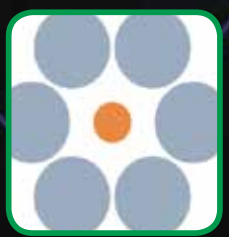
ISSN: 1606-917x

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

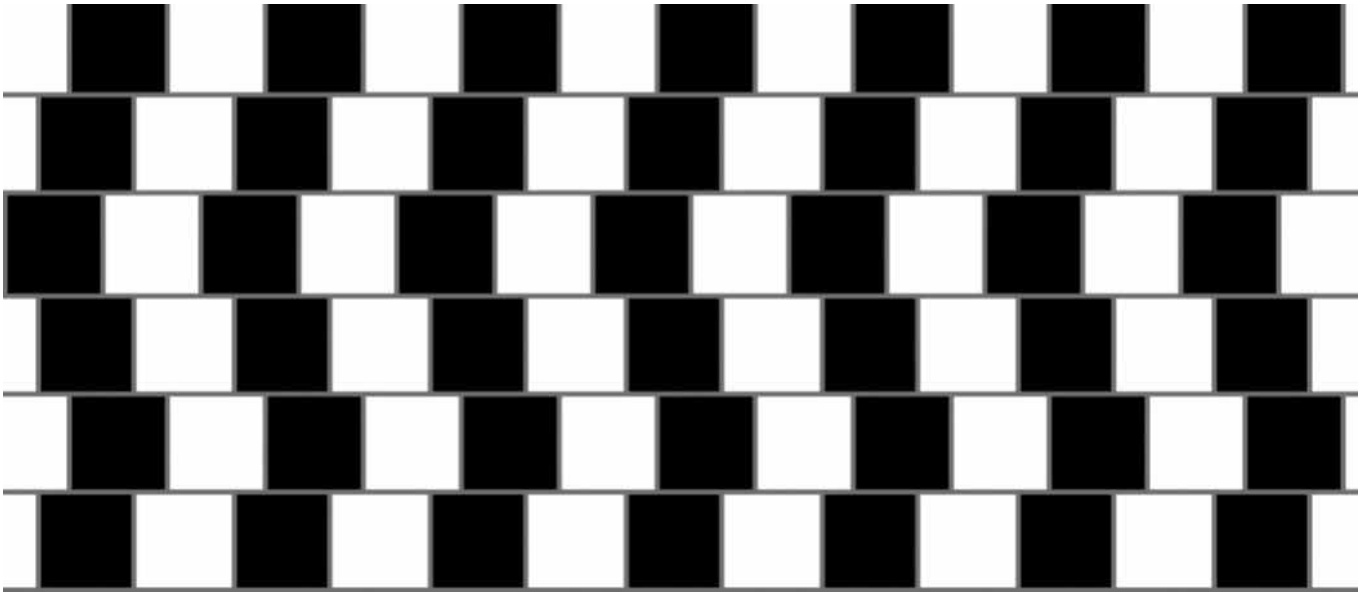
رشد آموزش

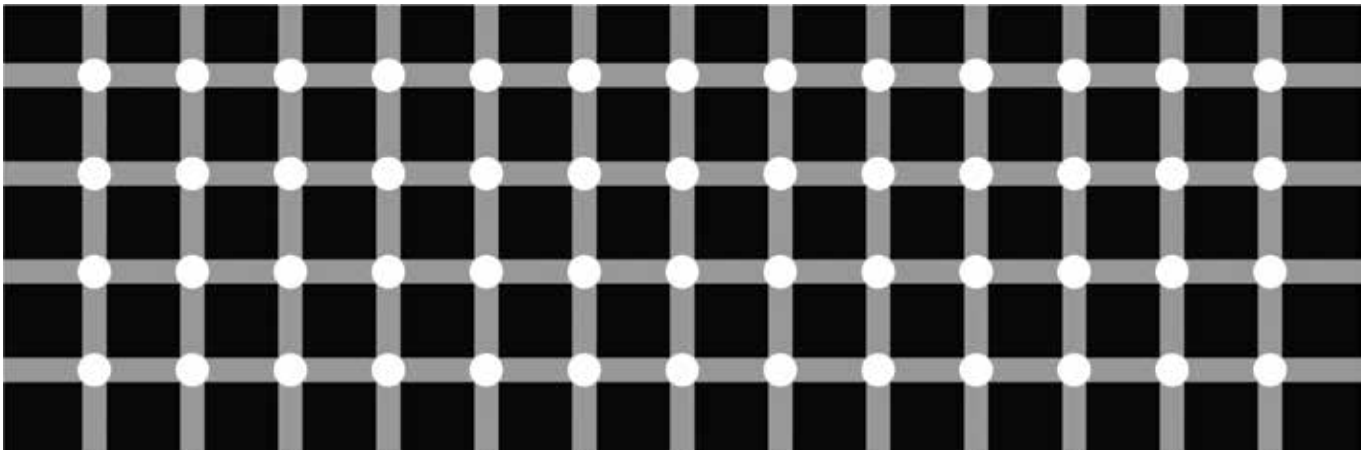
فیزیک ۱۲۸

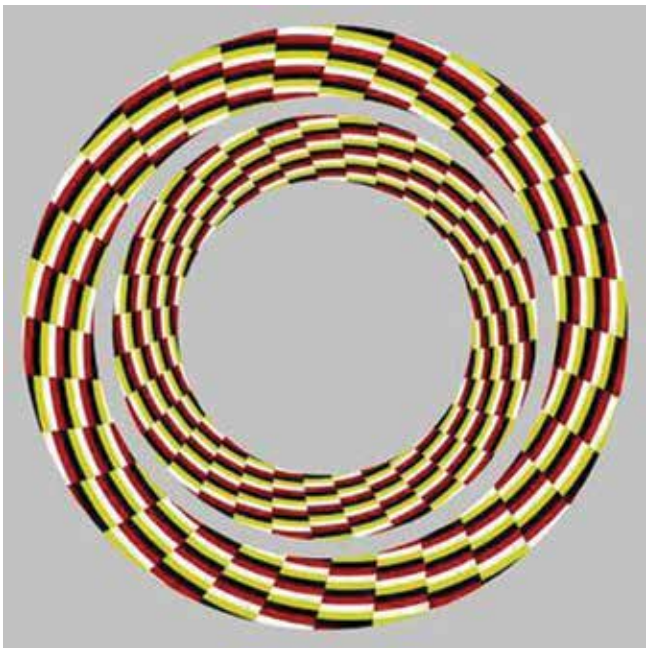
فصلنامهٔ آموزشی، تحلیلی و اطلاع‌رسانی | برای معلمان، دانشجومعلمان و کارشناسان وزارت آموزش و پرورش
دورهٔ سی و ششم | شمارهٔ ۲ | زمستان ۱۳۹۹ | ۴۸ صفحه | ۳۶۰۰۰ ریال | پیامک: ۳۰۰۰۸۹۹۵
www.roshdmag.ir

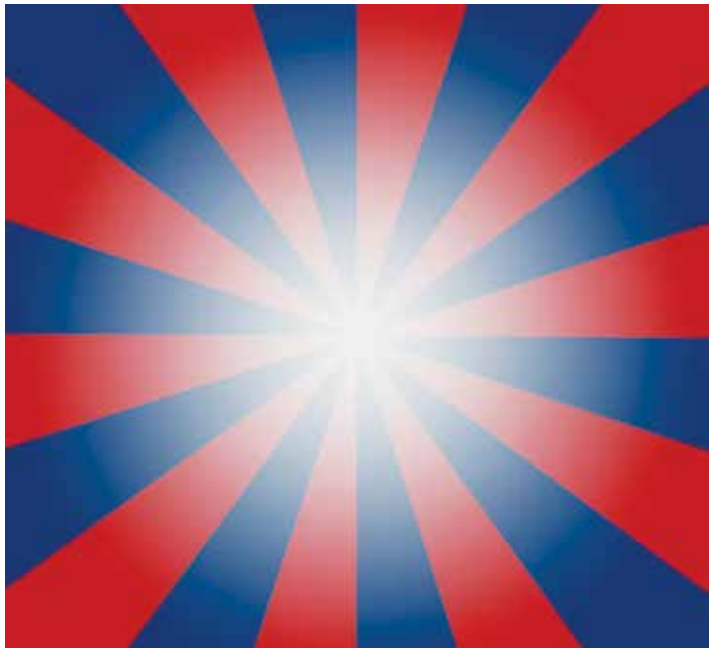


- شهدای هسته ای
- مغز ما
- رویکرد برنامهٔ درسی علوم تجربی
- تاریخچهٔ الکترومغناطیس









چگونه مغز اشتباه می‌کند؟

رشد آموزش
فیزیک
۱۲۸

فصلنامهٔ آموزشی، تحلیلی و اطلاع رسانی برای معلمان، دانشجومعلمان و کارشناسان وزارت آموزش و پرورش
دورهٔ سی و ششم، شمارهٔ ۲، زمستان ۱۳۹۹

بسم الله الرحمن الرحیم

سرمقاله: شهدای هسته‌ای در یک نگاه / احمدرضا اعرابی /۲

تاریخ علم: ابوالعز اسماعیل ابن جَزَری / اسفندیار معتمدی /۴

برنامهٔ درسی: رویکرد برنامهٔ درسی علوم تجربی / احمد احمدی /۸

تاریخ علم: تاریخچه الکترومغناطیس / نگین خسروانی‌نژاد، سیدهدایت سجادی /۱۲

پژوهشی: مغز ما / کلاری سرجنت، مترجم هانیه عالی‌نژاد /۲۰

دنیای فیزیک: برندگان نوبل ۲۰۲۰ / ۲۶

تجربه‌های پژوهشی: سه آزمایش ساده با شمع روشن / محمد نادری، رسول گلستانه /۲۸

آموزشی: موج و انرژی / بهمن قمری / ۳۲

آموزشی: مشاهده مدارهای الکتریکی با دوربین‌های تصویربرداری حرارتی / پیتر کاچوفسکی

مترجمان: فرانک لاهورپور، مژده پرمحمد، مهرنوش بادامیان، عزیز خدادادی /۳۹

اخبار علمی: تازه‌های پژوهش درجهان فیزیک / علی رادپی، احمدرضا اعرابی /۴۴

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

مدیر مسئول: محمدابراهیم محمدی
سردبیر: احمدرضا اعرابی
مدیر داخلی: احمد احمدی
هیئت تحریریه: احمد احمدی، روح الله خلیلی بروجنی، حسن قلمی باویل علیایی، هانیه عالی‌نژاد، سیدهدایت سجادی، زهرا باقری، احمدرضا اعرابی، و اسفندیار معتمدی
مدیر هنری: کوروش پارسانژاد
طراح گرافیک: نوید اندرودی
دبیر عکس: پرویز قراگوزلی
ویراستار: جعفر ربانی
نشانی مجله: تهران، ایرانشهر شمالی، پلاک ۲۶۶
تلفن دفتر مجله: ۸۸۸۴۳۲۵۱-۰۲۱ (داخلی ۳۴۰)
نمابر مجله: ۸۸۸۳۹۱۸۶-۰۲۱
صندوق پستی مجله: ۱۸۵۷۵/۶۵۸۵
صندوق پستی امور مشترکین: ۱۵۸۷۵/۳۳۳۱
تلفن امور مشترکین: ۸۸۸۶۷۳۰۸-۰۲۱
وبگاه مجلات رشد: www.roshdmag.ir
پیام‌نگار مجله: Physics@roshdmag.ir
پیامک: ۳۰۰۰۸۹۹۵
چاپ و توزیع: شرکت افست

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

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

پیشتازان عزت

شهدای هسته‌ای در یک نگاه

صنعت هسته‌ای ایران در مسیر پیشرفت خود همواره با چالش‌های بزرگی مواجه بوده که یکی از آن‌ها تحریم‌های مختلف علیه نظام مقدس جمهوری اسلامی بوده است. با وجود این، دشمنانی که پیشرفت و عزت ایران اسلامی را نمی‌خواهند به این بسنده نکرده و برای مقابله با دستاوردهای هسته‌ای کشورمان روش حذف فیزیکی دانشمندان هسته‌ای کشورمان را نیز در پیش گرفته‌اند.

بدین‌ترتیب ما سرداران علمی کم‌نظیری را از دست داده‌ایم. شهیدان مسعود علی‌محمدی، مجید شهریاری، مصطفی احمدی روشن، داریوش رضایی‌نژاد، و آخرین آن‌ها محسن فخری‌زاده بوده‌اند که همگی به فیض رفیع شهادت نائل آمده‌اند.

ستارگانی در آسمان پرستاره فیزیک‌اند که همواره خواهند درخشید و جوانان را در مسیر هدایت خواهند برد. شهادت محسن فخری‌زاده در تاریخ هفتم آذرماه ۹۹ موجب شد که در سه مقاله این شماره یادی از این عزیزان کنیم.

شهید مسعود علی‌محمدی

مدرک کارشناسی را از دانشگاه شیراز (۱۳۶۴) و کارشناسی ارشد (۱۳۶۷) و دکترای فیزیک با گرایش ذرات بنیادی را از دانشگاه صنعتی شریف در سال ۱۳۷۱ کسب کرد. او دهها مقاله تألیف کرد و اولین دانش‌جوی دورهٔ پسا دکتری در پژوهشگاه دانش‌های بنیادی بود. تخصص اصلی او ذرات بنیادی، انرژی‌های بالا و کیهان‌شناسی بود و با پژوهشگاه دانش‌های بنیادی (مرکز تحقیقات فیزیک نظری و ریاضیات) نیز طی سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۰ همکاری داشت.

شهید علی‌محمدی، یکی از برگزیدگان جشنواره بین‌المللی خوارزمی در سال ۸۶ بود و در پژوهش‌های بنیادی رتبه دوم را کسب کرد.

وی از سال ۱۳۷۴ در دانشکده فیزیک دانشگاه تهران مشغول به تدریس و عضو هیئت علمی و هیئت ممیزه این دانشگاه بود. وی همچنین در مقاطع مختلف تحصیلی شاخه فیزیک در تربیت معلم، به عنوان استاد راهنما و مشاور در پروژه‌های پایان‌نامه‌های مرتبط با علوم فیزیکی دوره‌های تحصیلات تکمیلی، به فعالیت مشغول بود و همچنین با دانشگاه مالک‌اشتر و دانشگاه امام‌حسین همکاری داشت.

شهید مجید شهریاری

استاد دانشگاه شهید بهشتی، فیزیک‌دان و دانشمند هسته‌ای متولد زنجان بود. وی با کسب رتبه دوم کنکور سراسری در سال ۱۳۶۳، در آزمون ورودی دانشگاه صنعتی امیرکبیر در رشته مهندسی الکترونیک پذیرفته شد. سپس در سال ۱۳۶۷ با کسب رتبه نخست در آزمون کارشناسی ارشد رشته مهندسی هسته‌ای وارد دانشگاه صنعتی شریف شد و در نهایت در سال ۱۳۷۷ دکترای خود را در رشته علوم و تکنولوژی فناوری هسته‌ای از دانشگاه امیرکبیر دریافت کرد.

برگزاری دوره‌هایی چون «کارگاه آموزشی آشنایی با کدهای محاسباتی راکتورهای هسته‌ای» از جمله خدمات شهریاری بود. یکی از طرح‌های مهم شهریاری، طراحی‌های تئوریک مربوط به ساخت نسل جدید راکتورهای هسته‌ای بود که بازتاب زیادی نیز در مراکز علمی جهان داشت. او از جمله کارشناسان ارشد مبارزه با کرم رایانه‌ای استاکس نت بود. همچنین ساخت صفحات سوخت نیز از کارهای مهم آن شهید عزیز بود.

شهید داریوش رضایی‌نژاد

در سال ۱۳۵۶ در شهرستان آبدانان در استان ایلام به دنیا آمد. وی از همان کودکی در سخن گفتن و دیگر رفتارهایی که از خود بروز می‌داد، نبوغ خود را به اطرافیان نشان می‌داد. و در مدرسه نیز با هوش و توانایی خود، معلم و دانش‌آموزان را شگفت‌زده می‌کرد.

وی در مهرماه ۱۳۷۳ در رشته مهندسی برق، در گرایش قدرت، در دانشگاه پذیرفته شد و وارد دانشگاه صنعتی مالک‌اشتر اصفهان گردید.

رضایی‌نژاد علاوه بر نبوغ ذاتی خود در امور کارگاهی و آزمایشگاهی که از ویژگی‌های عمومی نوابغ و مخترعان است، در تحصیل و پذیرش و اجرای آکادمیک نیز بسیار منظم و کوشا بود. ایشان ضمن فراگیری و کسب تجربه در رشته خود، در زمینه استفاده از رایانه و علوم کامپیوتری بسیار توانا بود. با داشتن چنین توانایی‌هایی، توانست در مدت هفت ترم و با رتبه اول، به‌عنوان دانشجوی برتر دانشگاه خود فارغ‌التحصیل شود.

شهید دکتر داریوش رضایی‌نژاد به محض فارغ‌التحصیلی به‌عنوان پژوهشگر در مراکز مهم تحقیقاتی و علمی کشور مشغول به کار شد. در عرصه‌ای که فعالیت می‌کرد، توانایی فراوان و نبوغ و تلاش خود را در مسیر خدمت به وطن خویش قرار داد. وی ضمن تدریس و انجام فعالیت‌های تحقیقاتی، مسئول اجرای بسیاری از طرح‌های تحقیقاتی در دانشگاه‌های تهران، شهید بهشتی و خواجه نصیرالدین طوسی بود. او در ۳۴ سالگی معاونت انرژی اتمی ایران را به عهده داشت.

شهید مصطفی احمدی روشن

در ۱۷ شهریور ماه ۱۳۵۸ در شهر همدان به دنیا آمد. تحصیلات خود را در زادگاهش همدان، آغاز کرد و پس از گذراندن دورهٔ راهنمایی در مدرسه خیام، دوره متوسطه را در رشته ریاضی فیزیک دبیرستان ابن‌سینای این شهر به اتمام رساند و پس از آن در آزمون سراسری دانشگاه‌ها شرکت کرد. شهید احمدی روشن در سال ۱۳۷۷ وارد دانشگاه صنعتی شریف شد و تحصیلات خود را در رشتهٔ مهندسی شیمی آغاز کرد. در سال ۱۳۸۱ در رشتهٔ مهندسی شیمی موفق به دریافتن مدرک کارشناسی شد و در همین رشته در مقطع کارشناسی ارشد ادامه تحصیل داد و پس از آن وارد مرحله دکترای رشته نانو بیوتکنولوژی شد. وی در دوران تحصیل در دانشگاه در پروژه ساخت غشاهای پلیمری برای جداسازی گازها، که برای اولین بار در کشور انجام شد، همکاری داشت.

مصطفی احمدی‌روشن پس از اخذ مدرک کارشناسی از رشته مهندسی شیمی، با توانمندی‌های خود وارد سازمان انرژی اتمی شد. او یکی از پایه‌گذاران سایت هسته‌ای نطنز بود و تأثیر بسیار مطلوبی در بخش تأمین کالاها و خرید تجهیزات هسته‌ای در حوزه غنی‌سازی در زمان تحریم‌ها داشت. در مدت حضورش به‌عنوان معاون بازرگانی، کالاها به موقع، به تعداد و با کیفیت تأمین می‌شد.

شهید محسن فخری‌زادهٔ مهابادی

معاون وزیر دفاع ایران و سردار سپاه پاسداران انقلاب اسلامی بود. او ریاست سازمان پژوهش و نوآوری وزارت دفاع را برعهده داشت.

فخری‌زاده از فرماندهان سپاه پاسداران در زمینه موشکی بود و پیش از ورود به برنامه هسته‌ای کشور، به همراه شهید **حسن تهرانی مقدم**، صنایع موشکی کشور را پایه‌گذاری کردند و رهبری پروژه‌های دفاعی کشور را مدیریت کرد. ایشان استاد دانشگاه امام حسین(ع) و سپس رئیس دانشگاه مالک اشتر بود و هدایت بسیاری از دانشجویان آن دانشگاه را برعهده داشت. همچنین مؤسسه‌ای به نام سازمان نوآوری و تحقیقات دفاعی (معروف به سپند) را که به دانشگاه صنعتی مالک اشتر وابسته بود، اداره می‌کرد. شهید فخری‌زاده دانشمند ارشد وزارت دفاع و دانش‌آموخته فیزیک هسته‌ای بود. توانمندی‌های مدیریتی وی زبانزد بود. یکی از آخرین کارهای این مدیر لایق کشورمان ساخت کیت تشخیص کرونا بود. راه این شهیدان پررهرو و نام و یادشان پایدار باد.

نابغهٔ فیزیک کاربردی
مروری بر ابداعات شگفت‌انگیز ابن جَزَری

ابوالعزّ اسماعیل ابن جَزَری

اسفندیار معتمدی

ابوالعزّ اسماعیل ابن رزّاز جزری، ملقب به بدیع‌الزمان، مکانیک‌دان، مبتکر مسلمان و پدر علم مهندسی در اوایل قرن هفتم هجری در عصر سلجوقیان، حدود ۶۰۲ ق/ ۱۲۰۶ م در دیار بکر، در کشور عثمانی، در شمال عراق کنونی، می‌زیست.

او مدت ۲۵ سال در خدمت ناصرالدین، امیر ارتقی دیار بکر بود و پدر و برادر ناصرالدین را هم خدمت کرده است. ارتقیان سلسله‌ای از ترکمانان بودند که در سراسر قرن ششم/ دوازدهم میلادی سلطنت نیم مبدأ و کم دوامی در بین‌النهرین داشتند (زندگی‌نامهٔ علمی دانشوران).

جزری به دستور ناصرالدین کتاب فی معرفة الحیل الهندسه [الجامع بین‌العلم و العمل النافع فی صناعة الحیل] را تألیف و تضیف کرده است.

چنان‌که او در مقدمه کتاب می‌نویسد، از کارهای مهم علمی و عملی که دانشمندان و صنعتگران پیش از وی انجام داده‌اند با خبر بوده و خود را ادامه‌دهندهٔ آنان می‌دانسته و بر این کار افتخار می‌کند. از آن جمله ساعت آبی بزرگی را که خود ساخته بر مبنای کار ارشمیدس می‌شمارد و از بنوموسی و فواره‌های آنان نام می‌برد و در کارهای دیگر از دستگاه‌هایی که سازندگان پیشین ساخته‌اند بدون نام بردن آن‌ها ذکری دارد.

کتاب جزری با «عنوان مبانی نظری و عملی مهندسی مکانیک در تمدن اسلامی» ترجمه شده و در مرکز نشر دانشگاهی به چاپ رسیده است (۱۳۸۰). مترجمان این کتاب مهندسی آقایان چاوشی، محمدجواد ناطق، حمیدرضا نفیسی و سعید رفعت‌جاه هستند.

کتاب جزری را یوسف‌الحسن ابتدا در دانشگاه حلب سوریه چاپ و منتشر کرد. او توانسته بود ۱۵ نسخه خطی از این کتاب را به دست آورد و بر مبنای نسخه‌های جمع‌آوری شده کتاب را منتشر کند. مترجمان فارسی کتاب در کتابخانهٔ مدرسهٔ عالی شهید مطهری (سپهسالار) توانسته بودند سه نسخهٔ خطی از کتاب جزری را به دست آورند و ترجمه خود را براساس کتاب یوسف‌الحسن و سه نسخهٔ شهید مطهری و یکی از نسخه‌های موجود در کتابخانه پاریس، ترجمه کنند. وجود نسخه‌های متعدد کتاب جزری نشان‌دهنده آن است که پیش از انقلاب مشروطیت این کتاب در ایران شناخته شده بوده است.

جالب آن است که دو نسخه ترجمهٔ فارسی کتاب جزری کتابخانهٔ مدرسه عالی شهید مطهری و نسخهٔ پاریس قابل استفاده فارسی‌زبانان نیست، زیرا بسیاری از واژه‌های عربی که در این ترجمهٔ فارسی به‌کار رفته مفهوم نیست و بعضی از بخش‌ها نیز به‌طور کامل ترجمه نشده است. جالب‌تر آنکه در متن عربی این کتاب به شمار بسیاری از واژه‌های فنی فارسی برمی‌خوریم که نشان‌دهندهٔ تأثیر بزرگ ایرانیان در فناوری‌های جهان اسلام است. این کتاب بهترین کتب اسلامی در مکانیک عملی است و کاری را که بنوموسی شروع کرده بودند توانست به اوج برساند (مصاحب دایرةالمعارف مالشی) جزری کتاب خود را بر شش نوع تقسیم کرده که مهم‌ترین نوع آن به اقسام ساعت آبی است.

نوع اول: ساختن ساعت‌هایی که با آن‌ها گذشت ساعت‌های مستوی و زمانی با آب و شمع معلوم می‌شود. شامل ده دستگاه است.

دستگاه اول: «ساعت بنکام» که با آن گذشت ساعت‌های زمانی با آب معلوم می‌شود.

دستگاه دوم: «ساعت آبی طبال‌ها» که با آن گذشت ساعت‌های زمانی معلوم می‌شود.

دستگاه سوم: «ساعت آبی قایل»

دستگاه چهارم: «ساعت آبی فیل» که با آن ساعت‌های مستوی معلوم می‌شود.

دستگاه پنجم: «ساعت آبی جام» که با آن ساعت‌های مستوی و اجرای آن معلوم می‌شود.

دستگاه ششم:«ساعت شمشیرزن» که با آن به کمک شمع گذشت ساعت‌های مستوی معلوم می‌شود.

دستگاه هفتم: «ساعت منشی» که با آن گذشت ساعت‌های مستوی و اجرای آن به وسیله شمع معلوم می‌شود.

دستگاه هشتم: «ساعت میمون» که با آن ساعت‌های مستوی و اجزای آن به وسیلهٔ شمع معلوم می‌شود.

دستگاه نهم: «ساعت درها» که با آن گذشت ساعت‌های مستوی به وسیلهٔ شمع معلوم می‌شود.

نوع دوم: ساختن ظرف‌ها و مجسمه‌های مناسب مجالس شربت‌خوری

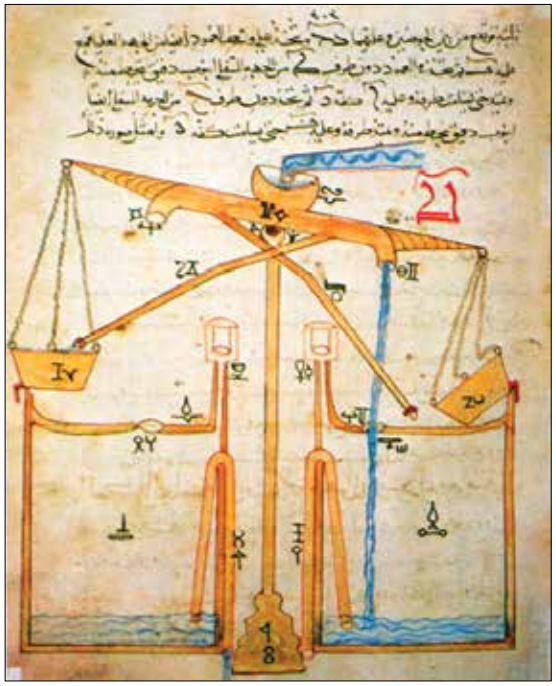
اول: جامی که در مجالس شربت‌خوری حکم می‌کند.

دوم: جامی که در مجالس شربت‌خوری حکم می‌کند و من شکل ظاهری و طرز کار آن را توصیف می‌کنم.

سوم: حکم مجالس شربت‌خوری

چهارم: قایقی که در مجالس شربت‌خوری درون یک آبگیر قرار می‌گیرد.

پنجم: ظرف شربتی که گوشهٔ مجلس شربت‌خوری گذاشته شود و در آن رنگ‌هایی از شربت و آب ریخته می‌شود. یک



شیر دارد که از آن می‌توان تنها یک رنگ گرفت.

ششم: مجلس ندیم مردی که باقی‌ماندهٔ شربت شاه، یعنی شربتی را که در ته جام می‌ماند، می‌نوشد.

هفتم: غلام ایستاده‌ای که در دستش یک ماهی و یک جام قرار دارد و از آن شربت به شاه می‌نوشد.

هشتم: آدمکی که در دستش یک جام و یک صراحی قرار دارد، از صراحی به درون جام شربت می‌ریزد و آن را می‌نوشد.

نهم: تختی که دو شبح روی آن قرار دارند، در دست‌های هر یک از آن دو جام و یک صراحی است که از آن به درون جام رفیقش شربت می‌ریزد و آن را می‌نوشد.

دهم: کنیزکی که هر از گاهی در حالی که در دستش یک جام حاوی شربت قرار دارد از گنجه‌ای خارج می‌شود.

نوع سوم: ساختن آفتابه‌ها، تشت‌ها و مانند آن‌ها

دستگاه اول: آفتابه‌ای که از آن آب داغ، آب سرد و آب مخلوط می‌ریزد.

دستگاه دوم: آفتابه‌ای که خدمتکار در کنار یک تشت روی پایه‌ای زیبا جلو حاکم می‌گذارد. خدمتکار از آن فاصله می‌گیرد، سپس پرنده روی آن سوت می‌زند و آب بیش از اندازه‌ای که برای وضو گرفتن است از لوله آن خارج می‌شود.

دستگاه سوم: غلامی که بر دست‌های حاکم آب می‌ریزد تا وضو بگیرد.

دستگاه چهارم: طاووسی که از منقارش آب می‌ریزد و

کتاب جزری با عنوان «مبانی نظری و عملی مهندسی مکانیک در تمدن اسلامی» ترجمه شده و مرکز نشر دانشگاهی به چاپ رسیده است (۱۳۸۰)

خواجه با آن وضو می‌گیرد.

دستگاه پنجم: تشت راهب که با آن مقدار خون ریخته شده در آن معلوم می‌شود.

دستگاه ششم: تشت منشی‌ها برای رگ‌زنی که با آن مقدار خون جمع شده در آن مشخص می‌شود.

دستگاه هفتم: تشت مساحت برای رگ‌زنی است با آن مقدار خون جمع شده در آن مشخص می‌شود.

دستگاه هشتم: تشت قصر که با آن مقدار خون ریخته شده در آن معلوم می‌شود.

دستگاه نهم: تشت طاووس برای شستن دست‌ها

دستگاه دهم: تشت عام

نوع چهارم: فواره‌هایی که در فاصله‌های زمانی معین تغییر شکل می‌دهند و طرز کار نی دایمی

دستگاه اول: فواره‌ای که دو کفه دارد و در فاصلهٔ زمانی معین تغییر شکل می‌یابد.

دستگاه دوم: دو فواره یا دو کفه و یک لوله با چهار خروجی

دستگاه سوم: فواره‌ای با دو شناور که تغییر شکل می‌دهد.

دستگاه چهارم: دو فواره با دو شناور

دستگاه پنجم: فواره‌ای با طرح‌ها که در فاصله‌های زمانی معین تغییر شکل می‌دهد.

دستگاه ششم: فواره‌ای با دو کفه که در فاصله‌های زمانی معین تغییر شکل می‌دهد.

دستگاه هفتم: ابراز نی‌زنی دایمی با استفاده از دو گوی

دستگاه هشتم: ابراز نی‌زنی دایمی با استفاده از دو کفه

دستگاه نهم: ابزاری با یک ترازو برای نی‌زنی دایمی

دستگاه دهم: ابزاری با دو شناور برای نی‌زنی دایمی

نوع پنجم: دستگاه‌هایی که آب را از آبگیر، چاه کم‌عمق و رود جاری بالا می‌آورند

دستگاه اول: دستگاهی که با استفاده از چهارپایی که بازویی را می‌چرخاند، آب را از یک آبگیر به مکانی مرتفع می‌رساند.

دستگاه دوم: دستگاهی که با استفاده از چهارپایی که آن را می‌چرخاند آب را از یک آبگیر یا چاه بالا می‌آورد.

