ISSN 1606-917X

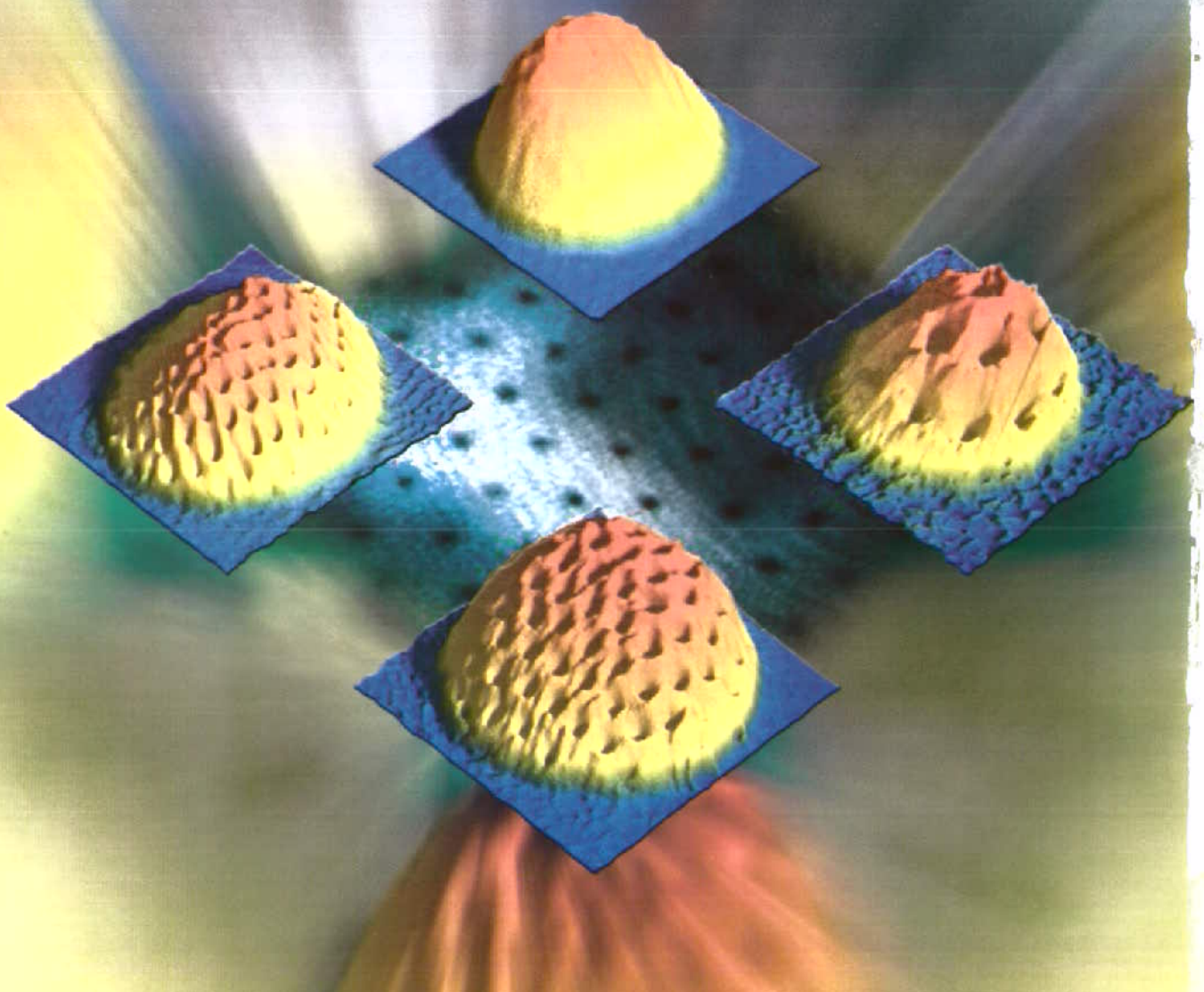
رشد

آموزش فیزیک

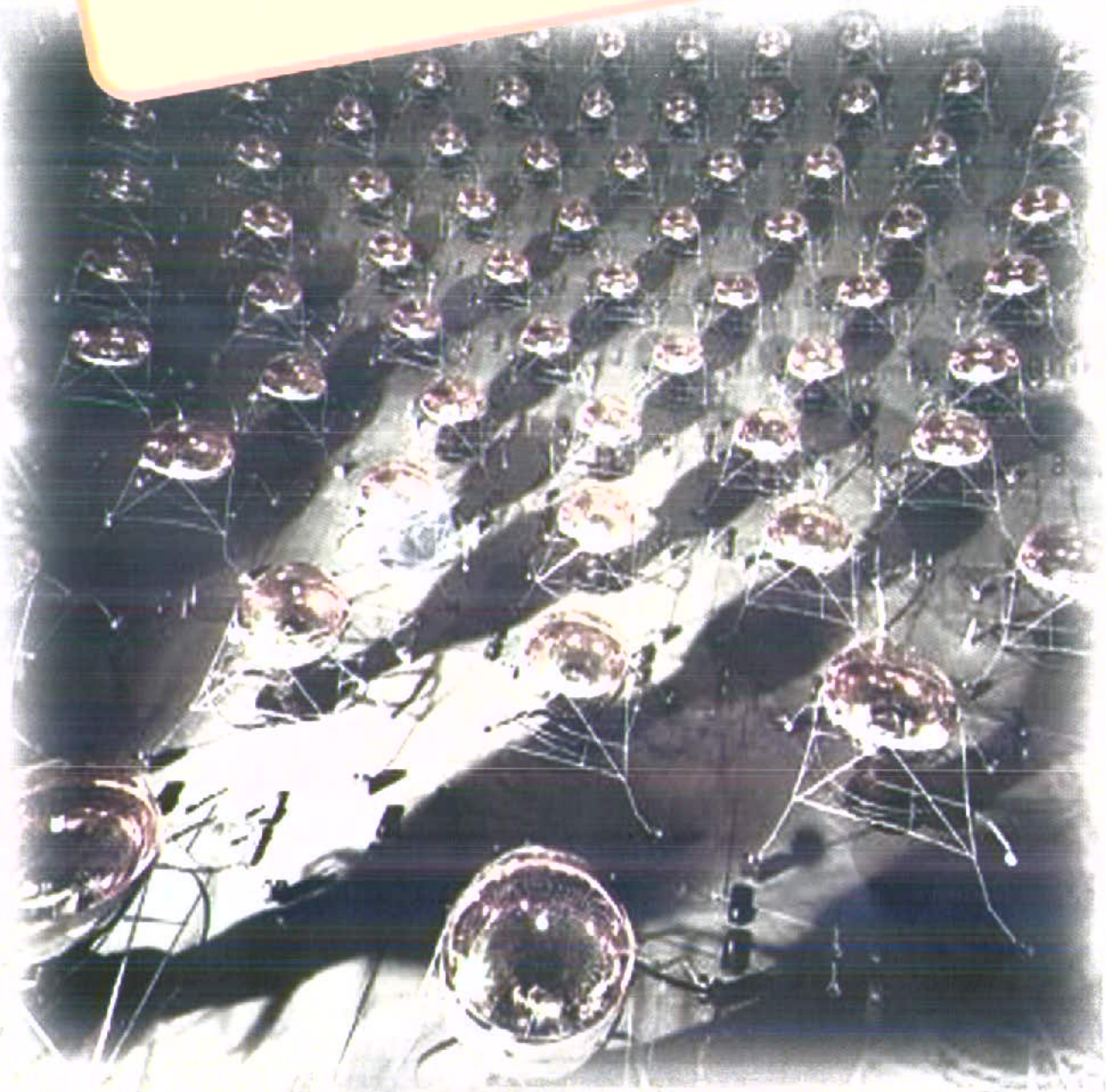
۶۴

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

www.roshdmag.org
سال سیزدهم - بها ۳۰۰ تومان



ترتیب آزمایشی در آزمایشگاه فرمی که برای بررسی از
نوسانهای نوترینو ترتیب داده شده است.
(سادبری - استرالیا)



ISSN 1606-9117X

بسم الله الرحمن الرحیم

رشد آموزش فیزیک ۶۴

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر انتشارات کمک‌آموزشی
دورهٔ انتشار: ۱۳۸۲

پیش گفتار: کتاب‌های کمک‌آموزشی در فیزیک ◆ *احمد احمدی* ◆ ۲
انقلاب در آموزش علوم: فیزیک را اول بگذارید ◆ *لئون لدرمن* ◆ ۴
قانون دوم نیوتون در چارچوب مرجع شتابدار ◆ *سیدجعفر مهرداد* ◆ ۸
شما چه فکر می‌کنید ◆ *حسن قلمی باویل علیایی* ◆ ۱۳
احساس رضایت در محیط علمی و آموزشی ◆ *جهانگیر ریاضی* ◆ ۱۴
سقوط میله‌ها و سقوط توپ‌ها ◆ *ام. ای باکون، میشل آر. هارپس و دی‌اُهی ناکازاوا* ◆ ۱۷
گفت و شنود ◆ ۱۹
منابع انرژی: آلودگی گرمایی ◆ *دی.سی. جیانکولی* ◆ ۲۶
مسائل جدید فیزیک هالیدی (۲) ◆ *هالیدی، زرنیک، واکر* ◆ ۳۱
اخبار علمی ◆ ۳۶
نمایش رابطهٔ عدسی نازک ◆ *سومیا چاکراوارتی و پی‌بی سیگل* ◆ ۳۷
چگونه معلم فیزیک شدم؟ ◆ *اصغر نوروزیان* ◆ ۳۹
درون خورشید ◆ *جان گریبین* ◆ ۴۴
سی و سومین المپیاد بین‌المللی فیزیک ◆ ۵۱

❀ دفتر انتشارات کمک‌آموزشی، این مجلات را نیز منتشر می‌کند: رشد کودک (ویژهٔ پیش‌دبستان و دانش‌آموزان کلاس اول دبستان) رشد نوآموز (برای دانش‌آموزان کلاس دوم و سوم دبستان) رشد دانش‌آموز (برای دانش‌آموزان کلاس چهارم و پنجم دبستان) رشد نوجوان (برای دانش‌آموزان دورهٔ راهنمایی) رشد جوان (برای دانش‌آموزان دورهٔ متوسطه) 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 (برای دبیران، آموزگاران، دانشجویان تربیت معلم، مدیران مدارس و کارشناسان آموزش و پرورش) آموزش علوم اجتماعی، آموزش زمین‌شناسی، آموزش قرآن، رشد برهان (مجله ریاضی دوره راهنمایی) رشد برهان (مجله ریاضی دورهٔ متوسطه) آموزش هنر

❀ مجله رشد آموزش فیزیک نوشته‌ها و حاصل تحقیقات پژوهشگران و متخصصان تعلیم و تربیت، بویژه آموزگاران، دبیران و مدرسان را، در صورتی که در نشریات عمومی درج نشده و مرتبط با موضوع مجله باشد، می‌پذیرد. ❀ مطالب باید یک خط در میان و در یک روی کاغذ نوشته و در صورت امکان تایپ شود. ❀ شکل قرار گرفتن جدولها، نمودارها و تصاویر ضمیمه باید در حاشیهٔ مطلب نیز مشخص شود. ❀ نثر مقاله باید روان و از نظر دستور زبان فارسی درست باشد و در انتخاب واژه‌های علمی و فنی دقت لازم مبذول گردد. ❀ مقاله‌های ترجمه شده باید با متن اصلی همخوانی داشته باشد و متن اصلی نیز ضمیمهٔ مقاله باشد. ❀ در متنهای ارسالی باید تا حد امکان از معادلهای فارسی واژه‌ها و اصطلاحات استفاده شود. ❀ زیرنویسها و منابع باید کامل و شامل نام اثر، نام نویسنده، نام مترجم، محل نشر، ناشر، سال انتشار و شماره صفحهٔ مورد استفاده باشد. ❀ مجله در رد، قبول، ویرایش و تلخیص مقاله‌های رسیده مختار است. ❀ آرای مندرج در مقاله‌ها، ضرورتاً مبین نظر دفتر انتشارات کمک آموزشی نیست و مسؤولیت پاسخگویی به پرسشهای خوانندگان، با خود نویسنده یا مترجم است. ❀ مجله از بازگرداندن مطالبی که برای چاپ مناسب تشخیص داده نمی‌شود، معذور است.

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

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: ۹۰۰۰ نسخه

تصویر روی جلد: ابر گاز سدیم آبَر سرد که اطلاعاتی در مورد دوران تپ‌اخترها فراهم می‌آورد.

کتاب‌های کمک‌آموزشی در فیزیک

احمد احمدی

رشد سریع علم و فناوری در قرن بیست‌ویکم با شتاب و سرعت بیش‌تری درحال انجام است و زمان دوبرابر شدن حجم اطلاعات علمی بشر طبق تخمین‌های به عمل آمده، در چند سال آینده در حدود چندماه خواهد بود. به تبع این تحولات، شیوه‌های زندگی نیز به سرعت درحال تغییرند و این تغییرات سریع، نیازهای فردای دانش‌آموزان را مجهول کرده‌اند. بنابراین شیوه‌های آموزشی در جهان نیز به دنبال این تحولات، تغییر چشمگیری داشته‌اند. در شیوه‌های جدید آموزش، تلاش زیادی به عمل می‌آید تا دانش‌آموزان «چگونگی آموختن» را بیاموزند و مهارت‌های برخورد با مسألهٔ جدید و طی مراحلی را که منجر به حل آن می‌شود، فراگیرند.

عصر حاضر که عصر «فناوری اطلاعات و ارتباطات» نامگذاری شده، نقش سنتی معلم و دانش‌آموز را به کلی دگرگون کرده است. امروزه دانش‌آموزان در یک وادی برهوت نیستند که به دنبال برکه‌ای از دانش بگردند. بلکه در اقیانوسی از اطلاعات غوطه‌ورند. معلم هم دیگر منبع اطلاعات و برکهٔ آبی در بیابان محسوب نمی‌شود. بلکه او نیز مسافری در همان قایق دانش‌آموزان است که باید به آن‌ها کمک کند تا اطلاعات را درجه‌بندی کنند و از آن‌ها معنا بسازند. نقش جدید معلم به مثابه راهنما و تسهیل کنندهٔ امر آموزش، و نقش جدید دانش‌آموز به مثابهٔ فردی جست‌وجوگر، سازنده، پدیدآورندهٔ آثار، مبتکر، خلاق، تصمیم‌گیرنده، پژوهنده و به طور کلی کسی است که مسؤولیت فعالیت‌های یادگیری خود را برعهده دارد. از این رو باید آگاهی بیش‌تری در اختیار معلمان و دانش‌آموزان گذاشت و مطالب کاربردی لازم دربارهٔ دانش، فنون و ابزار جدید آموزشی که آنان را در راه نیل به وظایف جدید به گونه‌ای مفید و مؤثر یاری می‌دهند، در اختیارشان قرار داد. در این راستا، کتاب‌های درسی، کار، راهنما و... که قسمت‌هایی از بستهٔ آموزشی محسوب می‌شوند، باید به شیوه‌های فعال تألیف

شوند . یعنی به دانش‌آموزان در تولید مفاهیم و به دبیران در ایفای نقش جدید «ایجاد مسأله و سپس راهنمایی دانش‌آموز برای رسیدن به حل مسأله» کمک کنند .

در سال‌های اخیر ، تحولات چشمگیری در تولید کتاب‌های درسی فیزیک دورهٔ دبیرستان ایجاد شده است و این کتاب‌ها براساس ایجاد سؤال و فعالیت‌های دانش‌آموزان طراحی و تدوین شده‌اند .

در حوزهٔ کتاب‌های کمک‌درسی ، عمدتاً شیوه‌ها از روش‌های سنتی تبعیت می‌کنند و کم‌تر در آن‌ها ، نوآوری و توجه به تحولات دیده می‌شود . در حوزهٔ درسی فیزیک کتاب‌ها به هشت گروه عمده تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از :

۱ . کار و راهنمای مطالعهٔ دانش‌آموزان

۲ . موضوعی برای دانش‌افزایی معلمان و دانش‌آموزان

۳ . سنجش و ارزشیابی پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان

۴ . گسترش سواد علمی و مهارت‌های فکری

۵ . پرورش فکری و مهارت یادگیری در زمینهٔ آموزش به روش فعال

۶ . تمرین و آزمون‌های پیشرفته

۷ . حل‌المسائل کتاب‌های درسی

۸ . نکته و تست .

بیش‌ترین کتاب‌های حوزهٔ آموزش فیزیک ، به بخش کتاب‌های تکمیلی ، دانش‌افزایی دانش‌آموزان ، تمرین و تست مربوط می‌شود و کمتر کتابی در ارتباط با آموزش معلمان در زمینه‌های گوناگون دانش و نقش معلم در آموزش دیده می‌شود . تعداد کتاب‌های کار و فعالیت نیز که برای ایجاد انگیزه ، تعمیق آموخته‌ها ، تقویت و تثبیت آموخته‌های متناسب با هدف‌های برنامهٔ درسی تألیف شده‌اند ، انگشت‌شمارند .

به طور کلی لازم است ، مؤلفان کتاب‌های کمک‌آموزشی در تألیفات جدید خود به نکته‌های زیر توجه کنند :

۱ . به مسائل روزمرهٔ زندگی دانش‌آموزان و نیازهای آنان توجه کنند و محتوای کتاب‌ها را به گونه‌ای تنظیم کنند که ارتباط آن‌ها با زندگی و کاربرد دانش در حل مسائل زندگی منظور شود .

۲ . شیوه‌های فعال آموزش را مدنظر قرار دهند و در راستای پرورش فکر ، خلاقیت ، ابتکار و... گام بردارند و پرورش مهارت‌های یادگیری (مشاهده ، پیش‌بینی ، جمع‌آوری اطلاعات ، طراحی تحقیق و...) را مورد توجه قرار دهند .

۳ . آموزش فیزیک را برای دانش‌آموزان جذاب ، کاربردی و همواره با ایجاد مسأله و چالش ارائه دهند و به ارتباط فیزیک با اجتماع و مشاغل ، توجه ویژه کنند .

۴ . به تصویرها و طرح‌های برانگیزنده و آسان یادگیری توجه لازم را مبذول دارند .

۵ . در زمینهٔ دانش‌افزایی و روش‌های آموزش و نقش معلم در آموزش فیزیک به تألیف کتاب بپردازند .

۶ . به محتوای علمی و کیفیت سازماندهی آن و همچنین به نوآوری در ارائهٔ محتوا توجه کنند .

۷ . کمبود کتاب‌های معلومات عمومی و گسترش سواد علمی و همچنین ، کتاب‌هایی به زبان ساده و قابل فهم محسوس است . پس شایسته است ، در رشته‌های گوناگون فیزیک ، کتاب‌هایی تألیف یا ترجمه کنند که اشتیاق دانش‌آموزان را برانگیزاند .

۸ . کمبود کتاب‌های کار و فعالیت‌های یادگیری که با ایجاد انگیزه ، تعمیق آموخته‌ها ، ارتباط و کاربرد آموخته‌ها با زندگی ، پرورش مهارت و نگرش‌ها و... همراه باشند ، نیز کاملاً محسوس است .

فیزیک را اول بگذارید

لئون لدرمن[1]

مترجم: منیژه رهبر

مسافری که از سال ۱۸۹۹ در زمان سفر می‌کند، از فناوری پیشرفتهٔ زمان ما، اتومبیل و هواپیما، شهرهای سر به آسمان کشیده، تلویزیون، رادیو، رایانه، و توانایی‌های مخابراتی، شگفت‌زده خواهد شد. به احتمال زیاد، تکان‌دهنده‌ترین موضوع برای این مسافر، تحولات علوم خواهد بود؛ از نجوم گرفته تا جانورشناسی. تنها محلی که این مهمان بسیار راحت خواهد بود و خود را در خانه حس می‌کند، اغلب کلاس‌های درس دبیرستانی ما خواهد بود.

حوادث شگفت‌انگیزی برای ایجاد اصلاحات در برنامهٔ آموزش علوم دبیرستان در جریان است، اما باید در این زمینه کوشش‌های زیادتری به عمل آید. من با ناباوری ساختگی متوجه شدم که دانش‌آموزان هنوز درس زیست‌شناسی (یا زمین‌شناسی) را در کلاس نهم فرا می‌گیرند. پس از آن ۵۰ درصد آن‌ها یک سال شیمی می‌خوانند و ۲۰ درصد نیز فیزیک مخوف! را در سال سوم یا سال آخر دبیرستان اختیار می‌کنند.

از آن زمان، گروهی که در بخش آموزش آزمایشگاه فرمی زیر نظر مارجوری باردین[2] کار می‌کنند، با همکاری متخصصان علوم و معلمان، به‌همراه تعداد کمی از فعالان این موضوع در واشنگتن دو کارگاه فشرده را تشکیل داده‌اند که به‌عنوان کمیتهٔ مشورتی غیررسمی عمل می‌کنند و من رئیس آن‌ها هستم. این افراد عبارت‌اند از: **بورس آلبرتز**[3] از فرهنگستان ملی علوم (NAS)، **راجر بایبی**[4] از مرکز مطالعات برنامهٔ درسی زیست‌شناسی، **جورج نلسون**[5] از طرح ۲۰۶۱ انجمن آمریکایی برای پیشبرد علوم (AAAS)، **شرلی مالکم**[6] از AAAS و **جرالد ویلر**[7] از انجمن ملی معلمان علوم.

این کارگاه، یک طرح کلی یا چارچوبی برای یک برنامهٔ درسی علوم سه‌ساله تهیه کرده است که برای تمام دانش‌آموزان در نظر گرفته می‌شود. در اجرای این برنامه ترتیب موضوع‌ها برعکس شده است، یعنی: کلاس نهم، فیزیک؛ کلاس دهم، شیمی؛ و کلاس یازدهم، زیست‌شناسی.

ما تأکید کرده‌ایم که این استاندارد پیشنهادی NAS و AAAS حداقل به سه سال آموزش علوم نیاز دارد و در آن، ترتیب اهمیتی ندارد. در گزارشی که اخیراً شورای ملی پژوهش تحت عنوان «فیزیک در عصر جدید»، منتشر کرده، این موضوع به خوبی بیان شده است: «چون تمام ساز و کارهای اساسی زیست‌شناختی درنهایت به برهم‌کنش‌های فیزیکی میلان مولکول‌ها بستگی دارند، فیزیک در قلب عمیق‌ترین بصیرت‌های زیست‌شناختی قرار دارد.»

البته این موضوع را می‌توان دربارهٔ نیاز به آشنایی با مفاهیم فیزیک پایه دربارهٔ درک موضوع‌های مهمی چون: ساختارهای شیمیایی، پیوندهای اتمی، قوانین گاز، یا درفش شیمی، یعنی جدول تناوبی عناصر، بیان کرد. بازهم، هرکسی که دربارهٔ «مارپیچ دوتایی» مطالعه کند، می‌داند که شروع مطالعه دربارهٔ زیست‌شناسی مولکولی به دانستن مقدار زیادی شیمی نیاز دارد.

ترتیب منطقی

می‌دانیم که بیش از صد مدرسه در سراسر آمریکا که ۶۰ درصد آن‌ها نیز خصوصی هستند، ترتیب درس‌ها را به صورت منطقی درآورده‌اند. بعضی از آن‌ها بیش از ده سال است که ابتدا فیزیک را تدریس می‌کنند.

از سال ۱۹۹۵، فکر من به شدت درگیر نوشتن برنامهٔ درسی جدیدی بوده است که این سه سال را به صورت برنامهٔ علوم منسجم و متمرکزی برای همهٔ دانش‌آموزان درآورد. این برنامهٔ درسی، مصون از خطا، با فیزیک مفهومی آغاز می‌شود که در آن ریاضیاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد که در کلاس هشتم و نهم تدریس می‌شود.

این درس از پدیده‌های دنیای واقعی اطراف دانش‌آموزان شروع می‌شود، در راستای موضوع‌های مهم فیزیک تداوم می‌یابد و بر مواردی تأکید می‌کند که برای کاربرد آینده در شیمی و زیست‌شناسی اهمیت دارند. فکر می‌کنم باید با یک ماه تدریس دربارهٔ اتم‌ها، ساختار آن‌ها، و این که چگونه به هم می‌پیوندند تا مولکول‌ها را تشکیل دهند، خاتمه یابد.

این جاست که فیزیک به پایان می‌رسد و شیمی شروع می‌شود. تکرار تشویق می‌شود و مرزهای میان این رشته‌های درسی پایین آورده می‌شوند، به طوری که راه گذار هموار شود. موضوع‌های فیزیکی مکرر در شیمی به کار می‌روند؛ به طوری که درک دانش‌آموزان از آن‌ها، با کاربرد عمیق‌تر می‌شود.

همین کار در مورد گذار از شیمی به زیست‌شناسی رخ می‌دهد. مفاهیم شیمی (و فیزیک) با مرور مداوم، تثبیت و مورد استفاده واقع می‌شوند. کار آزمایشگاهی باید کنجکاوی برانگیز باشد (برخلاف آزمایشگاه‌هایی شبیه کتاب آشپزی) و برای روشن شدن مفاهیم، برنامه‌ریزی شده باشد.

چون یک برنامهٔ درسی جدید فقط یک بار در صد سال و مانند آن تدوین می‌شود، بگذارید آن را تا حد امکان درست انجام دهیم. دانش‌آموزان سال آخر حتماً درس‌های پیشرفته‌تر[۸] (AP) را همراه با درس‌های اختیاری می‌گذرانند، بنابراین در این‌جا باید بیش‌تر به شهروندان آینده بپردازیم. (این مجموعه شامل تعداد زیادی دانشمند است!)

فکر می‌کنم، همهٔ دانش‌آموزان رشته‌های علمی و هم غیرعلمی، باید سال چهارمی از علوم را بگذرانند. من اکیداً توصیه می‌کنم که این سال چهارم به زمین‌شناسی، یکپارچه شدن آن با سایر رشته‌ها، اهمیت ذاتی آن و کاربردهای روزمرهٔ آن اختصاص یابد. سایر امکانات عبارت‌اند از نجوم، علوم محیط زیست، رایانه، و علوم محاسباتی، ودرس‌های پیشرفته‌تر از فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی.

این رشتهٔ سه ساله، باید علاوه بر محتوا، حاوی فرایندهای بسیار نیز باشد. روش علمی چگونه است؟ چگونه بعضی از این چیزها را کشف کرده‌ایم؟ چرا علم به صورت این فرهنگ کلی است؟ چگونه خصلت‌های شکاکیت، کنجکاوی و سعهٔ صدر در مقابل ایده‌های جدید، و لذت کشف زیبایی طبیعت در فرایند علم مؤثرند؟ مدت‌ها پس از این که فرمول‌ها، واژه‌های لاتین، و نظریه‌ها دیگر فراموش شده‌اند، فرایند هنوز به خاطر آورده می‌شود. هدف معلمانی که این برنامهٔ درسی جدید را به کار می‌برند، تربیت آن گونه فارغ‌التحصیلان دبیرستانی است که بتوانند به مسائل نگرش علمی داشته باشند.

ریاضیات باید در مراحل اولیهٔ این برنامهٔ درسی انقلابی وارد شود، زیرا هراس از ریاضی بیماری تقریباً مهلکی است؛ مگر این که دانش‌آموز در سن کم در برابر آن تلقیح (واکسینه) شود. ترس از ریاضی سهم زیادی در جدا کردن دانش‌آموزانی که وارد کلاس نهم می‌شوند، به گروه‌های «آماده» و «ناآماده» دارد. گذر هموار از مرز بین رشته‌های درسی ضروری است؛ زیرا علاوه بر مهارت، طرز برخورد دانش‌آموزان متوسطه (و جوان‌تر) نیز در آمادگی آن‌ها برای تجربهٔ جدید دبیرستان مؤثر است. بدیهی است که معلمان از کودکستان تا کلاس هشتم باید برای شرکت در این انقلاب دراز مدت در نظر گرفته شوند.

یکی دیگر از جنبه‌های مدرسه‌های قرن بیست‌ویکمی ما، گردهمایی‌های معلمان است که باید نه سالانه، بلکه هفتگی باشد. معلمان ریاضی و علوم باید در برنامه‌های توسعهٔ حرفه‌ای با هم کار کنند تا بر ارتباط میان رشته‌ها تأکید کنند و اجزای همدوس نمایان شوند. ببینید چه قدر خوب می‌شود اگر معلمان ریاضی و فیزیک بتوانند، برنامهٔ هفتگی را طوری تنظیم کنند که ریاضی روز دوشنبه، در فیزیک روز سه‌شنبه مورد استفاده قرار گیرد! من به این فعالیت بهای گران پنج ساعت در هفته را اختصاص می‌دهم. برای رسیدن به ارتباط‌های عمیق‌تر، باید دید:

تأثیر تاریخ بر علوم، فیزیک بر فلسفه، شیمی بر معماری، علوم اعصاب بر زبان‌شناسی، موسیقی بر ریاضیات چگونه است؟ باید سرانجام معلمان علوم اجتماعی و انسانی را نیز وارد جمع کنیم. نمی دانم با اقتصاد چه می توان کرد.

اگر بخواهیم اصلاحات بیش از چند دههٔ اول قرن بیست و یکم دوام بیاورند، باید انتظار تغییرات چشمگیر و اعجاب‌انگیزی را در علوم، فناوری، و معلومات بشر داشته باشیم. ارتباطاتی که اکنون مشاهده می کنیم ممکن است، رهنمودهایی برای باز سازماندهی بعدی معلومات و طرز فکر ما باشند.

بعضی از این ارتباطات باید بخشی از اساس برنامهٔ درسی ما باشند و بقیهٔ آن‌ها در علوم، فناوری، و دوره‌های اجتماعی ظاهر شوند. بحث‌ها و مجادله‌ها در گردهمایی معلمان باید مفید باشند و نتایج قانع کننده نیز داشته باشند. در این صورت مدرسه‌های متوسطه، اجتماعی واقعی از دانش‌آموزان خواهد شد.

بدین ترتیب، توسعهٔ حرفه‌ای پیوسته‌ای را خواهیم داشت که در آن، موانع موجود میان رشته‌های مختلف علوم و ریاضی برداشته شده، اما احترام هر رشته محفوظ مانده است.

همهٔ فارغ‌التحصیلان قرن بیست و یکم می توانند، موضوع‌های گوناگون موجود روی نقشهٔ فکری را به هم مرتبط سازند. این بالاترین شکل باسوادی است.

برای حصول به این درجه و هرگونه اصلاح جدی در آموزش علوم، باید جذب نیرو، کارآموزی، نگهداری، و رشد و تحول نیروی کار معلمان خود را بهبود بخشیم. معلومات وسیع دربارهٔ علم، بخش ضروری ترتیب منطقی است. اگر رهبران ما ـ رئیس جمهوران، استانداران، نمایندگان مجلس و ... ـ جدی باشند، دولت مطمئناً می تواند از تغییر برنامهٔ آموزشی پشتیبانی کند.

پس از بررسی وضع بیش از صد مدرسه‌ای که ابتدا فیزیک را تدریس می کنند، متوجه شدم که چون آن‌ها برنامهٔ درسی ندارند، به نوآوری روی آورده‌اند. از کتاب‌هایی چون کتاب «فیزیک مفهومی» (Harper Collins, 1993) پل هیویت[9] یا کتاب «فیزیک فعال» آرتر ایزنکرافت[10] (TimeInc, 1998)، استفاده می کنند که کتاب‌های خوبی هستند، اما به عنوان پیش‌نیاز شیمی یا زیست‌شناسی طراحی نشده‌اند. بنابراین، معلمان مطالب را اضافه می کنند، شاخ و برگ می دهند، و سرهم‌بندی می کنند.

گزارش‌های شفاهی از بسیاری از این مدرسه‌ها، اگر نه همهٔ آن‌ها، نشان می دهد که پس از گذاری دشوار از زیست‌شناسی، شیمی و فیزیک به ترتیب منطقی، راه همواره می شود.

تعداد ثبت‌نام‌کنندگان در علوم انتخابی و دوره‌های علوم AP بسیار زیاد شده است و دختران جوان دوره‌های فیزیک AP را انتخاب می کنند!

اطلاعات شفاهی دلگرم‌کننده‌اند، اما باید با داده‌های محکم پشتیبانی شوند. البته مدرسه‌ها باید برای پاسخ به نیاز شاگردانی که فیزیک کلاس نهم را اختیار می کنند، معلمان کافی داشته باشند. من با مدرسه‌های زیادی در تماس هستم که علاقه‌مند به این ترتیب هستند، ولی دربارهٔ مسأله کمبود معلم نگران‌اند.

ارتباط با سایر رشته‌ها

تا آن‌جا که اطلاع دارم، هیچ‌کدام از مدرسه‌های پیشگام عقب‌نشینی نکرده‌اند. خوش‌بینی ما اخیراً پاداش خود را دریافت کرده است. در چند ماه گذشته، مدرسه‌های نواحی «کمبریج» ماساچوست، و «سن‌دیه‌گو» در کالیفرنیا درصدد برآمدند که تمام دانش‌آموزان ورودی در سال نهم درس فیزیک را بگیرند، و سپس در سال بعد شیمی، و سال پس از آن زیست‌شناسی را بگذرانند.

این یک دومینوی بزرگ است! سن‌دیه‌گو ششمین سیستم آموزشی بزرگ کشور است؛ کمبریج سیستم کوچک‌تری دارد، اما انجمن اولیای آن تأثیرگذار است. بنابراین شاهد بعضی اقدامات واقعی هستیم.

من تصویری واقعی از انقلاب در آموزش علوم دبیرستان دارم که البته هنوز تا اندازه‌ای مبهم است. این تصویر به صورت اجتناب‌ناپذیری به کل برنامهٔ درسی گسترش می یابد. باید وضعیت مالی و اجتماعی معلمان را بهبود بخشیم؛ به طوری که بهترین محصلان ما بخواهند که معلم شوند. و باید کمک کنیم تا گذار از مدرسهٔ راهنمایی به متوسطه و دانشگاه هموار شود.

مقاومت در برابر تغییر حیرت‌آور است. هزینهٔ تغییر زیاد خواهد بود، اما چون آموزش یکی از اجزای اصلی امنیت

ملی اعلام شده است، پول مانعی به‌وجود نمی‌آورد. همکارانی که در مدرسه‌های متوسطه، فیزیک تدریس می‌کنند، باید این مسؤولیت مهم را عهده‌دار شوند که فیزیک ـ و نه علوم ـ را دلپذیر، برای زندگی دانش‌آموزان مهم، و برای جمعیت جدیدی که آمادگی لازم را ندارند و بسیار هراسان هستند، هیجان‌انگیز بسازند. تجربهٔ من در این مورد نشان می‌دهد که معلمان فیزیک به «تدریس به ورودی‌های جدید» علاقه ندارند. آن‌ها نگران ورودی‌های با آمادگی زیاد نیز هستند که ممکن است، از برخورد ساده و غیر ریاضی با فیزیک دلخور شوند. هیچ کلاس نهمی فیزیک، از کلاس نهمی زیست‌شناسی بدتر نخواهد بود! به دانش‌آموزان با آمادگی زیاد می‌توان در صورت داشتن شرایط لازم، دوره‌های فیزیک پیشرفته را تدریس کرد.

بعضی منتقدان نگران این مطلب‌اند که فیزیک کلاس نهم، ممکن است برای آمادگی به منظور ورود به دانشگاه مناسب نباشد. خوشبختانه، آمادگی برای ورود به دانشگاه تابع قانون طبیعت نیست، بلکه تابع تصمیمی است که بعضی مراجع پذیرش دانشجو یا دیوان‌سالاران آموزشی می‌گیرند. باید با آن‌ها وارد بحث شد تا آزمون‌ها به گونه‌ای باشند که برداشت دانش‌آموزان از مفاهیم، ارتباط موضوع‌ها با هم، و درک فرایند علوم، به اضافهٔ مهارت معقولی در حل مسأله آزموده شود. با پیشرفت در برنامهٔ درسی واقعی، کاربرد فیزیک در شیمی و زیست‌شناسی سطح بالاتری از مهارت به‌وجود می‌آورد که باید باعث خشنودی مسؤولان پذیرش دانشگاه‌ها شود.

سرانجام، چون درس جبر به طور فزاینده‌ای به صورت بخشی از تدارکات سال نهم درآمده است، سطح این کلاس را می‌توان به گونه‌ای متحول ساخت که دانش‌آموزان را به صورت شایسته‌ای برای شیمی آماده سازد. مسائل بسیار دیگری نیز وجود دارند؛ از جمله: بعضی متخصصان آموزشی می‌گویند که فیزیک برای دانش‌آموزان کلاس نهم بیش از حد مجرد است. می‌توانید این مطلب را هم به فهرست خود اضافه کنید.

مجدداً از همکارانم درخواست می‌کنم که به یاری بشتابند. این تصویر پر از مشکلات است و بعضی جزئیات آن هم می‌تواند غلط باشد. من چیزهایی در مورد تغییراتی چون جمع کردن کلاس‌های ۷، ۸، ۹ و ۱۰ در یک مدرسهٔ متوسطه و ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ در کالج مقدماتی، که دو سال دانشگاهی را برای همهٔ محصلان تشویق و توصیه می‌کند، خوانده‌ام. کسانی که می‌خواهند در آینده علوم بخوانند، از این موضوع آسیب نمی‌بینند. همهٔ ما دانش‌آموزانی را می‌شناسیم که می‌توانند مسأله‌های فیزیک را حل کنند، اما هیچ درکی از مفاهیم ندارند. توجه به همهٔ دانش‌آموزان بدون شک گاه‌به‌گاه نابغه‌ای را نمایان می‌سازد که هرگز سلسله‌مراتب منطقی را طی نکرده است. همهٔ ما باید راهبرد جدید را عرضه کنیم. بنابراین به بازدید از نزدیک‌ترین دبیرستان بروید؛ مطمئن شوید که مسافر سال ۱۸۹۹ در آن‌جا احساس ناراحتی بسیار می‌کند.

مرجع: .....

Physics Today, September 2001, pp 11-12.

زیرنویس: .....

۱. لئون لدرمن محقق مقیم در فرهنگستان ریاضی و علوم ایلینویز و استاد علوم در انستیتوی فناوری ایلینویز است. او استاد ممتاز و رئیس آزمایشگاه فرمی است.

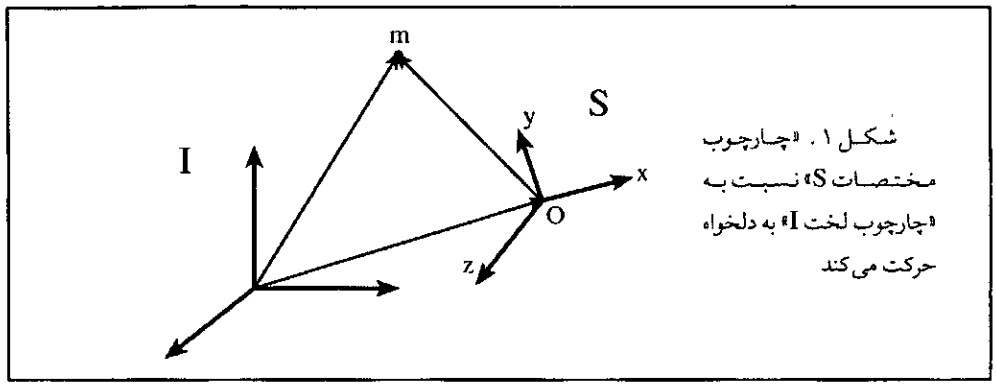
2. Marjorie Bardeen
3. Bruce Alberts
4. Rodger Bybee
5. George Nelson
6. Shirley Malcom
7. Gerald wheeler
8. Advanced Placement
9. Paul Hewitt
10. Arthur Eisenkraft

منابع: .....

1. NRC Report: Physics in a New Era/ overview, 2001.
2. See also my article in the Spring 2001 news letter of American Physical Society Forum on Education.
3. Ils Commission on National Security For the 2/st Century, http:// www. nssg. gov.

قانون دوم نیوتون در چارچوب مرجع شتابدار[1]

سید جعفر مهرداد



شکل ۱ . «چارچوب مختصات S» نسبت به «چارچوب لخت I» به دلخواه حرکت می کند

در شکل ۱ ، چارچوب مختصات S به مبدأ O نسبت به چارچوب لخت I به دلخواه حرکت می کند . می خواهیم معادلاتی که چگونگی حرکت یک ذره را در چارچوب S ، بیان کند ، به دست آوریم .

با فرض این که چارچوب S حول محوری که از O می گذرد ، حرکت دورانی و نسبت به چهارچوب I ، حرکتی انتقالی داشته باشد ، در چارچوب مرجع شتابدار S ، «قانون دوم نیوتون» را به شرح زیر بررسی می کنیم .

چارچوب مرجع I یک چارچوب لخت است . به عبارت ساده تر ، I «چارچوب خورشید مرکزی» یا چارچوبی است که نسبت به چارچوب خورشید مرکزی با سرعت ثابت در حرکت است .

ذره ای به جرم m در نظر می گیریم که تحت تأثیر نیروی **F** قرار دارد . معادلهٔ حرکت این ذره نسبت به I عبارت است از :

$$m\mathbf{a} = \mathbf{F}$$

حال می خواهیم هنگامی که S نسبت به I به طور دلخواه در حرکت است ، معادلهٔ حرکت این ذره را در چارچوب مختصات S به دست آوریم . می توان S را یک فضاپیمای شتابدار فرض کرد که حول مرکز خود دوران می کند .

از دید سرنشین فضاپیما قوانین حرکت را برای یک ذره پیدا می کنیم .

به عنوان مثال ، سیارهٔ زمین دقیقاً همانند چنین فضاپیمایی است که مسیری دایره ای می پیماید و نسبت به چارچوب مرجع خورشید مرکزی ، دوران می کند .

برای به دست آوردن معادله حرکت از دیدگاه S ، باید رابطه ای میان توصیف سینماتیکی حرکت از دیدگاه I و دیدگاه S به دست آوریم .

بردار مکان ذره را نسبت به I با **R** و نسبت به S با **r** نشان می دهیم . شتاب حرکت ذره نسبت به I و S به ترتیب عبارت است از : $\mathbf{a} = (\frac{d^2\mathbf{R}}{dt^2})_I$ و $\mathbf{a}_r = (\frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2})_S$. براساس فرضیهٔ نیوتون دربارهٔ زمان مطلق ، زمان t برای هر دو ناظر یکسان است .

از دیدگاه چارچوب لخت I ، $\mathbf{R}=(X,Y,Z)$ بردار مکان ذره است و **X** و **Y** و **Z** مؤلفه های **R** در امتداد محورهای I هستند . برای سرعت $\mathbf{V}_a$ و شتاب **a** نسبت به I ، داریم :

$$\mathbf{V}_a \equiv (\frac{d\mathbf{R}}{dt})_I = (\dot{\mathbf{R}})_I = (\dot{X},\dot{Y},\dot{Z}) \qquad (۱)$$

$$\mathbf{a} \equiv (\frac{d^2\mathbf{R}}{dt^2})_I = (\ddot{\mathbf{R}})_I = (\ddot{X},\ddot{Y},\ddot{Z}) \qquad (۲)$$

این مشتق گیری از دیدگاه ناظر ساکن نسبت به I انجام شده است .

