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

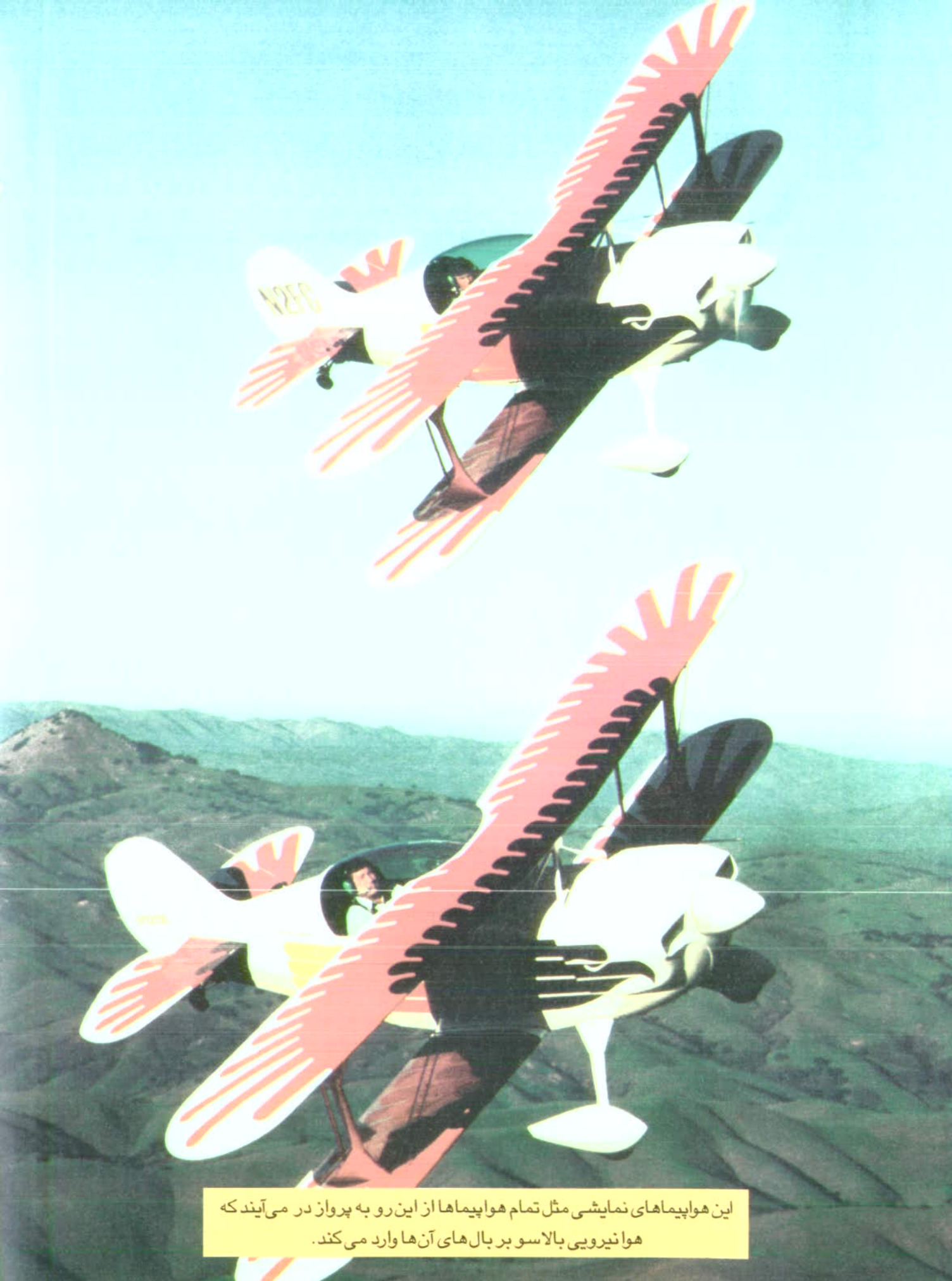
ISSN 1606 - 917X
www.roshdmag.ir

رشد آموزش فیزیک ۸۱

آموزشی، تحلیلی، اطلاع رسانی

دوره‌ی بیست وسوم، شماره‌ی ۲، زمستان ۱۳۸۶، بها: ۳۵۰۰ ریال

نانو ذره چیست؟ ۱۹
پیش از مهبانگ چه اتفاقی افتاد؟ ۲۶
پاد ماده وعلم قرن بیستم ۳۱
چطور بدانیم که چیزی را می دانیم؟ ۴۸
روان شدن بدون اصطکاک ۵۴



این هواپیماهای نمایشی مثل تمام هواپیماها از این رو به پرواز در می‌آیند که هوا نیرویی بالاسو بر بال‌های آن‌ها وارد می‌کند.

بسم الله الرحمن الرحیم

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

دوره‌ی بیستم‌وسوم ، شماره‌ی ۲ ،زمستان ۱۳۸۶

www.roshdmag.ir

ISSN : 1606-917X

شمارگان: ۱۷۰۰۰ نسخه
چاپ: شرکت افست (سهامی عام)
تلفن امور مشترکین: ۸۸۸۳۹۱۸۶
تلفن دفتر مجله: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱ داخلی: ۲۷۱
نشانی دفتر مجله: تهران، صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۶۵۸۵
صندوق پستی امور مشترکان: ۳۳۳۱ - ۱۵۸۷۵
پیام‌گیر نشریات رشد: ۸۸۳۰۱۴۸۲-۸۸۸۳۹۲۳۲
مدیر مسئول: ۱۰۲
دفتر مجله: ۱۱۳
امور مشترکین: ۱۱۴

رشد آموزش فیزیک ۸۱

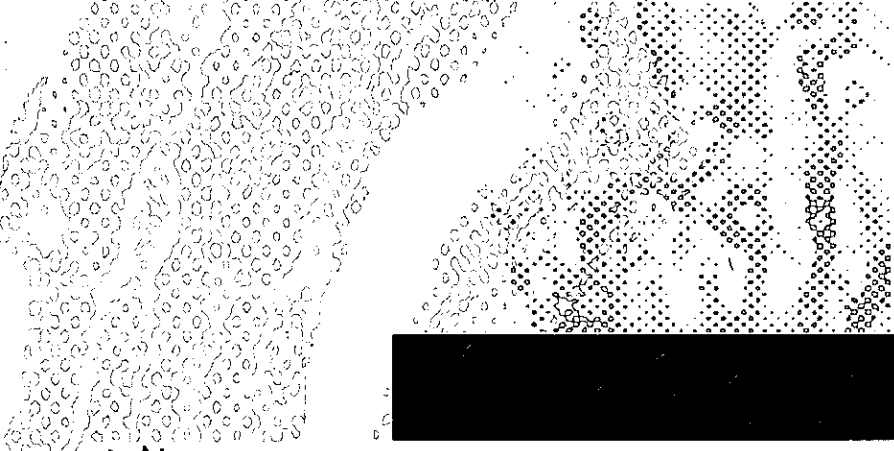
آموزشی، تحلیلی، اطلاع رسانی

مدیر مسئول: علیرضا حاجیان‌زاده
سردبیر: دکتر منیژه رهبر
مدیر داخلی: احمد احمدی
ویراستار: لعیا عروجی
طراح گرافیک: پروانه هادی‌پور رحیم آبادی
هیأت تحریریه: احمد احمدی، روح الله خلیلی بروجنی
منیژه رهبر، سید جعفر مهرداد

تصویر روی جلد؛
خرس‌های قطبی به علت پوست متشکل از موهای نازک خود، مقدار کمی از گرمای بدن خود را از دست می‌دهند.

پیش گفتار: مولوی کیست؟	۲	سردبیر
آزمایشی ساده درباره‌ی بازتاب کلی نور	۴	حشمت کاکا
زبان مشترک با دانش‌آموزان	۵	جهانگیر ریاضی
مدل‌سازی در فیزیک و نقش آن در بهبود آموزش فیزیک	۷	آزیتا سید فدایی
تأملی بر دستاوردهای مفاخر فیزیک ایران در دوران اسلامی	۱۱	پیام بهرامی چگنی، ...
پلانک چگونه مشکل تابش جسم سیاه را حل کرد	۱۶	مهدی شهریاری نمینی، ...
نانو ذره چیست؟	۱۹	چارلز پی. پول و همکاران
چگونه از صوت برای برقراری ارتباط در...	۲۰	دکتر هادی فدوی حسینی، ...
انرژی زیست توده	۲۳	سکینه انصاری
مرزهای فیزیک	۲۶	
پاد ماده و علم قرن بیستم	۳۱	گری ویلیامز
معرفی کتاب	۳۷	محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر
رنگین کمان	۳۸	ورن جی استدیک و همکاران
تعیین راستای شمال جنوب جغرافیایی زمین با...	۴۱	حسن اتحاد، مرضیه روانبخش
راه‌حلی کامل و مسأله‌ای چالش برانگیز	۴۲	ژان پرات
انرژی و تغییر	۴۴	یوجین هشت
چطور بدانیم که چیزی را می‌دانیم؟	۴۸	ریک مارشال
روان شدن بدون اصطکاک	۵۴	ورن جی. استدیک و همکاران
از سطح یک ماه به چه بزرگی می‌توانید بپرید؟	۵۶	
شبیه سازی عددی تولید امواج گرانی...	۵۷	عباسعلی علی‌اکبر بیدختی،...
ما و خوانندگان	۶۱	

مجله رشد آموزش فیزیک، نوشته‌ها و حاصل تحقیقات پژوهشگران و متخصصان تعلیم و تربیت، بویژه آموزگاران، دبیران و مدرسان را، در صورتی که در نشریات صوری 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 نصاویر ضمیمه 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 ضمیمه 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، محل نشر، ناشر، سال انتشار و شماره صفحه‌ی مورد استفاده باشد.
مجله در رد، قبول، ویرایش و تلخیص مقاله‌های رسیده مختار است.
✓ آرای مندرج در مقاله‌ها، ضرورتاً تعیین نظر دفتر انتشارات کمک آموزشی نیست و مسؤولیت پاسخگویی به پرسشهای خوانندگان، با خود نویسنده یا مترجم است.
✓ مجله از بازگرداندن مطالبی که برای چاپ مناسب تشخیص داده نمی‌شود، معذور است.



سر مقاله

[redacted]

منیژه رهبر

به مناسبت هشتصدمین سال تولد مولوی، یونسکو امسال را سال جهانی مولوی اعلام کرده است. بدین مناسبت مراسم مختلفی جهت آشنایی جهانیان با این شاعر و عارف بلندآوازه‌ی ایرانی ترتیب داده شده است. در کشور خودمان نیز روزهای ۶ و ۷ و ۸ آبان در سه شهر (تهران، تبریز و خوی) مراسم شایسته‌ای با شرکت نهادهای فرهنگی برگزار شد. ترکیه با بهره گیری از این که آرامگاه او در قونیه قرار دارد، در یک سوء استفاده‌ی آشکار تاریخی و فرهنگی در صدد معرفی او به‌عنوان شاعری ترک برآمده است و کتاب مثنوی او را به عنوان اثر شاعری از این کشور به جهانیان عرضه می‌کند. گرچه فارسی شیوای او جای هیچ گونه تردیدی را در مورد ایرانی بودن او باقی نمی گذارد، اما بی‌شک شایسته است که دست‌اندرکاران فرهنگی کشور اهتمام بیشتری در جهت معرفی هرچه بهتر او به مردم کشورمان و دیگر کشورهای جهان به‌عمل آورند. بدین‌مناسبت لازم دیدم برای آشنایی بیشتر خوانندگان عزیز پیشگفتار این شماره را به شرح مختصر زندگی و کارهای او اختصاص دهم.

نام مولانا محمد و لقب او جلال‌الدین است و همه‌ی مورخان در این مورد توافق دارند. لقب مولوی نیز که از دیرباز صوفیه و دیگران به این استاد داده‌اند تا قرن نهم رایج نبوده است. محل تولد او شهر بلخ است که در تاریخ ششم ربیع‌الاول سال ۶۰۴ هجری قمری در این شهر متولد شد. علت شهرت او به مولای رومی همان اقامت طولانی وی در شهر قونیه است- که پیش از این‌ها در روم شرقی قرار داشت و این- که بیشتر عمر خود را در آن گذرانده، ولی او همواره خود را از مردم خراسان می‌شمرد و اهالی آن سرزمین را بسیار دوست می‌داشت.

نسب او به گفته‌ی برخی به ابوبکر (خلیفه‌ی اول مسلمین) می‌رسد. پدر مولانا محمدبن حسین خطیبی معروف به بهاءالدین ولد است که او را سلطان‌العلما لقب داده‌اند و از مردمان فاضل روزگار و علامه‌ی دوران خود بود. بهاءالدین ولد از بزرگان دوران خود بود، خرقه‌ی او به روایت افلاکی به احمد غزالی می‌پیوست و در امر به‌معروف و نهی‌از منکر معروف بود. او عده‌ی زیادی را با خود همراه ساخته بود و خواص و عوام به او توجه داشتند. این امر سبب وحشت خوارزمشاه شد و بهاءالدین ولد را مجبور به مهاجرت کرد.

به گفته‌ی احمد افلاکی و اغلب تاریخ‌نویسان چون او بر سر منبر به حکما و فلاسفه بد می‌گفت این موضوع به فخر رازی که استاد خوارزمشاه و سرآمد حکمای عصر بود گران آمد و او خوارزمشاه را با دشمنی با بهاءالدین ولد برمی‌انگیخت. سرانجام او دیگر در بلخ مجال اقامت ندید و مجبور به مهاجرت شد. پس قصد حج کرد و به جانب بغداد روان شد. چون به نیشابور رسید فریدالدین عطار به دیدن او آمد و در آن وقت جلال‌الدین خردسال بود.

می‌گویند شیخ عطار کتاب اسرارنامه را به جلال‌الدین هدیه کرد و به بهاءالدین گفت «زود باشد که این پسر تو آتش در سوختگان عالم زند». گفته‌اند که مولانا پیوسته اسرارنامه را با خود داشت.

پس از وفات بهاءالدین ولد، جلال‌الدین برجای پدر نشست و مفتی شریعت شد. مردم روزگار او را از جنس خود می‌دیدند و فریفته‌ی سخن او بودند و بر زهد و تقوای او اذعان داشتند. تا آفتاب عشق و حقیقت شمس پرتو بر آن جان پاک افکند و چون نسیمی با وزش خود آتش زیر خاکستر وجود شمس را شعله‌ور ساخت و حریق عظیمی که در روح جلال‌الدین زبانه کشید به‌صورت حقیقت شعر او نمایان شد. با ورود شمس به زندگی او مولانا طریقه و روش خود را تغییر داد و اهل زمانه نیز عقیده‌ی خود نسبت به او را تغییر دادند. شمس توفان عظیمی بود که اقیانوس آرام وجود او را متلاطم و موج‌خیز ساخت و کشتی اندیشه‌ی او را به گرداب حیرت افکند.

شمس‌الدین محمدبن‌علی‌بن ملک داد از مردم تبریز بود. با توجه به برخی روایت‌ها متولد سال ۵۸۲ هجری‌قمری و به هنگام ورود به قونیه شصت‌ساله بود. او پیش از پیوستن به مولانا در شهرها می‌گشت و به خدمت بزرگان می‌رسید و گاهی مکتب‌داری می‌کرد. گفته‌اند که روز شنبه بیست‌وششم جمادی‌الاخر سال ۶۴۲ هجری‌قمری وارد قونیه شد و در خان شکرفروشان حجره گرفت. بر در حجره‌اش دوسه دیناری با قفل بر در می‌نهاد تا خلق گمان کنند که تاجری بزرگ است. اما درحجره‌ی خود غیر از حصیری کهنه و بالشی از خشت خام نداشت.

مشهورترین آثار مولوی، مثنوی معنوی و دیوان شمس است. مثنوی معنوی که یکی از شاهکارهای ادبیات عرفانی فارسی است را مولانا پیش از سال ۶۵۶ هجری آغاز کرده و دفتر اول آن قبل از این تاریخ به پایان رسیده است. تاریخ قطعی ختم آن معلوم نیست اما می‌توان گفت که دفتر ششم که آخرین دفتر آن است پیش از وفات او به پایان رسیده است.

به گفته ی غلی دشتی، «نخستین ویژگی که در شعرهای او به چشم می خورد و او را از دیگران متمایز می سازد آن است که او نمی خواهد شعر بگوید، بلکه می خواهد احساسات [دریافت های] رنگ و مبهم خود را بیان کند»، او گنگ خواب دیده‌ای است که می خواهد خواب خود را بگوید. او در اقیانوسی دست و پا می زند و با زدن ها به صورت کلمات موزون و خوش آهنگ در می آید. نظم و موازین شعری در او کیفیتی عرضی و ثانوی است. تبحر و احاطه ی گیج کننده ی او به علوم ادبی و وجود موسیقی کم نظیری که در روح خود دارد، به شعر او طراوت گل های بامدادی را می دهد.

مولوی به دنبال قافیه نمی رود، بلکه قافیه را به دنبال خود می کشاند و اگر لازم باشد آن را خلق می کند؛ زیرا هدف او چیز دیگری است

قافیه اندیشم و دلدار من
گویدم مندیش جز دیدار من
حرف چبود تا تو اندیشی در آن
صوت چبود؟ خار دیوار رزان
حرف و صوت و گفت را برهم زنم
تا که بی این هرسه با تو دم زنم
آن دمی کز آدمش کردم نهان
با تو گویم ای تو اسرار جهان

و اگر حقیقت شعر را سرریز احساسات یک روح پر از هیجان و پرتو آتش درونی بدانیم، بی شک جلال‌الدین شاعر شاعران جهان است.

جذبه‌های روحی او ما را بالاتر از صنعت شعر و هنر انشاء قرار می‌دهد. شعر در زبان او لبریز امواج عشق و فوران مکنونات هیجان‌انگیز است. شعر در دهان او هجوم معانی و خروش مفاهیم تغییرناپذیر است. از این رو در تلاشی مأیوسانه الفاظ را حتی بدون رعایت موازین فصاحت بیرون می ریزد.

«خون چو می جوشد منش از شعر رنگی می دهم»

صفحه ی اول مثنوی آهنگی است که مکنونات نهفته ی روح ما را تفسیر می کند. این صفحه لبریز از موسیقی و جذبه‌ای است که نظیر آن را در هیچ شعر غنایی دیگری نمی توان یافت. در این کتاب صفحه‌های درخشان بسیاری وجود دارد که شما را به اوج آسمان‌ها می برد. اصالت این کتاب در بیان مطالب و چگونگی این بیان، فراوانی اندیشه و تنوع مثل‌ها و تمثیل‌های آن است و از این نظر شاید هیچ کتابی در جهان به عظمت مثنوی مولانا نباشد.

اما دیوان شمس چیز دیگری است. این دیوان دفتر عشق است. عشق به زیبایی، عشق منزه از آلودگی‌های مادی، عشق به‌وجود مجرد، به مُثُل اعلا، جهش به طرف کمال مطلق، پرواز به لایتناهی، و از این‌رو سراسر موسیقی است. موسیقی ناطق و زبان روح.

سرانجام، مولانا در سال ۶۷۲ هجری قمری در بستر بیماری افتاد و مداوای پزشکان درمورد او مفید واقع نشد و در روز یکشنبه پنجم جمادی‌الاخر این سال به هنگام غروب آفتاب چشم از جهان فروبست. اهل قونیه از بزرگ و کوچک بر جنازه ی او حاضر شدند و آن را با حرمت تمام برگرفتند و در تربت مبارک مدفون ساختند. مدفن او در نزدیکی آرامگاه پدرش بهاءالدین ولد است.

آزمایشی ساده درباره‌ی بازتاب کلی نور

حشمت کاکا
دبیر فیزیک، استان ایلام

آزمایش کردن، یکی از عامل‌هایی است که باعث موفقیت در آموزش فیزیک می‌شود. در بسیاری از موارد برای این کار، می‌توان از وسیله‌های ساده و ارزان استفاده کرد. آزمایشی را که در این جا شرح می‌دهم، در مدرسه برای دانش‌آموزان انجام داده‌ام و نتیجه‌ی آن بسیار موفقیت‌آمیز بوده است. هدف آزمایش نمایش پدیده‌ی بازتاب کلی (داخلی) نور است. این پدیده اساس کار بسیاری از وسایل، از جمله پریسکوپ (چشم زیردریایی)، دوربین‌های دوچشمی شکاری، دوربین تانک‌های جنگی، آندوسکوپ، تار نوری و غیره است.

وسایل لازم

۱ـ یک شیشه‌ی خالی مربا یا ترشی استوانه‌ای‌شکل با در پلاستیکی

۲ـ چند برگ کاغذ سیاه‌رنگ یا دوده‌اندود

۳ـ یک پرتوافکن

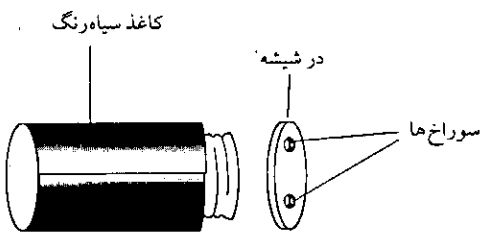
روش انجام آزمایش

دو سوراخ، هر کدام به قطر تقریبی ۸ میلی‌متر روی در پلاستیکی شیشه نزدیک به لبه‌ی آن ایجاد کنید و با کاغذ سیاه‌رنگ، قسمت جانبی شیشه را بپوشانید (شکل ۱).

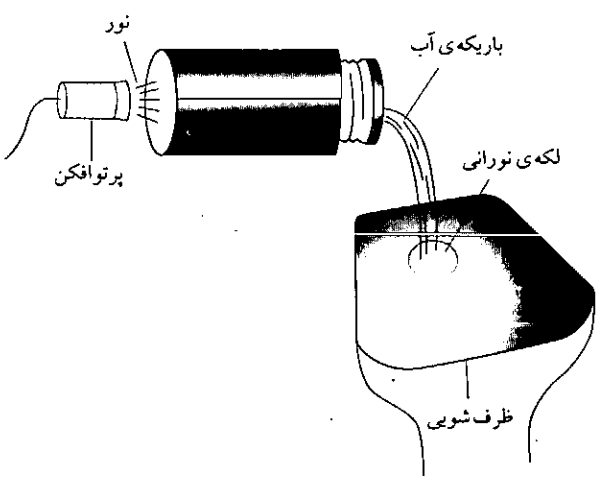
سپس شیشه را تقریباً پر از آب کنید. برای جلوگیری از ریختن آب بر روی زمین، بهتر است آزمایش را در بالای یک ظرف شویی یا دست‌شویی انجام دهید. حال، شیشه را افقی نگه دارید و با یک پرتوافکن به استوانه نور بتابانید. با تغییر زاویه پرتوافکن، یک لکه‌ی نورانی در محل برخورد باریکه‌ی آب به ظرف شویی دیده می‌شود (شکل ۲).

نتیجه گیری

با وجود این‌که باریکه‌ی آب خروجی از شیشه، خمیده و منحنی‌شکل است، نور توسط بازتاب‌های کلی پی‌درپی، از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر منتقل شده است.



شکل ۱



شکل ۲

مرجع:
فیزیک ۱ و آزمایشگاه، اعظم پورقاضی، سید مهدی شیوایی، حسن عزیزی، غلامعلی محمودزاده، ۱۳۸۲

زبان مشترک با دانش‌آموزان

جهانگیر ریاضی

مقدمه

یکی از مؤلفه های اساسی و بسیار مهم در آموزش نوین و فرایند یادگیری فعال، چگونگی ایجاد ارتباط معلم با دانش‌آموزان است. برای داشتن یک رابطه ی فعال با دانش‌آموزان، شناخت علاقه‌مندی ها و رضایت‌مندی های آن‌ها بسیار اهمیت دارد. جوانان علاقه‌مندی ها و رضایت‌مندی های خود را در قالب‌ها و نشانه هایی مختلف نشان می‌دهند. واکنش های مختلف و رفتارهای عاطفی جوان نسبت به این رویدادهای متنوع می‌تواند این نشانه‌ها را معرفی کند و پنجره‌های ورود به دنیای درونی آن‌ها محسوب شود. از جمله راه‌های بیان احساسات و عواطف درونی یک انسان «به زبان آوردن» یعنی گفت‌وگو با دیگران است. واژه‌ها و عبارت‌هایی که شناخت و آشنایی با آن‌ها می‌تواند ما را هرچه بیشتر به مفهوم و معنای درونی آن‌ها نزدیک کند. و این به معنی یافتن زبانی مشترک با دانش‌آموزان است که می‌تواند ما را در ایجاد ارتباطی صمیمی و فعال همراهی کند. در این مقاله سعی می‌شود مؤلفه‌های مؤثر بر «یافتن زبان مشترک با دانش‌آموزان» مورد بحث قرار گیرد.

۱ دانش‌آموز از کدام پنجره به جهان، انسان و مناسبات انسانی می‌نگرد؟

هرگاه بخواهیم از پنجره‌ی خودمان به مسائل نگاه کنیم و مناسبات انسانی را آن‌گونه که تمایل داریم، ببینیم، در آن صورت، نمی‌توانیم انتظار ایجاد ارتباط فعالی با دانش‌آموز جوان را داشته باشیم. ایجاد ارتباط مستلزم یافتن و گشودن پنجره‌ای است که جوان از آن پنجره به جهان و مناسبات انسان‌ها می‌نگرد. باید از طریق همین پنجره به دنیای درون جوان سفر کرد و از آن‌جا به مسائل نگاه کرد. منظورمان تأیید و پذیرش کامل این نگاه نیست، بلکه هدف «شناخت» نوع نگرش اوست. از همین پنجره است که باید بتوان «رفتار عاطفی» جوان را نسبت به شرایط متغیر اجتماعی ارزیابی نمود و از آن شناخت بهتری به دست آورد. این شناخت به ما توانمندی پیش‌بینی بعضی رفتارها را می‌دهد. ممکن است برخی رفتارهای جوان قابل پیش‌بینی نباشد، ولی برخورد آگاهانه‌ی معلم می‌تواند بخش‌های پیش‌بینی‌نشده را کاهش دهد. در این راستا، شناخت «نشانه‌ها» در رفتار و واکنش دانش‌آموز جوان بسیار اهمیت دارد. نشانه‌ها نمادهای خارجی از یک احساس و رفتار درونی در یک فرد هستند. نشانه‌ها می‌توانند ما را به آنچه در دنیای درون جوان می‌گذرد هدایت کنند. معلم باید بداند دانش‌آموز علاقه‌مندی، هم‌دردی، تأیید، نگرانی، بی‌تفاوتی و یا حتی نفرت خود را از مناسبات و محیط اطراف خود، به چه صورت نشان می‌دهد. به زبان ساده باید بداند منظور دانش‌آموز از این رفتار یا واکنش چیست؟ گاهی اوقات دانش‌آموز برای جلب توجه، رفتار خاصی از خود نشان می‌دهد. اما باید توجه کرد و مراقب بود که گاه برخی نشانه‌ها الزاماً ما را به علت اصلی یک رفتار هدایت نمی‌کنند. و این از پیچیدگی رفتارهای انسانی است. واکنش دانش‌آموز نسبت به رفتار مهربان و محبت‌آمیز، رفتار نامهربان و حتی توهین‌آمیز، رفتار مبتنی بر تبعیض بین دانش‌آموزان و... می‌توانند نشانه‌هایی از احساس درونی او باشد. رفتارهای عاطفی در یک سن معین دارای ویژگی‌های مشترک است. ولی لازم است به ویژگی‌های رفتار فردی هم توجه شود. مثلاً: قدرت تخیل جوان، گذراندن بخشی از اوقات در فضایی مجازی و رؤیاها، رفتار هیجانی در مقابل رویدادهای خارجی و... از ویژگی‌های مشترک جوانان در این سن است. در این زمینه وقتی از رفتار هیجانی گفت‌وگو می‌شود، معلم باید ویژگی‌های رفتار هیجانی را بشناسد، تا بتواند بر این مبنا، واکنش مناسب را نشان دهد. معلم فراموش نمی‌کند که عمر و بازهٔ زمانی دوام یک رفتار هیجانی «کوتاه» است. بنابراین نباید به عنوان یک رفتار و احساس «بادوام» با آن برخورد کرد. برای شناخت پنجره‌ی نگرش دانش‌آموز، باید فرصت و

عرصه‌های لازم را ایجاد کرد. آموزش نوین در شیوه‌ی کار گروهی - این عرصه را برای شناخت هرچه بیشتر رفتارهای دانش‌آموزان ایجاد می‌کند. معلم آگاه، می‌تواند از مجموعه‌ی رفتارهای دانش‌آموز در کار گروهی، با توانمندی‌ها و ضعف‌های او آشنا شود. درباره‌ی چگونگی ایجاد ارتباط او با سایر افراد گروه دقت کند و... نگرش سنتی به محیط آموزشی و مشارکت نکردن دانش‌آموزان در فرایند یادگیری - این امکان شناخت را از بین می‌برد. درنهایت باید گفت: یافتن پنجره‌ی نگاه دانش‌آموز به مناسبات انسانی، ما را در یافتن زبان مشترک با او، یاری می‌رساند.

«باور کردن، گامی فراتر از شناختن»

شناخت رضایت‌مندی‌ها و علاقه‌مندی‌های دانش‌آموز جوان، گام بسیار مهمی در ایجاد ارتباط و یافتن زبان مشترک با اوست. اما این شناخت برای ایجاد ارتباط کافی نیست. دانش‌آموز باید احساس کند که معلم او را باور می‌کند. باید احساس کند با او «مهربان» است، و مهربانی او تصنّعی و کلیشه‌ای نیست. مهم نیست او را کاملاً قبول کرده یا بخشی از رفتارش را پذیرفته باشیم. مهم این است که او را با همین رفتارها باور کرده باشیم. باور کردن، نشانه‌ی خارجی یک اعتقاد درونی به ارزش‌های یک انسان است. دانش‌آموز کم و بیش تشخیص می‌دهد که کدام رفتار و عمل ما، با گفتارمان انطباق ندارد. در آن‌جاست که باورپذیری وی آسیب می‌بیند. از طرف دیگر، باور کردن یک موضوع دوطرفه است. عموماً در فضایی که ما دانش‌آموزان را باور نمی‌کنیم، با او مهربان نیستیم، او هم ما را باور نمی‌کند، به کلام و رفتار ما حُرمت لازم را نمی‌گذارد. مهربان بودن به معنی دنباله‌روی و تأیید رفتارهای نامطلوب دیگران نیست. بنابراین فراموش نکنیم که نتیجه نهایی شناخت‌های ما از دانش‌آموزان، باید در رفتاری مهربان و صبورانه، در قالب باوری متقابل، خود را نشان بدهد. باوری که مجازی و مصنوعی نیست، احساسی است درونی که از عقیده‌ی خالص و شفاف سرچشمه می‌گیرد، آنگاه بر لطافت‌های درونی جوان تأثیر می‌گذارد. این گونه باورهاست که ما را به یافتن زبان مشترک باز هم نزدیک‌تر می‌کند. وقتی جوان احساس کرد که او را باور کرده‌ایم، به اصول و ساختار اخلاقی ما احترام بیش‌تری می‌گذارد. آن‌گاه تدریجاً درک می‌کند که معلم مهربان ضمن این‌که او را باور می‌کند، در برخی موارد به درخواست‌های غیر اصولی او «نه» می‌گوید، درمی‌یابد «نه گفتن، در برخی شرایط، مهربان‌ترین و اخلاقی‌ترین رفتار است.»

شناخت زبان مشترک بین خود جوانان دانش‌آموز

بی‌تردید، شناخت مجموعه رفتارها و گفت‌وگوها در تعامل بین دانش‌آموزان، می‌تواند ما را دریافتن زبان مشترک با آن‌ها کمک کند. این شناخت می‌تواند شامل: چگونگی گذراندن اوقات فراغت مشترک، دل‌مشغولی‌ها، گفت‌وگوها و نجواهای مشترک که عموماً با بزرگ‌ترها مطرح نمی‌شود، واژه‌ها و عبارت‌هایی که در گفت‌وگو با یکدیگر به صورت گسترده استفاده می‌شود، باشد. با این جا سعی می‌کنیم اصطلاحات به کار گرفته شده در گفت‌وگوی بین دانش‌آموزان را بشناسیم. اما فراموش نشود که معلم هم «زبان» خود را دارد. واژه‌ها و عبارت‌هایی که باید از فضیلت‌های اخلاقی برخوردار باشند تا بتوانند الگوی شایسته‌ای در راستای «یادگیری برای با هم زیستن» گردند. شناخت اصطلاحات دانش‌آموزان به معنی پذیرش، تکرار یا به کارگیری آن‌ها به وسیله معلم در گفت‌وگو با دانش‌آموز نیست. این تصور غلط را باید کنار گذاشت که برای ایجاد ارتباط و داشتن زبان مشترک با جوانان، باید عیناً مانند آن‌ها حرف زد. از همان اصطلاحات خاص آن‌ها استفاده و یا مانند آن‌ها رفتار کرد. جوان دانش‌آموز باید احساس کند که درحالی‌که واژه‌های معلم با اصطلاحات او یکی نیست، ولی می‌تواند به فضای درونی، مطلوبیت‌ها و رضایت‌مندی‌های او نزدیک گردد. این واژه‌ها با حفظ جریم اخلاقی و فضیلت‌ها، می‌توانند با متانت و شفافیت، همان احساس درونی جوان را بیان کنند. در اینجا دانش‌آموز درمی‌یابد که می‌توان به زبان و آشکالی متفاوت، یک مفهوم، یک احساس و یک رضایت‌مندی را بیان کرد. از او نمی‌خواهیم که شیوه‌ی گفت‌وگوی ما را تقلید کند، نمی‌خواهیم مثل ما دنیا را ببیند، بلکه به او نشان می‌دهیم که می‌توان از پنجره‌هایی به ظاهر متفاوت، با اصطلاحاتی متفاوت به درک واقعی‌تر از یک مفهوم رسید. معلم باید به دانش‌آموز بگوید: «مفهوم را از پنجره‌ی خود نگاه کن، به روایت خودت درک کن، با تجربه‌ی خود به آن بیندیش، ... اما از حقیقت مفهوم دور نشو». وظیفه‌ی معلم کاهش فاصله بین دانش‌آموز و مفهوم است، و این یعنی یافتن زبان مشترک. در این راستا، معلم بر ترکیب واژه‌ها و عبارات مدیریت می‌کند. زیبایی واژه‌ها و ترکیب آن‌ها، در پیچیده بودن آن‌ها نیست. سادگی و شفافیت واژه‌ها با مدیریت درست، می‌تواند ترکیبی زیبا و قابل فهم و قابل دسترس از یک مفهوم در اختیار دانش‌آموزان قرار دهد. هر واژه می‌تواند حریم اخلاقی خود را داشته باشد، متانت داشته باشد، مفهوم را برساند، با جوان ارتباط ایجاد کرده به دل بنشیند به طوری که دانش‌آموز آن را باور کند. پس: زبان مشترک به معنی «مانند هم گفت‌وگو کردن»، «مانند هم رفتار کردن»، «مانند هم دیدن» و... نیست. زبان مشترک یعنی همدلی و همراهی در یافتن مسیری که ما را به درک واقعی‌تر مفاهیم نزدیک کند. زبان مشترک همان حضوری است که آرامش و امنیت ایجاد می‌کند، محیط آموزشی را به فضایی تبدیل می‌کند که با آرامش و اعتماد و باور متقابل، امکان، اندیشه و تجربه‌ی شخصی را برای دانش‌آموزان به‌وجود می‌آورد.

مدل‌سازی در فیزیک و نقش آن در بهبود آموزش فیزیک

ازیتا سیدفدایی
seiedfadaei@yahoo.com

انگیزه‌ی نگارش این مقاله دستاوردهای شرکت در کنفرانس بین‌المللی آموزش فیزیک اروپا (Girep 2006) *در کشور هلند با موضوع «مدل‌سازی و استفاده از آن در آموزش فیزیک» است.*

آشنایی و تعامل با شیوه‌های آموزشی نوین در کشورهای مختلف مرا بر آن داشت تا به یک بازنگری در استفاده از «مدل‌سازی در آموزش فیزیک» در ایران بپردازم.

هدف مقاله، پرداختن به مصداق‌های مدل‌سازی در آموزش فیزیک در کشورمان و بررسی آن به منظور ارتقای کیفی سطح آموزش فیزیک است.

ضرورت تعمیق آموزش فیزیک و پرهیز از حفظ کردن مطالب باعث شده تا مدل‌سازی در فیزیک، خلاقیت دانش‌آموزان را برانگیزد و لذت کسب علم را با زیبایی درک جهان و یافته‌های فردی جست‌وجوگرانه تلفیق کند و شاخه‌ای آموزشی مبتنی بر مدل‌سازی را گسترش دهد.

مدل‌سازی تفکری است که حدود چندین دهه است به طور خاص مورد توجه نظریه‌پردازان آموزش قرار گرفته است. این روش که از زمان‌های دور مورد استفاده دانشمندان و نابغه‌ها بوده است، وارد دستگاه‌های آموزشی شده است. مصادیق زیر به عنوان مدل‌سازی در آموزش شناخته شده‌اند:

۱. ساده‌سازی پدیده‌های جهان و ربط دادن آن‌ها به کمیت‌ها

۲. کشف رابطه‌ی علت و معلولی بین کمیت‌ها

۳. ایجاد رابطه بین کمیت‌ها و ساده‌سازی در قالب کلمات و فرمول ریاضی

۴. ساده‌سازی پدیده‌ها به صورت رسم شکل‌ها، نمودارها و نقشه‌های مفهومی.

۵. توصیف فرآیندها به صورت ساخت ماکت، دست‌سازه و نمونه کارهای آزمایشگاهی

۶. طراحی، ساده‌سازی و حل مسأله‌ها برای تحلیل پدیده‌های جهان و غیره...

اگرچه بسیاری از معلمان در درس‌های مختلف از این روش‌ها استفاده می‌کنند ولی به شیوه‌ی استفاده از این ابزارها وطرح آن به عنوان وسیله‌ای برای تفهیم بیشتر به دانش‌آموز و یا حتی استفاده از مدل‌سازی به وسیله‌ی خود دانش‌آموز آگاهی ندارند.

معلمان در رشته‌های مختلف، کم وبیش از شیوه‌های مدل‌سازی مطرح شده استفاده می‌کنند، تا شرایط درک بیشتر نسبت به پدیده‌ها را فراهم کنند، اما پرداختن و مطالعه‌ی دقیق این شیوه به عنوان ابزاری قوی در آموزش بسیار تأثیرگذار است.

در کشور ما نیز معلمان فیزیک به دلیل استفاده‌ی سنتی (که خود نیز با این روش‌ها آموزش دیده‌اند) از مدل‌سازی

استفاده می‌کنند. اما امروزه شناخت و توجه بیشتر به ساده‌سازی پدیده‌ها و تأثیر آن در آموزش، افق دید معلمان را بازتر خواهد کرد.

برای دقیق‌ترکردن بحث، به مثال‌های کاربردی شیوه‌های آموزش فیزیک که در کتاب‌های درسی به وسیله‌ی معلمان فیزیک در کشورمان استفاده می‌شود، می‌پردازیم:

۱. ساده‌سازی پدیده‌های جهان و ربط دادن آن‌ها به کمیت‌های (قابل اندازه‌گیری)

مثال: «پدیده‌های ماکروسکوپی» در ترمودینامیک واژه‌ای است که در دبیرستان مورد استفاده‌ی معلمان فیزیک است، پدیده‌هایی که در دبیرستان مورد استفاده‌ی معلمان فیزیک است، پدیده‌هایی هستند که وضعیت ماده را در مقیاس بزرگ توصیف می‌کنند مانند دما، حجم، فشار و...[۱].

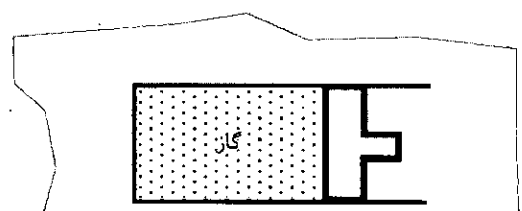
با این بیان، پدیده‌ها را به کمیت‌های قابل اندازه‌گیری ربط می‌دهیم. مثل: فشار (P)، حجم (V)، دما (T).

لاورنس راجرز[1] از دانشگاه لستر[2] انگلستان معتقد است که یکی از مرحله‌های استفاده از مدل‌سازی عبارت است از تهیه‌ی فهرست کمیت‌هایی که در یک مدل تأثیر می‌گذارند[۲].

استفاده‌ی مناسب از این روش مدل‌سازی این است که دانش‌آموزان را تشویق به یافتن مدل برای کمیت‌ها در یک پدیده کنیم.

۲. کشف رابطه‌ی علت و معلولی بین کمیت‌ها

مثال: متغیرهای ترمودینامیکی، متغیرهایی ماکروسکوپی هستند که حالت دستگاه را می‌توان برحسب آن‌ها توصیف کرد، آن‌ها مستقل از یکدیگر نیستند و با هم رابطه دارند. مثلاً اگر در شکل (۱) با نگه داشتن پیستون (یعنی، در حجم ثابت) گاز را تا دمای معینی گرم کنیم، فشار آن تغییر خواهد کرد و مقدار متفاوتی خواهد داشت. حال اگر بخواهیم این مقدار فشار بازهم تغییر کند، باید دما یا حجم یا هر دو را تغییر دهیم[۳].



شکل۱

لاورنس راجرز، یکی دیگر از مرحله‌های مدل‌سازی را، ارتباط بین پدیده‌ها و مفاهیم علمی می‌داند[۴]. مهارت معلم در فعال کردن کلاس به روش پرسش و پاسخ، در استفاده از مدل‌سازی به وسیله دانش‌آموزان، نقش مهمی دارد.

۳. ایجاد رابطه بین کمیت‌ها و ساده‌سازی در قالب بیان واژه‌ها و فرمول ریاضی.

مثال: رابطه‌ی بین متغیرهای ترمودینامیکی، معادله‌ی حالت نامیده می‌شود. معادله‌ی حالت یک دستگاه در حالت کلی، بسیار پیچیده است ولی آزمایش نشان می‌دهد، هنگامی که گازها بسیار رقیق‌اند، معادله‌ی حالت آن‌ها ساده و مستقل از نوع گاز است. در این حالت، گاز را گاز کامل می‌نامند.

معادله‌ی حالت گاز کامل که کمیت‌های P و V و T را به یکدیگر مربوط می‌کند به صورت زیر است: [۵]

$$PV=nRT$$

به نظر ساندربایس[3] یکی از فیزیکدانان مطرح دانشگاه آمستردام، مدل‌سازی نیاز به درک طبیعت و بیان رابطه‌های بین پدیده‌ها به زبان خاص دارد. او معادله‌ها را یافته‌های بشر در مورد طبیعت می‌داند، آن‌ها «نمادهای دانش» هستند که بر واقعیت‌های فیزیکی دلالت می‌کنند و به آن‌ها تجسّم می‌بخشند. معادله‌ها، جمله‌های خلاصه شده‌ای از کار طبیعت هستند که با زبان ریاضی بیان می‌شوند، تلاش برای توصیف فیزیک بدون معادله‌ها مثل تلاش برای بیان هنر بدون نشان دادن نمونه‌ای از آن هنر است. در نظر او معادله‌های فیزیک، بیان‌کننده‌ی ارتباط در الگوهای مشاهده طبیعت هستند، مثل رسیدن از مکانیک به الکترودینامیک، مکانیک کوانتومی به نظریه‌ی ابرریسمان‌ها و... دیدگاه او تأکید بر ارتباط بین کمیت‌ها با فرمول دارد.