دستگاه سوم: آبگیری که ستونی توخالی در وسطش است و قرصی روی آن ستون قرار دارد و روی قرص مجسمه گاوی است که چرخی را می‌چرخاند و چرخ آب را از آبگیر حدود ده وجب بالا می‌آورد.

دستگاه چهارم: دستگاهی که آب را از چاه بالا می‌آورد.

دستگاه پنجم: دستگاهی که آب را با استفاده از یک چرخ حدود بیست ذرع از آب روان بالا می‌آرود.

نوع ششم: در موضوع‌های گوناگون است و دستگاه‌های آن شبیه هم نیستند.

دستگاه اول: دری که از برنج ریخته‌گری شده سرای ملک در شهر«آمد» ساختم و شاهکاری است که برای تماشایش سفرها می‌شود. به درستی چون مرواریدی است بی‌همتا و کالایی گران‌بها.

دستگاه دوم: ابزاری که با آن بدون استثنا مرکز هر سه نقطهٔ دلخواه واقع بر سطح یک کره یا بر صفحه‌ای موازی افق به جز وقتی که بر یک خط مستقیم واقع می‌شوند، به دست می‌آید.

دستگاه سوم: قفلی که با دوازده حروف از حروف الفبا، در یک صندوق را قفل می‌کند.

دستگاه چهارم: چهار کلون پشت یک در.

دستگاه پنجم: قایقی زیبا که با آن گذشت یک ساعت مستوی معلوم می‌شود.

کار مهم جزری ساختن این دستگاه و نوشتن شرح کار آن‌ها در کتابش است اما به‌نظر نمی‌رسد که خودش مخترع همهٔ این دستگاه‌ها بوده باشد. مثلاً اولین ساعتی که وی در کتابش شرح داده است بسیار به ساعت «باب جیرون» که در دمشق است و پیش از او ساخته شده بوده شباهت دارد. این ساعت را محمد ساعاتی که پیش از جزری زیسته، ساخته است و آن را رضوان‌ابن ساعاتی پسر محمد ساعاتی در کتاب ساعت‌های ساخت پدرش نوشته است. ساعت باب جیرون را ابن‌بطوطه

اما به‌نظر نمی‌رسد که خودش مخترع همهٔ این دستگاه‌ها بوده باشد. مثلا اولین ساعتی که وی در کتابش شرح داده است بسیار به ساعت «باب جیرون» که در دمشق است و پیش از او ساخته شده بوده شباهت دارد

جهانگرد مراکشی دیده و در سفرنامهٔ خود از آن یاد کرده است.

اشکالی که بر کتاب جزری می‌گیرند آن است که از گذشتگانی که مخترع این دستگاه‌ها و الهام‌بخش او بوده‌اند نام نبرده و یادی نکرده است.

با وجود ترجمهٔ قبلی این کتاب به زبان فارسی کمتر کسی از پژوهشگران ایرانی با این کتاب آشنا شدند و از کارهای او الهام گرفتند از این رو ترجمهٔ این کتاب برای دانشجویان مهندسی و مکانیک و فلزشناسان و صنعتگران اهمیت فراوان دارد و می‌تواند سرچشمه کارهای نوآورانه و خلاق باشد.

خوشبختانه مترجمان ارجمند فقط به ترجمهٔ کتاب اکتفا نکرده‌اند و برخی از دستگاه‌های جزری را بازسازی کرده‌اند که هنوز هم کارایی دارند. آنان مجموعهٔ توربین، پمپ آب‌رسانی از نهر جاری و قفل رمزی را با استفاده از کمک‌های فنی و تکنولوژی وزارت صنایع و معادن و سازمان برنامه و بودجه ساختند که مورد آزمایش و تأیید قرار گرفت...

موزهٔ علوم و فناوری جمهوری اسلامی ایران که در محل کتابخانه ملی سابق (خیابان سی‌تیر) قرار دارد نمایشگاه جدیدی را تأسیس کرده است. این نمایشگاه شامل گالری تخصصی فناوری‌های بومی است. در این گالری بخشی از فناوری‌های عظیم ایرانی که در دوره‌های مختلف ظهور یافته بازسازی شده و در معرض دید عموم قرار گرفته است. بخشی از این گالری اختصاص به اختراعات و فناوری‌های ابداعی همین دانشمند، یعنی بدیع‌الزمان ابولعزبن اسماعیل‌بن رزاز الجزری اختصاص دارد. این اختراعات عبارت‌اند از:

بازسازی ساعت طاووس الجزری: جزری فن ساعت‌سازی را توسعه فراوان بخشید و در کتابش شرح آن را نوشت. این ساعت موسوم به طاووس توسط موزه علوم و فناوری جمهوری اسلامی بازسازی شده و در معرض دید عموم قرار دارد.

قفل مرکب رمزی الجزری: نخستین قفل رمزدار در سال ۱۲۳۵ ش/۱۸۴۶ م در اروپا ساخته شد. جالب است که صفحات به کار رفته در این قفل کاملاً به صفحات قفل مرکب جزری شباهت دارد. نمونه بازسازی شده قفل جزری در دههٔ ۷۰ در وزارت صنایع و معادن و تجارت ساخته شده که هم‌اکنون در موزه به نمایش گذاشته شده است.

بازسازی دستگاه سوم از نوع پنجم آب بالابر الجزری:

این دستگاه آب را از آبگیر چاه کم‌عمق و رودجاری بالا می‌برد. اکنون نمونه بازسازی شده در آن در موزه علوم و فناوری به نمایش گذاشته شده است.

امید است دبیران محترم فیزیک از این موزه و دیگر موزه‌ها بازدید کنند و از کارهای گذشتگان برای طراحی و ساختن وسایل جدید الهام بگیرند و از آنچه دیده و یا خوانده‌اند دانش‌آموزان را باخبر کنند تا رنسانس علمی و فناوری که مورد نیاز جامعه و خواست مردم ایران است تحقق یابد.

https://www.roshdmag.ir/u/22q

دستگاه آب بالابر الجزری، آب را از آبگیر چاه کم‌عمق و رودجاری بالا می‌برد. اکنون نمونه بازسازی شدهٔ آن در موزه علوم و فناوری به نمایش گذاشته شده است

منابع

۱. مبانی نظری و عملی مهندسی مکانیک در تمدن اسلامی، ۱۳۸۰، اسماعیل ابن رزاز جزری، ترجمهٔ محمد جواد ناطق، حمیدرضا نفیسی و سعید رفعت‌جاه. نشر دانشگاهی.
۲. دایرةالمعارف فارسی ۱۳۴۵، به سرپرستی دکتر غلامحسین مصاحب. مؤسسهٔ انتشارات فرانکلین
۳. زندگی‌نامهٔ علمی دانشوران ۱۳۸۷. زیرنظر احمد بیرشک. شرکت انتشارات علمی و فرهنگی جلد چهارم.
٤. زندگی‌نامهٔ علمی دانشمندان اسلامی۱۳۸۷ ویراستار حسین معصومی همدانی، شرکت انتشارات علمی فرهنگی جلد اول.
٥. جزیرهٔ دانش به یاد شادروان حسن سالاری.
٦. تاریخ صنایع ایران بعد از اسلام ۱۳٦۳، دکتر زکی محمد حسن. ترجمه محمدعلی خلیلی، اقبال.

رویکرد درسی علوم تجربی

احمد احمدی
سرپرست حوزهٔ تربیت و یادگیری علوم تجربی سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

چکیده

رویکرد عنصر مهمی در برنامهٔ درسی هر حوزه‌ای از تربیت و یادگیری، محسوب می‌شود. حتی در بعضی از مدل‌های درسی، رویکرد عنصری است مرکزی یا محوری که ارتباطش با بقیه عناصر تعیین می‌گردد. هر حوزه تربیت و یادگیری دارای یک رویکرد عام است که از اسناد بالادستی مانند برنامه درسی ملی یا مبانی نظری تحول بنیادین در نظام تعلیم‌وتربیت رسمی جمهوری اسلامی الگو می‌گیرد و رویکرد خاص را براساس ماهیت حوزه و اینکه رویکرد انتخاب شده در گستره رویکرد عام قرار گیرد، انتخاب می‌کند.

کلیدواژه‌ها: رویکردها، فطرت‌گرایی توحیدی، برنامه درسی ملی، موقعیت، حیات طیبه، متربی، یاددهی - یادگیری، کاوشگری، روش فعال، محتوا، محیط یادگیری، ارزشیابی، تفکر انتقادی، حل مسئله

رویکرد عام

براساس برنامه درسی ملی، رویکرد کلی یا عام برنامه‌های درسی در حوزه‌های مختلف تربیت و یادگیری **فطرت‌گرایی توحیدی** است. اتخاذ این رویکرد به معنای زمینه‌سازی لازم جهت شکوفایی فطرت توحیدی دانش‌آموزان از طریق درک و اصلاح مداوم موقعیت آنان به منظور دست‌یابی به مراتبی از حیات طیبه[1] است.[2] منظور از موقعیت، وضعیت مشخص، پویا و قابل درک و تغییری است که حاصل تعامل پیوستهٔ فرد (به منزله عنصری آگاه، آزاد و فعال) با خدا در گسترهٔ جهان هستی (خود، طبیعت و جامعه) است. در این رویکرد هر یک

از عوامل زیر ویژگی‌ها و تعاریفی به شرح زیر دارند:

۱. دانش‌آموز (متربی)

- امانت الهی و دارای کرامت ذاتی است و دارای قابلیت‌ها، تجربیات، ظرفیت‌ها و توانایی‌های گوناگون است.
- فطرت الهی در وجود او نهفته است و قابلیت شکوفا شدن و فعلیت یافتن دارد.
- توانایی انتخاب، تصمیم‌گیری و خویشتن‌داری دارد و می‌تواند با محیط یادگیری، رابطه تعاملی برقرار کند بنابراین تابع بی‌چون و چرا و مقهور طبیعت نیست.
- از اراده و انگیزه برخوردار است که فرایند یاددهی - یادگیری نقش اساسی دارد و در تربیت‌پذیری و توسعه شایستگی‌های خویش به لحاظ ذاتی نقش فعال دارد.

۲. معلم (مربی)

- اسوه‌ای امین و بصیر برای دانش‌آموزان است.
- با شناخت و بسط ظرفیت‌های وجودی دانش‌آموزان و خلق فرصت‌های تربیتی و آموزشی زمینه درک و انگیزه اصلاح مداوم موقعیت آنان را فراهم می‌سازد.
- راهنما و راهبر فرایند یاددهی - یادگیری و زمینه‌ساز رشد عقلانی، ایمانی، علمی، عملی و اخلاقی دانش‌آموزان است.
- برای خلق فرصت‌های تربیتی و آموزشی مسئولیت تطبیق، تدوین، اجرا و ارزشیابی برنامه‌های درسی و تربیتی در سطح کلاس را برعهده دارد.
- یادگیرنده و پژوهشگر آموزشی و پرورشی است.
- امکان درک و تفسیر قوانین کلی حاکم بر هستی و رابطه‌های علت و معلولی یا وابستگی پدیده‌ها را همراه با افزایش بصیرت در دانش‌آموزان فراهم می‌کند.

۳. محتوا

- محتوا، مجموعه‌ای منسجم و هماهنگ از فرصت‌ها و تجربیات یادگیری است که زمینه‌ساز شکوفایی فطرت توحیدی، رشد عقلی و فعلیت یافتن عناصر و عرصه‌ها را به صورت پیوسته فراهم می‌آورد. (در هدف‌گذاری برنامه‌های درسی و تربیتی؛ پنج عنصر: عقل، ایمان، علم، عمل و اخلاق و چهار عرصه ارتباط دانش‌آموز با خود، خدا، خلق و خلقت به صورت به هم پیوسته و با محوریت ارتباط با خدا تبیین و تدوین می‌شوند.)
- دربرگیرندهٔ مفاهیم و مهارت‌های اساسی و ایده‌های کلیدی مبتنی بر شایستگی‌های مورد انتظار از دانش‌آموزان است.
- برگرفته از یافته‌های علمی معتبر بشری است.
- متناسب با نیازهای حال و آینده، علایق، ویژگی‌های روان‌شناختی دانش‌آموزان، انتظارات جامعه و زمان آموزش است.
- بخشی از محتوا از پیش تعیین می‌شود و بخشی از آن در فرایند آموزش (مباحثه و تعامل دانش‌آموزان با یکدیگر و معلم و ...) تولید می‌گردد.
- امکان درک و تفسیر پدیده‌ها، وقایع و روابط را در موقعیت‌های واقعی زندگی تدارک می‌بینند.

۴. یاددهی - یادگیری

- فرایندی است زمینه‌ساز برای ابراز گرایش‌های فطری، شناخت موقعیت یادگیرنده و اصلاح مداوم آن؛
- یادگیری حاصل تعامل خلاق، هدفمند و فعال یادگیرنده با محیط‌های متنوع یادگیری است.
- دیدگاه دانش‌آموزان را به‌طور معنادار نسبت به ارتباط با خود، خداوند، دیگران و طبیعت، تحت تأثیر قرار می‌دهد.
- فرصت‌هایی را فراهم می‌آورد که شایستگی‌های کسب شده در فواصل زمانی توسط دانش‌آموز مرور و تصمیماتی برای تعدیل، بازنگری یا ادامه مسیر یادگیری توسط او اخذ شود.

۵. ارزشیابی

- به صورت مستمر تصویری روشن و همه‌جانبه از موقعیت کنونی دانش‌آموز، فاصله او با موقعیت بعدی و چگونگی اصلاح آن متناسب با ظرفیت‌ها و نیازهای وی ارائه می‌کند.
- زمینه انتخاب‌گری، خودمدیریتی و رشد مداوم دانش‌آموز را با تأکید بر خودارزیابی فراهم می‌کند و بهره‌گیری از سایر روش‌ها را زمینه‌ساز تحقق آن می‌داند.
- ضمن حفظ کرامت انسانی، کاستی‌های یادگیری را فرصتی برای بهبود موقعیت دانش‌آموز می‌داند.
- کاستی‌های یادگیری را فرصتی برای بهبود و اصلاح نظام آموزشی می‌داند.

۶. محیط یادگیری

- با بهره‌گیری از ظرفیت‌های نظام هستی، محیطی امن، منعطف، پویا، برانگیزاننده و غنی را برای پاسخ‌گویی به نیازها، علایق و ویژگی‌های دانش‌آموزان تدارک می‌بینند.
- مدرسه محیط یادگیری پایه و اصلی است؛ اما یادگیری به آن محدود نمی‌شود و سایر محیط‌ها نظیر محیط‌های اجتماعی، طبیعی، اقتصادی، صنعتی و فرهنگی را نیز در بر می‌گیرد.
- با بهره‌گیری از ظرفیت و قابلیت محیط‌های مجازی و رسانه‌ها، زمینهٔ بهبود موقعیت دانش‌آموزان و ارتقای کیفیت

ارزشیابی به صورت مستمر تصویری روشن و همه‌جانبه از موقعیت کنونی دانش‌آموز، فاصله او با موقعیت بعدی و چگونگی اصلاح آن متناسب با ظرفیت‌ها و نیازهای وی ارائه می‌کند

فرایند یاددهی - یادگیری را فراهم می‌آورد.
● خانواده از محیط‌های مهم و اثربخش تربیت و یادگیری به شمار می‌آید و در تعامل مستمر و مؤثر با مدرسه است.

۷. مدیر مدرسه

● معلمی مؤمن، خلاق، متعهد، منعطف، اهل فکر، آینده‌نگر، مشارکت‌پذیر، راهبر تربیتی، مدیر و مدبر و دارای سعه‌صدر و صلاحیت‌های حرفه‌ای است.
● مسئولیت تأمین و توسعه محیط یادگیری را برای شکوفایی گرایش‌های فطری دانش‌آموزان برعهده دارد.
● مسئولیت خلق موقعیت‌های تربیتی و آموزشی، انطباق یا تدوین، اجرا و ارزشیابی برنامه‌های درسی و تربیتی را در سطح مدرسه برعهده دارد.

رویکرد خاص

رویکرد خاص برنامه درسی حوزه تربیت و یادگیری علوم تجربی در دامنهٔ گستردهٔ رویکرد عام حوزه‌ها، و از بین رویکردهای متفاوت و متنوع، رویکرد کاوشگری انتخاب شده است. رویکرد کاوشگری به عنوان یک رویکرد تأثیرگذار برای یادگیری مفاهیم و طبیعت واقعی علم شناخته می‌شود و آموزش مبتنی بر کاوشگری می‌تواند روشی پرانگیزه برای یادگیری علوم باشد، زیرا روی علایق خود دانش‌آموزان متمرکز می‌شود و با توانا کردن آن‌ها به پیشبرد پژوهش‌هایشان، به یادگیری فعال در آن‌ها می‌انجامد.

کاوشگری فرایند کسب اطلاعات با پژوهش و بررسی توسط کسی است که علاقه‌مند به پدیدهٔ نهفته در یک پرسش است. کاوشگری را می‌توان به این شکل تعریف کرد: فرایند تشخیص مسئله، نقد آزمایش‌ها، تشخیص جایگزین‌ها، طراحی پژوهش‌ها، بررسی حدس و گمان‌ها، جست‌وجوی اطلاعات، مدل‌سازی، گفت‌وگو با همسالان و پروردن استدلال‌های منسجم. به عبارت دیگر کاوشگری فرایند شناخت علم از طریق انجام آزمایش‌های علمی است. همچنین افراد از طریق آزمون و خطا و جست‌وجوی اطلاعات می‌توانند کم‌کم مدل‌ها و ارتباطات را ببینند که این به فرایند کشف می‌انجامد. کشف برای به‌دست آوردن دانش، مفاهیم و تعمیم‌هاست. بخشی از قابلیت‌های روش کاوشگری در علوم؛ شامل تصمیم‌گیری، تفکر انتقادی، انعطاف‌پذیری، بردباری و استقلال است.

در این رویکرد یادگیری، علوم در جریان تحقیق و عمل آموخته می‌شود و معلم علوم علاوه بر ویژگی‌های مطرح شده در رویکرد عام، باید با مفاهیم اصلی و کلیدی دانش‌ها و فعالیت‌های دانشمندان رشته‌های مختلف علوم تجربی آشنا باشد و در جریان آموزش نیز با استفاده از روش‌های مناسب، دانش‌آموزان را به یادگیری معنادار و توانایی حل مسائل و تفکر انتقادی و خلاق مجهز سازد. از طرفی دانش‌آموزان با کسب تجربه‌های متفاوت در انجام فعالیت‌های علمی، فرصت می‌یابند تا با شناخت علایق و توانمندی‌های خود برای کار و فعالیت در زمینه‌های مرتبط با علم و فناوری، برای آیندهٔ شغلی خود و ایفای نقش سازنده و مؤثر در جامعه دست به انتخاب بزنند. بر این اساس ضروری است یادگیرنده در محور همه فعالیت‌های یادگیری قرار گیرد و آموختنِ روش و مسیر علم‌ورزی با تأکید بر نقش فعال و آگاهانهٔ دانش‌آموز از اهداف اصلی آموزش تلقی شود، به‌طوری که یادگیرنده به سطحی از استقلال در یادگیری دست یابد.

ویژگی‌های رویکرد کاوشگری

۱. یادگیری به صورت فعال است.
۲. محتوا و روش درهم تنیده هستند.
۳. تأکید بر فراهم‌سازی تجربه‌های مناسب یادگیری و در نهایت آموزش دانش‌آموز- محوری است.
۴. پرورش مهارت‌های تفکر مورد تأکید است.
۵. تأکید بر یادگیری مشارکتی است.
۶. رشد و توسعهٔ باورها، صفات و ارزش‌های انسانی مدنظر است.
۷. بر طرح مسائل اجتماعی در کنار مسائل علمی تأکید می‌شود.
۸. بر محتوای میان‌رشته‌ای در دوره‌های اولیه تأکید می‌شود.
۹. بر تربیت یادگیرنده‌ای مستقل و مادام‌العمر تأکید می‌شود.
۱۰. تأکید بر ارزشیابی فرایندمحور است.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود؛ اشتراکات زیادی بین رویکرد عام مبتنی بر فطرت‌گرایی توحیدی و رویکرد خاص کاوشگری وجود دارد و تقریباً می‌توان گفت رویکرد کاوشگری به‌طور کامل در دامنه گسترده و عام‌تر رویکرد فطرت‌گرایی توحیدی قرار دارد و به نوعی زیر مجموعه آن با تأکیدهای خاص تلقی می‌شود.

با تلفیق این دو رویکرد در برنامه درسی حوزه تربیت و یادگیری علوم به نتایج زیر می‌رسیم:
● خالق هوشمندی جهان را آفریده و جهان از ساختار منظم و معقولی برخوردار است و هر پدیده‌ای معلول علتی است (در جهان روابط علت و معلولی وجود دارد).
● جهان طبیعی (بخشی از خلقت) از طریق تجربه حسی و با به‌کارگیری عقل، قابل شناسایی و شناخت است و این شناسایی با روش‌های علم تجربی امکان‌پذیر است.
● نظام‌مندی طبیعت براساس درک و تحلیل مفاهیم، الگوها

خالق هوشمندی جهان را آفریده و جهان از ساختار منظم و معقولی برخوردار است و هر پدیده‌ای معلول علتی است (در جهان روابط علت و معلولی وجود دارد)

و روابط بین پدیده‌های طبیعی کشف می‌شود.

● انگیـــزه و علایق دانش‌آمـــوزان در یادگیری نقش مهمی دارد و آموزش با درگیر کردن آن‌ها با یک موضوع، مســـئله یا یک چالش علمی یا علمی - اجتماعی آغاز می‌شـــود و انگیزه دانش‌آموزان از طریق کاوشگری در تلاش مداوم برای یافتن پاسخ پرسش‌هایی درباره پدیده‌ها، وقایع و روابط آن‌ها شکوفا و تقویت می‌شود.

● آموزش علوم تجربی صرفاً به انتقال دانش محدود نمی‌شود بلکه زمینه تولید علم از ســـوی دانش‌آمـــوزان را با تأکید بر مشارکت آنان در مفهوم تدارک می‌بیند و دانش‌آموزان توانایی لازم را برای مواجه شدن با واقعیت‌های زندگی پیدا می‌کنند و امکان به‌کارگیری علم و روش علمی را در حل مسائل زندگی کسب می‌نمایند.

● فرصـــت لازم برای پیوند میـــان نظر و عمل و نیز، تلفیق دانـــش و تجربیات پیشـــین بـــا یادگیری‌های جدیـــد را به صورت یکپارچه و معنادار جهت تحقق ظرفیت‌های وجودی دانش‌آموزان و توسعه شایستگی‌ها فراهم می‌کند.

● بـــا بهره‌منـــدی فزون‌تـــر از روش‌های فعـــال، خلاق و تعالی‌بخش و با سازمان‌دهی نوآورانه و خلاق؛ فرایند جمع‌آوری و انباشت حقایق، زمینه ساختن مفاهیم و مهارت‌های اساسی علم تجربی را فراهم می‌نماید.

● دانش‌آموز فعال اســـت و نباید از او انتظار داشـــت عقاید بزرگســـالان را بی‌چون و چرا بپذیـــرد، بلکه باید به او یاد داد مانند یک محقق به کشف حقیقت بپردازد، بیندیشد و شخصاً تجربه کند (تا بتواند با مســـائل زنگی مواجه شده و از عهده حل آن برآید).

● هیچ نظریه‌ای در علوم تجربـــی به‌عنوان حقیقت پایانی یا غایی مطرح نیســـت و همواره این امـــکان وجود دارد که مشـــاهده‌ها و آزمایش‌های جدید ایجاب کنند که یک نظریهٔ بازنگری و حتی رد شود.

● زمینه تعامل مؤثر دانش‌آموزان با معلم، همسالان و انواع محیط‌های یادگیری فراهم می‌شود تا یادگیرنده‌ای مستقل و مادام‌العمر تربیت شود.

● محتوا و روش درهم‌تنیده‌اند.

● زمینه بهره‌گیری هوشمندانه از فناوری‌های نوین آموزشی در راستای کاوشگری فراهم می‌شود. با توجه به این رویکرد، آموزش علوم تجربی به صورت زیر تعریف می‌شود.

آموزش علوم تجربی، مجموعه‌ای از فعالیت‌های یاددهی - یادگیری در جهتِ پرورش تفکـــر و خردورزی، درک ایده‌ها، مفاهیم و ماهیتِ علم تجربـــی، پرورش مهارت‌های فرایندی علمی و کاربردی، تقویت نگرش به طبیعت به‌عنوان بخشی از خلقت الهی، تقویت نگاه مسئولانه به طبیعت و استفاده از آن و زمینه‌ســـازی برای پرورش مهارت‌های حرفه‌ای و شغلی است.

از طرفی با توجه به نقش سازنده و سرنوشت‌ســـازِ علم و فناوری در ارتقای کیفیتِ زندگی و نیز زیستِ عزتمند در جهان امروز، این برنامه بـــا تأکید بر پرورش توانمندی‌های دانش‌آموزان در زمینه علم و فناوری، زمینه‌ساز پرورش خلاقیـــت و نوآوری در دانش‌آمـــوزان در جهت خلق روش‌هـــا و ابزارهـــای نوین در علم و فناوری اســـت. با توجه به این بُعد از رســـالت آموزش علـــوم تجربی، برنامهٔ درســـی علـــوم تجربی بـــا پیش‌بینی و زمینه‌ســـازی مشارکت هر چه بیشتر نهادها و ســـازمان‌های مرتبط با علم و فناوری، ضمن بهره‌بـــرداریِ حداکثری از توان متخصصـــان در آمـــوزش علم تجربی، فرصتی برای گسترش محیط یادگیری و امکان کسب تجربه در محیط‌های واقعی را فراهم‌می‌کند.

زمینه تعامل مؤثر دانش‌آموزان با معلم، همسالان و انواع محیط‌های یادگیری فراهم می‌شود تا یادگیرنده‌ای مستقل و مادام‌العمر تربیت شود

پی‌نوشت‌ها

۱. براساس مبانی نظری سند تحول بنیادین، حیات طیبه، وضعیت مطلوبی از زندگانی اســـت که در آن انسان‌ها با عنایت به شناخت و پذیـــرش خداوند (که غایت هســـتی و انتخاب و التزام آگاهانه و اختیاری نظام معیار دینی اســـت) نسبت به جذب عوامل هستی‌زا و دفع عوامل هســـتی‌زدا برای دســـتیابی به آسایش و نیک‌بختی جاودانه اقدام می‌نمایند.

۲. برنامه درسی ملی، رویکرد و جهت‌گیری کلی، ص ۱۱.

منابع

۱. برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران؛ اسفند ۱۳۹۱

۲. مبانـــی نظری تحـــول بنیادین در نظام تعلیم‌وتربیت رســـمی جمهوری اسلامی ایران؛ آذرماه ۱۳۹۰.

۳. سند تحول بنیادین آموزش‌وپرورش؛ آذرماه ۱۳۹۰.

٤. بیانیه گام دوم انقلاب؛ ۱۳۹۸.

۵. مبانی برنامه‌ریزی درسی آموزش متوسطه؛ دکتر حسن ملکی، انتشارات سمت، چاپ شانزدهم ۱۳۹۸.

٦. مقدمات برنامه‌ریزی درســـی؛ دکتر حســـن ملکی، انتشـــارات سمت، چاپ شانزدهم ۱۳۹۸.

۷. رشـــد آموزش فیزیک، شـــماره ۱۲٤، آموزش علـــوم با رویکرد کاوشگری در ...؛ هانیه عالی‌نژاد و مریم چراغ‌خانی، ۱۳۹۸.

8. Inquiry-based education: towards a pedagogical framework for primary school teacher. Martina S.J. van Uum, Roald P. Verhoeff & Marieke Peeters. 3, 2016, International Journal of Science Education, Vol. 38, pp. 450- 469.

9. Linn, M.C., Davis, E.A., & Bell. P. Inquiry and tecnology. Internet Environment for Science Education. s.l.: Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2004, pp. 3-28.

10. Taking IBSE into Secondary School. Aksela. M, J. A. 2010. IAP-international Conference.

تاریخچهٔ الکترومغناطیس

نگین خسروانی‌نژاد
دانشجوی کارشناسی فیزیک، دانشگاه صنعتی شریف تهران
سید هدایت سجادی
(نویسنده مسئول)، عضو هیئت‌علمی دانشگاه فرهنگیان تهران

اشاره

الکتریسیته و مغناطیس در آغاز دو موضوع کاملاً متفاوت بودند. الکتریسیته به چیزهایی از قبیل میلهٔ شیشه‌ای، موی گربه، باتری، جریان الکترولیز و روشنایی مربوط می‌شد در حالی‌که مغناطیس دربارهٔ آهن‌رباها، برادهٔ آهن، عقربهٔ مغناطیسی و قطب شمال بحث می‌کرد. اما در سال ۱۸۲۰ میلادی، ارستد[۱] متوجه شد که جریان الکتریکی می‌تواند عقربه مغناطیسی را منحرف کند. کمی بعد از کشف ارستد، آمپر[۲] به درستی دریافت که تمام پدیده‌های مغناطیسی از بارهای الکتریکی متحرک ناشی می‌شوند. سپس در سال ۱۸۳۹ میلادی، فارادی[۳] کشف کرد که یک آهنربای متحرک می‌تواند جریان الکتریکی ایجاد کند. در همان زمان ماکسول[۴] و لورنتس[۵] نظر تکمیلی خود را چنین بیان کردند که الکتریسیته و مغناطیس به گونه‌ای جدانشدنی به همدیگر مربوطند. این دو را دیگر نمی‌توان به‌عنوان موضوع‌های جداگانه مطرح کرد، بلکه دو جنبه از یک موضوع واحدند: **الکترومغناطیس**. در این نوشتار به سیر تحولات نظریهٔ الکترومغناطیس پرداخته می‌شود.

کلیدواژه‌ها: الکتریسیته، مغناطیس، الکترومغناطیس، ارستد، آمپر، فارادی، ماکسول.

۱. وحدت جوهری

شناخت پدیده‌های الکتریسیته و مغناطیس به تمدن‌های اولیه برمی‌گردد. برای هزاران سال الکترومغناطیس صرفاً یک پدیده جالب و رمزآمیز بود، بدون اینکه نظریه‌ای برای توضیح آن وجود داشته باشد. بررسی این پدیده‌ها در قرن هفدهم به‌صورت علمی مطرح شد و نهایتاً در قرن نوزدهم تکامل یافت. در حال حاضر الکترومغناطیس به صورت نظریه‌ای زیبا و کامل مورد توجه فیزیک‌دانان است: الگوی ایده‌آلی که نظریه‌های دیگر می‌توانند از آن تقلید کنند. نقطه قوت این تئوری توانایی بالای آن در ایجاد **وحدت**[۶] در نهایت سادگی و خودسازگاری است. نظریهٔ الکترومغناطیس به بررسی و مطالعهٔ نیروی الکترومغناطیسی، یکی از چهار نیروی بنیادی طبیعت، در کنار نیروی هسته‌ای قوی، هسته‌ای ضعیف و گرانش می‌پردازد. این نیرو توصیف‌گر پدیده‌های اتمی و مولکولی و همچنین تمام پدیده‌هایی است که در زندگی روزمره اتفاق می‌افتند ـ به جز گرانش. در تئوری الکترومغناطیس این نیروها به وسیله میدان‌ها توصیف می‌شوند که با مجموعه‌ای از معادلات شناخته شده با عنوان معادلات ماکسول[۷] تبیین می‌شوند. وحدت پدیده‌های قابل مشاهده در طبیعت یکی از اهداف اصلی علم فیزیک است. اولین وحدت بزرگ، تئوری گرانش اسحاق نیوتن[۸] در قرن هفدهم بود که فهم پدیده جاذبه روی کره زمین را با رفتار اجسام آسمانی در فضا

یک‌پارچه کرد. دومین وحدت بزرگ، تئوری الکترومغناطیس بود کـــه درک پدیده‌های آهن‌ربا، الکتریســـیته و نور را گرد هم آورد. این تئوری در قرن بیســـتم نیز زمینه ظهور نظریه نسبیت خاص واقع شد که خود منجر به وحدت فضا و زمان و همچنین جرم و انرژی گردید.

