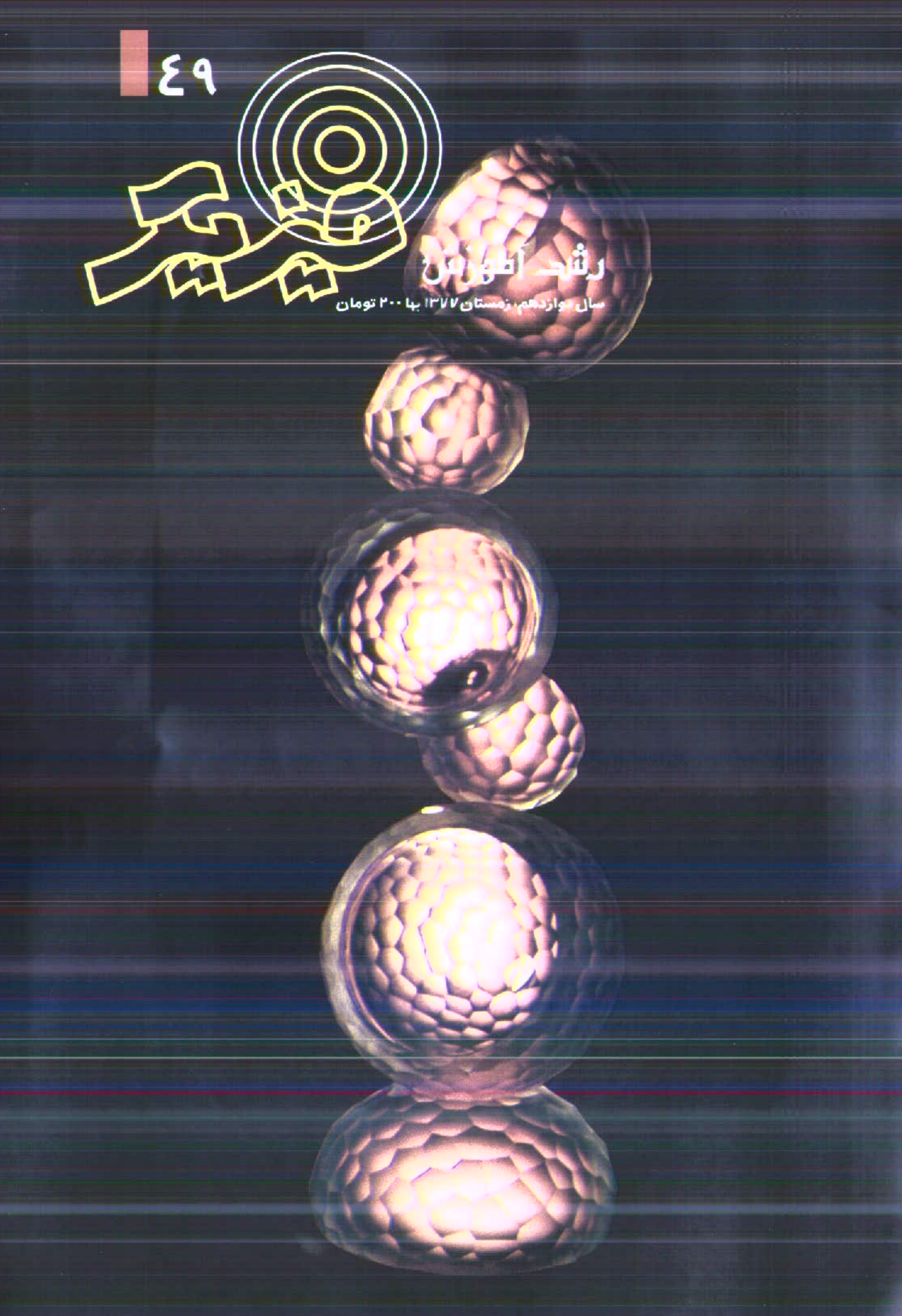
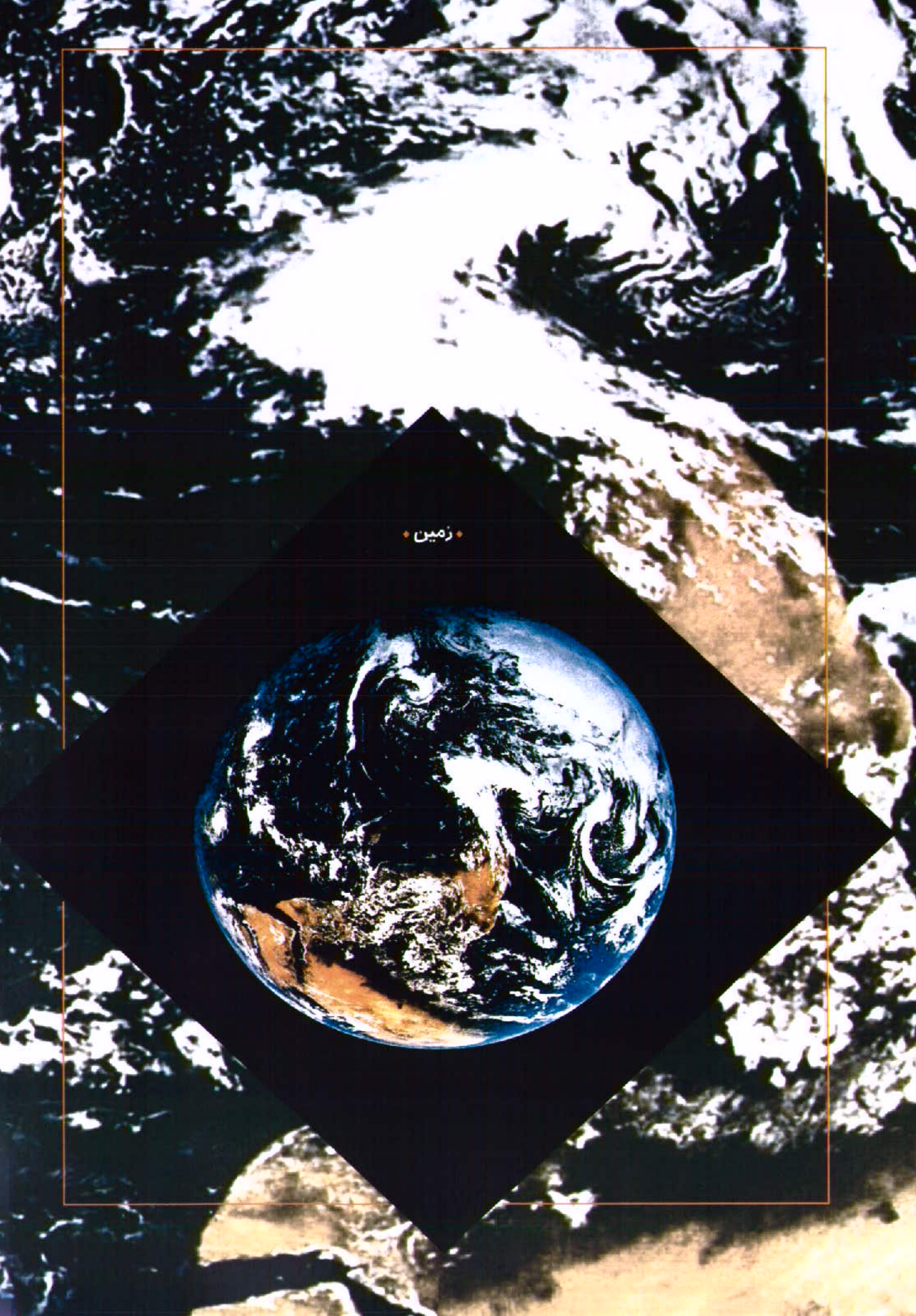
۴۹

رشد آموزش

سال دوازدهم، زمستان ۱۳۷۷ بها ۲۰۰ تومان




زمین

۴۹

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

رشد آموزش فیزیک،
شماره ۴۹، سال تحصیلی ۷۸ـ۱۳۷۷

رشد آموزش فیزیک

سال دوازدهم، زمستان ۱۳۷۷

بسم الله الرحمن الرحیم

۲ سرمقاله **طرح مدرسه محوری**

۴ **ساختار زمین و زمین لرزه** ◆ منیژه رهبر

۸ **ژاپن سالانه صد میلیون پوند برای پیش بینی وقوع زلزله...** ◆ رابرت مکنیوس

۱۶ گوناگون **بر شانهٔ غولها** ◆ هارتموت/ **بوستان دانشوران در کیش ۱۹**

۲۰ **بررسی دوام قطرات مایع روی سطح داغ** ◆ اقتباس ساعدی

۲۳ **ضریب جهندگی** ◆ سحر اسدی، حنیفه آل داوود، پروانه ادیبی، شورا مجید، منیژه حیران

۲۸ **با بچه های ایران در کرمان** ◆ محسن شادمهری

۳۲ **الکترونهای تک در قطره های سیلیسیم** ◆ آرتور آشر

۳۴ **جهش کوانتومی در الکترونیک** ◆ لیندا ال. سوندرز

۳۵ **دانش آموزان ایرانی در نخستین گام به سوی جایزه نوبل** ◆ منیژه رهبر

۳۶ **مسابقه آزمایشگاهی فیزیک/ پاسخ به سؤالات ۳۹**

۴۰ **انتقال به سرخ گرانشی** ◆ محمدرضا خوش بین خوش نظر

۴۱ پژوهش **اجرای طرح یک آونگ تا شده با بسامد بسیار کم** ◆ احسان فتح نظیفی مقدم

۴۴ **همایش گروه های آموزشی فیزیک سراسر کشور** ◆ ابوالقاسم زارع پور

۴۵ **یکاهای تصحیح شدهٔ پلانک** ◆ محمدرضا خوش بین خوش نظر

۴۶ **نقدی بر کتاب فیزیک ۳ نظام جدید** ◆ ف. ف. فیاضی

۴۹ سرمقاله **فرود قطره های باران بر اتومبیل بدون برخورد با شیشه عقب** ◆ پیتر فرانکو

۵۱ **آزمایشهای ساده** ◆ اصغر نوروزیان

۵۶ **محاسبه میدان الکتریکی برخی از توزیع های پیوسته بار به کمک...** ◆ محمد صادقی

۶۰ **معمای فیزیکی شمع الاکلنگ** ◆ مارتین گاردنر

۶۱ **نوک سنجاق ها، سایه سنجاق ها و روزنه ها** ◆ کاترت کالیرمل سوین

مدیر مسؤول: سیّد محسن گلدانساز
سردبیر: دکتر منیژه رهبر
مدیر داخلی: احمد احمدی
طراح گرافیک: مریم خونساری
اعضاء هیئت تحریریه: منیژه رهبر، سید جعفر مهرداد، محمدرضا اجتهادی، محمدعلی سعادت بخت، احمد احمدی

◆ دفتر انتشارات کمک آموزشی، این مجلات را نیز منتشر می کند: رشد کودک (ویژهٔ پیش دبستان و دانش آموزان کلاس اول دبستان) رشد نوآموز (برای دانش آموزان دوم و سوم دبستان) رشد دانش آموز (برای دانش آموزان چهارم و پنجم دبستان) رشد نوجوان (برای دانش آموزان دوره راهنمایی) رشد جوان (برای دانش آموزان دورهٔ متوسطه) مجلات رشد معلّم، تکنولوژی آموزشی، آموزش ابتدایی، آموزش معارف اسلامی، آموزش شیمی، آموزش ادب فارسی، آموزش زبان، آموزش راهنمایی، آموزش ریاضی، آموزش زیست شناسی، آموزش جغرافیا (برای دبیران، آموزگاران، دانشجویان تربیت معلم، مدیران مدارس و کارشناسان آموزش و پرورش)

◆ مجله رشد آموزش فیزیک نوشته ها و حاصل تحقیقات پژوهشگران و متخصصان تعلیم و تربیت، ویژه آموزگاران، دبیران و مدرسان را، در صورتی که در نشریات عمومی درج نشده و مرتبط با موضوع مجله باشد، می پذیرد. ◆ 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 واژه های علمی و فنی دقت لازم مبذول گردد. ◆ مقاله های 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 واژه ها 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 مقاله های رسیده مختار است. ◆ آرای مندرج در مقاله ها، 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 نمی شود، معذور است.

نشانی دفتر مجله: تهران، صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۶۵۸۵
تلفن امور مشترکین: ۸۸۳۹۱۸۶
چاپ: شرکت افست (سهامی عام)

طرح مدرسه محوری

ذات نایافته از هستی بخش
کی تواند که شود هستی بخش
خشک ابری که بود ز آب تهی
ناید از وی صفت آب دهی

به مناسبت بازگشایی مدارس و آغاز سال تحصیلی ۷۷ـ۷۸ در پیام جناب آقای وزیر آموزش و پرورش می خوانیم:

« ... وزارت آموزش و پرورش با استعانت از خداوند توانا مصمم است تا در راه تحقق *طرح مدرسه محوری*، فصل جدیدی را در تاریخ نظام آموزشی کشور آغاز نماید و با افزایش اختیارات و کارآیی مدیران و معلمان راه را برای رشد و ارتقای کیفی فعالیتهای آموزشی و پرورشی ـ *در سایه برقراری عدالت آموزشی* ـ هموار سازد ...»

* * *

می گویند به عذر *مشارکت مردمی* در سالهای اخیر عملاً مدارس کشور به خصوص مدارس شهرستانهای بزرگ، به مدارس اغنیا، مدارس شهروندان میان مایه و مدارس تهی دستان تقسیم شد. در روزنامه ها به این مسأله مهم فرهنگی و اجتماعی به عنوان *طبقاتی شدن آموزش و پرورش*، به تفصیل و به طور مکرر اشاره شده است.

همان گونه که از نام *«مدارس غیر انتفاعی»* و *«مدارس نمونه مردمی»* پیداست، در حسن ظن تدوین کنندگان آیین نامه آنها نمی توان تردید کرد. ولی رابطه ها و بافت پیچیده مسائل اقتصادی و اجتماعی کار را در اجرا بدان جا کشاند که جناب وزیر در پیام اول مهر خود از برقراری عدالت آموزشی سخن به میان آوردند.

در این پیام *تحقق طرح مدرسه محوری* به عنوان آغاز فصل جدیدی در تاریخ نظام آموزشی کشور اشاره شده است.

فرهنگیان و علاقمندان به آموزش و پرورش امیدوارند که از چگونگی برقراری عدالت آموزشی و طرح مدرسه محوری به تفصیل آگاهی یابند تا با همکاری صمیمانه در اجرای آن امور آموزشی کشور سامان بگیرد و رضایت خاطر جامعه فراهم شود.

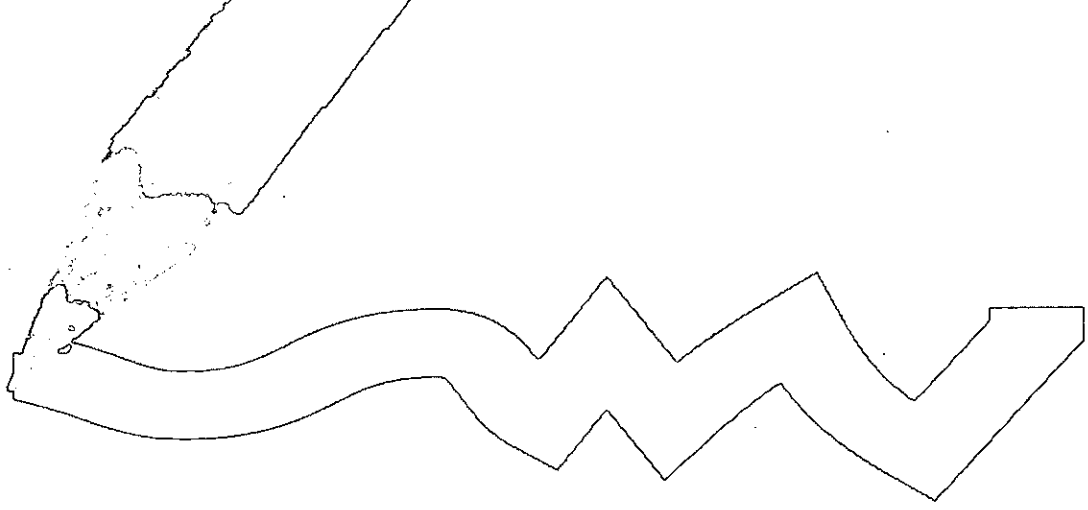
در دنیای امروز، آموزش و پرورش مانند نان و آب و مسکن از ضروریات اولیه زندگی است. با این تفاوت که کمبود نان و آب و مسکن چشمگیر و در کوتاه مدت مسأله آفرین است ولی آثار تأسف بار تنگناها در امور آموزشی و فرهنگی در دراز مدت گریبانگیر جامعه می شود.

برای پرهیز از اعتراض و واکنش شدید عمومی متصدیان اموری مانند آب و نان مجبورند به سرعت و فوریت حداقل نیاز جامعه را تأمین کنند. در حالی متصدیان ناآگاه می توانند به دور از واکنش عامه مردم، اموری مانند مسائل آموزشی و فرهنگی را سالها معلق و سردرگم نگاه دارند.

* * *

آن چه در روزنامه ها خواندیم و می خوانیم نشان از بار گران مشکلاتی است که آموزش و پرورش با آن دست به گریبان است. به چند مورد آن به نقل از روزنامه محترم اطلاعات توجه کنیم:

« ... در ایران به دلیل محدودیت بودجه ای بیشترین کاهش اعتبارات در بخش آموزشی و به خصوص تعلیم و تربیت عمومی اعمال می شود ـ مدیر کل بودجه و تأمین منابع وزارت آموش و پرورش ـ مرداد ماه ۱۳۷۷ ...» و « ... برای مطلوب کردن فضای آموزشی کشور ساخت ۲۰۲ هزار کلاس درس جدید ضروری است ... هم اکنون با توجه به کمبود اعتبارات سازمان نوسازی مدارس، احداث این تعداد کلاس درس جدید امکان پذیر نیست ـ رئیس سازمان نوسازی و تجهیز مدارس کشور ـ مرداد ۱۳۷۷ ...» و « ... *۷۵ اردوگاه* پرورشی آموزش و پرورش هنوز در اختیار دیگر ارگانها و نهادهاست که ظرفیت پذیرش سالانه آنها ۵ میلیون دانش آموز است. ـ مدیر کل توسعه اردوگاهها و کانونهای فرهنگی و تربیتی ـ تیرماه ۱۳۷۷ ...» و « ... آقای وزیر، قربانیان نظام جدید متوسطه را دریابید ـ نامه سر گشاده یک دبیر به آقای مظفر ـ تیرماه ۱۳۷۷ ...»



مطابق نشریات آماری آموزش و پرورش تعداد دانش آموزان ابتدایی و راهنمایی و متوسطه در پانزده سال (۱۳۶۰ تا ۱۳۷۵) از حدود نه میلیون به هجده میلیون نفر افزایش یافته است. جناب آقای وزیرآموزش و پرورش ضمن پیام مذکور بیان داشتند: «... اگرچه نزدیک به $\frac{1}{4}$ جمعیت کشور مستقیماً تحت پوشش فعالیتهای تربیتی و آموزشی این دستگاه عظیم قرار دارند لیکن باید اقرار کرد که تمامی آحاد جامعه به نوعی با آموزش و پرورش مرتبط اند ...»

آقای وزیر به دنبال آرزوی تحقق طرح مدرسه محوری اشاره کردند که «... ***باید با افزایش اختیارات و کارآیی مدیران و معلمان راه را برای رشد و ارتقای کیفی فعالیتهای آموزشی و پرورشی هموار ساخت ...***»

نکته قابل ذکر و توجه در این مورد این است که مانند هر امر دیگر اگر مدیران و معلمان ***علم به پیشه و اعتقاد به عمل و ایمان به کار خویش*** نداشتند نهال «طرح مدرسه محوری» هم به بار نخواهد نشست.

مدیران و معلمان چون با روح و جان افراد سر و کار دارند باید به پیشه ای که در پیش گرفته اند علم و آگاهی کافی داشته باشند. در حالی که سالهاست ما به بهانه های مختلف از این تأمل غافل مانده ایم.

پیامبر بزرگ رسول خدا(ص) گفته است: «طلب العلم فریضة علی کُل مسلم». از بزرگان شنیده ایم، علمی که یاد گرفتن آن بر همه مسلمانان واجب است ***علم مخصوصی*** نیست بلکه بنا به قول امام غزّالی طوسی (۴۵۰ـ۵۰۵ عو) در کیمیای سعادت: «... هرکه چاشتگاه مسلمان شود یا بالغ شود، همه علمها آموختن بر وی واجب نگردد ... ***هر کار که فراپیش وی می آید بدان وقت علم آن واجب می شود*** ... اگر به مثَل پیشه ای دارد علم آن پیشه بر وی واجب شود ... هر پیشه را علمی است، تا اگر مثلاً حجّام (خون گیر) بود باید بداند که چه چیز شاید که از آدمی ببُرد ... و تا به چه غایت خطر شاید کرد و داروی جراحتها به کار کند و امثال این ...»

می دانیم اصطلاح واجب در مقابل حرام و تارک فعل واجب مستحق ذم و نکوهش است. ***بنابراین برای اجرای درست هر طرح و برنامه ای در اولین قدم باید از عواملی بهره بگیریم که علم به پیشه خود داشته و آگاه به چگونگی کار خویش باشند.***

* * *

وزارت آموزش و پرورش در برآوردن نیاز آموزشی فرزندان جامعه ناتوان است و ناچار باید با اجرای طرح نو با سر انگشت خود گره های مشکلات آموزشی ایران را بگشاید. روشن ترین دلیل این ناتوانی وسعت انتشار آگهی ها و اعلامیه های تماشایی و رنگارنگی است که برای تشکیل کلاس شب و روز در خانه ها فرو ریخته شده و در و دیوار شهر را پوشانده است.

این همه کلاسهای تضمینی، محضری، نیمه تضمینی، تشریحی، توافقی، تستی، تستی حدسی، خصوصی، نیمه خصوصی با کادر ویژه و با دبیر عادی، خوب، ممتاز، رسمی، فوق ممتاز با نرخهای متفاوت و ... علاقمندان به آموزش و پرورش را حیرت زده و نگران کرده است.

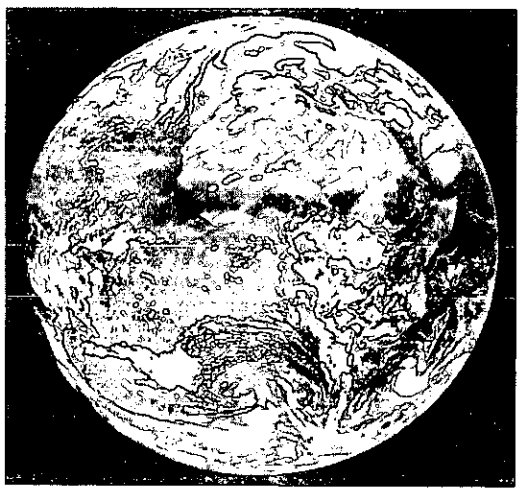
با چنین اوضاع و احوالی مردم به اجبار کمبود آموزشی فرزندان خود را از ***بازار آموزشی آزاد***، تأمین می کنند. در هر گوشه و کنار دکه ای از این آشفته بازار برپا شده است. ناظران آگاه به خوبی می دانند که در این دکانها کالای تقلبی کم نیست. به موازات کوششهای طاقت فرسای معلمان دلسوز معلم نماهای زیادی به سودای درآمد کلان بی هیچگونه صلاحیت به امر آموزش پرداخته اند. گاه گاه در روزنامه ها از کلاهبرداری صاحبان کلاسهای تضمینی و نیمه تضمینی و ... نیز باخبر می شویم. با بگیر و ببند هم بساط این گونه خلافکاریها برچیده نمی شود. ***تنها راه رهایی از این بن بست این است که وزارت آموزش و پرورش با استفاده از مدیران و معلمان آگاه و متعهد و مخلص توانایی خود را در آموزش و پرورش فرزندان این کشور به حد قابل قبول برساند.***

ساختار زمین و زمین لرزه

منیژه رهبر

زمین تقریباً کروی و شعاع آن ۶۴۰۰ کیلومتر است. تقریباً ۷۰ درصد سطح آن را آب پوشانده است (شکل ۱)

● شکل ۱. کرهٔ زمین



ساختار درون زمین

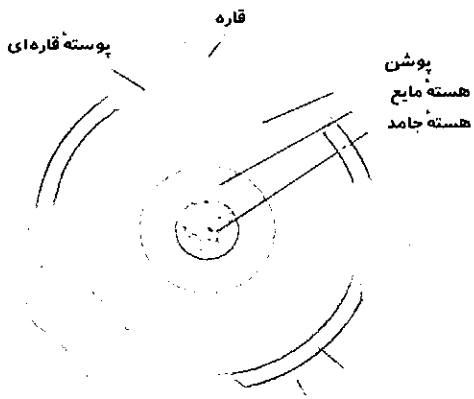
(الف) ساختار

زمین از سه لایه یا پوسته تشکیل شده است

۱ـ هستهٔ مرکزی آن از ماده‌ای بسیار چگال (به احتمال زیاد آهن و نیکل) تشکیل شده است که تا نیمه راه سطح زمین امتداد دارد. این هسته شامل یک بخش درونی جامد است که یک پوسته خارجی مایع آن را احاطه کرده است. تصور می رود که میدان مغناطیسی زمین ناشی از جریانهای الکتریکی در بخش خارجی باشد.

۲ـ پوشن که هستهٔ مرکزی را احاطه کرده است و از مواد نیمه جامد (ترکیبات منیزیم، سیلیسیم و اکسیژن) با چگالی بیش از آنچه بر روی زمین یافت می شود تشکیل شده است. وقتی گرما در داخل پوشن تولید شود، مواد موجود در آن به صورت سنگ مذاب بسیار چسبنده در می آیند که **ماگما** خوانده می شود.

● شکل ۲. ساختار زمین (به مقیاس رسم نشده است)



۳ـ پوسته لایهٔ جامد خارجی است که پوشن را در برگرفته است. این قسمت متشکل از پوستهٔ **اقیانوسی** است که از ماده چگالی تیره رنگ (اغلب بازالت) تشکیل شده است و در عمق ۵ تا ۱۰ کیلومتری زیر اقیانوسها قرار دارد. همین طور، ماده با چگالی کمتر و روشن تر **قاره‌ای** (اغلب گرانیت) که در زیر قاره‌ها با ضخامتی که از ۲۵ تا ۹۰ کیلومتر تغییر می کند قرار گرفته است. وقتی پوسته گرم می شود، مواد جامد تشکیل دهندهٔ آن مذاب و به صورت ماگما خارج می شوند.

پوسته و بخش خارجی پوشن پوستهٔ محکمی را تشکیل می دهند که **سنگ کره** خوانده می شود (به شکل ۶ نگاه کنید)

(ب) شواهد

چگالی متوسط زمین برابر است با $5/5 g/cm^3$ که دو برابر چگالی سنگهای موجود در پوستهٔ آن است. این مطلب نشان می دهد که حجمی بزرگ از مادهٔ چگال متفاوت در عمق زمین وجود دارد. اما دلیل اصلی وجود ساختار لایه ای آن ناشی از مطالعهٔ چگونگی حرکت امواج شوکی ناشی از زلزله در آن است. این امواج که **امواج لرزه‌ای** نامیده می شوند را زلزله سنج آشکار می کنند. زلزله سنج

یک دستگاه الکتریکی بسیار حساس با زمان سنج بسیار حساس است که به هر ارتعاش صخره هایی که درون آن قرار گرفته است پاسخ می دهد. اغتشاشات زمین ناشی از تحلیل کامپیوتری به صورت دیجیتالی یا نمودار (لرزه نگار) روی یک کاغذ ثبت می شود.

(ج) دما

دمای زمین با زیاد شدن عمق آن افزایش می یابد و در بعضی معدنهای طلا می تواند به $50^{\circ}C$ برسد. دمای هسته مرکزی بیش از $4000^{\circ}C$ برآورد شده است (اما این هسته گازی شکل نیست زیرا از طرف صخره هایی که آن را احاطه کرده اند فشار زیادی به آن وارد می آید). گرمای زیاد آن بدین سبب است که زمین در دمای زیادی تشکیل شده است. پوشن و پوسته عایقهایی در برابر جریان گرما هستند که خنک شدن آن را کند می کنند. عامل دیگری که در گرم شدن آن مؤثر است گرمای تولید شده بر اثر واپاشی عناصر رادیواکتیو داخل زمین است.

امواج لرزه‌ای

امواج لرزه‌ای در صخره های با چگالی مختلف با سرعتهای متفاوت حرکت می کنند. **هر چه چگالی بیشتر باشد، سرعت بیشتر است.** وقتی سرعت تغییر کند، امواج جهت خود را تغییر می دهند، یعنی شکسته می شوند. با مطالعهٔ لرزه نگاری ایستگاههای لرزه نگاری مختلف، می توان عمقی از زمین را که در آن تغییر ساختار صورت می گیرد به دست آورد، یعنی به صورت تقریبی فهمید که لایه های با چگالی مختلف در کجا آغاز می شوند و کجا به پایان می رسند. سه نوع موج لرزه‌ای وجود دارد که با حروف P، S و L نشان داده می شوند.

امواج P یا اولیه[1] دارای بیشترین سرعت هستند (۶ تا ۲۴ کیلومتر بر ثانیه) و اولین امواجی هستند که در یک زمین لرزه آشکار می شوند. این امواج طولی هستند که می توانند از هر دوی مایعات و جامدات بگذرند و به علت شکست، مسیرهای خمیده‌ای را در زمین طی می کنند. جهت شکست نشان می دهد که این امواج در پوشن تندتر از پوسته حرکت می کنند و هر چه به عمق بیشتری از هستهٔ مرکزی و پوشن بروند حرکت آنها سریعتر می شود.

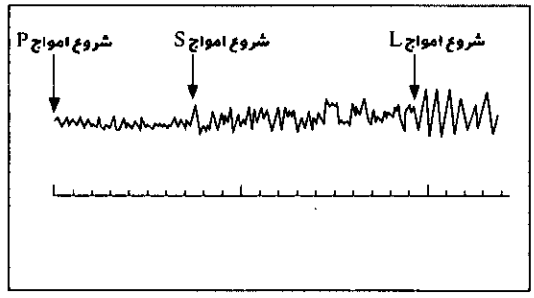
امواج کندتر S یا ثانویه[2]، با حرکت عرضی به دنبال امواج P می آیند و دومین نوع موجی هستند که ثبت می شود. این امواج نیز در مسیرهای خمیده حرکت می کنند، **اما نمی توانند از مایعات بگذرند** و در نتیجه بخش خارجی و مایع پوسته مرکزی آنها را متوقف می کند و یک «ناحیه سایه» در طرف دیگر آن به وجود می آورد.

امواج L یا بلند[3] کندتر از همه حرکت می کنند. این امواج عامل اصلی آسیب ناشی از زلزله در محل نزدیک به وقوع آن هستند.

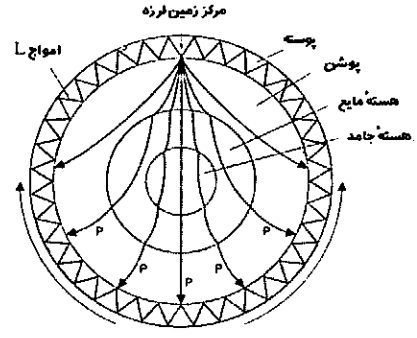
یک نمونهٔ لرزه نگار با رد سه نوع موج و زمان رسیدن آنها در شکل ۳ نشان داده شده است. توجه کنید که دامنهٔ امواج L از دو نوع موج دیگر بیشتر است، یعنی حامل انرژی بیشتر و در نتیجه بسیار مخرب تر است.

مسیر امواج لرزه‌ای از مرکز یک زلزله (یعنی نقطه‌ای روی سطح زمین که درست بالای مبداء زلزله است) نشان داده شده است.

◆ **شکل ۳. نمودار حاصل از لرزه نگاری**



◆ **شکل ۴. مسیرهای امواج لرزه‌ای در زمین**



امواج P در منطقهٔ سایه بدون موج S

جابه جایی قاره‌ای

اکنون تصور می شود که قاره های کنونی روزی بخشی از یک تودهٔ زمین یا یک ابر قاره بودند که در حدود ۲۰۰ میلیون سال قبل شروع به شکستن کرد و قطعات آن از یکدیگر دور شدند. برازش نسبتاً خوب ساحل شرقی امریکای جنوبی با ساحل غربی آفریقا نشان می دهد که آنها روزی متصل به هم بوده اند. این یک مثال است که نشان می دهد چگونه شکل توده های زمین با فاصله زیاد چنان به نظر می رسند که گویی در گذشته بخشی از تودهٔ بزرگتری بوده اند.

این حرکت هنوز ادامه دارد. آفریقا و اروپا با یکدیگر برخورد می کنند، همین طور هندوستان و آسیای مرکزی. دریای سرخ در حدود ۱ سانتی متر در سال پهن می شود. انگلستان شمالی هر سال ۵ میلیمتر بالا می رود، در حالی که جنوب شرقی آن در حدود ۱ میلیمتر در سال فرو می رود. شواهد دال بر حرکت قاره ها ناشی از منابع مختلف است.

صخره های موجود در کف اقیانوسها و آنچه لبه قاره ها را احاطه کرده است شبیه هم هستند. در بعضی نواحی فسیلهای گیاهان و جانوران آب و هوایی را نشان می دهد که با آب و هوای کنونی تفاوت دارد و به نظر می رسد که سوق قاره ای این تغییر را توجیه کند.

دیرین مغناطیسی که مطالعهٔ خاصیت مغناطیسی سنگهای قدیمی است قانع کننده ترین دلیل بر سوق قاره ای است. وقتی سنگهایی که حاوی مواد مغناطیسی هستند تشکیل شوند، در جهت N-S مغناطیسی می شوند. بررسی سنگهای با سن متفاوت نشان می دهد که جهت میدان مغناطیسی زمین در دوره طولانی تغییر می کند. در نتیجه به نظر می رسد که قطبهای شمال و جنوب مغناطیسی در حرکت اند. معکوس شدن کامل قطبها لااقل ۹ بار صورت گرفته است.

نظریهٔ زمین ساخت صفحه ای

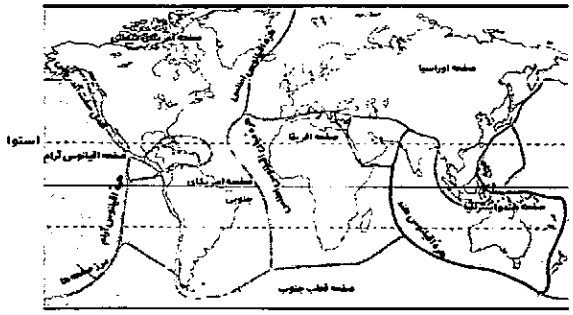
زمانی تصور می شد که زمین لرزه ها، آتشفشانیها و تشکیل کوهها بر اثر انقباض زمین در هنگام سرد شدن آن به وقوع می پیوندد چون برای اینکه حجم زمین کم شود باید «چین و چروکهایی» در سطح آن به صورت رشته کوهها به وجود آید. زمین لرزه و آتشفشانیها را با ترک خوردن پوسته توجیه می کردند.

اکنون زمین را متشکل از چند صفحهٔ صخره ای بزرگ و چند صفحه کوچکتر می دانند (روی هم رفته در حدود ۱۵) که به نام **صفحه های زمین ساختی** معروف اند(شکل ۵). این صفحه ها نسبت به یکدیگر به کندی، در حدود چند سانتیمتر در سال، حرکت می کنند، که علاوه بر چیزهای دیگری باعث سوق مداوم می شود. این صفحه ها هم حاوی پوسته قاره ای هستند و هم پوسته اقیانوسی و مانند کلکهایی روی لایه های پوشن خارجی، به ضخامت ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلومتر که ست کره نامیده می شوند، حرکت می کنند.

تصور می شود که چشمهٔ انرژی حرکت این صفحه ها جریان های همرفتی در داخل پوشن خارجی باشد، که بر اثر گرمای حاصل از صخره های رادیو اکتیو و سرد شدن هستهٔ مرکزی زمین تولید می شود.

نظریهٔ ساختمان صفحه ای چنانکه خواهیم دید توجیه مناسبی برای درک واقعیتهای زمین شناختی ظاهراً بدون ارتباط است.

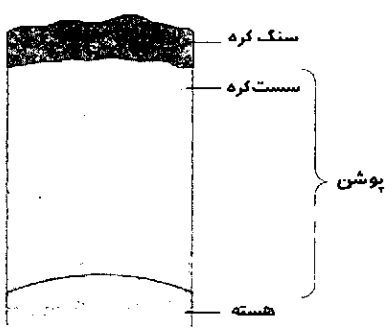
◆ **شکل ۶. صفحه های ساختمانی**



مرزهای صفحه و جنبه های زمین شناختی

منشاء بعضی جنبه های زمین شناختی مهم مانند رشته کوهها، زنجیرهٔ جزایر، هره های میان اقیانوس، و بریدگیهای دره ای در مرزهای بین صفحه های ساختمانی متحرک است.

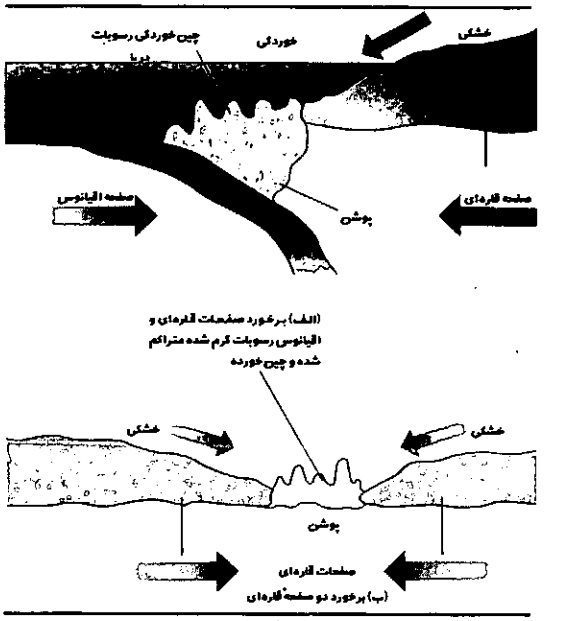
◆ **شکل ۷. مقطعی که سنگ کره وسست کره را نشان می دهد (به مقیاس نیست)**



(الف) صفحه های برخوردکننده

وقتی یک صفحه قاره ای به صفحه اقیانوسی برخورد کند، صفحهٔ تازه ای بر روی صفحه اقیانوسی چگالتر می لغزد و آن را به داخل سست کره می راند که در آنجا ذوب و بخشی از پوشن می شود (شکل ۷ـ الف). یک گودال تشکیل می شود که رسوبات (یعنی قطعه سنگها، ماسه، شن و گل) ناشی از فرسایش زمین آن را پر می کند. با ادامهٔ برخورد، سرانجام رسوبات میلیون ساله متراکم می شوند و چین می خورند و با رانده شدن به طرف بالا رشته کوهها یا زنجیرهٔ جزیره ها را تشکیل می دهند. گمان می رود که رشته کوههای آند وقتی تشکیل شدند که صفحهٔ اقیانوس

آرام به زیر صفحه آمریکای جنوبی رانده شد.