او معتقد است که می‌توان حرف‌های طبیعت را با زبان خودش شنید، و معادله‌ها، زبان بیان پدیده‌های طبیعت هستند[۶].

ما باید دانش‌آموزان را در یافتن زبان ریاضی طبیعت یاری دهیم، تا با استفاده از مشاهده‌های خود، به این رابطه‌ها برسند.

۴. ساده‌سازی پدیده‌ها به صورت رسم شکل، نمودار و نقشه‌های مفهومی.

مثال: فرآیند هم‌حجم فرآیندی است که در آن حجم گاز در طول این فرآیند ثابت نگه داشته می‌شود... در شکل (۲) نمودارهای P-V و V-T برای یک فرآیند هم‌حجم نشان داده شده است.

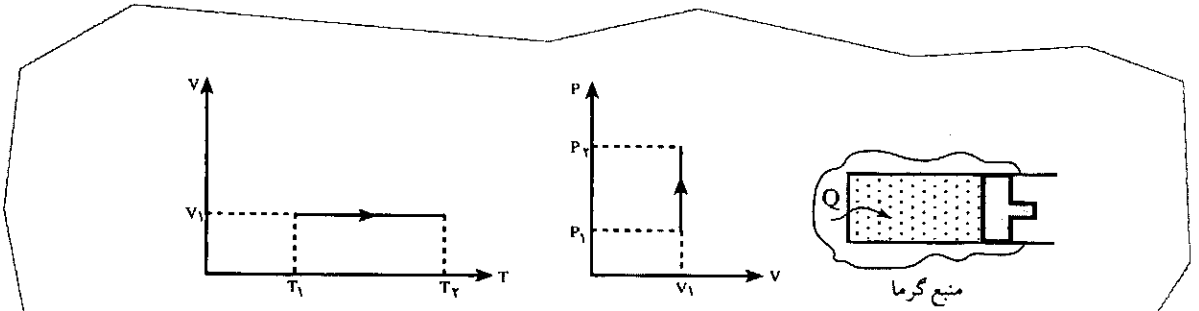
طی این فرآیند گاز مقداری گرما از یک منبع گرما می‌گیرد و دما و فشار آن در حجم ثابت V_1 بالا می‌رود[۷].

در ادامه دانش‌آموزان تشویق به مدل‌سازی می‌شوند:

ـ اگر در این مثال، گاز به صورت هم‌حجم گرما از دست بدهد، نمودارهای شکل (۲) به چه صورت درمی‌آیند؟

استفاده از جدول نیز از مواردی است که در کتاب‌های درسی فیزیک جایگاه دارد.

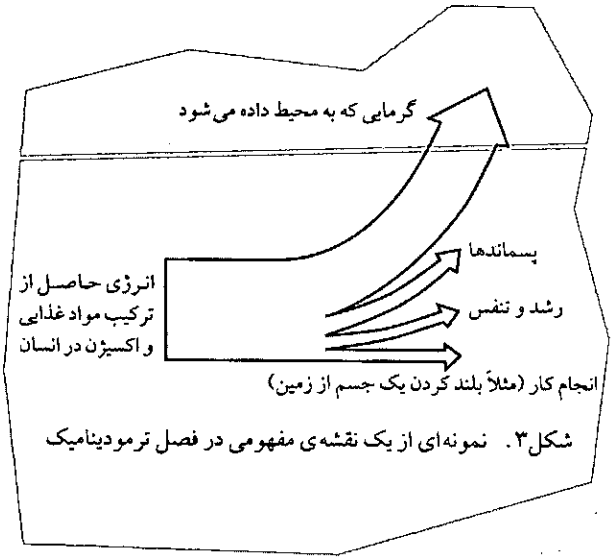
مثال:



شکل۲ . نمودارهای P-V و V-T برای فرایندی هم‌حجم .

	گاز	C_{MV} J/mol K	C_{MP} J/mol K
گازهای تک‌اتمی	He	۱۲٫۵	۲۰٫۸
	Ar	۱۲٫۵	۲۰٫۸
گازهای دواتمی	H_2	۲۰٫۴	۲۸٫۸
	N_2	۲۰٫۸	۲۹٫۱
	O_2	۲۱٫۲	۲۹٫۴
گازهای چنداتمی	CO_2	۲۸٫۵	۳۷
	NH_3	۲۷٫۸	۳۶٫۸

جدول(۱)



شکل۳ . نمونه‌ای از یک نقشه‌ی مفهومی در فصل ترمودینامیک

ظرفیت گرمایی مولی در فشار ثابت چند گاز در ستون چهارم جدول (۱) آمده است . می‌توان نشان داد که با تقریب خوبی C_{MP} به جنس گاز بستگی ندارد و...[۸] .

استفاده از شکل‌های مفهومی نیز در کتاب‌های درسی فیزیک جایگاهی دارند . (شکل ۳) امّا استفاده از نقشه‌های مفهومی در بیان مفاهیم فیزیک و مرتبط کردن پدیده‌ها در کمیت‌ها به یکدیگر ، به طور خاص جایگاهی در کتاب‌های درسی فیزیک ندارند . حتی از نقشه‌های مفهومی می‌توان برای بیان دو مفهوم در دو فصل متفاوت از دوره‌ی آموزشی فیزیک استفاده کرد . به عنوان مثال ایجاد رابطه بین مفاهیم مطرح شده در فصل جریان الکتریکی به فصل مغناطیس و استفاده از آن برای آموزش فصل الکترومغناطیس .

استفاده از این مدل در دستگاه آموزشی فیزیک ما کمرنگ است . به‌عبارت دیگر ، رابطه‌ی بین نظریه و آزمایش ، مهارت جدیدی را به وجود می‌آورد که به صورت شبکه‌ای مرتبط به نقشه‌های مفهومی در نظر گرفته می‌شود . که شامل کمیت‌هاست مهارت مدل‌سازی با این روش را در دانش‌آموزان به گونه‌ای پرورش می‌دهیم که خودشان قادر به طراحی نقشه‌ی مفهومی شوند .

در دیدگاه‌های میشل د . آنا[۴] از کشور سوئیس ، که سخنرانی‌ای در کنفرانس بین‌المللی آموزش فیزیک اروپا (GIREP 2006) داشت چنین تفکری به چشم می‌خورد . به نظر او ، مدل‌سازی می‌تواند رابطه بین نظریه و آزمایش را بیان کند و مهارت جدیدی را به وجود آورد که دانش‌آموز ، دیدگاه‌های شناختی و معرفتی در ذهن را نه به‌طور مجزا ، بلکه به صورت شبکه‌ای مرتبط به شکل نقشه‌های مفهومی که شامل کمیت‌هاست در نظر گیرد . بنابراین از دید او ، درک عمیق رابطه‌ی بین نظریه و آزمایش و رسم نقشه‌های مفهومی ، معنی دیگری از مدل‌سازی در آموزش فیزیک است [۹] .

به نظر «میشل د. آنا»، تنها دانش‌آموزانی که مفاهیم فیزیک را خوب یاد گرفته‌اند، قابلیت درک و رسم چنین مدل‌هایی را دارند. در این جاست که مرز بین آموزش سطحی و درک عمیق فیزیک نمایان می‌شود. معیاری که برای سنجش آموزش فیزیک بسیار مفید است. بنابراین دامنه‌ی استفاده از مدل‌سازی، وسیع و اهمیت آن بسیار زیاد است.

۵. توصیف فرآیندها به صورت ساخت ماکت، دست‌ساز، و نمونه کارهای آزمایشگاهی.

مثال: با انگشتان خود انتهای یک سرنگ (یا تلمبه‌ی دوچرخه) را مسدود کنید و: الف) سعی کنید گاز داخل آن را متراکم سازید، ب) پیستون سرنگ را بکشید و سعی کنید گاز داخل آن را منبسط و سپس آن را رها کنید. مشاهده‌های خود را به کلاس گزارش دهید [۱۰].

در فصل ترمودینامیک، معلمان می‌توانند دانش‌آموزان را در ساخت ماکت‌ها و دست‌سازه‌ها برای مفاهیم مطرح شده در ماشین «نیوکامن»، فرآیندهای خاص، اجزای موتور، مراحل مختلف در چرخه‌ی موتورهای درون‌سوز و... تشویق کنند. روشی که جایگاه خاصی در کتاب‌های درسی فیزیک ندارد و معلمان با پرداختن به این روش می‌توانند با استفاده از مدل‌سازی به تعمیق مفاهیم فیزیک بپردازند. این شیوه بسیار جذاب و جالب است، حتی در مواردی، تهیه‌ی پوستر برای پرداختن به مفاهیم تأثیر زیادی دارد. اگر از دانش‌آموزی بخواهیم گرما را با یک رنگ نشان دهد، به‌نظر شما از چه رنگی استفاده خواهد کرد؟ از همین مثال ساده می‌توان دایره‌ی وسیع فکرهای دانش‌آموزان و نوآوری‌های آنان را در درک فیزیک، گسترش داد.

۶. طراحی، ساده‌سازی، حل مسأله‌ها برای تحلیل پدیده‌های جهان.

مثال: در یک فرآیند هم‌فشار، یک لیتر گاز کامل O_2 در دمای ۳۰۰K مقداری گرما از دست می‌دهد و حجم آن در فشار یک اتمسفر به ۰/۹ حجم اولیه‌اش می‌رسد. دمای نهایی و کار انجام شده را محاسبه کنید.

حل: رجوع به مرجع [۱۱].

معمول است که معلمان فیزیک با استفاده از مسأله‌هایی شبیه به مسأله‌ی بالا به تعمیق آموزش می‌پردازند و با خواستن حل و پاسخ آن برای ارزیابی آموزش و تفهیم بهتر، کمک می‌گیرند.

اما آنچه در مدل‌سازی اهمیت خاص دارد، طراحی، ساده‌سازی و حل مسأله توسط دانش‌آموزان است. یعنی با ارائه‌ی یک پدیده و طی مرحله‌های بیان شده در این مقاله، از دانش‌آموزان بخواهیم تا مسأله‌ای برای پدیده مورد نظر طراحی و آن را حل کنند و به تحلیل آن بپردازند.

استفاده از طراحی مسأله روشی است که زمینه‌ساز تقویت مهارت تفکر، در دانش‌آموز است. این روش وسیله‌ای مناسب برای درک پدیده‌ها و کشف رابطه‌ی بین آن‌ها در دانش‌آموزان است و معلمان و دانش‌آموزان را به استفاده از روش مدل‌سازی در آموزش فیزیک کمک می‌کند.

معلمان فیزیک به عنوان یک فعالیت مکمل در کنار کتاب‌های درسی می‌توانند مثال بالا را به صورت زیر به وسیله دانش‌آموزان مدل‌سازی کنند.

ـ در فرآیندی هم‌فشار، یک لیتر گاز کامل O_2 در دمای..... مقداری گرما از دست می‌دهد و حجم آن در فشار.....اتمسفر به ..... حجم اولیه‌اش می‌رسد. دمای نهایی و کار انجام شده را محاسبه کنید.

یا حتی مسأله‌هایی از این قبیل که دانش‌آموزان در طرح مسأله‌ی مرتبط با مفهوم مورد نظر آزاد باشند.

یکی از روش‌های مدل‌سازی، مشاهده و بازی با پارامترها است. اهمیت «مدل‌سازی» در به کارگیری آن، به وسیله دانش‌آموزان است. مثال‌های بالا که همه از بحث ترمودینامیک انتخاب شده بودند روش‌های فعالی از آموزش فیزیک به وسیله معلمان را ارائه می‌کنند.

این مثال‌ها از متن کتاب درسی انتخاب شده‌اند و معلمان با استفاده از هرکدام از این روش‌ها، آموزش را بهبود می‌بخشند.

دیدگاه دیگر نسبت به مفهوم مدل‌سازی و کاربرد آن در آموزش فیزیک در دیدگاه‌های **فو ـ کوان ـ هوانگ**[۵]، از کشور تایوان، در سخنرانی‌اش تحت عنوان «مدل‌سازی با استفاده از شبیه‌سازی، چگونه به دانش‌آموزان کمک می‌کند» مطرح شده است [۱۲]. در این روش به نقش استفاده از نرم‌افزارهای تعاملی آموزش فیزیک و استفاده از آن‌ها به‌وسیله معلمان و دانش‌آموزان اشاره شده است.

روش دیگر برای مدل‌سازی و به کار بستن آن، مقاله‌ای است کهن تحت عنوان «درک فیزیک از طریق متحرک‌سازی» در این کنفرانس ارائه کردم[۱۳]. این روش به استفاده از متحرک‌سازی در میان یافته‌های دانش‌آموزان از جهان دلالت می‌کند. در این روش دانش‌آموزان به منظور ترسیم ادراک‌ها و تصورهایشان نسبت به جهان پیرامون با استفاده از نرم‌افزارهای متحرک‌سازی به مدل‌سازی پدیده‌ها می‌پردازند. «تشویق دانش‌آموزان به «مدل‌سازی» با هرکدام از روش‌های ذکرشده در این مقاله نقشی اساسی در بهبود آموزش فیزیک دارد.»

فعالیت‌های ارائه شده در کنفرانس بین‌المللی آموزش فیزیک اروپا در زمینه‌ی مدل‌سازی و تجربه‌های متخصصان و معلمان

فیزیک از سراسر دنیا نشان می‌دهد که آشنایی طراحان دوره‌های آموزشی با این روش‌ها و تدوین برنامه‌های آموزش فیزیک براساس این روند، امری ضروری است. گرچه بعضی از انواع مدل‌سازی هم‌اکنون مورد استفاده‌ی معلمان کشورمان است، ولی توجه به روش‌های شناختی درک جهان و مدل‌سازی آن‌ها با استفاده از ابزارهای نوین مدل‌سازی به وسیله دانش‌آموزان، توانایی معلمان فیزیک را در آموزش چند برابر خواهد کرد.

اصلاح دیدگاه معلمان در گذار از شیوه‌های سنتی آموزش به شیوه‌های نوین و مدل‌سازی براساس امکانات آموزشی و فناوری به وسیله معلمان و حتی دانش‌آموزان، از مهم‌ترین عامل‌های تأثیرگذار در بهبود آموزش فیزیک هستند.

زیرنویس:

* در این کنفرانس مقاله‌ای با عنوان «درک فیزیک از طریق متحرک‌سازی» به وسیله خانم آزیتا سپیدفدایی ارائه شد.

1. Laurence Rogers
2. Leicester
4. Sander Bais
4. Michel D'Anna
5. Fu-Jwun Hwang

منابع:

۱. فیزیک ۳ و آزمایشگاه (رشته ریاضی فیزیک) وزارت آموزش وپرورش فصل اول - صفحه‌ی ۳

۲. کتاب خلاصه مقالات کنفراس بین‌المللی آموزش فیزیک اروپا (GIREP 2006) / صفحه‌ی ۲۹

Modelling in Physics and Physics Education

مقاله‌ی:

Motivating Teachers and Pupils to Engage with Modelling

۳. فیزیک ۳ و آزمایشگاه (رشته ریاضی فیزیک) وزارت آموزش و پرورش - فصل اول - صفحه‌ی ۵

۴. منبع [۲].

۵. منبع [۱] صفحه‌ی ۵

۶. منبع [۲] / صفحه‌ی ۲۸ مقاله:

The Equations: Icons of Knowledge

۷. منبع [۱] صفحه‌ی ۹

۸. منبع [۱] صفحه‌ی ۱۴

۹. منبع [۲] / صفحه‌ی ۲۹ مقاله‌ی:

Modelling in the Classroom: Linking Physics to Other Disciplines Real-Life Phenomena

۱۰. منبع [۱] صفحه‌ی ۸

۱۱. منبع [۱] صفحه‌ی ۱۳

۱۲. منبع [۲] / صفحه‌ی ۳۱ مقاله‌ی:

Modelling with Simulations: How to Help students Build their Own Model with Simulations

۱۳. منبع [۲] / صفحه‌ی ۱۴۸ مقاله‌ی:

Understanding Physics through Animations

تاریخ علم

تأملی بر دستاوردهای مفاخر فیزیک ایران در دوران اسلامی

پیام بهرامی چگنی[1]، رحمان باریاد[2]

۱. دبیر فیزیک شهرستان خرم‌آباد

۲. مدرس گروه علوم تربیتی دانشگاه لرستان

مقدمه

به گواهی تاریخ، ایرانیان از دیرباز برای خرد و دانش ارزش بسیاری قائل بوده‌اند تا آنجا که در ادعیه و اورادی که از آن‌ها به جای مانده است از خداوند خواسته شده است که به آن‌ها دانش و بینش عطا فرماید. برای مثال در گاتاها آمده است: «هر مرد و زن و یا پسر و دختر باید در راه دانایی و بینایی خود بکوشد، چه دانش دیده بیناست و هر که دانشمند نباشد کور و ناتوان است». با ظهور اسلام و پذیرش اسلام توسط ایرانیان، نه تنها در اعتقاد و باورهایشان به آموزش خللی پدیدار نشد، بلکه با تأکیدی که بر آموختن علم به عنوان یک ارزش اسلامی صورت گرفت این اعتقاد راسخ‌تر گشت. به خاطر سازگاری دین تازه با آیین ایرانیان پیشرفت‌های شایانی در زمینه‌ی دانش و پژوهش به خصوص در فلسفه‌پردازی، اختر شناسی، ریاضی، پزشکی، کیمیاگری، و دیگر دانش‌ها رواج یافت. پژوهشگران ایرانی چون خوارزمی، رازی، فارابی، بیرونی، ابن‌سینا و خیام پرچم‌داران دانش و پژوهش در روزگار خود به شمار می‌آمدند. در سده‌های میانی میلادی برابر با سده‌های چهارم و پنجم هجری که اروپا دوران تیرگی خود را می‌گذراند جهان اسلام افروزه‌ی دانش و پژوهش را در دست داشت و در روشنایی گام برمی‌داشت و این ایران بود که کانون نگارش‌های دانش پژوهانه به شمار می‌آمد. مدرسه‌ها، مسجدها و دانش سراها (بیت‌الحکمه و دارالعلم) در گوشه و کنار ایران و جهان اسلام پذیرای جویندگان دانش‌های عقلی و نقلی و خاستگاه نوآوری‌ها و نهفته‌یابی‌های بسیاری در زمینه‌های یاد شده بود. در این مقاله تاریخ فیزیک ایران و سهم تعدادی از مشهورترین فیزیک‌دانان این مرز و

* اولین بخش از اوستا

بوم همراه با ابتکاراتی که فراهم آورده‌اند ارائه می‌گردد. در خاتمه ضرورت تجدید نظر در محتوای کتاب‌های فیزیک و اهمیت بالا بردن آگاهی و انگیزه آموزگاران و دانش آموزان توسط برنامه‌ریزان درسی و همچنین کارشناسان تعلیم و تربیت با توجه به نظریه‌های این مفاخر بیان شده است.

کنجکاوی در کنار آدمی بوده، هست و خواهد بود. انسان از زمان تولد نسبت به محیط پیرامون خویش کنجکاو است و تلاش می‌کند که پدیده‌های سوال برانگیز و پیچیده پیرامون خود را حل کند. علم و تحقیق از آن نقطه و از آن زمان شروع شد که بشر به فکر حل مسائل مختلف زندگی افتاد، به عبارت دیگر، تاریخ علم مصادف با تاریخ تولد بشر است. انسان به تدریج پی برد که آزمایش‌های علمی و تجزیه و تحلیل منطقی را نه تنها در کشف بسیاری از رازهای طبیعت می‌توان به کار برد بلکه از آن‌ها می‌توان در ساختن زندگی راحت و مطمئن نیز استفاده کرد. علوم فیزیکی به مطالعه و بررسی پدیده‌های مربوط به ماده و انرژی و رابطه آن‌ها با یکدیگر می‌پردازد. به هر حال، پیدا کردن جمله‌ای که بتواند این دانش را تعریف کند کار مشکلی است، تا آن جا که در تعریف فیزیک گفته‌اند: فیزیک چیزی است که فیزیکدان انجام می‌دهد. به طور کلی، کلمه‌ی فیزیک از ریشه یونانی «Physis» گرفته شده است و پاره‌ای از اصطلاحات جدید مانند فیزیولوژی، فیزیکال و فیزیسین از این ریشه مشتق شده‌اند و «Physis» در اصل به معنای رشد یا پیشرفت موجودهای زنده است. بنابراین فیزیک معنایی درست شبیه به آنچه ما اکنون آن را «قانون طبیعت» می‌نامیم به خود گرفت. بنابراین علم فیزیک، پدیده‌های طبیعی را مورد بحث و بررسی قرار می‌دهد و در پی کشف راز و رمز این پدیده‌ها است. در این شناخت از دانش، بشر می‌کوشد علت بروز هر پدیده را دریابد و به کمک آن رفتار طبیعت را قانون‌مند بیند. در نتیجه، از یک طرف رفتارهای آینده طبیعت را پیش بینی می‌کند و از طرف دیگر، در فناوری و صنعت با ساخت ابزارها و ماشین‌ها، زندگی را راحت‌تر و ایمن‌تر خواهد کرد.

«دارالفنون» اولین موسسه‌ی آموزشی علوم نوین در ایران است که در آن فیزیک نوین توسط یک افسر اتریشی که دانش اندکی از این علم داشت تدریس می‌شد. تا زمان تأسیس دانشگاه تهران (۱۳۱۳ ه. ش / ۱۹۳۴ م)، تنها ده کتاب درسی فیزیک در همه‌ی سطوح دبیرستان، در کشور چاپ شده بود. به خاطر داشته باشیم ظهور نظریه‌ی نسبیت و فیزیک کوانتومیه پیش از پایه‌گذاری گروه فیزیک دانشگاه تهران مربوط می‌شود. درس نسبیت خاص اولین بار در سال ۱۳۵۱ و درس مکانیک کوانتومی در سال ۱۳۴۳ در دانشگاه‌های ایران ارائه شده است. مطالعه‌ی سیر تکامل دانش فیزیک بهتر است همراه با بررسی وقایع تاریخی که منجر به پیشرفت این دانش شده‌اند باشند، زیرا زمینه تاریخی نه تنها کمک به افزایش دانش انسان برای درک واقعیت‌های طبیعت می‌کند بلکه تا اندازه‌ای هم علل پیشرفت و یا رکود کارهای تهورآمیز علمی را آشکار می‌سازد. در این قسمت از مقاله مختصری از زندگی‌نامه و شمه‌ای از دستاوردهای تعدادی از مشهورترین فیزیک‌دانان ایران در دوران اسلامی به منظور ارائه تصویر جامع‌تری از نظرات آنان برای برنامه‌ریزان درسی، کارشناسان تعلیم و تربیت و به ویژه جامعه معلمان کشور جهت برنامه‌ریزی دقیق‌تر و فراهم آوردن محتوایی غنی‌تر برای دانش‌آموزان در کلیه مقاطع تحصیلی ارائه می‌گردد.

۱ـ رازی

نام او ابوبکر محمدبن زکریای رازی است. در غرب با نام «Rhazes» شناخته شده است. او همچون یک دایره‌المعارف در دانش‌ها و علوم مختلف بود. رازی از دانشمندانی بود که در هنگام شب و به خصوص پیش از خوابیدن مطالعه بسیار می‌کرد. به همین دلیل خواب بر پشت را ترجیح می‌داد، تا اگر هنگام مطالعه لحظه‌ای خواب او را دربایاد کتاب بر صورت او فرود آید و از خواب برخیزد و مطالعه را دنبال کند. گفته‌اند او به خاطر مطالعه زیاد و انجام آزمایش‌های شیمیایی در کارگاهش کور شد. رازی اعتقاد داشت که ماده از ذرات بسیار ریزی تشکیل شده و کوچکی این ذرات تا حدی است که دیگر قابل تقسیم و تجزیه نیستند. او این ذرات را «هیولای مطلقه» می‌نامید. این ذرات، ذراتی هستند که امروزه تحت عنوان ذرات اتمی شناخته می‌شوند رازی در ادامه در مورد هیولای مطلقه این گونه شرح می‌دهد: هر چه تراکم اجسام بیشتر باشد تیره‌ترند و اجزای هیولا در ترکیب زمین و خاک بیش از اجزای هیولا در ترکیب آب است به همین دلیل آب سبک‌تر از خاک است و آب لطیف و درخشان است اما زمین سخت و تیره است.

۲ـ حسن بن هیثم

نام او ابوعلی حسن بن هیثم است. که در اروپا با نام «Alhazen» معروف است، وی در سال ۳۵۴ هجری (۹۶۵ میلادی) در بصره متولد شد. در همان جا رشد کرد و علم آموخت و به شغل نویسندگی اشتغال داشت. او حیات علمی خود را در دوران طلایی تمدن ایرانی و اسلامی آغاز کرد. ابن هیثم به حق از بزرگ‌ترین دانشمندان مسلمان در کلیه رشته‌های علمی به خصوص فیزیک و یکی از بزرگ‌ترین محققان در علم نورشناسی بوده است. روش علمی ابن هیثم در قلمروی مباحث نور و بینایی همان روشی است که دانشمندان غربی آن را از ابتکارات عصر نوین به شمار می‌آورند. بی شک یکی از کسانی که اولین بار به مطالعه‌ی عبور پرتوهای نور از روزنه‌ها پرداخت ابن هیثم است. در سخنان

ابن هیثم بارها کلمه «البیت المظلم» که همان ترجمه ی عربی «اتاق تاریک» است به کار رفته است. اگر ابن هیثم را بنیانگذار علم فیزیک و مباحث بینایی بر اساس مبانی صحیح علمی بدانیم سخنی به گزاف نگفته ایم. او نظریه ی اقلیدس و بطلمیوس در مبحث بینایی مبنی بر این که چشم پرتویی از نور به اشیا می تاباند را رد کرد و در اثر خویش کتاب «المناظر» نظریه ی صحیح در این باب را اثبات کرد و نشان داد سخن اقلیدس و بطلمیوس صحیح نیست.

۳ـ شیخ الرئیس ابن سینا

ابوعلی حسین بن عبدالله سینا، در افشنه به دنیا آمد و در همدان درگذشت. پدر او از اهالی بلخ و مادرش اهل بخارا بود. در بیست و دو سالگی پدر خود را از دست داد. ابن سینا معاصر حسن بن هیثم و ابوریحان بیرونی بود. شاید مهم ترین موفقیت های ابن سینا در قلمروی علوم طبیعی چیزی است که اکنون با نام مکانیک شناخته می شود. ابن سینا در این مباحث انواع نیروها و عناصر و اجزای حرکت و مقاومت محیطی را که شیء در آن حرکت می کند و در اثر این مقاومت حرکت به تدریج پایان می پذیرد تبیین می کند. ابن سینا نوع سوم نیروها را در فلک قمر قائل، نهان می داند و این نوع، همان نیرویی است که بنا بر سخن ابن سینا بر مبنای اراده به حرکت ها جهت و سمت و سو می دهد. امروزه این نیرو تحت عنوان متافیزیک شناخته می شود. ابن سینا در کتاب «الشفا» شش امر را از لوازم حرکت دانسته و آن ها را به اختصار چنین ذکر می کند: متحرک، عامل حرکت، بستر حرکت، مبدأ حرکت، مقصد حرکت و زمان. او ابتدا از متحرک یعنی جسمی که حالت حرکت را می پذیرد یاد می کند، سپس از عامل حرکت سخن می گوید و سپس به بستر حرکت یعنی مکان و جایگاه حرکت می پردازد. بدن از آن دو رکن مبدأ و مقصد حرکت را بیان می کند و به «زمان» به عنوان فاصله زمانی که حرکت در خلال آن با طی مسافتی همین تحقق می پذیرد اشاره می کند که حاصل تقسیم مسافت طی شده بر همین زمان، سرعت متوسط حرکت است.

۴ـ ابوریحان بیرونی

برهان حق و حکیم اجل، امام و علامه، ابوریحان محمدبن احمد بیرونی یکی از دانشمندان بلندمرتبه دوران طلایی تمدن اسلامی است. سال ۳۶۲ هجری (۹۷۳ میلادی) چشم به جهان گشود و علومی مانند ریاضیات، طبیعیات، نجوم، داروشناسی و تاریخ را فراگرفت و میراثی عظیم و انبوه و ابدی از خود به یادگار نهاد. فلوریان کاجوری در کتاب تاریخ فیزیک می گوید: بیرونی در علم طبیعی به ویژه مباحث حرکتی و تعادل مواد سیال شهرت یافت و در تحقیقات خویش از آزمایش بهره برد. او آزمایشی را برای محاسبه وزن مخصوص به کمک ظرفی که مجرای خروجی آن به سمت پایین تمایل داشت انجام داد و توانست اجسام را در هوا وزن کند و از همین روش برای محاسبه وزن مخصوص استفاده کرد. او همچنین وزن مخصوص ۱۸ عنصر و ماده مرکب را که برخی از آن ها سنگ های قیمتی هستند با یکدیگر مقایسه کرد. بیرونی دریافت که وزن مخصوص آب سرد ۰/۰۴۱۶۷۷ کمتر از وزن مخصوص آب داغ است. به عبارت دیگر حجم آب با افزایش سرما حدود ۰/۰۴۱۶۷۷ زیاد می شود و به همین علت است که وقتی شیشه ای را در دمای عادی پر از آب می کنیم و سپس در آن را محکم کرده و آن را در جایخی یخچال قرار می دهیم مشاهده می کنیم که شیشه حاوی آب یخ زده خرد می شود و علت این امر ازدیاد حجم آبی است که به درجه انجماد رسیده است. این مسأله در کتاب های دبیرستانی تحت عنوان «انبساط غیر عادی آب» شناخته می شود. بیرونی در آثار مختلف خود به پدیده انبساط فلزات در معرض گرما و نیز انقباض آن ها در معرض سرما اشاره کرده است. بیرونی همین واقعیت را در دستگاه های رصد مشاهده کرد. طول این دستگاه ها با گرمای نیمروزی افزایش و با سرمای آخر شب کاهش می یافت. بیرونی همچنین در کتاب «الاثار الباقیه عن القرون الخالیه» به بحث درباره تعادل سیالات و نیز شرح پدیده هایی که بر اساس فشار سیالات و توازن و تعادل آن هاست پرداخته است و کیفیت تجمع آب چاه ها و آب های زیرزمینی را به واسطه نشست از اطراف و نیز چگونگی فوران آب و بیرون زدن فواره و بالا رفتن آن را توضیح داده است. این مباحث در مکانیک سیالات تحت عنوان «هیدرو استاتیک» مطرح می شود. بیرونی همچون حسن بن هیثم از کسانی است که اعتقاد به خروج شعاع نور از جسم مبصر «مرئی» به چشم انسان دارند. بیرونی به زیرکی دریافت که نور در مقایسه با سرعت صوت، سرعتی بسیار زیاد دارد.

۵ـ عبدالرحمن خازنی

ابوالفتح عبدالرحمان خازنی در اواخر قرن ششم هجری (اواخر قرن دوازدهم میلادی) می زیست. تاریخ ولادت او معلوم نیست اما تاریخ درگذشت او دقیقاً سال ۵۵۰ هجری (۱۱۵۵ میلادی) ذکر شده است. او در شهر مرو یکی از مشهورترین شهرهای خراسان و در نزد بزرگ ترین دانشمندان آن دیار تحصیل کرد و در علوم فیزیک، نجوم و ریاضیات نابغه شناخته شد. خازنی نقش بسیار مهمی در دانش جاذبه دارد. او با آزمایش های فراوانی اثبات کرد که تمامی اجزای یک جسم هنگام سقوط به مرکز زمین میل می کند و این پدیده را به نیروی جاذبه نسبت داد. خازنی مطالعات خویش را بر آزمایش و مقایسه های علمی استوار ساخت. خازنی

بخش زیادی از تلاش های خویش را به مطالعه جاذبه زمین در گرانیگاه اشیأ و نیز رفتار اجسام تحت تأثیر نیروی جاذبه زمین معطوف ساخت و بسیاری از این تحقیقات را در کتاب معروف خود «میزان الحکمه» تدوین کرد. خازنی پیرامون گرانیگاه می گوید: هر گاه دو جسم سنگین طوری بر یکدیگر واقع شوند که میان آن ها واسطه ای قرار گرفته باشد و از ارتباط مستقیم آن ها جلوگیری کند، مرکز ثقل هر دوی آن ها تنها یک نقطه است و هنگامی که دو جسم در یک نقطه واحد در حالت تعادل قرار گیرند نسبت سنگینی یکی به سنگینی دیگری همچون نسبت دو قسمت خطی است که از آن نقطه و مرکز ثقل هر یک از دو جسم عبور می کند.

۶ـ ابن ملکای بغدادی

هبة الله بن علی بن بغدادی معروف به اوحدالزمان که نزد مردمان با نام بلدی شهرت یافت، به احتمال زیاد در سال ۴۸۰ هجری(۱۸۰۷ میلادی) در بغداد چشم به جهان گشود و حدود سال ۵۶۰ هجری (۱۱۶۵ میلادی) با حدود ۸۰ سال سن در همدان درگذشت. ابن ملکا به دو حرکت طبیعی و قسری اشاره کرده است. او در کتاب «المتعبر فی الحکمه» می گوید: حرکت دو نوع است: طبیعی و قسری. حرکت قسری همواره از پشینه طبیعت برخوردار است. چرا که منشأ این نوع حرکت ها یا طبیعت خود شئ است یا طبیعت عامل قسر. بنابراین اگر حرکت طبیعی وجود نداشته باشد حرکت قسری هم وجود نخواهد داشت. حرکت طبیعی همواره از امری که همراه با طبیعت تنها است آغاز شده است، به امری که تناسب با طبع دارد یا امری که تناسب آن با طبع بیشتر است ختم می شود. مقصود ابن ملکا از حرکت طبیعی حرکتی است که جسم به علت نیروی جاذبه ی زمین انجام می دهد چرا که در چنین حرکتی جسم تلاش می کند به موضع طبیعی خودش در مرکز زمین دست یابد. به همین دلیل است که این حرکت موسوم به طبیعی است. مراد وی از حرکت قسری حرکتی است که شئ تحت تأثیر محرک خارجی قرار می گیرد و این محرک آن را بر تغییر مکان یا تغییر وضعیت وادار می سازد. نمونه این نوع حرکت ها پرتاب تیر یا نیزه یا سنگ است، که امروزه تحت عنوان «حرکت پرتابی» شناخته شده است.

۷ـ فخرالدین رازی

نام کامل او ابوعبدالله محمدبن عمر است و به حسن بکری معروف به امام فخرالدین رازی است. او در شهر ری و سال ۵۴۴ هجری (۱۱۵۰ میلادی) چشم به جهان گشود و در سال ۶۰۶ هجری (۱۲۱۰ میلادی) در شهر هرات درگذشت. فخرالدین رازی که ملقب به ابن خطیب ری بود در ابتدا انسانی تنگدست و بینوا بود اما نبوغ علمی او موجب شد که از شخصیت های فرزانه در بارگاه حاکمان عصر خویش شود. فخرالدین رازی به روشنی اشاره کرده است که محیطی که جسم در آن حرکت می کند از خود مقاومت نشان می دهد و مقدار این مقاومت به چگالی محیط «رقت یا غلظت آن» بستگی دارد. فخرالدین رازی در این زمینه در کتاب «المباحث المشرقیه» می گوید: هنگامی که جسمی در محیطی حرکت می کند هر چه محیط رقیق تر باشد حرکت آن سریع تر است و هر چه این محیط غلیظ تر باشد حرکت آن کندتر است. دلیل این امر آن است که جسم رقیق از عوامل خارجی تأثیر بیشتری می پذیرد و جسم غلیظ مقاومت بیشتری از خود نشان می دهد. همچنین مؤید این مطلب مشاهده و تجربه نیز هست که امروزه این مباحث تحت عنوان «دینامیک شاره ها» قابل بررسی است.

۸ـ نصیرالدین طوسی

نام کامل او ابوجعفر محمدبن حسن طوسی است. وی در خراسان چشم به جهان گشود و در بغداد می زیست. زمان حیات او بین سال های ۵۹۷ تا ۶۷۲ هجری (۱۲۰۱ تا ۱۲۷۴ میلادی) بود. طوسی، از پیروان نظریه ی آن دسته از دانشمندان یونانی است که معتقد به خروج پرتو نور از جسم رؤیت شده به چشم بیننده است. نصیرالدین طوسی توجه خاصی به علم بینایی داشته است، یعنی همان علمی که پس از درگذشت ابن هیثم مورد بی توجهی زیادی قرار گرفت. طوسی به مطالعه ی فعالیت ها و آثار ابن هیثم پرداخت و نقدهای فراوانی بر آن ها نگاشت و توانست منشأ توجه و اهتمام دوباره به این رشته علمی شود. تألیفاتی که در این زمینه به زبان عربی نگاشته شد تا قرن سیزده هجری (نوزدهم میلادی) در دانشگاه های جهان تدریس می شد. طوسی صاحب کتاب معروفی با عنوان کتاب «تحریر المناظر» در علم نورشناسی است.

۹ـ قطب الدین شیرازی

نام کامل وی قطب الدین محمد بن مسعود بن مصلح ابوثناء شیرازی است. وی در شیراز از توابع فارس و در سال ۶۶۳ هجری (۱۲۳۶ میلادی) در خانواده ای که به علم و دانش شهرت داشت زاده شد. او از پیروان نظریه شعاع بود. یعنی معتقد بود بینایی در نتیجه خروج نور از چشم صادر می شود. این نظریه، خلاف نظریه حسن ابن هیثم است که در پدیده بینایی نظریه یونانیان قدیم را رد کرده بود. همچنین قطب الدین در پدیده بینایی به خاصیت بازتاب اشاره کرده اما در این بحث نکته جدیدی را مطرح نساخته است. نوشته های او در این مقوله مشتمل بر نظریات حسن ابن هیثم در بزرگی ستارگان است.

۱۰ـ کمال‌الدین ابوالحسن فارسی

او یکی از شخصیت‌های مهم ایرانی در علم مناظر است و به مطالعه این علم توجه فراوان داشت. وی کتاب اقلیدس پیرامون مناظر و بینایی را مطالعه و مورد ژرف‌اندیشی قرار داد و نزد قطب‌الدین شیرازی تحصیل علم کرد. کمال‌الدین فارسی اهتمام ویژه‌ای به کیفیت ادراک صور اشیا قابل رؤیت آن هم بر اساس تابش و شکست نور داشت. اما چون گمشده خویش را در کتاب المناظر اقلیدس نیافت، به مطالعه‌ی کتاب‌های فلسفه پرداخت و در برخی از آن‌ها سخنانی پیرامون شکست نور یافت. کمال‌الدین فارسی با ارائه نظریه‌ای تلاش می‌کند رنگ‌ها و ترکیب آن‌ها را در رنگین کمان تحلیل و بررسی کند. او نظریه‌ی خویش در باب رنگین کمان را بر مباحث شکست نور همراه با بازتاب داخلی در کره شفاف مبتنی ساخته است. وی در تأیید و اثبات صحت نظریه خویش از تجربه و آزمایش بهره می‌برد. امروزه این مطالب تحت عنوان «تجربه نور» قابل بررسی است.

نتیجه گیری

خوشبختانه کشور ما از عهد باستان مهد علم و پرورش عالم و پژوهشگر بوده است و به مسأله‌ی تحقیق و پژوهش توجه داشته است. مدارک تاریخی، اسناد، سنگ نبشته‌ها، استوانه‌ها، پوست نگاری‌ها، مدارس، اعلامیه‌ها، دانشگاه‌ها، کتابخانه‌ها و دانشمندان همگی مؤید این امرند که ایرانیان با فرهنگ تحقیق و روش آن آشنایی داشته‌اند و به علم و پژوهش و ارائه دانسته‌ها و آموخته‌های خود در علاقه‌مند بوده‌اند و به تربیت پژوهشگران می‌پرداختند. چرا که بر خلاف روش‌های پیشین که آموختن علوم صرفاً از روی کتاب بود، مسلمانان در تحقیقات و اکتشافات علمی خود روش تجربی را وارد کردند. در دوره‌ای که اروپا گرفتار رکود علمی شد مشعل پر فروغ علم در دست مسلمانان بود. آن‌ها نه تنها خزاین علمی دنیای کهن را از خطر نابودی نجات دادند بلکه مقدار زیادی بر ذخایر آن‌ها نیز افزودند. از قرن هشتم تا قرن یازدهم میلادی (مقارن قرن دوم تا پنجم هجری) دانشمندان زیادی در اغلب رشته‌های علمی مانند پزشکی، نجوم، ریاضیات، فیزیک و شیمی و غیره در کشورهای اسلامی از جمله کشور ما به تحقیق و تتبع پرداختند. خدمت مسلمانان به پیشرفت علم نه تنها از راه تحقیق و اکتشاف بود بلکه با انتشار کتاب‌ها و دایر کردن دانشگاه‌های متعدد در سرزمین‌های اسلامی پیشرفت‌های خود را در بیشتر زمینه‌های علمی گسترش دادند و اروپائیان برای رهایی از خمودگی علمی قرون وسطایی شروع به ترجمه آثار علمی مسلمانان که اغلب به زبان عربی نوشته شده بود کردند و جوانان دانش طلب کشورهای بزرگ اروپایی برای کسب دانش به دانشگاه‌های اسلامی هجوم آوردند و هنگام بازگشت به کشورهای خود مطالب مفیدی را که آموخته بودند انتشار دادند.

به طور کلی، اهمیت علم فیزیک و آثار و نتایج آن در زندگی انسان بر کسی پوشیده نیست. هر یک از ما روزانه با انواع وسایل الکترونیکی، مخابراتی، ترابری و نظایر آن‌ها سرو کار داریم. آشنایی با اساس کار این وسایل و آگاهی از روش به کار بردن آن‌ها از نیازهای بنیادی ما است. به هر حال در کشور ایران با تاریخ چند هزار ساله خود که مملو از دانشمندانی بوده است که با ابتکارها و نوآوری‌های خود تاریخ علم را با دنیایی جدید رو به رو ساخته اند لازم است که معلمان و ویژه دانش‌آموزان با جنبه‌های بیشتری از این نوآوری‌ها آشنا گردند. از طرف دیگر برنامه‌ریزان کتاب‌های درسی لازم است در کنار مؤلفان کتاب‌های درسی و از جمله فیزیک در بیان آثار، شرح حال و خدمات دانشمندان این رشته همت گمارند تا با بالا بردن بینش و دیدگاه جامع‌تری، یادگیری در بین دانش‌آموزان مفید واقع گردد. چرا که، این خطر وجود دارد که تمام نظریه‌های علمی درج شده در محتوای درسی را یک‌جا ناشی از دانشمندان غربی به دانیم و بدنبال آن خواسته و یا ناخواسته ارزش علمی دانشمندان این مرز و بوم را تحت الشعاع قرار دهیم. به عنوان نمونه در برخی از کتاب‌های درسی ملاحظه شده است که ابن سینا را به صورت یک طبیب معرفی کرده‌اند یا دانشمندی چون رازی را فقط در زمینه علم شیمی صاحب‌نظر دانسته‌اند و یا ابن هیثم را در ریاضیات معرفی می‌کنند. به هر حال، پیشنهاد می‌گردد که همایش‌هایی از طرف انجمن فیزیک ایران، پژوهشکده تعلیم و تربیت و سایر دانشگاه‌ها و مؤسسات تحقیقاتی سراسر کشور در سال روز ولادت یا درگذشت دانشمندان ذکر شده برگزار گردد تا از این طریق نسبت به بازتاب دستاوردهای مشاهیر فیزیک ایران به محافل علمی داخل و خارج بیشتری لازم فراهم گردد.

