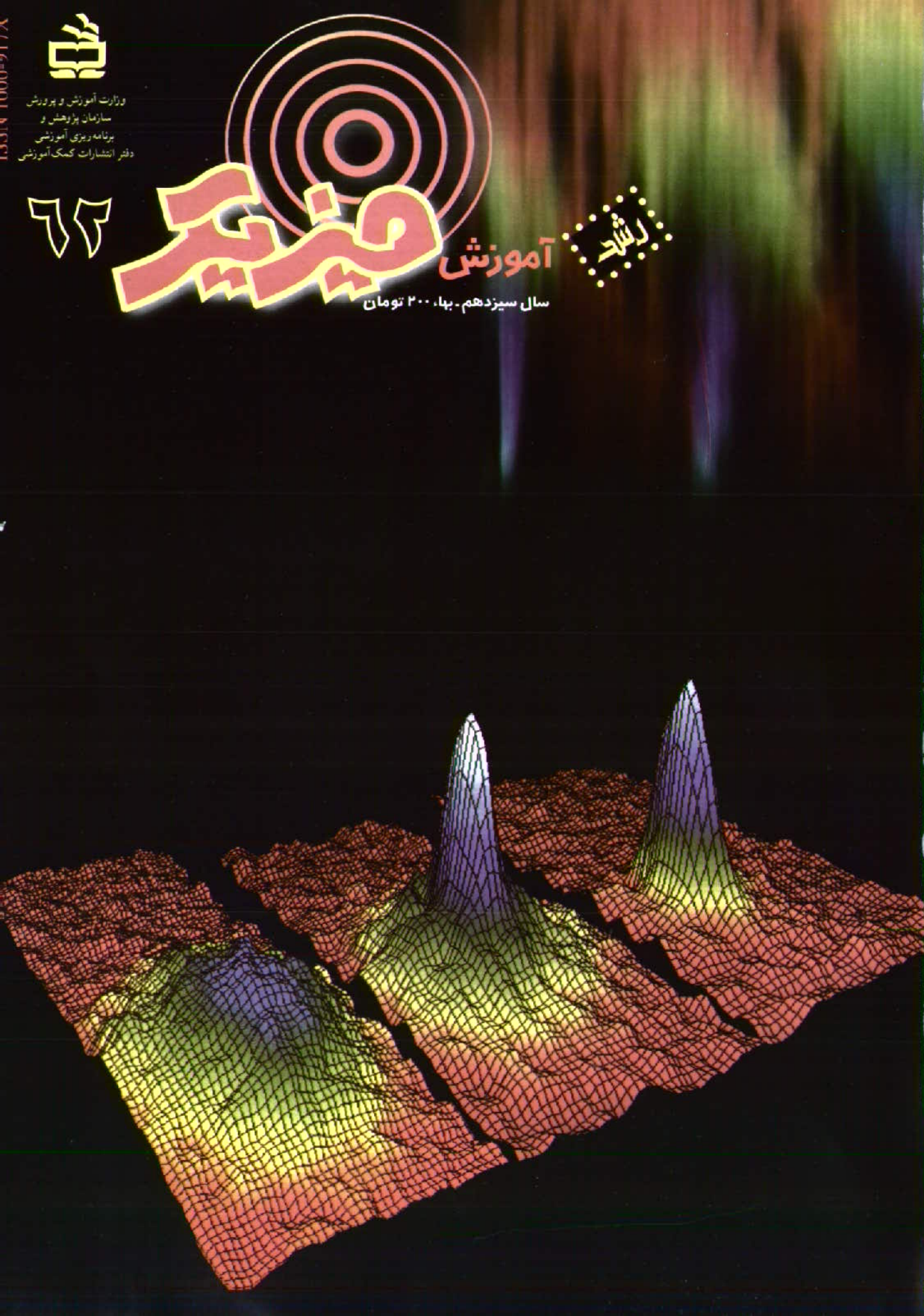
ISSN 1000-917X

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

رشد آموزش فیزیک

۶۲

سال سیزدهم ـ بها، ۲۰۰ تومان



انرژی عریان آذرخش از پایانه‌های باردار مولدوان دوگراف در موزهٔ علوم بوستون جریان می‌یابد. متصدی دستگاه که به صورت خوفناکی روشن شده است فرانکشتاین را در یک داستان کوتاه اوایل قرن نوزدهم به خاطر می‌آورد که در آن فرض شده است جرقهٔ الکتریکی می‌تواند روح تازه‌ای در کالبد بدمد. در اواسط سال ۱۸۰۰ دانشمندان متوجه شدند که نور و الکتریسیته هر دو امواج انرژی الکترومغناطیسی هستند.

ISSN 1606-917X

بسم الله الرحمن الرحیم

رشد آموزش فیزیک ۶۲

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

پیش گفتار: آموزش متوسطه در قرن بیست و یکم ◆ ۲
بکهام به عنوان یک فیزیک دان ◆ *گرن ایرسون* **◆ ۳**
توان نور ◆ *ژوئل آشنباخ* **◆ ۷**
نیمرساناها خنک‌اند◆ *کروئین ب. وینیگ* **◆ ۱۷**
عبور چرخ از مانع ◆ *صمد غلامی* **◆ ۲۰**
مناسباتِ محیط آموزشی◆ *جهانگیر ریاضی* **◆ ۲۲**
مسأله اساسی در یک بحث فیزیک◆ ۲۴
برآورد ارتفاع کوه ◆ *نیل. م. شی* **◆ ۲۶**
نقش تفکر در یادگیری فیزیک ◆ مجید حجتی **◆ ۲۷**
ضربه‌ای به فیزیک با راکت پینگ پونگ ◆ *کریس. م گرانی* **◆ ۳۱**
ویژگی‌های تقارن یک آونگ حلقوی ◆ *توماس. ا. والکی ویکزو دیوید. ال. واگز* **◆ ۳۷**
درآمدی بر فیزیولوژی اعصاب◆ محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر **◆ ۴۰**
آیا اصل برهم نهی در فضای میان یک خازن... ◆ ۴۶
مکانیک کلاسیک و جبر باوری ◆ *جی. کلر* **۴۷**
چارچوب‌های نالخت◆ *هاریس بنسون* **◆ ۴۹**
آشنایی با لیزر ◆ *روح‌اله خلیلی بروجنی* **◆ ۵۵**
جایزه نوبل فیزیک سال ۲۰۰۱ ◆ منیژه رهبر **◆ ۶۱**
شما چه فکر می‌کنید؟◆ *حسن قلمی باویل علیایی* **◆ ۶۲**

مدیر مسؤول: علیرضا حاجیان‌زاده
سردبیر: دکتر منیژه رهبر
مدیر داخلی: احمد احمدی
طراح گرافیک: پروانه هادی‌پور
هیأت تحریریه:
احمد احمدی. روح‌الله خلیلی بروجنی.
منیژه رهبر. سیدجعفر مهرداد.

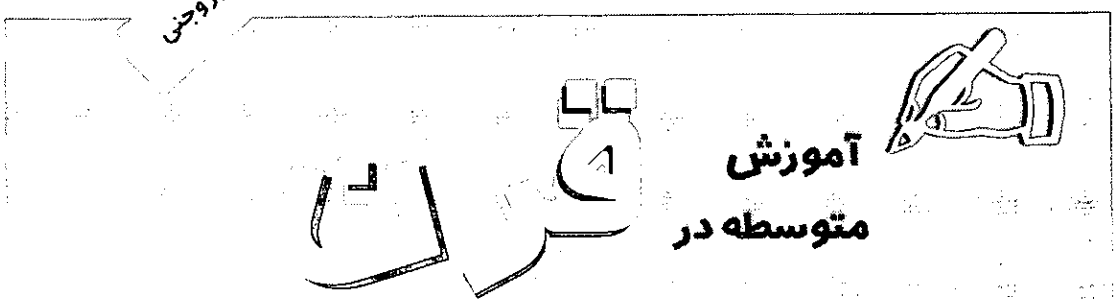
www.Roshd mag.org ـ آدرس اینترنت
E-mail:info@Roshdmag.org
نشانی دفتر مجله: تهران، صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۶۵۸۵
تلفن امور مشترکین: ۸۸۳۹۱۸۶
تلفن دفتر مجله: ۹-۸۸۳۱۱۶۱ داخلی: ۲۷۱
چاپ: شرکت افست (سهامی عام)
تیراژ: ۸۰۰۰ نسخه

✓ دفتر انتشارات کمک‌آموزشی، این مجلات را نیز منتشر می‌کند:
رشد کودک (ویژه 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 دوره راهنمایی) رشد جوان (برای دانش‌آموزان دوره متوسطه) مجلات رشد معلّم، تکنولوژی آموزشی، آموزش ابتدایی، آموزش معارف اسلامی، آموزش شیمی، آموزش زبان وادب فارسی، آموزش زبان، آموزش راهنمایی تحصیلی، آموزش ریاضی، آموزش زیست‌شناسی، آموزش جغرافیا، آموزش تاریخ، آموزش تربیت‌بدنی، آموزش هنر، آموزش علوم اجتماعی، رشد مدیریت مدرسه (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 حاشیه مطلب نیز مشخص شود.
✓ نثر مقاله باید روان و از نظر دستور زبان فارسی درست باشد و در انتخاب واژه‌های علمی و فنی دقت لازم مبذول گردد. ✓ مقاله‌های ترجمه شده باید با متن اصلی همخوانی داشته باشد و متن اصلی نیز ضمیمه مقاله باشد. ✓ در متنهای ارسالی باید تا حد امکان از معادلهای فارسی واژه‌ها و اصطلاحات استفاده شود. ✓ زیرنویسها و منابع باید کامل و شامل نام اثر، نام نویسنده، نام مترجم، محل نشر، ناشر، سال انتشار و شماره صفحه 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.

تصویر روی جلد: چگالش بوز ـ انیشتین در روبیدیم گازی
برگرفته از کتاب **Thermal physics. Ralph Baierlein**

روح‌الله خلیلی بروجنی



نظر به تحول‌های بسیار سریع در عرصه‌های مختلف و برای پاسخگویی به نیازهای اجتماعی و اقتصادی دانش‌آموزانی که فردا به عنوان عضوی از جامعه، نقش مهمی در توسعهٔ کشورها ایفا خواهند کرد، اهمیت آموزش متوسطه روز به روز در حال افزایش است. به طوری که در نشست‌های بین المللی از کشورهای جهان خواسته شده است تا آموزش متوسطه را به عنوان امری حیاتی در زندگی افراد به حساب آورند؛ چرا که در این مرحله دانش‌آموزان باید بتوانند با توجه به علایق و نگرش‌های خود، دربارهٔ آینده تصمیم بگیرند و نیز قادر باشند توانایی‌هایی را که لازمه یک زندگی موفق در بزرگسالی است به دست آورند.

امروزه اعتقاد بر این است که آموزش متوسطه باید بتواند پاسخگوی دو فرایند مختلف باشد: یکی اینکه نوجوانان را به کمال و پختگی برساند و دیگر اینکه، به نیازهای اجتماعی و اقتصادی آنها پاسخ دهد[1]. همچنین باید با آموزش متوسطه به عنوان مقطعی مستقل ـ و نه ادامهٔ آموزش پایه و یا راهی به سوی آموزش عالی ـ برخورد شود.

یکی از رویدادهای مهم در زمینه سیاستگذاری در آموزش متوسطه عمومی، گردهمایی بین المللی‌ای بود که به همین منظور سال گذشته در کشور چین (پکن) توسط یونسکو برگزار شد.[2] در این گردهمایی، چالش‌ها و اولویت‌های آموزش متوسطه مورد نقد و بررسی کارشناسان بین المللی این حوزه قرار گرفت. در گزارش نهایی «**گردهمایی بین المللی آموزش متوسطه عمومی در قرن بیست و یکم: روندها، چالش و اولویت‌ها**» لزوم تغییرات و اصلاحات در آموزش متوسطه و نوع اقدام‌هایی که باید انجام گیرد، مشخص شده است.[3]

در این گزارش، بر این نکته که در دنیای متحول کنونی، آموزش سنتی نمی‌تواند پاسخگوی نیازهای دانش‌آموزان در جهت بارز کردن کامل استعدادهای آنها باشد، تاکید و از مدارس خواسته شده است تا به صورت اجتماع‌ها یا سازمان‌های یادگیری در آیند تا بتوانند مسئولیت بیشتری در کمک به فراگیران در کسب مهارت‌های زندگی به عهده بگیرند. به همین جهت نقش مدیران مدارس متوسطه باید با واقعیت‌های جدید سازگار شود. همچنین به نقش جدید معلمان (به خصوص به عنوان تسهیل کننده آموزشی)، در نظر گرفتن پایگاه اجتماعی و اقتصادی آنها و همبستگی و تعهد این قشر در اجرای موفقیت‌آمیز آموزش مهارت‌های زندگی، باید توجه و به آن اهمیت زیادی داده شود. به طوری که توجه به کیفیت آموزش قبل از خدمت و ضمن خدمت معلمان، از این نظر بسیار حیاتی است.

زیرنویس:

۱ـ گزارش ژاک دلور از کمیسیون بین‌المللی برای تعمق روی آموزش و پرورش و یادگیری در قرن بیست و یکم ـ ۱۹۹۶

۲ـ این گردهمایی در تاریخ ۱ الی ۵ فروردین ماه ۱۳۷۹ در کشور چین برگزار گردید.

۳ـ برای اطلاعات بیشتر و دسترسی به متن کامل گزارش به وب سایت یونسکو به آدرس WWW.unesco.org مراجعه کنید.

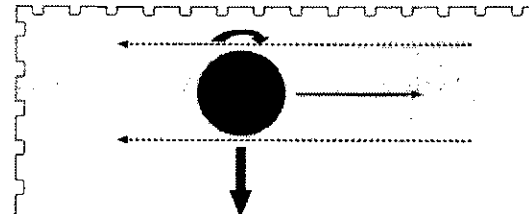
فیزیک فوتبال

گرن ایرسون[۲]

مترجم: عبدالحسن بصیره

چکیدهٔ مقاله:

به سختی می‌توان دربارهٔ رسانه‌ای فکر کرد که فوتبال یا فوتبال امریکایی را به عنوان وسیلهٔ ارتقاء به کار نبرد. همچنین به سختی می‌توان دربارهٔ دانش‌آموزی فکر کرد که چیزی دربارهٔ دیوید بکهام نشنیده باشد. اگر فوتبال جاذبه‌ای برای دانش‌آموزان داشته باشد، پس می‌توان از آن برای آموزش فیزیک استفاده کرد. در این صورت می‌توان از ضربهٔ آزاد بکهام و مطرح کردن این پرسش که چگونه می‌تواند مسیر توپ را این اندازه، خمیده کند، (شکل ۳) برای آشنایی با مفاهیمی چون کشش، اصل برنولی[۳]، عدد رینولدز[۴]، و اثر ماگنوس[۵] بهره برد، در طول این مسیر آشنایی با مکانیک پایه میسر می‌شود.



شکل (۲) ـ توپ در حال چرخش و اثر ماگنوس.

شکل (۱) ـ وقتی دیوید بکهام آماده ضربه زدن به توپ است، درصدد است که چگونه به توپ چرخش، سرعت، و زاویه پرتاب لازم را بدهد تا با زرنگی بر حریف فائق آید و او را گول بزند.

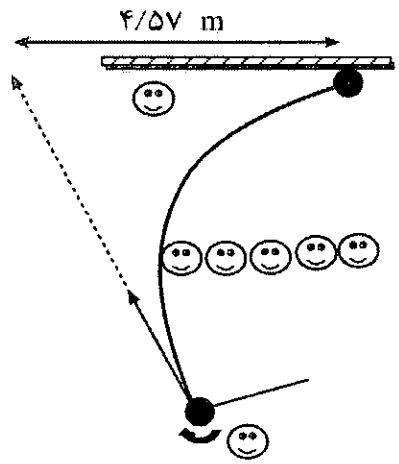
اثر ماگنوس

توپی را مطابق شکل در نظر بگیرید. اگر جهت حرکت توپ در جهت حرکت باد باشد سرعت جریان باد بالای توپ بیشتر خواهد بود. اگر برعکس، حرکت توپ درخلاف جهت حرکت باد باشد، سرعت جریان باد پایین توپ بیشتر خواهد شد. بنابه اصل برنولی، سرعت بیشتر جریان باد سبب کاهش فشار می‌شود. اختلاف فشار در بالا و پایین توپ سبب ایجاد نیروی قائمی می‌شود که به اثر ماگنوس معروف است. نیروی مربوط به اثر ماگنوس، که به عنوان یک نیروی بالابرنده نیز عمل می‌کند از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$F_L = C_L \rho D^2 f v$$

که در آن C_L ضریب بالابری، ρ چگالی هوا (که در سطح دریا ۱/۲ کیلوگرم بر متر مکعب است)، D قطر توپ (سازمان بین‌المللی فیفا مقرر داشته که محیط توپ باید بین ۰/۶۸ و ۰/۷۰ متر باشد، بنابراین می‌توانیم قطر آن را ۰/۲۲ متر در نظر بگیریم)، f بسامد چرخشی توپ، و v سرعت توپ است.

ثابت شده که ضریب بالابری کمیت نسبتاً پیچیده‌ای است که لازم است به طور تجربی تعیین شود. اما شکلی از ضریب ۱/۲۳ با اغلب حالت‌های ورزشی سازگاری دارد.



شکل (۳) ـ مسیر توپ بکهام با استفاده از فیزیک.

بکهام چقدر توپ را تاب می‌دهد یا می‌تواند تاب دهد؟

ابتدا فرض‌های زیر را در نظر می‌گیریم را ببینید: ضربه آزاد از ۲۵ متری دروازه و با سرعت ۲۵ متر بر ثانیه زده شد، به طوری که به آن چرخشی برابر ۱۰ دور در ثانیه داده است. اثر ماگنوس یا نیروی بالابرنده را می‌توان چنین محاسبه کرد:

$$F_L = C_L \rho D^2 f v = 1/23 \times 1/20 \times 0/22^2 \times 10 \times 25 = 3/93^N$$

این با شکل ارائه شده توسط آسائی برای یک ضربه آزاد روبرتو کارلوس[۴] در جام جهانی ۱۹۹۸ به خوبی سازگاری داشته است.

با دانستن نیروی وارد به توپ، می‌توان شتاب را از معادله $F = ma$ محاسبه کرد. فیفا مشخص کرده که جرم یک توپ در آغاز هر بازی باید بین ۰/۴۱۰ و ۰/۴۵۰ کیلوگرم باشد. اگر مقدار میانگین ۰/۴۳۰ کیلوگرم را در نظر بگیریم، خواهیم داشت:

$$F = ma \Rightarrow a = \frac{3/93^N}{0/430kg} = 9/14ms^{-2}$$

فرض کنید زمان پرواز توپ یک ثانیه باشد. در آن صورت با استفاده از رابطه $S = vt + \frac{1}{2}at^2$ می‌توان منحنی یا تاب خوردن توپ را چنین محاسبه کرد:

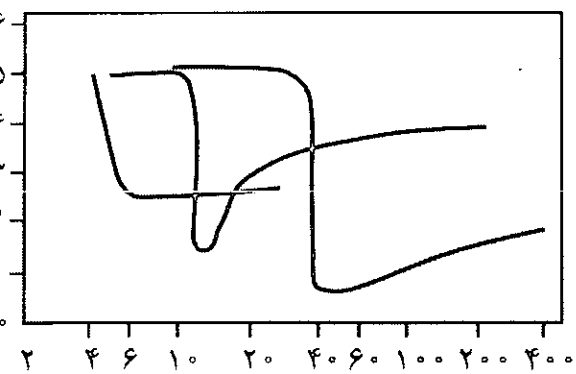
$$S = vt - \frac{1}{2}at^2 = +\frac{1}{2} \times 9/14 \times 1^2 = 4/57m$$

اثر نیروی کشش

در مثال بالا اثر نیروی کشش را نادیده گرفتیم. اغلب دانش‌آموزان با نیروی کشش آشنا هستند: مثلا سعی کنید در آب کم عمق بروید یا سرعت دوچرخه سواری خود را دو برابر کنید. نیروی کشش همیشه در خلاف جهت حرکت توپ عمل می‌کند و سبب کند کردن حرکت آن می‌شود. متأسفانه اثر نیروی کشش بر توپ فوتبال نسبتا پیچیده است و محاسبه آن متکی بر داده‌های تجربی است. هرچند می‌توان آن را از فرمول ساده شده زیر به دست آورد:

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

که در آن C_d ضریب کشش، ρ چگالی هوا، A سطح مقطع دایره توپ (با فرض قطر ۰/۲۲ متر و کاربرد رابطه $A = \pi \frac{D^2}{4}$) و v سرعت توپ است.



شکل (۴) ـ تغییرات ضریب کشش بر حسب عدد رینولدز برای کره‌های مختلف.

مسئله درحقیقت با ضریب کشش متناسب است. اما گاهی به طرز چشمگیری با سرعت توپ تغییر می‌کند. توسط آسائی[۵] همکارانش ارائه شده است داده‌هایی را براساس تغییرات نیروی کشش برحسب عدد رینولدز نشان می‌دهد.

عدد رینولدز

چون امکان به‌دست آوردن تجربی ضریب کشش برای هر موقعیت جدید وجود ندارد، عدد رینولدز امکان استفاده از نموداری را به ما می‌دهد که در نشان داده شده است. برای مقاصد عملی، یک توپ فوتبال به منزلهٔ کره‌ای هموار است و عدد رینولدز را می‌توان از رابطهٔ زیر محاسبه کرد:

$$R_e = \frac{\rho V D}{\eta}$$

که در آن η چسبندگی هواست. دیُش[8] رابطه ساده‌ای ارائه داده که در گسترهٔ وسیعی کاربرد دارد و عدد رینولدز را در هوا به‌دست می‌دهد:

$$R_e = ۶۴۰VD$$

چسبندگی هوا در ۲۰ درجه سانتی گراد را می‌توان $۱۸/۲\mu\rho_a s$ گرفت، به‌طوری که برای توپی با سرعت اولیهٔ ۲۵ متر بر ثانیه، عدد رینولدز عبارت است از:

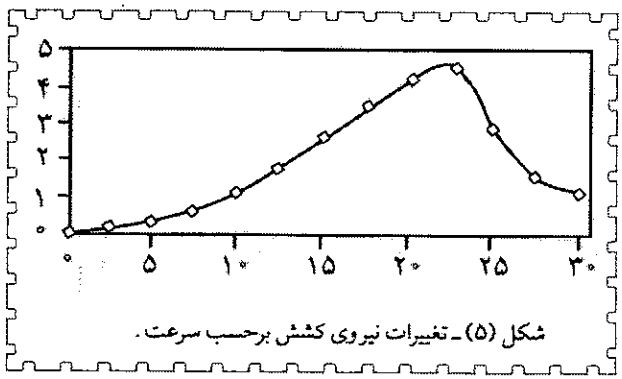
$$R_e = \frac{\rho VD}{\eta} = \frac{۱/۲۰\times۲۵\times۰/۲۲}{۱۸/۲\times۱۰^{-۶}} = ۳/۶۳\times۱۰^{۵}$$

که از شکل (۴) برآوردی از مرتبهٔ ۰/۱ برای ضریب کشش می‌دهد. نیروی کشش را آنگاه می‌توان چنین محاسبه کرد:

$$F_d = \frac{۱}{۲}C_d\rho AV^۲ = \frac{۱}{۲}\times۰/۱\times۱/۲\times(\frac{\pi D^۲}{۴})\times۲۵^۲ = ۲/۸۵N$$

نیروی کشش F_d(N)	ضریب کشش C_d	عدد رینولدز $Re(\times10^4)$	سرعت v(m/s)
۰	۰	۰	۰
۰٫۱	۰٫۵۰	۳٫۶۳	۲٫۵
۰٫۳	۰٫۵۰	۷٫۲۵	۵٫۰
۰٫۶	۰٫۵۰	۱۰٫۹	۷٫۵
۱٫۱	۰٫۵۰	۱۴٫۵	۱۰٫۰
۱٫۸	۰٫۵۰	۱۸٫۱	۱۲٫۵
۲٫۶	۰٫۵۰	۲۱٫۸	۱۵٫۰
۳٫۵	۰٫۵۰	۲۵٫۴	۱۷٫۵
۴٫۱	۰٫۴۵	۲۹٫۰	۲۰٫۰
۴٫۶	۰٫۴۰	۳۲٫۶	۲۲٫۵
۲٫۹	۰٫۲۰	۳۶٫۳	۲۵٫۰
۱٫۷	۰٫۱۰	۳۹٫۹	۲۷٫۵
۱٫۲	۰٫۰۶	۴۳٫۵	۳۰٫۰

جدول ۱ : عدد رینولدز، ضریب کشش و نیروی کشش در سرعت‌های مختلف



شکل (۵) ـ تغییرات نیروی کشش برحسب سرعت.

جدول (۱) عدد رینولدز، R_e، ضریب کشش برآورد شده، C_d، و نیروی کشش وارد بر یک توپ فوتبال را در سرعت‌های مختلف نشان می‌دهد. این داده‌ها در به صورت نموداری رسم شده‌اند.

این داده‌ها نشان می‌دهند که اگر بازیکنی بتواند ضربه‌ای به‌قدر کافی محکم با سرعت ۲۵ تا ۳۰ متر بر ثانیه به توپ بزند، نه فقط توپ با سرعت اولیه بیشتری حرکت خواهد کرد، بلکه سرعت خود را برای مسافت طولانی‌تری، نسبت به توپ آهسته‌تر، حفظ خواهد کرد. همچنین معلوم شده است که هرچه سرعت توپ، در مسیرش به سوی دروازه، کندتر شود، نیروی کشش شروع به افزایش می‌کند به طوری که موجب چرخش فوق العاده زیاد مربوط به اثر ماگنوس در توپ می‌شود.

چگونه او این‌قدر محکم به توپ ضربه می‌زند؟

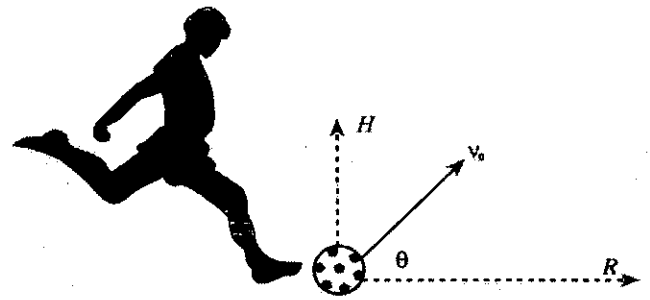
مطالعه مکانیک مربوط به ضربهٔ بین پا و توپ نشان می‌دهد که سرعت توپ به جرم ساق پای بازیکن و پای او، به جرم توپ و ضریب بازگردانندهٔ توپ بستگی دارد. پلاگن هوف[9] رابطهٔ زیر را مطرح می‌سازد:

$$v_{\text{توپ}} = v_{\text{پا}}\frac{M(۱+e)}{M+m}$$

که در آن v سرعت، M جرم ساق پا و پای بازیکن، و m جرم توپ است. به نظر رایلی[10] داده‌های واقعی مقدار $\frac{M}{M+m}=۰/۸$ را و $e=۰/۵$ می‌دهند. حال، با در نظر گرفتن $۱+e=۱/۵$، که معادلهٔ ساده شده‌ای را برای سرعت توپ می‌دهند می‌توان بدست آورد:

$$v_{\text{توپ}} = ۱/۲v_{\text{پا}}$$

بنابراین، برای اینکه بکهام سرعت توپ را به ۲۵ متر بر ثانیه برساند باید سرعت پایش هنگام ضربه به توپ ۲۰/۸ متر بر ثانیه باشد.



شکل (۶) ـ تجزیه و تحلیل ضربهٔ آزاد به عنوان یک حرکت پرتابه.

حرکت پرتابه

علاوه بر تاب دادن توپ حول یک دیوار دفاعی، کسی که به توپ ضربه می‌زند ممکن است بخواهد که توپ را از بالای این دیوار «شوت هوایی» کند. اگر توپ از بالای دیوار دفاعی رد شود، می‌توان با آن همچون «حرکت پرتابه» برخورد کرد و با استفاده از معادله‌های سادهٔ این حرکت (شکل ۶)را ببینید می‌توان آنها را چنین نوشت:

برد، $R = v_0 t\cos\theta$

ارتفاع، $H = v_0 t\sin\theta - \frac{1}{2}gt^2$

زمان پرواز، $t_f = \frac{2v_0\sin\theta}{g}$

برد بیشینه، $R_{max} = \frac{v_0^2\sin 2\theta}{g}$

ارتفاع بیشینه، $H_{max} = \frac{v_0^2\sin^2\theta}{2g}$

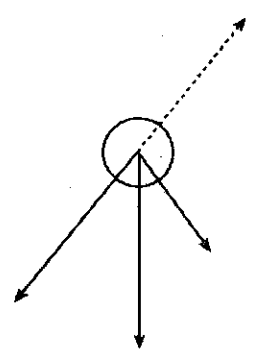
که در آن t زمان است و فرض بر این است که در $t = 0$، H و R هردو صفرند.

متأسفانه در این تحلیل نیروی کشش (نیروی مقاومت هوا) نادیده گرفته شده است. با توجه به تأثیر مقاومت هوا، پرسشی که اینک مطرح می‌شود این است که چگونه نیروی کشش را به کار گرفت

حرکت پرتابه و نیروی کشش

می‌توان در نظر گرفت که سه نیرو بر پرتابه تأثیر می‌گذارند، وزن آن mg، نیروی ماگنوس، اگر بچرخد، $C_L\rho D^2 fv$، و نیروی کشش $\frac{1}{2}C_d\rho AV^2$، نمودار آزاد نیروها در (شکل ۷) نشان داده شده است.

بردار نیروی برایند جهت حرکت توپ را مشخص می‌کند، و بزرگی



شکل (۷) ـ نمودار آزاد نیروها برای ضربهٔ آزاد.

آن را می‌توان یا از رسم مقیاس، یا از روش کارینی[11] محاسبه کرد. شتاب حرکت را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$\frac{a}{g} = \frac{\text{برآیند}}{\text{وزن}}$$

که از $F_{\text{برایند}} = ma$ و $W_{\text{وزن}} = mg$ به دست آمده است.

جزئیات بیشتر از حوصلهٔ این مقاله خارج است، و بررسی آن مستلزم حل $\frac{dr}{dt}$ برای سرعت و $\frac{d^2r}{dt^2}$ برای شتاب است، که در آن r بردار مکان عبارت است از $r=(x, y, z)$ که x و y و z مختصات فضایی هستند.

زیرنویس:

(*) ـ بنا به **اصل برنولی**[3]، مجموع فشارهای استاتیک و دینامیک یک شاره در هر نقطه از مسیر شارش شاره (مثلاً یک لوله) مقدار ثابتی است و معادله آن چنین است

$$P + \rho gy + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{Const.}$$

که $P + \rho gy$ فشار استاتیک شاره و $\frac{1}{2}\rho v^2$ فشار دینامیک آن است.

(*) ـ **عدد رینولدز**[4]: وقتی سرعت جریان یک شاره به سرعت بحرانی می‌رسد جریان لایه‌ای شاره به جریان متلاطمی تبدیل می‌شود. در این حالت خطوط جریان محو می‌شوند و جریان دیگر دائمی نیست. در این حالت تشکیل گرداب مشاهده می‌شود. جریان با عدد رینولدز مشخص می‌شود.

$$R_e = \frac{\rho vD}{\eta}$$

که در آن ρ چگالی شاره، η ضریب چسبندگی، v سرعت جریان و D یک بُعد خطی متناسب با مقطع شار است (اگر مقطع دایره باشد در این صورت D قطر دایره خواهد بود).

(*) ـ **اثر ماگنوس**[5]: اگر شاره (نظیر باد) جریان داشته باشد و جسمی درون شاره حول محورش بچرخد، خطوط جریان به شکلی درمی‌آیند که سرعت در بالای جسم دوار گاهی بیش از سرعت در پایین آن است. این اختلاف سرعت سبب اختلاف فشار برعکس در بالا و پایین جسم شده و نیروی قائمی (ناشی از اختلاف فشار) موسوم به نیروی پورتانس (Por tance) حاصل می‌شود و این اثر را اثر ماگنوس می‌نامند. اثر ماگنوس در ساز و کار بال هواپیما پدید می‌آید. «مترجم»

1. Bechham
2. Gren Ireson
3. Bernouli Principle
4. Reynolds number
5. Magnus effect
6. Roberto Carlos
7. Asai etal
8. Daish
9. Plagenhoef
10. Reilly
11. Carini

مرجع:

Physics Education, Jan 2001

نور توان

ژوئل آشنباخ
مترجم: منیژه رهبر

نور جهان را به ما می‌نمایاند. جسم و روح ما آن را می‌طلبد. نور در مغز ما احساس رنگ را به وجود می‌آورد. با تأمین انرژی لازم برای رشد گیاهان غذای ما را تأمین می‌کند. با اثرهای ویژه‌ای چون رنگین کمان و غروب خورشید به ما الهام می‌بخشد. گستره ابزارهایی از لامپ‌های التهابی تا لیزرها و تارهای نوری را در اختیار ما گذاشته است که زندگی ما را دگرگون ساخته‌اند. دانشمندان کاملاً نمی‌دانند که نور چیست یا چه کارهایی از آن برمی‌آید. آنها فقط می‌دانند که نور راه آینده ما را روشن ساخته است.

نور از روز ازل وجود داشته است. در ابد نیز نور خفیفی وجود خواهد داشت. نور به شکل‌های مختلف، مرئی و نامرئی، عالم را اشباع کرده است. نور بسیار اسرارآمیز است. فیزیک جدید مواد طبیعت را به اجزای خارق‌العادهٔ کوچک و کوچک‌تر تقسیم کرده است، اما نور را نمی‌توان فروکاست. نور، نور است، ناب اما نه چندان ساده، هیچ کس به درستی نمی‌داند که چگونه می‌توان آن را توصیف کرد. موج است؟ ذره است؟ پاسخ هر دو پرسش به نظر دانشمندان مثبت است. نور هر دو ویژگی را دارد.

این که ما کمتر به آن توجه می‌کنیم، معیار اهمیت آن در زندگی روزمرهٔ ماست. نور تقریباً مانند هواست. نعمتی است که بی‌دریغ در اختیار ما قرار دارد. بشر همان اندازه به مفهوم نور می‌پردازد که ماهی به تفکر دربارهٔ آب.

در این مورد استثناهایی وجود دارد، لحظه‌هایی از شناخت ناگهانی وقتی تجلی خاصی از نور نمایان می‌شود، و منظره‌ای باشکوه و گذرا چون رنگین کمان و غروب آفتاب، نمایشی از آذرخش در آسمان تاریک، سطح پرتلألوی دریا در شفق، لکه‌لکه‌های نور در جنگل، لکهٔ کوچک نور نشانگر لیزری استاد، شیشه‌های رنگارنگ پنجره، نور شمع که فضای اتاق را شاعرانه می‌سازد.

گرچه، معمولاً نور را نمی‌بینیم، بلکه فقط با آن اجسام را مشاهده می‌کنیم. اگر فکر کنید که رنگ سرخ تنها تفسیر مغز از طول موج خاصی از نور است که فاصلهٔ قله‌های آن از هم تقریباً ۷۵۰ نانومتر است، نمی‌تواند زیبایی گل سرخ را تحسین کنید. یک کارگردان تنظیم نور در تئاتر به من گفت که هنگامی کار خود را به نحواحسن انجام می‌دهد که کسی اصلاً متوجه نور نشود. هدف وی ایجاد جوّ و حالت روحی است، نه نشان دادن صافی‌های دورنگ جدید و عجیب که رنگ‌های باشدت شگفت‌آور تولید می‌کنند.

به عنوان کسی که شناخت وی از نور نسبتاً منحصر به خاموش و روشن کردن چراغ‌هاست، نگران بودم که داستان من دربارهٔ نور تا اندازه‌ای اثیری و اسرارآمیز شود. بدون شک این موضوع مانند خبررسانی دربارهٔ تابیدن نور نیست. اما در اشتباه بودم!

در اینترنت تحت عنوان «فوتونیک» به جستجو بپردازید. فوتون نامی است که به نور می‌دهید وقتی رفتاری چون یک ذرهٔ ریزاتمی دارد. این روزها فوتون‌ها موضوعی داغ هستند. آن‌ها، به عنوان ابزاری مفید در فناوری جدید انتقال اطلاعات جایگزین الکترون‌هایی می‌شوند که همه ما از درس‌های مدرسه می‌دانیم ذراتی دارای بار منفی هستند که دور هسته‌های اتمی در گردش‌اند.

نور اکنون برای همه چیز، از جراحی لیزری چشم گرفته تا فناوری تلفن به کار می‌رود. کاربردهای بالقوه نور در صنایع نظامی، حالت داستان‌های علمی تخیلی را دارند؛ و در دههٔ آینده ممکن است نور به صورت بهترین سلاح برای از بین بردن موشک‌های دشمن در آسمان درآید. نور حتی می‌تواند منبع ممتاز توان برای سفر به فاصله‌های دور شود. سفینه‌های فضایی از این نوع دارای بادبانی فوق‌العاده نازک خواهند بود که «باد» نوری را می‌گیرند که از یک لیزر زمینی به آن، تابد. به لحاظ نظری، این سفینه می‌تواند، بدون حمل سوخت، تا کسر قابل ملاحظه‌ای از سرعت نور شتاب بگیرد.

