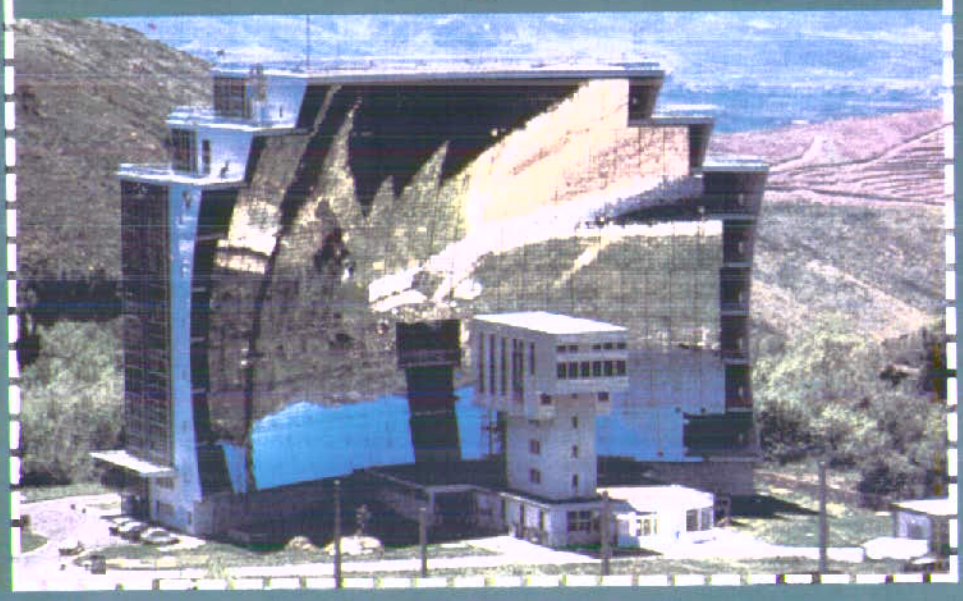
فیزیک ۵۱
رشد آموزش
سال سیزدهم، بها ۱۵۰۰ تومان

تصویر ساختمانی در فرانسه که تمام انرژی مورد نیازش را از تبدیل انرژی نورانی خورشید به انرژی الکتریکی تأمین می کند



انرژی های تمیز

تصویر یک ایستگاه نیروگاه بادی در کالیفرنیا

بسم الله الرحمن الرحیم

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

مدیر مسؤول: سیّد محسن کلدانساز
سردبیر: دکتر منیژه رهبر
مدیر داخلی: احمد احمدی
طراح گرافیک: مهسا قبایی
دوره انتشار: پاییز ۷۸

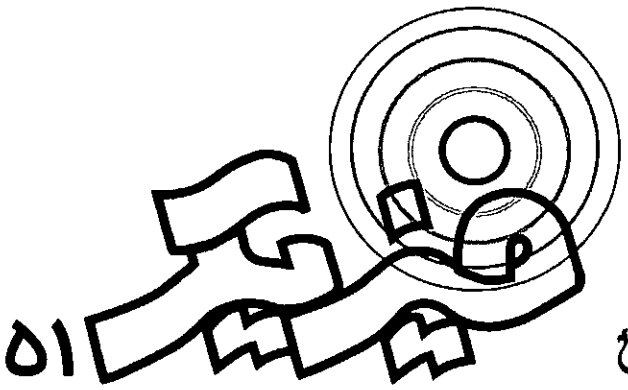
اعضاء هیئت تحریریه: محمدرضا اجتهادی، احمد احمدی، محمدعلی سعادت‌بخت، منیژه رهبر، سید جعفر مهرداد.

◆ دفتر انتشارات کمک آموزشی، این مجلات را نیز منتشر می کند:

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

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

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



رشد آموزش فیزیک ۵۱

۲ سرمقاله — **ملاحظاتی دربارهٔ نظام آموزش و پرورش**

۳ — **در حاشیه آموزش فیزیک** ◆ سیدجعفر مهرداد

۴ — **اهمیت دستگاه‌های مرجع نالخت در برخی از مسائل دینامیک انتقالی** ◆ و. جی. مندیانتدرا

۹ — **الگویی برای درک مفهوم میدان** ◆ جهانگیر ریاضی

۱۰ — **خواص انعکاسی شبه‌بردارها** ◆ رویجارد. وایندر/ رویرت

۱۳ — **پاسخ به سؤالات دانش‌آموزان** ◆ رونالد پرکستن

۱۶ سرویرایش — **فوتون چیست؟** ◆ جان ماریرنر

۲۳ — **مدهای غیرخطی ارتعاش** ◆ ایرنوایکشند

۴۱ پژوهش — **مایع از دیوارهٔ یک تخم مرغ چرخان بالا می‌رود.** ◆ ک. کوفیرز. ک. فرد. ا. کانزامیله ود. فیگورا

۲۹ — **نوسانات نوسانات واداشته و تشدید** ◆ الیاس منصوری

۳۱ — **حل چندجمله‌ای درجه ۲** ◆ وکتر قاسم

۴۹ سرویرایش — **آزمایشهای ساده الکتریسیته جاری** ◆ اصغر نوروزیان

۳۷ — **راه‌پیمایی بر روی تخم‌مرغها** ◆ لیاندیر و کاری دونس

۴۱ — **بررسی نتایج یک آزمون: چه رازی در این سؤال ساده نهفته است؟** ◆ محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر

۱۶ کوتاه‌کون — **وقایع برجسته سال ۱۹۱۸**

۴۶ — **نامه‌ها و نظرها**

۴۷ — **در طرح سؤالات امتحانی بیشتر دقت کنیم** ◆ قاسم قدیمی

۴۸ شگفتی‌ها — **شدت انفجار ستارگان چقدر می‌تواند باشد؟** ◆ لین جانوس

۵۱ — **برنامه پنجم به زودی آغاز می‌شود و ...**

۵۵ آزمونها — **دوازدهمین المپیاد فیزیک کشور**

ملاحظاتی درباره نظام آموزش و پرورش

در سال ۱۳۶۴ در پنجاه و نهمین جلسه شورای عالی انقلاب فرهنگی، تشکیل «**شورای تغییر نظام آموزش و پرورش**» به تصویب رسید.

شورای مذکور نتیجه کار خود را در خرداد ۱۳۶۷ زیر عنوان «**طرح کلیات نظام آموزش و پرورش جمهوری اسلامی ایران**» به شورای عالی انقلاب فرهنگی تقدیم نمود.

این طرح در تیرماه ۱۳۶۸ مورد تأیید شورای عالی قرار گرفت نظر به اهمیت دوره تحصیلی متوسطه تهیه طرحهای اجرایی تغییر در این دوره تحصیلی، در اولویت قرار گرفت.

بر این اساس طرح «**تغییر نظام آموزش و پرورش دوره متوسطه**» تهیه و پس از تصویب نهایی شورای عالی انقلاب فرهنگی در دی ماه ۱۳۶۹ به وزارت آموزش و پرورش برای اجرا ابلاغ شد.

این طرح در سال ۱۳۷۱ برای ده درصد از دانش آموزان سال اول تمامی شاخه های تحصیلی(نظری، فنی و حرفه ای و کاردانش) در همه استانهای کشور به اجرا درآمد.

در سال ۱۳۷۲، بیست و پنج درصد در سال ۱۳۷۳ پنجاه درصد و در سال ۱۳۷۴، هفتاد و پنج درصد و در سال ۱۳۷۵ صددرصد از دانش آموزان سال اول تمامی شاخه های تحصیلی دوره متوسطه را دربرگرفت.

هم اکنون به علت مشکلات و موانع اجرایی نظام فعلی متوسطه ضرورت بازنگری، آن مطرح و مورد بحث قرار گرفته است.

چهارده سال از تصویب تشکیل «**شورای تغییر نظام آموزش و پرورش**» و ده سال از تصویب «**طرح کلیات نظام آموزش و پرورش**» و چند سال از «**تغییر نظام آموزش متوسطه**» می گذرد ولی ما هنوز با مشکلات گوناگون آموزش متوسطه درگیریم بی آنکه به دوره آموزش و پرورش عمومی(ابتدایی و راهنمایی) بپردازیم.

ملاحظات زیر قابل ذکر و توجه است.

۱ ـ معمولاً منظور از نظام آموزش و پرورش مجموعه اجزاء و عناصر وابسته به یکدیگرند که به وجهی منظم و معقول تشکیل یافته اند تا با تکیه بر چند اصل کلی معدود با روشهای مشخص به اهدافی که تابع نظام ارزشهای جامعه است برسد.

روش کار نشان می دهد که چگونه می توان از **اصل** استفاده کرد و به **هدف** رسید. مراد از روش راهی است که میان اصل و هدف امتداد دارد و هر هدفی دارای اصل و یا مجموعه اصول مربوط به خود است.

واژه **اصل** را عرف عامه در مقابل بدل و در مقابل فرع استعمال می کنند. معنای لغوی آن بیخ و بن و ریشه است. علمای تعلیم و تربیت این کلمه را از مفهوم فلسفی آن که با معنای منشأ و مصدر برابر است اقتباس کرده اند.

در کتابهای مبانی و اصول آموزش و پرورش از چند اصل به نام اصل فعالیت، اصل کمال، اصل حریت، اصل سندیت، اصل تناسب عمل و وضع، اصل تفرد، اصل اجتماع گفتگو می شود و بحث در تناقض و رفع میان این اصول از مهمترین و دقیقترین مباحث آموزشی و پرورشی است.

مطابق صفحه ۱۰۱ ـ ۱۱۳ سال ۱۳۶۴ دفتر مطالعات سیاسی و بین المللی وابسته به وزارت امور خارجه جمهوری اسلامی ایران «**انقلاب فرهنگی**» کشور پهناور چین موارد ششگانه زیر را به عنوان «**اصول انقلاب فرهنگی**» برشمرده است.

۱ ـ اصل تقدم تعهد بر تخصص ۲ ـ اصل اهمیت دادن به مردم و نقش آنها ۳ ـ اصل وحدت تئوری و عمل ۴ ـ اصل عدم تمرکز ۵ ـ اصل مبارزه با راست گرایان و طرفداران راه سرمایه داری ۶ ـ اصل دگرگونی در نظام آموزشی.

در «**طرح کلیات نظام آموزش و پرورش جمهوری اسلامی ایران**» هر امری که به نظر طراحان مهم آمده مانند حفظ محیط زیست (اصل سی) و تحصیل زنان متأهل (اصل پنجاه و چهار) به صورت اصل مطرح شده است.

۲ ـ مطابق «**راهنمای بین المللی نظامهای آموزشی**» از انتشارات دفتر بین المللی تعلیم و تربیت وابسته به یونسکو ـ نشریه دفتر تحقیقات و برنامه ریزی و تألیف کتابهای درسی سال ۱۳۶۱ معمولاً چند عنوان کلان برای نظام آموزشی اختیار شده است مانند ۱ ـ هدفهای کلی ۲ ـ مدیریت ۳ ـ امور مالی ۴ ـ ساخت و سازمان ۵ ـ برنامه های درسی ۶ ـ تربیت معلم.

در زیر هر عنوان مثلاً هدفهای کلی عنوانهای خردی مانند بهبود نتایج تحصیلی، اولویت دادن به آموزش روستایی، بهبود آموزش متوسطه، بهبود کیفیت آموزش مربیان، بالا بردن درصد دانش آموزان دختر و مانند آنها منظور شده است. هر کشور بسته به اوضاع و شرایط خود چند هدف خاص را مورد توجه قرار می دهد.

بنا به نشریه دفتر همکاریهای علمی بین المللی وزارت آموزش و پرورش، در کشور امریکا برای چهار سال تا ورود به قرن بیست و یکم سه هدف برای آموزش و پرورش با ذکر اصول و روشهای وصول به هدفها و تأمین بودجه آن درنظر گرفته شده است.

۱ ـ همه کودکان ۸ ساله باید بتوانند بخوانند.

۲ ـ همه کودکان ۱۲ ساله باید بتوانند وارد شبکه اینترنت شوند.

۳ ـ همه جوانان ۱۸ ساله باید به دانشگاه راه یابند.

در «**طرح کلیات نظام آموزش و پرورش جمهوری اسلامی ایران**» اهداف نظام آموزش و پرورش با عنوانهای اهداف اعتقادی ـ اخلاقی ـ علمی و آموزشی ـ فرهنگی و هنری، اجتماعی سیاسی و نظامی، اقتصادی و زیستی مجموعاً در ۵۵ بند بیان شده است. مشکل اساسی نظام آموزشی ما در کجاست؟

در پیشگفتارهای آینده به این بحث ادامه خواهیم داد.

ان شاءالله

در حاشیه آموزش فیزیک

سید جعفر مهرداد

۱ـ اصل ارشمیدس و تاج طلای شاه سیراکوز:

در برخی از کتابها برای بیان «اصل ارشمیدس» از داستان تاج طلای هیرون، شاه سیراکوز یونان قدیم سخن به میان آمده است.

در تاریخ علوم پی یر روسو ترجمه حسن صفاری زیر عنوان ارشمیدس (۲۸۷ ـ ۲۱۲ ق. م) می خوانیم.

«... ارشمیدس هیدروستاتیک یا علم تعادل مایعات را به وجود آورد و در افسانه ها مسطور است که وی به منظور کشف دسیسه، شخص دغل و متقلبی این علم را اختراع کرد.

هیرون دستور داده بود که تاج بزرگ زیبایی از طلا برایش بسازند و بعد از ساختن آن حدس زد که زرگر مقداری از طلا را ضبط کرده به جای آن نقره به کار برده است. برای حل این مسئله به دوست خود ارشمیدس مراجعه کرد و گفت میل دارم که تو بدون شکستن این تاج معین کنی که واقعاً در آن نقره وجود دارد یا نه و نسبت آن چیست؟ این مسئله مرد دانشمند را سخت به خود مشغول داشت تا به حدیکه چون به اکتشاف آن موفق شد لخت و عور از حمام بیرون آمد و فریاد کشید «یافتم! یافتم». در واقع کم شدن وزن او در آب این فکر را در وی القاء کرد که اجسام را به وسیله وزن مخصوصشان [یا چگالی آنها] مشخص کند و این وزن مخصوص را نیز به وسیله وزن آب هم حجم آنها معین سازد از اینجا اصل مشهور ارشمیدس نتیجه گردید ...»

این اصل در کتاب درسی فیزیک ۱ دبیرستان به صورت زیر بیان شده است:

«بر شیئی که به طور کامل یا جزیی در شاره فرو رفته است، نیروی رو به بالایی [نیروی ارشمیدس] وارد می شود که با وزن شاره جا به جا شده به وسیله شیئی برابر و در سوی مخالف است.»

درباره این تاج طلا در بعضی کتابهای درسی فیزیک پرسش یا مسأله ای به صورت زیر مطرح شده است: «ارشمیدس وزن تاج هیرون را در هوا برابر ۴۸۲/۵ گرم و در آب برابر ۴۵۳/۴ گرم به دست آورد. اولاً: چگالی تاج چقدر است؟ ثانیاً اگر چگالی طلای خالص برابر ۱۹/۳ گرم بر سانتیمتر مکعب باشد آیا تمام تاج از طلاست؟»[۱]

با توجه به اصل ارشمیدس و مفهوم چگالی پاسخ آسان است. نیروی رو به بالا که آن را نیروی ارشمیدس (یا نیروی شناوری) نیز می نامند برابر است با $F_B = 482/5 - 453/4 = 29/1^{gr}$. هرگاه چگالی آب را $1\ ^{gr}/_{cm^3}$ فرض کنیم حجم تاج برابر $29/1 c^3$ و چگالی تاج برابر است با $\rho = \frac{m}{v} = \frac{482/5}{29/1} = 16/6\ ^{gr}/_{cm^3}$ بنابراین تمام تاج طلا نیست.

۲ـ اصل ارشمیدس بدون تاج طلای شاه[۲]:

بدون استفاده مستقیم از مفهوم چگالی نیز می توانیم غوطه وری و شناوری اجسام را بررسی کنیم به شرح زیر:

ته یک لیوان پلاستیکی خالی را در داخل آب ظرفی فرو می بریم تا حدود ۰/۶ لیوان در آب قرار گیرد در داخل لیوان خالی هم سطح با آب ظرف با ماژیک نشانه ای می گذاریم. پس از آن وزنه های معلومی در لیوان می اندازیم تا لیوان شناور بماند و نشانه داخل لیوان باز هم سطح آب باشد. بنابراین اندازه نیروی ارشمیدس برابر اندازه وزن وزنه های داخل لیوان است. (برای اینکه لیوان واژگون و در آب غوطه ور نشود می توانیم کمی شن یا ساچمه در لیوان بریزیم تا مرکز جرم زیر مرکز شناوری قرار بگیرد)

سپس لیوان محتوی وزنه ها را در یک کفه ترازو و لیوان مشابه و خالی دیگر را در کفه دیگر ترازو قرار می دهیم و در آن آب می ریزیم تا ترازو به حال تعادل درآید. پیداست وزن آب این لیوان برابر وزن وزنه های لیوان اول است. دو لیوان را پهلوی هم قرار می دهیم می بینیم که نشانه لیوان اول هم سطح با آب لیوان دوم است. به روشنی نتیجه می گیریم که اندازه نیروی رو به بالا یا نیروی ارشمیدس برابر اندازه وزن آب جابه جا شده است. می توانیم این تجربه را با مایعات بی خطر دیگر تکرار کنیم و به همین نتیجه برسیم.

بدین ترتیب این آزمایش ساده زمینه ساز توضیح غوطه وری و شناوری اجسام است بدون اینکه از تاج شاه و مفهوم چگالی سخنی گفته باشیم.

۳ـ اصل ارشمیدس و اصل بقای انرژی:

فرض می کنیم جسمی به حجم V و چگالی ρ در مایعی با چگالی ρ_w غوطه ور است. بر این جسم علاوه بر وزن آن که برابر ρvg است، نیروی رو به بالا یا نیروی ارشمیدس F_B نیز وارد می شود. هرگاه این جسم زیر اثر این نیروها تا ارتفاع h در مایع بالا رود، انرژی پتانسیل جسم به اندازه ρvgh افزایش و انرژی پتانسیل مایع هم حجم جسم که به پایین آمده و جای اولیه جسم را اشغال کرده به اندازه $\rho_w vgh$ کاهش یافته است.

با توجه به تفاوت انرژی پتانسیل گرانشی و کار انجام شده برای بالا بردن جسم تا ارتفاع h اندازه نیروی ارشمیدس برابر $F_B = \rho_w vg$ به دست می آید.[۳] این رابطه، اصل ارشمیدس را بیان می کند. در کتاب فیزیک ۱ نیروی ارشمیدس با استفاده از اختلاف فشار محاسبه شده است.

زیرنویس:

1. M.EURIN... PHYSIQUE HACHETTE
2. Archimedes' Principle without the Kings, crown vol 36 Dec. 1998 The physics Teacher
3- BOROWiTz... A CONTEMPORARY VIEW OF ELEMENTARY PHYSICS

اهمیت دستگاه‌های مرجع نالَخت در برخی از مسائل دینامیک انتقالی

کازانووا و جی مندیالدوا[1]

مترجم: مهدی داودی

اهمیت استفاده از دستگاه های مرجع نالخت در برخی از مسائل دینامیک انتقالی بررسی می شود. برای این امر، در این مقاله یک مسئله و پاسخ تشریحی آن ارائه شده و پیش فرض ها و برداشت های نادرست نوعی دانش آموزان در این موضوع، مورد بحث قرار می گیرند.

بر اساس تجربه ما در تدریس دینامیک در سطح درسهای فیزیک مقدماتی رشته های علوم و مهندسی، در مسائلی که دستگاه تحت مطالعه یک دستگاه ساده نبوده بلکه متشکل از دو یا چند زیر دستگاه است که هریک با شتابهای متفاوت حرکت می کنند دریافته ایم که دانش آموزان بطور واضح توصیف حرکت انتقالی جسمی را در یک دستگاه شتابدار، زمانی درک می کنند که معادلات حرکت آن در یک دستگاه نالخت بیان شوند تا در یک دستگاه لخت. موقعی که حرکت در یک دستگاه شتابدار توصیف می شود به محض اینکه دانش آموزان نیاز وارد کردن نیروهای لخت یا مجازی را درک کنند، ما سخت بر این باوریم که این روش برای آنان ساده تر و آموزنده تر است.

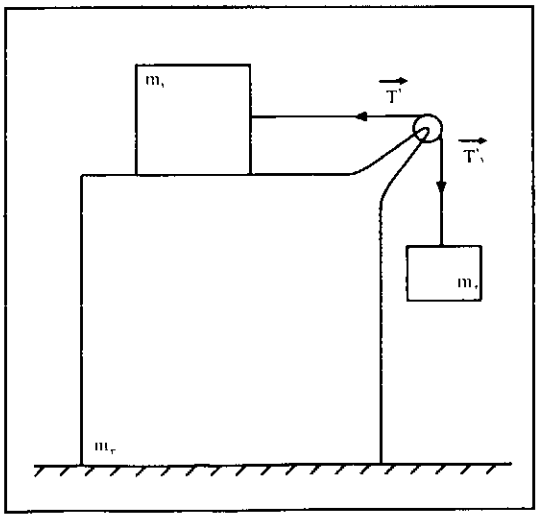
برای تحقق این هدف، ما در این مقاله مسئله ای را با حل تشریحی مطرح می کنیم. حل این مسئله علاوه بر این دانش آموزان و دبیران را در برطرف کردن برخی پیش فرض ها یا برداشت های نادرست رایجی که آنان در حل چنین مسئله و مسائل مشابه دارند یاری خواهد کرد. صورت مسئله به صورت زیر است: «دو جرم m_1 و m_2 بوسیله نخی سبک و کش نیامدنی که از روی قرقره ای بی جرم و بی اصطکاک عبور می کند بهم متصل می شوند. جرم قرقره m_3 بوده و روی سطح افقی بدون اصطکاکی قرار دارد(شکل ۱). از اصطکاک بین m_1 و m_3 چشم پوشی می شود. جرم آویزان m_2 در ابتدا مجاز است آزادانه سقوط کند.»

برداشت نادرست نوعی که دانش آموزان ممکن است در حل این مسئله داشته باشند، این است که آنها فرض کنند جرم آویزان فقط در راستای محور y شتاب می گیرد که به یک جواب غلط می انجامد.

این واقعیت که قرقره بی جرم و بی اصطکاک است دانش آموزان را گمراه می کند و آنها احتمالاً به نیروهایی که به قرقره وارد می شوند توجهی نمی کنند.

این مسئله یک مثال نوعی است که یک معلم فیزیک در برخورد با یک مسئله چقدر باید هشیار باشد، مسئله ای که در نگاه اول ظاهراً ساده بنظر می رسد اما در عمل مشکل است. یک مطالعه دقیق از این وضعیت فیزیکی ما را برآن می دارد که درنظر بگیریم، به محض حرکت جرم آویزان m_2 بسمت پایین، جرم m_3 تحت تأثیر نیروی برآیند T' و T'_1 که بر روی قرقره و نتیجتاً بر روی m_3 عمل می کنند، حرکت شتابدار خود را به سمت چپ آغاز می کند. (شکل ۱)

شکل ۱. پیکربندی اولیه دستگاه تحت مطالعه، قبل از رسیدن به حالت پایا



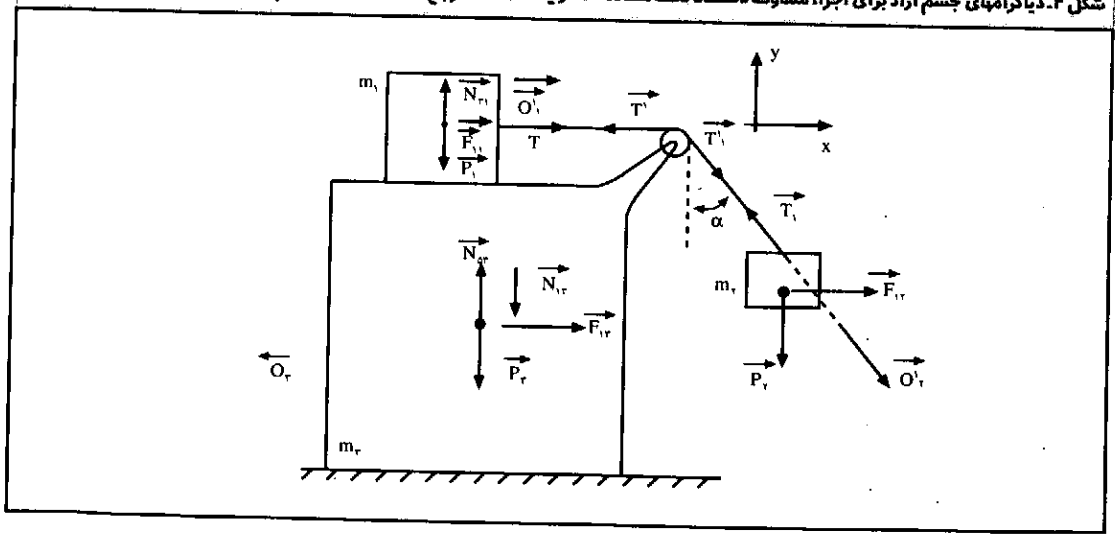
در این حالت، از لحظه رها شدن جرم آویزان m_2 تا زمانیکه نخ به زاویه α از حالت قائم می رسد، مدت زمان کوتاهی طول می کشد که در طول این مدت کوتاه، شتابهای ۳ جسم متغیر هستند. در ابتدا، جرم m_3 ماکزیموم مقدار شتاب خود را اختیار می کند و این شتاب، مادامی که زاویه θ بین نخ و راستای قائم افزایش می یابد، در یک وضعیت آرمانی(قرقره بی اصطکاک، نبودن مقاومت هوا، نخ بی جرم و کش نیامدنی(طول ثابت)) کاهش می یابد. این دستگاه بطریقی پیش می رود که جرم m_2 حول مقدار تعادل θ، که ما آنرا α می نامیم، نوساناتی را با دامنه معین $\Delta\theta$ انجام خواهد داد. این وضعیت تا اندازه ای شبیه به آونگی است که از سقف یک اتومبیل شتابدار آویزان است و مجاز به حرکت از حالت قائم است. در این مسئله، ما فرض می کنیم که مقداری اصطکاک برای تضعیف نوسانات فوق وجود دارد اما، این مقدار باید به اندازه کافی برای چشم پوشی در معادلات دینامیکی کوچک باشد. همچنین ما حل وضعیت فیزیکی را پس از اتمام دورهٔ موقت و نوسانهای احتمالی درنظر می گیریم. در این صورت ما می توانیم، از آنجا که جرم m_3 یک دستگاه شتابدار است، یک دستگاه مرجع نالخت که متصل به آن است انتخاب کنیم. هدف این است که نشان دهیم حل مسئله در این دستگاه مرجع ساده تر و طبیعی تر است.

جواب مسئله در یک دستگاه مرجع نالخت

ما می توانیم دریابیم که نخ متصل به جرم m_2 به علت اثر یک نیروی لخت روی آن از حالت قائم به سمت راست، همچنانکه در شکل ۲ دیده می شود، منحرف می شود که اندازه این نیرو برابر است با: (۱) $F_{i2} = m_2 a_3$ ، که در آن a_3 ، شتاب جرم m_3 در یک چهارچوب لخت متصل به سطح افق است. (شکل ۲)

در شکل ۲، ما وضعیت فیزیکی مسئله را به محض رسیدن به حالت پایا نشان می دهیم که در آن α زاویه بین نخ و راستای قائم می باشد. در حالت پایا، a'_2 شتاب جرم m_2 در دستگاه نالخت بوده و بدین معنی است که m_3 نیز با راستای قائم، زاویه α می سازد. این شتاب در شکل ۲ نشان داده شده است. نیروی کل وارد بر جرم m_1 بطرف راست برابر است با $(T = T' = T'_1)$ « $T + F_{i1}$ » و این نیرو به جرم m_1 ، شتاب a'_1 را در جهت نیروی برآیند(بطرف راست) می دهد. همانطور که در شکل ۲ دیده می شود T نیروی کشش است که نخ بر m_1 و F_{i1} نیروی لختی است که طبق قانون $F_{i1} = m_1 a_3$ بر m_1 واردمی شود. در یک دستگاه مرجع نالخت اندازهٔ a'_1 مساوی با اندازهٔ a'_2 می باشد. (۲) $a'_1 = a'_2$ دیاگرام جسم آزاد برای جرم m_3 در شکل ۲ نشان داده شده که در آن F_{i2} $(F_{i2} = m_2 a_3)$

شکل ۳- دیاگرامهای جسم آزاد برای اجزاء متفاوت دستگاه تحت مطالعه، که از یک دستگاه مرجع نالخت متصل به جرم m_3 دیده می شود.



