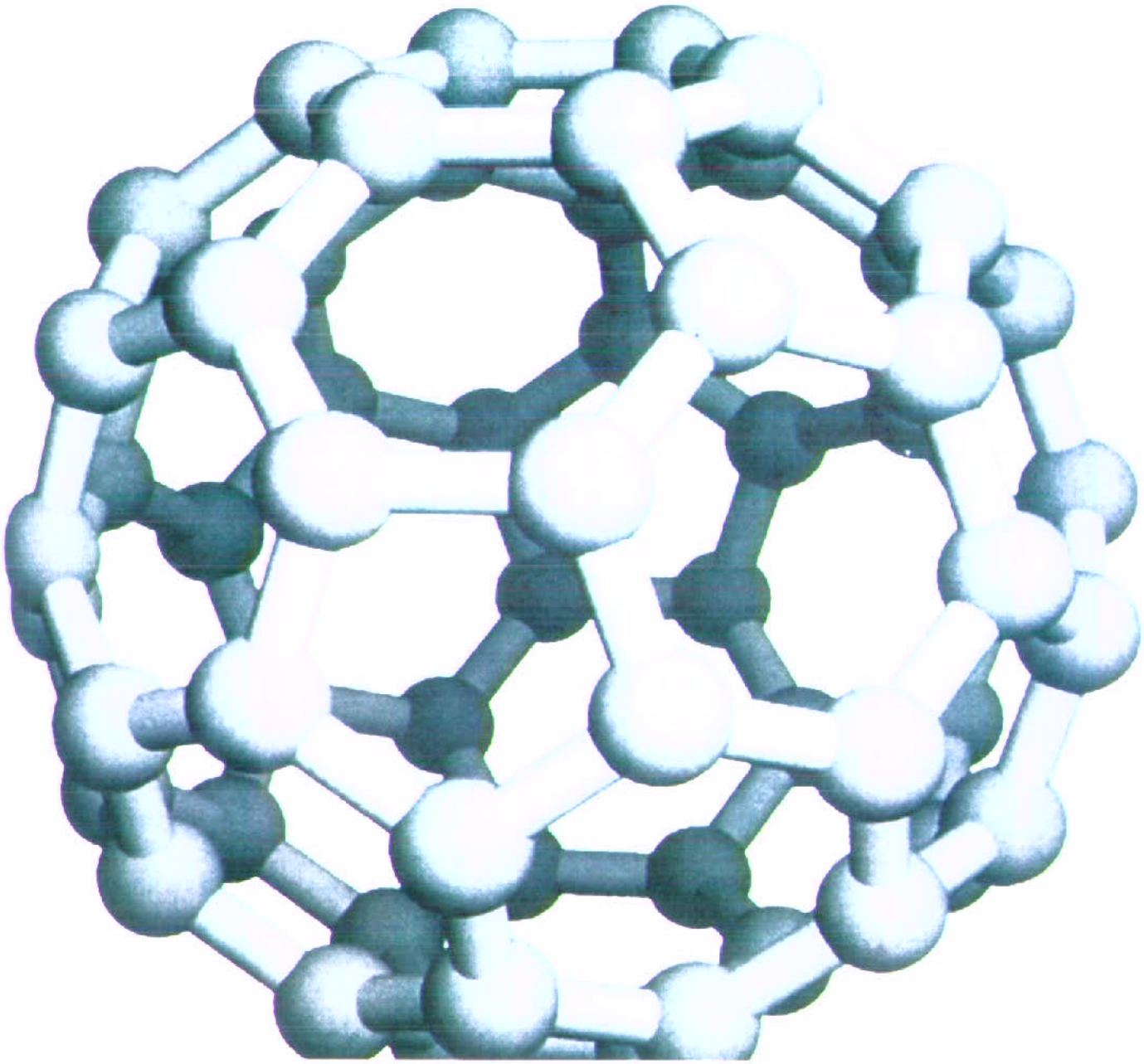
۵۰

فیزیک

رشد آموزش
سال دوازدهم، بهار ۱۳۷۸
بها ۲۰۰ تومان



یک مدل کامپیوتری از مولکول معروف به باک مینسترفولرن یا C_{60}

رشد آموزش فیزیک

سال دوازدهم، بهار ۱۳۷۸

شمارهٔ ۵۰، سال تحصیلی ۷۸ـ۱۳۷۷

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 ـ احمد احمدی ـ محمدعلی سعادت بخت ـ منیژه رهبر ـ 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 دوم و سوم دبستان) رشد دانش آموز (برای دانش آموزان چهارم و پنجم دبستان) رشد نوجوان (برای دانش آموزان دوره راهنمایی) رشد جوان (برای دانش آموزان دورهٔ متوسطه) مجلات رشد معلّم، تکنولوژی آموزشی، آموزش ابتدایی، آموزش معارف اسلامی، آموزش شیمی، آموزش زبان و ادب فارسی، آموزش زبان، آموزش راهنمایی تحصیلی، آموزش ریاضی، آموزش زیست شناسی، آموزش جغرافیا (برای دبیران، آموزگاران، دانشجویان تربیت معلم، مدیران مدارس و کارشناسان آموزش و پرورش)

◆ مجله رشد آموزش فیزیک نوشته ها و حاصل تحقیقات پژوهشگران و متخصصان تعلیم و تربیت، 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 ضمیمهٔ مقاله باشد. ◆ در متنهای ارسالی باید تا حد امکان از معادلهای فارسی واژه ها و اصطلاحات استفاده شود. ◆ زیرنویسها و منابع باید کامل و شامل نام اثر، نام نویسنده، نام مترجم، محل نشر، ناشر، سال انتشار و شماره صفحهٔ مورد استفاده باشد. ◆ مجله در رد، قبول، ویرایش و تلخیص مقاله های رسیده مختار است. ◆ آرای مندرج در مقاله ها، ضرورتاً مبین نظر دفتر انتشارات کمک آموزشی نیست و مسؤولیت پاسخگویی به پرسشهای خوانندگان، با خود نویسنده یا مترجم است. ◆ مجله از بازگرداندن مطالبی که برای چاپ مناسب تشخیص داده نمی شود، معذور است.

نشانی دفتر مجله: تهران، صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۶۵۸۵
تلفن امور مشترکین: ۸۸۳۹۱۸۶

چاپ: شرکت افست (سهامی عام)

سرمقاله — **پیشگفتار**

آموزشی — **چه عاملی باعث نوسان می شود؟** ■ جهانگیر ریاضی/۵

مهارت موسیقایی یک بطری نوشابه ■ مارک بلور من و الیزابت ورتی/۷

ضریب بازگشت. بازگشتهای پیاپی گلوله ■ سید جعفر مهرداد/۱۲

گوناگون — **ضرورت تحول نظام آموزش فیزیک** ■ صمد اکبر حاجی نظر/۱۴

کنفرانس — **مقایسه ساز وکار تشکیل تصویر در میکروسکوپ الکترونیکی...** ■ناصر تجبر/۱۶

دبیران فیزیک — **جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۹۸** ■ منیژه رهبر/۲۷

نانوتیوبهای بسیار محکم، نشان داده اند که هوشمند نیز هستند ■منیژه رهبر/۳۰

پیوری — **نگاهی دقیق تر به "G"** ■ محمدرضا اجتهادی/۳۶

کشتی چلوسکین ■ محمدرضا خوش بین خوش نظر/۳۷

دقت و واژگان اندازه گیری ■ ولکر تامسن/۳۸

معرفی کتابهای آموزشی — **حل مسائل مکانیک با شبیه سازی کامپیوتری** ■ بهروز دانش خواه/۴۱

خاطرات آموزشی ■ اصغر نوروزیان/۴۶

مسئله فرمول یکا ■ مجید حجتی/۵۰

نقش نوشتن در یادگیری فیزیک ■ وگان پرین، برایان هندوسوزان کی/۵۴

همراه با کسوف بیستم مرداد ۷۸ ■ منصور ملک عباسی/۵۷

پیشگفتار

مرغ را پَر می‌بَرد تا آشیان
پَرّ مردم همّت است ای مردمان
عاشقی کالوده شد در خیر و شر
خیر و شر منگر تو در همت نگر

مولانا

خدا را سپاس می گوییم که ما را به انتشار پنجاهمین شماره مجله «*رشد آموزش فیزیک*» نیز موفق گردانید.

پانزده سال پیش در دیماه ۱۳۶۲ از طرف معاونت وزیر و رئیس سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی ـ آقای دکتر غلامعلی حداد عادل ـ احکام عضوهای هیئت تحریریه این مجله صادر شد و در زمستان ۱۳۶۳ نخستین شماره مجله رشد آموزش فیزیک با عنوان نشریه گروه فیزیک دفتر تحقیقات و برنامه ریزی و تألیف کتابهای درسی سازمان پژوهش انتشار یافت.

در پیشگفتار این شماره به قلم آقای غلامعلی حداد عادل، اهداف «**رشد**» با عنوانهای زیر توضیح داده شده است.

۱ ـ دانش افزایی ۲ ـ آشنایی با روشهای تدریس ۳ ـ مواد و وسایل کمک آموزشی ۴ ـ معرفی نشریات و کتب ۵ ـ تاریخ علوم ۶ ـ آشنایی با معلمان موفق و با تجربه ۷ ـ آگاهی از مسائل و پرسشهای نمونه ۸ ـ طرح موضوعات مربوط به آینده هر رشته ۹ ـ آگاهی از تصمیم گیریها و بخشنامه ها ۱۰ ـ آگاهی از برنامه ها و برنامه ریزیهای آینده و اظهار نظر درباره آنها ۱۱ ـ اطلاع از تحقیقات و اخبار مربوط به هر یک از رشته های درسی. در پایان این پیشگفتار می خوانیم:

« ... همکاران گرامی! معلمانی که افسران خط مقدم جبهه مبارزه با جهل و عقب ماندگی هستید رشد آموزش فیزیک دستی است که از سوی سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش صمیمانه به سوی شما دراز می شود. این دست را در دست خویش با گرمی بگیرید و بفشرید ...»

«رشد آموزش فیزیک» از شماره ۱ تا ۴۳ به عنوان نشریه گروه فیزیک دفتر برنامه ریزی و تألیف کتابهای درسی و از شماره ۴۴ به بعد از طرف دفتر انتشارات کمک آموزشی انتشار یافته است.

نام اداره کنندگان مجله رشد آموزش فیزیک در شماره های منتشر شده به صورت زیر قید شده است.

مدیر مسؤول: نام مدیر مسؤول از شماره ۳۸ به بعد در مجله عنوان شده است. آقایان محمد مسعود ابو طالبی (شماره ۳۸ تا ۴۰) حسن ملکی (شماره ۴۱ تا ۴۳) سید محسن گلدانساز (شماره ۴۴ به بعد).

سردبیر: آقای اصغر لطفی (شماره ۱ تا ۳۱) ـ آقای غلامعلی محمودزاده (شماره ۳۶ و ۳۷) ـ خانم دکتر منیژه رهبر (از شماره ۳۸ به بعد).

مدیر داخلی: نام مدیر داخلی از شماره ۹ به بعد در مجله عنوان شده است. آقای سید مرتضی میرخانی (شماره ۹ تا ۲۵) ـ آقای محمدعلی سعادت بخت (شماره ۲۷ تا ۴۳) آقای احمد احمدی (شماره ۴۴ به بعد)

هیئت تحریریه: علاوه بر عضوهای کنونی هیئت تحریریه، از آقایان دکتر عزت الله ارضی، دکتر ابوالقاسم قلمسیاه، دکتر حسن عزیزی، غلامعلی محمودزاده، امیر بیژن عدالت نیز به عنوان عضوهای هیئت تحریریه در بعضی از شماره های پیشین نام برده شده است.

صفحه آرا و ...: نام آقایان و خانمهای صفحه آرا، رسام، مدیر فنی و هنری، مسؤول گرافیک در پنجاه شماره رشد به ترتیب عبارت است از (محمد پریسای، علی نجمی، خالد قهرمانی، میترا و سیمرا و حسین فرامرزی نیکنام، ماکان رزاقی، زهره بهشتی پور، مریم خونساری)

مجله رشد آموزش فیزیک در طی انتشار از همکاری بسیاری از استادان و دبیران و دانشجویان گرامی برخوردار بوده است. امیدواریم که با تدوین فهرست کلی مقالات با نام آنان آشنا شوید.

* * *

مصاحبه و گفت و گو با استادان و مؤلفان کتابهای درسی فیزیک از مطالب جالب و خواندنی رشد آموزش فیزیک است بدین قرار: شادروان حسن مبرهن (شماره ۱۲ ـ ۱۱) ـ شادروان احمد آرام (شماره ۲۲ ـ ۲۱) ـ آقای دکتر ابوالقاسم قلمسیاه (شماره ۲۴) ـ آقای حسنعلی وحید (شماره ۳۱ ـ ۳۰) ـ آقای اصغر نوروزیان (شماره ۴۰) ـ آقای دکتر کمال الدین جناب (شماره ۴۳).

* * *

اگر آگاهی و ایمان به اهداف «رشد» همراه با اخلاص و ایثار نبود کار انتشار مجله به جایی نمی رسید. کوششهای همه کسانی را که از آغاز برای تهیه و تنظیم مقالات و چاپ و امور فنی و انتشار آن بذل همت کردند گرامی می داریم.

انتظار ما این است که با علاقمندی و عنایت دانشجویان و دانش آموختگان فیزیک کشور و حضور بیشتر آنان در آموزشها و پژوهشهای علمی، رشد آموزش فیزیک به مرتبه قابل عرضه و قبول در مقایسه بانشریات علمی ـ آموزشی همتای خود در کشورهای دیگر برسد.

* * *

در تحقق اهداف رشد، همواره سعی بر این بوده است که با تقویت ارکان علمی ـ آموزشی کشور و بیان دیدگاههای دبیران و علاقمندان به آموزش علوم، «رشد آموزش فیزیک» وظیفه و رسالت خویش را انجام دهد.

نکته هایی از پیشگفتارهای پیشین رشد قابل ذکر و توجه است.

* (شماره ۱۰ ـ ۹ پاییز ۱۳۶۶) ـ « ... در کشورهای جهان سوم که اختلاف سطح علمی فوق العاده با کشورهای پیشرفته دارند تا گروهی عالم و آگاه و مؤمن و مخلص و ایثارگر در هر زمینه دامن همت بر کمر نزنند کار بجایی نمی رسد. دنیا با شتاب فوق العاده به حرکت علمی خود ادامه می دهد و ما هنوز ...»

* (شماره ۱۲ ـ ۱۱ بهار ۱۳۶۷) ـ « ... در دنیایی که علم امروز اساس تکنولوژی فرداست و هر تکنولوژی جای خود را به تکنولوژی برتر می دهد سرمایه گذاری برای

آموزش علوم توفیق در تکنولوژی را به دنبال خواهد داشت.
... در دنیای امروز تکنولوژی بدون علم نمی تواند برپا و استوار بماند. برای جلوگیری از اتلاف منابع حیاتی کشور و احیا و اعتلای صنعت آن ناچار باید به آموزش علوم متوسل شویم ...

کشور ما در میان کشورهای اسلامی و جهان سوم دارای مختصات مثبتی است که می تواند پیش آهنگ تجدید حیات تمدن درخشان اسلامی شود ما دارای فرهنگ غنی و سابقه تابناک تمدن قدیمی هستیم. سرزمین ما به اندازه کافی صاحب منابع گرانبها، خاک وسیع و حاصلخیز، جمعیت پر توان و مردم هوشیار است. ایثار و فداکاری و شجاعت جوانان ما در انقلاب شکوهمند اسلامی و جنگ چند ساله اخیر موجب تحسین دنیاست. هم اکنون هزاران تحصیلکرده ایرانی در مراکز علمی دنیا با افتخار و سرافرازی به امور علمی مشغولند.

پشتوانه تعالیم عالیه اسلامی و نظیر بسیاری از عوامل که برشمردیم می تواند برای ملت ایران زمینه «تولدی دیگر» را در عرصه علم فراهم سازد ...»

* (شماره ۱۴ ـ ۱۳ پاییز ۱۳۶۷) ـ « ... زندگی امروز جامعه با تکنیک پیوند خورده است. کشاورزی و دامداری و صنایع نظیر آنها بدون توسل به ماشین آلات و وسایل فنی نو قابل دوام و توسعه نیست. شاید تصور می شد که اگر با صنعت «مونتاژ» آشنا شویم کم کم به ساخت و تولید «وسایل مُشابه» قادر خواهیم بود. تجربه سالهای اخیر نشان داد که این «جامه عاریت» اگر فرسوده شد رنج مضاعف خواهیم داشت که «کهن جامه» خویش نیز از دست داده ایم.

صنایع کشاورزی و سنتی نیز که قرنها پابرجا بود به یمن مقدم «صنعت مونتاژ» کم کم به زوال گرایید و در بسیاری از رشته ها محو و نابود شد ...»

* (شماره ۱۶ ـ ۱۵ بهار ۱۳۶۸) ـ « ... در بسیاری از کلاسهای دبستانی ما روش سنتی «مکتب خانه ای» برقرار است. معلم متکلم وحده و فعال است و بدون اینکه دست و پنجه کودک با کار و مهارتی آشنا گردد انبان حافظه اش پر می شود ... برای پیشرفت بیشتر دانش آموزان در رشته های علمی باید نظام آموزش و پرورش ـ هدفها و برنامه های کتب درسی و روش آموزش به طور مناسب و مستمر مورد تجدیدنظر قرار گیرد. لازم است که آموزگاران و دبیران ما با روش آموزش علوم کشورهای پیشرفته آشنا شوند و تنها آموزش و پرورش می تواند مقدمات انجام این مهم را فراهم سازد. ایجاد ارتباط مداوم بین معلمان هر رشته علمی و تبادل نظر آنان برای اطلاع از آراء یکدیگر نیز در این راه مفید خواهد بود ...»

* (شماره ۱۸ ـ ۱۷ پاییز ۱۳۶۸) ـ « ... به دلیل نیاز شدید دانش آموزان، از کثرت و گوناگونی جزوه ها و حل المسأله ها و پاسخنامه های چاپی، پلی کپی، زیراکس، آشفته بازار عجیبی برپا شده است. تنها برای کتاب مکانیک سال چهارم ریاضی ـ فیزیک حدود بیست نوع کتاب کمک درسی و پاسخنامه و حل المسأله با مؤلفان و چاپهای متنوع دیده می شود. نام ناشران و نویسندگان این گونه کتابها اغلب مستعار و ناشناخته است. در تدوین و تنظیم مطالب آنها هم رعایت امانت و احساس مسؤلیت کمتر دیده می شود. ... تنها راه چاره این است که دستگاههای مسؤول آموزش کشور نیاز دانش آموزان و علاقمندان را در حد قابل قبول برآورده سازد ...»

* (شماره ۲۲ ـ ۲۱ پاییز ۱۳۶۹) ـ « ... می گویند اشرف افغان مقتول، ۱۱۴۲ هـ. ق و یکی از دوستان دوران کودکی او قرار گذاشته بودند که اگر هر یک از آن دو به مقامی برسد به دیگری شغل مهمی اعطا کند. اشرف وقتی سلطنت صفویه را منقرض و اصفهان را تسخیر کرد به دوستش گفت هر شغلی را که می خواهی بگو تا به تو بدهم. دوست اشرف گفت می خواهم «*رئیس العلما*» باشم که دارای احترام فراوان است. اشرف به صدر اعظم خود دستور داد فرمان رئیس العلمایی را برای دوستش صادر کند. صدر اعظم گفت این آقا سواد ندارد تا بتوان فرمان رئیس العلمایی را درباره او صادر کرد. اشرف گفت اشکالی ندارد یک «*فرمان سواد*» هم برای او صادر کن. مسائل مختلف اجتماعی مانند حلقه های زنجیر با هم در ارتباطند و نمی توان به طور مجرد، تنها به مسائل آموزشی و فرهنگی پرداخت بی آنکه از مسائل اقتصادی و اجتماعی سخن به میان آورد. کشورهای پیشرفته گره این دشواریها را با سر انگشت تدبیر گشوده اند و دلیلی ندارد که ما قادر به حل مشکلات نباشیم ...»

* (شماره ۲۹ ـ ۲۸ تابستان ۱۳۷۱) ـ « ... واحدی کردن دروس متوسطه، مسأله ای دقیق و مشکل و قابل تأمل است. اگر واحدهای درسی اجباری باشد فقط تغییر در عنوان است و اگر اختیاری باشد حتماً دانش آموز به راهنما نیاز دارد. با توجه به تعداد کثیر دانش آموزان متوسطه به مشکل کمبود دبیر، مشکل کمبود معلم راهنما نیز اضافه می شود. نکته مهم این است که دانش آموزان در سن و سالی نیستند که در انتخاب واحد کفایت لازم را داشته باشند.

با توجه به واحدهای متفاوت درسی که دانش آموزان می پذیرند، بافت سنتی حضور دبیران در مدارس به کلی به هم می خورد. بنابراین ادارات آموزش و پرورش با مسأله تازه ای که حل آن آسان هم نیست برخورد خواهند کرد.

برای تنظیم امور دروس واحدی و اجرای آئین نامه های امتحانی آن، دستگاه اداری وسیع تر و هزینه بیشتری لازم است. علاوه بر آن برای تجدید نظر و تعویض واحدها عموماً مدت زمانی منظور می شود. با توجه به اقتضای سن دانش آموزان، این خود نیز موجب تلف شدن وقت است و خالی از اشکال نخواهد بود ...

فراموش نکنیم که ما در کشوری پهناور با شرایط و اوضاع اقتصادی و اجتماعی و سنتی بسیار متفاوتی زندگی می کنیم. قطعاً در نظام جدید آموزش و پرورش، این تفاوتها و همه مشکلات دیگر و راه های برطرف کردن آنها مورد دقت و توجه خاص قرار گرفته است.»

* (شماره ۳۲ بهار ۱۳۷۲) ـ « ... نباید تصور کنیم که با وارد کردن ماشین آلات صنعتی از خارج و خرید انبوه کامپیوترها و وسائل رنگارنگ الکترونیکی دردهای جامعه چاره خواهد شد. علم و تکنیک پا به پای یکدیگر به پیش می روند. *صنعتی که متکی به علم نباشد حاصلی نخواهد داشت*. علوم پایه، اساس تکنولوژی پیشرفته جدید را تشکیل می دهد. پیش از همه باید برای آموزش علوم، از دبستان تا آخرین مراحل دانشگاهی بودجه و برنامه مناسب در نظر بگیریم. بعضی از عوامل منفی در راه پیشرفت آموزش و پژوهش علوم در ایران به اختصار عبارت است از:

جاذبه شغلهای پردرآمد در مقایسه با تحصیل در رشته های علمی ـ کمبود ابزار و لوازم و نشریات لازم علمی ـ عدم تبادل مستقیم اطلاعات علمی ـ کافی نبودن تعداد پژوهشگر ـ معلوم نبودن زمینه مشخص تحقیق ـ فرار مغزها ـ ناآشنایی به کارهای گروهی در علوم ـ نداشتن اطلاعات و آمار دقیق از نیازهای اساسی کشور ـ فدا کردن کیفیت با افزایش گیج کننده تعداد دانشگاهها و دانشجوها ـ مدرک گرایی که هر روز تنور آن گرم تر می شود ...»

* (شماره ۳۳ تابستان ۱۳۷۲) ـ « ... در حالی که بسیاری از خانواده ها با داشتن فرزندان مستعد از پرداخت هزینه های معمولی و متعارف عاجزند، دانش آموزانی از طبقه پردرآمد با صرف هزینه های سرسام آور و به کارگیری معلمان خصوصی متعدد به دانشگاه ها راه می یابند. این افراد هم راه را بر فرزندان مستعد مملکت می بندند و هم خود تحصیلکرده های شایسته ای برای کشور نخواهند بود. و این مسأله یکی از مشکلهای اجتماعی جامعه ماست. ***اگر امروز با تجهیز و اصلاح و تقویت مدارس به حل آن اقدام نکنیم فردا دیر خواهد بود. ...»***

* (شماره ۳۹ـ۳۸ زمستان ۱۳۷۴) ـ « ... نظام آموزشی و به خصوص گزینش دانشگاهی ما در طریقی سوق داده شده است که عموماً خانواده ها نگران گذر فرزندان خود از هفت خوان کنکور و تحصیلات دانشگاهی هستند.

اعلانهای فراوان در رسانه های عمومی و آگهی های رنگین بر در و دیوار شهر برای انواع آموزشهای امتحانات ورودی دانشگاهها نشان می دهد که ... بازار کلاسهای مجاز و غیر مجاز خصوصی و نیمه خصوصی و تقویتی و تضمینی با سند محضری و یا با تعهد چک و سفته پر رونق تر می شود. مطابق آگهی های چندستونی روزنامه های کثیر الانتشار کلاسهای «تست زنی حضوری» و «تست زنی مکاتبه ای» و از همه عجیبتر و تأسف بارتر ***«کلاسهای تست زنی حدسی»*** نیز به این مجموعه اضافه شده است. بی تردید این آشفته بازار نشان می دهد که آموزشگاهها ودبیرستانهای ما کارآیی لازم و کافی را برای آماده سازی دانش آموزان ندارند ...»

* (شماره ۴۰ بهار ۱۳۷۵) ـ « ... حمله خانمانسوز مغول و یورش تیموریان و هجوم سایر همسایگان متجاوز ایران، ضربه های بسیار شدید و توان سوز بر فرهنگ کشور ما وارد ساخت. قتل عام و غارت و سوزاندن و ویران کردن شهرها وکتابخانه ها موجب شد که صدها مدرس و ادیب و دانشمند کشته شوند. هزاران جلد کتاب نفیس و قرنها تحقیق و تفکر از بین برود و دوره تنزل و انحطاط آغاز گردد.

در چنین دورانی نهضت بزرگ علمی و فرهنگی اروپا همزمان با حکومت صفویه (۱۱۴۸ـ۹۰۵ هـ. ق) پدید آمد. کشور ما به جای همگامی با پیشرفتهای علمی اروپا گرفتار جنگ و جدال بی حاصل مذهبی، مناقشات بیهوده کلامی گردید و پس از آن هم، وجود حکومتهای خودکامه داخلی، دخالت استعمارگران خارجی، نبودن محیط مناسب علمی، امتناع از تحصیل علوم طبیعی و ریاضی و غفلت و بی خبری کار را به جایی کشانید که ... ایران در زمینه علوم پایه حتی در میان کشورهای جهان سوم در رده مطلوبی قرار نگیرد ...»

* (شماره ۴۲ زمستان ۱۳۷۵) ـ « ... معلمان و استادان از بی دقتی و آسان طلبی و کم توانی دانش آموزان و دانشجویان در ادراک مفاهیم علمی شکایت دارند. در بعضی از رسانه ها از دانش آموزان و افرادی نام برده می شود که مدعی کشف قوانین جدید علمی هستند و با جعل مدارک خود را برنده مدال در مسابقه بین المللی معرفی می کنند. گاهی دیده می شود که پدران و مادران با صرف هزینه و به کار گرفتن معلم اصرار دارند فرزند خود را با هر ترتیبی داخل مرکز تیزهوشان کنند ... بی گفتگو باید به حل «مسأله جوانان» بهای بیشتری بدهیم ...»

* (شماره ۴۴ پاییز ۱۳۷۶) ـ « ... تحولات چند دهه اخیر نشان می دهد که امروز کشورها دیگر نمی توانند تنها بر منابع زیرزمینی و امکانات طبیعی خود تکیه کنند، چراکه به رغم افزایش سرسام آور قیمت محصولات ساخته شده، قیمت مواد خام نه تنها افزایش نیافته که کم شده است. و این نیست بجز نیاز کشورهای صاحب این مواد به فروش آنها به هر قیمت برای تأمین نیازهای اولیه خود.

امروز سرمایه واقعی هر کشور را نیروی انسانی متخصص آن کشور تشکیل می دهد. این نیروی متخصص می تواند از امکانات خود به بهترین نحو بهره گیرند و با تبدیل مواد خام به محصولات مورد نیاز ارزش افزوده آنها را بالا برند. ***در اینجاست که وظیفه سنگین معلمان آشکار می شود ...»***.

* (شماره ۴۷ تابستان ۱۳۷۷) ـ « ... هنوز جالب ترین اخبار علمی در رسانه های ما مربوط به کشف نوابغ خردسالی است که یک شبه ره صد ساله پیموده اند ... در این راستا شاهد بودیم که جنجال فراوان درباره جوان نابغه ای برپا شد که مدعی تحصیل در مقطع فوق تخصصی مغز و اعصاب و ... تسلط بر چند زبان خارجی ... بود و در بررسی بیشتر معلوم شد که حتی دبیرستان را به پایان نرسانیده است ... امروز کشور ما بیش از هر چیز نیازمند خردگرایی است و رسانه های ما باید مبلغ آن باشند و دیدگاه علمی صحیحی را به افراد جامعه ارائه کنند ...»

* (شماره ۴۸ پاییز ۱۳۷۷) ـ « ... امروزه توسعه یک مفهوم کلی است که تمام زمینه های اقتصادی، سیاسی، علمی و فرهنگی را دربرمی گیرد و حصول هر یک از آنها بدون توجه به جنبه های دیگر امکان پذیر نیست. در این راستا گام اول در راه توسعه، آموزش صحیح به افراد جامعه است تا به طور صحیح و منطقی به رویدادها بنگرند که در اطرافمان به وقوع می پیوندد.»

* (شماره ۴۹ زمستان ۱۳۷۷) در این شماره و شماره ۴۶ بهار ۱۳۷۷ شعار کنونی وزارت آموزش و پرورش با عنوان ***«مدرسه محوری»*** به تفصیل مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

* * *

مجله رشد آموزش فیزیک از استادان و فیزیک پیشه گان و همه علاقمندان به آموزش علوم در کشور انتظار دارد که این نهال را که با همت گروهی مشتاق کاشته و بالنده شده است با عنایت و نقد و راهنماییهای خود بارور و نارساییهای کوششهای بی دریغش را با بذل مساعی و تواناییهای خود برطرف سازند.

چه عاملی باعث نوسان می شود؟
تجربه آموزشی در مورد ویژگی های نیرویی که باعث نوسان می شود[1]

جهانگیر ریاضی

چکیده: در این بحث ویژگی های نیرویی که عامل حرکت نوسانی است بررسی و با ذکر چند مثال، توضیح داده می شود که این نیرو همواره از قانون معینی پیروی می کند و تنوع حرکت نوسانی ساده اثری در قانون کلی ندارد.

مقدمه: نیرویی ثابت که مستقل از هرگونه متغیر مکانی باشد نمی تواند منشاء نوسان باشد زیرا حرکت نوسانی ساده دارای طبیعتِ رفت و برگشتی در اطراف وضع تعادل است و این حرکت نمی تواند پیامد تأثیر نیروی ثابت باشد. به طور کلی نیرویی که عامل نوسان باشد دارای دو ویژگی است:

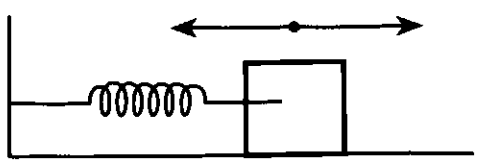
الف) طبیعت بازگرداننده داشته باشد.

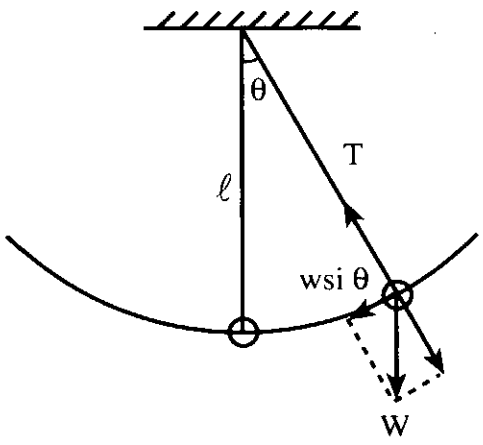
ب) تابعی از یک متغیر مکانی باشد.

در مثالهای زیر وابسته بدون نیرو به متغیر مکانی (x یا y) نشان داده می شود.

بحث در مورد مثالهای حرکت نوسانی ساده:

۱ـ جرم m تحت اثر نیرویی که از ویژگی کشسان فنر ناشی می شود نوسان افقی انجام می دهد و نیرو در هر نقطه متناسب با فاصله از وضع تعادل است. $F=-kx$



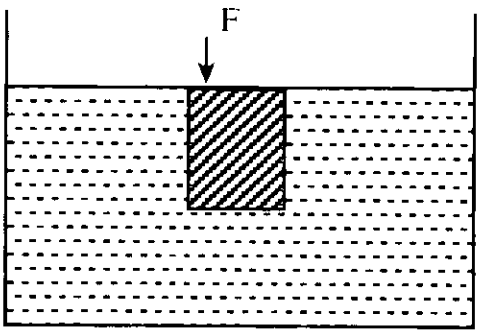


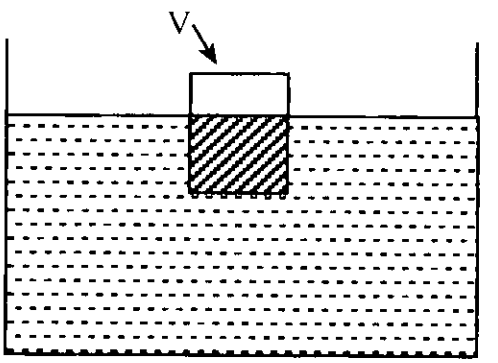
۲ـ نوسان سادهٔ آونگ: اگر عامل نوسان را نیروی گرانش بدانیم می توان پرسید: نیرویی که متغیر نباشد چگونه منشأ نوسان است؟ مؤلفه $mg\sin\theta$ در هر لحظه مماس بر مسیر است و بر حسب تغییر θ، می تواند تغییر کند. پس این مولفه دارای سرشت متغیر و بازگرداننده است و می تواند عامل نوسان باشد.

$$\left.\begin{array}{l} F=mg\sin\theta \\ \sin\theta\simeq tg\theta=\dfrac{x}{l} \end{array}\right\} \Rightarrow F=-mg\frac{x}{l}\rightarrow F=-(\frac{mg}{l})x$$

$$\rightarrow F=-kx$$

یعنی F متغیر مکانی x است که در آن $K=(\frac{mg}{l})$ ثابت نوسان است.





۳ـ نیرویی مانند F قطعه چوب شناور را به حالت غوطه ور در می آورد. (F در امتداد قائم بطرف پائین بر چوب اثر می کند. حذف ناگهانی F می تواند باعث حرکت نوسانی قائم چوب شود. نیروی F متناظر با نیروی ارشمیدس ناشی از شناور شدن بخش خارجی جسم (V') در مایع است. تغییر حجم V' در اثر بالا و پائین رفتن قطعه چوب، منشاء نیرویی متغیر است.

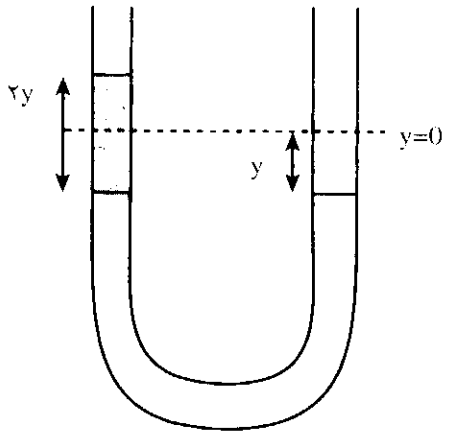
$f = F = \rho_l V'g = \rho_l (Ay)g \Rightarrow$ نیروی ارشمیدس

$$F = -(\rho_l Ag)y \Rightarrow F = -ky$$

همان طور که مشاهده می شود نیرو، تابع متغیر مکانی y با ضریب ثابت $k = \rho_l Ag$ است. دوره این حرکت

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\rho_l Ag}}$$

خواهد بود.



۴ـ مایع درون لوله U شکل را می توان در اطراف وضع تعادل اولیه به نوسان واداشت. برای این منظور می توان در یک شاخه لوله دمید، تا اختلاف سطح در دو شاخه ایجاد شود. قطع ناگهانی دمیدن می تواند منشأ این حرکت نوسانی باشد. ستونی از مایع به ارتفاع (۲y) در شاخه چپ نشان داده شده است. این ستون بر اثر وزنش حرکتی رفت و برگشتی در اطراف وضع تعادل ($y = 0$) انجام می دهد.

$$F = W = mg = \rho vg = \rho(A.2y)g = \rho(\pi r^2)(2y)g$$

$$F = -(2\pi r^2\rho g)y \Rightarrow F = -ky$$

رابطهٔ مقابل نشان می دهد که نیرو متناسب با y تغییر می کند ضریب ثابت نوسان $k = 2\pi r^2\rho g$ است (r شعاع داخلی لوله و ρ چگالی مایع است).

علامت منفی در کلیه روابط، دال بر بازگرداننده بودن نیرو است.

نتیجه گیری: نیرویی که باعث نوسان می شود، دارای سرشت بازگرداننده بوده و همواره تابع یک متغیر مکانی مانند x و y است. (فاصله از وضع تعادل). این قانون به صورت کلی $F = -kx$ یا $F = -ky$ بیان می شود.

مفید است: دانش پژوهان مثال های دیگر از حرکت نوسانی را در طبیعت جستجو و سعی کنند قانون بالا را در موارد متنوع، نتیجه گیری کنند.

مراجع:

1. College Physics 7/ed FREDERICK. J. BUECHE Chapter 11

2. University Physics MARK.W.Zemansky. FRANSIS W.SEARS Chapter 13

مهارت موسیقایی یک بطری نوشابه

مارک سیلورمن و الیزابت ورتی ●

مدلسازی فیزیکی از طریق همانند سازی

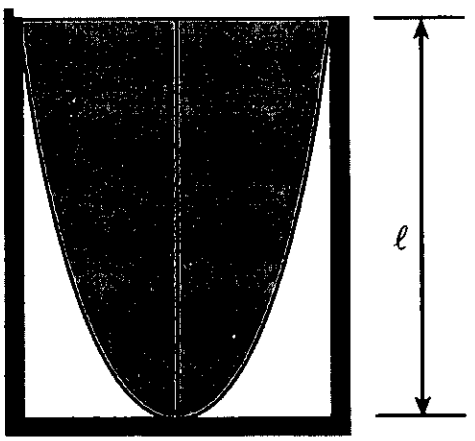
در طنز شاد و بی پروای آفریقایی «خدایان باید دیوانه باشند» یک بطری نوشابه که بر اثر سهل انگاری از کابین خلبان یک هواپیما به بیرون پرتاب شد بود، در میان خانواده دورافتاده ای از قبیله بوشمن که پیش از آن هیچگاه با محصولاتی که ثمره تمدن بودند آشنایی نداشتند فرود آمد. این خانواده کاربردهای بسیاری برای این هدیهٔ «آسمانی» یافتند که جالب ترین آنها به عنوان یک آلت موسیقی بود. «تا وقتی که راز بطری آشکار شود ویژگیهای کمتر خوشایندی به بطری نسبت داده می شد و بنابراین بوشمن چاره جو رنجهای بسیاری را متحمل شد تا این هدیه را بازگرداند و بدین طریق آسودگی خاطر خویشتن را فراهم سازد».

نویسندگان این مقاله همچنین در نظارت بر یک پروژه مربوط به دورهٔ فیزیک مقدماتی که بر اساس اصول خودآموزی تدریس می شد دریافتند که یک بطری نوشابه (یا به طور دقیق تر چیزی در حدود ۱۰ بطری که حاوی حجمهای مختلفی از آب می باشند) در واقع یک آلت موسیقی بسیار عالی را تشکیل می دهند. شاید شگفت آور باشد که برای چنین ساختار به ظاهر ساده ای، به هیچ وسیله ای نمی توان صداهای بطری را به آسانی توجیه کرد. جالب است که این موضوع برای نویسندگان نیز به مانند بوشمن در پرده ابهام مانده است.

