راستای عمود بر محور استوانه و به مقطعی از سطح انحنادار عدسی می‌تابند، مطابق (شکل ٤) پس از عبور همگرا و در نقطه‌ای کانونی یا متمرکز می‌شوند. [٤]

عدسی‌ها محیط‌های شفاف همگنی هستند که با تغییر مسیر نور می‌توانند ظاهر یک تصویر را تغییر دهند

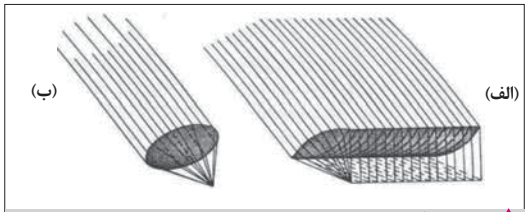

شکل ٤. خط کانونی در عدسی استوانه‌ای

بنابراین یک بخش از پرتوهای موازی در یک کانون اصلی مانند F گردآوری می‌شوند. این کار در همهٔ طول استوانه انجام می‌گیرد و دیده می‌شود که به جای یک نقطهٔ کانونی، یک خط کانونی وجود دارد که موازی محور استوانه است و از تعداد بسیاری کانون مانند f_3، f_2، f_1 و... درست شده است. (مطابق شکل‌های ٥ و ٦)

خط به دست آمده از نقاط f_3، f_2، f_1 و... خط کانونی عدسی نامیده می‌شود. از این‌رو اگر یک نقطهٔ نورانی در برابر این عدسی قرار گیرد، تصویر به دست آمده به جای یک نقطه روشن، یک خط روشن خواهد بود.



شکل ٥. خط کانونی در عدسی استوانه‌ای



شکل ٦. همگرایی دسته پرتوهایی که در راستای عمود بر محور استوانه و به سطح خمیدهٔ عدسی می‌تابند.
الف. نمایش همگرایی در همهٔ طول استوانه
ب. نمایش همگرایی در یک مقطع فرضی از استوانه

یک میله شفاف شیشه‌ای (نظیر یک همزن شیشه‌ای آزمایشگاهی)، نوع ساده‌ای از عدسی استوانه‌ای است که فقط در یک راستا دارای خاصیت کانونی کردن نور است و در راستای عمود بر آن یا همان راستای امتداد میله این ویژگی وجود ندارد. در این صورت میله شفاف می‌تواند در جهت عمود بر امتداد میله، نور را کانونی و بلافاصله بعد از گذر از کانون آن‌ها را واگرا کند. ولی در جهت راستای میله تغییری در نور ایجاد نمی‌کند و در نتیجه یک خط نوری یا یک صفحه واگرای نوری در صفحه روبه‌رو که مقطع آن یک خط راست است، می‌سازد. (شکل‌های ٥ و ٦)

شکل ۷. میله‌های شفاف شیشه‌ای نظیر یک همزن شیشه‌ای آزمایشگاهی نمونه‌ای از عدسی‌های استوانه‌ای هستند.

اندازه خط ایجاد شده، به قطر و جنس میله شیشه‌ای بستگی دارد و کیفیت خط نورانی ایجاد شده را مرغوبیت ماده شفاف میله، همگن و بدون واپیچیدگی بودن میله، کیفیت سطح از نظر خمیدگی و صیقل تعیین می‌کند.

از کاربردهای جذاب خط نور، تعیین خط تراز افقی یا خط نشانه قائم یا مایل است. (شکل‌های ۸ و ۹ و ۱۰)

مطابق شکل ۸ اگر خط نور را روی دیواری بتابانیم، پستی و بلندی‌ها و اجسام مقابل دیوار (مثل کمد و...) خط را بریده می‌کند به عبارتی می‌توان با عکس‌برداری از موضع، توپولوژی دیوار را ثبت نمود.

شکل ۸. ثبت توپولوژی دیوارهای اتاق، کاربردی از خط نور لیزر است. [٦]

شکل ۹. نشانه‌گذاری خط تراز معین در راه‌پله ساختمان، کاربردی از خط نور لیزر [٥]

شکل ۱۰. ایجاد خط برش برای قیچی، کاربردی از خط نور لیزر

الف. وسایل لازم برای ایجاد یک خط نور لیزری

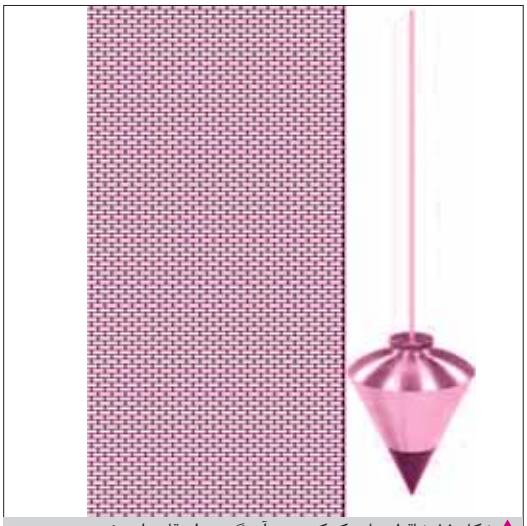
لیزر با پایه مناسب، عدسی استوانه‌ای یا میله شیشه‌ای یا همزن‌های شیشه‌ای آزمایشگاهی با قطرهای مختلف

ب. روش کار

- میله شیشه‌ای یا یک لیوان پر از آب شفاف را به‌طور قائم روی میز قرار می‌دهیم.
- لیزر مدادی را روی میز در موقعیت ثابت طوری تنظیم می‌کنیم که پرتو خروجی آن موازی سطح و مقابل میله شیشه‌ای باشد.
- روی دیوار مقابل یا پرده قائم خط نورانی از لیزر مشاهده می‌شود.
- باید توجه کنیم برای ایجاد خط افقی باید میلهٔ شیشه‌ای به‌صورت عمودی قرار گیرد و برای ایجاد خط قائم لازم است میله شیشه‌ای را به‌صورت افقی قرار دهیم.
- با نزدیک کردن پرده به میله می‌توانیم کانون عدسی استوانه‌ای (میله شیشه‌ای یا لیوان پر از آب) را مشاهده کنیم و فاصله کانونی آن را نیز اندازه بگیریم.

طراحی شاقول لیزری ساده

شاقول، گلوله‌ای فلزی و سنگین است که آن را به ریسمانی می‌بندند و از بالای دیوار یا سطح قائمی آویزان می‌کنند، تا کجی و برآمدگی سطح قائم یا دیوار را تشخیص بدهند. (شکل ۱۱)



▲ شکل ۱۱. شاقول بنایی که کجی و برآمدگی سطح قائم را تشخیص می‌دهد

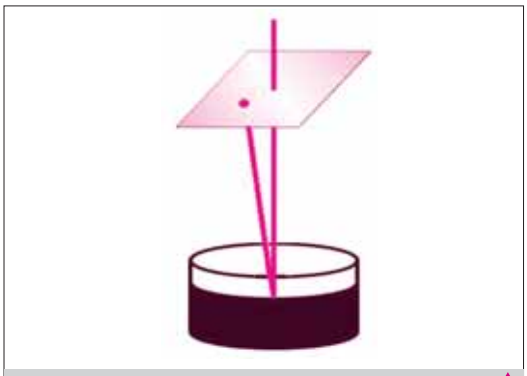
با توسعه به‌کارگیری لیزر در صنعت ساختمان‌سازی، شاقول و ترازهای لیزری به علت دقت بسیار زیاد، جایگزین شاقول‌های متداول و معمولی شده‌اند. مناسب‌ترین مورد کاربرد شاقول‌های لیزری در ساختمان‌های خیلی بلند و همچنین نصب ریل‌های آسانسورها است زیرا خطای بسیار ناچیزی دارند.

با استفاده از سه واقعیت و اصل فیزیکی زیر می‌توان یک شاقول اپتیکی درست کرد:

- پرتو نوری که به‌طور عمود بر یک سطح می‌تابد، پرتو روی خودش باز می‌تابد.
- باریکه نور لیزر برای فاصله‌های خیلی دور واگرایی ناچیزی دارد.
- سطح مایعات در حالت تعادل دینامیکی افقی هستند.

با بهره‌گیری از این موارد، می‌توان شاقولی ساخت، که در آن با تنظیم راستای پرتو لیزر فرودی و قرار گرفتن پرتو بازتابیده روی پرتو تابش کجی یا پستی و بلندی سطحی را تعیین کرد.

برای رسیدن به این هدف می‌توانیم با تابش لیزر به وسط سطح افقی مایع در حال تعادل در سطح زمین و کاهش زاویه تابش به صفر، پرتو تابش و بازتابش آن را بر هم منطبق کنیم. [٤]



▲ شکل ۱۲. تابش عمودی و بازتاب پرتو نور لیزر به سطح افقی روغن سوخته در حال تعادل

الف. وسایل لازم

لیزر با پایه مناسب، ظرف روغن سوختهٔ صاف شده، یک صفحه کاغذ سفید

ب. روش کار

- ابتدا ظرف حاوی روغن را روی سطح زمین قرار می‌دهیم و نور لیزر را به قسمت مرکزی ظرف می‌تابانیم.
- روی صفحه کاغذ سوراخی به اندازه باریکه لیزر ایجاد می‌کنیم به طوری‌که وقتی کاغذ را جلوی لیزر قرار دهیم، باریکه از این روزنه عبور کند و به سطح مایع برسد. با تنظیم راستای پرتو فرودی، پرتو بازتابیده لکه‌ای نورانی را روی کاغذ ایجاد خواهد کرد.
- با تغییر راستای تابش لیزر لکه نورانی بازتابیده را به سوراخ ایجاد شده نزدیک و سرانجام بر سوراخ ایجاد شده منطبق می‌کنیم. در این صورت نور لیزر روی خودش بازتابیده است و پرتو لیزر راستای قائم را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

با بهره‌گیری از اپتیک هندسی مقدماتی و استفاده از انتشار نور روی خط راست، قانون‌های بازتاب و عبور نور از سطوح تخت مختلف و واگرایی ناچیز لیزر و سایر قابلیت‌های لیزر می‌توان آزمایش‌های جذاب و ابزارهایی ساده و پرکاربرد طراحی و استفاده کرد.

با توسعه به‌کارگیری لیزر در صنعت ساختمان‌سازی، شاقول و ترازهای لیزری به علت دقت بسیار زیاد، جایگزین شاقول‌های متداول و معمولی شده‌اند

منابع

۱. پورقاضی، اعظم؛ شیوایی، سیدمهدی؛ عزیزی، حسن؛ محمودزاده، غلامعلی. **فیزیک ۱ و آزمایشگاه**. تهران. شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران. (۱۳۹۲).

۲. پل جی، هیوئیت. ترجمه دکتر منیژه رهبر. **فیزیک مفهومی** ویرایش دهم جلد سوم چاپ اول انتشارات فاطمی. (۱۳۸۸)

3. Eugene Hecht. (2002). Optics (4th Edition). 96-150.

4. www.sbu.ac.ir

5. www.blog.science-geekgirl.com

6. www.laserpointer-forums.com

بررسی و تحلیل سطوح با میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)

سیدمحمد حسینی
دکترای تخصصی شیمی‌تجزیه و عضو باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک
علی دریکوندی
کارشناس ارشد فیزیک حالت جامد و دبیر فیزیک شهرستان خرم‌آباد

چکیده

ترکیب شیمیایی و خواص فیزیکی سطح یک جامد در تماس با یک مایع یا گاز تفاوت قابل توجهی با درون جامد دارد. توصیف ویژگی‌های مذکور اغلب در زمینه‌هایی مانند: فناوری لایه‌های نازک نیم‌رسانا، فعالیت سطح فلزات، نافلزات و مطالعات رفتار و عملکرد غشاهای زیست‌شناختی مهم است. میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) دستگاهی است که برای بررسی ویژگی‌ها و ساختار سطحی مواد در ابعاد نانومتر به‌کار می‌رود. نمایش توپوگرافی سطوح و سرعت بالای اندازه‌گیری، تهیه تصویرهای سه بعدی و توانایی بررسی انواع ویژگی‌های سطحی و قدرت تفکیک بالا در مقیاس اندازه های اتمی، از توانمندی‌های این ابزار قدرتمند است.

کلیدواژه‌ها: میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)، توپوگرافی سطوح، توان تفکیک بالا

مقدمه

سطح یک جامد به صورت لایه مرزی بین یک جامد و خلأ، یک گاز یا یک مایع در نظر گرفته می‌شود. به‌طور کلی سطح را به‌صورت قسمتی از جامدی در نظر می‌گیرند که از جهت ترکیب با میانگین تودهٔ جامد متفاوت است. بنابراین سطح متشکل از لایهٔ بالایی اتم‌های یک مولکول جامد و لایه انتقالی با یک ترکیب غیریکنواخت است که به‌طور پیوسته از ترکیب لایه بیرونی تا ترکیب لایه تودهٔ آن تغییر می‌کند. بنابراین عمق یک سطح ممکن است چند یا ده‌ها لایه اتمی باشد. روش‌های کلاسیک تنها اطلاعاتی دربارهٔ ماهیت فیزیکی سطوح در اختیار می‌گذارند، اما اطلاعات اندکی در مورد ماهیت شیمیایی آن‌ها ارائه می‌دهند. روش‌های طیف‌نمایی سطح، اطلاعات شیمیایی کیفی و کمی درباره ترکیب لایه سطح یک جامد در اختیار می‌گذارند. یکی از ابزارهای توانمند تحلیل و بررسی سطوح رسانا و نارسانا، میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) است. از این دستگاه توانمند در تهیه توپوگرافی سطوح استفاده می‌شود. AFM از مجموعه میکروسکوپ‌های ردیاب پویشی محسوب شده که بر خلاف میکروسکوپ‌های نوری و الکترونی، جزئیات نمونه را علاوه بر محورهای x و y، روی محور z که عمود بر سطح است، نیز آشکار می‌کند. توان تفکیک این میکروسکوپ‌ها در حالت ایده‌ال، یک انگستروم در جهت محورهای x و y و در بعد z معمولاً بهتر از این مقدار است. اساس عملکرد AFM پویش سطح نمونه در الگوی نمایی x/y با یک نوک بسیار تیز که در طول محور z به‌صورت تغییرات نقشه‌برداری سطح، به بالا و پایین حرکت می‌کند، استوار است. مهم‌ترین بخش از اجزای AFM مجموعه سوزن و نوک است. در واقع قسمت اصلی برای شناخت سطوح محسوب می‌گردد. نیروهای بسیار کوچکی به‌صورت جاذبه و دافعه بین اتم‌های باردار وجود دارند، این نیروها بین نوک میکروسکوپ و اتم‌های سطح تولید می‌شود. با اندازه‌گیری نیروی بین اتم‌ها در نقاط مختلف سطح می‌توان محل اتم‌ها روی آن را مشخص کرد.

نمایش توپوگرافی سطح

اجسام هراندازه هم که به ظاهر صاف و صیقلی باشند، باز هم در سطح خود دارای پستی و بلندی و ناصافی‌هایی هستند، اما اگر در مقیاس خیلی کوچک به آن نگاه کنیم، خواهیم دید که سطح آن‌ها پر از ناصافی‌ها یا فراز و نشیب است. ثبت چگونگی قرارگیری و نمایش عمق و ارتفاع پستی و بلندی‌ها در یک سطح خاص از ماده را «توپوگرافی» می‌نامند. کار میکروسکوپ نیروی اتمی نشان دادن این ناصافی‌ها و اندازه‌گیری عمق آن‌هاست. این دستگاه قابلیت نشان دادن توپوگرافی را در سه بعد دارد. در واقع فرآیند پویش یا اسکن به‌وسیله همان مجموعه سوزن یا انبرک و نوک آن صورت می‌گیرد. سوزن به آسانی در ناصافی‌ها، بالا و پایین می‌رود و انتهای آن هم به قسمتی متصل است که به جابه‌جایی عرض سوزن بسیار حساس است و این تغییر فاصله‌ها را ثبت و به

علایم یا سیگنال‌های قابل درک برای رایانه تبدیل می‌کند. پردازش سیگنال توسط رایانه انجام می‌گیرد تا نحوه قرار گرفتن اتم‌ها در کنار یکدیگر، به‌روی صفحه نمایشگر، نشان داده شود.

روش‌های پویش سطح

بر اساس محدوده عملکرد سوزن روش‌های پویش سطح توسط AFM به سه دسته تقسیم می‌شوند:

• تماسی

مطابق تعریف به ناحیه‌ای ناحیهٔ تماس می‌گویند که در آن نیروی بین سوزن و سطح دافعه باشد. این روش برای بیشتر سطوح کاربرد دارد، نوک سوزن در فاصله‌ای بسیار کم از سطح قرار می‌گیرد و به محض رسیدن به پستی یا بلندی به دلیل جابه‌جایی سوزن، امکان دیدبانی توپوگرافی فراهم می‌شود. به‌عبارتی با نزدیک شدن این دو به هم، نیرو زیاد و با دور شدن آن‌ها از یکدیگر، کم می‌شود. این مسئله باعث نمایش غیرمستقیم آرایش اتم‌ها می‌گردد.

• شبه تماسی

به ناحیهٔ بین ناحیهٔ تماسی و غیرتماسی به علاوهٔ بخش کوچکی از ناحیهٔ تماسی (حدود ٤ آنگستروم تا ٣٠ آنگستروم) ناحیهٔ شبه تماسی گویند.

• غیرتماسی

در این ناحیه نیروی بین نوک و سطح از نوع جاذبه است. این روش برای سطوح آلوده استفاده می‌شود. در این شیوه ابتدا سوزن را با نوسانی دقیق به حرکت در می‌آورند و آن‌را روی سطح هدایت می‌کنند، سوزن خاصیت ارتجاعی دارد و به راحتی بالا و پایین می‌رود. نیرویی که بین سوزن و سطح وجود دارد در نوسان سوزن تأثیر گذاشته و به‌وسیله آن، آرایش اتمی سطح مشخص می‌شود.

مزایای AFM

عمده‌ترین مزایای میکروسکوپ نیروی اتمی عبارت‌اند از:

١. کارکرد در شرایط غیر خلأ

٢. عدم نیاز به آماده‌سازی نمونه، سرعت بالای اندازه‌گیری

٣. قیمت مناسب و مصرف انرژی ناچیز و دقت بالا در اندازه‌گیری

٤. کاربردهای گسترده و عدم تخریب و صدمه نزدن به نمونه‌های نرم مانند نمونه‌های زیست‌شناختی و پلیمرها

٥. عدم محدودیت نوع نمونه برخلاف STM، TEM، SEM

٦. اندازه آزمایشگاهی مناسب

٧. تهیه تصاویر سه‌بعدی از نمونه و توانایی بررسی انواع خواص سطحی

کاربردهای AFM

برخی از کاربردهای مهم AFM به صورت اجمال در زیر آورده شده‌اند:

١. نانو لیتوگرافی

٢. نانو ماشین‌کاری سطوح سخت سرامیکی

٣. نانو برشکاری

٤. بررسی تیزی لبه ابزارهای ماشین‌کاری دقیق

٥. تهیه تصویر از نمونه‌های زیست‌شناختی زیر آب، با کمترین واپیچش تصویر

٦. تشخیص سطوح سیلیسیمی و نواقص روی این سطوح در نیم‌رساناها و همچنین تصویربرداری از قلمروهای مغناطیسی روی مواد مغناطیسی

٧. تصویربرداری از DNA، کروماتین، برهم‌کنش‌های آنزیم ـ پروتئین، ویروس‌های غشایی

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی AFM ضروری‌ترین ابزار در انجام پروژه‌های کاربردی نانو است. میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) دستگاهی است که برای بررسی خواص و ساختار سطحی مواد در ابعاد نانومتری به کار می‌رود. انعطاف‌پذیری، سیگنال‌های بالقوهٔ متعدد و امکان عملکرد دستگاه در مدهای مختلف پژوهشگران را در بررسی سطوح گوناگون، تحت شرایط محیطی متفاوت توانمند ساخته است. بر خلاف اکثر روش‌های بررسی خواص سطوح، در این روش غالباً محدودیت اساسی بر روی نوع سطح و محیط آن وجود ندارد. با این دستگاه امکان بررسی سطوح رسانا یا عایق، نرم یا سخت، منسجم یا پودری، زیست‌شناختی و آلی یا غیرآلی وجود دارد. خواص قابل اندازه‌گیری با این دستگاه شامل توپوگرافی، ریخت‌شناسی هندسی، توزیع چسبندگی، اصطکاک، ناخالصی سطحی، جنس نقاط مختلف سطح، کشسانی، خواص مغناطیسی، بزرگی پیوندهای شیمیایی، توزیع بارهای الکتریکی سطحی، و قطبیت الکتریکی نقاط مختلف است. در عمل از این قابلیت‌ها برای بررسی ویژگی‌هایی نظیر خوردگی، تمیزی، یکنواختی، زبری، چسبندگی، اصطکاک و اندازه استفاده می‌شود.

