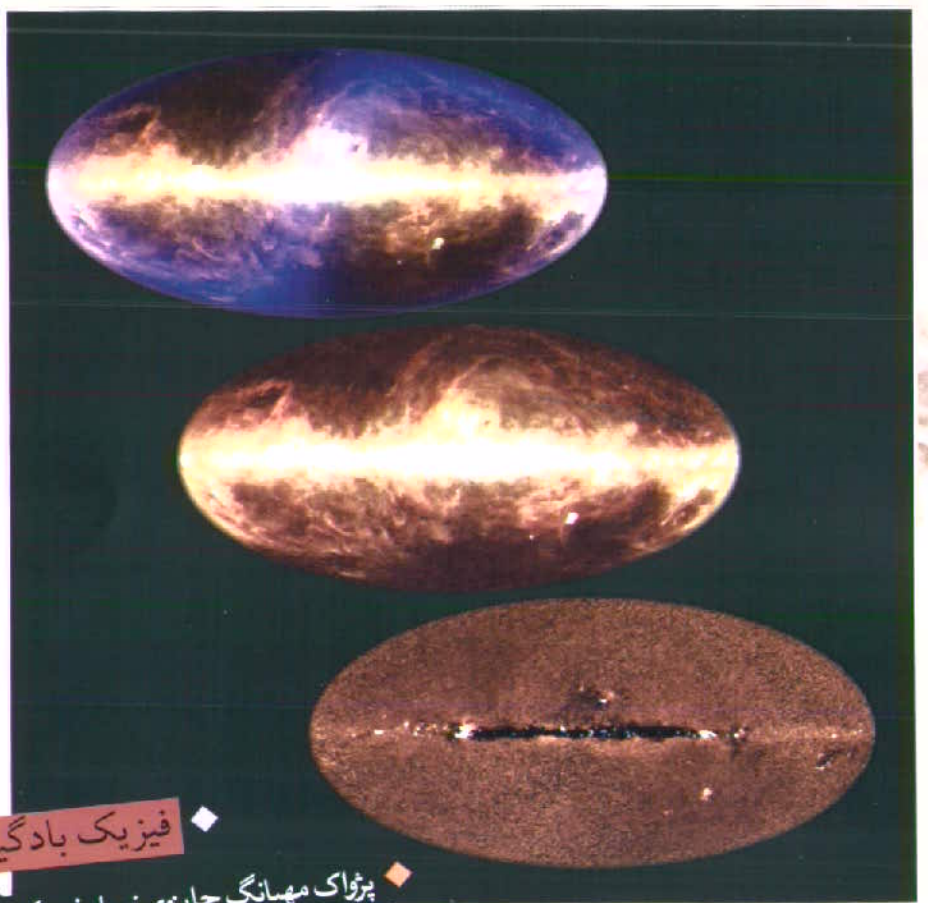
وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر انتشارات کمک آموزشی

ISSN 1606 - 917X
www.roshdmag.ir

رشد آموزش فیزیک ۷۸

آموزشی، تحلیلی، اطلاع رسانی
دوره‌ی بیست و دوم، شماره‌ی ۳، بهار ۱۳۸۶، بها ۳۰۰۰ ریال



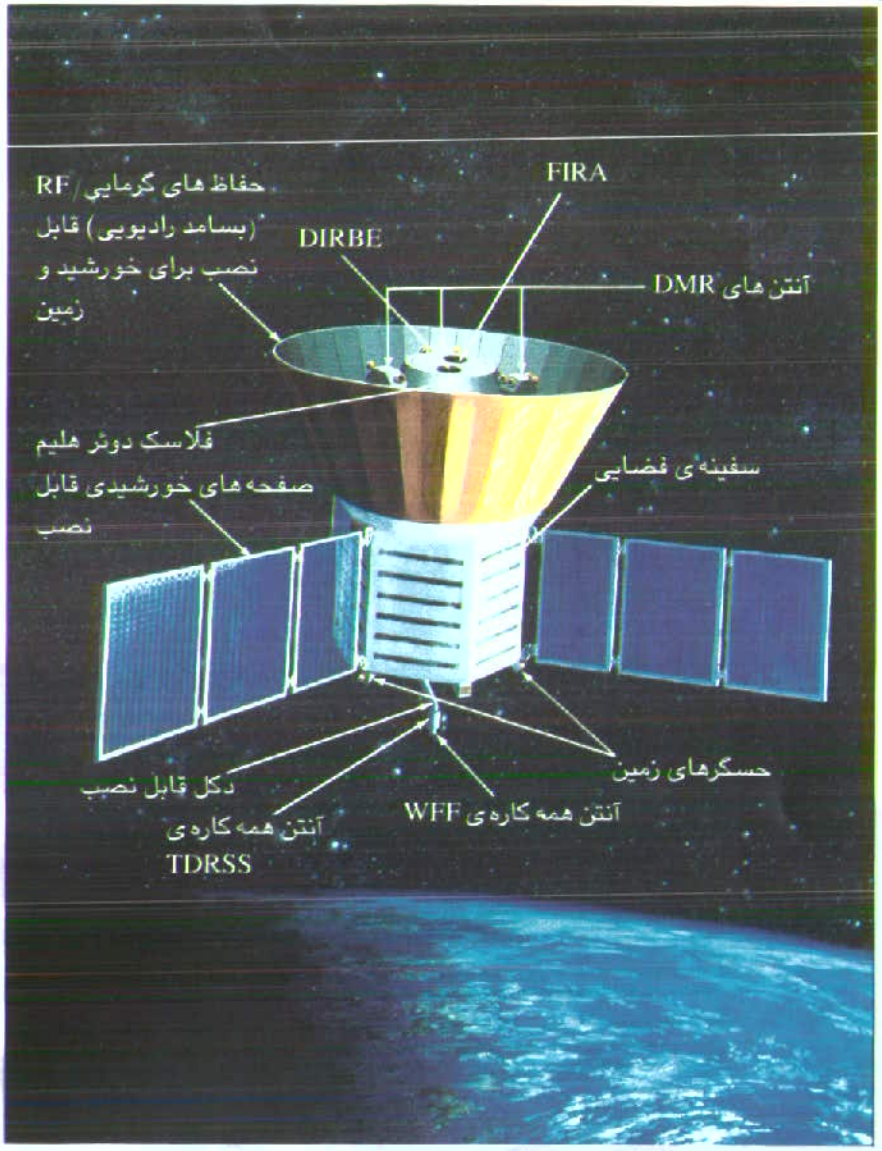
◆ فیزیک باد گیرها

◆ پژواک مهبانگ جایزه‌ی نوبل فیزیک را به دست می‌آورد

◆ در واقع تعریف خوبی برای جرم وجود ندارد

◆ گزارشی از کنفرانس جهانی آموزش فیزیک

ماهواره ی COBE



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

دوره‌ی بیستم و دوم، شماره‌ی ۳، بهار ۱۳۸۶

www.roshdmag.ir

ISSN : 1606-917X

شمارگان: ۴۲۰۰ نسخه
چاپ: شرکت افست (سهامی عام)
تلفن امور مشترکین: ۸۸۸۳۹۱۸۶
تلفن دفتر مجله: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱ داخلی: ۲۷۱
نشانی دفتر مجله: تهران، صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۶۵۸۵
صندوق پستی امور مشترکان: ۳۳۳۱-۱۵۸۷۵

رشد آموزش فیزیک ۷۸

آموزشی، تحلیلی، اطلاع رسانی

تصویر روی جلد:
زمینه‌ی فروسرخ نجشیده از ماهواره‌ی COBE-DIRBE به ترتیب از بالا آسمان مشاهده شده، نور منطقه البروجی حذف شده است و زمینه‌ی برون کهکشانی

مدیر مسئول: علیرضا حاجیان زاده
سردبیر: دکتر منیژه رهبر
مدیر داخلی: احمد احمدی
ویراستار: لعیا عروجی
طراح گرافیک: پروانه هادی‌پور رحیم آبادی
هیات تحریریه: احمد احمدی، روح الله خلیلی بروجنی
منیژه رهبر، سید جعفر مهرداد

سرمقاله: بشر کیهان را می کاود ۲ سردبیر
آزمایش مخزن آب برای توضیح برداشت نادرست... ۴ فدریکو کورنی
صعود در لوله‌های مویین و قاعده ژورین ۶ مهدی نوعی باهوش
پژواک مهبانگ، جایزه‌ی نوبل فیزیک را به دست می‌آورد ۹
در واقع تعریف خوبی برای جرم وجود ندارد ۱۱ اورن هکت
روشی برای تدریس نمودار مکان-زمان ۱۶ دستان هرمزی‌نژاد
چند آزمایش درباره‌ی موئینگی ۱۸ مریم خیراندیش و سارا نادری
تشدید در فلاسک‌ها و لوله‌ها ۲۳ ام. پی. سیلور و ای. آر. ورنی
فیزیک: پندار و واقعیت (قسمت دوم) ۲۸ فیلیپ والاس
نانولوله‌های کربنی ۳۱ کبری حاجی‌زاده
فیزیک بادگیرها ۳۸ حسین کوشا
تأملی بر پاسخ به یک پرسش مکانیک ۴۲ سیدجعفر مهرداد
کمترین نیرو برای لغزاندن جسمی بر روی جسم دیگر چقدر است؟ ۴۵ محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر
تمام‌نگاری ۴۷ مهشید آشنا
به یاد شادروان دکتر کمال‌الدین جناب ۵۲ جعفر مهرداد
گزارشی از کنفرانس جهانی آموزش فیزیک ۵۴ روح‌اله خلیلی بروجنی

مجله رشد آموزش فیزیک، نوشته‌ها را حاصل تحقیقات پژوهشگران و متخصصان تعلیم و تربیت، بویژه آموزگاران، دبیران و مدرسان را، در صورتی که در جهت رشد آموزش عمومی فیزیک تهیه و مرتبط با موضوع مجله باشد، می‌پذیرد:

- مطالب باید یک خط در میان و در یک روی کاغذ نوشته و در صورت امکان تایپ شود.
- شکل روی کاغذ جداگانه و نشانی محل قرارگرفتن شکل در متن مشخص شود.
- نثر مقاله باید روان و از نظر دستور زبان فارسی درست باشد و در انتخاب واژه‌های علمی و فنی دقت لازم مبذول گردد.
- مقاله‌های ترجمه شده باید با متن اصلی همخوان داشته باشد و در انتخاب واژه‌ها و اصطلاحات استفاده شود.
- در متنهای ارسالی باید تا حد امکان از معادل‌های فارسی واژه‌ها و متن اصلی نیز ضمیمه مقاله باشد.
- زندگینامه‌ها و منابع باید کامل و شامل نام اثر، نام نویسنده، نام مترجم، محل نشر، ناشر، سال انتشار و شماره صفحه‌ی مورد استفاده باشد.
- مجله در رد، قبول، ویرایش و تلخیص مقاله‌های رسیده مختار است.
- آرای مندرج در مقاله‌ها ضرورتاً مبین نظر دفتر انتشارات کمک آموزشی نیست و مسولیت پاسخگویی به پرسشهای خوانندگان، با خود نویسنده یا مترجم است.
- مجله از بازگرداندن مطالبی که برای چاپ مناسب تشخیص داده نمی‌شود، معذور است.

بشر کیهان را می‌کاود

سردبیر

جایزه‌ی نوبل فیزیک امسال به فیزیکدانهایی داده شد که درباره‌ی تابش زمینه‌ی کیهانی تحقیق کرده و اثر و چیزهایی را در آن مشاهده کرده بودند. این گونه پژوهش از این رو شایسته در بافت بزرگترین جایزه علمی در این زمینه تشخیص داده شده است که می‌تواند تا حدی به روشن شدن موضوعی کمک کند که از روزگاران گذشته تا به امروز همواره ذهن بشر را به خود مشغول داشته است. این موضوع که می‌توان آن را از نخستین معماهای مطرح شده برای ذهن انسان کنجکاو دانست این است که عالم چگونه به وجود آمده است و جایگاه ما در آن چیست؟

در دوران گذشته این گونه مطالب بیشتر در حوزه‌ی فلسفه و علوم انسانی قرار می‌گرفت و گمان می‌رفت که رابطه‌ی چندانی با حوزه‌ی علم ندارد و کمتر کسی به دنبال پاسخ علمی برای آن می‌گشت. ولی یک رشته تحولات صورت گرفته در قرن بیستم این مسئله مهم مورد توجه بشر را وارد قلمروی فیزیک ساخت. شاید بتوان آغاز این موضوع را مربوط به این کشف دانست که متوجه شد نور گسیل شده از کهکشان‌ها نسبت به آنچه در آزمایشگاه‌های روی زمین مشاهده می‌کنیم، به طول موج‌های بلندتر منتقل شده است. پس با توجه به اثر شناخته شده دوپلر این نتیجه حاصل می‌شود که کهکشان‌ها از ما دور می‌شوند. بیش از حد جورج گامو با توجه به این اثر مشاهده شده نتیجه گرفت که اگر در زمان عقب برویم لحظه‌ای خواهیم رسید که عالم از یک انفجار چگال بوده است. این نظریه که اکنون به «نظریه‌ی مهبانگ» معروف است می‌تواند سرنخ‌هایی را در مورد چگونگی شکل‌گیری عالم در اختیار بگذارد. با وجود این، در فیزیک شرط پذیرش هرگونه نظریه‌ای تأیید تجربی آن است. این تأیید به صورت کاملاً تصادفی توسط دو فیزیکدان از آزمایشگاه‌های تلفن بل صورت گرفت که به خاطر این

زیباترین و عمیق‌ترین احساسی که می‌توان به آن دست یافت، حسی عرفانی است که بذر کلیه‌ی علوم ناب را پراکنده می‌سازد. کسی که با این احساس بیگانه است، یعنی کسی که شکوه و عظمت آفرینش، او را سرشار از جذبه نمی‌سازد را، می‌توان مرده به حساب آورد. این ایمان به شدت برانگیزاننده از حضور نیروی تعقل برتر که در عالم غیرقابل درک برملا می‌شود، ایده‌ی من از خداوند را تشکیل می‌دهد.

آلبرت اینشتین

کشف خود که بقایای مهیانگ موسوم به تابش زمینه کیهانی را نشان می‌داد جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۷۸ را دریافت داشتند.

اما، هنوز هم نکته‌های مبهم زیادی در این نظریه وجود دارد که نیازمند توضیح بیشتر است. از آن جمله می‌توان به چگونگی شکل گرفتن کهکشان‌ها که تمرکز ناهمگن ماده را در نقطه‌های خاص نشان می‌دهد اشاره کرد. بدین منظور برنامه‌ای برای اندازه‌گیری و بررسی بیشتر به فضا پرتاب شد که ناهمگنی‌های مختصری را در دمای این تابش زمینه ثبت کرد که به کمک آن‌ها می‌توان تا اندازه‌ای چگونگی شکل گرفتن کهکشان‌ها را توجیه کرد.

خلاصه این که انسان با نگرش دقیق به طبیعت اطراف خود هر روز به کشف رازهای جدیدی از طبیعت شگفت‌انگیز پی می‌برد، ولی نتیجه این پژوهش‌ها چیزی نیست جز پی بردن به نظم دقیق جهان و عظمت آفریدگار آن، و نیز این موضوع که آنچه بشر موفق به کشف آن می‌شود تنها قطره‌ی کوچکی از دریای بی‌کران ناشناخته‌هایی است که در برابر دیدگان ما گسترده است. و شاید بزرگ‌ترین رسالت انسان آن باشد که بکوشد تا با بررسی دقیق طبیعت به گوشه‌ی ناچیزی از دستگاه عظیم خلقت پی برد. این نکته را حافظ در این بیت از شعر خود به زیباترین شکل بیان کرده است که:

آسمان بار امانت نتوانست کشید قرعه‌ی فال به نام من دیوانه زدند

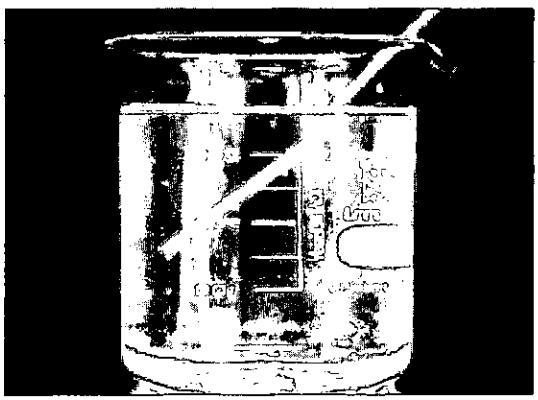
آزمایش مخزن آب برای توضیح برداشت نادرست از شکست نور

فدریکو کورنی
ترجمه‌ی: نازیلا نیازی

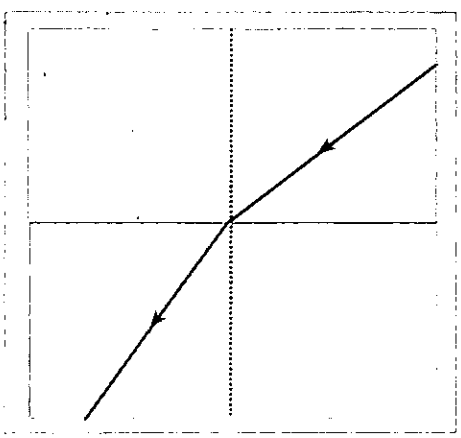
فرض کنید که به یک نی نگاه می‌کنید که بخشی از آن در یک ظرف آب فرو رفته. فکر می‌کنید نی چگونه به نظر می‌آید؟ در بیشتر موارد، حتّی کسانی که اطلاعات علمی هم دارند پاسخ خواهند داد که نی در سطح آب شکسته یا خمیده به نظر می‌رسد. ولی نی کاملاً دست نخورده و مستقیم به نظر می‌رسد؛ این برداشت غلط از درک نادرست ما از شکست حاصل می‌شود.

حال خود را جای یک دانش‌آموز بگذارید و به شکل‌های ۱ و ۲ نگاه کنید ـ اگر دقّت لازم را نداشته باشید، آن‌ها بسیار شبیه هم به نظر می‌آیند. شکل ۱ معمولاً در کتاب‌های درسی به عنوان شکلی در نظر گرفته می‌شود که مردم نی را می‌بینند و تصویر جانبی در یک لیوان آب است. تصویر قسمت فرو رفته در آب با ترکیب پیچیده‌ای از یک سری اثرهایی نشان داده می‌شود که ناشی از شکست نوری است که از نی می‌آید و به این ترتیب در ابتدا از آبی که ضخامتش ثابت نیست عبور می‌کند و سپس جداره‌ی لیوان شیشه‌ای با زاویه‌های فرودی متفاوت و در نهایت از سطح شیشه به چشم می‌رسد.

این تصویر در حالی که شبیه نمودار شکل ۲ به‌نظر می‌رسد، امّا مفهومی کاملاً متفاوت از این نمودار که در کتاب‌ها هم دیده می‌شود دارد. شکل ۲ راه نوری یک پرتو نور را نشان می‌دهد که از سطح مشترک دو محیط شفاف با ضریب شکست‌های متفاوت می‌گذرد. هر دو شکل تصویرهای شکسته شده را نشان می‌دهند ولی در مورد اوّل، شیء (نی) شکسته نشده است (بلکه فقط این طور به نظر می‌رسد)، در حالی که در شکل دوم، پرتو نور در واقع

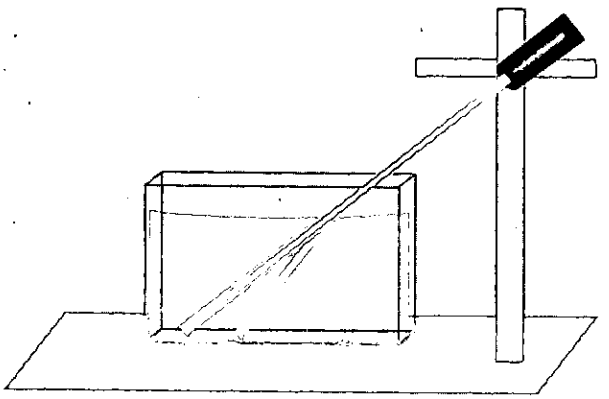


شکل ۱. نمای جانبی یک نی که بخشی از آن در آب فرو رفته است.



شکل ۲. نمودار یک مسیر نور که از سطح مشترک دو محیط هوا و آب عبور می‌کند.

شکل۳. چینش مشابه شکل۳، (از بالا.)



شکل۴. نمای جانبی یک نی و یک پرتولیزر موازی با هم در هوا که از سطح آب موجود در یک ظرف مربع شکل عبور می‌کنند.

شکسته شده است.

دانش‌آموزان با دیدن شباهت ظاهری دو شکل فریب می‌خورند و نقشی را که شکست نور در هر یک دارد را درک نمی‌کنند. پیشنهاد می‌کنیم که به جای شکل ۱، شکل ۳ قرار داده شود که پدیده را واضح‌تر نشان می‌دهد.

در شکل۳، یک نی و یک پرتو موازی لیزر با هم به آب موجود در یک ظرف شفاف مربع شکل فرستاده می‌شوند. منظره جانبی این تصویر تحت تأثیر شکست قرار نگرفته است چرا که نوری که از داخل می‌آید تقریباً به صورت عمود به دیواره‌ی ظرف برخورد می‌کند و نی دست نخورده و مستقیم به نظر می‌آید، ولی پرتو لیزر شکسته شده است. نی به عنوان نقطه‌ی مرجع عمل می‌کند و دانش‌آموزان را درباره‌ی آن‌چه می‌بینند مطمئن می‌سازد و به آن‌ها کمک می‌کند که بفهمند این پرتو لیزر است که از خط مستقیم خود در عبور از سطح مشترک هوا و آب منحرف شده است.

ترتیب آزمایش، راهی را برای بیان قانون اسنل به‌طور کیفی و کمّی (با کمک نقّاله) با تغییر زاویه‌ی بین مجموعه‌ی نی ـ پرتولیزر و عمود بر سطح آب در اختیار می‌گذارد. دانش‌آموزان باید ببینند که هرچه زاویه‌ی بین نی و عمود بر سطح بزرگ‌تر شود، انحراف پرتو لیزر ازجهت اولیه بیشتر می‌شود و این‌که پرتو فرودی عمود تغییری نمی‌کند.

دانش‌آموزان باید درک کنند که شکست پدیده‌ی کلی است که بر پرتوهای نور تشکیل دهنده تصویرهایی که ما می‌بینیم تأثیر می‌گذارد. این بدیهی به نظر می‌رسد امّا لازم است که دانش‌آموزان معلومات خود را در موارد مختلف به‌کار گیرند.و موضوع را از ابعاد مختلف بررسی کنند.

شکل ۴ ترتیب قبلی را از زاویه‌ای دیگر نشان می‌دهد. شگفت این‌که، اکنون به نظر می‌رسد که پرتولیزر در مسیر مستقیم است. مجدداً نی به عنوان یک نقطه‌ی مرجع برای مشاهده‌گران عمل می‌کند ـ اکنون به نظر می‌آید که نی شکسته شده و تصویر قسمت فرو رفته‌ی آن به سطح آب نزدیک‌تر شده است. این مشاهده کمک می‌کند که رفتار تصویر پرتولیزر را توضیح دهیم. پرتولیزر در واقع همان‌طور که قبلاً متوجه شدیم، از سطح مشترک دو محیط منحرف شده است ولی مانند نی تصویرش به سطح آب نزدیک‌تر می‌شود؛ این نتیجه یک اثر پوشاننده و از جنبه‌های خط راست است. در این مورد دستگاه از بالا به‌طور مایل نسبت به سطح آب نگریسته می‌شود و شکست بر نوری که از زیر آب به طرف چشم‌ها می‌آید هم تأثیر می‌گذارد.

باید برای دانش‌آموزان روشن شود که آن‌چه آن‌ها می‌بینند همان چیزی نیست که واقعاًدر آب اتّفاق می‌افتد، بلکه فقط تصویری از آن است که به‌وسیله‌ی اثر شکست نوری که از زیر آب بیرون می‌آید، تعیین می‌شود. مجدداً می‌توان این را به طور کیفی با مقایسه‌ی تأثیرهای شکست در شکل‌های ۳و۴ توضیح داد یا این‌که به عنوان مثال با پرسش از دانش‌آموزان که چرا تصاویر پرتولیزر و نی به آن شکل ظاهر می‌شود و این‌که آیا پرتولیزر واقعاً مستقیم است موضوع را کمّی کرد.

روش بالا فقط یک راه ممکن برای آشنایی شکست نور است ولی هدف نشان دادن نقش‌های متفاوتی است که شکست در آن‌چه ما می‌بینیم بازی می‌کند.

منبع :

Physics Education, Vol. 4, No.2 March 2006.

صعود در لوله‌های مویین و قاعده ژورین

مهدی نوعی باهوش
دبیر فیزیک ناحیه‌ی ۲ شهر ری

در کتاب فیزیک ۲ و آزمایشگاه توضیحی در مورد بالا رفتن آب در لوله‌ی مویین و پایین آمدن جیوه در آن داده شده است. این مسأله ناشی از نیروهایی دانسته شده، که از طرف شیشه به مایع درون آن وارد می‌شود، ولی توضیحی در مورد نوع نیرو داده نشده است. همین‌طور مسأله اختلاف فشار ناشی از بالا رفتن و یا پایین آمدن مایع درون لوله، لاینحل باقی مانده است. در این مقاله سعی می‌شود مسأله بالا که به قانون ژورین[1] معروف است به دقت موشکافی شود.

۱. نیروی کشش سطحی

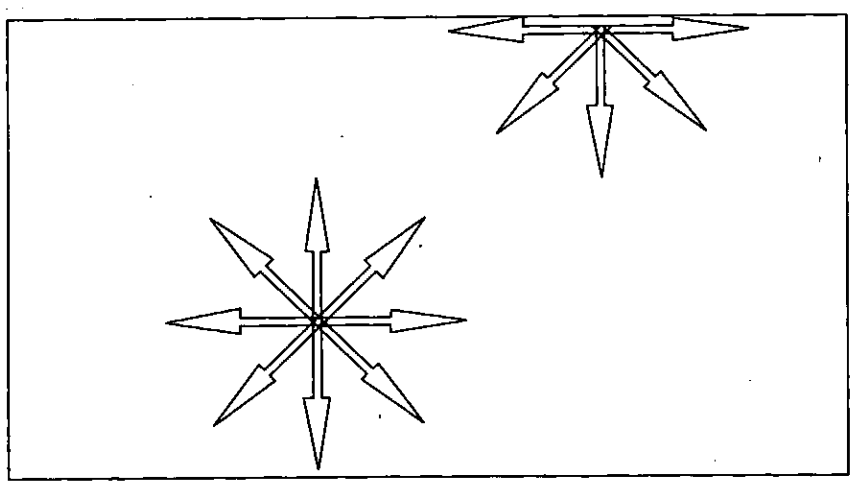
مولکول‌هایی که در یک مایع قرار دارند را سایر مولکول‌ها از همه طرف می‌کشند ولی در مورد مولکول‌هایی که در سطح مایع قرار دارند باید گفت که برایند نیروی رو به پایینی به هر کدام از آن‌ها وارد می‌شود. از این‌رو نیروهای پیوندی تولید کشش سطحی می کنند و باعث می‌شوند سطح مایع مانند غشا رفتار کند. (شکل۱)

۲. کشش سطحی

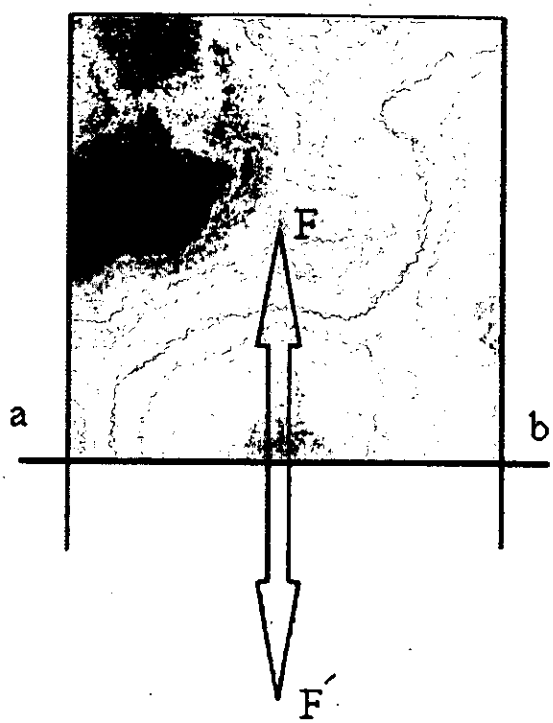
قاب U شکلی را در نظر می‌گیریم که یک ضلع لغزنده دارد. اگر قاب را با لایه‌ای از مایع بپوشانیم (مثلا محلول آب و صابون) ملاحظه می‌شود که ضلع متحرک با نیروی $\vec{F}$ کشیده می‌شود و برای ثابت نگه داشتن آن نیاز به نیروی خنثی کننده‌ی $\vec{F'} = -\vec{F}$ خواهد بود. مقدار این نیرو با طول میله متناسب است به نحوی که:

$F = A.L$ و $L = a.b$

در این جا A را کشش سطحی می‌نامند. (شکل۲)



شکل۱. وضعیت مولکول‌ها در درون مایع و سطح آن



شکل۲ . قاب U شکل پوشیده با غشا مایع

۳ . فشار در درون یک قطره‌ی مایع

مایعی به شعاع r را در نظر می‌گیریم به دلیل کشش سطحی، نیروی برایند رو به داخلی به مایع وارد می‌شود که برای خنثی کردن آن و برقراری تعادل طبیعی باید فشار داخل مایع از فشار محیط بیرون بیشتر باشد . این اختلاف فشار از معادله‌ی زیر به‌دست می‌آید : (شکل۳)

$$P_A - P_B = \Delta P = \frac{4A}{r}$$

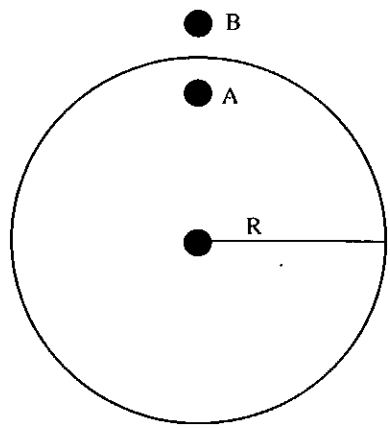
۴ . لوله‌های مویین و اثر کشش سطحی

ابتدا مایعی مانند آب را در نظر می‌گیریم که لوله‌ی مویین را کاملاً تر می‌کند و در داخل لوله سطحی فرو رفته به وجود می‌آورد . علت فرورفتگی غلبه نیروی چسبندگی سطحی آب و شیشه بر نیروی پیوند مولکول‌های آب است . این فرورفتگی باعث می‌شود که فشار درون مایع اندکی از محیط بیرون و نقطه‌های هم تراز کمتر شود و مایع در داخل لوله صعود کند . مقدار صعود با فرض نیم‌دایره بودن فرورفتگی از فرمول زیر قابل محاسبه است :

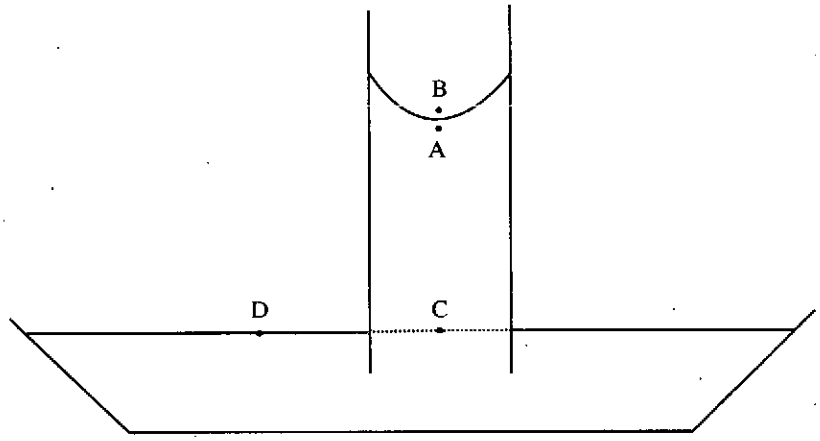
$$h = \frac{2A}{\rho g R}$$

R شعاع لوله مویین است و هرچه شعاع لوله کمتر باشد ارتفاع مایع زیادتر خواهد بود . (شکل۴)

در مورد جیوه به علت غلبه نیروی پیوندی بر نیروی چسبندگی سطحی، یک برآمدگی در درون لوله تولید می‌شود . این برآمدگی



شکل۳ . قطره‌ی مایع به شعاع r



شکل۴ . آب در درون لوله‌ی مویین $P_D = P_C = P_B$ و $P_B > P_A$

باعث می‌شود که فشار درون جیوه از فشار محیط بیرون اندکی بیشتر شود و برای جبران آن سطح جیوه کمی پایین‌تر از سطح معمول قرار بگیرد . (شکل۵)

۵ . نتیجه گیری

غالب یا مغلوب بودن نیروی چسبندگی سطحی بر نیروی پیوندی باعث فرورفتگی یا برآمدگی سطح درون لوله می‌شود و نیروی کشش سطحی باعث افزایش و یا کاهش فشار درون مایع می‌شود و این اختلاف فشار باعث بالا رفتن و یا پایین آمدن مایع درون لوله مویین می‌گردد .

نیرویی که در کتاب فیزیک ۲ رسم شده است واکنش نیروی کشش سطحی از طرف مایع به جدار ظرف شیشه‌ای است و خود این نیرو محصول نیروی پیوندی مایع است . در مسأله لوله‌های مویین علاوه بر نیروی کشش سطحی قیاس نیروهای پیوندی و چسبندگی سطحی نیز از اهمیت زیادی برخوردار است .

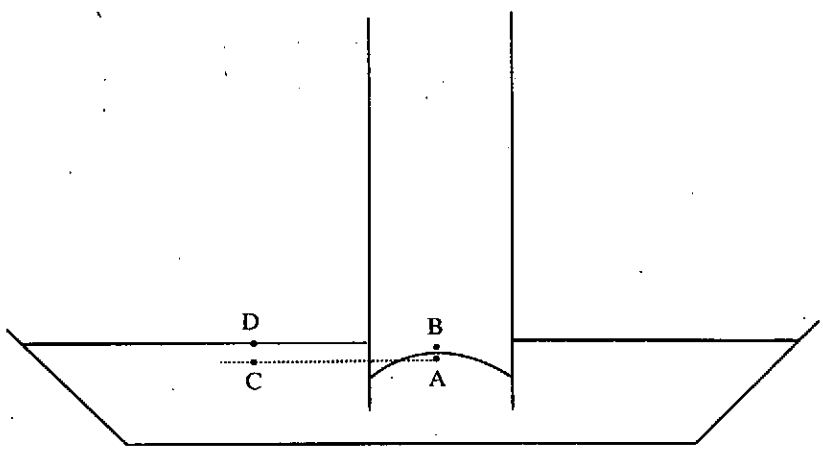
زیرنویس :

1. Jurin

مراجع :

۱ . فیزیک ۲ و آزمایشگاه سال دوم ریاضی فیزیک و علوم تجربی ، تألیف دفتر تألیف کتب درسی سازمان پژوهش وزارت آموزش وپرورش ۱۳۸۴

۲ . فیزیک ، تألیف م . فرانسون ، ترجمه مختار تبریزی و لطیف کاشیگر ، انتشارات دانشگاه تهران



شکل۵ . جیوه در لوله‌ی مویین $P_D = P_B$ و $P_C = P_A$ و $P_B < P_A$

پژواک مهبانگ

جایزه‌ی نوبل فیزیک را به دست می‌آورد

مترجم: منیژه رهبر

جایزه نوبل فیزیک به جان سی. مَدر و جورج اف. اسموت برای کشف شکل مربوط به «تابش جسم سیاه و ناهمسانگردی در تابش زمینه‌ی ریزموج» اعطا می‌شود.

جایزه‌ی نوبل فیزیک امسال به دانشمندان امریکایی جان مَدر و جورج اسموت برای یک مأموریت پیشگام فضایی اعطا شد که از نظریه‌ی «مهبانگ» در مورد منشأ عالم حمایت می‌کند.

این دو نفر مغزهای متفکر یک مأموریت ناسا برای اندازه‌گیری پس‌ـلرزه‌ی انفجار فاجعه‌آمیزی بودند که ۱۳/۷ بیلیون سال پیش به وقوع پیوست و باعث تولد کیهان شد.

کاوشگر زمینه‌ی کیهانی[3] (COBE)، نه‌تنها به مفهوم تکیده‌ی «مهبانگ» که در اواخر سال‌های ۱۹۴۰ در محافل علمی به‌وجود آمده بود قوت بخشید، بلکه سرنخ‌هایی را هم درباره‌ی چگونگی پیدایش کهکشان‌ها در اختیار قرار داد.

به گفته استیون هاوکینگ[4] فیزیکدان بریتانیایی، نتیجه‌های به‌دست‌آمده از COBE «بزرگ‌ترین کشف قرن، اگر نه همه‌ی ایام» بود.

داوران جایزه نوبل در تقدیرنامه خود گفته‌اند، «این اندازه‌گیری‌ها... آغاز کیهان‌شناسی را به‌عنوان یک علم دقیق مشخص می‌سازند.»

مَدر، ۶۰ ساله، اختر فیزیکدان ارشد مرکز پروازهای فضایی گودارد[5] ناسا در مریلند است، در حالی که اسموت، ۶۱ ساله، استاد فیزیک دانشگاه کالیفرنیا در برکلی است.

از مَدر برای کارش در زمینه تابش جسم سیاه ـ طرحی نمایانگر در طیف انرژی ناشی از جسمی که خنک می‌شود، تقدیر شده است. دمای عالم در هنگام تولد ۳۰۰۰ درجه سلسیوس بود. از آن پس، طبق نظریه‌ی مهبانگ، با انبساط عالم، تابش به‌تدریج خنک شده است.

این به اصطلاح تابش زمینه‌ی ریزموج[6] (CMB)ـ موج ضربه‌ای

انرژی خارج شده از محل انفجار است که هنوز در سراسر آسمان‌های درحال انبساط مرزهای عالمی را مشخص می‌کند که در حال عقب رانده شدن است ـ دمای آن فقط ۲/۷ درجه بالاتر از صفر مطلق، یعنی منهای ۲۷۳ درجه سلسیوس، است.

COBE در نوامبر ۱۹۸۹ پرتاب شد. اولین نتیجه‌ها که پس از رصدی نه دقیقه‌ای به دست آمدند، «یک طیف جسم سیاه کامل» را در اختیار قرار دادند، به عبارت دیگر، به گفته کمیته نوبل ـ همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد ـ نمایه‌ای از دمای عالم را در نقطه پس از مهبانگ فراهم ساخت.

وقتی بعداً این منحنی در یک کنفرانس اخترشناسی نشان داده شد، احساسات شدید شرکت‌کنندگان در آن را به خود جلب کرد.

مَدر در مصاحبه با بنیاد نوبل گفت «در واقع هیچ توضیح دیگری برای این طیف کامل جسم سیاه وجود ندارد. بسیاری از افراد در پی این توضیح دیگر بودند، ولی هیچ توصیف خوبی یافته نشد، درنتیجه این طیف نظریه‌ی مهبانگ را تأیید کرد.

جایزه‌ی اسموت به خاطر اندازه‌گیری تغییرات کوچک در دمای این تابش است، که دلیل سرراستی را برای جهت نیروی مهبانگ و انبساط عالم، که هنوز هم ادامه دارد، فراهم می‌سازد.

این اختلاف‌های دما برای کارآگاهان کیهانی نقش اثرهای انگشت را دارند، زیرا سرآغازی برای گردهم آمدن ماده در عالم نوزاد هستند.

بدون این انباشتگی، هیچ کهکشان، ستاره، و حتی حیات در عالم کنونی وجود نداشت.

