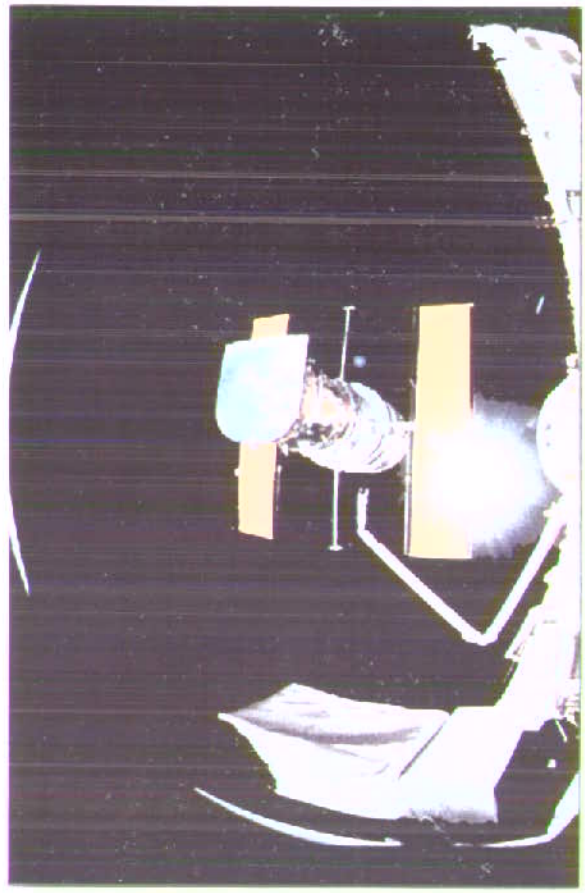
۵۲

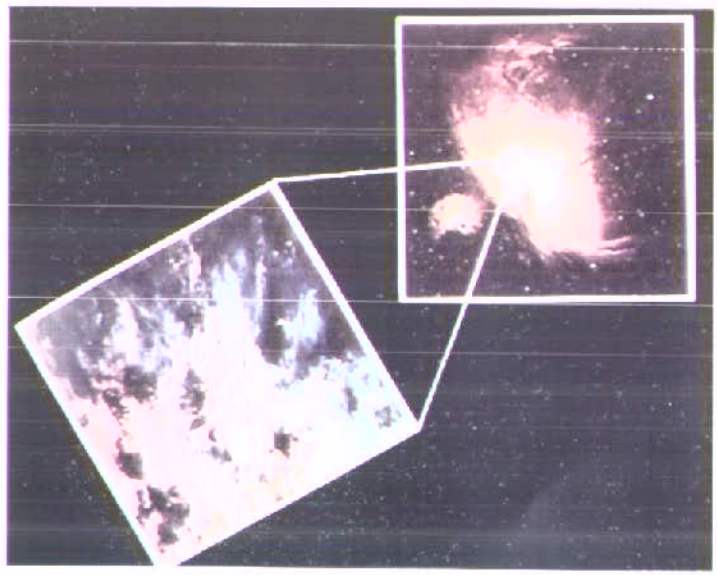
رشد آموزش

فیزیک

سال سیزدهم، بها ۱۵۰ تومان



تلسکوپ فضایی هابل



بالا سمت راست سحابی جبار که با یک تلسکوپ زمینی از آن تصویر گرفته شده است.

پایین سمت چپ همان سحابی را نشان می‌دهد که با تلسکوپ فضایی هابل و با تفکیک بالا گرفته شده است.

بسم الله الرحمن الرحیم

رشد آموزش فیزیک

۵۲

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

مدیر مسؤول: سیّد محسن گلدانساز
سردبیر: دکتر منیژه رهبر
مدیر داخلی: احمد احمدی
طراح گرافیک: علی موسوی

اعضاء هیئت تحریریه: محمدرضا اجتهادی، احمد احمدی، محمدعلی سعادت بخت، منیژه رهبر، سید جعفر مهرداد.

◆ 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 کلاس دوم و سوم دبستان) رشد دانش آموز (برای دانش آموزان کلاس 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 زبان وادب فارسی، آموزش زبان، آموزش راهنمایی تحصیلی، آموزش ریاضی، آموزش زیست شناسی، آموزش جغرافیا، آموزش تاریخ (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، بویژه 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 ضمیمه 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)

توانا بود هر که دانا بود ◆ منیژه رهبر/ ۲
پرسشی آسان با پاسخی جالب توجه ◆ ترجمه پی جکسون/ ۴
پر کردن شکاف معلومات دانشمندان و مردم عادی ◆ تاکاشی تاچیبانا/ ۷
حرکت کیهانی بر ملا می شود ◆ جیمز گلیک/ ۹
چه کسی حکم به آشوب داد؟ ◆ جوزف فورد/ ۱۲
رویکرد شما به یک مسئله فیزیکی چگونه است؟ ◆ باب ایلز/ ۱۷
جی.جی. تامسون و کشف الکترون ◆ لیزبول فنکوفر/ ۱۹
اندازه‌گیری ضریب انبساط گرمایی ◆ ریاض فراهیر و دوشه گلبهار/ ۲۲
۱۰۰ سال حافظه مغناطیسی ◆ جیمز لیوئیستون/ ۲۶
چگونه می‌توان بر اساس تعاریف، به تابع ... ◆ جهانگیر ریاضی/ ۳۵
چگونه به سرعت می‌توان فاصلهٔ کانونی عدسی واگرا را برآورد کرد ◆ اسدالله فلاحی/ ۳۶
پراکندگی نور در لامپهای فلوئورسان ◆ فیلیپس جیمیرت/ ۳۸
دیدن در زیر آب ◆ آلن استیل/ ۴۲
شبیه‌سازی انرژی تلف شده بین دو خازن ◆ استیون مولد/ ۴۸
پیدایش و تکامل ال نینوی ۹۸ ـ ۱۹۹۷ ◆ مایکل جی. مک فادن/ ۵۲
آیا حفاظ الکتروستاتیک به صورت دوجانبه عمل می‌کند؟ ◆ زوی کلر و استر بالکو/ ۵۷
کشف ابر رسانایی ◆ ژاکوب موتویل/ ۶۰
موفقیت تیم المپیاد فیزیک ایران / ۶۴

توانا بود هرکه دانا بود

اهمیت این گفتهٔ حکیم فرزانه توس پس از گذشت بیش از هزار سال بیش از پیش نمایان شده است. این موضوع حکمت و آینده نگری اندیشمندان مشرق زمین را نشان می دهد که حتی در زمانی که دانشمندان تنها برای فضیلت دانایی و بدون در نظر داشتن استفاده عملی از آن به کسب دانش می پرداختند به ارزش آن واقف بودند و دانش اندوزی را توصیه می کردند.

اکنون در آستانه هزارهٔ سوم میلادی، علوم مهمترین نقش را در پیشرفت و ترقی کشورها دارند. تحولات جهان به ویژه در قرن پایانی هزارهٔ دوم میلادی به گونه ای بوده است که استفاده از نتیجهٔ تحقیقات علمی که به فن آوری پیشرفته انجامیده است در توسعه جوامع نقشی بسیار حساس و تعیین کننده یافته است. امروزه برنامهٔ توسعهٔ هر کشور پیشرفته ای را که مطالعه کنید متوجه می شوید که هدف از کارهای علمی را در درجهٔ اول استفاده اقتصادی از آن و بالا بردن سطح زندگی افراد جامعه ذکر می کنند. این مطلب حتی در مورد پژوهشهایی چون کیهان شناسی و ذرات بنیادی که ظاهراً توجیه اقتصادی ندارند نیز صادق است، زیرا برای این گونه پژوهشها به ساخت ابزار بسیار پیشرفته ای نیاز است که در موارد دیگر نیز به کار می روند و تولید ثروت می کنند.

با وجود این، در بسیاری از کشورهای در حال رشد، از جمله کشور خود ما، علم یک فعالیت فرعی و حتی تزیینی در نظر گرفته می شود. در این کشورها فعالیتهای علمی بر خلاف کشورهای توسعه یافته ریشهٔ عمیقی در فرهنگ جامعه ندارند. این موضوع تا اندازه ای این را که چرا این کشورها از پیشرفتهای علمی و فن آورانه بهرهٔ اقتصادی نمی گیرند توجیه می کند.

یک مثال بارز در این مورد فن آوری خودروسازی است. همه کم و بیش اطلاع داریم که پس از مسائلی که به دنبال تحریم نفتی سال ۱۹۷۳ به وجود آمد و با توجه به مسائل زیست محیطی، خودروهایی به بازار آمده است که بسیار کم مصرف هستند. حال آنکه ***در کشور ما اتومبیل پیکان همچنان به شدت مشغول بلعیدن ذخایر نفتی و آلوده سازی محیط زیست است.***

در کشور ما، هدف از آموزش دبیرستانی قبول شدن در آزمون ورودی دانشگاههاست. دانش آموزان روش تست زنی را می آموزند بدون اینکه درک عمیقی از آنچه

می خوانند به دست آورند یا ارتباطی میان مسائل کتاب و محیط اطراف خود برقرار سازند. بدین سبب که اگرچه دانش آموزان ما از سال اول دبیرستان فیزیک می خوانند، ولی از کاربرد ساده ترین اصول فیزیکی در زندگی خود ناتوان اند. این موضوع حتی به دانشگاهها نیز بسط پیدا می کند. دانشجویانی که وارد دانشگاه می شوند، آسوده خاطر از گذشتن از سد امتحان ورودی اغلب هدفشان به دست آوردن مدرک است بدون اینکه توجه چندانی به فراگیری علم مربوط به آن داشته باشند. البته، دانشجویان در این مورد مقصر نیستند. چون اغلب مطالب به گونه ای تدریس می شوند که جاذبهٔ چندانی ندارند و نمی دانند که آنچه را می آموزند به چه کارشان می آید. ***حتی تحقیقات علمی در سطح تحصیلات تکمیلی اغلب بی هدف و گسسته و بدون ارتباط با یکدیگر و جهت گیری مشخص است که در بهترین حالت به مقاله علمی می انجامد بدون اینکه تأثیری در حل مشکلات جامعه یا استفاده بهینه از منابع موجود داشته باشد.*** بدین سبب است که در بسیاری از کشورهای در حال توسعه نتوانسته اند از پیشرفتهای علوم و فن آوری در جهت گرفتن بهرهٔ اقتصادی استفاده کنند.

حتی در کشورهای در حال رشدی که با آینده نگری و ابتکاراتی چون جذب سرمایه گذاریهای خارجی، تشویق صنعتی شدن، اصلاحات اقتصادی، و تأکید بر آموزش فنی اقداماتی صورت گرفته است هنوز سطح مطلوب رشد اقتصادی بسیار دور از دسترس است چون به گفتهٔ استاد عبدالسلام «استفاده ماهرانه از علم و فن آوری چیزی است که شمال و جنوب را از یکدیگر متمایز می سازد.»

امروزه، بشر بیش از هر زمان دیگر با مسائل مهمی از قبیل رشد روزافزون جمعیت، آلودگی محیط زیست، تهی شدن منابع طبیعی، از میان رفتن جنگلها و مراتع، چگونگی تأمین انرژی لازم برای فعالیتهای اقتصادی و رفاهی و از این قبیل رو به روست. فائق آمدن بر این مشکلات جز با به کارگیری علوم برای استفادهٔ بهینه از امکانات موجود و از میان بردن مسائل پیش روی بشر امکان پذیر نیست. ***هر ملتی که بخواهد در آینده به عنوان یک ملت توسعه یافته دوام بیاورد و سطح زندگی مناسب را برای شهروندان خود فراهم سازد، راهی ندارد بجز اینکه سطح آموزش واقعی افراد جامعه خود را بالا ببرد.***

خوشبختانه، کشور ما از امکانات بالقوه بالایی برخوردار است، تنوع منابع طبیعی، منابع انرژی، و مهمتر از همه نیروی انسانی مستعد شرایط اولیه مناسب برای توسعه را در اختیار می گذارد. ولی برای اینکه از این امکانات اولیه مناسب استفاده بهینه را بکنیم و قدم در راه پیشرفت بگذاریم راهی نداریم بجز اینکه به نیروی انسانی خود آموزش حقیقی بدهیم. یعنی مطالب را چنان به آنها بیاموزیم تا بتوانند از آموخته های خود بیشترین بهره را بگیرند. در اینجاست که مسئولیت بزرگ معلمان آشکار می شود. خوشبختانه برای آموزش علوم، جهان اطراف ما خود یک آزمایشگاه است. هر یک از رویدادهایی که به فراوانی در جهان پیرامون ما رخ می دهد فرصتی است برای جلب توجه دانش آموزان به آن و استفاده از فرصت در جهت پی بردن به قوانین حاکم بر طبیعت. پس از پی بردن به این قوانین می توان از آنها در جهت بهبود شرایط زندگی بشر استفاده کرد.

مسئولان رسانه های ما نیز این وظیفهٔ مهم را به عهده دارند که نقش علوم را در پیشرفت کشورها برای همگان تشریح کنند تا فرهنگی در جامعه به وجود آید که به تبع آن همه افراد جامعه به طور عام، و دانش آموزان و دانشجویان به طور خاص حامی علوم و فن آوری باشند.

پرسشی آسان با پاسخی جالب توجه

دیوید پی جکسون*

در این مقاله پرسش ظاهراً ساده‌ای مطرح می شود که قطعاً پاسخ بیشتر افرادی که بار اول آن را می شنوند اشتباه خواهد بود. دو ظرف مشابه را زیر دو شیر آب با دهانه های مختلف که از هردو در هر ثانیه مقدار مساوی آب خارج می شود قرار می دهیم. کدام ظرف زودتر پُر می شود؟

پاسخ شتابزده

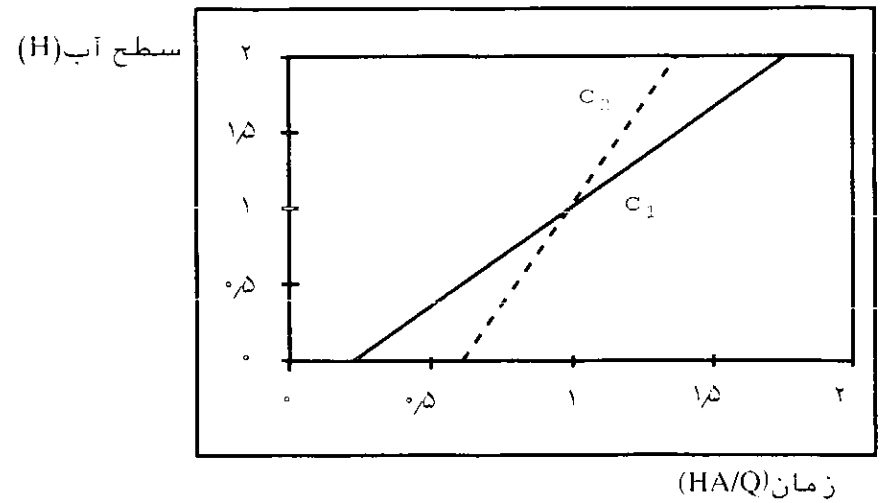
البته پاسخ آن معلوم است، هردو شیر هردو ظرف را درست در یک زمان پُر خواهند کرد. ارتفاع آب موجود در هر ظرف را می توان از تقسیم حجم آب ظرف بر سطح مقطع آن به دست آورد. بنابراین خواهیم داشت:

$$h(t) = \frac{Qt}{A} \qquad (1)$$

که در آن t زمان، Q آهنگ شارش آب (حجم در واحد زمان)، و A سطح مقطع ظرف است. اگر Q و A برای هردو ظرف یکسان باشد، پیداست که ارتفاع آب در هردو یکسان خواهد بود، آیا این پاسخ صحیح است؟ اگر ارتفاع آبِ هر ظرف از رابطه(۱) به دست می آمد پاسخ صحیح بود، امّا چنین نیست.

پاسخ سنجیده تر

نکته مسئله اینجاست که در رابطه(۱) فرض می کنیم Qt حجم آبِ موجود در ظرف در زمان t است. امّا این مقدار نشان دهندهٔ مقدار آب خارج شده از دهانهٔ شیر در زمان t است نه مقدار آب موجود در ظرف. در واقع، در هر زمان مقداری آب در ظرف و مقدار دیگری آب میان دهانهٔ شیر و ظرف وجود دارد. بنابراین، حتی با اینکه از هردو شیر در هر ثانیه مقدار یکسانی آب خارج می شود، امّا اگر مقدار کمتری آب میان دهانهٔ یک شیر و یک ظرف جریان داشته باشد، باید احتمالاً مقدار آب بیشتری در آن ظرف موجود



باشد.

برای سادگی تحلیل مسئله شتاب گرانشی را نادیده می گیریم، اگرچه این موضوع موجب کاهش اثر پدیده ای که به دنبال آن هستیم می شود امّا آن را کاملاً از بین نمی بَرد. بار دیگر، فرض کنید سطح مقطع ظرف و دهانهٔ شیرآب به ترتیب A و a باشد. بنابراین اگر آهنگ شارش آب Q باشد، سرعت خروج آب از دهانهٔ شیر برابر $\frac{Q}{a}$ است. بنابراین فوراً متوجه می شویم که هرچه سطح مقطع دهانهٔ شیر کوچکتر باشد سرعت خروج آب از آن بیشتر است. اگر شیر در ارتفاع H از ته ظرف قرار گرفته باشد، پیش از شروع به پُر شدن ظرف از آب، زمان $t_s = \frac{H}{V} = \frac{Ha}{Q}$ طول می کشد تا آب به ته آن برسد. بنابراین هرچه سطح مقطع شیر بزرگتر باشد وقت کمتری طول می کشد تا ظرف را پر کند. افزون بر این هرچه سطح مقطع شیر کوچکتر باشد مقدار آب کمتری در «استوانه ای از آب» که میان دهانهٔ شیر و ظرف قرار دارد وجود خواهد داشت. این موضوع بدین معناست که درصد بیشتری از حجم آبِ خارج شده از دهانهٔ شیر به داخل ظرف می ریزد، در نتیجه ارتفاعِ آب در ظرف بیشتر می شود.

برای اینکه این موضوع را از لحاظ ریاضی بررسی کنیم، فرض کنید در زمان $t > t_s$ ظرف تا ارتفاع h پُر از آب باشد. مقدار آب خارج شده از دهانهٔ شیر برابر Qt است. این مقدار میانِ حجم ظرف Ah و حجم «استوانه» که برابر با $a(H-h)$ است باید تقسیم شود. با مساوی قرار دادن این مقادیر، ارتفاع $h(t)$ از رابطهٔ زیر به دست می آید.

$$h(t) = \frac{Qt - aH}{A - a} \qquad (۲)$$

پیش از زمان $t < t_s$ ارتفاع آب در ظرفها مساوی صفر است. پس از زمان t_s با توجه به رابطه (۲) ارتفاع آب در ظرفها نسبت به زمان به طور خطی افزایش می یابد، امّا آهنگ افزایش به قطر دهانهٔ شیرها بستگی دارد. این وضعیت به طور خلاصه در شکل(۱) که چگونگی افزایش ارتفاع آب را در دو ظرف مشابهٔ C_1 و C_2 که زیر دو شیر مختلف f_1 و f_2 با قطرهای به ترتیب $d_1 < d_2$ قرار گرفته اند نشان داده شده است. چون قطر دهانهٔ f_1 کوچکتر است ابتدا در ظرف C_1 آب زودتر بالا می آید در نتیجه ارتفاع آب بیشتر می شود، امّا چون تغییر ارتفاع آب در ظرف C_2 سریعتر است، در واقع ظرف C_2 با آهنگ سریعتری پُر می شود. بنابراین در حالیکه در این مسابقه ابتدا C_2 از C_1 عقب می ماند امّا در نقطه ای از C_1 جلو می افتد.

نقطه ای که C_2 از C_1 جلو می افتد هنگامی است $h_1(t) = h_2(t)$ باشد. این موقعیت در زمان $t_c = \frac{AH}{Q}$ اتفاق می افتد. در این زمان ارتفاع آب در هردو ظرف برابر با H و کُل آب خارج شده از شیرها به درون ظرفها می ریزد (البته فرض کنید ارتفاع ظرفها دستکم H باشد). یعنی هیچ «استوانه»ای از آب میان شیرها و ظرفها وجود ندارد. نکته جالب توجه اینجاست که از این نقطه به بعد باز هم می توان ارتفاع آب را از رابطهٔ (۲) به دست آورد. زیرا در این حالت حجم «استوانهٔ» آب $a(H-h)$، مشخص کنندهٔ حجم استوانهٔ فضای بالای H است که آب خارج شده از شیرها نمی تواند از آن بالاتر روند. بنابراین پاسخ پرسش مطرح شده در ابتدای مقاله چنین است، اگر سَر(بالای) ظرفها درست زیردهانهٔ شیرها قرار گرفته باشند (که نوعاً چنین حالتی است)، ظرف آبی که زیر دهانهٔ شیر با قطر کوچکتر قرار دارد زودتر پُر می شود. امّا اگر دهانهٔ شیر داخل ظرف باشد ظرف آبی که زیر دهانهٔ شیر با قطر بزرگتر قرار دارد زودتر پُر می شود.

آیا این اثر قابل مشاهده است؟

اگرچه این پدیده را سعی نکرده ام که مشاهده کنم، امّا دربارهٔ بهترین راه برای انجام دادن آن کمی فکر کرده ام. بدیهی است که هرچه اختلاف قطر دهانهٔ شیرها بیشتر باشد نتیجه بهتری به دست می آید. امّا مهمتر آن است که قطر دهانهٔ هردو ظرف نباید خیلی بزرگتر از دهانهٔ شیرها باشد. امکان دارد به جای «شیرهای آب» از دو سرنگ مشابه با دهانه های مختلف استفاده کرد. بنابراین با همزمان فشار دادن پیستون هریک از سرنگها آهنگ خروج آب از هردو یکسان می شود. لازم است که ظرفها استوانه هایی بلند و باریک باشند که قطر دهانهٔ آنها خیلی بزرگتر از دهانهٔ سرنگها باشد. اگر نیروی گرانش موجب سریعتر شدن مایع هنگام خروج از شیرها نشود و هم چنین اگر هنگام ریختن مایع به درون ظرفها از ترشح آن به اطراف جلوگیری شود به آسانی می توان این پدیده را مشاهده کرد. یک شارهٔ عَسلی چسبناک در کاهش اثرات گفته شده به ما کمک خواهد کرد. البته، فشار دادن شاره ای چسبناک در سرنگی با دهانهٔ کوچک به آسانی میسر نیست امّا به نظر می رسد که امکان پذیر است.

مترجم: احمد توحیدی

The Physics teacher Vol 36, 380-381(1998)
** An Simple Question with an Interesting Answer*
David P. Jackson

پر کردن شکاف معلومات دانشمندان و مردم عادی

تاکاشی تاچیبانا*

قرن بیستم عصر انقلاب در علوم بوده است ...[در عین حال] شکاف میان دانشمندان و مردم عادی گسترده تر شده و به صورت ورطه ای درآمده است . و این وظیفه دست اندرکاران علوم است که این فاصله را کم کنند .

من یک ژاپنی هستم که دربارهٔ علوم مطلب تهیه می کنم . سالهاست که دربارهٔ همه جنبه های علوم از جمله علوم اعصاب ، زیست شناسی مولکولی ، نظریه تکامل ، اخترشناسی پرتو X ، ذرات بنیادی ، علوم رایانه ، هوش مصنوعی ، روبوتیک ، و اکتشافهای فضایی نوشته ام . به طور خلاصه ـ با ارجاع به گفته شرودینگر از *زندگی چیست*[1] ـ من مشتاق دانش وحدت یافته و فراگیر هستم .

اما ، چون عصر ما عصر انفجار معلومات است ، دانستن همه چیز ، و حتی پوشش آن برای یک خبرنگار ، عملاً ناممکن است . تعداد رشته های مهم علوم به اندازه ای زیاد و توسعه آنها به قدری سریع است که مانند ملکهٔ قلبهای آلیس باید تا حد امکان سریع بدوم تا در جای خود باقی بمانم . تقریباً تمام وقت من صرف مصاحبه با دانشمندان در زمینه های مختلف ، نگاه کردن به آزمایشهای آنها ، و خواندن مقالات آنها می شود . تا اندازه ای لااقل موفق به دنبال کردن مهمترین پیشرفتهای علمی می شوم . اما ، متوجه شده ام که گزارش مطالب به گونه ای که برای عموم خواندنی و قابل فهم باشد مسئله ای کاملاً دشوار است . بسیار بسیار مشکل .

س . پ . اسنو در کار کلاسیک خود به نام ***دو فرهنگ و انقلاب علمی***[2] نوشت که شکاف میان دانشمندان و روشنفکران ادیب به اندازه ای وسیع است که آنها نمی توانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند . به عنوان مثال در فیزیک ، او دریافت که ادیبان نیمه قرن بیستم همانقدر دربارهٔ علوم ناآگاه اند که نیاکان آنها در دوران نوسنگی . و این وضعیت که اسنو چهار دهه قبل از آن می نالید بدتر هم شده است . سطح فعلی معلومات علمی پایه به قدری پایین است که علاقه مند کردن باهوشترین افراد غیر متخصص و دانشجویان رشته های غیر علمی به آنچه علم نوین انجام می دهد دشوار است . من به لحاظ ناتوانی از علاقه مند نگه داشتن آنها برای مدت طولانی برای درک درست یک طرح تحقیقاتی و هدفهای آن به مرز ناامیدی نزدیک شده ام . شکاف بین دانشمندان و افراد عادی به قدری گسترده شده که به صورت ورطه ای درآمده است . و این وظیفه دست اندرکاران علوم است که این ورطه را با جابه جایی هوشمندانهٔ صفحات زمین ساختی باریکتر کنند .

دیگر از دانشمندان جدید انتظار نمی رود که زندگی خود را در انزوای پرشکوه بگذرانند ، زیرا بیشترین تحقیقات علمی نیازمند بودجه قابل ملاحظه است . تعداد کمی از آنها از امتیاز منابع خصوصی برخوردارند ـ مسئله حامیان داستان دیگری است . اما در بیشتر موارد حمایت دولت ، یعنی مالیاتها ، برای شروع تحقیق و ممانعت از توقف آن ضروری است . مخصوصاً وقتی پول زیادی لازم است ، مالیات دهندگان می توانند فضول ، آگاه از هزینه ها ، و مستعد عیب جویی باشند ، و در یک جامعه مردم سالار باید آنها را به حساب آورد . اما حمایت عمومی به اندکی از درک عمومی نیازمند است . به ویژه در مواردی که طرح بسیار پرهزینه باشد ، مانند ابر برخورد کنندهٔ ابر رسانا (SSC) ، و یا مطلب مباحثه برانگیزی در آن دخیل باشد مانند اینکه چه موقع زندگی انسان آغاز می شود ـ که در مورد استفاده از نطفه ها تازه تشکیل شده در تحقیقات

علمی مطرح شد ـ تصمیم نهایی همواره سیاسی است. اما، تصمیمهای سیاسی همواره منطقی نیستند، چون احساسات مردم را به آسانی می توان با بحثهای غیر منطقی برانگیخت. ابهام، نگرانی، ترس، یا نفرت معمولاً بر استدلال منطقی غلبه می کند، و اظهارنظرهای نادرست یا خصمانه (مانند اینکه این کار «مزخرف»، «پر هزینه»، «بی فایده»، یا «اهریمنی» است) به سرعت در مورد بعضی انواع تحقیقات علمی پخش می شود.

اسنو عمدتاً دربارهٔ روشنفکران صحبت می کرد. اما امروز واکنشهای مردم معمولی و رسانه های گروهی اهمیت بیشتری دارد. چون دولتمردان به آسانی تحت تأثیر افکار عمومی قرار می گیرند؛ کلید ارتقای تصمیمهای عاقلانه دربارهٔ موضوعهای علمی، درک صحیح مردم عادی و رسانه هایی است که دیدگاههای آنها را تغذیه، تقویت، و بسیج می کند.

متأسفانه، این تفاهم اکنون وجود ندارد. شکل ۱ کشفیات علمی را از قرن پانزدهم تاکنون نشان می دهد که وزارت آموزش و پرورش ژاپن تدریس آنها را در کتابهای درسی دبیرستانی لازم می داند. این شکل نشان می دهد که ما به فرزندان خود چیزی دربارهٔ موفقیتهای علمی زمان خود نمی آموزیم. بنابراین، یک فارغ التحصیل متوسط دبیرستان به احتمال زیاد چیزی دربارهٔ کشفیات سرنوشت ساز قرن بیستم نمی داند تا چه رسد به اینکه آنها را بفهمد.

این شکل فقط وضعیت را در ژاپن نشان می دهد، اما فکر نمی کنم که در این مورد کتابهای درسی سایر کشورها تفاوت چندانی داشته باشند.

در بیشتر کشورهای صنعتی، آموزش بنیادی در دبیرستان ضروری است. در ژاپن در حدود نیمی از فارغ التحصیلان دبیرستان به دانشگاه نمی روند، در نتیجه معلومات علمی آنها عملاً در همین جا متوقف می شود. نیمی از دانشجویان دانشگاهها در رشته های علوم انسانی یا علوم اجتماعی تحصیل می کنند، و اغلب این دانشجویان درسهای علوم پایه را نمی خوانند، در نتیجه حتی برای فارغ التحصیلان کالج کسب معلومات علمی عملاً با فارغ التحصیل شدن از دبیرستان متوقف می شود. البته، آنها معلومات علمی تکه پاره ای را از رسانه های گروهی دریافت می کنند، اما سرشت این معلومات اغلب سطحی است. دست کم گرفتن یا آموزش ناقص نوآوریهای عظیم در علوم وضعیتی را به وجود آورده است که جهان کنونی متشکل از افرادی است که آنها را بر حسب سطح علمی شان می توان در مقیاسی طبقه بندی کرد که از مرد دوران نوسنگی تا مرد آخر قرن بیستم را دربرمی گیرد.

قرن بیستم، قرن انقلاب در علوم بوده است. فیزیک کوانتومی این فرایند را با دگرگون کردن فیزیک و سپس تمام جنبه های علوم و فن آوری آغاز کرد. پس از آن نظریهٔ نسبیت کیهانشناسی را تغییر داد. زیست شناسی مولکولی سبب تحولی بنیادی در علوم زیستی شد. انقلاب علمی قرن بیستم روش کاملاً جدیدی در نگرش به جهان در اختیار ما گذاشته است، که با دیدگاه مردمان قرن نوزدهم و قبل از آن تفاوتی بنیادی دارد. طبیعت متفاوت به نظر می رسد. عالم متفاوت به نظر می رسد. زندگی فرق کرده است. اما، این تغییرات چنانکه باید و شاید کامل نیستند، زیرا افرادی با آموزش علمی جامع وجود ندارند که متوجه شوند چیز مهمی به وقوع پیوسته است، اکثریت وسیعی از مردم هنوز حتی متوجه نشده اند که انقلابی رخ داده است.

شناخت از راه معلومات به دست می آید. فقط با شناخت و معلومات است که می توانیم با استفاده از آخرین روشهای بهبود تصاویر، تصویرهایی جدید و هیجان انگیز از داده های جدید و دیرین به دست آوریم. وقتی به آسمان زیبای شب می نگریم، ممکن است همان حالت شگفتی و هیبتی به ما دست بدهد که اجدادمان حس می کردند. اما با معلومات دربارهٔ نجوم نوین ما می توانیم چیزهایی به آن بیفزاییم که دیدگان از دیدن آنها عاجز است:

مجسم کردن مادهٔ تاریک، فورانهای پرتو گاما، سیاهچاله ها، ستارگان نوترونی، یا کوازارها در هنگام نگریستن به آسمان به احساس شگفتی و هیبت ما می افزاید. با گسترش روشهای جدید رصد در نیمه دوم قرن بیستم، معلومات ما دربارهٔ جهان به اندازه ای زیاد شده است که حتی فراتر از انفجار معلومات زمان گالیله است.

با گسترش عظیم معلومات علمی، تمایل فزاینده ای به تخصص در زمینه های بسیار جزیی به وجود آمده است و همراه با آن تمایل قابل درکی در جهت استفاده کارآمد از وقت و کنار گذاشتن اطلاعات روزآمدی که کاربرد مستقیمی در زمینه مورد نظر ندارد ایجاد شده است. این موضوع اغلب به تکه پاره شدن غیر سازنده معلومات علمی می انجامد: یک زیست شناس ممکن است معلومات کمی در زمینهٔ فیزیک داشته باشد، و یک متخصص فیزیک مادهٔ چگال شاید کاملاً از نجوم نوین ناآگاه باشد. آنچه اوضاع را خرابتر می کند جنگهای علمی و تشکیل امپراتوریهایی است که عمدتاً از رقابت بر سر تأمین منابع مالی به وجود آمده

است.

بیشتر آنچه مردم عادی علاقه مند به علوم جدید دربارهٔ آن آگاهی دارند در واقع دربارهٔ فن‌آوری است ـ و به ویژهٔ فن‌آوریهایی که احتمال دارد در کوتاه مدت سودآوری اقتصادی داشته باشد [«این تحقیق باعث استحکام اقتصاد ما می شود»، «زندگی آیندهٔ ما به واسطه این فن‌آوری راحت‌تر می شود»]. این زمینهٔ فکری بیشتر مأموران دولت و قانون گذارانی است که خود را نسبت به تأمین بودجه علوم و فن‌آوری علاقه مند می دانند. بنابراین، در کشورهایی که اختصاص بودجه زیاد به تحقیقات علمی و فنی افتخار می کنند، بیشتر بودجه به فن‌آوریهایی در ارتباط با صنعت اختصاص می یابد. حتی وقتی بودجهٔ زیادی به علوم پایه اختصاص داده می شود، هدفهای آن معمولاً زمینه ای است که صنعت از آن سود فراوان می برد، مانند فیزیک ماده چگال که در صنعت نیمرسانا سودمند است. علوم برای انسان اقتصادی، و انسان سازنده رونق می گیرد، اما برای انسان اندیشه ورز روند نزولی دارد.

با این طرح، به نظر می رسد که اختیار صعود انسان در دست انسانهای ناآگاه است. در این قلعهٔ «زندگی بهتر از راه علم» جمعیت سرگرم به انحصار درآوردن بودجه علوم و فن‌آوری است، و در این فرایند آنچه برای علوم پایه باقی می ماند از بین می رود. همچنانکه مشغول این دسیسه ها هستیم، ممکن است روزی بیدار شویم و وحشیانی را در مقابل خود بیابیم که به صورت علوم «جدید» ظاهر شده اند ـ یعنی چیزی که اصلاً علم نیست ـ و یکی از بنیاد گرایان یا گروههای شیاد به وجود آورده اند تا ما را وارد عصر تاریک کنند.

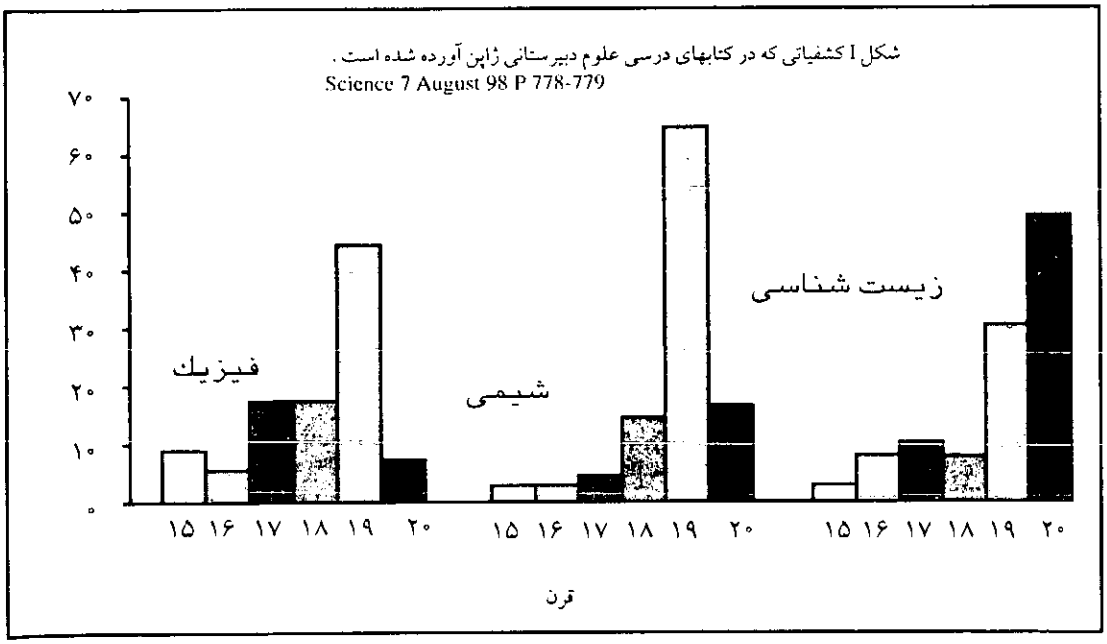
چگونه می توانیم به این تهدیدها پاسخ دهیم، ما که علوم واقعی را درک می کنیم باید همفکران بیشتری را گرد آوریم، و این کار را می توان در صورتی انجام داد که افراد بیشتری در این مورد به ما بپیوندند. آنچه باید به سرعت انجام دهیم نوسازی آموزش و بالا بردن سطح معلومات علمی پایه است، چون همان طور که س. پ. اسنو چهار دهه به ما هشدار داد، ما باید ***«بیاموزیم یا از میان برویم»***.

مترجم: منیژه رهبر

* TAKASHI TACHIBANA تاکاشی تاچیبانا یکی از برجسته ترین روزنامه نگاران ژاپنی است که بیش از ۳۰ کتاب نوشته است. با تحصیل در رشته ادبیات فرانسه و فلسفه او به تهیه مطالب علمی پرداخت. جدیدترین کتاب او، *سفر ده بیلیون ساله*، به بررسی پژوهش علمی در ژاپن پرداخته است.

۱ ـ زندگی چیست؟ اروین شرودینگر جنبه های فیزیکی سلول زنده، ذهن، و ماده است (انتشارات دانشگاه کمبریج ۱۹۴۴). ابتدا به صورت سخنرانیهایی بود که در ترنیتی کالج ارائه شد.

۲ ـ س. پ. اسنو، دو فرهنگ و انقلاب علمی (انتشارات دانشگاه کمبریج، ۱۹۵۹) در ابتدا به صورت سخنرانیهایی در دانشگاه کمبریج ارائه شد. ۱۹۵۹.



شکل ۱ کشفیاتی که در کتابهای درسی علوم دبیرستانی ژاپن آورده شده است.
Science 7 August 98 P 778-779

اخبار علمی

حرکت کیهانی برملا می‌شود

جیمز گلانز

منجمان با دقت به عمق فضا نگریسته و دریافته اند که اجزای آن با سرعت فزاینده از هم دور می شوند. اینشتین حق داشت که فرض کرد نوعی انرژی اسرارآمیز فضای «تهی» را پر کرده است.