از دیدگاه چارچوب مختصات S ، ذره در مکان $\mathbf{r}=(x,y,z)$ است و x و y و z به ترتیب مؤلفه های **r** در امتداد محورهای S هستند .

برای سرعت $\mathbf{V}_r$ و شتاب $\mathbf{a}_r$ در S ، داریم :

$$\mathbf{V}_r \equiv (\frac{d\mathbf{r}}{dt})_S = (\dot{\mathbf{r}})_S = (\dot{x},\dot{y},\dot{z}) \qquad (۳)$$

$$\mathbf{a}_r \equiv (\frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2})_S = (\ddot{\mathbf{r}})_S = (\ddot{x},\ddot{y},\ddot{z}) \qquad (۴)$$

این مشتق گیری نیز از دیدگاه ناظر ساکن نسبت به S انجام شده است.

بردارهای یکه را در امتداد محورهای دکارتی S به ترتیب با $\mathbf{k}, \mathbf{j}, \mathbf{i}$ نشان می دهیم. بنابراین بردارهای مکان و سرعت و شتاب به ترتیب عبارتند از:

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k} \qquad (۵)$$

$$\mathbf{V}_r = \dot{x}\mathbf{i} + \dot{y}\mathbf{j} + \dot{z}\mathbf{k} \qquad (۶)$$

$$\mathbf{a}_r = \ddot{x}\mathbf{i} + \ddot{y}\mathbf{j} + \ddot{z}\mathbf{k} \qquad (۷)$$

$\mathbf{V}_r$ و $\mathbf{a}_r$ به ترتیب «سرعت نسبی» و «شتاب نسبی» نامیده می شوند. $\mathbf{V}_a$ و $\mathbf{a}$ را در رابطه های (۱) و (۲) به ترتیب «سرعت مطلق» و «شتاب مطلق» می نامند.

پیکربندی دستگاه مختصات S نسبت به I به قرار زیر است:

۱. مکان مبدأ O چارچوب S را، بردار اصلی آن $\mathbf{R}_o$ در I نشان می دهد.

۲. سوی بردارهای یکهٔ $\mathbf{i}$ و $\mathbf{j}$ و $\mathbf{k}$ از دیدگاه I، محورهای S را مشخص می کند.

بردار مکان $\mathbf{R}$ را برای یک ذره (از I) به صورت زیر می نویسیم:

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_o + \mathbf{r} \qquad (۸)$$

$$\mathbf{R}(t) = \mathbf{R}_o(t) + x(t)\mathbf{i}(t) + y(t)\mathbf{j}(t) + z(t)\mathbf{k}(t) \qquad (۹)$$

از رابطهٔ (۹) نسبت به زمان (از دیدگاه I) مشتق می گیریم:

$$\dot{\mathbf{R}} = (\dot{\mathbf{R}}_o + \dot{x}\mathbf{i} + \dot{y}\mathbf{j} + \dot{z}\mathbf{k}) + (x\dot{\mathbf{i}} + y\dot{\mathbf{j}} + z\dot{\mathbf{k}}) \qquad (۱۰)$$

پیش از این بردار $\dot{\mathbf{R}}$، یعنی سرعت ذره نسبت به I را با $\mathbf{V}_a$ نشان دادیم. طرف راست رابطهٔ (۱۰)، از دو قسمت تشکیل شده است. جمله های پرانتز اول را با $\mathbf{V}_m$ نشان می دهیم و آن را «سرعت همراه» می نامیم.

$$\mathbf{V}_m = \dot{\mathbf{R}}_o + \dot{x}\mathbf{i} + \dot{y}\mathbf{j} + \dot{z}\mathbf{k} \qquad (۱۱)$$

سرعت همراه شامل $\dot{x}$، $\dot{y}$، $\dot{z}$ نیست. هرگاه ذره در S ثابت باشد، بردار $\mathbf{V}_m$، سرعت آن را نسبت به I نشان می دهد. بدین معنی که فقط به سبب کل حرکت S، این ذره در حال حرکت است.

پرانتز دوم رابطهٔ (۱۰) عبارت است از: $(\dot{x}\mathbf{i} + \dot{y}\mathbf{j} + \dot{z}\mathbf{k})$ و این سرعت ذره نسبت به S و سرعت نسبی $\mathbf{V}_r$ است. بنابراین می توانیم بنویسیم:

$$\mathbf{V}_a = \mathbf{V}_m + \mathbf{V}_r \qquad (۱۲)$$

با مشتق گیری دوباره از تمام جمله های رابطهٔ (۱۰) داریم:

$$\ddot{\mathbf{R}} = (\ddot{\mathbf{R}}_o + \ddot{x}\mathbf{i} + \ddot{y}\mathbf{j} + \ddot{z}\mathbf{k}) + (\ddot{x}\mathbf{i} + \ddot{y}\mathbf{j} + \ddot{z}\mathbf{k}) + 2(\dot{x}\dot{\mathbf{i}} + \dot{y}\dot{\mathbf{j}} + \dot{z}\dot{\mathbf{k}}) \qquad (۱۳)$$

طرف راست رابطهٔ (۱۳) از سه مجموعه جمله که در سه پرانتز قرار داده شده اند، تشکیل شده است. علامتگذاری زیر را به کار می بریم، شتاب ذره نسبت به I را «شتاب مطلق» می نامیم و با $\ddot{\mathbf{R}} \equiv \mathbf{a}$ نشان می دهیم. پرانتز اول طرف راست را «شتاب همراه» می نامیم و با $\mathbf{W}_m$ نشان می دهیم.

$$\mathbf{W}_m \equiv (\ddot{\mathbf{R}}_a + \ddot{x}\mathbf{i} + \ddot{y}\mathbf{j} + \ddot{z}\mathbf{k}) \qquad (۱۴)$$

شتاب همراه $\mathbf{W}_m$، شتاب ذره نسبت به I است، هنگامی که ذره در مکان لحظه ای خود (x، y، z) در S ساکن باشد. پرانتز دوم شتاب در S است و آن را شتاب نسبی می نامیم و به $\mathbf{a}_r$ نشان می دهیم و داریم:

$$\mathbf{a}_r = (\ddot{x}\mathbf{i} + \ddot{y}\mathbf{j} + \ddot{z}\mathbf{k}) \qquad (۱۵)$$

پرانتز سوم در طرف راست رابطهٔ (۱۳) را شتاب کوریولیس می نامند (به افتخار فیزیک دان فرانسوی، کوریولیس):

$$\mathbf{W}_{co} \equiv 2(\dot{x}\dot{\mathbf{i}} + \dot{y}\dot{\mathbf{j}} + \dot{z}\dot{\mathbf{k}}) \qquad (۱۶)$$

جملهٔ اخیر پیچیده است زیرا برای به دست آوردن آن باید هم از مختصات نسبی (x, y, z) و هم از بردارهای یکه ($\mathbf{k}$، $\mathbf{j}$، $\mathbf{i}$) نسبت به زمان، مشتق گرفت. بدین ترتیب رابطهٔ (۱۳) را به طور خلاصه به صورت زیر می نویسیم:

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_r + \mathbf{W}_m + \mathbf{W}_{co} \qquad (۱۷)$$

برای به کار بردن این رابطه، ابتدا وابستگی میان $\mathbf{W}_m$ و $\mathbf{W}_{co}$ را در حرکت چارچوب مرجع S نسبت به چارچوب لخت I بررسی می کنیم.

می توان سرعت همراه ذره را ترکیبی از دو سرعت منظور کرد. یکی «سرعت انتقالی» و دیگری «سرعت حول محوری» که از مبدأ S می گذرد، به قرار زیر:

$$\mathbf{V}_m = \dot{\mathbf{R}}_a + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r} \qquad (۱۸)$$

برای بازنویسی رابطهٔ (۱۱) مربوط به سرعت همراه، ابتدا $\boldsymbol{\omega}$ را برحسب $\mathbf{i}$ و $\mathbf{j}$ و $\mathbf{k}$ پیدا می کنیم. محاسبه گسترده، ولی نتیجهٔ آن ساده است.

* * *

فرض می‌کنیم چارچوب S همانند جسم صلب، نسبت به i در حرکت است. فرمول‌بندی ریاضی این واقعیت آن است که S به هر طریقی حرکت کند، بردارهای یکه **i** و **j** و **k** که در وابستگی به S ثابتند، همواره به صورت عمود برهم و با طول واحد باقی می‌مانند. تنها سوی این بردارها نسبت به I برحسب زمان تغییر می‌کند و شرط‌های زیر برقرار است.

$$\mathbf{i}.\mathbf{i} = \mathbf{j}.\mathbf{j} = \mathbf{k}.\mathbf{k} = ۱ \qquad (۱۹)$$

$$\mathbf{i}.\mathbf{j} = \mathbf{I}.\mathbf{k} = \mathbf{j}.\mathbf{k} = ۰ \qquad (۲۰)$$

از رابطه‌های (۱۹) و (۲۰) مشتق می‌گیریم؛ خواهیم داشت:

$$\dot{\mathbf{i}}.\mathbf{i} = \dot{\mathbf{j}}.\mathbf{j} = \dot{\mathbf{k}}.\mathbf{k} = ۰ \qquad (۲۱)$$

$$\dot{\mathbf{i}}.\mathbf{j} + \dot{\mathbf{i}}.\dot{\mathbf{j}} = \dot{\mathbf{i}}.\mathbf{k} + \dot{\mathbf{i}}.\dot{\mathbf{k}} = \dot{\mathbf{j}}.\mathbf{k} + \mathbf{j}.\dot{\mathbf{k}} = ۰ \qquad (۲۲)$$

هر بردار را می‌توان برحسب سه بردار عمود برهم نوشت سه بردار $\dot{\mathbf{i}}$ ، $\dot{\mathbf{j}}$ ، $\dot{\mathbf{k}}$ را به صورت زیر می‌نویسیم.

$$\left.\begin{aligned}\dot{\mathbf{i}} &= a_{۱۱}\mathbf{i} + a_{۱۲}\mathbf{j} + a_{۱۳}\mathbf{k}\\ \dot{\mathbf{j}} &= a_{۲۱}\mathbf{i} + a_{۲۲}\mathbf{j} + a_{۲۳}\mathbf{k}\\ \dot{\mathbf{k}} &= a_{۳۱}\mathbf{i} + a_{۳۲}\mathbf{j} + a_{۳۳}\mathbf{k}\end{aligned}\right\} \qquad (۲۳)$$

توضیح:

ضریب‌های a_{nm} ، ممکن است مانند بردارهای **i** ، **j** ، **k** به زمان بستگی داشته باشند. از نه ضریب a_{nm} فقط سه ضریب مستقل هستند. این امر نتیجهٔ مستقیم شش معادلهٔ رابطه‌های (۲۱) و (۲۲) است. از معادلات (۲۱) و (۲۳) نتیجه می‌گیریم:

$$a_{۱۱} = a_{۲۲} = a_{۳۳} = ۰$$

و از معادلات (۲۲) و (۲۳) نتیجه می‌شود.

$$a_{۱۲} = -a_{۲۱}; a_{۱۳} = -a_{۳۱}; a_{۲۳} = -a_{۳۲}$$

علامت‌ها را به شرح زیر عوض می‌کنیم:

$$\left.\begin{aligned}a_{۲۳} &\equiv \omega_x\\ a_{۱۳} &\equiv -\omega_y\\ a_{۱۲} &\equiv \omega_z\end{aligned}\right\} \qquad (۲۴)$$

بنابراین رابطهٔ (۲۳) به صورت زیر درمی‌آید.

$$\left.\begin{aligned}\dot{\mathbf{i}} &= \omega_z\mathbf{j} - \omega_y\mathbf{k}\\ \dot{\mathbf{j}} &= -\omega_z\mathbf{i} + \omega_x\mathbf{k}\\ \dot{\mathbf{k}} &= \omega_y\mathbf{i} - \omega_x\mathbf{j}\end{aligned}\right\} \qquad (۲۵)$$

می‌توانیم این عبارت‌ها را قابل فهم‌تر بیان کنیم و برای یادآوری، به صورت بردار زیر در نظر بگیریم:

$$\boldsymbol{\omega} = \omega_x\mathbf{i} + \omega_y\mathbf{j} + \omega_z\mathbf{k} \qquad (۲۶)$$

مطابق تعریف ضرب برداری، $\mathbf{i}\times\mathbf{j} = \mathbf{k}$ و $\mathbf{k}\times\mathbf{i} = \mathbf{j}$ و $\mathbf{j}\times\mathbf{k} = \mathbf{i}$ است (دستگاه مختصات راستگرد است). با استفاده از این رابطه‌ها و به کار بردن تعریف $\boldsymbol{\omega}$ (رابطه ۲۶)، می‌توانیم برای مثال رابطهٔ $\boldsymbol{\omega}\times\mathbf{i} = (\omega_x\mathbf{i} + \omega_y\mathbf{j} + \omega_z\mathbf{k})\times\mathbf{i} = -\omega_y\mathbf{k} + \omega_z\mathbf{j}$ را بنویسیم.

این رابطه به آسانی نشان می‌دهد که می‌توان رابطهٔ (۲۵) را به صورت فشرده چنین نوشت:

$$\left.\begin{aligned}\dot{\mathbf{i}} &= \boldsymbol{\omega}\times\mathbf{i}\\ \dot{\mathbf{j}} &= \boldsymbol{\omega}\times\mathbf{j}\\ \dot{\mathbf{k}} &= \boldsymbol{\omega}\times\mathbf{k}\end{aligned}\right\} \qquad (۲۷)$$

به وسیلهٔ بردار $\boldsymbol{\omega}$ می‌توانیم تغییر بردارهای $\dot{\mathbf{i}}$ ، $\dot{\mathbf{j}}$ و $\dot{\mathbf{k}}$ را برحسب زمان شرح دهیم.

رابطهٔ (۲۷) این واقعیت را بیان می‌کند که دستگاه مختصات S در حال دوران است. برای مثال آهنگ تغییر **i** یعنی $\dot{\mathbf{i}}$ عمود بر **i** است (حاصل ضرب برداری). طول **i** تغییر نمی‌کند، تنها سوی آن تغییر می‌یابد.

حرکت S نسبت به چارچوب I را می‌توان با آهنگ تغییر بردار مکان $\mathbf{R}_0$ تا مبدأ S و مشخصات محورهای دوران را به‌وسیله بردار دوران **w** که از مبداء S می‌گذرد، بیان کرد.

حال می‌توانیم با توجه به رابطهٔ (۲۷)، رابطه (۱۱) را به صورت زیر بنویسیم:

$$\mathbf{V}_m = \dot{\mathbf{R}}_0 + \mathbf{x}(\boldsymbol{\omega}\times\mathbf{i}) + \mathbf{y}(\boldsymbol{\omega}\times\mathbf{j}) + \mathbf{z}(\boldsymbol{\omega}\times\mathbf{k}) \qquad (۲۸)$$

$$= \dot{\mathbf{R}}_0 + \boldsymbol{\omega}\times(\mathbf{x}\mathbf{i} + \mathbf{y}\mathbf{j} + \mathbf{z}\mathbf{k})$$

$$= \dot{\mathbf{R}}_0 + \boldsymbol{\omega}\times\mathbf{r} \qquad (۲۹)$$

هر ذرهٔ ساکن نسبت به S، دارای سرعت $\mathbf{V}_m$ نسبت به I است. این سرعت به‌وسیلهٔ رابطهٔ (۲۹) معین می‌شود.

این رابطه به طور مستقیم نشان می‌دهد که «سرعت همراه» از «برهَمنهی» دو سرعت به دست می‌آید: $\dot{\mathbf{R}}_o$ (حرکت انتقالی مبدأ S) و «$\boldsymbol{\omega}\times\mathbf{r}$» (دوران حول محور در امتداد بردار $\boldsymbol{\omega}$ که از مبدأ S می‌گذرد).

توضیح:

در حالت کلی ممکن است، $\boldsymbol{\omega}$ بستگی به زمان داشته باشد. سرعت مطلق ذره در رابطهٔ (۱۲) به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\mathbf{V}_a = \dot{\mathbf{r}} + \dot{\mathbf{R}}_o + \boldsymbol{\omega}\times\mathbf{r} \qquad (۳۰)$$

با به کار بردن رابطهٔ (۲۷)، می‌توانیم شتاب کوریولیس در رابطهٔ (۱۶) را به صورت زیر به دست آوریم:

$$\begin{aligned}\mathbf{W}_{co} &= ۲(\dot{x}\dot{\mathbf{i}}+\dot{y}\dot{\mathbf{j}}+\dot{z}\dot{\mathbf{k}})\\ &= ۲(\dot{x}(\boldsymbol{\omega}\times\mathbf{i})+\dot{y}(\boldsymbol{\omega}\times\mathbf{j})+\dot{z}(\boldsymbol{\omega}\times\mathbf{k}))\\ &= ۲(\boldsymbol{\omega}\times\dot{\mathbf{r}}) = ۲(\boldsymbol{\omega}\times\mathbf{V}_r) \qquad (۳۱)\end{aligned}$$

از رابطهٔ (۲۷) نسبت به زمان مشتق می‌گیریم:

$$\begin{aligned}\ddot{\mathbf{i}} &= \boldsymbol{\omega}\times\dot{\mathbf{i}}+\dot{\boldsymbol{\omega}}\times\mathbf{i} \qquad (۳۲)\\ &= \boldsymbol{\omega}\times(\boldsymbol{\omega}\times\mathbf{i})+\dot{\boldsymbol{\omega}}\times\dot{\mathbf{i}}\end{aligned}$$

به همین ترتیب $\ddot{\mathbf{k}},\ddot{\mathbf{j}}$ به‌دست می‌آیند.

با توجه به رابطهٔ (۳۲) و در نظر گرفتن شتاب همراه $\mathbf{W}_m$، رابطهٔ (۱۴) به‌صورت زیر نوشته می‌شود.

$$\mathbf{W}_m = \ddot{\mathbf{R}}_o + \boldsymbol{\omega}\times(\boldsymbol{\omega}\times\mathbf{r}) + \dot{\boldsymbol{\omega}}\times\mathbf{r} \qquad (۳۳)$$

$\ddot{\mathbf{R}}_o$ بردار شتاب مبدأ O چارچوب S، نسبت به I است.

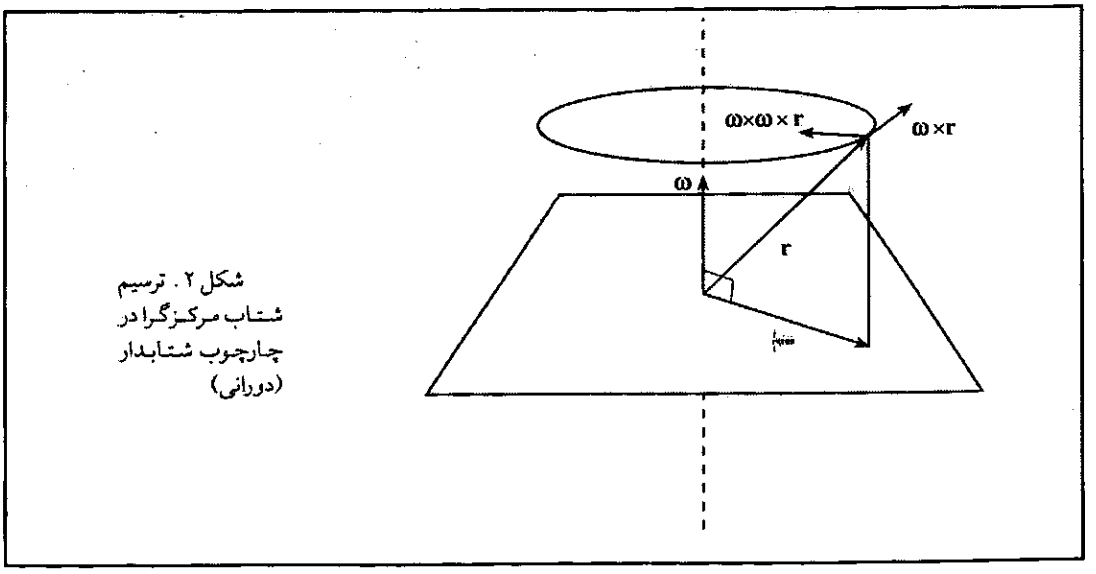
آخرین جملهٔ رابطهٔ (۳۳) به آهنگ تغییر $\boldsymbol{\omega}$ بستگی دارد. این جمله هنگامی حذف می‌شود که S حول محور ثابتی در فضا با سرعت زاویه‌ای ثابت $\omega \equiv |\boldsymbol{\omega}|$ دوران کند. برای حرکت زمین حول محورش، تقریباً چنین رویدادی صادق است. درواقع محور کره زمین در فضا امتداد ثابتی ندارد. این محور حول عمود بر صفحهٔ مدار بیضی زمین، اندک حرکت تقدیمی یا دوره در حدود ۲۵۸۰۰ سال دارد.

جملهٔ دوم در رابطهٔ (۳۳) را «شتاب مرکزگرا» می‌نامند. این شتاب عموماً به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$\boldsymbol{\omega}\times(\boldsymbol{\omega}\times\mathbf{r}) = -\omega^۲\boldsymbol{\rho} \qquad (۳۴)$$

بردار $\boldsymbol{\rho}$ تصویر بردار شعاعی $\mathbf{r}$ روی صفحه عمود بر $\boldsymbol{\omega}$ است. سوی بردار شتاب مرکزگرا به طرف محور دوران است. با افزایش فاصله از محور دوران، اندازهٔ آن بیش‌تر می‌شود. (شکل ۲)

حال می‌توانیم از دیدگاه چارچوب S، رابطهٔ کامل حرکت



شکل ۲. ترسیم شتاب مرکزگرا در چارچوب شتابدار (دورانی)

را بنویسیم. یادآوری می شود که رابطه اساسی حرکت نسبت به I عبارت است از :

$$ma=F$$

فرض می کنیم نیروی $\mathbf{F}$ که بر ذره وارد می شود در S و I یکسان است. بنابراین می توانیم بنویسیم :

$$m(\mathbf{a}_r + \mathbf{W}_m + \mathbf{W}_{co}) = \mathbf{F} \qquad (۳۵)$$

با قراردادن اندازه‌های ω_{co}، ω_m، $\mathbf{a}_r$ خواهیم داشت :

$$m\frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2} = \mathbf{F} - m\ddot{\mathbf{R}}_o + m\omega^2\boldsymbol{\rho} - 2m(\boldsymbol{\omega}\times\dot{\mathbf{r}}) - m(\dot{\boldsymbol{\omega}}\times\mathbf{r}) \qquad (۳۶)$$

در این رابطه $\ddot{\mathbf{r}} \equiv (\frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2})_{\dot{\mathbf{r}},\mathbf{r}}$ به ترتیب، مکان، سرعت و شتاب ذره را از دیدگاه S نشان می دهد. به عبارت دیگر، رابطهٔ (۳۶) معادلهٔ حرکت در چارچوب S است.

همچنین $\ddot{\mathbf{R}}_o$ شتاب انتقالی S و $\boldsymbol{\omega}$، برداری است که دوران S را مشخص می کند. و مجموعه $\ddot{\mathbf{R}}_o$ و $\boldsymbol{\omega}$ به طور کامل معرف شتاب S نسبت به I است.

معادلهٔ رابطهٔ (۳۶) معادلهٔ اساسی حرکت ذره در چارچوب مرجع شتابدار S است. چند نکته زیر قابل ذکر و توجه است :

۱. قانون دوم نیوتون را می توانیم برای چارچوب های شتابدار، صادق بدانیم، درصورتی که چهار جملهٔ آخر سمت راست معادلهٔ (۳۶) را به عنوان نیروهای وارد بر ذره، به نیروی $\mathbf{F}$ اضافه کنیم. این جمله ها نیروهای پنداری هستند.

۲. در مکانیک نیوتونی، نیروهای پنداری از نیروهای واقعی متمایزند. نیروهای پنداری تنها به حرکت چارچوب S $(\boldsymbol{\omega}, \ddot{\mathbf{R}}_o)$ و مکان $(\boldsymbol{\rho})$ و سرعت ذره $(\dot{\boldsymbol{\rho}})$ و جرم لختی ذره بستگی دارند.

۳. حضور نیروی واقعی $\mathbf{F}$ همواره به «برهم‌کنش» میان ذره و جسم مادی دیگر مربوط است. برای مثال اگر نیروی الکتریکی بر ذره‌ای باردار وارد شود، میان آن و ذرات دیگر یا بار الکتریکی، «برهم‌کنشی» وجود دارد. هرگاه نیروی گرانشی عمل کند، «برهم‌کنشی» از طرف اجسام دارای جرم گرانشی، برقرار است. نیروهای پنداری نمی توانند به وسیلهٔ برهم‌کنش با سایر اجسام در ارتباط باشند. با وارد کردن نیروهای پنداری، یک ناظر در S می تواند قانون اول و دوم نیوتون را همچنان صادق بداند.

۴. قانون سوم، قانون کنش و واکنش، برای نیروهای پنداری صادق نیست. بنابراین جسم دیگری وجود ندارد که بتوان نیروی واکنش بر آن وارد کرد. تأکید می کنیم که نیروهای پنداری، اهمیتی همانند نیروی گرانشی دارند و این نیروها نیز مانند نیروهای گرانشی با جرم جسم متناسبند.

* * *

نیروی مرکز گریز :

معادلهٔ (۳۶) را هنگامی در نظر می گیریم که ذره در چارچوب مرجع شتابدار S ساکن و $\ddot{\mathbf{R}}_o = 0, \dot{\omega} = 0$ است. با فرض $\dot{\omega} = 0$ چارچوب S نسبت به I و درنتیجه نسبت به تمام چارچوب های لخت دیگر، سرعت زاویه‌ای ثابتی خواهد داشت. بنابراین نیروی کوریولیس $-2m(\boldsymbol{\omega}\times\dot{\mathbf{r}})$ نیز حذف می شود، زیرا ذره در S در حال سکون است $(\dot{\mathbf{r}} = 0)$ و معادلهٔ (۳۶) به صورت زیر خواهد بود.

$$m\frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2} = \mathbf{F} + m\omega^2\boldsymbol{\rho}$$

$\rho = |\boldsymbol{\rho}|$ فاصلهٔ ذره از محور دوران و $\omega \equiv |\boldsymbol{\omega}|$ سرعت زاویه‌ای نسبت به چارچوب های لخت است.

جملهٔ $m\omega^2\rho$ را نیروی مرکز گریز می نامند. این نیرو برای کسانی که با چرخ فلک در حرکت بوده‌اند، نیروی آشنایی است.

اندازهٔ سرعت یک ذرهٔ ساکن در S به فاصلهٔ ρ از محور دوران، نسبت به چارچوب لخت I برابر $v = \rho\omega$ است.

بنابراین اندازهٔ نیروی مرکز گریز برابر $\frac{mv^2}{\rho}$ است.

یادآوری می کنیم که دربارهٔ مفهوم نیروی مرکز گریز اشتباه قابل ملاحظه‌ای هم وجود داشته است. تأکید می کنیم که نیروی مرکز گریز، یک نیروی پنداری است. این نیرو از حرکت یک ذره در چارچوب مختصاتی که نسبت به چارچوب های لخت دوران می کند، سرچشمه می گیرد. در چارچوب های لخت، نیروی مرکز گریزی وجود ندارد.

* * *

منبع : .....

Knudsen, J. M.; Hjoth, P. G. **Elements of Newtonian Mechanics**: Springer: Berlin, 2000: Chapter 6.

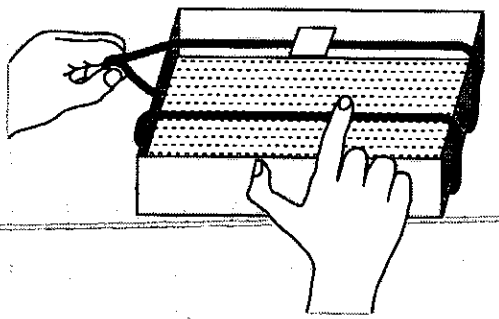
زیرنویس : .....

۱ . دربارهٔ «قانون دوم نیوتون در چارچوب مرجع شتابدار» مقاله‌های زیر در مجله رشد آموزش فیزیک قابل ذکر و مراجعه است :
ـ نیروی گریز از مرکز ، شمارهٔ ۱۰ـ۹ ، سال ۱۳۶۶ .
ـ نیروی گریز از مرکز ، واقعیت و توهم ، شمارهٔ ۱۸ـ۱۷ ، سال ۱۳۶۸ .
ـ نیروی کوریولیس ، شماره ۲۷ـ۲۶ ، سال ۱۳۷۰ .

۳ . واژه‌نامه

فارسی	انگلیسی
بردار شعاعی	radius vector
بردار یکه	unit vector
برهم‌کنش	interaction
پیکربندی	configuration
جسم صلب	rigid body
چارچوب لخت	inertial frame
چارچوب مرجع شتابدار	accelerated reference frame
چارچوب مختصات	coordinates frame
حرکت تقدیمی	precession
خورشید مرکزی	heliocentric
سرعت مطلق	absolute velocity
سرعت نسبی	relative velocity
سرعت همراه	comoving velocity
فضاپیما	spaceship
مؤلفه	component
نیروی پنداری	fictious force
نیروی مرکزگرا	centripetal force
نیروی مرکزگریز ، نیروی گریز از مرکز	centrifugal force
نیروی کوریولیس	coriolis force
نیروی واقعی	actually force

شما چه فکر می‌کنید؟



تشدید

وسایل مورد نیاز : ۱ـ یک ظرف پلاستیکی ۲ـ دو قطعه کش با طول‌های مختلف ۳ـ یک تکه کاغذ

آزمایش ساده زیر را برای اثبات پدیده تشدید ارائه می‌نماییم .

قطعه کش بزرگ را دور ظرف می‌پیچانیم و سپس آن را با دست می‌کشیم تا در آن تولید صوت کنیم و پس از آن ، کش کوچک را همانند شکل به دور جعبه می‌پیچانیم . صوت تولید شده توسط کش در ظرف پلاستیکی تقویت می‌شود (در ویولن و گیتار نیز صوت به این صورت تولید می‌شود) . اگر کش را بیشتر بکشید صوت تولید شده بلندتر خواهد شد . حال اگر شما مقداری آب در درون ظرف بریزید چه اتفاقی می‌افتد .

برای مشاهدهٔ پدیده تشدید ، کش بزرگ‌تر را در نزدیکی کش کوچک‌تر همانند شکل قرار داده و تکه کاغذ را در انتهای کش کوچک به روی کش می‌گذاریم . با دست چپ کش بزرگ‌تر را می‌کشیم و با انگشت دست راست آن را می‌نوازیم . هرگاه مقدار کشیدگی کش بزرگ‌تر را به کمک دست تنظیم نماییم در یک حالت معین کاغذ روی کش کوچک شروع به بالا و پایین رفتن می‌کند . اگر مقدار کشیدگی از حالت فوق کم‌تر و یا زیادتر شود کاغذ تکان نمی‌خورد .

این آزمایش یکی از ساده‌ترین آزمایش‌ها برای نمایش پدیده تشدید است .

به نظر شما علت تکان خوردن کاغذ چیست؟ شما چه فکر می‌کنید .

احساس رضایت در محیط علمی و آموزشی

جهانگیر ریاضی

مقدمه

به طور کلی رسیدن به رضایت در محیط کار، می‌تواند منشأ نشاط و انرژی و تلاش بیش‌تر باشد. در محیط کار آموزشی و علمی نیز یکی از اساسی‌ترین عوامل ایجاد انگیزه و محرک برای تلاش بیش‌تر و ارتقای کیفیت در کار پژوهش و تحقیق، فراهم بودن شرایط دستیابی به «رضایت خاطر» است. در این نوشتار، عوامل مؤثر در کسب رضایت و همچنین موانع دستیابی به رضایت در محیط علمی مورد بحث قرار می‌گیرند.

وجود فرصت مناسب برای «اندیشه و تجربهٔ شخصی»

یکی از محورهای اساسی رضایت در محیط علمی این است که شخص فرصت داشته باشد، شخصاً در مورد یک موضوع مشخص علمی طرح شده، فکر کند و برای درک آن، مدلی ذهنی مطابق کل دانسته‌های خود بسازد. همچنین بتواند خود آزادانه و بدون دغدغه دست به تجربه بزند. در محیطی که فرد به صورت ناظر و شنوندهٔ غیرفعال به گفتار دیگران گوش می‌دهد و یا کار تجربی دیگران را مشاهده می‌کند، رضایت علمی ایجاد نمی‌شود. اما وقتی که خود فرد تجربه‌ای را انجام می‌دهد، احساسی مانند «خلق و ایجاد یک اثر» در او پدیدار می‌شود. به طور کلی، احساس خلق یک اثر، احساسی توأم با رضایت و لذت است.

بنابراین در محیط‌های آموزشی به عنوان یکی از محیط‌های کار علمی، نباید فرصت «اندیشه و تجربهٔ شخصی» از دانش‌پژوهان گرفته شود. دانش‌پژوه تمایل دارد، ضمن حضور در محیط آموزشی، یاد بگیرد «چگونه علمی فکر کند». او می‌خواهد روش تجزیه و تحلیل و نگرش به پدیده‌ها و مسائل را بیاموزد. مربی و معلمی که خود همهٔ کارها را انجام می‌دهد، فرصت لذت و رضایت در محیط آموزشی را از دانش‌پژوه می‌گیرد. از طرف دیگر، افراد با توانمندی‌های ذهنی متفاوت، به فرصت‌هایی متفاوت نیز از نظر زمانی برای درک و تجربهٔ شخصی هر مفهوم نیاز دارند. پس برای ایجاد فرصت رضایت در محیط آموزشی و علمی، باید با حوصله، ظرفیت افراد را شناسایی و بر این اساس با آن‌ها برخورد کرد.

وجود محیط آرام و خالی از تشنج برای کار علمی

محیط آشفته و تنش‌زا، یعنی محیطی که در آن هدف مشخصی دنبال نمی‌شود و جهت معینی برای تلاش و فعالیت تعریف نمی‌شود، محیط مطلوبی برای دستیابی به رضایت‌خاطر علمی نیست. در چنین محیط‌هایی فرد به جای پرداختن به هدف‌های بزرگ‌تر، آن‌قدر وارد جزئیات می‌شود و درواقع موضوع‌های فرعی به اندازه‌ای عمده می‌شوند که او فراموش می‌کند، هدف اصلی کدام است و برای چه تلاش می‌کند. درنتیجه فرصت‌های مناسب و مفید دستیابی به رضایت از دست خواهند رفت. در چنین محیطی فرد از کار علمی و پژوهشی و آموزشی خود لذت نمی‌برد و در بسیاری از موارد، تحمل شرایط محیط برای او مشکل می‌شود و تمایل دارد، هرچه زودتر از آن خلاص شود. درست مانند کلاس درس در یک محیط آموزشی که «نبود جاذبه‌های لازم» باعث می‌شود، دانش‌آموز به سختی و درواقع بنا به اجبار، شرایط آموزشی را تحمل کند.

رضایت از محیط علمی در مقاطع متفاوت سنی

رضایتمندی علمی را می‌توان برای گستره‌ای از دانش‌پژوهان با توانمندی‌ها و سنین متفاوت تعریف کرد. آنچه حائز اهمیت است، شناخت درست توانمندی‌ها و ظرفیت‌های یک مقطع سنی معین و مدیریت صحیح در ایجاد فرصت‌های مناسب برای دستیابی به این خشنودی است.

هرگونه افراط در تشخیص درست توانمندی‌های دانش‌پژوهان در محیط‌های گوناگون، باعث ارائهٔ راهکارهای غیراصولی می‌شود و هدایت و مدیریت صحیح را دچار اشکال می‌کند. رضایت علمی در برخی دانش‌پژوهان با ایجاد شرایطی بسیار ساده میسر می‌شود و در بعضی دیگر نیازمند امکانات و شرایط پیچیده‌تر است.

باورهای جامعه از ارزش کار علمی و پژوهشی

در شرایطی که یک فرد، حاصل کار علمی و پژوهشی خود را در کل نیازمندی‌ها و ضرورت‌های علم و فناوری جامعه مفید می‌بیند، احساس رضایت بیش‌تری در او ایجاد می‌شود. به‌خصوص ارج نهادن و قدردانی از سوی جامعه و مدیران بخش‌های علمی و پژوهشی، باعث می‌شود، خستگی ناشی از مشکلات و موانع کار، تا حدی به فراموشی سپرده شود و به جای آن، نوعی خشنودی در فرد ایجاد شود.

نظر به این که یکی از مهم‌ترین دستاوردهای کار علمی و پژوهشی، «تولید اندیشه‌های نو در علم و فناوری» به شمار می‌رود، پس لازم است که «اندیشیدن و تلاش برای تولید علم» به عنوان «ارزش» برای کل جامعه تعریف شود و جزئی از باورهای آن به حساب آید.

متأسفانه هنوز هم در بسیاری از موارد، کار فکری و تلاش درجهت اندیشه‌های نو در علم، به عنوان یک ضرورت بنیادی تلقی نمی‌شود و حتی در مواردی، آن را نوعی «اتلاف وقت، انرژی و امکانات» می‌دانند.

ضرورت تجدیدنظر در مفهوم «رضایت در محیط علمی»

با گذشت زمان و تغییر و تحول اجتماعی و گام نهادن به عصر نوین، رضایت در محیط علمی و آموزشی، مفهوم قبلی و سنتی خود را از دست خواهد داد. در شرایطی که هر روز مفهوم جدیدی از واژه‌های «آموزش» و «یادگیری» مطرح می‌شود، درک سنتی از آموزش و یادگیری، برداشت سنتی از مفهوم «رضایت در محیط علمی» را به دنبال خواهد داشت. هنوز بسیاری از خانواده‌ها رضایت و درواقع انتظار خود را از دانش‌آموز، کسب نمرات خوب، مدرک، مدارج علمی و... می‌بینند. پس همین تفکر را به دانش‌آموز نیز القا می‌کنند. این القای عقاید باعث می‌شود که دانش‌آموز ناچار «خشنودی» خود را در همین چهارچوب جست‌وجو کند و اختلاف در نگرش خانواده و دانش‌آموز از همین‌جا منشأ می‌گیرد.

برداشت علمی از مفهوم «یادگیری» به ما می‌آموزد که حاصل فراگیری و آموزش باید رسیدن به یک نگرش و یا «چگونه اندیشیدن» علمی باشد. بنابراین باید «خشنودی» را در دستیابی به این نگرش جست‌وجو کرد. تمرین در چگونه اندیشیدن و بهتر دیدن، نیازمند محیطی است که با آموزش سنتی در تعارض قرار می‌گیرد.

پس یکی از ارکان مهم دستیابی به رضایت در محیط علمی به مفهوم امروز آن، آشنا کردن خانواده‌ها با مفهوم علمی «آموزش و یادگیری» در دنیای امروز و درک ضرورت‌های جدید و سرانجام رسیدن به معنای درست «رضایت علمی» است. تنش‌های حاصل از درک غلط هدف‌های آموزش و یادگیری، باعث می‌شوند، بسیاری از خانواده‌ها، دانش‌آموز را در رسیدن به رضایت در محیط آموزشی و استفادهٔ درست از لحظات همراهی نکنند. وظیفهٔ آشنا کردن خانواده‌ها با مفاهیم مورد بحث، برعهدهٔ مربیان آگاهی است که از شرایط متغیر و متحول محیط آموزشی شناخت کافی دارند.

رضایت در محیط علمی و شتاب گرفتن به سوی آینده

برای رسیدن به «احساس خشنودی» در هر عرصه و هر موضوعی، فرصت کافی لازم است. شتابزدگی و عجله برای رفتن به «آینده» و نفی روند طبیعی و قانونمند، یکی از موانع اساسی در دستیابی به رضایت علمی است. شتابزدگی امکان دارد به علت‌های گوناگون و با زمینه‌هایی متفاوت ایجاد شود.

شتاب غیرمنطقی در محیط آموزشی برای ارضای نوعی حس کنجکاوی، شتابزدگی برای گذشتن از دورهٔ متوسطه و رفتن به دانشگاه، شتاب برای موفقیت در آزمون ورود به دانشگاه و... همه نوعی از «دست دادن» فرصت لحظات خوب و ماندگار «رضایت از محیط آموزشی» هستند؛ «پریدن» از روی «دیوار زمان»، پریدن از روی فرصت‌های خوب تأمل، تعمق، اندیشهٔ شخصی در مورد مفاهیم و احساسی عمیق‌تر از موضوع‌های علمی و... درست مانند مسافری است که شتاب رسیدن به مقصد، فرصت لذت بردن از لحظات بین راه را از او می‌گیرد.

تجربه نشان می‌دهد که لذت و رضایت واقعی، در «تلاش برای رسیدن به یک مفهوم علمی» و یا کار پژوهشی است. اساس خشنودی، تلاش در «مسیر رسیدن به هدف» است، نه خود هدف.

سقوط میله‌ها و سقوط توپ‌ها

ام.ای باکرن، میشل آر. هارپس و دی. اُهی ناکازاوا*
مترجم: حسن قلمی‌باویل علیایی

اخیراً، هارتل در مورد رفتار جالب میله‌ای که به طور مایل، و توپی که از حال سکون و هم‌ارتفاع با انتهای میله در لحظهٔ $t = 0$ رها می‌شوند، نظریه‌ای اظهار داشته است.

با وجود این که بیش‌تر مدرسان سال اول فیزیک دانشگاه، بر این واقعیت که اجسام درحال سقوط آزاد باشتاب یکسان و مستقل از جرمشان (البته بدون درنظر گرفتن مقاومت هوا) سقوط می‌کنند تأکید دارند، ولی ما و دانشجویانمان به ندرت به موضوع «سقوط آزاد» توجه می‌کنیم. نویسندگان این مقاله، متوجه شدند که هنگام سقوط آزاد، میله‌ای که زاویهٔ شیب اولیهٔ معینی دارد، نسبت به توپی که از انتهای میله رها می‌شود، زودتر به زمین برخورد می‌کند. حتی هنگامی که متوجه می‌شوید، میلهٔ درحال سقوط آزاد نیست، ولی در هنگام حرکت به سمت پایین قبل از توپ به زمین برخورد می‌کند، اندکی شگفت‌زده می‌شوید و به نظر می‌آید که این اتفاق دور از انتظار است.

این پدیده فرصت مناسبی برای دانشجویان فراهم می‌کند تا یک سیستم مکانیکی جالب و ساده را با استفاده از یک رایانهٔ قوی برای انجام محاسبات عددی و تحقیق عملی به کمک دوربین فیلمبرداری و نرم‌افزار تحلیلی ویدیویی بررسی کنند.

بررسی نظری

رفتار میله و تحلیل نظری آن، برحسب این که انتهای میله در تماس با زمین ثابت بماند و یا آزادانه حرکت کند، تغییر خواهد کرد. در این مقاله، بررسی ما محدود به حالتی است که انتهای میله در تماس با زمین ثابت بماند.