۲. الکتریسیته و مغناطیس، پیش از قرن نوزدهم

بشـــر از قدیم با خواص عجیب و غریب کهربا[۹] و سنگ آهن مغناطیسی[۱۰] آشنا بود: کهربا وقتی مالش داده می‌شود اجسام سبک را جذب می‌کند و سنگ آهن نیز قدرت جذب اجسام آهنی را دارد. در آن زمـــان مردم درک کمی از این پدیده‌ها داشـــتند و قادر به توضیح آن‌ها نبودند. اولین شـــخصی که دربارهٔ قطب‌نما نوشـــت شن کوا[۱۱] - علامهٔ چینی- بود که در قرن یازدهم از مفهوم شـــمال برای جهت‌یابی استفاده کرد. همچنین اخیراً در سرزمین بین‌النهرین (عراق کنونی) اشیایی متعلق به دوره اشـــکانیان و ساسانیان یافت شده که شباهت زیادی بـــه پیل ولتا دارند، ولی اینکـــه کاربرد آن‌ها چه بوده بحث‌برانگیز است.

در قرون وســـطی مغناطیس یکی از معدود علومی بود که پیشـــرفت بیشـــتری کرد. در قرن دوازدهم قطب‌نما از چین بـــه اروپا رفت و در قرن ســـیزدهم نیـــز پتروپرگرینوس[۱۲] - فیزیک‌دان فرانســـوی- کشف مهمی کرد. او یک سنگ آهن کروی را برداشت و سوزن را بر روی نقاط مختلف آن قرار داد و هر بار خطی را که امتداد سوزن در آن جهت قرار می‌گرفت علامت‌گذاری کرد. او دید که این خطوط دایره‌هایی شـــبیه نصف‌النهارهای زمین تشـــکیل می‌دهند. در انتهای مخالف ســـنگ دو نقطه وجود داشـــت که تمام دایره‌هـــا از آن عبور می‌کردند، دقیقاً همان‌طور که همه نصف‌النهارها از قطب‌های شمال و جنوب زمین عبور می‌کنند. گرینوس تحت تأثیر این مشـــاهده این دو نقطه را **قطب**‌های آهن‌ربا نامید. او مشاهده کرد که جهت قرار گرفتن آهن‌رباها و جذب یکدیگر صرفاً به موقعیت قطب‌های آن‌ها بســـتگی دارد، گویی قطب‌ها محل قرارگیری قدرت مغناطیسی هستند. [۱]

تاریخ جدید الکتریســـیته و مغناطیس از سال ۱۶۰۰ آغاز می‌شود: زمانی که ویلیام گیلبرت[۱۳] - پزشک انگلیسی - کتاب «درباره آهن‌ربا» را نوشـــت. او به تفاوت نیروهای الکتریکی و مغناطیســـی پی برد و آزمایش‌هایی درباره این دو نیرو انجام داد. گیلبرت در این آزمایش‌ها کشـــف کرد که مواد دیگری به جز کهربا مانند گوگرد، موم، شیشـــه و ... نیز دارای خواص الکتریکی هســـتند. او دریافت مواد دارای خاصیت الکتریکی همدیگـــر را جـــذب می‌کنند و همچنین فهمیـــد حرارت و رطوبت از عواملی هســـتند که خاصیت الکتریکی اجسام را از بین می‌برند. گیلبرت در بسیاری از آزمایش‌های خود، زمین را به صورت یک ســـنگ آهن بزرگ به نـــام ترلا (terrella) مدل‌سازی می‌کرد و معتقد بود دلیل چرخش قطب‌نماها به سمت قطب شـــمال این است که زمین خاصیت مغناطیسی دارد - پیش از او معتقد بودند که ستاره قطبی یا یک جزیره مغناطیسی بزرگ در قطب شمال قطب‌نماها را به خود جذب می‌کنند. او اولین کسی بود که به درستی استدلال کرد مرکز زمین از جنس آهن است و این ویژگی مهم آهن‌ربا را فهمید که اگر قطعه‌قطعه شـــود، هر قطعهٔ آن یک آهن‌ربای جدید با قطب‌های شـــمال و جنوب خواهد بود. گیلبرت گرانش را نیز یک نیروی مغناطیسی در نظر می‌گرفت. [۱]

کار گیلبـــرت را رابرت بویل[۱۴] - شـــیمی‌دان و فیزیک‌دان انگلیســـی - دنبال کرد. بویل در ســـال ۱۶۷۵ کشف کرد که جاذبـــه و دافعـــهٔ الکتریکی در خلأ هم وجـــود دارد و به هوا به‌عنوان یک ماده میانجی (medium) نیازی نیست. او صمغ را هم به فهرست شناخته‌شده مواد دارای خاصیت الکتریکی اضافه کرد.

اتفاق مهم دیگری که در قرن هفدهم رخ داد، ساخت ژنراتور الکتریکی بود. در ســـال ۱۶۶۳ اتوفـــون گریکه[۱۵] - مهندس آلمانی - توانست با اســـتفاده از یک کُره در حال چرخش از جنس گوگرد که به یک تکه پارچه مالیده می‌شد الکتریسیتهٔ ساکن تولید کند. بعد از او هویگنس[۱۶] استفاده از کره کهربایی و اســـحاق نیوتن اســـتفاده از کره شیشـــه‌ای را به جای کره گوگردی پیشـــنهاد کردند. هدف اصلی گریکه از ساخت این ژنراتـــور، آزمایش کردن تئوری گیلبرت درباره گرانش بود. او در همین راســـتا، پمپ خلأ را هـــم اختراع کرد تا فضای بین سیارات را شبیه‌سازی کند. [۲] ولی نظر نیوتن با نظر گیلبرت و گریکه فرق می‌کرد. نیوتن در پرینســـیپیا[۱۷] نوشت: «نیروی گرانش ماهیت متفاوتی از نیروی مغناطیسی دارد. زیرا بعضی اجسام بیشتر به آهن‌ربا جذب می‌شوند، بعضی اجسام کمتر، بعضی اجســـام هم جذب نمی‌شوند. برخلاف گرانش، نیروی مغناطیسی یک جسم یکسان ممکن است افزایش یا کاهش یابد، و بعضاً به مقدار مادهٔ آن جسم ارتباطی ندارد.» [۱]

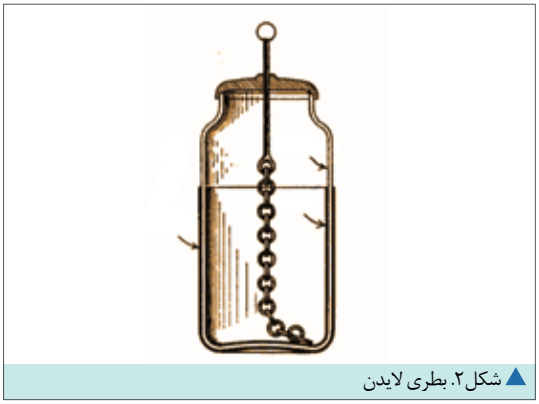
▲ شکل ۱: گریکه و کره گوگردی

در حال حاضر الکترومغناطیس به صورت نظریه‌ای زیبا و کامل مورد توجه فیزیک‌دانان است: الگوی ایده‌آلی که نظریه‌های دیگر می‌توانند از آن تقلید کنند

قرن هجدهم قرن بسیار مهمی در تاریخ الکتریسیته و مغناطیس بود. در سال ۱۷۲۹، استفان گری[۱۸] - رنگرز و ستاره‌شناس انگلیسی - مشاهده کرد الکتریسیته‌ای که با مالش دادن یک لوله شیشه‌ای تولید می‌شود، می‌تواند از راه دور از طریق سیم نازک آهنی با استفاده از نخ‌های ابریشمی به‌عنوان عایق منتقل شود. پس او مواد را به دو دسته تقسیم کرد: مواد **غیرالکتریکی** (مانند فلز و آب که بارها را انتقال می‌دادند) و مواد **الکتریکی** (مانند شیشه و صمغ و ابریشم که بارها را نگه می‌داشتند). بعد از او جان دزاگولیه[۱۹] - دستیار تجربی نیوتن - آن‌ها را **هادی** و **عایق** نامید. دزاگولیه همچنین ادعا کرد: «آزمایش‌های الکتریکی گری از همه آزمایش‌های الکتریکی که دانشمندان دیگر در قرن هفدهم و هجدهم انجام دادند بیشتر است.» [۳]

در سال ۱۷۳۴ شارل دو فی[۲۰] با الهام از آزمایش‌های الکتریکی گری، تمایز بین دو نوع الکتریسیته را کشف کرد. الکتریسیتهٔ **صمغی** که از مالش کهربا و صمغ با ابریشم و کاغذ تولید می‌شود، و **الکتریسیتهٔ شیشه‌ای** که با مالیدن شیشه و سنگ‌های قیمتی با مو و پشم تولید می‌شود. او همچنین اصل جاذبهٔ متقابل نوع‌های مخالف و دافعه دو نوع مشابه را مطرح کرد و گفت: «با این اصل می‌توان تعداد زیادی از پدیده‌های الکتریکی را توضیح داد.» بعدها بنجامین فرانکلین[۲۱] اصطلاحات مثبت و منفی را جایگزین صمغی و شیشه‌ای کرد.

در سال ۱۷۴۵ استادان دانشگاه لایدن نخستین وسیله برای جمع‌آوری و نگه‌داری بار الکتریکی را اختراع کردند: بطری لایدن[۲۲]، یک خازن ساده، شامل یک بطری شیشه‌ای نیمه‌پر از آب و یک سیم رسانای ضخیم بود. این سیم می‌توانست بار الکتریکی را در ولتاژ بالا از یک منبع خارجی بگیرد و روی هادی‌های الکتریکی داخل و خارج بطری شیشه‌ای ذخیره کند. یک سال بعد ویلیام واتسون[۲۳] - پزشک و دانشمند انگلیسی- نمونهٔ پیچیده‌تری از بطری لایدن را ساخت. او داخل و خارج ظرف را با فویل فلزی پوشاند تا ظرفیت آن برای ذخیرهٔ بار افزایش یابد. در سال ۱۷۴۷ واتسون مشاهده کرد که تخلیهٔ الکتریسیتهٔ ساکن باعث جریان الکتریکی می‌شود و مفهوم پتانسیل الکتریکی - ولتاژ - را خلق کرد. [۴]



▲ شکل ۲. بطری لایدن

در حالی که نظریهٔ الکتریسیته داشت بر پایه و اساس محکمی، توسط دانشمندان بزرگ قرن هجدهم، فراگیر می‌شد، تحولات برجسته‌ای هم در نظریه مغناطیس در حال رخ دادن بود. جاذبهٔ بین آهن‌رباها قبل‌تر از قانون جاذبه اجسام دارای بار الکتریکی مورد بررسی قرار گرفته بود. جان میشل[۲۴] -زمین‌شناس انگلیسی- در سال ۱۷۵۰، زمانی که دانشجوی کالج کویین کمبریج[۲۵] بود، نوشت: «هرجا مغناطیس یافت شود - چه در خود آهن‌ربا، چه قطعه‌ای از آهن و غیره که توسط آهن‌ربا برانگیخته شده است - همیشه دو قطب وجود دارد که شمالی و جنوبی خوانده می‌شود. قطب شمال همیشه قطب‌های جنوب را به خود جذب می‌کند و قطب‌های شمال دیگر را دفع می‌کند، و برعکس. ضمناً جاذبه و دافعه آهن‌ربا با مربع فاصله از قطب‌های آن کاهش می‌یابد.» [۱]

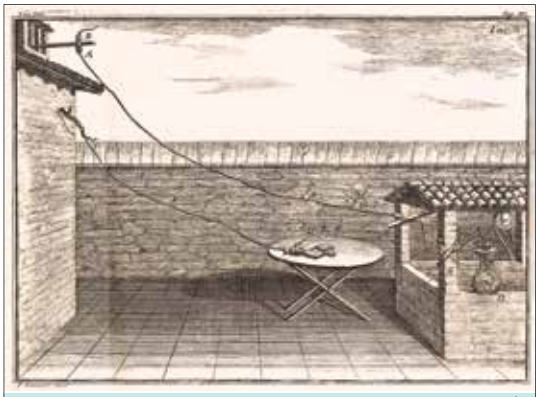
در آمریکا بنجامین فرانکلین - نویسنده، دانشمند و سیاست‌مدار آمریکایی - در سن چهل‌سالگی چاپخانه، روزنامه و سالنامهٔ خود را فروخت تا وقتش را صرف انجام آزمایش‌های الکتریسیته کند. او در سال ۱۷۵۲ یک بادبادک را در طوفان به پرواز درآورد و مقداری از بار آن را به بطری لایدن منتقل کرد و نشان داد که خواص رعد و برق همان بار تولیدشده توسط یک ژنراتور الکتریکی است. او این فرضیه را مطرح کرد که یک سیال الکتریکی وجود دارد - بلکه همان اتر- که در همه مواد در کل فضا وجود دارد. اگر غلظت این سیال در داخل و خارج جسمی یکسان باشد، بار آن جسم خنثی خواهد بود و اگر جسم دارای مقدار بیشتری از این سیال باشد بارش مثبت است، اگر کمتر باشد بارش منفی است. این ایده مخالف ایده دو فی به نظر می‌رسد، اما حقیقت این است که هر دو صحیح هستند. نظریه فرانکلین صحیح است؛ زیرا بیشتر جریان‌های الکتریکی نتیجه حرکت الکترون‌ها - **تک‌سیال** - هستند. در عین حال، ذرات دو نوع بار منفی و مثبت دارند، که از این نظر هم نظریهٔ دو فی - **دو سیال** - درست است. [۴]

در سال ۱۷۸۴ هنری کاوندیش[۲۶] - فیزیک‌دان انگلیسی - اولین کسی بود که از جرقهٔ الکتریکی استفاده کرد تا با انفجار هیدروژن و اکسیژن با نسبت‌های مناسب آب خالص تولید کند. کاوندیش همچنین ظرفیت القایی دی‌الکتریک‌ها - عایق‌ها - را کشف و ظرفیت القایی مواد مختلف را نسبت به هوا اندازه‌گیری کرد. بخش بزرگی از کارهای کاوندیش تا اواخر قرن نوزدهم که ماکسول نوشته‌های او را برای انتشار ویرایش می‌کرد، ناشناخته مانده بود و تا آن زمان بسیاری از آن‌ها به نام دیگران ثبت شده بود. آزمایش‌های او در زمینه رسانایی الکتریکی یک قرن از زمان خود جلوتر بودند. کاوندیش پیش‌بینی کرده بود که: «ذرات باردار همدیگر را با معکوس توانی کمتر از توان سوم فاصله جذب می‌کنند.» کمی بعد شارل آگوستن دو کولن[۲۷] - فیزیک‌دان فرانسوی -

بخش بزرگی از کارهای کاوندیش تا اواخر قرن نوزدهم که ماکسول نوشته‌های او را برای انتشار ویرایش می‌کرد، ناشناخته مانده بود و تا آن زمان بسیاری از آن‌ها به نام دیگران ثبت شده بود

پیش‌بینی او را اثبات کرد. در سال ۱۷۸۵ آنچه را که اکنون به‌عنوان قانون کولن شناخته می‌شود کشف کرد: «نیروی بین دو جسم کوچک الکتریکی به‌طور معکوس با مربع فاصله تغییر می‌کند.» بخش بزرگی از پدیده‌های الکتریکی با کشف کولن قابل توضیح شدند. [۵]

در ۱۷۹۱ لوییجی گالوانی[۲۸] - فیلسوف و پزشک ایتالیایی - سعی کرد تئوری رعدوبرق فرانکلین را آزمایش کند. او هنگام وقوع طوفان، پاهای قورباغه‌ای را روی یک داربست فلزی آویزان کرد. اما متوجه شد که پاها حتی وقتی طوفانی وجود ندارد حرکت می‌کردند. او این حرکت را به چیزی به نام **الکتریسیتهٔ حیوانات** نسبت داد. او معتقد بود این الکتریسیته، منشاء زندگی و قدرت و انگیزه حیوانات است، به‌طوری که انگار موجودات زنده نوعی بطری لایدن هستند.



▲ شکل ۳. آزمایش گالوانی

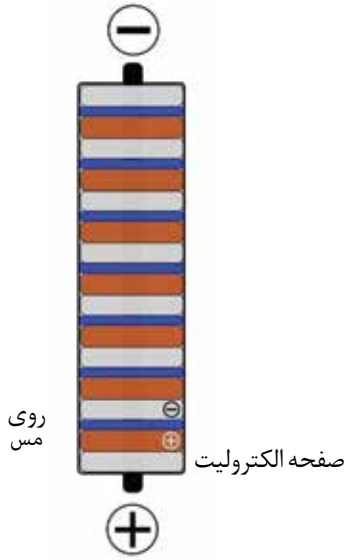
در سال ۱۷۹۳ الساندرو ولتا[۲۹] - فیزیک‌دان و شیمی‌دان ایتالیایی - در نامه‌ای به انجمن سلطنتی از آزمایش‌های لوئیجی گالوانی تمجید کرد و آن‌ها را «زیباترین و مهم‌ترین اکتشافات» نامید. ولی خودش متقاعد نشد که الکتریسیته گالوانیک یک پدیده جدید - به جز همان نیروی الکتریکی که در سایر فرایندهای طبیعی یافت می‌شود - است. او شروع به بررسی رفتار فلزات با دهان خودش کرد و دید که اگر از دو فلز مختلف استفاده شود - نقره و قلع یا مس و غیره - طعم ترش و احساس سوزن‌سوزنی ایجاد می‌شود. او دریافت که وقتی یک فلز در تماس با دو سیال مختلف قرار می‌گیرد هم اثرات مشابهی تولید می‌شود. تلاش‌های ولتا برای مخالفت با گالوانی منجر به ساخت پیل ولتا یا اولین **باتری** در سال ۱۸۰۰ میلادی شد؛ این پیل می‌توانست جریان ثابت تولید کند. پس دیگر نیازی نبود که برای تولید الکتریسیته از مالش و اصطکاک کره گوگردی و ... استفاده شود. پیل ولتا به سرعت تبدیل به تجهیزات رایج در هر آزمایشگاه شد و عصر جدیدی را به روی آزمایش‌های الکتریکی گشود و این سرآغازی برای تاریخ مدرن الکترومغناطیس شد. [۶]

پیل ولتا از دو الکترود تشکیل می‌شد: یکی از جنس روی و دیگری از مس. به عنوان الکترولیت هم از آب‌نمک و یا محلول اسیدسولفوریک استفاده می‌شد. فلز روی - که در سری‌های الکتروشیمیایی بالاتر از مس و هیدروژن است - اکسیده می‌شد، سپس به کاتیون‌های روی (Zn^{2+}) تبدیل می‌شد و الکترون‌هایی آزاد می‌کرد که به سمت الکترود مس حرکت می‌کردند. یون‌های مثبت هیدروژن این الکترون‌ها را از الکترود مس جذب می‌کردند و حباب‌های گاز هیدروژن (H_2) تشکیل می‌دادند. این اتفاق میلهٔ روی را به الکترود منفی و میلهٔ مسی را به الکترود مثبت تبدیل می‌کرد. بنابراین دو پایانه به وجود می‌آمد کهصص در صورت ایجاد اتصال بین آن‌ها جریان الکتریکی جاری می‌شد.

واکنش‌های شیمیایی رخ داده در پیل ولتا به شرح زیر است:

روی: $zn \rightarrow zn^{2+} + 2e^-$

الکترولیت: $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$



▲ شکل ۴. پیل ولتا

۳. الکترومغناطیس کلاسیک در قرن نوزدهم

در سال ۱۸۰۰ الساندرو ولتا اولین دستگاهی را اختراع کرد که می‌توانست جریان الکتریکی زیاد تولید کند. این دستگاه بعدها باتری نام گرفت. ناپلئون بناپارت[۳۰] - امپراطور فرانسه - که از کار ولتا آگاه بود، در سال ۱۸۰۱ او را برای اجرای آزمایش‌های خود فراخواند. ولتا مدال‌ها و افتخارات زیادی از جمله لژیون دونور - بالاترین نشان افتخار فرانسه[۳۱] - را نیز دریافت کرد.

در سال ۱۸۰۶ سر همفری دیوی[۳۲] - شیمی‌دان انگلیسی - با استفاده از یک پیل ولتای تقریباً ۲۵۰ سلولی، پتاس و سودا

طوفان گالوانی هنگام وقوع پاهای قورباغه‌ای را روی یک داربست فلزی آویزان کرد. اما متوجه شد که پاها حتی وقتی طوفانی وجود ندارد حرکت می‌کردند

را تجزیه کرد تا نشـــان دهد این مواد به ترتیب اکســـیدهای پتاسیم و سدیم - فلزاتی که تا آن زمان شناخته‌شده نبودند- هستند. دیوی یک سخنران بسیار محبوب در انجمن سلطنتی بود که اســـتعداد نمایشی زیادی داشت. وقتی او به سخنرانی عصر جمعه می‌پرداخت، ســـالن‌های سخنرانی پر می‌شدند. افرادی که نمی‌توانســـتند وارد شـــوند هم در خیابان منتظر می‌ماندند تا آنچه را که اتفاق می‌افتاد بشـــنوند. آزمایش‌های دیوی آغاز الکتروشیمی بود. او با استفاده از باتری‌های بزرگ‌تر و بزرگ‌تر، نمایش‌های عجیب‌تری از قدرت اثر الکتروشیمیایی ارائه می‌داد. در ســـال ۱۸۰۹ همفری دیوی با یک پیل ولتای ۲۰۰۰ ســـلولی اولین نمایش عمومی از لامپ قوسی - نوعی لامـــپ که در آن با کمک یونش گاز میان دو الکترود و تولید قوس الکتریکی نور تولید می‌شود - را ارائه داد. [۵]

دیوی از رابطهٔ میان الکتریسیته و پیوند شیمیایی مواد عمیقاً تحت تاثیر قرار گرفت. او معتقد بود که باید یک نیروی واحد در کل طبیعت وجود داشته باشد و این وظیفهٔ فلاسفه است که این نیرو را به صورت تجربی کشف کنند. او در این ایده تحت تأثیر فلسفهٔ ایده‌آلیستی ایمانوئل کانت[۳۳] قرار داشت. کانت در سال ۱۷۸۱ در کتاب «نقد عقل محض»[۳۴] این‌طور استدلال کرده بود که ما هرگز به ماهیت حقیقی اجســـام - آن‌طور که خودشان هســـتند - دسترسی نداریم، پس هیچ دلیلی ندارد که فرض کنیم اجسام غیرقابل‌مشاهده (sub-sensible) مانند اجسام قابل‌مشـــاهده (sensible) هستند. کانت همچنین در سال ۱۷۸۶ در کتاب «مبانی متافیزیکی علوم فیزیکی»[۳۵] ادعا کرده بود که ممکن اســـت همه مواد صرفـــاً مظهری از نیرو باشند - یک نیروی واحد. [۶]

نیمه اول قرن نوزدهم در تاریخ الکتریســـیته و مغناطیس بســـیار تأثیرگذار بود. هانس کریســـتین ارستد - فیزیک‌دان دانمارکی- در سال ۱۸۱۳ نوشت: «مقایسه نیروی مغناطیسی با نیروی الکتریکی همیشـــه وسوسه‌کننده بوده است ... باید تلاش کرد و دید که آیا الکتریســـیته کنش و تأثیری بر روی آهن‌ربا دارد یا نه.» او در ســـال ۱۸۲۰ در حال تدریس دربارهٔ پدیده‌های الکتریکی، ســـوزن یک قطب‌نما را در کنار ســـیم پلاتینی حـــاوی جریان الکتریکی قرار داد. ســـوزن در زاویه قائمه نســـبت به سیم منحرف شد. هنگامی که ارستد جهت جریان را تغییر داد، ســـوزن در جهت مخالف منحرف شـــد. کشف ارستد نتایج بسیار گسترده‌ای داشت و سرنخی از رابطه نزدیک و متقابل الکتریسیته و مغناطیس به دانشمندان داد. آندره ماری آمپر - ریاضی‌دان و فیزیک‌دان فرانسوی - مانند اکثر دانشمندان آن زمان اروپا شـــروع به بررسی تعامل این نیروها کرد. او در ســـال ۱۸۲۱ تئوری معروف خود را درباره الکترودینامیک، به شرح زیر، اعلام کرد:[۵]

I. دو قســـمت موازی مدار اگر جریان‌های هم‌جهت داشته باشـــد یک‌دیگر را جذب می‌کنند و اگر جریان‌هایشان خلاف جهت هم باشند، یک‌دیگر را دفع می‌کنند.

II. دو قســـمت از مدار کـــه از روی یک‌دیگر عبور می‌کنند، اگر جریان هر دو به ســـمت نقطه تقاطع بیاید یا هر دو از آن دور شـــود یک‌دیگر را جذب می‌کنند؛ ولی اگر جریان یکی به سمت نقطه بیاید و جریان دیگری از آن دور شود یک‌دیگر را دفع می‌کنند.

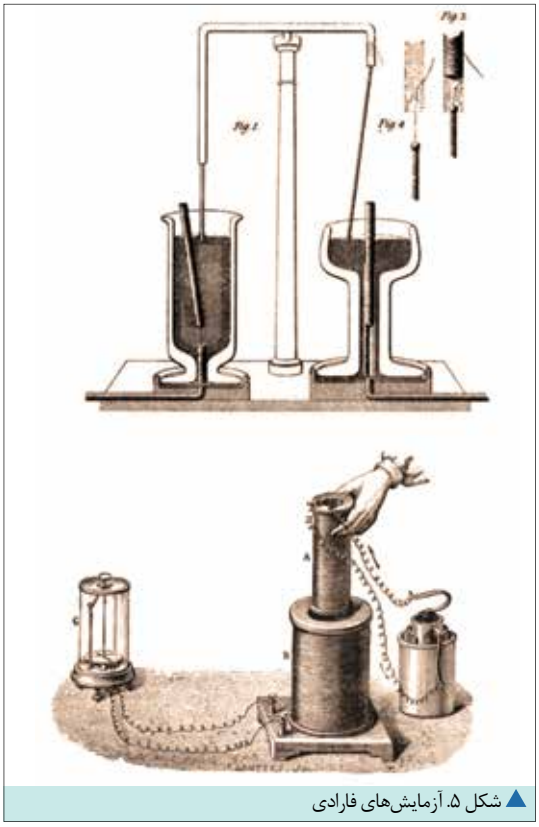
III. هنگامی که یک قسمت مدار بر قسمت دیگر نیرو وارد می‌کند، این نیرو تمایل دارد که قسمت دیگر را عمود بر جهت خودش هدایت کند.

آمپر همچنین یکی از اولین افرادی بود که به ســـاخت ابزار اندازه‌گیری الکتریکی فکر کرد. او با اســـتفاده از یک ســـوزن متحـــرک ابزاری برای اندازه‌گیری جریان الکتریکی ســـاخت که نهایتاً منجر به اختراع گالوانومتر توســـط یوهان شوایگر[۳۶] - شـــیمی‌دان و فیزیک‌دان آلمانی- شد. [۵] در سال ۱۸۲۶ جورج زیمون اهـــم[۳۷] - فیزیک‌دان آلمانـــی- قانون مقاومت الکتریکـــی (V=I.R) را در ژورنال[۳۸] شـــوایگر بیان کرد و در رساله[۳۹] برجسته‌اش نیز، در سال ۱۸۲۷ ، منتشر ساخت. واحد مقاومت الکتریکی (Ω) به افتخار او نام‌گذاری شده است. [۷]

در فیزیک نیوتنی قرن هجدهم و اوایل قرن نوزدهم، نیروها این‌گونه شـــناخته می‌شـــدند که در خط مستقیم از جسمی به جســـم دیگر عمل می‌کننـــد. پیر ســـایمون لاپلاس[۴۰] - ریاضی‌دان، فیزیک‌دان، و فیلســـوف فرانسوی- این موضوع را یک اصل اساســـی در فیزیک می‌دانســـت. ولی معلوم شد که نیروی الکترومغناطیسی از این اصل پیروی نمی‌کند و حالت **چرخشـــی** دارد. برخی از نظریه‌پردازان تلاش کردند تا این نیروهـــا را به حالت خاصی از نیروهـــای نیوتنی تقلیل دهند. اما مایکل فارادی -شـــیمی‌دان و فیزیک‌دان انگلیســـی- این ویژگی‌ها را به عنوان ویژگی‌های بنیادین در نظر گرفت. او در نوجوانی، هنگامی که در یک کتاب‌فروشی شاگردی می‌کرد، در سخنرانی‌های همفری دیوی در انجمن سلطنتی نیز شرکت می‌کرد. پس از مدتی خودش هم به عنوان دســـتیار دیوی به انجمن سلطنتی پیوست و کم‌کم شروع به سخنرانی و تدریس کرد. در نهایت کارهای او به طور چشمگیری عمیق‌تر از کارهای همفری دیوی از آب درآمد. او یک آزمایش‌گر بسیار دقیق بود که در زمینه‌های الکترومغناطیس و پیوند شـــیمیایی تحقیق می‌کرد. در دهه ۱۸۲۰ از او خواسته شد گزارشی از تاریخچه الکترومغناطیس تهیه کند. آن‌قدر کارهای زیادی در این زمینه انجام شده بود که برای فارادی سخت بود بفهمد چه کسی چه کاری را انجام داده اســـت. بنابراین او خودش همه آزمایش‌ها را تکرار کرد. [۶] آزمایش‌های مایکل فارادی در ســـال ۱۸۳۱ منجر به کشف قانون القای الکترومغناطیسی شد. او هنگامی به موفقیت دست یافت که دو سیم عایق‌بندی‌شده را به دور یک حلقه عظیم آهنی پیچید و مشاهده کرد که با عبور جریان از طریق یک سیم‌پیچ، یک جریان الکتریکی لحظه‌ای در سیم‌پیچ

ماکسول نیز پس از کامل کردن تحصیلات ریاضی‌اش در کمبریج، وارد عرصهٔ الکتریسیته شد و تحقیقات فاریدی فریبندهٔ فارادی در زمینهٔ جریان‌های الکتریکی و قطب‌های مغناطیسی توجهش را جلب کرد

دیگر القا می‌شود. او دریافت که اگر یک آهن‌ربا را درون حلقه سیم جابه‌جا کند -یا برعکس- یک جریان الکتریکی در سیم جریان می‌یابد. فارادی از این اصل برای ساخت دینام الکتریکی استفاده کرد. مدل ذهنی فارادی از خطوط شار منتشر شونده از اجسام باردار و آهن‌رباها زمینه‌ساز تعریف میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی شد. [۵] اگرچه فارادی ریاضیات زیادی بلد نبود، اما پایه و اســاس تئوری الکترومغناطیس را بنیان‌گذاری کرد. کشف او مبنی بر اینکه یک میدان مغناطیسی در حال تغییر باعث ایجاد میدان الکتریکی می‌شود، اگر به زبان ریاضی نوشته شود یکی از معادلات ماکسول است.