سرشت و سرنوشت غایی عالم قرنهاست که ذهن فیلسوفان و دانشمندان را به خود مشغول کرده است. دانشمندان چند دههٔ قبل کشف کردند که عالم در حال انبساط است، و کهکشانهای آن در همهٔ جهتها از یکدیگر دور می شوند. اما کشش گرانی می تواند انبساط را کُند سازد، و در نتیجه پژوهشگران کوشیده اند به سرنوشت نهایی کیهان پی ببرند؛ آیا مادهٔ کافی وجود دارد تا باعث شود روزی شروع به فرو ریختن بر روی خودش بکند، یا برای همیشه منبسط خواهد شد. در سال ۱۹۹۸ دو گروه از منجمان با دقت بسیار به پهنهٔ گسترده زمان و فضا نگریستند تا پاسخی برای این پرسش بنیادی بیابند ـ و آنچه یافتند حتی خودشان را حیرت زده کرد.

نه تنها مقدار مادهٔ موجود در عالم برای متوقف کردن انبساط آن بسیار کم است، بلکه به نظر می رسد که حرکت آن به طرف بیرون به جای کند شدن، تندتر می شود. در عین حال، این یافته پرسشهای عمیقی را دربارهٔ سرشت فضا مطرح می سازد و کیهانشناسان در این فکرند که آیا هرگز می توانیم سرنوشت غایی عالم را به طور قطع بدانیم.

در یک پیروزی برای توانایی منجمان در نگریستن دقیق به عمق گذشته، گروههای مستقل با مشاهدهٔ ستارگان منفجر شونده در دوردستها که ابر نواختر نامیده می شوند و به طور شگفت انگیزی کم نورند به این نتیجه گیری رسیدند که این ستارگان دارای شتابی هستند که آنها را تا فاصله های باور نکردنی از زمین دور می کند. با این نتایج، و نفوذ به عمق بیلیونها سال نوری در فضا، منجمان جای پای محکمی در عمیقترین و اسرارآمیزترین پهنه در گذشتهٔ کیهانی به دست آورده اند. ما یافته های آنها را، که دیدگاه ما را نسبت به عالم تغییر داده و پرسشهای جدید بسیاری را مطرح کرده است، موفقیت سال ۱۹۹۸ می نامیم.

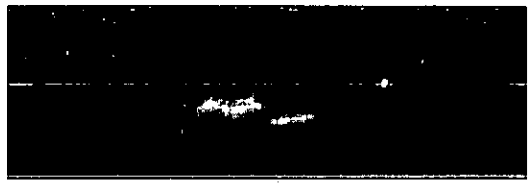
آنچه به هیجان این کشف می افزاید آن است که ساده ترین توجیه برای این انبساط شتاب گیرنده، انرژی عجیبی است که در مقیاسهای بزرگ برخلاف گرانی عمل می کند و ماده را از هم دور می سازد، فکری که آلبرت اینشتین در سال ۱۹۱۷ مطرح و بعدها آن را رد کرد. این کشف نشان می دهد که بیشترین انرژی عالم به صورتی است که اینشتین آن را ثابت کیهانشناختی یا لاندا نامید. چون ماده و انرژی به یکدیگر قابل تبدیل اند، این منبع عظیم انرژی، از میز و صندلی گرفته تا ستارگان و خوشه های کهکشانی، ممکن است فقط بخش ناچیزی از خلقت باشند.

پیامد این یافته ها به قدری عمیق و تکان دهنده است که منجمان سراسر جهان هنوز در صدد رد کردن این یافته ها

هستند، و می خواهند پرده از روی چیزی بردارند که ممکن است سبب این برداشت غلط دربارهٔ شتاب گرفتن کیهان شده باشد. تاکنون موفقیتی در این مورد به دست نیامده است، و در نتیجه فیزیکدانان درصدد توجیه منشاء این انرژی کیهانی هستند. نماد لاندا، λ، یک بار دیگر در معادله های نجوم و فیزیک در مجله های فیزیک می درخشد، و نتیجه های جدید صنعت جدیدی را در زمینه پژوهشهای نظری به وجود آورده است که به دنبال امکانات دیگر این انبساط فزاینده است.

در سال ۱۹۱۷، وقتی اینشتین ثابت کیهانشناختی را پیشنهاد کرد، او و دیگر دانشمندان تصور می کردند که عالم ایستاست و نه منبسط می شود و نه فرو می ریزد. او دافعهٔ کیهانی را وارد معادله هایش کرد تا مانع از آن شود که عالم بر اثر جاذبه گرانشی مادهٔ داخل آن بر روی خودش فرو ریزد.

اما در سال ۱۹۲۹، ادوین هابل به دقت به آسمانها نگریست و جهان علمی زمان خود را با این کشف که عالم در واقع منبسط می شود شگفت زده کرد. کیهان که در یک حالت داغ، چگال به نام مهبانگ متولد شده بود، شبیه یک آتش بازی درنظر گرفته می شد که لحظه های درخشان خود را پشت سر گذاشته است. مانند خاکسترهای کم فروغ آتش بازی، کهکشانها که ابتدا نزدیک به هم بودند، اکنون به آرامی از هم دور می شوند، در حالی که کهکشانهایی که فاصله اولیه شان از یکدیگر بیشتر بود اکنون با سرعت بیشتری از هم دور می شوند. از موضع ما در کهکشان راه شیری، سرعت دور شدن کهکشانها را می توان با استفاده از «انتقال به سرخ» نور آنها محاسبه کرد. کاهش بسامد و زیاد شدن طول موج نور مانند تغییر زیر و بمی سوت قطاری



است که از ما دور می شود.

اما اندازه گیری فاصلهٔ واقعی کهکشان دشوار است. هابل این فاصله را با مشاهده درخشندگی ظاهری ستارگانی به دست آورد که متغیرهای قیفاووسی نامیده می شوند، و درخشندگی ذاتی آنها مشخص است؛ بنابراین می توان از این ستارگان به عنوان «شمعهای استاندارد» استفاده کرد زیرا قیفاووسیان با فاصله بیشتر کم نورترند. هابل انتقالهای به سرخ را با فاصله ها مقایسه و انبساط را کشف کرد.

اینشتین یافته هابل را پذیرفت. اما استدلال کرد که اگر انبساط باقیماندهٔ انفجار اولیه باشد، ثابت کیهانشناختی ـ که او فکر می کرد از زیبایی معادله می کاهد ـ ضروری نیست. او نظر خود را پس گرفت و آن را «بزرگترین اشتباه فاحش» خود نامید.

با ادامه کار کیهانشناسان در زمینهٔ کیهان در حال انبساط، آنها به این نتیجه رسیدند که در ۱۲ تا ۱۵ بیلیون سال عمر عالم، انبساط، به واسطهٔ کشش گرانی که هر کهکشان به کهکشان دیگر وارد می آورد، اندکی کند شده است. اما برای یافتن این تغییر باید با نگاه کردن به ستارگانی که در فاصله بیلیونها سال نوری از ما قرار دارند به گذشته بنگریم، اما قیفاووسیانی که در این فاصله ها قرار دارند را نمی توان دید.

بنابراین در عرض ۲۰ سال گذشته، منجمان به نوع جدیدی از شمع استاندارد روی آورده اند. این استاندارد جدید درخشانترین نوع ابرنواخترها هستند، که همواره به یک ترتیب به وقوع می پیوندند. اما این انفجارهای شدید و

درخشان نادر هستند ـ فقط دو تا سه انفجار در هر هزار سال در یک کهکشان مارپیچی نوعی صورت می گیرد. برای یافتن تعداد کافی از آنها، منجمان تصویرهای الکترونیکی از پهنهٔ وسیع آسمان را در یک شب تهیه می کنند که شامل ده ها هزار کهکشان دوردست می شود، و سپس تصویر همان منطقه را چند هفته بعد می گیرند. وقتی این تصویرها روی هم گذاشته شوند و به کمک رایانه از هم کم شوند، هر نوع ابرنواختر جدید نمایان می شود و می توان آنها را تا محو شدن کامل مشاهده کرد.

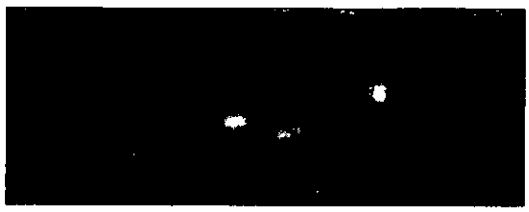
این دو گروه، که دارای اعضایی از اروپا، امریکای

لاتین، استرالیا، و ایالات متحده بودند، اطلاعات مربوط به ابرنواختر را با کارآیی فزاینده در عرض چند سال گذشته گردآوری کردند، و انتظار داشتند که ببینند چگونه گرانی باعث کند شدن انبساط کیهانی می شود. در اوایل سال ۱۹۹۸، هر دو گروه گزارشی دادند که پیش بینی های آنها زیرورو شده است: کم نور بودن نسبی ابرنواختر نشان داد که آنها ۱۰٪ تا ۱۵٪ دورتر از فاصله ای هستند که از عالمی با مقدار کم ماده انتظار می رود، در نتیجه انبساط در طی بیلیونها سال گذشته شتاب گرفته است. در پایان سال، با تحلیل چند دوجین ابرنواختر دیگر که اطلاعات مربوط به آنها منتشر شده است یا زیر چاپ است، این نتیجه گیریها به قوت خود باقی است.

این یافته ها یک دافعهٔ اسرارآمیز را احیا می کند که

برخلاف گرانی است، و لاندا محتملترین نامزد آن است. قبلاً نشانه هایی از نظریه های تکامل کیهان و رصدهای ساختار بزرگ مقیاس عالم وجود داشت که نشان می داد که کیهان حاوی مقدار کمی جرم است و ممکن است لاندایی وجود داشته باشد، اما این فکر معمولاً عجیب و غریب درنظر گرفته می شد. اکنون یک بار دیگر لاندا محترم شده است، و معلوم شده که حق با اینشتین است، اگرچه به دلایلی که او نمی توانست پیش بینی کند. در واقع به نظر می رسد که لاندا در عالم سیطره دارد. در ساده ترین تصویر نظریه پردازان، داده های ابرنواختر ایجاب می کند که ۷۰٪ انرژی عالم به صورت لاندا و فقط ۳۰٪ به صورت ماده باشد.

فیزیکدانان لاندا را به صورت یک اثر کوانتوم مکانیکی بدین گونه تفسیر کرده اند که ذرات ناپایداری که در فضای «تهی» پدیدار و ناپدید می شوند یک چاه انرژی به وجود می آورند که به فضا خاصیت فنری می دهد و اجزای آن را از یکدیگر دور می کند. اما تاکنون، محاسبات نشان داده اندکه چنین لاندایی باید چند مرتبه بزرگی اش بیش از آن باشد که گروههای بررسی کننده مشاهده کرده اند. این معما جستجوی جدیدی را برای اصول فیزیکی جدید، مانند تقارنهایی در ساخت فضا، به راه انداخته است که ممکن



است باعث شود جمله های بزرگی در معادله ها از بین بروند. با علاقه فیزیکدانها به دریافت جایزهٔ یافتن آنچه بخش اعظم عالم را تشکیل می دهد، نامهای دیگری مانند مادهٔ جوهری و مادهٔ X مطرح شده است. چون بعضی از این شکلهای انرژی ممکن است برحسب زمان تغییر کنند، کیهانشناسان اطمینان کمتری دربارهٔ سرنوشت عالم در بیلیونها سال دیگر دارند.

در واقع، تاکنون ثابت کیهانشناختی چیزی در قلمرو نظریه است؛ هیچکس هنوز سرشت دقیق انرژیی را که باعث می شود عالم با سرعت فزاینده منبسط شود نمی داند. منجمان به گردآوری داده ها و جستجوی هر اثری سوای شتاب گرفتن که بتواند یافته های آنها را توجیه کند ادامه می دهند. اگرچه سرشت عالم زمانی در قلمرو فیلسوفان بود، اما در سال ۱۹۹۸ به نظر می رسد که آن طور که تصاویر ابرنواخترهای دوردست نشان داده است، این سرشت و شاید آیندهٔ آن در اختیار کیهانشناسان باشد. دانشمندان و فیلسوفان هردو در سالهای آینده به پیامدهای این یافته ها متوسل خواهند شد.

تله سرعت کیهانی- درخشندگی یک ابرنواختر که نور آن کم می شود (از سمت چپ در بالا تا سمت راست در پایین) نشان داد که عالم به چه سرعتی منبسط می شود.

Science vol 282 18 December 1998 P 2156-2157

مترجم: منیژه رهبر

چه کسی حکم به آشوب داد؟

جوزف فورد، استاد فیزیک انستیتوی تکنولوژی جورجیا

«جوزف فورد ـ نویسندهٔ این مقاله استاد انستیتوی تکنولوژی جورجیا از سال ۱۹۶۰ عضو هیأت علمی بوده است، ولی لیسانس خود را از انستیتوی تکنولوژی جورجیا و دکترای خود را از دانشگاه جان هاپکینز دریافت کرد. او یکی از پیشگامان مبحث آشوب، و از سالهای ۱۹۵۰ در این زمینه فعال بوده است. او همچنین بنیانگذار «**جورنال فیزیکادی**» «**در پدیده های غیرخطی**» و بیش از ۵ سال یکی از ویراستاران آن نیز بوده است.»

انسان غربی طی قرنها به عالم منظم، قابل پیش بینی و قابل کنترل اعتقاد پیدا کرده است. کتابهای درسی در حقیقت چیزی نیستند جز خلاصه ای از بحثهای سازنده ای که نه فقط از این باور دفاع، بلکه آن را تعریف می کنند. شواهد علمی گردآوری شده طی قرون متمادی را نمی توان مورد سؤال قرار داد، چه رسد به اینکه آن را رد کرد؛ با این حال تصور یک دنیای قابل پیش بینی و قابل کنترل که مانند ساعت کار می کند نیز با شواهد تجربی و نظری که طی ۳۰ سال گذشته گردآوری شده است سازگار نیست. امروز به خوبی ثابت شده که نابسامانیهای غیرقابل پیش بینی در دنیای پیرامون ما که آشوب نامیده می شود، ذاتی و در همه جا حاضر است. نمونهٔ مثالهای آشوب در طبیعت را می توان در شکل (۱) ملاحظه کرد.[1] ما اگر این شکل بازتاب یک وضعیت کلی باشد چگونه می توان مفهومی برای این جهان

شکل ۱ـ جریان باد آشوبناک که از نوک بال یک هواپیمای جت جاری است.

که ذاتاً غیرقابل پیش بینی است یافت. چگونه می توان به این فکر نیفتاد که چه کسی حکم به آشوب داده است؟ و چه کسی به آن نیاز دارد؟ برای پاسخ به این پرسش بحث را با مدل ساده ای آغاز می کنیم که حاوی تلخترین شکل آشوب است. در این مدل همهٔ واقعیتهای فیزیکی غیرضروری کنار گذاشته می شود و فقط جوهرهٔ اصلی آشوب به جا می ماند. با مطالعهٔ این مدلهاست که نظریه پردازان شناخت عمیقی از آشوب به دست آورده اند.

برای هموار ساختن راه برای مدلی که اختیار کرده ایم ابتدا تفسیر جدیدی از نمایش اعشاری اعدادی که بین ۰ و ۱ قرار دارند ارائه می دهیم. نمایش اعشاری یک عدد نمونه X_0 ممکن است چنین باشد:

$$X_0 = ۰/۱۵۲۹۰۸۵۶۴۱۴۲۲\ldots \qquad (۱)$$

که در آن نقطه ها نشانهٔ ارقام باقی ماندهٔ X_0 هستند. معادله (۱) به طور روشنی یک عدد را بین ۰ و ۱ مشخص می کند اما علاوه بر این، تفسیر معتبر دیگری نیز دارد. چرخ رولتی را در نظر بگیرید که بطور خاصی طراحی شده و فقط حاوی اعداد صحیح بین ۰ و ۹ است که به طور مساوی پیرامون چرخ قرار گرفته اند. اگر در چرخشهای منظم ابتدائی گوی رولت ابتدا در مقابل عدد یک سپس به پنج، بعد دو و بعد به نه و مانند اینها متوقف شده بود، آیا می توانستیم رشته ارقام معادلهٔ (۱) را شرح این چرخشها بدانیم. در حقیقت با رشته ارقام داده شده برای هر X_0 که در بازهٔ [۱ و ۰] است می توان نمایش اعشاری را نمایش یک عدد حقیقی یا پیامد خاص از بینهایت چرخش چرخ رولت در نظر گرفت. همین طور، بسط اعشاری همه اعداد در بازهٔ واحد همه رشته اعداد ممکن و در نتیجه همهٔ رشته چرخشهای ممکن چرخ رولت را به دست می دهد. این مطابقت یک به یک بین رشته ارقام اعداد حقیقی و چرخشهای چرخ رولت به ما این امکان را می دهد که به نتیجهٔ تکان دهنده ای برسیم. چون هر دور چرخش چرخ مزبور کاتوره ای است فوراً درمی یابیم که رشته ارقام اعداد حقیقی نیز کاتوره ای هستند. یک خوانندهٔ دقیق ممکن است در کاتوره ای بودن رشته هایی چون ۰/۷۷۷۷۷۷... یا ۰/۷۱۱۷۱۱... تردید کند، اما فراوانی وقوع این رشته های منظم بسیار کم است.

اکنون بگذارید به دینامیک نیوتونی بپردازیم و سینماتیک یک ذرهٔ نقطه ای ویژه را بررسی کنیم. اگر $X(۰)$ را مکان اولیه ذره بگیریم و $۰ \le X(۰) \le ۱$ باشد بگذارید $X(۱)$، $X(۲)$، $X(۳)$ و ... را مکانهای بعدی آن فقط در زمان $t = n$ در نظر بگیریم. قاعدهٔ تحول زمانی آنها به صورت $X(۱) = ۱۰X_0$ و $X(۲) = ۱۰X(۱)$ و $X(۳) = ۱۰X(۲)$ و ... خواهد بود. فقط باید یک لحظه فکر کنیم تا متوجه شویم که $X(n) = ۱۰^n X(۰)$ است، اما برای اینکه مانع از بینهایت شدن دنباله شویم، قاعدهٔ ما حکم می کند که در هر گام بخش صحیح X(n) را حذف کنیم. اینک مدلی داریم که سینماتیک نیوتونی یک نقطه مادی مقید را به نمایش می گذارد که نیروهای ناشناخته «دیوانه ای» بر آن وارد می شوند که در اینجا موردنظر ما نیستند. به زعم ظاهر ساختگی آن، این مدل به ما امکان می دهد که جنبه های اصلی آشوب را در دینامیک نیوتونی نشان دهیم.

ابتدا باید توجه کنید که برای هر X(۰)، تحول زمانی بعدی به روشنی وجود دارد و منحصر به فرد نیز هست چون تنها کار لازم ضرب مکرر X(۰) در ۱۰ و حذف قسمت صحیح آن است. عبارتی را که فیزیکدانها برای این ویژگی به کار می برند «قطعیت» است، و بیشتر سیستمهای نیوتونی از جمله مدل ما این ویژگی را دارد. چون قطعیت ایجاب می کند که حالت فعلی یک سیستم آیندهٔ آن را نیز به طور منحصر به فرد مشخص کند، فیزیکدانان مایل اند که قطعیت را همان پذیری بدانند. با در نظر داشتن این نکته، بگذارید به تحول زمانی مدل سادهٔ خود بازگردیم که در آن $X(n) = ۱۰^n X(۰)$ است. اگر خطای کوچک $\Delta X(۰)$ در تعیین X(۰) وجود داشته باشد، آنگاه این خطا طبق رابطهٔ $\Delta X(n) = ۱۰^n \Delta X(۰)$ به صورت نهایی رشد می کند. این موضوع شاید متداولترین تعریف آشوب را که به معنای حساسیت نهایی حالت نهایی به تغییرات حالت اولیه است نشان دهد. در اینجا پیش بینی کوتاه مدت (که به طور فزاینده ای نادرست است) برای یک سیستم آشوبناک امکان پذیر است، اما رشد نهایی حتی کوچکترین خطا در حالت اولیه مانع از پیش بینیهای دارازمدت می شود.

برای روشن شدن این موضوع فرض کنید فقط می توانیم ۱۰ رقم اول مکان X(۰) را در مدل خود مشخص کنیم، سپس با استفاده از یک ماشین حساب دستی با ضرب کردن پی در پی آن در ۱۰ و تفریق از قسمت صحیح، به ترتیب

$X(1)$ ، $X(2)$ و ... را به دست می‌آوریم. اما با کاهش نهایی دقت آنها تا ۱۰ رقم از $X(0)$ از سمت چپ ماشین حساب به روشنی آشکار می‌شود تا وقتی که هیچ عدد با معنی که به ممیز ختم می‌شود باقی نماند، و بعد از ۱۰ بار تکرار تمام دقت از بین می‌رود. این مثال تأکید می‌کند که معلومات فعلی ما هرچقدر هم که دقیق باشد، در دنیای آشوبناک، توانایی ما در پیش بینی آینده بر حسب زمان به طور نهایی کاهش می‌یابد. تا کاملاً از میان برود در حالی که رشد نهایی خط، رابطه بین پیش بینی و قطعیت را کم کم از بین می‌برد. این رابطه حتی با یک تعریف عمیقتر از آشوب ـ که اکنون به آن می‌پردازیم ـ کاملاً قطع می‌شود.

اکنون فرض کنید که ماشین حساب ما بتواند تمام ارقام پس از ممیز برای مکان اولیهٔ مدل ما نشان دهد. با فشار کلید و ضرب در ۱۰ و کم کردن بخش صحیح $X(1)$ و $X(2)$ و ... را با دقت زیاد به سمت چپ صفحهٔ آشکارساز ماشین حساب منتقل می‌کنیم. با $X(0)$ معین، مدل ما مطمئناً قطعی است. با وجود این ماهیت $X(n)$ هنوز به سرشت رشتهٔ ارقام $X(0)$ بستگی دارد. به ویژه اگر رشته ارقام $X(0)$ کاتوره‌ای باشد تحول زمانی $X(n)$ نیز کاتوره‌ای خواهد بود. زیرا حذف اولین رقم از یک رشتهٔ کاتوره‌ای، باز هم یک رشتهٔ کاتوره‌ای را به جا می‌گذارد. اما همان طور که در بندی که شامل معادلهٔ (۱) بود مشاهده کردید تقریباً تمام رشته ارقام $X(0)$ها با $1 \leq X(0) \leq 0$ کاتوره‌ای هستند. بنابراین تقریباً مجموعه های $X(n)$ نیز کاتوره‌ای خواهند بود، بنابراین مدل ما قطعاً کاتوره‌ای خواهد بود. این مثال عمیقترین و در ضمن کلیترین معنای آشوب را نشان می‌دهد. آشوب با قطعیت کاتوره‌ای یک پدیدهٔ مترادف است. در اینجا مانند همیشه، شرط اولیه $X(0)$ برای یک سیستم نیوتونی به صورت منحصر به فرد یک مدار را توصیف می‌کند، اما وقتی که سیستم نیوتونی آشوبناک باشد مدار تعیین شده نمایانگر یک فرایند کاتوره‌ای خواهد بود.

البته همهٔ سیستمهای دینامیکی، مانند مدل ها، در آغاز کاملاً کاتوره‌ای نیستند. بلکه، بسیاری از سیستمها مانند ستون دود انتقال به آشوب را نشان می‌دهند. در زیست شناسی به احتمال زیاد انتقال به آشوب عامل اصلی نوسانات مهلک قلب، صرع، اسکیزوفرنی و افسردگی است. در اینجا وجه مشترک، احتمالاً نوعی بی ثباتی در شبکه های کنترل الکتریکی است.

در نجوم، آشوب در کمربند سیارکها، گافهایی تولید می‌کند که باعث جابه جایی مختصر حرکت قمر کوچک زحل (هیپریون) می‌شود و تغییرات نامنظم مختصری را در دورهٔ گردش ستارهٔ دنباله دار هالی به وجود می‌آورد. در واقع، به نظر می‌رسد از نجوم تا زیست شناسی آشوب در همه جا حضور دارد. در اینجا قابل ذکر است که گذار از نظم به آشوب حاکی از آن است که از آشوب نیز ممکن است نظم به وجود آید.

تا اینجا بحث در مورد آشوب شاید تا حد زیادی ناامیدکننده باشد. آشوب پدیده‌ای است که برای برقراری نظم و پیش بینی پذیری باید به هر قسمت از آن اجتناب کرد. در واقع، آشوبهای غیرقابل کنترل می‌توانند وحشتناک باشند. یک طوفان سهمگین، یک زلزله، یا ریزش سنگ از کوه مثالهایی از اینگونه آشوبها هستند. هرچند که آشوب گاهی چهره‌ای افسونگر و جذاب بخود می‌گیرد، نظیر پیچ و تابهای دلفریب و غیرقابل پیش بینی شعله های رقصندهٔ آتش یک کنده، یا تغییرات متنوع قابل رؤیتی که امواج دریا روی ساحل به وجود می‌آورند، یا انواع تصاویر باورنکردنی و خیال انگیزی که در آسمان لاجوردی از حرکت ابرها به وجود می‌آید. آشوب دینامیکی است که از نظمهای ثابت و قابل پیش بینی آزاد شده است. این پدیده تنوع فراوان، انتخابها و شانسهای زیادی را پیش می‌آورد. امّا آیا می‌توان بدون حذف عوارض بد ناشی از بدشانسی از این تنوع نتیجهٔ رضایت بخشی گرفت؟ اکنون برای یافتن پاسخ به طبیعت نظر می‌افکنیم.

در ارائه این طرح، انسان از تکامل کمک می‌گیرد. طبیعت میل دارد بقا و جاودانگی زندگی را علیه هر نوع فاجعهٔ طبیعی ممکن، تضمین کند. در اصل طبیعت می‌توانست برنامهٔ ویژه‌ای برای تطابق با اشکال بی نهایت پیچیدهٔ رخدادهای طبیعی رقم بزند. اما به گفتهٔ داروین،

طبیعت برای فراهم آوردن گونه های متنوع لازم برای پاسخ به نیازهای گزینش طبیعی و بقای اصلح از جهشهای کاتوره ای استفاده می کند، در اصل، تکامل چیزی جز آشوب همراه با فیزیک نیست. تحولات تصادفی به تنهایی مانند آن است که طبیعت تاس را با بی تفاوتی بریزد؛ اما فیزیک اضافی گزینش طبیعی و بقای اصلح، به چرخش تاس جهتی را می دهد که دلخواه طبیعت است و باعث می شود که اشکال زندگی نه تنها دوام بیاورند بلکه استیلا یابند.

چه کسی به عنوان خدمتی به بشریت حکم به آشوب داد؟

پیام بسیار روشن است. برای مقابله با آشوب باید از آشوب استفاده کنیم. در اصل آتش را با آتش روشن می کنیم. برای حل مسئله ای که در آن آشوب دخیل است بدون استفاده از آشوب، حتی بزرگترین و سریعترین کامپیوترها، به برنامه های بسیار طولانی نمایی و زمانهای بسیار طولانی نیازدارند، در هر دو مورد، مسئله قابل حل نخواهد بود. اما یک برنامهٔ کامپیوتری برای دسترسی به راه حلهای سریع ممکن در حل مسائل طبیعت که به سهولت قابل کنترل اند می تواند از آشوب (کاتورگی) استفاده کند و به سرعت جوابهای ممکنی را تولید کند که اعتبار آنها را می توان با تقلید روش طبیعت در حل مسئله تکامل آزمود. به عنوان مثال کنترل یک هواپیمای جت را در نظر بگیرید که نیاز به عکس العملهای سریع دارد، که از انسان ساخته نیست. یک کامپیوتر باید کار کنترل را انجام دهد، اما چگونه می توانیم مانع از اشتباهات کامپیوتری، که می تواند هواپیما را نابود کند شویم. فراوانی داده ها گام نخست است. نه فقط تکرار حسگرهایی که به کامپیوتر اطلاعات می دهد بلکه با تکرار کنترل خود کامپیوتر می توان مانع از اشتباه شد. با این حال در مقابله با خرابی این تعداد زیاد حسگرها یا کامپیوتری که ممکن است به وقوع بپیوندد، چگونه می توانیم تضمین کنیم که کامپیوترهای چند منظوره در مورد یک پاسخ خاص، به ویژه در هنگام نبرد، در همهٔ مواقع همخوانی دارند و یکسان عمل می کنند؟ باز هم هیچ راه حل تحلیلی منسجمی برای این مسئله وجود ندارد. اما در این مسئله اگر بگذاریم که برنامه های کامپیوتریمان شامل اجزاء انتخاب شدهٔ آشوبناک باشند، هر مسئله ای قابل حل خواهد بود. در مورد طبیعت نیز، راه حلهایی که وجود دارند همیشه بهترین راه حلها نیستند. اما این امکان که راه حل موجود، راه حل قابل قبولی است، می تواند آنقدر به یقین نزدیک شوند که ما را راضی کند.

چه کسی حکم به آشوب داد؟

چون از کنترل آشوب می توان به نظم رسید، پس دانشمندان این کار را کرده اند.

در آغاز ... فقط آشوب بود، اما گذشت قرنها، سبب شد که دور تکاملی کاملی را بپیماییم.

برای انسانهای غارنشین دنیا بسیار آشوبناکتر از ما بود، ولی در اینجا تفاوتی وجود دارد. انسان غارنشین به طبیعت مانند یک تاس چرخان بی تفاوت و بی تعصب نگاه می کرد. انسان معاصر فهمید که تاس طبیعت به صورت هدف دار اندکی سنگین شده است. وظیفه ای که پیش روی ماست این است که سنگینی و هدف آن را مشخص کنیم و این کار آسانی نیست. پیش از این هیچگاه از انسان خواسته نشده بود که مسائل غیرقابل حل را حل و پدیده های غیرقابل پیش بینی را پیش بینی کند.

اگر هنوز آشوب به عنوان معضل مطرح باشد، فقط یک طبیعت بیرحم می تواند باعث تکامل مغز انسان با مقدار ناکافی آشوب برای روبه روشدن با این چالش شود و مسلماً راه حلی وجود دارد و از آنهایی که دارای اراده قوی هستند دعوت می شود که کتاب جیمز گلیک را به نام:

«آشوب: پدیدآورندهٔ یک علم نوین» بخوانند.

منبع:

Fundementals of Physics, holiday/ Resnik, walker, Jhon wiley.

مترجم: عبدالحسن بصیره عضو هیئت علمی دانشگاه کردستان

رویکرد شما به یک مسئله فیزیکی چگونه است؟

باب کیبل [1]

یک گروه از معلمان کارآموز فیزیک دست به کار حل یک مسئله سرراست شدند. جوابهای آنها شش رویکرد کاملاً متفاوت را آشکار کرد.

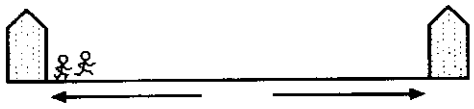
عنوانی که بطور مرتب در تابلو اعلانات فیزیک در PGCE نصب می کردم «مسئله هفته» است. من هر هفته دوشنبه یک مسئله نصب می کنم و تا پنج شنبه جواب آن را می خواهم. و روز سه شنبه بعد به کسانی که جواب درست بدهند شکلات میله ای جایزه می دهم. تصمیم گرفتم این طرح را ادامه دهم با این هدف که توجه دانشجویانم را به یکی از کاربردهای تابلو اعلانات جلب کنم و اثر برانگیختن عامل چالش ـ پاداش را تجربه کنم. نتیجه بحثها در کلاس و دور میز ناهار به ما کمک می کرد تا فکر خود را روی جنبه های مختلف مسئله مثل ساختارزبان مسئله و روش حل آن متمرکز کنیم.

واکنش دانشجویان به این طرح بگونه ای بود که وقتی بعد از هشت هفته تصمیم گرفتم تا سؤالات را متوقف کنم (به این دلیل که ایده هایم ته کشیده بود.) دانشجویان سؤالات خودشان را در تابلو نصب می کردند.

دو مسئله همزمان میان سرگروه های دوره فیزیک دانشگاه ماساچوست (MOP) ارائه شد. داف رسن و همکارانش (۱۹۹۷) پیش نهاد کردند هنگامی که یک مسئله را تحلیل می کنیم، باید آن را با ربط دادنش به دانستنی های متفاوت از روش های گوناگون بررسی کنیم. این ربط ها خواه ریاضیات و خواه تصویر و مفهوم باشند، راه حل هایی که می سازیم و اینکه چقدر در جریان حل مسئله می آموزیم را تعیین می کنند. این مقاله روی یک مسئله بخصوص که از کار MOP گرفته شده است متمرکز خواهد شد، که من آن را با استفاده از تابلو اعلانات برای گروه فیزیک PGCE در اکتبر ۱۹۹۸ ارائه کردم.

مسئله:

جانِت و برادرش جان تصمیم گرفتند تا طول یک خیابان را به صورت رفت و برگشت مسابقه دهند. طول خیابان ۸۰ متر بود. جانِت با سرعت $2/5 \frac{m}{s}$ و جان با سرعت $1/5 \frac{m}{s}$ می دویدند. این دو در چه فاصله ای از نقطه شروع به هم می رسند.



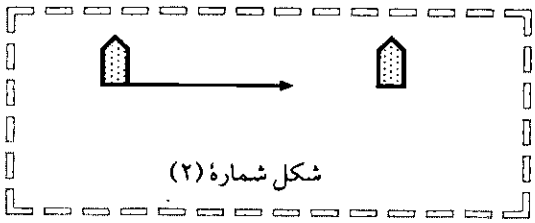
شکل شمارهٔ (۱)

راه حل:

من حل های متفاوتی از هشت دانشجو دریافت کردم. چهار دانشجو بیش از یک راه حل ارائه کرده بودند. و یک دانشجو این مسئله را از چهار راه متفاوت حل کرده بود. آنچه که برای من جالب بود تنوع راه حل های گوناگونی بود که این دانشجویان به یک مسئله ارائه کرده بودند، اما البته از زوایای مختلف به مسئله نگریسته شده است. جمعاً شش روش مختلف وجود داشت که من هر یک را توضیح می دهم.

راه حل ۱: روش جبری

جان و جانِت بعد از این که جان به اندازه x متر حرکت کرد به یکدیگر می رسند.



شکل شمارهٔ (۲)

بنابراین زمانی که طول می کشد تا هر دو به این نقطه برسند برابراند با :

$t_2 = \frac{80+(80-x)}{2/5}$ s برای جان $t_1 = \frac{x}{1/5}$ s

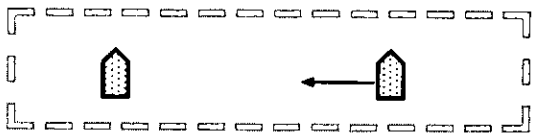
برای جان

اما این زمان برای هر دو یکسان است . بنابراین

$t_1 = t_2 : \frac{x}{1/5} = \frac{80+(80-x)}{2/5} \rightarrow x = 60\,m$

راه حل دوم : روش جبری

آنها به یکدیگر می رسند پس از این که جانِت به اندازهٔ y از انتهای خیابان برگردد .



شکل شمارهٔ ۳

بنابراین جان به اندازه $(80-y)$ متر حرکت می کند و جانت به اندازه $(80+y)$ متر حرکت می کند . آنها این مسافت ها را در زمان مساوی طی می کنند .

$\frac{80-y}{1/5} = \frac{80+y}{2/5} \rightarrow y = 20\,m$

بنابراین آنها در ۶۰ متری نقطه شروع به هم می رسند .

راه حل سوم : استفاده از جدول

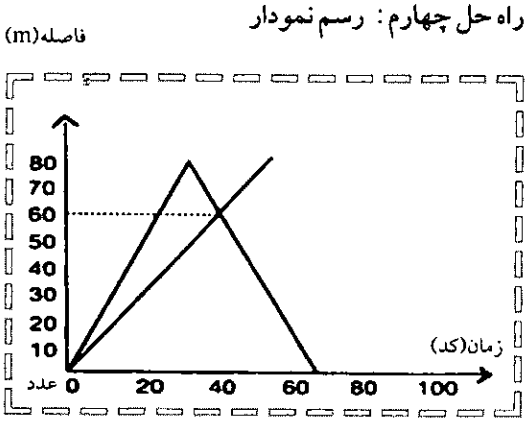
جدول

فاصله از نقطهٔ شروع

جانت	جان	زمان
۰	۱۰	۰
۲۵	۱۵	۱۰
۵۰	۳۰	۲۰
۷۵	۴۵	۳۰
۶۰	۶۰	۴۰
۳۵	۷۵	۵۰
۱۰	۷۰	۶۰

با توجه به جدول می بینیم که در فاصله ۶۰ متری از مبداء از کنار یکدیگر عبور می کنند .

راه حل چهارم : رسم نمودار



با استفاده از نمودار می توان دید که جان و جانِت در فاصله ۶۰ متری نقطه شروع به یکدیگر می رسند .

راه حل پنجم : استفاده از سرعت نسبی

در موقع رفت ، سرعت نسبی جان و جانِت $2/5-1/5=1\frac{m}{s}$ است . بنابراین وقتی جانِت در مدت T ثانیه به انتهای خیابان می رسد . جان به اندازه T متر از او عقب تر است . در موقع برگشت سرعت نسبی جانِت و جان $1/5+2/5=4\frac{m}{s}$ است .

زمان اضافی موقع برگشت $\frac{T}{4}$ ثانیه است . پس زمان کل برای این حرکت $T+\frac{T}{4}=\frac{5T}{4}s$ خواهد بود . حال حرکت جانِت را بررسی می کنیم .

$T=\frac{80}{2/5}$ برای جانِت

و زمان کل حرکت جانت $\frac{5T}{4}$ است . یعنی

$t=\frac{5T}{4}=\frac{5}{4}\times\frac{80}{2/5}=40s$

در این مدت زمان جان به اندازه $x=vt=1/5\times40=60m$ حرکت کرده است .

راه حل ششم : استفاده از تناسب

نسبت سرعت های این دو نفر $\frac{۵}{۳} = \frac{۲/۵}{۱/۵}$ است. وقتی از کنار یکدیگر عبور می کنند، مسافتی که هر دو طی کرده اند، به نسبت $\frac{۵}{۳}$ خواهد بود. همچنین هنگامی که آنها از کنار یکدیگر عبور می کنند، مجموع مسافت های طی شده برابر ۱۶۰m خواهد بود. بنابراین

$$\frac{\text{جانت } d}{\text{جان } d} = \frac{۵}{۳} \quad (۱)$$

$$\text{جانت } d + \text{جان } d = ۱۶۰\text{m} \quad (۲)$$

با حل معادلات (۱) و (۲) خواهیم داشت.

$$\text{جان } d = ۶۰\text{m}$$

بحث: از این تجزیه و تحلیل ها چه چیزهایی می توان آموخت؟

اولین درس برای من این است که من برای حل مسئله سلیقه خودم را دارم که بدون تردید بر پایه سابقه تدریس و تجربه ام بنا شده است. اما آیا این توانایی من را در ارزش گذاری روشهای گوناگون حل مسئله محدود نمی کند؟ اگر من در این جا راه حلهای مختلف را ارائه کردم بخاطر تمایل من برای ایجاد دیدگاهی است که می گوید «آیا من زمینه مناسبی را برای درک ارزش راه حل های مختلف آماده کرده ام؟» مطمئن هستم که انجام این کار راحت است. من نیز مثل ممتحن های GCSE وقتی از کنار شاگردانم عبور می کنم. می بینم که راه حل های هیچکدام شان شبیه مورد انتظار طرح نمره گذاری نیست باید تلاش کنیم تا ذهنی باز داشته باشیم. اما تمام اعضاء تیم در مورد جواب های قابل قبول به یک اندازه انعطاف پذیر نبودند. البته بعضی از روش های حل مسئله که بوسیله فیزیک «بهتر» ارائه شده است ارجح است.