مراجع

- منصوری، رضا. (۱۳۷۹). فیزیک نوین در ایران، تاریخچه، وضعیت موجود، و دورنما. مجله فیزیک ۱۸، شماره ۳ و ۴.
- وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، مؤسسه پژوهش و برنامه‌ریزی آموزش عالی. (۱۳۸۰). راهنمای آموزش عالی.
- مصطرزاده، فتح‌الله. (۱۳۸۲). حدیث مکرر علم و فناوری در ایران، فصلنامه ستاد پیشبرد علوم ـ ایران ۱۴۰۰، علم و آینده، سال دوم، شماره ۲.
- حمیدی، منصور علی. (۱۳۷۸). نگرش به دانش پژوهی و پژوهش آموزی در ایران. فصلنامه علمی ـ پژوهشی علوم انسانی، دانشگاه الزهرا(س)، سال نهم، شماره ۳۱، ۳۰.
- محمدزاده، رضا. (۱۳۸۲). مشاهیر فیزیک در تمدن اسلامی. (ترجمه علی عبدالله دفاع و جلال شوقی). تهران: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی.

مروری

پلانک چگونه مشکل تابش جسم سیاه را حل کرد

گردآوری: مهدی شهریاری نمینی، معصومه موسوی

چکیده

در این مقاله، ابتدا به شرح تابش گرمایی جسم سیاه و نمودار تجربی تابندگی جسم سیاه می‌پردازیم. سپس سعی می‌کنیم یک شکل ریاضی قابل قبول برای شرح بیشتر این نمودار تجربی به‌دست آوریم که برای رسیدن به این هدف، ابتدا به بیان مفهوم چگالی انرژی در واحد حجم و ارتباط آن با تابندگی می‌پردازیم. با استفاده از توزیع احتمال بولتزمن و درنظر گرفتن فرض کلاسیک پیوسته بودن انرژی به یک تابع ریاضی برای تابندگی جسم سیاه می‌رسیم. به دلیل ناسازگاری این تابع باتجربه، به جای فرض پیوسته بودن انرژی، نظریه‌ی پلانک یعنی گسسته بودن انرژی نوسانگر را اعمال می‌کنیم که به یک شکل ریاضی قابل قبول می‌انجامد.

مقدمه

در تاریخ علم یک دگرگونی کلی در اوایل قرن بیستم صورت گرفته است. این دگرگونی به کشف محدودیت‌های جدی فیزیک کلاسیک و پیدایش و گسترش نظریه‌ی فیزیک جدید انجامید که هم از نظر وسعت و هم از نظر محدوده‌ی کاربردی بسیار غنی‌تر از فیزیک کلاسیک است. بهترین راه برای شروع مطالعه‌ی مکانیک کوانتومی بررسی سیر تاریخی این علم یعنی مطالعه‌ی قانون تابش پلانک، اتم بور، امواج مادی دوبروی، نظریه‌ی گرمای ویژه‌ی اینشتین و دبی، اثر کامپتون، اثر فوتوالکتریک و غیره... است.

هدف ما در این مقاله توصیف پدیده‌ی تابش جسم سیاه و قانون پلانک برای همکاران به نحوی است که روبه‌رو شدن با نظریه‌ی فیزیک کوانتومی برای آنان کمتر اسرارآمیز باشد.

تابش گرمایی جسم سیاه و بررسی تجربی آن

اگر بنا به گفته‌ی فیزیک کلاسیک سطح جسم جامد را متشکل از نوسانگرهای زیادی با بسامدهای مختلف درنظر بگیریم، می‌توان گفت که در دمای معمولی اتاق نوسانگرهایی تابش می‌کنند که بسامد آن‌ها در ناحیه‌ی فروسرخ است. اگر به نحوی

انرژی جسم را زیاد کنیم تعداد نوسانگرهایی که دارای بسامدهای بیشتر از فروسرخ هستند افزایش می‌یابد و بنابراین تابش با طول موج‌های کوتاه‌تر صورت می‌گیرد.

فرض کنید مقداری انرژی تابشی به یک جسم کدر می‌تابد. مقدار زیادی از این انرژی تابشی را سطح جسم جذب می‌کند، در واقع این به معنای افزایش انرژی جنبشی نوسانگرهای جسم است و می‌دانیم که بنابه تعبیر مولکولی، انرژی متوسط نوسانگرهای جسم دمای جسم را تعیین می‌کند، پس انرژی جذب شده باعث افزایش دمای جسم می‌شود.

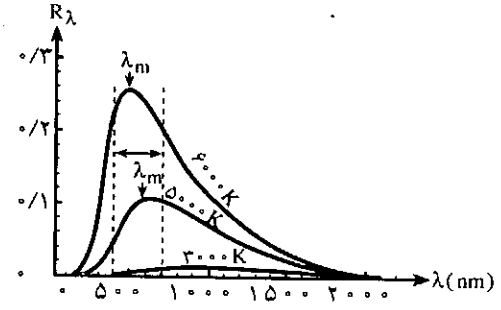
اگر این نوسانگرها را الکترون‌ها درنظر بگیریم می‌توان گفت دمای الکترون‌ها بر اثر جذب انرژی بالا رفته و باعث افزایش دامنه‌ی نوسان‌ها و شتاب گرفتن الکترون‌ها شده است. در فیزیک کلاسیک ذره‌ی باردار شتاب‌دار باید تابش کند، یعنی الکترون‌ها بر اثر شتابی که گرفته‌اند باید تابش کنند و این به نوبه‌ی خود سبب کاهش انرژی جنبشی نوسانگرها و درنتیجه کاهش دمای جسم شود.

وقتی آهنگ جذب با آهنگ گسیل انرژی برابر شود دمای جسم ثابت می‌ماند و جسم به تعادل گرمایی با محیط اطراف می‌رسد (به همین دلیل یک جذب‌کننده‌ی خوب انرژی، تابش‌کننده‌ی خوبی نیز هست). انرژی الکترومغناطیسی که در این شرایط گسیل می‌شود را تابش گرمایی می‌نامند.

توجه کنید که در حالت تعادل، تابش در گستره‌ی تمام طیف صورت می‌گیرد. کمیت R را توان تابشی می‌نامیم و آن را به صورت انرژی تابشی گسیل‌شده در واحد سطح و در واحد زمان تعریف می‌کنیم. برای مطالعه‌ی این تابع بهتر است بهترین چشمه‌ی تابش یعنی جسم سیاه را درنظر بگیریم. جسم سیاه تمام تابشی را که بر آن فرود می‌آید جذب می‌کند.

در سال ۱۸۷۹ جوزف استفان برای توان تابشی جسم سیاه رابطه‌ای تجربی به دست آورد. در این رابطه ارتباط R با دمای مطلق T به صورت $R = \delta T^4$ است و مقدار ثابت δ برابر $5/6703\times10^{-8}\ W/m^2K^4$ است. این رابطه‌ی تجربی را بولتزمن در سال ۱۸۸۴ ثابت کرد. نکته‌ی بسیار مهم در این خصوص این است که توان تابشی جسم سیاه فقط تابع دماست و به ویژگی‌های دیگر جسم سیاه مثل رنگ و یا جنس سطح آن بستگی ندارد. در حالی که برای اجسام غیرسیاه مستقل از رنگ و سطح جسم نیست. این بستگی با اضافه کردن ضریب تابشی ε به رابطه‌ی بالا کامل می‌شود. توجه کنید که ε وابسته به دما و کمتر از یک است.

اگر توان تابشی در طول موج‌های بین λ و $\lambda+d\lambda$ را تابندگی بنامیم و آن را با $R(\lambda)d\lambda$ نشان دهیم، منحنی تجربی تابع توزیع طیف تابشی جسم سیاه $\left(\frac{R(\lambda)d\lambda}{d\lambda}\right)$ در چند دمای ۳۰۰۰، ۵۰۰۰، ۶۰۰۰ کلوین به صورت زیر درمی‌آید.



این منحنی‌ها نشان می‌دهد که توزیع طیفی به بسامد یا معادل آن به طول موج λ بستگی دارد و در λ های بلند و کوتاه به صفر میل می‌کند. یک نتیجه‌ی مهم که از بررسی این منحنی‌ها حاصل می‌شود متناسب بودن طول‌موج مربوط به بیشترین تابش با عکس دمای جسم سیاه است یعنی:

$$\lambda_{max}T = 2/898\times10^{-3}\ m.K \quad \text{یا} \quad \lambda_{max} \propto \frac{1}{T}$$

این نتیجه همان قانون جابه‌جایی وین است که در سال ۱۸۹۳ مطرح شد.

شکل ریاضی تابع تابندگی از دید فیزیک کلاسیک

برای به‌دست آوردن جسم سیاه از کاواک استفاده می‌کنیم. کیرشهوف نشان داد که قانون دوم ترمودینامیک مستلزم آن است که تابش درون کاواک برای تمام طول‌موج‌ها همسانگرد و همگن باشد (یعنی شار مستقل از جهت و در تمام نقطه‌ها یکسان باشد) و در تمام کاواک‌هایی که دمای یکسانی دارند برابر باشد. با دلایل هندسی ساده می‌توان نشان داد، تابندگی با چگالی انرژی در واحد حجم کاواک متناسب است.

تابندگی $\propto$ چگالی انرژی

$$\Rightarrow R(\lambda,T) = \frac{1}{4}cu(\lambda,T) \quad \text{و} \quad c = 3\times10^8\ m/s \qquad (1)$$

$u(\lambda,T)$ چگالی انرژی در طول موج‌های بین λ و $\lambda+d\lambda$ است. هدف ما در این جا پیدا کردن یک رابطه‌ی ریاضی برای چگالی انرژی است. در فیزیک کلاسیک چگالی انرژی در واحد حجم به صورت زیر تعریف می‌شود.

(۲) انرژی میانگین هر مد × تعداد مدها = چگالی انرژی در واحد حجم

منظور از تعداد مدها همان تعداد درجه‌های آزادی نوسانگرهاست که برابر $4\pi f^2/c^3$ ضربدر ۲ می‌شود (چون امواج

الکترومغناطیسی عرضی مثل نوسانگرهای هماهنگ دوبعدی هستند). برای محاسبه‌ی انرژی میانگین وابسته به هر مد از توزیع احتمال بولتزمن برای دستگاهی در حال تعادل در دمای T استفاده می‌کنیم. از نظر فیزیک آماری اگر دستگاهی متشکل از N ذره داشته باشیم برای محاسبه‌ی انرژی میانگین این دستگاه می‌توان از رابطه‌های زیر استفاده کرد:

$$\bar{E} = \frac{\int_0^\infty EN(E)dE}{\int_0^\infty N(E)dE}$$ (با فرض پیوسته بودن انرژی)

$$\bar{E} = \frac{\sum_{n=0}^{\infty} E_n N(E)}{\sum_{n=0}^{\infty} N(E)}$$ (با فرض گسسته بودن انرژی)

در این رابطه‌ها منظور از N(E) تعداد ذرات دستگاه با انرژی E است که تابع انرژی E و دمای T است.

$$N(E) = Ae^{\frac{-E}{E_0}}$$

A یک مقدار ثابت و E_0 انرژی به ازای هر درجه‌ی آزادی برای حالت تعادل است. قانون کلاسیک همپاری انرژی پیش‌بینی می‌کند که در یک دستگاه دینامیکی در حال تعادل انرژی به ازای هر درجه‌ی آزادی $kT/2$ است (k ثابت بولتزمن و T دمای دستگاه است). اگر سهم انرژی جنبشی و پتانسیل را هر کدام $kT/2$ بگیریم، E_0 برابر kT می‌شود.

به محاسبه‌ی انرژی میانگین هر مد با فرض پیوسته بودن انرژی می‌پردازیم.

$$\bar{E} = \frac{\int_0^\infty Ee^{\frac{-E}{kT}}dE}{\int_0^\infty e^{\frac{-E}{kT}}dE}$$

اگر این انتگرال را به روش جز به جز حل کنیم، برای انرژی میانگین هر مد به نتیجه‌ی کلاسیک $\bar{E} = kT$ می‌رسیم. فراموش نشود که هدف اصلی پیدا کردن رابطه‌ای برای چگالی انرژی و به دنبال آن تابع تابندگی است.

$$\text{چگالی انرژی} = \frac{8\pi f^2}{c^3} \times kT \Rightarrow R(\lambda,T) \propto \frac{8\pi f^2}{c^3} kT$$

طبق رابطه‌ی کلاسیک به‌دست آمده در بسامدهای پائین (طول موج‌های بالا) تابندگی به صفر میل می‌کند که با تجربه سازگار است اما در بسامدهای بالا (طول موج‌های پائین) تابندگی بی‌نهایت می‌شود و این بر خلاف مشاهده‌های تجربی است.

شکل ریاضی تابع تابندگی از دید پلانک

به دنبال شکست فیزیک کلاسیک در توجیه مشاهده‌های تجربی تابش جسم سیاه، پلانک برای رفع این مشکل دو فرض را مطرح می‌کند. او ابتدا گسسته بودن انرژی نوسانگرها را مطرح می‌کند که طبق این فرض انرژی میانگین هر مد طبق توزیع احتمال بولتزمن به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$\bar{E} = \frac{\sum_{n=0}^{\infty} E_n e^{\frac{-E_n}{kT}}}{\sum_{n=0}^{\infty} e^{\frac{-E_n}{kT}}}$$

پلانک در فرض دوم خود استدلال کرد که به دلیل نامعلومی نوسانگرها در جداره‌ی کاواک فقط با انرژی‌هایی تابش می‌کنند که از رابطه‌ی nhf به دست می‌آید $(n = 1,2,\cdots)$. بنا به این فرض در رابطه‌ی بالا به جای E_n می‌توان nhf قرار داد.

$$\bar{E} = \frac{\sum_{n=0}^{\infty} nhf\, e^{\frac{-nhf}{kT}}}{\sum_{n=0}^{\infty} e^{\frac{-nhf}{kT}}}$$

با حل سری به دست آمده داریم:

$$\bar{E} = \frac{hf}{e^{\frac{hf}{kT}} - 1}$$

رابطه‌ی بالا بیان می‌کند که انرژی میانگین هر مد تابع بسامد است. به دلیل متناسب بودن تابندگی با چگالی انرژی طبق رابطه‌های (۱) و (۲) می‌توان نوشت:

$$R(\lambda,T) \propto \frac{8\pi hf^3}{c^3(e^{\frac{hf}{kT}} - 1)}$$

این تابع ریاضی به دست آمده برای تابندگی، منحنی تجربی تابندگی جسم سیاه را هم در طول موج‌های بالا و هم در طول موج‌های کوتاه توجیه می‌کند. البته سازگاری کامل با تجربه مستلزم آن است که نوسانگرهای دیواره‌ی کاواک فقط با انرژی nhf تابش کنند که در آن n فقط تعداد مقدارهای $n = 1,2,3,\ldots$ را اختیار می‌کند.

مراجع:

۱. ویلموت، جی. سی، فیزیک اتمی، ترجمه‌ی فریدون رابط، جلد اول، انتشارات دانشگاه تبریز، ۱۳۶۹.

۲. ف. رایف، فیزیک آماری، ترجمه‌ی جعفر سیروس ضیاء، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ اول، ۱۳۶۴.

۳. هالیدی رزنیک، مبانی نور و فیزیک نوین، ترجمه‌ی احمد کیاست‌پور، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ اول، ۱۳۶۱.

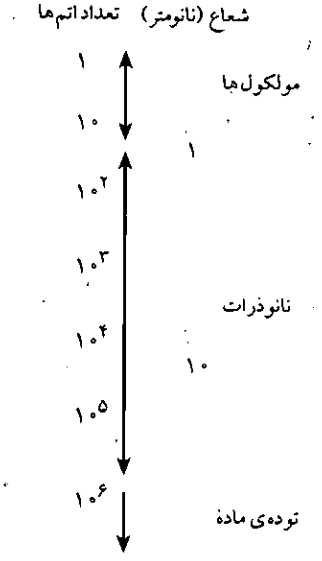
۴. گاسیوروویچ، فیزیک کوانتمی، جلد۱، ترجمه‌ی دکتر جمیل آریایی، محمدرضا مطلوب، انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه تربیت‌معلم، ۱۳۷۲.

نانوذره چیست؟

چارلز پی. پول و فرانک جی. اونز
ترجمه: لیلا شهسواری

خواص مربوط به نانوذراتی که دارای 10^6 اتم یا کمتر هستند، با همان تعداد اتم که با یکدیگر پیوند شیمیایی داشته باشند و تشکیل یک توده را دهند تفاوت دارد. از آن‌جا که واژه‌های **نانوذره** و **نانوفناوری** واژه‌های نسبتاً جدید هستند، لازم است ابتدا مشخص کنیم منظور از یک نانوذره چیست. نانوذرات بسیار قبل از این‌که این واژه رواج یابند، وجود داشتند و حتی مطالعه شده بودند. به عنوان مثال، بسیاری از رنگ‌های زیبا در شیشه‌های رنگی پنجره‌ها، نتیجه‌ی مستقیم وجود خوشه‌های کوچک اکسید فلز در شیشه است که از نظر ابعاد، قابل مقایسه با طول موج نور هستند. ذرات کوچک کلوئیدی نقره علت بخشی از فرآیند ظهور عکس در عکاسی هستند، و آب در دمای محیط حاوی مولکول‌های آب با خوشه‌های پیوندی هیدروژن است. غالباً تعدادی از اتم‌ها یا مولکول‌ها که در شعاعی کمتر از ۱۰۰ nm به یکدیگر می‌پیوندد، به عنوان نانوذره در نظر گرفته می‌شوند. یک نانومتر، 10^{-9} متر یا ۱۰ Å است و بنابراین ذراتی با شعاعی کمتر یا مساوی ۱۰۰۰ Å یک نانوذره محسوب می‌شوند. شکل زیر یک طبقه‌بندی دلخواه از خوشه‌های اتمی را براساس ابعادشان مشخص می‌کند. در این شکل می‌توان ارتباط بین تعداد اتم‌های موجود در یک خوشه و شعاع خوشه را مشاهده کرد.

به عنوان مثال یک خوشه با شعاع یک نانومتر تقریباً ۲۳ اتم دارد که البته اغلب این اتم‌ها در سطح خوشه جای گرفته‌اند. تعریف ارائه شده که بر مبنای ابعاد ذرات است، کامل و جامع نیست؛ چرا که مرز روشنی بین مولکول و نانوذره قائل نمی‌شود. تعداد اتم‌ها در بسیاری از مولکول‌ها؛ به‌ویژه مولکول‌های زیست‌شناختی؛ بیش از ۲۵ اتم است. به عنوان نمونه مولکول $FeC_{34}H_{32}O_4N_4$ که در هموگلوبین بدن انسان یافت می‌شود و وظیفه‌ی انتقال اکسیژن به سلول‌ها را برعهده دارد، شامل ۷۵ اتم است. درحقیقت هیچ تفاوت روشنی وجود ندارد. نانوذرات می‌توانند به دو روش گردهمایی اتم‌ها و یا تقسیم یک توده به وجود آیند. آن‌چه نانوذرات را خیلی جالب توجه می‌سازد و به آن‌ها ویژگی‌های بی‌نظیری می‌بخشد، این واقعیت است که ابعاد آن‌ها



کوچک‌تر از حد ویژه‌ای است که تحت آن می‌توان بسیاری از پدیده‌های فیزیکی را تشریح و توصیف کرد. اغلب ویژگی‌های فیزیکی مواد را می‌توان با چند طول ویژه، یک طول پخش گرمایی و یا یک طول پراکندگی توصیف کرد. رسانایی الکتریکی یک فلز به فاصله‌ای بستگی دارد که الکترون‌ها بین دو برخورد با اتم‌های در حال ارتعاش و ناخالصی‌های جامد طی می‌کنند. این فاصله **مسیر آزاد میانگین یا طول پراکندگی** نامیده می‌شود. اگر اندازه‌ی ذرات کمتر از این طول‌های ویژه باشد، امکان وجود فیزیک یا شیمی جدید مطرح می‌شود. به طور خلاصه و از دیدگاه عملی می‌توان نانوذره را که اجتماعی از اتم‌ها با شعاعی بین ۱ و ۱۰۰ نانومتر است، به عنوان یک بخش جزیی‌تر از یک توده محسوب کرد که ابعاد آن کوچک‌تر از طول ویژه‌ی برخی از پدیده‌ها است.

منبع:
Introduction to Nanotechnology, by Charles P. Poole Jr. and Frank J. Owens. John Wiley & Sons, 2003.

چگونه از صوت برای برقراری ارتباط در زیر آب استفاده می‌شود؟

گردآوری: هادی فدوی حسینی ـ یلدا رشیدی از مشهد

آیا تا به حال سعی کرده‌اید با دوستانتان در زیر آب صحبت کنید؟ اگر این کار را انجام داده باشید متوجه شده‌اید که این کار در زیر آب به خوبی امکان‌پذیر نیست. هرچند که صوت به خوبی می‌تواند در آب منتشر شود ولی تارهای صوتی ما برای تولید صوت در زیر آب طراحی نشده‌اند. پس چگونه می‌توان از صوت برای ارتباط در زیر آب استفاده کرد؟

غواصان از علامت‌های دستی و لوح‌های نوشته شده، برای ارتباط استفاده می‌کنند.

غواصان آموزش دیده‌اند تا با استفاده از دستانشان با غواص‌های دیگر ارتباط برقرار کنند. همین‌طور، آن‌ها برای ارتباط برقرار کردن از وسایل نوشتاری زیر آب استفاده می‌کنند، هر دوی این روش‌ها نیاز به نور و روشنایی دارند. در شب، هنگامی که آب تیره است یا وقتی دو غواص به قدری از هم فاصله دارند که به وضوح یکدیگر را نمی‌بینند، برای برقراری ارتباط چه باید بکنند؟ آیا می‌توان به طریقی از صوت برای ارتباط استفاده کرد؟

دستگاه‌های ارتباطی زیرآبی ویژه‌ای طراحی شده‌اند که به غواصان امکان می‌دهند تا با یکدیگر در زیر آب صحبت کنند. یک دستگاه مبدل[1] به ماسک غواصان متصل می‌شود تا صدای آن‌ها را به سیگنال‌های فراصوتی[2] تبدیل کند، هر غواص هم یک دستگاه گیرنده دارد که سیگنال‌های فراصوتی را می‌گیرد و آن را به صوت شنیداری تبدیل می‌کند. از همین دستگاه برای برقراری ارتباط بین غواص و کشتی استفاده می‌شود.

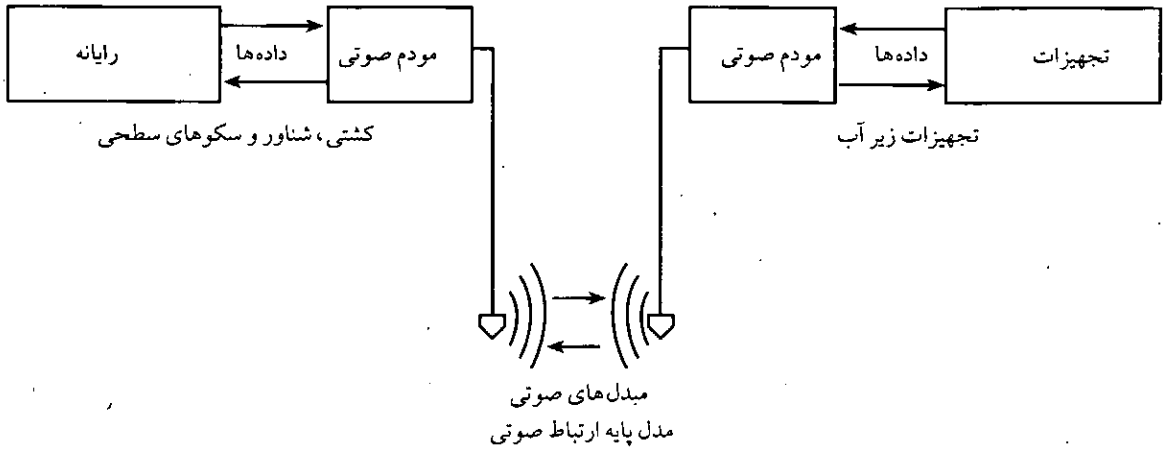
آیا دستگاهی مانند این می‌تواند برای ارتباط بین دو زیردریایی

دستگاه‌های ارتباط اقیانوسی، به غواص‌ها امکان می‌دهد که با یکدیگر در زیر آب صحبت کنند.

یا یک زیردریایی و کشتی در روی سطح آب به کار رود؟

از امواج رادیویی برای این کار استفاده نمی‌کنند چون سیگنال‌های رادیویی نمی‌توانند در مسافت‌های قابل ملاحظه‌ای در آب منتشر شود. دستگاه صوتی که به آن تلفن زیرآبی می‌گویند برای این کار ساخته شده است. این دستگاه مانند رادیوی AM کار می‌کند با این تفاوت که به جای امواج رادیویی، امواج صوتی، ارسال و دریافت می‌کند. تلفن‌های زیر آبی همانند مراکز موجود در خشکی از میکروفن و تقویت‌کننده بهره می‌گیرند. این دستگاه برای ارتباطات صوتی طراحی شده است. به چه نحو یک نفر نامه الکترونیکی می‌فرستد یا از اینترنت استفاده می‌کند؟

زیردریایی‌ها از سیستم‌های تلفنی خاصی برای برقراری ارتباط در زیر آب استفاده می‌کنند.



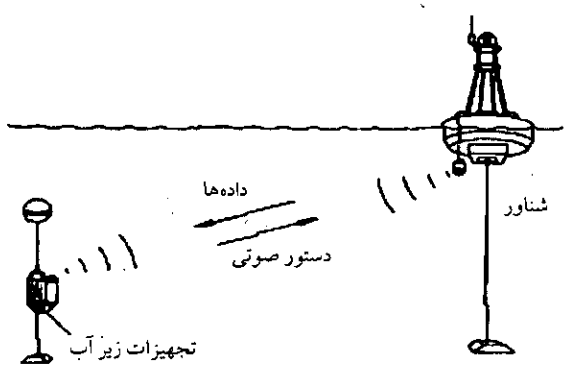
دستگاه‌های پیشرفته زیادی برای ارسال و دریافت داده‌های دیجیتال (رقمی) در این کار طراحی و به کار گرفته شده است. رایانه‌ها از داده‌های دیجیتال برای فرستادن و دریافت اطلاعات از طریق پیام‌های الکترونیکی و صفحات گسترده اینترنت[3] استفاده می‌کنند. آیا فرستادن این نوع اطلاعات به زیر آب ممکن است؟ آیا یک زیردریایی شناور می‌تواند پیام الکترونیکی بفرستد و دریافت کند؟

زیردریایی‌ها تلفن یا دستگاه‌های ارتباطی ندارند و مخابره رادیویی زیر آب منتشر نمی‌شود. بنابراین یک زیردریایی برای فرستادن و دریافت داده‌های دیجیتال از صوت استفاده می‌کند.

این دستگاه‌ها سیگنال‌های باکیفیت خیلی پایین تولید می‌کنند شبیه به ارتباط تلفنی ضعیفی که اغلب در تلفن‌خانه‌ها برقرار است. مودم‌های[4] تلفنی این امکان را فراهم می‌کنند که رایانه‌ها ارسال و دریافت اطلاعات را روی خط‌های تلفن انجام دهند، اگرچه آن‌ها با ارتباطات ضعیف خیلی خوب کار نمی‌کنند. مودم‌های صوتی ویژه‌ای تولید شده‌اند که می‌توانند داده‌های دیجیتال را با موفقیت زیر آب بفرستند. این مودم‌ها داده‌های دیجیتال را به علائم صوتی خاص در زیر آب تبدیل می‌کنند، سپس این علائم می‌توانند بین دو زیردریایی شناور یا بین یک زیردریایی و کشتی مبادله شوند. این علائم دیجیتال می‌توانند لغت‌ها و تصویرها را نشان دهند درست مثل این که زیردریایی‌ها در روی زمین پیام الکترونیکی گسیل و یا دریافت کنند. مودم‌های صوتی زیر آب درست مانند تلفن یا دستگاه‌های مودم در روی زمین هستند این فناوری خیلی بااهمیت است زیرا با استفاده از آن‌ها وسیله‌های مفید و کارآمدی برای فرستادن و دریافت اطلاعات در زیر آب ساخته شده است.

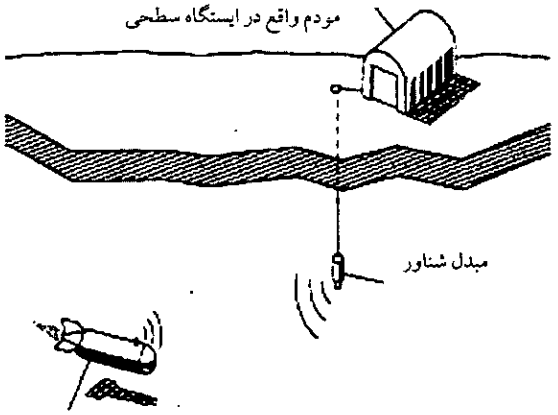
علاوه بر زیردریایی‌ها، محققان نیز به گسیل و دریافت داده‌ها زیر آب نیاز دارند. اقیانوس‌شناسان نیز از صوت برای کنترل تجهیزات زیر آب و همچنین انتقال و گردآوری داده‌ها از اعماق اقیانوس استفاده می‌کنند. از این فناوری برای کنترل زیردریایی‌های کوچک بدون سرنشین هم استفاده می‌شود، که خودروهای زیر سطحی قابل کنترل نامیده می‌شوند، (AUV's)[5] و به‌دست آوردن اطلاعات از آن‌ها در کم‌ترین زمان صورت می‌گیرد.

این خودروها پیشرفته هستند و در بسیاری از جاها برای تحقیقات اقیانوسی و اهداف دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. ارتباط اطلاعاتی در زیر آب می‌تواند با ارتباط اطلاعاتی ماهواره‌ای ترکیب شود تا در کم‌ترین زمان اطلاعات را از وسایل کف دریا به دانشمندان در ساحل منتقل کند. یک کاربرد این روش هشدار دادن سریع‌تر برای سونامی است که به وسیله زلزله‌های کف دریا تولید می‌شود. سونامی امواج عظیمی هستند که بر اثر زلزله در بستر دریا تولید می‌شوند.



ارتباطات صوتی برای کنترل تجهیزات زیر آب و به دست آوردن داده‌ها از فاصله دور استفاده می‌شود.[6]

وقوع سونامی در نواحی ساحلی پرجمعیت از قبیل هاوایی یا ژاپن می‌تواند موجب خسارات بزرگی شود. سونامی می‌تواند به‌وسیله حسگرهای فشار که در کف دریا نصب شده‌اند آشکار شود. سازمان جوی و اقیانوسی ملی آمریکا (NOAA)[7] در برنامه گزارش تشخیص سونامی عمق اقیانوس (DART)[8]، حسگرهای مربوط به فشار را در کف دریا نصب کرده است تا قبل از رسیدن سونامی به ساحل در



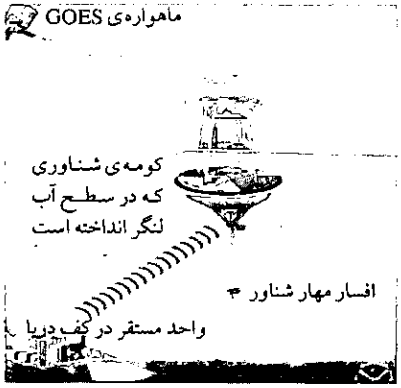
مودم زیر سطحی (AUV's)

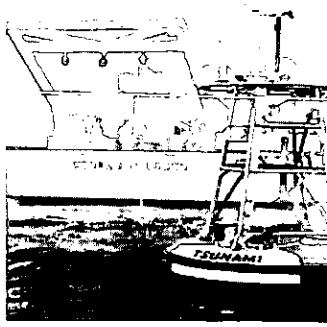
خودروهای قابل کنترل در زیر یخ کار می‌کنند و داده‌های آن‌ها با استفاده از ارتباطات صوتی زیر آب به یک ایستگاه روی سطح فرستاده می‌شود.

کم‌ترین زمان ممکن، از طریق ماهواره هشدار لازم را بدهند.

دستگاه هشدار سونامی در کم‌ترین زمان ممکن اطلاعات گردآوری‌شده درباره فشار را با حسگر کف دریا و از طریق ارتباط صوتی با استفاده از مودم‌های زیر آب به سطح آب ارسال می‌کنند. سپس اطلاعات از طریق ماهواره به محققان روی زمین داده می‌شود.

این فناوری می‌تواند برای مطالعه آتشفشان‌های زیردریا و اقیانوس مورد استفاده قرار گیرد. شبکه رصدخانه‌ای هزاره (NeMO Net)[9] پروژه جالب دیگری است که به وسیله NOAA اداره می‌شود. NeMO یک دستگاه ارتباطی دوسویه است که وسایل قابل کنترل روی یک آتشفشان زیردریایی فعال را به اینترنت متصل می‌کند این دستگاه از مودم‌های صوتی برای انتقال اطلاعات از وسیله‌های کف دریا به شناور در سطح استفاده می‌کند که مرتباً اطلاعات را از طریق ماهواره به محققانی که در آزمایشگاه محیطی اقیانوس آرام هستند ارسال می‌کند.

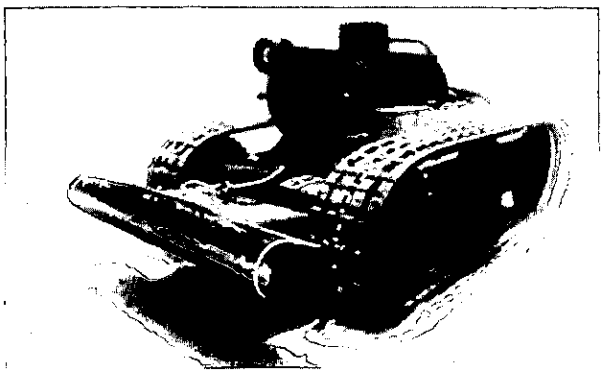




شکل سمت راست: سیستم هشدار سونامی در کم‌ترین زمان ممکن (DART)

شکل سمت چپ: دستگاه NeMO Net. یک دوربین در کف دریا عکس می‌گیرد. دما در مناطق فعال در کف دریا اندازه‌گیری می‌شود. اطلاعات به‌وسیله صوت از میان آب به شناورهای روی سطح آب و سپس از طریق ماهواره به محققان روی زمین فرستاده می‌شود.

نمونه عملی دیگر استفاده از فناوری ارتباطات صوتی، پیدا کردن اجسام زیر آب است. یک روبات خزنده[10]، حاوی مودم، دوربین و یک واحد پردازشگر دیجیتال است. روبات کف دریا را برای پیدا نمودن اجسام طی می‌کند. هنگامی که جسم پیدا شد روبات علائم صوتی به یک شناور یا ایستگاه ساحلی می‌فرستد. سپس به وسیله فرمان دادن به روبات عکس‌های به صورت منظم توسط آن گرفته می‌شود. عکس‌ها فشرده شده و به شکل علائم صوتی برای مأمور تحقیق فرستاده می‌شود. این فناوری به مأموریت‌های باستان‌شناسی امکان می‌دهد که هزاران دلار در هزینه غواصی صرفه‌جوئی کنند.



روبات‌های خزنده می‌توانند حسگرهایی را در آب‌های کم‌عمق یا حتی درمناطق خیزآب حمل کنند. این روبات خزنده به یک دوربین و مودم مجهز است و در فاصله تعیین‌شده، از طریق ارتباطات صوتی قابل کنترل است.

پی‌نوشت:

1. transducer
2. ultrasound signal
3. E-mail messages and Internet web pages
4. Modem (دستگاه تلفیق و تفکیک‌سازی داده‌ها)
5. Autonomous Undersea Vehicles (AUV's)
6. Diagram courtesy of Benthos, Inc.
7. U. S. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)
8. Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis (DART) program
9. The New Millennium Observatory Network (NeMO Net)
10. Robot crawler
11. shallow water, or the surf zone

مراجع:

1. Discovery of sound in the sea, office of marine programs, university of Rhode Island
2. Rabert H. Stewart, "Introduction Physical Oceanography", Department Physical oceanography, Texas A & M University
3. Spindel, R. C., and P. F. Worcester, "Ocan acustic tomography", Scientific American, 263, 94-99 (October, 1990)
4. Seminar of the 1 st APEC Ocean-Related Ministerial Meeting, Proceedings April 22-23, 2002, Seoul, Korea
5. http://www.pmel.noaa.gov/vents/nemo/index.html

انرژی زیست‌توده

گردآوری: سکینه انصاری
دبیر ناحیه یک شهرکرد

پیشگفتار

انرژی منشاء اساسی زندگی انسان‌هاست. با مطالعه‌ی تاریخ زندگی انسان‌ها خواهیم دید که انرژی قابل استفاده برای انسان نخستین تنها قدرت بدنی او بود. مدت‌ها طول کشید تا او توانست با رام کردن حیوانات و سوزاندن درختان احتیاجات خود را برطرف سازد سپس با دستیابی به منابع سوخت‌های فسیلی مانند ذغال‌سنگ و نفت و گاز توانست قدرت فنی و مادی خویش را افزایش دهد. منابع انرژی‌های سنتی ـ سوخت‌های فسیلی و برق حاصل از شکافت هسته‌ای عملاً بر دستگاه عرضه انرژی در جهان امروز تسلط دارند ولی وابستگی شدید جامعه‌های صنعتی به منابع انرژی فسیلی به‌خصوص نفت و گاز و مصرف بی‌رویه آن‌ها ممکن است منابع عظیمی را که طی قرون متمادی در لایه‌های زیر زمین تشکیل شده است تهی سازد.

با این‌که منابع انرژی با سرعت فوق‌العاده‌ای مصرف می‌شوند و در آینده‌ای نه‌چندان دور چیزی از آن‌ها باقی نخواهد ماند. نسل فعلی وظیفه دارد به آن دسته از منابع انرژی که دارای عمر و پتانسیل زیادی هستند روی آورده و دانش خود را برای بهره‌برداری از آن‌ها گسترش دهد. از نکته‌های مهم دیگری که توجه بشر امروز را به انرژی‌های تجدیدپذیر یا به عبارتی سوخت‌های پاک معطوف داشته بحث آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی و خطرها و آسیب‌های آن بر جامعه‌ی بشری است زباله‌های اتمی ناشی از فعالیت نیروگاه‌های اتمی و استفاده از فناوری بسیار پیشرفته‌ی انرژی هسته‌ای هزینه‌ی سنگین این دستگاه‌ها از مشکلات بزرگ بشر امروز است.

یکی از انرژی‌های تجدیدپذیر مناسب زیست‌توده یا بیوماس است که علاوه بر خاصیت تجدیدپذیر بودن، دوست محیط زیست نیز هست. زیست‌توده عمدتاً در کشورهای در حال توسعه مصرف می‌شود و نقش مهمی را در سبد انرژی خانوارهای این کشورها دارد.

تاریخچه

از دیدگاه تاریخی استفاده از انرژی زیست‌توده به دوره‌های اولیه‌ی تاریخ بازمی‌گردد و از زمانی که آتش شناخته شد انسان نخستین همواره چوب و برگ خشک درختان را به عنوان سوخت استفاده می‌کرد. این وضعیت تا قرن حاضر نیز ادامه داشته است. قدیمی‌ترین مورد خروج گاز و اشتعال ناقص آن به وسیله دفع زباله در طبقه‌های زیر زمین توسط **بیلی‌نی‌روس** گزارش شده است. **ون‌هلمونت** در سال ۱۶۳۰ شناسایی و اشتعال این گاز را رسماً اعلام کرد. در سال ۱۶۶۷ **شرلی** گاز مرداب را کشف کرد و اصلی‌ترین تاریخچه‌ی عملی استفاده از گاز متان ترکیب اصلی بیوگاز حاصل از مواد تخمیر شده توسط **ولتا** است که در سال ۱۷۷۶ شروع شد و در سال ۱۸۸۴ فردی به نام **کاین** طرح را به اجرا درآورد و با استفاده از انرژی زیست‌توده روشنایی خیابان‌های شهر پاریس را تأمین کرد. در طول سال‌های ۱۹۸۵ تا ۱۹۹۰ میانگین مصرف سالانه انرژی زیست‌توده در جهان معادل ۱۴ کوادریلیون بوده است.

جدول تولید و مصرف سوخت زیست‌توده در سال‌های ۱۹۹۰ـ۱۹۸۵

منطقه	تولید و مصرف سوخت بیوماس برحسب کادریلیون* btu
آمریکای شمالی	۳/۶۳
اروپا	۰/۹۹
آفریقا	۱/۲
آسیا	۴/۴

* کادریلیون در بریتانیا 10^{24} و در آمریکا 10^{15} است.

در ایران نیز استفاده از زیست‌توده سابقه قدیمی دارد محمدبن **حسین عاملی** معروف به **شیخ بهایی** در سال ۹۳۵ ـ ۱۰۳۱ هـ. ق نخستین کسی بود که زیست‌توده را به عنوان سوخت یک حمام در اصفهان به کار برد. در سال ۱۳۵۹ در یک واحد کوچک آزمایشی در دانشگاه بوعلی سینا در همدان و در سال ۱۳۶۱ یک واحد سه متر مکعبی در دانشگاه شریف احداث شد که سوخت آن را فضولات گاوی تأمین می‌کرد در سه شهر شیراز، مشهد و اصفهان تأسیسات لازم جهت استفاده از بیوگاز در محله‌های دفع زباله به اجرا درآمد.

زیست‌توده (بیوماس)

هر موجود زنده‌ای که انرژی خورشید را جذب کند و به صورت کلروفیل در خود ذخیره سازد، زیست‌توده نامیده می‌شود.

هر ساله از طریق فوتوسنتز معادل چندین برابر مصرف سالانه انرژی جهان انرژی خورشیدی در برگ‌ها و تنه درختان ذخیره می‌شود. پس در بین منابع انرژی‌های تجدیدپذیر زیست‌توده از جهت ذخیره کردن انرژی خورشیدی منحصر به فرد است. همین طور زیست‌توده تنها منبع تجدیدپذیر کربن است و می‌تواند به سوخت‌های جامد، مایع و گاز مناسب تبدیل شود. زیست‌توده بیشتر به شکل چوب قدیمی‌ترین شکل انرژی مورد استفاده‌ی بشر است و صنایع کشاورزی و جنگل‌داری منبع اصلی زیست‌توده هستند. زیست‌توده دو امتیاز دارد، این‌که یکی محصول‌های احتراق آن کم‌تر از سوخت‌های فسیلی است، دوم مشکلات مربوط به انهدام زباله‌ها در سایر صنایع و ضایعات جامد شهری را کاهش می‌دهد.

منابع زیست‌توده

بخشی از تابش خورشید که به جو زمین می‌رسد به دلیل فرایند فوتوسنتز در گیاهان جذب می‌شود. این یکی از مناسب‌ترین منابع انرژی است که بر اثر فوتوسنتز به‌وجود می‌آید. و چندین برابر بیشتر از کل مصرف معمولی انرژی جهان است. حدود ۹۰ درصد این انرژی که در درختان ذخیره می‌شود معادل ذخایر سوخت‌های فسیلی قابل استخراج و به ثبت رسیده است.

منابع زیست‌توده به شش گروه تقسیم‌بندی می‌شوند:

ـ سوخت‌های چوبی

چوب منبع اصلی انرژی زیست‌توده است که قرن‌ها بشر آن را نه‌تنها در مصارف خانگی بلکه در محدوده وسیعی از فعالیت‌های صنعتی مصرف کرده است.

ـ پسماندهای جنگلی و صنایع غذایی

برگ ساقه سبوس و شاخه‌های فرعی و... جز پسماندها و در خود دارای مواد آلی هستند.