▲ شکل ۵. آزمایش‌های فارادی

پس از ارائهٔ قانون القای فارادی، هاینریش لنز[۴۱] - فیزیک‌دان آلمانی - روسی، قانون معروف خود را که به قانون لنز معروف اســت ارائه داد. او نتیجه مشاهدات خود را در سال ۱۸۳۳ در آکادمی علمی سنت‌پترزبورگ اعلام کرد. براساس این قانون اگر یک شار مغناطیسی در حال افزایش - یا کاهش - نیروی الکتریکی را القــا کند، جریان الکتریکــی حاصل در جهتی خواهد بود که با افزایش یا کاهش بیشــتر شــار مغناطیسی مخالفــت کند. قانون لنز در واقع تفســیر فیزیکی از علامت مثبت یا منفی در قانون القای فارادی است. [۵]

در سال ۱۸۴۲ ویلیام تامسون[۴۲] معروف به لرد کلوین[۴۳] - ریاضی‌دان و فیزیک‌دان و مهندس انگلیسی - در سن هجده ســالگی یک قیاس ریاضی بین میدان الکترواستاتیک و شار گرمایــی ارائه داد. این قیاس در واقع ســازگاری ریاضی بین **مدل میدان‌ها** - نسبت دادن یک کمیت فیزیکی از جنس عدد یا تانســور به هر نقطه از فضا - و مدل کنش از راه دور - اثر متقابل غیرموضعی اجسام در فضا، بدون اینکه با هم تماس فیزیکی داشته باشند - را نشان می‌دهد. [۶]

میدان	جسمی که نامتقارن گرم شده باشد
محیط دی‌الکتریک	جسم هدایت‌کنندهٔ گرمایی
رسانای الکتریکی	جسم هدایت‌کنندهٔ گرمایی ایده‌آل
حرکت ذرات از پتانسیل کمتر به بیشتر	جریان گرما از دمای بیشتر به دمای کمتر
سطح رسانا	سطحی که گرما وارد آن می‌شود
سطح رسانا	سطحی که گرما از آن خارج می‌شود
جسم باردار	جسم گرماگیر

کلوین همچنین در مقاله‌ای در سال ۱۸٤٦ روشی ریاضیاتی - عملگر کرل - را برای مدل‌سازی نحوهٔ پیچش نیروی مغناطیسی در اطراف سیم حامل جریان معرفی کرد. سبک توصیف کلوین از پدیده‌ها کاملاً فیزیکی بود. اما نسل بعد فیزیک‌دانان - مانند ماکســول - ترجیح دادند از مدل ریاضی به‌عنوان توصیف یک واقعیت فیزیکی ناشناخته استفاده کنند. [۶]

جیمز کلرک ماکسول - فیزیک‌دان اسکاتلندی- دو ماه پس از مرگ فارادی متولد شــد. در دهه ۱۸۵۰ که او دانشــجوی کمبریــج[۴۴] بود، الکترومغناطیس خــوراک رایج ریاضی‌دانان این دانشــگاه نبود. برنامه آموزشی آن‌ها روی علوم ریشه‌داری مانند مکانیک سماوی، اپتیک موجی و هیدرودینامیک متمرکز بود. دانشگاه‌های انگلستان حتی آزمایشگاه‌های آموزشی برای فیزیک هم نداشتند. ولی ماکسول در دیداری که در نوزده‌سالگی با لرد کلوین داشت توانست با نبوغ خود توجه او را جلب کند. کلوین که در آن زمان استاد جوانی در دانشگاه گلاسکو[۴۵] بود ماکسول را تشویق کرد تا در خانهٔ روستایی‌شان، کریستال‌های حســاس به مغناطیس تولید کند. ماکسول نیز پس از کامل کردن تحصیلات ریاضی‌اش در کمبریج، وارد عرصهٔ الکتریسیته شد و تحقیقات فریبندهٔ فارادی در زمینهٔ جریان‌های الکتریکی و قطب‌های مغناطیسی توجهش را جلب کرد. کلوین هم که از قبل روی این معماها کار می‌کرد، او را راهنمایی کرد. سرانجام ماکسول و دیگر فارغ‌التحصیلان توانستند به جنگ الکتریسیته بروند. همه‌چیز در زمان مناسب رخ داد. [۸]

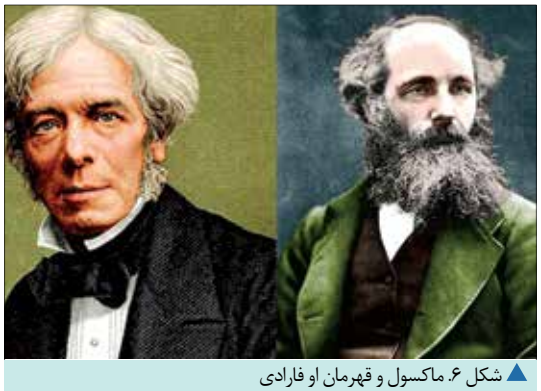
ماکسول سرانجام در سال ۱۸٦۵ مقاله معروف خود را منتشر کرد: «یک تئــوری دینامیکی در باب الکترومغناطیس». او در این مقاله معادلاتی را که به نام خودش «معادلات ماکســول» نــام گرفت بیان کرد و نشــان داد که میدان‌هــای الکتریکی و مغناطیســی دو جنبه مکمل از الکترومغناطیس هستند. او

فارادی معتقد بود که نور نیز سرشت الکتریکی دارد. تئوری ماکسول تأییدی درخشان برای این فرضیه فراهم کرد و به زودی اپتیک - یعنی مطالعه عدسی‌ها، آینه‌ها، منشورها، تداخل و پراش- نیز در بحث الکترومغناطیس گنجانده شدند

قوانین اساسی حوزه الکترومغناطیس را در یک پاورقی به صورت زیر نوشت:

I. نیروی الکتریکی در یک نقطه تمایلی به انحراف به سمت داخل یا خارج ندارد.
II. نیروی مغناطیسی در یک نقطه تمایلی به انحراف به سمت داخل یا خارج ندارد.
III. با تغییرات نیروی مغناطیسی، یک نیروی الکتریکی چرخشی پادساعت‌گرد در اطراف آن پیچیده می‌شود.
IV. با تغییرات نیروی الکتریکی، یک نیروی مغناطیسی چرخشی ساعت‌گرد در اطراف آن پیچیده می‌شود.

گزاره‌های اول و دوم بیان می‌کنند که این خود میدان است - و نه بارهای داخل میدان - که دیورژانس ایجاد می‌کند. در گزاره‌های سوم و چهارم نیز یک ثابت قابل محاسبه وجود دارد که تغییرات میدان‌ها در فضا را به تغییرات در زمان مربوط می‌کند. ماکسول با استفاده از این ثابت، سرعت ارتعاش میدان‌های الکترومغناطیسی را ۳۱۰۷۴۰۰۰۰ متر بر ثانیه به دست آورد و نوشت: «این سرعت به قدری به سرعت نور نزدیک است که به نظر می‌رسد دلیل محکمی داریم تا نتیجه بگیریم نور یک آشفتگی الکترومغناطیسی به شکل امواج منتشر شده از طریق میدان‌ها با قوانین الکترومغناطیس است.» به خاطر مرگ زودرس ماکسول (۱۸۷۹-۱۸۳۱) به دلیل سرطان روده، دفاع از کار او به چند دانشمند جوان[۴۶] سپرده شد. آن‌ها از سودمندی تئوری ماکسول در کاربردهای عملی در صنایع جدید الکتریکی حمایت کردند و نسخهٔ جدیدی از این تئوری را با زبان آنالیز برداری بیان کردند. [۶]


شکل ۶. ماکسول و فهرمان او فارادی

در سال ۱۸۸۷ هاینریش هرتز - فیزیک‌دان آلمانی - وقتی به‌عنوان دانشیار در دانشگاه کیل[۴۷] مشغول بود، در مجموعه‌ای از آزمایش‌ها توانست موج الکترومغناطیسی تولید کند. هرتز که خودش از شاگردان هرمان فون هلمهولتز[۴۸] - فیزیک‌دان آلمانی - بود، نشان داد که این امواج همان‌طور که ماکسول و فارادی پیش‌بینی کرده بودند، در فضای آزاد و به صورت عرضی منتشر می‌شوند. او سرعت امواج الکترومغناطیسی را نیز اندازه‌گیری کرد و با آزمایش‌هایش بازتاب، شکست، قطبش و تداخل این امواج را توضیح داد. استاد او هلمهولتز، وقتی می‌خواست خبر این کشف را به جامعهٔ فیزیک برلین اعلام کند، گفت:«آقایان! امروز باید خبر مهم‌ترین اکتشاف قرن را به شما برسانم.»[۶]

فارادی معتقد بود که نور نیز سرشت الکتریکی دارد. تئوری ماکسول تأییدی درخشان برای این فرضیه فراهم کرد و به زودی اپتیک - یعنی مطالعه عدسی‌ها، آینه‌ها، منشورها، تداخل و پراش- نیز در بحث الکترومغناطیس گنجانده شدند. هرتز[۴۹] که با آزمایش‌های قاطع خود در سال ۱۸۸۸ میلادی بر تئوری ماکسول مهر تأیید زد، این مطلب را چنین شرح داد: «حال ارتباط بین نور و الکتریسیته محرز است ... در هر شعله، در هر ذرهٔ منوّر، یک فرایند الکتریکی مشاهده می‌کنیم ... از این‌رو قلمرو الکتریکی بر سرتاسر طبیعت گسترده است. حتی بر خود ما هم تأثیرگذار است: به این دلیل آن را درک می‌کنیم که دارای ... ابزاری الکتریکی به نام چشم هستیم.»[۹] بدین ترتیب تا سال ۱۹۰۰ میلادی سه شاخهٔ عمدهٔ فیزیک یعنی الکتریسیته، مغناطیس و اپتیک در یک تئوری واحد گنجانده شدند. کمی بعد هم آشکار شد که نور مرئی تنها یک پنجره باریکی از طیف وسیع تابش الکترومغناطیسی را - که از امواج رادیویی، میکروموج‌ها، پرتوهای فروسرخ و فرابنفش، تا پرتوهای x و گاما تشکیل شده‌اند - به نمایش می‌گذارد.

۴. الکترومغناطیس و نظریه‌های فیزیک در قرن بیستم

مفاهیم نظری الکترومغناطیس منجر به ارائهٔ نظریهٔ نسبیت خاص توسط آلبرت اینشتین در سال ۱۹۰۵ شد. نسبیت خاص نظریه‌ای فیزیکی دربارهٔ اندازه‌گیری در چارچوب‌های مرجع لخت است که در سال ۱۹۰۵ میلادی توسط آلبرت اینشتین - فیزیک‌دان آلمانی - مطرح شد. اینشتین این اصل را با در نظرگرفتن پدیده سرعت ثابت نور گسترش داد؛ پدیده‌ای که به تازگی در آزمایش مایکلسون - مورلی[۵۰] مشاهده شده بود. او همچنین بیان نمود که این اصل برای تمام قوانین فیزیک - که در آن زمان شامل قوانین مکانیک و الکترومغناطیس می‌شد - صادق است. [۱۰]

تئوری الکترومغناطیس با نسبیت خاص سازگار است. معادلات ماکسول تحت تبدیلات لورنتس - معادلات تبدیل در نسبیت خاص - ناوردا (معادل فرهنگستان برای Invariant) هستند و نیازی به اصلاح ندارند. در واقع لورنتس معادلات تبدیل خود را در ابتدا با تکیه بر لزوم ناوردایی معادلات ماکسول به دست آورد. در بیانیه‌ای که اینشتین

تئوری الکترومغناطیس با نسبیت خاص سازگار است. معادلات ماکسول تحت تبدیلات لورنتس - معادلات تبدیل در نسبیت خاص - ناوردا (معادل فرهنگستان برای Invariant) هستند و نیازی به اصلاح ندارند

در سال ۱۹۵۲ برای کنفرانس بزرگداشت صدمین سال تولد مایکلسون فرستاد نوشت:

«تأثیر تجربهٔ سرنوشت‌ساز مایکلسون - مورلی روی کوشش‌های من نسبتاً غیرمستقیم بوده است. من از طریق بررسی قاطع لورنتس در مورد الکترودینامیک اجسام متحرک در سال ۱۸۹۵ که قبل از گسترش نظریه نسبیت خاص با آن آشنا بودم، از این تجربه آگاه شدم ... چیزی که مرا کم و بیش مستقیماً به نظریه نسبیت خاص هدایت کرد این اعتقاد بود که نیروی متحرک الکتریکی وارد بر یک جسم متحرک در داخل یک میدان مغناطیسی چیزی جز میدان الکتریکی نیست.'' [۱۱]

اینشتین سال‌های پایانی عمرش را در جستجوی **نظریه همه‌چیز** گذراند، اما متأسفانه تلاشش به نتیجه نرسید. نظریه همه‌چیز به نظریه‌ای اطلاق می‌شود که بتواند هر چهار نیروی بنیادی طبیعت -گرانش، هسته‌ای قوی، هسته‌ای ضعیف و الکترومغناطیس- را با هم متحد کند. چنین چیزی تاکنون به طور کامل تحقق نیافته است، زیرا گرانش نیروی سرکشی است که به این راحتی در قاب سه نیروی دیگر جا نمی‌گیرد. توصیفی که در فیزیک ذرات برای یک‌پارچه‌سازی دو نیروی الکترومغناطیسی و هسته‌ای ضعیف به کار می‌رود، نیروی الکتروضعیف نام دارد. این به آن معناست که ریاضیات حاکم بر نیروهای ضعیف و الکترومغناطیسی یکسان هستند. هر دو نیرو با تقارن ریاضی یکسانی مقید می‌شوند و بازتاب متفاوتی از یک نظریه اساسی و واحد هستند. تقارن، به‌واسطه برهم‌کنش میدان هیگز[51] با ذرات حامل نیروی ضعیف به طور خودبه‌خود می‌شکند، نه به خاطر برهم‌کنش با ذره‌های حامل نیروی الکترومغناطیسی. این شکست خودبه‌خود تقارن طبیعت، باعث می‌شود که این دو نیرو به عنوان دو نیروی مجزا و جداگانه در مقیاس‌هایی که ما می‌توانیم اندازه‌گیری کنیم ظاهر شوند: با کوتاه‌برد بودن نیروی ضعیف و بلندبرد ماندن نیروی الکترومغناطیسی. اگرچه این دو نیرو در انرژی‌های پایین کاملاً متفاوت رفتار می‌کنند، اما در انرژی‌هایی با گسترهٔ ۱۰۰ گیگاالکترون ولت یکی می‌شوند که همان نیروی الکتروضعیف پیش‌گفته است. بنابراین مدت کوتاهی پس از بیگ‌بنگ که کیهان به حد کافی داغ بوده است -تقریباً ۱۰۱۵ کلوین- این دو نیرو یکی بوده‌اند. [۱۲] از افرادی که بر روی یک‌پارچه‌سازی این دو نیرو کار کردند می‌توان به شلدون گلاشو، استیون واینبرگ و عبدالسلام[52] اشاره کرد که برای کارشان برنده جایزه نوبل فیزیک در سال ۱۹۷۹ میلادی شدند. اوج تلاش برای این وحدت به دهه ۱۹۸۰ و تئوری ابرریسمان مربوط می‌شود -که براساس آن تمام چهار نیرو را در یک تئوری خلاصه می‌کند. در هر مرحله از این سلسله‌مراتب، مشکلات ریاضی افزون و گاف بین نظریه‌ها و آزمون آزمایشگاهی وسیع‌تر می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

1. Hans Christian Orsted
2. André-Marie Ampère
3. Michael Faraday
4. James Clerk Maxwell
5. Hendrik Lorentz
6. Unification
7. $\nabla \times B = \frac{1}{C^2}\frac{\partial E}{\partial t} + \mu . J_{tot}$, $\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$, $\nabla . B = 0$, $\nabla . E = \frac{1}{\epsilon_0}\rho_{tot}$
8. Sir Isaac Newton
9. Amber (ἤλεκτρον)
10. Magnetic iron ore (μαγνῆτις λίθος)
11. Shěn Kuò
12. Petrus Peregrinus de Maricourt
13. William Gilbert
14. Robert Boyle
15. Otto von Guericke
16. Christiaan Huygens
17. Principia
18. Stephen Gray
19. John Theophilus Desaguliers
20. Charles François de Cisternay du Fay
21. Benjamin Franklin
22. Leyden jar
23. Sir William Watson
24. John Michell
25. Queens' College, University of Cambridge
26. Henry Cavendish
27. Charles-Augustin de Coulomb
28. Luigi Galvani
29. Alessandro Volta
30. Napoléon Bonaparte
31. Légion d'honneur
32. Sir Humphry Davy
33. Immanuel Kant
34. Critique of Pure Reason
35. Metaphysical Foundations of Natural Science
36. Johann Schweigger
37. Georg Simon Ohm
38. Für Chemie und Physik
39. Die galvanische Kette mathematisch bearbeitet
40. Pierre-Simon Laplace
41. Heinrich Friedrich Emil Lenz
42. William Thomson
43. Lord Kelvin
44. University of Cambridge
45. University of Glasgow
46. F.S. FitzGerald, O. Lodge and O. Heaviside, and later H. Hertz
47. University of Kiel
48. Hermann von Helmholtz
49. Heinrich Hertz
50. Michelson–Morley
51. Higgs field
52. Sheldon Glashow, Steven Weinberg, and Abdus Salam

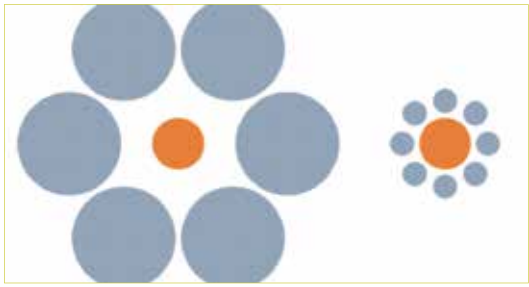
منابع

[1] Whittaker, A history of the theories of aether and electricity, Dublin University Press series, 1910.
[2] J. L. Heilbron, A study of early Modern physics. University of California Press, 1979.
[3] David H. Clark, Stephen P. H. Clark, Newton's tyranny, New York: Freeman, 2001.
[4] The Encyclopædia Britannica, Electromagnetism: A Historical Survey, 2020.
[5] The Encyclopedia Americana, Electricity: its History and Progress, 1918.
[6] Nathan Camillo Sidoli, Waseda University, SILS, History of Modern Physical Sciences, 2019.
[7] Georg Simon Ohm, The Discovery of Ohm''s Law, Juliantrubin.com, Retrieved 15 November 2011.
[8] Simon Schaffer, The laird of physics, Nature 471, 289–291, 2011.
[9] Heinrich Rudolph Hertz, History, Institute of Chemistry, Hebrew Univ. of Jerusalem website. 2004.
[10] Edwin F. Taylor and John Archibald Wheeler, Spacetime Physics, 1992.
[11] R. S. Shankland, American Journal of Physics: Vol 32, No 1, 1964.
[12] Lawrence M. Krauss, A Brief History of the Grand Unified Theory of Physics, nautil.us, 2017.

مغز ما

علوم شناختی دربارهٔ ساختار شبکه‌ای و پردازش اطلاعات چه می گویند؟

نویسنده: کلاری سرجنت
مترجم: دکتر هانیه عالی‌نژاد



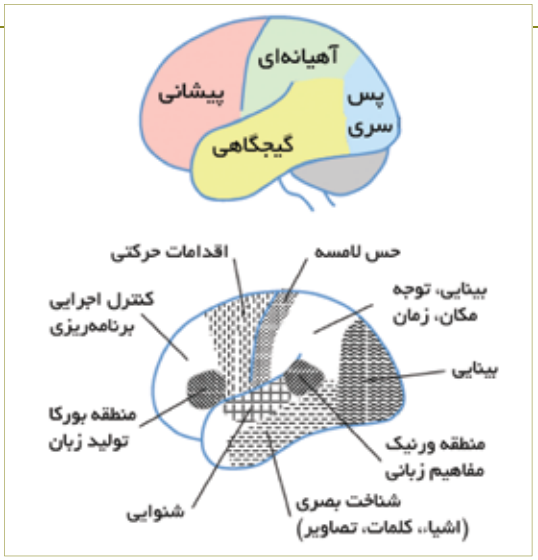
آیا دو دایره نارنجی رنگ بالا ابعاد یکسانی دارند؟ لابد دایره سمت راست به نظرتان بزرگ‌تر می‌آید، این طور نیست؟ ولی اگـــر اندازه‌گیری کنید، خواهید دید که هر دو یک اندازه‌اند و شما دچار خطای دید شـــده‌اید. نه‌تنها شما بلکه همه آدم‌ها تمایل دارند که دایره ســـمت راســـتی را بزرگ‌تر از دیگری ببینند. این توهم به دلیل مقاومت ساختارشـــناختی ماست که مطابق شـــناخت قبلی خود عمل می‌کند. توهم و خیال، که پدیده‌هایی شگفت‌انگیز هستند، برای دانشمندان به‌عنوان پنجره‌ای رو به مغز ما باز شـــده‌اند و آشکارســـاز عملکرد آن هستند. توهم و برخی دیگر از کارکردهای مغز به ما این امکان را می‌دهند که بفهمیم شبکه مغزی ما با اطلاعات چه می‌کند.

۱. ساختمان مغز

شـــاید خودمان نتوانیم تصور کنیم که چطور مغز، این عضو بیولوژیک بدن ما، می‌تواند منشأ این تعداد از ایده‌ها، استدلال‌ها، تعابیر، رؤیاها، احساسات و کل زندگی ذهنی ما باشد، اما واقعیت این است که:

اگر فقط بخش کوچکی از مغز آسیب ببیند، قسمت مشخصی از ذهن از دست می‌رود.

پاول بروکا (۱۸۸۰-۱۸۲۴)، در پژوهشی مربوط به ارتباط بین مغز و فعالیت‌های ذهنی، مشاهده دقیق و مشهوری دارد. این پزشک فرانسوی در ســـال ۱۸۶۱، بیماری به نام آقای لِبُقنی داشـــت که توانایی تلفظ برخی سیلاب‌ها را از دست داده بود. او همچنیـــن قادر نبود خودش را با نوشـــتن توصیف کند. اما می‌فهمید که به او چه می‌گویند. در پی مرگ این بیمار، پاول بروکا مغز او را کالبدشـــکافی کرد و یک زخم مهم در قسمت پایین و سمت چپ لُب پیشانی پیدا کرد. سپس مشاهداتش را با بیماران دیگر تکمیل کرد و ارتباط بین این منطقه از مغز را- که اکنون منطقه بروکا نامیده می‌شود- با توانایی تولید گفتار تأیید کرد. ده سال بعد، کارل ورنیک (۱۹۰۵-۱۸۴۸)، عصب‌شناس آلمانی، منطقهٔ مغزی دیگری را در سمت چپ لُب گیجگاهی کشف کرد و دریافت که در فهم و معنای زبان نقش دارد.



▲ شکل ۱. لب‌های مغزی اصلی (بالا) و کاربردهای اختصاصی هر ناحیه از مغز (پایین)

این پژوهش‌ها یکی از اصل‌های بنیادین دربارهٔ ارتباط بین مغز و ظرفیت ذهنی ما را آشکار کردند: «مغز سازمانی است متشکل از بخش‌های ویژه که هر کدام از آن‌ها را می‌توان یک ماژول نامید.»

همان‌طور که ناحیه‌های مشخصی در مغز به کارکردهای زبانی اختصاص دارند، مناطق دیگری نیز به پردازش اطلاعات بصری یا شنوایی و صدور فرمان‌های حرکتی و ... اختصاص دارند.

هر ناحیه ویژه، خود شامل نواحی زیادی با کارکردهای مخصوص دیگر است. مثلاً در میان ناحیه‌های بینایی، بخش‌هایی هستند که مختص شناخت چهره‌اند و بخش‌های دیگری که به شناخت کلمات و شناخت حرکت اختصاص دارند.

البته این بخش‌ها با هم مرتبط‌اند. ولی هر کدام اطلاعات خاص مربوط به خود را دریافت می‌کنند و روی آن پردازش خاصی انجام داده و نتیجه را به بخش‌های دیگر منتقل می‌کنند. پس می‌توانیم مغز را به‌صورت مجموعه‌ای شامل بخش‌های ویژه مختلف در نظر بگیریم که با هم ارتباط متقابل دارند.

اگر وارد جزئیات شویم، مشاهده می‌کنیم که در هر کدام از این بخش‌های ویژه، اطلاعات به‌صورت منظم و مطابق یک نقشه دقیق و قابل فهم قرار می‌گیرند. بخش‌های مختلف مناطق بصری، مانند نقشه‌های دنیای تصویری هستند. قشر مخی اولیه بینایی، مانند نقشه اصلی است که نقشه‌های دیگر بصری از آن جریان می‌یابند. وقتی جسمی جلوی دید ما قرار می‌گیرد، تصویرش توسط بخش عقبی قشر بینایی اولیه، یعنی لب پس‌سری نمایش داده می‌شود. اجسامی که در نزدیکی آن قرار دارند، توسط بخشی که کمی جلوتر است نمایش داده می‌شوند و هر چه جسمی از نقطه مرکزی دید ما دورتر باشد، در نقشهٔ قشر بینایی، توسط بخش دورتری به نمایش در می‌آید. ولی این نمایش بسیار تغییر شکل یافته است: مرکز دید بخش مهمی از نقشه را تشکیل می‌دهد و تعداد زیادی از نورون‌ها به اطلاعاتی اختصاص می‌یابند که از این بخش می‌آیند و باعث ایجاد تصویر دقیق همراه با جزئیات می‌شوند. به هر اندازه‌ای که از آن محوطه دورتر شویم، نمایش تصویر بخش کمتری را در نقشه بینایی اشغال می‌کند و دارای جزئیات کمتر و تارتر خواهد بود. به کمک روش‌های تصویربرداری مغزی می‌توان نقشه بینایی هر فرد را بازسازی و ثابت کرد که اصول سازماندهی فضایی این بخش مغزی در همه افراد یکی است ولی درجه تغییر شکل می‌تواند در هر فرد متفاوت باشد.

برای صداها، سازماندهی فضایی کمتر مشهود است و بیشتر سازماندهی «تونوتوپیک» است، که تابعی از شدت صدا از بلندترین به زیرترین است.

برای حس لامسه، در بخش‌های مختلف بدن، نقشه‌ای وجود دارد که در مقایسه با اندازه‌های واقعی تغییر شکل یافته است، مثلاً دهان و زبان به طریق بسیار دقیق و پیشرفته‌ای نسبت به پیشانی نمایش داده شده‌اند. نقشهٔ مشابهی، برای دستورات حرکتی وجود دارد (برخی قسمت‌های بدن، نسبت به بقیه به دستورات بیشتری نیاز دارند، مثل دست‌ها و دهان). این بازنمایی بدن در سطح مخ نوع دیگری بدشکلی دارد که آن را «هومونکلوس» می‌نامیم.

▲ شکل ۲. هومونکلوس

واحدهای تشکیل‌دهنده این نقشه‌ها نورون‌ها هستند. اگر اطلاعات به شیوهٔ تخصصی سازماندهی می‌شوند به این دلیل است که هر نورون، به نوبه خود، خاص است. اگر جسمی در جلوی دید ما در یک مکان مشخص در بخش بینایی قرار بگیرد، نورون مخصوصی در قشر اولیهٔ بینایی فعال می‌شود، حال اگر جهت‌گیری خاصی داشته باشد نورون خاصی دیگری آن را تشخیص می‌دهد (برخی نورون‌ها خطوط مورب را تشخیص می‌دهند و برخی دیگر خطوط افقی را و ...)

شاید خودمان نتوانیم تصور کنیم که چطور مغز، این عضو بیولوژیک بدن ما، می‌تواند منشأ این تعداد از ایده‌ها، استدلال‌ها، تعابیر، رویاها، احساسات و کل زندگی ذهنی ما باشد

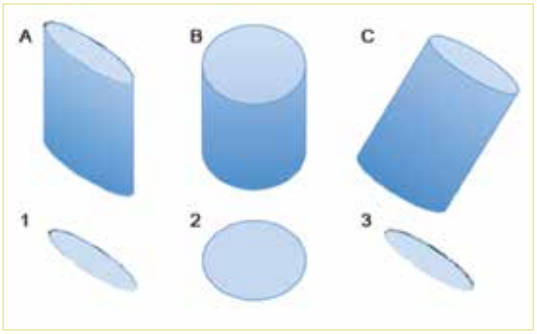
در مغز، اطلاعات در همان مقیاســی طبقه‌بندی می‌شوند که مشاهده شده‌اند. اصول این طبقه‌بندی نیز بین همه افراد مشترک است.

۲. بازنمایی جهان: مغز آماری

ممکن است این‌طور به نظر بیاید که پردازش کارکردهایی مثل دیدن، توجه کردن و احســاس کردن نیاز به پیچیدگی کمتــری از طرف مغز دارنــد؛ یعنی تا چشــم‌هایمان را باز می‌کنیم، تمام اطلاعات بصری در مغز حاضرند و کافی است ثبت شوند و عمل کنیم. ولی اگر بخواهیم ماشینی بسازیم که «ببیند»، متوجه میزان چالش «دیدن» خواهیم شــد که در واقع یک شاهکار محاسباتی است.

اگر برای یک کامپیوتر، شکســت دادن قهرمان شــطرنج جهان، گری کاســپاروف، ده ســال طول بکشد، فقط شروع کسب مهارت بازنمایی اجســام و تصاویر بسیار بیشتر طول خواهد کشید، در حالی که انسان به‌طور پیوسته و بدون تلاش اشیا و تصاویر را می‌بیند.

چه چیز پیچیده‌ای در این ادراک وجود دارد؟ در شــکل ۳، اجسام مشابه بین A، B، C کدام هستند؟

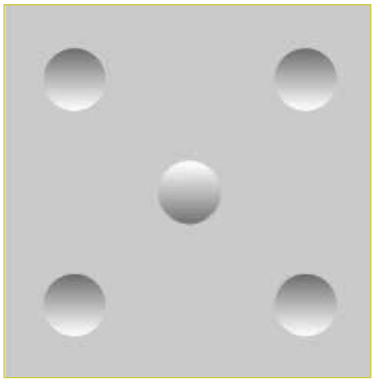


▲ شکل ۳. ابهامات بینایی

واضح است که تصویر B و C هر دو تصاویر یک استوانه‌اند ولی هر کدام استوانه را از دو زاویهٔ مختلف نشان می‌دهند در حالی که A اســتوانه نیست. اما این در خود تصویر مشخص نیست، بلکه در درک ما از دنیای سه بعدی وجود دارد. سطح مقطع اســتوانه بسته به اینکه از بالا به آن نگاه شود (B) یا از کنار (C)، در شــبکیه به شیوه متفاوتی منعکس می‌شود. اما برای مشاهده‌گر، آن‌ها هر دو به وضوح یک جسم هستند. از طرف دیگر، با اینکه ســطح مقطع A و C به شیوه مشابهی روی شبکیه منعکس می‌شوند، او بدون هیچ مشکلی می‌داند که A و C یک جسم نیستند.

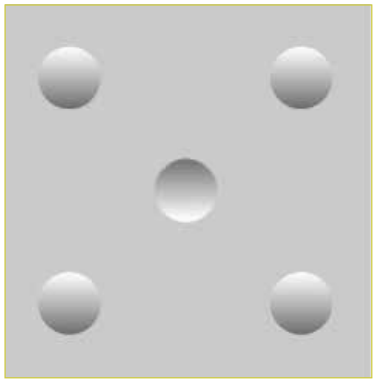
در مورد اشــکال مبهم مثل بیضی روی شــبکیه، سیستم بینایی شــیء خارجــی‌ای را، که به احتمال زیاد منشــأ این اطلاعات است، بازنمایی می‌کند. برای این کار نه‌تنها باید تمام جزئیات موجود در تصویر را جمــع‌آوری کند، بلکه باید این آنالیز را با شناختی که از دنیای بیرون دارد ترکیب کند. تمام تجربیات گذشته نیز به آن کمک می‌کند تا تعبیر درست‌تری از آن داشته باشد.

شــکل ۴ نحوهٔ این پیش‌بینی را بهتر نشان می‌دهد. در این شــکل ما به راحتی می‌بینیم که یکی از ۵ نقطه که در مرکز شــکل قرار دارد توپــر و چهار تای دیگر کــه در اطراف آن هستند، توخالی‌اند.