• شکل ۷

اگر دو صفحه قاره‌ای به هم برخورد کنند (شکل ۷ـ ب) چون هر دو یک چگالی دارند سپس هیچکدام فرو نمی‌روند، بلکه رسوبات حاصل از سایده شدن آنها به یکدیگر در مرز متراکم و گرم می‌شود و به مرور زمان، چین خوردگیهای بزرگ رشته کوهها را به وجود می‌آورند. تصور می‌رود که رشته کوههای هیمالیا نتیجهٔ این عمل باشند.

(ب) جدا شدن صفحه‌ها

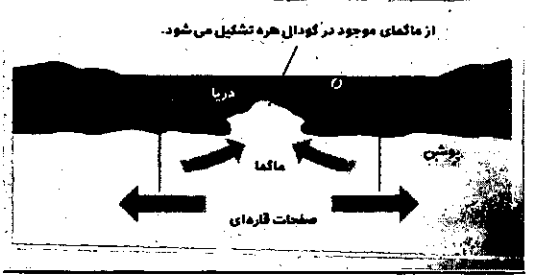
وقتی دو صفحهٔ قاره‌ای در کف اقیانوس از هم جدا شوند، ماگما (سنگ مذاب) از پوشن بالا می‌آید تا گودال حاصل را پر و یک پوستهٔ اقیانوسی جدید تولید کند، شکل ۸. در نتیجه سلسله کوههای میان اقیانوسی مانند آنچه در اقیانوسهای اطلس و آرام وجود دارد تشکیل می‌شود. واژهٔ گسترش کف دریا برای این جدایی صفحه‌ها به کار می‌رود، وقتی این کف جدید به وجود آمد. میدان مغناطیسی را «منجمد می‌کند» و سن مواد کف دریا را می‌توان از این «نوار ضبط شده طبیعی» تعیین کرد.

(ج) شکافتگی صفحه‌ها

اگر یک صفحهٔ اقیانوسی شکافته شود، یک گسل ممکن است به بریدگی دره‌ای

تبدیل شود که سرانجام مانند مورد دریای سرخ به صورت یک دریا درآید. **توجه** مرز (لبهٔ) بین صفحه‌های برخوردکننده مرزی مخرب است، زیرا به خراب شدن پوسته می‌انجامد. اما مرز بین صفحه‌های جداشونده و شکافنده سازنده است زیرا پوستهٔ جدید تشکیل می‌شود.

• شکل ۸ـ جدا شدن صفحه‌های قاره‌ای



زمین لرزه‌ها، آتشفشانیها و امواج جزر و مدی

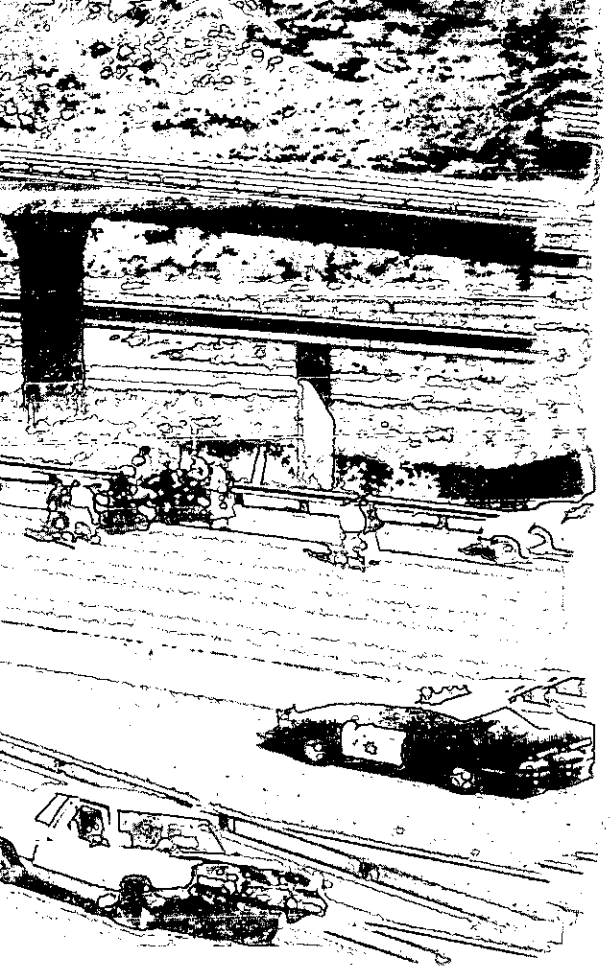
(الف) زمین لرزه‌ها

زمین لرزه‌های شدید بر اثر حرکت صفحه‌های ساختمانی در امتداد مرزهای آنها به وجود می‌آید. بسیاری از آنها نتیجه فرو رفتن صفحه‌های اقیانوسی به داخل پوشن است. به عنوان مثال، در امتداد گسل سنت آندریاس در کالیفرنیا، شکل ۵، که مرز بین صفحه‌های امریکای شمالی و اقیانوس آرام است رخ می‌دهند. زمین لرزه‌ها در امتداد هره‌ها و گودالهای میان اقیانوسی نیز به وقوع می‌پیوندند وقتی دو صفحه به هم سایده می‌شوند، صخره‌ها تحت فشار قرار می‌گیرند و سرانجام می‌شکنند و انرژی به صورت موجهای شوکی آزاد می‌شود. نتیجه لرزشهای زمین، یا حتی جابه‌جای‌های افقی و عمودی چند متری صخره‌هاست.

زمین لرزه‌های کوچکتر در داخل صفحه‌ها برای آزاد کردن این تنشها به وقوع می‌پیوندد.

در حالی که زمین لرزه‌های بزرگ می‌تواند سبب آسیب فراوان به املاک و از دست رفتن جان انسانها شود، اما هر چه مبداء «زمین لرزه» عمیق‌تر باشد، و هر چه صخره‌های سطحی محکمتر باشند، کمتر است. اما اگر ساختمانها دارای پی‌هایی باشند که از طول موج زمین لرزه‌ای که به آن برخورد می‌کند بزرگتر باشد این آسیب جدی‌تر است.

بزرگی زمین لرزه با انرژی آزاد شده در **مقیاس ریشتر** اندازه گیری می‌شود. گسترهٔ آن از ۰ تا ۹ است. یک زمین لرزه به بزرگی ۲٫۰ به اندازه ۱۰ بار بزرگتر از ۱٫۰ ریشتری است که به سختی متوجه آن می‌شویم. زمین لرزه ۳٫۰ ریشتری ۱۰۰ بار شدیدتر از ۱٫۰ ریشتری است و غیره. زمین لرزه سال ۱۹۸۸/۱۳۶۷ در آمریکا به بزرگی ۷٫۵ ریشتر



در عرض ۱ دقیقه دو شهر را به تلی از خاک تبدیل کرد و ۲۵۰۰۰ نفر را کشت. به طور کلی سالانه بیش از یک میلیون زمین لرزه به وقوع می پیوندد اما خوشبختانه زلزله ۷ ریشتری فقط یک بار در سال رخ می دهد.

کشور ما که در نزدیکی مرز صفحه های ساختمانی قرار دارد یکی از نقطه های زلزله خیز جهان است و زلزله های رودبار، اردبیل، قائنات، و نقاط دیگر آسیبهای مالی و جانی فراوانی به بار آورده است. مقاوم بودن ساختمانها در برابر زمین لرزه یکی از نکته هایی است که باید در نظر گرفته شود.

(ب) آتشفشانها

این واقعیت که مناطق اصلی آتشفشانی در امتداد مرز صفحه های ساختمانی قرار دارند نشان می دهد که فورانهای آتشفشانی ممکن است ناشی از همان نیروهایی که باعث زمین لرزه ها و تشکیل کوهها می شوند، یعنی صفحه های متحرک باشند. ساییده شدن صفحه ها به یکدیگر بر اثر اصطکاک گرما تولید می کند، بعضی صخره ها ذوب و در امتداد ترکهای پوسته حرکت می کنند. وقتی فوران صورت می گیرد، ماگمای داغ، که دارای چگالی کمتر است، از پوسته بالا می رود و به صورت گدازه پرتاب می شود. فوران به واسطه تبدیل آب به بخار در نزدیکی سطح با یک انفجار عظیم همراه است. ابرهای خاکستر و گازهایی چون اسید اکسید گوگرد سمّی نیز پرتاب می شوند و یک دهانه تشکیل می شود.

در حدود ۵۰۰ آتشفشان فعال بر روی زمین و به تعداد بیش از آن در زیر اقیانوسها وجود دارد. این آتشفشانها در اطراف اقیانوس آرام بسیار متداول اند. آتشفشانی کوه سنت هلن در ساحل شمال غربی امریکا در سال ۱۹۸۰/۱۳۵۹، نیمی از کوه را پرتاب و به رغم اینکه آن را از رویدادهایی مانند لرزشهای زمین، تورم کوه و وجود بعضی گازها در بالای کوه پیش بینی کرده بودند باعث تلفات جانی شد.

وقتی گدازه های در دهانه آتشفشان جامد شوند، آتشفشان خاموش می شود.

(ج) امواج جزر و مدی

این امواج عظیم بر اثر یک زلزله یا فوران آتشفشانی در زیر آب به وجود می آیند. این امواج انرژی زیادی دارند و با سرعت تا ۷۰۰ کیلومتر در ساعت حرکت می کنند. اخیراً این امواج در پاپوای گینه نو تلفات و خراییهای فراوان به بار آورند.

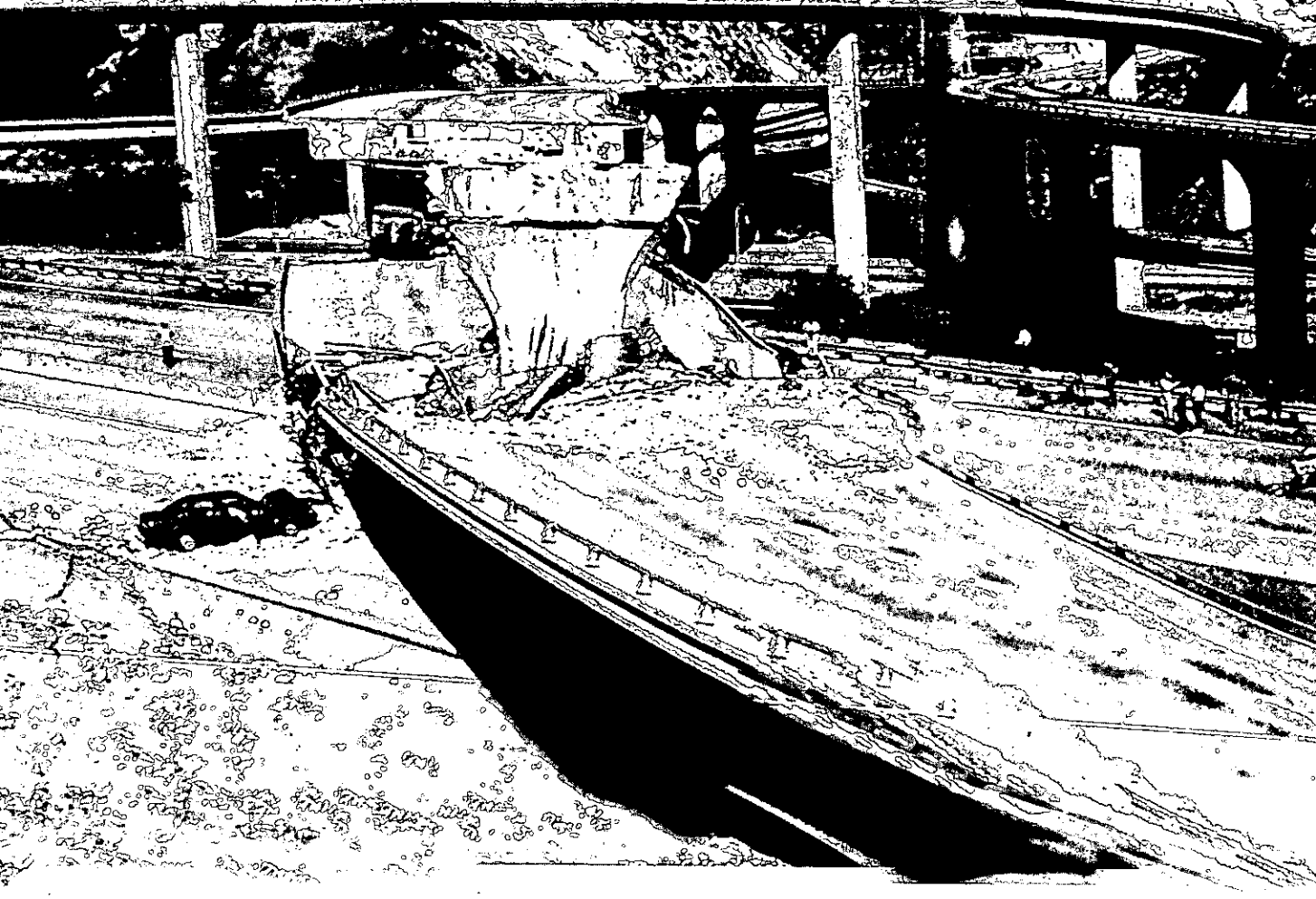
ژاپن سالانه صد میلیون پوند برای پیش بینی وقوع زمین لرزه هزینه می کند درحالی که «کوبه»[1] همچنان مسئله ای غیرقابل حل باقی مانده است.

رابرت ماتیوس

برگرفته از:

Tom Duncan. GCES physics. Third edition. John Murray

1- Primary
2- Secondary
3- Long



زلزله درست قبل از ساعت شش صبح روز سه شنبه هفدهم ژانویه سال ۱۹۹۵/۱۳۷۴ ساکنان بندر ژاپنی «کوبه» را از خواب بیدار کرد در حالی که تمامی زندگیشان زیر و رو شده بود.

بازماندگان صدای حادثه را به انفجار یک بمب تشبیه کردند. برای بیش از ۷۰ سال بزرگترین زلزله ای که در ژاپن رخ داد ۷٫۲ ریشتری بود که قدرت تخریبی یک بمب هیدروژنی یک مگاتنی را داشت بنابراین می توان آن را به بمب تشبیه کرد. این زلزله ۵،۵۰۰ نفر کشته و ۴۰،۰۰۰ نفر زخمی، ۴۵،۰۰۰ ساختمان ویرانه یا به شدت تخریب شده و ۳۰۰،۰۰۰ نفر بیخانه از خود بر جای گذاشت. منشأ خسارت بیشتر شعله آتشی بود که از لوله های اصلی گاز تغذیه می شد و اختلال سیستم لوله کشی آب باعث شد که افراد آتشنشانی از مهار آن ناتوان باشند.

خسارت وارده از این زلزله رسماً صد بیلیون پوند اعلام شد. حادثه «کوبه» همچنین موجی از وحشت را به میان محققانی فرستاد که برای چند دهه کوشیده بودند که یکی از اهداف مقدس علم قرن بیستم یعنی: پیدا کردن راهی مطمئن برای پیش بینی وقوع زمین لرزه را تحقق بخشند.

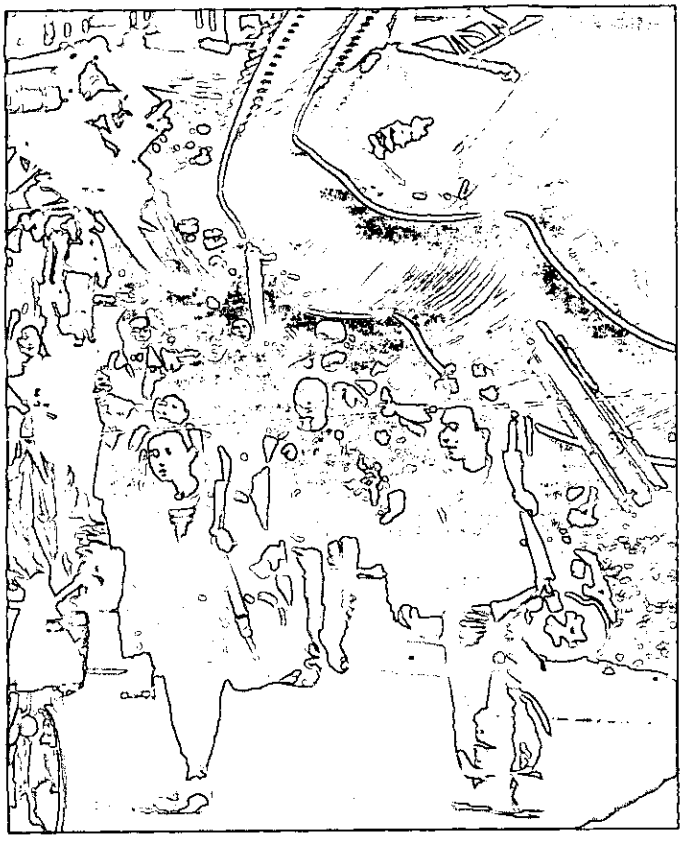
هیچ کشور دیگری بیشتر از ژاپن برای پیش بینی این فاجعه طبیعی اینقدر نکوشیده است. دولت ژاپن برای این تحقیقات سالانه صد میلیون پوند صرف می کند. با وجود این سرمایه گذاری هنگفت، هیچ کس کوچکترین سرنخی از اینکه زلزله در آن روز به وقوع می پیوندد نداشت.

این شکست پرسشهایی را درباره فکر پیش بینی زمین لرزه برانگیخت که تنها در این قرن جان بیش از یک میلیون انسان را گرفته است. آیا راز پیش بینی وقوع زمین لرزه از سوی دانشمندان با گذشت زمان کشف می شود یا اینکه تلاش آنها اساساً محکوم به شکست است؟

در نظر اول پیش بینی وقوع زمین لرزه ساده به نظر می آید. زلزله اصولاً از سایش ورقه های غول پیکر تخته سنگهایی که پوسته رویی زمین را تشکیل می دهند بوجود می آید. زمین لرزه ها معمولاً در نقطه های نزدیک به لبه های این ورقه ها، مانند کالیفرنیا و ژاپن رخ می دهد و در زمین لرزه ای که در حدود یک میلیون وات در هر متر مربع زمین، انرژی آزاد می کند باید علائمی برای پیش بینی فاجعه وجود داشته باشد.

زمین لرزه و زوزه سگها

بنابراین قضیه به این صورت در می آید: دانشمندانی که



شکل ۱-۵ «نورث ریج: بناشده روی یک گسل کور»

چون بیشتر زمین لرزه‌ها غالباً در لبه‌های صفحات زمین ساختی بزرگ رخ می‌دهد، معمولاً زلزله شناسان می‌دانند که کجا احتمال وقوع آنها می‌رود.

اما در دهه ۱۹۷۰/۱۳۵۰ بعضی دانشمندان گسل‌های کور را به چشمه‌های پنهان زمین لرزه‌های بالقوه مهلک معرفی کردند. موقعی که صفحات زمین ساختی به هم فشار می‌آورند این گسلهای کور با تشکیل کوهها مرتبط می‌شوند. فشار جمع شده در آنها عظیم است و وقتی به نقطه شکست رسید، باعث وقوع زلزله در آن نقطه به ظاهر امن می‌شود.

به گفته اس اولنس از مرکز بررسی زمین شناختی انگلیس می‌گوید: «شناسایی آنها بسیار مشکل است. این امر در مشخص کردن مناطق زلزله خیز محدودیت به وجود می‌آورد.» او اضافه می‌کند گسل‌های کوری زیر حوزه کالیفرنیا وجود دارد ولی محل تعداد بسیاری از آنها در سراسر دنیا باید معلوم شود این مشکل وجود دارد که آنها تنها وقتی مشخص می‌شوند که زلزله ای رخ دهد. این تقریباً همان اتفاقی است که در روز هفدهم ژانویه ۱۹۹۴/۱۳۷۱ در «نورث ریج» کالیفرنیا، وقتی روی داد که زلزله‌ای به شدت ۶/۷ ریشتر به وقوع پیوست. زلزله جاده‌ها را مانند رشته‌های ماکارونی خشک شکست، درحالیکه ۶۱ کشته و ۲۵۰۰۰ بیخانه از خود برجای گذاشت. «رابرت استین» از مرکز بررسی زمین شناختی آمریکا می‌گوید: «این زلزله برای کالیفرنیای جنوبی حادثه‌ای قابل توجه بود بجزاینکه درساعت ۴/۳۰ بامداد رخ داد. اگر کمی دیرتر اتفاق می‌افتاد ما کشته‌ها را در مقیاس هزارها باید می‌شمردیم نه دهها.»

تا سال ۱۹۹۴/۱۳۷۲، نورث ریج جزء مناطق غیرزلزله خیز به شمار می‌رفت.

۲۰ ژانویه ۱۹۹۵، «سیسی سوسا» تأخرات زیادی در خط شمالی وجود دارد...

در زمینه پیش بینی زمین لرزه تحقیق می کنند باید علامتی مشخص و مطمئن برای وقوع آن پیدا کنند ـ زنگ خطری که همیشه قبل از وقوع یک زلزله بزرگ به صدا در بیاید. پس مسئله به این صورت مطرح می شود که شهرهای در معرض خطر می توانند به این زنگ خطر متصل شوند تا وقتی که به صدا درآمد و خطر را اعلام کرد، حداقل به لحاظ نظری، ساکنان آنجا بتوانند قبل از وقوع حادثه، منطقه را تخلیه کنند.

یک قرن پیش که برای اولین بار این مسئله مطرح شد، این لشکرکشی متخصصان ژئوفیزیک (را که مانند سایر دانشمندان می خواستند تا جایی اوج بگیرند که شبیه شاهین به نظر بیایند) را به خود مشغول کرده است. تا قبل از سال ۱۸۸۰/۱۲۶۰ دانشمندان درباره تمامی اثرات زلزله از کوچکترین تکانهای زمین تا زوزه سگها که زنگ خطری بالفعل است بحث کردند.

سال ۱۸۹۱/۱۲۷۰ ژاپنی ها کمیته با عظمتی برای تحقیق این ادعاها درباره زمین لرزه تأسیس کرده بود. با وجود این تا دهه ۱۹۳۰/۱۳۱۰ حتی تنها یک نشانه قابل اطمینان نیز کشف نشد. آنها با همان مشکلی روبه رو بودند که امروزه متخصصان ژئوفیزیک با آن دست به گریبان اند: پیدا کردن نشانه هایی که شامل زمین لرزه های احتمالی که به وقوع نمی پیوندد نشود بلکه تنها زلزله های قطعی را در بر بگیرد.

خطرات زمانی که نشانه ای از وقوع زلزله دیده نمی شود ولی زلزله رخ می دهد، کاملاً واضح است: افراد طبق معمول به سر کارهای خود می روند و در حالی که فکر می کنند در امان اند زیر آوار زلزله ای که کسی انتظار وقوعش را ندارد جان خود را از دست می دهند. با این حال در دسر زنگ خطری که زیاد به صدا در می آید و زلزله هایی را پیش بینی می کندکه رخ نمی دهد خیلی کمتر از زنگ خطرهایی که به صدا در نمی آید نیست. هزینه داشتن این زنگ خطرها برای امنیت شهر برای ژاپن روزانه ۴ میلیارد پوند برآورد شده است؛ صورت حسابی که هیچ کس دوست ندارد بدون نتیجه مطلوب بپردازد. و در ضمن مشکل دیگر آن هم بی اعتماد شدن مردم به شنیدن صدای این زنگ خطر است.

جستجو برای پیدا کردن زنگ خطر بی نقص قبل از وقوع زلزله دانشمندان را به امتحان کردن عقاید متنوع سوق داده است. بعضی سعی کردند که تکانهای زمین را به زمین لرزه های بزرگ ارتباط دهند ـ تکانهای کوچک زمین ممکن است علامتی از آزاد شدن نیروی مربوط به زلزله ای قریب الوقوع باشد. بعضی دیگر زیاد شدن مقدار تابشهای رادیواکتیو گاز رادن را که از زمین آزاد می شود نشانه آن دانسته اند یا تغییرات اندک در شیب زمین را عامل وقوع آن معرفی می کنند. بعضی دیگر با توجه به طرح زمانبندی وقوع زلزله های بزرگ درصدد آشکارسازی علائمی از چرخه های منظم هستند.

چند دهه است که به نظر می رسید که پیش گویی زلزله غیر ممکن است اما در سال ۱۹۷۵/۱۳۵۴ دانشمندان چینی

با موفقیتشان در تحقق این رویا، دنیا را شگفت زده کردند: آنها نه تنها توانستند به درستی وقوع یک زمین لرزه را پیش بینی کنند بلکه با دور کردن هزاران انسان از محل حادثه جانشان را نجات دادند.

سوم فوریه سال ۱۹۷۵/۱۳۵۴ یک سری زمین لرزه کوچک در منطقه «های چنگ»[1] واقع در «منچوری» رخ داد. متخصصان ژئو فیزیک چینی این زلزله ها را زنگ خطری برای زمین لرزه ای شدید تلقی کردند و هشدار زلزله ای قریب الوقوع طی دو روز آینده را به مردم دادند. آنچه رخ داد مشخص نیست. بعضی گزارشها حاکی از آن است که منطقه از سکنه تخلیه شد، ولی بعضی دیگری حاکی از جستجوی بی حاصل برای شواهد وقوع زلزله است. آنچه مسلم است وقوع زمین لرزه شدیدی به شدت ۷/۳ ریشتر در کمتر یک روز است.

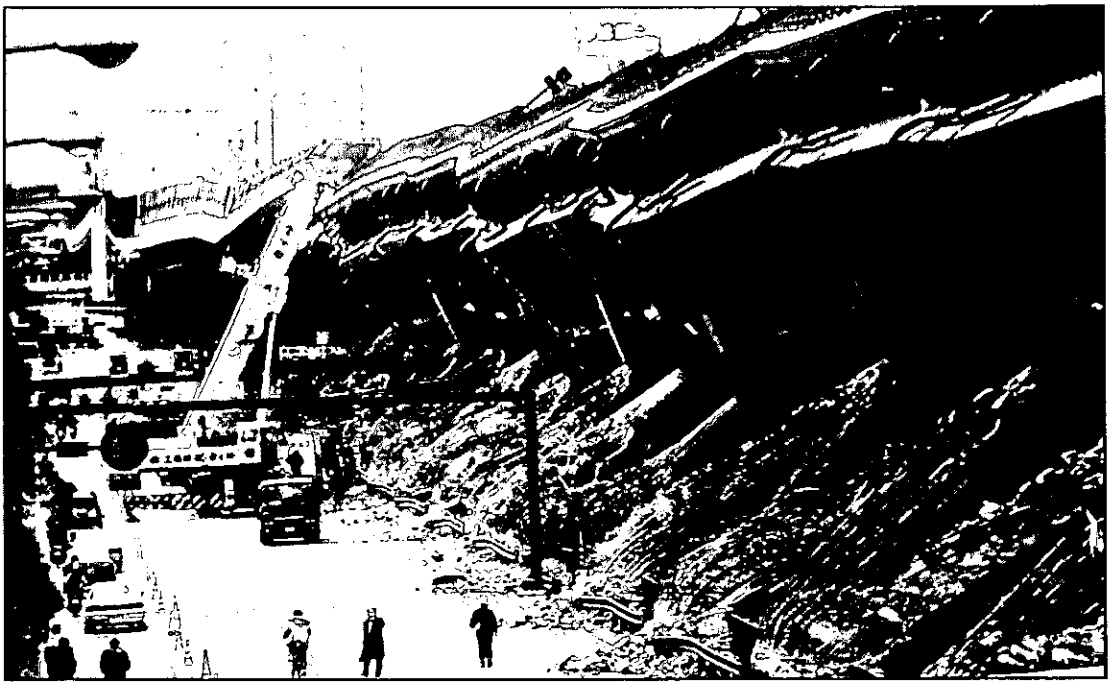
بعضی زلزله شناسان، زلزله «های چنگ» را به عنوان اولین پیشگویی موفق زلزله و اینکه جان هزاران انسان نجات داده شده است، ستوده اند. بعضی دیگر شدیداً نسبت به این امر بدبین هستند، به نظر آنها ا ین ادعا از کشوری صادر شد که سعی می کرد نسبت به کشورهای سرمایه داری مانند ژاپن و آمریکا که آنها نیز در تلاش برای پیشگویی زلزله بودند، امتیاز کسب کند.

زلزله شناسان چینی چندین ماه زودتر از این حادثه پیشگویی دیگری نیز کرده بودند که بر مبنای همین علائم بود اما به وقوع نپیوست و این امر باعث شد که ادعای مطرح شده قوت بگیرد.

و در سال ۱۹۸۸/۱۳۶۷ معلوم شد که حتی با وجود این پیشگویی ها برای نجات جان انسانها، بیش از ۱۳۰۰ نفر جانشان را از دست داده بودند. به رغم ادامه تردیدها دربارهٔ زلزله «های چنگ» به نظر می آید که این مسئله آغاز یک سری پیشگویی های احتمالاً درست است.

تردید و یأس

سال ۱۹۷۷/۱۳۵۶ یک تیم بین المللی از زلزله شناسان اظهار داشتند که افت شگفت انگیز مقدار فعالیت لرزه ای نزدیک «اواخاکا» واقع در مکزیک می تواند هشداری برای وقوع زمین لرزه شدیدی باشد. چند ماه بعد زلزله ای به شدت ۷/۷ ریشتر در منطقه رخ داد. ولی ابهامی که در پیشگویی این زلزله وجود داشت، بعضی زلزله شناسان را بر این داشت که این پیشگویی را به رسمیت نشناسند. سال بعد زلزله ای در شبه جزیرهٔ ایتر در ژاپن رخ داد و تردیدهایی



◆ شکل-۲- پایان کار راه سریع السیر جرثقیل عظیم مشغول بیرون کشیدن اتومبیلها از آوار «هنشین» است راه سریع السیر «کوبه»، ژاپن

۵ شکل-۳-به‌رغم پیشگویی و نجات‌بخش، ۱۳۰۰ نفر در«های چنگ» جان خود را از دست دادند.

که در مورد پیشگویی آن وجود داشت مشابه تردیدهای مربوط به پیشگویی زلزله سال قبل بود.

سال ۱۹۹۰/۱۳۶۹ نوبت زمین شناسان آمریکایی بود که مدعی موفقیت شوند. دو سال قبل از آن هشدار ۳۰ درصد امکان وقوع زلزله طی ۳۰ سال آینده در «لومابریتا» ناحیه‌ای از «کالیفرنیا» داده شده بود. هجدهم اکتبر ۱۹۸۹/ ۱۳۶۸ این زلزله به شدت ۷/۱ ریشتر در این منطقه رخ داد. در حالی که ۶۲ نفر کشته، تقریباً ۴۰۰۰ نفر زخمی و چندین میلیارد دلار خسارت از خود به جای گذاشت. و دوباره

۵ شکل-۴-تجار توکیو و شاگردان مدرسه، مشغول دیدن آموزشهای لازم برای مقابله با زمین‌لرزه هستند، به مردان تعلیمات لازم برای آتش‌نشانی و به کودکان کلاههای مخملی مجانی، داده می‌شود.

ابهام قضیه بدبینان را قانع نکرد. ادعای موفقیت همچنان ادامه دارد. آخرین آنها مربوط به تیمی در دانشگاه آتن است که اختلالات الکتریکی در زمین را نشانه‌ای قابل اطمینان برای وقوع زلزله می‌انگارد.

از سال ۱۹۸۷/۱۳۶۶ این تیم وقوع تعداد زیادی زلزله را در یونان پیش بینی کرده است که ۷۰٪ آنها همراه با موفقیت بوده است. البته در مورد پیشگویی های آنها تردید زیادی میان بسیاری زلزله شناسان وجود دارد چرا که آنها اساس این پیشگویی ها را در مورد آنچه «درست» و «نادرست» تلقی می شود سست می بینند.

نرسیدن به تنها یک پیش بینی موفقیت آمیز روشن، با گذشت زمان فراوان، دانشمندان را به دو گروه تقسیم کرده است: یک دسته فکر می کنند که زلزله اساساً غیرقابل پیش بینی است و عده‌ای دیگر که معتقدند تحقیقاتی بیشتر و هزینه بسیار بیشتر برای این امر مورد نیاز است.

یکی از اعضای پیشرو گروه بدبینان به پیشگویی زلزله «دکتر راس اولنس» از مرکز بررسی زمین شناختی انگلیس در ادینبرا است که می گوید: «من حتی تنها یک دانشمندمعتبر را هم نمی شناسم که ادعا کند تا حدودی به درستی می تواند قبل از وقوع زلزله زمان، مکان و شدت آن را مشخص کند. به علاوه، دلایل علمی خوبی برای غیرقابل پیش بینی بودن زلزله وجود دارد.»

اولنس و سایر بدبینان به این مسئله اشاره می کنند که زمین لرزه یک پدیده بحرانی است که به خودی خود شکل می گیرد درست مانند سقوط بهمنی که در آن اختلالی بسیار جزئی تغییرات فاجعه انگیز را به وجود می آورد. اگر این ادعا درست باشد آنگاه می توانیم به این سؤال که چرا پیش بینی زمین لرزه ها تا این اندازه مشکل است جواب بدهیم.

هم شبیه سازیهای آزمایشگاهی و هم مطالعه سابقهٔ زمین لرزه های ثبت شده این فکر را تقویت می کنند که زلزله پدیده‌ای بحرانی و در نتیجه غیرقابل پیش بینی است. ولی برای غیرقابل پیش بینی بودن آن دلیلی ساده تر نیز وجود دارد: زیرا زلزله های بزرگ به ندرت رخ می دهند.

تنها هر ۵۰ سال تا صد سال یکبار زلزله‌ای عظیم مانند زلزله ژاپن یا لوس آنجلس رخ می دهد. بنابراین هر دستگاه پیش بینی زلزله از هر نوعی که باشد در معرض این

خطر بزرگ قرار دارد که زنگ خطر خود را به اشتباه به صدا در بیاورد. محاسبات نشان می دهد که چنین دستگاهی تنها در صورتی می تواند کار کند که صد مرتبه قابل اطمینان تر از پیش بینی وضع هوا باشد. در حالی که تا به حال اکثر پیش بینی ها از حد شیر یا خط انداختن فراتر نرفته است.

با این حال بعضی زلزله شناسان اعتقاد دارند که تلاش برای پیشگویی وقوع زلزله ارزشمند است دکتر «ویل پرسکات» از مرکز بررسی زمین شناختی آمریکا می گوید: «من فکر می کنم ادامه تلاش برای پیدا کردن راه مفید است، من هیچ جهش مهمی را در تکنولوژی نمی بینم که پیشگویی را در دهه آینده آسانتر کند ولی تکنولوژی همیشه راهی برای شگفت زده کردن ما دارد.»

گستره ای از تکنولوژیها در «پارک فیلد» و کالیفرنیا که روی گسل معروف «سنت آندریاس»[۳] قرار داد، شکل گرفته است. مانند همیشه هدف تشخیص علامتی از زلزله در منطقه است که در سال ۱۹۸۵/۱۳۶۴، وقوع زلزله ای خفیف تا سال ۱۹۹۳/۱۳۷۱ به احتمال ۹۵٪ پیش بینی کرد. امروزه پنج سال بعد از آن تاریخ هنوز همه منتظر هستند. در حقیقت طبق نظریه زمین شناسان که مطالعاتشان در مورد زمین شناسی محلی و اطلاعات مربوط به نیروی زلزله است، در کالیفرنیا تنها یک سوم از زمین لرزه های عظیم که باید در نتیجه حرکت صفحات اقیانوس آرام و آمریکای شمالی؛ به وقوع بپیوندد رخ داده است. بقیه زلزله های بزرگ اساساً بدون علت رخ نداده اند.

شکست دهه های گذشته تعداد چشمگیری از متخصصان ژئوفیزیک را واداشته است که از عقیده سنتی و قدیمی پیشگویی زلزله دست بردارند. در عوض آنها بدنبال پیش بینی تأثیرات احتمالی زلزله هستند که همه می دانند بالاخره رخ می دهد اگرچه کسی نمی داند دقیقاً در چه زمانی به وقوع می پیوندند.

دکتر «تام هنی» متخصص ژئوفیزیک از دانشگاه کالیفرنیای جنوبی می گوید: «تحقیقات بسیاری در مورد حرکت زمین پس از زمین لرزه های محتمل در آینده، صورت می گیرد، اکنون تازه شروع به پیشرفت در این زمینه کرده ایم که شبیه سازیهایمان تأثیری در نحوه شهرسازی مناطق زلزله خیز داشته باشد.»

دکتر اولنس معتقد است که این تحقیقات در زمینهٔ کاهش خطر احتمالاً جای پیشگویی زلزله را می گیرد: «معماران و مهندسان می توانند از این طرح برای ساختن ساختمانهای ایمن تر استفاده کنند. برای نجات جان انسانها این تحقیقات بسیار مفیدتر از پیشگویی های کوتاه مدت زلزله است.

این دیدگاهی است که حتی ژاپنی ها، که پرچمداران اصلی پیشگویی زلزله هستند، نیز شروع به پذیرفتن آن کرده اند. در ماه «مه» ۱۶۰ نفر از زلزله شناسان برجسته ژاپنی ضرورت تلاش برای پیدا کردن مناطق زلزله خیز ژاپن را اعلام کردند.

اگر این مسئله پذیرفته شود، انحراف شدیدی از عقیدهٔ پیدا کردن راههای پیش بینی زمان و مکان زلزله است. همچنین می تواند علامت پایان یک رویای علمی باشد؛ رویایی که حتی بهترین مغزهای موجود در این زمینه نیز از تحقق آن عاجزند.

پیشگویی عجیبی از زلزله

یک روز در مارس ۱۹۷۰/۱۳۵۹ «لومامیدلتون»[۷]

◆ شکل-۵-هنر قدیمی مقاومت دربرابر زلزله

هر ساله ژاپن میلیاردها ین برای تحقیقات خود درزمینه ساخت بناهای مقاوم دربرابر زلزله هزینه می کند. هم چنانکه زلزله «کوبه» نشان داد این بناها می توانند دربرابر زلزله مقاومت کنند.

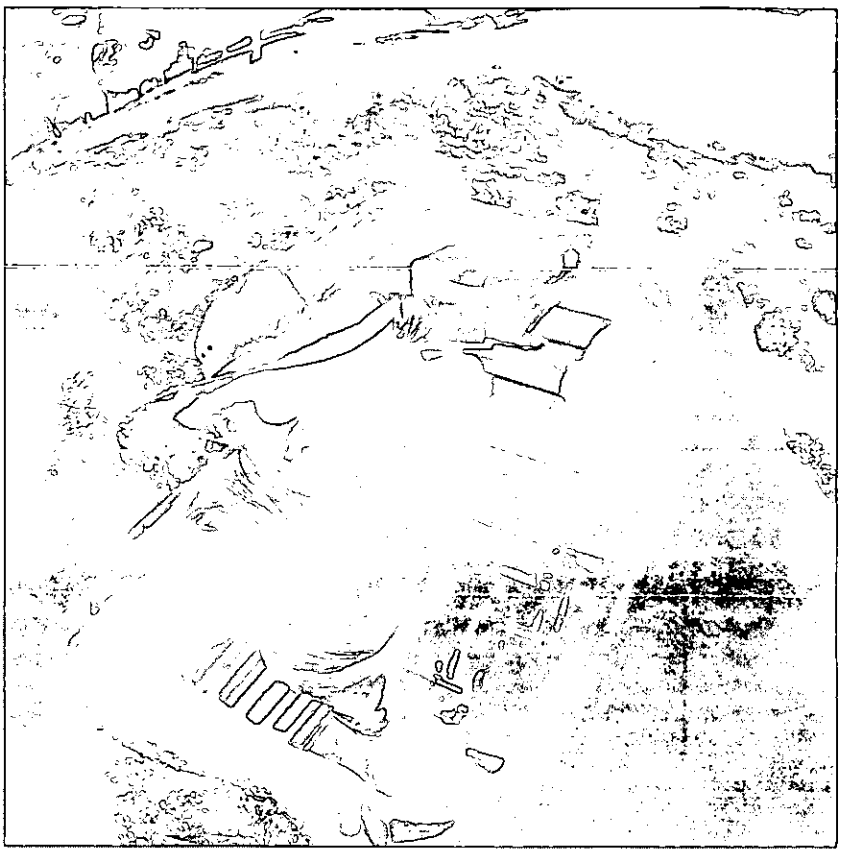
درحقیقت آنچه که دانشمندان انجام می دهند کشف دوباره راز ساخت بناهای قدیمی از جمله پاگردهای ژاپن است.