ـ پسماندهای جامد زباله‌های شهری (MSW)

مواد زاید جامد شهری یا زباله‌های (MSW) دربرگیرنده انواع مختلفی از زیست‌توده از قبیل کاغذ نخاله‌های ساختمانی و زباله‌های ناشی از عملیات تجاری، اداری و خانگی و صنایع است. با دفن این پسماندها در زیر زمین نیز توانسته‌اند به بیوگاز دست یابند که با تصفیه گاز حاصل می‌توان این گاز را در تمام صنایع و به خصوص

به عنوان سوخت بویله در نیروگاه‌ها به کار برد.

ـ فاضلاب‌های شهری

فاضلاب‌های ناشی از زیستگاه‌های انسانی دارای انرژی قابل ملاحظه‌ای است.

ـ پسماندهای صنعتی

محصولات جانبی صنایعی چون صابون مواد شوینده الکل مواد غذایی غلات و منسوجات گیاهی و غیره از جمله منابع تولید انرژی زیست‌توده به حساب می‌آیند.

ـ فضولات دامی

فضولات دامی براساس گوارش بی‌هوازی می‌تواند به بیوگاز تبدیل گردد.

فناوری تبدیل انرژی زیست‌توده:

۱. فرایند احتراق مستقیم

احتراق مستقیم یک فرایند اساسی است که معمولاً برای تبدیل زیست‌توده به انرژی مفید مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صنایع بزرگ کوره‌ها و دیگ‌های بخار این فرایند انجام می‌شود.

۲. فرایندهای گرماشیمیایی

بیزو لیز از اساسی‌ترین فرایندهای مجموعه روش‌های گرماشیمیایی در تبدیل زیست‌توده به محصولات باارزش و مناسب است محصولات تولید شده عبارتند از یک مخلوط گازی یک مایع نفت‌مانند.

۳. فرایندهای زیست شیمیایی

این نوع فرایندها در زیست شیمی و فعالیت سوخت‌وساز موجودات زنده میکروبی جهت تولید سوخت‌های گازی و سوخت‌های مایع کاربرد دارد.

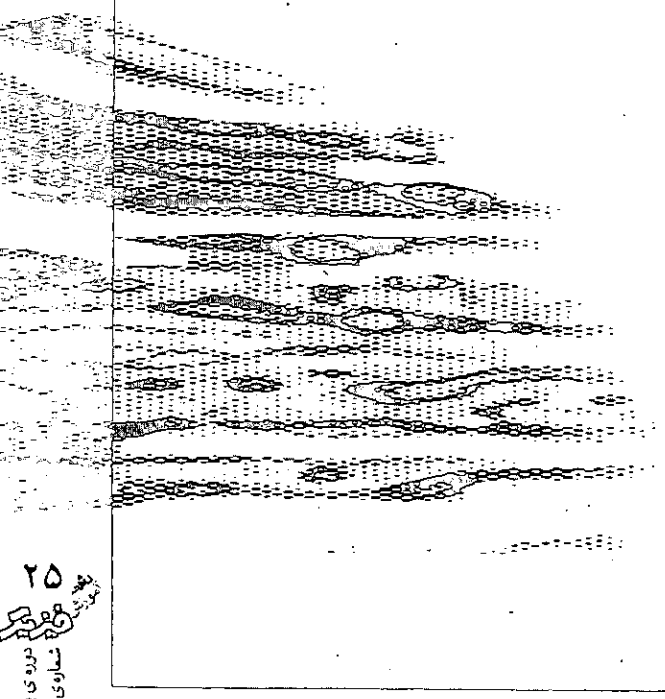
زیست توده در میان انرژی‌های تجدیدپذیر مقام نخست را در عرضه انرژی در جهان داراست به گونه‌ای که در سال ۲۰۰۰ بیش از ۱۰ درصد عرضه انرژی اولیه از منابع زیست‌توده تأمین گردید. در تولید برق از منابع تجدیدپذیر زیست‌توده پس از انرژی آبی در جایگاه دوم قرار دارد.

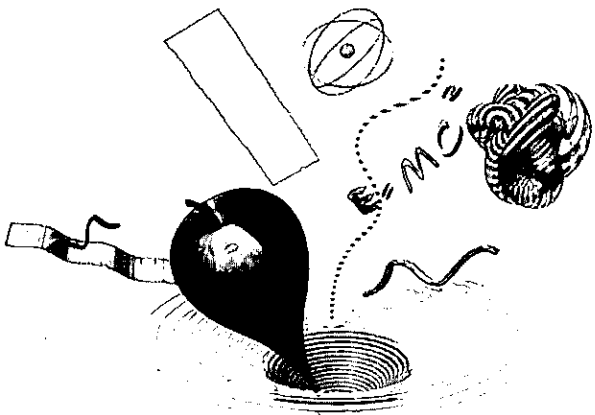
دامنه مصرف‌کنندگان زیست‌توده بسیار گسترده است به‌عنوان مثال از خانوارهای کوچک شروع شده و تا واحدهای بزرگ صنعتی و تجاری ادامه پیدا می‌کند. مثلاً در کشور هندوستان و بنگلادش فناوری زیست‌توده را در کوره‌های آجرپزی و واحدهای چای‌خشک‌کنی و دودی کردن ماهی و غیره به‌کار گرفته‌اند.

ایران از دیرباز درگیر مسائل زیست‌محیطی بوده است. با توجه به منابع عظیم طبیعی سرشار از منحصربه‌فرد در ایران می‌توان امید داشت که با افزایش میزان تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر و به‌خصوص زیست‌توده نیز با اتخاذ سیاست‌های صحیح جنگل‌داری و حفظ منابع طبیعی بتوان بخشی از مسائل را حل کرد.

مراجع:

1. www.SUNA.ORG.IR
2. http://www.ieeo.org/ieia/3energy/energy.htm
۳. وزارت نیرو از انرژی‌های نو چه می‌دانید، انتشارات سازمان انرژی‌های نو ایران، ۱۳۸۰
4. http://energy.persianblog.com/





مترجم: منیژه رهبر

پیش از مهبانگ چه اتفاقی افتاد؟

کشف‌های جدید درباره‌ی عالم دیگری که ظاهراً رمبش آن باعث تولد عالم کنونی شده است در نسخه‌ی آنلاین مجله‌ی نیچر فیزیکس اول ژوییه ۲۰۰۷ اعلام شده است و در شماره‌ی اوت ۲۰۰۷ آن به چاپ خواهد رسید.

مارتین بوییووالد[1] استادیار فیزیک دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا می‌گوید: «مقاله‌ی من مدل ریاضی جدیدی را مطرح می‌کند که با استفاده از آن می‌توان جزئیات تازه‌ای را در مورد ویژگی‌های یک حالت کوانتومی به هنگام حرکت آن در جهش بزرگ[2] به دست آورد که جانشین ایده‌ی کلاسیک مهبانگ (انفجار بزرگ) به عنوان نقطه‌ی شروع عالم می‌شود. همین طور پژوهش‌های او نشان می‌دهد که گرچه می‌توان چیزهای زیادی را در مورد ویژگی‌های عالم اولیه فهمید، اما همواره درمورد این ویژگی‌ها عدم اطمینان وجود دارد، زیرا محاسبه‌های او یک «فراموشی کیهانی» را نشان می‌دهند که ناشی از نیروهای کوانتومی شدید در طول جهش بزرگ است.

ایده‌ی فوران عالم از یک انفجار مهبانگ در تلاش‌های علمی در جهت شناخت مبدأ عالم در حال انبساط با سد عظیمی مواجه می‌شود. گرچه مدت‌هاست که فیزیک‌دانان آن را بهترین مدل می‌دانند.

همان‌طور که نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین بیان می‌کند، منشاء مهبانگ یک حالت به لحاظ ریاضی بی معنی است. یک «تکینگی» با حجم صفر که به رغم آن دارای چگالی بی‌نهایت و انرژی بی‌نهایت زیاد است. با این همه، بوییووالد و دیگر فیزیک‌دانان دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا با استفاده از یک ماشین زمان ریاضی موسوم به حلقه‌ی گرانی کوانتومی[3]، قلمرویی را کشف می‌کنند که حتی برای اینشتین ناشناخته بود. این قلمرو زمان پیش از مهبانگ است.

این نظریه که نسبیت عام اینشتین را با معادله‌های فیزیک کوانتومی که در روزگار اینشتین وجود نداشت، ترکیب می‌کند، اولین توصیف برای تثبیت نظام‌مند وجود جهش بزرگ و به دست آوردن ویژگی‌های عالم پیش از آن است که عالم ما از آن نشأت گرفته است. این جهش بزرگ روزنه‌ای را در سد مهبانگ به وجود می‌آورد.

بوییووالد می‌گوید: «نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین فیزیک کوانتومی را دربر نمی‌گیرد که برای توصیف انرژی‌های بسیار زیاد موجود در مراحل اولیه تحول عالم کاملاً ضروری است. اما اکنون حلقه‌ی گرانی کوانتومی را داریم که شامل فیزیک کوانتومی مورد نیاز است». این نظریه در انستیتوی فیزیک گرانشی و هندسه در دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا شکل گرفت و گسترش یافت و اکنون رهیافت پیشگام در جهت وحدت نسبیت عام و فیزیک کوانتومی است. دانشمندان از این نظریه برای دنبال کردن عالم در زمان گذشته استفاده می‌کنند و دریافته‌اند که نقطه‌ی شروع عالم دارای حجم کمینه‌ی غیرصفر و انرژی بیشینه‌ای غیر از بی‌نهایت بوده است. درنتیجه‌ی این حدود، معادله‌های این نظریه دارای جواب‌های ریاضی معتبری می‌شوند که از نقطه‌ی کلاسیک مهبانگ می‌گذرند و پنجره‌ای از زمان پیش از جهش بزرگ را به روی دانشمندان می‌گشایند.

همین‌طور نظریه‌ی گرانی کوانتومی نشان می‌دهد که ساختار فضا زمان دارای یک هندسه‌ی «اتمی» است که با رشته‌های کوانتومی یک‌بعدی بافته شده است. این ساختار در شرایط حاد نزدیک به جهش بزرگ که فیزیک کوانتومی بر آن حاکم است به شدت از هم گسیخته و باعث می‌شود که گرانی کاملاً دافعه شود، به طوری که به جای این که طبق پیش‌بینی نظریه‌ی نسبت عام اینشتین در بی‌نهایت به صفر میل کند، با کمانه کردن عالم در جهش بزرگ سبب تولد عالم در حال انبساط می‌شود. این نظریه عالم در حال انقباضی را قبل از جهش بزرگ نشان می‌دهد که غیر از مسأله‌ی انقباض، هندسه‌ی فضا زمان آن کاملاً شبیه عالم کنونی بوده است.

بوبیووالد متوجه شد که برای بررسی دقیق‌تر عالم پیش از جهش بزرگ باید مدل ریاضی جدیدی را به وجود آورد. او گفت که «در حلقه‌ی گرانی کوانتومی نیازمند مدلی دقیق‌تر از مدل‌های فعلی بودیم، این مدل‌ها به تقریب‌های متوالی با جواب‌هایی نیاز داشت که به اندازه‌ای که دوست داشتیم کلی و کامل نبودند.»

او مدل ریاضی را به وجود آورده است که با حل یک سری معادله‌های ریاضی، جواب‌های تحلیلی دقیق به دست می‌دهد. مدل جدید بوبیووالد، علاوه بر دقیق‌تر بودن، کوتاه‌تر نیز هست. او مدل گرانی کوانتومی را با استفاده از توصیف ریاضی متفاوت طوری تدوین کرده است که می‌تواند معادله‌ها را به صورت تحلیلی حل کند. این روش بسیار ساده نیز از کار درآمده است. به گفته‌ی بوبیووالد «مدل عددی قبلی بسیار پیچیده‌تر به نظر می‌رسید. اما جواب‌های آن بسیار واضح بودند و نشان می‌دادند که ممکن است یک ساده‌سازی ریاضی امکان‌پذیر باشد. بنابراین، بوبیووالد معادله‌های دیفرانسیل گرانی کوانتومی را ـ که به تعداد بسیار زیادی محاسبه با تغییرهای مختصر در زمان نیاز داشتند ـ به دستگاهی انتگرال‌پذیر تبدیل کرد که در آن با اضافه کردن تغییرات فزاینده‌ی کوچک می‌توان طول زمان را مشخص کرد.

معادله‌های این مدل به پارامترهایی احتیاج دارند که حالت عالم کنونی را به درستی توصیف کند به طوری که دانشمندان بتوانند با استفاده از این مدل به زمان گذشته سفر کنند و به صورت ریاضی مسیر «عکس تحول» آن را بپیمایند تا به حالت آن در زمان‌های قبل از مهبانگ پی ببرند. معادله‌های این مدل خاوی پارامترهای «آزاد» نیز هست که هنوز به دقت شناخته‌شده نیستند ولی برای بیان بعضی ویژگی‌ها ضروری هستند. یکی از آن‌ها صرفاً مربوط به بعد از جهش بزرگ است و دیگری منحصراً به قبل از آن مربوط می‌شود. چون یکی از این پارامترها اساساً تأثیری بر محاسبه‌ها در عالم کنونی ندارد، بوبیووالد نتیجه می‌گیرد که نمی‌توان از آن به عنوان ابزاری برای محاسبه‌ی مقدار آن در عالم قبلی پیش از جهش بزرگ استفاده کرد.

این پارامترهای آزاد که بوبیووالد دریافت مکمل یک‌دیگرند، عدم قطعیت کوانتومی در حجم کل عالم قبل و بعد از مهبانگ را نشان می‌دهند. به گفته‌ی او «این عدم قطعیت‌ها پارامترهای اضافی هستند و وقتی به کار می‌روند که دستگاه مانند نظریه‌ی گرانی کوانتومی در شرایط کوانتومی باشد. آن‌ها مانند رابطه‌های عدم‌قطعیت در فیزیک کوانتومی هستند که در آن مکملیتی بین مکان یک جسم و سرعت آن وجود دارد ـ اگر یکی را اندازه بگیرید نمی‌توانید همزمان دیگری را نیز به دقت اندازه‌گیری کنید.» بررسی‌های بوبیووالد نشان می‌دهند که مکملیتی بین ضریب‌های عدم‌قطعیت حجم عالم قبل از جهش بزرگ و حجم عالم پس از آن وجود دارد. او توضیح داد «برای تمام اهداف عملی ـ ضریب عدم‌قطعیت حجم عالم قبلی را هرگز نمی‌توان به روال محاسبه‌ی رو به عقب از شرایط عالم فعلی، حتی با دقیق‌ترین اندازه‌گیری‌هایی که هرگز بتوان انجام داد، به دست آورد.» این کشف محدودیت‌هایی را در درک این موضوع به وجود می‌آورد که بفهمیم ماده‌ی موجود در عالم پیش از مهبانگ بیش‌تر ویژگی‌های کوانتومی داشته است یا کلاسیک.

بوبیووالد می‌گوید: «مدل عددی قبلی این مشکل را داشت که نمی‌توانستید بفهمید پارامترهای آزاد چه چیزی هستند و تأثیر آن‌ها چیست. مدل ریاضی جدید عبارت‌های بهتری دارد که حاوی تمام پارامترهای آزاد است و بلافاصله می‌بینید که تأثیر هریک از آن‌ها چیست. بنابراین، پس از حل معادله‌ها، می‌توان بلافاصله از جواب‌ها نتیجه‌گیری کرد.

بوبیووالد به این نتیجه‌گیری اضافی نیز رسیده است که لااقل یکی از پارامترهای عالم قبلی نتوانسته است از سفر در جهش بزرگ جان سالم به در ببرد ـ این که عالم‌های متوالی به احتمال زیاد دقیقاً نسخه‌ی بدل یک‌دیگر نیستند. او می‌گوید: «ظاهراً وجود نوع فراموشی کیهانی ذاتی مانع از تکرار ابدی عالم‌های دقیقاً یکسان می‌گردد.»

منبع:

http://www.physorg.com/news102516861.html

گامی به سوی شناخت ابررسانایی

انتقال انرژی بدون هیچ‌گونه اتلاف، سفر در قطارهایی که به صورت مغناطیسی به پرواز درآمده‌اند، تصویرگیری پزشکی (MRI) با دستگاه‌هایی در مقیاس کوچک: همه این چیزها می‌توانند واقعیت پیدا کنند اگر مواد ابررسانایی داشته باشیم که در دمای اتاق کار می‌کنند.

اکنون، پژوهشگران مرکز پژوهش‌های علمی فرانسه گامی دیگر در راهی به پیش رفته‌اند که به این هدف نهایی می‌انجامد. آن‌ها سرشت فلزی گروهی از مواد ابررسانای دما بالا را آشکار ساخته‌اند. این نتیجه که در شماره‌ی ۳۱ مه ۲۰۰۷ مجله نیچر چاپ شد، چیزی است که برای بیست سال بی‌صبرانه در انتظار آن بودند. این نتیجه راه را برای شناخت این پدیده هموار و توصیف نظری کامل آن را امکان‌پذیر می‌سازد.

ابررسانایی حالتی از ماده است که با مقاومت الکتریکی صفر و نفوذپذیری در برابر میدان مغناطیسی مشخص می‌شود. مثلاً این پدیده هم‌اکنون در تصویرگیری پزشکی (دستگاه‌های MRI به کار می‌رود) و می‌تواند کاربردهای تماشایی در ترابری و ذخیره‌ی انرژی الکتریکی بدون اتلاف داشته باشد، یعنی توسعه‌ی دستگاه‌های ترابری مبتنی بر پرواز مغناطیسی، ارتباطات بی‌سیم، و حتی رایانه‌های کوانتومی.

با این همه این واقعیت که ابررسانایی، فقط در دماهای بسیار کم صورت می‌گیرد، فعلاً کاربردهای آن را محدود ساخته است. درواقع، ابررسانایی هنگامی در سال ۱۹۱۱ کشف شد که توانستند راهی را برای مایع کردن هلیم در دمای ۴/۲ کلوین (۲۶۹°C-) پیدا کنند (کشفی که جایزه نوبل فیزیک دو سال بعد به آن داده شد).

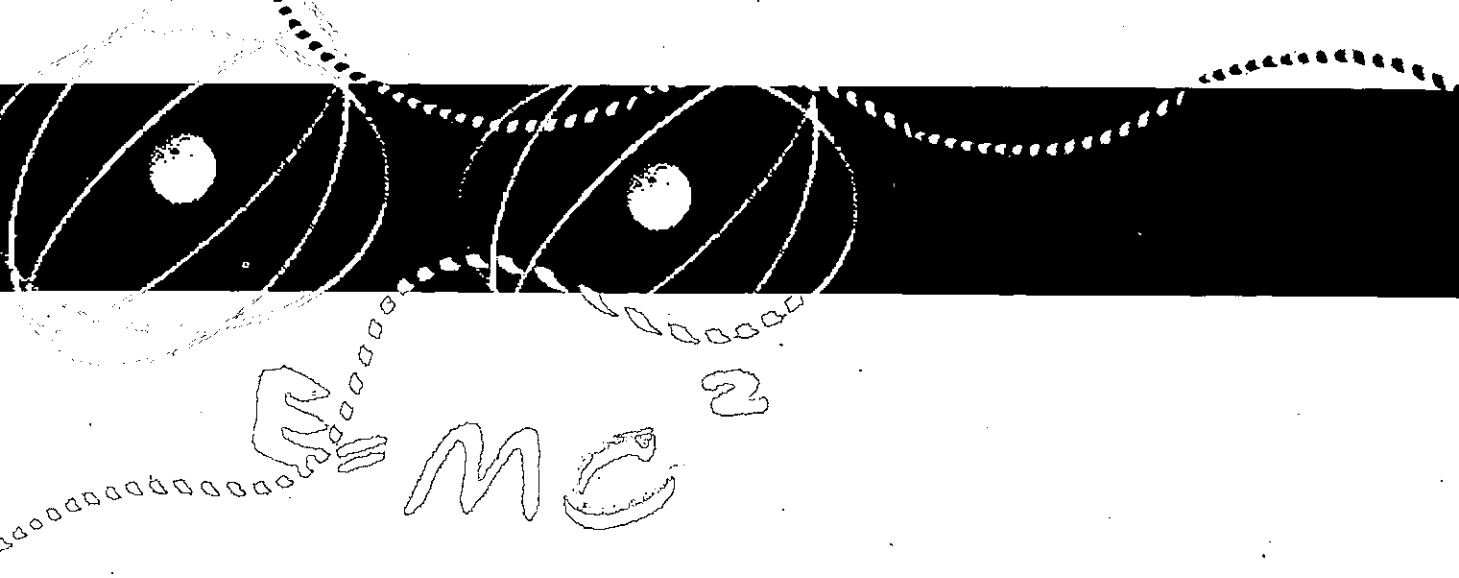
از پایان سال‌های دهه‌ی ۱۹۸۰ (جایزه‌ی نوبل فیزیک سال ۱۹۸۷) پژوهشگران موفق به یافتن مواد ابررسانای «دما بالا» شدند. برخی از این ترکیب‌ها را می‌توان صرفاً با استفاده از نیتروژن مایع (۷۷K یا ۱۹۶°C-) ابررسانا ساخت. اکنون رکورد دمای بحرانی (دمای تغییر حالت که در کم‌تر از آن ابررسانایی به وقوع می‌پیوندد) ۱۳۸K (۱۳۵°C-) است. این گروه جدید ابررساناها که استفاده از آن‌ها راحت‌تر و ارزان‌تر است، حرکت جدیدی را در مسابقه‌ی یافتن دماهای بحرانی هرچه بالاتر به وجود آورده‌اند که هدف نهایی آن یافتن موادی است که در دمای اتاق ابررسانا باشند. با این همه، برخی از پرسش‌های بنیادی مانند این که چه عاملی سبب ابررسانایی در مقیاس‌های میکروسکوپی می‌شود. یعنی، «الکترون‌های این مواد چه رفتاری دارند». تاکنون مانع از موفقیت پژوهشگران شده است.

پژوهشگران آزمایشگاه ملی بروکهاون که در مورد میدان‌های مغناطیسی تپشی، به همراه پژوهشگران شربورگ کار می‌کنند، به خاطر مهارت و تجربه‌ی خود در کار با میدان‌های مغناطیسی قوی «نوسان‌های کوانتومی» را مشاهده کرده‌اند. آن‌ها نمونه‌های خود را در معرض میدان مغناطیسی به بزرگی ۶۲ تسلا (یک میلیون بار قوی‌تر از میدان مغناطیسی زمین) در دماهای بسیار کم (بین ۱/۵K و ۴/۲K) قرار دادند. میدان مغناطیسی حالت ابررسانایی را از بین می‌برد و نمونه که اکنون در حالت عادی است، نوسان مقاومت الکتریکی برحسب میدان مغناطیسی را از خود نشان می‌دهد. این نوع نوسان مشخصه‌ی فلزات است، یعنی در نمونه‌های بررسی شده، الکترون‌ها همانند فلزات رفتار می‌کنند.

پژوهشگران می‌توانند از این کشف که بیست سال بی‌صبرانه در انتظارش بودند برای بهبود شناخت خود از ابررسانایی دما بالا بهره بگیرند که تاکنون در برابر تمام تلاش‌های انجام‌شده در جهت مدل دادن به آن مقاومت کرده است. این کشف برای نظم بخشیدن به نظریه‌های بسیاری که برای توصیف این پدیده مطرح شده، سودمند است و مبنای محکمی را برای ساختن نظریه‌ای جدید به وجود می‌آورد. این کشف شرح مواد مؤثرتر، با دماهای بحرانی نزدیک به دمای اتاق را امکان‌پذیر می‌سازد.

منبع:

http://www.physorg.com/news100341164.html



آیا خلأ تهی است؟ میدان هیگز و انرژی تاریک

مسائل موجود در شناخت سرشت واقعی «خلأ» را فیزیکدان نظری **آلوارو دوروخواد**[4] از مرکز اروپایی پژوهش هسته‌ای ـ سرن در ژنو، سوئیس و استاد فیزیک دانشگاه بوستون در گردهمایی EPL «فیزیک در زمان ما» که در ماه مه در پاریس برگزار شد، بررسی کرده است. او می‌گوید: «معلوم شده است که خلأ تهی نیست. خلأ با نیستی فرق دارد، شگفت‌این که شناخت ما از خلأ از تمام «مواد» شناخته شده کم‌تر است.»

به نظر می‌رسد که از دیدگاه کیهان‌شناسی خلأ دارای نوعی چگالی انرژی باشد، که «انرژی تاریک» یا «ثابت کیهان‌شناختی» نامیده می‌شود که مسئول انبساط شتابدار مشاهده شده‌ی عالم است. از نظر فیزیک ذرات بنیادی، «میدان هیگز» که به اسم پیتر هیگز[5] فیزیکدان نام‌گذاری شده است ـ در خلأ نفوذ می‌کند. در مدل استاندارد فیزیک ذرات (که دنیای زیر اتمی را برای بیش از ۳۰ سال به صورت موفقیت‌آمیز ترسیم کرده است)، جرم همه‌ی ذرات درنتیجه‌ی برهم‌کنش با این میدان به وجود می‌آید.

همین‌طور باید بتوان برانگیختگی‌های میدان هیگز را به صورت ذره‌ای موسوم به «بوزون هیگز» مشاهده کرد. بنابراین آشکارسازی ذره‌ی هیگز ـ تنها ذره‌ی موجود در مدل استاندارد که به صورت تجربی مشاهده نشده است ـ یکی از چالش‌های مهم فیزیک ذرات کنونی است. دانشمندان امید دارند که ذره‌ی هیگز را با استفاده از برخورددهنده‌ی هادرونی بزرگ سرن (LHC) آشکار سازند که انتظار می‌رود در نوامبر امسال به کار بیفتد. LHC بزرگ‌ترین شتابگر ذرات جهان خواهد بود که پروتون‌ها را با انرژی کل TeV ($۱۰^{۱۲}$ eV × ۱۶) به پروتون‌های دیگر می‌کوبد تا چیزی را تولید کنند که فیزیکدانان امیدوارند یک عالمه ذرات جدید، از جمله ذره‌ی هیگز باشد.

LHC در جست‌وجوی ذرات فرضی دیگری به غیر از بوزون هیگز است که «فیزیک فراتر از مدل استاندارد» نامیده می‌شود و «ابر تقارن» ایده‌ی نویدبخش آن است. بسط های ابر متقارن مدل استاندارد پیش‌بینی می‌کنند که تمام ذرات بنیادی مانند کوارک‌ها، فوتون‌ها و الکترون‌ها دارای «بستگان» موسوم به «ابر یار» هستند که هنوز کشف نشده‌اند.

بزرگترین دستاورد دکتر دو روخولا تاکنون شناخت جرم ذرات متشکل از کوارک‌ها با همکاری **شلدون گلاشو**[6] و **هوارد گئورگی**[7] بوده است. او گفت که «من با همکاری آرنون[8] و **شلومودادو**[9] اخیراً مسأله اصلی اختر فیزیک انرژی‌های بالا یعنی فوران‌های پرتوگاما و پرتوهای کیهانی را نیز حل کرده‌ایم، اما اختر فیزیک‌دانان (هنوز) با آن موافقت نکرده‌اند.

دکتر دو روخولا در نگاه به آینده امیدوار است که LHC «چیزی بنیادی» را به ما بیاموزد. او می‌گوید: «به غیر از یافتن ذره‌ی هیگز، این امکان وجود دارد که برخورددهنده «ماده‌ی تاریک» را تولید کند که ذراتی هستند که به طور غیرمستقیم در عالم مشاهده شده‌اند. با این همه، حتی اگر هیچ‌کدام از این‌ها یافته نشوند، LHC هنوز جالب توجه خواهد بود، زیرا نشان خواهد داد که درباره‌ی خلأ چیزی نمی‌دانیم. قبل از یک انقلاب علمی اغلب عدم شناخت کامل وجود دارد.»

منبع:

http://www.physorg.com/news98019242.html

زیرنویس:

1. Martin Bojowald
2. Big Bounce
3. Loop Quantum Gravity
4. Alvaro de Rujula
5. Peter Higgs
6. Sheldon Glashow
7. Howard Heorgi
8. Arnon Dar
9. Shtomo Dado

ترجمه : علی اصغر محبی
دبیر فیزیک منطقه خور و بیابانک

سرمایش لیزری اجسام ماکروسکوپی را به صفر مطلق می برد

سرمایش لیزری روشی است که دانشمندان را قادر می سازد تا رفتار کوانتومی را در اجسام ماکروسکوپی نیز مشاهده کنند. پژوهشگران انستیتوی فناوری ماساچوست (MIT) جسمی به ابعاد یک سکه ده سنتی را تا حدود صفر مطلق سرد کردند.

این مطالعه نشان می دهد که با سرمایش لیزری، دماهای پایین تر از آنچه به آن رسیده‌اند نیز برای اجسامی با این ابعاد امکان پذیر است و این روش برای اولین بار با تأیید تجربی نشان می دهد که اجسام ماکروسکوپی نیز از قانون‌های مکانیک کوانتومی پیروی می کنند. به گفته‌ی رهبر گروه تحقیق **نرجیس ماوالاوا**[1] (استاد فیزیک انستیتوی ماساچوست MIT) : «اگرچه گروه تحقیق هنوز به دماهایی که برای مشاهده رفتار کوانتومی به اندازه کافی پایین باشد دست نیافته است **اما نکته‌ی مهم این است که ما به فناوریی دست یافته‌ایم که برای نخستین بار نشان می‌دهد اجسام ماکروسکوپی نیز رفتار کوانتومی از خود نشان دهند.**»

نظریه کوانتومی در ابتدای قرن بیستم برای توجیه رفتارهای غیرمنتظره اتم‌ها شکل گرفت. رفتارهایی که با نظریه کلاسیک قابل توجیه نبودند. در بزرگ مقیاس گرما و حرکت، رفتار کوانتومی اجسام را مبهم می کند و بر هم‌کنش‌های آن‌ها از قانون‌های مکانیک کلاسیک، شامل نیروهای گرانشی و الکترومغناطیسی پیروی می کنند. **توماس کوربیت**[2] (دانشجوی فارغ‌التحصیل رشته فیزیک و دانشجوی مقطع دکتری MIT و همکار این طرح) گفت: «شما همیشه در دوره دبیرستان یاد می گیرید که اجسام ماکروسکوپی رفتار کوانتومی ندارند چون گرم هستند و انرژی گرمایی آن‌ها اثرهای کوانتومی را پیچیده و مبهم می کند. هیچ‌کس به رفتار کوانتومی اجسام ماکروسکوپی اشاره‌ای نکرده است.»

برای مشاهده رفتار کوانتومی اجسام ماکروسکوپی، باید آن‌ها تا نزدیک صفر مطلق سرد شوند. برای رسیدن به چنین دمای پایینی باید اجسام را تاجایی که ممکن است ساکن نگه داشت. در دمای صفر مطلق (۲۷۳- درجه سلسیوس یا ۴۶۰- درجه فارنهایت) اتم‌ها انرژی گرمایی خود را از دست می دهند و فقط حرکت کوانتومی خود را دارند. در این گزارش پژوهشگران شرح داده‌اند که چگونه دمای یک آینه به اندازه یک سکه ده سنتی را تا دمای ۰٫۸ کلوین پایین آورده‌اند. بنا به گفته ماوالاوا (رهبر گروه و عضو گروه مشاهده‌گر تداخل سنج لیزری ـ گرانشی ماساچوست MIT'S LIGO) در این دما، اجسام چنان کُند حرکت می کنند که ۱۳ بیلیون سال (معادل عمر جهان) طول می کشد تا یک آینه یک گرمی محیط کره زمین را طی کند.

به گفته‌ی ماوالاوا: «گروه برای بهبود این روش به کار خود ادامه می‌دهد و به دماهای پایین‌تری رسیده است اما برای مشاهده رفتار کوانتومی در جسمی به این اندازه، پژوهشگران باید به دمایی به مراتب ازاین پایین‌تر برسند.»

برای رسیدن به چنین دمای فوق‌العاده پایینی، این دانشمندان دو روش را ترکیب می کنند که شامل به دام انداختن و کندکردن است. دوباریکه لیزری به آینه معلق برخورد می کنند، یکی برای نگه داشتن آینه در یک نقطه مانند نقطه تعادل فنر (که فنر را به نقطه تعادل بر می گرداند) است و دیگری برای کندکردن حرکت جسم و دور نگه داشتن آن از انرژی گرمایی. ترکیب این دو لیزر نیرویی قوی تولید می کند، قوی‌تر از یک میله الماس که به اندازه و شکل باریکه لیزری باشد و به این صورت می توانند حرکت جسم را به صفر کاهش دهند.

به گفته‌ی ماوالاوا: «استفاده از نور برای ساکن نگه داشتن آینده مشکلات ناشی از محدودیت‌های استفاده از سایر اجسام (مانند فنر) را برطرف می کند.» فنرهای مکانیکی از اتم ساخته شده‌اند و انرژی گرمایی دارند و بنابراین بر اثر سردشدن تداخل می کنند. ماوالاوا پیش‌بینی کرد وقتی به دماهای پایین‌تر نزدیک شوند باید رفتار کوانتومی را ببینند. اگرچه رسیدن به هدف نهایی مشکل‌تر است. چون هنوز چند مشکل ازجمله تداخل بر اثر افت و خیزهای بسامدهای لیزر بر سر راه قرار دارد. به گفته‌ی او: عامل اخیر یکی از عوامل مهم است.

پژوهشگران MIT و انستیتو اینشتین آلمان یافته‌های خود را در فیزیکال ریویولترز منتشر خواهند کرد.

این پژوهش توسط بنیاد ملی علوم آمریکا و وزارت فدرال آموزش و تحقیقات آلمان پایه‌ریزی شده است.

زیرنویس:

1.Nergis Mavalvala
2.Thomas Corbitt

مراجع:

http://www.sciencdaily.com
http://web.mit.edu/newsoffice/2007/laser.html.

پاد ماده و علم قرن بیستم

گری ویلیامز
ترجمه: محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر

چکیده

این مقاله خلاصه‌ای از تاریخچه‌ی پادماده را از زمانی که مفهوم آن برای نخستین بار در سال ۱۸۹۸ مطرح شد تا کنون، به دست می‌دهد. امید می‌رود که بتواند زمینه‌ی تاریخی لازم همراه با بریده‌های جالبی را برای معلمان تدارک ببیند تا به هنگام حضور در کلاس درس، درباره‌ی این مبحث اطلاعات کافی را داشته باشند. پادماده مثال تمام‌عیاری از علم قرن بیستم است که مکانیک کوانتومی و نسبیت را دربر می‌گیرد، و پیشرفت از یک ایده‌ی نظری تا تولید انبوه را در بازه‌ی زمانی ۱۰۰ ساله نشان می‌دهد. بخش نهایی مقاله درباره‌ی استفاده از ایده‌ی پادهیدروژن در کلاس درس است.

در آغاز...

می‌توان شما را به خاطر این فکر که ایده‌ی پادماده را نخستین بار **پل دیراک** (شکل ۱) مطرح کرد، بخشید. در واقع این **آرتور شوستر**[1] بود که نخستین بار در سال ۱۸۹۸ اصطلاح پادماده را وضع کرد. کمی قبل از او **کارل پیرسون**[2] در سال ۱۸۹۲ ماده‌ی منفی را پیشنهاد کرده بود، ولی فکر می‌کرد که اتم‌ها به صورت نقطه‌ها در فضایی هستند که در آن «اتر» پیوسته در تمام جهت‌ها روان است («مدل گردابی» اتم که در آن زمان مورد توجه بود). حتی می‌گویند که قبل از پیرسون، **ویلیام هیکس**[3] ایده‌ی ماده‌ی منفی را در سال ۱۸۸۰ مطرح کرده بود[۱]. بد نیست توجه کنیم چگونه ایده‌های مربوط به ماده در آن زمان به وجود می‌آمدند. اتم تا سال ۱۹۱۴ که رادرفورد مقاله‌ای تحت عنوان «ساختار اتم» [۲] را منتشر کرد هنوز ناشناخته بود. طُرفه آن‌که رادرفورد کسی بود که پس از شوستر وارث کرسی استادی **لانگ ورثی**[4] فیزیک در دانشگاه منچستر شد.

شکل ۱. پل دیراک

می‌گویند شوستر حدس زده بود که ممکن است دستگاه‌هایی ستاره‌ای متشکل از پاداتم‌ها وجود داشته باشند که در تماس با اتم‌ها نابود می‌شوند. به نظر می‌رسد که شوستر از بسیاری جهت‌ها پیشگام بوده باشد که نخستین مورد استفاده از پرتوهای x در محل برای تاباندن به **الیزابت آن هارتلی**[5] [۴] از آن جمله است.

پل دیراک در سال ۱۹۲۸ هنگامی وارد این داستان شد که با استفاده از نظریه‌ی کوانتومی نسبیتی خود در مورد الکترون، وجود پادذره‌ی آن را پیش‌بینی کرد. کار او در ابتدا به واسطه‌ی وجود جواب با انرژی منفی، علاوه بر انرژی نسبیتی کل مثبت مشکلاتی را به وجود آورد. (گذار از حالت e− به حالت e+، یعنی چیزی که تا آن موقع برای الکترون‌ها مشاهده نشده بود، مشکل‌آفرین به نظر می‌رسید [۵]). دیراک درگیر این مشکل بود تا این‌که متوجه شد وجود پادذره‌ای برای الکترون، این مشکل را حل می‌کند. بهترین کار، توصیف این مطلب به بیان خود اوست[۶]:

> اکنون این فرض‌ها را درنظر می‌گیریم که در جهانی که می‌شناسیم، تقریباً تمام حالت‌های انرژی منفی برای الکترون‌ها با دقیقاً یک الکترون در هر حالت پر شده باشند، و این پر شدن یکنواخت همه‌ی حالت‌های انرژی

شکل ۲ . کارل دی . آندرسون کاشف پوزیترون

منفی برای ما کاملاً غیرقابل مشاهده باشد . به‌علاوه، هر حالت انرژی منفی اشغال‌نشده، که انحرافی از یکنواختی است، قابل مشاهده و دقیقاً یک پوزیترون باشد .

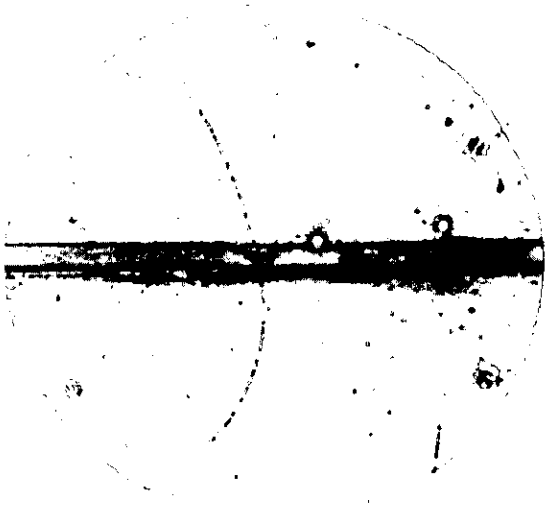
شاید دیراک در مقاله‌ی اولیه‌اش تحت عنوان «نظریه‌ی کوانتومی الکترون» که در سال ۱۹۲۸ منتشر شده بود [۵] پوزیترون را به صورت ریاضی پیش‌بینی کرده بود، ولی به‌نظر نمی‌رسد که این ایده را معتبر درنظر گرفته باشد .

> نیمی از جواب‌ها را که مربوط به بار e+ الکترون است، باید کنار گذاشت...

به نظر می‌رسد که دیراک تا هنگام انتشار مقاله‌ی نظریه‌ی الکترون‌ها و پروتون‌ها، در دسامبر ۱۹۲۹ [۷] در اندیشه‌ی مفهوم حفره‌ها بود و به نظر می‌رسد با ایده‌ی ذره‌ی باردار مثبتی که از مقاله‌ی قبلی‌اش بیرون می‌آمد، خوشحال‌تر باشد . **ملادیونویچ**[۶] گزارش خوبی از این موضوع ارائه می‌دهد [۸] و نیز خاطرنشان می‌سازد که دیراک اصل طرد پاؤلی را به کار گرفت و آن را برای استفاده در دست‌کم عالم موضعی برای رسیدن به توصیفی که از آن خرسند باشد، تعمیم داد . تا این‌که در ماه مه ۱۹۳۱ در مقاله‌ی «تکنیگی‌های کوانتیده در میدان الکترومغناطیسی» [۹] پوزیترون نظری قطعاً از راه رسید :

> ... نوع جدیدی از ذره‌ی ناشناخته در فیزیک تجربی، دارای جرم یکسان و بار مخالف الکترون است . می‌توان این ذره را پادالکترون نامید .

به نظر می‌رسد که دیراک این پیش‌بینی را در بازنگری پذیرفته باشد [۱۰] زیرا می‌گوید که :



شکل ۳ . کشف پوزیترون

معادله باهوش‌تر از من بود .

تا سال ۱۹۳۲ طول کشید تا **کارل اندرسون**[۷] (شکل ۲) پوزیترون را در هنگام بررسی پرتوهای کیهانی کشف کرد [۱۱] . این همان سالی بود که چادویک مقاله‌ی خود تحت عنوان «وجود نوترون» [۱۲] را منتشر کرد . شکل ۳ نخستین ردّ ثبت‌شده از پوزیترون را که به چاپ رسیده، نشان می‌دهد . یک صفحه‌ی سربی دایره را دو نیم می‌کند . کلّ دستگاه در یک میدان مغناطیسی قوی قرار دارد و بنابراین سرشت خمیده‌ی مسیر به معنی آن است که ذره‌ی به‌وجودآورنده‌ی آن، باردار است . در این شکل، ذره باید از بالای عکس، به طرف پایین در حرکت باشد، زیرا خمیدگی مسیر در نیمه‌ی پایینی تصویر بیشتر است . صفحه‌ی سربی ذره را کُند ساخته است . خمیدگی مسیر مخالف چیزی است که برای الکترون انتظار می‌رود، و برای تولید چنین مسیری یک پروتون باید با سرعت بسیار کم حرکت کند؛ همه‌ی این‌ها اندرسون را به این نتیجه رساند که این ذره، پوزیترون پیش‌بینی شده است .

در ابتدا در مورد ذره‌ی کشف شده تردیدهایی وجود داشت، تا این‌که در فوریه‌ی ۱۹۳۳، **بلکت**[۸] و **اُکچیالینی**[۹] نتیجه‌های حاصل از ۵۰۰ ردّ ذره‌های پرتو کیهانی را به چاپ رساندند که چهارده تای آن‌ها مربوط به پوزیترون بود . گفته‌اند که این از بدشانسی بلکت و اکچیالینی بود که برای به دست آوردن نتیجه‌های قاطع‌تر در مورد پوزیترون، نتیجه‌های کار خود را دیرتر منتشر کردند، به طوری که این اندرسون بود که جایزه‌ی نوبل فیزیک سال ۱۹۳۶ را برای «کشف پوزیترون» به دست آورد . (در آن زمان اندرسون بدون شک به کمک مالی نیاز داشت؛ چون برای پرواز به سوئد برای دریافت جایزه‌ی نوبل خود مجبور شد پول قرض کند) . با این همه، به نظر می‌رسد نه اندرسون و نه استادش **میلیکان**

از این‌که پوزیترون پیش‌بینی شده بود، خبر نداشتند [۸]. دیراک فکر می‌کرد که بلکت و اکچیالینی ابتدا پوزیترون را مشاهده کرده‌اند ولی مشاهده‌ی حتی زودتر آن در حوالی سال‌های ۱۹۲۶ یا ۱۹۲۷ را نیز به یاد می‌آورد:

> ...اغلب ردّهایی مشاهده شده بود که به طرف چشمه بودند. او [سخنران] فرض می‌کرد که این ذرات باید الکترون باشند و بنابراین خمیدگی ردّها نشان می‌داد که آن‌ها به طرف چشمه حرکت می‌کنند.' این فقط با بی‌اعتنایی گزارش شده بود. هیچ‌کس به این فکر نیفتاد که این نکته را با تفصیل بیشتری بررسی کند...