▲ شکل ۴. استفاده از پیش‌فرض در تفسیر بصری

حال اگر تصویر را ۱۸۰ درجه بچرخانیم، دیگر به شکل قبل آن را نمی‌بینیم و توپر بودن یا نبودن نقاط را به‌صورت معکوس تفسیر می‌کنیم. این نشان می‌دهد که برای تفسیر توپر بودن یک تصویر دو بعدی، نیاز داریم بدانیم که نور از کجا می‌آید.



▲ شکل ۵. استفاده از پیش‌فرض در تفسیر بصری

اگر شواهد کافی از منبع نور وجود نداشته باشد، مغز به‌صورت خودبه‌خودی فرض می‌کند که نور از بالا می‌آید، به همین دلیل در شکل بالا تعبیر اینکه کدام نقطه توپر است به این بستگی دارد که چه چیز در بالاســت و چه چیز در پایین. پیش‌فرض اینکه نور از بالا می‌آید صحیح است زیرا از نظر آماری در محیط طبیعی اطراف ما این از همه محتمل‌تر است. این تجربه و موارد زیاد دیگری مشــابه آن، تأیید می‌کنند که سیستم بینایی ما به‌صورت ناخودآگاه از پیش‌فرض‌ها اســتفاده می‌کند، یعنی از

اگر بخواهیم ماشینی بسازیم که «ببیند»، متوجه میزان چالش «دیدن» خواهیم شد که در واقع یک شاهکار محاسباتی است

اطلاعاتی که در تصویر نیستند.

ما معمولاً از اشتباهات بینایی به‌عنوان «خطای دید» نام می‌بریم ولی اگر از منشأ این اشتباهات آگاه باشیم متوجه می‌شویم که خطا نیستند و بیشتر نشان‌دهنده عملکرد عالی و مبتنی بر آمار ادراکی مغز هستند. این تفسیرها از اطلاعات موجود در سیستم بینایی ما می‌آیند و به ادغام بهینه با پیش‌فرض‌هایی بستگی دارند که در طی سال‌ها تکامل حافظه، با استفاده از اطلاعات دریافتی از جهان بیرونی، شکل گرفته‌اند.

این استنتاج فقط محدود به حوزه ادراک نیست، بلکه مغز هر چیزی را که دریافت می‌کند با هر روشی تعبیر می‌کند. به نظر می‌رسد می‌توان پایه‌های اصول محاسباتی را که ذکر شد در تمام حوزه‌های شناختی مغز پیدا کرد: ما حتی قبل از اینکه بتوانیم در مورد آمار حرف بزنیم، متخصص آمار به دنیا آمده‌ایم! به نظر می‌رسد کودک از بدو تولد از این قابلیت استدلال آماری برخوردار است.

یک پژوهشگر، در مقابل چند کودک ۸ ماهه، ۵ توپ را به‌صورت تصادفی از یک کوزه، که درون آن پیدا نیست، بیرون می‌آورد. او هر بار پس از بیرون آوردن توپ، داخل کوزه را به کودکان نشان می‌دهد. اگر او توپ سفیدی را از کوزه بیرون کشیده باشد و چهار توپ قرمز رنگ و یک توپ سفید در کوزه موجود باشد، بچه‌ها متعجب خواهند شد و داخل کوزه را بیشتر نگاه خواهند کرد ولی در حال برعکس، این طور نبود.

اتفاقی که در سیستم عصبی نورون‌ها می‌افتد موضوع تحقیقات بسیار زیادی بوده است. فرضیه اصلی این است که این نورون‌ها به آمار محیطی بسیار حساس هستند، پیش‌بینی می‌کنند و آن‌ها را با داده‌های حسی ورودی مطابقت می‌دهند تا مدل داخلی خود را بسازند. در واقع در داخل مغز اطلاعات به‌صورت احتمالاتی بازنمایی می‌شوند. اگر خط موربی با زاویه ۴۵ درجه ببینیم، نورون‌های قشر بینایی که مخصوص این زاویه هستند به‌صورت قوی درگیر خواهند شد ولی نورون‌های مخصوص زاویه‌هایی مثل ۴۰ و ۵۰ درجه هم تا حدی پاسخ خواهند داد که نشان می‌دهند زاویه موردنظر کمی کمتر یا کمی بیشتر از ۴۵ درجه است. این شیوه بازنمایی احتمالاتی باعث می‌شود محاسبات استنباطی آماری به حالت طبیعی نزدیک‌تر باشند. بنابراین یکی از نقاط قوت پردازش مغزی این است که بر پایهٔ اطلاعاتی ناقص و مبهم، استنباطی واقعی به عمل می‌آورد.

استنباط Bayesienne هم به خوبی فرآیندهای ادراکی را نشان می‌دهد: با وجود ورودی‌های مبهم، مغز محتمل‌ترین تفسیر را بازنمایی می‌کند. قانون Bayes نشان می‌دهد که چطور می‌توان به‌صورت بهینه، پیش‌فرض‌های درون حافظه را با داده‌های دریافتی از محیط بیرون ترکیب کرد.

۳. منطقی یا احساسی؟

مغز، این ماشین شگفت‌انگیز، که استنباط‌هایی پیچیده در مورد جهان دارد، در طی یک فرآیند تکاملی و با ظرفیت ساخته شده است. این ظرفیت برای افرادی که دارای آن هستند ارزش زیادی دارد. این از تفاوت‌های بنیادین سیستم‌های شناختی طبیعی و سیستم‌های شناختی مصنوعی مثل روبات‌ها یا کامپیوترهاست. اگر مغز را به‌عنوان یک ماشین پردازش اطلاعات در نظر بگیریم، یکی از ویژگی‌های برجسته آن این است که میلیون‌ها سال تحول شناختی پشت آن نهفته است. این نتیجه برای مطالعاتی که ماهیت منطقی ساختار شناختی انسان را زیر سؤال می‌برند بسیار مهم است.

مغز انسان استنباط‌های آماری پیچیده را به‌صورت خودبه‌خودی انجام می‌دهد، اما زمانی که از افراد می‌خواهیم استدلالی بر پایه احتمالات داشته باشند، می‌بینیم که از انتخاب منطقی‌ای که یک کامپیوتر می‌تواند انجام دهد، منحرف خواهند شد و محتاط‌تر عمل خواهند کرد.

در یک آزمایش به تعدادی از داوطلبان، دو انتخاب داده شد و آن‌ها باید تعیین می‌کردند که کدام یک مورد ترجیح آن‌هاست:

۱. به دست آوردن مقدار دقیق ۲۴۰ دلار

۲. داشتن ۲۵ درصد شانس به دست آوردن ۱۰۰۰ دلار و ۷۵ درصد شانس به دست آوردن هیچ چیز.

اکثر داوطلبان گزینه ۱ را انتخاب کردند در حالی که مقدار متوسط جایزه در گزینه ۲ بیشتر بود. انتخاب اکثریت ممکن است به نظر غیرمنطقی بیاید ولی در عین حال دارای یک منطقی هم هست. این شاهدی بر این حقیقت است که تصمیمات انسان‌ها پارامترهای دیگری را در محاسبه احتمالات وارد می‌کند، مثل گریز از ریسک: بیشتر مردم سود کمتر را به سود بیشتر اما همراه با ریسک ترجیح می‌دهند. این نتیجه می‌تواند در اقتصاد بسیار مهم باشد، زیرا نشان می‌دهد که اشتباه است اگر تصور کنیم فکر اقتصادی خوبی داریم و تصمیم‌های منطقی می‌گیریم بدون اینکه پارامترهای دیگری را در نظر بگیریم. این تصمیم‌های فوق‌منطقی بدون شک بازتاب‌دهندهٔ این است که هر فرد محاسبات ذهنی را براساس دیدگاه شخصی خودش انجام می‌دهد.

مطالعات فعلی نشان می‌دهند که هر کس برای انتخاب یک گزینه، احساساتی را که در نتیجه هر انتخاب خواهد داشت پیش‌بینی می‌کند: اگر گزینهٔ اول را انتخاب کنم آیا برایم احساسات مثبت بیشتری نسبت به گزینه دوم به دنبال خواهد داشت؟ با اینکه گاهی اوقات احساسات می‌توانند به تصمیمات بسیار مضر بیانجامند ولی برای یک تصمیم‌گیری درست ضروری هستند. در واقع باید تفاوت ظریفی بین معانی تعابیر گذشته منطقی و احساساتی قائل شویم.

۴. یک مغز و یک بدن

در بررسی نحوه پردازش اطلاعات توسط مغز، باید در نظر

در بررسی نحوه پردازش اطلاعات توسط مغز، باید در نظر داشت که مغز عضوی از بدنی است که حرکت می‌کند و با جهان بیرون در ارتباط است

داشـــت که مغز عضوی از بدنی است که حرکت می‌کند و با جهان بیرون در ارتباط است. ما جهان اطراف خود را با تعامل درک می‌کنیم و در برابر اطلاعات منفعل نیستیم.

وقتی به یک تصویر نگاه می‌کنیم، چشـــمان مـــا دائماً در حال حرکت‌اند. به هر جایی می‌روند و نقاطی از تصویر را که می‌توانند اطلاعات مهمی داشـــته باشند را بررسی می‌کنند. اگر کســـی با ما حرف بزند، چشمان ما مدام چشم‌ها و دهان مخاطب را اسکن می‌کند. چشم‌ها همیشه بهترین بیان‌کنندهٔ احساسات هر فرد هستند.

تحقیقات نشان می‌دهد که شناخت به حرکت بستگی دارد، بســـیار بیشـــتر از آنچه بتوان تصور کرد. وقتی به یک جسم ساکن نگاه می‌کنیم چشـــمان ما کاملاً ثابت نیستند و مدام حرکت‌های کوچکی دارند (میکروپرش‌ها) که بخشی از دیدن هســـتند و بدون آن‌ها دیدن ممکن نیســـت. در حقیقت اگر می‌شد با وسیله‌ای خاص، کاری کرد که یک تصویر علی‌رغم حرکات چشـــم به‌طور کامل روی شبکیه ثابت بماند، تصویر مقابل چشـــمان ما ناپدید می‌شـــد و دیگر آن را نمی‌دیدیم. بررسی دقیق این پدیده نشان می‌دهد که کل سیستم بینایی که اطلاعات خود را از شبکیه دریافت می‌کند نه به اطلاعات دریافتی در یک لحظه، بلکه به تغییرات کم اطلاعات دریافتی در میکروپرش‌ها حساس اســـت. به بیان دیگر، نحوه حرکت تصویر روی شـــبکیه و حرکت چشـــمان ماست که بهترین و دقیق‌ترین اطلاعات لازم برای سیستم بینایی را فراهم می‌کند.

این نتایج در ســـایر بخش‌های سیستم شناختی هم صادق است و ســـاخت مفاهیم انتزاعی مثل اعداد و مکان‌ها هم به همین صورت اســـت. محققان معتقدند اگـــر بدن ما و نحوه تعامل آن با جهان جور دیگری بود، شناخت ما، حتی شناخت انتزاعی ما به‌گونه دیگری می‌شد.

۵. خودآگاه یا ناخودآگاه: روش‌های مختلف پردازش اطلاعات در مغز ما

تا اینجا به ویژگی‌های اصلی پردازش اطلاعات در مغز توجه کردیم بدون اینکه درگیر این موضوع شویم که این پردازش خودآگاه اســـت یا نه. ولی یکی از جنبه‌های جالب شـــناخت این اســـت که نه‌تنها ما اطلاعات را پـــردازش می‌کنیم، بلکه اطلاعات هم روی ما کاری انجام می‌دهند! زمانی که می‌بینیم، لمس می‌کنیم، حس می‌کنیم، می‌شـــنویم، فکر می‌کنیم، به یاد می‌آوریم، اطلاعات در حال انجام دادن کاری روی ماست. آیا مکانیزم‌هایی وجود دارند که این پدیده را توضیح دهند؟

ابتدا مهم اســـت بدانیم که این یک پردازش خودبه‌خودی و ناخودآگاه است و بخش مهمی از فعالیت‌های مغزی ما را در هنگام بیداری تشکیل می‌دهد. حجم اطلاعات بسیار زیادی به‌طور مداوم در مغز ما وجود دارد ولی در هر لحظه فقط شاید از بخش کوچکی از آن آگاه باشیم. اگر مجدداً به «بینایی» باز گردیم، سیستم آن تمام اطلاعاتی را که به شبکیه می‌رسند پردازش می‌کند ولی در هر لحظـــه قادریم فقط دیدن چند عنصـــر را گزارش کنیم. اطلاعات بصری می‌توانند در مقیاس گسترده و بدون آگاهی ما پردازش شوند.

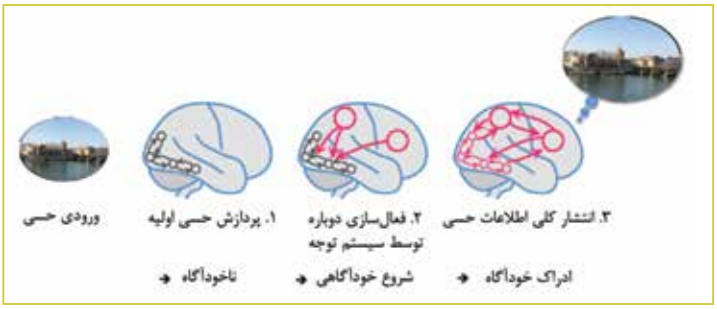
یک مثال در این مورد، تصاویر ناخودآگاه هستند. اگر به‌طور سریع به ما تصویری را نشان دهند و پس از آن تصاویر مختلف دیگری که روی آن را پوشانده‌اند نمایش داده شوند، تصویر اول پنهان می‌شود، یعنی احساس نمی‌کنیم آن را دیده‌ایم و تأیید خواهیم کرد که هیچ‌چیـــز ندیده‌ایم. در حالی که ثبت کردن فعالیت سیستم بینایی نشـــان خواهد داد که وجود آن تصویر ثبت و حتی شاید شناسایی شده است. این فعالیت ناخودآگاه ممکن اســـت روی قضاوت ما در مورد تصویر بعد از آن اثرگذار باشـــد: اگر چهره‌ای بعد از یک تصویر پنهـــان و ناخودآگاه به نمایش دربیاید، آن را خیلی سریع‌تر خواهیم شناخت.

بنابراین پردازش اطلاعات حتی در مقیاس وسیع در مغز، به معنی خودآگاه بودن آن نیست. پس در مغز چه اتفاقی می‌افتد که از برخی اطلاعات آگاه می‌شویم؟ مکانیزم یک تجربه آگاهانه چیســـت؟ ممکن است این پرسش در نگاه اول به نظر دشوار و حتی خارج از توان بررسی‌های علمی بیاید. اما محققان نشان داده‌اند که آگاه شدن از یک محرک، با یک سری اتفاقات که به سادگی با تکنولوژی‌های امروز قابل مشاهده‌اند همراه است و در برخی شرایط آزمایشی قابل بازسازی است.

مراحل آن بسیار ساده است: موقعیتی آزمایشی طراحی می‌کنیم که در آن محرک اولیه‌ای گاه به‌صورت خودآگاه و گاه ناخودآگاه به فردی ارائه شود. مثلاً تصویر چهره‌ای کمی طولانی‌تر از یک تصویر پنهان نشان داده شـــود به گونه‌ای که فرد بتواند آن را تشخیص دهد ولی نه لزوماً همیشه. بنابراین محرک ثابت است ولی تجربه ذهنی فرد تغییر می‌کند. آزمایشـــگر اتفاقات داخل مغز را در هر دو حالتـــی که فرد بیان می‌کند تصویر را دیده یا هیچ‌چیز ندیده رصد می‌کند. وقتی چیزی دیده نشده در قشر بینایی فعالیت‌هایی مبتنی بر ناخودآگاه بودن دیدن تصویر مشاهده می‌شود اما آن‌ها با فعالیت‌های دیگری در سایر شبکه‌های مغزی مثل سیستم توجه و برنامه‌ریزی همراه هستند. نه‌تنها این اطلاعات توسط شبکه‌ای وسیع پردازش می‌شوند بلکه بخش‌های مختلف این شبکه به‌طور فعال با هـــم ارتباط برقرار می‌کنند و ایـــن اطلاعات را به مدت طولانی‌تری نسبت به زمانی که ناخودآگاه هستند نگه می‌دارند.

به لطف پیشرفت تحقیقات در این زمینه، می‌توان سناریوی محتملی برای مکانیزم شناختی مغز ارائه داد (شکل۵): زمانی که اطلاعات حســـی دریافت می‌کنیم، این اطلاعات ابتدا به شیوهٔ خودبه‌خود و بسیار سریع توسط بخش‌هایی از مغز که به این ورودی‌های حسی حساس هستند پردازش می‌شوند. اگر این اطلاعات در داخل شـــبکهٔ گستردهٔ مغزی نگه داشته

اگر چهره‌ای بعد از یک تصویر پنهان و ناخودآگاه به نمایش دربیاید، آن را خیلی سریع‌تر خواهیم شناخت



▲ شکل ۵. جریان احتمالی شکل‌گیری آگاهی در مغز

نشوند. ناخودآگاه می‌مانند، ولی اگر توسط سیستم توجه در دسترس قرار بگیرند، تقویت شده و از بخش‌های غیرحسی منتقل می‌شوند و در تمام مغز پخش می‌گردند.

این انتشار کلی سبب شکل‌گیری تجربهٔ آگاهانه ما می‌شود. در واقع این یک پردازش منعطف‌تر و غیراتوماتیک است. ما می‌توانیم اطلاعات دریافتی را گزارش کنیم یا نکنیم زیرا به بخش‌های زبانی منتقل شده‌اند، یا می‌توانیم در مورد آن‌ها تصمیمی بگیریم زیرا به بخش برنامه‌ریزی منتقل شده‌اند و ...

بنابراین دو گونه اصلی پردازش اطلاعات در مغز داریم: حالت ناخودآگاه که خودبه‌خودی، سریع و بسیار مؤثر است و به‌صورت موازی در مورد همهٔ اطلاعات دریافتی انجام می‌شود؛ و حالت خودآگاه که کندتر است و نمی‌تواند چند المان را همزمان با هم در نظر بگیرد؛ البته ما می‌توانیم روی آن‌ها عملیات دلخواه را پیاده کنیم و رفتار مناسب در پی آن داشته باشیم.

آزمایش نشان می‌دهد که هر دوی این حالت‌ها به‌طور همزمان با هم وجود دارند. در شکل ۶ فهرستی از کلمات نشان داده شده است. آزمایش‌گر از ما می‌خواهد کلمات را نخوانیم ولی رنگ آن‌ها را با صدای بلند و با حداکثر سرعت ممکن بیان کنیم. به احتمال زیاد یا اشتباه خواهیم کرد یا روی کلمه آخر مکث خواهیم کرد زیرا تمایل داریم بگوییم سبز، در حالی که کلمه به رنگ قرمز نوشته شده است.

▲ شکل ۶. تداخل پردازش خودآگاه و ناخودآگاه: اثر استروپ

این به دلیل اثر استروپ (نام روان‌پزشک جان استرون ۱۹۷۳- ۱۸۹۷) است. در حقیقت خودبه‌خودی‌ترین راه بین سیستم بینایی و زبان، خوانده می‌شود. زمانی که خواندن را بلدیم نمی‌توانیم جلوی خود را بگیریم و نخوانیم. با این حال چون به سرعت به کلمه آگاه می‌شویم، انعطاف ذهنی‌مان به ما اجازه می‌دهد که از خواندن آن گذر کنیم و اطلاعات را از بخش زبانی مغز به بخش رنگ‌ها منتقل کنیم. در واقع دو بار اطلاعات را پردازش می‌کنیم: ابتدا به‌صورت اتوماتیک ناخودآگاه و سپس به‌صورت خودآگاه، کندتر ولی منعطف.

۶. یک مغز، مغزها

روش پردازش اطلاعات در مغز ما، به‌طور همزمان توسط ارتباط با اطرافیانمان شکل می‌گیرد. تعامل مداوم ما و دیگران، پردازش اطلاعات را به یک امر گروهی تبدیل کرده است. این پردازش در انسان‌ها، به دلیل وجود زبان، اجازه انتقال اطلاعات با دقت و تنوع زیاد نسبت به سایر روش‌های ارتباطی را می‌دهد. هنر، فرهنگ، تکنولوژی و شناخت، بدون این تبادل اطلاعات که باعث انتقال باورها و دانش در طی زمان بین نسل‌ها می‌شود، وجود نداشتند. این انتقال اطلاعات چطور اتفاق می‌افتد؟ به‌عنوان مثال، زمانی که دو نفر می‌خواهند یک تصمیم مشترک بگیرند، چه اتفاقی در تبادل اطلاعات بین آن‌ها می‌افتد؟

یک پژوهشگر، از دو نفر که یکدیگر را نمی‌شناختند خواست تا هدفی معین را که دیدن آن دشوار بود مشاهده کنند. هدف به هر دوی آن‌ها ولی روی دو صفحه نمایش متفاوت نشان داده شد. بعد از هر نمایش، از هر کدام از آن‌ها به‌طور جداگانه سؤال می‌کرد که هدف نمایش داده شده است یا خیر. سپس باید با یکدیگر گفت‌وگو می‌کردند تا تصمیم بگیرند که هدف نشان داده شده یا نه. نتایج واضح بود: زمانی که دو شرکت‌کننده پاسخ یکسانی داشتند، نتیجه عملکردشان بهتر از سایر حالت‌ها بود و در واقع نحوه تبادل اطلاعاتشان بهینه‌ترین حالت ممکن بود.

نشان دادیم که زبان ضروری است و اگر ارتباط مستقیم را حذف کنیم، افراد نمی‌توانند پاسخ‌هایشان را به درستی با هم ادغام کنند زیرا نمی‌توانند در مورد تردیدهایشان در هر آزمایش تبادل‌نظر کنند. اما با کمک زبان، دو شخصی که یکدیگر را نمی‌شناسند می‌توانند اطلاعاتشان را به بهترین نحو ممکن با هم ترکیب کرده و پاسخ دهند. این آزمایش می‌تواند محدودیت‌های این تعامل را نیز نشان دهد. اگر به یکی از شرکت‌کنندگان اطلاعات کمتری نسبت به دیگری بدهیم و قابلیت یکی از آن‌ها برای دیدن هدف با دیگری متفاوت باشد، عملکرد مشترکشان به خوبی عملکرد فردی‌شان نخواهد بود. در نتیجه اگر قابلیت‌های دو شرکت‌کننده مشابه باشد، به لطف عملکرد زبان، دو مغز بهتر از یک مغز خواهد بود!

روش پردازش اطلاعات در مغز ما، به‌طور همزمان توسط ارتباط با اطرافیانمان شکل می‌گیرد. تعامل مداوم ما و دیگران، پردازش اطلاعات را به یک امر گروهی تبدیل کرده است

پی‌نوشت

۱. این متن ترجمه‌ای است از مقالهٔ:
Notre cerveau: ce que nous disent les sciences cognitives sur son organisation en reseau et le traitement de L,information
نوشتهٔ claire sergent
به تاریخ ۱۵ اکتبر ۲۰۱۹

برندگان نوبل ۲۰۲۰

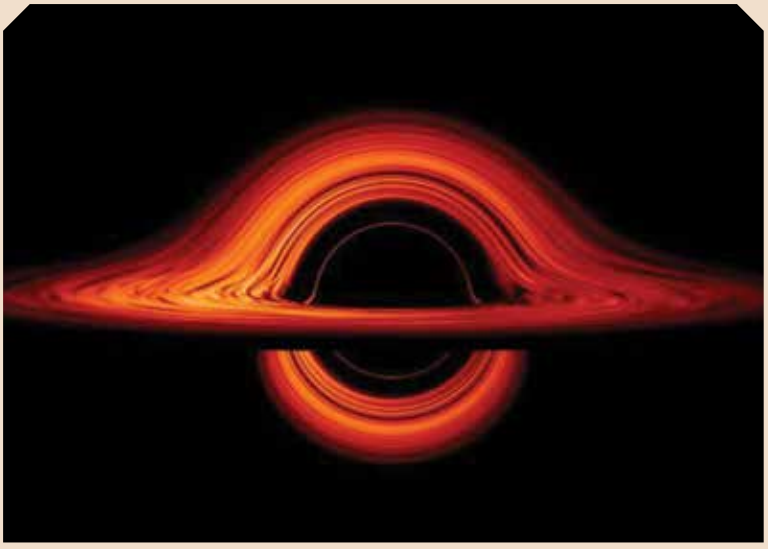
سـه فیزیک‌دان جایزه نوبل فیزیک ۲۰۲۰ را به پاس قدردانی از پژوهش‌هایشان در مورد سـرآغاز و چگونگی شکل‌گیری سیاه‌چاله‌ها و همچنین کشف یک سیاه‌چاله با جرم بالا در مرکز کهکشان راه شیری دریافت کردند.

صد و چهاردهمین جایزهٔ نوبل رشتهٔ فیزیک به‌طور مشترک به راجر پنروز، پژوهشگر بریتانیایـی، راینهاردگنزل، فیزیـک‌دان آلمانی و آندریا گِز، محقق و ستاره‌شـناس آمریکایی اهدا شد.

پنروز که نصف مبلغ جایزه تنها به او اختصاص یافته، اسـتاد دانشگاه آکسفورد بریتانیا اسـت. راجر پنروز در اثبات اینکه سیاهچاله‌ها نتیجه مستقیم نظریه نسبیت عام آلبرت اینشتین است، از روش‌های ابتکاری ریاضی استفاده کرد. اینشتین خودش اعتقاد نداشت که سیاهچاله‌ها واقعاً وجود دارند، این هیولاهای فوق سنگین که هر آنچه را که به آن‌ها وارد می‌شود، شکار می‌کنند و هیچ چیز، حتی نور نیز نمی‌تواند از جاذبه آن‌ها فرار کند.

در ژانویه ۱۹۶۵، ده سال پس از مرگ اینشتین، راجر پنروز ثابت کرد که سیاهچاله‌ها واقعاً می‌توانند تشکیل شوند و آن‌ها را با جزئیات شرح داد.

مقاله پیشگامانه او هنوز هم به‌عنوان مقاله‌ای مرجع در نظر گرفته می‌شود.



رینهـــارد گِنزِل و آندریا گز، هر کدام گروهی از اخترشناســـان را رهبری می‌کنند که از اوایل دهه ۱۹۹۰ بر مرکز کهکشـــان خودمان متمرکز شده‌اند. و مدار درخشان‌ترین ســـتاره‌های نزدیک به وسط کهکشـــان راه شیری را با دقت بیشـــتری بررسی کردند. اندازه‌گیری‌های این دو گروه باعث شـــد که هر دو یک جســـم فوق‌العاده ســـنگین و نامرئی را در مرکز کهکشان پیدا کنند که باعث به هم ریخته شدن ستاره‌ها می‌شود و باعث می‌شـــود آن‌ها با سرعتی گیج‌کننده به اطراف بپیچند. حدود چهار میلیون توده خورشیدی در منطقه‌ای بزرگ‌تر از منظومه شمسی جمع شده‌اند.

با اســـتفاده از بزرگ‌ترین تلســـکوپ‌های جهان، گنزل و گز روش‌هایی را برای دیدن ابرهای عظیم گاز ســـتاره‌ای و گرد و غبار در مرکز کهکشـــان راه شیری ابداع کردند .. کارهای پیشگام آن‌ها متقاعدکننده‌ترین شواهد در مورد وجود یک سیاه‌چاله بزرگ در مرکز کهکشان راه شیری را به ما ارائه داده است.

خانم گز چهارمین زنی اســـت که تاکنون موفق به دریافت جایزه نوبل فیزیک شـــده اســـت. او در واکنش به دریافت این جایزه گفت: «امیدوارم بتوانم الهام‌بخش دیگر زنان جوانی باشم که وارد این رشته می‌شوند.»

سه آزمایش ساده با شمع روشن

محمد نادری، استان اردبیل، دبیر فیزیک شهرستان خلخال
رسول گلستانه، استان خراسان رضوی، دبیر فیزیک شهرستان تربت‌جام

چکیده
انجام آزمایش‌های ساده و کم‌هزینه می‌تواند هم در کلاس درس و هم در خانه به عمق بخشیدن به مطالب کتاب درسی کمک کند.

کلیدواژه‌ها: شمع، شتاب، بی‌وزنی، کربن‌دی‌اکسید

۱. آزمایش اول
مطابق شکل (۱) دو شمع روشن، یکی بلند و دیگری کوتاه را پس از روشن کردن در داخل یک ظرف شیشه‌ای دربسته قرار می‌دهیم. می‌دانیم که اکسیژن داخل ظرف مصرف شده و کربن‌دی‌اکسید تولید می‌شود تا اینکه هر دو شمع خاموش شوند. اما کدام یک زودتر خاموش خواهد شد؟

شکل ۱: دو شمع روشن زیر ظرف شیشه‌ای

شکل ۲: شمع روشن در داخل ظرف شیشه‌ای ساکن

۲. آزمایش دوم

شـــمع کوچک روشـــنی را در داخل یک ظرف شیشه‌ای، مطابق شـــکل، قرار می‌دهیم. اگر ظرف را با سرعت به سمت راست ببریم، برای شعلهٔ شمع چه اتفاقی می‌افتد؟ آیا به همان صورت عمودی می‌ماند؟ یا به ســـمت راست یا چپ متمایل می‌شود؟ یا اینکه ابتدا به سمت راست و سپس به سمت چپ منحرف می‌شـــود؟ و یا ابتدا به سمت چپ و سپس به سمت راست؟

شکل ۳: ظرف شمع قبل از رها کردن

۳. آزمایش سوم

مطابق شـــکل (۳)، شمع کوچک روشـــنی را در داخل یک ظرف شیشـــه‌ای قرار داده و ظرف را ساکن نگه داشته‌ایم. اگر ظرف را رها کنیم و کمـــی پایین‌تر دوباره آن را بگیریم، چه اتفاقی برای شعلهٔ شمع می‌افتد؟ آیا خاموش می‌شود؟

۴. نتیجهٔ آزمایش‌ها

آزمایش اول: شمع بلندتر زودتر خاموش می‌شود. کربن‌دی‌اکسید تولیدشده گرم است و چگالی کمتری نسبت به هوای اطراف دارد. بنابراین در بالای ظرف جمع شده و باعث می‌شود شمع بلندتر زودتر خاموش شود. به همین دلیل در آتش‌سوزی‌ها توصیه می‌شود که موقع خروج از خانه‌ها و اماکنِ دچار حریق و دود، به‌صورت درازکش خارج شوید.

▲ شکل ۴: وضعیت شعله هنگامی که دست ساکن است

آزمایش دوم: چگالی شعله از چگالی هوای احاطه‌کنندهٔ آن کمتر است. بنابراین شعله موقع حرکت ظرف در همان جهت شتاب ظرف منحرف خواهد شد. (شکل های ۴ و ۵)

▲ شکل ۵: انحراف شعله هنگام حرکت ظرف و در جهت شتاب

شکل ۶. رها کردن شمع روشن

آزمایش سوم: در حالت عادی گازهای تولیدشده و هوای اطراف شعله به‌هنگام سوختن شعله به‌خاطر چگالی کم بالا می‌روند و جای خود را به هوای سرد و دارای اکسیژن می‌دهند و سوختن شعله ادامه پیدا می‌کند. اما هنگامی که ظرف رها می‌شود، ناگهان شمع خود را در محیطی بدون وزن احساس می‌کند که هوای گرم چندان بالا نمی‌رود. در نتیجه همرفتی متوقف شده و خیلی زود شعله شمع پس از مصرف اکسیژن مجاور خود خاموش می‌شود. (شکل ۶)

منابع

1. James S. Walker, Publisher. Pearson, Year: 2016, page 566
2. Phys. Edue. 54 (2019)047002

موج و انرژی

بهمن قمری
دبیر فیزیک دبیرستان‌های تهران

چکیده

آیا در یک موج ایستاده، گره‌ها فاقد انرژی هستند؟! موج اگر برای شُعرا، الهام‌بخش نازک خیالی است، برای فیزیکدان‌ها برانگیزانندهٔ کنجکاوی و پژوهش است. در این نوشتار انرژی و توان موج به دقت مورد واکاوی قرار گرفته است.