موقعیت شکل (۱ـ الف) را بررسی کنید. فرض کنید که میله (به جرم m و طول L) حول نقطهٔ O می‌چرخد. نمودار جسم آزاد آن در شکل (۱ـ ب) نمایش داده شده است. میله حول محور ثابتی دوران می‌کند. بنابراین، می‌توانیم از معادلهٔ زیر استفاده کنیم:

$$\sum \tau = I\ddot{\theta}, \qquad (۱)$$

حول نقطه O

که در آن، τ گشتاور نیروهای وارد بر جسم حول نقطهٔ O و I گشتاور لختی حول نقطهٔ O و $\ddot{\theta}$ شتاب زاویه‌ای است.

با به کارگیری معادلهٔ (۱) خواهیم داشت:

$$-(mgL/۲)\cos\theta = (mL^۲/۳)\ddot{\theta}, \qquad (۲)$$

و با ساده و مرتب کردن آن خواهیم داشت:

$$\ddot{\theta} = -(۱۴/۷/L)\cos\theta. \qquad (۳)$$

انتگرال اول را می‌توان محاسبه کرد. ولی انتگرال دوم تابع بیضوی است که در آن θ برحسب زمان است. معادلهٔ (۳) باید به صورت عددی حل شود.

امروزه، برنامه‌های رایانه‌ای فراوانی در دسترس دانشجویان هستند که حل عددی معادله‌های دیفرانسیل را به راحتی انجام می‌دهند. حتی اگر دانشجویان درس معادله‌های دیفرانسیل و یا روش‌های عددی را نگذرانده باشند، می‌توانند از این برنامه‌ها استفاده کنند.

در این مورد، ما با استفاده از برنامهٔ نرم‌افزاری مدل کردن سیستم STEL-LA[۲]، معادلهٔ (۳) را با فرض $\theta = \theta_i$ و $\dot{\theta} = ۰$ به صورت عددی حل کردیم. از این رو $\theta(t)$ قابل محاسبه

است . وضعیت عمودی نقطه‌ای از انتهای میله‌ای به طول L، با استفاده از رابطهٔ زیر به دست می‌آید :

$$y_{\text{نقطهٔ انتهایی میله}}(t) = L\,\mathrm{Sin}\,\theta(t). \qquad (۴)$$

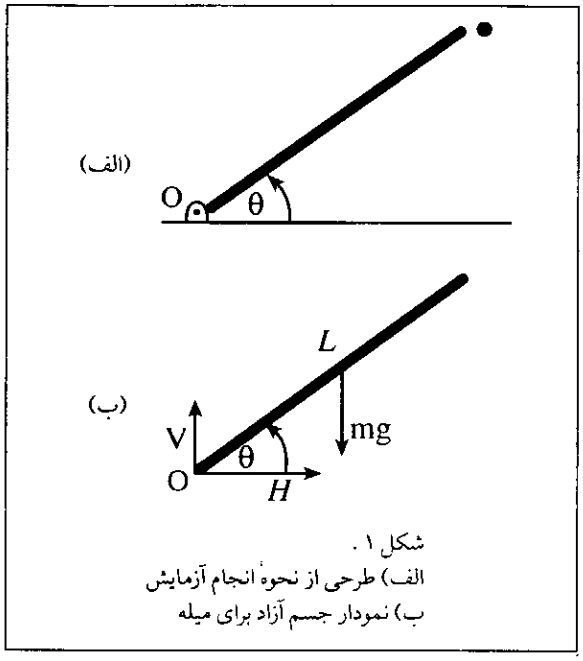
فرض کنید، توپ ابتدا در همان ارتفاعی قرار دارد که انتهای آزاد میله (یعنی $L\sin\theta_i$) قرار دارد . ما می‌توانیم وضعیت قائم توپ درحال سقوط آزاد را برحسب زمان، از رابطهٔ زیر به دست آوریم :

$$y_{\text{توپ}}(t) = L\,\mathrm{Sin}\,\theta_i - (۱/۲)gt^۲, \qquad (۵)$$

که در آن $g = ۹/۸ m/s^۲$ شتاب گرانی است .

با توجه به معادله‌های (۴) و (۵) می‌توانیم، اختلاف ارتفاع بین انتهای آزاد میله و توپ را، وقتی که یکی از $y_{\text{توپ}}(t)$ و یا $y_{\text{انتهای آزاد میله}}(t)$ صفر می‌شود، به دست آوریم . خط پر در شکل (۲)، اختلاف ارتفاع نظری را برحسب θ_i برای میله‌ای دومتری نشان می‌دهد .

منحنی بالای خط ارتفاع ـ صفر نشان می‌دهد که ابتدا میله به سطح افقی می‌رسد و منحنی پائین خط ارتفاع صفر دلالت بر آن می‌کند که ابتدا توپ به سطح افقی می‌رسد . تحت زاویهٔ اولیهٔ ۰/۸۳۶ رادیان $(۴۷/۹^\circ)$ ، انتهای آزاد میله و توپ همزمان به سطح افقی می‌رسند .



شکل ۱ .
الف) طرحی از نحوهٔ انجام آزمایش
ب) نمودار جسم آزاد برای میله

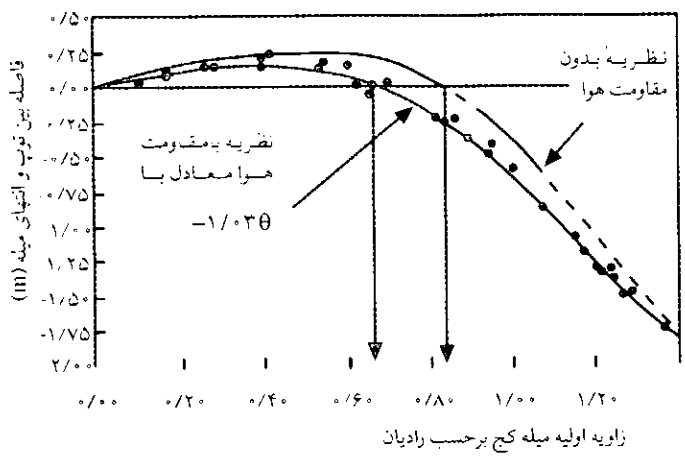
آزمایش

آزمایش به کمک یک توپ گلف و یک میلهٔ دومتری انجام شد . نویسندگان، توپ ومیله را همزمان رها کردند ؛ به طوری که توپ اندکی جلوی میله قرار داشت . با ضبط حرکت به وسیلهٔ دوربین، نتایج ویدیویی را با استفاده از "Video point" تجزیه و تحلیل کردیم . تحلیل‌های مستقل توسط هرکدام از نویسندگان انجام شد و داده‌ها با نقطه‌های توپر در شکل ۲ مشخص شدند . همچنین می‌توان دید که اختلاف واضحی بین محاسبه‌های نظری و نتایج تجربی وجود دارد . در آزمایش، هرگاه زاویهٔ اولیهٔ میله ۰/۶۷±۰/۰۳ رادیان $(۳۸/۴^\circ \pm ۱/۷^\circ)$ باشد، انتهای میله همزمان با توپ به سطح افقی می‌رسد؛ در صورتی که مقدار آن براساس محاسبات نظری ۰/۸۳۶ رادیان $(۴۷/۹^\circ)$ است .

بر طبق محاسبات هارتل (منبع شمارهٔ ۴)، می‌توانیم بگوییم که اثرهای کشسانی نمی‌توانند عامل این اختلاف باشند . محتمل‌ترین علت‌ها مقاومت هوا و یا اصطکاک محور دوران هستند . اگر فرض کنیم که مقاومت هوا با سرعت زاویه‌ای متناسب باشد، معادلهٔ حرکت میله به صورت زیر درخواهد آمد :

$$\ddot{\theta} = -(۱۴/۷/L)\mathrm{Cos}\,\theta + C\dot{\theta} \qquad (۶)$$

ثابت C را می‌توان به گونه‌ای انتخاب کرد که توپ و انتهای میله‌ای که دارای زاویهٔ ۰/۶۷ رادیان (بر طبق آزمایش) است، با هم به زمین برسند . اگر این کار را انجام بدهیم، ثابت تناسب را برابر ۱/۰۳− به دست می‌آوریم . علامت منفی با این واقعیت که θ° منفی



شکل ۲.

نمودار Δy برحسب θ_i است. در این جا θ_i زاویهٔ اولیهٔ میلهٔ کج و Δy فاصلهٔ عمودی بین توپ و انتهای میله در لحظه‌ای است که یکی از آن دو به سطح افق می‌رسند. مقدار مثبت Δy دلالت بر آن می‌کند که ابتدا میله به سطح افق می‌رسد. منحنی توپر نقاط داده‌ها را نشان می‌دهد و منحنی خط تیره، نتایج با فرض وجود مقاومت هوا متناسب با $-1/03\theta$ (نگاه کنید به معادلهٔ ۶) را نمایش می‌دهد.

است، سازگاری دارد. با درنظر گرفتن این مقدار برای ضریب ثابت، نمودار نظری را با فرض مقاومت هوای $-1/03\dot{\theta}$ می‌توان رسم کرد. نمودار خط چین شکل ۲ این نتیجه را نمایش می‌دهد. اگرچه بهترین مقدار ضریب می‌تواند بین ۰/۸ و ۰/۹ باشد، اما سازگاری بسیار خوبی بین نظریه و نتایج آزمایش برای تمامی مقادیر زاویهٔ اولیه وجود دارد. اندازه‌گیری مستقل به روشنی ثابت کرد که مقاومت هوای وارد بر میلهٔ دومتری نسبت به نیروی اصطکاک وارد بر محور دوران و یا برخی از اثرهای ناشناخته در بررسی رفتار سقوط میله و یا توپ دارای اهمیت هستند.

مرجع : .....

THE PHYSICS TEACHER . Vol. 40. September 2002

منابع : .....

1. Herman Hartel. "The falling stick with a≷g," *Phys. Teach.* 38. 54-55 (Jan. 2000).

2. STELLA. High Performance Systems Inc., 45 Lyme Road. Suite 200. Hanover, NH 03755; http://www.hps-inc.com.

3. Video Point. Lenox Software Inc., 114 Main St., Lenox, MA 01240; http://www.lenoxsoftworks.com/videopoint/.

4. Herman Hartel, private communication.

* M.E. Bacon, Michael R. Harpst, and Ryohei Nakazawa

گفت و شنود

آقای سیدجعفر مهرداد، از دبیران باسابقه و علاقه‌مندی هستند که علاوه بر تدریس فیزیک، پژوهشگری فعال نیز بوده و در زمینه‌های متعدد علمی و ادبی کارهای جالبی انجام داده‌اند و همواره در گردهمایی‌های دبیران و همایش‌های آموزش فیزیک، از محضر ایشان بهره‌مند شده‌ایم. ایشان از شروع کار مجلهٔ «رشد آموزش فیزیک» با این نشریه همکاری فعال داشته‌اند و اکنون نیز در هیأت تحریریهٔ مجله در خدمتشان هستیم. این گفت‌وگو در خلال یکی از جلسات هیأت تحریریه انجام گرفته است.

دکتر منیژه رهبر: چه طور شد که رشتهٔ تحصیلی فیزیک را انتخاب کردید؟

● پس از پایان تحصیلات دبیرستان مصمم بودم که در دانشسرای عالی ادامهٔ تحصیل بدهم. علاقه‌مند به علوم عقلی و مسائل فلسفی بودم. با چند نفر آگاه به تحصیلات دانشگاهی مشورت کردم، گفتند در دنیای امروز بهتر است طالب فلسفه، ابتدا فیزیک بخواند. ترجیح دادم که کنجکاوی عملی اندیشه، یعنی «علم» را بر فلسفه مقدم سازم و به تحصیل در رشتهٔ فیزیک بپردازم و همیشه از این موهبت که نصیب من شد، خدا را سپاسگزارم.

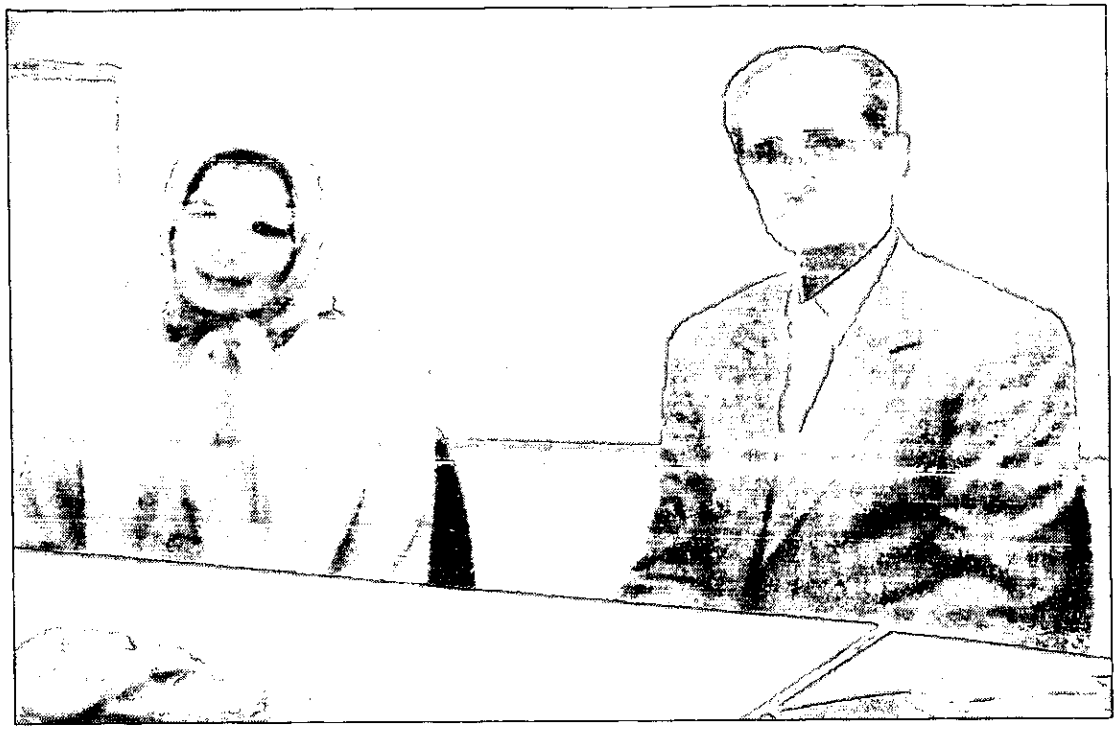
احمد احمدی: چه سالی وارد دانشگاه شدید؟ استادان شما و اثرگذارترین آن‌ها چه کسانی بودند؟ به عبارت دیگر شمس تبریزی شما چه کسی بود؟

● در مهرماه سال ۱۳۳۱ با انجام دو امتحان ورودی جداگانه در دانشگاه تهران، ابتدا در رشتهٔ فیزیک دانشکده علوم و سپس در آموزش دبیری دانشسرای عالی پذیرفته شدم.

درس‌های علوم فیزیک را در دانشکدهٔ علوم در دانشگاه تهران می‌خواندیم. استادان ما عبارت بودند از: **دکتر حسابی** (اپتیک فیزیک)، **دکتر اسماعیل بیگی** (صوت)، **دکتر آزاد** (الکتریسیته)، **دکتر روشن** (ترمودینامیک)، **دکتر جناب** (مکانیک و فیزیک اتمی)، **دکتر خمسوی** (نور هندسی و طیف‌شناسی)، و **پروفسور غفاری** (ریاضیات).

فقط دو کتاب درسی مکانیک و صوت داشتیم. باقی درس‌ها با جزوه‌نویسی و پلی‌کپی‌های غالباً ناقص و ناخوانا همراه بودند. دانشجویانی که با زبان فرانسوی آشنایی داشتند، عموماً به پنج جلد دورهٔ «فیزیک بروها» (مکانیک، اپتیک، الکتریسیته، ترمودینامیک، مسائل) مراجعه می‌کردند.

درس‌های علوم روان‌شناسی و تربیتی را در دانشسرای عالی (حوالی میدان بهارستان، باغ نگارستان، جنب وزارت ارشاد



اسلامی کنونی) می خواندیم. استادان ما عبارت بودند از: شادروانان **دکتر مهدی جلالی** (روان شناسی پرورشی)، **دکتر امیر هوشمند** (فلسفهٔ آموزش و پرورش)، **دکتر عیسی صدیق** (تاریخ فرهنگ ایران)، و **دکتر هوشیار** (اصول آموزش و پرورش).

کلاس درس دکتر هوشیار در «سالن قریب» دانشسرای عالی، همواره از دانشجویان رشته های مختلف دبیری و دیگر علاقه مندان پر بود و درخشندگی و جلوهٔ خاصی داشت.

هنگامی که از آرای بزرگان در باب پرورش و آخرین رأی در این باب سخن می گفت و یا تناقض اصول آموزش و پرورش (مانند تناقض اصل اجتماع و تفرد و...) و حل آن ها را مورد بررسی قرار می داد، کلاس سراپا گوش بود.

وقتی برخی مسائل مربوط به حیات سائقی انسان را استادانه بررسی و تجزیه و تحلیل می کرد، کلاس از صدای خنده و غوغای دانشجویان پر می شد. تنها این معلم آگاه می توانست با استشعار تمام، چنین کلاس پرهیجانی را برای شنیدن مطالب بعدی به سکوت وادارد و از آن گفتار و رفتار هنرمندانه، برای آموزش شاگردان به طور مؤثر و مطلوب نتیجه گیری کند.

بی تردید کتاب «**اصول آموزش و پرورش**»، تألیف دکتر هوشیار، علاوه بر فضل تقدم، از لحاظ پرباری محتوا و انسجام لفظ و معنی اثری نامدار و پایدار در آموزش و پرورش کشور است.

بخت با من یار بود که با شادروان دکتر هوشیار ارتباط و آشنایی بیش تری پیدا کردم. دلیل آن این بود که دانشجویان باید پس از بازدید چندکلاس درس در دبیرستان های تهران و تدریس در این کلاس ها، گزارشی به عنوان تمرین دبیری تقدیم استاد می کردند.

در گزارش تمرین دبیری من، چند کلاس درس با ذکر جزئیات مورد بررسی قرار گرفته بودند. در یکی از این کلاس ها، عنوان درس «وزن مخصوص» بود. معلم این کلاس به روش سنتی، درس را مطابق کتاب، با تعریف (وزن مخصوص عبارت است از وزن واحد حجم جسم) شروع کرد و با ذکر یک رابطه، بیان چند علامت اختصاری و چند مثال عددی به پایان برد. معلم متکلم وحده بود و دانش آموزان مخاطبان خاموش. من این روش تدریس را به نقد کشیدم و توضیح دادم اگر من معلم این کلاس بودم، چه نکاتی را رعایت می کردم. مثلاً ابتدا از شاگردان می پرسیدم «**آهن سنگین تر است یا چوب**»؟ پس از دریافت پاسخ دانش آموزان، با نشان دادن چند جسم هم حجم و ناهمجنس، دانش آموزان را به سویی می کشاندم که چگونه باید به پرسش «**آهن سنگین تر است یا چوب؟**» پاسخ دقیق بدهند.

این گزارش مفصل من مورد توجه خاص استاد قرار گرفت و به وسیلهٔ دانشجویان پیغام داد که من در کوتاه ترین زمان به ایشان مراجعه کنم. به دانشسرای عالی رفتم. استاد در کلاس درس مشغول تدریس بود. پس از کسب اجازه در آستانهٔ در کلاس قرار گرفتم و با عرض ادب خود را معرفی کردم. استاد از پشت میز تدریس با احترام برخاست و گفت: «همان جا بمان تا به دست بوسی تو بیایم.»

خیلی سریع به سویم آمد. من شگفت زده بر جایم میخکوب شدم، مرا در آغوش گرفت و اصرار داشت به گفتار خود جامهٔ عمل بپوشد. شرمگینانه با تمنای کمک از شاگردان کلاس، خود را از این تنگنا به کنار کشیدم.

پس از مدتی استاد از من خواست در جریان مشاورهٔ

از چپ به راست: دکتر منیژه رهبر، سیدجعفر مهرداد، احمد احمدی و روح‌الله خلیلی

تحصیلی فرزند یک خانوادهٔ سرشناس ایرانی با همسر آلمانی قرار بگیرم. بعد از آن، در جمع این خانواده یا در منزل شخصی استاد، توفیق دیدار مکرر و مذاکره و استفاده از محضر ایشان را یافتم. از این خانواده شنیدم که شادروان دکتر هوشیار صرفنظر از تحصیلات عالی علوم تربیتی، در «ادبیات آلمان» میان همدوره‌ای‌های آلمانی خود رتبهٔ اول را دریافت کرده‌اند. دکتر هوشیار در زمان تحصیل از لحاظ رشتهٔ اختیاری به مطالعه و تحقیق «تاریخ ادبیات آلمان» اشتغال داشتند. ترجمه‌های «ارادهٔ معطوف به قدرت» اثر **نیچه** و «سال‌های تصمیم» اثر **اسوالد شپنگلر** و رساله‌های «تکامل» و «صور نوعیه از منظر گوته» و مقالات دیگر این استاد گرانقدر، معرف مراتب دانش اوست.

دکتر منیژه رهبر: صرفنظر از علاقهٔ شما به آموزش فیزیک، دلبستگی شما به ادب و شعر فارسی از کجا نشأت گرفته و چگونه بوده است؟

● مانند اکثر خانواده‌های ایرانی، در خانهٔ ما نیز گفت‌وگو دربارهٔ شعر و شاعری و دیوان‌های شاعران نامدار متداول بوده است. یکی دو نفر از اعضای خانوادهٔ ما هم صاحب ذوق بودند و به عنوان تفنن گاهی شعر گیلکی و یا فارسی می‌سرودند. شاید هم این گرایش خاطر از آن‌جا نشأت گرفت که من پس از پایان تحصیلات ابتدایی در خرداد ۱۳۲۳، برای گذراندن تابستان در مدرسهٔ «صالح‌آباد رشت»، بازمانده از مدرسه‌های قدیم، نزد معلمی از آشنایان پدرم به خواندن صرف و نحو عربی پرداختم.

مقارن این ایام، اولین مدرسهٔ قدیمهٔ رشت پس از شهریور ۱۳۲۰ و سقوط حکومت رضاشاه، به نام «مدرسهٔ مهدویه» دایر شد. در این مدرسه دو سال تمام مقدمات علوم قدیم (صرف، نحو، منطق و بخشی از معانی و بیان) را خواندم.

دکتر منیژه رهبر: گفتید به مدرسهٔ قدیمه هم رفتید، به نظر شما عمدهٔ نقاط قوت آن مدرسه‌ها چه بود؟

● در مورد نقاط قوت مدرسه‌های قدیمه چند نکته قابل ذکر و تأمل است:

۱. چند نفر پس از انتخاب «**کتاب و همدرس و استاد**»، عموماً صبح‌ها به درس معلم می‌رفتند و معمولاً عصر همان روز به جای مطالعه به صورت تنهایی، با همدرسان خود بحث و مذاکره می‌کردند. بیش‌تر متعلمان علاقه‌مند با «**پیش مطالعه**»، خود را برای درس بعدی آماده می‌ساختند.

شاگردان قدیمی نیز با تدریس به نوآموزان، کتاب‌های خوانده شده را مرور می‌کردند و همواره توصیهٔ «الدرس حرف و التکرار الف» را به کار می‌بستند.

۲. در نظام آموزشی این مدرسه‌ها، کتاب‌های درسی و مؤلفان آن‌ها، از دیدگاه آموزندگان و آموزش‌یافتگان، سندیت و اعتبار خاصی دارند. سابقهٔ تألیف بیش‌تر این کتاب‌ها مانند: «صرف میر» **میرسید شریف جرجانی** (وفات ۸۱۶ هـ. ق)، «نحو صمدیه» **شیخ بهایی** (وفات ۱۰۳۱ هـ. ق) و «منطق حاشیه» **ملاعبدالله استاد شیخ بهایی** بر تهذیب‌المنطق **تفتازانی** (وفات ۷۹۳ هـ. ق)، به چند قرن پیش می‌رسد.

آن قدر بر این گونه کتاب‌ها شرح، حاشیه و تعلیقه نوشته شده که برای مدرسان مجرب نکتهٔ مبهمی باقی نمانده است. در مرحلهٔ مقدمات علوم قدیم و پس از آن در مرحلهٔ سطح (اصول، فقه و...) به علت سابقهٔ قرن‌ها آموزش درس‌های قدیم، به حد کافی منابع و مراجع برای معلم و متعلم علاقه‌مند فراهم هستند.

۳. معلمان و متعلمان مؤمن، چون تعلیم و تعلم را موجب رضای خدا می‌دانند، در این راه با بذل مساعی و اهتمام چشمگیر، آنچه در توان دارند به کار می‌بندند.

روح‌الله خلیلی بروجنی: استادان شما در این درس‌ها چگونه بودند؟ همچنین لطفاً بگویید پس از تحصیل مقدمات علوم قدیم، به چه صورتی ادامهٔ تحصیل دادید؟

● به علت شروع کار اولین مدرسهٔ قدیمه پس از شهریور ۱۳۲۰ در رشت، معلمان عالیقدری با مراتب علمی و اجتماعی بالا، به عنوان تیمن و تبرک تعلیم ما را به عهده گرفتند. این هم از فرصت‌های گرانمایه‌ای بود که نصیب من شد.

در مهر سال ۱۳۲۵ وارد دبیرستان شدم و دورهٔ شش سالهٔ دبیرستان را در خرداد ۱۳۳۱ با دریافت گواهی نامهٔ پایان تحصیلات متوسطه، در رشت به پایان رساندم.

سه سال آخر دبیرستان از ۱۳۲۸ تا ۱۳۳۱ با مبارزات

برای «**ملی کردن صنعت نفت ایران**» مقارن بود. امتیاز نفت جنوب ایران یکصد سال پیش در ۱۲۸۰ هـ. ش به انگلیس ها داده و در سال ۱۳۱۲ تمدید شد. پس از گذراندن یک دورهٔ پرالتهاب و هیجان سرانجام در ۲۹ اسفند ۱۳۲۹، قانون «**ملی کردن صنعت نفت در سراسر کشور**» تصویب شد. اجرای این قانون، خلع ید از شرکت نفت سابق، بستن کنسولگری های انگلیس و پیروزی های استقلال طلبانهٔ ملت ایران را به دنبال داشت. در این دوره، من هم مانند همهٔ مردم و بسیاری از فرهیختگان به خصوص دانشجویان و دانش آموزان، مقالات میهنی می نوشتم و شعرهای وطنی می سرودم و در تظاهرات اجتماعی و جشن های پیروزی شرکت داشتم.

دکتر منیژه رهبر: آن شعر معروف «گل پامچال» را در همان زمان سرودید؟

● بله، این ترانه را در همان ایام سرودم. برای اولین بار در آستانهٔ نوروز ۱۳۳۰، در جشنی به مناسبت ملی شدن صنعت نفت ایران خوانده شد و چندی بعد به رادیو ایران راه یافت. پس از چهل سال، به درخواست مدیر نشر گیلکان سرگذشت این ترانه را در «**مجموعهٔ مقالات گیلان شناسی**»[1] نوشتم.

احمد احمدی: چند سال دبیر بودید و چه درس هایی را در دبیرستان تدریس کردید؟

● در خرداد ۱۳۳۴، از دانشکدهٔ علوم دانشگاه تهران در رشتهٔ **علوم فیزیک**، لیسانس و از دانشسرای عالی دانشگاه تهران وزارت فرهنگ، برای آموزش در رشتهٔ علوم فیزیک لیسانس دریافت کردم. در مهرماه ۱۳۳۴ به عنوان دبیر فیزیک استخدام شدم. تا سال ۱۳۴۵ در شهرستان رشت به تدریس این درس اشتغال داشتم و دوسال آخر، در آن جا ضمن تدریس، عهده دار ریاست دبیرستانی نیز بودم. پس از آن به تهران منتقل شدم و تا پایان خدمت در دبیرستان های تهران به تدریس فیزیک و مکانیک اشتغال داشتم و در آبان ۱۳۶۱ بازنشسته شدم.

احمد احمدی: بهترین خاطرات دبیری خود را برای ما بفرمائید.

● دبیری و خاطرات مربوط به آن عموماً برای من مطبوع و خاطرنواز بوده است. برخی از آن ها را خاطرنشان می کنم.

۱ـ دبیری دانشسرای مقدماتی

علاوه بر تدریس فیزیک دبیرستان، از سال ۱۳۳۶ به بعد به مدت سه سال، تدریس علوم تجربی «دانشسرای مقدماتی» گیلان نیز به من محول شد. در این سال ها دانش آموزان دانشسرای مقدماتی، از حومهٔ شهرستان های گیلان پس از اخذ گواهینامهٔ دورهٔ اول متوسطه، با امتحان و درنظر گرفتن امتیاز، انتخاب می شدند. عموماً روستازادگان ناحیه های گوناگون گیلان شاگردان این کلاس ها بودند و این برای من فرصتی فراهم می آورد تا به وسیلهٔ این شاگردان مستعد، از آداب و رسوم، افسانه ها، ترانه های محلی، ضرب المثل ها، اختلاف لهجه ها و تفاوت واژه های نقاط متعدد گیلان آگاهی یابم و به جمع آوری آن ها بپردازم و خود دانش آموزان را نیز به این کار تشویق کنم. نمونه ای از این کوشش ها قابل ذکر است.

در بخش الکتریسیتهٔ ساکن، کتاب های فیزیک می خواندیم با بستن گلوله ای از «مغز آقطی» به نخ ابریشمی و آویختن آن به یک پایهٔ عایق، می توانیم «آونگ الکتریکی» بسازیم. پس از آن که دریافتم آقطی گیاهی است وحشی با دانه های قرمز تیره، محتوی رنگ قرمز و آن را در غرب گیلان (صومعه سرا، فومن و...) «شوند» می نامند، چند نمونهٔ کوچک از ساقه، برگ و دانهٔ آن را تهیه کردم و به دانش آموزان ناحیه های گوناگون دادم تا آن را بررسی کنند.

در مورد این گیاه باید بگویم که در شرق گیلان (لاهیجان، لنگرود...) آن را «پلاخوم» و در بعضی نقاط دیگر آن را «پلاخون» و «پلخوم» و «پلخون» و «پلیام» و «پلیم» و «پلهام»، و شوند را نیز «شون» می نامند. آقطی نام یونانی این گیاه است. **مغز ساقهٔ شوند همان مغز آقطی، بسیار سبک و برای آونگ الکتریکی مناسب است.**

نکتهٔ مهمی را یادآوری می کنم. پس از این سال ها، **برخلاف توصیهٔ صاحبنظران دلسوز فرهنگی، دانشسراهای مقدماتی در سراسر کشور تعطیل و دانشسراهای راهنمایی جانشین آن ها شدند.**

۲ـ کلاس کارآموزی آموزگاران

در سال هایی که در دانشسرای مقدماتی تدریس می کردم، برای **آموزگاران شاغل در روستاها** که گواهینامهٔ دورهٔ اول متوسطه را داشتند، کلاس های کارآموزی دایر شدند و تدریس علوم آن ها را به من محول کردند.

شرح چند خاطره از این کلاس ها قابل ذکر و تأمل است.

در یکی از جلسات درس، با چند دماسنج پزشکی، پنبه و الکل وارد کلاس شدم. دماسنج ها را به چند نفر دادم و از آن ها خواستم دمای بدن خود را اندازه بگیرند. با کمال تأسف متوجه شدم که اکثر آن ها با اندازه گیری دمای بدن توسط چنین

وسیلهٔ ساده‌ای، ناآشنا بودند.

این آموزگاران برای معرفی واحد طول (متر)، از دایرهٔ عظیمهٔ نصف‌النهار زمین و یک چهل میلیونیم محیط آن [برای کودکان دبستانی] سخن می‌گفتند. درحالی که وقتی از اندازهٔ طول قد آن‌ها یا طول و عرض کلاس پرسشی می‌شد، پاسخ‌ها را غالباً نادرست تخمین می‌زدند. شمال و جنوب کشورها را می‌دانستند، ولی از تشخیص جهات اصلی کلاس و مدرسهٔ خود ناتوان بودند.

در این کلاس‌ها، سعی من صرف این شد که به این آموزگاران راهکارهای درست و لازم را عرضه کنم تا آن‌ها بتوانند دانش‌آموز دبستانی خود را از محسوس به مفهوم راهنمایی کنند و آنان را کنجکاو، آگاه و دقیق پرورش دهند.

رضایت خاطر من از کوشش در این کلاس‌ها از خوش‌ترین خاطره‌هایم است.

۳ـ انجمن معلمان علوم تجربی

پاییز سال ۱۳۴۰، به همت دبیران علوم تجربی تهران و شمیرانات «انجمن معلمان علوم تجربی» تأسیس شد. **شادروان دکتر عبدالله خدایاری** نمایندهٔ رشتهٔ علوم طبیعی، **آقای عطاءالله بزرگ‌نیا** نمایندهٔ گروه شیمی و **آقای اصغر نوروزیان** نمایندهٔ گروه فیزیک، به عنوان هیأت رئیسهٔ انجمن انتخاب شدند. پس از آن با همکاری وزارت فرهنگ در شهرستان‌ها نیز «انجمن معلمان علوم تجربی» تشکیل شد.[۲]

سازمان دادن کلاس‌های کارآموزی برای استفاده از وسایل آزمایشگاهی، انتشار نشریه برای ارتقای سطح علمی معلمان، تدریس علوم از رادیو و تلویزیون، تنظیم گردش‌های علمی و تهیهٔ فیلم‌های علمی، و از همه مهم‌تر تشکیل کنفرانس عمومی انجمن‌های معلمان علوم تجربی کشور، از اقدامات بسیار مفید این انجمن‌ها بودند.

سه کنفرانس عمومی اول در تابستان سال‌های ۴۱ و ۴۲ و ۱۳۴۳ در تهران و کنفرانس چهارم در تابستان ۱۳۴۴ در بندرانزلی برگزار شدند. این کنفرانس‌ها در پیشرفت آموزش علوم تجربی به خصوص توسعهٔ آزمایشگاه‌ها و تأکید بر انجام آزمایش در مدرسه‌ها تأثیر چشمگیری داشت.

کنفرانس عمومی پنجم، در شهر ارومیه و با شرکت دبیران علوم تجربی ایران و استادان داخلی و خارجی تشکیل شد. من در این پنج کنفرانس به عنوان دبیر انجمن معلمان علوم تجربی رشت شرکت داشتم. این کنفرانس به موجب بخشنامهٔ ادارهٔ کل تعلیمات متوسطهٔ **وزارت آموزش و پرورش، به منظور بحث و گفت‌وگو دربارهٔ برنامهٔ جدید علوم تجربی دبیرستان‌ها** و نحوهٔ استفاده از وسایل آزمایشگاهی، در مرداد ۱۳۴۵ به مدت شش روز برگزار شد. خاطرهٔ جلسهٔ پایانی آخرین روز کنفرانس قابل ذکر و عنایت است.

در این مراسم، جمع کثیری از دبیران علوم تجربی، برخی مدیران کل، معاونت وزارت آموزش و پرورش، برنامه‌ریزان و کارشناسان آموزشی شرکت داشتند. وقتی سخن یکی از صاحب‌منصبان عالی‌مقام وزارت آموزش و پرورش دربارهٔ برنامهٔ جدید علوم تجربی به پایان رسید، دبیر سالمندی اجازهٔ سخن گفتن خواست. به نظر می‌رسید که اداره‌کنندگان جلسه با مراتب دانش و فضل او آشنایی دارند. جلسه ساکت و خاموش و سراپا گوش شد. پیرمرد آرام ولی محکم و باوقار گفت:

«آقایان! تمام این کوشش‌ها برای این است که مهندس خوب، پزشک دلسوز، قاضی دانا و... تربیت کنیم، مگر این‌طور نیست؟ ولی با کمال تأسف، گزارشی از یک مجلهٔ خارجی که هم‌اکنون همراه من است، بیان می‌کند که فقط در سال جاری، صدها نفر از تحصیلکردگان ایران به خارج مهاجرت کرده‌اند. **اگر حاصل کار ما این است، این چه بار گرانی است که ما معلمان بر دوش می‌کشیم و چه رنج بیهوده‌ای است که می‌بریم...**»

پیرمرد بر جای خود نشست. سخنران در پشت میز خطابه سر به زیر افکند و پس از چند دقیقه سر بلند کرد و با بغضی در گلو گفت: «چه عرض کنم؟»

صدای زنگ اخطار این فرهنگی آگاه و دلسوز در گوش کسی فرو نرفت و سال‌های سال است که «فرار مغزها» همچنان ادامه دارد. من دو دهه پایانی خدمت دبیری خود را در مدرسه‌های معروف تهران گذراندم. در کلاس‌هایی تدریس کردم که اغلب شاگردان آن کلاس‌ها در دانشکده‌های معتبر ایران ادامهٔ تحصیل داده‌اند، ولی عموماً پس از اتمام تحصیلات دانشگاهی در ایران نمانده‌اند.

۴ـ کنفرانس آموزش فیزیک

اولین کنفرانس آموزش فیزیک (۲۳ تا ۲۵ اردیبهشت ۱۳۷۱) به کمک وزارت آموزش و پرورش و انجمن فیزیک ایران و با اهتمام چندین ماههٔ کمیتهٔ علمی در بابل با موفقیت برگزار شد. در این کنفرانس من سخنرانی با عنوان «تطور زبان فارسی در آموزش فیزیک» ارائه کردم که در مجلهٔ رشد آموزش فیزیک شمارهٔ ۳۰-۳۱ چاپ و منتشر شده است. در هشتمین کنفرانس آموزشی فیزیک (۱۲ تا ۱۴ مرداد ۱۳۷۸ در تبریز) نیز سخنرانی دیگری با عنوان «فلسفه و آموزش فیزیک ایران» ارائه کردم (مجلهٔ رشد آموزش فیزیک. شمارهٔ ۵۳).

پیشرفت شگفت‌انگیز علوم فیزیک، لزوم اصلاح برنامه‌های درسی، نیاز معلمان به آموزش و مبادلهٔ اطلاعات با همکاران، ایجاب می‌کنند که این گونه همایش‌ها را برای بحث و مذاکره دربارهٔ مسائل علمی و فنی دبیران نهادینه کنیم. هزینه کردن در راه پیشرفت آموزش و پرورش، سرمایه‌گذاری پرسودی برای تعلیم و تربیت کشور است که ما از آن غافلیم.

من در کنفرانس‌های آموزش فیزیک با علاقه‌مندی تمام، داوطلبانه یا به عنوان عضو کمیتهٔ علمی و یا سخنران شرکت داشته‌ام و از فیض حضور و دانش و تجربهٔ همکاران گرامی بهره گرفته‌ام. امیدوارم وزارت آموزش و پرورش به تشکیل مجدد این گونه کنفرانس‌ها عنایت بیش‌تری مبذول کند.

روح‌الله خلیلی بروجنی: امتحان ورودی شما به دانشگاه به چه صورت بود و چند نفر شرکت‌کننده داشت؟ پس از تحصیل در دانشگاه چه طور شد که به رشت رفتید؟ در ضمن لطفاً بگویید، وضع آزمایشگاه مدرسه‌ها چگونه بود و شما خودتان آزمایش‌ها را انجام می‌دادید یا دانش‌آموزان؟

● پیش از این گفتم که ما دو امتحان ورودی جداگانه دادیم. ابتدا در امتحان ورودی رشتهٔ فیزیک دانشکدهٔ علوم شرکت کردیم. امتحان به صورت کتبی برگزار شد و شامل چند مسألهٔ مکانیک، نور و الکتریسیته بود. به علت جداگانه بودن امتحان ورودی هر رشته تحصیلی و منحصر بودن رشتهٔ فیزیک در دانشگاه تهران، تعداد داوطلبان قابل ملاحظه و چشمگیر بود.

امتحان ورودی آموزش دبیری در دانشسرای عالی، شامل امتحان اطلاعات عمومی و امتحان هوش بود و به صورت تستی و کلی انجام می‌یافت. در هر رشتهٔ تحصیلی تعداد بسیار معدودی، حدود ده نفر، بسته به بودجه و تقاضای وزارت آموزش و پرورش (وزارت فرهنگ سابق) پذیرفته می‌شدند. فارغ‌التحصیلان ممتاز دانشسراهای مقدماتی کشور (شاگردان اول و دوم) و آموزگاران مشغول خدمت، پس از گذراندن پنج سال آموزگاری، با قبول شدن در امتحان ورودی هر رشتهٔ دانشکدهٔ علوم، بدون شرکت در امتحان ورودی دانشسرای عالی از طرف وزارت آموزش و پرورش به منظور آموزش دبیری، برای تحصیل به این دانشسرا معرفی می‌شدند.

در مورد این که پس از تحصیل در دانشگاه چطور شد به رشت رفتم، باید بگویم که: برای بسیاری از شهرستان‌های کشور، محل حقوقی دبیر فیزیک تأمین شده بود. ما چند تن معدود از فارغ‌التحصیلان خرداد ۱۳۳۴ بودیم که توانستیم به آسانی و به دلخواه محل کار خود را انتخاب کنیم و من رشت را برگزیدم. مطابق قانون، فارغ‌التحصیلان با تعهد دبیری، مجبور بودند پنج سال اول دبیری خود را در شهرستان‌ها انجام وظیفه کنند. دبیران مورد نیاز تهران با انتقال دبیران باسابقهٔ شهرستان‌ها و یا استخدام فارغ‌التحصیلان آزاد (بدون آموزش و تعهد دبیری) تأمین می‌شدند.

در سال‌های اول دبیری من، با آن که در برنامهٔ رسمی وزارت فرهنگ و کتاب‌های درسی، موارد «کار در آزمایشگاه» و «تمام این مواد باید فقط در آزمایشگاه عمل شوند» قید و یادآوری شده بودند، در بیش‌تر دبیرستان‌ها نه آزمایشگاه دیده می‌شد و نه وسائل آزمایش. تدریس فیزیک مانند سایر درس‌ها جنبهٔ نظری داشت.

در سال‌های بعد که اوضاع اقتصادی ایران با پول‌های حاصل از فروش نفت تقریباً سروسامانی گرفت و شرکت‌های فروشندهٔ لوازم آزمایشگاهی گوناگون در تهران به راه افتادند، دبیران علاقه‌مند هم کم و بیش به آزمایش توجه نشان دادند. همچنین دبیرستان‌ها نیز عموماً به خرید جعبه‌های وسائل آزمایشگاهی اقدام کردند. تشکیل «انجمن معلمان علوم تجربی» و کلاس‌های «کارآموزی آزمایشگاهی» تأثیر فوق‌العاده‌ای در پیشرفت انجام آزمایش در دبیرستان‌ها

داشتند. این آزمایش‌ها به وسیلهٔ معلم علاقه‌مند برای تفهیم درس در کلاس صورت می‌گرفتند.

آزمایش به وسیلهٔ دانش‌آموزان با تنظیم و تهیهٔ «برنامه و دستور کار آزمایشگاه»، کتاب «آزمایش‌های فیزیک» و برقراری «امتحان و نمرهٔ کارهای آزمایشگاهی» امکان‌پذیر نیست. **نظام آموزشی و اداری و سازمان دبیرستان‌های ما حتی برای تحقق این امر تا کم‌ترین حد قابل قبول هم، فاصلهٔ بسیار دارد.** اما باید گفت که **تثبیت کلاس‌های درس فیزیک در آزمایشگاه**، برای جلب توجه دانش‌آموزان به آزمایش و امور آزمایشگاهی بسیار مؤثر و قابل ملاحظه هستند.