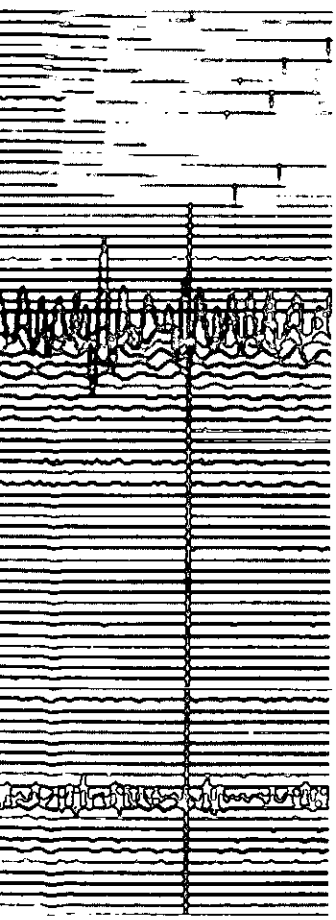
بانهایت تعجب می بینیم که تنها دوتا از این ساختمانهای چوبی طی ۱۴۰۰ سال گذشته، براثر زلزله خراب شده اند.

اکنون تحقیقات درمؤسسه تکنولوژی «کیوتو»[۸] جوابی برای راز طول عمر پاگردهای ژاپن یافته اند. این راز ترکیبی خردمندانه از سختی، قابلیت لرزیدن و وزن است. پیش آمدگی معروف و عظیم لب بام پاگردی ژاپن که با کاشی های سفال تزئین شده است تنها زیبا نیستند، بلکه زلزله آنها را مانند گهواره به آرامی تکان می دهد.

طبقات پاگردا نیز با دقت طراحی شده است. آنها درحقیقت آزادانه می توانند به حرکت درآیند. آنچه آنها را از فروریختن باز می دارد ستون عظیمی بنام «شین باشیرا» است که در مرکز ساختمان قرار دارد. درهنگام زلزله تمام بنا تکان می خورد. طبقات به «شین باشیرا» فشار می آورند و این ستون مقداری از فشار آنها را به زمین منتقل می کند.

همه این مراحل خردمندانه طرح شده است و راه حلی کامل به نظر می رسید. زمانی که زلزله «کوبه» را لرزاند بسیاری از ساختمانهای مدرن مانند یک دسته ورق فرو ریختند. درحالی که اطراف پاگردای قدیمی بت «توجی»[۹] اندکی لرزید و همچنان باقامت افراشته باقی ماند.





شکل ۶- تکنیسی مشغول بازدید از «خرش سنجها»ی در «پارک فیلد» کالیفرنیا است. این سنجه‌ها می‌توانند حرکتی به اندازه ۰/۰۲ میلیمتر را نشان می‌دهد.

با سردردی وحشتناک از خواب برخاست. چون او واسطه احضار ارواح بود، فهمید که سردردش معمولی نیست و به سرعت این امر را به روزنامه محلی اش «ادمونتون و تاتنهام هفتگی هرالد» نوشت. «داشتن سردرد از صبح زود می تواند پیشامد زلزله ای قریب الوقوع باشد، اروپای مرکزی به نظرم می آید و باید به ژاپن نیز اشاره کنم.»

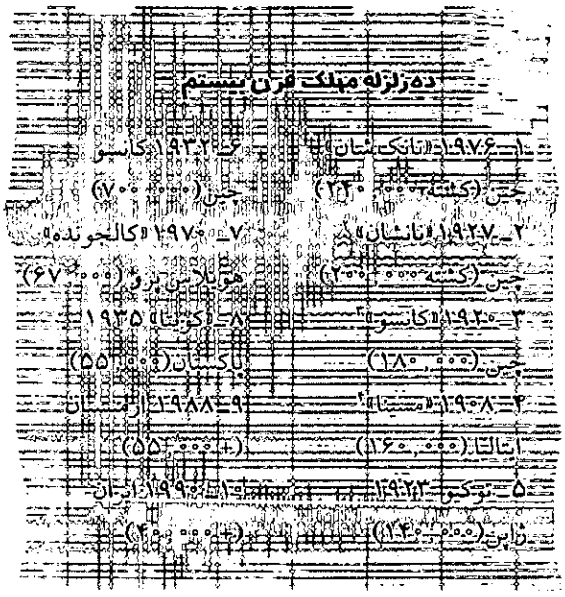
هفته بعد آن زلزله ای در ترکیه به وقوع پیوست که ۱۰۰۰ نفر کشته بر جای گذاشت. هفته دیگرش یکی دیگر در فیلیپین و دیگری در یوگسلاوی اتفاق افتاد.

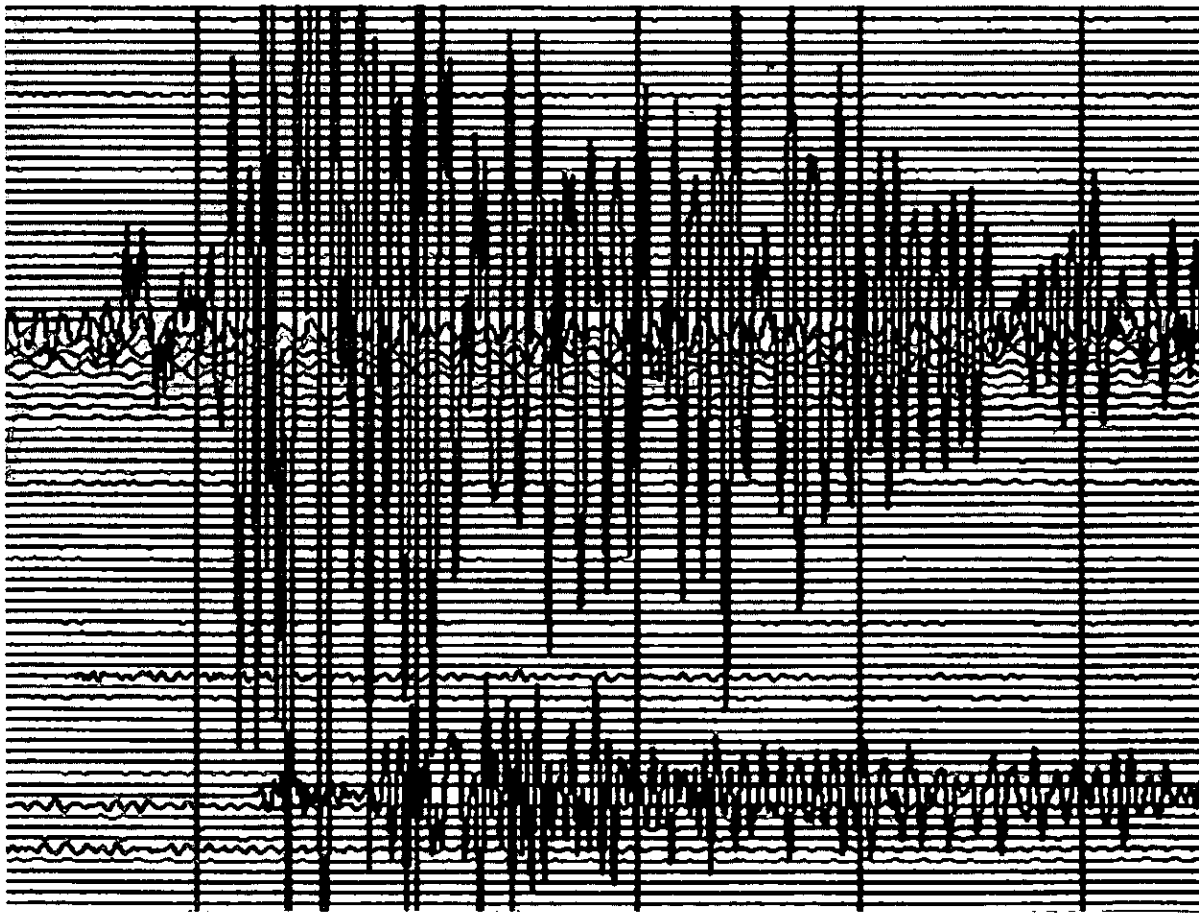
مسئله اینجاست که روزانه حدود پنجاه زلزله قابل ذکر در سراسر دنیا، مخصوصاً محلهایی مانند اروپای مرکزی یا حاشیه اقیانوس آرام اتفاق می افتد. اگر کسی به اندازه کافی حدس بزند می تواند گاه گاه چند زلزله را پیش بینی کند. حتی بعضی از دانشمندان هم برای پیش گویی زمین لرزه عقایدی عجیب و غریب، دارند. در سال ۱۹۷۴/۱۳۵۳ ستاره شناسانی چون «جان گریبین» و «رایتر استفن پلیگ من» پیش بینی کردند که وجود توده ای غیرعادی از ستارگان می تواند باعث وقوع زمین لرزه ای بزرگ در لوس آنجلس در سال ۱۹۸۲/۱۳۶۱ شود. به نظر آنها این توده باعث کند شدن چرخش زمین می شد و بنابراین کششی روی پوسته زمین به وجود می آورد که عامل زلزله بود. این ادعا بی پایه به نظر می آید و بی اساس بودن آن هم ثابت شد: سال ۱۹۸۲/۱۳۶۱ آمد و چیزی غیر از هیجان رهایی در «مایکل جکسون» در لوس آنجلس اتفاق نیفتاد.

مترجم:
مرسده ماکوئی

مرجع:
Focus, July 1998, P. 20-3

شکل-۷-ارمنستان منطقه‌ای کاملاً زلزله خیز است بنابراین چنین زلزله‌ای تعجب‌انگیز نیست.





بر شانهٔ غولها

داراهورن*

من همواره مجذوب دانشمندان بوده‌ام، زیرا به نظر می‌رسد آنها تنها مردمان در این جهان اند که توجه چندانی به مسائل بی اهمیت شخصی ندارند. حرفهٔ بیشتر اشخاص بر مبنای ترقی، حتی به قیمت فدا کردن دیگران است. اما برای دانشمندان این هدف شخصی نیست، بلکه جمعی است. به گمان ما حرفهٔ آنها صرفاً وقف بهبود شرایط زندگی انسانهاست.

به عنوان یک دانشجوی ادبیات، اغلب از من خواسته می‌شود که داستان زندگی، انگیزه‌ها، و مقاصد کسانی که کارهایشان را بررسی می‌کنیم درنظر بگیریم. اگر رشته من علوم سیاسی یا تاریخ بود، حتی بیشتر از این به رفتار فردی افراد می‌پرداختم. اما در حالی که زندگینامه پرآب و تاب داروین یا اینشتین بدون شک موضوعی جالب توجه است، ولی باور عمیقی در میان غیردانشمندان وجود دارد که انگیزه‌های محققان در اکتشافات آنها نقش ثانویه ای دارد. دانشمندان تا اندازه‌ای خارج از اجتماع و به دور از دل مشغولیهای آن هستند تا برای همهٔ ما کسب معلومات کنند، یا لااقل این چیزی است که غیردانشمندان باور دارند.

به گمان من هدف این گونه مقاله ها تأثیر، خوب یا بد، علم بر اجتماع است. اما داستانی که می خواهم نقل کنم تأثیر اجتماع بر علم را نشان می دهد ـ اثرهایی که می توانند بالقوه بسیار زیانبار باشند. در سال ۱۹۲۵/۱۳۰۴ یک دانشجوی دورهٔ تحصیلات تکمیلی درهاروارد کشف کرد که عالم از چه ساخته شده است. این یکی از شگفت انگیزترین کشفیات در تاریخ تحقیقات نجومی است. مسئله این بود که هیچکس این کشف را باور نکرد.

به احتمال زیاد شما هرگز چیزی دربارهٔ سیسیلا پاین (بعدها سیسیلا پاین ـ گاپوشکین) بریتانیایی تبار نشنیده اید، که در سال ۱۹۲۳/۱۳۰۲ به ایالات متحده آمد تا طیفهای ستارگان را در رصدخانه کالج هاروارد مطالعه کند. پاین در زمان بسیار کوتاهی موفق شد که طیفهای ستارگان را در مجموعه صفحات رصدخانه به لحاظ کمّی مشخص و آنها را طبقه بندی کند و به این نتیجه تکان دهنده برسد که ترکیب ستارگان به صورت «شگفت انگیزی یکنواخت»، و هیدروژن میلیونها بار فراوانتر از هر عنصر دیگر در عالم است. پایان نامهٔ دکتری او دربارهٔ *جوّ ستارگان* (۱۹۲۵/۱۳۰۴) نظریهٔ او را دربارهٔ ترکیب شیمیایی ستارگان نشان می دهد و اولین درجهٔ دکتری است که بخش نجوم هاروارد به فردی اعم از مرد و زن اعطا کرده است. چند سال بعد، اوتو استروو، یک منجم برجسته این کار را «درخشانترین پایان نامه دکتری که هرگز نوشته نشده است» توصیف کرد.

اما در سال ۱۹۲۵/۱۳۰۴، دانشمندان دیگر در این زمینه چندان تحت تأثیر قرار نگرفتند ـ و یا شاید به اندازهٔ کافی شجاع نبودند. بیشتر منجمان آن زمان تصور می کردند که ستارگان از عناصر سنگین ساخته شده اند. وقتی دست نوشتهٔ او به هنری نوریس راسل، منجم معاصر پیشگام که با طیفهای ستارگان سروکار داشت نشان داده شد، وی نوشت که نظر او دربارهٔ سیطرهٔ هیدروژن «غیرممکن» است.

رییس رصدخانهٔ هاروارد، هارلو شپلی، به راسل اعتماد داشت و پاین را متقاعد کرد که نتیجه گیری خود را به طور قابل ملاحظه ای کم رنگ کند. در پایان این دوز و کلکها پاین، به رغم داده های پایان نامه اش، در نوشته هایش اظهار داشت که فراوانی هیدروژن که او آشکار کرده است «به طور قطع واقعی نیست». بعدها همان دانشمندانی که باعث شده بودند که او نتیجه گیری پایان نامه اش را تضعیف کند وی را از ادامه کارش بر روی طیفهای رصدخانه، که در آن زمینه کار وی هم نویدبخش بود و هم درخشان منصرف کردند. در رصدخانه او با یکی از دانشجویان راسل درگیر شد و این درگیری مانع از پیشرفت هردوی آنها شدو تحقیقات او متوجه فوتومتری و ستارگان متغیر شد که بقیهٔ زندگی حرفه ایش را صرف آن کرد. چند سال بعد، خود راسل مقاله ای منتشر و اعلام کرد که خورشید عمدتاً از هیدروژن تشکیل شده است.

پاین ـ گاپوشکین سرانجام اولین استاد زن هاروارد و

بعداً اولین رییس بخش زن شد، اما این ارتقاء تا سال ۱۹۵۶/۱۳۳۵، که یک رییس رصدخانهٔ جدید سرانجام صلاحیت او را تأیید کرد و رییس دانشگاه اجازه این کار را داد انجام نشد. چندبار با محول کردن مقام به او مخالفت شده بود. یک بار وقتی رصدخانه در جستجوی یک استاد بود، شیپلی که نمی توانست این واقعیت را بپذیرد که یک استاد مقابل او ایستاده است گفت «آنچه رصدخانه نیاز دارد یک متخصص طیف نمایی است». در آن زمان پاین به پیشنهاد راسل «برخلاف میلش به حوزه فوتومتری» رانده شده بود.

زنی که کشف کرد عالم از چه چیزی ساخته شده است پس از مرگ در سال ۱۹۷۹/۱۳۵۸ چیزی بیش از یک پلاک یا دبود دریافت نکرده است. اطلاعیه های پس از درگذشت او در روزنامه ها مهمترین کشف او را متذکر نشده اند. حتی امروز، که پررنگ کردن کارهای برجستهٔ دانشمندان زن متداول شده است، سایر منجمان مقدم شمرده می شوند، و یا نام او صرفاً به عنوان یکی از منجمان بسیار دیگری برده می شود. اما لازم نیست به یکی از تالارهای منجمان مشهور بروید تا ببینید خاطره پاین ـ گاپوشکین چه اندازه کم رنگ شده است. نگاهی به هر کتاب درسی فیزیک همین کار را انجام می دهد. هر دانش آموز دبیرستانی می داند که ایزاک نیوتون گرانی را کشف کرد، که چارلز داروین تکامل را کشف کرد، و آلبرت اینشتین نسبیت زمان را کشف کرد. اما وقتی نوبت به ترکیب عالم می رسد، کتابهای درسی به سادگی می گویند که فراوانترین اتم در عالم هیدروژن است. و هیچکس به این فکر نمی افتد که از کجا می دانیم چنین است.

به گمان من کار پاین ـ گاپوشکین دربارهٔ طیفهای ستاره ای را سه عامل مهم متوقف کرد که به هیچ وجه ربطی به نجوم نداشت: او یک زن بود، او جوان بود، و او برجسته بود. عاملهای اول و دوم باعث شد که مردم او را، یا با اشتباه گرفتن نبوغ او با حماقت و یا فرض (یا شاید امید) به اینکه نتواند آنچه را انجام داد به ثمر برساند، دست کم بگیرند. عامل سوم، یعنی استعداد فراوان که کار تحقیقاتی او را فراتر از درک کسانی قرار داد که گمان می رفت از او مسن تر و عاقل ترند، سرانجام باعث شد که خودش نیز خود را دست کم بگیرد ـ واقعیتی که بعدها خودش اعتراف کرد. خیلی پس از سالهای ۱۹۲۰/۱۳۰۰ که اوتو استروو پس از شروع کار دربارهٔ تاریخ اختر فیزیک پیشنهاد کرد که کشف قبلی او در مورد اثر خاصی از طیفهای ستاره ای را در آن بگنجاند. اما، پاین ـ گاپوشکین چنان از دست خودش عصبانی بود که نپذیرفت. او تأکید داشت «من سزاوار سرزنش بودم زیرا روی نظریه ای پافشاری نکرده بودم». «وقتی تصور می کردم حق با من بود تسلیم قدرت شده بودم». به نظر می رسد ازدواجش با سرگئی گاپوشکین منجم او را حتی آسیب پذیرتر ساخته بود. کار همسرش دربارهٔ ستارگان متغیر بود، و پاین گاپوشکین به زودی متوجه شد که تمام تحقیقاتش در آن زمینه است. این، به علاوهٔ چالش بزرگ کردن دو فرزند، سبب شد که طیف نمایی را به کلی رها کند. اما، در زندگینامه اش او از کسی غیر از خودش شکایت نکرده است.

اما چیزی فراتر از دست کم گرفتن و ناباوری بر علیه او در جریان بود. اگر صرفاً سوء تفاهمی در مورد پاین وجود داشت، همکارانش حتماً او را تشویق می کردند که پس از تشخیص اینکه حق با اوست کارش را ادامه دهد. اما چنین نکردند. بلکه، پس از اینکه اهمیت کارش مشخص شد، پاین باز هم وادار به رها کردن تخصص خود شد. من فکر نمی کنم که این ناشی از نگرانیهای علمی دربارهٔ اعتبار کارش باشد، بلکه ناشی از چیزی ساده تر و عمومی تر، یعنی احساسی بود که هر دانشمند و غیردانشمند می تواند آن را درک کند.

حسادت، وقتی به لباس مبدل علم درآید، بسیار مخرب تر از معمول می شود، زیرا می تواند ما را از معلومات دربارهٔ جهان محروم کند. ما احتمالاً هرگز قادر نخواهیم بود که تأیید کنیم چرا راسل و شیپلی چنان تصمیمهایی گرفتند. اما روشن است که تبعیض و اختلافات شخصی در

بسیاری از مراحل کاری پاین ـ گاپوشکین مانع از پیشرفت علمی شده است. در مورد پاین، می توان استدلال کرد که عامهٔ مردم سعادتمند بوده اند. اهمیت کار او برای ما آشکار شد، اگرچه نام او را نمی دانیم. اما اگر او به کار دربارهٔ طیفهای ستاره‌ای برای ۲۰ سال دیگر ادامه می داد چه کشفهای دیگری می توانست بکند؟ آیا می توانیم حتی اهمیت آنچه را از دست داده ایم برآورد کنیم؟

مانند اغلب مردم، من هیچ گونه آموزش علمی ندارم. آنچه دربارهٔ تحقیقات علمی می دانم ناشی از روزنامه، مجلات، برنامه های تلویزیون، و چند درس شیمی دبیرستان است که به خوبی به خاطر ندارم. اما مانند بیشتر مردم، به من یاد داده اند که به علم به صورت جستجوی ناب و هدف دار دانش، به خاطر منفعت عموم مردم بنگرم. این فرض شاید مضحک باشد. اما دانش در ورای دسترس من گسترش می یابد، و من باید چنین فرضی را بکنم تا بتوانم از زیستن در حالت تردید دائم و فلج کننده درامان باشم.

بنابراین اگر در روزنامه بخوانم که یک ماده چربی جدید را می توان با اطمینان مصرف کرد، دربارهٔ آن سؤال نمی کنم. اگر یک برنامه تلویزیونی بگوید که هیچکس هرگز درمانی برای بیماری خاص نمی یابد، آن را باور می کنم. اگر کتاب درسی کالج من بگوید که عالم از هیدروژن ساخته شده است، اما نگوید که چه کسی آن را کشف کرد، من اطمینان دارم که این واقعیت چنان بدیهی است که حتی نیاز به کشف کردن ندارد. همراه با میلیونها نفر دیگر، من به دانشمندان اعتماد دارم نه به خاطر اینکه کندذهنم، بلکه برای اینکه تصور می رود کار آنها شریف و بدون درنظر گرفتن نفع شخصی است که حسادتها و آرزوهایی که محرک اغلب ماست در آن نقشی ندارد. شاید ساده لوح باشم، اما افراد بسیار دیگری چنین اند. اگر دانشمندان به ما نارو بزنند، از آن خبردار نمی شویم.

بزرگترین کاستی تحقیق علمی ناشی از چیزی نیست که در ذات علم باشد، بلکه مربوط به سرشت اجتماع است: عشق ما به ستارگان به ویژه ستارگان مجازی است. به عنوان محصل، یاد می گیریم که هر پدیدهٔ جهان را به نام افرادی که آنها را کشف کردند وابسته سازیم، و نه با شخصیت آنها، یا با شبکه معلمان و همکاران آنها، یا با کتابشناسی کارهایی که آنها کارشان را بر مبنای آنها انجام دادند. در سطوح اولیه، تکامل به عنوان تکامل تدریس نمی شود، بلکه به صورت تکامل داروینی تدریس می شود. ما نسبیت را مطالعه نمی کنیم، بلکه نظریه نسبیت اینشتین را می خوانیم. کتابهای درسی ما ثابت پلانک، عدد آووگادرو، و قانونهای نیوتون را در اختیار ما می گذارند. به ندرت قضیه ای بدون نام شخص وابسته به آن وجود دارد، بدون اینکه توجه کنیم چند نفر دیگر در آن نقش داشته اند.

پس از صرف سالیان دراز در گوش فرا دادن به تکرار مکرر نام نوابغ بزرگ، دانشجوی جوانی که وارد حوزهٔ علوم می شود شاید به این باور منطقی برسد که هدف اصلی دانشمندان رسیدن به ستارگان نیست، بلکه این است که خود ستاره شوند. بالاخره، در بین صورتهای فلکی غولهای علمی، آیا هرگز نور معلمان، همکاران، و یا آنهایی را که الهام بخش آنها بوده اند می بینیم؟ ایزاک نیوتون یک بار در مورد خودش گفته بود، «اگر توانسته ام فراتر از سایر مردمان بنگرم، به خاطر آن است که بر شانهٔ غولهایی ایستاده بودم» اما اگر کسی نخواهد شانه اش را در اختیار بگذارد چه می شود؟

من در موقعیتی نیستم تا قضاوت کنم تجربه پاین ـ گاپوشکین یک نمونهٔ تحقیقات امروزی است یا موردی غیرعادی، با وجود این، از دانشمندان می خواهم الهام بخش چیزی باشند که بقیهٔ ما تصور می کنیم صورت می گیرد: یعنی اطمینان دهند که تحقیقات تنها یک کوشش تک نفری برای رسیدن به پاداش شخصی نیست، بلکه تلاش مشترکی در جهت بسط مرزهای دانش است. این باید بالاترین، برانگیزاننده ترین هدف باشد. با تخصصی تر شدن علم «ستاره شدن» دور از دسترس می شود. بنابراین دانشمندان با یک انتخاب روبه رو می شوند: که در جستجوی شکوه به رقابت بپردازند یا در جستجوی حقیقت صادق تر شوند. آنهایی که مهمترین سهم را در دانش بشری دارند تنها کسانی نیستند که کشفیات انقلابی کرده اند.، بلکه آنهایی نیز هستند که می دانند چگونه استعدادهای دیگران را تحسین و شکوفا کنند.

سیسیلا پاین گاپوشکین در زندگینامهٔ به قلم خودش نوشته است که امیدوار است برای چیزی به خاطر آورده شود که وی آن را مهمترین کشف زندگیش می داند: «من به این نتیجه رسیده ام که یک مسئله به من، به گروه ام، یا به رصدخانه یا کشورم تعلق ندارد؛ بلکه متعلق به جهان است». شانه های این کشف تنها شانه هایی هستند که برای حمایت از همهٔ ما به اندازه کافی قوی است.

مترجم: منیژه رهبر

Science, Vol 200, 29 May 1998

* داراهورن دانشجوی دورهٔ کارشناسی ادبیات تطبیقی در دانشگاه هاروارد است. وی در حال حاضر با مارگارت جلر روی کار مستندی دربارهٔ سیسیلا پاین گاپوشکین همکاری می کند.

بوستان دانشوران در کیش

بنا به گزارش روابط عمومی و بین المللی «سازمان منطقه آزاد کیش» به وسیله این سازمان، در زمستان سال ۱۳۷۶، در جزیره کیش «بوستان دانشوران» احداث شده است.

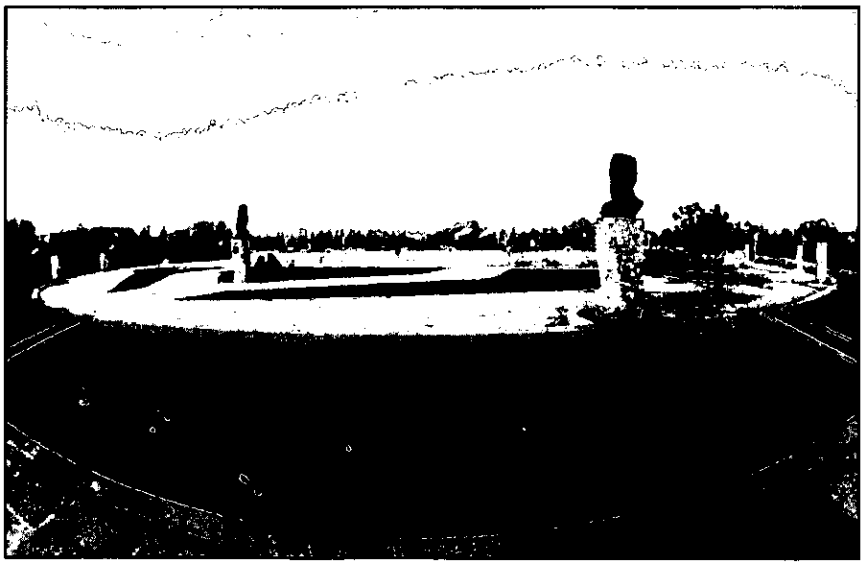
در این بوستان تندیس ۱۵ نفر از دانشوران (میرزا تقی خان امیرکبیر، میرزا کاظم محلاتی، عبدالغفار نجم‌الدوله، دکتر محمود حسابی، دکتر سید محمد تقی فاطمی، دکتر محمد قلی شمس، دکتر ابوالحسن شیخ، دکتر محمد قریب، مهندس احمد حامی، دکتر غلامحسین مصاحب، دکتر حسین کشی افشار، دکتر محمد حسن گنجی، دکتر جمال الدین مستقیمی، دکتر کمال الدین آرمین، آیت الله حسن حسن زاده آملی) نصب است.

سازمان در گزارشهای مشروح و مصور هدف این اقدام را جلب احترام و اعتماد عمومی نسبت به دانشمندان معاصر و قدردانی از فعالان عرصه های علمی و پژوهشی کشور و آشنا کردن جوانان با دانشوران معاصر اعلام کرده است.

***

بی تردید منزلت والایی که هم اکنون علوم به دست آورده حاصل پیروزیهای درخشان کاربردهای آن است.

اقدامهایی مانند احداث بوستان دانشوران، تأسیس بنیادهای علمی، تشکیل موزه های علوم و کتابخانه ها، عرض احترام و توجه به عالمان حقیقی موجب دلگرمی و امیدواری علاقه مندان به پیشرفت علمی کشور است.



بررسی دوام قطرات مایع روی سطح داغ

فاطمه سلطانی
مشهد ـ مرکز پیش دانشگاهی اسلامبولچی°
ناحیه ۶
برنده جایزهٔ روزبه در بخش پوستر
دکتر محمد فرهاد رحیمی (استاد راهنما)
بخش فیزیک دانشکده علوم مشهد

چکیده:

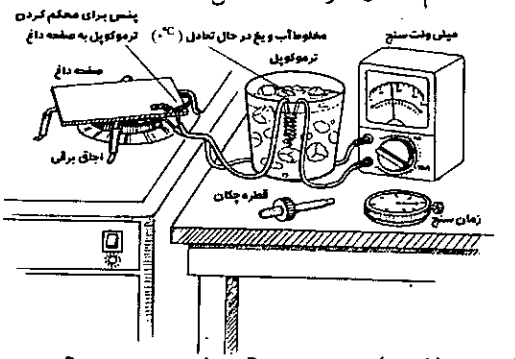
چرا وقتی روی یک بخاری داغ (سرخ نشده) قطرات آب از دستمان می‌چکد، زود تبخیر نمی‌شوند، بلکه شروع به جنب‌وجوش روی سطح داغ می‌کنند و شکل کروی می‌گیرند؟ چه عاملی باعث جنب‌وجوش قطرات آب می‌شود؟ چرا وقتی بخاری داغ نیست، قطرات زود تبخیر می‌شوند؟ علت ارتعاش قطرات روی سطح داغ چیست؟ آیا دیده‌اید که برخی کارگران کارخانه‌های قند، انگشتان خیس خود را داخل مایع قند مذاب فرو می‌برند تا دمای آن را برآورد کنند؟ حتی برخی نمایشگرها، انگشتان خود را داخل سرب مذاب می‌کنند و نمی‌سوزند؟ در یکی از مقاله‌هایی که مطالعه کردیم(۱)، عکسی از یک استاد دانشگاه را دیدیم که روی زغالهای گداخته با دمای ۶۴۷ درجه سلسیوس، آتش‌پیمایی می‌کرد. حتی برخی افراد، یک فلز گداخته را لیس می‌زدند و زبانشان نمی‌سوخت؟ چه عاملی باعث نسوختن شخص می‌شود؟

تمام این نمونه‌ها که در آن پوست مرطوب با ماده داغ در تماس است از یک پدیده فیزیکی ناشی می‌شود که در این مقاله به توجیه آن می‌پردازیم و علت تبخیر نشدن قطرات مایع (آب مقطر، آب لوله‌کشی شهر و سرکه) و جنب‌وجوش آنها را در تماس با سطح داغ توضیح می‌دهیم.

روش آزمایش:

درجه حرارت سطح فلزی را توسط دماسنج ترموکوپلی اندازه گرفته‌ایم و مدت زمان دوام قطرات با قطرهای مختلف (توسط قطره‌چکانهای مختلف یا سرنگهای متفاوت) را توسط زمان‌سنج، نسبت به دمای سطح داغ اندازه گرفته و رسم کرده‌ایم. از منقل برقی یا اجاق برقی برای داغ کردن صفحه فلزی استفاده کردیم. قبلاً دما را بر حسب اختلاف پتانسیل الکتریکی ترموکوپل مدرج کردیم (یکی از دو سر ترموکوپل را در یخ مذاب فرو بردیم و سر دیگر آنرا روی سطح فلزی نزدیک محل سقوط قطره مایع محکم کردیم(شکل ۱)). چون دو سیم ترموکوپل از فلزات متفاوت درست شده‌اند، در اثر اختلاف دما، یک اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو سر سیم برقرار می‌شود که سپس آنرا به کمک جدول تبدیل(۲)، به دما برگرداندیم. اگر یکی از دو انتهای ترموکوپل در صفر درجه سلسیوس قرار گیرد، اختلاف دما متناظر با دمای انتهای دیگر است. ترموکوپل مورد استفاده ما دارای دو سیم است که یکی از جنس مس و سیم دیگر آن از جنس کونستانتن (آلیاژی از نیکل و مس) است. پتانسیل الکتریکی حاصل را با یک پتانسیومتر و مقایسه با یک پتانسیل ثابت اندازه گرفتیم. البته ترموکوپلهای دیگر مثل کروم‌ـآلومینیوم نیز می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. دماسنجهای میله‌ای شرکت آلمانی لیبولد نیز ساده‌تر و مناسبترند ولی هنوز نتوانسته‌ایم آن را تهیه کنیم. معمولاً این کاونده‌ها(سوندها) از یک سیم پلاتینی ساخته شده‌اند که از لحاظ شیمیایی خالص بوده و مقاومتشان در مقابل دما تغییر می‌کند و دور آن یک پوشش از شیشه یا سرامیک داده‌اند. با اندازه‌گیری مقاومت سیم توسط یک اهم‌متر می‌توان درجه حرارت را تا ۷۵۰ درجه سلسیوس (هم‌ارز

۳۵۰ اهم) اندازه گرفت. (شکل ۱)



(شکل ۱) - نمای وسایل آزمایش و سوار کردن آنها

سیمهای ترموکوپل باید در یک نقطه و فقط یک نقطه با هم در تماس باشند. تماس ترموکوپل با سطح باید کامل باشد(کاملاً چسبیده به سطح). می توان از لحیم کاری با نقره برای اتصال استفاده کرد تا درصد خطا تقلیل یابد. صفحه فلزی(آهنی) باید تا حد امکان صاف(مثل ته اتوهای سابق) و کاملاً افقی باشد. هر خراش یا ناصافی باعث می شود قطره داخل آن افتاده و از عمرش کاسته شود. سیمهای متصل به سطح داغ در خارج از نقطه تماس، باید روپوشدار باشند.

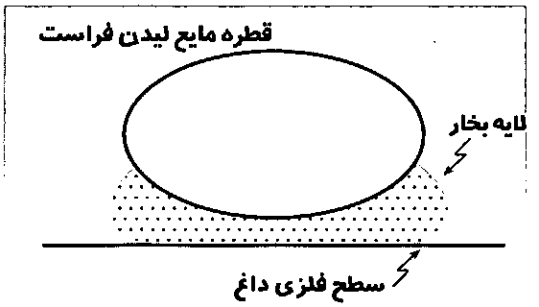
توجیه:

در واقع قطره، قبل از تماس با سطح داغ، دمایش حدود ۲۰ درجه سلسیوس است(دمای محیط)؛ ولی با نزدیک شدن به سطح داغ، لایه پایینتر آن تا ۲۰۰ درجه سلسیوس گرم می شود و لایه پایینی متحمل تبخیر شدید می گردد و به اصطلاح می جهد. در این جا، قطره توسط اشعه گرمایی که از بخار می گذرد گرم می شود(رسانش و همرفتی). پس از چندین جهش، قطره تا دمای جوشش گرم می شود و تمام آن تبخیر می گردد. معمولاً این عمل چندین ثانیه طول می کشد. اگر دمای سطح فلزی بسیار گرم باشد، قطره به آهستگی روی سطح و بالای آن می جهد. وقتی وزن قطره توسط فشار بخارش به حالت تعادل درآمد، قطره مدتی دوام دارد و روی سطح جنب و جوش می کند.

وقتی قطره کوچک است، شکل آن کروی است. هرچه قطره بزرگتر باشد، بیشتر در جهت قائم فشرده می شود. فشار حاصل از بخار روی قطره، باعث تغییر شکل قطره می شود و هرچه قطره بزرگتر باشد، تغییر شکل چشمگیرتر خواهد بود.

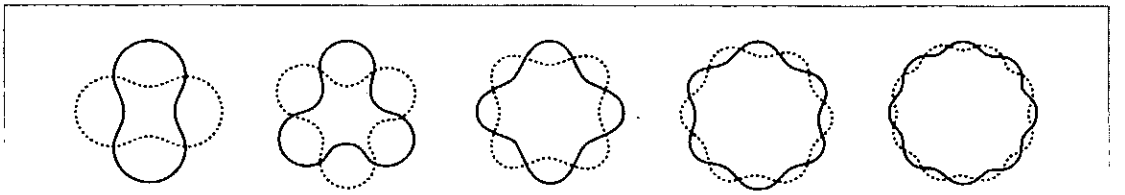
نوسانات پیچیده و تراکم و کشش در قطرات درشت تر بیشتر ایجاد می شود. گاهی یک قطره به شکل یک حلقه با یک حباب بزرگ در وسط آن ایجاد می شود. در این حال، تبخیر به قدری شدید است که قطره در هم رفته و کوچکتر می شود.

