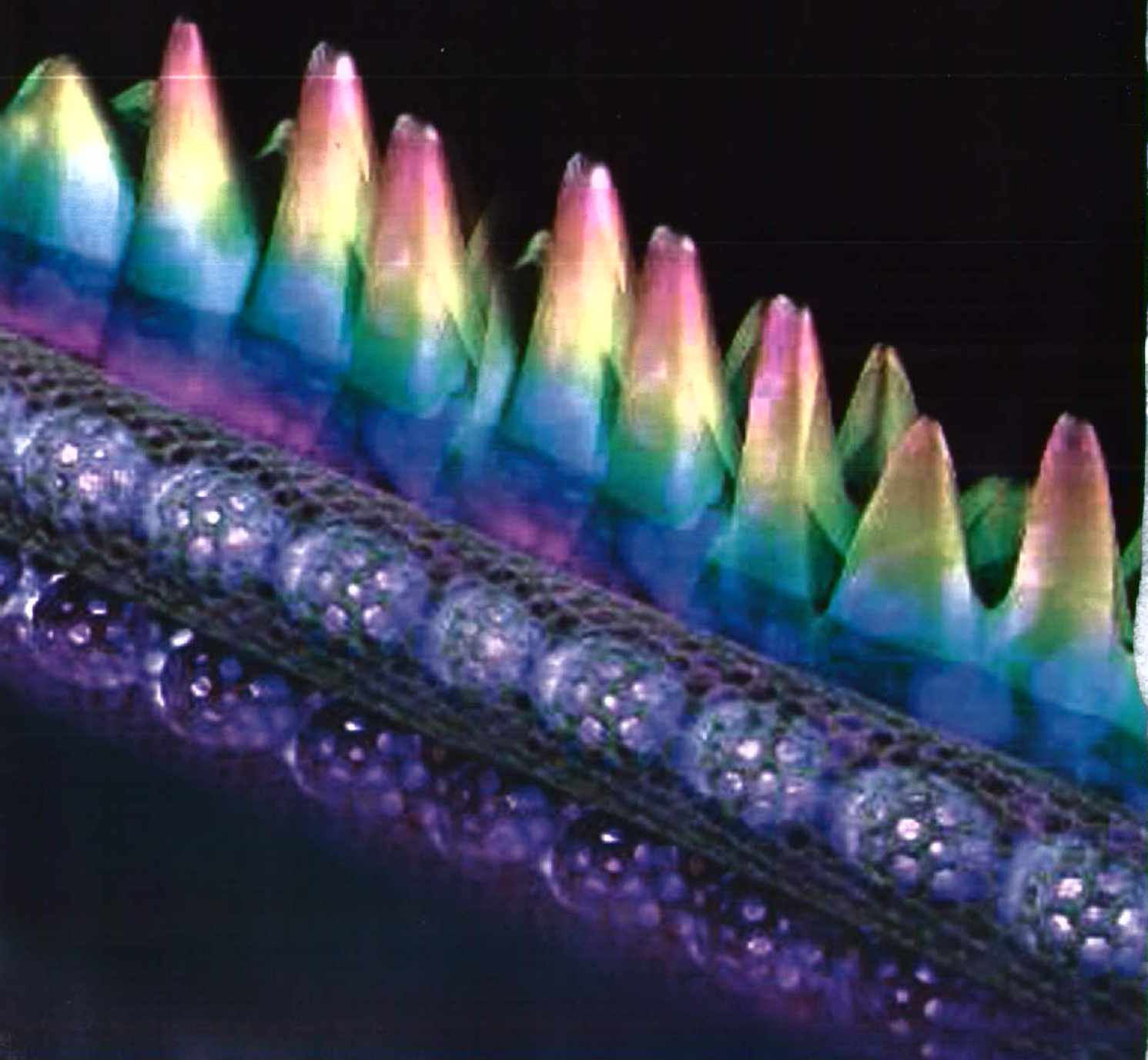
ISSN 1606-917X

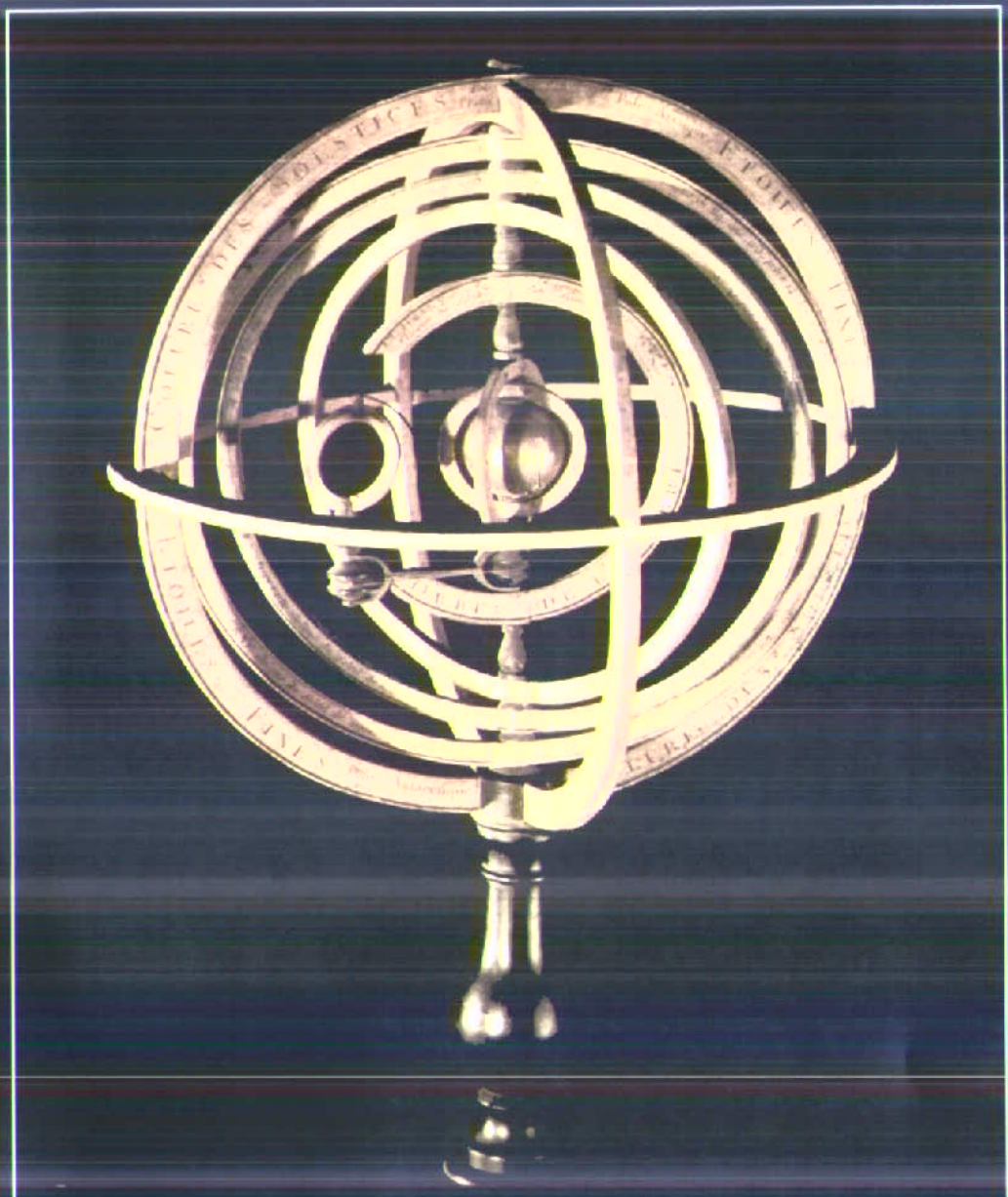
وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و
برنامه ریزی آموزشی
دفتر انتشارات کمک آموزشی

۶۳

رشد آموزش فیزیک

سال سیزدهم ـ بها، ۲۰۰ تومان
www.roshdmag.org





مدل دستگاه کوپرنیکی مربوط به قرن شانزدهم که خورشید و
مدارهای زمین، ماه، و سیاره‌ها را تا مشتری نشان می‌دهد

ISSN 1606-917X

بسم الله الرحمن الرحیم

رشد آموزش فیزیک ۶۳

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر انتشارات کمک‌آموزشی
دورهٔ انتشار: ۱۳۸۱

سرمقاله: آیا از سرمایه‌های خود به درستی بهره می‌گیریم ◆ ۲
مسائل جدید در فیزیک هالیدی (۱)◆ *دیوید هالیدی، روبرت رزنیک و جرل واکر* **◆ ۳**
خیزش موشک ◆ *بوید گاتلین* **◆ ۷**
آموزش فیزیک در گرایش‌های «تجربی» و «ریاضی فیزیک»◆ *جهانگیر ریاضی* **◆ ۱۴**
معرفی سایت‌های فیزیک◆ *جهانگیر ریاضی* **◆ ۱۶**
سرمای کشنده در دمای ۱۰۰۰ درجه ◆ *دونالد آهرنس* **◆ ۱۹**
شیطانک ماکسول ◆ *فردریک جی کلر* **◆ ۲۰**
نجوم و گاهشماری ◆ *منیژه رهبر* **◆ ۲۱**
لوح‌های فشرده◆ *بلوم فیلد* **◆ ۲۷**
خواص میدان مغناطیسی◆ *سینا شکری* **◆ ۳۷**
قوانین اسنل ـ دکارت◆ *بنت‌الهدی قاسمی و ساره کمالی* **◆ ۳۸**
قوانین اسنل در مکانیک کوانتومی◆ *صمد غلامی* **◆ ۴۲**
شما چه فکر می‌کنید؟◆ *حسن قلمی باویل علیایی* **◆ ۴۷**
چگونه انرژی پتانسیل بالن حاوی هلیم در حال صعود تغییر می‌کند؟◆ *دیوید کی‌پورتس* **◆ ۴۸**
دماسنج شیشه‌ای واقعاً دما را اندازه‌گیری می‌کند؟◆ *فیلیپ گش* **◆ ۵۰**
استفاده از اینترنت در آموزش فیزیک◆ *مژگان مطلوب* **◆ ۵۲**
پژوهش‌های دانش‌آموزی ◆ *ابوالفضل قیامی* **◆ ۵۵**
جایزهٔ نوبل فیزیک در سال ۲۰۰۲◆ *روح‌اله خلیلی بروجنی* **◆ ۵۸**
معرفی کتاب‌ها و نشریات◆ ۶۲

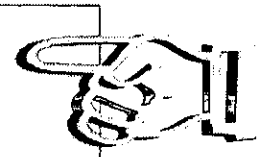
❀ دفتر انتشارات کمک‌آموزشی، این مجلات را نیز منتشر می‌کند:
رشد کودک (ویژهٔ پیش‌دبستان و دانش‌آموزان کلاس اول دبستان) رشد نوآموز (برای دانش‌آموزان کلاس دوم و سوم دبستان) رشد دانش‌آموز (برای دانش‌آموزان کلاس چهارم و پنجم دبستان) رشد نوجوان (برای دانش‌آموزان دورهٔ راهنمایی) رشد جوان (برای دانش‌آموزان دورهٔ متوسطه)، رشد برهان (مجله ریاضی دورهٔ راهنمایی) رشد برهان (مجله ریاضی دورهٔ متوسطه)، مجلات رشد معلّم، تکنولوژی آموزشی، آموزش ابتدایی، مدیریت مدرسه، آموزش معارف اسلامی، آموزش شیمی، آموزش زبان وادب فارسی، آموزش زبان، آموزش راهنمایی تحصیلی، آموزش ریاضی، آموزش زیست‌شناسی، آموزش جغرافیا، آموزش تاریخ، آموزش تربیت‌بدنی، رشد آموزش قرآن، آموزش هنر، آموزش علوم اجتماعی (برای دبیران، آموزگاران، دانشجویان تربیت معلم، مدیران مدارس و کارشناسان آموزش و پرورش)

❀ مجله رشد آموزش فیزیک نوشته‌ها و حاصل تحقیقات پژوهشگران و متخصصان تعلیم و تربیت، بویژه آموزگاران، دبیران و مدرسان را، در صورتی که در نشریات عمومی درج نشده و مرتبط با موضوع مجله باشد، 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 ضمیمه باید در حاشیهٔ 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 ضمیمهٔ 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 شماره صفحهٔ مورد استفاده باشد. ❀ مجله در رد، قبول، ویرایش و تلخیص مقاله‌های رسیده مختار است. ❀ آرای مندرج در مقاله‌ها، ضرورتاً مبین نظر دفتر انتشارات کمک آموزشی نیست و مسؤولیت پاسخگویی به پرسشهای خوانندگان، با خود نویسنده یا مترجم است. ❀ مجله از بازگرداندن مطالبی که برای چاپ مناسب تشخیص داده نمی‌شود، معذور است.

مدیر مسؤول: علیرضا حاجیان‌زاده
سردبیر: دکتر منیژه رهبر
مدیر داخلی: احمد احمدی
طراح گرافیک: پروانه هادی پور
هیأت تحریریه:
احمد احمدی. روح الله خلیلی بروجنی
منیژه رهبر. سید جعفر مهرداد.

Email:info@roshdmag.org
نشانی دفتر مجله: تهران، صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۶۵۸۵
تلفن امور مشترکین: ۸۸۳۹۱۸۶
تلفن دفتر مجله: ۹ـ۸۸۳۱۱۶۱ داخلی: ۲۷۱
چاپ: شرکت افست (سهامی عام)
تیراژ: ۸۵۰۰ نسخه

تصویر روی جلد: ساختار اتمی یک دیوارهٔ نانوتیوب کربن که امواج الکترونی بر آن نهاده شده است. این ساختار نانومتری را گروه استاد علی یزدانی در دانشگاه ایلینویز با میکروسکوپ الکترونی روبشی به تصویر کشیده‌اند.
برگرفته از: http://www.physics.uiuc.edu/Research/



آیا از سرمایه‌های خود به درستی بهره می‌گیریم؟

تیم دانش‌آموزی المپیاد کشورمان موفق شد، در سی و سومین مسابقات جهانی فیزیک که در اندونزی برگزار شد، با کسب ۵ مدال طلا، از لحاظ رتبه‌بندی مدالی، مقام اول و از لحاظ رتبه‌بندی امتیازی، مقام دوم جهان را از آن خود کند.
در این مسابقات همچنین، بهترین نمره در بخش «تئوری» نصیب دانش‌آموزان ایرانی شد.

روزنامهٔ ایران، سه‌شنبه ۸ مرداد ۱۳۸۱

خبر موفقیت دانش‌آموزان ایرانی در مسابقه‌های مختلف جهانی بدون شک همه را شادمان می‌سازد. ضمن تبریک به این جوانان عزیز و آرزوی موفقیت‌های بیش‌تر برای آن‌ها در آینده، امیدواریم استعداد این سرمایه‌های ملی در خدمت به پیشرفت کشور و حل مشکلاتی که چندان کم هم نیستند، مورد استفاده قرار گیرد.

اما هدف از مطرح کردن این بحث تنها ابراز خشنودی از موفقیت این عزیزان نیست. برگزاری المپیادهای علمی و شرکت در مسابقه‌های جهانی، بدون شک اقدامی بسیار مثبت است. زیرا قبل از هرچیز، توجه جوانان را به مسائل علمی جلب می‌کند و افرادی را الگوی آن‌ها قرار می‌دهد که در راه کسب دانش و معرفت گام برمی‌دارند. علاوه بر آن، چون برندگان این مسابقه‌ها می‌توانند بدون شرکت در آزمون ورودی وارد دانشگاه شوند، انگیزهٔ فعالیت برای بسیاری به وجود می‌آید که ضمن کسب افتخار، از سد کنکور نیز بدون مشکل بگذرند. گرچه، بی‌تردید این جوانان در صورت شرکت در آزمون ورودی نیز بدون دردسر فراوان، رتبهٔ بالایی کسب خواهند کرد.

ولی این موفقیت‌ها سوءتفاهم‌هایی را نیز می‌تواند به وجود آورد که باید از آن‌ها احتراز کرد. موفقیت این دانش‌آموزان نشان می‌دهد که کشور ما از نیروی انسانی با استعداد و هوشمندی برخوردار است که با آموزش مناسب می‌توانند به مدارج بالای علمی صعود کنند.

البته رتبهٔ این دانش‌آموزان المپیادی به هیچ‌وجه معیار وضعیت آموزش متوسطهٔ ما نیست. چون این افراد علاوه بر استعداد ذاتی، آموزش خاصی را دیده‌اند که ربطی به وضعیت آموزشی بقیهٔ دانش‌آموزان ندارد. برای تأئید این گفته، از خوانندگان درخواست می‌کنیم که به نتیجهٔ ارزش‌یابی‌های بین‌المللی که در مورد آموزش علوم و ریاضی در ایران انجام شده است، مراجعه کنند. این آزمون‌ها نتیجهٔ چندان امیدوارکننده‌ای را در مورد کشورمان نشان نمی‌دهند. نکتهٔ مهم‌تر آن است که هدف تمام رقابت‌ها در زمینه‌های مختلف، بیش از به دست آوردن مدال و دیپلم افتخار پیامدهایی است که می‌توانند در نهایت در جهت پیشرفت جامعه و بهره‌گیری از این استعدادهای درخشان به کار گرفته شود.

با شناسایی استعدادهای درخشان، می‌توان آن‌ها را طوری پرورش داد که بتوانند، از هوش خود برای بهره‌گیری از امکانات طبیعی موجود و تولید ثروت و رفاه جامعه، بیش‌ترین بهره را بگیرند. به ویژه، در دنیای امروز که چالش‌های فراوانی در مقابل انسان قرن بیست‌ویکم قرار دارد، جامعه‌ای می‌تواند دوام بیاورد و سطح زندگی مناسب برای افراد خود را تأمین کند که بتواند از ذخیرهٔ نیروی انسانی خود با بالاترین کارایی بهره‌برداری کند.

این شرایط مصداق چندانی در جامعهٔ ما ندارد. زیرا با توجه به گزارش‌های موجود، درصد قابل ملاحظه‌ای از المپیادی‌ها، کشور را ترک کرده‌اند و از این نظر، هیچ‌گونه ایرادی بر آن‌ها وارد نیست. چرا که در کشور شرایط مناسبی وجود ندارد که امکان پیشرفت و بهره‌گیری از استعداد آن‌ها را فراهم آورد و آن‌ها حتی با داشتن حسن نیت فراوان و تمایل برای ماندن در ایران، نمی‌توانند منشأ اثر چندانی شوند.

نکتهٔ مهم دیگر خبر مذکور که می‌خواهیم بر آن تأکید کنیم، این است که این دانش‌آموزان به رغم گرفتن «پنج مدال طلا»، مقام دوم را در جهان به دست آورده‌اند و همان‌طور که در سطر بعدی خبر می‌بینید، بهترین نمره را در بخش «نظری» به دست آورده‌اند و همین نقطهٔ ضعف اصلی در نظام آموزشی ماست.

در دنیای امروز، آموزش از این رو بیش‌ترین اهمیت را دارد که به فرد امکان می‌دهد تا به کمک آنچه که آموخته است، بتواند بهترین بهره‌گیری را از امکانات موجود بکند. این مهم در صورتی عملی می‌شود که شخص بتواند، چیزی را که آموخته است، در عمل و در شرایط روزمرهٔ زندگی به کار ببرد. امکانات رفاهی فراوانی که اکنون در اختیار ما قرار دارد، نتیجهٔ کار دانشمندانی است که طبیعت را به خوبی می‌شناختند و می‌توانستند نیروهای موجود در آن را در خدمت رفاه و آسایش بشر و تولید ثروت برای جامعهٔ خود به کار گیرند؛ وگرنه با توجه به این گفتهٔ خردمندانهٔ حکیمان ما: «علم بی‌عمل، درخت بی‌ثمر است.»

در خاتمه می‌خواهیم بگوییم که خداوند از بذل هیچ‌گونه نعمتی به مردم کشور ما دریغ نکرده است. ایران به لحاظ سرمایه‌های بالقوهٔ توسعه که امکانات طبیعی، منابع انرژی، و مهم‌تر از همه نیروی انسانی با استعداد است، هیچ‌گونه کمبودی ندارد. شاید تنها نقطه ضعف شرایط طبیعی ما کمبود آب باشد که آن را نیز می‌توان با مدیریت صحیح و بهره‌گیری مناسب از همهٔ امکانات موجود، تا اندازهٔ زیادی برطرف کرد. اگر از این سرمایه‌های خداداد بهره‌مناسب را نگیریم، کفران نعمت کرده‌ایم و نه تنها در برابر خداوند که در برابر نسل‌های آینده نیز مسؤول خواهیم بود.

مسائل جدید در فیزیک
هالیدی (۱)

مترجم: محمد رضا خوش بین خوش نظر
Skhoshbin@yahoo.com

در ویرایش جدید (ویرایش ششم، ۲۰۰۱ میلادی) کتاب مشهور «مبانی فیزیک [۱]»، مسائلی کاربردی در انتهای بعضی از فصل های آن افزوده شده است که هر کدام حاوی نکات آموزنده‌ای هستند. با مرور بر این مسائل، آن‌ها را مناسب چاپ در مجلهٔ «رشد آموزش فیزیک» دانستیم. از این پس، ترجمهٔ این مسائل را تحت عنوان‌های موضوعی تقدیم می‌داریم. لازم به تذکر است که بعضی از مسائل، در فصل های متوالی کتاب آمده‌اند، ولی از آن‌جا که هر مسأله، ادامهٔ مسألهٔ قبلی است، ترجمهٔ آن‌ها به طور پیوسته خواهد آمد.

الکتریسیته و مغناطیس

۱. تولید مثل گل‌ها

تولید مثل گل‌ها به حشراتی وابسته است که گرده‌ها[۱] را از یک گل به گل دیگر منتقل می‌کنند. یکی از راه‌هایی که زنبورهای عسل می‌توانند این کار را انجام دهند، جمع‌آوری گرده‌ها از طریق الکتریکی است؛ چرا که معمولاً زنبورهای عسل بار الکتریکی مثبت پیدا می‌کنند.

وقتی که یک زنبور عسل مدتی در اطراف بساک[۲] یک گل که از لحاظ الکتریکی عایق است قرار می‌گیرد، گرده‌هایی که نسبتاً رسانا هستند، به زنبور می‌چسبند. این گرده‌ها تا زمانی که زنبور به سوی گل دیگری پرواز می‌کند، به آن چسبیده می‌مانند. همین که زنبور به کلالهٔ[۳] گل که به صورت الکتریکی از طریق بخش داخلی گل به زمین متّصل است نزدیک می‌شود، گرده از روی زنبور عسل به کلاله وارد و باعث باروری (تلقیح) گل می‌شود.

الف) فرض کنید که یک زنبور عسل با بار خاص خود «۴۵pC»، یک رسانای کروی است. بزرگی میدان الکتریکی زنبور را در مکانی که گرده به فاصلهٔ «۲cm» از مرکز زنبور است، پیدا کنید.

ب) آیا این میدان، یکنواخت است یا خیر؟

پ) توضیح دهید که چرا گرده‌ها به سوی زنبور کشیده می‌شوند و در طول پرواز به آن چسبیده باقی می‌مانند و در نهایت، از روی زنبور به کُلالهٔ متّصل به زمین منتقل می‌شوند؟

وقتی که یک گرده به زنبور می‌رسد، آیا تماس الکتریکی گرده و زنبور، بار الکتریکی گرده را تغییر می‌دهد؟

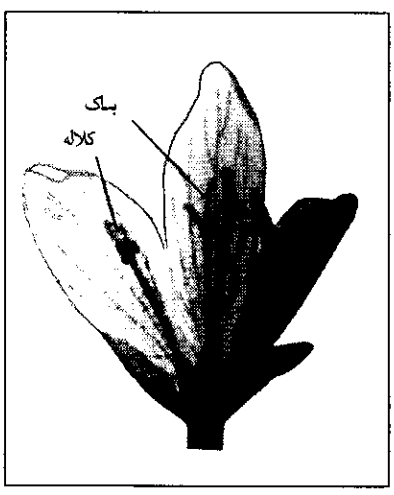
۲. معمای خرده‌های شکلات

انفجارهایی که به واسطهٔ تخلیهٔ بارهای الکتروستاتیکی (جرقه‌ها) به وجود می‌آیند، خطراتی جدی در کار با پودرها را باعث می‌شوند. چنین انفجاری در پودر شکلات یک کارخانهٔ بیسکویت‌سازی در دههٔ ۱۹۷۰ رخ داد. در آن کارخانه معمولاً کارگران، بسته‌های پودری را که تحویل می‌گرفتند، داخل یک سطل بارگیری خالی می‌کردند که آن‌جا نیز از طریق لوله‌های «PVC» متّصل به زمین، به یک سیلو برای نگهداری و انبار دمیده می‌شدند. در قسمتی از این مسیر، دو شرط برای وقوع انفجار برآورده شد:

۱. بزرگی میدان الکتریکی، برابر یا بزرگ‌تر از «$۳\times۱۰^{۶}\ N/C$» شد؛ به گونه‌ای که فروریزش الکتریکی[۴] و در نهایت تخلیهٔ الکتریکی می‌توانست صورت بگیرد.

۲. انرژی جرقه برابر یا بزرگ‌تر از «۱۵۰mJ» بود که می‌توانست پودر را تا حدّ انفجار، آتش بزند.

حال بیایید اولین شرط وقوع انفجار در پودرهای داخل لولهٔ «PVC» را بررسی کنیم:



یک جریان از خرده‌های شکلات دارای بار منفی را در نظر بگیرید که به داخل یک لولهٔ استوانه‌ای به شعاع «۵cm» دمیده می‌شوند. فرض کنید که پودر و بار آن با چگالی حجمی بار «ρ» به طور یکنواخت در طول لوله پخش می‌شوند:

الف) با استفاده از قانون «گاوس»، عبارتی برای بزرگی میدان الکتریکی «$\vec{E}$» در طول لوله، برحسب تابعی از فاصلهٔ

شعاعی «r» از مرکز لوله بیابید.

ب) آیا این بزرگی با تغییر «r» بزرگ‌تر یا کوچک‌تر می‌شود؟

پ) سوی میدان الکتریکی به طور شعاعی رو به سمت داخل است یا خارج؟

ت) چگالی حجمی بار «ρ» با بزرگی «$1/1\times10^{-3}\ C/m^3$» را که در کارخانهٔ بیسکویت‌سازی وجود داشت، در نظر بگیرید. بزرگی بیشینهٔ میدان الکتریکی را به دست آورید و تعیین کنید که این مقدار بیشینه، در کجا روی می‌دهد؟

ث) آیا جرقه می‌توانست صورت بگیرد؟ و اگر ممکن بود در کجا؟

ج) با استفاده از جواب قسمت (الف)، عبارتی برای پتانسیل الکتریکی بر حسب تابعی از فاصلهٔ شعاعی «r»، از مرکز لوله بیابید. (پتانسیل الکتریکی در سطح دیوارهٔ لولهٔ متّصل به زمین، برابر صفر است).

چ) برای خرده‌های شکلات با چگالی حجمی بار خاصّ خود «$\rho=-1/1\times10^{-3}\ C/m^3$»، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین مرکز لوله و دیوارهٔ داخلی آن، چه قدر است؟

به عنوان بخشی از تحقیقات دربارهٔ دلایل انفجار کارخانهٔ بیسکویت‌سازی، پتانسیل الکتریکی کارگران هنگام تخلیهٔ بسته‌های پودر داخل سطل بارگیری که باعث می‌شد ابری از پودر در اطراف آن‌ها به وجود آید، اندازه‌گیری شد. هر کارگر، پتانسیل الکتریکی حدود «7/0kV» نسبت به زمین داشت که پتانسیل الکتریکی آن، صفر در نظر گرفته می‌شود.

ح) با فرض این‌که هر کارگر خازن مؤثری با ظرفیت «200μF» بود، انرژی ذخیره شده در این خازن مؤثر را بیابید.

اگر یک تک جرقه بین کارگر و هر جسم رسانای متصل به زمین، کارگر را از لحاظ باری خنثی بکند، این انرژی به جرقه انتقال داده می‌شود. برابر اندازه‌گیری‌های انجام شده، انرژی جرقه‌ای که می‌توانست باعث آتش گرفتن ابری از پودر خرده‌های شکلات و در نتیجه انفجار بشود، باید حداقل «150mJ» می‌بود.

خ) آیا یک جرقه از هر کارگر، می‌توانست باعث انفجار در ابر پودرهای اطراف سطل بارگیری شود؟

پودر خرده‌های شکلات، از راه یک لوله به شعاع «R» با تندی ثابت «v» و چگالی بار حجمی یکنواخت «ρ»، به سمت سیلو حرکت می‌کرد.

د) عبارتی برای جریان عبوری «i» (آهنگی که با آن بار روی پودر به حرکت در می‌آمد) از یک سطح مقطع عمود بر لوله بیابید.

ذ) «i» را برای شرایط کارخانه یعنی: شعاع لوله «R = 5cm»، تندی «v = 2m/s» و چگالی بار «$\rho=1/1\times10^{-3}\ C/m^3$»، محاسبه کنید. اگر پودر در اثر تغییر «V» در پتانسیل الکتریکی شارش می‌یافت، انرژی آن می‌توانست با آهنگ «P = iV» به یک جرقه منتقل شود.

ر) آیا چنین انتقالی درون لوله، بر اثر اختلاف پتانسیلی که بیش‌تر در مسألهٔ (ج) محاسبه شد، می‌توانست انجام بپذیرد؟

هنگامی که پودر از لوله به داخل سیلو شارش می‌یافت، پتانسیل الکتریکی پودر تغییر می‌کرد. بزرگی این تغییر، حداقل برابر با اختلاف پتانسیل شعاعی در داخل لوله بود که پیش‌تر در قسمت (ج) محاسبه شد.

ز) با فرض این اختلاف پتانسیل و با استفاده از جریانی که در قسمت (ذ) به دست آمد، آهنگی را که با آن انرژی می‌توانست هنگام خروج پودر از لوله، از پودر به جرقه منتقل شود، به دست آورید.

ژ) اگر هنگام خروج پودر، تخلیهٔ الکتریکی (جرقه) صورت می‌گرفت و مدت ۲۰ ثانیه ادامه می‌یافت (که یک توقع معقول است)، چه مقدار انرژی به جرقه منتقل می‌شد؟

به خاطر دارید که کمینهٔ انرژی مورد نیاز برای انفجار، «150mJ» بود. با توجه به این موضوع، احتمال وقوع انفجار پودر در کجا بیش‌تر است؟ در پودر داخل سطل‌هایی که خالی می‌شوند، یا داخل لوله، و یا هنگام خروج پودر از لوله به داخل سیلو؟

۳. حملهٔ قلبی است یا برق گرفتگی

یک روز صبح، مردی که با پای لخت از پیک‌نیک برمی‌گشت، روی زمین نمداری در نزدیکی‌های یک برج خطوط انتقال برق، غش کرد و به زمین افتاد. خویشاوندانش که متوجهٔ این جریان می‌شوند، چند ثانیه بعد می‌رسند و می‌بینند که او دچار «پرش عضلهٔ بطنی»[5] شده است. مرد، پیش از آن‌که گروه پزشکی برسد، می‌میرد.

بعد از این ماجرا، خانوادهٔ او شکایتی را علیه شرکت نیرو تنظیم می‌کنند. در آن مدعی شده بودند که علت مرگ قربانی، برق‌گرفتگی در اثر نشت جریان از برج انتقال برق است.

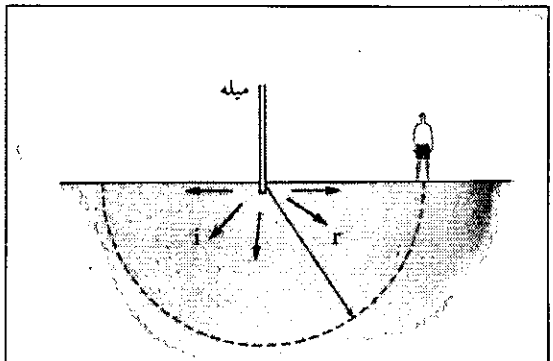
فرض کنید شما به عنوان یکی از اعضای گروه بازرسی، برای بررسی علّت مرگ انتخاب شده‌اید، آیا آن مرگ در اثر حملهٔ قلبی بوده است یا برق گرفتگی؟

تحقیقات شرکت نیرو، مشخص کرد که واقعاً در آن روز یک «نقص الکتریکی» در برج وجود داشته است؛ حدود یک

ثانیه جریان «I» از طریق یک میله به زمین نشت کرده بود.

فرض کنید که جریان، مطابق شکل الف، به صورت یکنواخت (به حالت نیمکره‌ای) در زمین پخش شده است. «ρ» را مقاومت زمین و «r» را فاصله از میله در نظر بگیرید. بر حسب تابعی از «r»، عبارت‌هایی برای الف) چگالی جریان و ب) بزرگی میدان الکتریکی بیابید. انتهای پایینی میله کره‌ای به شعاع «b» بود. با استفاده از عبارت بزرگی میدان الکتریکی، عبارتی برای اختلاف پتانسیل «ΔV» بین انتهای میله و نقطه‌ای به فاصلهٔ «r» بیابید.

فرض کنید تحقیقات شما نشان می‌دهد «I=۱۰۰A»، «ρ=۱۰۰Ω.m»، «b=۱۰cm» و قربانی در فاصلهٔ «r=۱۰m» قرار داشته است. ت) چگالی جریان، ث) بزرگی میدان الکتریکی و ج) اختلاف پتانسیل «ΔV» را در محل افتادن قربانی محاسبه کنید.



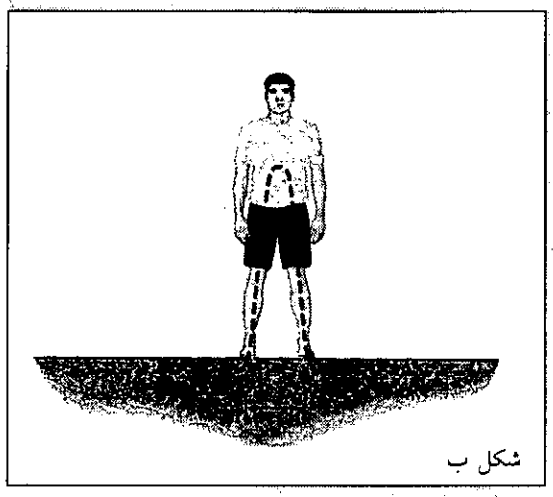
شکل الف

شکل ب، مسیر عبور جریان الکتریکی را نشان می‌دهد. جریان از یک پای قربانی بالا می‌رود، از تنهٔ او (که شامل قلب هم می‌شود) عبور می‌کند و آن‌گاه از پای دیگر او به سمت پایین خارج می‌شود.

چ) با اطلاعات داده شده، اختلاف پتانسیل بین دو پای فرد را با فرض این‌که یک پای او «۰/۵m» به میلهٔ نشتی نزدیک‌تر بوده است، بیابید.

ح) فرض کنید که مقاومت یک پا روی زمین خیس، مقدار نوعی «۳۰۰Ω» را دارد. مقاومت قسمت داخلی تنه معمولاً «۱۰۰Ω» است. چه جریانی از بدن قربانی عبور کرده است؟

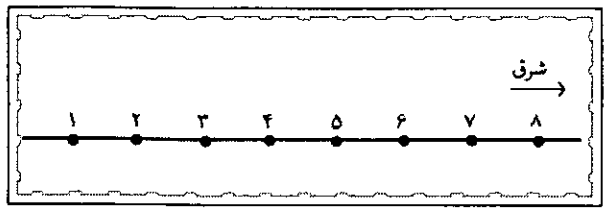
خ) قلب هر فرد با عبور جریانی بین «۰/۱A تا ۱/۰A» از داخل تنه دچار پرش عضلانی می‌شود. آیا پرش عضلانی قلب قربانی، بر اثر نشت جریان از میله بوده است؟


شکل ب

در جست‌وجوی قبرها

در یک تحقیق باستان‌شناسی می‌توان مکان قبرهای بی‌نشان و آرامگاه‌های زیرزمینی را بدون خراب کردن قبرها با «رادار نفوذکنندهٔ زمینی»[۷] تعیین و نقشه‌برداری کرد. واحد رادار یک «تپ موجی» را مستقیماً رو به پائین و سمت زمین گسیل می‌کند. آن‌گاه تپ به طور جزئی از زمین رو به بالا بازتابیده می‌شود. با بازتابش تپ از سرتاسر مرز افقی، تندی تپ تغییر می‌یابد. وسیله‌ای، بازتابش را آشکارسازی و بازهٔ زمانی بین گسیل و آشکارسازی آن‌را ثبت می‌کند. اگر این عمل در مکان‌های گوناگون سطح زمین تکرار شود، یک باستان‌شناس می‌تواند شکل ساختارهای زیرزمینی را تعیین کند.

یک واحد رادار نفوذکنندهٔ زمینی، برای هشت موضع واقع بر خط مستقیمی روی سطح زمین به کار گرفته شده است. موضع‌ها از غرب به شرق شماره‌گذاری شده‌اند و فاصلهٔ بین هر دو موضع مجاور، «۲/۰m» است.



یک آرامگاه خالی که با تخته‌های سنگی هم‌ضخامت افقی و عمودی درست شده است، در زیر این موضع‌ها قرار دارد. تخته سنگ‌های افقی، سقف و کف آرامگاه و تخته‌سنگ‌های عمودی، دیواره‌های آن را تشکیل می‌دهند. جدول زیر بازه‌های زمانی «Δt» (برچسب نانوثانیه) را که برای تپ‌ها در هشت موضع ثبت شده‌اند، نشان می‌دهد. برای مثال در موضع ۴، از تپ اولیه تابیده شده به سطح، چهار تپ بازتابیده شده است که اولی در مدت «۶۳٫۰۰ns» بعد از گسیل و آخری «۸۶٫۵۴ns»، پس از گسیل ثبت شده‌اند.

فرض کنید تندی تپ‌ها در خاک اطراف (بالا، پایین و کناره‌ها) آرامگاه «۱۰/۰cm / ns»، در تخته سنگ‌ها «۱۰/۶cm / ns» و در فضای داخل آرامگاه «۳۰cm / nc» باشد. مطلوب است:

الف) پهنای سطح بالایی سقف آرامگاه؛

ب) طول افقی آرامگاه در امتداد خط غربی ـ شرقی که دربردارندهٔ هشت موضع باشد؛

ت) ابعاد عمودی دیوارهٔ داخلی آرامگاه.

موضع :	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
Δt	هیچ	۶۳٫۰۰	۶۳٫۰۰	۶۳٫۰۰	۶۳٫۰۰	۶۳٫۰۰	۶۳٫۰۰	هیچ
		۱۱۵٫۸	۶۶٫۷۷	۶۶٫۷۷	۶۶٫۷۷	۶۶٫۷۷	۹۳٫۱۹	
			۸۲٫۷۷	۸۲٫۷۷	۷۴٫۷۷	۷۴٫۷۷		
			۸۶٫۵۴	۸۶٫۵۴	۱۰۱٫۲	۷۸٫۵۴		

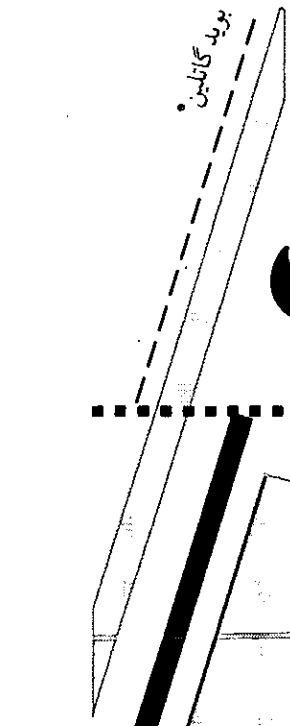
زیرنویس :

1. pollen: در اصطلاح گیاه‌شناسی یاخته‌های نر گیاه است.
2. anther: کیسهٔ کوچکی که در انتهای سیخک گل واقع شده و محتوی دانه‌های گرده است.
3. stigma: برجستگی یا رشته‌های بالای مادگی گیاه است.
4. electrical breakdown حد بالای بزرگی میدان الکتریکی که از آن پس، تخلیهٔ الکتریکی (تخلیه) آغاز می‌شود
5. ventricular fibrillation
6. electrical fault
7. ground - penetrating radar

منبع :

1. Fundamental of physics / David Halliday, Robert Resnick. Jearl walker - 6thed, 2001, John - wiley & Sons

لطفاً پاسخ‌های خود را به دفتر مجله و یا آدرس پست الکترونیک مترجم ارسال کنید.