اصوات و مدارها

برای بهره برداری از ویژگیهای موسیقی بطری نوشابه به عنوان یک تشدید کننده آکوستیکی، باید رابطه بین بسامد پایه (f) و طول ستون هوا (ℓ) را پیدا کنیم. بر خلاف تقارن استوانه ای بطری این مسأله کار دشواری است و در محدوده نوشته های فیزیک مقدماتی که ما مورد بررسی قرار می دهیم، دربارهٔ موضوعهایی که فراتر از توصیف هندسی امواج ایستاده محوری در لوله های با سطح مقطع ثابت باشد بحثی مطرح نمی شود. همانطور که در شکل (۱) نشان داده شده است برای یک لوله که یک انتهای آن بسته شده است (مانند بطری نوشابه) هر مد طولی یک گره جا به جایی در انتهای بسته و (با تقریب خوبی) یک شکم جابجایی در انتهای باز دارد بنابراین مد پایین ترین بسامد طول موجی برابر با $\lambda = \frac{1}{4}\ell$ دارد که مستقیماً از آن نتیجه می شود بسامد پایه برابر است با

$$f = \frac{V_s}{4\ell} \qquad (1)$$



شکل (۱) مد اصلی یک لوله ارگ با یک انتهای باز

که V_1 سرعت صوت (۳۴۴ m/s در فشار ۱ جو و دمای ۲۰°C است) در هواست.

از روی شکل بطری نوشابه که در شکل ۲a نشان داده شده است، ممکن است این تصویر پیش بیاید که لوله ارگ شکل (۱) مدل مناسبی برای پیش بینی بسامد پایه باشد. به هر حال این مورد بسیار متفاوت از آن است. با وجود این یک رهیافت نسبتاً ساده که در آن از حل معادله های دیفرانسیل نظریه موج خبری نیست، از همانندی بین یک تشدیدگر آکوستیکی و تحلیل اجزاء مدار ac که از قبل با آن آشنا هستیم به دست می آید. تحلیل جامع سیستم های آکوستیکی به همان معادله هایی می انجامد که از نظریه مدارهای ac هنگامی که طول تک تک اجزاء در مقایسه با طول موج صوت کوتاه هستند به دست می آید. توجیه این ادعا به هیچ وجه بدیهی نیست، امّا در کتابهای پیشرفته آکوستیک نظری نشان داده شده است. از چنین مقایسه ای در می یابیم که الف) فشار پیمانه ای (اختلاف فشار هوای واقعی و فشار حالت تعادل) در سیستمهای آکوستیکی متناظر با ولتاژ در یک نقطه از مدار است.

ب) جریان هوا (زمان/حجم) از داخل یک سوراخ متناظر با جریان الکتریکی است.

ج) یک لوله کوتاه باریک به طول l_1 (یک دهانه) با سطح مقطع S_1 معادل با القاییدگی است (به عنوان مانسته القاییدگی بیان می شود)

$$La = \frac{\rho l_e}{S_1} \qquad (۲\text{ـ الف})$$

که ρ چگالی هوا است (۱/۲ kg/m³ در فشار lat، ۲۰°C)

د) یک لوله گشاد (Tank) به طول l_t و سطح مقطع S_t معادل یک خازن است.

$$C_a = \frac{S_t l_t}{\rho V_1^2} \qquad (۲\text{ـ ب})$$

ه) تابش صوت (با بسامد زاویه ای ω) که از دهانه باریک لوله به فضای آزاد باز می شود مانسته مقاومت پایانه است.

$$Ra = \frac{\rho \omega^2}{2\pi V_1} \qquad (۲\text{ـ ج})$$

اصلاح دیگری را نیز باید انجام دهیم تا مدل ما بیشتر بر واقعیت منطبق باشد. برای اینکه شکلهای یک موج ایستاده در داخل یک لوله واقعاً کمی بالاتر از انتهای باز قرار می گیرند و ما باید le در معادله (۲ـ الف) را با طول مؤثر

$$le = le + 0/8\sqrt{Sc} \qquad (۳)$$

جایگزین کنیم. این تصحیح که برای مخازن بسیار بزرگتر لازم نیست نشان می دهد که حتّی یک روزنه تخت ($le = 0$) مانند یک خود القا است.

با استفاده از روابط قبل می توانیم صورتهای متنوعی از سیستمهای آکوستیکی از قبیل (بطری، شیپور، نی، تار، بلندگو و غیره) بر حسب همانند الکتریکی آنها مدلسازی کنیم.

مدل مدار ac بطری نوشابه

با تقریبی که برای اهداف این مقاله مناسب است، بطری نوشابه شکل (۲ الف) متشکل از یک گردن کوتاه است که در داخل یک مخزن بلندتر فرو رفته است، و به عنوان تشدیدگر هلمهولتز معروف است دمیدن در دهانه بطری هوای داخل آن را به ارتعاش درمی آورد، امّا تنها آن ارتعاشاتی که در محدوده بسامد تشدید بطری هستند تقویت می شوند. اگر دوباره در بطری فوت کنیم اصولاً این نُت پایه است که می شنویم و تنها این نت است که ما می خواهیم آن را پیش بینی کنیم. اگر اتلاف انرژی در انتهای باز و دیواره ها را نادیده بگیریم، بطری می تواند با استفاده از مدار ac شکل (۲) که از یک خازن با ظرفیت (C) و یک القاگر با القاییدگی (L) به طور سری با یکدیگر تشکیل شده است، مدلسازی شود.

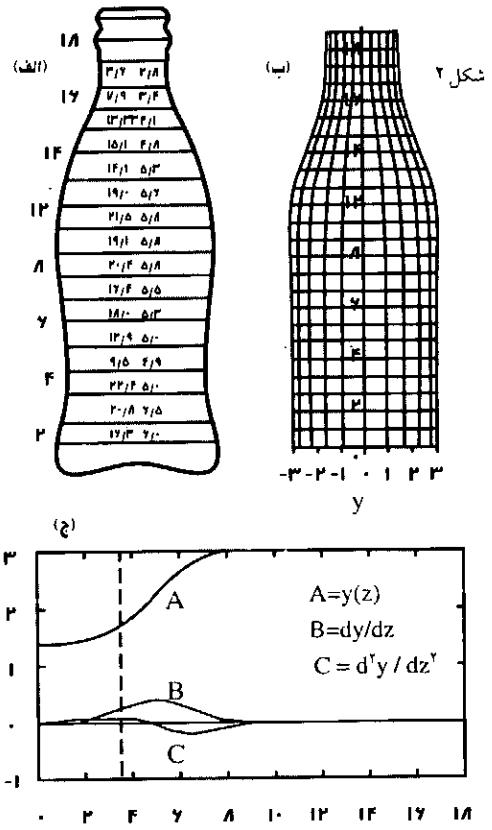
چنین مداری یک مقاومت ظاهری $Z = i(X_c - X_l)$ را نشان می دهد که

$$X_c = \frac{1}{\omega C} \qquad (۴\text{ـ الف}) \text{ واکنایی ظرفیتی است}$$

$$X_l = L\omega \qquad (۴\text{ـ ب})$$

واکنایی القایی برای سیگنال هماهنگ، با بسامد زاویه ای ω است. بنابراین از روابط (۲ـ الف) و (۲ـ ب) نتیجه می شود که Z در بسامد تشدید مدار که با $X_L = X_C$ داده می شود، صفر می شود، یا

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (۵)$$



شکل ۲

شکل (۲) الف) مقیاس رسم یک بطری نوشابه با سه مجموعه از مشخصات عددی (از چپ به راست) ستون هوای داخل بر حسب cm، حجم آب بخش استوانه بر حسب $cm^3 = ml$ و قطر بطری بر حسب cm.

ب) تولید بطری نوشابه از یک خم تانژانت هیپربولیک

ج) تغییر بر حسب طول در امتداد بطری مولد و مشتقات اول و دوم

با جایگزین کردن روابط (۲ـالف) (۲ـالف) و (۲ـب) (۲ـب) در معادله (۵) و طول موثر (۳) برای همانند آکوستیکی آن به رابطه زیر برای بسامد پایه بطری استوانه ای می انجامد.

$$f = \frac{Vs}{2\pi}\sqrt{\frac{S_c}{S_t \ell_e \ell_t}} = \frac{V_s}{2\pi b}\frac{1}{\sqrt{(\ell_c + 0/8a\sqrt{\pi})\ell_t}} \qquad (۶)$$

که a و b به ترتیب شعاعهای دهانه و ته (کف) بطری هستند. چون a و b و ℓ_c پارامترهای ثابت برای یک بطری خاص اند. معادله (۶) بسامد پایه را بر حسب طول مخزن $\ell_t = \ell - \ell_c$ بیان می کنند که در آن ℓ طول کامل ستون هواست. بنابراین بر خلاف رابطه (۱) برای لوله ارگ با قطر ثابت که در آن $f \alpha \ell^{-1}$ است، مد پایه بطری باید به صورت $(\ell - \ell_c)^{\frac{-1}{2}}$ تغییر کند. اکنون بطری نوشابه که شعاع آن به طور ملایم از دهانه ($a \simeq 1/2400$) تا کف آن ($b \simeq 3\ cm$) تغییر می کند دقیقاً یک تشدیدگر هلمهولتز (که از لحاظ فن آوری از دو لوله متصل به هم هر کدام با شعاع ثابت تشکیل شده است) نمی باشد. بنابراین چگونه باید مشخص کرد که کجا، قسمت باریک به پایان می رسد و مخزن آغاز می شود؟ یک قانون خوب که از طریق آزمایش معادله هایی را که بیانگر انتشار موج در بطری است تأیید می کند به صورت زیر است:

طول ℓ_c را فاصله از دهانه تا نقطه ای بگیرید که مشتق دوم شکل بطری در آن بیشینه باشد به طور مختصر معادله موج برای صوت تولید شده به وسیله بطری با معادله مشابه مربوط به ارگ، تنها در یک جمله که شامل این مشتق دوم است تفاوت دارد که اگرچه از نظر اندازه کوچک است وعملاً، تنها برای قسمت کوچکی از طول بطری قابل استفاده است، این جمله عامل اصلی تفاوت بین بطری و لوله ارگ است.

برای درک بهتر به شکل (۲ ب) نگاه کنید که شبیه سازی ریاضی بطری نوشابه را که با چرخاندن خم (با شعاع y و طول z بر حسب cm)

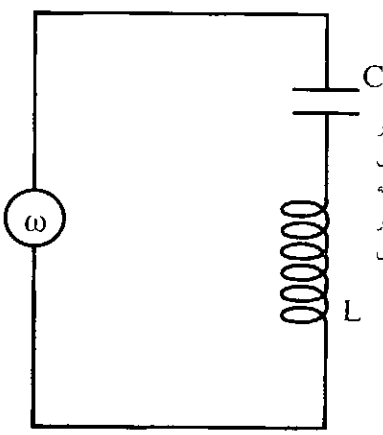
$$y(z) = 1/6 \tanh\left(\frac{(Z-18)^3}{316}\right) + 1/4$$

حول محور تقارن به دست می آید را نشان می دهد.

به غیر از یک فرو رفتگی کم عمق (سطحی) آکوستیکی ناچیز در شکل (۲ـالف) مولد (۷) نمایش مناسبی از اندازه و شکل بطری نوشابه را به دست می دهد. ما از طریق آزمون و خطا به معادله (۷) رسیدیم که بر اساس «اصل سادگی» به منظور انتخاب ساده ترین خمی که گذر همواری از دهانه به انتهای بطری انجام می دهد هدایت می شد. منحنی به شکل مورد نظر تقریباً از طریق تابع تانژانت به دست آمد و توان

سوم شناسهٔ آن بهترین خمیدگی مربوط به بطری را در منطقه بحرانی که در آن دهانه باریک به مخزن متصل می شود تولید کرد.

شکل ۲ـ ج تغییر مولد (خم A)، مشتق دوم آن (خم- B) و مشتق سوم آن (خم- C) را بر حسب طول نشان می دهد. مکان مقدار مثبت منحنی C مقدار $\ell_1 \simeq 3/5cm$ را تعیین می کند.



شکل (۳) نمودار مدار سری LC که بطری نوشابه از روی آن به عنوان تشدیدگر هلمهولتز مدلسازی می شود.

با جایگزین کردن پارامترهای قبلی بطری نوشابه و سرعت صوت در هوا در دمای اتاق در معادله (۶) رابطه نهایی زیر برای f بر حسب ℓ به سانتی متر بدست می آید.

$$f = \frac{1089}{\sqrt{\ell(cm) - 3/5}} HZ$$

«صدای نوشابه»

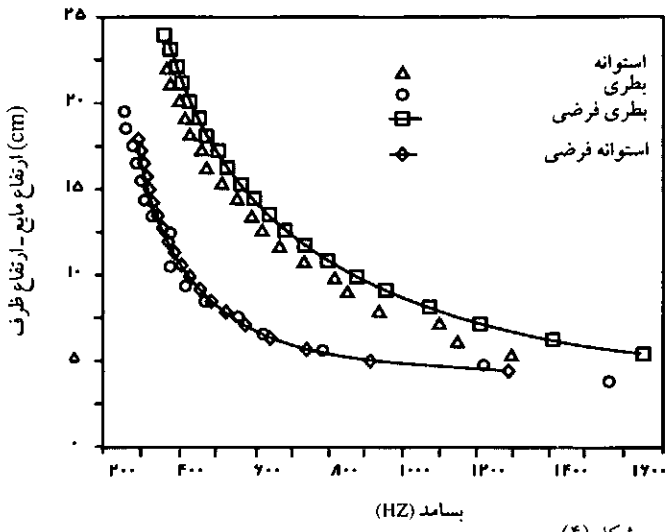
برای آزمون دقت پیش بینی این مدل معادله های ۶ـ ۸ بسامد نت های بدست آمده را با دمیدن (فوت کردن) در دهانه بطری را که با سطوح مختلفی از آب پر شده بود اندازه گیری کردیم. برای اینکه حالت خانگی آزمایش را حفظ کنیم به طوری که بتوان آن را در خارج از آزمایشگاه با وسایلی که به آسانی در دسترس است، انجام داد، بسامدهای تشدید بطری را با استفاده از یک کوک کننده گیتار که با یک پیانو کوک شده مدرج شده بود اندازه گرفتیم و به دنبال سطحهایی از آب بودیم که کوک کننده نت های استاندارد را ثبت می کرد که سپس به بسامد متناظر تبدیل می شد ارتفاع با دقت حدود ۱cm ± ۰/ قابل اندازه گیری بود و عدم قطعیت با استفاده از بازه های اندازه گیری کوک کننده گیتار برآورد شده که کمتر از $(1 - \frac{1}{2^{28}})$ ضربدر بسامد C وسط یا تقریباً ۴HZ بود. شکل (۴) نتایج این آزمایشها را خلاصه می کند، نتایج برای بطری نوشابه و یک استوانه مدور قائم که یک انتهای آن بسته شده است نشان داده شده است. از روی شکل به سهولت دیده می شود که بسامدهای مشاهده شده مربوط به بطری نوشابه بخوبی با مدل تشدید کننده مدار ac سازگار است و اینکه در نظر گرفتن بطری به عنوان لوله ارگ کاملاً با آزمایش ناسازگار است، اگرچه خمیدگی بطری نوشابه تقریباً کوچک است. (شکل ۲ـ ج را ببینید).

برای خواننده ای که به موسیقایی بودن بطری علاقه مند است ما در اینجا سطوح مختلف آب بر حسب (cm) را که برای تولید نت های مختلفی مربوط به آهنگ های مختلف مشهور لازم است ثبت کرده ایم. مطرح کردن بحث کلی درباره اثرات محیطی روی نتهای بطری نوشابه در اینجا میسر نیست، اما دما آن قدر مهم است که مختصراً به آن اشاره ای شود. در صورتی که همه پارامترهای دیگر ثابت بمانند، افزایش V با دما، ارتفاع صوت بطری را افزایش می دهد. (معادله های ۶ را ببینید). به هر حال افزایش دما، موجب انبساط ظرف شیشه ای و محتوای آب آن می شود و بنابراین طول ستون هوا را تغییر می دهد. چون که ضریب انبساط حجمی آب $(\gamma_{\%} \cdot 2/1 \times 10^{-4})$ بزرگتر از شیشه $\gamma_{\%} 1/1 \times 10^{-4}$ (برای پیرکس) است افزایش دما باید به ستون هوای کوتاهتری بینجامد و بنابراین ارتفاع بلندتری را تولید کند. ما تغییر بسامد را بر حسب دما اندازه گیری کردیم و در مجموع به افزایشی در حدود ۲۲HZ (که تقریباً به فاصله یک نت) در گستره ای بالاتر از $85^{\circ}C$ رسیدیم که تغییری متناظر با افزایش خالص سطح آب در حدود ۱cm است.

چون قطر بطری نوشابه یکنواخت نیست تغییر سطح آب (و در نتیجه طول ستون هوا) که با انبساط حجم همراه است وقتی بطری باریک است نسبت به هنگامی که بطری پهن است نتیجه بزرگتری را دربر دارد. بنابراین تغییرات دمای این ارتفاعها را در اکتاوهای بالا تأثیر خیلی شدیدتری دارد. تا در اکتاوهای پایین تر.

«ملاحظات پایانی»

اگرچه آنچه از فیزیک که اغلب ذهن و تخیل دانش آموز



شکل (۴)

تغییرات تجربی و نظری طول ستون هوا با بسامد هم برای بطری نوشابه و هم استوانه قائم مدور با یک انتهای بسته (در مقیاس نشان داده شده عدم قطعیت در طول و بسامد کوچکتر از نمادهای رسم شده است).

را برمی انگیزد مربوط به قلمرو مسائل ناآشنا (مانند سیاهچاله ها یا کوارکها) است که از حقایق روزمره بسیار دور است. یک فیزیکدان به همان میزان، از آموختن مطالبی که او را قادر می سازد تا دانش خود را درباره چیزهای آشنای روزمره به کاربرد لذت می برد. ما معتقدیم که اگر معلمان بکوشند این لذت مربوط به قدرت اصول عام فیزیکی را که مربوط به چیزهایی که دانش آموزان معمولاً تجربه می کنند اما به ندرت می فهمند منتقل کنند، آموزش فیزیک فوق العاده آسان می شود.

ممکن است معلوم شود، که با وجود آشنایی ما با یک شیء به ظاهر ساده، (که بطری نوشابه چنین موردی است) که بندرت به آن توجهی می شود (مگر از سوی فیزیکدانها) بررسی آن چالش مهیبی است. در چنین نمونه هایی استفاده از همانند سازی، روش نیرومندی است. اگر همانطور که برنده جایزه نوبل پیتر مدارا نوشته است علم حل مسئله باشد، آنگاه در این کار، مدلسازی و بهره برداری از نقاط مشترک در سیستمهای به ظاهر نامشابه به منظور رسیدن به یک شناخت نسبی از پدیده های پیچیده و ابهام برانگیزه ایست به علاوه در این مدل سازی، آنچه به عنوان مدل به کار می رود، لااقل برای کسانی که ناآشنا هستند، می تواند شگفت انگیز باشد.

بدون تجربه قبلی، تعداد کمی از دانشجویان ـ حتی دانشجویان دوره کارشناسی ارشد نیز ـ با دیدن بطری نوشابه، یک تشدید کننده مدار LC را به خاطر می آورند تا مشابه ساختاری آن، ارگ.

اما شباهت به معنای همانندی نیست و آنچه که یک مدل در ملاحظات اولیه حذف می کند هنوز ممکن است به کندوکاو عمیق تری نیاز داشته باشد.

مطالعهٔ مسأله پیش پا افتاده، بطری نوشابه همانطور که سردبیر این مجله چند سال پیش به آن توجه کرد به هیچ وجه کار پایان یافته ای نیست، به عنوان مثال، اگر بطری از پلاستیک نرم بود آنگاه یک تغییر شکل کوچک آن بر اثر فشار دادن نت اصلی را از میان می برد چرا؟ آیا این نتیجه گریز ناپذیر تقارن استوانه ای از میان رفته است؟ خیر، زیرا بطرهای شیشه ای تخت با سطح مقطع خیلی بیضی وار نیز نت های پایهٔ شدیدی تولید می کنند. سعی کنید در یک بطری به این شکل درآورید. مدل ساده تشدیدگر این را توضیح نمی دهد. از سوی دیگر ممکن است این پرسش به ذهن کسی خطور کند که چرا مدل LC به این خوبی عمل می کند. در یک انتظار معما گونه نویسنده سابقه دار در ابتدا بسیار متحیر گشت وقتی دریافت مدلهای ریاضی پیچیده تری که بطری را به عنوان یک خم پیوسته بدون هیچ تقسیم دلخواهی بین گردن و مخزن در نظر می گرفتند، نت های اصلی را با دقت کمتری نسبت به آن مدل خام تشدید کننده با عناصر مداری پیش بینی می کردند، چگونه می تواند این طور باشد؟

پاسخ این پرسشها خارج از حوزه این مقاله است و تنها به این بسنده می کنیم که بگوئیم درک تشدید گرهای با قطر متغیر مانند بطری نوشابه با همه پیچیده گیشان مستلزم مطالعه امواج سه بعدی است که هم شامل مدهای شعاعی و طولی ارتعاشات هوا و هم خواص کشسانی دیواره های ظرف می باشند. تحقیق این مسأله موضوع جالبی است. اما به کسانی که در ریاضی پایه قوی ندارند توصیه نمی شود.

از دید این آزمایش اگرچه دسترسی به رایانه های شخصی مجهز به میکروفون و نرم افزارهای تحلیل صدا، این امکان را فراهم می آورد که خواص آکوستیکی بطریها و تشدیدگرهای ساده دیگر با دقت زیاد مورد کاوش قرار گیرد، راهی سراسر شگفتی در آموزش درباره امواج و ارتعاشات در سیستمهای آشنا وجود دارد که اسرار آنها هنوز به پایان نرسیده است.

° Mark P. Silverman

مارک پ سیلورمن استاد فیزیک در دانشگاه ترینتی در سنین پروهشی آزمایشگاه تحقیقاتی پیشرفته هیتاچی در (توکیو) و پروفسور (پاریس) است. در بین تحقیقات جاری او تداخل سنجی الکترون ویراش نور در محیط آشفته و فیزیک غیر معمول اشیاء معمولی جلب توجه می کنند آخرین کتاب او امواج و ذرات (دانه ها) باز تابش روی نور و آموختن به زودی توسط مطبوعات دانشگاه Pneton در ماه مارس منتشر می شود.

قسمت فیزیک و نجوم دانشگاه Trint

Elizabeth R. (liz) Worty

«الیزابت آر ورتی» دانشجوی دوره کارشناسی عصب شناسی در دانشگاه Trinty است جایی که او کاپیتان تیم دو و ویراستار ویدئویی مجله Trinc. II نیز هست در ضمن ادامه دادن رشته علم عصب شناسی تا مقاطع پیشرفته او قصد دارد نوشتن و تحقیق ادامه دهد. در اوقات فراغت می توان او را در حین بازی کردن با بطری های نوشابه در هر جایی از کوهپایه های خانه اش در montana گرفته تا در گوشه های خیابان شهر نیویورک دید.

قسمت فیزیک و نجوم دانشگاه Trinty

مترجم: سارا جباری

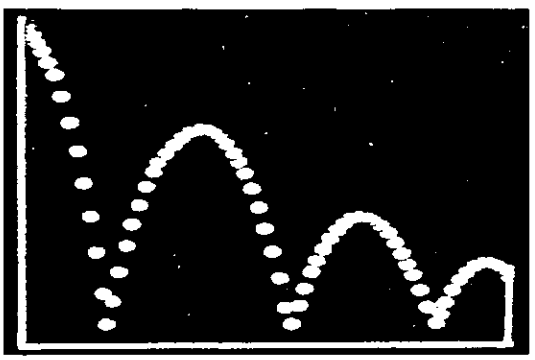
مرجع:

THE PHYSICS TEACHER VOL. 36, Feb. 1998, P. 70

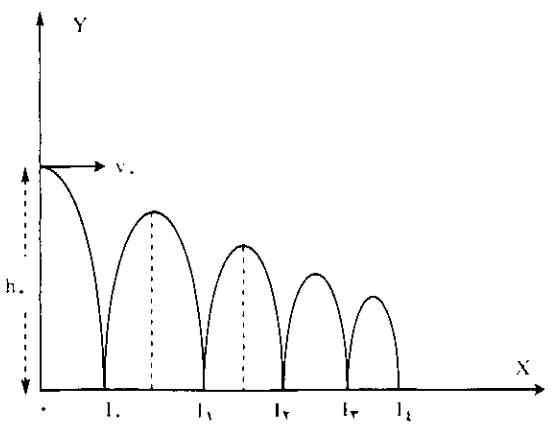
ضریب بازگشت ـ بازگشت های پیاپی گلوله

سید جعفر مهرداد*

مطابق شکل ۱ گلوله ای روی سطح افقی بدون اصطکاک فرود آمده است گلوله در اولین برخورد پس از بازگشت از سطح افقی در یک مسیر سهمی به حرکت ادامه می دهد و پس از آن سهمی های پیاپی دیگری را می پیماید تا سرانجام از بازگشت به سوی بالا باز بماند.



می توانیم مدت کل حرکت گلوله را از لحظه پرتاب تا لحظه ای را که از بازگشت به سوی بالا بازمی ماند به شرح زیر محاسبه کنیم. این مدت را با T نشان می دهیم.



مطابق شکل ۲ گلوله ای از ارتفاع h_0 بالای سطح افقی بدون اصطکاک با سرعت افقی V_0 پرتاب شده و ارتفاع اوج سهمی ها به ترتیب با h_1 و h_2 و ... نشان داده شده است.

هرگاه جسم کروی، از ارتفاع h_0 روی سطح افقی فرود آید و پس از برخوردهای پیاپی تا ارتفاعهای h_1 و h_2 و ... بالا رود ... $e=\sqrt{\frac{h_1}{h_0}}=\sqrt{\frac{h_2}{h_1}}=$ را ضریب بازگشت (Coefficient of restitution) می نامند.

e به جنس و شکل و ابعاد اجسام بستگی دارد.

چون سطح افقی بدون اصطکاک فرض شده است در نقطه های برخورد I_0 و I_1 و ... بر گلوله، هیچ نیروی مماسی وارد نمی شود بنابراین سرعت افقی گلوله در این نقطه ها بی تغییر می ماند. چون حرکت های افقی و قائم گلوله مستقل از یکدیگرند. گلوله پس از طی زمان $t_0=\sqrt{\frac{2h_0}{g}}$ به سطح افقی در نقطه I_0 برخورد می کند. گلوله پس از مدت $\sqrt{\frac{2h_1}{g}}$ به ارتفاع h_1 می رسد. بنابراین گلوله در مدت $t_1=2\sqrt{\frac{2h_1}{g}}$ اولین مسیر سهمی و در مدت $t_2=2\sqrt{\frac{2h_2}{g}}$ دومین مسیر سهمی و به همین ترتیب سهمی های دیگر را می پیماید.

$$T=t_0+t_1+t_2+\cdots+t_n+\cdots$$

$$T=\sqrt{\frac{2h_0}{g}}+2\sqrt{\frac{2h_1}{g}}+2\sqrt{\frac{2h_2}{g}}+\cdots 2\sqrt{\frac{2h_n}{2g}}+\cdots$$

با توجه به رابطه ضریب بازگشت بر حسب h_0 و h_1 و h_2 و ... نتیجه می گیریم: که $h_1=e^2h_0$ و $h_2=e^2h_1=e^4h_0$ و $h_n=e^{2n}h_0$ است. مقدارهای h_1 و h_2 و ... بر حسب h_0 را در رابطه مربوط به T قرار می دهیم:

$$T=\sqrt{\frac{2h_0}{g}}+2\sqrt{\frac{2e^2h_0}{g}}+2\sqrt{\frac{2e^4h_0}{g}}+\cdots+2\sqrt{\frac{2e^{2n}h_0}{g}}+\cdots$$

$$T=\sqrt{\frac{2h_0}{g}}+2e\sqrt{\frac{2h_0}{g}}(1+e+e^2+\cdots+e^n+\cdots)$$

e قدر نسبت تصاعد هندسی داخل پرانتز و مجموع این رشته تصاعد برابر $\frac{1-e^n}{1-e}$ است. هنگامی که n به سمت بی نهایت میل کند چون $e<1$ است e^n به سمت صفر میل می کند و بنابراین مجموع رشته برابر $\frac{1}{1-e}$ می شود و داریم

$$T=\sqrt{\frac{2h_0}{g}}\left[1+2e\cdot\frac{1}{1-e}\right]$$

$$T=\frac{1+e}{1-e}\sqrt{\frac{2h_0}{g}}$$

هرگاه $h_0=1/6^m$ و $h_1=0/9^m$ و $V_0=2/5^{m/s}$ و $g=10^{m/s^2}$ اختیار شود نتیجه می گیریم که:

$$e=\sqrt{\frac{0/9}{1/6}}=0/75$$

$$T=\frac{1+0/75}{1-0/75}\sqrt{\frac{2\times 1/6}{10}}=3/96$$

و برد افقی گلوله یعنی فاصله مبدأ قائم پرتاب تا نقطه ای که گلوله از جهش به بالا بازمی ماند برابر با $X=V_0T=2/5\times 3/96\simeq 9/9m$ است.*

* H. lumbroso, mathématiques Supérieures- Dunod univer- sité.

ضرورت تحول نظام آموزش فیزیک

صمد اکبر حاجی نظر

به سادگی می توان دریافت که درصد قابل ملاحظه ای از دانش آموزان دبیرستانی از درس فیزیک اگر نگوئیم نفرت دارند ولی دل خوشی هم ندارند.

می دانیم که فیزیک علمی است که هدف و برنامه آن توصیف طبیعت است و محتویات علم فیزیک چیزی جز زیبائیهای ذاتی طبیعت نیستند، فیزیک، زبانی است شیوا برای بیان قوانین حاکم بر طبیعت و محیط و طبیعت پیرامون ما نیز سراسر شگفتی و زیبائی است، پس چرا دانش آموزان این همه از فیزیک منزجرند؟ شاید بتوان علت اصلی را در نحوه بیان فیزیک در کتب درسی و توسط معلمان گرامی دانست.

محصلی را درنظر می گیریم که از دوره راهنمائی پا به اولین سال دبیرستان می گذارد. به جرأت می توان ادعا کرد که حداقل ۹۹٪ اینگونه دانش آموزان آشنائی و بینشی نسبت به فیزیک ندارند. آنها اولین بار که پا به کلاس فیزیک می گذارند با فرمولها و روابط ریاضی بظاهر نه چندان دلچسبی مواجه می شوند.

این محصلان با گذشت چند جلسه از آغاز سال تحصیلی با یک حساب سرانگشتی درمی یابند که برای اینکه بتوانند «خوب مسئله حل کنند» باید حداقل ۵۰ فرمول در زمینه های مختلف «حفظ کنند» یعنی چیزی در حدود ۲۰۰ فرمول در طول دوره دبیرستان (فعلاً از فرمولهای تستی و نکات کنکوری صرفنظر می کنیم!).

اگر کمی منصفانه فکر کنیم می بینیم که اگر به خود آن دبیر محترم بگویند که باید ۲۰۰ فرمول حفظ کند ممکن است از فیزیک بیزار شود!

حال این سئوال پیش می آید که برای برطرف کردن این مشکل چه باید کرد؟

جواب چندان مشکل نیست! وظیفه هر معلم فیزیک این است که به جای نشان دادن رابطه های ریاضی به دانش آموزان ابتدا نفس و ذات فیزیک را به طور منظم و سیستماتیک به دانش آموز نشان دهد و این چیزی ست که اغلب از آن با نام فیزیک مفهومی یاد می شود.

اگر خواهان این هستیم که دانش آموزان به سمت فیزیک گرایش و کشش داشته باشند و به تبع آن از نظر صنعتی و علمی به مدارج بالا صعود کنیم، باید فیزیک را به صورت مجموعه ای از واقعیات و پدیده های بهم پیوسته به دانش آموزان معرفی کنیم.

متأسفانه دانش آموزان ما این طور آموخته اند که فرمول برای حفظ کردن است. معلمان فیزیک باید به سهم خود کوشش به خرج دهند تا این تلقی غلط را از اذهان دانش آموزان بزدایند و به دانش آموز بفهمانند که: «فیزیک، فرمول نیست یا برعکس فرمول فیزیک نیست؛ بلکه فرمول لباسی است بر تن مطالب فیزیک برای کاربردی کردن آنها».

معلمان باید دانش آموزان را تفهیم کنند که فقط با حفظ کردن فرمول نمی توانند مسئله حل کنند. البته منظور مسائلی در حد کتب درسی نیست که متأسفانه آنها بیشتر به این تصور

دامن می زنند، بلکه مقصود مسائلی است که واقعاً با طبیعت سر و کار دارند مسائلی که پارامترهای حقیقی طبیعت نظیر مقاومت هوا، تغییرشکل اجسام و ... در آنها دخالت دارد.

در این راستا باید حتی الامکان از ارائه تعریف برای قوانین و پدیده ها در کتب درسی خودداری نمود، زیرا این کار مانند جویدن لقمه و گذاشتن آن در دهان دانش آموز است به جای آن باید قوانین را بصورت نمودهای واضحی از پدیده های ملموس، به دانش آموزان شناساند و نقش معلم باید صرفاً یک راهنما جهت جلوگیری از بروز انحراف در برداشت مطالب باشد نه کسی که تمام تعاریف را بطور کامل و مطلق در اختیار دانش آموز قرار دهد و بدون اینکه او را مجبور به استفاده از ذهن و قوای تحلیل و خلاقیت کند، به طور غیرمستقیم دانش آموز را به حفظ کردن مطالب تشویق کند و بزرگترین ضربه ای که ما در گستره علم فیزیک در کشورمان می خوریم این است که **اغلب محصلان ما به طور کامل قوای تحلیل و استدلال منطقی خود را از دست داده اند و تصور می کنند که تنها با بکار بردن فرمول می توانند مسئله حل کنند. در نتیجه به محض برخوردن به مسائلی مفهومی و اصولی ازحل کردن آنها عاجز می مانند** و این دانش آموزان که معلمین فردای جامعه هستند، در انتقال این بینش غلط به نسلهای آینده و استمرار فاجعه نقش بسزائی دارند.

از جمله آفتهائی که به این مطلب دامن می زنند «کنکوری درس خواندن» و خارج شدن روال و نوع سئوالات کنکور از رده سئوالات مفهومی و عمقی است.

بدین صورت که دانش آموزان که موفقیت در کنکور از بزرگترین مشغله های ذهنی آنها است و به دنبال روشهائی برای نیل به این مقصود و به تبع آن دستیابی به روش و سیاق طرح سئوالات کنکور هستند، بدون اینکه نیازی به یادگیری گسترده و اصولی مطالب حس کنند(!) به از بر کردن «فرمولها و نکات به ظاهر مهم درسی» اکتفا می کنند که این امر زمینه ساز درک ناقص و سطحی و ضعف بنیادی در بینش علمی آنان است.

آگهی های حقیقتاً دردآوری که در برخی جراید کثیرالانتشار چاپ شده و به دانش آموزان وعده فراگیری «فن پاسخگویی بدون حل به تستهای ریاضی، فیزیک و شیمی» را می دهند (روزنامه همشهری ـ یکشنبه ۱۳۷۶/۱۰/۷) نشان دهنده عمق فاجعه و اوج نقص و بی عدالتی در نظام گزینشی دانشگاههای ماست.

اگر ما بتوانیم این مطلب را برای دانش آموزان جا بیندازیم که برای آموختن فیزیک بیشتر از اینکه با خاراندن سر خود به خطهای درهم کتابها خیره شوند، باید به اطراف خود بنگرند (البته نه در سرکلاس درس!) و پدیده های واقعی را بررسی کنند، شمار مشکلاتی که از سر راه ما برداشته میشوند با توان چهارم زحماتی که در این راه متحمل می شویم متناسب است.

برای مثال اگر دانش آموزی ده ها بار در کتابها بخواند که «هر کنشی دارای واکنشی است» مانند آن یکبار نمی شود که با مشت به دیوار بکوبد و ببیند که با فرو رفتن دیوار، دست وی از شدت درد بی حس می شود.

در واقع هر دانش آموزی، بسیاری از مطالبی را که در قالب جملات و تعاریف دشوار در کتابها می بیند، به گونه ای در زندگی روزمره و در طبیعت دیده یا تجربه کرده است و وظیفهٔ معلم فیزیک این است که با یادآوری این پدیده های ملموس، با یک استدلال منطقی و خالی از اشکال بین آنها ارتباط و انسجام برقرار کند. پس از این مرحله که دانش آموز نفس قضیه را بخوبی فهمید به آسانی خودش درمی یابد که برای کاربرد این مطالب نیاز به بیان آنها به زبان خاصی دارد و از اینجاست که محصل می آموزد که پدیده ها را به طور علمی تعریف کرده و آنها را در قالب روابط ریاضی بیان کند.

اگرچه این روش در ابتدا با اشتباهاتی ازسوی دانش آموز همراه است، اما با مرور زمان و کسب تبحر و تجربه توسط دانش آموز و با تقویت قوای استدلال منطقی و خلاقیت در او، بخوبی از عهدهٔ این کار برمی آید.

از حداقل نتایج مثبت این روش این است که دیگر دانش آموز فرمول را عبارتی برای از بر کردن نمی داند، بلکه به خوبی درمی یابد که «فرمول تنها قراردادی برای کاربردی کردن معلومات است» و صد البته که در اینجا نقش معلم آگاه، به عنوان عنصری سودمند در جهت جلوگیری از برداشتهای نادرست و غلط، غیرقابل انکار است و بدین لحاظ است که گنجانیدن دوره های آموزشی و مهارتی ویژه ای در رشته های دبیری فیزیک جهت اعطای چنین آمادگی و بینشی به افرادی که مشغول کسب تعلیم برای به عهده گرفتن وظیفهٔ خطیر معلمی فیزیک هستند، ضروری است.

تنها در چنین صورتی است که می توان زیربنای مستحکمی در علوم فیزیک ایجاد کرد و به دنبال آن به پیشرفت قابل ملاحظه ای از لحاظ صنعتی و تکنولوژیکی دست یافت، چه تردیدی نیست که آموزش اصولی و عمقی فیزیک، از عوامل اساسی و زیربنائی حصول صنعت و فن است.

هفتمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران
۲۵ تا ۲۸ شهریور ۱۳۷۷

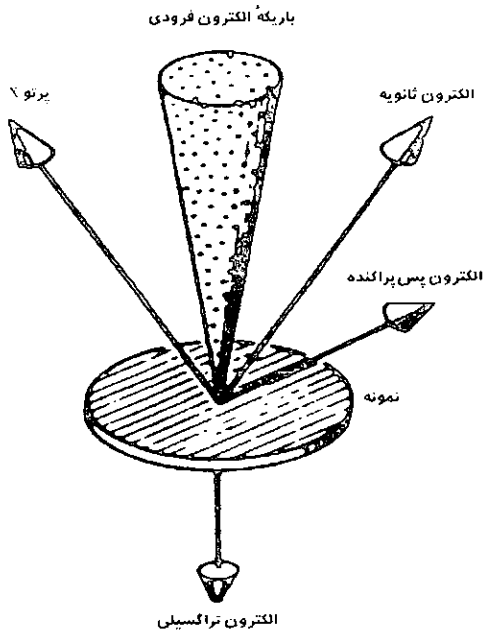
مقایسه، بازوکار، تشکیل تصویر در میکروسکوپ الکترونی تراگسیلی TEM با میکروسکوپ نوری و کاربردهای آن در مطالعه ساختارهای بلوری

ناصر تجمر
دانشگاه فردوسی مشهد

مقدمه

میکروسکوپ الکترونی وسیلهٔ پژوهشی توانمندی است که امروزه در زمینه‌های فیزیک، شیمی، زیست شناسی، متالورژی و کانی شناسی مورد استفاده و بهره‌برداری پژوهشگران قرار دارد. وقتی یک باریکه الکترونی به نمونه برخورد می‌کند، شکل ۱، در یک سوی نمونه تولید پرتو X، الکترونهای ثانویه و الکترونهای پس پراکنده می‌کند و درصدی از الکترونها از درون نمونه تراگسیل می‌شوند که حاوی اطلاعاتی از نمونه‌اند. الکترونهای ثانویه و الکترونهای پس پراکنده به عنوان کاوه الکترونی در میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM[1] مورد استفاده قرار می‌گیرند. قطر این کاوه الکترونی، اگر از تفنگ الکترونی گرمایونی استفاده شود، ۵ – ۱۰ nm (= ۵ – ۱۰ نانومتر برابر 10^{-9} متر)، و اگر تفنگ گسیل میدان مورد استفاده قرار گیرد ۰/۵ تا ۲nm کاهش می‌یابد. انرژی الکترونهای ثانویه حدود ۲ – ۵eV انرژی الکترونهای پس پراکنده شده از انرژی الکترونهای اولیه تا حدود ۵۰ eV گسترش دارد. حد تفکیک مدهای مختلف بستگی به حجم اطلاعاتی دارد که با باریکهٔ الکترون خروجی از سطح نمونه همراه است. الکترونهای ثانویه بهترین حد تفکیک را به وجود می‌آورند، زیرا عمق خروج آنها بسیار کم است، چیزی در حدود چند نانومتر. اطلاعات همراه الکترونهای پس پراکنده که از عمق ۱ – ۱۰/۱ μm (= میکرومتر برابر 10^{-6} متر) می‌آیند بسیار بیشتر است.