هرچه بیشتر به این موضوع بنگرید، بهتر متوجه می‌شوید که زندگی ما بر مبنای نور بنا شده است، و موجودیت ما به طور مداوم توسط چیز مبهمی شکل می‌گیرد و فعال می‌شود، موجودی که از آغاز زمان وجود داشته است. از فناوری تا معنویت، ما مخلوقات نور هستیم.

اما این پرسش همواره باقی است که نور دقیقاً **چیست؟** من پاسخی را از بزرگ‌ترین لیزر جهان، NIF[۲]، گرفتم که در آزمایشگاه ملی لاورنس لیورمور در فاصله یک ساعت در شرق سانفرانسیسکو قرار دارد. این لیزر درواقع مجموعه‌ای از همدستی یا بهتر بگوییم برخورد ۱۹۲ لیزر است. ۱۹۲ باریکهٔ نور که در دسته‌های چهارتایی، طول ساختمان بزرگی به طول ۷۰۰ فوت و عرض ۴۰۰ فوت را طی می‌کنند. با ورود به محوطه‌ای متشکل از آینه‌ها، هر بسته کمانه می‌کند و از یکی از ۴۸ دریچهٔ اتاقک هدف شلیک می‌شود. این اتاقک جالب‌ترین بخش دستگاه است. با قطر ۳۰ فوت وزن آن یک میلیون پوند است. دریچه‌ها سطح آن را موج‌دار می‌سازند و یک توپ گلف عظیم از فضای خارج را به یاد انسان می‌آورند.

در داخل اتاقک باریکه‌های لیزر به یک استوانهٔ آب‌طلا کاری شده بسیار کوچک می‌تابد که ساچمهٔ پر از گازی درون آن قرار دارد. گاز داخل ساچمه تحت فشار این نور شدید قرار می‌گیرد و به اندازه‌ای متراکم می‌شود که همجوشی هسته‌ای در آن صورت گیرد.

به گفتهٔ مدیر این طرح «هدف به وجود آوردن یک ستارهٔ مینیاتوری در آزمایشگاه است.»

این طرح حداقل طرحی بلندپروازانه است که هزینهٔ ۳/۴ بیلیون دلاری آن از نظر منتقدان دور نمانده است. به نظر این افراد ممکن است NIF هرگز موفق به تولید واکنش همجوشی نشود. به لحاظ فناوری، این یک خم رنگرزی نیست. هیچ کس تاکنون موفق به استفاده از نور برای نزدیک کردن هسته‌های اتم به یکدیگر نشده است. لیزر بزرگ این امکان را به دانشمندان می‌دهد که واکنش‌های گرما هسته‌ای را بدون انفجار یک بمب مطالعه کنند. یک هدف درازمدت NIF هموار ساختن مسیر فناوری به طرف یک چشمهٔ برق ارزان، پایان‌ناپذیر، و بدون آلودگی است.

«NIF می‌تواند در یک تپ لیزری نانوثانیه‌ای توانی بیش از کل توان تولید شده در سراسر جهان در آن لحظه تولید کند» این نظرفیزیکدانی بود که اتاقک هدف را به من نشان داد.

در پاسخ به پرسش من که نور چگونه می‌تواند چنین چشمهٔ توانمندی از انرژی باشد؟ مدیر این طرح گفت «چون شما می‌توانید مقدار بسیار زیادی از انرژی نورانی را در یک نقطهٔ بسیار کوچک متمرکز کنید». به گفتهٔ وی «کودکان هنگام بازی با یک عدسی در یک روز آفتابی این موضوع را کشف می‌کنند».

در اینجا به جنبهٔ معجزه‌آسای نور برمی‌خوریم. نور حجمی ندارد، و فوتون‌ها بدون بار هستند به طوری که در فرایند تراکم در فضایی بسیار کوچک، برخلاف الکترون‌ها یکدیگر را دفع نمی‌کنند. (NIF ۴×۱۰^{۲۲} فوتون را در یک کپسول هدف قرار می‌دهد.) به گفتهٔ مدیر طرح «آن‌ها کاری

به کار یکدیگر ندارند».

پاسخ این پرسش که چند فرشتهٔ نور می‌توانند در سر یک سوزن برقصند؟ به لحاظ نظری بینهایت است.

شناختن سرشت نور، که برای ما دشوار است، برای نیاکان ما بسیار مشکل‌تر بوده است، آنها فقط با ذهن مبتکر خود می‌توانستند سرشت نور رابکاوند. به نظر ارسطو «نور فعالیت اجسام شفاف بود» که اظهارنظری نسبتاً پیچیده است. این شفافیت ویژگی اساسی مواد مختلف بود؛ که وقتی با نور خورشید یا آتش فعال می‌شدند نور و رنگ تولید می‌کردند.

دانشمند قرن پنجم قبل از میلاد امپدوکلس[3] این حس شهودی درخشان را داشت که نور مادهٔ سیالی است که از خورشید گسیل می‌شود و به علت حرکت بسیار سریع متوجه حرکت آن نمی‌شویم. اما به نظر او «آتشی هم در درون چشم» وجود داشت و چشم شبیه فانوس بود. بسیاری از یونانی‌ها از جمله افلاطون و اقلیدس، با او هم‌عقیده بودند که چشمان ما نوعی پرتو مرئی تولید می‌کند. فرضی که این واقعیت عجیب را که گاهی در جهت یک جسم به آن نگاه می‌کنیم ولی بلافاصله متوجه آن نمی‌شویم توجیه می‌کند. بنابراین، تصور می‌شد که پرتو باید مستقیماً به جسم برخورد کند تا بتوان جسم را دید. ارسطو ازجمله کسانی بود که متذکر شد اگر این موضوع صحت داشته باشد، باید بتوانیم در تاریکی هم اشیأ را ببینیم.

هزارسال قبل، دانشمند عرب ابن‌هیثم گفت دردی که در هنگام نگریستن به خورشید حس می‌کنیم دلیل آن است که نور وارد چشم ما می‌شود ونه برعکس. قرن‌ها بعد لئوناردو داوینچی[4] متوجه شد که چشم مانند یک اتاق تاریک است، وی پس از ابن‌هیثم نور را از یک روزنهٔ کوچک تعبیه شده از یک محفظهٔ تاریک گذراند و تصویر معکوس دنیای خارج را روی دیواره انداخت. دکارت[5] بعدها بررسی هیجان‌انگیزی را با کاسهٔ چشم یک گاو انجام داد، او قسمت عقبی آن را پاره و از میان آن نگاه کرد. وی متوجه شد که در چشم تصویر معکوسی از دنیای خارج تشکیل می‌شود که جای سروته آن عوض شده است. اما چرا دنیا را وارونه نمی‌بینیم؟ زیرا ذهن ما تصویر را تصحیح می‌کند. بینایی دارای بخش فیزیکی و روان‌شناختی است.

به زودی نور از آزمایشگاه ایزاک نیوتون گذشت و از آن پس وضعیت هرگز مانند قبل از آن نبود. در سال‌های ۱۶۶۰، نیوتون نشان داد که نور سفید متشکل از رنگ‌های طیف است. وی با بهره‌گیری از یک منشور، نور را به یک رنگین‌کمان تجزیه کرد، سپس از منشوری دیگر برای به هم پیوستن مجدد آنها و تشکیل نور سفید استفاده کرد. نیوتون در سال ۱۶۷۵ به انجمن سلطنتی گفت «نور هرچه باشد، من فکر می‌کنم که از پرتوهای متوالی تشکیل شده است که تفاوت آنها با یکدیگر به لحاظ شرایط مختلف چون بزرگی، شکل، یا قدرت، مانند شن‌های ساحل، امواج دریا، چهره‌های انسان‌ها، و همه اشیاء طبیعی دیگر است.

نیوتون گمان می‌کرد که نور متشکل از ذرات است «انبوهی از اجسام به صورت باورنکردنی ریز و سریع به اندازه‌های مختلف که یکی پس از دیگری از اجسام درخشان در دوردست خارج می‌شوند.» نیوتون از منظر علمی چنان شخصیت غول‌آسایی داشت که رقیبان او شانس کمی برای مطرح کردن نظریهٔ موجی نور داشتند. نظریهٔ موجی تا قرن نوزدهم که غول‌های علمی برای شناخت نور به پیکار پرداختند مطرح نشد و سرانجام با اکثریت قاطع به نفع نظریهٔ موجی تثبیت شد. جیمز کلارک ماکسول اسکاتلندی، در سال‌های ۱۸۶۰ یکی از اساسی‌ترین گام‌ها را برداشت. وی که الکتریسیته و مغناطیس را مطالعه می‌کرد متوجه شد که آنها در فضا ـ اتفاقاً ـ با سرعت نور منتشر می‌شوند، بنابراین نتیجه گرفت که نور موج الکترومغناطیسی است.

مباحثه ذره در برابر موج پس از یک آتش‌بس موقت دوباره در لباس مکانیک کوانتومی ظاهر شد: نور به واسطهٔ تغییرات تراز انرژی الکترون‌ها به وجود می‌آید. نور در فضا به صورت موج حرکت می‌کند، اما وقتی با ماده مواجه می‌شود رفتاری ذره‌ای دارد. نور ظاهراً به طور کامل در یکی از طبقه‌های کوچک ما قرار نمی‌گیرد. به نوشتهٔ سیدنی پرکوویتس[6] فیزیکدان دانشگاه اموری[7] و نویسنده **امپراتوری نور** «درواقع، نور با هر چیز دیگری که می‌شناسیم تفاوت دارد.» عصر عدم قطعیت همیشگی در سال ۱۹۰۰، هنگامی آغاز شد که ماکس پلانک در آزمایش با تابش گرمایی متوجه شد که نور از ماده به صورت تکه‌های گسسته گسیل می‌شود که وی آنها را «کوانتوم‌ها» نامید، درست مثل گلوله‌هایی که از یک تیربار

شلیک می شوند. این برخلاف معادله های ماکسول بود، و پلانک تمایلی به پذیرش آن نداشت. در اینجا آلبرت اینشتین وارد صحنه می شود. همه می دانیم که اینشتین با اعلام نظریهٔ نسبیت خاص، عالم مکانیکی جبری نیوتونی را ویران کرد. او با اندیشیدن دربارهٔ نور به این پیشرفت نظری دست یافت.

اینشتین به یک سری «آزمایش فکری» پرداخت و در یکی از آنها از خود پرسید چه می شود اگر بتوانیم سوار یک باریکه نور شویم و به باریکه نور مجاور نگاه کنیم. آیا باریکه مجاور بی حرکت به نظر نخواهد رسید؟ ظاهرا معادله های ماکسول کند شدن یا توقف نور را در هنگام حرکت در فضا مجاز نمی دارند. این پاسخ اینشتین که «سرعت نور برای همه ناظران بدون توجه به سرعت آنها ثابت است.» مفهوم فضا و زمان کلاسیک را نابود کرد.

زمینهٔ این کار اینشتین را آزمایش معروف دانشمندان امریکایی آلبرت مایکلسون[۸] و ادوارد مورلی[۹] در سال ۱۸۸۷ فراهم آورد. با توجه به عرف زمان، زمین در اثر ثابتی حرکت می کرد که فضا را پر کرده بود. هیچ کس تا آن زمان این اثر را آشکار نساخته بود، اما عقل سلیم به وجود آن نیاز داشت. مایکلسون و مورلی با اندازه گیری سرعت نور هنگامی که با حرکت زمین در جهت اثر و در جهت عمود بر آن حرکت می کرد، در صدد آشکارسازی اثر برآمدند. آنها انتظار داشتند که نور اثر «جریان» این اثر را هنگام حرکت زمین در آن آشکار سازد. اما چنین نشد. سرعت نور بدون توجه به جهت حرکت آن یکسان بود. دانشمندان، ازجمله مایکلسون و مورلی مبهوت شدند و امیدوار بودند که نتیجه های آنها غلط باشد. اینشتین این نتایج را پذیرفت. او گفت که اثری وجود ندارد. هیچ مکان مطلقی در فضا نیست. حتی زمان مطلقی نیز وجود ندارد.

من اعتراف می کنم که نسبیت باعث سرگیجهٔ من می شود. عقل سلیم حکم می کند که نور گسیل شده از چراغ لکوموتیوی که با سرعت زیاد در حرکت است با سرعتی بیشتر از یک چراغ قوه ساکن حرکت کند. اما چنین نیست. و کسی نمی تواند کاری در این مورد انجام دهد.

نسبیت اینشتین دارای انواع استلزام های سرگیجه آور است. این نظریه نشان می دهد که با نزدیک شدن سرعت اجسام به سرعت نور زمان کُند می شود. در خود سرعت نور، زمان متوقف خواهد شد.

این واقعیت به ما کمک می کند تا دربارهٔ سفرهایی بیندیشیم که به کمک نور ستارگان، کهکشان ها، و کوازارها در فاصله های کیهانی صورت می گیرد. ما از اصطلاح سال نوری برای بیان یکای فاصلهٔ (برابر حدود ۹/۵ تریلیون کیلومتر) استفاده می کنیم. اگر شما خود نور بودید یعنی اگر می توانستید فوتون شوید اصلاً زمان را حس نمی کردید.

آنچه را که ما نور می نامیم درواقع همان چیزی است که آن را امواج رادیویی، پرتوهای گاما، یا پرتوهای ایکس می گوییم، البته با طول موج هایی متفاوت. امّا، در عمل دانشمندان اغلب از واژه «نور» برای بخشی از طیف الکترومغناطیسی استفاده می کنند که در حوالی نورمرئی است. نورمرئی با هر جزء دیگر تشکیل دهندهٔ عالم تفاوت دارد؛ زیرا مستقیماً، مرتباً، و به صورت بارزی با حواس ما برهم کنش می کند.

هریک از چشمان ما در حدود ۱۲۵ میلیون سلول مخصوص میله ای و مخروطی دارد که به اندازه‌ای حساس اند که برخی از آنها می توانند تا حتی چند فوتون را آشکارسازی کنند. به گفتهٔ سیدنی پرکوویتز[۱۰] «در حدود یک پنجم مغز شما کاری جز بررسی عالم مرئی اطرافتان ندارد». محل چشم ها که تا اندازه‌ای توسط جمجمهٔ نزدیک به مغز محافظت می شود، دلیلی بر اهمیت داده های بصری است.

نور اطلاعاتی با تفکیک زیاد تا فاصله های دور در اختیار ما می گذارد. (شما نمی توانید بو یا صدای قمرهای مشتری یا سحابی خرچنگ را حس کنید یا بشنوید). اطلاعاتی که توسط نورمرئی حمل می شوند به اندازه‌ای زیادند که تقریباً همه موجودات از مگس گرفته تا هشت پا به کمک چشم، چشم ها، یا چیزی دیگر بحتی از آن را دریافت می کنند.

جالب توجه است که بدانیم چشمان ما طوری طراحی شده اند تا نوری را آشکار سازند که به فراوانی از یک ستاره بخصوص یعنی خورشید تابش می شود. این ستاره سبب پیدایش زندگی بر روی سیارهٔ ما شده است. نورمرئی موجود توانمندی است که حرکت آن با طول موج های نسبتا کوتاه آن را به لحاظ زیست شناختی مناسب می سازد. برای مشاهده امواج رادیویی با طول موج بلند باید چشمانی عظیم چون آنتن های بشقابی ماهواره‌ای می داشتیم. این کار به دردسرش نمی ارزید! همین طور آشکارسازی نور نزدیک به فروسرخ نزدیک (که میگوها در آب های عمیق بدین طریق می بینند). د. این صورت دائماً حواسمان پرت می شد.

زیرا هر جسم گرماگسیل در این طول موج‌ها می‌درخشد.

چارلز تاونز[11] فیزیکدان به من گفت «اگر نور فروسرخ را می‌دیدید، تمام اتاق برایتان تابان بود، خود چشم نیز در منطقهٔ فروسرخ قرار دارد زیرا گرم است، ما علاقه‌ای به آشکار سازی همه این چیزهای گرم نداریم».

در هنگام روز نیز تاریکی در سایه‌ها وجود دارد. سایه انواع بسیار متفاوتی دارد، بیش از آنچه بتوانید متوجه آن شوید، خود من نیز قبل از ملاقات با یک متخصص سایه متوجه این مسئله نبودم.

دیوید لینچ[12] یک منجم است. او نویسنده مشترک کتابی به نام **رنگ و نور در طبیعت** نیز است که در آن چیزی را کشف کردم که قبلاً هرگز دربارهٔ آن فکر نکرده بودم. او متذکر شد که سایه پر از نور بازتابیده از آسمان است، در غیر این صورت کاملاً سیاه می‌شد. سایه‌های روی ماه به نظر فضانوردان آپولو سیاه بود، زیرا ماه هیچ گونه جوّ و درنتیجه آسمانی ندارد که نور را به سوراخ‌های سطح ماه باز بتاباند. فقط برق ضعیف ناشی از تابش زمین تورفتگی‌ها را پر کرده است.

لینچ مردی است که وقتی به رنگین کمان می‌نگرد، جزییاتی را می‌بیند که از دید اغلب مردم می‌گریزند. به عنوان مثال، او می‌داند که همهٔ رنگین کمان‌ها دوتایی هستند، و او همواره در جستجوی رنگین کمان دوم است که رنگین کمانی موازی با رنگین کمان اولی ولی کم‌نورتر و با ترتیب رنگ‌های معکوس است. ناحیهٔ حایل تاریک‌تر است. این ناحیه نامی دارد که حتماً آن را نمی‌دانید. اسم آن نوار تاریک اسکندر است.

در هنگام صحبت با لینچ با نگریستن به رشته کوه‌هایی که در فاصلهٔ چندمایلی سانتامونیکا بین ما و اقیانوس آرام قرار دارد گفت «علت اینکه کوه‌ها کمی آبی به نظر می‌رسند آن است که آسمان بین ما و این کوه‌ها قرار دارد. این نور آبی نور آسمان نام دارد». آسمان آبی است زیرا مولکول‌های هوا نور آبی را بیشتر از نورهای دیگر چون سرخ، نارنجی، زرد، و سبز پراکنده می‌کند. ما کوه‌های دوردست را از میان توده‌ای از آسمان آبی می‌بینیم بنابراین دارای رشته کوه‌های آبی (و با اجازهٔ شعرا) «کوه‌های ارغوانی باشکوه» هستیم.

چارلز تاونز درحالی که در آزمایشگاه خود در دانشگاه کالیفرنیا در برکلی یک لیزر هلیم-نئون را به من نشان می‌داد گفت «این یک باریکهٔ ناب و بسیار مستقیم است». او صدها لیزر دارد، ازجمله لیزرهایی که به عنوان هدیه از طریق پست برایش فرستاده شده است لیزرهای جدید کوچک‌تر از قوطی کبریت، لیزرهای سبزی که به چشم آرامش می‌بخشند و همهٔ فرزندان وسیله‌ای هستند که او در سال‌های ۱۹۵۰ اختراع کرد.

او و برادر زنش آرتور شاولا و[13] روش‌هایی را ابداع کردند که به آنچه «تقویت نور با گسیل برانگیخته تابش»[14] معروف است انجامید اول کلمات لاتین اصطلاح لیزر را تشکیل می‌دهند که برای همه استفاده از آن راحت‌تر است.

نور معمولاً به سرعت در همهٔ جهت‌ها پخش می‌شود؛ لیزر نور را در یک باریکه به هم می‌چسباند. کلید تولید این باریکه یک اصل بنیادی اتمی است که بنا به آن فوتون‌ها ـ و اکنون در جایی هستیم که نور را به صورت ذرات توصیف می‌کنیم ـ می‌توانند توسط اتم‌ها جذب یا گسیل شوند.

وقتی یک الکترون از یک حالت با انرژی زیاد یا حالت برانگیخته به یک حالت کم‌انرژی می‌رود، اتم مربوطه یک فوتون گسیل می‌دارد. در لیزر از این فرایند استفاده می‌شود. فرایند در یک بلور یا محیط دیگر آغاز می‌شود که اتم‌های آن استعداد برانگیختگی دارند. نور به این اتم‌ها برخورد می‌کند و الکترون‌های آنها را به رقص درمی‌آورد. وقتی اتم‌ها آرام شدند، انرژی اضافی را به صورت فوتون‌ها گسیل می‌دارند. این فوتون‌ها به نوبهٔ خود، الکترون‌های بیشتری را به رقص درمی‌آورند که سبب تولید فوتون‌های بیشتر می‌شود و یک واکنش زنجیره‌ای رابه راه می‌اندازد. این فیزیک است و نه سحر و جادو، که باعث می‌شود بیش از نور ورودی از جسم نور خارج شود.

ورود لیزر را بعضی روزنامه‌ها پیام‌آور عصر پرتوهای مرگبار نظامی دانستند که عموزادگان کشندهٔ پرتوهای گرمایی در جنگ ستارگان بودند. اما نیم قرن پیش تاونز و شاولا و اطمینان نداشتند که این کار از اختراع آنها یا پیش نمونهٔ آن یعنی لیزر (که در آن به جای نورمرئی از میکروموج استفاده می‌شد) برآید. آنها فقط می‌دانستند که روشی عالی برای درخشش نور به صورت شدید و مستقیم به دست آورده‌اند.

تاونز گفت که در آن هنگام افراد سر به سر من می‌گذاشتند که «لیزرها راه‌حلی منتظر مسئله هستند».

او هرگاه در سوپر مارکت مقابل صندوقی می‌رود که از نور برای خواندن قیمت اجناس استفاده می‌شود به یاد این موضوع می‌افتد. لیزر CD را در دستگاه‌های استفاده از آنها

می‌خواند. در هنگام تلفن راه دور این لیزر است که کلمات شما را در امتداد یک کابل تار نوری منتقل می‌کند.

هرچه دربارهٔ فایدهٔ ابزاری که باعث می‌شود نور بدون پراکنده شدن به خط مستقیم حرکت کند بگوییم کم گفته‌ایم. باریکه‌های لیزر که از زمین شلیک شده بودند از آینه‌هایی که فضانوردان آپولوی بر روی کره ماه نصب کرده بودند باز تابیدند، و این امکان را فراهم ساختند تا دانشمندان فاصله زمین تا ماه را در مسیر متجاوز از ۳۶۲۰۰۰ کیلومتر با دقت یک سانتی‌متر اندازه بگیرند. جراحی با لیزر عیوب دید را با یک روال معمولی اصلاح می‌کند.

تاونز می‌گوید «وقتی دوستی به من می‌گوید که جراحی با لیزر بینایی او را نجات داده است» به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرم.

مایکل هارت[15] فیزیکدان درحالی که چشمهٔ نور سنکروترون ملی را در اپتون نیویورک به من نشان می‌داد گفت «نور کاوندی جهانی است». این دستگاه که در اوایل دههٔ ۱۹۸۰ ساخته شده است و وسیله‌ای پیچ در پیچ و به صورت مضحکی پیچیده است به گفته هارت «پراستفاده‌ترین چشمهٔ نور» در جهان است.

سنکروترون از آهنرباها برای هدایت الکترون‌ها در حلقه‌ای استفاده می‌کند که اندازهٔ آن درحدود یک زمین بسکتبال است. الکترون در هر تغییر جهت حرکتش یک فوتون گسیل می‌دارد. فوتون‌ها در آنچه خطوط باریکه خوانده می‌شود از حلقه دور می‌شوند. دو حلقهٔ سنکروترون دارای ۹۲ خط باریکه هستند، و هریک از آنها به سفارش دانشمندانی ساخته شده‌اند که آنها را با آرایه‌ای از وسایلی چون عقربه‌ها، دستگاه‌های سنجش، شیرها، پمپ‌ها، اتاقک‌های خلأ، حسگرهای اپتیکی، سیم‌ها، لوله‌ها و تعداد زیادی وسایل با پوشش آلومینیمی اشغال کرده‌اند. خط‌های مختلف باریکه را محققان دانشگاه‌ها، آزمایشگاه‌های دولتی، و جاهایی چون IBM، آزمایشگاه‌های بل، واکسون مورد استفاده قرار می‌دهند.

آنها با نور چکار می‌کنند؟ همان طور که انتظار دارید، آنها اغلب با این نور به اجسام می‌نگرند. آنها به ناخالصی‌های مواد نگاه می‌کنند. تخلخل سنگ‌هایی را بررسی می‌کنند که متدهای حفر چاه‌های نفت از زمین بیرون آورده‌اند. هشت تا از خط‌های باریکه برای مطالعهٔ ساختار سه‌بُعدی پروتئین‌ها در کوشش جهت رمزگشایی از اسرار بدن انسان مورد استفاده قرار می‌گیرند.

برای مدتی یکی از خط‌های باریکه در یک دستورالعمل تشخیص پزشکی به نام آنژیوگرافی شریانی مورد استفاده قرار گرفت. این بررسی‌ها دارای یک مشکل بود: چه کسی علاقه‌مند به نشستن در مقابل تفنگ عظیمی از پرتوهاست که به نظر می‌رسد می‌تواند سوراخی را در زمین به وجود آورد؟ پژوهشگران یک اتاق معاینه با دیوارهای سفید ساختند که لوله باریکه از طریق روزنه ظریفی در یکی از آنها زیرچشمی به درون می‌نگریست.

گستره فوتون‌ها در این دستگاه از تابش فروسرخ تا پرتوهای x تغییر می‌کند که بسیار فراتر از گسترهٔ طیف مرئی است. بخشی از تاریخ بشر که طی آن دنیای خارج فقط از طریق نورمرئی، برش کوچکی از طیف الکترومغناطیسی از قرمز یا بنفش، مشاهده کرده‌ایم هارت را متعجب می‌سازد. استفاده از نور در فراتر از قلمرو مرئی این امکان را برای دانشمندان فراهم آورده است تا آرایه جدیدی از تصاویر واقعیت‌های اطرافمان را به وجود آوریم. به گفته هارت «می‌توانیم لایه‌ای از اتم‌های موجود در روی یک سطح را مشاهده کنیم».

هارت مانند تمام کسانی که من با آنها صحبت کردم و با نور سروکار داشتند از توان آن شگفت‌زده بود. با پیشرفت دائم فناوری مهندسان توانسته‌اند باریکه‌های حتی درخشان‌تر از پیش به وجود آورند. به گفته هارت، به عنوان یک قاعده کلی روشنایی آنها هر پنج سال صد برابر افزایش می‌یابد.

صنعت مخابرات عاشق نور است. وقتی شما از لوسنت تکنولوژیز در آزمایشگاه‌های بل در هولمدل[16] نیوجرسی بازدید می‌کنید، با علامتی رو به رو می‌شدید که می‌گوید «به درهٔ فوتون خویش آمدید». چیزی تقریباً مانند یک فرقهٔ فناوری پیشرفتهٔ نور حول این باور شکل گرفته است که بشر به صورت روزافزون از نوار تقریباً نامتناهی موجود در یک باریکه نور استفاده خواهد کرد.

کتی زلاگ[17] معاون گروه شبکه اپتیکی لوسنت به من گفت که «افرادی چون والدین من تصور می‌کنند که من در بخش جنگ ستارگان این گروه هستم. درصورتی ما فقط در اول کار هستیم» همکار او باب ویندلر[18] که محقق تارهای نوری است اضافه کرد «مقدار اطلاعاتی را که می‌توانیم روی

یک تار قرار دهید هرسال بیش از دو برابر می‌شود». به لحاظ نظری یک رشته تار نوری روزی خواهد توانست تمام مکالمات تلفنی روی کرهٔ زمین را به طور همزمان منتقل کند.

این خوشبینی اخیراً براثر گرفتاری‌های شرکت‌های مخابراتی تا اندازه‌ای تعدیل شده است، اما فناوری مربوطه هنوز تحسین برانگیز است. به عنوان مثال، تقسیم طول موج چندگانه را درنظر بگیرید. لیزرها برای فرستادن طول موج‌های مختلف نور فروسرخ در یک تار به کار می‌روند. هر طول موج کانال مربوط به اطلاعات خودش یعنی لوله خرد را تشکیل می‌دهد. هم‌اکنون، یک تار می‌تواند حامل چند دوجین از این کانال‌ها باشد، اما تعداد را می‌توان به هزاران یا حتی میلیون‌ها رساند. به گفتهٔ دیو بیشاب[19] معادن تحقیقات اپتیکی ارنست «این کار نزدیک به معجزه است».

به گفتهٔ جورج گیلدر[20] یک نظریه‌پرداز سیاسی محافظه‌کار که اخیراً به مرشد مؤثری در فناوری تبدیل شده است در سال‌های آینده نور محیط انقلاب مخابرات خواهد شد «می‌توانید حالتی را مجسم کنید که هرکس در جهان می‌تواند طول موج مربوط به خود را داشته باشد. می‌توانید طول موجی را داشته باشید که شما را به شخصی در وین یا توکیو یا هر جای دیگر مربوط کند و این طول موج می‌تواند به آسانی پذیرای تصاویر سه‌بعدی باشد. می‌توانید مکالماتی داشته باشید که در آن عملاً در طول چند ثانیه فراموش می‌کنید که مخاطب در حضور شما نیست. شما صورت شخص مقابل را می‌بینید، و این تصویر قابلیت‌های اپتیکی شما را اشباع می‌کند».

او می‌افزاید: «فکر می‌کنم که خداوند نور را برای مخابرات خلق کرده است». چه چیز دیگری در انتظار نور است؟ چه کاربردهای دیگری را می‌بینید؟ نور ستارگان چه اطلاعات کیهانی خارق‌العاده‌ای را به تلسکوپ‌های ما خواهد رساند؟ بالاتر از همه آیا هرگز می‌توانیم نور را کاملاً بشناسیم؟

ما هزاران سال در پی پرتوهای آفتاب بوده‌ایم، و گرچه هرگز نتوانسته‌ایم آنها را کاملاً به دام اندازیم، اما در این جستجو هنوز هم شگفتی‌های فراوانی را کشف می‌کنیم. فیزیک جدید با پارادوکس‌ها و عدم قطعیت‌هایش، از مطالعهٔ برهم کنش ماده و نور به وجود آمده است. کیهانشناسی جدید، ازجمله این کشف خیره‌کننده که عالم درحال انبساط است از مشاهدهٔ دقیق نور ضعیف کهکشان‌ها حاصل شده است. مهندسی کامپیوتری جدید ممکن است سرانجام به نور روی بیاورد و از ابزارهایی استفاده کند که در هستهٔ مرکزی آنها به جای تراشه‌های سلیسیمی از باریکهٔ نور استفاده شده باشد.

اخیراً تیترهایی را دربارهٔ این خبر داشتیم که دانشمندان راه‌هایی را یافته‌اند که می‌توانند نور را با سرعتی بیش از سرعت نور در خلأ به حرکت درآورد. این چیزی که نویسندگان داستان‌های تخیلی و برخی مردمان بسیار خیالباف همواره در فکرش هستند. اگر شما سفینه‌ای بسازید که حد سرعت انیشتین آن را محدودسازد، می‌توانید آزادانه‌تر در سراسر عالم حرکت کنید.

لیجون ونگ[21]، پژوهشگر انستیتوی تحقیقاتی NEC در پرینستون نیوجرسی، موفق به تولید یک تپ نوری شد که با سرعتی بیش از حد این سرعت حرکت می‌کرد. او گفت «ما یک محیط مصنوعی به وجود آوردیم که در آن سرعت تپ نور از سرعت نور در خلأ تجاوز می‌کرد. اما این موضوع برخلاف نظریه انیشتین نبود». گرچه می‌توان کاری کرد که نور با سرعت بیشتر از سرعت نور در خلأ حرکت کند، اما این کار را نمی‌توان با ماده و اطلاعات انجام داد. امکان سفر به گذشته وجود ندارد.

از ونگ پرسیدم که چرا نور با سرعت $3\times10^8\ m/s$ حرکت می‌کند و نه با سرعتی دیگر.

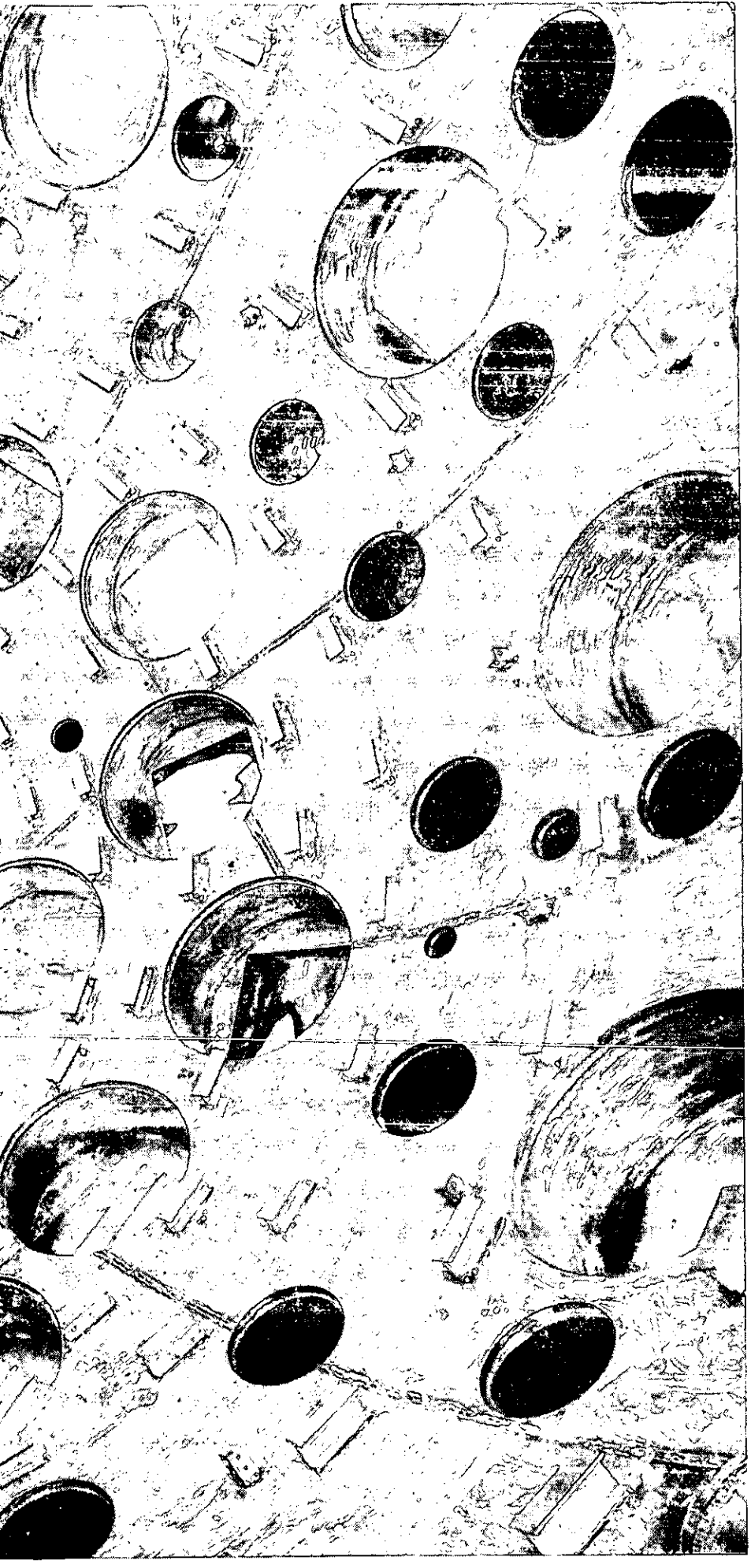
پاسخ او این بود «رفتار طبیعت این گونه است».

دانشمندانی هستند که پرسش‌های «چرا» از این نوع را دوست ندارند. به باور آنها سرعت نور همان چیزی است که هست.

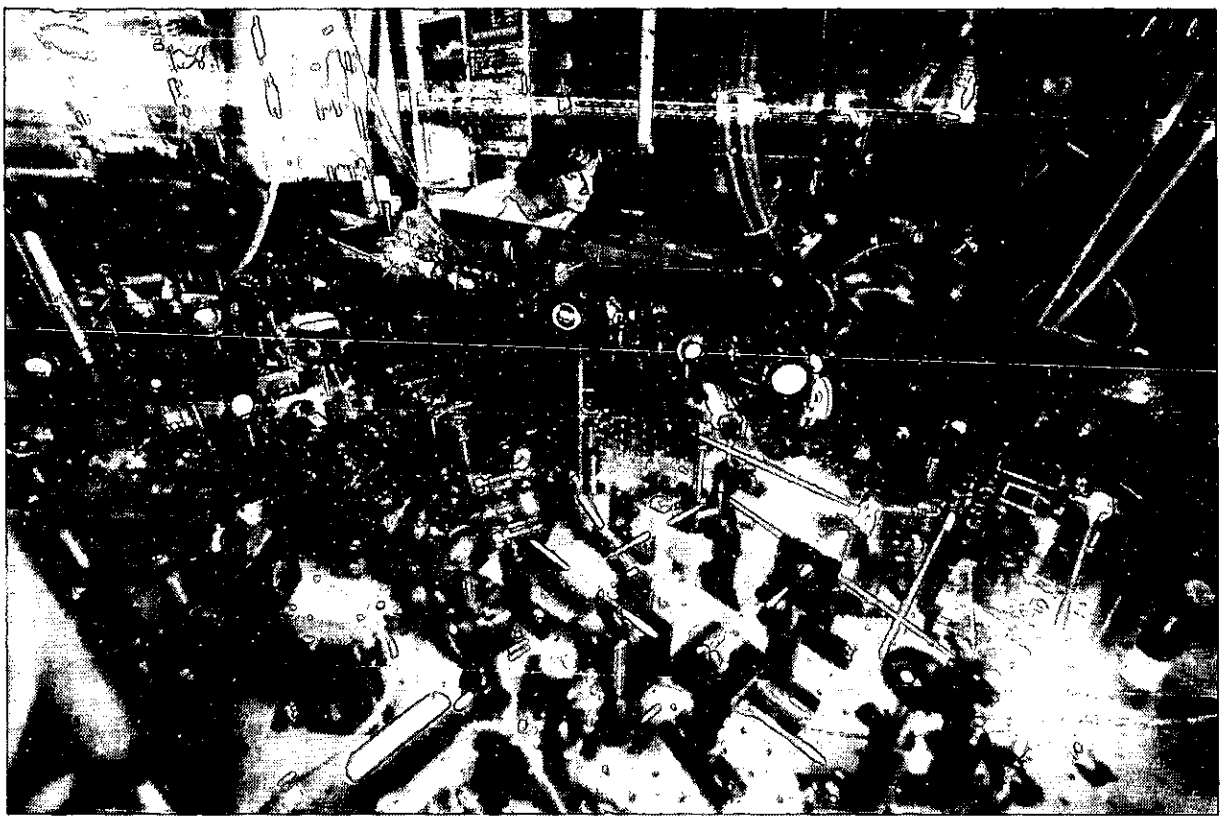
اینکه آیا نور در عالمی دیگر با سرعت دیگری حرکت می‌کند چیزی است که فعلاً خارج از گسترهٔ علوم تجربی است. این حتی برای نظریه‌پردازان نیز اندکی خارج از موضوع است.