قطره تمایل زیادی به ارتعاش به بالا و پایین دارد(در زیر نقطه لیدن فراست[۳]، یعنی دمایی که بیش از آن، قطره در بالای بخار حاصل از خودش می ایستد). یک قطره مرتعش، مدتی دوام دارد، زیرا متناوباً از لایه بخارش گذشته و به سطح داغ برخورد می کند و سریعتر گرم می شود. در این حال، ممکن است قطره تا ۳۰ ثانیه ای دوام داشته باشد. در هنگام ارتعاشات، قطرات تا ارتفاع حتی پنج میلیمتر بالای سطح داغ می جهند. (شکل ۲)



(شکل ۲)

علاوه بر ارتعاش قطرات لیدنفراست(دمای سطح جهت ایجاد لایه نگهدارنده قطره کافیست) بطور شعاعی نوسان نیز می کنند و شکلهای مختلف می گیرند که آنها را مدهای نرمال، به صورت امواج ایستاده روی سیم مرتعش، می نامند. برخی از این نوسانات در امتداد شعاع قطره قابل رؤیت هستند(توسط استروبوسکوپ که با فرکانسی حدود ۱۰۰ هرتز قطره را با فیلتر قرمز تیره یا آبی تیره ببینیم) شکل قطره به آهستگی از یک مد به مد نرمال دیگر در نوسان

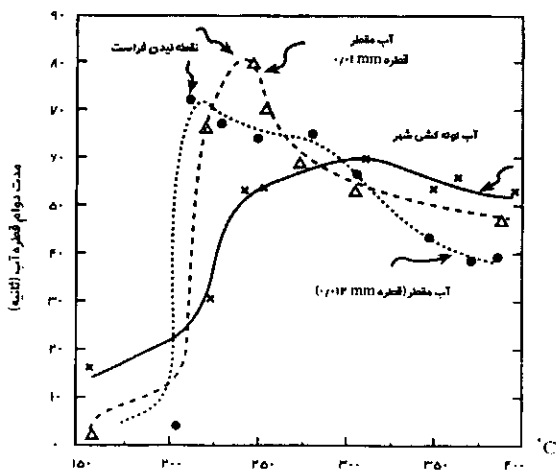


(شکل ۳)- نوسانات شعاعی قطره (دید از بالا)

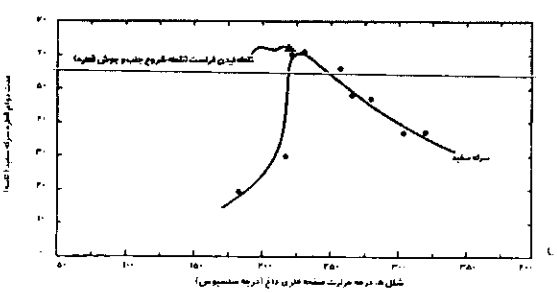
شعاعی تغییر می کند. حتی می توان از شکل قطره عکسبرداری کرد(با کلوزاپ). علت نوسانات مد نرمال را هنوز نفهمیده ایم ولی احتمالاً به گرم شدن غیریکنواخت و تبخیر ناجور قطره بستگی دارد. (شکل ۳)

در راه رفتن روی زغال سرخ شده یا فرو کردن انگشت مرطوب در سرب مذاب نیز قسمتی از رطوبت دست یا پا ناشی از ترس یا عرق کردن، ایجاد یک لایه عایق از بخار محافظ در امتداد انگشتان یا کف پا می کنند و نمی گذارند دمای زیاد به پا آسیب برساند.

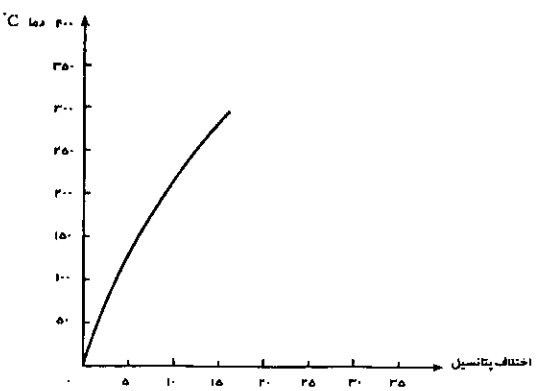
آب لوله کشی شهر(حجم قطره حدود ۰/۰۱۲ میلیمتر)		آب مقطر(حجم قطره حدود ۰/۰۱۲ میلیمتر)	
دمای (درجه سلسیوس)	زمان دوام قطره(ثانیه)	دما(درجه سلسیوس)	زمان دوام(ثانیه)
۱۵۰	۱۴	۲۱۰	۵
۲۲۴	۳۰	۲۱۴	۷۳/۵
۲۴۲	۵۴	۲۲۵	۶۸
۲۵۰	۵۵	۲۴۲	۶۴
۳۰۰	۶۰	۲۷۰	۶۵
۳۴۰	۵۳	۳۰۰	۵۸
۳۷۰	۵۸	۳۲۵	۴۷
۳۹۲	۵۲	۳۷۰	۳۹



شکل ۴: دمای سطح (درجه سلسیوس) و نتایج حاصل بر قطرات آب نقطه لیدن فراست



شکل ۵: درجه حرارت صفحه داغ (درجه سلسیوس)



(شکل ۶)

مراجع:

1) John. R. Taylor. The Physics Teacher. March. 1989
* Amateur Scientist. Scientific American. Apr., 1974
* The Guinness Book Of World Records:
در این کتاب رکورد آتش پیمایی، ۷/۵ متر روی ذغال سرخ شده تا ۶۴۷°C.
2) Chemical Rubber Company Handbook
3) Johann Gottlieb Leidenfrost. Traité Sur Quelques Propriétés de L'eau (ترجمه آن در ۱۹۶۵ به لاتین)
4) Scientific American. Aug., 1978. P. 101. &. Dec. 1980. P. 122
5) Physics in Your Lab Kitchen. P. 58 Mir Pub. Moscow.
6) M. J. Holter. W. R. Glasscock. Vibrations of Evaporating Liquid Drops: "Journal of The Acoustica Society of America". Vol. No. 11. P. 1167-1187. Nov. 1966

ضریب جهندگی

تهیّه کنندگان: سحر اسدی ـ طلایه آل داوود ـ بهاره امینی ـ شورا متعبّد ـ ملیحه حیران
استاد راهنما: خانم زهره ضیاء الملکی
«فروردین سال ۱۳۷۷»

هرگاه دو جسم به هم برخورد کنند، بر هم نیرویی وارد می‌کنند. (این نیروی برخورد سبب کمی تغییر شکل در جسم می‌شود). برخوردها به دو صورت هستند: «۱ـ پلاستیک و ۲ـ الاستیک» برای اینکه به بررسی برخورد دو جسم بپردازیم، لازم است که دو حالت برخوردهای الاستیک و پلاستیک را به طور جداگانه‌ای شرح دهیم:

۱ ـ هرگاه برخورد به صورت «الاستیک» باشد، (طبق قانون بقای اندازه حرکت) فرمولهاو روابط زیر مطرح می‌شوند:

(برخورد دو توپ با جرمها و سرعتهای اولیه ی متغیّر و متفاوت):

سرعت بعد از برخورد v_f

سرعت قبل از برخورد v_i

$$m_1.v_{1i}+m_2.v_{2i}=m_1.v_{1f}+m_2.v_{2f}$$

$$\frac{1}{2}m_1.(v_{1i})^2+\frac{1}{2}m_2.(v_{2i})^2=\frac{1}{2}m_1(v_{1f})^2+\frac{1}{2}m_2(v_{2f})^2$$

ـ معادله ی اندازه حرکت:

$$m_1(v_{1i}-v_{1f})=m_2(v_{2f}-v_{2i}) \qquad 1$$

ـ معادله ی انرژی:

$$m_1((v_{1i})^2-(v_{1f})^2)=m_2((v_{2f})^2-(v_{2i})) \qquad 2$$

$$(\text{تقسیم ۲ به ۱}) \rightarrow v_{1i}+v_{1f}=v_{2i}+v_{2f}$$

$$\Rightarrow v_{1i}+v_{2i}=v_{2f}-v_{1f}$$

$$m_1(v_{1i}-v_{1f})=m_2(v_{2f}-v_{2i}) \qquad 3$$

$$v_{2f}=v_{1i}+v_{1f}-v_{2i} \quad (\text{از نتیجه ی ۱}) \qquad 4$$

با قرار دادن معادله ی ۴ در معادله ی ۳ داریم:

نتیجه ی ۲:
$$v_{1f}=(\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2})v_{1i}+(\frac{2m_2}{m_1+m_2})-v_{2i}$$

نتیجه ی ۳:
$$v_{2f}=(\frac{2m_1}{m_1+m_2})v_{1i}+(\frac{m_2-i}{m_1+m_2})v_{2i}$$

* اگر جرمهای m_1 و m_2 برابر باشند:

$$\begin{cases} v_{2f}=v_{1i} \\ v_{1f}=v_{2i} \end{cases}$$

* اگر m_2 ابتدا ساکن باشد:

$$\begin{cases} v_{2f}=(\frac{2m_1}{m_1+m_2}).v_{1i} \\ v_{1f}=(\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}).v_{1i} \end{cases}$$

(اگر در این حالت (m_2 ساکن)، $m_1=m_2$ باشد)

$$v_{2f}=v_{1i}\ ,\ v_{1f}=0$$

* اگر m_1 از m_2 خیلی بزرگ‌تر باشد:

$$v_{2f}\simeq 0\ ,\ v_{1f}\simeq -v_{1i}$$

* اگر m_1 از m_2 خیلی بزرگ‌تر باشد:

$$\begin{cases} v_{2f}\simeq 2v_{1i} \\ v_{1f}\simeq v_{1i} \end{cases}$$

۲ ـ امّا در برخوردهای «پلاستیک» اصل پایستگی تکانه و این فرمولها به طور کامل صدق نمی‌کنند. چرا که در هنگام برخورد، مقداری از انرژی جنبشی جسم، صرف تغییر شکل و یا تبدیل به انرژی گرمایی می‌شود. در نتیجه انرژی جسم پس از برخورد کمتر و سرعت و مقدار حرکت آن هم نسبت به قبل از برخورد کمتر می‌شود. در واقع ضریب جهندگی نیز از همین جا مطرح می‌شود:

«جهندگی» طبق تعریف عبارت است از «توانایی که جسم در تحمّل فشار با تغییر شکل ناگهانی از خود نشان می‌دهد، بی‌آنکه تغییر شکل دائمی پیدا کند.» ضریب جهندگی در این فرمول عبارت است از:

$$\text{ضریب جهندگی (r)} = \frac{\text{سرعت جدا شدن جسم پس از برخورد}}{\text{سرعت جدا شدن جسم پیش از برخورد}}$$

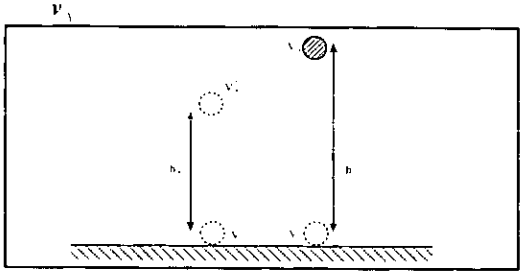
با توجّه به شکل ۱ می‌توان فرمول را به صورت زیر

ساده کرد:

$$r = \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2}$$

که چون $v_2' = 0$ و سرعت اولیه $v_2 = 0$:

$$r = \frac{v_1'}{v_1}$$



می دانیم که طبق قانون پایستگی انرژی (صرف نظر از مقاومت هوا):

$$E_p = E_K$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{2gh}$$

بنابراین خواهیم داشت:

$$r = \frac{\sqrt{2gh_2}}{\sqrt{2gh_1}} = \frac{\sqrt{h_2}}{\sqrt{h_1}} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

مراحل انجام پژوهش:

به طور کلّی مراحل طی شده در این پژوهش را می توان به بخش های زیر تقسیم کرد:

۱ ـ مرحلهٔ مطالعه:

الف) در این مرحله به مطالعه و بررسی علم حرکت پرداختیم. و نیز آزمایشهایی را در مورد حرکت انجام دادیم. مانند: اندازه گیری سرعت و شتاب با قطره چکان و ارابه، عکاسی استروبوسکوپی، ...

ب) کار روی ضریب جهندگی و مفهوم آن

۲ ـ الف) طراحی و ساخت وسایل مورد نیاز.

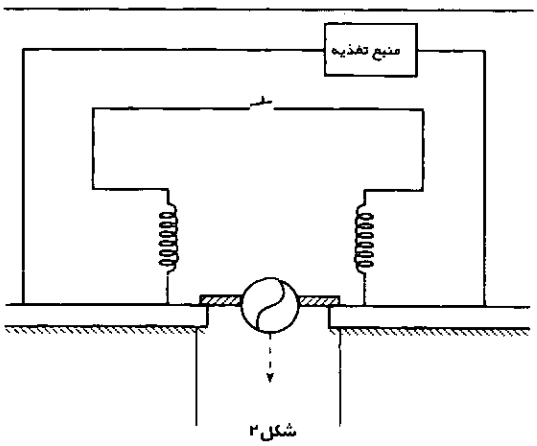
ب) اندازه گیری

در اینجا بیشتر به شرح مرحله ی ۲ می پردازیم.

الف) جهت اندازه گیری ضریب جهندگی، وسایلی را طرّاحی کرده و ساختیم که به این شرح اند:

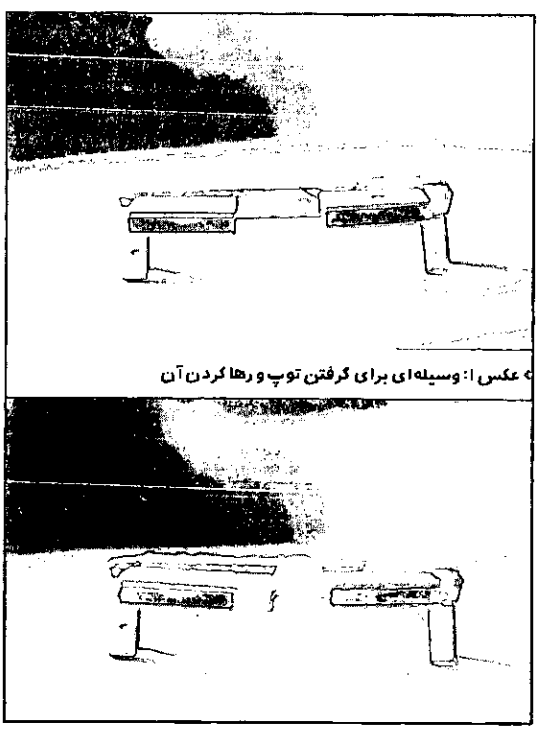
*** ـ وسیله ی رهاسازی توپ:**

۱ ـ استفاده از آهنربای الکتریکی (شکل ۲) این طرح به علّت کمی حرکت آهن ها و ضعف آهنرباها انجام نشد.



شکل ۲

۲ ـ گرفتن توپ توسّط دو گیره ی مقوّایی (دستگاه عکس ۳ و ۱) و رها کردن آن با کشیدن دسته و در نتیجه عقب رفتن یکی از گیره های مقوّایی.



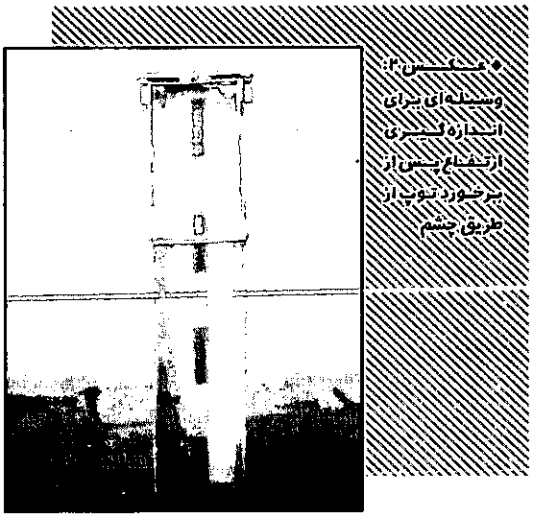
عکس ۱: وسیله‌ای برای گرفتن توپ و رها کردن آن

عکس ۳

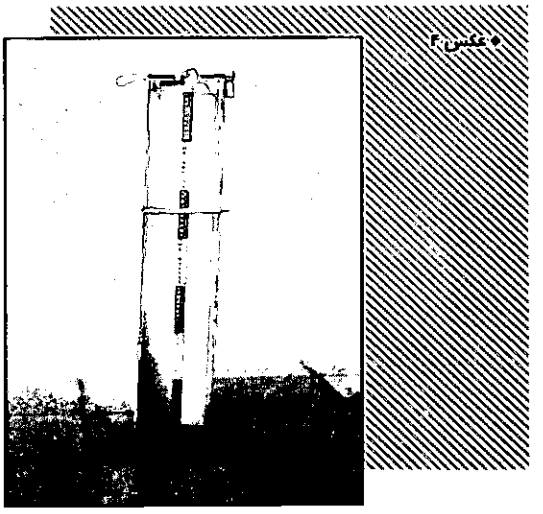
*** اندازه گیری ارتفاع:**

۱ ـ اندازه گیری با مشاهده توسّط چشم (عکس شمارهٔ ۴ و ۲): در این روش طی چند مرحله، با یک نشانه گیر متحرّک، حدّ بالا آمدن توپ را معیّن کردیم، با

خط کش مدرّج کنار نشانه گر، میزان بالا آمدن جسم را بعد از برخورد جسم مشخّص کردیم. (ارتفاعی را که خوانده شد را از قطر توپ که توسط کولیس ورنیه اندازه گرفته شد، کم کردیم و h_2 را به دست آوردیم.) این آزمایش را برای هر گلوله ۱۰ بار انجام دادیم (از دو ارتفاع مختلف نیز رها کردیم) که نتایج حاصل از اندازه گیری در جداول آمده است.

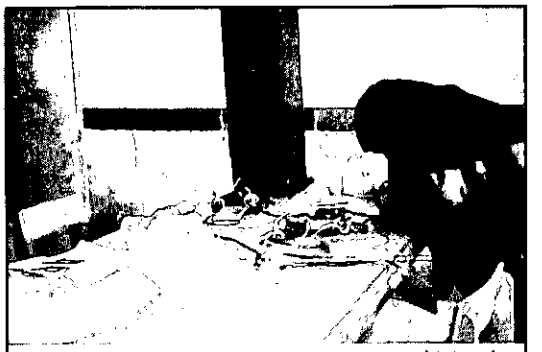


◆ عکس ۴: وسیله ای برای اندازه گیری ارتفاع پس از برخورد توپ از طریق چشم



◆ عکس ۴

۲ ـ اندازه گیری ارتفاع از طریق به دست آوردن زمان (عکس شمارهٔ ۵): به دلیل این که اندازه گیری از طریق چشم، دارای خطاست، تصمیم به اندازه گیری ارتفاع از راه محاسبه ی زمان برخورد تا رسیدن به ماکزیمم ارتفاع گرفتیم. همان طوری که در شکل نشان داده شده این وسیله شامل یک مدار زمان سنج دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ ثانیه، سه فوتوسل و دو چراغ رویتر است. بعد از این که توپ رها می شود، در هنگام برخورد بر سطح شیشه نوری که به فوتوسل ها می رسد را قطع کردیم و زمان سنج شروع به کار می کند. توپ به بالا می جهد و بعد دوباره به سطح می خورد که در این زمان زمان سنج قطع می شود. به این ترتیب می توان زمان بین دو برخورد را اندازه گرفت. اگر از مقاومت هوا صرف نظر کنیم، می توان گفت که نصف این زمان برابر با زمان بالا آمدن توپ تا ارتفاع ثانویه است.



◆ عکس ۵ـ الف

◆ عکس ۵ـ ب: نمایی از کل دستگاه

◆ عکس ۵ـ ت: نمایی از فوتوسلها و دو چراغ رویتر

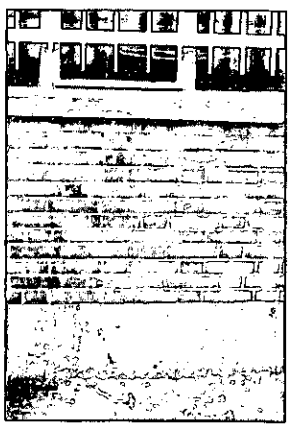
◆ عکس ۵ـ پ

از فرمول زیر می توان با استفاده از زمان ارتفاع را به دست آورد: (عکس ۶)

○ عکس ۲ـالف: اعضای گروه در حال آزمایش با آونگ ۶ برای تعیین شتاب جاذبه

$$t = \frac{2t}{2}$$

$$h = \frac{1}{2}gt^2 + v_0 t \xrightarrow{v_0=0} h = \frac{1}{2}gt^2$$



○ عکس ۲ـب

* البتّه در این فرمول جهت اندازه گیری ارتفاع نیاز به مقدار «g» داریم و جهت محاسبه ی آن توسّط یک آونگ (با دامنه ی نوسان ۶ درجه به جهت برابر نمودن $Sin\theta$ و $tan\theta$) به طول ۷/۵ متر از نخ ابریشم و یک گلوله ی سنگین و کوچک فلزی استفاده کردیم.

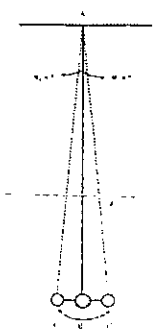
$\theta \leq 6^\circ$ برای $\rightarrow Sin\theta \simeq tan\theta$

$$tan\theta = Sin\theta = \frac{BC}{l} \rightarrow Sin3^\circ = \frac{BC}{7/5m} \Rightarrow$$

$$BC = Sin3^\circ \times 7/5m \Rightarrow BC = 0/0392m = 3/92cm$$

(جابه جایی گلوله در هر ۳ درجه باید به اندازه ی BC باشد)

○ شکل ۳

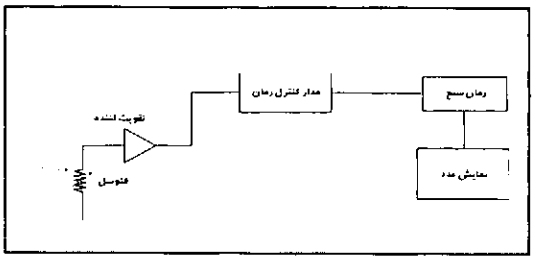


ـ رابطه های محاسبهٔ شتاب گرانی:

$t = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ (زمان یک نوسان): برای آهنگ کمتر از 6°

$$\Rightarrow \sqrt{g} = 2\pi\sqrt{l}$$

ما زمان نوسانات را هم توسّط زمان سنج دیجیتالی اندازه گرفتیم. این آزمایش را در چند نوسان مختلف نیز انجام دادیم که نتیجه های زیر به دست آمد:



جدول شتاب گرانی

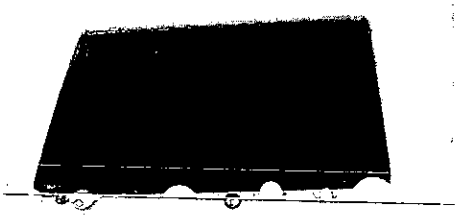
خطا (٪)	میانگین (g)	شتاب جاذبه $\frac{2\pi^2 l}{t^2}$	طول آونگ	زمان یک نوسان (t)	زمان کل نوسان	تعداد نوسانات
۰/۰۰۰	۹/۸۰۵	۹/۸۰۵	۷/۵m	۵/۷۴	۱۶۲/۲۹۹۰	۳۰
۰/۰۳۵	۹/۸۰۵	۹/۸۰۵	۷/۵m	۵/۵۰۵	۲۲۰/۲۲۰۸	۴۰
۰/۰۳۰	۹/۸۰۵	۹/۷۷۲	۷/۵m	۵/۵۰۳	۲۲۰/۱۲۹۸	۴۰

خطای سری: ۰/۰۲۵٪
میانگین شتاب جاذبه: ۹/۸۰۵ ± ۰/۰۲۵

* ما در آزمایشهایمان، سطح برخورد را یک شیشه ی صاف و صیقلی گرفتیم. (قطر شیشه ۱ سانتی متر بود). چون شیشه صاف است (جسم دربرخوردمنحرف نمی شود) و نیز سخت است (ضربه را نمی گیرد).

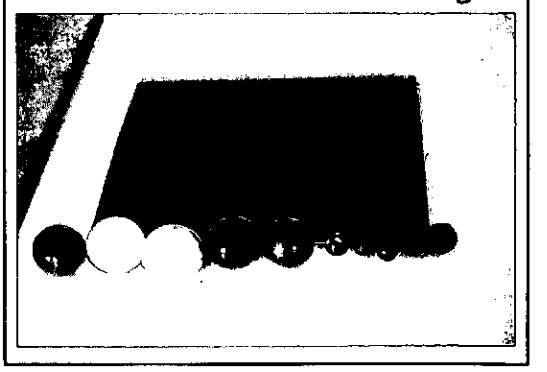
* در این آزمایشها ما از مقاومت هوا صرف نظر کردیم (مقاومت هوا برای اجسامی که سطح کم تری دارند و نیز سرعتشان زیاد است (هر چه ارتفاع بیشتر باشد، سرعت بیشتر می شود) خیلی ناچیز است.)

* لازم به ذکر است مقادیر شتاب جاذبه را از طریق سازمان ژئوفیزیک نیز درآوردیم که به این شرح اند و در فرمولهای مربوط به زمان (اندازه گیری ارتفاع از طریق زمان) از این مقادیر استفاده کردیم:



○ عکس ۷

◆ عکس ۸



ـ با یک دستگاه امریکایی : (در مؤسّسه ژئوفیزیک)

$g \simeq ۹۷۹۳۸۸/۱۸(mgal) \pm ۰/۰۳۴$

ـ با یک دستگاه روسی : (در مؤسّسه ژئوفیزیک)

$g \simeq ۹۷۹۳۸۸/۷۷(mgal) \pm ۰/۰۳۷$

(هر سه متر خطای ارتفاع، حدود ۱ میلی گال خطای گرانی مطلق ایجاد می کند)

$$\Delta g_{free_air} = ۰/۳۰۸۶ \times h^{mgal}/_{m}$$

ما اختلاف ارتفاع بین مدرسه (محلّ آزمایش) و ژئوفیزیک را حدود ۱۰۰ متر گرفتیم و در فرمول ۲ گذاشتیم. دیدیم که با این اختلاف ارتفاع، شتاب جاذبه حدود ۳۰ میلی گال خطا پیدا می کند و هنوز عدد شتاب جاذبه تا رقم ۹/۷۹ حتماً درست است.

$$(۱mgal = ۱۰^{-۵}\,{}^{m}/_{s^۲}) \Rightarrow g \simeq ۹/۷۹\,{}^{m}/_{s^۲}$$

❁ نتایج : ۱ ـ با توجّه به نتایج حاصل در آزمایشهای چشمی، توپ کائوچوئی از دیگر اجسام ضریب جهندگی بیشتر و توپ پلاستیکی توپر از همه ضریب جهندگی کمتری دارد و از این نتایج می توان در بسیاری از صنایع (ساخت وسیله) استفاده کرد؛ در ساخت سپر ماشین ها برای اینکه کمتر صدمه ببینند باید از موّادی با ضریب جهندگی کمتر استفاده کرد و یا مثلاً: برعکس در ساخت توپ پینگ پنگ باید از مادّه ای با ضریب جهندگی بالا استفاده کرد (طوری که توپ به آسانی در برخورد به چوبِ میزبالا بیاید.)

۲ ـ تقریباً می توان از جدولها این نتیجه را گرفت که وقتی ارتفاع اوّلیه بیشتر شود، سرعت لحظه ای برخورد (به علّت بیشتر شدن انرژی) و در نتیجه ضریب جهندگی کمی بیشتر می شوند. البته این اختلاف چندان زیاد نیست.

۳ ـ به نظر ما ضریب جهندگی نسبی است و در به دست آوردن آن باید برای توپهای مختلف از سطح برخورد یکسان و ارتفاع اولیه ی یکسان و گلوله هایی با یک سطح استفاده کرد.

❁ ما قصد داریم به دنبال این طرح و تحقیق، طرح خود را روی اندازه گیری ارتفاع از طریق زمان تکمیل کنیم و نیز به بررسی اثر سطح برخورد (جنس آن) و مقاومت هوا در ضریب جهندگی و نیز بررسی تعداد برخوردهای توپ تا سکون و شبیه سازی این حرکت و خاصیت توپ ها بپردازیم.

◆ ضریب جهندگی مواد مورد آزمایش

شماره توپ	نام ماده	hl(m)	ضریب جهندگی	خطای نسبی	hl(m)	ضریب جهندگی	خطای نسبی
۳	کائوچو	۰/۹۰۵	۰/۹۳	٪۰/۰۶	۰/۷۵	۰/۹۳	٪۰/۱۲
۱۴	مروارید مصنوعی (نوع ۲)	۰/۹۰۵	۰/۹۲	٪۰/۱۶	۰/۷۵	۰/۹۲	٪۰/۱۰
۱۳	مروارید مصنوعی (نوع ۱)	۰/۹۰۵	۰/۹۲	٪۰/۰۱	۰/۷۵	۰/۹۱	٪۰/۰۶
۲	ساچمه آهنی	۰/۹۰۵	۰/۹۰	٪۰/۰۴	۰/۷۵	۰/۹۱	٪۰/۱۲
۱	شیشه خالص	۰/۹۰۵	۰/۸۸	٪۰/۰۶	۰/۷۵	۰/۸۸	٪۰/۰۷
۷	توپ پینگ پونگ (پلاستیکی)	۰/۹۰۵	۰/۸۷	٪۰/۴۴	۰/۷۵	۰/۸۸	٪۰/۱۳
۹	لاستیک فشرده	۰/۹۰۵	۰/۸۳	٪۰/۰۷	۰/۷۵	۰/۹۰	٪۰/۲۰
۶	توپ پلاستیکی سفت و توخالی	۰/۹۰۵	۰/۸۰	٪۰/۵۸	۰/۷۵	۰/۷۹	٪۰/۱۴
۱۱	شیشه ناخالص	۰/۹۰۵	۰/۷۹	٪۰/۰۶	۰/۷۵	۰/۷۹	٪۰/۱۶
۵	توپ پلاستیکی سفت و توپر	۰/۹۰۵	۰/۷۳	٪۰/۰۸	۰/۷۵	۰/۷۵	٪۰/۴۴
۱۰	توپ پلاستیکی نازک و توخالی	۰/۹۰۵	۰/۶۹	٪۰/۲۷	۰/۷۵	۰/۶۸	٪۰/۱۷
۸	توپ پلاستیکی نازک و توخالی	۰/۹۰۵	۰/۶۷	٪۰/۲۸	۰/۷۵	۰/۶۹	٪۰/۳۶
۱۲	توپ پلاستیکی توخالی	۰/۹۰۵	۰/۶۳	٪۰/۳۶	۰/۷۵	۰/۶۲	٪۰/۲۲
۴	توپ پلاستیکی توپر	۰/۹۰۵	۰/۳۶	٪۰/۲۶	۰/۷۵	۰/۳۴	٪۰/۸۰

بابچه‌های ایران درکرمان

محسن شادمهری

چقدر زمان سریع می گذرد. ساعتها، روزها و ماهها یکی پس از دیگری سپری شدند؛ و بار دیگر مرداد ماه از راه رسید. از مرداد ماه سال گذشته تا به امسال؛ چقدر زود گذشت! می دانستم اگر خدا بخواهد، در روزهای پایانی مرداد ماه، باز هم در بین بچه های ایران خواهم بود! آری، فرزندان جوان این آب و خاک؛ فرزندانی که بارها و بارها، لیاقتها و شایستگی هایشان را نشان دادند. باید آنها را شناخت. باید آنها را باور کرد. باید آنها را جدّی گرفت. باید به آنها میدان داد. باید ...

می دانستم که بار دیگر روزهای پایانی مرداد ماه برایم خاطره انگیز خواهد شد. در بین بچه های ایران، با بچه های ایران! از آنها درسهای زیادی دربارهٔ شگفتی های عالمی که خداوند خلق کرده، خواهم آموخت.

می دانستم که روزهای پایانی مرداد ماه، با بچه های ایران به نظاره و تفکر دربارهٔ اسرار دنیای اطرافمان خواهیم پرداخت. چه زیبا و با معناست دیدن حاصل تلاش و فعالیت فرزندان این آب و خاک. امکانات زیاد نیست. کمبودها وجود دارند و ... امّا عزم و ارادهٔ بچه های ایران همهٔ اینها را به هیچ می انگارد. آنها بی ادعا، آرام، متفکر و سرشار از استعدادهای خدادادی اند!

می دانستم فرزندان جوان این مرز و بوم، تشنهٔ دانایی اند. کنجکاوند. می خواهند بدانند. به پاسخ پرسشهایشان دست یابند و دربارهٔ اسرار و شگفتی های طبیعت فکر کنند! خداوند در یک هشتم آیات کتاب آسمانی ما، از انسان خواسته دربارهٔ آسمانها و زمین فکر کند، و وعده نشانه هایی برای خردمندان را داده است. افسوس که بسیاری این حقیقت را فراموش کردند. اما بچه های ایران نیک به این موضوع واقف اند.

می دانستم که در روزهای پایانی مرداد ماه، بار دیگر در تلاش جوانان ایران برای دانستن و تفکر سهیم خواهم بود. از ۲۶ تا ۲۹ مرداد ماه امسال، شهر کرمان میزبان یکی از بزرگترین گردهمایی های علمی دانش آموزان کشور بود: ششمین گردهمایی دانش آموزی فیزیک ایران.

چند سالی است که به همت انجمن فیزیک ایران و وزارت آموزش و پرورش، گردهمایی های دانش آموزی فیزیک ایران برگزار می شود. تاکنون شهرهای سنندج، کرمانشاه، ارومیه، مشهد و اصفهان میزبان این گردهمایی بودند.

در ابتداد همه چیز خیلی ساده شروع شد. فقط یک فکر بود: چقدر خوب خواهد بود اگر دانش آموزان بتوانند کارهایی را که در زمینهٔ فیزیک انجام دادند، ارائه کنند! راستی هم؛ چرا که نه؟!

در آن زمان هیچ چیز مشخص نبود. تجربهٔ جدیدی بود. آیا می توانست موفق شود؟ آیا درست است دانش آموزی که

هنوز با بسیاری از مفاهیم فیزیک آشنا نیست، راجع به کاری که در فیزیک انجام داده سخنرانی کند؟ آیا این کار باعث ایجاد غرور کاذب نخواهد شد؟ آیا آموزش و پرورش از این کار حمایت خواهد کرد؟ و ... اینها تنها بخشی از سؤالاتی بود که در آن زمان در انجمن فیزیک ایران طرح می شد.

دیگر کاری نمی شد کرد. باید وارد عمل می شد. بدین سان، نخستین گردهمایی دانش آموزی فیزیک ایران در کنار یکی از کنفرانس های سالانهٔ فیزیک به طور جنبی برگزار شد. دانش آموزان شرکت کنند، به طور محدود انتخاب شده بودند؛ و در واقع فقط مستمع بودند! چند استاد فیزیک برای آنها دربارهٔ شاخه های مختلف فیزیک سخنرانی کردند. کل گردهمایی فقط همین بود! دومین گردهمایی هم یک سال بعد، تقریباً با همین منوال برگزار شد.

آیا برگزاری چنین گردهمایی می تواند مفید باشد؟ هنوز هم در انجمن فیزیک ایران، بحث و جدل بر سر برگزار کردن یا نکردن گردهمایی دانش آموزی ادامه داشت. مخالفان و موافقان هر یک دلایلی داشتند. تصمیم به ادامه کار گرفته شد. ولی چگونه؟ باید از تجربه ها استفاده می شد.

قرار شد دانش آموزان هم بتوانند کارهایشان را در زمینهٔ فیزیک ارائه کنند. علاوه بر این همچنان از برخی استادان برجسته و دانشجویان ممتاز فیزیک دعوت شود تا برای آشنایی دانش آموزان با مباحث جدید فیزیک به زبانی ساده برای آنها سخنرانی کنند.

خُب! تا این جای کار خوب است. ولی فیزیک علمی تجربی است؛ چه باید کرد تا دانش آموزان بتوانند با پدیده های فیزیکی به طور مستقیم درگیر شوند؟ به قول معروف فیزیک را ورای کتابهای درسی و فرمولهای به ظاهر بی روح، لمس کنند. خودشان آزمایش کنند، و پدیده های طبیعت را بر اساس قوانین فیزیک بفهمند؛ و از درک واقعیتهای طبیعت لذت ببرند. آیا در گردهمایی دست یافتن به چنین هدفی شدنی است؟

یک پیشنهاد ساده! اگر بتوان در کنار برگزاری گردهمایی، امکاناتی را فراهم کرد که دانش آموزان بتوانند خودشان آزمایش کنند، بسیار خوب خواهد بود. نام آن را هم «فیزیکسرا» بگذاریم. بدین ترتیب در چهارمین گردهمایی دانش آموزی فیزیک ایران در سال ۱۳۷۵ در مشهد برگزار شد. فیزیکسرایی بزرگ در کنار گردهمایی برپا گردید.

در فیزیکسرا از دانش آموزان خواسته می شد **«به وسایل دست بزنید»**! بازدید کننده، باید خودش آزمایش کند؛ با وسایل حتی «بازی» کند تا به ایده های فیزیکی ناب دست یابد. برای بسیاری از دانش آموزان، فیزیکسرا جای عجیبی بود. نمی توانستند تصور کنند که می توانند بدون مشکلی به وسایل دست بزنند، و خودشان آزمایش کنند! برایشان بسیار هیجان انگیز و باور نکردنی بود. برپایی فیزیکسرا در جنب گردهمایی، موفقیت خودش را ثابت کرد. اما هنوز هم کمیته های علمی گردهمایی در رابطه با مقالات دانش آموزان با مشکلات جدی روبرو بودند. بیشتر دانش آموزان تصور درستی از نحوهٔ درست انجام کار علمی و ارائه مطلوب آن در یک گردهمایی نداشتند و تازه بسیاری از کارهایی که دانش آموزان به انجمن فیزیک می فرستادند. دربارهٔ موضوعاتی بودند که عملاً با معلومات دبیرستانی نمی شد دربارهٔ آنها تحقیق و مطالعه کرد؛ مثل سیاهچاله ها، ساختار عالم، فیزیک کوانتومی، و ... در نتیجه چون دانش آموزان ارائه دهندهٔ چنین کارهایی فاقد اطلاعات لازم هستند، عملاً به بیراهه کشیده می شوند. آنها تقصیری ندارند! بیشتر دانش آموزان با وجود همهٔ علاقه ای که دارند به علت آن که راهنمای خوبی ندارند، نمی توانند درک و دید درستی نسبت به علم داشته باشند. در واقع دچار نوعی ساده اندیشی اند فکر می کنند با داشتن اطلاعاتی محدود می توانند دربارهٔ مباحث بزرگ و اساسی علم، فکر و اندیشه ای نوین مطرح کنند. توهمی خطرناک!

از این که بگذریم بخش دیگری از مقالات دربارهٔ مباحثی بودند که برطبق نظر بسیاری از صاحبنظران، به علم ربطی ندارند. شاید نام «شبه علم» برای آنها مناسب تر باشد؛ مثل بشقابهای پرنده، مثلث برمودا، اهرام مصر و ...

چه باید کرد تا دانش آموزان به سراغ چنین مباحثی نروند و در عین حال دچار نوعی ساده انگاری نشوند؟ با وجود همهٔ مشکلات چگونه می توان آنها را هدایت کرد؟ پیشنهادهای زیادی ارائه شد. ولی از بین آنها یک پیشنهاد از بقیه بهتر بود: بیائیم دانش آموزان را به سمت انجام کارهای تجربی هدایت کنیم؛ به طوری که با معلوماتی در حد دبیرستان بتوانند دربارهٔ یک مسأله فیزیکی فکر کنند، و با انجام آزمایشهایی نتایج به دست آمده را در گردهمایی ارائه کنند. پیشنهاد خوبی بود، می تواند دانش آموزان را با روش صحیح انجام تحقیق علمی

آشنا کند.

بدین ترتیب در گردهمایی سال ۱۳۷۶ اصفهان، فراخوان مقاله براین اساس تهیه شد. از دانش آموزان مستعد و علاقمند دبیرستانی نظام قدیم و جدید که کاری تجربی در زمینه فیزیک انجام دادند، دعوت شد گزارش کارهای علمی خود را در یکی از سه زمینه انجام یک کار تجربی ابتکاری؛ ساخت یک وسیله فیزیکی، و شبیه سازی رایانه ای پدیده های فیزیکی به کمیتهٔ علمی گردهمایی ارسال کنند. برگزاری گردهمایی سال گذشته با چنین شرایطی ثابت کرد که تجربهٔ موفقی است.