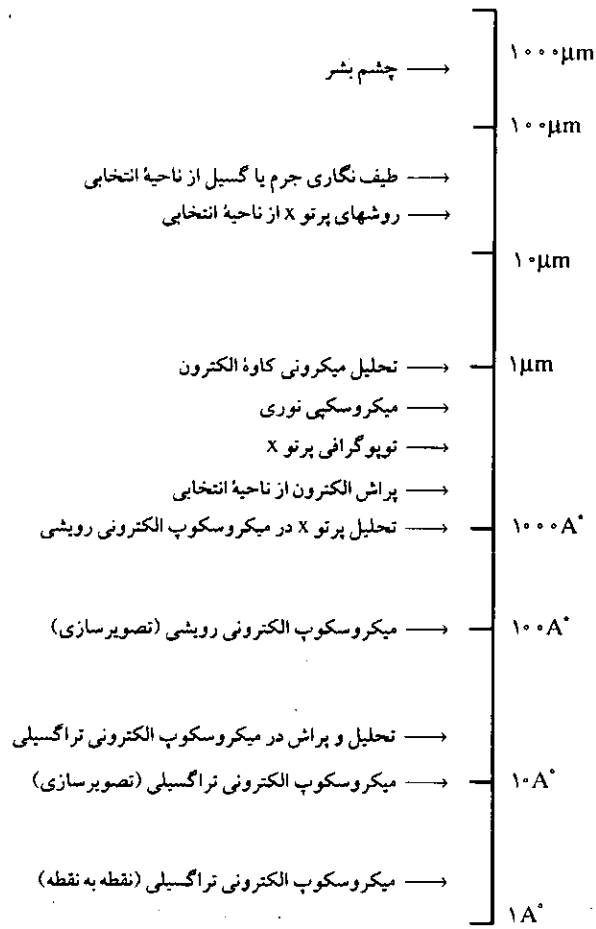
از پرتو X تولیدی به عنوان تحلیلگر میکرونی پرتو X برای تحلیل شیمیایی ترکیبات عنصری سطح نمونه استفاده می‌شود. نمودار مسیر پرتو در چنین دستگاهی مشابه با SEM است با این تفاوت که دو یا سه طیف سنج بلوری، که



شکل ۱ برخورد باریکهٔ الکترونی به نمونه و آثار آن.

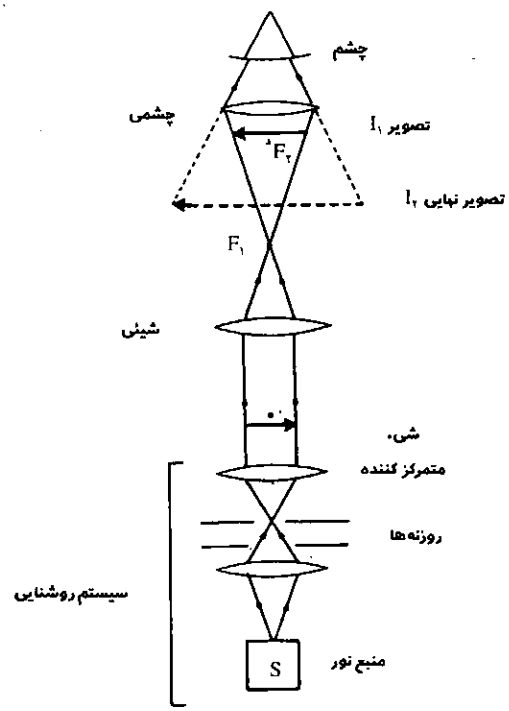
می‌توانند به طور همزمان طول موج پرتوهای X مشخصهٔ مختلف را ثبت کنند، در بدنهٔ آن تعبیه شده است. برای انتخاب نقطهٔ مورد نظر در سطح نمونه و تحلیل شیمیایی آن می‌توان ابتدا سطح را به کمک یکی از مدهای SEM تصویر کرد. از الکترونهای تراگسیلی در میکروسکوپ الکترونی تراگسیلی استفاده می‌شود که موضوع بحث این مقاله است. حد تفکیک در مشخصه یابی مواد با استفاده از روشهای متداول در جدول ۱ گردآوری شده است[۱].

جدول ۱ حد تفکیک فضایی در مشخصه یابی مواد



معرفی میکروسکوپ الکترونی تراگسیلی و مدهای تصویری آن

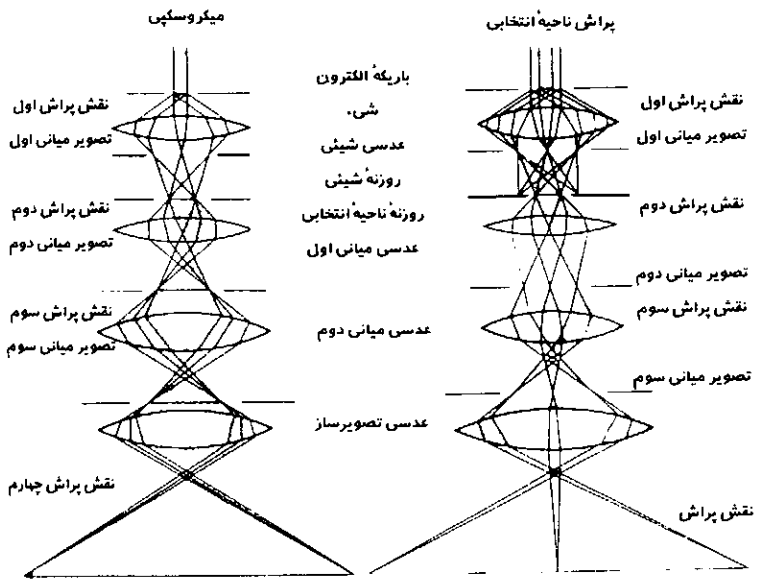
برای درک بهتر اساس کار میکروسکوپ الکترونی تراگسیلی ابتدا به معرفی مختصر اجزای یک میکروسکوپ نوری می پردازیم که برای مشاهدهٔ اجسام شفاف به کار می رود. در شکل ۲ ترتیب قرار گرفتن اجزاء میکروسکوپ نوری نشان داده شده است. یک سیستم نوری شامل چشمهٔ نور، دو روزنه و یک عدسی متمرکز کننده باریکهٔ نور موازی شده را به شیء می تابانند. شیء O خارج از صفحهٔ کانونی جلویی عدسی شیئی قرار دارد که این عدسی اولین تصویر I_1 (یا تصویر میانی) را که حقیقی و معکوس است تشکیل می دهد. تصویر I_1 برای عدسی چشمی نقش شیء را دارد. عدسی چشمی طوری قرار گرفته که I_1 پشت صفحهٔ کانونی جلویی این عدسی قرار می گیرد و تصویر I_2 را



شکل ۲ ترتیب قرار گرفتن اجزای اصلی یک میکروسکوپ نوری برای مشاهدهٔ شی، شفاف

تشکیل می دهد که با چشم دیده می شود. I_2 مجازی و نسبت به I_1 مستقیم است، در نتیجه تصویر نهایی نسبت به شیء وارونه است. در نهایت این عدسی شیء است که کیفیت میکروسکوپ را مشخص می کند. هرگونه جزئیاتی از شیء که توسط این عدسی در تصویر تفکیک نشده باشد، با عدسی چشمی قابل مشاهده نیست. بنابراین حد توان تفکیک با اندازهٔ مؤثر روزنه در صفحهٔ کانونی پشتی عدسی شیئی تعیین می شود[۲].

اجزای اساسی یک میکروسکوپ الکترونی تراگسیلی نوین در شکل ۳ نشان داده شده است. این اجزا عبارت اند از یک تفنگ الکترونی و مجموعه ای از عدسیهای الکترومغناطیسی که در یک ستون قرار دارند که تا $10^{-7}Torr$ ($=2/7\times10^{-5}Pa$) تخلیه می شود. باریکهٔ الکترونی تولید شده توسط تفنگ الکترونی بوسیلهٔ ولتاژ بالا شتاب داده می شود و سپس توسط دو عدسی متمرکز کننده بر روی نمونه کانونی می شود. قطر باریکهٔ الکترونی روی نمونه حدود $1\mu m$ است. معمولاً چندین عدسی تصویر ساز وجود دارد (شیئی، پراشی، میانیهای ۱ و ۲ و تصویریهای ۱ و ۲) و تصویر نهایی شیء بر صفحهٔ فلوئورسان نقش می بندد. برای ثبت تصویر، این صفحه از مسیر نوری خارج می شود تا باریکهٔ الکترونی به سطح فیلم عکاسی برخورد کند. با اینکه صفحهٔ فلوئورسان و فیلم عکاسی



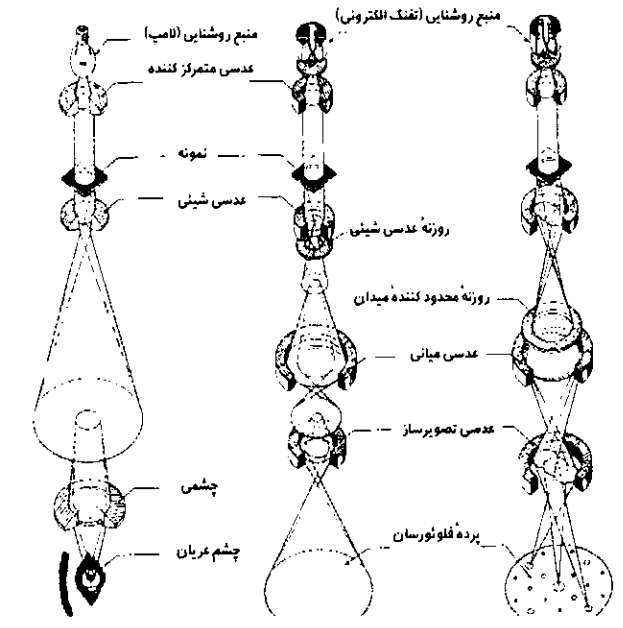
شکل ۳ مؤلفه های اساسی یک میکروسکوپ الکترونی تراکسیلی مدرن

در یک صفحه قرار ندارند، به دلیل عمق کانونی بسیار زیاد، تصویر کانونی باقی می ماند. تصویر با عدسی شیئی کانونی شده، بزرگنمایی با عدسیهای میانی و تصویرساز کنترل می شود. بزرگنمائیهای نسبی که در هر مرحله به وجود می آید در یک میکروسکوپ نمونه ای عبارت اند از:

عدسی شیئی ۲۵×، عدسی میانی ۸×، و عدسی تصویرساز ۱۰۰×. بنابراین بزرگنمایی کل ۲۰۰۰۰ بر صفحهٔ مشاهده بوجود می آید که برای بررسی بسیاری از نواقص مواد بلورین یک بزرگنمایی مناسب است[۳].

یک نمودار مقایسه ای از مسیر ساده شدهٔ پرتو برای میکروسکوپ نوری و یک میکروسکوپ الکترونی نوعی با یک عدسی متمرکز کننده و سه عدسی بزرگ کننده در شکل ۴ نشان داده شده است. نقش پراش الکترون، که در صفحهٔ کانونی پشتی عدسی شیئی تشکیل می شود، را می توان با خارج کردن روزنهٔ شیئی و تنظیم مناسب توان عدسیهای پراشی و میانی بر روی صفحهٔ فلوئورسان تصویر کرد. ناحیه ای از نمونه که از آنجا نقش پراش به وجود می آید را می توان به کمک روزنه ای که در صفحهٔ تصویر عدسی شیئی قرار گرفته انتخاب کرد (در تصویر سمت راست شکل ۴ با نام روزنهٔ محدود کنندهٔ میدان مشخص شده است). این روش را **پراش از ناحیهٔ انتخابی** (SAD) نامند و با فشار دادن یک دکمه که در صفحهٔ میکروسکوپ تعبیه شده، می توان از مد تصویر به مد SAD رفت.

مد پراشی دیگری به نام **پراش باریکهٔ الکترونی همگرا** (CBED) وجود دارد که در آن باریکهٔ الکترون فرودی تا حد یک لکهٔ ظریف بر روی نمونه متمرکز می شود. اگر زاویهٔ به طور مناسبی انتخاب شود، نقش پراش آرایه ای از قرصهای نزدیک به هم را نشان می دهد. برای نمونه های نازک (حدود ۵۰ nm) قرصهای CBED ویژگی خاصی ندارند، ولی برای نمونه های ضخیمتر برخی ویژگیهای تقارن بلوری بر هریک از قرصها ظاهر می شود که در نقش SAD معمولی وجود ندارد.



شکل ۴ نمودار مقایسه‌ای از مسیر ساده شدهٔ پرتو برای میکروسکوپ نوری و میکروسکوپ الکترونی.

مقایسهٔ پارامترهای درگیر در میکروسکوپ نوری و میکروسکوپ الکترونی در جدول ۲ نشان داده شده است. به طوری که مشاهده می شود توان تفکیک میکروسکوپ الکترونی برای نقطه به نقطه ۳/۵ Å و برای شبکه ۱/۴ Å و بزرگنمایی های متغیر از ۱۰۰ تا ۴۵۰۰۰۰ برابر به طور پیوسته وجود دارد.

قدرت تفکیک با فرمول ریلی داده می شود که برای میکروسکوپ نوری

$$d = \frac{0/61\lambda}{\mu \sin\alpha} = \frac{0/61\lambda}{NA} \qquad (1)$$

است که در آن λ طول موج، μ ضریب شکست فضای شیء، α زاویهٔ روزنه و NA روزنهٔ عددی است. رابطهٔ مشابه برای میکروسکوپ الکترونی

$$R = \frac{0/61\lambda}{\alpha} \qquad (2)$$

است. R اندازهٔ شیء تفکیک شده، λ طول موج و α روزنهٔ مؤثر عدسی شیئی است[۴].

در میکروسکوپ الکترونی، روزنهٔ مؤثر عمدتاً توسط ابیراهی کروی محدود می شود. خطای ابیراهی کروی عبارت است از:

جدول ۲ مقایسهٔ ویژگیهای میکروسکوپ نوری و میکروسکوپ الکترونی.

	میکروسکوپ الکترونی	میکروسکوپ نوری
باریکهٔ روشنایی بخش	باریکهٔ الکترون	باریکهٔ نور
طول موج	۰/۰۸۵۹ A° (۲۰kV)	۷۵۰۰ A° (مرئی)
	~ ۰/۰۲۵۱ A° (۲۰۰kV)	~ ۲۰۰۰ A° (فرابنفش)
محیط	خلأ	اتمسفر
عدسیها	عدسیهای الکترونی (مغناطیسی یا الکتروستاتیک)	عدسیهای اپتیکی (شیشه)
زاویهٔ روزنه	~ ۳۵′ ~	~ ۷۰°
توان تفکیک	نقطه به نقطه: ۳/۵ A°	مرئی: ۲۰۰۰ A°
	شبکه: ۱/۴ A°	فرابنفش: ۱۰۰۰ A°
بزرگنمایی	۱۰۰× ~ ۴۵۰۰۰۰×	۱۰× ~ ۲۰۰۰×
	(به طور پیوسته قابل تغییر)	(با تبدیل عدسی)
کانونی کردن	به طور الکتریکی	به طور مکانیکی
کانتراست (تضاد)	پراکندگی-جذب، پراش، فاز	جذب، بازتاب

$$\Delta S = C_s \alpha^3 \qquad (۳)$$

که C_s ضریب ابیراهی کروی عدسی شیئی است (≅ فاصلهٔ کانونی یعنی ۳ mm)

بنابراین R با کاهش α افزایش می یابد؛ در حالی که ΔS با کاهش α کم می شود. در نتیجه، در اپتیک الکترونی مقدار بهینهٔ روزنه و کمینهٔ تفکیک با روابط زیر داده می شود:

$$\alpha_{opt} = A(\lambda^{3/4}) C_s^{-1/4} \qquad (۴)$$

$$\Delta R_{\min} = B(\lambda^{3/4}) C_s^{1/4} \qquad (۵)$$

که در آن A و B مقادیر ثابت در حدود ۱ هستند.

طول موج الکترون بستگی به ولتاژ شتاب دهنده دارد و با رابطهٔ زیر داده می شود:

$$\lambda = \frac{۱۲/۲۶}{V^{1/2}(۱ + ۰/۹۷۸۸ \times ۱۰^{-۶} V)^{1/2}} (\text{Å}) \qquad (۶)$$

(V بر حسب ولت).

برای تعیین توان تفکیک با چشم، به یک بزرگنمایی مناسب نیاز است. حداقل بزرگنمایی مؤثر M با قدرت تفکیک چشم d_1 (حدود ۰/۱ mm) تعیین می شود.

$$M = d_1/d \qquad (۷)$$

اگر فرض کنیم که توان تفکیک میکروسکوپ الکترونی و میکروسکوپ نوری به ترتیب ۲Å و ۲۰۰۰Å باشد، پس بزرگنمایی های مؤثر برای این میکروسکوپها باید ۵۰۰۰۰۰ برابر و ۵۰۰ برابر باشد.

گفته شد که میکروسکوپ الکترونی می تواند در یکی از دو مد عملیاتی زیر کار کند: (۱) تولید تصویر از نمونه و (۲) تشکیل نقش پراش از ناحیهٔ انتخابی (SAD) (شکلهای ۳ و ۴ را ببینید). در عین حال میکروسکوپ الکترونی می تواند علاوه بر تصاویر معمولی سه نوع تصویر ویژه به نامهای تصویر میدان روشن، تصویر میدان تاریک، و یا تصویر شبکه تولید کند. در زیر به شرح مختصر هریک از اینها می پردازیم.

تشکیل تصویر و تولید کنتراست

برای تأئید وجود یک شیء و مطالعهٔ پیکربندی آن نیاز به کنتراست تصویر است. اگر کنتراست تصویر رضایت بخش نباشد، حتی اگر میکروسکوپ دارای توان تفکیک بسیار زیاد باشد. تأئید وجود شیء بسیار دشوار است. لذا نتیجه می شود که تفکیک واقعی میکرونگاشت تا حد زیادی به کنتراست تصویر بستگی دارد. در میکروسکوپ نوری، کنتراست تصویر با اختلاف بین ضریب جذب در نقاط مختلف روی نمونه و، تا حدودی، با اختلاف بین قدرت بازتابندگی، تعیین می شود. ولی در میکروسکوپ الکترونی، کنتراست تصویر با کنتراست ***پراکندگی-جذب***، کنتراست ***پراش***، و کنتراست ***فاز*** تعیین می شود.

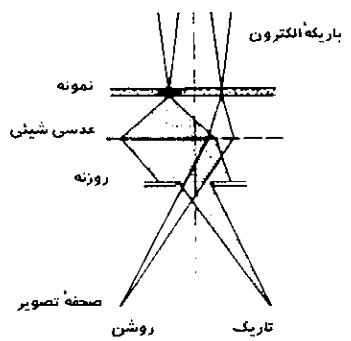
اگر نمونه آریخت باشد، الکترونهای پراکنده شده توسط روزنهٔ واقع در نزدیکی صفحهٔ کانونی پشت عدسی

شیئی جذب می شود، در نتیجه کنتراست پراکندگی ـ جذب به وجود می آید. برای کمینه کردن ابیراهی کروی این روزنهٔ عدسی قطر بسیار کوچکی دارد (حدود چندین میکرون). از این رو، اگر پراکندگی بزرگ باشد، بیشتر الکترونها را روزنه متوقف می کند، و بدین ترتیب بخش تاریک تصویر به وجود می آید. اینکه الکترونها تا چه اندازه پراکنده می شوند به ضخامت جرمی نمونه بستگی دارد. از این رو، کنتراست پراکندگی ـ جذب اطلاعاتی در مورد وجود و پیکربندی (توپوگرافی) شیء نشان می دهد (شکل ۵)

اگر نمونه بلوری باشد کنتراست پراش (یا کنتراست دامنه) به شرح زیر بوجود می آید. اگر برای صفحات توری مانند اتمی در بلور شرط براگ یعنی

$$2d\sin\theta = n\lambda \qquad (8)$$

برقرار باشد باریکهٔ پراشیده حاصل می شود. در این رابطه d فاصلهٔ دسته صفحات پراشگر، θ زاویهٔ باریکهٔ فرودی با صفحه (زاویهٔ براگ)، n عدد درست (۰، ۱، ۲، ۳، ...) و λ طول موج الکترون فرودی است.



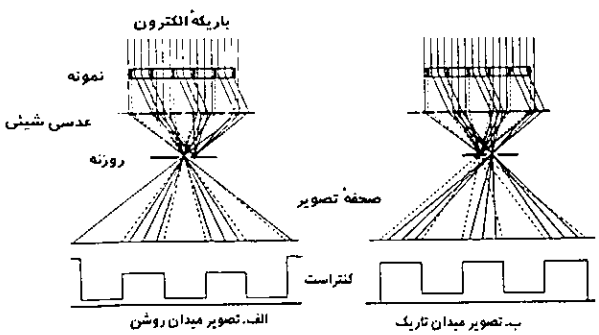
شکل ۵ کنتراست پراکندگی-جذب.

چون فاصلهٔ صفحات متناظر با کوچکترین زاویهٔ براگ در فلزات ساده یا بلورهای یونی حدود 5Å است، زاویهٔ پراش 2θ، یعنی زاویهٔ بین امتداد الکترونهای فرودی (موج فرودی) و الکترونهای پراشیده (موج پراشیده)، معمولاً 5×10^{-3} رادیان (حدود ۰/۱۵ درجه) یا بیشتر است. در نتیجه چون تقریباً همهٔ الکترونهای بازتابیدهٔ براگ (یا همان امواج پراشیده) را روزنه متوقف می کند، کنتراست مانند شکل ۶ـالف تولید می شود. این تصویر را «تصویر میدان روشن» می نامند. از طرفی، وقتی روزنه جابه جا شود تا امواج تراگسیلی را متوقف کند، به طوری که تصویر با استفاده از امواج پراشیده حاصل شود (شکل ۶ـب) تصویر به نام «تصویر میدان تاریک» خوانده می شود. یعنی می توان با برگرداندن کنتراست تصویر روشن به کنتراست تصویر میدان تاریک رسید.

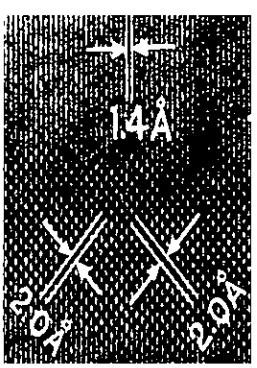
کنتراست نمونه های بسیار نازک، ذرات کوچک، یا نمونه هایی با چگالی کم به جای کنتراست پراکندگی و جذب را کنتراست فاز تعیین می کند. وقتی امواج الکترون با همدوسی زیاد از درون نمونه می گذرد، فاز امواج به علت پراکندگی ابیراهی عدسی، عدم دقت کانونی، و پتانسیلهای داخلی ماده، نامنظم می شود. در نتیجه، شدت امواج تشکیل دهندهٔ تصویر روی این صفحه تغییر می کند. این پدیده را کنتراست فاز می خوانند.

اتمها در بلور یک ساختار شبکه ای با دورهٔ منظم می سازند و، اگر شرط بازتاب برآورده شود، رابطهٔ (۵) بین d فاصلهٔ صفحات بلوری، λ طول موج الکترونها و θ زاویهٔ فرودی حاکم می شود. اگر باریکه های تراگسیلی و پراشیده را وادار کنیم تا با هم تداخل کنند کنتراستی متفاوت از کنتراست حاصل از پراکندگی و جذب می تواند تولید شود. بدین معنی که تداخل دو یا سه موج، از قبیل موج بازتابیدهٔ A_h و موج تراگسیلیدهٔ A_0، یا امواج بازتابیدهٔ دیگر، نقشی را به وجود می آورند به نام «تصویر شبکه». شکل ۷ فرایند تشکیل نقش را نشان می دهد. باریکه های الکترونی در امتداد محور گسیل می شوند، در لایهٔ نازک نمونهٔ بلوری دچار بازتاب براگ می شوند، و باریکه های بازتابیده و تراگسیلیده که از روزنه عبور می کنند در صفحهٔ تصویر همپوش شده یک نقش دوره ای تولید می کنند. در شکل ۷ الف فاصلهٔ L بین فرانژهای تداخلی مجاور چنین داده می شود

$$L = \frac{\lambda}{2\sin\theta_t} = \frac{\lambda}{2\sin\theta}M = Md \qquad (9)$$

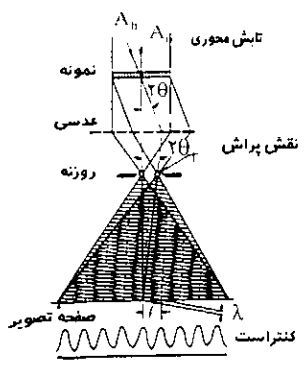


شکل ۶ تولید کنتراست در نمونه های بلورین.



شکل ۷ تصویر نمونه با ساختار دوره‌ای

(ب) نقش شبکه که صفحات (۲۲۰) و (۲۰۰) در



(الف) تداخل دو موج توسط تابش محوری

که در آن M بزرگنمایی است. چنانچه مشاهده می شود L برابر است با فاصلهٔ صفحات توری مانند اتمی ضرب در بزرگنمایی. شکل ۷ ب نقش شبکهٔ تک بلور طلا را نشان می دهد. امواج پراشیده از صفحات (۲۲۰) و (۲۰۰) از روزنهٔ عدسی عبور کرده اند تا دو سیستم فرانژهای تداخلی ($۱/۴A^{\circ}$ و $۲A^{\circ}$) که فاصلهٔ آنها برابر فاصلهٔ شبکه ای متناظر آنهاست را به وجود آورند.

نظریهٔ پراش الکترون

مانند پرتو X، باریکه های الکترونی نیز از صفحات شبکهٔ بلوری بازتابیده می شوند، که می توان از آن در مطالعهٔ ساختارهای بلوری استفاده کرد. رابطهٔ نزدیکی بین نقشهای پراش الکترون و تصویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی وجود دارد. بدین معنی که الکترونهای پراکنده شده از نمونه در صفحهٔ کانونی پشتی عدسی الکترونی نقش پراش را فرانهوفر تولید می کنند که اینها به نوبهٔ خود تبدیل فوریه می شوند تا تصویر میکروسکوپ الکترونی را به وجود آورند. بر این اساس، می توان ساختار نمونه را با ارتباط دادن نقشهای پراش و تصویر میکروسکوپ بررسی کرد. ولی از آنجا که چندین اختلاف بین الکترونها (ذرات باردار) و پرتوهای X (امواج الکترومغناطیس) وجود دارد، نمی توان آنها را یکسان بررسی کرد. برای مثال، طول موج الکترون بمراتب کوتاهتر از طول موج پرتو X است (در واقع حدود ۱/۴۰). مثلاً طول موج باریکهٔ الکترون $۱۰۰\ KeV$ برابر $۰/۰۳۷\ A^{\circ}$ است، در حالی که طول موج پرتو X مشخصهٔ خط CuKa حدود $۱/۵۴\ A^{\circ}$ است. در نتیجهٔ شعاع کرهٔ بازتاب اوالد ($1/\lambda$) به حدی افزایش می یابد که می توان بخشی از کره را به صورت صفحهٔ تخت درنظر گرفت. بر این اساس، با به کارگیری شبکهٔ وارون، یک نقش پراش را می توان بسادگی تحلیل کرد. اختلاف دیگر بین باریکه الکترون و پرتو X در برهم کنش آنها با ماده است. بدین معنی که، توان پراکندگی (دامنهٔ موج پراشیده به دامنهٔ موج فرودی) باریکه های الکترونی بمراتب بیشتر از پرتوهای X است ($۱۰^{۶}$ یا بیشتر). در نتیجه، نمونه های کوچک می توانند نقشهای پراشی مشخصی تولید کنند. در پراش نگاشتهای پودری پرتو X، حلقه های دبای-شرر برای بلورکهای کوچکتر از $۱۰۰۰\ A^{\circ}$ شروع به پهن شدن می کنند. در حالی که در نقشهای پراش الکترون تنها وقتی پهن شدگی آشکار می شود که بلورها کوچکتر از $۵۰A^{\circ}$ شوند. بنابراین فیلمهای نازک با ضخامت $۵۰۰A^{\circ}$ یا کمتر، بلورکها، گازها و غیره را می توان به طور مؤثر با باریکهٔ الکترون مطالعه کرد.

وقتی امواج الکترونی فرودی توسط اتمهای ماده پراکنده می شوند، امواج به طور کروی از مرکز اتم پخش می شوند. افزون بر آن، وقتی نمونه در حالت بلورین باشد، یعنی اتمها دارای نظم سه بعدی باشند، رابطهٔ فازی ثابتی بین امواج گسیلی از اتمهای متوالی وجود دارد. این امواج تنها در یک راستا پیش می روند و متقابلاً همدوس هستند (پراکندگی کشسان همدوس). این پراکندگی را بازتاب براگ می نامند. به طوری که در شکل ۸ الف نشان داده شده امواج از صفحات اتمی بازتابیده می شوند. اگر اختلاف راه، $۲d\sin\theta$، که در شکل با خط پر نشان داده شده، برابر $n\lambda$ باشد، که n عدد درست و λ طول موج است، امواج بازتابیده از صفحات متوالی همفازند. از این رو رابطهٔ براگ $۲d\sin\theta = n\lambda$ بدست می آید.

وقتی میکروسکوپ الکترونی بعنوان وسیلهٔ پراش به کار می رود، رابطهٔ بالا با $n=۱$، به رابطهٔ زیر تبدیل می شود:

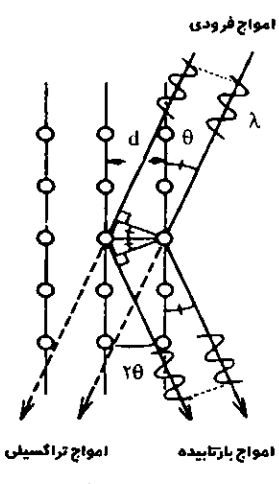
$$d۲\theta = \lambda \qquad (۱۰)$$

زیرا زاویهٔ براگ برای باریکهٔ الکترونهای سرعت بالا بسیار کوچک است ($\sin\theta \cong \theta$). در شکل ۸ ب، O لکهٔ مرکزی، H لکهٔ پراشی (یا یک نقطه روی حلقه) و L فاصلهٔ بین بلور و فیلم (طول دوربین) است. بنابراین، r، فاصلهٔ O و H، را می توان چنین نوشت:

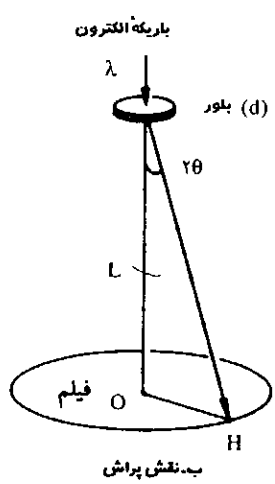
$$r = L۲\theta \qquad (۱۱)$$

با تلفیق دو رابطهٔ بالا داریم:

$$rd = L\lambda \qquad (۱۲)$$



الف- بازتاب براگ



ب- نقش پراش

شکل ۸ پراش الکترون.

در این رابطه، اگر r را با اندازه گیری از روی فیلم تعیین کنیم، و حاصلضرب $L\theta$ (بنام ثابت دوربین) را با به کار بردن نمونهٔ استاندارد تعیین کرده باشیم، می توان d و فاصلهٔ صفحات مسئول تولید لکهٔ پراش را مشخص کرد. وقتی نمونهٔ بلوری نسبتاً ضخیم را با پراش الکترونی تراگسیلی، و یا با پراش الکترونی بازتابی، بررسی می کنیم یک نقش نواری، متشکل از یک زوج خط سفید و سیاه، بنام نقش کیکوچی، ظاهر می شود. این نقش از پراش امواجی تولید می شود که قبلاً به طور ناکشسان درون بلور پراکنده شده اند. با استفاده از خطهای کیکوچی می توان از یک امتداد تقارونی بلور به امتداد دیگر رفت. همچنین با استفاده از نقشهای کیکوچی می توان فاصلهٔ صفحات بلوری را تعیین کرد.

پراش الکترون از نواحی میکرونی نمونه را می توان با استفاده از دستگاه عدسیهایی مرکب از دو طبقه یا بیشتر ترتیب داد. شکل ۹ اصول پراش الکترون از نواحی انتخابی (SAD) را نشان می دهد. در این شکل، باریکه های الکترونی موازی بر نواحی S_1 و S_2 فرود می آیند و امواج پراشیده از این نواحی نقشهای D_1 و D_2 را در صفحهٔ کانونی پشتی F عدسی شیئی L_1 تولید می کنند تا تصویرهای بزرگ شدهٔ S_1 و S_2 در صفحهٔ تصویر I_1 تشکیل شود. وقتی روزنهٔ A در صفحهٔ تصویر I_1 قرار داده شود تا میدان دید را به اندازهٔ S_1 محدود کند، تنها باریکه های الکترونی که از روزنهٔ A می گذرند، یعنی الکترونها از ناحیهٔ S_1، برای تشکیل تصویر طبقهٔ بعد یا نقش پراش مورد استفاده قرار می گیرند. بسته به اینکه عدسی طبقهٔ دوم، L_2، روی F یا I_1 کانونی شود، بر صفحهٔ تصویر I_2 نقش پراش D_1' یا تصویر بزرگ شدهٔ S_1'' شکل می گیرد. عدسی L_3 تصویر نهایی را می سازد.

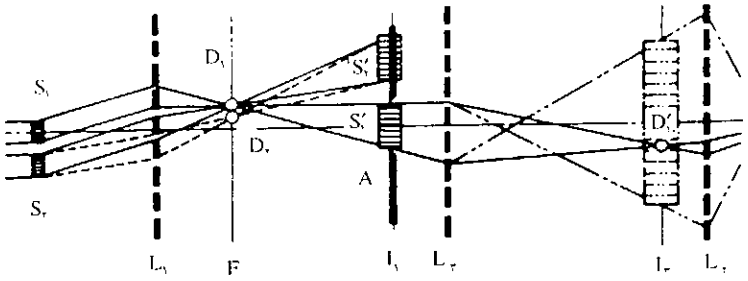
شاخص گذاری و محاسبهٔ نقشهای پراش الکترون با استفاده از کرهٔ اوالد، مفهوم شبکهٔ وارون و ساخت مناطق لاوه بسیار آسان می شود[۵]. هر بردار انتقالی در شبکهٔ مستقیم با بردار

$$r_g = ma_1 + na_2 + oa_3 \quad (m, n, o \text{ اعداد درست اند}) \quad (۱۳)$$

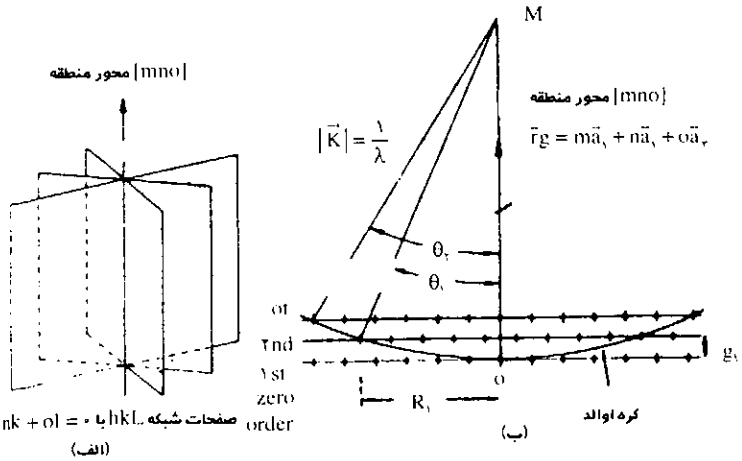
و هر بردار شبکهٔ وارون با بردار

$$g = ha^*_1 + ka^*_2 + la^*_3 \quad (۱۴)$$

مشخص می شود که در آن h، k و L شاخصهای میلر دسته صفحاتی در شبکهٔ مستقیم اند که بردار g بر آنها عمود است و وارونهٔ طول آن برابر d_{hkL} فاصله دسته صفحات hkL است، یعنی $d_{hkL} = \frac{L}{|g|}$ حاصلضرب بردار انتقالی r_g و بردار شبکهٔ وارون g



شکل ۹ پراش الکترون از نواحی انتخابی.



شکل ۱۰ (الف) دسته‌ای از صفحات شبکه با محور منطقهٔ مشترک |mno|. (ب) مکان مناطق صفر و بالاتر لاوه در شبکهٔ وارون.

$$g.r_g = mh + nk + ol = N \qquad (۱۵)$$

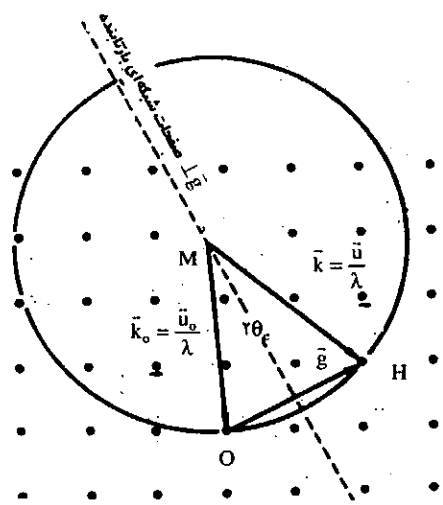
یک عدد درست است. اگر $N = ۰$ باشد، همهٔ gها برای یک امتداد مشخص r_g در صفحه ای قرار دارند که از مبدأ شبکهٔ وارون می گذرد و همگی بر محور منطقهٔ r_g عمودند. دسته ای از صفحات شبکه که به این مقادیر g تعلق دارند صفحاتی را تشکیل می دهند که محور منطقه خط فصل مشترک همهٔ آنها خواهد بود، شکل ۱۰ الف. صفحه ای از شبکهٔ وارون که بردارهای g را دربرمی گیرد بنام منطقهٔ صفر لاوه (ZOLZ) خوانده می شود. برای ... ، $N = ۱,۲$ به ترتیب منطقهٔ اول (FOLZ)، منطقهٔ دوم (SOLZ) و مناطق بالاتر به دست می آید که به موازات منطقهٔ صفر لاوه اند (شکل ۱۰ ب). در شکل ۱۱ کرهٔ اوالد، یعنی کره ای به شعاع $K_o = \frac{۱}{\lambda}$، و نقاط شبکهٔ وارون نشان داده شده است. شرط پراش براگ، یعنی $۲d\sin\theta = \lambda$، را می توان با استفاده از بردار شبکهٔ وارون بصورت برداری

$$K - K_o = g = ha^*_۱ + ka^*_۲ + la^*_۳$$

که در آن K_o و K بترتیب بردار موج فرودی و موج پراکنده شده اند، نوشت. زیرا بر اساس شکل ۱۰ ب داریم

$$|g| = \frac{۱}{d_{hkL}} \quad \text{و} \quad |K - K_o| = ۲\sin\theta\, B/\lambda$$

بنابراین هر نقطه ای از شبکهٔ وارون که بر کرهٔ اوالد قرار گیرد شرط پراش براگ برای صفحهٔ متناظر آن برآورده می شود.