با این همه، آنچه اندرسون منتشر ساخت، بدون ابهام توصیف شده بود و؛ او دو مقاله چاپ کرد که عنوان کاشف را برای او توجیه می‌کرد [۸].

در سال ۱۹۳۶ **استیپان موهوروویچ**[۱۰] [۱۳] (با **آندریا موهوروویچ**[۱۱] ژئوفیزیکدان کروات اشتباه نشود که لایه‌ی موهو به افتخار او نامگذاری شده است) وجود حالت مقیدی از پوزیترون و الکترون را پیش‌بینی کرد، این حالت $e^+ - e^-$ را **روآرک**[۱۲] در سال ۱۹۴۵ پوزیترونیم (Ps) نامید [۱۳]. آن را می‌توان سبک‌ترین اتم شناخته‌شده دانست (گرچه اتمی است که در جدول تناوبی نام برده نشده است و می‌تواند دانش‌آموزان را به اشتباه بیندازد)، و شبیه اتم هیدروژنی است که در آن به جای پروتون یک پوزیترون قرار دارد. این اتم را **دوچ**[۱۳] در سال ۱۹۵۱ کشف کرد [۱۴]، او دریافت که دو شکل از حالت پایه‌ی پوزیترونیم وجود دارد؛ پاراپوزیترونیم (حالت تک‌تایه با اسپین‌های پادموازی $(m = 0, s = 0)$)، که در فرایند نابودی با طول عمر حدود ۰٫۱ نانوثانیه به دو فوتون یکسان وامی‌پاشد و اورتو پوزیترونیم (حالت سه‌تایه، با اسپین‌های موازی $(s = 1, m = -1, 0, 1)$)، که طول عمر آن در خلأ ۱۰۰۰ بار بزرگ‌تر است و به سه فوتون وامی‌پاشد. پوزیترونیم دارای ترازهای انرژی شبیه اتم هیدروژن است، ولی به علت جرم کمتر، بسامد گذارهای بین این خط‌های طیفی تقریباً نصف بسامد مربوط به خط‌های هیدروژن است [۱۵].

شکل ۴. اولین ابزار تصویرگیری کلینیکی با استفاده از پوزیترون

در میانه‌ی راه

به رغم وجود چنین ذره‌ای عجیب، تا سال ۱۹۵۰ طول کشید تا برای نخستین بار در یک ابزار تصویربرداری برای آشکارسازی تومورهای مغزی به کار گرفته شد، و در سال ۱۹۵۲ به عنوان یک آشکارساز پزشکی شناخته شد (شکل ۴)[۱۶].

تا کشف پادذره‌ی بعدی حدود ۲۳ سال طول کشید. در سال ۱۹۵۵ **اوئن چمبرلین**[۱۴] (شکل ۵) و **امیلیو سگره**[۱۵] (شکل ۶) پس از یک سری آزمایش‌هایی که در آن پروتون‌ها را در دانشگاه کالیفرنیا به هم می‌کوبیدند، پاد پروتون را کشف کردند. آن‌ها مجبور شدند ۵ میلیون سیگنال ناشی از پیون‌ها را بررسی کنند تا بتوانند دقیقاً ۱۰۰ سیگنال حاصل از پادپروتون‌ها را جدا سازند [۱۷]. امیلیو سگره کوهنوردی ورزیده بود که برخی از قله‌های بلند آلپ را فتح کرده بود؛ همین طور هنگام کار با **کارلو پریه**[۱۶] شیمیدان، عنصر تکنسیم (عدد [اتمی] ۴۳) را کشف کرد. او این عنصر را پس از آن کشف کرد که سگره، ارنست **لاورنس**[۱۷] را در برکلی ملاقات کرده و از او خواست که به سگره اجازه دهد تا برخی از اطلاعات به‌دست آمده از سیکلوترون را که دور ریخته بود بررسی کند. این بخش‌ها بر اثر پرتودهی در سیکلوترون پرتوزا شده بودند و سگره فکر می‌کرد بررسی آن‌ها جالب خواهد بود. تکنسیم- عنصری که در آت و آشغال کشف شده بود! [۱۸]. چمبرلین و

شکل ۵. اوئن چمبرلین بر روی تمبر (چپ) و تصویر خود او

شکل۶. امیلیو سگره، کوهنورد و کاشف عناصر و پادپروتون

سگره را صاحب جایزه‌ی نوبل فیزیک سال ۱۹۵۹ ساخت. پس از آن، پادنوترون در سال ۱۹۵۶ توسط **کوک**[۱۸]، **لامبرسون**[۱۹]، **پیکونی**[۲۰]، و **ونتزل**[۲۱] با عبور پادپروتون‌ها از ماده کشف شد [۱۹].

پیش از کشف پادپروتون، جر و بحث‌هایی درباره‌ی امکان وجود آن میان دو گروه، که می‌شد آن‌ها را با اندکی مسامحه فیزیکدانان نظری و تجربی نامید، درگرفته بود. نظریه‌پردازها فکر می‌کردند که پادپروتون باید وجود داشته باشد، در حالی که فیزیکدانان تجربی به آن با تردید می‌نگریستند. اوج این جدل، شرط بندی ۵۰۰ دلاری بود که بین **هارتلند اشنایدر**[۲۲]، نظریه‌پرداز، و **موریس گلدهابر**[۲۳]، آزمایشگر، صورت گرفت؛ اشنایدر برنده شد [۱۴].

کار **وال فیچ**[۲۴] و **جیمز کرونین**[۲۵] (شکل۷) در سال ۱۹۶۴ جایزه‌ی نوبلی را برای آن‌ها به ارمغان آورد، گرچه باید تا سال ۱۹۸۰ منتظر آن می‌ماندند. هنگامی که آن‌ها مقاله‌ای را منتشر کردند که

شکل۷. وال ال. فیچ (راست) و جیمز دبلیو. کرونین (چپ)

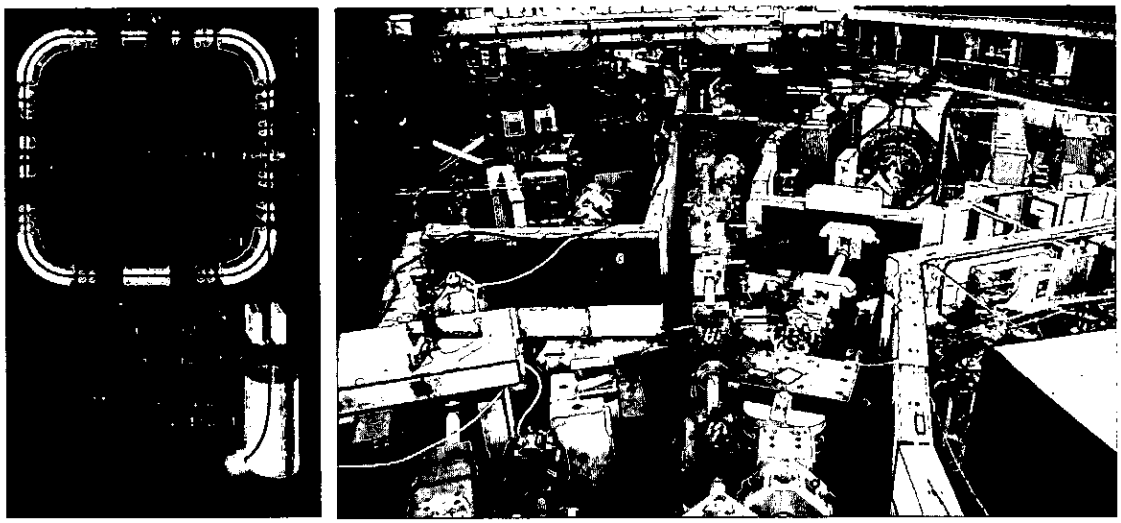
نقض CP (بار ـ پاریته) را توضیح می‌داد ـ فرایندی که توضیح می‌دهد که چرا عالم دارای ماده‌ی بیشتر از پادماده است [۲۰] ـ در بروکهاون کار می‌کردند که مزون K در آن‌جا کشف شده و یک شتابدهنده‌ی ۳GeV جدید ساخته شده بود. اهمیت کار آن‌ها تا مدتی بعد ناشناخته ماند، و بنابراین آن‌ها برای اخذ جایزه‌ی نوبل خود تا سال ۱۹۸۰ منتظر ماندند. مانند بسیاری از فیزیکدانان، جیمز کرونین حرفه‌ای دارد که ظاهراً از آن لذت می‌برد [۲۱]:

> وقتی از خودم می‌پرسم «چه کسانی خوشحال‌ترین مردم روی زمین هستند؟» پاسخم این است، «آن‌هایی که نمی‌توانند برای دنبال کردن کاری که روز پیش انجام می‌دادند، منتظر صبح روز بعد بشوند.»

وال فیچ در نبراسکا متولد شد و پدرش رئیس افتخاری قبیله‌ی سرخپوستان **سیوکس**[۲۶] بود.

سال ۱۹۶۵ شاهد کشف پاد دوترون بود. پاد دوترون هسته‌ای از پادماده است که از یک پادپروتون و یک پادنوترون تشکیل شده است (در حالی که دوترون هسته‌ی اتم دوتریم و متشکل از یک پروتون و یک نوترون است). پاد دوترون را دو گروه از فیزیکدانان همزمان کشف کردند، یکی به سرپرستی **آنتونی زیچیچی**[۲۷]، با استفاده از سینکروتون پروتون واقع در سرن (CERN)، و دیگری به سرپرستی **لئون لدرمن**[۲۸] (شکل۸) با استفاده از شتابدهنده‌ی AGS[۲۹] در آزمایشگاه ملی بروکهاون در نیویورک [۲۲]. لدرمن در سال ۱۹۸۸ برنده‌ی جایزه‌ی نوبل شد و در ایالات متحده به

شکل۸. لئون لدرمن یک حامی جدی معلمان



شکل ۹ . نمودار LEAR (چپ) و خود LEAR(راست).

خاطر کارهای آموزشی خود با معلمان او را خوب می‌شناسند [۲۳].

در پایان

در سال ۱۹۹۵ یک گروه بین‌المللی به سرپرستی **والتر اُلترت**[۳۰] موفق به خلق نُه پادهیدروژن شدند. این نُه اتم در طول سه هفته از برخورد پادپروتون‌ها با اتم‌های زنون تولید شدند. پادپروتون‌ها را با شتاب دادن پروتون‌های با یک شتابدهنده‌ی خطی و سپس استفاده از یک سینکروترون، تولید کردند. سپس این پروتون‌ها به یک هدف بریلیمی برخورد می‌کردند که حاصل برخی از این برهم‌کنش‌ها، زوج‌های پروتون- پادپروتون بودند. سپس با گیراندازی برخی از این پادپروتون‌ها و فرستادن آن‌ها به حلقه‌ی پادپروتون کم‌انرژی (LEAR)[۳۱] (شکل ۹) آن‌ها را در هر دور از فوران گاز زنون عبور می‌دادند. گرچه طول LEAR فقط در حدود ۴۰m است، اما چون پادپروتون‌ها با سرعت نزدیک به سرعت نور از آن عبور می‌کردند، بنابراین در هر ثانیه حدود ۳ میلیون بار از گاز زنون می‌گذشتند. به هنگام عبور از اتم زنون در یک رویداد نادر پادپروتون بخش کوچکی از انرژی خود را به یک الکترون و یک پوزیترون تبدیل می‌کند. در موارد حتی نادرتر، سرعت پوزیترون به اندازه‌ی کافی به سرعت پادپروتون نزدیک می‌شود تا دو ذره برای تولید اتم پادهیدروژن به هم بپیوندند [۲۴].

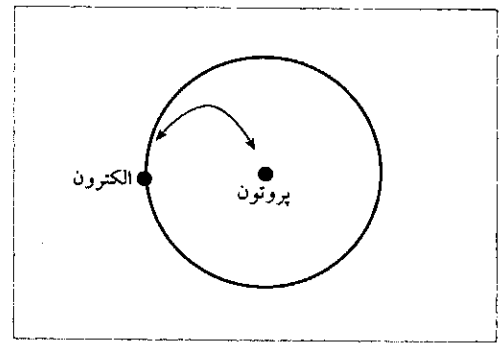
نسخه‌ی پیش از چاپ مقاله‌ی حاوی این نتیجه‌ها موجود است [۲۵] و به صورتی قابل فهم نوشته شده است. این مقاله توضیح موجزی از نظریه‌ی CPT ارائه می‌کند و جالب است به شباهت آشکارسازی پویشگرهای PET و تجهیزات استفاده شده در این آزمایش توجه شود. بعداً در سال‌های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ در آزمایشگاه فرمی، ۹۹ اتم پادهیدروژن مشاهده شدند. در نسخه‌ی پیش از چاپ مقاله‌ای تحت عنوان «مشاهده‌ی پادهیدروژن اتمی» بیان شده است که این مشاهده‌ها بدون زمینه هستند، که به نظر می‌رسد بیانگر آن باشد که نتیجه‌ها قطعاً خالی از ابهامند- گرچه معلوم نیست که نتیجه‌ها چطور دیگر می‌توانستند باشند. هم این آزمایش و هم [آزمایش] سرن که قبل از آن انجام شده است بر مبنای کار **مونگر**[۳۲]، **براوسکی**[۳۳] و **اشمیت**[۳۴] بود و دارای همان ماهیت است.

نخستین پادهیدروژن سرد در سرن در پروژه ATENA در سپتامبر ۲۰۰۲ تولید شد.

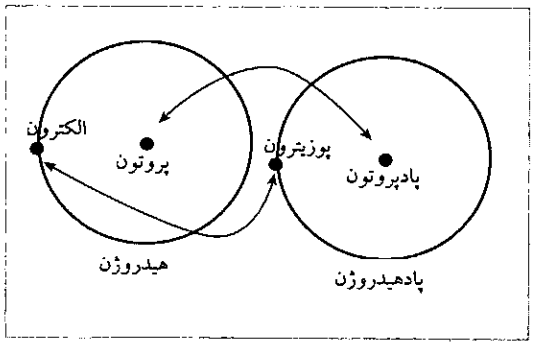
در کلاس درس

بدیهی است که در کلاس‌های بالاتر (دانش‌آموزان بالای ۱۶ سال) درباره‌ی چیزهای زیادی می‌توان بحث کرد که پادماده را موضوع پژوهشی جالب توجهی سازد [۲۹-۲۷]. (در این جا برای اختصار، از هرگونه شرح در مورد توموگرافی با گسیل پوزیترون (PET) یا سایر ایده‌های پزشکی مربوط به پادماده حذف شده است). با این همه، معلمان باید دانش‌آموزان را در سن‌های کم‌تر با پادماده آشنا کنند- تقریباً در همان زمانی که آن‌ها با اتم آشنا می‌شوند. شاید این عجیب به نظر برسد، اما دارای اولویت تاریخی است: دیراک ابتدا به جای این که الکترون را با پوزیترون مقایسه کند، آن را با پروتون مقایسه کرد [۲۹].

اتم رادرفورد را درنظر بگیرید که اغلب دانش‌آموزان، اول با آن آشنا می‌شوند (شکل ۱۰). دانش‌آموزان به طور خودکار تضاد پروتون با بار مثبت، و الکترون با بار منفی را مقایسه می‌کنند. این در نظر اول منطقی به نظر می‌رسد، و دانش‌آموزان اصولاً همان کاری را انجام می‌دهند که دیراک ابتدا وقتی معادله‌ها جواب مثبت را پیش‌بینی کردند، انجام داد. این به خودی خود گمراه‌کننده نیست، ولی معرفی بعدی ذره‌های دیگر در این طرح قرار



شکل ۱۰ . آیا شما نظیر به نظیر مقایسه می‌کنید؟



شکل ۱۱ . مقایسه‌ی درست می‌تواند به یادگیری دانش‌آموزان کمک کند .

نمی‌گیرد . برای مثال به نظر نمی‌رسد که نوترون ضدی داشته باشد . معرفی اتم پادهیدروژن به عنوان مثالی متضاد ، [ما را] به تشکیل تصویری بادوام‌تر کمک می‌کند (شکل ۱۱) .

وقتی برای نخستین بار پادهیدروژن را به کلاس دانش‌آموزان ۱۳ ساله معرفی کردم ، نگران آن بودم که شاید مدل اتم را دشوارتر سازد . ظاهراً تجربه من نشان می‌دهد که چنین نبود و سرشت پیشگام[35] این موضوع ، علاقه‌ی زیادی را در دانش‌آموزان به وجود آورد .

نتیجه گیری

تاریخچه‌ی کشف پادماده و گسترش ایده‌هایی درباره‌ی آن ، پابه‌پای ایده‌های مربوط به ماده به پیش می‌رود . این مثالی کلاسیک از علم قرن بیستم است که نشان می‌دهد چگونه افراد مختلف در ابتدای این قرن کشف‌هایی کردند و نظریه‌هایی را به وجود آوردند و چگونه در انتهای قرن این [کشف‌ها] به علمی «بزرگ» [تبدیل] شدند . همین‌طور ، این مثالی کلاسیک است که نسبیت و مکانیک کوانتومی را با کاربردهایشان به هم پیوند می‌دهد . البته ، تولید مقادیر زیاد از پادهیدروژن سرد پایان ماجرا نیست ، و ناسا اکنون توجه خود را به [استفاده از] «پیشرانش پادهیدروژن کنترل شده» معطوف کرده است [۳۱] . کسی چه می‌داند که چقدر طول خواهد کشید تا پادهلیم را ببینیم؟ با شروع قرن بیست‌ویکم ، خوب است که به دانش‌آموزان خود چیزهایی راجع به فیزیک جدید یاد بدهیم- حتی اگر آن‌ها مربوط به قرن گذشته باشد .

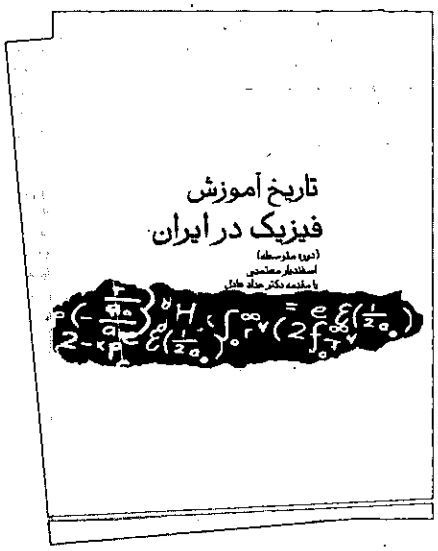
زیرنویس :

1. Sir Artur Schuster
2. Karl Pearson
3. William Hicks
4. Langworthy
5. Elizabeth Ann Hartley
6. Mladjenovic
7. Carl D.E Anderson
8. Blackett
9. Occhialini
10. Stjepan Mohorovicic
11. Andrija Mohorovicic
12. Ruark
13. Deutsch
14. Owen Chamberlin
15. Emilio Segre
16. Carlo Perrier
17. Ernest Lawrence
18. B. Cook
19. G. R. Lamberston
20. O. Piconi
21. W. A Wentzel
22. Hartland Snyder
23. Maurice Goldhaber
24. Val L. Fiteh
25. James W. Cronin
26. Sioux
27. Antoni Zichichi
28. Leon Lederman
29. Alternating Gradient Synchrotron
30. Walter Oelert
31. Low Energy Antiproton Ring
32. Munger
33. Brodsky
34. Schimidt
35. Cutting - edge

منبع :
Physics Education, 42(3), May 2005, pp 238-244

مراجع :

1. Kragh H 1999 *Quantum Generations: A History of Physics in the Twentieth Century*
(Princeton, NJ: Princeton University Press)
ISBN 0-691-09552-3
2. Rutherford, Lord 1914 *Phil. Mag.* 27 488-98



تاریخ آموزش فیزیک در ایران

مؤلف: اسفندیار معتمدی

ناشر: نشر لوح زرین، ۲۷۰ صفحه، ۳۶۰۰ تومان

این کتاب کوششی به واقع ارزنده در راه آشنا کردن خوانندگان با تاریخ آموزش فیزیک در دوره‌ی متوسطه و پیش‌دانشگاهی و شامل چگونگی تألیف کتاب‌های درسی فیزیک، تهیه‌ی وسایل آزمایشگاه، تربیت معلم، روش آموزش در رابطه با فیزیک و سرانجام ناموران عرصه‌ی آموزش و ترویج فیزیک در ایران است که به نحو بسیار پیراسته‌ای به طبع رسیده است. در بخشی از مقدمه‌ی کتاب آمده است:

«... روزی که در یکی از جلسه‌های اتحادیه انجمن‌های علمی آموزشی معلمان فیزیک ایران بحث بر شوق‌انگیز کردن تدریس فیزیک و نقش تاریخ علم بود، جمعی از دبیران حاضر اشاره کردند که منابع مطالعه در این موارد یا وجود ندارد و یا کمیاب و حتی نایاب است. آنان می‌خواستند که در این زمینه هرچه بیشتر منابعی فراهم شود. مؤلف این کتاب، که سال‌هاست به تاریخ علم همچون خود علم علاقه‌مند است، بر آن شد که ضمن معرفی منابع موجود، کتابی درباره‌ی تاریخ آموزش فیزیک [در ایران] بنویسد...»

خواندن این کتاب به کلیه‌ی علاقه‌مندان آموزش فیزیک در ایران توصیه می‌شود.

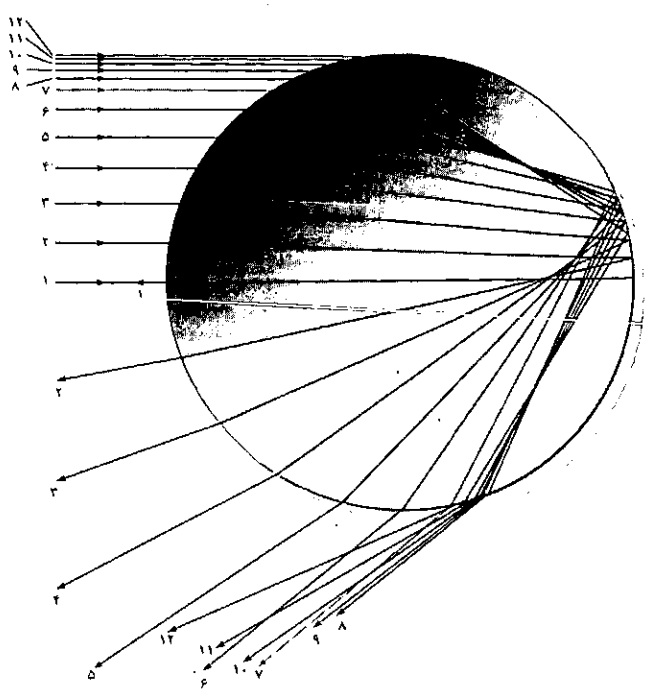
3. John Rylands Institute *Newsletter* no 14 rylibweb.man.ac.uk/data1/dg/text/jrrin14.html
4. Lancashire Pioneers www.lancashirepioneers. com/schuster/default.asp
5. Dirac P A M 1928 *Proc. R. Soc.* A **117** 610
6. Dirac P A M 1933 Theory of electrons and positrons *Nobel Lecture* 12 December
7. Dirac P A M 1928 *Proc. R. Soc.* A **118** 351
8. Mladjenović M 1998 *The Defining Years in Nuclear Physics 1932-1960s* (Bristol: Institute of Physics Publishing) ISBN 0-7503-0472-3
9. Dirac P A M *Proc. R. Soc.* A **133** 60
10. Johnson G 2000 *Strange Beauty* (London: Jonathan Cape) ISBN 0-224-04427-3
11. nobelprize.org/physics/laureates/1936/anderson-lecture.html
12. Chadwick J 1932 *Proc. R. Soc.* A **136** 692-708
13. users.aber.ac.uk/axj.phd.pdf
14. Frisch D H and Thorndike A M 1964 *Elementary Particles* (New York: Van Nostrand)
15. Ley R 2002 Atomic physics of positronium with intense slow positron beam *Appl. Surf. Sci.* **194** 301-6
16. www.mit.edu/~glb/node2.html and in correspondence
17. Close F, Marten M and Sutton C 1986 *The Particle Explosion* (Oxford: Oxford University Press) ISBN 0-19-851965-6
18. www.nap.edu/readingroom/books.biomems/esegre.html
19. Hellemans A and Bunch B 1988 *The Timetables of Science* (New York: Simon & Schuster) ISBN 0-671-62130-0
20. www.cerncourier.com/main/article/39/8/16
21. www.science.utah.edu/cornin.html
22. livefromcern.web.cern.ch/livefromcern/ antimatter/history/AM-history01-c.html
23. www.enc.org/features/focus/archive/horizons/document.shtm?input=FOC-002312-lederman
24. Allday J 2001 *Quarks, Leptons and the Big Bang* (Bristol: Institute of Physics Publishing) ISBN 0-7503-0462-6
25. ikpe 1101.ikp.kfa-juelich.de/ps210/PL-paper-CERN-preprint.ps
26. Observation of atomic antihy drogen. FERMILAB-Pub-97/398-EE862, from ppd.fnal.gov/experiments/hbar/
27. Jones G T 1992 A quite extraordinary demonstration of Quantum Electro Dynamics! *Phys. Educ.* **27** 81-6
28. Jones G T 1999 Positron annihilation in flight *Phys. Educ.* **34** 276-86
29. Ogborn J and Whitehouse M (ed) 2001 *Advancing Physics* A2 (Bristol: Institute of Physics Publishing) ISBN 0-7503-0677-7
30. Swetman T P 1973 Antimatter _ some recent developments *Phys. Educ.* **8** 50-2
31. Nieto M M, Holzscheiter M H and Turyshev S G 2004 Controlled antihydrogen propulsion for NASA's future in very deep space *Preprint* www.spaceref.com/news/viewsr.html?pid=14303 or lanl.arxiv.org/abs/astro-ph/0410511

رنگین کمان

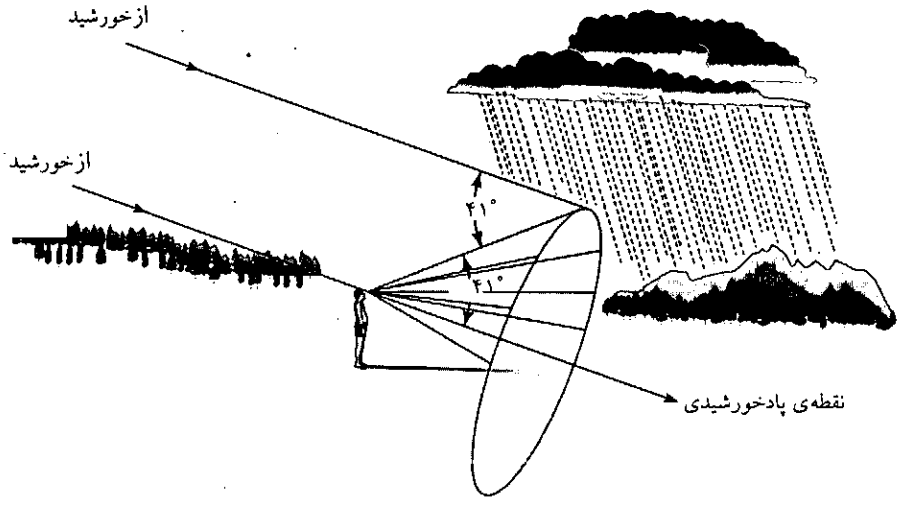
ورن جی. اُستدیک و دانلد جی. بُرد
ترجمه: نسیم صبا

«وقتی به رنگین کمانی در آسمان می‌نگرم دلم به آسمان پر می‌کشد». این توصیف وردز ورت[1] شاعر از واکنش نسبت به رنگین کمان است و احتمالاً توصیف چندان بدی از احساسی نیست که به اغلب ما با دیدن یک قوس رنگین خیره کنند که در سراسر آسمان گسترده شده است دست می‌دهد. رنگین کمان هم زیبا و هم شگفت‌انگیز است. چگونه آب و نور خورشید باهم ترکیب می‌شوند و این منظره‌ی تماشایی را به وجود می‌آورند؟

قبل از هر چیز باید به برخی از اصول رنگین کمان اشاره کنیم. اولاً: رنگین کمان‌ها قوس‌هایی از نور رنگی (طیف‌ها) هستند که در سراسر آسمان گسترده شده‌اند، و در آن بخش قسمت قرمز طیف در خارج قوس و بخش آبی و بنفش آن در داخل آن قرار دارد. ثانیاً: رنگین کمان‌ها همیشه در زمینه‌ای از قطره‌های ریز



شکل ۱ـ مسیر پرتوهای نور در یک قطره‌ی آب. پرتو ۷ همان پرتو دکارت است.



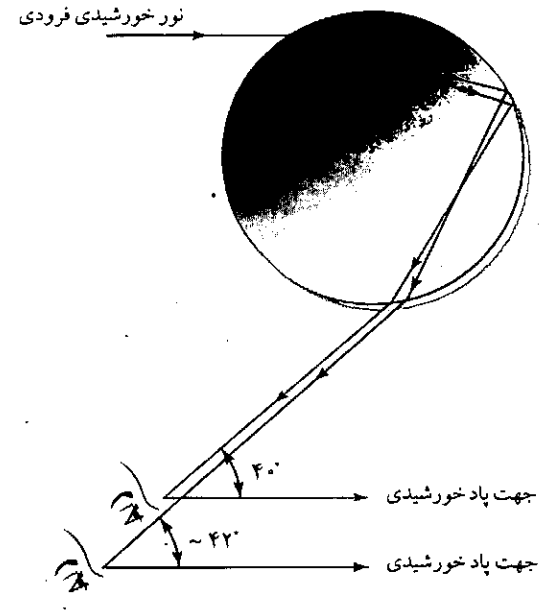
شکل ۲ـ با رسم دکارت، پیش‌بینی می‌شود که رنگین کمان دایره‌ای به شعاع ۴۱ درجه باشد که مرکز آن نقطه‌ی پادخورشیدی است.

آب و هنگامی مشاهده می‌شوند که خورشید در پشت سر ماست. این دو مشخصه اصلی رنگین‌کمان چیزی است که در پی شناخت آن هستیم.

فرض کنید که باریکه‌ای از نور خورشید به قطره بارانی بتابد. برای سادگی، فرض می‌کنیم قطره‌های باران کروی باشند، هرچند که قطره‌هایی که فرو می‌ریزند بیشتر شبیه کوسن‌های گردی هستند که روی کاناپه‌ها می‌گذارند. اگر قانون شکست را در هر سطح به کار ببریم و فقط توجه خود را به آن دسته از پرتوهایی متمرکز کنیم که در قطره کاملاً دور می‌زنند و به سوی خورشید برمی‌گردند (تا با اصل دوم رنگین کمان که در بالا گفته شد سازگار باشد) به نتیجه‌ای می‌رسیم که در شکل نشان داده شده است. پرتویی که در مرکز قطره به آن برخورد می‌کند (پرتو ۱) مستقیماً در جهت مخالف مسیر تابش برمی‌گردد و محور قطره را تعیین می‌کند. پرتوهایی که در بالای محور وارد قطره می‌شوند از پایین آن خارج می‌شوند و برعکس. هرچه پرتوها بالاتر از محور وارد شوند زاویه‌ی خروج آن‌ها تا نقطه‌ای که با پرتو ۷ مشخص شده است بزرگ‌تر است. این پرتو را به افتخار رنه دکارت پرتو دکارت می‌نامند. زیرا او اولین کسی بود که در سال ۱۶۲۷ این توضیح را برای رنگین کمان ارائه کرد.

برای پرتوهایی که بالاتر از پرتو دکارت وارد می‌شوند، زاویه خروج کمتر از زاویه خروج پرتو دکارت است. بنابراین پرتوهایی که در هریک از دو طرف پرتودکارت وارد می‌شوند با همان زاویه‌ی پرتودکارت از آن خارج می‌شوند که به تجمع پرتوهای خروجی از قطره در زاویه بیشینه‌ای متناظر با پرتودکارت می‌انجامد. این زاویه برای پرتوهای ۶ تا ۱۰ در شکل حدود ۴۱ درجه است.

این تجمع نور خورشید بازتابیده و شکسته شده در زاویه خروج نزدیک به ۴۱ درجه رنگین کمان‌ها را به وجود می‌آورد. مدل دکارت پیش‌بینی می‌کند که رنگین کمان‌ها باید از دایره‌های نور با شعاع‌های زاویه‌ای مساوی ۴۱ درجه تشکیل شده باشند که مرکز آن نقطه‌ای مقابل خورشید در آسمان است ـ نقطه‌ی پادخورشیدی. بنابراین برای دیدن یک رنگین کمان باید به دنبال پرتوهای متمرکزی باشیم که با مسیر مستقیم نور خورشید که از پشت سر ما می‌آید زاویه‌ی ۴۱ درجه می‌سازد (شکل ۲). توجه کنید که اگر خورشید بالای افق باشد، نقطه‌ی پادخورشیدی زیر افق و در جهت سایه‌ی شماست. در این مورد، دایره رنگین‌کمان افق را قطع می‌کند و فقط کمانی از دایره را می‌بینیم. برای ناظران



شکل ۳ـ پراش پرتوهای نور توسط یک قطره‌ی کروی

شکل ۴ـ رنگین کمان‌های اولیه و ثانویه.

روی زمین، بهترین شکل رنگین کمان وقتی ظاهر می‌شود که خورشید روی افق باشد، در این صورت نیمی از دایره رنگین کمان را می‌بینیم. اگر خورشید دز آسمان بالاتر و زاویه‌ی آن با افق بیش از ۴۲ درجه باشد، هیچ رنگین کمانی از زمین قابل مشاهده نیست زیرا نقطه‌ی پادخورشیدی ۴۱ درجه یا بیشتر از آن زیر افق قرار می‌گیرد و دایره رنگین کمان هرگز به بالای افق نمی‌رسد. به این دلیل است که ناظران در ایالات متحده اظهار می‌دارند که به ندرت رنگین کمان‌ها را در هنگام ظهر می‌بینند. وقتی از هواپیما به رنگین کمان نگاه کنیم می‌تواند دایره‌ای کامل را تشکیل دهد.

تا این جا جنبه‌های مختلف شکل و محل رنگین کمان‌ها را بررسی کردیم. اما در مورد رنگ آن چیزی نگفتیم. برای این کار، باید پدیده‌ی پراش را در نظر بگیریم. می‌دانیم نور آبی هنگام عبور از محیط شفاف بیشتر از نور قرمز منحرف می‌شود. این بدان معناست که بیشینه زاویه‌ی خروجی از قطره‌ی باران برای نور آبی کوچک‌تر از بیشینه زاویه‌ی خروجی برای نور قرمز خواهد بود. بنابراین، نور آبی در زاویه‌ای کوچک‌تر از نور قرمز متمرکز می‌شود. محاسبه‌ها نشان می‌دهند که نور آبی بنفش روی دایره‌ای متمرکز می‌شود که شعاع زاویه‌ای آن حدود ۴۰ درجه است، درحالی که نور قرمز در زاویه حدود ۴۲ درجه متمرکز می‌شود. رنگ‌های دیگر هم بین این دو قرار می‌گیرند. مدل مفصل‌تر، با توجه به پراش پیش‌بینی می‌کند که رنگین کمان‌های واقعی از نوارهای رنگی در آسمان به پهنای ۲ درجه یا بیشتر تشکیل شده‌اند، که در آن، رنگ‌های آبی و بنفش آن در داخل و رنگ‌های نارنجی و قرمز در بیرون قرار دارد. و این درست همان چیزی است که دیده می‌شود.

کاربرد قانون‌های بازتاب و شکست (شامل پراش) برای قطره‌های باران درحال سقوط توضیحی برای آنچه که *رنگین کمان اولیه* نامیده می‌شود در اختیار می‌گذارد. رنگین کمان اولیه از یک بازتاب کلی از پرتوهای قطره در سطح عقبی آن ناشی می‌شود. رنگین کمان‌های مرتبه‌ی بالاتر می‌توانند در نتیجه دو بازتاب داخلی یا بیشتر قبل از ترک کردن قطره به وجود آیند. بعضی ازشما بدون شک رنگین کمان‌های ثانویه را در خارج از رنگین کمان اولیه و در امتداد کمان‌هایی از دایره دیده‌اید که شعاع زاویه‌ای حدود ۵۱ درجه دارند. ترتیب قرار گرفتن رنگ‌ها در این رنگین کمان‌ها عکس رنگین کمان‌های اولیه است. همه‌ی این ویژگی‌ها را می‌توان با قانون‌های اپتیک که با آن آشنا هستید توضیح داد.

زیرنویس:

1. Words worth

منبع:

Inquiry into Physics, Vern J. Ostdick and Donald J. Bord, Thomson books, 2005. pages: 373-376.

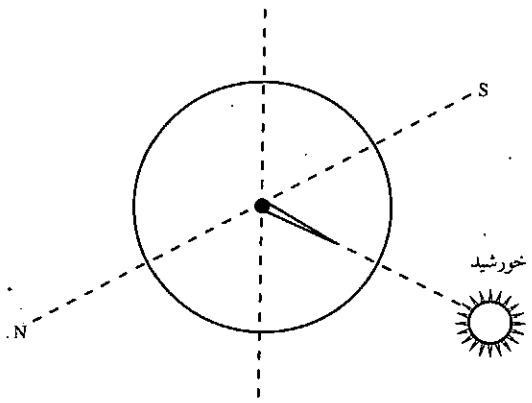
تعیین راستای شمال جنوب جغرافیایی زمین با استفاده از دوره‌ی حرکت وضعی زمین

حسن اتحاد، مرضیه روانبخش
آموزش و پرورش شهرستان عجب‌شیر

می‌دانیم دوره‌ی چرخش زمین به دور خود (یا به عبارت دیگر چرخش ظاهری خورشید به دور زمین) برابر ۲۴ ساعت است. از طرفی دوره چرخش عقربه ساعت‌شمار ساعت حول محوروسط برابر ۱۲ ساعت است پس دوره‌ی چرخش عقربه‌ی ساعت‌شمار ساعت حول محوروسط، دو برابر دوره‌ی چرخش ظاهری خورشید به دور زمین است.

هنگام ظهر وقتی عقربه ساعت‌شمار درست ساعت ۱۲ را نشان می‌دهد و ساعت در یک نقطه طوری نگه داشته شده است که عقربه ساعت‌شمار در راستای پرتوهای فرودی خورشید است، راستای عقربه ساعت‌شمار همان راستای شمال، جنوب جغرافیایی در آن نقطه خواهد بود.

با گذشت زمان وقتی عقربه ساعت‌شمار می‌چرخد خورشید دو برابر آن دور زمین چرخش ظاهری پیدا می‌کند. برای مثال وقتی عقربه ساعت‌شمار از ساعت ۱۲ تا ساعت ۴ می‌چرخد راستای شمال جنوب جغرافیایی دو برابر آن یعنی از ساعت ۱۲ تا ساعت ۸ (یا به عبارت دیگر ۲) چرخش ظاهری خواهد داشت. پس راستای نیمساز زاویه بین ساعت ۱۲ و عقربه ساعت‌شمار همان راستای شمال جنوب جغرافیایی محل است.



شکل ۱

بنابراین برای تعیین راستای شمال جنوب جغرافیایی یک نقطه (و یا سمت قبله یک نقطه که برای ما تقریباً به سمت جنوب است) ساعت را در آن محل طوری نگه می‌داریم که عقربه ساعت‌شمار آن خورشید را نشان بذهد یک خط فرضی از ساعت ۱۲ تا محور ساعت را در نظر می‌گیریم، نیمساز زاویه بین عقربه ساعت‌شمار ساعت و این خط فرضی همان راستای شمال، جنوب جغرافیای محل است.

راه‌حلی کامل و مسأله‌ای چالش‌برانگیز

ژان پرات

ترجمه: سید مهدی میرقیوم‌نیا

این مقاله که تحلیل جامعی از یک مسأله‌ی پرتابه ارائه می‌دهد، می‌خواهد زاویه‌ی شلیک θ به سوی یک هدف مشخص و رابطه‌ی آن با زاویه‌ی دید مستقیم β هدف (مطابق شکل) را بیابد. با این شرط که اگر شلیک به صورت افقی صورت گیرد، در فاصله y در زیر سطح افقی به هدف برخورد کند.

در شماره ۴۰ مجله فیزیک تیچر (سپتامبر ۲۰۰۲) مسأله‌ای به صورت زیر مطرح شده است:

«گلوله‌ای مستقیماً از یک تفنگ فنری به طور افقی (در امتداد خط دید) به سمت مرکز هدف نشانه‌گیری شده است. به‌دلیل گرانی، گلوله در فاصله y زیر سطح افقی برخورد می‌کند. برای این‌که گلوله به هدف برخورد کند، تفنگ باید در خط دیدی قرار گیرد که فاصله قائم از سطح افقی:

(الف) درست به اندازه y باشد.

(ب) اندکی کوچک‌تر از y باشد.

(ج) اندکی بزرگ‌تر از y باشد.

از پاسخ خود دفاع کنید.»

با توجه به این‌که، دفاعی بهتر از تحلیل با مبانی ریاضی محکم برای پاسخ صحیح (ج)، نمی‌توان ارائه کرد. برای انجام این کار، با استفاده از شکل داریم:

زاویه شلیک θ در رابطه زیر صدق می‌کند:

$$0 = v_0 \sin\theta t - \frac{1}{2}gt^2$$

که در آن $t = d/(v_0\cos\theta)$ زمان پرواز پرتابه است. بنابراین:

$$0 = v_0 \sin\theta\left(\frac{d}{v_0\cos\theta}\right) - \frac{1}{2}g\left(\frac{d}{v_0\cos\theta}\right)^2$$

معادله‌های بالا را به صورت زیر می‌نویسیم:

$$2v_0^2 d\sin\theta\cos\theta - gd^2 = 0 \qquad (1)$$

برای پرتابه‌ای که به طور افقی پرتاب شود:

$$y = \frac{1}{2}gt'^2$$

که در آن $t' = d/v_0$ زمان پرواز در این حالت است. بنابراین

$$y = \frac{1}{2}g\left(\frac{d}{v_0}\right)^2$$

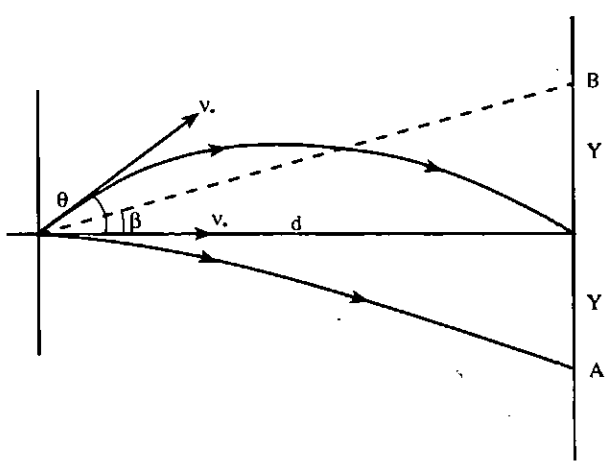
بدین ترتیب: $gd^2 = 2v_0^2 y$. پس معادله (۱) به صورت زیر درمی‌آید:

$$2v_0^2 d\sin\theta\cos\theta - 2v_0^2 y = 0$$

$$d\sin\theta\cos\theta = y$$

اما $y = d\tan\beta$، که در آن β زاویه خط دید نسبت به نقطه B است. به این ترتیب:

$$d\sin\theta\cos\theta = d\tan\beta$$



یعنی

$$\tan\beta = \sin\theta\cos\theta \qquad (۲)$$

با تعیین نسبت $\tan\beta/\tan\theta$ می‌توان θ را با β مقایسه کرد. به‌سادگی می‌توان دریافت که این نسبت باید برابر $\cos^۲\theta$ و کوچک‌تر از واحد است. بنابراین $\tan\beta < \tan\theta$ و $\theta > \beta$ درنتیجه باید بالای نقطه B را نشانه رفت.