بلی، این هم مختصری از گذشته و پیشینهٔ گردهمایی دانش آموزی فیزیک! و در چنین شرایطی بود که برای شرکت در ششمین گردهمایی، عازم کرمان شدم. باورم نمی شد، این گردهمایی از ابتدا تا به امروز، چه فراز و نشیب هایی که نداشته است! چه بحثها و گفتگوهایی؛ و حالا ششمین گردهمایی! از خود می پرسیدم کارهای دانش آموزان امسال چگونه خواهد بود؟

وارد کرمان شدم. نخستین چیزی که توجهم را جلب کرد، تابلوهای پارچه ای گردهمایی بود. در سرتاسر شهر از این تابلوهای پارچه ای، با مضمون خوش آمدگویی به شرکت کنندگان در گردهمایی، به چشم می خورد. شهر کویری کرمان، وضعیتی متفاوت پیدا کرده بود. در محل پذیرش گردهمایی، دانش آموزان به تدریج از شهرهای مختلف می آمدند. سلام و علیک و احوالپرسی! «امسال در گردهمایی چه کاری ارائه می کنید؟» نخستین سؤالی بود که می پرسیدم؛ و با چه شور و شوقی جواب می دادند. برخی هم می گفتند که کارشان از سوی کمیته علمی رد شده؛ و می خواستند بدانند چرا؟

دوشنبه ۲۶ مرداد ماه، نخستین روز گردهمایی بود. پس از مراسم افتتاحیه، سخنرانی های علمی آغاز شدند. امسال نیز همچون سالهای گذشته، علاوه بر دانش آموزان، از چند استاد برجسته و دانشجوی ممتاز برای ارائه سخنرانی دعوت شده بود. جوانشناسی و جایگاه آن در جهان امروز، کیهانشناسی، ساختار سلولی، فیزیک هسته ای و کاربردهای آن، فیزیک لیزر به زبان ساده و آشنایی با فیزیک پلاسما عنوان سخنرانی های مدعو بود. برایم جالب بود از این که می دیدم دانش آموزان با علاقه زاید الوصفی در جلسه های سخنرانی شرکت می کنند.

علاوه بر سخنرانی ها در سالن اصلی گردهمایی، نمایشگاه پوستر، دستگاه و شبیه سازی رایانه ای نیز برپا شده بود. به راستی حیرت انگیز بود! برخی از دانش آموزان کارهایی ارائه کرده بودند که واقعاً جلب توجه می کرد. با بسیاری از آنها صحبت می کردم. آن چنان دربارهٔ کارشان توضیح می دادند که انگار بخشی از وجودشان شده!

با خودم گفتم عجب استعدادهایی! شاید از برخی ازساده ترین امکانات محروم باشند؛ شاید راهنمای مناسبی هم نداشته باشند. اما ... باید آنها را شناخت. باید آنها را دریافت. آنها لیاقت همه نوع سرمایه گذاری را دارند.

یادم آمد که چگونه در برخی از کشورهای پیشرفته برای مثال در زمینهٔ فیزیک، با کاهش نیروی انسانی متفکر روبه رو شدند. ما باید از این همه استعداد استفاده کنیم. برگزاری همین گردهمایی، هرچند گام کوچکی است، می تواند بسیار مؤثر باشد. جای خوشحالی است که وزارت محترم آموزش و پرورش ضرورت برگزاری چنین گردهمایی را به خوبی درک کرده است.

یکی از دانش آموزان می گفت: «این جا هم فال است و هم تماشا! علاوه براین که کار علمی می کنیم، با بچه های زیادی آشنا می شویم. برایم جالب است.» از یکی دیگر از دانش آموزان، دربارهٔ امکانات موجود برای فعالیتهای علمی در شهرستان پرسیدم. جواب داد: «تقریباً هیچ! خیلی دوست داشتم کار علمی کنم، ولی در شهر و مدرسه ما چنین امکاناتی وجود ندارد. خوش به حال شهرهای بزرگ، مثل تهران! وقتی فهمیدم کارم در گردهمایی پذیرفته شده، نزدیک بود از خوشحالی جیغ بکشم. باورم نمی شد!»

یکی از مهمترین مشکلات فرهنگی ما این است که معمولاً در انجام کارهای گروهی ضعیف هستیم. از کودکی این طور تربیت شده ایم، ولی این درست نیست. با این حال بیشتر کارهای ارائه شده در گردهمایی کرمان، به صورت گروهی بودند. و این بسیار نوید بخش است. دانش آموز از همین حالا یاد می گیرد که چگونه همراه با چند نفر کاری را انجام دهند. مهم نیست که کار علمی می کنند؛ بلکه نکته در گروهی بودن آن است. یاد می گیرد چگونه نظرات یکدیگر را تحمل کنند، کار را تقسیم کنند، و در ارائه و انجام آن با هم تلاش کنند.

به هرحال، محیط کاملاً علمی بود. بحث و گفتگوی علمی! سؤال و اظهار نظر. هیچ یک از استادان و دانشجویان

مدعو را نمی شد تنها گیر آورد! همیشه عده ای در اطرافشان بودند که سخت سرگرم بحث درباره یک مطلب علمی باشند. واقعاً برایم جالب بود.

در کنفرانس ها و گردهمایی های بسیاری شرکت کردم. اما به جرأت می توانم بگویم که آن شور و شوق علمی و تلاش برای آموختن را در هیچ کجا مثل گردهمایی دانش آموزی فیزیک بخوبی ندیدم. و این چیزی نیست مگر توانایی ها و استعدادهای جوانان ایران.

هرچه به روز آخر گردهمایی نزدیک می شدیم، هیجان ها بیشتر می شد. سؤال این بود: «کدام کارها برندهٔ جایزه خواهند شد؟» به بهترین کار در هر یک از بخشهای پوستر، نمایش دستگاه، شبیه سازی رایانه ای و سخنرانی جایزه روزبه اهدا می شود؛ و کارهای ممتاز لوح تقدیر دریافت می کنند. جایزه، روزبه هم یک سکه نیم بهار و لوح تقدیر است.

هیأت داوران سخت سرگرم ارزیابی و امتیاز دادن به کارها بودند. به طوری که در برخی شبها، کارشان تا پاسی از نیمه های شب به طول می انجامید. با یکی از داوران صحبت کردم. او می گفت: «کار بسیار سختی است. باید همهٔ کارها را به دقت ببینم. به راحتی نمی توان از کنار آنها گذشت.

سعی می کردیم حدس بزنیم چه کارهایی برندهٔ جایزه خواهند شد. اما باید تا روز آخر گردهمایی و مراسم اختتامیه صبر می کردیم. عاقبت پنجشنبه ۲۹ مردادماه از راه رسید. همه منتظر قرائت بیانیه هیأت داوران بودند. در بخشهایی از بیانیه هیأت داوران چنین آمده بود: «هیأت داوران بر این باور است که کارهای ارائه شده در این گردهمایی، در مقایسه با سالهای قبل از رشد کیفی قابل توجهی برخوردار بوده اند ... هیأت داوران از برگزاری گردهمایی هایی در سطح استان حمایت می کند؛ و در عین حال بر نوآوری و خلاقیت در کارها تأکید دارد ... همچنین حضور گستردهٔ برخی از استانها، شایسته توجه است. هیأت داوران، به ویژه، مایل است از فعالیت قابل توجه استانهای لرستان و کردستان در ارائه گزارش کار تشکر کند ...»

در بخش پوستر، هیأت داوران به دلیل درکی درست و مناسب و نگاهی اندیشمند به یک پدیدهٔ سادهٔ فیزیکی و ارائه بسیار خوب، پوستر «بررسی دوام یک قطره مایع بر روی سطح داغ» را که خانم فاطمه سلطانی از مشهد ارائه کرده بود، شایسته دریافت جایزه روزبه دانست.

در بخش دستگاه، وسیله «رسم نوسانات ساده روی صفحهٔ نمایش و کاغذ» به دلیل ابتکار و نوآوری در نمایش یک پدیدهٔ فیزیکی و تلاش زیاد در خور تحسین برای ساخت وسیله ای کاربردی، برندهٔ جایزهٔ ویژه هیأت داوران شد. این وسیله جالب را آقایان امیرحسین عطائیان، علی دهقانپور و صادق نقاش زاده از یزد ساخته بودند.

و اما جایزه روبه در بخش دستگاه، به وسیله «نوسانات، نوسانات واداشته و تشدید» که خانم الهام منصوری از آمل آن را ساخته بود، تعلق گرفت. این کار به دلیل داشتن ایده ای جذاب و زیبا از پدیده ای فیزیکی، شایسته دریافت جایزه شناخته شد.

در بخش شبیه سازی رایانه ای، به دلیل ارائه زیبا، کاربری مطلوب و کاربردی بودن نرم افزار «شبیه سازی رایانه ای آزمایشگاه فیزیک، معراج» از آقای فرشید امیری را شایسته دریافت جایزه دانست. در بخش شفاهی هم گزارش کار «اندازه گیری ضریب جهندگی اجسام» از خانمها سحر اسدی، طلایه آل داود، بهاره امینی، شورا متعبد و ملیحه حیران موفق به دریافت جایزه روزبه شد. در بیان دلایل این انتخاب به مواردی از قبیل برخورد سازمان یافته و درست علمی با یک پدیدهٔ فیزیکی، بیان و ارائه مطلوب می توان اشاره کرد.

امسال به کم سن و سال ترین شرکت کننده در گردهمایی که مقاله اش پذیرفته شده بود، جایزه ای اهدا شد: خانم مهرگان آمری، دانش آموز سال اول راهنمایی! وقتی این دانش آموز برای دریافت جایزه اش آمد. سالن تقریباً از تشویق حضار منفجر شد. می شد اشک شوق را در چشمان برخی از استادان و دبیران دید! خودم که واقعاً تحت تأثیر قرار گرفته بودم.

سرانجام مراسم اختتامیه به پایان رسید؛ و عملاً گردهمایی به کارش خاتمه داد. و باز لحظات سخت خداحافظی از راه رسیدند. بازار عکس یادگاری داغ بود! هم خوشحال بودم و هم ناراحت، از این که گردهمایی تمام شد، و خوشحال از این که امسال هم توانستم با بچه های ایران باشم. چقدر دلم می خواهد موفقیت همهٔ این عزیزان را ببینم. کرمان را ترک کردم؛ در حالی که به «بچه های ایران در کرمان» فکر می کردم!

الکترونهای تک در قطره‌های سیلیسیم

ژریس فریر

بیش از ۸۰ سال پس از آزمایش میلیکان با قطره‌های روغن که کوانتومی بودن بار الکتریکی را ثابت کرد، علاقه شدید به اثرهای کوانتومی بودن بار در دمای اتاق به وجود آمده است ـ اما این بار به جای روغن از رساناهای ریز کوچکتر از میکرومتر استفاده می شود. چرا؟ با آهنگ فعلی مینیاتوری کردن، ترانزیستورهای اثر میدان اکسید فلزی (MOSFET) که واحد بنیادی کامپیوترهای نوین هستند ـ در سال ۲۰۱۵/۱۳۹۴ به حدود بنیادی خود می رسند. یک راه غلبه بر این حد را شاید بتوان در نوع جدید ترانزیستور اثر میدان یافت که ترانزیستور تک الکترونی (SET) نامیده می شود، که به یک تک بار قابل سوئیچ شدن است و در شرایط استاندارد کار می کند (اکنون SETهایی وجود دارند که در دمای بسیار کم کار می کنند).

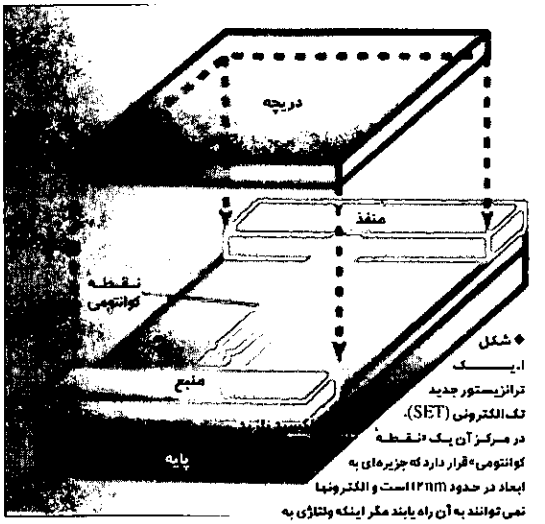
بنابراین اکنون توجه به ابزارهای بر مبنای سیلیسیم معطوف شده است که کی ژوانک، لینگ جی گو، و استیفن چو (شکل ۱) ساخته اند و در دمای اتاق دارای عملکرد SET هستند ـ و فرایند ساخت آنها بر مبنای فن آوری است که قبلاً برای MOSFET گسترش یافته است.

ترانزیستور اثر میدان متداول یک کانال باریک رساننده است که به دو اتصال با مقاومت کم متصل، چشمه و چاهک، متصل شده اند. رسانندگی کانال را می توان با تغییر ولتاژ یک الکترود سوم، دریچه، که حاملان بار از کانال را به طور الکترو ستاتیکی جذب یا دفع می کند به صورت مؤثری تغییر داد. بدین طریق سیگنالهای الکتریکی را می توان تقویت کرد، و عملیات منطقی دو دویی را می توان با قطع و وصل کردن ترانزیستور انجام داد.

در معمولی ترین FET، کانال MOSFET یک ورقه تقریباً دو بعدی از الکترونها (یا حفره ها) که در سطح یک بستر سیلیسیم اندکی آلاینده p (یا n) توسط ولتاژ دریچه مجاور مقید شده است. یک لایه نازک اکسید سیلیسم دریچه را از کانال جدا می کند. ویژگیهای اکسید رشد راحت، استحکام، و عایق بودن الکتریکی عالی ـ و قابلیت قرار دادن هر دو نوع کانالهای n و p بر روی یک بستر دلایل ۳۰ سال مینیاتوری کردن موفقیت آمیز و یکپارچه سازی بزرگ مقیاس فن آوری MOSFET است.

اما حد عملی مینیاتوری کردن ترانزیستور در ۱۰ تا ۱۵ سال آینده حاصل خواهد شد، که در آن زمان اثرهای نشت کانال کوتاه از یک لایه نازک اکسید، و افت و خیزهای آلاینده مسئله ساز می شود. بنیادی تر از آن، وقتی انداز ابزار کوچکتر ۳۰ nm شود، با طول موج کوانتوم مکانیکی حاملان بار قابل مقایسه می شود و اثرهای کوانتومی سیطره می یابند. به علاوه اندازهٔ کوچک حاملان اندک و شاید اثرهای کوانتش بار غیر صفر را ایجاب می کند. هیچکس هنوز نمی داند که آیا این جنبه های جدید را می توان برای بهبود FET قدیمی به کاربرد و به آن قابلیتهای تازه داد، و یا اینکه این اثرها فقط عملکرد آن را تضعیف می کند.

اما اثرهای کوانتوم مکانیکی و کوانتش بار اکنون معمولاً که در فلزات و نیمرساناها در دماهای کم بررسی می شود. اگر این ابزارهای کوانتومی را بتوان



◆ شکل
ایده‌ی ترانزیستور جدید تک‌الکترونی (SET). در مرکز آن یک «نقطهٔ کوانتومی» قرار دارد که جزیره‌ای به ابعاد در حدود ۱۲nm است و الکترونها نمی‌توانند به آن راه یابند مگر اینکه ولتاژی به دریچه بالای آن اعمال شود. این اولین SET است که در دمای اتاق کار می‌کند.

در دماهای اتاق به کار وا داشت، شاید پاسخ مسئله مینیاتوری کردن داده شود. یکی از ابزارهای کنجکاوی برانگیز SET است، که مشابه FET است بجز اینکه کانال آن یک جزیره کوچک رساننده بین دو سد پتانسیل است. این سدها به اندازه کافی بلند هستند به طوری که حاملان بار فقط از طریق تونل زنی، یک اثر کوانتوم مکانیکی که تونل زنی ذراتی را که نفوذشان در سد به صورت کلاسیک ممنوع است از سد مجاز می دارد، می توانند به جزیره برسند. اساس کار ساده است: برای برقراری جریان بین چشم و چاهک، حاملان را باید به جزیره افزود یا از آن برداشت. عدم توازن ناگهانی بار به هزینه انرژی ـ انرژی الکتروستاتیکی جزیره باردار شونده صورت می گیرد. اگر این انرژی بیش از انرژی گرمایی باشد، SET عایق است. اما با اعمال یک ولتاژ بر دریچهٔ مجاور، می توان انرژی پتانسیل جزیره را کم کرد به طوری که انرژی باردار شدن کمتر از انرژی گرمایی شود؛ ابزار رساننده می شود.

قطع و وصل جریان با یک ولتاژ دریچه چیز جدیدی نیست، اما SET چیزی بیش از این است: عبور از یک حالت رساننده به یک حالت عایق متناظر با افزودن نیمی از بار کوانتومی میانگین به جزیره است. در نتیجه، رسانندگی نوسانهای تناوبی را با ولتاژ دریچه نشان می دهد. از این ویژگی قبلاً در آشکارساز بارهای به کوچکی 10^{-5} الکترون استفاده شده است و SET به زودی دقیقترین مبدل جریان ـ بسامد خواهد بود.

ابزار ژوانگ و همکارانش (شکل ۱) در نگاه اول مانند MOSFET است. کانال بین چشمه و چاهک یک سیم سیلیسیمی بینهایت باریک است که با استفاده از لیتوگرافی باریکه الکترون ایجاد شده است. پس از رشد اکسید سیلیسیم، عرض کانال ۱۶nm می شود. افت و خیزهای کاتوره‌ای در فرایند لیتوگرافی به گرفتگی هایی در کانال می انجامد که به عنوان سدهای تونل عمل می کنند، و گاهی دو گرفتگی جزیره را به قطر ۱۲nm محدود می کند. این جزیره به عنوان مبنای ابزار است.

رسانندگی اندازه گیری شده افزایش یکنواختی را با ولتاژ دریچه نشان می دهد که از MOSFET انتظار می رود، او بر روی آن تغییرات متناوبی با ولتاژ نهاده شده است که مشخصهٔ SET است. رفتار SET به وضوح در دمای اتاق مشاهده می شود، و در دماهای کم که در آنها اثرهای محدودیت کوانتومی نیز مشاهده می شود کاملاً توسعه می یابند. انرژی باردار شدن متناظر با حدود ۱۲۰۰k که از اندازه جزیره سیلیسیم انتظار می رود (سد تونل زنی با اندازه جزیره نسبت عکس دارد). نیم رساناهای قبلی SET به ندرت به دمای کار ۲۰۰k می رسیدند.

این نتیجه جدید همراه با اثرهای حافظه ای تک ـ الکترون در دمای اتاق که اخیراً در سیلیسیم مشاهده شده است، نشان می دهند که به یک منطقه بحرانی در این زمینه رسیده ایم. تونل زنی تک ـ الکترونی در دستگاههای فلز خالص در دمای اتاق نیز گزارش شده است. آیا SET جانشین FET می شود؟ این مسئله قطعی نیست، چون تفاوتهای بارزی در طرز کار آنها وجود دارد. بهره FET بالاست، در صورتی برای SET بهره به سختی به یک می رسد. و دستگاههای جدید مولکول با طرز کار عادی FET در دمای اتاق، مانند نانوتیوپهای کربنی FET اخیر، راه امیدوارکننده ای به مینیاتوری کردن هستند. اما شاید مخلوطی از فن آوری FET و SET باعث شود که سیلیسیم همچنان در این راه پیشگام باشد.

مرجع:

Nature/ vol 393/ 11 June 1998, p 516,517

زیرنویس:

1- metal- oxicle field-effect transistors

2- single- electron transistor

جهش کوانتومی در الکترونیک

لیدیا . ال . سوهن

پیشرفتهای بسیاری که اخیراً در ساخت ابزارهای نانومتری حاصل شده این امیدواری را به وجود آورده است که ابزارهای الکترونیکی را بتوان از مقیاس میکرومتری کنونی تا ابعاد یک تک اتم یا مولکول کوچک کرد(شکل ۱). در شماره ۹ ژوییه مجله نیچر شی یر و همکارانش اندازه گیریهای الکتریکی بر روی تک اتم فلزات ـ کوچکترین ابزار الکترونیکی ممکن ـ را گزارش داده اند. آنها نشان داده اند که رسانندگی الکتریکی به تعداد اوربیتالهای والانس در هر اتم بستگی دارد.

با کوچک شدن ابزارهای الکترونیکی تا این حد، پدیده های کوانتومی جدید مانند اثرهای شارژ کننده یک تک الکترون[۲،۳]، یا کوانتش تراز انرژی و رسانایی الکتریکی را بتوان در نزدیکی دمای اتاق مورد استفاده قرار داد (در حال حاضر، در ابزارهایی با اندازه های بسیار بزرگتر، این پدیده ها را فقط می توان در دمای چند میلی کلوین ظاهر کرد). فن آوری در مقیاس مولکولی ممکن است ابزارهای بسیار سریع، بسیار حساس دورگه از موادی بجز نیمرساناها یا ابر رساناهای متداول در اختیار ما بگذارد.

قبلاً از یک تک سلولی C_{60} به عنوان یک تقویت کننده استفاده شده است و یک نانوتیوب کربنی در ساخت ترانزیستوری به کار رفته است که در دمای اتاق کار می کند. اکنون مجموعه کاملی از ابزارهای الکترونیکی بر مبنای تک اتم یا تک مولکول در محدودهٔ فن آوری قابل استفادهٔ ما قرار دارد و زمان هیجان انگیزی برای فیزیک، مهندسی، علم مواد، شیمی یا حتی زیست شناسی مولکولی است، و رشتهٔ جدید الکترونیک مولکولی به تدریج از این نتیجه های شگفت انگیز شکل می گیرد.

اما آیندهٔ الکترونیک مولکولی به پاسخهای چند پرسش بنیادی بستگی دارد. اولاً، چه نوع اتم یا مولکولی باید به کار برد تا بتوان آنها را به آسانی با جهان ماکروسکوپیکی هماهنگ کرد که بتواند با تحمل میلیونها عملیات در ثانیه به اندازه کافی مقاوم باشند؟ (به عنوان مثال این اتمها و مولکولها باید آلی باشند یا معدنی یا مبنای زیست شناختی داشته باشند؟) ثانیاً، آیا می توانیم فن آوریهای مؤثری را شناسایی کنیم یا توسعه دهیم که بتواند با این تک اتمها و تک مولکولها به دقت کار و آنها را وارد مدارهای الکترونیکی ماکروسکوپیکی کند؟ اکنون مدتی است که به میکروسکوپهای تونل زنی روبشی (STM) روی آورده ایم که می توانند در صورتی که بسترهای هموار از لحاظ اتمی در خلاء خیلی خوب و دمای کم داشته باشیم با تک اتمها یا گروه کوچکی از آنها سروکار داشته باشند. اصطبل کوانتومی، مس یکی از توانمندترین نمودهای این فن آوری است. اما STM ها کند هستند و شرایط محیطی و موادی که باید به کار روند کاربرد آنها را محدود می سازند. ممکن است فن آوری بهتر، سریعتر، جامعتر و با محدودیت کمتری وجود داشته باشد، ثانیاً ویژگیهای ترابرد ماکروسکوپیکی این ابزارهای مولکولی چیست؟ سرانجام و مهمتر از همه، چه ویژگیهای

مولکولی یا اتمی مشخصات الکترونیکی مانند رسانایی را معیـن می کند؟

برای تک اتمهای فلزی، شی یر و همکارانش به دو پرسـش آخر پاسخ داده اند. آنها با استفاده از پیوندگاههای قطعی قـابـل کنترل توانستند ساده ترین ابزارهای تک اتمی: یک قید تک اتمی بین دو اتصال فلزی را بسازند و اندازه گیری کنند. با اندازه گیری مشخصات الکترونیکی این ابزارها بر حسب فاصله (این کـار بـا کشیدن هر قطعه یا شکست آن صورت می گیرد)، مؤلفان تعییـن کردند که بیشینهٔ کانالهای رسانش N در اتصال تک اتمی برابر است با تعداد اوربیتالهای N_{orb} برای یک اتم بخصوص. به عنوان مثال آنها نشان دادند در سرب که پوستهٔ والانس آن حاوی اوربیتالهای 6S و 6P ($N_{orb} = 4$) است، چهار کانال رسانش وجود دارد، در حالی که طلا با یک اوربیتال $N_{orb} = 1$ فقط یک کانال رسانش دارد. انحرافهای اندک از قاعدهٔ کلی $N = N_{orb}$ را می توان با در نظر گرفتن اوربیتال اتمی و هندسه موضعی اتصالهای تک اتمـی توجیه کرد.

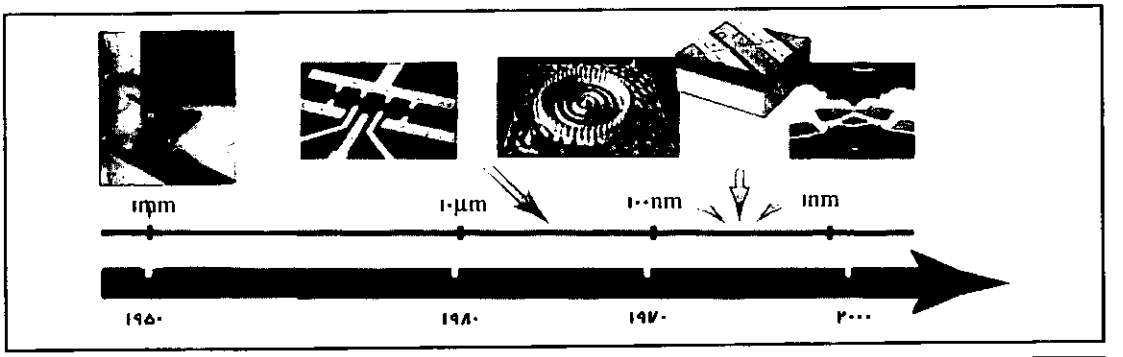
آزمایشهای شی یر و همکارانش سه جنبـه دارد، اولـیـن و مهمترین آنها این است که آنها نشان دادند ابزارهای تک اتمـی را می توان با لیتوگرافی ساخت. علاوه بر آن آنها اولین بار با تجربه تأیید کردند که ویژگیهای الکترونیکی موضعی تـک اتـمـهـا یـا مولکولها از طریق اتصالهای ماکروسکوپیکی تأثیـر شـدیـد بـر رسانش دارد. سرانجام آن نسبت استفاده از روشهایی چون طیف نمایی را برای احساس و شناسایی تک مولکولها در سایر رشته ها چون فن آوری زیستی و سنتز شیمیایی به وجود آوردند.

موفقیت آتی الکترونیک مولکولی به همکاری رشـتـه هـای متفاوت بستگی دارد.

هم اکنون، تعدادی گروه تحقیقاتی در زمینـه هـای کـامـلاً متفاوت مشغول به کار هستند تا این رشته جدید را گسترش دهند. آیا الکترونیک مولکولی انقلاب الکترونیک قرن بیسـت و یـکـم خواهد بود، یا این رشته صرفاً یک موج گذرا یا تمرین عمـلـی است؟ اکنون برای پاسخگویی به این پرسش بسیار زود است، اما نتیجه های اولیه امیدوارکننده به نظر می رسند.

Nature/ vol 34/ 9 July 1998, p131.132.

• شکل ۱. کوچک شدن قطعات الکترونیکی. مقیاس طول قابل حصول توسط فن آوری به طور پیوسته از مقیاس میلیمتری در اوایل سالهای ۱۳۳۰/۱۹۵۰ به مقیاس اتمی کنونی رسیده است. ابزارهای نمونه از چپ به راست عبارت اند از اولین ترانزیستور، یک چارپرهٔ نقطهٔ کوانتومی، یک اصطبل کوانتومی، مس، یک ترانزیستور نانوتیوب کربنی، و سرانجام، یک اتصال نقطه ای یک اتمی.



دانش آموزان ایرانی در نخستین گام به سوی جایزهٔ نوبل

سه دانش آموز دختر بیرجندی به نامهای سمیه مهربان، مژگان احمدی، و فریبا احراری که پس از ۷ ماه آزمایش گروهی مقاله ای با عنوان «تعیین ضریب رسانش گرمایی الکترولیتها» به مسابقه نخستین گام به سوی جایزه نوبل کشور لهستان ارسال کرده بودند، دیپلم افتخار رشتهٔ فیزیک این مسابقه را دریافت کردند. این مقاله پس از ترجمه به زبان انگلیسی از طریق انجمن فیزیک ایران و روابط بین الملل وزارت آموزش و پرورش به کشور لهستان ارسال شده بود. نامبردگان دانش آمـوزان سـال سوم تجربی و ریاضی فیزیک دبیرستان تقوی بیرجند بودند. با تبریک به این دانش آموزان عزیز موفقیتهای هر چه بیشتر آنها را خواستاریم.

مترجم: منیژه رهبر

مسابقه آزمایشگاهی فیزیک

مرداد ماه ۱۳۷۷ مرحله کشوری

(تهران)

باسمه تعالی

برای تقویت روحیهٔ اعتماد به نفس دانش آموزی کشور که امروز تجلی آن در بسیاری از جایگاههای علمی و تخصصی در خارج از مرزهای کشور اسلامی ایران منوّر گردیده است. معاونت آموزش متوسطه وزارت آموزش و پرورش برآن شد تا با هدایت و استفاده از امکانات و نیروی انسانی موجود اقدام به برپایی مسابقه آزمایشگاه فیزیک در سطح کشور بین دانش آموزان منتخب استانها نماید.

اهداف

۱ ـ ایجاد انگیزه لازم جهت رقابت سالم در جامعهٔ دانش آموزی کشور

۲ ـ ایجاد انگیزه و تقویت روحیهٔ مطالعه در دانش آموزان و اهمیت بخشیدن به دروس آزمایشگاه فیزیک برای درک بهتر مفاهیم فیزیکی

۳ ـ فراهم نمودن زمینه استفاده از مطالب آموخته شده توسط دانش آموزان در برخی زمینه های کاربردی در جامعه و کشور

۴ ـ استفاده از تجارب علمی و عملی این مسابقه جهت رسیدن به یک معیار کلی در ارزشیابی از کار دانش آموزان در کارگاهها و آزمایشگاههای سراسر کشور در دوره متوسطه

۵ ـ شناسایی و انتخاب دانش آموزان خلاق و فعال و معرفی آنان به سایر دانش آموزان کشور

نحوهٔ اجرا

از آنجا که در این فرایند علمی شرکت هرچه بیشتر دانش آموزان در مدارس متوسطه کشور به عنوان یکی از ملاکهای اساسی در برگزاری مسابقه آزمایشگاه فیزیک مورد نظر بود. ترتیبی اتخاذ گردید که دانش آموزان کشور در چهار مرحله جداگانه به صورت پله ای در مسابقه فوق شرکت نمایند.

۱ـ آموزشگاهی: در این مرحله کلیه افراد شرکت کننده در آزمونهای طراحی شده در مدارس کشور شرکت نموده و نفرات برتر جهت شرکت در مرحله دوم معرفی گردیدند.

۲ـ منطقه‌ای: از کلیه دانش آموزان معرفی شده از هر دبیرستان در این مرحله آزمونی تئوری ـ عملی انجام گرفت و سپس نفرات برتر به دور مرحله استانی راه یافتند.

۳ـ استانی: در این مرحله از کلیه دانش آموزان معرفی شده از مناطق مختلف هر استان آزمونی عملی به عمل آمده و نفرات برتر جهت شرکت در مرحله کشوری معرفی شدند.

۴ ـ کشوری: کلیهٔ دانش آموزان نفرات برتر هر استان در آزمونی که برای این مرحله طراحی گردیده بود. در تاریخ ۷۷/۵/۱۳ در مجتمع شریعتی منطقه ۱۶ شرکت نمودند. با توجه به اهمیت و تأثیر این مسابقه در جامعهٔ دانش آموزان کشور برای اولین بار سعی شد تا این مسابقه بعنوان یک الگوی مناسب جهت اجرا در سراسر کشور معرفی گردد.

نحوهٔ طرح سؤال:

سؤالهای مسابقه شامل سه آزمایش بر اساس کتاب آزمایشگاه فیزیک(۱) و (۲) به شرح ذیل می باشد:

آزمایش ۱ قسمت اوّل: نحوه انجام آزمایش و روش کار به دانش آموزان داده شده تا آنان بتوانند براحتی آزمایش مورد نظر را انجام دهند.

قسمت ب: در این قسمت طراحی روش انجام آزمایش به عهده دانش آموزان گذاشته شده تا بتوانند خلاقیت خود را به نمایش بگذارند در ضمن آزمایش شماره ۲ مانند قسمت ب آزمایش ۱ می باشد.

آزمایش ۳: در آزمایش دانش آموزان بعد از بدست آوردن نتایج باید روی آن تجزیه و تحلیل کرده به سؤالهای مربوط پاسخ می دادند.

قابل ذکر است سال ۷۶ـ۷۷ اولین سال برگزاری مسابقات آزمایشگاه فیزیک بوده که نتایج خوبی را دربرداشت امیدواریم در سالهای بعد با کیفیت بهتری برگزار شود.

گروه فیزیک

دفتر آموزشهای نظری و پیش‌دانشگاهی

مرداد ماه ۱۳۷۷ مرحله کشوری

(تهران)

سؤال مسابقهٔ آزمایشگاهی فیزیک

آزمایش شماره ۱

موضوع آزمایش الف: محاسبه ثابت فنر با استفاده از شیب نمودار T^2 (مجذور دوره نوسان وزنه ـ فنر) بر حسب m (جرم وزنه آویزان شده به فنر)

روش کار:

۱ ـ وزنه های مناسب را به فنر شماره ۱ آویزان و آنرا به نوسان درآورده زمان ۵۰ نوسان کامل را با کرونومتر اندازه بگیرید.

۲ ـ نتایج آزمایش را در جدول زیر بنویسید.

شماره	جرم وزنه m	زمان ۵۰ نوسان کامل t	زمان یک نوسان کامل T
۱			
۲			
۳			

موضوع آزمایش ب: با طرح آزمایش و انجام آن رابطهٔ بین دورهٔ نوسان(وزنه ـ فنر) با جرم وزنه و نیز ثابت فنر را تحقیق کنید.

آزمایش شماره ۲

۱ ـ با استفاده از قانون بویل ـ ماریوت (در دمای ثابت حاصلضرب حجم در فشار مقدار معینی از گاز مقدار ثابتی است) آزمایشی طراحی کنید که بتوان فشار هوای محیط را اندازه گرفت.

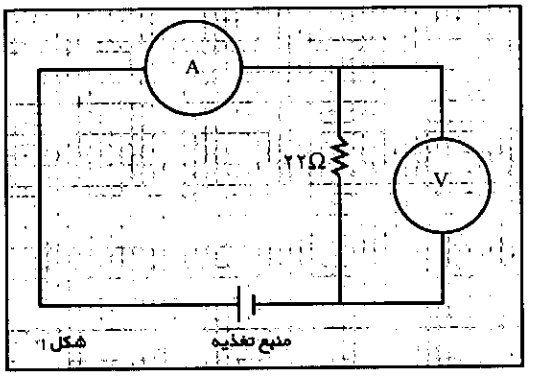
نتایج اندازه گیری را در یک جدول مناسب بنویسید.

آزمایش شماره ۳

موضوع: اندازه گیری مقاومت به ۲ روش و مقایسه آنها

الف)

۱ ـ مداری مطابق شکل ۱ ببندید.



شکل ۱

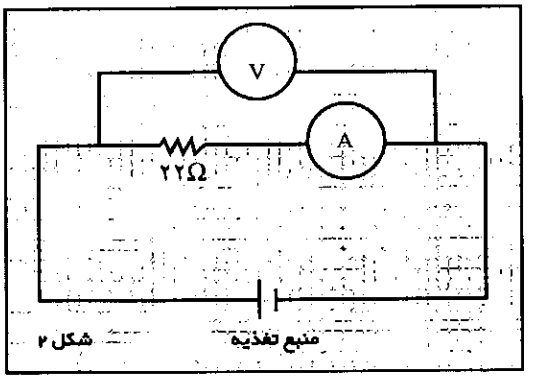
۲ ـ ولتاژ منبع را روی عدد ۲/۵ تنظیم کنید.

۳ ـ مقادیری را که آمپرسنج و ولت سنج نشان می دهد یادداشت نمائید.

ولتاژ V	شدت جریان I

ب)

۱ ـ مداری مطابق شکل ۲ ببندید.



شکل ۲

۲ ـ ولتاژ منبع را روی عدد ۲/۵ تنظیم کنید.

۳ ـ مقادیری را که آمپرسنج و ولت سنج نشان می دهد یادداشت نمائید.

ولتاژ V	شدت جریان I

سؤالات آزمایش شماره ۱

الف)

۱ـ هدف آزمایش:

۲ـ وسائل موردنیاز آزمایش

الف:

۳ـ روش انجام آزمایش:

۴ـ نتایج آزمایش الف را در جدول بنویسید.

$$(T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}})$$

ثابت فنر K	مجذور دورهٔ نوسان T^2	زمان یک نوسان کامل T	زمان ۵۰ نوسان کامل t	جرم وزنه m	تعداد آزمایش
					۱
					۲
					۳

۵ـ نمودار T^2 را بر حسب m (جرم وزنه) در روی کاغذ میلی متری رسم کنید.

۶ـ از روی شیب نمودار فوق ثابت فنر را بدست آورید.

۷ـ درصد خطای ثابت فنر حاصل از نمودار را بدست آورید.

۸ـ آیا نمودار T^2 بر حسب m از مبداء عبور می کند؟ چرا؟

۹ـ موارد خطا را بنویسید.

ب)

۱ـ هدف آزمایش:

۲ـ وسایل به کار رفته در آزمایش:

۳ـ روش انجام آزمایش:

۴ـ نتایج آزمایش را در جدولهای مناسب بنویسید.

۵ـ رابطه ریاضی دوره نوسان (فنر ـ وزنه) را با جرم تحقیق کنید.

۶ـ رابطه ریاضی دوره نوسان (فنر ـ وزنه) را با ثابت فنر تحقیق کنید.

۷ـ چرا دستگاه نوسان کننده شامل وزنه و فنر به مرور زمان از نوسان باز می ماند؟

۸ـ آیا دوره نوسان فنر (وزنه ـ فنر) فقط به جرم وزنه آویخته شده و ثابت فنر بستگی دارد؟ دربارهٔ جواب خود توضیح دهید.

سؤالات آزمایش شماره (۲)

۱ـ موضوع آزمایش

۲ـ هدف آزمایش

۳ـ وسایل موردنیاز

۴ـ روش انجام آزمایش

۵ـ نتایج اندازه گیری را در جدول مناسب بنویسید.

۶ـ محاسبه فشار هوای محیط

۷ـ موارد خطا را بنویسید.

۸ـ اگر آزمایش فوق در مکان دیگری انجام شود آیا نتایج آن تغییر خواهد کرد؟

سؤالات آزمایش شماره (۳)

۱ـ هدف آزمایش

۲ـ وسایل موردنیاز آزمایش

۳ـ نتایج اندازه گیری در مدار ۱ و در مدار ۲ را در جدولهای زیر بنویسید.