شکل ۱۱ کره اوالد با شعاع $k = ۱/\lambda$ در شبکهٔ وارون. در صورتی بازتاب براگ رخ می دهد که کره از یک نقطهٔ شبکهٔ وارون، مثل H بگذرد.

تعیین ساختار بلوری $Cd_۲AS_۲$ به عنوان مثالی از چگونگی کار

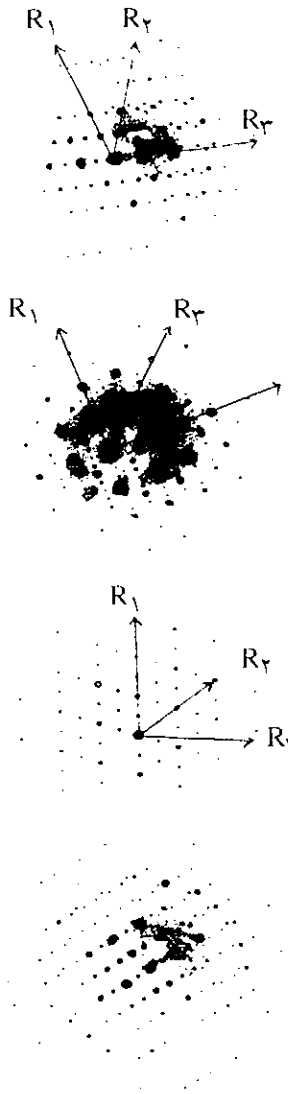
الف ـ آمایش نمونه

بلورهای $Cd_۳AS_۲$ به دو روش تبخیر و چگالش ماده در حضور گاز حامل و روش تبخیر و چگالش در لولهٔ خلأ رشد داده شدند[۶]. در روش نخست تک بلورهای صفحه ای شکل با ضخامت حدود ۲ میلیمتر رشد می کنند در حالی که از روش دوم یک کپهٔ بسبلور کله قندی شکل (به شکل لولهٔ خلأ) رشد می کند. برای آمایش نمونه از این بسبلور، لازم است چند برش در امتدادهای عمود و موازی با محور استوانه تهیه کرد.

هریک از این نمونه ها به طور مکانیکی تا چند دهم میلیمتر سایش می دهیم سپس بر توری مخصوص در دستگاه سونش یونی قرار می دهیم. در اثر بمباران یونی پس از چند ساعت چندین حفره در سطح نمونه پدیدار می شود که لبه های شیب دار این حفره ها برای تراگسیل الکترون از نمونه ضخامت مناسب را دارند. پس از بیرون آوردن نمونه از دستگاه سونش یونی آن را مستقیماً بر پایهٔ زاویه سنج دو محورهٔ میکروسکوپ سوار و به داخل محفظهٔ خاص نمونه در بدنهٔ میکروسکوپ هدایت می کنیم. هربار که نمونه وارد میکروسکوپ می شود باید ستون الکترونی دوباره تنظیم شود تا به عنوان یک باریکهٔ کاملاً موازی شده از سیستم عدسی میکروسکوپ به صفحهٔ فلوئورسان برخورد کند. در این پژوهش از میکروسکوپ الکترونی تراگسیلی *JEM-200X* استفاده کردیم و کلیهٔ نقشهای پراش در ولتاژ عملیاتی $۲۰۰\,KV$، ثابت دوربین $۲۱/۱\,A^\circ mm$ برداشته شد.

ب ـ تفسیر نقشهای پراشی حاصل

با تغییر مکان نمونه در صفحهٔ XY و تابش باریکهٔ الکترونی بر لبهٔ حفره های ایجاد شده در نمونه باید نواحی با ضخامت مناسب برای تراگسیل الکترون و تولید نقشهای پراشی شناسایی و انتخاب کرد. بعد از مشاهده و ثبت یک نقش پراش باید زاویهٔ θ و ϕ ی زاویه سنج که به ترتیب نمونه را حول محور X و Y می چرخاند یادداشت و این زوایا را آنقدر تغییر داد تا نقش پراش بعدی حاصل شود. برای این کار باید از نقش خطوط و نوارهای کیکوچی کمک گرفت و برای رفتن از یک امتداد بلوری به امتداد دیگر روی یکی از این نوارها حرکت کرد. پس از ثبت همهٔ نقشهای پراشی ممکن از یک نمونه و ظهور فیلمها، نوبت به اندازه گیری فاصله های نقطه های پراش می رسد. مطابق

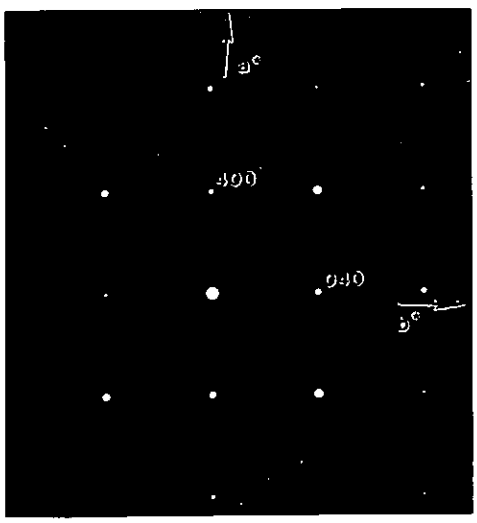


شکل ۱۲ تعدادی از فیلمها را کنار هم می گذاریم، با اندازه گیری R_1 ، R_2 ، R_3 و زاویه بین دو به دو آنها این اطلاعات را به برنامهٔ کامپیوتری می دهیم. این برنامه می تواند با توجه به ساختار بلور و گروه فضایی آن، تعیین کند که باریکهٔ الکترونی در کدام راستای بلوری به بلور تابیده و این نقش پراش را تولید کرده است. برای تعیین ساختار Cd_3As_2 بیش از ۵۰ نقش پراشی از بلورهای مختلف ثبت و این داده ها به کامپیوتر داده شد.

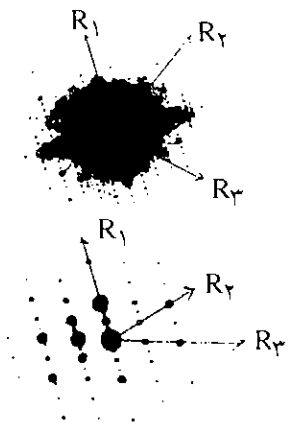
پس از تعیین امتداد بلور باید تک تک نقاط پراش بر سطح تصویر شاخص گذاری صفحات مسؤول برای ایجاد هریک از لکه های پراش را شناسایی کرد. برای این منظور ابتدا فیلمهای مربوط به امتدادهای واقع بر یک صفحهٔ بلوری را دسته بندی و چند راستای با تقارن بالاتر را انتخاب می کنیم. نقشهای پراش حاصل از تابش باریکهٔ الکترونی در راستای [۰۰۱]، در شکل ۱۳، در راستاهای [۱۰۰]، [۳۰۱]، [۲۰۱] و [۱۱۰] به ترتیب در شکل ۱۴ (الف تا د) و بالاخره در راستاهای [۲۲۱] و [۱۱۱] به ترتیب در شکلها ۱۵ و ۱۶ نشان داده شده است.

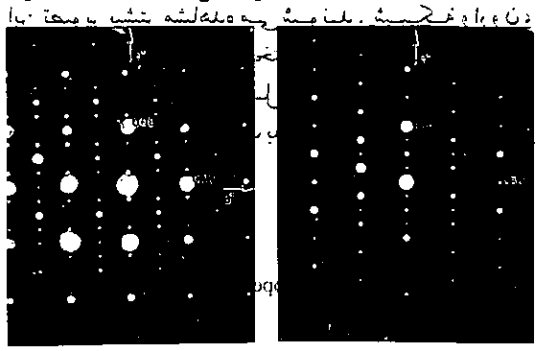
شکل ۱۳، که تصویر بخشی از شبکهٔ وارون بر صفحهٔ (۰۰۱) است، محور دوران مرتبهٔ ۴ که برای گروه فضایی $I4_1cd$ انتظار می رفت را نشان می دهد. اندازه گیری فاصله های بین صفحه ای در امتدادهای [۱۰۰] و [۰۱۰] در شکل ۱۳ و در امتدادهای [۰۰۱] و [۰۱۰] در شکل ۱۴ الف با یاختهٔ یکهٔ چارگوشی درون مرکزدار با پارامترهای شبکه ای

شکل ۱۲. نمونه ای از نقشهای پراش حاصل از میکروسکوپ الکترونی ترا گسیلی از تک بلور Cd_3As_2. کلیه فاصله ها بر حسب و مربوط به نزدیکترین نقطه به مبدأ هستند. تعداد فیلم اندازه گیری شده ۵۲ عدد (تاریخ ۱۳۷۵/۲/۱۸)

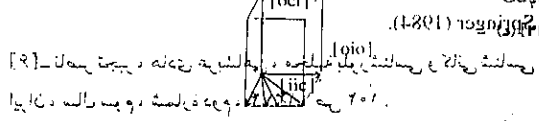


شکل ۱۳. نقش پراش الکترون از تک بلور Cd_3As_2 در راستای [۰۰۱]

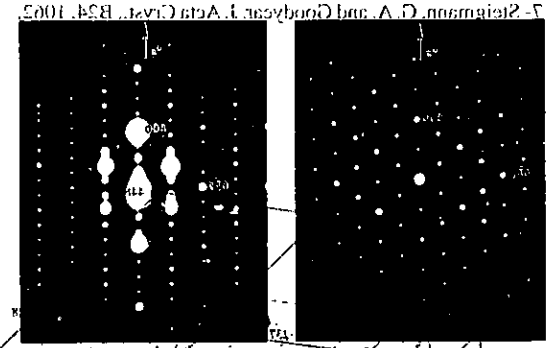




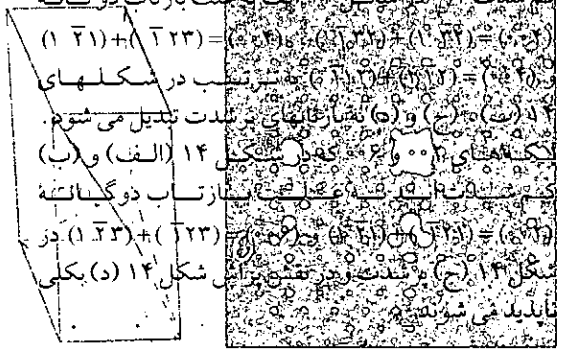
شکل ۱۴- نقش پراش الکترون از تک بلورهای Cd_3As_2 در راستای [۰۰۱] (ب) در راستای [۳۱۰] (ب) بازتابهای ممنوع به علت بازتابهای دوگانه پدید آمده اند مثلا:



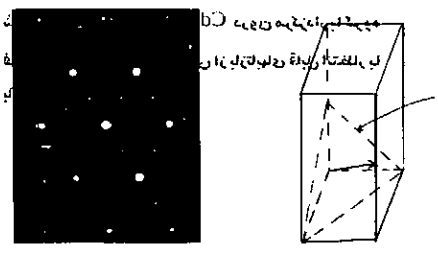
ای پراش الکترون از
لورهای Cd_3As_2
ر راستای [۳۱۰]
ستای [۱۱۰]



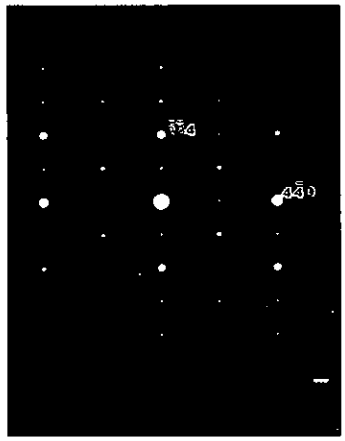
شکل ۱۵- نقش پراش الکترون از تک بلور Cd_3As_2 در راستای [۲۰] لکه های درشت و روشن بازتابهای مجاز و نقاط روشن بازتابهای ممنوع اند که به علت جابه جایی یونهای کادمیم و آرسنیک پدید آمده اند.

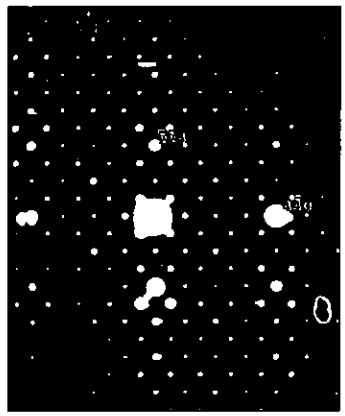


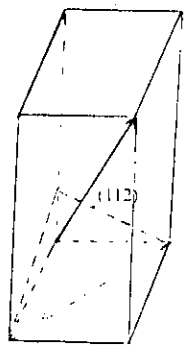
شکل ۱۶- نقش پراش الکترون از تک بلور Cd_3As_2 در راستای [۱۱۱] (الف) از یک نمونه ضخیم (ب) از یک نمونه نازکتر



شکل ۱۵ (الف) تصویر بخشی از شبکهٔ وارون روی صفحهٔ °(۱۱۲) را نشان می دهد. همهٔ لکه های کم شدت بازتابهای ممنوع اند، که پدیدار شدن آنها به دلیل جابه جایی های یونی است و نه به خاطر بازتابهای دوگانه. پدیدار شدن این نوع لکه ها به ضخامت نمونه نیز بستگی دارد. شکل ۱۶ (الف) نقش پراش تصویر شده بر صفحهٔ °(۱۱۴)، با باریکهٔ الکترونی به موازات [۱۱۱]، است که از یک نمونهٔ نسبتاً ضخیم گرفته شده و شکل ۱۶ (ب) همان نقش است از یک نمونهٔ نازکتر. چنانکه مشاهده می شود، تعداد لکه های ممنوع از قبیل (hhO) و (Okk) در این تصویر بیشتر مشاهده می شوند. شبکهٔ وارون، به گونه ای که از بخشهای مختلف شکلهای ۱۳ تا ۱۶ برداشت می شود، در شکل ۱۷ باز ترسیم کرده ایم. مشاهده می شود که جمعیت بازتابهای غیرمجاز بیش از بازتابهای مجاز است.







زیرنویس:

(Scanning Electron Microscope)

مراجع:

1- Transmission Electron Microscopy of Materials, by Gareth Thomas & Michael Goring (1979)

2- TEM of Minerals and Rochs, by Alexe Mclaren. (1991)

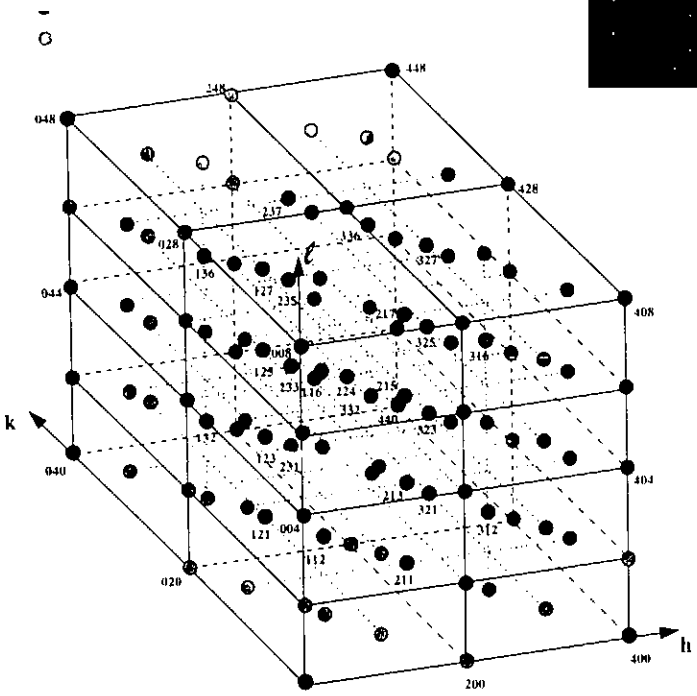
3- Electron Microscopy of thin Crystals, by Sir Peter Hirsch. (1977)

4- Electron Microscopy in Mineralogy, Spring Verlog. (1979)

5- Transmission Electron Microscopy, by Ludwig Rrimer, Springer (1984).

[۶]- ناصر تجبر، هادی عربشاهی، مجلهٔ بلورشناسی و کانی شناسی ایران، سال سوم، شمارهٔ دوم، ۱۳۷۴، ص ۱۰۲.

7- Steigmann, G. A. and Goodyear, J. Acta Cryst., B24, 1062. (1967).



شکل ۱۷. شبکه وارون Cd_3As_2 درون مرکزدار با گروه فضایی $I4_1cd$، مقایسه برخی از بازتابهای قابل انتظار با بازتابهای مشاهده شده.

جایزهٔ نوبل فیزیک سال ۱۹۹۸

اخبار علمی

فرهنگستان سلطنتی علوم سوئد جایزهٔ نوبل فیزیک سال ۱۹۹۸ را مشترکاً به رابرت لافلین از دانشگاه استانفورد، هُرست اشترمر از دانشگاه کلمبیا، و دانیل تسویی از دانشگاه پرینستون اعطا کرد.

این پژوهشگران کشف کرده اند الکترونهایی که به طور جمعی در میدانهای مغناطیسی قوی در حرکت اند ممکن است نوع جدیدی از ذرات را تشکل دهند که بارشان کسری از بار الکترون است.

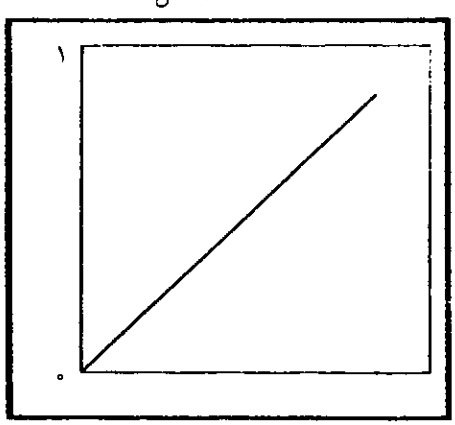
چهرهٔ جدید الکترون

هُرست اشتُرمر و دانیل تسویی در سال ۱۹۸۲ در یک آزمایش که با استفاده از میدانهای مغناطیسی بسیار قوی و در دمای فوق العاده کم انجام شد به نتیجهٔ بالا رسیدند. در ظرف یک سال پس از این کشف رابرت لافلین توانست این پدیده را توجیه کند. وی با تحلیل نظری نشان داد که الکترونها در میدانهای مغناطیسی قوی بر اثر چگالش نوعی شارهٔ کوانتومی تشکیل می دهند که شبیه شاره های کوانتومی وابسته به ابر رسانایی و هلیم مایع است. اهمیت این شاره ها از نظر پژوهشگران در آن است که می توانند شناخت بهتری از ساختار و دینامیک داخلی ماده به دست دهند. بنابراین، کار این پژوهشگران گام بلندی در بهبود شناخت ما از فیزیک کوانتومی است که به مفاهیم نظری جدیدی در بسیاری از شاخه های فیزیک انجامیده است.

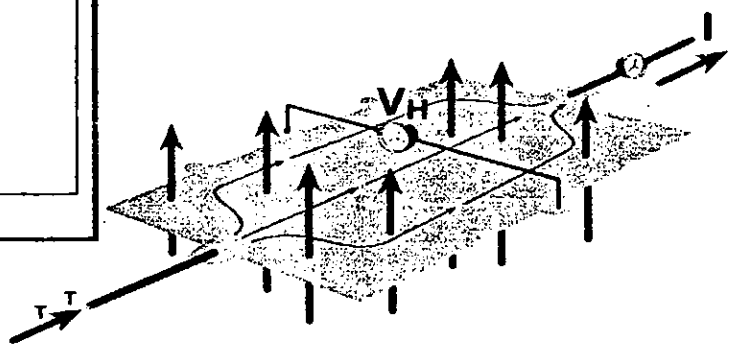
آثار کوانتومی مشاهده پذیر می شوند

ادوین هال در سال ۱۸۷۹ پدیدهٔ جدیدی را کشف کرد. او متوجه شد که اگر تیغهٔ طلای نازکی در میدان مغناطیسی قرار گیرد به طوری که میدان بر سطح آن عمود باشد، عبور جریان الکتریکی ازاین تیغه به افت پتانسیلی می انجامد که میدان الکتریکی مربوط به آن هم بر جریان و هم بر میدان مغناطیسی عمود است.

(شکل ۱)



شکل ۱ـ ولتاژ V جریان I را در جهت مثبت به وجود می آورد. مقاومت اهمی معمولی V/I است. میدان مغناطیسی در جهت مثبت Z حاملان بار مثبت را در جهت منفی y جابه جا می کند. این جابه جایی پتانسیل هال (V_H) و مقاومت هال (V_H/I) را در جهت y به وجود می آورد.



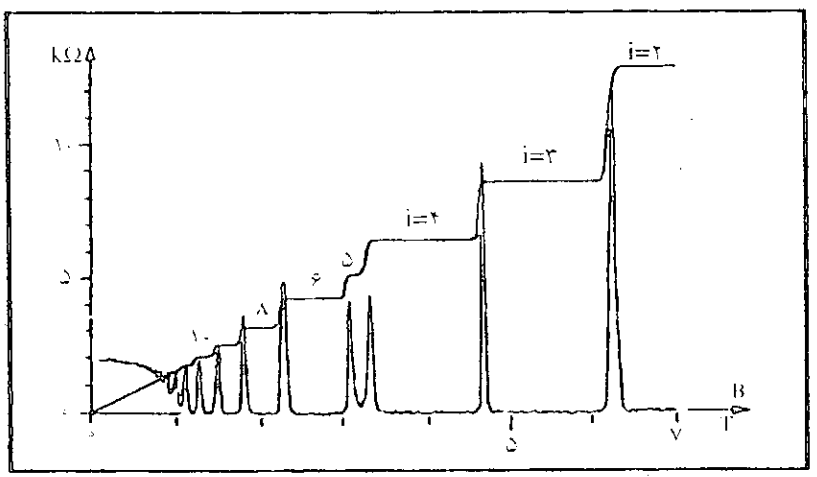
منشاء این اثر آن است که بر ذرات باردار که در میدان مغناطیسی حرکت می کنند، نیرویی وارد می شود و آنها را منحرف می کند. با استفاده از اثر هال می توان چگالی خالص بار (الکترونهای منفی یا حفره های مثبت) را در رساناها و نیمرساناها تعیین کرد. این روش یک روش استاندارد در آزمایشگاههای فیزیک در سراسر جهان است.

هال آزمایشهای خود را در دمای اتاق و با میدانهای مغناطیسی ضعیف، کمتر از یک تسلا، انجام داد. در سالهای آخر دهه ۱۹۷۰، پژوهشگران با دماهای بسیار کم (یعنی حدود $^{\circ}$C ۲۷۳-) و میدانهای مغناطیسی قوی (تا حدود T ۳۰) اثر هال را در نوعی نیمرسانا مطالعه کردند که در صنعت الکترونیک برای ساخت ترانزیستورهای با توقف کم به کار می رود. این ماده دارای الکترونهایی است که در نزدیکی سطح داخلی (مرز میان دو ناحیهٔ مختلف نمونه) به دام افتاده اند، اما در امتداد این سطح تحرک زیادی دارند.

مقدار مقاومت در این پله ها به ویژگیهای ماده بستگی ندارد، بلکه ترکیبی از ثابتهای بنیادی فیزیک تقسیم بر یک عدد صحیح است. مشاهده می شود که مقاومت کوانتیده است. در مقادیر کوانتیده مقاومت هال، مقاومت آهنربای معمولی صفر و ماده از یک لحاظ ابر رسانا می شود.

فون کلیتینگ به خاطر این کشف، جایزه نوبل فیزیک را در سال ۱۹۸۵ دریافت کرد. این اثر را می توان با استفاده از قانونهای فیزیک کوانتومی برای رفتار الکترونهای مستقل در میدانهای مغناطیسی به راحتی توجیه کرد. به زبان ساده، الکترون فقط در مسیرهایی دایره ای حرکت می کند که شعاع آنها را میدان مغناطیسی تعیین می کند. پله های گوناگون نشانه آن هستند که چند تا از این مسیرها کاملا پر شده اند.

اشترمر، تسویی، و همکاران در خلال آزمایشهای تجربی اثر کوانتومی هال، در دماهای کم و میدانهای مغناطیسی شدیدتر، با کمال تعجب پله جدیدی را



شکل ۲ـ مقاومت هال بر حسب میدان مغناطیسی B به صورت پله ای تغییر می کند. ارتفاع پله خارج قسمت ثابت فیزیکی h/e^2 (تقریبا ۲۵ کیلو اهم) تقسیم بر عدد صحیح i است. در این شکل پله ها در برابر ازای $i = ۲, ۳, ۴, ۵, ۶, ۸, ۱۰$ می بینید. این اثر استاندارد جدیدی را برای مقاومت به وجود آورده است. در سال ۱۹۹۰ این استاندارد، کلیتینگ، مقاومت در پله چهارم تعریف شده است.
منحنی پایینی مقاومت اهمی را نشان می دهد که در پله های مقاومت هال صفر می شود.

در این لایه، حرکت الکترونها در دمای کم، مانند حرکت در یک سطح تخت فقط در دو بعد انجام می شود. این محدودیت هندسی به اثرهای شگفت انگیزی می انجامد که یکی از آنها تغییر ماهیت اثر هال است که با اندازه گیری مقاومت هال به راحتی قابل مشاهده است.

در سال ۱۹۸۰، کلاوس فون کلیتینگ فیزیکدان آلمانی در یک آزمایش متوجه شد که تغییر مقاومت هال با میدان مغناطیسی خطی نیست، بلکه پله ای است.

در مقاومت هال یافتند که ارتفاع آن سه برابر ارتفاع بلندترین پله فون کلیتینگ بود. سپس پله های تازه تری را هم در بالاتر و هم در بین اعداد صحیح یافتند. ارتفاع همه پله های جدید را می توان با همان ثابت قبلی بیان کرد، اما در این حالت ارتفاع پله ها برابر ثابت مورد نظر تقسیم بر اعداد کسری است. بدین سبب، این کشف جدید را ***اثر کوانتومی کسری هال*** نامیدند. این کشف معمای بزرگی برای پژوهشگران بود.

نوع جدیدی از شارهٔ کوانتومی

یک سال پس از کشف اثر کوانتومی کسری هال، لافلین موفق به توجیه نظری آن شد. به نظر او، دمای کم و میدان مغناطیسی قوی، گاز الکترونی را به چگالش وامی دارد و نوعی جدیدی از شارهٔ کوانتومی تشکیل می دهد. چون الکترونها تمایلی به چگالش ندارند (چون الکترونها فرمیون هستند)، ابتدا «با کوانتومهای شار» میدان مغناطیسی ترکیب می شوند. به ویژه، در نزدیکی نقطهٔ اشباع مربوط به پله های کسری، الکترون سه کوانتوم شار را به دام می اندازد و ذره مرکبی را تشکیل می دهد که چگالش آن (به واسطهٔ بیرون بودن) امکان پذیر است.

شکل ۳ـ خط چین قطری خط پر منحنی تجربی پله‌ای را نشان می دهد. میدانهای مغناطیسی مربوط به پله ها با پیکان مشخص شده اند. به نخستین پله اشباع و تقویی در بیشترین میدان مغناطیسی (۱۳/۴) و پله های فون کلیتزینگ با میدانهای کوچکتر (اعداد صحیح) توجه کنید.

شارهٔ کوانتومی جدید در مقابل تراکم به شدت مقاومت می کند؛ این شاره تراکم ناپذیر است. بدین جهت این شاره به جای متراکم شدن شبه ذره تشکیل می دهد که همراه با مصرف انرژی است.

نمایش مستقیم شبه ذرات

کشف و توجیه اثر کوانتومی کسری هال را در سالهای ۱۹۸۲ و ۱۹۸۳ می توان نمایش غیر مستقیمی از شارهٔ کوانتومی شبه ذرات با بار کسری آن نامید. اخیراً چند گروه پژوهشی موفق به مشاهدهٔ مستقیم این ذرات شده اند. مثلاً در طی آزمایشهایی تغییر بسیار مختصر جریان از یک شبه ذره را سنجیده اند. این اندازه گیریها مانند آن است که در یک بازرسی بدنی با گرفتن نمونه های خون و ادرار، تشخیص دهند و تعیین کنند که بعضی از این نمونه ها کمتر از ابعاد متعارف الکترون بار دارند. این اندازه گیریها نمونه هایی شگفت انگیز میکرو الکترونیک از زمانی شروع به کار می کنند که جایزهٔ امسال امکان پذیر شده است. این اندازه گیریها تأیید تجربی کشفهای آنهاست.

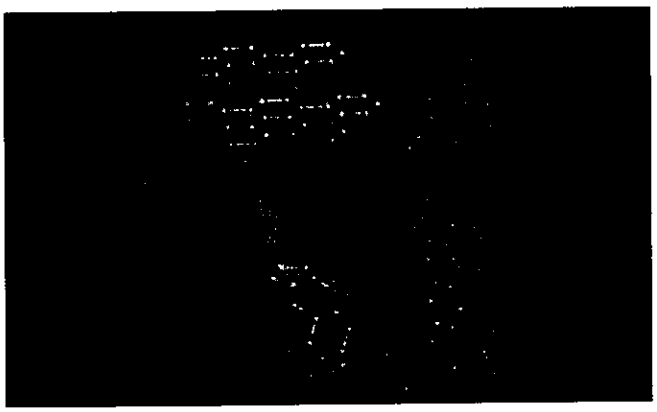
منیژه رهبر

برانگیخته می شود و تعدادی «شبه ذره» با بار کسری به وجود می آید. این شبه ذرات، به مفهوم متعارف ذره نیستند، بلکه نتیجهٔ حرکت جمعی شارهٔ کوانتومی اند. لافلین اولین کسی بود که نشان داد این کسرها همان مقداری است که برای توجیه نتایج تجربی لازم است. اندازه گیریهای بعدی پله های کسری بیشتر و بیشتری را در اثر هال نشان داده اند (شکل ۳)، و شارهٔ کوانتومی لافلین

نانوتیوبهای بسیار محکم ،نشان داده اند که هوشمند نیز هستند

فولرنها[1] ممکن است تمام عناوین نشریات را به خود اختصاص دهند، اما عموزادگان لوله ای آنها یک رشتهٔ توانمندیهای الکترونیکی و مکانیکی دارند که به زودی آنها را یکه تاز میدان خواهد کرد.

دو سال پیش، ریچارد اسمالی شیمیدان از دانشگاه رایس در هوستون تگزاس به خاطر نقشی که در کشف شکل کاملاً جدیدی از کربن داشت، در جایزهٔ نوبل شیمی شریک شد: این شکل جدید مولکولهای کروی شکل با عنوان فولرن بود که تفاوت بارزی با ورقه های توده ای گرافیت و ماتریسهای هرمی شکل درخشان الماس داشتند.



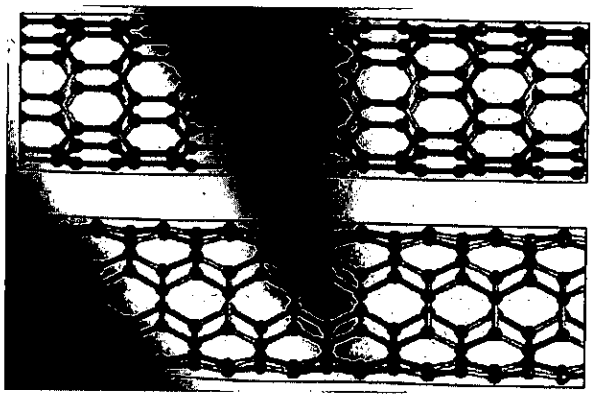
شرح شکل ۱. پیچ و تابهای کربن در جهت عقربه های ساعت از سمت چپ بالای صفحه: گرافیت، یک نانوتیوب، یک کرهٔ فولرن و الماس

اما اگر از اسمالی بپرسید که اکنون چه چیز توجه او را جلب می کند، وی نام کره هایی را نخواهد برد که باعث شدند جایزه را ببرد. آنچه توجه او و صدها دانشمند دیگر را جلب کرده است نانوتیوبها، یعنی عموزادگان کشیده شدهٔ فولرنها هستند. نانوتیوبها که اولین بار آنها را سومیر ایجیمای ژاپنی هفت سال پیش با میکروسکوپ الکترونی کشف کرد، نوارهای نازک ورقه های گرافیتی هستند که به صورت لوله در آمده اند و در دو طرف آنها کلاهکی از فولرنها قرار دارد. عرض آنها درست چند بیلیونیم متر، یا نانومتر، و طول آنها تا حدود ۱۰۰ میکرومتر است. واگرچه ممکن است به چیزی باشکوهتر از طوماری از سیمهای بسیار نازک شباهت نداشته باشند، اما هم اکنون نیز به صورت ستارگان دنیای شیمی درآمده اند. آنها محکمتر از فولاد و سبک وزن اند و می توانند خم شدنها، کرنشها، و پیچ خوردنهای مکرر را تحمل کنند. به علاوه می توانند الکتریسیته را به خوبی مس یا نیمرسانایی چون سیلیسیم هدایت کنند و گرما را بهتر از هر مادهٔ شناخته شده ای منتقل می کنند.

با این همه محاسن، به نظر اسمالی این نانوتیوبها «باید به درد کاری بخورند». در واقع هیچ نوع کمبود ایده های مختلف وجود ندارد. فهرست جاری کاربردهای ممکن شامل کابلهای بسیار محکم، سیمهایی برای قطعات الکترونیکی به ابعاد نانومتر در کامپیوترهای آینده، وسایل ذخیره بار در باتریها، و تفنگهای الکترونی بسیار ریز برای تلویزیونهای با صفحه تصویر تخت است. به گفته اسمالی «فکر می کنم که حوزهٔ وسیعی از شیمی آلی به تجزیه و تحلیل

و جداسازی این وسایل اختصاص بیابد».

به ۱۳ سال قبل از کشف فولرنها برگردید، و تبلیغات گمراه کننده ممکن است برایتان آشنا باشد. ولی این بار پژوهشگران اطمینان دارند که انتظارشان تحقق خواهد یافت. البته اگر بعضی مسایل آزاردهندهٔ مربوط به ساخت را حل کنند. در این مورد لااقل یک کارخانه مواد در ماساچوست متقاعد شده است. هیپرون کاتالیزز اینترناشنال نانوتیوبها را برای استفاده در پلاستیکهای صنایع کامپیوتری و خودکار به صورت انبوه تولید کرده است. این تیوبها کمک می کنند تا مواد معمولاً عایق رسانای بارهای الکتریکی شوند و از تجمع بارهای استاتیک جلوگیری می کنند و پژوهشگران به کارهای چالش برانگیزتری چون تبدیل نانوتیوبها به قطعات الکترونیکی، اجزاء باتری و عناصر نمایش دهنده چشم دوخته اند. در مقایسه کاربردهای محتمل نانوتیوبها و فولرنها، پژوهشگر این نانوتیوبها الکس زتی از دانشگاه کالیفرنیا در برکلی می گوید «اگر می خواستم تمام کاربردهای مختلف فولرن را بنویسیم یک ورقهٔ تمام می شد، اما در مورد نانوتیوبها این کاربردها یک کتاب می شود. اختلاف توان بالقوه آنها یک مرتبهٔ بزرگی است.»



شرح شکل ۲- پیچ و تاب خورنده ها، شش ضلعیهای کربن در خط (بالا) به آسانی هدایت می کنند، در حالی که شش ضلعیهای مارپیچ یک نیمرسانا می سازند.

در خط لوله

کلید این توان بالقوه در ساختار منحصر به فرد نانوتیوبها و نقصهایی است که ممکن است در شبکهٔ پیوندهای کربنی آنها به وجود آید. این نانوتیوبها را می توان به دو گروه طبقه بندی کرد: گروه اول یا نانوتیوبهای تک دیواره ای ($SWNT_s$)[3] فقط از یک لایه اتمهای کربن تشکیل شده اند. گروه دیگر یا نانوتیوبهای چند دیواره ای[4] ($MWNT_s$) از تعدادی تا چند دوجین لوله های متحد المرکز تشکیل شده اند که مانند یک کابل مشترک المحور دور هم پیچیده شده اند. $MWNT_s$ از نوعی که هیپرون می سازد نوعاً دارای نقصهایی است، زیرا در هنگام شکل گرفتن آنها نقایص تشکیل شده است در لوله هایی که روی یکدیگر قرار گرفته اند به دام می افتند. برعکس، تیوبهای تک دیواره معمولاً بی نقص هستند. وجود نقایص، یا نبود آنها «حائز اهمیت بسیار است» زیرا به گفتهٔ اسمالی «در واقع تمام خواص ویژه این نانوتیوبها ناشی از ساختار گرافیتی کامل آنهاست».

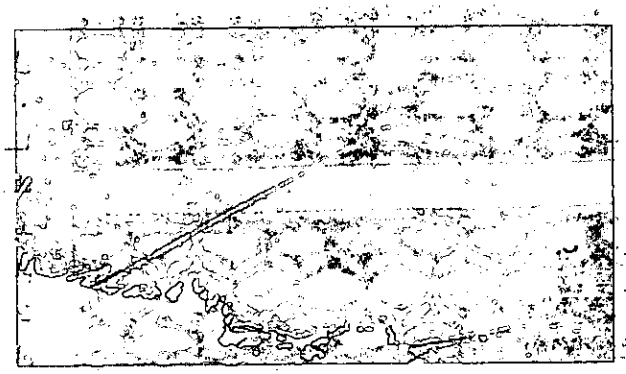
این ساختار به خواص منحصر به فرد مادهٔ سازندهٔ آنها یعنی کربن بستگی دارد. کربن عنصری است که می توان آن را معادل یک همسایه خوب، یعنی دارای رفتار دوستانه و آسانگیر دانست. در فشار بسیار زیاد، اتمهای کربن با چهار کربن مجاور پیوندهایی را تشکیل می دهند، و آرایش هرمی شکل الماس را به وجود می آورند. اما کربن معمولاً دست از پیوند چهارم می کشد و فقط با سه همسایهٔ خود پیوند برقرار می کند، و شبکهٔ شش گوش گرافیت را به وجود می آورد. این آرایش باعث می شود که گرافیت تعداد زیادی الکترونهای جفت نشده داشته باشد، که اساساً در بالا یا در زیر صفحهٔ حلقه های کربن شناورند. با این آرایش، الکترونها کم و بیش آزادند تا در سطح گرافیت این طرف و آن طرف بروند و باعث شوند که ماده رسانای الکتریکی خوبی شود.

اما گرافیت یک نقطهٔ ضعف دارد، این نقطه ضعف در لبه های آن است. اتمهای کربن در مرز ورقه های گرافیت خارج و روی یک لبه هستند، و پیوندهای آزادی دارند که دنبال چیزی می گردند تا با آن واکنش کنند. این همان چیزی است که وجود نانوتیوبها را امکان پذیر می سازد. وقتی بخار کربن تا ۱۲۰۰ درجه سلسیوس گرم شود، حلقه های کربن

مجتمع می شوند و یک ورقه کوچک گرافیت را به وجود می آورند. اما لبه ها به اندازه ای از نظر انرژی ناپایدارند که ورقه های گرافیت شروع به پیچ خوردن می کنند تا دو لبه به هم متصل شود. با حلقه های کربن اضافی دو کلاهک پایانی تشکیل می شود، و نانوتیوبهای نمونه ای به وجود می آیند. چون این لوله های هیچ گونه لبه ای ندارند، پس بسیار پایدارند.