به پرسشی که در ابتدا مطرح شد اکنون پاسخ داده شده است، اما جنبه‌های جالب‌تری را می‌توان از معادله (۲) به‌دست آورد. این معادله نشان می‌دهد که β تابعی از θ است یعنی $\beta = \beta(\theta)$ اما ترجیح می‌دهیم که آن را به صورت $\theta = \theta(\beta)$ بنویسیم. با توجه به معادله (۲):

$$\sin^۲\theta = \frac{۱}{۲}\left\{۱ \pm \sqrt{۱ - ۴\tan^۲\beta}\right\} \qquad (۳)$$

(توجه داشته باشید که θ و β زاویه‌های حاده‌اند و کلیه تابع‌های سینوس، کسینوس و تانژانت مقدارهای مثبت دارند.) دوجنبه جالب را مورد توجه قرار می‌دهیم:

(الف) یک مقدار بیشینه‌ی مجاز β برای زاویه دید وجود دارد که عبارت است از:

$$\beta_{max} = \tan^{-۱}(۱/۲)$$

به ازای این مقدار، θ برابر است با:

$$\theta = \sin^{-۱}(۱/\sqrt{۲}) = ۴۵^\circ$$

(ب) برای $\beta < \beta_{max}$، دو زاویه‌ی آتش مجاز نظیر $-/+$ در معادله (۳) وجود دارد. هم‌زمان با $\beta \to \beta_{max}$. این دو زاویه به هم نزدیک شده و هر دو ۴۵° می‌شوند.

به‌عنوان مسأله‌های چالش‌برانگیز، فرض کنید که پرتابه در امتداد خط دید نباشد ولی به B برخورد کند. نشان دهید که در این شرایط، باز دو زاویه مجاز برای θ وجود دارد که عبارت است از:

$$\sin^۲\theta = \frac{۱}{۲}\left\{۱ + ۳\sin^۲\beta \pm \cos\beta\sqrt{۱ - ۹\sin^۲\beta}\right\}$$

درنتیجه $\beta = \sin^{-۱}(۱/۳)$ بیشترین زاویه مجاز خط دید برای ایجاد چنین شرایطی است. همین‌طور نشان دهید که برای این‌که پرتابه به A برخورد کند، گزینه دیگر، زاویه $\beta - ۹۰$ بالای سطح افق است. β زاویه دید نقطه A است (روش تحلیل به صورت فوق است).

منبع:

The Physics Teacher, John Pratt, 40, 328 (Sep. 2002).

دفتر انتشارات کمک آموزشی

آشنایی با مجله های رشد

مجله های رشد توسط دفتر انتشارات کمک‌آموزشی سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی وابسته به وزارت آموزش و پرورش، با این عناوین تهیه و منتشر می‌شوند:

مجله های دانش‌آموزی (به صورت ماهنامه ـ ۸ شماره در هر سال تحصیلی ـ منتشر می‌شوند):

- **رشد کودک** (برای دانش‌آموزان آمادگی و پایه‌ی اول دوره‌ی ابتدایی)
- **رشد نوآموز** (برای دانش‌آموزان پایه‌های دوم و سوم دوره‌ی ابتدایی)
- **رشد دانش‌آموز** (برای دانش‌آموزان پایه‌های چهارم و پنجم دوره‌ی ابتدایی).
- **رشد نوجوان** (برای دانش‌آموزان دوره‌ی راهنمایی تحصیلی).
- **رشد جوان** (برای دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه).

مجله های عمومی (به صورت ماهنامه ـ ۸ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شوند):

- **رشد آموزش ابتدایی، رشد آموزش راهنمایی تحصیلی، رشد تکنولوژی آموزشی، رشد مدرسه فردا، رشد مدیریت مدرسه**
- **رشد معلم (دو هفته نامه)**

مجله های تخصصی (به صورت فصلنامه و ۴ شماره در سال منتشر می‌شوند):

- رشد برهان راهنمایی (مجله‌ی ریاضی، برای دانش‌آموزان دوره‌ی راهنمایی تحصیلی)، رشد برهان متوسطه (مجله‌ی ریاضی، برای دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه)، رشد آموزش معارف اسلامی، رشد آموزش جغرافیا رشد آموزش تاریخ، رشد آموزش زبان و ادب فارسی، رشد آموزش زبان رشد آموزش زیست شناسی، رشد آموزش تربیت بدنی، رشد آموزش فیزیک، رشد آموزش شیمی، رشد آموزش ریاضی، رشدآموزش هنر. رشد آموزش قرآن، رشد آموزش علوم اجتماعی، رشد آموزش زمین‌شناسی، رشد آموزش فنی و حرفه‌ای و رشد مشاورمدرسه.

مجله های رشد عمومی و تخصصی برای آموزگاران، معلمان، مدیران و کادر اجرایی مدارس دانشجویان مراکز تربیت معلم و رشته های دبیری دانشگاه ها و کارشناسان تعلیم و تربیت تهیه و منتشر می‌شوند.

• نشانی: تهران، خیابان ایرانشهرشمالی، ساختمان شماره۴ آموزش و پرورش، پلاک ۲۶۸، دفتر انتشارات کمک آموزشی.
تلفن و نمابر: ۸۸۳۰۱۴۷۸

آموزشی

انرژی و

وقتی فاینمن نوشت: «مهم است تشخیص دهیم که در فیزیک امروز، شناختی از این که انرژی چیست نداریم» در واقع، دریافته بود که اگرچه عبارت‌هایی را برای شکل‌های گوناگون انرژی از جنبشی گرفته تا کششی داریم، امّا به نظر نمی‌رسد که ایده‌ای از مفهوم فراگیر «انرژی» داشته باشیم. این مقاله به این موضوع می‌پردازد و تعریفی از انرژی برحسب مفهوم بسیار قابل فهم «تغییر» ارائه می‌دهد. شکل‌های مختلف انرژی ($\frac{1}{2}mv^2$ ، mgh ، $\frac{1}{2}kx^2$ ، qV ، $mc\Delta T$ ، $\frac{1}{2}I\omega^2$ ، $\frac{1}{2}eV^2$ وغیره) مجردند و مستقیماً مشاهده‌پذیر نیستند. می‌بینیم گلوله‌ی توپی در هوا بالا می‌رود، انرژی پتانسیل (PE) را نمی‌بینیم. تغییر فیزیکی را می‌بینیم نه انرژی را.

تعریف انرژی

اولین موضوعی که مقاله به آن می‌پردازد، سرشت پُر از توضیح واضحات تعریف بسیار گسترده‌ی پیشنهادی از انرژی به عنوان «توانایی انجام کار» است. به طور کلی پذیرفته شده است که انرژی می‌تواند از چند جهت از یک دستگاه به دیگری منتقل شود (به عنوان مثال، کار، گرما، تابش الکترومغناطیسی). همان‌طور که ماکسول (۱۸۷۷) اظهار داشت «بنابراین کار، انتقال انرژی از یک دستگاه به دستگاه دیگر است.» اینشتین (۱۹۰۷) نیز موافق بود که «انرژی باید از یک دستگاه به دستگاه دیگر به شکل کار یا گرما منتقل شود.» فرمی (۱۹۳۶) نیز موافق بود که «علاوه بر کار مکانیکی، برای انتقال انرژی روش‌های دیگری را نیز باید به حساب آورد.»

بنابراین به این واقعیت می‌رسیم که گرما و کار مکانیکی هم‌ارز و جنبه‌های گوناگونی از یک چیز یعنی «انرژی» هستند. نوشته‌ها پر از عبارت‌هایی مانند: *کار، انتقال مکانیکی انرژی از یک دستگاه*

برگ اشتراک مجله‌های رشد

شرایط

۱ـ واریز مبلغ ۲۰/۰۰۰ ریال به ازای هر عنوان مجله درخواستی، به صورت علی‌الحساب به حساب شمارهٔ ۳۹۶۶۲۰۰۰ بانک تجارت شعبه سه راه آزمایش (سرخه‌حصار) کد ۳۹۵ در وجه شرکت افست.

۲ـ ارسال اصل رسید بانکی به همراه برگ تکمیل شده اشتراک.

- **نام مجله:** .....
- **نام و نام خانوادگی:** .....
- **تاریخ تولد:** .....
- **میزان تحصیلات:** .....
- **تلفن:** .....
- **نشانی کامل پستی:**

استان: ..... شهرستان: .....

خیابان: .....

.....

پلاک: ..... کدپستی: .....

- **مبلغ واریز شده:** .....
- **شماره و تاریخ رسید بانکی:** .....
- **آیا مایل به دریافت مجله درخواستی به صورت پست پیشتاز هستید؟ بله ☐ خیر ☐**

امضا:

نشانی: تهران ـ صندوق پستی مشترکین ۱۶۵۹۵/۱۱۱

نشانی اینترنتی: www.roshdmag.ir

پست الکترونیک: Email:info@roshdmag.ir

امور مشترکین: ۷۷۳۳۶۶۵۶ـ۷۷۳۳۹۷۱۳ـ۱۴

پیام‌گیر مجلات رشد: ۸۸۳۰۱۴۸۲ ـ ۸۸۸۳۹۲۳۲

یادآوری:

- هزینه برگشت مجله در صورت خوانا و کامل نبودن نشانی، بر عهده مشترک است.
- مبنای شروع اشتراک مجله از زمان وصول برگ اشتراک است.
- برای هر عنوان مجله برگ اشتراک جداگانه تکمیل و ارسال کنید (تصویر برگ اشتراک نیز مورد قبول است).

تغییر

یوجین هشت
ترجمه: احمد توحیدی

به دستگاه دیگر با استفاده از کنش نیرویی است که در یک فاصله اعمال می‌شود. بنابراین، سرشت دوره‌ای این نتیجه‌گیری که «انرژی توانایی انتقال انرژی است» نمی‌تواند حتی از نظر نافرهیخته‌ترین دانش‌آموز پنهان بماند.

علاوه بر آن، گاهی تأکید می‌شود که تعریف انرژی به عنوان «توانایی انجام کار» با قانون دوم ترمودینامیک ناسازگار است. تلر (۱۹۸۰) این نکته را هنگامی نادانسته بیان کرد که عالَم آغازین را به عنوان دوزخی همگن توصیف نمود. «در آن جا به رغم چگالی بسیار زیاد انرژی، هیچ انرژی‌ای برای انجام کارهای مفید وجود ندارد. از حرکت نامنظم کاتوره‌ای مشخصه‌ی گرما نمی‌توان برای انجام کار استفاده کرد» مگر آن که اختلاف دما موجود باشد تا حرکت‌های بسیار منظم تولید کند. بنابراین در شرایطی که انرژی نمی‌تواند کاری انجام دهد (برای مثال، انرژی نقطه صفر) تعریف انرژی به عنوان «توانایی انجام کار» گمراه‌کننده است.

در بنیادی‌ترین سطح، ماده، برهم‌کنش، و تغییر وجود دارد. *تغییر فیزیکی در نتیجه‌ی برهم‌کنش‌ها روی می‌دهد*. فرض کنید، چند شیء در ناحیه‌ی دوری از فضا وجود دارند و ماده برهم‌کنش می‌کند. این اثر مهم‌ترین ویژگی کلی آن است. چون ماده برهم‌کنش می‌کند، تغییر مشاهده‌پذیری وجود دارد که برای فیزیک حائز اهمیت است. زیرا با این روش از چگونگی کار عالم آگاه می‌شویم. فیزیک رویدادها را بررسی می‌کند، و هیچ چیز بدون تغییر «روی نمی‌دهد». *نیرو عامل همه‌ی تغییرات است*. وقتی که تغییری روی می‌دهد (شیئی شتاب پیدا می‌کند، هسته وامی‌پاشد، و یا جرقه‌ای زده می‌شود) می‌توان آن را به تأثیر یک نیرو نسبت داد. اگر اشیأ برهم کنش کننده بتوانند آزادانه حرکت کنند، مکان و سرعت نسبی آن‌ها تغییر می‌کند. این تغییرات به تنهایی نمی‌توانند نماینده‌ی مجموعه‌ای از کمیت‌های متقابلاً پایسته باشد، حتی یکای آن‌ها نیز یکسان نیستند. مجبوریم کمیت‌های مرکب جدیدی را به وجود آوریم که با مکان و سرعت نسبی در ارتباط و یکای یکسانی داشته باشند. *انرژی پتانسیل، یا دقیق‌تر تغییرات انرژی پتانسیل PE، معیار تغییر پیکربندی در دستگاهی با بخش‌های برهم‌کنش‌کننده است*. برعکس، دو کمیت وابسته به یکدیگر، یکی *تکانه*، کمیتی برداری وابسته به فضا، و *انرژی جنبشی* (KE) که کمیتی عددی وابسته به زمان که معیار تغییر دینامیکی یک دستگاه هستند. در نسبیت تکانه بخش فضایی و انرژی جنبشی بخش زمانی کمیت کلی‌تری به نام فضا زمان هستند که پایسته است. در هر رویداد، *انرژی معیار نرده‌ای تغییر فیزیکی است*. *تغییری که قبلاً روی داده و یا پس از این روی خواهد داد*.

پایستگی انرژی

چون نیرو عامل تغییر است و انرژی معیاری از این تغییر است، بنابراین انتظار داریم که سرشت متقارن برهم‌کنش‌ها (قانون سوم نیوتون را به یاد آورید) نقش مهمی در جنبه اصلی انرژی یعنی پایستگی بازی کند. برای مشاهده‌ی چگونگی این موضوع، فرض کنید یک اتومبیل ازکارافتاده را هُل می‌دهید. نیرویی به آن وارد می‌کنید، کار انجام می‌دهید و اتومبیل در حرکت انرژی جنبشی KE به‌دست می‌آورد. اتومبیل هم شما را هُل می‌دهد و روی شما کار منفی انجام می‌دهد ـ شما انرژی لازم برای این کار را تأمین می‌کنید. سرشت متقارن برهم‌کنش‌ها اطمینان می‌دهند که انرژی پایسته است: می‌توان تصور کرد که انرژی از شما به اتومبیل منتقل شده است.

به گونه‌ای دیگر، دو شئ مجزا (با جرم‌های آزاد m_1 و m_2) را در نظر بگیرید که یکدیگر را جذب می‌کنند، اما بدون حرکتند. این دستگاه دارای انرژی سکون E_0 و M (ناوردای لورنتسی، مستقل از سرعت) است که $E_0 = Mc^2$. به علت برهم‌کنش، PE منفی و جرم M برابر است با $m_1 + m_2 + \frac{PE}{c^2}$. اشیأ با رهاشدن به یکدیگر نزدیک می‌شوند، KE افزایش و Mکاهش پیدا می‌کند. پایستگی انرژی که برای همه‌ی ناظرهای لخت صادق است (یعنی انرژی ناودا است) تضمین می‌کند که تکانه در همه‌ی چارچوب‌ها پایسته است. برپایه‌ی اصل نوتر به علت تقارن تغییر مکان فضایی، تکانه پایسته است. بنابراین نیروهایی که به ترتیب شئ۱ روی شئ ۲ و شئ ۲ روی شئ۱ وارد می‌کنند با یکدیگر مساویند. این ویژگی اساسی هر برهم‌کنش است. اگر چنین نبود، تکانه‌ی خطی پایسته نمی‌شد و پایستگی انرژی ناوردا نمی‌بود و در نتیجه قانون معتبری نمی‌شد.

پایستگی انرژی تضمین می‌کند، در همه‌ی زمان‌ها انرژی وابسته به هر دستگاه را می‌توان محاسبه کرد. یک دستگاه می‌تواند بسته (بی‌ارتباط با محیط اطراف) یا باز (انرژی بتواند به آن وارد یا

از آن خارج شود) باشد. انرژی یک دستگاه همیشه ثابت نیست، امّا همیشه پایسته است.

انرژی داخلی یک دستگاه بسته ثابت است، گرچه بخشی از آن می‌تواند منتقل شود و یا به طور کلی تغییر شکل دهد. *تغییر خالص انرژی داخلی یک دستگاه بسته صفر است. انرژی یک دستگاه باز می‌تواند بر پایه قانون اوّل ترمودینامیک تغییر کند. تغییر خالص انرژی داخلی یک دستگاه باز اختلاف مقدار انرژی است که به آن وارد یا از آن خارج می‌شود*، بدون در نظر گرفتن شکل آن‌ها. توانایی یک دستگاه باز در ایجاد تغییرات روی خود یا اطرافش می‌تواند با زمان تغییر کند. به علت همین قابلیت انتقال و ایجاد تغییرات است که ما واژه‌های «جریان انرژی» را به کار می‌بریم حتی اگر واقعاً چیزی منتقل نشده باشد (مثلاً در مورد گرما). باید توجه کرد وقتی که انرژی از دستگاهی خارج می‌شود، به محیط نزدیک اطرافش می‌رود ـ هرگز به سرعت به نقاط دوردست جریان پیدا نمی‌کند، در این شرایط است که انرژی می‌تواند پایسته بماند.

وقتی که یک نیرو از زوج نیروهای برهم کنشی (یعنی «یک نیروی خارجی») بر دستگاهی که از نظرهای دیگر منزوی است وارد می‌شود، کار انجام می‌دهد و انرژی آن تغییر می‌کند. اگر دستگاه گسترش یابد تا هر دو نیرو را دربر بگیرد (شامل همه‌ی اجسام برهم‌کنش‌کننده و در واقع بسته می‌شود)، انرژی آن دستگاه گسترده ثابت باقی می‌ماند. این وضعیت برای همه‌ی سازوکارهای انتقال انرژی نیز درست است. یک دستگاه بسته شامل منابع شرکت‌کننده (باتری‌ها، راکتورها، لیزرها وغیره) است و انرژی داخلی آن ثابت است.

انرژی و تغییر

توانایی ایجاد تغییر می‌تواند از طریق برهم‌کنش از موجودی به موجود دیگر منتقل شود. این تغییر می‌تواند منظم (مربوط به حرکت یک جسم به طور کلی) یا نامنظم مربوط به (حرکت کاتوره‌ای ذرات تشکیل‌دهنده‌ی آن جسم) باشد. انرژی جنبشی، KE، منظم یک گلوله را می‌توان به طور کلی یا جزیی به انرژی نامنظم گرمایی گلوله و هدف «تبدیل کرد». توانایی تغییر نامنظم به تغییر منظم موضوع قانون دوم ترمودینامیک است.

پدیده‌های فیزیکی، به ویژه چهار نیروی بنیادی، برحسب زمان تغییر نمی‌کنند، بنابراین انرژی پایسته است. یا به بیان فیزیک سده‌ی بیستم، عالم دارای تقارن جا به جایی زمانی و در نتیجه انرژی پایسته است. *افزایش یا کاهش انرژی یک دستگاه معیار تغییری است که در آن انجام گرفته است. در نتیجه‌ی پایستگی، انرژی است که انرژی معیار توانایی یک دستگاه در ایجاد تغییر مؤثر در خودش و یا اشیایی می‌شود که در آینده با آن‌ها برهم‌کنش می‌کند.* تغییری که با کشیدگی فنر همراه است با انرژی کشسانی PE مشخص می‌شود که معیاری از تغییر شکلی است که در فنر روی داده است و همین طور تغییری که در هنگام رهاشدن آن روی خواهد داد. همین طور انرژی جنبشی KE، را می‌توان معیاری از تغییر در سرعت یک جسم دانست که قبلاً روی داده است و یا تغییری که در آینده بر اثر برهم کنش با دیگر اشیا روی خواهد داد و باعث سرعت گرفتن آن می‌شوند.

انرژی عامل تعیین کننده‌ی تغییر نرده‌ای است، و چون انواع بسیاری از تغییر وجود دارد (کشسان، گرمایی و غیره)، هریک از آن‌ها بر اثر برهم کنش یکی از نیروهای بنیادی تحقق می‌یابد. بنابراین، انرژی هسته‌ای از طریق نیروی قوی به وجود می‌آید درحالی که انرژی کشسانی ناشی از نیروی الکترومغناطیسی است ـ که با از بین رفتن آن، انرژی کشسانی از بین می‌رود. چون نیروها به طور مستقل به جسم وارد می‌شوند، بنابراین انرژی *پارامتری* جامع است، مجموع انرژی بخش‌های یک دستگاه برابر با انرژی کل آن است (برخلاف فشار و دما).

هر فرآیند فیزیکی با میانجی‌گری برهم‌کنش‌ها انجام می‌شود و توان آن را تغییر جرم (یا انرژی جنبشی) اجزای تشکیل‌دهنده‌اش تأمین می‌کند. فعلاً بد نیست که مفهوم انرژی پتانسیل، PE را کنار بگذاریم، *زیرا* جرم هم‌ارز عملی‌تری است. به طور کلی، هیچ راهی برای اندازه‌گیری PE یک قطعه‌ی دینامیت یا یک بمب هسته‌ای وجود ندارد. یک دستگاه انرژی پتانسیل سنج وجود ندارد که انرژی ذخیره شده را اندازه‌گیری کند. با این همه، چون جرم به صورت‌های گرانشی و لَختی ظاهر می‌شود چندین طرح برای اندازه‌گیری آن وجود دارد که معمولاً به کار برده می‌شود.

ماده دست کم دارای دو ویژگی کلی است: (۱) ماده به روش‌های مختلف برهم کنش می‌کند و (۲) می‌تواند باعث تغییر شود. در نتیجه دارای انرژی است. *انرژی ویژگی ماده‌ای است که با ماده‌ی دیگر برهم کنش می‌کند و به خودی خود یک چیز نیست* چیزی به عنوان انرژی آزاد شده، انرژی بدون ماده وجود ندارد، درست همان طور که چیزی به عنوان تکانه‌ی آزاد وجود ندارد. موجودات فیزیکی از جمله نور، که رقیق‌ترین شکل ماده است) می‌توانند تغییر ایجاد کنند ـ و یا خودشان تغییر کنند ـ و در نتیجه دارای انرژی است. موجوداتی که دارای جرم (m) هستند دارای انرژی ($E = E_0 + KE = \gamma mc^2$) هستند، حتی در حالت سکون ($KE = 0 \Rightarrow E = E_0 = mc^2$). وقتی از یکاهای طبیعی استفاده کنیم که در آن زمان برحسب متر $c = 1$ و $E_0 = m$ است رابطه‌ی E_0 و m شگفت‌انگیز می‌شود. چون جرم یکی از ویژگی‌های ماده است، این موضوع نشان می‌دهد که انرژی یکی از ویژگی‌های ماده است.

موجوداتی که جرم ندارند (فوتون‌ها) ولی انرژی دارند ($E = hv$) نمی‌توانند در حالت سکون وجود داشته باشند. KE یک فوتون، به واسطه‌ی حرکتش، توانایی ایجاد تغییر دارد، که در

هنگام آفرینش و نابودی آن آشکار می‌شود. فوتون‌ها تنها می‌توانند با سرعت c حرکت کنند، در نتیجه وقتی در پروازند (در فضای همگن) جاودان و بدون تغییرند. برخلاف الکترون‌ها و نوترون‌ها، فوتون‌ها نمی‌توانند تأثیر مستقیمی روی محیط اطرافشان بگذارند مگر این که در فرآیندی نابود شوند.

انرژی نسبی است

فرض کنید چند شئ دارای جرم جداگانه در فضا قرار گرفته باشند. به محض این که برهم کنش کنند، تغییر مکان و سرعت آن‌ها تغییر می‌کند. اما این‌ها کمیتی نسبی و تابع مکان و حرکت ناظر هستند و هر معیار پایسته‌ی آن‌ها نیز چنین است. KE کمیتی نسبی است یعنی اگر در کنار یک گلوله توپ متحرک حرکت کنید KE آن برابر صفر می‌شود. چون پایستگی انرژی باید ناوردا باشد (برای همه‌ی ناظران لخت صادق باشد)، شکل‌های دیگر انرژی که انرژی جنبشی می‌تواند به آن‌ها تبدیل شود هم باید کمیت‌های نسبی باشند. انرژی ($E = \gamma mc^2$) یک ذره یا بیشتر به چارچوب مرجعی بستگی دارد که از آن مشاهده می‌شوند. برای مثال، فرض کنید ظرفی پر از گاز در حالت سکون در آزمایشگاه قرار داشته باشد. در چارچوب آزمایشگاه (مرکز جرم) تکانه‌ی خالص صفر و انرژی گاز کمینه است. *انرژی کمیتی نسبی است نه مطلق*. انرژی کل دستگاه در هر چارچوب لخت یکسان نیست و این موضوع تأکیدی است بر این که انرژی به خودی خود یک چیز نیست:

فوتون (که سرعت آن برای همه ناظران یکسان است)، برخلاف الکترون، دارای KE متناسب با مجذور سرعت نیست، بلکه $E = h\upsilon$ و آن از طریق (انتقال دوپلر) با توجه به حرکت ناظر نسبی است، تغییری که یک فوتون می‌تواند به هنگام جذب به وجود آورد کمیتی نسبی است. همین طور، *کار* نیز به خاطر نسبی بودن جابه جایی، نسبی است، کار فردی که ارابه‌ای را در راه‌روی یک هواپیمای درحال پرواز می‌راند یک سرنشین هواپیما و شخصی که در روی زمین است متفاوت اندازه می‌گیرند.

این اختلاف انرژی‌ها اهمیت فیزیکی بنیادی دارند. آن‌ها معیارهای نرده‌ای از تغییرات فیزیکی پایسته هستند. اختلاف انرژی قبل و بعد از هر فرآیند، معیار تغییری است که در حضور برهم کنش‌ها روی داده است. توپی را به بالا پرتاب کنید. اگر اصطکاک را نادیده بگیرید در ارتفاع اولیه h_i، سرعت آن v_i و در ارتفاع نهایی h_f، سرعت آن v_f است. ارتفاع و سرعت هر دو تغییر کرده‌اند، اما معیار نرده‌ای پایسته این تغییرات برابر با $(\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2)$ و $(mgh_f - mgh_i)$ و مجموع آن‌ها برابر با صفر است.

ما شتاب و سرعت لحظه‌ای و یا تعدادی از کمیت‌های معین تجربی را مشاهده نمی‌کنیم، اگرچه می‌توانیم ببینیم که چیزی درحال حرکت است و سریع و سریع‌تر می‌شود. اگر اتومبیلی از حال سکون شروع به حرکت کند، تغییر حرکت آن را مشاهده می‌کنیم. اتومبیل از تپه‌ای بالا می‌رود و ارتفاع آن از سطح زمین تغییر می‌کند، می‌توانیم گرم شدن بخش‌هایی از اتومبیل را احساس کرده و کاهش مقدار سوخت در مخزن آن را مشاهده کنیم. فیزیک، این تغییرات فیزیکی مشاهده شده را برحسب تجریدهای «قابل اندازه‌گیری» (سرعت، جرم و غیره) با یکاهای مشخص کمّی می‌سازد. اختلاف انرژی‌ها، کمیت‌های نرده‌ای پایسته‌ای هستند که نظیر تغییرات فیزیکی هستند که در هنگام هر رویداد به وقوع می‌پیوندند.

ماده‌ی ساکن، جرم و در نتیجه به واسطه‌ی موجودیت خود انرژی سکون دارد. یک ذره بنیادی می‌تواند این انرژی را با نابودی با یک پاد ذره نمایان سازد. فوتون‌هایی تولید می‌شوند و تمام جرم به KE تبدیل می‌شود. در این فرآیند ماده‌ی دارای جرم به ماده‌ی بدون جرم تبدیل می‌شود. در مقایسه، یک دستگاه مرکب (درحال سکون) هم می‌تواند به واسطه‌ی برهم‌کنش‌ها و حرکت‌های اجزای تشکیل‌دهنده‌اش دارای مقداری انرژی داخلی اضافی هم باشد. آن انرژی می‌تواند به هنگام تغییر خود به خود دستگاه نمایان شود. مثلاً، یک انسان یا یک کش کشیده شده، این انرژی را به هنگام یک تغییر ـ خود آغازگر نمایان می‌سازد ـ یک فنجان چای داغ تابش می‌کند، و یک عروسک کوکی می‌چرخد. به طور کلی، اگر یک ویژگی فیزیکی مشاهده‌پذیر (دما، حجم وغیره) دستگاه ماکروسکوپی تغییر کند، این ویژگی می‌تواند وابسته به اختلاف انرژی باشد (مثلاً pdV).

نتیجه گیری

«تغییر فیزیکی» رشته مشترک فراگیر همه‌ی جلوه‌های بی‌شمار مفهوم انرژی است. در هیچ جا صحبت از انرژی نمی‌شود مگر آن که با تغییری همراه باشد. *انرژی معیار نرده‌ای پایسته توانایی یک دستگاه برای ایجاد تغییرات است*. هیچ چیزی روی نمی‌دهد مگر آن که مقداری انرژی «مصرف شود.» استفاده‌ی سرسری از این واژه در زندگی روزمره صورت می‌گیرد. مفهوم انرژی این امکان را به وجود می‌آورد که پیش‌بینی کنیم رویدادها چگونه به وقوع پیوسته‌اند و رخ خواهند داد. در دنیای خارج از حوزه‌ی فیزیک انرژی چیزی است که توان «به حرکت درآوردن هر چیز» و یا «انجام دادن هر کاری» را دارد. البته تا جایی که «انجام دادن هر کار» به‌معنای «ایجاد تغییر در آنچه از پیش بوده است» باشد، انرژی از لحاظ فلسفی تعیین‌کننده همه‌ی تغییرهای مشاهده‌پذیر است.

منبع:
The Physics Teacher, Vol 45, February 2007

چطور بدانیم که چیزی را می‌دانیم؟

ریک مارشال
مترجم: منیژه رهبر

چکیده

«این که «علم چگونه کار می‌کند؟» اکنون کانون توجه کسانی است که کار برنامه ریزی تدریس علوم در مدرسه‌های انگلستان را به عهده دارند. این مقاله مقدمه‌ای کوتاه بر فلسفه‌ی علم از یونان باستان تا امروز است که زیربناهای این موضوع را مشخص می‌سازد.

از سپتامبر ۲۰۰۶، تأکید آموزش علوم در GCSE* بر «علم چگونه کار می‌کند» گذاشته شده است. این مطلب مشخصه‌های سطوح پیشرفته AS و A2 را نیز از سپتامبر ۲۰۰۸ تعیین می‌کند. ایده‌هایی درباره‌ی این که کاری علمی را چگونه باید انجام داد و چگونه این کار در طول زمان تغییر کرده است. اصولاً، این مقاله مقدمه‌ای بر فلسفه‌ی علم است که زیربنای «علم چگونه کار می‌کند» را تشکیل می‌دهد. نویسنده‌ی مقاله فیزیکدان است نه فیلسوف. کتاب نامه‌ی پایان مقاله منبع بیشتر ایده‌هایی است که در مقاله مطرح می‌شود.

منشأ خود این مقاله مربوط به کارهای شاگردانی است که برای گرفتن مدرک کارشناسی خود درس نظریه‌ی شناخت را گرفته بودند. این مقاله از خلاصه‌ی کوتاهی از سهم نه فیلسوف یا دانشمند در این زمینه تشکیل شده است: **ارسطو**[۱]، **راجر بیکن**[۲]، **فرانسیس بیکن**[۳]، **گالیله**[۴]، **نیوتون**[۵]، **ویتگنشتاین**[۶]، **پوپر**[۷]، **کوهن**[۸] و **گودل**[۹].

عنوان مقاله از این گفته‌ی **کوپرنیک**[۱۰] گرفته شده است که دانش واقعی آن است «که بدانیم چه می‌دانیم؟» این بحث کمتر از این روایت اخیر **دونالد رامسفلد**[۱۱] از کلمات قصار کوپرنیک جزم‌اندیشانه است که «...چون می‌دانیم دانسته‌های شناخته شده وجود دارند؛ پس چیزهایی وجود دارند که می‌دانیم آن‌ها را می‌دانیم». ما می‌دانیم که ناشناخته‌های شناخته شده‌ای وجود دارند. یعنی می‌دانیم چیزهایی وجود دارند که نمی‌دانیم ـ آن‌هایی را می‌دانیم که نمی‌دانیم. بنابراین این عنوان موقتی را برگزیده‌ایم که چطور بدانیم چیزی را می‌دانیم؟

حقیقت من یک رؤیاست مگر این که رؤیایم واقعیت یابد؛
جورج سانتایانا[۱۲]

رایدلی[۱۳] در کتاب خود تحت عنوان *درباره‌ی علم*[۱] مطرح می‌کند که علاوه بر حقایقی که علم از آن‌ها حمایت می‌کند، انواع بسیار دیگری از حقیقت وجود دارند:

حقیقت *وحی شده‌ی* دین؛
حقایق *متقاعدکننده‌ی* علوم اجتماعی؛
حقایق *اثبات شدنی* ریاضی؛
و حقیقت *سحرآمیز* وابسته به علوم انسانی.

که در مورد آخر ـ شعر، موسیقی، هنرهای زیبا و غیره را تشکیل می‌دهد، بی‌همتایی مزیتی کلیدی است. برخلاف آن، دانشمندان بر تکرار و تکرارپذیری تأکید می‌کنند،

تمام مردم طبیعتاً علاقه‌مند به دانستن هستند؛ ارسطو (۳۲۲ ـ ۳۸۴ق م)

فرانسیس بیکن (که فعلاً به او نمی‌پردازیم) روش ارسطو در انجام کارهای علمی و دریافتن این که چه چیزی حقیقت دارد را عملاً به صورت زیر بیان کرده است. گروهی از افراد باهوش را جمع و آن‌ها را تشویق کنید که به بحث بپردازند، اگر این افراد به اندازه‌ی کافی باهوش باشند حقیقت نمایان می‌شود!

به نظر می‌رسد که یونانیان اولین کسانی باشند که منطقی بودن طبیعت را مطرح کردند. با این همه، دانشمندان یونانی «غیرابزاری» بودند ـ یعنی آزمایش انجام نمی‌دادند. هر دلیلی که به کار می‌بردند ناشی از مشاهده‌ی انسانی و نتیجه‌گیری‌های مبتنی بر تفکر / استدلال ناب بود. آن‌ها از *قیاس* برای اثبات واقعیت امور استفاده می‌کردند. قیاس پیامد (ها)یی را به دست می‌آورد که مبتنی بر مقدماتی هستند: مثلاً،

مقدمه‌ی اول	همه‌ی معلمان فانی هستند
مقدمه‌ی دوم	سوزان جونز معلم است
نتیجه	سوزان جونز فانی است

الزاماً هیچ چیز در مورد واقعی نبودن یا نبودن مقدمات در نظر گرفته نمی‌شود ـ آن‌ها را برای هدف بحث، واقعی در نظر می‌گرفتند. در این روش استدلال نقطه‌های ضعف روشنی وجود

دارد. اگر شما معلم نباشید، یا مثل نویسنده‌ی مقاله، دیگر معلم نباشید، ممکن است به این نتیجه گیری برسید که فانی نیستید، یعنی ممکن است جاویدان باشید.

فیلسوف یونانی زنون[14] با استفاده از این روش قیاسی به نتیجه گیری عجیب دیگری رسید که حاصل آن پارادوکس‌های معروفی است که شاید معروف‌ترین آن‌ها مربوط به مسابقه‌ی آشیل و لاک‌پشت باشد. اگر آشیل[15] بگذارد که لاک‌پشت اول مسابقه را شروع کند، زنون می‌تواند ثابت کند که هرگز مسابقه را نخواهد برد. استدلال او به قرار زیر است.

در زمانی که طول می‌کشد تا آشیل به جایی برسد که لاک‌پشت مسابقه را آغاز کرده است، لاک‌پشت جلوتر رفته است. سپس، در زمانی که طول می‌کشد تا آشیل این مسافت را بپیماید، لاک‌پشت بازهم جلوتر می‌رود، و الی آخر. این استدلال را می‌توان بارها و بارها تکرار کرد و به این نتیجه گیری مورد نظر رسید که آشیل هرگز نمی‌تواند از لاک‌پشت سبقت بگیرد و مسابقه را ببرد. این استدلال منطقی هم برخلاف «عقل سلیم» و هم برخلاف این تجربه است که اگر مسابقه انجام شود، بدون شک آشیل برنده خواهد بود. اگرچه شاید نتوانیم با سرعت آشیل حرکت کنیم، اما می‌توانیم این کار را انجام دهیم. اما وابستگی یونانیان به توان استدلال ناب به اندازه‌ای شدید بود که به این نتیجه‌ی خلاف واقع می‌رسیدند که شاید در برداشت از این تجربه خطایی وجود دارد، زیرا منطق آن نمی‌توانست معیوب باشد! موضع این تفکر را می‌توان در «برتری ذهن بر ماده» خلاصه کرد.

«از پیروی اصول جزمی و مقامات دست بردارید و به دنیا بنگرید.» راجر بیکن (قرن سیزدهم میلادی)

راجر بیکن (که نباید او را با فرانسیس بیکن اشتباه کرد) برای اجتناب از نتیجه گیری‌های عجیبی که از استیلای کامل استدلال‌های عنان گسیخته به تنهایی حاصل می‌شود، موضع «برتری ذهن بر ماده» یونانیان را به صورت «برتری ماده بر ذهن» معکوس کرد. با این همه، هنوز طرفدار قیاس منطقی به عنوان روش صحیح برای استدلال برمبنای شواهدی بود که از دنیای اطراف به دست می‌آمدند. بنابراین، پیامدهای مشخص (نتیجه گیری‌ها) از مشاهده‌های کلی (مقدمه‌ها) به دست می‌آمدند. مثلاً،

۱) همه‌ی شاگردان مدرسه (نام مدرسه‌ی خود را بگذارید) در درس‌های خود سخت کوشند.

۲) در بین جمعیت حاضر در یک باشگاه شبانه شاگردی ازاین مدرسه وجود دارد.

۳) بنابراین این شاگرد در درس‌های خود بسیار جدی است.

فرانسیس بیکن (۱۶۲۶ ـ ۱۵۶۱)

فرانسیس بیکن به واسطه‌ی دو نوع تأثیر بر موضوع مورد بررسی ما شهرت دارد. اولاً، او یکی از مبلغان بزرگ نقش اساسی تجربه بود، گرچه به نظر می‌رسد که خود او هرگز چندان درگیر کارهای علمی نمی‌شد، بلکه عملاً کار دانشمندانی چون برناردینو تلسیو[16] را تکرار می‌کرد که این اعتبار را دارد که نخستین کسی باشد که خیلی زود در سال ۱۵۰۹ طرفدار انجام آزمایش بود، و ویلیام گیلبرت[17]، که در کتاب موسوم به *مغناطیس* خود که در سال ۱۶۰۰ منتشر شد، اولین کسی است که جزئیات یک کار علمی مبتنی بر «انجام آزمایش» علاوه بر «تفکر» را مطرح می‌سازد. این روشی بود که به نتیجه‌ای عظیم رسید، تأثیر فرانسیس بیکن ۳۴ سال پس از مرگش با افتتاح انجمن سلطنتی در سال ۱۶۶۰ به منظور «ارتقای فلسفه‌ی تجربی» به ثمر رسید.

ثانیاً، وقتی نوبت به «فکرکردن» می‌رسید، او استنتاج پیامدهای خاص (نتیجه گیری‌ها) از مشاهده‌های کلی (مقدمه‌ها) را معکوس و مشاهده کرد که شاید خیلی منطقی‌تر باشد که با معکوس کردن روش قیاسی به تعمیم موارد خاص بپردازیم. این روش به *استقراء* معروف است.

یک مثال از استدلال استقرایی به صورت زیر است:

۱) خورشید در تمام روزهای ثبت شده در تاریخ طلوع کرده است.

۲) فردا روز دیگری است.

۳) بنابراین، فردا خورشید طلوع خواهد کرد.

به عبارت دیگر این واقعیت که خورشید تاکنون هر روز طلوع کرده است، و هیچ مورد خلاف آن یا استثنایی موجود نیست، و هیچ دلیلی نداریم که فکر کنیم خورشید رفتارش را تغییر خواهد داد، پس نتیجه می‌گیریم که همواره در روزهای آینده نیز طلوع خواهد کرد.

اما به نظر می‌رسد که در یک روز صبح خورشید رفتاری غیر از این داشته است [۲]. و این صبح روز ۱۶ ژوئیه سال ۱۹۴۵ بود که در آن یک راننده‌ی کامیون در نیومکزیکو، ایالات متحده، گزارش داد که دیده است خورشید در ساعت ۴ صبح طلوع می‌کند. سپس این خورشید غروب کرد و یک ساعت بعد دوباره طلوع کرد. آنچه این راننده‌ی کامیون ندانسته مشاهده کرده بود مراحل آزمایش نخستین انفجار هسته‌ای بود.

هیچ توجیه *منطقی* برای جهش استقرایی اعتقاد وجود ندارد. شاید استدلال‌های استقرایی از این رو کار می‌کنند که تاکنون همواره چنین بوده‌اند. این روش استدلال را **برتراند راسل**[18] «رسوایی فلسفه» لقب داد، زیرا در پی آن است که استقراء را با استفاده از استقراء توجیه کند! بنابراین استفاده از استقراء کاملاً غیرمنطقی است، اما این الزاماً به معنی آن نیست که نامعقول هم هست.

پیامد استدلال‌های استقرایی می‌تواند به همان اندازه‌ی

استدلال‌های قیاسی بی‌معنی باشد. در زمان نوشتن این مقاله، در تمام روزهای تولدم سنی کمتر از شصت و چهار سال داشته‌ام. با بهره‌گیری از استدلال استقرایی می‌توانم به این نتیجه‌گیری برسم که همواره از شصت و چهار سال جوان‌تر خواهم بود. بازهم ثابت کرده‌ام که جاویدان هستم!

موفقیت استقراء به عنوان یک روش استدلال علمی ایجاب می‌کند که قانون‌های علمی با گذشت زمان تغییر نکنند و این نظم و ترتیب است که اساس آن را تشکیل می‌دهد که بتوانیم با بهره‌گیری از استدلال‌های استقرایی پیش‌بینی‌های قابل اطمینان بکنیم («خورشید فردا طلوع خواهد کرد؟»).

گالیله (متولد ۱۵۵۴) و نیوتون (متوفد ۱۶۴۲ (سالی که گالیله درگذشت) تا ۱۷۲۶)

نام گالیله وابسته به اهمیت حیاتی آزمایش *کنترل‌شده* است. «آزمون خوب و دقیق» مورد علاقه‌ی کارهای درسی GCSE. این تغییر قابل ملاحظه‌ای را از مشاهده ساده‌ی طبیعت به بازپرسی فعال از آن نشان می‌دهد. گالیله و نیوتون *عالی‌مقام*، آنچه را که روی می‌داد به صورت ریاضی بیان کردند ـ آن‌ها مدلی ریاضی از رفتار طبیعت را به وجود آوردند. علم می‌کوشد که دقیق، بدون ابهام، منطقی و کلی باشد. زبان طبیعی هیچ کدام از این ویژگی‌ها را ندارد؛ بنابراین، دانشمندان به ریاضی معتاد شده‌اند. ضمناً، این موضوع دو پرسش را مطرح می‌سازد که چرا جهان باید ریاضیاتی باشد؟ و چرا مغزهای ما باید قابلیت انجام عملیات ریاضی را داشته باشند؟

آزمایش کردن و مدل‌سازی ریاضی انفجار معلومات در طی دو قرن از ۱۷۰۰ تا ۱۹۰۰ میلادی را، که در طی آن فیزیک به اصطلاح کلاسیک به وجود آمد، تسهیل کرد. با پیدایش مکانیک کوانتومی از یک سو و نظریه نسبیت از سوی دیگر در ابتدای قرن بیستم، مسائل فلسفی بار دیگر پدیدار شدند (گرچه مسأله‌ی استقراء هرگز از بین نرفته بود).