دومین درسی که باید آموخت. این است که وقتی به شاگردانم نشان می دادم که یک مسئله چگونه حل می شود، شاید زمانی که برگه های امتحانی را بررسی می کنم. چندبار بیش از یک راه حل ارائه می کنم؟ آیا من به راستی قادر هستم بیش از یک راه حل برای یک مسئله ارائه کنم؟ برایم واضح است که من باید کوشش کنم تا دنبال راه حل های دیگر نیز باشم. راه حل هایی که به سادگی می تواند به دانشجویانی که از دیدگاه های متفاوت به حل مسئله می پردازند روحیه دهد. ازنظر دانش آموزان مطمئن هستم که اعتماد به نفس آنها وقتی می بینند که راه حلی متفاوت با راه حل معلم شان ارائه کرده اند، ضعیف می شود. یک اعتبار مکتوم به راه حل معلم به خاطر آنکه بزرگتر است گذاشته می شود.

کلام آخر این که در این جا راه حل هایی ارائه شد که مهارتهای کاملاً متفاوتی را به کار می گرفتند. مخصوصاً استفاده از نمودار برای حل این مسئله با روش های دیگر کاملاً متفاوت است. شاید برای دانشجویانی که به اندازه کافی در استفاده از روش های تناسبی مهارت ندارند استفاده از نمودار راحت تر باشد. آیا من بعد از این قادر خواهم بود تا این توانایی را در دانشجویانم ایجاد کنم و آنها را تشویق کنم که از چند دیدگاه مختلف به مسائل نگاه کنند؟ برای معلمان کارآموز کارشناسی ارشد وجود مسئله هفتگی در تابلو اعلانات تشویقشان می کرد که آن را حل کنند و یا در حل آن شرکت کنند. مباحثات آنها در پشت میز ناهار و در طول جلساتی که با هم داشتیم زمینه را برای دست یابی به راه حل های مختلف آماده می کرد. من احساس می کنم ما دربارهٔ تفاوتهای فردی و سود ذهن بازداشتن هنگام دستیابی به حلهای مسئله ها چیزهای زیادی یاد گرفته ایم. شاید ما همان قدر در موردخودمان آموختیم که در مورد فیزیک.

مرجع:

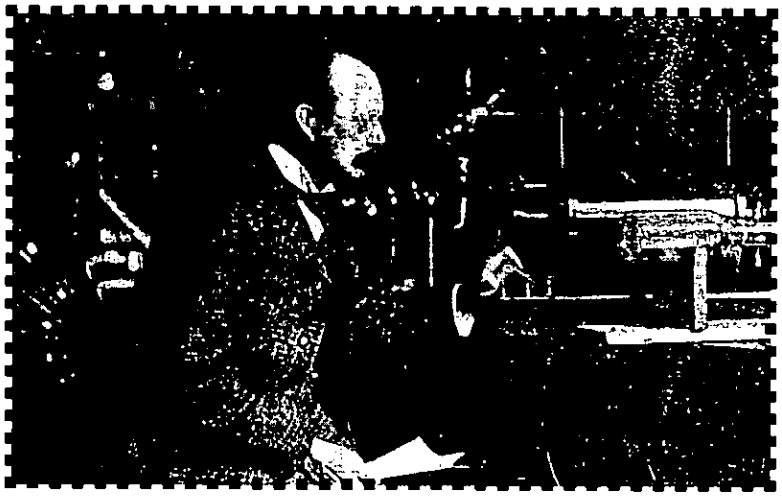
phy. Educ. 34(1), January 1999, p.16-8

مترجم: محمد حسین شمس دبیر فیزیک از نی ریز فارس.

1- Bob kibble

جی.جی. تامسون و کشف الکترون

ایزوبل فالکونر



شکل ۱- جی.جی. تامسون درحوالی سال ۱۹۰۰ یک سخنرانی نمایشی دربارهٔ آزمایش m/e کرد.

یک آزمایش، بیش از هر آزمایش دیگر، به کشف الکترون در سال ۱۸۹۷ مربوط می شود. این آزمایش تعیین نسبت جرم به بار (m/e) پرتوهای کاتدی با انحراف آنها در میدانهای الکتریکی و مغناطیسی است، با این حال این آزمایش دو ماه بعد از اینکه تامسون اعلام کرد که پرتوهای کاتدی ذرات بسیار ریزی هستند که بار منفی دارند انجام شده است. پس چرا این آزمایش این اندازه مهم است؟ من راه و روش تامسون در انجام آزمایش و چگونگی پذیرش افکارش را بررسی کرده ام.

جوزف جان تامسون در سال ۱۸۵۶ متولد شد. او پسر یک کتاب فروش اهل منچستر بود که در کالج اونز در منچستر و سپس ترینیتی کالج کمبریج تحصیل کرد. در سال ۱۸۸۴، پس از چهار سال پژوهش عمدتاً نظری، در سن ۲۸ سالگی به سمت استاد کرسی کاوندیش فیزیک تجربی در کمبریج، برگزیده شد.

تامسون به مجرد انتخابش شروع به آزمایشهایی دربارهٔ تخلیه الکتریکی در گازها کرد و دریافت که این ارتباط میان اترواتمهای شیمیایی را آشکار می سازد. در سال ۱۸۹۶ همراه شاگردش ارنست رادرفورد، به مهمترین دستاوردش تا آن زمان دست یافت. در کار با پرتوهای x که به تازگی کشف شده بود آنها این نظریه را مطرح کردند که رسانش الکتریکی در گازها بر اثر شکافته شدن مولکولها به یونهای با بار الکتریکی مخالف یکدیگر صورت می گیرد.

پرتوهای کاتدی

سپس تامسون شروع به وارد کردن پدیده های دیگر در نظریهٔ جدید و موفق خود کرد. پرتوهای کاتدی یک هدف بدیهی بودند. این پرتوها به عنوان منشاء پرتوهای x اهمیت یافته بودند. پرتوهای کاتدی را جولیوس پلاکر در سال ۱۸۵۷ کشف کرده بود. این پرتوها درفشارهای بسیار کم در لامپهای تخلیهٔ الکتریکی مشاهده می شدند. این پرتوها اگرچه نامریی بودند ولی در برخورد با دیوارهٔ مقابل در لامپ باعث فلوئورسانی می شدند.

در سال ۱۸۹۶ می دانستند که پرتوهای کاتدی در میدان مغناطیسی منحرف می شوند، و سایه های شدیدی به وجود می آورند که نشان می داد که از کاتد در خط مستقیم منتشر می شوند. در سال ۱۸۹۳ هاینریش هرتز نشان داده بود که این پرتوها می توانند از لایه های نازک فلزی بگذرند. این موضوع را فیلیپ لنارد شاگرد هرتز دنبال کرد. این پرتوها به پرتوهای لنارد معروف شدند. در سال ۱۸۹۵ ژان پرین نشان داد که این پرتوها حامل بارالکتریکی هستند.

با کشف پرتوهای x، بحث زیادی دربارهٔ پرتوهای کاتدی به وجود آمد. دو دیدگاه موجود دربارهٔ سرشت این پرتوها آشکارا با یکدیگر ناسازگار بودند. یک دیدگاه این بود که این پرتوها از ذرات دارای بارمنفی، احتمالاً اتمها، تشکیل شده اند. دیدگاه دیگر آن بود که پرتوهای کاتدی پدیده ای مربوط به اتر شبیه به نور هستند.

در اواخر سال ۱۸۹۶ توجه تامسون به پرتوهای کاتدی جلب شد. وی انحراف مغناطیسی آنها را بررسی کرد، و سپس آزمایش پرین را اصلاح کرد تا با قاطعیت نشان دهد که بارالکتریکی یک ویژگی اجتناب ناپذیر پرتوهاست. وی همچنین نتایج لنارد را دربارهٔ ویژگیهای و جذب پرتوهای لنارد در نظر گرفت.

در ۳۰ آوریل ۱۸۹۷، در یک سخنرانی روز جمعهٔ انجمن سلطنتی، تامسون این نتیجه گیری خود را که پرتوهای کاتدی ذرات کوچک دارای بار منفی هستند که جزء اصلی سازندهٔ اتم اند اعلام کرد. نتیجه اولین آزمایش m/e او این پیشنهاد را تأیید می کرد. نتایج او نسبت جرم به بار حدود ۱۰۰۰ بار کوچکتر از یون هیدروژن را می داد، که تا آن زمان کوچکترین مقدار شناخته شده بود. او این ذرات را «ذره» نامید، اما از آن پس به نام «الکترون» مشهور شدند و تامسون افتخار کشف آنها را به دست آورد.

آزمایش m/e

آزمایشی که مورد توجه این مقاله است دومین روش

تامسون برای تعیین نسبت جرم به بار این ذره بود. او این آزمایش را در اواخر ماه ژوئن سال ۱۸۹۷ دو ماه پس از پیشنهاد اینکه پرتوهای کاتد متشکل از ذرات هستند انجام داد.

آزمایش برمبنای انحراف الکتروستاتیکی پرتوهای کاتدی بود. ناتوانی هرتز در نشان دادن انحراف الکتروستاتیکی در ۱۳ سال قبل از آن باعث حمایت از دیدگاه اتری پرتوها شده بود.

پرتوهای کاتدی در کاتد در طرف چپ دستگاه تولید (شکل ۱) و به طرف راست حرکت می کردند، و از میان آند می گذشتند که نقش همسوکننده را داشت. پرتوها سپس وارد ناحیه ای می شدند که میدانهای الکتریکی یا مغناطیسی منحرف کننده اعمال می شد، و سپس به انتهای لامپ برخورد می کردند و باعث فلوئورسانی می شدند. اندازه گیریهای انحراف، که در تاریکی انجام می شد با حرکت دادن یک عقربه نورانی به کمک یک پیچ بر روی مقیاس اندازه گیری تا انطباق آن بر لکه فلوئورسان انجام می گرفت.

انحراف الکتروستاتیکی از رابطه زیر به دست می آمد

$$\theta = \frac{Fel}{mv^2}$$

که در آن θ انحراف زاویه ای الکتریکی، F شدت میدان اعمال شده، L طول صفحه های الکتریکی است. اگر نیروی مغناطیسی اعمال می شد که در همان سطح صفحات الکتریکی وجود داشت، رابطه به صورت زیر بود.

$$\phi = \frac{HEL}{mv}$$

که در آن θ انحراف زاویه ای مغناطیسی و H شدت میدان مغناطیسی اعمال شده است. اگر میدان مغناطیسی تغییر می کرد تا انحراف مغناطیسی با انحراف الکتریکی برابر شود، معادله ها به صورت زیر ساده می شد.

$$\frac{Fel}{mv^2} = \frac{Hel}{mv} \qquad \text{یا} \qquad V = \frac{F}{H}$$

$$\frac{m}{e} = \frac{H^2 L}{F\theta}$$

θ فقط با اندازه گیری انحراف الکتریکی به دست می آمد.

تامسون اندازه گیریهایی را در هوا، هیدروژن و گاز اسید کربنیک انجام داد و هم از الکترودهای آلومینیمی و هم پلاتینی استفاده کرد. نتایج او برای نسبت m/e از $1/1\times10^{-7}$ تا $1/5\times10^{-7}$ گرم بر کولن تغییر کرد، و با نتایج قبلی او سازگار بود.

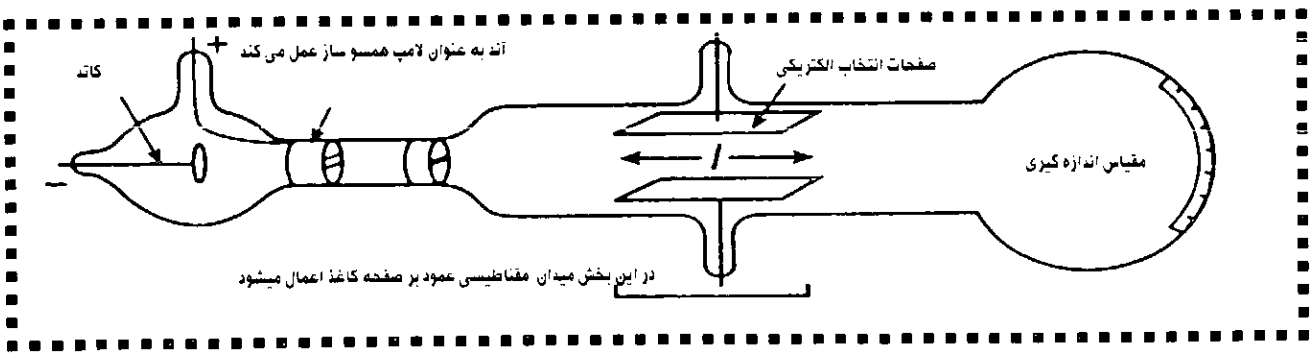
او نتایج خود را در اکتبر ۱۸۹۷ منتشر کرد. او نتیجه گیری خود را که پرتوهای کاغذی متشکل از ذرات ریز باردار و از اجزاء تشکیل دهندهٔ اتم هستند تکرار، و براساس آن یک مدل اتمی پیشنهاد کرد.

مسیر تامسون در رسیدن به آزمایش m/e

در شناسایی پرتوهای کاتدی به صورت ذرات، تامسون متکی بر دیدگاه ذره ای پرتوهای کاتدی بود، زیرا این دیدگاه مشخص و پیامدهای آن قابل پیش بینی بود، درحالی که اطلاعاتی در مورد قانونهای حاکم براثر وجود نداشت برخورد وی حاکی از فلسفهٔ مکانیکی بود که از طریق آن بسیاری از فیزیکدانهای بریتانیایی می خواستند به نظریهٔ واحدی از طبیعت برسند. فلسفه مکانیکی این باور بود که همهٔ پدیده ها را می توان در نهایت برحسب مادهٔ در حرکت توصیف کرد. بنابراین، در بررسی یک پدیدهٔ ناشناخته مانند پرتوهای کاتدی، توجه اصلی تامسون به سرعت و جرم آنها معطوف بود.

قبلاً، در سالهای ۱۸۸۰، تامسون فلسفه مکانیکی را

شکل ۲ ـ روش انحراف کتریکی و مغناطیسی تامسون رای اندازه‌گیری m/e پرتوهای اتدی



تا نتیجه گیری ریاضی دنبال کرده بود. نتایج او به این باور انجامیده بود که نظریه ای دربارهٔ ماده یک سیاست است نه یک creed. هدف آن مرتبط ساختن و هماهنگ ساختن پدیده های ظاهراً گوناگون، و مهمتر از همه پیشنهاد، انگیزش و آزماش مستقیم بود. تامسون با نظریه های خود بدین صورت برخورد می کرد. او به ندرت می گذاشت این نظریه ها وابسته به «حقایق» تجربی شوند که ممکن بود درک آنها از گسترش خلاق به سایر پدیده ها یا آزمایش را محدودتر کند.

کار او در مورد پرتو کاتدی این مسئله را به روشنی نشان می دهد. به نظر می رسد که فرضیهٔ ذره ای وی فقط بر مبنای دو نتیجهٔ تجربی بود. اولاً، آزمایشهای لنارد و خود او نشان داد که انحراف مغناطیسی پرتوهای کاتدی مستقل از الکترودها و گازی بود که این پرتوها از آن می گذرند. این موضوع نشان می داد که ذرات در تمام موارد یکسان اند. ثانیاً، لنارد نشان داده بود که پرتوهای لنارد مسافتی بیشتر از آنچه از ذره ای با ابعاد اتم انتظار می رود در گاز نفوذ می کردند. به علاوه، جذب آنها با چگالی گاز نسبت عکس داشت. این نشان می داد که ذرات ممکن است بسیار کوچک باشند و با تک تک اجزاء مولکولهای گاز برهم کنش کنند.

تامسون به جای معرفی دو ذره، یک ذره را وارد کرد که هر دو کار را می کرد. او گفت که پرتوهای کاتدی ذرات ریزی هستند که خودشان از اجزاء متشکله اتم هم هستند. فکر اتمهای دارای ساختار/ یا قابل تقسیم در طی ۱۵ سال فکر او را به خود مشغول ساخته بود، و این توجیه در سال ۱۸۹۷ چندان شگفت انگیز نیست. این مشخصه کوششهای تامسون در جهت وحدت بخشیدن به فیزیک با جستجوی نظریه هایی است که حتی الامکان پدیده های مختلف بیشتری را توجیه کنند.

در ۳۰ آوریل ۱۹۳۰ نظریهٔ تامسون مورد تردید عموم قرار گرفت. حتی جورج فیتزجرالد، که یک شنوندهٔ طرفدار او بود، فکر می کرد که او بسیار فراتر از آن رفته است که داده های تجربی اش مجاز می دارند. فیتزجرالد این پیشنهاد را مطرح کرد که پرتوهای کاتدی همان طور که نظریهٔ جوزف لارمور مطرح می کرد الکترونهای آزاد هستند. تصور می شد که این الکترونها مراکز Strain در اتر هستند. این الکترونها بارهای الکتریکی گسسته را توجیه می کردند، ولی ربطی به ماده نداشتند. فیتزجرالد سرشت ذره ای پرتوهای کاتدی را پذیرفت. اما با این فکر موافق نبود که همین ذرات اتم را تشکیل می دهند. به نظر تامسون او فرضیه های اضافی غیرلوزمی را وارد می کرد.

در ژوییه ۱۸۹۷ تامسون چند دلیل برای آزمایش m/e خود داشت. او نظریه ای ذره ای را در جهتهای بسیاری گسترش داده بود: او یونش و تخلیه الکتریکی را کشف، مدلهای اتمی را ابداع، و حدسهایی دربارهٔ ساختار مولکولها زده بود. هدف او گسترش دیدگاه ذره ای ونشان دادن این موضوع (برخلاف فیتزجرالد) بود که این ذرات از اجزاء اتم هستند. او متوجه شد که ظرفیتهای القایی ویژه گازها تقریباً جمع پذیر بود، که ایجاب می کرد گشتاور الکتریکی هر اتم بسیاربزرگ باشد. این موضوع باعث شد که تامسون پیشنهاد کند که مقدار کوچک m/e ممکن است به واسطه بار زیاد یا جرم کوچک باشد. این حدسها قبل از کوششهای او در جهت انحراف پرتوهای کاتدی به صورت الکتروستاتیکی و انگیزه ای برای آنها بود.

به دست آوردن انحراف الکتروستاتیکی

تامسون در ابتدا کوشش چندانی را صرف انحراف پرتوهای کاتدی به صورت الکتریکی نکرد، بلکه صرفاً از دستگاهی شبیه آنچه قبلاً برای اندازه گیری طیف مغناطیسی پرتوها ساخته بوداستفاده کرد. او انحرافی را به دست نیاورد. اما متوجه شد که وقتی پرتوها وجود داشتند، تخلیه ای بین دو صفحه منحرف کننده به وجود می آمد که نشان می داد پرتوهای کاتدی گاز را به یک رسانا تبدیل می کنند. او تشخیص داد که گاز رساننده سبب گسترش میدان اعمال شده می شود.

راز به دست آوردن یک انحراف الکتروستاتیکی در خلاص شدن از شر گاز باقیمانده در لامپ بود. مشکل به دست آوردن فشارهای کم برای جلوگیری از یونش و رسانندگی، و در عین حال آغاز یک تخلیه بود.

یک چشمهٔ گاز باقیمانده بخار جیوه از خود پمپ بود، یک چشمهٔ بالقوهٔ دیگر بخار فشارسنج بود، و تامسون به ندرت از آن استفاده می کرد، و فشارها را به صورت «کم» و «خیلی کم» و غیره با قضاوت دربارهٔ رفتار لامپ تخلیه مثبت می کرد.

در سال ۱۸۹۷ پمپی که در آزمایشگاه کاوندیش مورد استفاده قرار می گرفت یک پمپ جیوهٔ تاپلر بود که به صورت دستی کار می کرد. این پمپ باید نصف روز کار می کرد تا خلاء خوبی برای پرتو کاتدی به دست آید. قبل از این که تامسون موفق به مشاهدهٔ انحراف الکتریکی پرتوها شود، دستیار او ابنیزر اورت به مدت چند روز لامپ را تخلیه کرد.

هدف از به کار انداختن لوله تخلیه در هنگامی که پمپ کار می کرد رها شدن از دست گاز جذب شده در دیواره ها

و الکترودها بود. درغیراین صورت، این گاز در خلال آزمایش آزاد می شد و خلاء را از میان می برد. «پختن» لامپ تخلیه یک روش شناخته شده برای رهایی از این گاز جذب شده بود، اما برخورد تامسون متناقض بود. او فقط آن را هنگامی به کار می برد که ضرورت انجام آن را به او یادآوری می کردند.

با رسیدن به فشارهای بسیار کم، مسئله ای تازه ای به وجود آمد: در کمتر از یک فشار بحرانی، پتانسیل لازم برای تخلیه به سرعت افزایش می یافت و تخلیه ناممکن می شد زیرا لامپهای تخلیه می شکستند. در سال ۱۸۸۳ دلارو و مولر دریافتند که با افزایش قطر لامپ تخلیه فشار بحرانی کم می شود. به نظر می رسد که تامسون لامپ سال ۱۸۹۷ خود را با توجه به این نکته طراحی کرده بود ـ عرض این لامپ در حوالی کاتد و قبل از اینکه برای همسوسازی باریکه باریک شود در حدود ۱۰ سانتیمتر بود. هرتز، که ۱۳ سال قبل کار کرده بود، از نتایج دولارو و مولر آگاهی نداشت. عرض لوله تخلیه او یکنواخت و همان طورکه در شکل ۳ نشان داده شده است در حدود ۲/۵ سانتیمتر بود. اگر او به فشار به اندازه کافی کم برای مشاهدهٔ انحراف الکتروستاتیکی رسیده بود، شاید نمی توانست به تخلیهٔ الکتریکی دست یابد.

نتایج آزمایش

سرانجام، تامسون انحراف الکتروستاتیکی را که به دنبالش بود مشاهده کرد. اکنون او می توانست نسبت m/e را با استفاده از روش دوم خود همان طور که در بالا گفته شد اندازه بگیرد. به نظر تامسون این روش تعیین مقدار m/e بسیار بی دردسرتر و احتمالاً دقیقتر از روش قبلی بود و جامعهٔ فیزیک با این قضاوت وی موافق بود. با وجود این، آزمایش او چندان دقیق نبود.

تامسون دربارهٔ دو منبع خطا در آزمایش خود بحث کرده بود. اولاً، نیروی مغناطیسی را منحصر به فضای میان دو صفحهٔ الکتریکی فرض کرده بود، که فقط تقریباً درست بود. این یک خطای سیستماتیک بود که مقدار m/e اندازه گیری شده را زیاد می کرد. او کوششی در جهت ارزیابی مقدار آن نکرده بود. ثانیاً، در هر دو مورد انحراف، پرتوهای کاتدی؛ به جای یک نقطهٔ درخشان فلوئورسان به صورت طیف درمی آمدند، تامسون لکه ای به طول چند میلیمتر را مشاهده می کرد، که خطایی در حدود ۲۰٪ را وارد می کرد. اهمیت این موضوع بستگی به این داشت که او انحرافهای الکتروستاتیک و مغناطیسی را یکی پس از دیگری مشاهده می کرد، یا آنها را در جهت مخالف یکدیگر به کار می برد تا یکدیگر را خنثی کنند که ذاتاً روش دقیقتری بود. بنابه گزارشهایی که بعداً نوشته شده اند، تامسون این نیروها را در جهت مخالف یکدیگر اعمال کرد و این بدون شک بهبود روش به کار گرفته شده است. اما در مقالهٔ ۱۸۹۷ چیزی وجود ندارد که نشان دهد وی این کار را انجام داده است که مستلزم به کار نگرفتن این روش است.

برای هدفهای تامسون، کوشش در جهت دقیق کردن نتایج اتلاف وقت بود: در اکتبر ۱۸۹۷ با تکرار فرض ذره ای، او وارد فرضهایی در مورد ساختار اتمی شد، که اتم را به صورت توده ای از ذرات در نظر می گرفت. این نظریه پیچیده تر از آن بود که بیش از یک بحث کیفی را مجاز دارد. تامسون اطمینان داشت که نتایج m/e او در محدودهٔ یک مرتبه بزرگی یا چیزی مانند آن صحیح اند، و او این نتیجه را به اندازه کافی خوب می دانست.

از ذرات تا الکترونها

اما سایر فیزیکدانها با تامسون موافق نبودند. این پیشنهاد که اتم ممکن است متشکل از ذرات باشد بیش از آن رنگ شیمی داشت که به آسانی پذیرفته شود و آزمایشهای تامسون به اندازه کافی تعیین کننده نبود تا این مسئله را ثابت کند. دلیل اصلی اینکه نتایج آزمایش m/e بلافاصله اهمیت پیدا کرد این بود که این نتایج پیشنهاد الکترون فیتزجرالد را نیز تأیید می کرد.

بدین صورت، پرتوهای کاتدی متشکل از الکترون، بودند که ربطی به ماده نداشت بنابراین تامسون فوراً پذیرفته شد، به ویژه پس از آزمایشهای او در سال ۱۸۹۹ که نشان می داد بار آن برابر است با واحد بار الکترولیتکی، ا. ج. ا. لورنتس، که نظریهٔ الکترونی اش مشابه لارمور بود و در قاره اروپا اعتبار فراوان داشت (بلافاصله تفسیر الکترونی را گرفت و آن را وارد نظریه اش کرد). وانگهی، الکترون آزاد، نوعی ساختار در اتر بود. بنابراین پیشنهاد او حتی برای طرفداران دیدگاه اتری پرتو کاتدی قابل قبول بود. در سال ۱۹۰۰ مجادله درباره پرتوی کاتدی به پایان رسیده بود.

در این زمان معلوم شده بود که حق با تامسون است، و پرتوهای کاتدی او ذرات پرتوی کاتدی یک جزء لازم ساختار اتمی هستند، (واژه «الکترون» به صورت تفکیک ناپذیری وابسته به ذرات بود). اصطلاح ذره،

تامسون فراموش شده بود، اما این اصطلاح یک مفهوم اضافی به الکترون بخشید، که به معنای ذرهٔ بنیادی و اولین ذره از این نوع بود که کشف می شد و یک جزء بنیادی تشکیل دهندهٔ اتم بود.

پی بردن به این موضوع سه پیامدمهم در فیزیک داشت. (اولاً امکانات نظری بسیاری که بر اثر تشکیل شدن ماده از الکترونها به وجود می آمد درک شد. الکترونهای لورنتس و لارمور منشاء الکتریکی داشتند (فکری که تامسون در سال ۱۸۸۱ پیشنهاد کرد). اگر این الکترونها ذرات بنیادی تشکیل دهندهٔ اتم نیز بودند، پس همهٔ جرم عالم باید الکتریکی باشد. این فکر نوید بخش پیشرفت بزرگی در جستجوی نظریه واحدی در فیزیک بود و به صورت گسترده در اوایل قرن بیستم توسعه یافت. به لحاظ تجربی، کار تامسون، و فکرهای تازه ای دربارهٔ الکترون را افراد بسیار دیگری تأیید کردند که برجسته ترین آنها والتر کافمن، یک آزمایشگر با تجربه، بود. عده ای، از جمله کوریها، کافمن و تامسون را مشترکاً نامزد دریافت جایزه نوبل کردند با این استدلال که بدون دلایل تأیید کننده کافمن نظریه های تامسون پذیرفته نمی شد.

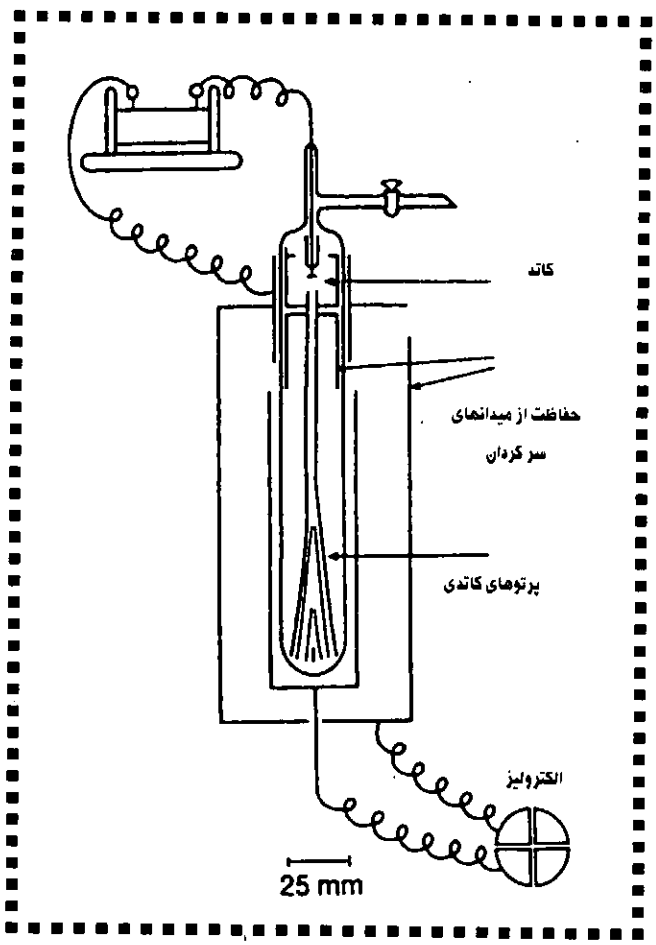
تحول سوم یعنی کشف و تحقیق دربارهٔ رادیواکتیویته نیز به میزان زیاد تجربی بود. در اوایل سالهای ۱۹۰۰ رادیواکتیویته دلیل کافی فراهم ساخت که اتمها می توانند شکافته شوند و سرشت شیمیایی خود را تغییر دهند. مدل اتمی تامسون تنها مدلی بود که این موضوع را توجیه می کرد. به علاوه، اندازه گیریهای m/e برای پرتوهای بتا نشان داد که آنها از جنس پرتوهای کاتدی هستند.

اهمیت آزمایش m/e

برای تامسون، کار با پرتو کاتدی گامی در راه اثبات یک نظریه منسجم تخلیه گازی بود. به خاطر این کار، و نه کار دربارهٔ پرتوی کاتدی بود که تامسون جایزه نوبل سال ۱۹۰۶ را دریافت کرد. در تقدیرنامه ذکری از پرتوهای کاتدی، ذره یا الکترون به میان نیامده بود. در واقع، برای بسیاری از افراد در آن زمان تامسون کاشف مسلم الکترون نبود. گزارشهای دیگر، اهمیت اندکی به کار تامسون می دادند و کارهای لورنتس، لارمور، زیمان یا وانکیهارت را گامهای مؤثری در اثبات وجود الکترون می دانستند.

اگرچه در واپس نگری این تامسون بود که الکترون قرن نوزدهم را «تحقق» بخشید. رسیدن به ایدهٔ نظری الکترون در سال ۱۸۹۷ مسئله مهمی نبود. اما تامسون پدیده ای تجربی را که درآن شناسایی الکترون امکان پذیر می شد مشخص، طراحی، و آزمایش کرد. او این کار را به ساده ترین شکل در آزمایش m/e انجام و نشان داد که چگونه می توان الکترونها را به صورت الکتریکی و مغناطیسی منحرف کرد، چگونه می توان اندازه گیریها را انجام داد. و چگونه به این اندازه گیریها مفهوم بخشید. از طریق آزمایش m/e بود که نظریهٔ الکترون از یک فرضیهٔ مجرد ریاضی به صورت یک واقعیت تجربی درآمد و مفهوم آن در این فرایند گسترش یافت.

Physics Education 1997 P.226-231
مترجم: محبوبهٔ دهقانی سانیج



شکل ۲- دستگاه هرتز درسال ۱۸۸۲ برای آشکارسازی اثرهای الکتروستاتیکی پرتوهای کاتدی (هرتز ۱۸۸۲). لامپ وی برای انحراف الکتریکی پرتوها مشابه این لامپ بود، اما صفحات انحراف الکتریکی باردار وارد آن شده بود.

اندازه‌گیری ضریب انبساط گرمایی

ریکاردو ترامپر و موشه گلبمان

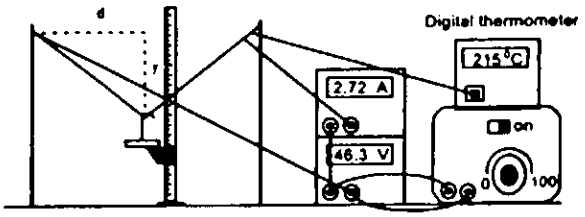
یکی از ساده ترین روشهای نشان دادن وجود انبساط جامدات آزمایش معروف گلوله و حلقه است. اشکال بزرگ آن این است که تنها نتایج کیفی را ارزانی می دارد. سالها پیش، «موزترت» یک آزمایش مناسب کلاس درس پیشنهاد کرد که نه تنها وجود انبساط گرمایی را نشان می داد، بلکه برآوردی از ضریب انبساط خطی α را هم می داد، که البته دو اشکال اساسی دارد: به استفاده از نیتروژن مایع که همیشه در دبیرستانها موجود نیست نیاز دارد و یک اُورهد هم می خواهد تا تمام کلاس بتوانند آن را دنبال کنند. ما روش بسیار ساده تری برای اثبات کیفی و کمی انبساط طولی گرمایی جامدات پیشنهاد می کنیم، که با دستگاهها و تجهیزات معمولی که در کلاسهای دبیرستانها استفاده می شوند قابل انجام است و هر دانش آموزی می تواند به راحتی آن را ببیند و دنبال کند. چون ضریب انبساط طولی تغییر کوچک طول برحسب دماست، α را می توان از فرمول زیر حساب کرد:

$$\alpha = (\frac{\Delta l}{l_\circ})\frac{1}{\Delta T} \qquad (1)$$

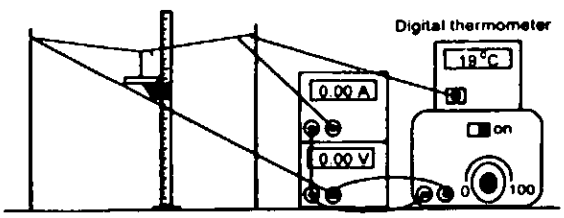
که در آن Δl تغییر طول جسم جامد، ΔT، تغییر دما و $l_\circ$ طول اولیه است. برای راحتی فرض می کنیم که α به دما بستگی ندارد.

برای این آزمایش (شکل ۱ را ببینید) شما به لوازم زیر نیاز دارید:

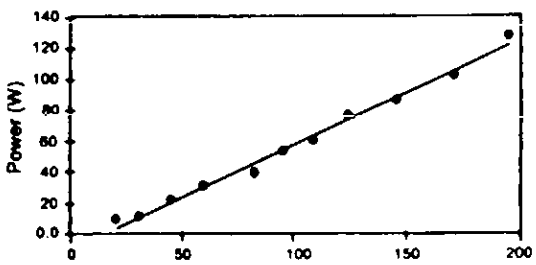
یک سیم نازک کنستانتان (درحدود 80^{cm} طول) که دو انتهایش به قسمت بالائی دو میلهٔ محافظ متصل شده اند، یک جرم ۵۰ گرمی که درست از وسط سیم آویخته شده



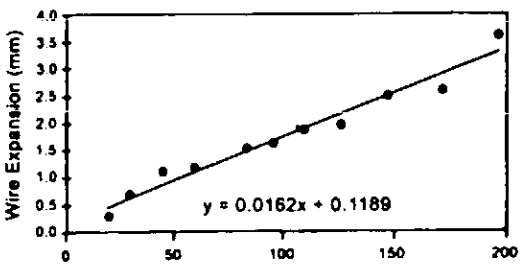
شکل ۲ ترتیب آزمایشی که انبساط سیم در 215^{C} را نشان می دهد.



شکل ۱ـ ترتیب آزمایش در دمای اتاق (19^{C})



شکل ۳ـ نمودار انبساط برحسب افزایش دما، که شامل برازش خطی به معادلات است



شکل ۴ـ نمودار توان تولید شده در سیم برحسب افزایش دما، که شامل برازش خطی آن است.

است، یک خط کش بلند (ترجیحاً سفید برای مقایسه)، یک واریاک ۱۰۰ ولتی، دو مولتی متر دیجیتالی (یکی برای اندازه گیری جریان، دیگری اختلاف پتانسیل روی سیم) و یک دماسنج دیجیتالی برای اندازه گیری دمای سیم. دما به وسیلهٔ یک ترموکوپل استاندارد که دو یکی از دو انتهای سیم کنستانتان رزوه شده است اندازه گیری می شود و به وسیله یک سیم مسی بسیار نازک آن را نگه می دارد. ترموکوپل در داخل یک کنتور دیجیتال که اختلاف پتانسیل را به درجه سلسیوس تبدیل می کند، بسته شده است. مدار الکتریکی ساده متصل شده در شکل (۱) نشان داده شده است. شکل ۱ وضع دمای اتاق را (۱۹°C) بدون عبور جریان در سیم نشان می دهد، شکل ۲ به وضوح انبساط را وقتی دما تا ۲۱۵°C زیاد می شود نشان می دهد. وزنه آویزان به مقدار قابل توجهی پایین می آید، و ما به راحتی می توانیم مقدار افتادن آن را اندازه گیری کنیم. (y)، و طول سیم منبسط شده را به دست آوریم، (l)، با استفاده از قضیه ساده فیثاغورس.

$$l = (y^2 + d^2)^{1/2} \qquad (۲)$$

که d مقدار ثابتی است (نصف طول واقعی سیم)، طول سیم جدید، به وضوح، دو برابر حاصل به دست آمده از معادله ۲ است.

برای به دست آوردن برآوردی از α، ما یک سری از اندازه گیریها را که در جدول (۱) نشان داده شده اند به دست آوردیم.

از نتایج حاصل، یکی از مزیتهای این نمایش و اندازه گیری را می بینیم، که در آن انبساط $۳/۳۴_{mm}$ به صورت افت سانتیمتری وزنه مشاهده می شود. منحنی نمایش تغییرات Δl برحسب ΔT را رسم می کنیم و از بهترین برازش خطی α برابر زیر به دست می آید.

$$\alpha = \frac{۰/۰۱۶۲}{۸۱۳/۱۴} \simeq ۲۰\times۱۰^{-۶} \ \ /^{\circ}C \qquad (۳)$$

این یک برآورد خوب در مقایسه با مقدار داده شده برای کنستانتان، با AIP، $۱۶\times۱۰^{-۶}\frac{۱}{^{\circ}C}$ است. همچنین آشکار است که منحنی خطی است. بنابراین در محدودهٔ درستی این آزمایش α در این محدودهٔ دمایی ثابت است، همچنانکه ما فرض کرده ایم (معادله(۱)) و چنانکه پری و امین مشاهده کرده اند. اگر بتوانیم میزان افت وزنه را با یک V نما اندازه گیری کنیم، ممکن است که نتایج بهتری را به دست آوریم.

یک نتیجهٔ این آزمایش این است که دانش آموزان می توانند اتلاف توان در سیم را برحسب دما رسم کنند. (شکل (۴) را ببینید)، و به کمک آن قانون را تأیید کنند.