این نانوتیوبها مانند گرافیت الکترونهای سرگردان دارند که می توانند آزادانه در میان حلقه های کربن حرکت کنند. به قول اسمالی «نانوتیوبها همین ویژگی را به ارث می برند». از همان ابتدا نظریه پردازان حدس می زدند که نانوتیوبها باید رساناهای خوبی باشند ولی فقط در خلال سال گذشته بود که گروههایی این موضوع را به کمک میکروسکوپهای تونل زنی رویشی[3] (STMS) که می تواند تک تک لوله ها را ثابت کند و قابلیتهای رسانندگی آنها را اندازه بگیرد ثابت کردند. اکنون این زمینه استفاده از نانوتیوبها به عنوان مواد الکترونیکی هیجان انگیزترین موضوع مورد توجه پژوهشگران نانوتیوب است چند گزارش اخیر نشان داده است که SWNTS نه تنها به عنوان رسانا بلکه به عنوان نیمرساناهایی که در شرایطی حامل جریان اند و در شرایط دیگر نیستند نیز عمل می کنند. این موضوع جنب و جوشی به وجود آورد زیرا سویچهای نیمرسانا قلب کامپیوترها هستند.

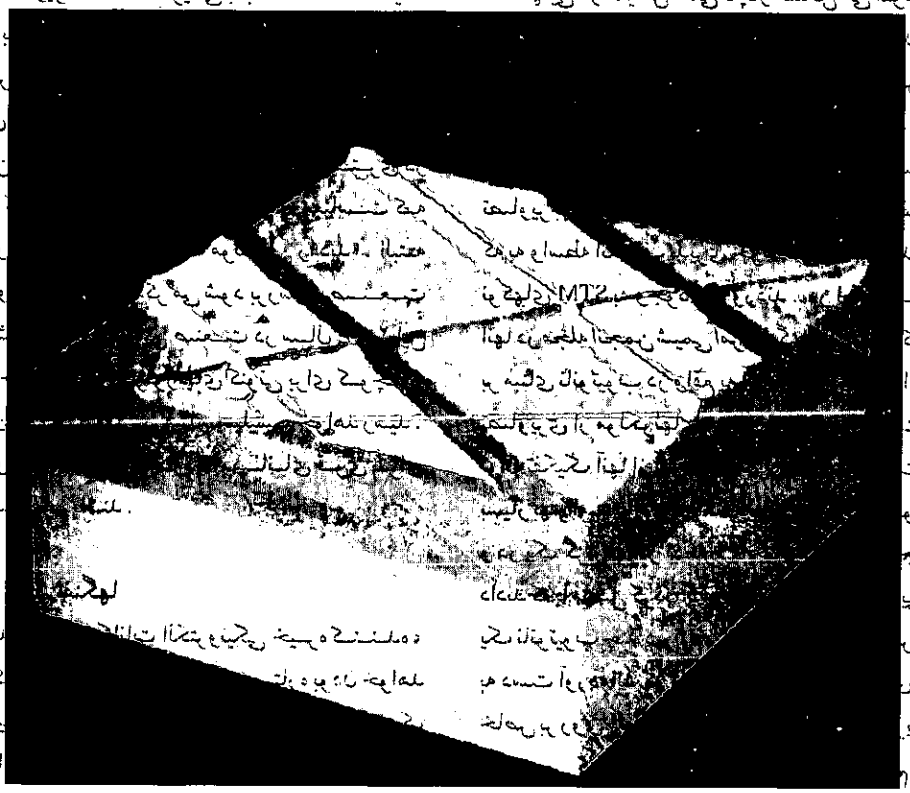
نقصها، کلید این رفتار دوگانه اند. در ژانویه گذشته گروههایی به ریاست سیزدکر در دانشگاه دلفت در هلند و چارلز لایبر در هاروارد، پیش بینیهای نظری را که خواص رسانندگی نانوتیوبها به آرایش حلقه های شش ضلعی کربن در اطراف لوله مربوط است تأیید کردند. وقتی این شش ضلعیها در امتداد محور طویل به خط شدند، لوله به راحتی یک فلز هدایت می کند. اما شش ضلعیها را بپیچانیم به طوری که دور لوله پیچ بخورند، و رسانایی آن مانند یک نیمرسانا می شود که فقط پس از یک ولتاژ آستانه خاصل جریان خواهد شد. اگر بتوانید نانوتیوبهایی را با دو شخصیت متفاوت بسازید. چرا نتوانید یک لوله دو شخصیتی بسازید؟ پاییز گذشته، گروه زتل یک نانوتیوب را منزوی کردند که دارای یک ناحیه فلزی و یک ناحیه نیمرسانا بود. این لوله دورگه نتیجه یک نقص خاص است. به جای شش ضلعیهای کربن هم جوار یک پنج ضلعی به یک هفت ضلعی کربنی متصل شده است. این نقص باعث می شود که پیچیده شدن بقیه شش ضلعیها گرد لوله تغییر کند. یک سر لوله که از شش ضلعیهای مارپیچ تشکیل شده است، مانند یک نیمرسانا عمل می کند. در حالی که سر دیگر متشکل از شش ضلعیها در خط راست یک رسانای فلزی است. گروه زتل نشان دادند که این نانوتیوبها می توانند به عنوان یک دیود مولکولی عمل کنند که جریان الکتریکی را در یک جهت از نیمرسانا به فلز عبور می دهند و در جهت عکس نه.



سربهای سمی؟

نانو تیوبها به لحاظ فیزیکی پشبیه رشته های آز بست هستند بدون اثر کاتالیتیکی آنها

پژوهشگران مشغول ورفتن با نانوتیوبهای ظریف خود هستند تا قابلیتهای الکترونیکی آنها را به نمایش بگذارند. والت دوهیر فیزیکدان انستیتوی تکنولوژی جورجیا در اتلانتا و همکارانش در شماره ۱۲ ژوئن مجله ساینس ۱۹۹۸ صفحه ۱۷۴۴ پیش بینی کردند که نانوتیوبها می توانند به کمک پدیده ای به نام ترابرد بالستیکی جریان الکتریکی را در دمای اتاق بدون هیچ گونه مقاومتی هدایت کنند. دهیر جریان عادی الکترونها را به جریان آب در رودخانه تشبیه می کند که اصطکاک مداوم با بستر رودخانه و برخوردها به صخره ها آن را کند می سازد. ترابرد بالستیکی بیشتر شبیه آبی است که از لبه آبشار سرازیر شده است. این آب به راحتی در فضا پرواز می کند، بدون اینکه



شکل ۳- تراز بستور نانوتیوب. این سوئیچ از قرارداد ن یک نانوتیوب بر روی اتصالات روی یک تراشه سیلیسیم ساخته شده است.

اعمال می شد، حاملان بار در نانوتیوب به وجود می آمدند که باعث عبور جریان بین دو بالشتک طلا می شد.

این وسیله نانوتیوبی یک ترانزیستور بسیار خوب نمی ساخت، زیرا اتصال الکتریکی با بالشتک طلا ضعیف بود. اما، با وجود این دوهیر آن را یک موفقیت شایان می داند زیرا «این کار نشان داده است که می توان انتظار کاربردهای واقعی را داشت». اسمالی این احساسات را با تاکید بر این نکته ابراز می کند که این وسایل نانومتری در دمای اتاق کار می کنند. به نظر او «این بدان معناست که می توان دوباره خواب الکترونیک مولکولی را دید». البته نه خیلی زود. اسمالی متذکر می شود بررسی صنعت نیمرسانا نشان می دهد که این صنعت در سال ۲۰۰۶ این صنعت به حد فیزیکی تکنولوژیهای کنونی برای کوچک کردن ترانزیستورهای فعلی بر مبنای سیلیسیم خواهد رسید. نانوتیوبهای کربنی ممکن است یک رسانای قوی برای جانشینی سیلیسیم باشند.

دنده هایی برای تفنگها

حتی بدون این امکانات الکترونیکی خیره کننده، خواص مکانیکی نانوتیوبها آنها را نامزد ستاره بودن خواهد کرد. نانوتیوبها تا ۱۰۰ برابر محکمتر از فولادند. وقتی یک گروه به ریاست لایبر در هاروارد توان خمشی این تیوبها را در انتهای یک میکروسکوپ نیروی اتمی[۶] (AFM) اندازه می گرفتند متوجه شدند که می توانند سخت ترین نانورادهای کاربید سیلیسیم را که برای ترکیبهای با مقاومت زیاد به کار می بردند به راحتی خم کنند. به گفتهٔ اسمالی «این سفت ترین چیزی است که شما می توانید بسازید». سعی کنید یک طناب کشی در مقایس نانومتری با کشیدن دو سر یک نانوتیوب ترتیب دهید، و متوجه خواهید شد که راه به جایی نمی برید. به گفتهٔ زتل «نانوتیوب جدا نمی شود».

در این مسیر، سختی نانوتیوبها آنها را برای ساختن ترکیبات محکم و سبک وزن بسیار جالب توجه می سازد. و هم اکنون نیز آنها را برای بهبود قابلیتهای نوکهای تیز و سوزنی شکل ماشینهای تصویرگیری اتمی به کار می برند. این تصویرگیرها با نوکهای تیز سیلیسیمی خود یک سطح را می روبند و نقشه ای از وضعیت آن با لمس کردن سطح با نوک ـ در یک AMF ـ و یا با نزدیک کردن این نوک به سطح جریانی را از آن وارد سطح می کنند ـ در یک STM ـ تهیه می کنند، ولی وقتی نوبت بررسی جزییات ظریف سطح می رسد، معمولاً نوکهای کوتاه برای فرو رفتن در شکافهایی در مقیاس اتمی دچار مشکل می شوند.

اما اسمالی و گروهش در سال ۱۹۹۶ نشان دادند که آنها می توانند به متصل کردن یک نانوتیوب کربن به انتهای یک نوک STM از این چاله ها تصویرگیری کنند. لایبر و همکارانش به سرعت از این ایده برای به دست آوردن تصاویر بهتر از مولکولهای زیست شناختی استفاده کردند که به واسطه انعطاف پذیری خود حتی مسئله جدیتری برای نوکهای STM به وجود می آوردند. در اوایل سال ۱۹۹۸ آنها در ***مجله انجمن شیمی امریکا*** گزارش دادند که یک نوک بر مبنای نانوتیوب در واقع به آنها این امکان را داده است که تصاویری از مولکولهای زیست شناختی به دست آورند که توان تفکیک آنها از آنچه با نوکهای سنتی به دست می آید بسیار بهتر است. لایبر و همکارانش این کار را توسعه دادند و در یک گزارش در شمارهٔ ۲ جولای مجلهٔ **نیچر** گزارش دادند که با متصل کردن گروههای مختلف شیمیایی به انتهای یک نانوتیوب چند دیواره، تصاویر اتمی بر اساس نانوتیوب به دست آورده اند که قادر به تشخیص گروههای شیمیایی خاص بر روی سطح است، و در نتیجه نه تنها جزییات سطح را ثبت می کند بلکه علاوه بر آن مولکولها را هم شناسایی می کند.

به گفتهٔ چومینگ نیو، که یک پژوهشگر نانوتیوب در هیپرون کاتالیزیز؛ «این یک کار بزرگ است». آرایه ای از نوکهای کاوهٔ نانوتیوب، که هر یک مجهز به گروههای کاری مختلف باشند، می توانند روش جدیدی برای نقشه برداری از سطوح در اختیار ما بگذارند. این مسئله به ویژه برای پژوهشگران بیوتکنولوژی جالب است که به نقشه برداری از ساختار غشاهای سلولی و دیگر ساختارهای سلولی علاقه مند هستند. در واقع بنا به گزارشی لیبرنو و همکارانش در هاروارد در این زمینه مشغول به کار هستند.

دنده های تفنگها

در مقایسه با بعضی کاربردهای بالقوهٔ نانوتیوبها، بهبود عملکرد STM_s ممکن است قابل تصور نباشد. مورد وسایل نانوتیوب را در نظر بگیرید. پژوهشگران مرکز تحقیقاتی

امس در ناسا در مانتین و ویوی کالیفرنیا، اخیراً مدلهای کامپیوتری با دنده های نانوتیوب را ابداع کرده اند که دارای گروههای بنزن در اطراف لوله هستند که به عنوان دندانه عمل می کنند. همین که یکی از این نانو استوانه ها چرخید، دندانه ظریف آن نانوتیوب را مانند یک محور محرک میکروسکوپیکی به حرکت درمی آورد.

این نانو دنده ها ممکن است برای مدتی به صورت شبیه سازی باقی بمانند زیرا تاکنون راهی برای ساختن آنها پیدا نشده است. اما سایر کاربردهای غیرعادی به واقعیت نزدیک می شوند. در سال ۱۹۹۵، دِولیر در مدرسه پلی تکنیک فدرال لوزان در سوئیس و همکارانش آرایه ای از نانوتیوبها را به هم متصل کردند تا به صورت تفنگهای الکترونی ظریف عمل کنند، این تفنگها شبیه وسایل بزرگ مقیاس هستند که پشت صفحات تصویر تلویزیون را جاروب می کند و تصاویر رنگی به وجود می آورد. در آن زمان دوهیر پیشنهاد کرد که این تفنگهای الکترونی کوچک را می توان روزی برای تولید تلویزیونهای با صفحه تخت به کار برد. این روز به سرعت نزدیک می شود. در دومین کنفرانس بین المللی چشمه های الکترون خلاء که در جولای گذشته در تسوکوبا در ژاپن برگزار شد یا هاچی ساتیو و همکارانش از دانشگاه مای و شرکت الکترونیک ایز از اولین صفحه تصویر بر مبنای نانوتیوب پرده برداشتند. ساتیو امیدوار است که اولین صفحات تصویر تخت در سال ۲۰۰۰ به صورت تجارتی درآیند.

سایر پژوهشگران در پی استفاده از نانوتیوب به عنوان محیط ذخیره سازی گاز هیدروژن برای تغذیه سلولهای سوخت و الکترولیتهای مایع برای باتریها هستند. به عنوان مثال، سلولهای سوختی که هیدروژن مصرف می کنند به شدت مورد توجه اند زیرا نوید تکنولوژی تمیزی را برای اتومبیلها می دهند.

اما پاشنهٔ آشیل این تکنولوژی مخزن گاز است، زیرا فشار زیادی برای ذخیره کردن هیدروژن کافی برای سفرهای طولانی لازم است. اما نانوتیوبهایی که دو سر آنها باز است می توانند درست در کمتر از دمای اتاق، مقادیر زیادی هیدروژن را مکیده و بدون افزایش فشار زیاد ذخیره کنند. با افزایش اندک دما هیدروژن جذب شده تکان می خورد و باعث آزاد شدن گاز می شود، بدین ترتیب نانوتیوبها محیطی ایده آل برای ذخیرهٔ هیدروژن هستند که به راحتی مسابقه فعلی را خواهند برد. «برهم کنشهای جاذبه بین هیدروژن و کربن این امکان را به وجود می آورد که مقدار فشار لازم برای ذخیره سازی هیدروژن را کم کنید.» این نظر دونالد بتهون است که پیشگام تحقیقات در این زمینه در مرکز تحقیقاتی آلمادن ای. بی. ام در سن خوزه کالیفرنیاست.

تولید انبوه

اما قبل از اینکه کاربردهای بالقوه بتوانند از آزمایشگاه خارج شوند، پژوهشگران باید بر یک مانع بزرگ غلبه کنند. این مشکل تولید این قطعات به مقدار کافی است. هیپرون با استفاده از یک فرایند کاتالیزوری صدها کیلوگرم $MWNT_S$ را در روز تولید می کند. اما فرایندهای صنعتی به تولید صدها تن نیازمندند. وضعیت برای $SWNT_S$ مطلوبتر از این هم بدتر است، زیرا اکنون بیش از مشتی از آنها ساخته نمی شود. یک شرکت جدید التأسیس در لگزینکتون کنتاکی شروع به فروش آنها به ازای هرگرم ۲۰۰ دلار کرده است. با این قیمتها نانوتیوبها در آینده نزدیک جایگزین گرافیت در راکتهای تنیس نخواهند شد.

اسمالی می گوید که کوششهایی برای تولید انبوه این تیوبها «تا اندازه ای متوقف مانده است». اما امیدوار است که طرحهای جدید ساخت، این مسئله را حل کند» تصور می کنم در عرض ۱۰ سال کسی باهوش و با ابتکار فراوان راهی برای رشد نانوتیوبهای تک دیواره از فاز گاهی به کمک ذرات زیر کاتالیزوری در مقیاس تن درست مانند پلی پروپیلن، خواهد یافت. در این صورت به نظر اسمالی آینده عظیمی در انتظار این لوله های ظریف خواهد بود.

مترجم: منیژه رهبر

Science 14 August 1998 P 940-942

زیرنویس:

1- nanotube

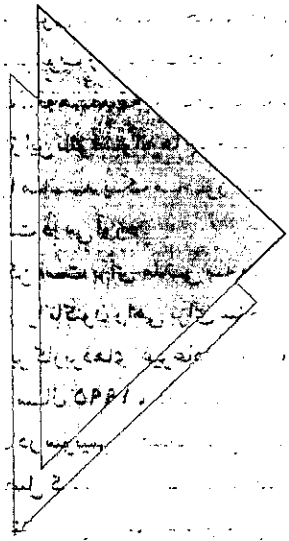
2- Fullerene

3- Single-wall nanotubes

4- multiwalled nanotubes

5- Scanning tunneling microscopes

6- atomic force microscope



اخبار علمی

نگاهی دقیقتر به «G»

در میان تمام ثابت‌های بنیادی فیزیک، ثابت جهانی گرانش، G، را با دقت کمتری از بقیه می‌شناسیم. اخیراً یک گروه از فیزیکدانان انستیتوی ملی استاندارد و تکنولوژی و دانشگاه کلورادوی آمریکا، دقیقترین اندازه‌گیری G را که تاکنون انجام شده، انجام دادند. این گروه برای این اندازه‌گیری از تداخل سنجی لیزری استفاده کردند.

ثابت جهانی گرانش اولین بار توسط لُرد کاوندیش در سال ۱۷۹۸ اندازه‌گیری شد. او با استفاده از تعادل پیچش برای اندازه‌گیری نیروی بین یک جفت گلوله سربی این ثابت را بدست آورد. عددی که کاوندیش برای G بدست آورد $6/754 \times 10^{-11}$ متر مکعب بر کیلوگرم بر مجذور ثانیه بود. با وجود اینکه این روش به دفعات تکمیل تر شده است، هنوز خطاهای سیستماتیک بسیاری بر آن حاکم است. به علاوه، مقادیر جدید اندازه‌گیری شده برای G، ۴۰ بار بیشتر از خطای تخمین زده شده برای آنها با یکدیگر اختلاف دارند.

این گروه جرم آزمونی را در داخل محفظه خلاء ضد لرزشی در فاصله ۲۰ سانتیمتری رها کردند. جرم آزمون مجهز به بازتابنده‌ای است که می‌تواند یکی از بازوهای یک تداخل سنج مایکلسون را تشکیل دهد. با این وسیله می‌توان موقعیت جرم آزمون را در فواصل ۳۲۰ پیکرومتری ثبت کرد.

به منظور حذف خطاهای ناشی از تغییرات دما، چگالی و فشار، درون محفظه خلاء شانه است. در این آزمایش یک وزنه ۵۰۰ کیلوگرمی یکبار در بالا و بار دیگر در پائین محفظه گذاشته می‌شود. تغییر موقعیت این وزنه بر میدان گرانشی موضعی تأثیر می‌گذارد. وقتی وزنه بالای محفظه قرار دارد جرم آزمون اندکی آرامتر سقوط می‌کند و وقتی پایین قرار دارد جرم آزمون جزئی سریعتر سقوط می‌کند. این گروه مقدار $6/6873 \times 10^{-11}$ را برای G با خطایی کمتر از ٪۰/۱۴ بدست آوردند.

مرجع: ساینس، شمارهٔ ۲۸۲، سال ۱۹۹۸، صفحهٔ ۲۲۳۰

مدرسه‌های انگلستان به تلسکوپ روبوتی مجهز می‌شوند.

یک بازرگان ثروتمند و دانشجوی سابق رشته کیهانشناسی به نام «دیل فاولکس» (Dill Faulkes) هزینه ساخت بزرگترین تلسکوپ آموزشی در جزیره مایو از جزایر هاوایی را برای «رویال آبزروتوری» تأمین کرده است. فاولکس امیدوار است که این تلسکوپ دانش آموزان انگلیسی را به مطالعه علوم علاقه‌مند و تشویق کند. تمام دانش آموزان در سراسر انگلستان به وسیله اینترنت به این تلسکوپ دسترسی خواهند داشت. مطابق برنامه ریزی، این تلسکوپ در سال ۲۰۰۱ شروع به کار خواهد کرد.

مرجع

شبکه اینترنت http:// physicsweb. ory

مترجم: محمدرضا اجتهادی

کشتی جلوسکین*

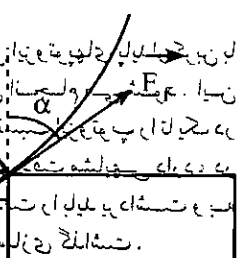
محمدرضا خوش بین خوش نظر

در فوریهٔ سال ۱۹۳۴ کشتی جلوسکین در تنگهٔ برینگ تحت فشار یخ‌ها شکست و غرق شد. خوشبختانه خدمه این حادثه تنها به دلیل بی‌اطلاعی سازندگان کشتی از مفاهیم فیزیک مقدماتی رخ داده بود. شکل ۱ قطعه‌ای یخ را در هنگام تماس و برخورد با پهلوی کشتی نشان می‌دهد. نیروهایی که هنگام فشار آوردن یخ بر پهلوی کشتی وارد می‌شوند را در نظر می‌گیریم. نیروی P ای که از یخ به پهلوی کشتی وارد می‌شود به دو نیرو، یکی عمود بر پهلوی کشتی ($\vec{N}$) و دیگری مماس بر آن ($\vec{F}$) تجزیه می‌شود. بدیهی است که زاویهٔ میان $\vec{P}$ و $\vec{N}$ با زاویهٔ شیب پهلوی کشتی نسبت به قائم برابر است.

نیروی $|f|$ اصطکاک یخ با پهلوی کشتی برابر با حاصلضرب نیروی $|N|$ در ضریب اصطکاک بین روکش فولادی و یخ است (که مقدار قابل توجه ۰/۲ را دارا است):

اگر نیروی اصطکاک F_f کمتر از P باشد، نیروی F یخی را که بر کشتی فشار می‌آورد به زیر آب می‌برد و یخ در طول بدنهٔ کشتی می‌لغزد و صدمه‌ای به آن وارد نمی‌سازد. اگر نیروی F_f بیشتر از F باشد، اصطکاک مانع لغزیدن می‌شود و هرگاه یخ مدت زیادی فشار بیاورد ممکن است بدنهٔ کشتی را خراب کند. شرط لغزیدن یخ بر پهلوی کشتی $F > F_f$ است که با جایگذاری مقادیر $F = N\tan\alpha$ و $F_f = 0.2N$ به $N\tan\alpha > 0.2N$ و یا $\tan\alpha > 0.2$ و یا $\alpha > 11.30^\circ$ منتهی می‌شود. بدین ترتیب مشخص می‌شود که دیوارهٔ کشتی نسبت به خط قائم باید چه شیبی داشته باشد تا حرکت داخل یخ بی‌خطر باشد. این شیب باید حداقل ۱۱/۳۰ باشد.

بنابراین هنگام ساختن کشتی‌هایی که برای دریانوردی در میان یخ در نظر گرفته می‌شوند باید به کناره‌های آنها شیب لازم را داد و این شیب انتخاب کمتر از ۱۱/۳۰ باشد (چیزی که در کشتی جلوسکین مراعات نشده بود).



مرجع:
* «فیزیک برای سرگرمی (سرگرمیهای فیزیکی)». یاکوب پرلمان. ترجمهٔ احسان قوام زاده. چاپ چهارم. زمستان ۱۳۶۶. انتشارات نیلوفر.

دقت و واژگان اندازه گیری

ولکر تامسن[1]

اغلب دقت (precision) با دیگر واژگان اندازه گیری مانند صحت (accuracy)، تفکیک (resolution)، و حساسیت (sensitivity) معادل گرفته می شود. به مثالهای زیر توجه کنید که در آنها از واژه دقت به طور نادرست استفاده شده است.

* «چگونگی اندازه گیری «g» با دقت 10^{-2} در آزمایشگاه مقدماتی».

باید از واژه صحت استفاده شود، نه دقت. در قسمت بعد در همین مقاله (ص۳۸) عبارت «خطای نسبی» با دقت معادل گرفته شده است. دوباره صحت واژه درست است.

* در بحث تقریبهای انجام شده در آموزش مفاهیم فیزیک پایه بیان می شد که «تقریبها اغلب به صورتی ارائه می شود که از سطح دقتی که این تقریب ارائه می کند درک ضعیفی به دانش آموز می دهد. خیلی وقتها حتی ذکری نمی شود که از تخمین استفاده می شود» صحت واژه درست است و در قسمت بعد این مقاله در واقع با واژه دقت به جای هم به کار برده شده است.

* «دقت میزان درستی است که یک کمیت با آن میزان اندازه گرفته می شود.»

دقت ابزار اندازه گیری با ریزترین تقسیمات روی مقیاس آن معین می شود.» درست نیست و تفکیک واژه درست است. همین اشتباه در تشخیص بین دقت و تفکیک ابزار اندازه گیری نیز در مقاله ای درباره آموزش خطاها در اندازه گیری روشن است.

* «در حال حاضر ... تحلیل ایزوتوپهای پایدار کربن با استفاده از طیف سنجهای جرمی انجام می شود. این طیف سنجها می توانند تغییرات نسبت ایزوتوپ را تا یک در ۱۰۰۰۰ آشکار کنند. روش لیزری دقت مشابهی دارد، در عین حال ساده تر است.» واژه دقت را باید برداشت و به جای آن حساسیت یا حد آشکارسازی گذاشت.

* و بالاخره، بدتر از همه، یک کتاب آزمایشگاهی برای فیزیک پایه واژه های «انحرافات» را برای دقت و «خطاها» را برای صحت به کار برد.

منشأ برخی از این اشتباه ها هنگامی روشن می شود که به فرهنگ لغت مراجعه کنیم دقت را «کیفیت دقیق بودن، درستی، صحت، و غیره» تعریف می کند به علاوه، در بحث خطاهای مربوط به فرایند اندازه گیری، « ... استفاده از مفاهیم آماری در موضوعات مختلف تفاوت دارند و واژگان مورد استفاده به ندرت یکسان هستند.»

سرانجام، رابطه های جالب بین چهار واژهٔ اندازه گیری یعنی دقت، صحت، تفکیک، و حساسیت، ممکن است اشتباه های دیگری را باعث شوند.

ما در اینجا تعریفهایی سازگار با واژگان ASTM (انجمن امریکایی برای امتحان و مواد) ارائه می کنیم و برخی از رابطه های بین آنها را بررسی می کنیم.

دقت و صحت

دقتِ رشته ای از اندازه گیریها میزان سازگاری بین اندازه گیریهای تکراری است که معمولاً به صورت کمّی با انحراف معیار مقدارهای اندازه گیری شده بیان می شود.

[هرچه انحراف معیار مقدارهای اندازه گیری شده کمتر باشد دقت اندازه گیری بیشتر است. مترجم]

صحتِ اندازه گیری (یا میانگین رشتهٔ آن) رابطه ای است که با مقدار «درست»، «اسمی»، «توافق شده» یا «مقبول» دارد.

اغلب این به عنوان انحراف یا انحراف درصدی از مقدار معلوم بیان می شود. دقت مربوط است به خطاهای کاتوره ای فرآیند اندازه گیری، و حال آنکه صحت با جانبداریهای قاعده دار شناخته می شود. مقاله اخیر نوشتهٔ ارلیش و هاتچیسون[2]، به نام «خطاهای قاعده دار و کاتوره ای در زمان سنجی سقوط سکه» این تفارت را عالی به تصویر می کشد. البته یک لغزش کوچک در نامگذاری در این مقاله باید تصحیح شود «مثلاً، شاخ و وینیگر[3] نشان داده اند که برای نمایش آزمایش در کلاس فیزیک امکان دارد که g را با دقت ۰٫۰۳ اندازه گرفت آن هم از طریق اندازه گیری زمان سقوط آزاد توپها با یکبار افتادن.» واژه دقت باید با صحت عوض شود. تک اندازه گیری نمی تواند آماری برای تبیین دقت فراهم آورد.

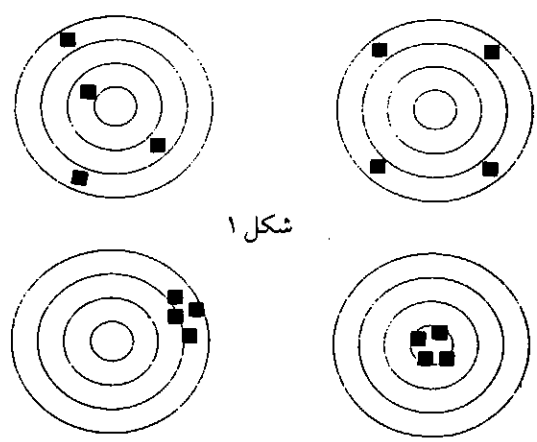
جدول ۱ برگرفته از کتاب هالیدی و رزنیک، ممکن است فهم بهتری از تفاوت بین صحت و دقت به دست دهد. برخی اندازه گیریهای سرعت نور در طول سه قرن گذشته ارائه شده اند. گرچه بیان نشده است، «عدم قطعیت» داده شده احتمالاً از نظر آماری از چند اندازه گیری به دست آمده است به طوری که ممکن است بتوانیم آن را با دقت مقدارهای اندازه گیری شده شناسایی کنیم.

توجه داشته باشید که آخرین تعیینها به یک مقدار ثابت، مقدار فعلی «درست» یا «مقبول» همگرا شده اند. این می تواند جرقه ای برای بحثهای کلاسی جالب دربارهٔ تحول دانستنی علمی باشد.

کمک دیگر در تمایز بین دقت و صحت «هدف تیراندازی» کلاسیک یا «تخته دارت» است. در تصویری مانند شکل ۱. مربعهای تو پر مکانهای پیکانها با دارتها را نشان می دهد. این نمودار رابطهٔ شگفت انگیز بین دو کمیت را نیز نشان می دهد.

باید توجه کنیم که هدف با برچسب «دقت کم، صحت زیاد» یک شانس آماری است زیرا فقط متوسط چهار تلاش صحت زیاد را نشان می دهد.

دقت کم، صحت زیاد
دقت زیاد، صحت کم
دقت و صحت
دقت کم، صحت کم
دقت زیاد، صحت زیاد



شکل ۱

تفکیک و حساسیت

تفکیک یک ابزار اندازه گیری که گاهی «قابلیت خواندن» نامیده می شود، «ریز بودن جزء آشکار شده» توسط ابزار اندازه گیری است. این تعریف اساس کوچکترین نمو قابل اندازه گیری است. یک خط کش با درجه های میلیمتر مدرج شده است تفکیکی در حدود $\frac{1}{2}$ mm یا بهتر دارد، زیرا ما می توانیم به طور منطقی انتظار داشته باشیم تفاوت بین ۲٫۵۰ و ۲٫۵۵ mm را بخوانیم. تفکیک یک ولت سنج رقمی با نمایش سه رقمی عموماً به عنوان ±۱ در آخرین رقم بیان می شود.

حساسیت، از طرف دیگر نشان دادن کوچکترین مقدار یک کمیت قابل اندازه گیری توسط این ابزار ویژه است. آیا می توانم یک نانومتر را با خط کش اندازه بگیرم؟ البته نه. در این مفهوم اغلب به عنوان «حد آشکار سازی (LOD)»، اشاره شده است. سرعت سنج اتومبیل را به عنوان یک ابزار اندازه گیری در نظر بگیرید. به خاطر بحث ما یک سرعت سنج قیاسی را در نظر می گیریم و فرض می کنیم به طور مناسب مدرج شده است به طوری که صحت مورد نداشته باشد. اکنون آیا امکان دارد تشخیص دهیم که اتومبیل با سرعت ۷۰ یا ۷۱ کیلومتر بر ساعت در حرکت است؟ این سؤال درباره تفکیک سرعت سنج است. اگر من شروع به حرکت کنم و به آرامی شتاب بگیرم، در چه سرعتی عقربهٔ سرعت سنج شروع به انحراف می کند؟ این سؤال درباره حساسیت سرعت سنج است.

توجه کنید که حساسیت و تفکیک هر دو متمایز از دقت و صحت هستند. هر چند، دوباره رابطه هایی بین آنها وجود دارد. مثلاً:

۱) ده اندازه گیری فرضی زیر را در نظر بگیرید (یکاها دلخواهند) ۹٫۹، ۱۰٫۱، ۹٫۷، ۱۰٫۲، ۱۰٫۰، ۹٫۸، ۹٫۹، ۱۰٫۳، ۱۰٫۱، ۱۰٫۰، میانگین آنها ۱۰٫۰ و دقت اندازه گیری که با انحراف معیار داده می شود ۰٫۱۸ است. هرچند که ابزار اندازه گیری ما تفکیک کافی ندارد تا اولین رقم اعشار را مشخص کند، ده اندازه گیری ما ممکن است همگی «۱۰» بوده باشند که انحراف معیار آنها صفر است و (به طور نادرست) نشان دهندهٔ یک دقت شگفت انگیزی است.

۲) در تحلیل شیمیایی طیف، مثلاً، حد آشکار سازی (حساسیت) بر حسب دقت تعریف می شود (معمولاً سه انحراف معیار اندازه گیری روی نمونه ساده انجام می شود).

بحث و نتیجه گیری

در کلاسهای فیزیک پایه به طور عادی تلاش می شود

که به دانش آموزان یاد داده شود که «تخمین خطا» به نتیجه آزمایش آزمایشگاهی اختصاص دهند. چون این اندازه گیریهای آزمایشگاهی معمولاً فقط یک مرتبه انجام می شوند، این خطا بر پایه تکنیک ابزار اندازه گیری مورد استفاده قرار دارد. این «خطای تخمین زده شده» نباید با دقت یا صحت اندازه گیری اشتباه گرفته شود. هر چند با استفاده از مجموعه نتیجه های دانش آموز، ما می توانیم مفهوم دقت را به عنوان عدم قطعیت بر پایه ارزیابی آماری داده ها، یعنی محاسبه انحراف معیار، تعریف کنیم. با مقایسه نتیجه با مقدار «معلوم» یا «مقبول» می توانیم صحت را معین کنیم.

رابطه های بین این جنبه های کلیدی فرآیند اندازه گیری جالب هستند اگرچه گیج کننده اند:

۱) شما نمی توانید صحت بدون دقت داشته باشید. هرچند معکوس آن درست نیست.

۲) دقت زشته ای از اندازه گیریها با تکنیک کم ممکن است عملاً بهتر از دقت ابزار با تکنیک بیشتر باشد.

۳) با حساسیت کم، دقت (و بنابراین صحت نیز) به خاطر کوچکترین کمیتهای اندازه گیری لطمه می بیند. دیگر جنبه های فرآیند اندازه گیری که شایان ذکر است عبارت اند از دقت پاسخ، پاگیری و روندی، و گستره زیرا این موارد به چهار واژه بحث شده ارتباط دارند. البته آنها فراتر از این یادداشت کوتاه هستند. مقدمه ای مؤثر بر موضوع آمار و اندازه گیری می تواند با آزمایش کوتاه کاگان (Kagan) شروع شود. مؤلف نتیجه های پرتاب سکه را با اندازه گیری بازده زمانی به مؤثرترین طرز مقایسه می کند:

«این کار ممکن است با ارائه مطلب توسط ارلیش و هاتچیسون دنبال شود که به طوری که خطاهای کاتوره ای را با دقت و صحت را با جانبداری قاعده ای شناسایی می کند.» به علاوه:

جدول ۱، تصویر شکل ۱، و تشابه های «تندی سنج» باید به روشن کردن تفاوتهای بین دقت، صحت، تکنیک، حساسیت کمک کنند.

مترجم: محمدعلی سعادت بخت

مرجع:

The Physics Teacher, Jan 97, p 15-16-17

1. Volker Thomsen
2. Ehrlich and Hutchison
3. Schoch and Winiger

جدول ۱ـ تعیین های تجربی سرعت نور

سال	آزمایشگرها	سرعت نور (km/s)	عدم قطعیت (km/s)
۱۶۷۵	رومر	۲۰۰,۹۵۰	
۱۷۲۹	برادلی	۳۰۴,۰۰۰	
۱۸۴۹	فیزو	۳۱۳,۳۰۰	
۱۸۶۲	فوکو	۲۹۸,۰۰۰	۵۰۰
۱۸۷۶	کورنو	۲۹۹,۹۹۰	۲۰۰
۱۸۸۰	مایکلسون	۲۹۹,۹۱۰	۵۰
۱۹۰۶	راس و دورسی	۲۹۹,۷۸۱	۱۰
۱۹۲۶	مایکلسون	۲۹۹,۷۹۶	۴
۱۹۴۰	هیوتل	۲۹۹,۷۶۸	۱۰
۱۹۵۰	برستراند	۲۹۹,۷۹۲/۷	۰/۲۵
۱۹۵۱	آسلاکسون	۲۹۹,۷۹۴/۲	۱/۹
۱۹۵۲	فروم	۲۹۹,۷۹۳	۰/۷
۱۹۵۸	فروم	۲۹۹,۷۹۲/۵۰	۰/۱۰
۱۹۶۵	کولبایف	۲۹۹,۷۹۲/۶	۰/۰۶
۱۹۶۷	گروس	۲۹۹,۷۹۲/۵	۰/۳

حل مسایل مکانیک با شبیه سازیِ کامپیوتری

چگونه می توان مسایل مکانیک را بدون نوشتن و حل معادلات مربوطه حل کرد؟
در این مقاله روشی برای حل عددی مسایل مکانیک و ایجاد یک آزمایشگاه مکانیکِ کامپیوتری ارائه می شود.

بهروز دانش خواه ـ دانشجوی کارشناسی ارشد برق دانشگاه صنعتی شریف

مقدمه :

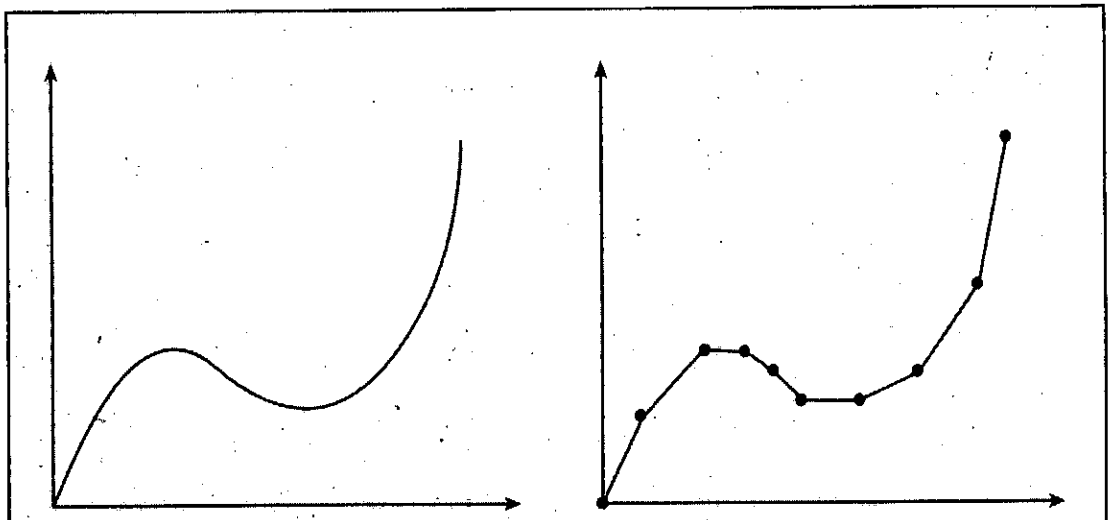
امروزه کامپیوتر یکی از اساسی ترین ابزارهای تحقیقاتی و آموزشی در همهٔ رشته های علمی است . از رشته های فنی و مهندسی گرفته تا مقوله های انسان شناسی ، هنر و زیست شناسی . با این همه در ایران هنوز کامپیوتر جایگاهِ علمیِ خود را نیافته است . هنوز کاربردهای علمیِ کامپیوتر جنبهٔ محسوسی نیافته اند . یکی از اصلی ترین کاربردهایِ علمیِ کامپیوتر شبیه سازی است . شبیه سازی به این معناست که پروسه ای را که به هر دلیل انجام آن مقرون به صرفه نیست(از نظر عملی بودن ، هزینه بر بودن ، خطرناک بودن ، نیاز به ابزارهای گران قیمت و پیشرفته) توسط کامپیوتر و با روشهای عددی«دوباره سازی» کنیم . با تعریف محیطی مناسب برای انجام پروسه و اعمال قوانینِ حاکم بر آن پروسه می توان فرآیند را دوباره سازی کرد و نتیجهٔ آنرا دید و یا اندازه گیری کرد . معمولاً شبیه سازی یک راه معقول برای انجام دادن آزمایشهایی است که هزینهٔ سنگین می طلبند .