جرم و نیروی متغیر:
خیزش موشک

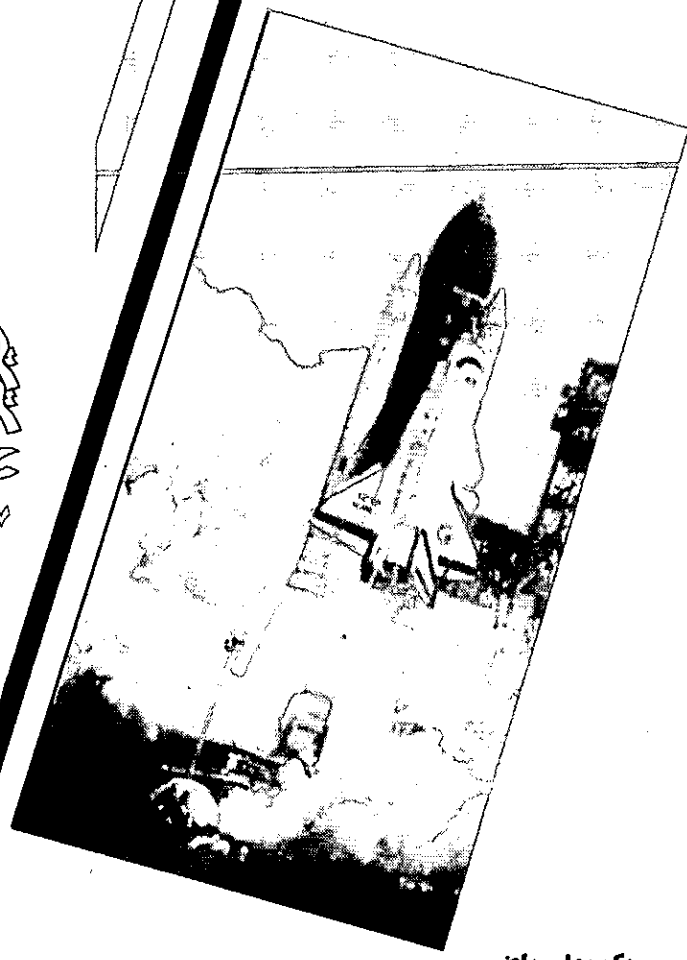
مقدمه

زمانی که یک موشک پرتاب شده را می‌بینیم، چه یک موشک فضاپیما باشد و چه یک موشک جنگی، به طور شهودی درک کمی از آنچه که باعث حرکت آن شده است، داریم. حتی یک نوجوان هم می‌داند، آتشی که از انتهای موشک فوران می‌زند، موجب حرکت آن می‌شود. البته این، دانش «فناوری» موشک نیست. همچنین به یک متخصص «فناوری» موشک، در درک چگونگی پرتاب یک موشک و این که نیروی پیشرانه چه‌قدر باید باشد تا بر تمام نیروهایی که می‌خواهند موشک را به پایین بکشند، غلبه کند و سپس آن‌را از سرعت صفر تا سرعت‌های بالا شتاب دهد، هیچ کمکی نمی‌کند.

نیروهایی که موشک را به پایین می‌کشند، به طور ساده وزن موشک، وزن سوخت و نیروی کشش «آئرودینامیک» هستند که این آخری هنگام حرکت موشک در هوا ایجاد می‌شود.

با کمی تفکر، متوجه می‌شوید که این نیروها در زمان پرواز متغیرند. مثلاً، وزن سوخت زمانی که موشک در حال سوزاندن آن است، رفته رفته کم می‌شود تا زمانی که سوخت تمام شود. همان‌طور که از درس فیزیکتان ممکن است به خاطر داشته باشید، نیروی «گرانش زمین» هرچه از آن دور شوید، رفته رفته کاهش می‌یابد. اگرچه، این تأثیر خیلی خیلی کوچک‌تر از تأثیر مصرف سوخت و کاهش وزن موشک است. همین‌طور، نیروی کشش آیرودینامیکی که بر اثر مقاومت هوای اطراف موشک ایجاد می‌شود، در ابتدا خیلی ناچیز است، ولی با افزایش سرعت موشک افزایش می‌یابد.

نیرویی که باعث شتاب موشک از حالت سکون و ادامهٔ حرکت آن می‌شود، توسط موتور موشک تأمین می‌شود. در برخی از موشک‌ها این نیرو متغیر است، ولی ما این‌جا، مقدار آن را ثابت فرض می‌کنیم.



یک مدل ریاضی

بلند شدن و پرواز یک موشک، پدیده‌ای فیزیکی است؛ ولی برای تحلیل این پدیده و یا پیشگویی پروازهای موشک در آینده، ما نیازمند آنیم که این فرایند، یا حداقل برخی از انواع ساده‌ٔ آن‌را، با ریاضیات مدل‌سازی کنیم. در واقع، مدل‌هایی که ما در پی آن‌ها هستیم، هم‌اکنون به صورت بسیار ساده‌ای نوشته شده‌اند. آن‌ها «*قوانین حرکت نیوتون*» هستند.

سودمندترین این قوانین، «قانون دوم نیوتون» است که بیان می‌دارد: مجموع نیروهای وارد بر یک جسم، برابر با جرم آن جسم ضربدر آهنگ تغییر سرعت یا شتاب آن است:

$$\sum F = m\frac{dV(t)}{dt} = ma \qquad (1)$$

تحلیل نیروها

مدل ریاضی به ما می‌گوید که برای یافتن سرعت V(t)، باید نخست تمام نیروهایی که به موشک وارد می‌شوند را به شکل ریاضی تعیین کنیم. این، با رسم نمودار جسم آزاد و نشان دادن نیروهای وارد به موشک در هر لحظه، آسان‌تر خواهد شد. برای این‌که مسألهٔ ما عملی باشد، فرض می‌کنیم که موشک مستقیماً به طرف بالا حرکت می‌کند؛ یعنی حرکت یک بعدی را در نظر می‌گیریم.

جهت مختصهٔ یک بعدی را y با سوی مثبت رو به بالا اختیار می‌کنیم. در این صورت، سرعت، شتاب و جابه‌جایی موشک، مثبت خواهد شد. البته مجموع نیروهایی که به موشک وارد می‌شوند، باید یک عدد مثبت بشود؛ زیرا که ما می‌خواهیم موشک به سوی بالا پرواز کند و نه این‌که به داخل زمین تونل بزند. اکنون ما آماده‌ایم تا نیروهایی را که پیش‌تر معرفی کرده‌ایم، به شکل ریاضی بنویسیم.

مجموع نیروهای وزن موشک و وزن سوخت همیشه به سمت پایین هستند و با حرکت موشک مخالفت می‌کنند. بنابراین، واضح است نیروی وزن که با حاصل‌ضرب جرم m در شتاب گرانشی g داده می‌شود، منفی خواهد بود. جرم موشک بدون سوخت را M و جرم سوخت را در ابتدای سوختگیری m_0 بگیرید و فرض کنید که سوخت با آهنگ ثابت $m^* = \frac{dm}{dt}$ مصرف می‌شود و تمام محصولات ناشی از سوختن سوخت خارج می‌شوند. بنابراین، جرم دستگاه موشک در هر لحظه برابر است با:

$$m(t) = M + m_0 - m^*t \qquad (2)$$

که در آن t زمان پس از اشتعال سوخت است.

نیروی کشش آئرودینامیک نیز در خلاف جهت حرکت موشک است، ولی محاسبهٔ آن کمی مهارت می‌خواهد. مقدار آن در تمام لحظه‌ها، نه تنها به خود سرعت، بلکه به مربع آن نیز بستگی دارد. ما می‌توانیم این نیرو را با یک پارامتر تجربی بی‌بُعد که به «ضریب کشش» مشهور است، تخمین بزنیم. مقادیر این ضرایب برای آرایه‌های زیادی از اشیا، در بسیاری از کتاب‌های «راهنمای مهندسی» و بسیاری از کتاب‌های «مرجع مکانیک شاره‌ها» در دسترس هستند. برای اجسامی به صافی موشک، ضریب کشش C_d به حد کافی کوچک خواهد بود (مثلاً ۰/۱). این ضریب به صورت زیر تعریف شده است:

$$C_d = \frac{F}{\frac{1}{2}\rho V^2 A}$$

در این‌جا مخرج کسر حاصل‌ضرب چگالی شاره ρ، مربع سرعت موشک V و مساحت سطح جلویی راکت A است. برای موشک، در صورتی که از دنبالهٔ بال‌ها چشم‌پوشی کنیم، این مساحت به سادگی برابر با مساحت یک دایره می‌شود. عامل $\frac{1}{2}$ که در این رابطه ظاهر شده است، ناشی از «ثابت انتگرال‌گیری» است که در معادلات حرکت شاره ظاهر می‌شود. $\frac{1}{2}\rho V^2$ همان فشار دینامیکی است که در دینامیک شاره‌ها وارد می‌شود.

اگر ویژگی‌های شاره ثابت فرض شوند (فرضی که برای سرعت‌های بالا و ارتفاع‌های زیاد نادرست است)، می‌توانیم نیروی کشش F_d را به سادگی به صورت حاصل‌ضرب یک ثابت k، در مربع سرعت بیان کنیم. این یک فرض منطقی، برای موشک‌هایی است که در ناحیه‌های پایین جو پرواز می‌کنند. به این معنی که:

$$F_d = kV^2$$

البته، مهم‌ترین نیرویی که باید در نظر گرفته شود، نیروی محرکه‌ای است که به وسیلهٔ موتور موشک ایجاد می‌شود. در حالت کلی، معلوم نیست که چگونه باید این نیروی پیشرانه را در محاسباتمان وارد کنیم. در واقع قوانین نیوتون، آشکارا در مورد نیروی محرکهٔ موشک سکوت می‌کنند.

متخصصان دینامیک شاره‌ها نیروی پیشرانی را که بر اثر گازهای خروجی از موشک ایجاد می‌شود، با استفاده از فرمول‌بندی ریاضی هوشمندانه‌ای به نام «قضیهٔ ترابری رینولدز» (Reynolds transport theorem) بررسی می‌کنند. این فرمول‌بندی واقعاً یک تصور ماهرانه است. چرا که چارچوبی را برای تحلیل بسیاری از انواع دستگاه‌هایی را که تکانه، جرم و انرژی به آن‌ها وارد و یا از آن‌ها خارج می‌شود، تدارک می‌بینند.

در این جا ما از قانون سوم حرکت نیوتون که بیان می‌دارد: «هر نیرویی دارای یک نیروی واکنشی در خلاف جهت و به همان بزرگی است»، استفاده می‌کنیم. بنابراین، همین که در حین انبساط سریع، گازهای داغ با فشار بالا از موشک خارج می‌شوند، یک نیروی برابر و خلاف جهت به موشک وارد می‌شود. این نیرو در واقع برابر است با آهنگ خروج جرم گازی که از موشک خارج می‌شود ضربدر سرعت گاز V_e که نسبت، به موشک اندازه گرفته می‌شود.

این رابطه درست است، چرا که در غیاب نیروهای خارجی، تکانهٔ موشک و سوخت باید ثابت باقی بمانند. ولی چون تکانهٔ اولیهٔ دستگاه صفر است، وقتی گازهای خروجی به تکانه‌ای در جهت منفی می‌رسند، موشک تکانه‌ای مساوی در سوی مخالف پیدا می‌کند. شاید این رابطه از توضیح مختصری که ما دادیم، کاملاً مشخص نشود. ولی اگر به ابعاد این جمله توجه کنید، می‌بینید که در واقع بُعد این جمله، بُعد نیروست.

چون آهنگ سوختن را با m^* تعریف کرده‌ایم، با کمی تفکر متوجه می‌شویم که این آهنگ باید با آهنگی که محصولات سوخت با آن موتور موشک را ترک می‌کنند، برابر باشد. هیچ ریزش سوختی نداریم و بنابراین پایستگی جرم ایجاب می‌کند که تمام گازهای داغ ناشی از سوخت از موشک خارج شوند. فرض کنید، سرعتی که با آن گازهای داغ موشک را ترک می‌کنند، برابر مقدار ثابت V_e است که نسبت به موشک اندازه‌گیری می‌شود. نیروی پیشران T ثابت در نظر گرفته می‌شود و در نتیجه باید داشته باشیم:

$$T = m^* V_e \qquad (۴)$$

در نهایت، با جمع تمام نیروهایی که به موشک وارد می‌شوند و با استفاده از قانون دوم نیوتن برای حرکتِ موشک به دست می‌آوریم.

$$\sum F = T - m(t)g - kV^2 = m(t)\frac{dV(t)}{dt} \qquad (۵)$$

این معادله، به وضوح یک معادلهٔ جبری با جوابی بدیهی نیست. این معادله شامل یک مشتق است؛ ولی مشتقی درجهٔ اول. این مشتق، مشتقی کامل است که با مشتق پاره‌ای که شاید با آن در کلاس‌های درستان آشنا شده باشید، متفاوت است.

حلّ معادله‌های حرکت

بدیهی است، معادله‌ای که به دست آوردیم به سادگی قابل حل نیست؛ چرا که جملهٔ نیروی کشش، شامل توان دوم سرعت است؛ همان سرعت (نامشخصی) که در جملهٔ مشتق $\frac{dV}{dt}$ هم ظاهر می‌شود. همچنین توجه داشته باشید که نه فقط آن‌ها، بلکه جرم هم تابعی از زمان است و در حقیقت تنها ثابت ما در این معادله نیروی پیشرانه T است. ما تمایلی به حل این معادله با قلم و کاغذ نداریم.

ولی به جای این که آن‌را رها کنیم و حلّ آن‌را به عهدهٔ یک متخصص موشک وانهیم، در ابتدا سعی می‌کنیم چیزی را که ساده‌تر است، حل کنیم و سپس کار خود را به سوی حالت‌های واقعی‌تر فیزیکی بکشانیم.

نرم‌افزار MAPLE و رایانه بیش‌تر کارهای وقتگیر را به انجام می‌رسانند و فراغت بیش‌تری را برای تفکر ما روی اندیشه‌های مهم فیزیکی و ریاضی مسأله‌امان مهیا می‌کنند.

یک حالت کلاسیک ساده

برای این که به درکی از چیزی که می‌خواهیم به انجام برسانیم برسید، اجازه دهید که تمام جملات نیروهای منفی را از معادلهٔ خود بیرون بکشیم تا چیزی باقی نماند که بخواهد موشک را به پایین بکشد. این معادل وضعیتی است که موشک ما بخواهد از سطح یک سیارهٔ بسیار کوچک که نیروی گرانشی آن قابل چشم‌پوشی و بدون جوّ، پرواز کند. به این ترتیب، ما به یک معادلهٔ «دیفرانسیلی معمولی» که آن‌را خطی می‌نامند، می‌رسیم:

$$T = m(t)\frac{dV(t)}{dt} \qquad (۶)$$

با جای‌گذاری T و کمی تجدید آرایش در آن به دست می‌آوریم:

$$\frac{dV(t)}{dt} - \frac{m^* V_e}{m(t)} = 0 \qquad (۷)$$

شما احتمالاً به راحتی می‌توانید این معادله را حل کنید، ولی اجازه دهید که رایانه این کار را انجام دهد. توجه کنید که تمام سوخت موشک زمانی که $m_0 - m^* t = 0$ شود، تمام می‌شود. بنابراین، بیش‌ترین زمانی که موشک نیروی پیشرانه دارد، برابر است با $t_{max} = m_0 / m^*$. ما به هنگام انتگرال‌گیری نسبت به t، از t_{max} به عنوان کران بالای انتگرال استفاده خواهیم کرد.

به کارگیری MAPLE

همان‌طور که به تجربه درخواهیم یافت، واقعاً لازم نیست که برای استفاده از MAPLE، به جز در مواردی مثل رسم کردن که می‌خواهیم به آن‌ها متغیرهای عددی بدهیم، متغیرها را از پیش معرفی کنیم و سپس به حل معادلات در شکل جبریشان بپردازیم. اگر یک بار MAPLE برای یک متغیر، یک عدد منظور کند، دیگر با آن به صورت یک متغیر رفتار نمی‌کند، مگر آن‌که ما آن‌را دوباره از اول تعریف کنیم. بنابراین، این فکر بدی نیست که ما قبل از شروع، این کار را انجام دهیم و آن‌گاه از این دستور بعداً استفاده کنیم.

فرمان‌های MAPLE چنین می‌شوند:

```
> M:='M';mo:='mo';dm:='dm':='dm';
> ve:='ve';t max:='t max';V(t)='V(t)':='V(t)';
> m(t):M + mo - d * mt;
> t max:= mo / dm
```

با تعریف کلیهٔ متغیرهای مربوطه، حال می‌توانیم معادله‌ای را که می‌خواهیم MAPLE برای ما حل کند، تایپ کنیم. در متن زیر، ما در برابر نماد جبری **de** «مقدار» معادلهٔ دیفرانسیلی را ذخیره می‌کنیم. این یک راه قراردادی و مناسب برای مراجعه به این معادله است.

```
> de:= diff( V(t),t) - ve * dm / m(t) =:
```

برای راحتی می‌توانیم متغیر **ic** را شرط اولیه که سرعت را در ابتدای حرکت مشخص می‌کند، تعریف کنیم. در مسألهٔ ما این متغیر صفر است.

```
> ic: v(o) = o:
```

حال برای حلّ معادله از حل‌کنندهٔ معادلهٔ دیفرانسیل MAPLE یعنی **dsolve** استفاده می‌کنیم. برای مراجعات بعدی، ما به مقدار سمت راست معادله مقدار V(t) را نسبت می‌دهیم. اگر شما از عمل تابع **rhs** مطمئن نیستید، می‌توانید از **help** برنامهٔ MAPLE استفاده کنید.

```
> V(t):= rhs(dsolve({de,ic}, V(t))):
```

MAPLE می‌تواند جواب را تا حدودی ساده کند، البته نه آن‌طور که شما می‌توانید. ممکن است شما ببینید که حل معادله به صورت زیر نوشته شده است:

$$V(t) = V_e * \ln(\frac{M + m_o}{M + m_o - m^* t})$$

اکنون می‌خواهیم ببینیم که MAPLE با استفاده از فرمان **simplify** چگونه آن‌را ساده می‌کند:

```
> V(t):= simplify( V(t), factor);
```

از تعریف شتاب می‌دانیم که شتاب فقط آهنگ تغییرات سرعت در یک بازهٔ زمانی است: $a = \frac{dV(t)}{dt}$. و اکنون ما عبارتی برای سرعت موشک V(t) در هر زمانی داریم. می‌توانیم از آن به سادگی مشتق بگیریم تا شتاب a(t) به دست آید:

```
> a(t):= diff( V(t),t);
```

ما باید درک کنیم که عبارت ما برای شتاب تنها تا زمانی که $t = t_{max}$ (یعنی زمانی که سوخت موشک به اتمام می‌رسد)، کاربرد دارد. از آن لحظه به بعد، موشک شتابی نخواهد داشت و به پرواز خود با سرعت ثابت تا زمانی که نیرویی به آن وارد نشود تا باعث تغییر سرعتش بشود، ادامه خواهد داد. توجه داشته باشید که در زمان سوختن سوخت، شتاب با زمان تغییر می‌کند؛ چرا که جرم کل با گذشت زمان تغییر می‌کند. اگر نیروی پیشرانه تابعی خطی از زمان باشد، این معادله شبیه چه معادله‌ای خواهد شد؟

در نهایت بیایید تغییر مکان یا ارتفاع موشک را به صورت تابعی از زمان به دست آوریم. چون سرعت، آهنگ تغییر مکان است $V(t) = \frac{dy(t)}{dt}$ و سرعت را می‌شناسیم، کافی است که فقط کمی این معادله را تغییر دهیم. به زبان MAPLE کافی است که وارد کنیم:

```
> de:= diff( y(t),t) - V(t) = o;
```

متغیر مستقل y نسبت به سکوی پرتاب اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین، مقدار اولیهٔ آن صفر است. درست مثل معادلهٔ اول ما، این مسأله یک مقدار اولیه است. جواب معادله را در متغیر y(t) ذخیره می‌کنیم:

```
> y(t):rhs(dsolve({de, y(o) = o}, y(t)));
```

شما ممکن است با ما هم عقیده باشید که جوابی که MAPLE می‌دهد، خیلی شسته و رفته نیست. با استفاده از فرمان **simplify**، این جواب را کمی زیبا می‌کنیم:

```
> y(t):simplify( y(t));
```

ارزیابی نتایج

تا این جا حل ما برای یک مسألهٔ موشک مقدماتی کلاسیکی که شاید در کتاب فیزیکتان آن‌را خوانده باشید، کامل می‌شود. ما شتاب، سرعت و ارتفاع موشک را بر حسب

جرم، آهنگ مصرف سوخت، سرعت گازهای خروجی و زمان پرتاب به دست آوردیم. حال می خواهیم این توابع را برحسب زمان رسم کنیم و ببینیم که چگونه این کمیت ها برحسب زمان تغییرمی کنند. اما اول باید به تمام پارامترها اعدادی نسبت بدهیم.

در این جا باید از دستگاه یکاهای SI استفاده کنیم. در این دستگاه، یکای جرم کیلوگرم، یکای طول متر و یکای زمان ثانیه است. نیرو یکایی فرعی است که با نیوتون معرفی می شود. یک نیوتن نیرویی است که به یک کیلوگرم شتابی معادل $1m/s^2$ وارد می کند، یعنی $N = kg.m/s^2$.

در این جا باید عدد واقعی را جاگذاری کنیم. ما می توانیم مقادیر گوناگونی را انتخاب کنیم. برای مثال، مقادیری که برای موشک های مراسم آتش بازی استفاده می شود و یا مقادیری که برای موشک های فضاپیما به کار برده می شود.

در این مثال، ما فرض می کنیم که موشک دارای جرم $5000kg$ و جرم اولیهٔ سوخت اکسیژن $1000kg$ است. آهنگ مصرف سوخت، m^*، برابر $100kg/s$، سرعت خروج گاز $2000m/s$ و شتاب جاذبهٔ $9/81m/s^2$ است. به وضوح معلوم است که اگر ما از اعداد غیر واقعی استفاده کنیم، موشک هرگز پرواز نخواهد کرد. فرمان های لازم MAPLE که باید وارد شوند عبارتند از:

```
> Ve:2000;dm:=100;M:=5000;
> Mo=100;tmax:=mo/dm;
```

اکنون می توانیم هریک از جواب ها را به صورت تابعی از زمان رسم کنیم. MAPLE هریک از نمودارها را در صفحه ای جداگانه نمایش می دهد. نمودارهای MAPLE نمودارهای چندان زیبایی نیستند، ولی برای نشان دادن رفتار معادلات کفایت می کنند. هرچه مهارت شما در استفاده از MAPLE بیش تر شود، شما می توانید شکل های بهتری را با وارد کردن اطلاعات بیش تری رسم کنید. دستورات مورد نیاز عبارتند از:

```
> Plot(V(t),t=0..tmax,title='velocity');
> Plot(a(t),t=0..tmax,title='Acceleration');
> Plot(y(t),t=0..tmax,title='Altitude');
```

شما باید هریک از این نمودارها در صفحهٔ کار MAPLE با استفاده از **Copy** یا **Paste** ذخیره کنید.

ما به آسانی به جواب هایی تحلیلی برای مسائلی که در بالا طرح کردیم، رسیدیم. این مسائل تا حدودی آسان بودند. نیازی به گفتن نیست که هرچه ما شرایط را واقعی تر در نظر بگیریم، مدل های ریاضی پیچیده تر می شوند. بعداً درمی یابیم که غالباً نمی توانیم جواب هایی تحلیلی برای معادلاتمان بیابیم و باید از تقریب های عددی استفاده کنیم.

معادلات دیفرانسیل از قبیل آن هایی که در بالا معرفی شدند، شامل مشتقات متغیرهای وابسته هستند و بنابراین آن ها بر اساس «تفاضل های بی نهایت کوچک» معرفی می شوند. همان طور که شما از اولین فصل کتاب حسابان فراگرفته اید، «تفاضل های بی نهایت کوچک» را می توان با نوشتن مشتق یک تابع بدون گرفتن حد به دست آورد. برای مثال، ممکن است که $\frac{dV(t)}{dt}$ را به صورت زیر تقریب بزنیم:

$$\frac{V(t+\delta t)-V(t)}{dt}$$

که در آن δt کوچک ولی نشان دهندهٔ بازهٔ زمانی محدودی است.

MAPLE مجموعه «روتین های» ساخته شده برای تقریب های عددی حل معادلات دیفرانسیل است. برای به کارگیری یکی از این روتین ها، از فرمان **dsolve** همان طور که پیش تر استفاده کرده ایم، ولی با گزینهٔ **numeric** استفاده می کنیم. مسئلهٔ مهم تر هنوز این است که ما چگونه سرعت و تغییر مکان را به صورت عددی حل کنیم. در هر حال، آسان ترین راه برای حل مسئله این است که به طور همزمان آن را به صورت یک دستگاه معادلات حل کنیم. MAPLE این کار را به حد کافی ساده کرده است.

ابتدا دو تابعی را که می خواهیم به صورت عددی حل کنیم، تعریف می کنیم. این توابع در واقع همان هایی هستند که ما بیش تر به صورت تحلیلی حل شان کرده بودیم:

```
> V(t):='V(t)';y(t):='y(t);
> equation 1:=diff(V(t),t)-Ve*dm/m(t)=0;
> equation 2:diff(y(t),t)-V(t)=0;
```

سپس دستگاهی از این دو معادله را به همراه شرط های اولیه شان معرفی کنیم:

```
> sys:={equation 1, equation 2, V(0)=0,y(0)=0};
```

در نهایت، ما به MAPLE می گوییم که چه تابع هایی را می خواهیم برای دستگاه حل کنیم:

```
> fcns:={V(t),y(t)};
```

ما نتیجهٔ رابطه های عددی بین سرعت، زمان و جابه جایی را در متغیری به نام f ذخیره می کنیم:

```
> f:= dsolve(sys, fcns, numeric);
```

شما حالا باید پیام ...f:= prox(rkf۴۵ – x) را در پنجرهٔ MAPLE مشاهده کنید. این پیام تأکید می کند که جواب عددی به دست آمده، در متغیر f ذخیره شده است. حال می توانیم جواب ها را با استفاده از این روتین رسم کننده به نام **odeplot** رسم کنیم:

```
> with(plots, odeplot):
> odeplot(f[t, V(t)],۰..t max, lables = [t, v]):
> odeplot(f[t, y(t)],۰..t max, lables = [t, y]):
```

شما نمی توانید بین این حل های عددی و حل های تحلیلی تفاوت قائل شوید. اما نکتهٔ مهم تر آن است که ما اکنون یاد گرفته ایم که چگونه از MAPLE برای حل معادلات عددی استفاده کنیم.

حالتی با چالش بیش تر

گام بعدی برای واقعی تر کردن مدل ریاضی این است که ما موشک خود را به یک موشک سورتمه ای (*rocket sled*) مشابه همان هایی که ممکن است برای آموزش خلبان و یا فضانوردان به کار روند، تبدیل کنیم. به این موشک همان نیروی کشش آئرودینامیکی وارد می شود که به یک موشک واقعی وارد می شود، ولی این موشک، نیروی وزنی ندارد که باعث کاهش شتاب بشود. بنابراین، مدل ریاضی غیرخطی خواهد بود. ولی چون نیروی وزن را کنار گذاشتیم، حل آن بسیار آسان تر از حل معادلهٔ کامل موشک خواهد بود.

$$\sum F = T - kV^2 = m(t)\frac{dV}{dt} \qquad (۸)$$

فرمان های MAPLE مناسب که در زیر آمده اند، همان فرمان هایی هستند که برای حلّ مسأله قبل از آن ها استفاده کردیم. با این تفاوت که به جای مختصهٔ فضایی y از مختصهٔ x استفاده می کنیم. همچنین برای سادگی کار، متغیر جدید q(t)=k/m(t) را معرفی می کنیم.

```
> M:='M';mo:='mo';dm:='dm';ve:=
've';t max:= t max:='t max';
> V(t):'V(t)':x(t):='x(t)':m(t):M + mo – dm*t;
q(t):k / m(t);
> de = diff(v(t),t) + q(t)*V(t)** 2 – ve*dm / m(t) =;
> ic: V(۰) = ۰;
> V(t):= rhs(dsolve({demic}, V(t)));
> a(t):diff(V(t),t);
> de:= diff(x(t),t) – V(t) = ۰;
> x(t) = rhs(dsolve({de, x(۰) = ۰}, x(t)));
```

منتظر جواب MAPLE برای این مسأله بمانید. مدت زمان زیادی صرف می شود، ولی در نهایت MAPLE قادر به حل انتگرال نمی شود. بنابراین جواب را فقط به صورت نمادین می نویسد. البته ما می توانستیم فرمان معادلی را بنویسیم:

```
> x(t):int(V(t),t = ۰..t):
```

جوابی که دریافت می کنیم، یقیناً متفاوت است؛ چراکه در این جا MAPLE از یک الگوریتم دیگر برای محاسبات نمادین استفاده کرده است. در مثال اول، ما مسئله را به صورت یک معادلهٔ دیفرانسیل بیان کردیم. حال آن که در این جا ما آن را به صورت تابعی که باید از آن انتگرال گرفته شود، معرفی کردیم.

تمرین: به کمک مثال های بالا، جواب عددی را برای جابه جایی افقی x(t) به دست آورید و آن را رسم کنید. آن را با مقادیر گوناگون آهنگ سوختن، جرم و سرعت گاز خروجی V_e آزمایش کنید.

تمرین: از الگوها به صورتی که در حالت اول آمد، استفاده کنید و هر کدام از نتایج به دست آمده را تحلیل کنید. سپس آن ها را با نمودارهای مربوط به حالت کلاسیک مقایسه کنید. شکل های منحنی ها چگونه با هم مقایسه می شوند؟ آیا آن ها با آنچه شما انتظار داشتید، منطبق هستند؟ به خاطر داشته باشید که سرعت، شیب منحنی جابه جایی و شتاب، شیب منحنی سرعت در هر لحظه است. عبارات زیر به شما در شروع کار کمک می کنند. ما k را برابر ۵ گرفته ایم و فرض کرده ایم که چگالی هوا در حدود $۱/۲۳ kg/m^3$، ضریب کشش $C_d = ۰/۱$ و قطر موشک یک متر است.

```
> Ve:= 2000;100;M = 5000;mo:1000.
> g:g.81;k:0.5;
> tmaz:mo / dm;
> plot(V(t),t = 0..t max,
title='velocity');
```

تمرین خانگی: تغییر موضوع

تا این جای کار، ما مسألهٔ موشکی را که از حالت سکون بر روی سیارهٔ کوچکی که دارای جو و شتاب گرانش ناچیزی شتاب می گیرد، به دو روش عددی و تحلیلی بررسی کردیم. مسأله خطی می شد و شما می توانستید آن را بدون هیچ ابهامی با یک محاسبهٔ سردستی و با کمی تلاش حل کنید. سپس ما مسألهٔ دیگری را که کمی پیچیده تر بود، بررسی کردیم. ما نیروی کشش آئرودینامیکی را به جمع نیروها اضافه کردیم، ولی باز نیروی وزن را کنار گذاشتیم. این معادل شتاب دادن موشکی با جرم متغیر به طور افقی، مثل یک سورتمه بود؛

مسئله‌ای که همان‌طور که دریافتیم خطی نبود. در هر حال اگر شما این معادله را به طور دقیق بیازمایید، درمی‌یابید که معادله‌ای با متغیرهای جداشدنی است. یعنی ما می‌توانیم آن را طوری دوباره مرتب کنیم که تمام جملات شامل V در یک طرف و جملاتی که تابع زمان هستند، در طرف دیگر قرار گیرند. حال با استفاده از روابط مثلثاتی، می‌توانیم آن‌را با قلم و کاغذ حل کنیم. تنها زمانی که از MAPLE خواستیم تا از سرعت برای محاسبهٔ جابه‌جایی، انتگرال بگیرد بود که ناامید شدیم و مجبور به استفاده از تقریب عددی برای حلّ مسئله شدیم. این به خوبی محدودیت‌های حلّ نمادین نمایش‌های انتگرالی را نشان می‌دهد.

برای آخرین تمرین، پیش از آن‌که کلّ معادله را حل کنیم، کل معادلهٔ حرکت موشک را در نظر بگیرید و فقط کشش آئرودینامیکی شاره را از مجموع نیروها حذف کنید و نیروی وزن را نگه دارید. نتیجه یک تابع خطی خواهد شد.

$$\sum F = T - m(t)g = m(t)\frac{dV(t)}{dt} \qquad (۹)$$

با استفاده از MAPLE و مثال‌های بالا، این معادله را به دو روش تحلیلی و عددی حل و نتایج را رسم کنید. نمودارهایتان را در صفحهٔ کار MAPLE با استفاده از **copy** و **paste** ذخیره کنید.

در هر مرحله از محاسباتتان از مد **text** در MAPLE برای توضیح آنچه که انجام می‌دهید، استفاده کنید. صفحهٔ کارتان را برای پرینت گرفتن در فرمت (الگو) postscript ذخیره کنید.

مدل کامل

در نهایت، با قرار دادن تمام جملات به معادله‌ای می‌رسیم که نه خطی است و نه متغیرهایش جداشدنی است:

$$\begin{aligned}\sum F &= T - m(t)g - kv^2 \\ &= m(t)\frac{dV(t)}{dt} \\ &= m(t)a(t)\end{aligned} \qquad (۱۰)$$

در این‌جا، عبارتی برای شروع کارتان آورده شده است. متأسفانه وقتی که شما آن‌ها را اجرا بکنید، به یک شگفتی نه چندان مطلوب برخواهید خورد. ولی این به شما بستگی دارد که چگونه با استفاده از MAPLE، جواب را به دست آورید و سپس رسم کنید.

```
> M:='M';mo:'mo';dm:='dm';k:='k';ve:'ve';g:'g';
> t max:'t max';m(t):= M + mo - dm*t;
> V(t):'V(t)';m(t):M + mo - dm*t;
> de:= diff(V(t),t)+q(t)*V(t)**2 - ve*dm / m(t)
+g = 0;
> ic:V(0) = 0;
> V(t):= dsolve({de,ic}, V(t));
```

واژه‌نامهٔ فیزیک مرکز نشر دانشگاهی

پیشرانه thrust

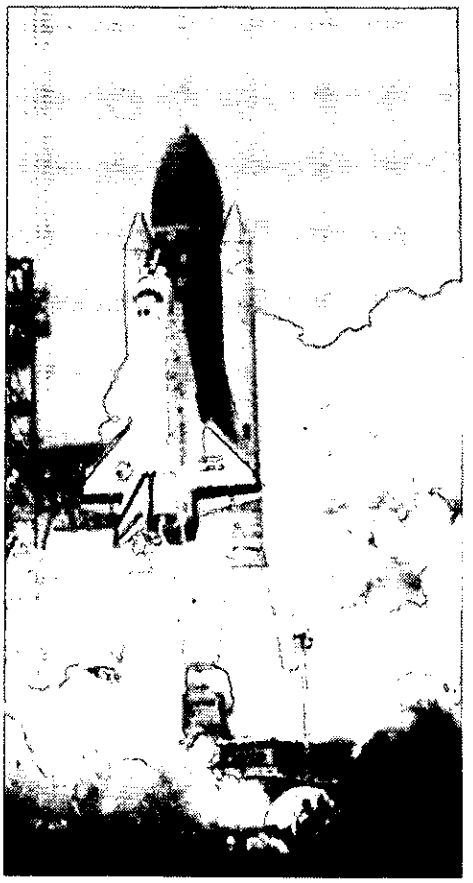
پیشرانش propulsion

ضریب پیشرانی propulsive coefifcient

نیروی کشش drag force

زیرنویس :

* دانشیار مهندسی هوافضا ـ دانشگاه ایالتی می سی سی پی



آموزش فیزیک در

[illegible]

جهانگیر ریاضی

مقدمه

وجود چشم‌انداز و کاربردهای متفاوت فیزیک در آینده پژوهشی و کاربردی گرایش‌های «تجربی» و «ریاضی فیزیک»، دقت بیشتری را در عرصهٔ آموزش فیزیک در این دو گروه می‌طلبد و پرسش‌هایی را مطرح می‌کند: برای آموزش یک بحث مشخص فیزیک برای دو گروه با گرایش‌های متفاوت در آینده، به چه موضوع‌هایی باید توجه کرد؟

آیا تفاوت بنیادی در آموزش فیزیک برای این دو گروه وجود دارد؟ وجوه اشتراک کدام است؟ و...

برای پاسخ دادن به این پرسش‌ها، لازم است موضوع از جوانب مختلف مورد بررسی قرار گیرد:

۱) شناخت و آگاهی دانش‌آموز در انتخاب رشته تحصیلی

آیا دانش‌آموز با شناخت کافی از زمینه‌ها و محتوای مطالب درسی و همچنین چشم‌انداز آینده، یک گرایش تحصیلی را انتخاب می‌کند؟

درواقع اگر قرار باشد این انتخاب آگاهانه صورت گیرد، باید به پارامترهایی مانند: علاقه‌مندی، استعداد و توانمندی‌های فرد توجه کافی شود. متأسفانه واقعیت نشان می‌دهد که عامل آگاهی و شناخت در گزینش یکی از گرایش‌های تحصیلی، ضعیف عمل می‌کند. حاصل اینکه هر فرد براساس ویژگی‌هایش، در جایگاه و گرایش تحصیلی مناسب قرار نمی‌گیرد. این امر باعث می‌گردد دانش‌آموزان با انگیزه‌هایی متفاوت و گاهی غیراصولی در یک گرایش آموزشی قرار می‌گیرند. در نتیجه چنین کلاسی را نمی‌توان جمعی یکپارچه که آگاهانه این گرایش را انتخاب کرده‌اند درنظر گرفته و برای آن‌ها برنامه‌ریزی آموزشی انجام داد. حال اگر فرض شود بتوانیم از این تناقضات در انتخاب گرایش تحصیلی چشمپوشی کنیم، آنگاه باید تفاوت‌ها و وجوه اشتراک بنیادی آموزش در این دو گروه را بررسی کرد.

۲) «انتظارات ما» از آموزش فیزیک در هریک از گرایش‌ها

به طور کلی حاصل یک دورهٔ آموزش فیزیک در هر گرایش تحصیلی باید این باشد که فرد بتواند در پژوهش و کاربردها در آینده، از آموخته‌های خود در فیزیک، به صورت اصولی استفاده کند. به بیان دیگر: «روش علمی» اندیشیدن به مسائل مطرح شده را فراگرفته باشد. آنچه مسلم است موضوع‌های مطرح شده در گرایش‌های مختلف، موضوع‌هایی متفاوت هستند ولی تنوع آن‌ها، اصل اساسی و کلی «شیوه‌های درست اندیشیدن» را نفی نمی‌کند. مثلاً قوانین ترمودینامیک و آموزش آن در گرایش‌های مختلف، کاربردهایی متفاوت دارد. ازجمله در گروه تجربی، ترمودینامیک سلول گیاهی یا جانوری و در گروه ریاضی، کارکرد ماشین‌های گرمایی و یخچال‌هاست. با وجود کاربردهای متفاوت قوانین فیزیک، دانش‌آموز باید براساس «نیازها و ضرورت‌های فعلی و آینده» درک اصولی از قوانین داشته باشد. آنچه مسلم است نباید از دانش‌آموز تجربی، انتظاراتی را داشت که مثلاً از یک «فیزیکدان» آینده می‌توان انتظار داشت. چرا که در موضوع‌های مورد مطالعه و پژوهش آینده این دانش‌آموز، عمدتاً «کاربردهای فیزیک» مطرح می‌گردد. به همین دلیل باید قوانین فیزیکی را در «حد نیاز و ضرورت» درست یاد بگیرد.

از طرف دیگر «ریاضیات» به عنوان قالب نهایی بیان قوانین فیزیک، در گروه تجربی و ریاضی با گستردگی و کیفیت متفاوت آموزش داده می‌شود و همین امر باعث برخی تفاوت‌ها در برداشت از مفاهیم فیزیک می‌گردد. در این راستا نیاز دانش‌آموز این است که تا حدامکان، فیزیک به زبان «فیزیک» نه با زبان «ریاضی» بیان شود، و ریاضیات در شرایط «ضروری و برحسب نیاز» مورد استفاده قرار گیرد. گسترش مطلب با استفاده از روابط پیچیدهٔ ریاضی باعث می‌شود، دانش‌آموز

تجربی با «کم حوصلگی» مطلب را دنبال کند و در نهایت برخی از قالب‌های ارائه شده را به صورت «محفوظات» در ذهن خود جای دهد بدون آنکه رابطهٔ بین اجزاء موضوع را بداند.