آیا در موج پیش‌رونده، همه نقاط در هر لحظه، دارای انرژی هستند ولی نوع انرژی آن‌ها (انرژی جنبشی، انرژی پتانسیل کشسانی) برای آن‌ها متفاوت است؟ آیا هنگام بر هم نهی امواج، توزیع انرژی عادلانه صورت می‌گیرد؟ آیا نمایش موج به صورت یک ریتم منظم تکرارشونده از صف سربازان یا قطعات دومینو، وفادار به فیزیک موج است یا حقیقت را تحریف می‌کند؟ پاسخ این سؤالات، مُزد صبوری شما در مطالعه دقیق این نوشتار است ...

کلیدواژه‌ها: موج پیش‌رونده، موج ایستاده، اجزای کلوخه‌ای، اجزای پیوسته، انرژی موج، توان موج، انرژی جنبشی، انرژی پتانسیل، گره، شکم

موج پیش‌رونده و موج ایستاده از منظری دیگر

با دو عینک می‌توان به انتقال انرژی توسط موج نگاه کرد. نگاه اول را با جمله‌ای از کتاب *فیزیک پیش‌دانشگاهی* (رشته ریاضی صفحهٔ ۱۲۱ چاپ سال ۱۳۸۲) شروع می‌کنیم که سال‌ها مورد قبول دبیران گرامی و نویسندگان کتاب قرار داشت و من جایی انتقادی به آن ندیده‌ام.

«وقتی قلهٔ موج به یک ذره از محیط می‌رسد، در آن لحظه تمام انرژی ذره به‌صورت انرژی پتانسیل است و وقتی ذره از وضع تعادل می‌گذرد تمام انرژی آن به‌صورت انرژی جنبشی خواهد بود.»

در همین صفحه می‌بینیم نوشته شده است: «انرژی نوسانگری به جرم m که با دامنهٔ A و بسامد f نوسان می‌کند برابر است با: $E = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$ (۴-۱۷)». و ادامه می‌دهد: «چون هر ذرهٔ محیط، حرکت نوسانی ساده با بسامد موج انجام می‌دهد بنابراین انرژی مکانیکی هر ذره محیط، از رابطهٔ (۴-۱۷) محاسبه می‌شود.»

این دیدگاه در ترجمه‌های هالیدی گلستانیان- بهار هم که در دهه‌های ۶۰ و ۷۰ منتشر شده است دیده می‌شود.

مترجمـــان این کتاب با جملات بعضاً دو پهلو این دید را رد نکرده‌اند بلکه تقویت هم می‌کنند.

اکنون می‌پرسیم اگر این‌گونه بود دیگر چه نیازی به گفتن توان متوسط انتقالی بود؟ کافی بود می‌گفتیم توانی که موج منتقل می‌کند، چون انرژی همهٔ نقاط، در مجموع (جنبشی و پتانسیل) ثابت است، پس کافی است پیدا کنیم که نسبت $P=\frac{E}{t}$ چقدر است.»

$$E=\frac{1}{2}m\omega^2A^2=\frac{1}{2}\mu l\omega^2A^2$$

$$P=\frac{E}{t}=\frac{1}{2}\mu\left(\frac{l}{t}\right)\omega^2A^2\Rightarrow P=\frac{1}{2}\mu\omega^2A^2V$$

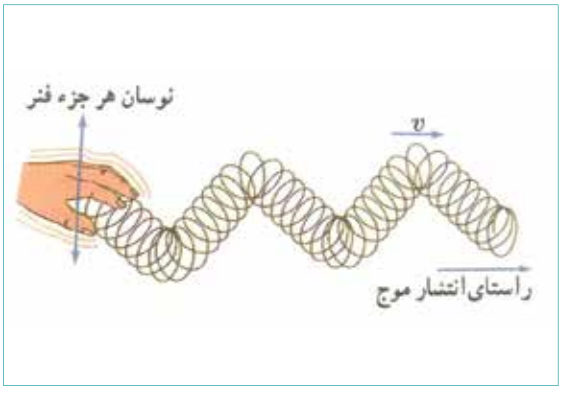
($\frac{l}{t}=v$)

اما در دهـــهٔ ۹۰، در ویرایش‌های جدیـــدی که از هالیدی منتشر شده است این دیدگاه تغییر کرده و در کتاب درسی ما هم تغییرِ ایجاد شده است.

مثـــلاً در صفحـــهٔ ۱۱۷ کتـــاب فیزیـــک رشـــته ریاضی پیش‌دانشـــگاهی سال ۱۳۹۱ این جملات رنگ باخته‌اند ولی فقط مرموزتر شـــده‌اند. ذیل همان تیتر «موج حامل انرژی» است می‌خوانیم: «در فصل ۳ دیدیم انرژی مکانیکی نوسانگر ساده، با مجذور دامنه و مجذور بسامد نوسانگر متناسب است. وقتی یک موج سینوسی با دامنهٔ A و بسامد f در طناب بلند و کشیده شده‌ای پیش می‌رود، همراه با پیش‌روی موج، انرژی نیز در طنـــاب پیش می‌رود. توان انتقـــال انرژی از هر نقطه طناب تابعی از زمان اســـت و با گذشت زمان تغییر می‌کند. مقدار متوسط توان انتقال انرژی از هر نقطه طناب در مدت زمان یک دوره (T) از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید.»

$$\overline{P}=2\pi^2A^2f^2\mu V \qquad (۱۴-۷)$$

اگرچه این نشان می‌دهد نویسندگان کتاب‌های درسی پی برده‌اند که باید جملات جدیدی نوشته شود، اما اصل مطلب هنوز مغفول مانده اســـت. (در همان کتاب تصویری کشیده شده که موج در حال انتشار را نشان می‌دهد.)



براســـاس این دیدگاه، در قله، انرژی پتانسیل و در بُعدِ صفر انرژی جنبشـــی ماکزیمم است. (به افزایش فاصلهٔ حلقه‌ها در قله توجه کنید)

ما از یک فنر کشـــیده شده، در حالتی که از آن موج عرضی می‌گذشت، عکس گرفتیم؛ هیچ نقطه‌ای فشرده‌تر از قسمت بدون موج نبود. در قله‌ها، کشـــیدگی به اندازهٔ قسمت بدون موج بود. در محلِ $y=0$ کشیدگی ماکزیمم است.

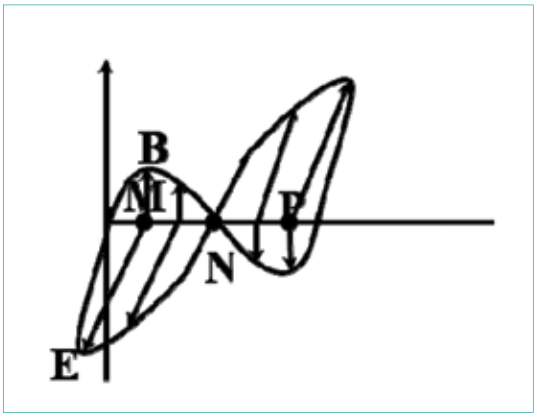
این دیدگاه فکر می‌کرد کـــه وقتی یک موج نامیرا، در یک محیط کشسان جلو می‌رود، انرژی به‌صورت مساوی در همهٔ نقاط محیط وجـــود دارد. هر نقطـــه کارش گرفتن انرژی از نقطـــهٔ قبل و پس دادن آن به نقطهٔ بعـــد بدون تغییر انرژی خودش است. مثل تعداد زیادی سرباز که یکی پس از دیگری می‌نشـــینند و بلند می‌شوند فقط در اثر تمرین خبر نوسان را به یکدیگر می‌دهند.

خلاصه اینکه از نظر طرفداران این دیدگاه محیط انتشـــار اجزای کلوخه‌ای (Lumped Elements) دارد؛ بنابراین ذرات محیط را مثل نوسانگرهای جرم-فنر تصور می‌کنند و به نظر آن‌ها انرژی جنبشی یک تابع $\sin^2\omega t$ است و انرژی پتانسیل یک تابع $\cos^2\omega t$ است.

در نتیجه اگر در جایی انرژی جنبشی نیست، انرژی پتانسیل هست و اگر جایی انرژی پتانسیل نیست انرژی جنبشی وجود دارد؛ ولی مجموع این‌ها در نقاط مختلف یکســـان است. پس نتیجه می‌گیرند که همه جای نقاط مواج انرژی دارند فقط نوع آن‌ها در هر نقطه با نقطه دیگر فرق می‌کند.

در دهۀ ۹۰، در ویرایش‌های جدیدی که از هالیدی منتشر شده است این دیدگاه تغییر کرده و در کتاب درسی ما هم تغییر ایجاد شده است

موج الکترومغناطیس شکل مقابل را مشاهده کنید. در حالی کـــه در M و P، هم انرژی الکتریکی و هم انرژی مغناطیســـی ماکزیمم اســـت در نقطه N هیچ نوع انرژی نه الکتریکی و نه مغناطیسی وجود ندارد. این نکته با آن دیدگاه همخوان نیست.



و نیز، در موج ایستاده، این دیدگاه فکر می‌کرد نقاط متفاوت دامنه‌های مختلف دارند. یعنی انرژی نقاط مختلف یکســـان نیســـت. در شـــکم‌ها انرژی مکانیکی ماکزیمـــم و در گره‌ها تقریباً صفر است و نقاط بینابین هم کمتر از شکم و بیشتر از گره انرژی دارنـــد و انرژی را به هم منتقل نمی‌کنند. چرا آن سربازها که گفتیم اینجوری هستند؟ یعنی در حال نوسان‌اند، اما انرژی را منتقل نمی‌کنند. ولی وقتی دامنه آن‌ها برابر بود، علاوه بر نوسان، انرژی را منتقل هم می‌کردند؟!!!!

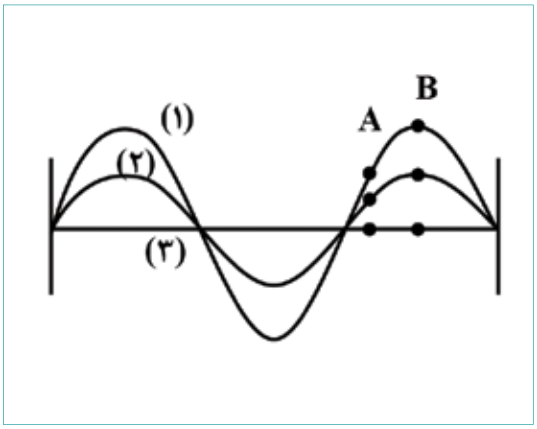
در شـــکل مقابل، حالت یک طناب یا فنـــر که در آن موج ایستاده ایجاد شده در سه زمان مختلف نشان داده شده است.

اگر از صاحبان این دیدگاه بپرســـیم، که نظرشان راجع به انرژی این طناب یا فنر چیست، خواهند گفت:

در حالت (۱) همهٔ انرژی‌ها پتانسیل هستند؛

در حالت (۳) همه انرژی‌ها جنبشی هستند؛

و در حالت (۲) کمی انرژی پتانسیل و کمی انرژی جنبشی داریم.



مجموع انرژی جنبشـــی و پتانسیل A و B در همهٔ لحظات ثابت است. فقط این مجموع در B، بیشتر از A می‌باشد. برای موج ایســـتاده توزیع انرژی ناعادلانه اســـت. در گره‌ها انرژی نداریم و در شکم‌ها انرژی ماکزیمم است.

نگاه دوم و هدف این نوشتار

مهم‌ترین ایراد نگاه اول این است که محیط انتشار را دانه دانه و کلوخه‌ای تصور می‌کند. برای کسانی که از مکانیک ذره تازه فارغ شده‌اند و خصوصاً هنوز در هوای مبحث نوسان هستند، این نگاه یا برداشت اغواگر اســـت. برای صاحب این برداشت راحت‌تر اســـت که فکر کند محیط انتشار موج مجموعه‌ای از نوسانگرها اســـت، در صورتی که می‌دانیم محیط‌های انتشار موج، حرکتِ مشـــترکِ مجموعه‌ای از ذرات در «محیط‌های پیوسته» می‌باشد.

باید توجه کرد هرچند دریا از قطرات آب تشکیل شده است، اما این دریا خواصـــی دارد که قطرات ندارند. مثلاً در مبحث نوسان، سرعت انتشار و طول موج بی‌معناست. این‌ها و خواص جدیدی که خواهیم دید، از به هم پیوســـتن قطرات به‌وجود آمده‌انـــد. خود قطـــرات فاقد این خواص هســـتند. در کتاب طرح فیزیک هاروارد مطلبی است بسیار آموزنده. می‌نویسد: «احتمـــالاً تاکنـــون توصیفی از کشـــتزارهای بـــزرگ گندم خوانده‌اید؛ امواج زیبایی که به وســـیلهٔ باد تشکیل می‌شوند و کیلومترهـــا در مزرعه می‌غلتند ... این آشـــفتگی‌ها ســـیر می‌کنند اما منتشر نمی‌شوند، زیرا ساقه‌های گندم بی‌ارتباط با هم هســـتند، منبعی وجود ندارد که از آن منشـــأ بگیرند و خودبه‌خود نیز دور شـــوند. باید پیوسته باد به آن‌ها بوزد. اگر نوزد آشفتگی هم از سیر خود باز می‌ماند.»

شاید برداشـــتمان از اصل هوینگس هم احتیاج به بازنگری دارد.

در موج‌های یک‌بعدی فقط یک منبع داریم. این‌طور نیست که هر نقطه‌ای بـــرای نقطهٔ بعدی مثل یک منبع عمل کند، بلکه هر نقطه‌ای را فقط می‌تـــوان مبدأ گرفت و اختلاف فاز را حســـاب کرد. ولی آن نقطه منبع نیست. موج از منبع دور می‌شود ولی از مبدأ می‌گذرد.

حال اگر محیط انتشـــار را محیطـــی در نظر بگیریم که هر عنصر آن هم اینرســـیال و هم‌کشسان است، می‌توان فهمید که چرا موج آناً منتشـــر نمی‌شود و برای انتقال انرژی احتیاج به زمان دارد. چرا ســـرعت انتشـــا موج به خاصیت کشسانی و اینرســـی محیط بســـتگی دارد؟ مثلاً در $V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ ، F به نمایندگی از نیروی کشســـانی و μ به نمایندگی از اینرســـی انتشار موج عرضی در طناب یا فنر را موجب می‌شوند.

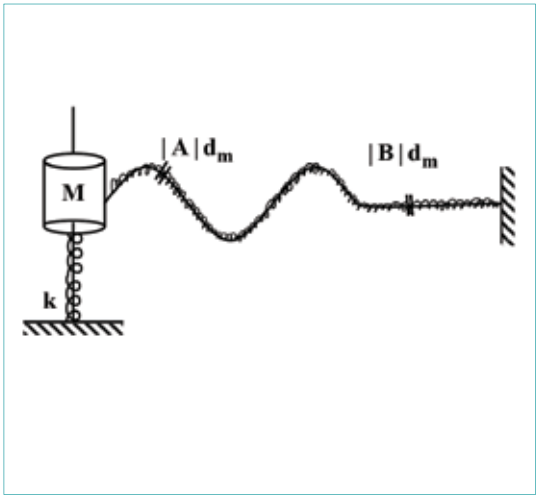
در شـــکل مقابل منبع تولید موج یک نوســـانگر جرم ـ فنر

در موج‌های یک‌بعدی فقط یک منبع داریم. این‌طور نیست که هر نقطه‌ای برای نقطهٔ بعدی مثل یک منبع عمل کند، بلکه هر نقطه‌ای را فقط می‌توان مبدأ گرفت و اختلاف فاز را حساب کرد

است. گاهی فنر باز می‌شود و گاهی فشرده می‌شود و منبع را به نوسان در می‌آورد و اگر انرژی آن مدام تأمین شود در محیط (فنر کمی کشیده) انرژی‌اش را منتشر می‌کند.

ولی عنصر طولی |A| با جرم d_m که بخش کوچکی از فنر افقی است همه خصوصیات منبع M را ندارد از جمله فنری که هم فشرده و هم کشیده شود وجود ندارد.

عنصر طولی |A| گاهی کشیده شده‌تر از عنصر طولی |B| است ولی هرگز فشرده شده‌تر از آن نیست.



چقدر بدآموزی دارند کلیپ‌هایی که برای نمایش موج، نشستن و بلند شدن سربازها را، که به دستور انجام می‌شود، نشان می‌دهند.

در پایان، برای درک تفاوت ذره و محیط پیوسته، به اصل برهم‌نهی توجه کنید: چندین موج در یک محیط (جنگل) طوری منتشر می‌شوند که انگار دیگری وجود ندارد، ولی هر نقطهٔ محیط (درخت) حرکتی می‌کند به اندازهٔ مجموع جابه‌جایی همه.

در یک محیط پیوسته انتشار انرژی موج طوری است که در هر نقطه آن، نه اینکه جنبشی به پتانسیل و پتانسیل به جنبشی تبدیل می‌شود. بلکه از هر نقطه آن هم جنبشی و هم پتانسیل [بخوانید هم انرژی اینرسیال وابسته به جرم و هم انرژی وابسته به کشسانی] به نقطهٔ دیگر می‌روند.

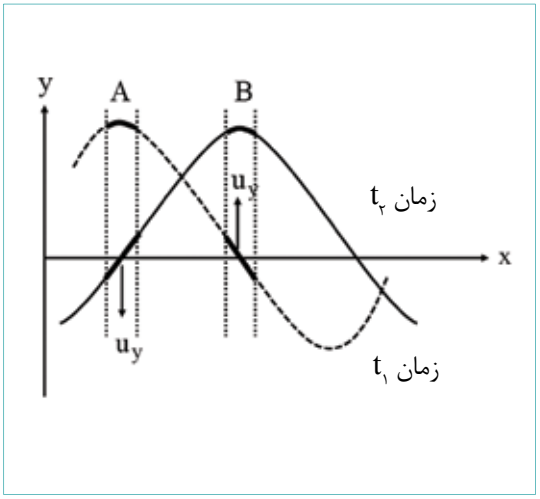
هر دو با رابطهٔ $\cos^2 \omega t$ به زمان بستگی دارند. در یک نقطه گاهی انرژی زیاد (نصف جنبشی و نصف پتانسیل) و گاهی انرژی کم دارد. یعنی (هم جنبشی و هم پتانسیل) کم است.

در شکل مقابل که از ویراست جدید هالیدی برداشته شده است.

در یک لحظه قسمت کوچک |A| نه انرژی جنبشی و نه انرژی پتانسیل دارد ولی در لحظهٔ دیگر ($\frac{T}{4}$ بعد) هم انرژی جنبشی و هم انرژی پتانسیل آن ماکزیمم است. (انرژی پتانسیل ندارد یعنی هم اندازه قسمتی که هنوز موج به آن نرسیده است)

بنابراین، انرژیِ هر نقطه تابع زمان است و در یک دوره تناوب همهٔ نقاط شرایط مشابهی را تجربه می‌کنند و با شرکت همه نقاط مواج، در مدت T به اندازهٔ $\frac{1}{2}\mu\lambda\omega^2 y_m^2$ انرژی منتقل می‌شود.

ثابت خواهیم کرد که وقتی در یک محیط یک بعدی، موجی با دامنهٔ ثابت منتشر می‌شود نصف انرژی حمل شونده جنبشی و نصف آن پتانسیل است و هر دو نوع انرژی در تمامی نقاط محیط با هم برابر هستند.



وقتی در یک محیط یک بعدی، موجی با دامنهٔ ثابت منتشر می‌شود نصف انرژی حمل شونده جنبشی و نصف آن پتانسیل است و هر دو نوع انرژی در تمامی نقاط محیط با هم برابر هستند

انرژی جنبشیِ dk، متناظر با عنصری از ریسمان یا فنری به جرم dm، عبارت است از $dk = \frac{1}{2}(dm)u^2$؛ که در اینجا u سرعت عرضی عنصر (dm) است و از $u = \frac{\partial y}{\partial t}$ به‌دست می‌آید.

$$y(x,t) = y_m \sin(kx - \omega t) \Rightarrow u = \frac{\partial y}{\partial t} = -\omega y_m \cos(kx - \omega t)$$

حال با قرار دادن $dm = \mu dx$ داریم:

$$dk = \frac{1}{2}dmu^2 \Rightarrow dk = \frac{1}{2}\mu dx(-\omega y_m)^2 \cos^2(kx - \omega t)$$

حال از $dx = Vdt$ برمی‌آید که آهنگ انتقال انرژی به‌صورت جنبشی خواهد شد.

$$\frac{dk}{dt} = \frac{1}{2}\mu . V y_m^2 \omega^2 \cos^2(kx - \omega t)$$

از آنجایی که متوسط $\cos^2(kx - \omega t)$ برای یک دوره تناوب برابر $\frac{1}{2}$ است، پس:

$$(\frac{dk}{dt})_{Avg} = \frac{1}{2}\mu V y_m{}^2\omega^2 \underbrace{[\cos^2(kx-\omega]}_{\text{متوسط یک دوره تناوب برابر } \frac{1}{2} \text{ است.}} \Rightarrow (\frac{dk}{dt})_{Avg} = \frac{1}{4}\mu V y_m{}^2\omega^2$$

که V سرعت فاز موج (سرعت انتشار موج) است.

می‌توان ثابت کرد که انتقال انرژی پتانسیل هم به همین صورت است؛ یعنی درست مثل انرژی جنبشی، در بعد ماکزیمم صفر و در بعد صفر ماکزیمم است.

در پاورقی اثبات کرده‌ایم که در طناب: $U = \frac{1}{2}kx^2 \Rightarrow du = \frac{1}{2}F(\frac{\partial y}{\partial x})^2 dx$؛ و در آن F کشش فنر است.*

یعنی برای یک موج با معادلهٔ $y = y_m \sin(kx-\omega t)$ داریم:

$$du = \frac{1}{2}Fk^2 y_m{}^2 \cos^2(kx-\omega t)dx$$

حال معلوم می‌شود که چرا باید از توان شارشی متوسط انرژی سخن بگوییم نه از توان شارشی انرژی.

حال با توجه به $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ و $kv = \omega$ و $V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ داریم:

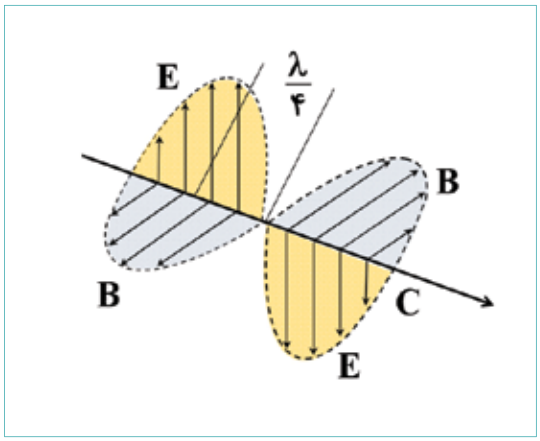
$$Fk^2 = \mu V^2 . \frac{\omega^2}{V^2} = \mu\omega^2$$

و نیز $dx = Vdt$ حال

$$\frac{du}{dt} = \frac{1}{2}y_m{}^2\mu\omega^2 . V\cos^2(kx-\omega t)$$

این وضع در امواج الکترومغناطیس هم وجود دارد.

شباهت موج روندهٔ الکترومغناطیس با موج عرضی رونده از نظر انرژی بسیار آموزنده است. در یک‌جا هم مغناطیسی و هم الکتریکی صفر است و در $\frac{\lambda}{4}$ جلوتر هر دو ماکزیمم است؛ ولی در $\frac{T}{4}$ ثانیه بعد در جای قبلی ماکزیمم و در جای اول صفر می‌شود.



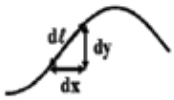
اگرچه این نشان می‌دهد نویسندگان کتاب‌های درسی پی برده‌اند که باید جملات جدیدی نوشته شود، اما اصل مطلب هنوز مغفول مانده است

$$\left[\frac{dE}{dt}\right]_{Avg} = \frac{1}{2}\mu V\omega^2 y_m{}^2$$

$$du = F(dl-dx) \Rightarrow du = F\left[\sqrt{dx^2+dy^2} - dx\right]$$

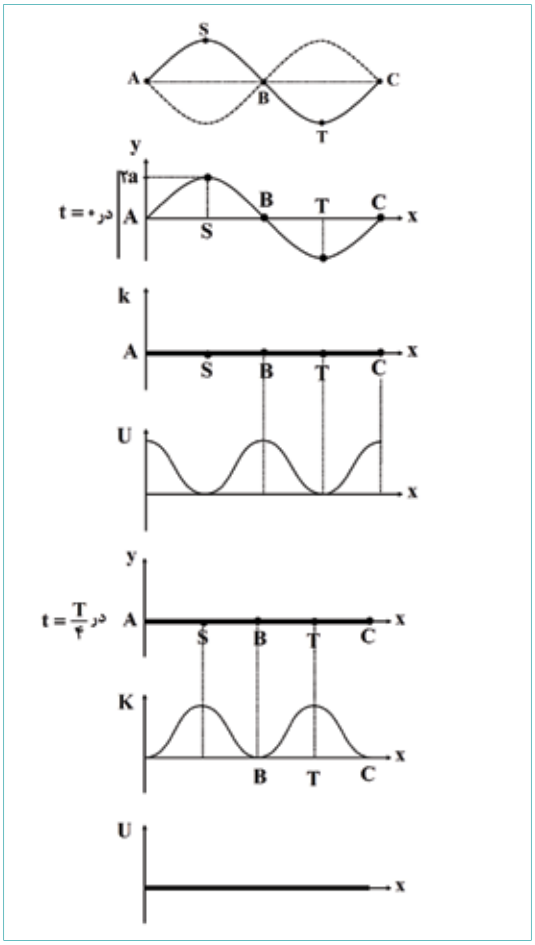
$$du = F\left[\sqrt{1+(\frac{dy}{dx})^2} - 1\right]dx \Rightarrow \sqrt{1+\varepsilon} = 1+\frac{1}{2}\varepsilon$$

$$du = F\left[1+\frac{1}{2}(\frac{dy}{dx})^2 - 1\right]dx \Rightarrow du = \frac{1}{2}F(\frac{dy}{dx})^2 dx$$



حال در مورد موج ایستاده

در لحظهٔ $t=0$ و $t=\frac{T}{4}$ بعد و انرژی جنبشی و انرژی مکانیکی هماهنگ دوم فنر مرتعشی را تماشا کنید.



این شکل‌ها نشان می‌دهد که:

ـ در گره‌ها انرژی صفر نیست، بلکه فقط انرژی جنبشی صفر است.

ـ در شکم‌ها انرژی ماکزیمم نیست بلکه انرژی جنبشی بین ماکزیمم و می‌نیمم (صفر) تغییر می‌کند. آنجا هرگز انرژی پتانسیل وجود ندارد.

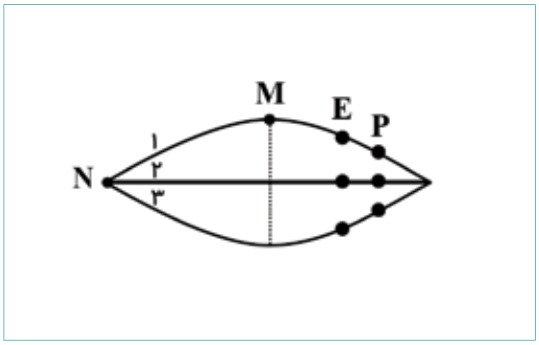
ـ بین گره و شکم انرژی به شکل ویژه‌ای منتقل می‌شود، در ضمن انتقال انرژی جنبشی از شکم به گره‌ها می‌رود و به انرژی پتانسیل تبدیل می‌شود و سپس برمی‌گردد و باز به انرژی جنبشی تبدیل می‌گردد.

ـ اگر در محل گره کاغذی بگذارید هیچ حرکتی نمی‌کند، ولی در محل شکم اگر کاغذی بگذارید پرتاب می‌شود. پس انرژی پتانسیل توانایی پرتاب کردن را ندارد و باید به انرژی جنبشی تبدیل شود تا جسمی را پرتاب کند!

ـ با اینکه از گره انرژی نمی‌گذرد ولی بین گره و شکم مجاور، بده بستان انرژی برقرار است.

ـ درست نیست بگوییم این موج مجموعهٔ (جرم ـ فنر)هایی هست که فقط دامنهٔ متفاوت دارند. در جرم ـ فنر انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود، فنر گاهی باز و گاهی بسته می‌شود. اینجا فنر هرگز بسته نمی‌شود. این‌طور نیست که گره و شکم، یکی بی‌انرژی و دیگری انرژی‌دار باشد. بلکه یکی محل کم و زیاد شدن انرژی جنبشی (شکم) و دیگری محل کم و زیاد شدن انرژی پتانسیل (گره) است و بین شکم و گره انرژی دست‌به‌دست می‌شود.

شکل مقابل هماهنگ اول یک موج ایستاده است. در اینجا فرق نقطهٔ P و E این نیست که چون دامنهٔ E بیشتر از P است پس انرژی در E بیشتر است!



از دیدگاه محیط پیوسته

در بُعد ماکزیمم حالت (۱) انرژی جنبشی هر دو نقطه صفر است ولی انرژی پتانسیل P بیشتر است.

در بُعد صفر حالت (۲) انرژی پتانسیل هر دو نقطه صفر است ولی انرژی جنبشی E بیشتر است.

اما برای یک دورهٔ تناوب (حتی نصف دورهٔ تناوب) جمع انرژی جنبشی و پتانسیل P و E با هم برابرند. ولی در P خود را بیشتر به شکل انرژی پتانسیل در می‌آورد و در E بیشتر به شکل انرژی جنبشی بروز می‌کند. به همین دلیل در E می‌تواند تکان بیشتر و در P کشیدگی زیادتری ایجاد کند.

همچنین اگر راحت‌تر هستید می‌توانید بگویید:

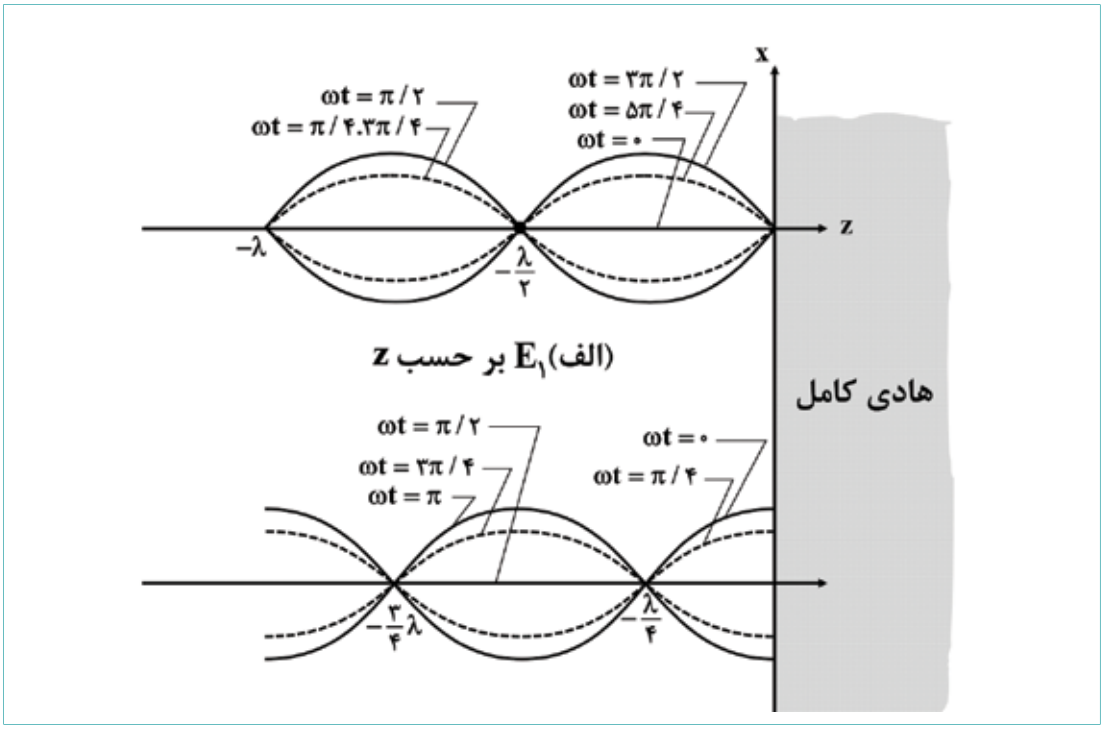
همان‌طور که نقطهٔ M برای انرژی جنبشی شکم و نقطهٔ N گره است، به همین ترتیب که نقطه N برای انرژی پتانسیل شکم و نقطه M گره است.