نیروی لخت وارد بـر m_2 ، Ns_2 نیروی عمودی وارد بـر m_2 از طرف سطح افق و N_{13} نیروی عمودی وارد بر m_2 از طرف m_1 بوده که عکس العمل نیروی N_{21} می باشد. با به کاربردن قانون دوم نیوتون، معادلات مربوط برای حـل مسئله عبارتند از :

$$T + m_1 a_2 = m_1 a_1' \quad (3)$$
$$T - T Sin\alpha - m_2 a_2 = 0 \quad (4)$$
$$T Cos\alpha - m_2 g = -m_2 a_1' Cos\alpha \quad (5)$$
$$T Sin\alpha - m_1 a_2 = -m_1 a_1' Sin\alpha \quad (6)$$

و a_1' و a_2 و α و جوابهاT که مجهولات عبارتند از :

$$a_1' = \left(\frac{m_1 Sin\alpha + m_2}{m_1 Sin\alpha + m_2 Sin\alpha}\right) a_2 \quad (7)$$
$$= \frac{(m_1 Sin\alpha + m_2) g \tan\alpha}{Sin\alpha (m_1 + m_2)} \quad (8)$$

که در آن (۸) $a_2 = g\tan\alpha$ می باشد.

$$T = \frac{m_2 g \tan\alpha}{1 - Sin\alpha} = \frac{m_1 m_2 g(1 - Sin\alpha)}{(m_1 + m_2) Cos\alpha} \quad (9)$$

در مقادیر فوق ظـاهـراً وابستگی بـه جـرم m_2 مشـاهـده نمی شود. اما، چنین بستگی در مقدار α از تابع $Sin\alpha$ در معادله درجه دوم زیر، دیده می شود :

$$-m_1 m_2 Sin^2\alpha + (2m_1 m_2 + m_1 m_2 + m_2 m_2) Sin\alpha$$
$$-m_1 m_2 = 0 \quad (10)$$

جـواب مـعـادلـه ۱۰، بـصـورت زیـر مـی بـاشـد :

$Sin\alpha = C - \sqrt{C^2 - 1}$ که در آن : $C = 1 + \frac{m_2}{2m_1} + \frac{m_2}{2m_2}$ و

در این معادله، پارامترهای مهم، نسبتهـای $\frac{m_2}{m_1}$ و $\frac{m_2}{m_2}$ می باشند. حال ما تصمیم داریم روی ۳ حالت دلخواه مسئله بحث کنیم که عبارتند از :

حالت ۱ $m_1 = m_2 = m_2$

حالت ۲ $m_2 >> m_1 = m_2$

حالت ۳ $m_1 << m_2 = m_2$

حالت ۱ : $m_1 = m_2 = m_2$

در این حالت جواب مسئله برابر است با :

$$\alpha = 15/5^\circ \quad a_2 = 0/28g$$
$$a_1' = a_2' = 1/31\frac{g}{2} \quad T = \frac{2/71}{2} m_1 g \quad (11)$$

حالت ۲ : $m_2 >> m_1 = m_2$

جوابهای مسئله در این حالت عبارتند از :

$$a_2 = 0 \quad a_1' - a_2' = \frac{g}{2}$$
$$T = \frac{m_1 g}{2} \quad \alpha = 0 \quad (12)$$

در حقیقت، در حـد $a_2 = 0$ دستگاه مرجع ما به یـک دستگاه لخت تبدیل می شود. توجه داشته باشید کـه جـرم m_2 در این حالت فقط دارای شتاب در راستای قائم است که این جواب با جواب بدست آمده با درنظر گرفتن فـرض اشتباهی که در اول مقاله مطرح شد، مطابقت دارد.

حالت ۳ : $m_1 << m_2 = m_2$

در این شرایط جوابها برابرند با :

$$\alpha \to 0 \qquad a_2 \to 0$$
$$a_1' = a_2' = g \qquad T \to 0$$

از لحاظ فیزیکی، این نتیجه با این واقعیت تطابق دارد که اگر $m_1 << m_2$ ، جـرم m_2 در این شرایط تقریبـاً یـک حرکت سقوط آزاد خواهد داشت(نیروی کشش نخ تقریبـاً صفر است). بعنون یک نتیجه از این مقـدار T، جرم m_2 بعلت اینکه هیچ نیروی برآیندی بر آن وارد نمی شود، دارای شتاب صفر خواهد بود. از بررسی دو حـالـت گـذشـتـه درمی یابیم که، عامل مهمی که بر مقدار α تأثیر می گذارد، رابطه بین m_1 و m_2 بوده، در حالیکه m_2 روی شتابهای a_1' و a_2' تأثیر می گذارد. به محض مشخص شدن مقادیـر a_2 و a_1' و a_2' می توانیم از روابط زیر استفاده کنیم :

$$\begin{cases} a_1 = a_1' + a_2 \quad (13) \\ a_2 = a_2' + a_2 \quad (14) \end{cases}$$

که در این معادلات، برای بدست آوردن شتابهای a_1 و a_2 در یک دستگاه مرجع لخت، $a_1' = a_2'$ خواهد بود.

«جواب مسئله در یک دستگاه مرجع لخت»

اینک ما حل مسئله را در یک دستگاه مرجع لخـت بـه

اختصار نشان می دهیم. معادلات حرکت عبارتند از:

$$T = m_1 a_1 \qquad (15)$$

$$T\,Sin\alpha - T = -m_2 a_2 \qquad (16)$$

$$T\,Cos\alpha - m_2 g = -m_2 a_{2y} \qquad (17)$$

$$-T\,Sin\alpha = m_2 a_{2x} \qquad (18)$$

که نشان دهندهٔ یک دستگاه ۴ معادله با ۶ مجهول، T و a_1 ، a_2 ، α ، a_{2x} ، a_{2y} می باشد. حال برای حل مسئله نیاز به ۲ معادله اضافی داریم. برای این کار، ما باید از رابطه بین شتابهای اندازه گیری شده در دو دستگاه مرجع بهره گیریم و این بدین معنی است که، لزوماً باید بدانیم که در دستگاه مرجع نالخت چه می گذرد. این ۲ معادله، معادلات(۱۳) و (۱۴) می باشند. مؤلفه های x و y بردار a_2 عبارتند از:

$$a_{2y} = a'_{2y} = a'_1 Cos\alpha = (a_1 + a_2)\,Cos\alpha$$

$$a_{2x} = a'_{2x} - a_2 = a'_{1x} - a_2 = a'_1 Sin\alpha - a_2$$
$$= a_1 Sin\alpha + a_2 (Sin\alpha - 1)$$

با بهره گرفتن از روابط (۱۵)، (۱۸) و (۸) به نتایج زیر می رسیم:

$$T = \frac{m_1 m_2 (1 - Sin\alpha) g}{Cos\alpha (m_1 + m_2)} \qquad (19)$$

$$a_1 = \frac{m_2 (1 - Sin\alpha) g}{Cos\alpha (m_1 + m_2)} \qquad (20)$$

$$a_{2x} = \frac{-m_1 g Sin\alpha (1 - Sin\alpha)}{Cos\alpha (m_1 + m_2)} \qquad (21)$$

$$a_{2y} = \frac{m_2 + m_1 Sin\alpha}{m_1 + m_2} \qquad (22)$$

در دستگاه تحت مطالعه، مؤلفهٔ افقی برآیند نیروهای خارجی صفر است و در نتیجه شتاب مرکز جرم نیز صفر است. ما می توانیم این مطلب را با بکار بردن تعریف مرکز جرم یک دستگاه ۳ ذره ای نشان دهیم:

$$m_1 a_1 + m_2 a_{2x} - m_2 a_2 = 0 \qquad (23)$$

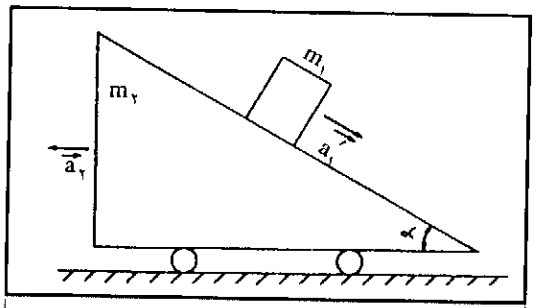
شما می توانید با قراردادن مقادیر متناظر از معادلات (۲۰)، (۲۱) و (۸) در معادله (۲۳) مقدار زیر را بدست آورید:

$$\frac{g\left[m_1 m_2 Sin^2\alpha - (2m_1 m_2 + m_1 m_2 + m_1 m_2) Sin\alpha - m_1 m_2\right]}{(m_1 + m_2) Cos\alpha} \qquad (24)$$

که این عبارت با توجه به صفر بودن صورت کسر از معادله (۱۰)، صفر خواهد بود.

«ملاحظات نهایی»

سوء تعبیرات رایجی که دانش آموزان در موقع حل مسئله ای مانند مسئله فوق دارند عبارتند از: ۱) فرض اینکه $a_1 = a_2$ ۲) اینکه بردار a_2 در راستای نخ می باشد. البته اشتباه دوم، معادل با اشتباهی است که در وضعیتهای مشابهی اتفاق می افتد، نظیر آنچه که در شکل ۳ نشان داده شده و در آن دانش آموزان به اشتباه $a_1 = gSin\alpha$ فرض می کنند. ما بر این باوریم که این تصورات بتوانند بعنوان پیش فرض به جای سوء تعبیر قلمدادشوند. (شکل ۳)



شکل ۳. گوه‌ای به‌جرم m_2 با شتاب a_2 نسبت به یک دستگاه لخت به‌سمت چپ در حال حرکت است. جرم m_1 نیز روی سطح شیبدار با شتاب a_1 نسبت به گوه (که می تواند یک چهارچوب مرجع نالخت متصل به گوه باشد) در حال حرکت است. از اصطکاک بین m_1 و m_2 صرفنظر می شود.

دانش آموزان، از روی غفلت تصور می کنند که وضعیت فیزیکی شکل ۱ در یک دستگاه مرجع نالخت بوده و در آن می توان $a'_1 = a'_2$ و a'_2 را در راستای نخ و یا در وضعیت شکل ۳، $a'_1 = gSin\alpha$ درنظر گرفت. چرا این برداشت های نادرست بارها تکرار می شوند؟ از نظر ما، می توان دو فرضیه زیر را بنا نهاد:

فرضیه ۱

این برداشت های نادرست از اتصال دو حقیقت بوجود می آیند. از یک طرف، دانش آموز یک میل طبیعی و ناخودآگاه در تصور وضعیت فیزیکی یک مسئله در چهارچوب نالخت دارد. بدان علت که، بیشتر دانش آموزان یک سری وقایعی را در زندگی خود تجربه می کنند که در دستگاههای مرجع شتابدار است. از قبیل، چرخ و فلک، حرکت قطار در یک مسیر منحنی، شروع حرکت آسانسور

به علت بالا و غیره، و این امر بطور طبیعی دانش آموزان را برآن می دارد که نظیر مسئله ذکر شده در این بحث، شتاب جرمهای m_1 و m_2 را معادل و جهت بردار a_2 را در امتداد نخ تصور کنند.

از طرف دیگر، دانش آموز همچنین یک میل طبیعی در توصیف یک پدیده در دستگاه مرجع لخت دارد که آنرا نیز از تجارب روزانه کسب می کند. این حقیقت بر، حقیقت اول برتری داشته و دانش آموز را وامی دارد تا در یک سیستم لخت، چیزهایی را که در یک سیستم نالخت صحیح هستند را بیان نماید.

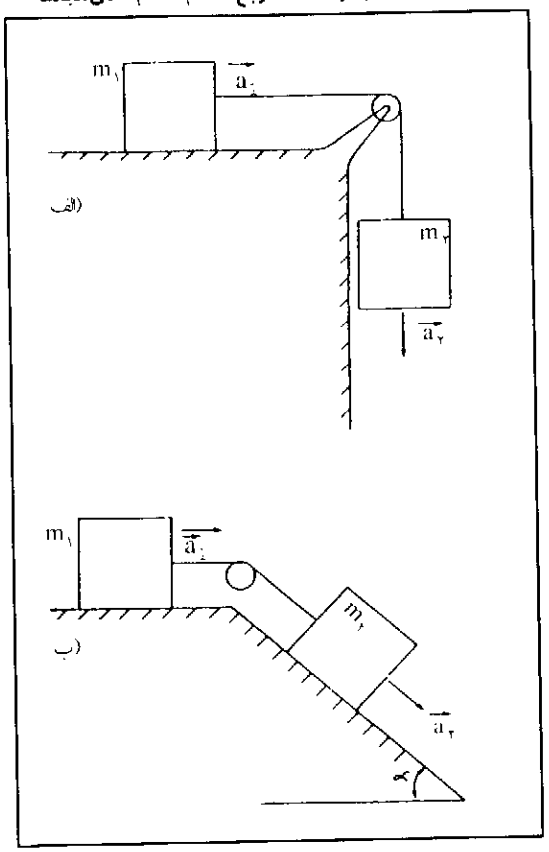
فرضیه ۲

اغلب تجارب فیزیکی دانش آموز مربوط به زندگی در دستگاه های مرجع لخت می باشد که منجر شده آنها این چهارچوبها را بصورت طبیعی بپذیرند و تمام دانش خود را برای وضعیتهای فیزیکی که در دستگاه های مرجع شتابدار روی می دهند بکار برند. بطور مرتبط با مسئله مطرح شده در این مقاله، دانش آموزان یاد گرفته اند که در حالتهای نشان داده شده در شکلهای (a-۴) و (b-۴) موارد زیر را درنظر گیرند. ۱: $a_1 = a_2$ ۲: بردار a_2 در راستای نخ می باشد. (شکل ۴)

ما فرضیه دوم را ترجیح می دهیم. چگونه می توان اینگونه برداشت های نادرست را از بین برد؟ بر اساس تجربه ما، یکی از مناسبترین شیوه ها اینست که، دانش آموزان را متقاعد کنیم در حل مسئله، یک دستگاه مرجع نالخت انتخاب کنند(شامل دستگاه های مرکبی که در آنها بتوان، زیر دستگاه هایی که با شتابهای متفاوت در حال حرکت هستند را تشخیص داد). به محض اینکه دانش آموز دریافت که در حل مسئله نیاز دارد نیروهای لخت را دخالت دهد، می تواند از برخی فرضیات بدست آمده از دستگاه های لخت(که پیشتر ذکر شد) در دستگاه های مرجع شتابدار استفاده کند که در نتیجه باعث کاهش احتمال اشتباه می شود. نکات فوق ما را وادار به استفاده از این حقیقت می سازد که در بیشتر حالات، تصور مسئله در یک چهارچوب مرجع نالخت، معادلات جبری را ساده می سازد. همچنان که در مسئله مورد بحث در این مقاله می توان این امر را نشان داد.

از طرف دیگر، اگر دانش آموز بخواهد جواب مسئله را در یک دستگاه لخت بداند، پرواضح است از آنجا که وی یک دستگاه شتابدار را بعنوان چهارچوب مرجع انتخاب کرده، باید از تبدیلات سینماتیکی لورنتس استفاده کند.

شکل ۴. این دو وضعیت نوعی، پیش فرض اشتباهی را نشان می دهد که به این تصور که در هر دستگاه مرجع لخت $a_1 = a_2$ می انجامد.



منبع:

Physics Education Volume 35 Number 32. November 1997

P. 399-404

زیرنویس:

۱.R Casanova and J Mendialdva

الگویی برای درک مفهوم میدان

جهانگیر ریاضی

درک مفاهیمی مانند میدان و پتانسیل که غیرقابل مشاهده و لمس اند، به تعمق و دقت بیشتری نیاز دارند. برای درک بهتر، می توان موضوع را از این دیدگاه نگریست که: **حضور یک «وجود فیزیکی» خواص ویژه ای به فضای اطراف خود می دهد.** وجود فیزیکی دومی با حضور دراین فضا، اغتشاش حاصل از وجود فیزیکی اول را احساس خواهد کرد و طبعاً موجود اولی نیز حضور دومی را حس نموده و در واقع نوعی احساس متقابل(برهم کنش) شکل می گیرد. مثلاً حضور بار الکتریکی، جرم، بار الکتریکی متحرک و ... از جمله مواردی است که می تواند فضا را دستخوش یک تحول رفتاری نماید. به بیان دیگر باعث گردند که یک خاصیت فیزیکی در گستره ای وسیع، توزیع شود. این خاصیت فیزیکی گسترده را «میدان» می نامیم. هدف ما مطالعه و شناخت این فضا و ویژگی های آن است. برای این منظور می توان فضای مورد بحث را مجموعه ای بی شمار از نقاط تصور کنیم و به هر نقطه کمیت یا کمیتهایی نسبت داد و سپس کمیتها را تعریف می کنیم و سرانجام قانونمندی تغییرات کمیتهای موردنظر را بین هردو نقطه از فضا مشخص کنیم. با این روش یک گام به هدف خود یعنی شناخت این فضا نزدیک شده ایم. برای روشن تر شدن مطلب، مطالعات هواشناسی را درنظر بگیریم. دراین رابطه به مناطق و نقاط مختلف هوا یا فضا یک سری ویژگی های ترمودینامیکی مانند فشار، دما، چگالی و ... نسبت می دهیم که از یک نقطه به نقطه دیگر می توانند تغییر کند. یافتن سیر تغییرات این کمیتها می تواند معیار شناخت و تشخیص تحولات و پیش بینی هوا باشد.

در شناخت و مطالعه میدان الکتریکی می توان به دو رهیافت قائل بود که در هر کدام کمیت خاصی مبنای تجزیه وتحلیل قرار می گیرد.

رهیافت اول: به هر نقطه از فضا(میدان) کمیتی برداری بنام شدت میدان $\vec{E}$ (در میدان الکتریکی) و $\vec{g}$ (در میدان گرانشی) نسبت داده، آن را تعریف می کنیم، بر اساس آن، نقشهٔ خطوط میدان را رسم می کنیم و بالاخره بر مبنای تراکم خطوط، میدان را بطور کمّی توصیف می کنیم. مثلاً هرگاه بار q_1 منشأ توزیع خاصیت ویژه ای در فضا بوده و بار q_2 در یک نقطه معین که با شاخص $\vec{E}$ تعریف می شود، حضور یابد، اغتشاشات ناشی از وجود q_1 را به صورت نیروی $\vec{F} = q_2 \vec{E}$ بر وجود خود احساس می کند. همچنین اگر اغتشاشات فضا توسط جرم m_1 ایجاد شده باشند، جرم m_2 این وضعیت فیزیکی خاص را بصورت نیروی $\vec{F} = m_2 \vec{g}$ حس می کند.

رهیافت دوم: برای هر نقطه از فضا کمیتی نرده ای بنام پتانسیل الکتریکی قائل خواهیم شد که پس از تعریف آن، به دنبال نقاطی می گردیم که پتانسیل آنها یکسان است و از اتصال آنها بیکدیگر، خطوط یا سطوح هم پتانسیل را مشخص می کنیم و سرانجام باز هم بر مبنای تراکم سطوح هم پتانسیل، توصیفی کمّی از میدان ارائه می شود.

در زمینهٔ کارهای تحقیقی مانند هواشناسی، مغناطیس سنجی، گرانی سنجی، ترازیابی و ... الگوهایی مانند خطوط هم دما، هم فشار، هم شدت، هم ارتفاع ... ابزاری مفید در مطالعه فضا یا میدان مشخص مانند میدان مغناطیسی، میدان گرانشی زمین و ... هستند. خطوط یا سطوح هم پتانسیل در میدان الکتریکی، متناظر با این خطوط در مطالعات ذکر شده اند. نحوهٔ توزیع جرم یا بار الکتریکی می تواند بر نقشهٔ خطوط میدان و شکل خطها یا سطوح هم پتانسیل مؤثر باشد. همان گونه که شکل سطوح هم پتانسیل در میدان گرانش حاصل از کره زمین می تواند مبین الگوی توزیع جرم ایجاد کننده میدان یعنی شکل کره زمین باشد.

آنچه حائزاهمیت است ساختن مدلی است که در آن نقاطی بی شمار با خواصی تعریف شده تشکیل فضایی بنام «میدان» می دهند. برای آنکه ویژگی های میدان را از نزدیک احساس کنیم، **باید خود را ذره ای در این فضا فرض کنیم. بر هم کنش حاصل از حضور در میدان را به صورت تنش هایی بر بدن خود احساس خواهیم کرد. با رفتن از نقطه ای به نقطهٔ دیگر از این فضا، تغییر این تنش ها، تغییرات کمی میدان را به ما نشان می دهد.**

خواص انعکاسی شبه بردارها*

ریچارد. وایدنر / روبرت
مترجم: احمد. توحیدی

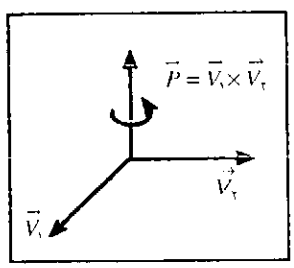
در این مقاله بعضی از خواص اساسی کمیتهای برداری را که به روشنی در خواص انعکاسی آنها به نمایش درمی آید بررسی خواهیم کرد.

بردارها دو نوع هستند: بردار معمولی (قطبی) و شبه بردارها (محوری). شبه بردار $\vec{P}$ به صورت ضرب برداری دو بردار $\vec{V}_1$ و $\vec{V}_2$ تعریف می شود:

$$\vec{P} = \vec{V}_1 \times \vec{V}_2 \qquad (1)$$

بردارهای معمولی و شبه بردارها در خواص انعکاسی با یکدیگر اختلاف دارند. با ملاحظهٔ این اختلاف می توانیم با عباراتی قراردادی توضیح دهیم که چرا ما در آیینه تصویر سمت چپ و راست را جابه جا (وارونه) می بینیم، امّا سر و پا یا سمت جلو و عقب چنین وضعی ندارند. مهمتر اینکه اختلاف میان بردارهای معمولی و شبه بردارها، در نظریهٔ کوانتوم موجب پی آمدهای عمده ای در خواص کمیتهای فیزیکی و توابع موج می شود.

بعضی از مثالهای فیزیکی شبه بردارها عبارتند از: اندازهٔ حرکت زاویه ای ذره $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$، میدان مغناطیسی



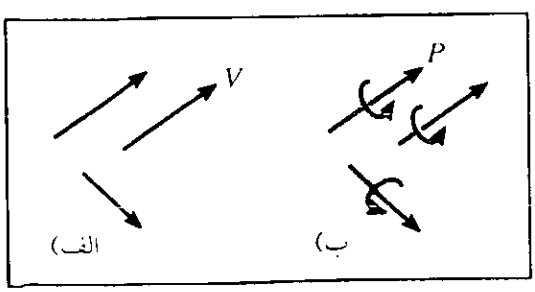
شکل ۱: شبه بردار $\vec{P} = \vec{V}_1 \times \vec{V}_2$

که بار متحرک ایجاد می کند $d\vec{B} = \left(\frac{\mu_0 q_1}{4\pi r^2}\right)\vec{V}_1 \times \vec{r}$. در هر مورد رابطهٔ جهت بردار $\vec{P}$ با بردارهای $\vec{V}_1$ و $\vec{V}_2$، از قانون دست راست پیروی می کند شکل (۱)، یعنی بردار $\vec{V}_1$ را با استفاده از انگشتان دست راست از طرف زاویه کوچکتر به سمت $\vec{V}_2$ می چرخانیم تا جهت $\vec{P}$ به دست آید.

قوانین جمع بردارها برای هر دو بردار $\vec{V}$ و $\vec{P}$ صادق است. بنابراین همیشه این امکان وجود دارد که به جای $\vec{V}$ و $\vec{P}$ مؤلفه های آنها را جایگزین کنیم. امّا، ضرب یک کمیت نرده ای در بردار $\vec{V}$ یا $\vec{P}$ اندازهٔ آنها را تغییر می دهد نه جهت آنها.

حال سه عمل انتقال، دَوران، و انعکاس را که در آنها جهت V و P تغییر می کند را بررسی می کنیم.

شکل (۲) انتقال و دوران بُردارهای V و P را نشان می دهد. در عمل انتقال اندازه و جهت بردار V و P تغییر



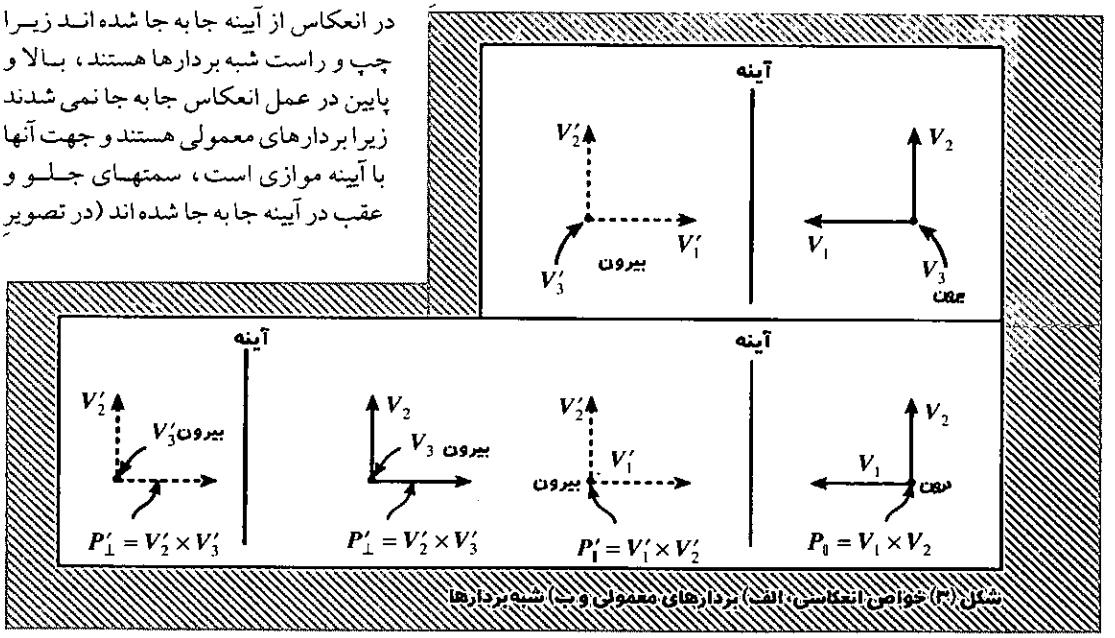
شکل ۲: الف) بردارهای معمولی
ب) شبه بردارها در حال انتقال و دوران

نمی کنند. امّا در عمل دوران اندازهٔ بردارها تغییر نمی کند، در حالیکه جهت بردارها تغییر می کند.

حال عمل انعکاس را بررسی می کنیم. فرض کنید V بردار جسمی باشد که با استفاده از قوانین انعکاس تصویر آن V' را پشت آیینه یافته ایم. (این عمل را پاریته می نامند که با تغییر علامت مختصات یک بردار، جفت آن بردار را می توان پیدا کرد.) اندازهٔ تصویر بردارهای V'_1 ، V'_2 و V'_3 به ترتیب با اندازهٔ بردارهای جسم برابرند شکل (۳ـالف). از سوی دیگر جهت بردار (یا مؤلفهٔ بردار) عمود بر آیینه تغییر می کند در حالیکه جهت بردار (یا مولفهٔ بردار) موازی با آیینه تغییر نمی کند. به طور نمادی داریم:

$$V'_{\perp} = -V_{\perp} \qquad V'_{\parallel} = V_{\parallel} \qquad (۲)$$

قوانین انعکاس برای شبه بردارها مانند آنچه در رابطهٔ (۲) داده شده است نیستند شکل (۳ـب).