۳). آیا دانش‌آموز تجربی بیشتر به «محفوظات» و دانش‌آموز ریاضی باید به «درک مفاهیم» وابسته باشد؟

واقعیت این است که در یک «آموزش اصولی و علمی»، مستقل از هر گرایش آموزشی، «تجمع و انباشت اطلاعات» هیچگونه کارکرد کیفی نخواهد داشت، زیرا در نهایت شیوه‌های «علمی اندیشیدن» را آموزش نمی‌دهد. پس صرفنظر از هر گرایش آموزشی، جهت دادن آموزش فیزیک به سمت «انباشت محفوظات» روش غلط و ناکارآمد است. گاهی اوقات دانش‌آموز با این باور غلط که «حفظ کردن» راحت‌تر از «یاد گرفتن مفاهیم» است، روش غیرعلمی را در آموزش در پیش گرفته و متأسفانه برخی از معلمان نیز این روند را تقویت می‌کنند. شکی نیست که کار بنیادی و مفهومی برای یک معلم مستلزم داشتن حوصله و پشتکار در آموزش است ولی حاصل چنین روشی، دست‌یابی به «کیفیت مطلوب» در آموزش فیزیک است. باید به دانش‌آموز تأکید کرد که: نظر به آنکه هر موضوع علمی از «وحدت و انسجام» درونی برخوردار است، قطعاً قابل «یادگیری و مفهوم شدن» خواهد بود. در اینجا ما باید زحمت یافتن «شیوه‌های صحیح یادگرفتن» را به خودمان بدهیم. در گروه تجربی مشاهده می‌شود که «زیست‌شناسی» را به صورت درسی «حفظی» نگاه می‌کنند در حالی که زیست‌شناسی به عنوان بخشی از دانش بشری هرگاه در مسیر صحیح آموزش داده شود، دانش‌آموز متوجه می‌شود که «نیازی به حفظ کردن» وجود ندارد. دانش‌آموز می‌تواند بر مبنای اصول، از پایه مفاهیم را طوری «یاد بگیرد» که در انتهای آموزش، به اصول تفکر «زیست‌شناختی» پدیده‌ها دست یافته باشد.

۴) وظیفهٔ یک معلم موفق

یکی از وجوه تفاوت آموزش فیزیک در گروه‌های متفاوت، علاوه بر کاربردهای مختلف ریاضیات، «مثال‌های نمونه‌وار» است که برای روشن شدن مطلب به وسیله معلم مطرح می‌شود. معلم فیزیک با علم و آگاهی به چشم‌اندازهای پژوهشی و کاربردی هر گرایش، می‌تواند از مثال‌هایی مناسب استفاده کند. در اینجا حتّی ضروری است که **معلم فیزیک در هر گروه آموزشی**، با محتوای سایر دروس تخصصی این گروه آشنایی داشته باشد. برای مثال: معلم فیزیک در گروه تجربی لازم است تا حد نیاز با محتوای کتاب‌های زیست‌شناسی، زمین‌شناسی و شیمی آشنا باشد. تا بتواند با درک بهتر کاربرد فیزیک در هر یک از این بحث‌ها، مطالب فیزیک را در قالبی مناسب‌تر ارائه کند. فارغ‌التحصیلان دانشگاهی با پایهٔ تجربی، به خصوص افرادی که مفاهیم فیزیک و ریاضی را در حد نیاز به صورت کیفی آموزش ندیده‌اند، ناموفق‌تر از کسانی هستند که «اصول فیزیک» را بهتر آموزش دیده‌اند و این یکی از اساسی‌ترین وظایف معلم فیزیک است که به این واقعیت توجه کنند. مسلماً آموزش فیزیک در کلاسی که حداقل در باورهای دانش‌آموزان، «درس تخصصی و اصلی محسوب نمی‌شود» کار ساده‌ای نیست. گاهی اوقات مشاهده می‌شود که معلم فیزیک «یک طرح درس» مشخص را در کلاس‌هایی با پایه ریاضیات متفاوت، یکسان ارائه می‌کند. حتّی مثال‌ها و مسائل نمونه‌وار ارائه شده یکی است. بحث اصلی این است که *معلم فیزیک باید از دو گروه با گرایش متفاوت، انتظارات متفاوتی داشته باشد*. معلم فیزیک نباید با یک «طرح و برنامه یکسان» در کلاس‌های با گرایش متفاوت حاضر شود. رفع این اشکال مستلزم توجه کافی، حوصله و یافتن مثال‌های متناسب برای هر گرایش است.

نتیجه گیری

۱). *آموزش فیزیک در هر گرایش باید براساس تأکید بر «اصول چگونه اندیشیدن علمی به مفاهیم فیزیک» صورت گیرد.*

۲). *دانش‌آموز در هر گروه، براساس ضرورت‌ها و نیازهای امروز و آینده در پژوهش و کاربرد، با مفاهیم فیزیک آشنا می‌شود.*

۳). *اساس آموزش فیزیک در هیچ یک از گرایش‌ها، نباید «افزایش حجم محفوظات» و «اطلاعات درهم گسیخته» باشد، بلکه باید تلاش بر درک «منطق ناظر بر رابطه این اطلاعات» و مفاهیم باشد.*

۴). *معلم فیزیک با آگاهی به تفاوت‌ها در آیندهٔ پژوهش و کاربرد در گرایش‌های مختلف، با طرح و برنامه‌هایی متفاوت و متناسب با هر گروه، درس را ارائه می‌کند.*

تهیه و تنظیم: جهانگیر ریاضی
jahangir-riazi @ yahoo-com

معرفی وبسایت‌های فیزیک

جمعیت بین‌المللی تحقیق و پژوهش در آموزش فیزیک
International research group on physics teaching
http:// www. pef.uni-lj.si/~girep/

این جمعیت، مجموعه‌ای بین‌المللی از معلمان و استادان فیزیک هستند که با هدف مشارکت در ارتقای دانش فیزیک گرد هم جمع شده‌اند. هدف آنان توسعه و انطباق آموزش فیزیک با دانش روز است. از طرف دیگر، درپی ایجاد زمینهٔ روابط دوستانه بین فیزیک‌دانان هستند. در این «سایت»، این موارد قابل دسترسی هستند: کنفرانس‌هایی در مورد روش‌های نوین در آموزش فیزیک، تاریخ برگزاری و موضوع و خلاصهٔ مقالات ارائه شده در هر کنفرانس، عنوان‌های سمینارها در سال ۲۰۰۱ و بعد، ترکیب شرکت‌کنندگان و برنامهٔ کنفرانس‌ها، عکس‌های کنفرانس‌ها، هزینهٔ شرکت در هر کنفرانس، کنفرانس‌های آموزش فیزیک از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۲ و...

انجمن معلمان فیزیک آمریکا
American association of physics teachers
http:// www. aapt.org

مرکز منابع و مراجع علوم فیزیکی
Physical science resource center
http:// www. psrc-online. org/

این پایگاه، سایتی گسترده با بسیاری از منابع آموزش فیزیک شامل: برنامه‌های آموزش فیزیک، کتاب‌های راهنما با توضیحات ساده و مفید برای درک مفاهیم فیزیک، ابزارهای سنجش و... است.

در این سایت، امکان دست‌یابی به این موارد وجود دارد:

اخبار انجمن معلمان فیزیک آمریکا، آشنایی با اعضای انجمن، برنامه‌ها و بخش‌های مختلف انجمن، چگونگی ارتباط با انجمن، انتشارات انجمن، از جمله: «physics teachers» و سایر نشریات انجمن، عنوان‌ها و خلاصه مقالات نشریات جاری انجمن و...

physics tutrorials
http:// www. physics. uoguelph. ca/ tutorials/ tutorials. html

این سایت، نقش یک معلم سرخانه (معلم خصوصی) را در آموزش مفاهیم مقدماتی و اساسی فیزیک بازی می‌کند. درواقع، ابزار بسیار مفیدی برای دانش‌آموزان پرسشگر و علاقه‌مند است. این مجموعه از طرف دانشگاه «Guelph» ارائه شده است. در این سایت، از جمله به موارد زیر می‌توان دسترسی داشت: توضیحات ساده و کافی برای آموزش و فراگیری مفاهیمی مانند: حرکت چرخشی و گشتاور، جریان مستقیم، نمودار آزاد جسم، حرکت نوسانی ساده و مثال‌هایی ساده برای درک مطلب. شبیه‌سازی رایانه‌ای پدیده‌های فیزیکی، خودآزمایی برای درک بهتر مطالب، و مفاهیم اساسی و پیش‌نیاز در آموزش فیزیک مانند: تحلیل ابعادی، مثلثات، لگاریتم، جبر، بردارها، تبدیل واحدها، ارقام بامعنا و بررسی گرافیکی حرکت نوسانی.

pictures of famous physicists
http:// www. th. physik. uni-frankfurt. de/~ jr/ portraits. html

سایتی است مفید برای دست‌یابی به عکس‌های فیزیک‌دانان شامل: عکس‌هایی از پیشگامان نظریهٔ کوانتومی، فیزیک‌دانان نظری، و فیزیک‌دانان تجربی، عکس‌های دسته‌جمعی فیزیک‌دانان و برندگان جایزهٔ نوبل در فیزیک، تصویرهای سیاه و سفید ترسیم‌شده از فیزیک‌دانان، تمبرهای پُستی مربوط به فیزیک و فیزیک‌دانان، عکس‌هایی از آلبرت اینشتین، اسناد تاریخی فیزیک و...

california energy commission
http:// www. energy. ca. gov/ education/

«سایتی فعال برای بچه‌ها و والدین» شامل: کتابخانهٔ انرژی، طرح‌های علوم، داستان انرژی، بازی‌ها، گالری هنر، طرز کار اشیا و وسایل، فوق دانشمندان، نگهداری و انتقال انرژی، پرسش‌هایی در رابطه با انرژی، منابع برای والدین و معلمان، جست‌وجو برای مطالب جدید، بازی‌هایی شامل: پرسش‌های علمی مربوط به انرژی در قالب معماها، جدول کلمات، کلمات درهم‌ریخته و...، گالری هنر شامل: نقاشی‌های برگزیده دانش‌آموزان در تمام زمینه‌های مربوط به انرژی و...، و همچنین استفاده از انرژی در وسائل نقلیه و فهرستی از سایر سایت‌های سرگرمی و بازی‌ها در انرژی و علوم می‌باشد.

discovery channel school
http:// school. discovery. com/

سایتی است قابل استفاده برای: والدین، معلمان و دانش‌آموزان با ارائه روش‌های نو در یادگیری و آموزش، به این شرح:

برای معلمان: آشنایی با طرح درس، ابزارها و وسائل آموزشی، گفت‌وشنود، فروشگاه معلم، مرکز نمایشگاهی علوم و...

برای دانش‌آموزان: آشنایی با روش‌های بهتر مطالعه، ابزارها و وسائل کمک‌آموزشی، بازی‌های علمی، فراگیری نحوهٔ برخورد با شرایط مخاطره‌آمیز و...

برای والدین: ابزارهای آموزشی، مرور و دورهٔ مطالب، روش‌های ارزش‌یابی توانایی دانش‌آموز...

علاوه بر این‌ها، فهرستی است از کتاب‌ها و CDهای مورد نیاز در آموزش برای دانش‌آموز، معلم و والدین.

the universe today
http:// www. universetoday. com/

در این سایت، اخبار مربوط به اکتشافات فضایی از سرتاسر اینترنت گردآوری شده است و امکان دسترسی به این موارد وجود دارد: آخرین اخبار مربوط به سفرهای تحقیقاتی و پژوهشی به فضا، اکتشافات فضایی، کیهان‌شناسی، کتاب‌های علوم فضایی، پروازهای فضایی، شاتل‌ها و...

institute of physics
http:// www. iop. org/

مجموعه‌ای بین‌المللی شامل ۳۷هزار عضو که به صورت حرفه‌ای در پیشرفت و توسعهٔ دانش مربوط به آموزش در علوم فیزیکی محض و کاربردی تلاش می‌کنند. در این سایت، موارد زیر قابل دسترسی هستند:

آخرین اخبار علمی فیزیک، کیهان‌شناسی، فناوری، مخابرات، نانوتکنولوژی، مجلات و روزنامه‌ها، اعضا، کتاب‌ها، آموزش، انتشارات، صنعت و اقتصاد، و...

abc's of nuclear science
http:// user 88.1bl. gov/ NSD- docs/ abc/ home. html

سایتی برای آشنایی با فیزیک هسته‌ای، با استفاده از روش‌های چندرسانه‌ای با شرح آزمایش‌ها. در این سایت موضوعات زیر قابل دسترسی هستند:

علوم هسته‌ای پایه‌ای، تجربیات، ایمنی و حفاظت در مقابل پرتوها، پادماده، فهرست واژه‌های دشوار، ارتباط با کیهان، رادیواکتیویته و واپاشی الفا و بتا و گاما، آشنایی با ساختار هسته، تفاوت بین شکافت و همجوشی هسته‌ای، چگونگی شکل‌گیری عناصر در سطح زمین، بمباران به وسیلهٔ تابش هسته‌ای از کیهان، کاربرد شتاب‌دهنده‌ها، انرژی هسته‌ای... قابل استفاده برای دانش‌آموزان و معلمان.

راهنمای مجلهٔ هفتگی در انگلیس
new scientist
http:// www. newscientist. com/

در این مجله، با آخرین دستاوردهای علوم و فناوری از جمله این موارد آشنا می‌شوید:

محاسبات، مخابرات و ارتباطات، نانو تکنولوژی، بیوتکنولوژی، انتقال انرژی، پزشکی، محیط زیست، جمعیت، تغییرات آب و هوا و...

منابع تاریخی فیزیک و علوم مرتبط (ژئوفیزیک، کیهان‌شناسی)
exhibits and online source materials for history of physics
http:// www. aip. org/ history/ exhibit. htm

در این سایت موارد زیر قابل دسترسی هستند:

تاریخچهٔ کشف الکترون، ترانزیستور، و نسبیت خاص و عام، و نیز **ورنر هایزنبرگ** و اصل عدم قطعیت، **لورنس و سیکلوترون**، **ماری کوری** و کشف رادیواکتیویته، مقالات انتخابی از فیزیک‌دانان آمریکا، تاریخ کیهان، تاریخچهٔ شکل‌گیری فیزیک کوانتومی، جوایز نوبل در فیزیک، تاریخچهٔ ژئوفیزیک و علوم فضایی، تاریخچه اینترنت و...

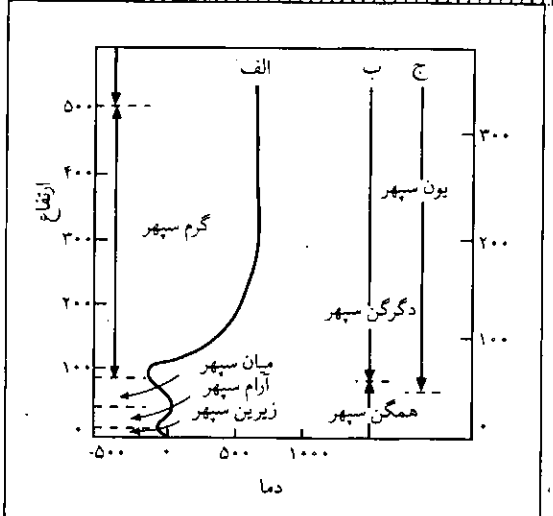
سرمای کشنده در دمای ۱۰۰۰ درجه

دونالد آهرنز
مترجم: احمد توحیدی

آیا مکانی در جوّ زمین وجود دارد که در آن‌جا دما بسیار زیاد باشد (بالای ۵۰۰ °C)، اما در عین حال سرمای شدیدی احساس شود؟ پاسخ مثبت است. چنین ناحیه‌ای وجود دارد، اما نه در سطح زمین.

با توجه به شکل، در بالای جوّ زمین (در وسط و بالای گرم سپهر)، دمای هوا می‌تواند از ۵۰۰ °C تجاوز کند؛ ولی دماسنجی که در این ناحیه از تابش مستقیم خورشید حفاظت شده باشد، دمای بسیار کمی را نشان می‌دهد. این ناسازگاری آشکار، در معنای دمای هوا و چگونگی اندازه‌گیری آن نهفته است.

می‌دانیم دمای هوا با سرعت میانگین مولکول‌های هوا نسبت مستقیم دارد. هرچه سرعت مولکول‌ها بیش‌تر باشد، دمای متناظر با آن هم زیادتر است. در وسط و بالای گرم‌سپهر، مولکول‌های هوا با سرعتی متناظر با دمای بسیار زیاد جلو و عقب می‌روند. اما برای انتقال انرژی کافی به روش رسانش برای گرم کردن چیزی (برای نمونه پوست بدن انسان یا حباب دماسنج)، باید تعداد بی‌شماری مولکول به جسم برخورد کنند. در هوای «رقیق» لایه‌های بالای جو، مولکول‌ها با سرعت فوق‌العاده زیادی حرکت می‌کنند، اما تعداد آن‌ها به اندازه‌ای نیست که برخورد آن‌ها به حباب دماسنج، موجب ثبت دمای بالایی شود.



شکل ۱. لایه‌های جوّ با توجه به الف) دما، ب) ترکیب، و ج) ویژگی‌های الکتریکی

در واقع، هنگامی که دماسنج از تابش مستقیم خورشید حفاظت شده باشد، حباب دماسنج، انرژی بیش‌تری را نسبت به آنچه دریافت می‌کند، از دست می‌دهد. در نتیجه دماسنج، دمایی نزدیک به صفر مطلق را نشان می‌دهد. این وضعیت نشان می‌دهد که فضانوردان از راه‌پیمایی فضایی در دمای بیش از ۵۰۰ °C نه تنها جان سالم بدر می‌برند، بلکه هنگامی که از تابش مستقیم انرژی خورشیدی حفاظت شده باشند، سرمای شدیدی را نیز احساس می‌کنند و در ارتفاعات بالای جوّ معنای متداول دمای هوا، یعنی احساس «داغ» و «سرد» بودن کاربردی ندارد.

منبع:
Essentials of Meteorology C. Donald Ahrens International thomson publishing Europe

شیطانک ماکسول*

فردریک جی کلر

غالباً با طرح و ملاحظه یک پارادوکس می توان نسبت به یک مفهوم ظریف به درک واضحی دست یافت. درک قانون دوم ترمودینامیک ظرافت کافی می طلبد، بنابراین با استفاده از یک پارادوکس فرصت خوبی برای درک هوشیارانه‌ای از آن میسر می شود. غالباً پارادوکس ها با شیوه‌های سرگرم‌کننده مثلاً با کاربرد کاریکاتورها، حیوانات سخنگو، و نظایر این ها مطرح می شوند. در پارادوکس مشهوری که در زیر توصیف می شود، شخصیت اصلی برعهدهٔ شیطانک ماکسول است.

جیمز کلارک ماکسول ارائه دهندهٔ بیشتر ایده‌های احتمالاتی است که ما برای توصیف سیستم‌ها در سطح مولکولی به کار می بریم. ماکسول هنگام جستجو دربارهٔ کاربرد روش‌های آماری به کارآیی مناسب آن‌ها پی برد و گفت «این شاخه از ریاضیات (احتمالات) که عموماً فکر می کنند به دَرد قماربازی، تاس‌بازی، و شرط‌بندی می‌خورد و بنابراین آن را غیر اخلاقی می دانند، فقط ریاضیات متعلق به انسان‌های عمل‌گراست، که باید چنین هم باشیم.»

ماکسول به توسعه پلی ارتباطی میان جنبه‌های میکروسکوپی و ماکروسکوپی قانون دوم ترمودینامیک کمک بسیار کرد. قانون دوم در سطح ماکروسکوپی برگشت‌ناپذیری را با به کار بردن عباراتی مانند «گرما»، «دما» و اصطکاک بررسی می کند. برخلاف ان، قانون دوم ترمودینامیک در سطح میکروسکوپی برحسب آمار توضیح داده می شود. از این دیدگاه برگشت‌ناپذیری عملاً نتیجهٔ احتمالی فرآیندهای تصادفی بی شماری است که شامل تعداد بسیار زیادی از مولکول ها هستند.

این وضعیت ساده را در نظر بگیرید: ظرف عایقی شامل دو محفظهٔ مشابه است که به وسیله دیواری ثابت از یکدیگر جدا شده‌اند. در دو محفظه نمونه‌های مشابهی از یک نوع گاز وجود دارد و هر دو در دمای تعادل T هستند. در هر بخش از دستگاه کاری انجام و گرمایی ردّ و بدل نمی شود. با توجه به قانون دوم ترمودینامیک هیچ اختلاف دمایی به خودی خود نمی تواند میان هر دو گاز محفظه به وجود آید. به عبارت دیگر آنتروپی سیستم‌های مجزای دو گاز نمی تواند کاهش پیدا کند.

ماکسول در کتاب درسی «نظریه گرما» پارادوکسی همراه با موجود ریزی که بعدها به نام شیطانک ماکسول مشهور شد مطرح می کند. شیطانک روی دیواری که محفظه‌های گاز ظرف بالا را از هم جدا می کند نشسته است. دریچه‌ای روی دیوار نصب شده است و شیطانک می تواند با انجام کار بسیار کمی آن را باز و بسته کند. شیطانک می تواند اندازه سرعت مولکول‌های گاز را که به دریچه نزدیک می شوند تشخیص دهد، در نتیجه با یک واکنش سریع قادر است به طور انتخابی دریچه را باز و بسته کند و اجازه دهد که مولکول های سریع از محفظهٔ دست چپی به محفظهٔ دست راستی بروند و برعکس. بنابراین، اختلاف دمایی میان محفظهٔ دو گاز بدون انجام هیچ گونه کاری به وجود می آید و انتروپی هر دو سیستم از گازها کاهش می یابد. پس پارادوکس ماکسول موجب نقض قانون دوم ترمودینامیک می شود.

غالباً پارادوکس ها با کشف‌های جدید و یا تعبیرهای گسترده‌تری از آن حل می شوند. پارادوکس ماکسول هم اظهارنظرهای بسیار نقادانه برانگیخت. مثلاً بریلوئن ۱۸۵۴ - ۱۹۴۸ استدلال کرد که دیواره‌های ظرف در زمینه‌ای سرشار از تابش گرمایی (جسم سیاه) قرار دارند. به علت وجود همین زمینه، شیطانک دیگر قادر نیست که مولکول ها را از یکدیگر تشخیص دهد و آن‌ها را برحسب نوع سرعتشان از هم جدا کند. بریلوئن رابطهٔ میان آنتروپی و اطلاعات را نیز گسترش داد. اگر اطلاعاتی دربارهٔ یک دستگاه توسط فرآیندهایی گردآوری شوند متناظر با آن درجه بی‌نظمی دستگاه (آنتروپی) کاهش می‌یابد. اگر شیطانک به کمک وسیله‌ای مثلاً پرتو نوری که در حال تعادل با بقیه دستگاه نیست مولکول‌ها را برحسب سرعتشان از یکدیگر جدا کند کاهش در انتروپی محفظهٔ گازها با افزایش آنتروپی شیطانک و اسبابش جبران می شود. به عبارت دیگر با در نظر گرفتن مجموع تغییرات آنتروپی، کل آنتروپی دستگاه کاهش پیدا نمی کند.

---

* Maxwell's Demon

Physics, Second Edition, Frederick J. Keller, Mc Graw - Hill, Inc, 1993.

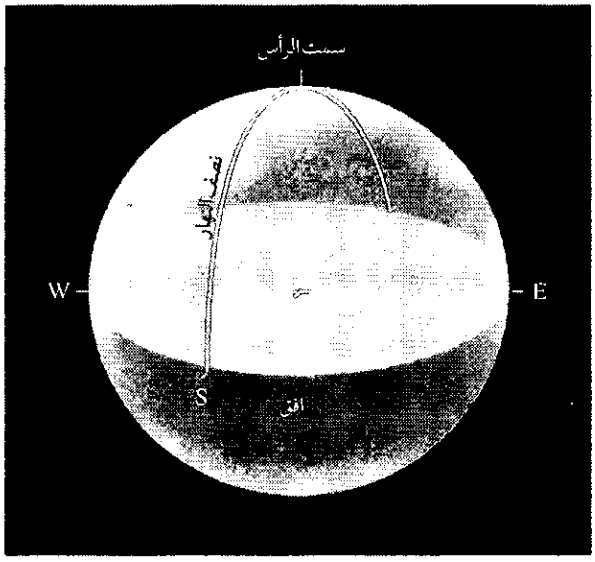
نجوم و گاهشماری

منیژه رهبر

از سپیده‌دم تمدن بشری، بشر به نگه‌داشتن حساب زمان نیاز داشته است. مصریان باستان می‌خواستند بدانند چه موقع نیل طغیان می‌کند. کشاورزان، علاقه‌مند به دانستن زمان مناسب کشت محصولات خود بودند و کاهنان، می‌خواستند آئین‌های مذهبی را برنامه‌ریزی کنند. حتی امروز نیز دلایل بسیاری برای سازگار ساختن تقویم با چرخهٔ فصل‌ها داریم. مثلاً، بسیاری از تعطیلات رسمی وابسته به فصل است.

منجمان، به طور سنتی مسؤول تعیین تقویم بوده‌اند. علاقه‌مندیم که سیستم گاهشماری ما به محل خورشید در آسمان بستگی داشته باشد. جای خورشید نشان می‌دهد که خواب هستیم یا بیدار و وقت صبحانه است یا شام.

هزاران سال قبل، ساعت آفتابی برای نگه‌داشتن رد زمان خورشیدی ظاهری[1] اختراع شد. برای به دست آوردن اندازه‌گیری‌های رسمی‌تر منجمان از نصف‌النهار[2] استفاده می‌کنند که دایره‌ای شمالی ـ جنوبی روی کرهٔ سماوی است که از سمت‌الرأس (نقطهٔ مستقیماً بالای سر) و دو قطب سماوی می‌گذرد (شکل ۱).



شکل ۱. نصف‌النهار، دایره‌ای است که از سمت‌الرأس ناظر (نقطهٔ مستقیماً بالای سر او) و نقطه‌های شمال و جنوب افق ناظر می‌گذرد. عبور اجسام سماوی از نصف‌النهار را می‌توان برای اندازه‌گیری زمان به کار برد. بخشی از نصف‌النهار که بالای افق است؛ نصف‌النهار بالایی و بخش زیر افق، نصف‌النهار پائینی نامیده می‌شود

ظهر محلی[3] هنگامی است که خورشید از **نصف‌النهار بالایی**[4] می‌گذرد که نیمهٔ نصف‌النهار بالای افق است. در نیمه شب محلی[5]، خورشید از **نصف‌النهار پائینی**[6] می‌گذرد که نیمهٔ زیر افق، نصف‌النهار است. این عبور را نمی‌توان مستقیماً مشاهده کرد. عبور هر جسم در آسمان از نصف‌النهار را **گذر از نصف‌النهار**[7] می‌نامند.

اگر این گذر در بالای افق انجام شود، آن را گذر از **نصف‌النهار بالایی** می‌نامند. روز خورشیدی ظاهری[8] رسماً فاصلهٔ میان دو گذر متوالی خورشید از نصف‌النهار بالایی است که در هر نقطهٔ ثابت روی زمین، مشاهده می‌شود.

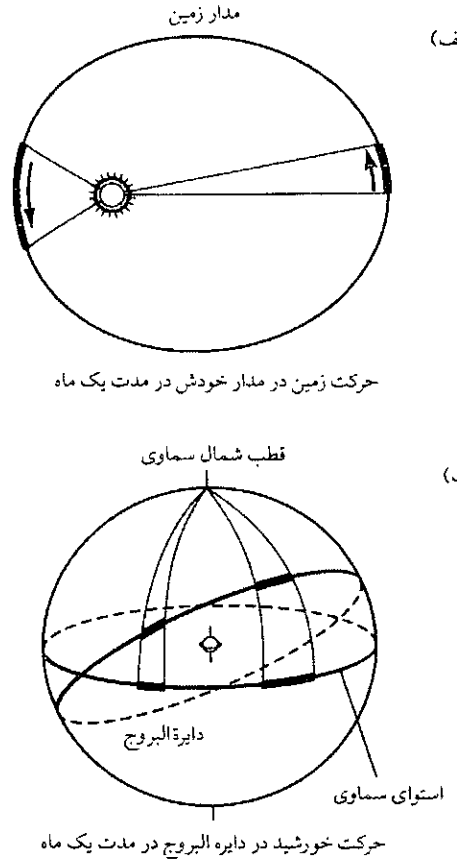
به صورت ساده‌تر، روز خورشیدی ظاهری فاصلهٔ زمانی از یک ظهر محلی تا ظهر محلی بعدی؛ یعنی فاصلهٔ زمانی بالاترین موقعیت خورشید در آسمان در یک روز تا روز بعدی است.

متأسفانه، خورشید وقت نگه‌دار مناسبی نیست. طول یک روز خورشیدی ظاهری (که با ابزاری مانند ساعت شنی اندازه‌گیری می‌شود) در روزهای گوناگون سال تغییر می‌کند. این موضوع دو علت اصلی دارد که هر دو به چگونگی حرکت زمین به دور خورشید بستگی دارند.

دلیل اول آن است که مدار زمین دایرهٔ کامل نیست. بلکه مطابق شکل اغراق‌آمیز ۲-الف، بیضی است. وقتی زمین به خورشید نزدیک باشد، حرکت آن سریع و هنگام دوری از خورشید، حرکتش کند است. بنابراین، در مشاهدهٔ زمین به نظر می‌رسد که خورشید در امتداد دایرةالبروج، به طرف شرق با سرعتی در حرکت است که در طول سال تغییر می‌کند.

در دی‌ماه که زمین از خورشید کم‌ترین فاصله را دارد، به نظر می‌رسد که خورشید با سرعت بیش از ۱° در روز در امتداد دایرةالبروج حرکت می‌کند. تیرماه که فاصلهٔ زمین از خورشید از همه بیش‌تر است، سرعت خورشید کم‌تر از ۱° در روز به نظر می‌آید. این اثر، سبب می‌شود که روز خورشیدی ظاهری، در دی‌ماه از تیر طولانی‌تر شود.

دلیل دوم، نامناسب بودن استفاده از خورشید برای نگه‌داری زمان زاویهٔ ۲۳½° بین دایرةالبروج و استوای سماوی است. همان‌طور که شکل (۲) نشان می‌دهد، این موضوع باعث می‌شود که بخش قابل توجهی از حرکت ظاهری خورشید هنگامی صورت گیرد که در حوالی «اعتدالین» در جهت شمال ـ جنوب در حرکت است. پس



شکل ۲. خورشید زمان نگه‌دار خوبی نیست. این امر دو علت اصلی دارد:

الف) سرعت زمین در امتداد مدارش در طول سال تغییر می‌کند. وقتی در دی‌ماه زمین به خورشید نزدیک است، سرعت آن بیشینه و هنگامی که در تیرماه از خورشید دور است، سرعت آن کمینه است. از این رو، سرعت خورشید در امتداد دایرةالبروج ثابت نیست.

ب) به علت کجی محور دوران زمین، دایرةالبروج بر استوای سماوی منطبق نیست. در نتیجه، تصویر حرکت خورشید در امتداد دایرةالبروج، بر استوای سماوی در طول سال تغییر می‌کند. بنابراین، حرکت خورشید به طرف شرق نسبت به ستارگان ثابت نیست.

حرکت خالص به طرف شرق در آسمان تا اندازه‌ای کوتاه می‌شود. برخلاف انقلاب‌های تابستانی و زمستانی که حرکت خورشید در امتداد استوای سماوی است.

از این رو، چنین کوتاه شدنی در حوالی تابستان و زمستان وجود ندارد. این موضوع به نوبهٔ خود روز خورشیدی ظاهری را در اسفند و شهریور از تیر یا آذر طولانی‌تر می‌سازد. وقتی این اثر را با اثر ناشی از دایره‌ای نبودن مدار ترکیب کنیم، درمی‌یابیم که طول روز خورشید ظاهری در طول سال، به صورت پیچیده‌ای تغییر می‌کند.

منجمان برای اجتناب از این مشکلات، موجودی موهومی به نام **خورشید متوسط** را اختراع کردند که با حرکت یکنواخت در امتداد استوای سماوی حرکت می‌کند. (در علوم و ریاضی «متوسط» یا «میانگین» مترادف است.) خورشید متوسط گاهی از خورشید واقعی در آسمان جلوتر و گاهی از آن عقب‌تر است. درنتیجه، زمان خورشیدی میانگین و زمان خورشیدی ظاهری گاهی در طول سال، یک ربع ساعت با هم اختلاف دارند.

چون خورشید میانگین با آهنگ ثابت حرکت می‌کند، زمان نگه‌دار مناسبی است. **روز خورشیدی متوسط**، «بازه» میان دو عبور خورشید متوسط از نصف‌النهار بالایی است. طول آن درست ۲۴ ساعت؛ یعنی متوسط طول روز خورشیدی ظاهری است. شبانه‌روز ۲۴ ساعت است که ساعت دیواری یا مچی اندازه می‌گیرد؛ یک روز خورشیدی متوسط است.

در عمل، اکنون استاندارد زمان یک ساعت اتمی فوق‌العاده دقیق است که در «انستیوی ملی استانداردها و فناوری» در «بولدر کلرادو» نگه‌داری می‌شود. اما، حتی این ساعت نیز طوری تنظیم شده است که با زمان متوسط خورشیدی، سازگار باشد.

منطقه‌های زمانی، برای سهولت بازرگانی، حمل و نقل و ارتباطات ابداع شده‌اند. در منطقهٔ زمانی صفر، تمام ساعت‌ها برای زمان خورشیدی متوسط نصف‌النهار با عرض جغرافیایی تنظیم شده‌اند که تقریباً از مرکز آن منطقه می‌گذرند. منطقه‌های زمانی در سراسر جهان، معمولاً حول نصف‌النهارهایی به عرض جغرافیایی ۱۵° قرار دارند. معمولاً برای رفتن از یک منطقهٔ زمانی به منطقهٔ زمانی بعدی، باید ساعت مچی خود را درست یک ساعت تغییر دهید.

منجمان برای تطبیق رصدهای خود، با همکارانشان در سایر نقاط کرهٔ زمین از ساعت جهانی هماهنگ شده[۹] که به اختصار "utc" یا "ut" نامیده می‌شود، استفاده می‌کنند. این زمان در منطقه‌ای است که گرینویچ در انگلستان را شامل می‌شود. گرینویچ بندری در شرق لندن و مکانی است که اولین استاندارد پذیرفته شدهٔ جهان در آن‌جا، نگه‌داری می‌شد.

اگرچه طبیعی است که بخواهیم ساعت‌ها و روش نگه‌داری زمان، وابسته به خورشید باشد، اما منجمان اغلب از سیستمی استفاده می‌کنند که وابسته به ستارگان است.

«زمان نجومی» که به جای حرکت خورشید، بر حرکت ظاهری ستارگان مبتنی است، زمانی سودمند است که با تلسکوپ کار می‌کنیم. بنابراین، در اغلب رصدخانه‌ها یک ساعت نجومی[۱۰] وجود دارد.

زمان نجومی

بهترین زمان برای این که بخواهید جسم خاصی را در آسمان رصد کنید، هنگامی است که این جسم در بالاترین نقطه در آسمان، یا نزدیک نصف‌النهار بالایی باشد. این موضوع، اثرهای تحریف‌کنندهٔ جو زمین را که وقتی در امتداد افق نگاه می‌کنید افزایش می‌یابد، به حداقل می‌رساند. برای منجمانی که خورشید را مطالعه می‌کنند، این به معنی رصد در ظهر محلی است و تفاوت چندانی با ظهری ندارد که با استفاده از زمان خورشیدی متوسط تعیین می‌شود.

به هرحال، برای منجمان که ستارگان و کهکشان‌ها را رصد می‌کنند، زمان مناسب، به جسم مورد بررسی بستگی دارد. مسأله این است که با معلوم بودن مکان جسم روی دایرهٔ سماوی، چه موقع این جسم در نصف‌النهار بالایی است؟

منجمان برای پاسخ به این پرسش، به جای زمان خورشیدی از زمان نجومی استفاده می‌کنند. این زمان با آنچه ساعت مچی شما نشان می‌دهد، تفاوت دارد. درواقع ساعت نجومی و ساعت معمولی با آهنگ متفاوت کار می‌کنند؛ زیرا مبتنی بر اجسام نجومی متفاوت‌اند. ساعت معمولی بر مبنای محل خورشید است. درحالی که ساعت نجومی بر محل نقطهٔ اعتدال بهاری مبتنی است که بُعد زمان از آن‌جا اندازه‌گیری می‌شود.

بدون توجه به محل خورشید، نیمه شب نجومی در محل شما وقتی است که نقطهٔ اعتدال بهاری از نصف‌النهار بالایی شما بگذرد. (زمان نجومی، مانند زمان خورشیدی به این که کجای زمین هستید، بستگی دارد).

«روز نجومی»، فاصلهٔ زمانی بین دو عبور متوالی نقطهٔ اعتدال بهاری از نصف‌النهار بالایی است. برخلاف روز

خورشیدی که فاصلهٔ زمانی دو گذر متوالی خورشید از نصف‌النهار بالایی است. این دو نوع روز به دلیلی که در شکل (۳) نشان داده شده است، مساوی نیستند. چون زمین در مدار خود به دور خورشید حرکت می‌کند، باید از یک ظهر محلی تا ظهر محلی بعدی تقریباً ۳۶۱° بچرخد. این چرخش اضافی ۱°، متناظر با چهار دقیقه بلندتر بودن روز خورشیدی از روز نجومی است.

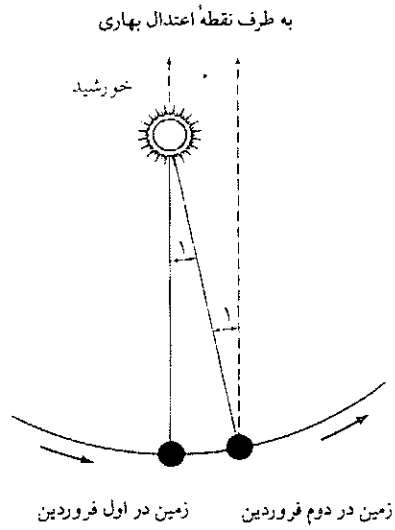
۱ روز نجومی = ۲۳h ۵۶m ۴.۰۹۱s

که ساعت، دقیق و ثانیه بر حسب زمان خورشیدی متوسط است.

یک روز خورشیدی، طبق ساعت مچی شما برابر یک روز خورشیدی متوسط است که درست ۲۴ ساعت می‌شود. ساعت نجومی که زمان نجومی را اندازه می‌گیرد، برحسب ساعت، دقیقه و ثانیهٔ نجومی درجه‌بندی شده و یک روز نجومی برابر ۲۴ ساعت نجومی است. این موضوع نشان می‌دهد که چرا آهنگ کار ساعت نجومی با آهنگ کار ساعت مچی شما اندکی تفاوت دارد.

در نتیجه، بعضی اوقات سال، ساعت نجومی زمانی بسیار متفاوت از ساعت معمولی را نشان می‌دهد. «در ظهر محلی روز اول فروردین، وقتی خورشید در نقطهٔ اعتدال بهاری است، ساعت نجومی نیمه شب را نشان می‌دهد. آیا دلیل آن را می‌دانید؟»

می‌توان پرسش بالا را به صورت زیر پاسخ داد: در نقطهٔ اعتدال بهاری که مختصات سماوی آن R.A = ۰h ۰m ۰s و Decl = ۰° ۰′ ۰″ است، خورشید در نیمه شب زمان نجومی ۰:۰۰ از نصف‌النهار بالایی می‌گذرد. در نقطهٔ اعتدال پائیزی که مقابل کره سماوی با مختصات R.A = ۱۲h ۰m ۰s و Decl = ۰° ۰′ ۰″ است، ۱۲ ساعت بعد در ظهر نجومی ۱۲:۰۰ خورشید از نصف‌النهار بالایی می‌گذرد. با مقایسهٔ بعد این نقطه‌ها با زمان نجومی گذر آن‌ها از نصف‌النهار بالایی،



شکل ۳. تفاوت روز نجومی با روز خورشیدی

می‌توان نتیجه گرفت، هر جسم هنگامی از نصف‌النهار بالایی می‌گذرد که زمان نجومی برابر با بُعدآن جسم باشد.

به این دلیل، منجمان بُعد را به جای درجه برحسب «یکای زمان» اندازه می‌گیرند، و اندازه‌گیری‌های بُعد همواره برحسب ساعت، دقیقه و ثانیهٔ نجومی است.

رصدهای نجومی به توسعهٔ تقویم نوین انجامید

همان‌طور که روز «یکای زمان طبیعی» بر مبنای حرکت زمین است، سال نیز یکای زمان براساس حرکت زمین به دور خورشید است. متأسفانه، طبیعت ترتیب امور را بر مبنای راحتی ما قرار نداده است. سال درست برابر با ۳۶۵ روز نیست. منجمان باستانی متوجه شدند که طول سال تقریباً ۳۶۵¼ روز است. از این رو، امپراتور روم **یولیوس سزار**، سیستم «سال کبیسه» را برای این $\frac{1}{4}$ روز اضافی درنظر گرفت. با افزودن یک روز اضافی به سال در هر چهارسال، او امیدوار بود که رویدادهای نجومی فصلی، مانند آغاز بهار در یک تاریخ اتفاق بیفتد.