منابع

1. Lang, K.M.; D. A. Hite; R. W. Simmonds; R. McDermott; D. P. Pappas; John M. Martinis (2004). "conducting atomic force microscopy for nanoscale tunnel barrier characterization". *Review of Scientific Instruments* 75:2726-2731.

2. Butt, H; Cappella, B; Kappl, M (2005). "Force measurements with the atomic force microscope: Technique, interpretation and applications". *Surface Science Reports* 59: 1-152.

3. Avin M. King, Ashley R. Carter , Allison B. Churnside, Louisa S. Eberle, and Thomas T. Perkins (2009). "Ultrastable Atomic Force Microscopy: Atomic-Scale Stability and Registration in Ambient Conditions". *Nano Letters* 9: 1451-1456.

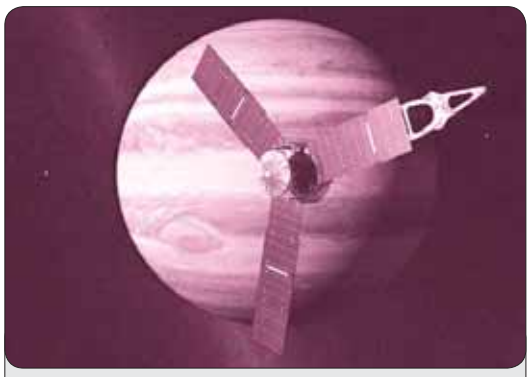
4. M. Hoffmann, Ahmet Oral, Ralph A. G, Peter (2001). "Direct measurement of interatomic force gradients using an ultra-low-amplitude atomic force microscope". *Proceedings of the Royal Society* A 457: 1161-1174.

مرزهای فیزیک

تازه‌ترین اخبار پژوهشی

منیژه رهبر

به‌مشتری خوش آمدید
فضاپیمای جونوی ناسا به سیارهٔ غول آسا می‌رسد



▲ این تصویر هنرمندانه را که JPL NASA ـ کالتک در اختیار گذاشته‌اند. فضاپیمای جونو را بر فراز سیارهٔ مشتری نشان می‌دهد. جونو، پنج سال پس از پرتاب از زمین در روز دوشنبه، ٤ ژوئیه ٢٠١٦ در مداری در اطراف غول گازی قرار گرفت.

یک فضاپیمای ناسا، با تحمل شجاعانهٔ تابش شدید، پس از پنج سال در روز دوشنبه ٤ ژوئیه به مشتری رسید تا کاوش دربارهٔ سلطان سیارات را آغاز کند.

وقتی فضاپیمای جونو[1] که توان آن را خورشید تأمین می‌کند خبر گردش خود به دور قطب‌های مشتری را مخابره کرد، کنترل‌کنندگان زمینی آزمایشگاه پیشرانش جت و لاکهید مارتین شروع به کف زدن کردند.

ورود به مشتری شورانگیز بود. جونو با نزدیک شدن به مقصد موتور موشکی خود را روشن کرد تا سرعت خود را کم کند و به آرامی وارد مدار شود. به علت فاصلهٔ زمانی ارتباط بین مشتری در زمین، جونو هنگام انجام این حرکت دشوار در وضعیت هدایت‌کنندهٔ خودکار بود.

جنیفر دولاوان[2]، گزارشگر کنترل این مأموریت از شرکت لاکهید مارتین سازندهٔ جونو ورود آن به مشتری را خوش‌آمد گفت و مدیران این مأموریت اظهار داشتند گزارش‌های اولیه نشان می‌دهد که جونو سالم است و بدون هیچ عیب و نقصی کار خود را انجام می‌دهد.

دوربین فضاپیما و دیگر دستگاه‌های آن برای ورود خاموش شده بودند، بنابراین هیچ‌گونه تصویری از لحظهٔ ورود به مقصد ارسال نشد. پس از آن ناسا یک ویدئویی با فاصلهٔ زمانی را که هفتهٔ پیش از آن گرفته شده بود منتشر کرد که مشتری درخشان با نور زرد و چهار قمر اطراف آن را نشان می‌داد.

این منظره حاوی یک شگفتی بود: کالیستو[3]، دومین قمر بزرگ مشتری، کم‌نورتر از آن بود که قبلاً تصور می‌شد. دانشمندان قول داده‌اند که منظره‌های نزدیک‌تری از این سیاره را پس از عبور جونو از ابرها در مدت ۲۰ ماه این مأموریت ۱/۱ میلیارد دلاری منتشر کنند.

مشتری پنجمین سیارهٔ منظومهٔ شمسی از خورشید و بزرگ‌ترین سیارهٔ این منظومه یک غول گازی ـ یک گوی متشکل از هیدروژن و هلیم ـ برخلاف زمین و مریخ صخره‌ای است.

مشتری با ابرهای مواج و نوارهای رنگین خود دنیایی استثنایی است که احتمالاً در شروع تشکیل منظومهٔ شمسی اندکی پس از خورشید شکل گرفته است. شاید آشکارسازی تاریخچهٔ آن سرنخ‌هایی را دربارهٔ شناخت چگونگی شکل گرفتن زمین و بقیهٔ منظومهٔ شمسی در اختیار بگذارد.

▲ اسکات بولتون هنگام گزارش قرار گرفتن فضاپیمای جونو در مدار مشتری در روز دوشنبه ٤ ژوئیه ٢٠١٦.

▲ اسکات بولتون[4] و ریک نیباکن[5] هنگام گزارش قرار گرفتن فضاپیمای جونو در مدار مشتری در آزمایشگاه پیشرانش جهت ناسا

این فضاپیما که به نام همسر ابر سوراخ کن ژوپیتر[6] در اسطوره‌های رُمی نام‌گذاری شده است دومین مأموریت برای بررسی در مشتری است.

گالیله که در سال ۱۹۸۹ پرتاب شد، تقریباً یک دهه دور مشتری گشت و منظره‌های باشکوهی از این سیاره و قمرهای متعددش را به زمین ارسال کرد. این فضاپیما نشانه‌هایی از اقیانوس موجود در زیر سطح یخی قمر اروپا را آشکار ساخت که هدف اصلی پژوهش برای جست‌وجوی حیات در بیرون از زمین بود.

مأموریت جونو نفوذ در جو پوشیده از ابر مشتری و نقشه‌برداری از درون آن از چشم‌اندازی در بالای قطب‌هاست. پرسش‌های مطرح عبارت‌اند از: چقدر آب در آن وجود دارد؟ آیا سیاره دارای هستهٔ جامد است؟ چرا نورهای شمالی و جنوبی مشتری درخشان‌ترین نور در منظومهٔ شمسی هستند؟

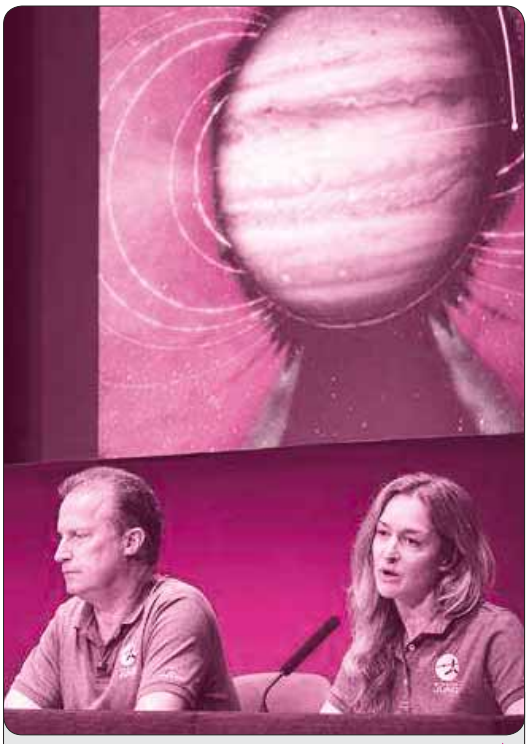
اسکات بولتون رئیس پروژهٔ جونو پیش از ورود جونو به مشتری گفت «هدف جونو نگاه کردن به زیر سطح مشتری است. باید پائین برویم و ببینیم در داخل آن چیست، چگونه ساخته شده است و این اشکال چه عمقی دارند، و از اسرار آن سردرآوریم.»

همچنین معمای لکهٔ سرخ عظیم آن وجود دارد. رصدهای اخیر تلسکوپ فضایی هابل نشان داد که طوفان عظیم در جو مشتری که قرن‌ها تداوم داشته است فرو می‌نشیند.

سفر طولانی به مشتری در فاصلهٔ ۱/۸ میلیارد مایل (۲/۸ میلیارد کیلومتر) که تقریباً پنج سال طول کشیده است، جونو را به **بخش داخلی منظومه شمسی** فرستاد که طی آن از کنار زمین گذشت و به فراتر از کمربند سیارکی بین مریخ و مشتری پرتاب شد.

خبرنگاران برای تهیه گزارش از قرار گرفتن جونو در مدار مشتری آماده می‌شوند.

در طول این مسیر، جونو به‌صورت اولین فضاپیمایی درآمد که با استفاده از توان خورشیدی این مسافت طولانی را طی کرد و فضاپیمای روزتای[8] اروپا را که دنباله‌دارها را تعقیب می‌کرد پشت سر گذاشت. سه بال خورشیدی سنگین مثل



هیدی بکر[7]، طرف راست، رئیس بررسی‌های دیدبانی تابش جونو، چالش‌های مربوط به تابش جونو را شرح می‌دهد در حالی که رئیس این پروژه، طرف چپ، در طی گزارش در روز دوشنبه ٤ ژوئیه ۲۰۱٦ در آزمایشگاه پیشرانش جت (JPL) در پاسادنای کالیفرنیا نگاه می‌کند. فضاپیمای خورشیدی در راه خود برای نزدیک شدن با بزرگ‌ترین سیارهٔ منظومهٔ شمسی است. جونو موتور موشکی خود را در اواخر روز دوشنبه ٤ ژوئیه روشن کرد تا آن را از سرعت ۱۵۰۰۰mph (۲۵۰۰۰kph) کُند سازد و در مدار مشتری قرار گیرد.

پره‌های یک آسیاب بادی از جونو بیرون زده‌اند که توان ۵۰۰ وات را برای نُه دستگاه آن تأمین می‌کنند.

جونو در روزهای پس از ورود خود دستگاه‌ها را روشن کرد ولی کار واقعی در اواخر اوت شروع شد که فضاپیما در فاصلهٔ نزدیک‌تر به مشتری قرار گرفت. برنامه‌ریزی شده است که جونو در فاصلهٔ ۳۰۰ مایل (۵۰۰۰ کیلومتر) از ابرهای مشتری ـ نزدیک‌تر از دیگر مأموریت‌ها ـ قرار گیرد تا از گرانی و میدان‌های مغناطیسی آن نقشه‌برداری کند و چیزهایی را دربارهٔ ترکیب مرکز آن به دست آورد.

جونو یک فضاپیمای زره‌پوش است ـ رایانه و دستگاه‌های الکترونیکی آن در یک گاوصندوق تیتانیمی قرار گرفته‌اند تا آن‌ها را در برابر تابش‌های زیان‌بخش محافظت کند. با این همه، انتظار می‌رود که جونو در این مأموریت در معرض تابشی برابر یا بیش از ۱۰۰ میلیون پرتوگیری پرتو x دندان‌پزشکی قرار گیرد.

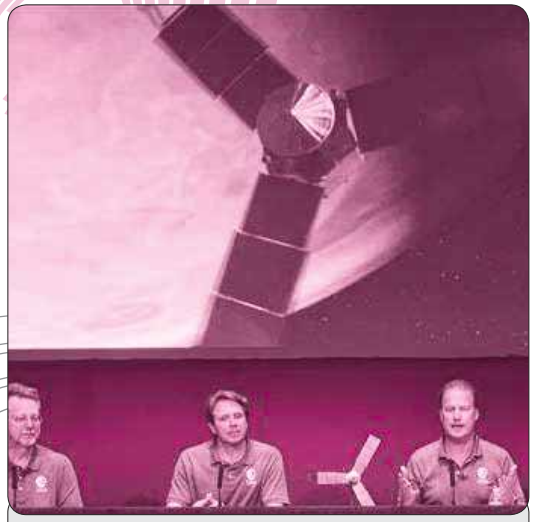
جونو مانند گالیلهٔ پیش از آن در سال ۲۰۱۸ با فرو رفتن عمدی در جو مشتری فرو می‌پاشد ـ یک فداکاری لازم برای جلوگیری از هرگونه برخورد تصادفی با فضاهای دارای قابلیت بالقوهٔ سکونت در سیاره.

پی‌نوشت‌ها

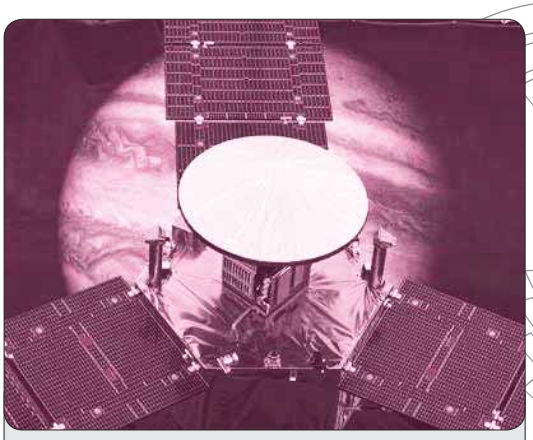
1. Juno
2. Jenifer Delavan
3. Callisto
4. Scott Bolton
5. Rick Nybakken
6. Jupiter
7. Heidi Becker
8. Rosetta
9. Jim Green
10. Cassini

برای اطلاعات بیشتر رجوع کنید به:
mission Page: tinyurl.com/Jupitermission

▲ این تصویر که فضاپیمای کاسینی ۱۰ ناسا آن را در ۲۹ دسامبر سال ۲۰۰۰ گرفته است سیارهٔ مشتری را نشان می‌دهد. عکس‌ها در نزدیک‌ترین فاصله از غول گازی در فاصلهٔ تقریباً ۱۰ میلیون کیلومتر (۶/۲ میلیون مایل) گرفته شده‌اند. لکهٔ سرخ عظیم، طوفانی بسیار شدیدتر از زمین برای قرن‌ها مشاهده شده است. اما در سال‌های اخیر به‌طور اسرارآمیزی فرو نشسته است.

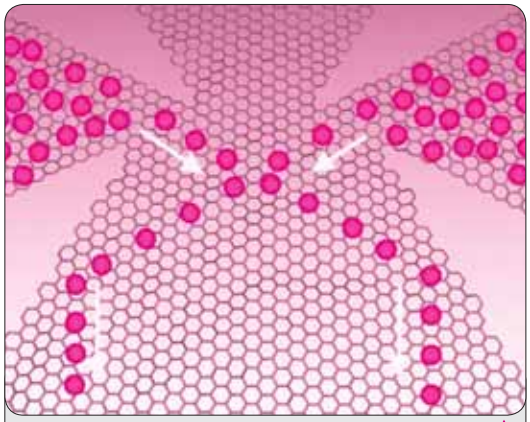


▲ جیم گرین[9]، رئیس بخش علوم سیاره‌ای ناسا، طرف چپ، در طی گزارش همراه با اسکات بولتون و همکاران در آزمایشگاه پیشرانش جت (JPL) در پاسادنا کالیفرنیا در روز دوشنبه ٤ ژوئیه ٢٠١٦



▲ یک مدل از فضاپیمای خورشیدی جونو در مقیاس ۱/٤ در روز جمعه ۱ ژوئیه ۲۰۱٦ در آزمایشگاه پیشرانش جت در پادسانای کالیفرنیا به نمایش گذاشته شد. این فضاپیما در مرحلهٔ آخر سفر به بزرگ‌ترین سیارهٔ منظومهٔ شمسی بود.

وسیلهٔ گرافنی اتومبیل‌های کم‌مصرف را در موقعیت برتر قرار می‌دهد



▲ یکسوساز بالستیک گرافنی

یک نانو ـ ابزار الکتریکی بر مبنای گرافن تولید شده است که می‌تواند کارایی انرژی اتومبیل‌های با سوخت فسیلی را به میزان قابل ملاحظه زیاد کند. این نانو ـ ابزار معروف به «یکسوساز بالستیک» می‌تواند گرمای خروجی از اگزوز اتومبیل را، که در غیر این صورت تلف می‌شود، به جریان الکتریکی قابل استفاده تبدیل کند.

این نانو ـ یکسوساز را یک گروه به رهبری پروفسور ایمین سانگ[1] و دکتر ارنی هیل[2] در دانشگاه منچستر[3] با همکاری گروهی در دانشگاه شاندونگ[4] ساخته‌اند. این وسیله از **تحرک الکترونی** بسیار بالا در گرافن استفاده می‌کند، یک ویژگی که تعیین می‌کند الکترون با چه سرعتی می‌تواند در ماده

حرکت کند و ابزارهای الکتریکی با چه سرعتی می‌تواند کار کنند.

وسیلهٔ حاصل حساس‌ترین یکسوسازی است که تاکنون برای کار در دمای اتاق ساخته شده است. ابزارهای معمولی با کارایی‌های تبدیل مشابه را باید تا دماهای بسیار کم سرد کرد.

حتی کارآمدترین موتورهای درون‌سوز کنونی فقط می‌توانند حدود ۷۰ درصد انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی را به انرژی مورد نیاز اتومبیل تبدیل کنند. بقیهٔ انرژی اغلب از طریق اگزوز و دستگاه خنک‌کننده اتومبیل تلف می‌شود.

گرگ اوتون[5] که بیشترین کار این آزمایش را انجام داده است گفت: «گرافن دارای ویژگی‌های استثنایی است؛ حاملان بار در این ماده طولانی‌ترین مسافت آزاد میانگین مادهٔ الکترونیکی در دمای اتاق را دارند. با وجود این، حتی نویدبخش‌ترین کاربردها برای تجارتی ساختن گرافن در صنعت الکترونیک از این ویژگی استفاده نمی‌کنند، بلکه در عوض می‌کوشند به این مسئله بپردازند که گرافن دارای گاف نوار نیست».

پروفسور سانگ که مفهوم یکسوساز بالستیک را ابداع کرده است گفت: «اساس کار یکسوساز بالستیک آن است که به هیچ‌وجه گاف نوار ندارد. در ضمن دارای ساختار یک ابزار مسطح تک‌لایه‌ای است که برای استفاده از امتیاز **تحرک الکترونی** بالا برای رسیدن به سرعت‌های کار بسیار زیاد ایده‌ال است. برخلاف یکسوسازهای معمولی یا دیودها، یکسوساز بالستیک دارای هیچ‌گونه ولتاژ آستانه نیست که آن را برای بهره‌برداری از انرژی و نیز آشکارسازی در حوزهٔ ریزموج و فروسرخ کامل می‌سازد.»

گرافن اولین مادهٔ دوبعدی در جهان بود که اولین بار در سال ۲۰۰۴ در دانشگاه منچستر به دست آمد، از آن پس خانوادهٔ کاملی از دیگر مواد دوبعدی کشف شده‌اند.

امتیاز نانو ـ یکسوساز بر مبنای گرافن کارایی بسیار زیاد آن برای تبدیل جریان متناوب به جریان مستقیم در دمای اتاق است که به واسطهٔ تحرک بسیار زیاد الکترون به دست آمده در این کار امکان‌پذیر می‌شود.

گروه دانشگاه منچستر اکنون درصدد آن است که با استفاده از ویفرهای بزرگ گرافن کارایی این پژوهش را بالا برد و آزمایش‌هایی را در بسامدهای زیاد انجام دهد. فناوری حاصل را می‌توان برای استفاده از انرژی تلف شده در نیروگاه‌ها نیز به‌کار برد.