احمد احمدی: چند دورهٔ نظام آموزشی را دیده‌اید و به نظر شما بهترین شیوهٔ آموزش فیزیک چگونه است؟

● تقریباً سه دوره؛ یکی دورهٔ کنونی که براساس طرح «تغییر نظام آموزش و پرورش دورهٔ متوسطه» در سال ۱۳۶۹ برای اجرا به وزارت آموزش و پرورش ابلاغ شد. دیگری دورهٔ سابق که از سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۶۹ به اجرا درمی‌آمد و دورهٔ دیگر دورهٔ پیش از سال ۱۳۴۵ بود. **آموزش فیزیک در طی این دوره‌ها پیشرفت‌هایی داشته، ولی از ثبات و انتظام و انسجام لازم برخوردار نبوده است.**

برای آموزش این درس تا آخر دورهٔ راهنمایی، مناسب‌تر این است که با راهنمایی معلم و مربی، دانش‌آموزان خود به آزمایش‌های ساده بپردازند، با مشاهدهٔ علمی و کار دسته‌جمعی خو بگیرند، مهارت لازم برای امور کاربردی را کسب و رفتار علمی پیدا کنند. در دورهٔ دوم متوسطه، با تثبیت کلاس فیزیک در آزمایشگاه، علاوه بر آزمایش به وسیله دانش‌آموزان، در موارد لزوم معلم خود باید به انجام آزمایش‌های مهم و توضیح آن‌ها اقدام کند.

احمد احمدی: با چه زبان‌هایی آشنایی دارید و تاکنون چند کتاب و مقاله نوشته‌اید؟

● با زبان‌های فرانسوی و انگلیسی آشنایی دارم. دو کتاب مکانیک برای دبیرستانی‌ها نوشته‌ام. در حاشیهٔ آموزش فیزیک، حدود چهل مقالهٔ جداگانه نیز با عنوان‌هایی مانند «قانون بقای اندازهٔ حرکت زاویه‌ای و آشفتگی کتاب‌های کمک درسی»، «قانون سوم نیوتن»، «رنگین‌کمان»، «نیروی گریز از مرکز واقعیت یا توهم»، «پارادوکس هیدروستاتیک»، «نیروی کوریولیس» تألیف و ترجمه کرده‌ام.[۲] این مقاله‌ها در «مجلهٔ رشد آموزش فیزیک» از ابتدای انتشار تاکنون چاپ و منتشر شده‌اند.

در آغاز، تهیه و تنظیم این مقاله‌ها به منظور توضیح بیش‌تر مطالب درسی و ارائهٔ پاسخ درست به برخی پرسش‌های مهم کتاب‌های درسی فیزیک بود. زیرا در آن هنگام برای هر کتاب درسی، کتاب‌های کمک‌درسی گوناگون و فراوانی انتشار یافته بودند که اغلب مطالبی آشفته و نادرست و برای یک پرسش معین پاسخ‌هایی متناقض و مبهم و گمراه‌کننده داشت.

از آغاز جوانی به پژوهش در مسائل فرهنگی و اجتماعی گیلان دلبستگی داشتم. پس از بازنشستگی علاوه بر تهیهٔ مقاله‌های مربوط به فیزیک، نوشته‌هایی با عنوان‌هایی مانند «ترانه‌های روستایی گیلان»[۳] «کنزاللغات و زبان گیلان»[۵]، «فاجعهٔ مهاجرت اهالی رشت به تهران»[۶]، «درةالتاج و امیردباج فومنی ـ مقامع‌الفضل و اُتل‌خان رشتی»[۷]، «بازشناسی نهضت جنگل»[۸] فراهم آورده‌ام که چاپ و منتشر شده‌اند.

خدا را سپاسگزارم که توفیق خدمت اندکی یافتم و آن‌چه توانستم کردم. حَسب حالم را با زبان قطرهٔ باران در کمال فروتنی و خاکساری عرض می‌کنم:

یکی قطره باران ز ابری چکید
خجل شد چو پهنای دریا بدید
که جایی که دریاست من کیستم
گر او هست، حقا که من نیستم.

زیرنویس:

۱. جلد سوم. ص ۳۳۵ تا ۳۴۱. رشت. انتشارات طاعتی. ۱۳۷۱.
۲. مجلهٔ رشد آموزش فیزیک، شمارهٔ ۶۱، انجمن معلمان علوم تجربی، اصغر نوروزیان.
۳. مجلهٔ رشد آموزش فیزیک، به ترتیب شماره‌های (۱، ۲، ۱۶-۱۵، ۱۸-۱۷، ۲۰-۱۹ و ۲۷-۲۶) و شماره‌های دیگر.
۴. گیل‌سو. گنجینهٔ مقالات پژوهشی در ادب و فرهنگ و تاریخ گیلان. ص ۱۹۶ تا ۲۰۷. رشت. چاپ جاوید. بهار ۱۳۷۲.
۵. گیله‌وا، ماهنامهٔ فرهنگی، هنری و پژوهشی گیلان‌شناسی، شمارهٔ ۵، آبان‌ماه ۱۳۷۱.
۶. همان، شمارهٔ ۶۴، آبان و آذر ۱۳۸۰.
۷. فرهنگ گیلان، فصلنامهٔ پژوهشی و فرهنگی اجتماعی، سال سوم، شمارهٔ ۹ و ۱۰، بهار و تابستان ۸۰، ادارهٔ کل فرهنگ و ارشاد اسلامی گیلان.
۸. گنجینهٔ اسناد، فصلنامه تحقیقات تاریخی؛ شمارهٔ ۴۳، سازمان اسناد ملی ایران، پائیز ۱۳۸۰.

دی.سی. جیانکولی
مترجم: مریم عباسیان

منابع انرژی:

آلودگی گرمایی

هنگامی که در زندگی روزمره از مصرف انرژی صحبت می‌کنیم، در واقع منظورمان تبدیل انرژی از صورتی به صورتی مفیدتر است. برای گرم کردن فضای خانه‌ها و ساختمان‌ها، سوختن مستقیم موادی چون گاز، نفت یا ذغال باعث آزاد شدن انرژی پتانسیل ذخیره شده در مولکول‌های آن‌ها می‌شود. به هر حال، در اغلب تبدیل‌ها مانند به حرکت درآوردن اتومبیل‌ها، هواپیماها یا دیگر وسیله‌های نقلیه و به طور کلی برای تولید الکتریسیته، به **موتور گرمایی** نیاز است.

درباره روش‌های گوناگون تولید الکتریسیته، به اختصار بحث می‌کنیم. اما بگذارید ابتدا دو نوع آلودگی با موتورهای گرمایی یعنی «آلودگی هوا» و «آلودگی گرمایی» را بررسی کنیم. آلودگی هوا از سوختن هر نوع سوخت فسیلی مانند ذغال سنگ، نفت و گاز در کوره‌های ذوب صنعتی و در نیروگاه‌های تولید برق به وجود می‌آید. موتورهای درون سوز در اتومبیل‌ها، آلودگی بسیاری تولید می‌کنند، زیرا فرایند سوختن در آن‌ها چنان سریع انجام می‌شود که احتراق کامل صورت نمی‌گیرد و گازهای سمی بیش‌تری تولید می‌شوند. برای کاهش آلودگی هوا، از ابزارهای ویژه‌ای مانند مبدل‌های کاتالیزوری استفاده می‌شود. حتی هنگامی که احتراق کامل انجام شود، Co_2 آزاد شده در جو بخشی از پرتوهای فروسرخ طبیعی را که از زمین به دلیل گرم بودن آن می‌تاباند، جذب می‌کند. در غیر این صورت از جو فرار می‌کند. چون اثر مشابهی مسئول گرم کردن محیط بستهٔ گلخانه است، به وجود آمدن Co_2 جوی و گرم شدن جو به دلیل وجود آن، «اثر گلخانه‌ای» نامیده می‌شود که سبب بالا رفتن میانگین دمای جو تا چندین درجهٔ سانتی گراد تا قرن بیست و یکم می‌شود. این پدیده تغییراتی در مدل بارش و آب شدن یخ‌های قطبی می‌دهد و ارتفاع آب دریاها را بالا می‌برد. بنابراین وسعت مناطق قابل سکونت کاهش می‌یابد و جنگل‌ها را به صحراها تبدیل می‌شوند. سناریوی متفاوتی که به همین نسبت وحشتناک است، باعث می‌شود که «لایه Co_2» جلوی بخشی از پرتوهای خورشید را بگیرد و سبب به وجود آمدن یک عصر یخی دیگر شود. در هر دو صورت، متخصصان بر ضرورت تحقّق این مطلب اصرار می‌ورزند که استفاده از سوخت‌های فسیلی باید محدود شود.

نوع دیگری از آلودگی محیطی «آلودگی گرمایی» است. هر موتور گرمایی، از اتومبیل گرفته تا نیروگاه‌های تولید انرژی، گرمایی Q_1 را به محیط پس می‌دهند. امروزه، اکثر نیروگاه‌های تولید برق از یک «موتور گرمایی» که انرژی گرمایی را به الکتریسیته تبدیل می‌کند، استفاده می‌کنند و گرمای آزاد شده را عموماً یک «خنک‌ساز» مانند آب جذب می‌کند. اگر موتور کارایی خوبی داشته باشد (بهترین موتور امروزی ۳۰ تا ۴۰ درصد کارایی دارد)، دمای T_1 باید در پائین‌ترین حد ممکن نگه داشته شود و مقدار زیادی آب نیز باید به عنوان خنک‌کننده در نیروگاه جریان پیدا کند. آب معمولاً از نزدیک‌ترین رودخانه یا دریاچه یا اقیانوس گرفته می‌شود.

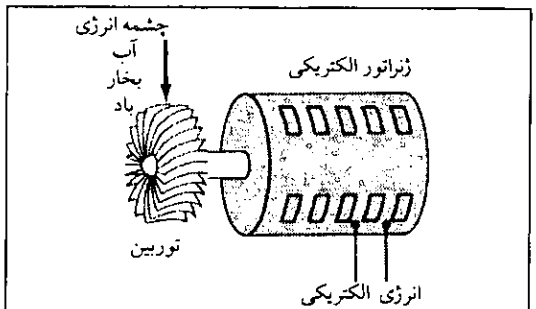
در نتیجهٔ انتقال گرما به آب، دمای آن افزایش می‌یابد. افزایش دما فقط به اندازهٔ چند درجهٔ سلسیوس، در مقیاس وسیع، خسارت زیادی به زندگی آبزیان می‌زند. چون اکسیژن محلول در آب گرم کمتر است. کمبود اکسیژن، اثر زیانباری بر ماهی‌ها و دیگر موجودات زنده دارد و در عین حال ممکن است، باعث رشد بی‌رویهٔ (شاید ناسازگار) دیگر «سازواره‌ها» از تبدیل جلبکها شود که این خود به بوم‌شناسی محیط آسیب می‌رساند.

روش دیگر تخلیهٔ گرمای اضافی، انتقال آب به جو توسط برج‌های خنک‌کنندهٔ بزرگ است. متأسفانه این روش نیز بر محیط تأثیر دارد. چون هوای گرم شده می‌تواند آب و هوای منطقه را تغییر دهد. اگرچه کنترل دقیق می‌تواند آلودگی هوا را به اندازهٔ قابل قبولی کاهش دهد، ولی از آلودگی گرمایی نمی‌توان اجتناب کرد. آنچه می‌توان بر اساس قانون دوم ترمودینامیک انجام داد، استفادهٔ کمتر از انرژی و تلاش در جهت ساخت موتورهایی با کارآیی بیش‌تر است.

اکنون جنبه‌های عملی تولید انرژی و روش‌های گوناگون دست‌یابی به آن را بررسی می‌کنیم. در حال حاضر، بخش

اعظم انرژی به دست آمده در جهان به وسیلهٔ موتورهای گرمایی همراه با ژنراتور الکتریکی تولید می‌شود. راه‌های دیگری نیز برای تولید انرژی هست که آن‌ها را نیز در همین بخش بررسی می‌کنیم.

ژنراتورهای الکتریکی وسایلی هستند که انرژی مکانیکی (عموماً انرژی جنبشی دورانی توربینی با پره‌های فراوان) را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند (شکل ۱). جزئیات چگونگی تبدیل انرژی مکانیکی به الکتریکی و معایب آن‌ها را در زیر بررسی می‌کنیم.



شکل ۱. انرژی گرمایی یا مکانیکی توسط یک توربین یا ژنراتور تبدیل به انرژی الکتریکی می‌شود.

۱. نیروگاه‌های بخار با سوخت فسیلی

در یک نیروگاه بخار، ذغال‌سنگ، نفت یا گاز طبیعی سوزانده می‌شود تا آب را به جوش آورد و بخار آب با فشار لازم را برای برگرداندن توربین تولید کند. امتیاز چنین «نیروگاه‌های بخاری» این است که می‌دانیم چگونه آن‌ها را بسازیم و ادارهٔ آن‌ها نیز هنوز چندان گران نیست. اما نقطهٔ ضعف آن‌ها انتشار گازهای ناشی از احتراق و آلوده کردن هواست. همچنین، مانند تمام موتورهای گرمایی، کارآیی محدودی دارند (معمولاً ۳۰ تا ۴۰ درصد). گرمای پسماند نیز آلودگی گرمایی تولید می‌کند و استخراج مواد خام برای زمین‌های اطراف ویرانگر است؛ به‌ویژه، هنگام استخراج کامل ذغال‌سنگ و استخراج نفت از زمین‌های رُستی حوادثی چون نشست نفت به دریا، اجتناب‌ناپذیرند.

هرچند سوخت فسیلی زیادی باقی نمانده است (برآوردها، از ذخیره باقی مانده برای چندین قرن تا چندین دهه خبر می‌دهند)، اما در حال حاضر، ۹۰ درصد کل انرژی (نه فقط الکتریکی) از سوخت‌های فسیلی به دست می‌آید.

۲. انرژی هسته‌ای

در دو فرآیند هسته‌ای «شکافت» و «همجوشی» انرژی آزاد می‌شود. در فرایند شکافت، هستهٔ اورانیم یا پلوتونیم شکافته می‌شود که با آزاد شدن انرژی همراه است. در فرایند همجوشی، هسته‌های کوچکی مانند هیدروژن با هم ترکیب می‌شوند و انرژی آزاد می‌کنند. از فرایند شکافت در تمامی نیروگاه‌های هسته‌ای فعلی استفاده می‌شود، چون همجوشی هسته‌ای هنوز کنترل نشده است. انرژی هسته‌ای نیز درست مانند سوخت‌های فسیلی برای گرم کردن آب به کار می‌رود.

یک نیروگاه هسته‌ای اساساً یک موتور گرمایی است که در آن از اورانیم به عنوان سوخت استفاده شود. این نوع نیروگاه‌ها نیز ویژگی تمام موتورهای گرمایی، مانند کارآیی کم و آلودگی گرمایی را دارند. نیروگاه‌های هسته‌ای هنگام فعالیت عادی خود عملاً هیچ آلودگی در هوا ایجاد نمی‌کنند؛ اما در حوادث این نیروگاه‌ها مقدار زیادی رادیو اکتیویتهٔ مضر آزاد می‌شود. نیروگاه‌های هسته‌ای مشکلات دیگری را نیز به وجود می‌آورند: دفع مواد رادیواکتیوی تولید شده بسیار دشوار است و امکان این که مواد هسته‌ای به دست تروریست‌ها بیفتد نیز وجود دارد. علاوه بر این‌ها ذخیرهٔ سوخت آن‌ها محدود است. اما انرژی تولید شده از هر کیلوگرم از این مواد بسیار زیاد است و فرایند تبدیل آن‌ها کم‌تر از سوخت‌های فسیلی دیگر برای محیط زیان‌آور است.

به نظر می‌رسد فرایند همجوشی نقاط ضعف کم‌تری داشته باشد و مزیت استفاده از ذخیرهٔ گستردهٔ سوخت ـ هیدروژن موجود در مولکول‌های آب (H_2O) دریاها ـ را نیز دارد. متأسفانه، این فرایند هنوز به اندازهٔ کافی قابل کنترل نیست، اما در آینده شانس بیش‌تری برای استفاده از آن خواهیم داشت. هیچ‌کدام از این فرایندهای هسته‌ای، Co_2 آزاد نمی‌کنند. بنابراین اثرات گلخانه‌ای ندارند.

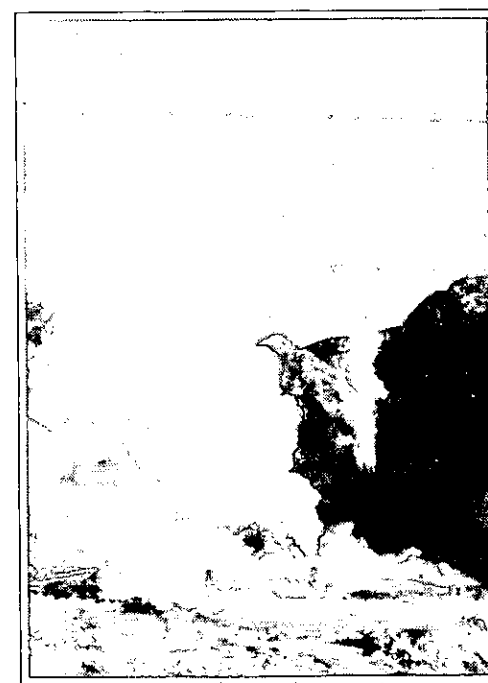
۳. انرژی زمین گرمایی

هر دوی سوخت‌های فسیلی و نیروگاه‌های هسته‌ای آب را گرم می‌کنند تا برای استفاده در توربین‌ها بخار شود. اما این بخار را به طور طبیعی نیز می‌توان از زمین به دست آورد (شکل ۲). در بسیاری نقاط زیر زمین، آب با قشر داخلی داغ در ارتباط است. در نتیجه دما و فشارش بالا است. این آب به صورت فواره‌های جوشان، چشمه‌های آبگرم یا منافذ بخار به سطح زمین می‌آید. ما نه تنها می‌توانیم از این

چشمه‌های طبیعی استفاده کنیم بلکه می‌توانیم حفره‌هایی را برای رسیدن به سفره‌های آب جوشان در زمین به وجود آوریم.

در حال حاضر بزرگترین محل استفاده از انرژی گرمایی زمین گیسرز[1] در کالیفرنیای شمالی است و حدود ۸۰ سال است که در ایتالیا نیز با موفقیت از نیروگاه مشابهی استفاده می‌شود. چند نیروگاه دیگر نیز در نقاط دیگری از دنیا کار می‌کنند. در کالیفرنیا، نیروگاه‌های زمین گرمایی روی هم حدود ۷۵۰ mw انرژی تولید می‌کنند.

به نظر می‌رسد در محل‌های زیادی از زمین بخار آب با دما و فشار زیاد، به صورت طبیعی وجود دارد، اما می‌توان با حفر دو چاه موازی به صخره‌های داغ و خشک در اعماق زمین رسید و با فرستادن آب سرد تحت فشار به داخل یکی از چاه‌ها، آب گرم یا بخار آب را از چاه دیگر بالا آورد. انرژی گرمایی زمین آلودگی کمی در هوا ایجاد می‌کند، اگرچه مقدار کمی گاز (به صورت غیر بخار) در هوا پخش می‌کند. علاوه بر این آب گرم مصرف شده و مواد معدنی موجود در آن که اغلب زیاد هم هستند، نه تنها به محیط زیست صدمه می‌زنند و آلودگی گرمایی ایجاد می‌کنند، بلکه باعث خوردگی بخش‌هایی از وسایل نیز می‌شوند. با وجود این، استفاده از انرژی زمین گرمایی نسبتاً ارزان است و این امر برای تأمین انرژی در آینده، نویدبخش است. هرچند احتمال دارد، بخارهایی که به صورت طبیعی نیز تولید می‌شوند، تمام شوند و محل را بی‌استفاده سازند (شکل ۲).


شکل ۲. نیروگاه انرژی گرمایی زمین

۴. دریاهای استوایی

اختلاف بین دمای آب سطح اقیانوس در مناطق استوایی با دمای آب در عمق ۱ کیلومتری زیر سطح آب در حدود ۲۰°C است. طرح‌های بسیاری برای استفاده از این اختلاف دما در راه‌اندازی موتورهای گرمایی پیشنهاد شده است. به خاطر داشته باشید که یک موتور گرمایی باید گرما را در دمایی پایین‌تر از دمای گرمای ورودی دفع کند. البته شارهٔ مورد نظر نمی‌تواند بخار باشد. بلکه ماده‌ای با نقطهٔ جوش پایین‌تر است که می‌تواند توربین‌ها را به راه اندازد.

قبل از این که از این روش استفاده شود، مشکلات بسیاری وجود دارند که باید حل شوند: کارآیی استفاده از دمای کم، پائین است، در بهترین حالت، شاید ۷ درصد (هنگام انتقال گرما باید اتلاف انرژی خیلی کم باشد تا کارآیی به صفر نرسد). محیط اقیانوس هم مشکلاتی را به وجود می‌آورد. مانند فاسد کردن و آلوده کردن سیستم مکش آب به وسیلهٔ سازواره‌های زیست‌شناختی. از طرفی اگر از این روش در مقیاس وسیعی استفاده شود، جریان آب در اقیانوس‌های عالم را تحت تأثیر قرار خواهد داد.

با وجود همهٔ این مشکلات، در این روش، آلودگی هوا یا پسماندهای پرتوزا اندک است. بنابراین مزایای آن بیشتر از معایب آن خواهد بود. اما در حال حاضر هزینه‌های ابتدایی آن بسیار سنگین هستند.

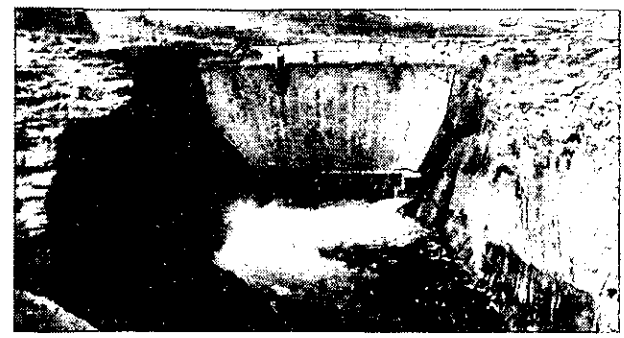
۵. نیروگاه‌های هیدروالکتریک

در این نیروگاه‌ها برای چرخاندن توربین‌ها، به جای بخار از نیروی آبی که از ارتفاع بالا فرومی‌ریزد، استفاده می‌کنند (توربین‌ها اغلب در پائین سد قرار دارند). نیروگاه‌های هیدروالکتریک بخشی از انرژی مورد نیاز کشور را تولید می‌کنند و عملاً هیچ گونه آلودگی نیز در هوا یا آب ایجاد نمی‌کنند. علاوه بر این، به خاطر گرمای پسماند ناچیزی که تولید می‌کنند، تقریباً کارآیی آن‌ها ۱۰۰ درصد است. اگرچه به علت وجود خشکسالی‌ها چندان قابل اطمینان نیستند و مکان مناسبی هم باقی نمانده است که در آن سد ساخته شود. همچنین مخازن ایجاد شده، زمین‌های حاصلخیز یا خوش‌منظره را زیر آب خواهد برد (شکل ۳).

۶. انرژی جزر و مد

در کشورهای فرانسه و روسیه از انرژی جزر و مد استفاده می‌کنند. همان‌طور که در شکل ۴ نمایش داده شده است. آبگیر پشت سد، هنگام «مد» پر می‌شود و هنگام «جزر» آب آن خارج می‌شود و توربین را می‌چرخاند. در «مد» بعدی، آبگیر دوباره پر می‌شود و آب ورودی دوباره توربین‌ها را می‌چرخاند.

مکان مناسب برای استفاده از جزر و مد، خلیج فاندی کاناداست که ارتفاع «مد» در آن به ۱۱ متر می‌رسد (آن را با



شکل ۳ . سد «گلن کانیون» در آریزونا ، دریاچه‌ای مصنوعی به وجود آورده که منظرهٔ طبیعی زیبای منطقه را به زیر آب برده است .

۰/۳ متر میانگین ارتفاع مد در نقاط دیگر مقایسه کنید) . این جزر و مد قابل ملاحظه ناشی از تشدید بسامد آبی است که در خلیج فاندی جلو و عقب می‌رود و دورهٔ تناوب آن ، حدود ۱۳ ساعت است که در مقایسه با ۱۲/۴ ساعت در سایر جزر و مدها نسبتاً زیاد است (جاذبه گرانشی ماه ، تقریباً در هر ۲۵ ساعت دو مد بزرگ ایجاد می‌کند) .

طرح دیگر برای تولید الکتریسیته ، پیشنهاد ایجاد دریاچه‌های کوچک به منظور کوتاه کردن دورهٔ تشدید بسامد و افزایش بیش‌تر دامنه آن است . که در آن‌ها اختلاف بین جزر و مد زیاد است و می‌توان از نیروی جزر و مد آن استفاده کرد . البته این کانال‌ها زیاد نیستند و سدهای بزرگی نیز در خلیج‌های طبیعی یا مصنوعی مورد نیاز است . تغییرات ناگهانی سطح آب ، هر چند روی زندگی طبیعی در محیط تأثیر می‌گذارد اما به نظر می‌رسد انرژی جزر و مد کم‌ترین اثر زیست محیطی را داشته باشد . متأسفانه برآوردهای منطقی در محل‌های موجود نشان می‌دهد که انرژی جزر و مد در بهترین حالت خود فقط کسر کوچکی از انرژی مورد نیاز را تأمین می‌کند (شکل ۴) .

۷. انرژی باد

زمانی از آسیاب‌های بادی استفادهٔ گسترده‌ای می‌شد . بازگشت به این شیوه در مقیاسی وسیع‌تر به منظور راه‌انداختن ژنراتورهای تولید برق ، از مدت‌ها قبل آغاز شده است . تنها در کالیفرنیا ، حدود ۱۶۰۰ آسیای بادی (شکل ۵) ، ۱۳۰۰MW برق تولید می‌کنند که برای شهری با جمعیت ۳۰۰،۰۰۰ نفر کافی است . این رقم یک درصد از انرژی مورد نیاز ایالات متحده را تشکیل می‌دهد .

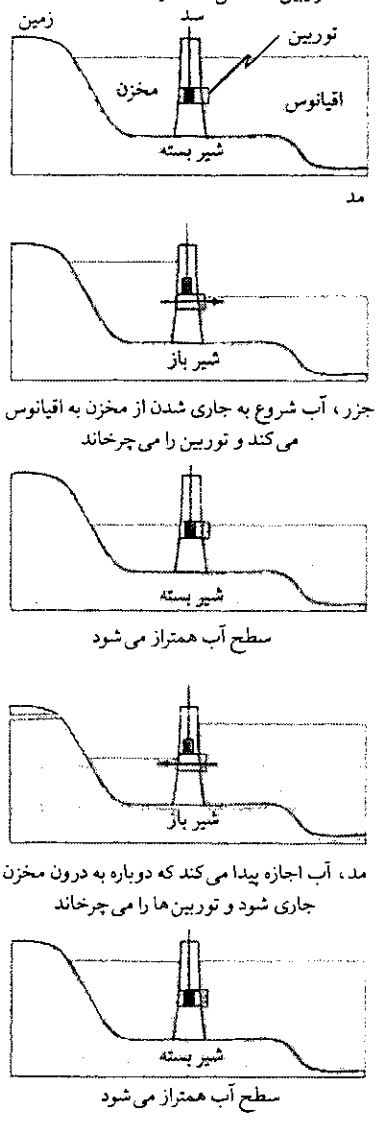
آسیاهای بادی در اندازه‌های متفاوتی ساخته شده‌اند . از نمونه‌های کوچک ۳۰kw (برای خانه‌های سیار) تا نمونه‌های بزرگ با پره‌هایی به پهنای ۵۰ متر که هر کدام چندین مگاوات انرژی تولید می‌کنند . به طور کلی آسیاهای بادی آلودگی ایجاد نمی‌کنند . اما مجموعهٔ بزرگی از این آسیاها که بتواند بخش بزرگی از نیازهای انرژی را تأمین کند ، منظرهٔ ناخوشایندی به وجود می‌آورد و نیز می‌تواند بر آب و هوای منطقه تأثیر بگذارد . آلودگی صوتی نیز مشکل دیگر وجود چنین مجموعه‌ای است . (شکل ۵)

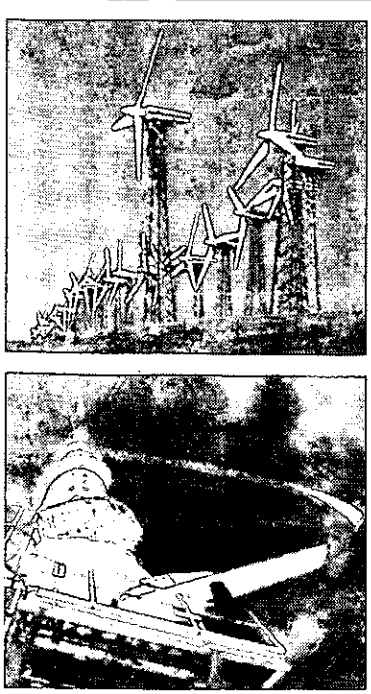
۸. انرژی خورشیدی

مدت‌هاست که از انواع زیادی انرژی خورشیدی استفاده می‌شود . سوخت‌های فسیلی باقیمانده‌های زندگی گیاهانی هستند که بر اثر فوتوسنتز نور خورشید رشد کرده بودند . انرژی هیدروالکتریکی به وجود بخار آب بستگی دارد که بعداً به صورت باران فرو می‌ریزد که وابسته به نور خورشید است . انرژی باد تابع جریان‌های همرفتی است که در اثر گرم شدن جو زمین با نور خورشید به وجود می‌آیند .

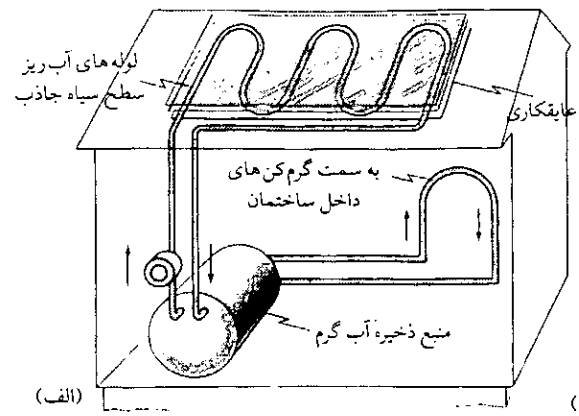
از سیستم‌های **گرمایش خورشیدی فعال** ، مانند آنچه در شکل ۶ نشان داده شد ، برای گرم کردن فضا (فضای داخلی) و آب استفاده می‌شود . منظور از سیستم **گرمایش خورشیدی غیر فعال** ، اجزای معماری هوشمندانه‌ای است که از انرژی خورشیدی سود می‌برند ؛ مانند قرار دادن پنجره‌ها در ضلع جنوبی ساختمان‌ها برای گرفتن پرتوهای خورشید در طول زمستان و یا ساخت آفتابگیر بالای پنجره‌ها برای محافظت در برابر پرتوهای خورشید در تابستان (شکل ۷) . به علاوه از پرتوهای خورشید برای تولید انرژی الکتریکی نیز استفاده می‌کنند . برای مثال ، ترکیبی از آینه‌های بزرگ می‌تواند پرتوهای خورشید را روی یک مخزن آب بر فراز یک برج بلند ، مانند ساختمان نیروگاه

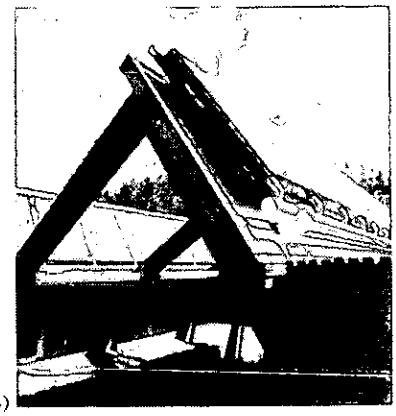
شکل ۴ . نیروگاه‌های جزر و مدی (توربین‌ها داخل سد کار گذاشته شده‌اند)





شکل ۵ : دو نوع آسیاب بادی ، الف) مدل پروانه‌ای ب) مدل «تخم‌مرغ همزن»





شکل ۶ . الف) سیستم گرمایشی منزل : لوله‌های آب روی سقف در تماس با سطح سیاه بزرگی که انرژی تابشی خورشید را جذب می کند ، قرار گرفته‌اند و آب را گرم می کنند . این سطح با شیشه پوشانده شده است تا از هدر رفتن انرژی به صورت همرفتی جلوگیری شود . سطوح دیگر لوله‌ها کاملاً عایق بندی شده‌اند تا هنگام انتقال آب ، اتلاف گرما کاهش یابد . آب گرم به منبع بزرگی که کاملاً عایق کاری شده است (می‌تواند زیر زمین باشد) فرستاده و در آن‌جا ذخیره می شود و از آن‌جا به گرم کن‌های داخل منزل انتقال می‌یابد . همرفت طبیعی یا همرفت اختیاری (پمپ‌ها) می‌توانند آب را در هر دو بخش سیستم به جریان اندازند . یک سیستم پشتیبان در بسیاری نقاط برای مواقعی که آسمان مدتی طولانی ابری است ، لازم است ، ب) پانل‌های خورشیدی بر بام یک ساختمان .

آزمایشی کوچکی در کالیفرنیا (شکل ۸) ، متمرکز کند . نور متمرکز شده آب را گرم و تبدیل به بخار می کند و بخار هم توربین را می چرخاند . از این نوع دستگاه می توان برای تولید برق منازل استفاده کرد اما در چنین مواردی به یک سیستم پشتیبان برای روزهای ابری نیاز است .

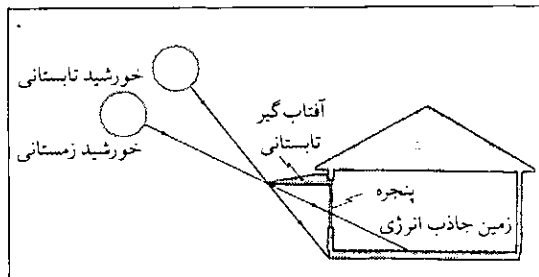
در مقیاسی بزرگ‌تر ، برای جمع کردن نور کافی خورشید به سطوح وسیع‌تری نیاز داریم ؛ تقریباً ۱ مایل مربع به ازای ۱۰۰MW انرژی خروجی . هرچند استفاده از این روش ، آلودگی گرمایی فراگیر و حادی ایجاد نخواهد کرد ، اما می‌تواند در آب و هوا مؤثر باشد . در این روش اساساً هیچ آلودگی آبی یا هوایی یا رادیواکتیویته‌ای وجود ندارد و فناوری آن هم چندان پیچیده نیست .

یکی دیگر از کاربردهای مستقیم نور خورشید «**باتری خورشیدی**» یا به عبارت درست‌تر «باتری فوتوولتایی» است که بدون دخالت موتور گرمایی ، نور خورشید را مستقیماً به الکتریسیته تبدیل می کند . کارآیی باتری‌های خورشیدی ، با تحقیقات مداوم ، اکنون به بیش از ۳۰ درصد افزایش یافته است . در گذشته باتری‌های خورشیدی بسیار گران بوده‌اند به طوری که هزینه تولید هر واحد انرژی بوسیلهٔ آن‌ها برای مصارف عمومی چندین برابر روش‌های معمول بوده است . اما اخیراً مخارج آن‌ها بصورت بارزی کاهش یافته است .

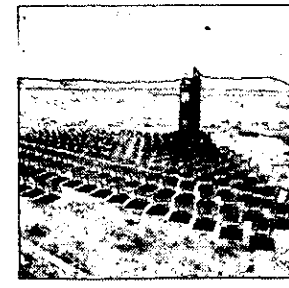
باتری‌های خورشیدی به زودی می توانند با سایر مولدها رقابت کنند و این ویژگی آن‌ها که موتور گرمایی ندارند ، آن‌ها را مقبول‌تر خواهد کرد ؛ زیرا آلودگی گرمایی و دیگر آلودگی‌ها بسیار کم می‌شود . البته آلودگی شیمیایی که در اثر تولید انبوه پیش می‌آید جدی خواهد بود . باتری‌های خورشیدی را می‌توان روی سقف خانه‌ها نیز قرار داد و استفاده کرد . اما برای استفاده در مقیاسی بزرگ‌تر ، محوطهٔ وسیعی مورد نیاز است ؛ چون نور خورشید چندان متمرکز نیست .

امکان دیگر ، استفاده از باتری‌های خورشیدی و متمرکزکننده‌ها ، قرار دادن آن‌ها در مدار زمین است . تابش خورشید در آن‌جا ، قبل از این که جو زمین بخشی از آن را جذب کند ، بسیار شدیدتر است و ماهواره‌ها زمان کم‌تری را در سایهٔ زمین سپری می کنند . در این صورت الکتریسیتهٔ تولید شده می‌تواند به یک ژنراتور میکروموجی داده شود و سپس به گیرنده‌های روی زمین انتقال یابد (شکل ۶ ، ۷ و ۸) .

بدیهی است ، تمام اشکال تولید انرژی عوارض جانبی ناخواسته‌ای نیز دارند . بعضی از آن‌ها عوارض بیش‌تری دارند . اما تمامی مشکلات قابل پیش‌بینی نیستند . با تمام شدن منابع سوختی قدیمی در آینده به شکل‌های جدید تولید انرژی نیاز خواهند بود . امکان دارد روش‌های بسیار متفاوتی و حتی روش‌هایی که تا به حال بررسی کردیم نیز برای تأمین انرژی مورد نیاز جامعه به کار گرفته شوند . مشکلاتی که در اثر استفادهٔ شکلی از تولید انرژی پیش می‌آیند ، ممکن است چندان بزرگ به نظر نرسند . در پایان یادآور می شود که حفظ ذخایر محدود سوختی با اجتناب از اسراف انرژی ، برای جامعه اهمیت ویژه‌ای دارد .



شکل ۷ . سیستم گرمایش خورشیدی غیرفعال : پنجره‌های جنوبی اجازه می‌دهند نور خورشید در زمستان هنگامی که خورشید در ارتفاع پائین قرار دارد ، وارد ساختمان شود . سقف از ماده‌ای با قابلیت جذب گرمای بالا (آجر ، سفال) ساخته شده است ، تا انرژی نور خورشید را جذب کند و هنگامی که دما کاهش می‌یابد آزاد سازد . نصب سایه‌بان هم کمک می کند در تابستان که خورشید در ارتفاع بالا قرار می گیرد ، پنجره‌ها در سایه بمانند و داخل ساختمان گرم نشود .



شکل ۸ . ترکیبی از آینه‌ها نزدیکی بارستو (Barstov) در کالیفرنیا که نور خورشید را روی یک گرمکن متمرکز می کنند تا بخار لازم برای تجهیزات انرژی خورشیدی فراهم آید .

مترجم: محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر
Skhoshbin@yahoo.com

مسائل جدید فیزیک هالیدی (۲)

در پی درج مسائل مبحث «الکتریسیته و مغناطیس» درشماره پیش، مسائل مبحث «مکانیک و حرارت» تقدیم می‌شود.

مکانیک و حرارت

۱. بیشینهٔ نیرویی که شما با آن می‌توانید شیئی را با یکی از دندان‌های پیشین خود بفشارید در حدود ۷۵۰N است. فرض کنید همین که شما جسم قابل ارتجاعی را با دندان‌هایتان بفشارید، آن جسم مثل یک فنر با ثابت $۲/۵\times۱۰^{۵}\ N/m$ مقاومت کند.

الف) مطلوب است، فاصله‌ای که جسم توسط دندان‌های شما فشرده می‌شود.

ب) کاری که دندان‌های شما در حین فشردن جسم انجام می‌دهند، چه قدر است؟

پ) بزرگی نیروی وارد بر جسم را برحسب فاصلهٔ فشردگی، رسم کنید.

ت) اگر انرژی پتانسیلی وابسته به این فشردگی وجود داشته باشد، آن را برحسب فاصلهٔ فشردگی رسم کنید.

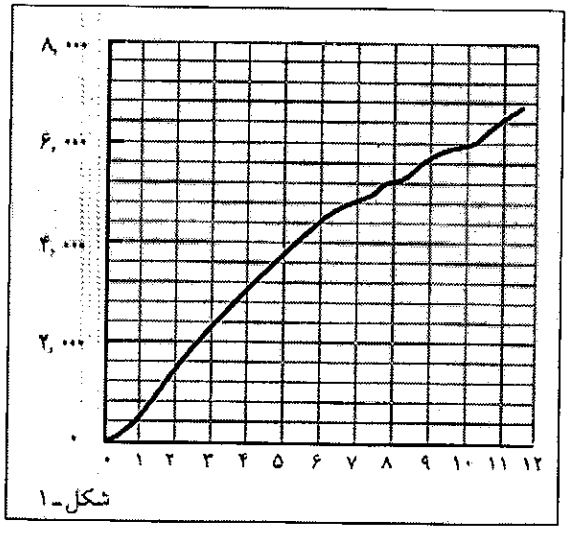
در سال ۱۹۹۰، اسکلت لگن خاصرهٔ نوعی دایناسور موسوم به "*Triceratops*" کشف شد که روی آن آثار گاز گرفتگی موجود بود. شکل گاز گرفتگی به گونه‌ای بود که حدس زده شد، توسط نوع دیگری از دایناسور موسوم به "*Tyrannosaurus rex*" ایجاد شده است. برای آزمایش این ایده، محققان بدلی از دندان‌های "*T.rex*" را از برنز و آلومینیوم ساختند و آن‌گاه با استفاده از یک دستگاه فشار هیدرولیکی، این دندان‌های مصنوعی را برای ایجاد حفره‌ای به همان اندازهٔ حفرهٔ روی لگن خاصرهٔ "*Triceratops*"، به‌تدریج بر استخوان گاوی فشردند. نموداری از نیروی لازم برای ایجاد حفره، برحسب عمق حفره، در شکل ۱ رسم شده است.

نیروی مورد نیاز با افزایش عمق حفره، افزایش یافته است؛ زیرا همین که دندان‌های مخروطی شکل در استخوان فرو رفتند، دندان‌های بیش‌تری با استخوان تماس پیدا کردند.