اگر سال دقیقاً ۳۶۵¼ روز داشت و زمین دارای حرکت تقویمی نبود، سیستم سزار کامل بود. اما متأسفانه چنین نیست. برای دقت بیش‌تر، منجمان اکنون از چند نوع سال استفاده می‌کنند. مثلاً همان‌طور که دیدیم، سال نجومی ۳۶۵٫۲۵۶۴ روز خورشیدی متوسط است.

سال نجومی دورهٔ حرکت واقعی زمین به دور خورشید است، اما سالی نیست که تقویم ما براساس آن بنا شده باشد. اغلب مردم، مانند سزار علاقه‌مندند که مناسبت‌های گوناگون آن‌ها در یک روز معین سال باشد. مثلاً، می‌خواهیم که سال جدیدمان با اول فروردین شروع شود. اما آغاز بهار زمانی است که خورشید در نقطهٔ اعتدال بهاری باشد. این نقطهٔ اعتدال، بر

اثر حرکت تقویمی زمین به آهستگی نسبت به ستارگان زمینه تغییر می‌کند.

بنابراین، تقویمی را به وجود آورده‌ایم که بر مبنای «سال اعتدالی»[11] و برابر زمان لازم برای بازگشت خورشید به نقطهٔ اعتدال بهاری است. این دوره، برابر ۳۶۵٫۲۴۲۲ روز خورشیدی متوسط یا $^{d}365\ ^{h}5\ ^{m}48$ است. به علت حرکت تقویمی، سال اعتدالی ۲۰ دقیقه و ۲۴ ثانیه کوتاه‌تر از سال نجومی است.

فرض تقویم «یولیانی» این است که سال اعتدالی با ۳۶۵¼ روز، ۱۱ دقیقه و ۱۴ ثانیه تفاوت دارد. این خطای مختصر، روی هم انباشته و در هر چهار قرن، برابر سه روز می‌شود. اگرچه مشاوران سزار از این اختلاف آگاهی داشتند، اما فکر می‌کردند که مقدار آن به اندازه‌ای کم است که مشکلی را به وجود نمی‌آورد. اما در قرن شانزدهم میلادی، بیست اسفند، اولین روز بهار می‌شد.

این مساله باعث نگرانی کلیسای کاتولیک شد؛ زیرا عید پاک به تدریج در تاریخ‌های زودتر و جلوتر فرا می‌رسید. برای رفع این مشکل، پاپ گرگوری سیزدهم در سال ۱۵۸۲ تحولی را در تقویم به وجود آورد. بنابراین، او ده روز را حذف کرد (پس از ۴ اکتبر ۱۵۸۲، ۱۵ اکتبر ۱۵۸۲ بود) تا اولین روز بهار را به اول فروردین برگرداند. سپس او، به اصلاح سیستم سال‌های کبیسهٔ تقویم یولیانی پرداخت.

در تقویم یولیانی، هر سالی که به چهار قابل قسمت بود، یک روز به ماه فوریه اضافه می‌شد تا این ماه ۲۹ روز شود. بنابراین، سال‌های ۱۹۹۲، ۱۹۹۶، و ۲۰۰۰ سال‌های کبیسهٔ ۳۶۶ روزی بودند. اما می‌دانیم که این سیستم، خطای سه روز در چهار قرن را دارد. برای حل این مشکل، پاپ گرگوری فرمان داد که فقط سال‌های قرن که بر ۴۰۰ قابل تقسیم‌اند، سال کبیسه در نظر گرفته شوند. به عنوان مثال، سال‌های ۱۷۰۰، ۱۸۰۰ و ۱۹۰۰ که طبق تقویم یولیانی سال کبیسه بودند)، در تقویم اصلاح شدهٔ گرگوری، دیگر سال کبیسه نبودند. اما سال ۲۰۰۰ قابل قسمت بر ۴۰۰ سال کبیسه است.

امروزه تقویم متداول، سیستم گرگوری است. این تقویم طول سال را ۳۶۵٫۲۴۲۵ روز خورشیدی متوسط درنظر می‌گیرد که به طول واقعی سال اعتدالی بسیار نزدیک است. درواقع خطای این سیستم، فقط یک روز در ۳۳۰۰ سال است. این خطا برای مدتی طولانی مشکلی به وجود نمی‌آورد.

تقویم ایرانی

در زمان پادشاهی کمبوجیه و پسرش داریوش، کشور مصر زیر سلطهٔ ایران قرار گرفت. گاه‌شماری خورشیدی پیشرفتهٔ مصر توجه فاتحان را جلب کرد، آن را پذیرفتند و تغییراتی در آن دادند. دو شباهت میان تقویم مصری و تقویم ایران باستان وجود دارد: هر روز از ماه نام خاصی دارد و روز ۱۹ هر ماه به، نام ماه اول سال خوانده می‌شود.

تصور می‌رود که تقویم ایران باستان از یکم فروردین ۱۱۲۳ قبل از هجرت (۲۷ مارس ۵۰۲ قبل از میلاد) آغاز شده باشد.

آغاز سال ایرانی لحظهٔ دقیق گذر زمین بر نقطهٔ اعتدال بهاری بود و هنوز هم چنین است. زمان لازم برای دو گذر پیاپی زمین از نقطهٔ اعتدال، سال اعتدالی و برابر ۳۶۵٫۲۴۲۱۹۹ روز است. چون رقم پس از ممیز درنظر گرفته نمی‌شد و سال ۳۶۵ روز فرض می‌شد، روز اول فروردین از نقطهٔ اعتدال فاصله پیدا می‌کرد.

برای جبران این فاصله وارد کردن یک ماه اضافی (سیزدهم)، در صدوبیستمین سال هر دورهٔ ۱۲۰ ساله، مقرر شد. اما ۱۲۰ سال درواقع ۴۲۳۶۸٫۹۵ روز داشت؛ یعنی در هر دوره ۹۵ درصد روز باقی می‌ماند.

پس از اسلام، فاتحان عرب، دین مبین اسلام را همراه با زبان و گاه‌شماری عربی به کشورهایی که می‌گشودند، آوردند. بسیاری از کشورها هر سه را پذیرفتند، مانند سوریه، مصر و کشورهای شمال افریقا. ایران دین را همراه با تاریخ بر مبنای حرکت ماه پذیرفت؛ زیرا این تاریخ با دین همبستگی نزدیک داشت. زبان عربی را دانشمندان به عنوان زبان علمی رایج به کار بردند، اما تودهٔ ایرانی آن را نپذیرفت.

پایهٔ گاه‌شماری قمری، گردش ماه به دور زمین است که در حدود دوازده بار در سال انجام می‌شود. دوازده ماه قمری، یک سال قمری را تشکیل می‌دهد. هرماه قمری $^{d}29\ ^{h}12\ ^{m}44\ ^{s}2.88$ و هر سال قمری $^{d}354\ ^{h}8\ ^{m}48\ ^{s}34.67$ است. چون در ثبت رویدادها و روابط عادی بین مردم کسر روز را نمی‌توان رعایت کرد، ماه قمری ۲۹ روز تا ۳۰ روز محاسبه می‌شود.

اگر کبیسه‌های سال قمری طوری حساب شوند که هر دورهٔ ۳۰ سالهٔ آن ۱۰۶۳۱ روز داشته باشد، در هر ۳۰ سال ۰٫۰۱ روز؛ یعنی در هر سه هزار سال، یک روز اختلاف پیدا می‌شود که به اختلاف در گاه‌شماری مسیحی نزدیک است.

گاه‌شماری قمری بر دو نوع است: نجومی یا متوسط و حقیقی.

در گاه‌شماری نجومی یا متوسط، ماه‌ها یکی در میان ۳۰ روز و بقیه ۲۹ روزند. ماه‌های فرد؛ محرم و ربیع اول سی روزه و ماه‌های زوج؛ صفر، ربیع ثانی ۲۹ روزه هستند. در سال‌های کبیسه، ذیحجه ۳۰ روز دارد.

در گاه‌شماری قمری حقیقی روز اول هر ماه با دیدن ماه یا از روی محاسبه، ماه نو مشخص می‌شود. ماه‌ها به جای این که یکی در میان ۳۰ روزه یا ۲۹ روزه باشند، ممکن است گاهی چهار ماه پشت سرهم ۳۰ روزه (تام) یا ۲۹ روزه (ناقص) باشند.

این وضع، سبب می‌شود که در نقطه‌های گوناگون، در دیدن ماه اختلاف پیدا شود. به علاوه، چون قاعده‌های قطعی در کار نیست، در مورد گذشته و آینده نمی‌توان کاری کرد. بنابراین، در کارهای علمی و تاریخی از گاه‌شماری متوسط و در کارهای جاری از گاه‌شماری حقیقی استفاده می‌شود. در ایران، گاه‌شماری قمری حقیقی است.

پس از رحلت رسول اکرم (ص)، ناکافی بودن گاه‌شماری قمری برای کارهای مدنی معلوم شد و فکر استفاده از تقویم خورشیدی به وجود آمد. **متوکل** و **معتضد** خلیفه‌های عباسی، و **عزیز** خلیفهٔ فاطمی مصر، و بعضی از فرمانروایان ایرانی، مانند رکن‌الدوله دیلمی در پی تحقق بخشیدن به این فکر برآمدند. اما اشتباهی که در محاسبهٔ دقیق اول سال خورشیدی وجود داشت، مانع از تحقق این اصلاحات شد.

اصلاحی اساسی و قطعی در زمان **جلال‌الدین ملکشاه سلجوقی** و وزیر دانشمندش، **خواجه نظام‌الملک** صورت گرفت. آنان گروهی از ریاضی‌دانان از جمله **خیام**، **اسفزاری** و **خازنی** را مأمور اصلاح تقویم کردند.

تقویم جلالی از روز جمعه اول فروردین سال ۴۵۸ ایرانی، برابر با ۹ رمضان ۴۷۱ هـ. ق و ۱۵ مارس ۱۰۷۹ میلادی، شروع می‌شود. سال، مرکب از ۱۲ ماه ۳۰ روزه بود که در سال‌های کبیسه ۵ ماه سال، ۳۱ روزه محاسبه می‌شود. اما از آن جا که نگه‌داری حساب ۳۶۵¼ روز، موجب اختلاف با سال حقیقی می‌شد. کبیسهٔ سال چهارم متزلزل شد.

تا سال ۱۲۹۰ هجری خورشیدی، تاریخ ثبت وقایع در کشور همچنان قمری بود. در سال ۱۲۹۰ گاه‌شماری خورشیدی رسمی شد. سال با اعتدال بهاری آغاز می‌شد؛ دوازده ماه و یا به اصطلاح آن زمان دوازده برج داشت که نام‌های آن‌ها با نام‌های عربی دایرةالبروج، یکی بود:

حمل، ثور، جوزا، سرطان، اسد، سنبله، میزان، عقرب، قوس، جدی، دار، حوت.

در سال‌های کبیسه، برج جدی ۳۰ روز بود. در ۱۱ فروردین ۱۳۰۴، مجلس شورای ملی قانونی را تصویب کرد که به موجب آن گاه‌شماری کنونی ما مقرر شد: مبدأ هجرت پیامبر اسلام؛ سال خورشیدی با ۱۲ ماه، فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، (هریک ۳۱ روز)، مهر، آبان، آذر، دی، بهمن (هریک ۳۰ روز) و اسفند ۲۹ روز (در سال‌های کبیسه ۳۰ روز)؛ حساب کبیسه بر اساس کبیسهٔ جلالی یا خیامی.

زیرنویس :

1. apparent solar time
2. meridian
3. local noon
4. upper meridian
5. local midnight
6. lower meridian
7. meridian transit
8. apparant solar day
9. Coordinatecl universal time
10. Sidereal clock
11. tropical year

منابع :

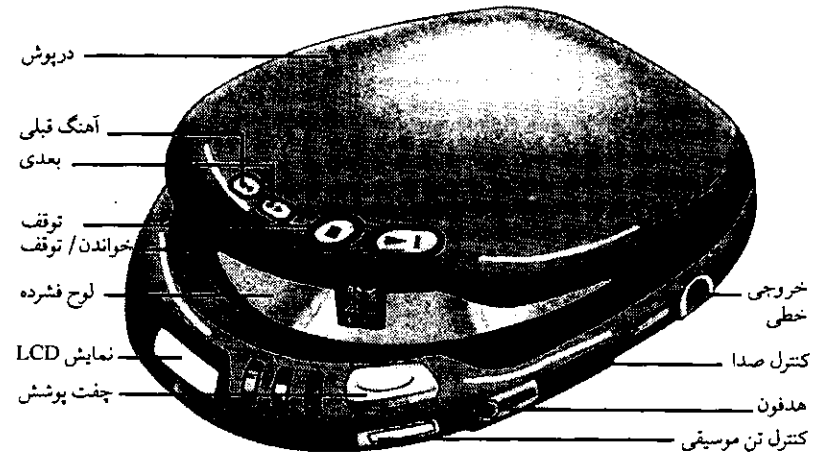
1. w. Kaufmann, R. Freedman, "universe", Fifth ed., W.H Freeman and company. 1999.

۲. احمد بیرشک. گاهنامهٔ تطبیقی سه هزارساله. بنیاد دانشنامهٔ بزرگی فارسی ۱۳۷۳.

۳. پرویز ورجاوند. کاوش رصدخانهٔ مراغه. انتشارات امیرکبیر، ۱۳۶۶.

دستگاه‌های پخش

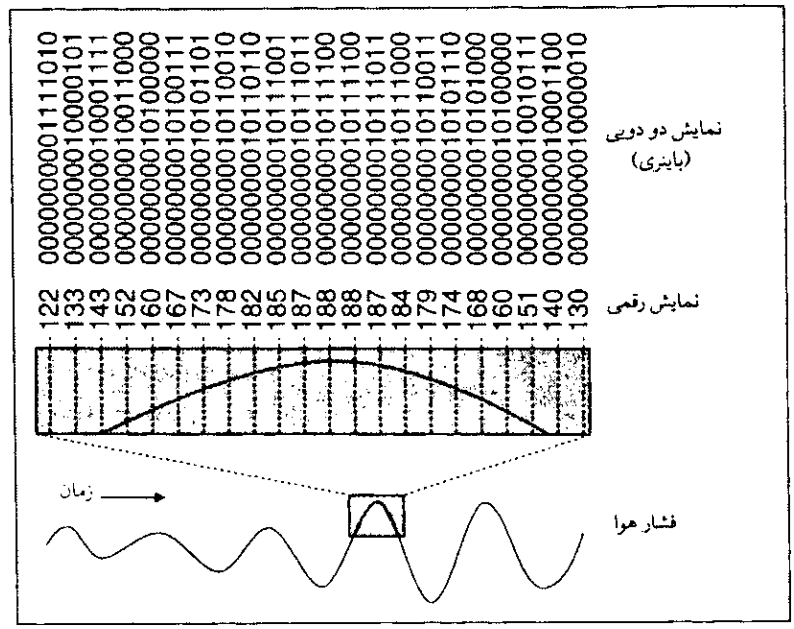
مترجم: مریم عباسیان



دستگاه‌های پخش لوح‌های فشرده ابزارهای بسیار دقیقی هستند. هنر فیزیک، علم کامپیوتر و مهندسی را چنان با هم ترکیب می‌کنند که در میان دیگر لوازم خانگی نادر است. وجود این دستگاه‌ها در اوایل دههٔ ۱۹۸۰ صنعت موسیقی را یکباره تحت تأثیر قرار داد و اثری مافوق تصور در کامپیوترها، صنعت نشر و چاپ و اطلاعات گذاشت. لوح‌های فشرده و صفحه‌های گرامافون، شکل نسبتاً مشابهی دارند، ولی این شباهت کاملاً سطحی است، اما شیوهٔ تولید صدا در دو مورد کاملاً متفاوت است، همان‌گونه که روش‌های خواندن اطلاعات تفاوت دارد.

پرسش‌های تفکربرانگیز: چرا لوح‌های فشرده رنگارنگ هستند؟ چرا لوح‌های فشرده مثل صفحه‌های گرامافون پشت و رو ندارند؟ چرا می‌توان نور درخشانی را از میان لوح فشرده دید؟ چرا در ضبط و پخش یک لوح فشرده از لیزر استفاده می‌شود؟ چه عواملی طول مدت ضبط روی یک لوح فشرده را محدود می‌کند؟ چرا یک لوح فشرده تا این حد عاری از نوفه است؟ چگونه دستگاه پخش لوح‌های فشرده اثرات انگشت، غبار و دیگر آلودگی‌های سطحی را در طول بازخوانی نادیده می‌گیرند؟

آزمایش‌هایی برای انجام: درحالی که یک لوح فشرده را از لبه‌ها با انگشتان گرفته‌اید به سطح بدون برچسب آن نگاه کنید. زیرا سطح شفاف پلاستیکی یک قشر مسطح فلزی وجود دارد که رنگین‌کمانی از رنگ‌ها را بازمی‌تاباند. عامل این رنگین شدن شیاری ظریف روی سطح فلز هستند. شیارهای مارپیچی را حول مرکز و لوح تشکیل می‌دهند و فاصله آنها هم به قدری کم است که با امواج نور بازتابیده از شیارهای مجاور مانند مورد فیلم حباب صابون (soapfilm) تداخل می‌کنند. اگرچه رنگ‌ها از هر دو طرف لوح قابل مشاهده هستند ولی لوح فقط یک لایهٔ فلزی دارد. برآمدگی‌های روی سطح بدون برچسب لایه فلزی مانند فرورفتگی‌هایی روی سطح برچسب‌دار عمل می‌کنند. لایهٔ فلزی آن‌چنان نازک است که اگر آن را در برابر نور شفاف بگیرید از میان آن می‌توانید نور را ملاحظه کنید. لایه فلزی سمت برچسب دارد، لوح قرار گرفته است، که تنها با یک لایهٔ لاک الکل و توسط برچسب پوشانده می‌شود. این لایهٔ فلزی به اندازهٔ کافی از سطح بدون برچسب خیلی پایین‌تر است. چرا جنبه‌ای که در طی بازخوانی بسیار مهم است آیا بازتاب ذرات غبار را از سطح بدون برچسب می‌توان دید؟ فلز براق چقدر پایین‌تر از سطح پلاستیکی قرار گرفته است؟



شکل ۱ـ صوت به صورت یک‌سری اعداد نمایش داده شده است. هر عدد مربوط به فشار هوا در لحظهٔ خاصی از زمان است.

ضبط رقمی

صدای یک لوح فشرده بهتر از یک صفحهٔ گرامافون است. چون لوح فشرده صوت را به صورت رقمی ـ یک سری اعداد ـ عرضه می کند. چون پخش لوح فشرده اعداد را حتی از روی سطوح کثیف و یا صدمه دیدهٔ دیسک نیز می تواند بخواند، صدای آن نسبتاً بدون خش است. در مقایسه با آن، یک صفحهٔ گرامافون صوت را به صورت آنالوگ از روی شیار باریکی که روی سطح صفحه است، عرضه می کند. هرگونه نقصی در این شیار تأثیر مستقیمی روی صدای بازسازی‌شده دارد.

در یک لوح فشرده، تراکم و انبساط هوا به صورت اعداد نمایش داده می شود (شکل ۱.) این اعداد اصولاً مقادیر فشار هوا هستند که در فرایند بارها ضبط گرفته شده‌اند و پخش لوح فشرده از آنها برای بازسازی صدای ضبط شده استفاده می شد. از آن‌جا که حتی یک صدای کوتاه‌مدت شامل هزاران عدد است، این نمایش رقمی اجازهٔ کنترل دقیق روی آن صدا را در هر زمان می‌دهد.

اندازه‌گیری فشار هوا ۴۴/۱۰۰ بار در هر ثانیه در دو کانال صوتی مجزا ـ برای ضبط به صورت استریو ـ انجام می پذیرد. این اندازه‌گیری‌ها بر روی لوح به صورت دو دویی، به صورت ۱۶ بیت برای هر اندازه‌گیری، ضبط می شوند. از آن‌جا که فشار هوا علاوه بر بالا رفتن، پایین نیز می‌آید. این بیت‌ها اعداد صحیح مثبت یا منفی از ۳۲/۷۶۷+ تا ۳۲/۷۶۸ـ را نمایش می‌دهند که به‌ترتیب بیانگر این مطلب هستند که فشار هوا چقدر بالاتر یا پایین‌تر از فشار میانگین است. اندازه‌گیری‌های فشار با دقت ۱۶ بیت برای بازسازی موسیقی با صدای بلند یا آرام، با کیفیت کاملاً خوب، مناسب به‌نظر می‌رسد.

اما به جای استفادهٔ مستقیم از فشار هوا به‌عنوان اعداد، میکروفون ابتدا آنها را به صورت جریان الکتریسیته برمی‌گرداند. وسیله‌ای که مبدّل قیاسی به‌رقمی نامیده می‌شود، سپس جریان میکروفون را ۴۴/۱۰۰ بار در ثانیه اندازه‌گیری می کند و یک‌سری اعداد به‌دست می‌آورد که روی لوح فشرده ضبط می‌شوند. در مورد صداهای استریو، جریان‌های دو میکروفون یا گروهی از میکروفون‌ها به‌اعداد برگردانده شده و به صورت همزمان ضبط می شوند.

در طول بازخوانی، پخش لوح فشرده می‌بایست این اعداد را به جریان‌های الکتریکی تبدیل کند تا تقویت‌کننده و بلندگوها بتوانند صدا را بازسازی کنند. برای ایجاد این بازسازی وسیله‌ای که مبدل رقمی به قیاسی نامیده می‌شود، ۴۴/۱۰۰ عدد در ثانیه را دریافت می‌کند و جریانی که متناسب با هر عدد است را تولید می‌کند. وقتی اعداد تغییر می‌کنند، جریان نیز متناسب با آن تغییر می‌کند. برای صدای استریو، یا دو مبدل رقمی به قیاسی مجزا وجود دارند یا سیستمی که یک مبدل را بین دو کانال صوتی مجزا تقسیم می‌کند.

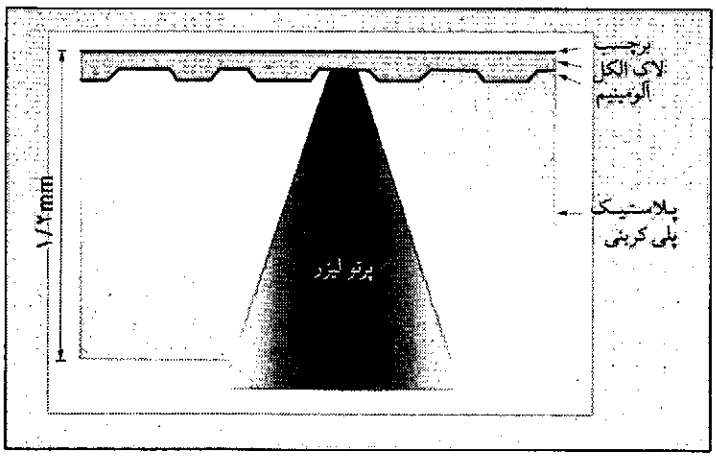
به‌طور کلی، استودیوی ضبط جریان الکتریکی میکروفون را به اعداد تبدیل می‌کند و این اعداد را پشت‌سرهم روی لوح فشرده ذخیره می‌کند. پخش لوح فشرده بعداً آن را می‌خواند و اطلاعات را به صورت نسخهٔ کاملاً مشابهی با جریان میکروفون تبدیل می‌کند. اما درحالی که ضبط به‌صورت رقمی کاملا دقیق است، اما پیچیدگی‌های خاص خود را نیز دارد.

اول، صافی‌های الکترونیکی بسیار پیچیده‌ای هم در مراحل ضبط و هم در مرحله بازخوانی آن مورد استفاده قرار می‌گیرند. این صافی‌های الکترونیکی مشکلاتی را که هنگام نمایش جریان الکتریکی که پیوسته تغییر می‌کند به صورت یک سری اعداد که مرتب قرار گرفته‌اند پیش می‌آید را از بین می‌برند. چنین مشکلاتی هم‌اثری (aliasing) نامیده می‌شوند و هنگامی پیش می‌آیند که صداهای با بسامدهای بالا وارد می‌شوند تا به‌صورت اعداد روی لوح ضبط شوند، اگرچه شما قادر به شنیدن این صداها نیستید، میکروفون به آن‌ها پاسخ می‌دهد و در مراحل رقمی شدن به‌اندازهٔ کافی دقیق اندازه‌گیری می‌شوند که قابل بازسازی مجدد باشند. درعوض، در مرحلهٔ بازخوانی به‌صورت خش‌های قابل شنیدن بازسازی می‌شوند. برای جلوگیری از این اثر، ضبط کننده‌ها و پخش کننده‌های لوح‌های فشرده به‌دقت بسامدهای غیرشنیداری بالای ۲۰KHZ را حذف می‌کنند.

دوم، ضبط به‌صورت رقمی از خطای کوانیتره کردن تأثیر می‌پذیرد. تجهیزات ضبط، هر مقدار از جریان را به یک عدد صحیح تبدیل می‌کنند و اعداد صحیح نمی‌توانند مقادیر متغیر هموار را آن‌گونه که جریان به‌طور صحیح می‌تواند نشان دهد، بیان کنند. جریان ۱۰۰۰۰/۴۹ واحد به عدد صحیح ۱۰۰۰۰ گرد می‌شود درحالی‌که جریان ۱۰۰۰۰/۵۱ به عدد صحیح ۱۰۰۰۱ گرد می‌شود. این گرد کردن‌ها به عدد بالاتر یا پایین‌تر، صدا را اندکی واپیچیده می‌کند. در پخش و بازخوانی لوح‌های فشرده، این واپیچیدگی را صافی‌های الکترونیکی کاهش می‌دهد.

سرانجام اندازه‌گیری‌های فشار هوا یا جریان به‌راحتی یکی پس از دیگری روی سطح لوح ذخیره نمی‌شوند. بلکه، این اعداد قبل از ذخیره شدن کاملاً بررسی و تحلیل می‌شوند. این تحلیل به پخش لوح فشرده اجازه می‌دهد حتی اگر در لوح به‌صورت کامل قابل خواندن نباشد اصوات را کاملاً بازسازی کند. همان‌گونه که تا چند لحظه‌ی دیگر خواهیم دید، مراحل خواندن لوح یک **شاهکار** فن‌آوری است که در معرض ناکامی‌هایی قرار دارد. برای اطمینان از این که می‌توان صدا را کامل و بدون وقفه بازسازی کرد، اعداد به‌صورت رمزی ذخیره می‌شوند. آنها در چندین نسخه ضبط می‌شوند تا اگر یک نسخه از اعداد ناخوانا بود، نسخه‌های خوانای دیگری از اطلاعات وجود داشته باشد تا عدد از بین‌رفته دقیقاً بازتولید شود. این تکرار اطلاعات، زمان بازخوانی اطلاعات روی لوح فشرده را کوتاه می‌کند اما برای اطمینان لازم است.

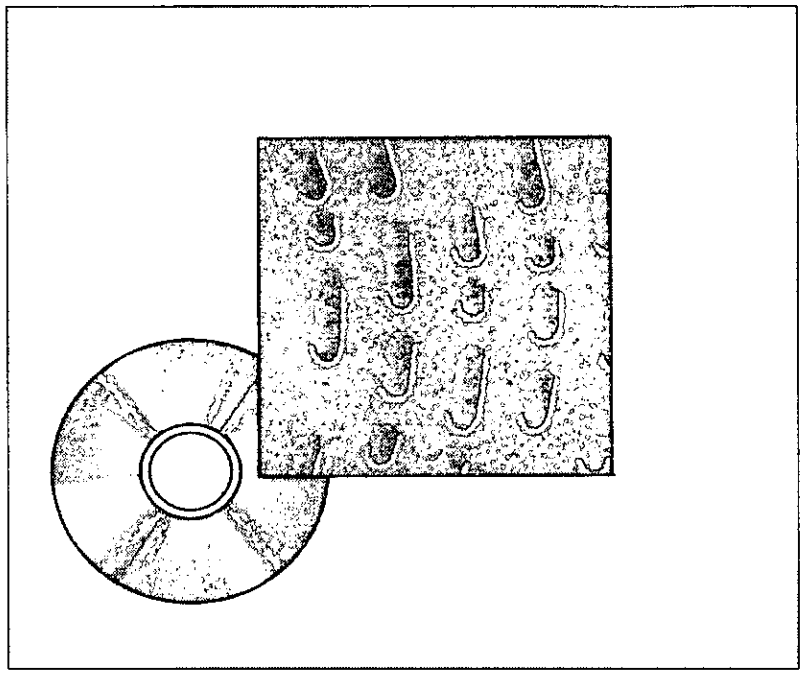
طرح رمزگذاری کامل، لوح فشرده را تقریباً مصون از همه چیز به‌جز مشکلاتی کاملاً جدی مربوط به بازخوانی می‌سازد. به‌طور کلی، شما می‌توانید نواری به پهنایی ۱۲mm از وسط تا لبهٔ لوح بپوشانید یا آن را به‌نحوی از بین ببرید، پخش لوح فشرده هنوز قادر به بازسازی صوت به صورت عالی خواهد بود.



شکل ۲ - یک لوح فشرده دارای چندین لایه در یک طرف است. برآمدگی‌های روی لایهٔ فلزی اطلاعات لازم جهت بازسازی موسیقی را ذخیره می‌کنند. این لایهٔ فلزی توسط لایهٔ لاک الکل و برچسب لوح محافظت می‌شود. این لایهٔ فلزی توسط نوری که از طرف بدون برچسب آن می‌رسد خوانده می‌شود.

ساختار یک لوح فشرده

یک لوح فشرده استاندارد به قطر ۱۲۰mm و ضخامت ۱/۲mm است. یک طرف لوح صاف و شفاف و طرف دیگر آن دارای لایه‌های متناوب است: یک قشر نازک فلزی، یک لایه لاک



شکل ۳ -یک لوح فشرده (شکل چپ) حاوی لایهٔ نازک آلومینیم است که بین دو لایه پلاستیک قرار دارد. لایهٔ آلومینیم نیز برآمدگی هایی دارد (شکل راست) که توسط باریکه لیزر موجود در پخش CD آشکارسازی می شوند

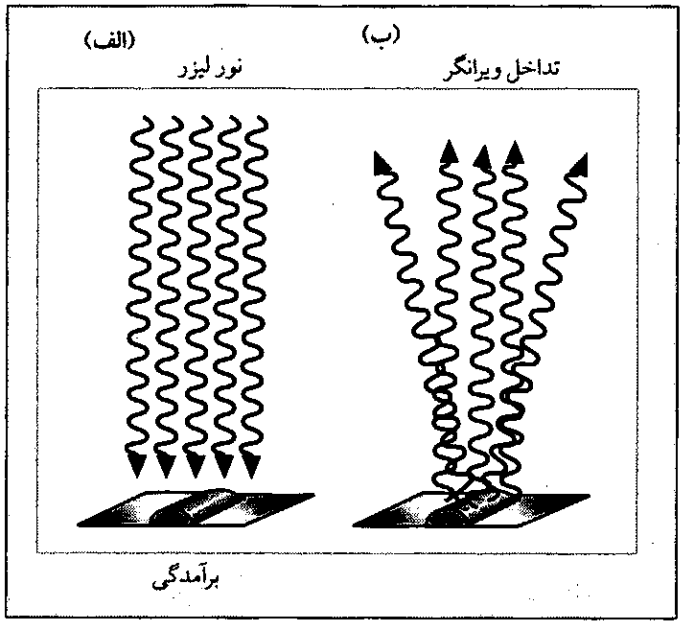
الکل محافظ و یک برچسب.

لایهٔ فلزی سطح ذخیره‌سازی اطلاعات است و از آلومینیم ساخته شده است. این لایه آن‌چنان نازک است که اندکی از نور را منتقل می‌کند. درحالی که الکترون های آلومینیوم در پاسخ به میدان الکتریکی ناشی از نور شتاب می گیرد و معمولاً نور به طور کامل بازمی تابانند اما در لایهٔ به ضخامت ۵۰nm تا ۱۰۰nm الکترون کافی برای انجام این کار موجود نیست و بخشی از نور از آن عبور می کند.

به‌علاوه، لایهٔ فلزی واقعاً مسطح نیست. هنگام مشاهده از میان سطح پلاستیکی صاف لوح دارای یک سری برآمدگی های ظریف روی سطح است که یک مارپیچ حول مرکز لوح را تشکیل می دهند (شکل ۳.) طول‌های هر برآمدگی ها و فرورفتگی های مسطح بین آنها بیانگر اعداد مربوطه هستند. پخش لوح فشرده این برآمدگی و فرورفتگی ها را هنگام چرخش لوح با اندازه گیری طول‌ها و تبدیل آنها به اعداد و اصوات، بررسی می کند.

اگرچه که هر برآمدگی فقط ۱۱۰nm و ارتفاع ۵۰۰nm عرض و ۳/۵۶۰nm تا ۸۳۳nm طول دارد. اما پخش لوح فشرده همچنان قادر به اندازه گیری ابعاد آنها خواهد بود این ابعاد دلخواه نیستند. آنها برای طول موج ۷۸۰nm باریکهٔ لیزری که لوح را می خواند تنظیم شده‌اند. پخش لوح فشرده این باریکه لیزر را به سطح پلاستیکی لوح می تاباند تا از روی لایهٔ فلزی داخلی باز تابیده شود. اما طول موج نور هنگام عبور از خلاء یا در هوا فقط ۷۸۰nm است. در داخل لوح، طول موج آن به ۵۰۳nm کاهش می یابد که به اندازهٔ کافی برای یافتن برآمدگی ها کوتاه است. این کاهش طول موج به این دلیل که ضریب شکست پلاستیک پلی کربنات ۱/۵۵ است، اتفاق می افتد. به‌این معنا که سرعت نور در پلاستیک از سرعت نور در خلاء با ضریب ۱/۵۵ کمتر است. طول موج آن نیز به همین نسبت از ۷۸۰nm در خلاء به ۵۰۳nm در پلاستیک کاهش می یابد.

پخش لوح فشرده یک برآمدگی را با برگشت نور از لوح و اینکه چقدر از نور باز می تابد (شکل۴) آشکار می سازد. هنگامی که باریکه کانونی شدهٔ لیزر از یک برآمدگی می گذرد؛ بازتابش ضعیف می شود. این تضعیف تا اندازه‌ای ناشی از آن است که برآمدگی منحنی شکل نور را در تمام جهت ها پراکنده می کند و بخشی دیگر به‌دلیل اثرات تداخلی است. نوری که از برآمدگی بازتابیده است مسافتی حدود ۲۲۰nm کمتر از نوری که از فرورفتگی اطراف آن برآمدگی بازتابیده طی می کند. از آن‌جا که طول موج نور لیزر در پلاستیک ۵۰۳nm است، دو موج بازتابیده به صورت کاملاً واضحی ناهمفازند. آنها تداخل ویرانگر می کنند و حسگرهای نوری پخش، نور نسبتاً کمتری را دریافت می کند.



نور با بسامد ۷۸۰nm را یک لیزر دیودی تولید می‌کند. این طول موج فروسرخ در سال ۱۹۸۰ به‌عنوان استاندارد تعیین شد، در آن زمان لیزرهای دیودی ارزان و مطمئن بودند. اما از آن هنگام تا به حال فناوری پیشرفت کرده است و استانداردهای جدیدی به‌وجود آمده‌اند که از لیزرهایی با طول موج کوتاه‌تر استفاده می‌کنند. لیزرهای نور آبی به‌طور کاملاً مشهودی موسیقی ذخیره شده روی لوح‌های فشرده را افزایش می‌دهند زیرا نور آبی می‌تواند جزئیات بیشتری از سطح فلز را تفکیک کند. به‌همین منظور، استانداردهای لوح‌های فشردهٔ چندلایه در حال گسترش هستند.

سیستم اپتیکی پخش یک لوح فشرده

جالب توجه است که پخش یک لوح فشرده چگونه می‌تواند برآمدگی‌های مناسب را در سطح لوح پیدا کند و به‌سرعت و بادقت قابل قبولی تنها با تاباندن نور به سطح آنها، اطلاعات را بخواند. درحقیقت برآمدگی‌ها، یک مارپیچ حول مرکز لوح فشرده ایجاد می‌کنند که کاملاً شبیه مارپیچ ایجادشده در صفحه‌های گرامافون است و قسمت پخش هنگام چرخش لوح این مارپیچ را دنبال می‌کند و به آرامی از قسمت وسط دیسک به سمت خارج و لبه‌های لوح در مدت طولانی و به‌طور مداوم حرکت می‌کند. لوح با سرعتی می‌چرخد که برآمدگی‌ها از قسمت بازخوانی با سرعت ثابت $1/2\,m/g$ یا $1/4\,m/g$ بگذرانند. برای به‌دست آوردن این سرعت ثابت، پخش لوح فشرده با دور شدن قسمت بازخوان از مرکز لوح سرعت زاویه‌ای را کاهش می‌دهد. به‌طور کلی سری برآمدگی‌ها می‌توانند به طول 5/378km باشند که ۷۴ دقیقه و ۳۳ ثانیه موسیقی می‌شود.

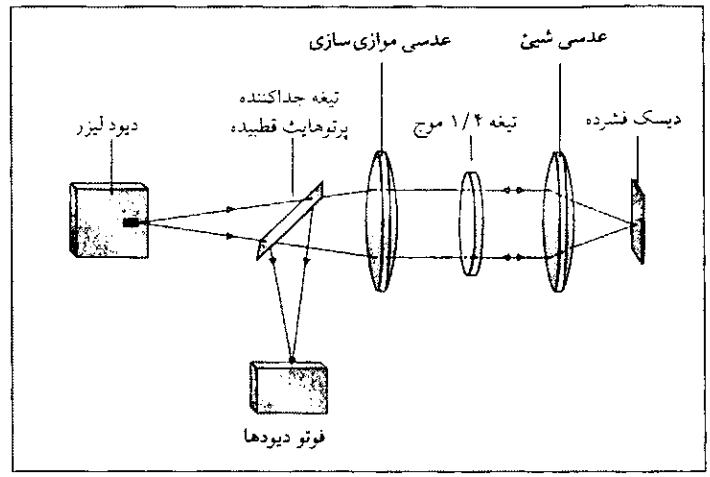
اما با دور شدن از مرکز لوح، برآمدگی‌های روی این مارپیچ به‌هم نزدیک‌تر می‌شوند. نولرهای مجاور یا مسیرهای مارپیچ در فاصله‌ای حدود ۱۶۰۰nm از یکدیگر قرار دارند. آنها چنان به‌هم نزدیک‌اند که حدود ۴۰ مسیر کنار هم در ضخامت این کاغذ جا می‌گیرند. پخش لوح فشرده می‌بایست هم‌زمان با چرخش لوح مسیر مورد نظر را دنبال کند و این کار را با متمرکز ساختن باریکهٔ لیزر روی سطح فلز انجام می‌دهد.

از آن‌جا که لوح فشرده نه کاملاً صاف است و نه کاملاً مدور، پخش لوح فشرده باید بخش مربوط به خواندن لوح را در مرحلهٔ بازخوانی به‌طور مداوم تنظیم کند. بخشی که اطلاعات را می‌خواند، باید باریکه لیزر را روی سطح فلز متمرکز کند (تمرکز-خودکار) و به‌علاوه باید برآمدگی‌ها را در هنگام عبور آنها دنبال کند (ردیابی- خودکار) این دو فرآیند خودکار مثال‌های زیبایی از موارد استفادهٔ فیزیک هستند.

رهیافت دو استانداردبرای دستیابی به تمرکز-خودکار و ردیابی-خودکار وجود دارند: رهیافت باریکه‌ای و رهیافت تک‌باریکه‌ای، ساختار اصلی پخش لوح فشرده سه‌باریکه‌ای در شکل ۵ نشان داده شده است. جدا از مسایل مربوط به تمرکز-خودکار و ردیابی- خودکار، پخش لوح‌فشرده با سیستم تک‌باریکه‌ای کاملاً یکسان است.

در سیستم سه باریکه‌ای، نور حاصل از لیزر دیودی در مسیرش تا لایهٔ فلزی و لوح فشرده از چندین جزء اپتیکی می‌گذرد. روی سطح فلز کاملاً متمرکز می‌شود به‌نحوی که فقط به یک مسیر

شکل ۴ ـ (الف) پخش لوح فشرده نور همدوس لیزر را به لایهٔ فلزی لوح فشرده هدایت می‌کند.
(ب) وقتی نور به یک برآمدگی برخورد کند، بخشی از آن در تمام جهت‌ها پراکنده می‌شود. اما نوری که مستقیماً از برآمدگی بازتابیده است با نوری که از فرورفتگی‌های اطراف می‌آید برهم‌کنش دارد.