شکل (۳) خواص انعکاسی: الف) بردارهای معمولی و ب) شبه بردارها

خواص انعکاسی هر یک از بردارهای V_1 ، V_2 ، و V_3 از رابطهٔ (۳) پیروی می کنند. خاصیت انعکاسی شبه بردار $P_{\perp} = V_1 \times V_2$ با استفاده از قوانین داده شده در رابطهٔ (۲) به دست می آید.

$$\vec{P}'_{\perp} = \vec{P}_{\perp} \qquad (۳\text{ـالف})$$

به همین روش خاصیت انعکاسی شبه بردار $\vec{P}_{\parallel} = \vec{V}_1 \times \vec{V}_2$ به دست می آید:

$$\vec{P}'_{\parallel} = \vec{P}_{\parallel} \qquad (۳\text{ـب})$$

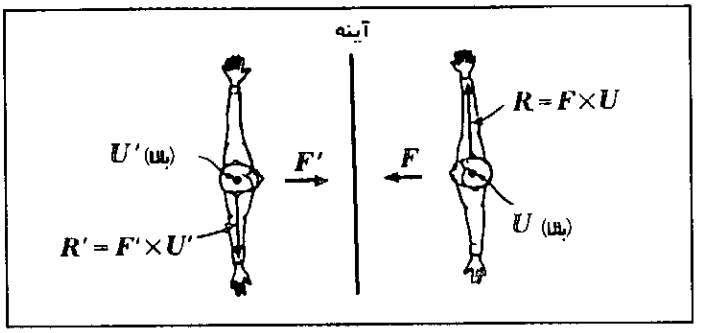
قوانین انعکاس که در رابطهٔ (۳) برای شبه بردارها داده شده اند درست بر عکس قوانین انعکاس برای بردارهای معمولی هستند رابطه (۲)

حال شبه بردار $\vec{P}$ را بررسی می کنیم. یعنی

$$\vec{P} = \vec{F} \times \vec{U}$$

که در آن $\vec{F}$ نماد بردار سمت جلو و $\vec{U}$ نماد بردار سمت بالا است. گفتگو دربارهٔ جهت بردار $\vec{P}$ چه معنایی دارد؟ به شکل (۴) نگاه کنید. جهت بردار $\vec{P}$ سمت راست است. در واقع، سمت «راست» را چنین تعریف می کنیم: سمت «جلو» ضربدر سمت «بالا» (با استفاده از قانون دست راست). از سوی دیگر، جهت $\vec{P}'$ تصویر $\vec{P}$ در آیینه سمت «چپ» است. چپ و راست در انعکاس از آیینه جا به جا شده اند زیرا چپ و راست شبه بردارها هستند، بالا و پایین در عمل انعکاس جا به جا نمی شدند زیرا بردارهای معمولی هستند و جهت آنها با آیینه موازی است، سمتهای جلو و عقب در آیینه جا به جا شده اند (در تصویر آیینه عقب سر دیده نمی شود)، زیرا $\vec{F}$ برداری معمولی و عمود بر آیینه است. برای شخصی که به آیینه نگاه می کند شکل (۴)، سمت راست (شبه بردار) هم جهت با جهت انگشت ششم و برای تصویر انعکاسی او سمت راست هم جهت با جهت انگشت چهارم دستهای اوست.

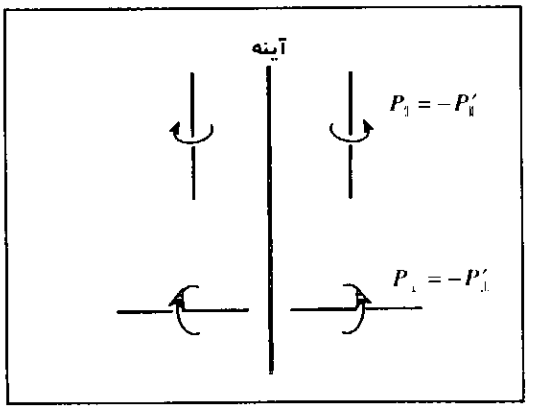
معمولاً شبه بردارها مانند بردارها با یک پاره خط



شکل (۴) بردارهای محوری (شبه بردار) با چرخه و خواص انعکاسی‌شان نمایش داده شده‌اند.

نمایش داده می شوند، امّا بدون علامتِ پیکان که جهت بردار را مشخص می کند. بردار معمولی (قطبی) علامتِ پیکان و شبه بردار (محوری) تنها محور دارد. در شبه بردارها می توان به جای علامتِ پیکان برای احساس دوران حاصل از ضرب برداری دو بردار مطابق شکل (۵) از علامت چرخه استفاده کرد. توجه کنید اگر به جای جهت، احساس دوران را جایگزین کنیم خواص عملِ انعکاس در رابطه (۳) حفظ خواهد شد.

در واقع، اگر برای تعیین دوران همهٔ وضعیتهای فیزیکی که با شبه بردارها یا ضربهای برداری مشخص



شکل (۵)

می شوند از قانون دست راست یا قانون دست چپ استفاده کنیم هیچگونه پی آمدی در جواب مسئله پیش نخواهد آمد. به طور معمول جهتِ میدان مغناطیسی با استفاده از قانون دست راست و رابطهٔ $\vec{B} = \frac{\mu_0 q_1}{4\pi r^2} \vec{V} \times \vec{r}$ تعیین می شود. برای پیدا کردن جهت نیروی مغناطیسی از رابطهٔ $\vec{F}_m = q_2 \vec{V}_2 \times \vec{B}$ و قانون دست راست استفاده می کنیم. اگر برای تعیین جهت نیروی مغناطیسی میان دو بار الکتریکی متحرک به جای قانون دست راست از قانون دست چپ استفاده کنید تغییری در جهت نیروی مغناطیسی روی نمی دهد. هنگامی که ضرب برداری بردارها در قوانین فیزیک آشکار می شوند، همواره به صورت جفت یا اعداد زوج هستند. بنابراین در دستاوردهای فیزیکی انتخابِ معمول سمت راست یا چپ برای ضرب برداری دو بردار داخل نمی شود.

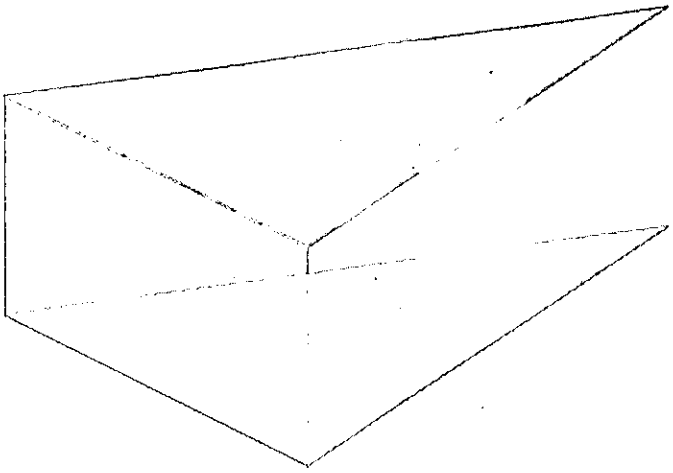
بنابراین، اگر تصور کنیم رویدادی در فیزیک در آیینه منعکس شود، یعنی به این پدیده پس از انعکاس در آیینه مستقیماً نگاه کنیم، می توان نتیجه گرفت که امکان ندارد بتوانیم رویداد «واقعی» را از رویداد «آیینه ای» متناظر با رویداد دنیای واقعی تشخیص دهیم. زیرا امکان اتفاق هر دو رویداد یکسان است (در اصطلاح فیزیک می توانیم وضعیت این رویدادها را چنین توصیف کنیم که بگوئیم «پاریته پایسته می ماند».) امّا پی آمدی غیر عادی در پدیدهٔ معینی از واپاشیهای پروتوزا نشان داد که تنها یک رویداد از دو رویداد در دو سوی آیینه واقعاً در دنیای ما اتفاق می افتد. در این نوع رویدادها پاریته پایسته نمی ماند. به ویژه انتخاب نامهایی چون «شمال» و «جنوب» نامهای مناسبی برای تعیین جهت شبه بردار dB هستند که پس از آن برای پیدا کردن جهت نیروی مغناطیسی مورد لزومند. بنابراین شاید فردی انتظار داشته باشد که واقعاً اختلاف اساسی میان شمال و جنوب وجود ندارد، یعنی اختلافی میان یک آهنربا (حلقه ای دایره ای حامل جریان) و تصویر آیینه ای آن وجود ندارد. امّا آزمایشهای واپاشی بتا نشان می دهند که در واقع ذرات بنیادی می توانند این اختلاف را آشکار کنند. این ذرات در واپاشی بتا ترجیح می دهند که در یک جهت در میدان مغناطیسی گسیل شوند.

منبع:

* Refeection properties of Pseudovectors

مرجع:

Richardt. Weidner/ Robertl. Sells Elementary Classical physics Volume 2



چه وقت زرد براستی زرد است؟

سؤال: براساس تئوری موجی چگونه میتوان نمود نور زرد، حاصل از ترکیب نور سبز و قرمز را توجیه نمود؟ ضمناً آیا میتوان با گذردهی نور زرد از میان منشور به نور سبز و قرمز دست یافت؟

پاسخ:

باید درنظر داشت که رنگ یکی از خصوصیات طیف نیست، بلکه حاصل درک بصری و پاسخگویی حس بینایی ما به نور است. هر یک از رنگ ها را می توان با تک طول موج بخصوصی همبسته کرد. البته این همبستگی به معنی یکسان بودن آنها نیست، بلکه طول موجی که به رنگ بخصوصی نسبت داده می شود، پاسخ مشابهی را در حس بینایی ایجاد می نماید. پس بر پایهٔ این تعبیر، طیف نور براساس رنگ ها تعریف نمی گردد. بلکه هریک از رنگ ها به طول موج یا فرکانسی از خطوط طیف تابش الکترومغناطیسی نسبت داده می شوند، بگونه ای که رنگی مشابه از آن خط طیف استنباط گردد. علاوه براین باید توجه کرد که ترکیب های فرکانسی مختلف ممکن است همرنگ بنظر رسند. با اطلاع از فرکانس های نور ورودی به شبکیه و شدت های مربوطه، میتوان به چگونگی پاسخ رنگی نور مربوطه پی برد. ولیکن با احساس رنگی خاص نمیتوان به چگونگی ترکیب و نوع فرکانس های آن دست یافت. زیرا ترکیب های مختلفی از فرکانس های متفاوت وجود دارند که پاسخگویی مشابهی را سبب می شوند و در نتیجه از همهٔ آنها رنگی یکسان استنباط میشود.

ضمناً باید درنظر داشت که بعضی از رنگ ها غیرطیفی هستند. یعنی برای چنین رنگ هایی نمیتوان فرکانس خاصی را پیدا کرد که تحریکات مشابهی را در حس بینایی ایجاد نماید. این رنگ های غیرطیفی رنگ هایی هستند که ما به صورت سطوح مختلف ارغوانی می بینیم و ترکیب آبی یا بنفش با نور قرمز سهم عمده ای را در ترکیب آنها دارد. چشم بخش

عمدهٔ رنگ را توسط سلولهای مخروطی شبکیه احساس می نماید. این سلولها سه نوع هستند، که نوع هر کدام براساس دامنهٔ حساسیت آن به طیف نور سفید تعریف می شود.

در شکل 1 حساسیت های طیفی این سه رده گیرندهٔ نوری، بر حسب منحنی های جذب هر کدام نشان داده شده است.

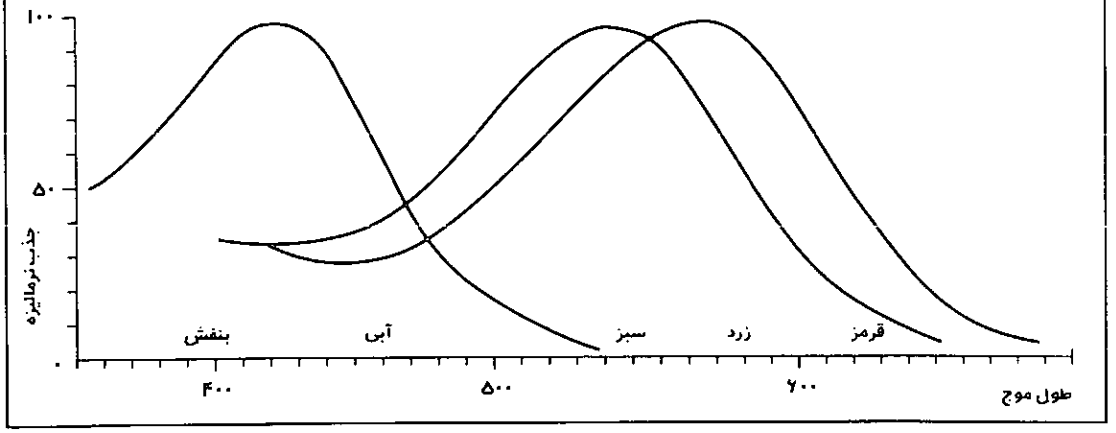
گیرنده های نوری سیگنالهایی متناسب با میزان فوتونهای جذب شده می فرستند. چنانچه در شکل 1 نشان داده شده است، برای کم و زیاد کردن میزان جذب باید تغییراتی در طول موج ایجاد نمود. تغییرات شدت تابش ورودی نیز بر میزان جذب تأثیر دارد. سلولهای مخروطی قادر به تشخیص فرکانس تابش های دریافت شده نیستند، ولیکن میزان فوتونهای جذب شده را کاملاً احساس می نمایند. یعنی هر یک از مخروط ها در محدوده پاسخگویی فرکانسی خود، کور رنگ هستند و استنباط رنگ، محصولی از ترکیب و پردازش سیگنالهای سه نوع گیرندهٔ نوری است.

در نگاه اول ممکن است همپوشانی منحنی های پاسخگویی در شکل 1 غیرضروری بنظر رسیده و نتیجه ی برخورد گسترش تدریجی منحنی ها تلقی گردد. ولیکن برخلاف این تصوّر، همپوشانی این منحنی ها برای دستیابی به درک واضحی از رنگ ها، امری ضروری است. اگر این منحنی ها همپوشانی نمی کردند، هر یک از خطوط طیف فقط توسط یک نوع از مخروط ها قابل آشکارسازی بود و در نتیجه، طیف نور سفید با تغییرات پیوستهٔ رنگها در سرتاسر آن، به طیفی متشکل از سه رنگ خاص تبدیل می گردید. همپوشانی منحنی های پاسخگویی به ناظر امکان میدهد تا تغییرات طول موج طیف نور سفید را با دقت 1nm تشخیص دهد.

آنهایی که فقط یک رده از سلولهای مخروطی چشمشان سالم است، به حداکثر کورچشمی مبتلا بوده و قادر به شناسایی رنگها نیستند.

فرض کنید نور تکرنگی به طول موج 585nm مشاهده گردد. براساس منحنی های شکل 1 میتوان دریافت که آشکارسازی تابش مربوطه، توسط سلولهای مخروطی نوع B و C صورت می گیرد. از آنجایی که میزان جذب گیرندهٔ نوری نوع B برای این طول موج، نصف میزان گیرندهٔ نوری نوع C است*، پس فرض می نماییم، علامتی که سلول مخروطی نوع C می فرستد، دو برابر مقدار مربوط به B باشد وقتی که این علامت های ارسالی درهم می آمیزند، احساس دیدن رنگ زرد در ناظر ایجاد می گردد. با استدلالی مشابه برای طول موج بلندتر قرمز میتوان دریافت که علامت ارسالی گیرندهٔ نوری C باید به مقدار قابل توجهی از دو برابر میزان مربوط به B بزرگتر باشد و برای طول موج کوتاهتر

شکل 1. نمودار جذب طیفی نسبی در سه نوع سلول‌های مخروطی چشم انسان. مناطق مشترک رنگها در شکل نشان داده شده است تا رابطهٔ آنرا با طول موج نمایان سازد.



سبز، علامت ارسالی C از دو برابر میزان گیرندهٔ نوری B کوچکتر خواهد بود.

حال فرض کنید، دو طول موج فوق الذکر سبز و قرمز همزمان دریافت شوند. با افزایش شدت نور قرمز و کاهش شدت نور سبز، میتوان به توازن مشابهی بین سیگنالهای دو گیرندهٔ نوری دست یافت. در نتیجه وضعیتی مشابه بانور تکرنگ زرد برای آنها فراهم می گردد و مخلوط آنها زرد پنداشته می شود. پس با دیدن صرفاً زرد نمی توان به خالص بودن آن اطمینان داشت. زیرا ممکن است، زرد یا ترکیبی از قرمز و سبز و یا ترکیبی از هر سهٔ آنها باشد.

با روشن شدن مثال بالا، به پاسخ سؤال نزدیک میشویم. از طریق این روش که به تجزیه و تحلیل نمودارهای جذب می پردازد، نمی توان به اطلاعات کافی جهت تعیین پاسخگویی رنگی، طیفی خاص دست یافت. از عوامل دیگری که باید در نظر گرفته شوند، میتوان چگالی رنگدانه ها در گیرنده ها، چگالی گیرنده ها بر روی شبکیه و از همه مهمتر، پردازش مرکزی علامت ها را نام برد.

برای تعیین رنگ از روی طیف ترکیبی تشکیل دهنده اش، بهترین روش آنست که از منحنی رنگ و محاسبات مربوط به آن استفاده شود[۲]. این روش که براساس حساسیت بینایی یک ناظر معمولی، صورت می گیرد، نه تنها رنگ مورد نظر را تعیین می کند، بلکه اطلاعاتی هم در زمینهٔ درخشندگی و جلای رنگ فراهم می آورد.

منبع نور کوچکی را در نظر بگیرید که نوری زرد روشن تابش می نماید. فرض کنید همهٔ آنچه برای تعیین ترکیبات طیفی آن لازم است نیز در دسترس باشد. از آنجاییکه چشم غیرمسلح قادر به تشخیص تک رنگی و یا اجزاء نور زرد نیست، لذا ابزاری پاشنده مانند منشور یا توری پراش مورد نیاز است. آسانترین راه این است که توری پراش را در مقابل یکی از چشمان نگاه دارید و از میان آن مانند عینک یک چشمی به منبع نور نگاه کنید. پس از انجام این عمل، تصاویر چندگانه برروی شبکیه می افتند. تصویر مرکزی بدون تغییر می ماند ولی بقیه تصاویر هرکدام به رنگ یکی از طول موجهای تشکیل دهندهٔ رنگ اصلی ظاهر میشوند. از آنجاییکه تصاویر درقسمت های مختلف شبکیه نقش می بندند، میتوان رنگ های تجزیه شده را تشخیص داد. منبع نوری باید به اندازهٔ لازم کوچک باشد و یا به قدر کافی دور نگهداشته شود و توری بکار گرفته شده باید از ظرافت خاصی برخوردار باشد تا در نتیجهٔ آن تصاویر سبز و قرمز بر روی شبکیه همپوشانی ننمایند. در صورتی که همپوشانی رخ دهد، از ترکیب مجدد آنها نور زرد حاصل خواهد شد و تشخیص خالص و یا ناخالص بودن آن امکانپذیر نخواهد بود.

تا زمانیکه نور زرد از طول موج های قرمز و سبز تشکیل شده باشد، میتوان آنرا، به این دو رنگ تجزیه نمود. نور زرد خالص فقط از طول موجهای مربوط به زرد تشکیل شده و قابل تجزیه شدن نیست.

با بررسی نور زرد چراغ راهنما به کمک توری پراش از فاصلهٔ دور، می توان گستردگی پیوستهٔ طول موج های قرمز تا سبز را آشکار نمود. اگر صافی زرد چراغ راهنما، طول موج های زرد و سبز را نیز همانند طول موج های آبی و بنفش جذب می نمود، چراغ راهنما بسیار کم نور و ضعیف دیده می شد. بنابراین صافی زرد را طوری می سازند که به منظور بالا بردن بازدهی و ایجاد نور زرد درخشانتر، نورهای سبز و قرمز را نیز عبور دهد.

لامپ های دیگری نیز که مصارف خیابانی مشابه دارند، مثل لامپ سدیم و لامپ جیوه، اگر به همین روش و از فاصله دور بررسی گردند، گسترده ای از طول موجها را آشکار می نمایند. مجموعهٔ این طول موجها بر روی هم، همان رنگی را می سازد که با چشم غیرمسلح دیده میشد.

The PHYSICS TEACHEP OCTOBER, 419 (1986).

R_1: Alan Fein and Etez Stuts, Photo receptors: Their Role in Vision (Cambridge University Press 1982) P. 74

R_2: A.C. Hardy. Handbook of colorimetry. (Technology Press, Cambridge, Mass, 1936)

* به منظور راحتی نمودارها طوری ترسیم شده اند که نسبت میزان جذب بین دو رده از مخروط ها را از روی شکل نمی توان به دست آورد. زیرا هر کدام از منحنی ها نسبت به سطح خودش به هنجار شده است. پس در شکل اطلاعاتی در مورد میزان جذب مخروط ها نسبت به هم گنجانده نشده است. البته تعیین نسبت اهمیت چندانی ندارد. آنچه مهم است بستگی نسبت میزان جذب مخروط ها و یا تفاوت آنها به طول موج است.

مرجع: The physics Teacher October 1986

فوتون چیست؟

جان مارچوزر
استاد فیزیک دانشگاه ایالتی نیویورک در استونی بروک
مترجم: عبدالحسین بصیره

«در تمام این پنجاه سال غور و تفکر نتوانستم پاسخی به این پرسش بیابم که کوانتومهای نور چیستند؟»

«نقل از نامه اینشتین به سوی ۱۹۵۱»[1]

در اولین سخنرانی کوانترم الکترو دینامیک (*QED: نظریه شگفت نور و ماده* ریچارد فاینمن می گوید:

«نیوتن فکر کرد که نور از ذرات ساخته شده است و آنها را کرپوسکل نامید. حق با او بود. ما می دانیم که نور از ذرات ساخته شده است، زیرا می توانیم ابزار بسیار حساس بگیریم که وقتی نور بر آن بتابد تیکی از آن بشنویم، و اگر تابش نور کم شود، تیک ها نیز کمتر خواهد شد. بنابراین نور چیزی شبیه به قطره های باران است و هر دانه آن یک فوتون نامیده می شود ـ و اگر نور تکفام باشد تمام این «قطره های باران» هم اندازه خواهند بود.

«من می خواهم تأکید کنم که نور به شکل ذرات است. بسیار مهم است که بدانیم نور همچون ذرات رفتار می کند، به ویژه برای بعضی از شما که به مدرسه می روید و در آنجا احتمالاً درباره اینکه نور مانند موج رفتار می کند می گویید. من به شما می گویم که چگونه نور رفتاری ذره ای دارد.»[2]

فاینمن قبلاً در همان سخنرانی توضیح داده بود که فیزیکدانها بعضی عبارتهای معمولی نظیر «کار»، «عمل» و حتی «نور» را «به روش مضحکی» یا معناهایی فنی بکار می برند که مغایر با کاربرد روزمرهٔ آنهاست. با وجود اینکه «ذره» در فهرست این عبارتها نیست، فاینمن کمی بعد می گوید: «برای اینکه خود را از اختراع کلمه های جدیدی نظیر «موجدانه»[3] نجات دهیم مجبور به اطلاق «ذره» به این اشیاء شده ایم.

آنچه به درستی می توانیم بگوئیم این است که نور در یک آشکارساز نوری تیکی ایجاد می کند.

«با توجه به این هشدارها، بنظر می رسد که نقل قول ابتدای مقاله خیلی تند است. چنین اظهار می شود که تصویر ذره ای نیوتن (از نور) درست بوده است، و نور با قطره های باران مقایسه شده است. از فوتونها به عنوان «دانه های نور» نام برده شده است. این تأکید برای تحت تأثیر قرار دادن ذهن خواننده است تا او را برای مقابله بعدی با رفتار متناقض و عجیبی که سبب ایجاد آن «تیک» شده، آماده سازد. فاینمن همیشه بر این تأکید داشت که چگونه مکانیک کوانتومی احساس متعارف ما را قویاً زیر پا می گذارد. سخنرانیهای او همیشه این جوشش شگفت آوری را فرو می نشاند تا با طلسماها (پارادوکسها) را کمرنگ سازد و به این ترتیب غیر فیزیکدانها می توانستند در دنیای شگفت آور و ناخوشایند متخصصان حرفه ای سهیم شوند. اما گاهی این روش اثرات منفی دارد. یکی از آنها، در این مورد، تأکید بر تصویر «فوتونها» همچون «دانه های نور» است. ما در این مقاله بر این امر دقیق شده ایم که چگونه فیزیکدانها کلمه «فوتون» را بکار می برند تا بتوانند تصویر هماهنگ و متعادلی از این پدیده کوانتومی بنیادی ایجاد کنند.

آنچه که به درستی و به زبان ساده می توانیم بگوئیم این است که نور در یک آشکارساز نوری تیکی ایجاد می کند. در دوره «مکانیک کوانتومی قدیم» (۱۹۲۵ـ۱۹۰۰م)، برخی فیزیکدانها، از جمله نیلس بوهر، تلاش کردند که تیک ها را توسط رفتار کوانتومی اتمهای آشکارساز توضیح دهند تا توسط نور.[4] بنابراین عقیده، ما تیک ها را به این دلیل دریافت می کنیم که اتمها فقط می توانند بسته های انرژی پلانک ($h\nu$) را جذب یا گسیل کنند. این تفسیر با تحلیل ۱۹۰۰ پلانک از تابش

گرمایی سازگار بود که در آن او نور را کوانتیده نمی کرد، بلکه فقط ماده را به وسیلهٔ تعادل گرمایی با نور کوانتیده می کرد. این رهیافت را که پایه آن چیزی است که پایه امروز به تحلیل «نیمه کلاسیک» از آشکارسازی اپتیکی معروف شده می توان کنار گذاشت.[۴] تمام پدیده هایی که در فصل دوم کتاب QED تحت عنوان «*فوتونها: ذرات نور*» توسط فاینمن توصیف شده اند، می توان بطور نیمه کلاسیک توضیح داد. این انیشتین بود که این نظریه را پیش کشید که انرژی نور باید مستقل از برهمکنش با ماده کوانتیده باشد. اثر پراکندگی کامپتون که در آن الکترونها در اثر برخورد و بر همکنش با نور تکفام (پرتوهای x)، همچون برخورد با ذرات کلاسیک، منحرف شده و بسامد و جهت پرتوها می کند، تأییدی قوی بر دیدگاه انیشتین است. امروزه ماتیک های آشکار سازهای نور را ناشی از جذب بسته های (کوانتومهای) انرژی حمل شده توسط نور که مستقل از آشکارساز است، می دانیم. البته، تیک ها خودشان فوتون نیستند. برای آغاز اینکه بدانیم فوتونها چیستند، به این نکته برگردیم که چگونه این تیک ها به نور بستگی دارند.

جان ماربرگر

جملهٔ معترضه ای دربارهٔ اشیاء و مشاهدات

وقتی فیزیکدانها صدای تیک یک آشکار ساز را شنیدند چنین اظهار داشتند که «یک فوتون را شمرده اند» برخی ممکن است بگویند «فوتون دیگری وجود دارد».

اما تیک ها همانگونه که در فضا جایگزیده هستند (تو روزنه ای آشکارساز که می تواند در ابعاد اتم باشد) از زمان نیز محدود شده اند. آنها مانا نیستند. وقتی فیزیکدانها از فوتون صحبت می کنند، به نظر می رسد که ذهن خویش ویژگی از نور را در نظر دارند که ماناست، یا حداقل تا لحظه ای که توسط تیک «شمرده» می شود ماناست. ولی به قول انیشتین، مشکل است که به دقت ادعا کنیم این ویژگی چیست.