الف) چه مقدار کار توسط دستگاه فشار هیدرولیکی و بنابراین احتمالاً توسط "*T.rex*" انجام شده است؟

ب) آیا انرژی پتانسیلی، وابسته به این نفوذ وجود دارد؟

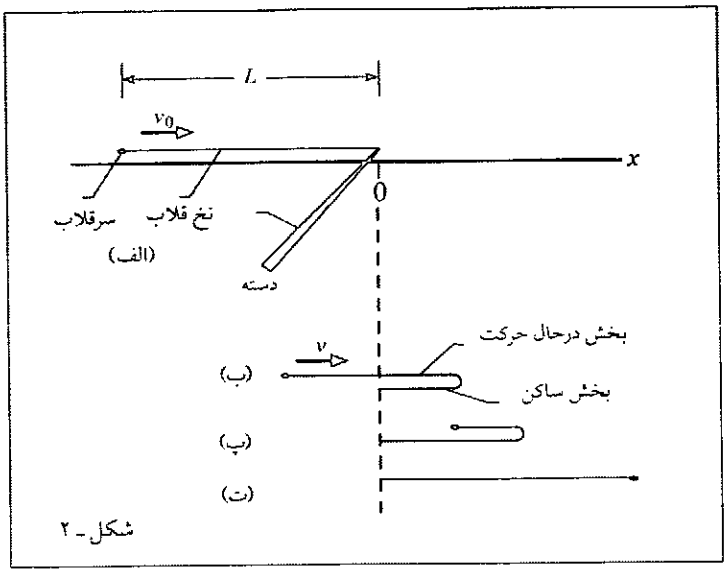
بزرگ بودن نیروی گازگرفتگی و درنتیجه مقدار انرژی صرف شده توسط "*T.rex*" نشان می‌دهد که "*T.rex*" حیوانی درنده بوده است، نه لاشخور.



شکل ـ ۱

۲. ماهیگیری با قلاب و تقویت تندی

اگر شما سر یک قلاب ماهیگیری را که به دسته‌ای متصل نیست، پرتاب کنید مسافتی افقی که قلاب طی می‌کند، حدود ۱ متر خواهد بود. با این حال، اگر شما این قلاب را به دسته‌ای متصل کنید، قلاب به اندازهٔ تمام طولش، مثلاً ۲۰ متر، به صورت افقی حرکت خواهد کرد. این طرح در شکل ۱ نشان داده شده است. ابتدا نخ قلاب ماهیگیری که طول آن L است و به طور افقی رو به سمت چپ گسترده شده است، با تندی ۷. به سمت راست حرکت می‌کند (شکل ۲ـ الف).



شکل ـ ۲

همین که سر قلاب شروع به حرکت کرد، نخ قلاب به دو بخش تقسیم می‌شود: بخش بالایی همچنان در حرکت می‌ماند و بخش پایینی ساکن می‌شود (شکل ۲ـ ب). طول بخش بالایی با افزایش طول بخش پایینی کاهش می‌یابد (شکل ۲ـ پ). تا این که نخ قلاب به طور افقی رو به سمت چپ گسترده می‌شود و فقط بخش پایینی باقی می‌ماند (شکل ۲ـ ت).

اگر از کشش هوا چشم‌پوشی شود، انرژی جنبشی اولیهٔ نخ قلاب در شکل ۲ـ الف به طور تصاعدی به سر قلاب و به آن بخش از نخ که هنوز در حال حرکت است، منتقل می‌شود. درنتیجه، تندی سر قلاب و بخش درحال حرکت قلاب تقویت می‌شود (افزایش می‌یابد).

الف) با استفاده از محور x معرفی شده در شکل، نشان دهید، وقتی که موضع سر قلاب x باشد، طول قسمت درحال حرکت (بخش بالایی) نخ قلاب برابر با $\frac{1}{2}(L-x)$ است.

ب) با فرض این که چگالی خطی (جرم در واحد طول) مادهٔ سازندهٔ نخ قلاب یکنواخت باشد، جرم بخش درحال حرکت چه‌قدر است؟

حال m_1 را جرم سر قلاب بگیرید و فرض کنید، انرژی جنبشی بخش درحال حرکت از مقدار اولیهٔ آن، یعنی هنگامی که طول آن L و تندی‌اش v_0 است، حتی وقتی از طول این بخش کاسته می‌شود، تغییر نمی‌کند.

پ) در این صورت رابطه‌ای بین تندی بخش در حال حرکت و سر قلاب پیدا کنید.

فرض کنید تندی اولیه $v_0 = 6/0\ m/s$، طول نخ $L = 20m$، جرم سر قلاب $m_1 = 0/80g$، و چگالی خطی نخ $\rho = 1/3\ g/m$ باشد.

ت) نمودار تندی (v) سرقلاب را بر حسب موضع x رسم کنید.

ث) تندی سر قلاب درست هنگامی که نخ در آخرین وضعیت افقی است و پس از آن سر قلاب به بالا می‌جهد، چه قدر است؟ (با یک محاسبه دقیق‌تر، معلوم می‌شود که کشش هوا باعث کاهش این سرعت می‌شود)[1].

۳. یک نوع سوسمار آمریکایی می‌تواند روی سطح آب حرکت کند (شکل ۳). این سوسمار در هر گام، نخست پایش را بر سطح آب می‌زند و آنگاه کف آن را با سرعت کافی به داخل آب می‌فشارد تا حفره‌ای اطراف کف پای او درست شود. برای جلوگیری از کشش آب، سوسمار پیش از یک گام کامل، پایش را عقب می‌کشد تا آب به داخل حفرهٔ هوا وارد نشود.

طی این مراحل، یعنی ضربه زدن، فشردن و پاپس کشیدن، باید ضربه میانگین رو به بالای وارد بر سوسمار با ضربه رو به پایین ناشی از نیروی گرانشی برابر شود تا سوسمار به داخل آب کشیده نشود.

فرض کنید جرم سوسمار $90/0g$، جرم هر پای سوسمار $3/00g$، تندی ضربه پا $1/5\ m/s$ و زمان هر گام $0/600s$ باشد.

الف) بزرگی ضربهٔ وارد به سوسمار در زمان ضربه زدن به آب چه‌قدر است (فرض کنید این ضربه مستقیماً رو به بالاست)؟

ب) در مدت $0/600s$ هر گام، ضربه رو به پایین وارد بر سوسمار بر اثر نیروی گرانشی چه‌قدر است؟

پ) کدام کنش، ضربه زدن به آب یا فشردن، عامل اصلی نگه‌داری سوسمار روی آب است؟

۴ . دایناسورهای "*T.rex*" ممکن است برحسب تجربه آموخته باشند که برای جلوگیری از خطر سقوط، سریع ندوند؛ زیرا در صورت دویدن، ساعدهای کوچک آن‌ها هیچ کمکی به نیفتادن آن‌ها نمی‌کند. فرض کنید، دایناسوری به جرم m، درحال حرکت سکندری بخورد و مرکز جرم آن حین واژگون شدن از سر، به طور آزاد به اندازهٔ ۱/۵ m سقوط کند. پس از برخورد دایناسور به زمین و فشرده شدن بدنش، مرکز جرم آن به اندازهٔ ۰/۳ m دیگر کاهش می‌یابد.

الف) بزرگی تقریبی نیروی عمودی وارد به دایناسور هنگام برخورد او با زمین، یعنی در زمان کاهش مرکز جرم آن به اندازهٔ ۰/۳ m، بر حسب مضربی از وزن دایناسور چه قدر است؟

حال فرض کنید که دایناسور هنگام سکندری خوردن با تندی ۱۹ m/s بدود و پس از سقوط بر سطحی با ضریب اصطکاک ایستایی ۰/۶، تا لحظهٔ توقف بلغزد و نیز فرض کنید نیروی عمودی میانگین هنگام برخورد و لغزش، برابر با اندازهٔ آن در قسمت (الف) باشد.

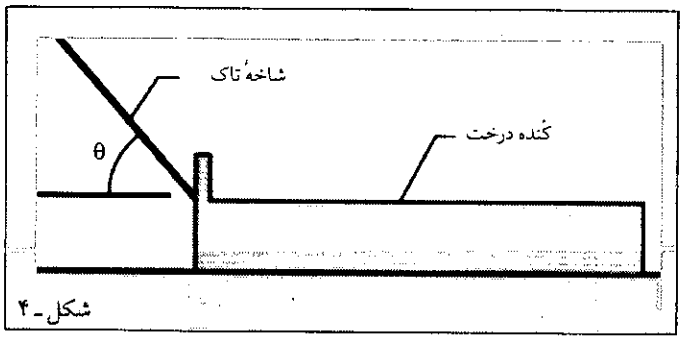
ب) بزرگی تقریبی نیروی میانگین کل وارد به دایناسور، از سوی زمین (برحسب مضربی از وزن) چه قدر است؟

پ) مسافت تقریبی لغزیدن چه قدر است؟ بزرگی نیروهای (الف) و (ب) قویاً این موضوع را ثابت می‌کند که هنگام برخورد دایناسور به زمین این نیروها به بدن دایناسور آسیب می‌رسانند. البته سر دایناسور که مسافت بیش‌تری طی می‌کند، متحمل صدمهٔ بیش‌تری می‌شود.

۵ . در این جا روشی برای حرکت دادن یک کندهٔ سنگین در جنگلی استوایی ارائه می‌شود. تاکی را که شاخه‌هایش تا سطح زمین آویزان شده باشند، پیدا کنید. شاخه‌های تاک را به طرف کنده بکشید و آن‌ها را به دور کنده بپیچانید. این کار را به گونه‌ای انجام دهید که درخت کج بشود. همین کار را با چندین تاک دیگر نیز انجام دهید. در نهایت نیروی خالص وارد از شاخه‌های تاک‌ها بر کنده، باعث حرکت رو به جلوی کنده می‌شود. اگرچه این کار ملال‌آور است، با این حال این تنها روشی بود که با آن کارگران در دوران پیش از عصر ماشینیزم می‌توانستند، کنده‌های سنگین را حرکت بدهند. شکل ۴ ملزومات این روش را نشان می‌دهد. شاخه‌های یک تاک به بخشی از یک سر کنده‌ای یکنواخت به جرم "M" متصل شده‌اند. ضریب اصطکاک ایستایی بین کنده و زمین ۰/۸۰ است. اگر کنده در آستانهٔ لغزش باشد، به گونه‌ای که انتهای چپ آن توسط تاک اندکی بالا آمده باشد:

الف) زاویهٔ A چه قدر است؟

ب) بزرگی نیروی T وارد به کنده، از سوی تاک چه قدر است؟



شکل ـ ۴

۶ . شما فقط زمانی می‌توانید به باشگاه نیمه سری "۳۰۰F" واقع در ایستگاه قطبی «*آمودسن ـ اسکات*»[۲] بپیوندید که دمای هوای بیرون پائین‌تر از ۷۰°C− باشد. در چنین روزی شما نخست خود را در یک سونای داغ گرم می‌کنید و آن‌گاه در حالی که فقط کفش‌هایتان را پوشیده‌اید، شروع به دویدن می‌کنید. هرچند که این کار بسیار خطرناک است، ولی روشی مرسوم برای مقابله با خطر دائمی سرماخوردگی زمستانی در قطب جنوب است.

فرض کنید هنگام خروج از سونا، دمای پوست شما ۱۰۲°F و دمای دیوارها، سقف و کف اتاق سونا ۳۰°C باشد. مساحت سطح بدنتان را با عددی تخمین بزنید و «گسیلمندی» پوستتان را ۰/۸۰ بگیرید.

الف) آهنگ خالص تقریبی "P_{net}" که شما با آن انرژی را از طریق تبادل تابش گرمایی با اتاق از دست می‌دهید، چه قدر است؟

سپس فرض کنید هنگامی که خارج از سونا هستید، نیمی از تبادل تابش گرمایی سطح بدنتان با هوای ۲۵°C− و نیمی دیگر با برف و زمین با دمای ۸۰°C− باشد.

ب) آهنگ خالص تقریبی‌ای که شما با آن انرژی را از طریق تبادل‌های تابش گرمایی با آسمان از دست می‌دهید چه قدر است؟

پ) مقدار این آهنگ خالص تقریبی از دست دادن انرژی

را هنگام تبادل با برف و زمین حساب کنید.

۷. پنگوئن‌های موسوم به *امپراتور*[۴] (شکل ۵)، پنگوئن‌های بزرگی هستند که به پیش‌خدمت‌های بَداخم انگلیسی می‌مانند. این پنگوئن‌ها، جوجه‌هایشان را، حتی در زمستان‌های بسیار سخت قطب جنوب از تخم درمی‌آورند و پرورش می‌دهند. وقتی تخمی گذاشته می‌شود، پنگوئن پدر آن را روی پاهایش می‌گیرد تا از یخ زدن آن جلوگیری کند. این کار، ۱۰۵ تا ۱۱۵ روز یعنی یک دورهٔ کامل برای تبدیل تخم به جوجه طول می‌کشد. در این مدت، او نمی‌تواند چیزی بخورد. زیرا غذای او در آب است. فقط در صورتی می‌تواند در این مدت طولانی، بدون غذا زنده بماند که مصرف انرژی داخلی خود را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد. اگر او تنها باشد، برای گرم نگه‌داشتن خودش این انرژی داخلی را خیلی سریع مصرف می‌کند و مجبور می‌شود برای خوردن غذا تخم را ترک کند. پنگوئن‌های پدر، برای محافظت همدیگر از سرما که درنتیجهٔ آن، مصرف انرژی داخلی آن‌ها کاهش می‌یابد، در گروه‌هایی گاه چند هزارتایی در کنار هم به طور تنگاتنگی جمع می‌شوند. علاوه بر این، دور هم بودن، آهنگ تابش انرژی را به صورت گرمایی از بدن آن‌ها به محیط اطرافشان کاهش می‌دهد.

فرض کنید یک پنگوئن پدر، یک استوانهٔ مدوّر است که مساحت سطح بالایی آن a، ارتفاع آن h، دمای سطح آن T و گسیلمندی آن ε است.

الف) عبارتی برای آهنگ (P_i) پیدا کنید که با آن یک پنگوئن پدر اگر با تخمش تنها باشد، از سطوح بالا و کناری خود به محیط انرژی تابش می‌کنند.

آهنگ کلی اتلاف انرژی از طریق تابش برای N پنگوئن پدر مشابه که به اندازهٔ کافی از همدیگر جدا هستند، برابر با NP_i است. حال فرض کنید که آن‌ها به طور تنگاتنگی کنار هم قرار بگیرند و تشکیل یک «استوانهٔ مزدحم»[۴] با مساحت سطح بالایی Na و ارتفاع h را بدهند.

ب) عبارتی برای آهنگ P_h که با آن آهنگ، انرژی از سطوح بالایی و کناری استوانهٔ مزدحم تابیده می‌شود، به دست آورید.

پ) با فرض این که $a = ۰/۳۴\ m^۲$ و $h = ۱/۱\ m$ باشد و با استفاده از رابطه‌هایی که برای P_i و P_h به دست آوردید، نسبت P_h / NP_i را بر حسب N رسم کنید.

البته پنگوئن‌ها چیزی راجع به حسابان یا ترسیم نمی‌دانند، ولی ازدحام غریزی آن‌ها این نسبت را به گونه‌ای کاهش می‌دهد که بیش‌تر تخم‌ها تا مرحلهٔ جوجه شدن سالم می‌مانند.

ت) از روی نمودارها (همان‌طور که خواهید دید، شما احتمالاً بیش از یک نمودار نیاز دارید)، تعداد پنگوئن‌هایی که باید تنگ هم قرار گیرند تا P_h / NP_i به اندازهٔ ۰/۵ کاهش یابد را تقریب بزنید.

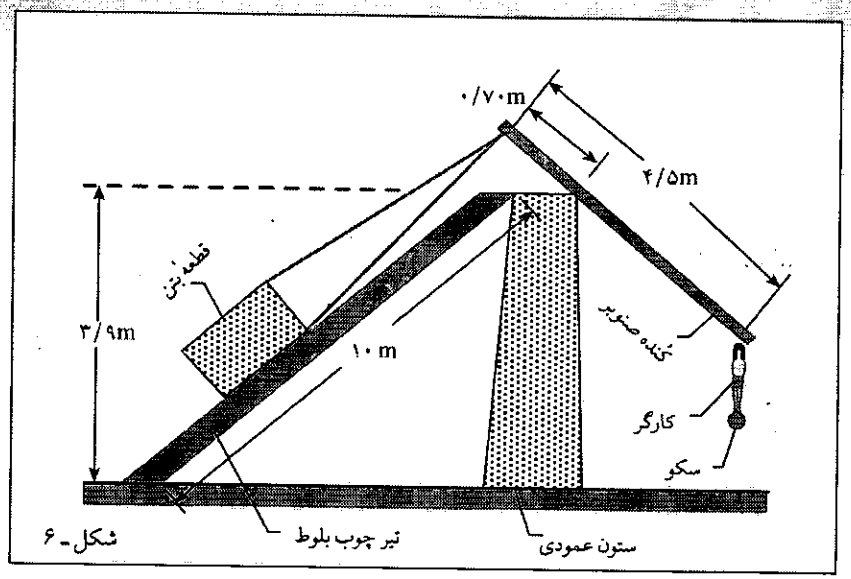
ث) تعداد پنگوئن‌ها را وقتی این نسبت به اندازه‌های ۰/۴، ۰/۳، ۰/۲ و ۰/۱۵ کاهش می‌یابد، حساب کنید.

ج) برای داده‌های مفروض، مقدار حد پایین‌تر P_h / NP_i چه قدر است؟

شکل ۵

۸. تابستان‌ها، در ارتفاعات بلند بعد از غروب خورشید، وقتی که عموم ابرها در سایهٔ زمین قرار می‌گیرند و قابل دیدن نیستند، گه‌گاه ابرهای آبی ـ نقره‌ای روح‌مانندی ظاهر می‌شوند. این ابرهای روح‌مانند به زبان لاتین "*noctilucent*" نامیده می‌شوند که به معنی «ابرهای درخشان شب» است. اما امروزه آن‌ها را غالباً در ارتباط با نام «مزوسفر» که نام جو در ارتفاع این ابرهاست، «مزوسفریک» می‌نامند.

این ابرها برای نخستین بار در ژوئن سال ۱۸۸۵، پس از انفجار آتشفشان «*کاراکاتوآ*»[۵] در نزدیکی «جاوه»، واقع در جنوب شرقی اقیانوس آرام که گرد و غبار و آب را تا بالاترین ارتفاع در نیمکرهٔ شمالی رساند، دیده شدند. در دماهای پایین مزوسفر، آب‌ها متراکم شدند و روی غبارهای آتشفشانی یخ زدند و به این ترتیب، ذراتی که اولین ابرها را



شکل ـ ۶

ساختند، تشکیل شدند. از آن پس، وجود ابرهای مزوسفریک و درخشندگی آن‌ها افزایش یافت. این امر احتمالاً به خاطر افزایش تولید گاز متان در کارخانه‌ها، مزرعه‌های شالیکاری و باد معدهٔ احشام بود. چرا که گازهای متان با نفوذ در لایه‌های بالای جو دستخوش تغییرات شیمیایی می‌شوند و در اثر آن، مولکول‌های آب و نیز قطعات یخ در ابرهای مزوسفریک افزایش می‌یابد.

اگر ابرهای مزوسفریک ۳۸ دقیقه پس از غروب خورشید دیده شوند و از آن پس در تاریکی فرو بروند، در صورتی که درست بالای سر ناظر باشند، ارتفاع آن‌ها چه قدر است؟

۹. در این جا روشی که با آن در دوران پارینه سنگی سنگ‌های سردر را بالای سنگ‌های عمودی قرار می‌دادند، بررسی می‌شود. یک قطعهٔ بتن به جرم ۵۱۲۴ kg روی دو تیر از جنس چوب بلوط که پوست سطوح بالایی آن‌ها کنده و روغن‌مالی شده است، رو به بالا کشیده می‌شود (شکل ۶). طول تیرها ۱۰ m است و هر تیر از سطح زمین تا بالای یکی از دو ستون عمودی که قطعهٔ بتن باید تا آن‌جا بالا برده شود، امتداد دارد. ارتفاع هر ستون ۳/۹ m و ضریب اصطکاک ایستایی بین قطعهٔ بتن و تیرها ۰/۲۲ است. قطعهٔ بتن، با طناب‌هایی که به دور آن و نیز به دور دو انتهای دو کندهٔ درخت صنوبر به طول ۴/۵ m پیچیده شده‌اند به بالا کشیده می‌شود.

در انتهای دیگر هر کندهٔ درخت سکویی برای نشستن تعبیه شده است. وقتی که کارگران به تعداد کافی روی این سکو قرار گرفتند، کندهٔ صنوبر حول نقطهٔ بالایی ستون عمودی می‌چرخد و بدین ترتیب، قطعهٔ بتن روی تیر، کمی بالا کشیده می‌شود. طناب‌ها بر کنده‌های درخت، تقریباً عمودند. مساحت بین نقطهٔ چرخش و نقطه‌ای که طناب‌ها به دور هر کنده پیچیده شده‌اند ۰/۷۰ متر است. با فرض این که جرم هر کارگر برابر ۸۵ kg باشد، کم‌ترین تعداد کارگر مورد نیاز روی دو سکو برای این که قطعهٔ بتن، روی تیر رو به بالا حرکت کند، چه قدر است؟ (درواقع نیمی از این تعداد کارگر می‌توانند یک طرف قطعهٔ بتن، و نیمی دیگر، طرف دیگر آن را حرکت دهند.)

۱۰. ناظرانی که در وسایل نقلیه‌ای شبیه جیپ حرکت می‌کنند، گزارش کرده‌اند که بیشینهٔ تندی چیتاها، برابر با مقدار حیرت‌آور ۱۱۴ km / h (حدود ۷۱ mi / h) است. اگر شما در تلاش برای اندازه‌گیری تندی یک چیتا، جیپ خود را پهلو به پهلوی آن برانید و در همان حال سرعت‌سنج جیپ شما عدد ۱۱۴ km / h را نشان دهد، جیپ شما در فاصلهٔ ثابت ۸/۰ m از چیتا قرار دارد. ولی سر و صدای جیپ باعث می‌شود، چیتا به طور یکنواخت از جیپ فاصله بگیرد و در امتداد مسیری دایره‌ای به شعاع ۹۲ m تغییر جهت دهد. در این حالت شما در امتداد مسیری دایره‌ای به شعاع ۱۰۰ m حرکت می‌کنید.

الف) «تندی زاویه‌ای» شما و چیتا به دور مسیرهای دایره‌ای چه قدر است؟

ب) تندی خطی چیتا به دور مسیرش چه قدر است؟

اگر شما حرکت دایره‌ای را به حساب نیاورید، به طور نادرستی نتیجه می‌گیرد که تندی چیتا ۱۱۴ km / h است. به نظر می‌رسد که چنین خطایی در گزارش ناظران روی داده است.

زیرنویس :

۱. برای مطالعه بیش‌تر به منبع زیر رجوع کنید:
"The Mechanics of Flycasting: the flyline", by Graig A. Spolek, America Journal of physics, Sep. Vol. S4, No.9, PP 832-836

2. Amodsen - Scott
3. Emperor penguin
4. Hunddled cyliner
5. Karkatoa

منبع :

Fundamental of physics/ D. Halliday, R. Resnick, J. Walker 6thed. 2001, John wiley & sons.

لطفاً پاسخ‌های خود را به نشانی مجله و یا پست الکترونیک مترجم ارسال کنید

احتمال وجود

حیات در قمر مشتری

تقویت شد

آخرین داده‌های سفینهٔ اکتشافی گالیله که به سوی سیارهٔ مشتری رفته است، نشان می‌دهد که اقیانوس موجود روی یکی از قمره‌های مشتری به نام اروپا، به اقیانوس‌های زمینی شباهت دارد و می‌تواند میزبان موجودات زنده باشد. گروهی از دانشمندان به سرپرستی دکتر **ریچارد گرینبرگ** در دانشگاه آریزونا در آمریکا پس از مطالعهٔ عکس‌هایی که گالیله از سطح اروپا تهیه کرده است تصور می‌کنند که ضخامت پوستهٔ یخی این قمر نسبتاً ناچیز است و به نظر می‌رسد ترک‌ها و منافذی در سطح آن وجود دارد که به گاز، گرما و سازواره‌های زنده امکان می‌دهد به سطح زیرین آن که می‌تواند آب باشد، نفوذ کنند. این گروه گمان می‌کنند که دریای اروپا، دارای وجوه مشترکی با برخی از اقیانوس‌های یخی زمین از جمله قطب شمال است. این درحالی است که دانشمندان تصور می‌کردند اکثر اقیانوس‌ها در سیاره‌های دیگر منظومهٔ شمسی به دریاچهٔ وستوک در قطب جنوب زمین شباهت دارند. این دریاچه یکی از عمیق‌ترین دریاچه‌های آب شیرین شناخته شدهٔ کره زمین است که حداقل ۳۰ میلیون سال از عمر آن می‌گذرد.

ساخت حافظهٔ اتمی در آزمایشگاه

لوح فشرده‌ای (CD) را در نظر بگیرید که حجم آن برای ذخیرهٔ اطلاعات به‌جای ۶۵۰ مگابایت، ۶۵۰ میلیون مگابایت باشد؛ یعنی یک میلیون برابر CDهای فعلی. با توجه به انجام آزمایش‌هایی که توانسته است اطلاعات را با کمک اتم ذخیره کند، ذخیرهٔ چنین حجمی از اطلاعات از لحاظ نظری امکان‌پذیر است. اما از آنجا که معمولاً فاصلهٔ نظریه تا عمل زیاد است، نباید به این زودی‌ها در انتظار چنین لوح فشرده‌ای بود.

در سال ۱۹۵۹، «ریچارد فاینمن» فیزیکدان آمریکایی اشاره کرد که کلیه اطلاعاتی که در تاریخ بشر تاکنون به صورت مکتوب درآمده است را می‌توان در یک مکعب با اضلاعی کوچک‌تر از یک‌دهم میلی‌متر گنجاند، البته به شرطی که این اطلاعات با اتم نوشته شده باشند. اکنون دانشمندان دقیقاً همین کار را انجام داده‌اند و به جای استفاده از رقم‌های یک و صفر که برای ذخیرهٔ اطلاعات در رایانه‌ها استفاده می‌شود، با کمک اتم‌های سیلیسم حافظه‌ای در ابعاد اتمی ساخته‌اند. دانشمندان می‌گویند که این نتایج گامی به سوی ساخت دستگاهی است که در آن برای ذخیره اطلاعات از اتم‌ها استفاده می‌شود.

فرنز هیمپسل از دانشگاه ویسکانین امریکا که این آزمایش‌ها را انجام داده است، می‌گوید: «این اثبات نظریه‌ای است که فاینمن ۴۰ سال قبل مطرح کرد.» حافظه‌ای که آقای هیمپسل ساخته است می‌تواند به اندازهٔ یک میلیون لوح فشرده، اطلاعات ذخیره کند.

هرچند از لحاظ نظری امکان استفاده از اتم برای ذخیره اطلاعات وجود دارد، اما در عمل ساخت یک نمونه عملی از حافظه اتمی ممکن است ده‌ها سال طول بکشد. این مسئله ناشی از مشکلات کار کردن با اتم‌های منزوی در دمای معمولی و همچنین سرعت انتقال اطلاعات به حافظه اتمی و بازیابی اطلاعات از آن است. سرعت این کار در حال حاضر به قدری کم است که امکان استفادهٔ عملی از آن وجود ندارد.

پژوهشگران می‌گویند که نکتهٔ جالب و شگفت‌انگیز دربارهٔ آزمایش‌های اخیر این است که چگالی حافظهٔ اتمی با نحوه ذخیرهٔ داده‌ها توسط طبیعت در مولکول‌های DNA قابل مقایسه است. حافظه‌های اتمی جدید برای ذخیرهٔ هر بیت داده از ۲۰ اتم استفاده می‌کنند درحالی که حافظه‌های فعلی از میلیون‌ها اتم استفاده می‌کنند. همچنین DNA برای ذخیره کردن اطلاعات در نیمی از یک جفت پایه شیمیایی، که واحد اساسی سازنده اطلاعات ژنتیک است، از ۳۲ اتم استفاده می‌کند.

نمایش رابطهٔ عدسی نازک

سوجیا چاکراوارتی و بی بی میگل
مترجم: سیما درویش‌پور[1]

یکی از آزمایش‌های رایج در کلاس‌های فیزیک مقدماتی، برای دانش‌آموزان، تشکیل تصویر حقیقی به کمک عدسی نازک است.[2] اغلب یک شکاف روشن به جای شئ به کار می‌رود و عدسی نازک، نور را روی پرده‌ای متمرکز می‌کند. در این جا، پرده را طوری تنظیم می‌کنند که تصویر واضحی از شئ ایجاد شود. دانش‌آموزان فاصله شئ o و تصویر i از عدسی را اندازه‌گیری می‌کنند و دو مقدار اندازه‌گیری‌شده را در رابطهٔ عدسی نازک قرار می‌دهند:

$$1/o+1/i=1/f \qquad (1)$$

بدین طریق فاصلهٔ کانونی f را تعیین می‌کنند. یک تمرین آزمایشگاهی مشهور این است که تعداد زیادی فاصلهٔ شئ و فاصلهٔ تصویر متناظر با آن را در عدسی به‌دست می‌آورند و به‌ازای هریک از این زوج اعداد (شئ و تصویر)، فاصلهٔ کانونی عدسی را با استفاده از معادلهٔ (۱) محاسبه می‌کنند تا دانش‌آموزان به اعتبار معادلهٔ (۱) پی ببرند. روش فوق تمرین سودمندی است و ما دریافته‌ایم که از طریق آن می‌توان معادلهٔ عدسی نازک را به بهترین شکل از راه ترسیم آزمود. معادلهٔ (۱) را می‌توان به صورت زیر هم نوشت:

$$1/i=1/f-1/o \qquad (2)$$

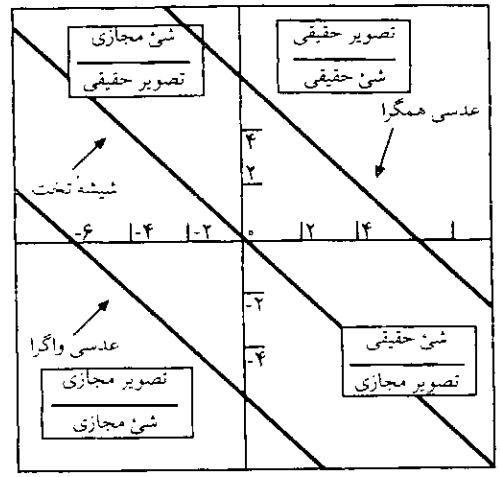
برای یک عدسی خاص، می‌توان ۱/o را بر محور افقی و ۱/i را بر محور قائم منطبق کرد و نمودار خط راستی با شیب ۱- را برای معادلهٔ (۲) [و نیز برای معادلهٔ (۱)] ترسیم کرد. اندازهٔ عرض (طول) از مبدا این خط با ۱/f برابر است. ترسیم نتایج و تحلیل نمودارها به تأئید تصویری معادلهٔ عدسی نازک منجر می‌شود.

نمودار «۱/i - ۱/o» روش آسانی برای فراگیری مبانی عدسی‌های نازک فراهم می‌آورد. هر نقطه‌ای در ناحیهٔ اول متناظر با شئ حقیقی و تصویر حقیقی است. ناحیهٔ چهارم مربوط به اشیای حقیقی و تصویرهای مجازی است. ناحیهٔ سوم معرف اشیای مجازی[3] و تصویرهای مجازی است، و سرانجام نقاط ناحیهٔ دوم با اشیای مجازی و تصویرهای حقیقی متناظرند (شکل ۱). تمام عدسی‌ها اعم از همگرا یا واگرا با نمودار خطی با شیب منفی معرفی می‌شوند و محل برخورد هر خط با محور، با عکس فاصلهٔ کانونی برابر است. در عدسی‌های همگرا، خطوط با قسمت مثبت محور افقی (یا قائم) برخورد می‌کنند. در حالی که محل برخورد خطوط در عدسی‌های واگرا قسمت منفی محور افقی (قائم) است (شکل ۱). خط مربوط به تیغهٔ شیشه‌ای تخت (شرایطی که در آن $f \to \infty$)، از مبدا می‌گذرد.

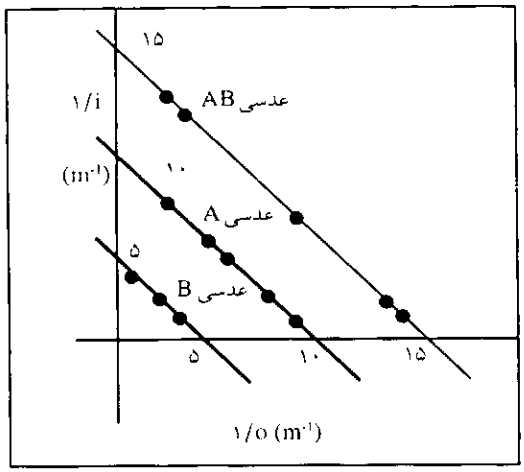
در آزمایش ما، دانش‌آموزان فاصلهٔ تصویر و شئ را از عدسی، در دو عدسی همگرای A و B تعیین کردند. سپس از ترکیب دو عدسی A و B، عدسی مرکب AB را ساختند و فاصله‌های یادشده را در این عدسی به‌دست آوردند.

حاصل کار دانش‌آموزان در آزمایشگاه ما برای هریک از دو عدسی B و A و نیز عدسی مرکب AB به‌صورت نمودار شکل ۲ ارائه شده است. نمودارهای خط راست با شیب تقریبی ۱- برای عدسی‌های A و B نشان می‌دهند که این عدسی‌ها از معادلهٔ (۱) پیروی می‌کنند. نمودار خط راست با شیب ۱- برای عدسی مرکب AB نشان می‌دهد که دو عدسی نازک در ترکیب با هم، مشابه یک عدسی نازک عمل می‌کنند. دانش‌آموزان همچنین می‌توانند بیازمایند که فاصلهٔ کانونی عدسی مرکب یعنی f_{AB}، برحسب فاصلهٔ کانونی عدسی‌های B و A، یعنی f_A و f_B، از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$1/f_{AB}=1/f_A+1/f_B \qquad (3)$$



شکل ۱ . نمودار $1/i - 1/o$. خطوط ترسیمی معرف عدسی همگرا، واگرا یا تیغهٔ شیشه‌ای تخت است



شکل ۲ . نمودار تصویر و شئ حاصل از کار آزمایشگاهی دانش‌آموزان . دو عدسی سادهٔ A و B و عدسی مرکب AB

معادلهٔ (۳) مطابق شکل ۲ تفسیر ساده‌ای به این صورت دارد :

فاصله از مبدأ خط برای عدسی مرکب AB با مجموع فاصله از مبدأهای مربوط به عدسی های A و B برابر است . »

نتایج کار دانش‌آموزان ما در این آزمایش به‌طور کلی از کیفیت خوبی برخوردار بود .

در شکل ۲ ، طبق روش «حداقل مربعات» شیب‌های ۰/۹۹ـ ، ۱/۰۶ـ و ۱/۱ـ به ترتیب برای خطوط مربوط به عدسی‌های A ، B و AB به دست آمدند و اندازهٔ تقریبی[۱] میانگین عرض از مبدأها عبارتند از : $1/f_A = 5[1/m]$ ، $1/f_B = 9[1/m]$ و $1/f_{AB} = 14[1/m]$.

دانش‌آموزان معمولاً به نتایج حاصل از خطوط توجه می‌کنند و با استفاده از رابطهٔ «عرض از مبدأ»های آن‌ها ، به درستی معادلهٔ (۳) پی می‌برند . علاوه بر این ، عموم دانش‌آموزان قادرند تقارن موجود بین فاصله‌های «شئ- تصویر» را کشف کنند . به این معنی که اگر (x,y) نقطه‌ای برای یک عدسی خاص باشد ، (y,x) نیز یک نقطهٔ دیگر برای همان عدسی است .

عکس فاصلهٔ کانونی ($\frac{1}{f}$) به «توان عدسی» (P) معروف است . توان عدسی اصطلاح رایجی است که متخصصان دیدسنجی به‌کار می‌برند . اما در کتاب‌های فیزیک مقدماتی معمولاً مطرح نمی‌شود . اگر یکای f برحسب متر باشد ، یکای $1/f$ یعنی توان عدسی ، برحسب **دیوپتر** (D) است . اگر معادلهٔ (۳) را با مفهوم توان عدسی توصیف کنیم ، باید بگوییم که توان شکست دو عدسی نازک متصل به هم (عدسی مرکب) با مجموع توان‌های شکست دو عدسی ، مساوی است . عکس فاصلهٔ شئ و نیز عکس فاصلهٔ تصویر از عدسی را همگرایی[۲] می‌نامند و با علامت V[۳] نمایش می‌دهند . اگر V همگرایی شئ و V' همگرایی تصویر باشد ، معادلهٔ (۱) را می‌توان به صورت زیر نوشت :

$$V + V' = P$$

باید توجه داشته باشیم که نمودار خط راست $1/o$ برحسب $1/i$ ، به‌طور مستقیم اعتبار هیچ قانونی از قوانین بنیادی فیزیک را اثبات نمی‌کند . اثبات این موضوع در فیزیک به عهدهٔ قانون شکست «اسنل» است که یا از خواص انتشار

اصغر نوروزیان

چگونه معلم فیزیک شدم؟

مجری برنامهٔ «پرتو» کانال چهار سیما، ۱۲ اردیبهشت ماه ۱۳۸۱ در روز معلم، از من سؤال کرد: «چگونه معلم فیزیک شدید؟»

صلاح در این دیده شد که پاسخ این سؤال در مجلهٔ رشد فیزیک آورده شود تا مورد استفادهٔ همکاران و مخصوصاً اشخاصی که می‌خواهند در آینده معلم فیزیک بشوند، قرار بگیرد.

آخرین عصر تیرماه ۱۳۸۱، برای احوالپرسی از دوست عزیز جناب آقای سید جعفر مهرداد به ایشان تلفن کردم. ضمن گفت و گوی ما، صحبت از سؤالی به میان آمد که مجری برنامهٔ «پرتو» کانال چهار سیما در روز ۱۲ اردیبهشت ماه ۱۳۸۱ در روز معلم از من کرد. ایشان این برنامهٔ زنده و تکرار آن را ندیده بودند، ولی از دیگران شنیده بودند. صلاح در این دیدند که به آن سؤال روی کاغذ در مجلهٔ رشد فیزیک پاسخ دهم تا مورد استفادهٔ همکاران و مخصوصاً اشخاصی که می‌خواهند در آینده معلم فیزیک بشوند قرار بگیرد.

امواج در مرزهای دو محیط و «اصل فرما»، و یا از معادله‌های ماکسول، استنتاج می‌شود. ساده بودن معادلهٔ (۱) ناشی از شکل عدسی است. اگر ضخامت عدسی در مقایسه با قطر آن کوچک باشد و سطوح آن به سطوح کروی نزدیک باشد، آن‌گاه تصویر کانونی شده و معادلهٔ (۱) تقریب خوبی است.

ما پی بردیم که دانش‌آموزان زمانی از آزمایش بیش‌تر لذت می‌برند که نتایج حاصل از آن را به صورت ترسیمی درآورند. نتایج به‌دست آمده از کیفیت مناسبی برخوردارند و می‌توان در یک نمودار ترسیمی، به صراحت معادله‌های (۱) و (۳) را تأئید کنند. در کلاس درس آزمایشگاهی ما، به‌کارگیری روش‌های تصویری و شیوه‌های تحلیل نتایج مربوط به آن، همیشه سودمند بوده است. آزمایش عدسی نازک فرصت دیگری است که این روش‌ها را بازآزمایی کنیم.

زیرنویس: .....

۱. دبیر فیزیک دبیرستان‌های ناحیهٔ ۲ آموزش و پرورش رشت

۲. رابطهٔ عدسی نازک را تقریباً در هر کتاب فیزیک مقدماتی می‌توان یافت؛ به‌عنوان مثال به مرجع زیر مراجعه کنید:

D. Halliday, R. Resnick, and J. Walker, **fundamentals of physics** (wiley, New York, 1997)

۳. شئ وقتی مجازی است که پرتوهای تابش به سوی آن همگرا شوند (در پشت عدسی به‌هم برسند). این پدیده در سیستم عدسی‌های مرکب رخ می‌دهد. وقتی عدسی، پرتوها را قبل از برخورد به هم (برای تشکیل تصویر حقیقی) قطع کند، شئ مجازی ایجاد می‌شود.

4. VERGENCE

5. F. L. Pedrotti and L. S. Pedrotti, Introduction to Optics (Prentice-Hall, New Jersey, 1993)

6. Kenneth N. Ogle, Optics: An Introduction for Ophthalmologists (Charles C. Thomas Bannerston House, Springfield, IL, 1961).

منبع: .....

THE PHYSICS TEACHER, Vol. 39, September 2001 P. 342-3.

البته مطالبی را که در این جا می نویسم برای خودستایی نیست، بلکه حقیقت است و امیدوارم که مورد توجه قرار بگیرد.

ظهر روز ۱۲ اردیبهشت ماه، از طرف کانال چهار سیما زنگ زدند که اجازه می دهید ساعت ۲۰ اتومبیل سیما شما را برای اجرای برنامهٔ پرتو بیاورد؟ و من قبول کردم. در راه، اسم مجری برنامه را پرسیدم، گفتند آقای **عبدالرشیدی** است. وقتی وارد ساختمان فرستنده شدم، مردی بلندبالا با قیافهٔ دوست داشتنی و متبسم خود را معرفی کرد و گفت: «آقای نوروزیان من خیلی وقت پیش شاگرد شما بودم و از کتاب های فیزیک و شیمی رنر استفاده کرده‌ام.»

ساعت ۹ وارد استودیو شدیم و سؤالاتی از من کردند. یکی از آن ها این بود که شما مقاله های زیادی دربارهٔ آزمایش های سادهٔ فیزیکی در مجلهٔ «رشد فیزیک» نوشته اید و اول هر مقاله این شعر را به چاپ رسانده اید:

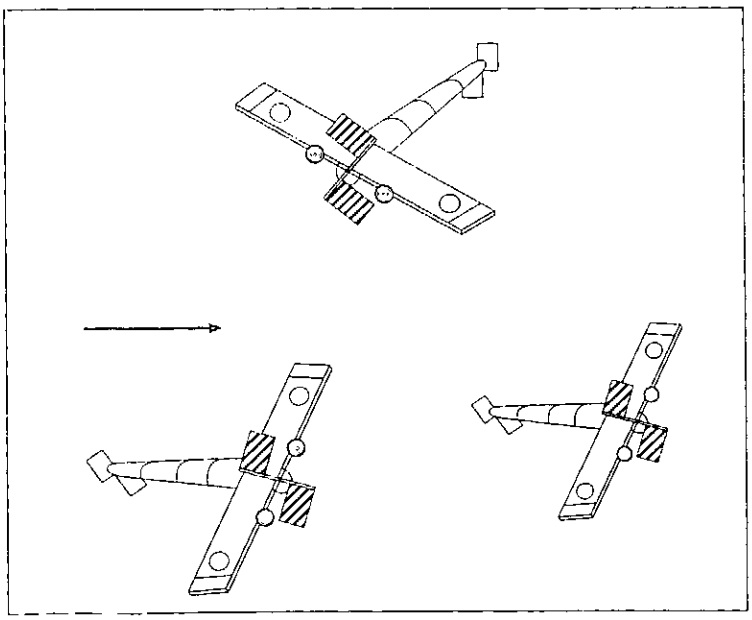
مرد خردمند هنرپیشه را
عمر دو بایست در این روزگار
تا به یکی تجربه اندوختن
در دگری تجربه بردن به کار

پرسیدند که معنی این شعر چیست و منظور از آن چه چیز است؟ من جواب دادم: که این شعر را اولین بار در «دبیرستان پروفسور حسابی»، در روز معلم برای دانش آموزان گفتم و یادآور شدم که خداوند متعال در آیهٔ ۶۸ «سوره یاسین» می فرماید: و من نعمّره ننکسه فی الخلق افلا یعقلون. یعنی: هر که را عمر زیاد دادیم، از خلقت او کاستیم؛ مثلاً گوش سنگین می شود، چشم خوب نمی بیند و بوها را به خوبی تشخیص نمی دهد و فقط یکی از اعضا شدیداً فعّال می شود. معنی آن «فکعیّن» هم این است که مرتباً حرف می زند و به دیگران فرصت نمی دهد. می دانید چرا؟ چون خدا به هیچ کس عمر دوباره نمی دهد و در طول عمر، تجربه های زیادی اندوخته است و حیفش می آید که آن ها را با خودش ببرد. به این جهت است که آن ها را با سرعت به دیگران می گوید. اشخاص مسن در حقیقت مجموعه‌ای از تجربیات هستند و جوانان باید از آن ها استفاده کنند.