شکل ۵ - در پخش لوح فشردهٔ سه‌باریکه‌ای نور لیزر دیودی قبل از تمرکز بر لایهٔ فلزی لوح فشرده از یک توری پراش، باریکه‌ـ شفاف پرتوهای قطبیده، عدسی موازی‌ساز، تیغهٔ $\frac{۱}{۴}$ موج و یک عدسی شیئی می‌گذرد. نور بازتابیده در باریکه‌ـ شفاف پرتوهای قطبیده ۹۰° می‌چرخد و سپس از عدسی‌های واگرا و استوانه‌ای می‌گذرد بعد روی آرایه‌ای از فوتودیودها متمرکز می‌شود.

می‌تابد. بخشی از نور از لایهٔ فلزی بازمی‌تابد و از میان عناصر اپتیکی بازمی‌گردد. سرانجام، نور بازتابیده در آینه ویژه‌ای که باریکه‌ـ شکاف قطبی نامیده می‌شود ۹۰° درجه می‌چرخد و روی آرایه‌ای از آشکارسازی‌های نوری متمرکز می‌شود. **پخش** لوح فشرده جریان‌های الکتریکی که از آشکارسازها می‌گذرند را اندازه‌گیری می‌کند و از این مقادیر برای بازسازی موسیقی و کنترل دستگاه‌های مربوط به تمرکز و ردیابی استفاده می‌کند.

نور لیزر کمی بعد از خروج از لیزر دیودی، از یک **توری پراش** می‌گذرد. این جزء را اپتیکی حاوی شبکه‌ای در سطح خود است که موج نور را به اجزای زیادی تقسیم می‌کند. چون نور همدوس است، درنتیجه این موج‌های مجزا با یکدیگر تداخل می‌کنند. در اکثر جهت‌ها این امواج به صورت ویرانگر با یکدیگر تداخل می‌کنند و درنتیجه نور بسیار کمی از آن جهت‌ها می‌گذرد. اما در بعضی جهت‌های خاص امواج تداخل سازنده خواهند داشت و نور بیشتری در آن جهت‌ها دیده می‌شود. یکی از این باریکه‌های درخشان درست در جهتی حرکت می‌کند که نور قبل از برخورد با توری پراش حرکت می‌کرد. این باریکهٔ اصلی با دو موج دیگر که زاویه‌های اندکی نسبت به آن دارند جمع می‌شود. این دو باریکهٔ اضافی برای ردیابی‌ـ خودکار استفاده می‌شوند که تا طرز کار آن را خواهیم دید. سپس، نور از یک **باریکه‌ـ شکاف قطبی** می‌گذرد. این ابزار قطبیدگی نور را تحلیل می‌کند. این تیغه به نور با یک نوع قطبیدگی اجازهٔ عبور مستقیم می‌دهد درحالی که نور با قطبیدگی دیگر را ۹۰° می‌چرخاند. لیزر دیودی مورد استفاده در پخش لوح فشرده، نوری قطبیده ایجاد می‌کند و قطبیدگی آن به نحوی است که مستقیماً از باریکه‌ـ شکاف عبور می‌کند. بعدها این تیغهٔ جداکننده را به‌دقت بررسی می‌کنیم.

نور لیزر پس از گذر از باریکه‌ـ شفاف به‌سرعت واگرا می‌شود. همان‌گونه که در بخش قبل تشریح کردیم، امواج نوری همواره پس از عبور از یک روزنه و به اطراف پراکنده می‌شوند، هرچه روزنه کوچک‌تر باشد، پراکندگی بیشتر می‌شود. چون سطح گسیلندهٔ لیزر دیودی به‌طور کلی مانند یک روزنهٔ کوچک است، باریکه لیزر هرچه از دیود دورتر شود گسترده‌تر می‌شود. پخش لوح فشرده با قرار دادن یک عدسی همگرا در مسیر نور آن را از پراکنده شدن بازمی‌دارد. از این عدسی برای **موازی‌سازی باریکهٔ** لیزر استفاده می‌شود، به‌این معنا که باریکه پس از گذر از داخل عدسی شعاع تقریباً ثابتی پیدا می‌کند.

سپس نور لیزر از یک **تیغهٔ ربع موج** می‌گذرد. این دستگاه جالب‌توجه نیمی از کار تبدیل پرتوهای با قطبش افقی را به پرتوهای با قطبش عمودی و برعکس را انجام می‌دهد. نوری که این تیغه را تولید می‌کند چیز جدیدی است. نورهای با قطبش عمودی و افقی را نور با **قطبش خطی** می‌نامند زیرا میدان‌های الکتریکی آنها در هنگام گذر در فضا در یک صفحه به جلو و عقب نوسان می‌کنند. اما نوری که تیغهٔ ربع موج را ترک می‌کند دارای قطبش خطی نیست. بلکه دارای **قطبش دایره‌ای** که میدان الکتریکی (و میدان مغناطیسی) آن طول جهتی که نور در فضا مسیرش را طی می‌کند و می‌چرخند.

اگر به نور با قطبش عمودی نگاه کنید که به سمت شما می‌آید. میدان الکتریکی در هر نقطه از فضاـ در صفحهٔ قائمـ به بالا و پایین می‌روند. اما اگر به نور با قطبش دایره‌ای نگاه کنید که مستقیماً به طرف شما می‌آید، میدان الکتریکی در هر نقطه از فضا حول یک دایره می‌چرخد. برای مثال، ممکن است جهت آن به سمت بالا، سپس چپ، سپس پایین، سپس راست باشد.

می‌تواند به صورت ساعتگرد یا پاد ساعتگرد بچرخد، بنابراین هر نوع قطبیدگی دایره‌ای **چپگرد** و **راستگرد** داریم. درحالی‌که تجسم نور با قطبش دایره‌ای بسیار مشکل است، ولی در علم اپتیک بسیار پر اهمیت است. نکته مهم در اینجا این است که این نور نه دایره‌ای قطبش عمودی است و نه افقی، بلکه چیزی بین هر دو اینها است.

حال نور از یک عدسی شیئی می‌گذرد که نور را روی لایهٔ فلزی لوح فشرده متمرکز می‌کند. درحقیقت این عدسی از چندین جزء اپتیکی که به‌دقت طراحی شده‌اند تشکیل شده است که نور را کاملاً کانونی می‌کند. این عدسی درست مانند عدسی شیئی یک میکروسکوپ خوب است که نور را با کوچکترین اندازه روی لایهٔ فلزی متمرکز می‌کند. به‌علاوه، این عدسی نوری که از آن لکه بازمی‌تابد را دریافت می‌کند.

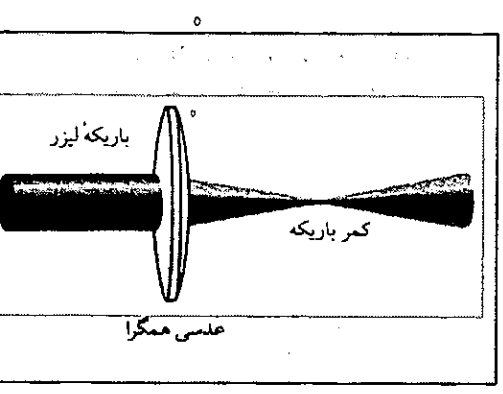
نور در مسیرش برای رسیدن به لایهٔ فلزی وارد سطح پلاستیکی لوح فشرده می‌شود. باریکه در نقطه ورودش هنوز قطری حدود ۰/۸mm دارد. این اندازهٔ بزرگ نشان می‌دهد که چرا غبار یا اثر انگشت روی سطح فلز مشکلات جدی به‌وجود نمی‌آورند. درحالی‌که ممکن است آلودگی‌ها بخشی از نور لیزر را جذب گستر، بخش زیادی از نور مسیرش را بدون مزاحمت به سمت لایهٔ فلزی پی می‌گیرد.

وقتی نور به لایهٔ فلزی می‌رسد به‌خوبی کانونی شده است. اگرچه ممکن است به نظر برسد که تمام نور می‌تواند در نقطه‌ای روی آن سطح همگرا شود، اما در واقع لکه‌ای به قطر حدود ۱۰۰۰nm را تشکیل خواهد داد. اندازه لکه را سرشت موجی نور محدود می‌سازد. هرقدر هم که تلاش کنید نور لیزر (یا هر چشمهٔ نور دیگری را) متمرکز کنید. به‌هرحال نخواهید توانست لکه‌ای کوچک‌تر از طول موج آن نور به‌دست آورید.

وقتی باریکه لیزر را به‌وسیلهٔ عدسی همگرا کانونی می‌کنید، نور ابتدا کانونی و سپس به اطراف پراکنده می‌شود (شکل ۶) در باریک‌ترین نقطه باریکه یک **کمر** را تشکیل می‌دهد. این کمر قطری در حدود یک طول موج نور مربوطه و طولی حدود دو چندین طول موج دارد که تابع f- فاصلهٔ کانونی تقسیم بر طول شکاف مربوطه- عدسی همگرا است. پخش لوح فشرده لایهٔ فلزی لوح را دقیقاً در ناحیهٔ کمر باریکه قرار می‌دهد. از آن‌جا که طول کمر باریکه مربوطه فقط حدود ۲۰۰nm است، سیستم مرکز- خودکار آن می‌باید عدسی شیئی را در فاصلهٔ دقیقی از لایهٔ فلزی ثابت نگه دارد.

وقتی باریکهٔ لیزر توسط عدسی همگرا تمرکز می‌شود، نور در نقطه خاصی متمرکز نمی‌شود در عوض، در کمر باریکی به قطر حدود طول موج نور متمرکز می‌شود. این محدودیت که می‌گوید چقدر باریکه نور می‌تواند متمرکز شود مثال دیگری از پراش است؛ عدسی متمرکزکننده به عنوان یک شکاف باریک برای امواج نوری عمل می‌کند. اما برای رسیدن به این تمرکز ایده‌آل نیازمند طراحی و تنظیم دقیق ابزارهای اپتیکی هستیم. درحالی که اکثر سیستم‌های اپتیکی دیگر از حدهای ایده‌آل خود بسیار دور هستند، سیستم اپتیکی پخش لوح فشرده، تا حدی که با توجه به تیرهای پراش می‌توان به آن رسید خوب عمل می‌کند. اپتیک آن اساساً دقیق و کامل است و گفته می‌شود «و فقط پراش آن را محدود می‌سازد.»

مقدار نوری که از لایه فلزی بازمی‌تابد به اینکه لکهٔ لیزر به یک برآمدگی برخورد کند بستگی دارد. نوری که بازمی‌تابد مسیری اپتیکی را درجهت معکوس طی می‌کند. نور توسط عدسی شیئی موازی می‌شود و به‌سوی تیغهٔ باریکه- شکاف قطبش بازمی‌گردد. هنگامی که این پرتو برای دومین‌بار از تیغهٔ ربع موج گذرد می‌کند، تیغه کاری را که قبلاً شروع کرده بود به پایان می‌رساند. نور دارای قطبش خطی می‌شود، اما به صورتی خلاف آنچه که بعد از ترک لیزر داشت. نور

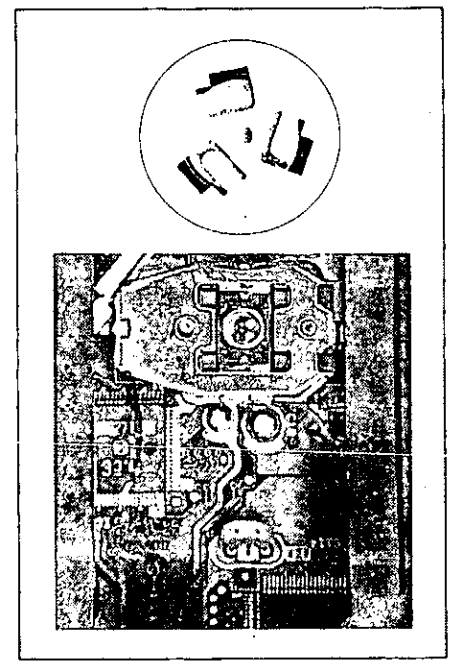


شکل ۶ - وقتی عدسی همگرا باریکهٔ لیزر را کانونی می‌کند، نور در نقطهٔ خاصی متمرکز نمی‌شود، بلکه کمر باریکی به قطر حدود طول موج نور خواهد داشت.

دارای قطبش افقی اکنون دارای قطبش عمودی خواهد بود و برعکس.

نور بازتابیده سپس از یک عدسی موازی‌ساز می‌گذرد که باعث می‌شود در یک نقطه همگرا شود و سپس وارد باریک- شکاف قطبشی می‌شود. چون قطبیدگی نور تغییر کرده است، تیغهٔ باریکه- شکاف قطبشی دیگر نمی‌گذارد باریکه مستقیماً از آن عبور کند. این باریکهٔ بازتابیده را ۹۰° می‌چرخاند و آن را به آرایهٔ آشکارساز هدایت می‌کند. این تغییر جهت هوشمندانه به دو دلیل اهمیت دارد. اول، با عبور بیشتر نور لیزر در مسیرش از لیزر دیودی به آشکارساز آن را حفظ می‌کند. دوم، مانع از بازگشت نور لیزر به دیودی می‌شود. در آن نور تقویت می‌شود و ممکن است باعث بروز مشکلاتی در لیزر دیودی می‌شود.

نور بازتابیده بعد از چرخش ۹۰°، تا رسیدن به آرایهٔ آشکارساز از یک عدسی واگرا و یک عدسی استوانه‌ای می‌گذرد. عدسی واگرا تمرکز نور بازتابیده را به تأخیر می‌اندازد درحالی که عدسی استوانه‌ای تمرکز آن در یک جهت را پرشتاب می‌سازد. یک عدسی **استوانه‌ای نور** را به یک جهت خاص خم می‌کند و جهت دیگر را بی‌تأثیر باقی می‌گذارد. یک لیوان پر از آب یک عدسی استوانه‌ای است که هنگام نگاه کردن به اشیا از داخل آن، نور را در جهت افقی و کانونی می‌کند ولی در جهت عمودی نمی‌کند. در پخش لوح فشرده عدسی استوانه‌ای شکل لکهٔ نور روی آرایهٔ آشکارساز را تحت تأثیر قرار می‌دهد و ممکن است آنها را بیضی شکل کند. پخش لوح فشرده از شکل این لکه‌ها برای کنترل سیستم تمرکز- خودکار کمک می‌گیرد. شکل هر لکه مستقیماً تحت تأثیر این مطلب که نور روی لایهٔ فلزی داخل لوح فشرده متمرکز می‌شود است. اگر تمرکز به خوبی انجام شود، لکه‌ها دایره‌ای است. اگر تمرکز ناقص باشد، لکه‌ها بیضی خواهند بود. سیستم پخش از چهار آشکارساز نوری مجزا برای تعیین شکل لکهٔ اصلی استفاده می‌کند. این آشکارسازها مثل برش‌های کیکی که به چهار قسمت تقسیم شده است قرار گرفته‌اند. وقتی لکه دایره‌ای است، هر آشکارسازی مقدار یکسانی از نور را دریافت می‌دارد و اما وقتی لکه بیضی است، شدت نور غیرمتعادل است.



شکل ۷ - سیستم اپتیکی لوح فشرده داخل یک مجموعهٔ فلزی کوچک (در مرکز) قرار گرفته است که در حین پخش به سمت پایین حرکت می‌کند. عدسی در مرکز مجموعه قرار گرفته است که توسط سیم‌پیچ‌های الکترومغناطیسی و فنرها در جای خود نگهداشته می‌شود

پخش لوح فشرده به دقت فاصلهٔ بین عدسی شیئی و لوح فشرده را تنظیم می‌کند تا لکهٔ نوری را دایره‌ای و با شدتی یکنواخت نگه دارد. اثر این فعالیت این است که باریکهٔ لیزر حتی اگر لوح مرتعش شود به‌دقت روی لایهٔ فلزی کانونی می‌شود.

از آن جا که سیستم مرکز- خودکار دستگاه پخش باید بتواند عدسی شیئی را به‌سرعت جابه‌جا کند، عدسی به سیم‌پیچی که در نزدیکی یک آهنربای دائمی معلق است چسبیده است. با تغییر جریان الکتریکی در سیم‌پیچ، سیستم پخش از نیروهای مغناطیسی برای جابه‌جایی سریع عدسی شیئی به جلو یا عقب استفاده می‌کنند.

اما این آشکارسازهای نوری مسئول خواندن موسیقی از لوح نیز هستند. وقتی لوح می‌چرخد، برآمدگی‌های روی سطح آن از ناحیهٔ کانونی شدن باریکه لیزر می‌گذرند و مقدار نور بازتابیده هر چهار آشکارساز را تحت تأثیر قرار می‌دهد. آشکارسازها این تغییرات کلی در بازتابش نور از برآمدگی‌های روی لوح را احساس می‌کنند و پخش لوح فشرده از آنها برای بازسازی موسیقی استفاده می‌کنند.

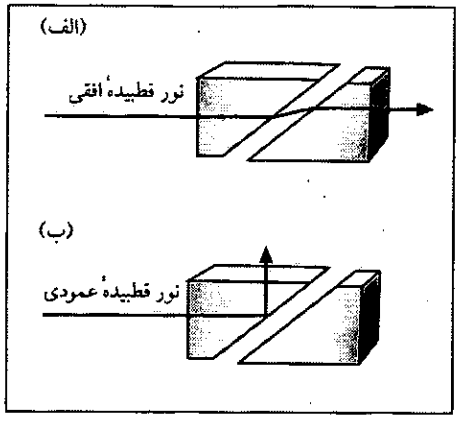
آشکارسازهای نوری، دیودی‌های نوری هستند، ابزارهای حساس به نور که شبیه سلول‌های فوتوالکتریک هستند. اما درحالی که سلول فوتوالکتریک از نور برای جدا کردن بارهای الکتریکی استفاده می‌کنند. یک دیود نوری از نور برای کنترل جریان الکتریکی بهره می‌گیرد. در تاریکی، یک دیود نوری مانند دیودهای دیگر، جریان را فقط در یک جهت عبور می‌دهد و مانع از عبور

بارها به عقب در ناحیهٔ تهی پیوندگاه P-n می‌شود. اما، وقتی دیود نوری در معرض نور قرار بگیرد حاصل جریانی به طرف عقب خواهد بود که با شدت متناسب است. فوتون‌ها انرژی لازم برای فرستادن بارها در جهت عکس از ناحیهٔ تهی را تأمین می‌کند.

دو باریکهٔ نوری اضافی در پخش لوح فشردهٔ سه باریکه‌ای از لایهٔ فلزی بازمی‌تابند و به طرف آشکارسازها می‌روند. اما این باریکه‌های بازتابیده روی دو دیود نوری دیگر فرود می‌آیند. هنگامی که باریکهٔ اصلی درست به برآمدگی برخورد کند، این باریکه‌های اضافی به طور متقارن در طرفین باریکهٔ اصلی قرار می‌گیرند و بازتاب‌های آنها شدت‌های مساوی خواهند داشت. اگر شدت بازتاب‌ها مساوی نباشند، باریکه‌ها درست سمتگیری نکرده‌اند و پخش باید باریکه‌ها را جابه‌جا کند تا برآمدگی را پیدا کند.

ساز و کاری که پخش لوح فشرده برای حرکت دادن باریکهٔ لیزر به اطراف از آن استفاده می‌کند از یک دستگاه پخش به دستگاه پخش دیگر متفاوت است، بعضی پخش‌ها برای حرکت دادن این مجموعهٔ اپتیکی از مرکز لوح به لبه‌های آن هنگام خواندن موسیقی از یک پیچ استفاده می‌کنند (شکل ۷). پخش‌های دیگر این مجموعهٔ اپتیکی را مانند پخش گرامافون روی بازوی محور، می‌لغزانند. چون باریکه لیزر باید سرعت مناسبی را برای دنبال کردن مسیر مواج یک لوح با کیفیت پایین داشته باشد. عموماً پخش‌ها، ساز و کاری را برای حرکت‌های کند در سراسر لوح و ساز کار دیگری را نیز برای تنظیم حرکت‌های سریع لازم دارند. اغلب از همان سیم‌پیچ و آهنربایی که عدسی شیئی را برای کنترل تمرکز پرتو بالا و پایین می‌برد یا برای جابه‌جایی افقی عدسی در سراسر لوح نیز استفاده می‌کنند، جهت جابه‌جا کردن عدسی بر صورت افقی برای کنترل tracking نیز مورد استفاده می‌باشد.

پخش دیسک فشردهٔ تک اشعه‌ای هیچ توری پراش یا عدسی استوانه‌ای ندارد و پرتوهای دیگری را برای استفاده در سیستم track- خودکار تولید می‌شوند. در عوض، از چهار فوتو دیود برای مطالعهٔ پرتو اصلی استفاده می‌گردد و قادر به کنترل تمرکز- خودکار و track- خودکار نیز می‌باشد. اگرچه سیستم تک اشعه‌ای کمتر از سیستم سه اشعه‌ای پیچیده به نظر می‌رسد، لیکن هر دو با کیفیت تقریباً یکسانی کار می‌کنند.

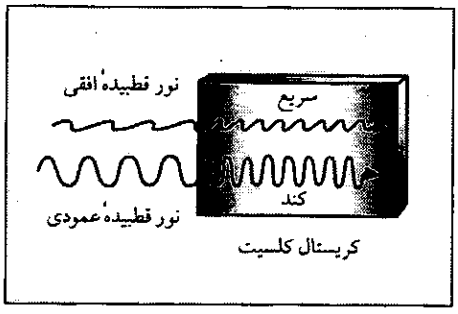


شکل ۸ - یک باریکه- شکاف قطبشی پرتوهای با قطبش افقی و عمودی را از یکدیگر جدا می‌کند. (الف) نوری که در جهت محور تند گلسیت قطبیده شده است یک منشور را ترک می‌کند و وارد دومی می‌شود. (ب) نوری که در جهت محور کند گلسیت قطبیده شده است در شکاف هوای بین دو منشور بازتاب کلی می‌یابد و ۹۰° می‌چرخد. جداکنندهٔ پرتوها نور قطبیده ۹۰° می‌چرخاند درحالی که نور با قطبش عمودی به‌راحتی از منشور می‌گذرد.

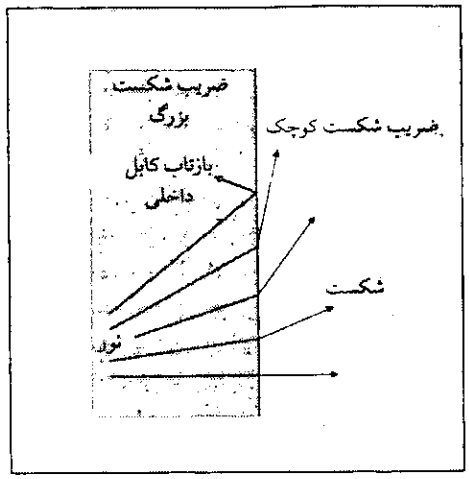
باریکه- شکاف قطبشی

باریکه- شکاف قطبشی از دو تکه سنگ معدنی بلور شفاف به نام کلسیت (کربنات کلسیم) تشکیل شده است (شکل ۸) این دو تکه را بادقت بریده و صیقل داده‌اند تا دو منشور را که، هریک باریکه- شکاف قطبشی با کیفیت خوب، به یکدیگر چسبیده‌اند تشکیل دهند. درحالی که نور از یک منشور به دیگری بدون مشکل می‌گذرد، نور با قطبیدگی دیگر از شکاف بین منشورها با چرخش ۹۰° باز می‌تابد.

دو پدیدهٔ فیزیکی که باعث می‌شوند این باریکه- شکاف قطبش کار کند، شکست دوگانه و بازتاب کلی است. شکست دوگانه وقتی رخ می‌دهد که جاده‌ای برای قطبیدگی‌های متفاوت نور ضریب شکست مختلف داشته باشد. در بلوری مثل کلسیت مولکول‌ها در جاهای ثابتی قرار گرفته‌اند مانند سیستم‌های داخل یک جعبه در مغازهٔ میوه‌فروشی. مولکول‌هایی که ترتیب مناسبی دارند، ممکن است به میدان‌های الکتریکی عمودی و افقی یکسان پاسخ ندهند. اگر یکی از این میدان‌ها قطبیدگی الکتریکی بیش‌تری نسبت به دیگری در بلور تولید کنند. بلور به نورهای قطبیدهٔ افقی و عمودی متفاوت پاسخ خواهد داد و ضریب‌های شکست متفاوتی خواهد داشت. نور قطبیدهٔ صفحه‌ای که بلور را شدیدتر تحت تأثیر قرار می‌دهد از نوری با قطبیدگی دیگر کندتر حرکت خواهد کرد.



شکل ۹ - دو پرتو با قطبیدگی‌های خطی متفاوت با سرعت‌های مختلفی از کلسیت می‌گذرند. بلوری که در بالا نشان داده شده است به‌نحوی برش داده شده و قرار گرفته است که نور با قطبش افقی سریع‌تر از نور با قطبش عمومی از آن گذر کند.



شکل ۱۰ - وقتی نور از سطحی بگذرد و وارد محیطی شود که ضریب شکست آن کمتر است به طرف آن سطح خم می‌شود. اگر زاویه‌ای که تحت آن به سطح نزدیک می‌شود بزرگ باشد، نور به قدری خم می‌شود که به آسانی سطح بازمی‌تابد.

کلسیت دارای خاصیت شکست دوگانه است. ضریب شکست نور با یک قطبش خطی ۱/۷۰ است. این نور با سرعت نسبتاً کمی از بلور می‌گذرد و می‌گویند در جهت محور کند آن قطبیده است (شکل ۹). ضریب شکست نور با قطبش خطی دیگر ۱/۵۲ است. این نور سریع‌تر حرکت می‌کند و گفته می‌شود در جهت محور تند آن قطبیده است. منشورهای کلسیتی در باریکه- شکاف‌های قطبشی به دقت برش داده شده‌اند تا نورهای دارای قطبش عمودی و افقی از آنها با سرعت‌های متفاوتی بگذرند.

نورهای با قطبیدگی‌های متفاوت هنگام ورود به شکاف هوای بین دو منشور به صورت متفاوت می‌شکنند. نور قطبیده در جهت محور تند کلسیت، هنگام ترک منشور اول به شدت می‌شکند اما پس از عبور از شکاف هوا می‌تواند وارد منشور دوم شود. اگرچه نور قطبیده در جهت محور کند کلسیت هنگام ترک منشور اول چنان به شدت می‌شکند که هرگز نمی‌تواند محیط اول را ترک کند. این نور در فرآیندی که به آن بازتاب کلی می‌گویند از سطح منشور بازتابیده می‌شود.

بازتاب کلی حالت حدی شکست است. هرگاه نور از مرز مشترک دو محیط بگذرد، شکست باعث خم شدن نور می‌شود (شکل ۱۰). اگر ضریب شکست محیطی که وارد آن می‌شود کوچک‌تر از محیطی باشد که آن را ترک می‌کند. نور از خط عمود بر فصل مشترک دو محیط دور می‌شود. مقدار انحراف به ضریب شکست‌های دو محیط و زاویه‌ای که نور به فصل مشترک می‌تابد، بستگی دارد. تا هنگامی که زاویهٔ تابش به اندازهٔ کافی کوچک باشد، نور قادر به ترک مرز مشترک خواهد بود. اما اگر بسیار بزرگ باشد نور اصلاً وارد محیط دوم نخواهد شد. بلکه از فصل مشترک بازمی‌تابد و در محیط اول باقی می‌ماند. درست مانند وقتی که از سطح یک آینهٔ کامل بازتابیده است. درحقیقت بازتاب کلی موثرتر از بازتاب نور از سطح یک آینهٔ فلزی واقعی است.

باریکه- شکاف قطبشی طوری طراحی شده است که یک نوع قطبش خطی نور قادر به عبور از شکاف هوای بین منشورهای کلسیتی باشد درحالی که قطبیدگی نوع دیگر نور بازتاب کلی پیدا می‌کند. نوری که در طول محور تند کلسیت قطبیده شده باشد مستقیماً از داخل باریکه- شکاف قطبشی با کم‌ترین آشفتگی خواهد گذشت. اما نوری که در راستای محور کند کلسیت قطبیده باشد ۹۰° می‌چرخد و منشور کلسیتی اول را از سطح دیگری ترک می‌کند. در پخش لوح فشرده نور لیزر دیودی مستقیماً به سطح لوح فشرده برخورد می‌کند درحالی که نور بازگشتی از لوح فشرده که قطبیدگی آن نیز چرخیده است به سمت دیودهای نوری می‌رود.

خلاصه:

طرز کار پخش لوح فشرده: پخش لوح فشرده از باریکهٔ لیزر برای خواندن برآمدگی‌ها روی لایهٔ نازک فلزی داخل لوح فشرده استفاده می‌کند. همزمان با چرخیدن لوح، برآمدگی‌ها از ناحیهٔ تمرکز باریکه لیزر می‌گذرند و میزان نور بازتابیده کم و زیاد می‌شود. سیستم پخش، نور بازتابیده را مشاهده می‌کند و از آن هم برای بازپردازش موسیقی و هم برای تنظیم دقیق سیستم اپتیکی آن کمک می‌گیرد. این سمت‌گیری‌های مکرر اجازه می‌دهد سیستم پخش مسیری مارپیچ از برآمدگی‌ها را هنگام چرخش لوح دنبال کند و باریکهٔ لیزر را درست روی لایهٔ فلزی متمرکز کند. اندازه لکه‌ای که روی لایه فلز تولید می‌شود را فقط پراشی ناشی از سرشت موجی نور محدود می‌کند.

پخش از مرکز لوح شروع کرده و کارش را همراه با گذشت زمان به طرف لبه‌های لوح پی می‌گیرد. سرعت زاویه‌ای لوح که کاهش می‌یابد تا برآمدگی‌ها از برابر سیستم اپتیکی با سرعت ثابت $1/2\,m/s$ یا $1/4\,m/s$ بگذرند. کل مسیر مارپیچی برآمدگی‌ها می‌تواند بیش از $5\,km$ باشد و اجرای آن بیش از ۷۴ دقیقه طول بکشد. رمزگذاری دقیق اطلاعات رقمی روی لوح باعث می‌شود که بازخوانی تقریباً عاری از اشکالاتی باشد که در مرحلهٔ خواندن پیش می‌آید و اطلاعات رقمی برای بازسازی صدایی بسیار کامل و بدون خش مورد استفاده قرار می‌گیرند. چون لکهٔ لیزر هنگام ورود به لوح نسبتاً بزرگ است، غبار و اثر انگشت روی بازخوانی تأثیری نخواهد گذاشت.

مرجع:
How Things Work, Bloom Field, 2000

زیرنویس:
1. analog -to- digital converter.
2. Digital -to- analog converter
3. aliasing
4. quantization error
5. auto - focusing
6. auto - tracking
7. diffraction grating
8. collinator
9. quarter wave plate
10. Plane polarized
11. circularly polarized
12. left - handed
13. right - handed
14. waist
15. Cylindrical lens
16. photodiodes

خواص میدان مغناطیسی

و بررسی شرایط مفروض یک تست کنکور

سینا شکری

در متون ریاضی، همواره بر این موضوع تأکید می‌شود که در هر نظریه‌ای وجود تناقض بین اجزا و احکام آن نظریه باعث سست شدن اساس منطق و غیرقابل قبول بودن آن می‌شود. که البته، این مطلب برای هر نظریهٔ منطقی در هر شاخهٔ دیگر از علم نیز اعتبار دارد.

در مرحلهٔ دوم آزمون سراسری دانشگاه‌ها، در رشتهٔ تجربی سال ۱۳۶۹، تستی به شرح زیر مطرح شد:

مطابق شکل، الکترون در یک مدار دایره‌ای شکل به دور هسته می‌گردد. مدار گردش الکترون میان دو قطب یک آهنربای الکتریکی قرار دارد. کدام گزینه دربارهٔ سرعت حرکت الکترون پس از برقراری جریان در سیم‌پیچ‌های آهنربا درست است؟ (شعاع حرکت الکترون مقدار ثابتی فرض می‌شود).

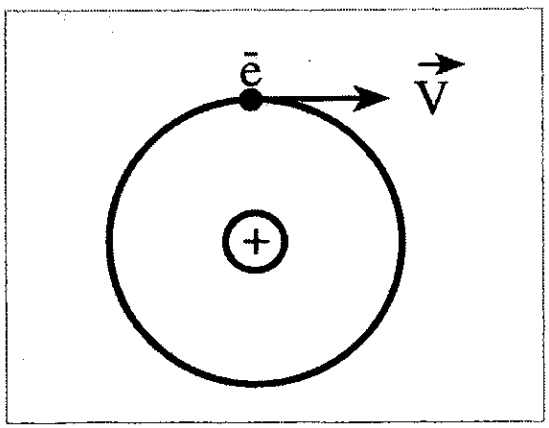
۱) تندتر ۲) کندتر

۳) بدون تغییر ۴) بسته به شرایط، هر کدام از حالت‌ها ممکن است رخ دهد.

که البته طراحان این تست، گزینهٔ ۱ را به عنوان پاسخ درست معرفی کرده‌اند. اگرچه اثرات آزمایش مشروح تست مذکور، اساساً براساس نظریهٔ کوانتومی قابل توضیح و درک است، اما به طور کلی باید توجه داشت که در سادهٔ‌سازی‌های صورت گرفته براساس الگوهای فیزیک کلاسیک، باید این موضوع درنظر گرفته شود که، در نظریهٔ الکترومغناطیس کلاسیک، نیروی مغناطیسی همواره بر بردار سرعت عمود است و لذا هیچ‌گاه نمی‌تواند روی آن کار انجام دهد و باعث افزایش انرژی جنبشی و درنتیجه افزایش سرعت جسم شود.

بنابراین قبول فرض‌های ثابت ماندن شعاع اتم و وجود نیروی مغناطیسی در راستای شعاع و افزایش سرعت جسم به طور همزمان میسر نیست.

پدیدهٔ یاد شده اساساً پدیده‌ای کوانتومی است.



دبیرستان حضرت معصومه دوره‌ی
بنت الهدی قاسمی - ساره کمالی
دبیر راهنما: صمد غلامی

بررسی مکان، زمان و سرعت در قوانین اسنل ـ دکارت

چکیده

در این مقاله سعی شده است تا با بررسی یک پرتو مایل که به فصل مشترک دو محیط غیر همجنس برخورد می‌کند و با بهره‌گیری از ریاضیات سادهٔ پیش‌دانشگاهی، یک روش کلی برای محاسبهٔ عمق ظاهری به دست آوریم. در این بررسی، ابتدا مکان ظاهری جسم تعیین شده است و سپس زمان و سرعت حرکت این پرتو به دست آمده است. رابطهٔ به دست آمده کلی است و می‌توان آن را به همهٔ پرتوهای عمودی و مایل تعمیم داد.

۱. مقدمه

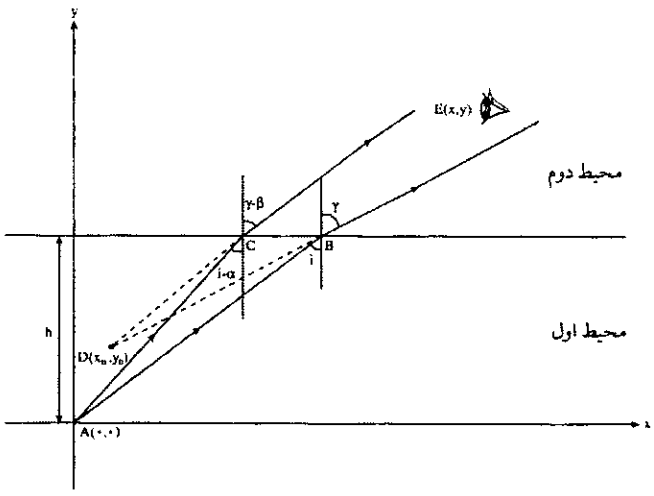
مطابق شکل ۱، دو پرتو باز تابیده از جسمی را که در عمق h در محیط اول قرار دارند، درنظر می‌گیریم. این دو پرتو بسیار به یکدیگر نزدیک‌اند و با زاویه‌های i و $(i-\alpha)$ به فصل مشترک دو محیط برخورد می‌کنند و تحت زاویه‌های r و $(r-\beta)$ شکست پیدا می‌کنند.

در مرحلهٔ نخست، هدف یافتن عمق ظاهری، یعنی همان مکان نقطهٔ برخورد بین امتداد پرتوهای شکست است. برای این کار مبدأ دستگاه مختصات قائم را در محلی که جسم قرار دارد، درنظر می‌گیریم و ارتفاع محیط اول را نیز h فرض می‌کنیم. سپس می‌کوشیم، مختصات نقطهٔ D، یعنی مکان ظاهری جسم را پیدا کنیم.

در مرحلهٔ دوم، سرعت رسیدن پرتو گسیل شده از سوی جسم به سمت چشم ناظر را بررسی می‌کنیم و در مرحلهٔ سوم نیز، زمان ارسال این پرتو به وسیلهٔ یک رابطه مشخص می‌شود. در مرحلهٔ بعد، به کمک رابطهٔ زمان، صحت قانون «اسنل ـ دکارت» به اثبات می‌رسد. در انتهای کار نیز، کاربرد رابطه‌های فوق شرح داده می‌شود.

۲. تشریح وضعیت کلی

مطابق شکل ۱، جسم در عمق h در محیط اول واقع شده است. مبدأ مختصات دستگاه دکارتی را در محل جسم فرض می‌کنیم. دو پرتو خروجی که بسیار به یکدیگر نزدیک هستند، از این جسم گسیل می‌شوند و تحت زاویه‌های i و $(i-\alpha)$ نسبت به خط عمود، به فصل مشترک برخورد می‌کنند و با زاویه‌های r و $(r-\beta)$ شکست پیدا می‌کنند و سرانجام در نقطهٔ E به چشم ناظر می‌رسند. بدین ترتیب، مکان جسم با نقطهٔ



شکل ۱. مکان قرار گرفتن چشم، جسم و عمق ظاهری، به همراه محل برخورد پرتوهای ارسالی به فصل مشترک در محیط.

$A(0,0)$ ، مکان چشم با نقطهٔ $E(x,y)$ ، و محل برخورد پرتوها با فصل مشترک به وسیلهٔ نقاط $B(x_B,h)$ و $C(x_C,h)$ نمایش داده می‌شوند. هدف یافتن مکان ظاهری جسم، یعنی مختصات نقطهٔ $D(x_D,y_D)$ است.

۳. محل قرار گرفتن چشم نسبت به دستگاه مختصات

مطابق شکل ۲، می‌توان محل قرار گرفتن چشم را نسبت به دستگاه مختصات و به کمک زاویهٔ تابش و شکست تعیین کرد.

$$x = x_1 + x_2 \rightarrow x = h\tan i + y\tan r \qquad (1)$$

رابطهٔ (۱) را برحسب زاویهٔ شکست و به کمک «قانون اسنل» بازنویسی می‌کنیم:

$$n\sin i = \sin r \qquad (2)$$

$$(1) \Rightarrow x = \frac{h\sin i}{\cos i} + y\tan r \Rightarrow x = \frac{h\sin r}{n\sqrt{1-\sin^2 i}} + y\tan r \Rightarrow$$

$$x = \frac{h\sin r}{\sqrt{n^2 - \sin^2 r}} + y\tan r \qquad (3)$$

با داشتن مختصات چشم، زاویهٔ شکست از این رابطه به دست می‌آید.