اسموت که در کودکی عاشق داستان‌های علمی تخیلی بود، گفت که از دریافت مکالمه تلفنی از کمیته نوبل که بردن جایزه معتبر را به او اطلاع داده بود شگفت‌زده شده است و وب‌سایت جایزه نوبل را برای تأیید خبر کنترل کرده است. به نظر او «این افتخاری بزرگ است که کار تمام تیم COBE را ارج می‌نهد.»

این اولین بار در تاریخ جایزه نوبل است که این جایزه عملاً به یک مأموریت فضایی داده می‌شود. بیش از هزار نفر پژوهشگر و مهندس در طرح COBE به کار مشغولند، که مَدر نیز هماهنگ‌کننده آن است.

تصویرهایی از عالم نوزاد

طبق سناریوی مهبانگ، تابش زمینه‌ی ریزموج یادگار اولین مرحله‌های عالم است. بلافاصله پس از خود مهبانگ، عالم را می‌توان با جسم تابانی مقایسه کرد که تابشی را گسیل می‌دارد که توزیع طول‌موج‌هایش فقط تابع دمای آن است. شکل طیفی از این نوع خاص به طیف تابش جسم سیاه معروف است. دمای عالم در هنگام گسیل این طیف در حدود ۳۰۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد بوده است. پس از آن، طبق سناریوی مهبانگ، تابش به‌تدریج با انبساط عالم خنک‌شده و اکنون به دمای ۲/۷ بالاتر از صفر مطلق رسیده است. برندگان با استفاده از طیف جسم سیاه نمایان شده از اندازه‌گیری‌های COBE موفق به محاسبه‌ی این دما شده‌اند.

COBE مأموریت جست‌وجوی تغییرات مختصر دما در جهت‌های مختلف را نیز داشته است (که ناهمسانگردی خوانده می‌شود). تفاوت‌های بسیار مختصر از این نوع در دمای تابش زمینه‌ی کیهانی ـ در گستره‌ی یک صد هزارم درجه ـ سرنخ مهمی برای چگونگی پیدایش کهکشان‌هاست. این تغییرات دما نشان می‌دهند که چگونه ماده در عالم شروع به «انباشته شدن» کرد. این کار برای به‌وجود آمدن کهکشان‌ها، ستارگان، و سرانجام حیات از نوع موجود بر روی زمین ضروری بود، بدون این سازوکار، ماده شکلی کاملاً متفاوت به خود می‌گرفت، و به صورت یکنواخت در سراسر عالم توزیع می‌شد.

زیرنویس:

1. John C. Mather
2. George F. Smoot
3. Cosmic Background Explorer
4. Stephen Hawking
5. Goddard
6. Cosmic Microwave Background

در واقع تعریفِ خوبی برای جرم وجود ندارد*

اوزن هکت
ترجمه‌ی: احمد توحیدی

به نظر می‌رسد بر پایه‌ی باور کم و بیش متداولی که در جامعه‌ی فیزیک وجود دارد مفاهیم بنیادی این رشته (جرم، نیرو، انرژی و غیره) به خوبی شناخته شده و به راحتی تعریف می‌شوند. از این‌رو، کتاب‌های درسی بسیاری در سطح‌های مختلف، همه‌ی مفاهیمی را که معرفی شده، تعریف کرده‌اند. ظاهراً ما معلمان هم با بی‌توجهی و بدون دلواپسی از ظرافت نهفته‌شده در تعریف این مفاهیم آن‌ها را به دانش‌آموزان آموزش می‌دهیم. جالب توجه این‌که بدون شک چنین نیست، هر کس که کتاب‌های بنیادیِ فیزیک چند سده گذشته را بررسی کرده باشد، می‌داند که هیچ یک از مفاهیم بنیادی به صورت رضایت‌بخشی تعریف نشده‌اند.

برای توضیح این نکته، نشان خواهیم داد که تعریف جرم (که به طور مستقیم از کار **ارنست ماخ** به دست آمده است) در کتاب‌های درسی مشهور امروز ایراد جدی دارد افزون بر این، با توجه به دلیل‌های کاملاً مختلف ناشی به نسبیت خاص نشان خواهیم داد که تعریف خود ماخ نادرست است، و حتی نمی‌توان برای رفع اشکال به آن رجوع کرد. در حال حاضر ایده‌ی تعریف عملیاتیِ دقیقی از جرم توهمی بیش نیست و هر کس که در هر سطح فیزیک را آموزش می‌دهد باید این موضوع را بداند.

تعریف‌ها به طور کلی

در فیزیک به طور کلی دو نوع تعریف به کار می‌رود. **تعریف مفهومیِ** سنتی که معنای یک ایده را برحسب مفاهیم بنیادی‌تر مشخص می‌کند و تعریف تا حدی جدیدتر **تعریف عملیاتی** روالی را مشخص می‌کند که می‌توان با استفاده از آن مفهوم را اندازه گرفت. در رهیافت دوم، برای تعریف جرم لزومی ندارد که فراتر از دست و پنجه نرم کردن با «چیزی که به روش زیر اندازه‌گیری می‌شود» گامی برداشت.

مشکل ذاتی که در تعاریف مفهومی وجود دارد آن است که بیشتر مفاهیم بنیادی را نمی‌توان برحسب مفاهیم بنیادی‌تر قبلی تعریف کرد. بنابراین، اگرچه مفهوم سرعت (دقیق‌تر سرعت متوسط) را می‌توان برحسب فاصله‌ی پیموده شده و زمان سپری‌شده تعیین کرد، اما «فاصله چیست؟» هر کوششی که برای رسیدن به مفهوم «فاصله» به صورت اجتناب‌ناپذیری به پرسشِ نگران‌کننده‌ی «فضا چیست؟» می‌رسد و هنگامی که به آن پاسخ دادیم باید معنای «زمان چیست؟» را مشخص کنیم. این موضوع‌های بغرنج معرفت‌شناختی هزاران سال است که فلاسفه را به مبارزه طلبیده‌اند.

در سده‌های گذشته مفهوم جرم در کتاب‌های درسی به دو روش تعریف شده است. یکی با ساده‌انگاری آن را به عنوان «مقدار ماده» و دیگری برحسب لَختی تعریف کرده است. در مورد اخیر، **جرم معیاری از میزان مقاومت جسم در برابر تغییر حرکت است**. توجه کنید که هیچ‌کدام از این دو روش نمی‌گویند چگونه باید جرم را اندازه بگیریم، بنابراین به شدت ناقص هستند. بدون توجه به این‌که تعریف جرم لختی تا چه حد درست است، باید گفت که این تعریف بیشتر متافیزیکی است تا فیزیکی. زیرا نمی‌توان با بهره‌گیری از آن مقدار عددیِ جرم یک جسم را مستقیماً تعیین کرد. درنتیجه امروزه فیزیکدان‌ها که اندازه‌گیری کمیت را لازم می‌دانند، اغلب به

تعریف‌های عملیاتی متکی هستند. این پیامد گوش فرا دادن کار بنیادی ماخ است (۱۹۱۶ـ۱۸۳۸). این به علت ضعف ذاتی روش‌شناسی است (که پیشتر به آن اشاره شده است)، و تعریف‌ها در کتاب‌های درسی کنونی براساس آن نوشته شده‌اند، و ما در این جا به آن می‌پردازیم.

تاریخچه مختصر جرم

در سده‌ی سیزدهم **اگیدیوس رومانوس**[1] عالم الهیات هنگام بررسی عشأ ربانی پیشنهاد کرد که علاوه بر وزن و حجم باید معیار سومی نیز برای مقدار ماده وجود داشته باشد. در سده‌ی هفدهم واژه **جرم** به معنای «مقدار ماده» به کار می‌رفت. **کپلر** اولین کسی بود که به صراحت مفهوم جرم لَختی را تعریف کرد. او هم‌چنین جرم اشیاء را به گرانش متقابلی که در معرض آن قرار می‌گیرند مرتبط ساخت. پس از آن، **نیوتون** متن دینامیکی جرم را تدوین کرد. اما این ایده هنوز مبهم بود، زیرا حتی یکایی برای جرم وجود نداشت و نیوتون مجبور بود که با نسبت‌ها کار کند. تعریف نیوتونی جرم بر حسب حجم و چگالی (که برای آن‌ها نیز یکایی وجود نداشت) جای کار زیادی را باقی می‌گذاشت.

در سال‌های ۱۸۰۰ ماخ همراه با دیگران (به‌ویژه سنت **ونان**[2]، **هرتز**[3]، **پوانکاره**[4] و **کیرشهوف**[5]) سرشت متافیزیکی نامطلوب زیربنای فیزیک را دریافتند. ماخ و دیگران به تعریف جرم به عنوان مقدار ماده اعتراض کردند، مفهومی که به نظر آن‌ها «کاملاً بی‌فایده» بود. به جای آن ماخ تعریف جدیدی را پیشنهاد کرد (۱۸۶۸). تعریف جدید مبتنی بر اندازه‌گیری کاملاً جدید بود. سپس در دهه ۱۹۳۰ **پرسی بریجمن**[6] برنده‌ی جایزه نوبل روش ماخ را به طور فلسفی گسترش داد. پس از این، این روش به **عمل‌گرایی** مشهور شد. امروزه اگرچه تا حدودی از شکوه عمل‌گرایی کاسته شده است اما باز هم می‌توان تعریف جرم به روش ماخ را در صدها کتاب درسی و مقاله‌ی مجله‌های علمی در سراسر دنیا پیدا کرد.

تعریف ماخ

در این جا لازم نیست به جزئیات اولیه‌ی روش ماخ بپردازیم. این جزئیات را می‌توان در کتاب‌ها و مقاله‌های دیگر یافت و در نارسایی‌هایی که این رهیافت را ناتوان می‌سازد مؤثر نیست. از این‌رو، دو جسم A و B به ترتیب به جرم‌های m_A و m_B را در نظر بگیرید. این اجسام برهم‌کنش می‌کنند (به طور مغناطیسی، الکتریکی، گرانشی؛ مهم نیست چگونه) و یکدیگر را جذب یا دفع می‌کنند. ماخ می‌خواست نقش نیرو را کم‌اهمیت نشان دهد و قانون دوم نیوتون را با «اولین قضیه‌ی تجربی خود جایگزین کرد.» اجسامی که در مقابل یکدیگر قرار دارند برهم تأثیر می‌گذارند... شتاب حرکت آن‌ها برعکس یکدیگر و در امتداد خطی است که آن دو را به هم وصل می‌کند. هنگامی که اجسام شروع به حرکت می‌کنند، نسبت جرم آن‌ها $m_{A/B} = \frac{m_A}{m_B}$ برابر منفی عکس شتاب‌های a_A و a_B است.

$$m_{A/B} = -\frac{a_B}{a_A} \qquad (۱)$$

علامت منفی به واسطه‌ی جهت مخالف شتاب‌هاست. اگر جرم یکی از دو جسم مثلاً B، برابر یکای استاندارد جرم باشد ($m_B = ۱$)، خواهیم داشت:

$$m_A = -\frac{a_B}{a_A} \qquad (۲)$$

اکنون دو جسمی را که در حال دور شدن از یکدیگر هستند به هم نزدیک کنید و سپس بگذارید آن‌ها از هم جدا شوند، و شتاب هریک از آن‌ها را همزمان اندازه بگیرید و جرم جسم را به دست آورید. این تعریف سر راست عملیاتی جرم است.

ماخ نخست با اجتناب از قانون اول نیوتون و جایگزین کردن آن با قانون دوم و فرض اعتبار قانون سوم از مشکل «حل‌نشدنی» (واژه‌ای که **پوانکاره** به کار می‌بُرد) از تعریف نیرو بی‌سر و صدا می‌گذرد. همین طور معلوم نیست که ماخ در واقع چگونه شتاب‌ها را اندازه گرفته است. شتاب لحظه‌ای یک آرمان‌گرایی ریاضی است که با اندازه‌گیری مستقیم قابل بررسی نیست. به‌علاوه، ماخ معتقد است که اجسام A و B بدون آن‌که تحت تأثیر اجسام دیگری موجود در عالَم قرار بگیرند با هم برهم‌کنش می‌کنند. چگونه ممکن است در یک آزمایشگاه زمینی چنین وضعیتی پیش آید، معلوم نیست.

امروزه مردم مایلند با نادیده گرفتن نارسایی‌های بالا صرفاً درستی رهیافت ماخ را بپذیرند. برعکس، به نقصی بنیادی اشاره می‌کنیم که نمی‌توان آن را نادیده گرفت. یعنی جرم تابع برهم‌کنش است. بصیرت‌های نسبیت اینشتین برای ماخ دردسری ایجاد نکردند. او خیلی پیش از نظریه‌ی نسبیت خاص (۱۹۰۵) تعریف خود را منتشر کرده بود و به

هر حال هرگز نسبیت را نپذیرفت.

نسبیت و جرم

آنچه تعریف ماخ را نادرست می‌سازد آن است که جرم جسم در هنگام انجام کار و یا زمانی که روی تمام و یا بخشی از آن کار انجام شود تغییر می‌کند. برای مشاهده‌ی آن، ذره‌ای آزاد به جرم m را در نظر بگیرید. انرژی کل نسبیتی ذره (E) مجموع جرم سکون (E_0) و انرژی جنبشی آن (KE) است $E = E_0 + KE$. در روزآمدترین بیان نسبیتی که اینشتین در کار بعدی خود ارائه کرد، جرم ناوردای لورنتسی در نظر گرفته می‌شود (یعنی جرم برای همه‌ی ناظران لَخت یکسان است). درنتیجه، جرم تابع صریح سرعت نیست. از این‌رو در سرعت‌های معمولی، به جای جرم نسبیتی از جرم معروف به جرم «سکون» یا «ویژه جرم» استفاده می‌شود. درنتیجه، انرژی سکون از رابطه‌ی $E_0 = mc^2$ به دست می‌آید. زیاد شدن سرعت ذره باعث افزایش انرژی جنبشی ذره (KE) (نه جرم) می‌شود، و انرژی کل ذره افزایش می‌یابد:

$$E = Mc^2 + KE$$

دستگاه مرکب به جرم M متشکل از دو ذره برهم‌کنش‌کننده یا بیشتر را در نظر بگیرید. انرژی کل دستگاه در چارچوب مرجع مرکز جرم (مرکز جرم ساکن است) برابر است با $E = E_0 = Mc^2$ این رابطه انرژی داخلی یا انرژی سکون دستگاه مرکب و مجموع انرژی‌های سکون (m_ic^2)، انرژی‌های جنبشی (KE_i) و انرژی‌های پتانسیل (PE_i) هریک از ذرات است.

(۳)

$$E = Mc^2 = \sum_i m_ic^2 + \sum_i KE_i + \sum PE_i$$

بنابراین یک کیلوگرم یخ (با افزودن انرژی گرمایی) به بیش از یک کیلوگرم آب ذوب می‌شود. افزایش جرم در حدود ۴ قسمت در 10^{12} است.

همین طور، جرم یک فنر کشیده بیش از هنگامی است که کار روی آن انجام نشده است. این نتیجه‌گیری‌ها، گرچه خلاف مفهوم متداول جرم ثابت هستند، اما مدتی است که پذیرش عام یافته‌اند، گرچه فقط به ندرت در کلاس‌های درس فیزیک ذکر می‌شوند.

اتفاقاً، چون بر پایه‌ی هر دو تفسیر نسبیت یعنی، چه m یا ناوردای لورنتس باشد یا نباشد) جرم یک جسم تغییر می‌کند، بنابراین هم‌ارزی جرم با مقدار ماده کاملاً غیرقابل دفاع است.

وقتی ذره‌هایی که یکدیگر را جذب می‌کنند به هم نزدیک شوند و دستگاه مقیدی را تشکیل می‌دهند ـ مثلاً، اتم، هسته و حتی سیاره ـ جرم کل دستگاه (M) از مجموع جرم اجزای تشکیل دهنده‌ی آن کمتر است. دوترون کاستی جرم برابر با ۰۰۲۳۹۷ / یعنی $3/97 \times 10^{-27}$ g دارد که در حدود جرم چهار الکترون است. جرم دوترون کمتر از مجموع جرم نوترون و پروتون‌های آزادی است که با برهم‌کنش قوی آن را تشکیل داده‌اند. پس منطقی است نتیجه بگیریم که نوترون و پروتونی که با پیوند با یکدیگر دوترون را به وجود آورده‌اند، باید جرم از دست داده باشند.

مادامی که برهم‌کنش ربایشی بین اجسام وجود داشته باشد، معمولاً جرم آن‌ها در حالت دور از هم بیشتر از وقتی است که به هم پیوسته‌اند. عکس این موضوع برای یک دستگاه رانشی ذره‌ها درست است. ذره‌ها با کنار هم قرار گرفتن، انرژی پتانسیل و هم‌ارز آن جرم به دست می‌آورند. اگرچه جرم ناوردای لورنتس، ولی تابع برهم‌کنش است.

بگذارید با در نظر گرفتن دو جسم مغناطیسی به جرم‌های m_A و m_B تعریف ماخ را بازسازی کنیم. فرض کنید این دو جسم در آزمایشگاه در فاصله دور از یکدیگر به حالت سکون روی تخت هوا قرار گرفته‌اند. اگر آن‌ها یکدیگر را دفع کنند، آن‌ها را به هم نزدیک می‌کنیم، جرم مرکب اولیه‌ی آن‌ها ($M = (m_{Ai} + m_{Bi})$ می‌شود که بزرگ‌تر از مجموع جرم «آزاد» بدون انرژی پتانسیل هر یک از آن‌ها ($m_A + m_B$) است. جرم‌های اجسام هنگامی که هر دو در حال سکونند. با انرژی‌های سکون آن‌ها متناسب است. چون آن‌ها برهم‌کنش می‌کنند دارای جرمی اضافه برابر با $\frac{PE}{c^2}$ هستند. به طور کلی هر نوع کار مثبتی که برای کنار هم قرار دادن اجسام انجام شود، با افزایش آن‌ها همراه است.

اگر اجسام شروع به حرکت کنند، شتاب گیرند و از هم دور شوند، هر دو جسم A و B، جرم با افزایش انرژی جنبشی کاهش می‌یابد (از طریق انرژی پتانسیل) در حالی که انرژی کل آن‌ها ثابت می‌ماند. فرض کنید با پیروی از ماخ (البته با گستاخی) بتوان شتاب لحظه‌ای اجسام A و B را همزمان در یک لحظه نهایی دلخواه اندازه گرفت. اگر جرم B، m_{BF} برابر ۱kg انتخاب شود، ظاهراً جرم A، m_{AF} را در آن زمان تعیین کرده‌ایم.

در پایان آزمایش هنگامی که اجسام را به حالت سکون به مکان‌های اولیه خود برگردانیده‌ایم (با گرفتن انرژی اولیه‌ای که به آن‌ها داده بودیم)، جرم آن‌ها دوباره m_A و

m_B می‌شود، درحالی‌که $m_{AF} > m_A$ و $m_{BF} > m_B \neq 1kg$ است. این با هر تفسیری از جرم (ناوردای لورنتس یا نسبیتی) به دست می‌آید، گرچه جزئیات متفاوت هستند. بنابراین، موفق نشدیم که هیچ کدام از m_A و m_B را اندازه بگیریم. روش ماخ یک تعریف عملیاتی عَملی برای جرم ارائه نمی‌دهد.

تعریف‌های امروزی کتاب درسی

کتاب‌های درسی عمده‌ی فیزیک پایه تعریف جرم را به صورت غیرقابل قبول یکسانی ارائه می‌دهند. آن‌ها نخست نیرو را تعریف می‌کنند: روایت **هالیدی**[۷]، **رزنیک**[۸] و **واکر**[۹] چنین است «برهم‌کنشی که باعث شتاب گرفتن جسم شود نیرو نام دارد...». محصل ممکن است بپرسد «برهم‌کنش چیست؟» آیا از دو نیروی مساوی و مختلف‌الجهت تشکیل نشده است؟ **تیپلر**[۱۰] با کمی تغییر درباره نیرو چنین اظهار می‌دارد: «نیرو تأثیر جسم روی جسم دیگر است که باعث تغییر سرعت آن می‌شود یعنی جسم شتاب می‌گیرد.» در این‌جا محصل ممکن است به درستی بپرسد «تأثیر چیست؟» فرض کنید این تأثیر تنها باعث تغییر شکلِ جسم شود بدون آن‌که به آن شتاب دهد: آیا باز هم یک نیرو محسوب می‌شود؟ آیا وزن شما هنگامی که بی‌حرکت روی ترازو ایستاده‌اید یک نیروست؟

جیان کولی[۱۱] می‌گوید «به لحاظ شهودی، نیرو را هر نوع فشار دادن یا کشیدن یک جسم می‌دانیم» در اینجا باید فرض کنیم که «فشار دادن» نیروی «تراکمی» و «کشیدن» نیروی «کششی» است. هر کوششی برای استفاده از این دو واژه همواره بدون تعریف برای تعریف نیرو (چنان‌که هنوز اغلب انجام می‌شود) بدون شک گمراه‌کننده و در بهترین شرایط همان‌گویانه است. نمی‌توانیم واژه تعریف نشده «نیرو» را به جای دو واژه تعریف‌نشده دیگر «فشار دادن» و «کشیدن» قرار دهیم، هر چند که از لحاظ تجربی کاملاً شناخته شده باشند.

این کوشش‌های کتاب‌های درسی در تعریف نیرو هر چقدر که ناقص باشند، همگی تعریف‌ها مفهومی هستند نه عملیاتی. با این همه، نادیده گرفتن کاستی‌های آن‌ها شالوده‌ی کاملاً نامناسبی برای تعریف عملیاتی جرم بر مبنای تعریف غیرعملیاتی نیروست. اما این درست همان چیزی است که تمام کتاب‌های درسی انجام می‌دهند.

همه‌ی این کتاب‌های درسی مطرح می‌کنند نیرویی به جسم (۱) به جرم m_1 وارد، و شتاب a_1 جسم اندازه گرفته شود. آن‌ها این‌که چگونه این نیرو تأمین شود به تخیل واگذار می‌شود، مثل این‌که به آن‌ها مربوط نیست. سپس «همان نیرو» به جسم (۲) به جرم m_2 وارد می‌شود و شتاب a_2 آن اندازه گرفته می‌شود. با فرض $F=ma$، با نسبت شتاب‌ها برابر با عکس نسبت جرم‌ها و کار تمام است. ما تعریف جرم به روش ماخ را داریم. اما این چیزی نیست که ماخ پیشنهاد می‌کند. زیرا در این روش یک مشکل حل‌شدنی (که ماخ از آن اجتناب کرد)، و پوانکاره به آن اشاره دارد به آسانی کنار گذاشته می‌شود. هالیدی و همکارانش تنها کسانی هستند که نسبت به قابل اطمینان بودن این روش تردید دارند. چون دست‌کم می‌نویسند «سپس همین نیرو را به جسم دوم وارد می‌کنیم (باید به گونه‌ای مطمئن شویم که این نیرو همان نیروی اول است.)»

نداشتن یک تعریف عملیاتی از نیرو و درنتیجه ناآگاهی ما از چگونگی اندازه‌گیری آن، به‌علاوه، تعریف نکردن جرم، راهی باقی نمی‌گذارد که اطمینان داشته باشیم این نیرو همان نیروی اول است. همان‌طور که پوانکاره متذکر شده است «نیروی وارد بر یک جسم را نمی‌توان مانند لوکوموتیو که از یک قطار جدا و به قطار دیگر متصل می‌شود از یک جسم باز کرد و به جسم دیگر بست. بنابراین نمی‌توان گفت که چه شتابی نیروی وارد به چنان جسم به جسم دیگر خواهد داد.»

برخلاف ماخ، **جیمز کلارک ماکسول**[۱۲] (۱۸۷۷) از تعریف نیرو اجتناب نکرد؛ درواقع به آن اولویتی بیش از جرم داد. اما باز هم بدون تعریف صریح نیرو، به راحتی اظهار می‌کند که «نیرو در قانون‌های سه‌گانه نیوتون کاملاً تعریف و توصیف شده است.» [این در واقع درست نیست، زیرا نیوتون بسیار محتاط بود که ابتدا انواع نیروها را جداگانه تعریف کند. سپس ماکسول پیشنهاد می‌کند برای تعیین مقدار نیرویی که یک نخ کشسان (یا فنر) به جسمی وارد می‌کند می‌توان از افزایش طول آن استفاده کرد.

به نظر ماکسول افزایش یکسان طول نخ نیروی یکسانی را به اجسام مختلف وارد می‌سازد. در این حالت فرض می‌شود که هنگام آزمایش‌های متعدد همه‌چیز یکسان می‌ماند که غیرواقعی است. هیچ ماده‌ای به طور کامل کشسان نیست. بنابراین می‌توان انتظار داشت که کشش نخ کشسان تغییراتی را در ساختار داخلی جسم به‌وجود آورد که بر رفتار بعدی آن تأثیر خواهد گذاشت. هر دستگاه ماکروسکوپیِ کشسان به مرور زمان، به طور مختصر، تغییر می‌کند. مواد واقعی دارای عیوب ساختاری هستند

و در معرض اصطکاک داخلی، تغییرات دما، لغزش اتمی، تغییر شکل، فرسودگی و غیره قرار می‌گیرند. بنابراین راهی وجود ندارد که بدانیم یک نخ کشسان خاص در طی کاربردهای متوالی درست نیروی یکسانی را به اجسام وارد می‌کند. همین طور معلوم نیست که چگونه می‌توان بدون ابهام فرض ماکسول را آزمود. بدین دلیل ماخ همزمان از دو جسم استفاده کرد (با استفاده از قانون سوم نیوتون «کنش» برابر با واکنش است). به جای استفاده از روش متوالی، که راحت‌تر به نظر می‌رسد اما بسیار مشکل‌آفرین است.

هر کوششی برای نادیده گرفتن این دردسرها با تعریف نیروی به صورت استاتیک از طریق وزن مشکلات جدی‌تری را به‌وجود می‌آورد. یکی از آن‌ها، که چندان کم‌اهمیت هم نیست، لزوم تعریف عملیاتی جرم گرانشی و ارائه‌ی هم‌ارزی آن با جرم لختی است. این به کنار، وزن از لحاظ تجربی مفهوم ضعیفی برای بررسی تجربی است. در روی زمین وزن تنها به صورت تقریبی قابل پیش‌بینی است و مقدار آن برحسب زمان تغییر می‌کند و حتی در مورد معنای آن توافق کلی وجود ندارد.

با وجود این، فرض کنید یک سر نخ کشسان ایده‌آل ماکسول را به کتاب درسی خود متصل کنیم. نیروی افقی (F) را به سر دیگر نخ وارد و افزایش طول آن را به دقت ثابت نگه داریم و شتاب حرکت کتاب را اندازه بگیریم. پوانکاره خاطرنشان می‌کند که نمی‌توان فهمید که آیا نیروی F وارد شده به نخ به همان اندازه به جسم منتقل شده است زیرا هنوز قانون سوم نیوتون را به طور تجربی بررسی نکرده‌ایم (همین موضوع برای اندازه‌گیری وزن ایستا با نخ و یا فنر نیز صادق است.) علاوه بر آن، هر نخ، فنر، میله و یا سیم (افقی) بر اثر وزن خود، گود می‌افتد و نیروی نخ وارد بر جسم، افقی باقی نمی‌ماند. بنابراین با فرض این‌که نیروی اصطکاک وجود ندارد وزن نخ گودافتاده دارای مؤلفه افقی است که، چون همه چیز بی‌اصطکاک است، می‌تواند بدون وارد شدن هیچ نیروی خارجی به جسم شتاب دهد.

بهتر است برای بررسی این گونه مسائل، آزمایشگاه خود را به یک فضای خیالی «بدون وزن» ببریم، با این حال هنوز نخ دارای جرم (m_t) است که به جرم جسم (m_i) اضافه می‌شود. اگر در یک آزمایش بدون اصطکاک نیروی F به یک سر نخ وارد کنیم شتاب a_1 به وجود می‌آید. نخ و جسم (۱) با هم شتاب می‌گیرند به طوری که $F=(m_t+m_i)a_1$ است. سپس هنگامی که همان نیرو به جسم (۲) وارد شود (فرض کنید این کار را بتوان انجام داد) $F=(m_t+m_i)a_2$ است. برای دقت کامل آزمایش نمی‌توان از جرم m_t را نادیده گرفت، و نسبت شتاب‌های به دست‌آمده مساوی نسبت جرم‌ها نیست. اگر می‌توانستیم شتاب لحظه‌ای را اندازه بگیریم، همه تأثیرهای خارجی را حذف کنیم، و در شرایط بی‌وزنی کار کنیم و نیرویی کاملاً ثابت باز تولیدپذیر را به اجسام وارد کنیم (بر پایه‌ی روش ماکسول)- که در واقع موفق به انجام هیچ یک از آن‌ها نمی‌شویم! - باز هم طرح متعارف کتاب‌های درسی به عنوان یک روال تعریفی بدون فایده است.

نتیجه گیری

جرم یک جسم تابع چگونگی قرار گرفتن آن نسبت به اجسامی که با آن‌ها برهم‌کنش می‌کند. اگر بخواهیم تعریفی صحیح و کاملاً عملیاتی از جرم ابداع کنیم بی‌شک این اثر را نمی‌توان نادیده گرفت. درنتیجه تعریف ماخ ناموفق است و هزاران کتاب و مقاله‌ی منتشر شده در طی سال‌های گذشته که بی‌هیچ تردیدی در برگیرنده آن تعریف هستند به طور اجتناب‌ناپذیری نادرست هستند. به دلایلی کاملاً متفاوت، تعریفی از جرم که بیشتر کتاب‌های درسی مقدماتی کنونی بر آن اتفاق‌نظر دارند بر پایه «ساده‌انگاری» غیرقابل تصویر از روش ماخ است، که در اصل بی‌فایده، و بی‌محتوا و به صورت نامناسبی گمراه‌کننده است.

زیرنویس :

* There is No Really Good Definition of Mass, Eugene Hecht

1. Aegidius Romanus
2. Saint Venant
3. Hertz
4. Poin Caré
5. Kirchhoff
6. Bridgman
7. Haliday
8. Resnick
9. Walker
10. Tipler
11. Giancoli
12. James Clark Maxwell

منبع :

The Physies Teacher, Vol 44, January 2006

روشنی برای تدریس

نمودار مکان ـ زمان

دستان هرمزی‌نژاد
دبیر فیزیک منطقه‌ی بروجرد

مقدمه

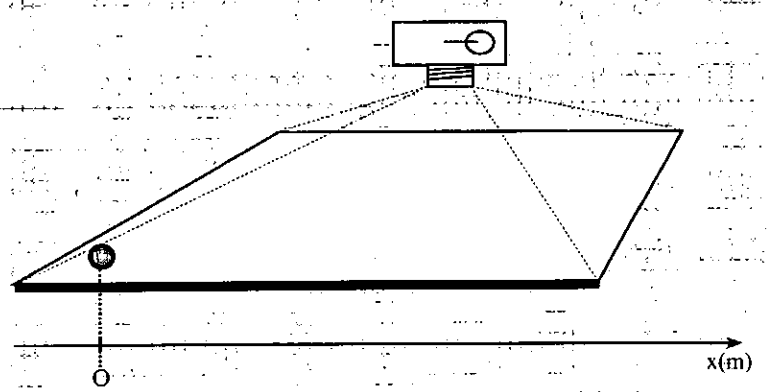
بعد از پنج مرتبه تدریس کتاب فیزیک(۲) و آزمایشگاه متوجه شدم که دانش‌آموزان در این سن درک صحیح و روشنی از نمودار مکان ـ زمان ندارند و تفاوت آن را با نمودار مسیر حرکت ذره در صفحه به سادگی تشخیص نمی‌دهند، لذا روش زیر را برای تدریس این قسمت به کار برده‌ام که مورد توجه دانش‌آموزان سال دوم، پیش‌دانشگاهی و حتی دانشجویانم در دانشگاه آزاد واقع شد:

نمودار مکان ـ زمان

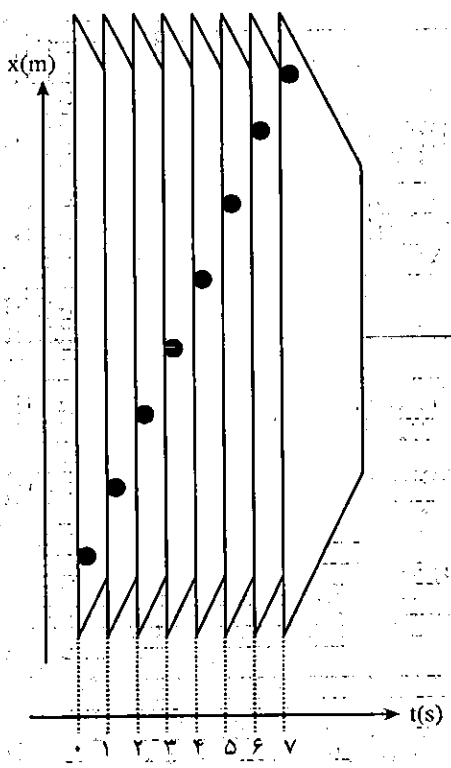
مطابق شکل (۱) دوربینی بالای میز بیلیاردی ثابت است و در هر ثانیه یک عکس می‌گیرد. به توپ روی میز ضربه‌ای می‌زنیم تا با سرعت ثابتی موازی یکی از لبه‌های میز حرکت کند:

اکنون عکس‌هایی که دوربین می‌گیرد را به صورت زیر، مطابق شکل (۲) کنار هم قرار می‌دهیم:

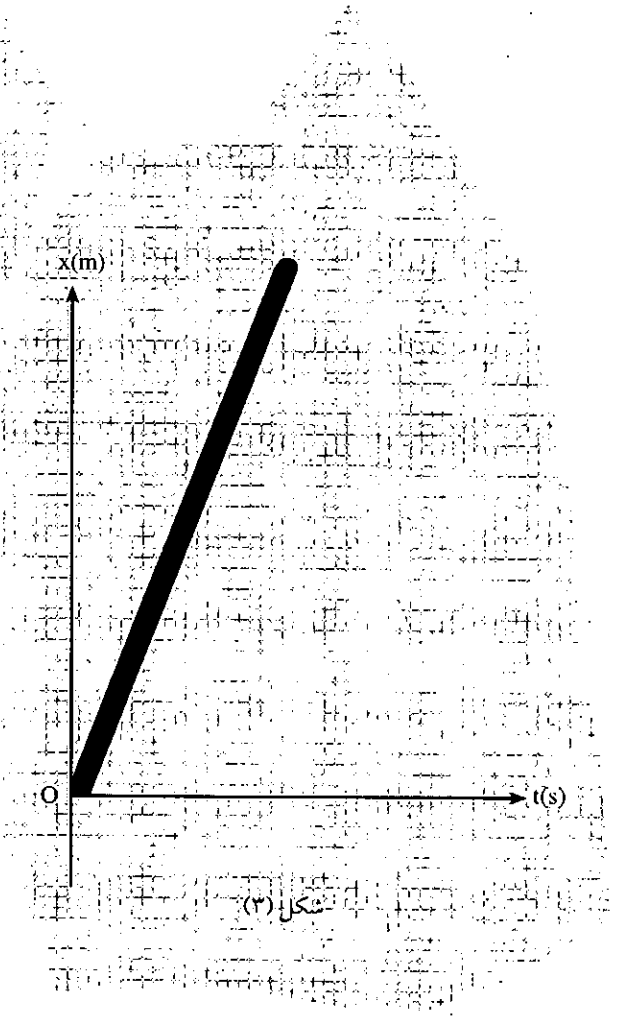
در این شکل دانش‌آموز به خوبی مفهوم محور زمان در



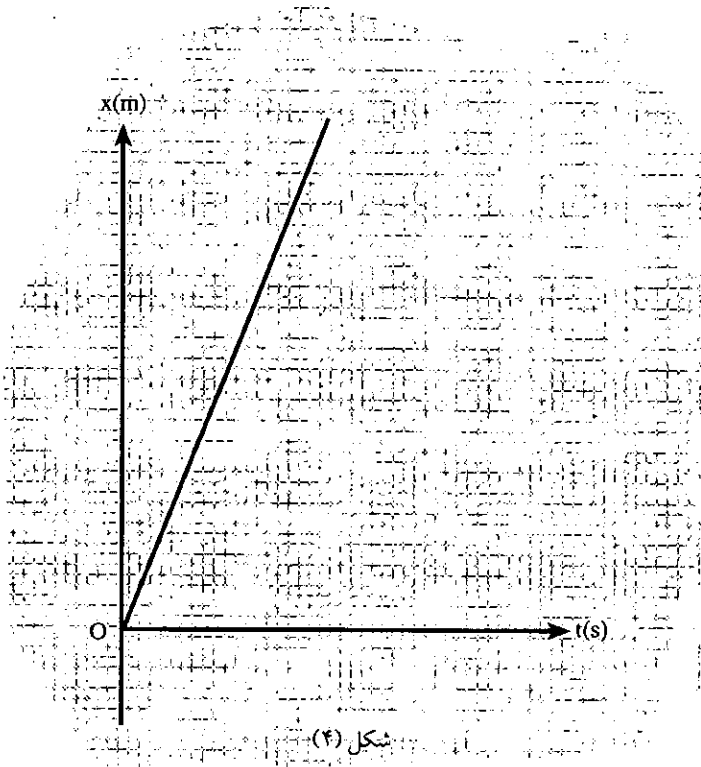
شکل (۱): توپ بیلیارد موازی محور xها حرکت یکنواختی دارد.



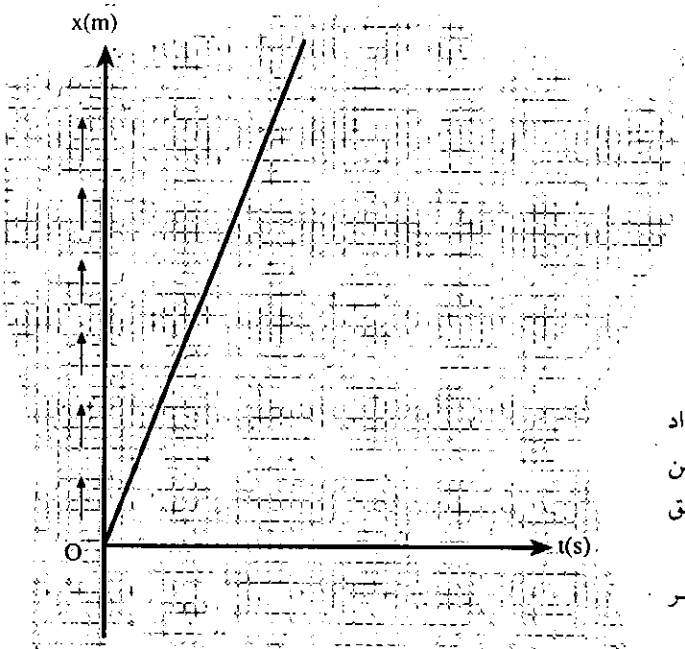
شکل (۲): با توجه به ترتیب چیدن عکس‌ها روی هم بدیهی است که محور افقی باید محور زمان باشد.



شکل (۳)



شکل (۴)



شکل (۵): مسیر حرکت توپ روی محور x هاست. (مسیر حرکت با علامت‌های پیکان نشان داده شده است)

حرکت شناسی را لمس می‌کند. اکنون اگر دوربین در هر ثانیه تعداد بیشتری عکس بگیرد و عکس‌ها را روی هم ذوب کنیم و همچنین مبدأ محورهای x و t را یک نقطه مشترک در نظر بگیریم مطابق شکل (۳) داریم:

اکنون اگر فقط یک نقطه از توپ (مرکز توپ) را در نظر بگیریم، مطابق شکل (۴) داریم:

که همان نمودار مکان ـ زمان توپ است. در این لحظه دانش‌آموز تشخیص می‌دهد که مسیر حرکت توپ مطابق شکل (۵) روی محور xهاست. **ورودی خود نمودار نیست** ـ، و مورب بودن نمودار ناشی از گذر زمان است.