امروزه ما، تیک های آشکارسازهای نور را ناشی از جذب بسته های (کوانتومهای) انرژی حمل شده توسط نور که مستقل از آشکارساز است، می دانیم.

ما دوست داریم دربارهٔ نور همانگونه فکر کنیم که دربارهٔ اشیایی نظیر میز، صندلی که در هر زمان می توانیم آنها را لمس کنیم و حس کنیم که هنوز حضور دارند. شبیه احساس لامسه ماست. ما میل داریم که فکر کنیم نور باید شبیه اشیا مانایی باشد که لمس می کنیم.

اما این اشیاء مانا چیستند؟ به نظر می رسد که هرکس بطور غریزی دنیایی را تصور می کند که محدود به لحظاتی نیست که آن را مشاهده می کند. بطور اخص ما دربارهٔ یک میز به عنوان مجموعه «لامسه های» تشکیل دهندهٔ آن، که تأکیدی بر تداوم وجودی آن باشد فکر نمی کنیم. به عنوان یک مادهٔ وجودی، ما چیزی را در ذهن تصور داریم که میان لامسه های پی در پی ما تداوم بخشد و آن چیزی باشد که میان کلمه های «واقعیت» و «میز» برای ما مفهومی ایجاد کند. این بیشتر شبیه به فلسفه هستند تا به فیزیک، ولی مکانیک کوانتومی ما را وادار به این بحث کرده است، و فوتون الگوی بسیار خوبی از یک شیئی کوانتومی است.[۵]

نظریهٔ کوانتومی برای چه چیزی نیست

نظریه کوانتومی برای این طراحی شده که اطلاعاتی دربارهٔ رویدادهای حاصل از آشکار ساز ـ تیک ها ـ و واقعیتهای یقینی دربارهٔ علل و موجبات آن رویداد به ما بدهد. برای نور، این داده های ورودی، ویژگیهای هر چشمهٔ نور در محیط و همچنین موقعیت و دیگر ویژگیهای آشکار ساز نوری را شامل می شود. با این عوامل، نظریهٔ کوانتومی می تواند ویژگیهای آماری مجموعه رویدادهای آشکار ساز را پیشگویی نماید، مثلاً به طور میانگین چند تیک در ثانیه. نقش نظریهٔ کوانتمی آن نیست که همه چیز را در رابطهٔ با دنیایی که ما دوست داریم در فاصلهٔ بین تیک ها تصور کنیم به ما بگوید. این نظریه به ما می گوید چیزی شبیه «میز» میان مفاهیم

مکانیک کوانتومی وجود ندارد! باور یک شیئی حقیقی مانا با موقعیت کاملاً مشخص در فضا که همسانی آن را در میان مشاهدات تضمین می کند مفهومی در حوزهٔ «کلاسیک» است نه در حوزهٔ «فیزیک کوانتومی».

ما اینک به نتیجه مهمی دربارهٔ اینکه فوتون چه چیزی نیست، رسیده ایم. به این نتیجه رسیده ایم که فوتون شبیه میز، یا بطور دقیقتر شبیه چیزی که در موقعیت کاملاً مشخص از این لحظه تا لحظه ای دیگر در بین اندازه گیری ها همسان باشد، نیست. از این لحاظ شبیه یک توپ کوچک یا دانه مادی کوچکی که بطور غریزی میل داریم از این اشیاء تصور کنیم، نیست. اینها مفاهیم کلاسیکی هستند که می توانیم توسط نظریهٔ کوانتومی فقط به عنوان تخمینی از یک توصیف کوانتومی بدانیم. انیشتین اعتقاد داشت که این توصیف کامل نیست زیرا نمی توان آن را به خیلی از اشیاء پیرامون خویش که ما با آنها تصویری شهودی از جهان می سازیم، نسبت داد. از طرف دیگر، بوهر، آماده شده بود که بپذیرد که جهان بدون پیش پندارهای ما درباره اینکه چگونه ساخته شده، به خوبی می توانست تداوم داشته و وجود داشته باشد. بد نیست یادآوری کنیم که آنچه را که ما «ذرات بنیادی» می نامیم و طبق «مدل استاندارد» ادعا می کنیم که طبیعت

عبارتهای «میز» و «نور» که معمولاً آنها را به کار می بریم چیزهایی هستند که ممکن است آنها را عبارتهای کلاسیک بنامیم. آنها به چیزهایی اطلاق می شوند که واقعیتهایی را میان رویدادها و مشاهده های ما تجسم می بخشد. ما از تجربهٔ خویش با مکانیک کوانتومی آموخته ایم که این تجسم از واقعیت تخمینی بیش نیست که معمولاً تجسم خوبی نیز هست.

هرچند فوتون، عبارت کوانتومی است و پدیده ای را توصیف می کند که هیچ عبارت کلاسیکی مناسب آن نیست. از آنها ساخته شده از این دیدگاه شبیه فوتون است. ذرات بنیادی به هیچ وجه شبیه توپ یا دانه یا قطره های باران، که وقتی دربارهٔ جهان پیرامون خویش فکر می کنیم آنها را مجسم می سازیم، نیستند.

موج و تابع موج

در تعارضی با این جوهر مانای ذره گونه است که نظریه کوانتوم موج را در برابر ذره قرار می دهد. اگر دانه ای از ماده از لحظه ای به لحظهٔ دیگر عینیت یابد، آنگاه میتوانیم موقعیتهای آن را در لحظات پی در پی مشخص و مسیر آن را معین کنیم. اما ذراتی که مسیرهای مشخصی را طی می کنند، نقش تداخلی موج گونه ای که برای هر نوع ماده ای عملاً قابل مشاهده است ایجاد نمی کنند. (فاینمن این موضوع را بخوبی در سخنرانی ششم در مجموعه ویدیویی «خاصیت قانون فیزیک» شرح داده است) در آزمایشگاه، این نقش ها همچون نقشی از تیک های آرایه ای از آشکار سازها مشاهده می شود. روش پیش بینی گر نظریهٔ کوانتومی این نقش ها را بوسیلهٔ یک تابع «موج» در فرمالیزم ریاضی آن نظریه بوجود می آورد.

این تابع احتمال یک تیک را در آشکارساز می دهد چشم براه یک شیئی «حقیقی» نیست. بنابراین، نظریه کوانتومی با نفی اینکه «موج» یا «ذره» «حقیقی» هستند، مسئله موج در برابر ذره را حل می کند. به علاوه، نظریه کوانتومی هیچگاه نمی گوید که ماده گاهی موج و گاهی ذره است. آن چیزی که از معنی متعارف آنها برداشت می شود.

بعضی از فیزیکدانها بر القای این باور تلاش کرده اند که تابعهای موج نظریهٔ کوانتومی واقعاً ممکن است وابسته به اشیاء حقیقی در طبیعت باشند. امیدهای اولیهٔ شرودینگر در القای این دیدگاه بلافاصله توسط هـ. ا. لورنس مورد تردید قرار گرفت آنجا که به این مسئله اشاره می کند که تابع موج مثلاً برای دستگاه دو الکترونی به مختصات فضایی هر دو الکترون مربوط می شود (مختصات شش بعدی)، بنابراین نمی توان آن را به عنوان یک موج در فضای معمولی (سه بعدی) مجسم نمود.[۲] مشکل دیگر و هم تراز آن عدم وجود چیزی در یک موج است که بتوان آنرا برای تمرکز تمام انرژی در ناحیه ی جایگزیده در لحظهٔ آشکارسازی یک تیک به حساب آورد.

هرچند وقتی فیزیکدانها بکار در حوزهٔ مکانیک کوانتومی می پردازند، بیشتر وقت خود را به محاسبه تابع موج، یا به قول معروف «*دامنهٔ احتمال*» اختصاص می دهند.

کاربرد تصویر موجی را فاینمن روش کارا یا ترفندی برای کمک در محاسبهٔ دامنهٔ احتمال یک تیک می داند. فاینمن در کتاب خود توضیح می دهد که چگونه می توان نمودارهای دامنه های احتمال (آنچه را که مهندسان «فازور» و فاینمن «پیکانهای کوچک» می نامد) را بدون معرفی صریح و آشکار

یک تصویر موجی یافت. نقش موج در روشی که برای رسم پیکانها بکار می‌رود محو می‌شود. متأسفانه، وقتی فاینمن این طرح را توصیف می‌کند از وجود ذره گونه‌ای که او نیز آن را «فوتون» می‌نامد، استمداد می‌جوید. من آنرا «فوتون(۲)» می‌نامم تا آنرا از چیزی که آشکارساز واقعاً آشکار می‌سازد و من را «فوتون(۱)» خواهم نامید، متمایز سازم. برای یافتن فازور برای یک آرایش چشمهٔ نور و آشکارساز، شما باید فازورهای وابسته به هر مسیر ممکنی را که یک فوتون(۲) می‌تواند از چشمه تا آشکارساز طی کند، با هم جمع کنید. فازور وابسته به یک مسیر مشخص حول نقطه ابتدای آن به اندازهٔ زاویه‌ای که متناسب با زمان طی شده توسط فوتون(۲) روی مسیر است، می‌چرخد (ضریب تناسب همان بسامد نور خواهد بود). احتمال یافتن فوتون(۱) در آشکارساز مربع دامنهٔ فازور برآیند است.

فوتون(۲) فقط ابزاری است که کمک می‌کند به اینکه تجسم کنیم چگونه دامنهٔ احتمال محاسبه شده است. این فوتون به همانگونه‌ای که فوتون(۱) به وجود می‌آید، ایجاد نمی‌شود زیرا مسیرهای متعدد و نامحدودی وجود دارد، و بنابراین تعداد نامحدودی فوتونهای(۲) در این محاسبه سهم دارند. ولی آشکارساز در لحظهٔ مشخصی فقط یکی از آنها را آشکار خواهد کرد. لذا حداکثر فقط یکی از این تعداد نامحدود فوتون(۲) «حقیقی» است. در شکل‌های دیگر این نظریه که توسط فاینمن توضیح داده نشده است، از امواج ریاضی به طور صریح‌تر استفاده شده است. اما در نهایت تعارض میان موج توزیع یافتهٔ پیوسته و تیک مستقل ناپیوسته حتی بیش از روش فاینمن ظاهر می‌شود.

روش فاینمن به همان اندازه که ابزار محاسباتی ارزشمندی است، از نظر آموزشی برای مشخص کردن جایگاه امواج در مکانیک کوانتمی ارزشمند است.

روش فاینمن به همان اندازه که ابزار محاسباتی ارزشمندی است، از نظر آموزشی برای مشخص کردن جایگاه امواج در مکانیک کوانتمی ارزشمند است. اما هنوز این پرسش را که چرا نظریهٔ قدیمیِ موجی نور موفق است همچنان بی‌پاسخ می‌گذارد. همچنانکه از کاربرد مستدل زبانی مناسب ناتوان است.

زبان متعارف زبان کلاسیک است

در حقیقت در مقیاس کلاسیک، به نظر می‌رسد که نور موج است. مقتضی است که بگوئیم نور همان قدر موج است، که در محاورهٔ روزمره یک میز یا یک قطرهٔ باران، یک شیئی مانا از واقعیت است. مکانیک کوانتومی این امکان را به شدت رد می‌کند که بگوئیم هر جزئی از واقعیت ـ به ویژه آنچه را که ما «ذرات بنیادی» می‌نامیم ـ دانه‌های مانایی از ماده با مسیر قابل ردیابی هستند. ولی ما غالباً در دنیای کلاسیک زندگی می‌کنیم و زبانی متعارفی را بکار می‌بریم که برای این دنیا بسیار درست است ـ در چنین زبانی دیدگاه درست آن است که یک میز را شیئی‌ای با جایگاه مشخص، و نور را یک موج در یک میدان الکترومغناطیسی متصور شدیم.

عبارتهای «میز» و «نور» که معمولاً آنها را بکار می‌بریم چیزهایی هستند که ممکن است آنها را عبارتهای کلاسیک بنامیم. آنها به چیزهایی اطلاق می‌شوند که واقعیتهایی را میان رویدادها و مشاهده‌های ما تجسم می‌بخشند. ما از تجربهٔ خویش با مکانیک کوانتومی آموخته‌ایم که این تجسم از واقعیت تخمینی بیش نیست که معمولاً تجسم خوبی نیز هست. هرچند، فوتون عبارتی کوانتومی است و

عبارتهای «میز» و «نور» که معمولاً آنها را به کار می‌بریم چیزهایی هستند که ممکن است آنها را عبارتهای کلاسیک بنامیم. آنها به چیزهایی اطلاق می‌شوند که واقعیتهایی را میان رویدادها و مشاهده‌های ما تجسم می‌بخشد. ما از تجربهٔ خویش با مکانیک کوانتومی آموخته‌ایم که این تجسم از واقعیت تخمینی بیش نیست که معمولاً تجسم خوبی نیز هست.

پدیده‌ای را توصیف می‌کند که هیچ عبارت کلاسیکی مناسب آن نیست. ما قطعاً می‌توانیم بگوئیم که این عبارت به عنصری از واقعیت اطلاق می‌شود که وجود آن وقتی آشکارساز نوری تیک می‌کند قطعیت می‌یابد. این «تعریفی *عملی*» از فوتون است و برای فوتون(۱) بکار می‌رود. این البته تعریفی نسبتاً خشک و شاید بی‌مزه جلوه کند. هرچند از دیدگاه «بوهر»، اساساً همه آن چیزی است که می‌توان دربارهٔ فوتون گفت. اما آنهایی که «روشهای کارا یا ترفندی» را برای محاسبهٔ دامنهٔ احتمال می‌دانند عبارت فوتون را در پهنهٔ گسترده‌تری از یک دستگاه محاسباتی بکار می‌برند. این کاربرد جدید از فوتون بی‌شباهت به فوتون(۲) تعریف شده در روش فاینمن نیست و به بحث و توضیح بیشتری نیاز دارد.

میدان

اینک روی لایهٔ نازکی از یخ هستیم. ما دربارهٔ ساختار داخلی دستگاه مکانیک کوانتومی که قابل تصور است صحبت می‌کنیم که البته مستقیماً قابل ردیابی نیست. فیزیکدانها عبارتهای «*فوتون*» و «*میدان*» را برای توصیف بخشهایی از این دستگاه بکار می‌برند. در آغاز لازم است که مشخص کنیم این کاربرد از عبارت فوتون و رای تعریف عملی آن است که ناچار شدیم میان فوتون(۱) و فوتون(۲) تمایز قائل شویم.

«*مدل استاندارد*» که فوتونها مؤلفه‌های آن هستند، یک «نظریهٔ میدان» پدیده‌ها است. تصور این نظریه از ماده «برانگیختگی» لایه‌های بنیادین توزیع شده در فضاست، درست نظیر یک تار گیتار که می‌توان آن را با زهی تحریک نمود. فیزیکدانها دربارهٔ میدانها چنین فکر می‌کنند که همیشه همه جا وجود دارند همانگونه که نقاط فضا همه جا هستند. نقاط فضا نظیر تیک‌های یک آشکارساز قابل مشاهده نیستند، اما برای پی‌ریزی درکی از تصویر کلاسیکی ما از طبیعت به آنها نیاز داریم.

میدانها نیز مستقیماً قابل مشاهده نیستند. درست همانند آنکه تا زهی نکشیم صدایی از تارهای گیتار نخواهیم شنید، وجود میدانها را نیز حس نخواهیم کرد مگر آنکه آنها را تحریک کنیم (صدای یک تار نواخته نشده چیست؟)[۲] وقتی فوتونی را اندازه گیری می‌کنیم (یعنی صدای تیکی را بشنویم)، در حقیقت وجود یک تحریک قبلی از میدان الکترومغناطیسی را تأیید کرده‌ایم.

به نظر می‌رسد همهٔ نظریه‌های فیزیکی این شکاف را بین چیزهایی نظیر فوتون(۱) که می‌توانیم ردیابی کنیم، و چیزهایی نظیر میدانها و نقاط فضا که نمی‌توانیم آنها را ردیابی کنیم ولی در پی ریزی درک ما برای نظریه بنیادی هستند، دارند. میدانها در «*مدل استاندارد*» به ردهٔ دوم از چیزهایی فوق‌الذکر تعلق دارند. آیا اینها اشیاء «*واقعی*» هستند؟ اگر چنین است بنظر می‌رسد که واقعی بودن آنها با درک از اشیاء قابل ردیابی متفاوت است. ما عملاً باور «واقعیت» را به دو نوع یا به دو سطح متفاوت شکافت داده‌ایم که باوری کهنه در فلسفه است، ولی برای یک دانشمند عملگرا احمقانه به نظر می‌رسد. این ساده نیست که مفهومی مفرد از «واقعیت» را بیابیم تا بر همهٔ اشیایی که میل داریم آنها را «واقعی» بینگاریم، همیشه اطلاق شود و مناسب آنها باشد. بنظر می‌رسد عبارت «واقعی» عبارت کلاسیکی دیگری است که معنای شهودی آن مشروط به این واقعیت است که ما در دنیای کلاسیکی زندگی می‌کنیم.

بنابراین، نظریه کوانتومی با نفی اینکه «موج» یا «ذره» «حقیقی» هستند، مسئله موج در برابر ذره را حل می‌کند. به علاوه، نظریه کوانتومی هیچگاه نمی‌گوید که ماده گاهی موج و گاهی ذره است.

فوتونهای موج گونه

ساده‌ترین شکل نوسان برانگیخته با بسامدهای متناهی را یک تار گیتار انجام می‌دهد. بنا به مکانیک کوانتومی، انرژی چنین برانگیختگی فقط می‌تواند به صورت بسته‌هایی به مقدار $h\nu$ که ν بسامد و h ثابت پلانک است. ولی این انرژی کجا قرار گرفته است؟

در یک تار گیتار، این انرژی بین شکم و گره تار محدود شده است. به همین ترتیب، میدان الکترومغناطیسی در ناحیه‌ای از فضا که توسط «شرایط مرزی» تعیین شده است

نوسان می کند. به عبارت دیگر، این امر با آرایش و نوع چشمه های میدان و اشیاء اطراف آن، نظیر آینه ها یا عدسیها، که با میدان برهمکنش دارند، صورت می گیرد. درون ناحیهٔ محدود فضای ریاضی نظریه، با برانگیختگی موج گونه ای با یک نقش معین، انباشته شده است. وقتی این نقشِ موج با کوانتایی از انرژی برانگیخته می شود، فیزیکدانان این را برانگیختگی ریاضی توزیع حاصل را یک فوتون می نامند. این فوتون شبیه فوتون(۱) نیست. این یک مفهوم کمکی وابسته به سیستم پیشگویی مکانیک کوانتومی است. اما این فوتون با فوتون ʹ(۲) توصیف شده در روش فاینمن فرق می کند. اجازه بدهید آن را «فوتون ʹ(۲)» بنامیم.

فوتونهای (۲) کمکی فاینمن شبیه ذرات کلاسیکی هستند که مسیری را طی می کنند و خیلی هم خوب هستند چون آنگونه که فوتون(۱) واقعیت فیزیکی دارد، واقعیت ندارد. بر عکس، فوتونهای ʹ(۲) شبیه امواج کلاسیکی هستند که با مقدار معینی انرژی برانگیخته شده اند. این هم خیلی خوب است، چون اینها فقط بخشی از سیستم برای پیشگویی دامنه های احتمالی تیک ها هستند. این تصور می تواند برای پیشگویی آماری تیک به کار رود. این دو تصویر با دوگانگی کلاسیکی آشنایی که میان جبهه های موج نور و مسیرهای متعامد بر آنها، که ممکن است مسیر ذرات کلاسیک در نظر گرفته شوند، مطابقت ندارد. مسیرهایی که فوتونهای (۲) فاینمن طی می کنند نه فقط شامل پرتوهای نوری کلاسیک هستند، بلکه تمام مسیرهای ممکن از چشمه تا آشکارساز را شامل می شوند. به علاوه، فوتونها قابل تشخیص نیستند. این آن چیزی است که محاسبات مکانیک کوانتومی را می سازد. بزرگترین سهم فاینمن در فیزیک کشف توصیف این همپوشانی مسیرها در مکانیک کوانتومی است.[۹]

فوتونها و بسته های موج

در میان تمام نقش های موج گونهٔ ممکن از برانگیختگی فوتون ʹ(۲)، «بسته های موج» نیز وجود دارند به زبان کلاسیک، این نوعی موج نوری است که از تپ لیزر به وجود می آید. انرژی آن در دانه های محصور شده و ممکن است چنین وسوسه شویم که این دانه را همچون فوتون ʹ(۲) در مقایسه با فوتون واقعی (۱) تصور کنیم. ۱۰ تپهای نوری در لیزر به وجود می آیند، اما آنها نمی توانند در فضایی که کوچکتر از ابعاد طول موج میانگین نور گسیل شده یا در حد ۵-۱۰ سانتیمتر محصور شوند. اتمها، کوچکترین آشکارسازهای نوری، بسیار کوچکترند و در حدود ۸-۱۰ سانتیمترند. بنابراین، فوتون(۱) که تمام انرژی آن صرف ایجاد یک «تیک» اتمی است، در ابعادی بسیار کوچکتر از کوچکترین بسته موج فوتون ʹ(۲) ظاهر می شود. فوتونهای «واقعی» «[فوتونهای (۱)]» بسته های موج نیستند.

بالاخره کدام واقعیت دارد؟

شگفتی انیشتین بی دلیل نبود. نه فقط کلمه «فوتون» حداقل با سه دیدگاه مختلف توسط فیزیکدانان به کار رفته است، بلکه تعریفی راجع به چیزی «واقعی» نیز غالباً در پرده ای از ابهام است. ایدهٔ یک فوتون که با تیک یک آشکارساز نوری آشکار می شود به شکل عمیق و قابل فهمی ارضاکننده نبود. آیا راه دیگری برای تفسیر و تبیین فوتونهای (۲) یا فوتونهای ʹ(۲) بیش از توصیف ریاضی محض آنها نیست؟

ریاضیات بین ابزار که می تواند در سطحی از عبارتهای کلاسیکی توصیف شود، و آمار آشکارسازی رویدادها، ارتباطی برقرار می کند. از آنجا که ابزار چیزی کلاسیکی است پس همچون یک میز، واقعی و ماناست. فرض کنید ابزار ما لیزری باشد آماده و مهیای کار، می توانیم هر لحظه که دوست داریم با روشن کردن آشکارساز آن را لمس کنیم. این آزمایش آشکارسازی را می توانیم بارها و بارها تکرار کنیم. با در نظر گرفتن برخی بی نظمیهای طبیعی و عادی که گاه و بیگاه در طول آزمایش رخ می دهد، ما همیشه همان گواه و نتیجه را برای فوتون(۱) بدست می آوریم که نظریه پیشگویی می کند. بنابراین از یک دید، تابعهای موجی که برانگیختگی کوانتیده را نمایش می دهند همان فوتونهای ʹ(۲) هستند که کاملاً با شرایط بوجود آمده توسط ابزار وابسته می باشند.

شاید این امر سبب شده که بسیاری از فیزیکدانان تشجیع شوند که فکر کنند فوتونهای ʹ(۲) موجهای کوانتیدهٔ برانگیختگیهای میدان الکترومغناطیسی باشند که «*به عبارتی واقعی هستند*». ابزار شرایطی را در جهان خارجی بوجود می آورند که ما از طریق نظریه به فهم آنها نائل می شویم و

وجود آنها را با «حس و لمس کردن» در می یابیم. فیزیکدانانی که فکر می کنند می توانند این روش را توصیف کنند می توانند ادعا کنند که واقعیت این را به جوهرهای نظری منتسب کرده اند.

خود برگزینید

امواج نوری کلاسیک از نظر ریاضی شبیه امواج وابسته به فوتونهای (۲) برانگیختگی های کوانتومی هستند. از آنجا که ما دلایل متقنی داریم که امواج نوری کلاسیک را واقعی بنامیم، بنظر می رسد منطقی تر باشد فوتونهای (۲) را عناصری از واقعیت بدانیم تا فوتونهای (۲) را. فوتونهای (۲) فاینمن، همچون جوهری نظری، خطوط موجی نمودارهای فاینمن را در فضا ـ زمان ترسیم می کنند. هر چند فیزیک دانان کلمه «فوتون» را به چنین خطوطی اطلاق می کنند ولی نوعی ابهام در این کاربرد وجود دارد، (خطوط داخلی در برابر خطوط خارجی، ارتباط با نظریهٔ اغتشاش و غیره ...) که سبب می شود مفهوم وابسته به آن بیشتر ریاضی جلوه کند تا فیزیکی. در اینجا باید متذکر شویم که ما می توانیم نمودارهای فاینمن را بدون استناد صریح و آشکار به توصیف همپوشانی مسیرهای فاینمن که در آن، هر مسیر توسط یک فوتون(۲) نقطه ای پیموده می شود، به کار بریم.

نه فوتون(۲) و نه فوتون (۲) هیچکدام ویژگی قابلیت آشکارسازی سریعی را که فوتون (۱) دارد، ندارند. به نظر می رسد هیچ تصوری از «فوتون» انتظارات ما را برای یک توصیف فیزیکی که فوتون چیست برآورده نسازد. این حقیقت زندگی است. تلاش برای پالایش زبانمان ممکن است به ما کمک کند که آن را تغییر دهیم تا حقایق تجربه مان را در خور آنچه که هست بیابیم.

من خودم درباره «نور» به عنوان پدیده ای کلاسیکی فکر می کنم ـ به عنوان یک موج در میدان الکترو مغناطیس کلاسیک ـ و کلمهٔ «فوتون» را با هر سه دید توصیف شده در بالا به کار می برم. برای من «*واقعیت*» کلمه ای کلاسیکی است، ولی اگر مجبور شوم که آن را در سطح کوانتومی به کار ببریم در آن صورت خواهم گفت که فقط فوتونهای (۱) «*واقعی*» هستند. کاربرد دو نوع دیگر به فرمالیزم ریاضی برمی گردد، هر چند فوتونهای (۲) به امواج نوری کلاسیک نزدیکترند.

من هیچگاه نمی پرسم که انرژی در فوتون(۲) کجا قرار گرفته است، یا چگونه خود را در یک آشکارساز ریز متمرکز می کند که تیک تاکی بسازد، چون برای من فوتونهای(۲) واقعیت خارجی ندارند.

مرجع:
مجلهٔ فیزیکس تیچر (The Physics Teacher) نوامبر ۱۹۹۶

مراجع:

1- A. Pais, "Subtle in the Lord, The Science and the Life of Albert Einstein." (Oxford University Press, Oxford, 1982). صفحه ۳۸۲

2- R. P. Feynman, "QED, The Strange theory of Light and matter", (Princeton University Presd, Princeton, 1985). صفحه ۱۵ و ۱۴.

۳ـ برداشت بوهر و همکارانش از فوتون در این دوره زمانی توسط A.Pais در کتاب

"Niels Bohrs' Times in Physics, Philosophy and polity", (Oxford University Press, Oxford, 1991)

در بخش ۱۱ توصیف شده است

4- L. Mandel, E. Wolf, "Optical Coherence and Quantum Optics", (Combridge University Press, Combridge, 1995). بخش ۹

5- B.C Van Fraassen, "The Scientific Image, "(Oxford University Press, Oxford, 1980);

R. Crease, "The Play og Nature", (Indiana University Press, Bloomington, 1993).

6- R.P. Feynman, "The Character of Physical Law", (MII Press, Cambridge 1967). بخش ۶

۷ـ نامه ۲۷ می ۱۹۲۷، نورنس به شرودینگر برگرفته از؛

"Letters on wave Mechanines", traslated by M.J klein edited by K. Przibram, (Vision Press, Landon, 1967).

۸ ـ در بسامدهای پایین میدان الکتریکی را میتوان بطور مستقیم اندازه گرفت. در بسامدهای اپتیکی از تأثیر بر میدانهای برانگیخته نشده می توان استفاده کرد. به بخش ۹ـ۱۰ مرجع ۴ مراجعه کنید.

۹ـ یک بحث مقدماتی از این شکل از مکانیک کوانتمی را میتوانید در کتاب زیر بیابید.

R.P. Feyman, A.R. Hibbs, "Quantum Mechanics and Path Integrals", (Mc Graw- Hill, New York 1965).