پی‌نوشت‌ها

1. Aimin Song
2. Ernie Hill
3. University of Manchester
4. Shandony University
5. Greg Auton

منبع

University of Manchester

سیاره‌ای با ۳ خورشید

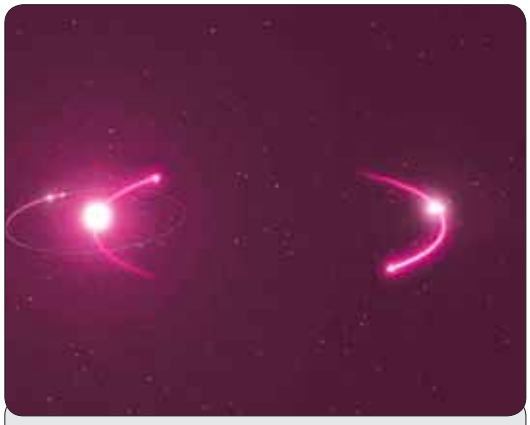
اگر فکر می‌کردید که تاتوئین[1] سیارهٔ محل زندگی لوک اسکار واکر[2] در مجموعهٔ جنگ ستارگان با دو خورشید در آسمان دنیایی عجیب بود، این مورد را مجسم کنید: سیاره‌ای که در آن همواره در معرض نور خورشید با سه طلوع و سه غروب در هر روز هستید که از قضا طولانی‌تر از طول عمر انسان است.

این جهان را گروهی از اخترشناسان دانشگاه آریزونا با تصویرگیری مستقیم کشف کرده‌اند. سیارهٔ HD۱۳۱۳۹۹Ab با داشتن عریض‌ترین مدار در یک منظومهٔ چندستاره‌ای برخلاف هر دنیای دیگر تاکنون شناخته شده است. این کشف در شماره ۷ ژوئیه مجلهٔ *ساینس* چاپ شده است.

این سیاره که در فاصلهٔ ۳۴۰ سال نوری در صورت فلکی قنطورس قرار دارد سنی در حدود ۱۶ میلیارد سال دارد که آن را جوان‌ترین سیارهٔ فراخورشیدی می‌سازد که تاکنون کشف و مستقیماً از آن تصویرگیری شده است. با دمای ۸۵۰ کلوین (حدود ۱۰۷۰ درجهٔ فارنهایت و ۵۸۰ درجه سیلسیوس) و وزن چهار برابر مشتری، یکی از سردترین و سبک‌ترین سیاره از این نوع نیز هست.

دانیل آپای[3] رهبر گروهی که این سیاره را یافته و رصد کرده است می‌گوید «HD۱۳۱۳۹۹Ab یکی از تعداد محدود

▲این برداشت هنرمندانه منظره‌ای از منظومهٔ سه ستاره‌ای HD۳۱۳۹۹ از نزدیکی سیارهٔ غول‌آسایی است که در این منظومه می‌چرخد. سیارهٔ معروف به HD۱۳۱۳۹۹Ab در قسمت پایین سمت چپ تصویر مشاهده می‌شود و در فاصلهٔ ۳۴۰ سال نوری از زمین در صورت فلکی قنطورس قرار دارد. سن این سیاره حدود ۱۶ میلیارد سال است که آن را یکی از جوان‌ترین سیاره‌های فراخورشیدی می‌سازد که تاکنون کشف شده‌اند. همچنین یکی از تعداد معدود سیاراتی می‌باشد که تصویر آن‌ها مستقیماً گرفته شده و با دمای حدود ۵۸۰ درجهٔ سیلسیوس و جرم تقریباً چهار برابر جرم مشتری، یکی از سردترین و سبک‌ترین سیاره‌های فراخورشیدی مستقیماً تصویربرداری شده نیز هست.



این تصویر گرافیکی مدار سیاره در منظومهٔ HD۱۳۱۳۹۹ و مدار ستارگان را نشان می‌دهد.

سیاره‌های فراخورشیدی مستقیماً تصویربرداری شده است که چنین پیکربندی دینامیک جالب توجه را دارد.»

کوین واگنر[4] از دیگر پژوهشگران می‌گوید: «برای حدود نیمی از مدار، که ۵۵۰ سال زمینی طول می‌کشد، هر سه ستاره در آسمان قابل مشاهده‌اند، دو ستارهٔ کم‌نورتر همواره بسیار به هم نزدیک‌اند و در طول سال فاصلهٔ ظاهری آن‌ها از ستارهٔ درخشان‌تر تغییر می‌کند. در بیشتر طول سال ستارگان به هم نزدیک‌اند و منظرهٔ شناخته شدهٔ طرف روز و طرف شب را به نمایش می‌گذارند که یک طرف سیاره را با طلوع و غروب منحصربه‌فرد در هر روز مشخص می‌کند. با حرکت سیاره در مدار و دور شدن ستارگان از یکدیگر به نقطه‌ای می‌رسند که غروب یک ستاره مصادف به طلوع دیگری می‌شود و در آن نقطه سیاره دارای طول روز تقریباً ثابت در مدت یک‌چهارم مدار خود، یا تقریباً ۱۴۰ سال زمینی است.»

واگنر سیاره را در بین صدها نامزد شناسایی و رصدهای بعدی را برای تعیین سرشت آن انجام داد.

این سیاره نخستین کشف سیارهٔ فراخورشیدی با استفاده از SPHERE[5]، یکی از پیشرفته‌ترین دستگاه‌های مختص یافتن سیارات در اطراف دیگر ستارگان است که با حساسیت به نور فروسرخ توانایی آشکارسازی نشانه‌های گرما در اطراف ستارگان جوان را دارد، و نیز دارای این ویژگی است که اختلال‌های جوی را تصحیح و نور در غیر این صورت کورکنندهٔ ستارگان میزبان را مسدود می‌کند. این دستگاه بخشی از تلسکوپ بسیار بزرگی است که رصدخانه جنوبی اروپایی در سرو پارانال[6] در کویر آتاکاما[7] شمال شیلی قرار داده است.

گرچه برای تعیین دقیق مسیر سیاره در بین ستارگان میزبان رصدهای مکرر در مدتی طولانی لازم است، اما به‌نظر می‌رسد که رصدها و شبیه‌سازی‌ها سناریوی زیر را مطرح کند: در مرکز این منظومه ستاره‌ای قرار دارد که برآورد می‌شود هشتاد درصد سنگین‌تر از خورشید باشد و HD۱۳۱۳۹۹A نامیده می‌شود و دو ستارهٔ باقیماندهٔ B و C در فاصلهٔ حدود سیصد AU (هر AU یا یکای اخترشناختی، برابر فاصله متوسط زمین از خورشید است) دور آن می‌گردند. در همهٔ این مدت، B و C نیز مثل یک دمبل چرخان، در فاصله تقریباً برابر خورشید و زحل) دور هم می‌چرخند.

در این سناریو، سیارهٔ HD۱۳۱۳۹۹Ab در اطراف ستارهٔ مرکزی A در مداری حرکت می‌کند که دوبرابر مدار پلوتون در منظومهٔ شمسی است و سیاره را در فاصلهٔ یک‌سوم فاصلهٔ ستارگان از هم قرار می‌دهد. نویسندگان متذکر شده‌اند که گستره‌ای از سناریوهای مداری امکان‌پذیر است و برای اظهارنظر دربارهٔ پایداری بلندمدت این منظومه باید رصدهای دیگری را برای محدودسازی مدار سیاره انجام داد.

آپای می‌گوید: «اگر سیاره از سنگین‌ترین ستارهٔ منظومه دورتر بود، از منظومه بیرون رانده می‌شد. شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای ما نشان داد که این نوع مدار می‌تواند پایدار باشد، ولی اگر چیزهای اطراف آن را اندکی تغییر دهید، به سرعت ناپایدار می‌شود.»

اخترشناسان و دانشمندان علوم سیاره‌ای به منظومه‌های چندستاره‌ای علاقه‌مندند زیرا آن‌ها مثالی از طرز تشکیل سیارات در سناریوهای افراطی‌ترند. در حالی‌که منظومه‌های چندستاره‌ای برای ما در منظومهٔ تک‌ستاره‌ای عجیب به‌نظر می‌رسند، اما در واقع در عالم همان اندازه متداول‌اند که منظومه‌های تک‌ستاره‌ای.

واگنر گفت: «گرچه نمی‌دانیم چگونه این سیاره در مدار پهن خود در این منظومه قرار گرفته است، و هنوز نمی‌توانیم بگوییم که این کشف چه شناختی از انواع منظومه‌های سیاره‌ای موجود در اختیارمان می‌گذارد، اما این موضوع نشان می‌دهد که انواع موجود بیشتر از چیزی است که بسیاری از افراد امکان‌پذیر می‌دانستند. آنچه می‌دانیم آن است که سیارات واقع در منظومه‌های چندستاره‌ای کمتر مورد بررسی قرار گرفته‌اند، و تعداد بالقوهٔ آن‌ها درست به اندازهٔ سیارات واقع در منظومه‌های تک‌ستاره‌ای است.»

برای اطلاعات بیشتر رجوع کنید به:

"Direct Imaging Discovery of a Jovian Exoplanet Within a Triple Star System", by k. Wagner et al. online in the Journal of *Science* 7 July 2016.
science, Sciencemag.org/cgi/10/1126/Science. aa. 19661

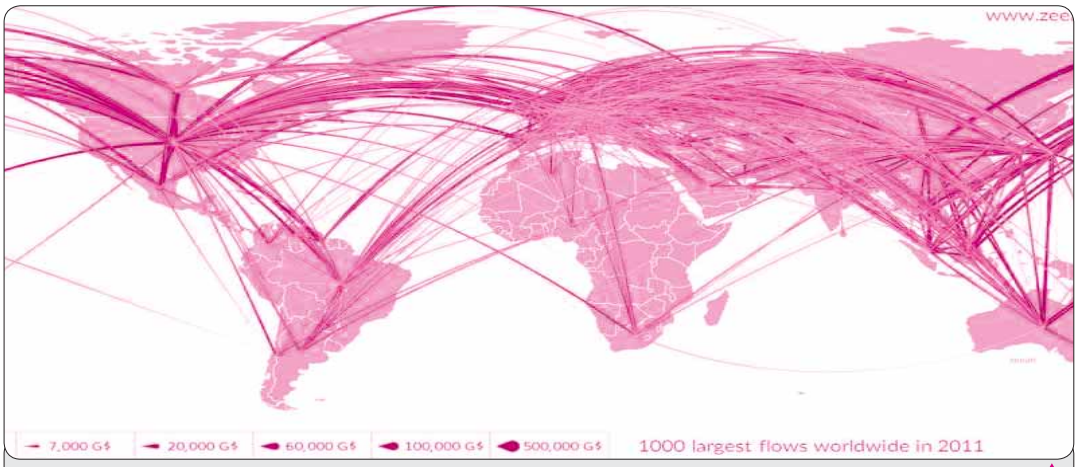
پی‌نوشت‌ها

1. Tatooine
2. Sky Walker
3. Daniel Apai
4. Kevin Wagner
5. Spectro- Polarimetric High-Contrast Exoplanet Research Instrument
6. Cerro Paranal
7. Atacama Desert

منبع

University of Arizona

جهانی‌شدن تولید اقتصادی را در برابر تغییر آب‌وهوا آسیب‌پذیرتر ساخته است



▲ ۱۰۰۰ دادوستد بزرگ بین ۲۶ بخش صنعتی و تقاضای نهایی در ۱۸۶ کشور در سال ۲۰۱۱، این مطالعه حساسیت شبکهٔ اقتصاد جهانی به تنش گرمایی را برای دورهٔ ۲۰۱۱-۱۹۹۱ تحلیل می‌کند.

یک بررسی جدید که در *جورنال اوسایینس ادونسز*[1] منتشر شده است نشان می‌دهد که حساسیت شبکهٔ اقتصادی جهان به تنش گرمایی کارگران در دههٔ گذشته دوبرابر شده است. این تحلیل که توسط انستیتوی پژوهشی تأثیر آب‌وهوای پتسدام[2] و دانشگاه کلمبیا انجام شده است برای اولین بار نشان می‌دهد چگونه بالا رفتن ارتباط شبکه اقتصادی عرضه می‌تواند اتلاف در تولید را تقویت کند، زیرا این اتلاف‌ها می‌توانند راحت‌تر بین کشورها گسترش یابند.

لئونی ونز[3] نویسندهٔ اصلی این مقاله می‌گوید: «آسیب‌های ناشی از آب‌وهوا نه‌تنها به گرم شـــدن سیارهٔ ما، بلکه به ارتباط جوامع و اقتصادها نیز بستگی دارد. بررسی‌های ما نشان می‌دهد که از آغاز قرن بیست و یکم ساختار نظام اقتصادی ما طوری تغییر کرده است که اتلاف‌های تولید در یک مکان می‌تواند راحت‌تر باعث اتلاف‌های بیشتر در همه‌جا شود. این بررسی به کاهش‌های تولید مربوط به تنش گرمایی محلی پرداخته است که تأثیری سراسری داشته‌اند.

ونز می‌گوید: «تولید در سراسر جهان به هم مرتبط است. نکته کاملاً بدیهی برای ما امروز پدیده‌ای است که به دههٔ اخیر مربوط می‌شود».

از طوفان‌ها گرفته تا تنش گرمایی کارگران: رویدادهای محلی دارای تأثیر سراسری هستند.

طوفان هایان[4] در فیلیپین بیش از نیمی از تولید جهانی روغن نارگیل را که یکی از دو روغن نباتی مصرف شده در تولید غذا در سراسر جهان است از بین برد. سیل سال ۲۰۱۱ در کوئیزلند[5] تولید ذغال‌سنگ در بزرگ‌ترین محل اکتشاف این محصول در جهان را به مدت چند هفته متوقف کرد که حاصل آن پیامدهای اقتصادی در جاهایی بسیار فراتر از استرالیا بود. در حالی که شوک مهم مانند این به شبکه‌های اقتصادی نشان می‌دهد که چطور فعالیت‌های اقتصادی در سراسر جهان به هم مربوط‌اند، اما پژوهشگران توجه خود را به تأثیر اختلالات روزانهٔ کوچک ناشی از تأثیر دماهای شدید بر کارگران معطوف کرده‌اند که به تنش گرمایی در میان کارگران ساختمانی، کشـــاورزی و دیگر بخش‌های اقتصادی می‌انجامد. پژوهشِ قبلی نشان می‌دهد که افزایش دما تولید را کم می‌کند، زیرا مثلاً کارگران زودتر خسته می‌شوند.

این بررسی جریان‌های اقتصادی بین ۲۶ بخش صنعت را از معدن گرفته تا نساجی و صنایع پوشاک تا پست و مخابرات همچنین تقاضای نهایی را در ۱۸۶ کشور بررسی می‌کند. با ترکیب داده‌های مربوط به دما، جمعیت، و شبکهٔ اقتصاد جهانی از ۲۰۱۱ـ۱۹۹۱ و بر مبنای پژوهش موجود از تأثیر دما بر کارگران، دانشـــمندان شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای از پیامدهای تنش گرمایی را انجام داده‌اند تا اطلاعات بیشتری دربارهٔ آسیب‌پذیری انتشار اتلاف تولید در هر سال را به دست آورند.

«این مبنای به عمل آوردن عملیات تطابق مناسب را تشکیل می‌دهد».

یکی از نویســـندگان می‌گوید: «تغییر اجتناب‌ناپذیر آب و هوا مانند تغییرات دمای شدیدی اخیراً در پاریس مشاهده شد، تأثیر شدیدی روی نظام‌های طبیعی و اجتماعی می‌گذارد. برای برآورد هزینـــهٔ تغییر آب‌وهوا در آینده باید تأثیر اقتصادی کلی تغییرات دمای شدید، مانند سیل‌ها و طوفان‌های استوایی را بررسی کنیم تا رابطهٔ آن‌ها را با ساختار شبکهٔ اقتصادی بفهمیم. این مبنای به عمل آوردن عملیات تطابق مناسب را تشکیل می‌دهد. در جهانی که گرم و تغییرات دما در آن شدیدتر می‌شود، جامعه باید انعطاف‌پذیری بیشتری داشته باشد.»

برای مطالعه بیشتر رجوع کنید به:

Wenz L: Levermann. A. (2016): Enhanced economic Connectivity to Foster heat-stress- related losses, Science Advances, Dol: lo.1126/Sciady.1501026.

پی‌نوشت‌ها

1. Journal of Science Advances
2. Potsdam
3. Leonie Wenz
4. Typhoon Haiyan

منبع

Potsdam Institute for Climate Impart Research

فرایند رشته‌ای شدن نور

هدایت دادک

چکیده

به رغم اطلاعات زیادی که انسان از نور به دست آورده، ولی هنوز یکی از اسرارآمیزترین پدیده‌های جهان ما است.

در این مقاله به یکی از ویژگی‌های مهم و بسیار زیبای نور به نام «رشته‌ای شدن» نور پرداخته می‌شود. رشته‌ای شدن[1] نور ناشی از پاسخ‌دهی غیر خطی محیط نسبت به شدت نور است، که در آن یک باریکهٔ نور با شدت کافی هنگام عبور از یک محیط به چند باریکهٔ ریزتر دیگر تبدیل می‌شود.

کلیدواژه‌ها: نور، رشته‌ای شدن، محیط، پاسخ‌دهی، اپتیک غیرخطی، باریکه، ضریب شکست، خود کانونی

رشته‌ای شدن نور نتیجهٔ پاسخ‌دهی غیر خطی محیط به انتشار نور است. این پاسخ‌دهی غیر خطی به ایجاد بی‌نظمی‌هایی روی جبههٔ موج نور می‌انجامد

مقدمه

اپتیک یکی از قدیمی‌ترین شاخه‌های علم فیزیک است که با بررسی ویژگی‌های نور و بر هم کنش آن با ماده سر و کار دارد. از لحاظ تاریخی گردآوری اطلاعات در مورد اپتیک هندسی به زمان آشوری‌ها در قرن نهم قبل از میلاد برمی‌گردد، که آن‌ها از کره‌های صیقل داده شده به‌عنوان شیشه‌های آتشین استفاده می‌کردند. می‌گویند سربازان سیراکوس کشتی‌های رومی را که خانه‌های آن‌ها را محاصره کرده بودند(۲۱۴ ق م)، به‌وسیله کانونی کردن نور، توسط ورقه‌های صیقلی در یک نقطه، به آتش می‌کشیدند[۱].

رشته‌ای شدن نور نتیجهٔ پاسخ‌دهی غیر خطی محیط به انتشار نور است. این پاسخ‌دهی غیر خطی به ایجاد بی‌نظمی‌هایی روی جبههٔ موج نور می‌انجامد. با تقویت این بی‌نظمی‌ها، رشته‌ای شدن نور شروع می‌شود و سرانجام یک پرتو نور به تعداد زیادی تک مولفه‌ها تجزیه می‌گردد و شدت پرتو نور در یک سطح مقطع توزیع خواهد شد.

اپتیک غیرخطی

اپتیک غیرخطی شاخه‌ای از اپتیک است که رفتار نور در محیط غیرخطی را توضیح می‌دهد، یعنی محیطی که در آن قطبش $\vec{P}$ دی الکتریک، پاسخ‌دهی غیر خطی نسبت به میدان الکتریکی نور دارد. این نوع پاسخ‌دهی غیر خطی فقط وقتی مشاهده می‌شود که شدت نور خیلی زیاد باشد (مقادیری از میدان که قابل مقایسه با میدان الکتریکی داخل اتمی در حدود 10^8 V/m باشد). این نورها توسط تپ‌های لیزری تهیه می‌شود. در اپتیک غیرخطی اصل برهم نهی، پایداری خود را از دست می‌دهد. از آنجایی که رشته‌ای شدن نور نوع خاصی از پاسخ دهی غیرخطی محیط نسبت به نور است، برای مشاهده رشته‌ای شدن به تپ‌های لیزری با شدت بالا نیاز هست.

تا زمانی که شدت نور کم باشد انتشار در یک محیط، باعث وقوع هیچ پدیده خاصی نیست و قوانین حاکم بر انتشار نور همان قوانین سادهٔ اپتیک هندسی است. در این حالت رابطهٔ قطبش P با میدان الکتریکی نور یک رابطهٔ خطی ساده است؛

$$P = \varepsilon_0 \chi^{(1)} E \qquad (1)$$

در این رابطه ε_0 ضریب گذردهی الکتریکی خلأ و χ پذیرفتاری الکتریکی محیط خطی است.

ولی وقتی شدت نور به حد کافی بالا باشد، چون پاسخ‌دهی محیط نسبت میدان الکتریکی نور غیرخطی است، قطبش P با میدان الکتریکی نور یک رابطهٔ غیرخطی پیدا می‌کند؛

$$P = \varepsilon_0 \chi^{(1)} E + \varepsilon_0 \chi^{(2)} E^2 + \varepsilon_0 \chi^{(3)} E^3 + \ldots \qquad (2)$$

در این رابطـــه جمله‌های از مرتبهٔ دوم بـــه بعد، مربوط به پاسخ‌دهی غیر خطی محیط است.