در اینجا به سادگی دانش‌آموز متوجه می‌شود که هرچه جسم حرکت یکنواخت تندتری داشته باشد شیب نمودار مکان ـ زمان نیز بیشتر می‌شود.

منبع:

جورج الیس، روث ویلیامز: فضا ـ زمان تخت و خمیده، ترجمه‌ی یوسف امیر ارجمند، ویراسته‌ی دکتر منیژه رهبر، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، چاپ اول ۱۳۷۶، (ص ۷ و ۸ و ۹).

چند آزمایش درباره‌ی مویینگی

مریم خیراندیش، سارا نادری
و بهنام برجیان*

اشاره

مویینگی یکی از پدیده‌های فیزیکی است که باعث بالارفتن یا پایین آمدن مایع در یک لوله‌ی مویین می‌شود. در ادامه چند آزمایش در این باره ارائه شده است که همکاران محترم می‌توانند برای درک عمیق‌تر و عینی‌تر پدیده‌ی مویینگی دانش‌آموزان عزیز را به انجام آن‌ها ترغیب کنند.

آزمایش اول

هدف از انجام آزمایش: بررسی تأثیر عوامل زیر بر ارتفاع مایع در لوله‌ی مویین:

۱. شعاع لوله مویین
۲. ضریب چسبندگی سطحی
۳. چگالی مایع

وسایل مورد نیاز: دو بشر با حجم برابر، دو لوله‌ی مویین با قطر متفاوت، گیره‌ی لوله‌ی مویین

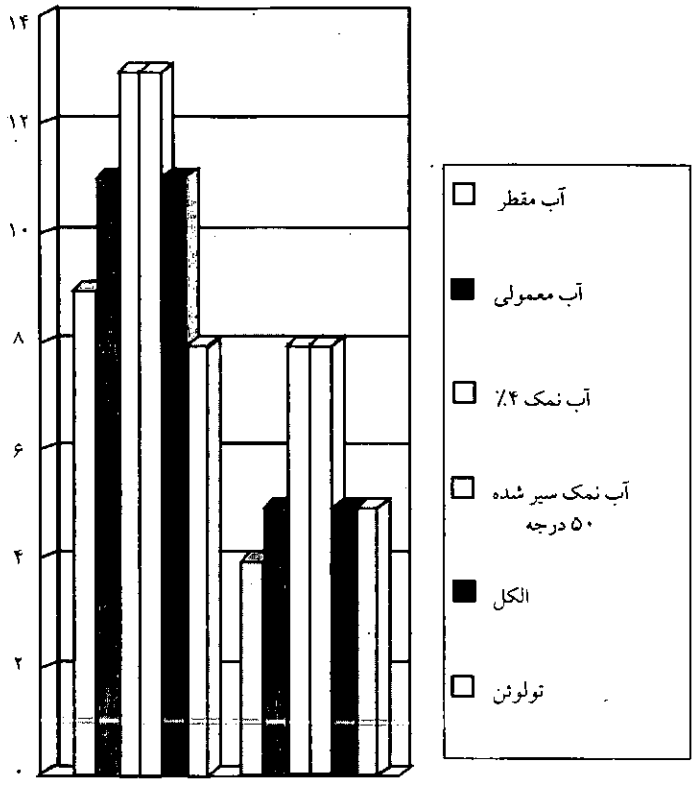
مواد مورد نیاز: آب مقطر، آب معمولی، سدیم کلرید (برای تهیه‌ی محلول آب نمک)، الکل صنعتی (اتانول)، تولوئن

شرح آزمایش

دو بشر با حجم برابر انتخاب می‌کنیم و در هر دو به مقدار برابر از یکی از مایع‌های مذکور می‌ریزیم. سپس دو لوله با قطر متفاوت در گیره‌ی لوله‌ی مویین قرار می‌دهیم. در حالت اول ۲۰ میلی‌متر لوله‌ها را در مایع قرار می‌دهیم و در حالت دوم ۱۰ میلی‌متر آن‌ها را. سپس در هر دو حالت ارتفاع مایع را در لوله‌ی مویین نسبت به سطح آزاد مایع اندازه‌گیری می‌کنیم که نتیجه‌های به دست آمده از آزمایش‌های بالا در جدول زیر ثبت شده است: (جدول ۱).

جدول ۱: ارتفاع مایع در لوله‌ی مویین را در حالتی نشان می‌دهد که ۲۰ میلی‌متر از طول لوله در مایع قرار دارد.

مایع	ارتفاع مایع درلوله با قطر ۱٫۵۸mm (میلی‌متر)	ارتفاع مایع در لوله با قطر ۲٫۶۲mm (میلی‌متر)
آب مقطر	۹	۴
آب معمولی	۱۱	۵
آب نمک با غلظت ۴٪	۱۳	۸
آب نمک سیر شده در دمای ۵۰°C	۱۳	۸
الکل	۱۱	۵
تولوئن	۸	۵



نمودار ۱

نتیجه‌های به دست آمده: با مقایسه‌ی نتیجه‌های این آزمایش مشاهده می‌شود که:

۱. ارتفاع آب معمولی در لوله‌ی مویین بیشتر از ارتفاع آب مقطر در لوله‌ی مویین است. علت این امر شاید این باشد که آب معمولی به دلیل داشتن املاح محلول دارای ضریب چسبندگی سطحی بیشتری در تماس با شیشه است[1] (در مقایسه با آب مقطر). بنابراین ارتفاع مایع در لوله‌ی مویین با ضریب چسبندگی سطحی بین مایع و لوله‌ی مویین نسبت مستقیم دارد.

۲. ارتفاع آب نمک با غلظت ۴ درصد در لوله مویین از ارتفاع آب مقطر بیشتر است زیرا ارتفاع مایع در لوله‌ی مویین با ضریب چسبندگی سطحی بین مایع و لوله‌ی مویین نسبت مستقیم دارد چون می‌دانیم هنگامی که نمک در آب حل شود تعدادی از پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب شکسته می‌شود و مولکول‌های آب در اطراف یون‌های مثبت و منفی نمک قرار می‌گیرند و در نتیجه مولکول‌های آب راحت‌تر می‌توانند به مولکول‌های شیشه بچسبند و در نتیجه ضریب چسبندگی سطحی افزایش می‌یابد. در واقع تأثیر افزایش ضریب چسبندگی سطحی بر ارتفاع مایع درون لوله بیشتر از تأثیر چگالی مایع بر کاهش ارتفاع است (چگالی آب نمک بیشتر از آب مقطر است).

۳. ارتفاع آب نمک سیر شده در لوله‌ی مویین تقریباً با ارتفاع آب نمک ۴ درصد در لوله‌ی مویین برابر است. پس می‌توان نتیجه گرفت ارتفاع مایع در لوله‌ی مویین با ضریب چسبندگی سطحی نسبت مستقیم و یا چگالی مایع نسبت عکس دارد زیرا به دلیل ذکرشده در مورد قبل ضریب چسبندگی سطحی بین آب نمک اشباع شده با شیشه بیشتر از ضریب چسبندگی سطحی بین آب نمک با غلظت ۴ درصد، با شیشه است ولی این بار اختلاف چگالی نیز خود را نشان می‌دهد و ضریب چسبندگی سطحی با چگالی، اثر یکدیگر را خنثی می‌کنند و در نتیجه ارتفاع آب نمک اشباع شده با آب نمک با غلظت ۴ درصد برابر می‌شود.

۴. ارتفاع الکل در لوله‌ی مویین بیشتر از ارتفاع تولوئن است. از این امر می‌توان دریافت که ارتفاع مایع در لوله‌ی مویین با چگالی مایع نسبت عکس دارد. می‌دانیم که چگالی تولوئن $0/866 g/cm^3$ و چگالی الکل $0/79 g/cm^3$ و به همین دلیل ارتفاع الکل در لوله‌ی مویین بیشتر از ارتفاع تولوئن است.

۵. پیش از این گفتیم که هر آزمایش را با دو لوله‌ی مویین متفاوت انجام می‌دهیم: یکی با قطر ۱/۵۸ میلی‌متر و دیگری با قطر ۲/۶۲ میلی‌متر.[2] در هر دو حالت مشاهده می‌کنیم که ارتفاع مایع در لوله‌ی با قطر کمتر، بیشتر از ارتفاع مایع در لوله‌ی با قطر بیشتر است؛ زیرا هرچه قطر لوله‌ی مویین کمتر باشد تعداد مولکول‌های شیشه‌ای که با مایع در تماس هستند بیشتر می‌شود. بنابراین توانایی لوله‌ی مویین در بالاکشیدن مایع افزایش می‌یابد.

۶. از مقایسه جدول نمودار ۲ با جدول و نمودار ۱ نتیجه می‌شود که میزان فرورفتن لوله‌ی مویین در مایع تأثیری بر ارتفاع مایع در لوله‌ی

جدول ۲ : ارتفاع مایع در لوله‌ی مویین را در حالتی نشان می‌دهد که ۱۰ میلی‌متر از طول لوله در مایع قرار دارد.

مایع	ارتفاع مایع درلوله با قطر ۱٫۵۸mm (میلی‌متر)	ارتفاع مایع در لوله با قطر ۲٫۶۲mm (میلی‌متر)
آب مقطر	۹	۴
آب معمولی	۱۱	۶
آب نمک با غلظت ۴٪	۱۳	۸
آب نمک سیر شده در دمای ۵۰°C	۱۲	۸
الکل	۱۰	۵
تولوئن	۸	۵

مویین ندارد.

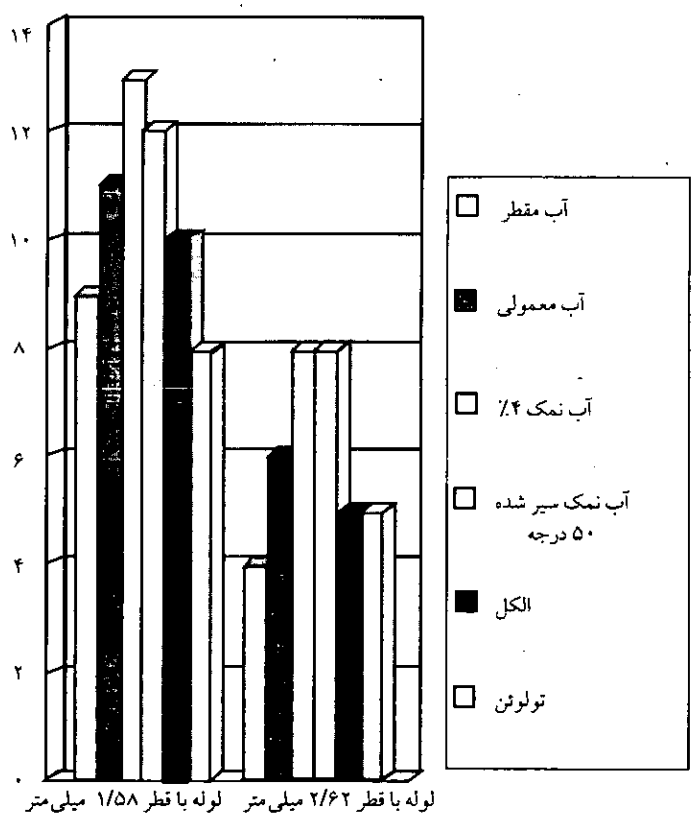
آزمایش ۲

هدف از انجام آزمایش: بررسی تأثیر دما بر ارتفاع مایع در لوله‌ی مویین

وسایل مورد نیاز: دو بشر با حجم برابر، دماسنج، چراغ بونزن، سه پایه، توری نسوز، لوله‌ی مویین، گیره‌ی لوله‌ی مویین

مواد مورد نیاز: آب معمولی

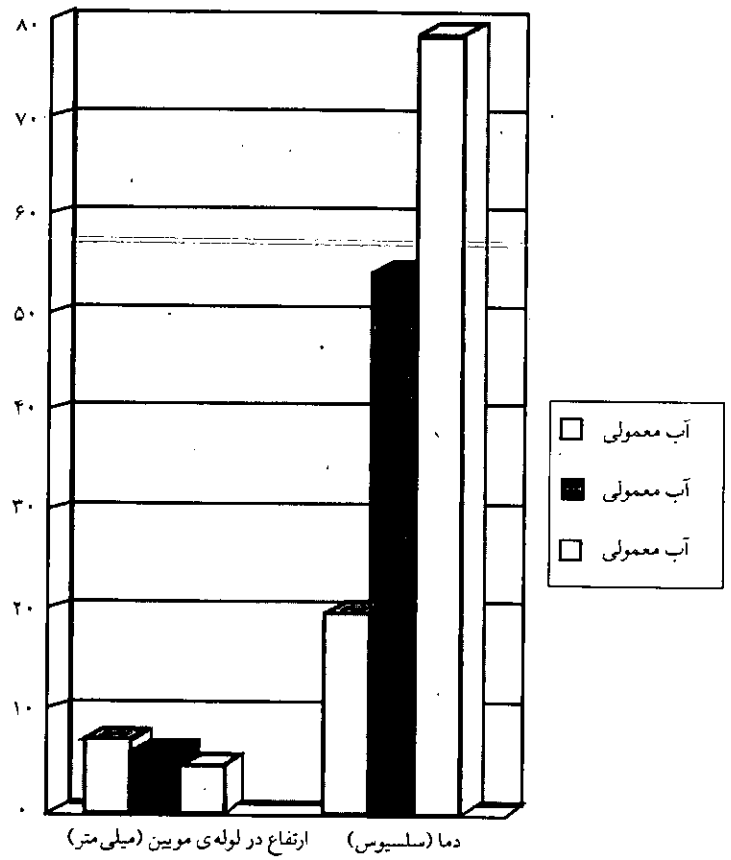
شرح آزمایش: آب را در بشر می‌ریزیم و حرارت می‌دهیم و در سه دمای متفاوت ۲۰، ۵۵ و ۸۰ درجه سانتی گراد، ارتفاع آب را در



نمودار ۲

جدول ۳

مایع	ارتفاع مایع درلوله ی مویین بر حسب میلی متر	دما بر حسب سلسیوس
آب معمولی	۷	۲۰
آب معمولی	۶	۵۵
آب معمولی	۵	۸۰



نمودار ۳

لوله ی مویین اندازه گیری می کنیم که نتیجه های به دست آمده از این آزمایش در جدول زیر ثبت شده است : (جدول ۳)

همان گونه که جدول ۳ و نمودار ۳ نشان می دهد، با افزایش دمای آب، ارتفاع آن در لوله ی مویین کاهش می یابد. می دانیم که با افزایش دما انرژی جنبشی مولکول های آب افزایش می یابد و به دنبال آن سرعت حرکت آن ها نیز افزایش پیدا می کند. به همین دلیل مولکول های آب برای چسبیدن به مولکول های شیشه فرصت کمتری پیدا می کنند و ارتفاع آب در لوله ی مویین کاهش می یابد.

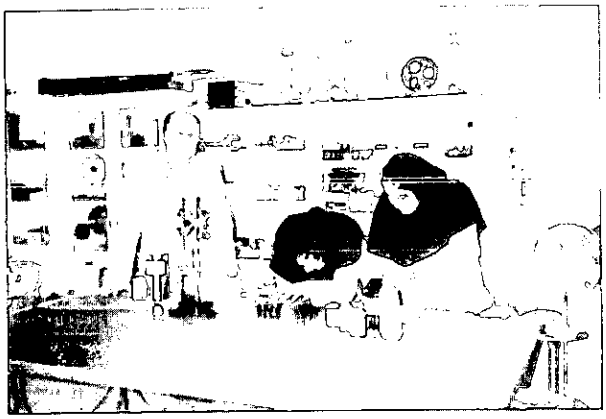
آزمایش ۳

هدف از انجام آزمایش : تأثیر طول لوله ی مویین بر ارتفاع مایع درون لوله

وسایل مورد نیاز : دو لوله ی مویین با طول متفاوت و قطر یکسان، بشر

مواد مورد نیاز : آب معمولی، پتاسیم پرمنگنات (برای بهتر دیده شدن مایع در لوله ی مویین)

شرح آزمایش : ابتدا لوله ی مویین بلندتر را در بشر که محتوی



جدول ۴

طول لوله‌ی مویین (سانتی‌متر)	ارتفاع آب در لوله (میلی‌متر)
۷/۴	۷
۳/۷	۱۳

آب و اندکی پرمنگنات پتاسیم است قرار می‌دهیم و ارتفاع مایع را اندازه‌گیری می‌کنیم. سپس لوله‌ی کوتاه‌تر را در مایع قرار می‌دهیم که نتیجه‌های این آزمایش در جدول رو به رو ثبت شده است:

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود هرچه طول لوله با قطر یکسان کوتاه‌تر باشد ارتفاع مایع در آن بیشتر است.

آزمایش ۴

هدف از انجام آزمایش: بررسی اثر خمیدگی لوله بر ارتفاع مایع در لوله‌ی مویین

وسایل مورد نیاز: چهار لوله‌ی مویین با قطر یکسان، چراغ بونزن، چهار بشر، گیره‌ی لوله‌ی مویین

مواد مورد نیاز: آب معمولی، پتاسیم پرمنگنات (برای رنگی کردن آب)

شرح آزمایش

سه لوله‌ی مویین با قطر برابر انتخاب می‌کنیم. سپس در هرکدام و در طول‌های مختلف یک خمیدگی ایجاد می‌کنیم.. سپس سه لوله‌ی مویین را همراه با یک لوله‌ی مویین دیگر که هیچ خمیدگی ندارد در گیره‌ی لوله‌ی مویین قرار داده و لوله‌ها را در آب قرار می‌دهیم. سپس ارتفاع آب را در هر چهار لوله اندازه می‌گیریم. در جدول زیر ارتفاع آب در هر لوله آورده شده است:

همان طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود ارتفاع مایع با زاویه‌ی خمیدگی رابطه‌ای ندارد و اثر خم کردن لوله تنها مانند کوتاه کردن آن لوله است و بر طول لوله تأثیر می‌گذارد و همان‌طور که در آزمایش قبل مشاهده شد ارتفاع مایع با طول لوله‌ی مویین رابطه‌ی عکس دارد.

زیرنویس:

۱. البته چگالی آب معمولی به دلیل داشتن املاح محلول از آب مقطر بیشتر است. اما چنین به نظر می‌رسد که ضریب چسبندگی سطحی تأثیر بیشتری بر ارتفاع مایع داشته باشد تا چگالی مایع!

۲. قطر لوله‌ی مویین با استفاده از کولیس ورنیه اندازه‌گیری شده است.

* این آزمایش‌ها توسط دانش‌آموزان خانم‌ها مریم خیراندیش و خانم سارا نادری در دبیرستان نمونه‌دولتی مجتهده امین شهرستان بروجن زیرنظر آقای بهنام برجیان دبیر محترم فیزیک آن‌ها در سال تحصیلی ۸۵-۸۴ صورت پذیرفته است.

جدول ۵

زاویه‌ی خمیدگی لوله‌ی مویین (درجه)	طول ابتدای لوله تا خمیدگی (سانتی‌متر)	ارتفاع مایع در لوله (میلی‌متر)
۱۰۰	۴/۹	۱۰
۷۵	۴/۶	۱۲
۳۵	۵/۸	۱۱
—	۷/۴	۷

تشدید در فلاسک‌ها و لوله‌ها

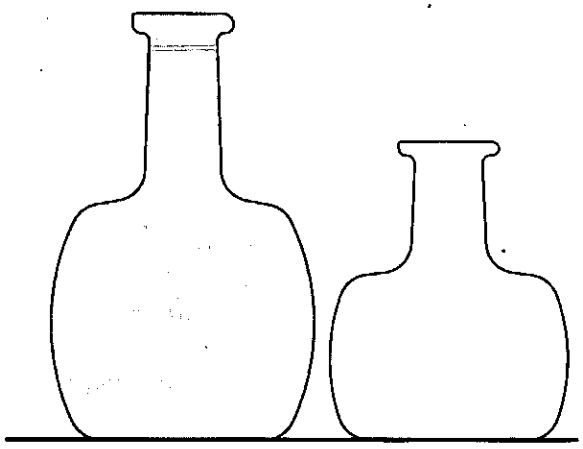
ام. پی‌سیلور و ای. آر. ورثی
ترجمه‌ی: رضا جمشیدی[۵]

اشاره

به دو بطری شکل(۱) نگاه کنید. فرض کنید هریک از این بطری‌ها را به نوبت برداشته‌اید و به ته آن ضربه می‌زنید، در حالی که سر باز بطری را نزدیک گوش خود نگه داشته‌اید به صدای تولید شده گوش می‌کنید. بدون این‌که زیرچشمی به پاسخ آن در انتهای مقاله نگاه کنید، انتظار دارید از کدام‌یک صدای بم‌تری خارج شود؟ این بطری‌ها تشدیدگرهای هلمهولتز هستند و بخشی از پروژه‌ی تجربی S.B و T.D کلاس ۱۱ ام در دبیرستان ما هستند که می‌خواهیم در مورد آن گزارش دهیم.

در این مقاله، در مورد امواج ثابت در تارها و لوله‌ها مطالبی فرا می‌گیریم و خاطرنشان می‌کنیم که این‌ها پدیده‌های تشدید هستند اما در این‌جا منحنی‌های تشدید را رسم نمی‌کنیم و در مورد ضریب کیفیت هم بحث نمی‌کنیم. این مطالب معمولاً در مطالعه‌ی مدارهای RLC مورد بحث قرار می‌گیرند. در واقع، سیلورمن[۱] و ورثی[۲] مدل مدار ac- را برای تشدیدگرهای هلمهولتز به کار برده‌اند [۱]. در زیر توضیح می‌دهیم چگونه این موضوع‌ها می‌توانند در مطالعه‌ی امواج صوتی مورد استفاده قرار گیرند. با وسیله‌هایی که اغلب در دبیرستان‌ها در دسترس هستند می‌توان موضوع‌های ذیل را بررسی کرد:

الف ـ تشدید در لوله‌ها: ضریب کیفیت Q را برای لوله‌ای با قطر و طول برای تشدید در بسامدهای مختلف مد طبیعی اندازه‌گیری کنید. در دستگاه آکوستیکی اتلاف تابشی در لوله و اصطکاک با دیواره‌ها نقش مقاومت را، که بر Q تأثیر می‌گذارد، به‌عهده می‌گیرد. لوله‌های بسته‌ای که حفره‌هایی با قطرهای متفاوت در سر آن‌ها تعبیه شده است میزان اتلاف تابشی و همین‌طور Q دستگاه را تغییر می‌دهند. لوله‌هایی با اندازه‌ی یکسان ولی با



شکل۱. بطری‌های به کار رفته در آزمایش

دیواره‌هایی از جنس‌های متفاوت (نرم یا سخت) نیز اتلاف‌های متفاوت و درنتیجه Qهای مختلفی دارند.

ب ـ تشدید در فلاسک‌ها و بطری‌ها: این‌ها اشیائی هستند که هر روز با آن‌ها سروکار داریم، صدایی که بر اثر دمش از سطح باز آن‌ها با زدن ضربه به سطح بسته آن‌ها تولید می‌شود برای اغلب مردم آشناست. این وسیله‌ها شبیه تشدیدگر هلمهولتز هستند. هلمهولتز کبیر از مجموعه‌ی تشدیدگرهای برنجی کروی با دهانه‌ی کوچک و سر باریک (مخروطی) در مطالعه صوت و شنوایی استفاده کرد. آزمون مدل‌های ساده برای بسامدهای مد و انتخاب فلاسک‌هایی که برای آن‌ها این مدل نیاز به تعدیل دارد جالب توجه خواهد بود.

در بخش‌های بعدی زمینه‌ی نظری این موضوع را به‌طور خلاصه شرح می‌دهیم، آزمایش‌ها و برخی از نتیجه‌ها را ارائه می‌کنیم و آزمایش‌های بیشتری را پیشنهاد خواهیم کرد.

ایده‌های نظری

الف. تشدید و ضریب کیفیت

این مبحث به طور تحسین‌برانگیزی در کتاب فرنچ [۲] مورد بحث قرار گرفته است. در این‌جا به ذکر نکته‌های مهمی اکتفا می‌کنیم که برای تفسیر آزمایش‌های ما مورد نیاز است. بسامد مد طبیعی nاُم (دایره‌ای) ω_{on} در دستگاه‌های نوسان‌کننده در حالت تشدید مانند لوله‌ها و کاواک‌ها را شکل، اندازه و طرز بسته شدن لوله‌ها تعیین می‌کند. در هر چرخه انرژی ذخیره شده از شکلی به شکل دیگر تبدیل می‌شود. همین‌طور، پاشندگی نیز صورت می‌گیرد. مورد اخیر بسته به نوع دستگاه می‌تواند به شکل‌های مختلف وجود داشته باشد: اصطکاک داخلی ناشی از نیروهای چسبندگی، اتلاف‌های گرمایی، تابشی و مقاومتی. ضریب کیفیت Q را می‌توان به صورت نسبت انرژی ذخیره شده به مقدار انرژیی که در هر چرخه تلف می‌شود، تعریف کرد. هرچه این اتلاف کمتر باشد، Q بزرگ‌تر است. درنتیجه Q معیاری از تیزی تشدید است.

فرض کنید پاسخ دستگاهی که به حرکت واداشته می‌شود با دامنه $A(\omega)$ اندازه گرفته شود. و ما بسامد محرک ω را در هر دو طرف بسامد طبیعی $\omega_{.}$ برویم. نمودار $A(\omega)$ برحسب ω یک منحنی تشدید را می‌دهد، که اغلب به صورت زیر بیان می‌شود.

$$A(\omega) \propto 1/\left[(\omega_{.}^{2}-\omega^{2})+\omega\omega_{.}/Q\right]^{2} \qquad (1)$$

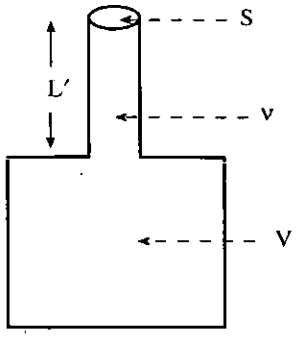
$A(\omega)$ در ω نزدیک به $\omega_{.}$ بیشینه است و هرچه Q بیشتر باشد، ω به $\omega_{.}$ نزدیک‌تر است. این شکل تعبیری برای Q ارائه می‌دهد، Q را به صورت پهنای منحنی تشدید تعریف می‌کنیم. برای Q به اندازه‌ی کافی بزرگ ($Q>10$، با یک حساب سرانگشتی) می‌توان نشان داد:

$$Q=\frac{\omega_{.}}{\Delta\omega} \qquad (2)$$

در اینجا $\Delta\omega$ بازه‌ی بسامد بین نقطه‌هایی است که برای آن‌ها $A(\omega)=A_{max}(\omega)\frac{\sqrt{2}}{2}$ یا به عبارت دیگر بین نقطه‌های نیم‌توان است، چرا که توان با مربع دامنه متناسب است. علاوه بر این Q تعیین‌کننده‌ی آهنگی است که دستگاه واداشته از حالت گذرا به حالت مانا می‌رسد، همین‌طور Q آهنگی را نشان می‌دهد که مُدهای برانگیخته آزادانه فرو می‌افتند.

ب. تشدیدگر هلمهولتز

فلاسکی را در نظر بگیرید که در شکل (۲) نشان داده شده است. در ساده‌ترین مدل برای مُد هلمهولتز، کاواک زیرین به حجم V، می‌تواند هر شکلی را داشته باشد. گردن باریک بالایی استوانه‌ای است به حجم v، سطح مقطع S و طول مؤثر L برابر



شکل۲. تشدیدگر هلمهولتز

مجموع طول واقعی L′ و تصحیح‌های دو انتهاست، ۰/۶r و ۰/۸r به ترتیب برای سربالایی و سرپائینی.

فرض کنید $V>>v$، مد اصلی ارتعاش را به راحتی می‌توان برحسب ارتعاش‌های کل ستون هوا در گردن فهمید. وقتی ارتعاش کل ستون هوا در گردن را به صورت یکپارچه (نه حرکت داخلی) در برابر حجم داخلی بزرگ‌تر در نظر بگیریم، می‌توان آن را ارتعاش فنر بدون جرم فرض کرد. در بسیاری از مقاله‌ها بسامد مُد حاصل از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید [۸-۶ و ۱].

$$f=\left(\frac{c}{2\pi}\right)\sqrt{\frac{S}{V}} \qquad (3)$$

که در آن c سرعت صوت است. با استفاده از $k=\frac{2\pi}{\lambda}$ و $c=f\lambda$ رابطه‌ی بالا را می‌توان به شکل مفیدتر زیر نوشت:

$$kL=\left[\frac{v}{V}\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (4)$$

که در آن $v=SL$. توجه کنید که f مستقل از شکل V است و برای گردن مشخص فقط به اندازه‌ی V بستگی دارد. مدهای بالاتر، آبَرتُن‌ها، می‌توانند از امواج ایستاده داخل کاواک حاصل شوند و درنتیجه وابسته به شکل کاواک هستند. به علاوه، اگر گردن دراز باشد و نسبت $\frac{v}{V}$ را با پر کردن حجم آن با آب به‌تدریج تغییر دهیم بسامدهای دیگر را هم می‌توان مشاهده کرد. در این مورد باید درجه‌های آزادی داخلی گاز داخل گردن را به‌حساب آورد. کرافورد[۳] [۷] در مقاله‌اش در مورد این مسائل بحث کرده است و بسامدها در مدل اصلاح شده از معادله‌ی زیر به دست می‌آید

$$kL\tan kL=\frac{v}{V} \qquad (5)$$

این معادله را باید با معادله (۴) مقایسه کرد. وقتی $V>>v$، برای پائین‌ترین مد $kL<<1$، در این حالت به‌جای $\tan kL$ می‌توان kL را قرار داد، که مدل ساده یعنی معادله‌ی (۴) دوباره به‌دست می‌آید. اما معادله‌ی (۵) پربارتر از معادله‌ی (۴) است و مدهایی

را که معمولاً در مدل ساده وجود ندارند را هم به‌دست می‌دهد. اگر $v >> V$ ، مثل وقتی که فلاسک تا گردن پر از آب است این مدل ساده دیگر کارساز نیست، در حالی که معادله‌ی (۵) بسامدی را می‌دهد که تصحیح جزیی برای لوله (گردنی) است که از یک طرف (سر آن) باز و از طرف دیگر (ته آن) بسته است.

Q برای تشدیدگر هلمهولتز از یک مقایسه متداول دستگاه‌های الکتریکی و آکوستیکی محاسبه می‌شود، و از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید

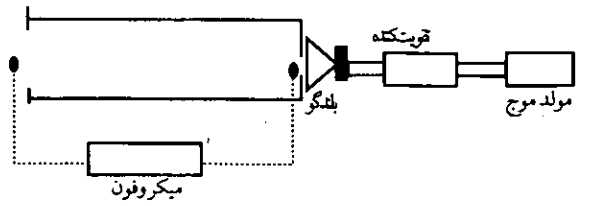
$$Q = 2\pi b\sqrt{\frac{L^3 V}{S^3}}$$

که $1 < b < x^2$ مقداری ثابت است که تا حدی به فرمولی بستگی دارد که برای مقاومت تابش آکوستیکی استفاده می‌شود.

آزمایش‌ها

الف) دستگاه‌ها. به‌وسیله‌های زیر نیاز داریم: منبع تغذیه (مولد) که بتواند بلندگویی را به کار اندازد، دستگاه ارتعاش مکانیکی (ویبراتور)، میکروفون الکتریکی کوچک با مدار تقویت‌کننده‌ی مربوطه، میکروفون کوچک (که با باتری کار می‌کند)، بلندگو، نوسان‌نما (اسیلوسکوپ) یا هر دستگاه آزمایشگاهی دیگر که با ریز رایانه کار کند (MBL)[۴] و بتواند خروجی میکروفون را بپذیرد و طیف آن را با برنامه تبدیل فوریه سریع (FFT)[۵] تحلیل کند.

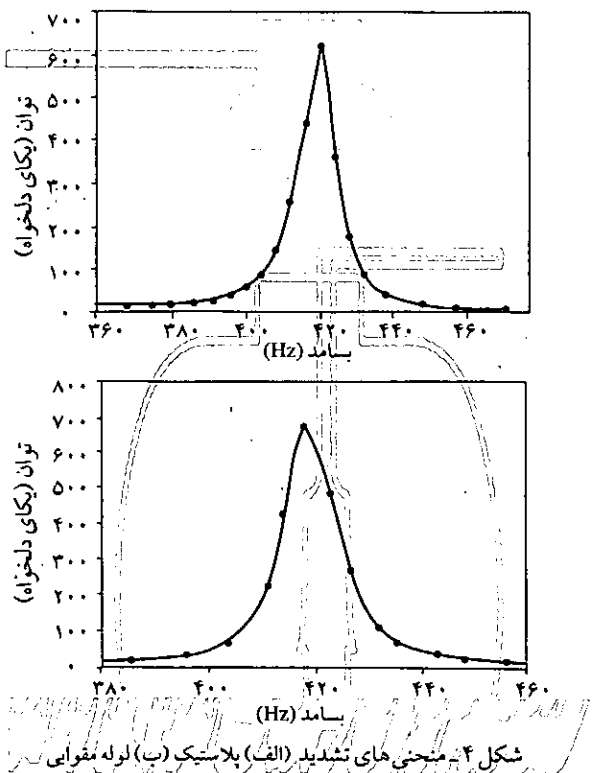
ب) لوله‌ها. برای تأمین انرژی ورودی یکنواخت و تجدیدپذیر، صدای بلندگو را از طریق سوراخی ارسال کنید که در صفحه‌ی صلبی قرار دارد که سر لوله را می‌پوشاند. میکروفونی را در ورودی قرار دهید تا بتوانید انرژی ورودی بلندگو را کنترل کنید. ممکن است سر دیگر لوله را با صفحه‌های مختلفی پوشاند که سوراخ‌هایی به قطرهای متفاوت در آن به‌وجود آمده است، سوراخ‌ها در مرکز صفحه‌ها و به این منظور به وجود می‌آیند تا تأثیر آن‌ها بر Q مشخص شود. میکروفون دیگری که به‌نوسان‌نما (CRO) یا به MBL وصل شده است خروجی را کنترل می‌کند. شکل (۳) وضعیت دستگاه‌ها را در این آزمایش نشان می‌دهد.



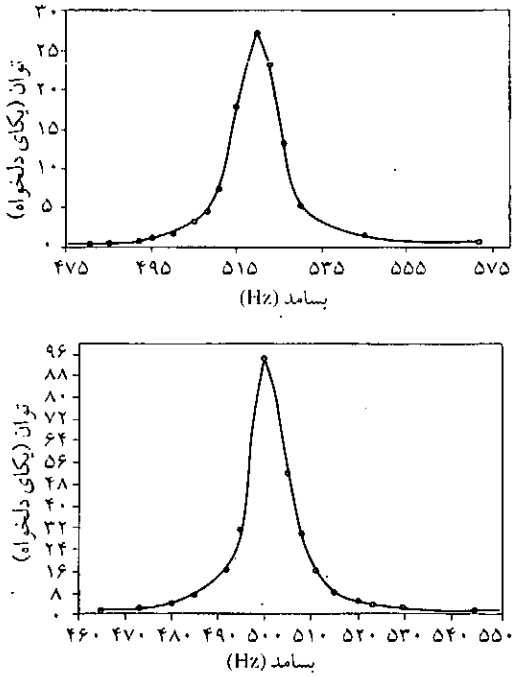
شکل ۳. ترتیب آزمایش برای تشدید در یک لوله

با تغییر بسامد، فرکانس مُد ویژه ω_{on} را که مربوط به بیشینه‌ی سیگنال دریافت شده از میکروفون روی اسیلوسکوپ است را مشخص کنید. می‌توان این بسامد را با مولتی‌متر مناسبی که در کنار مولد سیگنال (سیگنال ژنراتور) نصب شده است اندازه‌گیری کرد و آن را با مقدار نظری (که باید تصحیح‌های لبه در آن منظور شود) مقایسه کرد. همان‌طور که ω را در اطراف ω_{on} می‌روبید دامنه‌ی سیگنال $A(\omega)$ را اندازه بگیرید و منحنی تشدید را رسم کنید. این کار با محاسبه‌ی مربع سیگنال نوسان‌نما A^2 (که متناسب با توان است، زیرا میکروفون دامنه فشار را در موج صوتی اندازه می‌گیرد) برای هر بسامد انجام و $A^2(\omega)$ برحسب ω رسم می‌شود. $\Delta\omega$ را در جایی که توان نصف مقدار بیشینه است، پیدا کنید مقدار $Q = \frac{\omega_{on}}{\Delta\omega}$ است. منحنی تشدید را با شکلی که از معادله‌ی (۱) به‌دست می‌آید، برازش دهید.

از سری نتیجه‌های به دست آمده برای لوله‌های با اندازه‌ها و قطرهای مختلف (که برای تصحیح لبه اندازه‌گیر لازم است)، برای مدهای متفاوت و برای انتهاهای مختلف در هریک از دو لبه، فقط دو نمونه را در اینجا نشان دادیم. در شکل (۴) (الف) و (ب) منحنی‌های تشدید را برای دو لوله در شرایط یکسان مقایسه می‌کنیم این لوله‌ها طول و قطر داخلی دقیقاً یکسان دارند، ولی یکی از جنس پلاستیک بود با دیواره‌ی داخلی هموار و دیگری مقوایی با دیواره‌ی ضخیم و ناهموار است، و درنتیجه اتلاف بیشتر و منحنی تشدید



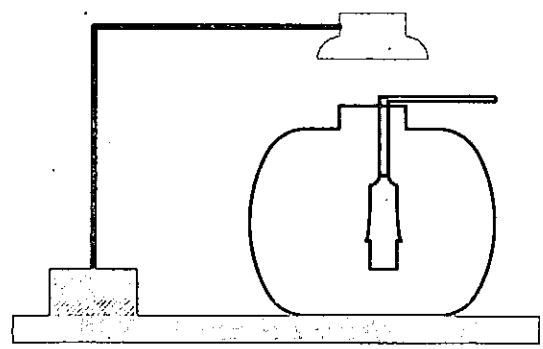
شکل ۴. منحنی‌های تشدید (الف) پلاستیک (ب) لوله مقوایی



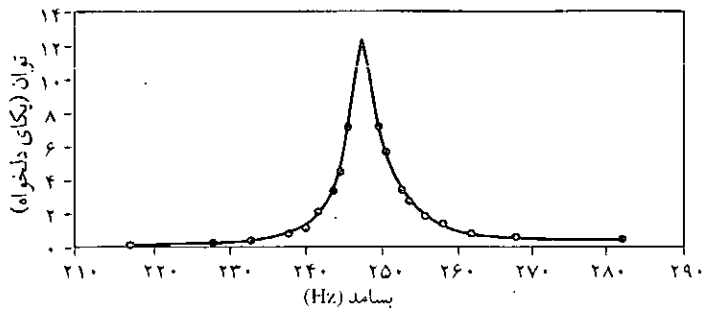
شکل ۵ ـ منحنی‌های تشدید (الف) انتهای باز (ب) تا اندازه‌ای بسته

پهن‌تر است. این امر در مقدار Q مربوط به آن‌ها بازتاب می‌یابد. Qها به‌ترتیب ۳۸ و ۳۱ هستند. شکل (۵) (الف) و (ب) دو منحنی تشدید را برای لوله‌ای نشان می‌دهد که یک سر آن با صفحه‌ی سوراخ‌داری بسته شده است، قطر این سوراخ ۱cm است و انرژی بلندگو از این سوراخ عبور می‌کند و به بلندگو می‌رسد. شکل (۵ـ الف) مربوط به حالتی است که سر دیگر آن باز است، و شکل (۵ـ ب) حالتی را نشان می‌دهد که انتهای لوله با صفحه‌ی سوراخ‌داری که قطر سوراخ نصف قطر لوله است پوشانده شده است. این تغییر باعث شده Q از ۳۸ به ۵۱ برسد (و بسامد مد از ۵۲۰ به ۵۰۰).