جدول مربوط به مدار (الف)

مقاومت $R = \frac{V}{I}$	ولتاژ V	شدت جریان I

جدول مربوط به مدار (ب)

مقاومت $R = \frac{V}{I}$	ولتاژ V	شدت جریان I

۴ـ مقاومتی که در مدار ۱ و ۲ بدست می آید. الف: با هم مقایسه کنید.

ب: در مورد نتایج بدست آمده بحث کنید.

۵ـ مقادیر مقاومتهای به دست آمده از مدار ۱ و ۲ را با مقدار مقاومت ثبت شده مقایسه کنید.

۶ـ کدام مدار برای اندازه گیری مقاومت بکار برده شده مناسب تر است و چرا؟

نتایج انفرادی مسابقهٔ آزمایشگاهی فیزیک ـ
مرحله کشوری ـ مردادماه ۷۷ ـ تهران

رتبه	نام و نام خانوادگی	نام استان
۱	حمیدرضا بهاری پور	شهر تهران
۲	هادی طیبی فر	خوزستان
۳	سعید مرادی	کرمانشاه
۴	آیدین بهناد	مازندران
۵	سیاوش اکباتانی	فارس
۶	مهدی مسلمی	...
۷	ظهراب دستخوان	کهکیلویه و بویراحمد
۸	شمسی ارشاد	گیلان
۹	مریم وجدی وحید	همدان
۱۰	پدرام نوروزی	سمنان
۱۱	آتنا میرزایی مهدی بهرنگ راد	مرکزی مازندران
۱۲	سید حامد جعفریان سید علیرضا صالحی علیمراد کرمی	اصفهان قم کردستان
۱۳	فاطمه سورانی محمدمهدی جعفری	همدان کرمان
۱۴	احسان برزیده سیده شیما حسینی	فارس شهرستانهای تهران

پاسخ به سؤالات

همدان ـ دانشکده علوم ـ گروه فیزیک ـ فوزیه لیموبی:

«... هر یک از μ_s و μ_k می‌تواند از واحد تجاوز کند ولی غالباً کمتر از یک می‌باشد...»

ر.ش به فیزیک جلد اول‌ها لیدی فصل ششم بند ۲ـ۷ و پرسش ۲۰ همین فصل.

انتقال به سرخِ گرانشی

محمد رضا خوش بین خوش نظر

طبق اصل هم‌ارزی اینشتین، همهٔ دستگاههای لختِ موضعی که بدون چرخش و در حال سقوط آزاد باشند، به لحاظ انجام دادن همهٔ آزمایشهای فیزیکی هم‌ارزند. یکی از شواهدی که برای توجیه اصل هم‌ارزی ارائه می‌شود، انتقال به سرخِ نوری است که در خلاف جهتِ میدان گرانشی حرکت می‌کند[۱]. انتقال به سرخِ پیش‌بینی شده، در آزمایشهای بسیار حساسی که اساساً مبتنی بر فرو فرستادن نور از برجی به ارتفاع ۲۲/۵ متر واقع در آزمایشگاه جفرسونِ دانشگاه هاروارد بود، توسط پوند و ربکا در سال ۱۹۶۰ و با دقّت بیشتری توسط پوند و اشنایدر[۲] در سال ۱۹۶۵ مشاهده شد. در این مقاله سعی می‌شود، با ذکر یک مثال[۳]، بی استفاده از حساب تانسوری، منشاء فیزیکی انتقال به سرخِ گرانشی و به تبع آن اتّساع زمانِ گرانشی تشریح شود.

سقوط آزاد ذره‌ای با جرم سکون m در میدان گرانشی g از نقطهٔ A واقع در ارتفاع h از نقطهٔ مفروض B را در نظر بگیرید. در صورتی که موضع B را مرجع پتانسیل بگیریم، آنگاه انرژی کلّ ذره در نقطهٔ B به قرار زیر خواهد شد:

$$E_{\circ}^{B}= mc^{2} + mgh \ (h = \circ) \qquad (۱)$$

حال با فرض اینکه این ذرّه در نقطهٔ B نابود و به یک فوتون با همان انرژی تبدیل شود و آنگاه به سوی نقطهٔ A حرکت کند، انرژی آن در نقطهٔ A چنین خواهد شد:

$$E_{\circ}^{A}= mc^{2} + mgh \ (h \neq \circ) \qquad (۲)$$

که این در واقع نشانی از نقض پایستگی انرژی است. اینشتین، برای رفع این سوءتفاهم ادّعا کرد که فوتون در حین حرکتش انرژی خود را در یک انتقال به سرخ از دست می‌دهد. بدیهی است که:

$$\frac{E^{A}}{E^{B}} = \frac{E^{B}(1+gh/c^{2})}{E^{B}} = 1+gh/c^{2} = 1+z \qquad (۳)$$

و از طرفی دیگر

$$\frac{E^{A}}{E^{B}} = \frac{(h\nu)^{A}}{(h\nu)^{B}} = \frac{\lambda^{B}}{\lambda^{A}} \qquad (۴)$$

که در آن ν و λ به ترتیب بسامد و طول موج فوتون هستند.

از قیاس روابط (۳) و (۴) خواهیم داشت:

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{gh}{c^{2}}$$

که به ازای $h = ۲۲/۵\,m$ مقدارش برابر با $z = ۲/۴۶\times۱۰^{-۱۵}$ می‌شود و این دقیقاً همان مقداری است که پوند و اشنایدر با دقتی برابر با (۰/۹۹۹۰±۰/۰۰۷۶) به دست آوردند[۲].

حال اگر این فوتونها را ساعت محسوب کنیم، نتیجه می‌گیریم که ساعتهایی که در پتانسیلهای کمتری نصب شده باشند از ساعتهایی که در پتانسیلهای بیشتر نصب شده‌اند، کندتر کار می‌کنند. این پدیده «اتّساع زمانِ گرانشی» نام دارد و در واقع به سبب این پدیده است که ساعت اتمی معیار آمریکا، واقع در ایالت کلرادو، که در ارتفاع ۱۶۲۰ متری سطح دریا نگهداری می‌شود از ساعت همانندش در رصدخانهٔ سلطنتی گرینویچ که در ارتفاع ۲۴ متری سطح دریا قرار دارد، هر سال در حدود ۵ میلیونیم ثانیه جلو می‌افتد[۱].

مراجع:

۱ـ ولفگانگ ریندلر، نسبیت خاص و عام و کیهانشناسی (۱۹۷۷) ترجمهٔ رضا منصوری و حسین معصومی همدانی ـ مرکز نشر دانشگاهی (۱۳۷۵)

2- Phy. Rev. B, 140, 788- 803 (1965)

3- Benjamin Gal- or, "Cosmolgy, physics and philosophy" spering verlag(1987).

اجرای طرح یک آونگ تا شده با بسامد بسیار کم

احسان فتح اللهی مقدّم

مقاله ای که در زیر می آید حاصل تحقیق و کوشش احسان فتح اللهی مقدّم، دیوید جی بلر، جیانگ فنگ لیو و لی جو در *UWA* (دانشگاه استرالیای غربی) در شهر «پرث» است که طی سال ۱۹۹۴ ـ ۱۹۹۳ انجام شده است و در ۴ اوت ۱۹۹۴ در مجله *Physics Letters A* به چاپ رسیده است.

چکیده

آونگ تا شده مجموعی است از یک آونگ مرکّب متداول و یک آونگ وارون که می توان آن را برای تولید آونگی با پاسخ دینامیکی یک آونگ در مقیاس کیلومتری میزان کرد. نتایج حاصل، نشان دهندهٔ پایداری و «عامل Q» دستگاه تا بسامد تشدیدی ۱۷ میلی هرتز (mHz) است. مقایس این آونگ را می توان بزرگتر کرد تا در سیستم منفرد نگاهداشتن ارتعاش، یک مرحلهٔ پیش-جداسازی برای تداخل سنج لیزری آشکار سازهای موج گرانشی تشکیل دهد.

۱ـ مقدمه

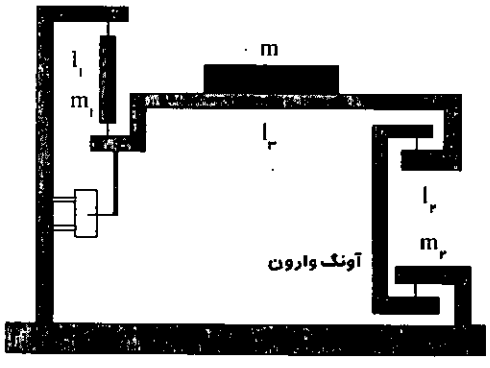
به منظور آشکارسازی امواج گرانشی با دامنهٔ کُرنشی[۱] $h \sim ۱۰^{-۲۰}$، مسأله مهّم این است که آشکارسازها از ارتعاشات خارجی، مانند نوفهٔ زمین لرزه، حفاظت شوند [۱]. پیک نوفهٔ ریز ـ زمین لرزه [۲] مخصوصاً در محدودهٔ $۰/۲Hz$ ممکن است جدّی باشد، زیرا دامنهٔ آن در بعضی جاها ممکن است به $۲۰\mu m$ برسد [۲ و ۳]. استفاده از آونگ سنّتی برای دستیابی به چنین بسامد تشدیدی پایین عملی نیست زیرا برای به دست آوردن بسامد پایینتر از $۰/۲Hz$ آونگ «بزرگ مقیاس» لازم است. آونگهای وارون کم بسامد مورد توجه و آزمون قرار گرفته اند و بسامدهای خیلی کمتر از $۰/۲Hz$ مشاهده شده اند [۴ و ۵]. علاوه بر این، وسایل فنری ترکیبی تشریح و اثبات شده اند [۶ و ۸].

تمام این وسایل از مسائل پایداری، بویژه ناشی از انحراف حرارتی متأثّرند. رفتار ناکشسانی در فنرها نیز به ناپایداری می انجامد. به علاوه، آونگ وارون، متأثّر از این واقعیت است که یک فنر مثبت و به طور منطقی کشسانِ خطی با فنر گرانشی غیر خطی موازنه شده است. وقتی که ثابتهای مرتبهٔ یکم مثبت و منفی فنر حذف می شوند یکی باقی می ماند با یک سیستم ذاتاً غیر خطی.

یک راه حلّ خیلی بهتر این است که ثابت فنر گرانشی مثبت با ثابت فنر گرانشی منفی به حال موازنه درآید. این کار نیاز به ترکیب کردن آونگ مثبت و منفی (وارون)، و به حدّاقل رساندن انعطاف پذیری کشسان ثابت فنر دارد. چنین طرحی را وان کن[۳] [۹] پیشنهاد کرده است. بر این اساس، نخستین نمونهٔ آونگ ساخته شد و مورد آزمون قرار گرفت. در اینجا، ما به اختصار مفهوم این آونگ تا شده را شرح می دهیم و به توصیف طرز کار و خواص مکانیکی سیستم می پردازیم.

۲ـ نظریه آونگ تا شده

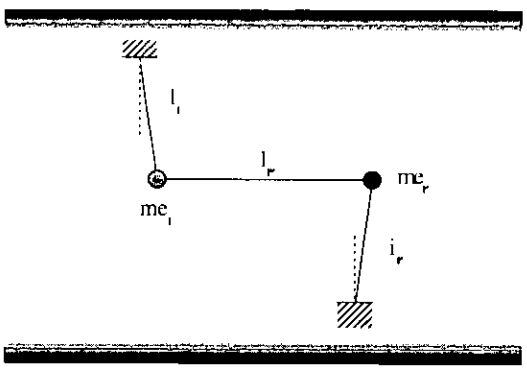
طرح سادهٔ آونگ تا شده در شکل ۱ نشان داده شده است.



• شکل ۱. نمودار ساده آونگ تا شده

دو بازوی محکم آونگ به وسیلهٔ ورقه های کشسان، که در حکم محورند، آویخته شده‌اند. ورقه های اضافی آونگ را به پایهٔ (سکّوی) افقی متصل می کنند. بازوهای محکم به صورت آونگ مثبت (طرف چپ) و آونگ منفی (طرف راست) عمل می کنند. آونگ معکوس طوری تا شده است که تمام ورقه های محوری تعلیق بتوانند تحت کشش باشند. برای روشن ساختن تحلیل دستگاه، نمودار هم ارز آونگ تا شده در شکل ۲ نشان داده شده است.

شکل ۲ـ نمودار هم ارز آونگ تا شده



فرض کنیم بازوها به اندازه زاویهٔ کوچکی [از وضع تعادل] منحرف شوند؛ نیروی برگردانندهٔ دستگاه عبارت است از:

$$F = m_{e1}g\theta_1 - m_{e2}g\theta_1 = (\frac{m_{e1}g}{\ell_1} - \frac{m_{e2}g}{\ell_2}).x = Kex \quad (۱)$$

در اینجا m_{e1} و m_{e2} به ترتیب هم ارز جرمهای «لنگری» آونگهای مثبت و منفی و Ke هم ارز ثابت فنر دستگاه است. اگر m_c جرم دستگاه (بدون جرم دو بازو) و x_c فاصلهٔ بین مرکز جرم و بازوی آونگ مثبت باشد، m_{e1} و m_{e2} از روابط زیر حساب می شوند:

$$m_{e1} = \frac{1}{2}m_1 + (1 - \frac{x_c}{\ell_3})m_c \quad \text{و}$$

$$m_{e2} = \frac{1}{2}m_2 + \frac{x_c}{\ell_3}m_c \quad (۲)$$

با توجه به اینکه بسامد تشدید آونگ ساده هم ارز $\omega = \sqrt{k_e/M_e}$ است، بسامد تشدید برای آونگ تا شده از رابطه زیر به دست می آید:

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{M_e}(\frac{m_{e1}}{\ell_1} - \frac{m_{e2}}{\ell_2}) + \gamma} \quad (۳)$$

که در آن γ جملهٔ کوچک افزوده ای است در ارتباط با سهم کشسانی ورقه ها و لَختی و سهم میرائی حاصل از هوا. M_e هم ارز جرم آونگ تا شده است که از رابطهٔ زیر به دست می آید:

$$M_e = m_{e1} + m_{e2} = \frac{1}{2}m_1 + \frac{1}{2}m_2 + m_c \quad (۴)$$

اگر معادله های (۲) و (۴) را در معادلهٔ (۳) وارد کنیم، بسامد تشدید آونگ تا شده به صورت زیر در خواهد آمد:

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{a - bx_c + \gamma} \quad (۵)$$

که در آن a و b را می توان بر حسب پارامترهای ℓ_1، m_1، ℓ_2، m_2 و m_c محاسبه کرد. از معادلات (۲) و (۳) استنباط می شود که وقتی فاصلهٔ مرکز جرم (x_c) افزایش می یابد بسامد تشدید دستگاه کم می شود. این کار، با حرکت دادن جرم m (شکل ۱) در طول سکّو از آونگ مثبت به سوی آونگ منفی دست یافتنی است. این امر باعث می شود که سهم آونگ مثبت در دستگاه کاهش یابد (با کاهش m_{e1}) در حالی که سهم آونگ منفی افزایش یابد. جای مرکز جرم بحرانی (x_0) از معادله (۵) معین می شود اگر $f = 0$ قرار داده شود. بنابراین

$$x_0 = \frac{a}{b} + \frac{\gamma}{b} \quad (۶)$$

اگر مرکز جرم $x_0 > x_c$، بین x_0 و آونگ منفی باشد، دستگاه فرو خواهد ریخت، این مطلب به صورت تجربی به وضوح مشاهده شده است.

اگر میرائی با ضریب ثابت η که ضریب میرائی سرعت است مشخص شود، عامل Q دستگاه را می توان از رابطه ای که برای Q یک سیستم مکانیکی است به دست آورد:

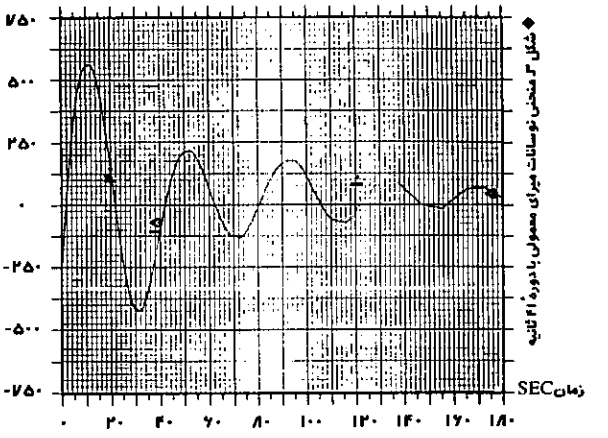
$$Q = \frac{\omega M}{\eta} = cf \quad (۷)$$

که در آن c مقدار ثابتی است.

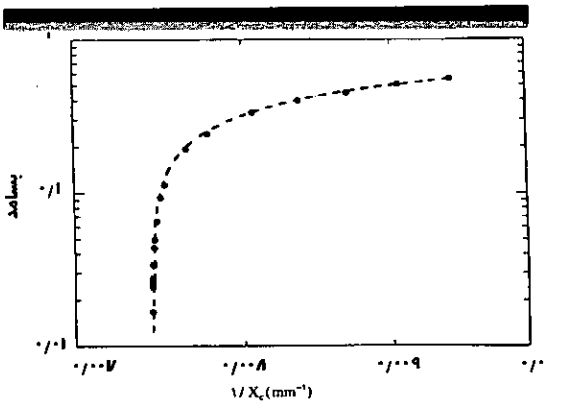
۳ـ طرز عمل آونگ تا شده

آونگ تا شده بر اساس آنچه در شکل (۱) نشان داده شده است ساخته می شود. پارامترهای دستگاه عبارت اند از: $\ell_1 = 151\,mm$، $m_1 = 122/5\,g$، $\ell_2 = 148\,mm$، $m_2 = 830\,g$، $\ell_3 = 295\,mm$ و $m_c = 5574/2\,g$.

حرکت آونگ توسط دستگاهی که در آن از یک وسیلهٔ نوری، مانند «فوتو دیود» برای خواندن درجه استفاده می شود، بررسی می گردد. یک دستگاه ثبّات برای اندازه گیری دامنه و دورهٔ آونگ به کار می رود. شکل (۳)، نوع متداولی از منحنی ثبت شدهٔ نمایش حرکت میرای آونگ با دورهٔ ۴۱ ثانیه است که به وسیله دستگاه ثبات رسم شده است.



بسامد تشدید آونگ تا شده را بر حسب فاصلهٔ مرکز جرم x_c اندازه گرفتیم. برای تنظیم دقیق x_c، جرمهای کوچکی را به غیر از جرم بزرگ به کار بردیم. نمونهٔ داده ها در شکل ۴ نشان داده شده اند. بهتر است که عکس x_c (یعنی $\frac{1}{x_c}$) را روی محور افقی به کار بریم. با استفاده از معادله (۵) و با فرض ثابت ماندن γ و عدم بستگی آن به x_c و بسامد تشدید؛ منحنی کامل (شکل ۴) با نظریه سازگار است.



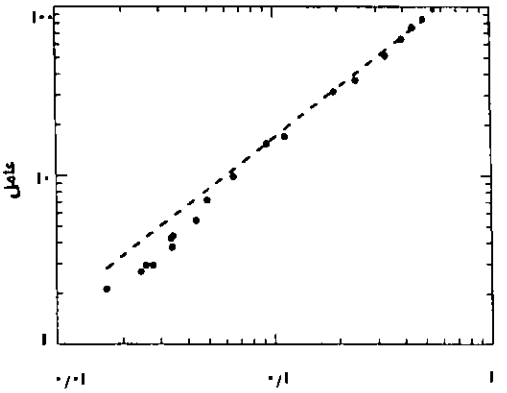
◆ شکل ۴. بسامد تشدید آونگ تا شده برحسب عکس فاصله مرکز جرم x_c، که در آن x_c فاصله بین بازوی آونگ مثبت و مرکز جرم دستگاه است، همان طور که در متن شرح داده شده است.

معادلهٔ (۵) به روشنی بسامد آونگ را با مرکز جرم x_c مربوط می کند.

وقتی که x_c به مقدار بحرانی نزدیک باشد بسامد تشدید به سرعت کاهش می یابد. مقدار بحرانی مرکز جرم را می توان با داده های آزمون مانند $x_c \approx 134/45 mm$ تعیین کرد.

شکل (۵)، داده ها را برای عامل Q، که با معادلهٔ (۷) مطابقت دارند نشان می دهد.

◆ شکل ۵. بستگی عامل Q به بسامد آونگ تا شده



همچنین می توان بررسی کرد که داده ها با منحنی نظری به خوبی سازگارند. کمترین مقدار Q را که برای دستگاه به دست آوردیم ۲/۱ است که مربوط به کمینهٔ بسامد تشدید، یعنی ۱۷ mHz است.

تابع انتقال آونگ تا شده اندازه گیری شده است.

این تابع سازگاری خوبی با آنچه برای یک صافی تک قطبی انتظار می رود دارد و دال بر این است که منفرد سازی مشخصه های آونگ در واقع تقلیدی است از نوسان یک آونگ ساده با همین بسامد. جزئیات بیشتر این کار در جای دیگر انتشار خواهد یافت.

۴ـ بحث

دستگاه حتّی در بزرگترین دوره های خود به شرط اینکه در برابر جریانهای هوا حفاظت شود، به طور مدلّل پایدار است. [مقدار] Q پایین و بسامدِ تشدید کم، این دستگاه را برای منفرد سازی نوسان یک بُعدی در بسامدهای بسیار پایین مناسب ساخته است.

به آسانی می توان مقیاس آن را برای تشکیل حالت پیش ـ منفردسازی، در منفرد ساختن نوسان دستگاه، بزرگتر کرد.

برای دستیابی به مفرد ساختن دو بُعدی، به راحتی می توان یک سکوی افقی دیگر اضافه کرد. تمام اطلاعات داده شده در این مقاله بدون هیچگونه سیستم پس خور *(feedback)* فعّال گرفته شده‌اند. اصولاً بسامد تشدید دستگاه را می توان باز هم کاهش داد. ولی بسامد پایینتر به تنظیم دقیقتری نیاز دارد و دستگاه به انبساط جزئی حرارتی و نوفهٔ کج شدن حسّاس می شود. یک سیستم کامپیوتری کنترل برای پایداری دستگاه به وجود آمده است. ما معتقدیم که «عامل Q» مشاهده شده را تقریباً به طور کامل، میرایی هوا تعیین می کند. در آینده اسباب در خلاء کار خواهد کرد به طوری که ضایعات ذاتی در ورقه ها را بتوان بررسی کرد. انتظار داریم که در آینده بتوان به بسامدهای تشدید پایین تر دست یافت. با وجود این، کار برد عملی بسامدهای پایین تر به علت کج شدن اتّصال افقی ممکن است محدود شود.

قدردانی و تشکر

از استاد فرزانه و بزرگوارم، دکتر ابوالقاسم قلمسیاه که مشوّق اینجانب در چاپ این اثر در مجلهٔ رشد فیزیک بوده اند و در ترجمهٔ مقاله مرا یاری داده اند تشکر و قدردانی می کنم.

مراجع:

[1] D. G. Blaier,. The detection of gravitational radiation (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1991).

[2] N. A. Robertson, Vibration isolation for the test masses in interferometric gravitational wave detectors, in: The detection of gravitational radiation, ed. D. G. Blair (Cambridge Univ.Press, Cambridge, 1991).

[3] K. G. Dyck, E. Berg and D. Harris, Proc. SPIE 628 (1986) 162.

[4] M. Pinoli, D. G. Blair and L. Ju, Meas. Sci. Technol. 4 (1993) 995.

[5] P. R. Saulson, R. T. Stebbins, F. D. Dumont and S. E. Mock, Rev. Sci. Instrum. 65 (1994) 182.

[6] R. J. Rinker, Super spring- a new type of low-frequency vibration isolation, Ph. D. thesis., University of Colorado (1983).

[7] N. A. Robertson, R. W. P. Drever, I. Kerr and J. Hough, J. Phys. E 15 (1982) 1101.

[8] P. R. Saulson, Rev. Sci. Instrum. 55 (1984) 1315.

[9] F. J. Van Kann, A folded pendulum very low frequency mechanical resonator, to be published (1993).

[10] J. Winterflood, A practical low frequency limit for passive horizontal vibration isolation, to be published (1994).

زیرنویس:

1) strain amplitude

2) microseismic

3) Van Kann

همایش گروه‌های آموزشی فیزیک سراسر کشور

گردهمایی گروه های آموزشی فیزیک سراسر کشور با حضور ۳۵ نفر از سرگروه های آموزشی فیزیک کشور، اعضای گروه آموزشی شهر تهران و مسؤولین وزارت آموزش و پرورش در روزهای ۱۹، ۲۰ و ۲۱ آبان ماه در محل کانون آفرینش های علمی و هنری دانش آموزان شهر تهران برگزار گردید.

این گردهمایی پیرامون طرح جامع آموزشی گروه های آموزشی تشکیل شد و شرکت کنندگان با کلیات، نحوه اجرا، و محورهای اصلی این طرح که مشتمل بر طراحی آموزشی، سنجش و اندازه گیری، نقد و بررسی و خلاقیت و نوآوری آشنا و اصول و اهداف طرح برای شرکت کنندگان تشریح شد.

در این دوره، برنامه به صورت کارگاههای آموزشی اجرا گردیدند که برای شرکت کنندگان تازگی داشتند. این کارگاهها عبارت بودند از:

کارگاه تحلیل محتوا، کارگاه طراحی با رویکرد فراشناخت، کارگاه سنجش، اندازه گیری و خلاقیت.

در ضمن میزگردی تحت عنوان روش های آموزش فیزیک با حضور سرکار خانم دکتر رهبر و آقای دکتر عزت الله ارضی تشکیل گردید. در این میزگرد مسایل آموزشی دبیران و مسایل بغرنج فیزیک متوسطه مطرح و به سؤالات همکاران پاسخ داده شد. یکی از برنامه های جنبی گردهمایی بازدید از مرکز تحقیقات و موزه منزل مرحوم پروفسور حسابی بود که نظر شرکت کنندگان را جلب کرد.

ابوالقاسم زال پور

از گروه آموزش فیزیک اداره کل آموزش و پرورش شهر تهران

یکاهای تصحیح شدهٔ پلانک

محمد رضا خوشبین خوش نظر

ماکس پلانک، یکاهای طبیعی معروف خویش را در سال ۱۹۵۵ بدون هیچگونه شرح و توصیفی از چگونگی به دست آورن آنها چنین معرفی کرد[1]:

$$Lp=(\frac{hG}{C^3})^{1/2}=4/05\times10^{-35}\,m \qquad (1)$$

$$Mp=(\frac{hc}{G})^{1/2}=5/45\times10^{-8}\,kg\approx10^{19}\,Gev \qquad (2)$$

$$tp=(\frac{hG}{C^5})^{1/2}=1/35\times10^{-43}\,s \qquad (3)$$

$$Tp=(\frac{hC^5}{K^2G})^{1/2}=3/55\times10^{32}\,K^\circ \qquad (4)$$

که c، h، G و k به ترتیب سرعت نور در خلاء، ثابت پلانک، ثابت گرانشی و ثابت بولتزمان هستند. به نظر می‌رسد که این یکاهای شهودی، معرّفی یکاهای عالم دو زمانی است که نیروی گرانش به اندازهٔ سایر نیروها اهمیت پیدا می‌کند و به علاوه رفتاری کوانتومی نیز دارد.

در هر حال، وادلینگر و هانتر[2] این یکاها را با استفاده از روش معروف تحلیل ابعادی در سال ۱۳۶۷/۱۹۸۸ محاسبه کردند. امّا در این محاسبه دمای پلانک از سه یکای دیگر متمایز شده بود. به عبارتی دیگر، این فقط طول، جرم و زمان پلانک بودند که در ارتباط هم با بودند و در مقاله ادّعا می‌شد که دمای پلانک را باید از راه دیگری محاسبه کرد. در این مقاله سعی می‌کنم با اضافه کردن ثابتهای بولتزمان(k) و استفان(σ) به ثابتهای بنیادی G، h و c به محاسبهٔ ابعاد پلانک به روش تحلیل ابعادی بپردازم. بنابراین خواهیم داشت:

$$(h)^u(C)^v(G)^x(k)^y(\sigma)^z=\text{یکای طبیعی} \qquad (5)$$

که u، v، x، y و z اعداد ناشناخته ای هستند. حال اگر z را ثابت نگه داریم پس از طی مراحلی خواهیم داشت:

$$Log\ L'p=-34/392-0/403z \qquad (6)$$

$$Log\ M'p=-7/263-0/403z \qquad (7)$$

$$Log\ t'p=-42/869-0/403z \qquad (8)$$

$$Log\ T'p=32/148-0/403z \qquad (9)$$

یا $T'p=1/4\times10^{32}(0/395)^z$

پریم‌ها نمادی برای یکاهای تصحیح شده هستند. حال با برابر قرار دادن روابط (۹)، (۴)، $z=-1$ به دست می‌آید (لازم به توضیح است که هر کدام از رابطه های (۶) تا (۹) را می‌توانستیم با روابط همزادشان برابر قرار دهیم. ولی چونکه یکاهای طول و جرم و زمان برای ما اهمیت قیاسی بیشتری دارند، رابطه های (۹) و (۴) را برابر قرار دادیم.) آنگاه یکاهای تصحیح شدهٔ پلانک به قرار زیر می‌شوند:

$$L'p=(\frac{h^5G^2\sigma}{C^2k^4})^{1/4}\simeq1/03\times10^{-34}\,m \qquad (10)$$

$$M'p=(\frac{h^5C^2\sigma}{G^2k^4})^{1/4}\simeq1/38\times10^{-7}\,kg=10^{18}\,Gev \qquad (11)$$

$$t'p=(\frac{h^5G^2\sigma}{C^8k^4})^{1/4}=3/42\times10^{-43}\,s \qquad (12)$$

$$T'p=(\frac{h^2C^{10}}{G^2k^4})^{1/4}\simeq3/55\times10^{32}\,k \qquad (13)$$

بنابراین به نظر می‌رسد در صورتی که نقش دما را نیز در محاسبات وارد کنیم، یکاهای پلانک تغییر اندکی می‌کنند که در هر صورت نباید از آنها چشم‌پوشی بشود.

مراجع:

1- M. Planck, "Theory of Heat Radiation" (Dover, N.Y, 1959) PP174-175

2- R.L. Wadlinger and G. Hunter, "Max Planck's natural units", Physics Teacher. 26,528(1988)

نقدی بر کتاب فیزیک ۳ نظام جدید

(همراه با نظرات پیشنهادی)

الف ـ قیامی
قم سال ۱۳۷۷

مقدمه: بررسی کمی و کیفی کتب دبیرستانی امری است لازم برای فرد، فرد دبیران محترم به ویژه گروه‌های آموزشی که در صورت برنامه‌ریزی در این راستا و توجه مسئولان برنامه‌ریزی آموزشی نتایج مطلوبی خواهد داشت.

بررسی حاضر، حاصل یک تلاش فردی و نه چندان دقیق و موشکافانه است که به صورت اجمالی مطرح می‌شود. بدیهی است، در صورت پذیرش نقد حاضر توسط مسئولان ذی ربط، بررسی کاملتر در گروه آموزشی فیزیک استان انجام و ارایه خواهد شد.

در همین راستا دفتر تحقیق و تألیف کتب درسی وزارتخانه وظیفه دارد نظرات گروه‌های آموزشی استان‌ها را بررسی و در تجدید نظر کتابهای درسی مورد عنایت قرار دهد تا آن چه را که به صورت حذف و اضافه‌های بخشنامه‌ای در سال جاری و سال‌های گذشته و همچنین چاپ متعدد کتاب شاهد بوده‌ایم تکرار نشود.

قبل از طرح نقد لازم است به ۲ نکته مثبت در کتاب فیزیک ۳ نسبت به سایر کتب فیزیک اشاره شود.

۱ـ کتاب با آخرین اصلاحات در چاپ ۷۶ شامل ۴ فصل و ۱۱۶ صفحه است که بخشی از آن نیز به مطالعه آزاد اختصاص دارد. این حجم مطلب برای ۲ واحد و ۴ ساعت تدریس در هفته در هر نیمسال تحصیلی مناسب است که این ویژگی در کتب فیزیک ۱ و ۲ وجود ندارد که در صورت تبدیل نظام آموزشی به (سالی ـ واحدی) برای ۲ واحد و ۲ ساعت تدریس در هفته برای یک سال مفید است.

۲ـ قطع کتاب و کیفیت چاپ آن در حروفچینی، صفحه بندی، تصاویر رنگی ... با اصلاحات انجام شده در چاپ ۷۶ بسیار جالب و مناسب است.

امّا نکات لازم برای تجدید نظر در کتاب فیزیک ۳ که در هفت عنوان تقسیم بندی شده به شرح ذیل تقدیم می گردد.

۱ـ **تقسیم بندی نامناسب کتاب** از جهت بخش های مختلف نیاز به یک فصل بندی جدید دارد.

کتاب از جهت مفاهیم و شاخه های مطرح در فیزیک شامل ۳ بخش «الکترومغناطیس»، «موج و حرکت نوسانی» و «فیزیک جدید» است که در پیوست این نقد طرح پیشنهادی برای فصل بندی ارایه شده است.

۲ـ **ذکر مثال و تمرین حل شده** در متن درس، در آخر هر قسمت و موضوع درسی لازم است. این شیوه در کتاب فیزیک ۳ به ویژه در بحث میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان این خلاء محسوس است (پیچه مسطح، سیملوله)

۳ـ **تقدم و تأخر مطالب درسی** باید طوری باشد که پیوستگی مطالب و همچنین وابستگی قسمت های بعد به قبل رعایت شود که در چند مورد بدان توجه نشده است از جمله:

ـ بحث مواد فرومغناطیس و حوزه مغناطیسی در ص ۲۰ آمده که متناسب با مطالب ص ۲ تا ص ۸ است.

ـ بحث خوالقایی، بعد از بحث خازن آمده «ص ۵۲» که متناسب جریان القایی و قوانین فارادی و لنز ص ۲۸ و ۲۶ است.

ـ بحث نمودار جریان متناوب، بسامد و دوره تناوب نیاز به مفاهیم اولیه در حرکت نوسانی و دورانی دارد.

۴ـ **بحث خازن** به طور کلی غیر مرتبط با سایر مطالب کتاب فیزیک ۳ است که پیشنهاد حذف آن داده می شود. در فیزیک ۲ بعد از بحث الکتریسته ساکن و طرح میدان الکتریکی یکنواخت و غیر یکنواخت می توان نمونه عملی و کاربردی میدان الکتریکی یکنواخت را به نام خازن طرح و اطلاعات عمومی و حتی محاسبه ظرفیت و عوامل موثر در آن را مطرح کرد. سایر مطالب مربوط به خازن تناسب با طرح در فیزیک پیش دانشگاهی دارد. برای جلوگیری از ازدیاد حجم در

فیزیک ۲ پیش دانشگاهی می توان مباحثی از حرکت نوسانی و مفاهیم اولیه موج را به فیزک ۳ منتقل کرد. این امر هم، هدف کسب اطلاعات عمومی در فیزیک ۳ را برای دانش آموزان برآورده می کند و هم از تکرار بعضی مطالب که در پیش دانشگاهی وجود دارد جلوگیری می نماید.

۵. تمرین ها و مسایل آخر هر فصل از حیث ترتیب و تعداد متناسب با موضوعهای مطرح شده در هر فصل نیست. ترتیب جهت هماهنگی درس و تمرین و انجام تکلیف برای دانش آموزان لازم است تا قبل از خاتمه فصل تمرینهای مربوط به هر موضوع را حل کنند.

به عنوان نمونه در فصل ۱ تمرین مشابه و تکراری وجود دارد (شماره ۴، ۵، ۶، ۷، ۸) و در فصل ۳ حرکت نوسانی، موج و صوت تمرین و سؤال کافی ندارد. در بحث خودالقایی اصلاً تمرین ارایه نشده است. تمرین ها عموماً بدون جواب است که در کلیه کتابهای نظام جدید این روش اعمال شده است.

در کتابهای نظام قدیم کل مسایل آخر فصل با جواب درج شده بود. وجود جواب هم برای دانش آموز در حین تمرین اثر روانی و مطلوب دارد و تضمین کننده صحت راه حل او در منزل است و هم مانع حل غلط مسایل در بعضی کلاسها می گردد. نظیر آن چه در مورد مسئله ۱۲ ص۵۶ بحث خازن ها رخ داده است و به رغم بحث بین همکاران بعضاً اصرار بر راه حل نادرست خویش دارند.

۶. ابهام و نارسایی در بعضی تعریفها و بیان مطالب محسوس است که به عنوان نمونه به موارد زیر اشاره می شود.

الف: تعریف میدان مغناطیسی و رابطه آن با اندازه میدان در ص ۹ و ص ۱۰

ب: تعریف واحد مغناطیسی (T) از کدام رابطه صحیح است $B=\frac{F}{IL}$ یا $B=\frac{F}{q.v}$ و یا $B=\frac{\Phi}{A}$ و یا $T=\frac{N}{m.A}$، $\frac{N.s}{c.m}$) و یا $T=\frac{wb}{m^2}$) که در صورت لزوم رابطه $B=\frac{\Phi}{A}$ در پاورقی قید و متذکر شویم که در بحث شار مغناطیسی این تعریف ارایه خواهد شد.

ج: در تعریف آمپر واحد شدت جریان، ذکر رابطه $\frac{F}{L}=\frac{\mu o}{2\pi}\times\frac{I_1 I_2}{r}$ به فهم مطلب کمک می کند دانش آموز با دو رابطه $B=\frac{\mu o}{2\pi}\frac{I}{r}$ و $F=I.LB$ آشنایی دارد و تلفیق این دو از حیث ریاضی برای او بسیار آسان است. این موضوع به فهم نیروی دافعه و جاذبه بین دو سیم راست و موازی نیز کمک می کند. (طرح همین موضوع در کتاب فیزیک ۴ فصل دینامیک، ضرورت رفع ابهام و نارسایی را چند برابر می کند.)

د ـ شروع فصل موج و حرکت نوسانی نیاز به یک مقدمه دارد که برای ایجاد زمینه ذهنی ارتباط موج و حرکت نوسانی برای دانش آموز مفید است. ذکر مثالهایی از موج در زندگی روزمره و رابطه حرکت نوسانی با موج (مشابه آن چه در ص ۶۱ برای حرکت وزنه ـ فنر و رسم موج روی کاغذ متحرک نمایش داده شده است.) بسیار ضروری است.

هـ شروع بحث موج به طور مستقل در ص ۶۵ بدون تعریف و تقسیم بندی لازم صورت گرفته است تیتر ۳ـ۲ موج ها بعد موج های مکانیکی بدون شماره و موج های صوتی که بخشی از موج مکانیکی است با تیتر ۳ـ۳ و موج الکترومغناطیسی با تیتر ۳ـ۴ تقسیم بندی بسیار نامناسبی است که پیشنهاد می شود بعد از تیتر ۳ـ۲ موج ها، ابتدا موج تعریف و چند مثال از انواع آن ذکر شود، موج آب، طناب، نور ـ صوت ـ گرما سپس با بیان تفاوت در این موج ها، تقسیم بندی موج مکانیکی و غیر مکانیکی ارایه شود. همچنین موج طولی و عرضی مجزا از موج مکانیکی و غیرمکانیکی تقسیم بندی می شود.