«می‌بینید که چقدر واژگان گمراه‌کننده‌اند... و چطور روش صحبت کردن ما به طرز فکرمان سایه می‌افکند»[۳]

از سال ۱۹۰۰ پرسش‌های فلسفی جدید بسیاری در فیزیک مطرح شده‌اند که مسأله‌ی این که آیا در مورد اطلاعاتی که می‌توان درباره‌ی عالم اطراف به دست آورد محدودیتی وجود دارد یکی از کم اهمیت‌ترین آن‌ها نیست. در سال ۱۹۲۱ ویتگنشتاین مدعی آن شد که باید چیز مشترکی بین ساختار یک جمله و واقعیتی که آن جمله بیان می‌کند وجود داشته باشد.

بنابراین، برای ویتگنشتاین حدود تفکر حدود زبان آن هستند، و فقط با کشف این که چه چیزی در مورد آن می‌توان گفت، و نمی‌توان گفت می‌توان عالم را درک کرد. **جورج اورول**[۱۹] در رمان *هزار و نهصد و هشتاد و چهار* (که در سال ۱۹۴۹ منتشر شد) متوجه استلزام‌های این نوع بصیرت شد. او متوجه شد که اگر زبان می‌توانست تغییر کند، دیگر نمی‌شد به تفکرهای قبلی پرداخت. تمام هدف «نیوزپیک»[۲۰] آن بود که گستره‌ی تفکر را باریک سازد. در پایان نظم سیاسی جدید می‌توانست ابراز مخالفت سیاسی را (که جرم شمرده می‌شده) به معنی واقعی کلمه ناممکن سازد، زیرا واژه‌های لازم برای بیان آن وجود نداشتند.

بنابراین، زبان‌های متفاوت، معلومات متفاوت را ایجاب می‌کنند، به نظر **ارتسا پوند**[۲۱] شاعر «هیچ زبان خاصی حاوی کل خرد بشری نیست، و هیچ زبان به تنهایی توانایی بیان تمام شکل‌ها و درجه‌های درک انسان را ندارد»[۴].

اکنون بیش از ۶۵۰۰ زبان مختلف در سراسر جهان وجود دارد. به عبارت دیگر، ۶۵۰۰ راه کسب اطلاعات درباره‌ی جهان، اما، طبق پژوهشی که واحد پژوهش زبان‌های رو به زوال مدرسه‌ی مطالعات شرقی و افریقایی لندن انجام داده است، این زبان‌ها با آهنگ میانگین یکی در هر دو هفته از بین می‌روند.

ماکس بورن[۲۲] در کتاب درسی *فیزیک اتمی* خود توضیح داد که چرا فیزیک کوانتومی جدید تا این اندازه گیج‌کننده است. «در نهایت منشأ مشکل در این واقعیت (یا اصل فلسفی) نهفته است که برای توصیف پدیده‌ها ناچاریم از واژگان زبان معمولی، نه با تحلیل منطقی یا ریاضی، بلکه با تصویری استفاده کنیم که برای قدرت تخیل ما اسفناک است. زبان معمولی از تجربه‌ی روزمره به دست آمده است و هرگز نمی‌تواند از حدود خود فراتر رود. فیزیک کلاسیک خود را به استفاده از مفاهیمی از این نوع محدود ساخته است؛ با تحلیل حرکت مرئی دو راه برای بازنمایی آن توسط فرایندهای بنیادی ذرات متحرک و امواج به وجود آمده است. هیچ راه دیگری برای به دست آوردن یک توصیف تصویری وجود ندارد، بنابراین، ناچاریم از آن‌ها حتی در حوزه‌ی فرایندهای اتمی استفاده کنیم که در آن فیزیک کلاسیک از کارآیی ندارد.»[۵]

بنابراین نوعی بازنمود جهان در تفکر به کمک منطق امکان‌پذیر می‌گردد. با وجود این، معلوم نیست که این نتیجه‌گیری‌های (منطقی) الزاماً هیچ حالت واقعی جهان «حقیقی» را نشان دهند. بنابراین، منطق فقط واقعیت را توصیف می‌کند. به عنوان مثال، یک تصویر واقعیت را با بعضی از انواع نماد نشان می‌دهد. همین‌طور ریاضیات، همین‌طور زبان، دانشمندان در تلاش برای توصیف جهان هستند. آن‌ها می‌کوشند آن را با استفاده از برخی زبان‌های علمی یا ریاضی نشان دهند. با این همه، این مسأله وجود دارد که آیا آنچه نظریه‌ها و قانون‌های آن‌ها در مورد جهان می‌گوید در واقع همان جهان «واقعی» است؟

ویتگنشتاین این اظهارنظر معروف **دکارت**[۲۳] را که «می‌اندیشم، پس هستم» را به صورتی دیگر درآورده است. ویتگنشتاین می‌گوید، شما فقط چیزی را می‌دانید که به کمک زبان درباره‌اش فکر می‌کنید و زبان یک چیز عمومی است که باید کسب شود.

اجتناب از استقراء: کارل پوپر (۱۹۹۴ ـ ۱۹۰۲)

ظاهراً نظریه‌های موفق بسیاری در مورد جنبه‌های مختلف جهان و روش زندگی ما وجود دارد. مثلاً، نظریه گرانی **ایزاک نیوتون**[۲۴]، نظریه تاریخ **کارل مارکس**[۲۵] و نظریه ناخودآگاه **زیگموند فروید**[۲۶] همگی دارای طرفداران پرو پا قرصی هستند. همگی آن‌ها (لااقل تا اندازه‌ای) مبتنی بر مشاهده‌اند. پس آیا تمام این نظریه‌ها علمی هستند؟ کارل پوپر در کتاب *نظریه شناخت* خود [۶] استدلال می‌کند که پاسخ این پرسش «نه» است. یک نظریه برای علمی بودن باید ابطال‌پذیر باشد ـ یعنی توانایی پیش‌بینی‌هایی را داشته باشد که بتوان آن‌ها را آزمود. برای پوپر، هیچ مقداری از داده‌ها نمی‌تواند یک فرضیه را تأیید کند، اما یک مورد خلاف می‌تواند آن را رد کند. در حوالی پایان جمهوری وایمار جزوه‌ای تحت عنوان ۱۰۰ نویسنده *برعلیه اینشتین* منتشر شد که اینشتین پاسخ بسیار پوپری به آن داد ـ «اگر من بر خطا بودم، یکی هم کفایت می‌کرد».

نظریه‌های مارکس و فروید هردو توضیحی در مورد چیزهای به ترتیب مربوط به تغییر اجتماعی یا ناخودآگاه در اختیار می‌گذارند. برای پوپر، این توان ظاهری در واقع نقطه‌ی ضعفی مهلک است. اگر هر جنبه از تغییر تاریخی را بتوان از تغییر مارکسیستی به دست آورد، پس هیچ راهی برای تمیزدادن آن از نظریه‌ی دیگری که همین ادعا را داشته باشد وجود ندارد. یک روان‌شناس فرویدی یا یونگی هر دو می‌توانند یک واقعیت را به روش‌های خود تفسیر کنند. ممکن است در واقع حق با فروید باشد، ولی هیچ راهی برای تشخیص آن نداریم.

ازسوی دیگر، نظریه گرانش نیوتون نه تنها پدیده‌هایی را توجیه می‌کند که با آن آشنا هستیم (مثلاً جزر و مد)، بلکه پیش‌بینی‌هایی را هم کرده است که می‌توانستند درست از کار درآیند یا درست از کار درنیایند. مثلاً، مدار سیاره‌ی اورانوس را نمی‌شد فقط با توجه به نیروهای گرانشی شناخته شده سیاراتی که در آن زمان کشف شده بودند توجیه کرد. اختلاف مختصر موجود درصورتی از بین می‌رفت که سیاره‌ای ناشناخته وجود داشت تا نیروی گرانشی مورد نظر را تأمین کند. بنابراین، جرم و مدار این سیاره‌ی فرضی پیش بینی شد و سیاره‌ای که اکنون آن را نپتون می‌نامیم برای اولین بار در سال ۱۸۴۶، درست در جایی که نظریه نیوتون پیش‌بینی می‌کرد باید باشد، مشاهده شد. اگر نپتون در آن جا نبود، نظریه‌ی نیوتون تمام داستان را بیان نمی‌کرد.

گرچه آزمون‌پذیری شرط لازم برای علمی بودن یک نظریه است، اما به نظر نمی‌رسد که شرط کافی هم باشد. پیش‌بینی‌هایی که با شکست رو به رو می‌شوند به سقوط یک نظریه نمی‌انجامند. در سال‌های ۱۶۷۰ مشاهده شد که گرفتن قمرهای مشتری در زمان‌هایی ناهماهنگ رخ می‌دهد. اگر حرکت آن‌ها از نظریه گرانش نیوتون پیروی می‌کرد، نباید به صورت قانون عکس مجذوری می‌بود که تا آن زمان همه‌ی شواهد دال بر آن بودند؟

معلوم شد که این ناهماهنگی بستگی به این دارد که زمین و مشتری در یک طرف خورشید باشند یا در طرف‌های مقابل آن. با این همه، اگر ایده‌ی دیگر درست از کار درمی‌آمد، نظریه نیوتون نیاز به اصلاح یا کنار گذاشته شدن نداشت. ایده بنیادی بدین صورت بود که زمان‌های ناهماهنگ پیامد محدودبودن سرعت نور است. اختلاف زمان بیشینه ناشی از زمانی بود که نور برای عبور از قطر مدار زمین لازم داشت. در اواخر سال‌های ۱۶۰۰ گمان می‌رفت که این فاصله $۲/۷۷\times۱۰^{۱۱}m$ باشد. بیشینه اختلاف زمان این گرفتن‌ها ۲۲ دقیقه (۱۳۲۰s=) بود، که ایجاب می‌کرد سرعت نور $۲/۱\times۱۰^{۸}m/s = ۲/۷۷\times۱۰^{۱۱}/۱/۳۲\times۱۰^{۳}$ (تا اندازه‌ای کمتر از مقدار پذیرفته شده کنونی $۳\times۱۰^{۸}ms^{-۱}$ باشد، که ناشی از مقدار غیردقیقی بود که برای قطر مدار زمین در آن زمان به کار برده شده بود). پنجاه سال طول کشید تا این مقدار برای سرعت نور تأیید شد. با وجود این، در این فاصله نظریه نیوتون رد نشد (شاید بدین دلیل که خود نیوتون بیشتر راضی بود که فرضیه محدودبودن سرعت نور را بپذیرد تا نظریه گرانی خود را کنار بگذارد!)

مورد دیگری که مطرح شد این بود که مدار عطارد را نمی‌شد با استفاده از نظریه نیوتون کاملاً توجیه کرد، اما در این مورد هیچ توضیحی با توجه به وجود سیاره جدید یا شکل عجیب خورشید نمی‌توانست عامل این تضاد باشد. هیچ سیاره‌ای را نمی‌شد یافت، و شکل خورشید هم بسیار متقارن بود. با این همه، نظریه نسبیت اینشتین (که اساساً نظریه‌ای در مورد گرانی است) مدار عطارد را توجیه کرد و به این دلیل، و دلایل دیگر جایگزین نظریه گرانی نیوتون شد.

توجه کنید که در دیدگاه پوپر برای شکل‌گیری نظریه‌های علمی، مسأله استقراء جایی ندارد. او بر استدلال از خاص به عام تکیه نمی‌کند. از نظر پوپر نظریه‌ها در *فرایند رشدیابنده‌ی* برخورد موفق با پیش‌بینی‌هایی که نه تنها همواره تأکید نمی‌شوند، بلکه می‌توانند رد هم شوند، هرچه بهتر می‌شوند. اما دیدگاه پوپر با این فرض سازگار است که همه گزاره‌ها (هرچند هم که مضحک باشند) قبل از باطل شدن می‌توانند بالقوه حقیقت داشته باشند. اما در این صورت برخی نظریه‌ها در همان زمانی شروع به کار می‌کنند که ایده‌های بسیار قدیمی! آیا نور می‌تواند احتمالاً با سرعت ۲۰۰ میلیون متر در ثانیه حرکت کند؟

از سال ۱۹۸۶ نظریه ریسمان، که اگر آن را باتوجه به تعداد فیزیکدان‌هایی که روی آن کار می‌کنند و مقاله‌های علمی که تولید می‌کنند در نظر بگیریم، به صورت مهم‌ترین نظریه‌ی موجود ذرات بنیادی و نیروهای بنیادی طبیعت درآمده است. تعداد جواب‌های ممکن نظریه ریسمان $۱۰^{۵۰۰}$ است، اما تعداد جواب‌های آزمون‌پذیر آن تاکنون صفر بوده است. یک سرمقاله اخیر در مجله علمی نیچر[۲۷]

بیان می‌کند که «نظریه ریسمان با تأیید تجربی فاصله بسیار دارد... هدف اصلی باید آن باشد که این طرح سرانجام به علمی آزمون‌پذیر تبدیل شود.»[۷]

قاعده‌ی الگوها[۲۸]؛ توماس کوهن (۱۹۹۶ ـ ۱۹۲۲)

با توجه به ایده‌های مطرح شده، از زمان ارسطو و یونانیان تا جایی که اکنون در آن هستیم، راه درازی را طی کرده‌ایم. اما از لحاظ تحول بشر این یک چشم برهم زدن است. گستره‌ی زمانی از تمدن یونان تاکنون، برای این که روند تکامل تغییر قابل ملاحظه‌ای در هوش انسان به وجود بیاورد، بسیار کوتاه است. بدون شک ارسطو احمق نبود. او چیزهای بسیاری را گفته است که آن‌ها را کاملاً منطقی می‌دانیم. پس چرا مثلاً ایده‌های او در مورد سقوط اجسام از نظر دانشمندان امروزی آشکارا غلط است؟ این فکر نقطه شروع تفکری از توماس کوهن بود که در کار معروف او *ساختار انقلاب‌های علمی* به اوج رسید [۸]. کوهن استدلال کرد که برای شناخت ارسطو، باید عالم را از دید ارسطو و باورهایی مشاهده کرد که در زمان او پذیرفته شده بودند. در این صورت آنچه او گفت لااقل معقول به نظر می‌رسد. این باورهای مشترک، آنچه علم به حساب می‌آید، و چگونگی انجام آن را کوهن یک الگو نامید. همراهی با الگوهای پذیرفته شده چیزی است که بیشتر دانشمندان در اغلب اوقات انجام می‌دهند. کوهن این را علم عادی می‌نامد.

اما اگر شواهد بسیاری جمع شوند که بر الگوی غالب برازش نیابند، این الگو به نفع الگوی جدید کنار گذاشته می‌شود. بنابراین، فقط یک مورد متضاد نیست که باعث سقوط نظریه‌ای می‌شود که قبلاً موفق بوده است. دوره‌ی جستجو برای یافتن نظریه بهتر (یعنی، نظریه‌ای که قادر به توجیه همه چیزهایی باشد که نظر قبلی می‌توانست توضیح دهد یا توضیح ندهد) را کوهن دوره‌ی علم انقلابی می‌خواند. مهم‌ترین مثال‌های آن عبارتند از جایگزین شدن نظریه‌های نسبیت اینشتین به جای نظریه گرانی و قانون‌های حرکت نیوتون، و پیشی گرفتن نظریه کوانتومی از آنچه فیزیک کلاسیک خوانده می‌شود. چیزی که اهمیت دارد آن است که الگوی جدید با الگوی قبلی غیرقابل مقایسه است. مثلاً، هر دوی نیوتون و اینشتین در مورد جرم صحبت می‌کنند، اما برداشتی که از این مفهوم دارند کاملاً متفاوت است. برای نیوتون، جرم و انرژی دو چیز متفاوتند. از دید اینشتین، جرم و انرژی کاملاً مشابه‌اند. بحث نظریه ریسمان در *مقابل* الکترودینامیک کوانتومی درست مانند یک واقعه‌ی علم انقلابی در مورد چگونگی تفکر ما در مورد ذرات بنیادی و نیروهای بنیادی طبیعت است. اگر نظریه ریسمان بتواند تا جایی توسعه پیدا کند که آزمون‌پذیر شود، تغییر الگویی می‌تواند در افق دید ما نمایان گردد.

بنابراین، تغییر از الگوی قدیم به الگوی جدید «جهشی» ناپیوسته است. نظریه‌ها از کوچک شروع نمی‌شوند تا همواره رشد کنند و بهتر و بهتر شوند.

آیا محدودیتی در مورد معلومات علمی وجود دارد؟

دیدیم که ویتگنشتاین نقش زبان (که برای بیان قضایای منطقی به کار می‌رود) را در آنچه در مورد جهان یاد می‌گیریم بررسی کرد. گودل در سال ۱۹۳۱ متوجه شد که برای آنچه خود منطق می‌تواند در مورد جهان در اختیار بگذارد، محدودیت‌هایی وجود دارد.

قضیه‌ی نقص[۲۹] او شاید مهم‌ترین نتیجه در منطق قرن بیستم باشد. این قضیه بیان می‌کند که در هر دستگاه منطقی خود سازگار می‌توان حکم‌هایی کرد که هرگز نتوان آن‌ها را در چارچوب آن دستگاه اثبات یا رد کرد.

بنابراین، هیچ نظریه‌ی ریاضی منطقی نمی‌تواند شامل روش‌های استدلال به اندازه کافی محکم باشد که بتواند سازگاری خود را به اثبات برساند. سازگار به معنی آن است که نباید بتوانید با استفاده از قاعده‌های حساب نتایجی را اثبات کنید که غلط هستند، مثل این که ثابت کند ۲=۱.

بنابراین هر دستگاه صوری از اصول موضوع (یعنی، فرض‌ها و قاعده‌های دستورالعمل) از اثبات برخی از حقایق ناتوان است، و در نتیجه هیچ دستگاه صوری نمی‌تواند تمام حقایق را اثبات کند. مثلاً، اگر قاعده‌های حساب را در نظر بگیریم، گزاره‌هایی حسابی وجود دارند که می‌توانید آن‌ها را صرفاً با استفاده از قاعده‌های حساب اثبات یا رد کنید. یک مثال در این مورد **حدس گلدباخ**[۳۰] است که هر عدد زوج مجموع دو عدد اول است. آن را امتحان کنید! هر مثالی که انتخاب کنید درست درمی‌آید، اما نمی‌توانید آن را با استفاده از قاعده‌های حساب که برای تمام اعداد اول، هر قدر که بزرگ باشند، صحیح است اثبات کنید.

مثال دیگر قضیه گودل این چیستان زبان‌شناختی است. مورد زیر را در نظر بگیرید.

هر مردی یا شوالیه است یا سرباز.

شوالیه‌ها همواره راست می‌گویند و سربازها هرگز راست نمی‌گویند.

یک نفر (که نمی‌دانید شوالیه است یا سرباز) اظهار می‌دارد که «هرگز باور نخواهید کرد که من یک شوالیه‌ام»

گوینده شوالیه است یا سرباز؟

با استفاده از اطلاعات داده شده هرگز نمی‌توان به این پرسش پاسخ داد.

۱) نمی‌توانید باور کنید که او یک شوالیه است، زیرا در این

صورت همواره راست می گوید، و آنچه او می گوید باید دروغ باشد.

۲) اگر باور کنید که او یک سرباز است و در نتیجه دروغ می گوید، چیزی را بیان می کند که آن را راست در نظر می گیرید!

۳) بنابراین بلاتکلیف می مانید، که به معنی آن است که گوینده راست می گوید و گذشته از همه چیز شوالیه است ـ اما اگر شوالیه باشد ... (به مورد ۱ برمی گردید).

نظریه ی همه چیز غیرممکن است

بعضی ها هدف فیزیک را به وجود آوردن نظریه ای برای همه چیز (TOE) می دانند که با استفاده از آن بتوان بقیه ی فیزیک را به دست آورد. اگر فرض کنید که چنین نظریه ای امکان پذیر باشد باید فرض کنید که مبتنی بر مجموعه ای از قانون های بنیادی (مثل قانون پایستگی انرژی) است در این صورت قضیه ی نقص گودل ایجاب می کند که حقایق جدیدی باید کشف شوند که برای توضیح خود نیازمند قانون های بنیادی اضافی باشند، و در نتیجه نظریه اصلی نمی تواند همه چیز را توجیه کند.

«مجبوریم که بدانیم، بنابراین خواهیم دانست» [۹]

آیا هرگز می توان درباره ی چیزی در جهان فیزیکی اطمینان داشت؟

مثلاً، آیا اتم ها وجود دارند؟ در واقع، فیزیکدانان به وجود اتم ها *باور دارند* ـ این بخشی از الگوی مشترک آن هاست و یک باور قوی تر از ایمان ناب است. سباستیان **فوکز**[۳۱] این تفاوت را به خوبی در رمان **شارلوت گری**[۳۲] مطرح کرده است...

باور یک اعتقاد منطقی (است)، درحالی که ایمان... به تردید (راه می دهد)... [۱۰]. یا به تعبیر اندکی متفاوت منتقد ادبی آی. ا. ریچاردز[۳۳]: «ما آنچه را که دانشمندان (می گویند) از این رو می پذیریم که آن ها می توانند برای اظهارنظرهای خود دلیل و مدرک بیاورند، و نه از این رو که گفته های خود را به صورت فصیح و استثنایی بیان می کنند.»

ما تا اندازه ای به واسطه مطرح کردن پرسش ها و یافتن پاسخ آن ها تکامل یافته ایم. گاهی پاسخ ها مشخصه ای منحصر به فرد دارند ـ آن ها بازنمود واقعیت مطلق امور نیستند. بلکه باورهای موقتی هستند که در معرض تجدیدنظر انتقادی مداوم قرار دارند. این پاسخ ها فعلاً نمایانگر قابل اعتمادترین نتیجه گیری هستند که می توان برمبنای شواهد موجود به آن دست یافت. علم بیشتر یک روش تفکر است یا مجموعه ای از معلومات. موفقیت واقعی آن چندان مربوط به در اختیار گذاشتن پاسخ ها نیست، بلکه در روشی است که می توان به این پاسخ ها رسید و آن «این که علم چگونه کار می کند» است.

زیرنویس:

* برنامه درسی کلی آموزش علوم

1. Aristotle
2. Roger Bacon
3. Francis Bacon
4. Galileo
5. Newton
6. Withgenstein
7. Popper
8. Kuhn
9. Gödel
10. Copernicus
11. Donald Rumsfeld
12. George Santayana
13. Ridley
14. Zeno
15. Achilles
16. Bernardino Telesio
17. William Gilbert
18. Bertrand Russell
19. George Orwell
20. Newspeak
21. Erza Pound
22. Max Born
23. Descartes
24. Isaac Newton
25. Karl Marx
26. Sigmund Freud
27. Nature
28. Paradigms
29. incompleteness theorem
30. Goldbach Conjecture
31. Sebastian Faulks
32. Charlotte Gray
33. I. A. Richards

مراجع:

1. Ridley B 2001 *On Science* (Oxford: Routledge)
2. Weisskopf V 1985 *Forty Years After: Thoughts of a Nuclear Witness* (San Francisco, CA: Freeman)
3. Carrière J-C 2006 *Please Mr Einstein* (London: Harvill Secker)
4. Crystal D 1999 Ezra Pound *Guardian* (25th Oct.)
5. Born M 1962 *Atomic Physics* 7th edn (Gasgow: Blackie) (revised with R J Blin-Stoyle)
6. Popper K 1959 *The Logic of Scientific Discovery* (London: Hutchinson) (originally published in German in 1934)
7. 2006 Editorial *Nature* **443** 482
8. Kuhn T 1962 *The Structure of Scientific Revolutions* (Chicago, IL: University of Chicago Press)
9. Inscription on the mathematical physicist David Hilbert's gravestone
10. Faulks S 1999 *Charlotte Gray* (London: Vintage) p 420

منبع:

- Physics Education, 42(3), May 2007, pp 238-244

روان شدن بدون اصطکاک

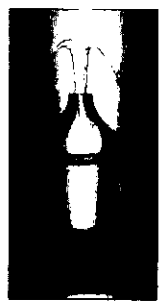
ورن جی. اُستدیک و دانلد جی. بُرد
ترجمه: ماریه استاد هاشمی

ابرمرد، ابرغول، ابرنواختر، ابرقدرت، ابررسانا، ابرشاره؟ پیشوند اَبَر که به بسیاری از نام‌ها اضافه می‌شود، برای نشان دادن فراتر از حالت معمول به‌کار می‌رود. کاربرد آن، توجه ما را به این نکته جلب می‌کند که این اشیا دارای ویژگی فراتر از انواع متداول با خواص تعریف‌شده هستند، یا به هر حال نشان‌دهنده‌ی ویژگی‌هایی هستند که برتر از انواع معمولی موجودات هستند.

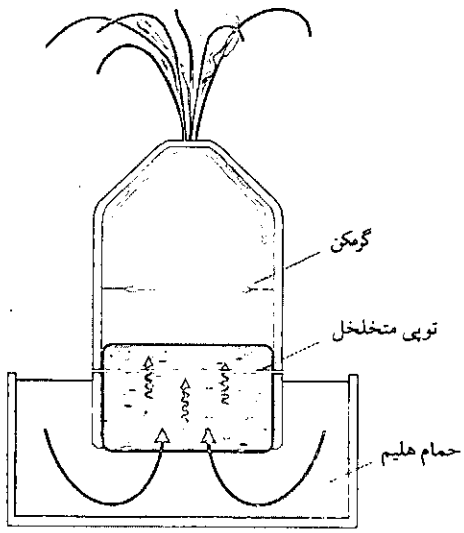
با این تعریف می‌توانیم انتظار داشته باشیم که ابرشاره دارای ویژگی «روانی» بیشتر از معمول است، و به طور مثال توانایی روان شدن آن از شاره‌های معمولی بیشتر است. و این اصولاً درست است. در اصطلاح فنی، می‌گوییم که ابرشاره اصطکاک یا مقاومت در برابر روان شدن ندارد ـ یعنی بدون چسبندگی است.

برخلاف شاره‌های معمولی، ابرشاره می‌تواند در کانال‌های باریک بدون اختلاف فشار روان شود. به‌علاوه، ظاهراً ابرشاره، با روان شدن به صورت لایه‌ای در کناره‌های ظروف، و فواره زدن شدید به هنگام گرم شدن، گرانی را به چالش می‌طلبد (اصطلاحاً اثر گرمامکانیکی نامیده می‌شود. نگاه کنید به شکل ۱). به طوری که خواهیم دید، ابرشاره‌ها تعدادی از پدیده‌های چرخشی بسیار جالب را نیز به نمایش می‌گذارند.

در سال ۱۹۳۸ پی. **کاپیتزا**[1] (که جایزه نوبل ۱۹۷۸ را برای کارش دریافت کرد) و جی. **آلن**[2]، کشف کردند که ابرشاره‌ها زیر گروه چیزی هستند که **شاره‌های کوانتومی** نامیده می‌شوند. ابررساناها نیز از اعضای این گروه وسیع هستند، آن‌ها اثرهای ماکروسکوپی جالب توجهی را به دلیل نظم میکروسکوپی خاص خود به نمایش می‌گذارند. برای مشاهده این اثرها باید که جسم مورد بررسی در دماهای به اندازه کافی کم برای نظم دادن به عملکرد آن در حالت مایع باقی بماند. برای بیشتر عناصر و ترکیب‌ها، دماهای لازم به اندازه‌ای کم است که آن‌ها قبل از رسیدن به این دماهای بحرانی به صورت جامد درمی‌آیند. یک استثنا دراین مورد عنصر هلیم است که در دمای حدود $-269^{\circ}C$ (و فشار یک اتمسفر)



الف



ب

شکل ۱ (الف) «اثر فواره» در هلیم ابرشاره (ب) نمودار ساده شده دستگاه «اثر فواره» یک جزء کوچک گرم‌کننده (خط‌های افقی تیره از وسط لوله باریک در قسمت (الف)) می‌گذرند، انرژی را به ابرشاره منتقل می‌کند و باعث انبساط آن می‌شوند. انبساط، مایع بالای لوله را بیرون می‌راند و مایع بیشتری را از محیط اطراف از طریق توپی متخلخل پایین لوله از محیط اطراف به درون می‌کشد. نبود چسبندگی، اُصطکاک با دیواره‌های لوله به اندازه‌ی کافی زیاد است که به شرط تأمین گرمای کافی، جریانی از ابرشاره به ارتفاع ۱۵ سانتی متری به طور مداوم به‌بیرون می‌جهد.

به صورت مایع درمی‌آید و برای گذر از این حالت به حالت ابرشاره، به دمای پایین‌تر از $-271^{\circ}C$ نیاز دارد.

نزدیک شدن دستگاه ذرات به حالت ابرشارگی با شروع آن‌چه **چگالش بوز ـ اینشتین** در مایع نامیده می‌شود همراه است که در آن مقداری ماکروسکوپی از ذرات مایع همگی یک حالت انرژی میکروسکوپی (کوانتومی) یکسانی را اشغال می‌کنند. شاید در این قسمت، مقایسه‌ی مطرح شده به وسیله **آنتونی لگت**[3]، فیزیکدان دانشگاه ایلینویز که در جایزه نوبل فیزیک ۲۰۰۳ سهیم بود برای درک آن‌چه اتفاق می‌افتد مفید باشد.

فرض کنید در بالای کوه بلندی هستید که مشرف به میدان شهری دوردست در هنگام بازار روز است. همین‌طور که جمعیت در حال خرید را مشاهده می‌کنید، می‌بینید که این جمعیت پرهیاهو به طور کاتوره‌ای در همه‌ی جهت‌ها حرکت می‌کنند. هر فردی «کار خودش» را انجام می‌دهد. فرض کنید دوباره روزی به کوه برگردید و میدان را بررسی کنید که جای جمعیت پرجنب‌وجوش را یک گروه رژه یا مشق نظامی گرفته باشد. اکنون، هر عضوی از گروه همزمان کار یکسانی را انجام می‌دهد، و مشاهده و فهمیدن این‌که هرکس چه‌کاری می‌کند خیلی آسان‌تر است. وضعیت قابل مقایسه در فیزیک شاره‌ها موردی است که در آن، یک مایع معمولی نقش جمعیت بازار روز را بازی می‌کند ـ هر اتم کار متفاوتی را انجام می‌دهد ـ و در حالی که ابرشاره مثل یک گروه مشق نظامی است ـ همه‌ی اتم‌ها در یک حالت به پیش می‌روند و هر اتم در یک زمان یک کار را انجام می‌دهد. بنابراین، ابرشاره به جای میلیاردها تک اتم مستقل، مثل یک اتم گروهی بزرگ عمل می‌کند. این عمل گروهی باعث می‌شود که تأثیر تغییر حالت میکروسکوپی در سطوح ماکروسکوپی قابل ملاحظه شود.

چگونه این چگالش گروهی سبب روان شدن بدون اصطکاک می‌شود؟ به طور کلی، در ابرشاره چسبندگی وجود ندارد، زیرا این کار باعث می‌شود که شاره انرژی بسیار زیادی را صرف پاسخ‌گویی اتم‌هایش به نیروهای اصطکاکی کند. آزمایش زیر را در نظر بگیرید:

مقداری هلیم مایع را در دمای بالاتر از دمای گذار ابرشاره در یک فنجان بریزید و سپس ظرف را روی محور صفحه‌ی گردان یک گرامافون قرار دهید. سپس صفحه گردان را به کار بیندازید. هلیم مایع معمولی بعد از چند دقیقه شروع به چرخیدن با ظرف می‌کند. سپس مایع را تا زیر دمای گذار به حالت ابرشاره سرد کنید. شاره به چرخیدن ادامه می‌دهد و همه اتم‌های هلیم در یک حالت انرژی را که با انرژی چرخشی ظرف برابر است اشغال می‌کنند. اکنون چرخش ظرف را متوقف کنید. ابرشاره هلیم برخلاف یک شاره معمولی که اصطکاک با دیواره‌های فنجان آن را به تدریج متوقف خواهد کرد، به چرخیدن ادامه می‌دهد. این مثال روشنی از بی‌تأثیر بودن اصطکاک در ابرشاره است. اتم‌های هلیم با چگالش بوز ـ اینشتین چرخان باقی می‌مانند زیرا برای رسیدن گروهی به حالت بدون چرخش به سرمایه‌گذاری عظیمی از انرژی اضافی نیاز دارند، که دستگاه ندارد. کلید این رفتار، برهم‌کنش جمعی همه‌ی اتم‌های هلیم است. اگر تنها تعداد اندکی از اتم‌های منفرد دخیل بودند، انرژی مورد نیاز برای پاسخ‌گویی به نیروهای اصطکاکی را می‌شد پیدا کرد. اما برای 10^{23} اتم این امر میسر نیست.

ابرشارگی موضوعی مهم در تحقیقات محض و مورد استفاده‌های عملی آن روزافزون است. به عنوان مثال در رده‌بندی قبلی، مطالعه ابرشاره‌ها در آزمایشگاه برای درک ساختار درونی ستاره‌های نوترونی که گمان می‌رود در حالت ابرشاره باشند اهمیت دارد. به علاوه، چون ابرشاره‌ها نشانگر دستگاه‌هایی هستند که تأثیر گرانشی و الکترومغناطیسی در آن‌ها کمینه است، بررسی آن‌ها می‌تواند نیروی هسته‌ای ضعیف را در حوزه‌های ماکروسکوپی توضیح دهد. کشف و توصیف ابرشارگی به وسیله **دیوید لی**[4]، **رابرت ریچاردسون**[5] و **داگلاس اوشرهاف**[6] در نوعی از هلیم موسوم به **هلیم ـ ۳** در دمای به صورت باورنکردنی کم، فقط ۰/۰۰۲ درجه بیشتر از کمترین دمای ممکن، جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۹۶ را برای آن‌ها به ارمغان آورد.

به لحاظ عملی، ویژگی‌های انتقال گرمای عالی ابرشاره‌ها در دستگاه‌های خنک‌کننده‌ی تا دمای متفاوت کمتر از $-270^{\circ}C$ مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. علاوه بر این، ویژگی روان شدن بدون اصطکاک ابرشاره‌ی هلیم در اندازه‌گیری گردش زمین و شاید به زودی در ژیروسکوپ‌ها به عنوان بخشی از دستگاه‌های ناوبری مورد استفاده قرار گیرد. همچنین مطالعات اخیر در دانشگاه کالیفرنیا در برکلی، استفاده از نوسان در ابرشاره هلیم، امکان تعریف استاندارد بین‌المللی فشار بر مبنای ثابت‌های کوانتوم مکانیکی دقیق را مطرح ساخته است.

با استفاده از شبکه‌ی جهانی اینترنت سایر کاربردهای بالقوه‌ی آن را بررسی کنید تا استفاده از پیشوند آبَر را برای آن توجیه کند، برای آغازی جالب توجه به مقاله‌ی زیر رجوع کنید:

R. J. Donnelly, Physics Today, July 1995, P. 57.

زیرنویس:

1. P. Kapitza
2. J. Allen
3. Anthony Legget
4. David Lee
5. Robert Richardson
6. Doug las osherhoff

منبع:

Inquiry into Physics, Vern J. Ostdiek and Donald J. Board, Fifth edition, 2005, Thamson Learning, chapter 4, Pages 156-157.

از سطح یک ماه به چه بزرگی می‌توانید بپرید؟

ترجمه: علی‌رضا اکبری
دبیر فیزیک فریدونکنار

با درنظر گرفتن چگالی‌های قابل قبول شعاع بزرگ‌ترین صخره کروی که روی آن می‌توانید با پریدن به سرعت فرار برسید چقدر است؟

پاسخ: وقتی از سطح یک ماه می‌پرید بیشینه کاری که پاهای شما می‌تواند انجام دهد بزرگ‌تر از انرژی پتانسیل گرانشی شماست. بگذارید کاری که پای شما می‌تواند انجام دهد را تخمین بزنیم، این کار را می‌توان به چند روش انجام داد. می‌توان نیروی به کار رفته و جابه‌جایی $(W = \vec{F}.\vec{d})$ را به‌دست آورد یا مؤلفه قائم سرعت اولیه در شروع پریدن را براورد کرد. راحت‌ترین راه این است که حدس بزنیم که تا چه ارتفاعی می‌توان در میدان گرانشی زمین پرید. بدون شک می‌توانید بیش از ۱m/۰ و کمتر از ۱۰m بپرید. بنابراین میانگین هندسی آن را می‌گیریم که $h = 1m$ است. این پاسخ به جرم شما بستگی ندارد، اما جرم $m = 100kg$ را درنظر می‌گیریم تا بتوانیم انرژی پتانسیل گرانشی بیشینه را تخمین بزنیم. کاری که پاهایتان می‌تواند انجام دهد برابر بیشینه انرژی پتانسیل شماست.

$$W = U = mgh = (100kg)(10N/kg)(1m) = 10^3 J$$

اکنون نگاهی به انرژی پتانسیل شما هنگامی که بر سطح ماه ایستاده‌اید، $U = -GMm/R$ می‌اندازیم. جرم ماه برابر $M = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho$ با فرض $\pi = 3$ و قرار دادن M در U خواهیم داشت:

$$U = -\frac{G(\frac{4}{3}\pi R^3 \rho)m}{R} \Rightarrow U = -4GR^3 \rho m$$

چگالی ماه بزرگ‌تر از ۱ (چگالی آب) و کمتر از ۸ (چگالی آهن) برحسب تن بر مترمکعب است، بنابراین چگالی ماه را $\rho = 3\times10^3 kg/m^3$ درنظر می‌گیریم. چون $U + W \geq 0$ است، خواهیم داشت:

$$4GR^3\rho m < mgh$$

$$R < \sqrt{\frac{gh}{4G\rho}}$$

$$R < \sqrt{\frac{(10\frac{m}{s^2})(1m)}{4(7\times10^{-11}\frac{Nm^2}{kg^2})(3\times10^3\frac{kg}{m^3})}}$$

$$R < 3\times10^3 m$$

می‌توانید با پریدن از سطح یک ماه که شعاع آن کمتر از ۳km باشد به سرعت فرار برسید.

توجه کنید که محاسبه‌ها فقط با یک رقم بامعنی انجام شد. براورد ارتفاعی که می‌توانیم بپریم (و درنتیجه کاری که پاهای ما می‌تواند انجام دهد) فقط تا یک رقم با معنی خوب است، بنابراین دقیق‌تر بودن در جاهای دیگر بی‌فایده است. توجه کنید که با این کار می‌توان تمام محاسبه‌ها را بدون ماشین حساب انجام داد. مهم است که عادت استفاده‌ی زیاد از دستگاه‌های الکترونیکی را از سر دانش‌آموزان بیندازیم.

منبع:
The Physics Teacher. Vol. 45., 2007

شبیه‌سازی عددی تولید امواج گرانی درونی با واداشت تاوایی در محیط چینه‌بندی شده یکنواخت محدود

عباسعلی علی اکبری بیدختی[1]
سرمد قادر[1]
معصومه شاهسواری[2]
۱ . مؤسسه‌ی ژئوفیزیک دانشگاه تهران
۲ . دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوفیزیک دانشگاه تهران

چکیده

در تحقیق حاضر شبیه سازی عددی حرکت‌های امواج درونی که از یک چشمه نوسانی در محیط لایه‌بندی تولید شده‌اند، به‌صورت کاملاً غیرخطی و غیرمانا در دو بعد انجام می‌شود. چشمه نوسانی برای مشاهده امواج بزرگ مقیاس منظور می‌شوند که از گردش میانگین به‌وجود می‌آیند. در شبیه‌سازی مورد مطالعه در مقاله حاضر از معادله‌های تکانه، پیوستگی و چگالی در دو بعد همراه با به‌کارگیری تقریب بوزینسک استفاده شده است. در حل عددی، معادله‌ها برحسب متغیرهای پیش‌یابی تاوایی و چگالی مورد استفاده قرار می‌گیرند. هندسه مورد استفاده برای شبیه‌سازی ناحیه‌ای مستطیل شکل در مختصات دکارتی است، برای ناحیه مذکور در راستای افقی از شرط مرزی دوره‌ای و در مرز بالایی و پایینی از شرط لغزش آزاد استفاده می‌شود. همین‌طور برای حل معادله‌ها نیاز به شرایط اولیه مناسب است که در این مقاله در ابتدا سرعت شاره در ناحیه صفر فرض می‌شود، وپس از آن جمله محرک در هر زمان به معادله تاوایی اضافه خواهد شد. برای گسسته‌سازی مکانی معادله‌ها روش تفاضل محدود مرتبه دوم مرکزی به‌کار گرفته شده و گسسته‌سازی زمانی معادله‌ها با استفاده از روش لیپ فراگ انجام می‌شود. نتایج عددی برای بررسی میدان امواج درونی غیر هیدرواستاتیک تولید شده در زمان‌های متفاوت ارائه می‌شود. به‌علاوه جهت بررسی صحت جواب‌های به‌دست‌آمده نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج عددی و آزمایشگاهی کارهای قبلی مقایسه می‌گردد.

۱. مقدمه

اقلیم زمین بسیار وابسته به انتقال گرما در راستای نصف‌النهاری است و اقیانوس‌ها نیز سهم به‌سزائی در این انتقال دارند (ترنبرث و کارون ۲۰۰۱). محیط چینه‌بندی‌شده چگالی در لایه آمیخته جو و اقیانوس محل تولید امواج گرانی- درونی است این امواج باعث انتقال انرژی زیادی از محل تولید به نقطه‌های مختلف می‌شوند. در منطقه‌هایی از اقیانوس که امواج درونی تولید می‌شود آهنگ میرائی تلاطم بزرگ مقیاس مشاهده شده است که با فرض اقیانوس یکنواخت قابل توصیف نیست.

امواج تولید شده به‌وسیله تلاطم در لایه‌ی آمیخته سطحی اقیانوس، منبع بالقوه مهم دیگری برای تولید امواج است. مانک و وانچ (۱۹۹۸) برآورد کردند که امواج درونی تولیدشده از باد می‌تواند نیمی از انرژی لازم برای آمیزش درون اقیانوس را تأمین کند. با این‌که حرکت‌های بزرگ مقیاسی مثل توفان‌های جوی منبع اصلی انرژی هستند و امواج اولیه را تولید می‌کنند، ولی چگونگی پیروی آن‌ها از امواج گرانی درونی ناشناخته است.

دوهان و ساترلند (۲۰۰۳) آزمایش‌های شبکه‌های نوسان‌کننده را در آزمایشگاه برای مطالعه میدان امواج در مناطق یکنواخت چینه‌بندی‌شده انجام داده‌اند که این منطقه‌ها از لایه‌های تلاطمی تولید شده‌اند. در گذشته تأکید اصلی مطالعات شبکه نوسان‌کننده بر انتشار تلاطم بوده است، به‌عنوان نمونه آزمایش‌های آهنگ درون‌آمیزی که توسط لیندن (۱۹۷۵) انجام شده است. چون امواج در مرز بین منطقه تلاطم و منطقه تقریباً آرام زیرین قرار داشتند تاکنون مطالعه‌های نظری (فرناندو و هانت ۱۹۹۷)، آزمایشگاهی (مک‌گرث و همکاران ۱۹۹۷) و عددی (وانگ و همکاران ۲۰۰۱ و دوهان و ساترلند ۲۰۰۵) متعددی جهت شناسایی، چگونگی انتشار، روش‌ها و منطقه‌های تولید و یا رفتار و سرشت این امواج صورت گرفته است.