مرجع:

The Physics Teacher vol 35 Oct 97 P 437-436

مترجم:
محبوبه دهقانی سانیج دانشجوی سال سوم فیزیک دانشگاه تهران

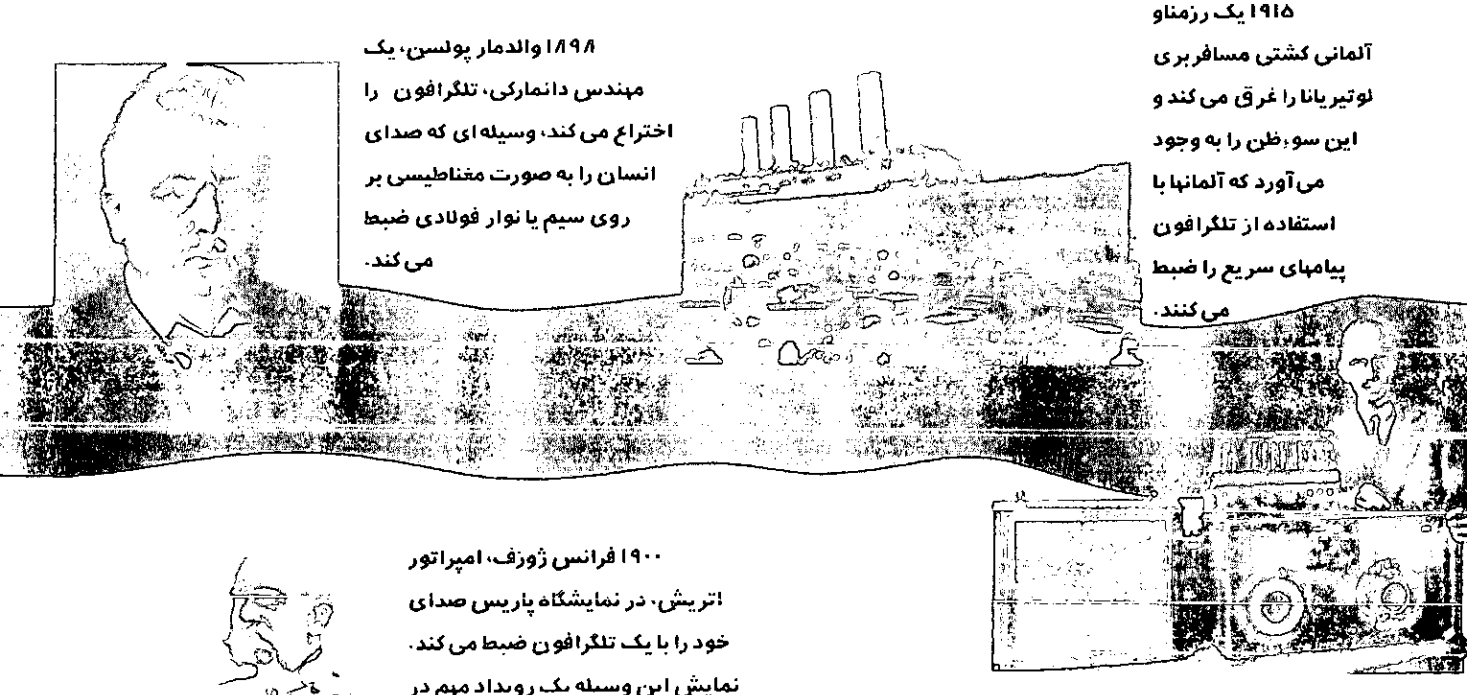
T(°C)	ΔT(°C)	y(mm)	d(mm)	Δd(mm)	V	W
102	83	66	814.68	1.54	45	26
115	96	67	814.76	1.62	62	31
129	110	70	815.01	1.87	80	33
145	129	71	815.10	1.96	98	37
166	147	77	815.64	2.50	2.15	39.2
190	171	78	815.74	2.60	2.42	42.1
215	196	88	816.75	3.62	2.72	46.3

۱۰۰ سال حافظه

جیمز لیونیگستون

اگرچه فن آوری حافظه مغناطیسی امروزه در همه جا حضور دارد، اما ضبط مغناطیسی شروعی کند داشته است. شالودهٔ علمی آن در ابتدا یک معما بود، کاربردهای آن به آهستگی نمایان شدند، و تجارت و سیاست مانع از توسعهٔ آن می شد.

آهنرباها بخش اعظم اطلاعات را ذخیره می کنند: داده های موجود بر روی دیسکهای رایانه ای، برنامه های تفریحی بر روی نوارهای صوتی و تصویری، پیامها روی دستگاه پیام گیر تلفن و اطلاعات مربوط به حسابهای بانکی روی کارتهای اعتباری ATM. تمام این رسانه های مختلف واژه ها، اعداد، تصاویر و صداها را به صورت طرحهای نامریی قطبهای شمال و جنوب حفظ می کنند. فن آوری مربوطه ضبط مغناطیسی است که امسال صدمین سالگرد خود را جشن



۱۹۱۵ یک رزمناو آلمانی کشتی مسافربری لوتیرپانا را غرق می کند و این سوءظن را به وجود می آورد که آلمانها با استفاده از تلگرافون پیامهای سریع را ضبط می کنند.

۱۸۹۸ والدمار پولسن، یک مهندس دانمارکی، تلگرافون را اختراع می کند، وسیله ای که صدای انسان را به صورت مغناطیسی بر روی سیم یا نوار فولادی ضبط می کند.

۱۹۰۰ فرانس ژوزف، امپراتور اتریش، در نمایشگاه پاریس صدای خود را با یک تلگرافون ضبط می کند. نمایش این وسیله یک رویداد مهم در این نمایشگاه است.

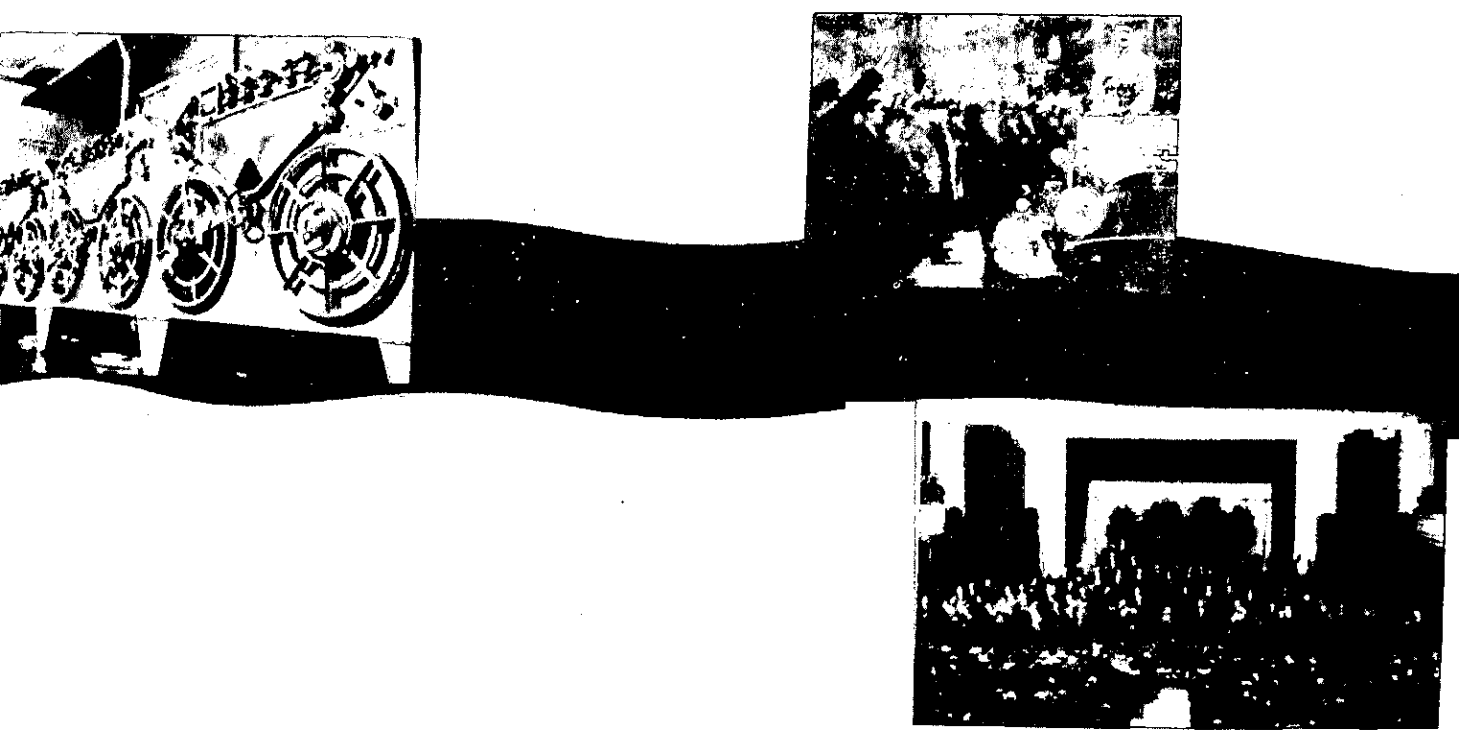
۱۹۲۸ فریتز پفلومر، یک شیمیدان اتریشی وسیله‌ای اختراع می کند که به کمک نوار سبک پوشیده از مواد مغناطیسی عمل ضبط کردن را انجام می دهد.

مغناطیسی

می گیرد.

در دهه های اخیر حافظه های مغناطیسی تأثیر عمیقی بر اجتماع داشته است. در سالهای ۱۹۷۰ نوارهای واترگیت از دفتر ریاست جمهوری امریکا «مدرکی» که پرزیدنت ریچارد نیکسون را وادار به استعفا کرد. امسال نوارهای ویدئویی رابطهٔ ناشایست بین پرزیدنت بیل کلینتون و کارآموز سابق کاخ سفید را برملا کرد و باعث یک رسوایی اجرایی دیگر شد.

حافظه های مغناطیسی رایانه ها، با سر و صدا و بدنامی کمتر، رد اموال و پولهای مردم را برای سالیان دراز نگه می دارند. در عصر اطلاعات، این حافظه ها انبارهای معلومات الکترونیکی هستند، که داده های علمی، پزشکی، صنعتی و مالی را نگه می دارند. اگرچه رسانه های دیگری چون فیلم، کاغذ، و CD-ROM ها نیز به صورت گسترده به کار می روند، ضبط مغناطیسی یک امتیاز بزرگ دارد که آن را از فن آوریهای رقیب متمایز می سازد: این روش می تواند به آسانی اطلاعات را ثبت یا پاک کند



(همان گونه که منشی رزماری و ودوگاف معروف در نوارهای نیکسون نشان داد).

اما ضبط مغناطیسی، که ۱۰۰ سال پیش ابداع شد، اختراعی بود که چند دهه دچار فتور بود. برخی از شالوده های فیزیکی آن نامعلوم بود، کاربردهای مناسب کاملاً آماده نبود، و موانع تجاری و سیاسی بر علیه آن همدست شده بودند. اما، در نیمه دوم قرن بیستم، این فن آوری به سرعت، ابزاری ارزشمند در جامعه نوین شد.

اولین حافظه های مغناطیسی

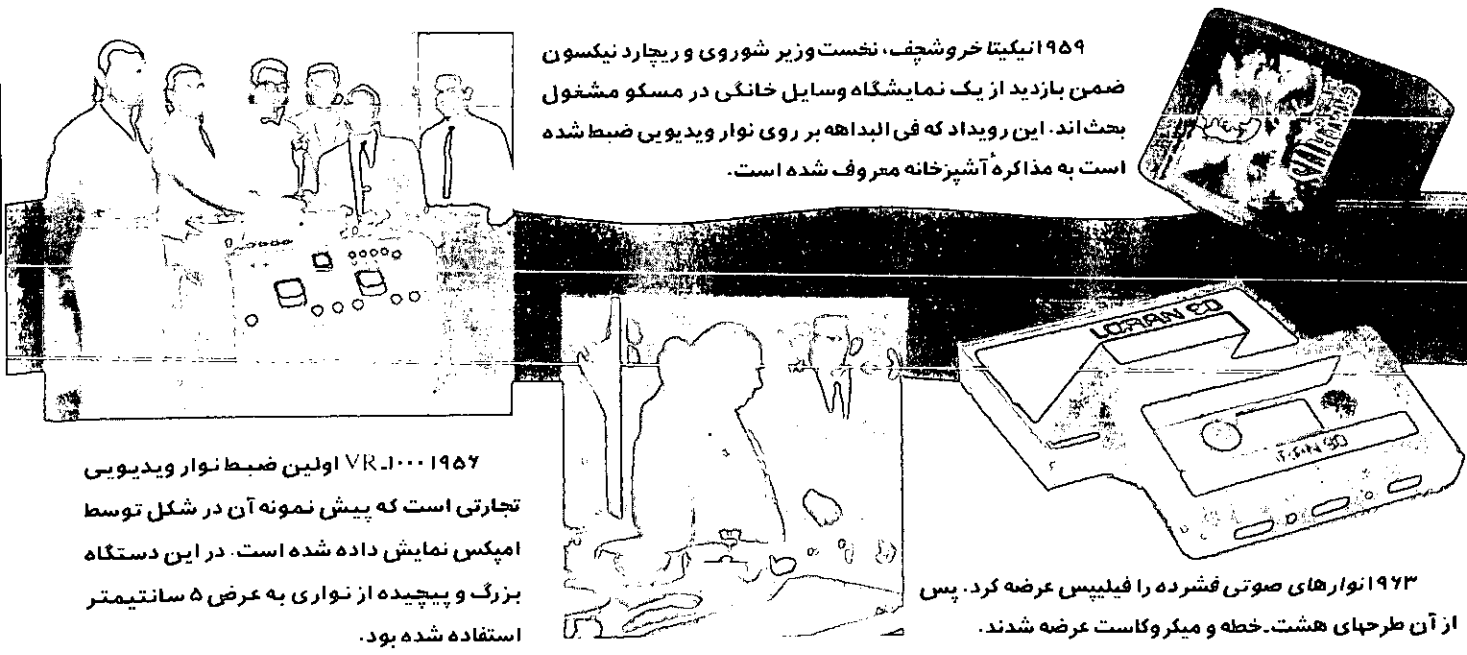
مدتی است که مردم می دانند بعضی مواد جهت مغناطیسی شدن خود را «به خاطر دارند». ۲۰۰ سال قبل از میلاد مسیح جادوگران دربار امپراتور عقربه هایی از آهنربای طبیعی، سنگهای غنی از آهن، ساختند که به شدت مغناطیسی بود.

اما تنها پس از سال ۱۸۰۰، که دانشمندان متوجه ارتباط میان الکتریسیته و مغناطیس شدند، آهنرباها نقشی اساسی در اختراعهای جالب توجهی چون تلگراف، تلفن، ژنراتور، ترانسفورمر، و موتور یافتند. سپس، در حوالی پایان قرن نوزدهم، یک ماده مغناطیسی برای ثبت و باز تولید صدای انسان به کار گرفته شد. این وسیله که تلگرافون نامیده می شد را در سال ۱۸۹۸ واله مار پولسن که یک مهندس دانمارکی بود ثبت کرد.

پولسن که کارمند شرکت تلفن بود، فکر کرد که مردم به دستگاهی نیاز دارند که پیامهای تلفنی را ثبت کند. او مفهوم اختراع خود را با یک سیم پیانو که در دو سر آزمایشگاهش گسترده شده بود نشان داد. وی با لغزاندن یک آهنربای الکتریکی در امتداد سیم شروع به داد زدن در دهانی تلفن که متصل به آهنربا بود کرد. این وسیله کلمات او را به سیگنالهای الکتریکی تبدیل کرد که سپس وارد یک آهنربای الکتریکی می شد و یک میدان مغناطیسی تولید می کرد که بر حسب بلندی، زیر و بمی، و سایر ویژگیهای صدا تغییر می کرد. سپس این میدان متغیر در امتداد سیم فولادی ثبت می شد.

پولسن پس از رسیدن به انتهای سیم به نقطه شروع بازگشت و به جای دهنی یک گیرنده قرار داد. وقتی یکی از دوستان وی آهنربای الکتریکی را در امتداد سیم لغزاند، دستگاه در جهت عکس کار کرد و ابتدا میدان را در سیم آشکار ساخت و سپس اطلاعاتی را که بر حسب زمان تغییر می کرد (از طریق القای الکترومغناطیسی) به یک سیگنال الکتریکی و جریان را به صدا تبدیل کرد. دوست پولسن می توانست صدای مخترع را به طور ضعیف درگیرنده بشنود!

پولسن اختراع خود را به سرعت بهبود بخشید ـ یک تغییر پیچیدن سیم دور یک استوانک بود ـ و تقاضای ثبت آن را در کشورهای مختلف کرد. گرچه



۱۹۵۹ نیکیتا خروشچف، نخست وزیر شوروی و ریچارد نیکسون ضمن بازدید از یک نمایشگاه وسایل خانگی در مسکو مشغول بحث اند. این رویداد که فی البداهه بر روی نوار ویدیویی ضبط شده است به مذاکرهٔ آشپزخانه معروف شده است.

۱۹۶۳ نوارهای صوتی فشرده را فیلیپس عرضه کرد. پس از آن طرحهای هشت-خطه و میکروکاست عرضه شدند.

۱۹۵۶ VR-۱۰۰۰ اولین ضبط نوار ویدیویی تجارتی است که پیش نمونه آن در شکل توسط امپکس نمایش داده شده است. در این دستگاه بزرگ و پیچیده از نواری به عرض ۵ سانتیمتر استفاده شده بود.

پاسخ اولیه به صورت یکنواخت منفی بود. در ایالات متحده بررسی کننده درخواست نوشت که تلگرافون کار نخواهد کرد زیرا ادعاهای آن «بر خلاف تمام قانونهای شناخته شدهٔ الکترومغناطیس است». ظاهراً تمام قانونهای الکترومغناطیس در آن روزها شناخته شده نبود، زیرا اختراع پولسن در واقع کار می کرد.

به زودی یک رشته نمایشها در اروپا این وسیله را تأیید کرد. در نمایشگاه پاریس در سال ۱۹۰۰، تلگرافون یک موفقیت تماشایی بود، که بسیاری از بازدیدکنندگان، از جمله امپراتور فرانس جوزف اتریش، را تحت تأثیر قرار داد، وی پیامی را ضبط کرد که قدیمی ترین پیام مغناطیسی ضبط شدهٔ موجود است.

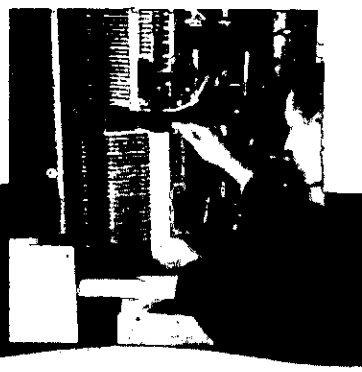
البته، پولسن اولین کسی نبود که صدای انسان را ضبط و باز تولید کند، توماس ادیسون گرامافون را ثبت کرده بو دکه در ابتدا صداها را در شیارهای موجود در ورقه ای که حول یک استوانک پیچیده شده بود ضبط می کرد. بعدها، استوانکهای مومی و سپس صفحه های پلاستیکی مورد استفاده قرار گرفتند، و در زمانی که اختراع پولسن در انظار جهانیان قرار گرفت، فونوگراف یک محصول تثبیت شده بود.

با وجود این، به نظر می رسید که تلگرافون دارای یک جنبهٔ فنی است. مقاله ای در *ساینتیفیک امریکن* در سال ۱۹۰۰ بیان می کرد که صدای تولید شده توسط تلگرافون «بسیار واضح و به دور از سر و صداهای خش خش ناخوشایند است که معمولاً در گرامافون شنیده می شود.» با وجود این، نیم قرن طول کشید تا ضبط مغناطیسی کاربرد گسترده یافت.

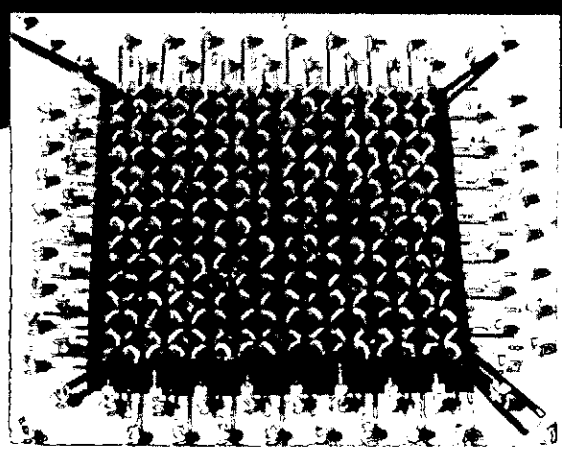
شروعی کند

چه عاملی توسعه این اختراع ظاهراً نویدبخش را متوقف کرد؟

مورخان تقصیر را به گردن مجموعه ای از عوامل تجارتی و فنی می گذارند. در ابتدا شرکت امریکایی تلفن و تلگراف (AT&T) در برابر تلگرافون مقاومت کرد، زیرا حس می کرد که اگر استفاده کنندگان حس کنند که مکالمه های آنها ضبط می شود، شرکت در حدود یک سوم مشتریان خود را از دست می دهد. در سال ۱۹۰۶ مجلهٔ *تکنیکال ورلد* مقاله ای با عنوان «یک قرقرهٔ سیم صحبت می کند.» داشت که با مکالمهٔ بین دو تاجر فرضی، جونز و براون، آغاز می شد. آنها بحث پرشوری در این مورد داشتند که براون در مکالمهٔ قبلی چه چیزی را گفته یا نگفته است. چون دورنمای هیچ گونه توافقی وجود نداشت، جونز از کشوی میزش یک قرقره سیم فولادی بیرون آورد و وارد تلگرافون کرد. گفتگوی ضبط شده،



۱۹۵۲ حافظهٔ مرکزی برای رایانهٔ گردباد ۲۵۶ بیت داده را ذخیره می کند.



سالهای ۱۹۵۰ فن آوری دیسک سخت برای ذخیره سازی داده های رایانه به صورت مغناطیسی ابداع می شود، و IBM اولین وسیله از این نوع را در سال ۱۹۵۷ صادر می کند. یک محصول بعدی (شکل بالا) مجهز به ۵۰ دیسک با ظرفیت کل ۵۷ مگابایت است.

۱۹۴۷ برنامه رادیویی بینگ کرازبی اولین برنامهٔ مهم ایالات متحد

است که به کمک ضبط مغناطیسی پخش می شود.

با کمال تأسف برای براون، ثابت کرد که حق با جونز است.

به واسطهٔ این نگرانیها در مورد امور مربوط به زندگی خصوصی، اولین کاربردهای ضبط مغناطیسی در ایالات متحده در ماشینهای دیکته کردن بودن، که شرکت امریکایی تلگرافون که در سال ۱۹۰۳ تأسیس شده بود می ساخت. اما وسایل فونوگرافی رقیب مانند ادیفون و دیکتافون امتیاز ۲۰ سال شروع قبلی را داشتند: قیمت آنها ارزانتر، و استفاده از آنها آسانتر و قابل اعتمادتر بود.

متأسفانه، شناخت ضعیف از پدیده های فیزیکی بنیادی که دستگاه تابع آنها بود مانع از اصلاح تلگرافون می شد. تبدیل صدا به الکتریسیته و سپس میدان مغناطیسی تقریباً از تجربیات قبلی با تلفن شناخته شده بود. اما سازوکار ذخیره سازی سابقهٔ این میدانهای مغناطیسی در محیط ضبط کننده، مانند سیم فولادی، در آن زمان هنوز یک معما بود. یک محدودیت دیگر سطح ضعیف صدایی بود که بازنواخته می شد.

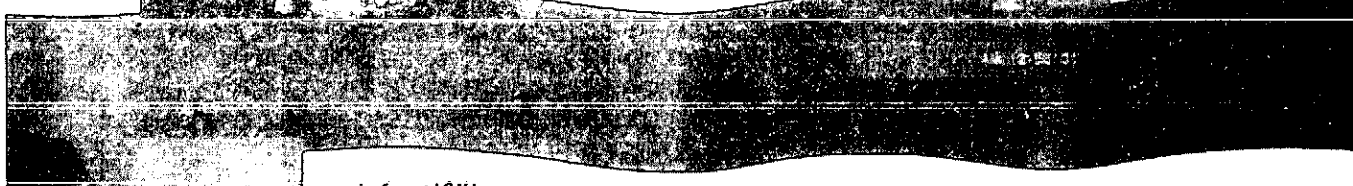
اگرچه، مهمترین مسایل شرکت تلگرافون فنی نبودند. در میان تعداد اندک تلگرافونهای فروخته شده، تعدادی در ایستگاههای بی سیم تاکرتون در نیوجرسی و سی ویل در نیویورک نصب شده بودند که آنها را شرکت آلمانی تلفونکن و یک شرکت امریکایی اداره می کردند که با آلمان در ارتباط بود. همین طور معلوم شده بود که نیروی دریایی آلمان این تلگرافونها را برای زیردریاییهای خود خریده بود.

با شروع جنگ جهانی اول، این ظن به وجود آمد که دو ایستگاه موجود در ساحل شرقی امریکا اطلاعات نظامی را به زیردریاییهای آلمان در اقیانوس اطلس مخابره می کنند. یکی از اتهامها این بود که تلگرافونها برای ضبط پیامهای سری به کار می روند که می توان آنها را بعداً به صورت سیگنالهای بی سیم با سرعت زیاد مخابره کرد. سپس می توان این سیگنالها را بر تلگرافون موجود در زیردریاییها ضبط و آن را با سرعت عادی پخش کرد. سوءظن وقتی به اوج رسید که یک نفر در ایستگاه رادیویی نیوجرسی متوجه شد که وزوز اسرارآمیزی که او شب هنگام می گرفت در یک رشته خط نقطه های رمزی مورسی به وجود آمده بود که با سرعت کمتر اجرا می شد.

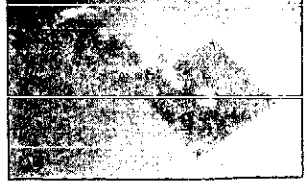
دولت امریکا پس از اینکه یک کشتی جنگی آلمانی کشتی مسافربری *لوتیتانیا* را در نزدیکی ساحل ایرلند غرق کرد. ایستگاه تاکرتون را در سال

۱۹۷۴ ریچارد نیکسون پس از اینکه نوارهای دفتر ریاست جمهوری امریکا نقش او در رسوایی واترگیت را برملا کرد استعفا داد.

۱۹۹۱ خشونت پلیس پس از پخش نوار کتک زدن رادنی کینگ آشکار شد.



۱۹۷۱ دیسک نرم برای اولین بار با طرح هشت اینچی و سپس ۵/۲۵ و ۳/۵ اینچی عرضه شد.



۱۹۹۸ مونیکا لوینسکی باعث یک رسوایی پرسر و صدای ریاست جمهوری می شود که جزییات آن را ضبط مکالمات تلفنی برملا ساخت.

۱۹۱۴ اشغال کرد، همین طور ایستگاه سی ویل را نیز مصادره کرد. خود نیروی دریایی امریکا ۱۴ تلگرافون خریداری کرد. اما این دستگاهها به درستی کار نمی کردند. بعدها، تعدادی از مسئولان شرکت امریکایی تلگرافون، که قبلاً دچار سوءِ مدیریت و فروش اندک (فقط کمی بیش از ۱۰۰ ماشین دیکته کننده فروخته شده بود) بود، متهم به خیانت شدند. تعجب آور نیست، که شرکت بدشانس به زودی در معرض تصفیه قرار گرفت، و توسعهٔ تجارتی ضبط مغناطیسی در امریکا به مدت دو دهه از میان رفت.

مسیری هموارتر در اروپا

وضعیت ضبط مغناطیسی در اروپا بسیار بهتر بود. در سالهای ۱۹۲۰ تقویت کننده های الکترونیکی مسئله صدای ضعیف را حل کرده بودند، و مخترع آلمانی کورت استایل بر روی تلگرافونهای اصلاح شده ای کار می کرد که ظرفیت ضبط آنها بهبودیافته بود. به عنوان نقطهٔ اوج گفتگوهای فروش وی، استایل (که نام وی به آلمانی به صورت طنزآمیزی به معنی «سکوت» است) از جیب خود یک استوانک به طول ۲۰ سانتیمتر را بیرون می آورد و می گفت: «بر روی این لولهٔ کوچک می توانم یک سمفونی کامل را ضبط کنم!»

یکی از دارندگان جواز فن آوری استایل شرکت سینمایی لودویک بلاتنرفو در بریتانیا بود که یک ضبط کننده مغناطیسی به نام بلاتنرفون را ابداع کرده بود. این وسیله که هدف اولیه آن تولید فیلمهای ناطق بود، به سرعت جایگاه خود را در صنعت رادیو که در حال رشد سریع بود یافت. شرکت سخن پراکنی بریتانیا (BBC) از سال ۱۹۳۱ استفاده از بلاتنرفون را برای پخش مجدد برنامه های رادیویی به سراسر جهان، بازنواخت تمرینها، و نگه داری سخنرانیهای مهم و وقایع خبری آغاز کرد.

بلاتنرفون وسیله ای شگفت انگیز بود- تقریباً به ارتفاع ۱/۵ متر و عرض ۰/۵ متر و عمق ۰/۵ متر و جرم ۹۰۰ کیلوگرم (تقریباً یک تن). محیط ضبط یک نوار فولادی تقریباً به عرض سه میلیمتر بود، که با سرعت حدود یک متر در ثانیه از مقابل یک نوک عبور می کرد. برای ضبط یک برنامهٔ نیم ساعته تقریباً نیازمند یک نوار ۱/۵ کیلومتری بود.

اما هنوز بلاتنرفون دارای امتیازهایی بود. در حالی که تدوین صفحه های گرامافون نیازمند ضبط مجدد بود، تکنسینها می توانستند نوار فولادی را به راحتی ببرند و لحیم کنند. متأسفانه، گاهی اتصالهای لحیم می شکست که سبب پرواز خطرناک نوارهای فولادی می شد. اما دستگاه عموماً خوب کار می کرد، و انواع بلاتنرفون تا سالهای ۱۹۴۵ مشغول به کار بودند.

در آلمان استایل و همکارانش در سال ۱۹۲۵ وسیله ای را ساختند و روانه بازار کردند که ترکیبی از ماشین دیکته کردن و ضبط تلفن بود. بر خلاف، AT&T، چند شرکت تلفن اروپایی اجازه اتصال ضبط کننده های مغناطیسی به خطهایشان را دادند. اما بازار ماشینهای دیکته کننده در آلمان بسیار محدود بود، زیرا به واسطهٔ وضع بد اقتصادی نیروی کار به صورت تندنویس با قیمت ارزان وجود داشت.

نوع بهتر ماشین استایل را شرکت لورنز در سال ۱۹۳۳ به بازار فرستاد، دراین هنگام آدولف هیتلر به قدرت رسیده بود، و به زودی گشتاپو مقدار زیادی از این محصول را برای ضبط بازجوییها و مکالمه های تلفنی خریداری کرد. این شرکت یک ضبط کننده با نوار مغناطیسی نیز ابداع کرد که شرکت سخن پراکنی آلمان به کار گرفت که همراه با BBC و دیگر شرکتها، برنامه های رادیویی ضبط شده به صورت مغناطیسی را در سالهای ۱۹۳۰ در اروپا متداول ساخت. در آن طرف اقیانوس آرام، در ایالات متحده، شبکه رادیویی خود را به برنامه های زنده محدود کرده بود.

به رغم موفقیت در اروپا، ضبط کننده های مغناطیسی اولیه یک ایراد بزرگ داشتند: آنها به طولهای مبالغه آمیزی فولاد سنگین به صورت سیم یا نوار نیاز داشتند. امروز دانشمندان متوجه شده اند که فولاد جامد به عنوان محیط ضبط انتخاب بدی است. بنابراین، یک گام مهم در توسعهٔ فن آوری در سال ۱۹۲۷ هنگامی برداشته شد که شمیدان اتریشی فریتس پفلومر یک نوار کاغذی ابداع کرد که دارای پوششی از پودر ذرات مغناطیسی بود. در واقع، این اختراع در بین امکاناتی بود که در مقاله سال ۱۸۸۸ اوبرلین اسمیت یک مهندس امریکایی وجود داشت. در این مقاله، اسمیت یک ضبط کنندهٔ مغناطیسی را هم پیشنهاد کرده بود، اما

فکر او هیچگاه به ثمر نرسید، و پولسن نخستین کسی بود که چنین وسیله‌ای را تولید کرد.

پفلومر در جستجوی روشهایی برای ساخت کاغذ طلایی رنگ برای فیلتر سیگار با پخش ذرات ریز برنز در چسب و استفاده از این مخلوط در سطح کاغذ بود. وی متوجه شد که می تواند از همین فرایند برای پوشش نوار کاغذ با ذرات فولاد استفاده کند، و در سال ۱۹۲۸ یک ضبط کننده مغناطیسی ساخت که از این نوار پوشش داده شده به عنوان محیط ضبط استفاده می کرد. این وسیله مدعی یک سازوکار ساده برای حرکت دادن نوار سبک وزن در مقابل یک نوع جدید نوک مغناطیسی بود. ماشین پفلومر به قدری نوید بخش بود که در سال ۱۹۳۲ شرکت الکتریکی AEG همهٔ اختراعهای ثبت شدهٔ او را خرید.

AEG با همکاری شرکت شیمیایی فاربن (امروز BASF) به بررسی استفاده از سایر ذرات مغناطیسی بر روی نوارهای مختلف پرداخت. آنها متوجه شدند که بهترین نتایج را می توان از اکسید آهن پوشش داده شده بر نوارهای پلاستیکی به دست آورد. این پژوهش به اختراع «مگنتوفون» انجامید که برای اولین بار در سال ۱۹۳۵ در نمایشگاه رادیو برلن در معرض دید عموم قرار گرفت. در نوامبر سال بعد، این وسیله کنسرت ارکستر فیلدرلدنیک لندن را در لودویگ شافن آلمان ضبط کرد، که نوار آن هنوز باقی است. با اضافه کردن بعدی بایاس AC که کیفیت صدا را با بر هم نهش یک سیگنال الکتریکی بالا بسامد بر اطلاعات ضبط شده بهبود می بخشد، مگنتوفون به زودی همه رقبا را پشت سر گذاشت. این وسیله شکل اولیهٔ بلافصل ضبط کننده های جدید است.

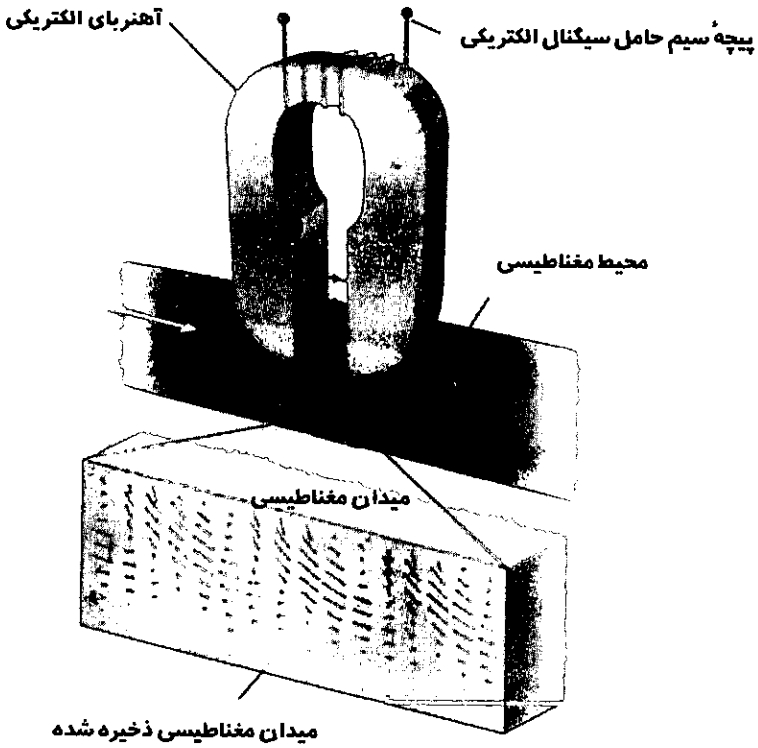
این موفقیتهای خارجی، سرانجام AT&T را وادار به شروع تحقیقات در زمینه ضبط مغناطیسی کرد. اگرچه این کار بلافاصله منجر به تولید محصولات تجارتی نشد، اما شرکت را قادر به تولید ضبط کننده هایی برای ارتش امریکا در جنگ جهانی دوم کرد. شرکتهای امریکایی دیگر مانند شرکت توسعهٔ براش در یک طرح به مدیریت سمای بیگان؛ که قبل از ترک آلمان نازی در سال ۱۹۳۵ با استایل کار کرده بود؛ بنیاد تحقیقات آرمور در کاری به مدیریت ماروین کامراس، یک مهندس امریکایی؛ و جنرال الکتریک که جواز آرمور را داشت به AT&T پیوستند. این شرکتها با همکاری یکدیگر هزاران ضبط کننده مغناطیسی سیمی برای ارتش امریکا ساختند تا سابقهٔ پیامهای هواپیماها، کشتیها، و نیز میدان جنگ را نگه دارد.

اما متخصصان بریتانیایی و امریکایی که پخش برنامه های آلمان را دنبال می کردند اطلاع داشتند که آلمانها وسیلهٔ برتری را در اختیار دارند. این دستگاه مگنتوفون بود که متفقین در ماههای آخر جنگ در اروپا کشف کردند. وقتی نیروهای امریکا استودیوهای رادیو لوکزامبورگ را اشغال کردند یک مگنتوفون یافتند که آخرین نطق آتشین هیتلر را از یک نوع پیشرفتهٔ نوار پوشش دار پفلومر پخش می کرد. مأموران امریکایی چند تا از این وسیله های مصادره شده را پیاده و آنها را به امریکا فرستادند که در آنجا این وسایل نقش مؤثری در ایجاد توجه به ضبط مغناطیسی در سالهای پس از جنگ داشتند.

یکی از این مأموران جک مولن بود که یک مگنتوفون را در سال ۱۹۴۷ به بینگ کرازبی نشان داد. این خواننده محبوب مشغول اجرای برنامه رادیویی زنده خود در NBC بود، اما دل خوشی از فشارهای برنامه زنده نداشت. چون NBC در آن زمان مقرراتی بر ضد برنامه های ضبط شده داشت، کرازبی به ABC پیوست. اما کیفیت فن آوری ضبط موجود در آن زمان روی صفحه های $33\frac{1}{3}$ دور گرامافون اغلب کیفیت ضعیفی داشت. کرازبی پس از شنیدن صدای مگنتوفون مجذوب آن شد. نمایش او اولین برنامه رادیویی در ایالات متحده بود که از ضبط مغناطیسی پخش شد.

ایالات متحده گوی سبقت را می رباید

مولن به مدت چند ماه از ماشینها و نوارهای فرستاده شده از آلمان استفاده کرد. اما در سال ۱۹۴۸ شرکت امپکس نوع پیشرفته تری از مگنتوفون را تولید کرد، و سایر تولیدکنندگان نیز به زودی محصولات رقیب را روانهٔ بازار کردند. در عین حال شرکتهایی مانند 3M نوارهای بهتری را تولید کردند. در عرض چند سال، نوار به عنوان محیط ضبط مغناطیسی جایگزین سیم شد، در برنامه های رادیویی ضبط شده در امریکا متداول شد. سهولت تدوین نوارهای مغناطیسی نوآوریهای



ضبط مغناطیسی می تواند داده های صوتی، تصویری یا رایانه ای را ذخیره کند. اطلاعات ابتدا به سیگنال الکتریکی تبدیل می شوند که سپس از طریق سیم پیچ به یک آهنربای الکتریکی منتقل می شود. میدان مغناطیسی متغیر حاصل سپس در یک محیط مغناطیسی که نسبت به آهنربا در حرکت است تثبیت می شود. اگر سیگنال الکتریکی موج سینوسی باشد، طرح حاصل در محیط مغناطیسی نیز دارای سرشت سینوسی است.