مسئله قطعی آن است که برای صنعت، علوم، هنرها، و زندگی روزمرهٔ ما فوق‌العاده مفید خواهند ماند. نور در هر مقیاسی از موجودیت در واقعیت وجود ما نفوذ می‌کند. نور یک ابزار شگفت‌انگیز، حامل زیبایی و حیات‌بخش است.

نمی‌توانم از این اظهارنظر خودداری کنم که آینده آن بسیار درخشان خواهد بود.



ووگن دراگو[۲۲] که مانند مگسی روی دیوار می‌خزد اتاقک عظیم هدف در دستگاه ملی افروزش در کالیفرنیا را بررسی می‌کند که محل آینده‌آزمون همجوشی ایجاد شده بر اثر لیزر است. باریکه‌های ۱۹۲ لیزر به ساچمه کوچکی از سوخت همجوشی شلیک می‌شوند و همجوشی گرما هسته‌ای کنترل شده را تولید می‌کند.



عصای جادویی جدید رشته های تار نوری لوسنت تکنولوژیز هستند که بر اثر تپ های نور فروسرخ می توانند ده ها میلیون مکالمهٔ تلفنی را همزمان منتقل کنند. با برداشتن گامی بزرگ در کار با نور، فیزیکدان دانشگاه هاروارد لنه ها[23] و با بهره گیری از یک گاز ابر خنک شده باریکهٔ لیزر را که مانند نور با سرعت ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در حرکت بود متوقف کرد.

زیرنویس: .....

14. Light amplfication by Stimulated emission of radiation
15. Michael Hart
16. Holmdel
17. Kathy Szlag
18. Bob Windeler
19. Dave Bishop
20. George Gilder
21. Lijun Wang
22. Uaughn Draggoo
23. Lene Hau

1. Joel Achenbach
2. National Ignition Facility
3. Empedocles
4. Leonardo da vinci
5. Descartes
6. Sidney Perkowitz
7. Emory
8. Albert Michelson
9.Edward Morley
10. sidney perkowitz
11. Charles Townes
12.David Lynch
13. Arthur Schawlow

مرجع: .....

- National Geographic, october 2001. PP 2-32

نیمرساناها

خنک کن*

«گرونین ب. وینیگ»

مترجم: سیّد مهدی میرقیوم‌نیا

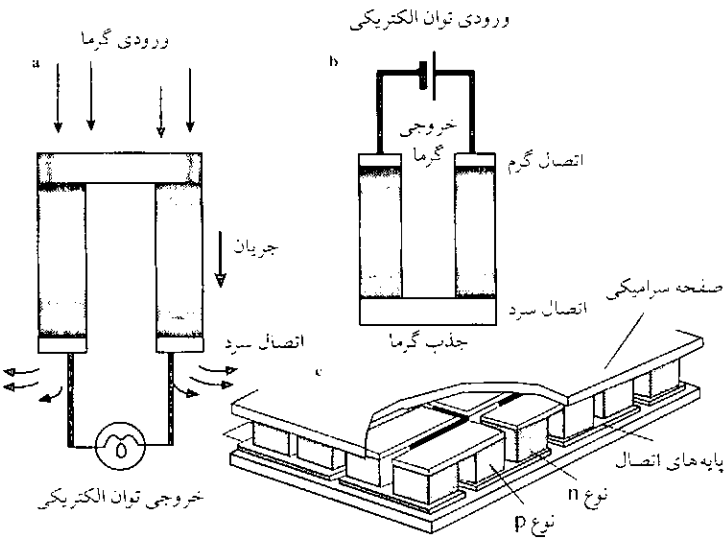
« در سال های دهه پنجاه میلادی این امیدواری وجود داشت که ترموکوپل های نیمرسانا جایگزین یخچال‌های مکانیکی شوند درست همان‌گونه که ترانزیستورها جانشین لامپ‌های خلا شدند»

« مواد جدید می توانند ما را اندکی به مقصد نزدیک‌تر کنند»

هیچ چیز به اندازه بحث پیرامون ترمودینامیک خواب‌آور نیست. بنابراین، از آن بخش می گذریم. اما اخیراً از ترموکوپل‌های جدید با ورقه‌های نازک سخن به میان آمده است که از موادی نوساخته شده‌اند و می‌توانند تمام یخچال‌ها و مولدهای قدرت را در سراسر دنیا مهجور کنند. مزایای این طرح خوب تر از آن است که حقیقت داشته باشد. حداقل، می توان به رشد کیفی سردکن‌های تفریحی - گردشی امیدوار بود.

ترموکوپل هایی که کار آن‌ها مبتنی بر عملکرد سیم‌های فلزی است، ارزان و فراوان، و برای اندازه گیری قابل اعتمادند. ترموکوپل یک مدار الکتریکی ساده متشکل از دو رسانای نامشابه است که از یک طرف به هم متصل شده‌اند. هنگامی که سرهای متصل به هم و سرهای آزاد آن در دو دمای مختلف قرار گیرند ولتاژی تولید می شود. ترموکوپل ها علاوه بر تولید ولتاژ قادر به انجام کارهای دیگری نیز هستند. از آنها می توان به عنوان ماشین گرمایی استفاده کرد و گرما را به انرژی (اثر سی بک) تبدیل کرد و یا انرژی الکتریکی را برای ایجاد سرما (اثر پلتیه شکل ۱) به کار برد. دستگاه های ترموالکتریکی که بر این اساس کار می کنند، می‌توانند تشکیل گروهی از مولدها و یخچال‌های غیر مکانیکی بدهند به این شرط که کارآرایی بیشتری داشته باشند.

در پی ظهور نیمرساناها در سال‌های دهه پنجاه میلادی، معلوم شد که با تعویض سیم‌های رسانا با نیمرساناها، کارآرایی ترموکوپل به مراتب افزایش می‌یابد که بهبودی قابل ملاحظه‌ای است اما، فناوری ترموالکتریک معمولی هنوز چنان پر هزینه است که نمی‌تواند حتی جای یک کمپرسور یخچال خانگی را بگیرد. با وجود این دستگاه‌های ترموالکتریک نیمرسانا مبدل های انرژی حالت جامد محکم و با دوامی هستند و مدتهاست که این فناوری برای تولید توان در سفرهای به اعماق فضا برگزیده شده است. به عنوان نمونه می‌توان به استفاده از این فناوری در مأموریت وویجر (vogager) I و II برای تحقیق پیرامون سیاره های



شکل ۱ : «ترموالکتریک از رویاهای ترموالکتریکی تا واقعیت»

ترموکوپل مدارهای الکتریکی ساده‌ای هستند که برای اندازه گیری دماهای ناشی از اختلاف ولتاژ حاصل از اختلاف دما در محل اتصال دو سیم با نیمرسانای نامشابه به کار می روند. از ترموکوپل ها می توان برای الف : تولید ولتاژ ب : تولید سرما نیز استفاده کرد. کارایی تبدیل انرژی را بیش از اینکه ساختار هندسی تعیین کند خواص مواد ترموالکتریک (در اینجا نیمرسانای نوع (P,n) مشخص می کند ج : برای استفاده از جدیدترین دستگاه های ترموالکتریک می توان آن ها را به چند هزار ترموکوپل مجهز کرد برای مواد استفاده خاص با تعیین تعداد ترموکوپل های سری و با تغییر دادن عوامل هندسی می توان به مشخصه های الکتریکی و گرمایی مطلوب دست یافت. مواد ترموالکتریکی جدید که و تکاتا سوبرامانیان Vekatsubramanian و همکارانش ساخته اند جدیدترین گام به سوی استفاده گسترده از فنآوری مواد الکتریک پس از اطمینان از اجرایی بودن آن بوده است (تصاویر به همت اس ویلیام www.Thermoelectrics.Com. تدارک دیده شده است.)

خارجی‌تر منظومه شمسی و در این اواخر مأموریت کاسینی (Cassini) به زحل اشاره کرد. این فناوری برای بعضی محیط های دور از دسترس (همچون برخی از لوله‌های نفت) درون زمین گرفته تا سرد کننده ها در اندازه‌های کوچک در صنایع دفاعی و هوایی (مانند خنک کردن آشکارسازهای فرو سرخ) از جایگاه مناسبی برخوردارند.

در دهه گذشته، کاهش هزینه‌ها منجر به تولید خنک کننده‌های ترموالکتریک (پلتیه) در بین کالاهای مصرفی، از قبیل «سبدهای پیک‌نیک بدون یخ» که از فندک موجود در اتومبیل استفاده مناسب می کند) و هوای کنترل شده (از نظر سردی و گرمی) برای صندلی های اتومبیل شد. از جمله این دستگاه‌ها ساعت‌های مچی هستند که تنها با گرمای مچ دست کار می کنند و بسیار گران قیمت‌اند. به علاوه، برای اینکه این دستگاه‌ها از نظر اقتصادی و تجاری مطلوب باشند باید عملکرد بهتری داشته باشند. این مشکل به مهندسی مربوط نیست بلکه به علوم و به ویژه علوم مواد ترموالکتریک ارتباط دارد.

مسئله این است که خود مواد فعال، از جمله قطعات نیمرسانای نوع P,n (درشکل) سبب محدودیت کارآیی می شوند. حامل جریان در نیمرسانای نوع n الکترون، و در نیمرسانای نوع P حفره است. هر دو نوع نیمرسانا دارای مقاومت الکتریکی هستند که برای کار ترموکوپل باید بر این مقاومت ها غلبه کنیم. هر پایه نیمرسانا مستقیما گرما را از درون دستگاه هدایت می کند که اختلاف دمای قابل حصول (برای خنک‌سازی) و قابل نگهداری (برای تولید توان) را محدود می سازد. این تلفات، از قابلیت تولید ولتاژ یا خنک سازی مفید می کاهد.

برای اینکه یک ترموکوپل به‌درستی مطابق اصول مهندسی کار کند، نوع ماده چه تأثیری می تواند داشته باشد؟

میزان این تأثیر را ترکیبی از خواص ماده با عددی تحت عنوان «عدد مزیت ترموکوپل» ZT تعیین می کند. ZT عددی بدون بُعد است و می توان آن را بیان اختصاری «کارآیی» دانست. ZT این مزیت را دارد که می تواند تنها برای یک قطعه اندازه گیری شود، بدون اینکه کل دستگاه در نظر گرفته شود. مقدار صفر برای ZT به این معنی است که هیچ تبدیل انرژی صورت نگرفته است. با افزایش ZT به مقادیر بی نهایت

بزرگ، کارآیی دستگاه ترموالکتریک به تدریج به حداکثر کارآیی یعنی کارآیی کار نویی می‌رسد که در مورد ماشین گرمایی (حتی ماشین های حالت جامد) به کار می‌رود.

هر ماده یک « عدد مزیت » دارد که معمولاً بسیار کوچک است. واژهٔ « ماده ترموالکتریک» احتمالاً باید به موادی اختصاص یابد که در آنها ZT> ۰/۵ باشد تا مورد توجه قرار گیرند. در طی حدود ۴۰ سال بهترین مواد شناخته شده دارای مقدارهای ZT بین ۰/۷۵ تا ۱ بوده‌اند. اثر تلاش های ونکاتا سوبرامانیان (venkatasubramain) و همکارانش [1] بسیار چشم‌گیر بود، آنان گزارش کردند که در یک ورقه باریک نیمرساناهای Te_3sb_2 یا Te_3Bi_2برای ZT به مقدار ۲/۴ رسیده اند. علت زیاد بودن ZT در چنین موادی، ساختار غیرمتعارف (با اَبَرشبکه‌ای متشکل از لایه های یک در میان از نیمرسانا) آنهاست. رکورد قبلی ZT با قطعه ای از آلیاژ نیمرسانا بر مبنای sb_2Te_3 یا Bi_2Te_3 در دمای اتاق بود ساختار اَبَر شبکه‌ای، سبب افزایش انتقال الکترونها (و حفره‌ها) ی حامل جریان می‌شود، در حالی که مانع از انتقال فونون‌های حامل گرما (نوسانگرهای کوانتیده شبکه بلوری) می شود. هر دو اثر ZT را افزایش می دهند.

در اواخر دهه پنجاه وقتی عصر جدید علم و فناوری ترموالکتریکی آغاز شد، به نظر می رسید که امکان رسیدن کارآیی دستگاه‌های ترموالکتریک به کارآیی یخچال‌ها و مولدهای قدرت مکانیکی وجود دارد. در سال های دهه ۷۰ پیشرفت در این زمینه کند بود. حتی این تصور وجود داشت که ZT=۱ یک مقدار حدی برای دستگاه‌های ترموالکتریکی است. البته وجود محدودیت‌های تجربی، پژوهش و تحقیقات را تقریبا متوقف کرده بود. اما در نخستین سال‌های دهه ۹۰ ردولف باسر پس از عضویت در هیئت رئیسه (Night and Electro - optics) وابسته به ارتش ایالات متحده، دانشمندان را به بررسی مجدد ترموالکتریک فراخواند، به زودی برنامه علمی ـ تحقیقاتی به منظور افزایش ZT و با حمایت اصولی اداره تحقیقات دریایی نیروی دریایی U.S و DARPA (آژانس طرح های تحقیقات پیشرفته دفاعی) تدارک دیده شد. درسال‌های آخر دهه ۹۰ تا اندازه‌ای پیشرفت حاصل شد، اما اعتقاد به اینکه سد محدودیت ZT شکسته شده باشد خوش بینانه تلقی می شد.

با نتایجی که ونکاتا سوبرامانیان به دست آورد، حتی به شکاکان و و ناظران ناامید با اطمینان جرات و دلگرمی داد. با بیش از یک روش ثابت می شود که بیان خواص ماده بر حسب « عدد مزیت ZT » ۲/۵ بار بهتر از بهترین مقدارهای فعلی است و می توان آنهارا در دمای اتاق به کار برد. تا کنون زمان زیادی صرف رسیدن به وضعیت حاضر شده است، اما این گمان که ZT حداکثری برابر با واحد دارد کاملاً از بین رفته است.

آیا زمان آن رسیده است یخچال‌های مدل قدیمی خانگی را تعویض کنیم؟ پاسخ کاملاً مثبت نیست. با وجود همه امیدهایی که نسبت به نتایج جدید حاصل می شوند، کارآیی (برحسب مقادیر ZT) به طور قابل توجهی کمتر از بازده یخچال‌های رایج است. اگر مشکل هزینه ها و برآوردها مختلف مهندسی را بتوان حل کرد، دیگر مشکلی باقی نمی ماند.

از سوی دیگر، این نتایج می توانند به اندازهٔ کافی خوب باشند تا دامنه کاربردهای عملی را توسعه دهند. روی هم رفته، سازندگان جدید در کاهش هزینه موفق بوده اند و دلیلی وجود ندارد که بحث پیرامون بازده به پایان رسیده باشد. اغلب فیزیک‌دانان بیاد دارند که زمان حد بالای دمای گذارا بر رسانایی با قاطعیت کامل در ۲۳K (۲۵۰ °C-) بود، در حالی که هم اکنون این دما در حدودK ۱۶۴ (۱۰۹ °C-) است که هنوز نسبتاً سرد است و بر سر بالاتر بودن دما رقابت وجود دارد. تجربه گرایان دوست دارند که اشتباه نظریه پردازان را اثبات کنند.

در سرویس های ZT

_ 2203 Johns. cronin B. vining

_ circle Alabama 36830 _ 7113 U.S.S

e. mail: nature @ ztS. com

زیرنویس‌ها:

1. Venkat a Subarmaian, R., Siilvola,E., Colpitts, t& o,

2. Quinn,B. Nathre 413, 597 _ 602 (2001)

Dubois, L.H. 18th International conefrence on Thermoelectrics

1 - 4 (IEEE Piscataway, Newjersey, 1999):

http:// WWW. Zts. Com/ darpa dubois 99 †

*Semiconductors are cool

مرجع:

NATURE/VOL. 413 / 11 OCTOBER 2001 / WWW.nature. com.

عبور چرخ از مانع

صمد غلامی
تاریخ ارائه: مهرماه ۸۰
محل انجام تحقیق: ناحیه ۲ آموزش و پرورش بندرعباس

چکیده: *شاید این سؤال بارها به ذهن رسیده باشد که چرا برخی از وسایل نقلیه دارای چرخ‌های بزرگ و برخی دیگر دارای چرخ‌های کوچک‌تری هستند؟ البته هرچه شعاع چرخ بیشتر باشد؛ در یک دور چرخش مسافت بیشتری را طی خواهد کرد. ولی علاوه بر این شعاع چرخ با ارتفاع موانعی که بر سر راه آن قرار دارد نسبت دارد؛ چرا هرچه که شعاع چرخ بیشتر باشد؛ عبور آن از روی مانع ساده‌تر خواهد بود و این همان چیزی است که ما در اینجا قصد بررسی آن را داریم.*

۱ـ مقدمه

اگر چرخی براحتی بچرخد یک نیروی کوچک افقی که به محور آن وارد می شود آن را بر روی برآمدگی ها و بی نظمی های سطحی که بر روی آن عبور می کند؛ در حالت حرکت نگه می دارد. به طور کلی چرخ هایی که قطر بزرگی دارند با مقاومت کمتری می چرخند. این خود دلیل بزرگ بودن قطر چرخ هایی است که وسائل نقلیه و ابزار مختلف استفاده می شود. دراین مقاله با قرار دادن یک چرخ روی سطح شیب دار و تجزیهٔ نیروهای وارد بر محور آن وابستگی شعاع چرخ و ارتفاع مانعی که بر سر راه آن قرار گرفته است با نیروی پیش برنده آن نشان داده می شود.

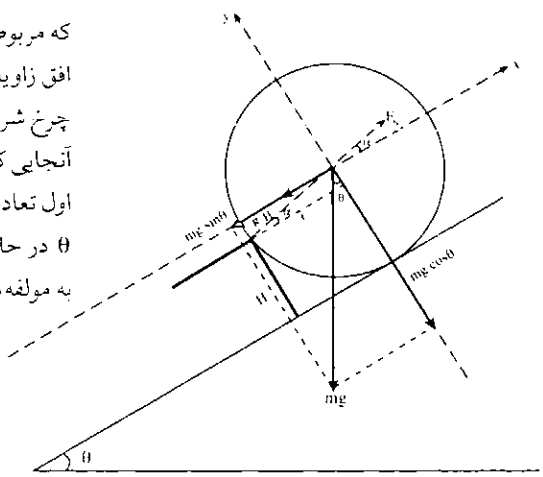
۲ـ عبور چرخ از مانع روی سطح شیب‌دار

کم‌ترین مقدار نیروی افقی لازم برای شروع حرکت یک چرخ بر روی یک برآمدگی را می توان با به کار بردن حالت اول تعادل ایستا پیش بینی کرد. شکل (۱) تصویر چرخی با شعاع R و جرم M در هنگام حرکت بر روی یک مانع سخت به ارتفاع H را نشان می دهد. شکل (۲) طرح نیروی یک چرخ را با حذف اجسام مربوط نشان می دهد. سه نیرویی که بر روی چرخ عمل می کنند عبارت اند از:

۱ـ نیروی وزن Mg ۲ـ نیروی افقی F که بر محور وارد می شود. ۳ـ نیروی عمودی F_N که مربوط به تماس چرخ با مانع است. جهت نیروی عمودی به سمت مرکز چرخ است و با افق زاویه θ می سازد. هیچ نیروی طبیعی دیگری در زیر چرخ عمل نمی کند. برای اینکه چرخ شروع به حرکت بر روی مانع می کند و دیگر در تماس با سطح افقی زیرین نیست. از آنجایی که کمترین نیروی افقی لازم برای حرکت چرخ بر روی مانع موردنظر است از حالت اول تعادل استفاده می کنیم. فرض کنیم چرخی به شعاع R از بالای سطح شیبداری به زاویه θ در حال پائین آمدن است، و به مانعی به ارتفاع H برخورد می کند. با تجزیه کردن نیروها به مولفه های عمودی و افقی خواهیم داشت:

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F + mg\sin\theta - F_N\cos\alpha = 0$$
$$F_N\cos\alpha = F - Mg\sin\theta \qquad (1)$$

$$\sum F_y = \Rightarrow F_N\sin\alpha + mg\cos\theta = 0$$
$$F_N\sin\alpha = -mg\cos\theta \qquad (2)$$



شکل ۱: چرخی به شعاع R روی سطح شیب دار به زاویه θ

رابطه (۱) را بر (۲) تقسیم می کنیم.

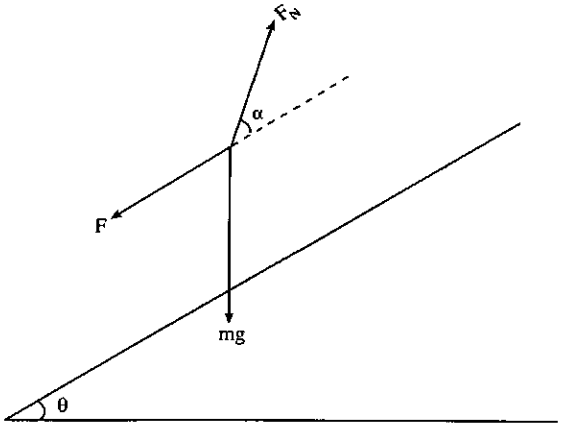
$$F_N \cos\alpha / F_N \sin\alpha = (F + mg\sin\theta) / mg\cos\theta \Rightarrow$$
$$\cot g\alpha = F/(mg\cos\theta) + tag\theta$$
$$F = mg\cos\theta(\cot g\alpha - tag\theta) \qquad (۳)$$

با توجه به شکل(۲) و بررسی مثلث رابطه زیر را بدست خواهیم آورد:

$$\cot g\theta = x/(R-H) = \sqrt{۲RH - H^۲}/(R_H) \qquad (۴)$$

نتیجه نهایی به قرار زیر است:

$$F = mg\cos\theta\left[\sqrt{۲RH - H^۲}/(R-H) - \tan\theta\right] \qquad (۵)$$



شکل ۲ : نیروهای عمل‌کننده بر چرخ روی سطح شیب‌دار

۳ـ حالت خاص

در صورتی‌که سطح را افقی درنظر بگیریم ($\theta = ۰$) عبارت بدست آمده به صورت زیر ساده می‌شود:

$$F = mg\left[\sqrt{۲RH - H^۲}/(R-H)\right] \qquad (۶)$$

۴ـ حل مسئله به کمک گشتاور

برای اطمینان از صحت رابطه‌های حاصل؛ مسئله عبور چرخ از مانع بر روی سطح شیب‌دار را به کمک قانون دوم تعادل یعنی گشتاور $\sum\tau = ۰$ مجدداً بررسی می‌کنیم.

$$\sum\tau = ۰ \Rightarrow (F + mg\sin\theta)(R-H) = mg\cos\theta \times x \Rightarrow$$
$$x = \sqrt{۲RH - H^۲}$$
$$F = -mg\sin\theta + mg\cos\left[\sqrt{۲RH - H^۲}/(R-H)\right] \Rightarrow$$
$$F mg\cos\theta\left[\sqrt{۲RH - H^۲}/(R-H) - \tan\theta\right]$$

در حالت خاص خواهیم داشت:

$$\theta = ۰ \Rightarrow F = mg\sqrt{۲RH - H^۲}/(R_H)$$

۵ـ بحث

(۱) در حالت $H = ۰$ ؛ بطوریکه هیچ مانع موثری وجود نداشته باشد $F = ۰$ خواهد بود.

۲) اگر ارتفاع مانع از شعاع چرخ بزرگتر باشد $(H > R)$ یک نتیجه غیرفیزیکی برای F به‌دست می‌آوریم.

۶ـ نتیجه‌گیری

این آزمایش فرصتی پیش می‌آورد تا دانش‌آموزان فیزیک مقدماتی مهیا شوند تا حالت‌های مختلف تعادل ایستایی را تحقیق کنند. همان‌گونه که معادله(۵) نشان می‌دهد شعاع چرخ و همچنین ارتفاع مانع با نیروی وارد بر محور بستگی دارد.

مرجع: .....
THE PHYSICS TEACHER vol. 38' March 2000

مناسبات محیط آموزشی

جهانگیر ریاضی

مقدمه

روابط و مناسبات محیط آموزشی، از مؤلفه‌های بسیار مهم در ارتقاء کیفی آموزش محسوب می‌شود. این روابط در قالب روابط بین معلمان، معلم و دانش‌آموز، معلم و مدیریت محیط آموزشی، رابطه بین دانش‌آموزان و... قابل بررسی است. هدف اصلی این نوشتار بررسی رابطه بین معلمان به عنوان یکی از مؤثرترین عوامل بر روند کیفی آموزش است.

طرح یک ضرورت

هر رابطه انسانی اصولاً بر اساس یک سری ضرورت‌ها و نیازهای انسانی شکل می‌گیرد. ضرورتی که بر اساس عوامل خارجی به یک انسان قابل القا نیست و این عوامل نمی‌توانند باعث انگیزه و تحرک فرد شوند. بلکه هر فرد در راستای دست‌یابی به هدفی مشخص، در جریان افت و خیزها، شکست و پیروزی‌هاست که باید این ضرورت را درک کند. انسانی که ضرورت یک موضوع را «آگاهانه» درک کرده باشد، نیازی به القا و محرک‌های خارجی ندارد و طبعاً به صورت خودانگیخته در راستای این ضرورت حرکت خواهد نمود و شیوه‌های پاسخگویی به این ضرورت را خواهد یافت.

رابطه بین معلمان: ابزاری برای انتقال تجربیات

استفاده از تجربیات و داشتن الگوهای موفق در محیط آموزشی، یکی از نیازهای پیشبرد کیفی امر آموزش است. رابطهٔ بین معلمان، به‌ویژه رابطه معلمان با تجربه با جوان‌ترهایی که از تجربه کمتری در آموزش برخوردار هستند، می‌تواند یک معلم جوان را با افت و خیزهای کمتر به سمت مدیریت بهتر آموزش در کلاس هدایت کند. این خود بخشی از درک یک ضرورت بزرگ‌تر یعنی ضرورت «داشتن مناسبات فعال» است. به‌طور کلی تجربیات آموزشی را می‌توان در دو بخش کلی بررسی کرد:

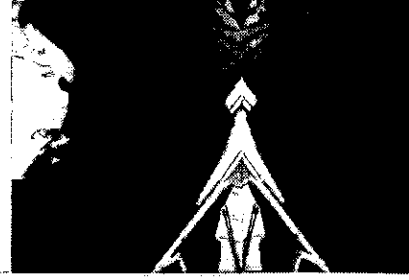
الف) تجربه علمی و تخصصی در آموزش

ب) تجربه در زمینهٔ چگونگی برخورد با رفتارهایی متفاوت و تشخیص واکنش مناسب در مقابل این رفتارها.

طبعاً یک معلم موفق به هر دو جنبه از این تجربیات نیازمند است. منابع دست‌یابی به این تجربیات می‌تواند:

الف) منابع مطالعاتی

ب) منابع انسانی باشد. در مورد منابع انسانی برای یک معلم باید به رابطه با سایر معلمان و دانش‌آموزان اشاره کرد. باید توجه کرد که تجربه در یک زمینه تخصصی، تنها هنگامی قابل استفاده است که فرد «نیاز به داشتن الگو و راهنما» را به عنوان یک



«ضرورت» احساس کند. به عبارت دیگر: وقتی که معلم دغدغهٔ دست‌یابی به «روش‌های بهتر آموزش» را داشته باشد و هنگامی که در به کارگیری روش‌های مختلف در محیط آموزشی دچار افت و خیز می‌شود، در چنین شرایطی است که «تجربه دیگران» می‌تواند به حل مشکلات محیط آموزشی معلم کمک کند.

«شرایط اجتماعی» و مناسبات محیط آموزشی

مناسبات در محیط آموزشی قطعاً متأثر از کل شرایط اجتماعی و شرایط ناظر بر مناسبات اجتماعی است. مسلماً بین شرایطی که یک شهروند از یک «زندگی باثبات» و آینده‌ای مشخص برخوردار است، با شرایطی که با دغدغه‌هایی متعدد ناشی از بی‌ثباتی‌های مختلف در زندگی خود مواجه است، تفاوتی کیفی وجود دارد. این تفاوت در کل تعاملات فرد اثر می‌گذارد، به گونه‌ای که این تأثیر تا آنجا پیش می‌رود که سمت و سوی مناسبات فرد را تعیین می‌کند. در چنین شرایطی است که در مورد معلم به عنوان یک «شهروند»، روابط محیط آموزشی نیز متأثر از کل شرایط اجتماعی کارکرد کیفی خود را تا اندازه‌ای از دست خواهد داد. یافتن راه‌کارهای برون رفت از این مانع بحثی ظریف و در عین حال پیچیده است. از یک طرف مشکلات و دغدغه‌های زندگی معلم به عنوان یک «شهروند»، و از طرف دیگر انتظار کارکرد کیفی حضور معلم در محیط آموزشی، مجموعه‌ای متناقض ایجاد می‌کند.

عرصه‌های ارتباط بین معلمان

رابطهٔ بین معلمان در عرصه‌های زیر قابل بررسی است:

الف) روابط رسمی: شامل: حضور در گردهمایی‌های گروه‌های آموزشی و گردهمایی علمی ـ آموزشی، حضور در دوره‌های آموزش ضمن خدمت، حضور در محیط آموزش (آموزشگاه) و...

ب) روابط غیر رسمی: خارج از محیط آموزشی مثلاً در محیطی دوستانه و خانوادگی.

حال باید کارکرد هریک از این عرصه‌ها را در انتقال تجربیات آموزشی بررسی کرد.

از طرف دیگر وجود مشکلات و دغدغه‌های مختلف در زندگی معلم به عنوان یک «شهروند» باعث می‌شود در روابط غیر رسمی تمایل چندانی به بحث در مورد موضوع‌های آموزشی از نظر «ارتقاء کیفی» وجود نداشته باشد. در اینجا بهتر است نگاهی واقعی‌تر به وضع معلم و مناسبات بین معلمان داشته باشیم تا مشخص شود در نهایت چه انتظاری می‌توان از این مناسبات داشت. **واقعیت این است که «دغدغه آموزش» تنها یکی از مجموعهٔ دغدغه‌های معلم است.** بسته به اینکه چه سهمی از زندگی و فکر معلم به «موضوع آموزش» و چه سهمی به حل مشکلات و سایر دغدغه‌های زندگی اختصاص دارد، می‌توان میزان انتظار خود را تعریف کرد.

کارکرد کیفی رابطه دوستانه بین معلمان

هر فردی رابطهٔ انسانی را قبل از هر چیز بر اساس وجود «صمیمیت و دوستی» برای خود تعریف می‌کند. به بیان دیگر: فرد در یک رابطه باید «احساس آرامش و راحتی» کند تا بتواند مسائل خود را مطرح و احتمالاً از تجربیات دیگران در حل این مسائل استفاده نماید. وجود یک محیط صمیمی و «اعتماد متقابل» بین معلمان باعث می‌شود، رابطه از قالب صرفاً رسمی و اداری خارج شده و در یک محیط دوستانه، هر معلم از دغدغه‌های مختلف خود، از جمله «مشکلاتش در آموزش» گفت‌وگو کند. مواردی دیده می‌شود که معلم بخاطر نبود چنین فضایی، یا حتّی به تصور این‌که نباید در مقابل دیگران ضعف نشان دهد، مشکل خود را در موضوع آموزش مطرح نمی‌کند و به آموزش غلط تن می‌دهد. پس بیائیم از این دیدگاه به موضوع نگاه کنیم که: معلم قبل از هر چیز یک انسان و نیازمند روابط انسانی و صمیمانه است، روابطی که در تنگناهای آموزشی و زندگی می‌توانند به کمک و یاری او بیایند.

نتیجه‌گیری

معلم مانند تمام شهروندان یک جامعه نیازمند داشتن رابطه با سایر انسان‌ها، از جمله با سایر معلمان است. در این راستا، هر قدر محیط روابط صمیمانه‌تر باشد، «اعتماد متقابل» بیشتر جلب می‌شود و در چنین فضایی امکان انتقال تجربیات بیشتر فراهم می‌گردد. این تجربیات می‌تواند در موضوع‌های تخصصی و یا شیوه‌های برخورد با دانش‌آموزان باشد. به نظر می‌رسد با فراهم شدن چنین محیطی، سایر ضرورت‌ها از جمله: ضرورت گردهمایی علمی ـ آموزشی، انتشار مجلات آموزشی و... بیشتر مطرح شود

به بیان دیگر: بهتر است از ایجاد یک محیط دوستانه آغاز کنیم، گفت‌وگویی ساده را «تجربه» کنیم تا در فرایند ایجاد اعتماد متقابل بتوان به سایر ضرورت‌ها پرداخت. وجه دیگر موضوع این است که معلم احساس خواهد کرد که دوستانی دارد که هنگام بروز مشکلات در محیط آموزشی یا حتی خارج از محیط آموزش می‌توان از آن‌ها راهنمایی خواست.

در یک محیط صمیمی می‌توان فارغ از زبان «پیچیدهٔ کتابی» با زبانی «ساده ولی آشنا»، از مشکلات پیچیده گفت‌وگو کرد و راه‌حل‌هایی «ساده» و قابل دسترس برای آنها یافت.

در چنین محیطی امکان بروز خلاقیت در کار آموزش بیشتر می‌شود و خود معلم در جهت بهبود کیفی مناسبات محیط آموزشی، به نتایج بهتری خواهد رسید.

مسأله اساسی در یک بحث فیزیک

مقدمه

تأکید بر مهم‌ترین اهداف آموزشی در هر بخش فیزیک یا به بیان دیگر: توجه به «مسئله اساسی» در بحث، تأثیری کیفی و گسترده بر روند آموزش خواهد داشت. شناخت «پرسش‌های اساسی» در یک مسئله و نحوهٔ پاسخگویی مناسب به آن‌ها از دیدگاه «معلم» و «دانش‌آموز» حائز اهمیت بسیار است. در این نوشتار هر دو جنبه موضوع مورد تأکید قرار می‌گیرد.

تأکید بر مسئله اساسی در هر بحث فیزیک

۱). تأثیر بر روند آموزش از دیدگاه معلم

در آموزش یک بحث مشخص فیزیک، روشن بودن و مشخص کردن «مسئله اساسی» در بحث، باعث می‌شود که معلم در تمام مراحل آموزش، به صورتی آگاهانه بر مسئله اساسی تأکید کند. این موضوع باعث مشخص شدن «پرسش اساسی» و نحوهٔ پاسخگویی مناسب با آن خواهد شد. از طرف دیگر، نظر به اینکه مؤلف یک کتاب در هر بخش یا حتّی در هر مسئله جزئی، قاعدتاً به دنبال «اهداف آموزشی مشخص» است، وظیفه معلم این است که هرچه بهتر با اهداف آموزشی موردنظر مؤلف آشنا شود، تا بتواند در طرح هر مسئله، بر هدف آموزشی موردنظر از طرح آن، تأکید کند. با این شیوه، معلم دید جامع‌تری نسبت به مطلب مورد بحث خواهد یافت. مسلماً در شرایطی که خود معلم با اهداف آموزشی یک مسئله آشنا نباشد، بررسی مسئله در کلاس دارای ارزش آموزشی لازم نخواهد بود و گاهی اوقات مسئله در حد نوشتن فرمول و جایگذاری اطلاعات اولیه و استخراج یک پاسخ باقی خواهد ماند.

معلم باید بداند که مثلاً در آموزش «قوانین نیوتون در حرکت»، مسئله اساسی کدام است؟ و برای آشنا کردن دانش‌آموزان با مسئله اساسی در دینامیک ذره به چه مسائلی باید اشاره کرد و درنهایت دانش‌آموز باید در حل چگونه مسائلی باید مهارت لازم را به دست آورد؟

چگونه یک معلم موفق می‌تواند به این دیدگاه برسد؟

یکی از روش‌های مؤثر در این رابطه، این است که معلم با

توجه به اهداف آموزشی موردنظر مؤلف، اقدام به طرح مسائل و پرسش‌های نمونه‌وار کند. این روش به هیچ‌وجه به معنی «جایگزین شدن» طرح درس معلم بجای کتاب درسی و کار ارائه شده بوسیله مؤلف نیست. بلکه اشاره به این واقعیت است که: تا زمانی که خود معلم برای طرح و ارائه یک الگو براساس اهداف آموزشی کتاب درسی تلاش نکند و صرفاً به صورت مجری موضوع‌های طرح شده در کتاب باشد، نمی‌توان به دست‌یابی به اهداف آموزشی به صورتی کیفی امیدوار بود. روش دیگر این است که: معلم بر هدف آموزشی «هر مسئله» در کلاس تأکید کند. به زبان ساده برای دانش‌آموز توضیح دهد که «هدف از طرح این مسئله مشخص چه بوده» و رابطهٔ این موضوع با «مسئله اساسی» کدام است.