وقتی موج الکترومغناطیس به یک فلز می‌خورد میدان الکتریکی صفر، در صورتی که میدان مغناطیس ماکزیمم می‌شود و در حالت برگشت به شکل جالبی در گره‌ها، مغناطیسی ماکزیمم و در شکم‌ها، الکتریکی ماکزیمم می‌شود. همان‌گونه است انرژی‌ها.

جالب‌ترین قسمت داستان آنجاست که اگر بتوانیم تشابه موج‌های مکانیکی را به امواج الکترومغناطیس تعمیم دهیم باید بگوییم در محل نوارهای روشنِ آزمایش یانگ، انرژی الکتریکی کم و زیاد می‌شود چون میدان الکتریکی نوسان می‌کند؛ و در نوارهای تاریک، میدان مغناطیسی نوسان می‌کند (انرژی مغناطیسی ماکزیمم و صفر می‌شود) و بین تاریک و روشن، انرژی دست‌به‌دست می‌شود.

به طوری که یک لحظه در محل نوار روشن، انرژی الکتریکی ماکزیمم می‌شود. ولی در همان لحظه در گره، هم انرژی الکتریکی و هم انرژی مغناطیسی صفر است. لحظهٔ دیگر (ربع دوره تناوب بعد) در محل روشن، هم انرژی الکتریکی و هم انرژی مغناطیسی صفر است. آن لحظه در محل تاریک، انرژی مغناطیسی ماکزیمم است. ولی گیرنده‌های چشم فقط به میدان الکتریکی حساس هستند، یعنی وجود انرژی در نوارهای روشن را می‌بینند ولی انرژی مغناطیسی در نوارهای تاریک را نمی‌بینند.

جالب‌ترین قسمت داستان آنجاست که باید بگوییم در محل نوارهای روشن آزمایش یانگ، انرژی الکتریکی کم و زیاد می‌شود



چقدر بدآموزی دارند کلیپ‌هایی که برای نمایش موج، نشستن و بلند شدن سربازها را، که به دستور انجام می‌شود، نشان می‌دهند

این مطلب را از کتاب دورهٔ فیزیک برکلی فرانک‌اس، کرافورد نقل می‌کنم.

چرا همیشه E را در نظر می‌گیریم و از B صرف‌نظر می‌کنیم؟

البته همیشه این طور نیست، اما اغلب این کار را می‌کنیم. قسمتی از دلیل اینکه ما معمولاً اثر امواج الکترومغناطیسی را بر حسب E بیان می‌کنیم و در فرمول B را در نظر نمی‌گیریم، به شرح زیر است: هنگامی که امواج الکترومغناطیسی با ذرهٔ بارداری با بار q و سرعت v برهم‌کنش می‌کنند نیروی وارد بر ذره با نیروی لورنتس (جلد دوم، سری برکلی، بخش ۵- ۲) داده می‌شود.

$$F = qE + q\frac{v}{c}\times B$$

در مورد یک موج پیش‌روندهٔ الکترومغناطیسی در خلأ نتیجه می‌شود که E و B اندازهٔ لحظه‌ای یکسان دارند. بنابراین اندازهٔ نیروی حاصل از B از اندازهٔ نیروی حاصل از E با یک ضریب در حدود $|v/c|$ کوچک‌تر است. پس نتیجه می‌شود هنگامی که E و B از چشمه‌های نور معمولی یا حتی از یک لیزر قوی حاصل می‌شوند، میدان‌های E و B به اندازهٔ کافی ضعیف هستند، به‌طوری که بیشینهٔ سرعت $|v|$ که در حرکت حالت پایای الکترون‌های واداشته در یک قطعه مادهٔ معمولی به دست می‌آید، در مقایسه با c ناچیز است. از این رو مثال‌های بسیار زیادی وجود دارد که در آن‌ها می‌توانیم از نیروی حاصل از B صرف‌نظر کنیم. به این دلیل است که بر E تأکید می‌کنیم. گاهی اوقات با وجودی که B بر طبق بحث بالا کوچک است، اثرهای آن می‌تواند غالب باشد.

البته اگر B و E حاصل از تابش (امواج پیش‌رونده) نبوده و (مثلاً) حاصل از میدان‌های استاتیک، در نتیجهٔ بارها و شدت جریان‌های مستقل باشند، در این صورت B و E مجبور نیستند اندازهٔ مساوی داشته باشند. مثلاً می‌توانیم $|E| = ۰$ و داشته باشیم $|B| = ۱۰۰\,kG$.

مشاهدهٔ مدارهای الکتریکی با دوربین‌های تصویربرداری حرارتی

نویسنده: پیتر کاچوفسکی
مترجمان: فرانک لاهورپور، مژده پرمحمد، مهرنوش بادامیان و عزیز خدادادی

اشاره

دوربین‌های تصویربرداری حرارتی با دادن بازخورد بصری سریع خود، نه‌تنها در کاربردهای صنعتی بلکه در آموزش فیزیک هم بیش از پیش در حال تبدیل شدن به ابزاری متداول هستند. کاهش مداوم قیمت‌های نمونه‌های سازگار با دستگاه‌های قابل حمل هوشمند و عملکرد بصری آن‌ها، اندازه‌گیری حرارتی را در مدارس امکان‌پذیر و برای دانش‌آموزان جذاب می‌کند. این مقاله به آزمایش‌های عمدتاً کیفی IR (مادون قرمز) می‌پردازد که برای دانش‌آموزان دبیرستانی یا حتی دانشجویان طراحی شده است. تمام آزمایش‌ها فرآیندهای حرارتی مربوط به عبور جریان از مدارهای الکتریکی را نشان می‌دهند که مکرراً توسط دانش‌آموزان دبیرستانی استفاده می‌شود. آزمایش‌های پیشنهادی می‌توانند به‌طور جداگانه، یا به‌عنوان یک دنبالهٔ کامل درسی که خلاصه‌ای از دانش مربوط به قانون اهم، قوانین مدار کیرشهف و گرمایش ژول هستند، در دروس فیزیک گنجانده شوند.

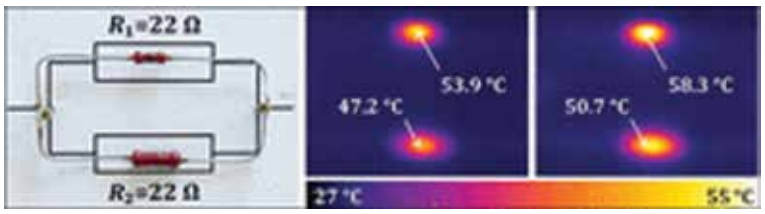
در سال‌های اخیر، تعداد مقالات منتشر شده‌ای که شامل ایده‌های آموزش با استفاده از دوربین‌های مادون قرمز و همچنین مطالعاتی در مورد تأثیر آن‌ها بر دانش‌آموزان است رو به افزایش گذاشته است. در بیشتر موارد این پیشنهادها بر روی مباحث مفهومی دشوار مانند انتقال فاز، فرآیندهای اتلافی (اصطکاک، برخوردهای غیرکشسان) یا هدایت گرمایی متمرکز هستند که بر روی درک ذهنی ما از دما تأثیرگذار است. با این حال، توجه بسیار کمتری در زمینهٔ آموزش الکتریسیته و مغناطیس صورت می‌گیرد. وولمر (Vollmer) و مولمان (Möllmann) آزمایش‌هایی را شرح می‌دهند که اثرات ترموالکتریک، وجود جریان‌های گردابی، تغییرات دما در اجاق‌های مایکروویو و گرمایش ژول در مدارهای موازی و سری ساده را نشان می‌دهند. مورد آخر همچنین توسط نتزل و همکارانش (Netzell et al) یا ونگ (Wong) و سوبرامانیام (Subramaniam) به همین ترتیب مورد بررسی قرار گرفته است. ایرینهاک (Ayrinhac) نیز استفادهٔ بصری جذابی را از دوربین‌های IR برای حل شبکه‌های پیچیده رسانای الکتریکی پیشنهاد می‌دهد. هدف از این مقاله، شرح پدیده گرمایش ژول در فعالیت‌های درسی واقعی است که عمدتاً توسط خود دانش‌آموزان به منظور کمک به درک آن‌ها از پدیده‌های حرارتی و الکتریکی طراحی شده‌اند.

همهٔ آزمایش‌ها با استفاده از دوربین مادون قرمز FLIR i7 ثبت شده‌اند و در تمام نمودارها، مقادیر عددی دما مربوط به گرم‌ترین نقطهٔ سطح مورد مطالعه است.

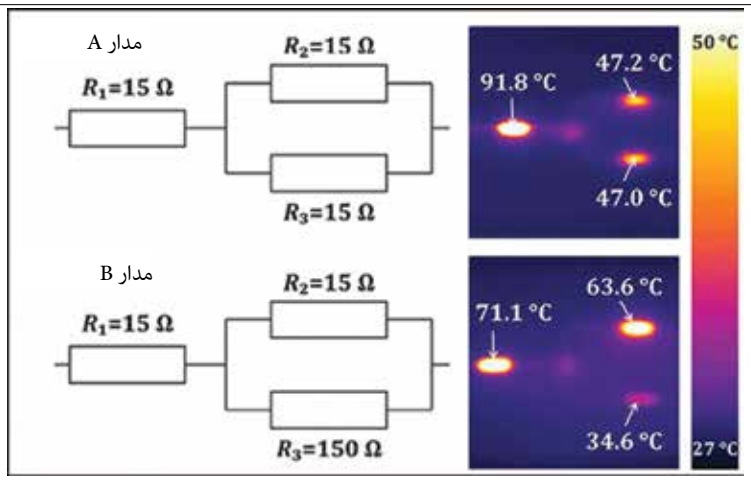
این مطلب می‌تواند به‌عنوان یک مسئله برای دانش‌آموزان مطرح شود و آن‌ها می‌توانند در کار بعدی پیش‌بینی کنند که کدام‌یک از مقاومت‌ها سریع‌تر خنک می‌شود

ظرفیت گرمایی متفاوت مقاومت‌ها؛ استدلال کیفی

دانش‌آموزان به سادگی حدس می‌زنند که اگر دو مقاومت همسان را به‌صورت موازی به منبع تغذیه وصل کنند از هر دو مقاومت جریان‌های یکسانی عبور خواهد کرد و سرعت گرمایش آن‌ها (که توسط دوربین تصویربرداری حرارتی به راحتی قابل مشاهده است) یکسان خواهد بود. با این حال، کلمهٔ «همسان» در اینجا فقط به معنای مقاومت یکسان نیست، بلکه به اندازهٔ یکسان، هندسه و سطوح مؤثر یکسان نیز اشاره دارد که متضمن تابش یکسان از مقاومت‌هاست. اگر این الزامات را نادیده بگیریم، حتی این آزمایش ساده می‌تواند نتایج غیرمنتظره‌ای به بار آورد. در شکل ۱، تصاویر یک جفت مقاومت ۲۲Ω با اندازه‌های مختلف نشان داده شده است که ۱۰ و ۲۰ ثانیه پس از اتصال آن‌ها به باتری ۳V گرفته شده است. با توجه به ظرفیت گرمایی بیشتر، مقاومت بزرگ‌تر دمای خود را کندتر تغییر می‌دهد، حتی اگر گرمای منتشر شده از آن به اندازهٔ مقاومت کوچک‌تر باشد. این مطلب می‌تواند به‌عنوان یک مسئله برای دانش‌آموزان مطرح شود و آن‌ها می‌توانند در کار بعدی پیش‌بینی کنند که کدام‌یک از مقاومت‌ها سریع‌تر خنک می‌شود.



▲ شکل ۱. دو مقاومت ۲۲Ω با اندازه‌های مختلف به‌طور موازی. از سمت چپ: در نور مرئی، در IR (مادون قرمز) ۱۰ ثانیه پس از اتصال منبع تغذیه و در IR (مادون قرمز) ۲۰ ثانیه پس از اتصال منبع تغذیه.



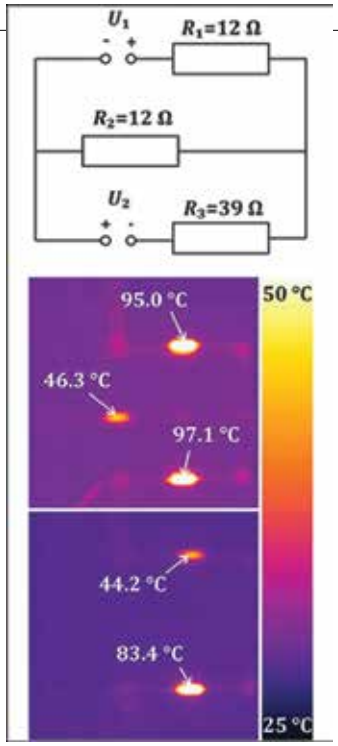
▲ شکل ۲. مدارهای A و B در یک عکس IR گرفته شده ۶۰ ثانیه پس از اتصال یک باتری ۴/۵ V.

قانون‌های کیرشهف

حال اجـازه دهید آزمایشـی را در نظر بگیریـم که برای مقاومت‌های هم‌اندازه ضروری اسـت. برای نشان دادن قانون جریان کیرشـهف دو مدار سـادهٔ A و B در نظر گرفته شده است که شـامل مقاومت‌های ۱۵Ω و ۱۵۰Ω هستند (شکل ۲ را ببینید). در مدار A، مقاومت R_1 جریان دوبرابر و گرمای آزادشده چهاربرابر را در مقایسه با دو مقاومت دیگر که دمای آن‌ها به‌طور یکسان اما با شدت کمتری نسبت به R_1 افزایش می‌یابند، تجربه می‌کند. براساس آزمایش‌های مکرر، پیش‌بینی این نتیجه برای دانش‌آموزان آسان است. در حالی‌که در مورد وضعیت B نمی‌توان چنین گفت. در این حالت جریان در دو شاخه (با مقاومت‌های R_2 و R_3) به نسبت ۱۰:۱ تقسیم می‌شود که نسبت گرمای آزادشده نیز چنین است. برای مقایسه، در شـکل ۲ مقاومت R_1 متصل شده اسـت تا نشان دهد دمای $t(R_2)$ مقاومت R_2 کمی پایین‌تر از $t(R_1)$ است، اما به‌طور قابل توجهی بالاتر از $t(R_3)$ است.

گفته می‌شود که دانش‌آموزان به‌طور شهودی قانون جریان کیرشهف را می‌پذیرند، در حالی‌که قانون ولتاژ وی (کیرشهف) به دلیل فرمول‌بندی ریاضی آن که نیازمند بررسی سیستمی با بیش از دو معادله خطی است، بسیار انتزاعی‌تر و غیرمحبوب است. حل چنین سیستمی برای مدار «پایه» با دو منبع تغذیه و سه شاخه (شکل ۳) از دانش‌آموزان وقت زیادی می‌گیرد و همین‌طور سختی به دست آوردن مقادیر جریان‌ها و ولتاژها دانش‌آموزان را سـزاوار ارزیابی تجربـی می‌کند تا از نتیجهٔ صحیـح خود لذت ببرند. با مقایسـهٔ گرمایش ژول از عناصر مقاومت، دوربین تصویربرداری حرارتی تأیید ظریفی را ارائه می‌دهد که آیا محاسبات صحیح بوده است یا خیر؛ البته اعداد دقیق را تأیید نمی‌کند اما تخمین بصری رضایت‌بخشی ارائه می‌دهد.

طرح شـکل ۳ نمونه‌ای از یک مدار اسـتفاده شده توسط دانش‌آموزان را نشان می‌دهد که به آن‌ها این امکان را می‌دهد تـا دو منبع تغذیهٔ مختلف را به سـه مقاومت انتخابی ثابت وصل کنند. به‌عنوان مثال، برای $U_1=U_2=4/5V$، محاسـبه نظری براسـاس قانون ولتاژ کیرشـهف تـوان را در مقاومت اول $P(R_1)=0/83W$ و به‌طـور مشـابه $P(R_2)=0/15W$ و $P(R_3)=0/88W$ به دسـت می‌دهد. تصویر مادون قرمز این مدار واقعی نشـان می‌دهد که دمـای مقاومت‌ها به خوبی با انتظارات مبتنی بر محاسبه مطابقت دارد. در شکل ۳، نمونهٔ دیگری برای $U_1=1/5V$ و $U_2=4/5V$ نشان داده شده است.



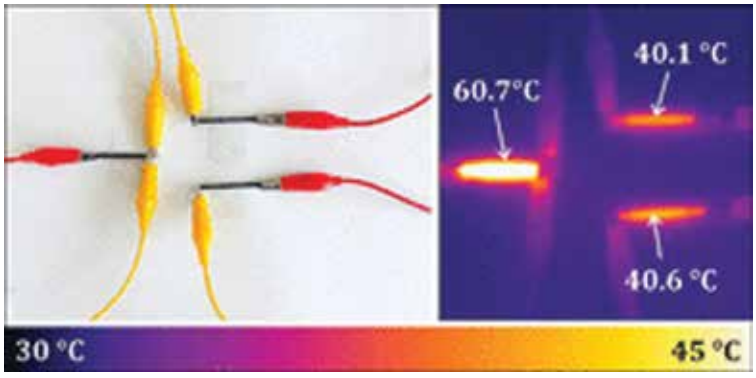
شکل ۳. در بالا: مدار با سه مقاومت ثابت ۱۲ اهم، ۱۲ اهم و ۳۹ اهم. در وسط: مدار ۵۰ ثانیه پس از اتصال به $U_1=U_2=4/5v$. در نتیجه , $P(R_2)=0/15w$ $P(R_1)=0/83w$ و $P(R_3)=0/88w$.
در پایین: مدار ۴۵ ثانیه پس از اتصال $U_1=1/5v$ و $U_2=4/5v$ در نتیجه $P(R_1)=0/18w$, $P(R_2)=0w$ و $P(R_3)=0/53w$. در این حالت بدیهی است که مقاومت R_2 جریان صفر را تجربه می‌کند. زیرا دمای آن همان دمای محیط باقی می‌ماند.

مغـز مدادها: مقاومت‌هـای ایده‌آل برای آزمایش‌های IR

بعضی از آزمایش‌های مدار حتی بدون مقاومت‌های مناسب قابل انجام هستند ـ مغز مدادهای مورد استفاده در مدادهای مکانیکی (مدادهای فشـاری) می‌توانـد به‌عنوان جایگزینی ارزان‌قیمت برای آن‌ها باشـد. مقاومت یـک مغز مداد HB ضخیم‌تر (طول ۱۰cm و قطر ۲mm) در حدود ۱۰Ω اسـت و از آنجایی که این مقاومت با طول میلهٔ گرافیتی متناسـب اسـت، با کوتاه کردن میلهٔ گرافیتی به راحتی می‌توان آن را کاهش داد. به این ترتیب، هر دانش‌آموز می‌تواند به سـرعت مدار خود را بسـازد و در صورت لـزوم فوراً پارامترهای آن را تغییر دهد. در رابطه با تصویربرداری حرارتی، چنین مدارهایی دارای یک مزیت هسـتند زیرا در واقع آن‌ها تابش یکسان از همهٔ مقاومت‌ها (= مغز مدادها) را تضمین می‌کنند. در شکل مادون قرمز ۴، یک «مدار گرافیتی» به شکل مشابه با مدار A

با مقایسهٔ گرمایش ژول از عناصر مقاومت، دوربین تصویربرداری حرارتی تأیید ظریفی را ارائه می‌دهد که آیا محاسبات صحیح بوده است یا خیر؛ البته اعداد دقیق را تأیید نمی‌کند اما تخمین بصری رضایت‌بخشی ارائه می‌دهد

قبل از آماده‌سازی هریک از فعالیت‌های توصیف شده برای دانش‌آموزان، لازم است که معلم جریان و توان هر عنصر مدار را به منظور استفاده از مقاومت‌های قوی و منبع تغذیه مناسب محاسبه کند



▲ شکل ۴. «مدار گرافیتی» با مغز مداد چسبیده به یک صفحه پلاستیکی به وسیله نوارچسب؛ تصویر مرئی و IR گرفته شده ۲۰ ثانیه پس از اتصال یک باتری ۴/۵ V.

از شکل ۲ وجود دارد. برای جلوگیری از تأثیر نواحی سطحی مختلف و ظرفیت‌های گرمایی مختلف، فقط بایستی مداری از عناصر هم‌اندازه ساخته شود.

نوسانات توان در مدارهای AC

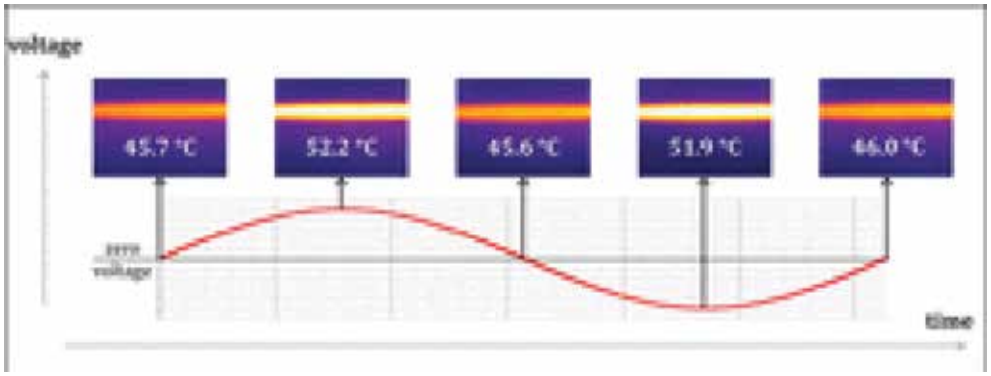
از مغز مدادها به دلیل مزیت دیگرشان، یعنی ظرفیت گرمایی بسیار کم آن‌ها، می‌توان برای آخرین آزمایش نیز استفاده کرد. این کار، دوربین تصویربرداری حرارتی را قادر می‌سازد تا تغییرات سریع دما همراه با تغییر شار جریان الکتریکی را نیز تشخیص دهد. در حقیقت مشاهدهٔ این اثر در یک مدار با سیگنال AC متداول ۵۰HZ تا ۶۰HZ غیرممکن است، اما برای فرکانس‌های کمتر از ۰/۲HZ دما به‌صورت دوره‌ای افزایش می‌یابد و باعث کاهش رسانایی می‌شود. برای نشان دادن این مسئله، از یک مغز مداد نازک HB (طول ۶cm و قطر ۰/۵mm) استفاده شده که به منبع تغذیه AC در حدود ۲V و ۰/۱HZ متصل شده است. همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، دو بیشینه و سه کمینهٔ دمایی در طی یک دوره مشاهده می‌شود که پیش‌بینی آن ممکن است برای دانش‌آموزان دشوار باشد؛ زیرا اغلب آن‌ها حداقل ولتاژ (دامنه منفی ولتاژ) را به‌عنوان حداکثر توان تفسیر نمی‌کنند. آنچه برای نویسندهٔ این مقاله شگفت‌آور بود این واقعیت است که دامنه‌های ولتاژ و جریان با لحظاتی که بیشترین دما اندازه‌گیری شده به خوبی مطابقت دارد؛ تقریباً بدون هیچ تأخیری.

محدودیت‌ها

در بعضی از قسمت‌های این مقاله برخی ساده‌سازی‌های جزئی انجام شده است. اولاً در محاسبات از مقاومت داخلی باتری‌های استفاده شده و همچنین از تغییر مقاومت‌ها با افزایش دما صرف‌نظر شده است. علاوه بر این، یک مقدار پیش‌فرض تابش (ε=۰/۹۵) برای همه اندازه‌گیری‌ها لحاظ شده است، که ممکن است برای انواع مختلف پوشش سطح مقاومت‌ها کمی متفاوت باشد.

همچنین لازم به ذکر است که افزایش دمای اندازه‌گیری شدهٔ مقاومت‌ها، دقیقاً با توان الکتریکی تولید شده متناسب نیست. به‌عنوان مثال، در مدار A در شکل ۲، مقاومت R_1 گرمای تابش شده چهاربرابر را در مقایسه با R_2 و R_3 تجربه می‌کند، در حالی‌که افزایش درجه حرارت آن فقط سه‌برابر بالاتر از دو مقاومت دیگر است. همچنین سایر اندازه‌گیری‌های ارائه شده، ناسازگاری‌های مشابهی را نشان می‌دهند که ناشی

ساخت مدارها با لحیم‌کاری می‌تواند به‌عنوان بخشی از فعالیت‌های دانش‌آموزان قبل از انجام آزمایش‌های IR باشد



▲شکل ۵. تغییر دمای یک قطعه گرافیتی ۰/۵ میلی‌متری که یک جریان متناوب را تجربه می‌کند. تصاویر IR قسمت وسط قطعه را نشان می‌دهد.

از ماهیت بسیار پیچیدهٔ فرآیندهای مؤثر در دمای اندازه‌گیری شدهٔ نهایی است. در حین گرمایش ژول، مقاومت‌ها توسط تابش انرژی را از دست می‌دهند (قانون استفان ـ بولتزمن) و براساس قانون سرمای نیوتن خنک می‌شوند، مقداری از انرژی، توسط رسانش، برای گرم کردن بقیهٔ مدار خارج شده و پس از مدتی با محیط تعادل پویا برقرار می‌شود و غیره. این موارد همراه با اثرات ذکر شده در پاراگراف قبل، دلایلی هستند که نویسنده استفاده از آزمایش‌های پیشنهادی به‌صورت نمونه‌های کیفی را توصیه می‌کند.

قبل از آماده‌سازی هریک از فعالیت‌های توصیف شده برای دانش‌آموزان، لازم است که معلم جریان و توان هر عنصر مدار را به منظور استفاده از مقاومت‌های قوی و منبع تغذیه مناسب محاسبه کند؛ در غیر این صورت، خطر واقعی سوختن و از بین رفتن مدار وجود دارد. از آنجایی که به‌ویژه عناصر مقاومت تا حدود ۱۰۰°C گرم می‌شوند، لازم است به دانش‌آموزان اخطار شود که به قسمت‌های داغ دست نزنند؛ یا اینکه از ولتاژهای پایین استفاده کنند.

خلاصه

مطالعهٔ مدارهای الکتریکی با دوربین تصویربرداری حرارتی یک روش غیرمتعارف برای بررسی موضوعاتی مانند قانون اهم و قوانین مدار کیرشهف است. با استفاده از گرمایش ژول، اندازه‌گیری‌های مادون قرمز یک بازخورد کیفی بصری از توان الکتریکی تولید شده بر روی عناصر مدار خاص را بدون نیاز به استفاده از وسایل اندازه‌گیری معمولی (آمپرسنج، ولت‌سنج) نشان می‌دهند. با در نظر گرفتن محدودیت‌های ذکر شده در بالا، فعالیت‌های تجربی پیشنهادی و تأیید شده نتایج رضایت‌بخش و قابل تکراری را ارائه می‌دهند. علاوه بر این، مدارها با لحیم‌کاری ساخته شده‌اند، یک فعالیت دستی که قطعاً برای دانش‌آموزان با طراوت و جالب است. بنابراین، ساخت مدارها با لحیم‌کاری می‌تواند به‌عنوان بخشی از فعالیت‌های دانش‌آموزان قبل از انجام آزمایش‌های IR باشد.

سپاسگزاری

این کار توسط مرکز تحقیقات دانشگاه چارلز (شماره UNCE/HUM/24) پشتیبانی شده است.

منبع

Phys. Teach. 57, 597 (2019) by Petr Kácovský

تازه‌های پژوهش در جهـــــان فیزیک

علی رادپی
احمدرضا اعرابی

۱. اگر سیاه‌چاله‌ای درون یک کرم‌چاله بیفتد چه می‌شود؟

یک پژوهش جدید نشـــان می‌دهد که اگر کرم‌چاله‌ها وجود داشته باشند ممکن است دانشمندان روزی بتوانند ســـیاه‌چاله‌هایی را که در آن‌ها قرار دارند مشاهده کنند. اخترشناســـان تصور می‌کنند که ممکن است بتوانند با استفاده از موج‌های گرانشی تابشی، سیاه‌چاله‌هایی را که در داخل کرم‌چاله‌ها قرار دارند تشـــخیص دهند. کشف امواج گرانشـــی بسیار دشوار اســـت زیرا این امواج بسیار ضعیف هستند؛ حتی اینشتین مطمئن نبود که آیا آن‌ها واقعاً وجود دارند، چه رسد به اینکه قابل کشف باشند. ولی اکنون دانشمندان، پس از گذشت چندین دهه کار، اولین شواهد مستقیم از وجود امواج گرانشی را گزارش داده‌اند.

این شواهد در رصدخانهٔ گرانشی- تداخل سنج لیزر (LIGO)، در سال ۲۰۱۶ به دست آمده است. رصدخانهٔ مذکور بیش از ۲۰ برخورد عظیم بین اجرام فوق‌العاده متراکم و عظیم مانند سیاه‌چاله‌ها و ستاره‌های نوترونی را کشف کرده است. با وجود این، اشیای عجیب و غریب دیگری ممکن است وجود داشته باشد.

کرم‌چاله چیست؟

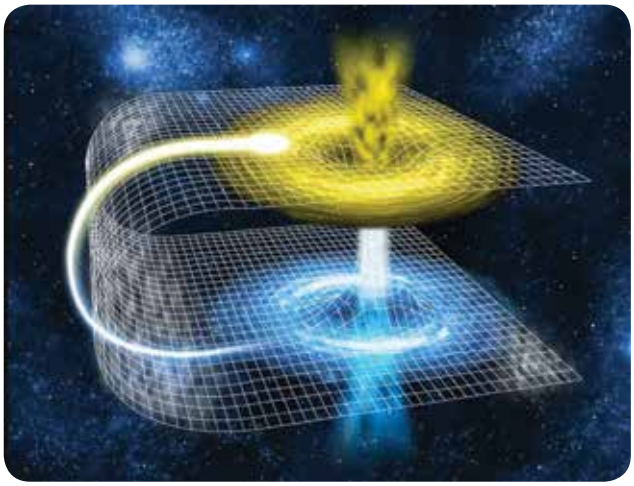
کرم‌چاله‌ها تونل‌هایی در فضا- زمان هستند که از نظر تئوری می‌توانند امکان سفر به هر نقطهٔ جهان را فراهم کنند. نظریهٔ نسبیت عام اینشتین امکان ایجاد کرم‌چاله‌ها را فراهم می‌کند.

همهٔ کرم‌چاله‌ها اساساً ناپایدارند و در همان لحظه‌ای که باز می‌شوند سریع بسته می‌شوند. تنها راه برای باز نگه داشتن و پیمودن آن‌ها، فرم عجیب و غریب ماده با نام «تودهٔ منفی» است که در میدان گرانش معمولی درست در خلاف جهت میدان حرکت می‌کند.