در خاتمه همان طور که از صوت به عنوان یک نمونه از امواج مکانیکی بیش تر بحث شده می توان از نور هم به عنوان یک نمونه از امواج غیرمکانیکی (الکترومغناطیس) بحث شود طرح نور به عنوان موج زمینه ساز مفاهیم فصل آخر فیزیک جدید نیز خواهد بود و دانش آموزی که وارد پیش دانشگاهی نمی شود اطلاعات عمومی در همین زمینه کسب خواهد کرد.

۷. فصل آخر (فیزیک جدید) مجموعه ای است از مطالب متنوع، فشرده و گاه غیرمرتبط با یکدیگر که به طور خیلی خلاصه و بعضاً نامفهوم طرح شده است که بهتر است بعضی مطالب یا اصلاً طرح نشود و اگر ضرورت طرح آن وجود دارد کامل تر ارایه گردد.

مطالب زیر در خصوص این فصل مدّنظر است.

الف) فصل با عنوان فیزیک جدید مطرح شده و در مقدمه به دو نظریه نسبیت و کوانتومی اشاره شده است که تیتر نظریه کوانتومی با شماره ۴ـ۱ آغاز و لازم است تیتر نظریه نسبیتی با شماره ۴ـ۲ مطرح شود.

نظریه نسبیت قبلاً در آخر فیزیک ۴ چاپ می شد که چون تدریس آن اختیاری اعلام شده بود، عملاً تدریس نشد و در چاپ های جدید نیز حذف شده است.

ضرورت طرح نظریه نسبیت با همان مطالب در این فصل احساس می شود و دانش آموز دوره دبیرستان نیاز جدی به اطلاعات عمومی در این زمینه دارد.

که برای جلوگیری از ازدیاد حجم بعضی مفاهیم مشکل و غیرضروری در نظریه کوانتومی را می توان حذف نمود و به ارایه اطلاعات عمومی بسنده نمود.

(به عنوان الگو مباحث فیزیک کوانتومی در کتاب فیزیک سال سوّم رشته علوم انسانی نظام قدیم می تواند مورد توجه باشد.)

ب) در بحث ترازهای انرژی اتم و محاسبه طول موج، مفاهیم مطرح شده در مدل اتمی بور ص ۹۲ و روابط ریاضی آن کفایت می کند البته با توضیح بیشتر در خصوص ترازهای برانگیخته و ترازهای پایه، گرچه درج رابطه های بالمر و ریدبرگ به عنوان مقدمه تاریخی برای رسیدن به مدل اتمی بور مطرح شده ولی ذکر رابطه های ریاضی مجزا برای آن و طرح مثال بر حجم و سنگینی مطالب می افزاید که با توجه به اثبات ریاضی رابطه ریدبرگ در ص ۹۳ و طرح نمودار جابه جایی ترازها در همین صفحه مطالب مطرح شده در ص ۹۰ حذف شود.

ج) بحث ترازهای انرژی هسته و نیروی هسته ای (ص ۹۷ و ص۹۸)

در درجه اوّل حذف شود و یا اطلاعاتی اجمالی از مدل های هسته ای، نوکلئون به عنوان یک ذره بنیادی و تقسیم بندی نیروهای بنیادی از جمله نیروی الکترو ضعیف و الکترو قوی ارایه شود. طرح این گونه مفاهیم بر فرض آن که توان علمی برای توضیح و تشریح آن از طرف همکاران وجود داشته باشد، درک آن برای دانش آموزان بسیار سنگین است و مزید بر این دو دلیل، به زمان ارایه آن که پایان ترم تحصیلی است نیز باید توجه نمود.

د) بحث رادیو اکتیویته بحث لازم و قابل فهمی است.

با توجه به طرح این موضوع در کتب شیمی و درس زیست شناسی و بهداشت و همچنین طرح آن در اخبار علمی و زندگی روزمره به نظر می رسد که سایر مطالب مطرح در فصل آخر ضروری باشد و حذف آن چنان که در بخشنامه سال تحصیلی ۷۷ـ۷۶ ترم اوّل به آن اشاره شده مناسب نیست.

خاتمه: امید است بررسی حاضر در درجه اوّل انگیزه ای شود برای سایر همکاران تا به نقد و بررسی کامل تر و علمی تر، کتب درسی بپردازند و نواقص این بررسی را نیز برطرف کنند و در ثانی نقطه های ضعف و قوّت ارایه شده توسط همکاران که در حقیقت بهترین افراد برای نقد کتب درسی هستند مورد توجه گروه برنامه ریزی کتب درسی قرار گیرد و از حصار تنگ مرکز کشور خود را رهانیده و صاحب نظران گمنام در نقاط دور دست کشور نسبت به مرکز را جستجو نمایند و از نظراتشان کلّ جامعه آموزش و پرورش را بهره مند سازند.

با امید به آینده های بهتر در نظام آموزشی

ضمیمه نقد کتاب فیزیک ۳

طرح پیشنهادی فصل بندی کتاب فیزیک ۳

۱ـ مقدمه: بیان اصول کلّی حاکم بر کتاب شامل ۳ بخش مجزا از هم

بخش ۱ ⇐ الکترومغناطیس

بخش ۲ ⇐ موج و حرکت نوسانی (موج و پدیده های ارتعاشی)

بخش ۳ ⇐ فیزیک جدید

۲ـ بخش یک: ابتدا یک مقدمه در تعریف و جایگاه الکترومغناطیس به عنوان زیربنای صنعت برق ـ الکترونیک ـ مخابرات (با سیم و بی سیم ـ ماهواره ای)

سپس فصول متعدد به شرح ذیل:

فصل ۱ ⇐ مغناطیس (مفاهیم کلّی) (آهنربا ـ تاریخچه ـ میدان و ...)

فصل ۲ ⇐ اثر مغناطیسی جریان الکتریکی (سیم راست ـ پیچه ـ سیملوله و ...)

فصل ۳ ⇐ نیروی الکتروموتوری (نیروی وارد بر بار متحرک ـ سیم حامل جریان ـ بین دو سیم حامل جریان، قاب متحرک حامل جریان در میدان مغناطیسی)

فصل ۴ ⇐ جریان القایی (متناوب) (شار ـ تغییر شار ـ قانون فارادی و لنز ـ خود القا ـ مولد جریان متناوب)

۳ـ بخش دو: ابتدا یک مقدمه در خصوص پدیده های ارتعاشی ـ موج و ارتباط این دو و نمونه های کاربردی در زندگی روزمره

سپس فصول دو گانه به شرح ذیل:

فصل ۱ ⇐ حرکت نوسانی (تعریف ـ معرفی نوسان گرها ـ آونگ ـ فنر ـ معادله ها ـ نمودارها ...)

فصل ۲ ⇐ موج (مولد موج (یک نوسان گر) ـ مفهوم موج (انتقال انرژی) ـ انواع موج ـ صوت ـ نور

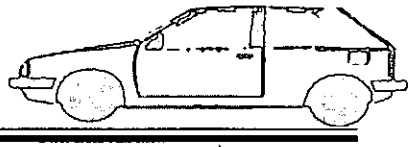
۴ـ بخش سه: ابتدا یک مقدمه در خصوص فیزیک قبل از قرن ۱۸ و ۱۹ (فیزیک کلاسیک) و بیان نارسایی آن در توجیه برخی پدیده ها و ضرورت ارایه نظریه های جدید جایگاه فیزیک جدید در زندگی روزمره و ... و دو نظریه کوانتومی و نسبیت و حدود هر یک

سپس فصول دو گانه به شرح ذیل:

فصل ۱ ⇐ نظریه کوانتومی (مفهوم کوانتوم ـ توجیه طیف اتمی ـ مدل های اتمی بور ـ هسته ـ رادیواکتیویته)

فصل ۲ ⇐ نظریه نسبیت (اصول نسبیت خاص ـ مفاهیم انقباض طول ـ اتساع زمان ـ تغییر جرم و رابطه های این مفاهیم با سرعت نور)

فرود قطره‌های باران بر اتومبیل بدون برخورد با شیشه عقب



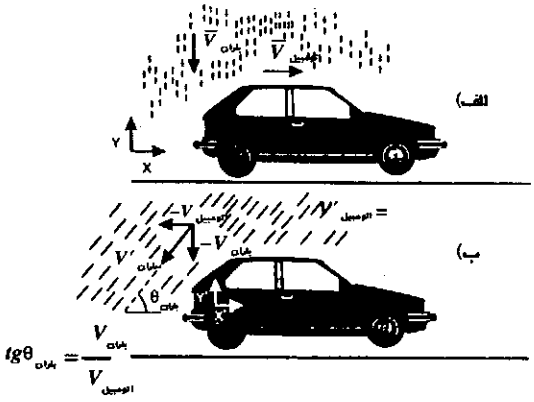
پیترو فرارو*

هنگام رانندگی با یک اتومبیل در یک روز بارانی، ممکن است آزمایش فیزیکی جالبی را انجام دهید: و آن اندازه گیری فرود قطره های باران است. روش اندازه گیری بر پایه حرکت نسبی بین اتومبیل و قطره های باران استوار است. برای انجام درست این روش دو شرط باید برقرار باشد: باران باید قائم ببارد (بادی نوزد) و دیگر آنکه شیشهٔ عقب اتومبیل نباید قائم باشد.

فکر چنین آزمایشی در یک عصر یکشنبه وقتی که با همسرم با سرعتی قریب به ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت به سوی خانه می رفتیم به ذهنم خطور کرد. ناگهان هوا باریدن گرفت ولی متوجه شدم که هیچ قطره بارانی به شیشه عقب اتومبیلم برخورد نمی کند و شیشه کاملاً خشک است. چند دقیقه بعد وقتی در ترافیک سنگین سرعتم را کم کردم همسرم متوجه شد که قطره های باران شروع به برخورد با شیشهٔ عقب اتومبیل کرده اند! دریافتیم که روش جالبی برای تخمین سرعت قطره های باران کشف کرده ایم.

چند روز بعد درباره تجربه و کشفمان در کلاس صحبت کردم چیزی که اغلب دانشجویان تا آن لحظه هرگز به این نکته توجه نکرده بودند که در یک روز بارانی شدید بر سر شیشه عقب یک اتومبیل در حال حرکت چه پیش می آید. وقتی من این نظر را ابراز کردم که ممکن است در سرعتهای معینی قطره های باران نتوانند به شیشه عقب اتومبیل برخورد کنند، فقط دو دانشجو توانستند توجیه قابل قبولی برای این پدیده ارائه دهند. تصمیم گرفتم جلسه ای را به بررسی فیزیک این پدیده اختصاص دهم.

فرض کنید که قطره های باران با سرعت ثابتی بطور قائم فرود آیند.



◆ توضیح شکل ۱. الف- در چارچوب مرجع زمین، اتومبیل و قطره‌های باران بردارهای سرعت عمود بر هم دارند. ب- در چارچوب مرجع متصل به اتومبیل، بردار سرعت برآیند قطره‌های باران زاویه‌ای برابر $\theta_{باران}$ دارد.

در نتیجه هر قطره به سرعت حد رسیده است وگرنه باید میانگین سرعت قطره های باران را نزدیک زمین به دست آورد. اتومبیل و باران سرعتهای عمود بر هم دارند(شکل ۱ ـ الف) در حقیقت، در چارچوب مرجع زمین، بردار سرعت اتومبیل مؤلفه هایی به ترتیب زیر دارد:

$$V_{x\,\text{اتومبیل}} = V_{\text{اتومبیل}}$$

$$V_{y\,\text{اتومبیل}} = 0$$

در حالی که برای قطره های باران:

$$V_{x\,\text{باران}} = 0 \qquad (۲)$$

$$V_{y\,\text{باران}} = -V_{\text{باران}}$$

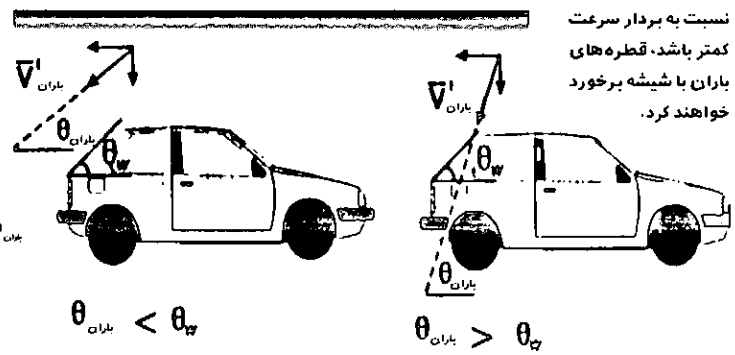
اگر شیب شیشه عقب اتومبیل ۴۵ درجه باشد، قطرهٔ

باران فقط وقتی به شیشه می خورد که سرعتش مساوی یا بیشتر از سرعت اتومبیل باشد. این امر به این دلیل رخ می دهد که قطره های فرودی، باران باید مسافتی را طی کنند که حداقل مساوی با مسافت طی شده توسط اتومبیل در همان بازهٔ زمانی Δt باشد. در کلاس متوجه شدم جدا از این حالت ساده که راحتتر به ذهن خطور می کند دانشجویان در حل مسئله در حالت کلی تر مشکل داشتند. به این نتیجه رسیدم که بی شک بهتر است سینماتیک اتومبیل و باران را در چارچوب مرجع (x', y') وابسته به اتومبیل بررسی کنم(شکل ۱ ـ ب). در این حالت دانشجویان مسئله را راحتتر یافتند و با رسم نمودارهایی شروع به حل آن کردند در چارچوب (x', y')، اتومبیل البته ساکن است، و بردار سرعت باران برابر است با:

$$V'_{x'\,\text{باران}} = -V_{\text{اتومبیل}}$$
$$V'_{y'\,\text{باران}} = -V_{\text{باران}} \qquad (۳)$$

شکل ۲ بردار سرعت قطره باران را در چارچوب مرجع (x', y') نشان می دهد. جهت بردار سرعت بر جهت مسیر فرود باران منطبق است. آشکار است که قطرهٔ باران فقط وقتی با شیشه برخورد می کند که مسیر آن سطح شیشه را قطع کند. اگر شیب نسبت به بردار سرعت برآیند بیشتر باشد قطره های باران با شیشه برخورد نخواهند کرد. در چارچوب مرجع (x', y') سرعت باران $(V_{\text{باران}})$ زاویهٔ $\theta_{\text{باران}}$ دارد که برابر است با:

$$tg\theta_{\text{باران}} = \frac{V_{\text{باران}}}{V_{\text{اتومبیل}}} \qquad (۴)$$



◊ **توضیح شکل ۲. وقتی شیب شیشه عقب اتومبیل نسبت به بردار سرعت برآیند قطره باران بیشتر باشد، قطرهٔ باران با شیشه عقب برخورد نخواهد کرد. وقتی شیب شیشه عقب نسبت به بردار سرعت کمتر باشد، قطره های باران با شیشه برخورد خواهند کرد.**

اگر شیشه عقب زاویهٔ $\theta_{\text{شیشه}}$ با محور x ها بسازد، در آن صورت قطرهٔ باران وقتی به شیشه برخورد می کند که $\theta_{\text{شیشه}} \geq \theta_{\text{باران}}$ باشد (شکل ۲). برای زاویه معین $\theta_{\text{شیشه}}$ از شیشه عقب و سرعت معین باران $V_{\text{باران}}$، شیشه عقب بسته به سرعت اتومبیل $(V_{\text{اتومبیل}})$ خشک یا تر خواهد بود. وقتی $\theta_{\text{شیشه}} = \theta_{\text{باران}}$ باشد قطره های باران شروع به برخورد با شیشه خواهند کرد و سرعت قطره ها از رابطهٔ زیر به دست می آید:

$$V_{\text{باران}} V = V_{\text{اتومبیل}}\, tg\theta_{\text{شیشه}} \qquad (۵)$$

از آنجا که این آزمایش باید در یک روز بارانی انجام شود، لاجرم باید برخی احتیاطهای ایمنی را رعایت نمود: اولاً جادهٔ مسابقات اتومبیل رانی مناسبتر از بزرگراه است، ثانیاً حداقل سه نفر در اتومبیل باشند(راننده، یک نفر برای خواندن سرعت سنج و یادداشت سرعتها و یک نفر برای مشاهدهٔ اتفاقاتی که بر شیشه عقب رخ می دهد).

ما این تجربه را به روش زیر انجام دادیم:

الف ـ من اتومبیل را با سرعتی راندم که قطره های باران به شیشه عقب برخورد نکنند (در حدود ۵۰ کیلومتر بر ساعت)

ب ـ سرعت اتومبیل را به آرامی کم کردم.

ج ـ وقتی قطره های باران روی شیشه عقب مشاهده شدند، سرعت اتومبیل در همان لحظه یادداشت شد.

د ـ این مراحل به دفعات تکرار شد.

ما مقادیر سرعت را در گسترهٔ $۴۰ \leq V_{\text{اتومبیل}} \leq ۳۰$ کیلومتر بر ساعت یادداشت کردیم. با توجه به اینکه شیب شیشه اتومبیل من $\theta_{\text{شیشه}} = ۵۵$ است از معادلهٔ (۵) سرعت قطره های با گسترهٔ زیر بدست آمد:

$$۴۳ \frac{km}{h} \leq V_{\text{باران}} \leq ۵۷ \frac{km}{h}$$

یا

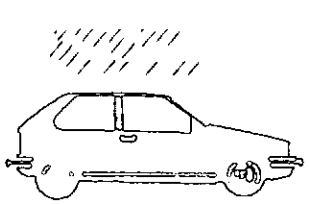
$$۱۲ \frac{m}{S} \leq V_{\text{باران}} \leq ۱۶ \frac{m}{S}$$

مترجم: عبدالحسن بصیره
(عضو هیئت علمی دانشگاه کردستان)

مرجع:

The physics teacher, Dec 1997, P 523-524.

* (Pietro Ferraro)، استاد فیزیک دانشگاه ناپل ایتالیا



آزمایشهای ساده

قسمت دوم: الکتریسیتهٔ ساکن

اصغر نوروزیان

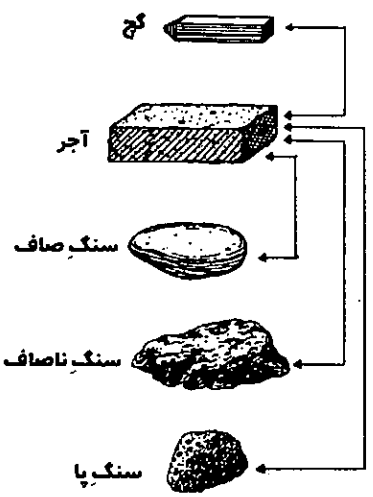
مرد خردمند هنرپیشه را
عمر دوبایست در این روزگار
تا به یکی تجربه اندوختن
در دگری تجربه بردن به کار

همان طور که در قسمت اول تذکر دادم، این آزمایشها با وسایل ساده و ارزان قیمت و اشیاء دور ریختنی اجرا می شود، در قسمت اوّل ده آزمایش مربوط به مکانیک به نظر همکاران محترم و دانش آموزان عزیز رسید. در این قسمت ده آزمایش دربارهٔ الکتریسیتهٔ ساکن را می نویسم.

لازم به تذکر است که آزمایشهای مربوط به الکتریسیتهٔ ساکن در محیط خشک و سرد بهتر انجام می گیرد و در نتیجه درجهٔ رطوبت هوا به هر ترتیبی مثلاً تنفس انسان و حیوانات، گیاهان، درختها و جوشیدن آب و امثال آن بالا رود از آزمایش نمی توان نتیجهٔ مطلوب به دست آورد.

به طوری که می دانید، تمام اجسام از مولکول و اتم تشکیل شده است. مقدار بار الکتریکی مثبت در یک ذرّه با مقدار بار الکتریکی منفی آن برابر است و در نتیجه تمام اجسام در حالت عادی خنثی هستند و هیچ بار الکتریکی اضافی ندارند. حال اگر دو جسم غیرهمجنس را به هم مالش دهیم، الکترونها از یکی کنده شده روی جسم دوم قرار می گیرد و در نتیجه جسم اوّل دارای بار مثبت و جسم دوم دارای بار منفی می شود. وجود این بارها را با آزمایشهای مختلف می توان ثابت کرد. مقدار بار الکتریکی به نوع دو جسم و شدّت و مدّت مالش بستگی دارد. شاید تعجّب کنید که چرا برخی از اجسام در اثر مالش با بعضی از اجسام بار بیشتری تولید می کند. **چرا میلهٔ لاکی را با پارچهٔ پشمی و میله شیشه ای را با پارچهٔ ابریشمی باید مالش داد تا مقدار قابل توجّهی بار الکتریکی ظاهر شود؟**

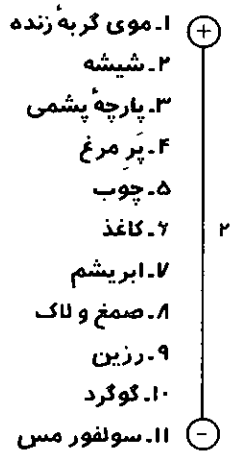
برای توضیح این مطلب، به این تشبیه توجّه کنید: آجری را روی سنگ صاف مالش دهید، مقدار ذرّات کنده شده از آجر خیلی کم است. اگر همین آجر را روی سنگ ناصاف معمولی بکشید، ذرّات کنده شده بیشتر می شود، و اگر آن را روی سنگ پا بکشید مقدار زیادی از ذرّات آجر جدا می شود. در صورتی که اگر همین آجر را روی گچ بکشید، این مرتبه ذرّات گچ کنده می شود. اگر این اجسام را به ترتیب نرمی و سختی در یک ستون مرتب کنیم (شکل ۱) معلوم می شود که:



◆ شکل۱

الف ـ هر جسم از جسم بالایی ذرّاتی را می کند، در صورتی که در مقابل جسم پایینی ذرّاتش کنده می شود.

ب ـ هرچه فاصلهٔ دو جسم بیشتر باشد که ذرّات کنده شده نیز بیشتر می شود. به همین ترتیب به جدول مقابل توجّه کنید (شکل ۲)



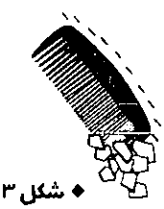
◆ شکل ۲

الف ـ هر جسم اگر با یکی از اجسام بالایی مالش داده شود، از آن جسم الکترون می گیرد و دارای بار منفی می شود. در صورتی که اگر با یکی از اجسام پایینی مالش داده شود، الکترون از دست می دهد و دارای بار مثبت می شود.

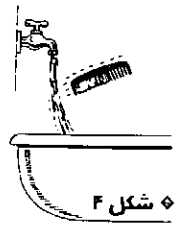
ب ـ هر چه فاصلهٔ دو جسم از یکدیگر زیادتر باشد، الکترون بیشتری کنده می شود، به همین دلیل است که میلهٔ لاکی را با پارچهٔ پشمی و شیشه را با پارچهٔ ابریشمی مالش می دهند. در صورتی که اگر شیشه را با پارچهٔ پشمی مالش دهند. چون فاصله خیلی کم است عملاً بار ناچیزی ظاهر می شود.

به خاطر داشته باشید که تمام آزمایشهای بعدی و هر آزمایشی که مربوط به الکتریسیتهٔ ساکن باشد بایستی در هوای خشک و سرد انجام گیرد.

آزمایش ۱ : یک میلهٔ لاکی یا پلاستیکی مانند شانه را با پوست گربه یا پارچهٔ پشمی چندین بار به شدّت مالش دهید و بعد به اجسام ریز و سبک مانند قطعات بسیار ریز دستمال کاغذی نزدیک کنید و ببینید که آنها اوّل جذب میله (شکل ۳)


◆ شکل ۳

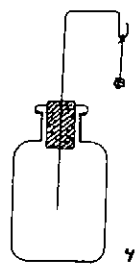
و بعد، از آن دور می شوند (میلهٔ مالش داده شده را به ذرّات گچ، برادهٔ فلزات و چیزهای ریز و سبک دیگری نزدیک کنید و ببینید چه اتفاقی می افتد؟ شیر آب را کمی باز کنید و انحراف مسیر باریکهٔ آب را با نزدیک کردن میله مالش داده شده به آن ملاحظه کنید (شکل ۴).


◆ شکل ۴

اگر بطری شیشه ای یا لوله آزمایش را با پارچهٔ ابریشمی مالش دهید و به قطعات بسیار ریز دستمال کاغذی نزدیک کنید می بینید اول آنها را جذب (شکل ۵) می کند و بعد آنها را می راند.

◆ شکل ۵

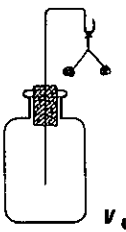
آزمایش ۲ : گلولهٔ کوچک بسیار سبکی را که از مغز ساقهٔ بوتهٔ ذرّت یا چیزهای سبک دیگر ساخته شده است به وسیلهٔ نخ ابریشمی از پایه ای مطابق شکل (۶) بیاویزید.


◆ شکل ۶

این اسباب ساده را در اصطلاح **آونگ الکتریکی ساده** می نامند. اگر جسم باردار را به آن نزدیک کنید گلوله جذب آن می شود و پس از مدّتی (که به قدر کافی از آن جسم بار الکتریکی گرفت) به شدت از جسم باردار دور می شود (دو بار همنام یکدیگر را می رانند) و اگر دستتان را به گلولهٔ آونگ که در حال فرار است نزدیک کنید به سرعت به دست شما می چسبد و بار خود را از راه بدن شما به زمین می فرستد و گلوله دو مرتبه خنثی می شود و جذب جسم باردار می شود.

بهتر است به جای گلولهٔ فوق الذکر یک قطعه بسیار کوچک زرورق فلّزی مانند ورق نازک آلومینیمی که برای پیچیدن شکلات و کره به کار می رود را به انتهای نخ ابریشمی قرار داده و به صورت گلوله درآورید و به پایه ای بیاویزید.

اگر دو گلولهٔ سبک وزنی را به دو انتهای نخ ابریشمی ببندید و به وسیله نخ ابریشمی دیگری، آن را از وسط به پایه ای بیاویزید آونگ مضاعف خواهید داشت (شکل ۷).



◆ شکل ۷

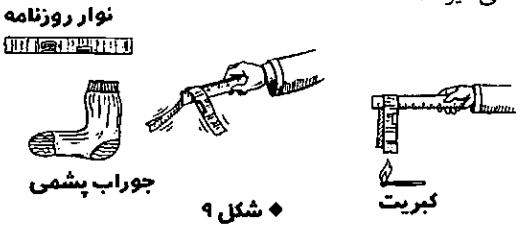
که به وسیلهٔ آن می توانید آزمایشهای جالبی را انجام دهید.

آزمایش ۳: یکی از دوستانتان روی چهار لیوان ضخیم و محکم که به طور معکوس پهلوی هم قرار گرفته اند بایستد و یک نفر دیگر با کیسهٔ لاستیکی مخصوص آب گرم که تا کرده است به مدّت تقریباً یک دقیقه لباس اولی را به شدّت مالش بدهد. اگر کسی انگشتش را به انگشت او نزدیک کند، جرقه ای می زند (شکل ۸).

◆ شکل ۸

عمل جرقه زدن که همان پریدن الکترونهاست بین شخصی که روی لیوانها ایستاده است و جسمی که به زمین اتصال دارد مانند شیرآب و رادیاتور بهتر انجام می گیرد.

آزمایش ۴: از یک صفحهٔ روزنامه باریکه ای تقریباً به ابعاد ۵۰×۵ سانتیمتر ببرید و آن را روی میز بگذارید و با پارچهٔ پشمی تقریباً ۲۰ بار مالش بدهید و بعد آن را از وسط روی لبهٔ خط کش بیاویزید. می بینید نصفه های نوار روزنامه یکدگیر را می رانند و به صورت عدد ۸ قرار می گیرند. چرا؟ (دو بار همنام یکدیگر را می رانند). حال کبریت روشن شده ای را زیر آن بگیرید نصفه ها بهم می چسبند چرا؟ (شکل ۹) (شعلهٔ کبریت دارای بخارآب است و بارهای الکتریکی را خنثی می کند، به این جهت است که آزمایشهای الکتریستهٔ ساکن در هوای مرطوب و گرم انجام نمی گیرند).



◆ شکل ۹

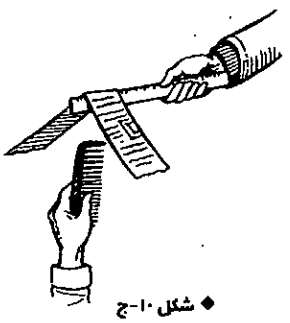
آزمایش ۵: **الکتریستهٔ مثبت و منفی**ـ یک باریکهٔ روزنامه ای را مانند آزمایش قبل تهیه کنید که در اثر مالش با پارچهٔ پشمی دو قسمت آن از همدیگر دور شده اند (شکل ۱۰ الف)

◆ شکل ۱۰-الف

حال یک بطری شیشه ای را با پارچه یا جوراب ابریشمی مالش دهید و از زیر به دو قسمت دور شدهٔ باریکهٔ روزنامه نزدیک کنید. بطری آنها را جذب می کند و زاویه بین دو قسمت کم می شود (شکل ۱۰ ب).

◆ شکل ۱۰-ب

می گویند شیشه دارای بار مثبت است و دو بار غیرهمنام یکدیگر را می ربایند. حال اگر یک شانه را با پارچهٔ پشمی مالش دهید و به دو قسمت نوار نزدیک کنید زاویه باز بزرگتر می شود و در نتیجه معلوم می شود که دو بار همنام یکدیگر را می رانند.

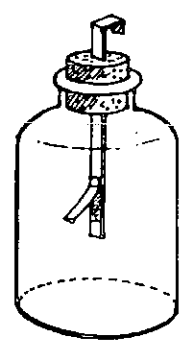


◆ شکل ۱۰-ج

آزمایش ۶ : یک الکتروسکوپ بسازید ـ و با آن آزمایشهای مختلف انجام بدهید . یک بطری دهن گشاد با چوب پنبه ای که قبلاً وارد موم آب کرده نموده اید ، انتخاب کنید و یک مفتول مسی یا برنجی بشکل L تهیّه کنید و آن را از طرف بالایش وارد چوب پنبه کنید . بهتر است انتهای بالایی مفتول را مارپیچی کنید تا نیفتد و یک زرورق فلزّی (ورقهٔ نازک آلومینیمی) را سوار قسمت افقی مفتول کرده وارد بطری کنید و درش را محکم ببندید . با این وسیلهٔ ساده که اساس الکتروسکوپ را نشان می دهد (شکل ۱۱)

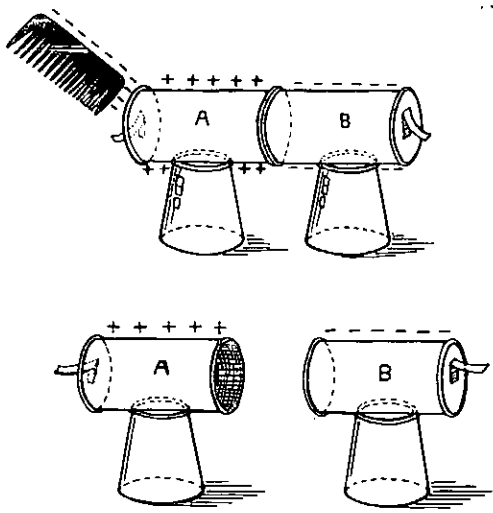
○ شکل ۱۱

به وجود بار الکتریکی و نوع آن پی می برید . شانهٔ مالش داده شده را به قسمت بالایی مفتول نزدیک کنید ، ورقه ها از هم دور می شوند (چرا؟) . شانه را دور ببرید زرورقها بسته می شوند . دو مرتبه آزمایش را تکرار کنید و انگشتتان را به مفتول بزنید (یا با سیم به زمین وصل کنید) زرورقها بسته می شوند (چرا؟) دستتان را از مفتول بردارید و شانه را هم عقب ببرید ، زرورقها دو مرتبه باز می شوند (چرا؟) . آیا نوع بار الکتریکی در اول آزمایش با بار آخر آزمایش یکی است؟ ممکن است به جای مفتول ، تیغهٔ فلزی باریکی را از چوب پنبه گذرانده و به انتهای آن یک زرورق بچسبانید یا با نخ ببندید بقسمی که طرف دیگر آن آزاد باشد (شکل ۱۲) .



○ شکل ۱۲

آزمایش ۷ : الکتریسیته القایی ـ دو قوطی کنسرو یا شیر خشک را از کنارشان روی دو استکان بگذارید به قسمی که یک قاعدهٔ آنها با هم تماس داشته باشد . به وسط قاعده های بستهٔ آنها ابتدا یک زرورق را بچسبانید طوری که انتهای پایینی زرورق آزاد باشد . حال آزمایشهای زیر را به ترتیب انجام دهید :



○ شکل ۱۳

الف ـ شانه مالش داده شده (بار منفی) را به یکی از قوطیها مثلاً A نزدیک کنید . هر دو زرورق از قاعدهٔ قوطیها دور می شوند و اگر شانه را دور کنید ، زرورقها به حال اول برمی گردند .

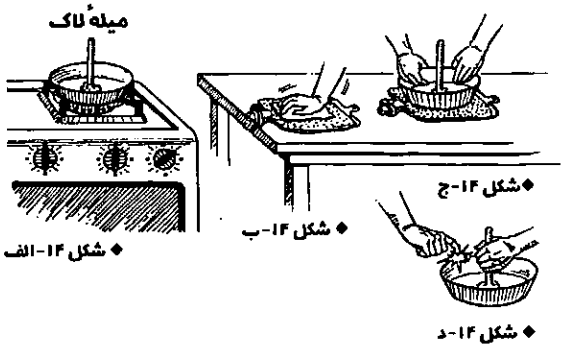
ب ـ شانهٔ باردار را به یکی از قوطیها تماس بدهید ، زرورقها باز می شوند . اگر شانه را دور کنید ، زرورقها باز می مانند (هردو قوطی بار منفی دارند) .

ج ـ حال مثل حالت الف شانهٔ باردار را به قوطی A نزدیک کنید زرورقها دور می شوند . و در همین حال استکان های نارسانا را بگیرید و آنها را کمی از هم دور کنید و شانه را به عقب ببرید زرورقها باز می مانند و به کمک آونگ مضاعف یا الکتروسکوپ ببینید که قوطی A بار مثبت و قوطی B بار منفی دارد (الکتریسیتهٔ القایی) .

و ـ اگر با گرفتن استکانها دو قوطی را بهم بچسبانید ، هردو زرورق به حال تعادل بر می گردند . یعنی بار مثبت قوطی A بار منفی قوطی B را کاملاً خنثی می کند .

هـ ـ حال مانند آزمایش الف که دو قوطی با هم تماس دارند و شانه باردار نزدیک یکی از آنهاست . انگشتتان را با یکی از قوطیها تماس بدهید و فوراً دور کنید و شانه باردار را هم عقب بکشید . هردو زرورق باز می شوند (هردو قوطی بار مثبت خواهند داشت) . چرا؟

آزمایش ۸ : یک دستگاه الکتروفور بسازید. برای اینکه با یک دستگاه جرقه های فراوان به دست آورید، یک بشقاب فلزی (مخصوص کیک پزی) یا ظرف حلبی یا آلومینیمی را روی اجاق گرم کنید و یک میلهٔ لاکی را به وسط آن فشار دهید تا ذوب شده و به آن بچسبد (شکل ۱۴ الف)



◆ شکل ۱۴-الف
◆ شکل ۱۴-ب
◆ شکل ۱۴-ج
◆ شکل ۱۴-د

پس از سرد شدن میلهٔ لاکی مانند دستهٔ نارسانایی خواهد بود. (برای اینکه دسته محکمتر باشد، وسط بشقاب را سوراخ کنید و یک دستهٔ پلاستیکی یا چوبی را به وسیلهٔ میخ یا پیچ به وسط بشقاب محکم کنید).

یک کیسهٔ لاستیکی مخصوص آب گرم یا به اندازهٔ آن از لاستیک تویی اتومبیل استفاده کنید و روی میز به کمک یک قطعه پوست یا پارچهٔ پشمی ۴۰ یا ۵۰ بار مالش دهید (شکل ۱۴ ب).

به کمک دو دست روی بشقاب فلزّی فشار دهید، بعد دستها را از روی آن بردارید (شکل ۱۴ ج).

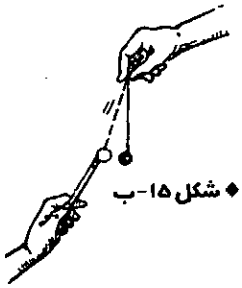
و بشقاب را در حالی که از دستهٔ نارسانایش گرفته اید به انگشت خود نزدیک کنید، صدای جرقّه را می شنوید و اگر تاریک باشد نور جرقه ای را می بینید (شکل ۱۴ د).

عمل گذاشتن بشقاب روی لاستیک یا کیسهٔ آب گرم و نزدیک کردن آن به انگشت را به دفعات زیاد (حتی تا صد بار) تکرار کنید و پرش جرقه را ملاحظه نمایید.

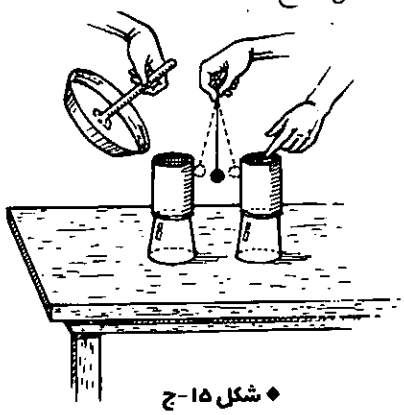
آزمایش ۹ : بشقاب فلزّی الکتروفور را که بار دارد به نزدیکی گلولهٔ فلزّی یک آونگ الکتریکی ساده (بهتر است با گلولهٔ آلومینیمی باشد) ببرید و ببینید که آن را جذب می کند و بعد به شدت می راند (شکل ۱۵ الف).

◆ شکل ۱۵-الف

یک خودنویس یا خودکار پلاستیکی را با پارچهٔ پشمی مالش دهید و به گلولهٔ آونگ فوق الذکر نزدیک کنید آن را جذب می کند. (معلوم می شود که بشقاب فلزی الکتروفور بار مثبت داشته است)(شکل ۱۵ ب)

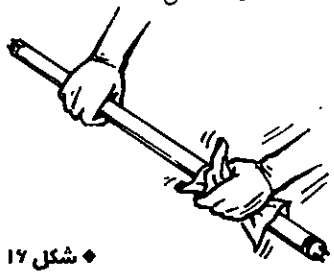

◆ شکل ۱۵-ب

حال دو قوطی کنسرو که کاغذ روی آنها را کنده باشید کاملاً خشک کنید و آنها را روی دو لیوان به فاصلهٔ کمی از هم قرار بدهید. یکی از دوستانتان با یک دست آونگ ساده که گلولهٔ فلزی دارد بین دو قوطی نگهدارد و با دست دیگر یکی از قوطیها را لمس کند. شما بشقاب فلزّی الکتروفور باردار را به قوطی دیگر نزدیک کنید. ملاحظه خواهید کرد که گلولهٔ فلزی آونگ بین دو قوطی به شدت نوسان می کند (شکل ۱۵ ج).


◆ شکل ۱۵-ج

آزمایش ۱۰ : الکتریسیتهٔ ساکن نور تولید می کند.

در یک اتاق تاریک، یک لامپ مهتابی (فلورسان) را به کمک پارچهٔ پشمی به شدّت مالش بدهید و نورانی شدن لامپ را ملاحظه کنید (شکل ۱۶).