نتیجه‌های به‌دست آمده نشان می‌دهد هرچه سهم امواج درونی در مدل‌های پیش‌بینی در جو و اقیانوس درست‌تر وارد شود انتظار

بهتری را می‌توان از مدل‌ها داشت. به‌طوری که با حذف این امواج از شبیه‌سازی‌ها نتیجه‌ها و پیش‌بینی‌ها با خطاهای بسیاری همراه می‌شود، همان‌طور که شکل ۱ نشان می‌دهد در جو نیز انتقال انرژی توسط این امواج تا جو میانی می‌تواند باعث جابه‌جایی مراکز سرد و گرم شود (هینز ۱۹۹۱، سیکا ۱۹۹۷). به همین دلیل در سال‌های اخیر سعی بر این است که نقش انرژی منتقل‌شده توسط امواج گرانی در مبحث تعادل انرژی در مدل‌های پیش‌بینی به‌درستی در نظر گرفته شود.

در این مقاله تأکید بر انتشار قائم میدان امواج از چشمه ایستا در محیط چینه‌بندی است و با اعمال جمله محرک به معادله تاوائی امواج درونی تولیدشده در محیط منتشر می‌شوند و باعث لایه‌بندی محیط شاره می‌شوند. در ادامه مقاله ابتدا به معادله‌های حاکم و سپس به حل عددی معادله‌ها و نتیجه‌ی آن‌ها می‌پردازیم.

۲. معادله‌های حاکم

در شبیه‌سازی حاضر از معادله‌های ناویر ـ استوکس و پایستگی شناوری در دو بعد استفاده می‌شود (هلتون ۱۹۹۲). معادله‌های پایه برحسب سرعت افقی، سرعت قائم، تاوائی و پریشیدگی چگالی به‌صورت زیر است:

$$u_x + w_z = 0 \qquad (1)$$

$$\frac{D\zeta}{Dt} = \frac{g}{\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial x} + \nu\nabla^2\zeta + F\zeta \qquad (2)$$

$$\frac{D\rho}{Dt} + w\frac{d\bar{\rho}}{dz} = \kappa\nabla^2\rho \qquad (3)$$

زیرنویس‌ها نمایانگر مشتق جزئی و $D/Dt = \partial/\partial t + u.\nabla$ تعریف می‌شود. رابطه‌ی تاوایی و تابع جریان به کمک معادله زیر بیان می‌شود:

$$\nabla^2\psi = -\zeta \qquad (4)$$

با به کارگیری معادله (۴) می‌توان معادله‌های بالا را برحسب میدان‌های تاوائی ζ، پریشیدگی چگالی ρ و تابع جریان ψ در مختصات دکارتی به‌صورت زیر بیان نمود:

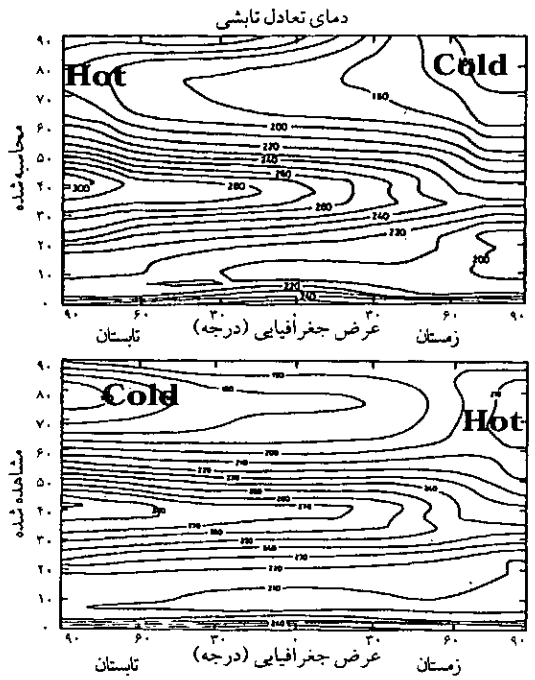
$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + J(\psi,\zeta) = \frac{g}{\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial x} + \nu\nabla^2\zeta + F\zeta, \qquad (5)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + J(\psi,\rho) + \frac{\partial \psi}{\partial x}\frac{d\bar{\rho}}{dz} = \kappa\nabla^2\rho \qquad (6)$$

در این معادله‌ها ρ_0 چگالی تراز مرجع، ν چسبندگی جنبشی[1]، κ ضریب پخش جرم[2]، و فشار و چگالی به صورت مجموع یک مقدار میانگین تابعی از z و مقدار پریشیدگی تابعی از x، z و t بیان می‌شود (گیل ۱۹۸۲):

$$\rho_{total} = \bar{\rho}(z) + \rho(x,z,t)$$

$$P_{total} = \bar{P}(z) + P(x,z,t)$$



شکل ۱: در دو شکل اختلاف مراکز سرد و گرم در دو مورد دیده می‌شود. در مورد اول به روش محاسباتی است و انرژی منتقل‌شده از امواج درونی در تعادل تابشی در نظر گرفته نشده است، مورد دوم نتیجه مشاهده است که نشان می‌دهد محل مراکز سرد و گرم در محاسباتی چقدر با خطا مواجه شده است.

تابع جریان نیز با رابطه $(u,w) = (-\psi_z, \psi_x)$ به مؤلفه‌های افقی و قائم سرعت بستگی دارد.

۳. گسسته‌سازی معادله‌ها

برای گسسته‌سازی مکانی معادله‌ها در دو راستای x و z از روش تفاضل محدود مرکزی مرتبه دوم استفاده شده است. گسسته‌سازی زمانی معادله‌ها نیز با استفاده از روش لیپ فراگ به‌انجام می‌رسد. نتیجه‌های عددی به‌دست آمده نشان داده‌اند که هنگام استفاده از روش لیپ‌فراگ برای گسسته‌سازی زمانی برای جلوگیری از ناپایداری غیرخطی روش عددی مورد نیاز است تا از صافی[3] زمانی رابرت ـ آسلین[4] (آسلین ۱۹۷۲، رابرت ۱۹۶۶) استفاده شود.

معادله تاوایی به‌صورت زیر در زمان و مکان گسسته می‌شود و با توجه به شرایط مرزی در نقاط شبکه محاسبه می‌شود:

$$\zeta_{i,j}^{n+1} = \zeta_{i,j}^{n-1} - 2\Delta t J^n(\psi,\zeta) + \frac{g}{\rho_0}\frac{\Delta t}{\Delta x}(\rho_{i+1,j}^n - \rho_{i-1,j}^n)$$

$$+2\nu\Delta t\left(\frac{\zeta_{i+1,j} - 2\zeta_{i,j} + \zeta_{i-1,j}}{\Delta x^2} + \frac{\zeta_{i,j+1} - 2\zeta_{i,j} + \zeta_{i,j-1}}{\Delta z^2}\right)$$

$$+2\Delta t\left(F_0 \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{((i-1)\Delta x + 10)^2 + ((j-1)\Delta z - 70)^2}{\sigma^2}\right)\right]\right)$$

$$+2\Delta t(-F_0 \exp\left[-\frac{1}{2}\frac{((i-1)\Delta x-10)^2+((j-1)\Delta z-70)^2)}{\sigma^2}\right])$$

بعد از هر گام زمانی صافی رابرت ـ آسلین را به صورت زیر اعمال می‌کنیم:

$$\zeta^n_{i,j}=\zeta^n_{i,j}+\gamma(\zeta^{n-1}_{i,j}-2\zeta^n_{i,j}+\zeta^{n+1}_{i,j})$$

در این رابطه $\gamma=0/05$ انتخاب می‌شود. گسسته‌سازی زمانی و مکانی معادله پریشیدگی چگالی به صورت زیر است:

$$\rho^{n+1}_{i,j}=\rho^{n-1}_{i,j}-2\Delta t J^n(\psi,\zeta)-\frac{\Delta t}{\Delta x}(\psi_{i+1,j}-\psi_{i-1,j})^n(-\frac{\rho_0}{g}N^2)$$

$$+2\kappa\Delta t(\frac{\rho_{i+1,j}-2\rho_{i,j}+\rho_{i-1,j}}{\Delta x^2}+\frac{\rho_{i,j+1}-2\rho_{i,j}+\rho_{i,j-1}}{\Delta z^2})^n$$

در این قسمت هم از صافی رابرت ـ آسلین در هر گام زمانی استفاده می‌شود:

$$\rho^n=\rho^n+\gamma(\rho^{n-1}-2\rho^n+\rho^{n+1})$$

در این معادله‌ها وجود جمله فراپخش[5] نیز از ناپایداری غیرخطی جلوگیری می‌کند و از شکل ساده ژاکوبی استفاده شده است. در هر مرحله از حل عددی نیاز به محاسبه تابع جریان است که به کمک حل معادله بیضوی زیر انجام می‌گیرد:

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\psi}{\partial z^2}=-\zeta$$

برای حل عددی معادله بالا از روش تکراری گاوس زیدال (چانگ ۲۰۰۲) استفاده شده است.

۴. شرایط حل عددی

حل عددی حاضر در ناحیه‌ای بسته و مستطیل شکل که دارای طول ۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر است، اجرا می‌شود. شرط CFL با توجه به سرعت امواج گرانی از رابطه $\sqrt{gh}\frac{\Delta t}{\Delta x}\le 1$ به‌دست می‌آید که برای هر شبکه حل عددی می‌توان بازه زمانی لازم و مناسب جهت جلوگیری از بروز ناپایداری خطی را محاسبه کرد.

شرایط مرزی مورد استفاده در این مدل به صورت دوره‌ای[6] در افق و لغزش آزاد[7] در راستای قائم یعنی مرز بالا و پائین در نظر گرفته می‌شود، با این فرض در مرزهای بالا و پائین تابع جریان ثابت و تاوایی صفر منظور می‌شود. شرایط اولیه مسأله برای متغیرها در زمان شروع با توجه به عدم وجود حرکت صفر منظور می‌شود.

برای محاسبه‌ها به جمله واداشت F_ζ جهت اضافه شدن به معادله تاوایی نیاز است. در این‌جا مشابه کار دوهان (۲۰۰۵) این واداشت به صورت تابعی از x و z و مستقل از زمان مورد استفاده قرار می‌گیرد:

$$F_\zeta=F_0\exp\left[-\frac{1}{2}\frac{(x+10)^2+(z-70)^2}{\sigma^2}\right]$$

$$-F_0\exp\left[-\frac{1}{2}\frac{(x-10)^2+(z-70)^2}{\sigma^2}\right]$$

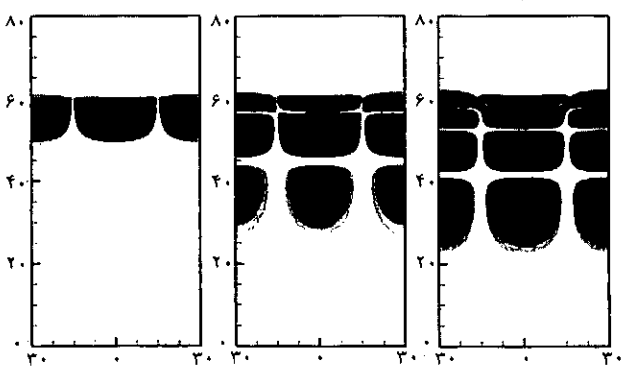
در معادله بالا دامنه این جمله واداشتی $F_0=0/1s^{-2}$ و پهنای گاوسی $\sigma=2/0cm$ فرض می‌شود. محیط در این شبیه‌سازی با رابطه زیر چینه‌بندی شده است:

$$N=\begin{cases}N_0^2 & 0\le z<60\\ 0 & 60\le z\le 80\end{cases}$$

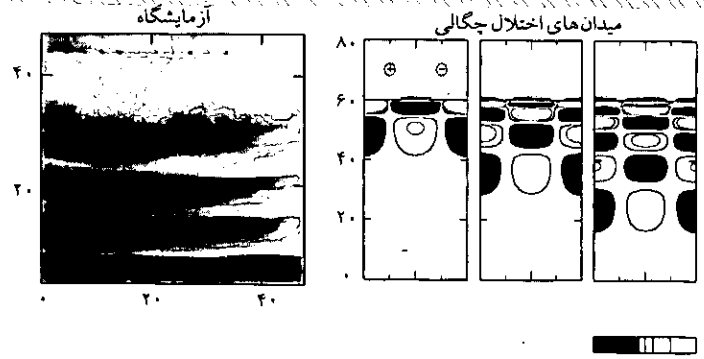
این چینه‌بندی در تمام زمان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حل عددی از مقدارهای $N_0^2=1/05s^{-2}$، $\nu=0/01cm^2/s$ و $P_r=\nu/\kappa=1$ (P_r به عدد پرانتل گفته می‌شود) استفاده شده است. برای گسسته‌سازی از یک شبکه یکنواخت $m\times n$ در دو راستای x و z با فواصل شبکه‌ای برابر استفاده می‌شود. انتگرال‌گیری‌های زمانی نیز تا زمان رسیدن به سه برابر زمان شناوری انجام می‌گیرند. زمان شناوری به صورت $T_{bouy}=2\pi/N$ تعریف می‌شود.

۵. ارائه نتیجه‌ها

در بخش حاضر به نتیجه‌های حاصل از شبیه‌سازی معادله‌های حاکم در شبکه عددی مورد مطالعه پرداخته می‌شود. بررسی موردنظر برای شناوری $N=1/05$ در شبکه 64×128 و 128×256 انجام شده است. شکل ۲ نتیجه‌های مربوط به این تحقیق است. این نتیجه با آنچه توسط دوهان و همکاران (۲۰۰۵)



شکل ۲: پریشیدگی چگالی در زمان‌های $t=T_{bouy}, 2T_{bouy}, 3T_{bouy}$ با $N=1/05s^{-1}$ با استفاده از مدل ارائه شده در این تحقیق



شکل ۳: اختلال چگالی در مدل دوهان و ساترلند (۲۰۰۵)، شکل سمت چپ نتیجه مدل آزمایشگاهی دوهان و ساترلند (۲۰۰۵) با شناوری $N = 0/79s^{-1}$ در مدت $t = 2/4T_{bouy}$ به‌دست آمده است، در این شکل لایه‌بندی شدن محیط شاره دیده می‌شود.

در شکل ۳ به‌دست آورده‌اند مطابقت کیفی دارد. میدان‌های به‌دست آمده افزایش چینه‌بندی محیط را با گذشت زمان نشان می‌دهد و به نظر می‌رسد لایه از کف رشد کرده و به سمت بالا حرکت می‌کنند. در این حرکت از ضخامت لایه‌ها کم می‌شود. لایه‌های تشکیل شده دارای اختلال‌های مثبت و منفی از چگالی هستند که در اثر چرخش‌های داخلی شاره با وجود دو مرکز تاوایی که در ارتفاع ۷۰ سانتی‌متری (در شکل ۳ مشخص شده است) پدیدار شده‌اند که نشان‌دهنده‌ی مراکزی از تاوایی مثبت و منفی در داخل شاره و به صورت لایه‌های مجاور هم هستند. با توجه به امکانات موجود در اجرا برنامه شبکه مورد استفاده بهینه انتخاب شده است. به‌نظر می‌رسد از این مدل می‌توان برای شرایط واداشت‌های متفاوت و شناوری‌های مختلف استفاده کرد و به نتیجه‌های قابل قبولی رسید.

۶. نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر اثر اعمال چشمه نوسانی بر محیط چینه‌بندی‌شده محدود مورد بررسی قرار گرفت. یعنی با اضافه‌کردن جمله واداشت مستقل از زمان به معادله تاوایی امکان تولید امواج گرانی درونی را در محیط مورد توجه قرار گرفت. نتیجه‌های به‌دست آمده نشان می‌دهند که انتشار امواج درونی در محیط باعث لایه‌بندی محیط شده است. اختلاف جهت سرعت شاره در لایه‌های مختلف باعث پخش ذرات مختلف موجود در محیط به جهت‌های متفاوت در هر لایه می‌انجامد. پخش مواد آلاینده در اقیانوس‌ها، انتشار انرژی توسط این امواج و موارد مشابه در تولید امواج گرانی در جو و لایه‌بندی لایه مرزی در انتقال و انتشار آلاینده‌های جوی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

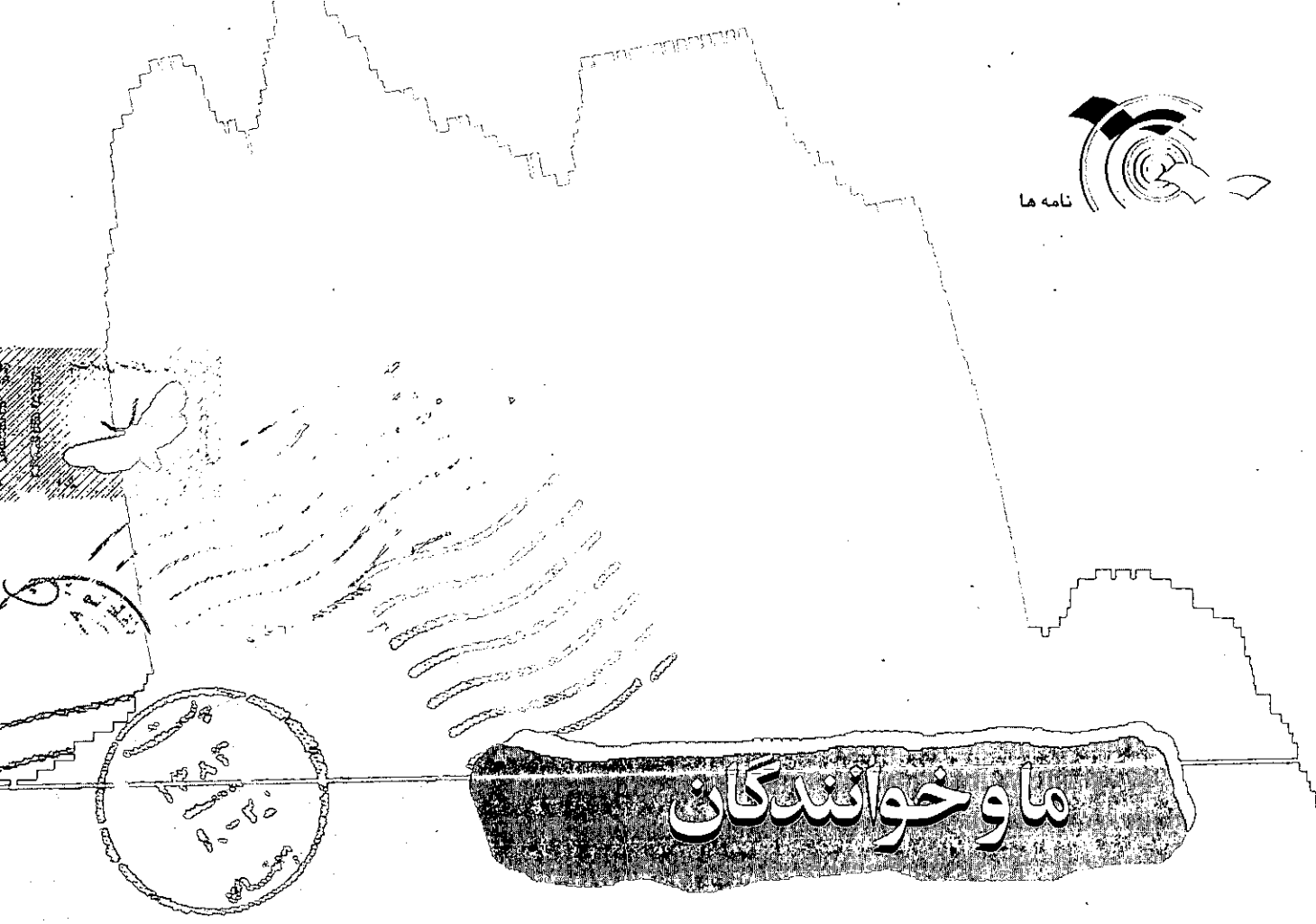
نویسندگان از دانشگاه تهران به واسطه‌ی حمایت از این کار تحقیقاتی تشکر می‌نمایند.

زیرنویس:

1. kinematic viscosity
2. mass diffusivity
3. Filter
4. Robert-Asselin
5. Hyperdiffusion
6. periodic
7. free-slip

مراجع:

1. Asselin R., 1972: Frequency Filter for Time Integrations, Mon. Wea. Rev., Vol. 100, 487-490.
2. Chung T. J., 2002: Computational Fluid Dynamics, Cambridge University Press, 1012pp.
3. Dohan K., Sutherland B. R., 2005: Numerical and Laboratory Generation of Internal Wave from Turbulece, Dynamics of Atmospheres and Oceans, Vol. 40, (3), 43-56.
4. Dohan K. and Sutherland B. R., 2003: Internal Wave Generated from a Turbulent Mixed Region, Phys Fluids., Vol. 15, 488-498.
5. Fernando H. J. S., Hunt, J. C. R. 1997: Turbulence, Wave and Mixing at Shear-Free Density Interfaces. Part 1. A Theoretical Model, J. Fluid Mech., Vol. 347, 197-234,
6. Gill A., 1982: Atmosphere-Ocean Dynamics, Academic Press, 662 pp.
7. Hines C. O., 1991L The Saturation of Gravity Waves in the Middle Atmosphere, II, Development of Doppler-spread Theory, J. Atmos. Sci., Vol. 48, 1360-1379.
8. Holton J. R., 1992: An Introduction to Dynamics Meteorology, Academic Press, 535 pp.
9. Linden P. F., 1975: The Deepening of a Mixed layer in a Stratifield Fluid, J. Fluid Mech., Vol. 71, 385-405.
10. Robert A., 1966: The Integration of a Low Order Spectral Form of the Primtive Meteorological Equations, J. Meteor. Soc. Japan, Vol. 44, 237-245.
11. Sico R. J., 1997: Microscale Gravity Wave Physics and its Relevance to the Macro Middle Atmosphere (Scal Wars), MAM Summer School, Work Shop.
12. Sutherland B. R. and Peltier W. R., 1994:Turbulence Transition and Internal Wave Generation in Density Stratifield Jets, Phys Fluids A., Vol. 6, 1267-1284.
13. Trenberth K. E., Caron J. M., 2001: Estimates of Meridional Atmosphere and Ocean Heat Transports, J. Climate, Vol. 41, 3433-3443.
14. Wong A. B. D., Griffiths R. W. and Hughes G. O., 2001: Shear Layer Driven by Turbulent Plumes, J. Fluid Mech., Vol. 434, 209-241.



ما و خوانندگان

◆۱. سرکار خانم فاطمه زارعی ـ دبیر فیزیک تبریز. آوردن تحقیقی با تفصیل مقاله‌ی شما در مجله‌ی رشد آموزش فیزیک امکان‌پذیر نیست. اگر مایلید مقاله‌ی شما در هیئت تحریریه مجدداً بررسی شود، باید آن را به‌صورت مقاله‌ای مختصر و مفید درآورید که حجم زیادی را دربرنگیرد.

◆۲. سرکار خانم فاطمه احمدی ـ دبیر فیزیک گرگان. پی‌بردن به راز آفرینش نباید چندان مایه‌ی شگفتی شود. به نظر هیئت تحریریه‌ی مجله، آوردن چنین مقاله‌ای در مجله لزومی ندارد، به‌خصوص برخی از موارد آن می‌تواند موجب سوءتفاهم گردد.

◆۳. جناب آقای غلام‌عباس فدایی ـ مشهد. مقاله‌ی شما در سال ۱۳۷۳ در کنفرانس فیزیک ایران مطرح شده است و از آن زمان ۱۳ سال گذشته است. بدیهی است که در این بازه‌ی زمانی تحولات زیادی در زمینه‌ی ساخت سلول‌های خورشیدی صورت گرفته است و بنابراین آوردن مقاله‌ای که مربوط به ۱۳ سال پیش می‌شود، چندان مناسب به نظر نمی‌رسد.

◆۴. سرکار خانم فریده نوری ـ دبیر فیزیک اصفهان. هدف مقاله‌ی شما و اینکه محاسبه‌های انجام‌شده در آن به چه نتیجه‌ای می‌انجامد، مشخص نیست و بنابراین نمی‌تواند در مجله‌ی رشد آموزش فیزیک آورده شود.

◆۵. سرکار خانم میترا اشرفی ـ دبیر فیزیک شهرکرد. مقاله‌ی شما، گردآوری مطالب مختلفی است که برخی از آن مطالب نیز مبهم است. از این‌رو برای چاپ در مجله‌ی رشد آموزش فیزیک مناسب تشخیص داده نشده است.

◆۶. سرکار خانم معصومه موسوی ـ تهران. جدول شما کلی است و فقط شامل مطالب فیزیکی

نمی‌شود. از این‌رو برای چاپ در مجله‌ی رشد آموزش فیزیک مناسب تشخیص داده نشده است.

◆ ۷. جناب آقای محمد نادری ـ دبیر فیزیک خلخال. بیشتر مقاله‌های شما مطالب جالبی هستند که از کتاب‌های فیزیک فارسی گردآوری شده‌اند. از آنجا که مخاطبان این مجله عموماً با آن کتاب‌ها آشنایی دارند، آوردن این مطالب در مجله لزومی پیدا نمی‌کند. ضمن آن‌که نرم‌افزارهایی که معرفی کرده‌اید نیز نرم‌افزارهای مشهوری هستند که اغلب دبیران فیزیک با آن‌ها آشنایی دارند و در لوح فشرده‌ی کتاب راهنمای معلم فیزیک(۱) هم آمده‌اند.

◆ ۸. جناب آقای محمدرضا تقی‌پور حویزی ـ دبیر فیزیک شهرستان دزفول. در مجله‌ی رشد آموزش فیزیک شماره‌ی ۳۹ـ۳۸ صفحه‌ی ۴ مقاله‌ای تحت عنوان «تغییر مقاومت بیرونی در مدار الکتریکی ساده» به چاپ رسیده که مطالب مورد نظر شما را در سه قسمت با سه نمودار و محاسبه‌ی توان مصرف‌شده در مقاومت بیرون و توان مصرف‌شده‌ی بیشینه، بررسی کرده است.

◆ ۹. سرکار خانم زهرا کلامی ـ دبیر فیزیک استان همدان. در مقاله‌ی شما یک دستگاه ویژه‌ی کارهای نجومی به طور فنی مورد بررسی قرار گرفته است و چنین مطالبی با مخاطبان مجله‌ی رشد آموزش فیزیک همخوانی ندارد. شاید بهتر باشد مقاله‌ی خود را برای مجله‌ی نجوم ارسال فرمایید.

◆ ۱۰. سرکار خانم فروزنده وهاب ـ دبیر فیزیک شهرستان فارسان. مسأله‌ی «یویو» یکی از مسأله‌های کتاب‌های فیزیک پایه، همانند کتاب هالیدی است و آوردن آن لزومی ندارد.

◆ ۱۱. سرکار خانم مهسا جلیلی ـ تهران. مقاله‌ی فیزیک و صنعت بیشتر در حدّ یک پروژه دانش‌آموزی است و نمی‌تواند در مجلاتی نظیر مجله‌ی رشد آموزش فیزیک مطرح شود.

◆ ۱۲. جناب آقای غلامرضا عظیمی سوته ـ دبیر فیزیک. مسأله مشهور منسوب به حضرت علی(ع) در کتاب‌های قدیم از جمله کتاب «مقامع الفصل» نوشته شده است. شاید انتشار آن در مجله‌ی رشد آموزش ریاضی مناسب‌تر باشد.

◆ ۱۳. سرکار خانم گیسو خلیلی ایلچی ـ دبیر فیزیک تبریز. بهتر است مقاله‌ی خود را برای مجله‌ی رشد آموزش قرآن ارسال نمایید، زیرا نتیجه‌گیری‌های آن از آیات قرآن مجید در حیطه‌ی تخصص اعضای هیئت تحریریه‌ی مجله رشد آموزش فیزیک نیست.

◆ ۱۴. جناب آقای فتح‌الله حسابی ـ دبیر علوم تجربی استان یزد. گذشته از آن‌که به نظر می‌رسد مقاله‌ی شما برگرفته از یک وبلاگ فارسی است، اصل مطالب آن نیز حاوی نکته‌ی خاصی برای دبیران فیزیک نیست.

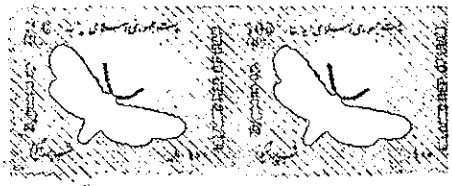
◆ ۱۵. جناب آقای حسن اتحاد ـ عجب‌شیر. موضوع مقاله‌ی «خطا در اندازه‌گیری» در بیشتر کتاب‌های آزمایشگاه موجود است و این مقاله حاوی نکته‌ی جدیدی نیست.

◆ ۱۶. سرکار خانم مرجان شاملو ـ دبیر هنرستان کشاورزی چناران. مقاله‌ی شما درواقع بیان ایرادهای کتاب فیزیک ۲ رشته‌ی صنایع است که باید به دفتر فنی ـ حرفه‌ای ارسال شود تا در صورت لزوم آن کتاب اصلاح گردد.

◆ ۱۷. سرکار خانم سپیده کبارفرد ـ دبیر فیزیک تبریز. مقاله‌ی شما حاوی مطالبی است که از چند کتاب فارسی جمع‌آوری شده است و حاوی نکته‌ی بدیع آموزشی نیست.

◆ ۱۸. جناب آقای محمد سیاری‌زاده ـ تهران. ضمن سپاس از شکوایه‌ی حضرتعالی، به استحضار می‌رساند که مقاله‌ی شما جهت بررسی مجدد برای داور دیگری فرستاده شد و متأسفانه ایشان نیز بر نظر داور قبلی صحه گذاشتند. در بخشی از پاسخ ایشان آمده است: «آنچه در این مقاله آمده، چندان مستند و مستدل نیست؛ نیرو و انرژی هریک جایگاه خود را دارند و استدلال نویسنده اعتباری ندارد. مثلاً گفته شده نیرو به جهان ذرات بنیادی راهی ندارد و سپس نیروی هسته‌ای ضعیف و قوی معرفی شده است...»

◆ ۱۹. سرکار خانم مریم کریمی مقدم ـ دبیر فیزیک آران و بیدگل. مقاله‌ی شما در مورد جسم سیاه و پدیده‌ی فوتوالکتریک مطالبی فراتر از کتاب درسی، ارائه نمی‌کند. بنابراین طرح آن در مجله‌ی رشد آموزش فیزیک مناسب



تشخیص داده نشده است.

◆ ۲۰. جناب آقای احمدرضا یاسمیان ـ دبیر فیزیک کاشان. کوشش شما درباره‌ی آموزش دقیق فیزیک قابل تقدیر است. در کتاب‌های درسی فیزیک نظام آموزشی سابق و اسبق زیر عنوان تعریف کلی و بحث در حرکت مطالب و مثال‌های گوناگون ذکر و با تنظیم جدول برحسب t، $\vec{a}$، $\vec{v}$ و $\vec{v}.\vec{a}$ چگونگی حرکت در مرحله‌های مختلف نشان داده شده است. خلاصه بحث به قرار زیر است:

۱ـ تشخیص سوی حرکت: هرگاه متحرک در سوی مثبت محور حرکت کند $\Delta x > 0$ و سرعت دارای علامت مثبت و هرگاه تحرک دو سوی منفی محور حرکت کند $\Delta x < 0$ و سرعت دارای علامت منفی است. بنابراین هرگاه سرعت متحرک مثبت باشد متحرک در سوی مثبت و اگر منفی باشد متحرک دو سوی منفی در حرکت است.

۲ـ تشخیص نوع حرکت: هرگاه متحرک در سوی مثبت محور حرکت کند و اندازه سرعت آن زیاد شود در این صورت $\Delta v > 0$ و درنتیجه شتاب مثبت و حرکت تندشونده است و اگر اندازه سرعت کم شود $\Delta v < 0$ و درنتیجه $\vec{a}$ منفی و حرکت کندشونده است. در حالت کلی هرگاه متحرک در سوی مثبت یا منفی محور حرکت کند $\vec{v}.\vec{a} > 0$ باشد حرکت تندشونده و اگر $\vec{v}.\vec{a} < 0$ باشد حرکت کندشونده است.

◆ ۲۱. سرکار خانم فاطمه اشرفی ـ دبیر فیزیک دبیرستان نمونه دولتی حضرت معصومه قم گزارشی از نخستین همایش فیزیک در سطح دبیرستان‌های نمونه دولتی و خاص استان قم با عنوان هوا ـ فضا برای دفتر مجله ارسال کرده‌اند. در بخشی از این گزارش آمده است که علت انتخاب موضوع هوا ـ فضا آشنایی هرچه بیشتر دانش‌آموزان با این علم و اهمیت این شاخه تحصیلی در پیشبرد صنعت هوایی و ساخت ماهواره‌ها و رادارها و موشک‌ها و... بوده است.

◆ ۲۲. خانم شهلا خاور زمینی ـ همدان. مقاله‌ی شما برای مجله‌ی آموزش فیزیک مناسب نیست، زیرا برخورد با موضوع بیشتر جنبه‌ی ریاضی دارد و این برای دبیران چندان قابل استفاده نیست.

◆ ۲۳. جناب آقای مهدی دانشیار ـ شهر ری. مقاله‌ی شما به صورت پژوهشی نوشته شده است و از همین‌رو برای مجله‌ی رشد آموزش فیزیک مناسب نیست.

◆ ۲۴. جناب آقای حسن اتحاد ـ مهرآباد و سرکار خانم مرضیه جوانبخش ـ دبیران فیزیک عجب‌شیر. ضمن تشکر از زحمت شما، متأسفانه مقاله‌ی رنگین‌کمان مقاله‌ی کامل و جامعی نیست و بیشتر محتوای آن جنبه‌ی مقدماتی دارد.

◆ ۲۵. جناب آقای دستان هرمزی‌نژاد. دبیر فیزیک منطقه‌ی برخور اصفهان. متأسفانه مقاله‌ی «توجیه علامت منفی q و f...» در سطحی نیست که بخواهد در مجله بیاید و اغلب مطالب آن در کتاب‌های فیزیک پایه وجود دارد.

◆ ۲۶. جناب آقای غلامرضا عظیمی سوته ـ دبیر فیزیک منطقه فریدونکنار. مقاله‌ی شما مناسب مجله‌ی رشد آموزش فیزیک نیست.

◆ ۲۷. جناب آقای نعمت یعقوب‌زاده ـ شهرستان سرایان. نوشته‌ی شما یک آزمایش معمولی کتاب را شرح می‌دهد و نمی‌تواند به عنوان مقاله در مجله مطرح شود.

◆ ۲۸. خانم‌ها مهسا جلیلی و مریم وطن‌خواه ـ تهران. ضمن تشکر از شما همکاران عزیز باید عرض شود در مقاله‌ی شما مطلب محققانه‌ای که قابل چاپ در مجله باشد مشاهده نشد. بیشتر مطالب این مقاله، نقد و توصیه‌هایی است که از طرف دبیران نقاط مختلف به دفتر ارسال می‌شود و همچنین بخش عمده‌ای از مطالب آن تصوراتی که واقعیت‌های موجود در کتاب متفاوت است.

◆ ۲۹. خانم مریم مجاهد. مقاله «میدان مغناطیسی زمین» حاوی نکته‌ی جدیدی نیست و مطالب آن در کتاب‌های درسی موجود است.

◆ ۳۰. جناب آقای حیدر فاتحی. نقد اجمالی جنابعالی بر کتاب فیزیک سال اول متوسطه، علاقه و توجه دقیق شما را به امر آموزش درست نشان می‌دهد و موجب سپاسگزاری و قدردانی است. نکته مهم این است که تدریس فصل ۱ (انرژی) با گستردگی مطالبی که دارد بدون مراجعه به کتاب‌های راهنمای معلم فیزیک ۱ و آزمایشگاه همراه با CD و بی‌اطلاع از هدف‌های مربوط به طرح آن‌ها دشوار و کم‌ثمر است. کتاب و آزمایشگاه و وسایل کمک‌آموزشی مانند مصالح ساختمانی است.

IN THE NAME OF GOD

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

Roshd 81

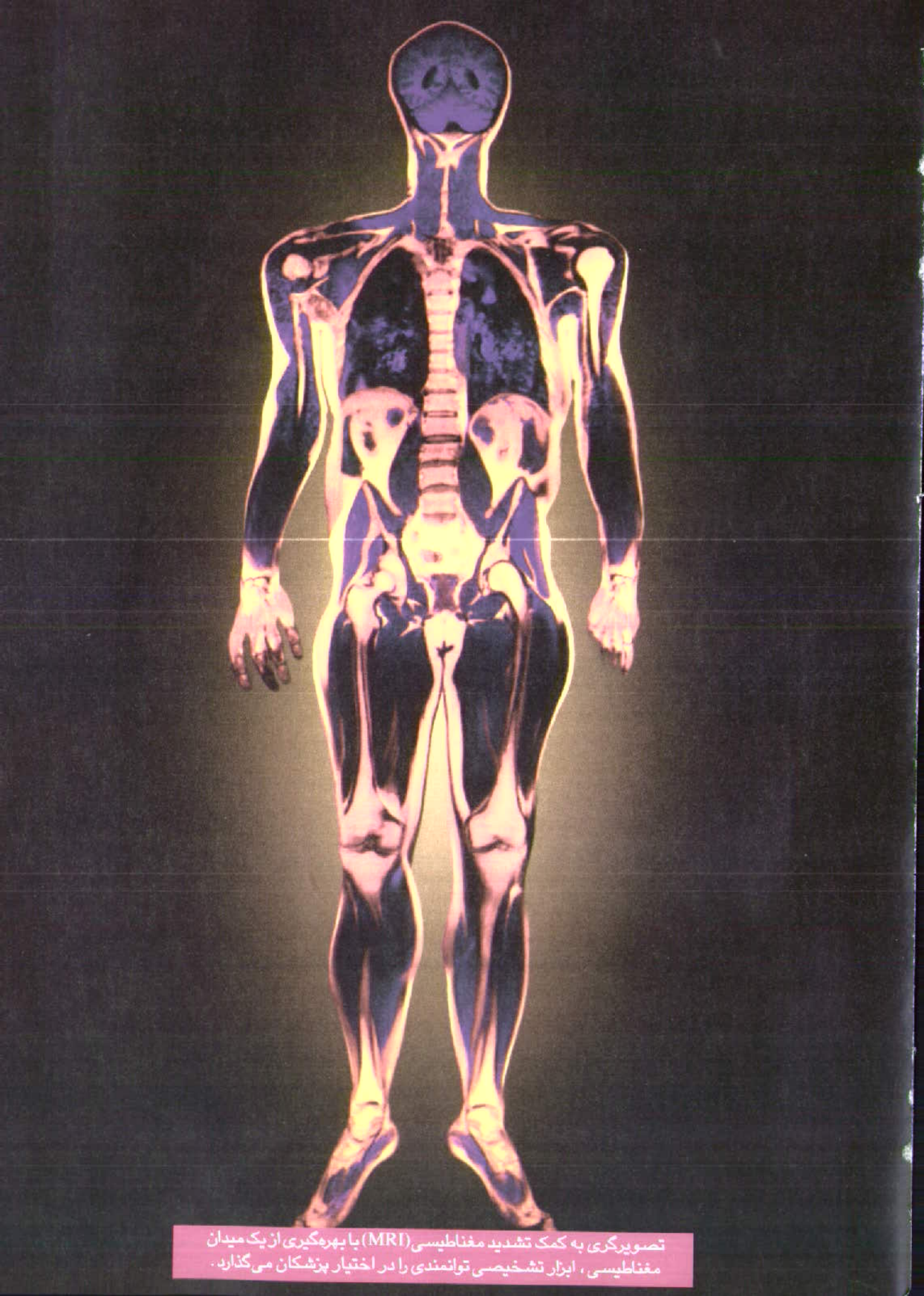
Physics Education Journal

P.O. Box: 15875/6585
Department of Physics, Tehran-Iran

Vol.23 - No.81 - 2007
ISSN : 1606 - 917X

Managing Editor : Alireza Hajianzadeh
Editor-in-Chief : Manijeh Rahbar
Executive Director : Ahmad Ahmadi
Graphic Designer : Parvaneh Hadipour
Editorial Board : Ahmad Ahmadi,
Jafar Mehrdad,Rouhollah Khalili,Manijeh Rahbar,

Who is Molavi 2 *Editor*
A simple experiment about total internal reflection 4 *H. Kaka*
Common language with students 5 *J. Riazi*
Modeling in physics and its role in improving physics education 7 *A. seied fadaei*
Achievements of Iranian physicist during Islamic period 11 *P. Bahrami Chegini et al*
How Planck solved the problem of black body radiation 16 *M. Shariari Namini et al*
What is nanoparticle? 19 *C. B. Pool et al*
Uising sound for under water communications 20 *Dr. H. Fadaui Hoseini et al*
Biomass Energy 23 *S. Ansari*
Physics Frontiers 26
Anti-matler and 20th Century science 31 *G. Williams*
Book review 37 *M. R. Khoshbin-e-Khoshnazar*
Rainbow 38 *V. J. Ostdiek et al*
Defining north-south direction of earth by using its period of rotation 41 *H. Etehad et al*
A complete solution of a challenging problem 42 *J. pralt*
Energy and change 44 *E. Hechelt*
How do we know that we know what we know? 48 *R. Marshall*
Flowing without friction 54 *V. J. Ostdiek et al*
How large a moon can you Jump off of? 56
Numerical simulation of internal waves... 57 *A. Bidokhti et al*
With the readers 61



تصویرگری به کمک تشدید مغناطیسی (MRI) با بهره‌گیری از یک میدان مغناطیسی ، ابزار تشخیصی توانمندی را در اختیار پزشکان می‌گذارد .

معلم • جوان • نوجوان • نوآموز • دانش‌آموز • کودک • مدیریت مدرسه • مدرسه • تکنولوژی آموزشی • رشد • آموزش ابتدایی
آموزش قرآن • آموزش زبان و ادب فارسی • آموزش زبان • آموزش جغرافیا • آموزش شیمی • آموزش زیست‌شناسی • زمین‌شناسی
آموزش فنی و حرفه‌ای • برگ • فیزیک • آموزش تاریخ • آموزش علوم اجتماعی • برگ • آموزش ابتدایی

◆ راهی مطمئن، بسوی تقویت بنیه‌ی علمی دانش‌آموزان و معلمان ◆

از کجا بخریم؟

همکاران محترم فرهنگی، دانشجویان و دانش‌آموزان عزیز می‌توانند محصولات دفتر انتشارات کمک‌آموزشی (نشریات رشد عمومی و تخصصی و کتاب‌های رشد) را از طریق زیر دریافت کنند:

- ☐ کلیه واحدهای آموزشی سراسر کشور
- ☐ تکمیل برگ اشتراک مجله‌های رشد و ارسال مدارک به امور مشترکین تلفن: ۷۷۳۳۶۶۵۶
- ☐ نمایشگاه دائمی نشریات رشد واقع در فروشگاه مرکزی انتشارات مدرسه

تهران، خیابان کریم‌خان، ابتدای ایرانشهر شمالی، ساختمان شماره چهار آموزش و پرورش، کتاب فروشی انتشارات مدرسه تلفن: ۸۸۸۲۲۶۶۸