سؤال دیگری که آقای عبدالرشیدی کردند این بود که: «چگونه معلّم فیزیک شدید؟» و من هم از اول شروع کردم:

۱. محیط تأثیر فراوانی در انتخاب رشته تحصیلی دارد

پدر مرحوم من، در راستهٔ بازار تبریز مغازه‌ای داشت که میخ و لولا و سایر وسایل زندگی را می فروخت و از شهرهای دور و نزدیک، برون برها برای خرید آن ها به تبریز می آمدند. بعضی از آن ها چند شبانه روز، در منزل ما مهمان می ماندند. در مجاورت مغازه در کاروانسرای عباسی، انبار بزرگی وجود داشت که کارکنان پدرم در آن جا، جعبه های وسایل را باز می کردند. درنتیجه انواع و اقسام تخته ها، میخ ها و تسمه های فلزّی به فراوانی وجود داشتند و من از آن ها استفاده می کردم و مدل هواپیما، قطار راه‌آهن و سایر چیزها را می ساختم. گاهی این وسایل را بچه های محلّه می خریدند. مدل های هواپیما دارای فرفره‌ای بود و هر کدام دارای دو چرخ از قوطی های واکس یا چرخ های خراّطی شده بودند. این مدل های هواپیما با باد حرکت می کردند و گاهی باد شدید بود و آن ها به سرعت حرکت می کردند و از زمین بلند می شدند که باعث خوشحالی همه می شد.



آن وقت‌ها، برای من این مسأله‌ای بود که:

اولاً، چرا هر روز عصر این باد می‌وزد و در تمام شب باد خنکی در حال وزش است؟

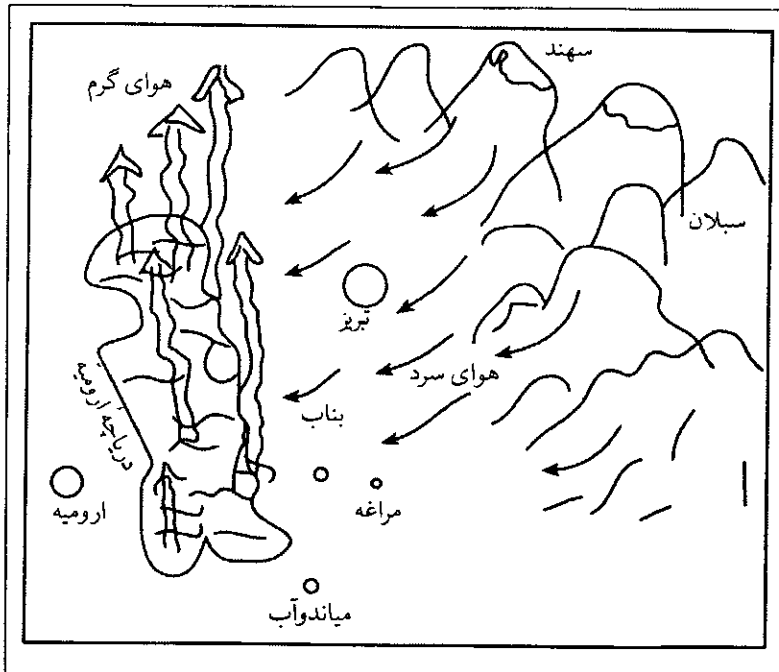
ثانیاً، چرا گاهی وزش باد شدید و گاهی کم است؟

ولی نتوانسته بودم کسی را پیدا کنم که جواب قاطعی به من بدهد. تا این‌که در کنفرانس عمومی معلمان علوم تجربی از ۱۷ تا ۲۳ تیرماه ۱۳۴۶ به مدت یک هفته در تبریز بودیم. هیأت رئیسهٔ انجمن، شب‌ها در مهمانسرای تبریز بیتوته می‌کرد و تا نصف شب، صدای موزیک در این مهمانسرا نمی‌گذاشت که ما بخوابیم. یک پرچم در مقابل مهمانسرا بر روی دکل بلندی نصب شده بود و من جهت اهتزاز پرچم را در موقع شب و روز در نظر می‌گرفتم. مرتباً در دو جهت مخالف بود. این مهمانسرا در میدان راه‌آهن تبریز ساخته شده بود و پشت ایستگاه راه‌آهن، دشت صاف تا دریاچهٔ ارومیه ادامه داشت. دریاچهٔ ارومیه دریاچهٔ عجیبی است و آبش به‌قدری املاح دارد که وزن مخصوص آب آن را خیلی زیاد کرده است؛ به‌طوری که اگر شخصی به این دریاچه وارد شود، روی آب می‌ماند و کسی تا به‌حال در آن غرق نشده است.

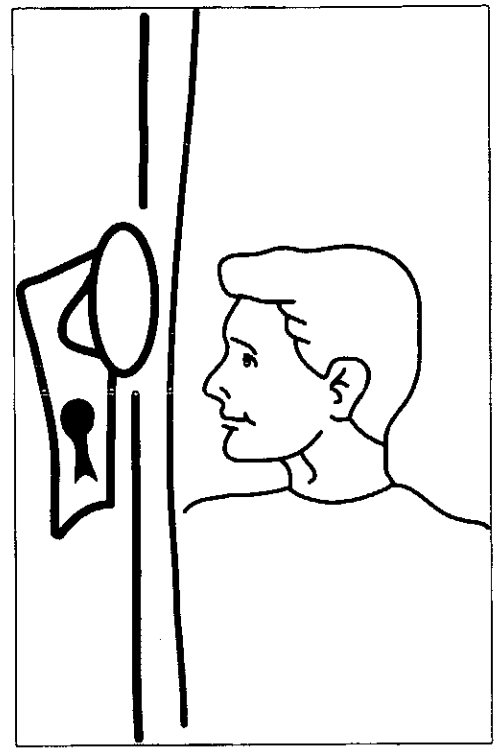
به علت غلظت آب و غنی بودن آن از املاح، در موقع روز که آفتاب می‌تابد، مقدار زیادی از گرما در آب دریاچه ذخیره می‌شود و وقتی آفتاب غروب می‌کند، آب گرم دریاچه، هوای بالای خود را گرم می‌کند و هوای گرم به طرف بالا می‌رود و از اطراف دریاچه، هوای سرد جای آن را پر می‌کند. این هوا از کوه‌های مجاور تبریز، یعنی سهند و سبلان که قله‌های آن‌ها همواره پوشیده از برف است، حرکت می‌کند که تولید باد ساحلی شدیدی می‌کند. این باد از شهر تبریز عبور می‌کند و این مسأله هر روز تکرار می‌شود. به‌این‌ترتیب، توانستم پس از چندین سال، برای سؤالی که در دوران کودکی داشتم، جواب قانع‌کننده‌ای پیدا کنم!

۲. توجه و دقت در برخورد به مطالب و مسائل جدید

وقتی هفت‌ساله شدم، در سال ۱۳۰۱ دو برادر بزرگ‌ترم، دست مرا گرفتند و برای دیدن دبستان با خود به مدرسه بردند. مدرسهٔ بزرگی بود و بچه‌ها بازی می‌کردند، و در آن‌جا سر و صدای فراوانی بود. صدای زنگ که بلند شد، بچه‌ها در حیاط صف بستند. برادرانم به من گفتند که تو روی این الوارها بنشین، ما می‌رویم سر کلاس و بعد برمی‌گردیم و با هم به منزل می‌رویم. تک‌زنگی زده شد، بچه‌ها با صف‌های مرتب به کلاس‌ها رفتند و یک‌مرتبه تمام صداها خوابید. فقط از کلاس‌ها صدای آموزگاران شنیده می‌شد. من از جا بلند شدم. اولین کاری که کردم، اطمینان پیدا کردن از وجود برادرانم بود. آهسته از سوراخ کلید در کلاس آن‌ها را دیدم و راحت شدم. و این کار را ادامه دادم؛ در یکی از اتاق‌ها، مولاژهای بزرگ و ساعت دیواری با آونگ بسیار



منظره‌ای از جریان بادهای ساحلی بعد از غروب آفتاب



بزرگ طلایی بود که معلوم شد، اتاق ریاست مدرسه است. بعداً معلوم شد که آن مولاژها را که به اندازهٔ حقیقی بدن انسان بودند، در ساعت‌های علم‌الاشیا می‌آوردند و برای بچه‌ها تشریح می‌کردند.

در اتاق کوچکی، خیاطی کار می‌کرد و برای دانش‌آموزان لباس اونیفورم می‌دوخت. نشان نقرهٔ مدرسه که به صورت یک ستاره بود و در وسط آن نوشته شده بود: «مدرسهٔ مبارکهٔ تمدن» و برای نصب بر سینهٔ دانش‌آموزان در ویترینی گذاشته شده بود. از همه مهم‌تر، اتاق نیمه تاریکی بود که دور تادور آن گنجه‌های شیشه‌داری پر از اسباب‌بازی (وسایل آزمایشگاه) وجود داشت. پشت میزی روی صندلی، یک نفر با عینک نشسته بود و با اسباب‌بازی‌ها کار می‌کرد. بعداً معلوم شد که این‌جا آزمایشگاه دبستان و ایشان معلم علم‌الاشیاء هستند. این شخص آقای حسین امید بود. آقای حسین امید معلم بسیار عالی‌مقام تبریز بود. در علوم، ادبیات و ریاضیات مانند مرحوم احمد آرام، معلم خودساخته‌ای بود.

این اتاق برای من بسیار جالب بود و آرزو می‌کردم که کاش من به‌جای آن مرد بودم!

دبستان تمدن به‌زودی سه‌سال دورهٔ اول دبیرستان را هم افتتاح کرد و من این دورهٔ سه‌ساله را هم با معلمان محلی بسیار باسواد و با دریافت سیکل اول به پایان رساندم و به دبیرستان دولتی رفتم که چند نفر از معلمان آن‌جا فرانسوی بودند و زبان فرانسه و ریاضیات و نجوم را تدریس می‌کردند.

در کلاس یازدهم، برای درس فیزیک، لیسانسیهٔ ممتازی به نام عزیزی را از تهران فرستادند، معلم بسیار باسواد، ولی مریض‌الحالی بود. بعد از دو ماه، ابلاغی از تهران فرستادند که دو ماه دوم سال تحصیلی محل خدمت وی شهر مشهد مقدس خواهد بود. شنیدم که پس از تدریس دو ماه فیزیک در مشهد، ابلاغی برای تدریس ایشان در شیراز صادر شد و در آن‌جا به رحمت ایزدی پیوست. مرحوم عزیزی موقع خداحافظی از رئیس فرهنگ (آموزش و پرورش) تبریز در مقابل سؤالی که از او کرده بودند، گفته بود: «آقای نوروزیان می‌تواند درس مرا ادامه دهد!»

فردای آن روز، رئیس مدرسه (مرحوم آقای امیر خیزی) فرمایش مرحوم عزیزی و رئیس فرهنگ را به من ابلاغ کردند و من هم قبول کردم. شب‌ها درسی را که فردا باید بدهم از کتاب فرانسه ترجمه می‌کردم. روز بعد، در زنگ فیزیک که تمام بچه‌ها دور تادور حیاط صف بسته بودند، من به اتاق معلمان می‌رفتم و دفتر نمرهٔ کلاس را برمی‌داشتم، همراه با سایر معلمان که برخی از آن‌ها فرانسوی بودند، به کلاس یازدهم می‌رفتم و پشت سر من همکلاسی‌های من می‌آمدند.

در آخرین جلسهٔ سال تحصیلی که مشغول تدریس آخرین درس فیزیک بودم، در کلاس به صدا درآمد. گفتم بفرمایید. آقای امیر خیزی، رئیس دبیرستان و آقای سعیدی، رئیس فرهنگ (آموزش و پرورش) را دیدم که اجازهٔ ورود می‌خواستند. من به استقبال آن‌ها رفتم و هر دو در نیمکت ته کلاس که تعداد همکلاسان در حدود ۵۰ نفر بودند، نشستند و گفتند شما درستان را ادامه دهید.

تقریباً ۲۰ دقیقه بعد برنامه تمام شد و همه دست زدند. آقایان رئیس مدرسه و رئیس فرهنگ آمدند جلو و از من تشکر کردند. آقای رئیس فرهنگ به من گفت: «شما چیزی از من بخواهید.»

من گفتم فقط سلامتی شما را می‌خواهم! باز تکرار کردند و من همان جواب را دادم. آقای امیر خیزی گفت که آقای نوروزیان خجول هستند. من جایزهٔ ایشان را تعیین می‌کنم و پس از دو روز، یک کتاب مفصل ایران را که در صفحهٔ اول آن از من تشکر شده بود، به‌عنوان جایزه به من دادند.

در کلاس دوازدهم به جای مرحوم عزیزی و بنده، وزارت فرهنگ (آموزش و پرورش) یکی از دانشجویانی را که در پاریس مشغول گذراندن دورهٔ دکترا در فیزیک بود (و من از ذکر نام او خودداری می‌کنم)، به ایران احضار کرد و او را برای تدریس فیزیک به دبیرستان‌های تبریز فرستاد. این شخص که از پاریس به تبریز فرستاده شده بود، بسیار ناراحت بود و درنتیجه، درس فیزیک را چنان‌که شاید و باید تدریس نمی‌کرد. من مثل سال گذشته مطالب را از کتاب‌های فرانسوی استخراج می‌کردم و در دفترچهٔ فیزیک می‌نوشتم.

بعد از یک ماه، رئیس مدرسه، مرحوم آقای امیر خیزی مرا

صدا کرد و گفت که همکلاسان شما از معلم فیزیک راضی هستند و می‌خواهند مانند سال گذشته؛ شما کلاس فیزیک را اداره کنید. من جواب دادم که البته می‌توانم کلاس را اداره کنم، اما به دو دلیل این پیشنهاد را نمی‌توانم بپذیرم: اول این که وقتی این وظیفه را قبول کنم، سایر درس‌هایم پیشرفت زیادی نمی‌کنند. دوم، امسال، سال آخر است و امتحان نهایی و رسمی خواهد بود. شخص امتحان‌کننده نمی‌تواند شاگردی را ببیند که به‌جای او درس می‌دهد و حتماً تأثیری در امتحان آخر سال خواهد داشت. مرحوم جواب مرا پسندید و تشکر کرد.

معلوم بود که من معلم فیزیک خوبی شده بودم، ولی هنوز علوم تربیتی را فرانگرفته بودم. یادم هست که در یک کلاس علوم تربیتی که توسط مرحوم دکتر بیژن اداره می‌شد، یکی از دانشجویان گفت: «استاد در محلهٔ ما معلمی هست که بدون این‌که کلاس شما را ببیند، بی‌نظیر است.»

دکتر بیژن جواب داد: «اگر ایشان این کلاس را ببیند، خواهید دید که چگونه عالی تدریس خواهد کرد!»

من از اول سال دوازدهم با یکی از همکلاسی‌هایم به نام مرحوم **سیدرضی فردوس** قرار گذاشتیم که ظهرها در مدرسه بمانیم و از تختهٔ سیاه کلاس استفاده کنیم. یک روز من می‌رفتم برای ناهار نان و قاتوق می‌خریدم و یک روز هم دوستم می‌رفت. بد نیست بدانید که با یک شاهی ($\frac{۱}{۲۰}$ ریال) یک عدد نان مانند تافتون‌های تهران می‌خریدم و با یک شاهی هم قاتوق (سیب‌زمینی پخته، پنیر یا حلوا ارده) تهیه می‌کردم. در ضمن خوردن آن‌ها، مسائل ریاضی و فیزیک و شیمی را روی تختهٔ سیاه حل می‌کردیم.

یک روز موقع ظهر، آقای امیرخیزی دَر کلاس را زد و بعد از کسب اجازه گفت: «من یک لقمه از ناهار شما دانش‌آموزان ساعی می‌خورم!»

روزهای جمعه و تعطیلات سال، در مدرسهٔ ملی پدر دوستم کار می‌کردیم و قرار گذاشته بودیم که بعد از امتحانات نهایی به تهران برویم و پزشکی بخوانیم.

۳. تحقیق دربارهٔ کار آینده و مشورت با اشخاص آگاه

اوایل مردادماه ۱۳۱۴، من و دوستم با پدر و خاله‌اش که زن خانه‌دار مسنی بود، به تهران آمدیم. من و دوستم به دانشگاه که تمام رشته‌های تحصیلی آن در میدان بهارستان (باغ نگارستان) بود، مراجعه کردیم. جواب دادند که زود آمده‌اید و باید اول شهریور مراجعه کنید. نمی‌دانید این یک ماه برای من چه گذشت. ولی دائماً در تحقیق کار آینده بودم. فهمیدم که دورهٔ پزشکی هفت سال است. و خُلق و اخلاق خود و امکانات و اتفاقات هفت سال را در نظر گرفتم و فکر کردم که پس از موفقیت در این رشته و افتتاح مطب، فرض کنیم یک شخص ثروتمند بچهٔ مریضش را بغل کرده و برای معالجه و مداوا به من مراجعه کنند. من پس از معاینه و نوشتن نسخه نمی‌توانم از او حق ویزیت بگیرم؛ زیرا کار خیری را که انجام داده‌ام، نباید با گرفتن پول بی‌ارزش کنم. وای! روزی که یک مرد فقیر بچهٔ مریضش را برای معالجه و مداوا پیش من بیاورد، علاوه بر این‌که نمی‌توانم حق‌ویزیت بگیرم، باید پول دوا و حتی غذای بچه و خانواده‌اش را بدهم! از کجا!؟ این بود که در مدت یک ماه پس از تفکر و مشورت از رشتهٔ پزشکی منصرف شدم.

اول شهریور برای ثبت‌نام به دانشگاه مراجعه کردیم. دوست من اسمش را در رشتهٔ پزشکی نوشت. من با دبیر ادبیات فارسی دبیرستان تمدن تبریز، **آقای غفار بینش‌پور** در حیاط دانشگاه برخورد کردم. ایشان برای ادامهٔ تحصیل در رشتهٔ ادبیات به تهران آمده بود. مرد بسیار بصیر و کاردانی بود. از ایشان پس از ذکر ماوقع، استمداد کردم و گفتم رشته‌ای را برای من تعیین بفرمایید که رشتهٔ خوب و پُرکاری باشد و سر بنده را گرم کند. ایشان فرمودند: «برو به رشتهٔ فیزیک و شیمی که هم رشتهٔ مدرن و هم پُرکار است و داوطلب هم خیلی کم دارد و رشتهٔ سنگینی است.»

من همان روز در رشتهٔ فیزیک و شیمی ثبت‌نام کردم. سال اول از فیزیک و شیمی خبری نبود و با رشتهٔ ریاضی در کلاسی به نام ریاضیات عمومی تحصیل کردم. در این کلاس در حدود ۵۰ نفر از شاگردان اول و دوم شهرستان‌ها جمع بودند و از این عده، فقط هفت نفر به رشتهٔ فیزیک و شیمی رفتند و دو نفر ترک تحصیل کردند. بقیه به رشتهٔ ریاضی رفتند. پس از سه سال از این رشته و علوم تربیتی با احراز مقام شاگرداولی بین همهٔ رشته‌های دانشگاه لیسانسیه شدم و در شهریور ماه ۱۳۱۷، حکم مخصوص را با مزایای فراوان برای خدمت در مدرسه‌های تبریز دریافت کردم و عازم شهر تبریز شدم (رجوع شود به مجله رشد فیزیک، شمارهٔ ۶۱ که مقداری از فعالیت‌هایم و مخصوصاً ادارهٔ کلاس ثابت فیزیک و اشکالی که در درس الکتریسیتهٔ ساکن پیش آمده بود و رفع آن را، در آن‌جا به‌طور مفصّل نوشته‌ام).

درون خورشید

جان گریبین
مترجم: حسین دانشگر

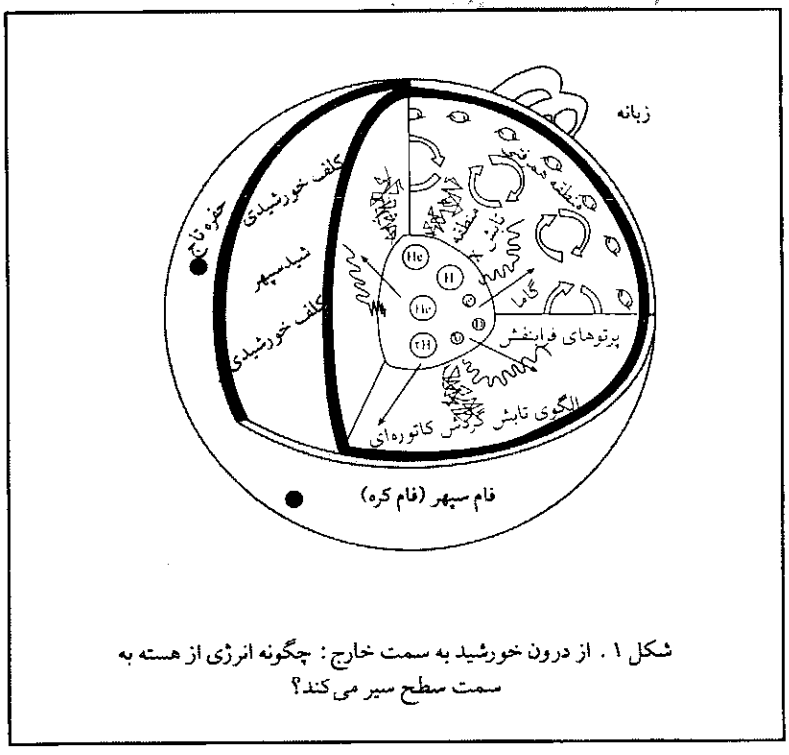
این شگفت‌انگیز نیست که هنوز دربارهٔ آنچه درون خورشید می‌گذرد، تردیدهایی وجود دارد. بلکه مطالب بسیار زیادی که در دهه‌های اخیر دربارهٔ وقایعی که در اعماق ستارهٔ همسایه خود می‌گذرد، یاد گرفته‌ایم، حیرت‌آور است.

خورشید ما صرفاً ستاره‌ای است بسیار شبیه به ستارگان فراوان دیگری که در آسمان شب می‌بینیم. این ستاره فقط به خاطر این که در فاصلهٔ ۱۵۰ میلیون کیلومتری از ما قرار دارد، چنین درخشان به نظر می‌رسد، و به خاطر نزدیکی و داغی سطحی آن (C° ۶۰۰۰ ~) است که با نور خیره‌کننده‌ای می‌درخشد.

مطالعهٔ سطح درخشان خورشید، به کمک طیف‌نگاری و دیگر روش‌های ساده صورت می‌گیرد. اما آگاهی یافتن از آنچه درون آن می‌گذرد، به طور چشمگیری دشوارتر است.

کم‌تر از صد سال پیش، کسی حتی نمی‌دانست که خورشید گرمای خود را چگونه تأمین می‌کند. کم‌تر از یک نسل پیش از این نیز کسی نمی‌دانست که خورشید از چه ساخته شده است. از زمانی که جزئیات فرایندهای هسته‌ای که خورشید را شعله‌ور می‌سازند، معلوم شده است، بیش از پنجاه سال نمی‌گذرد. زمین‌شناسان و کسانی که به نظریهٔ تکامل اعتقاد داشتند، تازه در اواسط قرن نوزدهم متوجه شدند که زمین و حیات روی آن از چه زمانی به وجود آمده‌اند.

زندگی فقط در صورتی می‌توانست برای مدتی چنین طولانی و کافی برای این که تکامل بتواند کار خودش را انجام دهد، ادامه یابد که خورشید به مدت صدها میلیون سال چشمه‌ای کم و بیش ثابت از گرما را تأمین کرده باشد. اما تا این هنگام، به لحاظ علمی هیچ چشمهٔ شناخته شدهٔ انرژی سراغ نداریم که بتواند، خورشید را برای این مدت طولانی برافروخته نگه دارد. برای مثال، اگر خورشید به طور کامل از ذغال‌سنگ ساخته شده بود، سوختن آن در محیطی پر از اکسیژن خالص، در عرض چند ده‌هزار سال باعث خاکستر شدن آن می‌شد.



شکل ۱. از درون خورشید به سمت خارج: چگونه انرژی از هسته به سمت سطح سیر می‌کند؟

بهترین راه‌حلی که فیزیک می‌توانست ارائه کند، آزاد شدن انرژی بر اثر انقباض گرانشی بود که ویلیام تامسون[1] (بعداً لرد کلوین) و هریان هلمهولتز[2] در نیمهٔ دوم قرن نوزدهم مطرح کردند. براساس این نظر، بر اثر انقباض گرانشی، انرژی گرانشی به آرامی به گرما تبدیل می‌شد. این انقباض باید با آهنگ ۵۰ متر در قرن صورت می‌گرفت که تا صد سال پیش قابل اندازه‌گیری نبود. چنین انقباضی می‌توانست، خورشید را فقط برای ۲۰ میلیون سال گرم نگه دارد. پس از آن، خورشید بر اثر جمع شدن از میان می‌رفت. معتقدان به نظریهٔ تکامل می‌گفتند که این مدت به اندازهٔ کافی طولانی نیست.

تامسون گمان می‌کرد که فرض نورافشانی خورشید برای مدتی بیش از ۲۶ میلیون سال، عجولانه است. اما وی بعداً این نکته را افزود که: «مگر این که فعالیت‌هایی انجام گرفته باشد و باید انجام گیرد که با توجه به قانون‌های فعلی حاکم بر جهان مادی، غیرممکن‌اند.»

البته همین اندیشهٔ وی، رمز عمر زیاد خورشید است. خورشید را در واقع فرایندهایی گرم نگه می‌دارند که از قانون‌های شناخته شدهٔ تامسون، به‌ویژه قانون پایستگی جرم، پیروی نمی‌کنند.

کشف پرتوزایی در دههٔ ۱۸۹۰ نشان داد که انرژی می‌تواند از درون اتم‌ها آزاد شود. در سال ۱۹۰۵، آلبرت اینشتین نشان داد که جرم و انرژی جنبه‌های مختلف از یک چیز و قابل تبدیل به یکدیگرند. وی این مطلب را در فرمول مشهور $E = MC^2$ خود نشان داد که در آن E انرژی ناشی از ناپدید شدن جرم M، و C سرعت نور است. چون C برابر ۳۰۰ میلیون متر بر ثانیه است، جرمی کوچک، معادل مقدار بسیار زیادی انرژی خواهد بود. حال اگر این همان روشی باشد که خورشید را گرم نگه می‌دارد، ماده چگونه به انرژی تبدیل می‌شود؟ و این فرایند چه مدت تداوم می‌یابد؟

شگفت‌آور است که انرژی تولید شده توسط هر کیلوگرم از خورشید چندان زیاد نیست. جرم کل خورشید که از تأثیر گرانشی آن بر سیارات به دست می‌آید، 2×10^{30} kg است. کل گرمای خروجی آن $3/7\times10^{26}$ J در هر ثانیه است. بنابراین، هر کیلوگرم از خورشید به‌طور میانگین فقط 2×10^{-4} J در ثانیه انرژی تولید می‌کند که از آهنگ آزاد شدن گرما در فرایندهای شیمیایی سوخت و ساز بدن شما بسیار کوچک‌تر است.

از نگاهی دیگر، خورشید در هر ثانیه مقداری انرژی گسیل می‌کند که با از دست رفتن ۱۴ میلیون تن ماده معادل است. بدین‌ترتیب، حتی اگر خورشید به مدت ۴ بیلیون سال (بازهٔ زمانی سازگار با مقیاس زمین‌شناختی) تابیده باشد، مقدار ماده‌ای که تاکنون از دست داده است، فقط یک پنج هزارم جرم اولیهٔ آن است. انرژی اتمی دقیقاً می‌تواند، معمای انرژی خورشیدی را حل کند و مقیاس زمانی لازم برای تحول را فراهم آورد. اما این عمل چگونه به وقوع می‌پیوندد؟

تا دههٔ ۱۹۳۰، سوءتفاهم اخترشناسان دربارهٔ ساختار خورشید، تلاش آن‌ها را برای پیدا کردن فرایندهای هسته‌ای که خورشید را گرم نگه می‌دارد، بی‌ثمر ساخته بود. درواقع، ایدهٔ آن‌ها در مورد خورشید کمی پیشرفته‌تر از یونانیان باستان بود که فکر می‌کردند، خورشید یک گوی آهنی گداخته است.

در اواخر دههٔ ۱۹۲۰، این فکر که ساختار خورشید تفاوت چندانی با ساختار زمین ندارد، طبیعی بود. اگرچه فیزیک‌دانان در آن هنگام اصولاً می‌دانستند که انرژی ممکن است، بر اثر همجوشی هسته‌های هیدروژن به هلیم و عناصر سنگین دیگر تولید شده باشد (و جرم از دست رفته باشد)، اما هیدروژن بسیار کمی برای این کار لازم بود. وقتی چهار هستهٔ هیدروژن، هریک به جرم ۱/۰۰۸ واحد جرم اتمی با هم ترکیب شوند تا یک هستهٔ هلیم به دست آید، جرم تبدیل‌شده به انرژی معادل $\frac{1}{120}$ (تقریباً ۱ درصد) جرم کل هسته‌های اولیه است (یک واحد جرم اتمی $\frac{1}{12}$ جرم اتم کربن-۱۲ است). چون هستهٔ هلیم سبک‌تر از چهار پروتون است، انرژی آزاد می‌شود و این منشأ نور خورشید است.

همان‌طور که اختر فیزیک‌دان انگلیسی، آرتور ادنیگتون[3] در سال ۱۹۲۰ بیان کرد: «اگر ۵ درصد جرم ستاره در ابتدا از اتم‌های هیدروژن تشکیل شده باشد، و این اتم‌ها به تدریج برای تشکیل عناصر پیچیده‌تر باهم ترکیب شوند، گرمای کل آزاد شده بیش از آن خواهد بود که نیازهای ما را تأمین کند.»

اکنون می‌دانیم که دمای قلب خورشید ۱۵ میلیون کلوین است و با وجود این که چگالی در آن‌جا ۱۲ برابر چگالی سرب جامد ($11/355\ g/cm^3$) است، ذرات (هسته‌های اتم بدون الکترون‌ها) در آن‌جا رفتاری چون گاز کامل دارند.

یک گام اساسی برای درک چگونگی تبدیل جرم به انرژی در خورشید هنگامی برداشته شد که فیزیک‌دانان انگلیسی، جان کوکرافت[4] و ارنست والتون[5] در سال ۱۹۳۲ آزمایشی را انجام دادند که معمولاً به عنوان اولین آزمایش «شکافت اتم» از آن یاد می‌شود. آن‌ها به خاطر این کار جایزهٔ نوبل فیزیک سال ۱۹۵۱ را دریافت داشتند.

توان هسته‌ای: شکافت هسته‌ای یا همجوشی هسته‌ای

جان کوکرافت و ارنست والتون در آزمایش مشهورشان، لایهٔ نازکی از لیتیم را با باریکه‌ای از پروتون (هسته‌های

هیدروژن) بمباران کردند. در هسته اتم لیتیم، سه پروتون و چهار نوترون را نیروی هسته‌ای قوی کنار هم نگه می‌دارد. بیش‌تر پروتون‌های باریکه حاصل از شتابگر کوکرافت و والتون که از فضاهای تقریبا خالی بین هسته‌های لیتیم عبور می‌کردند، الکترون‌های قسمت‌های خارجی اتم‌ها را کنار می‌زدند. اما چند پروتون با هسته‌های هدف، برخورد شاخ به شاخ می‌کردند و به داخل هسته، تونل می‌زدند. به هرحال، محصول هسته‌ای متشکل از چهار پروتون و چهار نوترون، ایزوتوپی از «بریلیم» بود. این ایزوتوپ ناپایدار است و بلافاصله به دو ذرهٔ آلفا (هسته هلیم) شکافته می‌شود که هریک از آن‌ها متشکل از دو پروتون و دو نوترون است.

در این فرایند مقداری از جرم به انرژی تبدیل می‌شود. جرم کل دو ذرهٔ آلفا از جرم هستهٔ بریلیم کم‌تر است و همین مسأله عامل **واپاشی هسته** و منشأ انرژی شکافت است. بیش‌تر تحلیل‌ها در مورد این آزمایش به شکافت اتم‌های لیتیم اشاره می‌کنند. اما واقعیت عمیق‌تر آن است که هسته‌های اتمی که شکافته می‌شوند، هسته بریلیم ناپایداری هستند که از همجوشی پروتون با یک هسته لیتیم به‌وجود آمده است.

انتخاب ماده: هیدروژن نه آهن

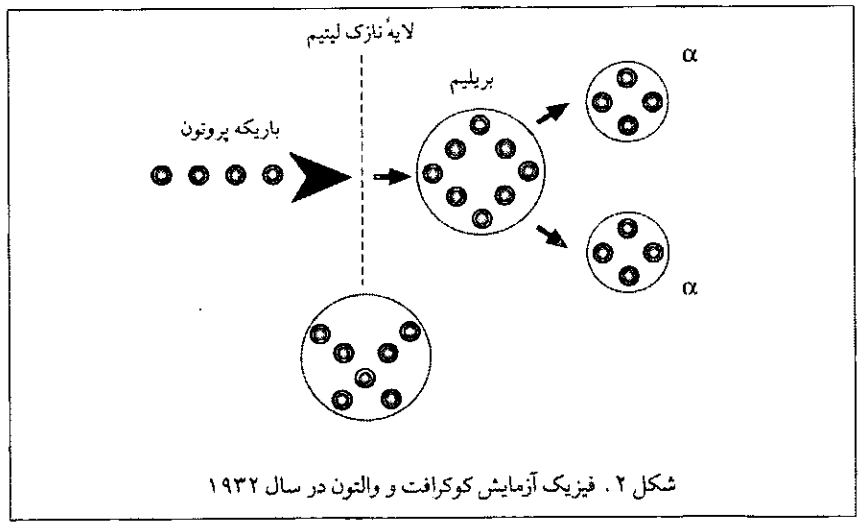
رهیافتی که ادینگتون اختیار کرد، نشان داد که چگونه گرما و درنتیجه پایداری گوی گاز به ترکیب ستاره بستگی دارد. تابش الکترومغناطیسی حاصل از واکنش‌های هسته‌ای در قلب ستاره، با ذرات بارداری چون الکترون‌ها و پروتون‌ها به شدت برهم‌کنش می‌کنند. درون خورشید از مخلوط هسته‌های بدون الکترونی که آزادانه در میان الکترون‌ها حرکت می‌کنند، تشکیل شده است. این مخلوط را **پلاسما** می‌نامند.

محاسبات نشان می‌دهند که خورشید فقط در صورتی می‌تواند پایدار باشد که داخل آن مخلوط مناسبی از الکترون و هسته وجود داشته باشد. تعداد زیاد ذرات باردار، تابش را مهار خواهد کرد و ستاره متورم می‌شود. تعداد کم ذرات نیز باعث می‌شود که تابش به راحتی بگریزد و ستاره مانند یک بادکنک سوراخ‌شده، خالی شود. واکنش اصلی همجوشی که باعث تولید انرژی در خورشید می‌شود، تا سال ۱۹۳۸ شناخته نشده بود. تنها پس از آن بود که با کارهای مستقل هانس بته[۶] در آمریکا و کارل فون وایستکر[۷] در آلمان شناسایی شد. سرانجام در دههٔ ۱۹۵۰، اختر فیزیک‌دانان متقاعد شدند که روایت درستی از چگونگی گرم ماندن خورشید در اختیار دارند. اگر خورشید از ۷۰ درصد هیدروژن، ۲۵ درصد هلیم و اندکی از مواد دیگر تشکیل شده باشد، همه چیز جور درمی‌آید.

واکنش اصلی که گرمای درون خورشید را تولید می‌کند، زنجیرهٔ پروتون-پروتون (P-P) نامیده می‌شود. این واکنش هنگامی آغاز می‌شود که در پروتون برخوردی شاخ به شاخ را انجام دهند و برای تشکیل یک «دوترون» (D) همجوشی کنند. در این فرایند، یک نوترینو و یک پوزیترون آزاد می‌شود. پروتون دیگری می‌تواند پس از این مرحله به درون دوترون تونل بزند و یک هستهٔ هلیم-۳ تولید کند. سرانجام، وقتی دو هستهٔ هلیم-۳ با یکدیگر برخورد کنند، یک هستهٔ هلیم-۴ (ذرهٔ آلفا) تشکیل می‌شود. در این فرایند، دو پروتون آزاد می‌شود. نتیجهٔ نهایی تبدیل چهار پروتون به یک ذرهٔ آلفا و آزاد شدن انرژی، درست به اندازه‌ای است که ادینگتون محاسبه کرده بود. انرژی آزاد شده به ازای هر اتم نسبتاً کم است. اما، با توجه به مقدار مادهٔ ستاره‌ای درگیر در فرایند، پیشگویی‌های انرژی کل آزاد شده با انرژی گسیل‌شده از ستارگان همخوانی دارد.

فراهم‌آوردن شرایط لازم برای انجام این کار دشوار است. دماهای ۱۵ میلیون کلوینی و گازهایی که ۱۲ بار از سرب چگال‌ترند، سهمی در تجربه روزمرهٔ ما بر روی زمین ندارند. اما جنبه‌هایی از این واکنش‌های هسته‌ای وجود دارد که شایان توجه‌اند.

اولاً، در این شرایط حدی از دما و فشار، برهم‌کنش پروتون-پروتون که زنجیرهٔ واکنش را آغاز می‌کند، تنها در صورتی انجام می‌شود که یکی از پروتون‌های برخوردکننده با سرعت پنج برابر سرعت میانگین حرکت کند.

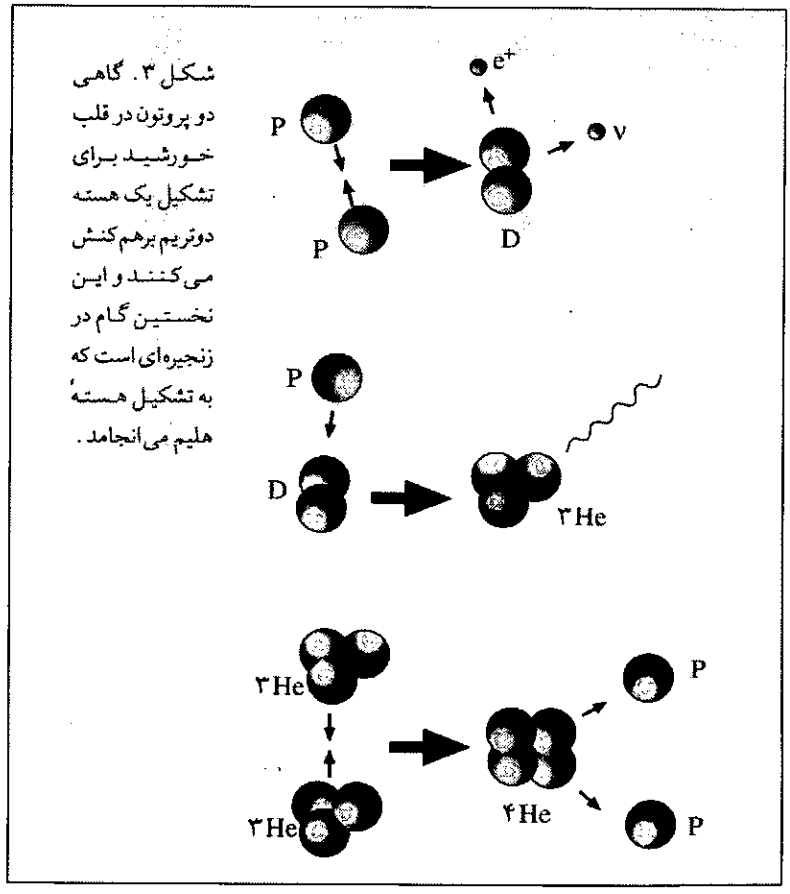


شکل ۲. فیزیک آزمایش کوکرافت و والتون در سال ۱۹۳۲

اخترشناسان پیش‌بینی می‌کنند که در درون خورشید، تنها یکی از صد میلیون پروتون دارای سرعت کافی برای انجام یک برخورد شاخ به شاخ هستند.

به طور متوسط، هر پروتون ۱۴ میلیون سال زمان لازم دارد تا برای خود جفتی پیدا کند تا بتواند با اتصال به آن دوتریمی را تشکیل دهد. بعضی از آن‌ها مدت زیادتری را لازم دارند و برخی زودتر جفت خود را پیدا می‌کنند. سن خورشید فقط ۴/۵ بیلیون سال است و به همین دلیل، اغلب پروتون‌های آن هنوز جفت خود را پیدا نکرده‌اند. تاکنون خورشید فقط در حدود ۴ درصد هیدروژن اولیهٔ خود را به کار گرفته است و ۰/۷ درصد جرم هر مجموعهٔ چهارتایی پروتون را هنگام تشکیل یک هستهٔ هلیم به انرژی تبدیل کرده است. اما انرژی چگونه از قلب خورشید بیرون می‌آید؟

ساختار خورشید را می‌توان برحسب یک سلسله لایه یا پوسته توضیح داد. قلب خورشید ـ هسته‌ای که فرایندهای هسته‌ای در آن انرژی تولید می‌کنند ـ فقط یک چهارم فاصلهٔ مرکز تا سطح و نشانگر ۱/۵ درصد حجم آن است. اما این ناحیه‌ای است که در آن جا الکترون‌ها از اتم‌ها کنده شده‌اند و هسته‌های برهنه را به جا گذاشته‌اند. این الکترون‌ها تنگ هم قرار دارند، ولی مثل ذرات گاز کامل رفتار می‌کنند. نیمی از جرم خورشید در این قلب داخلی متمرکز شده است (جرم خورشید در حدود ۳۳۰ هزار برابر جرم زمین و شعاع آن 10^9 برابر شعاع زمین است). با توجه به مدل‌های اخیر فیزیکی استاندارد، دمای قلب خورشید ۱۵ میلیون کلوین و فشار آن ۳۰۰ بیلیون برابر فشار جوّ در سطح زمین است. دما در کنارهٔ خارجی هسته، در حدود ۱۳ میلیون کلوین است.