مختلف را امکان پذیر ساخت، از جمله سرهم کردن سه برداشت از یک ترانه برای رسیدن به اجرای قابل قبول، اضافه کردن خندهٔ ضبط شدهٔ حضار و حذف بعضی از بخشهای نامطلوب، مانند سرفه بی اختیار کرازبی پس از گفتن «اگر سیگار کشیدن را دوست دارید»، در یک آگهی تبلیغاتی برای سیگارهای چستر فیلد.

دوربین ها و چیزهای دیگر نیز باعث اعتلای ضبط مغناطیسی ردهای صدا بر روی فیلمهای ناطق شدند، که از زمان تولید این فیلمها از سیستمهای اپتیکی برای تبدیل صدا به سیگنالهای نوری با شدت متغیر بهره می بردند، این سیگنالها سپس بر روی فیلم قرار می گرفت. چون ضبط مغناطیسی تدوین و اختلاط گفتگوها، اثرات صوتی تصویری را بسیار ساده می کرد، فن آوری آن به سرعت گسترش یافت. در سال ۱۹۵۱، ضبط اغلب محصولات اولیهٔ هالیوود به صورت مغناطیسی انجام می شد، اگرچه محصولات صوتی واقعی که به سینماها تحویل داده می شد اغلب هنوز اپتیکی بود.

رسانه تفریحی دیگر که در سالهای پس از جنگ به سرعت به ضبط صدا به صورت مغناطیسی روی آورد تلویزیون بود، که در سال ۱۹۴۹ بیش از هالیوود از فیلم استفاده می کرد. و یک فن آوری دیگر که برای تلویزیون بسیار نویدبخش می نمود نیز نمایان می شد؛ ضبط ویدیویی مغناطیسی. اما، مهندسان باید ابتدا بر یک مانع غلبه می کردند.

ضبط صدا نیازمند باز تولید سیگنالها با بسامدهای تا ۲۰۰۰۰ دور در ثانیه است که حد بالای چیزی است که گوش انسان می تواند آشکار کند. از طرف دیگر، سیگنالهای ویدیویی باید حامل داده های بسیار بیشتر باشند و آنها را تحویل دهند. برای ایجاد توهم حرکت پیوسته، تلویزیونها در ایالات متحده ۳۰ تصویر کامل را در ثانیه نشان می دهند (در اروپا و بسیاری جاهای دیگر، این تعداد ۲۵ است)، که هر یک متشکل از چند صد خط افقی است که هر خط حاوی صدها نقطهٔ ریز است.

به جای کوشش در جهت زیاد کردن سرعت نوار، مهندسان ویدیو با هوشمندی نوک ضبط/پخش را بر روی یک چرخ دوار نصب کردند تا حرکت نسبی نوک و نوار متحرک را زیاد کنند. با استفاده از این سازوکار، امپکس اولین دستگاه ضبط مغناطیسی را در سال ۱۹۵۶ عرضه کرد. امروز، پخش تلویزیونی ضبط شده به اندازه‌ای متداول اند برنامه هایی که ضبط نشده اند اغلب به زنده بودن افتخار می کنند.

تأثیر جنگ جهانی دوم بر ضبط مغناطیسی بسیار فراتر از حوزهٔ سرگرمی بود. تلاشهای ایالات متحده در سالهای جنگ گسترش رایانه های دیجیتالی را سرعت بخشید. یکی از اولین ماشینها از این نوع ـ به نام گردباد

ا که در سالهای ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ در انستیتوی فن آوری ماساچوست توسعه یافت ـ دارای حافظه ای متشکل از آرایه دو بعدی آهنرباهای فریت ظریف به شکل دونات بود. این چنبرها می توانستند در جهت ساعتگرد یا پادساعتگرد آهنربا شوند تا به ترتیب ۰ و ۱ را در دستگاه دوتایی نمایش دهند. دیگر شکلهای حافظه مغناطیسی رایانه ای شامل نوار (UNIVACI)، اولین رایانهٔ تجارتی در ایالات متحده بود که حافظهٔ کمکی آن بر مبنای نوار مغناطیسی بود)، استوانه (استوانه های پوشش داده شده با ردهایی حول محیط آنها) و دیسک (هم سخت و هم نرم) بود.

در سالهای ۱۹۷۰ مدارهای یکپارچه جایگزین حافظهٔ مرکزی شدند، اما دیسکهای سخت مغناطیسی هنوز شکل اصلی ذخیره سازی داده ها در یک رایانه اند. به تازگی، صنعت پیشرفتهای بسیاری در زمینه افزایش چگالیهای ذخیره سازی بر روی دیسکها کرده است. لایه های سطحی ذرات اکسید آهن جای خود را به لایه های نازک آلیاژهای غنی از کبالت داده است، که از اکسیدها مغناطیسی تر هستند. به علاوه، فن آوری خواندن نوارها از القای مغناطیسی به مقاومت مغناطیسی تغییر کرده است، که در آن میدان مغناطیسی متغیر در دیسک به صورت تغییر مقاومت الکتریکی نوکی که نوار را می خواند آشکارسازی می شود. در نتیجه، به رغم رشد رقابت از سیستمهای اپتیکی بر مبنای لیزر مانند CD ROMS، ضبط مغناطیسی به همه صورتها (از جمله شکل هیبریدی به نام مگنتو ـ اپتیکی) فن آوری غالب برای ذخیره سازی اطلاعات الکترونیکی باقی مانده است.

از سالهای ۱۹۵۰ مردم از طریق رشد سریع محصولات مصرفی آگاهی فزاینده ای از ضبط مغناطیسی یافته اند. در سال ۱۹۶۳ فیلیپس نوارهای فشردهٔ صوتی را ابداع کرد، و در عرض دو دهه فروش این محصولات صحنه های گرامافون را پشت سر گذاشت. ضبط کننده های ویدیویی خانگی در سال ۱۹۷۰ در اختیار عموم قرار گرفت؛ فیلمهای بسیاری اکنون درآمدی بیشتر از اجارهٔ نوارهای ویدیویی دارند تا فروش آنها در سینما. استفاده از Camcorders که در سالهای ۱۹۸۰ عرضه شد، و استفاده از داده های رمزگذاری شدهٔ مغناطیسی در کارتهای اعتباری و کارتهای ATM، کلید اتاق هتلها و کارتهای شناسایی و کارتهای دسترسی رشد قابل ملاحظه داشته است. و امروز بسیاری از خانه ها دارای پیام گیر تلفن هستند ـ که کاربردی بود که انگیزه اختراع پولسن در یک قرن پیش بود.

ضبط کردن یا نکردن

اما ضبط مغناطیسی ـ با قابلیت ذخیره سازی کلمات و رفتار انسان به راحتی و به صورت مخفیانه ـ پرسشهای اخلاقی بسیاری را به وجود می آورد. خوب یابد، حافظهٔ مجموعه ای از ذرات مغناطیسی بسیار عینی تر و قابل اعتمادتر از سازوکار الکتروشیمیایی ذهنی و اغلب ناقص مغز انسان است.

اخلاقیات ضبط باید با جستجوی واقعیت و حق داشتن زندگی خصوصی متوازن شود. اگرچه بعضی مردم اخلاقیات مربوط به ضبط کردن را که در آن بعضی از شرکت کنندگان یا همه آنها از اینکه رفتار یا کلمات آنها ضبط می شود ناآگاه اند را ممکن مورد سؤال قرار دهند، اما تصاویر ویدیویی کتک زدن رادنی کینگ مردم را از خشونت پلیس در ایالات متحده آگاه کرد. در موارد کمتر معروف، دوربینهای مراقبت برخی بدرفتاریها را در آسایشگاههای سالمندان و بیمارستانها برملا کرده است. دستگاههای دیدبانی ویدیویی در بانکها و استراق سمع با اجازه دادگاه بسیاری از جنایتکاران را تحویل عدالت داده است، و جعبه های سیاه هواپیماها به روشن شدن علت سقوط آنها کمک کرده است.

با سبک و سنگین کردن، معلوم شده است که اختراع پولسن فوایدی بسیار بیشتر از ضررهای آن داشته است. قابلیت مواد مغناطیسی در ذخیرهٔ داده ها، سیگنالها و صداها در واقع یک فن آوری گرانبهای جامعهٔ نوین است.

یک قرن پیش پولسن به سختی می توانست پیامدهای گسترده دستگاه نوپایی خود را مجسم کند. امروز مردم ممکن است برای به خاطر آوردن همه آنها نیازمند یک دستگاه ضبط مغناطیسی باشند.

مرجع:

Scientific American November 1998 P80-85

مترجم: منیژه رهبر

چگونه می توان بر اساس تعاریف، به تابع توصیف کننده یک پدیده فیزیکی دست یافت؟

جهانگیر ریاضی

چکیده: در هر رویداد فیزیکی، عموماً متغیرهایی باعث تغییر یک کمیت فیزیکی معین می شوند. چگونگی تغییرات این کمیت نسبت به متغیرها بوسیلهٔ یک تابع ریاضی قابل توصیف است. تابع مورد نظر باید بتواند بخوبی رفتار فیزیکی را بر اساس ویژگیهای خاص آن پدیده توصیف کند. این ویژگیها میتوانند پایهٔ دست یابی به تابع توصیف کنندهٔ پدیده باشند.

مقدمه: عموماً دانش آموزان به چگونگی رسیدن به یک معادله یا رابطهٔ فیزیکی نمی اندیشند، رابطه یا معادله را می پذیرند و آنرا حفظ کرده و در مسائل از آن استفاده می کنند. اگر قرار باشد مفاهیم بهتر درک شوند لازم است قبل از ارائه معادله یا تابع مورد نظر، از دانش آموز بخواهیم فکر کند و به استناد خواص و ویژگیهای پدیدهٔ مورد نظر، معادلهٔ پیشنهادی خود را مطرح کند. تجربه نشان می دهد که چنین روشهایی می تواند در آموزش مفید و قابل تعمیم باشند. موضوع را با چند مثال دنبال می کنیم. در تمام مثالهای ذکر شده اساس کار استفاده از تعاریف و مفاهیم شناخته شده در موضوع مورد بحث هستند.

مثال ۱ ـ رابطه ای بین «جابجایی» و «زمان» را در حرکت یکنواخت بر خط راست به دست آورید.

طبق تعریف: در حرکت یکنواخت بر خط راست، متحرک در بازه های زمانی مساوی (Δt)، جابجایی های یکسان (Δx) را خواهد داشت. بر این اساس می توان تناسب زیر را نوشت:

$$\Delta x \propto \Delta t \Rightarrow \Delta x = A\Delta t$$

و با استفاده از ضریبی مانند A آنرا به تساوی تبدیل کرد. پارامتر A را می توان بر اساس تعریف سرعت متوسط بدست آورد.

$$A = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \overline{V}$$

در حرکت مورد بحث $\overline{V} = V$ است یعنی $A=V$

$$\Delta x = V\Delta t$$

* * *

مثال ۲ ـ تابع تغییرات سرعت نسبت به زمان را در حرکت بر خط راست با شتاب ثابت به دست آورید.

طبق تعریف: وقتی شتاب ثابت است که میزان تغییرات سرعت (ΔV) در بازه های زمانی یکسان (Δt) با هم برابر باشد. از این تعریف تناسب زیر حاصل می شود:

$$\Delta V \propto \Delta t \rightarrow \Delta V = B\Delta t$$

پارامتر B با استفاده ازتعریف شتاب متوسط به دست می آید.

$$B = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \bar{a}$$

در حرکت با شتاب ثابت $\bar{a} = a$ پس

$$\Delta V = a\Delta t$$

مثال ۳ ـ معادلهٔ حرکت نوسانی ساده یک ذره بر محور y ها را بدست آورید:

این معادله رابطه بین y و t را مشخص کرده و طبق تعریف نسبت به متغیر زمان خاصیت دوره ای دارد. ساده ترین فرم تابع دوره ای، تابعی سینوسی میباشد. پس می توان آن را به صورت زیر تعریف کرد:

$$y = A\,Sin\,(Bt + c)$$

پارامترهای A و B و C بر اساس خصوصیات این حرکت مشخص می شوند.

بیشینه مقدار سینوس هر زاویه برابر واحد است که به ازاء آن y بیشترین مقدار خود را خواهد داشت. یعنی

$$A = y_{MAx}$$

کمیت (Bt+C) از جنس زاویه است. پس میتوان نوشت:

$$\begin{cases} Bt = \varphi' \\ C = \varphi \end{cases}$$

در رابطه $Bt = \varphi'$ برای تعیین B می توان گفت: خاصیت دوره ای تابع ایجاب می کند که پس از گذشت زمان به اندازهٔ یک دوره ($t = T$) زاویهٔ φ' باندازهٔ 2π رادیان تغییر کند.

$$\left.\begin{matrix} t = T \\ \varphi' = 2\pi \end{matrix}\right\} \Rightarrow BT = 2\pi \rightarrow B = \frac{2\pi}{T}$$

پس :

$$y = y_{MAX}\,Sin(\frac{2\pi}{T}t + \varphi)$$

که φ را شرایط اولیه حرکت نوسانی ساده (موقعیت نوسانگر به ازاء $t = 0$) مشخص می کند.

* * *

مثال ۴ـ تابع موج وابسته به انتشار موج عرضی در امتداد محور xها را بنویسید:

این تابع باید بتواند جابجایی ذره از وضع تعادل (y) را در یک لحظه معین t در فاصله x از مبداء توصیف کند. پس تابعی است که نسبت به دو متغیر x و t رفتار دوره ای دارد. یعنی می توان نوشت:

$$y = u(x,t) = ASin(Bt - Cx)$$

مانند مثال ۳ می توان نوشت: $A = y_{MAX}$

کمیت $(Bt-Cx)$ از جنس زاویه است. پس:

$$Bt = \varphi, \; cx = \varphi'$$

تابع موج نسبت به متغیر زمان دوره ای است پس، بعد از گذشت یکدوره $(t = T)$ زاویه به اندازه 2π تغییر می کند.

$$t = T, \; \varphi = 2\pi \rightarrow BT = 2\pi \rightarrow B = \frac{2\pi}{T}$$

همچنین تابع موج نسبت به متغیر x دوره ای است. یعنی وقتی موج باندازه یک طول موج (λ) در امتداد محور xها پیش می رود زاویه φ' باندازه 2π تغییر می کند.

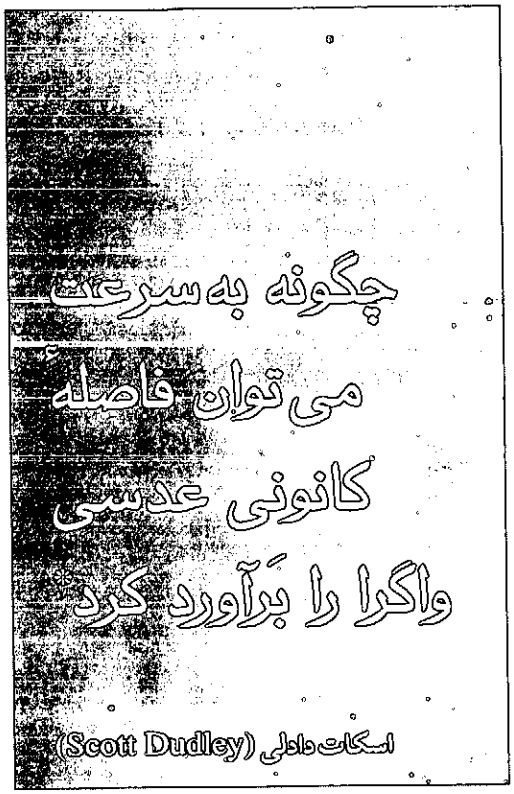
$$x = \lambda \;,\; \varphi' = 2\pi \rightarrow C(\lambda) = 2\pi$$

$$C = \frac{2\pi}{\lambda}$$

بنابراین

$$y = u(x,t) = y_{max}\,Sin(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}x)$$

نتیجه گیری: مثال های ذکر شده میتواند مبین روشی باشد که در آن ابتداء رابطه تناسبی بین تابع و متغیر پیشنهاد کرده و با استفاده از پارامترهایی مانند A و B و ... تناسب را به تساوی تبدیل کرده و سپس به استناد ویژگی های پدیده مورد بحث و شرایط اولیه، پارامترهای رابط را مشخص کرد. با این شیوه دانش آموزان درک روشن تری از مفاهیم بکار گرفته شده در پدیده فیزیکی و تابع توصیف کننده آن خواهند داشت.



برای اینکه فاصله کانونی عدسی همگرا را به سرعت برآورد کنیم از یک شی دور تصویری حقیقی تشکیل می دهیم. بنابراین بچه ای که با یک ذره بین تصویری از خورشید می گیرد تا با سوزاندن ورقه کاغذ روزنه ای در آن ایجاد کند، در واقع فاصله کانونی ذره بین (فاصله ذره بین تا ورقه کاغذ) را اندازه می گیرد.

امّا به آسانی نمی توان فاصله کانونی عدسی واگرا را به سرعت برآورد کرد زیرا عدسی واگرا تصویر حقیقی تشکیل نمی دهد. روشهای پیشنهادی برای اندازه گیری فاصله کانونی عدسی واگرا غالباً عناصر اضافی با خواص معلوم را می طلبد. امّا برای یک فیزیکدان که می خواهد مثلاً، هنگام ناهار نمره عینک دوست نزدیک بین خود را تعیین کند شیوه سریعتر و ساده تری وجود دارد.

عدسی واگرا از اشیاء تصویر حقیقی تشکیل نمی دهد، امّا تصویر مجازی را می توان با چشم دید و متمرکز کرد. نمودار پرتوی شکل (۱) نشان می دهد که اگر شیئی در فاصله ای معادل با فاصله کانونی از عدسی واگرا قرار گیرد، بزرگنمایی تصویر مجازی آن برابر با $\frac{1}{2}$ می شود.

برای انجام دادن این شیوه عدسی را مقابل شییء که به آسانی بتوان مشاهده کرد که در چه زمان بزرگنمایی آن به $\frac{1}{2}$ می رسد قرار دهید (انگاره دقیقی برای این منظور در شکل (۲) نشان داده شده است). فاصله شی تا عدسی را طوری تنظیم کنید که بزرگنمایی عدسی به $\frac{1}{2}$ برسد. بهتر است خطوط بلندی

رسم کنید تا ناظر بتواند همزمان هم تصویرِ خط را از درون عدسی و هم خود خط را از خارج آن مشاهد کند. با اندکی تمرین می توان تصویر مجازی و شیٔ اصلی، هر دو را دید و به آسانی تعیین کرد که در چه هنگام بزرگنمایی آن به $\frac{1}{2}$ می رسد.

اگر فاصلهٔ کانونی بزرگتر از چند میلی متر باشد، باید دو نفر اندازه گیری را انجام دهند. یکی عدسی را در دست نگاهداشته و آن را حرکت دهد، دیگری به عدسی نگاه می کند تا ببیند در چه زمانی بزرگنمایی آن به $\frac{1}{2}$ می رسد.

این انتخاب به خاطر آن است فردی که به دنبال بزرگنمایی است باید از دیدن بزرگنمایی جزئی شیٔ و تصویر به کمک چشم پرهیز کند. بنابراین باید در مقایسه با فاصله کانونی، دور قرار گیرد $d >> f$. اگر نمرهٔ عینک دوست نزدیک بین خود را برآورد کنید معمولاً آن را در حدود نیم دیوپتری به دست می آورید. دیوپتری عکس فاصلهٔ کانونی (برحسب متر) است.

شما می توانید این شیوه را با استفاده از معادلاتِ عدسیهای نازک توضیح دهید. اگر f، p و q به ترتیب فاصلهٔ کانونی (عَددی منفی برای عدسی واگرا)، فاصلهٔ شیٔ، و فاصلهٔ تصویر تا عدسی باشد

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$$

اکنون اگر شیٔ را به اندازهٔ فاصلهٔ کانونی از عدسی قرار دهیم داریم

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{-f} + \frac{1}{q}$$

بنابراین $q = \frac{f}{2}$ به دست می آید. امّا بزرگنمایی برابر است با

$$M = \frac{-q}{p} = \frac{-f/2}{-f} = \frac{1}{2}$$

عملاً این شیوه برآورد مناسبی از نمرهٔ عینکهای معمولی افراد نزدیک بین را ارائه می دهد، یعنی عدسی واگرایی که فاصلهٔ کانونی آن میان ۱۰- سانتیمتر و ۱- تا ۲- متر است.

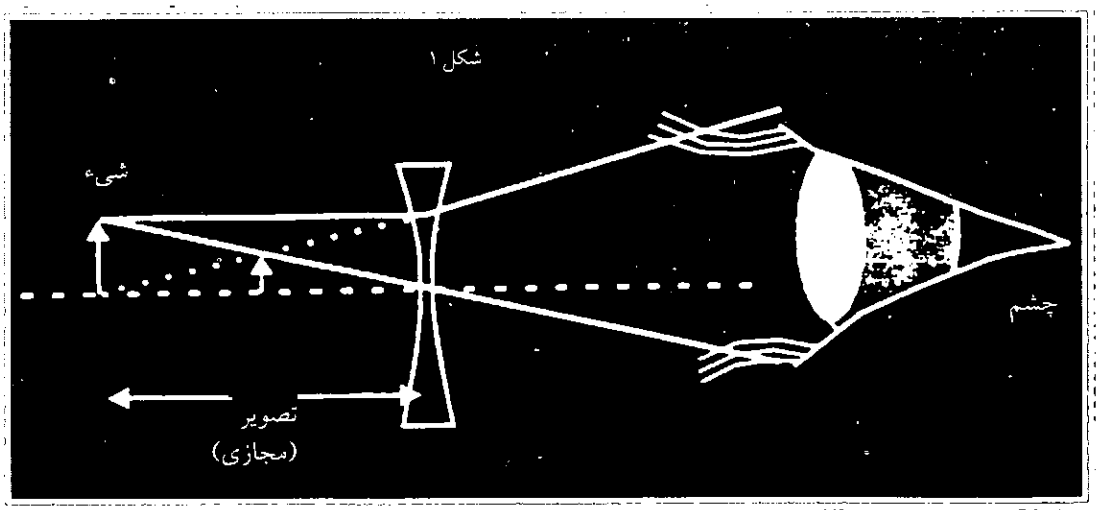
مترجم: احمد توحیدی

مرجع:

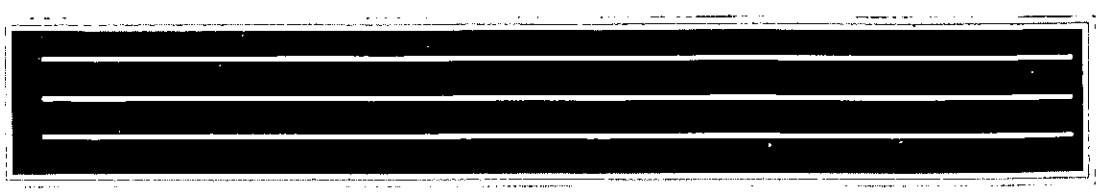
The Physics Teacher, Vol 37, Feb 1999.

* How to Quickly Estimate the Focal Length of a Diverging Lens.

Scottc. Dudley



شکل ۱ـ نمودار پرتویی روش برآورد فاصلهٔ کانونی

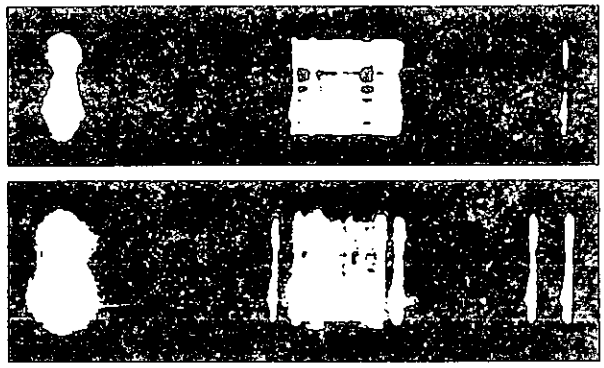


شکل ۲ـ انگارهٔ آزمون برای روش برآورد فاصلهٔ کانونی

پراکندگی نور در لامپهای فلوئورسان

نیکولاس جیلبرت

با گذشت نیم قرن از توسعهٔ لامپهای فلورسنت، اینک استفاده از این لامپها عمومی شده است و تقریباً تمام روز کاری خود را زیر روشنایی آنها می گذرانیم بدون آنکه پس از روشن کردنشان کوچکترین تأملی در طرز کارشان بکنیم(!) این لامپها سرشار از پدیده های فیزیکی اند، و هدف از این مقاله بررسی اصول کار آنهاست. برای این منظور جالب خواهد بود اگر لامپ فلوئورسان ویژه ای تهیه کنیم که تنها نیمی از طول حباب آن از درون با مادهٔ فلوئورسان پوشیده شده است. این امر به ما اجازه خواهد داد که بتوانیم برخی کارکردهای درونی این ابزار عمومی را بیازمائیم.



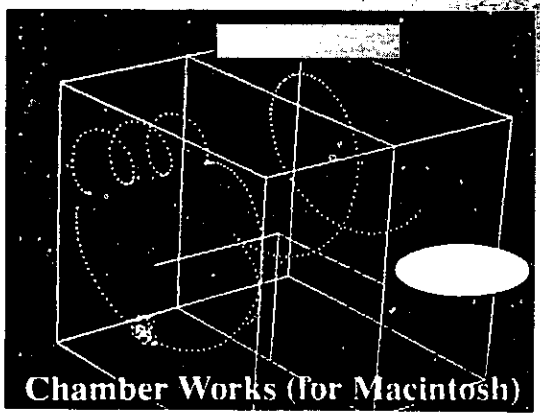
شکل ۱ـ الف ـ طیف نور لامپ فلوئورسان که هم خطهای روشن (گسیلی) و هم یک پیوستار را نشان می دهد.
شکل ۱ـ ب ـ طیف قسمت بدون پوشش لامپ فلوئورسان فقط خطهای گسیلی وجود دارند.

نور اولیه

این را آزمایش کنید: طیف نمای دستی ارزانی را تهیه کنید و آن را در فاصلهٔ حدود نیم متری از تابش لامپ فلوئورسان یاد شده نگه دارید. طیفی را خواهید دید که هم دارای خطهای درخشان (خطوط ویژه گاز ملتهب) و هم طیف پیوسته ویژه جامد ملتهب (شکل ۱ـ الف) است. این آرایش طیفی کنار هم اولین نشانه از آن چیزی است که موجب التهاب لامپ می شود. نیمهٔ پوشش داده شدهٔ لامپ با مادهٔ فلوئورسان نور سفید آشنای ناشی از التهاب این نیمه را نشان می دهد (شکل ۲) ولی نیمهٔ پوشش داده نشده التهابی با روشنایی کمتر به رنگ آبی ـ بنفش دارد. طیف نیمهٔ پوشش داده نشده (شکل ۱ـ ب) فقط خط روشن طیف گسیل شده را نشان می دهد و پیوستار موجود در طیف نیمهٔ پوشش داده شده در آن وجود ندارد.

بخش اعظم انرژی در تابش نور بنفش است که با طول موج ۲۵۳/۷ نانومتر پایین تر از، طیف مرئی است، لاجرم در عکس ظاهر نمی شود. در لامپهای معمولی، این نور فرابنفش (UV) پوشش دیوارهٔ درونی حباب را بمباران می کند و آن را برانگیخته می سازد. مادهٔ پوشش عموماً ترکیبی است از هالوفسفات کلسیم و تنگستات منیزیم با مادهٔ افزودنی «فعالی» است که به تراز های انرژی اجازه خواهد داد که بین نوارهای ظرفیت و رسانش مربوط به پوششهای بلوری (نیمه رسانا) قرار گیرند. پس از جذب یک فوتون فرابنفش از لامپ، اتم برانگیخته در یک بلور از مادهٔ فلورسنت با دو مرحله گسیل فوتون به حالت پایه برمی گردد (که خاصیت فلوئورسانی است) یکی از نوار رسانش به «تراز فعال ساز» و دیگر از تراز فعال ساز به نوار ظرفیت. انرژیهای پیوستار موجود در نوارهای رسانش و ظرفیت، پیوستاری از انرژیها در انتهای طیف مادهٔ پوششی ایجاد خواهد کرد که نتیجهٔ آن تولید نور سفید معمولی این گونه لامپهاست.

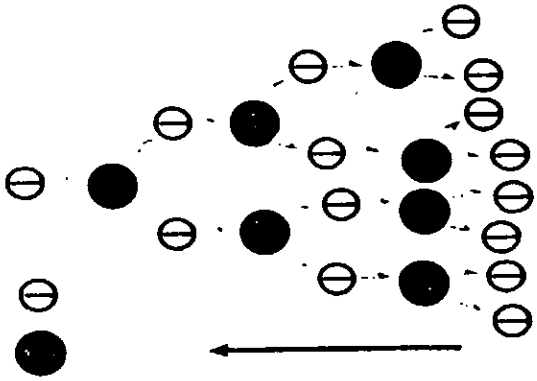
شکل ۲. لامپ فلوئورسان نیم پوشش دار. توجه کنید که حلقهٔ چسب پوشاننده از میان انتهای بدون پوشش قابل مشاهده است.



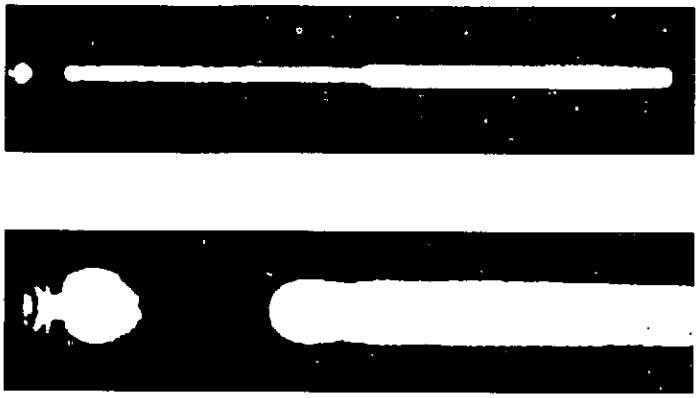
پلاسمای لامپ

نگاهی دقیق تر به لامپ، بعضی جزئیات هیجان انگیز نهفته در فرایند تولید نور آن را آشکار می سازد. برای مثال، طیف خط روشن ناشی از نیمهٔ پوشش نشدهٔ لامپ چیزی جز طیف جیوه نیست. انتهای پوشش داده نشده نسبت به انتهای پوشش دار در گسترهٔ نور مرئی کاملاً تیره و تار است. (شکل ۲). علاوه بر این در تولید نور در انتهای چپ نیمهٔ پوشش داده نشده شکافی وجود دارد (شکل ۲ و جمع شدگی حاصل در شکل ۳).

عکسها لامپی را نشان می دهند که به جای اینکه با جریان متفاوت معمولی روشن شده باشد با جریان مستقیم روشن شده است (با ۱۰۰ ولت و ۱۰ میلی آمپر که رشته لامپ در



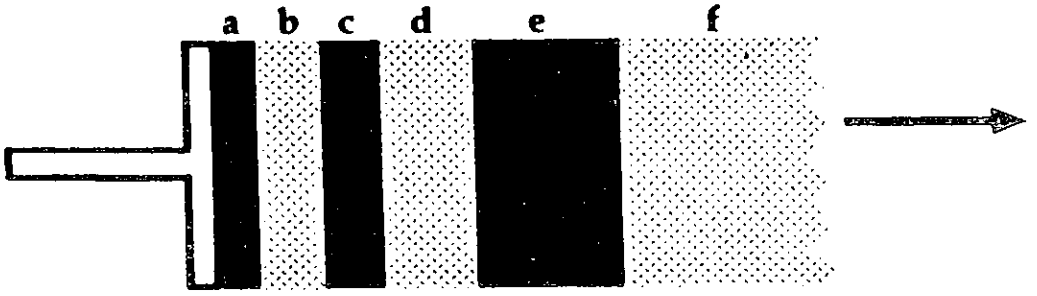
شکل ۴. بهمن تاونزند. الکترون سرگردان سمت چپ در میدان الکتریکی شتاب می گیرد و یک اتم را یونیده می کند. سپس هر دو الکترون بر اثر برخورد، یونش دیگری تولید می کنند که سرانجام موجب افزایش نمایی تعداد یونها و الکترونهای آزاد می شود.



شکل ۳. نمای درشت انتهای بدون پوشش لامپ فلوئورسان

انتهای پوشش نشده قطب کاتد است). این امر ستون پلاسمای بنفش ملتهب را قادر می سازد که ساختار خود را در نزدیکی کاتد آشکار سازد.

در تخلیه های الکتریکی نظیر این، جفت الکترودها در محفظه ای شامل گازی که ابتدا نارساناست قرار داده می شوند، سپس اختلاف پتانسیلی به دو سر آنها اعمال می شود. آزاد شدن یک الکترون منفرد در گاز خواه، به وسیله یک فرایند کاتوره ای (نظیر برخورد یک پرتو کیهانی با یکی از اتمهای گاز) یا نظیر این حالت، که فرایندی عمدی است (مثل تولید بار ساکن به وسیله مالش پارچه ای روی قسمت خارجی لامپ) موجب آزاد شدن الکترونهایی در گاز می شود که آن را «ریزش بهمن» می نامند (شکل ۴). الکترون آزاد شدهٔ اولیه بسوی آند مثبت شتاب می گیرد، اما قبل از آنکه به آنجا برسد با اتم دیگری از گاز برخورد می کند. اگر انرژی جنبشی الکترون به قدر کافی زیاد باشد، شانس آن را دارد که الکترونی را از اتم هدف بکند. اگر این امر رخ دهد، هر دو الکترون به سوی آند شتاب می گیرند و با اتمهای دیگر گاز برخورد می کنند، در نتیجه الکترونهای دیگری را مجدداً آزاد خواهند ساخت. با ادامهٔ این فرایند، تعداد الکترون آزاد (در نتیجه، یونهای مثبت)، به طور نمایی در گاز افزایش می یابد، و پلاسما تشکیل می شود. یونهای تولید شده نیز در جهت مخالف جابه جا می شوند. این یونها بسیار سنگینتر از الکترونها هستند (و بنابراین کندتر حرکت می کنند) اما وقتی به کاتد می رسند بر اثر برخورد می توانند الکترونی را در پلاسما آزاد کنند (که به گسیل الکترون ثانویه موسوم است). وقتی، الکترونهای جذب شده در آند با گسیل الکترون ثانویه در کاتد تقریباً متعادل شود، پلاسما



شکل ۵. طرحی از فضاهای تاریک در یک نمونه تخلیه الکتریکی.

می تواند خود نگه دار شود. این پلاسما بلافاصله در گسترهٔ معینی از فشار در محفظه به وجود می آید. اگر فشار بسیار زیاد باشد (یعنی گاز خیلی چگال باشد)، الکترونها در برخوردهاشان انرژی جنبشی کافی به دست نمی آورند تا اتمهای دیگر را یونیده کنند، اما اگر فشار بسیار کم باشد، برخوردهای کمی رخ می دهد که ریزش بهمن پیش آید. فشار بهینه با اختلاف پتانسیل ۱۰۰ ولت بین الکترودها موجب تولید و نگه داری پلاسما می شود. این فشار در حدود چند تور است (یک تور برابر ۱۳۳ پاسکال و معادل یک میلیمتر جیوه است) و لامپهای فلوئورسان جدید با فشاری در حدود ۲/۵ تور پر می شوند. پلاسمای حاصل در حدود 10^{17} الکترون آزاد در مترمکعب دارد (در حدود یک در ۱۰۰۰۰ اتم گاز در لامپ)، و «دمای الکترونی» در حدود ۱۱۰۰۰ کلوین است.

تولید نور

تمام گاز درون لامپ تقریباً آرگون است، که اساساً در برگیرندهٔ الکترونهای آزاد و یونهای جیوه است، و به برانگیختگی جیوه کمک می کند. فراوانی جیوه که مسئول گسیل طیف از لامپ است، بسیار کمتر است (۶۰ تا ۱۰ میلی تور) اتمهای آرگون با نسبت تقریبی ۳۰۰ به یک بیش از اتمهای جیوه است. جیوه امکان تبدیل مؤثر انرژی الکتریکی ورودی را به نور خروجی فراهم می سازد، که به طور قابل ملاحظه ای نور فرابنفش با طول موج ۲۵۳/۷ نانومتر در لامپ است. پایین ترین حالت برانگیخته جیوه (حالت $6\,^3P_1$ در انرژی ۴/۸۶ الکترون ولت) که خوشبختانه نه فقط چند الکترون ولت پایین تر از حالتهای انرژی دیگر قرار دارد و می تواند مستقیماً به حالت پایه فروپاشی کند، بلکه علاوه بر آن در وسط دو حالت شبه پایدار نزدیک به هم (در ۴/۶۶ و ۵/۵ الکترون ولت) است که بنا به قاعدهٔ گزینش مکانیک کوانتومی مجاز به فروپاشی به حالت پایه نیستند. برخوردهای کاتوره ای بین الکترونهای آزاد و اتمهای جیوه موجب خارج کردن الکترونها از این حالتهای شبه پایدار به حالت $6\,^3P_1$ می شود. در نتیجه، **در حدود دوسوم انرژی تلف شده در لامپ فلورئورسان در خط ۲۵۳/۷ نانومتر است**، که از فروپاشی حالت $6\,^3P_1$ ناشی می شود. نور مرئی از نیمهٔ بدون پوشش لامپ در شکل ۲ تنها نشان دهنده در حدود ۱۰ درصد از نور تولید شده در لامپ است، لذا روشنایی مربوط به نیمه پوشش دار معرف فراوانی نور فرابنفش (uv) تولید شده در لامپ است.

فضاهای تاریک

عجیب اینکه، گاف (شکاف) متحصی در نور خروجی نزدیک کاتد و نوار تقریباً تاریکی درست در سمت راست شکاف وجود دارد. (شکل ۳). عرض شکاف تاریک تقریباً ۳/۵ تا ۴ سانتیمتر و عرض نوار تیره در حدود یک سانتیمتر است، و برخی یک سری نوار روشن و تاریک

می بینند که بخش عمده ای از طول نیمهٔ بدون پوشش لامپ را به طور پیوسته در بر گرفته است. این ناحیه های بدون تابش نزدیک کاتد نوعی تخلیه الکتریکی است و اولین بار فاراده متوجه آنها شد که البته در شرایط عادی در لامپ ظاهر نمی شوند زیرا بسامد ۶۰ هرتز جریان متناوب با عوض کردن جای کاتد (که نوارها در آنجا ظاهر می شوند) و آند (که نوارها در آنجا ظاهر نمی شوند) به تناوب باعث می شود که ساختار دارای گاف به طور کلی محو شود.