این کتاب کوانتیزه شدن میدان را که منجر به فوتون(۲) می شود توضیح می دهد ولی زبان ذرات قوی یعنی فوتونهای (۲) در QED را به کار نمی برد.

۱۰ـ بخش ۱۱ـ۱۲ از مرجع ۴ تاریخچه ای از تلاشهای ناموفقی که برای یکی کردن فوتونهای(۲) و علائم الکتریکی که دلیلی بر وجود فوتونهای (۱) هستند ارائه می دهد.

*- Corpuscles

**- Wavicles

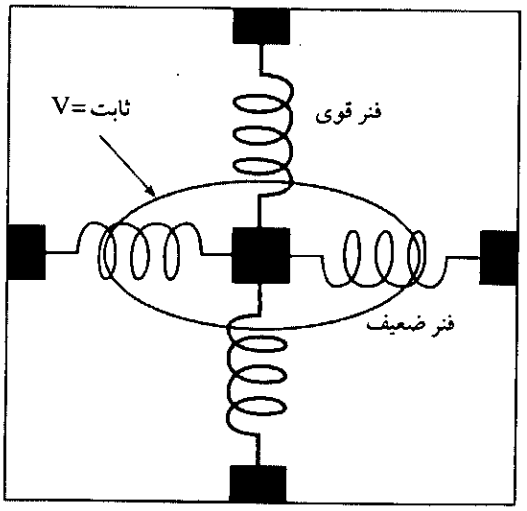
مدهای غیرخطی ارتعاش

ایوار ایکلند، از دانشگاه دولفین پاریس
مترجم: حجت مریجی

یکی از اساسی ترین نتایج مکانیک کلاسیک این است که دستگاههای خطی با n درجه آزادی، n مدنوسانی بنیادی دارند و اینکه هر حرکت این دستگاههای خطی را می توان به صورت یک ترکیب خطی از این مدهای بنیادی در نظر گرفت. این اصل ترکیب برای دستگاههای غیرخطی درست نیست، اما گمان می رود که تعدادی پاسخ دوره ای نقشی شبیه مدهای بنیادی ایفا خواهند کرد. در یک مورد این حدس تأیید شده است. اچ. هوفر و ک. وایسوکی و ای. زهندر[۲] ثابت کرده اند که دستگاههای به اصطلاح «کوژ» با دو درجه آزادی به ازای انرژی معین باید یا دو یا بی نهایت مدار دوره ای داشته باشند این دستگاهها نمی توانند سه تا یا ۲۰٫۰۰۰ یا یک بیلیون مدار دوره ای داشته باشند.

برای درک معنی این نتیجه، از دستگاههای خطی دارای دو درجه آزادی مانند دستگاه جرم و فنر (شکل ۱.) شروع می کنیم. این دستگاهها را همیشه می توان بر حسب دو نوسانگر هماهنگ با دوره تناوب T_1 و T_2 توصیف کرد. اگر دو دوره تناوب یک مضرب مشترک داشته باشند یعنی $aT_1 = bT_2 = T$، به ازای مقادیر صحیح a و b، هر حرکتی، دوره ای با دوره تناوب T خواهد بود. اما اگر یک دوره تناوب مشترک وجود نداشته باشد، به طور دقیق، دو حرکت دوره ای، دوره تناوب T_1 و T_2 وجود دارند که یکی از نوسانگرها فعال و دیگری خاموش است. تمام حرکتهای دیگر از برهم نهی هر دو نوسانگر ناشی می شود و منحنی های لیساژو که غیر دوره ای اند، تشکیل می شود.

شما باید سعی کنید که این دستگاه را در فضای فار چهار بعدی (q_1 ، q_2، p_1 ، p_2) که p تکانه و q مکان است، مجسم کنید. انرژی پتانسیل دستگاه چنین است: $V = 2n^2(\frac{q_1^2}{T_1^2} + \frac{q_2^2}{T_2^2})$ و انرژی کل یا هامیلتونی چنین است: $H = \frac{1}{2}(p_1^2 + p_2^2) + V$. سطوح با انرژی ثابت، بیضویهای سه بعدی اند که منحنی های مسیر حرکت گرد آن پیچ می خورند. اگر T_1 / T_2 گویا باشد تمام این مسیرها بسته هستند که متناظر با حرکت دوره ای است. اگر T_1 / T_2 گویا نباشد تنها دو مسیر بسته برای هر انرژی داریم که متناظر با دو مد بنیادی نوسان هستند؛ تمام مسیرهای دیگر باز هستند و تمام سطوح با انرژی ثابت را می پوشانند. این تصویر را می توان به سادگی به هر تعداد درجه آزادی تعلیم داد. اما چگونه آن را به دستگاههای غیرخطی گسترش دهیم؟ یک پتانسیل کوژ را که در فضای n بعدی اقلیدسی (تخت) تعریف شده، در نظر بگیرید، به طوری که پتانسیل V در بینهایت نامتناهی می شود. در فضای فاز، هامیلتونی همچنان به صورت: $H = (p_1^2 - p_2^2)/2 + V$ است و سطوح انرژی کوژ و محدوداند. دستگاه مکانیکی متناظر، یک دستگاه متشکل از n فنر جفت شده غیرخطی است. قبلاً ثابت شده است که برای دستگاههای غیرخطی از این نوع، هر انرژی دست کم دو پاسخ دوره ای دارد (و یا بی نهایت پاسخ دوره ای دارد.



ش.۱) یک دستگاه دینامیکی با دو درجه آزادی یک جرم با فنرها ثابت نگهداشته شده است. در یک راستا فنرها قوی‌اند و در راستای دیگر ضعیف. جسم می‌تواند به سرعت به بالا و پائین نوسان کند و یا به آرامی به اطراف و یا در الگوهای پیچیده‌تر دو بعدی نوسان کند. اگر نیروی فنرها با جابجایی‌شان رابطه خطی داشته باشد، خطوط ثابت هم پتانسیل V بیضی خواهد بود و تمام منحنی‌های مسیر حرکت به خوبی شناخته می‌شوند، مسئله غیرخطی مشکل‌تر است اما اکنون ثابت می‌شود برای رده وسیعی از دستگاهها که باید، یا دو مسیر حرکت دوره‌ای یا بی‌نهایت مسیر حرکت دوره‌ای داشته باشند.

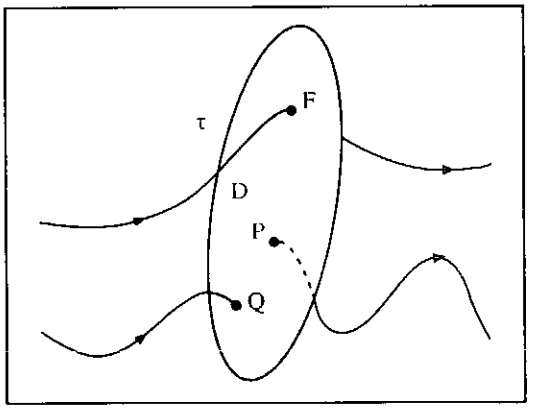
مترجم) به موازات حالت خطی، می توان حدس زد که یک دستگاه غیرخطی با n درجه آزادی دست کم n پاسخ دوره‌ای دارد. این ثابت نشده است، اما ممکن است کاملاً درست باشد، این همان چیزی است که ریاضی دانها آن را مبتنی بر «حدس» می نامند. این حدس یک سؤال را در مورد فراگیری (کلی) دستگاه های غیرخطی مطرح می سازد. بیشتر آنچه که در مورد دستگاههای غیرخطی می دانیم از نظریهٔ اختلال گرفته شده است و نتایج معتبری را تنها برای مقادیر کوچک بعضی پارامترها می دهد. در اینجا چنین چیزی وجود ندارد، در عوض ما به این پرسش پاسخ می دهیم که آیا می توانیم دستگاه غیرخطی ویژه‌ای بسازیم که تنها تعدادی پاسخ دوره‌ای داشته باشد. به عبارت دیگر ما باید دینامیک، را نه تنها به صورت موضعی بلکه روی تمام ترازهای انرژی بفهمیم. متأسفانه دستگاههایی که منحنی های مسیرشان را می توان صریحاً بر حسب داده های اولیه و زمانهای سپری شده نوشت، نادرند. به طوریکه برای اثبات نتایج در مورد دستگاههای غیرخطی نمی توانیم محاسبات صریحی داشته باشیم بلکه باید به دیگر روشهای هندسی تر متوسل گردیم.

همان گونه که قبلاً ذکر شد با ثابت گرفتن ترازهای انرژی، یک ابر سطح سه بعدی به دست می آید که با هر مسیری آن را دنبال می کند. آقای اچ. هوفر و همکارانش با روشهای وردشی، منحنی مسیر حرکت دوره‌ای T را که در بسیاری حالات ساده ترین است، یافتند (در حالت خطی، این مسیر دارای کوتاه ترین دوره تناوب است) سپس آنها با به کار بردن نظریهٔ معادله های دیفرانسیل جزیی نشان دادند که T مرز یک قرص دوبعدی D است که تمام منحنی های مسیر حرکتی که باید از آن بگذرند (شکل ۲).

اگر P یک نقطه روی D باشد، منحنی مسیر حرکت خروجی از P به D در نقطه دیگری مثل Q روی D، برخواهد گشت. به موجب آن یک نگاشت از D به خودش را تعریف می کند. این نگاشت سطحی است که مساحت آن ثابت می ماند. و یک چنین نگاشتی باید یا یک نقطه ثابت داشته باشد (متناظر با یک مدار دوره ای) و یا بی نهایت نقطه ثابت.

بدیهی است که این اثبات برای ابعاد بالاتر به کار نمی رود. اگر درجات آزادی بالاتر از ۲، وجود داشته باشند، تراز انرژی پنج بعدی یا بیشتر خواهد بود و اگرچه توانستیم یک منحنی مسیر حرکت دوره ای با خواص وردشی، نظیر τ بیابیم، قرص گستراننده دو بعدی این مدار بسته، تمام منحنی های مسیر حرکت باقیمانده رادر برنمی گیرد، چرا که آنها ابعاد بسیار بیشتری برای حرکت در آن دارند. به طوری که حدس متناظر، که هر هامیلتونی سیستم کوژ با n درجه آزادی باید n مدار دوره‌ای یا بی نهایت تعداد داشته باشد، باقی می ماند.

برای اینکه دوباره نشان دهیم که تمام این مطالب چندان بدیهی نیستند، پرسش دیگری را مطرح می کنم: چه دستگاههایی تنها n مدار دوره‌ای دارند؟ یک مثال، حالت نوسانگرهای هماهنگ خطی بدون دوره تناوب مشترک، است. آیا چیز دیگری وجود دارد؟ مایکل هرمان (با مکاتبات خصوصی) نشان داد که وجود دارد، برای هر n، یک دستگاه کوژ با n درجه آزادی وجود دارد که دقیقاً n مدار دوره‌ای روی یک تراز انرژی معین دارد و اینکه نمی تواند به n نوسانگر هماهنگ مستقل با هر تغییر متغیری تجزیه شود. به رغم غیرخطی بودنشان هامیلتونی دستگاههای کوژ بعضی از وجوه نوسانگرهای هماهنگ را حفظ می کنند.



شکل ۲) مسیرهای حرکت در فضای فاز، برای یک دستگاه کوژ غیر خطی با دو درجه آزادی. تمام مسیرهای حرکت از یک قرص D عبور می‌کنند. این منحنی که F را ترک می‌کند به همان نقطه برمی‌گردد (شاید بعد از چندین بار گذر از D). به طوری که دوره‌ای هستند. اما یک منحنی که P را ترک می‌کند و به نقطهٔ Q برمی‌گردد به پیچ‌خوردن (حرکت) خود از طریق ناحیه مجاز فضای فاز بطور غیر دوره‌ای ادامه خواهد داد.

مرجع:

Nature/ vol 395/ 10 September 1998. P .110 -117

زیرنویس ها:

75775 Paris Cedex 16. France

1- e-mail: ivar ekeland @dauphine. fr

2- Hofer, H., Wasocki, K. & Zehbder, E. Ann. Math. Math. (in the press).

3- Ekeland, I. Converixity Methods in Hamiltonian Mechanics (springer. Berlin. 1990)

مایع از دیوارهٔ یک تخم مرغ چرخان بالا می رود.

ک. گوتیرز، ک. فهر، ا. کالزادیلا، و د. فیگونرا
۱۸ اسفند ۱۳۷۷
مترجم: محمدرضا اجتهادی

۱ مقدمه

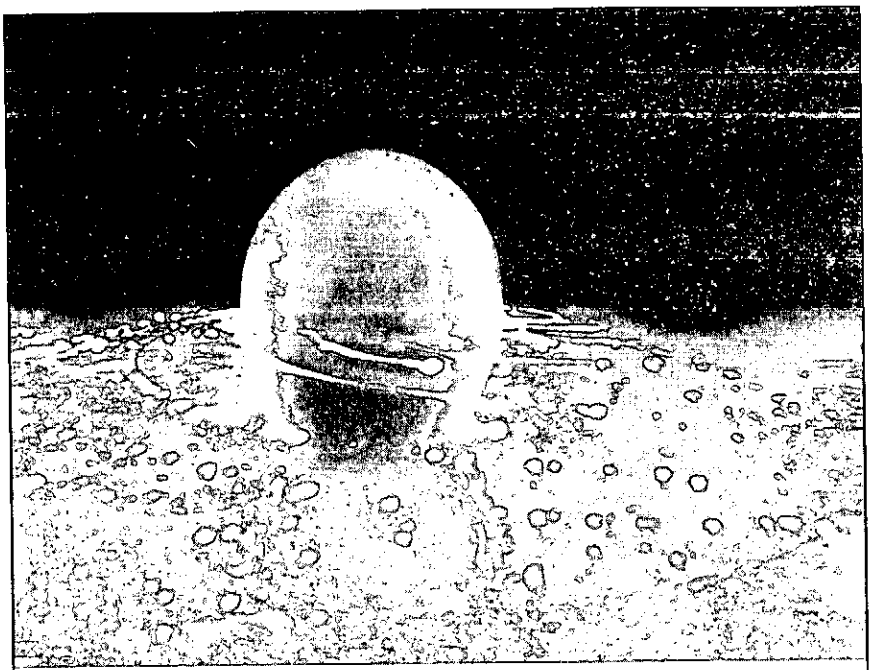
همه می دانند که تخم مرغ پخته در هنگام چرخش به طور قائم قرار می گیرد. از این امر برای تشخیص تخم مرغ پخته از خام استفاده می شود. اگر یک تخم مرغ خام را بچرخانید بر روی سر خود نمی ایستد. این به دلیل وجود مایع داخل تخم مرغ است. حال اگر یک تخم مرغ پخته در روی یک ظرف صاف که مقدار کمی آب سطح آنرا پوشانده است، به چرخش درآید چه اتفاقی می افتد؟ آب از دیوارهٔ تخم مرغ تا ارتفاع مشخصی بالا می آید، و سپس، همان طور که شکل ۱ نشان می دهد، یک فوارهٔ از قطرات آب درست می شود. این پدیده در نگاه اول خیلی بدیهی نیست، و می توان به عنوان یک نمایش فیزیکی از آن استفاده کرد[1]. چه چیزی باعث می شود که آب از تخم مرغ بالا برود؟ در چه نقطه ای آب به صورت قطرات از تخم مرغ جدا می شود؟ در این مقاله همراه با معرفی این نمایش به این سؤالها نیز پاسخ داده می شود.

۲ شرح نمایش

این نمایش شامل یک تخم مرغ پخته و یک سینی حاوی آب رنگی و کم عمق است. نمای جانبی ابزار آزمایش در شکل ۲ (الف) نشان داده شده است. قبل از اجرای نمایش به دانش آموزان می گوییم که قرار است تخم مرغ را در داخل آب به چرخش درآوریم، و از آنها می پرسیم که فکر می کنند چه اتفاقی می افتد. پاسخها معمولاً اینهاست: (۱) تخم مرغ در لایهٔ آب نخواهد چرخید. (۲) تخم مرغ می چرخد و آب اطراف خود را جا به جا می کند به طوری که یک چاله اطراف آن ایجاد می شود. (۳) یک گرد آب اطراف تخم مرغ ایجاد خواهد شد. این پدیده که آب از دیوارهٔ تخم مرغ چرخان بالا خواهد رفت، قابل تصور نیست. با اجرای نمایش مخاطبان به شدت شگفت زده می شوند. ما این نمایش را با اجسام مختلف با اشکال مختلف انجام می دهیم. از حباب لامپها با اندازه های متفاوت، بطریهای کروی، و کره هایی از فلزات مختلف استفاده می کنیم. تمام این ها اگر از یک مته دستی و یک گیرهٔ مناسب استفاده شود، به خوبی کار می کنند. تا آنجا که ما اطلاع داریم این پدیدهٔ فواره ای جالب تاکنون گزارش نشده است.

۳ مدلی ساده برای پدیدهٔ فواره

بعضی از جنبه های فیزیکی در پس پدیدهٔ فوارهٔ تخم مرغ چرخان را به زبان نیروها توضیح می دهیم. در یک نگاه ساده سازی شده، نیروهای وارد بر یک حجم کوچک فرضی در دستگاه دوار را در نظر می گیریم. در این دستگاه دو نیروی اصلی که می توانند سبب بالا رفتن آب باشند، نیروهای چسبندگی F_a بین سطح تخم مرغ و سطح آب و نیروی گریز از مرکز F_c ناشی از دستگاه دوار است. در شکل ۲ (ب) نمودار نیروهای وارد بر حجم فرضی آب نشان داده شده است. f نیروی اصطکاک و W نیروی وزن است. از برهم کنش آب با هوا صرف نظر می کنیم. این نکته می تواند در بعضی از جزئیات این پدیده موثر باشد، ولی ما معتقدیم که این برهم کنش برای توصیف کلی این پدیده خیلی اساسی نیست. برای راحتی دستگاه چرخان را در صفحهٔ عمودی که شامل محور دوران باشد انتخاب می کنیم. همان طور که در شکل ۲ (ب) نشان داده شده است، محور y مماس بر دیوارهٔ تخم مرغ و به طرف بالاست، و محور x بر سطح تخم مرغ عمود است. بدین گونه می توانیم ببینیم که چگونه نیروی گریز از مرکز می تواند یک مولفهٔ مثبت در راستای محور y داشته باشد. این مؤلفه آب را به سمت بالا می کشد. نیروی چسبندگی آب را بر روی دیوارهٔ تخم مرغ نگه می دارد. نیروی اصطکاک f را در جهت مخالف حرکت آب روی سطح در نظر می گیریم. با فرض اینکه محور دوران عمودی است، و با در نظر گرفتن مؤلفه های y این نیروها، معادلهٔ زیر را می توان نوشت:



شکل ۱ . تصویر تخم مرغ چرخان که پدیده فواره‌ای را نشان می دهد .

$$F_y + W_y + F_{cy} = ma_y . \qquad (۱)$$

در اینجا F_y مؤلفهٔ نیروی اصطکاک $-f$ در راستای y، $W_y = -mg\cos\theta$ ، $F_{cy} = m\omega^2 r\sin\theta$ ، r فاصله بین محور دوران و جزء آب، g اندازهٔ شتاب گرانش، θ زاویه بین محور x و نیروی گریز از مرکز که برای سادگی فرض شده است که در صفحهٔ افقی قرار دارد (چرخش بدون حرکت تقدیمی)، m جرم حجم کوچک آب در نظر گرفته شده، ω اندازهٔ سرعت زاویه‌ای تخم مرغ، و a_y مؤلفهٔ شتاب جزء آب در جهت دیواره تخم مرغ است .

وقتی a_y مثبت است آب به طرف بالا شتاب می گیرد . از معادلهٔ (۱) به دست می آید :

$$a_y = \omega^2 r\sin\theta - (g\cos\theta + f/m). \qquad (۲)$$

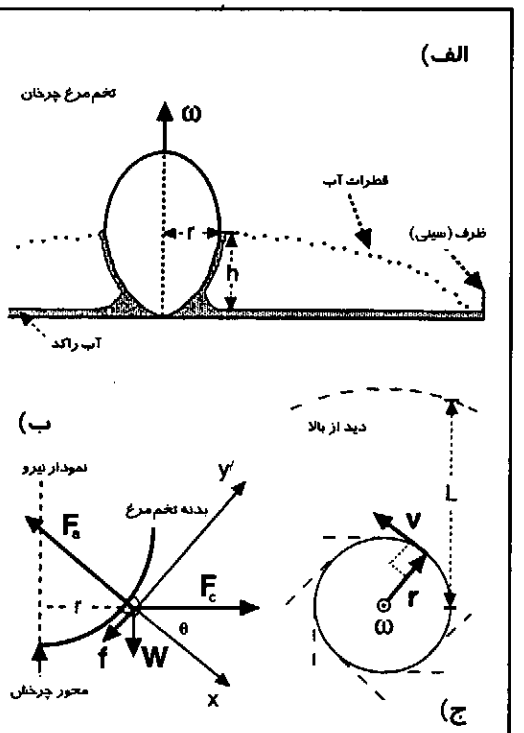
برای یک زاویهٔ θ و یک فاصلهٔ r مشخص از محور دوران، تنها چیز لازم برای اینکه شتاب یک مولفهٔ مثبت در راستای y داشته باشد، یک سرعت زاویه‌ای به اندازهٔ کافی بزرگ است . همچنین می توانیم ببینیم که برای یک ω مشخص، وقتی θ به صفر میل می کند، اولین جمله داخل کروشه به صفر میل می کند . در نتیجه مولفهٔ y ی شتاب در نقطه ای قبل از اینکه θ صفر شود منفی می شود . این با مشاهده نیز تطابق دارد . وقتی که تخم مرغ خیلی سریع می گردد آب در نقطه ای که r بیشترین مقدار را داراست جمع می شود . معادلهٔ (۲) به اولین سؤال که چرا آب از دیوارهٔ تخم مرغ بالا میرود پاسخ می دهد . برای بخشی از سؤال دوم هم که در چه نقطه ای قطرات آب از دیواره جدا و به داخل آب پرتاب می شوند نیز این معادله پاسخی دارد . هر چند برای پاسخ کامل به این سؤال لازم است که مولفهٔ نیروهای وارد در راستای x را در نظر بگیریم :

$$F_{ax} + W_x + Fc_x = ma_x . \qquad (۳)$$

که در اینجا F_{ax} مؤلفهٔ نیروی چسبندگی در راستای x، $W_x = mg\sin\theta$ ، $F_{cx} = m\omega^2 r$ و a_x مؤلفهٔ عمود بر سطح شتاب جزء آب است . وقتی آب به مقدار بیشینهٔ r می رسد، زاویهٔ θ به صفر نزدیک می شود . بنابراین می توانیم از مؤلفهٔ x وزن (W_x) صرفنظر کنیم . به علاوه، از دید ناظر در دستگاه چرخان، آب شتابی در راستای x ندارد . در نتیجه در دستگاه چرخان داریم :

$$F_{ax} + Fc_x = 0 \qquad (۴)$$

در این مدل، ما وضعیت را به شکلی ساده کردیم که در راستای محور x فقط مؤلفه های دو نیرو به حساب بیایند : نیرو چسبندگی که آب را روی دیوارهٔ تخم مرغ نگه می دارد و مؤلفهٔ x نیرویی که می خواهد آب را به بیرون پرتاب کند . وقتی شتاب در راستای y منفی می شود، آب برمی گردد از طرفی، مقداری آب از داخل ظرف همچنان بالا می آید و در نتیجه نقطهٔ تجمع آب شکل می گیرد . در اینجا نیروی گریز از مرکز بر نیروی کشش سطحی غلبه می کند و قطرات شکل می گیرند . بنابراین قطرات در نقطه ای تشکیل می شوند که



شکل ۲ . (الف) سطح مقطع تخم مرغ چرخان در آب . (ب) نمودار نیروها برای یک جزء آب به جرم m از دید ناظری در دستگاه چرخان . تمام نیروها در صفحهٔ X-Y است . محور دوران ، خط چین ، در این صفحه قائم است . (پ) نمای بالای تخم مرغ چرخان از دید ناظر در دستگاه ثابت مرجع . خط چین راستای سرعت اولیهٔ قطرات پرتاب شده را در دستگاه آزمایشگاه نشان می دهد .

مؤلفهٔ y شتاب تغییر علامت می دهد . حالا که قطرات شکل گرفتند برای بررسی بقیهٔ پدیده بهتر است که به دستگاه ثابت برگردیم . در دستگاه ثابت قطراتی که از پوستهٔ تخم مرغ جدا می شوند سرعت افقی $V \sim \omega r$ را دارند (به شکل ۲ ج توجه کنید) . مسیر قطرات پرتاب شده در دستگاه آزمایشگاه یک سهمی است . وقتی قطرات بعد از پیمودن مسافت L به داخل سینی حاوی تخم مرغ می افتند یک دایره حول تخم مرغ شکل می گیرد . با به کارگیری از نمادهایی که در شکل ۲ معرفی شده اند و فرض اینکه این قطرات با سرعت افقی V از ارتفاع h پرتاب می شوند ، می توانیم بنویسیم :

$$L = V t \qquad (۵)$$

و

$$h = g\frac{t^2}{2}, \qquad (۶)$$

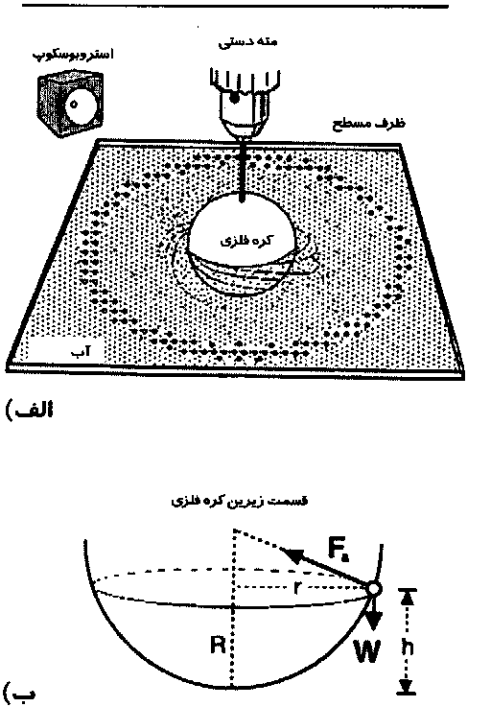
که t زمان پرواز قطرات است . با قرار دادن سرعت υ بر حسب سرعت زاویه ای ω و فاصلهٔ شعاعی r از محور دوران تا سطح پوستهٔ تخم مرغ ، می توانیم ω را به دست آوریم :

$$\omega = (\frac{g}{2h})^{2}\frac{L}{r}. \qquad (۷)$$

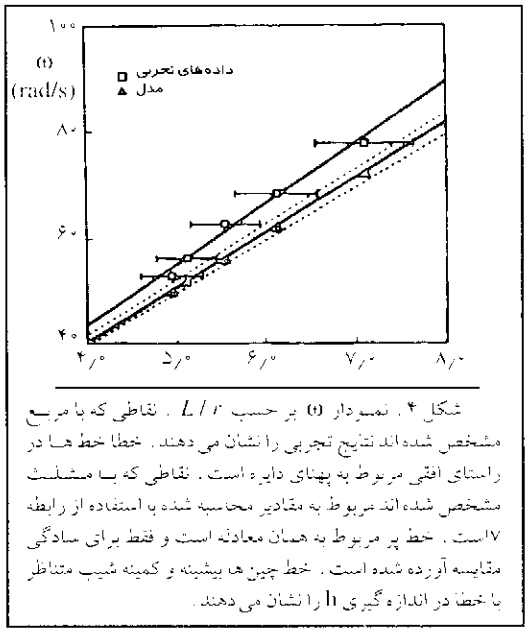
بنابراین می توانیم با اندازه گیری تمام کمیتهای این معادله ، مدل خود را امتحان کنیم .