وقتـــی تپ‌هـــای نوری با شـــدت بالا در محیطی منتشـــر می‌شوند، ضریب شکست محیط ثابت نمی‌ماند، بلکه تابعی از شدت نور خواهد بود؛

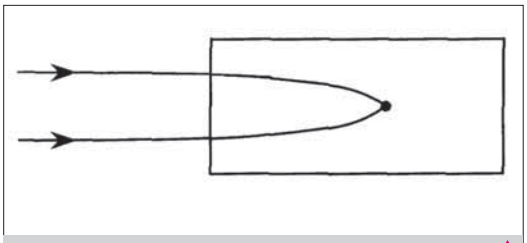
$$n = n_0 + n_2 I \qquad (۳)$$

در این رابطه n_0 ضریب شکست خطی و n_2 ضریب شکست غیرخطی محیط است.

نور در برهم کنش بـــا محیط‌های غیرخطی اثرهای جالبی را از خود به نمایش می‌گذارد، که از آن‌ها به «خود عملی»[۲] نور یاد می‌کنند. بعضی از این اثرها که با رشته‌ای شدن نور در ارتباط هستند، در ادامهٔ بحث مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند.

اثر خود کانونی[۳] نور

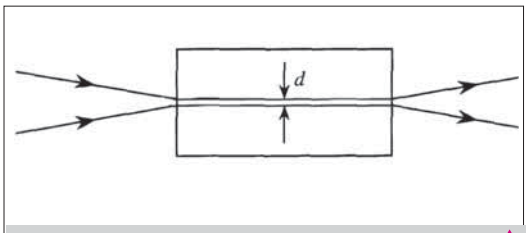
اثـــر خود کانونی نور فرایندی اســـت کـــه در آن یک پرتو نور تابشـــی، ویژگی‌های نوری مادهٔ تشکیل‌دهنده محیط را به‌گونه‌ای تغییر می‌دهد که باعث کانونی شـــدن پرتو نور در داخل محیط شود. این وضعیت به طور طرح‌واره‌ای در شکل ۱ نشان داده شده اســـت. در اینجا فرض بر این است که n_2 (ضریب شکســـت غیرخطی محیط) مثبت باشد. این ضریب شکست وابسته به شدت پرتو لیزر است، در نتیجه پرتو لیزر ضریب شکســـت متغیری را در ماده القا می‌کند که در مرکز پرتو اندازهٔ آن بیشتر از پیرامون آن است. بنابراین ماده مانند یک عدســـی همگرا عمل کرده و پرتو لیـــزر را در یک نقطه کانونی می‌کند. به طور کلی، این اثر اشاره دارد به این واقعیت که پرتو نور به‌وسیله پاسخ‌دهی غیرخطی محیط مادی نحوهٔ انتشار خود را تغییر می‌دهد.



▲ شکل ۱: اثر خود کانونی نور. در این اثر به علت وابستگی ضریب شکست محیط به شدت نور، نور در یک نقطه در داخل محیط کانونی می شود[۹].

اثر خود به دام اندازی[۴] نور

یکی دیگر از آثار خـــود عملی نور اثر خود به دام‌اندازی نور است که در شکل ۲ نشان داده شده است. در این فرایند یک پرتو نور با قطر ثابت در داخل محیط مادی منتشر می‌شود و می‌توانـــد نتیجه‌ای از یک تعادل دقیق بین اثر خود کانونی و اثرات شکست باشد. یک تحلیل ریاضی نشان می‌دهد که اثر خود به دام اندازی نور فقط وقتی رخ می‌دهد که توان



▲ شکل ۲: اثر خود به دام اندازی نور. پرتو با قطر ثابت در داخل محیط مادی منتشر می‌شود. این اثر نتیجه تعادل بین اثر خود کانونی و آثار شکست آن است[۹].

حمل شده توســـط پرتو نور، دقیقاً مساوی توان موسوم به توان بحرانـــی برای اثر خود به دام‌اندازی باشـــد. مقدار توان بحرانی از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$P_{cr} = \frac{\pi(0/61)^2 \lambda_0^2}{8 n_0 n_2} \qquad (٤)$$

در این رابطه λ_0 طول موج نور در هوا است.

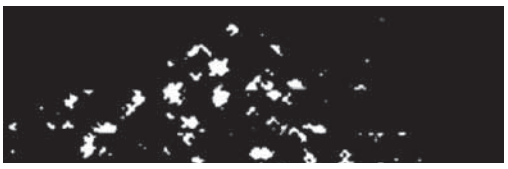
فرایند رشته‌ای شدن نور

ســـومین اثر از آثار خود عملی نور اثری است که در شکل ۳ نشـــان داده شده است. این اثر به نام فرایند رشته‌ای شدن نور معروف شده است، زیرا در طی آن یک پرتو نور (یک تپ نوری) به تعداد بسیار زیادی مؤلفه‌ها تجزیه می‌شود.

این پدیده فقط وقتی رخ می‌دهد ، که $P >> P_{cr}$ باشد(P توان حمل شده توسط تپ لیزری است). در این حالت پرتو نور لیزر به تعداد بسیار زیادی مؤلفه‌ها تجزیه می‌شود که هر کدام توانی تقریباً برابر با P_{cr} دارند.

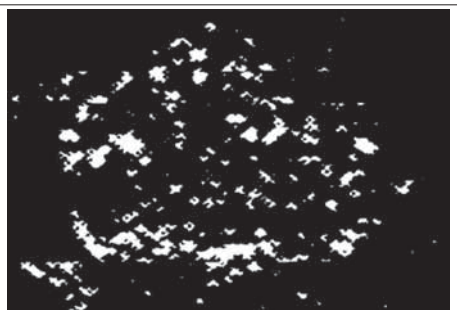
رشته‌ای شدن پرتوهای لیزری نتیجهٔ منطقی رشد غیرعادی بی‌نظمی‌هایی اســـت که روی جبهه موج پرتو وجود دارند . با تقویت این بی‌نظمی‌ها، رشـــته‌ای شدن شروع می‌شود و در نهایـــت پرتو نور به تعداد زیادی تک مؤلفه‌ها تجزیه می‌گردد و شدت پرتو دریک سطح مقطعی توزیع خواهد شد(شکل ۳).

رشته‌ای شدن پرتوهای لیزری نتیجهٔ منطقی رشد غیرعادی بی‌نظمی‌هایی است که روی جبهه موج پرتو وجود دارند



▲ شکل ۳ : وضعیت رشته ای شدن پرتو لیزر توسط رشد بی نظمی‌هایی که روی جبهه موج پرتو قرار دارند[۹].

تحت شرایط خاصی، فرایند رشته‌ای شدن نور، می‌تواند پرتو های با ســـاختار عرضی در شکلی با مکان‌های هندسی بسیار منظم ایجاد کند[۹].



▲ شکل ٤. فرآیند رشته‌ای شدن نور. در این فرآیند یک پرتو نور به تعداد بسیار زیادی مؤلفه ها تجزیه می‌شود که هر کدام توانی تقریباً برابر با توان pcr دارند[۹].

توان هر یک از رشته‌ها را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد؛

$$p_{fil} = \frac{\lambda^2}{8 n_0 n_2} \qquad (5)$$

این تـــوان از مرتبه همـــان توان بحرانـــی لازم برای ایجاد پدیده خود کانونی اســـت، یعنی توان $p_{cr} = \frac{\pi(0/61)^2 \lambda_0^2}{8 n_0 n_2}$ همچنین دیده می‌شود که فرایند رشته‌ای شدن پرتو لیزری یکی از اثرهای خود عملی نور است که در آن یک پرتو لیزر به تعداد بسیار زیادی تک مؤلفه‌ها تجزیه می‌شود، که هر مؤلفه حامل توانی معادل توان p_{cr} است.

شرایط رشته‌ای شدن نور

حال شرایطی بررسی می‌شود که تحت آن‌ها انتظار می‌رود فرایند رشـــته‌ای شدن نور رخ دهد. این شرایط، حداقل به دو دلیل، واقعاً موضوع بسیار ظریف و دقیقی است: اولاً رشته‌ای شـــدن پرتو لیزر از اختلال‌های کوچک اولیه که روی جبهه موج لیزر وجود دارند ناشـــی می‌شود، و بنابراین خیلی واضح است که یک پرتو لیزر (یک پرتو خالص شده) آستانهٔ رشته‌ای شدن بسیار بالایی نســـبت به یک پرتو «آلوده»[5] دارد. عامل اصلی ایجاد بی‌نظمی‌ها وابســـتگی ضریب شکست محیط به شدت نور است.

ثانیاً هرجا بهرهٔ فرایند رشـــته‌ای شدن بستگی مستقیم به شـــدت پرتو لیزر داشته باشد، خواص خود کانونی کل پرتو با یک روش پیچیده‌تری، به شـــدت و اندازه لکه پرتو بســـتگی پیدا می‌کند.

برای مرتب کردن این شرایط، قبل از هر چیز، طول رشته‌ای شدن Z_{fil} را به‌صورت زیر تعریف می‌کنند.

$$n_2 k_{vac} I Z_{fil} = G \qquad (6)$$

در این رابطه G یک ضریب عددی است که می‌تواند بین ۳ تا ۱۰ تغییر کند. همچنین این کمیت سطح بهره‌ای را که باید وجود داشته باشـــد تا فرایند رشته‌ای شدن رخ دهد، تعیین می‌کند. واضح است که طول رشته‌ای شدن برابر خواهد بود با:

$$Z_{fil} = \frac{G}{n_2 k_{vac} I} \qquad (7)$$

طول رشـــته‌ای شـــدن نور می‌تواند با طول اثر خود کانونی مقایسه شود. طول خود کانونی برابر است با:

$$Z_{sf} = \frac{2 n_0 w_0^2}{\lambda_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{p}{p_{cr}} - 1}} \qquad (8)$$

در این رابطه شرط ایجاد فرایند رشته‌ای شدن پرتو لیزری این است که $Z_{fil} < L$ باشد، L طول مسیر بر هم‌کنش است، و همچنین باید $Z_{fil} < Z_{sf}$ باشد. این شرایط تعیین می‌کنند که فرایند رشته‌ای شدن نور در داخل محدودهٔ طول بر هم‌کنش چه زمانی ممکن اســـت رخ دهد. در این محدوده در رقابتِ بین فرایندهای رشته‌ای شدن و خود کانونی، رشته‌ای شدن نور برندهٔ مسابقه است و فرایند خود کانونی رخ نمی‌دهد. باید به این نکته هم توجه کرد که کمیت Z_{fil} با افزایش توان لیزر (یا شدت لیزر)، با سرعت بیشتری نسبت به کمیت Z_{sf} کاهش می‌یابد. بنابراین فرایند رشته‌ای شدن نور همیشه می‌تواند فرایند غالب باشد به شرطی که از لیزری با توان به حد کافی بالا استفاده شود. توان لیزر در شرایطی که دو کمیت Z_{fil} و z_{sf} دقیقاً برابر باشند، قابل محاسبه است. با استفاده از معادلهٔ (۸) و در حدی که

$P >> P_{er}$:

$$Z_{fil} = Z_{sf} \Rightarrow \frac{p}{p_{cr}} = 4G^2 \qquad (9)$$

برای نمونه اگر $G = 5$ باشد، فرایند رشته ای شدن پرتو لیزر فقط در صورتی قابل انتظار است که : $P > 100\, p_{cr}$.

پی‌نوشت‌ها

1. Filamentation
2. self- action
3. self - focusing
4. self - trapping
5. dirty

منابع

[1] H. Temporini and J. Vogt. Aufstieg und Niedergang der römischen Welt. Walter de Gruyter, 1972.

[2] Robert W. Boyd. Nonlinear Optics. Academic Press, London, 2003

طرح‌های زیبای طبیعت

ترجمهٔ مهرانگیز طالب‌زاده

چکیده

طرح‌ها در طبیعت شـــکل‌های منظـــم در جهان طبیعی هســـتند. این طرح‌ها در شـــرایط مختلف تشکیل می‌شوند و گاهی می‌توان آن‌هـــا را به‌صورت ریاضی مدل‌سازی کرد.

طرح‌های طبیعی شامل تقارن‌ها، درخت‌ها، مارپیچ‌هـــا، رودپیچ‌ها، امواج، اسفنج‌ها، موزائیک‌ها، ترک‌ها و نوارها هســـتند.[۱] فیلســـوفان در یونان باستان این طرح‌ها را بررسی کردند و افلاطـــون[۱]، فیثاغورس[۲] و امپدوکلـــس[۳] کوشـــیدند نظم در طبیعت را توضیح دهند. شناخت کنونی‌هـــا از طرح‌های طبیعی در طی زمان به تدریج شـــکل گرفته است.

در قـــرن نوزدهـــم میـــلادی فیزیک‌دان بلژیکی ژوزف پلاتو[۴]، با بررســـی حباب‌های صابون مفهوم یک سطح کمینال را فرمول‌بندی کرد. زیست‌شناس و هنرمند آلمانی ارنست هکل[۵] صدها تصویر از موجودات دریایی را نقاشی کرد تا بر وجود تقارن در آن‌ها تأکید کند. زیست‌شناس اسکاتلندی دارسی تامپسون پیشگام مطالعهٔ طرح‌های رشد در گیاهان و جانوران است که نشان داد معادله‌های ساده می‌توانند رشد مارپیچی را بیان کنند. در قرن بیستم، ریاضی‌دان بریتانیایی آلن تورینگ[۷] ســـازوکارهای ریخت‌زایی را که به تشکیل خال‌ها و نوارها می‌انجامد پیش‌بینی کرد. زیست‌شـــناس مجارستانی آریستید لیندنمایر[۸] و ریاضی‌دان فرانسوی امریکایی بنوآ مندلبرا[۹] نشـــان دادند چگونه می‌توان با اســـتفاده از ریاضیات فراکتال‌ها طرح رشـــد گیاهان را به وجود آورد.

ریاضـــی، فیزیک و شـــیمی می‌توانند طرح‌هـــای موجود در طبیعت را در ســـطوح مختلف توضیـــح دهنـــد. طرح‌هـــای موجـــود در موجـــودات زنده را می‌توان با استفاده از فرایندهای زیست‌شناختی و گزینش طبیعی و گزینش جنسی توصیف کرد. بررســـی‌های تشـــکیل طرح با اســـتفاده از مدل‌هـــای رایانه‌ای برای شبیه‌سازی گسترهٔ وسیعی از طرح‌ها صورت می‌گیرد.

وقتی باد ماسه‌ها را به تپه‌های شنی کویر نامیبیا منتقل می‌کند در شرایط مناسب تپه‌های هلالی شکل و موج‌های روی آن‌ها تکرار می‌شوند.

کلیدواژه‌ها: طرح‌ها، تقارن‌ها، مارپیچ‌ها، امواج، فراکتال‌ها، رشته اعداد فیبوناچی

تاریخچه

فیلسوفان یونان قدیم در پی آن بودند که نظم در طبیعت را توجیه کنند و در جســـت‌وجوی مفاهیم جدید بودند. افلاطون (۳۴۷ ـ ۴۲۷ ق. م) فقط در پی طرح‌های طبیعی بود و بر وجود قاعده‌ای کلی تأکید داشـــت. او گمان می‌کرد که این طرح‌ها از صورت‌های مثالی تشکیل شده‌اند که موجودات فیزیکی هرگز چیزی بیش از نسخه‌های ناکامل آن‌ها نیستند. بنابراین، شاید یک گل تقریباً دایره‌ای شکل باشد، اما هرگز به شکل یک دایره کامل ریاضی نیست. [۲] فیثاغورس طرح‌های طبیعت را مثل هماهنگ‌ها در موسیقی ناشی از اعداد می‌دانست، و گمان می‌کرد که اعداد اجزای بنیادی وجود هستند. [۳] امپدوکلس تا اندازه‌ای به توصیف تکامل داروینی غیرواقعی برای ساختار موجودات زنده باور داشت.[۴]

در ســـال ۱۲۰۲، لئوناردو فیبوناچـــی[۱۰] (۱۲۵۰ ـ ۱۱۷۰م) با کتاب لیبر آباکی[۱۱] خود رشته اعداد فیبوناچی را به جهان غرب معرفی کرد. [۵] فیبوناچی یک مثال زیست‌شناختی (غیرواقعی) ارائه کرد که به رشد تعداد جمعیت خرگوش‌ها مربوط می‌شد. [۶] دارســـی و نتورث تامپسون (۱۹۴۸ ـ ۱۸۶۰م) کتاب خود *دربارهٔ رشد و شکل* را منتشر کرد.

توصیف او از ترتیب برگ‌ها در گیاهان و رشته اعداد فیبوناچی، رابطه‌های ریاضی در رشـــد مارپیچـــی طرح‌های گیاهان یک وتوصیف کلاسیک اســـت. او نشـــان داد که معادله‌های ساده می‌توانند کاملاً رشـــد مارپیچی ظاهراً پیچیدهٔ طرح‌های شاخ حیوانات و پوسته‌های نرم‌تنان را توصیف کنند.[۷].

فیزیک‌دان بلژیکی ژوزف پلاتو (۱۸۸۳ ـ ۱۸۰۱) مسئله ریاضی

وجود یک سطح کمینال با مرز مشخص را فرمول‌بندی کرد که اکنون به نام او معروف است. او لایه‌های حباب صابون را به تفصیل بررسی و قوانین پلاتو را تدوین کرد که ساختار مربوط به لایه‌ها در کف را بیان می‌کنند.

فیزیولوژیست آلمانی آدولف زیزینگ[۱۲] (۱۸۷۶ ـ ۱۸۱۰) مدعی آن بود که نسبت طلایی در پیکربندی بخش‌های مختلف، در استخوان‌بندی حیوانات، و طرح‌های انشعاب رگ‌ها و عصب‌های آن‌ها، همچنین ترکیب‌بندی بلورها وجود دارد. [۱۱] [۱۰][۹]

ارنست هکل (۱۹۱۹ ـ ۱۸۳٤) تصاویر زیبایی از موجودات دریایی ما به‌ویژه شعاعیان را نقاشی و بر تقارن آن‌ها تأکید کرد تا از نظریه‌های داروینی تکامل پشتیبانی کند. [۱۲] عکاس امریکایی ویلسون بنتلی[۱۳] (۱۹۳۱ ـ ۱۸٦۵) اولین ریزنگاشت دانهٔ برف را در سال ۱۸۸۵ تهیه کرد.[۱۳]

در سال ۱۹۵۲، آلن تورینگ (۱۹٥٤ ـ ۱۹۱۲)، که بیشتر به واسطهٔ کار دربارهٔ محاسبات و رمزگشایی معروف است، *مبنای شیمیایی ریخت‌زایی* را تألیف کرد که به تحلیل سازوکارهایی لازم برای به‌وجود آمدن طرح‌ها در موجودات زنده در فرایند موسوم به ریخت‌زایی مربوط می‌شود.[۱٤] او واکنش‌های شیمیایی نوسانی، به ویژه واکنش بلوسوف ـ ژبوتینسکی[۱٤] را پیش‌بینی کرد. تورینگ پیشنهاد کرد که این سازوکارهای فعال‌ساز ـ بازدارنده می‌توانند طرح‌های نوار وخال را در حیوانات به‌وجود آورند و در طرح‌های مارپیچی برگ‌های گیاهان وجود دارند.

دارسی تامپسون در کتاب سال ۱۹۱۷ خود پیشگام بررسی رشد و شکل است.

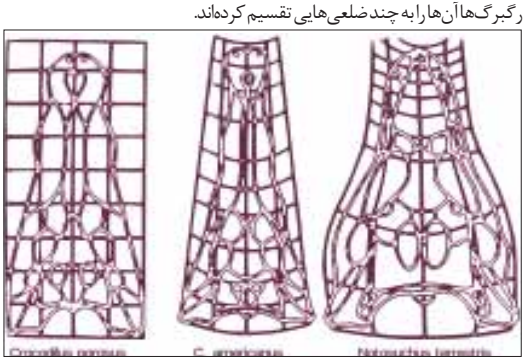
در سال ۱۹٦۸، زیست‌شناس نظری مجارستانی آریستید لیند نمایر (۱۹۸۹ ـ ۱۹۲۵) دستگاه ـ L را به‌وجود آورد، دستوری رسمی که با استفاده از آن می‌توان طرح‌های رشد گیاهان را به روش فراکتال‌ها مدل‌سازی کرد [۱٦]. دستگاه‌های L دارای یک الفبای نمادین هستند که با ترکیب آن‌ها با استفاده از قاعده‌های تولید می‌توان رشته‌های بزرگ‌تری از نمادها و سازوکار تبدیل رشته‌های تولید شده به ساختارهای هندسی را به‌وجود آورد.