ج. **تشدید در فلاسک گردن کوتاه:** شکل (۶) ترتیب آزمایش



شکل ۶ ـ بلندگو، فلاسک کروی، و میکروفون برای اندازه‌گیری تشدید



شکل ۷ـ منحنی تشدید برای تشدیدگر کروی هلمهولتز

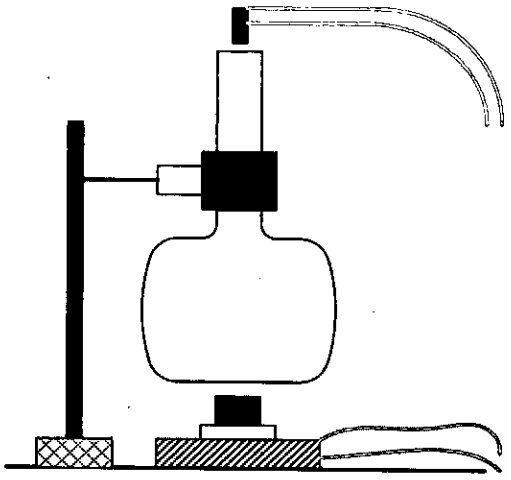
اندازه‌گیری منحنی تشدید و Q تشدیدگر هلمهولتز کروی را نشان می‌دهد، این دستگاه را یک شیشه‌گر برای ما ساخته بود: حجم اصلی ۱/۱۲۱، طول گردن در سر باز ۶mm و شعاع گردن ۵۵cm/ ۱. بلندگوی کوچک بالایی را میکروفون کوچکی به کار می‌اندازد که در آشکارساز آویزان است.

چون شعاع خیلی بزرگ‌تر از سیم‌های میکروفون است این ضخامت اثر بسیار کمی بر بسامد تشدید دارد که در ۲۴۸Hz اندازه‌گیری شده شکل (۷) منحنی تشدید را نشان می‌دهد، از این منحنی Q = ۶۲ به‌دست می‌آید که با نظریه کاملاً سازگار است، در معادله‌ی (۴) Q = ۱/۱۹ در نظر گرفته شده است.

د. **مدهای فلاسک گردن دراز:** شیشه‌گر ما ظرف‌های کروی، بدون گردنی داشت که می‌شد لوله‌هایی را به آن‌ها وصل کرد. مزیت این فلاسک مرزبندی مشخص بین دو حجم v و V است که می‌توان آن‌ها را به‌طور دقیق اندازه گرفت. ما ظرفی با ابعاد زیر سفارش دادیم: طول و قطر داخلی گردن به‌ترتیب ۱۵cm و ۱/۵cm. وسیله‌ی قابل قبول دیگر بالن ژوژه است یا حتی بطری‌ای است که در این‌ها گردن یک‌دفعه به حجم اصلی متصل می‌شود.

مدهای فلاسک را می‌توان به راه‌های مختلف برانگیخت. می‌توان از کنار به آن ضربه زد، اما این کار تلاطم به‌وجود می‌آورد و صدای «لبه»‌ای شبیه به آنچه در فلوت [۷] به‌وجود می‌آید، تولید می‌شود که با مد هلمهولتز خالص حاصل تداخل می‌کند. یا می‌توان با بلندگویی در مجاور ظرف آن را برانگیخت [۱۰]. این کار نیز تا حدی با آشکارسازی میکروفون نزدیک دهانه تداخل می‌کند. برای گردن‌های باریک، میکروفون آویزان در داخل بطری حجم مؤثر گردن را تغییر می‌دهد و با مد اندازه‌گیری‌شده تداخل می‌کند. تصمیم گرفتیم مدها را با زدن ضربه‌های آهسته به ته ظرف برانگیزیم بدین‌ترتیب مُد گردن بدون تداخل تولید می‌شود. به انتهای ظرف ضربه‌هایی زدیم البته نه با دست بلکه این کار با یک ارتعاشگر مکانیکی با سرعت بالا انجام شد.

با این روش و همراه با نرم‌افزار MBL که سرعت نمونه‌برداری



شکل ۸ ـ فلاسک گردن دراز، ارتعاشگر، و میکروفون برای تحلیل مد

را کنترل می‌کند توانستیم از یک برانگیختگی داده‌های کافی برای تحلیل طیف را به دست آوریم. دستگاه مربوطه در شکل (۸) نمایش داده شده است.

سیگنالی که میکروفون نزدیک به سطح بالایی دریافت می‌کند، به MBL داده می‌شود که می‌تواند تحلیل طیفی FFT انجام دهد. میکروفن و گردن بالایی را در یک کلاهک عایق صوتی قرار دادیم تا نوفه زمینه کاهش یابد.

برای آزمون اعتبار معادله‌های (۲) و (۳)، بسامدهای مد با افزودن مقداری آب با جرم به دقت تعیین شده به فلاسک، و درنتیجه تغییر v/V اندازه‌گیری شد. ابعاد هندسی فلاسک را در معادله‌ی (۳) قرار دادیم و این معادله‌ی غیرجبری را با رایانه برای مجموعه‌های مختلفی از v/V حل کردیم. جدول (I) نتیجه‌های تجربی را با نتیجه‌های به دست آمده از مدل ساده (f_1 از معادله‌ی (۴)) و نتیجه‌هایی که از مدل پیشرفته (f_2 از معادله‌ی (۵)) به دست آمده، مقایسه می‌کند.

$V(cm^3)$	$f_1(Hz)$	$f_2(Hz)$	$f_{exp}(Hz)$
۵۴۵	۱۰۱/۷	۱۰۰/۱	۱۰۱/۶
۴۴۵	۱۱۲/۶	۱۱۰/۴	۱۱۶/۲
۳۴۵	۱۲۷/۹	۱۲۴/۵	۱۲۳/۰
۲۴۵	۱۵۱/۸	۱۴۶/۶	۱۴۳/۶
۱۴۵	۱۹۷/۳	۱۸۶/۱	۱۸۳/۶
۵۲	۳۲۹/۴	۲۸۳/۶	۲۹۰/۰
۴۵	۳۵۴/۱	۲۹۸/۲	۳۰۶/۶

جدول I

هرچه مقدار v/V بیشتر شود مزیت مدل پیشرفته بیشتر مشخص می‌شود.

بحث

بررسی‌های بیشتری را می‌توان با قرار دادن تشدیدگر در دیواره‌ی لوله شبیه آنچه در شکل (۶) نشان داده شده، انجام داد. این کار باعث جذب انرژی در بسامد تشدید می‌شود، درنتیجه شبیه صداخفه‌کن عمل می‌کند: این باعث ظهور یک فرورفتگی‌ای در انتقال انرژی در امتداد لوله برحسب بسامد می‌شود.

بعضی از این آزمایش‌ها را می‌توان به صورت تمرین‌های آزمایشگاهی قلمداد کرد که در دوره‌ی آموزش موج مورد استفاده قرار بگیرد. به این ترتیب فیزیک زیادی یاد گرفته می‌شود. مدل‌ها بهتر ارزیابی می‌شوند و مقایسه بین گرایش‌های مختلف فیزیک انجام می‌شود. به معلمان و دانش‌آموزان توصیه می‌شود این آزمایش‌ها را انجام دهند.

پاسخ: «بطری‌هایی که صدا تولید می‌کنند»: بطری بزرگتر صدای بم‌تری را نسبت به بطری کوچک‌تر ایجاد می‌کند، زیرا مقادیر (V و L و S) که در معادله‌ی (۱) مورد استفاده قرار گرفته‌اند به ترتیب (۵۹۷ml، ۳/۸cm، ۶۳/۶۱cm^2) و (۲۶۸ml و ۳۸cm و ۱۰/۷۵cm^2) است.

زیرنویس:

* دانشگاه آزاد واحد تهران جنوب.

1. Silverman
2. Worthy
3. Crawford
4. Micro computer based laboratory
5. Fast fourier transform program

منبع:

1. M. P. Silver man and E. R. Worthy, "Musical mastery of a coke bottle: Physical modeling by analogy." Phy. Teach. 36. 70-74 (Feb 1998)

قسمت دوم

فیزیک: پندار و واقعیت

فیلیپ والاس
ترجمه‌ی: عبدالحسن بصیره
گروه فیزیک ـ دانشگاه کردستان

اشاره

این یک گفت‌وگوی موهومی بین دو نفر درباره‌ی فیزیک جدید است که بعضی مطالب و پرسش‌های مربوط به جنبه‌های غیرعادی نظریه‌ی کوانتومی مانند اصل عدم قطعیت و دوگانگی موجی ـ ذره‌ای را مورد بحث قرار می‌دهد.

***

ج: خب، آیا شما درباره‌ی بحث دیروز باز فکر کردی؟

س: فقط معتقدم که دیروز حق با من بود. به‌ویژه درباره‌ی تک‌تک فوتون‌هایی که هریک از هر دو شکاف می‌گذرند. هریک باید حاوی کل پیام باشند، زیرا هریک نمونه‌ای از کل پیام هستند.

ج: درباره‌ی چه پیامی صحبت می‌کنید؟

س: این پیام همان اطلاعات لازم برای تولید نقش پراش است. از آن گذشته، این درست نتیجه‌ی چیزی است که درباره‌ی کوانتوم تابش به من گفتید، و آن را فوتون نامیدید.

ج: گمان می‌کنم نتوانم با آن دربیفتم. هرچند شیوه‌ی استدلال شما با آن کمی غیرعادی است. آنچه ما گفتیم این بود که موج یک موج احتمال است، لذا این احتمال را تعیین می‌کند که فوتون در کدام نقطه جذب می‌شود.

س: واقعاً که شورش را درآورده‌اید. شما چگونه می‌توانید اصلاً یک «موج احتمال» داشته باشید؟ احتمال یک مفهوم است، و فکر نمی‌کنم منطقی باشد درباره‌ی موج یک مفهوم صحبت کنیم!

ج: خب، به صورت ملایم‌تر، مکانیک کوانتومی کمی غیرعادی است، بنابراین احتمال کوانتومی کاملاً شبیه احتمال معمولی نیست.

س: من نمی‌فهمم چه لزومی دارد که چیزی غیرعادی و خارق‌العاده‌ای نظیر آن را پیش بکشیم. در توصیف من چیزی شبیه آنچه مطرح کردید نبود، بلکه نوعی بخت‌آزمایی میان الکترون‌ها بود، که کدام‌یک فوتون را جذب می‌کنند. به نظر می‌رسد این امر حالت احتمال کاملاً معمولی باشد. این شیوه توضیح امور چه اشکالی دارد؟

ج: کاملاً مطمئن نیستم، باید درباره‌ی آن کمی فکر کنم. ولی به‌هرحال، احتمال را امری کاتوره‌ای تعیین می‌کند که به طور مکرر ـ نظیر انداختن یک سکه ـ اتفاق می‌افتد. این امر فراوانی‌های نسبی نتیجه‌های حاصل را تعیین می‌کند، و به نظر می‌رسد چیزی است که در این‌جا اتفاق می‌افتد. «آزمون‌ها» فوتون‌هایی هستند که از شکاف‌ها می‌گذرند. بنابراین، صحبت درباره‌ی احتمال‌ها آن‌چنان هم غیرعادی نیست.

س: بسیار خب، اما اگر شما به این ترتیب درباره‌ی آن صحبت کنید، به نظر نخواهد رسید که درباره‌ی نوع خاصی از احتمال صحبت می‌کنید؛ بلکه به نظر من شبیه احتمال کاملاً معمولی خواهد بود.

ج: آنچه که معمولی نیست داشتن احتمالی است که شبیه یک موج منتشر می‌شود.

س: احساس می‌کنم این «دوگانگی موجی ـ ذره‌ای» شما را قادر می‌سازد که زمینه‌ای برای پاسخ به آنچه می‌گویم بیابید. شما از کاربرد احتمال درباره‌ی ذرات مثالی زدید که به گمان من کاملاً درست است زیرا مشاهده موردنظر است. ولی قبل از مشاهده، کوانتوم‌ها باید رفتاری شبیه امواج داشته باشند، درنتیجه شما دوباره احتمال را به امواج برمی‌گردانید. به نظر من تا لحظه‌ای که هنوز مشاهده نشده‌اند اگر به آن‌ها استناد کنید، کوانتوم‌ها فقط موجوداتی مفهومی هستند، اما به محض آن‌که آن‌ها را مشاهده کنید صورت مادی به خود می‌گیرند. بنابراین، احساس می‌کنم که اینجا گونه‌ای ابهام فلسفی وجود دارد، و شما در استدلال‌هایتان دنده‌ی چرخ را دائماً میان عناصر معرفت‌شناسی و هستی‌شناختی نوسان می‌دهید.

ج: خواهش می‌کنم پیچیدگی‌های فلسفی را به من نچسبانید. من یک فیزیکدان ناچیزی بیش نیستم.

س: خب، فکر نمی‌کنم که من مسئول استدلال‌های شما باشم. این شما بودید که آن را مطرح ساختید.

ج: فکر می‌کنم دوباره کمی ناراحت و مکدر شده باشیم. اجازه بده فنجانی قهوه بخوریم تا بتوانیم کمی آرام شویم.

س: آیا ممکن است موضوع صحبت را عوض کنیم، یا حداقل درباره‌ی مسأله‌ای صحبت کنم که ذهن مرا آزار داده و در همین ارتباط است؟

ج: فکر خوبی به نظر می‌رسد. آن مسأله چیست؟

س: خب، مسأله به امکان تقسیم کوانتوم برمی‌گردد. آزمایش دوشکافی بود که این را به ذهنم آورد. فرض کنید در فاصله‌ی بسیار دور از پرده، با دو شکاف، مانعی بگذارید که مانع از مخلوط شدن امواج شود. در این صورت، آیا یک کوانتوم در طرف چشمه از مانع و یکی دیگر در آن سو نخواهید داشت؟ و برای آن‌که کاملاً مطمئن شوید که هرگونه گرایش و تعصب حاصل از فیزیک کلاسیک را کنار گذاشته‌ایم، بگذارید به جای فوتون‌ها از الکترون‌ها به عنوان مثال استفاده کنیم.

ج: این مطلب ساده است. شما دقیقاً ۵۰ درصد احتمال داشتن یک الکترون در یک سو و ۵۰ درصد در سوی دیگر دارید. می‌بینی که این از امتیازهای «تعبیر احتمالی» است.

س: خب، من هرگز نگفتم که تعبیر احتمالی سودمند نیست! ولی آیا واقعاً مسأله به همین سادگی است.

ج: چرا نه؟ کجای آن غلط است؟

س: گمان می‌کنم دوباره مسأله معرفت‌شناسی و هستی‌شناختی پیش آمده باشد. در ترجمه به زبان یک فیزیکدان، آیا موج یک جسم فیزیکی واقعی است یا فقط ابزاری است برای سازمان دادن به معلومات ما؟ بگذریم، آیا واقعاً چیزی در هر دو سوی مانع وجود دارد، یا فقط احتمال چیزی در یک سو یا سوی دیگر وجود دارد؟

ج: تا وقتی که اندازه‌گیری نکنید، فقط یک احتمال است. وقتی که برای آشکارسازی آن به آزمایش می‌پردازید، آن را در یک سو خواهید یافت.

س: بنابراین، آیا اندازه‌گیری ناگهان چیزی را از یک سو به سوی دیگر منتقل کرده است؟ و در طرف اول، چیزی به جا نمانده است، یعنی نه چیزی مادی و نه احتمالی از چیزی آنجا نیست؟

ج: این تعبیر طبیعی است.

س: بسیار خوب، اما من فکر می‌کنم که این پرسش‌های زیادی را مطرح می‌کند. آیا من خام و ساده‌ام یا یکی از پیامدهای زیر را دربر خواهد داشت:

۱ـ که ذره همیشه فقط در یک طرف بوده است، بدین معنا که فقط از یک سوراخ گذشته است، یا

۲ـ که اندازه‌گیری باعث شد که چیزی از این طرف به طرف دیگر برود، که آن چیز، یا بخشی از ذره بود یا احتمال این که ذره در طرف دیگر باشد، یا گمان می‌کنم،

۳ـ که قرار دادن مانع در فراسوی شکاف‌ها ذره را به گونه‌ای وادار می‌کند که فقط از یک شکاف بگذرد؟ می‌توانی به من بگویی کدام یک درست است؟

ج: آیا گزینه‌های ۱ و ۳ خیلی نزدیک به هم نیستند؟ فکر می‌کنم گزینه‌ی ۳ از دو گزینه‌ی دیگر بهتر است. گزینه‌ی ۱ به اشکال برخورد می‌کند زیرا به نظر می‌رسد که با تولید طرح پراش ناسازگار باشد، در حالی که گزینه ۳ می‌گوید که این طرح با قرار دادن مانع در فاصله‌ی بسیار دور از شکاف‌ها به طریقی به هم ریخته است. تعبیر متداول هیچ‌یک از آن دو نیست بلکه گزینه ۲ است. اما چون احتمال است، نه بخشی از یک ذره مادی، از اندازه‌گیری تأثیر می‌پذیرد. و احتمال همانطور که گفتم، همان چیزی است که در طرح پراش دخالت دارد، بنابراین، همه چیز به صورت خوبی به هم مربوط می‌شود.

س: بگذار ببینم که آن را دریافته‌ام. ذره قطعاً در یک طرف یا طرف دیگر است، و اما نمی‌دانیم کدام طرف که این تابع موج مشخص می‌کند، تابعی که احتمال یک امکان یا دیگری را تعیین می‌کند. و این احتمال، و نه هیچ چیز مادی، آن چیزی است که از اندازه‌گیری تأثیر می‌پذیرد، زیرا وقتی بدانیم ذره کجاست احتمال جای خود را به واقعیت می‌دهد.

ج: دقیقاً. و این آن چیزی است که به آن «رمبش تابع موج» می‌گویند.

س: اوه. ولی من مطمئنم شنیده‌ام که **ریچارد فاینمن** زمانی گفت چیزی به نام رمبش تابع موج وجود ندارد.

ج: فاینمن هرگز نمی‌توانست چیزها را مثل دیگران ببیند. نمی‌دانم وقتی این را گفته ـ اگر آن را گفته باشد ـ در ذهنش چه بوده است.

س: خب، به‌هرحال، میل دارم دوباره به پرسش «شکافتگی» یک ذره برگردم، زیرا مطمئن نیستم که این مسأله حل شده باشد. فرض کنید ذره‌ای در یک جعبه داشته باشید. سپس درست در وسط آن مانعی بگذارید. آنگاه دو نیمه را جدا کرده و تا حد امکان از هم دور کنید. در این صورت هیچ تردیدی باقی نماند که شکافتگی را کامل کرده‌اید.

ج: فکر می‌کردم که این مسأله را روشن کرده باشم؛ نمی‌توانید ذرات را به این شیوه بشکافید. به‌علاوه، این مثال کمی مضحک است. جعبه‌ها، مثل دیگر اشیاء از الکترون‌ها ساخته شده‌اند و الکترون‌ها از یکدیگر تمیز ناپذیرند. بنابراین «یک الکترون در جعبه» معنی چندانی ندارد. ولی فکر می‌کنم مثال دیگری هست که در آن همین مطلب دخیل است. چیزی به نام «یون ـ مولکول هیدروژن» وجود دارد که از یک الکترون و دو هسته‌ی هیدروژن متصل به هم تشکیل شده است. فرض کنید به گونه‌ای (مطمئن نیستم چگونه!) بتوان دو هسته را تا فاصله‌ی بسیار زیاد از هم جدا ساخت. در آن صورت خواهید دید که یک هسته الکترون را همراه خود می‌برد و دیگری برهنه خواهد ماند. به عبارت دیگر یک اتم هیدروژن و یک یون هیدروژن به‌دست خواهید آورد.

س: بگذار پاسخ را در این مورد پیش‌بینی کنم: یک هسته

هیدروژن، یک پروتون، دارای الکترونی است که به دور آن می‌چرخد، ولی نمی‌دانیم کدام‌یک، تا اینکه یک اندازه‌گیری، یا مشاهده‌ای، یا هر چیز دیگر روی یکی از آن‌ها انجام دهیم، که در این مورد یا الکترون را روی آن خواهیم یافت یا نخواهیم یافت. که در این صورت نتیجه می‌گیریم که الکترون روی دیگری است ولی تکلیف تابع موج چه می‌شود که کلید واقعیت‌های فیزیکی این وضعیت فرض شده است. انتظار دارم ۵۰ : ۵۰ بین دو پروتون شکافته شود. بنابراین وقتی اندازه‌گیری انجام می‌شود چه رخ می‌دهد؟ احتمال می‌رود تمام تابع موج ناگهان در اطراف یکی از آن‌ها یافته شود. حال اگر آن‌ها در فاصله یک سال نوری از هم باشند به نظر من مشکلی به‌وجود می‌آید.

ج: خیلی خوب یاد گرفته‌اید. تحلیل شما بی‌عیب و نقص است. ولی تأثیر لحظه‌ای یک پروتون بر دیگری در فاصله‌ی به‌دلخواه دور، باعث نگرانی فلاسفه‌ی مکانیک کوانتومی شده است. شاید بپرسید این با نظریه‌ی نسبیت که طبق آن هیچ تأثیری نمی‌تواند سریع‌تر از سرعت نور منتشر شود در تضاد نیست؟ و پاسخ منفی است، زیرا در این‌جا فقط احتمال‌ها دخیلند و هیچ تراگسیل اطلاعاتی صورت نمی‌گیرد.

س: ولی احتمال‌ها از اطلاعات تشکیل شده‌اند؟!

ج: نه، من فکر می‌کنم فقط واقعیت‌ها هستند که با معیارهای اندازه‌گیری همراه‌اند. اگر شما الکترون را در یک طرف بیابید، این نتیجه‌گیری که الکترون در طرف دیگر نیست پیامد این قانون است که جمع تمام احتمال‌ها باید یک باشد.

س: بنابراین، برای من دقیقاً توضیح بده هنگامی که اندازه‌گیری یا مشاهده روی یکی از مؤلفه‌های دستگاه اصلی رخ می‌دهد و الکترون در آن‌جا یافته می‌شود بر سر تابع موج دقیقاً چه می‌آید.

ج: تابع موج در سوی دیگر صفر می‌شود!

س: بله، ولی چه موقع؟

ج: (پس از سکوتی طولانی): می‌خواستم بگویم، در لحظه‌ی اندازه‌گیری. ولی راستش را بخواهی، در این‌جا چیزی وجود دارد که به فکرم خطور نکرده بود. نسبیت حداقل می‌گوید که «همزمانی» معنای بدون ابهامی ندارد، بنابراین من فعلاً برای پاسخ صریح و روشنی مکث کرده‌ام. اگرچه فکر می‌کنم که حقیقتاً نباید فرقی بکند. در واقع، شاید این پاسخی به نگرانی قدیمی مربوط به انتشار سریع‌تر از نور باشد، شاید این تأثیر با سرعت نور حمل شود، هرچند کاملاً مطمئن نیستم چگونه.

س: خب، در این‌جا مسأله‌ای می‌بینم. آیا این به آن معنا نیست که دوره‌ای از زمان، که می‌تواند طولانی هم باشد، وجود دارد که در آن جمع احتمال‌ها یک نمی‌شود. در واقع، این بدان معناست که اگر کسی اندازه‌گیری‌ای بر روی پروتونی که الکترون ندارد را در حالی انجام دهد که سیگنال میان آن‌ها در راه است، احتمال معینی وجود دارد که الکترونی را در آن‌جا بیابد! بنابراین، ناگهان به جای یک الکترون، دو الکترون خواهیم داشت. نمی‌دانم چگونه سیگنالی که دیرتر می‌رسد می‌تواند از شر آن خلاص شود.

ج: گمان می‌کنم ذهنیت من درباره‌ی این‌که سیگنال که با سرعت نور منتشر می‌شود غلط بوده است.

س: بله، اما با این شیوه نیز از مخمصه خلاص نمی‌شویم؛ اگر درست فهمیده باشم. زیرا در دوره‌ای که علائم نوری نمی‌توانند میان دو...

ج: ... در آن حالت می‌گوییم فاصله‌ی فضاگونه‌یی میان دو پروتون وجود دارد.

س: ... در آن دوره، اگر صفر شدن یک تابع موج با اندازه‌گیری انجام شده در سوی دیگر همزمان باشد، در چارچوب‌های مرجع دیگر چنین به نظر می‌رسد که قبل یا بعد از اندازه‌گیری اتفاق افتاده است. به عبارت دیگر، جمع احتمال‌ها یک نخواهد شد، که در آن صورت به نظر می‌رسد «تعبیر احتمالی» را باید به دور افکند. اگر جمع احتمال‌ها یک نشود، برای یک مقطع زمانی همیشه احتمال معینی وجود دارد که یا دو الکترون باشد یا هیچ. این امر در تمام چارچوب‌های مرجع، بجز یکی، درست خواهد بود، که آن هم اختیاری است!

ج: متأسفانه من هیچ گونه عیب و ایرادی در استدلال شما نمی‌بینم، ولی نمی‌توانم باور کنم که تاکنون کسی متوجه این موضوع نشده باشد. فقط می‌توانم به دو راه خروج فکر کنم، یکی آن است که فقط وضعیت در دستگاه‌هایی مطرح شود که از نظر فیزیکی غیرواقعی هستند. در واقع، معتقدم که این فرضیه را قبلاً یک فیزیکدان برجسته مطرح کرده است هرچند در این لحظه نمی‌توانم به خاطر آورم کدام. امکان دیگر آن است که مکانیک کوانتومی اجازه نمی‌دهد یک تابع موج به طریقی که ما فرض کردیم «شکافته» شود، و در واقع به نظر من این عقیده احمقانه نیست. در بیشتر مثال‌هایی که به ذهن من می‌رسد نظیر آن‌چه بین دو پروتون رخ می‌دهد دستگاه دارای تقارن است. ولی البته این روزها فیزیکدان‌ها به پدیده‌ی **«شکست خود به خود تقارن»** کاملاً آگاه هستند، که در آن اشیاء در حالت ترازمندی بین یک طرف و طرف دیگر نیستند، بلکه بسته به تقارن‌های کاتوره‌ای لحظه‌ای به یک طرف یا طرف دیگر می‌روند.

س: فکر نمی‌کردم که پرسش‌های ساده‌لوحانه و بی‌پیرایه من چنین توفانی به پا کنند... مایلم که این بحث لااقل یک جلسه دیگر ادامه یابد؛ انبان پرسش‌های من هنوز تهی نشده است. من کنجکاوی عجیبی درباره‌ی پدیده‌ی ضمنی **«واقعیت مخلوق مشاهده‌گر»** پیدا کرده‌ام. فکر می‌کنم امروز در بحث ما درباره‌ی آن کمی لغزش داشته‌ایم.

ج: این بحث عمیق‌تر و دشوارتر از آن شد که پیش‌بینی می‌کردم. چرا جهان نمی‌تواند ساده باشد؟ یا شاید پرسش این باشد که چرا نمی‌توانیم آن را ساده ببینیم؟!

منبع:

Physics: Imagination and Reality. F. Wallas, 1991

نانولوله‌های کربنی

کبری حاجی‌زاده

اشاره

نانولوله‌ها ترکیب جدیدی از اتم‌های کربن به شکل استوانه‌ای توخالی است و دارای خواص ویژه‌ای است که باعث شده کاربردهای بسیار متنوعی در نانوفناوری، الکترونیک، اپتیک، مکانیک و حوزه‌های مختلف علوم مواد پیدا کنند این ترکیب به طرز عجیبی مستحکم است و خواص الکترونی منحصر بفردی از خود نشان می‌دهد.

اسم نانولوله به‌دلیل اندازه‌ی آن‌ها انتخاب شده زیرا قطر آن‌ها در حد چند نانومتر است و طولشان در نهایت به چند میلی‌متر می‌رسد (شکل ۱).

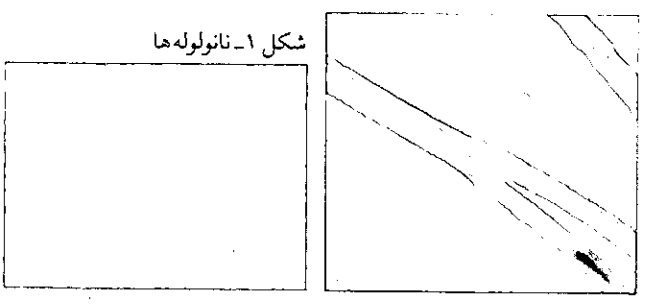
مقدمه

کربن از استثنایی‌ترین عنصرهایی است که در طبیعت به شکل‌های مختلف دیده می‌شود از جواهرهایی درخشان گرفته تا دوده‌های سیاه و تنها عنصری است که می‌تواند به راه‌های مختلف و متنوعی با اتم‌های دیگر ترکیب شود. اما تقریباً تا همین اواخر نمی‌دانستند که تعداد زیادی از اتم‌های کربن می‌توانند به شکل خیره کننده‌ای، به دور هم جمع شوند و مولکولی زیبا و جالب تولید کنند.

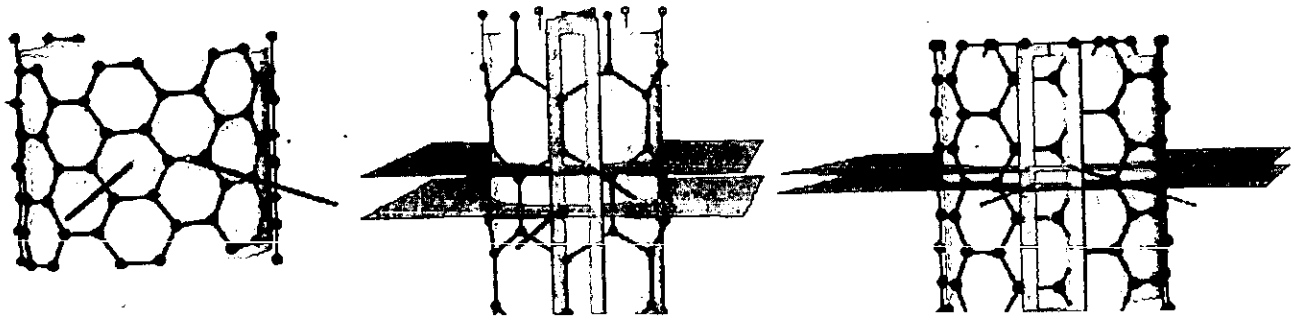
ظهور دسته‌ی جدیدی از مواد کربنی، فولرن‌ها[1]، در سال‌های اخیر موجب شگفتی محققان و دانشمندان گردید که به دلیل تقارن زیبا و خارق‌العاده و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی منحصربه‌فرد این مولکول و استعداد بالقوه‌ی کاربرد آن در نانو فناوری است. فولرن تنها شکل پایدار از کربن خالص است و در این میان نانولوله‌های کربنی که از خانواده‌ی فولرن‌ها هستند کاربرد بسیار چشمگیری در صنعت پیدا کرده‌اند و بدلیل ابعاد نانویی، استحکام فوق‌العاده، انعطاف‌پذیری بالا و رسانایی شگفت‌انگیز آن بسیار مورد توجه قرار گرفته است.

نانولوله‌ها به‌طور کامل از پیوندهای sp^2 تشکیل شده‌اند، مشابه آنچه در گرافیت وجود دارد. این ساختار پیوندها، قوی‌تر از پیوند sp^3 موجود در الماس است. به همین دلیل نانولوله‌ها مستحکم‌ترین مولکول موجود در طبیعت هستند[۱].

نانولوله‌های کربنی در سال ۱۹۹۱ به‌طور تصادفی کشف شدند[۲]. ایجیما[2] که در حال ساخت فولرن بود متوجه مواد دیگری شد که در فرایند ساخت فولرن به‌صورت گدازه‌ی پیرولیتی در کاتد تولید می‌شد[۳] و باعث کاهش تولید فولرن می‌شد. وی متوجه شد این مواد به‌شکل لوله هستند و آن‌ها را *باکی‌لوله* یا نانولوله نامید. در آن زمان انتظار نمی‌رفت که بعدها بتوانند در اسپکتروسکوپی جرمی این مواد را مشاهده



شکل ۱ـ نانولوله‌ها



شکل۲ـ ساختمان نانولوله‌ها

کنند[۴]. روش تولید انبوه نانولوله‌ها را اولین بار کراشمر[۳] و هافمن[۴] به‌کار گرفتند[۵].

بعدها ابسن[۵] و آجایان[۶] در سال ۱۹۹۲ با افزایش فشار شرایط ساخت نانولوله‌ها را بهبود بخشیدند و متوجه شدند مناسب‌ترین فشار برای باکی‌بال‌ها ۲۰۰-۱۰۰ تور[۶] و برای نانولوله‌ها ۵۰۰ تور است. وایتر[۷] دریافت با وجود این‌که فشار عامل مهمی در تولید نانولوله‌ها است. توان از اهمیت بیشتری برخوردار است. و با استفاده از یک میله‌ی گرافیتی به قطر $\frac{۱}{۴}$ اینچ به عنوان آند و جریان بیش از ۱۰۰ آمپر می‌تواند تعداد زیادی اشکال پلی‌هدرال ساخت. [۷]

ساختمان نانولوله‌ها

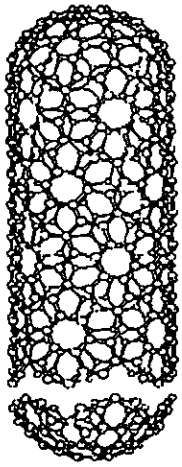
نانولوله‌ها در واقع استوانه‌های توخالی از اتم‌های کربن هستند. (شکل۲) از لحاظ ظاهر، نانولوله‌ها به‌صورت لایه لایه‌هایی از گرافیت هستند فاصله‌ی بین لایه‌ها ۰/۳۴nm است. مسیر پیوندهای کربنی به‌صورت مارپیچی هستند.

نانولوله‌ها به‌صورت میکروبلورهای لوله‌ای از گرافیت هستند و در سطح رویه‌ی لوله‌ها هیچ درز یا شکافی دیده نمی‌شود.

هر نانولوله دارای سطوحی با درجه‌ی پیچش، متفاوت است. در واقع، برای این‌که سطوح به بهترین شکل در کنار یکدیگر قرار بگیرند لازم است درجه‌های پیچش در لوله‌ها متفاوت باشد که در این صورت می‌تواند فاصله‌ی بین لایه‌ای را به کمترین مقدار برساند.

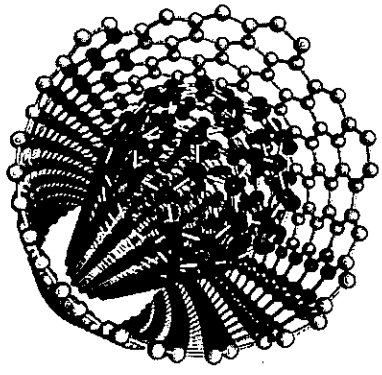
نانولوله‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند: نانولوله‌های تک‌جداره (SWNT)[۸]، نانولوله‌های چندجداره (MWNT)[۹]. نانولوله‌های چندجداره در واقع نانولوله‌های تک‌جداره‌ی هم‌مرکزی هستند که در برخی از آن‌ها بین این تک‌جداره‌ها برهم‌کنش ضعیفی (برهم‌کنش لبه ـ لبه) وجود دارد. به‌نظر می‌رسد این برهم‌کنش باعث تداوم رشد نانولوله‌ها در فرایند ساخت می‌شود (شکل۳)

طول نانولوله‌ها معمولاً بین ۱ تا ۱۰ میکرومتر است، اغلب آن‌ها تقریباً به‌طول ۲میکرومتر هستند و قطرشان حدوداً بین ۱ تا ۲۰ نانومتر است، یعنی ۱۰۰۰۰ بار کوچکتر از یک تار مو، بنابراین انتظار می‌رود نانولوله‌ها خواص مواد نانویی را دارا باشند. گاهی اوقات نانولوله‌ها به‌صورت رویه‌های گرافیتی کامل و بدون درز نیستند. در واقع یک لایه‌ی تک‌اتمی ـ ضخیم از گرافیت به نام گرافن[۱۰] به دور خود پیچیده می‌شود و نانولوله‌ی تک‌جداره را به صورت استوانه‌ی بدون درز تشکیل می‌دهد (شکل۴) روشی که صفحه‌های گرافن پیچیده می‌شوند با جفت شاخص (n,m) (بردارهای چرخشی) تعیین می‌شود (شکل۵) n و m اعداد صحیح هستند و اگر m = ۰



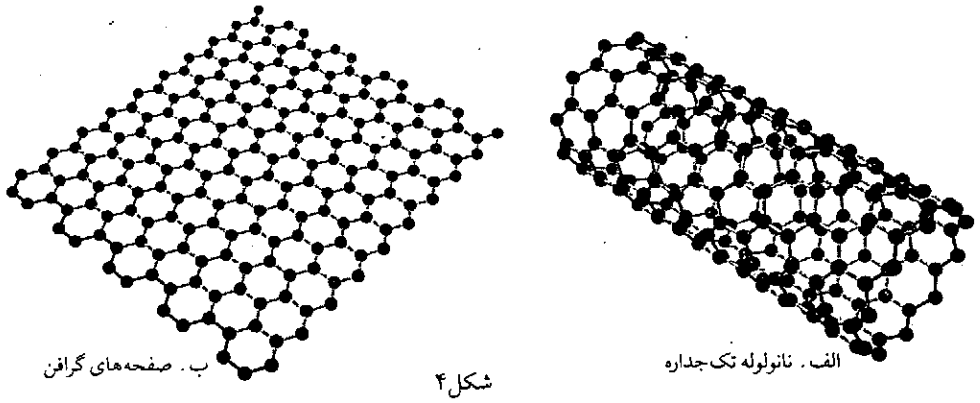
الف. نانولوله‌ی تک لایه

ب. نانولوله‌ی چند لایه ـ که لایه‌ها به‌صورت نانولوله‌های تک لایه‌ی هم‌مرکز هستند



ج. نانولوله‌ی چند لایه که لایه‌ها با هم برهم‌کنش ندارند

شکل۳



الف . نانولوله تک‌جداره

ب . صفحه‌های گرافن

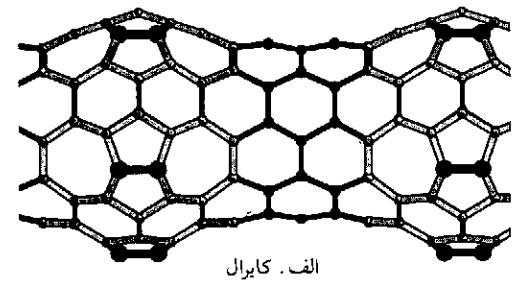
شکل۴

باشد نانولوله «زیگزاگ» نامیده می‌شود، اگر m=n «آرمچیر»[11] و اگر m≠n به آن «کایرال»[12] می گویند (رجوع شود به شکل ۶) این دسته از نانولوله ها به دلیل ویژگی های الکتریکی خاصی که دارند بسیار اهمیت دارند. این ویژگی‌ها منحصربه نانولوله‌ی تک‌جداره است و نانولوله های چند جداره از این ویژگی ها برخوردار نیستند. (شکل۴)

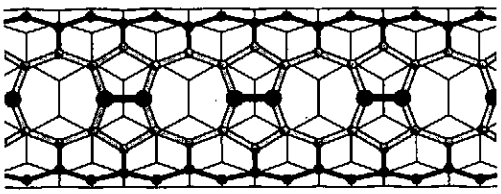
نانولوله های چندجداره به دو شکل تشکیل می شوند یا به صورت نانولوله های تک‌جداره هم‌مرکز که در برخی از انواع MWNT این SWNTها با هم برهم کنش دارند. یا ممکن است یک صفحه‌ی گرافیتی دور خودش مانند طومار پیچیده شود و MWNT را تولید کند. (شکل۵)

معیارهای مشخصه نانولوله ها قطر درجه‌ی مارپیچی و بردارهای غلتشی (n,m) است. (شکل۶ را ببینید)

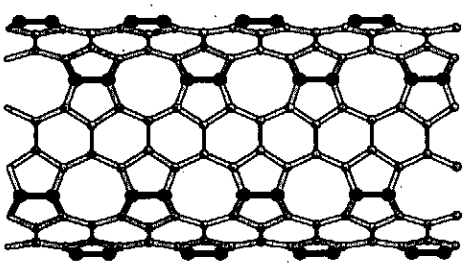
کیفیت نانولوله ها به روش تولیدشان بستگی دارد. تولید نانولوله ها بسیار ساده است، اما تولید با کیفیت بالا که به صورت هگزاگونال پیوسته و بدون درز باشد، به سادگی میسر نیست.