کاربرد در فیزیک :

فیزیک از علومی است که می تواند از کامپیوتر برای کاربردهای تحقیقاتی و آموزشی به بهترین نحو استفاده کند . در بسیاری موارد کامپیوتر و محاسبهٔ عددی جای ریاضیات و محاسبهٔ تحلیلی را می گیرد . چون وقتی فرآیندها و قوانین حاکم بر آنها پیچیده می شود معادلات ریاضی بیان کننده به سرعت پیچیده شده و در نهایت غیر قابل حل خواهند شد . اینجا چاره ای جز استفاده از روشهای عددی بجای روشهای تحلیلی نیست . در این مقاله ایده هایی برای حل مسایل پیچیده مکانیک(شبیه سازی) توسط کامپیوتر توضیح داده خواهد شد . از این ایده ها به محیطی به نام«آزمایشگاه مکانیکِ کامپیوتری» خواهیم رسید که در آن امکان انجام هر آزمایشی مورد تصور خواهد بود . سپس با چند مثالِ ساده کارکرد این ایده ها را در عمل خواهیم دید (و به قدرت شبیه سازی کامپیوتری ایمان خواهیم آورد) .

ایدهٔ اصلی

ایدهٔ اصلی از اینجا ناشی می شود که هر معادله ای ، هر چقدر هم که تغییرات پیچیده ای داشته باشد و تابع هر تعداد متغیر باشد ، را می توان در قطعه های کوچک ، «خطی» فرض کرد . در واقع هرچه این قطعات معادله کوچک تر باشند معادلهٔ آنها به معادلهٔ خطی نزدیک تر خواهد بود . در ضمن جایی که تغییرات معادله سریع و تند باشد مجبوریم آن را به قطعاتِ ریزتری تقسیم کنیم تا انحرافِ زیادی از معادلهٔ اصلی نداشته باشیم . این کار را «خطی سازی» گویند . شکل زیر تغییرات یک تابع غیرخطی پیچیده را بر حسب زمان نشان می دهد . با تقسیم این معادله به چندقسمت می توان تقریبی از آن را توسط معادله های«خط» داشت که هر کدام در محدودهٔ کوچکی صادق هستند . تحلیل این قطعه معادلات خطی بسیار ساده است و این دقیقاً کاری است که کامپیوتر با سرعت زیادی انجام خواهد داد .



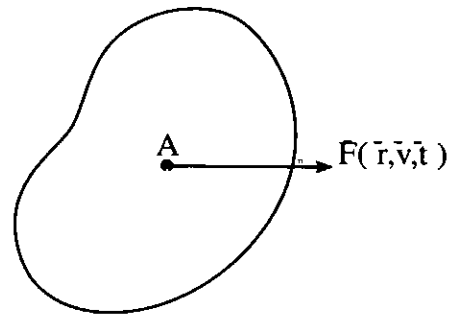
شکل ۱ ـ تقسیم یک تابع پیچیده به تعدادی تابعِ سادهٔ خط

برای مقولهٔ مورد مطالعهٔ ما یعنی مکانیک، متغیرهای مهم عبارتند از شتاب، سرعت، سرعت زاویه ای و مکان جسم در طول زمان. در این صورت محور افقی زمان است و ما آن را به قطعات ریزی از Δt (زمانهای کوچک) تقسیم می کنیم. اگر این قطعات زمانی به اندازهٔ کافی کوچک باشند خطای نهایی بسیار جزئی خواهد بود.

آزمایشگاه مکانیک:

در هر قطعه Δt می توان معادلاتِ پایه ای مکانیک را اعمال کرد. کافیست نیروهای وارد بر جسم بدست آیند. از آنجا با رابطه $a = \frac{F}{m}$، شتاب به دست می آید و با توجه به اینکه یک حرکت مستقیم الخط با شتاب ثابت داریم از روابط مربوط به آن برای بدست آوردن سرعت و مکان متحرک درپایان هر Δt استفاده می کنیم. اصلاً مهم نیست که نیروها چقدر پیچیده باشند چون ما مسئله را در یک Δt کوچک و با فرض مستقیم الخط بودن و شتاب ثابت حل کرده ایم. به این ترتیب می توان(همانطور که در سطرهای آینده خواهیم دید) مسایل مکانیک را هر چقدر پیچیده باشند بدون نیاز به نوشتن معادلاتِ دیفرانسیل(که معمولاً غیرقابل حل هستند) حل کرد. آنچه باقی می ماند چگونگیِ شکل گیری محیط، اجسام و ابزارهای آزمایشگاه است.

در شکل زیر جسم A تحت یک نیروی پیچیده قرار دارد(که منبع آن می تواند هر چیزی باشد از جمله نیروی فنر، مقاومت هوا، نیروی گرانش، برخورد با جسمی دیگر و ...). این نیرو در حالت کلی هم به موقعیت جسم A و هم به سرعت آن و هم به زمان بستگی دارد. برای حل این مسئله مکانیک(بدست آوردن رفتار جسم) باید در هر زمان کوچک Δt نیروی وارد بر جسم را به صورت ثابتِ $F_0 = F(r_0, v_0, t_0)$ درنظر گرفت و همانطور که شرح داده شد مقادیر لحظهٔ بعد از روابطِ بازگشتیِ زیر به دست می آیند.



$\bar{r}_n$: مکان جسم در لحظهٔ nام

$\bar{v}_n$: سرعت جسم در لحظهٔ nام

m : جرم جسم

$\bar{a}_n$: شتاب جسم در لحظهٔ nام

$\bar{F}_n$: نیروی وارد بر جسم در لحظهٔ nام

τ_n : گشتاور وارد بر جسم در لحظهٔ nام

α_n : شتاب زاویه‌ای در لحظهٔ nام

ω_n : سرعت زاویه‌ای در لحظهٔ nام

θ_n : زاویهٔ چرخش جسم در لحظهٔ nام

$$\bar{a}_n = \frac{\bar{F}(\bar{r}_n, \bar{v}_n, t_n)}{m}$$

$$\bar{v}_{n+1} = \bar{v}_n + \bar{a}_n . \Delta t$$

$$\bar{r}_{n+1} = \bar{r}_n + \frac{1}{2}\bar{a}_n \Delta t^2 + \bar{v}_n . \Delta t$$

$$\tau_n = \bar{F}(r_n, v_n, t_n) . \bar{r}$$

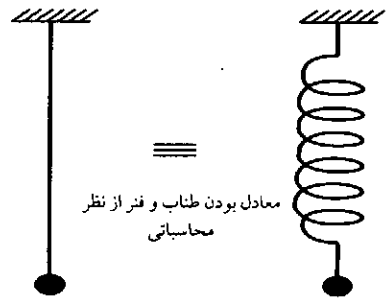
$$\alpha_n = \frac{\tau_n}{I}$$

$$\omega_{n+1} = \omega_n + \alpha . \Delta t$$

$$\theta_{n+1} = \theta_n + \frac{1}{2}\alpha \Delta t^2 + \omega_n . \Delta t$$

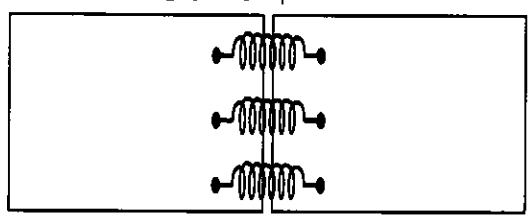
به این ترتیب مسئله نیروها و بر هم کنش های پیچیده با تقسیم مسئله به زمانهای کوچک Δt حل خواهد شد.

ابزارهای دیگری که در آزمایشگاه فیزیک برای ایجاد یک محیطِ مکانیکی به کار می آیند: فنر، طناب و اتصال ها هستند. هر سه اینها را می توان با فنرها جایگزین کرد. طناب ها را می توان نوعی فنرهای با ثابت فنر بزرگ درنظر گرفت (که البته قانون آنها قانونِ سادهٔ هوک نیست ولی در عمل دیده می شود که قانون هوک به خوبی برای آنها عمل می کند فقط باید ثابت فنر را به اندازهٔ کافی بزرگ گرفت). همچنین اتصال بین دو نقطه را با فنرهای ریز می توان مدل کرد. می دانیم که این اتصال ها با نیروی بین مولکولی دو جسم صورت می گیرند و نمود ماکروسکوپیک آنها، نوعی خاصیت الاستیسیته است. پس همانطور که در شکل دیده می شود اتصال دو جسم(مثلاً با جوش) را می توان با یک سری فنرهای کوچک که ثابتِ Kی بزرگ دارند مدل کرد که البته قانونِ فنر آنها همانند طناب قانون هوک نیست و اگر نیروی وارد بر آنها از حدی بزرگتر شوند پاره خواهند شد (و در این حالت اتصال شکسته شده است)

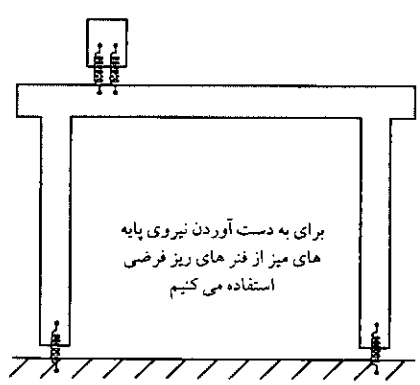


معادل بودن طناب و فنر از نظر محاسباتی

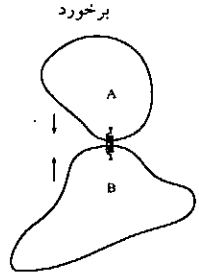
اتصال دو جسم با فنر های فرضی



مسئله برخورد بین اجسام یکی از مهمترین و مشکل سازترین مسایل این آزمایشگاه است. ولی آن را هم با این ایدهٔ«فنری» می توان حل کرد. محل تصادم دو جسم مثل مجموعه ای از فنرهایِ کشسانِ ریز عمل می کند. پس می توان در جایی که دو جسم به هم برخورد می کنند فنرهایی ریز درنظر گرفت که ثابت سختی آنها به جنس جسم ها بستگی دارد: برای فلزها و اجسام سخت ثابت فنر بزرگ و برای اجسام لاستیکی و کشسان ثابت فنر کوچک تر. در این صورت مسئله برخورد دو جسم به مسئله فشرده شدن یک سری فنرهایِ(فرضیِ) کوچک بدل می شود که حل آن با بحثی که ارایه شد بسیار ساده است. (شکل)



فنر فرضی برای محاسبه نیروی برخورد



با توجه به جهت فشردگی این فنرها جهت نیروهای کنش و واکنش به دست می آیند و از آنجا با روابطی که ذکر شد شتاب، سرعت، گشتاور، سرعت زاویه ای، مکان مرکز جرم و زاویهٔ چرخش جسم به دست می آید. این ها همهٔ آن چیزی است که برای «دیدن» آیندهٔ یک جسم موردنیاز است. حال باید این مسئله را برای کامپیوتر تعریف کنیم. در این قسمت مثالی برای حل مسئله با این روش آورده ایم.

```
program example-for-mechanics-lab;
{$N +}
uses graph, crt;
var
gd, gm:integer;i:longint;
max,tt,t,dt,f1,f2,v1,v2,d1,d2,r1,r2,a1,a2,m1,m2:double;
begin
gd:=detect;gm:=0;initgraph(gd,gm,'');
t:=0;dt:=0.00003;f1:=0;f2:=0; v1:=0;v2:=0;a1:=0;a2=0;
d1:=2.1;d2:=1.7;r1:=0.1;r2:=0.2;m1:=0.1;m2:=0.3;max:=0.0;
for i:=1 to 400000 do
begin
t:=t+dt;tt:=tt+dt;
if(d1-d2-(r1+r2))<0.05 then f1:=(0.05-abs(d1-d2(r1+r2)))*10000 else f1:=0;
if(d2-r2)<0.05 then f2:=(0.05-abs(d2-r2))*10000 else f2:=0;
a1:=10-(f1/m1);
a2:=10-(f2/m2)+(f1/m2);
v1:=v1+a1*dt;
v2:=v2+a2*dt;
d1:=d1-0.5*a1*dt*dt-v1*dt;
d2:=d2-0.5*a2*dt*dt-v2*dt;
if tt>0.01 then
begin
tt:=0;
cleardevice;
if d1>max then max:=d1;
circle(10,trunc(480-d1*70),10);
circle(10,trunc(480-d2*70),20);
delay(10);
end;
end;
readln;
closegraph;
end.
```

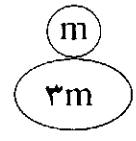
مقادیر اولیه

پیش رفتن در زمان

اگر برخورد روی داد

محاسبهٔ شتاب و سرعت و مکان ۲ گلوله

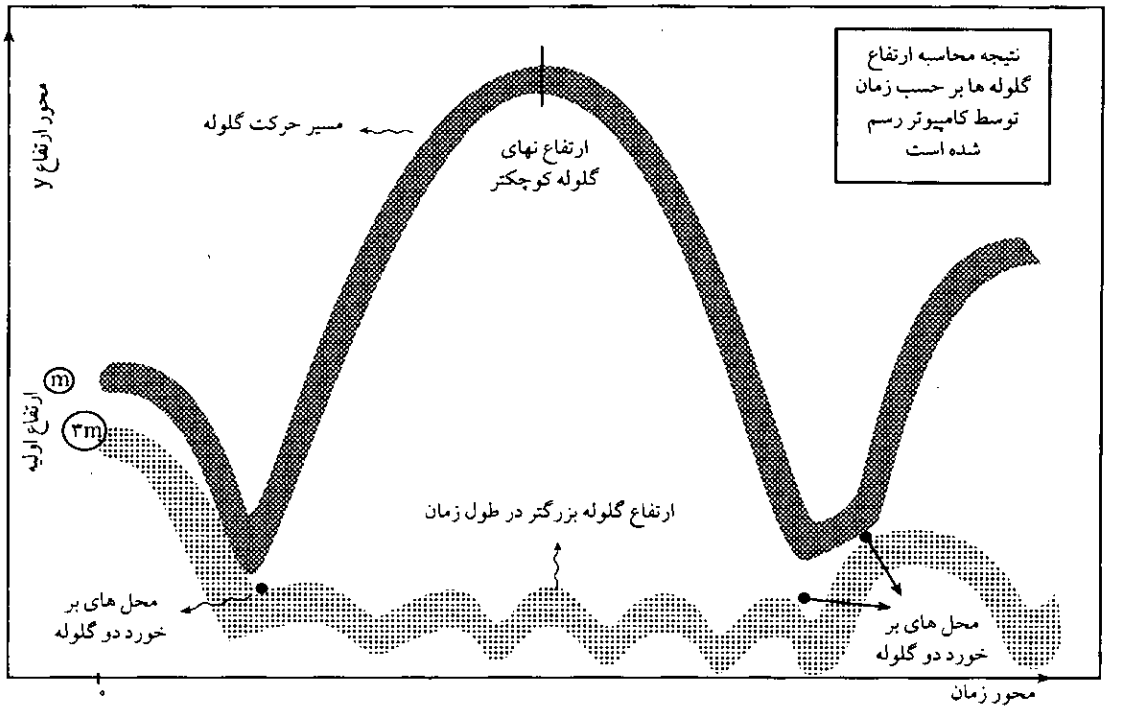
هر ۰٫۰۱ ثانیه تصویر را نشان دهد



مثال

مسأله توپ اسرارآمیز

اگر یک گلوله(توپ) به جرم m را روی توپی به جرم ۳m قرار دهیم و هردو را از ارتفاع مشخصی با هم رها کنیم، خواهیم دید که بعد از برخورد دو توپ با زمین توپ کوچک تر به ارتفاع تقریباً ۳ برابر ارتفاع اولیه اش پرواز خواهد کرد! (و البته توپ بزرگتر که انرژی خود را به توپ کوچکتر داده است، جهش نمی کند).
امتحان این آزمایش در فضای باز به لذتش می ارزد. برای حل کامپیوتری این مثال همانطور که در شکل دیده می شود از فنرهای برخورد استفاده کرده ایم. لیست برنامه در زیر آمده است.



[نتیجهٔ محاسبهٔ ارتفاع گلوله ها بر حسب زمان توسط کامپیوتر رسم شده است]

شکل حرکتِ دو توپ(موقعیت آنها نسبت به زمین) بعد از رها شدن رسم شده است. برای آنکه حرکت توپ ها را بتوان به خوبی دید موقعیت آنها بر حسب زمان رسم شده است. همانطور که انتظار می رفت توپ کوچکتر بعد از برخورد به ارتفاعی حدود ۳ برابر ارتفاع اولیه پرتاب شده است و برنامهٔ ما حرکتِ گلوله ها را به زیبایی شبیه سازی خواهد کرد. (می توان در برنامه نسبت جرم ها را تغییر داد و باز نتیجه را مشاهده کرد)

مسایل مطرح

ولی قضیه خیلی هم روراست نیست. مسائلی هم وجود دارد. از جمله اینکه Δt چقدر کوچک باشد؟ وقتی مسأله برخورد دو جسم مطرح باشد و فنرهای برخورد ضریبِ K بزرگ دارند، با توجه به اینکه نیروها در محل برخورد دارای اندازه و تغییرات بسیار بزرگی هستند مجبوریم Δt را بسیار کوچک بگیریم. (برای مثال توپِ اسرارآمیز مجبوریم Δt را در حد ۰٫۰۰۰۰۳ و حتی کمتر فرض کنیم تا خطای محاسبه کم باشد. Δt باید کمتر از ۱٫۲۰ زمانِ برخورد باشد!). ولی در حرکت آزاد جسم نیازی نیست Δt خیلی کوچک باشد. از طرفی هرچه Δt کوچک تر باشد حجم محاسبات و زمان آن بالطبع زیادتر خواهد بود. پس باید روشی ابداع کرد که Δt را با توجه به اندازهٔ سرعت و شتابِ جسم به طور دینامیک تغییر دهد.

قابلیتها و ایده های دیگر

در این مقاله روشی را که می توان مسایل مکانیک را به طور کلی حل کند شرح دادیم. در این زمینه نرم افزاری وجود دارد که با استفاده از این روش یک آزمایشگاه مکانیک با امکانات فراوان را در محیط کامپیوتری شبیه سازی می کند. در فرصتی دیگر آن را معرفی خواهیم کرد.

به همین ترتیب می توان با استفاده از کامپیوتر محیط هایی دیگر برای حل مسایل فیزیک درست کرد. از جمله آزمایشگاه نور و الکترومغناطیس. ایدهٔ کلی در این محیط هایِ شبیه سازی کامپیوتری، حل عددی مسئله است که البته روش های زیادی برای آن وجود دارد ولی در عمل همهٔ آنها از ایدهٔ «خطی کردن» معادلات پیچیده در «قطعه های کوچک» استفاده می کنند.

خاطرات آموزشی

اصغر پرورزیان

چند روز است که نشریهٔ شماره ۴۶ رشد آموزش فیزیک به دستم رسیده است. در این مدّت، چندین بار سرمقالهٔ آن را خوانده‌ام و هر مرتبه به مطالب جدیدی از آن برخورد کرده‌ام. این مقاله از اوّل تا آخر برای دست اندرکاران آموزش و پرورش جوانان کشور راهنمای بسیار مفید و خوبی است. شروع این مقاله که ترجمهٔ آیهٔ ۱۸ سوره زمر قرآن کریم است، چقدر زیبا و بجا انتخاب شده است. وقتی مقالهٔ مدرسهٔ محوری را چند بار خواندم چند خاطره از زمان خدمت دولتی به یادم آمد که به نظر من، تذکر آنها در اینجا بی مناسبت نیست و هر جا اسم از مدیر و رئیس برده می شود چه در مدارس و چه در ادارات کاربرد دارد.

خاطرهٔ اوّل ـ بخشنامهٔ وزارتی: کلیّهٔ دانش‌آموزان دبیرستانها بایستی موی سر خود را کوتاه کنند. در تاریخ ۱۳۲۹/۵/۳۳ ساعت ۲۱ خسته و فرسوده با دستهای آلوده به گچ از خیابان نادری به سمت منزل می رفتم که یک مرتبه آقای سمیعی دبیر زبان فرانسهٔ دبیرستان دارالفنون به من سلام کرد و تبریک گفت. من علت تبریک را از ایشان پرسیدم. گفتند مگر اطّلاع ندارید، روزنامهٔ اطّلاعات انتصاب شما را به ریاست دبیرستان قریب (ایرانشهر) درج کرده است. من به ایشان گفتم که متشکرم ولی تا این لحظه من از این موضوع بی خبرم، وقتی به منزل رسیدم ابلاغ وزارتی را به من دادند. اوّل فکر کردم که قبول نکنم، ولی بعد به نظرم رسید که من این انتصاب را قبول بکنم تا همکاران بدانند که من هم می توانم مدرسه‌ای را اداره کنم. نه اینکه از روی عجز به کار تدریس مشغولم ـ به عقیدهٔ من مفیدترین کار در وزارت آموزش و پرورش فقط تدریس است که شخص مستقیماً با دانش آموزان تماس داشته باشد و مانند باغبانی، رشد روزانهٔ نونهالان را به چشم خود ببیند و در حقیقت کار مثبتی انجام دهد. لذا با شرط اینکه با حفظ سمت دبیری ادارهٔ دبیرستان را قبول کنم. با این پیشنهاد من موافقت شد، بلافاصله شروع به کار کردم.

من چند سال پیش دبیر فیزیک کلاسهای نهایی این دبیرستان بودم. روزی از مقابل کلاسهای دورهٔ اول می گذشتم، پنجره ها باز بود. تیرهای چوبی بدقواره در وسط کلاسها به عنوان شمع برای جلوگیری از ریزش سقفهای کلاسها که مانند بازار از آجر درست شده بودند، نظر مرا جلب کردند. به رئیس دبیرستان گفتم که آیا به وزارت آموزش و پرورش اطلاع داده اید که جان صدها نفر از دانش آموزان این دبیرستان در خطر است؟ جواب دادند بلی، چندین بار این مطلب را به وزارت خانه نوشته ام و حتّی رئیس قبل از من هم نامه ای نوشته بوده است. ولی گوش شنوا کو؟

من اوّلین کاری که کردم مستقیماً صاحب ملک را دعوت کردم. فردای آن روز آقای بصیرالدوله (پدر زن آقای دکتر علی صدیق رئیس دانشسرای عالی) تشریف آوردند و به ایشان گفتم که ما اینجا را تخلیهٔ فوری می کنیم. ایشان فرمودند که من یک ساختمان دیگری در همین خیابان سعدی، چند قدم پائینتر دارم. اگر ببینید و موافقت کنید آنجا را در اختیار شما قرار می دهم. بلافاصله محل جدید را بازدید کردم. بسیار مناسب و نوساز بود، بدون هیچ تشریفات اسباب کشی شروع شد و به آقای بصیرالدوله گفتم که ما دیگر کاری نداریم شما خودتان با وزارت آموزش و پرورش (فرهنگ) کارهای اداری را انجام دهید کار به این سادگی حل شد.

این را هم یادآور شوم که روز اوّل شهریور مخصوص ثبت نام برای کلاسهای اوّل بود و جمعاً بنا بود ۱۰۰ نفر ثبت نام شود. من به آقای رجائی که رئیس دفتر دبیرستان بود، گفتم صد ورقهٔ کوچک را شماره گذاری کنید و پشت ورقه های ۱ تا ۲۰ بنویسید برای ثبت نام از ساعت ۸ تا ۹ صبح مراجعه کنند و به همین ترتیب بقیّهٔ ورقه ها. اول شهریور ساعت هفت شماره ها را داده بود و تمام شده بود. در حدود ساعت ۱۰ صبح آقای رجائی همراه یک مادر مسنّ و یک پاکت پر از پول وارد اتاق من شد و گفت این خانم این پاکت را به من داده که برایش یک شماره بدهم. گفتم پولها را به خودش برگردانید و بگوئید زود از اتاق من خارج شود. یکی از شرایط ثبت نام کوتاه بودن موی سر

دانش آموزان بود. آخر ثبت نام معلوم شد که ۱۷ نفر از دانش آموزان سابق دبیرستان به جهت موی سر، پروندهٔ تحصیلی خود را گرفته و به مدارس دیگر رفته بودند. قرار بود هر ۱۵ روز معاون دبیرستان، اوّل وقت موی سر دانش آموزان را ببیند و بعد اجازه ورود به کلاس را بدهد.

روز اوّل مهر، قبلاً سخنرانی مفصّلی راجع به اخلاق و رفتار دانش آموزان و طرز کار و درس خواندن و امتحانات را به تفصیل بر روی نوار سیم آهنی (ضبط صوت اوّلیه) ضبط کرده بودم و دانش آموزان در حیاط مدرسه مرتب ایستاده بود و مطالب را از پشت بلندگو می شنیدند و من هم به آرامی بین دانش آموزان قدم میزدم و وقتی بچه ها مرا بین خودشان دیدند تعجّب کردند زیرا تا آن موقع ضبط صوت ندیده بودند. در این موقع یونسکو چندین سری وسایل آزمایشگاهی برای مدارس ایران داد و مرحوم هادی رهنما مرا مأمور تقسیم آن کرد و چون دبیرستان قریب فاقد آزمایشگاه بود یک سری از آنها را به دبیرستان قریب دادیم و بلافاصله مورد استفاده قرار گرفت.

اواخر آبان ماه ۱۳۲۹ مرحوم دکتر جزایری وزیر فرهنگ مرا توی خیابان دید و فرمود از مسئلهٔ موی سر که شما متداول کرده اید بسیار خوشحال شدم من هم می خواهم بخشنامه کنم که تمام مدارس این کار را بکنند. من عرض کردم که البته تمام مدیران نمی توانند این بخشنامه را عملی کنند، زیرا موقع ثبت نام ۱۷ نفر از دانش آموزان، از کوتاه کردن موی سرشان استنکاف کردند و پروندهٔ خود را گرفتند و الآن در سایر دبیرستانها مشغول تحصیل هستند. در هر حال بخشنامه به تمام مدارس ابلاغ شد و رؤسای مدارس به دانش آموزان اطلاع دادند. اعتصابات شروع شد، یادم هست که اوّل دبیرستان مروی، بعد دارالفنون و البرز و سایر مدارس تعطیل شدند. اوّل آذرماه رسید، معاون من آقای اقوامی که هر ۱۵ روز موی سر بچه ها را کنترل می کرد قبل از اینکه پیش بچه ها برود از من پرسید که امروز چکار کنم. به ایشان گفتم از قول من به بچه ها بگویید که چون هوا سرد شده است بچه ها هر کدام مایل باشند می توانند موی سرشان را کمی بلند کنند تا مریض نشوند. وقتی معاون مدرسه این مطلب را به اطلاع بچه ها رساند همه کف زدند و سر کلاسهای خود رفتند.

اواسط زمستان دو نفر از ادارهٔ ساختمان و تعمیرات وزارت فرهنگ آمدند و سراغ اتاقهای در حال فرو ریختن سقف آنها را از من گرفتند. گفتم اصلاً موضوع منتفی شده است و ما خودمان قبل از واقعه علاج کرده ایم.

در اواخر فروردین ماه ۱۳۳۰ صبح زود یک نفر شخص مسّن آمد و سراغ بنده را گرفت من گفتم چه امری دارید. گفت من بازرس هستم و این نامه را بگیرید و خودتان مطالعه کنید. در آن نامه نوشته شده بود که رئیس و همدستان او میلیونها پول گرفته اند تا در امتحان آخر سال، عدّه ای را قبول کنند. بعد نامه را به آقای بازرس نشان دادم گفتم این امضای کیست؟ گفت نمی دانم. پرسیدم این نامه را کسی آورده است؟ گفت مأمور پُست آورده است. پرسیدم آیا کسی آن را پی گیری می کند؟ گفت فعلاً نه! گفتم این نامه را ببرید و به رئیس بازرسی بدهید و بگویید که معلوم می شود آن اداره خیلی فعّال شده است. نامه هایی که رؤسای سابق دربارهٔ احتمال فرو ریختن سقف کلاسها نوشته اند پس از چندین سال به جریان می افتد در صورتی که موضوع منتفی شده است. من اگر به جای رئیس ادارهٔ بازرسی بودم همانجا نامه را پاره می کردم و به شما زحمت نمی دادم. ایشان معذرت خواستند و گفتند صبح دیدم که هیچ کس این نامه را نگرفت و من نگون بخت بایستی این کار را انجام می دادم.

ما مدیران کارآزموده فراوان داشتیم. بی مناسبت نمی دانم که نام برخی از ایشان را در اینجا ذکر کنم. هر کدام از این مدیران، روشهای مخصوصی داشتند به طوری که ابهت و رفتار ایشان تمام دانش آموزان و حتی اولیای آنها را وادار می کرد که به آنها احترام کنند. چند نفر از ایشان که در شهر تبریز بودند می توان آقایان رشدیه، میرزا باقرخان حکمت، میرزا محمود پرورش، عطائی، نجات و خانم کلانتری و آقای عبدالله زادهٔ فریور و آقای اسماعیل امیرخیزی و بسیاری که من یادم نیست و اغلب آنها به رحمت ایزدی پیوسته اند. ضمناً آقای دکتر مجتهدی، آقای انیسی، آقای مهرداد و آقای فیوضات و آقایان ابراهیم شمس آوری و محمد شمس آوری و دیگران و من پیشنهاد می کنم: همکاران محترم در هر شهرستان نام آنها را به دفتر نشریه بفرستند و در صفحهٔ مخصوصی از آنها تجلیل شود. اغلب این مدیران تحصیلات رسمی بالایی نداشتند، ولی در ادارهٔ مدارس بی نظیر بودند. ای کاش طرز کار خود را می نوشتند تا مدیران جوان از آنها استفاده کنند. در اینجا خاطرهٔ دیگری را می نویسم تا برای حل مشکلات، گره گشا باشد.

خاطرهٔ دوّم: چگونه کت آقای معلّمی در سر کلاس پاره می شود؟

در یکی از روزهای سال تحصیلی ۲۸ـ۱۳۲۹ زنگ اوّل در کلاس ۱۲ ریاضی دبیرستان دارالفنون مشغول تدریس فیزیک بودم که درِ کلاس را زدند. من گفتم بفرمایید.

مستخدم دبیرستان بود. گفت آقای مدیر مدرسه فرمودند وقتی زنگ زده شد برای شرکت در شورای فوق العادهٔ دبیران به اتاق ایشان تشریف بیاورید. من تعجب کردم، در طول عمرم شورای فوق العادهٔ فوری ندیده بودم و نه شنیده بودم. معلوم شد یک حادثهٔ عجیبی روی داده است. زنگ را زدند به اتاق آقای رئیس رفتم. البته چون تعداد کلاسها زیاد بود لذا آقایان دبیران دور تا دور اتاق رئیس نشسته بودند. خود آقای مدیر در صدر اتاق نشسته بود و پهلوی ایشان یک نفر از دبیران کلاس سوّم دبیرستان با صورت برافروخته ایستاده بود و یقهٔ کت ایشان پاره و آویزان شده بود. از دیدن این منظره موضوع شورا معلوم شد.

جلسه رسمی شد و رئیس دبیرستان گفت یکی از دانش آموزان کلاس سوّم، زنگ اول به دبیر خود بی حرمتی کرده و یقهٔ کت او را به طوری که می بینید پاره کرده است. منظور از تشکیل این شورا تعیین تنبیه دانش آموز مذکور است. معلّمان هر کدام داد سخن دادند و پیشنهاد کردند که دانش آموز باید به اشدّ مجازات آیین نامه تنبیهات مدارس تنبیه شود. آیین نامه را خواندند و اشدّ مجازات، اخراج دانش آموز از تمام مدارس کشور بود. رئیس مدرسه گفت الآن موافقها دست بلند کنند. من دیدم که همه دست بلند کردند. من نتوانستم تحمّل کنم سر پا ایستادم و جلوی رأی گیری را گرفتم و گفتم آقای رئیس تا به حال در هیچ شورایی صحبت نکرده ام. من نه دانش آموز را می شناسم و نه همکار محترم را. اجازه بدهید ببینیم که یک کت معلم در کلاس چگونه پاره می شود؟ من چیزی به نظرم می رسد می گویم، بعد همکار محترم حقیقت را بیان کند و بعد آقای رئیس رأی تنبیه دانش آموز را بگیرند.

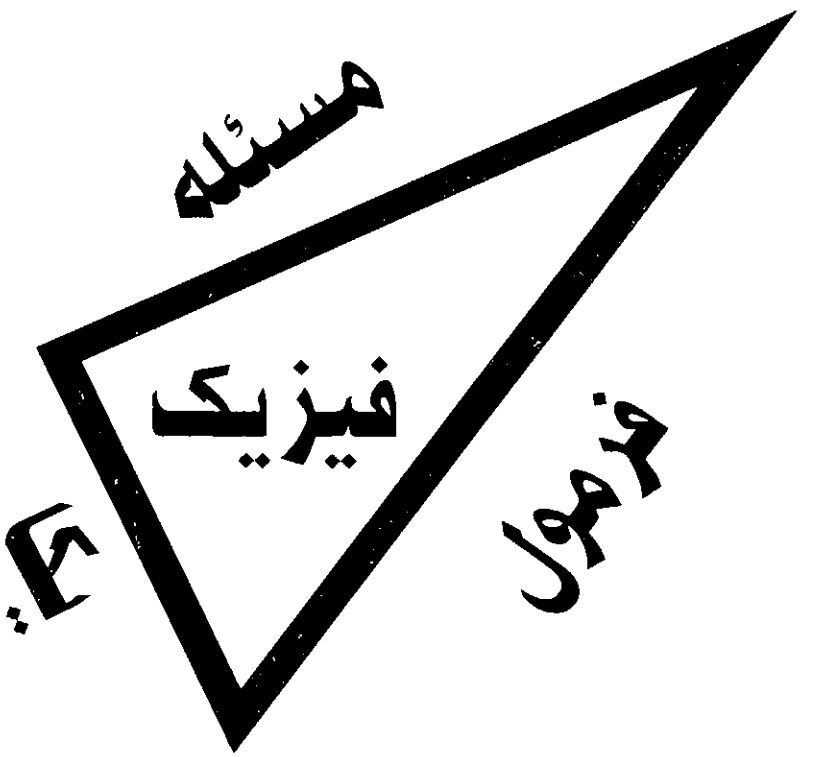
گفتم به نظرم این گونه می رسد که آقای دبیر وارد کلاس می شود، همه به احترام او بلند می شوند. بعد آقای دبیر می گوید بفرمایید بنشینید. همه می نشینند فقط یک نفر سر پا می ماند. آقای دبیر می گوید شما هم بنشینید. او جواب می دهد آقا من ورقه ام را خوب نوشته ام. شما به جای ۱۷ به من ۷/۵ داده اید. معلّم می گوید بنشین نمره ات همان است که داده ام. دانش آموز می گوید من حقّم را می خواهم. این مطالب تکرار و شدیدتر می شود و در ضمن شاگرد و معلّم به هم نزدیکتر می شوند. دبیر یک کشیدهٔ محکم بر صورت او می زند، او هم می خواهد تلافی کند، چون قدّش کوتاه بوده است دستش به صورت دبیر نمی رسد به یقهٔ کت اصابت می کند و چون پوسیده بوده است پاره می شود. حالا همکار محترم حقیقت جریان را بیان کنند. خندید و گفت تقریباً جریان به همین منوال بود که فرمودید. در این موقع بعضی از دبیران دست بردار نبودند می گفتند که اگر ما این دانش آموز را تنبیه نکنیم امروز کت همکارمان را پاره کرده و فردا خود ما را! به آقای رئیس گفتم حالا رأی بگیرید فقط یکی دو نفر دست بلند کردند و حتی خود دبیر کلاس سوم هم دست بلند نکرد. یکی از آقایان گفت که منظور شما این است که این دانش آموز نباید تنبیه شود؟ آقای رئیس گفت اجازه بدهید خود آقای نوروزیان تنبیه این دانش آموز را تعیین کند. من گفتم چشم! حالا جنابعالی دستور بدهید که زنگ را بزنند و همکاران به کلاسها بروند فقط من و شما و همکار کلاس سوّم در اینجا بمانند و من تنبیه دانش آموز را عرض کنم. همه رفتند. من رفتم پیش آن دانش آموز و گفتم شما اشتباه کرده اید جلوی همکلاسیهایت به معلم خود بی احترامی کرده اید بروید اتاق و از رئیس دبیرستان معذرت بخواهید و به همکار کلاس سوم گفتم دانش آموز می آید که معذرت بخواهد شما نگذارید که او این کار را بکنند. ملایمت کنید و به او بگویید که من امروز صبح با خانواده ام حرفم شده بود و عصبانی بودم، چشم ورقهٔ شما را تجدید نظر می کنم.

بعد از چند روز دو مرتبه همکار کلاس سوّم را دیدم و گفتم چطور شد؟ گفت ورقه اش را دیدم راست می گفت به جای ۱۷ نمرهٔ ۷/۵ داده ام. از او معذرت خواستم و بعد از آن به من خیلی احترام می کند و سایر دانش آموزان هم خوشحال به نظر می رسند.

خاطرهٔ سوّم: سابقاً سرنوشت هزاران بچّه و جوان معصوم را به دست یک نفر به نام مدیر مدرسه می دادند ولی برای خرید یک عدد جارو یا کمی گچ به او اطمینان نمی کردند. در تاریخ ۱۳۳۴/۳/۲ حکم ریاست ادارهٔ فرهنگ ناحیه ۲ تهران به این جانب ابلاغ شد. این حکم بدون اطلاع قبلی بنده بود. باز برای اینکه معلوم شود که اگر کار دبیری را ترجیح می دهم برای این نیست که نمی توانم مؤسّسه ای را خوب اداره کنم. این عقیدهٔ من است که کار مثبت در وزارت آموزش و پرورش را فقط تدریس می دانم.