۲). تأثیر بر روند آموزش از دیدگاه دانش‌آموز

الف) دانش‌آموز قبل از هر چیز، در آغاز یک فصل با مسئله اساسی و اهداف آموزشی موضوع آشنا و متوجه می‌شود که در این فصل «به دنبال پاسخگویی به کدام پرسش اساسی است؟». به بیان دیگر در تمام بحث، با کنجکاوی می‌تواند «رابطه بین مفاهیم» را درک کند و به دنبال یافتن پاسخ مناسب باشد. و اگر روند آموزش بخوبی هدایت شود، دانش‌آموز می‌تواند بر این روند تأثیر فعال داشته و در کنار معلم به حل مسائل کمک کند.

ب) دانش‌آموز از نگرش‌های جزئی، به «جامع‌نگری» به مسائل هدایت می‌شود. زیرا می‌آموزد که چگونه رابطه بین هر مسئله طرح شده و اهداف آموزشی آن و همچنین رابطهٔ بین خود مسائل را بهتر درک کند. با این دیدگاه او متوجه می‌شود که تعداد موضوع‌ها و مسائل مطرح شده در یک بخش فیزیک با وجود تنوع ظاهری در موضوع‌ها، نامحدود نیست و برای آموزش بهتر باید درک کرد که مسائل متنوع درواقع جلوه‌هایی متنوع از همان «مسئله اساسی» در بحث است. برای روشن شدن مطلب، مباحثی از فیزیک را انتخاب می‌کنیم و در هر بخش، مسئله اساسی را مورد تأیید قرار می‌دهیم:

مسئله اساسی در دینامیک ذره

ذره‌ای با سرعت اولیه معلوم در یک محیط مشخص قرار می‌گیرد. مسئله اساسی در دینامیک، «تحلیل رفتار بعدی ذره ضمن برهم‌کنش با محیط است» در آغاز بحث دینامیک، با طرح مسئله اساسی در دینامیک، از دانش‌آموزان می‌خواهیم که: تعدادی مثال بیان کنند که در آنها هدف پاسخگویی بر همین پرسش اساسی باشد. یعنی: تمرین برای درک مسئله اساسی در دینامیک. پس از آن از دانش‌آموز می‌خواهیم جایگاه قوانین نیوتون را در تحلیل هر مسئله مشخص کند. در تمام بحث دینامیک بر الگوی طرح شده در بالا تأکید لازم به عمل می‌آید. حاصل اینکه: در پایان بحث، دانش‌آموز با درک مسئله اساسی، نحوه بررسی هر مسئله مشخص دینامیک را آموزش خواهد دید.

مسئله اساسی در سینماتیک

شرایط اولیه یعنی سرعت و مکان ذره در یک لحظه معین معلوم است. با دانستن چگونگی آهنگ تغییر سرعت ذره، مسئله اساسی سینماتیک تعیین کمیت‌های سینماتیکی وابسته به آن یعنی مکان، سرعت و شتاب در t ثانیه بعد است. به بیان دیگر: مسئله اساسی در سینماتیک: پیش‌بینی وضعیت سینماتیکی ذره در لحظات بعد است. ارتباط بین کمیت‌های سینماتیکی بین لحظه فعلی و آینده به وسیلهٔ معادله‌ها (روابط سینماتیکی) ایجاد می‌شود. دانش‌آموز با شناخت صحیح مسئله اساسی در سینماتیک و یافتن توانایی ایجاد ارتباط (ارتباط) بین یک مسئله مشخص و مسئله اساسی سینماتیک، در بررسی مسائل این بخش از فیزیک مهارت لازم را به دست خواهد آورد.

نتیجه‌گیری

۱). آموزش یک بخش از فیزیک، بدون آشنایی معلم با اهداف آموزشی و مسائل اساسی آن بخش، به هیچ‌وجه کیفیت مطلوب را ایجاد نمی‌کند.

۲). آشنایی و آگاهی معلم به اهداف آموزشی و مسائل اساسی در هر بخش باعث می‌شود مسائل از دیدگاه «جامع‌تری» ارائه و نتایج آموزشی بهتری حاصل شود.

۳). آشنایی دانش‌آموز با این اهداف آموزشی باعث می‌شود از سردرگمی و برداشت‌های کلیشه‌ای از مسائل رها شود و بحث را مفهومی‌تر و جامع‌تر درک کند، و از طرف دیگر نقش «فعال» و خلاق در کلاس داشته باشد.

برآورد ارتفاع کوه

با استفاده از سالنامهٔ قدیمی کشاورزان

نیل م. شی
مترجم: سیّد مهدی میرقیّوم نیا

در طی ماه‌های ملامت‌بار زمستان اغلب خود را با **سالنامهٔ قدیمی کشاورزان** و جدول‌های طلوع، غروب، طول روز، ظهور ماه و دیگر داده‌های نجومی آن مشغول کردم. امسال نیز مانند همیشه بود. با بیدار شدن قبل از طلوع در دهم ژانویه تصمیم گرفتم که طلوع خورشید را از دست ندهم، بنابراین، برای به‌دست آوردن زمان‌های تقریبی وقایع به کتاب مزبور مراجعه کردم. زمانی طلوع خورشید برای «بوستون» بیان شده است، اما با یک کلید و جدول تحصیح می‌توان پی برد که برای تعیین زمان طلوع هر مکان چه مدت باید به مقدار قبلی اضافه کرد. اگرچه در تعیین این زمان‌ها، افق بدون مانع فرض شده است.

طبق «**سالنامه قدیمی کشاورزان**» طلوع در بوستون در دهم ماه ژانویه ساعت ۱۳ : ۷ بود. تصحیح برای نزدیک‌ترین دو شهر آلتون و ریدینگ به ترتیب ۱۰ و ۱۳ دقیقه بود. از آنجا که من به شهر ریدینگ نزدیک‌تر بودم، مقدار تصحیح را ۱۲ دقیقه فرض کردم و درنتیجه انتظار زمان طلوع را در ۲۵ : ۷ داشتم. اما خورشید ۱۱ دقیقه دیرتر یعنی ۳۶ : ۷ طلوع کرد. به‌زودی دریافتم که کوهستان‌های کوچک واقع در شرق دره‌ای که در آن زندگی می‌کنم، افق را می‌پوشاند به نظر رسید که ۱۱ دقیقه تأخیر ($t = ۶۶^{s}$) را می‌توان برای برآورد ارتفاع کوهستانی نسبت به کف دره مورد استفاده قرار داد به این شرط که فاصله تا کوهستان‌ها معلوم باشد. سرعت زاویه‌ای خورشید عبارت است از:

$$\omega = \frac{1\,rev}{day} = ۷/۲۷\times۱۰^{-۵}\ \frac{rad}{s} \qquad (۱)$$

فاصله r تا کوهستان ۲/۵ مایل (۱۳۲۰۰ft) که با کیلومترشمار اتومبیل به‌دست آمد. S طول قوس طی شده توسط خورشید در طی ۱۱ دقیقه عبارت است از:

$$s = \omega rt = (۷/۲۷\times۱۰^{-۵}\ \frac{rad}{s})(۱۳,۲۰۰ft)(۶۶^{s}) = ۶۳۳ft \qquad (۲)$$

ارتفاع محل ۴۰° است، به‌طوری که مسیر خورشید در هنگام بالا آمدن، با راستای قائم زاویه ۴۰° می‌سازد. بنابراین، ارتفاع کوهستان به‌طور تقریبی باید برابر باشد با:

$$f = (۶۳۳ft)(sin۴۰^{\circ}) = ۴۸۸ft \qquad (۳)$$

نقشه‌های توپوگرافیکی حوزه محلی نشان می‌دهد که ارتفاع در مکان مورد نظر ۴۰۰ فوت و حدود برآمدگی کوهستان بین ۸۰۰ تا ۹۰۰ فوت است. بنابراین، این ارتفاع واقعی برآمدگی کوهستان بالای دره بین ۴۰۰ تا ۵۰۰ فوت است و بدین ترتیب محاسبه عالی من با سالنامه قدیمی کشاورزان تأیید شد.

مراجع:

1. The old farmer's Almanac (Hard bound collector's Edition) no. 201 (yankee publishing, Dublin, NH, 1993).

2. Ibid, pp. 198, 200.

نقش تفکر در یادگیری فیزیک

مجید حجتی

مقدمه

تدوین کتب علوم به صورتی است که یادگیری بر مبنای حافظه را ترویج می‌کند.

مشکل اصلی دانش‌آموزان در زمینه یادگیری فیزیک را در حال حاضر شاید بتوان تکیهٔ بیش از حد ایشان بر حافظه ذکر کرد و ریشهٔ این مشکل را می‌توان در دوران اولیه تحصیل یک دانش‌آموزجستجو کرد، چرا که در دورهٔ ابتدایی بچه‌ها درس علوم را مانند درس فارسی حفظ می‌کنند البته در این رابطه مقصر نیستند، چرا که هر دو کتاب بر مبنای یادگیری حافظه‌ای تالیف شده‌اند. این بدین معناست که دانش‌آموز همان طوری که شعرهای کتاب فارسی را با تکرار زیاد حفظ می‌کنند مطالب کتاب علوم را هم آن قدر تکرار می‌کند تا حفظ شود. این اشکال در سال‌های بعد به همین منوال ادامه می‌یابد، و در دوره راهنمایی نیز مطالب مربوط به فیزیک کتاب علوم به همراه مطالبی که در رابطه با زیست‌شناسی است در یک کتاب آورده شده است. بنابراین، دانش‌آموز به همان روشی که مطلب مربوط به زیست را حفظ می‌کند با فیزیک برخورد می‌کنند. اما دلیلی که متخصصان تالیف کتاب‌ها برای این مشکل ارائه می‌دهند آن است که دانش‌آموز در دوره ابتدایی و اوایل دوره راهنمایی در مرحله‌ای نیست که بتواند به صورت مجرد فکر کند، و رسیدن به این مرحله مستلزم گذشت زمان است. حال صرف‌نظر از این که می‌توان به طور ۱۰۰٪ این مطلب را تائید یا رد کرد باید اذعان داشت که رسیدن دانش‌آموز به مرحله مذکور در برهه‌های زمانی متفاوت فرق می‌کند. در حال حاضر، به دلیل امکانات و شرایط زندگی متفاوت با گذشته این موضوع به طور طبیعی زودتر در کودکان محقق می‌شود. علاوه بر آن، می‌توان با تمرین دادن آن‌ها در مراحل قبل از دبستان، رسیدن دانش‌آموز را به مرحله مذکور تسریع کرد. برای آنکه دانش‌آموزان بتوانند به این مرحله برسد مقدماتی لازم است که بر اساس آن دانش‌آموز یاد می‌گیرد که روش یادگیری فیزیک با دروسی مثل فارسی و... متفاوت است. این همان چیزی است که بسیاری از کشورهای توسعه یافته با آموزش صحیح نحوه آموختن علوم پایه آن را محقق ساخته‌اند. موردی که می‌توان در اثبات این ادعا ذکر کرد گفته موریل ماندل در کتاب

«آزمایش‌های فیزیک برای بچه‌ها» است که: «اگر هنوز قادر به پختن یک تخم مرغ روی چراغ گاز نیستید برای انجام آزمایشی از این کتاب که نیاز به شمع یا منبع گرمایی دیگری دارد از یک نفر بزرگ‌تر یا والدین خود کمک بگیرید.» به طور حتم منظور وی از بچه‌ها در عنوان این کتاب نوجوانان نبوده است چرا که اگر نوجوانی نتواند چنین کاری را انجام دهد به احتمال زیاد از لحاظ بهره هوشی (I.Q) در سطح خیلی پایینی قرار دارد. بلکه منظور کودکانی است که ما در بسیاری از موارد آن قدر آن‌ها را دست کم می‌گیریم که به خود اجازه نمی‌دهیم بسیاری از مطالب قابل درکشان را نیز با آن‌ها در میان بگذاریم چه رسد به آنکه به آن‌ها اجازه تجربه کردن مفاهیمی را بدهیم.

راه حل عملی پیشنهادی

همان‌طور که قبلاً اشاره شد برای رسیدن دانش‌آموز به مرحلهٔ تفکر مجرد، مقدماتی لازم است که از آن جمله می‌توان به بازنگری در نحوه تالیف کتاب‌های علوم **دوره راهنمایی** اشاره کرد. چنانچه این کتب **بر مبنای «فعالیت** دانش‌آموز» تدوین شود **دانش‌آموز بعضی از** مفاهیم که بهترین زمان **برای درک آنها همان** دوران کودکی است را **سریع‌تر و آسان‌تر یاد** خواهد گرفت. به **عنوان مثال، می‌توان** به درک مفاهیم جرم و **وزن اشاره کرد**. افرادی که در دهه قبل دوره ابتدایی را گذرانده‌اند به یاد دارند که در کتاب‌های علوم به جای جرم از واژه وزن استفاده می‌کردند و این باعث شده است که ایشان از آن به بعد نیز چنین اشتباهی را چه به صورت کلامی و چه به صورت نوشتاری مرتکب شوند. حتی اگر در مرحله‌ای سعی شده است که تصحیحی در این زمینه صورت گیرد تلاش صورت گرفته اثربخشی لازم را نداشته باشد. لازم به ذکر **است که مطالب بالا را از جوابی** که از طرف **دانش‌آموزانم به سوال زیر داده** می‌شود. **دریافتم با توجه به این که دانش‌آموزان** در **پایان دوره راهنمایی** با رابطه $W = mg$ **آشنا می‌شوند**، به کرات این پرسش را در دورهٔ متوسطه و در ابتدای تدریس مبحث وزن برای ایشان مطرح کرده‌ام که: وزن ۲۰ عدد سیب ۱۰۰ گرمی چقدر است؟ و ایشان در پاسخ به غلط (۲kg) را به عنوان جواب ذکر کرده‌اند.

این بدین معناست که درونی کردن تساوی جرم و وزن از طرف دانش‌آموز در دوره ابتدایی به اندازه‌ای قوی بوده است که تصحیح آن در دوره راهنمایی نتوانسته تاثیری بر آن بگذارد. با کمی دقت در می‌یابیم اگر از همان ابتدا دانش‌آموز را با واژه جرم آشنا کنیم هیچ گاه وی در دوره‌های بعد دچار چنین مشکلی نخواهد شد. متأسفانه، از این نمونه مشکل‌ها در تالیف کتاب‌های درسی ما کم نیست بعضی از آن‌ها را نیز تحت عنوان بیان ساده‌تر مفاهیم علمی در کتاب‌های علوم گنجانده‌اند. به عنوان مثال، می‌توان تعریف سایه را در کتاب‌های علوم دوره ابتدایی و پس از آن سال سوم راهنمایی ذکر کرد که سایه را یک طرح معرفی کرده است و انتظار می‌رود در یک صفحه جای گیرد. این در حالی است که سایه واقعاً یک حجم است و در سطح نمی‌گنجد. حال اگر هدف از این به اصطلاح ساده‌سازی تعریف، این باشد که دانش‌آموز راحت‌تر مفهوم سایه را بیاموزد و بخواهیم در دوره متوسطه آن را کامل کنیم در اصل مفهومی را به اشتباه به وی آموخته‌ایم که تصحیح آن در دوره متوسطه به راحتی امکان‌پذیر نیست. در یک اقدام عملی دیگر جهت رفع مشکل تدوینی کتاب‌های علوم می‌توان این کتاب‌ها را از شروع دوره راهنمایی به سه کتاب فیزیک و شیمی و زیست‌شناسی تفکیک کرد و یادگیری بر مبنای تفکر درس فیزیک را از همان جا به کمک ریاضیات به دانش‌آموز آموزش داد.

تکیه بیش از حد بر مسائل پیچیده و عدم توجه به مفاهیم فیزیکی از طرف معلم و دانش‌آموز (ریاضی به جای فیزیک)

گاهی معلم فیزیک علاوه بر آن که وقت کلاسی را به ارائه مفاهیم فیزیک اختصاص نمی‌دهد، دانش‌آموز را نیز جهت درک این مفاهیم تحریک و تشویق نمی‌کند و تنها حل مساله را مهم جلوه می‌دهد. در بسیاری از موارد جواب به پرسش‌ها را بر عهده دانش‌آموز می‌گذارد و فقط مسائل کتاب را به عنوان تمرین در کلاس مطرح و حل می‌کند و آن قدر دانش‌آموزان را در درس فیزیک با مسائل پیچیده مواجه می‌کند که وقت زیادی از آنها صرف کلنجار رفتن با اینگونه مسائل می‌شود. به طوری که بیش‌تر از آن که جنبه فیزیکی مسئله را مدنظر داشته باشد جنبه ریاضی مسئله آنها را به خود مشغول می‌کند. در این گونه موارد، به ویژه اگر دانش‌آموز در یادگیری ریاضی توانایی کافی را کسب نکرده باشد، عجز خود را در حل کامل مسئله که گاهی نیاز به ریاضیات در حد پیشرفته دارد دال بر ناتوانایی اش در فهم مفاهیم فیزیک می‌داند و از ادامه دادن مایوس می‌شود. **چنین معلمی فیزیک را فقط حل مسئله می‌پندارد**، و متاسفانه دانش‌آموزان موفق در کلاس چنین معلمانی نیز به مفاهیم فیزیک علاقه‌ای ندارند. به عبارت دیگر، بیشتر از آن که به فیزیک علاقه داشته باشند به ریاضیات علاقه‌مندند. پیامد سوء این روش در آموزش فیزیک آن است که دانش‌آموز را به تناقض می‌کشاند. او بین مطالب کتاب که بیش‌تر سعی دارند مفاهیم را با یک مثال عملی به واقعیت نزدیک کنند و روش معلم که تنها بر فرمول‌ها

تاکید دارد هیچ سنخیت و سازگاری نمی بیند و چون آوردن نمره را به عنوان لازمه گذراندن درس مدنظر دارد سعی می کند خودش را با روش معلم وفق دهد. مداومت در به کار بستن این روش دانش‌آموز را رفته رفته از مفاهیم دور ساخته و باعث سطحی‌نگری وی به فیزیک می شود.

راه‌حل عملی پیشنهادی

به عنوان راه‌حل این معضل که بسیار اساسی است، می توان از فیلم‌های کمک آموزشی که غالباً در آزمایشگاه تهیه می شود استفاده کرد. این فیلم‌ها به عنوان یک مکمل کار معلمانی که میانه خوبی با مفاهیم فیزیک ندارند می تواند تا حدود زیادی گره‌گشا باشد. البته این گره‌گشایی مقطعی است و کمتر باعث ترغیب دانش‌آموزان به تجربه شخصی مفاهیم می‌شود. ولی به دلیل آنکه به گونه‌ای توجه دانش‌آموزان را در کلاس به مفاهیم معطوف می‌کند حائز اهمیت است و می‌توان این بینش را به ایشان بدهد که «ریاضی تنها وسیله‌ای است جهت آموختن بهتر مفاهیم فیزیک» و نباید آنقدر به آن پرداخت که مفاهیم فیزیک را تحت‌الشعاع قرار دهد.

عدم تمایل معلم به روبه‌روکردن دانش‌آموزان با جنبه‌های عملی فیزیک در آزمایشگاه

امروزه پرداختن به آزمایش‌های فیزیک در مدارس ما به‌رغم شعارهایی که در جهت توجه خاص به آن می‌شود حائز اهمیت لازم نیست این بی‌توجهی نه فقط از طرف دانش‌آموزانی که فیزیک را فقط برای نمره می‌خوانند صورت می‌گیرد، بلکه شامل حال دانش‌آموزانی که برای یادگیری صحیح و قبول شدن با رتبه خوب در کنکور تلاش می‌کنند نیز می‌شود علت آن است که اولاً هیچ گاه کسب نمره مربوط به آن از طرف معلم مهم و جدی گرفته نشده است (حتی وقتی در نظام ترمی ـ واحدی برای آن کتاب و نمره مجزائی قائل شدند)، ثانیاً ظاهراً هیچ ضریبی در کنکور سراسری به آن اختصاص نیافته است. این در حالی است که به تجربه ثابت شده است فقط افرادی که سعی می‌کنند مطالب کتاب فیزیک را شخصاً در خانه یا آزمایشگاه با وسایل موجود تجربه کنند واقعا فیزیک را می‌فهمند. بالطبع تجسم بهتری نیز از مسائل فیزیک خواهد کرد. این تجسم ایشان را در حل سریع‌تر مسائل و حتی تست‌های این درس کمک خواهد کرد. نمونه خوبی که در این زمینه وجود دارد موفقیت دانش‌آموزانی است که به مراحل مختلف المپیاد فیزیک راه یافته‌اند. ایشان بدون استثنا اذعان می‌دارند که علاقه زیادشان به فیزیک را با تجربه شخصی مفاهیم مختلف آن کسب کرده‌اند. این تجربه را شرط اساسی درک عمیق مفاهیم و توانایی‌شان در حل مسائل المپیاد ذکر می‌کنند. چون معلم تنها واسطه پیوند معلومات دانش‌آموز با واقعیت (به کمک تجربه کردن) است، اگر نتواند تمهیدات لازم جهت این تلفیق را فراهم کند در اصل به دانش‌آموز کمک چندانی نکرده است. چرا که حفظ مطالب کتاب نیاز به راهنمایی معلم ندارد. از طرفی، اگر ما خواهان فراهم آوردن زمینه‌های لازم جهت توسعه کشورمان هستیم باید به دانش‌آموزان‌مان آموزش دهیم که چگونه آموخته‌های خود را به مرحله عمل در آورند زیرا توسعهٔ واقعی در قلمرو پیشرفت فناوری است.

راه‌حل عملی پیشنهادی

کلاس واقعی درس فیزیک همان آزمایشگاه است و فیزیک بدون آزمایش یعنی ریاضیات. به عبارت دیگر، معلمی می‌تواند ادعا کند به دانش‌آموزانش فیزیک می‌آموزد که تمام مطالب را در غالب آزمایش به آن‌ها تفهیم کند. در پاسخ به معلمانی که با ادعای کمبود امکانات آزمایشگاهی از انجام آزمایش طفره می‌روند می‌توان گفت کم نیستند معلمانی که از حداقل امکانات حداکثر استفاده را می‌کنند و دست خالی به کلاس نمی‌روند. ایشان اگر در محیط آموزشی آزمایشگاه وجود ندارد حداقل یک وسیله آزمایشگاهی هر چند ساده را که متناسب با درس آن جلسه است با خود به کلاس می‌برند. بدین‌وسیله، پرداختن به آزمایش را مهم جلوه می‌دهند. همچنین از لحاظ ارزش آموزش نمره‌ای متناسب با اهمیتش به آن اختصاص می‌دهند. دانش‌آموز را در آزمایشگاه تشویق به فعالیت مضاعف می‌کنند و به وی میدان می‌دهند که تا حد امکان مطالبی که در کلاس به شیوه نظری آموخته است یا در آینده می‌آموزد را عملاً تجربه کند.

عدم توجه دانش‌آموزان به کاربرد فیزیک در زندگی

در چندین سال متمادی از سال‌های تدریسم سعی کردم تا پرسش‌های کلاسی از دانش‌آموزانم را بر موارد کاربردی علم فیزیک در زندگی روزمره‌شان متمرکز کنم. این پرسش‌ها به عنوان نمونه شامل چرائی یا چگونگی پدیده‌هایی از این قبیل بود: افتادن لیوان از دستمان (سقوط آزاد اجسام) ـ برعکس خواندن اتیکت پیراهنمان در آینه (وارونی جانبی) ـ باز کردن در و پنجره یا چرخ اتومبیل (گشتاور نیرو) ـ واضح دیدن اجسام هم در فاصله‌های دور و هم در فاصله‌های نزدیک (تطابق) ـ پرتاب کردن توپ (حرکت پرتابه) ـ عدم توانایی در تشخیص صحیح عمق استخر یا آکواریوم

(شکست نور) ـ محاسبه حداکثر شتاب کند شونده یک اتومبیل به هنگام ترمز ناگهانی با اندازه‌گیری خط ترمز آن بر آسفالت (سینماتیک) ـ علت حرکت‌های ناگهانی مسافر هنگام به حرکت در آمدن یا توقف اتومبیل و تاثیر کمربند ایمنی در کنترل آن (دینامیک) ـ عدم توانایی در بریدن با چاقوی کند (فشار) و...

از آنجایی که این کار را به صورت **هدفمند انجام می‌دادم** تعداد پاسخ‌های **صحیح دانش‌آموزان** به هر سوال را یادداشت می‌کردم در نهایت نتیجه گرفتم فقط ٪۲۵ از ایشان سعی می‌کنند آنچه را می‌آموزند با واقعیات زندگیشان تلفیق کنند یا از آموخته‌هایشان در راستای تجزیه و تحلیل رخدادهای پیرامونشان بهره گیرند. از طرف دیگر تحصیلات والدین دانش‌آموزان را نیز لحاظ کردم و آنچه حاصل شد این بود که هرچند عموم دانش‌آموزانی که والدینشان تحصیلات عالیه داشتند اهتمام بیشتری در جهت کسب نمره برتر از خود نشان می‌دادند، ولی به جز مواردی که شغل والدین در رابطه با آموزش مطالب درسی بود تاثیر قابل ملاحظه‌ای در بینش ایشان در مقایسه با دانش‌آموزان تحت سرپرستی والدین کم‌سواد یا بی‌سواد ملاحظه نکردم. با توجه به آنکه دانش‌آموزان مورد بررسی در سه استان و دبیرستان‌های با سطح‌های فرهنگی متفاوت مشغول به تحصیل بودند، می‌توان نتیجه به دست آمده را تا حدود زیادی تعمیم داد که البته جای تاسف و نگرانی است.

راه حل عملی پیشنهادی

عاملی که می‌توان نقش آن را در اهتمام بعضی از دانش‌آموزان به کسب نوعی شم فیزیکی در رویارویی با پدیده‌هایی پیرامونشان مؤثر دانست، تجربه‌های کودکی آن‌ها بود. چرا که با توجه به توانایی‌های ایشان دریافتم متناسب با صبر و حوصله والدین و همچنین وقتی که صرف این تجربه‌ها کرده بودند قدرتشان در پاسخ دادن به این پرسش‌ها متفاوت بود. به عنوان گواه بر این مدعی می‌توانم به گفته‌های یکی از دانش‌آموزانم در پاسخ به این پرسش که «چه کار کردید که توانستید این بینش عملی را نسبت به مفاهیم فیزیک کسب کنید؟» اشاره کنم که در پاسخ اذعان داشت: «پدرم علاقهٔ من به مفاهیم علمی و به ویژه، فیزیک را در کودکی‌ام درک کرد و همواره وسائل ساده و ابتدایی مورد نیازم را برایم فراهم می‌آورد تا بتوانم آزمایش کنم. والدینم هیچ معلومات خاصی در این رابطه نداشتند، تنها کاری که برایم کردند این بود که خیلی خوب تحملم می‌کردند چرا که اشتباهاتی که ضمن انجام آزمایش‌هایم مخصوصاً در اوایل کار از من سر می‌زد خیلی زیاد بود.» از اینجا می‌توان دریافت که به رغم تصور بعضی مبنی بر تاثیر خوب انتقال تمام تجربیات بزرگسالان به کودکان، لازمهٔ پیدا کردن بینش عملی در سنین بالاتر آن است که به کودکانمان فرصت بدهیم تا حتی الامکان خودشان به تجربه کردن بپردازند و شانس درونی کردن مفاهیمی را که می‌توانند با تجربه شخصی به دست آورند را از آنها نگیریم. دانش‌آموز مورد نظر به دلیل نداشتن منبعی که مطالب را به صورت صرفا نظری به وی منتقل کند مجبور به تجربه کردن شده بود و این کمبود ظاهری به صورت یک مزیت برای او در آمده بود.

یکی از دلایلی که والدین به عنوان علت مانع شدنشان از تجربه کردن کودکان ذکر می‌کنند آن است که آن‌ها کارهایی می‌کنند که از نظر ما بزرگ‌ترها ناخوشایند است. مثلاً، هنگامی که کودکی با ضربه زدن به یک جسم ایجاد سر و صدا می‌کند ممکن است این کار مدت زیادی ادامه یابد، چرا که می‌خواهد تاثیر ضربه‌های آهسته و محکم، متناوب و متوالی و غیره را تجربه کند. حال چنانچه ما از صدای ناهنجار ناشی از این آزمایش کلافه شویم و او را از ادامه این کار بازداریم او را از درک صحیح مفهومی محروم کرده‌ایم. در حالی که، می‌توانیم او را به محل مناسبی ببریم و بخواهیم در آنجا به کار خود ادامه دهد. دلیل دیگری که والدین می‌آورند آن است که نمی‌توانند نتیجه عملی که از کودکانشان سر می‌زند را پیش‌بینی کنند و چون احتمال می‌دهند برای وی خطرناک باشد از انجام آن عمل جلوگیری می‌کنند در اکثر موارد این ممانعت نشانه اضطراب و ترس بی‌مورد خود والدین است. در مجموع بسیاری از کارهای کودکان ممکن است چندش‌آور (لمس کردن سوسک یا مگس)، عجیب (جستجوی تصویر در پشت آینه)، مضحک (گرفتن بخاری که در زمستان جلوی دهان ما تشکیل می‌شود یا نوری که از سوراخ پرده وارد اتاق می‌شود) باشد که در تمام این موارد ما باید فقط نظاره‌گر اعمال آنها باشیم و نه تنها آنها را مسخره نکنیم، بلکه در صورت نیاز راهنمایی یا کمکشان کنیم و باور داشته باشیم که پرورش روحیه تفکر از جمله ارزشمندترین کارها است و ارزش صرف وقت زیاد را دارد. تنها در این صورت است که می‌توانیم جوانانی متفکر و در عین حال توانا در جهت پیشرفت و توسعه همه‌جانبه کشورمان تربیت کنیم. در پایان به عنوان حسن ختام نوشتارم به جمله‌ای از شهید استاد مطهری اشاره می‌کنم «من ستایشگر آموزگاری هستم که به من اندیشیدن را بیاموزد نه اندیشه‌ها را»[۲]

زیرنویس:

۱ـ مهارتهای آموزشی و پرورشی، اثر حسن شعبانی

۲ـ جلوه‌های معلمی استاد، اثر شهید مرتضی مطهری

ضربه‌ای به فیزیک با پینگ پونگ

کریس. م گرانی
مترجم: صمد غلامی

در پایان ترم پائیزی سال ۹۲ یک میز پینگ پونگ در محل اجتماع شاگردان کالج کامیونتی جفرسون ظاهر شد. میز خیلی سریع تبدیل به نقطه اجتماع شاگردان و اعضای هیئت علمی (از جمله خود من) شد، که از یک بازی خوب پینگ پونگ لذت می‌بردند، گرچه طولی نکشید که فهمیدم مهارت‌های من با حریفانم برابر نیست. آنچه که بیش از همه تحقیرآمیز بود، آن بود که برخی از شاگردانم من را دائما شکست می‌دادند. چرا که نمی‌توانستم «بازی چرخشی» انجام دهم. حریفانم چرخش زیادی روی توپ ایجاد می‌کردند. که این مسئله سبب می‌شد توپ از راکت بجهد و به طور کامل از کنترل من خارج شود. چون نمی‌توانستم با مهارت بر این مشکل غلبه کنم، بنابراین، تصمیم گرفتم به وسیله علم بر آن فائق آیم.

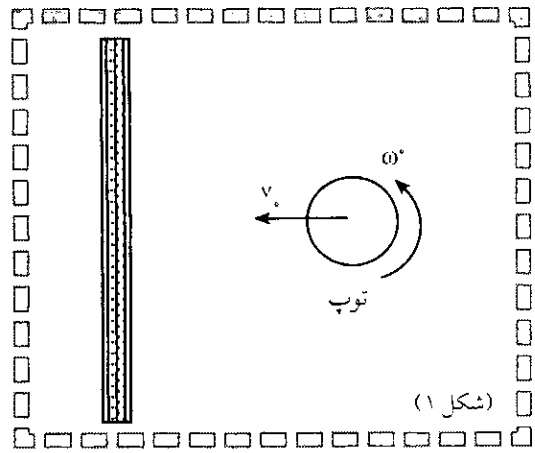
در هنگام تماشای توپ‌هایی که با سرعت برق‌آسا به راکت برخورد می‌کردند، نخستین پرسشی که مطرح می‌شد این بود که توپ‌های ارسال شده مقابل راکت من خم می‌شدند. در این مسئله چه واقعیت فیزیکی نهفته است؟ آیا می‌توانستم با بهره‌گیری از فیزیک پایه راکتی بسازم که به چرخش توپ حساس نباشد؛ مسلماً یک راکت بدون اصطکاک هر بر هم‌کنش توپ و راکت به علت چرخش را خنثی خواهد کرد، اما آیا واقعاً می‌توان راکتی با بی‌اصطکاک به اندازهٔ کافی کم ساخت تا بتوان آن را بی‌اصطکاک در نظر گرفت؟ بازیکنان و شاگردان از مشاهده قوانین فیزیک به کار رفته در این مورد چه چیزی را یاد می‌گیرند؟

برای تحلیل مسئله برخورد توپ و راکت با استفاده از اصول فیزیک، به پاسخ‌های جالبی برای پرسش رسیدم. تحلیل‌ها در سطحی انجام شده بود تا دانشجویانم بتوانند درک کنند و شامل برخی ساده‌سازی‌ها به ویژه در برخورد با برخی قسمت‌های توپ و راکت مانند برخورد کاملاً کشسان بود. هرچند این ساده‌سازی‌ها چندان فراگیرتر از ساده‌زیستی‌هایی که معمولاً در کلاس‌ها و آزمایشگاه‌های محاسباتی فیزیک مقدماتی انجام می‌شوند نیستند. اطمینان

دارم پاسخ‌هایم کامل نیستند، اما معتقدم به اندازه کافی صحیح هستند تا به من و شاگردانم اطلاع کافی درباره فیزیک راکت‌ها و توپ‌های پینگ پونگ بدهند. به علاوه، همان طور که در انتهای مقاله مشاهده خواهید کرد، به کمک فیزیک من راکتی ساخته‌ام، که بازیم را بهبود بخشید!

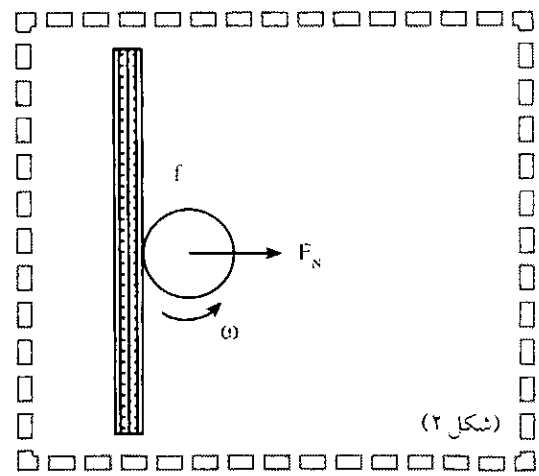
*** برخورد توپ و راکت .....**

در نظر گرفتم که اگر یک توپ که در جهت پادساعتگرد می‌چرخد و دارای سرعت زاویه‌ای ω است، افقی به سمت چپ حرکت کند و با سرعت v_0 به راکت صلبی که عمود نگه داشته شده است، نزدیک شود، چه اتفاقی خواهد افتاد. (شکل ۱) این دقیقاً همان چیزی است که وقتی یک بازیکن می‌خواهد یک ضربه را برگرداند، اتفاق می‌افتد.



(شکل ۱)

توپ با راکت برخورد می‌کند و این دو در مدت زمان t_c با هم بر هم کنش می‌کنند. در مدت زمان برهم کنش فقط دو نیرو بر توپ اثر می‌کند، اولی نیروی قائمی است که راکت بر توپ اعمال می‌کند. F_N دومی نیروی اصطکاک f بین توپ و راکت است (شکل ۲). دو نیرو بر هم عمودند.

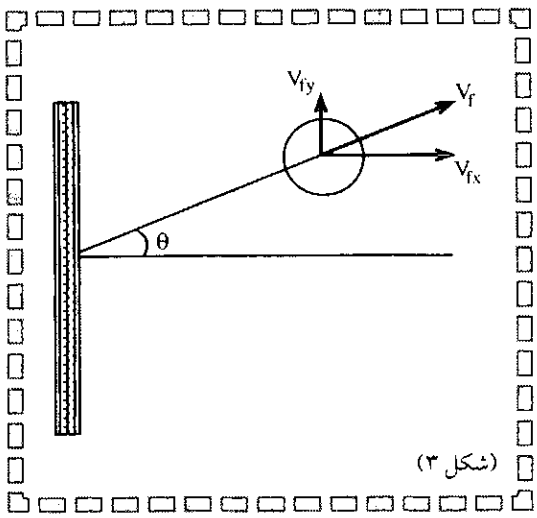


(شکل ۲)

F_N نیرویی کشسان است که بر اثر تغییر شکل توپ و راکت به وجود می‌آید. حرکت توپ در جهت x باید با برخورد کشسان با جسمی بسیار بزرگ سنگین متناظر باشد. (راکتی که محکم نگه داشته شده است.) مؤلفه افقی سرعت توپ پس از برخورد V_{fx} است.

$$V_{fx} = -V_0$$

اما f یک مؤلفه افقی سرعت V_{fy} به توپ بعد از برخورد می‌دهد، که باعث می‌شود توپ با زاویه θ و با سرعت نهایی V_f که بزرگ‌تر از سرعت V است، به عقب برگردد. (شکل ۳) همین θ و V_f که باعث می‌شود کنترل توپ هنگامی که از طرف تور یا یک چرخش است به سمت مخالف می‌رود، دشوار شود.