الف . کایرال



ب . زیگزاگ

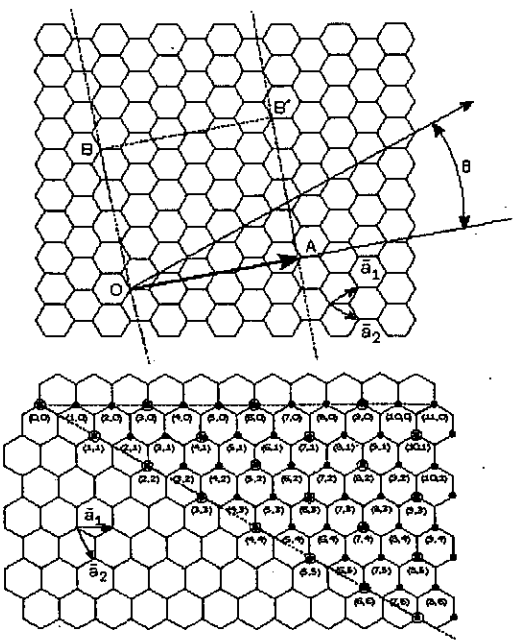


ج . آرمچیر

شکل۶ ـ نمونه های مختلف نانولوله ها

روش ساخت

روش های مختلفی برای تولید نانولوله ها وجود دارد. ۱. تخلیه‌ی قوس



شکل ۵ ـ بردارهای غلتشی n و m

۲ . مونوکسید کربن فشار بالا (Hipco) ۳ . فرساب لیزری ۴ . CVD[۱۳] . روش قوس کارآمدترین روش برای مقاصد علمی است ، و چون این روش در دماهای بسیار بالا (۴۰۰۰K) انجام می شود دارای ساختار منظمی است ، نانولوله ها به صورت دسته های کوچکی تشکیل می شوند و در کنار هم رشته های ۵۰μm را تولید می کنند .

نحوه ی جهت گیری نانولوله ها در رسوب نسبت به امتداد محور جریان قوس ، نانولوله های حاصله و کیفیت ساختار آن ها ، همگی به شرایط قوس بستگی دارد .

کمیت های مهم در تولید نانولوله ها عبارتند از : فشار خالص گاز ، سرعت رشد ، سرعت سرد شدن و پایداری پلاسمای قوس [۹] .

در شرایط مطلوب حدود ۶۰٪ مواد اصلی تبدیل به نانولوله می شوند [۹]

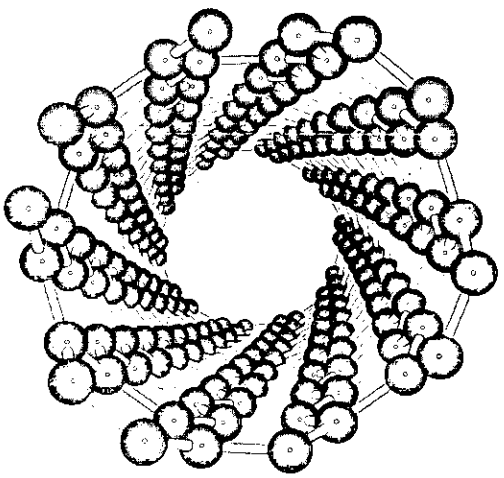
اسمالی با تشریح روند تشکیل نانولوله ها ، علت تشکیل لوله به جای شکل کروی را بررسی کرد . و علت را به این شکل بیان کرد :

میدان الکتریکی قوی ، که ناشی از ولتاژ در فضای لایه های باردار نزدیک کاتد است ، می تواند مسئول تولید چنین ساختاری باشد [۱۰] . گاملی[۱۴] (از دانشگاه بین المللی استرالیا) علت را به این ترتیب توضیح می دهد :

رقابتی که بین یون های کربنی ناهمگن که در یک جهت در ناحیه ی شکاف شتاب می گیرند ، و کربن هایی که از کاتد به صورت گرمایی تبخیر شده اند و با توزیع سرعت همگن به حرکت درمی آیند ، باعث تولید نانولوله ها می شود[۱۱] . به عبارت دیگر ، وجود محور تقارن در ناحیه ی واکنش ناشی از نمونه های کربن باعث تولید ساختار لوله ای می شود . این توضیح در مورد توزیع دوگانه ی نمونه های کربنی بیش تر با محصولات تولید شده سازگار است . (مثلاً در مورد نانو ذرات که پلی هدرال هستند و محور تقارن ویژه ای ندارند) .

بعدها در این روش کاتالیست های فلزی مانند کبالت ، آهن و نیکل به میله ی کربنی اضافه می شوند و برای تولید پلاسمای قوسی مورد استفاده قرار می گیرند که باعث ایجاد مقدار زیادی نانولوله ی تک رویه با قطر ۱٫۲nm می شود .

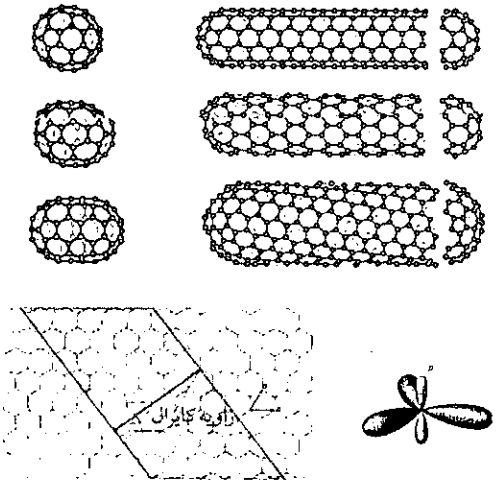
این روش وقتی برای اولین بار توسط دکتر تین و همکاران وی در IBM و NEC گزارش شد ، خیلی مورد توجه قرار گرفت زیرا این نوع نانولوله ها بیش از نانولوله های چندجداره با نظریه سازگار است . اما جدا کردن این نانولوله های تک رویه از فلزات باقی مانده و دوده مشکل بزرگی بود ، چرا که روش های تصفیه سازی به گونه ای نبود که این امکان را فراهم آورد . بعد از بررسی روش های مختلفی که به طور استاندارد برای تخلیص استفاده می شد (در NEC) ، کشف شد نانولوله ها می توانند در کوره ای با دمای ۱۰۰۰K به روش اکسایش تصفیه شوند . چون نانولوله ها از نوک درونی مورد استفاده قرار می گیرند روش اکسایش نتیجه های مهمی در بر داشت در شکل (۷) این تفاوت آشکارا دیده می شود . گرچه مقدار محصول خیلی کم بود ولی سرانجام مقداری نانولوله ی چندرویه خالص در دسترس بودند و می توانستند مورد مطالعه قرار گیرند . (شکل ۷)



شکل ۷ ـ درون یک نانولوله

ناکاملی ها

اغلب ، نانولوله ها دارای ناکاملی هایی هستند که ساختار آن ها را تغییر می دهند (مانند حلقه های پنج وجهی و هفت وجهی) و در بررسی ویژگی های آن ها باید در نظر گرفته شوند . نانولوله های چندجداره ناکاملی های بیشتری نسبت به نانولوله های تک جداره دارند به همین دلیل ساخت نانولوله های تک جداره از اهمیت بیشتری



شکل ۸ ـ
به لبه‌های نانولوله‌ها نگاه کنید
یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های نانولوله‌های کربنی زاویه‌ی کایرال آن‌هاست این زاویه نشان‌دهنده‌ی این است که صفحه‌های گرافن چطور دور هم پیچیده می‌شوند و یک استوانه را به‌وجود می‌آورند. اگر محور نانولوله‌ها هم‌راستا با خطوط افقی باشد ($\theta = 0$) (در شکل بالا) نانولوله‌ی زیگزاک نامیده می‌شود. محور نانولوله‌ها اگر در زوایای ۰ تا ۳۰ درجه جهت‌گیری کنند نانولوله کایرال نامیده می‌شود.

برخوردار است و ساخت آن‌ها نیز به مراتب مشکل‌تر است. درجه خلوص و کاملی مورد نیاز برای نانولوله‌ها به ویژگی مورد اندازه‌گیری بستگی دارد. کیفیت نانولوله‌های تولیدِ شده به روش کار بستگی دارد. به همین دلیل نتیجه‌هایی که گروه‌های کاوشگر مختلف بدست می‌آورند با هم متفاوت است، نانولوله‌ها در واقع رویه‌های گرافیتی هستند که مانند طومار لوله شده‌اند.

شکی نیست که این ساختار وجود دارد. اما این ساختار، ساختار تمام نمونه‌ها نیست. ثابت شده که نانولوله‌ها استوانه‌های به صورت لایه لایه از رأس، شروع به تحلیل رفتن می‌کنند و به طرف داخل می‌روند، اگر نانولوله‌ها درز (یا شکاف) داشتند، محل درز در هر جای لوله که باشد در ابتدای کار اکسیده می‌شود. ولی تاکنون چنین چیزی مشاهده نشده است. ناکاملی‌های نانولوله‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند: ناکاملی‌های مربوط به سطح آن‌ها (توپولوژی آن‌ها)، ناکاملی ناشی از دورگه شدن مجدد آن‌ها و پیوندهای ناکامل. ناکاملی‌های مربوط به توپولوژی ناشی از حضور حلقه‌های غیرشش‌وجهی در ساختار آن‌ها (به‌جز در سرها که به شش پنج‌وجهی برای بسته شدن آن نیاز دارد) است. این ناکاملی ناشی از جفت‌های پنج‌وجهی ـ هفت‌وجهی است. شیمیدان‌ها این ساختار را به عنوان ساختار آزولین[15] می‌شناسند. این جفت ۵/۷ باعث انحراف در ساختار نانولوله نمی‌شود. اما بسته به جهت‌گیری آن نسبت به محور لوله به آرامی قطر، درجه‌ی پیچش یا کایرالیتی[16] لوله را عوض می‌کند. بعضی از این جفت‌های ۵/۷ به سختی دیده می‌شوند مگر این‌که همه‌ی آن‌ها در یک جهت قرار بگیرند. در این حالت قطر نانولوله به تدریج زیاد می‌شود، این پهن‌شدگی گاهی دیده می‌شود و تناوب هر جفت ۵/۷ تقریباً هر ۳nm تخمین زده می‌شود. (شکل ۸)

مینگکلیو[17] و جان کولگ[18] از دانشگاه آریزونا نشان داده‌اند که نانولوله‌ها همیشه مانند استوانه نیستند بلکه ممکن است چندوجهی باشند حضور یک پنج‌وجهی در رأس می‌تواند باعث شود که نانولوله به‌جای حالت استوانه‌ای به شکل چندوجهی رشد کند که باعث ناکاملی دورگه شدن می‌شود.

سرانجام، پیوندهای ناکامل ناشی از جابه‌جاشدگی انتها هر رویه نیز دیده شده است. اما تناوب تکرار آن‌ها طوری است که به نظر نمی‌رسد در نمونه‌های معمولی که توسط قوس تولید شده، مشکل مهمی به وجود آورد. ممکن است تعجب کنید

که چرا نانولوله‌ها که در دمای ۴۰۰۰K رشد کرده‌اند هنوز دچار نقص و ناکاملی‌هایی هستند. این امر در حقیقت ناشی از مراحل رشد است. (شکل ۹)

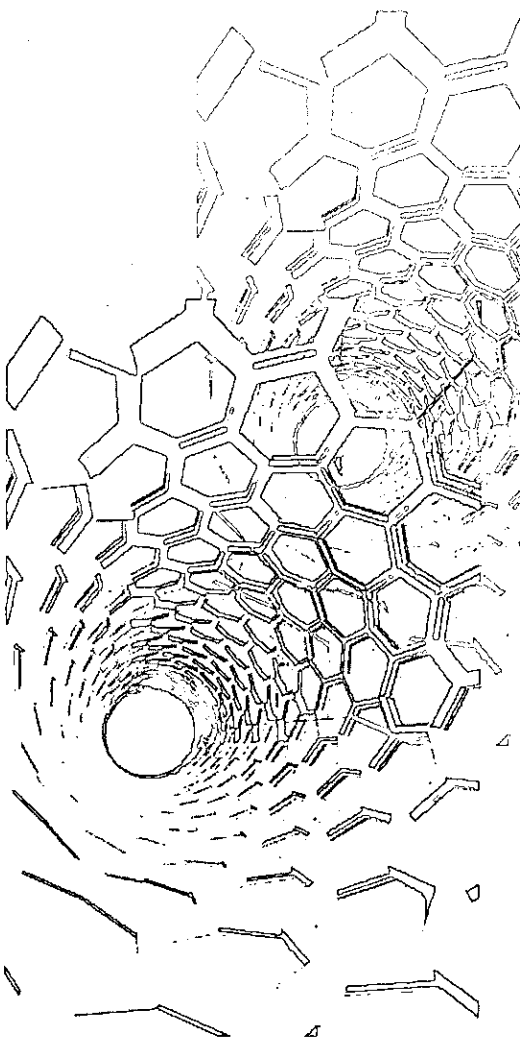
ویژگی‌ها

ـ سختی

نانولوله‌های کربنی یکی از مستحکم‌ترین موادی هستند که تاکنون دیده شده است. هم از نظر کششی هم از نظر مدول کشسانی. این استحکام به دلیل پیوندهای SP^2 کووالانتی است که بین اتم‌های کربن منفرد وجود دارد.

در سال ۲۰۰۰، نانولوله‌ی چندجداره‌ای (MWNT) مورد آزمایش قرار گرفت و قدرت کشش آن ۶۳GPa به‌دست آمد و مدول کشسانی آن از درجه‌ی ITPa به‌دست آمد [۱۴] و [۱۳].

چگالی نانولوله کربنی بسیار کم است: $1/3-1/4 g/cm^3$.



ویژگی‌های الکتریکی

به دلیل تقارن و ساختار الکترونی منحصر به فرد گرافن، ساختمان نانولوله‌ها به شدت بر ویژگی‌های الکترونی آن تأثیر می‌گذارد. برای یک جفت n و m مشخص، اگر $2n + m = 3q$ (q یک عدد صحیح است) این نانولوله فلزی خواهد بود در غیر این صورت نانولوله نیمرساناست. بدین ترتیب تمام نانولوله‌های آرمیچر (n=m) فلزی هستند و نانولوله‌های (۰ و ۵)، (۴ و ۶) و (۱ و ۹) و غیره نیمرسانا هستند. به لحاظ نظری، نانولوله فلزی می‌تواند چگالی جریانی را از خود عبور دهد که ۱۰۰۰ بار بزرگ‌تر از فلزهایی مانند نقره یا مس است.

ویژگی‌های گرمایی

نانولوله‌ها در طول لوله رساناهای بسیار خوبی هستند اما از پهلو عایق خوبی هستند.

کاربردها

سختی و انعطاف‌پذیری نانولوله‌ها باعث شده پتانسیل خوبی در کنترل ساختار نانویی دیگر داشته باشند و در مهندسی نانوفناوری نقش مهمی را بازی می‌کنند.

در حال حاضر به دلیل قدرت کشش بسیار خوب نانولوله‌ها از آن‌ها به‌عنوان فیبرهای مرکب در بسپار و بتون استفاده می‌شود تا ویژگی‌های الکترونی، گرمایی و مکانیکی تولیدات را بهبود بخشند. نانولوله‌ها به دلیل استحکام چگالی پائین در ساخت بسیاری از مواد مورد استفاده قرار می‌گیرند: لباس‌های ضدآب و مقاوم، بتون، پلی‌اتیلن، تجهیزات ورزشی (مانند راکت تنیس، توپ گلف، چوب گلف...)، بالابرهای فضایی.

کاربردهای دیگر: ساخت عضله‌های مصنوعی [۱۵]، باکی صفحه (صفحات ساخته شده از نانولوله‌ها که بسیار محکم‌تر از فولاد و ده‌بار سبک‌تر از آن است)، مدارهای رایانه، فیلمان‌ها، آهنرباها، سلول‌های خورشیدی، ابررساناها، خازن‌ها، ترانزیستورهای (FET)، فیلترهای آلودگی هوا [۱۶] و بسیاری مواد شیمیایی و مکانیکی دیگر.

نتایج برخی اندازه گیری ها در مورد نانولوله ی تک جداره

قطر متوسط SWNT ها	۱۰۲-۱۰۴nm [۱۸]
فاصله از اتم کربن روبه‌رو	۲/۸۳°A [۱۸]
فاصله ی پیوند تا کربن که به صورت موازی قرار دارد	
طول پیوند کربن (خط ۴)	۲/۴۵°A
تقارن گروه (۱۰ و ۱۰)	۱/۴۲°A
انرژی هم‌پوشانی پیوندهای C-C	C_{5v}
ثابت شبکه	~۲/۱۵ev
	۱۷A°
پارامتر شبکه	
آرمیچر (۱۰ و ۱۰)	۱۶/۷۸A° [۱۳]
زیگزاگ (۰ و ۱۷)	۱۶/۵۲A°
کایرال (۶ و ۱۲)	۱۶/۲۲A°
چگالی	
آرمیچر (۱۰ و ۱۰)	۱/۳۳g/Cm^۳
زیگزاگ (۰ و ۱۷)	۱/۳۴g/Cm^۳
کایرال (۶ و ۱۲)	۱/۴۰g/Cm^۳
فاصله ی بین لایه ها	
آرمیچر (n,n)	۳/۳۸A°
زیگزاگ (n,۰)	۳/۴۱A°
کایرال (۲n,n)	۳/۳۹A°

زیرنویس :

* عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد ـ تهران جنوب

۱ . Fullerrene- فولرن . c_n شکل جدیدی از مولکول‌های کربنی است که در آن ۶۰ اتم کربن دور هم جمع می شوند و مولکولی کروی به‌شکل توپ فوتبال را تولید می کنند نام باک مینستر فولرن گرفته شده است .

2. Iijima
3. kratchmer
4. Huffman
5. Ebbsen
6. Ajaian
7. Whiter
8. Single WalledNanoTubes
9. Multi WalledNano Tubes

۱۰ . گرافن صفحه مسطح (دوبعدی) از کربن پیوندی $sp^۲$ است که ضخامت مشخصی دارند و از سلول‌های پنج وجهی و هفت وجهی تشکیل شد در واقع تصویر دوبعدی از گرافیت سه‌بعدی است .

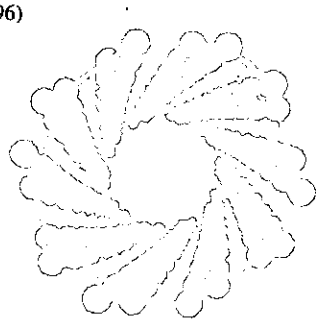
11. armchair
12. chiral
13. Chemical vapor deposition .
14. Gamaly
15. Azulin

۱۶ . chirality رجوع شود به شکل ۸ .

17. Mangqiliv
18. Jown cowleg

مراجع :

1. "Macroscopic Fibers and Ribbons of oriented carbon Nanotubes" Brigitte Vigolo, et al. Science, Vol 290, P 1331 (2000)
2. "Helical microtubules of graphitic carbon" S. Iijima. Nature, Vol 354. P 56 (1991)
3. "Large - Scale synthesis of carbon nanotubes" T. W. Ebbesen and PM. Ajaian, Nature, Vol 358, P 220 (1992)
4. Lecture given at Michigan state University by Phaedon Avouris (2000)
5. "Mass Production of nanotubes" Krachmer & Hullman Nature journal V 347
6. Carbon nanotubes Preparation and properties Ebbsen T. W. 1992
7. Approach curve method for large anode-cathode distance Jc. Whiters, V. P. Mammana. journal of Vocume Science & Technology March 2004 Volume 22 Issue 2 PP 715-720
8. A. Oberlin, M. Endo, T. Keyama, J. Crystal grows 1976, 32, 335
9. "Large-scale synthesis of carbon nanotubes" T. W. Ebbesen and PM Ajayan. Nature Vol. 358, P 220 (1992)
10. nanotube structure... Smalley
11. "Are Fullerenc tubules metallic?" Phy. Rev.Lett. Vol 68, P 631 (1995) Camaly
12. "Electronic structure of Graphcne tubules based on C. 60" R. saito, M. Fuijita, Phys. Rev. B Vol 46, P 18-4 (1992)
13. "Crystalline Ropes of Metallic Carbon Nanotubes", Science 273, 483 (1996) Andreas Thess, Roland Lee. Richard Smalley
14. "Energetic structure, Mechanical and Vibrational Properties of single Walled Carbon Nanotubes (SWNT)" Guanghua Gao, Tahir Cagin, (1997)
Location http://www. wag caltech. edu/ foresight/ foresight-2. html
15. Min. Feng Ya Bradley S files, Sivaram Arepalli Roelney S Ruoff. Phy. Rev Lett. 845552 (2000)
16. "TEM & SEM Images of Nanotubes" Zettle Research Group
Location: http://www Physics. berkeley. edu/ research/ zettl/ projects/ imaging. html
17. "High Resolution TEM observation of Single-Walled Carbon Nanotubes". Tara Spires and R. Malcolm Brown J. Department of Botany The university of Texas at Austin. 78713 (1996)



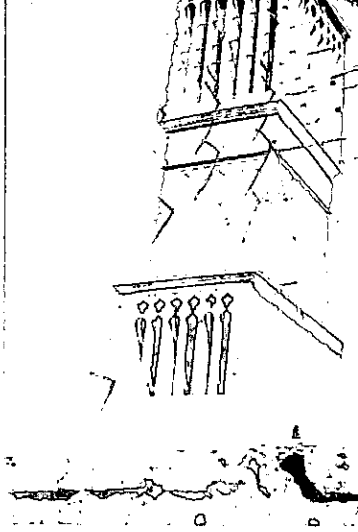
بادگیرها فیزیک

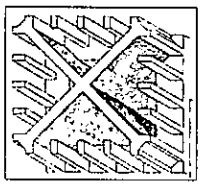
حسین کوشا
آموزش و پرورش یزد

اشاره

بشر از دیرباز سعی در به کارگیری طبیعت برای رفاه زندگی خود داشته است و همیشه در این فکر بوده است تا بر عامل‌هایی که آسایش وی را به هم می‌زنند، غلبه کند. در هر منطقه‌ای بسته به ویژگی‌های اقلیمی آن کوشش شده است تا عامل‌های محیطی را طوری در اختیار گیرد تا آسوده زندگی کند. از جمله عامل‌هایی که باعث دغدغه خاطر انسان می‌شود سرما و گرما و برف و باران بوده است. بنابراین برای در پناه بودن از آن‌ها به ساختن سرپناه پرداخت و این کار را از سنگ و چوب شروع کرد و به‌تدریج به تکامل آن‌ها پرداخت تا این که به ساختمان‌های جدید امروزی رسید. سازندگان بناها با استفاده از هوش و تجربه‌ی خود ساختمان‌ها را طوری طراحی می‌کردند که آن‌ها را در مقابل عامل‌های طبیعی مانند باد و باران و سرما و گرما محافظت کند.

به عنوان مثال در شمال کشور خانه‌ها را طوری بنا می‌کنند که در برابر باران مقاوم باشند، و در منطقه‌های کویری به گونه‌ای که آن‌ها را از گرمای خشک و سوزان تابستان و سرمای طاقت‌فرسای زمستان محفوظ دارد. این طبیعت بی‌رحم، آن‌ها را طوری بار آورده است که با بردباری و مقاومت، هوش و استعداد خود را به‌کار گرفته و با تلفیق خلاقیت، اراده‌ی قوی و سخت‌کوشی هنرآفرینی کنند و بر طبیعت خشن مسلط شوند. مثلاً برای خارج کردن آب از دل زمین به حفر قنات اقدام کنند که برخی از آن‌ها حدود ۶۰ کیلومتر طول دارد و با این سختی آب را که مایه حیات است از عمق زمین به سطح آن هدایت می‌کردند و با حفر کانال‌هایی آب را از رودخانه‌ها که در فصل بهار در منطقه‌های کوهستانی جاری بودند، به حاشیه‌ی کویر هدایت می‌کردند و از این آب برای کشت گندم و جو و محصولات بهار استفاده می‌کردند. یا این که با حفر چاه‌هایی به عمق ۴۰ تا ۸۰ متر به عمق زمین نفوذ و آب شرب خانه‌ها را تأمین می‌کردند. در محله‌هایی که در مسیر قنات است، با حفر تونل‌های شیبداری به نام «سرداب» یا «پاکنه» به قنات‌ها دسترسی پیدا می‌کردند تا از آب آن‌ها برای شست‌وشو و یا مصارف دیگر استفاده کنند. در کنار این سرداب‌ها به علت مرطوب و خنک بودن گنجه‌هایی وجود داشتند که در آن‌ها گوشت، میوه و سبزی‌ها را نگه‌داری می‌کردند. اکنون در خانه‌های قدیمی می‌توان آن‌ها را دید. از نمونه‌های جالب توجه آن می‌توان از دو سرداب در مسجد جامع کبیر یزد نام برد که می‌توان از آن‌ها بازدید کرد. علاوه بر این در برخی از خانه‌ها نیز باحفر چاه به این قنات‌ها دسترسی و از آب آن‌ها استفاده می‌کردند. این ساختمان‌ها تماماً از خشت خام ساخته شده‌اند و طراحی آن به صورتی است که هر قسمت از آن برای یکی از فصل‌های سال است. خشت، کار عایق گرما را انجام می‌دهد. همین طور از زیر زمین برای فرار از گرما استفاده می‌شده است. از جمله سازه‌هایی که برای تهویه‌ی خانه‌ها در مناطق کویری مانند کاشان، یزد، طبس و کرمان مورد استفاده قرار می‌گرفته «بادگیر» است به‌ویژه در یزد، که به شهر بادگیرها شهرت یافته است. بادگیر به نام‌های گوناگونی مانند «واتفر»، «بادهنج»، «خیشو» و «خیش‌خان» نامیده می‌شده است و شاید بتوان گفت که کولر آبی فعلی نیز با الهام گرفتن از همین وسیله ساخته شده است. بادگیرها از تنوع زیادی برخوردارند و بر اساس وضعیت اقلیمی هر منطقه به





شکل‌های گوناگون و در جهت‌های مختلف ساخته می‌شدند. بادگیر با توجه به جهت وزش باد با اشکال چهارگوش، شش‌گوش و هشت‌گوش ساخته می‌شده و طرح، شکل و اندازه‌ی آن به امکانات مالی و موقعیت اجتماعی خانواده بستگی داشته است، به عنوان مثال حاکمان سعی می‌کردند بادگیرهای بلندتری بسازند که نمونه‌ی آن بادگیر باغ دولت‌آباد است که ارتفاع آن از همه‌ی بادگیرها بیشتر و شاخص‌تر و مورد توجه گردشگران است. نمونه‌ی دیگر بادگیر بلند و دوطبقه است که در ابرکوه در باغ صدری وجود دارد و...

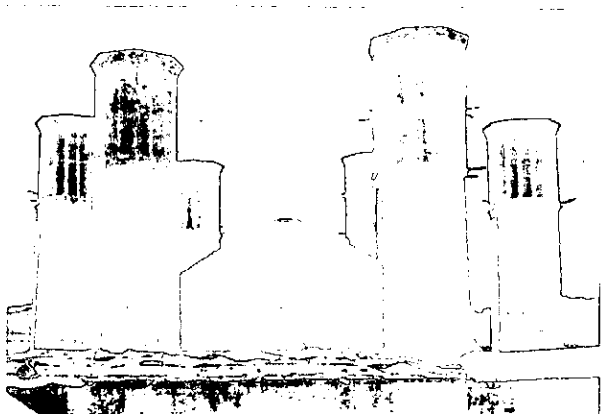
کسانی که امکان ساخت بادگیر را نداشتند معمولاً در ورودی خانه که دارای سقف گنبدی بود سوراخی تعبیه می‌کردند تا بر اثر جریان همرفتی، هوای محیط خنک شود. اکثر بادگیرهای یزد به شکل مکعب یا مکعب مستطیل ساخته شده‌اند و چهارطرفه هستند ولی در اردکان بادگیرها یک‌طرفه‌اند.

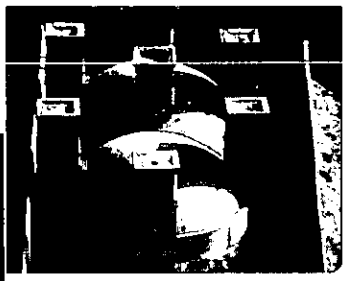
ساختمان بادگیر متشکل از مکعب یا مکعب مستطیلی است که در دو یا چهار طرف آن شکاف‌هایی تعبیه شده است. شیارهای یکی از وجوه مکعب که در مسیر باد قرار دارد هنگام وزش باد، آن را توسط کانال‌ها به درون ساختمان هدایت می‌کند.

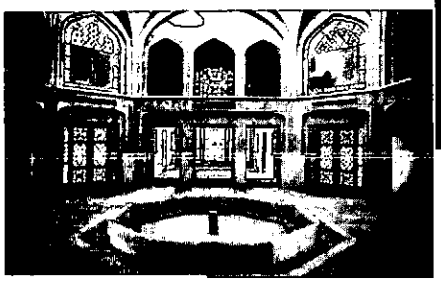
قطرهای مکعب با تیغه‌ای از آجر یا خشت خام تا بالای بادگیر چیده شده است و باد از هر طرف که بوزد در برخورد به این تیغه‌ها به طرف پایین و به طرف کانال هدایت می‌شود، سپس کانال باد را به محل سکونت که معمولاً اتاق بزرگی به نام تالار و یا هشتی است، منتقل می‌کند. در انتهای هر کانال دریچه‌ای چوبی قرار دارد که کاربرد آن تنظیم باد و یا بستن کانال است. در زیر کانال‌ها برای مرطوب و خنک شدن محیط، آب می‌پاشیدند یا حوض کوچکی می‌ساختند و یا جوی آبی عبور می‌کرده است. در بعضی از خانه‌ها قسمتی از جریان باد از طریق کانال به طرف زیر زمین هدایت می‌شد و در زیر زمین باد داخل چاه می‌شد و با برخورد به آب چاه دُر امتداد کانال به سطح زیرزمین برمی‌گشت و هوای داخل زیرزمین را خنک می‌کرد. علاوه بر این در یزد آب انبارهایی وجود دارد که در قدیم آب آشامیدنی مردم را تأمین می‌کردند و برای دسترسی به آب آن باید از ده‌ها پله پایین رفت. آب این مخازن در تابستان خنک و گواراست و برای سرد کردن و سالم‌سازی آب آن‌ها نیز از بادگیر استفاده می‌شده است. متناسب با ظرفیت این آب انبارها ۲ تا ۷ بادگیر می‌ساختند. معروف‌ترین آن‌ها آب‌انبار شش‌بادگیری است که در مرکز شهر یزد قرار دارد و آب‌انبار دیگری که در حسین‌آباد اشکذر با ۷ بادگیر بنا شده است.

و اما در کار بادگیرها از قانون‌های مختلف فیزیک از جمله ترمودینامیک، اصل برنولی و برخی دیگر از قانون‌های ترمودینامیک بهره گرفته شده است.

همان‌طور که می‌دانیم بر اساس اصل برنولی آهنگ انتقال جرم معینی از شاره ثابت است، بنابراین هرجا سرعت شاره زیاد شود فشار کاهش می‌یابد و کاهش فشار موجب مکش و خنک شدن محیط می‌شود. بر اساس اصل برنولی فشار با سرعت شاره رابطه‌ی عکس دارد. در قسمت شکاف‌های ورودی، باد به درون کانال





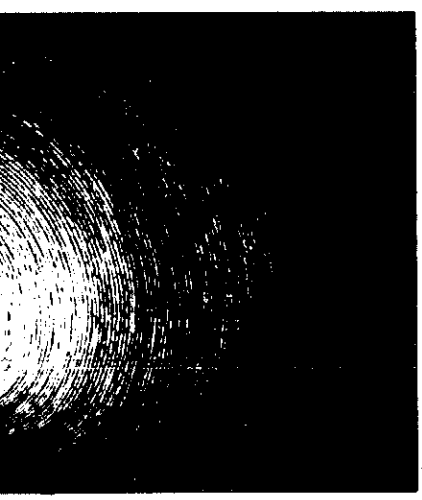


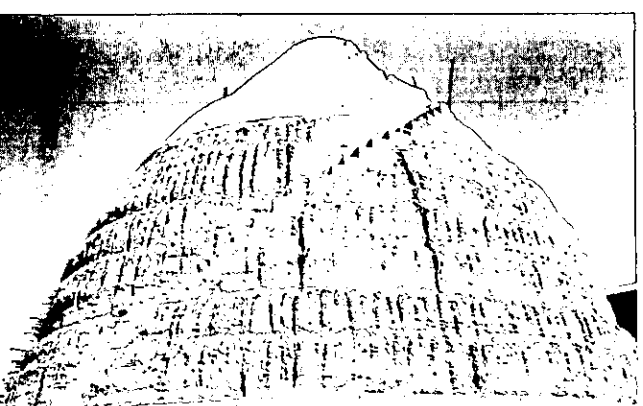
هدایت می‌شود و در طرف مقابل که هوا با سرعت از روی آن عبور می‌کند فشار کاهش می‌یابد و موجب مکش هوای گرم و کثیف از درون ساختمان می‌شود و هوای مطبوع و خنک را به درون ساختمان می‌آورد. ضمن این‌که جریان همرفتی را نیز نباید از نظر دور داشت. وجود حوض کوچک آب زیر بادگیر، آب پاشیدن در زیر کانال، یا عبور جوی آب از زیر آن موجب تبخیر سطحی و خنکی محیط می‌شود. همان‌طور که می‌دانیم عامل‌های متعددی در آهنگ تبخیر سطحی مؤثرند. از جمله کاهش فشار، سرعت وزش باد و افزایش سطح که همه این سازوکارها در ساختمان بادگیر به کار گرفته شده است.

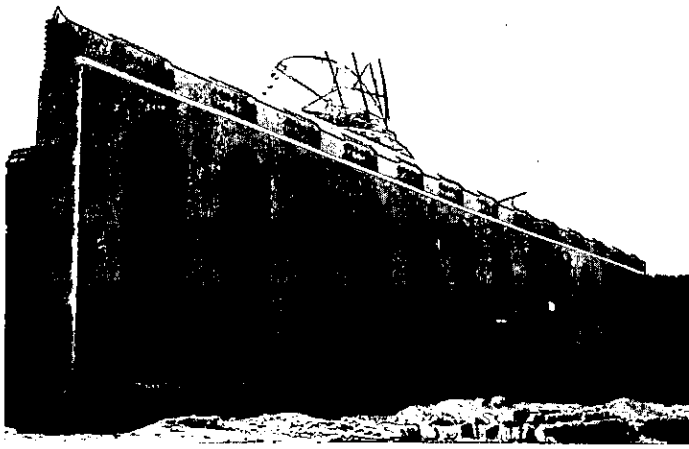
عامل فیزیکی دیگر که در ساختمان بادگیرها مورد استفاده قرار می‌گیرد و حتی در صورت نوزیدن باد نیز عمل می‌کند، روش همرفتی است به این صورت که دیواره‌ی بادگیرها معمولاً ضخامت زیادی ندارد و به علت نازک بودن این دیواره و تابش نور خورشید بر دیواره موجب گرم شدن هوای مجاور دیواره داخلی و ایجاد جریان همرفتی می‌شود. هوای گرم بالا می‌رود و هوای سرد جای آن را می‌گیرد، در نتیجه هوای درون ساختمان تهویه و خنک می‌شود.

پدیده‌هایی که در بالا بیان شد، در ساختمان بازارچه‌ها و چهارسوق‌ها نیز مورد استفاده قرار گرفته است. به عنوان مثال در محل ورودی بعضی از خانه‌ها محوطه‌ای مانند هشتی وجود داشت که «کریاس» نامیده می‌شد. این محوطه نیز مانند بازارچه‌ها سقفی گنبدی داشت و در بالای سقف آن سوراخی تعبیه شده بود که کار مکش هوای گرم و جایگزینی هوای مطبوع را انجام می‌داد. در بعضی از خانه‌ها و یا در کنار آب‌انبارها حوض خانه‌هایی وجود داشت که در اطراف آن سکوهایی می‌ساختند تا در تابستان به عنوان محل استراحت و در امان بودن از هوای گرم مورد استفاده قرار گیرد که نمونه‌ای از آن را می‌توان در مسجد جامع کبیر یزد مشاهده کرد.

جای آن دارد که از وجود یخچال‌هایی نام برده شود که آثار آن هنوز در اردکان، میبد و ابرکوه مشاهده می‌شود. این یخچال‌ها برای ذخیره‌سازی یخ در زمستان و استفاده‌ی آن در تابستان مورد استفاده قرار می‌گرفتند. ساختمان این یخچال‌ها از مخزن بزرگی شبیه مخزن آب‌انبار تشکیل شده بود که در عمق زمین حفر و ساختمان گنبدی یا مخروطی شکلی از خشت و گل روی آن بنا می‌شد، در مجاور این یخچال‌ها دیوار بلندی تقریباً در امتداد شرق به غرب کشیده می‌شد که در تمام مدت روز در ایام زمستان به دلیل متمایل بودن خورشید به سمت جنوب در این فصل سایه‌ای رو به شمال به وجود می‌آورد. در سمت شمالی این دیوار جوی بزرگ و پهنی احداث می‌شد تا آب درون آن بر اثر سرمای زمستان به یخ تبدیل شود و سایه‌دیوار مانع از تابش آفتاب و ذوب شدن یخ در طول روز گردد. این یخ‌ها را در میانه‌ی روز جمع‌آوری می‌کردند و به درون مخزن می‌ریختند. وقتی مخزن پر می‌شد به دلیل نارسانا بودن دیواره‌ها و یخ، گرما نمی‌توانست به درون مخزن نفوذ کند و







قسمت عمده ی یخ ها تا فصل تابستان باقی می ماند و مورد استفاده قرار می گرفت. نباید از نظر دور داشت که عامل های فیزیکی دیگری در جامد نگه داشتن یخ مؤثر بودند. به عنوان مثال شکل ساختمان یخچال که شبیه آب انبار است و تبخیر سطحی که از سطح یخ و رطوبت ایجاد می شود بر روی آن (به علت ذوب شدن قسمتی از آن) صورت می گیرد، همین طور بالا بودن گرمای نهان ذوب یخ می تواند به عنوان عامل های جلوگیری کننده از ذوب شدن یخ در نظر گرفته شوند.

اما هدف از طرح این مسائل چند نکته بوده است. یکی این که خدمت شما عزیزان عرض شود که فیزیک علمی مخصوص به یک دوره نیست و در همه ی ادوار پیشینیان ما بدون این که نامی از فیزیک بدانند تفکر فیزیکی داشته اند و آن ها را در بیشتر موارد زندگی لحاظ می کردند و این آثار بیانگر این تفکر است. دیگر این که توجه داشته باشیم که نباید فیزیک را در قالب فرمول ها و رابطه ها در کتاب ها فرا گرفت و صرفاً برای حفظ کردن و نمره گرفتن از آن استفاده کرد، بلکه باید فکر کنیم که از این دانسته ها چگونه در زندگی و کارهای خود بهره مند شویم و آن را به کار بگیریم. سوم این که گوشه ای از تلاش و کوشش مردم سخت کوش قدیم این دیار را که علم و عمل را با هم به کار می گرفته اند به شما معرفی کرده باشم و جرقه ای هرچند ناچیز در فکر شما برای ایجاد تحول و دگرگونی در اندیشه و عمل به وجود آورم و دریچه ای را از منظر فیزیک برای شناخت آثار و بناهای تاریخی این شهر خدمت شما معرفی کنم.