◆ شکل ۱۶

محاسبه میدان الکتریکی برخی از توزیع های پیوسته بار به کمک ملاحظات هندسی و مفهوم تقارن

محمد عدالتی دانشجوی فیزیک دانشگاه صنعتی شریف

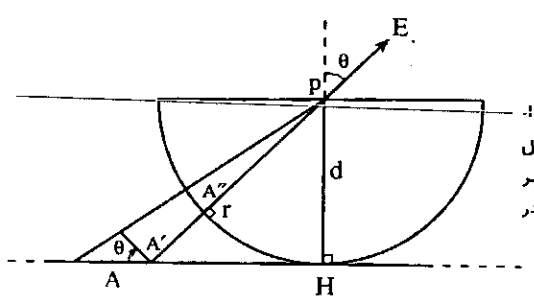
چکیده:

در اکثر دوره‌های درسی فیزیک میدان الکتریکی توزیع های پیوسته بار را به کمک روش های انتگرال گیری محاسبه می کنند. اما در این مقاله میدان این توزیع های بار را صرفاً به کمک هندسه به دست می آوریم.

میدان الکتریکی یک صفحهٔ نامحدود باردار:

یک صفحهٔ نامحدود باردار را با چگالی سطحی σ در نظر بگیرید. با استفاده از مفهوم تقارن، میدان در هر نقطه در راستای عمود بر صفحه قرار دارد. چون هر عنصر سطحی که در طرف راست صفحه موجود باشد. مشابه آن در طرف چپ نیز موجود است و مؤلفهٔ افقی میدانهای آنها همدیگر را خنثی می کند و فقط مؤلفه های عمودی آنها می ماند که با هم جمع می شود. برای کل عناصر سطحی صفحه نیز می توان این کار را انجام داد و نتیجه گرفت که میدان فقط در راستای عمودی است.

فرض کنید می خواهیم میدان الکتریکی ناشی از این صفحه را در نقطهٔ p به فاصلهٔ d از صفحه قرار دارد محاسبه کنیم. برای این کار از نقطهٔ p خطی بر صفحه عمود می کنیم تا صفحه را در نقطهٔ H قطع کند. حال به مرکز p وشعاع d یک نیم کره رسم می کنیم به طوری که تنها نقطهٔ تماس این نیم کره با صفحه همان نقطهٔ H باشد.



• شکل ۱: میدان حاصل از عنصر سطحی A در نقطهٔ p.

در شکل فقط مقطع عرضی صفحه و نیم کره نشان داده شده است.

اگر A عنصری سطحی از این توزیع بار باشد مؤلفهٔ عمودی میدان در نقطهٔ p، حاصل ازاین عنصر سطحی، عبارتست از:

$$E_{\perp} = k\frac{q}{r^2}Cos\theta \qquad ۱$$

که q بار موجود در این عنصر سطحی است که $q = \sigma A$ پس با جایگذاری در رابطهٔ ۱ داریم:

$$E_{\perp} = k\frac{\sigma A}{r^2}Cos\theta \qquad ۲$$

اما با توجه به شکل $A' = A\,Cos\theta$ و با جایگذاری در رابطهٔ ۲ داریم:

$$E_{\perp} = k\frac{\sigma A'}{r^2} \qquad ۳$$

حال r^2 را از رابطهٔ ۳ حذف می کنیم برای این کار با استفاده از تشابه داریم: $\frac{A'}{A''} = \frac{r^2}{d^2}$ که در آن A'' عنصر سطحی روی نیم کره است که متناظر با عنصر سطحی A روی صفحهٔ باردار است اگر رابطهٔ فوق را در ۳ جایگذاری کنیم داریم:

$$E_{\perp} = k\frac{\sigma A''}{d^2} \qquad ۴$$

میدان کل در نقطهٔ p جمع جبری تمام مؤلفه های عمودی ناشی از عناصر سطحی است پس:

$$E_{tot} = E_{\perp} + E_{\perp} + \cdots = k\frac{\sigma}{d^2}(A_1'' + A_2'' + \cdots) \qquad ۵$$

که A_i'' عناصر سطحی روی نیم کره است. از روی شکل واضح است که $A_1'' + A_2'' + \cdots = 2\pi d^2$ پس با جایگذاری در رابطهٔ ۵ داریم.

$$E_{tot} = k\frac{\sigma}{d^2}(2\pi d^2) = k\,2\pi\sigma \qquad 6$$

حال می دانیم که $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ پس اگر در رابطهٔ ۶ جایگذاری کنیم داریم:

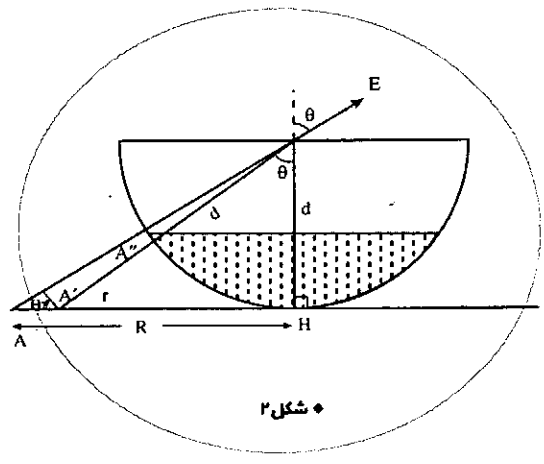
$$E_{tot} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \qquad 7$$

که ε_0 ثابت گذردهی خلا است. رابطهٔ ۷ میدان الکتریکی را در نقطهٔ p می دهد. همانطور که مشاهده می شود این میدان مستقل از فاصلهٔ d است در نتیجه میدان در هر نقطه به هر فاصله ای از صفحه (البته فاصله باید در مقایسه با صفحه ناچیز باشد) از رابطهٔ ۷ بدست می آید پس میدان حاصل از یک صفحهٔ نامحدود بار یکنواخت است.

میدان الکتریکی یک دیسک باردار:

یک قرص (دیسک) به شعاع R بار به طور یکنواخت با چگالی سطحی σ را در نظر بگیرید. می خواهیم میدان را در نقطه ای روی محور قرص و به فاصلهٔ d از مرکز قرص پیدا کنیم. روش کار مشابه پیدا کردن میدان الکتریکی نامحدود باردار است. تنها فرق آن این است که تمام سطح نیم کره به وسیلهٔ عناصر سطحی پوشیده نمی شود بلکه فقط یک سطح عرقچین کروی پوشیده می شود. با توجه به شکل ۲ و ملاحظات مربوط به مسئله قبل برای میدان در نقطهٔ p بدست می آوریم:

$$E_{tot} = k\frac{\sigma}{d^2}(A_1'' + A_2'' + \cdots)$$



◆ شکل۲

اما $A_1'' + A_2'' + \cdots$ برابر با مساحت ناحیهٔ تیره در شکل ۲ است. از هندسه می دانیم که مساحت این ناحیهٔ عرقچین برابر است با $2\pi(1-Cos\theta)d^2$ و با جایگذاری این رابطه در رابطهٔ ۲ داریم:

$$E_{tot} = k\frac{\sigma}{d^2}\,2\pi(1-Cos\theta)d^2 = 2\pi k\sigma(1-Cos\theta) \qquad 2$$

اما از شکل ۲ پیداست که $Cos\theta = \frac{d}{\sqrt{R^2+d^2}}$ و با جایگذاری این رابطه در رابطهٔ ۲ و همچنین قراردادن $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ در همان رابطه داریم:

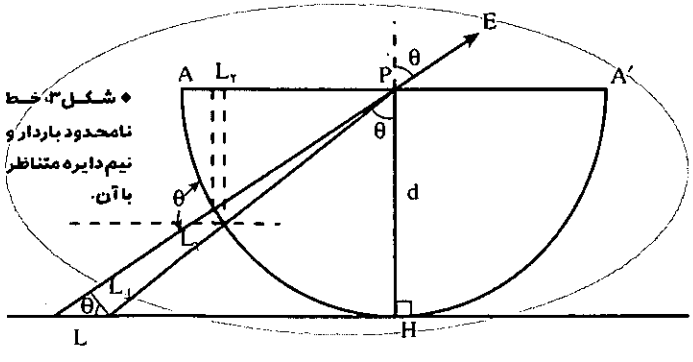
$$E_{tot} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1 - \frac{d}{\sqrt{R^2+d^2}}\right) \qquad 3$$

توجه داشته باشید که اگر می خواستیم میدان را از طریق انتگرال گیری حل کنیم. محاسبات بسیار پیچیده می شد و مزیت این روش در سادگی محاسبات آن است.

میدان الکتریکی یک خط نامحدود باردار:

یک خط نامحدود باردار را با چگالی خطی λ در نظر بگیرید. با استفاده از مفهوم تقارن می دانیم که راستای میدان در هر نقطه عمود بر خط باردار است.

فرض کنید می خواهیم میدان الکتریکی این خط نامحدود باردار را در نقطهٔ p که به فاصلهٔ d از خط قرار دارد را محاسبه کنیم. (البته در عمل خط نامحدود باردار وجود ندارد و برای اینکه این منظور برآورده شود، فاصلهٔ d در مقایسه با طول خط باید بسیار کوچک و قابل صرفنظر کردن باشد). برای این کار از نقطهٔ p خطی بر صفحه عمود می کنیم تا صفحه را در نقطهٔ H قطع کند. حال به مرکز p، شعاع d یک نیم دایره رسم می کنیم به طوریکه تنها نقطهٔ تماس این نیم دایره با صفحه همان نقطهٔ H باشد.



◆ شکل۳: خط نامحدود باردار و نیم دایره متناظر با آن.

اگر L عنصری طولی از این خط نامحدود باردار باشد، مؤلفهٔ عمودی میدان در نقطهٔ p، حاصل از این عنصر طولی عبارتست از:

$$E_{\perp} = k\left(\frac{\lambda L}{r^{2}}\right)Cos\theta \qquad ۱$$

اما از روی شکل پیداست که $L_{1} = L\,Cos\theta$ و با جایگذاری در رابطهٔ ۱ داریم:

$$E_{\perp} = k\frac{\lambda L_{\perp}}{r^{2}} \qquad ۲$$

اما از طرفی از هندسه می‌دانیم که $\frac{L_{1}}{r} = \frac{L_{1}}{d}$ و با جایگذاری در رابطهٔ ۲ داریم:

$$E_{\perp} = k\frac{\lambda L_{1}}{rd} \qquad ۳$$

حال باید r را از رابطهٔ ۳ حذف نمود برای این کار می‌دانیم که $r = \frac{D}{Cos\theta}$ و با جایگذاری در ۳ داریم:

$$E_{\perp} = k\frac{\lambda . L_{1}Cos\theta}{D^{2}} \qquad ۴$$

اما از روی شکل پیداست که $L_{1}Cos\theta = L_{2}$ و با جایگذاری در ۴ داریم: $E_{\perp} = k\left(\frac{\lambda L_{2}}{D^{2}}\right)$

میدان در نقطهٔ p حاصل جمع نرده‌ای میدان حاصل از این عناصر طولی است پس داریم:

۵

$$E_{tot} = E_{\perp_{1}} + E_{\perp_{2}} + \cdots = \frac{k\lambda}{2}\left(L_{2_{1}} + L_{2_{2}} + L_{2_{3}} + \cdots\right)$$

اما $L_{2_{1}} + L_{2_{2}} + L_{2_{3}} + \cdots$ برابر با طول پاره خط AA' است که برابر است با $2d$ و با جایگذاری در ۵ داریم:

$$E_{tot} = 2k\frac{\lambda}{d} \qquad ۶$$

حال با جایگذاری $\frac{1}{4\pi\varepsilon_{.}}$ به جای k در رابطهٔ σ داریم:

$$E_{tot} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_{.}d} \qquad ۷$$

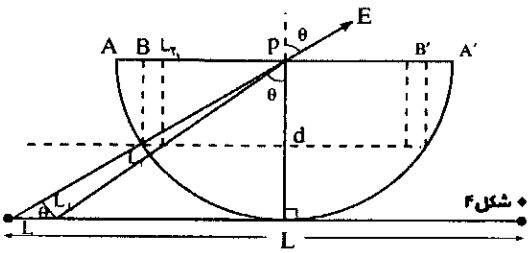
که رابطهٔ ۷ میدان حاصل از یک خط نامحدود باردار را در فاصلهٔ d از آن بدست می دهد. توجه داشته باشید که میدان متناسب با $\frac{1}{d}$ است

میدان الکتریکی یک خط محدود باردار:

یک خط محدود باردار به چگالی λ و طول L را در نظر بگیرید. فرض کنید می خواهیم میدان را در نقطه‌ای روی عمود منصف خط و به فاصلهٔ d از آن پیدا کنیم. با توجه به ملاحظات مسئله قبل برای میدان بدست می آوریم:

$$E_{tot} = E_{\perp_{1}} + E_{\perp_{2}} + \cdots = \frac{k\lambda}{d^{2}}\left(L_{2_{1}} + L_{2_{2}} + \cdots\right) \qquad ۱$$

اما در اینجا دیگر $L_{2_{1}} + L_{2_{2}} + \cdots$ برابر با طول پاره خط AA' نیست بلکه برابر با طول پاره خط BB' است.



شکل ۴

اما از طرفی می دانیم که $BP = d\,Sin\theta$ و

$$Sin\theta = \frac{\frac{L}{2}}{\sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^{2} + d^{2}}} \quad \text{و} \quad BB' = 2BP = 2d\,Sin\theta$$

و $BB' = L_{2_{1}} + L_{2_{2}} + \cdots$ روابط در رابطهٔ ۱ به دست می آوریم:

$$E_{tot} = \frac{k\lambda}{d^{2}}\,2d\,\frac{\frac{L}{2}}{\sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^{2} + d^{2}}} \qquad ۲$$

و با قراردادن $\frac{1}{4\pi\varepsilon_{.}}$ به جای k در رابطهٔ ۲ داریم:

$$E_{tot} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_{.}d}\,\frac{L}{\sqrt{L^{2} + 4d^{2}}} \qquad ۳$$

که رابطهٔ ۳ میدان حاصل از یک خط محدود باردار را روی عمود منصف آن و به فاصلهٔ d از آن بدست می دهند.

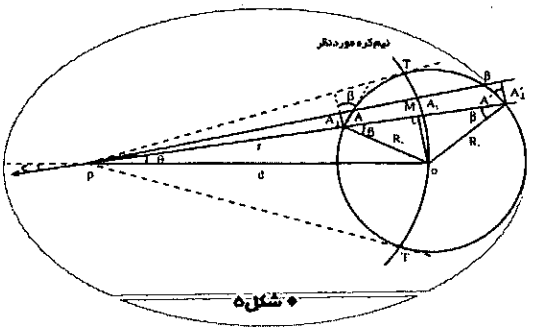
میدان الکتریکی یک کرهٔ باردار:

کرهٔ باردار با چگالی سطحی σ و شعاع r موجود است. فرض کنید می خواهیم میدان الکتریکی این کرهٔ را در نقطه‌ای به فاصلهٔ d از مرکز کره بیابیم. با استفاده از مفهوم تقارن درمی یابیم که راستای میدان، یک راستای شعاعی است. اگر A یک عنصر سطحی موجود بر روی

این کره باشد در آن صورت مؤلفهٔ افقی (شعاعی) این میدان در نقطهٔ p برابر است با:

$$E_c = k\left(\frac{\sigma A}{r^2}\right)Cos\theta \qquad ۱$$

برای حذف r^2 در رابطهٔ ۱ به مرکز P و شعاع d یک نیم کره رسم می کنیم؛ به طوری که کرهٔ قبلی را قطع نماید.



◆ شکل ۵

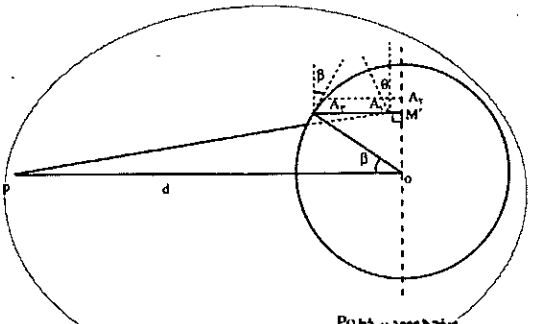
از روی شکل ۵ پیداست که $A = A_\perp / Cos\beta$ و در نتیجه اگر در رابطهٔ ۱ جایگزین کنیم داریم:

$$E_c = k\sigma\frac{A_\perp Cos\theta}{r^2 Cos\beta} \qquad ۲$$

اما با استفاده از تشابهات هندسی می دانیم که $\frac{A_\perp}{r^2} = \frac{A_2}{d^2}$ و اگر این رابطه را در ۲ جایگزین کنیم داریم:

$$E_c = k\sigma\frac{A_1}{d^2}\frac{Cos\theta}{Cos\beta} \qquad ۳$$

برای حذف نمودن مختصه های زاویه ای رابطه ۳ با توجه به شکل ۶ داریم:



◆ شکل ۶

$$A_2 = A_1 Cos\beta,\ A_1 Cos\theta = A_2 \qquad ۴$$

با جایگزین نمودن روابط ۴ در رابطهٔ ۳ داریم:

$$E_c = k\sigma\frac{A_2}{d^2}$$

اما میدان در نقطهٔ P مجموع جبری عناصر سطحی روی کره است پس برای میدان کل داریم:

$$E_{tot} = E_{c_1} + E_{c_2} + \cdots = k\frac{\sigma}{d^2}\left(A_{2_1} + A_{2_2} + \cdots\right)$$

اما $A_{2_1} + A_{2_2} + \cdots = 4\pi R_.^2$ و داریم:

$$E_{tot} = k\frac{(\sigma 4\pi R_.^2)}{d^2} = k\frac{q}{d^2} \qquad ۵$$

که q مقدار بار موجود در سطح کره است.

توجه داشته باشید که اگر می خواستیم مسئله را با استفاده از انتگرال حل کنیم مسئله بسیار پیچیده می شد. در واقع این مسئله از جهت تاریخی هم قابل توجه است چون نیوتن می خواست مسئله متناظر گرانشی آن را بدون استفاده از حساب دیفرانسیل حل نماید. در واقع روشی که در اینجا به کار برده شد برای حالت گرانشی نیز صادق است.

فرمول ۵ ثابت می کنند که یک کرهٔ باردار که بار q به طور یکنواخت روی آن پخش شده در نقاط خارج از کره مانند یک نقطهٔ باردار عمل می کند و انگار تمام بار آن کره در مرکز آن قرار دارد.

میدان الکتریکی یک سطح عرقچین کروی:

فرض کنید یک سطح عرقچین کروی با چگالی سطحی σ داریم و می خواهیم میدان را در نقطه ای به فاصلهٔ d از مرکز انحنای این سطح عرقچین و در راستایی که بر پاره خط AA' عمود است بیابیم. با استفاده از تقارن درمی یابیم که میدان در راستای عمود بر خط AA' (یعنی شعاعی است) است. روش کار مانند مسئله قبل است فقط به جای اینکه در رابطهٔ $E_{tot} = \frac{k\sigma}{d^2}\left(S_{2_1} + S_{2_2} + \cdots\right)$ به جای $S_{2_1} + S_{2_2} + \cdots$ مساحت کره را بگذاریم باید مساحت سطح عرقچین کروی را قرار دهیم. اما از هندسه می دانیم که مساحت سطح این عروقچین کروی برابر است با: $2\pi(1-Cos\alpha)R_.^2$ که $R_.$ شعاع انحنای این سطح عرقچین است و اگر این رابطه را در رابطهٔ بالا جایگذاری کنیم داریم:

$$E_{tot} = k\frac{\sigma}{d^2}\times 2\pi(1-Cos\alpha)R_.^2 \qquad ۱$$

با توجه به شکل ۷ برای $Cos\alpha$ داریم:

$$Cos\alpha = \sqrt{1 - Sin^2\alpha} = \sqrt{1 - [(l/2)^2/R_0^2]} = \frac{1}{2R_0}\sqrt{4R_0^2 - l^2}$$

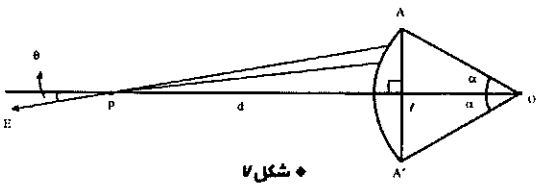
که در این رابطه $AA' = l$

و با جایگذاری رابطهٔ بالا در رابطهٔ ۱ داریم:

$$E_{tot} = k\frac{\sigma}{d^2}\,2\pi\left(\frac{2R_0 - \sqrt{4R_0^2 - l^2}}{2R_0}\right)R_0^2 \qquad 2$$

و با توجه به اینکه $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ و با جایگذاری در رابطهٔ ۲ داریم:

$$E_{tot} = \frac{\sigma R_0}{4\varepsilon_0 d^2}\left(2R_0 - \sqrt{4R_0^2 - l^2}\right)$$

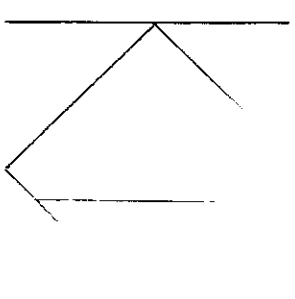


◆ شکل ۷

منبع اصلی در تهیهٔ این مقاله، مقالهٔ زیر بوده است:

F. Reif & H. Larkin "physically important integrals without calculus" Am. J. phys. Vol. 44. No. 6.June 1976 .

*** به‌طور معمول در کتابهای درسی با استفاده از قانون گوس به صورت ساده و مختصر و بسیار جالب، میدان الکتریکی را محاسبه می کنند. ر.ش به هالیدی - الکتریسیته فصل قانون گوس و رشد آموزش فیزیک شماره ۴۷ - قسمت II مقاله در حاشیه آموزش فیزیک.**



معمای فیزیکی شمع الاکلنگ

مارتین گاردنر[1]

قسمت پایین یک شمع استوانه ای را ببرید. تا نخ آن آشکار شود. یک سوزن را دقیقاً در وسط شمع فرو کنید. دو سر سوزن را روی لبهٔ دو لیوان قرار دهید. (مطابق شکل). زیر هر سر شمع یک بشقاب بگذارید تا قطرات ذوب شده در آنها جمع شوند. شمع را از دو طرف روشن کنید ضربه ملایمی به یک طرف بزنید. شمع شروع به بالا و پایین رفتن می کند، مثل یک الاکلنگ، حرکت تا زمانی که شمع بسوزد ادامه خواهد یافت.

شما ممکن است تصور کنید که هر دفعه از یک سر شمع مقداری موم به درون بشقاب می چکد و این باعث می شود این سر شمع اندکی سبکتر شود و این اختلاف وزن یک ماشین کوچک بوجود می آورد. اما آیا موضوع همین است؟ آیا اختلاف وزن کافی است؟ آیا می شود گفت تشکیل و چکیدن قطرات ذوب شده یک ضربه رو به بالا ایجاد می کند؟

برای فهمیدن جواب سؤال باید شمعی را از دو طرف روشن کنید.

مترجم: محمد حسین شمس (دبیر فیزیک از نی ریز فارس)

مرجع: The physics Teacher. SEP 93 p. 382

1. Martin Gardner

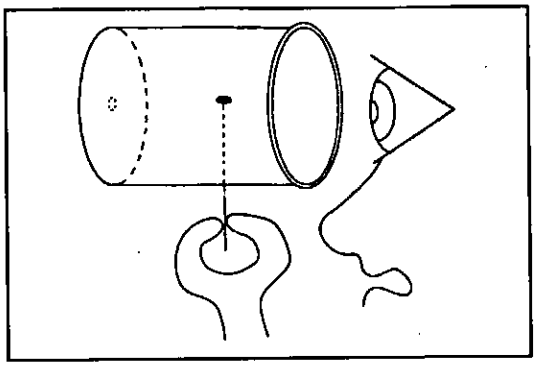
نوک سنجاق ها، سایه سنجاق ها و روزنه ها

کارت گابریل سون[1]

چرا هنگامی که دستتان را در جلو یک پرژکتور می گیرید تا سایه یک خرگوش بوجود آورید خرگوش روی پرده وارونه دیده می شود؟ پدیده های مشابه دیگری را می توان مورد توجه قرار داد. برای اینکار فقط از یک قوطی پلاستیکی فیلم و یک سنجاق استفاده می کنیم.

از یک میخ ریز برای سوراخ کردن مرکز ته قوطی فیلم استفاده می کنیم. سنجاق را در بدنه قوطی فرو می بریم و تا نیمه بالا می بریم. سپس آن را خارج می کنیم و این بار از داخل به بیرون جا می دهیم. طوری که سر سنجاق به بالای قوطی بچسبد (شکل ۱). (به منظور پرهیز از آسیب رسیدن به چشمهایتان است که قوطی فیلم را پیشنهاد کردیم. شما می توانید از یک مقوای روزنه دار نیز استفاده کنید.)

حالا به هر منبع درخشان نور یا منظره نورانی نگاه کنید و سنجاق را میزان کنید. تا همراستا با نوری باشدکه از روزنه قاعده می آید قرار گیرد.



◆ شکل ۱: اگر از انتهای بازقوطی فیلم نگاه کنید درحالی که انتهای دیگر بوسیله میخ کوچکی سوراخ شده است. نوک سنجاق مقداری از نوری که به چشم شما می آید را مسدود می کند. شما می توانید سنجاق را از پایین تنظیم کنید تا درمحل درست قرار گیرد.

البته *بصورت وارونه* شما یک سایه تاریک شیشه سرسنجاق خواهید دید. چرا این طور است؟ ناتوانی یک محرک شگفت انگیز است.

مامولا اولین بار این عقیده را بطور خیلی خلاصه در مجله فیزیکس تیچر ارائه نمود. وایج ابیراهی رنگی (ناتوانی رنگ های مختلف در متمرکز شدن پس از شکست) و پدیده های قابل مشاهده درونی چشم را به این ترتیب توضیح داد. در حالی که دانش آموزان تلاش می کنند تا این پدیده را توضیح دهند درک زیادی در مورد نور، عدسی ها، روزنه ها، سایه ها و نمودارهای پرتو بدست خواهند آورد.

اگر دانش آموزان نتوانستند تصویر ایجاد کنند از آنها بخواهید تا یک کارت یا یک تکه کاغذ را در همان طرفی که چشم قرار دارد بالا بیاورند. با این کار خواهند دید که سوراخ از بالا به پایین بسته خواهد شد. همچنین شما می توانید پلک چشمهایتان را از پایین قوطی بطرف بالا، یا از بالای قوطی بطرف پایین باز کنید و تأثیر آن را ببینند.

بار دیگر، سادگی ظاهری اما غیرقابل توضیح بودن مسئله انگیزه ارزشمندی بوجود می آورد. از دانش آموزانتان بخواهید تا گروهی یا تک تک، با کشیدن نمودارهای نوری این پدیده را توضیح دهند. من به دانش آموزانم پیشنهاد کردم «برای اطمینان با آنچه می دانید شروع کنید و سپس با استفاده از آنچه که درباره نور و چشم می دانید و به وسیله ساختن و امتحان کردن فرضیه ها، اطلاعات خود را کامل کنید.» با سؤالاتی که به اندازهٔ کافی خوب و صبورانه هستند و بدون هیچ توضیحی دانش آموزان خودشان به منزل می رسند. صبر حیاتی است. من اولین تأثیر را سه روز قبل از

توضیحاتم دیدم.

به نفع شماست که الان شکل ها را کنار بگذارید و فکر کنید و اصلاً به نمودارها نگاه نکنید. تا این که بتوانید یک توضیح برای این موضوع بیابید.

برای فرآیند مدل سازی تعدادی پایه لازم است. عدسی هایی با فاصله کانونی کوچک «باگ باگس» با تکه های کوچک کاغذ را می توان بعنوان «چشم هایی» با فاصله کانونی ثابت بکار برد. لامپ یا شعله های کوچک را نیز می توان بعنوان «شیء» بکار برد. (آیا تصویر روی شبکیه مستقیم یا وارون است؟) از کارتهایی با سوراخ هایی با اندازه های مختلف برای شبیه سازی مردمک چشم، استفاده کنید. اندازهٔ دایره روشنی را که شما از درون روزنه می بینید چه چیزی محدود را می کند؟ چه موانعی تعیین می کنند که در آن دایره چه می بینید؟

کاغذ موم اندود یا تکه هایی از نوار کدر قوطی فیلم شما را به یک روزنه کوچک ناظر تبدیل خواهد کرد. آرایهٔ بی تقارن نورهای روشن در یک اتاق تاریک برای ایجاد تصویر روی نوار مناسب است. (آیا تصویر وارونه است؟ وقتی از درون روزنه نگاه می کنید. تصویر را چگونه می بینید؟ و چگونه می تواند باشد؟). شما می توانید سوراخ های بزرگتر یا کوچکتری بسازید. (یک روزنه «چکار می کند»؟ اندازه «روزنه» تا چه حد باید کوچک باشد؟ چه تفاوتی بین یک روزنه بزرگ و مردمک چشم وجود دارد؟).

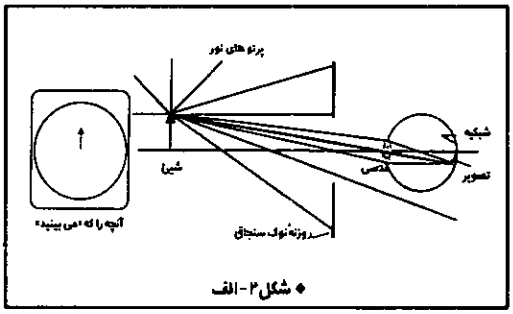
نمودارهای کشیده شده در شکل (۲) آنچه روی می دهد را نشان می دهد. این مهم است که تشخیص دهیم که نمودارها با مقیاس کشیده شوند. در شکل ها پیکان همان «شی» است و به سادگی به عنوان شکل مشخصه به کار می رود. هنگامی که وارونه باشد متفاوت به نظر می رسد. اندازه و فاصله اثر در نمودارها اختیاری هستند. هم چنین درک این موضوع مهم است که برای توضیح وارونگی سایهٔ سنجاق به عدسی چشم احتیاجی نیست. این موضوع فعالیت را در دسترس دانش آموزانی که کم تجربه اند یا هیچ تجربه ای در مورد عدسی ها ندارند، قرار می دهد. از این رو لازم است به دانش آموزان گفته شود که موقعی که اشیاء را مستقیم می بینیم، تصویر آنها بصورت وارونه روی شبکیه چشم ما ایجاد شده است. همین که آشکار شد یا در مدل باگ باگس چشم دیده شد. تصویر وارونه سنجاق این موضوع را ثابت می کند. در این جستجو، ما به اهمیت شناخت چشم بعنوان یک وسیله اصلی برای دیدن و تماشای دنیا پی بردیم. این فعالیت می تواند ما را به طرف فعالیت عجیب و جالب تشریح چشم گاو ببرد. روزنه یکی از اسبابهای آگاهی دهنده و مفید برای شناخت نور و چشم است. یک روزنه اغلب با جملاتی مثل «محدود کردن میدان دید» یا «وارونه کردن یک تصویر»، ناچیز انگاشته می شود. اما آنها بسیار پیچیده یا بسیار ساده اند که این به نظر شما بستگی دارد.

من تمایل دارم بگویم که یک روزنه محدود می کند، چه پرتوهای نوری می توانند تا یک سطح معین عبور کنند. و بعد از این مطلب، همهٔ پیامها باید روشن و مشروط شوند. نکته اصلی این است که هر شی یا منظره ای که می بینیم در حال بازتابش نور در تمام جهت هاست. آنچه ما می بینیم. آن مقداری است که به چشم ما می رسد. عدسیهای همگرا هم همیشه تصویر را وارونه نمی کند. شما باید در ابتدا نوری را که وارد آنها می شود تشریح کنید.

مسیرهای آموختن در همهٔ جهتها از اینجا می انجامد چشم های گاو ـ ناظران روزنه با انواع و اندازه های متغیر ـ جعبه های روزنه دار (اتاق تاریک) ـ روزنه های بزرگ کننده ـ تصویرهای چندگانه ایجاد شده توسط روزنه ها که به وسیله یک عدسی هم گرا متمرکز شده اند. روزنه های باز تابنده (یک آینه کوچک می تواند تأثیری مشابه یک روزنه داشته باشد.) ترکیب عدسی ها مثل میکروسکوپ و دوربین نجومی ـ پراش (اثری مشابه به اثری که در کوچکترین روزنه ایجاد می شود.) و غیره. از این به بعد دانش آموزان به یک روزنه آنطور که قبلاً نگاه می کردند نگاه نخواهند کرد.

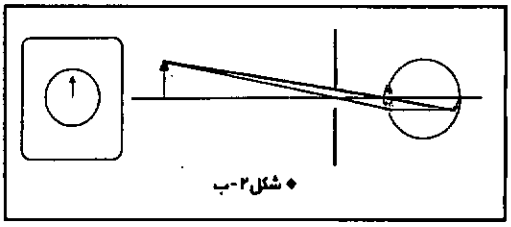
◆ شرح شکل

• شکل ۲ الف) در سمت راست این شکل‌ها، ترتیب قرار گرفتن جسم، م روزنه، سنجاق و چشم را نشان می دهد در سمت چپ (درجعبه های مکعب شکل) منظره‌ای است که شما بعد از آنکه مغزتان روی آن کار کرد خواهید دید. در یک وضعیت عادی، فقط درصد خیلی کمی از نوری که از شیٔ بازتابیده می شود وارد مردمک چشم شما می شود. پرتوهایی که وارد چشم می شوند به‌وسیله عدسی و زجاجیه چشم شما به صورت وارونه روی شبکیه متمرکز می شوند.



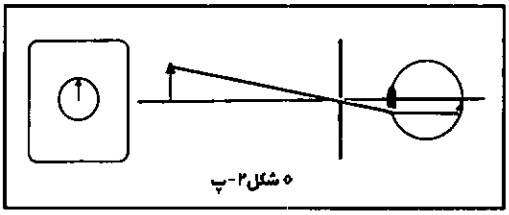
◆ شکل۲-الف

◆۲ ب): وقتی روزنه را بیشتر می‌بندیم. پرتوهای بیشتری مسدود می‌شوند. آن مقدار اندکی که مسدود نمی‌شوند بی‌تأثیر هستند.



◆ شکل۲-ب

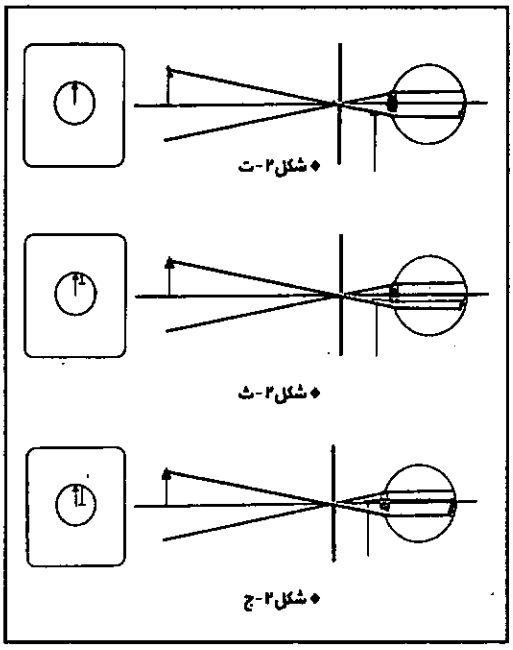
◆۲ پ): پرتوهای نوری که از نوک جسم بازتابش می‌یابند در طرف دیگر روزنه به قسمت پایین می‌رسند. اگر یک پرده بجای شبکیه قرار دهیم یک تصویر وارونه از جسم را نشان می‌دهد. پس تصویر روی شبکیه وارون خواهد بود.



◆ شکل۲-پ

◆۲ ت): دو پرتو نشان داده شده درشکل اندازه قطر دایره نورانی که دیده می‌شود را معین می‌کند. و بنابراین اندازه دایره نورانی که روی شبکیه تشکیل می‌شود بدست می‌آید. تعداد پرتوهای دیگری نیز از روزنه عبور می‌کنند، اما فقط آنهایی که از مردمک شما عبور می‌کنند روی شبکیه شما می‌افتند. پس می‌توانیم ببینیم که اندازه روزنه و اندازه مردمک چشم با هم مقدار نوری که به شبکیه می‌رسد را تعیین می‌کنند.

◆۲ ث و ج): اگر سنجاق را بالا بیاوریم پرتوهای نور خارج شونده از روزنه که به قسمت پایین می‌رسند را مسدود می‌کند (پرتوهایی که قسمت پایین تصویر را روی شبکیه ایجاد کرده‌اند). این پرتوها از بالای جسم می‌آیند. بنابراین می‌بینید که سایه سنجاق روی شبکیه مستقیم است ولی تصویر جسم وارونه است. ازآنجا که مغز شما هرچیز را روی شبکیه قرار گیرد معکوس می‌کند، بنابراین تصویر جسم را



◆ شکل۲-ت

◆ شکل۲-ث

◆ شکل۲-ج

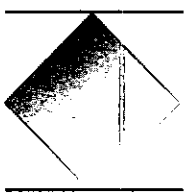
مستقیم و سایه سنجاق را وارونه خواهید دید.

چرا اگر بدون روزنه یک سنجاق را جلو چشمان خود بگیرید سایه‌ای از آن نخواهد دید؟ (به‌همین دلیل وقتی انگشت خود را جلو عدسی یک پرژکتور می‌گیرید سایه تاریکی از انگشت خود روی پرده نمی‌بینید.) تصویر سنجاق دراین شکلها کجاست؟ (من پرتوهای آن را برای جلوگیری از شلوغ شدن شکل رسم نکرده‌ام) رسم نمودارهای نوری برای این دوحالت کاملاً روشنگر است.

مترجم: محمدحسین شمس

مرجع:

The Physics Teacher, SEP 93, P 380-2



فرم اشتراک

علاقه‌مندان می‌توانند با تکمیل فرم اشتراک و ارسال آن به نشانی: تهران صندوق پستی ۳۳۳۱ / ۱۵۸۷۵ (دفتر انتشارات کمک‌آموزشی) مجله مورد علاقه خود را دریافت دارند.

شرایط اشتراک:

۱ ـ واریز حداقل مبلغ ۱۰ / ۰۰۰ ریال به عنوان علی‌الحساب به حساب شماره ۳۹۶۶۲۰۰۰ (بانک تجارت شعبه سرخه حصار ـ کد ۳۹۵ ـ در وجه شرکت افست) و ارسال اصل رسید بانکی همراه با فرم تکمیل شده اشتراک به نشانی دفتر انتشارات کمک‌آموزشی.

۲ ـ شروع اشتراک مجلات از زمان وصول فرم درخواست اشتراک می‌باشد و یک ماه قبل از اتمام مبلغ علی‌الحساب جهت تمدید اشتراک اطلاع داده خواهد شد.

نام و نام خانوادگی:	**تاریخ تولد:**	**میزان تحصیلات:**
نشانی کامل پستی: استان	شهرستان:	خیابان:
کوچه:	**پلاک:**	**کدپستی:**
تلفن:	شماره و تاریخ رسید بانکی:	
مجله یا مجلات درخواستی:		امضاء

مشخصات و نشانی خود را کامل و خوانا بنویسید تا در امر ارسال مجله مشکلی بوجود نیاید.

ارسال اصل رسید بانکی ضروری می‌باشد.

روابط عمومی دفتر انتشارات کمک‌آموزشی