در سال ۱۹۷۵، پس از قرن‌ها رشد آرام ریاضیات طرح‌ها توسط گوتفرید لایبنیتس، گئورگ کانتور[۱٦]، هلگه فون کخ[۱۷]، و اسلاو سیرپینسکی[۱۸] و دیگران، بنوا مائدلبرا و مقاله مشهوری با عنوان طول سواحل بریتانیا چقدر است؟ خود همانندی و بُعد فراکتالی. نوشت که تفکر ریاضی را به شکل مفهوم فراکتالی متبلور ساخت.

خاستگاه‌ها

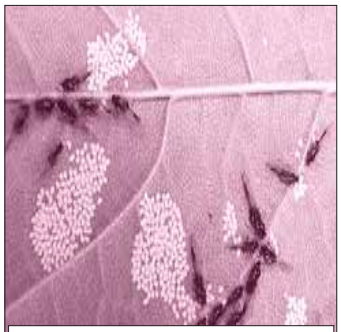
موجودات زنده مانند گل‌های ارکیده، مرغ‌های مگس‌خوار،

طرح‌های مرکب: شته‌ها و نوزادان آن‌ها در خوشه‌های آرایه مانند روی برگ افرا که رگبرگ‌ها آن‌ها را به چند ضلعی‌هایی تقسیم کرده‌اند.



طاووس‌ها دارای طراحی‌های مجرد با شکل‌های زیبایی از طرح و رنگ هستند که هنرمندان تلاش می‌کنند به آن‌ها دست یابند[۱۸] زیبایی که افراد در طبیعت می‌یابند خاستگاه‌هایی در سطوح مختلف دارد که مهم‌ترین آن‌ها ریاضیات حاکم بر طرح‌هایی است که به لحاظ فیزیکی می‌توانند تشکیل شوند، در بین موجودات زنده تأثیر گزینش طبیعی حاکم بر چگونگی تکوین طرح‌هاست.

ریاضیات می‌کوشد که طرح‌های مجرد یا نظم‌های از هر نوع را کشف و توصیف کند.[۲۱] [۲۰] توصیف طرح‌های دیداری در طبیعت را می‌توان در نظریه آشوب، فراکتال‌ها، مارپیچ‌های لگاریتمی، توپولوژی، و دیگر طرح‌های ریاضی یافت.


طرح‌های رشد برخی درختان مانند این فراکتال‌های دستگاه‌لیندنمایر است.

به‌عنوان مثال، دستگاه‌های ـ L مدل‌های متقاعدکننده‌ای از طرح‌های گوناگون رشد درخت تشکیل می‌دهند.[۱٦]

قانون‌های فیزیک تجرید ریاضی را در مورد جهان واقعی اغلب طوری به کار می‌برد که انگار کامل است. به‌عنوان مثال، یک بلور وقتی کامل است که هیچ‌گونه نقص ساختاری مانند دررفتگی نداشته و کاملاً متقارن باشد. کمال ریاضی دقیق در اجسام واقعی فقط به‌صورت تقریبی وجود دارد.[۳۲] قانون‌های فیزیک برطرح‌های قابل مشاهده در طبیعت حکم‌فرما هستند؛ به‌عنوان مثال، پیچ‌های رودخانه را می‌توان با استفاده از دینامیک شاره‌ها توضیح داد.

در زیست‌شناسی، **گزینش طبیعی** به چند دلیل باعث تشکیل طرح‌ها در موجودات زنده می‌شود، که انستتار، جفت‌گزینی، و انواع مختلف علامت‌دهی مانند بومسانی [۲۴] تمیز کردن یکدیگر از آن جمله هستند. در گیاهان شکل، رنگ و طرح گل‌هایی مانند سوسن طوری تکوین یافته است که گرده‌افشانی توسط حشرات را بهینه‌سازی کند (شاید گیاهان دیگر توسط باد، پرندگان، یا خفاش‌ها گرده‌افشانی کنند.) زنبورعسل‌های اروپایی و دیگر حشرات گرده‌افشان را طرح‌های شعاعی رنگ و نوار (که برخی از آن‌ها فقط در نور فرابنفش مشاهده می‌شوند) و راهنمای وجود شیره از فاصله دور است؛ عطر گیاهان؛ و وجود شیره‌های شیرین و گرده‌های خوراکی به گل‌ها جذب می‌کند.[۲۶]

انواع طرح‌ها

تقارن

موجوات زنده متقارن هستند. بیشتر جانوران، همچنین برگ‌های گیاهان و برخی گل‌ها مانند ارکیده دارای تقارن دوجانبه یا آینه‌ای هستند.[۲۷] بیشتر گیاهان دارای تقارن شعاعی یا دورانی هستند، همین‌طور بسیاری از گل‌ها و برخی جانوران مانند شقایق‌های دریایی. تقارن پنج تایه درخارپوستان، گروه متشکل از ستارهٔ دریایی، توتیای دریایی و زنبق‌های دریایی یافت می‌شود.[۲۸] در بین موجودات بی‌جان، دانه‌های برف دارای تقارن شش‌تایهٔ شگفت‌انگیزند؛ هر دانهٔ برف ساختاری منحصربه فرد دارد که شرایط متفاوت بلوری شدن را نشان می‌دهد که دارای طرح رشد تقریباً یکسان در هر یک از شش شاخه است.[۲۹] به‌طور کلی بلورها دارای تقارن‌ها و شکل مشخصهٔ گوناگون‌اند؛ آن‌ها می‌توانند مکعبی با هشت‌گوش باشند، اما بلورهای واقعی (برخلاف شبه‌بلورها) نمی‌توانند تقارن پنج‌تایه داشته باشند. تقارن دورانی در سطوح مختلف بین موجودات بی‌جان از جمله طرح‌های پاشیده شدن آب تاجی شکل‌حاصل از افتادن قطره در آبگیر[۳۱] و شکل‌های کروی و حلقوی سیاره‌ای مانند زحل مشاهده می‌شود. تقارن علت‌های گوناگون دارد. تقارن شعاعی مناسب جانورانی چون توتیای دریایی است که گونه‌های بالغ آن حرکت نمی‌کنند و برای آن‌ها غذا و خطر از هر جهت فرا می‌رسد. اما جانورانی که در یک جهت حرکت می‌کنند الزاماً دارای بالا و پائین، سرودم، و در نتیجه جهت راست و چپ‌اند. دهان و اندام‌های حسی در سر متمرکز شده‌اند و بدن آن‌ها دارای تقارن دوجانبه است (گرچه اندام‌های داخلی آن‌ها الزاماً چنین نیستند.)[۳۳] دلیل تقارن پنج تایه در خارپوستان شگفت‌انگیزتر است. موجودات اولیه در این گروه و نوزادان آن‌ها هنوز دارای تقارن دوجانبه هستند به نظر سامرال[۱۹] و واری[۲۰] از دست رفتن تقارن قدیمی دارای هر دو دلیل تکوینی و زیست بومی است.

درختان، فراکتال‌ها

فراکتال‌ها بی‌نهایت خود همانندند، ساختارهای ریاضی تکراری و دارای بُعد فراکتالی [۳۶] [۳۵][۱۷] بی‌نهایت تکرار در طبیعت امکان‌پذیر نیست بنابراین تمام طرح‌های «فراکتالی» تقریبی هستند. به‌عنوان مثال برگ‌های سرخس و گیاهان چتری فقط تا ۲، ۳ تا ٤ سطح شبیه هم هستند. رشد طرح‌های سرخس- گونه در گیاهان و جانوران از جمله خزه زیان، مرجان‌ها، و آب‌سان زیان مانند سرخس و نیز در پدیده‌هایی چون تخلیهٔ الکتریکی صورت می‌گیرد. فراکتال‌های دستگاه لیندنمایر می‌تواند طرح‌های مختلف رشد درختی را با تعداد کمی پارامتر شامل زاویهٔ انشعاب فاصله بین گره‌ها یا نقطه‌های انشعاب (طول بین گره‌ها)، و تعداد شاخه‌ها به ازای هر نقطهٔ انشعاب مدل‌سازی کنند.

طرح‌های فراکتال‌گونه در طبیعت فراوان‌اند. پدیده‌های گوناگونی مانند ابرها، شبکه‌های رودخانه‌ای، خطوط گسل زمین شناختی، کوه‌ها، خطوط ساحلی، رنگ‌های حیوانات، دانه‌های برف[۳۸]، بلورها[۳۹]، انشعاب رگ‌های خونی[٤۰] و امواج اقیانوس[٤۱] از این جمله‌اند.

دانه‌های برف تقارن شش تایه دارند

تقارن پنج تایه را می‌توان در بسیاری از گل‌ها و میوه‌ها مانند این از گیل مشاهده کرد

خارپوستان مانند این ستارهٔ دریایی دارای تقارن پنج تایه‌اند

حیوانات مانند این در تقارن آینه‌ای یا دوجانبه از خود نشان می‌دهند.

مارپیچ‌ها

مارپیچ‌ها در گیاهان و برخی جانوران، به‌ویژه نرم‌تنان، متداول‌اند. به‌عنوان مثال در ناتیلوس، یک نرم‌تن از گروه سرپایان، هر حفرهٔ پوستهٔ آن نسخهٔ تقریبی حفرهٔ بعدی است، که با ضریب ثابتی مقیاس‌بندی و در یک مارپیچ لگاریتمی قرار گرفته است.[٤۲] با توجه به شناخت کنونی ما از فراکتال‌ها، یک مارپیچ رشد را می‌توان مورد خاصی از خود همانندی در نظر گرفت.[٤۳] مارپیچ گیاهان را می‌توان در پیکربندی ترتیب قرار گرفتن برگ‌ها بر روی شاخه و در ترتیب سایر بخش‌های مرکب گل و دانه‌های آفتابگردان و ساختار میوه‌هایی مانند آناناس[٤۵] سالاک، همین طور طرح قسمت‌های مختلف میوه‌های کاج مشاهده کرد که مارپیچ‌های چندگانه هم در جهت ساعتگرد و هم در جهت پادساعتگرد وجود دارند. این آرایش‌ها را می‌توان از جنبه‌های مختلف ـ ریاضی، فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی ـ توضیح داد که هر کدام از آن‌ها به تنهایی درست ولی توصیف روی هم رفتهٔ آن‌ها ضروری است. مارپیچ‌های ترتیب قرار گرفتن برگ‌ها را می‌توان از نسبت‌های فیبوناچی به‌صورت ریاضی تولید کرد: سری فیبوناچی به صورت ... ۱۳، ۸، ۵، ۳، ۲، ۱،۱ است (که هر عدد از جمع‌کردن دو عدد قبلی به دست می‌آید). به‌عنوان مثال اگر وقتی برگ‌ها به تناوب روی شاخه بالا می‌روند، یک چرخش مارپیچی به دو برگ برخورد کند، در این صورت طرح یا نسبت ۱/۲ است. این نسبت در

فندق ۱/۳؛ در زردآلو ۲/۵؛ در هلو ۳/۸؛ و در بادام ۵/۱۳ است. [۴۷] در ترتیب قرار گرفتن گلبرگ‌های گل آفتابگردان و مینا، گلبرگ‌ها در مارپیچ فرما[۲۲] با شماره‌بندی فیبوناچی، دست‌کم وقتی گل آفتابگردان رسیده باشد و تمام اجزای آن به یک اندازه باشند، مرتب شده‌اند.

نسبت‌های فیبوناچی زاویهٔ طلایی، ۱۳۷/۵۰۸°، را تقریب می‌زند که بر خمیدگی مارپیچ فرما حاکم است.

از دیدگاه فیزیک، مارپیچ‌ها پیکربندی‌های با کمترین انرژی هستند که [۴۹] از طریق فرایندهای خود ـ سازمانده دستگاه‌های دینامیکی به وجود می‌آیند. [۵۰] از نقطهٔ‌نظر شیمی، یک مارپیچ را می‌توان در یک فرایند واکنش ـ پخش تولید کرد که هر دوی فعال‌سازی و بازدارندگی در آن دخیل‌اند.

ترتیب قرار گرفتن برگ‌ها را پروتئین‌ها کنترل می‌کنند که تراکم هورمون اوکسین در گیاه را برعهده دارد که رشد سرلاد در گیاه را همراه با دیگر سازوکارهای کنترل زاویهٔ نسبی جوانه‌ها در اطراف ساقه برعهده دارد. [۵۱] از دیدگاه زیست‌شناختی، ترتیب برگ‌ها به‌صورت حتی‌الامکان دور از هم در فضا مطلوب گزینش طبیعی است، زیرا امکان دسترسی به منابع، به‌ویژه نورخورشید برای فوتوسنتز، را بیشینه می‌سازد.

آشوب، جریان، پیچ‌وخم‌ها

در ریاضی، یک دستگاه دینامیکی در صورتی آشوبناک است که به شرایط اولیه (بسیار)حساس باشد «اثر پروانه‌ای»، معروف) [۵۲]، که به‌ویژگی‌های ریاضی اختلاط توپولوژیکی و مدارهای تناوبی چگال نیاز دارد. [۵۳]

نظریهٔ آشوب همراه با فراکتال‌ها یک عامل عمومی کلی برای تشکیل طرح‌ها در طبیعت است. رابطه‌ای بین آشوب و فراکتال‌ها وجود دارد ـ رباینده‌های شگفت در دستگاه‌های آشوبناک دارای بُعد فراکتالی هستند. [۵۴] برخی اتوماتای سلولی، مجموعهٔ ساده‌ای از قاعده‌های ریاضی که طرح‌ها را تولید می‌کنند، دارای رفتار آشوبناک‌اند که معروف‌ترین آن‌ها قاعدهٔ ۳۰ استیون ولفرام[۲۳] است. [۵۵]

گذرگاه‌های گردابی طرح‌های زیگزاگی گرداب‌های چرخانی هستند که فاصلهٔ ناپایای جریان یک شاره، اغلب در هوا یا آب، روی اجسام سدکننده به‌وجود می‌آورد. [۵۶] جریان هموار (لایه‌ای) وقتی از بین می‌رود که اندازهٔ مانع یا سرعت جریان در مقایسه با چسبندگی شاره زیاد باشد.

رودپیچ‌های سینوسی پیچ‌های موجود رودخانه‌ها یا کانال‌های دیگر که در هنگام جریان، اغلب آب، در پیچ‌ها به‌وجود می‌آیند. همین که مسیر موادی چون سنگ و شن‌ریزه‌ها را اندکی از اطراف به داخل پیچ می‌راند، بیرون حلقه تمیز و بی‌حفاظ می‌ماند، بنابراین فرسایش تشدید می‌شود و تولید پیچ و خم را در یک حلقه بازخورد مثبت تشدید می‌کند.

امواج، تپه‌های شنی

امواج آشفتگی‌هایی هستند که با حرکت خود انرژی حمل می‌کنند. امواج مکانیکی که در محیط ـ هوا یا آب، حرکت می‌کنند هنگام عبور باعث نوسان آن‌ها می‌شوند. [۵۸] امواج ناشی از باد امواجی سطحی هستند که طرح آشوبناک مشخصهٔ هر حجم زیاد آب را به‌وجود می‌آورند، گرچه رفتار آماری آن‌ها را می‌توان با مدل‌های امواج ناشی از باد پیش‌بینی کرد. هنگام عبور موج‌های آب یا باد از روی شن طرح‌های موجک به‌وجود می‌آید. وقتی باد روی حجم بزرگی از شن و ماسه بوزد، تپه‌های شنی، گاهی در میدان‌های گسترده از تپه‌های شنی مانند کویر تکله مکان[۲۴] به وجود می‌آید. تپه‌های شنی می‌توانند گستره‌ای از طرح‌های متنوع مانند هلال‌ها، خطوط راست بسیار طولانی، ستاره، گنبد، سهموی، و شکل‌های طولی چون سیف «شمشیر» به‌وجود آورند. [۶۰]

تپه‌های شنی برخان یا هلالی بر اثر کنش باد با شن‌های کویر تولید می‌شود؛ دو شاخ هلال و سطح لغزان آن در خلاف

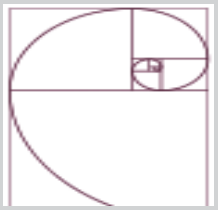
درخت‌ها: نگارهٔ لیشتنبرگ[۲۱] روشگفت دی‌الکتریکی ولتاژ زیاد در قطعه‌ای از پلیمراکریلیک

سنبل ختایی، کرهٔ متشکل از گره‌های خودهمانند

مارپیچ فراکتالی کلم رومی دارای شکل خودهمانند است.

درخت‌ها: بلورمس شجری (زیر میکروسکوپ)

برگ جعفری وحشی دارای ۲ یا ۳ برگ پر مانند است نه بی‌نهایت.



مارپیچ فیبوناچی

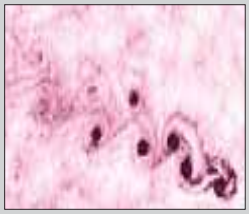
گوسفند شاخ‌بزرگ

مارپیچ آلوئه

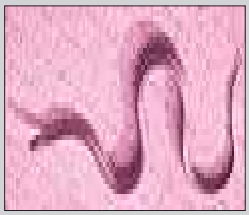
پوستهٔ ناتیلوس

مارپیچ فرما: دانه‌های گل آفتابگردان

مارپیچ فیبوناچی چندگانه: مقطع کلم قرمز


آشوب: گذرگاه گردابی ابرها

رودپیچ: مسیر سینوسی ریوکاتودر کوبا


پیچ وخم: خزیدن سینوسی مار

رودپیچ‌ها: مرجان مغز متقارن

جهت وزش باد است. ماسه‌ها روی رخ واقع در جهت باد می‌وزند که با امتداد افق زاویهٔ حدود 15° می‌سازد و روی رخ لغزان می‌ریزند که که در آنجا تا رسیدن به زاویهٔ نشست ماسه‌ها که حدود 35° است، انباشته می‌شوند. وقتی زاویهٔ رخ لغزان از زاویهٔ نشست تجاوز کند. بهمنی از ماسه فرو می‌ریزد که رفتاری غیرخطی است؛ افزودن مقادیر اندک ماسه به تعداد زیاد تغییری به وجود نمی‌آورد، ولی افزودن مقدار اندک بعدی می‌تواند ناگهان بهمن عظیمی را به‌وجود آورد.[٦١] غیر از این رفتار غیرخطی، شاخه‌ها رفتاری شبیه امواج سولتیون دارند. [٦٢]

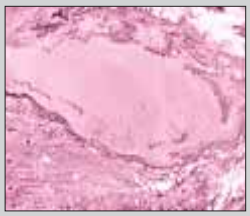
حباب‌ها، اسفنج

حباب صابون کروی است، سطحی با مساحت کمینال ـ کوچک‌ترین مساحت ممکن برای حجمی که در برمی‌گیرد. دو حباب با هم شکل پیچیده‌تری را تشکیل می‌دهند؛ سطوح خارجی هر دو حباب کروی است. با طبله کردن مختصر حباب کوچک‌تر در حباب بزرگ‌تر این دو سطح را سطح کروی سومی به هم می‌پیوندند.

اسفنج توده‌ای از حباب است؛ اسفنج مواد مختلف در طبیعت وجود دارد. کف‌های حباب صابون از قانون‌های پلاتو پیروی می‌کنند که نیازمند آن است که لایه‌های صابون در زوایهٔ 120° به هم برخورد کنند و چهار لبهٔ آن در رأس یک چهاروجهی با زاویهٔ $109/5^\circ$ به هم بپیوندند. همین‌طور قانون‌های پلاتو ایجاب می‌کند که لایه‌ها هموار و پیوسته باشند و در هر نقطه خمیدگی متوسط ثابتی داشته باشند.

به‌عنوان مثال، شاید یک لایه با داشتن خمیدگی در یک جهت (مثلاً چپ به راست) تقریباً تخت بماند در حالی که در جهت دیگر دارای خمیدگی رو به پایین (مثلاً جلو به عقب) است. [٦٤][٦٣] ساختارهای دارای سطوح کمینال را می‌توان به‌عنوان چادر به کار برد. لردکلوین مسئله کارآمدترین راه بسته‌بندی سلول‌های با حجم مساوی در یک اسفنج را در سال ۱۸۸۷ شناسایی کرد. راه‌حل او فقط از یک شانهٔ عسل مکعبی دوسر بریده با خمیدگی بسیار کم برای برقراری قانون‌های پلاتو استفاده کرد. تا سال ۱۹۹۳ که دنیس‌ویری[٢٥] و رابرت فلن[٢٦] ساختار ویری ـ فلان را مطرح کردند، هیچ راه‌حل بهتری شناخته نشد؛ مرکز ملی ورزش‌های آبی پکن این ساختار را برای دیوار خارجی خود در المپیک تابستانی سال ۲۰۰۸ انتخاب کرد.