(شکل ۳)

حالت بدون لغزش .....

بر اثر برخورد با راکت، توپ می‌تواند یا در برابر راکت بلغزد. (بنابراین به واسطه کار نیروی اصطکاک انرژی از دست می‌دهد.) یا به راکت بچسبد و نلغزد. (و انرژی از دست ندهد.)

مورد بدون لغزش (اگر واقعاً وجود داشته باشد) مربوط به یک راکت بسیار چسبناک است. اگر توپ نلغزد، f یک نیروی اصطکاک ایستایی f_s است و کاری انجام نمی‌دهد. فرض می‌کنیم نیروهایی که دست اندرکارند تا توپ و چرخش آن آهسته شود و آن را به سمت بالا شتاب دهند سرعت کشسان دارند. بنابراین، انرژی مکانیکی در برهم کنش توپ

ـ راکت پایسته است. $E_i = E_f$

توپ مادامی که با راکت در تماس است، عمودی حرکت نخواهد کرد، از این رو از انرژی پتانسیل گرانشی را نادیده می گیریم و فقط انرژی‌های جنبشی چرخشی و انتقالی را در نظر می گیریم.

$$\frac{1}{2}mv_o^2 + \frac{1}{2}I\omega_i^2 = \frac{1}{2}mv_f^2 + \frac{1}{2}I\omega_f^2 \qquad (۲)$$

$$mv_o^2 + I\omega_o^2 = m(v_{fx}^2 + v_{fy}^2) + I\omega_f^2$$

$$mv_o^2 + I\omega_o^2 = m(-v_o)^2 + mv_{fy}^2 + I\omega_f^2$$

$$I\omega_o^2 = mv_{fy}^2 + I\omega_f^2$$

گشتاور لختی حول محور مرکزی یک جسم کروی (یک توپ پینگ پونگ) به شعاع r و جرم m چنین است:

$$I = \frac{2}{3}mr^2 \qquad (۳)$$

و اگر بدون لغزش باشد در این صورت:

$$v_{fy} = r\omega f \qquad (۴)$$

با جاگذاری معادله‌های ۳ و ۴ در معادله ۲ داریم

$$(\frac{2}{3}mr^2)\omega_o^2 = mv^2 + (\frac{2}{3}mr^2)(\frac{V}{r})^2 \qquad (۵)$$

$$V = \sqrt{\frac{2}{5}}\, r\omega_o$$

با توجه به شکل ۳:

$$\tan\theta = \frac{v}{v} \qquad (۶)$$

$$v = \sqrt{(v_{fx}^2 + v_{fy}^2)} \qquad (۷)$$

پس: $$\theta = \arctan[\sqrt{\frac{2}{5}}\,(\frac{r\omega_o}{v_o})] \qquad (۸)$$

$$v_f = \sqrt{v_o^2 + (\frac{2}{5})r^2\omega_o^2} \qquad (۹)$$

با توجه به معادلهٔ ۸ واضح است که هرچه توپ بیشتر بچرخد انحراف و تغییر مسیر آن بیشتر است و هرچه سرعت آن بیشتر باشد، انحرافش کمتر است. یک توپ با چرخش زیاد و سرعت کم از راکت با زاویهٔ بسیار بزرگی خارج می شود.

به علاوه، با توجه به معادلهٔ ۹، توپ با سرعت فرایند از راکت جدا می شود زیرا برخورد، مقداری از انرژی جنبشی چرخشی توپ را به انرژی جنبشی انتقالی تبدیل می کند.

بزرگترین تغییر اصطکاک در سرعت هم، دوباره برای توپ هایی که چرخش سریع و سرعت کم رخ می دهد.

تجربهٔ من در مورد استفاده از راکت‌های لاستیکی چسبناک «خوب» این نتایج را در برداشت؛ به نظر می رسد توپ‌های با سرعت کم و چرخش تند و سریع از روی راکت می جهند و کنترلشان بسیار مشکل است.

وقتی که توپ می لغزد .....

اگر توپ در طی برخورد، روی راکت بلغزد (من فکر می کنم برای اغلب راکت‌ها این حالت واقعی تر است)، وضعیت به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر می کند. نیروی f اکنون یک نیروی اصطکاک جنبشی f_k است و کار انجام می دهد، قدری از انرژی توپ به صورت گرمای اصطکاک بین توپ و راکت از دست خواهد رفت بنابراین، پایستگی انرژی مکانیکی در این مورد کارساز نخواهد بود.

نیروی اصطکاک از فرمول $f_k = \mu F_N$ به دست می آید. چون F_N نیروی وارد بر توپ در جهت x است، F_N می تواند برحسب تغییر تکانهٔ افقی توپ Δp_x نوشته شود، و زمان برهم کنش t_i که در طی آن این تغییر رخ می دهد. با استفاده از قانون دوم نیوتون عبارت است از

$$F_N = \frac{\Delta p_x}{\Delta t} = \frac{\Delta p_x}{t_i}$$

$$\Delta p_x = m(-v_o) - mv_o = -2mv_o$$

پس: $$|F_N| = \frac{(2mv_o)}{t_i} \qquad (۱۰)$$

اکنون می توان متوسط نیروی اصطکاک را به صورت زیر نوشت

$$f_k = \frac{(2m\mu v_o)}{t_i} \qquad (۱۱)$$

اگر نیروی اصطکاک زمانی که توپ با راکت برخورد می کند مساوی با این مقدار باشد، شتاب عمودی توپ را می توان چنین نوشت:

$$a_y = \frac{f_k}{m} = \frac{(2\mu v_o)}{t_i} \qquad (۱۲)$$

همچنین سرعت عمودی توپ پس از برخورد با راکت برای زمان t در صفحهٔ بعد آمده است:

$$v_y = a_y t = \frac{(2\mu v_0 t)}{t_1} \qquad (13)$$

به علاوه اصطکاک گشتاوری به وجود می‌آورد که چرخش و گردش توپ را کُند می‌کند. $\tau = I\alpha$

از آنجا که $\tau = -f_k r$ (علامت منفی به این علت است که گشتاور طوری عمل می‌کند که چرخش توپ را کم می‌کند.) و I از معادلهٔ ۳ به دست می‌آید. می‌توان شتاب زاویه‌ای توپ، α را به روش زیر به دست آورد:

$$-f_k r = (\frac{2}{3} m r^2)\alpha \qquad (14)$$

$$-2\mu m v_0 r / t_1 = (\frac{2}{3} m r^2)\alpha$$

$$\alpha = -3\mu v_0 / (r t_1)$$

بنابراین، سرعت زاویه‌ای توپ بعد از زمان t چنین خواهد بود.

$$\omega = \omega_0 + \alpha t \qquad (15)$$

$$\omega = \omega_0 - (3\mu v_0 t) / (r t_1)$$

از لحظهٔ برخورد توپ با راکت، توپ به طرف بالا شتاب می‌گیرد، در حالی که سرعت دوران آن کاهش می‌یابد. اگر v_y افزایش و ω به اندازه‌ای کاهش یابد که $v_y = r\omega$ شود، لغزش توپ متوقف خواهد شد و از روی راکت با سرعت ثابت حرکت می‌کند. بنابراین، توپ فقط برای یک مدت زمان t_1 خواهد لغزید، که می‌توان آن را از رابطهٔ زیر تعیین کرد:

$$v_y = r\omega \qquad (16)$$

وقتی که $t = t_1$. اگر معادله‌های ۱۳ و ۱۵ را در معادله ۱۶ قرار دهیم با استفاده از $t = t_1$ خواهیم داشت.

$$\frac{(2\mu v_0 t_1)}{t_1} = r[\omega_0 - (3\mu v_0 t_1)/(r t_1)] \qquad (17)$$

$$t_1 = r\omega_0 t_1 / (5\mu v_0)$$

در این نقطه مشاهده می‌شود که اگر $V_0 > r\omega / 5\mu$، آن‌گاه زمان لغزش کمتر از زمانی خواهد بود که توپ در تماس با راکت است ($t_1 < t_1$) و توپ به نقطه‌ای خواهد رسید که بدون شتاب‌گیری بیشتر روی راکت حرکت می‌کند. چون توپ دارای شتاب بالا رونده a_y به مدت t_1 است، سرعت نهایی رو به بالا عبارت خواهد بود از:

$$V_{fy} = a_y t_1 = (2\mu v_0 / t_1).(r\omega_0 t_1)/(5\mu v_0) \qquad (18)$$

$$V_{fy} = (\frac{2}{5}) r\omega$$

یک مرتبه دیگر زاویه θ و سرعت v_1 که در آن توپ از راکت جدا می‌شود. از معادله‌های (۶) و (۷) به دست می‌آیند.

$$\theta = \arctan[(\frac{2}{5}) r\omega_0 / v_0] \qquad (19)$$

$$v_1 = \sqrt{(v^2 + (\frac{4}{25}) r^2\omega^2)} \qquad (20)$$

از آنجا که $\sqrt{\frac{2}{5}} = 0/632$ معادله حاضر در حالت «بدون لغزش» با $\frac{2}{5} = 0/4$ جایگزین می‌شود. در این حالت، اگر توپ روی راکت بلغزد، از راکت تحت یک زاویه کوچک‌تر و با سرعت کمتری از وقتی جدا می‌شود که برای آن ترکیبی از سرعت و چرخش وجود داشته باشد. اگر فرض اینکه نیروی اصطکاک با مقدار متوسط آن مساوی است، به حساب نیاوریم، معادله (۱۷) سؤال‌برانگیز می‌شود. اما معادله‌های (۱۸) تا (۲۰) را هنوز می‌توانیم به دست آوریم. برای بعضی تصاویر v_0 و ω_0 زمان لغزش از زمان تماس توپ با راکت کمتر خواهد بود ($t_1 < t_1$). و توپ به مرحله‌ای می‌رسد که روی راکت بدون شتاب‌گیری بیشتر حرکت می‌کند.

اما، موضوع جالب توجه در نظر گرفتن حالتی است که این موضوع هرگز رخ نمی‌دهد. [$v_0 \le r\omega_0 / 5\mu$ با استفاده از معادلهٔ (۱۷)]

این حالتی است که یک توپ حرکت نسبتاً آهسته و چرخش نسبتاً سریعی دارد، همان توپی که من کنترلش را بسیار مشکل یافتم. در این حالت $t_1 \ge t_1$ پس توپ در تمام مدتی که با راکت در تماس است (و بنابراین به طرف بالا شتاب می‌گیرد.) سرعت رو به بالای نهایی توپ در این حالت عبارت است از:

$$v_{fy} = a_y t_1 = (2\mu v_0 / t_1).t_1 \qquad (21)$$

$$v_{fy} = 2\mu v$$

پس دریافتم که در این حالت مقادیر θ و V_1 چنین به دست می‌آیند:

$$\theta = \arctan(2\mu) \qquad (22)$$

$$v_f = \sqrt{(v^2 + 4\mu^2 v_0^2)} \qquad (23)$$

اینها مقادیر حدی مستقل از ω هستند و بدین ترتیب مستقل از چرخش اعمال شده روی توپ هستند. معادلهٔ (۲۲) بیشینه‌ای را بر θ و معادلهٔ (۲۳) بیشینه‌ای را برای V_r اعمال می‌کند. تمام وضعیت را ضریب اصطکاک بین توپ و راکت کنترل می‌کند. چیزی که در اختیار من است.

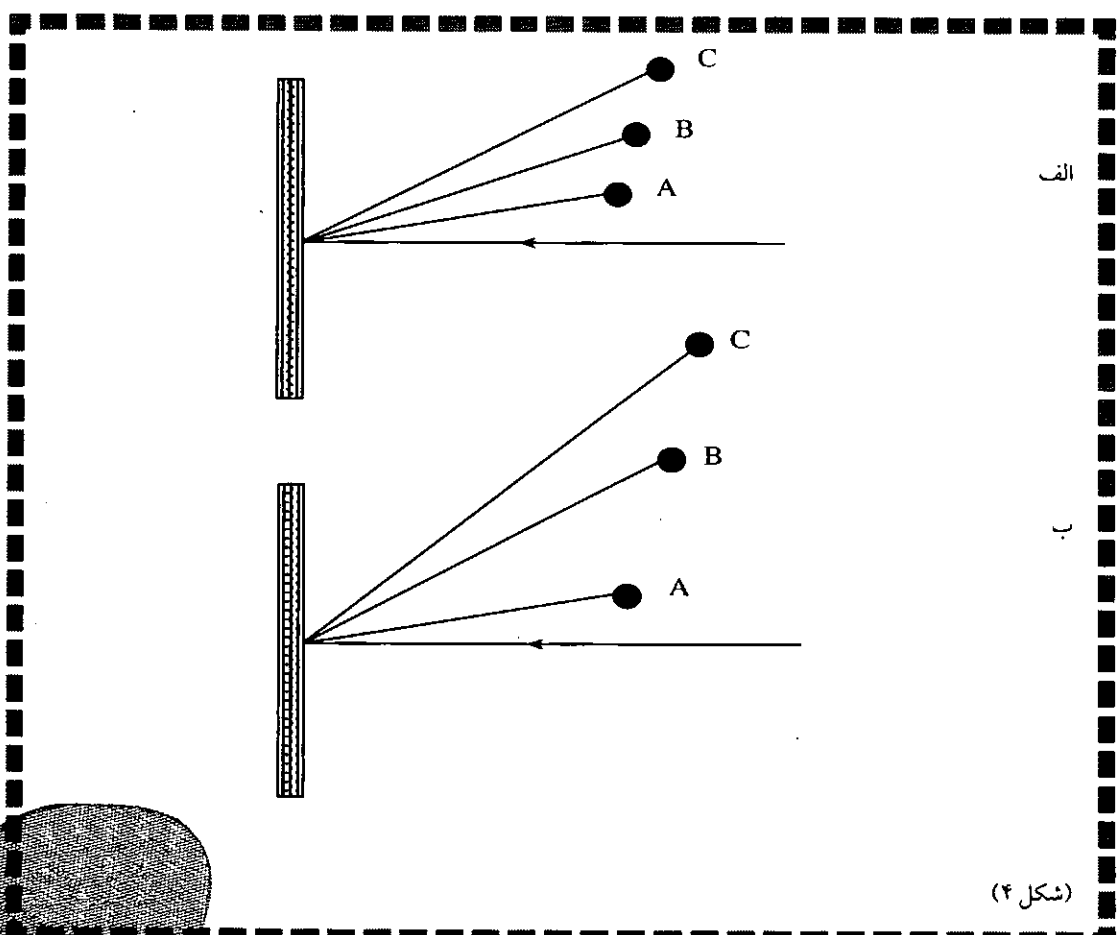
معنی این بررسی .....

از این تحلیل چنین به نظر می‌رسد که بزرگ‌ترین مزیت راکت لغزان آن است که بیشترین زاویه انحراف و سرعت در هنگام جدا شدن توپ از راکت تا حدی زیادی تابع μ یعنی چیزی است که انتخاب آن و نحوه کنترل آن در اختیار بازیکن است. به وضوح اگر μ به اندازه کافی کوچک باشد، چرخش حتی زیاد راکت باعث می‌شود که این مقدار ثابت (و کوچک) باقی بماند. (شکل ۴)

یک راکت صاف «ضد چرخش» است زیرا توپی که با یک سرعت معین حرکت می‌کند، فراتر از یک نقطه خاص چرخش بیشتر و زیادتر توپ، هیچ اثر اضافی تولید نخواهد کرد.

به کار بستن این دانسته‌ها در عمل .....

من تصمیم به ساختن راکتی گرفتم که ضریب اصطکاک آن با توپ بسیار کم باشد، از بررسی ضرایب گوناگون اصطکاک جنبشی ثبت شده در کتاب‌های فیزیکی بی‌شمار، چنین به نظر می‌رسید که مقدار μ بین ۰/۰۵ تا ۰/۱ باید وجود داشته باشد. بعد از کمی فکر و آزمایش، من راکتی را با پلکسی گلاس که از یک پنجره شکسته شده، بعد از توفان در خانه‌ام داشتم، پوشاندم. پلکسی گلاس کاملاً لغزنده است، اما توانستم با مالیدن پلاستیک اکریلیک به سطح راکت با پولیش ماشین، از اصطکاک میان پلکسی گلاس و



(شکل ۴)

توپ باز هم بکاهم و به دنبال آن هم یک روکش حفاظی پلاستیکی روی راکت کشیدم. چند آزمایش عملی روی میز پینگ پونگ مرا متقاعد ساخت که ضریب اصطکاک بین راکت روکش شده و توپ حالا به مرز ۰/۰۹ رسیده است. ضریب اصطکاک بین یک راکت لاستیکی معین و یک توپ شاید یک مرتبهٔ بزرگی بیش از این مقدار باشد. بیشینه زاویه انحراف توپی که به صورت عمودی به این راکت می‌خورد، می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از وقتی باشد که توپ از راکت پلاستیکی منحرف می‌شود. من مطمئن بودم که راکت مؤثر واقع خواهد شد.

این راکت **بسیار** مؤثر است و رفتار کلی آن همان‌طور بود که پیش‌بینی می‌شد. اثر چرخش روی راکت به حداقل رسیده است. توپ‌هایی که من با توجه به چرخش و انحنای آنها مشکل می‌توانستم روی میز نگه دارم، را حالا با دقت محدودی برمی‌گرداندم. یک جنبهٔ مفید و غیر منتظره قضیه این است که چون راکت «ضد چرخش» است، هر چرخشی که طرف مقابل من روی توپ اعمال می‌کرد به سمت خود او برمی‌گردد. و اغلب این امر برخلاف دینامیک معمول بازی است. حالا الگوی نوعی این است که اگر حریف یک سرویس آهسته و با چرخش بزند، من توپ را بلوکه می‌کنم به طوری که توپ آهسته برمی‌گردد و هرچه حریف من چرخش بیشتری به توپ بدهد خودش گرفتار آن می‌شود. و توپش نت می‌شود. ارتباط این امر با اصطکاک بسیار واضح است. به محض این که کیفیت راکت صیقلی پولیش شده بر اثر کاربرد کم شود، راکت کارآیی خود را از دست می‌دهد. من قبل از هر بازی راکتم را موم اندود می‌کنم.

واکنش شاگردان .....

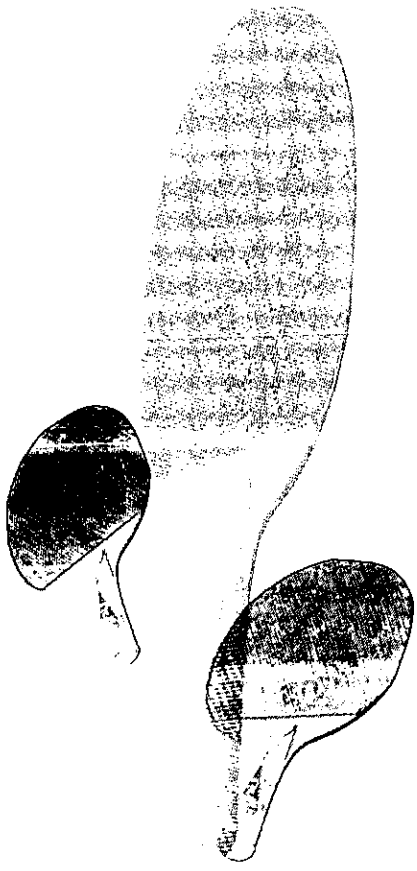
وقتی به آنهایی که پینگ پونگ بازی می‌کردند، گفتم چه کرده‌ام و تعدادی از محاسبات را برای آن‌ها توضیح دادم، چند نفر از آن‌ها از جملهٔ دانشجویان رشته فیزیک من اظهار کردند که این کارها مؤثر نخواهد بود. اگرچه می‌توانستند از فیزیک مسئله را دنبال کنند. آن‌ها فقط هنگامی متقاعد شدند که تلاش‌های آن‌ها برای غلبه بر راکت من با چرخاندن توپ بدون نتیجه ماند.

موفقیت راکت پلاستیکی من به روشنی نشان داد که می‌توان فیزیک را در موقعیت‌های واضحی در زندگی به کار برد. من به این نتیجه رسیدم که این چیزی به جز «فیزیک ورزش» نیست. تفاوت نمی‌کند که در طراحی چوگان گلف باشد یا یک کفش دو. راکت تأثیر زیادی روی آن‌ها گذاشت و امیدوارم که «این نمایش خارج از کلاس درس» به آن‌ها در آینده یادآوری کند که فیزیک در اطراف ماست و بالاخره روزی به سراغ ما خواهد آمد.

اما در مورد بازی پینگ پونگ، فیزیک به این درد می‌خورد که دیگر شاگردانم مرا تحقیر نکردند. من امیدوارم در آینده نسل جدیدی از راکت‌ها ابداع شود که سطح آنها حتی لغزنده‌تر از سطح پولیش شده پلکسی گلاس باشد اما من هنوز به این نوع راکت برنخورده‌ام.

مرجع : .....

The Physics Teacher, vol 32, Feb 1994, pp 94 - 98



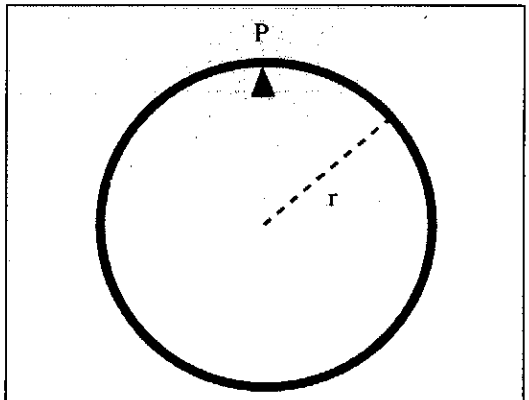
ویژگی های تقارن یک آونگ حلقوی

توماس ا. والکی و دیوید ال. مک

بسیاری از دانشجویان فیزیک وقتی متوجه شدند یک مسئله خاص را می توان به راه های مختلف حل کرد، کنجکاو می شوند. انتخاب میان به کارگیری قوانین حرکت نیوتون و یا اصل پایستگی انرژی در حل یک مسئله و تردید در مورد انتخاب هرکدام، در ابتدای دورهٔ تحصیلی هر دانشجو ممکن است، اتفاق افتد. انتخاب سیستم مختصات مورد استفاده نیز می تواند به جواب هایی بینجامد که کاملاً متفاوت به نظر برسند. اما این فقط بازتاب پیچیدگی ریاضیات موردنیاز برای حل مسئله است. مورد مهم دیگری که باید در حل یک مسئله مدنظر قرار گیرد (که عموماً دانشجویان در سطوح اولیه به آن توجه نمی کنند) این است که حتی الامکان از خواص تقارن استفاده شود. در این یادداشت یک محاسبه نظری از دورهٔ تناوت آونگ فیزیکی به شکل بخشی از حلقه نازک صورت گرفته است که عمدتاً به سه مرحله متفاوت فرضیه ریاضی طبقه بندی می گردد. و منظور نمایش کاربرد خواص تقارن است.

آونگ حلقوی

یک حلقه فلزی نازک که نوسان های کوچکی حول یک محور که از پیرامون حلقه می گذرد انجام می دهد، مثال خوبی از آونگ فیزیکی است که هم برای اندازه گیری های ساده به کار می رود و هم برای تحلیل نظری. (شکل ۱).



شکل ۱ : نوسان های آونگ حلقوی فیزیکی حول محور p

یک تجربه استاندارد آزمایشگاهی در این جا شامل اندازه گیری زمان یک نوسان کوچک حلقه، حول محوری عمود بر صفحه برحسب قطر حلقه است. تجزیه و تحلیل گرافیکی داده ها نشان می دهد که دورهٔ تناوب به صورت جذر شعاع حلقه تغییر می کند.

محاسبه نظری دورهٔ تناوب با همان شکل آشنای استاندارد دورهٔ تناوب آونگ فیزیکی آغاز می شود.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I_p}{mgd}} \qquad (1)$$

I_p گشتاور لختی جرم m حول محور p در فاصلهٔ d از مرکز است. این مسئله فرصت مناسبی برای به کار بردن قضیه

محورهای موازی به وجود می‌آورد.

$$I_p = I_{cm} + md^2 \qquad (۲)$$

که I_{cm} گشتاور لختی مرکز جرم و I_p گشتاور لختی محوری است که موازی محور I_{cm} به کار رفته است. از آنجا که $I_{cm} = mr^2$ برای حلقه‌ای به شعاع r است و چون d=r، پس نتیجه می‌گیریم که $I_p = 2mr^2$. این نتیجه در معادله نهایی زیر به کار برده شده است:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{2r}{g}} \qquad (۳)$$

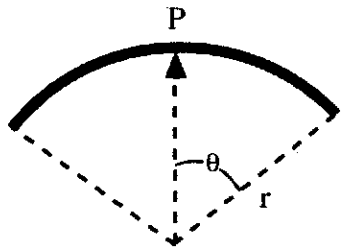
که با آنچه عملاً روی قطر مشاهده می‌شود، سازگار است.

ویژگی‌های تقارن

جنبه جالب معادله آخر این است که این همان دورهٔ تناوت آونگ ساده‌ای است که طول آن برابر قطر حلقه است. به عبارت دیگر، یک آونگ ساده با حرکت دادن تمام جرم حلقه به طرف پایین در مسافت ثابت 2r از محور به دست می‌آید، به طوری که دورهٔ هر دو آونگ مساوی است. این مثال ساده‌ای از مرکز نوسان یک آونگ فیزیکی است، که نقطه‌ای است که در آن همه جرم باید متمرکز شده باشد تا یک آونگ ساده تشکیل شود که دورهٔ نوسان آن مانند دورهٔ آونگ فیزیکی استاندارد باشد. یک محور جدید که از مرکز نوسان می‌گذرد منجر به همان دورهٔ تناوبی می‌شود که محور اولیه ایجاد می‌کرد که در مورد آونگ حلقوی هم قابل مشاهده است.

آونگ نیم‌حلقوی

مسئله جالب توجه دیگر اندازه‌گیری و محاسبه دورهٔ نوسان‌های یک آونگ نیم‌حلقوی حول محور p در مرکز و قوس آن است. این جزء حلقه به شعاع خمیدگی r طولی معادل نیمی از زاویه θ دارد. اندازه‌گیری آزمایشی به وضوح نشان می‌دهد که دورهٔ تناوب، اگر شعاع r ثابت باشد، مستقل از θ است. و مقدار آن نیز همان مقداری است که حلقه کامل با شعاع r به وجود می‌آورد و با معادله (۳) داده شده است. این نتیجه ساده نشان می‌دهد که بحث تقارن ممکن است در محاسبه‌های نظری سودمند باشد.

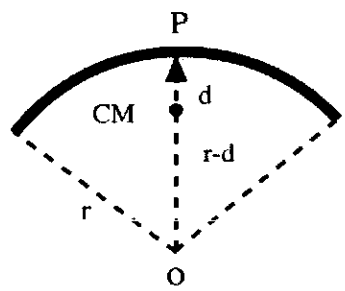


شکل۲: جزء حلقه به شعاع خمیدگی r که محور آن در p در مرکز قوسی است که نیم‌زاویه θ مشخص می‌شود.

محاسبات نظری دورهٔ تناوب جزء حلقه

در معادله‌های (۱) و (۲) باید I_{cm} و d را که مسافت مرکز جرم از محور چرخش است که برای نیم حلقه با زاویه θ محاسبه کرد. با توجه به تقارن، مرکز جرم در امتداد خط شعاعی متصل به محور تقارن و مرکز خمیدگی o قرار می‌گیرد. این مرکز جرم همان‌طور که در شکل نشان داده شده در فاصله d از مرکز محور آونگ قرار دارد. (شکل ۳: حلقه نصفه به شعاع خمیدگی r با مرکز جرم cm که در فاصله d از محور p).

راه‌حل این مسئله کاربرد مستقیم حساب انتگرال



شکل۳: جزء حلقه به شعاع خمیدگی r که مرکز جرم cm آن که در فاصله d از مرکز محور قرار دارد.

(جزئیات در اینجا نیامده است) با استفاده از مختصات قطبی است که با توجه به تقارن شعاعی مطرح می‌شود. نتیجه برای فاصله d مرکز جرم از محور برابر است با:

$$d = r\left(1 - \frac{\sin\theta}{\theta}\right) \qquad (۴)$$

حال، گشتاور لختی حول این مرکز جرم I_{cm} را می‌توان

به همین طریق محاسبه کرد:

$$I_{cm} = mr^2\left[1-\left(\frac{\sin\theta}{\theta}\right)^2\right] \qquad (۵)$$

کاربرد قضیه محورهای موازی (با قرار دادن معادله‌های ۴ و ۵ در معادله ۲) به رابطهٔ گشتاور لختی حول محور می‌انجامد.

$$I_p = 2mr^2\left(1-\frac{\sin\theta}{\theta}\right) \qquad (۶)$$

سرانجام، با قرار دادن معادله‌های (۴) و (۶) در معادلهٔ (۱) دورهٔ هر حلقه نصفه در زاویه θ و شعاع r به دست می‌آید، که مساوی با دورهٔ تناوب حلقه کامل به شعاع r است که در معادله ۳ داده شده است!

بحث‌های تقارن با استفاده از قضیه محورهای موازی

اگر مفهوم قضیه محورهای موازی، که در معادله (۲) بیان شده در مورد مرکز خمیدگی o چنان که در شکل ۳ نشان داده شده است، به کار رود، نتیجهٔ زیر به دست می‌آید:

$$I_o = I_{cm} + m(r-d)^2 \qquad (۷)$$

چون تمام جرم نیم‌حلقه در همان فاصله r از مرکز خمیدگی قرار دارد، واضح است که: $I_o = mr^2$

آنگاه معادله شمارهٔ (۷) به صورت:

$$mr^2 = I_{cm} + mr^2 - 2mrd + md^2$$

یا

$$2mrd = I_{cm} + md^2 \qquad (۸)$$

مقایسه معادلهٔ (۸) با معادلهٔ (۲) به این نتیجه منجر می‌شود که: $I_p = 2mrd$

آنگاه $2r = \frac{I_p}{md}$ که با قرار دادن آن در معادلهٔ (۱) معادلهٔ (۳) به دست می‌آید. یعنی همان دورهٔ نوسان برای هر مقداری از زاویه θ. این دیدگاه و نگرش برای دانش‌آموزان دبیرستانی بسیار مفید است، چون نیاز به حساب دیفرانسیل و انتگرال ندارد.

استفاده کامل از ویژگی‌های تقارن

رهیافت نهایی این مسئله، استفاده کامل از ویژگی‌های تقارن در جهت محاسبه گشتاور لختی و دورهٔ تناوب است. فرض کنید دو جرم مساوی $\frac{m}{2}$ در انتهای یک نیم‌حلقه سبک به شعاع r قرار دارند که جرم آنها را می‌توان نادیده گرفت (شکل ۴). گشتاور لختی حول محور p عبارت است از:

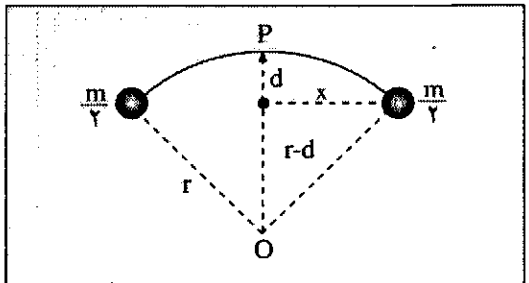
$$I_p = 2\left(\frac{m}{2}\right)\left(x^2 + d^2\right) = 2mrd$$

که مرکز جرم به وضوح در وسط خطی است که دو جرم را به هم وصل می‌کند. مانند قبل، نتیجهٔ این مسئله به دست آوردن دورهٔ نوسانی است که از معادلهٔ ۳ به دست می‌آید.

از آنجائی که می‌توانیم دو جرم نزدیک به هم دیگر را نیز درنظر بگیریم، محاسبات دوباره همان دوره را به دست می‌دهد. اکنون می‌توان این جرم‌ها را متصل به هم درنظر گرفت، دوباره با همان دوره. اکنون می‌توان فرض کرد که توزیع پیوسته‌ای بین دو مجموعه جرم وجود دارد که همیشه منجر به همان دوره می‌شود، بدین ترتیب حلقهٔ ناقص پیوسته‌ای به شعاع r تشکیل می‌شود. بنابراین، بدیهی است که دوره تنها تابع شعاع r است و به زاویه θ بستگی ندارد. این مشاهده و نتیجه با مطالعات گذشته ما دربارهٔ مرکز نوسان و طول آونگ سادهٔ هم‌ارز که در آن همه جرم در فاصلهٔ 2r از محور قرار دارد، سازگار است.

نتیجهٔ مهم دیگر این بحث‌ها تقارن آن است که در ساختار حلقه پیوسته لازم نیست که مجموعه جرم‌ها هم‌ارز باشند. یعنی حتی لازم نیست چگالی حلقه در امتداد قوس آن ثابت باشد. تنها کافی است که توزیع چگالی حول خط بین محور و مرکز خمیدگی تقارن داشته باشد.

این مسئله مثالی عالی از سودمندی بهره‌گیری از مفاهیم تقارن برای دانش‌آموزان در تمام سطوح است.



شکل ۴: دو جرم مساوی $\frac{m}{2}$ در انتهای جزء حلقه سبک به شعاع خمیدگی r

مرجع:

THE PHYSICS TEACHER Vol.32, MARCH 1994

درآمدی بر فیزیولوژی

محمدرضا خوش‌بین
خوش‌نظر
Skhoshbin @ yahoo. com

«در سال‌های اخیر علم میان رشته‌ای «علوم اعصاب» گسترش چشمگیری یافته است. یکی از شاخه‌های این علم در ارتباط با الکترومغناطیس است. در این مقاله سعی می‌شود مقدمات این شاخهٔ علمی معرفی شود.»

لوئیجی گالوانی در سال ۱۷۸۶ میلادی با کشف الکتریسیتهٔ جانوری در ران قورباغه نخستین سهم را در این شاخهٔ علمی داشته است. از آن پس سال‌های بسیاری صرف تحقیقات آزمایشگاهی شده است. تحقیقات پایه در این رشته **فیزیولوژی اعصاب** نامیده می‌شود. الکتریسیته تولید شده در داخل بدن برای کنترل و راه‌اندازی اعصاب، عضلات و اندام‌ها به‌کار می‌رود. اساساً تمامی کنش‌ها و فعالیت‌های بدن به گونه‌ای با الکتریسیته سر و کار دارند. نیروهای عضلات به‌واسطهٔ جذب و دفع بارهای الکتریکی بوجود می‌آیند. عمل مغز نیز اساساً الکتریکی است. همه سیگنال‌های عصبی چیزی جز عبور جریان‌های الکتریکی نیست. دستگاه عصبی تقریباً در هر کنش بدن نقشی اساسی ایفاء می‌کند. اساساً یک رایانهٔ مرکزی (مغز) سیگنال‌های داخلی و خارجی را دریافت می‌کند و اطلاعات نیز به صورت سیگنال‌های الکتریکی در امتداد اعصاب گوناگون منتقل می‌شوند. هنگام انجام اعمال خاصی از بدن، سیگنال‌های الکتریکی زیادی تولید می‌شوند. این سیگنال‌ها حاصل کنش الکتروشیمیایی انواع معینی از سلول‌ها هستند. با اندازه‌گیری سیگنال‌های مورد نظر می‌توانیم به اطلاعات بالینی مفیدی دربارهٔ اعمال خاصی از بدن دست یابیم. متخصصان پزشکی به تشخیص و درمان عملکردهای نادرست این دستگاه الکتریکی داخلی می‌پردازند. اگر بیماری به قسمتی از دستگاه عصبی مربوط شود، به‌وسیلهٔ متخصصان اعصاب تشخیص و درمان می‌شود، و یا یک متخصص قلب با بررسی فعالیت الکتریکی قلب به مطالعه و درمان بیماری‌های قلبی می‌پردازد.

دستگاه عصبی و نورون

دستگاه عصبی را می‌توان به دو قسمت تقسیم کرد: دستگاه عصبی مرکزی و دستگاه عصبی خودمختار، دستگاه عصبی مرکزی از مغز، نخاع و اعصاب محیطی تشکیل شده است. اعصاب محیطی، رشته‌های عصبی (نورون‌ها) هستند که اطلاعات حسی را به مغز یا نخاع منتقل می‌کنند (اعصاب آوران) و یا اطلاعات را از مغز یا نخاع به عضلات و غدد ترشح کننده مناسب منتقل می‌کنند (اعصاب وایران). دستگاه عصبی خودمختار، اندام‌های داخلی گوناگون از قبیل قلب، روده‌ها و غدد ترشح کننده را کنترل می‌کنند. کنترل عصبی خودمختار اساساً غیرارادی است.