۴ شرح آزمایش

برای امتحان مدل سادهٔ خود آزمایش زیر را طراحی کردیم . کرهٔ فلزی به قطر ۵٫۰۵ سانتیمتر را که میله ای در راستای قطرش به آن متصل کرده بودیم ، به کمک یک متهٔ دستی معمولی به دوران درآوردیم . سرعت زاویه ای به وسیلهٔ وریاک (Variac) که به طور سری در مدار قرار داده شده بود کنترل می شد . برای اندازه گیری سرعت زاویه ای کره از یک



شکل ۳ . (الف) نمای اجزای اصلی مجموعهٔ آزمایش . (۱) کرهٔ فلزی که با یک متهٔ دستی در لایهٔ آب چرخانده می شود . (۲) قطرات آب پرتاب شده در برخورد با سطح آب یک دایره ایجاد می کنند . (۳) استروبوسکوپ برای اندازه گیری بسامد زاویه ای به کار برده می شود . (ب) نموداربرداری متناظر با مدلی که برای تخمین h به صورت تابعی از بسامد زاویه ای به کار می رود .



شکل ۴. نمودار ω بر حسب L/r. نقاطی که با مربع مشخص شده‌اند نتایج تجربی را نشان می دهند. خطا خط‌ها در راستای افقی مربوط به پهنای دایره است. نقاطی که با مثلث مشخص شده‌اند مربوط به مقادیر محاسبه شده با استفاده از رابطه ۷ است. خط پر مربوط به همان معادله است و فقط برای سادگی مقایسه آورده شده است. خط چین ها بیشینه و کمینه شیب متناظر با خطا در اندازه گیری h را نشان می دهند.

استروبوسکوپ استفاده می کردیم. در شکل ۳ نمایی از کرهٔ چرخان و دایره‌ای که به وسیله قطرات پرتاب شدهٔ آب درست می شود را نشان داده‌ایم. در محدوده بسامدی که ما کار می کردیم، h و r تقریباً ثابت نگه داشته می شدند، و L به طور محسوسی با تغییر بسامد تغییر می کرد.

ثابت بودن تقریبی h برای مقادیر بسامدهای مورد استفاده، این مسئله را شبیه مسئلهٔ آونگ مخروطی می کند[۲]. در این جا نیروی چسبندگی F_a نقش نیروی کشش نخ را بازی می کند شکل ۳ ب این شباهت را نشان می دهد. با در نظر گرفتن این مدل، به سادگی می توان نشان داد که با صرف نظر کردن از نیروی اصطکاک داریم:

$$h = R(1 - Sin\theta) \qquad (۸)$$

که در این جا R شعاع کره و θ زاویهٔ بین راستای نیرو چسبندگی با صفحه استوایی کره است.

با نگاه کردن به این مجموعه در دستگاه آزمایشگاه و در نظر گرفتن:

$$F_a Cos\theta = m\omega^2 R Cos\theta. \qquad (۹)$$

و

$$F_a Sin\theta = mg. \qquad (۱۰)$$

به سادگی نتیجه می شود که $Sin\theta = g/\omega^2 R$، و در نتیجه:

$$h = R(1 - \frac{g}{\omega^2 R}). \qquad (۱۱)$$

با توجه به این عبارت به راحتی می توان مشاهده کرد که برای بسامدهای به اندازهٔ کافی بزرگ، تغییرات h بر حسب ω بسیار کم است.

۵ نتایج آزمایش و نتیجه گیری

برای مقایسهٔ نتایج آزمایش با معادلهٔ ۷ منحنی توانی $\omega = \omega_0 (L/r)^n$ را بر داده‌های نشان داده شده در شکل ۴ منطبق کردیم. در معادلهٔ ۷ ضریب $\omega_0 = (g/2h)^{1/2}$ را تقریباً ثابت فرض کرده‌ایم. با در نظر گرفتن مقادیر بیشینه و کمینه بسامد زاویه‌ای مورد استفاده در آزمایش و با استفاده از معادله ۱۱ بیشترین تغییرات h بر حسب ω را برآورد کردیم. با این روش خطای ناشی از تغییرات h کمتر از ٪۴ تخمین زده شد. این خطا از خطای ناشی از خواندن h در این آزمایش که حدود ٪۵/۴ است، کمتر است. مقدار محاسبه شده ω، $10/2 \pm 0/3 (rad/s)$ به دست می آید. با برازش منحنی توانی بر داده‌ها بهترین برازش برای تابع $\omega = 10/3 (L/r)^{1/2} (rad/s)$ به دست آمد. این معادله ٪۱ خطا در تعیین ضریب و ٪۴ خطا در تعیین توان را نشان می دهد. با توجه به شکل ۴ می توانیم ببینیم که مدل با نتایج تجربی سازگار است. وجود کمی اختلاف را کاملاً انتظار داریم. ما از مقاومت هوا که باعث می شود قطرات مسافت کمتری را بعد از جدا شدن از پوسته بپیمایند، صرفنظر کرده‌ایم. همچنین ما مدل بسیار ساده‌ای برای پرتاب شدن قطرات فرض کرده‌ایم. در حقیقت قطرات از نقطه‌ای بالاتر از سطح از آن جدا می شوند. اگر با دقت به شکل یک نگاه کنید، می بینید که در ابتدا افشانه‌ای از آب شکل می گیرد که سپس در فاصله‌ای دورتر از سطح کره به قطرات مجزا تجزیه می شود. این فرایند تجزیه مقدار انرژی می گیرد که باعث می شود نسبت (L/r) کوچکتر شود[۳]. هرچند خطای کمی در این ساده سازیها به دلیل توصیف آن با مفاهیم سادهٔ فیزیک وجود دارد، با این وجود این مدل برای فهم کلی این پدیدهٔ قواره‌ای بسیار مناسب است.

مرجع:
Am. J Physics 66 (5) May 1998.PP 442-445

نوسانات، نوسانات واداشته و تشدید

کنفرانس دانش‌آموزی
۲۶ تا ۲۹ مرداد ۱۳۷۷- کرمان
برنده جایزهٔ روزبه در بخش نمایش دستگاه
گزارشگر: الهام منصوری
دانش‌آموز سال سوم دبیرستان از آمل
استاد راهنما: محمود رضائی بالف، فوق لیسانس فیزیک

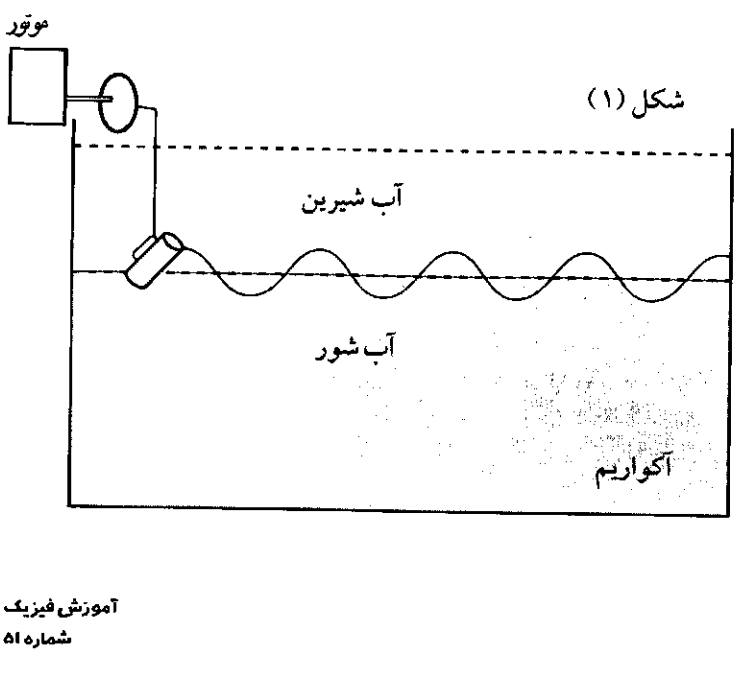
انجام یک کار تجربی ابتکاری

الف) نوسانات

همانطور که می دانیم قانون بایستگی انرژی بیان می کند که انرژی همواره از صورتی به صورت دیگر تبدیل می شود ولی خلق و نابود نمی شود. لحظه ای که با سرعت حرکت می کردند وقتی می خواستند وارد رودخانه شوند سرعت آنها کاهش می یافت. ابتدا فکر می کردند که به علت کم عمق بودن آب کشتی به گل ننشسته است. با اندازه گیری عمق دریافتند که کشتی به گل نشسته است و چون عامل آنرا نیافتند گفتند که دست شیطان کشتی را از زیر نگه داشته است. ولی جواب علمی آن مربوط می شود به تبدیل انرژی از صورتی به صورت دیگر. به علت اینکه شوری آب دریا زیاد است آب رودخانه روی آب دریا قرار می گیرد و مرز مشترکی بین آب دریا و آب رودخانه ایجاد می شود که اگر پروانه های کشتی در این مرز قرار گیرند انرژی مکانیکی موتورهای کشتی سبب تولید امواج عرضی در فصل مشترک آب شور و آب شیرین می شود. بنابراین کشتی از حالت حرکت باز می ایستد.

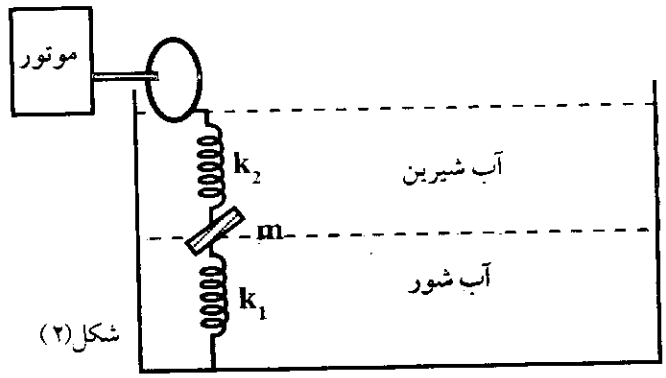
برای تولید چنین امواجی ابتدا در آکواریوم آب شور به اندازه ارتفاع ۲۰ cm ریخته و روی آن را آب شیرین تا ارتفاع ۱۰ سانتی متر قرار داده ایم. بالای آن موتور با دور ثابت دوران می کند قرار داده ایم و جسم استوانه ای شکل را در امتداد قائم به نوسان درآورده ایم. امواج عرضی در فصل مشترک دو محیط مشاهده می شود.

شکل (۱)



ب) نوسانات واداشته و تشدید

نوسانها در اثر نیروهای اصطکاک میرا می شوند و سرانجام از حرکت بازمی ایستند. نوسانهایی از قبیل حرکت آونگ، تاب بازی بچه و رفت و برگشت جرم متصل به فنر، همه سرانجام متوقف خواهند شد برای آنکه حرکت یک نوسانگر محفوظ بماند لازم است که آن را بطور متناوب از خارج یکشیم یا هُل دهیم نیروی خارجی تأمین کننده انرژی نوسانگر را نیروی محرک می نامند در این صورت نوسانگر را ***نوسانگر واداشته***



شکل(۲)

می نامند.

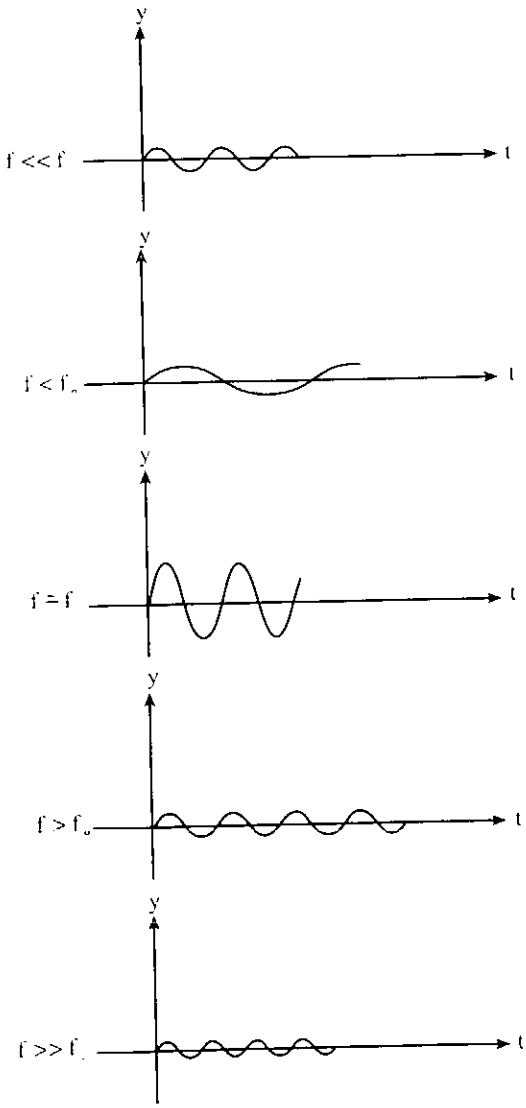
وضعیتی را که در شکل (۲) نموده شده است، در نظر می گیریم. بسامد طبیعی قطعهٔ m که با دو فنر با ثابت ترکیبی k نگهداشته می شود برابر f_0 است.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

با تغییر سرعت دوران موتور می تواند بسامد نیروی محرک را تغییر دهد. می خواهیم دامنهٔ حرکت قطعه را بصورت تابعی از بسامد نیروی محرکه بررسی کنیم. هنگامی که بسامد محرک f خیلی کوچکتر یا خیلی بزرگتر از بسامد طبیعی f_0 باشد، دامنه نوسان قطعه شایان توجه می شود. در این موارد، قطعه تقریباً بدون حرکت می ماند. اما اگر بسامد محرک به بسامد طبیعی نزدیک باشد، دامنه ارتعاش قطعه بزرگ خواهد شد هنگامی که $f = f_0$ است دامنه حرکت قطعه به مقدار بیشینه می رسد. این بسامد را که پاسخی بیشینه در دستگاه ایجاد می کند بسامد تشدید می نامند.

هنگامی که میرایی قابل صرف نظر باشد، بسامد تشدید دقیقاً برابر f_0 است. هر چه میرایی بیشتر شود تفاوت بسامد تشدید با f_0 زیادتر می شود.

دو فنر با ثابت های $k_1 = k_2 = ۲۰ N/m$ مطابق شکل ۲ به وزنه ای بجرم ۲۵۰ گرم بسته ایم هرگاه بسامد زاویه ای موتور به نزدیک دو دور در ثانیه می رسید دامنه نوسان ماکزیمم می شد با تقریب خوبی می توان گفت که بسامد بدست آمده از آزمایش برابر بسامد فرمولی است که از رابطه $f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$ بدست می آید.



حل چند جمله‌ای درجه ۳

ولکر تامسن[1]
مترجم: محمد حسین شمس (دبیرفیزیک از نی ریز فارس)

مطالعه قوانین گازها بخش کاملی از هر دوره مقدماتی فیزیک را تشکیل می دهد. دانش آموزان بطور طبیعی از قانون بویل ـ ماریوت و قانون شارل ـ گیلوساک شروع می کنند. و به قانون عمومی گازها و در نهایت به قانون گاز آرمانی می رسند و بعد از آن مطالعه، وارد موضوعات بعدی مثل انتقال گرما یا نظریه جنبشی گازها می شوند. اما قبل از خاتمه موضوع قوانین گازها، دست کم از معادله حالت واندروالس باید ذکری شود.

برای این موضوع چند دلیل خیلی خوب وجود دارد، که عبارتند از:

۱) دانش آموزان در مورد حل مسئله برای گازهای ناآرمانی خواهند پرسید.

۲) آیا پارامترهای a , b در معادله واندروالس می توانند مفاهیم فیزیکی قابل لمس داشته باشند.

۳) این موضوع اگر چه جزئی ولی آگاهی دهنده است که نشان دهیم چگونه معادله واندروالس تبدیل به قانون گاز آرمانی می شود.

چند سال پیش بمنظور دنبال کردن این مطلب، درکلاس فیزیکم در دبیرستان، درس را با یک تکلیف خانه که فی البداهه به ذهنم رسید بپایان بردم: «یک مول از یک گاز معین را در فشار و دمای معین در نظر بگیرید. مقادیر محاسبه شده برای گاز، از طریق قانون گاز آرمانی و معادله واندروالس را با هم مقایسه کنید. (پارامترهای a , b داده شده اند).»

مسئله نسبتاً سر راست، اما آگاهی دهنده است (البته امیدوارم که این طور باشد.) روز بعد وقتی واکنش دانش آموزان را دیدم تصور کنید که چقدر شگفت زده شده بودم. صدای «مبهم است» و «تلاش بی فایده» بگوش می رسید. صحبت هایی از روی عجز و ناتوانی.

در علت یابی آن، بزودی معلوم شد در حالی که محاسبه با قانون گاز آرمانی به راستی ساده است اما عبارت حجم در معادله واندروالس یک چند جمله ای درجه ۳ از حجم است. و برای آن یک راه حل عمومی (مثل معادله درجه دوم) وجود ندارد (یا این که من این طور فکر می کنم.) یک عذرخواهی و تعویض مسئله با فشار، برای آرام کردن اضطراب دانش آموزان مفید است، اما با وجود این تا اندازه ای منقلب بودم.

با یک بررسی کلی می فهمیم که معلمان ریاضی هیچ راه حلی ارائه نمی کنند جز روش های تقریبی. اما اخیراً هنگامی که از راهرو یک دائرة المعارف قدیمی عبور می کردم. یکدور با سرعت این مسئله را مرور کردم در این جا می خواهم از روی علاقه ای که به فیزیک و ریاضیات دارم، راه حل یک چند جمله ای درجه ۳ و کاربرد آن در معادله واندروالس را شرح دهم.

معادلات مکعبی یا چند جمله ای های درجه سوم:

شکل عمود معادله جبری درجه ۳، بصورت زیر است.

$$Ax^3 + Bx^2 + Cx + D = 0 \qquad (1)$$

بااولین جاگذاری حل مسئله را شروع می کنیم.

$$x = y - \frac{B}{3A} \qquad (2)$$

و بدست می آوریم.

$$Ay^3 + Ey + F = 0$$

یا

$$y^3 + Py + Q = 0 \qquad (3)$$

P و Q بصورت زیر هستند.

$$P = \frac{E}{A} = \frac{3AC - B^2}{3A^2}$$

$$Q = \frac{F}{A} = \frac{3B^2 + 27A^2D - 9ABC}{27A^3}$$

سه ریشه معادله (۳) عبارتند از

$$y(1) = U + W \qquad (4)$$

$$y(2) = e(U + W) \qquad y(3) = e(eu + w)$$

در این جا e را بصورت روبرو درنظر گرفته ایم $e = \frac{-1 \pm i\sqrt{3}}{2}$

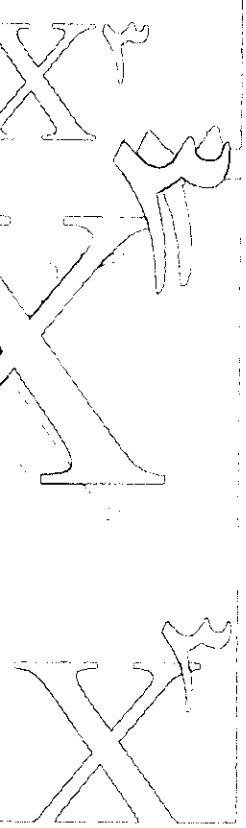
U و W را بصورت زیر محاسبه می کنیم.

$$G = \sqrt{\frac{Q^2}{4} + \frac{P^3}{27}}$$

$$U = \left(-\frac{Q}{2} + G\right)^{\frac{1}{3}} \quad , \quad W = \left(-\frac{Q}{2} - G\right)^{\frac{1}{3}}$$

و بنابراین هرکدام از ریشه ها را می توان بدست آورد. اما لازم است که حتماً $W = \frac{-P}{3U}$ را داشته باشیم بنابراین ریشه های معادله اصلی (۱)، با جاگذاری جواب ها در معادله (۲) بدست می آیند.

جواب y(۱) از فرمول کاردان[2] (۱۵۱۵) بدست می آید و می دانیم که فقط ریشه حقیقی است که به ازای آن $G^2 > 0$ می شود.



با این راه حل از سده شانزدهم آشنا هستیم. صحبت در مورد تکنیک (دانش) فراموش شده است. برای اطلاعات بیشتر می توانید به مرجع شماره ۱ مراجعه کنید. (باید مراجع زیادتری موجود باشد. اما من وارد آنها نشدم.)

معادله واندروالس:

شاید بتوان گفت که بهترین اطلاعات در مورد معادله حالت یک گاز واقعی، توسط یوهانس واندروالس (۱۹۲۳-۱۸۳۷)، شیمی فیزیکدان هلندی ارائه شده است.

شکل کلی معادله بصورت زیر است:

$$\left(P+\frac{an^2}{V^2}\right)\left(V-nb\right)=nRT$$

در معادله بالا، P فشار گاز، V حجم گاز، R ثابت جهانی گازها، T دما، n تعداد مولهای گاز موجود و پارامترهای a و b جملات تصحیح هستند، که بطور تجربی برای چند گاز مشخص شده اند. در تصحیح عبارت حجم این واقعیت را در نظر می گیریم که اتم ها یا مولکولهای گاز، خودشان نیز حجم محدودی دارند. بنابراین پارامتر b، اندازه حجم اشغال شده توسط یک اتم یا مولکول است. و یکای آن لیتر بر مول است. تصحیح عبارت فشار بمنظور جبران نیروهای بین مولکولی است. زیرا این نیروها هنگامی که گاز را فشرده می کنیم، بسیار اهمیت پیدا می کنند. تأثیر این نیروها در کاهش اندازه حرکت خطی است. بدین صورت که مولکولها با بازتاب از یکدیگر و با برخورد با دیواره ظرف، فشار را کاهش می دهند. اگر مسئله را برای فشار حل کنیم براحتی خواهیم دید که چگونه فشار بوسیله عبارت تصحیح کاهش می یابد.

$$P=\frac{nRT}{(V-nb)}-\frac{an^2}{V^2}$$

از نظر آموزشی عنوان کردن این نکته مهم است که اگر عاملهای تصحیحی صفر شوند. معادله براحتی تبدیل به قانون گاز آرمانی می شود. یعنی در حالت که $(a,b)\to 0$، معادله واندروالس تبدیل به قانون گاز آرمانی می شود.

به مسئله اصلی بازمی گردیم. اگر معادله واندروالس را برای حجم حل کنیم، یک چند جمله ای درجه ۳ برحسب حجم بدست می آوریم.

$$PV^3-(bP+RT)V^2+aV-ab=0$$

سعی می کنیم راه حل کلی را بکار بریم. برای اینکار از روشی که مطرح شد استفاده می کنیم که البته تا اینجا یک کار پیچیده ای است. برای مثال جمله Q^2 شما را به یک چند جمله ای درجه ۶ با عبارات زیاد می رساند. اما بکار گرفتن یک مسئله عددی بخصوص، با توجه به وقت گیر بودن راه حل، ثمر بخش خواهد بود.

محاسبات: برای تعیین درستی راه حل، از روش معادله مکعبی که در بالا ارائه شد استفاده می کنیم. پارامترهای a و b را طوری انتخاب می کنیم که نتیجه منطبق بر قانون گاز آرمانی شود.

$$P=1\ Atm \quad T=300\ k \quad R=0/082\frac{Lit.Atm}{mole.k}$$

و برای گاز اکسیژن

$$a=1/36\ \frac{(Lit)^2.Atm}{(mole)^2}\ ,\quad b=0/0318\ \frac{Lit}{mole}$$

ضرائب معادله درجه ۳ عبارتند از

$$A=1\ ,\quad B=-24/632\ ,\quad C=1/36\ ,\quad D=-0/0432$$

ابتدا، P (با فشار اشتباه نشود)، Q و G را محاسبه می کنیم.

$$P=-200/89$$

$$Q=-1095/9 \qquad G=14/04$$

سپس U و W را محاسبه می کنیم $W=8/1126$ و $U=8/2524$ و در معادله(۴) جاگذاری می کنیم. بدست می آوریم.

$$y(1)=16/365$$

ریشه های y (۲) و y (۳) موهومی می شوند. بنابراین با جاگذاری نتایج در معادله (۲) حجم، بدست می آید. مقدار بدست آمده ۲۴/۵۸ لیتر است. این جواب بخوبی قابل مقایسه با عدد ۲۴/۶ لیتر است(چنان که باید). که از طریق قانون گازهای ایده آل بدست می آید.

خاتمه: **معادله مکعبی یا چند جمله ای درجه ۳ یک راه حل دقیق دارد. بسیاری از دبیران ریاضی یا فیزیک آشکارا از این واقعیت بی خبر هستند. این راه حل ممکن است در دوره تحصیلات عمومی فیزیک چندان کاربردی نداشته باشد. اما همین که از وجود چنین راه حلی اطلاع داشته باشیم مفید است.**

از آنجا که محاسبات خسته کننده اند. می توان برای دانش آموزان علاقه مند، یک برنامه رایانه ای جالب طرح کرد.

منبع: The physics Teacher. Vol. 32. Jan. 1994

مراجع:

1. Little and Ives Complete Book of science Illustrated (j.j. Little and Ives Co., Inc., New york, 1958), P .541
2. R.C. weast. Handbook of chemistry and Physics, 61 st. ed. (CRC Press, Boca Raton, FL,1980,1981).

زیرنویس ها:

1. Volker Thomsen
2. Cardan

آزمایشهای ساده
قسمت سوم: الکتریسیته جاری

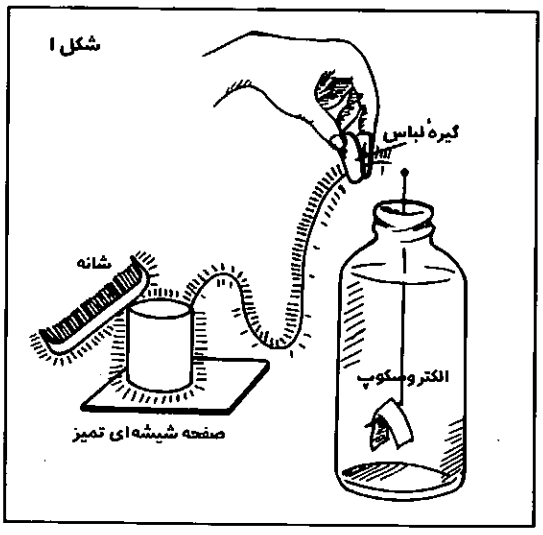
اصغر نوروزیان

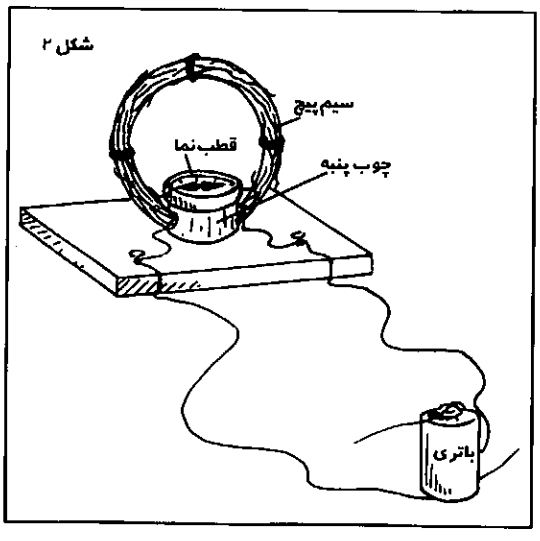
مرد خردمند هنرپیشه را عمر دو بایست در این روزگار
تا به یکی تجربه اندوختن در دگری تجربه بردن به کار

همان طور که در قسمتهای I و II تذکر دادم، این آزمایشها با وسایل ساده و ارزان قیمت و اشیاء دور ریختنی اجرا می شود. در قسمت I ده آزمایش مربوط به مکانیک در قسمت II ده آزمایش دربارهٔ الکتریسیتهٔ ساکن را ملاحظه فرمودید. حال در این قسمت ده آزمایش دربارهٔ الکتریستهٔ جاری را از نظر همکاران و دانش آموزان عزیز می گذرانم، امیدوارم مورد استفاده قرار بگیرد.