شکل ۳. گاهی دو پروتون در قلب خورشید برای تشکیل یک هسته دوتریم برهم‌کنش می‌کنند و این نخستین گام در زنجیره‌ای است که به تشکیل هستهٔ هلیم می‌انجامد.

عدم قطعیت و تونل‌زنی

شما هرگز نمی‌توانید اطمینان داشته باشید که یک ذرهٔ زیر اتمی دقیقاً در کجا قرار دارد. نه به این خاطر که اندازه‌گیری آن دشوار است، بلکه بدین سبب که در عالم کوانتومی، ذره مکان دقیقی ندارد. در توصیف یک ذرهٔ زیر اتمی، کمیتی موج گونهٔ گسترده در فضا دخیل است. شدت این موج در هر نقطه با احتمال وجود «ذره» در آن نقطه مربوط می‌شود. انرژی لازم برای این که پروتون ورودی به قدر کافی به هستهٔ دارای بار مثبت نزدیک شود، بسیار زیاد است؛ درواقع، بسیار بیش‌تر از انرژی پروتون‌ها در دمایی که فیزیک به ادینگتون می‌گفت که در درون خورشید وجود دارد. اگر پروتونی به یک هستهٔ دارای بار مثبت نزدیک شود، بار مثبت هسته باید آن را دفع و دور کند.

پدیدهٔ معروف «تونل‌زنی»[۸] موضوع را عوض می‌کند. پروتون به خاطر ویژگی موج گونه‌اش، تنها باید به اندازهٔ کافی به هسته نزدیک شود تا موج وابسته به آن، قبل از دفع شدن با موج هسته همپوشان شود. درواقع، پروتون در داخل سد کولنی که مانع نزدیک شدن آن به هسته می‌شود، تونل می‌زند. این همان واکنش کلیدی بود که اختر فیزیک‌دانان را در جریان فرایندهای تبدیلی قرار داد که خورشید و ستارگان دیگر را گرم نگه می‌دارد.

توپ‌بازی کیهانی و فوتون‌های زیگزاگی

در این شرایط دشوار، حتی یک فوتون (یعنی کوانتوم تابش یا جزء ذره‌ای نور) قبل از این که با ذره‌ای باردار برخورد کند، فقط در حدود کسری از سانتی‌متر حرکت می‌کند. این فوتون‌ها که در واکنش‌های هسته‌ای تولید شده‌اند، پرتوهای گامایی هستند که نتیجهٔ تبدیل به انرژی جرمی است که هنگام تبدیل چهار پروتون به ذرهٔ آلفا از

میان رفته است. وقتی ذرات باردار این فوتون‌ها را جذب کنند، انرژی دوباره به صورت پرتوهای x گسیل می‌شود و انرژیی که بر اثر همجوشی هسته‌ای تولید شده است، به صورت پرتوهای x از قلب خورشید به طرف سطح آن حرکت می‌کند.

این حرکت در یک نظر بسیار کند صورت می‌گیرد؛ اگرچه پرتوهای x با سرعت نور حرکت می‌کنند. وقتی فوتونی در پلاسمای داغ خارج هسته توسط ذره‌ای باردار جذب و سپس باز تابیده می‌شود، ممکن است به صورت کاتوره‌ای در هر جهتی حرکت کند و یا از راهی که آمده است بازگردد. نتیجه آن است که فوتون مسیری نامنظم و زیگزاگ را می‌پیماید. این یک **گشت زدن کاتوره‌ای**[9] است که هر گام آن به طور متوسط در حدود یک سانتی متر طول دارد. در این قسمت از خورشید که **منطقهٔ تابش**[10] نامیده می‌شود، در محدودهٔ یک سانتی متری اختلاف دمای مختصری وجود دارد. همین گرادیان دما باعث می‌شود که تعداد فوتون‌هایی که به طرف خارج حرکت می‌کنند، بیش‌تر از آن‌هایی باشد که به سوی درون خورشید در حرکتند.

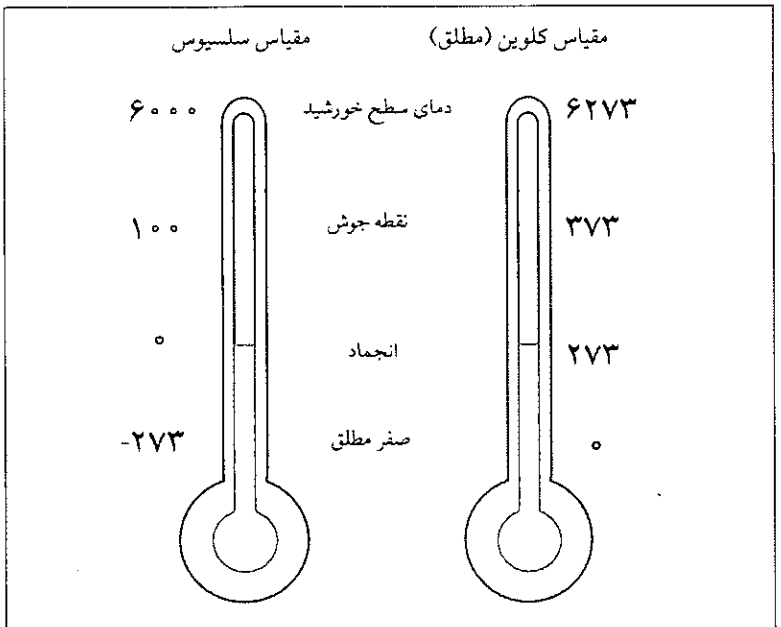
اگر فوتونی بتواند در خط راست از قلب خورشید به سطح آن برود، سفرش فقط ۲٫۵ ثانیه به طول می‌انجامد. اما، درواقع به طور متوسط ده میلیون سال طول می‌کشد تا فوتونی از قلب خورشید به سطح آن برسد. در تمام این مدت، فوتون با سرعت نور حرکت می‌کند. بنابراین طول مسیر زیگزاگ آن درست ده میلیون سال نوری است. و این بدان معنی است که آنچه امروز در سطح خورشد رخ می‌دهد، چیزی است که ده میلیون سال پیش در قلب خورشید به وقوع پیوسته است. ما نمی‌توانیم با نگاه کردن به سطح خورشید اطمینان حاصل کنیم که واکنش‌های هسته‌ای در طول چند میلیون سال گذشته، تبدیل هیدروژن به هلیم را برای مدتی در قلب خورشید متوقف نکرده‌اند.

منطقهٔ تابش در حدود یک میلیون کیلومتر، یعنی به اندازهٔ ۸۵ درصد فاصلهٔ میان مرکز خورشید تا سطح آن گسترش یافته است. پلاسما در مسیر به طرف خارج رقیق و رقیق‌تر می‌شود. درست در وسط راه مرکز به سطح خورشید، چگالی آن برابر چگالی آب است و در دو سوم فاصلهٔ میان مرکز و سطح، چگالی آن تا حد چگالی هوایی که تنفس می‌کنیم، فرو می‌افتد. در لبهٔ خارجی منطقهٔ تابش، دما فقط در حدود ۵۰۰۰۰۰k و چگالی ماده خورشیدی فقط یک درصد چگالی آب است (هستهٔ چگال خورشید بسیار کوچک و چگالی میانگین خورشید از مرکز تا سطح، یک و نیم برابر چگالی آب است).

در این شرایط، هسته‌ها می‌توانند به ابری از الکترون‌ها بپیوندند. در عین حال، انرژی فوتون کاهش یافته است و این موضوع تابش را به طول موج‌های بلندتری می‌کشد که با شدت کم‌تری با ذرات برهم‌کنش می‌کنند.

در این حالت، اتم‌های گاز قادر به جذب انرژی فوتون‌ها و چسبیدن به آن‌ها (بدون بازتاباندن فوری آن در تمام جهت‌ها) هستند. انرژیی که اتم‌ها جذب می‌کنند، باعث گرم شدن آن‌ها می‌شود. آن‌ها مملو از انرژیی می‌شوند که در زیر پوسته‌ای موسوم به **منطقهٔ همرفت**[11] طوری ریخته می‌شود که گویی به دیواری آجری برخورد کرده است.

در این حالت، مادهٔ منطقهٔ همرفتی که از پایین گرم می‌شود، مانند آب داخل ظرفی که روی اجاق از زیر گرم می‌شود، از خود واکنش نشان می‌دهد. مادهٔ گرم در منطقه به طرف بالا می‌رود و ماده‌ای از سطح جایگزین آن می‌شود که انرژی کم‌تری دارد و با تابش فوتون‌ها سرد شده است. به عبارت دیگر، همرفت صورت می‌گیرد. این فعالیت خروشان در ۱۵ درصد قسمت خارجی خورشید تا عمق ۱۵۰ هزار



شکل ۴. در دمای اتاق، تفاوت بین مقیاس کلوین و سلسیوس مهم به‌نظر می‌رسد، در حالی که این تفاوت در مقایسهٔ دماهای مربوط به سطح خورشید- تا چه رسد به دمای دل خورشید- ناچیز است.

کیلومتری سطح قابل مشاهدهٔ آن گسترش می‌یابد. تصور می‌شود که منطقهٔ همرفت از سه پوستهٔ اصلی همرفتی تشکیل شده باشد که روی هم قرار گرفته‌اند.

بالای منطقهٔ همرفت همان سطح قابل مشاهده و درخشان خورشید قرار دارد. در این منطقهٔ نازک که **شیدسپهر**[۱۲] نامیده می‌شود، دما فقط ۵۸۰۰k است، فشار تا یک ششم فشار جوّ در سطح زمین کاهش یافته، و چگالی به کم‌تر از یک میلیونیم چگالی آب رسیده است. در این شرایط، دیگر اتم‌ها نمی‌توانند مانع از جریان تابش به بیرون شوند و درنتیجه، فوتون‌ها آزادانه در فضا جریان می‌یابند.

نوری که مشاهده می‌کنیم، همه از این پوستهٔ ۵۰۰ کیلومتری که بیش از یک دهم درصد شعاع خورشید نیست، سرچشمه می‌گیرد، انرژی این نور، میلیون‌ها بار با سرعت نور در سفری زیگ‌زاگ از منطقهٔ تابش عبور کرده است و سپس در مدت حدود ۹۰ روز (با سرعت نسبتاً کم $۷۵\,km/h$، اما اصولاً در خط راست) از منطقهٔ همرفت گذشته است. سپس مسیر طولانی ۱۵۰ میلیون کیلومتری تا زمین را در کم‌تر از ۸/۵ دقیقه پیموده است.

تا همین اواخر، فقط نور «شیدسپهر» تمام اطلاعات ما دربارهٔ درون خورشید را تأمین می‌کرد. درواقع، تنها این نور آنچه را که ده میلیون سال پیش در قلب خورشید گذشته بود، مشخص می‌کرد. اما در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰، دو روش جدید گسترش یافت که اولی قلب خورشید را برای آگاهی از آنچه اکنون در آن می‌گذرد، بررسی می‌کند و روش دوم، از لایه‌های سطحی به درون آن «می‌نگرد». این روش‌های جدید نشان داده‌اند که محاسبهٔ اختر فیزیک‌دانان دربارهٔ شرایط درون خورشید تقریباً درست بوده است. این روش‌ها، اطلاعاتی را نیز دربارهٔ طرز کار خورشید و ستارگان برملا کرده‌اند و ابزار جدیدی را در اختیار پژوهشگران گذاشته‌اند که آن‌ها را شگفت‌زده می‌کند.

کاوه‌های غیرمنتظره- خورشید لرزان

نخستین روش بررسی درون خورشید به گیراندازی تعدادی از نوترینوهایی بستگی دارد که در واکنش‌های هسته‌ای قلب خورشید تولید شده‌اند. نوترینوها، برخلاف فوتون‌ها، در کم‌تر از ۹ دقیقه پس از تشکیل، بدون برهم‌کنش با مادهٔ میانی، از قلب خورشید به بیرون جریان می‌یابند و پس از عبور از فضا به زمین می‌رسند. اصولاً آن‌ها پنجره‌ای را به قلب خورشید می‌گشایند.

درست به علت این بی‌میلی نوترینوها به برهم‌کنش با ماده، آشکارسازی نوترینوهای خورشیدی بسیار دشوار است. در آزمایش کلاسیک نوترینوی خورشیدی، شیمی‌دان آمریکایی، ریموند دیویس[۱۳]، که اکنون در دانشگاه پنسیلوانیا مشغول به کار است، از مخزنی به اندازهٔ استخر شنای المپیک در معدن طلای هومستیک زیر کوه‌های داکرتای جنوبی دفن شده بود، استفاده کرد. این مخزن حاوی ششصد تن از مایع خشک‌شویی به نام «پروکلرواتیلن» بود. گاهی یک نوترینوی خورشیدی از صخره‌های بالای مخزن می‌گذشت و وارد آن می‌شد و پس از برهم‌کنش با یک هستهٔ کلر-۳۷ موجود در پرکلرواتیلن، یک هستهٔ ارگون-۳۷ تولید می‌کرد. ارگون به‌عنوان یک گاز محلول در مخزن تشکیل و به واسطهٔ واپاشی پرتوزایی، دوباره به کلر-۳۷ آشکارسازی می‌شد.

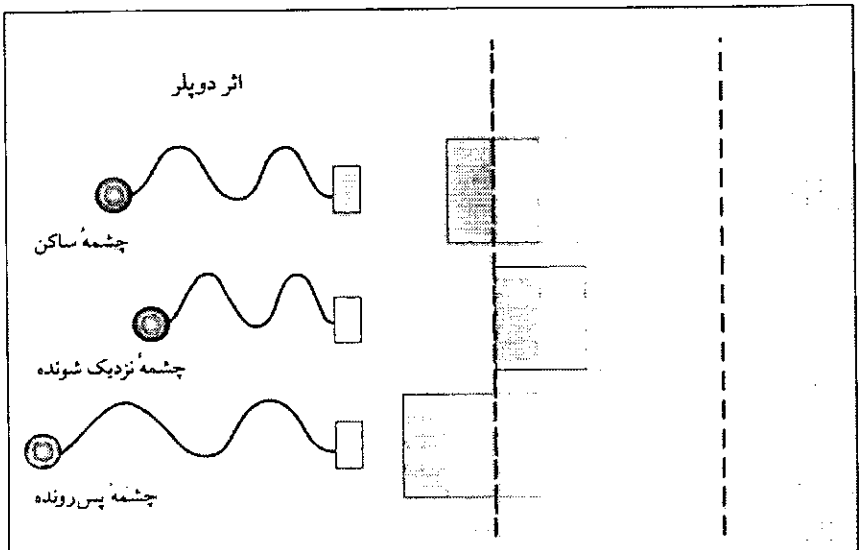
در مدت بیش از بیست سال، آشکارساز به‌طور پیوسته سطح یکسانی از فعالیت نوترینو را اندازه‌گیری کرده است. اما، معلوم شده که این تنها یک سوم سطح پیش‌بینی شده است. این اختلاف که به مسألهٔ «نوترینوی خورشیدی» معروف است و تاکنون دانشمندان نتوانسته‌اند آن را توضیح دهند. شاید علم جدید «لرزه‌شناسی خورشیدی»[۱۴] آن‌ها را در رمزگشایی این راز عجیب یاری کند. داستان با کشف پژوهشگران «انستیتوی فناوری کالیفرنیا» (کالتک) آغاز شد. آن‌ها متوجه شدند، در سراسر سطح خورشید قطعه‌های کوچکی وجود دارد که در دوره‌های کم و بیش پنج دقیقه‌ای، به داخل و خارج حرکت می‌کنند.

این کشف به‌طور اتفاقی و با وسایلی صورت گرفت که برای مطالعهٔ حرکت‌های کاتوره‌ای یا نامنظم گاز در هنگام زیر و رو شدن آن در طی همرفت در سطح خورشید طراحی شده بود. **رابرت لیتون** و همکارانش در کالتک از به کارگیری استادانهٔ **روش دوپلر** برای اندازه‌گیری این حرکت استفاده کردند که تغییر مکان خطوط طیفی خورشید را با دقت زیاد اندازه می‌گرفت.

همهٔ گازهای داغ نوری گسیل می‌کنند که طرح‌های ویژه‌ای از طول موج را به‌وجود می‌آورد و درست مانند اثر انگشت، هویت گاز را مشخص می‌کند. وقتی طرح خط‌های طیفی به انتهای سرخ طیف تغییر مکان دهد (به طرف طول موج‌های بلندتر کشیده شود)، نشانگر آن است که گاز از ما دور می‌شود. همچنین، وقتی این طرح به انتهای آبی طیف تغییر مکان دهد (به طرف طول موج‌های کوتاه‌تر کشیده شود)، نتیجه می‌گیریم که گاز به طرف ما می‌آید.

دقت وسایلی که گروه کالتک به‌کار گرفتند به اندازه‌ای بود که آن‌ها دریافتند، تکه‌هایی از خورشید به صورت دوره‌ای نوسان می‌کنند و پنج تا شش مرتبه در مدت نیم ساعت با سرعتی نزدیک به ۵۰۰ متر در ثانیه (روی‌هم رفته در حدود ۵۰ کیلومتر) جابه‌جا می‌شوند. نوسان‌ها قطعه‌ای از سطح خورشید را در هرگام در مسافتی که

یافته‌اند، آزمایش کنند و همین موضوع توجه زیادی را به اختر فیزیک خورشیدی جلب کرده است.



شکل ۵. اثر «دوپلر»، طیف نور گسیلی از یک جسم متحرک را نسبت به طیف منبع ساکن تغییر مکان می‌دهد. (شکل به طور اغراق‌آمیز رسم شده است).

منبع :

Inside The Sun, New Scientist, 13 March 1993.

زیرنویس :

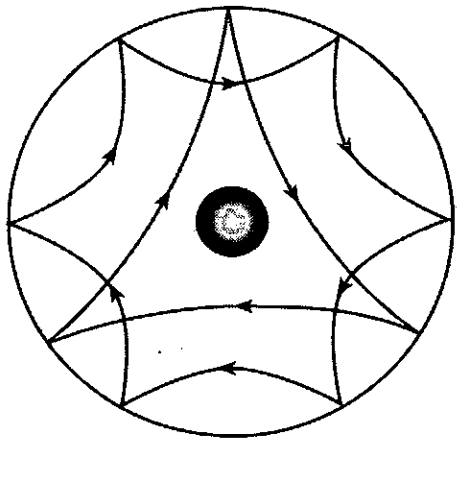
1. William Thomson
2. Hermann Helmholtz
3. Arthur Eddington
4. John Cockroft
5. Ernest Walton
6. Hans Bethe
7. Carl Von Weizsäcker
8. tunneling
9. random walk
10. radiationn zone
11. convection zone
12. photo sphere
13. Raymond Davis - Homes take

بیش از ۲ درصد عمق خورشید نیست، حرکت می‌دهند. ابتدا دانشمندان فکر می‌کردند که این یک اثر موضعی است و ارتباطی با رفتار کلی خورشید ندارد. اما این آزمایش نشان داد که این طور نیست.

آنچه یک سلسله نوسان‌های پنج دقیقه‌ای به نظر می‌رسد، در واقع برهم‌کنشی از صدها نوسان با بسامدهای متفاوت و دوره‌هایی از ۳ دقیقه تا یک ساعت است. چون ناقوس را برای تولید صدای یکنواخت باید یک بار با چکش کوبید، خورشید مانند ناقوسی است که در یک توفان شن قرار دارد و ذرات ریز شن به طور مرتب آن را بمباران می‌کنند. در تمام مدت، نوسان‌های جدیدی در آن به‌وجود می‌آیند و نوسان‌های کهنه خاموش می‌شوند. یک فیزیک‌دان، با تجزیه و تحلیل نت‌های یک لولهٔ ارگ می‌تواند، ابعاد لوله را بدون مشاهدهٔ آن تعیین کند. همین طور یک اختر فیزیک‌دان می‌تواند، با تجزیه و تحلیل نت‌های تولید شده به‌وسیلهٔ امواج صوتی که در اطراف خورشید درحرکت‌اند، شرایط داخل خورشید را، بدون مشاهدهٔ زیر سطح آن، درک کند.

مورد مربوط به خورشید پیچیده‌تر است. زیرا حفرهٔ داخل آن یک لولهٔ یک‌بُعدی نیست، بلکه از حفره‌ای سه‌بعدی تشکیل شده است.

اخترشناسان به کمک آزمایش‌های جدید نوترینوی خورشیدی و گسترش روش‌های «لرزه‌شناسی خورشیدی» مستقیماً به بررسی درون خورشید پرداخته‌اند. بدین‌وسیله دانشمندان این امکان را یافته‌اند که نظریه‌ها و مدل‌هایی را که تا سال‌های ۱۹۲۰ توسعه



شکل ۶. امواج صوتی با طول موج‌های مناسب می‌توانند در حالی که پیرامون خورشید به این طرف و آن طرف می‌جهند، تشدید شوند.

14. helioseismology

سی و سومین المپیاد بین المللی فیزیک[1]

بالی- اندونزی- ۲۰۰۲

مسابقهٔ نظری

مترجم: روح‌الله خلیلی بُروجنی

rkhalili@physicist. net

۱ . رادار نافذ در زمین[2]

رادار نافذ در زمین (GPR)، برای آشکارسازی و تعیین محل اجسام زیرزمینی نزدیک به سطح زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساس کار این رادار، گسیل موج‌های الکترومغناطیسی به زمین و دریافت موج‌های بازتابیده از اجسام است. آنتن و آشکارساز کاملاً روی زمین قرار دارند و می‌توان آن‌ها را در یک محل قرار داد.

میدان الکتریکی یک موج الکترومغناطیسی تخت با قطبیدگی خطی و بسامد زاویه‌ای ω که در جهت محور z منتشر می‌شود، با رابطهٔ زیر بیان می‌شود:

$$E = E_0 e^{-\alpha z}\cos(\omega t - \beta z) \qquad (۱)$$

که در آن E_0 مقداری ثابت است. همچنین، α ثابت تضعیف و β عدد موج است که به‌ترتیب به صورت زیر بیان می‌شوند:

$$\alpha = \omega\left\{\frac{\mu\varepsilon}{2}\left[\left(1+\frac{\sigma^2}{\varepsilon^2\omega^2}\right)^{1/2}-1\right]\right\}^{1/2} \qquad (۲)$$

$$\beta = \omega\left\{\frac{\mu\varepsilon}{2}\left[\left(1+\frac{\sigma^2}{\varepsilon^2\omega^2}\right)^{1/2}+1\right]\right\}^{1/2} \qquad (۳)$$

در رابطه‌های بالا، μ، ε و σ به ترتیب تراوایی مغناطیسی، گذردهی الکتریکی و رسانندگی الکتریکی هستند.

اگر دامنهٔ سیگنالی که به رادار می‌رسد به $\frac{1}{e}$ مقدار اولیه‌اش (تقریباً ۳۷ درصد) فروافتد، آشکار نمی‌شود. معمولاً از یک موج الکترومغناطیسی با بسامد متغیر (۱۰-۱۰۰۰MHz) استفاده می‌شود تا تنظیم برد و تفکیک آشکارساز امکان‌پذیر شود.

عملکرد GPR به تفکیک آن بستگی دارد. این تفکیک را کم‌ترین فاصلهٔ میان دو بازتابندهٔ مجاور که باید آشکار شوند، تعیین می‌کند. این کم‌ترین فاصله باید اختلاف فاز کمینهٔ ۱۸۰° را بین دو موج بازتابیده در آشکارساز تولید کند.

پرسش‌ها

الف) فرض کنید زمین یک مادهٔ غیرمغناطیسی است ($\mu = \mu_0$) که شرط $\left(\frac{\sigma}{\omega\varepsilon}\right)^2 \ll 1$ در مورد آن صدق می‌کند.

با استفاده از معادله‌های (۱)، (۲) و (۳)، رابطه‌ای برای سرعت انتشار v برحسب μ و ε به‌دست آورید.

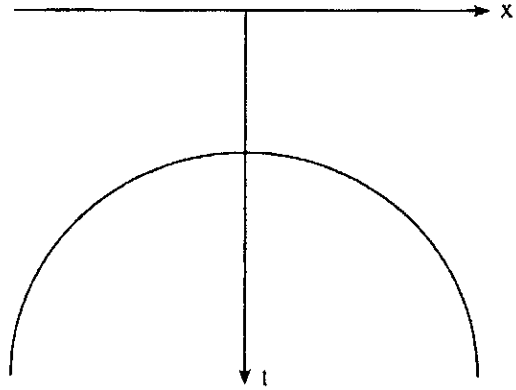
ب) بیش‌ترین عمق آشکارسازی جسمی را که داخل زمین قرار گرفته است و رسانندگی الکتریکی $10^{-3}\,(\Omega.m)^{-1}$ و گذردهی $9\varepsilon_0$ دارد و شرط $\left(\frac{\sigma}{\omega\varepsilon}\right)^2 \ll 1$ در مورد آن صادق است، پیدا کنید.

پ) دو میلهٔ رسانای موازی را در نظر بگیرید که به طور افقی در عمق ۴ متری زمین قرار گرفته‌اند. رسانندگی الکتریکی زمین را $10^{-3}\,(\Omega.m)^{-1}$ و گذردهی آن را $9\varepsilon_0$ بگیرید. فرض کنید اندازه‌گیری‌های GPR در محلی انجام شود که تقریباً

بالای یکی از میله‌ها قرار دارد. همچنین فرض کنید از آشکارساز نقطه‌ای[3] استفاده شده است. کم‌ترین بسامد لازم را برای به‌دست آوردن تفکیک جانبی ۵۰cm پیدا کنید.

ت) برای تعیین عمق میلهٔ مدفون در همان زمین (d)، فرض کنید اندازه‌گیری‌ها در امتداد عمود بر میله انجام می‌شوند. نتیجه در شکل ۱ نشان داده شده است.

زمان t را برحسب x به‌دست آورید و عمق d را پیدا کنید.

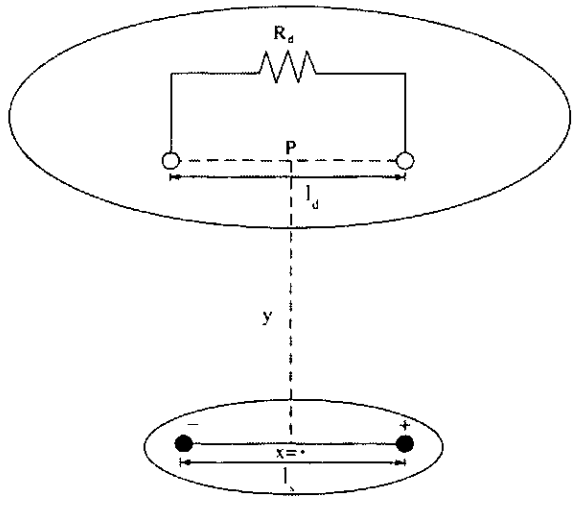


شکل ۱. نمودار زمان حرکت t برحسب محل آشکارساز x، $t_{min} = ۱۰۰ns$

۲. احساس سیگنال‌های الکتریکی[4]

بعضی از جانوران دریایی قادرند جانوران دیگری را که با آن‌ها فاصله دارند، آشکار سازند. این کار را با استفاده از جریان‌های الکتریکی که این جانوران در فرایند تنفس یا فرایندهای دیگری که در آن‌ها انقباض عضلانی دخیل است، انجام می‌دهند. بعضی از جانوران شکارچی، این سیگنال‌های الکتریکی را برای تعیین محل شکارشان به‌کار می‌برند؛ حتی وقتی که شکار زیر شن پنهان شده باشد.

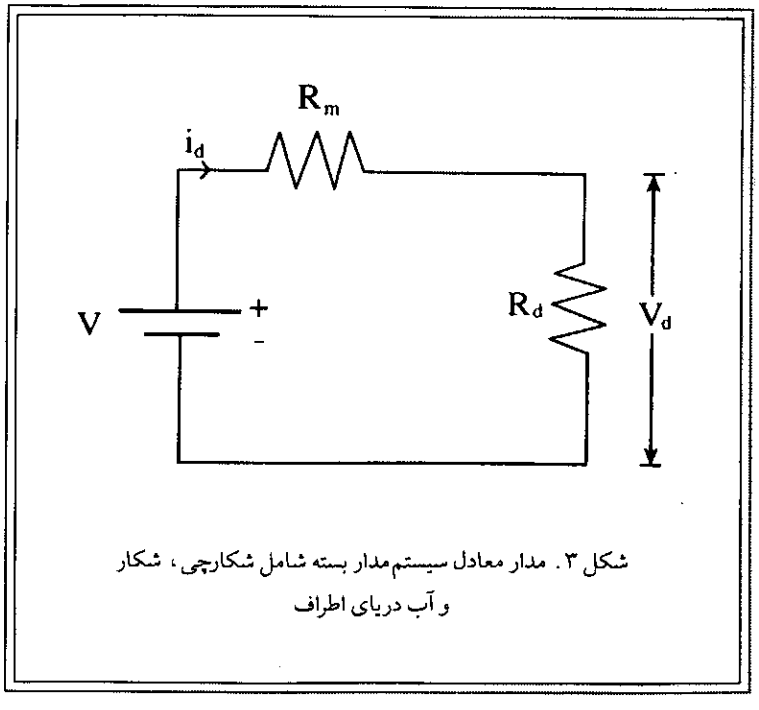
ساز و کار فیزیکی دخیل در این فرایند، تولید جریان الکتریکی در شکار و آشکارسازی آن توسط شکارچی است که می‌توان آن را مطابق شکل ۲، به صورت یک مدل نشان داد. جریان تولیدشده توسط شکار، بین دو کره با پتانسیل‌های مثبت و منفی در بدن او، برقرار است. فاصلهٔ بین مراکز این کره‌ها l_s و شعاع هر کدام r_s خیلی کوچک‌تر از l_s است. مقاومت ویژهٔ آب دریا ρ است. فرض کنید مقاومت ویژهٔ بدن شکار نیز مانند محیط اطرافش، یعنی آب دریا، برابر ρ است. درنتیجه می‌توان از مرزی که شکار را دربرگرفته است (شکل ۲)، چشم‌پوشی کرد.



شکل ۲. مدلی برای بیان چگونگی آشکارسازی سیگنال‌های الکتریکی که از شکار به شکارچی می‌رسند.

بدین‌ترتیب، برای توصیف چگونگی آشکارسازی سیگنال‌های الکتریکی که از طرف شکار به شکارچی می‌رسند، مدلی را به صورت زیر در نظر می‌گیریم.

در این مدل، روی بدن شکارچی نیز دو کره در نظر گرفته می‌شود که با آب دریا به یکدیگر مرتبط می‌شوند. خطی که مراکز این دو کره را به هم وصل می‌کند، با خط رابط مراکز دو کره در شکار موازی است. فاصلهٔ دو کره l_d و شعاع آن‌ها ($r_d << l_d$) است. در این حالت، مرکز آشکارساز (نقطهٔ p روی شکارچی) در فاصلهٔ y از چشمه (شکار) و بالای آن قرار دارد (شکل ۲)؛ به‌طوری که l_s و l_d هردو از y خیلی کوچک‌ترند. همچنین، راستای میدان الکتریکی موازی خطی است که مرکز دو کره را به هم متصل می‌کند و در شکل ۲ نشان داده شده است. شدت میدان الکتریکی در امتداد این خط رابط ثابت فرض می‌شود. بنابراین، آشکارساز سیستم مدار بسته‌ای را تشکیل می‌دهد که شکار، آب دریای اطراف و شکارچی را به هم متصل می‌کند (شکل ۳).



شکل ۳. مدار معادل سیستم‌مدار بسته شامل شکارچی، شکار و آب دریای اطراف

در شکل ۳، V اختلاف پتانسیل الکتریکی بین کره‌های آشکارساز ناشی از میدان الکتریکی القایی توسط شکار و R_m مقاومت درونی ناشی از آب دریای اطراف است. به‌علاوه، V_d و R_d به‌ترتیب اختلاف پتانسیل الکتریکی بین کره‌های آشکارساز (شکارچی) و مقاومت اجزای آشکارساز درون شکارچی هستند.

پرسش‌ها

الف) بردار چگالی جریان $\vec{j}$ (جریان بر واحد سطح) را در فاصلهٔ r از یک چشمهٔ نقطه‌ای جریان I_s، در یک محیط نامتناهی پیدا کنید.

ب) با استفاده از رابطهٔ $\vec{E} = \rho \vec{j}$، میدان الکتریکی $\vec{E}_p$ را در نقطهٔ P وسط خط رابط کره‌های آشکارساز، برای جریان I_s بین دو کرهٔ موجود در بدن شکار، تعیین کنید.

پ) برای همان جریان I_s، مطلوب است محاسبهٔ:

- اختلاف پتانسیل الکتریکی بین کره‌های درون شکار (V_s)؛
- مقاومت بین کره‌های درون شکار (R_s)؛
- توان الکتریکی تولیدشده توسط شکار (P_s).

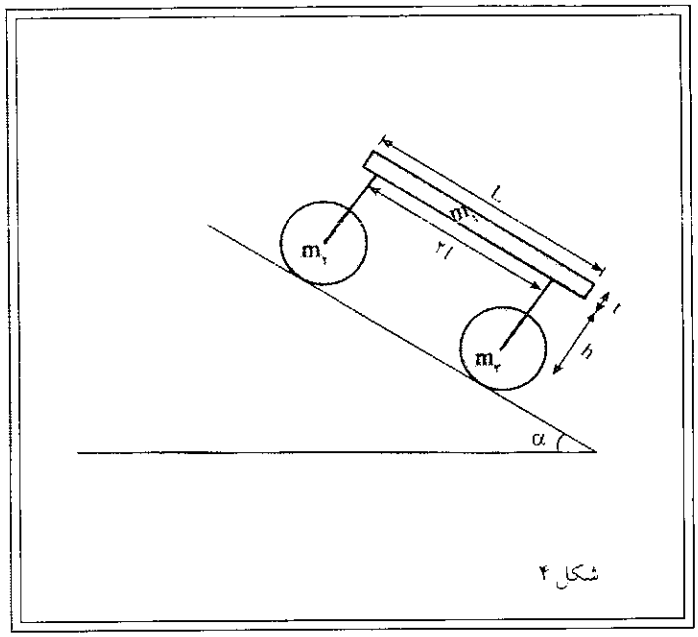
ت) R_m و V_d را که در مدار شکل ۳ نشان داده شده‌اند، حساب کنید. همچنین P_d، توان منتقل شده از چشمه به آشکارساز (شکار به شکارچی) را پیدا کنید.

ث) مناسب‌ترین مقدار R_d را برای آشکارسازی بیشینهٔ توان حساب کنید. همچنین توان بیشینه را به‌دست آورید.

۳. حرکت ماشین سنگین روی جاده‌ای شیبدار[۵]

شکل ۴ مدل ساده‌ای از یک ماشین سنگین (غلتک راه‌سازی[۶]) را نشان می‌دهد که یک استوانهٔ جلویی و یک استوانهٔ عقبی چرخ‌های آن را تشکیل می‌دهند.

ماشین روی جاده‌ای شیبدار با زاویهٔ شیب α در حرکت است. جرم کل هر یک از این استوانه‌ها $(m_۲ = m_۳ = M)M$ است و از یک پوستهٔ استوانه‌ای به شعاع خارجی R_o و شعاع داخلی $R_i = ۰/۸R_o$ و همچنین، ۸ عدد پره[۷] با جرم کل ۰/۲M تشکیل شده است. جرم بقیهٔ اجزایی را که چرخ‌ها را به بدنهٔ ماشین وصل می‌کنند، نادیده بگیرید.



شکل ۴

ماشین 5M ، طول آن L و ضخامت آن t است . فاصلهٔ بین استوانه های جلویی و عقبی برابر 2l و همچنین ، فاصلهٔ قاعدهٔ بدنهٔ ماشین از مرکز استوانه ها برابر h است . فرض کنید ، اصطکاک چرخشی بین استوانه و محورش ناچیز است .

پرسش ها

الف) گشتاور لختی هر استوانه را پیدا کنید .

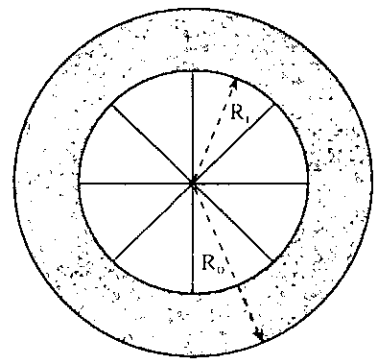
ب) همهٔ نیروهایی را که بر بدنهٔ ماشین ، استوانهٔ جلویی و استوانهٔ عقبی وارد می شوند ، رسم کنید و معادله های حرکت را برای هر قسمت از آن ها بنویسید .

پ) فرض کنید ماشین از حال سکون به حرکت درآید و تحت تأثیر نیروی گرانش ، آزادانه حرکت کند . انواع ممکن حرکت و شتاب هایی را که استوانه ها به دست می آورند ، برحسب کمیت های فیزیکی داده شده بیان کنید .

ت) فرض کنید ماشین از حال سکون به حرکت درآید و مسافت d را با چرخش خالص طی کند . همچنین پس از آن ، ماشین وارد بخشی از جاده شود که ضریب های اصطکاک (برای این بخش جاده) کوچک تر از مقدارهای μ_s و μ_k باشند ؛ به طوری که هر دو استوانه شروع به لغزش کنند . پس از این که ماشین مسافت s را در این جاده طی کرد ، سرعت های خطی و زاویه ای هر استوانه را به طور جداگانه حساب کنید . فرض کنید مسافت های d و s خیلی بزرگ تر از ابعاد ماشین هستند .

استوانه را می توان مطابق شکل ۵ مدل سازی کرد . ماشین تحت تأثیر نیروهای گرانش و اصطکاک در جاده حرکت می کند . استوانه های جلویی و عقبی نسبت به ماشین ، به طور متقارن قرار گرفته اند .