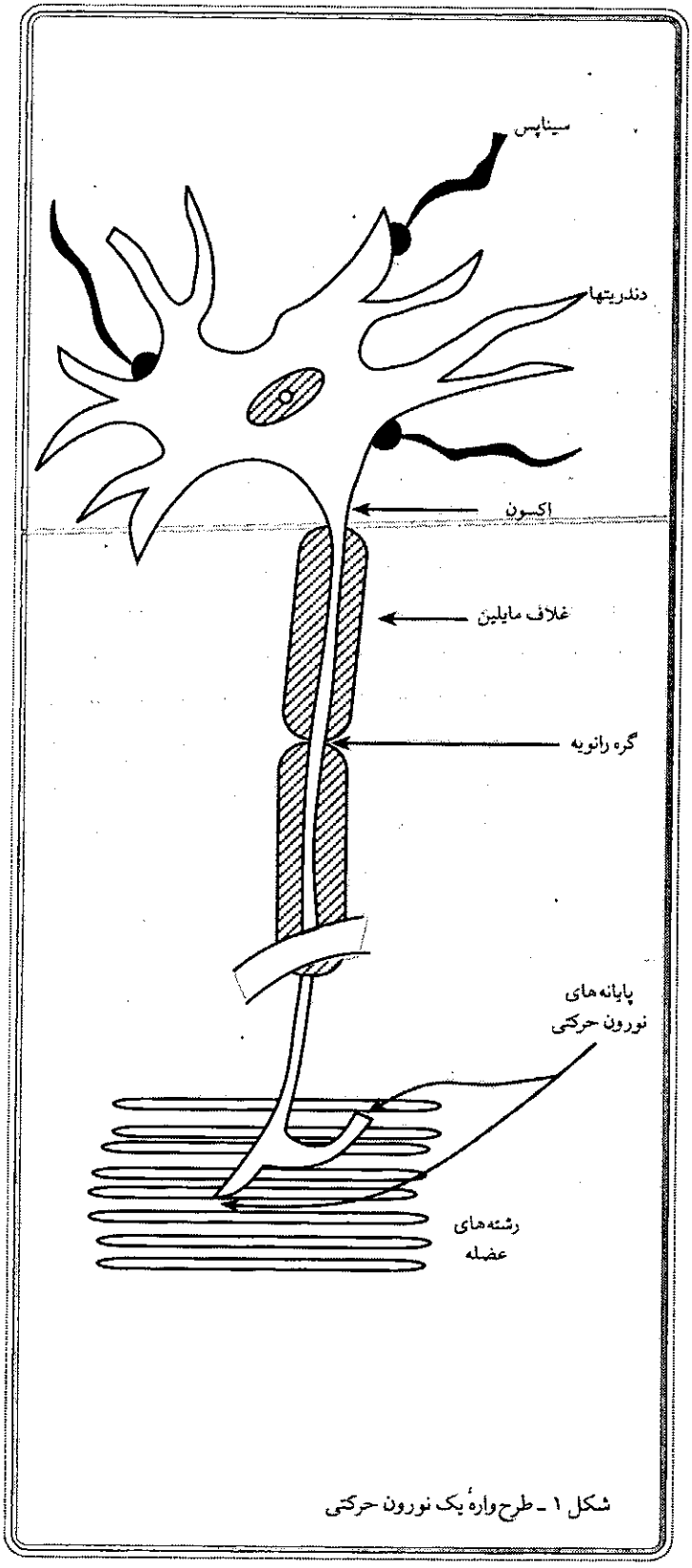
واحد ساختمانی اصلی دستگاه عصبی **نورون** است. نورون سلول عصبی است که به دریافت، تعبیر و ارسال پیام‌های الکتریکی اختصاص دارد.

اساساً نورون متشکل است از یک جسم سلولی که پیام‌های الکتریکی سایر نورون‌ها را از طریق اتصال‌هایی به نام **سیناپس**‌ها که روی **داندریت**‌ها یا روی جسم سلولی جای دارند، دریافت می‌کند. داندریت‌ها قسمت‌هایی از نورون هستند که به دریافت اطلاعات از محرک‌ها یا از سایر سلول‌ها اختصاص دارند. اگر محرک به حدّ کافی قوی باشد، نورون یک سیگنال الکتریکی در امتداد تاری به نام **اکسون** به طرف خارج می‌فرستد. اکسون یا تار عصبی که طول آن ممکن است به یک متر برسد، سیگنال الکتریکی را به عضلات، غدد ترشح کننده، و یا سایر نورون‌ها می‌برد.

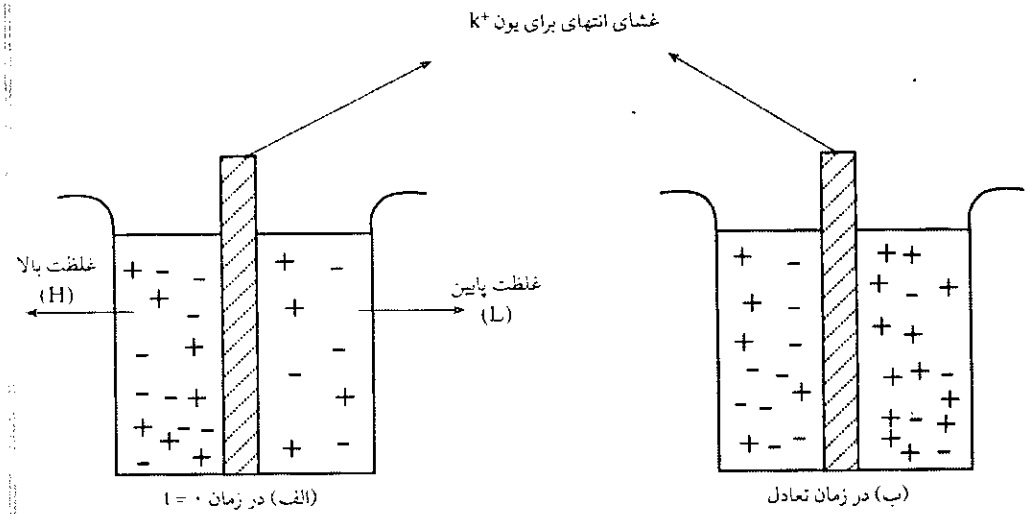
پتانسیل های الکتریکی اعصاب

در دو طرف سطح یا غشاء هر نورون اختلاف پتانسیلی ناشی از وجود یون‌های منفی بیشتر در داخل غشاء نسبت به خارج آن وجود دارد. اصطلاحاً گفته می شود که نورون **قطبیده** است. پتانسیل داخل سلول عموماً ۶۰ تا ۹۰ میلی‌ولت منفی‌تر از خارج آن است. این اختلاف پتانسیل، **پتانسیل استراحت** نورون نامیده می‌شود. وقتی نورون تحریک می‌شود، در محلّ تحریک تغییر لحظه‌ای بزرگی در پتانسیل استراحت رخ می‌دهد. این تغییر پتانسیل که **پتانسیل کنش** نام دارد در امتداد اکسون منتشر می‌شود. تحریک می‌تواند به وسیلهٔ محرک‌های فیزیکی و شیمیایی گوناگون از قبیل گرما، سرما، نور، صوت و بو به‌وجود آید. اگر تحریک، الکتریکی باشد فقط در حدود ۲۰mV در دو طرف غشاء لازم است تا پتانسیل کنش را راه بیندازد.

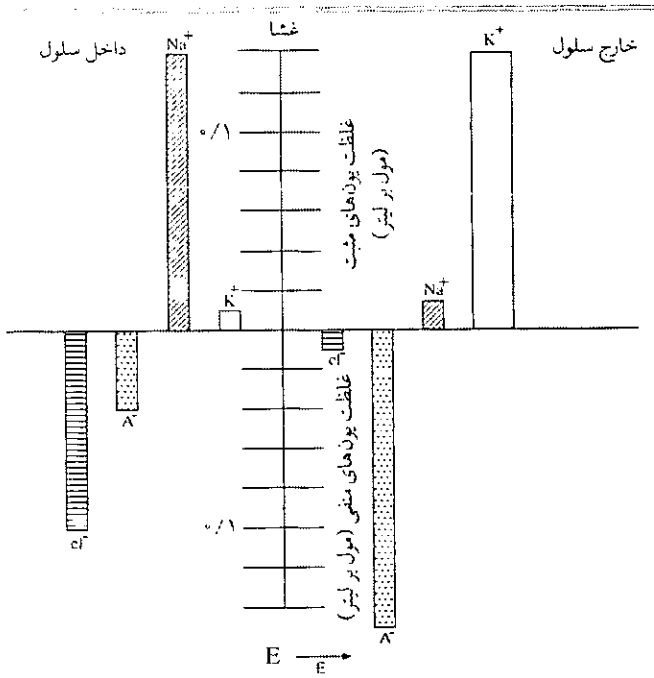
پتانسیل استراحت را می‌توانیم به وسیلهٔ مدل ساده‌ای توضیح دهیم. در این مدل، غشایی محلول خنثی غلیظی از kcl را از همین محلول با غلظتی کمتر جدا می‌کند. kcl، یون‌های k^+ و cl^- می‌سازد. فرض می‌کنیم که غشاء به یون‌های k^+ اجازهٔ عبور می‌دهد ولی یون‌های cl^- را پشت غشاء نگاه می‌دارد. بنابراین یون‌های k^+ در دو سوی غشاء پخش می‌شوند و انتقال خالصی از ناحیهٔ با غلظت بالا (H) به ناحیهٔ با غلظت پایین (L) صورت می‌گیرد. این فرآیند به ازدیاد بار مثبت در L و ازدیاد بار منفی در H می‌انجامد. جالب است که بر اثر این گذارها لایه‌هایی روی غشاء تشکیل می‌شود که نیروی الکتریکی تولیدشده در دو سوی آنها، حرکت یون‌های k^+ را از H به L کُند می‌سازد و درنهایت منجر به شرط تعادلی می‌گردد. به‌طور کیفی پتانسیل استراحت یک عصب به این دلیل وجود دارد که غشاء برای یون‌های بزرگ (پروتئین) A^- نفوذناپذیر بوده و برای یون‌های k^+، Na^+ و cl^- نفوذپذیر است.



شکل ۱ ـ طرح‌وارهٔ یک نورون حرکتی



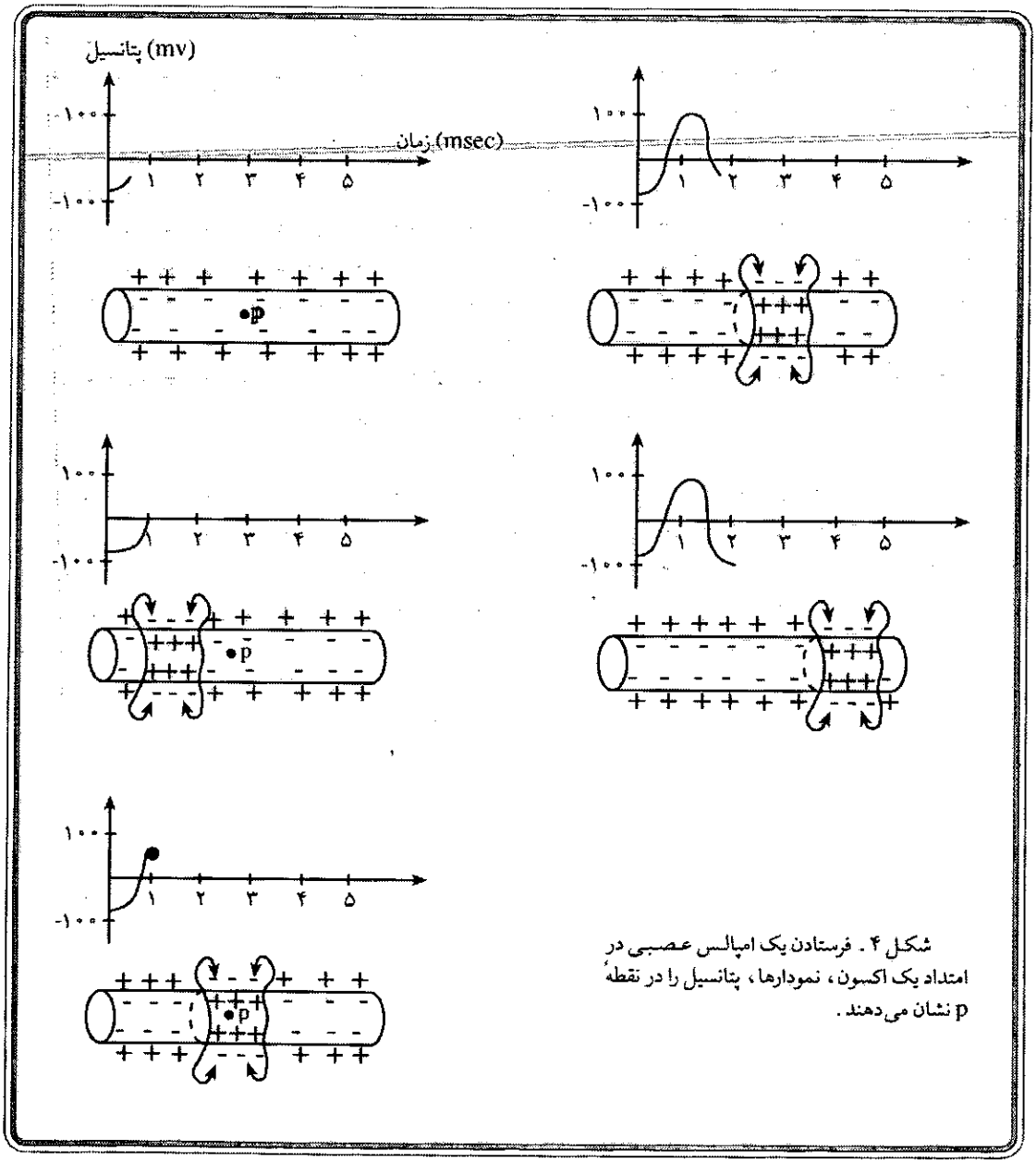
شکل ۲ـ مدلی برای پتانسیل استراحت. (الف) در آغاز، غشایی که برای یونهای +k به طور انتخابی نفوذپذیر است دو محلول kcl با غلظتهای متفاوت را از یکدیگر جدا می‌کند. + و − به ترتیب یونهای K^+ و Cl را نمایش می‌دهند. یونهای مثبت از طرف H به طرف L پخش شده و بدین ترتیب اختلاف پتانسیلی بین دو طرف غشاء حاصل می‌شود. (ب) این اختلاف پتانسیل یک نیروی الکتریکی فراهم می‌کند که مایل است یون‌های K^+ را در طرف H نگه دارد. شرط تعادل وقتی برقرار می‌شود که حرکت یون‌های K^+ ناشی از پخش با حرکت یونی ناشی از این نیروی الکتریکی موازنه کند.



شکل ۳ـ غلظت‌های یونی بر حسب مول بر لیتر K^+، Na^+ و Cl^- و یون‌های پروتئین بزرگ (A^-). داخل و خارج یک سلول به اندازهٔ حدوداً ۶۰ تا ۹۰mv اختلاف پتانسیل دارد. میدان الکتریکی

شکل ۴ به طور طرح‌وار نشان می‌دهد که چگونه اکسون یک پتانسیل کنش را منتشر می‌سازد. این اکسون پتانسیل استراحتی در حدود ۸۰mV- دارد. اگر انتهای چپ اکسون تحریک شود، دیواره‌های غشاء برای Na^+ شفاف می‌شوند و این یون‌ها از غشاء عبور می‌کنند و سبب واقطبیده شدن آن می‌شوند. داخل غشاء به طور لحظه‌ای در حدود ۵۰mV ثبت می‌شود. پتانسیل معکوس شده در ناحیهٔ تحریک سبب حرکت یون‌ها می‌شود که این کار به نوبهٔ خود باعث قطبش دوباره می‌شود. زیرا یون‌های k^+ خارج شده‌اند تا پتانسیل استراحت را دوباره برقرار سازند. برای بیشتر نورون‌ها و سلول‌های عضله پتانسیل کنش چند میلی ثانیه دوام می‌آورد ولی پتانسیل کنش برای عضلهٔ قلب می‌تواند از ۱۵۰ تا ۳۰۰ms دوام آورد.

هر اکسون می‌تواند در دو راستا، پتانسیل کنش را منتشر کند. ولی سیناپسی که نورون‌ها را به هم وصل می‌کند به پتانسیل کنش فقط اجازهٔ حرکت در امتداد اکسون خود را می‌دهد.



شکل ۴ . فرستادن یک امپالس عصبی در امتداد یک اکسون، نمودارها، پتانسیل را در نقطهٔ p نشان می‌دهند.

بررسی اکسون‌های نورون‌های مختلف با یک میکروسکوپ الکترونی نشان می‌دهد که دو نوع الیاف عصبی مختلف وجود دارند. غشاهای برخی از اکسون‌ها با لایهٔ چربی مانند عایق‌کننده‌ای به نام **مایلین** که در هر چند میلی‌متر شکاف‌های کوچک عایق‌بندی نشده‌ای به نام گره‌های **رانویه** دارد، پوشیده شده‌اند. این اعصاب به **عصب‌های مایلین‌دار** موسوم‌اند. اکسون‌های دیگر که مایلین ندارند را **اعصاب بدون مایلین** می‌نامند. اعصاب مایلین‌دار که متداول‌ترین نوع اعصاب در انسان‌هاست پتانسیل‌های کنش را به مراتب سریع‌تر از اعصاب بدون مایلین هدایت می‌کنند. همانند یک سیگنال الکتریکی که وقتی طول یک سیم را طی کند دامنه‌اش تضعیف می‌شود، دامنهٔ پتانسیل کنش هم با گذشتن از قسمت مایلین‌دار تضعیف می‌شود. آنگاه این سیگنال تضعیف‌شده در گره رانویه بعدی مانند یک محرک عمل می‌کند تا پتانسیل کنش را به اندازه و شکل اولیه خود بازگرداند. این فرآیند سلسل‌وار در امتداد اکسون تکرار می‌شود.

دو عامل مهم بر سرعت انتشار پتانسیل کنش تأثیر می‌گذارد. مقاومت داخلی مغز غشاء و ظرفیت (یا بار ذخیره شده) در دو طرف غشاء. کاهش هریک از این دو عامل، سرعت انتشار را افزایش می‌دهد. با افزایش قطر اکسون، مقاومت داخلی آن کاهش می‌یابد. بدین ترتیب اکسون با قطر بیشتر در مقایسه با اکسونی با قطر کمتر، سرعت انتشار بیشتری خواهد داشت. هرچه بار ذخیره‌شده روی غشاء بیشتر باشد واقطبیده شدن آن بیشتر طول می‌کشد و درنتیجه سرعت انتشار کندتر می‌شود. به‌دلیل ظرفیت کم، بار ذخیره‌شده در قسمت مایلین‌دار یک رشتهٔ عصبی در مقایسه با بار ذخیره‌شده روی یک رشتهٔ بدون مایلین به همان قطر و طول، خیلی کمتر است. بدین جهت سرعت هدایت در رشتهٔ مایلین‌دار به مراتب بیشتر است. این اختلاف سرعت هدایت توضیح می‌دهد که چرا در اعصاب مایلین‌دار پتانسیل کنش از گرهی به گره دیگر می‌پرد.

برتری اعصاب مایلین‌دار این است که در اکسون‌های با قطر کم، سرعت‌های انتشار بالایی تولید می‌کنند. بنابراین، تعداد زیادی از رشته‌های عصبی را می‌توان در کلاف کوچکی جا داد تا کانال‌های سیگنال بسیاری فراهم شود. برای مثال تعداد ۱۰۲ رشتهٔ مایلین‌دار به قطر ۱۰μm می‌توانند در کلافی به سطح مقطع ۱ تا ۲mm² حمل شوند. درحالی که همین تعداد رشتهٔ بدون مایلین با سرعت هدایت یکسان، کلافی به سطح مقطع تقریباً ۱۰۰cm² یا در حدود ۱۰۴ مرتبه بیشتر لازم دارند.

سیگنال‌های الکتریکی مغز ـ الکترو انسفالوگرام

اگر الکترودها را روی جمجمه قرار دهید و فعالیت الکتریکی را اندازه بگیرید، مقداری سیگنال الکتریکی بسیار ضعیف را به‌دست خواهید آورد. این سیگنال‌ها اصولاً از فعالیت الکتریکی نورون‌ها در «کورتکس مغز» ناشی می‌شوند. این سیگنال‌ها را نخستین بار هانس برگر در سال ۱۹۲۹ مشاهده کرد. از آن پس تحقیقات زیادی درباره کاربردهای بالینی، فیزیولوژیکی، و روانکاوی این سیگنال‌ها انجام شده است. ولی درک اساسی آنها هنوز به انجام نرسیده است.

ثبت سیگنال‌های مغز، الکترو انسفالوگرام (EEG) نامیده می‌شود. الکترودهای ثبت‌کننده غالباً قرص‌های کوچکی از کلرور نقره هستند. این الکترودها در موضع‌هایی به سر وصل‌اند که به قسمتی از مغز که باید مطالعه شود بستگی دارد. الکترود مرجع معمولاً به گوش وصل می‌شود. فعالیت نامتقارن نیمه‌های چپ و راست مغز نشان‌دهندهٔ بیماری مغزی است و بدین جهت معمولاً سیگنال‌های سمت راست را با سیگنال‌های سمت چپ مقایسه می‌کنند. دامنهٔ سیگنال‌های الکتروانسفالوگرام کم است (حدوداً ۵۰μV) و بدین جهت تداخل با سیگنال‌های الکتریکی خارجی غالباً در پردازش سیگنال الکتروانسفالوگرام مشکل‌ساز می‌شود. حتی اگر نوفه خارجی کنترل شده باشد پتانسیل‌های فعالیت عضله از قبیل حرکت چشم می‌تواند در ثبت سیگنال‌ها اختلالاتی به‌وجود آورد.

به نظر می‌رسد که بسامدهای سیگنال‌های الکتروانسفالوگرام به فعالیت فکری فرد بستگی داشته باشد. برای مثال، بسامد سیگنال الکتروانسفالوگرام یک فرد در حالت استراحت در گسترهٔ ۸ تا ۱۳ هرتز (یا امواج آلفا) است. ولی وقتی فرد هوشیارتر باشد گسترهٔ بسامدها در محدودهٔ موج بتا (بالای ۱۳Hz) خواهد بود. نوارهای بسامدی مختلف به‌قرار زیر هستند:

دلتا یا آهسته δ	۰/۵ تا ۳/۵ هرتز
تتا یا نیمه آهسته θ	۴ تا ۷ هرتز
آلفا α	۸ تا ۱۳ هرتز
بتا یا سریع β	بیشتر از ۱۳ هرتز

الکتروانسفالوگرام در تشخیص بیماری صرع نقشی اساسی دارد. همچنین الکتروانسفالوگرام می‌تواند به کشف تومورهای مغزی کمک کند. زیرا فعالیت الکتریکی در ناحیهٔ تومور دار کاهش می‌یابد. همچنین الکتروانسفالوگرام در جراحی برای نشان دادن تراز بیهوشی بیمار نیز مفید است.

تحقیقات جاری در رابطه با الکتریسیته در بدن

پدیده‌های الکتریکی بسیاری در بدن وجود دارند که با شناخت بیشتر آنها می‌توان روش‌های بیشتری را برای استفاده از الکتریسیته در تشخیص و درمان بیماری‌ها پیدا کرد. یکی از مهم‌ترین این فرآیندهای حیاتی، رشد استخوان است. استخوان محتوی ماده‌ای به نام **کلاژن** است که ماده‌ای پیزوالکتریکی است. وقتی نیرویی به کلاژن اعمال شود، پتانسیل الکتریکی کوچکی به‌وجود می‌آید. کلاژن مانند یک نیمرسانای نوع n رفتار می‌کند. یعنی جریان را عمدتاً به وسیلهٔ بارهای منفی هدایت می‌کند. از طرفی، ماده‌ای به نام **اپتایت** در نزدیکی کلاژن قرار دارد که مانند یک نیمرسانای نوع p رفتار می‌کند. یعنی جریان را به وسیلهٔ بارهای مثبت هدایت می‌کند. در محل اتصال این دو نیمرسانا جریان به سهولت از نوع p به نوع n عبور می‌کند. تصور می‌رود که نیروهای وارد بر استخوان به دلیل اثر پیزوالکتریک پتانسیل‌هایی تولید می‌کنند و اتصال‌های pn (کلاژن-اپتایت) جریان‌هایی به‌وجود می‌آورند که منجر به رشد استخوان می‌شود. جریان‌ها با فشار (نیرو به واحد سطح) متناسب هستند. بنابراین هرچه فشار وارد بر استخوان بیشتر باشد، رشد بیشتری حاصل می‌شود.

همچنین پتانسیل الکتریکی در محل جراحت بیشتر از نواحی اطراف آن است. بعضی بر این باورند که همین پتانسیل زیاد است که منجر به باز پیدایش اندام‌های دست و پا در حیواناتی مانند سمندرها و بهبود ترک‌خوردگی و زخم در انسان می‌شود. دیده شده است که تحریک محل‌های ترک‌خوردگی با جریان مستقیمی از ۱ تا ۳mA به بهبود ترک‌خوردگی استخوان و ناراحتی‌های استخوانی‌ای که به دلیل رشد کم بوجود می‌آیند، کمک می‌کند. این نوع تحریک، بهبود نواحی سوختگی را نیز تسریع می‌کند.

فیدبک زیستی یکی دیگر از روش‌های درمانی است. درحالی که تحقیقات آغازین دربارهٔ فیدبک زیستی دلگرم‌کننده بوده است، اما هنوز جنبه‌های زیادی از آن درک نشده است.

اگر بخواهیم برای کنترل کردن خروجی نوعی وسیله، خواه یک تقویت‌کننده باشد خواه قسمتی از بدن، از فیدبک استفاده کنیم، خروجی را اندازه می‌گیریم. آنگاه این اطلاعات خروجی را به ورودی برمی‌گردانیم تا به طرزی مطلوب بر خروجی تأثیر بگذارد. فیدبک منفی، خروجی پایداری را تولید می‌کند و در تنظیم کردن بسیاری از کارهای بدن به‌کار می‌آید. فیدبک منفی را در کوچک شدن قطر مردمک فردی می‌بینیم که در معرض نور زیاد قرار گرفته است. نور زیاد، سیگنال عصبی اپتیکی به مغز را افزایش می‌دهد و مغز به نوبهٔ خود قطر مردمک را کم می‌کند و بنابراین سیگنال عصب اپتیکی را کاهش می‌دهد. در فیدبک زیستی، فرد به طور ارادی قسمتی از مدار فیدبک است. حس گرهایی که دمای پوست فرد، سیگنال‌های مغزی، یا کنش عصبی را کنترل می‌کنند، سیگنال‌هایی فراهم می‌سازند که پس از تقویت دوباره به فرد فیدبک می‌شود و آنگاه فرد از طریق تمرکز سعی می‌کند برای به دست آوردن اثر مطلوب، تغییری در بدنش به‌وجود آورد.

از طریق فیدبک زیستی می‌توان آن دسته از اعمال بدن را که معمولاً به‌وسیلهٔ دستگاه عصبی خودمختار کنترل می‌شوند، به طور ارادی کنترل کرد. برای مثال، مطالعات EEG نشان داده است که ریتم آلفا (۸ تا ۱۳ هرتز) نمایانگر حالت کم تحریک شده یا سست بدن است. شرطی که اغلب در مطالعات فیدبک زیستی به‌دنبال آن هستند. اگر هنگامی که سردردی عارض فرد می‌شود دریابد که خروجی EEG او از ریتم آلفا به ریتم بتا (بیش از ۱۳Hz) تغییر می‌کند، او می‌تواند بوسیلهٔ استراحت روحی، مغز و بدن را وادار کند تا به ریتم آلفا برگردد و بدین ترتیب سردرد را فرونشاند. به‌علاوه فیدبک زیستی در کنترل فشار خون زیاد و درمان فعالیت نامنظم قلب نیز به‌کار رفته است.

مرجع:

Katz, B. Nerve, Mucle, and synapse, Mc Graw-Hill.

آیا اصل برهم نهی در فضای میان یک خازن تخت برقرار نیست؟

مسئله مشهور زیر را در نظر بگیرید:

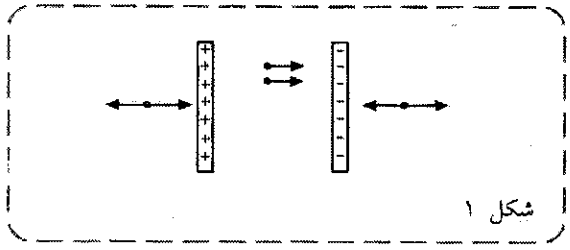
ـ دو ورقه نارسانای بزرگ با بار مختلف رو به‌روی هم قرار گرفته‌اند. میدان را در نقاط میانی و کناری دو صفحه بدست آورید.

معمولاً در حل این مسئله بلافاصله از اصل برهم‌نهی استفاده می‌کنیم. به این ترتیب که در فضای میانی می‌نویسیم:

$$E_m = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} + \frac{\sigma}{2\varepsilon} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

و برای کناره‌های دو صفحه می‌نویسیم:

$$E_R = E_L = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = 0$$

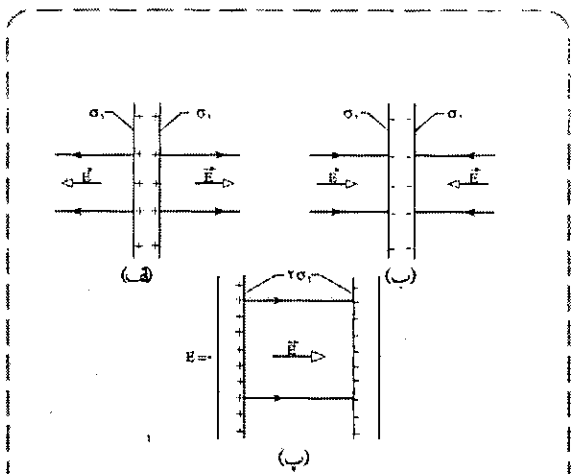


شکل ۱

ولی همین که صفحات به صفحات رسانا تبدیل می‌شوند برای حل چنین مسائلی اصل برهم‌نهی را به کنار می‌گذاریم و با استفاده از قانون گاوس و انتخاب سطح گاوس (Pill box) مناسبی مسئله را حل می‌کنیم. شاید به این دلیل که می‌انگاریم اینجا اصل برهم‌نهی مقادیر درستی را به ما نمی‌دهد. چرا که اگر میدان یک صفحه رسانای بزرگ را در نظر بگیریم قاعدتاً باید برای فضای میانی دو خازن به مقدار زیر برسیم:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} + \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{2\sigma}{\varepsilon}$$

که به وضوح جواب غلطی است. پس کلک کار در کجاست؟ خوشبختانه در ویرایش‌های پنجم و ششم کتاب مشهور فیزیک هالیدی ـ رزنیک که حالا باید نام والکر هم به آن افزود[۱] با نمایش اشکال مناسبی این شبهه برطرف شده است. به شکل‌های زیر توجه کنید.



شکل ۲

این شکل‌ها به وضوح نحوه توزیع بار روی دو صفحه رسانای نازک و بلند را نشان می‌دهد.

با توجه به نازک و بلند بودن صفحات می‌توان فرض کرد که همه بارهای اضافی روی دو وجه بزرگ این صفحه قرار می‌گیرند. پس باید توجه کرد که اگر چگالی بار کل σ باشد، روی هر کدام از دو وجه چگالی بار $\sigma_1 = \frac{\sigma}{2}$ نشسته است. وقتی که این دو صفحه در برابر هم قرار می‌گیرند حال اصل برهم‌نهی در فضای میان دو خازن به صورت زیر درمی‌آید:

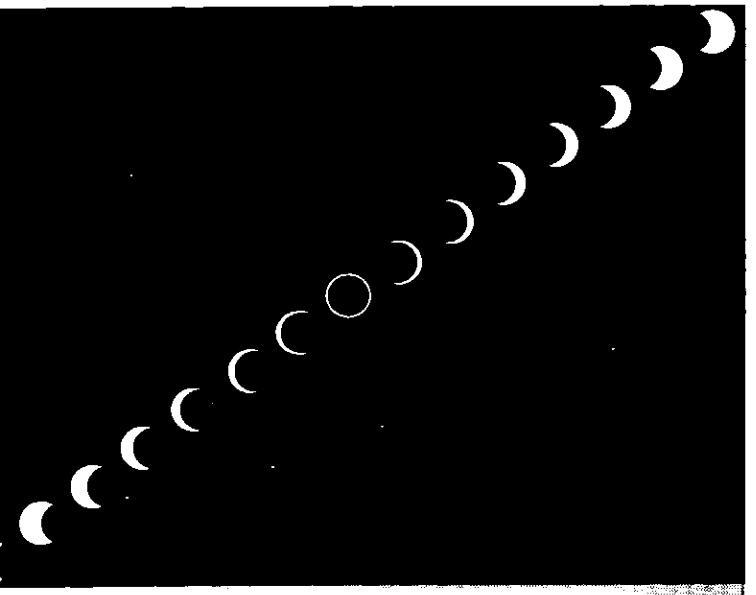
$$E = \frac{\sigma_1}{\varepsilon} + \frac{\sigma_1}{\varepsilon} = \frac{2\sigma_1}{\varepsilon} = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

که همان مقدار مورد نظر ماست. بنابراین وقتی که این دو صفحه در کنار هم قرار می‌گیرند، تحت میدان بالا تمام بارهای اضافی سطوح همدیگر را می‌ربایند و به سطوح داخلی صفحه منتقل می‌کنند و چون هیچ بار اضافی‌ای در سطوح بیرونی باقی نمی‌ماند، میدان الکتریکی در سمت چپ و راست صفحه‌ها صفر می‌شود.

مرجع:

[1] Fundamentals of physics 6th Ed. Haliday, Resnick, walker 2001, John wiley.

بدون شرح



فیزیک ۶۷

مکانیک کلاسیک و جبرباوری*

جی. کِلر
مترجم: احمد توحیدی

در این مقاله به بازنگری قوانین حرکتِ نیوتون می پردازیم.
در ۱ـ قانون اول چارچوبِ مرجع لخت را برای اندازه گیری شتاب در قانون دوم نیوتون تعریف می کند.
در ۲ـ قانون دوم $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$ نیروهای وارد بر جسم را به شتاب آن مربوط می سازد. غالباً قانون دوم نیوتون را معادله حرکت گویند.

۳ـ قانون سوم $\vec{F}_{ab} = -\vec{F}_{ba}$ بیان‌کننده رابطهٔ میان نیروهایی است که دو جسم برهم کنش کننده به یکدیگر وارد می‌کنند.

قانون دوم نیوتون را برای تعیین حرکت یک جسم به کار می‌بریم. پیدا کردن برآیند نیروها $\Sigma \vec{F}$ مستلزم آن است که هر یک از نیروهای وارد بر جسم را به نحوی به دست آوریم. بنابراین نیازمند قوانین نیرو هستیم. **قانون نیرو** بیان‌کنندهٔ اصطلاح یا قانونی برای تعیین نیروهای وارد بر جسم با توجه به خصوصیات جسم یا محیط اطراف آن است. رابطهٔ $F=mg$ نمونه‌ای از قانون نیرو است که نیروی گرانش وارد به یک جسم واقع بر زمین یا نزدیک آن را نشان می‌دهد. دیگر قوانین نیرو عبارت‌اند از نیروهای اصطکاک، نیروی الکتریکی و غیره. ترکیب قوانین نیرو با قوانین حرکت نیوتون را مکانیک نیوتونی یا **مکانیک کلاسیک** گویند.

اکنون روال پیش‌بینی حرکت یک جسم معلوم است. قوانین نیرو را با توجه به خصوصیات جسم و محیط اطراف آن به کار می‌بریم تا هریک از نیروهای وارد بر جسم را به دست آوریم. نیروها را با یکدیگر جمع برداری می‌کنیم تا برآیند نیروها را پیدا کنیم. سپس با توجه به قانون دوم نیوتون $\vec{a} = \frac{\Sigma \vec{F}}{m}$ شتاب حرکت جسم را تعیین می‌کنیم. اگر مکان و سرعت جسم در هر لحظه معلوم باشد، روش‌های دینامیکی را می‌توان برای محاسبه سرعت و مکان آن جسم بر حسب زمان به کار برد. به طور کلی اگر همه نیروها معلوم باشند، حرکت را می‌توان کاملاً تعیین کرد.

قوانین حرکت نیوتون دال بر آن‌اند که وضعیت‌های آیندهٔ جسم را می‌توان با توجه به وضعیت‌های کنونی آن کاملاً تعیین کرد و وضعیت‌های کنونی جسم را نیز می‌توان با توجه به وضعیت‌های گذشته آن تعیین کرد. این امکان برای هر جسمِ موجود در جهان قابل پیش‌بینی است. قوانین نیوتون حکایت از آن دارند که وضعیت تحولات آشکار شدهٔ جهان با توجه به شرایط اولیه آن تعیین می‌شوند. این ایده تأثیر بسزایی در فلسفه، مذهب، و مفهوم آزادی داشته است. پس از آنکه نیوتون قوانین حرکت جهان را ارائه کرد، شاخه‌ای از اندیشهٔ فلسفی به نام جبرگرایی مکانیستی رواج پیدا کرد. این نوع نگرش به جهان را در مطلب کوتاه شدهٔ زیر از پیرسیمیون لاپلاس ملاحظه می‌کنید:

اگر در هر زمان اندیشمندی همهٔ نیروهای فعال طبیعت و اوضاع و احوال همهٔ اجسام تشکیل‌دهندهٔ آن را می‌دانست، همچنین توانایی آن را داشت که این داده‌ها را در معرض تحلیل قرار دهد، برای او همهٔ این اطلاعات که شامل حرکات اجسام از بزرگ‌ترین آنها در جهان گرفته تا کوچک‌ترین اتم‌ها، تنها در یک رابطه گنجانده می‌شد که آینده و همچنین گذشته و حال را پیش چشمان او قرار می‌داد.