کرم‌چاله، از بسیاری جهات شبیه یک سیاه‌چاله است. این‌ها هر دو فوق‌العاده چگال و متراکم هستند و کشش گرانشیِ قدرتمندی دارند. تفاوت اصلی آن‌ها با سیاه‌چاله‌ها این است که هیچ شیئی نمی‌تواند پس از ورود به افق رویداد سیاه‌چاله از آن بگریزد، در حالی که هر جرمی که وارد دریچهٔ یک کرم‌چاله می‌شود می‌تواند از طرف دیگر خارج شود. با فرض اینکه کرم‌چاله‌ها وجود دارند، دانشمندان به‌دنبال سیگنال‌های گرانشی ایجاد شده به‌هنگام نزدیک شدن سیاه‌چاله به آن‌ها هستند.

بازسازی رایانه‌ای

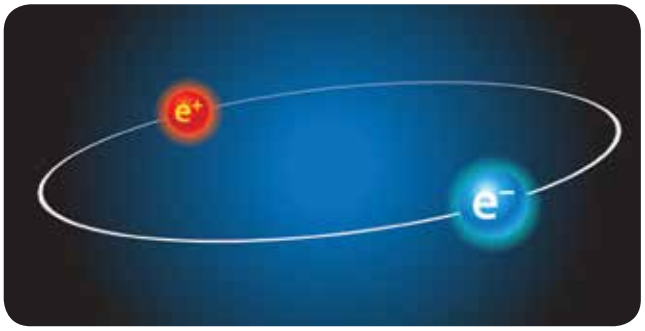
در مدل‌های رایانه‌ای، محققان توانسته‌اند برهم‌کنش بین سیاه‌چاله‌ای به جرمی پنج برابر جرم خورشید را با یک کرم‌چالهٔ پایدار با جرمی ۲۰۰ برابر جرم خورشـــید و دهانه‌ای ۶۰ برابر وســـیع‌تر از سیاه‌چاله، بازسازی کنند. این مدل‌ها نشان می‌دهد که سیگنال‌های گرانشی، برخلاف آنچه که تاکنون دیده شده است، هنگامی آشکار می‌شوند که سیاه‌چاله‌ای به داخل و خارج دریچهٔ کرم‌چاله می‌رود. این برخلاف هنگامی است که دو سیاه‌چاله به یکدیگر نزدیک می‌شوند و سرعت‌مداری آن‌ها رو به افزایش می‌رود؛ دقیقاً مانند اسکیت‌بازان



چرخان که بازوهای خود را به بدن خود نزدیک می‌کنند. با افزایش سرعت، به نوبهٔ خود، فرکانس امواج گرانشی نیز افزایش می‌یابد. با ورود سیاه‌چاله به درون کرم‌چاله، سیگنال گرانشی از سیاه‌چاله به سرعت محو می‌شود و اکثر امواج گرانشیِ خود را در طرف دیگر دریچهٔ کرم‌چاله تابش می‌کند. در مقابل، وقتی دو سیاه‌چاله با هم برخورد می‌کنند. نتیجهٔ آن انفجاری از امواج گرانشی است. اگر یک کرم‌چاله با سیاه‌چاله‌ای روبه‌رو شود که جرم کمتری دارد، پایدار می‌ماند، ولی اگر با سیاه‌چاله‌ای بزرگ‌تر از خود روبه‌رو شود، ممکن است تودهٔ منفی این کرم‌چاله را مختل کند و باعث فروپاشی آن شود و احتمالاً سیاه‌چالهٔ جدیدی ایجاد کند.

هنوز معلوم نیست که اگر سیاه‌چاله‌ای فقط لبه‌های کرم‌چاله را ببندد، در حالی که فقط بخشی از آن وارد دهانهٔ کرم‌چاله می‌شود، چه اتفاق می‌افتد. دانشمندان گمان می‌کنند که در این صورت، در افق رویداد سیاه‌چاله، رفتارهای دیوانه‌کننده‌ای بروز می‌کند که موجبات ایجاد امواج گرانشی و از دست دادن انرژی بیشتر می‌شود. چنین برخوردی ممکن است تودهٔ منفیِ این کرم‌چاله را مختل کند و منجر به یک کرم‌چالهٔ ناپایدار شود. تحقیقات آینده می‌تواند تعامل بین تودهٔ منفی یک کرم‌چاله و هر مادهٔ عادی را که وارد کرم‌چاله می‌شود، و همچنین سناریوهایی پیچیده‌تر را، مانند آنچه ممکن است در صورت چرخش دهانه کرم‌چاله رخ دهد، کشف کند[1].

۲. حل ساختار پوزیترونیم با الکترودینامیک کوانتومی



پوزیترونیوم اتمی است شبیه هیدروژن که از یک الکترون و یک پوزیترون ساخته شده است. از آنجا که پوزیترونیوم به کلی فاقد پروتون یا نوترون است، ساختار آن را نمی‌توان با فعل و انفعالات درون هسته توضیح داد بلکه باید ساختار این اتم را دقیقاً با الکترودینامیک کوانتومی (QED)، که همتای کوانتومیِ الکترومغناطیس کلاسیک است، توصیف کرد. از این رو، پوزیترونیوم یک ایده‌آل برای آزمایش QED و یافتن انحراف‌هایی است که می‌تواند از مدل استاندارد داشته باشد. با این هدف بود که محققان دانشگاه کالج لندن، انگلستان، طی ۲۵ سال ساختار پوزیترونیوم را با دقت بی‌سابقه‌ای توصیف کردند و با پیش‌بینی‌های QED اختلافات را آشکار ساختند و گام‌هایی برای دقت بیشتر و به‌حداقل‌رساندن خطاهای آزمایشی سیستماتیک برداشتند.

اندازه‌گیری دقیق در مورد پوزیترونیوم چالش‌برانگیز است، زیرا این سیستم در حدود چندصد نانو ثانیه پس از تولید از بین می‌رود. به‌طور خاص، محققان از لیزر برای تهیهٔ انتخابی پوزیترونیوم به‌صورت انتخابی در حالت الکترونی استفاده می‌کنند تا طول عمر آن را طولانی نمایند. ضمناً آن‌ها اتم‌ها را خنک می‌کنند تا اثرات داپلر، که خطوط اتمی را گسترده‌تر می‌کند، به حداقل برسد.

ساختار خوب یک اتم، تقسیم سطح انرژی آن را ناشی از چرخش الکترون‌ها و اثرات نسبیتی نشان می‌دهد. محققان با استفاده از مایکروویوهای کم‌مصرف، که سطح انرژی اتمی را تغییر نمی‌دهند، انتقال را اندازه‌گیری کردند و نشان دادند که فرکانس مشاهده شده از یک انتقال پوزیترونیوم خاص، در حدود یک قسمت در هزار بزرگ‌تر از آن است که توسط QED پیش‌بینی شده است. تفاوت این اختلاف به‌طور قابل توجهی از خطای تخمین‌زده شده فراتر می‌رود. انتظار می‌رود با پیشرفت‌ها و تحقیق‌های بیشتر بتوان این اختلاف را توضیح داد[2].

۳. اثر مومبا؛ چرا آب گرم زودتر از آب سرد یخ می‌زند؟

ماجرا از این قرار است که در سال ۱۹۶۳، یک دانش‌آموز دبیرستانی اهل تانزانیا به نام اراستو مومبا[۳] با دوستان خود مشغول تهیهٔ بستنی بود. او مشـــاهده کرد که اگر شیر و شـــکر را به‌صورت داغ در فریزر قرار دهد سریع‌تر از حالتی که آن‌ها را خنک کرده است یخ می‌زند. مومبا سپس با راهنمایی یک استاد فیزیک دانشگاه دو لیوان آب، یک یکی گرم و دیگری ســـرد، را در فریزر قرار داد و این آزمایش را بارها انجام داد و در همه حال دید که آب گرم زودتر از آب ســـرد منجمد می‌شود. در پی آن چندین دهه فیزیک‌دانان بحث داشتند که آیا این پدیـــده - اثر مومبا- وجود دارد و چگونه می‌توان آن را مطالعه کرد؟ اکنون محققان دانشگاه سیمون فریزر[۴] با کمک دستگاهی که در بالا مشاهده می‌کنید، نشان داده‌اند که نه‌تنها اثر مومبا وجود دارد، بلکه به چگونگی انجام آن نیز توجـــه کرده‌اند. این فیزیک‌دانان به جای آزمایش در مورد انجماد آب، که به‌طور شـــگفت‌آوری برای مطالعه پیچیده است، نگاه خود و لیزرها را روی دانه‌های میکروسکوپی شیشه متمرکز کردند. به این ترتیب که چگونگی تحرک و جابه‌جایی دانه‌های شیشه را در شرایط بسیار خاص در آب اندازه‌گیری کردند و دیدند که در بعضی شرایط، دانه‌های خیلی گرم سریع‌تر از دانه‌های سرد، خنک می‌شوند. آن‌ها این آزمایش را بیش از هزار بار برای دماهای شروع متفاوت انجام دادند.

این آزمایش‌های همچنین نشان داد که این اثر ممکن است در موادی غیر از آب و دانه‌های شیشه نیز ظاهر شود. با وجود این باید گفت که دلایل و مکانیسم این پدیده همچنان در ابهام قرار دارد[۵].

٤. آیا فیزیک می‌تواند راز حیات را فاش کند؟

این کرم دو ســـر با دســـتکاری در چند قطبی‌های الکتریکی ایجاد شده است. عجیب این است که این کرم هنگام دو نیمه شدن باز هم کرم‌های دو ســـر دیگری تولید می‌کند، گویی این یک گونهٔ متفاوت است. یعنی همان مکانیســـم ترمیم کرم طبیعی را دارد. حیات برای یک فیزیکدان پدیده‌ای رازآلود به نظر می‌رسد. حیات سبب می‌شود موجودات زنده به‌حـــدی خیره‌کننده، غریب و غیر واضح جلوه کنند به‌طوری که به‌راحتی فراموش می‌شود که آن‌ها نیز از اتم‌های معمولی ساخته شده‌اند. اما اگر راز حیات در همین عناصری نیست که موجودات زنده از آن ساخته شده‌اند، پس در چیست؟ عناصر چه ارگانیسم‌هایی را به وجود می‌آورند که آن‌ها را از یکدیگر متمایز می‌ســـازد و از نظر فیزیکی برجسته و از یکدیگر جدایشان می‌کند؟ این سؤالی بود که اروین شرودینگر در یک رشته سخنرانی معروف خود در سال‌های ۱۹۴۳ در دوبلین ایرلند ایراد کرد و یک سال بعد مجموعهٔ آن‌ها را با نام کتاب تأثیرگذارِ زندگی چیست؟ چاپ کرد.

شرودینگر یکی از بنیانگذاران نظریهٔ مکانیک کوانتومی بود؛ یعنی موفق‌ترین نظریهٔ علمی که تاکنون تصور شده است. مکانیک کوانتومی ماهیت مادهٔ بی‌جان را از ذرات زیر اتمی گرفته تا ستاره‌ها، از طریق اتم‌ها و مولکول‌ها توضیح می‌دهد اما متأسفانه نمی‌تواند اساس زندگی، یعنی حیات را توضیح دهد، و لذا با وجود پیشرفت‌های چشمگیر در زیست‌شناسی در دهه‌های اخیر مسئله حیات همچنان به‌صورت یک راز باقی مانده است. هیچ کس هنوز نمی‌تواند با اطمینان بگوید که حیات چیست و چگونه شروع شده است. در پاسخ به این سؤال که آیا فیزیک می‌تواند حیات را توضیح دهد، اکثر فیزیک‌دانان پاسخ مثبت می‌دهند. در دههٔ ۱۹۳۰ بسیاری از معماران مکانیک کوانتومی و برجسته‌ترین آن‌ها نیلزبور، یوجین وینر و ورنر هایزنبرگ عنوان کردند که در مادهٔ زنده واقعاً چیزهای جدید و متفاوتی از مادهٔ بی‌جان وجود دارد.

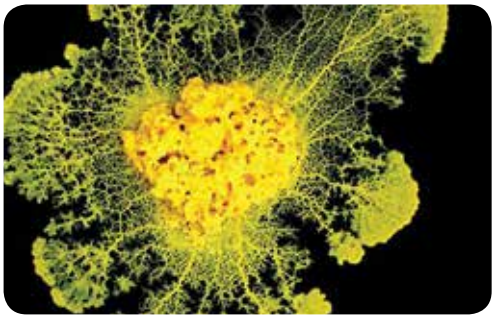
شناسایی حیات مسئله‌ای بسیار دشوار است. اخترشناسان دنبال شناسایی اکسیژن در جوهای سیارات متفاوت هستند، اما باز هم وجود اکسیژنِ جوّی به معنای امضای فتوسنتز نیست، زیرا فرایندهای زیستی هم می‌توانند اتمسفرهای اکسیژن ایجاد کنند. آنچه ما فاقد آن هستیم داشتن یک تعریف کلی از «حیات» مستقل از بستر بیوشیمیایی است که در آن زندگی جریان دارد. برای مثال اگرچه قوانین فیزیک نسبت به وارونگی سمت چپ بی‌تفاوت هستند، اما واقعیت این است که حیات، آن‌گونه که می‌شناسیم، از اسیدهای آمینهٔ چپ و قندهای راست ساخته شده است.

شـــکافی که بین فیزیک و زیست‌شناسی وجود دارد بیش از فقط یک مسئلهٔ پیچیده است. در حقیقت تفاوتی اساسی در چارچوب مفهوم حیات وجود دارد. در حالی که فیزیک‌دانان حیات را با استفاده از مفاهیمی مانند انرژی، آنتروپی، نیروهای مولکولی و میزان واکنش‌ها بررسی می‌کنند، زیست‌شناسان روایتی بسیار متفاوت از حیات دارند و آن را با اصطلاحاتی مانند سیگنال، کد، رونویسی و ... با زبان اطلاعات توضیح می‌دهند و به بررسی سیستم‌ها می‌پردازند.

حیات در ذخیره‌سازی و پردازش اطلاعات در همهٔ سطوح و نه فقط در DNA سرمایه‌گذاری می‌شود. ژن‌ها- همان زنجیرهٔ DNA که به‌عنوان یک مجموعه دستورالعمل رمزگذاری‌شده عمل می‌کند. می‌توانند ژن‌های دیگر را با استفاده از پیام‌رسان‌های شیمیایی روشن یا خاموش کنند و اغلب آن‌ها شبکه‌های پیچیده‌ای را تشکیل می‌دهند. این مدارهای شیمیایی که به اجزای الکترونیکی یا محاسباتی شباهت دارند، گاهی اوقات ماژول‌ها یا دروازه‌هایی را تشکیل می‌دهند که عملیات منطقی را تصویب می‌کنند.

در سطح سلولی، انواع مکانیسم‌های فیزیکی اجازه سیگنالینگ را می‌دهند و می‌توانند منجر به رفتار تعاونی شوند. در شکل زیر چگونگی رشد یک کپک نشان داده شده است.

در این شکل شاهد تجمع سلول‌های منفردی هستیم که می‌توانند خود را به شکل قابل‌ملاحظه‌ای سازماندهی و گاه به‌صورت منسجم رفتار کنند، طوری که گویی یک ارگانیسم واحد هستند؛ همان‌گونه که برای مثال حشرات اجتماعی مانند مورچه‌ها و زنبورها اطلاعات پیچیده‌ای را با یکدیگر مبادله می‌کنند و در تصمیم‌گیری جمعی شرکت می‌کنند؛ و همین‌گونه است مغز انسان که یک سیستم پردازش اطلاعات است و از پیچیدگی حیرت‌انگیزی برخوردار می‌باشد.



کارکرد اطلاعات زیست‌شـــناختی فراتر از بهینه‌سازی بودجه، انرژی اســـت و اغلب به‌عنوان یک مدیر عمل می‌کند. نحوهٔ رشد جنین از تخم بارورشده را در نظر بگیرید. این رشد در هر مرحله تحت نظارت شبکه‌های اطلاعاتی، و کاملاً متناسب با تعداد زیادی از فرایندهای فیزیکی و شیمیایی، تنظیم می‌شود، همهٔ عوامل و عناصر به‌گونه‌ای تنظیم شده‌اند که شکل نهایی و پیچیدهٔ جنین با معماری و مورفولوژی مناسب ظهور یابد.

تلاش برای مدل‌سازی جنین‌زایی، با استفاده از جریان اطلاعات در شبکه‌های تنظیم‌کنندهٔ ژن، به‌طرز چشمگیری موفقیت‌آمیز بوده اســـت. با ردیابی جریان اطلاعات، گروهی از محققان برای شبیه‌ســـازی دینامیک شـــبکه به‌صورت گام‌به‌گام برنامه‌ریزی کامپیوتری کردند. محققان در هر مرحله مدل رایانه‌ای وضعیت‌مدار را با مرحلهٔ مشـــاهده شدهٔ رشد خارپشت دریایی مقایسه کردند. آن‌ها همچنین، در مدل رایانه، اثرات خاموش کردن شـــیمیایی ژن‌های خاص را در نظر گرفتند و مشـــاهده کردند که چه اتفاقی برای جهش جنین می‌افتد. در واقع مدل‌سازی آن‌ها با مشاهدات تجربی مطابقت دارد. مدت‌هاست معلوم شده که ســـلول‌ها نوعی GPS را بر اساس شرایط شیمیایی به نمایش می‌گذارند که این GPS به نوبهٔ خود، توسط ژن‌های خاص تنظیم می‌شود.... اما چگونه این اتفاق می‌افتد؟ آیا کد الکتریکی رمزگذاری شده در کنار کد ژنتیکی کار می‌کند؟ هنوز نمی‌دانیم!

برای پیشرفت در شناخت حیات، ما باید دریابیم که چگونه انواع مختلفی از الگوهای اطلاعاتی اعم از اطلاعات الکتریکی، شیمیایی و ژنتیکی- با هم در تعامل هستند تا ما بتوانیم یک چارچوب نظارتی تهیه کنیم که سازماندهی مواد زنده را مدیریت کند

بیوفیزیک در تقاطع دو حوزهٔ بزرگ علمی قرار دارد: علوم فیزیکی و علوم زیســـتی. هر یک از این دو حوزه با واژگان خاص خود، البته در چارچوب مفهومی متمایز خود همراه است؛ که اولی ریشه در مفاهیم مکانیکی دارد و دومی در مفاهیم اطلاعاتی. درگیری متعاقب، مرز جدیدی از دانش را در بر می‌گیرد که در آن اطلاعات، به‌طور رسمی به‌عنوان یک مقدار فیزیکی- یا به عبارتی مجموعه‌ای از مقادیر شناخته می‌شوند- نقش اصلی را ایفا می‌کنند و از این طریق در خدمت یکپارچه‌سازی فیزیک و زیست‌شناسی درمی‌آیند.

امکان دارد که پیشرفت‌های عظیم در زیست‌شناسی مولکولی در چند دههٔ گذشته تا حد زیادی ناشی از کاربرد مفاهیم مکانیکی در سیســـتم‌های زیستی باشد؛ و این یعنی نفوذ فیزیک به زیست‌شناسی. ولی، با کمال تعجب، اکنون برعکس آن دارد اتفاق می‌افتد. بســـیاری از فیزیک‌دانان، به‌ویژه کسانی که در زمینهٔ مکانیک کوانتومی روی سؤالات بنیادی کار می‌کنند، از قرار دادن اطلاعات در قلب فیزیک حمایت می‌کنند، در حالی که برخی دیگر حدس می‌زنند که فیزیک جدید باید در این دنیای قابل‌توجه و حیرت‌انگیز، مترصد ورود به حوزهٔ موجودات بیولوژیکی باشد[6].

پی‌نوشت‌ها

1.http:// www. space. com/ black- holes- fall- into- wormholes- gravitational waves. html? clid= IwAR1T 4CFJShvHHbUGx- Mgn9b4BsVAO- eYyqGn 1mEPFRYnk 3gWyylx 7OVCIU 5RG

2. h ps://physics. aps. org/ar cles/ v13/s99

3. Erasto Mpemba

4. Simon Fraser

5. h ps://ip. it/ dps5p

6. h ps://physicstoday. scita on. org/ doi/ 10. 1063/PT. 3. 4546.

Roshd
فیزیک
128
Physics Education Journal

IN THE NAME OF ALLAH

Nuclear Martyrs / Ahmad reza Arabi / 2

Ismail Al-Jazari / Esfandyar Motamedi / 4

Approach in the experimental Sciences program / Ahmad Ahmadi / 8

A brief history of Electromagnetism / Negin Khosravani, Seyyed Hedayat Sajadi / 12

Our brain / Claire Sergent / 20

2020 Nobel prize / 26

Three Simple experiment with candles / Mohammad Naderi, Rasool Golestane / 28

Wave and energy / Bahman Ghamari / 37

Electri Circuits as seen by Thermal Imaging Cameras / Petr Kacovsky / 39

Research in the word of physics/ Ali Radpy & Ahmadreza Arabi / 44

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

Managing Editor: Mohammad Ibrahim Mohammadi
Editor-in-Chief: Ahmad Reza Arabi
Executive Director: Ahmad Ahmadi
Graphic Designer: Navid Andarodi
Editorial Board: Ahmad Ahmadi, Ahmadreza Arabi, Esfandyar Motamedi, Haneih Aali Nejad, Hasan Ghalami Bavil Olyaee, Rouhollah Khalili, Seyyed Hedayat Sajadi, Zahra Bagheri

www.roshdmag.ir
Physics@roshdmag.ir
ISSN: 1606-917x
SMS: 30008995
P.O. Box: 15875/6585
Department of Physcis, Tehran-Iran

Physics Education Journal
Vol.36- No.128- 2020

با مجله‌های رشد آشنا شوید

مجله‌های دانش‌آموزی دبستانی
به صورت ماهنامه و ۹ شماره در سال تحصیلی منتشر می‌شوند:
رشد کودک — برای دانش‌آموزان پیش‌دبستانی و پایهٔ اول دورهٔ آموزش ابتدایی
رشد نوآموز — برای دانش‌آموزان پایه‌های دوم و سوم دورهٔ آموزش ابتدایی
رشد دانش‌آموز — برای دانش‌آموزان پایه‌های چهارم، پنجم و ششم دورهٔ آموزش ابتدایی

مجله‌های دانش‌آموزی متوسطه
به صورت ماهنامه و هشت شماره در سال تحصیلی منتشر می‌شوند:
رشد نوجوان — برای دانش‌آموزان دورهٔ اول آموزش متوسطه
رشد برهان — برای دانش‌آموزان دورهٔ اول آموزش متوسطه
رشد قرآن — برای دانش‌آموزان دورهٔ دوم آموزش متوسطه
رشد قضاوت — برای دانش‌آموزان دورهٔ دوم آموزش متوسطه

مجله‌های عمومی بزرگسال
به صورت ماهنامه و هشت شماره در سال تحصیلی منتشر می‌شوند:
رشد آموزش ابتدایی
رشد مدرسه فردا
رشد آموزش خانواده
رشد معلم
رشد آموزش فناوری
رشد آموزش مشاور مدرسه

مجله‌های تخصصی بزرگسال
به صورت فصلنامه و سه شماره در سال تحصیلی منتشر می‌شوند:
رشد آموزش قرآن و معارف اسلامی
رشد آموزش تاریخ
رشد آموزش پیش‌دبستانی
رشد آموزش جغرافیا
رشد آموزش ریاضی
رشد آموزش تربیت‌بدنی
رشد آموزش زبان و ادب فارسی
رشد آموزش زبان‌های خارجی
رشد آموزش زیست‌شناسی
رشد آموزش شیمی
رشد آموزش علوم اجتماعی
رشد آموزش فیزیک
رشد آموزش فنی و حرفه‌ای و کاردانش
رشد آموزش هنر
رشد آموزش مدیریت مدرسه
رشد آموزش مشاور مدرسه
رشد برهان متوسطه دوم

مجله‌های رشد برای معلمان، دانشجومعلمان، مدیران مدرسه و کارشناسان وزارت آموزش‌وپرورش تهیه و منتشر می‌شود.

نشانی: تهران، خیابان ایرانشهر شمالی، ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش‌وپرورش، پلاک ۲۶۶
تلفن و نمابر: ۸۸۳۰۱۴۷۸ ـ ۰۲۱
وبگاه: www.roshdmag.ir

سال جهش تولید

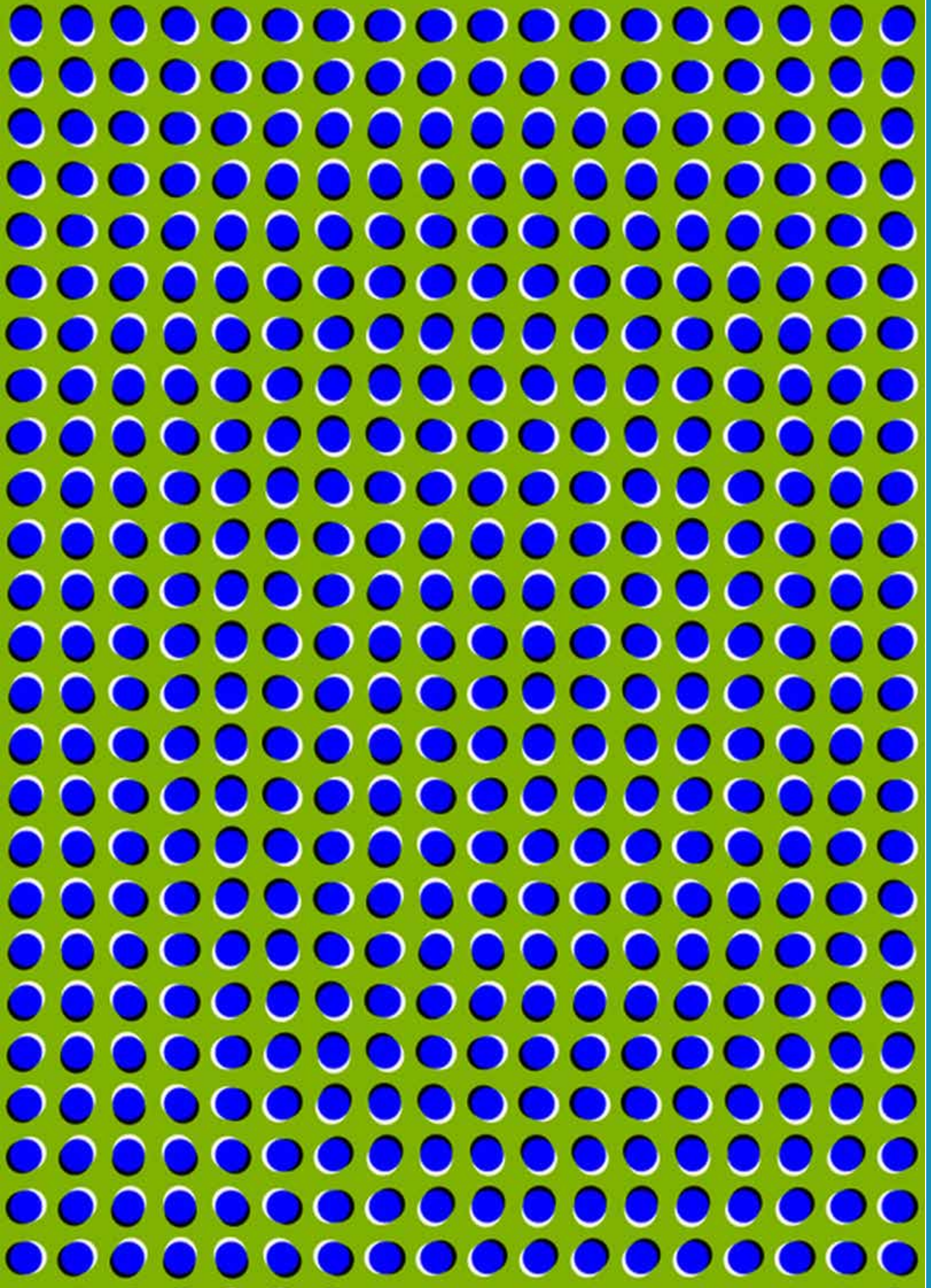
رشد برای شما

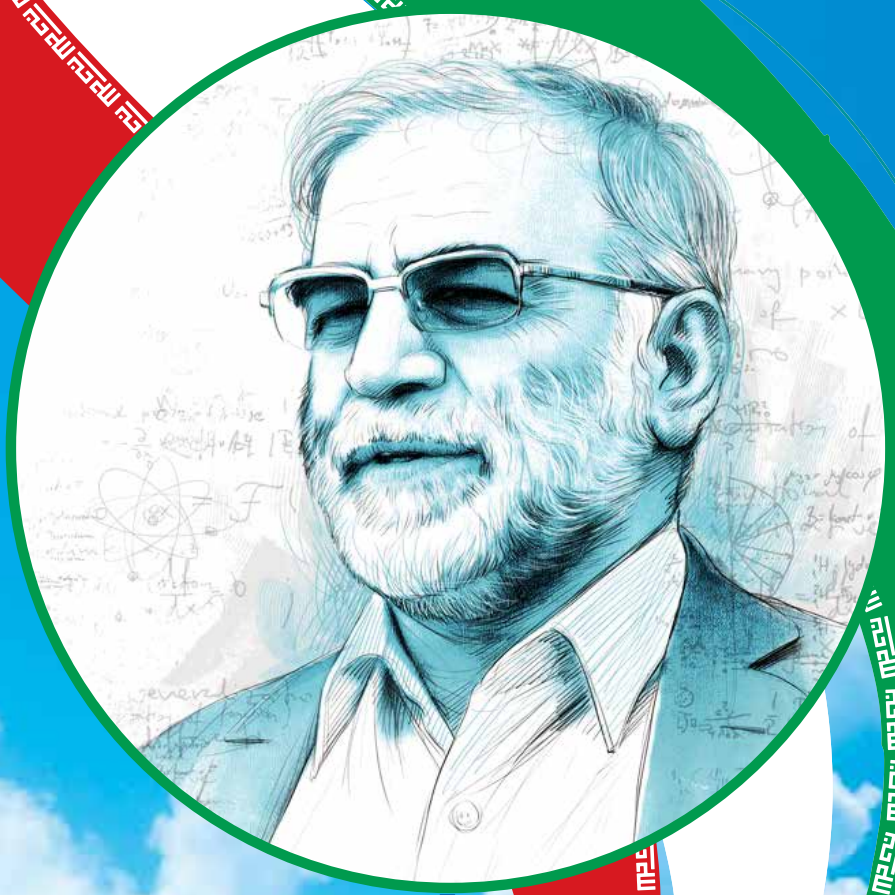
نحوهٔ اشتراک مجلات رشد:
الف) مراجعه به وبگاه مجلات رشد به نشانی www.roshdmag.ir و ثبت‌نام در سایت و سفارش و خرید از طریق درگاه الکترونیکی بانک.
ب) واریز مبلغ اشتراک به شماره حساب ۰۱۰۰۰۳۹۶۶۲ بانک تجارت، شعبهٔ سه‌راه آرمایش کد ۳۹۵ و به همراه برگ تکمیل‌شدهٔ اشتراک با پست سفارشی یا از طریق دورنگار به شمارهٔ ۸۸۴۹۰۲۳۳ – ۰۲۱.
شمارهٔ شبا: IR ۱۸۰۱۸۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۳۹۶۶۲۰۰۰

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

◆ نشانی: تهران، صندوق پستی امور مشترکین: ۳۳۱-۱۵۸۷۵
◆ تلفن امور مشترکین: ۸۸۸۶۷۳۰۸-۰۲۱
Email: Eshterak@roshdmag.ir

◆ هزینهٔ اشتراک سالانه مجلات عمومی رشد (هشت شماره): ۵۵۰/۰۰۰ ریال
◆ هزینهٔ اشتراک یک سالهٔ مجلات تخصصی رشد (سه شماره): ۲۵۰/۰۰۰ ریال





شهید والامقام هسته ای

دکتر محسن فخری زاده