ضریب های اصطکاک ایستایی و جنبشی بین استوانه و سطح جاده را به ترتیب μ_s و μ_k در نظر بگیرید . جرم بدنهٔ



شکل ۵ . مدل ساده شدهٔ استوانه ها

زیرنویس :

1. 33rd International Physics Olympiad, Bali, Indonesia, 2002
2. Ground-Pene-trating Radar (GPR)
3. Point Detector
4. Sensing Electrical Signals
5. A Heavy Vehicle Moving on An Inclined Road
6. Road Roller
7. Spoke

پاسخ سی و سومین المپیاد بین المللی فیزیک

بالی ـ اندونزی ـ ۲۰۰۲

حل ۱ . رادار نافذ در زمین

الف) سرعت انتشار سیگنال رادار، v_m ، در ماده برابر است با :

$$\omega t - \beta z = \text{ثابت} \Rightarrow \beta z = \omega t - (\text{ثابت})$$

$$v_m = \frac{dz}{dt} = \frac{\omega}{\beta}$$

با استفاده از رابطهٔ (۳) داریم :

$$v_m = \frac{\omega}{\omega\left\{\frac{\mu\varepsilon}{2}\left[\left(1+\frac{\sigma^2}{\varepsilon^2\omega^2}\right)^{\frac{1}{2}}+1\right]\right\}^{\frac{1}{2}}}$$

با توجه به فرض مسأله داریم :

$$v_m = \frac{1}{\left\{\frac{\mu\varepsilon}{2}(1+1)\right\}^{\frac{1}{2}}} = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}}$$

ب) بیش‌ترین عمق آشکارسازی (عمق پوسته، δ) یک جسم درون زمین با عکس ثابت تضعیف متناسب است . درنتیجه :

$$\delta = \frac{1}{\alpha}$$

$$= \frac{1}{\omega\left\{\frac{\mu\varepsilon}{2}\left[\left(1+\frac{\sigma^2}{\varepsilon^2\omega^2}\right)^{\frac{1}{2}}-1\right]\right\}^{\frac{1}{2}}}$$

$$\simeq \frac{1}{\omega\left\{\frac{\mu\varepsilon}{2}\left[\left(1+\frac{1}{2}\frac{\sigma^2}{\varepsilon^2\omega^2}\right)-1\right]\right\}^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \frac{1}{\omega\left\{\frac{\mu\varepsilon}{2}\left(\frac{1}{2}\frac{\sigma^2}{\varepsilon^2\omega^2}\right)\right\}^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \left(\frac{2}{\sigma}\right)\left(\frac{\varepsilon}{\mu}\right)^{\frac{1}{2}}$$

با جانشین کردن مقدارهای داده شده داریم :

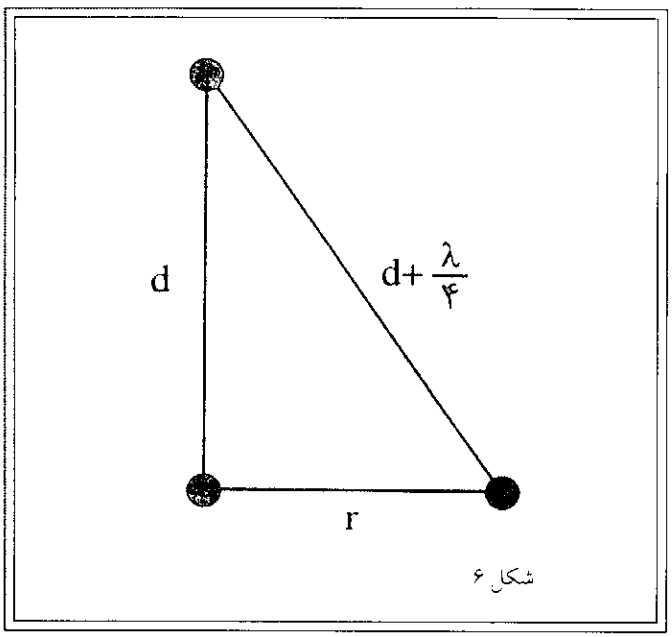
$$\delta = \left(\frac{2}{10^{-3}}\right)\left(\frac{9\varepsilon_0}{\mu_0}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(\frac{2}{10^{-3}}\right)\left(\frac{9\times 8/85\times 10^{-12}}{4\times 3/14\times 10^{-7}}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$\delta \simeq ۱۵/۹۳ m$

پ) با توجه به فرض‌های مسأله، شکل ۶ رسم شده است. با توجه به این شکل داریم:

$$r^۲ + d^۲ = \left(d + \frac{\lambda}{۴}\right)^۲$$



شکل ۶

در نتیجه:

$$r = \left(\frac{\lambda d}{۲} + \frac{\lambda^۲}{۱۶}\right)^{\frac{۱}{۲}}$$

با جانشین کردن مقدارهای داده شده داریم:

$$۰/۵ = \left(\frac{۴\lambda}{۲} + \frac{\lambda^۲}{۱۶}\right)$$

یا:

$$\lambda^۲ + ۳۲\lambda - ۴ = ۰$$

با حل معادلهٔ بالا به این نتیجه می‌رسیم:

$$\lambda = ۰/۱۲۵ m$$

از طرف دیگر، سرعت انتشار موج در زمین برابر است با:

$$v_m = \frac{۱}{\sqrt{\mu\varepsilon}} = \frac{۱}{\sqrt{\mu_۰(۹\varepsilon_۰)}}$$

$$v_m = \frac{۱}{۳\sqrt{\mu_۰\varepsilon_۰}}$$

و می‌دانیم سرعت نور برابر است با:

$$c = \frac{۱}{\sqrt{\mu_۰\varepsilon_۰}} = ۳\times۱۰^۸ m/s$$

درنتیجه:

$$v_m = ۱۰^۸ m/s$$

بدین ترتیب، کم‌ترین بسامد لازم برای تشخیص دو میله به عنوان دو شیء مستقل از هم برابر است با:

$$\gamma_{min} = \frac{v_m}{\lambda}$$

$$= \frac{۱۰^۸}{۰/۱۲۵}$$

$$= ۸\times۱۰^۸ Hz = ۸۰۰ MHz$$

ت) در شکل ۷، مسیر موج‌های الکترومغناطیسی برای بعضی از موقعیت‌های آنتن روی زمین، نشان داده شده است:

زمان حرکت برحسب x به صورت زیر است:

$$\left(\frac{tv}{۲}\right)^۲ = d^۲ + x^۲$$

$$t(x) = \frac{۲\sqrt{d^۲ + x^۲}}{v}$$

به ازای $x = ۰$ داریم:

$$t(۰) = t_{min} = ۱۰۰ ns$$

$$v = v_m = ۱۰^۸ m/s$$

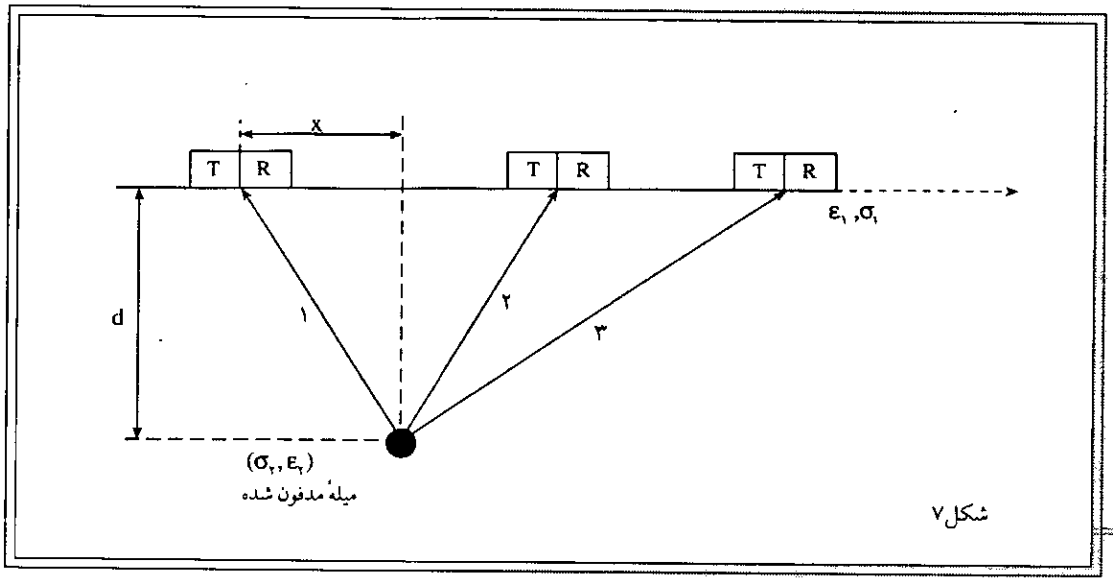
$$۱۰۰\times۱۰^{-۹} = \frac{۲\sqrt{d^۲}}{۱۰^۸}$$

درنتیجه:

$$d = ۵ m$$

حل ۲. احساس سیگنال‌های الکتریکی

الف) هرگاه چشمهٔ نقطه‌ای جریان I_s در یک محیط همسانگرد نامتناهی قرار داشته باشد، بردار چگالی جریان



شکل ۷

در فاصلهٔ r از چشمهٔ متناهی برابر است با :

$$\vec{j} = \frac{I_s}{4\pi r^2}\vec{r}$$

ب) با توجه به فرض مسأله، چون مقاومت ویژهٔ بدن شکار و آب دریای اطراف آن برابرند، می‌توان دو کره را در یک محیط همسانگرد با مقاومت ویژهٔ ρ درنظر گرفت. وقتی یکی از این کره‌های کوچک جریانی با آهنگ I_s تولید می‌کند، چگالی جریان در فاصلهٔ r از مرکز این کره برابر است با :

$$\vec{j} = \frac{I_s}{4\pi r^2}\vec{r}$$

بدین ترتیب، میدان الکتریکی در فاصلهٔ r برابر است با :

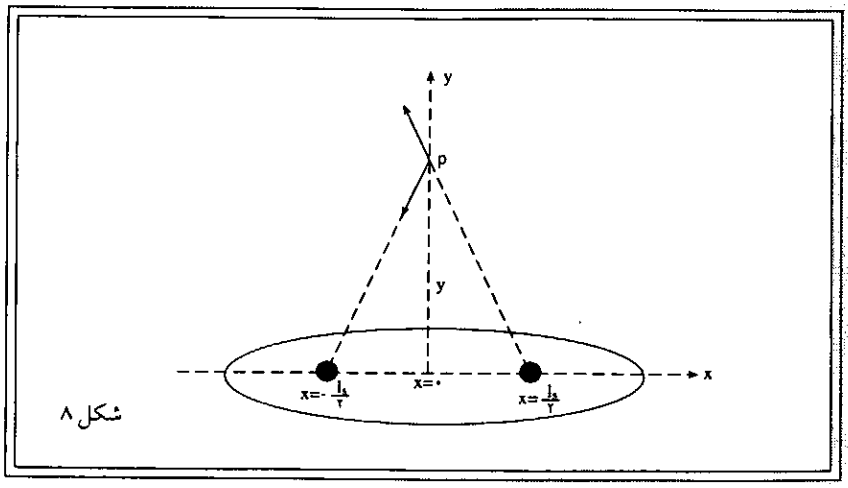
$$\vec{E}(\vec{r}) = \rho\,\vec{j} = \frac{\rho I_s}{4\pi r^2}\vec{r}$$

با توجه به مدلی که برای شکار درنظر گرفتیم، دو کرهٔ کوچک، یکی با پتانسیل مثبت و دیگری با پتانسیل منفی در بدن شکار وجود دارند، به طوری که جریان I_s از کره‌ای که پتانسیل مثبت دارد، به طرف کره‌ای که پتانسیل منفی دارد، برقرار است. شکل ۸ این مدل را نشان می‌دهد. فاصلهٔ دو کرهٔ کوچک برابر l_s است.

میدان الکتریکی در نقطهٔ P به مختصات $(0, y)$ برابر است با :

$$\vec{E}_p = \vec{E}_+ + \vec{E}_-$$

که در آن $\vec{E}_+$ و $\vec{E}_-$ به ترتیب میدان الکتریکی مربوط به کره‌های با پتانسیل مثبت و منفی هستند. درنتیجه :



شکل ۸

$$\vec{E}_p = \frac{\rho I_s}{4\pi}\left\{\frac{1}{\left[\left(\frac{l_s}{2}\right)^2 + y^2\right]^{\frac{3}{2}}}\left(-\frac{l_s}{2}\vec{i} + y\vec{j}\right)\right.$$

$$\left. + \frac{1}{\left[\left(\frac{l_s}{2}\right)^2 + y^2\right]^{\frac{3}{2}}}\left(-\frac{l_s}{2}\vec{i} - y\vec{j}\right)\right\}$$

$$= \frac{\rho I_s}{4\pi}\left\{\frac{l_s\left(-\vec{i}\right)}{\left[\left(\frac{l_s}{2}\right)^2 + y^2\right]^{\frac{3}{2}}}\right\}$$

با توجه به فرض مسأله $y >> l_s$ است. بنابراین:

$$\vec{E}_p \simeq -\frac{\rho I_s l_s}{4\pi y^3}\vec{i}$$

پ) میدان الکتریکی در نقطهٔ وسط خط رابط دو چشمهٔ کروی برابر است با:

$$\vec{E}(x) = \frac{\rho I_s}{4\pi}\left[\frac{1}{\left(x - \frac{l_s}{2}\right)^2} + \frac{1}{\left(x + \frac{l_s}{2}\right)^2}\right]\left(-\vec{i}\right)$$

درنتیجه، اختلاف پتانسیل بین کره‌ها برابر است با:

$$V_s = \Delta V = V_+ - V_- = -\int_{\left(\frac{-l_s}{2} + r_s\right)}^{\left(\frac{l_s}{2} - r_s\right)} \vec{E}(x).\, d\vec{x}$$

$$= \frac{\rho I_s}{4\pi}\int\left[\frac{1}{\left(x - \frac{l_s}{2}\right)^2} + \frac{1}{\left(x + \frac{l_s}{2}\right)^2}\right]\left(-\vec{i}\right).\left(\vec{i}\, dx\right)$$

$$= \frac{\rho I_s}{4\pi}\left\{\frac{1}{-2+1}\left[\frac{1}{\left(\frac{l_s}{2} - r_s - \frac{l_s}{2}\right)} - \frac{1}{\left(-\frac{l_s}{2} + r_s - \frac{l_s}{2}\right)}\right]\right.$$

$$\left. + \frac{1}{-2+1}\left[\frac{1}{\left(\frac{l_s}{2} - r_s + \frac{l_s}{2}\right)} - \frac{1}{\left(-\frac{l_s}{2} + r_s + \frac{l_s}{2}\right)}\right]\right\}$$

$$= \frac{\rho I_s}{4\pi}\left(\frac{2}{r_s} - \frac{2}{l_s - r_s}\right)$$

$$= \frac{2\rho I_s}{4\pi}\left[\frac{l_s - r_s - r_s}{(l_s - r_s)r_s}\right]$$

$$= \frac{\rho I_s}{2\pi r_s}\left(\frac{l_s - 2r_s}{l_s - r_s}\right)$$

با توجه به فرض مسأله $l_s >> r_s$ است. بنابراین:

$$V_s = \Delta V \simeq \frac{\rho I_s}{2\pi r_s}$$

مقاومت بین کره‌های درون شکار برابر است با:

$$R_s = \frac{V_s}{I_s} = \frac{\rho}{2\pi r_s}$$

همچنین توان تولید شده توسط شکار برابر است با:

$$P = I_s V_s = \frac{\rho I_s^2}{2\pi r_s^2}$$

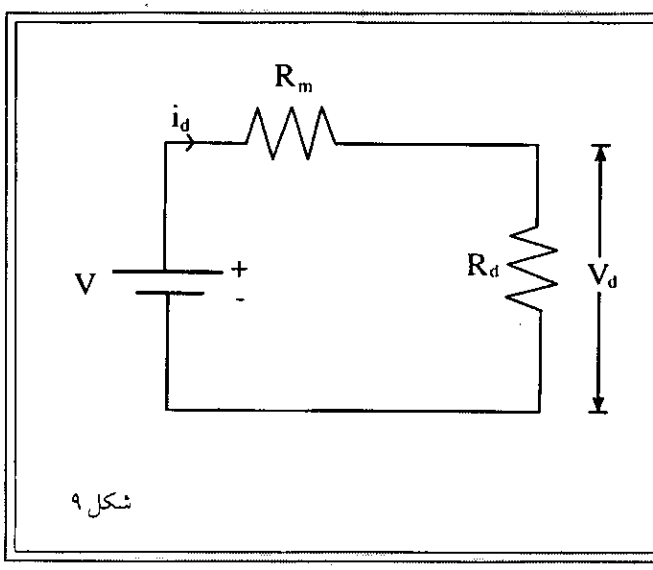
ت) در مدار شکل ۹، i_d جریان موجود در مدار و V_d اختلاف پتانسیل بین کره‌های آشکارساز (شکارچی) هستند. با توجه به آنچه که در قسمت قبل به دست آمد، می‌توان نوشت:

$$R_{sm} = \frac{\rho}{2\pi r_d}$$

همچنین میدان الکتریکی بین کره‌های آشکارساز (شکارچی)، برابر است با:

$$E = \frac{\rho I_s l_s}{4\pi y^3}$$

به علاوه، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین کره‌های آشکارساز ناشی از میدان الکتریکی القایی توسط شکار برابر است با:



شکل ۹

$$V = EI_d = \frac{\rho I_s l_s I_d}{۴\pi y^۳}$$

درنتیجه، اختلاف پتانسیل بین کره‌های آشکارساز (شکارچی) برابر است با:

$$V_d = V\frac{R_d}{R_d + R_m}$$

$$= \frac{\rho I_s l_s I_d}{۴\pi y^۳}\,\frac{R_d}{R_d + \frac{\rho}{۲\pi r_d}}$$

توان منتقل شده از چشمه به طرف آشکارساز برابر است با:

$$P_d = i_d V_d = \frac{V}{R_d + R_m} V_d$$

$$= \left(\frac{\rho I_s l_s I_d}{۴\pi y^۳}\right)^۲ \left[\frac{R_d}{\left(R_d + \frac{\rho}{۲\pi r_d}\right)^۲}\right]$$

ث) هنگامی توان بیشینه است که عبارت زیر بیشینه باشد.

$$R_t = \frac{R_d}{\left(R_d + \frac{\rho}{۲\pi r_d}\right)^۲} = \frac{R_d}{(R_d + R_m)^۲}$$

بدین ترتیب:

$$\frac{dR_t}{dR_d} = \frac{(R_d + R_m)^۲ - ۲R_d(R_d + R_m)}{(R_d + R_m)^۴} = ۰$$

درنتیجه:

$$(R_d + R_m) - ۲R_d = ۰$$

مناسب‌ترین مقدار R_d را با R_d^* نشان می‌دهیم که برابر است با:

$$R_d^* = R_m = \frac{\rho}{۲\pi r_d}$$

بیشینهٔ توان را با P_d^m نشان می‌دهیم که برابر است با:

$$P_d^m = \left(\frac{\rho I_s l_s I_d}{۴\pi y^۳}\right)^۲ \left(\frac{\pi r_d}{۲\rho}\right)$$

$$= \frac{\rho (I_s l_s I_d)^۲ r_d}{۳۲\pi y^۶}$$

حل ۳. ماشین سنگین روی جاده‌ای شیبدار

برای ساده‌تر شدن، شکل ۱۰ را به جای شکل ۴ درنظر بگیرید.

$$h_۱ = h + ۰/۵t$$

$$R_i = ۰/۸R_۰$$ (الف

$m_{\text{استوانه}} = ۰/۸M$ جرم استوانه بدون درنظر گرفتن پره‌ها

$m_{\text{پره}} = \frac{۰/۲M}{۸} = ۰/۰۲۵M$ جرم هر پره

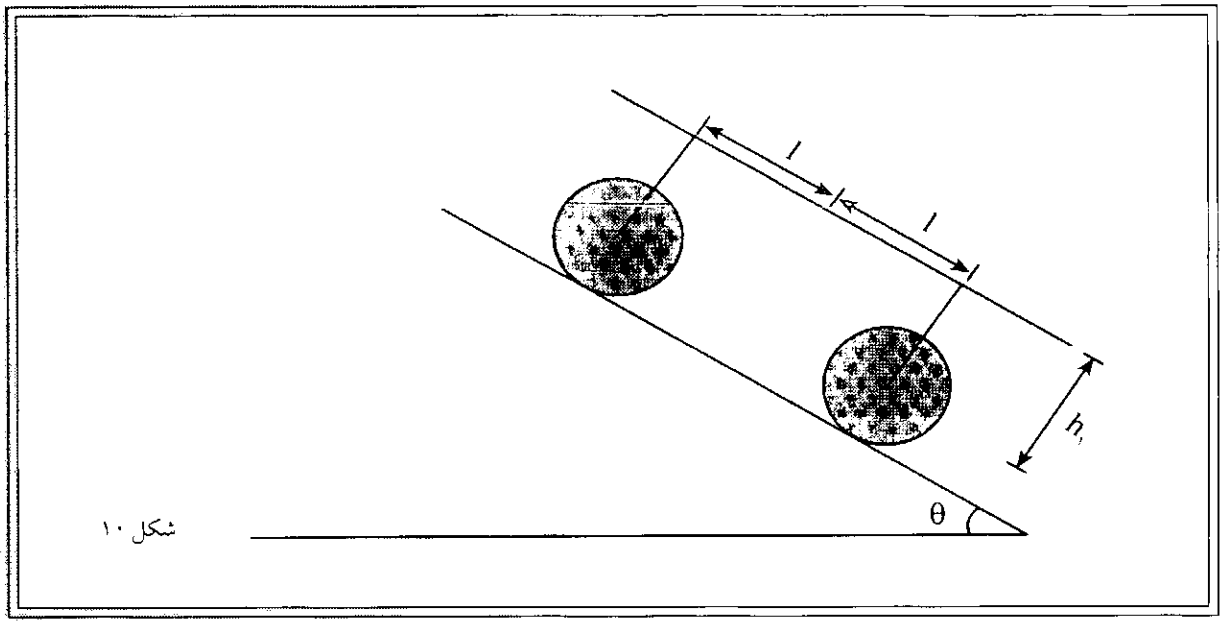
$$I = \oint r^۲ dm = \underset{\text{استوانه}}{\oint r^۲ dm} + \underset{\text{پوستهٔ استوانه‌ای}}{\oint r^۲ dm} + \underset{\text{پرهٔ ۱}}{\oint r^۲ dm} + \cdots\cdots + \underset{\text{پرهٔ ۸}}{\oint r^۲ dm}$$

$$\underset{\text{پوستهٔ استوانه‌ای}}{\oint r^۲ dm} = ۲\pi\sigma \int_{Ri}^{Ro} r^۳ dr$$

$$= ۰/۵\pi\sigma\left(R_۰^۴ - R_i^۴\right)$$

$$= ۰/۵m_{\text{استوانه}}\left(R_۰^۲ + R_i^۲\right)$$

$$= ۰/۵(۰/۸M)R^۲(۱ + ۰/۶۴) = ۰/۶۵۶MR^۲$$



شکل ۱۰

$$\oint_{\text{پره}} r^2 dm = \lambda \int_0^{R_1} r^2 dr = \frac{1}{3}\lambda R_1^3$$
$$= \frac{1}{3} m_{\text{میله}} R_1^2 = \frac{1}{3}(0/025M)(0/64R^2)$$
$$= 0/00533MR^2$$

در نتیجه، گشتاور لختی هر استوانه برابر است با:

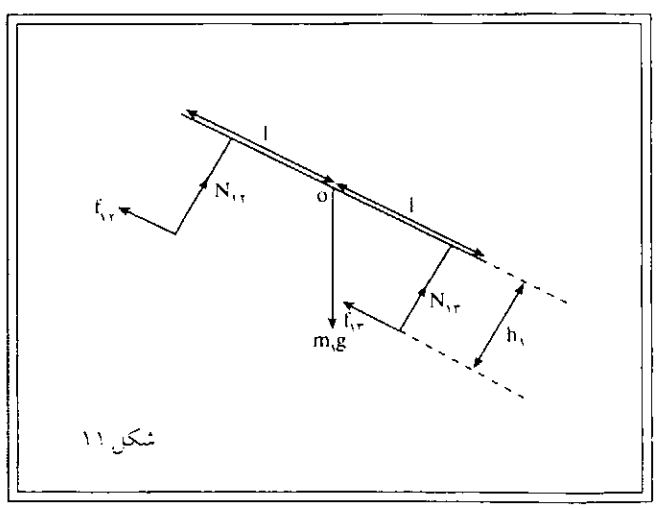
$I = 0/656MR^2 + 8 \times 0/00533MR^2 = 0/7MR^2$

ب) برای ساده‌تر شدن، دستگاه را به سه قسمت تقسیم می‌کنیم:

قسمت اول: بدنه که بیش‌تر شبیه یک صفحهٔ همگن تخت رفتار می‌کند؛

قسمت دوم: استوانهٔ عقبی؛

قسمت سوم: استوانهٔ جلویی.



شکل ۱۱

قسمت اول: بدنه

در شکل ۱۱ نیروهای وارد بر بدنهٔ ماشین نشان داده شده‌اند. در این شکل:

N_{12} و f_{12}: مؤلفه‌های قائم و افقی نیرویی که از طرف استوانهٔ عقبی به بدنه وارد می‌شود. N_{13} و f_{13}: مؤلفه‌های قائم و افقی نیرویی که از طرف استوانهٔ عقبی به بدنه وارد می‌شود.

m_1g: نیروی وزن بدنه

بنابر قانون دوم نیوتون، برای راستای افقی داریم:

$$m_1 g\sin\theta - f_{12} - f_{13} = m_1 a \qquad (1)$$

همچنین برای راستای قائم داریم:

$$m_1 g\cos\theta = N_{12} + N_{13} \qquad (2)$$

شرط تعادل گشتاورها حول نقطهٔ o به صورت زیر بیان می‌شود.

$$N_{12}l - N_{13}l + f_{12}h_1 + f_{13}h_1 = 0 \qquad (3)$$

قسمت دوم : استوانهٔ عقبی

در شکل ۱۲ نیروهای وارد بر استوانهٔ عقبی نشان داده شده‌اند. در این شکل :

$N_{۲۱}$ و $f_{۲۱}$: مؤلفه‌های قائم و افقی نیروی واکنشی که از بدنه به استوانهٔ عقبی وارد می‌شود.

Mg : نیروی وزن استوانه

$N_۲$ و $f_۲$: مؤلفه‌های قائم و افقی نیرویی که از سطح زمین به استوانهٔ عقبی وارد می‌شود.

با استفاده از قانون دوم نیوتون، برای استوانهٔ عقبی داریم :

$$f_{۲۱} - f_۲ + Mg\sin\theta = Ma \qquad (۴)$$

$$N_۲ - N_{۲۱} - Mg\cos\theta = ۰ \qquad (۵)$$

برای چرخش خالص داریم :

$$f_۲R = I\alpha_۲ = I\frac{a_۲}{R}$$

یا

$$f_۲ = \frac{I}{R^۲}a \qquad (۶)$$

برای چرخش همراه با لغزش داریم :

$$F_۲ = \mu_k N_۲ \qquad (۷)$$

قسمت سوم : استوانهٔ جلویی

در شکل ۱۳ نیروهای وارد بر استوانهٔ جلویی نشان داده شده‌اند. در این شکل :

$N_{۳۱}$ و $f_{۳۱}$: مؤلفه‌های قائم و افقی نیروی واکنشی که از بدنه به استوانهٔ عقبی وارد می‌شود.

Mg : نیروی وزن استوانه

$N_۳$ و $f_۳$: مؤلفه‌های قائم و افقی نیرویی که از سطح زمین به استوانهٔ عقبی وارد می‌شود.

با استفاده از قانون دوم نیوتون، برای استوانهٔ جلویی داریم :

$$f_{۳۱} - f_۳ + Mg\sin\theta = Ma \qquad (۸)$$

$$N_۳ - N_{۳۱} - Mg\cos\theta = ۰ \qquad (۹)$$

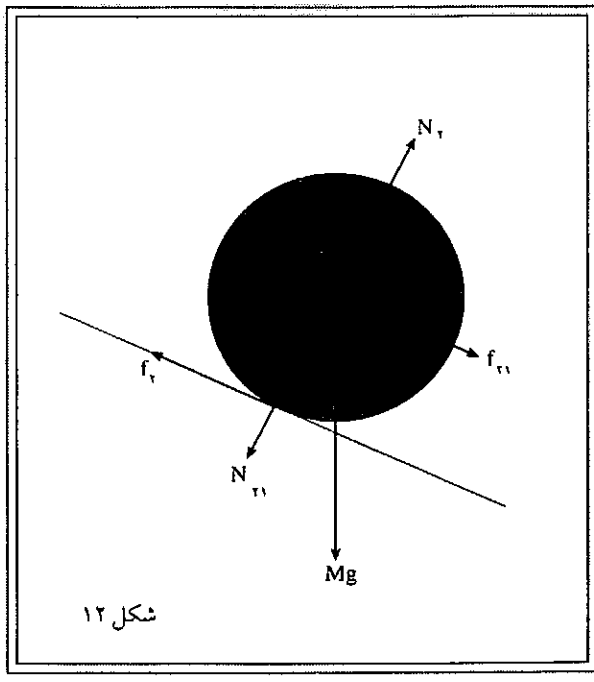
برای چرخش خالص داریم :

$$f_۳R = I\alpha_۳ = I\frac{a_۳}{R}$$

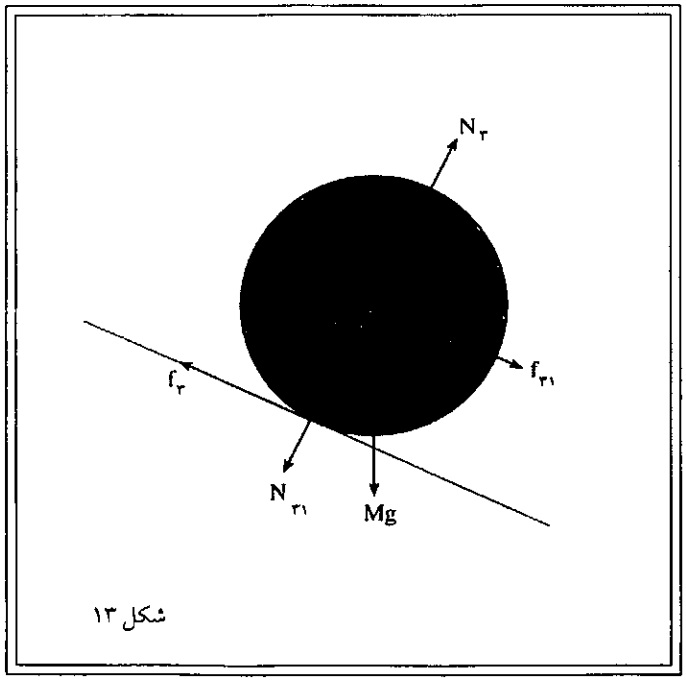
یا :

$$f_۳ = \frac{I}{R^۲}a \qquad (۱۰)$$

برای چرخش همراه با لغزش (غلتش)



شکل ۱۲



شکل ۱۳

$$F_{r} = \mu_{k} N_{r} \qquad (11)$$

پ) با توجه به معادله‌های (۲)، (۵) و (۹) داریم:

$$m_{1} g\cos\theta = N_{r} - m_{r} g\cos\theta + N_{r} - m_{r} g\cos\theta$$

$$N_{r} + N_{r} = (m_{1} + m_{r} + m_{r})g\cos\theta = 7Mg\cos\theta \qquad (12)$$

همچنین از معادله‌های (۳)، (۵) و (۸) داریم:

$$(N_{r} - Mg\cos\theta)l - (N_{r} - Mg\cos\theta)l = h_{1}(f_{r} + Ma - Mg\sin\theta + f_{r} + Ma - Mg\sin\theta)$$

$$(N_{r} - N_{r}) = h_{1}(f_{r} + 2Ma - 2Mg\sin\theta + f_{r})/l \qquad (13)$$

در حالتی که هر دو استوانه فقط می‌چرخند:

از معادله‌های (۴) و (۶) خواهیم داشت:

$$f_{r1} = (\frac{I}{R^{r}})a + Ma - Mg\sin\theta \qquad (14)$$

همچنین از معادله‌های (۸) و (۱۰) داریم:

$$f_{r1} = (\frac{I}{R^{r}})a + Ma - Mg\sin\theta \qquad (15)$$

بدین ترتیب، از معادله‌های (۱)، (۱۴) و (۱۵) می‌توان نوشت:

$$5Mg\sin\theta - \left\{(\frac{I}{R^{r}})a + Ma - Mg\sin\theta\right\} - \left\{(\frac{I}{R^{r}})a + Ma - Mg\sin\theta\right\} = m_{1}a$$

$$7Mg\sin\theta = (\frac{2I}{R^{r}} + 7M)a$$

$$a = \frac{7Mg\sin\theta}{7M + 2I/R^{r}} = \frac{7Mg\sin\theta}{7M + 2(\circ/7MR^{r}/R^{r})}$$

$$= \circ/833g\sin\theta \qquad (16)$$

$$N_{r} = \frac{7M}{2}g\cos\theta + \frac{h_{1}}{l}\left[(M + \frac{I}{R^{r}}) \times \circ/833g\sin\theta - Mg\sin\theta\right]$$

$$= 3/5Mg\cos\theta + \frac{h_{1}}{l}[(M + \circ/7M) \times \circ/833g\sin\theta - Mg\sin\theta]$$

$$= 3/5Mg\cos\theta + \circ/41\left(\frac{h_{1}}{l}\right)Mg\sin\theta$$

$$N_{r} = \frac{7M}{2}g\cos\theta + \frac{h_{1}}{l}\left[(\frac{I}{R^{r}} + M) \times \circ/833g\sin\theta - Mg\sin\theta\right]$$

$$= 3/5Mg\cos\theta - \frac{h_{1}}{l}\left[(\circ/7M + M)\left(\frac{7Mg\sin\theta}{\circ/7M + 7M}\right) - 2Mg\sin\theta\right]$$

$$= 3/5Mg\cos\theta - \circ/41\left(\frac{h_{1}}{l}\right)Mg\sin\theta$$

شرایط چرخش خالص به صورت زیر است:

$$f_{r} \le \mu_{s} N_{r} \Rightarrow (\frac{I_{r}}{R^{r}})a \le \mu_{s} N_{r} \qquad (17)$$

$$f_{r} \le \mu_{s} N_{r} \Rightarrow (\frac{I_{r}}{R^{r}})a \le \mu_{s} N_{r} \qquad (18)$$

برای معادلهٔ (۱۷) داریم:

$$\circ/7M \times \circ/833g\sin\theta \le \mu_{s}\left[3/5Mg\cos\theta - \circ/41(\frac{h_{1}}{l})Mg\sin\theta\right]$$

$$\tan\theta \le \frac{3/5\mu_{s}}{\circ/5831 + \circ/41\mu_{s}(\frac{h_{1}}{l})}$$

همچنین برای معادلهٔ (۱۸) داریم:

$$\circ/7M \times \circ/833g\sin\theta \le \mu_{s}\left[3/5Mg\cos\theta + \circ/41(\frac{h_{1}}{l})Mg\sin\theta\right]$$

$$\tan\theta \le \frac{3/5\mu_{s}}{\circ/5831 - \circ/41\mu_{s}(\frac{h_{1}}{l})}$$

در حالتی که هر دو استوانه فقط می‌لغزند:

از معادلهٔ (۴) داریم:

$$f_{r1} = Ma + \mu_{k} N_{r} - Mg\sin\theta \qquad (19)$$

از معادلهٔ (۸) داریم:

$$f_{r1} = Ma + \mu_{k} N_{r} - Mg\sin\theta \qquad (20)$$

بدین ترتیب، از معادله‌های (۱۹) و (۲۰) داریم:

$$5Mg\sin\theta - (Ma + \mu_{k} N_{r} - Mg\sin\theta) - (Ma + \mu_{k} N_{r} - Mg\sin\theta) = m_{1}a$$

$$a = \frac{7Mg\sin\theta - \mu_{k} N_{r} - \mu_{k} N_{r}}{7M}$$

$$= g\sin\theta - \frac{\mu_{k}(N_{r} + N_{r})}{7M} \qquad (21)$$

از دو معادلهٔ بالا می‌توان نوشت:

$$a = g\sin\theta - \mu_{k} g\cos\theta$$

شرایط لغزش کامل، مخالف شرایطی است که برای شرایط چرخش کامل بیان شد. بدین ترتیب داریم:

$$f_{r} > \mu_{s} N'_{r} \Rightarrow (\frac{I_{r}}{R^{r}})a > \mu_{s} N'_{r}$$

$$f_{r} > \mu_{s} N'_{r} \Rightarrow (\frac{I_{r}}{R^{r}})a > \mu_{s} N'_{r}$$

که در آن N'_{r} و N'_{r} را در حالت چرخش کامل به دست آوردیم. در این صورت:

$$\tan\theta > \frac{3/5\mu_{s}}{\circ/5831 + \circ/41\mu_{s}(\frac{h_{1}}{l})}$$

و

$$\tan\theta > \frac{3/5\mu_{s}}{\circ/5831 - \circ/41\mu_{s}(\frac{h_{1}}{l})}$$

در حالتی که یکی از استوانه‌ها فقط می‌چرخد و استوانهٔ دیگر در شرایط لغزش است (برای مثال، استوانهٔ جلویی فقط می‌چرخد و استوانهٔ عقبی لغزش کامل دارد):

با استفاده از معادلهٔ (۴) خواهیم داشت:

$$f_{r1} = m_r a + \mu_k N_r - m_r g\sin\theta \qquad (۲۲)$$

همچنین از معادلهٔ (۵) داریم:

$$f_{r1} = m_r a + (\frac{I}{R^r})a - m_r g\sin\theta \qquad (۲۳)$$

بدین ترتیب از معادله‌های (۱)، (۲۲) و (۲۳) خواهیم داشت:

$$m_1 g\sin\theta - \{m_r a + \mu_k N_r - m_r g\sin\theta\} - \{m_r a + (\frac{I}{R^r})a - m_r g\sin\theta\} = m_1 a$$

$$m_1 g\sin\theta + m_r g\sin\theta + m_r g\sin\theta - \mu_k N_r = (\frac{I}{R^r} + m_r)a + m_r a + m_1 a$$

$$۵Mg\sin\theta + Mg\sin\theta + Mg\sin\theta - \mu_k N_r = (۰/۷M + M)a + Ma + ۵Ma$$

$$a = \frac{۷Mg\sin\theta - \mu_k N_r}{۷/۷M} = ۰/۹۰۹۱g\sin\theta - \frac{\mu_k N_r}{۷/۷M} \qquad (۲۴)$$

$$N_r - N_r = \frac{h_1}{l}(\mu_k N_r + \frac{I}{R^r}a + ۲Ma - ۲Mg\sin\theta)$$

$$N_r - N_r = \frac{h_1}{l}(\mu_k N_r + ۲/۷M \times ۰/۹۰۹۱g\sin\theta - ۲/۷Mg - ۲Mg\sin\theta)$$

$$N_r - N_r = \frac{h_1}{l}[\mu_k N_r + ۲/۷M(۰/۹۰۹۱g\sin\theta - \frac{\mu_k N_r}{۷/۷M}) - ۲Mg\sin\theta]$$

$$N_r - N_r(۱ + ۰/۶۵\mu_k \frac{h_1}{l}) = ۰/۴۵۴۶Mg\sin\theta$$

$$N_r + N_r = ۷Mg\cos\theta$$

در نتیجه خواهیم داشت:

$$N_r = \frac{۷Mg\cos\theta - ۰/۴۵۴۶Mg\sin\theta}{۲ + ۰/۶۵\mu_k(\frac{h_1}{l})} \qquad (۲۵)$$

$$N_r = ۷Mg\cos\theta - \frac{۷Mg\cos\theta - ۰/۴۵۴۶Mg\sin\theta}{۲ + ۰/۶۵\mu_k(\frac{h_1}{l})}$$

با جانشین کردن رابطهٔ (۲۵) در رابطهٔ (۲۴) داریم:

$$a = ۰/۹۰۹۱g\sin\theta - \frac{\mu_k N_r}{۷/۷M}$$

$$= ۰/۹۰۹۱g\sin\theta - \frac{\mu_k}{۷/۷}\frac{۷g\cos\theta - ۰/۴۵۴۶\sin\theta}{۲ + ۰/۶۵\mu_k(\frac{h_1}{l})} \qquad (۲۶)$$

شرایط برای آن بخش از جاده که لغزش انجام می‌شود، به صورت زیر است:

$$f_r \le \mu_s N'_r \Rightarrow (\frac{I}{R^r})a \le \mu_s N'_r$$

$$f_r \le \mu_s N'_r \Rightarrow (\frac{I}{R^r})a > \mu_s N'_r \qquad (۲۷)$$

که در آن N'_r و N'_r نیروهای عمودی برای شرایط چرخش خالص هستند.

ت) فرض می‌کنیم پس از چرخش به اندازهٔ d، هر دو استوانه شروع به لغزش می‌کنند و تا انتهای سطح شیب‌دار به همین صورت به حرکت خود ادامه می‌دهند (کل جابه‌جایی برابر s است). همچنین فرض می‌کنیم، در زمان t_1 جابه‌جایی d انجام می‌شود. در این صورت:

$$v(t_1) = v_. + at_1 = ۰ + a_1 t_1 = a_1 t_1$$

$$d = v_. t + \frac{۱}{۲}a_1 t_1^r = \frac{۱}{۲}a_1 t_1^r$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{۲d}{a_1}}$$

$$v(t_1) = a_1\sqrt{\frac{۲d}{a_1}} = \sqrt{۲a_1 d}$$

$$= \sqrt{۲d \times ۰/۸۳۳g\sin\theta} = \sqrt{۱/۶۶۶dg\sin\theta}$$

سرعت زاویه‌ای پس از چرخش d، برای هر دو استوانهٔ جلویی و عقبی برابر است با:

$$\omega(t_1) = \frac{v(t_1)}{R} = \frac{۱}{R}\sqrt{۱/۶۶۶dg\sin\theta}$$

فرض می‌کنیم زمان مورد نیاز از شروع لغزش تا انتهای سطح شیبدار برابر t_r باشد، در این صورت داریم:

$$v(t_r) = v(t_1) + a_r t_r = \sqrt{۱/۶۶۶dg\sin\theta} + a_r t_r$$

$$s - d = v(t_1)t_r + \frac{۱}{۲}a_r t_r^r$$

$$t_r = \frac{-v(t_1) + \sqrt{vt^r_1 + ۲a_r(s-d)}}{a_r}$$

$$v(t_r) = \sqrt{۱/۶۶۶dg\sin\theta - v(t_1)} + \sqrt{v^r(t_1) + ۲a_r(s-d)}$$

Ministry of Education
Organization of Research &.Educational Planning

Teaching-Aids Publications Office

ISSN 1606-917X

Roshd

Physics Education Journal

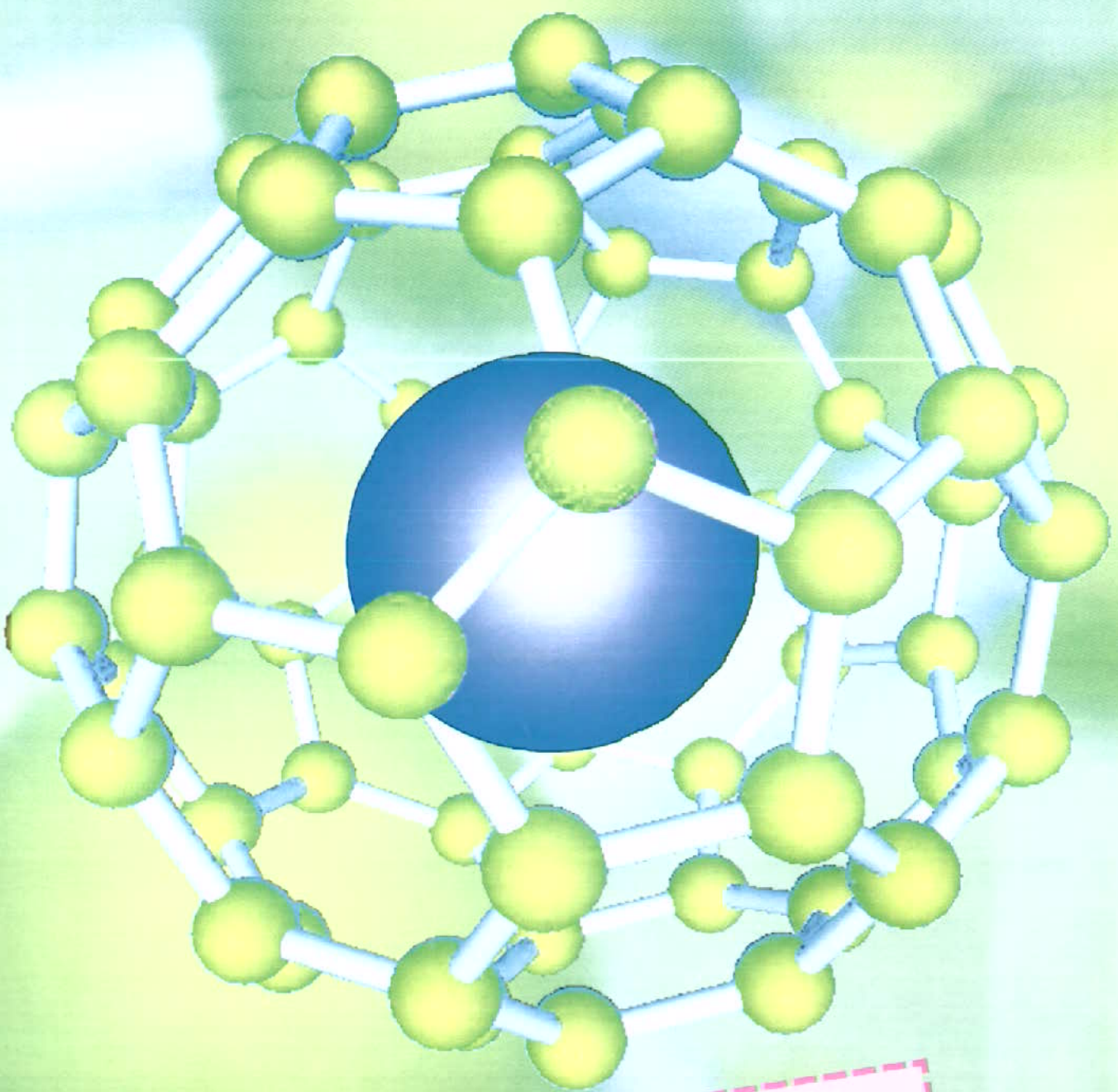
Vol.13- No.64-2002

CONTENTS:

Physics Teaching - Aids Books ○ *by A. Ahmadi* / **2**
Revolution in Physics Education
Put the Physics First ○ *by Leon Lederman* / **4**
Newtons second law in Accelerated
Refrence Frame ○ *by Jafar Merdad* / **8**
Satisfaction in Scientific and Educational
Media ○ *by Jahangir Riazi* / **14**
Falling Sticks and Falling Balls ○ *by Bacon, Harpst and Nakazawa* / **16**
Interview ○ **19**
Energy Sources: Thermal Pollution ○ *by D.C.* Giancoli / **26**
New Problems in Halliday's Physics ○ *by koshbin* / **31**
Scientific News ○ **36**
Visualizing The Thin-Lens Formula ○ *by Soumya chakravarti etal* / **37**
How I Became a Physics Teacher ○ *by Ali Asghar Noroozian* / **39**
Inside The Sun ○ *by John Gribbin* / **44**
33 th International Physics Olympiad -
Bali - Indonesia 2002 ○ *by R.Khalili* / **51**

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,

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



باک فیسترفولرن که به کربن ۶۰ هم معروف است

رشد
آموزش زیست
۷۰
سال نوزدهم - ۴۰۰ تومان
ISSN 1606 - 9188
مقام نشریات اهل آموزش
www.roshdmag.org
رشد
آموزش زیست
۶۲