در واقع، مکانیک کلاسیک به طور کلی یکی از موفق‌ترین نظریه‌ها در همه علوم محسوب می‌شود. با کاربرد این نظریه مهندسان، فضانوردان را در کره ماه پیاده کرده‌اند و کاوشگرهایی به خارج از منظومه شمسی رسیده‌اند. ستاره‌شناسان با دقت بسیار زیاد می‌توانند رویدادهای سماوی را تا دهه‌های آینده پیش‌بینی کنند. امّا مثلا مکانیک کلاسیک نمی‌تواند برای اجرام کوچک یعنی اتم‌ها و کوچک‌تر از آنها به کار رود. بنابراین باید مکانیک کوانتومی را به کار برد. به طور کلی حتی به کمک مکانیک کوانتومی هم نمی‌توان همه کمیت‌های مکانیکی را با دقت بسیار زیاد پیش‌بینی کرد، در نتیجه اساس جبرگرایی مکانیستی مکانیکی از بین می‌رود.

محدودیت دیگر مکانیک کلاسیک زمانی روی می‌دهد که جسمی با سرعت نزدیک به سرعت نور حرکت کند یا رویدادی در نزدیکی جسم پرجرمی مانند ستاره‌ای بسیار چگال و بزرگ اتفاق افتد. در این موارد باید نظریهٔ نسبیت اینشتین را به کار برد.

در خلال دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ میلادی تا به امروز، حوزه جدیدی از مطالعات درباره مفهوم جبرگرایی مکانیستی انجام شده است که آشوب نام دارد. احتمالاً آشوب رشته جدیدی از علوم خواهد شد و جایی میان ریاضیات و فیزیک پیدا خواهد کرد. پیدایش و پیشرفت آشوب با گسترش کاربرد رایانه‌ها در علوم همراه بوده است. آشوب نشان می‌دهد که یک معادلهٔ معیّن مانند قانون دوم نیوتون می‌تواند نتایج نامعین داشته باشد. آشوب باعث تجدید علاقهٔ اندیشمندان به کاربرد مکانیک کلاسیک در مرزهای پژوهشی علم فیزیک شد. زیرا آشوب روش جدیدی در کاربرد قوانین نیوتون برای حل مسائل مهم فراهم می‌سازد.

* Classical Mechanics and Determinism

مرجع:

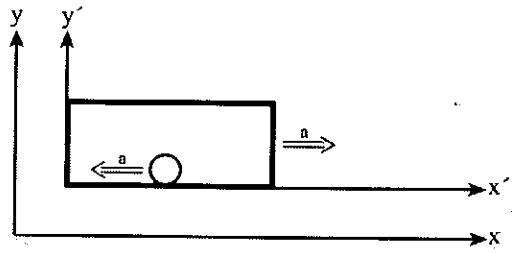
Physics, Classical And Modern / Frederick J. Keller/ W. Edward Gettys / Malcolmj. Skove / 1993 / Mc Graw - Hill, inc.

چارچوب های نالخت

هاریس بنسون
مترجم: حکیمه محمدپور

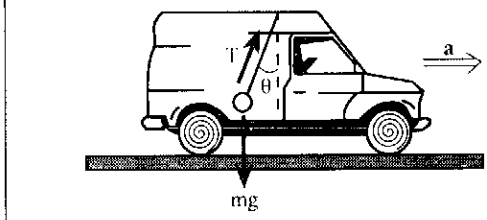
بحث علم دینامیک مبتنی بر چارچوب هایی لخت است که در آن ها قانون اول نیوتن برقرار است. با این حال نمونه های بسیاری از چارچوب های نالخت شتاب دار وجود دارند که در آنها قانون اول معتبر نیست. چرخش روزانه ی زمین و حرکت مداری آن به دور خورشید، شتاب دار است؛ بنابراین کره ی زمین، واقعاً یک چهارچوب لخت نیست. همچنین است ماشینی که پیچی را دور می زند یا اتوبوسی که به ایستگاه نزدیک می شود. در این جا حرکت را از دیدگاه چنین چارچوب های نالختی بررسی می کنیم.

توپی را در کف بدون اصطکاک جعبه ای در نظر بگیرید که در حال شتاب گرفتن بوده و لذا تشکیل یک چارچوب نالخت می دهد (شکل ۱). در چارچوب لخت آزمایشگاهی S جعبه شتاب **a** را دارد. اگر توپ در ابتدا نسبت به چارچوب S ساکن باشد، به حال سکون باقی خواهد ماند چرا که هیچ نیروی خالصی بر آن وارد نمی شود با این حال، نسبت به چارچوب نالخت S´ جعبه، این توپ شتاب **á=-a** را دارد. بنابراین در چارچوب S´، ناظری که از دید او قانون دوم نیوتن برقرار است، خواهد گفت که توپ تحت تأثیر نیرویی از یک منبع نامعلوم قرار دارد که این نیرو با **F´=m á=-ma** داده می شود. ناظر چارچوب نالخت باید یک نیروی لخت مجازی برای توجیه شتاب جسم ابداع کند. این نیروی مجازی به اندازه ی کافی واقعی است تا در توقف ناگهانی اتوبوس شما را به جلو پرت کند. این نیرو از آن نظر مجازی است که هیچ منشاء فیزیکی ای ندارد، یعنی توسط هیچکدام از برهمکنش های اساسی موجود در طبیعت ایجاد نمی شود. این کنش هیچ واکنشی که وجودش در قانون سوم نیوتن الزامی است ندارد.



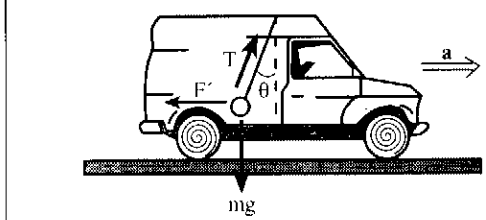
(شکل ۱): هنگامی که جعبه نسبت به یک چارچوب لخت شتاب **a** را می گیرد، توپ نسبت به جعبه، شتاب **á (=-a)** را دارد.

شکل ۲ آونگی را نشان می دهد که از سقف کامیونی که شتاب ثابت **a** را نسبت به چارچوب لخت جاده دارد، آویزان است. یک ناظر لخت بیان خواهد داشت که گلوله، شتاب **a** را دارد و بنابراین قانون دوم عبارتست از $\mathbf{T+mg=ma}$ (شکل ۲ الف). ناظر چارچوب نالخت کامیون (شکل ۲ ب) گلوله را در تعادل استاتیکی می یابد و انحراف ریسمان را برحسب نیروی لخت $\mathbf{F'}$ توجیه می کند، برداشت این ناظر نالخت از قانون دوم به شکل $\mathbf{T+mg+F'=0}$ است.



$T + mg = ma$

شکل ۲ الف

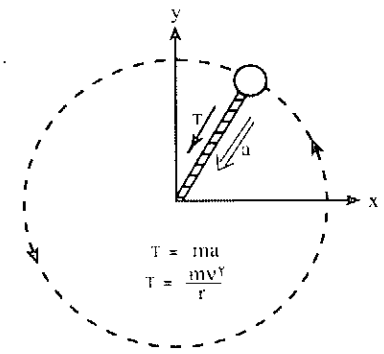


$T + mg + F' = 0$

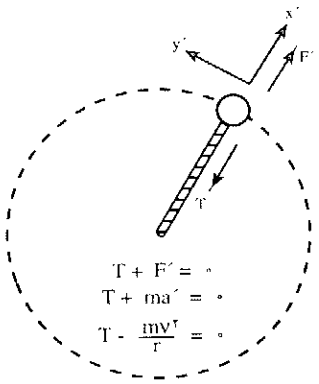
شکل ۲ ب

شکل ۲ الف: در یک چارچوب لخت، گلوله‌ای آویزان شتاب a‌ای ناشی از مولفه‌ی افقی کشش T دارد. ب: در چارچوب نالخت کامیون، گلوله در تعادل استاتیکی است و همچنین تحت تأثیر نیروی مجازی $\mathbf{F'}$ قرار دارد.

نیروی مرکز گریز: شکل ۳ ذره‌ای را در حرکت دایره‌ای یکنواخت در انتهای ریسمانی نشان می دهد. در یک چارچوب لخت (شکل ۳ الف) ذره شتابی به سمت داخل (مرکزگرا) دارد، لذا قانون دوم به صورت $\mathbf{T=ma}$ است. در چارچوب چرخان نالخت (شکل ۳ ب) که در آن ذره به حال سکون است، قانون دوم به صورت $\mathbf{T+F'=0}$ می باشد. نیرویی لخت به سمت خارج به‌نام نیروی مرکز گریز وجود دارد. ناظر چارچوب چرخان می‌تواند کشش ریسمان را اندازه بگیرد و لذا برای توجیه علت سکون ذره ناگزیر است نیروی مرکز گریز را ابداع کند.



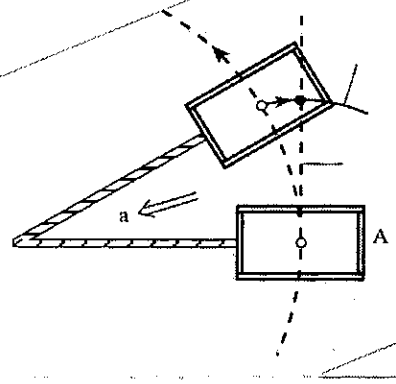
شکل ۳ الف



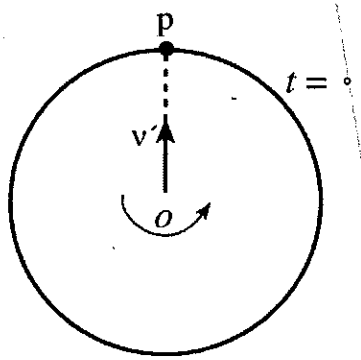
شکل ۳ ب

شکل ۳: (الف) در یک چارچوب لخت، یک ذره در روی یک دایره حرکت می کند و شتابی جانب مرکز ناشی از کشش T دارد. (ب) در چارچوب نالخت در حال حرکت با ذره، ذره در حال تعادل است. این مربوط به نیروی مجازی مرکز گریز $\mathbf{F'}$ است.

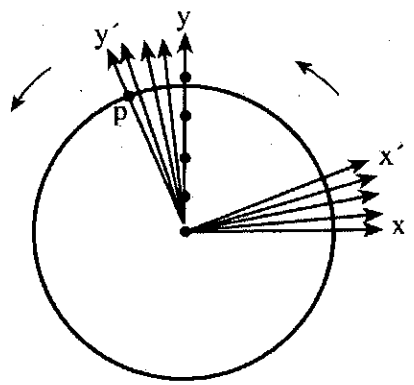
هنگامی که با اتومبیل پیچی را دور می‌زنیم نیروی مرکزگریز واقعی به نظر می‌رسد، انگار که به سمت لبه بیرونی جاده پرت می شویم. برای درک منشأ این پدیده توپی را در نظر بگیرید که در ابتدا نسبت به جعبه‌ای که با تندی ثابت، روی دایره‌ای حرکت می کند، ساکن نگه داشته شده است (شکل ۴). وقتی جعبه در موقعیت A است، توپ رها می شود. در چارچوب لخت ما، توپ از قانون اول پیروی می کند و در یک خط مستقیم مماس بر مسیر، حرکت می کند. ناظر چارچوب نالخت جعبه، توپ را در حال حرکت به سمت دیواره‌ی خارجی می‌بیند و این شتاب را با نیروی مرکز گریز $\mathbf{F'=má=-ma}$ توضیح می دهد.



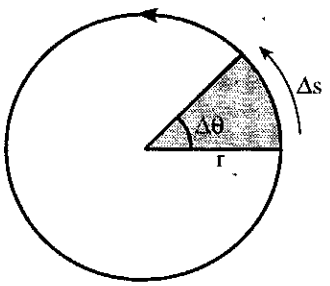
شکل ۴ : جعبه‌ای در حرکت دایره‌ای یکنواخت . ذره‌ای که در مرکز (جعبه) رها می‌شود در یک خط مستقیم نسبت به چارچوب لخت ادامه مسیر می‌دهد . نسبت به چارچوب نالخت جعبه ، ذره به سمت بیرون پیچ ، حرکت می‌کند .



شکل ۳ الف



شکل ۳ ب



شکل ۵

شکل ۶

قبل از ادامه بحث ، لازم است مفهوم سرعت زاویه‌ای معرفی شود . ذره‌ای را در نظر بگیرید که با تندی ثابت v در یک مسیر دایره‌ای به شعاع r حرکت می‌کند (شکل ۵) . در بازه زمانی Δt ، زاویه $\Delta\theta$ (برحسب رادیان) که توسط خط شعاعی جاروب می‌شود ، با کمان Δs ، رابطه زیر را دارد :

$\Delta\theta = \Delta s / r$. آهنگ زمانی چرخش خط شعاعی، سرعت زاویه‌ای $\omega = \Delta\theta / \Delta t (rad/s)$ نامیده می‌شود .

با به کار بردن تعریف $\Delta\theta$ برای ω داریم :

$\omega = (\Delta s / \Delta t)(1/r) = \frac{v}{r}$ و $v = \omega r$

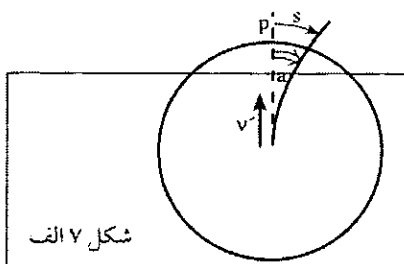
نیروی کوریولیس : نیروی مرکز گریز به سرعت ذره نسبت به چارچوب مرجع چرخان نالخت بستگی ندارد . جی . جی . کوریولیس یک نیروی لختی اضافی را بررسی کرد که این نیرو هنگامی که ذره دارای سرعتی نسبت به چارچوب چرخان باشد ظاهر می‌شود .

شکل ۶ الف سکویی با شعاع R (چارچوب ´s) را نشان می‌دهد که نسبت به چارچوب لخت s دوران می‌کند . در t=0 شخصی در مرکز o توپی را با تندی ´v به سمت شخصی که موضع او نیز در این لحظه نشان داده شده است پرتاب

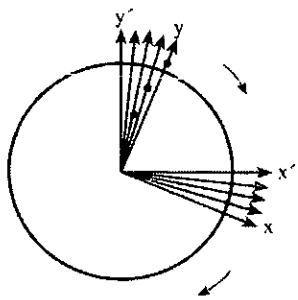
می‌کند. فرض کنیم که در این لحظه محورهای (X، Y) بر محورهای (x′، y′) منطق هستند. در چارچوب لخت S، همانند شکل ۶ب، توپ به خط مستقیم حرکت می‌کند. تا لحظه‌ی t که توپ به لبه‌ی سکو می‌رسد، نقطه p، مسافت $\omega R)t$ را پیموده است. در چارچوب چرخان S′، شکل ۷، توپ در حین حرکت به سمت لبه، سرعت مماسی در حال افزایشی پیدا کرده مسیرش خمیده می‌شود. اگر فرض کنیم که سرعت توپ به اندازه کافی بزرگ باشد ($v' >> \omega R$) به طوری که سکو فقط به اندازه زاویه کوچکی دوران کند، می‌توان کمان را در امتداد محیط سکو به صورت یک خط راست در نظر گرفت. اگر معادله $s = \frac{1}{2}a't^2$ را با معادله $s = \omega R t$ مساوی قرار دهیم، به دست می‌آوریم:

$$\frac{1}{2}a't^2 = \omega R$$

چون $t = R / v'$ است، داریم $a' = 2\omega v'$. $\vec{a}$ را شتاب کوریولیس می‌گویند. توجه کنید که توپ به سمت راست جهت حرکت خود منحرف می‌شود. می‌توان نشان داد که $\vec{a}$ همیشه بر $\vec{v}'$ عمود است.



شکل ۷ الف



شکل ۷ ب

شکل ۷ (الف): در چارچوب نالخت (x′، y′) سکوی چرخان، مسیر توپ خمیده است. این موضوع بر حسب نیروی مجازی کوریولیس توجیه می‌شود. (ب) وقتی سکو پاد ساعتگرد می‌چرخد، شتاب کوریولیس $\vec{a}$ توپ را به راست منحرف می‌کند.

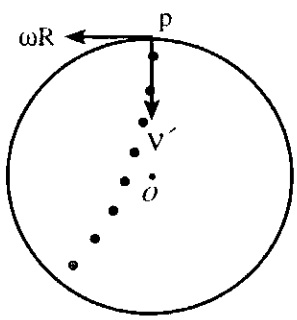
فرض کنیم همانند شکل ۸ شخص P واقع در لبه‌ی سکو قرار است توپی را به سمت مبدأ پرتاب کند. در لحظه‌ٔ رها شدن، توپ دارای سرعت مماسی ωR نسبت به مبدأ است بنابراین مجدداً به سمت راست منحرف شده و به مبدأ نخواهد رسید.

نتیجه می‌گیریم که در چارچوبی که پاد ساعتگرد دوران می‌کند، یک ذره به سمت راست جهت حرکت خود منحرف می‌شود. در یک مورد عملی، اگر شخصی بخواهد از مرکز سکو به سمت ایستگاه ثابتی بر روی زمین برود رانشی را به سمت راست خود احساس خواهد کرد. اگر سکو ساعتگرد می‌چرخید، این رانش به سمت چپ راستای حرکت وارد می‌شد.

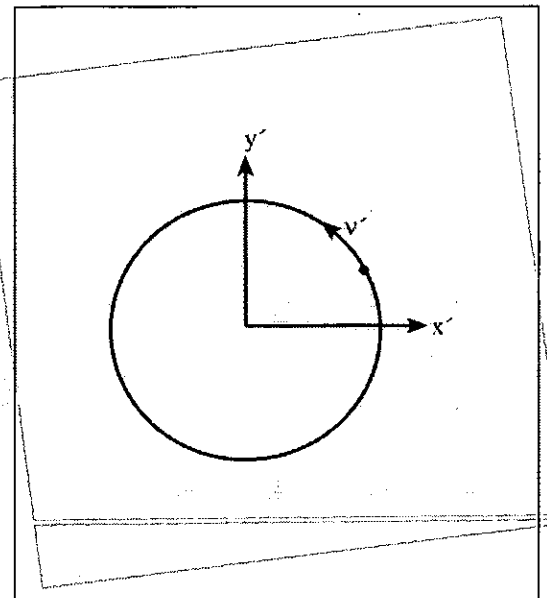
به روش زیر می‌توان عبارت‌هایی برای شتاب‌های کوریولیس و مرکز گریز به‌دست آورد. شخصی را در نظر بگیرید که در امتداد لبه سکو در شکل ۹ با تندی V′ نسبت به لبه حرکت می‌کند. مسیر او در چارچوب زمین نیز دایره‌ای شکل است اما تندی وی $V = V' + \omega R$ خواهد بود. در چارچوب لخت، شتاب او ($a = \frac{V^2}{R}$) برابر است با:

$$a = \frac{V'^2}{R} + 2\omega v' + \omega^2 R$$

در چارچوب چرخان $a' = \frac{V'^2}{R}$ است؛ پس داریم: $a' = a - 2\omega V' - \omega^2 R$. جمله دوم طرف راست، شتاب کوریولیس و سومین جمله، شتاب مرکز گریز است. در این مورد، شتاب کوریولیس هم جهت با شتاب مرکز گریز (یعنی هر دو شعاعی و به سمت خارج) است.



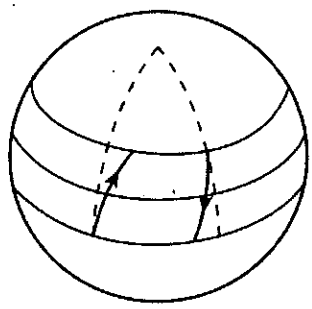
شکل ۸



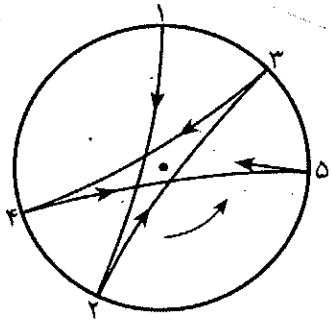
شکل ۹ : شخصی در امتداد لبه با سرعت v' نسبت به سکوی چرخان حرکت می‌کند. تندی او نسبت به زمین برابر است با: $v = v' + \omega R$.

آونگ فوکو : یک دانشمند جوان فرانسوی به نام لئون فوکو متوجه شد که اثر کوریولیس، دارای یک نتیجهٔ مهم فیزیکی است. از آنجا که زمین یک چارچوب چرخان است، ذره‌ای که در نیمکره شمالی به طور افقی حرکت می‌کند، شتابی به سمت راست خود کسب می‌کند که مستقل از جهت سرعت آن است (شکل ۱۰). در چارچوب لخت ستارگان، مسیر گلوله آونگ ساده در صفحه ثابتی قرار دارد، زیرا ریسمان هیچ نیرویی عمود بر صفحه نوسان وارد نمی‌کند. اما در شروع هر نوسان، سرعت گلوله نسبت به زمین همان سرعت مورد انتظار در پایان نوسان نیست. بنابراین گلوله، صرفنظر از سمت نوسان، هدف را گم خواهد کرد. انحراف گلوله طی یک نیمه نوسان با برعکس شدن جهت حرکت از بین نمی‌رود. به این معنا که اثر بسیار کوچک کوریولیس با هر نوسان کامل همراه بوده و می‌تواند برای پاسخ دادن به این پرسش که آیا زمین واقعاً می‌چرخد- سؤالی که دانشمندان و فیلسوفان را قرن‌ها به خود مشغول کرده بود- مورد استفاده قرار گیرد.

در حین چرخش زمین، صفحه نوسان، سمتگیری خود را نسبت به زمین تغییر می‌دهد (شکل ۱۱).



شکل ۱۰ : در نیمکره شمالی، جسم توسط نیروی کوریولیس به سمت راست جهت حرکت خود منحرف می‌شود.



شکل ۱۱

در قطب شمال، این صفحه روزانه یک دور کامل می‌زند. در عرض جغرافیایی Φ ، زمان لازم یک چرخش کامل $24h / \sin\Phi$ است و بنابراین این صفحه نوسان در هر روز کمتر از ۳۶۰ درجه خواهد چرخید. در سال ۱۸۵۱ فوکو وزنه ۲۸ کیلویی را از گنبدی به ارتفاع ۷۰ متر آویزان کرد و بدین‌وسیله بر پرسش واقعیت چرخش زمین پاسخ داد.

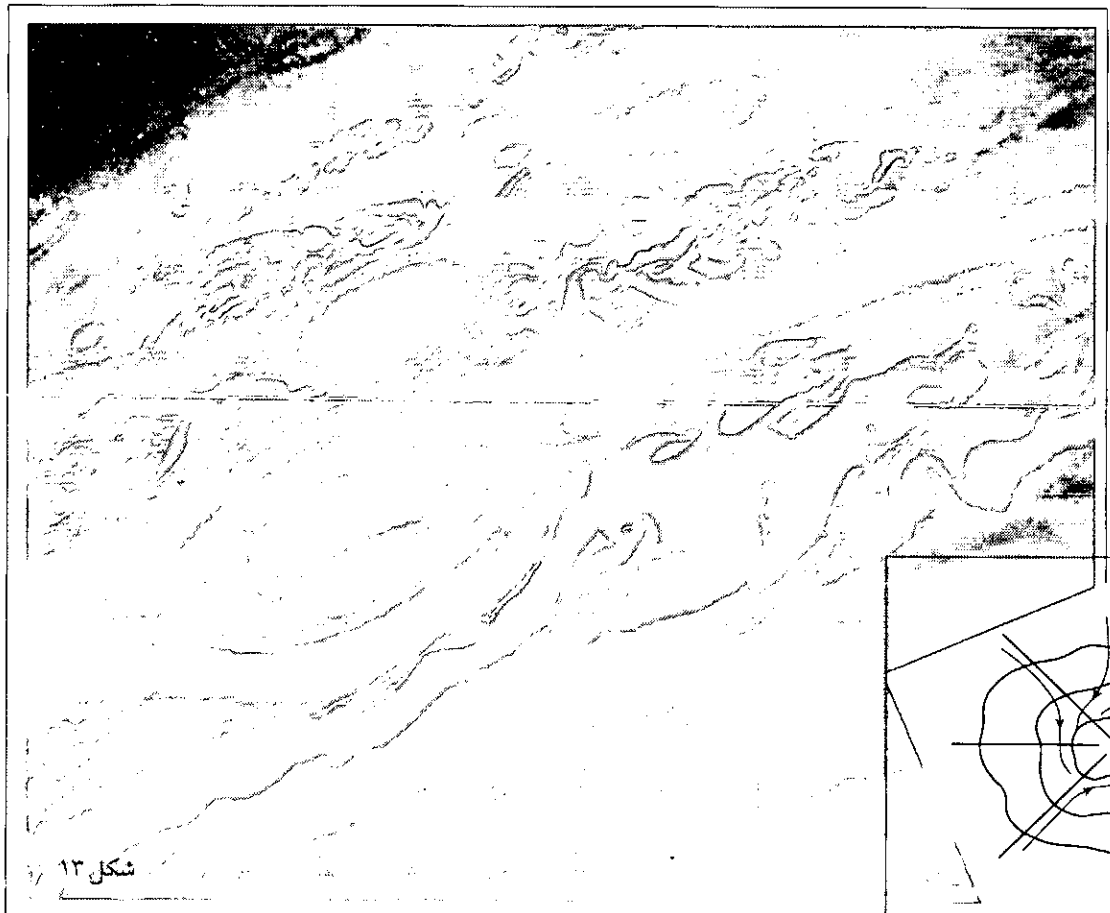
پرتابه‌ها: شتاب کوریولیس بر مسیر گلوله توپ‌های جنگی و موشک‌های قاره‌پیما تأثیر می‌گذارد، گرچه مقدار این تأثیر بسیار کوچک است. برای زمین $\omega = 7 \times 10^{-5}\ rad/s$ است. اگر $v' = 1000 m/s$ باشد، در این صورت $a' = 2\omega V' = 0/14\ m/s^2$ خواهد بود. می‌دانیم اگر گلوله توپ یا موشک مستقیماً به سمت هدف شلیک شود، با آن برخورد نمی‌کند. وقتی جسمی از بالای برجی بلند رها می‌شود، سرعت مماسی اولیه آن از سرعت مماسی نقطه‌ای از زمین که به‌طور عمودی در زیر آن واقع است، بزرگتر می‌باشد. درنتیجه جسم در سمت شرق نقطه فرود مورد انتظار خواهد افتاد.

آب و هوا: اثر کوریولیس در آب و هوای زمین نیز نقش ایفا می‌کند. شکل ۱۲ ناحیه‌ای کم‌فشار را در نیمکره شمالی نشان می‌دهد. دورتر از این ناحیه، هوا از نواحی اطراف که فشار بالاتری دارند به سمت مرکز کم‌فشار جریان می‌یابد. جهت جریان بر هم‌فشارها (خطوط با فشار یکسان) عمود است. با این حال، نیروی کوریولیس که بر نیروی فشار در این ناحیه عمود است، جریان هوا را به سمت راست منحرف می‌کند. در نزدیکی مرکز کم فشار، هوا به‌جای جریان به سمت مرکز، به گرد آن جریان می‌یابد. خیلی نزدیک به مرکز، نیروی کوریولیس تقریباً با نیروی فشار مقابله می‌کند. هوا به حالتی می‌رسد که تقریباً مماس بر خطوط هم‌فشار حرکت می‌کند. چرخش پاد ساعتگرد حاصل، همچون چرخش سیستم آب و هوایی بزرگ می‌تواند ملایم باشد، یا می‌تواند همانند تندباد یا گردباد شدید باشد. شاید مهیج‌ترین نمود اثر کوریولیس، لکه‌های سرخ مشهور مشتری است. (شکل ۱۳)

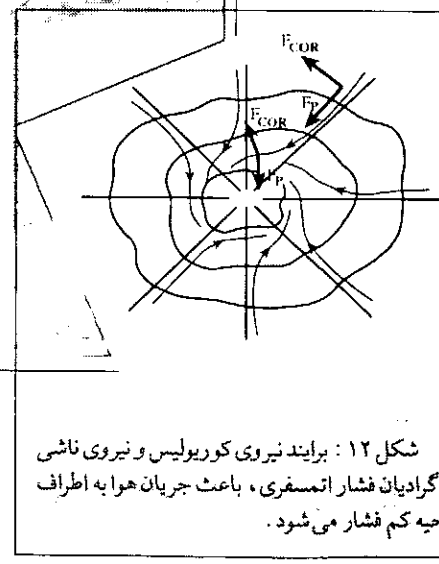
مرجع:

Harris Benson. Univercity Physics, section 6.5, 1996, John Wiley and sons, Inc.

شکل ۱۲



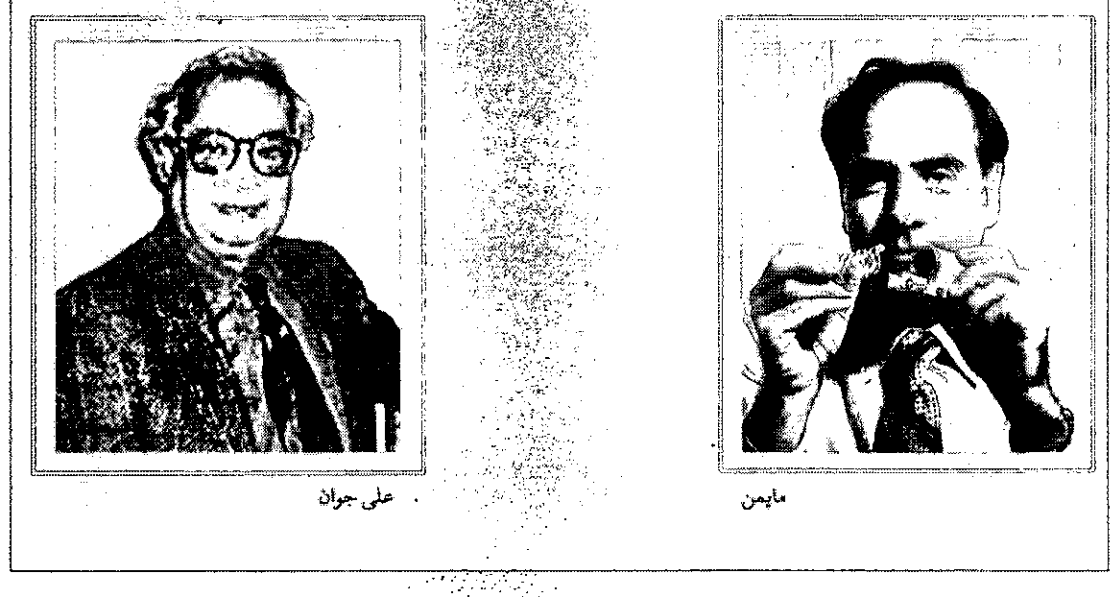
شکل ۱۳



شکل ۱۲ : برایند نیروی کوریولیس و نیروی ناشی از گرادیان فشار اتمسفری، باعث جریان هوا به اطراف ناحیه کم فشار می‌شود.

روح‌الله خلیلی بروجنی
rkhalili@Physicist.net

آشنایی با لیزر*



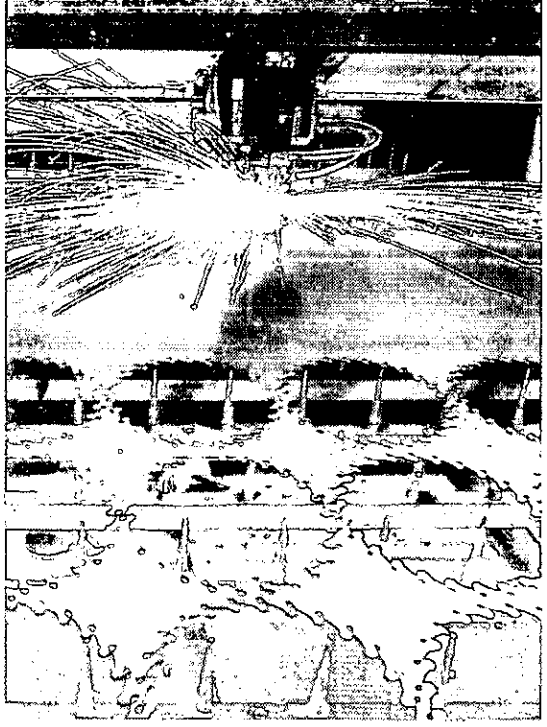
ماپمن

علی جوان

بیش از ۴۰ سال از ساخت نخستین لیزر یاقوتی[1] توسط مایمن[2] و نخستین لیزر گازی هلیم نئون[3] توسط علی جوان دانشمند ایرانی در سال ۱۹۶۰ میلادی می‌گذرد. هرچند مبانی نظری لیزر را سال‌ها پیش از آن انیشتین در سال ۱۹۱۷ میلادی مطرح کرده بود ولی سال‌های زیادی طول کشید تا صنعت و فناوری امکان ساخت اولین لیزر را فراهم کند. پس از آن کاربرد لیزر در زمینه‌های مختلف به سرعت افزایش یافت به طوری که هم اکنون در بسیاری از وسیله‌های مورد استفادهٔ ما در زندگی و صنعت از قبیل دستگاه های بازخوانی اطلاعات از روی لوح‌های فشرده[4]، چاپگرها، شبکه‌های مخابرات کابل نوری، دستگاه‌های برش فلزات و... کاربرد زیادی پیدا کرده است. در حرفهٔ پزشکی نیز جهت انجام پاره‌ای امور همچون جراحی، بخیهٔ بافت های بدن، اصلاح دید چشم و... کاربرد زیادی دارد.

برهم کنش تابش با اتم

در کتاب‌های درسی دورهٔ دبیرستان به دو روش برهم کنش تابش با اتم‌ها، یعنی برهم کنش **جذب القایی**[5] و برهم‌کنش **گسیل خود به خود**[6] تا حدودی پرداخته می‌شود، اما به بررسی برهم کنش سومی که اساس عملکرد لیزر مبتنی بر آن است، پرداخته نشده است. این برهم کنش، **گسیل القایی**[7] یا **تحریک شده** نامیده می‌شود. در ادامه با بررسی هر کدام از این برهم کنش‌ها، به سازوکاری که باریکهٔ نور لیزر توسط آن تولید می‌شود، اشاره می‌کنیم.



الف ـ جذب القایی

طبق یکی از فرض های مدل اتمی بور که برخلاف پیش بینی های فیزیک کلاسیک است. هرگاه الکترون های اتم در مدارهای مانا حرکت کنند. هیچ گونه تابشی از اتم گسیل نمی شود. همچنین هرگاه الکترونی بخواهد از تراز n_1 به تراز n_2 ($n_2 > n_1$) برود باید به آن انرژی داده شود. در این صورت می گوئیم اتم برانگیخته شده است. که می توان آن را به صورت نمادین زیر نمایش داد:

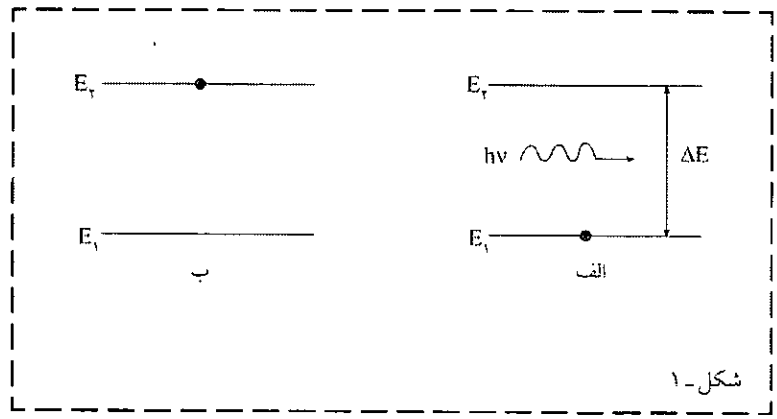
اتم* ⟵ فوتون + اتم

که علامت ستاره نشانگر حالت برانگیخته است. این برهم کنش فوتون با اتم که در شکل ۱ نشان داده شده است، جذب القایی یا به اختصار جذب نامیده می شود. شکل ۱ـ الف اتم را قبل از تابش و شکل ۱ـ ب اتم را پس از تابش نشان می دهد. همان طور که دیده می شود یکی از الکترون هایی که در تراز E_1 قرار دارد با جذب انرژی $h\nu$ به تراز بالاتر E_2 رفته است. به عبارت دیگر

$$E_1 + h\nu = E_2$$

یا

$$\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu$$



شکل ـ ۱

لازم به ذکر است اتم تنها فوتون هایی که انرژی آنها، $h\nu$، با اختلاف انرژی بین ترازهای اتمی، ΔE، برابر باشند، را جذب می کند.