۴. معادلات خطوط تابش و شکست

با مراجعه به شکل ۱، معادلهٔ دو خط مربوط به پرتوهای تابش و همچنین معادلهٔ دو خط مربوط به پرتو بازتابش را با داشتن مختصات دو نقطه از هر کدام و با کمک گرفتن از تعریف شیب خط، به شرح زیر می‌نویسیم:

$$d_{DB}: M_1 = \frac{y_D - y_B}{x_D - x_B} \Rightarrow M_1 = \frac{y_D - h}{x_D - x_B} \qquad (4)$$

$$\Rightarrow \tan r = \frac{x_D - x_B}{y_D - h}$$

$$d_{DC}: M_2 = \frac{y_D - y_C}{x_D - x_C} \Rightarrow M_2 = \frac{y_D - h}{x_D - x_C} \qquad (5)$$

$$\Rightarrow \tan(r-\beta) = \frac{x_D - x_C}{y_D - h}$$

$$d_{AB}: M_3 = \frac{y_A - y_B}{x_A - x_B} \Rightarrow M_3 = \frac{h}{x_B} \Rightarrow \tan i = \frac{x_B}{h} \qquad (6)$$

$$d_{AC}: M_4 = \frac{y_A - y_C}{x_A - x_C} \Rightarrow M_4 = \frac{h}{x_C} \Rightarrow \tan(i-\alpha) = \frac{x_C}{h} \qquad (7)$$

سپس معادلات (۴) و (۵) را طرفین وسطین می‌کنیم:

$$y_D - h = M_1(x_D - x_B) \qquad (8)$$

$$y_D - h = M_2(x_D - x_C) \qquad (9)$$

طرف‌های دوم دو رابطهٔ بالا را با هم مساوی قرار داده و سپس ساده می‌کنیم:

$$M_1(x_D - x_B) = M_2(x_D - x_C) \qquad (10)$$

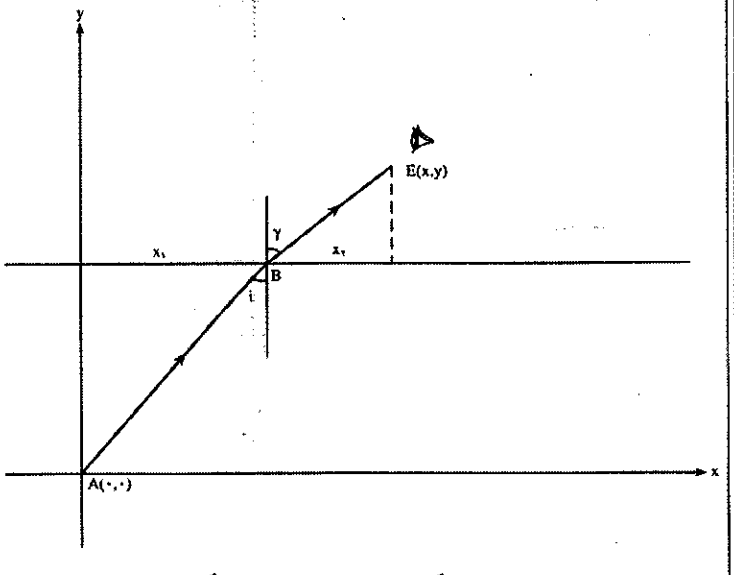
$$\Rightarrow x_D = \frac{M_1 x_B - M_2 x_C}{M_1 - M_2}$$

با بهره‌گیری از رابطه‌های (۶) و (۷) می‌توانیم رابطهٔ (۱۰) را به صورت زیر خلاصه کنیم:

$$x_D = h\left(\frac{\frac{M_1}{M_3} - \frac{M_2}{M_4}}{M_1 - M_2}\right) \qquad (11)$$

و به همین صورت و به کمک رابطه‌های (۸) و (۹) مقدار y_D نیز به دست می‌آید:

$$y_D = h\left(\frac{\frac{M_1 M_2}{M_3} - \frac{M_1 M_2}{M_4}}{M_1 - M_2} + 1\right) \qquad (12)$$



شکل ۲. محل قرار گرفتن چشم نسبت به دستگاه مختصات

۵ . رابطه بین شیب خطوط

برای ساده‌تر کردن عبارت‌های مربوط به محاسبهٔ x_D و y_D می‌توان از رابطه‌های میان شیب خطوط و همچنین رابطهٔ بین مقادیر α و β استفاده کرد. از رابطه‌های ۴ تا ۷ چنین به دست می‌آید:

$$M_4 = \frac{1}{\tan(i-\alpha)} \Rightarrow M_4 = \frac{M_3+\alpha}{1-\alpha M_3} \qquad (13)$$

$$M_3 = \frac{1}{\tan i}$$

$$M_2 = \frac{1}{\tan(r-\beta)}$$

$$\Rightarrow M_2 = \frac{M_1+\beta}{1-\beta M_1} \qquad (14)$$

$$M_1 = \frac{1}{\tan r}$$

از قانون اسنل نیز می‌توان رابطهٔ بین ضرایب خطوط M_1 و M_3 را به دست آورد.

$$n\sin i = \sin r \Rightarrow n^2\left(\frac{\tan^2 i}{1+\tan^2 i}\right) = \frac{\tan^2 r}{1+\tan^2 r} \qquad (15)$$

$$\Rightarrow M_3^2 + 1 = n^2\left(M_1^2+1\right)$$

برای نشان دادن وابستگی بین مقادیر α و β خواهیم داشت:

$$\sin\alpha \simeq \tg\alpha \simeq \alpha \quad , \quad \cos\alpha \simeq 1 \qquad (16)$$

$$\sin\beta \simeq \tg\beta \simeq \beta \quad , \quad \cos\beta \simeq 1$$

$$n\sin(i-\alpha) = n\sin(r-\beta) \Rightarrow \frac{\alpha}{\beta} \simeq \frac{\cos i}{n\cos i} \qquad (17)$$

با بهره‌گیری از رابطه‌های (۱۳) الی (۱۷) و به کار بردن آن‌ها در روابط (۱۱) و (۱۲) مکان ظاهری قرار گرفتن جسم به دست می‌آید.

$$x_D = h\left(n^2-1\right)\tan^3 i$$

$$y_D = -\frac{h}{n}\left(\frac{1-n^2\sin^2 i}{\cos^2 i}\right)^{\frac{3}{2}} \qquad (18)$$

حال برای یافتن مکان ظاهری جسم، ابتدا به کمک رابطهٔ ۳ و با داشتن مکان قرار گرفتن چشم، می‌توان زاویهٔ r را مشخص کرد. و سپس به کمک رابطهٔ ۲، یعنی قانون اسنل زاویهٔ i را تعیین کرد و در انتها، با استفاده از رابطهٔ (۱۸) مکان ظاهری جسم معین می‌شود.

۶ . محاسبهٔ سرعت پرتو در نگاه مایل

سرعت نور در خلأ بیش‌ترین اندازه و برابر $C = 3\times10^8 \frac{m}{s}$ است و در محیط‌های شفاف دیگر کم‌تر است. اندازه‌گیری نشان می‌دهد که رابطهٔ ضریب شکست مطلق و نسبی هر محیط به صورت زیر است:

$$n_1 = \frac{C}{V_1} \quad \Rightarrow \frac{n_2}{n_1} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = n \qquad (19)$$

$$n_2 = \frac{C}{V_2}$$

این رابطه هم در پرتوهایی که به صورت مایل به فصل مشترک برخورد می‌کنند و هم در حالت برخورد عمودی قابل استفاده است.

۷ . محاسبهٔ زمان رسیدن پرتو گسیلی به چشم

در این قسمت قصد داریم، زمان رسیدن پرتو ارسالی از جسم به سوی چشم را معین کنیم. با مراجعه به شکل شمارهٔ ۲ داریم:

$$t_1 = \frac{AB}{V_1} \Rightarrow t_1 = \frac{n_1 AB}{C} = \frac{n_1}{C}\left(x_1^2+h^2\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (20)$$

$$t_2 = \frac{BE}{V_2} \Rightarrow t_2 = \frac{n_2 BE}{C} = \frac{n_2}{C}\left[(x-x_1)^2+(y-h)^2\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (21)$$

از طرف دیگر، با توجه به شکل، رابطه‌های ریاضی زیر را خواهیم داشت:

$$\sin i = \frac{x_1}{AB} = \frac{x_1}{\left(x_1^2+h^2\right)^{\frac{1}{2}}} \qquad (22)$$

$$\sin r = \frac{x-x_1}{BE} = \frac{x-x_1}{\left[(x-x_1)^2+(y-h)^2\right]^{\frac{1}{2}}} \qquad (23)$$

با جایگذاری رابطه‌های (۲۲) و (۲۳) در رابطه‌های (۲۰) و (۲۱) به دست می‌آوریم:

$$t_1 = \frac{n_1}{C}\,\frac{x_1}{\sin i} \qquad (24)$$

$$t_2 = \frac{n_2}{C}\,\frac{x-x_1}{\sin r} \qquad (25)$$

$$t = t_1 + t_2 \Rightarrow t = \frac{n_1}{C}\,\frac{x_1}{\sin i} + \frac{n_2}{C}\,\frac{x-x_1}{\sin r} \qquad (26)$$

با بهره گیری از دو رابطهٔ زیر، یعنی «قانون اسنل» و همچنین رابطه‌ای که در مرحلهٔ چهارم به دست آوردیم، می‌توانیم رابطهٔ (۲۶) را به شکل دیگری بازنویسی کنیم:

$$n_1 \operatorname{Sin} i = n_2 \operatorname{Sin} r \qquad (۲۷)$$

$$M_2 = \frac{h}{x_1} \Rightarrow x_1 = h \tan r \Rightarrow x_1 = \frac{h \operatorname{Sin} r}{\operatorname{Cos} r} \qquad (۲۸)$$

$$(۲۸) \Rightarrow t = \frac{n_1}{C} \frac{h \operatorname{Sin} r}{\operatorname{Sin} i \operatorname{Cos} r} + \frac{n_2}{C} \frac{n \operatorname{Cos} r - h \operatorname{Sin} r}{\operatorname{Sin} r \operatorname{Cos} r}$$

$$\Rightarrow t = \frac{n_1^2}{C} \frac{h \operatorname{Sin} r}{n_2 \operatorname{Sin} r \operatorname{Cos} r} + \frac{n_2}{C} \frac{x \operatorname{Cos} r - h \operatorname{Sin} r}{\operatorname{Sin} r \operatorname{Cos} r}$$

$$\Rightarrow t = \frac{h}{Cx \operatorname{Cos} r}\left[\frac{n_1^2}{n} + n_2\left(\frac{x}{h}\operatorname{Cotg} r - 1\right)\right] \qquad (۲۹)$$

با داشتن مختصات چشم ناظر می‌توانیم، زاویه شکست را به کمک رابطهٔ (۳) محاسبه کنیم و سپس، با بهره گیری از رابطهٔ (۲۹) زمان رسید پرتوگسیل شده از جسم را حساب کنیم.

۸. تحقیق قانون اسنل ـ دکارت به کمک رابطهٔ زمان:

در این مرحله به کمک رابطه‌های (۲۰) و (۲۱) قصد داریم، رابطهٔ «اسنل ـ دکارت» را به دست آوریم:

$$t = \frac{n_1}{C}\left(x_1^2 + h^2\right)^{\frac{1}{2}} + \frac{n_2}{C}\left[(x - x_1)^2 + (y - h)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

طبق «اصل فرما»، زمان طی این مسافت کم‌ترین زمان ممکن است. بنابراین نقطهٔ B، یا فاصلهٔ x_2 باید چنان باشد که زمان t کم‌ترین باشد. وقتی یک تابع نسبت به یک متغیر کم‌ترین است که مشتق تابع نسبت به این متغیر، صفر باشد. بنابراین داریم: $t' = 0$

$$t' = 0 \Rightarrow \frac{2n_1 x_1}{2C\left(x_1^2 + h^2\right)^{\frac{1}{2}}} - \frac{2n_2(x - x_1)}{2C\left[(x - x_1^2) + (y - h)^2\right]^{\frac{1}{2}}} = 0 \Rightarrow$$

$$\frac{n_1 x_1}{C\left(x_1^2 + h^2\right)^{\frac{1}{2}}} = \frac{n_2(x - x_1)}{C\left[(x - x_1)^2 + (y - h)^2\right]^{\frac{1}{2}}} \qquad (۳۰)$$

و با بهره گیری از رابطه‌های (۲۲) و (۲۳) می‌توان رابطهٔ اخیر را به شکل زیر بازنویسی کرد:

$$n_1 \operatorname{Sin} i = n_2 \operatorname{Sin} r$$

که این رابطه همان قانون «اسنل ـ دکارت» است.

۹. بحث

الف) در محاسبهٔ عمق ظاهری، اگر دید عمودی باشد، رابطهٔ (۱۸) به صورت زیر درمی‌آید:

$$x_D = 0 \quad , \quad y_D = \frac{h}{n}$$

ب) در استفاده از رابطهٔ (۱۸) برای محاسبهٔ عمق ظاهری، باید زاویهٔ تابش حتماً از زاویه حد کوچک‌تر باشد.

ج) اگر چشم ناظر روی یک خط افقی موازی با فصل مشترک از جسم دور شود، مکان ظاهری جسم روی یک مسیر منحنی حرکت می‌کند و به فصل مشترک نزدیک می‌شود.

د) اگر چشم ناظر روی یک خط عمودی به فصل مشترک نزدیک شود، مکان ظاهری جسم نیز روی یک مسیر منحنی حرکت می‌کند و به فصل مشترک نزدیک می‌شود.

نتیجه گیری

همان‌طور که مشاهده شد، به کمک رابطهٔ (۱۸) و با داشتن عمق حقیقی و ضریب شکست نسبی دو محیط و همچنین، بهره‌گیری از قانون اسنل می‌توان عمق ظاهری اجسام را در نگاه مایل مشخص کرد. رابطهٔ به دست آمده کلی است و برای حالت عمودی به همان شکل ساده و کاملاً آشنای $h' = \frac{h}{n}$ تبدیل می‌شود. در ضمن معلوم شد که در پرتوهای مایل، رابطهٔ $\frac{\operatorname{Sin} i}{\operatorname{Sin} r} = \frac{V_1}{V_2}$ درست و صحیح است. سرعت حرکت پرتوها نیز به کمک رابطهٔ فوق قابل دست‌یابی است و زمان رسیدن پرتو را به کمک رابطهٔ (۲۹) می‌توان محاسبه کرد.

منابع:

۱. معتمدی اسفندیار. نورهندسی. انتشارات فاطمی. ۱۳۷۸. فصل ۶.

۲. توماس جرج. بی و فینی راس. ال. حساب دیفرانسیل و انتگرال و هندسه تحلیلی. جلد اول. ترجمهٔ علی‌اکبر عالم‌زاده و داریوش بهمردی. انتشارتت پژوهش. فصل اول.

۳. توکلی، امیر. رشد آموزش فیزیک. زمستان ۱۳۷۵، ۴۳-۳۹.

4. FRANCIS A. JENKINS and HARVEY E.WHITE. Fundamentals of optics. 38-40

قوانین اسنل در

مکانیک کوانتومی

صمد غلامی
استاد راهنما: سیامک خادمی

چکیده

در این مقاله، قوانینی مشابه با «قوانین اسنل در الکترومغناطیس» را در «مکانیک کوانتومی» مورد بحث قرار داده‌ایم و با حل معادلهٔ «موج شرودینگر» در یک پلهٔ پتانسیل دو بعدی، موفق شده‌ایم تا سه قانون اسنل را در مکانیک کوانتومی به دست آوریم. همچنین، ضرایب عبور و بازتاب را محاسبه کرده‌ایم و نشان داده‌ایم که مجموع آن‌ها برابر یک است. در انتهای کار نیز، شرایط مربوط به وجود زاویهٔ «بروستر» و زاویهٔ «حدی» را بررسی کرده‌ایم.

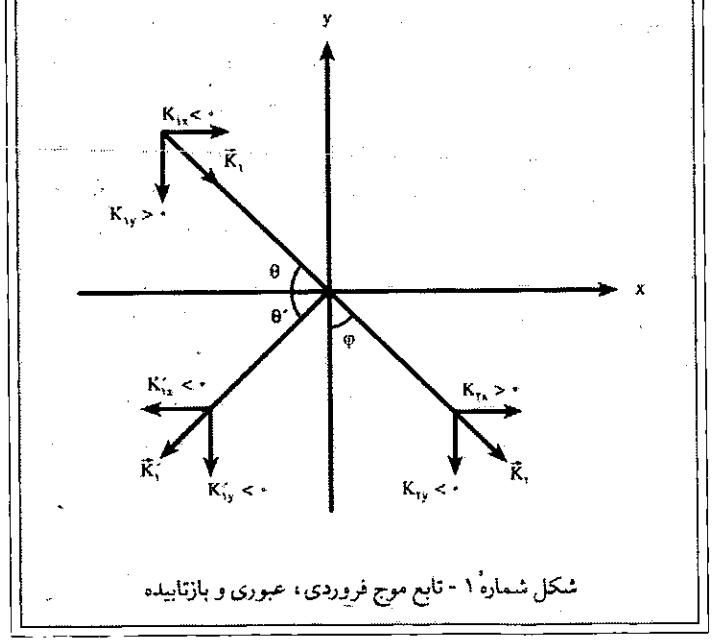
۱. مقدمه

امواج الکترومغناطیسی هنگام انتشار در مواد، معمولاً از مرز بین «دودی الکتریک» عبور می‌کنند. بررسی چگونگی این عبور، مستلزم کاربرد شرایط مرزی است. حالتی خاص از این عبور، بازتاب و عبور امواج تخت از فصل مشترک مسطح دو عایق در حالتی است که این امواج به طور مایل فرود بیایند. با مطالعهٔ این حالت، قوانین اسنل به دست می‌آید که سه قسمت عمده دارد. این قوانین بیان می‌کنند که وقتی یک موج الکترومغناطیس به طور مایل به سطح ماده‌ای فرود می‌آید:

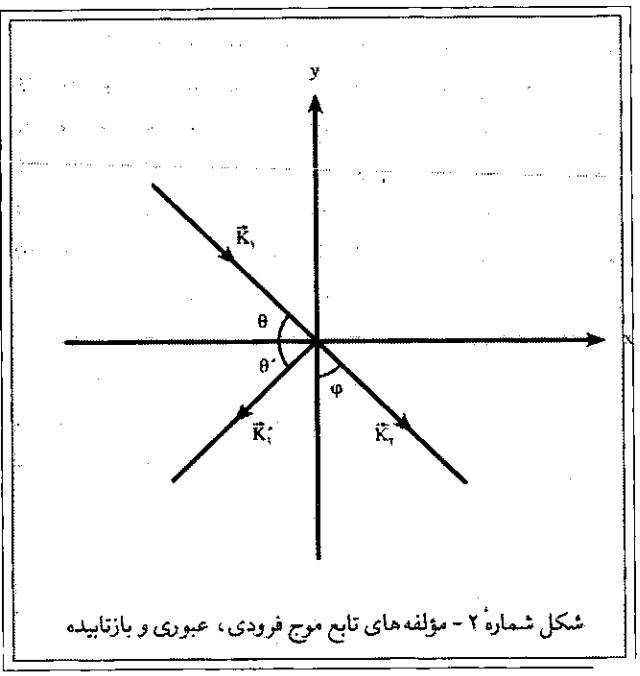
۱. بردارهای انتشار «k_1 و k_2 و k_3» هم صفحه‌اند.

۲. زاویهٔ بازتاب پرتو برابر با زاویهٔ «فرودی» (نسبت به بردار عمودی است.

۳. بین زاویهٔ «فرود» و زاویهٔ «عبوری» و همچنین ضرایب شکست دو محیط رابطهٔ $\sin\varphi n_2 \sin\theta = n_1$ برقرار است که در آن θ و φ به ترتیب، زوایای «فرودی» و «شکست پرتو» هستند [۱].



شکل شمارهٔ ۱ - تابع موج فرودی، عبوری و بازتابیده



شکل شمارهٔ ۲ - مؤلفه‌های تابع موج فرودی، عبوری و بازتابیده

در این مقاله، نشان می‌دهیم که مشابه این قوانین را در «مکانیک کوانتومی» نیز می‌توان به دست آورد. برای نشان دادن این امر، در بخش ۲ یک پلهٔ پتانسیل دو بعدی را در نظر می‌گیریم و تابع موج شرودینگر را تحت زاویهٔ θ به این پله برخورد می‌دهیم (شکل ۳). با حل معادلهٔ شرودینگر در حالت دو بعدی، توابع موج فرودی، عبوری و بازتابی را به دست می‌آوریم. در بخش ۳، دومین رابطه از قانون اسنل، یعنی تساوی زاویهٔ فرودی و زاویه بازتاب که نتیجهٔ برخورد تابع موج به پله است را به دست می‌آوریم. در بخش ۴، رابطهٔ بین تابع موج فرودی و تابع موج عبوری را بررسی می‌کنیم که رابطه‌ای مشابه سومین قسمت قانون اسنل است. در بخش ۵ هم آخرین رابطهٔ قانون اسنل، یعنی هم صفحه بودن عددهای موج فرودی، عبوری و بازتابی را نتیجه می‌گیریم. در بخش ۶، به محاسبهٔ ضرایب عبور و بازگشت پرداخته‌ایم و مقادیر آن‌ها را مورد بحث قرار داده‌ایم که موجب پیدایش زاویهٔ بروستر و زاویهٔ عبور حدی می‌شوند.

۲. حل معادلهٔ پله پتانسیل در حالت دو بعدی

ابتدا معادلهٔ موج شرودینگر را که در حالت دو بعدی به یک پلهٔ پتانسیل برخورد می‌کند، می‌نویسیم و حل می‌کنیم:

(۱)

$$ih\frac{\partial\Psi(x,y,t)}{\partial t}=-\frac{h^2}{2m}\nabla^2\Psi(x,y,t)+V(x,y)\Psi(x,y,t)$$

پتانسیل را به شکل زیر در نظر می‌گیریم:

(۲)

$$V(x,y)=\begin{cases}V_2 & x\geq 0,-\infty<y<+\infty\\ V_1 & x<0,-\infty<y<+\infty\end{cases}$$

پس از جداسازی متغیرها، قسمت زمانی آن به شکل زیر در می‌آید: [۲]

(۳)

$$ih\frac{dT(t)}{dt}=ET(t)$$

(۴)

$$T(t)=T_0e^{-i\omega t}$$

(۵)

$$\omega=\frac{E_0}{\hbar}$$

و قسمت فضایی آن:

(۶)

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}\right)\Psi(x,y)-\frac{2m}{\hbar^2}[V(x,y)-E_0]\Psi(x,y)=0$$

آن گاه

(۷)

$$\Psi(x,y)=X(x)Y(y)$$

(۸)

$$\frac{1}{X(x)}\frac{\partial^2X(x)}{\partial^2}=-K_x^2\ ,\ \frac{1}{Y(x)}\frac{\partial^2Y(x)}{\partial^2}=K_x^2-K_1^2=-K_y^2$$

(۹)

$$\frac{2m(E_0-V_1)}{\hbar^2}=K_1^2\ ,\ \frac{2m(E_0-V_2)}{\hbar^2}=K_2^2$$

در این صورت، پاسخ معادله‌های موج $X(x)$ و $Y(y)$ چنین است:

(۱۰)

$$X(x)=A_1e^{ik_1x}+B_1e^{-ik_1x}$$
$$Y(x)=A_2e^{ik_2y}+B_2e^{-ik_2y}$$

بنابراین پاسخ کلی معادلهٔ موج شرودینگر در دو بعد عبارت است:

(۱۱)

$$x<0\Rightarrow\Psi(x,y,t)=X(x)Y(y)t(t)$$

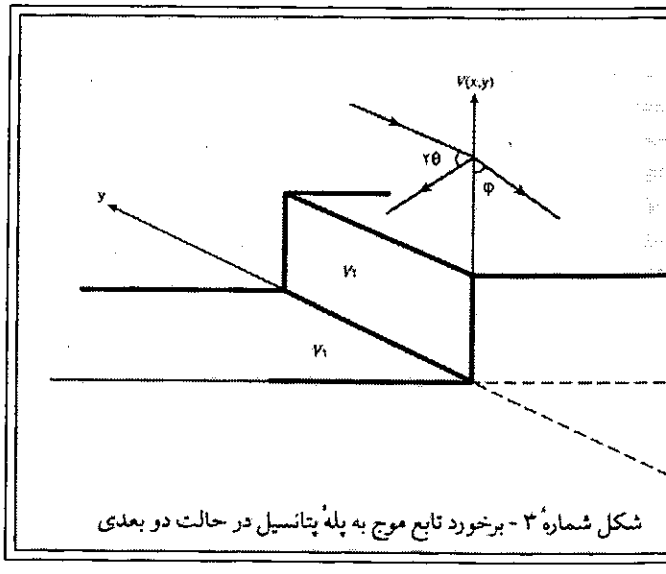
(۱۲)

$$\Rightarrow\Psi(x,y,t)=[A_1e^{ik_1x}+B_1e^{-ik_1x}]$$
$$[A_2e^{ik_2y}+B_2e^{-ik_2y}]T_0e^{-i\omega t}$$

(۱۳)

$$=A_1A_2T_0e^{i(k_1x+k_2y-\omega t)}+A_1A_2T_0e^{i(k_1x+k_2y-\omega t)}$$
$$=B_1A_2T_0e^{i(k_1x+k_2y-\omega t)}+B_1A_2T_0e^{i(k_1x+k_2y-\omega t)}$$

معادلهٔ شمارهٔ (۱۳) چهار جمله دارد که نشانگر موج‌های فرودی، عبوری و بازتابی هستند. برای ناحیهٔ $x<0$ مطابق



شکل شمارهٔ ۳ - برخورد تابع موج به پلهٔ پتانسیل در حالت دو بعدی

شکل شمارهٔ (۲) و معادلهٔ موج فرودی و بازتابی به صورت زیر خواهد بود :

(۱۴

$$\Psi(x,y,t)=B_1A_2T_0e^{i(k_1x+k_2y-\omega t)}+B_1A_2T_0e^{i(k_1x+k_2y-\omega t)}$$

رابطهٔ بالا را به شکل زیر بازنویسی می کنیم :

(۱۵

$$\Psi(x,y,t)=\Psi_{1,0}\exp i(\vec{k}_1\times\vec{r}-\omega t)+\Psi'_{1,0}\exp i(\vec{k}'_1\times\vec{r}-\omega t)$$

کاملاً مشخص است که در این رابطه، مقدار -- مربوط به موج بازتابی از نظر بزرگی با بزرگی بردار k_1 مربوط به موج فرودی برابر است؛ زیرا از معادلهٔ (۹) داریم :

$$K_1^2=\frac{2m(E_0-V_1)}{\hbar^2}\ ,\ K_1'^2=\frac{2m(E_0-V_1)}{\hbar^2} \qquad (16$$

اما در ناحیهٔ $x>0$ و $y<0$، معادلهٔ موج عبارت است از :

$$\Psi'(x,y,t)=\Psi_{2,0}\exp i(\vec{k}_2\times\vec{r}-\omega t) \qquad (17$$

آخرین جملهٔ باقی مانده، جملهٔ اول از معادلهٔ شمارهٔ (۱۳) است که به صورت زیر بازنویسی می شود :

$$\Psi''(x,y,t)=\Psi'_{2,0}\exp i(\vec{k}_2\times\vec{r}-\omega t) \qquad (18$$

در این ناحیه ($x>0$ و $y<0$) تنها یک موج عبوری داریم، زیرا فرض می شود که در $y=\infty, x>0$ هیچ گونه پرتو بازتابی نخواهیم داشت. ثابت های $\Psi_{1,0}$ و $\Psi_{2,0}$ و $\Psi_{1,0}$ با استفاده از شرایط پیوستگی Ψ و $\delta\psi/\delta y$ و $\delta\psi/\delta x$، به صورت یکتا به دست نمی آیند. اما می توان نسبت $\Psi'_{2,0}/\Psi_{2,0}$ و $\Psi'_{1,0}/\Psi_{1,0}$ را محاسبه کرد. این مقادیر به ترتیب دامنهٔ احتمال موج بازتابی هستند که در بخش (۶) در مورد آن ها توضیح داده می شود.

۳. تساوی زاویهٔ فرودی بر پله یا زاویه بازتاب از آن

در این بخش، نشان می دهیم که زاویهٔ حاصل از برخورد موج فرودی، با خط عمود آن و زاویهٔ بازتاب، با خط عمود مساوی است. توابع موج فرودی، عبوری و بازتابیده در معادله های (۱۵) و (۱۷) به دست آورده اند. برای تمام نقاط روی مرز بین پتانسیل V_1 و V_2 بسامد امواج فرودی، عبوری و بازتابیده یکسان هستند؛ زیرا معادلهٔ موج وابسته به زمان (۴) هیچ گونه ارتباطی با پتانسیل های V_1 و V_2 ندارد و همان گونه که گفته شد، اندازهٔ k_1 و k'_1 مساوی است. حال با ذکر این شرط که در تمام نقاط روی مرز، توابع فرودی، بازتابیده و عبوری می باید پیوسته باشند، خواهیم داشت :

(۱۹

$$\vec{k}_1\times\vec{r}-\omega t=\vec{k}_1-\omega t\Rightarrow\vec{k}_1\times\vec{r}=\vec{k}'_1\times\vec{r}\Rightarrow$$
$$|k_1||r|\cos\theta=|k'_1||r|\cos\theta'$$

ذکر یک نکته در این جا لازم است و آن این که از معادلهٔ (۱)) می توانستیم به نتیجهٔ زیر برسیم :

$$\theta=\theta'+\pi \qquad (20$$

که مشخص است این پاسخ، به موج چهارم مربوط می شود که با رابطهٔ (۱۸) وصف شده است. با استفاده از رابطهٔ (۱۶) نشان می دهیم که مؤلفه های مماسی بردار k_1 و k'_1 با هم مساوی هستند.

$$\vec{k}_1=\vec{k}_{1x}\,\hat{i}+\vec{k}_{1y}\,\hat{j}$$
$$\vec{k}'_1=\vec{k}'_{1x}\,\hat{i}+\vec{k}'_{1y}\,\hat{j} \qquad (21$$

با توجه به رابطهٔ شماره (۱۶) و (۱۹) و شکل شمارهٔ (۲) داریم :

$$\begin{matrix}K_{1x}=|K_1|\sin\theta\\ K'_{1x}=|K'_1|\sin\theta\end{matrix}\Rightarrow K_{1x}=K'_{1x} \qquad (22$$

از طرفی با توجه به روابط شمارهٔ (۱۶) و (۲۲) نتیجه می گیریم که :

$$\begin{matrix}K_1^2=K_{1x}^2+K_{1y}^2\\ K_1'^2=K_{1x}'^2+K_{1y}'^2\end{matrix}\Rightarrow K_{1y}=K'_{1y} \qquad (23$$

در نتیجه، مؤلفه های بردارهای k_1 و k'_1 همچنین مؤلفه های مماسی این بردارها، با یکدیگر برابرند.

۴. رابطهٔ بین تابع موج فرودی و تابع موج عبوری

همان گونه که در بخش قبل هم توضیح داده شد، چون بسامدهای وارد شده در توابع موج فرودی، عبوری و بازتابیده همگی از رابطهٔ زمانی موج شرودینگر، یعنی معادلهٔ (۳) به دست می آیند. این بسامدها در دو طرف پله ($x<0, x\geq 0$) بدون تغییر باقی می مانند. زاویه ها و دامنه های معادله های (۱۵) و (۱۷) را می توان از شرایط مرزی با نوشتن پیوستگی مؤلفه های مماسی Ψ در سطح مشترک $x=0$ به دست آورد. این شرایط مرزی باید به ازای تمام x ها نقطه به نقطه صادق باشند که لازمهٔ آن برابر بودن ضرایب نمایی نیز هست. بنابراین مؤلفه های x تمام اعداد موج باید برابر باشند.

(۲۴)

$$K_{1x} = K'_{1x} = K_{2x} \Rightarrow K_1 \sin\theta = K'_1 \sin\theta' = K_2 \sin\varphi$$

(۲۵)

$$K_1 \sin\theta = K_2 \sin\varphi \Rightarrow \left[\frac{2m(E_0 - V_1)}{\hbar^2}\right]^{1/2} \sin\theta = \left[\frac{2m(E_0 - V_1)}{\hbar^2}\right]^{1/2} \sin\varphi$$

$$\Rightarrow \sqrt{E_0 - V_1}\sin\theta = \sqrt{E_0 - V_2}\sin\varphi \qquad (۲۶)$$

این رابطه شبیه رابطهٔ $n\sin\theta = n'\sin\varphi$ در الکترومغناطیس است. از این معادله، پیداست که در برخورد تابع موج شرودینگر به پلهٔ پتانسیل، اگر $V_2 > V_1$ باشد، آن‌گاه زاویهٔ عبوری از زاویه فرودی بزرگ‌تر است؛ زیرا که در این مورد خواهیم داشت:

$$\sqrt{E_0 - V_2} < \sqrt{E_0 - V_1} \qquad (۲۷)$$

پس برای این که تساوی بالا برقرار باشد، باید داشته باشیم:

$$\sin\varphi > \sin\theta \Rightarrow \varphi > 0 \qquad (۲۸)$$

رابطهٔ شمارهٔ (۲۶) را می‌توانیم به شکل زیر بازنویسی کنیم:

$$\sin\theta = \left(\frac{E_0 - V_2}{E_0 - V_1}\right)^{1/2} \sin\varphi \qquad (۲۹)$$

۵. هم صفحه بودن عددهای موج فرودی، بازتابیده و عبوری

در این مرحله، ما نیاز به یک عبارت جبری داریم تا رابطهٔ:

$$\vec{k}_1 \times \vec{r} = \vec{k}_2 \times \vec{r} = \vec{k}'_1 \times \vec{r} \qquad (۳۰)$$

تنها در روی مرز $x = 0$ یا $n \times r = 0$ برقرار باشد. اتحاد برداری زیر را در نظر می‌گیریم:

$$\vec{n} \times (\vec{n} \times \vec{r}) = (\vec{n} \times \vec{r})\vec{n} - \vec{r} \qquad (۳۱)$$

در همه‌جا روی سطح $n \times r = 0$ است. پس:

$$\vec{r} = -\vec{n} \times (\vec{n} \times \vec{r}) \qquad (۳۲)$$

این عبارت را در رابطهٔ ـ۳۰) قرار می‌دهیم:

$$\vec{k}_1 \times \vec{r} = \vec{k}_1 \times \vec{r} \times (\vec{n} \times \vec{r}) = -(\vec{k}_1 \times \vec{n}) \times (\vec{n} \times \vec{r}) \qquad (۳۳)$$

و همین طور برای سایر طرف‌های معادلهٔ (۳۰) نیز این کار را انجام می‌دهیم، چون $\vec{r}$ یک بردار اختیاری در روی مرز است. معادلهٔ (۳۰) تنها در صورتی معتبر است که رابطهٔ زیر برقرار باشد:

$$\vec{k}_1 \times \vec{n} = \vec{k}_2 \times \vec{n} = \vec{k}'_1 \times \vec{n} \qquad (۳۴)$$

رابطهٔ (۳۴) ایجاب می‌کند که $\vec{k}'_1$ در صفحهٔ فرود واقع باشد؛ زیرا بردار عمود بر صفحهٔ تعریف شده با $\vec{k}'_1$ و $\vec{n}$ با بردار عمود بر صفحه موازی است و همین طور $\vec{k}_2$ در صفحهٔ فرود واقع است. یعنی n_1 و $\vec{k}_1$ و $\vec{k}_2$ و $\vec{k}'_1$ همگی هم صفحه‌اند.

۶. ضرایب عبور و بازتاب

مطابق تعریف، ضریب بازتاب مساوی است با نسبت شدت آن قسمت از موج که ذرهٔ بازتابیده را توصیف می‌کند، به شدت آن قسمت که ذرهٔ فرودی را توصیف می‌کند. به همین ترتیب، ضریب عبور عبارت است از نسبت شدن آن قسمت از موج که ذرهٔ عبوری را توصیف می‌کند، به شدت آن قسمت از موج که ذرهٔ عبوری را توصیف می‌کند، به شدت آن قسمت که ذرهٔ فرودی را وصف می‌کند. برای مطالعهٔ پیوستگی توابع موج فرودی، بازتابیده و عبوری، نقطهٔ $x=0$ را در نظر می‌گیریم. در این نقطه، دو شکل $\psi(y)$ و $d\psi(y)/dy$، باید پیوسته باشند. [۳]

$$\psi_1(y) = \psi_{1.}\,\mathrm{expi}(K_y y)$$
$$\psi'_1(y) = \psi'_{1.}\,\mathrm{expi}(-K'_y y_0) \qquad (۳۵)$$
$$\psi_2(y) = \psi_{2.}\,\mathrm{expi}(-K_y y)$$

بدون این که از کلیت مسأله کاسته شود، پیوستگی تابع فوق را در نقطهٔ $y=0$ بررسی می‌کنیم:

$$\psi_{1.}\,\mathrm{expi}(K_y y)_{y=.} + \psi'_{1.}\,\mathrm{expi}(K_y y)_{y=.} = \psi_{2.}\,\mathrm{expi}(-K_y y)_{y=.} \qquad (۳۶)$$

$$\Rightarrow \psi_{1.} + \psi'_{1.} = \psi_{2.} \qquad (۳۷)$$

پیوستگی مشتق توابع در $y=0$ نتیجه می‌دهد که:

(۳۸)

$$iK_y\psi_{1.}\,\mathrm{expi}(K_y y)_{y=.} - iK_y\psi'_{1.}\,\mathrm{expi}(-K_y y)_{y=.} = -iK_y\psi_{2.}\,\mathrm{expi}(K'_y y)_{y=.}$$

$$\Rightarrow K_y\psi_{1.} - K_y\psi'_{1.} = K_y\psi_{2.} \qquad (۳۹)$$

با استفاده از معادله‌های (۳۷) و ۳۹) داریم:

$$\psi_{1.} = \frac{\psi_{2.}}{2}\left(1 + \frac{K'_y}{K_y}\right)$$
$$\psi'_{1.} = \frac{\psi_{2.}}{2}\left(1 - \frac{K'_y}{K_y}\right) \qquad (۴۰)$$

$$R=\frac{\psi_1.\psi'_{10}}{\psi_1.\psi'_{10}}=\left(\frac{K_1-K'_2}{K_2+K'_2}\right)^2 \qquad (41$$

و یا

$$R=\left[\frac{K_1\cos\theta-K_2\cos\varphi}{K_1\cos\theta+K_2\cos\varphi}\right]^2 \qquad (42$$

همچنین

$$T=\frac{\psi_2.\psi'_{20}}{\psi_1.\psi'_{10}}=\left(\frac{2K_2}{K_2+K'_2}\right)^2 \qquad (43$$

و یا:

$$T=\left[\frac{2K_1\cos\theta}{K_1\cos\theta+K_2\cos\varphi}\right]^2 \qquad (44$$

از رابطهٔ (۴۱) و (۴۳) خواهیم داشت:

$$T+R=1 \qquad (45$$

۷. زاویهٔ بروستر مربوط به عدم بازتاب:

معادلهٔ شمارهٔ (۴۲) نشان می‌دهد که به ازای یک زاویهٔ فرودی خاص، موج بازتابیده وجود ندارد، چون $R=0$ است. این زاویه را زاویهٔ بروستر می‌نامند. موجی که زاویهٔ فرود آن در شرط $\theta+\varphi=\frac{\pi}{2}$ صدق می‌کند، دارای زاویهٔ بروستر زیر است:

$$R=0\Rightarrow K_1\cos\theta=K_2\cos\varphi \qquad (46$$

با استفاده از رابطهٔ (۴۶) و استفاده از رابطهٔ $\theta+\varphi=\frac{\pi}{2}$ داریم:

$$tg\theta_B=\frac{K'_2}{K_2}=\sqrt{\frac{E_0-V_1}{E_0-V_2}} \qquad (47$$

کمیت θ_B به زاویهٔ بروستر در الکترومغناطیس مشهور است که مشابه آن را توسط معادلهٔ (۴۷) در مکانیک کوانتومی به دست آوریم. رابطهٔ بین این کمیت، V_1، V_2 و E_0، همان قانون بروستر در مکانیک کوانتومی خواهد بود.

۸. زاویهٔ حد

قانون اسنل یعنی $\sin\varphi=\frac{K_1}{K_2}\sin\theta$ نشان می‌دهد که اگر $k_2>k_1$ باشد، زوایای تابشی θ می‌تواند نتیجهٔ $\sin\theta$ بزرگ‌تر از یک ارائه دهد پس یک زاویهٔ حقیقی φ که در این شرایط صدق کند، وجود ندارد. طبق تعریف زاویه تابشی بحرانی، θ_c آن مقدار از θ است که به ازای آن $\varphi=\frac{\pi}{2}$ می‌شود که تنها در صورتی که $k_2>k_1$ باشد، دارای جواب حقیقی است.

$$\sin\theta_c=\frac{K_2}{K_1}=\sqrt{\frac{E_0-V_2}{E_0-V_1}} \qquad (48$$

(۴۹

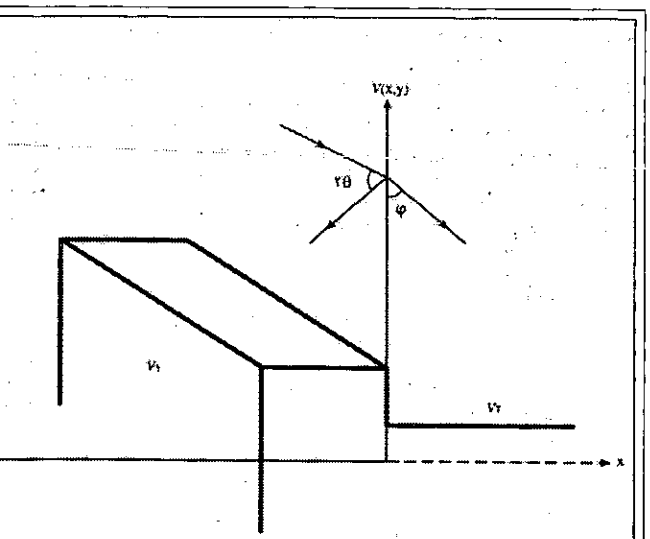
$$K_2>K_1\Rightarrow\sqrt{E_0-V_2}>\sqrt{E_0-V_1}\Rightarrow V_1>V_2$$

با توجه به رابطهٔ (۴۹)، در این حالت به جای یک پتانسیل، یک سد پتانسیل خواهیم داشت که لزومی ندارد که سه پتانسیل دو بعدی دارای تقارن باشد. (شکل ۴)

بحث

همان‌گونه که مشاهده شد، معادلهٔ (۱۸) بیانگر موج چهارمی است که در ناحیهٔ $(x>0, y>0)$ واقع است. وجود این تابع موج توسط رابطهٔ شمارهٔ (۲۰) نیز تأیید می‌شود. با توجه به رابطهٔ شمارهٔ (۴۵) که «پایستگی شار» است و این پایستگی نیز مربوط به سه تابع موج عبوری، بازتابیده و فرودی است، لذا تابع موج چهارم در این رابطه پایستگی صدق نمی‌کند و به همین علت، نمی‌تواند دارای موج فیزیکی باشد.