روز اوّل که به محل اداره واقع در خیابان فلسطین (کاخ) بود رفتم دسته گلها و کارمندان این ناحیه به طرف اداره سرازیر شدند. من حقیقتاً وحشت کردم و از همه عجیبتر اینکه رئیس کارپردازی اداره، برای عرض تبریک وارد اتاق شد و مقدار زیادی کاغذهای کوچک به نام سند خرج پر از امضاءهای گوناگون به من داد و تقاضا کرد که آنها را امضاء کنم. وقتی خوب توجّه کردم تمام آنها صورت خرج جارو،

تله موش، گچ و ... امثال آنها بود. گفتم که این همه امضاء دارد دیگر برای چه من باید امضاء کنم. خندید و گفت که هر چه امضاء بیشتر باشد بهتر است. گفتم کاغذها را بردار و برو، من اینها را امضاء نمی کنم و الآن برای سرکشی به دبیرستانها و دبستانهای ناحیه رهسپارم. ناحیه ۲ منطقهٔ بسیار وسیعی بود که از خیابان امام خمینی (سپه) بین خیابانهای کارگر و حافظ، از شمال تا انتهای یوسف آباد ادامه داشت. و دارای دبستانها و دبیرستانهای زیاد و بزرگ بود. اولین بازدید من از دو دبستان نوبنیاد منوچهری (پسران و دختران) بود که به هنرستان داده بودند ولی برای هنرستان قابل استفاده نبود، زیرا نیمکتها کوتاه و کوچک و تخته سیاه به زمین نزدیک بود، خلاصه مخصوص خردسالان بود. پرسیدم پس دبستانها چطور شده است؟ گفتند در میدان فلسطین (کاخ) ساختمان چهار طبقه اجاره کرده اند. وقتی از آنجا بازدید کردم بسیار ناراحت شدم. مدیر مدرسه گفت هر طبقه فقط یک دستشویی دارد و ما موقع تنفّس برای رفتن به دستشویی به بچه ها شماره می دهیم. دبستان رودکی را هم خراب کرده و به فضای سبز اُپرا افزوده بودند. به جای آن در کوچهٔ رادیوسیتی، دو سه پله پایینتر از سطح کوچه یک خانه قدیمی مخروبه را به آنها داده بودند. وقتی اینها را دیدم نامه ای به وزیر نوشتم که با این مصرع شروع می شد: «از علی آموز اخلاص عمل» و یادآور شده بودم که اگر تا دو ماه دیگر این مدارس پس داده نشود من از ریاست ناحیه استعفا می دهم. شب در تالار فرهنگ جشنی بود مرا هم دعوت کرده بودند. آقای وزیر تا مرا دید گفت که نامه تان را دیدم، من هم با شما هم عقیده هستم و حتماً این کار را انجام می دهم. من خوشحال شدم و هر روز منتظر خبر تازه ای بودم. روزی معاون وزارت خانه که هنرستانها زیر نظر او بود مرا دید، پس از اینکه از خودش تعریف کرد، گفت آقای نوروزیان من می خواهم مانند امیرکبیر به این ملّت خدمت کنم. گفتم من هم از اینکه شما هنرستانها را سر و صورت می دهید بسیار خوشحالم. من به هیچوجه مخالف با کارهای شما نیستم فقط می خواهم که آن مدارس نوبنیاد را پس بدهید. شما اگر می خواستید بهتر بود برای هنرستانها خانهٔ چهار طبقه یا بیشتر اجاره می کردید. خلاصه خرداد و تیر ماه گذشت هر دفعه وزیر را ملاقات می کردم می گفت حتماً خواستهٔ شما را تأمین می کنم. بعد از دو ماه نامهٔ دیگری نوشتم که من دیگر به اداره نمی روم ولی گفته ام نامه ها را به مدرسه دکتر ولی الله نصر بیاورند تا تعیین رئیس جدید آن را امضا می کنم. در اواخر مرداد ماه برای ناحیه ۲ رئیسی تعیین و برای من ابلاغ دبیری صادر کردند.



مجید حجتی
دبیر فیزیک استان چهارمحال بختیاری

نوشتاری که پیش روی دارید تحقیقی است پیرامون «روشهای پیشنهادی جهت آموزش برخی از مفاهیم فیزیک» همچنین نکاتی پیرامون حل مسأله و تعریف یکای کمیتهای فرعی که در اصل روش تدریس اینجانب در کلاس است.

لازم به ذکر است در چندین مرحله روشهای مذکور را تغییر داده و تصحیح کرده‌ام و در هر مرحله تأثیر آن را با مراحل قبل مقایسه کرده و به نتایج مثبتی دست یافته‌ام. همچنین توانستم با بکار بردن آن، دانش آموزانی را به مراحل دلخواهشان ارتقا دهم. امیدوارم مورد استفادهٔ همکاران گرامیم نیز قرار گیرد و خداوند توفیق بهره گیری از تجربه های دیگران را نیز نصیب اینجانب بکند.

مجید حجتی ـ ۷۷/۱۰/۱۳

بسیاری از معلمان فیزیک از اینکه دانش آموزان به جای درک مفاهیم فیزیک آن را حفظ می کنند راضی نیستند این که فیزیک را باید فهمید جمله ای که شاید همهٔ معلمان خطاب به دانش آموزان به کار می برند ولی این که چطور باید فهمید، شاید کمتر مطرح شود. **بنابراین اگر ما واقعاً به یادگیری و مفاهیم فیزیک از طرف دانش آموز اهمیّت می دهیم باید راه عملی شدن این مهم را نیز به ایشان بیاموزیم** و آنچه قبل از هرچیز باید مدنظر معلم قرار گیرد آن است که خود سعی بر حفظ مطالب نداشته باشد چراکه دانش آموز بیشتر از آنچه، ما به آن عمل می کنیم پند میگیرد و کمتر تحت تأثیر شعارهای ما قرار دارد.

گرچه دانش آموزان حفظ کردن بی چون و چرا را در دوره های قبل از دبیرستان یاد می گیرد (که البته طبیعی است چرا که تا قبل از ورود به مقطع متوسطه از لحاظ رشد حیطه شناختی در بدو ورود به مرحلهٔ دوم یعنی (درک مطلب به سر می برد) لکن این وظیفه معلم است که متناسب با رشد فیزیکی مغز وی با تمرین های مناسب او را در جهت پیمودن سطوح بالاتر حیطهٔ شناختی کمک کند.

باید از دانش آموزان بخواهیم سعی نکند که فرمول یک کمیّت را با خواندن مکرر آن حفظ کند. زیرا هدفِ آموزشی مشخصی را دنبال نمی کند و به هیچ وجه ارزش صرف وقت را ندارد این به آن معناست که کمتر دانش آموزی می تواند فقط به صرفِ آن که فرمولهای درس را حفظ کرده است از عهدهٔ مسائل امتحانی مربوط به آن درس برآید (البته امتحاناتی که فقط محفوظات دانش آموز را اندازه می گیرند یعنی مسائل امتحان همان مسائل کتاب یا مسائلی است که قبلاً در کلاس حل شده اند، در این مقوله نمی گنجند).

به نظر من روش درست به خاطر سپردن فرمول یک کمیت فیزیکی آن است که دانش آموز باید ابتدا مفهوم کمیت را درک کند چه بسا بدون استفاده از فرمول ذکر شده در کتاب نیز بتوان مسئله مربوط به آن کمیّت را حل کرد. البته منظور آن نیست که در به دست آوردن مقدار کمیت از ریاضیات استفاده نکنیم. بلکه منظور آن است که آنچه ما بعنوان فرمول یک کمیت می شناسیم نتیجه یک سلسله عملیات ریاضی است که با توجه به مفهوم کمیت و پیمودن آن سلسله عملیات می توانیم مسائل مربوط به آن کمیت را حل کنیم. به مثالهای زیر توجه فرمائید:

با توجه به اینکه چگالی سرب 11×10^3 کیلوگرم بر متر مکعب است جرم مجسمه ای از جنس سرب به حجم ۰/۹۵ مترمکعب را بدست آورید.

دانش آموزی که با مفهوم چگالی تحت عنوان جرم واحد حجم (یک متر مکعب) آشنا است و چگالی را به خوبی درک کرده باشد می داند که از مقداری که به عنوان چگالی سرب در اختیار دارد می تواند در نوشتن تناسبی مطابق آنچه در ذیل آمده استفاده کرده و مسئله را حل کند.

(kg)	(m^3)
11×10^3	۱
×	۰/۹۵

$$\times = 0/95\times11\times10^3 = 10450kg$$

این دانش آموزی است که چنانچه فرمول چگالی را فراموش کرد. حتماً خواهد توانست با به کار بردن تناسبی که به آن اشاره شد فرمول را بدست آورد (از این لحاظ بر دانش آموزی که فرمول را حفظ کرده است برتری دارد چرا که گاهی به یاد آوردن فرمول، مخصوصاً در شرایط امتحان غیرممکن است.)

(m^3)	(kg)
V	M
۱	×

توجه کنید: $\times = \frac{M}{V} = \rho$

به مثالی دیگر توجه کنید:

با توجه به آنکه ظرفیت گرمایی ویژه مس ۳۸۰ ژول بر کیلوگرم درجه کلوین است انرژی گرمایی لازم برای بالا بردن دمای یک گلوله مسی به جرم ۰/۲ کیلوگرم به اندازه ۹۹ کلوین چقدر است.

دانش آموزی که به هر دلیل نتواند از فرمول مربوط به انرژی گرمایی ($Q = mC\Delta\theta$) استفاده کند ولی مفهوم ظرفیت گرمایی ویژه را خوب درک کرده باشد می تواند با طی مراحل زیر مسئله را حل کند.

(kg)	$1(k)$	(j)
۱		۳۸۰
۰/۲		×

با توجه به مفهوم ظرفیت گرمایی ویژه، ۳۸۰ ژول گرما

می تواند دمای یک کیلوگرم مس را یک کلوین افزایش دهد در نتیجه میزان گرمای لازم برای افزایش دمای ۰/۲ کیلوگرم مس به اندازه همان یک کلوین برابر است با :

$\times = ۰/۲ \times ۳۸۰ j$

ولی آنچه از تناسب فوق نتیجه می شود مربوط به افزایش دمای یک کلوین است در صورتیکه ما می خواهیم دمای آنرا ۹۹ کلوین افزایش دهیم بنابراین :

(k)	(j)
۱	$۰/۲ \times ۳۸$
۹۹	$\times$

$\times = ۰/۲ \times ۳۸۰ \times ۹۹ j$

با دقت به حاصلضرب مقادیر معادل × مشاهده می کنیم که مقدار حاصل همان حاصلضرب سه کمیت جرم، ظرفیت گرمایی ویژه و دما می باشد.

این همان دانش آموز مطلوب است که در بسیاری از موارد اصلاً لازم نمی بیند مسئله را حتماً با نوشتن فرمولی که در کتاب آمده حل کند. البته آنچه گفته شد در مورد دانش آموزی است که علاوه بر علاقه و استعدادش به عنوان دو عامل اساسی تحت آموزش صحیح و حساب شده ای توانسته است قدرت تحلیل بالایی را کسب کند. اما از آن روی که تعداد چنین دانش آموزانی اندک است این سؤال پیش می آید که روش عام حل مسئله چیست؟ به عبارتی موقعی که به دانش آموز می گوییم مسئله را حفظ نکن. در جواب چه باید بکنم او، چه باید گفت؟

از آنجا که در مورد دروس درک کردنی تمرین نقش اصلی را بازی می کند دانش آموز باید پس از فراگرفتن مفهوم کمیت، شروع به حل مسئله به تعداد زیاد در ارتباط با آن کمیت کند. مداومت در حل مسئله علاوه بر آنکه باعث می شود فرمود آن کمیت ملکه ذهن وی شود به کار بردن آن فرمول در حل مسائل مختلف را نیز برای وی آسان خواهد ساخت. به عنوان مثال کمتر دانش آموزی در رشته ریاضی یا تجربی یافت می شود که فرمول $W = Mg$ را طی دوران تحصیلش فراموش کند که علت همان به کار بردن مکرر آن در حل مسائل می باشد. اگر توانایی دانش آموز در حل مسئله به حدی برسد که بتواند به راحتی مسئله ای را که برای اولین بار با آن برخورد می کند درک کند و راه حلی برای آن به دست آورد گوئیم دانش آموز مهارت لازم در حل مسئله را کسب کرده است.

داشتن این مهارت بدین معناست که دانش آموز شمّ حل مسئله دارد. کسی که شمّ حل مسئله داشته باشد خیلی راحت با مسائل مختلف برخورد می کند و علاوه بر توفیق در حل مسائل درسی در تجزیه و تحلیل و رفع مشکلات زندگیش نیز موفق خواهد بود.

ممکن است دانش آموز در رابطه با این گفته معلم که سعی نکنید فیزیک را حفظ کنید. سوال کند پس تعاریف را چگونه به خاطر بسپاریم؟ در جواب این سوال باید گفت منظور از حفظ نکردن فیزیک، حفظ نکردن مسائل آن است. ولی با این حال می توان روشهایی را به کار برد که به خاطر سپردن تعاریف را نیز آسان کند.

به مثالهای زیر توجه کنید :

برای تعریف یکای یک کمیت فرعی می توان ابتدا در فرمول مربوط به کمیتی که می خواهیم یکای آن را تعریف کنیم به جای تمام کمیتها مقدار یک را همراه با یکای مربوط به آن قرار داد سپس با توجه به رابطه ای که بین کمیتها وجود دارد تعریفی از یکای مورد نظر ارائه دهیم. به موارد زیر توجه کنید :

در مورد تکانه داریم : $P = M \times V$ که در آن یکای جرم کیلوگرم و یکای سرعت متر بر ثانیه است. بنابراین برای تعریف یکای تکانه به جای M و V مقدار (۱) را به همراه یکاهای مذکور قرار می دهیم $۱(kgm/S) = ۱(kg) \times ۱(\frac{m}{s})$

همان طوری که مقدار P در این رابطه از حاصلضرب مقادیر M و V بدست می آید یکای P نیز از ضرب یکاهای M و V در هم به دست آمده است و چنین تعریف می شود :

یک کیلوگرم متر بر ثانیه اندازه حرکت جسمی است به جرم یک کیلوگرم که با سرعت یک متر بر ثانیه در حال حرکت است. البته این تنها شکل تعریف یکای این کمیت نیست بلکه می توان آنرا چنین تعریف کرد : اگر سرعت جسمی به جرم یک کیلوگرم برابر یک متر بر ثانیه باشد تکانهٔ آن برابر یک کیلوگرم متر بر ثانیه است. و به عبارتی دیگر چنانچه جسمی به جرم یک کیلوگرم با سرعت یک متر بر ثانیه در حال حرکت باشد اندازه حرکت آن یک کیلوگرم متر بر ثانیه است.

آن چه دانش آموز باید بیاموزد آن است که ملزم نیست تعریف کمیت یا یکای آن را کلمه به کلمه حفظ کند بلکه باید برای ساختن تعریف کلمات را به طریقی ترکیب کند که جمله صحیحی به دست آید. منظور از جمله صحیح آن است که علاوه بر رعایت نکات دستوری از اعتبار علمی نیز برخوردار باشد. مثلاً اگر دانش آموزی تعریف یکای تکانه را چنین بیان کند: «یک کیلوگرم متر بر ثانیه تکانه جسمی است به جرم یک کیلوگرم که اگر به حرکت درآید سرعتش به یک متر بر ثانیه برسد.» تعریف درستی ارائه نداده است زیرا شرط اساسی برای آنکه جسمی اندازه حرکت داشته باشد آن است که حتما در حال حرکت باشد (سرعتش صفر نباشد).

در مورد توان نیز داریم $P=\frac{W}{t}$ که در آن یکای کار ژول و یکای زمان ثانیه است. بنابر آنچه در مورد قبل گفته شد یکای توان برابر ژول بر ثانیه است که اصطلاحاً وات نامیده می شود. $1(W)=\frac{1(j)}{1(s)}$ و چنین تعریف می شود: یک وات توان موجودی (زنده یا غیرزنده) است که یک ژول کار را در مدت یک ثانیه انجام می دهد. یا می توان چنین گفت: چنانچه کاری برابر یک ژول در مدت یک ثانیه انجام شود توان فاعل برابر یک وات است. و به عبارتی دیگر اگر در مدت یک ثانیه، یک ژول کار انجام شود توان انجام دهنده کار یک وات است.

همه آنچه در مورد تعریف یکای یک کمیت گفته شد، در مورد تعریف خود کمیت نیز صادق است. و همان قدر که تسلط بیشتر بر ریاضیات باعث افزایش توانایی ما در حل مسئله می شود اشراف زیاد بر دستور زبان نیز باعث بالاتر رفتن قدرت بیان و تجزیه و ترکیب کلمات می شود و در ارائه یک مطلب به اشکال مختلف ما را یاری خواهند داد.

به مثال زیر توجه کنید:

همان طور که می دانیم و صفحه قبل به آن اشاره شد توان از رابطه $P=\frac{W}{t}$ به دست می آید. توجه کنید که چنانچه بخواهیم تعریفی برای این کمیت ارائه دهیم این تعریف می تواند اشکال زیر را داشته باشد:

- کار انجام شده تقسیم بر زمان انجام کار (نسبت کار به زمان)
- کار انجام شده در واحد زمان
- سرعت انجام کار
- حد کار به زمان وقتی که زمان انجام کار به سمت صفر میل کند (آهنگ انجام کار)

اصولاً اگر دانش آموزی بین تعریف و فرمول یک کمیت مرزی قائل نشود هیچ گاه با دانستن فرمول کمیت در تعریف آن در جا نمی زند و برعکس با دانستن تعریف کمیت در به دست آوردن فرمول آن احساس عجز نمی کند. نکته دیگری که باید به دانش آموزان گوشزد کرد آن است که یاد بگیرند حروفی که در نوشتن فرمول یک کمیت به زبان لاتین به کار می رود مخفف چه کلمه است. این امر نیز اگر برای ایشان به صورت عادت درآید کمتر در به یادآوردن فرمول کمیتها دچار فراموشی می شوند. همچنین باید مرز بین حل فیزیکی و حل ریاضی مسئله را نیز برای دانش آموز مشخص کرد تا ضعف خود در انجام عملیات ریاضی را دال بر ناتوانی در فهم مفاهیم فیزیک نداند این بدان معنا نیست که بر ریاضیات تکیه نکنیم (چرا که ریاضی زبان فیزیک است) بلکه بدان معناست که ممکن است دانش آموز تجسم خوبی از مسئله داشته باشد و در حل فیزیکی اش نیز موفق شود. ولی به دلیل ضعف در بخشی از ریاضیات از ادامهٔ حل مسئله باز بماند در چنین موردی وظیفه معلم است که با تشخیص دقیق نقطه ضعف دانش آموز و راهنمایی او در جهت رفع آن، اعتماد به نفس او را تقویت کند و با به یاد آوردن نقاط قوتش به او، سعی کند او را به پشتکار بیشتر در یادگیری فیزیک تشویق کند. چرا که اگر ما خواهان توسعه و پیشرفت هستیم این میسر نمی شود مگر با آموزش و پرورش افرادی که به موازات توان علمی از توان روحی و خودباوری بالایی هم برخوردار باشند به امید تحقق این مهم و تجدید قوای تمامی معلمان و مربیان امر تعلیم و تربیت برای توسعه همه جانبه ایران.

نقش نوشتن در یادگیری فیزیک

وکان پرین، برایان هندو سوزان کی[1]

به علت محدودیتهای زمانی در برنامه درسی فیزیک، تکالیفی که اغلب به دانش آموز واگذار می شود، عمدتاً برای ارزیابی آموخته های قبلی آنان است. امّا، تجربه ما با دانش آموزان سال دهم، (که نوعاً ۱۵ ساله هستند) این فکر را تأئید می کند که اگر معلمان هرازگاهی، تکالیف گوناگون گسترده ای به دانش آموزان بدهند، کیفیت آموزش آنان به طور قابل ملاحظه ای بهبود می یابد.

تکلیفی که در این مقاله توصیف شده، گام مؤثری را در تشخیص و ارزیابی آموخته های قبلی دانش آموزان برمی دارد به طوری که، بازنویسی تکلیف درانتهای بحث، آنان را قادر خواهد ساخت، یادگیری خود را تقویت کنند. این روش علاوه براین، آنان را در بهبود بخشیدن مهارتهایشان در بازنگری و توسعه روشهای یادگیری شان یاری خواهد کرد.

برای کمک به سایر دبیران و دانش آموزان در طرح ریزی و اجرای نحوهٔ نوشتن مؤثر برای یادگیری دانش، ما مدلی طراحی کردیم (جدول ـ ۱) که ۵ عنصر نوشتن برای فراگیری دانش را مشخص کرده و به هم پیوستگی و ترکیبهای متعدد ممکن را در گستره ای از موارد کاری و نیازها می شناساند. تنوع این عناصر به توانایی های مختلف دانش آموز پاسخ می دهد.

جدول ۱ ـ سازمان دهی نحوه نوشتن برای مدل

طبقه مدل	دسته بندی کار
عنوان	حرکت و نیرو
نوع	انتخاب دانش آموز از ۴ حالت نوشتن. ۱ـ نامه ۲ـ داستان کوتاه ۳ـ مقاله روزنامه ای ۴ـ مقاله مجله علمی
هدف	مرور درک جاری دانش آموزان، کنکاش تفکرات اولیه استدلال مقدماتی، بازنگری عقاید اولیه، بیان درک مسئله
روش تولید	Camputer word Processing package
مخاطبان	دانش آموزان سال دهم

روش کار

در ابتدای مبحث حرکت و نیرو به دانش آموزان خود بگوئید، سناریوی زیر را در نظر بگیرند و به مسائل مطرح شده، جواب کتبی ارائه دهند.

شما فرمانده یک سفینه فضایی هستید که در سفر به دور دستهای فضاست و با هر جسم دیگر فاصله بسیار دارد. ناگهان، دستگاه رادار سفینه وجود یک شهاب سنگ را که به سمت سفینه در حال حرکت است، نشان می دهد که تغییر ناگهانی در سرعت و جهت حرکت سفینه را لازم می سازد. به طور ساده توضیح دهید که سفینه شما تحت چه سازوکاری شما را قادر خواهد ساخت که: ۱) جهت

حرکت خود را تغییر دهید. ۲) سرعت حرکت خود را تغییر دهید (افزایش یا کاهش)، نمودار یک سفینه به شما کمک می کند.

بعد از رهایی یافتن از تصادم، شما دوباره همان مسیر و سرعت اولیه را آغاز می کنید. ناگهان، تمام موتورها برای مدت ۲ ساعت از کار می افتد. بگویید، برای حرکت سفینه شما بعد از خاموش شدن موتورها و در طول مدت ۲ ساعت چه اتفاقی رخ خواهد داد.

اسکاتی سرانجام موتورها را تعمیر می کند و مجدداً موتورها شروع به کار می کنند. متأسفانه، موتورها هنوز کاملاً تعمیر نشده اند و با آهنگی ثابت در حال کار کردن هستند به طوری که خاموش نمی شوند. حرکت سفینه را هنگامی که موتورها دوباره روشن می شوندو هنگامی که با آهنگ ثابت در حال کار کردن هستند توضیح دهید.

ما به دانش آموز حق انتخاب یکی از ۴ فرم زیر را می دهیم: ۱ـ نامه ۲ـ داستان کوتاه ۳ـ مقاله روزنامه ای ۴ـ مقاله مجله علمی.

دادن حق انتخاب یکی از ۴ حالت بالا به دانش آموزان، حس مسئولیت کاری بیشتری به آنان می دهد. ما خط مشی های تشریح کننده اجزاء متنوع چهار حالت بالا را ارائه می دهیم. شکل ـ ۱ راهنمای ساختار داستان کوتاه را بیان می کند. به عنوان یک تمرین مقدماتی، دانش آموزان در گروههای کوچک روی این سناریو بحث می کنند و یادداشتهایی در مورد سازوکارها و حرکت سفینه مضاف بر ویژگیها، شکل کلی وضعیت مسئله برمی دارند. نوشتن اولین پیش نویس به عنوان تکلیف به آنان واگذار می شود. سپس به آنها می گوئیم که جوابهای خود را روی یک دیسک کامپیوتری کلاس ذخیره و آن را برای استفاده بعدی حفظ کنند. علاوه براین از آنان می خواهیم که هر یک، پوستری شامل نمودار سفینه در وضعیتهای مختلف حرکت و جوابهای مربوط به هر وضعیت را به صورت خلاصه یا با جمله های کامل، تهیه کنند. سپس هر دانش آموز یک توضیح کتبی واضح از پوستر خود تهیه می کند که با ارائه شفاهی برای بقیه کلاس دنبال می شود. بعد از اینکه معلم خلاصه ای از نظرات کلاس را روی تخته سیاه می نویسد، دانش آموزان در مورد مزایای نظرات متفاوت ارائه شده به بحث می پردازند. این مقدمه مفصل، نقطه آغازین تدریس و یادگیری وضعیتها در طول هفته های آتی خواهد بود. در پایان مبحث حرکت و نیرو دانش آموزان نوشته های خود را با توجه به آموخته های جدید بازنویسی می کنند.

نمونه های کار دانش آموز

مشاهده کردیم که درصد جوابهای قابل قبول از نظر علمی، برای اولین وضعیت مطرح شده در سناریوی سفینه از ۹ درصد در پیش نویس اول به ۶۴ درصد در پیش نویس دوم افزایش یافت. پیش نویسهای مطرح شده زیر مربوط به یک دانش آموز رشته علوم با توانائی متوسط است.

پیش نویس ۱

من پدال ترمز را فشار می دهم که باعث می شود، بالهای چرخان سفینه حول پهن ترین نقاط خود دوران کنند. این کار همچنانکه به سمت جلو پیش می روم، جلوی باد را می گیرد و موجب کاهش سرعت من می شود. (بنوعی شبیه به باز شدن چتر)، برای دور زدن من از فرمان استفاده می کنم. اگر بخواهم به سمت چپ دور بزنم، بال چرخان سمت چپ حول پهن ترین نقطه اش دوران می کند. بنابراین سرعت یک طرف سفینه کم خواهد شد.

پیش نویس ۲

من پدال ترمز را می فشارم که موجب فعال شدن یک موشک می شود که در انتهای دیگر سفینه است. نیرویی که موشک ترمز به سفینه اعمال می کند با نیروی جلوبر سفینه در سرعت آن لحظه برابری می کند. این امر باعث توقف سفینه می شود، معلق در فضا. برای دور زدن من از فرمان استفاده می کنم. اگر بخواهم به سمت چپ دور بزنم، موشک بال چرخان سمت چپ را فعال می کنم که نیروی بیشتری به یک سمت سفینه وارد شود و بدین صورت باعث چرخش سفینه شود. برای افزایش سرعت، خدمه موتور جت را تا زمانیکه به سرعت دلخواه برسیم، روشن می کند. موتورهای جت سپس خاموش می شوند و ما با سرعت جدید به دست آمده به حرکت ادامه خواهیم داد، مگر تغییری در سرعت لازم باشد.

شماری از نظراتی که از لحاظ علمی تا حدودی قابل قبول هستند، ارائه شدند از قبیل مثالی که اخیراً ذکر شد (پیش نویس ۲) که در آن نیرویی به موتورمخالف سفینه وارد می شود تا جهت توصیف شده را تغییر دهد. در یک کلاس، در ابتدا همهٔ دانش آموزان بجز یک نفر، سفینه را بعد از خاموش شدن موتور، جسمی شناور یا جسمی که بی اختیار به هر سویی حرکت می کند تصور کردند. هنگامی که ما هشت درصد جوابهای ارائه شده در پیش نویس اول را از لحاظ علمی قابل قبول دانستیم، این میزان در پیش نویس دوم به ۹۲ درصد افزایش یافت.

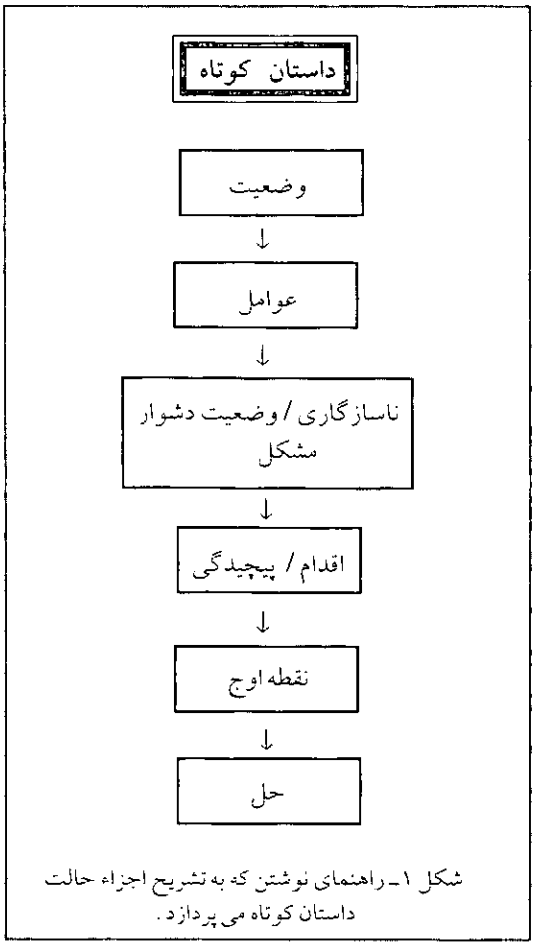
جالب است که، هنوز برخی از دانش آموزان تصورات غیرقابل قبولی در مورد آخرین مسئله مطرح شده سفینه ابراز می دارند که با تفکرات آنان در مورد دیگر وضعیتهای مسئله، مغایرت دارد. دلیل عمده ای که سرعت سفینه، بعد از اینکه موتورها از کار افتادند، کم نمی شود این است که، هیچ اصطکاکی وجود ندارد تا نیروی اولیه را تضعیف کند. اما آنان در عین حال، این عقیده را ابراز می دارند که روشن ماندن موتور با یک آهنگ ثابت، سرعت ثابتی تولید خواهد کرد. دانش آموزان بعد از پرسیدن سؤالات خود، تمایل دارند که این تصورات را به علت غیرمنطقی بودن، رد کنند. و این امر نشان دهنده اهمیت اجازه دادن به آنها در بیان معلومات خود در متن یک داستان است که چنین ناسازگاریهایی می تواند در آن نشان داده شود.

دیدگاههای دانش آموز

عموماً دانش آموزان ما نظرات مثبتی به این نوع تکلیف داشتند. بعضی از این نظرات نشان دادند که آنان نیازهای ادراکی بیشتر این نوع نوشتن را درک کرده اند. برای مثال لوسی گفت: در روشهای دیگر معمولا شما فقط یادداشت هایی را از روی تخته سیاه برمی دارید. در حالیکه در این روش مجبور به تفکر هستید. به طور مشابه کالین فکر می کرد که، این روش خلاقتر و جالب است ولی روش دیگر برای انجام دادن آسانتر است. مشاهده کردیم که دختران تمرکز بیشتری روی کارها دارند و به کشف عقاید در چارچوب داستان ها و نامه ها راغبتر هستند تا اینکه به درست کردن پوسترها. این امر شاید به این خاطر باشد که نیازهای نموداری یک پوستر، کمبود دانش قبلی دانش آموزان یا راحتی آنها در برخورد با مسائل مکانیکی را نمایان می سازد. به نظر می رسد که این دانش آموزان در برخورد با مفاهیم جدید شکلهای گسترش یافته نوشتاری را یاری کننده تر می یابند.

نتیجه گیری

با درگیر شدن در فرایندهای نوشتن به عنوان وسیله ای برای کشف مفاهیم علمی، دانش آموزان و معلمان، راهکارهایی را می یابند که به واسطه آنان، معلومات را می توان واضح و روشن، بازنگری و تشبیت کرد. محدودیتهای کاربرد علم در گستره ای از نیازها و انتخابهای تکلیف، به مهارتهای فکری والا و درگیر شدن در این روش نیاز دارد که ابزار یادگیری مؤثری در ایجاد و پالایش درک علمی به وجود می آورد. بازنویسی نوشته های اولیه، توسعه



شکل ۱ـ راهنمای نوشتن که به تشریح اجزاء حالت داستان کوتاه می پردازد.

مفهومی را هم برای دانش آموز و هم برای معلم مشخص می کند. علاوه برآن زمینه بحثی را فراهم می سازد که از طریق آن، ناسازگاریهای مفهومی مطرح می شوند.

مترجم: مهدی داودی

مرجع:

The Physics Teacher Vol 35/JAN 1997

زیرنویس:

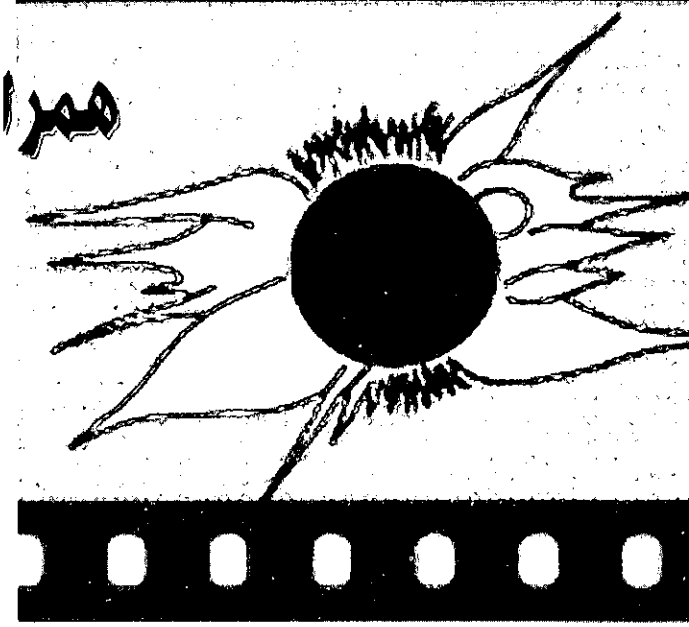
1. Vaughan Prain, Brian Hand,and Susan kay.

منابع:

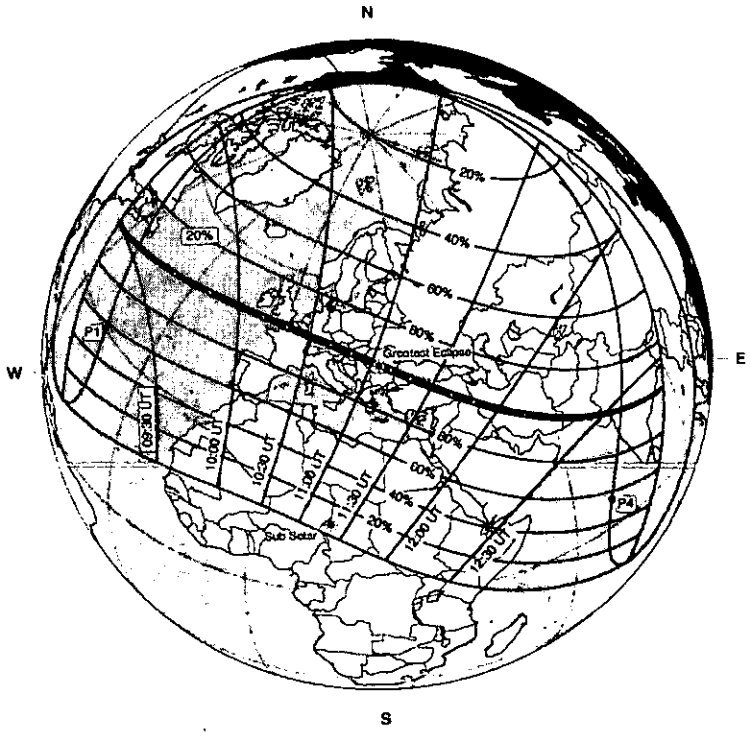
1. V.Prain and B. Hand "Writing for Learning in Secondary Science: Rethinking Practices," Teaching and Teacher Education (at press).
2. E. Robins and P. Robins, Close Encounters With Texts, (Oxford, Melbourne, 1995), P.150.
3. P. Rivard, J. Res. Sci. Teaching(1994).

همراه با کسوف بیستم مرداد ۷۸

خورشید گرفتگی زیباترین رویداد نجومی



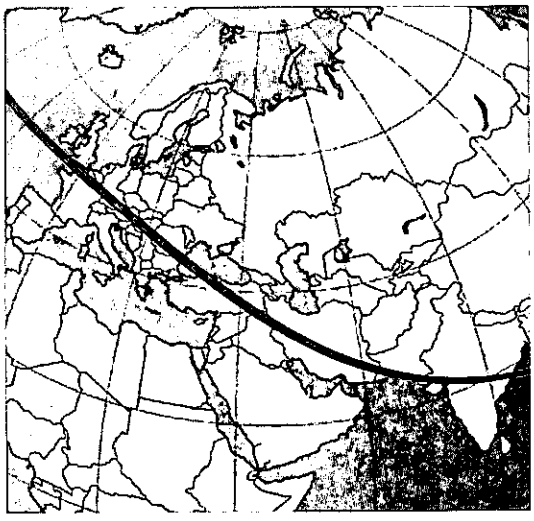
منصور ملک عباسی



خلاصه

روز چهارشنبه بیستم مرداد سال ۱۳۷۸ یک کسوف کلی قابل رؤیت که از داخل یک کریدور باریک به سمت نیمکرهٔ شرقی عبور می کند، اتفاق می افتد. مسیر سایه ماه بر روی کره زمین ابتدا با طلوع آفتاب از اقیانوس اطلس آغاز می شود و از مرکز اروپا می گذرد و سپس از خاورمیانه عبور کرده، به شبه قاره هند می رسد.

این کسوف سه ساعت و ۵/۵ دقیقه به طول می انجامد و بالاخره پس از طی ۱۴ هزار کیلومتر با غروب خورشید در خلیج بنگال به پایان می رسد.



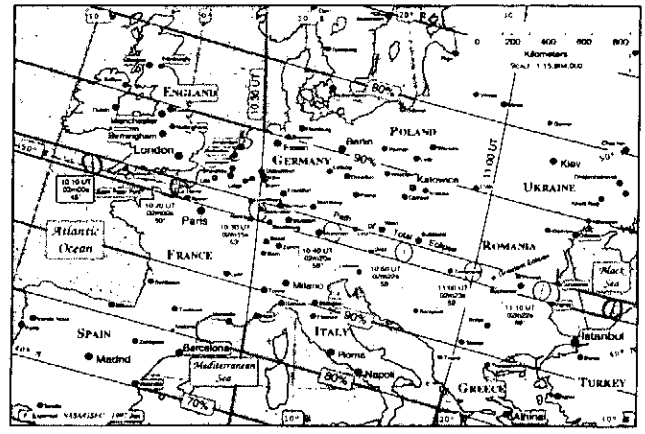
همراه با کسوف

آخرین کسوف کلی در قرن بیستم، یازدهم اوت ۱۹۹۹ در شمال اقیانوس اطلس (آتلانتیک) حدود ۳۰۰ کیلومتری جنوب «نووا اسکوتیا[1]» "Nova Scotia" جائی که اوّل بار سایه ماه با سطح کره زمین تماس پیدا می کند، رخ می دهد این لحظه به وقت جهانی[2] (U.T) در ساعت ۹:۳۰ و ۵۷ ثانیه در هنگام طلوع آفتاب اتفاق می افتد.

در این هنگام یک گرفتگی کامل خورشید به مدت ۴۷ ثانیه یک شب ظلمانی و پر ستاره را در نقطه شروع به نمایش می گذارد. کسوف جزیی نیز که بخشی از خورشید در آن گرفته می شود، در یک نوار بسیار پهنتری در اطراف مسیر کسوف کلی قرار می گیرد، و بخشهایی از شمال شرقی امریکای شمالی، تمامی اروپا، شمال آفریقا و نیمه غربی آسیا را (همراه با کسوف کلی) به تدریج می پوشاند. البته هرچه از طرفین مسیر باریک کسوف کلی دور شویم درصد کمتری از سطح خورشید گرفته می شود. در این مقاله سعی شده است شهرها و کشورهایی که کسوف کامل را دقایقی به صورت یک شب ظلمانی همراه با ستارگان رویت خواهند کرد و در این مسیر قرار دارند توضیح داده شود.

عرض مسیر سراسری کسوف کلی که از شمال اقیانوس اطلس آغاز می شود ابتداء ۴۹ کیلومتر است. پس از طلوع آفتاب و آغاز گرفتگی، سایه ماه به مدت ۴۰ دقیقه سراسر این اقیانوس را به سمت جنوب شرق طی کرده و در ساعت (U.T) ۱۰ : ۱۰ سایه این گرفتگی به جزایر کوچک "Scilly" در جنوب غرب کشور انگلستان می رسد و با سطح خشکی تماس پیدا می کند. در این زمان که پیش از ظهر محسوب می شود، کرهٔ خورشید در آسمان، ۴۵ درجه بالای سطح افق قرار داشته و طول مدت استقرار کسوف کلی حدود ۲ دقیقه است.

در این حالت عرض مسیر کسوف کلی حدود ۱۰۳ کیلومتر و سرعت عبور سایه ماه بر روی زمین به ۰٫۹۱ کیلومتر در ثانیه رسیده است.