منشاء فضاهای تاریک به راحتی قابل درک است. وقتی الکترونها در یک تخلیهٔ الکتریکی از کاتد گسیل می شوند، ابتدا برای برانگیختن اتم از حالت پایه انرژی کافی ندارند. بنابراین باید ناحیه ای بدون تابش درست در نزدیکی کاتد (موسوم به «فضای تاریک اشتون») وجود داشته باشد (شکل ۵). وقتی الکترونها برای برانگیختن جیوه انرژی جنبشی کافی به دست آوردند. تابش آغاز می شود. این اولین ناحیهٔ درخشان («اولین لایهٔ کاتد» نامیده می شود). پس از این ناحیهٔ لیان، الکترونها برای برانگیزش مؤثر اتمها انرژی به دست می آورند (به عبارت دیگر، سطح مقطع برانگیزش با افزایش انرژی الکترون به سرعت کاهش می یابد) و نوار تاریک تشکیل می شود. سرعت الکترونها در این «فضای تاریک کروکس» برای یونیده کردن به اندازهٔ کافی زیاد است، و بسیاری از الکترونهای تازه آزاد شده، انرژی کافی می گیرند تا نوار روشن («تابش منفی») را در مجاورت فضای تاریک فاراده تولید کنند. اما یونهای مثبتی که باقی می مانند میدان الکتریکی را در ناحیهٔ تابش منفی کم می کنند و الکترونها دوباره کند می شوند، و فضای تاریک فاراده را به وجود می آورند. سپس از این ناحیهٔ به اصطلاح «ستون مثبت» تشکیل می شود که ناحیه ای یکنواخت (هم برحسب میدان الکتریکی و هم گسیل نور) از پلاسماست که تقریباً در تمام مسیر تا کاتد امتداد می یابد.

هر چند ابزارهای واقعی غالباً با توصیف آنها در کتابهای درسی مطابقت ندارد. در عکسها، تابشی نزدیک رشته (کاتد) می بینیم، یک گاف تاریک بزرگ، سپس یک ستون نسبتاً یکنواخت نور بنفش که فقط به وسیلهٔ نوار تاریکی به عرض یک سانتیمتر گسیخته شده است. شکاف بزرگ همان فضای تاریک فاراده است، اما این شکاف و گوی فروزان اطراف رشته به واسطهٔ گسیل گرمایونی یعنی «جوشش» یونها از رشته داغ است. این یونها میدان الکتریکی را در ناحیه مجاور کاتد کاهش می دهند، در نتیجه الکترونها انرژی جنبشی کافی برای برانگیختن جیوه را تا فاصلهٔ قابل ملاحظه ای از کاتد به دست نمی آورند. وقتی این کار انجام شد مقداری از انرژی جنبشی الکترونها تبدیل به تابش جیوه در ابتدای ستون مثبت می شود، و به علت کاهش انرژی الکترونها، نوار تاریکی در ستون مثبت تولید می شود. جریان سوق الکترونها در امتداد لامپ به طور قابل ملاحظه ای از حرکت گرمایی کاتوره ای آنها کمتر است، لذا حرکت الکترونها بیشتر «شبیه حرکت یک دسته زنبور عسل است تا جریانی از گلوله».

لامپ فلوئورسان وسیله پلاسمایی ارزان

وسایلی که برای نمایش پدیدهٔ پلاسما طراحی می شوند غالباً گران، خطرناک، پیچیده و مرموز یا بسیار تخصصی هستند که بسیاری از ما یا با آن کار نکرده ایم یا تجربهٔ کمی در مورد آن داریم ولی لامپهای فلوئورسان نیم پوشش دار که توصیف شد محفظه ای خودکفا و بی نیاز از پمپهای خلاء هستند که کار با آنها آسان است و در مقایسه با دیگر ابزار پلاسما با ولتاژ کمتری کار می کنند. به علاوه این گونه لامپها عملاً همه جا هستند و دانش آموزان ضمن آشنایی نسبی با آنها به خوبی می توانند به این ابزار دسترسی داشته باشند. آنها همچنین ابزار بصری قابل توجهی هستند که حتی توجه افراد بی علاقه را هم جلب می کند. این لامپها را می توان همچون نقطه شروع توضیح ساختار و طیف اتمی، سرشت و شکل گیری پلاسما علوم و فن آوری روشنایی مصنوعی و حتی برای حرکت ذرهٔ باردار در میدانهای مغناطیسی با قراردادن یک آهنربای نعلی شکل روی انتهای قسمت تخلیه، قرار داد. اگر مختصری از طرز کار داخلی این لامپها را بدانیم، می توانیم درک بهتری از این ابزار، وسیله داشته باشیم.

مترجم: عبدالحسن بصیره

The physics Teacher vol 34 Jan 1996 pp 20-22

دیدن در زیر آب

آلن استیل (Alan Steele)

یک مسئله آموزشی به عملکرد تنظیم چشم انسان در هوا و در آب می پردازد که با دو رهیافت مختلف حل می شود. محاسبات نشان می دهند هنگامی که چشم انسان در هوا است نور می تواند به طورمؤثر بر روی شبکیه تنظیم شود، اما در آب حتی با تطابق معمولی این طور نیست. پس از آن بررسی می کنیم که فرآیندهای تطابق به برخی مهره داران امکان می دهد که هم در بالای آب و هم در زیر آب به طور مؤثر ببینند.

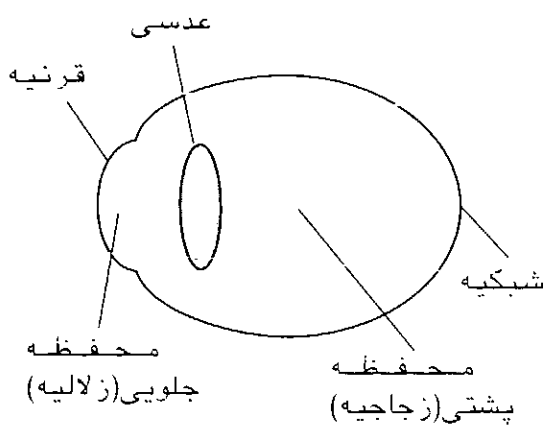
معمول است که دانشجویان کارشناسی (الف) نور هندسی (شامل روشهای ماتریسی) و (ب) ابزار نوری مانند تلسکوپ، دوربین دو چشمی، چشم انسان و غیره را در درسهای مقدماتی نور بخوانند (اف ال پدروتی وال اس پدروتی ۱۹۹۳/۱۳۷۲ FL pedrotti and LS pedrotti). در این مقاله این دو مبحث را ادغام می کنیم تا به این سؤال آموزشی پاسخ دهیم: «چرا انسانها نمی توانند در زیر آب به طور مؤثر ببینند؟» اگر چه هدف دورهٔ دانشجویان کارشناسی است اما یکی از رهیافتها برای دانش آموزان سال آخر دبیرستان هم مناسب است.

پرسیدن این نوع سؤالهای آموزشی چند مزیّت دارد. مثلاً این وضعیت برای بیشتر دانشجویان، اگر نگوییم همهٔ آنها، آشناست، و حال آنکه در خیلی از محاسبات کتابهای درسی نور که دستگاه های عدسی را بررسی می کنند هدف برای دانشجویان فوراً معلوم نمی شود. همچنین این پرسش اساسی، ساده و خالی از داده هایی است که می توانند راهبردهای حل ویژه‌ای را پیش رو بگذارند. نتیجه های این تمرین می توانند به از بین بردن این برداشت نادرست کمک کنند که عدسیهای چشم همه تنظیم نور بر روی شبکیه را انجام می دهند. و سرانجام این مسئله پرسش دیگری را مطرح می کند که چگونه برخی از حیوانات هم در بالای آب و هم زیر آب به خوبی می بینند؟

این مقاله در دو بخش تهیه شده است. در بخش اول، به سبک مثالهای کتاب درسی به محاسبه توانایی تنظیم چشم در بالا و در زیر آب می پردازیم. برای حل این مسئله از دو روش استفاده کرده‌ایم: در یک روش از روشهای اپتیک هندسی مقدماتی استفاده می کنیم که دانش آموزان سال آخر باید آن را بفهمند، در روش دیگر از ماتریسها استفاده می کنیم که برای دانشجویان کارشناسی فیزیک مناسبتر است. در بخش دوم مقاله فرآیندهای مورد استفاده برخی از موجودات برای دیدن مؤثر هم در هوا و هم در آب را به طور خلاصه بررسی می کنیم.

چشم انسان در بالا و زیر آب

با توجه به مقاصدی که از این بررسی داریم، چشم انسان را به صورت تقریبی با جزئیات در شکل ۱ و جدول ۱ در نظر می گیریم، که طرح آن را ابتدا هلمهولتز (Helmholtz) ارائه کرده است و سپس آلپرن (۱۹۷۸/



شکل ۱ ـ نمودار ساختار چشم انسان که در محاسبه استفاده می‌شود
(بر اساس طرح تشریحی آلپرن ۱۳۵۷/ ۱۹۷۸ ـ Alpern).

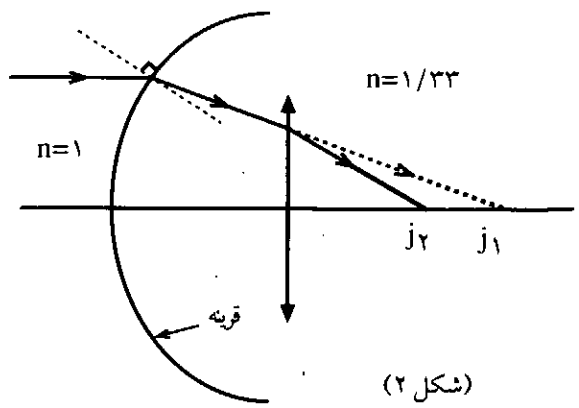
	فاصله از رأس قرنیه (mm)	شعاع (mm)	ضریب شکست
قرنیه	—	+۸	—
محفظه جلویی (زلالیه)	—	—	۱/۳۳
عدسی:			۱/۴۵
سطح جلویی	۳/۶	+۱۰	—
سطح پشتی	۷/۲	-۶	—
محفظه پشتی (زجاجیه)	—	—	۱/۳۳
شبکیه (سطح کانونی پشتی)	۲۲/۳۸	—	—

جدول ۱ ـ اجزاء اصلی چشم (اقتباس از آلپرن (Alpern ۱۹۷۸/ ۱۳۵۷

Alpern_۱۳۵۷) پدروتی و پدروتی (۱۹۹۳/۱۳۷۲ـ LS Pedrotti و FL) آن را تشریح کرده اند. این ساختار دارای جزئیات کافی برای مسئله مورد مطالعه است و جزئیات بسیار دقیق مانند تغییر ضریب شکست عدسی را نادیده می گیرد.

حل با استفاده از اپتیک هندسی مقدماتی

در رهیافت اپتیک هندسی مقدماتی، سطح مشترک هوا ـ قرنیه یک سطح انکساری خمیدهٔ ساده و عدسی بلورین تقریباً یک عدسی نازک در نظر گرفته می شود. در نتیجه این سطح انکساری تصویری تشکیل می دهد که برای عدسی یک شیء محسوب می شود (شکل ۲).



(شکل ۲)

شکل ۲ ـ نمودار طرح واره که شکست در فصل مشترک هوا ـ چشم را نشان می دهد. برای سهولت فقط یک پرتو رسم شده است. این نمودار، پیروی از قانون اسنل ـ دکارت را نشان می دهد، زیرا پرتو تابشی در نقطه تابش روی قرنیه (A) می شکند و خط عمود نزدیک می شود. سپس پرتو ادامه مسیر می دهد تا در تشکیل تصویر i_1 شرکت کند. گذر از عدسی در نقطه B باعث می شود که مسیر پرتو دوباره تغییر کند، زیرا پرتو شکست یافته همگرا می شود تا در تشکیل تصویر i_2 شرکت کند.

ابتداء شکست مربوط به سطح مشترک هوا ـ قرنیه را محاسبه می کنیم. با فرض آنکه خمیدگی R_1 کروی باشد، می توانیم از رابطهٔ زیر استفاده کنیم:

$$\frac{n_1}{p_1}+\frac{n_2}{q_1}=\frac{n_2-n_1}{R_1} \qquad (1)$$

که در آن p_1 و q_1 به ترتیب فاصله های شیء و تصویر و $n_1=1/0, n_2=1/33$ به ترتیب ضریب شکستهای هوا و زلالیه هستند. دانش آموزان سال آخر دبیرستان که با تک سطح خمیده آشنا نیستند، باید شباهت رابطه (۱) با معادلهٔ آشنای $\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$ را دریابند.

اگر پرتوها موازی محور اصلی باشند $(p_1=\infty)$ رابطهٔ زیر را به دست می آوریم:

$$\frac{1}{q_1}=\frac{n_2-n_1}{n_2R_1}=\frac{1/33-1}{1/33\times 8}=0/031$$

بنابراین $q_1=32/2mm$

اکنون، با فرض آنکه عدسی بلورین یک عدسی نازک باشد می توانیم فرمول ساخت عدسی را به کار بریم:

$$\frac{1}{f}=\frac{n_2-n_1}{n_1}\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)=\frac{1/45-1/33}{1/33}\left(\frac{1}{10}+\frac{1}{-6}\right)$$

$$\frac{1}{f}=0/09\times 0/267=0/024mm^{-1}$$

اگر از عدسی بالا در محاسبه استفاده کنیم، آنگاه تصویر حاصل از شکست هوا ـ قرنیه برای عدسی شیء محسوب می شود. اکنون لازم است که مکان عدسی را نسبت به سطح شکست بالا در نظر بگیریم. در مدل هلمهولتز، شکل ۱ و جدول ۱ . می توانیم ببینیم که فاصله های وجه های جلویی و پشتی عدسی از سطح مشترک هوا ـ قرنیه به ترتیب ۳/۶ mm و ۷/۲ mm هستند.

چون در حال حاضر عدسی را نازک فرض می کنیم محل عدسی را در نقطه وسط آن، یعنی در فاصله $\frac{7/2+3/6}{2}=5/4\text{cm}$ از قرنیه در نظر می گیریم. از آنجا که تصویر مربوط به سطح مشترک هوا ـ چشم در فاصله ۲۶/۸ mm در سمت راست عدسی است، عدسی آن را به صورت شیء مجازی «می بینید». با محاسبه مکان شیء از عدسی داریم:

$$\frac{1}{P_2}+\frac{1}{q_2}=\frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{-26/8}+\frac{1}{q_2}=0/024$$

$$\frac{1}{q_2}=0/061 \longrightarrow q_2=16/3\text{mm}$$

q_2 فاصلهٔ تصویر از عدسی است پس فاصله تصویر از قرنیه برابر است با ۱۶/۳+۵/۴=۲۱/۷ mm که تقریب خوبی از محل شبکیه است (جدول ۱ را ببینید).

محاسبهٔ بالا نشان می دهد که با استفاده از نور هندسی ساده می توان نشان داد که چشم در هوا چنانکه انتظار می رود کار می کند. اما وقتی چشم در زیر آب است اوضاع از چه قرار است؟ در این مورد هیچ سطح مشترک مؤثری بین آب و چشم نیست زیرا ضریبهای شکست آنها برابرند (در مدل ما). بنابراین همه تنظیم نور فقط توسط عدسی انجام می شود. از محاسبه مربوط به فرمول ساخت عدسی در بالا می توانیم فاصله کانونی چشم در آب را به دست آوریم:

$$\frac{1}{f}=0/024 \Rightarrow f=41/7mm$$

که این مقدار خیلی بیشتر از مکان شبکیه است. بنابراین در زیر آب با پرتوهای پیرامحوری یک وضعیت دوربینی ایجاد می شود.

حل با استفاده از روشهای ماتریس

در بخش پیش در انجام محاسبات، عدسی را تقریباً نازک در نظر گرفتیم. امکان دارد با استفاده از روشهای ماتریس (اف ال پدروتی و ال اس پدروتی ۱۳۷۲/۱۹۹۳ FL Pedrotti and LS Pedrotti) هیچ تقریبی به کار نبریم (غیر از تقریبهای زاویه کوچک) تا بررسی کنیم که چگونه پرتوهای موازی با محور اصلی شکست یافته و در چشم منتقل می شوند.

ماتریسهای عمومی شکست و انتقال عبارت اند از:

ماتریس شکست

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{n_1-n_2}{Rn_2} & \frac{n_1}{n_2} \end{pmatrix}$$

ماتریس انتقال

$$\begin{pmatrix} 1 & L \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

ماتریس اول برای شکست در یک سطح خمیده به شعاع R به کار می رود که در آن نور از محیط با ضریب شکست n_1 به محیط با ضریب شکست n_2 وارد می شود. ماتریس دوم برای انتشار پرتو در یک محیط همگن به ضخامت L به کار می رود. این ماتریسها روی ماتریس ستونی زیر عمل می کنند:

$$\begin{pmatrix} y_0 \\ \alpha_1 \end{pmatrix}$$

که در آن y_0 فاصلهٔ پرتو نور از محور اصلی و α_0 زاویهٔ پرتو نور با محور اصلی هستند. برای کسانی که با جبر ماتریسها آشنا نیستند، بگذارید به عمل حاصل از ماتریسهای شکست و انتقال روی ماتریس ستونی نگاهی بیندازیم. ابتداء در فرآیند شکست به نتیجه زیر می رسیم:

$y_1=y_0$

$$\alpha_2=\left(\frac{n_1-n}{Rn}\right)y_0+\frac{n}{n'}\alpha_0$$

که در آن y_1 و α_1 به ترتیب فاصله و زاویهٔ جدید پرتو نسبت به محور اصلی است.

فرآیند انتقال به نتیجه زیر می انجامد:

$$y_t = y_0 + L\alpha_0$$
$$\alpha_t = \alpha_0$$

که y_t و α_t به ترتیب فاصله و زاویهٔ جدید پرتو مربوط به فرآیند انتقال هستند.

بررسی این معادله ها نشان می دهد که برای شکست تغییری در فاصله به وجود نمی آید اما زاویه تغییر می کند. و حال آنکه برای انتقال، فاصله تغییر می کند ولی زاویه ثابت می ماند. برای جزئیات بیشتر در این زمینه خواننده می تواند به کتاب پدروتی و پدروتی مراجعه کند.

با استفاده از داده های جدول ۱ می توانیم یک رشته ماتریس بسازیم که پرتو ورودی به چشم را دنبال می کند، که با شکست در سطح مشترک زلالیه ـ هوا آغاز و با شکست در زجاجیه ـ عدسی پایان می یابد. با قرار دادن این پارامترها در ماتریسها برای هر مرحله از فرآیند نوری داریم:

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1/45-1/33}{-6\times 1/33} & \frac{1/45}{1/33} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 3/6 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1/33-1/45}{10\times 1/45} & \frac{1/33}{1/45} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1-0/33}{8\times 1/33} & \frac{1}{1/33} \end{pmatrix}$$

که در آن ماتریسها از چپ به راست نمایانگر شکست در سطح مشترک عدسی ـ زجاجیه، انتقال درون عدسی، شکست در سطح مشترک زلالیه ـ عدسی، انتقال درون زلالیه، شکست در سطح مشترک هوا ـ قرنیه.

اگر دستگاه ماتریس بالا را ساده کنیم داریم:

$$M = \begin{pmatrix} 0/760 & 5/109 \\ -0/051 & 0/651 \end{pmatrix}$$

این دستگاه ماتریس M می تواند اطلاعات مفیدی درباره این دستگاه نوری به ما بدهد. فاصلهٔ کانون پشتی از صفحهٔ پشتی دستگاه نوری، که در این مورد سطح مشترک عدسی ـ زجاجیه است، را می توان از رابطه زیر به دست آورد (پدرتی):

$$d = -\frac{A}{C}$$

که در آن A و C اعضاء دستگاه ماتریس زیرند:

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}$$

برای M، فاصلهٔ کانونی پشتی (از سطح مشترک عدسی ـ زجاجیه) برابر است با: $d = \frac{0/760}{0/051} = 14/9 mm$

با اضافه کردن فاصلهٔ قرنیه تا سطح پشتی عدسی یعنی ۷/۲ mm به فاصله فوق فاصلهٔ ۲۲/۱ mm به دست می آید، که به مقدار به دست آمده در تحلیل هندسی پایه نزدیک است.

اکنون وضعیت چشم را در زیر آب بررسی می کنیم، بنابراین ما فقط تنظیم مربوط به عدسی چشم را در نظر می گیریم. اینک می توانیم جزئیات بیشتری را وارد کنیم و یک نتیجه نیز برای چشم تطابق یافته در نظر بگیریم. تطابق فرآیندی است که فاصلهٔ کانونی یک دستگاه اصلاح می شود، که برای چشم انسان با خمیده شدن سطح جلویی عدسی توسط کشیده شدن ماهیچهٔ مژگانی صورت می گیرد (آلپرن)، بنابراین شعاع خمیدگی سطح جلویی عدسی از ۱۰ mm به ۶ mm تغییر می یابد. دستگاه ماتریس برای چشم در حال استراحت (بدون تطابق) برابر است با:

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1/45-1/33}{-6\times 1/33} & \frac{1/45}{1/33} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 3/6 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1/33-1/45}{10\times 1/45} & \frac{1/33}{1/45} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0/971 & 3/301 \\ -0/023 & 0/950 \end{pmatrix}$$

و حال آنکه در حالت تطابق داریم:

$$M' = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1/45-1/33}{-6\times 1/33} & \frac{1/45}{1/33} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 3/6 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1/33-1/45}{10\times 1/45} & \frac{1/33}{1/45} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0/946 & 3/301 \\ -0/031 & 0/950 \end{pmatrix}$$

با محاسبهٔ فاصلهٔ کانونی پشتی برای هر ماتریس به ترتیب ۴۰/۵ mm و ۳۲/۸ mm به دست می آید. مقدار اول دوباره مشابه با مقدار تقریبی عدسی نازک است. هر دو نتیجه، حتی مقدار تطابق یافته، فراتر از مکان شبکه هستند.

محاسبات به روشنی نشان می دهند که در زیر آب انسان نمی تواند واضح ببیند. همهٔ کسانی که چشمان خود را در

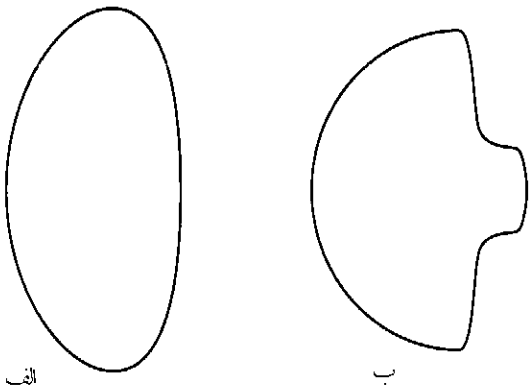
زیر آب باز کرده این تجربه را داشته اند و تصاویر ناواضح دیده اند. هم چنین این نتیجه نشان می دهد چرا در زیر آب از نقاب یا عینک مخصوص شنا استفاده می شود، زیرا فاصلهٔ هوای لازم بین آب و چشم را به وجود می آورد.

راهبردهای تطابق در حیواناتی که هم در هوا و هم در آب زندگی می کنند

نشان دادیم که چگونه یک انسان نمی تواند در زیر آب واضح ببیند. اما موجودات دیگر چنان سازگار شده اند که هم در هوا و هم در آب دید خوبی داشته باشند. مثالهایی که در این بخش بررسی می کنیم عبارت اند از یک پرنده، یک خزنده و یک ماهی، که همهٔ آنها برای واضح دیدن از تغییر در خمیدگی عدسی استفاده می کنند. اگر هم چنان مسئله آموزشی را دنبال کنیم جالب خواهد بود که از دانشجویان راه های احتمالی غلبه بر دید ضعیف زیر آب پرسیده شود و سپس آنها پاسخهای خود را با حلهای زیر مقایسه کنند.

ابتدا فرآیندهای تطابق مورد استفادهٔ پرندهٔ مرگوس کوکولاتوس (Mergus Cucullatus) یا اردک ماهیخوار کاکل دار (hood merganser) را بررسی می کنیم.

ساز و کارهای تطابق این پرنده مطالعه شده اند (لوی و سیواک ۱۳۵۹/ ۱۹۸۰ Levy and Sivak) و روشن شده است که تغییرات تا ۵۰ دیوپتر است، در مقایسه با ۴D و ۵D برای کبوتر خانگی (کولومبا لیویا Columba livia) و اردک وحشی معمولی (آناس پلاتی رینکوس Anas platyrhynchos) از نتیجه های بالا می توانیم ببینیم که اگر یک انسان بتواند به این اندازه تطابق دست یابد، آنگاه دید زیر آب برایش امکان پذیر است. امّا چگونه می توان به این تطابق بزرگ دست یافت؟ مطالعه لوی و سیواک نشان می داد که یک همبستگی بین تطابق و اندازهٔ مردمک وجود دارد، که از قطر ۴ mm (بدون تطابق) تا ۱ mm (با تطابق) تنگ می شود. این مطالعه نشان می دهد که برای دستیابی به حالت تطابق، عدسی از مردمک بیرون می زند (شکل ۳) در نتیجه خمیدگی عدسی به طور قابل ملاحظه ای تغییر می کند. در فرآیندهای مژگانی بر عدسی فشار وارد می شود و شکل عدسی تغییر می کند و نتیجهٔ این تغییر شکل، افزایش خمیدگی عدسی در سطح جلویی آن است.

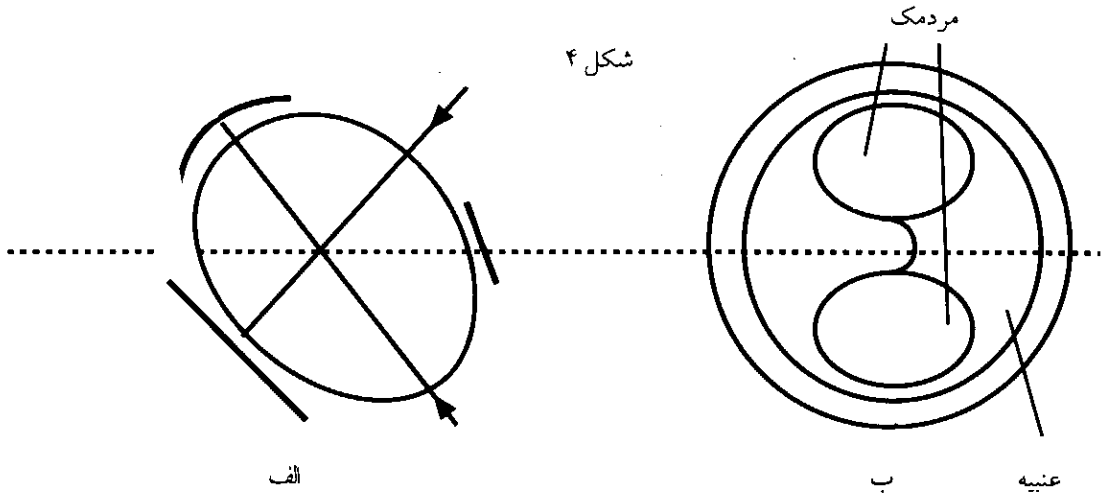


شکل ۳ ـ چگونه عدسی چشم مرگوس کوکولاتوس (Mergus Cuculatus) تغییر می کند تا تطابق لازم به وجود آید.

الف) عدسی چشم در حال استراحت (بدون تطابق).
(ب) عدسی به وجود آورندهٔ تطابق (نمودارها بر اساس عکسهای لوی و سیواک ۱۳۵۹/ ۱۹۸۰ Levy and Sivak است).

این راهبرد نه برای همهٔ پرندگان معمول است و نه آنکه مختص پرندگان است. بلکه در لاک پشتها مانند امیس اوربیکولاریس (والز ۱۳۲۱/ ۱۹۴۲ Emys Orbicularis walls) نیز یافت می شود. دوباره، ماهیچه ها یک عدسی نرم را می فشارند تا یک عدسی با شعاع کوچک به دست آید. والز گزارش می دهد که عدسیهای لاک پشت نرم تر از عدسیهای مارمولکهاست به طوری که اگر سعی کنیم آنها را در دست نگه داریم عدسیها تازهٔ آنها از میان انگشتانمان بیرون می زند.

یک مطلب قابل بحث این است که یک مهره دار با جالب ترین دید ماهی آناب لپس آناب لپس یا ماهی چهار چشم (والز ۱۳۲۱ ـ دنی ۱۳۷۲/ ۱۹۴۲ walls ـ ۱۹۹۳ Anableps Anableps-Denny) است که دو مردمک در هر چشم دارد. این ماهیها روی سطح آبهای اطراف مرکز و شمال آمریکای جنوبی زندگی می کنند و از یک مردمک که بالای سطح آب است برای دیدن جسم در هوا و از مردمک دیگر که زیر سطح آب است برای دیدن جسم درون آب استفاده می کند. در هر چشم فقط یک عدسی کشیده وجود دارد (شکل ۴) به گونه ای که امکان می دهد نوری که از زیر



شکل ۴

سطح آب می آید وارد مردمک شود و توسط خمیدگی با شعاع کوچکتر شکست یابد، و حال آنکه نوری که از بالای سطح آب می آید وارد مردمک شود و توسط خمیدگی با شعاع بزرگتر شکست یابد. نور از هر مردمک روی شبکیه جداگانه ای تنظیم می شود.

شکل ۴ ـ نمودار طرح وارهٔ چشم آناب لپس آناب لپس (Anableps Anableps) *یا ماهی چهار چشم.*
الف) برش عرضی چشم ب) برش روبروی چشم (بر اساس کتاب والز ۱۳۲۱ / ۱۹۴۲ Walls) فرآیندهای تطابق بالا برای تهیه تصویرهای واضح در زیر آب متکی به افزایش شکست به کمک افزایش خمیدگی عدسی است. شایان ذکر است که در مخلوق دیگری، سیل (Seal) برای این مسئله رهیافت متفاوتی تکامل یافته است. در این رهیافت آستیگماتیسم و یک شبکیه بسیار حساس استفاده شده است. جزئیات این حل فراتر از این مقاله است، اما خواننده علاقمند را ارجاع می دهیم به کتاب والز (Walls ۱۹۴۲) که جزئیات کاملتری ارائه کرده است.

نتیجه گیری

به طور خلاصه، یک پرسش مستقیم دربارهٔ دیدن در زیر آب یک مسئله آموزشی مطرح می کند. با استفاده از اپتیک هندسی مقدماتی و روشهای ماتریسی، محاسبات نشان می دهند که دیدن در زیر آب شدیداً محدود می شود، زیرا در زیر آب پرتوهای پیرامحوری فراتر از شبکیه کانونی می شوند. راهبردهایی که برخی موجودات پذیرفته اند تا بتوانند در بالا و در زیر آب به طور مؤثر ببینند بررسی شده اند. این راهبردها نشان می دهند که چگونه با تغییر شعاع خمیدگی یک سطح مشترک نوری می توان به طور موفقیت آمیزی از آن کمک گرفت تا بر مشکل تنظیم در زیر آب فائق آمد.

مرجع ترجمه:

Steele Alan L Vision Under water (Physics Education) 387-392.

مترجم: محمدعلی سعادت بخت

مراجع تألیف

1. Alpern M 1978 The eye and Vision
The Handbook of optics ed WG Driscoll
(New York: McGraw-Hill) section 12.
2. Denny M W 1993 Air and Water (Princeton, NJ: Princeton University Press) ch11.
3. Levy B and Sivak JG 1980 J. Comp. Physiol. 137-267.
4. Pedrotti FL and Pedrotti LS 1993 Introduction to optics (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall).
5. Walls GL 1942 the Vertebrate Eye and its adaptive Radiation (Bloomfield Hills, MI: Cranbook Institute of Science).

شبیه‌سازی انرژی تلف‌شده بین دو خازن

استیون مولد ـ استاد فیزیک مدرسه سن توماس مور
مترجم: عبدالحسن بصیره ـ عضو هیأت علمی دانشگاه کردستان

معمای «اتلاف» انرژی در دو خازن متصل شده بهم را می توان با شبیه سازی جاری شدن آب بین دو مخزن حل نمود

وقتی خازن باردار شده‌ای به خازن بدون باری با ظرفیت مساوی وصل شود، نصف انرژی ذخیره شده در خازنها تلف می شود.

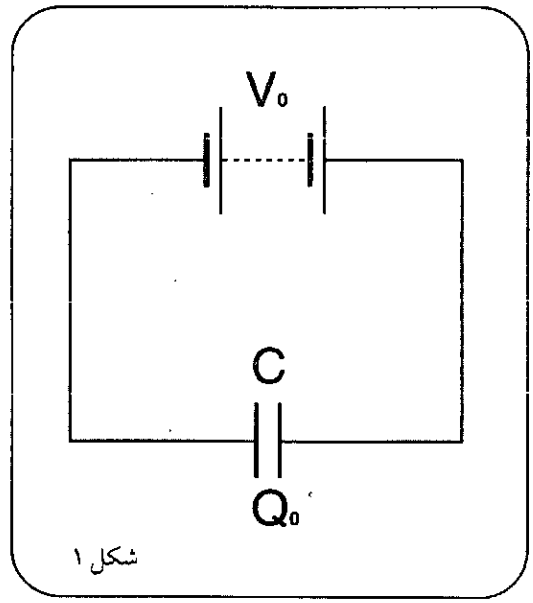
اثبات

اگر خازنی با ظرفیت C داشته باشیم که ابتدا با اختلاف پتانسیل V_0 باردار شده باشد، بار Q_0 در آن انباشته خواهد شد (شکل ۱)

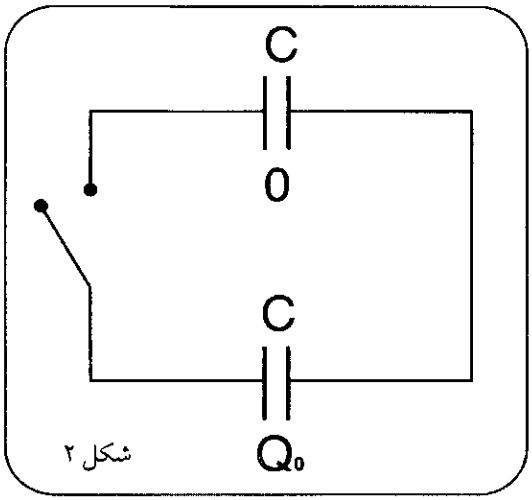
$$Q_0 = CV_0$$

انرژی ذخیره شده در خازن برابر خواهد شد:

$$E_0 = \frac{1}{2}CV_0^2$$



شکل ۱



شکل ۲

حال اگر این خازن را به خازن بی بار مشابهی (مطابق شکل ۲) وصل کنیم. وقتی کلید را می بندیم، بار تا وقتی که اختلاف پتانسیل بین دو خازن یکسان شود در مدار بسته جاری خواهد شد. از آنجا که ظرفیت دو خازن با هم برابر است، بار انباشته روی هر یک از خازنها نیز با هم برابر خواهد بود. این مقدار نصف بار اولیه است، چون بار بایسته است. لذا، اختلاف پتانسیل، V_1، بین هر یک از خازنها برابر است با:

$$V_1 = \frac{1}{2}V_0$$

(چون اختلاف پتانسیل با بار متناسب است). ظرفیت کل دو خازن موازی مجموع ظرفیتهای خازنهای منفرد است:

$$C_T = C + C = 2C$$

بنابراین، انرژی انباشته توسط کل سیستم دراین مرحله خواهد شد:

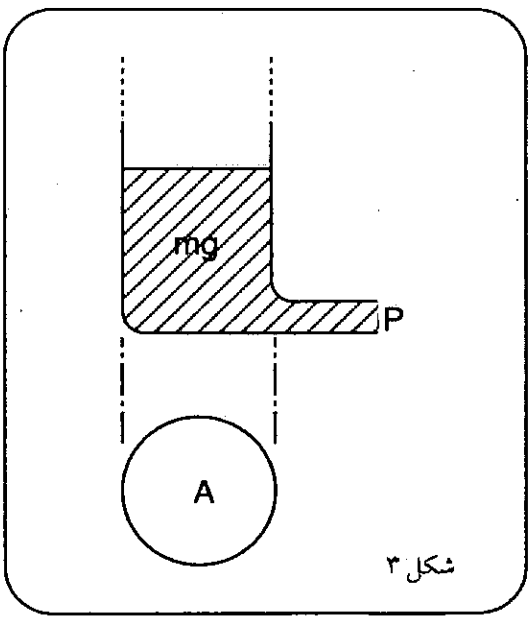
$$E_1 = \frac{1}{2}C_T V_1^2 = \frac{1}{2}(2C)\left(\frac{1}{2}V_0\right)^2 = \frac{1}{4}CV_0^2 = \frac{1}{2}E_0$$

یعنی انرژی نهایی نصف انرژی اولیهٔ انباشته در خازن ابتدایی است.

نصف انرژی کجا رفته است؟ در اکثر کتابها گفته می شود که انرژی بصورت گرما در سیمهای رابط تلف می شود. خب، این گفته نظیر مسئلهٔ بازده انرژی است. آیا نمی توانیم مقاومت سیمهای رابط را تغییر دهیم (که بازده سیستم تغییر یابد) لذا مقدار متفاوتی از انرژی در اثر انتقال بار تلف شود؟ مسئله این نیست، چون همیشه نصف انرژی تلف خواهد شد. اما چرا؟ شبیه سازی زیر به ما کمک خواهد کرد.

مخزنها، لوله ها، آب و فشار

مخزنی استوانه ای با لوله ای درانتهای آن (مطابق شکل ۳) درنظر بگیرید. لوله آب را با فشار P به درون مخزن پمپ می کند. چقدر آب در مخزن خواهد بود؟



شکل ۳

آب مخزن را پرخواهد کرد بنابراین، فشار، معادل فشار ناشی از وزن آب و هوای بالای آن یعنی برابر با P است. فشار ناشی از وزن آب در ته مخزن برابر با وزن تقسیم بر سطح مقطع $\frac{mg}{A}$ است. اگر فشار هوا را P_{atm} بنامیم، رابطهٔ زیر بدست خواهد آمد.

$$P = \frac{mg}{A} + P_{atm}$$

یا

$$mg = (P - P_{atm})A$$

بنابراین، فشار اعمال شده در مقابل وزن آب $P - P_{atm}$ است. اگر این فشار را P_x بنامیم ($P_x = P - P_{atm}$)، آنگاه می توانیم مشابهی بین معادلهٔ

$$mg = P_x A$$

و معادله بار انباشته روی خازن

$$Q = CV$$

ببینیم، که وزن آب درون مخزن، Mg، معادل بار Q انباشته روی خازن، فشار P_x معادل اختلاف پتانسیل V و سطح مقطع A معادل ظرفیت C است. (فشار جو مستقیماً با چیزی مشابهت ندارد، لذا می توان از آن چشمپوشی کرد و گفت که $P_x = P$ یا چنین تصور نمود که جوی اطراف مخزن وجود ندارد و گفت $P_x = P$. حال می توان گفت که فشار پمپ مستقیماً شبیه ولتاژ است).

آب چقدر انرژی گرانشی دارد؟ انرژی گرانشی برابر است با:

$$E = mgh$$

که h ارتفاع مرکز جرم آب تا ته مخزن است. اگر چگالی آب ρ فرض شود، خواهیم داشت:

$$\rho = \frac{m}{A(2h)}$$

(2h کل ارتفاع آب است زیرا مرکز جرم نصف آن است).