دفتر انتشارات کمک آموزشی

آشنایی با مجله های رشد

مجله های رشد توسط دفتر انتشارات کمک آموزشی سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی وابسته به وزارت آموزش و پرورش، با این عناوین تهیه و منتشر می شوند:

مجله های دانش آموزی (به صورت ماهنامه ـ ۸ شماره در هر سال تحصیلی ـ منتشر می شوند):

- **رشد کودک** (برای دانش آموزان آمادگی و پایه ی اول دوره ی ابتدایی)
- **رشد نوآموز** (برای دانش آموزان پایه های دوم و سوم دوره ی ابتدایی)
- **رشد دانش آموز** (برای دانش آموزان پایه های چهارم و پنجم دوره ی ابتدایی).
- **رشد نوجوان** (برای دانش آموزان دوره ی راهنمایی تحصیلی).
- **رشد جوان** (برای دانش آموزان دوره ی متوسطه).

مجله های عمومی (به صورت ماهنامه ـ ۸ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می شوند):

- **رشد معلم، رشد آموزش ابتدایی، رشد آموزش راهنمایی تحصیلی، رشد تکنولوژی آموزشی، رشد مدرسه فردا، رشد مدیریت مدرسه**

مجله های تخصصی (به صورت فصلنامه و ۴ شماره در سال منتشر می شوند):

- رشد برهان راهنمایی (مجله ی ریاضی، برای دانش آموزان دوره ی راهنمایی تحصیلی)، رشد برهان متوسطه (مجله ی ریاضی، برای دانش آموزان دوره ی متوسطه)، رشد آموزش معارف اسلامی، رشد آموزش جغرافیا رشد آموزش تاریخ، رشد آموزش زبان و ادب فارسی، رشد آموزش زبان رشد آموزش زیست شناسی، رشد آموزش تربیت بدنی، رشد آموزش فیزیک، رشد آموزش شیمی، رشد آموزش ریاضی، رشدآموزش هنر، رشد آموزش قرآن، رشد آموزش علوم اجتماعی، رشد آموزش زمین شناسی، رشد آموزش فنی و حرفه ای و رشد مشاور مدرسه.

مجله های رشد عمومی و تخصصی برای آموزگاران، معلمان، مدیران و کادر اجرایی مدارس
دانشجویان مراکز تربیت معلم و رشته های دبیری دانشگاه ها و کارشناسان تعلیم و تربیت تهیه و منتشر می شوند.

• نشانی: تهران، خیابان ایرانشهرشمالی، ساختمان شماره۴ آموزش و پرورش، پلاک ۲۶۸، دفتر انتشارات کمک آموزشی.
تلفن و نمابر: ۸۸۳۰۱۴۷۸

برگ اشتراک مجله های رشد

شرایط

۱ـ واریز مبلغ ۲۰/۰۰۰ ریال به ازای هر عنوان مجله درخواستی، به صورت علی الحساب به حساب شمارهٔ ۳۹۶۶۲۰۰۰ بانک تجارت شعبه سه راه آزمایش (سرخه حصار) کد ۳۹۵ در وجه شرکت افست.

۲ـ ارسال اصل رسید بانکی به همراه برگ تکمیل شده اشتراک.

- **نام مجله :** .....
- **نام و نام خانوادگی:** .....
- **تاریخ تولد:** .....
- **میزان تحصیلات:** .....
- **تلفن:** .....
- **نشانی کامل پستی:**

استان: ..... شهرستان: .....

خیابان: .....

.....

پلاک: ..... کدپستی: .....

- **مبلغ واریز شده:** .....
- **شماره و تاریخ رسید بانکی:** .....
- **آیا مایل به دریافت مجله درخواستی به صورت پست پیشتاز هستید؟ بله ☐ خیر ☐**

امضا:

نشانی: تهران ـ صندوق پستی مشترکین ۱۶۵۹۵/۱۱۱

نشانی اینترنتی: www.roshdmag.ir

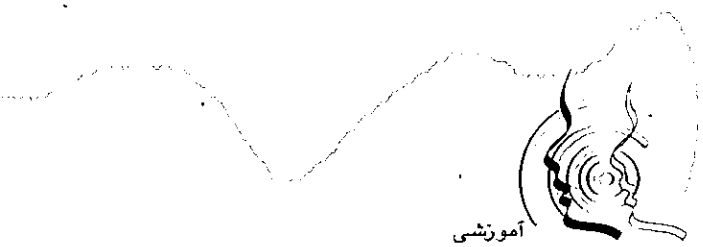
پست الکترونیک: Email:info@roshdmag.ir

امور مشترکین: ۷۷۳۳۶۶۵۶ـ۷۷۳۳۹۷۱۳ـ۱۴

پیام گیر مجلات رشد: ۸۸۳۰۱۴۸۲ ـ ۸۸۸۳۹۲۳۲

یادآوری:

- هزینه برگشت مجله در صورت خوانا و کامل نبودن نشانی، بر عهده مشترک است.
- مبنای شروع اشتراک مجله از زمان وصول برگ اشتراک است.
- برای هر عنوان مجله برگ اشتراک جداگانه تکمیل و ارسال کنید (تصویر برگ اشتراک نیز مورد قبول است).



تأملی بر پاسخ ب

سید جعفر مهرداد

قیفی حول محور قائمی می چرخد. روی دیواره داخلی قیف جسم کوچکی به جرم m در مکانی به شعاع r نسبت به قیف ساکن می ماند. سرعت زاویه ای قیف باید به حد چه مقداری برسد که جسم **روی دیواره به بالا رود**. زاویه دیواره قیف با افق θ و ضریب اصطکاک μ است.

در پاسخ به این پرسش دو روش به قرار زیر به کار می رود.

روش اول:

مطابق شکل(۱) نیروهای حقیقی یا واقعی که بر جسم کوچک وارد می شوند عبارتند از:

۱. mg گرانش زمین

۲. N نیروی عمودی دیواره

۳. $f_{s,max} = \mu N$ نیروی مماسی دیواره یا نیروی اصطکاک

برای مشخص کردن مکان، مسیر، سرعت و... یک جسم متحرک معمولاً دستگاه مختصات مناسبی مثلاً دستگاه مختصات متصل به زمین را اختیار می کنند و آن را چارچوب مرجع حرکت می نامند. وقتی قانون لختی نیوتن را برای حرکت اجسام نسبت به این چارچوب مرجع صادق فرض کنیم آن چارچوب مرجع را چارچوب مرجع لخت می نامیم. **معادله نیوتون به صورت $\vec{F} = m\vec{a}$ فقط در چارچوب مرجع لخت صادق است**. جسم کوچک روی دیواره قیف با سرعت زاویه ای ω دایره ای به شعاع r می پیماید. مطابق معادله قانون دوم نیوتون $F = ma = mr\omega^2$ است. F برآیند نیروهای وارد بر جسم و عامل حرکت دایره ای آنست و آن را نیروی مرکزگرا می نامند.

نیروها را در امتداد افق و قائم تصویر می کنیم. مؤلفه های قائم نیروها همدیگر را خنثی می کنند و مؤلفه های افقی نیروها نیروی مرکزگرا را می سازند و در نتیجه جسم کوچک روی دایره ای به شعاع

تأملی بر پاسخ به یک پرسش مکانیک

r حرکت می‌کند. بنابراین در امتداد افق خواهیم داشت

$$N\sin\theta+\mu N\cos\theta=mr\omega^2 \qquad (1)$$

و در امتداد قائم

و یا

$$N\cos\theta=mg+\mu N\sin\theta$$

$$N\cos\theta-\mu N\sin\theta=mg \qquad (2)$$

$$\frac{(1)}{(2)}\Rightarrow\omega=\left[\frac{g(\sin\theta+\mu\cos\theta)}{r(\cos\theta-\mu\sin\theta)}\right]^{\frac{1}{2}}$$

مثال عددی:

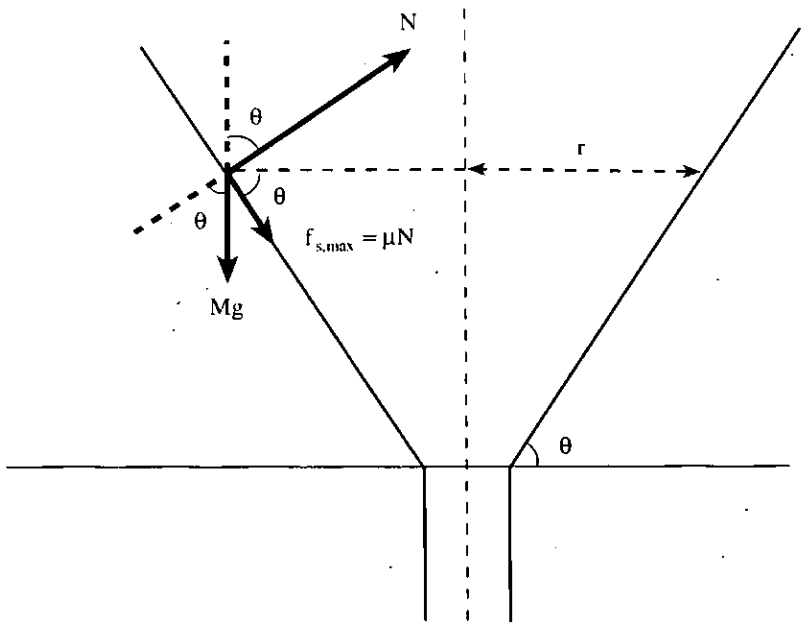
$\theta=60^\circ$ و $r=20cm$ و $\mu=0/1$ و $g=980cm/s^2$ نتیجه می‌شود.

$$\omega=10/42\,rad/sec$$

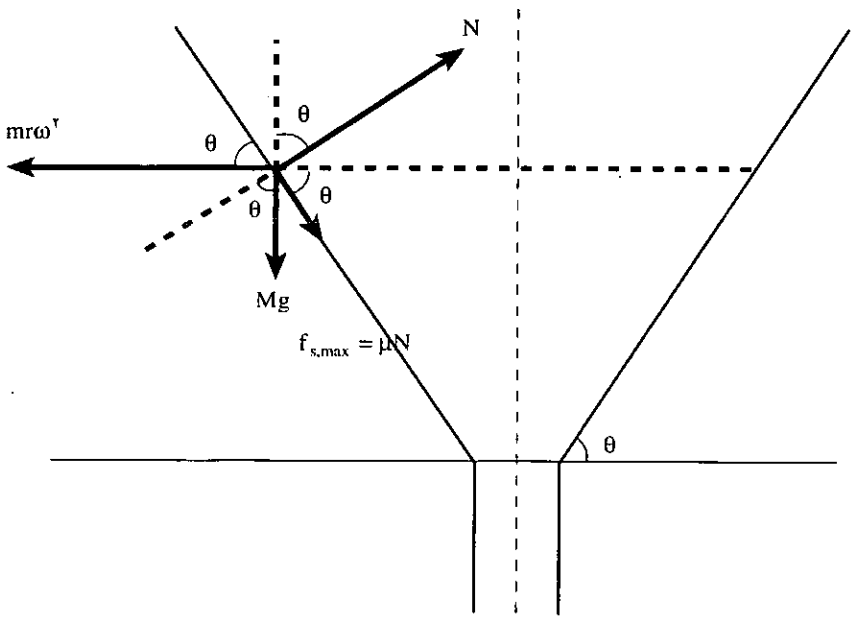
و اگر اصطکاک را نادیده بگیریم $\omega=\sqrt{\frac{g}{r}tg\alpha}\neq 12\frac{rad}{sec}$ است.

روش دوم:

این پرسش را به صورت دیگری پاسخ می‌دهیم. چون جسم کوچک نسبت به قیف ساکن است می‌توان فرض کرد که مطابق شکل(۲) بین نیروهای واقعی وارد بر جسم کوچک و نیروی



شکل ۱



شکل ۲

$F_i = -ma = -mr\omega^2$ تعادل برقرار شده است.

این نیروی فرضی را **نیروی لختی** (نیروی اینرسی) می‌نامند و به عنوان نیروی پنداری، نیروی والدمیر، نیروی اضافی، شبه نیرو، نیروی کاذب، نیروی مجازی و در حرکت دایره‌ای نیروی مرکز گریز به‌کار می‌برند. دستگاه مختصات یا چارچوب مرجع **حرکت متصل به قیف** را در نظر می‌گیریم. جسم کوچک نسبت به این مرجع حرکت، ساکن است در حالی که برآیند نیروهای واقعی وارد بر جسم مخالف صفر است و قانون لختی صادق نیست. این مرجع حرکت را نالخت می‌نامند.

با دخالت دادن **نیروی لختی** نظیر نیروی مرکز گریز می‌توان قانون دوم نیوتن را که شامل قانون اول یا قانون لختی است به چارچوب مرجع نالخت هم تعمیم داد.

وقتی از ناظر چارچوب مرجع حرکت سخن می‌گوییم مقصود این است که این ناظر کمیت‌های فیزیکی را نسبت به همان چارچوب مرجع حرکت خود اندازه‌گیری می‌کند. در روش اول از دید ناظر لخت برآیند نیروهای وارد برجسم نیروی مرکزگرا را می‌سازد که باعث حرکت دایره‌ای جسم می‌شود. در روش دوم از دید ناظر نالخت جسم نسبت به چارچوب مرجع نالخت ساکن و شتاب آن صفر است. برآیند مجموعه نیروهای واقعی وارد بر جسم و نیروی لختی نیز برابر صفر است.

جمع جبری مؤلفه‌ها را در دو امتداد افق و قائم برابر صفر قرار می‌دهیم همان رابطه قبلی مربوط به ω را به‌دست می‌آوریم. در روش دوم مسأله دینامیک به استاتیک تبدیل شده است. این روش اگرچه آسان است ولی مطرح کردن نیروی لختی به خصوص برای نوآموزان می‌تواند گمراه کننده باشد زیرا که نیروهای واقعی و مجازی با هم می‌آمیزند و حرکت آشکار به سکون مجازی تبدیل می‌گردد.

می‌توان سرعت زاویه‌ای قیف را برای حالتی پیدا کرد که جسم روی دیواره داخلی قیف در آستانه لغزش به سوی پایین است. می‌توان به این پرسش مانند پرسش قبل به دو روش از دید ناظر لخت یا ناظر نالخت پاسخ داد و با محاسبه‌هایی نظیر روش‌های پیش نتیجه بگیریم:

$$\omega = \left[\frac{g(\sin\theta - \mu\cos\theta)}{r(\cos\theta + \mu\sin\theta)}\right]^{\frac{1}{2}}$$

برای این حالت $\omega = 8/26 rad/sec$ به دست می‌آید.[۵]

زیرنویس:

*ADVANCED PROBLEMS IN PHYSICS, 1979, P.67

درباره تعمیم قانون دوم نیوتون برای چارچوب مرجع نالخت مقاله‌های زیر هم در رشد آموزش فیزیک انتشار یافته است.

۱. نیروی گریز از مرکز شماره ۱۰-۹ سال ۱۳۶۶ از صفحه ۲۷ تا ۳۲

۲. نیروی گریز از مرکز واقعیت و توهم شماره ۱۸-۱۷ سال ۱۳۶۸ از صفحه ۶۲ تا ۶۹

۳. نیروی کوریولیس شماره ۲۷-۲۶ سال ۱۳۷۰ از صفحه ۱۸ تا ۲۵

۴. قانون دوم نیوتون در چارچوب مرجع شتابدار شماره ۶۴ سال ۱۳۸۲ از صفحه ۸ تا ۱۳

خطاهای رایج در فیزیک:

کمترین نیرو برای لغزاندن جسمی بر روی جسم دیگر چقدر است؟

محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر
khoshbin@talif.sch.ir

اشاره

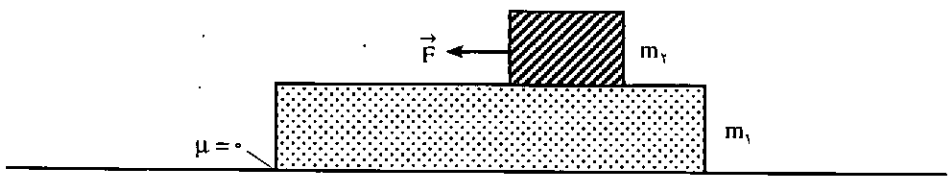
همواره در حین تدریس مبحث قانون دوم نیوتون هنگامی که به این مسئله‌ی مشهور فیزیک هالیدی [۱] می‌رسم در تفهیم آن به دانشجویانم دچار مشکل می‌شوم.

مسئله. در شکل، تخته‌سنگی به جرم $m_1 = 40kg$ روی کف بدون اصطکاکی ساکن است و قطعه‌ای به جرم $m_2 = 10kg$ به حالت سکون روی تخته‌سنگ قرار داده شده است. ضریب اصطکاک ایستایی میان قطعه و تخته‌سنگ ۰/۶۰ و ضریب اصطکاک جنبشی میان آنها ۰/۴۰ است. قطعه توسط نیروی افقی $\vec{F}$ به بزرگی ۱۰۰N کشیده می‌شود. شتاب حاصل در قطعه و تخته‌سنگ را محاسبه کنید(شکل ۱).

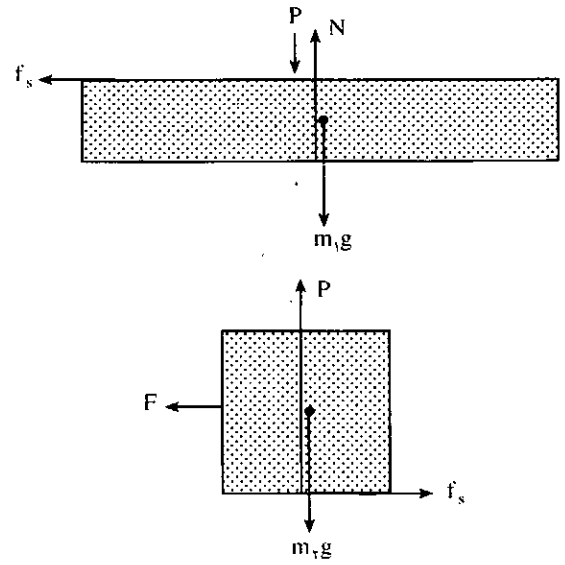
بدیهی است که روش حل مسئله این است که بدانیم آیا $\vec{F}$ به هر جسم، شتاب مستقلی می‌دهد یا هر دو جسم با هم بر روی سطح می‌لغزند و شتاب یکسانی خواهند داشت. ولی مشکل از همین‌جا شروع می‌شود. دانشجویان احساس می‌کنند اگر m_2 بخواهد بر روی m_1 شتاب بگیرید باید $\vec{F}$ وارد شده از بیشینه‌ی نیروی اصطکاک ایستایی میان m_1 و m_2 بیشتر باشد و اصلاً متوجه هویت تخته‌سنگ (m_1) نیستند که بر روی سطح بدون اصطکاکی قرار گرفته است. یعنی برای آنها (و متأسفانه بسیاری از مدرسان فیزیک) هیچ تفاوتی بین اینکه m_2 روی سطح زمین با جرم نامتناهی و یا روی m_1 با جرم معمولی قرار گیرد، وجود ندارد. این استدلال که $\vec{F}$ باید بزرگ‌تر از بیشینه‌ی نیروی اصطکاک ایستایی باشد، در واقع برای هنگامی صحیح است که m_2 روی سطح زمین یا جسمی بسیار سنگین قرار گرفته باشد و اصلاً در اینجا به‌کار نمی‌آید.

احتمالاً ریشه‌ی این مشکل به مطالعات قبلی دانشجویان و نحوه‌ی تدریس مکانیک در دوره‌ی دبیرستان بازمی‌گردد. تعدادی حل‌المسائل نیز از دوره‌ی دانشجویی خود نگارنده در سطح دانشگاه‌ها بوده‌اند که عمدتاً با کپی‌برداری از یک منبع انگلیسی[۲] و وحی منزل دانستن آن، این حل غلط را جا انداخته‌اند به گونه‌ای که حتی تفهیم آن به خود مدرسان فیزیک دانشگاه هم مشکل شده است و من این را به عینه در جلسه‌ی طرح سؤال امتحان فیزیک (۱) در یکی از دانشگاه‌های سراسری کشور دریافتم. برای یک مدرس، هیچ چیز بیشتر از باز بودن ذهن او اهمیت ندارد. جالب است بدانید که خود من نیز تا پیش از تدریس در دانشگاه و حتی در دو سال اول تدریس خود بر مبنای همان تصور غلط، این مسئله را حل می‌کردم تا اینکه در سال ۱۳۷۷ با پرسش یکی از دانشجویانم به چالش کشیده شدم و آنگاه بود که به حل صحیح این مسئله پی‌بردم. و اما حل مسئله.

حل. نخستین کار برای حل چنین مسائلی رسم نمودار جسم-آزاد است. نیروهای وارد بر m_1 و m_2 به قرار زیر می‌شود:



شکل ۱



که در آن P نیروی عمودی است که دو جرم بر هم وارد می‌کنند و N نیروی عمودی سطح وارد از زمین بر m_1 است. حال پرسشی که مطرح است این است که آیا F باعث شتابی مجزا به جرم‌های m_1 و m_2 می‌شود و یا هر دو را با یک شتاب حرکت می‌دهد؟ برای پاسخ به این پرسش به دنبال آن نیروی بیشینه‌ی F_{max} می‌گردیم که به هر دو جسم تک‌شتاب a را بدهد. به این منظور، قانون دوم نیوتون را برای جرم‌های m_1 و m_2 در دو راستای x و y می‌نویسیم. با در نظر گرفتن سوی x+ به سمت چپ خواهیم داشت:

m_1 جرم : $f_s = m_1a$ و $N = P + m_1g$

m_2 جرم : $F - f_s = m_2a$ و $P = m_1g$

که البته معادله‌ی در راستای y مربوط به جرم m_1 در اینجا به کارمان نمی‌آید. توجه کنید که چون به دنبال F_{max} می‌گردیم، بنابراین نیروی اصطکاک ایستایی باید برابر با مقدار بیشینه‌ی $f_{s,max} = \mu_s P$ باشد. پس، معادله‌ی مربوط به جرم m_2 به صورت $F_{max} - f_{s,max} = m_2a$ درمی‌آید که با حذف a بین آن و معادله‌ی اول برای جرم m_1 به رابطه‌ی زیر می‌رسیم:

$$F_{max} = (m_1 + m_2)\frac{f_{s,max}}{m_1} = (\frac{m_1 + m_2}{m_1})\mu_s m_2 g$$

$$= (\frac{40+10}{40})(0/60)(10)(9/8) = 73/5N$$

این پاسخ بدین معنی است که به ازای هر نیروی بزرگتر از 73/5N، دو جسم شتاب مجزایی می‌گیرند. چون در اینجا $F = 100N$ است، هریک از دو قطعه شتاب مجزایی خواهند گرفت و بنابراین در روابط قانون دوم نیوتون باید f_s را با $f_k = \mu_k P$ جایگزین کرد و نیز شتاب‌های مجزایی برای دو قطعه در نظر گرفت که بعداً آنها را به دست می‌آوریم. توجه کنید که اگر از روش غلط مرسوم استفاده می‌کردیم، چه می‌شد؟ طبق این روش باید $F > f_{s,max}$ باشد تا قطعه‌ی m_2 بر m_1 بلغزد و دو قطعه شتاب مجزایی بگیرند. برای $f_{s,max}$ داریم:

$$f_{s,max} = \mu_s P = \mu_s m_2 g = (0/60)(10)(9/8) = 58/8N$$

و بعد استدلال می‌شود که چون $F = 100N$ بزرگتر از $f_{s,max}$ است، m_1 بر m_2 می‌لغزد. توجه کنید که هر دو حل می‌گویند m_2 بر m_1 می‌لغزد؛ ولی این از خوش‌شانسی حل دوم است که صورت مسئله $F = 100N$ داده است. فرض کنید که اگر صورت مسئله $F = 65N$ داده بود چه می‌شد؟ طبق راه‌حل غلط، چون $65N > f_{s,max}$ است کماکان جسم دوم بر جسم اول می‌لغزید، در حالی که طبق راه حل صحیح چون 65N کوچکتر از 73/5N به دست آمده در بالاست، هر دو جسم با هم شتاب می‌گیرند. خوب است قبل از اینکه جواب مسئله را که خیلی سر راست است به دست آورم، توجه شما را به این نکته جلب کنم که همان‌طور که پیشتر اشاره کردم وقتی که m_1 خیلی سنگین باشد آنگاه می‌توانیم از همان استدلال غلط استفاده کنیم. یعنی فقط بزرگی F را با نیروی اصطکاک مقایسه کنیم. به این منظور دوباره سراغ F_{max} می‌رویم و آن را چنین می‌نویسیم:

$$F_{max} = (\frac{m_1 + m_2}{m_1})\mu_s m_2 g = \frac{m_1(1+\frac{m_2}{m_1})}{m_1}\mu_s m_2 g$$

$$= (1 + \frac{m_2}{m_1})\mu_s m_2 g$$

حال اگر $m_1 >> m_2$ باشد آنگاه $\frac{m_2}{m_1} \simeq 0$ شده و از آنجا به رابطه‌ی $F_{max} = \mu_s m_2 g$ می‌رسیم که همان $f_{s,max}$ است. یعنی اگر m_1 خیلی بزرگ باشد کافی است که F را با بیشینه‌ی نیروی اصطکاک ایستایی مقایسه کنیم ولی در غیر این صورت باید راه‌حل صحیح را پی بگیریم. **آنچه که در بالا نشان دادیم از لحاظ فیزیک بسیار مهم است. زیرا طبق اصل «تطابق»، یک حالت کلی در فیزیک باید به حالت‌های خاص میل کند، وگرنه آن استدلال درست نیست.**

بقیه‌ی راه‌حل بدیهی است و داریم:

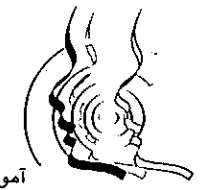
$$a_1 = \frac{\mu_k P}{m_1} = \frac{\mu_k m_2 g}{m_1} = 0/98 m/s^2$$

$$a_2 = \frac{F - \mu_k m_2 g}{m_2} = 6/08 m/s^2$$

مرجع:

۱. مسئله‌ی ۳۰ فصل ششم ویرایش هفتم مبانی فیزیک، نوشته‌ی هالیدی-رزنیک-واکر. ترجمه‌ی: محمدرضا جلیلیان نصرتی، محمد عابدینی و محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر. انتشارات صفار (۱۳۸۴).

۲. حل‌المسائل فیزیک هالیدی، ادوارد دربنگ، ترجمه‌ی محمود بهار، انتشارات مبتکران، (که به غلط ناشر برای فروش کتاب خود نام هالیدی و رزنیک را هم به آن افزوده است).



تمام‌نگاری

گردآوری و تنظیم مهشید آشنا
دبیر دبیرستان شاهد شهرستان استهبان

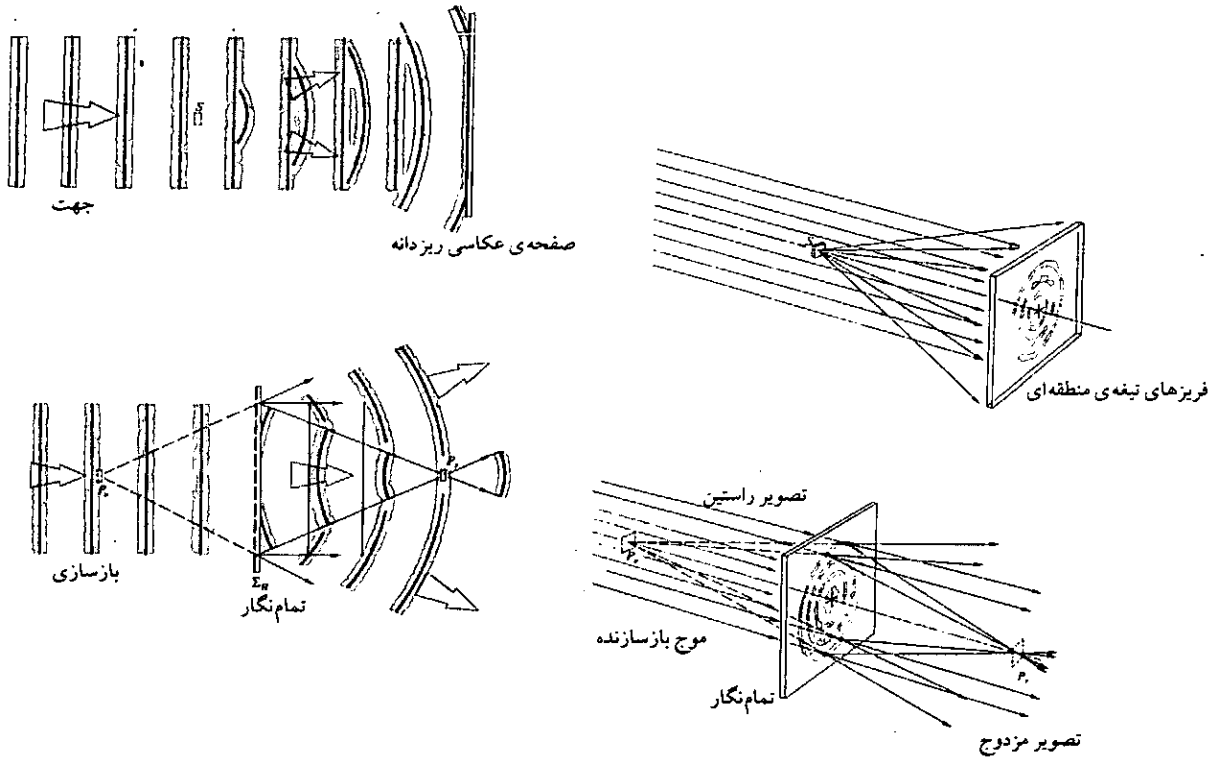
هولوگرافی (تمام‌نگاری) یعنی تولید تصویر کامل و سه‌بعدی از یک شئ سه‌بعدی. این کار به‌وسیله پرتوهای لیزر انجام می‌شود. پرتوهای لیزر همدوس را به طرف هدف نشانه می‌گیرند و در سر راه مانع‌هایی قرار می‌دهند. پرتوها پس از برخورد با مانع و منحرف شدن، در جایی با هم تداخل می‌کنند.

با قرار دادن مناسب چشمه نور لیزر و مانع، می‌توان کاری کرد که محل تداخل پرتوها کاملاً مشخص شود و در این محل تصویری از مانع به‌وجود آید که شامل همه زاویه‌های آن هم باشد. هولوگرافی مبتنی بر تداخل و پراش نور است.

هولوگرام (تمام‌نگاشت)

اطلاعات فاز و دامنه (میدان) موج بازتابیده از شیء مورد مطالعه در صفحه عکاسی ویژه‌ای ثبت می‌شود که به آن هولوگرام (تمام‌نگار) می‌گویند. ضخامت لایه امولسیون این صفحه‌ها حدود ۱۵ تا ۲۰ میکرومتر است. یعنی حدود ۱۰۰ طول موج نور در آن‌جا می‌گیرد. به‌همین دلیل بعضی مشخصه‌های ساختار سه‌بعدی حتی وقتی که صفحه‌های عکاسی با لایه‌های نازک‌تر هم به کار می‌رود ظاهر می‌شود. از طرفی اندازه دانه‌های هالیده نقره در آن‌ها بسیار ریز است و درنتیجه توان تفکیک آن‌ها زیاد است و می‌تواند فریزهای تداخلی را ثبت کند. صفحه‌های تمام‌نگاشتی جدید دارای توان تفکیک بیش از ۵۰۰۰ خط در میلی‌متر هستند. تمام‌نگاشتی در امولسیون‌های با لایه ضخیم امکان تهیه تصویرهای رنگی از اشیاء را فراهم می‌سازد.

در روش تمام‌نگاشتی مفاهیم مثبت و منفی وجود ندارد و



شکل ۱

معمولاً هولوگراف به صورت شفافه (فیلمی مانند اسلاید) ثبت می‌شود.

ثبت دو تمام‌نگاشت یا بیشتر روی یک فیلم عکاسی عملی است در صورتی که ثبت تصویر چند موضوع روی یک فیلم عکاسی معمولی مقدور نیست.

به طور کلی می‌توان گفت تمام‌نگاشت یک ساختار دوبعدی (گاهی سه‌بعدی) ویژه‌ای است که شبیه توری عمل می‌کند و نور تابشی روی آن پراشیده می‌شود.

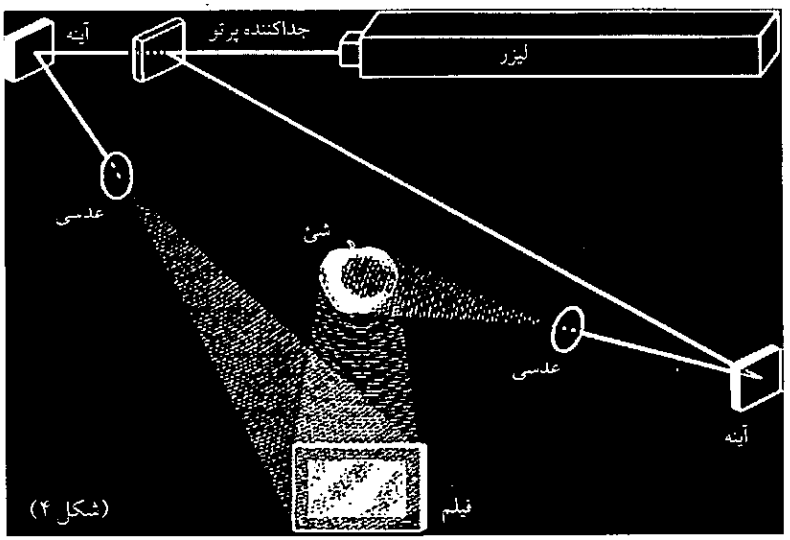
ثبت تمام نگاشت

اگر شئ خیلی کوچکی را با تابش تکفام و درجه همدوسی مناسب، روشن کنیم موج پراکنده شده توسط شئ نیز دارای همین ویژگی‌ها خواهد بود و تقریباً کروی است. اگر این موج با موج تکفام دیگری با همان بسامد، مثلاً موج تختی (به اصطلاح موج مرجع) روی صفحه عکاسی تداخل کند امواج ساکن ناشی از میدان‌های برایند در حجم امولسیون فیلم عکاسی با توجه به تغییرات ضریب شکست پدیدار می‌شوند و سبب سیاه شدن آن به صورت دایره‌های هم‌مرکز (فریزهای دایره‌ای) می‌شوند که به دور محور عمود بر موج تخت که از شئ می‌گذرد تمرکز یافته‌اند و در ناحیه‌های دورتر از مرکز متراکم‌تر، و حاوی اطلاعات دامنه و توزیع فاز میدان موج پراکنده شده توسط شئ هستند.

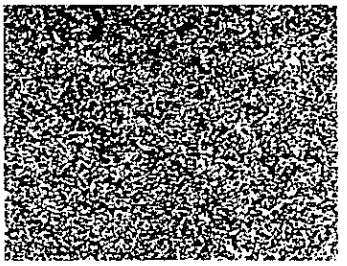
فاصله‌ی بین دو فریز متوالی تاریک حدود ۱ میکرومتر است. صفحه فیلم در این حالت هیچ شباهتی به شئ ندارد و شبیه تیغه منطقه‌ای فرنل است و تقریباً شبیه عدسی عمل می‌کند. نور موازی را به باریکه‌ای که در نقطه حقیقی P_r متمرکز می‌شود و به یک موج واگرا تبدیل می‌کند که به نظر می‌رسد از نقطه P_v می‌آید و تصویر مجازی را تشکیل می‌دهد. (شکل ۱)

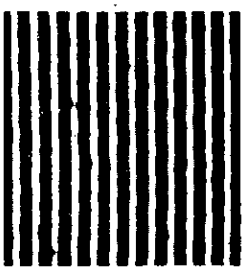
حال اگر به جای یک نقطه، شئ دیگری داشته باشیم جبهه‌های موج پراکنده از شئ پیچیده می‌شوند و هر نقطه از شئ تیغه منطقه‌ای خاص خود را تولید می‌کند که نسبت به تیغه‌های دیگر جابه‌جا شده است و مجموعه این تیغه‌های منطقه‌ای با روی هم افتادگی جزئی نقش پیچیده‌ای بر روی فیلم عکاسی تشکیل می‌دهند که شباهتی به منظره اصلی ندارد و هولوگرام نام دارد. (شکل ۲)

اگر دو موج تداخل‌کننده کاملاً تخت باشند نوارهای تداخلی به صورت نوارهای موازی (نقش سنتی یانگ) درمی‌آید و برخی اطلاعات تصویر ناپدید می‌شود. (شکل ۳)



(شکل ۴)


(شکل ۲)


(شکل ۳)

تمام‌نگار عبوری

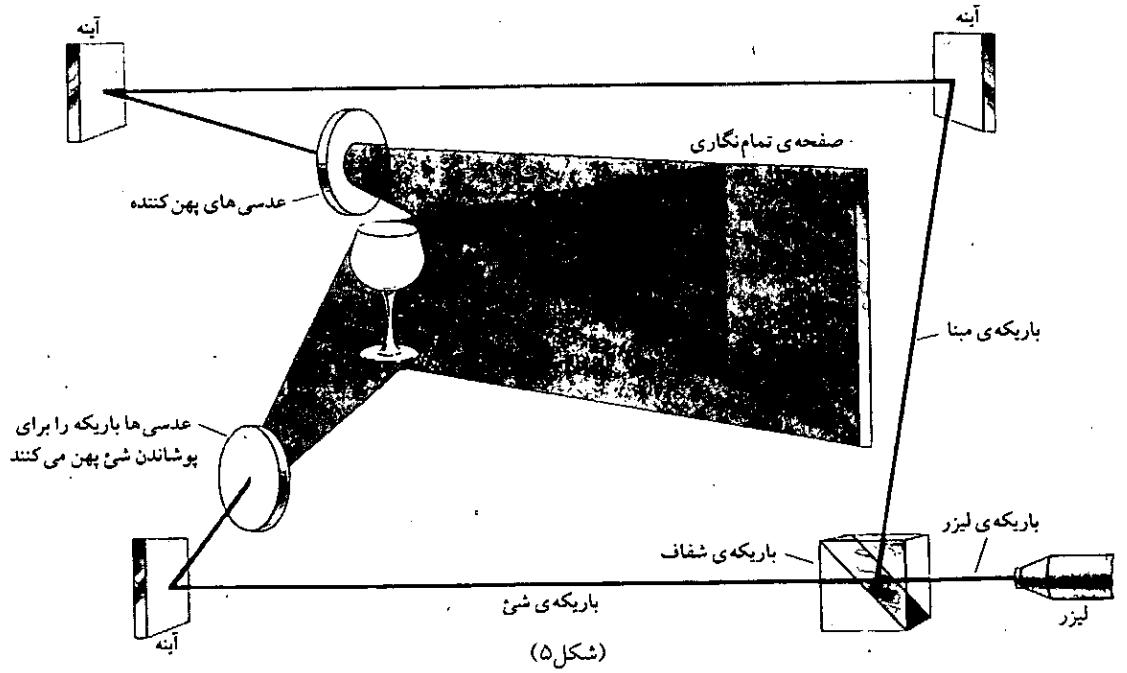
برحسب این‌که شئ شفاف، نیم‌شفاف یا کدر باشد آرایش دستگاه متفاوت می‌شود. برای ثبت تمام‌نگاشت از روشی که به تمام‌نگار عبوری معروف است می‌توان استفاده کرد. در این روش نور دستگاه لیزر به دو پرتو می‌شکند. چگونگی تولید این دو دسته تا حدود زیادی به ساختار درونی محیط تولید لیزر، ساز و کار تولید ایجاد لیزر و پارامترهای دیگر بستگی دارد.