امواج: تولید موج به دنبال کشتی


تپه‌های شنی در کویر تمکه مکان

تپه‌های شنی: هلال برخان تپهٔ شنی

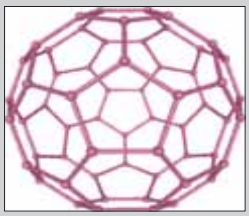
موجک‌های ناشی از باد با جابه‌جا شدگی در سیستان

طرح‌های اسفنجی در مقیاس سلول‌های زنده متداول‌اند؛ شعاعیان، سیخک‌ها، جلبک‌های ناجور تاژگان تک‌سلولی، جانوران با استخوان‌بندی بیرونی و استخوان‌بندی کاسیت توتیای دریایی همگی شبیه قالب‌ریزی‌های معدنی کرانه‌های اسفنج پلاتر هستند. [٦٧] [٦٦]. استخوان‌بندی، اولونیا هگزاگونا[٢٧]، یک شکل دریایی زیبا که هکل رسم کرده است، چنان به‌نظر می‌رسد که انگار کره به کلی از شش ضلعی‌ها تشکیل شده است. اما این موضوع از نظر ریاضی ناممکن است. مشخصهٔ اویلر[٢٨] بیان می‌کند که برای هر چند وجهی محدب، تعداد رخ‌ها به اضافهٔ تعداد رئوس (گوشه‌ها) برابر تعداد اضلاع به علاوهٔ دو است. نتیجهٔ این فرمول آن است که هر چند وجهی بستهٔ متشکل از شش‌ضلعی‌ها باید درست، مثل یک توپ فوتبال، گنبد ژئودزیک با کمینستر فولرن، یا مولکول فولرن حاوی ۱۲ پنج‌ضلعی باشد. این موضوع را می‌توان با توجه به اینکه شبکه‌ای از شش‌ضلعی‌ها مثل ورقه‌ای از توری مرغدان مسطح است مجسم کرد، اما اضافه کردن هر پنج‌ضلعی شبکه را وادار به خم شدن می‌کند(تعداد گوشه‌ها کمتر و در نتیجه شبکه جمع می‌شود.)[٦٨]

موزاییک‌ها

موزاییک‌ها طراحی‌هایی هستند که با تکرار کاشی‌ها بر روی یک سطح تخت تشکیل می‌شوند.

یکی از نقاشی‌های هکل: استخوان‌بندی اسفنج‌گونه شعاعیان



باک منیستر فولرن، C_{60}

چادر سیرک دارای سطح تقریباً کمینال است

مرکز ملی بازی‌های ابی برای المپیک ۲۰۰۸ پکن

۱۷ گروه کاغذدیواری فرش کردن وجود دارد[۶۹]. گرچه این طرح در هنر و طراحی متداول است، اما تکرار کاشی‌ها را کمتر می‌توان در موجودات زنده یافت. خانه‌های موجود در لانه‌های کاغذی زنبوران بی‌عسل اجتماعی، و خانه‌های مومی شانهٔ عسل که زنبوران عسل می‌سازند مثال‌های شناخته شده‌اند. در بین جانوران، ماهیان استخوانی، مارها یا پولک پوست‌ها، یا میوه‌هایی مانند سالاک را فلس‌های همپوشان یا استخوان‌پوست محافظت می‌کنند، این شکل از واحدهای کم و بیش دقیقاً تکراری تشکیل شده است، گرچه اغلب اندازهٔ فلس‌ها مدام تغییر می‌کند.

در بین گل‌ها، لاله واژگون کله ماری، دارای طرح شطرنجی روی گلبرگ‌هاست. ساختار مواد معدنی مثال‌های خوبی از آرایه‌های سه بعدی منظماً تکرار شونده است. به‌رغم وجود صدها هزار مادهٔ معدنی شناخته شده، فقط چند نوع ممکن آرایش اتم‌ها در یک بلور وجود دارد که آن‌ها را ساختار بلوری، دستگاه بلوری، و گروه نقطه‌ای تعیین می‌کنند؛ به‌عنوان مثال، درست ۱۴ شبکه براوه[۲۹] برای ۷ دستگاه شبکه‌ای در فضای سه‌بعدی وجود دارد.[۷۰]

ترک‌ها

ترک‌ها روزنه‌های خطی هستند که برای رها ساختن فشار در یک ماده تشکیل می‌شوند. وقتی یک مادهٔ کشسان به‌صورت یکنواخت کشیده یا جمع شود، سرانجام به نقطه شکسته شدن می‌رسد و ناگهان در همه جهت‌ها فرو می‌ریزد و ترک‌هایی را با مفصل‌های 120° تولید می‌کند، به‌طوری که سه ترک در یک گره به هم می‌رسند. فشار بیشتر در همان جهت صرفاً باعث باز شدن بیشتر ترک‌های موجود می‌شود! فشار در زاویه‌های قائمه باعث تولید ترک‌های جدید در زاویهٔ 90° نسبت به ترک‌های قبلی می‌شود. بنابراین طرح ترک‌ها نشان می‌دهد که ماده کشسان است یا نه.[۷۱] در یک ماده رشته‌ای سخت مانند تنه درخت بلوط، ترک‌ها مطابق معمول برای رها ساختن فشار تشکیل می‌شوند، اما این ترک‌ها بلند نمی‌شوند زیرا رشد آن‌ها را بستهٔ رشته‌های کشسان قوی متوقف می‌کند. چون هر درختی ساختار مخصوص به خود در سطح سلولی و مولکولی را دارد، بنابراین تنهٔ هر درخت طرح خاص خود را دارد.

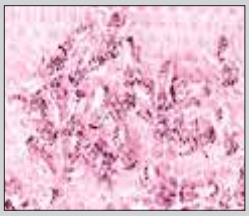
خال‌ها و نوارها

یوزپلنگ‌ها و کفش‌دوزها خال دارند، فرشته ماهی و زرافه خط‌خطی هستند.[۲۷]. این طرح‌ها دارای توضیح تکاملی است: این طرح‌ها عملکردی دارند که احتمال بقای بچه‌های این حیوانات و تولیدمثل آن‌ها را زیاد می‌کند. یکی از وظایف طرح‌های حیوانات استتار است،[۲۳] به‌عنوان مثال یوزپلنگی که سخت‌تر مشاهده شود شکار بیشتری می‌کند. کار دیگر آن علامت‌دهی است[۲۴] ـ مثلاً، اگر کفش‌دوز رنگ‌های بارزی داشته باشد، و نیز بدمزه یا زهراگین باشد، یا سایر حشرات ناخوشایند را تقلید کند، کمتر احتمال دارد که حیوانات شکارگر آن را با دیدن شکار کنند. شاید یک پرندهٔ جوان که حشره‌ای با طرح‌های هشداردهنده مانند کفش‌دوز را می‌بیند سعی کند آن را بخورد، اما این کار را فقط یک بار انجام می‌دهد؛ چون به زودی این حشرهٔ تلخ را تف می‌کند؛ سایر کفش‌دوزهای منطقه در امان خواهند بود. یوزپلنگ‌ها و کفش‌دوزهای جوان که ژن‌هایی را که خال‌دار بودن را منتقل می‌کند به ارث ببرند باقی می‌مانند. اما در حالی که این استدلال‌های تکاملی و عملکردی توجیه می‌کند که چرا این حیوانات به‌طرح نیاز دارند، اما توضیح نمی‌دهد که این طرح‌ها چگونه تشکیل می‌شوند.

تشکیل طرح

آلن تورینگ[۱۴] و بعدها زیست‌شناسی ریاضی جیمز ماری[۳۰]، سازوکاری را توصیف کردند که خود به خود طرح‌های خال‌خالی یا خط‌خطی تولید می‌کند: یک دستگاه واکنش ـ پخش[۷۵]. سلول‌های یک موجود زندهٔ جوان ژن‌هایی

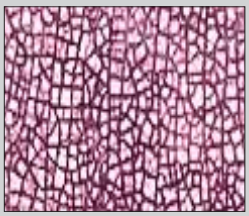
بلور مکعبی شکل هالیت (سنگ نمک



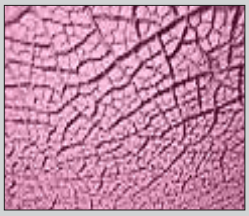
شانه عسل طبیعی یک موزاییک است

گل موزاییکی کله ماری

فلس‌های همپوشان میوهٔ مار یا سالاگ



سطح یک سفال تدیجی



گِل ناکشان در حال خشک شدن

گل کشسان در حال خشک شدن

تنهٔ درخت نخل با ترک‌های عمودی

پروانهٔ گورخری

گورخر گروی[31]

یوز پلنگ

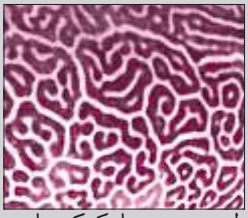
فرشته ماهی سلطنتی

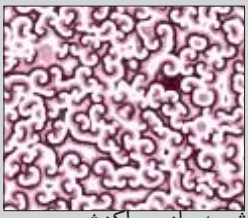
دارد کـــه می‌توانند با یک ســـیگنال شیمیایی، یک ریخت‌زا، به کار بیفتند و باعث رشد نوعی ساختار، مثلاً ایجاد لکه‌ای سیاه‌رنگ روی پوست شوند. اگر ریخت‌زا در همه جا وجود داشته باشـــد، حاصل رنگ‌یکنواخت، مثل یوزپلنگ سیاه اســـت. اما اگر به‌طور غیریکنواخت توزیع شـــده باشـــد، خال‌هـــا و نوارها به‌وجـــود می‌آیند. تورینـــگ مطرح کرد کـــه باید یک فیدبک کنترل تولید خود ریخت‌زا نیز وجود داشته باشد. زیرا هنگام پخش آن در بدن مقـــدارش می‌تواند مدام افت و خیر داشـــته باشـــد. پس یک سازوکار دیگر برای تولید طرح امواج ایستاده (برای تولید خال‌ها و نوارها) وجود داشته باشد: یک مادهٔ شیمیایی بازدارنده که تولید ریخت‌زا را متوقف می‌کند و در بدن سریع‌تر از ریخت‌زا پخش می‌شـــود و طرح فعال‌ســـاز ـ بازدارنـــده را به‌وجـــود مـــی‌آورد. واکنش بلوســـوف ـ ژابوتینسکی یک مثال غیـــر زیست‌شـــناختی از این طرح یعنی یک نوســـانگر شیمیایی اســـت. پژوهش‌های بعدی توانست مدل‌هـــای قانع‌کننده‌ای از طرح‌های گوناگونـــی چون خط‌هـــای گورخر، لـــک و پیس‌های زرافـــه، خال‌های پلنگ (لکه‌های با ســـیاهی متوسط احاطه شـــده با حلقه‌های شکســـتهٔ ســـیاه) و طرح‌های پوستهٔ کفش‌دوز (ترتیب‌های هندســـی متفـــاوت از خال‌ها و نوارها) [۷۶] به‌وجود آورد. مدل‌های فعال‌ساز ـ بازدارندهٔ ریچارد پروم[32] که از کار تورینگ شکل گرفته بود. از شـــش متغیر بـــرای به‌وجود آوردن گسترهٔ طرح اساسی مشاهده شده در رنگ‌آمیزی پرهای جانوران از ســـاده‌ترین آن‌ها، یک لکه رنگین مرکزی، تا لکه‌های هم مرکز، میله‌ها، یراق‌ها، خال چشمی، یک جفت خال مرکزی، ردیفی از لکه‌های دوتایی، و آرایه‌ای از نقطه‌ها استفاده کرد.[۷۸] [۷۷] مدل‌های پیشرفته‌تر طرح‌های پیچیده در مرغ شاخدار را شبیه‌سازی می‌کنند که در آن در هر پرگذارهایی از میله‌ها در پایه تا آرایه‌ای از خال‌ها در انتها وجود دارد.

این نیازمند نوسانی است که آن دو سیگنال بازدارنده با برهـــم کنش‌هایی هم در فضا و هم در زمان به‌وجود می‌آورد.[۷۸]

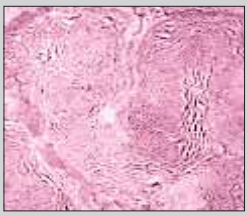
طرح‌ها می‌توانند به دلایل دیگر نیز در منظرهٔ پوشیده از درخـــت تایگربـــوش[33] و فیرویـــو[34] به‌وجـــود آیند. نوارهـــای تایگر بـــوش در سراشـــیبی‌های خشـــک به‌وجود آمده‌اند که در آن‌ها ریزش باران رشـــد گیاهان را محـــدود می‌کنـــد. هـــر نوار تقریبـــاً افقی از گیاهان عملاً آب بـــاران را از منطقهٔ بلافاصله بالای آن دریافت می‌کنـــد.[۷۹] فیرویـــو در سرشـــیبی جنگل‌های کوهســـتان پـــس از وزش باد، در طی بازسازی تولید می‌شـــود: وقتـــی درختان فـــرو می‌افتنـــد، درخت‌ها محافظت شـــده در معرض دید قرار می‌گیرند و به نوبهٔ خود آسیب‌پذیر می‌شوند، بنابراین گاف‌هایی در خلاف جهت باد گســـترش می‌یابند. در این ضمـــن، در جهت باد، درختان جوان رشـــد و ســـایهٔ باد درختان باقیمانده از آن‌ها محافظت می‌کنـــد.[۸۰] گاهی طرح‌های طبیعی را حیوانات به‌وجود می‌آورند، مانند تپه‌های باســـتانی در شـــمال غرب ایـــالات متحده و نواحی دیگر که به‌نظر می‌رســـد با فعالیت نقب‌زنی هوش‌های کیسه‌دار در طی سالیان طولانی به‌وجود آمده است.

در خاک‌های یـــخ ماند که در آن‌ها لایـــه بالایی خاک در معرض یخبندان و آب شدن سالیانه قرار می‌گیرد زمین‌های طرح‌دار تشـــکیل می‌شوند که شـــامل دایره‌ها، تورها، چند وجهی‌های متشـــکل از گوه‌یخ، پله‌ها و نوارهاســـت. انقباض گرمایی سبب تشکیل ترک‌های ناشی از جمع‌شدن می‌شود؛ هنگام ذوب شـــدن یخ، آب ترک‌ها را پـــر می‌کند، و هنگام یخ بســـتن مجدد بر اثر انبساط گسترش می‌یابد و ترک‌ها را به‌صورت گوه درمی‌آورد. این ترک‌ها می‌توانند به هم متصل شوند و چند وجهی و شکل‌های دیگر را به‌وجود آورند.


طرح پوست بادکنک ماهی


شبیه‌سازی واکنش بلوسوف-ژابوتنیسکی

پرندهٔ گینه


فلات بوتهٔ ببر در نیجریه

منبع

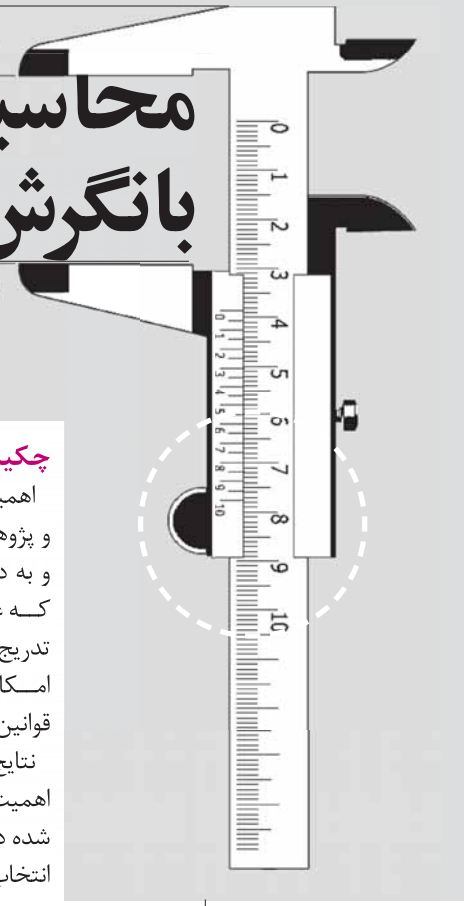
Patterns in nature-wikipedia, the free encyclopedia

پی‌نوشت‌ها

1. Plato
2. Pythagoras
3. Empedocles
4 Joseph Plateau
5. Ernst Haeckel
6. D'Arcy Thompson
7. Alan Turing
9.Leonardo Fibonacci
10. Liber Abaci
12. Adistid Lindenmayer
14. Benoit Mandellbrot
11. Belouso - Zhabotinsky reaction
14. Queen sago
10. Liber Abaci
15. Gottfried Leibniz
16. Georg Cantor
17. Helge vonkoch
18. Sierpinski iaslow
19. Sumral
20. Wray
21. Lichtenberg Figure
22. Fermat spial
23.Stephen wolfam
24. Taklamakan
25. Denis weaire
26. Robert phelan
27. Aulonia hexagonq
28. Euler charactristic
29. Bravais Lattice
30. James Murray
31. Grevy zebra
32. Richard Prum
33. Tiger bush
34. fir view

محاسبهٔ خطای آزمایش با نگرش دیفرانسیلی

منوچهر مرادویسی
دبیر فیزیک و کارشناس تکنولوژی گروه‌های آموزشی شهرستان‌های استان تهران



چکیده

اهمیت ویژهٔ اندازه‌گیری در علوم، مهندسی، و پژوهش‌های علمی بر کسی پوشیده نیست و به دلیل همین اندازه‌گیری کاربردی است که علومی نظیر: فیزیک، مکانیک و ریاضی به تدریج «علوم دقیق» نام گرفته‌اند. زیرا این علوم امکان برقراری روابط کمیّ دقیق برای بیان قوانین عینی طبیعت را فراهم می‌سازند.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها وقتی حائز اهمیت می‌شوند که اغلب به پرسش‌های مطرح شده در علم پاسخ قطعی بدهند. این امر امکان انتخاب بین دو فرضیه علمی را فراهم می‌کند یا حتی گاهی باعث پدیدآمدن یک نظریه جدید می‌شود.

روش‌های اندازه‌گیری نیز فوق‌العاده متنوع‌اند. اما بدون توجه به روش اندازه‌گیری، هر اندازه‌گیری به معنای مقایسه اندازهٔ کمیت اندازه‌گیری شده با یکای استاندارد انتخابی است.

کلیدواژه‌ها: خطای دیفرانسیلی، اندازه‌گیری، رواداری، مدرج‌کردن

êêê

در سال‌های اخیر شاخهٔ جدیدی از رشته‌های مهندسی محاسباتی به نام اندازه‌گیری به‌وجود آمده است. مترولوژی، دانشی است که به اندازه‌گیری و کنترل ابعاد، زوایا و کیفیت قطعات صنعتی مربوط می‌شود. بدیهی است که دقت وسایل اندازه‌گیری، دامنهٔ اندازه‌گیری، میزان خطای مجاز روا داری و عمل آزمون و تنظیم وسایل اندازه‌گیری مدرج کردن از جایگاه ویژه‌ای برخوردارند.

رایانه‌های محاسباتی و دستگاه‌های خودکار سنجش به کمک داده‌های ورودی (مانند: دما، فشار گاز، آهنگ جریان و شاره و...) چگونگی تحول فرایند تحت کنترل را تعیین می‌کنند. همین موضوع سبب ایجاد «خطای اندازه‌گیری» می‌شود.

اصولاً هنگامی که آزمایشگری در محل آزمایشگاه به بررسی قانون‌ها یا آزمایش می‌پردازد، عواملی وجود دارد که مانع رسیدن به جواب کاملاً صحیح می‌گردد، این عوامل که باعث ایجاد خطا در آزمایش می‌شود «عوامل خطازا» می‌نامند.

عوامل خطازا

۱. خطای ناشی از عوامل محیطی مانند: دما، رطوبت و جریان هوا
۲. عدم حساسیت دستگاه
۳. خطای ناشی از شخص اندازه‌گیر
٤. خطای ناشی از وسیله اندازه‌گیری

é محیط آزمایشگاه

یکی از عواملی که باعث ایجاد خطا در آزمایش می‌شود. نور، فشار، رطوبت و دما و بسیاری از موارد مختلف دیگر است که می‌تواند در انجام آزمایش ایجاد خطا کند. مثلاً دمای پایین آزمایشگاه در انجام بسیاری از آزمایش‌های فیزیک گرما باعث تبادل گرمایی زیاد می‌شود و اشتباهاتی در نتایج آزمایش‌ها ایجاد می‌کند. این نوع خطاها اغلب غیرقابل کنترل است و میزان آن را نیز نمی‌توان محاسبه کرد.