همچنین از معادلهٔ شمارهٔ (۴۷) نتیجه می‌گیریم که:



شکل ۴ - برخورد تابع موج به سه پتانسیل در حالت دو بعدی تحت زاویهٔ ح

الف) شرط وجود زاویه بروستر این است که $E_0 > V_1$ و $E_0 > V_2$ یا این‌که $E_0 > V_1$ و $E_0 > V_2$ باشد. اگر E_0 از هر کدام به تنهایی کم‌تر باشد، زاویهٔ بروستر اتفاق می‌افتد.

ب) در این‌جا دیگر مفهوم قطبش وجود ندارد و فقط یک نوع موج وجود دارد که برای همان زاویهٔ بروستر تعریف می‌شود.

۹. نتیجه‌گیری

همان‌گونه که در ابتدای مقاله عنوان شد، هدف اصلی به دست آوردن قوانین اسنل در مکانیک کوانتومی بود که در این میان، معادلهٔ (۱۹) بیان می‌دارد که زاویهٔ فرودی بر پلهٔ پتانسیل با زاویهٔ بازتابیده از آن، نسبت به خط عمود، با یکدیگر برابر هستند و رابطهٔ (۲۶) نیز رابطه‌ای است بین انرژی و پتانسیل با زاویهٔ عبوری و زاویهٔ فرودی. همچنین رابطهٔ (۳۴) سومین رابطه از قوانین اسنل است که بیان می‌دارد، بردارهای k_1 و k'_1 و k_2 همگی در یک صفحه قرار دارند. در ضمن، روابط (۴۷) و (۴۸) نیز به ترتیب زاویهٔ بروستر و زاویهٔ حد را در برخورد یک تابع موج به پلهٔ پتانسیل به دست می‌دهند.

در ضمن، معادلهٔ (۲۷) نشان می‌دهد که ضریب شکست کوانتومی، علاوه بر پتانسیل V به انرژی ذرهٔ فرودی E_0 نیز بستگی دارد. این شبیه به ضریب شکست معمولی است که به بسامد موج فرودی بستگی دارد. با توجه به این نکته، شاید بتوان یک منشور کوانتومی برای جدا کردن ذرات با انرژی‌های گوناگون ساخت.

منابع:

۱. ریست جان ر، میلفورد فردریک ج، کریستی رابرت و (۱۳۶۸). مبانی نظریهٔ الکترومغناطیس. ترجمهٔ جلال صمیمی و ابوالقاسم جمشیدی. مرکز نشر دانشگاهی. ص ۴۹۳.

۲. کوهن کلود، تانوجی، دیو برنارد، لالوئه فرانک (۱۳۶۵). مکانیک کوانتومی. ترجمهٔ محمد قرهاد رحیمی و محسن سریشه‌ای. مرکز نشر دانشگاهی. ص ۳۸۹.

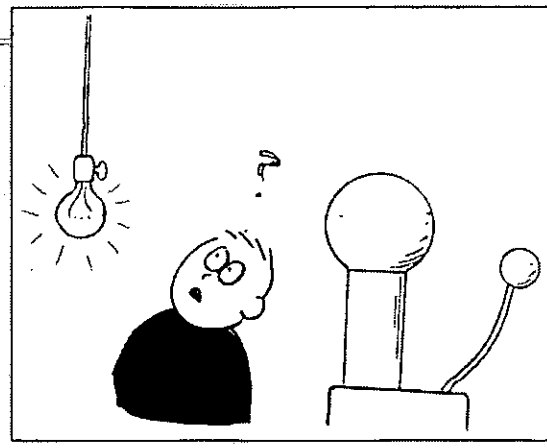
۳. گاسیوروچ استفان (۱۳۸۲). فیزیک کوانتومی. ترجمهٔ جمیل آریایی و محمدرضا مطلوب. جهاد دانشگاهی دانشگاه تربیت معلم. ص ۷۵.

۴. آیزگ رابرت، رزنیک رابرت، (۱۳۶۲). فیزیک کوانتومی. ترجمهٔ ناصر نفری. مرکز نشر دانشگاه. ص ۲۹۶.

شما چه فکر می‌کنید؟

حسن قلمی باویل علیایی

کدام یک برای انسان خطرناکتر است. تماس با یک لامپ ۲۲۰ ولتی و یا تماس با یک مولد واندوگراف باردار شده ۱۰۰/۰۰۰ ولتی؟



تماس با مولد واندوگراف ممکن است موهای سر را سیخ کند، اما تماس با لامپ ۲۲۰ ولتی می‌تواند شما را دچار برق‌گرفتگی کند. به کمک مولد باردار شده می‌توان به خوبی تفاوت بین انرژی پتانسیل الکتریکی و پتانسیل الکتریکی را بیان کرد. پتانسیل الکتریکی، نسبت انرژی پتانسیل الکتریکی به بار است. اگرچه مولد می‌تواند با ولتاژ ۱۰۰/۰۰۰ ولتی باردار شود ولی مقدار بار می‌تواند بسیار اندک باشد. مقدار اندک بار و نیز زمان کوتاه عبور بار علت اصلی صدمه ندیدن بدن انسان در هنگام عبور جریان از بدن است. در عوض، اگر شما یک مدار اتصال کوتاه به کمک ولتاژ ۲۲۰ ولت ایجاد کنید بار به طور مستمر از بدن شما عبور می‌کند و شما دچار برق‌گرفتگی می‌شوید. انرژی هر بار، اندک، ولی تعداد بارها بسیار زیاد است.

مرجع:

The Physics Teacher February 1990

چگونه انرژی پتانسیل بالن حاوی هلیم در حال صعود تغییر می‌کند؟

دیوید کی‌پورتس
مترجم: احمد توحیدی

اخیراً هنگامی که پرسش عنوان مقاله را برای دانش‌آموزانم مطرح و پاسخ خود را به آن‌ها ارائه کردم، تردید زیاد اولیه آن‌ها نسبت به این پاسخ، موجب سلسله بحث‌های فوق‌العاده‌ای در کلاس شد که من همیشه آن‌ها را به یاد دارم. به ناگاه موقعیت پیش آمده، دانش‌آموزانم را بیش‌تر برانگیخت که بدانند چه عاملی موجب پایستاری نیرو می‌شود و چه رابطه‌ای میان نیروهای پایستار با توابع انرژی پتانسیل وابسته به آن‌ها، وجود دارد. پاسخ تعجب‌برانگیز من این بود که انرژی پتانسیل کل بالن حاوی هلیم در حال صعود در هوا، کاهش پیدا می‌کند.

این موضوع، درواقع به علت آن است که دو نیروی پایستار به بالن اثر می‌کنند؛ نیروی گرانش و نیروی رانش هوا (نیروی ارشمیدس). چنان‌که خواهیم دید، انرژی پتانسیل کل وابسته با این نیروهای پایستار، با صعود بالن باید کاهش پیدا کند. من تعداد زیادی کتاب‌های فیزیک مقدماتی را بررسی کردم، اما بحثی در این‌باره که نیروی رانش، یک نیروی پایستار و طبیعتاً دارای انرژی پتانسیل است، در آن‌ها نیافتم.

در این مقاله، شرح خواهم داد که چرا نیروی رانش پایستار است و این واقعیت که چرا هنگامی بالن حاوی هلیم در هوا صعود می‌کند و یا یک قالب یخ و حباب‌های موجود در آب، در آن رو به بالا می‌آیند، تغییرات انرژی پتانسیل کل آن‌ها منفی است.

تصور کنید آزمایش ساده‌ای را در کلاس یا آزمایشگاه انجام می‌دهید. بالونی به حد کافی حاوی هلیم است، بنابراین با سرعت ثابتی در هوا صعود می‌کند. مطابق «اصل ارشمیدس»، برای نیروی رانش می‌توان نوشت:

$$F_b = \rho V g \qquad (۱$$

که در آن، چگالی هوا در دمای معمولی و V حجم بالن است. برای این نوع بالن‌ها نیروی رانش ثابت و راستای آن قائم و رو به بالاست. برای نشان دادن پایستاری این نیرو، کافی است که فقط آن را با نیروی گرانش مقایسه کنیم.

$$F_g = -mg \qquad (۲$$

تابع انرژی پتانسیل وابسته به نیروی گرانش، برابر است با:

$$u_g = -mgy \qquad (۳$$

که در آن «y» فاصلهٔ بالای سطح مقایسه است (که در این جا زمین را در نظر گرفته‌ایم). به همین روش می‌توانیم انرژی پتانسیل وابسته به نیروی رانش را به صورت زیر بنویسیم:

$$u_b = -\rho V g y \qquad (۴$$

در هر دو حالت لازم است که داشته باشیم:

$$f(y) = -\frac{du(g)}{dy} \qquad (۵$$

انرژی پتانسیل کل وابسته به این دو نیروی پایستار برابر است با:

$$V = (mg - \rho V g)y \qquad (۶$$

برای اثبات چگونگی تغییرات این تابع نسبت به ارتفاع، باید مقدار دو عبارت داخل پرانتز را با هم مقایسه کنیم. اگر تنها نیروی گرانش و نیروی رانش به بالن اثر کنند، ثابت بودن سرعت حرکت مستلزم آن است که «$mg = \rho V g$» باشد. در این موقعیت (ناممکن)، باید حالت عادی «$U(y) = 0$» را داشته باشیم. اما درحالی که بالن در هوا صعود می‌کند، نیروی مقاومت هوای رو به پایین هم بر آن وارد می‌شود. بنابراین، برای سرعت ثابت باید داشته باشیم:

$$\rho V g - mg - f = 0 \qquad (۷$$

که در این رابطه f اندازهٔ نیروی ناپایستار مقاومت هواست. در این معادله، واضح است که باید «$\rho V g > mg$» باشد و این همان حالتی است که در شکل معادلهٔ (۶) می‌بینیم، هنگامی که با افزایش «y»، انرژی پتانسیل کل کاهش می‌یابد.

چون دانش‌آموزانم دربارهٔ نتیجهٔ به‌دست آمده کاملاً شگفت‌زده شدند، من چند توضیح متفاوت دیگر را نیز به آن‌ها ارائه کردم. روش دیگر، نگاه کردن به این موقعیت برحسب انرژی مکانیکی کل بالن در حال صعود است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$\Delta K + \Delta U = W_N \qquad (۸$$

که در آن «ΔK» تغییر انرژی جنبشی، که مساوی صفر و «W_N» کار کل انجام شده توسط نیروی ناپایستار روی بالن است. «f» تنها نیروی ناپایستار است و کاری که هنگام صعود بالن روی آن انجام می‌دهد، منفی است. بنابراین، بازهم می‌بینیم هنگامی که بالن صعود می‌کند، تغییرات انرژی پتانسیل کل منفی است.

در پایان، اثبات توصیفی را ارائه کردم که حتی شکاک‌ترین دانش‌آموز را متقاعد کرد. من علاقه‌مندم در کلاس فرایند افزایش انرژی پتانسیل، یک جسم را برحسب عبارت «مبارزه علیه» یک نیروی پایستار توضیح دهم. هنگامی که فردی جسم سنگینی را از زمین بالا می‌برد، با مخالفت علیه نیروی گرانش، انرژی پتانسیل گرانشی آن را افزایش می‌دهد. برای بالن مورد نظر، راستای برآیند نیروهای ناپایستار رو به بالاست. بنابراین، اگر بالن را برخلاف جهت نیروی برآیند رو به پایین حرکت دهیم، انرژی پتانسیل آن افزایش پیدا می‌کند. پس هنگامی که بالن به زمین نزدیک است، نسبت به سطوح بالاتر، انرژی پتانسیل بیش‌تری خواهد داشت.

این امکان وجود دارد، با حذف این قید که بالن نزدیک زمین باقی می‌ماند، بتوان بحث بالا را گسترش داد. در این حالت، نیروی گرانش و نیروی رانش ثابت نیستند و موقعیت بسیار پیچیده‌ای پیش می‌آید. اما اگر فرض کنیم هردو نیرو شعاعی هستند رو به مرکز زمین، درنتیجه هر دو نیرو باز هم پایستارند.

به عنوان نتیجه‌گیری، توصیه می‌کنم هنگامی که مفاهیم کار و انرژی را برای دانش‌آموزان تدریس می‌کنید، پرسش عنوان مقاله را مطرح کنید. معتقدم که شما هم مانند من متوجه شگفت‌زدگی اولیهٔ دانش‌آموزان از پاسخ مسأله خواهید شد. این موضوع انگیزه‌ای می‌شود که آن‌ها دربارهٔ نیروهای پایستار و انرژی پتانسیل وابسته به آن‌ها عمیق‌تر فکر کنند.

منبع:

The Physics Teacher, Vol. 40, March 2002.

فیلیپ کش
مترجم: احمد توحیدی

آیا فکر می‌کنید

دماسنج شیشه‌ای

واقعاً دما را اندازه‌گیری می‌کند؟*

البته دماسنج دما را اندازه می‌گیرد؛ امّا نه آن دمایی که احتمالاً شما فکر می‌کنید. به این دلیل که دماسنج یک وسیله اندازه‌گیری فعال است، و حضور آن در مقدار اندازه‌گیری شده دما تأثیر می‌گذارد. هنگامی که دماسنج شیشه‌ای در دمای معمولی در تماس با نمونه‌ای گرم‌تر که هدف تعیین دمای اولیه آن است قرار می‌گیرد، مقداری گرما برای گرم شدن دماسنج از نمونه به هدر می‌رود. بنابراین دماسنج دمای تعادل دماسنج ـ نمونه را نشان می‌دهد. مروری گذرا در کتاب‌های مقدماتی فیزیک حاکی از آن است که درباره این جنبه مهم از فرآیند اندازه‌گیری در آنها توضیحی داده نشده است. پرسش‌های جالب در این مورد عبارت‌اند از:

۱) کدامیک از کمیت‌های فیزیکی در اختلاف میان دمای اولیه نمونه و دمای تعادل دماسنج مؤثر هستند؟

۲) مقدار نمونه چقدر باشد تا این اختلاف به حداقل برسد (تا این فرض ساده که دمای دماسنج برابر با دمای اولیه نمونه است منطقی باشد)؟

تحلیل

طول دماسنج‌های شیشه‌ای الکلی ارزان‌قیمت که معمولاً در آزمایشگاه‌ها به کار می‌رود ۳۰ سانتی‌متر است و از ۲۵ گرم شیشه و ۲ گرم الکل تشکیل شده است. حاصلضرب ظرفیت گرمایی ویژه در جرم دماسنج نشان می‌دهد برای اینکه دمای دماسنج یک درجه افزایش یابد ۶ کالری گرما لازم است. اگر دمای نمونه از دمای معمولی خیلی بیشتر نباشد و نمونه بزرگ باشد مقدار گرمایی که به وسیله نمونه صرف گرم کردن دماسنج می‌شود اندک است. امّا اگر دمای نمونه نزدیک به دمای جوش آب باشد و نمونه خیلی بزرگ نباشد گرمای به هدر رفته قابل ملاحظه می‌شود. هنگامی که دمای نمونه $80^\circ C$ باشد ۳۴۲ کالری گرما لازم است تا دمای دماسنج را از دمای معمولی به دمای $80^\circ C$ برساند. **هنگامی که نمونه آب و جرمش ۳۴۲ گرم یا کمتر باشد دمای اولیه نمونه یک درجه یا بیشتر کاهش می‌یابد.**

برای بررسی پاسخ‌ها به طور کمّی **فرض کنید** T_S، M_S و C_S به ترتیب دمای اولیه، **جرم و ظرفیت گرمایی ویژه** نمونه و دمای اولیه دماسنج T_0 **و دمای تعادل آن** T **و جرم دماسنج و ظرفیت گرمایی ویژه آن به ترتیب** M_t **و** C_t **باشند. چون رسانندگی گرمایی شیشه کوچک و زمان لازم برای رسیدن به دمای تعادل هم کوتاه است (یک یا دو دقیقه)، جرمی از دماسنج که در تماس با نمونه است و گرما جذب می‌کند از رابطه** $Mt(\frac{L}{L_0})$ به دست می‌آید. L_0 طول دماسنج و L بخشی از آن است که با نمونه در تماس است. با فرض مدل سیستم بسته متشکل از نمونه و دماسنج، گرمای به هدر رفته به وسیله نمونه با گرمای گرفته شده توسط دماسنج برابر است. بنابراین

$$M_S C_S (T_S - T) = M_t (\frac{L}{L_0}) C_t (T - T_0) \quad (1)$$

با حل این معادله برای T_0 خواهیم داشت:

$$T_S = T + \gamma \Delta T \quad (2)$$

که در آن $\Delta T = T - T_0$ و

$$\gamma = \frac{M_t L C_t}{M_S C_S L_0} \quad (3)$$

گاما برابر با نسبت انرژی جذب شده به وسیله دماسنج به ازای هر درجه، به انرژی آزاد شده توسط نمونه به ازای هر درجه است.

برای اینکه احساسی از بزرگی اعداد به دست آورید حالتی را در نظر بگیرید که جرم آب ۱۰۰ گرم و دمای اولیه آن $T_S = 80^\circ C$ است. اگر برای به دست آوردن T معادله (۲) را با این فرض حل کنیم که دماسنج در تماس کامل با نمونه باشد $\frac{L}{L_0} = 1$ است. دمای تعادل دماسنج $T_S = 76/6^\circ C$ به

دست می‌آید. کاهش دمای آن برای گرم کردن دماسنج C ۳٫۴ است. این مقدار بسیار بزرگ به نظر می‌رسد، امّا آیا شواهد تجربی برای پشتیبانی از این مقدار وجود دارد؟ پاسخ مثبت است.

نتایج تجربی

در ابتدا از گرماسنج معمول آزمایشگاهی ساخته شده از پُلی استیرن، دماسنج شیشه‌ای ارزان‌قیمت و دماسنج نیمه هادی دیجیتالی (رقمی) با دقت C ° ۰٫۱ سلسیوس برای اندازه‌گیری دماهای اولیه و تعادل استفاده کردیم. فوراً معلوم شد که گرمای هدر رفته توسط گرماسنج مذکور مشکل‌آفرین است. هنگامی که گرماسنج را نیمه پر از آب C ° ۸۰ کردیم، دمای هدر رفته در حدود C ۲٫۷° در هر دقیقه شد. برای کاهش گرمای هدر رفته یک فلاسک فولادی ضد زنگ بلندِ مسافرتی مخصوص قهوه به عنوان گرماسنج انتخاب شد. هنگامی که گرماسنج فولادی را تقریباً نیمه پر از آبِ داغ کردیم دمای هدر رفته میان ۰٫۲ تا ۰٫۳ درجه سلسیوس در دقیقه شد.

صد گرم آبِ داغ در گرماسنج ریختیم و دما را با قرار دادن بخش کوچکی از نوک دماسنجِ دیجیتالی در آب کنترل کردیم. پس از سه یا چهار دقیقه که دما ثابت شد این دما به عنوان دمای اولیه T_s در نظر گرفتیم. $\frac{1}{3}$ از طول دماسنج را در آب داغ قرار دادیم. پس از حدود یک دقیقه دمای دماسنج ثابت و به مقدار تعادل T رسید. نتایج به دست آمده از پنج آزمایش، اختلاف دمایی را نزدیک به C ۱° که در حدود ۱۵٪ از مقدار پیش‌بینی شده توسط معادله (۲) است، نشان داد.

در بحث‌های گذشته، دمای دماسنج دیجیتالی به عنوان دمای اولیهٔ نمونه در نظر گرفته شد. در واقع، دمای دماسنج دیجیتالی، دمای تعادل سیستم دیجیتالی و نمونه است. چون مقدار متناظرِ M_+C_+L/L_0 برای سوند دماسنج دیجیتالی کمتر از یک کالری بر درجه سانتی‌گراد است. هنگامی که $\frac{1}{10}$ از طول سوند در نمونه قرارگرفت مقدار متناظر ۷ با آن برای نمونهٔ ۱۰۰ گرم آب کمتر از ۰٫۱ به دست آمد، در نتیجه این اختلاف میان دماها قابل چشم‌پوشی است.

اظهارنظرها

واقعیت مسلمی است که دماسنج شیشه‌ای وسیلهٔ فعالی است که اختلاف دما را نشان می‌دهد و به نسبت گرمای جذب شده به وسیلهٔ دماسنج در هر درجهٔ بالا و گرمای آزاد شده به وسیله نمونه در هر درجهٔ دما بستگی دارد. بنابراین، با در نظر گرفتن گرمای جذب شده به وسیلهٔ دماسنج یا هدر رفته به وسیله نمونه در مسائلِ گرماسنجی کتاب‌های درسی فیزیک و تمرین‌های آزمایشگاهی گرماسنجی می‌توان آنها را هرچه به واقعیت نزدیک‌تر کرد.

پرسش دوم این‌که اندازهٔ نمونه چقدر باشد تا دمای تعادل T که تقریب خوبی برای دمای اولیه T_s است تضمین شود. به منظور بحث در این‌باره فرض کنید T در حدود C °۰/۵ با T_s اختلاف داشته باشد. در حالتی که T_s برابر با C ° ۸۰ و دماسنج در دمای معمولی و تمام طولِ دماسنج با نمونه در تماس باشد $\frac{L}{L_0}=1$ می‌شود. اگر معادلهٔ (۲) را حل کنیم $M_sc_s = ۶۸۴$ کالری بر درجه سلسیوس د به دست می‌آید. اگر نمونه آب باشد به ۶۸۴ گرم آب و هنگامی که فلز مس ($C_S = ۰/۹۲ \frac{Cal}{gr.c}$) به عنوان نمونه انتخاب شود به بیش از 5kg از آن نیازمندیم. در حالتی که نمونه یخ و دمای اولیه آن C °۱۰- باشد ۷۹۲ گرم یخ لازم است تا دمای تعادل به C °۹/۵- برسد. این واقعیت که ظرفیت گرمای ویژهٔ یخ نصف ظرفیت گرمای ویژهٔ آب است موجب افزایش مقدار یخ مورد نیاز می‌شود.

در واقع، ما به ندرت تمام طول دماسنج را در تماس با نمونه قرار می‌دهیم. بنابراین جرم نمونه‌هایی که در بالا با استفاده از رابطهٔ (۲) به دست آوردیم هنگامی که یک سوم از طول دماسنج در تماس با نمونه باشد تنها به یک سوم از مقادیر نمونه نیازمندیم یعنی ۲۲۸ گرم آب، ۱٫۶ کیلوگرم مس و ۲۶۴ گرم یخ. این موارد اهمیت مقدار اندازهٔ تماس دماسنج با نمونه را نشان می‌دهد و این موضوع حاکی از روش تجربی مهمی است که کمتر دانش‌آموزان هنگام انجام دادن آزمایش‌های گرماسنجی به آن توجه می‌کنند. بنابراین، هنگامی که دماسنج برای تعیین دمای نمونه به کار برده می‌شود، هرچه بخش کمتری از دماسنج در تماس با نمونه باشد مقدار ۷ کوچک‌تر و در نتیجه دمای تعادل به دمای اولیه نزدیک‌تر است.

* So You Thought a Glass Thermometer Measured Temperature

مرجع:

The Physics Teacher Vol.40. February 2002,p.74-76

مرزگان مطلوب

استفاده از اینترنت در آموزش فیزیک

همگان با اثراتی که این وسیلهٔ ارتباطی، یعنی اینترنت در عصر ما به وجود آورده است، آشنا هستند و آنچه که در این جا عنوان می‌شود، آموزش اینترنت نیست، بلکه صرفاً کاربردهایی است که اینترنت می‌تواند در ارتقای دانش معلمان فیزیک و به‌کارگیری روش‌های نوین تدریس داشته باشد. پس از آشنایی با نمونه‌ای از هریک از کاربردها، قادر خواهید بود تا موارد بی‌شماری را که در این زمینه وجود دارد، خود بیابید و مورد استفاده قرار دهید:

در آغاز مواجه هستیم، با این که:

۱. چگونه یاد بگیریم که از اینترنت استفاده کنیم؟

۲. چگونه از این تسهیلات بهره‌مند گردیم؟

کار با اینترنت بسیار ساده و به اصطلاح رفتار آن، دوستانه است. شما با تایپ آدرس‌های مربوطه در پنجرهٔ آدرس می‌توانید به سایت مورد نظر خود دست یابید. بسیاری از آدرس‌های مفید در ادامهٔ این بحث آورده شده است. برای جست‌وجوی موارد دیگری که در دسترس نیستند، می‌توانید از ماشین «جست‌وجو» استفاده کنید. چند جستجوگر که بیش‌ترین استفاده را دارند، عبارتند از:

www.google.com

www.Yahoo.com

www.altavista.com

www.mamma.com

* این روشی است که گروه فیزیک در طراحی درس‌های دانشگاهی از جمله: درس سه واحدی آموزش فیزیک، کاربرد فیزیک در زندگی و کاربردهای خاص رایانه در فیزیک استفاده کرده است که روش‌های نوین آموزشی را معرفی می‌کند.

* آنچه اهمیت خاص دارد، این است که در اینترنت گم نشویم. در برخورد اول با اینترنت با انبوهی از اطلاعات مواجه می‌شویم که ممکن است ما را فراری و خسته کند. ولی اگر ما هدف خود را در نظر داشته باشیم، از وقت خود بیش‌ترین استفاده را خواهیم کرد.

هدف‌ها:

هدف‌هایی که باید در جست‌وجوهای خود دنبال کنید، شامل موارد زیر هستند:

۱. مرتبط ساختن فیزیک و زندگی روزمره

۲. گسترش منابع

۳. آشنایی با محصولات روز

۴. آشنایی با روش‌های نوین آموزشی که تأثیر به‌سزایی در اداره، مدیریت کلاس و تدریس خواهند داشت.

۵. آشنایی با فناوری جدید آموزشی

۶. اخبار

۷. بورس‌ها و شرکت در مسابقات بین‌المللی

۸. هدف نهایی آموزش از راه دور

* حال برای رسیدن به این هدف‌ها، از چه راه‌هایی می‌توانیم استفاده کنیم؟

قبل از هر چیز لازم است تا به معرفی «CBL» و «MBL» بپردازیم و تفاوت آن‌را با «Simulation lab» مشخص کنیم:

(MBL) با بهره‌گیری از:

.inter faces, electronic sensors, micro computers

در این روش کاربر از طریق «interface» و حسگرها به رایانه وصل می‌شود. دانشجویان یا کاربران می‌توانند، نتیجهٔ پیش‌بینی‌های خود را با نتیجهٔ رایانه مقایسه کنند و برداشت‌های خود را با واقعیت‌های فیزیک تطبیق دهند. در فناوری «MBL» آزمایشگاه حقیقی است و آزمایش در واقع انجام می‌شود. برای اطلاعات بیش‌تر در مورد MBL به سایت «Vernier» به آدرس زیر مراجعه کنید:

*** http://www.vernier.com/cmat/pwc.html**

*** Real time physics**

*** calculator Based labratories**

CBL[3]

در این فناوری نیز، انواع حسگرهای شدت جریان، شدت نور و صوت، کاوه‌های اندازه‌گیری دما، آشکارسازهای حرکتی فراصوتی، PH سنج‌ها و کاوه‌های نیرو و غیره، اطلاعات را توسط «interface» مربوطه به رایانه منتقل می‌کنند. پس از جمع‌آوری داده‌ها، پردازش اطلاعات، محاسبات ریاضی و رسم نمودارها و محاسبات آماری انجام می‌شود.

در واقع، در آزمایشگاه MBL و CBL کاربر می‌تواند هرچه بیش‌تر تصورات خود را به واقعیت نزدیک کند. MBL و CBL فناوری جدید در خودآموزی آزمایشگاه فیزیک هستند.

تا این‌جا ما با یک آزمایشگاه حقیقی (MBL) سروکار داشتیم که ما را به کمک interface به رایانه متصل می‌کرد. ولی آزمایشگاه دیگری نیز وجود دارد که آزمایشگاه مجازی است.

آزمایشگاه شبیه سازی

در این نوع آزمایشگاه، شما وارد محیطی مجازی می‌شوید و پس از انتخاب تعدادی از پارامترها، نتیجه را مشاهده می‌کنید. مثلاً:

● با ایجاد آرایش دلخواهی از آینه‌ها و عدسی‌ها تصویر نهایی را می‌بینید.

● با تغییر سرعت یا زاویهٔ پرتابه، مسیر پرتابه را مشاهده می‌کنید.

● با آرایش بارهای الکتریکی در فضا خطوط میدان را مشاهده می‌کنید.

● اثر مجموعه‌ای از نیروها را بر یک جسم می‌بینید.

CDهای بسیاری در این زمینه موجود هستند از جمله:

*** interactive physics**

*** PEARLS**

*** PHYSICS ACADEMIC SOFTWARE (PAS)**

*** PHYSICS 2000 Applets http:// www.colorado.edu/physics/ 2000/applets**

*** The virtual labratory http:// physics web.org/ TipTop/VLAB**

*** http://www.vernier. com/cmat/wp.html**

عرضه کنندهٔ CDهای آموزشی در فیزیک

هدف مرتبط ساختن فیزیک و زندگی روزمره

از دیگر هدف‌ها، به‌کارگیری فیزیک در زندگی روزمره و گسترش مهارت‌هاست. برای این کار پیشنهاد می‌شود با مراجعه به سایت:

How things work Bloom feild

وسیله‌ای را تعریف کنید و از دانش‌آموزان بخواهید، دربارهٔ طرز کار آن تحقیق کنند. برای تعریف طرح‌های کلاسی به سایت‌های زیر مراجعه کنید:

*** American Institute of Physics**

*** American Association of Physics Teachers**

*** http:// www. prisms.uni.edu**

*** patterns in nature**

گسترش منابع و آشنایی با محصولات روز

برای آشنایی با این موارد آدرس‌های مراکز زیر را جست‌وجو کنید:

*** aapt**

*** vernier**

*** aip**

*** Data Studio Pasco**

در سایت زیر می‌توانید، هر سؤال فیزیکی را از متخصص مورد نظر بپرسید و جواب بگیرید:

http://www. Physlink.com

آشنایی با روش‌های نوین:

یکی از روش‌های نوین، ارزش‌یابی کلاس به کمک اینترنت است.

سایت‌هایی برای این کار طراحی شده‌اند که با عضویت در آن‌ها می‌توانید، امتحانات خود را به انجام رسانید. با این روش می‌توانید، به طور مرتب و سریع دانش‌آموزان را مورد ارزیابی قرار دهید و نمرهٔ آن‌ها را به طور خودکار دریافت کنید که در پروندهٔ شما ثبت خواهد شد. برای مثال، یکی از این سایت‌ها چنین است:

web assign

http:// web assign.net/info/

با کلمهٔ عبور[4] «demo» به سایت فوق وارد شوید. با هر رایانه که به اینترنت وصل باشد، می‌توان به webassign وصل شد. webassign با ناشران مشهوری مثل «Mc Graw Hill» و «Adisson Wesley» قرار داد همکاری دارد و از منابع آنان استفاده می‌کند.

آزمون درک مفهومی فیزیک

آزمون «TCUP»[5] شامل تست‌هایی در الکتریسیته، مغناطیس، الکترونیک، مکانیک خطی و دورانی، موج و اپتیک است.

http:// www.swin. edu.au/bsee/mazzo/tcup/

به منظور دست‌یابی به اطلاعات لازم برای حضور در مسابقات بین‌المللی و ارتباط با انجمن معلمان، کلمات کلیدی زیر را جست‌وجو کنید:

* **aapt**
* **NSTA**
* **Physiclink**
* **Awards both for teachers and young adults**
* **Teacher association**
* **Physics Teachers discussion groups**

اخبار فیزیک:

برای کسب خبر در فیزیک، کلمات کلیدی زیر را جست‌وجو کنید:

* **aapt**
* **aip**
* **Physics Teacher**
* **Physics Link**
* **Physics Today**
* **Physics Link ask experts**

آموزش از راه دور و شبکهٔ مدرسه

آموزش از راه دور با استفاده از شبکهٔ مدرسه، یعنی فراهم آوردن این امکان که مدارس با یکدیگر در ارتباط باشند، از کتابخانه‌های یکدیگر استفاده کنند و به آزمایشگاه‌های مشترک دسترسی داشته باشند. این مقصود با بهره‌گیری از فناوری «MBL» حاصل می‌شود.

زیرنویس:

1. Search engine
2. Micro computer Bassed Labratories
3. Calculator Based

پژوهش‌های دانش‌آموزی

ابوالفضل قیامی

«تجربه‌های آموزشی» نوشته‌هایی هستند که دبیران گرامی برای اطلاع دیگر همکاران در اختیار «رشد آموزش فیزیک» قرار داده‌اند. امیدواریم با کوشش دبیران علاقه‌مند و مشتاق، مجموعه‌ای گرانقدر برای فرهنگ آموزش علوم در ایران فراهم آوریم.

«پژوهش‌های دانش‌آموزی» گزیده‌ای از متن مقالهٔ ارائه شده آقای ابوالفضل قیامی، دبیر علاقه‌مند و کوشای فیزیک، در کنفرانس «دانش‌آموزی فیزیک استان قم» است.

* * *

«... مشارکت دانش‌آموز در فرایند یادگیری، یک نیاز است. بیایید، گاه ما پرسشگر باشیم و دانش‌آموزان پاسخگو و گاهی نیز او پرسشگر باشد و ما پاسخگو. با یکدیگر بر سر یک میز آزمایشگاهی حاضر شویم و او را به همکاری دعوت کنیم. گاه از او بخواهیم بخشی از یک بحث را تدریس کند و ما نیز همانند یک دانش‌آموز، درسش را گوش دهیم... از او طرح و نظر بخواهیم و فقط در صورت ضرورت، ارائهٔ طریق کنیم...»

نمونه‌هایی از پژوهش‌های دانش‌آموزی که در سال‌های اخیر در مرکز آموزشی استعدادهای درخشان و دبیرستان شاهد «صاحب‌الزمان» (عج) قم ارائه شده است، عبارتند از:

- ساخت وسیلهٔ کمک‌آموزشی برای نمایش حرکت بار الکتریکی در میدان مغناطیسی،
- جمع‌آوری فهرست کتاب‌های فیزیک موجود در کتابخانه‌های شهر و موضوع‌بندی آن،
- تعیین یک فهرست موضوعی برای کلیهٔ مقالات رشد فیزیک (۵۰ شماره)،
- ارائهٔ روش جدید برای یک آزمایش، نظیر آن‌چه در اغلب همایش‌های دانش‌آموزی ارائه می‌شود.
- در پژوهش‌های کتابخانه‌ای، عمدتاً هدف جمع‌آوری اطلاعات از منابع گوناگون، پیرامون یک موضوع درسی است و در سطحی فراتر از کتاب‌های درسی ارائه می‌شود.

این گونه پژوهش‌ها عمدتاً با انگیزهٔ آموزشی دنبال می‌شوند. هدف از این اقدام، ارتقای سطح علمی دانش‌آموزان است.

نتایج حاصل از پژوهش‌های دانش‌آموزی

۱. مشارکت دانش‌آموز در فرایند یادگیری

آنچه که امروز در کتاب‌های دورهٔ ابتدایی و راهنمایی (علوم تجربی) و کتاب فیزیک ۱ و ۲ دبیرستان، به‌عنوان شیوهٔ نوین آموزش عنوان می‌شود، شامل فعالیت‌هایی است که ضمن درس، به عهدهٔ دانش‌آموز گذاشته می‌شود و هریک به نوبهٔ خود نوعی پژوهش دانش‌آموزی هستند.

۲. بروز استعدادهای نهفته و کشف آن توسط دیگران (معلم، پدر و مادر)

ایجاد زمینه برای اظهارنظر و طرح نظرات دانش‌آموزان، به خلق مفاهیم از طریق فعالیت‌های علمی منجر خواهد شد. شناخت توانایی‌های هر فرد برای خودش و دیگران، گام اول در موفقیت‌های علمی است.

۳. تقویت روحیه خودباوری، اتکا به خود

اعتماد به نفس و اطمینان به ثمربخش بودن تلاش‌های علمی، نقش مهمی در رشد انسان دارد. احساس تعلق و باور به این که من هم می‌توانم در این مجموعه بازیگر باشم، گام نخست موفقیت است.

٤. تقویت روحیهٔ جست و جوگری، پرسشگری و پاسخگویی به سؤالات

بی‌تفاوت نبودن نسبت به پدیده‌های محیط زندگی، گذاشتن کلمهٔ «چرا؟» در مقابل هر پدیدهٔ نوظهور و جست‌وجو برای رسیدن به جواب. مثلاً، یک مشاهدهٔ ساده از انحراف عقربهٔ مغناطیسی کنار سیم حامل جریان برق، برای اورستد یک «چرا؟» ایجاد کرد و جست‌وجوی جواب توسط او، زمینهٔ ظهور بخش اعظمی از دانش فیزیک را تحت عنوان «الکترومغناطیس و کشف رابطهٔ بین خاصیت الکتریکی و مغناطیسی» فراهم آورد. (برای رسیدن به جواب، اول ایجاد سؤال لازم است.)

٥. جهت‌گیری دانش‌آموز به سمت مطالعهٔ کتاب‌های غیردرسی (محدود نکردن خویش به اطلاعات کلاسی)

آنچه را که انسان خود با جست‌وجو به دست می‌آورد، در ذهنش بهتر و بیش‌تر باقی می‌ماند تا مجموعه‌ای از محفوظات از کلاس و معلم به وی منتقل شود.

٦. ارضای حس مطرح کردن خویش در جمع و جامعه

این حس باید به نحو احسن و به صورت زیبا بروز کند تا آفت‌زدایی شود.

آنچه را که جوان در میدان قهرمانی ورزش بروز می‌دهد، یک حس «خودنمایی مطلوب» است و آنچه را که جوان ماجراجو از مزاحمت‌های خود برای دیگران ظاهر می‌کند، «خودنمایی نامطلوب» است. پیگیری پژوهشی و ارائهٔ آن در یک جمع علمی دانش‌آموزی، به صورت مطلوب این حس فطری را ارضا می‌کند.

۷. تقویت روحیهٔ جمعی در فعالیت‌های گروهی

مشارکت‌جویی و تقویت حس همکاری در گروه، از ضروریات کار علمی در جهان امروز است. طرح نظرات در جمع و گاه مجبور شدن به قبول نظرات دیگران در پیشرفت کار، حس جمعی زیستن را تقویت می‌کند.

۸. زمینه‌سازی برای حضوری فعال در فردایی بهتر و ایفای نقش برتر در زمینه‌های تحصیلی و اجتماعی

پروژه‌های دانشجویی و پایان‌نامه‌ها، امروزه غالباً نقش کاربردی یافته‌اند و ارتباط پروژه‌های دانشجویی با صنعت، روز به روز تقویت می‌شود. تمرین امروز در زمینهٔ پژوهش‌های دانش‌آموزی، قطعاً نقش مؤثری در بارور کردن پروژه‌های دانشجویی دارد.

۹. تقویت جسارت حضور در جمع

طرح نظرات خویش در جمع دبیران و دانش‌آموزان که غالباً روحیهٔ انتقاد نیز دارند، جرأت می‌خواهد. طرح نظرات در جمع باعث می‌شود که فرد بهتر و بیش‌تر به آنچه که می‌خواهد طرح کند، بیندیشد و نظرات و پژوهش‌های خویش را از پشتوانهٔ علمی و منطقی بالاتری بهره‌مند سازد.