در روش تمام‌نگار عبوری یکی از پرتوها با بازتاب از روی یک آینه از روی شئ به صفحه عکاسی می‌تابد. پرتو دیگر به وسیله آینه دیگری بدون برخورد به شئ به صفحه عکاسی فرستاده می‌شود. صفحه عکاسی در جایی قرار داده می‌شود که دو پرتو برخورد می‌کنند، سپس صفحه عکاسی ظاهر می‌شود و در صورتی که به صورت صحیح به آن نور تابانده شود هولوگرام را پدیدار می‌سازد. (شکل ۴ و ۵ و ۶ آرایش دستگاه به منظور ثبت تمام‌نگار در حالت‌های مختلف نشان می‌دهد.)

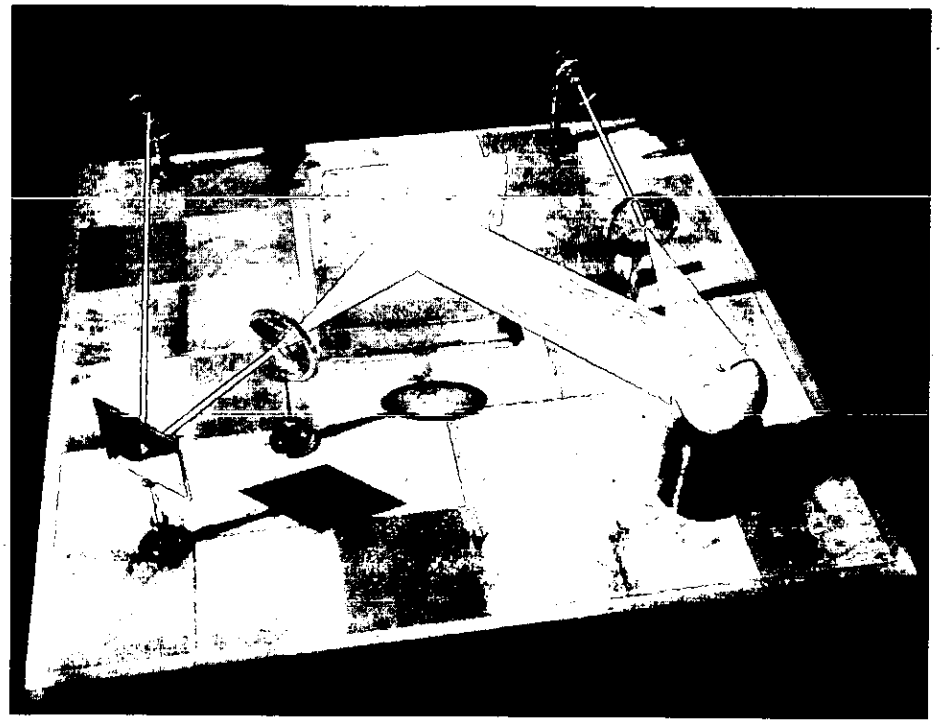
چون رنگ نور به بسامد آن بستگی دارد بنابراین تصویری که با استفاده از یک باریکه به وجود می‌آید تکرنگ خواهد بود. می‌توان با روشن کردن شئ هنگام ثبت تمام‌نگار به طور همزمان یا پشت سر هم با نوری که بسامد آن‌ها مطابق بسامد نور رنگ‌های اصلی (قرمز، آبی، سبز) باشد سه دسته موج ساکن در داخل امولسیون تشکیل داد و متناظر با آن‌ها سه دستگاه شبکه فضایی با توزیع سیاهی متفاوت به‌وجود آورد و تصویر تمام‌رنگی تولید کرد. (شکل ۷)

بازسازی تصویر

تمام‌نگاشت امکان می‌دهد تا بدون وجود شئ میدان موج را



(شکل۵)



(شکل۶)

که قبلاً توسط خود شئ هنگام ثبت تمام‌نگار به وجود آمده بود کاملاً بازسازی کرد. با استفاده از این میدان می‌توان نه تنها یک بلکه تعداد زیادی تصویرهای مانند مشاهده مستقیم شئ از زاویه‌های متفاوت به دست آورد. در حالی که عکس دوبعدی از تمام زاویه‌ها یکسان دیده می‌شود این مهم‌ترین فرق تمام‌نگاشت و عکس است.

فیلم عکاسی ظاهر شده مانند توری عمل می‌کند. اگر این توری با نور لیزری که طول موج آن با طول موج باریکه شئ اولیه یکسان است روشن شود این پرتو به محض عبور از داخل شفافه هولوگرام از نظر دامنه و فاز تغییر می‌کند. به عبارتی این باریکه با فریزهای روی صفحه بر هم نهاده می‌شود و تداخل سازنده ناشی از آن‌ها چندین باریکه پراشیده با شدت بیشینه تولید می‌کند.

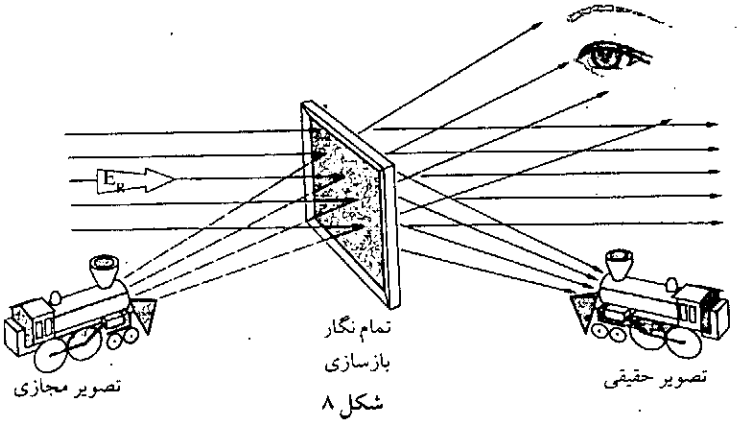
زاویه‌ی خروجی باریکه پراشیده (که هولوگرام روشن شده تولید کرده است) با زاویه‌ی تابش باریکه اولیه یکسان است. باریکه نور همگرای خروجی از آن تصویر حقیقی جسم را تشکیل می‌دهد این تصویر در همان فاصله‌ای از تمام‌نگاشت تشکیل می‌شود که شئ مورد مشاهده در موقع ثبت نسبت به صفحه‌ی عکاسی قرار داشته است. این تصویر در طرفی که ناظر قرار دارد ظاهر می‌شود و با چشم نمی‌توان آن را دید برای مشاهده آن باید پرده‌ای را در نقطه‌ی کانونی باریکه قرار داد تا تصویر بر روی آن تشکیل شود. باریکه‌ی نور واگرای خروجی از تمام‌نگاشت تصویر مجازی از شئ را بازسازی می‌کند و فقط ناظری که پشت هولوگرام قرار دارد آن را می‌بیند. (شکل ۸)

چون فاز امواج بازتابیده از قسمت‌های دور شئ در مقایسه با فاز امواج بازتابیده از نقطه‌هایی که به دستگاه نوری نزدیک‌ترند عقب می‌افتد روی سطح تصویر توزیع متفاوتی دارند. به عبارت دیگر برخی امواج نوری دیرتر از امواجی که از جلو تصویر آمده‌اند به چشم ما می‌رسند، درنتیجه اختلاف فاز امواج بازتابیده از شئ سه‌بعدی ممکن است شامل اطلاعاتی درباره بعد شئ در جهت مشاهده باشد.

در تمام‌نگاری ناظر می‌تواند با حرکت دادن چشم از محل مشاهده تصویر را به صورت برجسته ببیند. به طور کلی می‌توان گفت تمام‌نگار جبهه موج‌ها را بازسازی و موج نوری تولید می‌کند که درست همان ویژگی‌های موج نور گسیلیده از شئ عکاسی شده را دارد.

چون همراه با موج مرجع، امواج نوری پراکنده شده از تمام قسمت‌های شئ مورد مشاهده به هر نقطه قسمت روشن صفحه عکاسی می‌تابد، به همین دلیل هر جزء تمام‌نگاشت شامل اطلاعات کامل درباره کل شئ است. به همین دلیل اگر آن‌ها را نصف کنیم یا به قطعه‌های کوچک‌تر تبدیل کنیم و دوباره به آن‌ها نور لیزر بتابانیم تصویر حقیقی و مجازی شئ به طور کامل ولی در اندازه کوچک‌تر بازسازی می‌شود مانند منظره‌ای که از پنجره‌ی کوچک دیده می‌شود. البته کاهش بیش از حد تمام‌نگاشت به کاهش تفکیک آن می‌انجامد و تشخیص اجزای ریز شئ مشکل می‌سازد.

وضعیت نسبی جسم و صفحه و باریکه لیزر در هنگام تاباندن نور به صفحه نباید تغییر کند. در واقع تغییر محل نسبی باید کمتر از نصف طول موج لیزر باشد تا از در هم شدن نقش تداخلی جلوگیری



شکل ۸

کند. صدایی بلند یا یک تندباد می‌تواند باعث جابه‌جایی صفحه‌ی عکاسی، شئ یا آینه‌ها به میزان اندک شود و درنتیجه به خراب شدن تصویر بازسازی شده بینجامد.

چون ثبت تمام‌نگاشت نسبت به طول موج و زاویه‌ٔ نور بازتابیده از شئ حساس است، در تمام‌نگاشت‌های با لایه امولسیون ضخیم از این حساسیت برای ضبط تعداد زیادی تصویر روی یک تمام‌نگاشت می‌توان استفاده کرد. به عبارتی برای ضبط تصویر دوم کافی است که زاویه پرتو مرجع را تغییر داد تا بازسازی تصویر اول صورت نگیرد و تصویر دوم به کمک پرتو بازتابیده از شئ دوم و این زاویه جدید ضبط شود. به این ترتیب دو تصویر مستقل از هم قابل بازیافت هستند.

تمام‌نگاری حجمی

از خاصیت تمام‌نگاری حجمی می‌توان به عنوان حافظه‌ای استفاده کرد که محکم بسته‌بندی شده است. تمام‌نگاری حجمی بیش از اینکه یک ساختار توری گونه دو بعدی ایجاد کند یک توری سه‌بعدی است. این تمام‌نگار می‌تواند در محیط‌های متعدد ضبط شود. مثلاً در امولسیون‌های عکاسی ضخیم یا یک بلور حساس به نور مثل لیتیم نیوبایت یا شیشه فوتوکرومیک، بسیاری از تمام‌نگاشت‌های متفاوت را می‌توان به طور متوالی به وسیله‌ی نوردهی چند مرحله با امواج نوری که از زاویه‌های مختلف می‌آیند ذخیره و به کمک یک سری فرایندهای گرمایی یا الکترونیکی تمام‌نگاشت‌های ضبط شده را تثبیت کرد. حدود ۱۰۰۰ تمام‌نگاشت را می‌توان روی لایه‌ای به ضخامت حدود یک میکرومتر ذخیره کرد. با فناوری صحیح باید ذخیره‌سازی یک فیلم عکاسی سه‌ساعته روی مکعبی از ماده شفاف به اندازه یک حبه قند ممکن گردد.

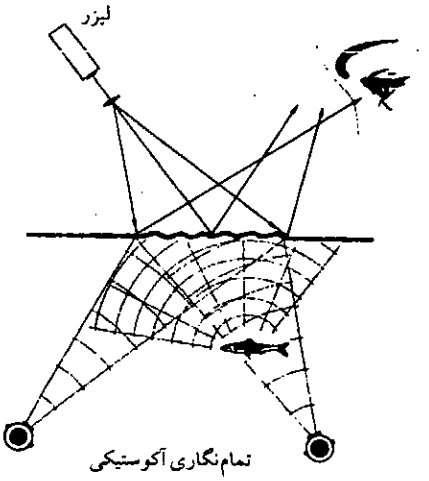
تمام‌نگاری اکوستیکی

در تمام‌نگاری اکوستیکی ابتدا از یک موج فراصوتی با بسامد خیلی زیاد، برای پدید آوردن تمام‌نگاشت و یک باریکه لیزر برای بازسازی تصویر استفاده می‌شود. با این روش می‌توان تصویر زیر دریایی‌های واقع در زیر آب و اندام‌های درون بدن موجود زنده را ضبط کرد. (شکل ۹)

تمام‌نگاری رایانه‌ای

تمام‌نگاری یکی از روش‌های ثبت اطلاعات ز یاد به صورت موازی و با دسترسی سریع است. از تمام‌نگاری حجمی در فناوری حافظه‌های نوری استفاده می‌شود. با استفاده از تمام‌نگاری تا ۳۰ میلیون بایت اطلاعات را می‌توان روی یک میکرو فیش چهار در شش اینچ ذخیره کرد.

اخیراً یک شرکت ژاپنی با نام **اوپتوار** موفق به استفاده از این فناوری در تولید سی‌دی‌ها و دی‌وی‌دی‌ها ذخیره اطلاعات شده است. این شرکت پیشرو در روش‌های تمام‌نگاری است و توانسته است با استفاده از تمام‌نگاری، دیسک‌هایی تولید کند که قادر به ذخیره یک ترابایت اطلاعات هستند. بد نیست بدانید سرعت انتقال اطلاعات حدود یک گیگابایت در ثانیه است. هم‌اکنون برای ذخیره اطلاعات بر روی سی‌دی‌ها یا دی‌وی‌دی‌ها از لایه‌های اطلاعات ناهموار استفاده می‌شود و نور با برخورد به این پستی بلندی‌ها اطلاعات ذخیره شده را منتقل می‌کند. اما دستگاه‌های اپتیکی عادی در هنگام خواندن این گونه اطلاعات دچار مشکلاتی هم هستند. یکی از این مشکلات پخش شدن نور در هنگام بازتاب از این سطح است که در نهایت باعث تولید نوفه و اختلال در جریان خواندن اطلاعات می‌شود. البته منظور از اختلال در اینجا، زمانی از مرتبه میلی و میکروثانیه است که در سی‌دی‌رام‌های عادی هم دیده می‌شود. کاری که دانشمندان شرکت اوپتوار انجام داده‌اند قرار دادن یک لایه بسیار نازک آینه‌ای در جلوی لایه اطلاعات است. نقش این لایه جلوگیری از پخش شدن پرتوها پس از بازتاب و محلی برای ایجاد تصویر تمام‌نگاشت از اطلاعات است. همین طور برای ذخیره اطلاعات بر روی این دیسک‌ها از صفحه اطلاعات (DATA



تمام‌نگاری آکوستیکی

(شکل۹)

page) استفاده می‌شود که دوبعدی و به صورت فایل‌های Bitmap هستند و پس از قرار گرفتن بر روی هم نقشه‌ای را در اختیار دستگاه می‌گذارند که براساس آن تصویر تمام‌نگاشت اطلاعات تولید می‌شود. پس از تولید نقشه سه‌بعدی، یک پرتو که شامل دو نوع لیزر مرجع و سیگنال است به سمت آن شلیک می‌شود و با برخورد با پستی‌بلندی‌های اطلاعات براساس نقشه سه‌بعدی، اطلاعات را به صورت تمام‌نگاشت ذخیره می‌کند. این روش کاملاً عملی علاوه بر افزایش سرعت انتقال و میزان ذخیره اطلاعات، امتیاز دیگر هم دارد که تغییر نکردن ابعاد دیسک‌ها است. دیسک‌های تمام‌نگاری ابعادی در حدود دی‌وی‌دی‌های معمولی دارند و از همه مهم‌تر عمل ضبط اطلاعات و خواندن آن توسط دستگاه‌های تمام‌نگاری، بسیار کم‌هزینه است و طبق پیش‌بینی شرکت اوپتوار، استفاده از این دیسک‌ها به زودی در میان کاربرها رایج خواهد بود. قطر این دیسک‌ها حدود ۱۲ سانتی‌متر است که تفاوت چندان با قطر دی‌وی‌دی‌ها ندارد. اگر با دست به سطح پشتی یکی از این دیسک‌های تمام‌نگاشت نگاه کنید می‌توانید ردیف‌های اطلاعات ضبط شده به صورت سه‌بعدی ببینید.

منابع:

۱. نور شناخت، تألیف یوجین هشت، آلفرد زایاک، ترجمه‌ی دکتر پروین بیات مختاری، دکتر حبیب مجیدی ذوالبنین، مرکز نشر دانشگاهی.

۲. فیزیک اُعانیان، جلد چهارم، نوشته‌ی هانس اوهانیان، ترجمه‌ی ملکی جیرسیرای. کتاب ماد (وابسته به نشر مرکز).

۳. دوره‌ی درسی فیزیک، جلد۳، نوشته‌ی گ. س. لندسبرگ، ترجمه‌ی دکتر لطیف کاشیگر و مهرانگیز طالب‌زاده، انتشارات فاطمی.

۴. لیزر تکنولوژی جدید نور، نوشته‌ی کارلن ییلیگز، ترجمه‌ی ناصر مقبلی، انتشارات فاطمی.

سید جعفر مهرداد

شادروان دکتر کمال‌الدین جناب در ۱۲۸۷ هـ. ش در اصفهان چشم به جهان گشود. دوره ابتدایی و متوسطه را در اصفهان گذراند و در سال ۱۳۰۵ موفق به اخذ دیپلم گردید. سپس در دارالمعلمین عالی (دانشسرای عالی بعدی) که در سال ۱۳۰۷ تأسیس شد در رشته فیزیک و شیمی زیر نظر دکتر محمود حسابی به تحصیل پرداخت و بعد از پایان دوره لیسانس در سال ۱۳۱۰ در نظام وظیفه که در آن زمان دوره‌اش یک‌سال بود به عنوان افسر وظیفه خدمت کرد. پس از آن در امتحان اعزام به خارج قبول شد و در فرانسه در شهر نانسی پس از یک سال لیسانس فیزیک و ریاضی گرفت و بعد از آن به پاریس رفت و با استاد دارموآ شروع به کار کرد و پس از یک سال با کشتی به آمریکا رفت. در مورد چگونگی تحصیل فقید سعید در آمریکا و بازگشت به ایران و تدریس ایشان در دانشگاه تهران از قول خود ایشان می‌خوانیم «... پرس‌وجو کردم که رؤسای دانشگاه‌ها چه کسانی هستند. شنیدم که رئیس انستیتوی فنی کالیفرنیا استاد **میلیکان** است. این استاد به پاس نتایجی که در پژوهش‌های مقدار بنیادی بار الکتریکی و در پدیده فوتوالکتریک به دست آورده و در سال ۱۹۲۳ به دریافت جایزه نوبل فیزیک نایل شده بود. تصمیم گرفتم به آنجا بروم. به دفتر آقای میلیکان رفتم، به منشی او گفتم که می‌خواهم با آقای میلیکان ملاقات کنم. گفت «پنج دقیقه صبر کنید... پنج دقیقه صبر کردم و بعد رفتم خدمت ایشان عرض ادب کردم. گفتم من ایرانی هستم و در فرانسه تحصیل کرده‌ام. اما علاقه دارم که در آمریکا به تحصیلاتم ادامه بدهم ایشان پذیرفت و به آقای دکتر **واتسون** تلفن زد و به ایشان گفت «آقای جناب را می‌فرستم خدمتتان، ایشان را راهنمایی کن». رفتم پیش آقای دکتر واتسون. مدارکم را ارائه دادم ایشان گفت لازم است شما امتحان بدهید تا ببینم توانائی ادامه تحصیل برای دکتری دارید یا نه؟... سه تا از مواد را که امتحان دادم دکتر واتسون گفت دیگر لازم

به یاد شادروان
دکتر کمال‌الدین جناب

گفت کسی خواجه سنایی بمُرد
مُردن این خواجه نه کاریستَ خُرد
کاه نبود آن که به بادی رود
آب نبود آن که ز سرما فسرد
گنج زری بود در این خاکدان
او که جهان را به جویی می شمرد

نیست بقیه مواد را امتحان بدهید و می توانید ثبت‌نام کنید... موضوع رساله دکتری من واکنش دوترون (یون دوتریوم) با نیتروژن بود کار با شتاب‌دهنده با اختلاف پتانسیل یک میلیون ولت. حاصل آن تولید نوترون بود و کار ما این بود که توزیع نوترون را برای انرژی‌های مختلف تعیین کنیم... یکی از درس‌های ما اسپکتروسکوپی بود با استادی به نام **بوون اُپنهایمر** به ما مکانیک کوانتومی درس می‌داد و بسیار بااستعداد بود و بعدها مدیر فنی ساخت بمب اتمی شد. پس از گرفتن درجه دکتری از راه اروپا به ایران برگشتم و در ایران با سمت دانشیاری در دانشگاه استخدام شدم... پس از استخدام در دانشگاه تهران در سال پنجم دانشیاری، استاد رشته فیزیک هسته‌ای شدم. ولی گفتند به تخصص هسته‌ای و اتمی نیاز نداریم و با استادی در درس مکانیک موافقت کردند. ابتدا مکانیک و نور را تدریس می‌کردم ولی بعد تدریسم منحصر شد در مکانیک...». (رجوع شود به رشد آموزش فیزیک شماره ۴۳ سال ۱۳۷۶).

به اشاره تأمل‌برانگیز شادروان دکتر جناب در تدریس مکانیک باید اضافه کنم، کتاب «**مکانیک فیزیک**» تألیف این استاد گرانقدر که در سال ۱۳۲۸ انتشار یافته، از کتاب‌های درسی معدود و انگشت‌شمار دانشکده علوم تا این زمان بوده است.

***

حدود نیم قرن پیش بعد از کودتای ۲۸ مرداد ۱۳۳۲، آقای دکتر جناب به اتفاق یازده نفر از استادان دانشگاه تهران- به علت صدور بیانیه و اعتراض به انعقاد قرارداد نفتی بین دولت کودتا و کنسرسیوم شرکت‌های نفتی- منتظر خدمت شدند. امضاءکنندگان این بیانیه وقایع ۲۸ مرداد ۱۳۳۲ را صحنه‌سازی اعلام داشتند و معتقد بودند که دولت ملی ایران را خارجیان از کار انداخته و دولت دست‌نشانده خود را سر کار آورده‌اند. اقدام وطنخواهانه و افتخارآمیز این استادان همراه گروهی از شخصیت‌های ملی و روحانی و قضات کشور، کمی پوشیده مانده ولی تاریخ ایران آن را هرگز از یاد نبرده است.

***

انجمن آثار و مفاخر فرهنگی و شاگردان دکتر جناب خواستند جلسه بزرگداشتی برای استاد برگزار کنند. استاد در کمال مهربانی و با تشکر از شاگردان تقاضا کردند که از تشکیل این جلسه صرفنظر شود. اصرار شاگردان به پذیرش دعوت فزونی گرفت. سرانجام در برابر تقاضای شاگردان، برخلاف انتظار استاد با تأثر فرمودند: «اگر برای تجلیل از من مجلسی برپا کنید در آن شرکت نخواهم کرد.» تقاضای مکرر شاگردان بی‌ثمر ماند. در میان سکوت حاکم بر جلسه، استاد بریده روزنامه‌ای را از کیف جیبی خود درآورد و به دست یکی از شاگردان داد و همانند کلاس درس گفت «بخوان!»، در روزنامه نوشته شده بود که «... دخترکی در اسلامشهر تهران به علت ناآگاهی اولیای مدرسه و خانه از دبستان اخراج شده و بر اثر تأثر شدید از دوری مدرسه و همشاگردان، خود را به آتش کشیده و جان به جان‌آفرین تسلیم کرده است...» سبب ناشادی خاطر استاد روشن شد. ایشان فرمودند: «در چنین اوضاع، علاقه‌ای برای تجلیل از مفاخر فرهنگی و احیاناً قهرمان‌سازی ندارد» شمع وجود استاد پس از حدود یک قرن در شهریور ۱۳۸۵ خاموش شد. یاد و نامش گرامی باد.

گزارشی از کنفرانس جهانی آموزش فیزیک

مدل‌سازی در فیزیک و آموزش فیزیک

آمستردام، ۲۹ مردادماه لغایت ۴ شهریورماه ۱۳۸۵
روح‌اله خلیلی بروجنی
khalili@talif.sch.ir

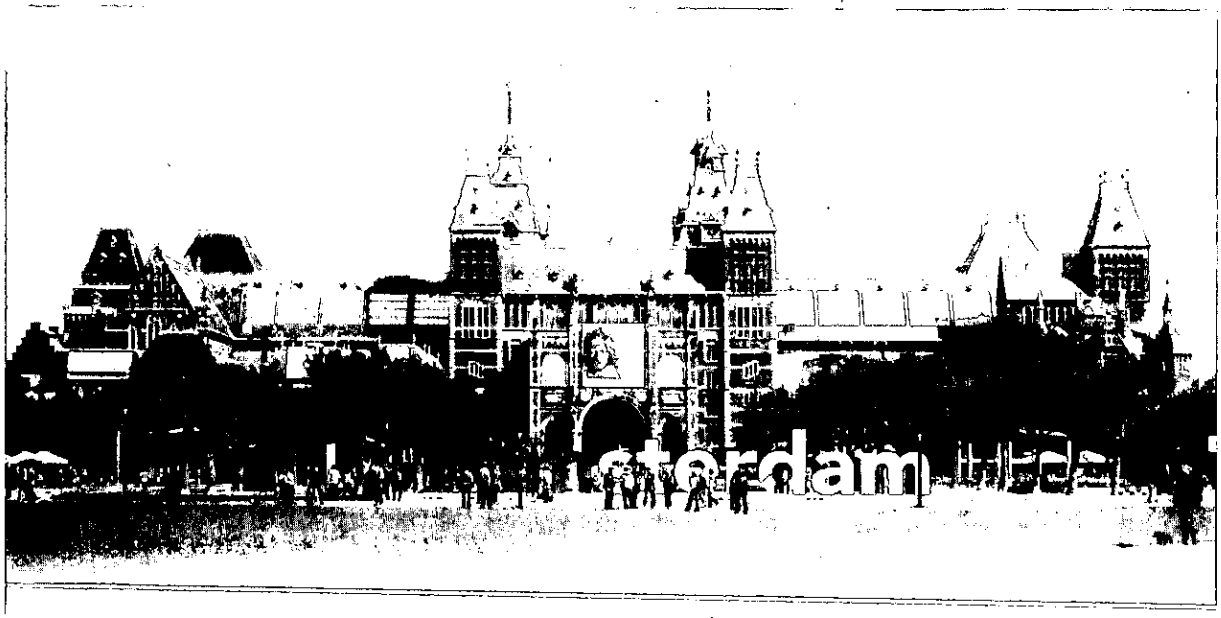
هلند کشوری در غرب قاره‌ی اروپا، در کنار دریای شمال و در همسایگی کشورهای آلمان و بلژیک است. این کشور کم‌ارتفاع‌ترین کشور اروپایی است و قسمت وسیعی از آن پایین‌تر از سطح دریاست. مساحت هلند $41526 km^2$ (حدود ۲/۵ درصد مساحت ایران) است که در حدود ۱۸/۵ درصد آن از آب پوشیده شده است.

منابع طبیعی این کشور شامل گاز، نفت، زغال‌سنگ، سنگ آهک، نمک، شن و ماسه و زمین‌های قابل کشت است.

جمعیت این کشور حدود ۱۶/۵ میلیون نفر است که ۷۰ درصد آن بین سنین ۱۵ تا ۶۴ سال هستند و متوسط سن شهروندان آن حدود ۴۰ سال است.

تولید ناخالص ملی GDP این کشور در سال ۲۰۰۵ حدود ۵۰۰ میلیارد دلار و صادرات آن ۳۶۵ میلیارد دلار بوده است.

راه‌های این کشور شامل ۲۸۰۰km راه‌آهن و ۱۳۴۰۰۰km جاده است که ۳۲۷۰km آن بزرگراه است.



اشاره

کنفرانس جهانی آموزش فیزیک با عنوان «مدل‌سازی در فیزیک و آموزش فیزیک»[1] توسط «گروه جهانی پژوهش و آموزش فیزیک»[2] و با همکاری دانشگاه آمستردام از تاریخ ۲۹ مردادماه تا ۴ شهریورماه ۸۵ در هلند برگزار شد. در این کنفرانس استادان، مدرسان و پژوهشگران آموزش فیزیک از سرتاسر جهان گرد هم آمده بودند تا با تبیین دوباره‌ی مفهوم مدل‌سازی در فیزیک و همچنین نقش آن در بهبود آموزش فیزیک، هم‌اندیشی کنند و نتایج آن را اتخاذ راهبردهای آموزشی تسری دهند. از ایران نیز ۳ نفر در این کنفرانس شرکت داشتند.

مقدمه

چندین دهه است که واژه مدل‌سازی در آموزش فیزیک، زیست‌شناسی، شیمی و به‌طور کلی آموزش علوم بسیار فراگیر شده است؛ به‌طوری که امروزه مدل‌سازی پایه و مبنای برنامه‌ریزی درسی آموزش علوم در برخی از کشورهاست. در کتاب‌های درسی، دانش‌آموزان بدون آن‌که درک درستی از واژه‌ی مدل یا مدل‌سازی داشته باشند با مدل‌های مختلفی برای تبیین و توجیه پدیده‌های طبیعی مواجه می‌شوند. در کتاب‌های درسی فیزیک می‌توان به مدل‌هایی از قبیل باردار شدن اجسام، انتشار موج در یک محیط، انتقال گرما در محیط‌های مختلف، ساختار اتم و هسته، مواد مغناطیسی، منظومه‌ی خورشیدی، مدل الکترون آزاد فلزات و همچنین نظریه‌ی نواری که در واقع مدلی برای توجیه خواص الکتریکی- رسانایی، نارسانایی و نیم‌رسانایی- جسم جامد است، اشاره کرد.

هر چند تعریف‌های مختلفی برای مدل و مدل‌سازی در فیزیک ارائه شده است[3]، اما در یک تعریف ساده می‌توان گفت: **مدل به این منظور ساخته می‌شود تا بتواند پدیده‌های فیزیکی مشاهده شده را براساس روایتی ساده شده، تبیین، توجیه و توصیف کند و همچنین قادر به پیش‌بینی رفتار آن پدیده باشد.**

ساختار علمی کنفرانس

- ✓ دوازده سخنرانی عمومی[4] (هر سخنرانی ۴۵ دقیقه)
- ✓ ارائه‌ی ۱۲۲ مقاله[5] به‌طور موازی در سالن‌های مختلف (هر مقاله ۱۵ دقیقه)
- ✓ ارائه ۷۹ پوستر در سه روز کامل
- ✓ دوازده گردهمایی[6] (هر گردهمایی ۲ ساعت)
- ✓ تشکیل ۱۰ کارگاه آموزشی[7] (هر کارگاه بین ۲ تا ۴ ساعت).

در ادامه نگاهی اجمالی خواهیم داشت به آنچه در بخش سخنرانی‌های عمومی، گردهمایی‌ها و کارگاه‌ها گذشت. به دلیل تنوع و کثرت برنامه‌های کنفرانس، به‌جز سخنرانی‌های عمومی، بقیه برنامه‌ها به‌طور موازی یکدیگر اجرا شدند. برنامه‌هایی که با علامت ستاره مشخص شده‌اند به دلیل عدم حضور نگارنده‌ی این گزارش در آن‌ها، صرفاً به عنوان و هدف آن برنامه‌ها اشاره شده است.

سخنرانی‌های عمومی

۱. نظریه‌ی مدل‌سازی در آموزش فیزیک[8]

دیوید هستنز، دانشگاه ایالتی آریزونا

در پژوهش‌های آموزش فیزیک واژه‌ی مدل و مدل‌سازی با نام دیوید هستنز و همکارانش همراه است. آن‌ها بیش از دو دهه است که از کاربرد مدل‌ها در آموزش فیزیک پشتیبانی کرده‌اند.

سیلک مایکل کیس

اولین سخنرانی عمومی کنفرانس با سخنان دیوید هستنز درباره‌ی نظریه‌ی مدل‌سازی در آموزش فیزیک آغاز شد. دیوید هستنز که همراه با گروه خود بیش از ۲۰ سال است درخصوص نقش و اهمیت مدل و مدل‌سازی در آموزش فیزیک فعالیت می‌کنند را می‌توان از مهمترین چهره‌های حاضر در این کنفرانس به‌شمار آورد. آقای هستنز در این سخنرانی، ابتدا مروری داشتند بر روی نظریه‌ی مدل‌سازی در آموزش فیزیک که طی دو دهه‌ی گذشته به‌طور فراگیری در برنامه‌های درسی ایالات‌متحده اعمال شده است. از نظر ایشان، نظریه‌ی مدل‌سازی در آموزش فیزیک این موضوع را دربرمی‌گیرد که درک علمی جهان فیزیکی پایه‌ای برای بنا کردن و استفاده از مدل‌های علمی جهت توصیف، بیان، پیش‌بینی و کنترل پدیده‌های فیزیکی است.

همچنین آقای هستنز ویژگی‌های یک مدل را به صورت زیر برشمردند:

✓ مدل جسمی جانشین است[9].

✓ مدل نمایش مفهومی موجودی واقعی است.

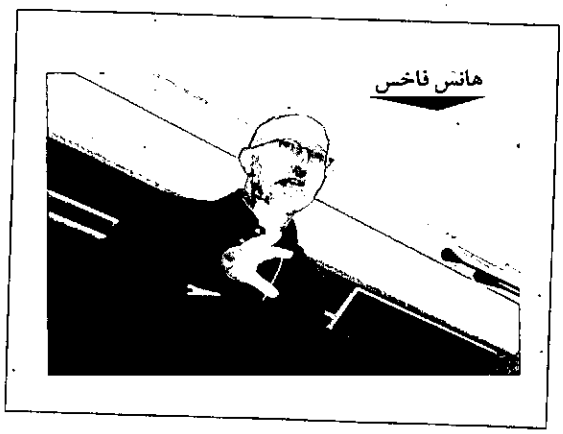
✓ بیش‌تر مدل‌ها در فیزیک، مدل‌های ریاضیاتی هستند که ویژگی‌های فیزیکی توسط متغیرهای کمی در مدل نمایش داده می‌شوند.

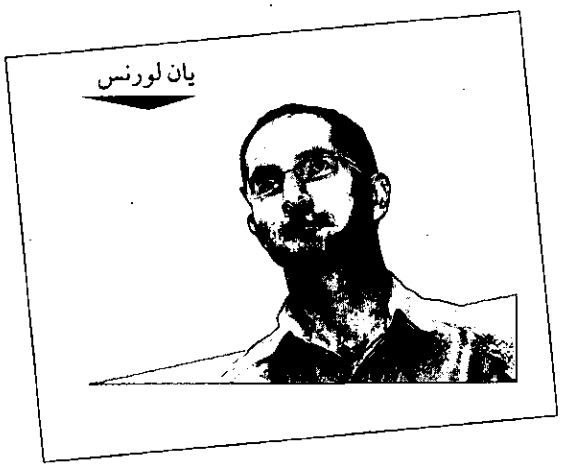
۲. گسترش درکی درخور مدل‌سازی علمی در آموزش فیزیک- مثال‌هایی از پروژه‌ی آلمان «فیزیک در موقعیت»[10]

سیلک مایکل کیس- مؤسسه‌ی آموزش علوم، کیل، آلمان

خانم سیلک در این سخنرانی ابتدا نگاهی داشتند به تأثیر متقابل مدل‌سازی و آزمایش و اشاره نمودند که **اثر متقابل مدل‌سازی و آزمایش کلیدی برای گسترش و توسعه‌ی دانش فیزیک است.** همچنین در بخش دیگری از سخنان خود با مروری بر پژوهش‌های صورت گرفته در چند ساله گذشته درخصوص مدل‌سازی در آموزش فیزیک اشاره نمودند که این پژوهش‌ها نشان می‌دهند که پرداختن به مدل‌سازی و ماهیت مدل‌ها در آموزش علوم یک ضرورت است. به‌طوری که نقش مدل‌ها و مدل‌سازی در استانداردهای جدید آموزش علوم و همچنین فهم و درک سواد علمی بازتاب یافته است. برخلاف تصور، مطالعه‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که دانش‌آموزان در فهم نقش مدل‌ها و مدل‌سازی با مشکل‌های متعددی مواجه‌اند. معمولاً دانش‌آموزان در همه‌ی پایه‌ها، فاقد توانایی لازم برای درک و فهم واژه‌ی مدل هستند و در اینجا مسئله اصلی تشخیص درست بین «جهان تجربه» و «جهان مدل‌ها» است.

خانم سیلک در بخش دیگری از سخنان خود به بررسی برنامه‌ی «فیزیک در موقعیت» که برای ارتقای کیفیت آموزش فیزیک در آلمان در حال اجراست، پرداختند. بنا بر اظهار ایشان، این برنامه تنها کوششی برای آموزش بهتر فیزیک نیست بلکه در آن به اثر متقابل مدل‌سازی و آزمایش نسبت به گذشته توجه بیشتری شده است تا از یک‌سو موجبات درک عینی‌تر از مفاهیم و پدیده‌های فیزیکی فراهم آید و از سوی دیگر فهم دانش‌آموزان از مفاهیم و فرایند علم عمیق‌تر


هانس فاخس


یان لورنس

شود. خانم سیلک در بخش پایانی سخنان خود در این‌باره که چگونه آموزش بر پایه مدل می‌تواند مفهوم پیوسته‌ای را در آموزش علوم ایجاد کند صحبت نمودند. و برای رسیدن به این مهم به چهار فعالیت به‌عنوان ویژگی‌های اصلی آموزش اشاره نمودند:

- ✓ بحث درخصوص ماهیت مدل و فرایند مدل‌سازی،
- ✓ آزمایش مدل‌ها برای اثربخشی و محدودیت‌های آن‌ها،
- ✓ ساختن آگاهانه مدل برای توصیف و تفسیر پدیده‌های علمی،
- ✓ تفکیک نظام‌مند تجربه‌ها و مدل‌های در حال بررسی.

۳. مدل‌سازی دینامیک سیستم در شاره‌ها، الکتریسیته، گرما و حرکت: مثال‌ها، تجربه‌ی عملی و فلسفه[11]

هانس فاخس، دانشگاه علوم کاربردی زوریخ- سویس

در این سخنرانی ابتدا به رهیافت عمومی و ساده‌ای که دینامیک سیستم قادر است برای مدل‌سازی سیستم‌های دینامیکی فراهم کند اشاره شد. به عقیده‌ی آقای فاخس، دینامیک سیستم هر چند در حوزه‌های مختلفی از اقتصاد تا بوم‌شناسی[12] به‌کار گرفته می‌شود اما به سختی بتوان گفت که در حوزه‌ی فیزیک و آموزش فیزیک شناختی از آن وجود دارد. ایشان در ادامه‌ی سخنرانی خود، مثال‌های متنوعی از مدل‌سازی و مقایسه‌ی آن‌ها با داده‌های تجربی را مورد بررسی قرار دادند. این مثال‌ها سیستم‌های ساده‌ای مانند باردار شدن خازن، گرم شدن یک جسم، خالی شدن منبع آب تا سیستم‌های پیچیده‌تری همچون سردسازی ترمودینامیکی، دستگاه گردش خون در پستانداران را دربرمی‌گرفت. آقای فاخس در ادامه به شرح کامل‌تری از نظریه‌ی مدل‌سازی دینامیک سیستم ارائه کردند و بر این نکته تأکید نمودند که این شیوه‌ی آموزش، یک محیط یادگیری مبتنی بر تلفیق آزمایش، مدل‌سازی، شبیه‌سازی و پویانمایی فراهم می‌کند که مفاهیم علمی، بافت آن را تشکیل می‌دهند.