é عدم حساسیت دستگاه

در انجام بسیاری از آزمایش‌ها از دستگاه‌هایی برای انجام آزمایش استفاده می‌شود که اگر این دستگاه‌ها مرغوبیت و دقت لازم را نداشته باشند باعث ایجاد خطا و نرسیدن آزمایشگر به جواب مطلوب می‌گردد.

é خطای ناشی از شخص اندازه‌گیر

افراد دقت و وسواس یکسانی در انجام آزمایش ندارند،

بهترین راه برای رسیدن به جواب‌های صحیح‌تر تکرار آزمایش و اندازه‌گیری مکرر کمیت‌ها است.

é خطای ناشی از وسیله اندازه‌گیری

قبل از توضیح در این مورد لازم به ذکر است که این نوع خطا را نباید با خطای حساسیت دستگاه اشتباه کرد. در اینجا منظور وسایلی است که با آن کمیت‌ها را اندازه‌گیری می‌کنیم. مانند: متر، ترازو، کرنومتر، کولیس، ریزسنج و ...

دقت اندازه‌گیری: کمترین مقدار عددی که به‌وسیله یک ابزار اندازه‌گیری می‌توان اندازه گرفت که معمولاً روی ابزار استاندارد این مقدار نوشته شده است.

هر چه دقت وسیله اندازه‌گیری بیشتر باشد یعنی مقادیر کوچک‌تری را بتواند اندازه‌گیری کند دقت انجام آزمایش بالاتر رفته و خطای کمتری به وجود می‌آید. با خط‌کش سانتی‌متری فقط تا یک سانتی‌متر را می‌توان دقیقاً اندازه گرفت و کوچک‌تر از آن را فقط می‌توان حدس زد ولی با ریزسنج تا ۰/۰۱ میلی‌متر را می‌توان اندازه گرفت پس اگر در هنگام انجام آزمایش برای اندازه‌گیری طول‌های کم از ریزسنج یا کولیس استفاده شود نتایج آزمایش دقیق‌تر و صحیح‌تر به دست خواهد آمد.

در عددهای اندازه‌گیری شده در رقم آخر آن به اندازه دقت وسیله اندازه‌گیری شک و تردید وجود دارد مثلاً اگر طولی را باریزسنجی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر ۵/۷۳ میلی‌متر اندازه بگیریم به اندازه ۰/۰۱ میلی‌متر ممکن است کمتر یا بیشتر اندازه‌گیری شده باشد. پس می‌توان این مقدار را در بازه ۵/۷۴ > L > ۵/۷۲

تعریف کرد. عدد ۰/۰۱ در اینجا دقت وسیله اندازه‌گیری ΔX می‌باشد. پس همواره کمیت X را در بازه $X \pm \Delta X$ تعریف می‌کنیم. یعنی:

$$X-\Delta X \le X \le X+\Delta X$$

کاربردی‌ترین نوع خطا، «خطای دیفرانسیلی» است که در این نوشتار به تفصیل به آن پرداخته شده است. فرض می‌کنیم تابعی با ضابطهٔ کلی $y=f(x)$ در x مشتق‌پذیر بوده و این مشتق مخالف صفر باشد. پس داریم:

ΔX = نمو متغیّر

$y=f(x)$ نمایش تابع

$\Delta y = f(x+\Delta x) - f(x)$: نمو تابع (رشد)

مشتق تابع:

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x+\Delta x)-f(x)}{\Delta x} = \frac{dy}{dx} \Rightarrow f'(x) \approx \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

پس: $\Delta y \approx f'(x).\Delta x$

چون $0 < \Delta X < \delta$ به اندازهٔ کافی کوچک است پس $f'(x).\Delta x$ به اندازهٔ کافی به Δy نزدیک می‌شود و دیفرانسیل تابع dy تقریب خوبی برای نمو تابع Δy است. نتیجه آنکه می‌نویسیم:

نمو متغیر × مشتق تابع = دیفرانسیل تابع

$$\Delta y \simeq dy = f'(x) \times \Delta x$$

بنابراین می‌توان گفت اگر به متغیّر x نمو Δx بدهیم، آنگاه $|\Delta x|$ خطای مطلق اندازه‌گیری متغیر است و $|\Delta y|$ را خطای تقریبی منتشره تابع می‌نامند. به عبارت دیگر می‌توان نوشت:

$|\Delta x|$ = خطای مطلق اندازه گیری متغیّر

$\left|\frac{\Delta x}{x}\right|$ = خطای نسبی متغیّر

$|\Delta y| \approx |dy| = f'(x).\Delta x$ = خطای تقریبی تابع (نمو تابع)

$\left|\frac{\Delta y}{y}\right|$ = خطای نسبی تابع

مثال ۱. ارتفاع سقوط آزاد جسم در شرایط خلأ به کمک رابطهٔ $x = \frac{1}{2}gt^2$ بیان می‌شود. Δx و dx را به دست آورید و مفهوم مکانیکی آن را بیان کنید. (آزمایشگاه فیزیک ۲)

حل ۱.

$$\Delta x = f(t+\Delta t) - f(t) = \frac{1}{2}g(t+\Delta t)^2 - \frac{1}{2}gt^2$$

$$\Delta x = \frac{1}{2}g(\Delta t)^2 + gt\Delta t$$

$$v = \frac{dx}{dt} = gt \Rightarrow dx = gt \times \Delta t = v.\Delta t$$

از طرفی داریم: $v = gt$

پس Δx اندازهٔ جا به‌جایی متحرک در زمان Δt و dx فاصله‌ای است که متحرک در زمان Δt با سرعت $v = gt$ می‌پیماید.

مثال ۲. فرض می‌کنیم بالن کروی شکل (ظرف آزمایشگاهی) با احتمال خطای ۰/۱ دارای شعاعی برابر ۲

سانتی‌متر باشد. درصد خطای نسبی در حجم این بالن را محاسبه کنید. (آزمایشگاه فیزیک ۱)

حل ۲ـ پاسخ ۱۵ درصد

$$V=\frac{۴}{۳}\pi r^{۳}, r=۲cm, |\Delta r|=۰/۱cm$$

$$\Delta v \approx dy = v'\times \Delta r = ۴\pi r^{۲}.\Delta r$$

$$=\frac{|\Delta v|}{|v|}\simeq\frac{|dv|}{|v|}=\frac{|۴\pi r^{۲}\times\Delta r|}{\frac{۴}{۳}\pi r^{۳}}$$

خطای نسبی حجم بالن (خطای نسبی تابع)

$$\text{درصد خطای نسبی}=۳\left|\frac{\Delta r}{r}\right|=۳\left|\frac{۰/۱}{۲}\right|=\frac{۳}{۲۰}\times۱۰۰=\%۱۵$$

مثال ۳. دورهٔ تناوب یک آونگ تناوبی از رابطهٔ $T=۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ به دست می‌آید. اگر طول آونگ $L=۱m$ و $g=۹/۸۵ m/s^{۲}$ باشد، تغییرات دورهٔ تناوب (ΔT) را وقتی L به اندازهٔ $۱cm$ تغییر می‌کند، چقدر است؟ (آزمایشگاه فیزیک ٤)

$$|\Delta T|\approx|dT|=f'(L).\Delta L=\frac{۲\pi}{\sqrt{g}}\times\frac{۱}{۲\sqrt{L}}\times\Delta L$$

حل ۳. پاسخ $\frac{۱}{۱۰۰}$

$$|\Delta T|=\frac{\pi}{\sqrt{gl}}\times\Delta L$$

$$|\Delta T|=\frac{\pi}{\sqrt{۹/۸۵\times l}}\times۰/۰۱m\simeq\frac{۱}{۱۰۰}$$

نتیجه مهم بحث آن است که اگر dy دیفرانسیل تابع y با ضابطهٔ کلی $y=f(x)$ باشد، $|\Delta y-dy|$ را خطای مطلق تابع و نیز $\left|\frac{\Delta y-dy}{\Delta y}\right|$ را خطای نسبی حاصل از جایگزینی دیفرانسیل تابع به جای نمو تابع می‌نامند.

پس می‌نویسیم: $|\Delta y-dy|=$ خطای مطلق تابع

$\left|\frac{\Delta y-dy}{\Delta y}\right|$ خطای نسبی حاصل از جایگزینی دیفرانسیل تابع به‌جای نمو تابع (خطای نسبی مطلق تابع)

مثال ٤. یک مکعب فلزی به ضلع $۵cm$ را در نظر بگیرید. اگر همه وجوه این مکعب به طور یکنواخت تراش بدهیم. به ترتیبی که از جرم آن ۰/۹٦ گرم کاسته شود و چگالی فلز $۸ gr/cm^{۳}$ باشد، کاهش اندازه ضلع مکعب چقدر است؟ (آزمایشگاه فیزیک ۲)

حل٤.

$a=$ ضلع مکعب و $V=a^{۳}=$ حجم مکعب

$$\Delta v = ۳a^{۲}.\Delta a = ۳\times۵^{۲}.\Delta a$$

$$\text{جرم فلز} = m=\rho.v$$

$$\Delta V=\frac{\Delta m}{\rho}=\frac{۰/۹۶}{۸}=۰/۱۲cm$$

که در ۳ =چگالی حجمی فلز مورد آزمایش است:

$$\Delta V=\frac{\Delta m}{\rho}=\frac{۰/۹۶}{۸}=۰/۱۲cm^{۳}$$

$$\Rightarrow \Delta V=۳\times۲۵\times\Delta a=۰/۱۲$$

$$\Rightarrow \Delta a=\frac{۰/۱۲}{۷۵}=۰/۰۰۱۶cm$$

$$y=f(x)=x^{۲}+۴$$

مثال ۵. تابعی با ضابطهٔ $y=f(x)=x^{۲}+٤$ را در نظر بگیرید. در نقطهٔ $X=۱$ و به ازای نمو متغیر $\Delta X=Q^{۱}$ خطای مطلق و خطای نسبی حاصل از جایگزینی دیفرانسیل تابع به جای نمو آن را به دست آورید.

حل ۵.

$$\Delta y=f(x+\Delta x)-f(x)$$

$$\Delta y=(x+\Delta x)^{۲}+۴-x^{۲}-۴$$

$$\Delta y=۰/۲+۰/۰۱=۰/۲۱$$

$$dy=f'(x)\Delta x=۲x\Delta x=۲\times۱\times۰/۱=۰/۲$$

از طرفی داریم:

$$\text{خطای مطلق تابع}=|\Delta y-dy|=|۰/۲۱-۰/۲|=۰/۰۱$$

$$\text{خطای نسبی}=\left|\frac{\Delta y-dy}{\Delta y}\right|=\frac{۰/۰۱}{۰/۲۱}=\frac{۱}{۲۱}=۰/۰۴۷$$

منابع

1. Sameen Ahmed khan.webs.com
2. http:// physics.sharif.edu
3. http:// Arxiv.org
4. http:// physics.umd.edu
5. http:// Slideshare.net
6. http:// Daviddarling.info

۷. دیفرانسیل و انتگرال معین ـ محمد عابدی ـ انتشارات مدرسه ـ سال ۱۳۷۸.

۸. یکاها و ابعاد کمیت‌های فیزیکی ـ L.A.Sena ـ ترجمهٔ مسعود میرشکار ـ مرکز نشر دانشگاهی ـ سال ۱۳٦٦.

۹. فیزیک عملی، ج. ل. اسکوایرز، ترجمه محمد علی شاهزمانیان و محمد حسن فیض، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ اول ۱۳۷۰.

۱۰. خطاهای مشاهده و محاسبه آن، نوشتهٔ تاپینگ، ترجمه محسن تدین، مرکز نشر دانشگاهی ۱۳٦٤.

گام هفدهم در آموزش فیزیک ایران

گزارشی از هفدهمین کنفرانس آموزش فیزیک

اسفندیار معتمدی

هفدهمین کنفرانس آموزش فیزیک و هفتمین کنفرانس فیزیک و آزمایشگاه با مشارکت و همکاری اتحادیه انجمن‌های معلمان فیزیک انجمن معلمان فیزیک خراسان رضوی، اداره کل آموزش‌وپرورش استان و دانشگاه فرهنگیان از ۳۰ مرداد الی یکم شهریورماه ۹۵ در مشهد مقدس برگزار شد.

پیشنهاد برگزاری این کنفرانس را حسن زحمتکش دبیر انجمن فیزیک خراسان رضوی در پانزدهمین کنفرانس که در سنندج برگزار شد، به اتحادیه داد. با تصویب این پیشنهاد مقدمات کار فراهم شد و سرانجام قرارداد اجرای آن میان اتحادیه و انجمن فیزیک استان و دانشگاه فرهنگیان با پشتیبانی اداره کل آموزش‌وپرورش خراسان منعقد شد.

هفدهمین کنفرانس آموزش فیزیک و هفتمین کنفرانس فیزیک و آزمایشگاه دارای ستاد برنامه‌ریزی، دبیر کل، دبیرخانه، کمیته علمی، کمیته اجرایی و کمیته برگزاری بود. دبیر کل ستاد دکتر سیدجواد حسینی مدیر کل آموزش‌وپرورش خراسان رضوی بود که با آگاهی کامل امور کنفرانس را مدیریت کرد. دبیرخانه ستاد در مشهد تشکیل شد و همه اعضای آن از انجمن معلمان فیزیک خراسان بودند. اعضای کمیته علمی را اتحادیه و انجمن با همکاری یکدیگر برگزیدند و مسئولیت این کمیته برعهده سرکار خانم دکتر آزیتا سیدفدایی بود. تعداد اعضای این کمیته ۲۱ نفر بودند. دبیر ستاد برنامه‌ریزی سیدنعمت عبدی و دبیر کمیته اجرایی دکتر علیرضا کاظمی، معاون اداره کل بودند.

کمیته علمی مسئول تعیین اهداف و محورهای کنفرانس و کلیه امور مربوط به فراخوان، دریافت مقالات، داوری، انتخاب مقالات برای ارائه به‌صورت شفاهی و پوستر و برنامه‌ریزی اجرای سخنرانی‌ها بود. گزارش مفصل این کمیته را خانم دکتر فدایی در روز افتتاحیه بیان کردند که جداگانه منتشر می‌شود. کنفرانس علاوه بر برنامه‌های علمی، برنامه‌های فرهنگی شامل مراسم افتتاحیه و اختتامیه، زیارت و بازدید فرهنگی، تقدیر از پیشکسوتان و ستارگان استان و رونمایی کتاب «نگاهی به آموزش فیزیک و نقش معلمان فیزیک در خراسان» داشت که شرح آن‌ها چنین است.

برنامه‌های کنفرانس

۱. اسکان و تغذیه در محل برگزاری کنفرانس دانشگاه فرهنگیان ـ پردیس شهید بهشتی بود ـ این محل دارای

فضـای سـبز و گسـترده، سـالن ۷۰۰ نفری ابن‌هیثم، خوابگاه‌های دانشـجویی، سـالن‌های غذاخـوری مردانه و زنانه مناسـب، کلاس‌های بزرگ و روشـن و محوطه وسـیع برای تشکیل نمایشـگاه‌ها بود. افرادی هم که با خانواده‌های خود به مشـهد آمده بودند، در مدارس اطراف اسکان داده شدند. پذیرایی صبحانه، نهار و شام به‌طور کامل و با گشـاده‌رویی صورت می‌گرفت. پذیرش افراد با نظم مدیریت شـده بود و سراسر شـب ورود افراد، مسـئولان آماده کار بودند که ستودنی است.

۲. مراسـم افتتاحیه، با قرائت کلام‌الله مجید، سـرود جمهوری اسـلامی و نشـان دادن یـک کلیپ از آموزش‌وپرورش خراسـان، مجری با عرض خیرمقدم برنامه را اعلام کرد و از حضور دبیران، اسـتادان، مدیر کل، معاون وزارتخانه دکتـر عمادی، معاون انرژی اتمـی ایران، دکتر زارعان را گرامی شـمرد و از دکتر سیدجواد حسینی، مدیر کل برای ایراد سخنرانی دعوت کرد.

مدیـر کل ضمن عـرض خوش‌آمد اعلام کـرد که: این کنفرانس نمونه‌ای از مشـارکت واقعی بین نهادهای انسانی و رویداد عملی اسـت. در نظام آموزشـی برد و بعد علمی و تربیتی تأکید شـده است که برگزاری این برنامه در راستای تحقق این دو اصل یاد شده است.

آن‌گاه خانـم دکتـر فدایـی، پس از عـرض خیرمقدم و سپاسـگزاری از حضور دبیران فیزیک و همکاری صمیمانه انجمن خراسان و اعضای ستاد به معرفی اتحادیه و نقش آن در ایجاد تحول علمی در کشور سخن گفت و گزارش کمیته علمی کنفرانس را بسیار مستدل و منطقی بیان کرد.

سـخنران بعدی دکتر عبدالرسـول عمادی بود. ایشان در موضوع علم در ایران و اسـلام و تفاوت اندیشـه‌های علمی در گذشته و حال بحث کرد و گفت علم امروز کمتر متوجه ماهیت و حقیقت اشیا است و بیشتر به اندازه‌گیری کمیت‌ها و ارتبـاط آن‌ها با هم می‌پردازد در صورتی که در گذشـته بحث بر ماهیت طول و جرم و حجم بود.

دکتـر زارعان معاون سـازمان انرژی اتمی کشـور اظهار داشت: در کشور علاوه بر آموزش به عمل و اجرا نیاز داریم. پرداختن صرف به مباحث نظری کافی نیست بلکه بایستی با تلاش و نیت الهی و پیشه کردن تقوا تلاشمان را ادامه دهیم. وی یادآور شد که مدرسه انرژی اتمی مشهد در سال ۱۳۹۶ از دانش‌آموزان متقاضی، ثبت‌نام خواهد کرد.

۳. بزرگداشـت مقام معلم ـ یکـی از برنامه‌های جالب و ارزشمند کنفرانس بزرگداشـت دبیران فیزیک پیشکسوت بود. پیشنهاد این برنامه به وسیله مسئول کمیته بزرگداشت مقام معلم (اسفندیار معتمدی) به ستاد برگزاری کنفرانس اعلام و قرار شـد کتابی هم در سـابقه آموزش فیزیک در خراسـان و دبیران پیشکسوت آن تنظیم شود. این پیشنهاد مورد قبول قرار گرفت و اعضای کمیته بزرگداشـت انتخاب شدند. اعضای این کمیته آقایان دکتر محمد فرهاد رحیمی و اسـفندیار معتمـدی و علی عامیر و خانم شـهناز فارابی دبیر فیزیک خراسـان بود این خانـم با همت بی‌نظیر خود به جمع‌آوری زندگی‌نامه حـدود ۷۰ نفر از معلمان فیزیک

دکتر زارعان معاون سازمان انرژی اتمی کشور اظهار داشت: در کشور علاوه بر آموزش به عمل و اجرا نیاز داریم. پرداختن صرف به مباحث نظری کافی نیست بلکه بایستی با تلاش و نیت الهی و پیشه کردن تقوا تلاشمان را ادامه دهیم

خراسان پرداخت و آن‌ها را با دعوت‌نامه به حضور در کنفرانس دعوت کرد.

در نخستین روز کنفرانس این جمع فرهیخته دبیران پیشکسوت حضور یافتند و ضمن آنکه از کتاب تهیه شده رونمایی شد به هر یک از این جمع لوح تقدیر و هدیه داده شد و نهار خود را در جمع صرف کردند.

پیش از مراسم بزرگداشت مقام معلم از ستارگان، که برندگان مسابقه‌های گوناگون در مشهد بودند با اهدای لوح و دادن جایزه تقدیر شد.

٤. زیارت و بازدید. در شب دوم ورود میهمانان، برنامه زیارت مرقد حضرت رضا(ع) و بازدید از آرامگاه فردوسی صورت گرفت که بسیار مورد توجه بود.

٥. برنامه نمایش فیزیک را حازم فریپور در شبانگاه روز ۳۰ مرداد و محمد علیزاده در شبانگاه روز ۳۱ مرداد با ارائهٔ آزمایش و نمایش در محل دانشگاه فرهنگیان برگزار کردند که مورد توجه قرار گرفت.