بنابراین:

$$h = \frac{m}{2A\rho}$$

با استفاده از معادله $mg = P_x A$ خواهیم داشت:

$$h = \frac{P_x}{2\rho g}$$

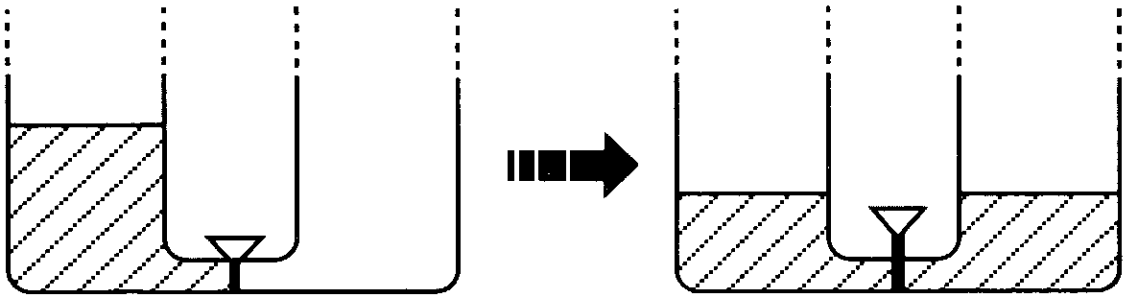
بنابراین، انرژی پتانسیل گرانشی جرم آب خواهد شد:

$$E = mgh = P_x A\left(\frac{P_x}{2\rho g}\right) = \frac{\frac{1}{2}AP_x^2}{\rho g}$$

این شبیه انرژی انباشته در یک خازن، $E = \frac{1}{2}CV^2$، با یک ثابت اضافی $\frac{1}{\rho g}$ است که مربوط به چگالیهای مختلف شاره ای است که بکار برده می شود و میدانهای گرانشی مختلفی است که اِعمال می گردد.

حال فرض کنید که این مخزن مطابق شکل ۴ به مخزن دیگری با همان سطح مقطع که خالی از آب باشد وصل شود (طول لوله رابط قابل چشمپوشی است، همانطور که از ظرفیت سیمهای رابط چشمپوشی کردیم.)

شکل ۴



وقتی سر مخزن باز باشد، آب به مخزن دوم جاری خواهد شد تا اینکه ارتفاع آب در هر دو مخزن یکسان شود (این وقتی است که فشار در ته هر دو مخزن برابر گردد). مخزنها مشابهند، لذا وزن آب بطور مساوی بین مخزن تقسیم می شود، بدین ترتیب وزن آب در هر یک از مخزنها نصف وزن آب اولیه در مخزن ابتدایی می شود. معادله ای که برای انرژی پتانسیل گرانشی در بالا بدست آمد مشابهت بین خازنها و مخزنها را برجسته می سازد، اما وقتی انرژی را در مرحله های ابتدایی و نهایی با هم مقایسه کنیم مناسبتر آن است که معادلهٔ $E = mgh$ را بکار بریم. در مرحله ابتدایی که فقط یک مخزن داریم، ارتفاع مرکز جرم h_0 وزن آب $m_0 g$ است، بنابراین انرژی گرانشی برابر است با:

$$E_0 = m_0 g h_0$$

اما در مرحله نهایی که دو مخزن داریم، سطح آب نصف مرحله ابتدایی است لذا ارتفاع مرکز جرم «h_1» در هر مخزن نیز نصف ارتفاع اولیه است، «$h_1 = \frac{1}{2} h_0$» و وزن آب در هر مخزن نیز نصف وزن آب اولیه است $m_1 g = \frac{1}{2} m_0 g$.

بنابراین، انرژی گرانشی کل دو مخزن آب برابر خواهد شد با:

$$E_1 = 2 m_1 g h_1 = 2(\tfrac{1}{2} m_0 g)(\tfrac{1}{2} h_0) = \tfrac{1}{2} m_0 g h_0 = \tfrac{1}{2} E_0$$

(ضریب ۲ برای دو مخزن محاسبه شده است).

بنابراین، همانطور که در مورد خازنها دیدیم، نصف انرژی تلف شده است.

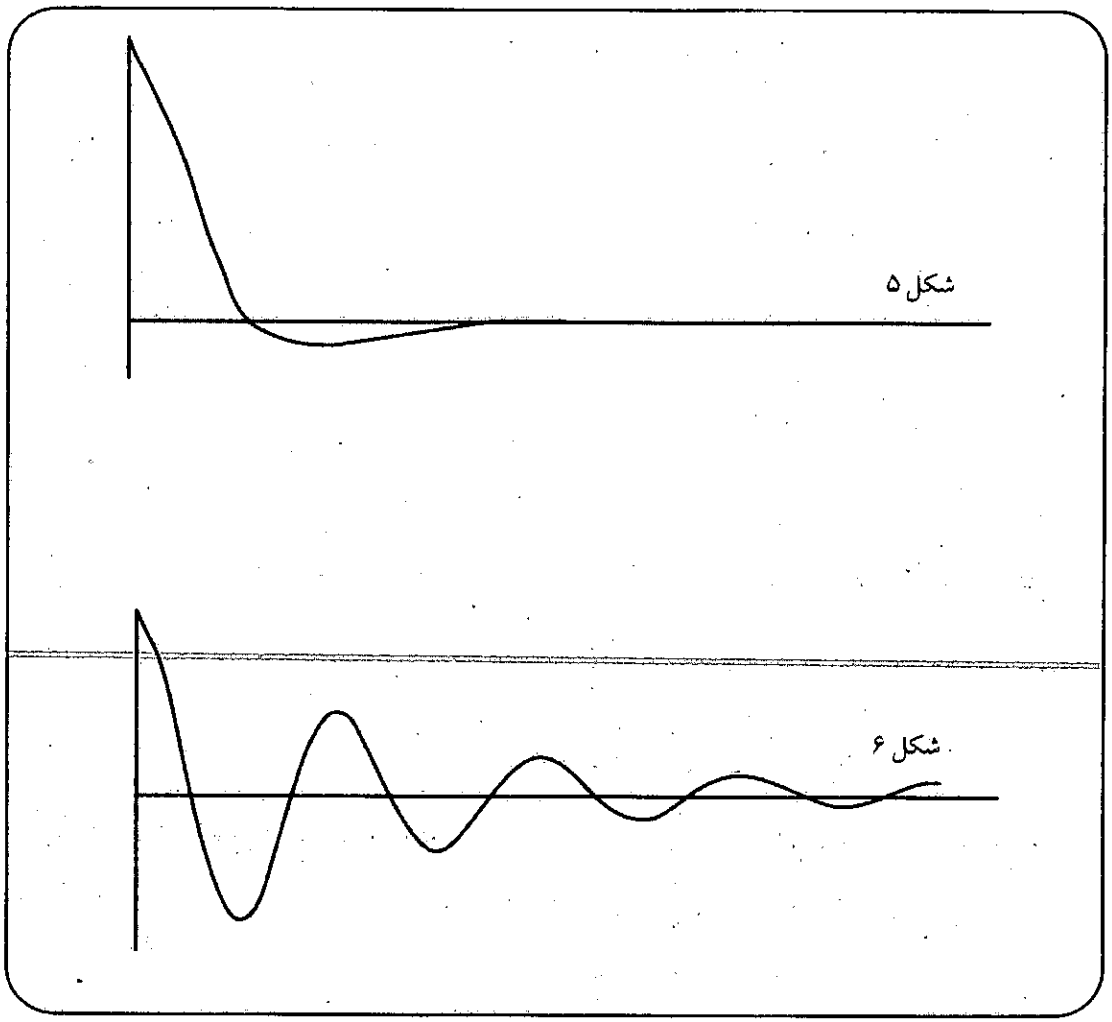
هرچند توضیح اینکه در این حالت انرژی کجا رفته است، ساده تر است.

حرکت آب را در مخزن اول وقتی که سر مخزن باز است درنظر می گیریم. ابتدا نیروی برایندی وجود دارد که برآب اعمال می شود، و هیچ نیروی عکس العملی از سطح آزاد آب وجود ندارد.

نیروی برایند سبب می شود که آب به سوی پایین شتاب بگیرد. این سبب شگفتی نیست. در حقیقت تا وقتی که آب به وضع تعادل برسد نیروی برایندِ پایین سویی وجود خواهد داشت، در این نقطه، عکس العمل آب در مخزن دوم دقیقاً نیروی آب در مخزن اول را خنثی می کند. اما اگر برای تمام این زمان چنین باشد که نیروی برایندِ پایین سویی وجود داشته و آب شتاب پیدا کرده است، در آن صورت انرژی جنبشی خواهیم داشت (حرکت روبه پایین در مخزن اول و روبه بالا در مخزن دوم). لذا حرکت اینجا پایان نمی یابد. سطح آب در مخزن اول شروع به پایین آمدن و در مخزن دوم شروع به بالا رفتن می کند. اما اینک آب بیشتری در مخزن دوم وجود دارد، و یک نیروی بالا سو در مخزن اول و نیرویی پایین سو در دومی وجود خواهد داشت. لذا آب شتابی منفی پیدا می کند. سرانجام جهت آن تغییر خواهد کرد و سطح آب در مخزن اول شروع به بالا رفتن می کند تا به وضع تعادل برسد. اگر به کنترل خود ادامه می دادیم می دیدیم که سطحهای آب در مخزنها به بالا و پایین در نوسانند. در حقیقت، اگر هیچگونه مقاومتی درمقابل حرکت نمی بود، آب با حرکت هماهنگ ساده ای نوسان می کرد.

پس از گذار از وضع تعادل، انرژی جنبشی آب با انرژی پتانسیل گرانشی که انتظار اتلاف آن را داریم برابر خواهد شد. اما چون مقاومتی در مقابل حرکت وجود دارد، این انرژی جنبشی توسط اصطکاک و آشوب به انرژی گرمایی تبدیل می شود.

این امر بصورت کاهشی در دامنه نوسانها دیده می شود. این اثر با بیشترین انرژی تلف شده در اولین گذار، ممکن است ناگهانی رخ دهد (شکل ۵) که به قویترین میرایی معروف است.



اما با کمترین مقاومت در مقابل حرکت، ممکن است تا چند گذار رخ دهد (شکل ۶) که میرایی ضعیف گفته می شود.

همین نقطه نظر را می توان برای خازنها بکار برد. اینک می توانیم نوسان بار بین دو خازن را تصور کنیم تا وقتی که دقیقاً نصف انرژی بصورت گرما در سیمهای رابط تلف شود. مشابهت مهم دیگری اینجا وجود دارد. اصطکاک در لولهٔ رابط بین مخزنها شبیه به مقاومت سیمهای رابط بین خازنهاست. اولی در مقابل شارش آب مقاومت می کند و دومی در مقابل شارش بار. هر دو علت میرایی هستند.

بنابراین، حل مسئله در تشخیص این امر است که انرژی در طی گذارهای زیادی که ضروری است تلف میشود. عیب کار در منشاء تفکر ماست که گمان می کنیم تمام انرژی در یک گذار تلف شده است، و اینکه تعادل مستقیماً و بلافاصله رخ می دهد.

خازنهایی با اندازه های متفاوت

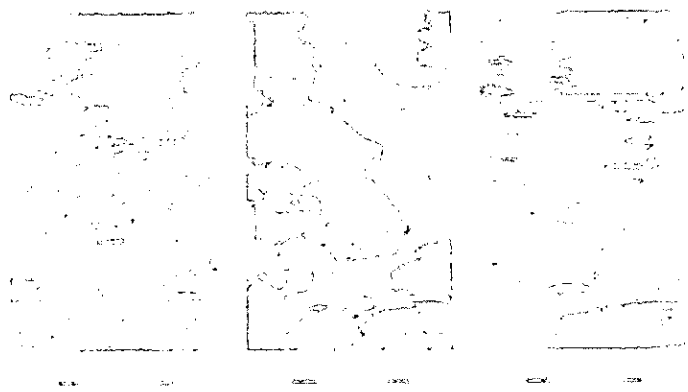
فرض کنید خازن بارداری به خازن بدون باری با ظرفیت متفاوتی وصل شود. اگر خازن دوم e برابر اندازهٔ اولی باشد، در آن صورت مقدار انرژی انباشته در دو خازن متصل به هم $\frac{1}{(1+e)}$ برابر انرژی ابتدایی انباشته در خازن اول است. این حالت برای دو مخزن آب که سطح مقطع یکی A و دیگری eA است نیز صادق است. مجدداً می توانیم شارش بار (یا آب) را به عقب و جلو تصور کنیم. در این صورت، موضع تعادل الزاماً در نصف اختلاف پتانسیل یا نصف بار نیست.

پیدایش و تکامل ال نینوی ۹۸-۱۹۹۷

هایکل . جی . مک فادن

ال نینوی سال ۱۹۹۷-۹۸ از جنبه هایی شدیدترین ال نینوی ثبت شده بود که اثرات آن در سراسر جهان احساس شد. یک دستگاه بررسی جوّ استوایی اقیانوس آرام که اخیراً تکمیل شده است این ال نینو را از آغاز سریع آن تا از میان رفتن ناگهانی با جزییات بسیار ثبت کرده است. این اندازه گیریهای بی سابقه نظریه های فعلی دربارهٔ تغییرات آب و هوا در ارتباط با ال نینو را به چالش می طلبد و نشان می دهد چرا مدلهای پیش بینی هوا نتوانستند شدت این ال نینو را قبل از شروع آن پیشگویی کنند.

یکی از موفقیتهای اساسی برنامه ۱۰ ساله (۱۹۸۴-۹۴) جوّ سراسری اقیانوس استوایی (TOGA) استفاده از یک دستگاه مشاهده اندازه گیریهای اقیانوسی و جوّی برای پیشبرد توصیف، درک، و پیش بینی نوسانهای جنوبی ال نینو [1] (ENSO) و تغییرات آن بود. «دستگاه مشاهده ENSO» متشکل از یک ماهواره با دستگاههای اندازه گیری بود و در زمان مناسب در جای خود قرار داشت تا ال نینوی ۱۹۹۷-۹۸ را ثبت کند. داده های جدید نه تنها توصیف جامعی از رویداد ال نینو فراهم ساخت، بلکه به پیش بینی های وضع هوای فصلی درازمدت در سراسر جهان انجامید. داده های این دستگاه مشاهده به ویژه آرایهٔ راهنماهای شناور مهار شده جوّ اقیانوس استوایی (TAO) [2] در اینجا ارائه شده اند، تا تحول ال نینوی ۱۹۹۷-۹۸ را توصیف و فرایندهای اقیانوسی و جوّی را که باعث آن شدند برجسته سازند.



شکل ۱. زمان برحسب مقاطعی از طول جغرافیایی باد منطقه‌ای سطحی (چپ)، SST (وسط) و تابش با طول موج بلند خروجی (OLR) (راست) از سپتامبر ۱۹۹۶ تا اوت ۱۹۹۸. تحلیلها برمبنای میانگین ۵ روز ببین N ۲ و S ۲ برای داده های TAO، و بین N ۲/۵ و S ۲/۵ برای OLR است. مربعهای سیاه روی محور افقی منحنیهای باد و SST طولهای جغرافیایی و دسترس پذیری داده‌ها را در شروع (بالا) و پایان (پایین)، سابقه رشته - زمان نشان می‌دهند. بادهای مثبت غربی، و بادهای منفی شرقی هستند. مقادیر OLR [5] کمتر از $235 wm^{-2}$ احتمال فزاینده ابرهای کومولوس با عمق زیاد و بارندگی شدید همرفتی را نشان می‌دهند. داده‌های OLR از مراکز بین‌المللی پیش بینی‌های محیطی گرفته شده‌اند.

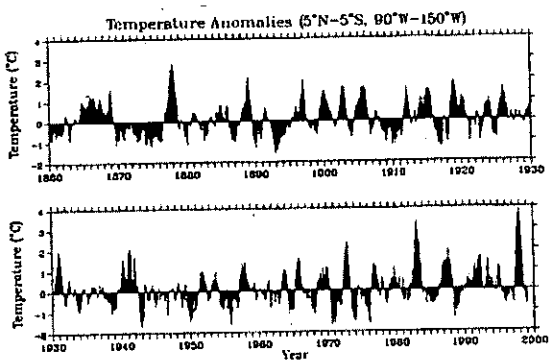
ضعیف و وارون شدن بادهای تجارتی در اقیانوس آرام غربی و مرکزی سبب ایجاد دماهای زیاد غیرعادی در سطح دریا [3] (SST) در شرق خط بین المللی تاریخ در اوایل سال ۱۹۹۷ شد (شکل ۱ و ۲). استخر گرم اقیانوس آرام غربی (دمای سطح آب بالاتر از ۲۹C) با افت بادهای تجارتی، و زبانهٔ سرد استوایی - نواری از آب خنک که نمایانگر بالا آمدن استوایی آبی است که معمولاً اقیانوس آرام شرقی و مرکزی را بین ساحل امریکای جنوبی تا خط تاریخ بین المللی اشغال می کند - نتوانست در تابستان و پاییز سال ۱۹۹۷ سبب ایجاد باد شمالی شود (شکل ۱ و ۳). ال نینو چنان به سرعت تشکیل شد که در هر ماه از ژوئن تا دسامبر ۱۹۹۷ یک رکوردی بی سابقهٔ SST در اقیانوس آرام شرقی استوایی با توجه

به اندازه گیریهای تا وسط قرن گذشته به دست آمد (شکل ۴). در اوج رویداد در دسامبر ۱۹۹۷، آب با دمای ۲۸°C تا ۲۹°C حوضه استوایی را پر کرد (شکل ۱ و ۳)، و بی هنجاریهای SST (یعنی، انحرافات از هنجارهای آب و هواشناختی) به میانگین تقریباً ۴°C در ناحیهٔ زبانهٔ سرد رسید. این بی هنجاریها بالاترین مقادیر ثبت شده در اقیانوس آرام شرقی استوایی بودند(شکل ۴).

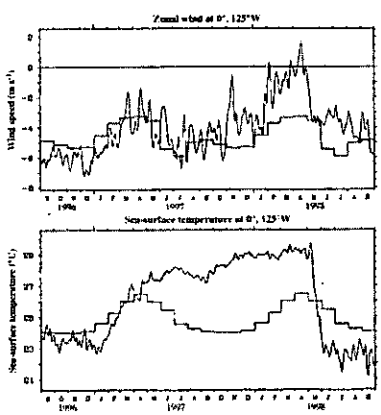
گسترش شرایط ال نینو در اقیانوس آرام استوایی در خلال ۱۹۹۷ را تغییراتی با بسامد زیاد به میزان قابل ملاحظه ای مدوله می کرد، تضعیف و وارون شدن بادهای تجارتی در اوایل ۱۹۹۷ را یک رشته رویدادهای با شدت فزاینده در امتداد خط استوا قطع می کرد (شکل ۱ و ۲). این وقایع غربی تجلی نوسان مادن ـ جولیان[1] (MJO)، موجی در جوّ با یک دورهٔ ۳۰ -۶۰ روزه که از اقیانوس هند سرچشمه می گیرند، هستند. همرفتهای جوّی عمیق و بادهای غربی در سطح پایین همراه با MJO معمولاً فقط در بالای سطح آبهای نسبتاً گرم ملاحظه می شوند. در توافق با این رابطه ها، مشاهده های ما نشان می دهند که شدیدترین بادهای غربی سطحی و همرفت عمیق فقط در بالای آبهای گرمتر از حدود ۲۹°C نمایان بودند (شکلهای ۱ و ۲).

جریانهای اقیانوسهای که با این بادهای غربی به حرکت درآمده بودند، آبهای گرم را در حوالی استوا به طرف شرق راندند. درنتیجه، حوضچهٔ گرم منبسط شد و پهنهٔ آب گرم را که چرخه های بعدی MJO می توانستند بر روی آن اقیانوس را به حرکت درآورند افزایش داد. مقدار انرژی باد که از جوّ به اقیانوس منتقل می شود تا اندازه ای به شدت باد بستگی دارد، به طوری که بسط حوضچهٔ گرم باعث فیزیک مثبت بین تحرک باد غرب وزان و انبساط حوضچهٔ گرم می شود. به علاوه، تحرک فزاینده بادهای غربی امواج کلدین استوایی بین فصلی با دامنهٔ فزاینده تولید کرد. این امواج درحدود دو ماه در این حوضه به طرف شرق منتشر شدند، و سبب واهلش ترموکلاین به میزان بیش از ۹۰ متر در اواخر سال ۱۹۹۷ شدند (شکل ۲). یک ترموکلدین واهلش باعث پیدایش دمای سطحی زیاد می شود، زیرا آبهای سرد زیرسطحی که در زبانهٔ سرد استوایی بالا می آیند به عمقهای زیادتر رانده می شوند. در اقیانوس آرام غربی، از طرف دیگر، ترموکلاین بر اثر انگیزش امواج راسبی با ضعیف شدن بادهای غربی که به طرف اندونزی وکینه نو می وزند به اندازه ۲۰ تا ۴۰ متر کم عمق شد. SST ها در غرب بر اثر اتلاف گرمای ناشی از تبخیر از اقیانوس و مخلوط شدن بیشتر آبهای زیرسطحی به واسطه تلاطم اقیانوس ناشی از MJO خنک شدند. نتیجه خالص این فرایند مسطح شدن ترموکلدین و ناپدید شدن گرادیان شرق ـ غرب SST در امتداد استوا بود. این گرادیان تضعیف شده بزرگ مقیاس به نوبهٔ خود، سبب ضعیف شدن بزرگ مقیاس بادهای تجارتی می شود که یک رشتهٔ رویدادهای غربی در آن درگیرند.

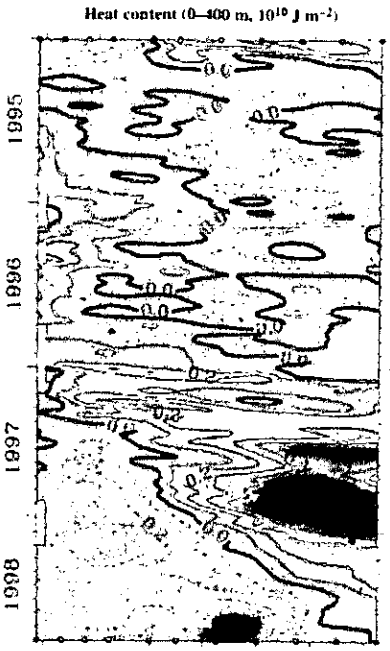
در اوایل سال ۱۹۹۸، SST در شرق اقیانوس آرام از ۲۹°C تجاوز کرد (شکل ۱) زیرا گرماهای بی قاعده به گرم شدن متداول فصلی در این هنگام سال رخ می دهد افزوده شدند (شکل ۵). بی قاعدگیهای موجود دربادهای غربی، اگرچه از ال نینوهای قبلی ضعیف تر بودند اما به دنبال هم در آب ۲۹°C به طرف شرق حرکت کردند. کم عمق شدن ترموکلاین که قبلاً محدود به غرب خط بین المللی تاریخ بود، به آرامی وارد اقیانوس آرام مرکزی و شرقی شد. اما SST در شرق خط بین المللی تاریخ به صورت غیرعادی زیاد باقی ماند، زیرا بادهای محلی در اوایل سال ۱۹۹۸ ضعیف بودند، (شکل ۲ تا ۵). تاوقتی که



شکل ۲ـ میانگین ماهانه دمای سطح دریا (برحسب درجه سیلسیوس) برای دسامبر ۱۹۹۶ و دسامبر ۱۹۹۷. میانگین ماهانه بی‌هنجاری SST برای دسامبر ۱۹۹۷ نیز نشان داده شده است. این بی‌هنجاری نسبت به اقلیم شناسی SST است که درشکل ۲ به آن ارجاع شده است.



شکل ۲ ـ زمان برحسب مقاطعی از بادهای سطحی نطقه‌ای بی‌هنجار (چپ)، SST (وسط)، عمق تکدمای ۲۰°C (راست) از سپتامبر ۱۹۹۶ تا اوت ۱۹۹۸. تحلیل برمبنای یانگبن‌های ۵ روزه بین ۲°N و ۲°S از داده‌های آرایه TAO مهار شده گرفته شده است. ناهنجاریها نسبت به‌وضعیت واشناسی ماهانه هستند که دربازه‌های ۵ روز برازش داده ده‌اند. هواشناختی SST ماهانه برمبنای داده‌های از ۱۱۵۰ ۷۹ است. هواشناختی باد ماهانه برمبنای داده‌های ۱۱۴۶ تا ۸۱ ست. عمق تکدمای ماهانه هواشناختی برمبنای داده‌های ماهای زیرسطحی از ۱۹۷۰-۹۱ است. بادهای مثبت غربی و مق تکدمای ۲۰°C مثبت ترموکلاین عمیقتری را نشان ی‌دهد. مربعهای سیاه روی محور، محور افقی، طول غرافیایی محلهایی را نشان می‌دهد که داده‌ها در شروع (بالا) پایان (پایین) رشته زمان دراختیار بودند.



شکل ۴. بی‌هنجاریهای SST برای ناحیه از ۵°N تا ۵°S، ۹۰°W تا ۱۵۰°W از ترکیب داده‌ها گرفته شده ازعرشه کشتی در ۱۹۹۱ و تحلیل داده‌های ماهواره‌ای/داده‌های in sity بعداً. دادهٔ های مربوط به کشتی از مرجع (۴۵) گرفته شده است. نامنجاریهای گرم بیشتر از ۰/۵°C معمولاً رویدادهای ال نینو را نشان می‌دهند. بی‌هنجاریهای سرد کمتر از حدود ۰/۵°C- نمایانگر رویدادهای لانینا هستند.

بادهای تجارتی به صورت ناگهانی دراواسط مه ۱۹۹۸ به حالت عادی برنگشتند، آبهای سرد زیرسطحی نتوانستند به طور مؤثر بالا بیایند. در این هنگام SST در زبانهٔ سرد استوایی به واسطهٔ نزدیک بودن ترموکلاین به سطح فرو افتاد. در یک محل (°۱۲۵W، °۰) SST در مدت ۳۰ روز ۸°C کم شد، که ۱۰ برابر آهنگ خنک شدن در این هنگام از سال است (شکل ۵). ال نینو پایان یافت، و شرایط لانینای سرد در آن محل استقرار یافت.

نظریهٔ نوسانگر تأخیری وال نینوی ۱۹۹۷-۹۸

بنابر نظریهٔ نوسانگر تأخیری، که یکی از الگوهای جاری چرخهٔ ENSO است، تحول سیستم آب و هوا در اقیانوس آرام استوایی در مقیاس سالهای مختلف را تأثیر متقابل بین فرایندهای بزرگ مقیاس امواج اقیانوسی و فیزیکهای اقیانوس ـ جو معین می‌کند. این نظریه پیش بینی می‌کند که انباشت محتوای گرمایی در اقیانوس آرام غربی، که به واسطه پایین رفتن امواج راسبی توسط بادهای تجارتی به وجود می‌آید، منادی ال نینو است. بازتاب امواج راسبی در مرز غربی می‌تواند باعث شروع رویدادهای ال نینو با تولید امواج کلاین پایین رونده شود که به طرف غرب گسترش می‌یابد و باعث گرم شدن زبانهٔ سرد استوایی می‌شود. اما، مباحثاتی بسیاری دراین مورد وجود دارد که آیا فیزیک نوسانگر تأخیری چنانکه در ابتدا تصور می‌شد می‌تواند آغاز ال نینو را توجیه کند. ال نینوی سال ۱۹۹۷-۹۸ فرصتی برای بررسی این نظریه در پرتوی سیگنال آب و هوای بسیار قوی بود که داده‌های جدید به خوبی آن را توجیه می‌کند.

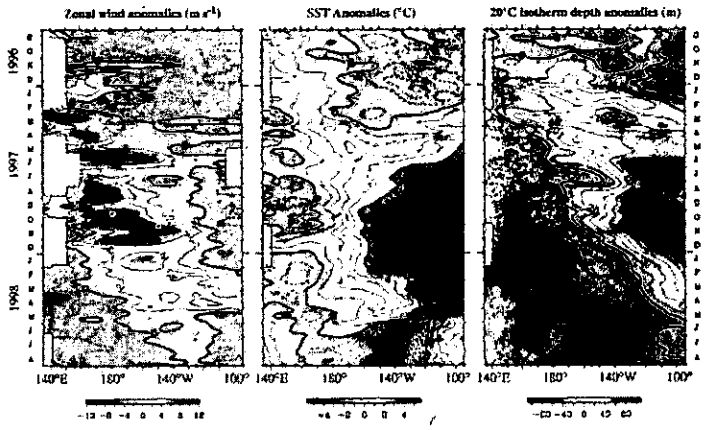
حداقل یک سال قبل از شروع ال نینوی ۱۹۹۷-۹۸ محتوای گرمایی در اقیانوس آرام استوایی غربی (شکل ۱) به سمت بادهای تجارتی شدیدتر از معمول وابسته به لانینای ۱۹۹۵-۹۶ (شکل ۲) افزایش یافت. این افزایش محتوای گرمایی به واسطهٔ SST فوق العاده گرم در غرب خط تاریخ نیز بود (شکل ۲). اگرچه این شرایط می‌توانست صحنه را برای توسعهٔ ال نینو آماده سازد، اما ال نینوی ۱۹۹۷-۹۸ تا شدت یافتن MJO بر روی اقیانوس آرام غربی در اواخر ۱۹۹۶ رخ نداد. MJO یک چرخهٔ فصلی عادی را در زمستان و بهار طی می‌کند. با شروع در اواخر سال ۱۹۹۶، تغییرات MJO در بادهای سطحی بیش از پیش بر روی آبهای فوق العاده گرم اقیانوس آرام غربی با انتشار این نوسانها به طرف شرق از اقیانوس هند تقویت شد. امواج کلوین اقیانوسی که در آغاز ال نینوی ۱۹۹۷-۹۸ از همه بارزتر بودند مربوط به امواجی بود که به واسطه بادهای سطحی موسمی مربوط به MJO برانگیخته شده بودند (شکلهای ۲ و ۶). اما به هرحال، امواج کلوین ناشی از بازتاب امواج راسبی در مرز غربی نمایان نبودند.

نظریهٔ نوسانگر تأخیری همچنین پیش بینی می‌کند که بازتاب امواج در مرز غربی برای خاتمه یافتن ال نینو اهمیت دارند. فرض شده است که امواج راسبی که با فروافتادن بادهای تجارتی در شروع ال نینو به وجود می‌آیند پس از بازتاب در مرز غربی تبدیل به امواج کلوین می‌شوند و به طرف شرق منتشر می‌شوند تا باعث بالا رفتن ترموکلاین در اقیانوس آرام شرقی شوند. یک ترموکلاین مرتفع شرایطی را به وجود می‌آورد که برای خنک شدن سطحی از طریق بالا آمدن بر اثر بادهای سطحی مساعد است. بازتاب امواج راسبی در مرز غربی و تبدیل به امواج کلوین بالارونده پس از آغاز ال نینوی ۱۹۹۷-۹۸ به وقوع پیوست. اما، ظهور بادهای شرقی غیرعادی در اقیانوس آرام غربی در اواخر سال ۱۹۹۷ و اوایل ۱۹۹۸ نیز سبب تولید امواج کلوین بالارونده شد (شکل ۲). توسعهٔ این بی هنجاریهای شرقی در اوج ال نینو، که سیمای سازگاری است که در داده های تاریخی مشاهده شده است، پاسخی به طرحهای فشار جوّی روی آبهای بیش از اندازه سرد بر اثر تکوین ال نینو تفسیر شده است. بنابراین، نیروی محرک مستقیم باد، به علاوهٔ بازتاب در مرزهای غربی، شرایط مناسب را در اقیانوس برای از بین رفتن ال نینو در مه ـ ژوئن ۱۹۹۸ فراهم ساخت.

شرایط لازم برای پیش بینی پذیری

رویداد ال نینوی ۱۹۹۷-۹۸ باعث تعجب جامعهٔ علمی شد. چند مدل

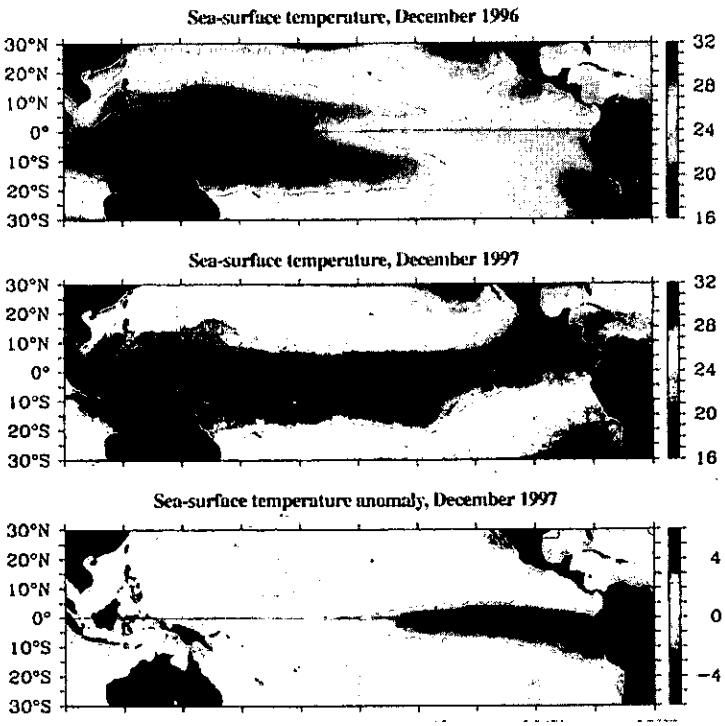
شکل ۵ ـ میانگین‌های زمانی ۵ روزه از بادهای سطحی منطقه‌ای از یک ایستگاه ساکن دراستوا در ۱۲۵°W . چرخه فصلی عادی با خطهای -- نشان داده شده است.



پیش بینی دینامیک و استاتیک ENSO، یک تا سه فصل قبل از وقوع، شرایط گرم غیرعادی را در اقیانوس آرام استوایی درسال ۱۹۹۷ پیش بینی کرده بودند. اما، قبل از شروع ال نینو، گرم شدن پیش بینی شده توسط مدل در هر مورد بسیار ضعیف بود و به کندی گسترش می یافت. اولین و تا اینجا موفق ترین مدل پیش بینی ENSO این رویداد را اصلاً پیش بینی نکرد. پیش بینی های مدلی ناسازگار سپس باعث عدم اطمینان در جامعه پیش بینی کنندگان در این مورد که چه چیزی در اقیانوس آرام رخ خواهد داد شد، به طوری که اعلام رسمی بروز یک ال نینو تا آوریل ـ مه ۱۹۹۷ پس از اولین نشانه های بی هنجاریهای SST گرم انجام نشد. اما، وقتی ال نینو در راه بود، پیش بینی های SSTهای بعدی در اقیانوس آرام در بسیاری موارد با استفاده از مدلهایی با مشاهدات شرایط اقیانوسی و جوی بسیار غیرعادی بهبودی قابل ملاحظه یافت. این پیش بینی های SST بعدی در پیش بینی های وضعیت هوای بلند برد برای قسمتهای مختلف کره زمین پس از ظهور رویداد بسیار پرارزش بودند.

پیش بینی پذیری ENSO سرانجام با دینامیک موجی بزرگ مقیاس که گرمای بخش بالایی اقیانوس و جرم آن را در مقیاسهای زمانی فصلی و سالیانه باز توزیع می کند مرتبط شد. مهارت طرحهای پیش بینی ENSO را عوامل چندی مانند ناکاملیهای مدل، خطا در شرایط اولیه، و تمایل به آشوب در سیستم آب و هوا محدود می کند. به علاوه، قدرت پیش بینی هم به طور فصلی و هم به صورت دهه ای مدوله شده است. ناتوانی مدلهای پیش بینی در پیشگویی رشد سریع ال نینو را می توان به ترکیبی از این عوامل نسبت داد. مخصوصاً با توجه به MJO، اغلب مدلهای جریان جوّی، از جمله آنهایی که در مدلهای دینامیک طرحهای پیش بینی به کار می روند، تغییرات فصلی را یا اصلاً پیش بینی نمی کند و یا آنها را به خوبی شبیه سازی نمی کنند. مدلهای پیش بینی آماری ENSO، که با توجه به شرایط میانگین فصلی روی چرخه های ENSO بسیار تهیه شده اند، به تغییرات فصلی حساسیت چندانی ندارند. این مدلها در پیش بینی دقیق رویدادهای شدید یا گذارهای ناگهانی که تابع نوسانات کوتاه مدت است مشکل دارند. به علاوه، تغییرات آب و هوای با بسامد زیاد در مقیاس همدید در مقیاس زمانی سالیانه قابل پیش بینی نیست، به طوری که پدیده هایی چون MJO نمایانگر آماری در پیش بینی وضع هوا هستند.

تمام ال نینوها از سالهای ۱۹۵۰ تاکنون همراه با بالا رفتن سطح تحرک به توسط بادهای سطحی غربی بوده اند. در هر مورد، چند مرحله وزش شدید بادهای غربی به مدت ۱ تا ۳ هفته قبل و در خلال ال نینو وجود



شکل ۶ ـ بی‌هنجاریهای محتوای گرمایی مشاهده شده (از عمق ۰ تا ۴۰۰m) که بین ۲°N و ۲°S از داده‌های آرایه TAO میانگین‌گیری شده است. تفکیک زمانی ۵ روز است و بازهٔ پریند $۰/۱\times۱۰^{۱۰}\,JM^{-۲}$ است. بی‌هنجاریهای محتوای گرمایی نسبت به دمای زیرسطحی اقلیم شناسی است که درشکل ۲ به آن ارجاع شده است.

داشته است. این بادها مربوط به MJO یا سایر پدیده‌ها مانند تشکیل چرخندهای استوایی و طغیان هوای سرد از ارتفاعات زیادتر بوده است. اما وزش بادهای موسمی شرط کافی برای وقوع ال نینو نیست. چون این موضوع در سالهای بدون ال نینو نیز وجود دارد. همین طور گفته شده است که تحرک بادهای موسمی حتی شرط لازم برای به وجود آمدن ال نینو نیست. چون بسیاری از مدلهای جفت شده اقیانوس ـ جوّ تغییرات شبیه ENSO را بدون وجود آن شبیه سازی می کنند. باوجود این، مطالعات نظری نشان می دهند که واداشتن آماری، در صورتی که در مقیاسهای زمانی و مکانی که اقیانوس به آنها حساس است رخ دهد یا هنگامی که شرایط زمینه اقیانوسی و جوّی برای رشد سریع اختلالات کاتوره‌ای مساعد است، می تواند تکامل چرخهٔ ENSO را تقویت کند و آن را به طور قابل ملاحظه تغییر دهد. بخشی از علت نامنظم بودن چرخهٔ ENSO برحسب بسامد، مدت، و دامنه رویدادهای گرم و سرد ممکن است مربوط به برهم کنش غیرخطی تغییرات آب و هوا با بسامد زیاد با دینامیک اقیانوس ـ جوّ با بسامد کمتر باشد.

در اواخر سال ۱۹۹۶، اقیانوس آرام استوایی با انباشت محتوای گرمایی در اقیانوس آرام غربی در ۱۲ تا ۱۸ ماه پیش از آن مستعد بروز ال نینو بود. احتمال دارد که این مدلهای پیش بینی که رویدادهای گرمی را قبلی از شروع آن پیشگویی کردند. احتمال دارد که این مدلهای پیش بینی که رویدادهای گرم را قبل از آغاز آن پیش بینی کرده بودند به منادیان حساسیت داشته اند وابسته به این افزایش و با فیزیک نوسانگر تأخیری سازگار بود. اما مشاهدات نشان می دهند که شروع ناگهانی و دامنهٔ بزرگ ال نینوی لااقل تا اندازه‌ای مربوط واداشتن نوسانهای بین فصلی جوّی بود که انفجار ناهنجاریهای شدید SST گرم را به وجود آوردند و مدل پیش بینی آن را پیشگویی نکرده بود.