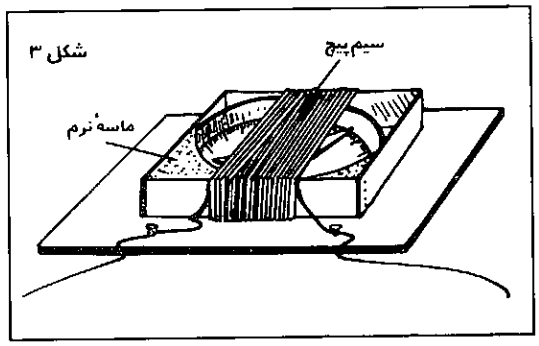
آزمایش ۱: یک طرف یک رشته سیم مسی را به یک قوطی کنسرو که روی صفحهٔ شیشه ای تمیز قرار دارد محکم ببندید و طرف دیگر آن را به وسیلهٔ گیرهٔ لباس به میلهٔ یک الکتروسکوپ نزدیک کنید (ش ۱)، هیچ اتّفاقی نمی افتد. ولی اگر قوطی کنسرو قبلاً با یک شانهٔ پلاستیکی باردار تماس داشته باشد ملاحظه می شود که از ورقهای الکتروسکوپ از هم دور می شوند، یعنی الکترونها از قوطی به وسیلهٔ سیم مسی به الکتروسکوپ منتقل می شوند و در سیم جریان برق (حرکت الکترونها) برقرار می شود.

آزمایش ۲: یک رشته سیم مسی نازک روپوش دار را، در حدود ۵۰ تا ۶۰ دور روی بطری معمولی به پیچید و بعد کلافی که به دست می آید را با نوار چسب یا نخ یا سیم محکم ببندید که از هم باز نشود. بعد آن را به وسیله چوب پنبه ای که شیاری در آن ایجاد کرده باشید روی یک صفحهٔ تخته به طور قائم نگهدارید. روی چوب پنبه در داخل سیم پیچ یک قطب نما مطابق شکل (۲) قرار دهید و دستگاه را بچرخانید تا سیم پیچ در امتداد شمال و جنوب مغناطیسی زمین قرار گیرد. بعد دو سر سیم پیچ را به یک باتری اتصال دهید و حرکت عقربه را ملاحظه نمایید. (دستگاه نشان دهندهٔ جریان برق یا گالوانمتر).
می توانید چوب پنبه را با چسب یا لاک ذوب شده محکم کنید.

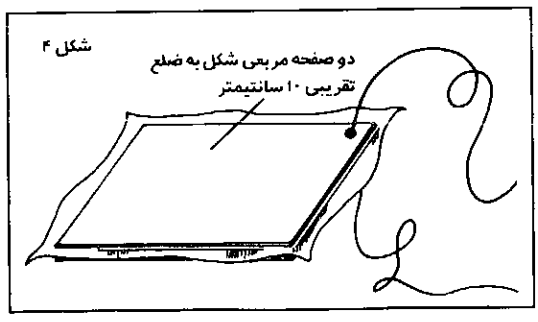




آزمایش ۳ : آزمایش قبلی را مطابق شکل (۳) با استفاده از یک جعبهٔ چوبی یا مقوایی که دور آن سیم نازک روپوش‌دار مسی پیچیده‌اید تکرار کنید و انحراف عقربهٔ قطب‌نما را در حین عبور جریان برق ملاحظه کنید. (توجّه: از به‌کار بردن میخ آهنی خودداری کنید و به جای آن از چسب، نوار چسب یا میخهای غیرآهنی استفاده کنید و همشه قبل از وصل جریان برق، دستگاه را طوری قرار دهید که عقربهٔ قطب‌نما موازی سیم پیچ قسمت فوقانی آن و نزدیک به آن باشد. اگر فاصله عقربه تا سیم پیچهای بالایی زیاد باشد با ریختن ماسهٔ نرم به زیر قطب‌نما آن را تنظیم کنید.)

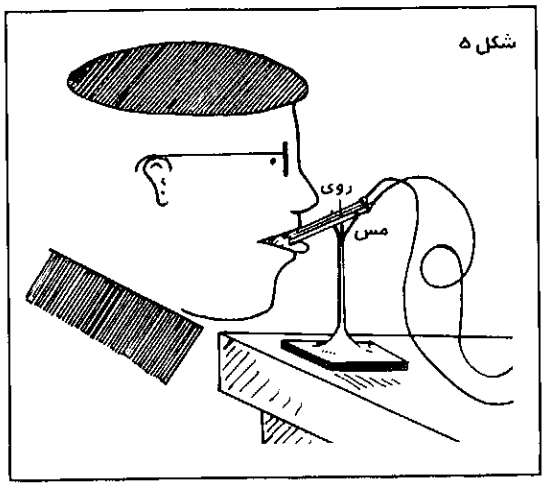


آزمایش ۴ : دو صفحهٔ مربعی شکل به ضلع تقریبی ۱۰ سانتیمتر از ورق مسی و رویی تهیه کنید و در هر یک سوراخ کوچکی ایجاد کنید و دو رشته سیم مسی نازک هر کدام به طول تقریبی ۳۰ سانتیمتر تهیّه کنید و سر آنها را لُخت کنید و هر کدام را از سوراخ صفحه های مسی و رویی عبور دهید و محکم کنید. بعد یک پارچهٔ پنبه‌ای را چند لا کنید و در محلول غلیظ نمک طعام خیس کنید و مانند ساندویچ بین دو صفحه مسی و رویی تهیّه شده قرار دهید (شکل ۴).

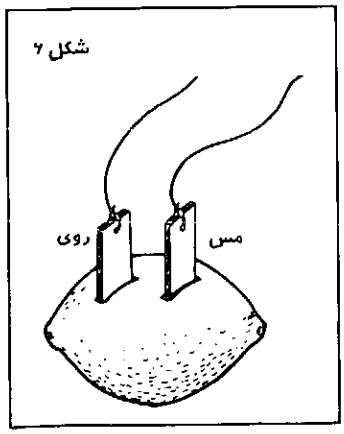


اگر طرف دیگر سیمهای مسی را لخت کرده و به یک دستگاه حسّاس نشان دهندهٔ جریان برق (گالوانمتر) مذکور در آزمایش ۳ وصل کنید و انحراف عقربه را که نمایانگر عبور جریان برق است ملاحظه خواهید کرد.

آزمایش ۵ : دو باریکهٔ مس و روی را به وسیلهٔ دو رشته سیم مسی نازک به دستگاه نشان دهندهٔ جریان برق مانند آزمایش قبل وصل کنید و آنها را به زبانتان بزنید، عبور جریان برق را ملاحظه خواهید کرد (شکل ۵) [توجه کنید که باریکه های فلزی در داخل دهانتان بهم نچسبند، آب دهان دارای مقداری نمک است].

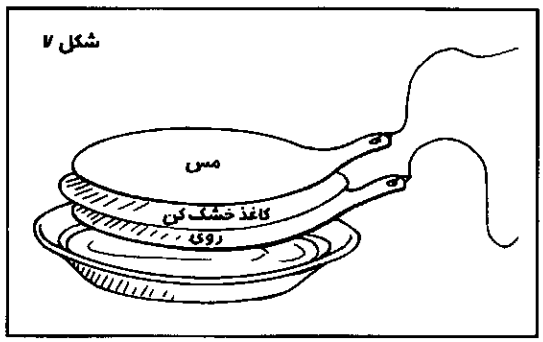


آزمایش ۶ : دو باریکهٔ مسی و رویی را در یک لیمو ترش فرو ببرید (شکل ۶) و آنها را به دستگاه نشان دهندهٔ جریان برق مانند آزمایشهای قبل وصل کنید و انحراف عقربه را ببینید. (توجّه کنید. قبلاً لیمو را بین انگشتانتان فشار دهید تا پرّه های قسمتهای داخلی آن پاره و به هم وصل



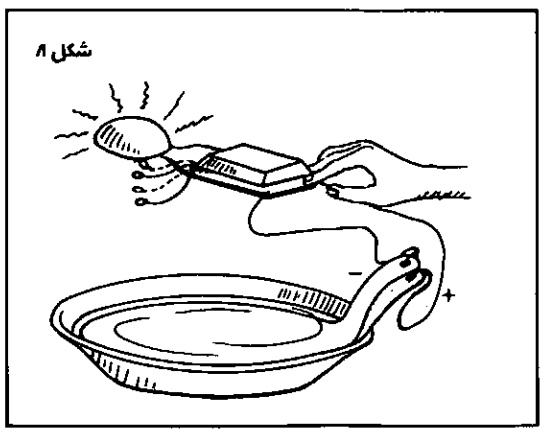
شوند و دقت کنید که باریکه ها در داخل لیمو بهم نچسبند).

آزمایش ۷ : با این آزمایش می توانید یک باتری بسازید که بتواند لامپی را روشن کنید یا زنگ اخباری را بکار بیندازد. برای این منظور از یک بشقاب بلوری یا چینی استفاده کنید. دو قرص از صفحات مسی و رویی کمی کوچکتر از بشقاب ببرید، هرکدام دارای زایده ای برای اتصال به سیمهای مسی



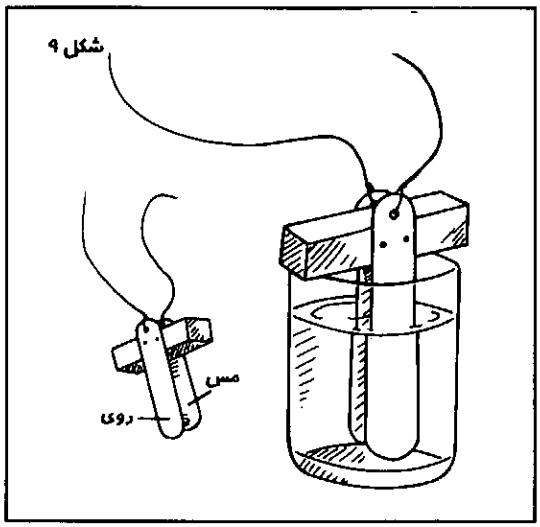
باشد. از کاغذ خشک کن قرصی بزرگتر از قرصهای نامبرده در بالا ببُرید. آن را بین دو قرص مسی و رویی در داخل بشقاب قرار دهید (ش ۷) و محلول کلرور آمونیم در بشقاب بریزید (ش ۸) و برای اینکه قرصها خوب روی هم قرار گیرند، ممکن است یک آجر یا سنگ کوچک روی آنها بگذارید.

تذکّر: می دانید که هر دو فلز غیرهمجنس با محلول اسیدها، بازها یا نمکها، جریان برق تولید می کند. برخی از آنها بهتر از سایرین است. محلول کلرور آمونیم عالی است. محلول جوهر گوگرد هم خوب است.



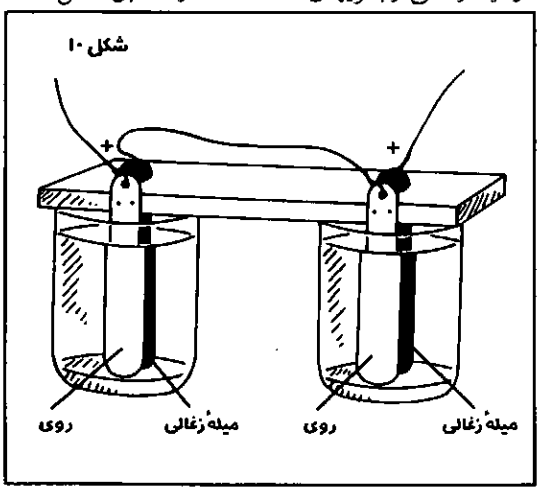
آزمایش ۸ : در این آزمایش طرز ساختن یک باتری را پیشنهاد می کنیم:

دو صفحه به ابعاد ۵ سانتیمتر و ۱۵ سانتیمتر از دو ورق مس و روی ببُرید و یک طرف آنها را مطابق شکل در یک قطعه چوب به ابعاد تقریبی ۵ و ۱۰ و ۳ سانتیمتر با میخ محکم کنید و یک سر دو رشته سیم مسی نازک روپوشدار را با میخ به این صفحات محکم کنید. مجموعه را در یک لیوان یا شیشهٔ



دهان گشاد قرار دهید و محلول کلرور آمونیم در آن بریزید.

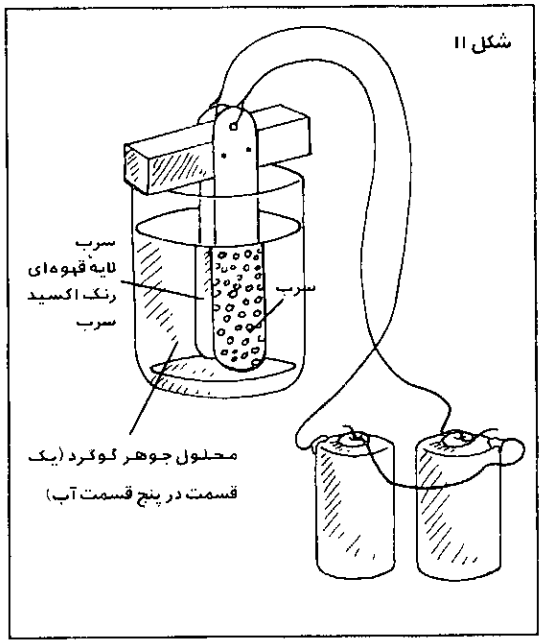
آزمایش ۹ : طریقهٔ دیگری برای ساختن یک باتری بدین ترتیب است که دو صفحهٔ رویی به ابعاد ۵ × ۱۵ سانتیمتر و دو میلهٔ زغالی از باتریهای خشک فاسد را مطابق شکل (۱۰)



به یک تخته محکم کنید و آنها را در دو لیوان پر از محلول کلرور آمونیم قرار دهید و به طور سری بهم وصل کنید (میله زغالی یکی از آنها را به صفحه رویی دو می ببندید).

آزمایش ۱۰ : این آزمایش طرز کار یک انباره (آکومولاتور یا باتری اتوموبیل) را نشان می دهد.

دو صفحه سربی تقریباً به ابعاد ۵ × ۱۵ سانتیمتر تهیّه



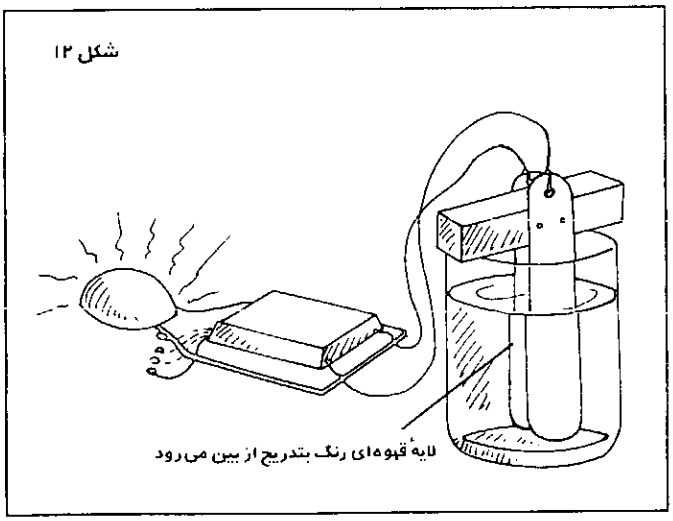
شکل ۱۱

کنید*. سطح آنها را با کاغذ سمباده یا پشم فولاد کاملا تمیز کنید. آنها را از یک طرف به یک تخته ضخیم (به ضخامت تقریبی ۸ سانتیمتر) مقابل هم به وسیله میخ محکم کنید، به هر یک از آنها یک رشته سیم مسی روپوش دار به وسیله میخ یا پیچ کوچک متصل کنید. مجموعه را در یک لیوان که دارای محلول جوهر گوگرد در آب است بگذارید (یک قسمت اسید در پنج قسمت آب).**

دو رشته سیم مسی را به یک زنگ اخبار ببندید. هیچ اتفاقی نمی افتد (چونکه برای تولید جریان برق دو قطب باید دو فلز غیر همجنس باشد. در اینجا هر دو سرب است). حالا دو رشته سیم مسی را به دو باتری خشک که به طور سری به هم وصل شده اند مطابق شکل (۱۱) ببندید و تقریباً ۵ یا ۶ دقیقه صبر کنید. در عرض این مدت، از اطراف یکی از صفحات سربی، حبابهایی خارج می شود و دیگری از جرم نازک قهوه ای رنگ پوشیده می شود. در این صورت می گویند. انبار پُر (شارژ) شده است. در حقیقت جریان برق یکی از دو صفحه سربی را تغییر می دهد و به اکسید سرب تبدیل می کند. حالا این دستگاه که دارای دو قطب غیرهمجنس در محلول اسید است می تواند جریان برق تولید کند. پس دو رشته مسی را به یک زنگ اخبار ببندید و صدای زنگ را بشنوید شکل (۱۲). زدن زنگ تا موقعی ادامه پیدا می کند که تمام اکسید سرب دوباره به سرب تبدیل شود (خالی شدن انباره) و دو مرتبه آمادگی دارد که از نو شارژ شود.

(*) این صفحات را از لوله های سربی که در طول آن می بُرید و بعد با چکش زدن باز و صاف می کنید. می توان به دست آورد. شاید بتوان از صفحات انباره های فرسوده استفاده کرد و با چکش و کاغذ سمباده آنها را تمیز کرد. من آن را شخصاً امتحان نکرده ام.

(* *) توجّه: دقت کنید که جوهر گوگرد غلیظ را از یک فنجان چینی به آرامی در آب بریزید و بهم بزنید. (هرگز آب را روی جوهر گوگرد نریزید!)



شکل ۱۲

راه پیمایی بر روی تخم مرغ

لیلا ادیر و کاری ناولس

مترجم: محمدرضا خوش بین خوش نظر

آیا هیچ فکر کرده اید که چگونه می توان دانش آموزان را برای کار گروهی بر روی مفهومی که می خواهید سر کلاس توضیح دهید، به حرکت درآورد؟ و آیا تا به حال شده که تلاش شما در جهت جمع بردارهای نیرو بدون نتیجه مانده باشد؟ در مورد فشار چطور؟ آنچه که در اینجا شرح داده می شود، برای استفاده در پایان مبحث یکای نیرو طراحی شده است، و علاوه براینکه شما را در حلّ این مشکلات یاری می کند، باعث می شود تا از بسته بندی آنچه در سرتاسر تابستان سفارش داده اید استفاده کنید.

این آزمایش، علاوه بر مرور نیروها، این امکان را فراهم می آورد تا دانش آموزان با تلاش گروهی علاقه خود را در ورزش، فیزیک و یا زیست شناسی برای ایجاد محصول نهایی مورد نظر خود به کار برند.

ـ بحث مقدماتی

پیش از شروع کار، با دانش آموزان در مورد تعریفهای نیروی استاتیک، فشار و بردارهای نیرو صحبت می کنیم. ما این واقعیت را گوشزد می کنیم که نه نیرو، بلکه نسبت نیرو به سطح باعث شکستن اجسام می شود. مثالهایی از قبیل کاراته، کفش های پاشنه بلند و یا سوراخ کردن چوب با میخ، به روشن شدن این مفهوم کمک می کنند. نمایشهایی مثل خوابیدن بر روی تختِ میخ دار بحث را داغتر می کند.

چالش تخم مرغی

خطاب به دانش آموزان: به چند گروه تقسیم شوید و با هم کار کنید تا یک جفت کفش بسازید تا یکی از اعضای گروه با استفاده از آن بتواند به گونه ای روی تخم مرغها قدم بزند که پوسته شان نشکند.

روش کار

* هیچ گروهی بیشتر از چهار و کمتر از سه نفر نباشند.
* استفاده از کفشهای حاضر و آماده مجاز نیست. فقط از موادی استفاده کنید که معلم تأیید می کند.
* حداکثر ضخامت کفشها از کف پا تا ته کفش ۱۰ سانتی متر باشد.
* تمام زباله ها و تخم مرغهای شکسته شده را باید گروه تمیز کند.
* کفشها باید نه با شانهٔ تخم مرغها بلکه مستقیماً با خود تخم مرغها در تماس باشند.
* «راه پیما» فقط به هنگام ایستادن روی نخستین شانهٔ تخم مرغ می تواند از اعضای گروه کمک بگیرد.

زمان بندی

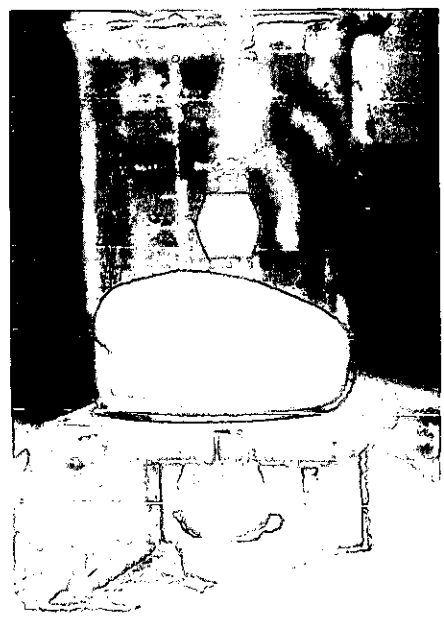
روز نخست: تحقیق

دو دانش آموز (از یک گروه چهار نفری) مسئول بررسی کفشهای ورزشی قدیمی و یا پیدا کردن طرحی مناسب از مجلات می شوند. برای شروع، مقداری از وسایل موردنیاز را می توان در اختیار آنها قرار داد. آنها موظف

می شوند تا با بررسی کفشهای ورزشی، چگونگی طراحی لایه های متفاوت و کارکرد هر لایه را توضیح بدهند. آنها باید به طرح ساییدگی در تخت کفش توجه کنند تا بتوانند کفشهایی که نیروها را به طور هموار توزیع می کنند، طراحی کنند.

بقیهٔ اعضاء گروه آزمایش کنند تا ببینند چه مقدار نیرو یا فشار باعث شکسته شدن تخم مرغ می شود. این کار به کمک دستگاهی به نام «تخم مرغ شکن» انجام می شود (شکل ۱). برای ساختن یک «تخم مرغ شکن» دو تخته را به اندازه های ۲/۵ Cm × ۱۵ × ۱۵ ببرید و روی هم بگذارید و چهار سوراخ به قطر ۰/۸ Cm در هر گوشهٔ آنها ایجاد کنید. در هر چهار سوراخ تختهٔ پایینی، چهار قطعهٔ چوب باندازهٔ ۰/۶ × ۱۵ – m قرار دهید و درون سوراخها را با چسب محکم کنید. اکنون چهار سوراخ تختهٔ بالایی را طوری گشاد می کنیم تا چهار قطعه چوبی را که در تختهٔ پایین محکم کرده ایم به راحتی در داخل آن بالا و پایین برود.

برای اندازه گیری فشاری که باعث شکسته شدن تخم مرغها می شود، آزمایشگرها باید محل برخورد بین تخم مرغها و تخته، و مقدار نیروی اعمال شده را مشخص کنند. آنها باید تخم مرغها را در ظرفهای کوچکی مثل بطری های در دار و یا فنجانهای کاغذی ای که گنجایش مقداری کافی شن جهت نگهداری ته کوچک تخم مرغها را داشته باشند، بگذارند. آنها برای تقریب مساحتی که هر تخم مرغ در تماس با تختهٔ «تخم مرغ شکن» دارد، باید قسمت بالایی هر تخم مرغ را با ماژیک یا روان نویس علامت بزنند و آنگاه اثرش را بر روی صفحه ای کاغذی ثبت و بزرگترین دایرهٔ ممکن را حول این نقطهٔ اثر رسم کنند. با استفاده از میانگین قطر این دایره، دانش آموزان قادر به محاسبهٔ سطح تماس هر تخم مرغ با تختهٔ «تخم مرغ شکن» می شوند. دستگاه سر هم بندی شده، داخل کیسه پلاستیکی بزرگی قرار گرفته است (به این ترتیب که دانش آموزی کیسه را طوری می گیرد تا تخم مرغهایی که در حین آزمایش برآورد نیرو شکسته می شوند، پخش و پلا نشوند). یکی سطل کوچک را روی تختهٔ رویی قرار دهید و آنقدر شن داخلش بریزید تا تخم مرغها بشکنند. وزن تخته، شن و سطل را اندازه بگیرید. حال دانش آموزان داده های لازم را جهت محاسبهٔ فشاری که باعث شکستن تخم مرغها می شود دارند. هر گروه می توانند سه بار آزمایش کند و یا اینکه گروه ها می توانند بسته به تعداد تخم مرغهای در دسترس، با در اختیار قرار دادن داده هایشان به هم، از این میزان بکاهند.



روز دوم: مشارکت و طراحی

گروه های دانش آموزی که روی کفشها و همچنین «تخم مرغ شکن» کار می کردند، یافته های خود را در اختیار هم می گذارند. آنها با ارائه فکرهای بکر، در پایان این دوران مشاوره باید یک طرح اولیه تهیه شود. شما می توانید به هر یک از اعضاء گروه وظایفی محول کنید. یکی از دانش آموزان نگه دارندهٔ مواد، یکی طراح، یکی گردآورندهٔ داده ها و دیگری مسئول ساختن باشد. در این مواقع بهتر است بگذارید خودشان وظایف محوله را تعیین کنند. البته ممکن است که بعضی از گروهها نسبت به بقیه احتیاج بیشتری به راهنمایی داشته باشند. شانه های تخم مرغ جهت آزمایش و اندازه گیری با وسایل موجود، برای دانش اموزان مهیا شده است.

روز سوم: ساختن کفشها

امروز روز ساختن است. به دانش آموزان گفته شده است که نمی توانند از هیچ قسمت چوب،

آهن، یا فلز یک کفش واقعی، استفاده کنند؛ ولی در نهایت ساختهٔ آنها باید شبیه به کفشی واقعی باشد نه چیزی که فقط پا را بپوشاند. ما مجموعه ای از لوازم بسته بندی شدهٔ مرسوم از قبیل استیروفوم، پتو، کتان، شن، کاغذ و غیره را تهیه می کنیم. دانش آموزانی که خلاّق ترند از ژلهٔ O™، خمیر بادام زمینی، کیسه های tM، پارچه، بالشتک، نوار و غیره هم استفاده می کنند. نوار چسب لوله های آب، مطلوبترین چسب است، هرچند که چسب معمولی و چسب نواری هم قابل استفاده است.

هر گروه، در وهلهٔ اوّل، باید وزن کسی را که می خواهد روی تخم مرغها راه برود درنظر بگیرد. آنگاه با استفاده از مقدار فشار محاسبه شده در قسمت اوّلِ آزمایش، سطح تماس لازم را محاسبه می کنند. البته، چون باید سطح موجود بین تخم مرغها در شانه را نیز در نظر گرفت، مساحت سطح کفش باید از این مقدار بسیار بزرگتر باشد.

روز چهارم: راه پیمایی روی تخم مرغها

زمانیکه کفشها برای آزمایش حاضر شدند، بر روی مسیر، پلاستیکی جهت حفاظت کف زمین، در صورت شکستن تخم مرغها، پهن کنید. شما به ۱۵ تا ۲۰ جین از تخم مرغهایی که تاریخ مصرفشان گذشته باشد نیاز دارید. سه یا چهار شانه از آنها را طوری بر روی صفحهٔ پلاستیکی قرار دهید تا «راه پیما» پیش از آغاز نخستین مرحلهٔ حرکت خود، دو جای پا برای ایستادن داشته باشد. جهت تماس مستقیم کفشها فقط با خودِ تخم مرغها، باید هر محافظی که روی شانه های تخم مرغ تعبیه شده است را خارج کنید. با استفاده از ۱۸ تا ۲۴ تخم مرغ در هر شانه، جا پاهای بیشتری را فراهم کنید (شکل ۲ را ببینید). چند تخم مرغ

هم جهت جایگزینی تخم مرغهایی که ممکن است در حین راه رفتن بشکنند، ذخیره کنید. در هر حال، درمی یابیم که تخم مرغها در زمانیکه دانش آموزان با کفش بر روی آنها راه پیمایی می کنند به میزان کمتری نسبت به وقتی که با پای برهنه بر رویشان راه می روند، می شکنند.