در پایان سخنرانی نیز به چگونگی استفاده از نظریه‌ی مدل‌سازی دینامیک سیستم برای آموزش فیزیک اشاره‌ای نمودند و همانندی‌های بین شاره‌ها، الکتریسیته، گرما و حرکت را به‌عنوان مبنایی برای استدلال و تعقل انسان نامیدند به طوری که این استدلال و تعقل در مفاهیم متعارفی که انسان‌ها در زندگی روزمره استفاده می‌کنند به‌کار می‌رود.

۴. چالش‌ها و فرصت‌ها در مدل‌سازی رایانه‌ای[13]

یان لورنس، دانشگاه بیرمنگهام، انگلستان

در این سخنرانی مباحثی درباره‌ی مدل‌های رایانه‌ای به منظور پشتیبانی یادگیری فیزیک مورد بررسی قرار گرفت. به اعتقاد آقای لورنس، وقتی معلمان و دانش‌آموزان درک و فهم خودشان را از یک موضوع در این محیط جدید شرح و توضیح می‌دهند برخی مباحث جدید مطرح می‌شود و از طریق آن آموخته‌های قبلی به طور دقیق‌تری مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۵. شبیه‌سازی رشد و ریخت‌زایی[14] (*)

پیتر اسلات، دانشگاه آمستردام- هلند

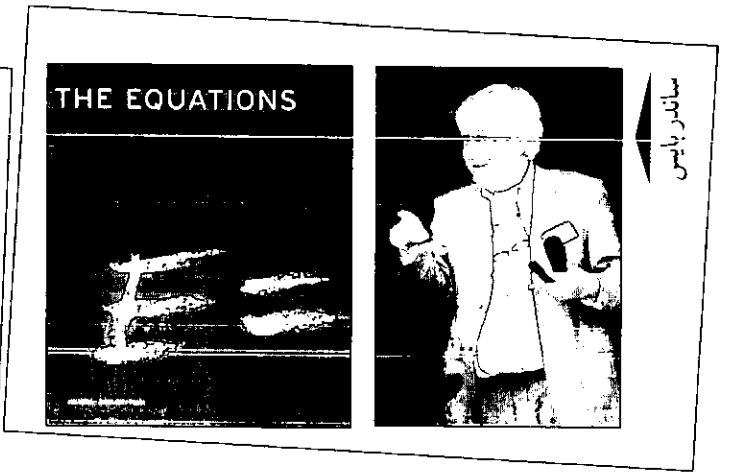
هدف سخنرانی: ارائه هدف‌های یک طرح پژوهشی درخصوص چگونگی کمک مدل‌های چندمقیاسی / چند موضوعی فیزیک در درک جنین‌زایی

۶. معادله‌ها: نمادهای دانش[15]

ساندر بایس، دانشگاه آمستردام، هلند

آقای ساندر بایس که یکی از فیزیکدانان مطرح دانشگاه آمستردام محسوب می‌شدند نگاهی اجمالی داشتند به محتوای کتابی با همان عنوانی که برای سخنرانی خود انتخاب کرده بود. این کتاب به مناسبت سال جهانی فیزیک (سال ۲۰۰۵) توسط انتشارات دانشگاه هاروارد به چاپ رسیده است.

بایس در ابتدا اشاره داشتند که: به نظر می‌رسد اسرار جهان فیزیکی در مجموعه‌ی خیلی محدودی از معادله‌هایی که چگونگی کار طبیعت را به زبان دقیق ریاضی بیان می‌کنند کُد شده‌اند و تلاش برای بیان مفاهیم فیزیک بدون معادله‌ها مانند تلاش برای بیان هنر



بدون نشان دادن نمونه‌ای از آن هنر است. ایشان همچنین به کندوکاو برخی از معادله‌هایی از فیزیک پرداختند که پایه‌های دانش امروزین ما را از جهان فیزیکی تشکیل داده‌اند. همچنین در پایان اشاره نمودند که با نگاه کردن به معادله‌ها می‌توانیم بشنویم که طبیعت در حال سخن گفتن با ما به زبان ذاتی و طبیعی است.

۷. مدل‌ها (ی/ برای) آموزش مدل‌سازی[۱۶]

پیت لینز، دانشگاه آترخت، هلند

در این سخنرانی در ابتدا به گستره‌ی متنوعی که برای مدل‌سازی وجود دارد اشاره‌ای شد. این گستره‌ی متنوع، مدل‌سازی برای مشاهده‌های معمولی تا مدل‌سازی عددی و رایانه‌ای برای سیستم‌های پیچیده‌ی علمی را در بر می‌گیرد. همچنین چند پرسش مطرح شد از قبیل این که آیا بهتر نیست پیش از آن که به گسترش مدل‌ها بپردازیم درک درستی از واژه‌ی مدل‌سازی به‌دست آوریم؟ آیا مهارت‌های مدل‌سازی صرفاً در مقام نظر و تئوری هستند یا به ماهیت و به چگونگی ارتباط دانش و ماهیت مدل‌ها نیز مرتبط هستند؟ در ادامه‌ی سخنرانی ضمن پاسخ دادن به پرسش‌های مطرح شده، مثال‌هایی از آزمایش‌های جدید را که در مرکز آموزش علوم و ریاضیات Utrecht انجام شده‌اند مورد بحث قرار دادند.

۸. علاقه‌مند کردن معلمان و دانش‌آموزان برای لذت بردن با مدل‌سازی[۱۷]

لورنس روگرس، دانشگاه لستر، انگلستان

آقای روگرس ضمن اشاره به این که مدل‌سازی فعالیتی عقب‌مانده در برنامه‌ی درسی علوم انگلستان است، پیشنهاد نمودند برای فائق شدن بر این مشکل باید به کمک ابزارها و نرم‌افزارهای مناسب شرایط را برای فهم مفهوم مدل‌سازی برای معلمان و دانش‌آموزان فراهم کنیم.

ایشان در ادامه به معرفی نرم‌افزاری پرداختند که به کمک آن کوشش کرده بودند بین فعالیت‌های شبیه‌سازی و مدل‌سازی پلی بزنند تا به طور عینی‌تر ارتباط آن دو تبیین شود. به اعتقاد آقای روگرس، شبیه‌سازی‌ها می‌توانند راهی به سوی دانش‌آموز بگشایند که از فعالیت‌های مدل‌سازی لذت برده و به این شیوه‌ی آموزش علاقه‌مند شوند.

۹. مدل‌سازی در کلاس: ارتباط فیزیک با رشته‌های دیگر و پدیده‌های واقعی ـ زندگی[۱۸]

مایکل دآنا، سویس

آقای دآنا نیز در این سخنرانی ضمن اشاره به این که فناوری‌های نوین ابزارهای قدرتمندی را برای مدل‌سازی پدیده‌های طبیعی تأمین می‌کنند، ادامه دادند این امکان می‌تواند به کلاس‌های درس در رده‌های مختلف همچون فیزیک مقدماتی وارد شود و هم در حین آموزش و هم برای ارزشیابی و سنجش به کار گرفته شود. به اعتقاد آقای دآنا در فرایند آموزش می‌توان به کمک فناوری‌های نوین به سادگی و در زمان کوتاهی بین نظریه و تجربه ارتباط برقرار کرد. از سوی دیگر مهارت‌های بین‌رشته‌ای دانش‌آموزان نیز در این حین ارتقا می‌یابد.

۱۰. برای موفقیت یک مدل دانش‌آموزان به چه درک‌های اساسی نیازمندند و چگونه می‌توانیم آن‌ها را ارزشیابی کنیم؟[۱۹]

رونالد کی تورنتون، دانشگاه تافت، آمریکا

آقای تورنتون که در آموزش فیزیک تجربه‌ی خوبی دارند در بخش‌هایی از سخنرانی خود اشاره نمودند برای درک فیزیک راه‌های مختلفی وجود دارد. یک نگاه این است که معادله‌ها، اساس فهم ما از پدیده‌های فیزیکی هستند و دانش‌آموزان را در فهم یک مطلب کمک می‌کنند. به عقیده‌ی آقای دکتر تورنتون

رونالد کی تورنتون

فوکان هانگ

مهارت یادگیری فیزیک از طریق معادله‌ها، برای درک فیزیک به صورت یک مدل بسیار ضروری است هرچند در این راه دشواری‌های دور از انتظاری نیز ممکن است رخ دهد. راه دیگر یادگیری فیزیک به کمک توصیف مفهوم و آوردن مثال‌ها و مصادیق متنوعی از آن مفهوم است که می‌تواند درک مفهوم را برای دانش‌آموز میسر سازد. این روش که بهتر است با فعالیت‌های گروهی دانش‌آموزان توأم شود نسبت به روش‌های دیگر زمان بیشتری را در فرایند آموزش می‌طلبد. آقای تورنتون اشاره نمودند مزیت این روش به‌خصوص در دوره‌های آموزش مقدماتی فیزیک برای بسیاری از معلمان روشن است.

۱۱. جایگزین کردن مدل‌سازی در دوره‌ی درسی فیزیک عمومی: دلیل منطقی، ابزارها و پیامدها[۱۹] (*)

ویتور دارت تئودورو، دانشگاه جدید لیزبن، پرتقال

هدف سخنرانی: نگاهی به تأثیر فناوری‌های نوین در آموزش طی دو دهه‌ی گذشته.

۱۲. مدل‌سازی بر پایه‌ی شبیه‌سازی: چگونه به دانش‌آموزان برای ساختن مدل‌هایشان بر پایه‌ی شبیه‌سازی کمک کنیم؟[۲۰]

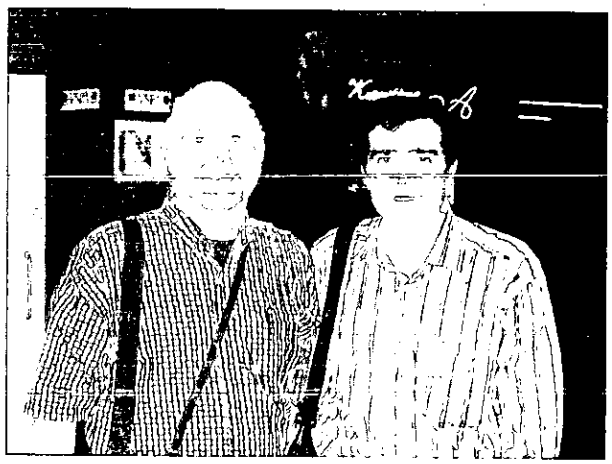
فوکان هانگ، دانشگاه ملی تایوان، تایوان

آخرین سخنرانی عمومی کنفرانس توسط آقای هانگ، یکی از شاگردان ادوارد اف. ردیش[۲۱] ـ استاد بزرگ آموزش فیزیک که جای خالی او در این کنفرانس احساس می‌شد ـ ارائه گردید. آقای هانگ با شوق و علاقه‌ی خاصی به ارائه‌ی موضوعی که محور اصلی فعالیت‌های او در چند ساله‌ی اخیر بوده است، پرداختند.

ایشان سخنان خود را با این موضوع شروع کردند که همه‌ی ما به عنوان یک معلم فیزیک علاقه‌مندیم که دانش‌آموزانمان به طور فزاینده‌ای قادر به مدل‌سازی و رابطه‌مند کردن پدیده‌هایی که مشاهده می‌کنند بر پایه‌ی تئوری‌های بنیادی باشند. به اعتقاد ایشان یکی از راه‌های رسیدن به این هدف، استفاده از رایانه است که دانش‌آموزان در پایه‌های مختلف می‌توانند در فعالیت‌های شبیه‌سازی مشارکت کنند. به اعتقاد آقای هانگ در این راه ممکن است با سه گروه از دانش‌آموزان مواجه شویم. نخست دانش‌آموزانی که از شبیه‌سازی‌های ساخته شده که براساس هدف‌های معینی برنامه‌ریزی و طراحی شده‌اند، استفاده می‌کنند. در این حالت دانش‌آموزان با تغییر برخی پارامترها که امکان آن از قبل در شبیه‌سازی درنظر گرفته شده است، می‌توانند مفهوم موردنظر خود را به کمک آن شبیه‌سازی بهتر درک کنند. دوم دانش‌آموزانی که می‌توانند با ابزارهایی که در اختیارشان قرار داده می‌شود به تعمیم و توسعه‌ی شبیه‌سازی‌های موجود بپردازند و سوم کسانی که خودشان به طور مستقل قادر به طراحی و ساختن یک مدل و شبیه‌سازی آن هستند. در این مورد، دانش‌آموزان با استفاده از ابزارهای طراحی می‌توانند به این منظور برسند.

دکتر هانگ در ادامه‌ی صحبت‌های خود به معرفی شبیه‌سازی‌هایی که طی چند سال اخیر طراحی و ساخته‌اند، پرداختند. این شبیه‌سازی‌ها که نزدیک به ۳۵۰ عدد هستند را می‌توانید در وب‌سایت http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava مشاهده کنید و حتی در صورت نیاز دانلود کرده و به صورت غیر برخط (off line) استفاده کنید. در پایان آقای هانگ به معرفی نرم‌افزاری پرداختند که به کمک آن می‌توان مدل‌های طراحی شده را به صورت شبیه‌سازی درآورد. این نرم‌افزار با عنوان Easy Java Simulation را می‌توانید از آدرسی که پیش از این اشاره شد، دانلود کنید.

***



رابرت فولر که نزدیک به یک سال است دوران بازنشستگی را می‌گذراند، از سال ۱۹۸۹ تا سال ۲۰۰۵ مسؤول گروه پژوهش در آموزش فیزیک (RPEG) دانشگاه نبراسکا بوده‌اند. از جمله افتخارات او می‌توان به دریافت مدال میلیکان در سال ۱۹۹۳ به خاطر همکاری برجسته در آموزش فیزیک اشاره کرد.

بخش گردهمایی‌ها

۱. ارزشیابی مدل‌سازی‌های دوره‌ی درسی فیزیک خلاق[۲۲]

رابرت فولر، آمریکا، لسلی وسمن، آمریکا؛ گراهام دتریک، استرالیا؛ فرتیس گراونبرج، هلند

در این گردهمایی آقای دکتر فولر به بررسی دوره‌ی درسی فیزیک خلاق که با استفاده از مدل MMAR ارزشیابی شده بود، پرداختند.[۲۳] همچنین بحث کوتاهی درخصوص ویژگی‌های دوره‌ی درسی فیزیک تجربی خلاق و نحوه‌ی کنترل دوره‌ی درسی از حیث هدف‌های آموزشی نمودند. تمرکز این گردهمایی بر روی ویژگی‌های مدل MMAR بود که هر دو جنبه‌ی کمی و کیفی را در بر می‌گرفت. سخنران دوم خانم وسمن بودند که نگاهی اجمالی به ویژگی‌های مدل MMAR داشتند و به تجربیاتی که در این خصوص به‌دست آمده بود اشاره کردند به‌خصوص به‌چگونگی کنترل دانش‌آموزان از منظر هدف‌های از پیش تعیین شده در حین اجرای مدل نیز سخنانی ایراد نمودند.

سخنران سوم آقای دکتر دتریک بودند که به توصیف پرسش‌نامه‌هایی که برای ارزیابی دانش‌آموزان و مدرسان (پیش از آموزش و در حین آموزش) تهیه شده بود، پرداختند. سرانجام آقای دکتر گراونبرج مروری بر نتایج نهایی دوره‌ی درسی فیزیک خلاق که براساس مدل MMAR در هلند اجرا شده بود، کردند و این نتایج را با آنچه در آمریکا به‌دست آمده بود مقایسه نمودند. برای اطلاعات بیشتر دراین‌باره به آدرس www.hope.edu/girep2006

۲. معضل‌هایی در آموزش انرژی، ناسازگاری‌ها و نارسایی‌ها از کتاب‌های درسی مدرسه و دانشگاه و رفتار آن‌ها[۲۴](*)

کوراندواگنس، ایتالیا؛ مایکل دآنا، سویس؛ هولگر هاپتمن، آلمان؛ فریدریش هرمان، آلمان؛ جورج جاب، آلمان؛ جول روزنبرگ، آمریکا

هدف گردهمایی: بحث و تبادل‌نظر درباره‌ی شکل‌های انرژی، هم‌ارزی کار و گرما، هم‌ارزی جرم و انرژی، پایستگی انرژی، کارایی و ضریب کارنو و انرژی خالص.

مرجع اصلی گردهمایی: Altasten der Physik نوشته‌ی هرمان و جاب.

۳. پیامدهای مدل‌سازی محاسباتی درون و پیرامون دوره‌های درسی فیزیک، چرا، چه، کجا، چگونه و تا کجا؟[۲۵]

نورمن چونکسی، انگلستان؛ رابرت فولر، آمریکا؛ سز مولدر، هلند؛ هانس بانگارتز، آلمان

در این گردهمایی با توجه به تغییرات چشمگیر در کاهش قیمت منابع رایانه‌ای برای علوم و مهندسی، به بحث پیرامون مدل‌سازی و شبیه‌سازی‌های عددی و چگونگی رسیدن به استانداردی برای ابزارهای رایانه‌ای در بسیاری از دوره‌های مختلف پرداخته شد. همچنین اشاره شد از آنجا که آموزش فیزیک پایه‌ای برای رشته‌های دیگر است، با توجه به تحولات دائمی در حوزه‌های مختلف علمی و فناوری، ضرورت دارد که نگاه مدرسان و برنامه‌ریزان فیزیک نیز تغییر کنند. درباره‌ی کاربرد مدل‌سازی و شبیه‌سازی‌های عددی مبتنی بر رایانه و تأثیر آن‌ها در عینی‌تر کردن مفاهیم فیزیک و همچنین سرعت بخشیدن به درک مفاهیم نیز بحث‌هایی به عمل آمد. در بین بحث‌هایی که به‌عمل آمد سعی شد به پرسش‌هایی از قبیل این که چرا تغییر؟ چگونه و به چه سویی باید تغییر انجام شود؟ این تغییرات تا کجا باید ادامه داشته باشد؟ نیز پاسخ‌هایی داده شود.

در پایان گردهمایی، خانم سز مولدر از دانشگاه آمستردام، به مدل‌سازی که طی دو سه سال اخیر در پایه‌های ۱۰ تا ۱۲ دوره‌ی درسی فیزیک در هلند به طور چشمگیری اهمیت پیدا کرده است

بحث نمودند. مهم‌تر آن‌که اشاره نمودند این توجه تنها به کاربرد ICT در آموزش نیست؛ بلکه هیئت آزمون ملی[۲۶] درصددند که از سال تحصیلی جدید موضوع‌های درسی مبتنی بر ICT را در آزمون ملی نیز از طریق رایانه مورد سنجش و ارزشیابی قرار دهند.

۴. عمل در صحنه: راه‌هایی برای وحدت فیزیک کلاسیک و کوانتومی با استفاده از مدل کنش[۲۷] (*)

ادوین تایلور، آمریکا؛ جوزف هانس، اسلواکی؛ اسلومیر تالجا، اسلواکی؛ جون اوگبورن، انگلستان

هدف گردهمایی: یافتن راه‌های ساده‌ای که بتوان به کمک آن‌ها با یادگیری فیزیک کلاسیک وارد فیزیک جدید شد.

بخش کارگاه‌ها

۱. مدل‌سازی سریع و اندازه‌گیری ویدیویی[۲۸]

اوا میدوزسکا و وینست دورنبوس، دانشگاه آمستردام

هدف کارگاه: آشنایی با امکانات و قابلیت‌های نرم‌افزار Coach 6

زمینه‌ی تاریخی کارگاه: مؤسسه‌ی آمستل[۲۹] طی ۲۰ سال گذشته فعالیت‌های زیادی برای استفاده و گسترش ابزارهای ICT و مواد آموزشی برای یادگیری مبتنی بر تحقیق[۳۰] انجام داده است. از طریق فعالیت‌های مدل‌سازی و اندازه‌گیری ویدیویی، دانش‌آموزان در فرایند یادگیری فعال‌اند.

آنچه در کارگاه گذشت: در این کارگاه ابتدا نسخه‌ای از آخرین نرم‌افزار Coach 6 در اختیار شرکت‌کنندگان قرار گرفت. پس از نصب این نرم‌افزار بر روی رایانه و آشنایی با مشخصات نرم‌افزار، ابتدا مثال‌هایی از مدل‌های دستگاه‌های دینامیکی و چگونگی اندازه‌گیری ویدیویی روی این دستگاه‌ها بررسی شد. پس از آن مدت زیادی از زمان کارگاه اختصاص به شرکت‌کنندگان داشت که در گروه‌های دو نفره با امکانات و قابلیت‌های این نرم‌افزار، با توجه به انجام فعالیت‌هایی که از قبل تهیه شده بود، آشنا شوند. همان‌طور که اشاره شد این نرم‌افزار حاصل بیش از ۱۵ سال فعالیت همزمان فیزیکدانان و متخصصان رایانه‌ای است و Coach 6 آخرین نمونه آن است که در رده‌ی نسل جدید نرم‌افزارهای آموزشی قرار دارد.

گروه‌های آموزشی در مناطق و شهرهای مختلف کشور که تمایل دارند کارگاهی برای دبیران علاقه‌مند آن‌ها درخصوص آشنایی و استفاده از این نرم‌افزار و نرم‌افزارهای دیگر تدارک دیده شود با ایمیل نگارنده‌ی گزارش تماس بگیرند.

۲. مدل‌سازی پدیده‌های مرتبط با یادگیری ابررسانایی[۳۱] (*)

وگارد انگستروم، نروژ؛ ماریزا میکلنی، ایتالیا؛ فدریکو کورنی، ایتالیا؛ جرجورز کارواز، لهستان

هدف کارگاه: آشنایی با پروژه‌ی SUPERCONET 2

زمینه‌ی کارگاه: فاز ۲ پروژه‌ی ابزار آموزشی چندرسانه‌ای ابررسانایی که از سال ۲۰۰۵ در اتحادیه‌ی اروپا در حال انجام است به آزمایش و ارزیابی مواد آموزشی که در فاز ۱ این پروژه گسترش یافته‌اند می‌پردازد. هدف اصلی این پروژه یادگیری مفاهیم مرتبط با الکترومغناطیس و ابررسانایی است که مواد آموزشی آن به ۱۵ زبان کشورهای اروپایی ترجمه شده است.

این مواد آموزشی شامل یک نرم‌افزار رایانه‌ای و همچنین یک بسته برای انجام آزمایش‌های واقعی با ابررساناهای دمای بالاست.

این بسته به گونه‌ای طراحی شده است که برای نمایش‌های عمومی نیز به راحتی قابل حمل باشد.

۳. تحقیق و مدل‌سازی مجدد دوره‌های درسی فیزیک به کمک ابزارهای کیفی و کمی[۳۲] (*)

گراهام دتریک، استرالیا؛ رابرت فولر، آمریکا؛ لسلی وسمن، آمریکا

هدف کارگاه: آشنایی با ابزارهایی که نگرش دانش‌آموزان و معلمان را به سوی فیزیک و فناوری تعیین می‌کند.

۴. آیا فناوری اطلاعات برای درک علوم است؟[۳۳]

ژان دانین ـ بروکسکی، تان الرمایر، الا کاوکا، اوا میدوزکا، لورنس روگرس، ویتور تئودور

در این کارگاه پروژه‌ی «فناوری اطلاعات برای درک علوم» که از سال ۲۰۰۵ در کشور لهستان با حضور ۴ تیم مهمان از کشورهای قبرس، هلند، پرتغال و انگلستان شروع شده است بررسی گردید. هدف این پروژه طراحی دوره‌های آموزشی پیش از خدمت و در حال خدمت معلمان علوم و تولید مواد آموزشی برای این دوره‌هاست. در این کارگاه یکی از نرم‌افزارهایی که برای این پروژه تولید شده بود مورد بررسی و اظهارنظر شرکت‌کنندگان در کارگاه قرار گرفت.

۵. مدل‌سازی پندارهای بصری حرکتی از طریق اندازه‌گیری‌های مجازی[۳۴] (*)

ا. کازاچکوف، ت. ایگناتوف، اکراین

هدف کارگاه: استفاده از یک برنامه‌ی رایانه‌ای برای انجام اندازه‌گیری‌های مجازی و امکانات ساده برای ایجاد تصویر زنده‌ی خیالی

۶. مدل‌سازی فنون مصاحبه‌ی شخصی برای پژوهش آموزش فیزیک[۳۵]

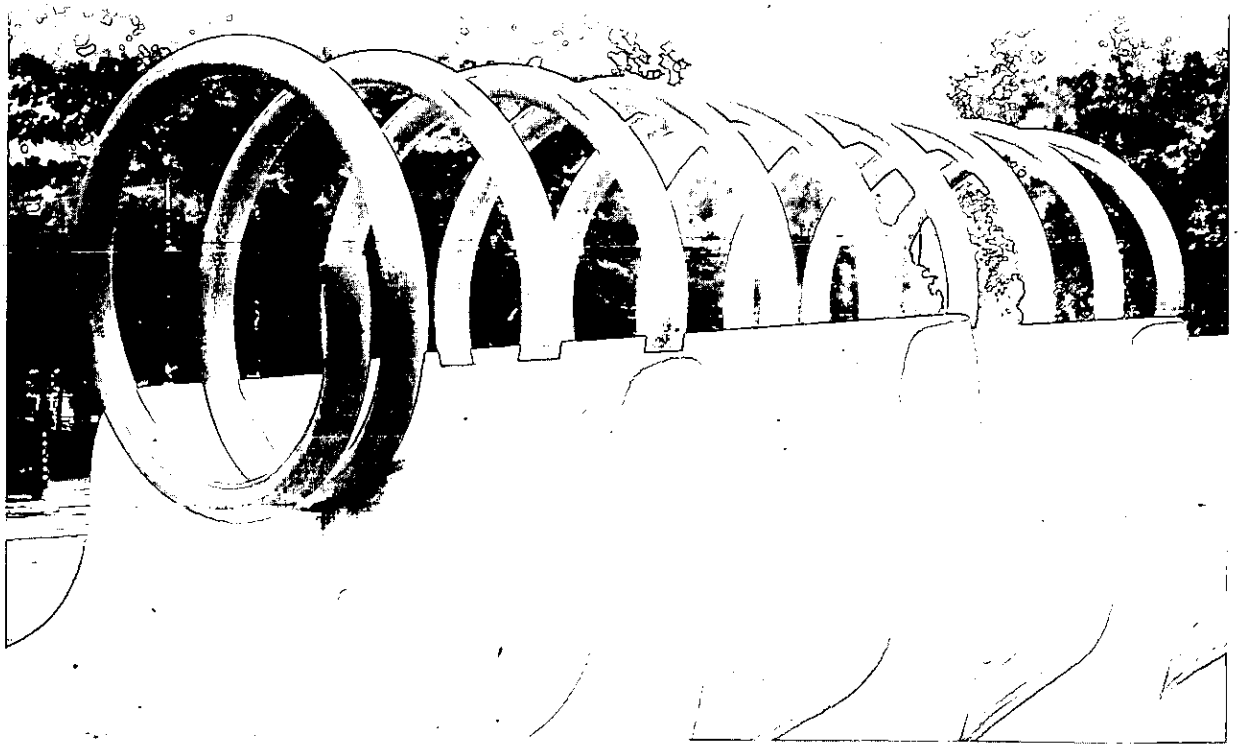
لسلی وسمن، رابرت فولر، آمریکا

در این کارگاه مجموعه‌ای از پرسش‌نامه‌ها که برای پژوهش در حوزه‌ی آموزش فیزیک مورد بررسی قرار گرفت. در پایان نیز فنونی برای تحلیل اطلاعات به‌دست آمده از مصاحبه ارائه گردید. برای اطلاعات بیشتر به www.hope.edu/girep2006 مراجعه کنید.

۷. ارتقاء مهارت‌های مدل‌سازی از طریق شبیه‌سازی[۳۶]

لورنس روگرس، دانشگاه لستر، انگستان

در این کارگاه مجموعه‌ای از فعالیت‌های ساده‌ی علمی به کمک یکی از نرم‌افزارهای جدید آموزشی (Simulation Insight authoring software, Logotron, 2005) مورد بررسی قرار گرفت. در ضمن این کارگاه، شرکت‌کنندگان با نحوه‌ی ساخت مدل و



شبیه سازی آن آشنا شدند.

۸. استفاده از رایانه برای ارزیابی عملکرد دانش‌آموزان[۳۷] (*)

او. اف. کالتون و همکاران، رومانی

هدف کارگاه: ارائه، بررسی و تحلیل نتایج یک تحقیق آموزشی درخصوص استفاده از رایانه بر سنجش عملکرد دانش‌آموزان در ۱۲ مدرسه‌ی راهنمایی و متوسطه در رومانی.

۹. روش‌های بازخورد سریع برای یادگیری دانش‌آموز و معلم[۳۸] (*)

اد و دادی ون‌دبرگ، دیک هوکزما، دانشگاه آمستردام ـ هلند

هدف کارگاه: شرح و نمایش روش‌های بازخورد سریع

۱۰. تئاتر، فیلم و فنون نمایشی برای آموزش علوم[۳۹] (*)

استفان هزلر، دانشگاه دویزبورگ، آلمان

هدف کارگاه: برای آشنایی با هدف‌های کارگاه و فعالیت‌های انجام شده در این خصوص به آدرس www.sciencemotion.de مراجعه کنید.

زیرنویس‌ها:

1. Modelling in physics and physics Education (www.girep2006.nl).

2. International Research Group on Physics Education.

۳. نگاه کنید به

http://modeling.asu.edu/

http://dictionary.laborlawtalk.com/Model_%28physical%29

http://dictionary.laborlawtalk.com/Model_theory

4. Lectur

5. Paper

6. Workshop

7. Symposium

8. Modelling Theory of Physics Instruction *David Hestenes, Arizona State University, Tempe, USA.*

9. A model is a sarrogat object.

10. Developing an Appropriate Understanding of Scientific Modelling in Physics Instruction – Examples from the German Project "Physics in Context" *Silke Mikelskis-Seifert, IPN Leibniz Institute for Science Education, Kiel, Germany.*

11. System Dynamics Modelling in Fluids, Electricity, Heat, and Motion: Examples, Practical Experience, and Philosophy *Hans Fuchs, Zurich Universiy of Applied Sciences at Winterthur (ZHW) Switzerland.*

12. Ecology.

13. Challenges and Opportunities in Computational Modelling *Ian Lawrence, University of Birmingham Birmingham, United Kingdom.*

14. Simulating Growth and Form Reter Sloot, Universiteit Van Amsterdam, Amesterdam, Netherlands.

15. The Equation: Icons of knowledge sander Bais, Universiteit vaan Amesterdaam, Amesterdam, Netherlands.

16. Models of/for Teaching Modelling *Piet Lijnse, Universiteit Utrecht, Utrecht, Netherlands.*

17. Motivating Teachers and Pupils to Engage with Modelling *Laurence Rogers, University of Leicester, Leicester, UK.*

18. Modelling in the Classroom: Linking Physics to Other Disciplines and to Real-Life Phenomena *Michel D'Anna, Alta Scuola Pedagogica, Locarno, Switzerland.*

19. Embedding Modelling in the General Physics Course: Rationale, Tools and Results *Vitor Duarte Teodoro, New University of Lisbon, Lisbon, Portugal.*

20. Modelling with simulations: How to Help students Build their Own Model wit simulation? Fu-Kwun Hwang, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan.

21. Edward F. Redish

http://www2.physics.umd.edu/~redish/

همچنین برای دانلود کتاب آقای ردیش با عنوان آموزش فیزیک با مجموعه ی فیزیک Teaching Physics with the Physics Suite

به آدرس زیر مراجعه کنید:

http://www2.physics.umd.edu/~redish/Book

22. Modelling Assessments of Innovative Physics Courses.

23. Mixed Metod Action Research.

24. Problems in the Teaching of Energy Incorgruities and inadequacies from School and university books and their treatment.

25. Conmputational Modelling Issues in and around Physics Courses: Why, What, Where, How, and Whither?

26. Notional Exam Board

27. Action on stage: Ways to Unify Classical and Quantum Physics Using the Action Model.

28. Hands - on Modelling and video-Measarement

29. Amsterdam Mathematics, Science and Technology Education Labozatozy Insdidute.

30. Inquiry – Based Learning.

31. Modelling of Phenomena Related to Learning about super conductivity.

32. Researching and Remodelling Courses with the Aid of Qualitative and Quantitative Instruments.

33. Is IT (= Information Technology) for US (= Understanding Science)?

34. Modelling "Motional" Visual Illusions Through Virtual Measurments.

35. Modelling Personal Interview Techniques for Physics Education Research.

36. Developing Modelling Skills Througl Simulations.

37. Using Computer to Assess Students' Performance.

38. Fast Feedback Methods for Student and Teacher Learning.

39. Theatre, Film and show Techniques for Science Education.

برای دریافت فایل PDF این گزارش به صورت رنگی به آدرس
http://physics-dept.talif.sch.ir/files/extract-file.php?file_id=76
یا آدرس www.avang.org بروید.

IN THE NAME OF GOD

Ministry of Education
Organization of Research & Educational Planning
Teaching-Aids Publications Office

Roshd 78

Physics Education Journal

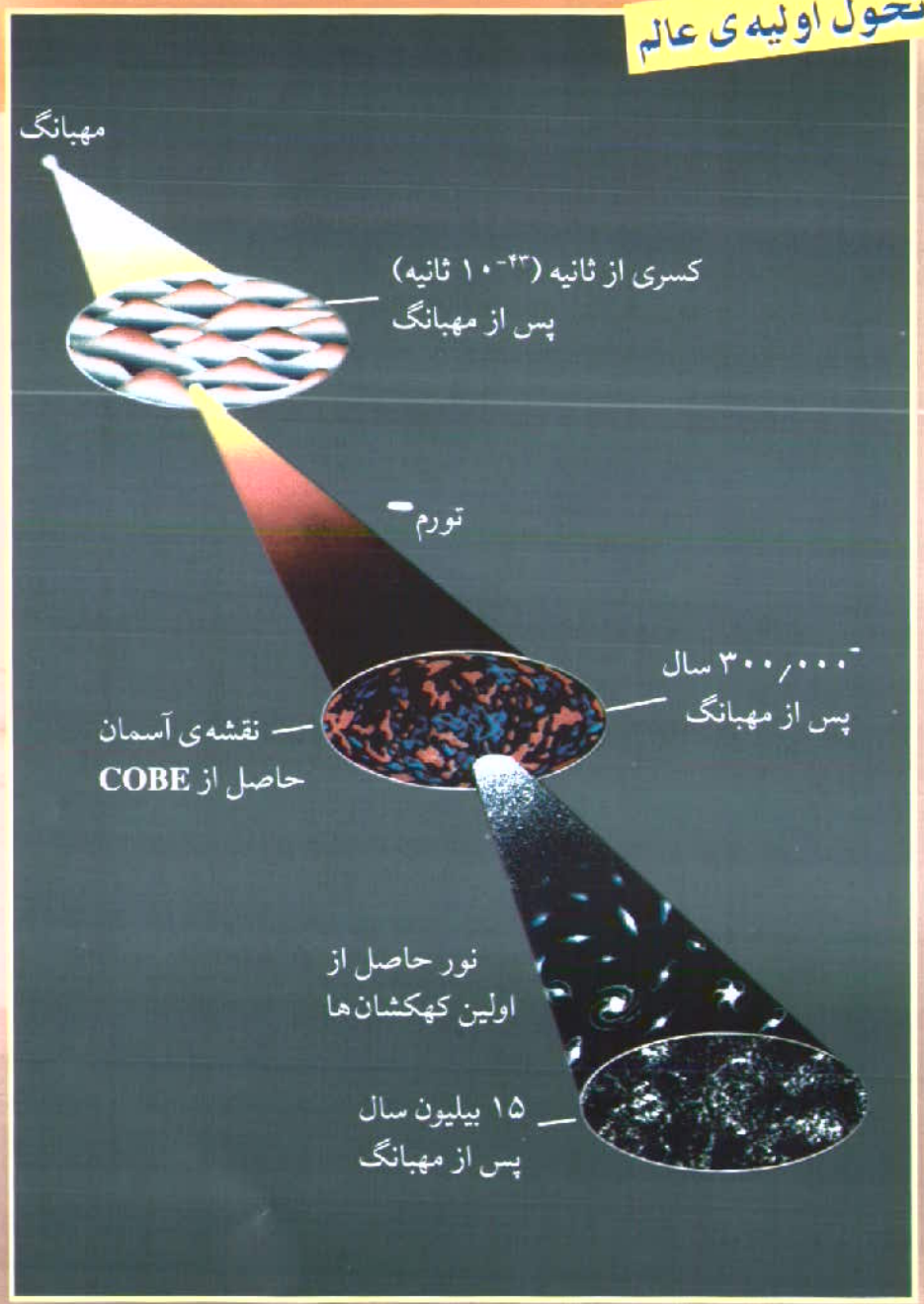
P.O. Box: 15875/6585
Department of Physics, Tehran-Iran

Vol.22 - No.78 - 2006
ISSN : 1606 - 917X

Managing Editor : Alireza Hajianzadeh
Editor-in-Chief : Manijeh Rahbar
Executive Director : Ahmad Ahmadi
Graphic Designer : Parvaneh Hadipour
Editors : Ahmad Ahmadi,
Jafar Mehrdad,Rouhollah Khalili,Manijeh Rahbar,

Man Probe The Cosmos 2
Water tank experiment clears up some refraction mis eonceptions 4 *Federico corni*
Rising in capillary tubes and Jurin rule 6 *M. Noei Bahoosh*
Echo of Bigbang receives Nobel prize in physics 9
There is no really good definition of Mass 11 *Eugene Hecht*
A method for teaching space - time digram 16 *D. Hormozi Nejad*
Several experiments about capilarity 18 *M. kheirandish anol S. Naderi*
Resonance in flasks and pipes 23 *Paul Gluck et al*
Physics: Imagination and reality (part 2) 28 *F. Wallas*
Carbon nano tubes 31 *K. Hadji zadeh*
Physics of ventilation shafts 38 *H. Koosha*
Reflection on answering a mechanics question 42 *J. Mehrdad*
Common misconceptions in physics 45 *M. R. Khoshbin-e-Khoshnazar*
Holography 47 *M. Ashena*
The Late Professor 52 *J. Mehrdad*
Report of Conference in "Modeling in Physics Education" 54 *R. Khalili*

تحول اولیه ی عالم



معلم • جوان • نوجوان • نوآموز • دانش‌آموز • کودک • مدیریت مدرسه • آموزش ابتدایی • آموزش راهنمایی • آموزش متوسطه • آموزش ریاضی • آموزش زبان و ادب فارسی • آموزش زبان • آموزش جغرافیا • آموزش تاریخ • آموزش زیست‌شناسی • آموزش زمین‌شناسی
آموزش معارف اسلامی • آموزش هنر • آموزش تربیت بدنی • آموزش علوم • آموزش فیزیک • آموزش شیمی • آموزش ریاضی • آموزش زیست‌شناسی • آموزش زمین‌شناسی

◆ راهی مطمئن بسوی تقویت بنیه‌ی علمی دانش‌آموزان و معلمان ◆

از کجا بخریم؟

مژده به همکاران محترم آموزش و پرورش، دانشجویان و دانش‌آموزان عزیز که تمایل به دریافت محصولات دفتر انتشارات کمک آموزشی (نشریات رشد عمومی و تخصصی و کتاب‌های رشد) را دارند.

از این به بعد، غیر از سازمان آموزش و پرورش استان‌ها، اداره آموزش و پرورش شهرستان‌ها و مناطق، نمایشگاه دائمی نشریات رشد واقع در فروشگاه مرکزی انتشارات مدرسه در تهران مجلات رشد را به طور مستقیم عرضه می‌کنند.

تهران، خیابان کریم‌خان، ابتدای ایرانشهر شمالی، ساختمان شماره چهار آموزش و پرورش،
کتاب فروشی انتشارات مدرسه تلفن: ۸۸۸۲۲۶۶۸ امور مشترکین: ۷۷۳۳۶۶۵۶