خاتمه ال نینوی ۱۹۹۷-۹۸ مربوط به فرایندهای موجی اقیانوس با بسامد کم بود که ترموکلاین را در اقیانوس آرام شرقی و مرکزی بالا بردند. همراه با این ساختار گرمایی زیرسطحی درحال تکامل، بسیاری از مدلهای پیش بینی تا سال ۱۹۹۷ منتظر بازگشت به شرایط عادی از اواسط تا اواخر سال ۱۹۹۸ بودند، و بعضی از این مدلها توسعه شرایط لانینا را پیشگویی می کردند. اما، ناگهانی بودن شدت یافتن بادهای تجارتی که رویداد را در پایان مه ـ ژوئن ۱۹۹۸ خاتمه داد را این طرحها ENSO پیش بینی نکرده بودند. آنچه باعث شدت یافتن ناگهانی بادهای تجارتی شد نیز نامعلوم است، اما آنها باعث خنک شدن بسیار شدید سطح با بالا آمدن آبهای سرد از ترموکلاین بسیار کم عمق شدند. شدت افت SST پس از آن باعث پایان تماشایی ال نینوی ۱۹۹۷-۹۸ شد.

عوامل دیگری که در تکامل ال نینوی ۱۹۹۷-۹۸ مؤثر بودند شامل برهم کنشهای نوسانهای طبیعی در مقیاس زمانی دهه ای و روند گرم شدن سراسری بودند. به عنوان مثال، نوسانهای دهه ای اقیانوس آرام، از اواسط سالهای ۱۹۷۰ در فاز گرم بوده اند، که باعث افزایش دما در اقیانوس آرام استوایی شده و در شرایط زمینه ای که در آن در رویدادهای ENSO تکامل می یابد مؤثرند. خود MTO دارای مدولاسیون در مقیاس زمانی دهه ای است و از اواخر سالهای ۱۹۷۰ در ارتباط با گرم شدن سیستماتیک اقیانوس هند فعالتر بوده است. همین طور، به دنبال یک روند صدساله افزایش دمای سراسری، سالهای ۱۹۹۸ و ۹۷ به ترتیب گرمترین سالهای این دوره بوده اند. همراه با این تغییرات آب و هوا، ال نینو و لانیناهای بیشتری از اواسط دهه ۱۹۷۰ وجود داشته است. اوایل سالهای ۱۹۹۰ یک دورهٔ با گرمای فزاینده در اقیانوس آرام استوایی بوده است و ال نینوی بسیار شدید سال ۱۹۹۷-۹۸ فقط ۱۵ سال پس از ال نینوی بی سابقه ۱۹۸۲-۸۳ به وقوع پیوست (شکل ۴). اینکه درست چگونه این پدیده های مختلف در مقیاسهای زمانی از بین فصلی تا صد ساله با یکدیگر و با ENSO برهم کنش می کنند را به درستی نمی دانیم. بنابراین تحقیقات بیشتری لازم است تا این برهم کنشهای چند مقیاسی را که بالقوه می توانند در چرخه ENSO تأثیر داشته باشند بفهمیم، و آنها را به قابلیتهای پیش بینی وضعیت هوای بهتری تبدیل کنیم.

مترجم: منیژه رهبر

منبع:

Science, **283**, 12 Feb 1999
PP 250-254

1- EL Nino Southern Oscillation.
2- Tropical Atmosphere Ocean.
3- Sea - Surface Temperatures.
4- Madden- Julian Oscillation.
5- out going Longwave Radiation.

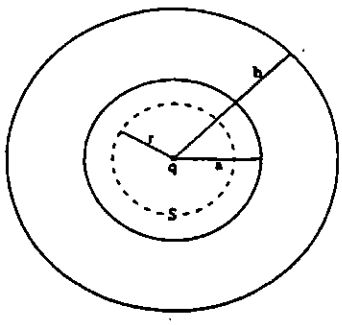
آیا حفاظ الکتروستاتیک به صورت دو جانبه عمل می کند؟

زوی گلر و استر باگنو*

«ما نشان داده ایم که اگر محفظه ای (کاواک) کاملاً بوسیله یک رسانا احاطه شود هیچ توزیع بار ساکنی در خارج نمی تواند میدان الکتریکی در داخل ایجاد کند. این توضیح اصلِ «حفاظت» الکتریکی تجهیزات به وسیله قرار دادن آنها در یک پوشش فلزی است. بحث مشابهی را می توان بکار برد تا نشان داد که یک توزیع ساکن بارها در داخل نمی تواند میدان الکتریکی در خارج ایجاد کند. یعنی حفاظ بصورت دو جانبه عمل می کند.»

نقل از مقالات فاینمن در فیزیک[1]

درحالی که قسمت اول این بیان بخوبی بر اساس واقعیت های فیزیکی بنا شده است. دومین قسمت از این بیان در تناقض آشکار با یکی از اساسی ترین قوانین الکتروستاتیک (قانون گاوس) می باشد. فرض کنید ما قانون گاوس را برای رسانای کروی توخالی بکار ببریم. شعاع داخلی کره را a و شعاع بیرونی آن را b می نامیم و بار نقطه ای q را در مرکز این کره توخالی قرار می دهیم.



شکل ۱: بار نقطه ای q به وسیله یک پوسته کروی بدون بار احاطه شده است. (در شکل سطح گاوس S خط چین نشان داده شده است).

سطح کروی s به شعاع r را در نظر می گیریم طوری که بار q در مرکز آن باشد. (سطح گاوس) برای $r < a$ داریم.

$$\oint \vec{E}.\,d\vec{A} = E.\ 4\pi r^2 = \frac{q}{\varepsilon_0} \quad (1) \quad \Rightarrow \quad E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \quad (2)$$

اگر $a < r < b$ باشد ما درون رسانا هستیم. جایی که $E = 0$ خواهد بود.

اگر $r > b$ باشد. کل باری که درون سطح گاوس قرار می گیرد همان بار نقطه ای q خواهد بود. و رسانای توخالی بدون بار باقی می ماند. که البته از ابتدا نیز چنین بود. معلوم است که باید بار روی سطح خارجی مساوی و مخالف با بار روی سطح داخلی باشد. و بار روی سطح داخلی مساوی و مخالف با بار q خواهد بود.

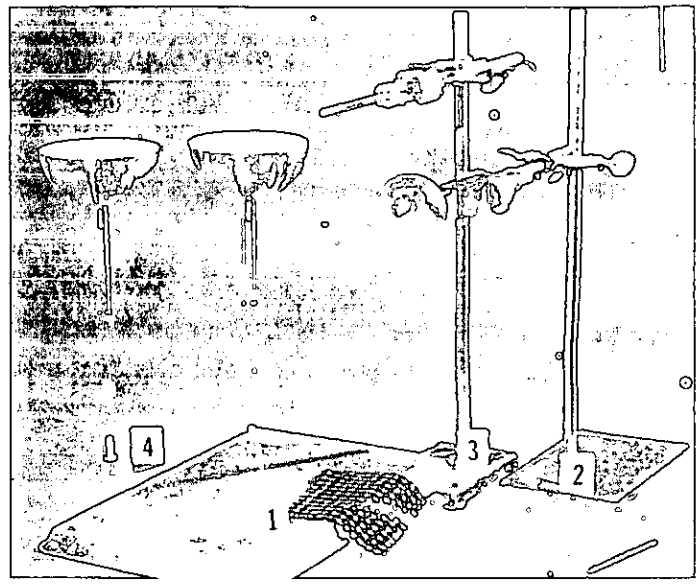
$$\oint \vec{E}.\,d\vec{A} = \frac{q}{\varepsilon_0} \qquad (3)$$

و بنابراین

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\ \frac{q}{r^2} \qquad (4)$$

بنابراین در رد مطالب گفته شده می توان گفت که میدان الکتریکی که از یک بار نقطه ای درون یک سطح رسانای بسته سرچشمه گرفته است می تواند یک میدان الکتریکی در بیرون سطح تولید کند که نتیجه جدایی بارهاست که قبلاً توضیح داده شد. بنابراین حفاظ روی هم رفته نمی تواند به صورت دو جانبه عمل کند.

اگرچه دلایل نظری این واقعیت کاملاً ساده و سر راست است. ما می خواهیم با انجام یک آزمایش مناسب این موضوع را تأیید کنیم. در ابتدا تلاش ما خیلی موفقیت آمیز نبود. زیرا پوشش رسانا (قفس فارادی) که ما از آن استفاده کردیم به قدر کافی منفرد نبود. آشکار است که رساناهای متصل به زمین که اجسام دارای بار ساکن را پوشانده اند. یک اثر حفاظتی دارند که به راستی بصورت دو جانبه عمل می کند. بعد از این که بعضی از وسایل مورد استفاده را تغییر دادیم. آزمایش ها اصلاح شدند و نتایج آنها دقیق تر و قطعی تر شد.



شکل ۲ : تجهیزات مورد استفاده در این آزمایشها .
جزئیات در قسمت ضمیمه توضیح داده شده است .

تجهیزات

شکل ۲ تجهیزات مورد استفاده آزمایشهای ما را نشان می دهد . توصیف مفصل این تجهیزات در ضمیمه این مقاله آمده است .

تدارکات

(۱) یک ورقه شفاف بر روی یک سینی پلاستیکی به وسیله مالش با پارچه پشمی دارای بار منفی می شود . (مورد ۱ در شکل ۲)

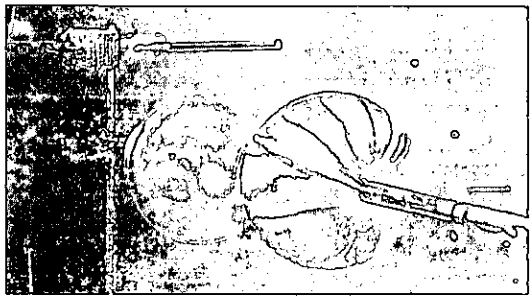
(۲) ورقه شفاف مالش داده شده در نزدیکی سطح رسانای کره ای از جنس استایروفوم نگاه داشته می شود (مورد ۲ در شکل ۲) که با تماس کوتاه مدت انگشت اتصال به زمین پیدا می کند . پس کره از طریق القای الکتروستاتیک بار مثبت پیدا می کند .

(۳) کره رسانای کوچک «آویزان» (مورد ۳ در شکل ۲) که به وسیله تماس با کره بزرگ ، دارای بار الکتریکی می شود از این پس به عنوان یک کاوه برای میدان الکتریکی بکار می رود .

(۴) قبل از شروع هر آزمایش دو نیم کره (مورد ۴ در شکل ۲) به صورت موقت با زمین تماس داده می شوند تا مطمئن شویم که بدون بار هستند .

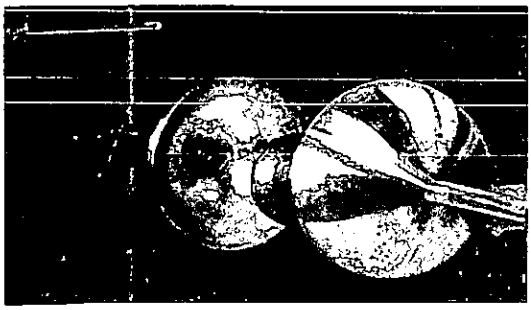
آزمایش اول :

(۱) کره کوچک «آویزان» را که مثل یک کاوه برای میدان الکتریکی بکار می رود در فاصله تقریبی ۱۲cm از مرکز کره بزرگ قرار می دهیم . دو نیم کره فلزی بدون بار را در طرف مخالف کره آویزان قرار می دهیم به طوری که فاصله دهانه هر کدام تا آن حدود چند سانتیمتر باشد . انحراف واضح ریسمان حامل کره رسانای کوچک وجود یک میدان الکتریکی که بوسیله کره باردار بزرگ تولید شده است را نشان می دهد . (شکل ۳)



شکل ۳ : کاوه وجود یک میدان الکتریکی را نشان می دهد . در نقطه ای نزدیک کره باردار دو نیم کره رسانای بدون بار که هر کدام در فاصله کمی در دو طرف کاوه قرار گرفته اند . و کاوه بین آنها قرار دارد .

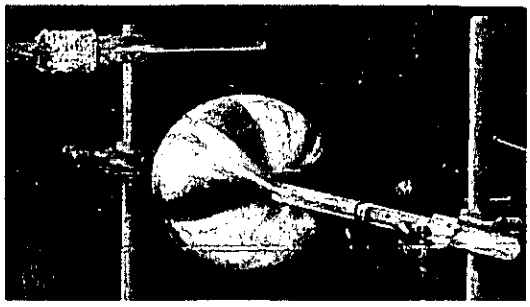
(۲) دو نیم کره را آهسته بطرف یکدیگر حرکت می دهیم تا کره کوچک آویزان را بدون تماس در برگیرند . همان طور که انتظار می رفت انحراف کاوه متوقف می شود (شکل ۴) بنابراین ثابت می شود که میدان الکتریکی کره باردار بزرگ نمی تواند در پوشش فلزی نفوذ کند .



شکل ۴ : کاوه مشابه شکل ۳ نشان می دهد که میدان الکتریکی در درون پوسته کروی صفر می شود . هر چند که در نزدیکی آن یک کره باردار موجود باشد .

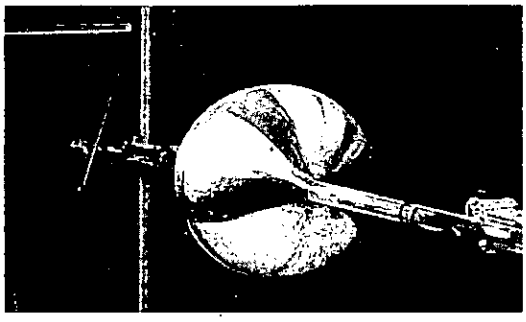
آزمایش دوم:

(۱) این آزمایش شبیه آزمایش اول است. با این تفاوت که این بار محل قرار گرفتن دو نیم کره متفاوت است. در آزمایش دوم، دو نیم کره را در دو طرف کره رسانای باردار بزرگ قرار می دهیم و مثل حالت قبل کره کوچک به عنوان یک کاوه برای میدان الکتریکی به کار می رود (شکل۵).



شکل ۵: یک کاوه وجود میدان الکتریکی کره باردار را نشان می دهد. نیم کره های بدون بار در فاصله اندکی از کره باردار قرار دارند و کره باردار در میان این دو نیم کره قرار دارد.

(۲) فاصله دو نیم کره بدون بار را می بندیم بدون اینکه با کره بزرگ تماس برقرار کنند. اگرچه این کره به وسیله رسانا کاملاً پوشیده می شود اما هیچ تغییری در انحراف کاوه بوجود نمی آید(شکل۶).



شکل ۶: کاوه مشابه شکل ۵ وجود میدان الکتریکی در بیرون یک پوسته کروی رسانا را نشان می دهد. درحالی که کره باردار در درون این پوسته بسته قرار گرفته است.

(۳) فاصله بین دو نیم کره را به تدریج افزایش می دهیم و آنگاه آنها را کاملاً برمی داریم. این حقیقت که این کار هیچ تغییری در انحراف کاوه ایجاد نمی کند ثابت می کند که هیچ گونه انتقال بار از کره بزرگ به دو نیم کره وجود نداشته است. این نتایج به روشنی نشان می دهند که کره باردار در بیرون از پوشش رسانا میدان الکتریکی ایجاد کرده است.

خاتمه: در حالی که اولین آزمایش این واقعیت را ثابت می کند. که بار ساکن خارج ازیک رسانا نمی تواند میدان الکتریکی در داخل رسانا ایجاد کند. (حفاظت الکتروستاتیک). دومین آزمایش ثابت می کند بار ساکن در داخل یک پوشش رسانا می تواند میدان الکتریکی در خارج از رسانا ایجاد کند. انسان فقط تعجب می کند که ریچارد فاینمن هنگامی که این مقاله را می نوشت (در ابتدا ذکر شده است) چه در ذهن داشته است.

ضمیمه:

شرح وسایل مورد استفاده: (در شکل ۲ نشان داده شده است).

مورد (۱) یک صفحه شفاف پلاستیکی که روی یک سینی پلاستیکی چسبانده شده است و یک تکه پارچه پشمی.

مورد (۲) یک کره از جنس استایروفرم که با لایه نازک رسانا از گرافیک پوشانده شده است. قطر این کره در حدود ۶ سانتی متر است که آن را باید با یک دسته عایق به پایه آزمایشگاهی وصل کنیم.

مورد (۳) یک کره کوچک از جنس استایروفوم که با یک لایه نازک رسانا از گرافیت پوشانده شده است. و به وسیله یک نخ پلاستیکی نازک از یک پایه آویزان می شودو از آن بعنوان یک کاوه برای آشکارسازی میدان الکتریکی استفاده می شود.

مورد (۴) دو نیم کره فلزی که به میله های عایق بلندی متصل شده اند. نیم کره ها از قسمت بالایی کره های ۱۳ سانتی متری از پاسکو هستند. (پاسکو ES %59). بعد از برداشتن نیمه پایینی از هر کره، نیمه بالایی را به صورت وارون به یک میله عایق متصل می کنیم. سپس میله ها را بصورت افقی به پایه های آزمایشگاهی متصل می کنیم.

مترجم: محمد حسین شمس دبیرفیزیک از نی ریز فارس

مرجع:

. The Physics Teacher Jan 94. P 20-21-22

* Zvi Geller and Esther Bagno

تاریخ علم

کشف ابر رسانایی

نوشته: «ژاکوب دونوبل»، پژوهشگر ارشد آزمایشگاه کامرلین اونس در دانشگاه لیدن ـ هلند
با مقدمه: «پترلیند نفلد»، استاد فیزیک دانشگاه روتگرز ـ نیوجرسی

ژاکوب دو نوبل در سن ۲۵ سالگی. در اولین روزهای اقامتش در لید در سال ۱۹۳۰.

گرچه کامرلین اونس همیشه بر اهمیت دقت و درستی اندازه گیری در کارش تأکید داشت ولی یک تصادف او را به اولین کشف ابر رسانایی هدایت کرد.

«ژان ماتریکون» و «ژرژ ویساند» در کتاب خود "La guerre du froid" اولین مایع شدن هلیم را در ۱۹۰۸ توصیف می کنند و به لحظه تشخیص آن پس از آنکه یکی از حضار پیشنهاد کرد که زمپا از پایین روشن شود اشاره دارند. آنها به اظهارات خود چنین ادامه می دهند که تا سه سال بعد هیچ نظر دست اولی دربارهٔ کشف ابر رسانایی وجود نداشت، کشفی که آن هم در آزمایشگاه کامرلین اونس در دانشگاه لید رخ داد. به گفته آنها: «گرچه گزارش از مایع سازی هلیم بسیار هیجان انگیز بود، تولد ابر رسانایی برای ما تنها به صورت یک گزارشی علمی سرد از اندازه گیری آن بود.»

من بسیار شگفت زده بودم. چند سال پیش، دوست و همکارم ژاکوب کودونوبل دربارهٔ گفتگویش با «گریت ژان فلیم» تکنیسین ارشدی که در هردو آزمایش نقش قاطعی داشت با من صحبت کرده بود. روشن بود «کودونوبل» به خوبی می توانست آخرین حلقه اتصال به آن لحظهٔ تاریخی باشد. لذا نامه ای به او نوشتم و مصرانه از او خواستم که خاطراتش را بنویسد. نتیجه گزارشی است که در پی می آید که نه فقط بیانگر خود کشف است، بلکه توصیفی از تقارن علمی و اجتماعی آن عصر نیز هست.

همان گونه که ماتریکون و ویساند اشاره می کنند، سهم کامرلین اونس از پی ریزی دو دوره کشف تاریخ ساز فراتر رفت. او بنیانگذار روش نوینی از کار علمی بود، وی اولین کسی بود که اهمیت حمایت و پشتیبانی از فن آوری بزرگ مقیاس را تشخیص داد، به طوری که آزمایشگاه او و کارکنان آن پیشگام طرحهای «علم بزرگ» روزگار ما هستند. موفقیت آزمایشگاه، حاصل اهمیت دادن به زیرساختار و تلفیق با برنامهٔ دقیق علمی بود که به طور مستحکمی بر این شعار مباحثه دیگر او مبتنی بود، «از طریق اندازه گیری به علم» برتری داشت.

جزء حیاتی طرح بزرگ کامرلین اونس، بنیانگذاری مدرسه ابزارسازی لید (مدرسه لید برای سازندگان ابزار) بود. کار این مدرسه تا به امروز نیز ادامه دارد و فارغ التحصیلان آن را می توان در آزمایشگاههای سراسر جهان یافت. کودونوبل برای سالیان درازی مهمترین پشتیبان برای این مدرسه بود. او علاوه بر فراهم ساختن امکانات زیادی برای مدرسه، نقش پدرانه ای برای بسیاری از دانشجویان و فارغ التحصیلان آن داشته است. اینک او در سنین هشتاد، در لید در نزدیکی این مدرسه زندگی می کند که سالیان متمادی خانواده او بوده است.

خاطرات ژاکوب دونوبل

اندکی پس از آنکه در ۱۹۳۱ وارد آزمایشگاه زمزایی در دانشگاه لید شدم با آقای جریت ژان فلیم تکنیسین ارشد آزمایشگاه دیدار کردم. به عنوان یک دانشجوی فیزیک، در اندازه گیری رسانش گرمایی و الکتریکی آلیاژهای ابر رسانا و تک بلور تنگستن دستیار «هـ. برمر» شدم. آن روزها برای انجام اندازه گیری در دماهای هلیم مایع، می بایست تمام دستگاه را که شامل دستگاه خلاء بالا با پیمانه مک لوید و دماسنج گازی بود به اتاق 'E ویژهٔ دستگاه مایع سازی هلیم در آزمایشگاهی که آقای فلیم متصدی آن بود منتقل می شد.

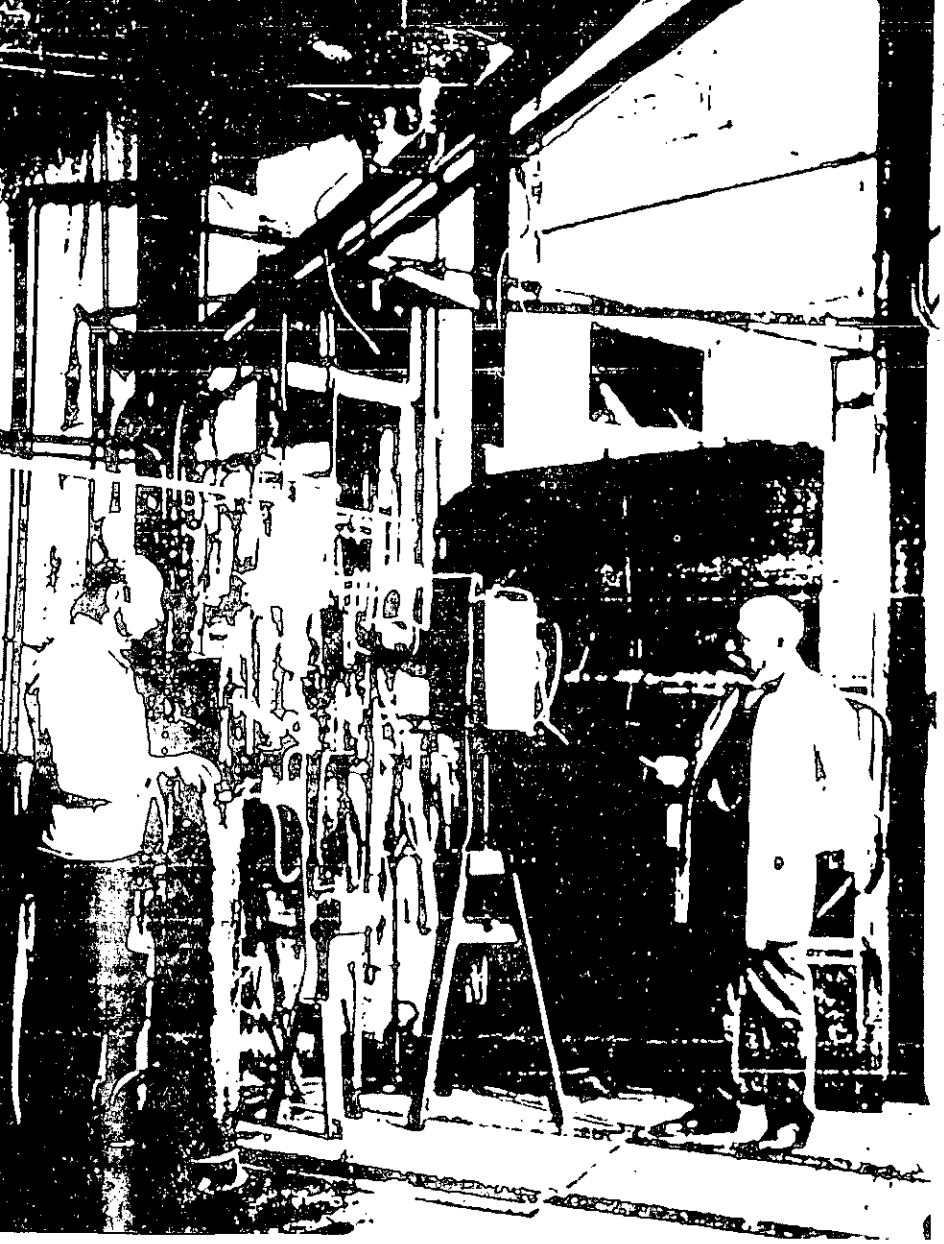
فلیم برای سالیان زیادی دست راست هایک کامرلین اونس و دستیار فنی او بود که در بسیاری از کشفیات کامرلین اونس، به ویژه در اولین کار مایع سازی هلیم در ۱۹۰۸ سهم عمده ای داشت. فلیم، همچنین هلیم مایع را برای پژوهشهای تجربی رسانش الکتریکی فلزات خالص تأمین می کرد که در سال ۱۹۱۱ به کشف ابر رسانایی در جیوه انجامید.

بلافاصله پس از اولین دیدارم با آقای فلیم، صحبتهای مفصلی را با هم آغاز کردیم. من این امتیاز را داشتم که تا آخرین روزهای زندگیش از او کسب فیض کنم. او در سپتامبر ۱۹۷۰ در سن ۹۵ سالگی درگذشت. در طول سالهای آشنائیم با او، خاطرات زیادی از همکاریش با کامرلین اونس برایم نقل کرد. آنها هردو در کنارهٔ رودخانه قدیمی راین اما در دو سوی آن زندگی می کردند. اغلب اتفاق می افتاد وقتی کامرلین اونس فکر تازه ای داشت زنگ برنجی کشتی کنار خانه اش را به صدا درمی آورد و فلیم را احضار می کرد، و فلیم نیز بی درنگ به سوی اونس پارو می زد تا با هم بنشینند و دربارهٔ فکر جدید بحث کنند.

کامرلین اونس اغلب بعدازظهرهای یکشنبه به تکنیسین هایش سر می زد، او کلاه مخصوصش را بر سر می گذاشت و کالسکه اش را خود می راند. در یکی از این روزها، وقتی آقای لویس اورکِرک، که مسئول مایع سازی هیدروژن بود، تقاضای افزایش دستمزد کرد، کامرلین اونس تقاضای او را رد کرد و افزود: «مگر همین چند روز پیش دو تا دوچرخه قشنگ نخریدی؟» زمانی دیگر، کامرلین اونس فلیم را نصیحت کرد که سه پسرش را به هنرستان بفرستد. فلیم که تحصیلات عالیتری برای آنها درنظر داشت، غرغر کرد و گفت: «ولی آنها پسران من هستند، اینطور نیست؟» سرانجام هر سه پسر به دانشگاه رفتند، دو نفرشان پزشک و وسطی مهندس شدند.

در اتاق "E′" آزمایشگاه، آقای فلیم ساختمان اولین مایع سازی و روش خنک کردن آبشاری را، که در آن زمان هنوز در مجاورت اتاق بود برایم توضیح داد، هرچند دیری نپائید که دیگر مورد استفاده قرار نگرفت. او از مشکلات تهیه مقداری گاز هلیم موردنیازبرایم می گفت. در آغاز آنها می کوشیدند آن را از خرد کردن سنگهایی که از ایسلند وارد می کردند تهیه کنند، که چندان موفقیت آمیز نبود. تنها پس

ژیل هولست. که اولین اندازه‌گیری ابر رسانایی را انجام داد و بعدها اولین مدیر آزمایشگاههای تحقیقاتی فیلیپس در ایندهوون شد.



هایک کامرلین اونس(سمت راست) در آزمایشگاه سرمازایش در دانشگاه لید با دستیار باوفایش جریت ژان فلیم در حدود زمان کشف ابر رسانایی.

از دستیابی به یک محموله بار کشتی از شنمونازیت(monazite) از کارولینای شمالی توانستند ۳۶۰ لیتر گاز هلیم جمع آوری کنند. مقدار مایع موردنیاز برای یک آزمایش فقط $\frac{1}{4}$ لیتر بود، که جزء ناچیزی از ذخیره موجود بود.

وقتی که کامرلین موفق به مایع سازی هلیم شد، شروع به اندازه گیری رسانش الکتریکی فلزات خالص در دماهای پایین کرد. فلیم به من گفت پس از آنکه اندازه گیری روی پلاتین و طلا به پایان رسید، جیوه برای این کار انتخاب شد چون با تقطیرهای پیاپی می توانست بسیار خالص شود. ژیل هولست که این اندازه گیری را انجام داد، لوله موئین شیشه ای U شکلی به کار برد که در دوسوی آن سیمهای پلاتین قرار داشتند و لوله پر از جیوه مایع در دمای اتاق بود. اندازه گیریهای مقاومت الکتریکی به ترتیب و پی در پی در دماهای مربوط به اکسیژن مایع، نیتروژن مایع و هیدروژن مایع انجام شد که کاهش منظمی را نشان می داد. گرچه هولست در دمای هلیم مایع به مقاومت صفر دست یافت ولی پژوهشگران آن را به اتصال کوتاه نقطه ای در دستگاه سرمازا نسبت دادند. این اندازه گیری به دفعات تکرار شد. که زمان زیادی گرفت، در حالی که هلیم مایع هر هفته در دسترس نبود. ***اما هربار، عرض می کردند آن اتصال کوتاه وجود دارد.***

پس از آن تصمیم گرفتند که لوله W شکلی را جایگزین لوله U شکل کنند و مجدداً سیمهای پلاتین را در دو انتها و سه خم لوله قرار دهند. بدین طریق، می توانستند مقاومت را در چهار نقطه مجزا اندازه بگیرند. ولی در نهایت ناامیدی آزمایشگران، در هر چهار نقطه به آنچه که آنها هنوز اتصال کوتاه می پنداشتند، دست یافتند.

آقای فلیم به من گفت، تنها یک تصادف سبب شد به علت واقعی پی ببرند.

برای حصول اطمینان از عدم فرار ذره ای در هلیم گرانبها به دلیل احتمال نشتی در دستگاه سرمازا، فلز بخار درون ابزار را همیشه اندکی زیر فشار جو نگه می داشتند. تا هوای ورودی یخ بزند و جلو هر گونه نشتی احتمالی را ببندد. فشار بخار با یک فشارسنج روغنی متغیر و یک شیر حساس در خط پمپ با اهرمی به طول ۴۰ سانتیمتر که برای تنظیم ظریف بکار می رفت، کنترل می شد.

کار کسل کنندهٔ نگه داشتن سطح ثابت روغن برای ساعتها در فشارسنج به عهدهٔ هنرآموزی از مدرسه ابزارسازی بود که در همان ساختمان قرار داشت. مدرسه را در سال ۱۹۰۱ کامرلین اونس تأسیس کرده بود چون فکر می کرد که برای کار آزمایشگاه به تکنیسین های ماهر نیاز دارد. این هنرآموزان به دلیل روپوشهای آبی که آن روزها می پوشیدند به«پسران آبی» معروف بودند.

برای پسران آبی اغلب مشکل بود که ساعتها گوش به زنگ و مراقب باشند، و یک روز، وقتی که هولست در حال اندازه گیری مقاومت سیم جیوه ای در لوله W شکل بود پسر آبی که انجام وظیفه می کرد چرت زد. در اثنایی که او در چرت بود فشار دستگاه سرمازا شروع به افزایش کرد، و دما از زیر نقطه جوش هلیم تا حدود ۲/۴ کلوین بالا رفت، بدین ترتیب از دمای گذار جیوه گذشت. هولست در اتاق تاریک مرکزی که در آن گالوانمترهای متعدد آزمایشگاه نصب شده بودند، نشسته بود که ناگهان باریکهٔ نور ناشی از انحراف گالوانمترش را دید که از بازگشت مقاومت جیوه حکایت می کرد.

بدین ترتیب ابر رسانایی کشف شد، و این کشف حاصل یک لحظه بی توجهی یک پسر آبی بود!

پس از کشف

کامرلین اونس که خود در جمله پردازی بسیار دقیق بود ابتدا این پدیدهٔ جدید را «رسانایی فوق العاده» (Supra Conduction) نامید«ابر رسانایی» (Super Conductivity) زیرا رسانایی بر مقدار ویژهٔ(بر حسب اهم متر) رسانش یک ماده دلالت دارد. نقطهٔ گذار را به دلیل جهش ناگهانی عقربه گالوانمتر که ابتدا توسط هولست مشاهده شد Sprongpunt نامید(از کلمه هلندی Sprong به معنی جهش).

گرچه این هولست بود که اندازه گیری تعیین کننده را انجام داده بود، ولی هیچگاه به عنوان مؤلف مشترک در نوشته هایی که بعدها بازتاب دهندهٔ نتایج حاصل از کارش با کامرلین اونس بود، ظاهر نشد. او ظاهراً این رفتار کامرلین اونس را غیرعادی و غیرمنصفانه تلقی نکرده بود. هولست بعدها اولین مدیر آزمایشگاههای تحقیقاتی فیلیپس در ایندهوون شد و در زمان من، به درجهٔ استاد ممتاز فیزیک دانشگاه لید مفتخر گشت.

یادی دیگر از پسران آبی: کار استفاده از پسران آبی برای مشاهدهٔ آزمایشها تا سالهای ۱۹۶۰ ادامه داشت، و من اغلب در کارهایم از آنها کمک می گرفتم. برای رفع کسالت آنها می کوشیدم که با توضیح هدف و منظور هر تحقیق و بازگو کردن روزانه نتایج آن، جذابیتی برایشان ایجاد کنم. مدرسه ابزارسازی لید اینک در دانشگاه لید ادغام شده و امروزه بیش از ۱۵۰ دانشجو در امر شیشه گری و روشهای لیزر در آن آموزش می بینند.

Physics, Today September 1996, PP 40-42

مترجم: عبدالحسن بصیره

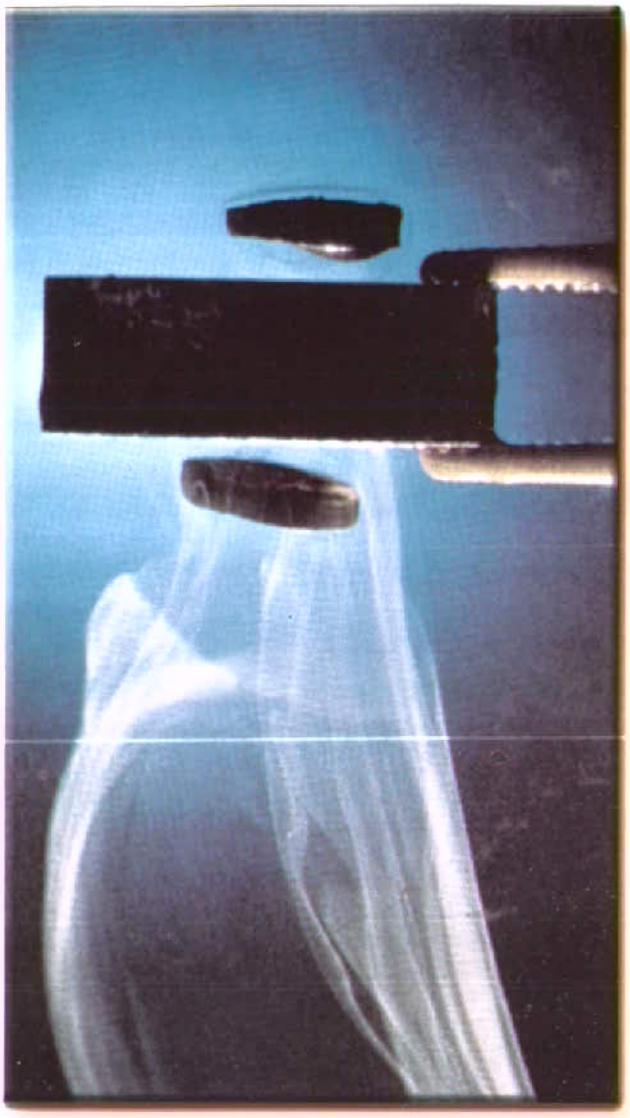
طرحی از فلیم که در سال ۱۹۲۱ توسط برادرزاده کامرلین اونس کشیده شده و فلیم را در کنار ابزار سرمازا نشان می دهد.

اخبار علمی

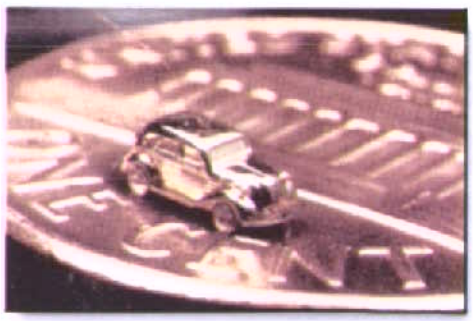
موفقیت تیم المپیاد فیزیک ایران

تیم پنج نفره المپیاد فیزیک جمهوری اسلامی ایران متشکل از رقایان آیدین باباخانی، محمدحسین تقوی نصرآبادی، صادق دبیری، علی سعادت ملی، و شروان فشندی در سی‌امین المپیاد بین‌المللی فیزیک که در شهر پادوای ایتالیا برگزار شد با کسب ۵ مدال طلا به مقام دوم دست یافتند. در این مسابقات که ۲۹۱ نفر دانش‌آموز از ۶۲ کشور جهان حضور داشتند، تیم المپیاد فیزیک کشورمان به لحاظ مدال‌ها در رده نخست و از حیث مجموع امتیازهای تیمی با کسب ۲۲۷.۹ امتیاز مقام دوم جهان را کسب کرد.

کشورهای روسیه و آمریکا مقامهای اول و سوم را به خود اختصاص دادند. ما این موفقیت را به دانش‌آموزان عزیز و همهٔ ملت ایران تبریک می‌گوییم و موفقیت روزافزون آنها را در جهت اعتلای کشور از خداوند خواهانیم.



یک ابررسانای با دمای بالا را نشان می‌دهد که دو آهن‌ربای کوچک یکی در بالا و دیگری در پایین را نگه داشته است.



کوچکترین ماشین الکتریکی دنیا

آوا | کشیدن، تمدد (حیوانات) | خاریدن، چنگ زدن | چاپیدن، پوست کندن | حرکت، جنبش | تندرو، چابک