۱۰. ترغیب دانش‌آموزان برای حضور در مجامع علمی عالی‌تر نظیر:

کنفرانس‌های دانش‌آموزی در سطح کشور، المپیادها، جشنواره‌های بین‌المللی و جشنوارهٔ خوارزمی. حضور در این مجامع، ضمن کسب افتخار و روحیهٔ عالی برای ادامهٔ فعالیت‌های علمی، سبب تبادل تجربیات و کسب اطلاع از اندوخته‌های دیگران می‌شود. استفاده از اندیشهٔ دیگران و یا بهتر بگوییم، شریک شدن در سرمایهٔ فکری دیگران، از طریق حضور در مجامع علمی میسر است.

۱۱. ایجاد قابلیت و توانایی برای رویارویی با مشکلات جدید

مقصود از مشکلات جدید مشکلاتی هستند که در آینده بروز می‌کنند؛ مشکلاتی که امروز وجود ندارند تا راه‌حل مطابق با آنان را آموزش دهیم؛ مشکلاتی که راه‌حل‌های جدید می‌طلبند و هرکس باید خود در مواجهه با آنان راه‌حلی مناسب بیابد. در این جا باید توجه داشته باشیم، ایجاد توانایی برای حل مسأله اهمیت دارد، نه یادگیری راه‌حل مسأله!

نمونهٔ یک «پژوهش دانش‌آموزی»

طرح سؤال: وقتی لامپ مهتابی منزل شما روشن نمی‌شود و یا با چشمک زدن‌های متعدد شما را آزار می‌دهد، از خود سؤال می‌کنید، چرا؟

این یک پرسش است و موضوع تحقیق «لامپ مهتابی.»

پس از انتخاب موضوع، به جمع‌آوری اطلاعات می‌پردازید:

- طرز کار لامپ مهتابی چیست؟
- مدار الکتریکی آن چگونه است؟ (نقشهٔ مدار)
- یک مهتابی را بردارید و اجزای آن و نحوهٔ اتصالات را بررسی کنید. (ترانس، استارت، لامپ)
- عبور جریان الکتریکی از درون گازهای موجود در لامپ چگونه است؟ جنس این گاز چیست؟
- چرا رنگ دیوارهٔ مهتابی سفید است؟ جنس دیواره از چیست؟
- نقش مواد دیواره در تبدیل اشعهٔ فرابنفش به نور مرئی چیست؟ (موضوع مطرح شده در کتاب فیزیک ۳)
- ترانس مهتابی چیست؟ یک ترانسفورماتور است یا یک بوبین (سیملوله)؟
- آیا مهتابی با برق مستقیم هم روشن می‌شود؟
- هستهٔ آهنی درون سیم‌پیچ یا سیملوله چه نقشی دارد؟ چرا آن را ورق‌ورق ساخته‌اند؟
- چرا ترانس بعضی مهتابی‌ها صدا می‌کند؟ برای رفع آن چه باید کرد؟
- استارت چیست؟ خازن کدام است؟ لامپ درون استارت چه نقشی را دارد؟
- چرا این لامپ سیاه می‌شود و استارت با تأخیر روشن می‌شود؟
- چرا پس از روشن شدن، اگر استارت را باز کنیم، مهتابی روشن می‌ماند؟
- چرا همهٔ لامپ‌ها یک فیلامان دارند، ولی مهتابی دو عدد دارد؟ (سیم متصل به شاخک‌ها)
- چرا دیوارهٔ مهتابی در مجاورت این فیلامان سیاه می‌شود؟
- علت مصرف کم مهتابی با داشتن نور بیش‌تر، نسبت به لامپ‌های معمولی چیست؟
- چرا دیوارهٔ لامپ‌های معمولی بیش‌تر از دیوارهٔ مهتابی گرم می‌شود؟
- توان مهتابی را چگونه می‌توان اندازه‌گیری کرد؟ آیا اندازهٔ تجربی با آنچه ثبت شده، یکی است؟
- آیا با ولت‌سنج و آمپرسنج در مدار مهتابی می‌توان، توان را اندازه گرفت؟
- مقاومت مهتابی چگونه قابل اندازه‌گیری است؟

پس از جمع‌آوری پاسخ برای تمامی این پرسش‌ها، به دسته‌بندی پاسخ‌ها بپردازید و در صورت ضرورت، با کارشناسان برق نیز صحبت کنید. درنهایت، «پژوهش‌نامه» را مطابق اصول مربوطه تنظیم و تحویل دهید.

ذکر چند نمونه از موضوعات جالب برای پژوهش‌های دانش‌آموزی

- مقاومت درونی تعدادی باتری ۱/۵ ولتی را اندازه بگیرید (با مارک‌های متفاوت).
- تفاوت باتری‌های مرغوب و نامرغوب در چیست؟
- تفاوت باتری‌های بزرگ، متوسط و کوچک در چیست؟
- مقاومت درونی یک منبع تغذیهٔ آزمایشگاهی را اندازه بگیرید و راهکارهای کاهش مقاومت درونی را بررسی کنید.
- اساس کار «واندوگراف» آزمایشگاهی را بررسی کنید:
- بررسی ساختمان، نوع بار در کلاهک، قرقره‌ها و در تسمه چرخنده.
- ضریب ثابت چند فنر را اندازه بگیرید و «قانون هوک» را تحقیق کنید:
- با ترکیب فنرها به صورت سری و موازی، ضریب ثابت مجموعه را به روش عملی محاسبه و نتیجه را با محاسبات ریاضی مقایسه کنید.
- با مراجعه به مرکز هواشناسی شهر، اطلاعاتی درخصوص پیش‌بینی هوا جمع‌آوری کنید:
- رابطهٔ بارندگی با فشار و دمای محیط را بررسی و تحقیق کنید.
- کارشناسان هواشناسی می‌گویند: «خطر آلودگی هوا در زمستان بیش‌تر از تابستان است.» علت را بررسی کنید. در همین رابطه «پدیدهٔ وارونگی» را پیگیری کنید.
- اساس کار نوارهای ضبط صوت، کاست‌های ویدئویی، دیسکت‌های فلاپی و (CD) چیست؟
- جرم ماده چیست؟ (ماهیت، نحوهٔ اندازه‌گیری، رابطهٔ آن با وزن و اینرسی چگونه است؟)

جایزهٔ نوبل فیزیک در سال ۲۰۰۲ تقدیم شد

مترجم: روح‌اله خلیلی بروجنی
rkhalili@physicist.net

آکادمی سلطنتی علوم سوئد جایزهٔ نوبل فیزیک سال ۲۰۰۲ را به **ریموند دیویس** از گروه فیزیک و اخترشناسی دانشگاه پنسیلوانیای آمریکا و **ماساتوشی کوشیبا** از مرکز بین‌المللی فیزیک ذرات بنیادی دانشگاه توکیوی ژاپن «برای فعالیت‌های پیشگامانه آنان در اختر فیزیک و به‌ویژه تشخیص نوترینوهای کیهانی» و **ریکاردو جیاکونی** از اتحادیه دانشگاه‌های واشنگتن دی‌سی از آمریکا «برای فعالیت‌های پیشگامانه در اختر فیزیک، که به کشف چشمهٔ پرتوهای x کیهانی انجامیده است» اهدا کرد.

آکادمی سلطنتی علوم سوئد در بیانیهٔ خود نوشته است: «**برندگان نوبل سال جاری در رشته فیزیک با استفاده از این کوچکترین اجزای جهان [نوترینوها]، درک ما را از بزرگ‌ترین اجزای آن یعنی خورشید، ستارگان، کهکشان‌ها و ابرنواخترها ارتقاء بخشیده‌اند.**»

لازم به ذکر است که از مبلغ یک میلیون دلاری این جایزه، نصف آن مشترکاً به ریموند دیویس و ماساتوشی کوشیبا و نصف دیگر آن به ریکاردو جیاکونی اهدا شد.

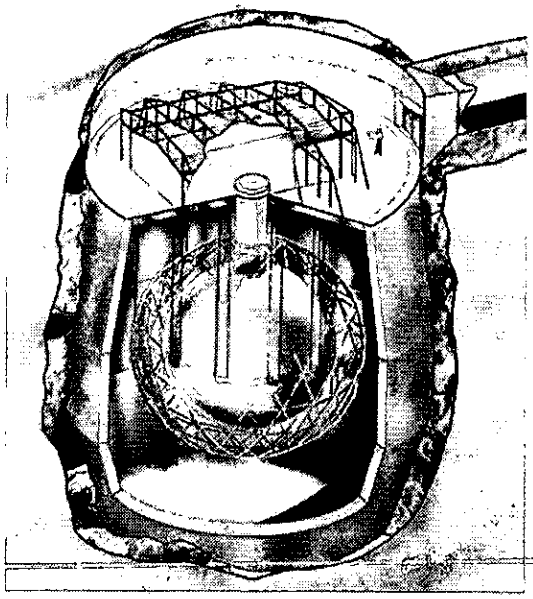
کشف نوترینو

احتمال وجود ذره‌ای به نام نوترینو را نخستین بار ولفاگانگ پائولی (برنده جایزهٔ نوبل ۱۹۵۴) در اوایل دههٔ ۱۹۳۰ پیش‌بینی کرد، اما ۲۵ سال طول کشید تا فردریک رینس (برندهٔ جایزهٔ نوبل ۱۹۹۵) وجود این ذرات را اثبات کند. دلیل اصلی این تاخیر بین پیشگویی نظری و تائید عملی آن، به این مسئله برمی‌گردد که نوترینو ذره‌ای بدون بار الکتریکی و دارای جرمی بسیار ناچیز است که می‌تواند بدون به جا گذاشتن هیچ گونه ردی از خود، از درون میلیون‌ها کیلومتر ماده عبور کند. این ذره طی واکنش‌های همجوشی هسته‌ای که در ستارگان و از جمله خورشید روی می‌دهد در حین تبدیل اتم‌های هیدروژن به هلیم، به وجود می‌آید. در هر لحظه تعداد بسیار زیادی از ذرات نوترینو که از خورشید و سایر ستارگان سرچشمه می‌گیرند با ما برخورد می‌کنند اما هیچ‌کدام از ما نمی‌توانیم حضور و وجود آنها را احساس کنیم.

آشکارساز جدید نوترینو

ریموند دیویس آشکارساز کاملاً جدیدی ابداع کرده است که دارای مخزن بسیار بزرگی است که داخل آن حدود ۶۰۰ تن از مایع مخصوصی پر شده است (شکل صفحهٔ بعد).

طی یک دورهٔ ۳۰ روزه وی موفق شد ۲۰۰۰ ذره نوترینو را که از خورشید سرچشمه گرفته بودند را آشکار سازد و بدین ترتیب اثبات کرد که چشمهٔ اصلی انرژی خورشیدی از همجوشی هسته‌ای تامین می‌شود. با استفاده از آشکارساز غول‌پیکر دیگری که **کامیوکاندە** نامیده می‌شود، ماساتوشی کوشیبا توانست ضمن تکرار این آزمایش، بر درستی نتایج دیویس صحه گذارد. در سال ۱۹۸۷ نیز او توانسته بود نوترینوهایی را که از انفجار ابرنواخترهای دوردست سرچشمه می‌گیرند را آشکار کند. شاید جالب باشد بدانید که آشکارساز آنان از بین 10^{16}



آشکارساز جدید نوترینو که داخل یک معدن متروک قرار دارد.

نوترینوی دریافتی، تنها ۱۲ عدد آن را آشکار ساخته است.

اکنون این شیوه‌ها باعث پیدایش زمینهٔ بسیار گسترده و تازه‌ای از تحقیقات به نام **نوترینو ـ اخترشناسی** شده است.

تلسکوپ پرتوهای X

خورشید و سایر ستارگان، امواج الکترومغناطیسی را با طیف وسیعی از طول موج‌ها از خود گسیل می‌کنند، به طوری که امواج الکترومغناطیسی با طول موج کوتاه، یعنی پرتو x، نیز در این طیف وجود دارد. از آنجایی که جو زمین پرتوهای x را از خود عبور نمی‌دهد و به عنوان یک بازتابندهٔ این پرتوها عمل می‌کند، برای تحقیق و بررسی ماهیت این پرتوها لازم است که تجهیزات مربوطه در خارج جو زمین قرار بگیرند.

ریکاردو جیاکونی توانست برای اولین بار تجهیزات لازم برای انجام این کار را بسازد. وی موفق شد با قرار دادن ابزار و تجهیزاتی در فضا برای نخستین بار چشمه‌ای از پرتوهای x را در خارج از منظومهٔ شمسی ردیابی کند. در عین حال وی چشمهٔ پرتوی ایکسی را شناسایی کرد که به نظر اغلب اخترشناسان، همان سیاهچاله‌ها هستند.

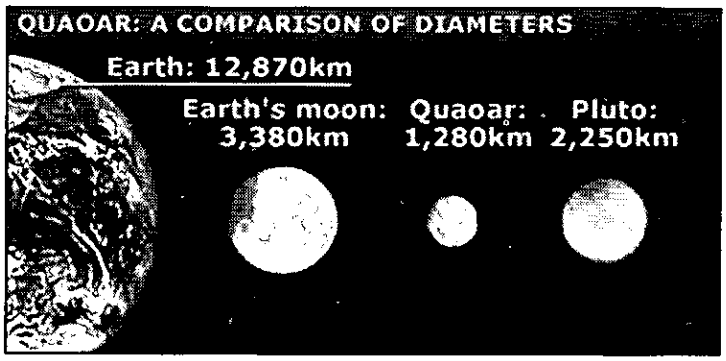
جیاکونی با راه‌اندازی اولین تلسکوپ پرتوهای x، تصاویر بسیار جدید و واضحی از کیهان تهیه کرده است. فعالیت‌های وی باعث ایجاد رشتهٔ جدیدی در فیزیک به نام **اخترشناسی پرتوهای x** شده است.

تولید انبوه پادماده در آزمایشگاه

دانشمندان می‌گویند موفق به تولید انبوه «پاد ماده» (antimatter) در آزمایشگاه شده‌اند. این گام مهمی است که به مطالعهٔ دقیق خواص پادماده و حل یکی از بزرگ‌ترین معماهای جهان کمک خواهد کرد.

پادهیدروژن (antihydrogen) در گذشته به تعداد کم و در نوبت‌های مختلف آزمایشگاهی تولید شده بود. اکنون دانشمندان می‌گویند با استفاده از دستگاه شتاب‌دهندهٔ ذرات در مرکز سرن در شهر ژنوسوییس بیش از ۵۰ هزار اتم پادهیدروژن تولید کرده‌اند.

منظومهٔ شمسی فراسوی پلوتون



اخترشناسان جرم آسمانی سیاره مانندی را کشف کرده‌اند که در مداری یک و نیم میلیارد کیلومتر دورتر از پلوتون حول خورشید می‌گردد. پلوتون نهمین و دورترین سیاره در منظومه شمسی است و پنج ساعت نوری از خورشید فاصله دارد.

این جرم سماوی که کوائور (Quaoar) نام‌گذاری شده است تقریباً ۱۲۸۰km قطر دارد و پس از پلوتون که ۷۲ سال قبل کشف شد، بزرگ‌ترین کشف در منظومه شمسی است. کوائور

که قطر آن تقریباً یک دهم قطر زمین است هر ۲۸۸ سال یک بار به دور خورشید می گردد. حجم این جرم سماوی نصف پلوتون است اما ظاهراً بزرگتر از چارون، قمر نهم این سیاره است.

مایکل براون از مؤسسه فنی کالیفرنیا در پاسادنا معتقد است که حجم کوائور به اندازهٔ مجموع حجم کلیه سیارک های منظومه شمسی است. این جرم سماوی را در ۱۴ خرداد ماه سال جاری مایکل براون و همکارش چدویک تروخیلو کشف کردند و طی این چندماه سرگرم تحلیل داده‌های خود هستند. این کشف با استفاده از تلسکوپی در رصدخانهٔ پالومار در کالیفرنیا انجام گرفت و سپس به کمک تلسکوپ فضایی هابل پیگیری شد.

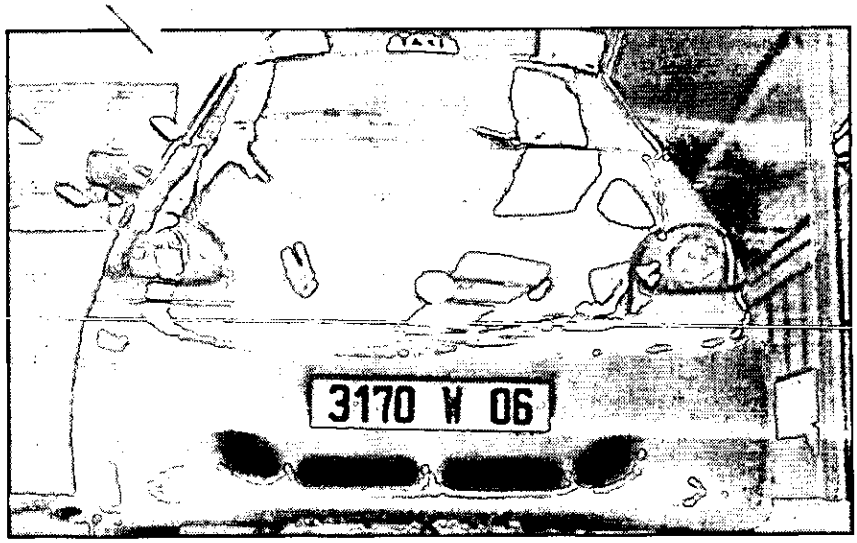
کوائور اسطوره خلقت سرخ پوست های قبیله **تنگوا** است که پیش از ورود اسپانیایی ها و اروپایی ها در منطقه لوس انجلس زندگی می کردند. با این حال کوائور، نام رسمی جرم آسمانی تازه کشف شده نیست و اتحادیه بین المللی نجوم طی چند ماه آینده در مورد این نام رأی گیری خواهد کرد.

فشار هوایی که این اتومبیل مصرف می کند ۱۵۰ برابر فشار هوایی است که در لاستیک اتومبیل قرار دارد. نمونه های قبلی این اتومبیل بسیار پر سروصدا و دارای سرعت کم بودند، اما گفته می شود که مدل جدید بسیار کم سروصداتر است و می تواند تا ۱۱۰ کیلومتر در ساعت و تا مسافت ۲۰۰ کیلومتر را بدون سوختگیری طی کند.

این اتومبیل با دستگاهی عرضه می شود که می توان باک آن را در منزل پر کرد، البته این کار ۴ ساعت طول می کشد. همچنین این شرکت وسیله ای را اختراع کرده است که باک را در مدت ۳ دقیقه پر می کند، اما هنوز هیچ نوع جایگاه خاصی برای پر کردن باک آن برای عموم درنظر گرفته نشده است.

سیریل نگره رئیس بخش تحقیق و توسعه در شرکت MDI می گوید که پر کردن یک باک هوا حدود ۱/۵ یورو هزینه خواهد داشت.

اتومبیل هواسوز در فرانسه ساخته شد



مهندسان در فرانسه می گویند که توانسته اند آرزوی طرفداران محیط زیست و اقتصاددانها را برآورده کنند. آنها اتومبیلی ساخته اند که به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه است، هزینه سوخت آن تقریباً هیچ است و به محیط زیست آسیب نمی رساند. این اتومبیل در چهارم مهرماه سال جاری در نمایشگاه اتومبیل پاریس در معرض دید همگان گذاشته شد.

برنامه ناسا برای ساخت نسل جدید تلسکوپ فضایی

آژانس فضانوردی آمریکا، ناسا، اخیراً اعلام کرد برای ساخت نسل جدید تلسکوپ فضایی با یک شرکت مستقر در کالیفرنیا قرارداد بسته است. این تلسکوپ که قرار است در سال ۲۰۱۰ پرتاب شود، با هزینه‌ای حدود ۸۵۰ میلیون دلار توسط شرکت TRW ساخته خواهد شد.

این تلسکوپ در فاصلهٔ یک و نیم میلیون کیلومتری از زمین، در ناحیه‌ای از فضا که جاذبه زمین و خورشید یکدیگر را خنثی می کنند قرار داده خواهد شد. همچنین این تلسکوپ توسط پرده‌ای محافظتی، از نور خورشید در امان خواهد بود. حفاظت از تلسکوپ در مقابل نور خورشید باعث می شود حساسیت آن در مقابل پرتوهای فروسرخ که از اعماق کیهان می آید، افزایش یابد.

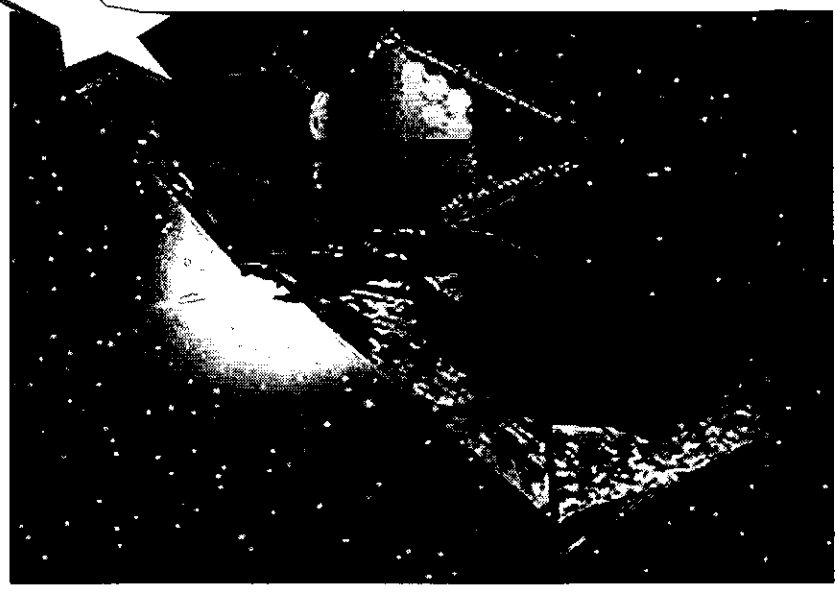
این تلسکوپ که به احترام رییس ناسا در عصر طلایی اکتشاف ماه توسط آپولو جیمز وب نام گذاری شده است دارای آینه‌ای به قطر 6m خواهد بود و قدرت آن برای جمع‌آوری نور اجرام سماوی، شش برابر تلسکوپ هابل است. قطر تلسکوپ هابل 2/4m است.

آینهٔ بزرگ و همچنین موقعیت مداری این تلسکوپ به آن امکان می‌دهد حتی اعماقی ژرف‌تر از آنچه هابل مشاهده کرده است را رؤیت کند. آینه این تلسکوپ متشکل از ۳۶ قطعه شش ضلعی خواهد بود و پیش از آنکه در مدار خود قرار گیرد جمع شده و در حجمی نسبتاً ناچیز، راهی فضا می‌شود. این آینه پس از قرار گرفتن در مدار باز خواهد شد.

این تلسکوپ به سه دستگاه مجهز خواهد بود که جملگی برای ایجاد تصاویری در طیف فروسرخ از فضا طراحی شده‌اند.

ستاره‌شناسان می‌گویند که این تجهیزات، تلکسوپ جمیز وب را قادر می‌سازد داده‌های جدیدی دربارهٔ نحوهٔ شکل گیری ستارگان و کهکشان‌ها که چند صد میلیون سال پس از انفجار بزرگ تشکیل شده‌اند، گردآوری کند. وزن این تلسکوپ نصف وزن هابل و تقریباً برابر ۴۰۰۰ کیلوگرم است. از این تلسکوپ همچنین برای مطالعه چگونگی تشکیل سیارات و جستجو برای یافتن مادهٔ تاریک کیهان که تصور می‌شود بخش عمده ماده موجود در جهان را تشکیل می‌دهد، استفاده خواهد شد.

یکی دیگر از برتری‌های تلسکوپ وب بر هابل این است که نیاز به تعمیر یا سرویس نخواهد داشت.



راه‌اندازی وبلاگ رشد فیزیک

وبلاگ رشد فیزیک با آدرس:

http://roshdephysics.persianblog.com

از تاریخ نهم مردادماه سال جاری (۱۳۸۱) راه‌اندازی شده است.

هدف‌های وبلاگ

۱ـ ارتقاً آموزش فیزیک.

۲ـ ارتقاً دیدگاه‌های منطقی.

۳ـ معرفی برخی از شیوه‌های نوین آموزش.

۴ـ ایجاد پل ارتباطی بین همه کسانی که به فیزیک و آموزش فیزیک علاقه‌مندند.

۵ـ پاسخ به پرسش‌هایی که در زمینه کتاب‌های درسی فیزیک مطرح می‌شود.

۶ـ طرح پرسش‌ها و سرگرمی‌های جالب فیزیکی.

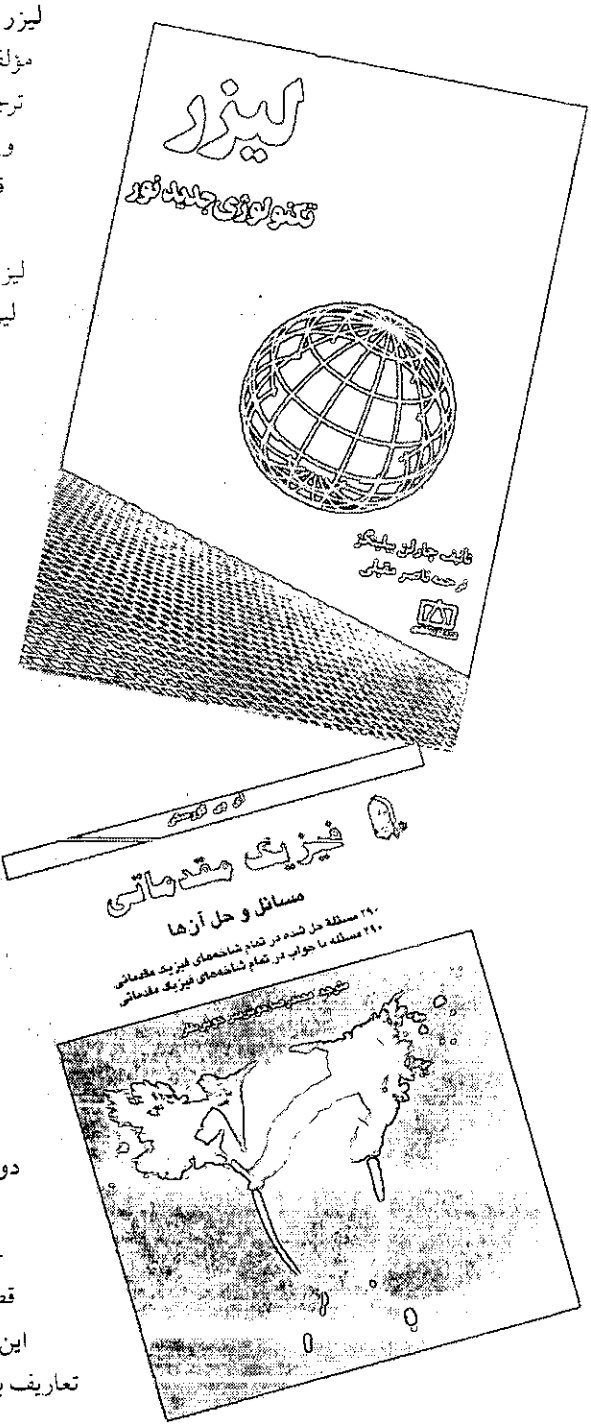
مخاطبان وبلاگ

دانش‌آموزان، معلمان فیزیک و علوم، دانشجویان فیزیک، استادان آموزش فیزیک و همهٔ کسانی که به فیزیک و آموزش فیزیک علاقه‌مندند.

در این وبلاگ قسمت‌های زیر به چشم می‌خورد که شما می‌توانید با کلیک کردن بر روی آن‌ها از اطلاعات موجود استفاده کنید: ● شبیه‌سازی (simulation).

- مقاله‌ها (paper).
- مجله‌های فیزیک (magazine).
- پاسخ به پرسش‌ها (answer).
- کتاب‌های فیزیک (books).
- المپیادهای فیزیک (olympiad).
- خبرهای جدید فیزیک (physics news).
- سرگرمی‌ها و فعالیت‌های فیزیکی (fun & activity).
- وب‌سایت‌های فیزیک (physics web).

معرفی کتاب‌ها و نشریات



لیزر ـ تکنولوژی جدید نور

مؤلف: چارلز بیلینگز

ترجمه: ناصر مقبلی

ویراستار: لطیف کاشیگر

قطع: وزیری، ۱۳۲ صفحه

در این کتاب به موضوعاتی همچون، ماهیت نور، از میزر تا لیزر، پیدایش سریع لیزرها، لیزرها جراحی را دگرگون می‌کنند، لیزر در صنعت و ایمنی لیزرها پرداخته شده است.

فیزیک مقدماتی (مسایل و حل آنها)

مؤلف: ای، پی. گروسکی

ترجمه: محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر

چاپ اول: تابستان ۱۳۷۹

قطع: وزیری

۳۱۲ صفحه

مسایل این کتاب از کتاب «فیزیک مقدماتی، مسایل و حل آنها» نوشته ایزاک گروسکی توسط ساولیف رییس دپارتمان فیزیک دانشگاه مسکو انتخاب گردیده و هدف آن آماده‌سازی دانش‌آموزان روسی برای آزمون‌های دانشگاه‌های آن کشور بوده است. جامعیت کتاب کم‌نظیر است و تمام مباحث فیزیک مقدماتی را دربرمی‌گیرد. چند مسأله نیز خارج از سرفصل‌های آموزشی ما در کتاب به چشم می‌خورد. مطالعه و حل مسایل این کتاب برای دانش‌آموزان ممتاز دبیرستان‌ها و داوطلبان شرکت در المپیاد فیزیک بسیار مفید است.

دوره‌ی آموزش فیزیک(۱)

مؤلف: دکتر نعمت‌اله گلستانیان

چاپ اول: بهار ۱۳۷۹

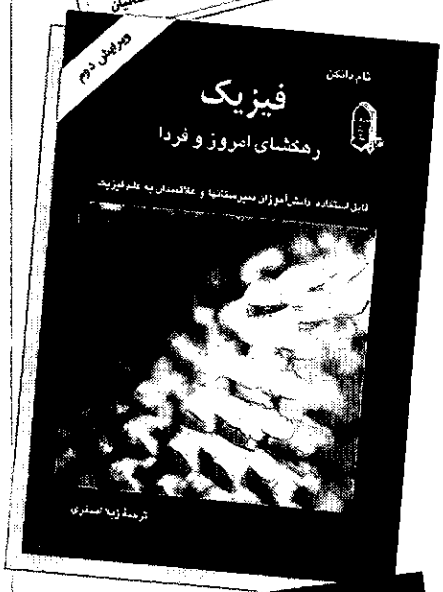
قطع: وزیری، ۵۹۲ صفحه

این کتاب به روش خودآموز تدوین گردیده و مطالب درسی و تعاریف با دقت و موشکافی در آن بیان شده است. علاوه بر مطالب

درسی، ۱۴۶ مثال متن با پاسخ تشریحی، ۱۳۷ خودآزمایی متن با پاسخ تشریحی، ۲۴۰ پرسش تشریحی، ۲۱۸ پرسش چهارگزینه‌ای، ۳۲۰ مسأله و ۴۱۵ شکل و تصویر در کتاب گنجانده شده است. کتاب برای دانش‌آموزان سال اول دبیرستان به‌طور عام و دانش‌آموزان ممتاز و داوطلبان المپیادها و همچنین داوطلبان کنکور به‌طور خاص قابل استفاده بوده و مرجع باارزشی برای دبیران محترم می‌باشد. این کتاب با همکاری انتشارات یکان چاپ شده است.

فیزیک رهگشای امروز و فردا

مؤلف: تام دانکن
مترجم: ژیلا اصغری
چاپ اول: پاییز ۱۳۷۴
قطع: وزیری
۵۲۰ صفحه



این کتاب ترجمهٔ «Physics for today and tomorrow» می‌باشد و می‌تواند مستقیماً مورد استفاده‌ی کلیه‌ی دانش‌آموزان دبیرستان‌ها و داوطلبان کنکور سراسری قرار گیرد و منبع خوبی برای رفع ابهامات آنان درباره‌ی فیزیک باشد. این کتاب سالانه ۱۰ بار در کشورهای مشترک‌المنافع تجدیدچاپ می‌شود. این مجموعه، همچنین به‌عنوان مرجعی بنیادی، علمی و عملی می‌تواند در هر خانه و کتابخانه کاربرد داشته باشد. کتاب قابل استفاده دانش‌آموزان دبیرستان‌ها و علاقمندان به علم فیزیک است.

فیزیک برای زندگی

مؤلف: پیتر وارن
ترجمه: دکتر محمود بهار
چاپ اول: زمستان ۷۹
قطع: رحلی
۳۶۰ صفحه

هدف اصلی از تألیف این کتاب، شناخت رویدادها و آشنا شدن با فیزیک از طریق بررسی اتفاق‌های روزمره‌ی زندگی است در این کتاب تا حد امکان از فرمول‌های ریاضی استفاده نشده و سعی گردیده از شکل‌های ساده و آزمایش‌های مختلف برای درک مطلب کمک گرفته شود. بعد از توضیح و تشریح هر مطلب از فیزیک تعدادی پرسش برای آزمودن آموخته‌ها طرح شده است شکل‌های طنزآمیز کتاب و نوشته‌های روی آنها برای ایجاد جاذبه بیشتر، درک بهتر و چشیدن مزه‌ی شیرین علم فیزیک مورد استفاده قرار گرفته‌اند این کتاب برای آشنایی بیشتر با مفاهیم علمی فیزیک، برای عموم و به‌ویژه دانش‌آموزان دوره‌ی راهنمایی و دبیرستان تدوین شده است.

In The Name Of God

Ministry of Education
Organization of Research &.Educational Planning
Teaching-Aids Publications Office
ISSN 1606-917X

Roshd

Physics Education Journal

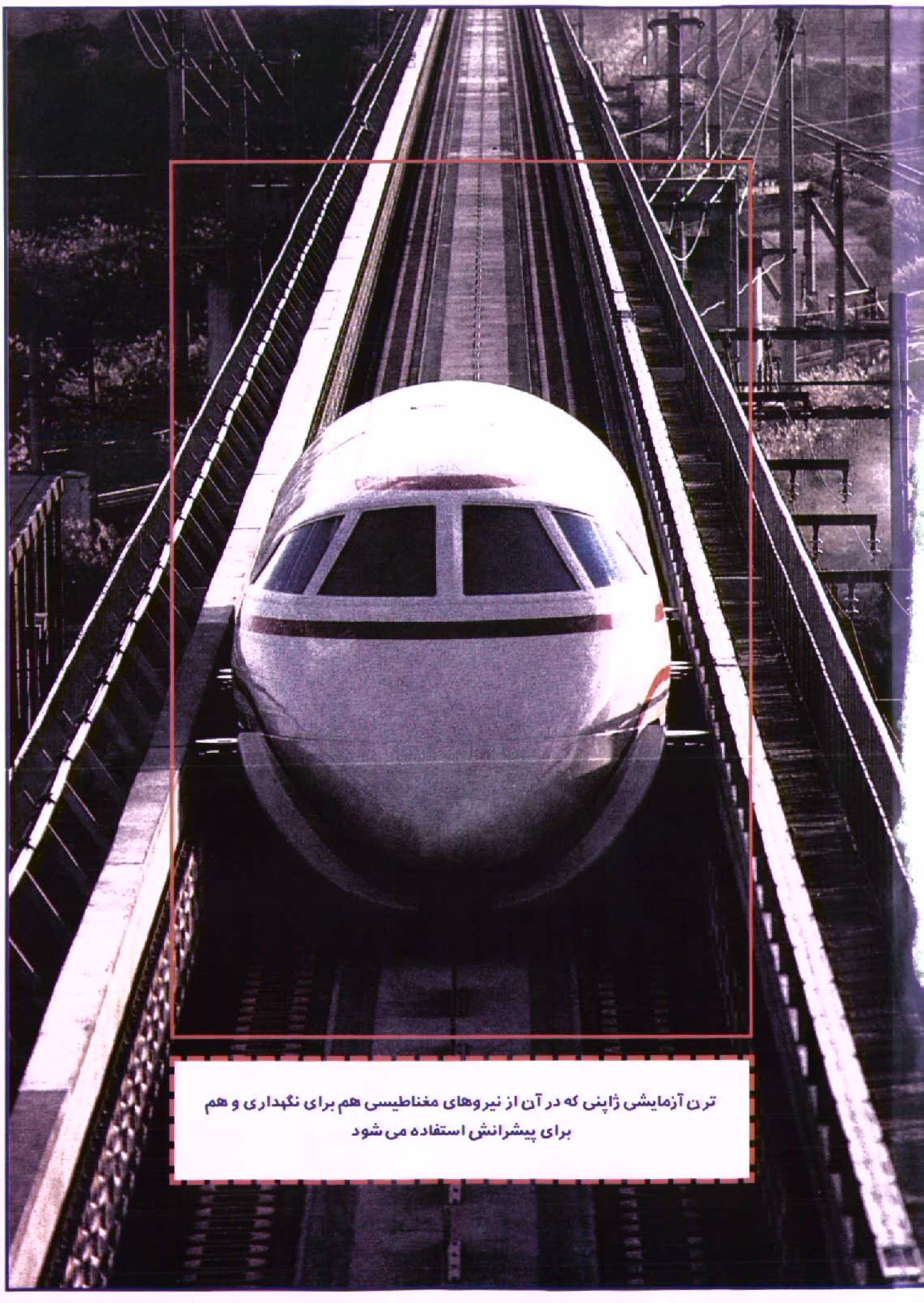
Vol.13- No.63-2002

CONTENTS:

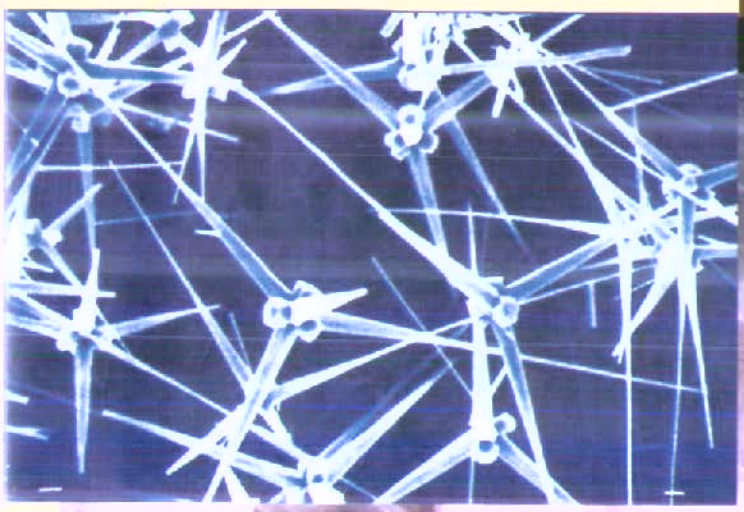
Do We Properly Use Our Resources? ○ *by M. Rahbar/* 2
New Proble ms in Halliday's Physics ○ *by D. Halliday, R. Resnick, J. walker/* 3
Mass and Variable Force: Rocket's Boost ○ *by B. Gatelin/* 7
Physics Education in Secondary School ○ *by J. Reiazi/* 14
Physics Sites ○ *by J. Reiazi/* 16
A Thousand Degrees and Freezing to Peath ○ *by D. Ahrens/* 19
Maxwell's Demon ○ *by Frederick J. keller/* 20
Astronomy and Calender ○ *by M. Rahbar/* 21
Compact Disc Players ○ *by . B. Field/* 27
Properties of Magnetism Field ○ *by S.Shokri/* 37
Space, Time and Velocity in Snell Descarts Laws ○ *by B. Ghasemi & S. Kamali/* 38
Snell's Laws in Quantom Mechanic ○ *by S. Gholami/* 42
What Do you Think? ○ *by M. Olyaee/* 47
How Does the Potential Energy of a Rising Hellium ○ *by D. Keeports/* 48
Filled Ballon Change?
So you Thought a Glass Thermometer Measured Temperature ○ *by P. Gash/* 50
Using Internet in Physics Education ○ *by* M.Matloub/52
Students Reasearchs ○ *by* A.Qhiami/55
Scientific News ○ *by* R.khalili/58
Books and Periodicals Review ○ /62

Managing Editor: Alireza Hajianzadeh
Editor - in - Chief: Manijeh Rahbar
Executive Director: Ahmad Ahmadi
Graphic Designer: Parvaneh Hadipour
Editor: Ahmad Ahmadi,
Jafar Mehrdad,Rouhollah Khalili,
Manigeh Rahbar,
Email.info@roshdmag.org

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



ترن آزمایشی ژاپنی که در آن از نیروهای مغناطیسی هم برای نگهداری و هم برای پیشرانش استفاده می شود



بلور های یخ