٦. مراسم اختتامیه، در ساعت ۲/۵ روز دوشنبه اول شهریورماه مراسم اختتامیه کنفرانس با حضور مدیرکل و دبیران شرکت‌کننده و اعضای کمیته‌های مختلف انجام شد. در این برنامه که بسیار منظم و مرتب بود. دکتر علیرضا کاظمی معاون اداره کل و دبیر کمیته اجرایی، سخنرانی مفصل و مستدلی ایراد کردند آن‌گاه جناب دکتر سلیمان رسولی از اعضای ارزشمند و پرتلاش هیئت اجرایی اتحادیه از چگونگی برگزاری جشنواره سالانه فیزیک که بر عهده انجمن معلمان فیزیک آذربایجان غربی بود سخن گفتند و از محمدحسن بیاتانی عضو دیگر هیئت اجرایی اتحادیه درخواست کردند که جوایز برندگان جشنواره را اهدا نمایند. ایشان ضمن سخنرانی و تشکر از حاضران جوایز جشنواره شامل بهترین فیلم یک دقیقه‌ای، بهترین نشریه انجمن، بهترین مقاله معلمان، بهترین سایت انجمن، بهترین طرح درس الکترونیکی و بهترین شبکه اجتماعی معلمان را به برندگان اهدا نمودند.

۷. بیانیه کنفرانس، حسن زحمتکش، دبیر محترم انجمن معلمان فیزیک خراسان رضوی بیانیه کنفرانس را ارائه کردند.

۸. اهدای لوح تقدیر، سرانجام برنامه کنفرانس اهدای لوح تقدیر به جناب وزیر، جناب مدیر کل، جناب دکتر مجتبوی رئیس دانشگاه فرهنگیان، دکتر حسن نصیری رئیس پردیس شهید بهشتی و به حسن زحمتکش دبیر محترم

انجمن معلمان فیزیک خراسان رضوی بود. این لوح‌های تقدیر از سوی دبیران برای سپاسگزاری از زحمات بی‌دریغ مسئولان تهیه شده بود.

اختتامیه کنفرانس

در خاتمه اسفندیار معتمدی به نمایندگی از سوی دبیران شرکت‌کننده در کنفرانس از کلیه مسئولان به ویژه مدیر کل، سیدنعمت عبدی، دکتر مجتبوی، دکتر کاظمی، محمدحسن شکفته، حسن زحمتکش، مجید عقیقی، دکتر محمدفرهاد رحیمی و خانم‌ها شهناز فارابی، بدرالملوک و ندایی و همهٔ کسانی که در برگزاری هرچه بهتر این کنفرانس کوشیده‌اند، تشکر کرد.

پیش از مراسم بزرگداشت مقام معلم از ستارگان که برندگان مسابقه‌های گوناگون در مشهد بودند با اهدای لوح و دادن جایزه تقدیر شد

فیزیک استان‌ها، براساس پتانسیل علمی و اجرایی بالای معلمان فیزیک استان خراسان رضوی، انجمن معلمان فیزیک خراسان رضوی را برای اولین بار طبق قراردادی مبسوط متولی فعالیت‌های اجرایی و برگزاری کنفرانس اعلام کرد. به گونه‌ای که این کنفرانس با همکاری و مشارکت اتحادیه انجمن‌های علمی آموزش معلمان فیزیک ایران، انجمن معلمان فیزیک استان خراسان رضوی، اداره کل آموزش‌وپرورش استان خراسان رضوی و دانشگاه فرهنگیان شکل گرفت و از همان ابتدا تعامل اثربخشی بین چنین قطب‌های علمی برقرار شد.

۲. بازنگری بنیادین بر روی اهداف و محورهای کنفرانس و فرم‌های داوری و تشکیل و فعالیت همزمان سه کارگروه داوران، آزمایشگاه، بزرگداشت مقام معلم.

۳. تشکیل کارگروه آزمایشگاه با هدف احیای فعالیت‌های آزمایشگاهی.

٤. دعوت از استاد ایرانی شاغل در سرن، دکتر محمود جزتوسلی، با هدف تعامل در حوزه فعالیت‌های دانش‌آموزی سرن و مسابقات بین‌المللی.

۵. ارتباط آنلاین با برنده مدال میلیکان در آموزش فیزیک سال ۲۰۱٤ پروفسور اوجینا اتکینا از آمریکا.

٦. ثبت کنفرانس در پایگاه استنادی علوم جهان اسلام.

۷. حضور نماینده رسمی انجمن فیزیک ایران در کمیته علمی.

۸. شناسایی و معرفی معلمان پیشکسوت استان و نشر کتابی با همین عنوان به همت اداره کل استان خراسان رضوی.

سایر فعالیت‌های اجرا شده در این کنفرانس عبارت‌اند از:

۹. نشست علمی با حضور مؤلفان کتاب‌های فیزیک از سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی کتاب‌های درسی در دو حوزه نظری و فنی‌وحرفه‌ای.

۱۰. نشست رؤسای انجمن‌های معلمان فیزیک استان‌های مختلف ایران.

۱۱. نشست سرگروه‌های آموزشی فیزیک استان‌ها با مسئول دبیرخانه کشوری درس فیزیک.

۱۲. تقدیر و تشکر از برگزیدگان جشنواره فیزیک.

۱۳. اعلام ارزیابی نهایی از بخش‌های مختلف علمی و اجرایی کنفرانس و اعلام در جلسه اختتامیه.

۱٤. انتشار خبرنامه کنفرانس که شامل رویدادهای سه روز کنفرانس در مشهد بود و توزیع در مراسم اختتامیه کنفرانس.

در خاتمه آقای جلال صبری دبیر هیئت داوران از مدیریت توانمند مدیر کل، تلاش صادقانه و آگاهانه هر یک از مسئولان، نظم دلسوزانه اعضای محترم انجمن معلمان فیزیک، سپاسگزاری کرد و گفت: کنفرانس هفدهم در میان چند کنفرانس گذشته سرآمد بود.

از ویژگی‌های شاخص این کنفرانس می‌توان به موارد زیر اشاره کرد که سبب شده است مورد توجه آموزشگران و پژوهشگران قرار بگیرد: این کنفرانس دارای ۱٤ مشخصه اصلی است:

۱. اتحادیه با نگرش تقویت انجمن‌های معلمان

ارتباط آنلاین با برنده‌مدال‌میلیکان در آموزش فیزیک سال ۲۰۱۴ پروفسور اوجینا اتکینا از جمله‌فعالیت‌های کنفرانس‌بود

از انتهای رنگین‌کمان تا لبه زمان، سیری در شگفتی‌های فیزیک

آزیتا سیدفدایی

- **به خاطر فیزیک**
- **نویسنده: والتر لوین، وارن گولدستاین**
- **ناشر: انتشارات فاطمی (تلفن: ۸۸۹۴۵۵۴۵)**

شکل ۱.

دو سه سال پیش هرگاه در جلسات هیئت تحریریه مجله رشد آموزش فیزیک، موفق به دیدار دکتر منیژه رهبر می‌شدم، ایشان با علاقه نکات و بخش‌هایی از کتاب «به خاطر فیزیک» را که در دست ترجمه داشت، بیان می‌کرد و اشتیاق من برای مطالعه کتاب هربار بیش از پیش افزوده می‌شد. این کتاب بیانی از بخش‌هایی از زندگی و نگرش و روش آموزش فیزیک والتر لوین است که به قلم خود او نوشته شده است.

عنوان اصلی کتاب For the love of physics: from the end of the rainbow to the edge of time, a journey through the wonders of physics است که در سال ۲۰۱۱، والترلوین و وارن گولدستاین (Walter Lewin, Warren Goldstein) آن را تألیف کرده‌اند و دکتر منیژه رهبر آن را ترجمه و انتشارات فاطمی آن را در سال ۱۳۹۲ منتشر کرده است. انتخاب چنین کتابی و ترجمه و انتشار آن می‌تواند تأثیر مثبتی در ارتقای آموزش فیزیک کشور ارائه کند. نام پروفسور والتر لوین را در سال‌های اخیر شنیده و به خصوص از این استاد خبره در آموزش فیزیک دانشگاه ام‌آی‌تی، فیلم‌هایی را روی اینترنت دیده بودم. والتر لوین شخصیتی عاشق درک جهان و آموزش فیزیک است. تصویر روی جلد این کتاب مربوط به کلاس درس فیزیک پایه یک در MIT است که برای آموزش آونگ در کلاس درس، خود همچون یک آونگ نوسان می‌کند تا دانشجویان تعداد نوسان‌های آن را در یک ثانیه بشمارند. با شناختی که از این استاد داشتم هربار بیش از پیش مشتاق بودم که ترجمه این کتاب سریع‌تر انجام گیرد و کتاب منتشر شود تا بتوانم یکی از اولین خواننده‌های آن باشم. و هم‌اکنون نیز بسیار خرسندم که ترجمه این کتاب را معرفی می‌کنم. ترجمه روان بر جذابیت متن کتاب افزوده است و با متنی کاملاً گویا، خواننده را به دنبال خود می‌برد تا جایی که بدون احساس زمان متوجه می‌شود یک فصل را خوانده است.

▲شکل ۲.

والتر لوین اخترفیزیک‌دان هلندی و استاد ممتاز انستیتوی فناوری ماساچوست (MIT) که درس‌های بسیار جذاب او افراد بسیاری را به فیزیک علاقه‌مند کرده است کتاب «به خاطر فیزیک» خوانندگان را به سفری سرگرم‌کننده، جذاب و بدیع در دنیای فیزیک می‌برد. بازتاب تجربهٔ چندین ساله و مهارت لوین در تدریس فیزیک را می‌توان در کتاب «به‌خاطر فیزیک» مشاهده کرد که حتی برای افرادی که آشنایی اندکی با فیزیک دارند جذاب است. در این کتاب او ابتدا مطالب را به‌صورت معماگونه مطرح می‌کند و سپس نشان می‌دهد که چگونه با دانستن اندکی فیزیک می‌توان موفق به شناخت آن شد. لوین به شما می‌گوید که اگر چند مفهوم فیزیکی مانند الکترومغناطیس و گرانی را درک کنید می‌توانید شناخت کافی را در مورد چگونگی کار دستگاه‌های پیچیده مانند سامانهٔ موقعیت‌یاب جهانی و دستگاه‌های مختلف دیگر به دست آورید.

همواره کوشیده‌ام فیزیک را برای شاگردانم جذاب سازم

کتاب این‌گونه آغاز می‌شود: «تقدیم به همه کسانی که عشق به فیزیک و هنر را در من به‌وجود آوردند.» نگارش این کتاب با همکاری وارن گولدستاین که رشته تخصصی‌اش تاریخ است، الگویی قابل تأمل در ترکیب میان رشته‌ای دانش بشری محسوب می‌شود. برخی موارد خواننده را در فکر فرومی‌برد که نقش نگرش تخصصی تاریخ چگونه می‌تواند سطرهای کتاب را یکی پس از دیگری رصد کند. و البته ناگفته نماند که گولدستاین نیز به مطالعه فیزیک علاقه داشته است. متن کتاب بیشتر گویای شور و شوق لوین در درک جهان است و اشاراتی به ابعاد زندگی و تفکراتش دارد که چگونه او را به چنین استاد گرانمایه‌ای تبدیل کرده است.

کتاب دارای پانزده فصل و دو پیوست و بخش نمایه است. هنگامی که برای اولین بار کتاب را باز کردم، با مروری سریع بر عنوان فصل‌ها، فصل پانزدهم با عنوان «شیوه‌های نگاه کردن» نظرم را جلب کرد و با یافتن صفحه مربوط با آن، صفحهٔ ۲۵۰، بدون وقفه و سریعاً مشتاق مطالعه این فصل شدم.

لوین نوشته بود: «وقتی تدریس خود در MIT را در سال ۱۹۷۰ آغاز کردم، روش کارم تأکید بیشتر بر زیبایی و هیجان بود و نه جزئیاتی که به هر حال شاگردان از یاد می‌بردند. در هر موضوعی که تدریس می‌کردم، همواره می‌کوشیدم در صورت امکان مطلب را به جهان مربوط به شاگردان ربط دهم و بکوشند آن‌ها پدیده را به صورتی ببینند که تا آن زمان فکرش را نمی‌کردند گرچه در دسترس آن‌ها قرار داشت.» ... «اینکه شاگردان زیبایی آنچه را که دیده‌اند به خاطر آورند بسیار مهم‌تر از نوشته‌های روی تخته سیاه است. آنچه اهمیت دارد چیزی نیست که به آن می‌پردازید بلکه چیزی است که از آن پرده برمی‌دارید!» .... «نکته مهم رمزگشایی از جهان فیزیک به‌گونه‌ای است که شاگردان را به علایق واقعی‌شان در جهان مرتبط سازد. به این دلیل است که همواره می‌کوشم به جای بالا و پایین بردن شاگردان از تک‌تک درختان، جنگل را به آن‌ها نشان دهم.»

جملاتی بسیار زیبا را یافتم که اهداف آموزش فیزیک را به‌گونه‌ای جذاب بیان کرده بود.

وقتی به فصل اول کتاب بازگشتم، در اولین جمله این فصل خواندم: «واقعاً عجیب است. پدر مادرم سرایدار بی‌سوادی

شکل ۳.

بودند. دو نسل پس از او، من استاد تمام MIT ام و این پیشرفت را مدیون نظام آموزشی هلند هستم» این جمله که قدرشناسی از نظام آموزشی گذشته را در او نشان می‌دهد یکی از ارزش‌هایی است که مرا به شخصیت لوین و ادامه مطالعه کتاب علاقه‌مند کرد. آن چیزی که در سراسر کتاب موج می‌زند القای همین حس نگرش مثبت او نسبت به جهان است. در همین فصل اول می‌گوید: «هدف من انتقال شور و هیجانی به آن‌ها بود که به کمک آن زیبایی جهان اطراف خود را به‌صورت تازه‌ای ببینند، نگرش آن‌ها را طوری تغییر دهم تا زیبایی دنیای فیزیک را مشاهده کنند و پی ببرند که فیزیک همه‌جا حضور دارد و بر زندگی همهٔ ما سایه افکنده است.» ... «همواره کوشیده‌ام فیزیک را برای شاگردانم جذاب سازم. فکر می‌کنم به خاطر آوردن زیبایی اکتشاف‌ها برای آن‌ها بسیار مهم‌تر از تمرکز بر ریاضیات پیچیده است، چون گذشته از هر چیز، بیشتر آن‌ها فیزیک‌دان نخواهند شد. من نهایت سعی خود را کرده‌ام تا آن‌ها جهان را به شکل متفاوتی ببینند، پرسش‌هایی مطرح کنند که قبلاً درباره‌اش فکر نکرده‌اند؛ این امکان را به آن‌ها بدهم که به رنگین‌کمان به گونه‌ای بنگرند که هرگز ندیده‌اند و به جای تمرکز بر جزئیات ریاضی، به زیبایی کامل فیزیک توجه کنند. هدف این کتاب ترسیم راه‌های فوق‌العاده‌ای در برابر چشمان شماست که براساس آن‌ها و به کمک فیزیک می‌توان به طرز کار جهان و زیبایی و ظرافت آن پی‌برد.»

عناوین متنوع فصل‌های کتاب عبارت‌اند از:

از هستهٔ اتم تا اعماق فضا ـ اندازه‌گیری‌ها، عدم قطعیت‌ها و ستارگان ـ اجسام متحرک ـ افسون آشامیدن با نی ـ بالا و پایین، بیرون و درون، رنگین‌کمان ـ هارمونی سازه‌های زهی و بادی ـ شگفتی‌های الکتریسیته ـ اسرار مغناطیس ـ پایستگی انرژی ـ پرتوهای X از فضای بیرونی ـ روزهای اولیهٔ پرواز بالون‌های پرتو X ـ فاجعه‌های کیهانی، ستارگان نوترونی و سیاه‌چاله‌ها ـ باله سماوی ـ فورانگرهای پرتو X ـ شیوه‌های نگاه کردن.

والتر لوین مدام مجذوب اسرار و زیبایی جهان طبیعی از رنگین‌کمان گرفته تا ستارگان نوترونی، از استخوان ران موش تا آواهای موسیقی بوده است، تنوع عناوین فصل‌های این کتاب نشان‌دهنده این موضوع است که می‌خواهد با تلاش دانشمندان و هنرمندان سازوکار این جهان را شرح دهد، تعبیر کند و مدل آن را نمایش دهد.

من نهایت سعی خود را کرده‌ام تا آن‌ها جهان را به شکل متفاوتی ببینند، پرسش‌هایی مطرح کنند که قبلاً درباره‌اش فکر نکرده‌اند

یکی از موضوعاتی که در تدریس به آن اشاره کرده است، دانشمند بودن مادربزرگش است! با اینکه مادربزرگ لوین فردی بی‌سواد بوده است ولی در کلاس‌های درس از او به‌عنوان یک دانشمند یاد می‌کرده است. کلاس درس را با این موضوع آغاز می‌کرده که مادربزرگ من معتقد بود وقتی فردی ایستاده است قد او کوتاه‌تر از زمانی است که روی زمین دراز می‌کشد. این فرضیه را با اندازه‌گیری قد دانش‌آموزان در کلاس درس، برای تمرین بحث اندازه‌گیری طول، به اثبات می‌رساند و همچنین تأییدی بر دانشمند بودن مادربزرگش می‌داند. ولی آیا تا به حال به چنین موضوعی برای تدریس موضوع اندازه‌گیری فکر کرده بودید؟

به نظر می‌آید که مطالعه این کتاب برای دبیران و معلمان فیزیک بسیار سودمند باشد و یاریگر ایجاد نگرش نوین به اهداف یادگیری فیزیک باشد. با مطالعه این کتاب می‌توان بر روی نه تنها روش آموزش فیزیک بلکه بر روی اهداف آموزشی بازنگری کرد. با مطالعهٔ فصل‌های کتاب می‌توانید شوق و شور، تعهد و مهارت او را پس از آشنایی با عشق همیشگی او به فیزیک و مشارکت با او در این زمینه تجربه کنید و از این سفر لذت ببرید.

Roshd
فیزیک
116
Physics Education Journal

IN THE NAME OF ALLAH

- The importance of Iran's rich culture / 2
-The process of creating diversity / J. Riazi /3
- The enigmatic neutrino/ Don Lincoin, Tia miceli / 6
- The adventure of ether/ A. Zohourian pordel / 14
- The physical science in the new generation sience standards / A. Razavi, A. Seid Fadai / 16
- Tarzan's dilemma /Mathew Rave and marcus sayers / 23
-Student's misunderstandings about Heat and Temperature /p. safari / 26
- Excessiveness in being excited and exaggeration in applause/ A. Zohourian pordel / 29
- Washing our eyes and observing differently / sh. Abkhiz / 30
- Designing simple optical instruments / H.Etehad mehrabad, m. sabzi,m. Ravan Bakhsh / 32
- Surface analysis using atomic force microscope / M. Hoseini, A.Daricavandi / 36
-Physics frontrier/ M. Rahbar / 38
- The process of light filamentation / H. Dadak / 44
-Patterns of nature / M. Taleb zadeh / 47
Calculatig differential experimental error / M.Moradvasi/ 54
- The 17th physics education conference report /E. Moatamedi/ 57
Book review / A. Seid Fadai / 61

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, Seyyed Hedayat Sajadi
www.roshdmag.ir
Physics@roshdmag.ir
ISSN: 1606-917x
SMS: 3000899502
P.O. Box: 15875/6585
Department of Physcis, Tehran-Iran
Physics Education Journal
Vol.32- No.116- 2016

اقتصاد مقاومتی؛ اقدام و عمل
رشد آموزش فیزیک
نحوهٔ اشتراک:
پس از واریز مبلغ اشتراک به شماره حساب ۳۹۶۶۲۰۰۰ بانک تجارت، شعبهٔ سه راه آزمایش کد ۳۹۵ در وجه شرکت افست، به 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 تکمیل شدهٔ اشتراک با پست سفارشی یا از طریق دورنگار به شمارهٔ ۸۸۴۹۰۲۳۳ (لطفاً کپی فیش را نزد خود نگه دارید.)
◆ عنوان مجلات درخواستی:
◆ نام و نام خانوادگی:
◆ تاریخ تولد: ◆ میزان تحصیلات:
◆ تلفن:
◆ نشانی کامل پستی:
استان: شهرستان:
خیابان:
پلاک: شمارهٔ بستی:
شمارهٔ فیش بانکی:
مبلغ پرداختی:
◆ اگر قبلاً مشترک مجله رشد بوده‌اید شمارهٔ اشتراک خود را بنویسید:
امضا:
◆ نشانی: تهران، صندوق پستی امور مشترکین: ۱۱۱۵۵/۴۷۹
◆ تلفن باجگانی: ۸۸۸۶۷۳۰۸-۰۲۱
◆ Email: Eshterak@roshdmag.ir
◆ هزینهٔ اشتراک سالانه مجلات عمومی رشد (هشت شماره): ۲۵۰/۰۰۰ ریال
◆ هزینهٔ اشتراک سالانه مجلات تخصصی رشد (سه شماره): ۲۰۰/۰۰۰ ریال

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