ب ـ گسیل خود به خود

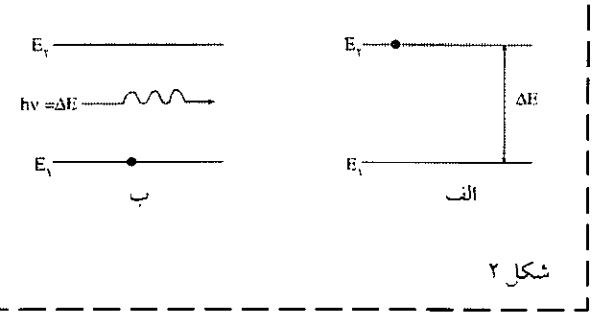
مطابق یکی دیگر از فرض های بور، هرگاه اتم در یک حالت برانگیخته باشد با گسیل یک فوتون به حالت پایین تر می رود. این برهم کنش، گسیل خود به خود نامیده می شود که می توان آن را به صورت نمادین زیر نمایش داد:

فوتون + اتم ⟵ اتم*

این برهم کنش در شکل ۲ نشان داده شده است. شکل ۲ ـ الف اتم را در حالت برانگیخته و شکل ۲ ـ ب اتم را در حالت پایه نشان می دهد. توجه کنید الکترون با گسیل تابش، از حالت برانگیخته به حالت پایین تر یا پایه می رود. در این برهم کنش نیز انرژی فوتون گسیل شده برابر اختلاف انرژی بین دو تراز اتمی است.

یعنی:

$$h\nu = E_2 - E_1 = \Delta E$$



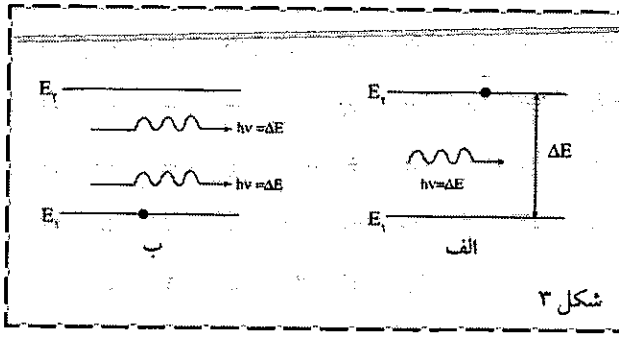
شکل ۲

پ) گسیل القایی (یا تحریک شده)

در این برهم کنش که اساس عملکرد لیزر به شمار می آید، ابتدا اتم در حالت برانگیخته است. یک فوتون با انرژی $h\nu$ که برابر اختلاف انرژی دو تراز اتم است، اتم را وا می دارد تا با گسیل یک فوتون به تراز پایین تر یا تراز پایه برود. این برهم کنش را که در شکل ۳ نشان داده شده است را می توان به صورت نمادین زیر نمایش داد:

۲ فوتون + اتم* ⟵ فوتون + اتم*

شکل ۳ ـ الف اتم را در حالت برانگیخته و شکل ۳ ـ ب اتم را در حالت پایه نشان می‌دهد. توجه به این نکتهٔ مهم ضروری است که اگر اتم در حالتی که در شکل ۳ ـ الف نشان داده شده است به حال خودش هم گذاشته می‌شد، سرانجام با تابش یک فوتون به حالت پایین‌تر می‌رفت، در حالی که با تابش یک فوتون به آن، این فرایند سریع‌تر انجام می‌شود. همان‌طور که در شکل ۳ ـ ب دیده می‌شود، فوتون گسیل شده از اتم و فوتون فرودی هم‌جهت، هم‌فاز و هم بسامد می‌باشند، به عبارت دیگر دو فوتون خروجی همدوس هستند.

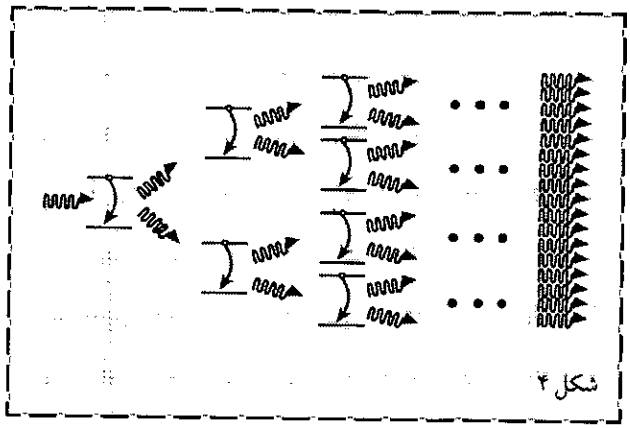


شکل ۳

سازوکار عملکرد لیزر

حال فرض کنید مجموعه‌ای از اتم‌ها را ـ که همه در یک حالت برانگیخته هستند ـ در اختیار داریم (شکل ۴). فوتونی از اتم اول می‌گذرد، و سبب گسیل القایی و به وجود آمدن دو فوتون همدوس می‌شود. هریک از این دو فوتون باعث یک برهم کنش گسیل القایی می‌شوند و چهار فوتون تولید می‌کنند. این برهم‌کنش، یعنی دو برابر شدن تعداد فوتون‌ها که در هر مرحله ادامه می‌یابد تا باریکهٔ شدیدی از فوتون‌ها که همگی هم بسامد، هم‌فاز و هم‌جهت‌اند، تشکیل می‌شود. این پدیده که به ساده‌ترین شکل بیان شد، اساس کار لیزر[۸] را تشکیل می‌دهد.

این مدل ساده‌ای که برای عملکرد لیزر بیان شد، به چند دلیل، کارساز نخواهد بود. نخست آن‌که نگه‌داری مجموعه‌ای از اتم‌ها در حالت برانگیخته در انتظار تحریک برای گسیل فوتون بسیار دشوار است؛ زیرا در لیزر هیچ‌گونه گسیل خود به خود نمی‌خواهیم. دوم آن‌که، اتم‌هایی که در حالت پایه


شکل ۴

هستند، فوتون‌هایی را جذب و در نتیجه آن‌ها را از باریکهٔ نور در حال تشکیل خارج می‌کنند و باعث کاهش توان باریکهٔ خروجی می‌شود.

برای حل این مشکلات، باید به **وارونی جمعیت**[۹] دست یابیم؛ یعنی در مجموعه‌ای از اتم‌ها، باید تعداد اتم‌های در حالت برانگیخته را از تعداد آنها در حالت پایه، بیشتر کنیم. این وضعیت وارونی جمعیت نامیده می‌شود. در شرایط عادی و در حالت تعادل گرمایی، در مجموعه‌ای از اتم‌ها، جمعیت اتم‌هایی که در حالت پایه هستند بسیار بیشتر از جمعیت اتم‌های در حالت برانگیخته است. بنابراین، وارونی جمعیت وضعیتی غیر طبیعی است که باید به طور مصنوعی به آن دست یافت. توجه کنید که وارونی جمعیت در عملکرد لیزر نقش بسیار اساسی دارد.

بنابراین، برای آنکه در عمل بتوانیم توسط مجموعه‌ای از اتم‌ها یک باریکهٔ نور لیزر تشکیل دهیم، باید سه شرط زیر برقرار باشد.

۱ـ مجموعهٔ اتم‌ها باید در شرایط وارونی جمعیت باشند (یعنی تعداد اتم‌ها در حالت برانگیخته بیشتر از تعداد اتم‌ها در حالت زمینه باشد).

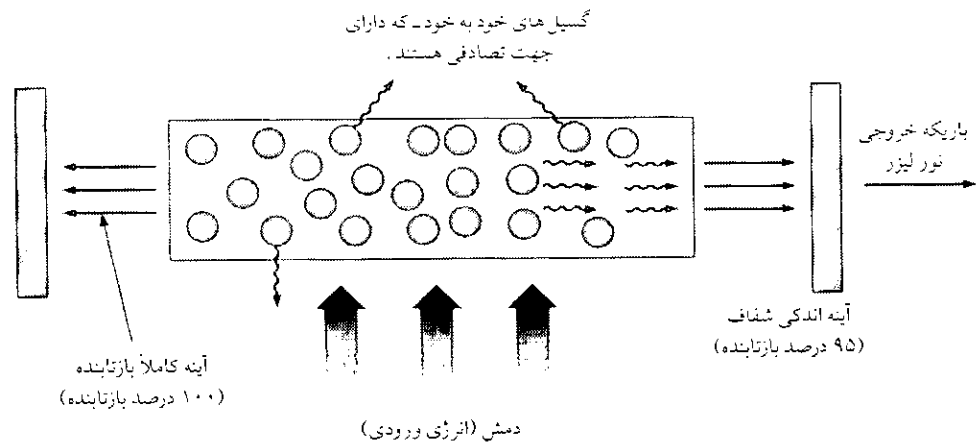
۲ـ اتم‌هایی که در حالت برانگیخته هستند باید در یک **حالت شبه‌پایدار**[۱۰] باشند؛ یعنی مدت زمانی که اتم در این حالت شبه پایدار است باید از زمانی که اتم در حالت برانگیخته است بیشتر باشد. در نتیجه گسیل القایی که اساس عملکرد لیزر است قبل از گسیل خود به خود رخ می‌دهد.

۳ـ مجموعهٔ اتم‌ها و فوتون‌هایی که بر اثر برهم‌کنش

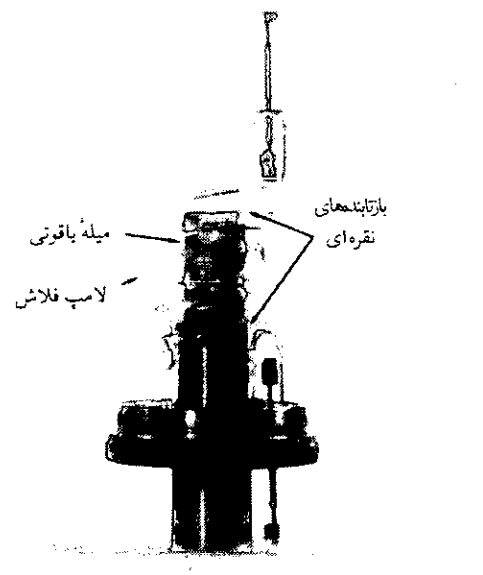
گسیل القایی ایجاد می شوند باید در یک دستگاه، با اندازهٔ مناسب محدود شوند تا با برهم‌کنش با دیگر اتم‌هایی که در حالت برانگیخته هستند، سبب گسیل القایی شوند. برای رسیدن به چنین وضعیتی باید در دو انتهای دستگاه دو آینه قرار دهیم. یکی از آینه‌ها کاملاً بازتابنده و دیگری اندکی شفاف باشد تا باریکه نور لیزر از آن خارج شود (شکل ۵).

پایدار به حالت پایه، گذار لیزری است، که ناشی از برهم‌کنش القایی است (شکل ۷)

توجه کنید اگر عمل دمش موفقیت‌آمیز باشد، تعداد اتم‌های حالت شبه پایدار بیش‌تر از تعداد آن‌ها در حالت پایه خواهد بود و ما به وارونی جمعیت دست یافته‌ایم. اما بر



شکل ۵

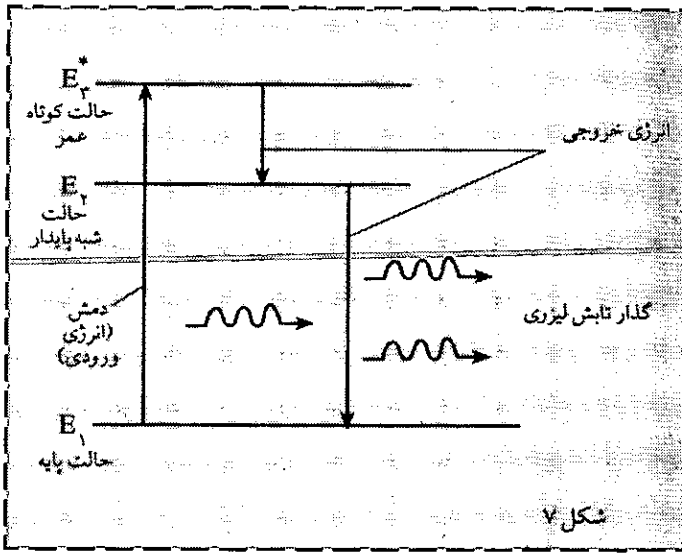


شکل ۶

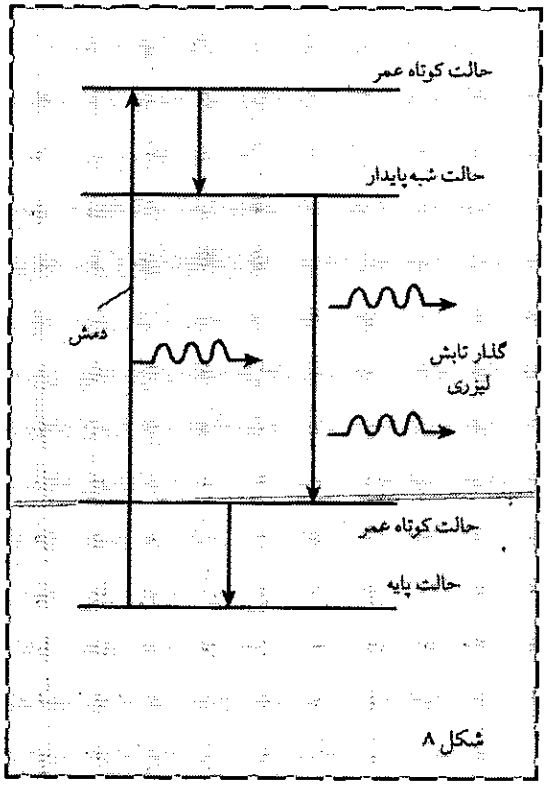
لیزر یاقوتی

نخستین لیزر جامد که مایمن ساخت، بر مبنای اتم‌های سه ترازی کار می‌کرد. محیط این گونه لیزرها، یک میله یاقوت جامد است که در آن اتم‌های کروم اساس کار لیزر را تشکیل می‌دهند. این اتم‌ها، که ابتدا در حالت پایدارند (حالتی که در آن انرژی اتم‌ها کمینه است)، به کمک یک چشمهٔ انرژی خارجی (فوران نور از یک لامپ فلاش که میلهٔ یاقوت را فراگرفته است) به حالت برانگیخته دمیده[11] می شوند (شکل ۶). حالت برانگیخته بر اثر گسیل خود به خود به سرعت به حالت برانگیختهٔ پایین‌تر وا می‌پاشد، که این حالت پایین‌تر، حالتی شبه پایدار است؛ اتم برای مدتی نسبتاً طولانی، شاید 10^{-3} s، در مقایسه با 10^{-8} s برای حالت‌های کوتاه عمر، در آن حالت باقی می‌ماند. گذار از حالت شبه

اثر گذار تابش لیزری، جمعیت حالت پایه افزایش می‌یابد و در نتیجه وارونی جمعیت به هم می‌خورد. این فزونی جمعیت در حالت پایه باعث جذب تابش لیزری می‌شود و در نتیجه فوتون‌هایی که باید در عمل لیزری نقش داشته باشند از بین می‌روند.



شکل ۷



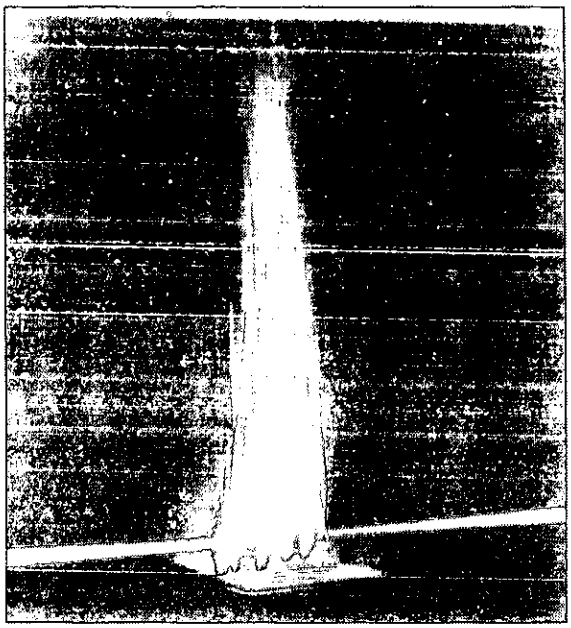
شکل ۸

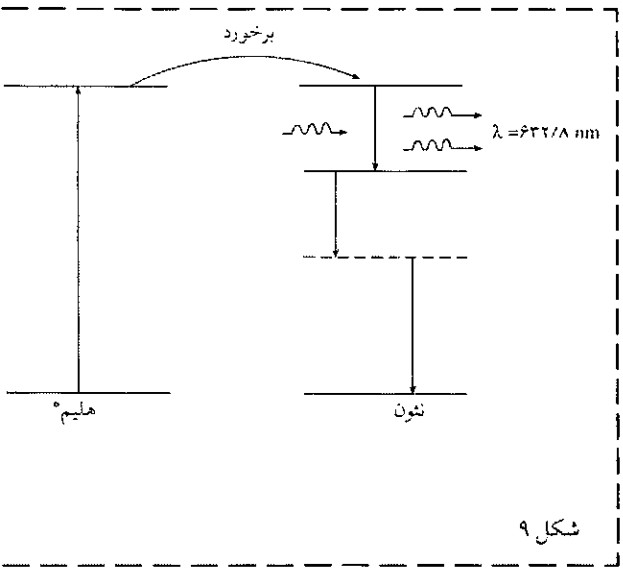
لیزر گازی هلیم نئون

نخستین لیزر گازی که توسط علی جوان ساخته شد، بر مبنای اتم‌های چهار ترازی کار می‌کرد. مخلوطی از گاز هلیم و نئون (حدود ۹۰ درصد هلیم) در لامپ باریکی، مطابق شکل ۵، محبوس می‌شود. بر اثر دمش، اتم‌های هلیم از حالت پایه به حالت برانگیخته می‌روند که مشابه لیزر سه ترازی، به سرعت به حالت شبه پایدار وا می‌پاشند. گذار لیزری از حالت شبه پایدار به یک حالت برانگیختهٔ دیگر ادامه می‌یابد، که به نوبهٔ خود به سرعت به حالت پایدار وامی‌پاشد. در نتیجه اتم در حالت پایه‌اش نمی‌تواند از گذار تابش لیزری انرژی جذب کند و یک لیزر عملی در اختیار خواهیم داشت. چون حالت کوتاه عمر پایین‌تر، به سرعت وامی‌پاشد، جمعیت آن همواره از جمعیت حالت شبه‌پایدار کمتر است که وارونی جمعیت را حفظ می‌کند (شکل ـ ۸). چون انرژی حالت برانگیختهٔ هلیم با انرژی برانگیختگی نئون برابر است، گاهی یک اتم هلیم برانگیخته به یک اتم نئون در حالت پایه برخورد می‌کند. بر اثر این برخورد، انرژی برانگیختگی هلیم به اتم نئون در حالت پایه منتقل می‌شود و اتم نئون به حالت برانگیخته می‌رود. به بیان نمادین

$$\text{نئون}^* + \text{هلیم} \rightarrow \text{نئون} + \text{هلیم}^*$$

که حالت برانگیخته با ستاره نمایش داده شده است. اتم نئون در حالت برانگیخته با گسیل فوتون (با طول موج ۶۳۲/۸nm) موازی با محور لامپ، باعث گسیل القایی به وسیله سایر اتم‌ها می‌شود و سرانجام باریکه‌ای از تابش همدوس تشکیل می‌شود که در امتداد محور لامپ به حرکت در می‌آید (شکل ۹). آینه‌ها به دقت در دو سر لامپ به طور موازی قرار می‌گیرند تا به تشکیل باریکهٔ نور همدوس ـ بر اثر عقب و جلو رفتن آن بین دو سر لامپ ـ کمک کنند و باعث شوند گسیل القایی بیشتری صورت گیرد.





شکل ۹

کارایی لیزرها

کارایی لیزرها ناچیز است؛ به طور مثال لیزرهای هلیم ـ نئون کوچکی که در آزمایشگاه‌ها از آن‌ها استفاده می‌شود، دارای باریکهٔ نور خروجی در حدود چند میلی وات هستند. چون توان الکتریکی لازم برای به کار انداختن چنین لیزری و تشکیل باریکه نور لیزر، در حدود ۱۰ تا ۱۰۰ وات است، در نتیجه کارایی (توان خروجی تقسیم بر توان ورودی) آن تنها حدود 10^{-1} تا 10^{-2} است. در واقع آنچه لیزر را وسیله‌ای مفید می‌سازد همدوسی و جهت‌دار بودن باریکه نوری است که تشکیل می‌شود به طوری که چگالی انرژی آن می‌تواند بسیار زیاد باشد. امروزه لیزرهایی در گستره $10^{6}W$ ساخته شده‌اند و حتی برخی از آزمایشگاه‌های تحقیقاتی در حال ساختن لیزرهایی با توان $10^{13}W$ هستند. این لیزرهای توانمند، به طور پیوسته کار نمی‌کنند، بلکه تپی هستند، که تپ‌های کوتاه (حدود $10^{-8}S$) را با بسامدی حدود ۱۰۰Hz تولید می‌کنند.

* این موضوع در ابتدا برای کتاب‌های پیش دانشگاهی رشته‌های ریاضی و تجربی تالیف شد تا پس از مبحث فیزیک اتمی آورده شود. اما پس از بررسی در شورای برنامه ریزی درسی فیزیک، مقرر شد تنها تا ابتدای وارونگی جمعیت، در کتاب‌های مذکور آورده شود. به همین جهت متن حاضر به گونه‌ای که مناسب مجله و مخاطبان محترم آن باشد، مجدداً بازنویسی و کامل بر گردید.

زیرنویس: .....

1. Ruby Leaser
2- T. H. Maiman
3- Helium - Neon Gas Leaser
4- Compact Disc (CD) Players
5- Stimulated Absorption
6- Spontaneous Emission
7- Stimulated Emission

۸ـ کلمه لیزر از سه حرف اول واژه‌های انگلیسی تشکیل شده است که به معنای تقویت نور به وسیله گسیل القایی تابش است.

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER)

9- Population Inversion
10- Metastable Sstate
11- Pump

مراجع: .....

۱ـ کنت اس. کرین؛ فیزیک جدید؛ ترجمه منیژه رهبر، بهراد معلمی؛ مرکز نشر دانشگاهی ۱۳۷۹

2. Serway & Faughn: College Physics: 2000 Version

3. Harris Benson: University Physics, 1991

شکل ۱ـ چگالش بوز ـ اینشتین در روبیدیم گازی. منحنی‌های تجربی توزیع سرعت در سه دمای مختلف نشان داده شده است (پایین‌ترین دما مربوط به منحنی طرف راست است). اتم‌های در حالت پایه تیرک مرکزی را به‌وجود می‌آورند.

اریک کرنل (چپ) و کارل وایمن

فیزیک ۶۱، ۱۳۸۰

منیژه رهبر

جایزه نوبل فیزیک سال ۲۰۰۱

فرهنگستان سلطنتی علوم سوئد جایزه نوبل فیزیک در سال ۲۰۰۱ را برای کارهای پیشگامانه در زمینهٔ چگالش بوز-انیشتین[1] (BEC) به دو دانشمند امریکایی و یک دانشمند آلمانی‌الاصل اریک کرنل[2]، کارل وایمن[3] و ولفگانگ کترل[4] اعطاء کرد.

این پژوهشگران چگالش بوز- انیشتین و ویژگی‌های بنیادی آن را مطالعه کرده‌اند. پدیده BEC اولین بار در سال ۱۹۲۴ مطرح شد، ولی مشاهدهٔ تجربی آن در سال ۱۹۹۵ به‌وقوع پیوست. این پدیده هنگامی صورت می‌گیرد که اتم‌ها تا دمای بسیار نزدیک به صفر مطلق سرد شوند. در این حالت اتم‌ها هویت اولیهٔ خود را از دست می‌دهند و رفتار گروهی از خود نشان می‌دهند که از برخی جنبه‌ها مانند اتمی فوق‌العاده بزرگ است. این پدیده می‌تواند کاربردهای عملی بسیار داشته باشد.

کرنل ۳۹ ساله، استاد فیزیک دانشگاه بولدر در کلرادو و عضو مؤسسه تحقیقاتی مشترک در مورد اختر فیزیک آزمایشگاهی در کلرادوست. وایمن ۵۰ سال دارد، استاد فیزیک دانشگاه کرنل، عضو مؤسسهٔ تحقیقاتی مشترک در مورد اختر فیزیک، و دانشمند ارشد مؤسسهٔ ملی استاندارد و فناوری امریکاست. کترل ۳۴ ساله، استاد مؤسسه فناوری ماساچوست (MIT) است.

مادهٔ چگال بوز- انیشتین حالتی جدید از ماده است که کاربردهایی انقلابی در زمینهٔ اندازه‌گیری دقیق و فناوری نانومتری خواهد داشت. این پدیده امکان مطالعهٔ فرایندهای بنیادی ماده و انرژی به‌ویژه اندازه‌گیری دقیق اتم‌های بی‌حرکت را فراهم خواهد آورد. کاربردهای انقلابی BEC هر لحظه می‌توانند به‌وقوع بپیوندد.

دانشمندان برندهٔ جایزه نوبل ابتدا با استفاده از روش خنک‌سازی لیزری (که جایزه نوبل فیزیک در سال ۱۹۹۷ را نصیب خود ساخت) اتم‌های روبیدیم را از دمای اتاق تا ۲۰ میکروکلوین سرد کردند. بسامد باریکه‌های لیزری که از بخار روبیدیم می‌گذشت چنان تنظیم شده بود که اندکی کمتر از بسامد تشدید در اتم‌های ساکن باشد. اتمی که در جهت «مخالف» باریکهٔ لیزر (یعنی، به طرف این باریکه) حرکت می‌کند به طرف تشدید انتقال دوپلر می‌یابد. این اتم متحرک فوتون را در یک برخورد «سر به سر» جذب کرده و کند می‌شود. این اتم بعداً یک فوتون گسیل می‌کند. اما، توزیع زاویه‌ای این فوتون‌ها کاملاً متقارن است. بنابراین، به‌طور متوسط گسیل هیچ گونه پس‌زنی برداری تولید نمی‌کند. از این رو، جذب اتم‌ها را کند می‌کند، اما گسیل تأثیری بر آنها ندارد.

میدان‌های مغناطیسی اتم‌های در حال سرد شدن را محصور می‌ساخت، و مانع از سقوط آنها در میدان گرانشی زمین می‌شد.

سرانجام، آزمایشگران باریکه‌های لیزر را حذف و اتم‌ها را در تلهٔ مغناطیسی دیگر قرار دادند و فرایند خنک‌سازی تبخیری را آغاز کردند. اتم‌های نزدیک پیرامون تله از آن فرار می‌کردند و اتم‌های باقی‌مانده انرژی کمتر از میانگین انرژی اولیه پیدا کردند. این فرار مداوم به طور مداوم میانگین انرژی اتم‌های موجود را کم می‌کرد و درنتیجه دما کاهش می‌یافت.

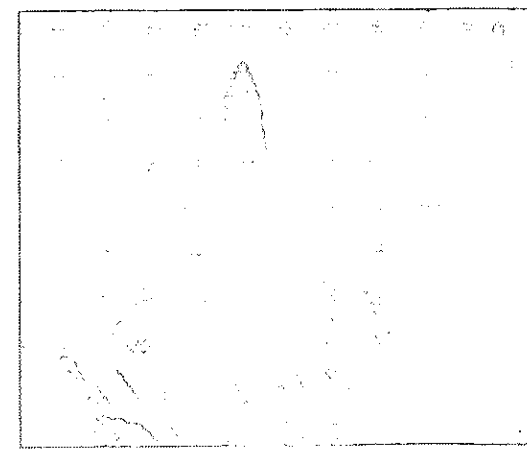
در آزمایشی که در سال ۱۹۹۵ در کلرادو انجام شد، مادهٔ چگال بوز-انیشتین در ابتدا هنگامی ظاهر شد که دما به ۱۷۰ میکروکلوین کاهش یافته بود. در حدود ۲×۱۰^{۴} اتم در تله باقی ماند. خنک‌سازی تبخیری بیشتر تقریباً تمام اتم‌های باقی‌مانده را به حالت پایهٔ تک‌ذره‌ای فرستاد و حدود ۲۰۰۰ اتم در حجمی به قطر $۱۰^{-۵}$ متر باقی ماندند که همگی در یک حالت کوانتومی قرار گرفته بودند.

اتم‌های ^{۸۷}Rb مورد استفاده دارای هسته‌ای با اسپین $\frac{۳}{۲}\hbar$ هستند. الکترون‌های آن، به‌طور کلی دارای تکانهٔ زاویه‌ای صفر و اسپین $\frac{۱}{۲}\hbar$ هستند (که ناشی از خارجی‌ترین الکترون است). از این رو، ^{۸۷}Rb در حالت پایه می‌تواند دارای تکانه زاویه‌ای $۱\hbar$ یا $۲\hbar$ باشد. آزمایشگران قبل از به راه‌اندازی باریکه‌های لیزر با استفاده از نوری با قطبش دایره‌ای تمام اتم‌ها را به حالت $۲\hbar$ پمپ و همه تکانه‌های زاویه‌ای را همسو کردند. بنابراین، تنها یک حالت تکانهٔ زاویه‌ای پرجمعیت می‌شد. به‌علاوه، اگر برخورد تکانهٔ زاویه‌ای اتمی را تغییر می‌داد، نیروی مغناطیسی وارد بر اتم تغییر و اتم از تله فرار می‌کرد. بنابراین، فقط یک حالت تکانهٔ زاویه‌ای وجود داشت، و تحلیل آزمایش با مورد مربوط به یک بوزون بدون اسپین یکسان بود.

آزمایش‌کنندگان برای «مشاهدهٔ» اتم‌های سرد (۱) جریان‌های الکتریکی را برای تولید میدان‌های مغناطیسی تله برقرار کردند. (۲) گذاشتند تا اتم‌هایی که اکنون آزاد بودند

به‌مدت ۰/۰۶ ثانیه از هم دور شوند (تا ابر گسترده‌تری از اتم‌ها تشکیل شود)، (۳) ابر گسترش‌یافته را با تپی از نور لیزر، که بسامد آن برای بیشترین پراکندگی در بسامد تشدید اتم‌ها تنظیم شده بود، روشن کردند، و (۴) شدت نور عبور کرده را برحسب مکان روی یک سطح دوبعدی آشکار ساختند. در جایی که ابر اتمی چگال بود، نور زیادی از تپ لیزری پراکنده می‌شد، درنتیجه نواحی با چگالی زیاد سایه‌ای قوی به‌وجود می‌آوردند.

در حدود ۱۰۰ نانوکلوین، سایه دارای نمایهٔ «تاریکی» متشکل از دو ناحیهٔ مشخص است. یک تپه پهن با شیب ملایم و یک تیرک باریک مرکزی. این تیرک متشکل از اتم‌های چگالیده است که دارای تکانه‌های کوچک‌اند و درنتیجه نمی‌توانند در مدت ۰/۰۶ ثانیه زمان انبساط از تله فرار کنند. اتم‌هایی که در حالت‌های تک‌ذره‌ای بالای حالت پایه بودند تپهٔ با شیب ملایم را تولید می‌کنند (شکل ۱).



زیرنویس :

1. Bose- Einstein condensation
2. Eric cornell
3. Carl wieman
4. Wolfgang ketterle

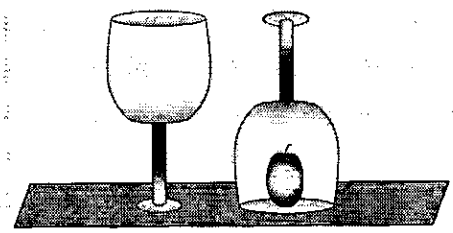
مراجع :

1. Ralph Baierlein "Thermal physics" cambridge university press, 1999
2. Noble prize in Physics 2001, The royal swedish academy of sciences, in formation dept. P.O.BOX 50005,s10405 stockholm, sweden

شما چه فکر می‌کنید؟

حسن قلمی باویل علیایی

جابه‌جا کردن یک دانه زیتون



وسایل مورد نیاز : ۱ـ دو لیوان شیشه‌ای ۲ـ یک دانه زیتون

دو لیوان شیشه‌ای با دهانه کوچک تهیه کنید. دهانهٔ باز یکی از لیوان‌ها را رو به بالا و دیگری را بر روی دانه زیتون و به طور وارونه قرار دهید (مطابق شکل).

چگونه می‌توانید دانه زیتون را به لیوان دیگر منتقل نمایید؟ شما فقط می‌توانید به لیوان وارونه دست بزنید ولی حق ندارید آن را برگردانید.

یک روش برای انجام دادن این کار آن است که لیوان وارونه را در صفحه میز بر روی یک مسیر دایره‌ای کوچک به سرعت بچرخانید، دانه زیتون در داخل لیوان تا جایی بالا می‌رود که نیروی مرکزگرا، آن را در یک ارتفاع ثابت نگاه دارد.

در این حالت چرخان لیوان وارونه را بلند کرده و به روی لیوان دیگر قرار بدهید به‌طوری که دانه زیتون به لیوان دیگر منتقل شود. آیا روش دیگری را برای انجام این کار می‌توان در نظر گرفت؟ شما چه فکر می‌کنید؟

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.62-2001

CONTENTS:

High School Education in 21th Century ○ *by: R. Khalili/* 2
Beckham as physicist ○ *by: Gren Irson /* 3
The Power of Light Joel Achenbach ○ *by: M. Rahbar /* 7
Semiconductors are cool ○ *by: Cronin B. vining /* 17
Movement to wheel through a Barrier ○ *by: S. Qholami /* 20
Bilateral Relations in Schools ○ *by: j. Reiazi /* 22
The improtant point in a physics Disusion ○ *by: i. Reiazi /* 24
The old farmer's Almanac ○ / 26
The Role of Thinking in physics Education ○ *by: M Hojati /* 27
Taking a Swat at Physics with a Ping-Pong paddle ○ *by: Chris M. Graney/* 31
Symmetry Properties of a Ring Pendulum ○ *by: T. A. Walkiewicz & D. L. Wagner /* 37
An Introducton to physio logy of Nerves ○ *by: M. R. Khoshbin /* 40
Do You Think Supperpostion Principle Doesn't hold in a parallel plates capacitor? ○ *by: M. R. Khoshbin /* 46
Classical Mechanics and Determinism ○ *by: J. Keller/* 47
Noninertial Frames ○ *by: H. Benson/* 49
An Introduction to lasers ○ *by: R. Khalili/* 55
Nobel Prize in Physics 2001 ○ *by: M. Rahbar/* 61
What Do You Think? ○ *by: M. Olyaee/* 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. Roshd.office @ Yahoo.com

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

نقش نور در بینایی

ستارهٔ درخشان منظومهٔ ما زمین را غرق در نور آفتاب می کند و بینایی انسان را فعال می سازد، تقریباً نیمی از انرژیی که از خورشید به فضا می تابد در طول موجی است که چشم ما به آن حساس است و به صورت دید و رنگ درمی آید.

یونانیان باستان تصور می کردند که چشمان چون فانوس هایی پرتوهای نورانی از خود گسیل می دارند که در برخورد به اشیاء آنها را مرئی می سازند. این مفهوم به طرز شگفت انگیزی برای بیش از ۱۵۰۰ سال معتبر بود تا دانشمند مسلمان ابن هیثم در حدود سال ۱۰۰۰ میلادی استدلال های قانع کننده ای بر ضد آن ارائه کرد.

پیشرفت قابل ملاحظه در مورد مطالعهٔ نور در سال ۱۶۶۰، هنگامی انجام گرفت که آزمایش های ایزاک نیوتون با منشور نشان داد که نور مرئی متشکل از همهٔ رنگ های طیف مرئی است. این عقیده در آن زمان بسیار انقلابی بود. دانشمندان بعداً نشان دادند که رنگ ها متناظر با طول موج های خاصی هستند.

هریک از چشمان ما مجهز به ۱۲۵ میلیون حسگر است که امکان جذب نور بازتابیده از اطراف را در اختیار ما می گذارند. اما، به نوشتهٔ سیدنی پرکوویتس فیزیکدان، «ما فقط شکوه نور را از شکافی باریک مشاهده می کنیم» انسان در برابر بیشتر طول موج های نور مانند طول موج های بلند رادویی، همین طور تابش با طول موج های کوتاه چون فرابنفش، پرتوهای X، و پرتوهای گاما نابیناست.

عبور نور از خورشید به چشم و مغز ایجاب می کند که نور هر دو ویژگی موجی و ذره ای را دارا باشد. شناخت نور به صورت موج هنگامی که در فضا حرکت می کند راحت تر است. امواج نور هنگام رسیدن به چشم در عبور از قرنیه و عدسی شکسته و روی شبکیه متشکل از تودهٔ چگال میله ها و مخروط ها کانونی می شود. نور در برخورد به این سلول های حساس به نور چون یک ذره دارای انرژی، یا فوتون، رفتار می کند. فوتون ها با رنگ دانه های موجود در میله ها و مخروط برهم کنش می کنند و علائم عصبی را به مغز می فرستند. مغز این علائم را تحلیل و آنها را به احساس رنگ تبدیل می کند. متخصصان بر این باورند که انسان ها می توانند بیش از ده میلیون رنگ متفاوت را از هم تمیز دهند.

با هدف گیری نوک سوزنی، جولیا هیلر جراح چشم با بهره گیری از یک بار یکهٔ لیزر پرتوان که روی سرش نصب شده است شبکیه‌ای را ترمیم می کند. او در انستیتوی چشم ویلمر دانشگاه جان هاپکینز با استفاده از فناوری پیشرفتهٔ لیزر با بهره گیری از نور تومور را از میان می برد، از رشد نابهنجار رگ های خونی جلوگیری می کند و پارگی های شبکیه را به هم می دوزد. توان لیزر ناشی از کسیل طول موج های خاصی است که هم گام با یکدیگر حرکت می کنند.