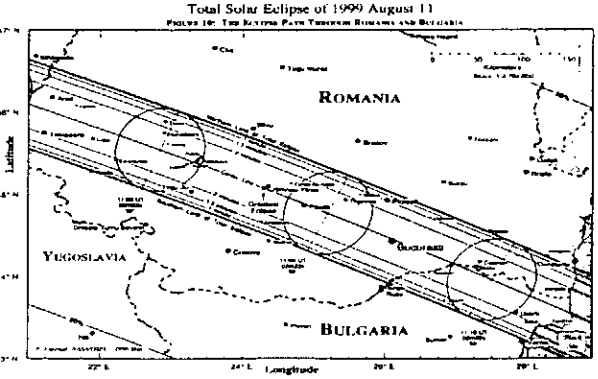


پلیموت "Plymouth" بزرگترین شهر انگلستان است که در مسیر این گرفتگی کامل قرار دارد. مردم این شهر به مدت ۱ دقیقه و ۳۹ ثانیه شاهد پنهان شدن کامل خورشید در پشت ماه خواهند بود در ساعت ۱۶ UT : ۱۰ سایه ماه کشور انگلستان را به سرعت طی می کند و پس از ۴ دقیقه و عبور از کانال مانش به شمال خاک فرانسه می رسد ـ مردم پاریس تنها هلال باریکی از لبه خورشید را نورانی می بینند (کسوف جزیی) ـ پس از کمتر از ۱۵ دقیقه کسوف کلی خاک کشور فرانسه و بخشهایی از کشور بلژیک، لوگزامبورک و آلمان را درمی نوردد.

مردم اشتوتگارت "Stuttgart" و مونیخ "munchen" در آلمان بیش از ۲ دقیقه تاریکی مطلق ناشی از کسوف کلی ۱۱ اوت را تجربه می کنند.

آلپهای شرقی در اتریش در تاریکی فرو می رود و شهر وین "vienna" در ۴۰ کیلومتری مسیر خط سایه ۹۹٪ سطح خورشید را تاریک می بیند. در ساعت ۴۷ UT : ۱۰ سایه ماه بر روی کشور لهستان می افتد و مردم «بوداپست» "Budapest" پایتخت مجارستان تنها ۱٪ لبه روشن خورشید را روشن مشاهده می کنند (کسوف جزیی). بالاخره این سایه در ساعت ۵۵ UT : ۱۰ به کشور رومانی می رسد.

پایدارترین کسوف در کشور رومانی



در کشور رومانی لحظه بزرگترین گرفتگی در ساعت ۱۱ و ۳ دقیقه و ۴ ثانیه به وقت جهانی اتفاق می افتد زمانی که محور سایه ماه از نزدیکترین نقطه به کره زمین عبور می کند. در این لحظه بزرگترین و طولانی ترین گرفتگی کامل و پایداری تاریکی مطلق در نواحی مرکزی کشور رومانی و خیلی نزدیک به شهر "Rimnico Vilcea" به وقوع می پیوندد. طول مدت کسوف کامل (۱۴۳ ثانیه) یا ۲ دقیقه و ۲۳ ثانیه است در حالیکه خورشید ۵۹ درجه در بالای افق قرار دارد.

در این زمان عرض مسیر گرفتگی به بیشترین حد خود یعنی ۱۱۲ کیلومتر و سرعت عبور سایه به حداقل ممکن یعنی ۰٫۶۸ کیلومتر در ثانیه می رسد. بخارست "Bucharest" پایتخت رومانی ۴ دقیقه بعد شاهد گرفتگی کامل خواهد بود.

شمال شرق کشور بلغارستان نیز قبل از آنکه سایه ماه وارد دریای سیاه شود در تاریکی کامل فرو می رود. حدود ۱۰ دقیقه سایه ماه از سطح دریای سیاه عبور می کند و از سمت شمال غرب ترکیه وارد خاک این کشور می شود. (۱۱ : ۲۱ UT)

آنکارا پایتخت ترکیه در ۱۵۰ کیلومتری جنوب خط مرکزی سایه قرار دارد و در کسوف ناقص قرار می گیرد ولی مردم این شهر ۹۷٪ خورشید را که در پشت ماه پنهان شده تیره می بینند.

در ساعت ۱۱ و ۴۵ دقیقه بوقت جهانی سایه کامل ماه به مرز ترکیه ـ عراق می رسد (مرز زاخو) "Zakhu"

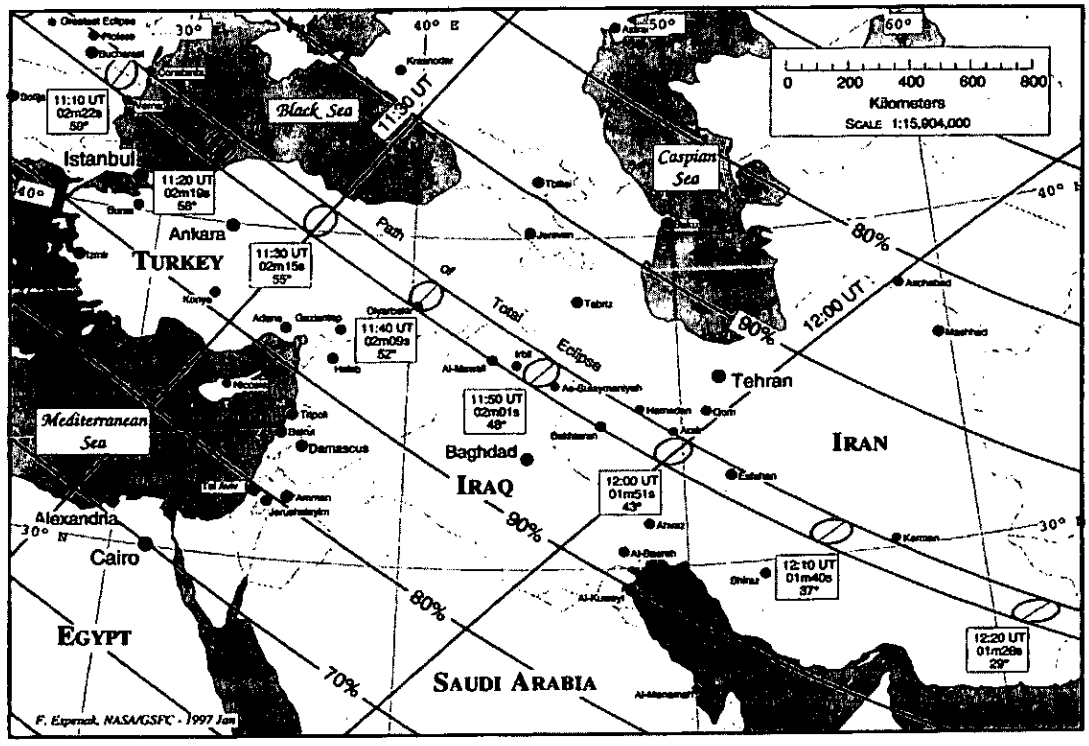
در حالی که این نوار سایه از شمال شرقی ترین منطقه کشور سوریه عبور می کند. بغداد، پایتخت عراق در ۲۲۰ کیلومتری جنوب این مسیر حداکثر از درخشش ۹۵٪ روشنایی سطح خورشید محروم است.

ورود گرفتگی کامل خورشید به ایران

مسیر حدود ۹۴٪ خورشید را سیاه می بیند و این کسوف در ساعت ۲۲ UT : ۱۲ وارد کشور پاکستان می شود و سپس از سواحل دریای عمان در اقیانوس هند عبور می کند و در نزدیکی شهر کراچی، مرکز مسیر سایه به بخش دیگری از خاک پاکستان می رسد. شهر کراچی در نزدیکی خط مرکزی نوار سایه حدود ۱ دقیقه و ۱۳ ثانیه شاهد گرفتگی

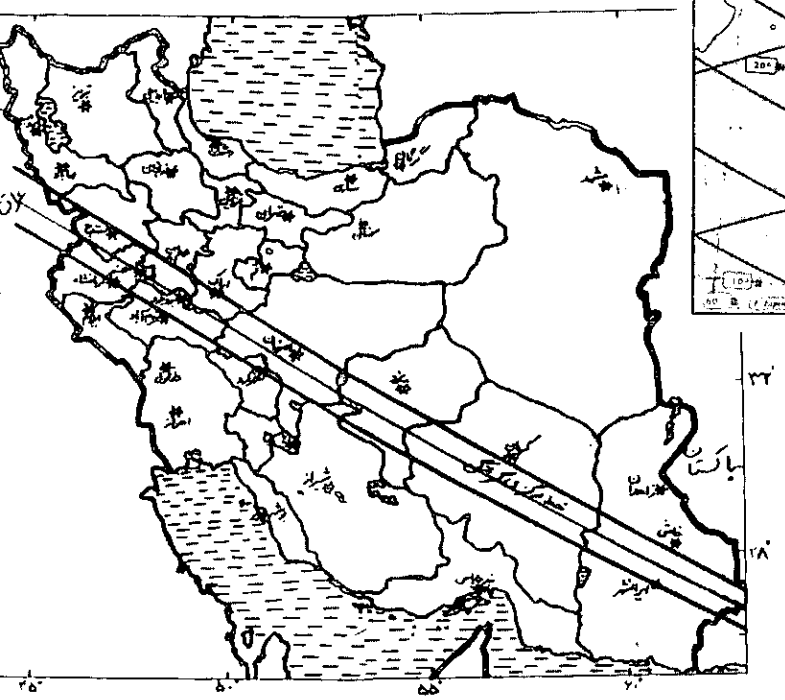
Total Solar Eclipse of 1999 August 11

FIGURE 4: THE ECLIPSE PATH THROUGH THE MIDDLE EAST



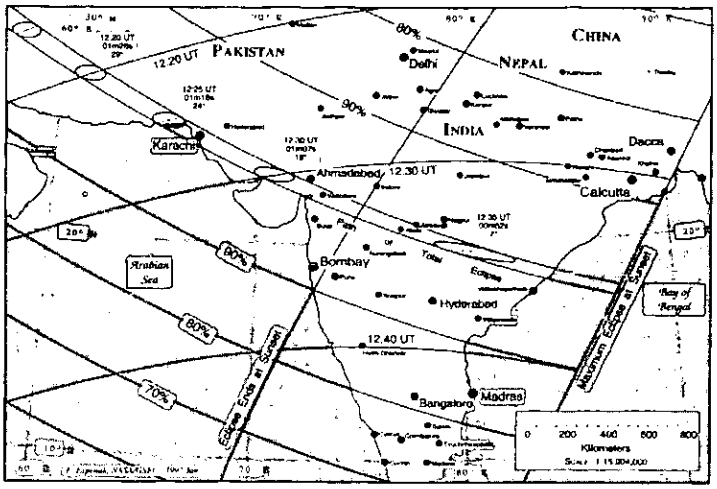
لحظه ورود سایه کامل ماه (در لبه شمالی نوار گرفتگی) به ایران در مرزهای غربی در ساعت ۱۱ : ۴۹ UT صورت می گیرد، لیکن نقطه مرکزی این گرفتگی کامل در لحظه ۱۱ : ۵۲ به وقت جهانی برابر با ساعت ۱۶ و ۲۲ دقیقه به وقت رسمی تابستان ایران به کشور ما می رسد کسوف کلی طی نیم ساعت سراسر غرب (رشته کوه زاگرس) تا جنوب شرق (بیابانهای ایران) را می پیماید. شهر ۸ میلیونی تهران، در شمال این کامل خورشید است در حالی که آفتاب ۲۲ درجه بالای افق مغرب قرار دارد. در این زمان عرض سایه کم کم به حالت جمع شده ای درمی آید و به حدود ۸۵ کیلومتر پهنا می رسد. ولی سرعت عبور سایه افزایش یافته و به ۲ کیلومتر در ثانیه رسیده است.

بالاخره سایه ماه به کشور هند بعنوان آخرین سرزمینی که مردم آن این کسوف را رویت خواهند کرد، می رسد. (۱۲ : ۲۸ UT)



Total Solar Eclipse of 1999 August 11

FIGURE 5: THE ECLIPSE PATH THROUGH SOUTH ASIA



با توجه به خمیدگی زمین، سرعت عبور سایه باز هم افزایش پیدا می کند و به تندی سایه ماه عرض کشور هند را طی می کند، این درحالی است که خورشید بر فراز این کشور به ۷ درجه ای بالای سطح افق رسیده است. هیچ شهر مهم و پرجمعیتی در کشور هند در مسیر کسوف کامل خورشید قرار ندارد و تنها مردم شهر ۱۱ میلیونی کلکته هستند که (در شمال غرب خلیج بنگال) حدود ۹۸٪ سطح خورشید را سیاه و آسمان شهر خود را در تاریکی نسبی احساس می کنند.

بالاخره در زمانی که خورشید به ۲ درجه بالای سطح افق در سواحل شرقی هند رسیده و درحال غروب است، سایه سیاه ماه این کشور را ترک کرده و به خلیج بنگال وارد می شود (۱۲:۳۶ UT)

در شمال غرب خلیج بنگال به علت انحنای سطح زمین و چرخش وضعی این کره، و در لحظه غروب آفتاب سایه ماه هم در آبهای بنگال فرو می رود و در لحظهٔ ساعت ۱۲ و ۳۶ دقیقه و ۲۳ ثانیه به وقت جهانی کسوف کلی قرن بیستم به پایان می رسد.

به طور کلی طول مدت این گرفتگی بر روی کره زمین، ۳ ساعت و ۵/۵ دقیقه است که طی ۱۴ هزار کیلومتر، این مسیر از اقیانوس اطلس تا اقیانوس هند (در خلیج بنگال) امتداد می یابد. درحالی که تنها ۰/۲ درصد از سطح کره زمین در این کمربند گرفتگی کامل قرار می گیرد.

کسوف کلی در ایران

مطابق نقشه بالا بخشهایی از استانهای آذربایجان غربی، کردستان ـ کرمانشاهان ـ لرستان ـ همدان ـ چهارمحال بختیاری ـ یزد ـ اصفهان ـ مرکزی ـ فارس ـ کرمان و سیستان و بلوچستان ناظر یک کسوف کلی در ایران خواهند بود. بقیه استانهای دیگر کشورمان بسته به فاصله ای که از کمربند سایه کامل ماه دارند، درصدهای متفاوتی از گرفتگی خورشید را خواهند داشت (کسوف جزیی) به هرحال بیستم مرداد ماه سال ۱۳۷۸ با وقوع این رویداد مهم نجومی برای مردم کشور ما یک روز بیاد ماندنی خواهد بود.

نخستین مردمی که در ایران شاهد آغاز گرفتگی (جزیی) خواهند بود، ساکنین شهرستان ماکو در آذربایجان غربی، در لحظه ساعت ۱۴ و ۵۱ دقیقه به وقت رسمی است و مردم چابهار نیز آخرین کسانی هستند که در این شهر با کسوف (جزیی) در ایران در لحظه ساعت ۱۷ و ۵۶ دقیقه وداع خواهند کرد. همان گونه که قبلاً نیز اشاره شد آغاز گرفتگی کامل (ورود سایه کامل ماه) در ایران در ساعت ۱۶ و ۱۹ دقیقه (به زمان رسمی تابستانی ایران) خواهد بود که در نقطه مرزی لیلانه (در شمال شرقی سردشت) در آذربایجان غربی به وقوع می پیوندد گرچه از ساعتی قبل کسوف جزیی در شمال غرب و غرب ایران شروع شده است.

اولین شهرستان مهم در کشور ما که به رؤیت کسوف کلی موفق می شود. شهرستان سردشت در آذربایجان غربی است لحظه آغاز این کسوف در ساعت ۱۶ و ۱۹ دقیقه و ۳۸ ثانیه است که بمدت ۱٫۱۵ دقیقه در این شهر گرفتگی کامل دوام خواهد داشت درحالی که در روی خط مرکزی، گرفتگی کامل به مدت ۲ دقیقه و یک ثانیه خواهد بود. در استان کردستان شهرستان های بانه، مریوان، سنندج، کامیاران، و نمشیر در کمربند کسوف کلی قرار دارند. مشخصات این کسوف کلی در این استان مطابق جدول ۳ زیر است.

استان کردستان جدول ۱

محل	لحظهٔ آغاز به وقت محلی	مدت کسوف کلی
بانه	ساعت ۱۶ و ۲۰ دقیقه	۵۷ ثانیه
سنندج	ساعت ۱۶ و ۲۳ دقیقه	۱٫۱۷ دقیقه
کامیاران	ساعت ۱۶ و ۲۳ دقیقه	۱٫۵۹ دقیقه
مریوان	ساعت ۱۶ و ۲۱ دقیقه	۱٫۵۵ دقیقه
نمشیر	ساعت ۱۶ و ۲۰ دقیقه	۴۰ ثانیه

جدول گرفتگی کامل شهرهای مهم استانهای دیگری که در مسیر کسوف کلی قرار دارند به شرح زیر است.

استان کرمانشاهان جدول ۲

محل	زمان آغاز کسوف کلی	مدت زمان کسوف کلی
پاوه	ساعت ۱۶ و ۲۲ دقیقه	۱٫۵۷ دقیقه
جوانرود	ساعت ۱۶ و ۲۳ دقیقه	۱٫۳۹ دقیقه
روانسر	ساعت ۱۶ و ۲۳ دقیقه	۱٫۴۱ دقیقه
سقز	ساعت ۱۶ و ۲۴ دقیقه	۱٫۵۰ دقیقه
صحنه	ساعت ۱۶ و ۲۴ دقیقه	۱٫۵۹ دقیقه
کرمانشاه	ساعت ۱۶ و ۲۴ دقیقه	۱٫۱ دقیقه
کنگاور	ساعت ۱۶ و ۲۵ دقیقه	۱٫۵۵ دقیقه
نوسود	ساعت ۱۶ و ۲۱ دقیقه	۲٫۱ دقیقه
هرسین	ساعت ۱۶ و ۲۵ دقیقه	۱٫۴۴ دقیقه

بدیهی است بقیه شهرستانهای هراستان کسوف جزیی را شاهد خواهند بود و بیش از ۹۵٪ سطح خورشید را تاریک خواهنددید.

استان لرستان جدول ۳

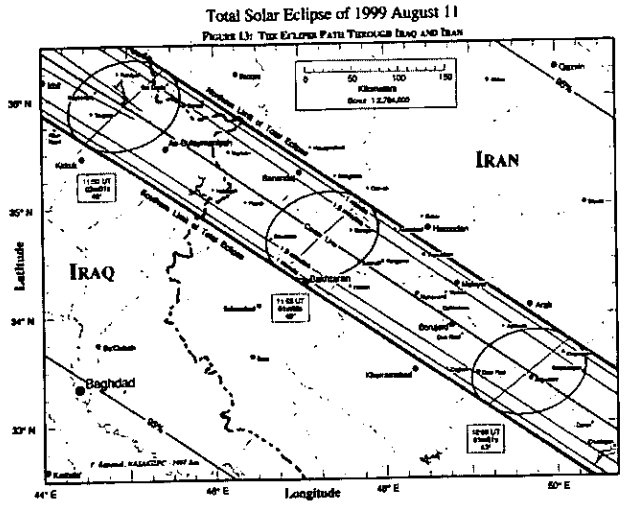
محل	زمان آغاز کسوف کلی	مدت کسوف کلی
ازنا	ساعت ۱۶ و ۲۸ دقیقه	۱٫۵۴ دقیقه
الشتر	ساعت ۱۶ و ۲۶ دقیقه	۱٫۳۷ دقیقه
الیگودرز	ساعت ۱۶ و ۲۹ دقیقه	۱٫۵۵ دقیقه
بروجرد	ساعت ۱۶ و ۲۷ دقیقه	۱٫۵۷ دقیقه
درود	ساعت ۱۶ و ۲۸ دقیقه	۱٫۴۲ دقیقه
نورآباد	ساعت ۱۶ و ۲۶ دقیقه	۱٫۵۰ دقیقه

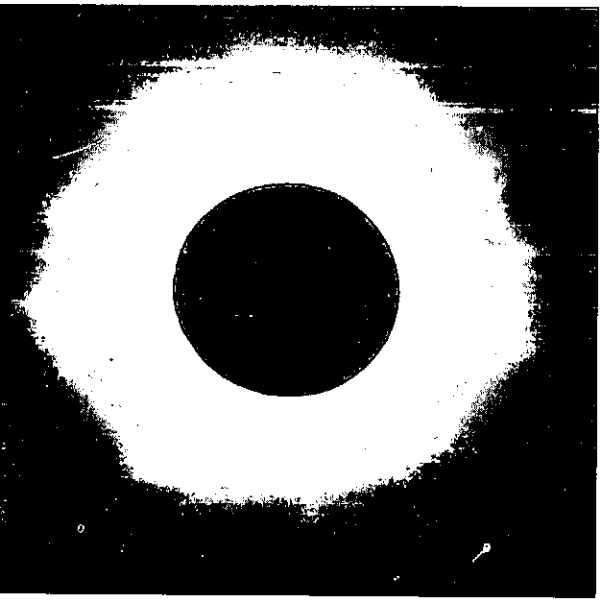
شهرهای مشخص شده در استان همدان تقریباً همزمان به زیر سایه کامل ماه می روند لیکن بعلت دوری و نزدیکی این شهرها به خط مرکزی در مسیر سایه، مدت زمان کسوف کامل آنها یکسان نخواهد بود.

استان همدان جدول ۴

محل	زمان آغاز کسوف کلی	مدت
تویسرکان	ساعت ۱۶ و ۲۶ دقیقه	۱٫۱۷ دقیقه
ملایر	ساعت ۱۶ و ۲۶ دقیقه	۱٫۲۷ دقیقه
نهاوند	ساعت ۱۶ و ۲۶ دقیقه	۱٫۵۸ دقیقه

شهرهای شوراب و شهرکرد نیز از استان چهارمحال و بختیاری در ساعت ۱۶ و ۳۲ دقیقه به وقت رسمی به مدت ۱٫۴ دقیقه کاملاً تاریک خواهند بود و مردم این دو شهر یک شب ظلمانی را درمیان یک روز روشن تجربه می کنند.





استان اصفهان جدول ۵

محل	زمان آغاز کسوف کلی	مدت کسوف
اصفهان	ساعت ۱۶ و ۳۲ دقیقه	۱٫۳۵ دقیقه
خمینی شهر	ساعت ۱۶ و ۳۲ دقیقه	۱٫۴۲ دقیقه
داران	ساعت ۱۶ و ۳۰ دقیقه	۱٫۵۳ دقیقه
ذوب آهن	ساعت ۱۶ و ۳۲ دقیقه	۱٫۴۷ دقیقه
زرین شهر	ساعت ۱۶ و ۳۲ دقیقه	۱٫۴۸ دقیقه
شهرضا	ساعت ۱۶ و ۳۳ دقیقه	۱٫۳۷ دقیقه
فریدون شهر	ساعت ۱۶ و ۳۰ دقیقه	۱٫۴۴ دقیقه
فلاورجان	ساعت ۱۶ و ۳۲ دقیقه	۱٫۵۰ دقیقه
قمشه	ساعت ۱۶ و ۳۳ دقیقه	۱٫۳۸ دقیقه
شاهین شهر	ساعت ۱۶ و ۳۲ دقیقه	۱٫۲۲ دقیقه
گلپایگان	ساعت ۱۶ و ۲۹ دقیقه	۱٫۳۳ دقیقه
مبارکه	ساعت ۱۶ و ۳۲ دقیقه	۱٫۴۹ دقیقه
نجف آباد	ساعت ۱۶ و ۳۲ دقیقه	۱٫۵۰ دقیقه
ورزنه	ساعت ۱۶ و ۳۴ دقیقه	۲۲ ثانیه

با ملاحظه به جدول بالا مشاهده می شود که بیشترین سطح استان اصفهان (در مرکز ایران) در کسوف کلی قرار می گیرد. لیکن در استان یزد تنها شهر مهم این استان مهریز است که در ساعت ۱۶ و۳۷ دقیقه بمدت ۳۴ ثانیه در تاریکی فرو می رود.

همین طور در استان فارس شهرستان ابرقو به مدت ۱٫۱۶ دقیقه در ساعت ۱۶ و۳۷ دقیقه در زیر سایه کامل ماه قرار می گیرد.

استان مرکزی جدول ۶

محل	زمان آغاز کسوف کلی	مدت زمان
خمین	ساعت ۱۶ و ۲۹ دقیقه	۱٫۲۱ دقیقه
شازند	ساعت ۱۶ و ۲۸ دقیقه	۱٫۳۴ دقیقه

استان کرمان جدول ۷

محل	زمان آغاز کسوف کلی	مدت زمان
انار	ساعت ۱۶ و ۳۹ دقیقه	۱٫۱۲ دقیقه
بم	ساعت ۱۶ و ۴۴ دقیقه	۱٫۲۸ دقیقه
راین	ساعت ۱۶ و ۴۳ دقیقه	۱٫۲۸ دقیقه
رفسنجان	ساعت ۱۶ و ۴۰ دقیقه	۱٫۲۵ دقیقه
شهر بابک	ساعت ۱۶ و ۴۰ دقیقه	۵۹ ثانیه

و بالاخره استان سیستان و بلوچستان آخرین استانی است که در برخی شهرهای آن مطابق جدول زیر کسوف کلی رخ داده و بقیه شهرستانهای آن در کسوف جزیی قرار می گیرند.

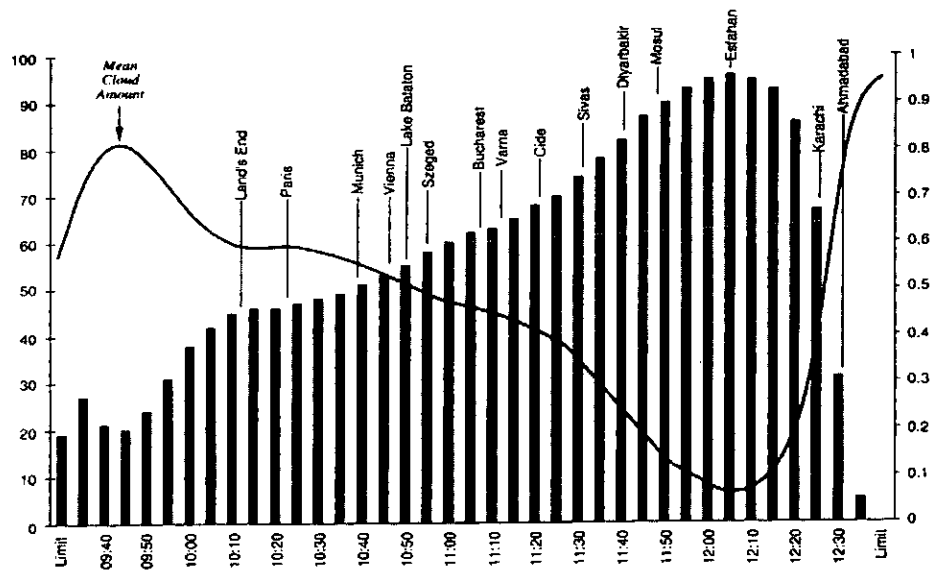
استان سیستان وبلوچستان جدول ۸

محل	زمان آغاز کسوف کلی	مدت زمان
بزمان	ساعت ۱۶ و ۴۷ دقیقه	۱٫۲۹ دقیقه
زابل	ساعت ۱۶ و ۴۹ دقیقه	۱٫۲۵ دقیقه
سراوان	ساعت ۱۶ و ۵۰ دقیقه	۴۴ ثانیه

بهترین مکانهای رؤیت کسوف کلی

به طورکلی هرچه از غرب کشور به سمت مرکز و جنوب شرق ایران پیش برویم مدت زمان گرفتگی کامل کاهش می یابد و از ۲٫۲ دقیقه تا حداقل ۱٫۲۷ دقیقه در روی خط مرکزی مسیر گرفتگی از زمان پایداری کسوف کاسته می شود.

بنابراین نواحی غربی استان کردستان به خصوص در مناطق مسکونی، «درکی» ـ «بلبر»، «هلتوشان» با پایداری بیش از ۲ دقیقه و نیز نقاط «سرسخت» و



«دستجرده» در استان کرمانشاهان به مدت ۲ دقیقه، بهترین نقاط از این نظر هستند.

شهر اصفهان در بهترین موقعیت جوّی

به نمودار بالا توجه کنید. براساس تحلیل کلیماتولوژی، اطلاعات به دست آمده از ماهواره های هواشناسی به مدت ۸ سال (۱۹۹۰-۱۹۸۳) به کمک کامپیوتر درصد احتمال صاف بودن هوا و یا ابری بودن نقطه های مختلف و شهرهای مسیر کسوف کلی در روز بیستم مرداد ۷۸ (۱۱ اوت ۱۹۹۹) برآورد شده است.

همان گونه که در این نمودار مشاهده می شود ستون های عمودی، میزان احتمال رؤیت کسوف کامل در شرایط مساعد جوی را از لحظه آغاز کسوف در اقیانوس اطلس تا پایان این رویداد در خلیج بنگال نشان می دهد (UT ۳۶ : ۱۲) و منحنی سینوسی ترسیم شده میزان متوسط ابری بودن آسمان شهرهای مذکور است. بدین ترتیب اصفهان بهترین موقعیت جوّی را درمیان تمامی شهرهای واقع در مسیر کسوف کلی داراست و علاقمندان به رؤیت کسوف کلی با ضریب اطمینان بیشتری می توانند در شهر اصفهان حضور یابند.

کسوف در تهران

کسوف در تهران همچون برخی شهرهای بزرگ در ایران مانند مشهد ـ تبریز ـ رشت ـ ارومیه ـ زاهدان ـ یزد ـ همدان ـ اهواز ـ شیراز ـ زنجان ـ کرمان و گرگان، به صورت جزیی مشاهده می شود و تمام سطح خورشید در پشت ماه پنهان نمی گردد. بنابراین از لحظه آغاز کسوف جزیی بخش کوچکی از ماه در مقابل خورشید قرار می گیرد و به تدریج این گرفتگی تا بیش از ۹۴٪ سطح خورشید را می پوشاند.

در تهران در لحظه ساعت ۱۵ و ۹ دقیقه و ۳۴ ثانیه کسوف جزیی آغاز می شود و در لحظه ساعت ۱۶ و ۲۷ دقیقه و ۵۵ ثانیه به حداکثر گرفتگی رسیده و در لحظه ۱۷ و ۳۷ دقیقه و ۴۵ ثانیه گرفتگی جزیی پایان می پذیرد.

در این مدت آسمان تهران نسبتاً تاریک می شود و در نهایت تنها لبه ای از خورشید درخشان و نورانی به نظر می رسد که در این هنگام هم نباید بدون محافظ مستقیماً به خورشید خیره شد. در آسمان تاریک (زمان حداکثر گرفتگی)، برخی از ستارگان و سیارات مانند مشتری و مریخ قابل رؤیت هستند و مجدداً آرام، آرام خورشید از گرفتگی خارج می شود. در جدول شمارهٔ ۹ زمان لحظه آغاز گرفتگی (برخورد اول) و لحظه خروج از گرفتگی (برخورد چهارم) و رفع گرفتگی مراکز استانهای مختلف کشور نیز مشخص شده است.

در هنگام کسوف همزمان با تاریک شدن سطح خورشید دمای هوا به طور محسوسی کاهش می یابد.

جدول ۹

جدول گرفتگی مراکز استان های کشور (کسوف جزیی)

محل	لحظه آغاز گرفتگی جزیی	لحظه پایان گرفتگی	حداکثر سطح گرفته خورشید
اردبیل	ساعت ۱۵ و ۰ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۳۱ دقیقه	۰/۹۲
ارومیه	ساعت ۱۴ و ۵۵ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۳۰ دقیقه	۰/۹۸
ایلام	ساعت ۱۵ و ۳ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۳۸ دقیقه	۰/۹۸
بوشهر	ساعت ۱۵ و ۱۹ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۴۸ دقیقه	۰/۹۳
تبریز	ساعت ۱۴ و ۵۶ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۳۰ دقیقه	۰/۹۵
تهران	ساعت ۱۵ و ۹ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۳۷ دقیقه	۰/۹۴
بندرعباس	ساعت ۱۵ و ۳۱ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۵۳ دقیقه	۰/۹۵
اهواز	ساعت ۱۵ و ۱۱ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۴۳ دقیقه	۰/۹۵
ساری	ساعت ۱۵ و ۱۰ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۳۶ دقیقه	۰/۹۱
رشت	ساعت ۱۵ و ۴ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۳۴ دقیقه	۰/۹۳
سمنان	ساعت ۱۵ و ۱۳ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۳۸ دقیقه	۰/۹۲
زنجان	ساعت ۱۵ و ۲ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۳۴ دقیقه	۰/۹۶
گرگان	ساعت ۱۵ و ۱۲ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۳۶ دقیقه	۰/۸۹
قزوین	ساعت ۱۵ و ۶ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۳۶ دقیقه	۰/۹۵
قم	ساعت ۱۵ و ۱۰ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۳۹ دقیقه	۰/۹۷
مشهد	ساعت ۱۵ و ۲۱ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۳۹ دقیقه	۰/۸۴
زاهدان	ساعت ۱۵ و ۳۳ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۵۰ دقیقه	۰/۹۷
شیراز	ساعت ۱۵ و ۲۱ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۴۸ دقیقه	۰/۹۶
کرمان	ساعت ۱۵ و ۲۷ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۴۸ دقیقه	۰/۹۹
خرم‌آباد	ساعت ۱۵ و ۷ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۴۰ دقیقه	۰/۹۹
اراک	ساعت ۱۵ و ۹ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۳۹ دقیقه	۰/۹۹
همدان	ساعت ۱۵ و ۵ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۳۷ دقیقه	۰/۹۹
یزد	ساعت ۱۵ و ۲۰ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۴۵ دقیقه	۰/۹۹
یاسوج	ساعت ۱۵ و ۱۸ دقیقه	ساعت ۱۷ و ۴۶ دقیقه	۰/۹۷

زیرنویس ها:

۱ـ اینوواسکوتیه: شبه جزیره‌ای در جنوب شرقی کشور کانادا است

۲ـ Universal Time UT برحسب زمان گرینویچ در لندن تنظیم می شود و ساعت رسمی ایران ۳/۵ ساعت جهتی متفاوت است. (در تابستان و بهار ۴/۵ ساعت است)

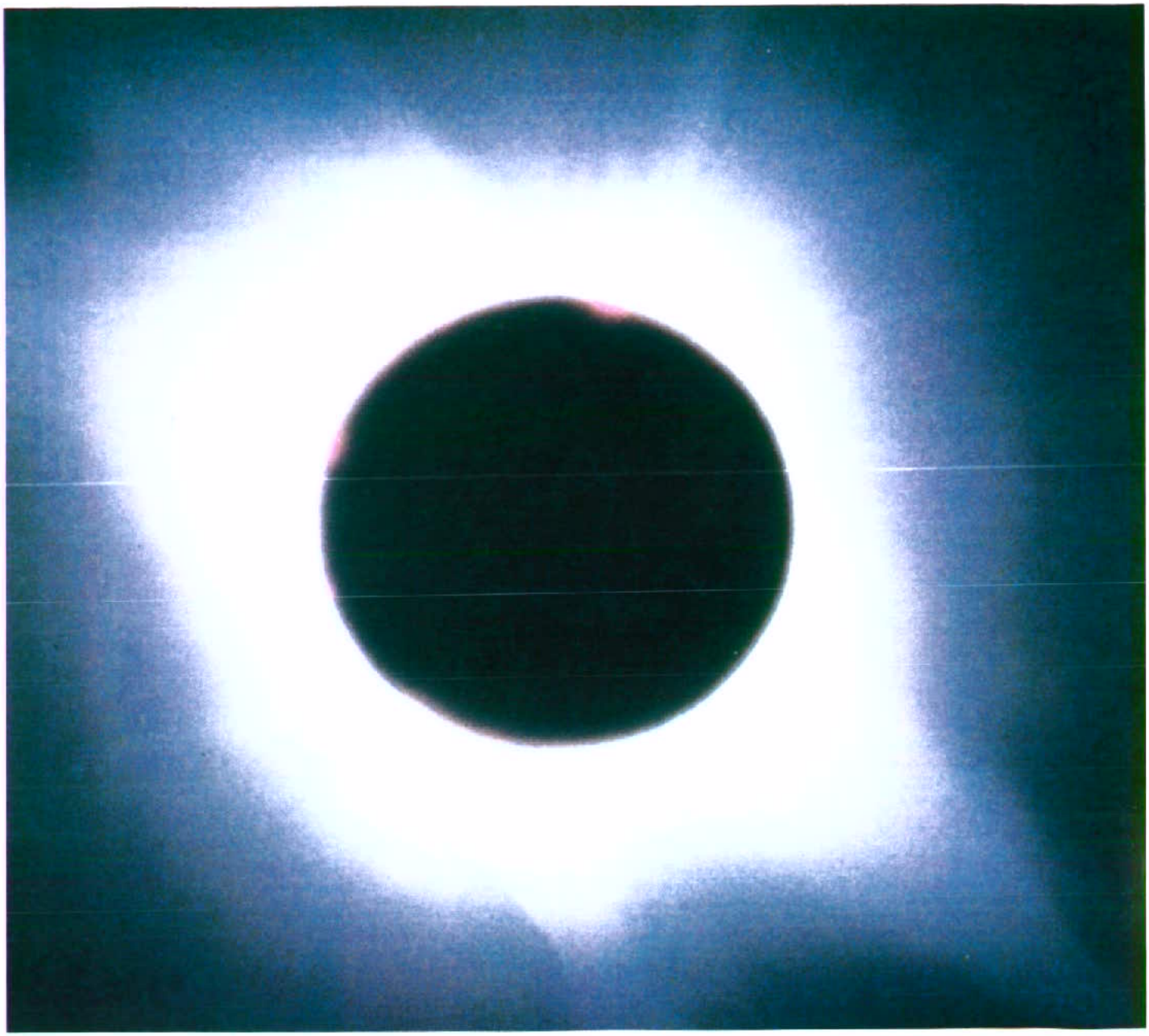
۳ـ کلیه جداول و اطلاعات مربوط به زمان لحظه کسوف در ایران از کتاب خورشید گرفتگی ۲ مرداد ۷۸ (دکتر ایرج ملک پور) استفاده شده است.

منابع و مأخذ مورد استفاده:

1- Total Solar Eclips of 1999 August. 11. NASA

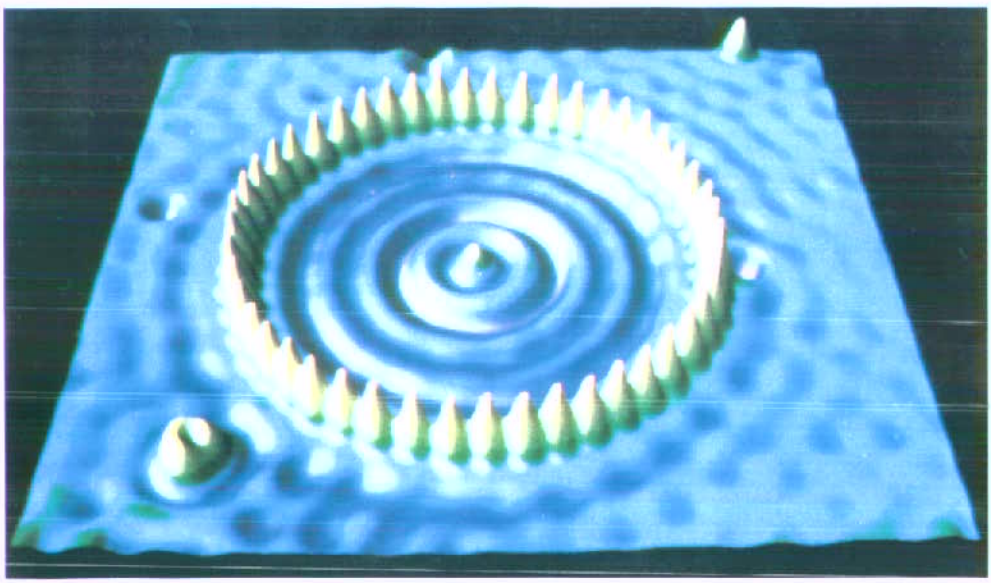
2- The Astronomical Almanac for the year 1999.

۳ـ خورشید گرفتگی ۲۰ مرداد ۷۸ - دکتر ایرج ملک پور



منظره زیبایی از خورشید گرفتگی کامل ۱۹۹۱ در مکزیک

تصویر میکروسکوپ الکترونی از
باکتریهای موجود بر سر یک سوزن



حلقه‌ای متشکل از ۴۸ اتم آهن که در آن چگالی احتمالی تابع موج الکترونهای به دام افتاده به وضوح مشاهده می‌شود. این تصویر با استفاده از میکروسکوپ تونل‌زنی روبشی گرفته شده است.