در هر گروه، یکی از دانش آموزان کفشها را پا می کند، دیگری تخم مرغها را کنترل می کند تا پیش از راهپیمایی مرتب باشند و نیز از ترک نداشتنشان اطمینان یابند، دو نفر دیگر به کسی که کفشها را پا می کند کمک می کنند تا بلند شود و تعادل خود را قبل از راه رفتن حفظ کند (دانش آموزان گروههای دیگر نیز در زمانگیری و بررسی داده ها به آنها کمک می کنند).

روز پنجم: گزارش کار

گزارش کاری که ارائه می شود باید شامل خلاصه شرح طرّاحی، مبحثی دربارهٔ موضوع تحقیق با استفاده از مفاهیمی چون فشار، نیروهای استاتیک و بردارهای نیرو، و شرح جزء به جزء ساختن کفشها باشد. داده ها و محاسبات باید شامل موارد زیر باشند:

۱. نیروی لازم جهت شکستن یک تخم مرغ =
(جرم شن + جرم سطل نگه دارنده + جرم سطح بالای «تخم مرغ شکن») × $۹/۸ \left(\frac{N}{kg}\right)$

۲. سطح تماس هر تخم مرغ با تخم مرغ شکن:

$$\pi r^2 \approx \frac{\quad}{\quad} m^2$$

۳. فشاری که یک تخم مرغ را می شکند

$$= \frac{\text{نیرو}}{\text{مساحت}} \left(\frac{\text{جواب قسمت اوّل}}{\text{جواب قسمت دوم}}\right)$$

۴. وزن شخص «راه پیما» = جرم شخص (kg) × $۹/۸ \left(\frac{N}{kg}\right)$

۵ . زمان حرکت (ثانیه)
۶ . جرم کفش (kg)
۷ . تعداد تخم مرغهای شکسته شده .
گزارش کار پس از تکمیل باید به مربی تحویل داده شود .

کار اختیاری : امتیاز راه رفتن با پای برهنه

اگر دانش آموزان بتوانند به صورت ریاضی ثابت کنند که یکی از اعضاء گروه قادر به راه پیمایی با پای برهنه بر روی تخم مرغهاست ، به آنها فرصت امتحان داده و اگر آن فرد توانست با پای برهنه طوری راه برود که حداکثر یک تخم مرغ بشکند ، آن گروه ۱۰ امتیاز کسب می کند (البته شرط لازم آن است که محاسبات در خانه انجام شود . دانش آموزان باید این عمل را با درنظر گرفتن نیروی اعمال شده به سطح تماس ، انجام دهند . و یک راهنمایی : برای یک راه پیمایی موفق ، باید ناحیه ای از پا که روی تخم مرغ قرار می گیرد و همچنین نحوهٔ گذاشتن آن معلوم باشد .)

ـ ارزیابی

(الف) ۱۰ امتیاز ـ برای داشتن یک جفت کفش .

(ب) ۱۰ امتیاز ـ برای ایستادن روی تخم مرغها ، بی آنکه تخم مرغی شکسته شود .

(ج) ۱۰ امتیاز ـ برای راه پیمایی کامل بر روی تمام ردیفهای تخم مرغ .

(د) بزرگترین نسبت جرمی که واحد سطح یک کفش تحمّل می کند . رتبهٔ نخست ۱۰ امتیاز ، رتبهٔ دوم ۹ امتیاز ، رتبهٔ سوم ۸ امتیاز و ...

(هـ) خلاقیّت : رتبهٔ نخست ۱۰ امتیاز ، رتبهٔ دوم ۹ امتیاز ، رتبهٔ سوم ۸ امتیاز و ...

ارزیابی خلاقیت بسیار دشوار است ، زیرا به معنای چیزی است که در افراد مختلف متفاوت است . پیشنهاد ما این است که کلاس را با معیارهای خودتان به پیش ببرید . معیارهای ما چنین بودند :

۱ ـ استفاده از موادّ غیر مرسوم . شاید دانش آموزان بخواهند از خاک ارّه یا کیسه کوچک شن و یا حتّی ژلاتین (شکل ۳ را ببینید) برای ته کفشها استفاده کنند . ۲ـ استفاده غیر مرسوم از موادّ شناخته شده . شاید یک گروه تراشه های استیروفرم را با چسب در سر جایشان بچسبانند ، یک گروه نوار چسب را در اطراف پارچه قرار دهند و از آن به عنوان کفش استفاده کنند و یک گروه از چراغ در ته کفش استفاده کنند تا با تماس کفش با زمین یا تخم مرغ ، روشن می شود .

(و) طراحی کفش (واقعی بودن یا بی نقص بودن و یا منحصر به فرد بودنش) : ۵ امتیاز . اگر از کفش بتوان به جای یکبار چند بار ، بدون تعمیر مجدّد استفاده کرد : ۵ امتیاز . همچنین درآوردن و پوشیدن کفش راحت باشد .

(ز) جرم کفش . سبکترین کفش ۱۰ امتیاز .

(ط) نوشتن گزارش کار ـ حداکثر ۳۰ امتیاز .

حداقل امتیاز جهت اخذ نمرهٔ الف ، ۹۰ امتیاز است . اگر تخم مرغی بشکند ، ۱ امتیاز کم می شود . واگر کفش با شانه ها تماس پیدا کند ، ۱۰ امتیاز کم می شود .

ـ درخواست برای فعالیّت

دانش آموزان ، از راه رفتن بر روی تخم مرغها شگفت زده می شوند . ولی مهمتر از آن ، اطمینانی است که این فعالیت نسبت به ریاضیات به وجود می آورد . چون آنها نمی توانند پیش از نخستین راه پیمایی ، کفشهایشان را امتحان کنند ، به ناچار باید به اعضای گروه و محاسباتشان اعتماد کنند . این عمل کاربرد عملی مفاهیم فیزیکی را به آنها نشان می دهد و آنها را به درک مباحثی از قبیل کشش سطحی ، توزیع جرم و معمای چگونگی دراز کشیدن مرتاضی بر روی تختِ میخ دار رهنمون می سازد . تجربهٔ پنج سالهٔ ما در کلاس و کارگاه ، می تواند شگفت زدگی کلاس شما را در این «چالش تخم مرغی» تضمین کند .

منبع :

The Physics Teacher
January 1997.vol 35
Number.1/P.28-30

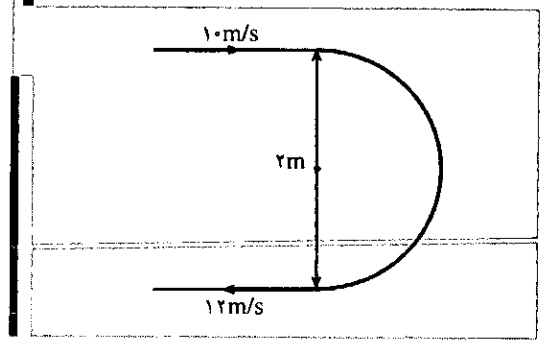
بررسی نتایج یک آزمون:

چه رازی در این سؤال ساده نهفته است؟

محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر

در کتاب بسیار ارزشمند و در عین حال مهجور(!) «درک مفهوم نیرو» [۱] سؤالی به همراه پاسخش به شرح زیر آمده است:

«یک نقطهٔ مادّی در مسیری مطابق شکل، با اندازهٔ سرعتی که بطور یکنواخت زیاد می شود حرکت می کند. اندازه سرعت در ابتدای مسیر نیم دایره ۱۰ متر بر ثانیه است و در آخر مسیر به ۱۲ متر بر ثانیه می رسد.



میانگین اندازهٔ سرعت و میانگین اندازه شتاب چقدر است؟ ($\pi = \frac{۲۲}{۷}$)

جواب: میانگین اندازهٔ سرعت متوسط ۱۱ متر در ثانیه و زمان لازم $\frac{۲}{۷}$ ثانیه است که بدون توجه به امتداد و جهت بدست می آید. اندازهٔ بردار شتاب برابر ۲۲ متر بر ثانیه تقسیم بر $\frac{۲}{۷}$ ثانیه یعنی برابر ۷۷ متر بر مجذور ثانیه به طرف چپ بدست می آید.

عملاً کمتر دانش آموزی به سؤال بالا جواب صحیح می دهد و اکثراً اشتباه می کنند. به سؤال اوّل تقریباً اکثر دانشجویان درست جواب می دهند. ولی شتاب را معمولاً حساب نمی کنند. این مسئله را اشخاصی که با مطالب اساسی بالا آشنایی نداشته باشند گمراه کننده می دانند. کسی که مفهوم سرعت و شتاب را خوب فهمیده باشد می تواند مسئله را حل کند.»

این اظهارنظر مرا بر آن داشت که در امتحان میان ترم درس فیزیک(۱) دانشجویانم که مجموعه ای از دانشجویان رشته های فنّی دانشگاه آزاد اسلامی بودند، با طرح این سؤال، اظهارنظر به ظاهر شگفت انگیز نویسندهٔ کتاب را محک بزنم. در کمال تعجّب، نتایج حاصل نتایج چشمگیری با این اظهارنظر داشت. از مجموع ۲۸۱ نفر دانشجو، ۱۰۷ نفر (۳۸٪) به قسمت اوّل سؤال پاسخ درست دادند. ولی همانطور که نویسندهٔ کتاب پیشگویی می کرد تقریباً هیچکس موفّق به حلّ قسمت دوم سؤال نشد! نتایج قابل توجّه است:

مجموع کسانی که به این بخش از سؤال پاسخ ندادند و یا جوابهای خیلی پرتی دادند ۷۶ نفر (۲۷٪) بودند که از این بین ۳ نفر (۰/۰۱٪) شتاب مماسی را برابر صفر و ۸ نفر (۰/۰۲۸٪) آنرا برابر $\frac{V^۲}{R}$ گرفتند! ۵۹ نفر (۲۰٪) نیز که من جوابهای آنها را در جز جوابهای خیلی پرت محسوب نکردم از رابطهٔ $V^۲ - V_۰^۲ = ۲ax$ که برای حرکت مستقیم الخط بکار می رود استفاده کردند. البته ۴۱ نفر (حدود ۱۴٪) نیز با مسئله به خوبی کلنجار رفتند ولی یا در محاسبهٔ زمان و یا غالباً در تغییر علامت $V_۲$ در فرمول شتاب مماسی اشتباه کردند. نکتهٔ جالب آنکه ۱ نفر از مجموع ۲۸۱ نفر، قسمت دوم مسئله را به درستی حل کرد؛ ولی همان فرد در مجموع نمرات امتحان از بسیاری از کسانی که یا به این سؤال پاسخ ندادند و یا جوابهای خیلی پرتی دادند نمرهٔ پایینتری کسب کرده و این موضوع هر چند که مرا (خوشبختانه!) از دادن جایزه ای به او منصرف کرد، اما یک سؤال اساسی را در ذهنم ایجاد کرد: در چنین مواقعی یک معلّم چه باید بکند؟ آیا ممکن نیست بسیاری از کسانی که در آزمونهای متفاوت مردود می شوند از رقبایشان خلاّق تر باشند؟ و این خلاقیّت را چگونه باید در نتایج آزمون دخیل کرد؟

مرجع:
۱. درک مفهوم نیرو. نوشتهٔ وارن. مترجم محمد مهدی سلطان بیگی. انتشارات علم و صنعت (۱۳۶۶)

✻ دلیلی برای جرم دار بودن نوترینو

در ماه ژوئن تیم فیزیکدانان ژاپنی و امریکایی اعلام کردند که در آشکارگر زیرزمینی سوپر کامیوکانده (Super Kamiokande) شواهدی برای نوسان نوترینو پیدا کرده اند. از آنجا که چنین نوسانی فقط وقتی ممکن است که نوترینو جرم داشته باشد، این نتیجه پی آمدهای ژرفی برای فیزیک ذرات و کیهان شناسی دربر دارد. نتایج سوپر کامیوکانده این طور نشان می دهند که جرم نوترینو ۰٫۱ الکترون ولت یا بیشتر است. الکترون که در بین ذرات بنیادی دیگر سبک ترین است، ۵ میلیون بار سنگین تر از این جرم است. بنابر مدل استانداردِ ذرات بنیادی، جرم نوترینو صفر است بنابراین، نتایج سوپر کامیوکانده می تواند منجر به فیزیکِ تازه فراسوی مدل استاندارد شود.

نوترینو سه نوع است: نوترینوی الکترون، نوترینوی میوئون، نوترینوی تاؤ. بر هم کنش نوترینو با ماده بسیار ضعیف است و به همین دلیل آشکار کردن نوترینو بسیار مشکل است. با وجود این آزمایش های اندازه گیری نوترینوهای خورشیدی کمتر از نصف نوترینوهایی را که نظریه پیش بینی می کند، یافته اند. هم چنین در آزمایش ها، تعداد نوترینوهای جوّی، یعنی نوترینوهایی که از بر هم کنش پرتوهای کیهانی با هسته اتم ها در جوّ زمین حاصل می شوند، کم تر از آن است که انتظار می رفته. یکی از توضیحاتِ ممکن این است که نوترینوهای الکترون نوسان می کنند و به نوترینوی میوئون و نوترینوی تاؤ تبدیل می شوند. امّا نوسان در صورتی امکان پذیر است که نوترینو جرم داشته باشد. جرمِ غیرصفرِ نوترینو می تواند توضیح دهد بخشی از «جرم گم شدهٔ» عالم کجاست.

سوپر کامیوکانده شواهد نوسان را در نوترینوهای میوئونِ جوی مشاهده کرده است. در آزمایش، تعداد نوترینوهای میوئونی که از بالا می آمده اند بیش از تعدادی بوده که از پایین می آمده اند. نوترینوهایی که از بالا وارد آشکارگر می شده اند فقط چند ده کیلومتر از جو عبور کرده بودند در حالیکه نوترینوهایی که از پایین می آمده اند می بایست هزارها کیلومتر را از میان زمین طی کنند. تیمِ سوپر کامیوکانده ادعا می کند که نوترینوهای میونون طی سفر خود از میان زمین، نوسان می کنند و به نوترینوی تاؤ یا شاید نوع تازه ای نوترینوی «سترون» تبدیل می شوند.

✻ پیکان زمان

قوانین فیزیک نمی توانند بین گذشته و آینده فرق بگذارند امّا تجربهٔ روزمره به ما می گوید که نمی توان در زمان به عقب

وقایع برجسته

بازگشت. ترمودینامیک این نظر را تأیید می کند: انتروپی یا بی نظمی همواره با گذشتِ زمان بیشتر می شود. امّا در پروژهٔ مشترک سی پی لیر CPLEAR در سرنِ (CERN) ژنو مشاهده شده است که تفاوت بین گذشته و آینده در واپاشی های ذره ایِ خاصّی نیز شکسته می شود. در آزمایش کی تی ای وی KTEV در آزمایشگاه فرمی ایالات متحده هم شواهدی بر نقضِ تقارنِ وارونیِ زمان یافته اند. اولین بار است که نقض تقارن وارونی زمان (T) مستقیماً در آزمایشی مشاهده شده است.

از سال ۱۹۶۴ که نقض تقارن باروپارتیه (CP) در واپاشی کائون های خنثی در آزمایش هایی در آزمایشگاه ملی بروکهیون در ایالات متحده مشاهده شد، انتظار می رفت نقض تقارن T نیز دیده شود. کشف نقض تقارنِ CP جایزهٔ نوبل برای جیمز کرونین و ول نیچ به ارمغان آورد. نظریه

پیش بینی می کند که تقارن CP و T هردو نقض می شود امّا ترکیب آنها یعنی تقارن معروف به CPT، در تمام نظریه های میدان پایسته است.

تیم سی. دی. اف. (CDF)، مسئول پروژهٔ مشترک دیگری در آزمایشگاه فرمی، اخیراً شواهدی بر نقض تقارن CP در واپاشی مزون های B (مزون هایی که کوارکِ ته دارند) یافته است. اولین بار است که نقض CP در ذرات دیگری به جز کائون ها دیده می شود.

جهان شتابان

بزرگترین شگفتی اخیر فیزیک امسال، یافتن شواهدی بوده است که برخلاف پیش بینی بیشتر نظریه ها، سرعتِ انبساط جهان افزایش می یابد.

ابرنواخترهای واقعاً دور نگاه کردند متوجه شدند در گذشته های دور انبساط جهان کندتر از زمان های اخیرتر بوده است. یک راهِ توضیح این نتایج درنظر گرفتن جمله ای ست که در نسبیت عام «ثابت کیهان شناختی» نامیده می شود. اینشتین زمانی ثابت کیهان شناختی را «بزرگترین اشتباهِ» خود نامیده بود امّا ممکن است معلوم شود که نظر اولیه اش درست بوده است.

در اوایل ماه، مجلهٔ ساینس (science) جهانِ شتابان را «بزرگ ترین کشفِ راه گشایِ سال» لقب داد.

چگالهٔ بوز ـ اینشتین

از زمانی که چگالشِ بوز ـ اینشتین اولین بار در ۱۹۹۵ مشاهده شد. یکی از داغ ترین موضوع های فیزیک بوده است. تاکنون ۱۵ گروه در نقاط مختلف جهان، با به دام

ـه سال ۱۹۹۸

مترجم: نادر حیدری

ستاره شناسان ده ها سال است بر اساس اندازه گیری های «انتقال به سرخ» نور گسیلی از کهکشان ها می دانند که جهان منبسط می شود. بنابر مدلِ کیهان شناختیِ استاندارد، سه نوع جهان ممکن است: «جهانی بسته» که در آن، آن قدر جرم است که بالاخره انبساط را متوقف کند و باعث شود جهان در خود فرو افتد؛ «جهانی تخت» که آن قدر جرم دارد که انبساط آهسته شود ولی جهان در خود فرو نیافتد؛ «جهانی باز» که آن قدر جرم کمی دربر دارد که تا ابد منبسط می شود.

از نتایجی که دو گروه بین المللی اخترشناس یعنی گروه جستجوی ابر نواختر با Z بالا (High-Z SN Search) و گروه پروژهٔ کیهان شناسی ابرنواختری (the supernova Cosmology Project) به دست آورده اند، به نظر می رسد که ما در جهانی باز زندگی می کنیم. امّا وقتی دو گروه به

انداختن و سرد کردنِ گاز اتمی، چگالهٔ بوز ـ اینشتین ساخته اند. هر هفته در فنِ ساختِ چگاله و در درکِ ما از این «پنجمین حالت ماده» پیشرفت های تازه ای حاصل می شود.

مثلاً چگاله ها را برای تقویتِ باریکه های همدوسِ اتمی به کار برده اند که می تواند به ساختِ لیزرهایی منجر شود که در آنها اتم جایِ فوتون را گرفته است، و همین طور برای مشاهدهٔ مشابهِ اثرِ جوزفسون در اتم ها. چند گروه دیگر هیدروژن را در دو بُعد و در سه بُعد چگالانده اند و روش هایی برای ساخت چگاله با روشی کاملاً اپتیکی به بار آورده اند. پس از انتظارِ طولانی برای ساختِ اولین چگاله (که بوز و اینشتین اولین بار در اوایل دههٔ ۱۹۲۰ پیش بینی کرده بودند)، اکنون فیزیکدان ها از این صورتِ منحصر به فردِ ماده حداکثر استفاده را می کنند.

مولکول های سرد

یکی از گام های اصلی در رسیدن به چگالش بوز ـ اینشتین، عادی شدن توانایی سرد کردن و به دام انداختن اتم ها در دمای بسیار کم بود. تعمیم منطقی این کار سرد کردن و به دام انداختن مولکول هاست، امّا بسیاری از روش های اپتیکی که برای سرد کردن اتم ها به کار می روند برای مولکول ها به کار نمی آیند زیرا ترازهای انرژی داخلی مولکول ها بسیار پیچیده است. در اوایل سال گذشته تیمی در دانشگاه هاروارد، اولین بار، به وسیلهٔ روش مغناطیسی جدیدی، مولکول هایی را در دمای زیر ۱k به دام انداختند.

مولکول های کلسیم هیدرید که در دانشگاه هاروارد به دام افتادند از آمار بوز تبعیت می کنند بنابراین این امکان هست که مشابهِ مولکولیِ چگالهٔ بوز ـ اینشتین را ساخت. و ممکن است با به دام انداختن مولکول هایی که از آمار فرمی تبعیت می کنند بتوان اولین گازِ فرمیِ واگن را هم ساخت. به دنبال این موفقیت گروهی در آکادمی نیروی هوایی ایالات متحده در کلرادو برای اولین بار مولکول های سرد شده را در تله ای تمام ـ اپتیکی به دام انداختند.

ابرشارگی در مقیاس کوچک

ابرشارگی، یعنی توانایی بعضی شاره ها به شارش بدون اصطکاک در دماهای کم، یکی از اسرارآمیزترین پدیده های فیزیک است. امّا کمترین تعداد اتمی که برای وقوع ابرشارگی لازم است، چقدر است؟ اوایل سال گذشته تیمی از فیزیکدانان مؤسسهٔ ماکس پلانک در گوتینگن کشف کردند که حتی ۶۰ اتم هلیم ۴ هم می توانند ابرشارگی بروز دهند.

تیم گوتینگن قطرات هلیم ۳ حاوی تعداد کمی اتم هلیم ۴ را بررسی کرد. هلیم ۴ در حدود ۲k ابرشاره می شود. در حالیکه خویشاوندِ سبک ترِ آن در دماهایی بسیار کمتر حدود ۳mk ابرشاره می شود. قطرات در دمای حدود ۰/۱k ساخته شدند بنابراین قطرات هلیم ۳ خالص هیچ نشانی از ابرشارگی بروز ندادند. امّا با اضافه کردن فقط ۶۰ اتم هلیم ۴ ابرشارگی مشاهده شد.

اطلاعات کوانتومی

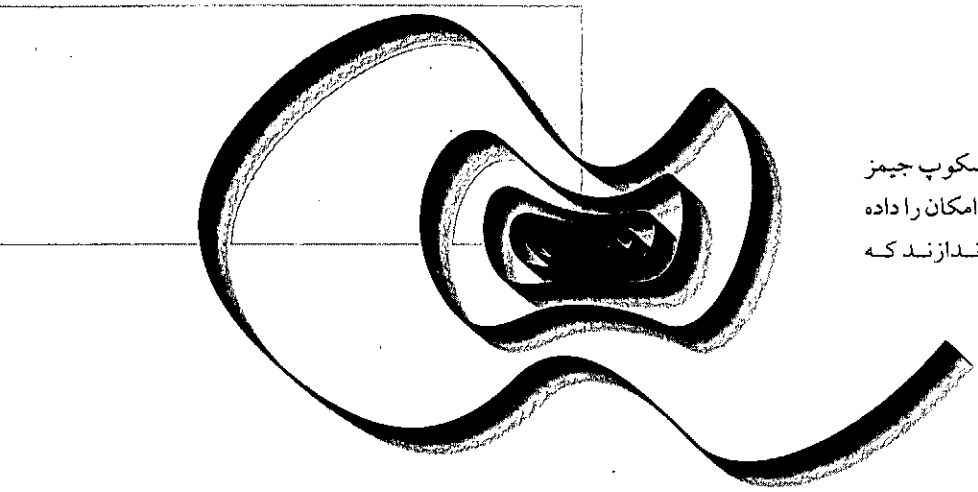
پیشرفت در اطلاعات کوانتومی در ۱۹۹۸ هم چنان سریع بود. هدف اطلاعات کوانتومی بهره گرفتن از خواص کوانتومیِ نور و ماده در محاسبات و ارتباطات است. اطلاعات کلاسیک به صورت صفر و یک است امّا بیتِ کوانتومی می تواند هم زمان، هم نمایندهٔ صفر و هم نمایندهٔ یک باشد. این از لحاظ نظری به این معنی ست که می توان کارهایی را که با سیستم های کلاسیک ممکن نیست انجام داد. عملی بودن سیستم های رمزنگاری کوانتومی با استفاده از تارهای اپتیکی معمولی در فواصل ده ها کیلومتر نشان داده شده است. امّا تاکنون فقط گیت های منطقیِ بسیار ساده برای استفاده در کامپیوتر کوانتومی را در آزمایشگاه ساخته اند.

برجسته ترین پیشرفت ها در اطلاعات کوانتومی در سال گذشته موارد زیر را دربرمی گیرد: نمایش موفقیت آمیز الگوریتم کوانتومی در آزمایش، پیش نهاد جدید برای ساختِ کامپیوتر کوانتومی با استفاده از فن آوری سیلیسیوم که در کامپیوترهای معمولی به کار می رود، اولین نمایش رمزسازی کوانتومی در مخابرات اپتیکی در جو، انتقال حالت کوانتومی باریکهٔ کاملِ نور، و به بار آوردنِ روشی برای «درهم تافتن» یون ها در تله، که قابل اطمینان و پیش بینی باشد.

اطلاعات کوانتومی در حال حاضر یکی از مهیج ترین حوزه های فیزیک است و رشد آن سریع ترین است.

اسکوبا (SCUBA) و پس ماندهای سیاره ای

در سال های اخیر ستاره شناسان در یافتنِ سیارات جدید



موفق تر بوده اند. اکنون وسیله ای جدید در تلسکوپ جیمز کلرک ماکسول در هاوایی به ستاره شناسان این امکان را داده است که اولین نظر را به ابرهای پس ماندی بیاندازند که احتمالاً سیارات از آنها تشکیل می شوند.

رصد در طول موج های اپتیکی و فروسرخ پس ماند را آشکار نمی کند زیرا فروغ ستاره امکان مشاهدهٔ هرگونه پس ماندی را از بین می برد.

هنگام تشکیل، سیارات معمولاً گرد و غبار و پس ماندهای سر راه خود را جارو می کنند، در این فرآیند ناحیه هایی تشکیل می شود که عاری از گرد و غبار و پس ماند است. ستاره شناسان با استفاده از «آرایهٔ موج سنج زیرمیلیمتری برای استفادهٔ مشترک»* یا اسکوبا (SCUBA) متوجه چنین ناحیه ای در اطراف ستارهٔ فم الحوت (Fomalhout) یا دهان ماهی شدند. چنین ناحیهٔ عاری از گرد و غباری اولین نشانهٔ این است که سیستم هایی مانند منظومهٔ شمسی خودمان در عالم وجود دارند.

✻ سوهو (SOHO) سالم است

در سال ۱۹۹۸ رصدخانهٔ خورشید و کرهٔ خورشید (Solar and Heliospheric Observatory یا SOHO) خواب را از چشمان بسیاری ربود.

در ماه ژوئن نقصی کامپیوتری باعث شد ماهوارهٔ مزبور از کنترل خارج شود و ارتباط آن با مرکز کنترل زمینی قطع شود. طی سه ماه بعد، ناسا و آژانس فضایی اروپا، یکی از هیجان انگیزترین عملیات نجات فضایی تا آن زمان را به انجام رساندند. نخست ناسا با استفاده از «شبکهٔ فضای عمیق»(Deep space Network) به صورت آرایهٔ راداری ای عظیم، محل سوهو را پیدا کرد. سپس کنترل گرهای زمینی دنباله فرمان هایی به سوهو فرستادند که کلیهٔ ابزارهای خود را خاموش کند و به سوی خورشید بچرخد تا باتری هایش دوباره پر شوند. بالاخره می بایست ماهواره و ابزارهای آن که در دمای نزدیکِ صفرِ مطلقِ فضا یخ زده بودند، به آرامی گرم شوند.

ماه گذشته دانشمندانِ پروژه اعلام کردند که ۹ ابزار از ۱۲ ابزار سوهو کاملاً به کار افتاده اند.

✻ کپنهاگ

دهمین واقعهٔ برجستهٔ سال ۱۹۹۸ که ما انتخاب کرده ایم ممکن است باعث تعجب شود زیرا به جای آن که راه گشایی ای علمی باشد، نمایشنامه است. امّا نمایشنامهٔ کپنهاگ، یکی از اسرارآمیزترین وقایع تاریخ فیزیک را به صورت قطعهٔ نمایشی درخشان و شجاعانه ای درآورده است. در سال ۱۹۴۱، ورنر هایزنبرگ در کپنهاگ که در اشغال نازی ها بود، استاد خود، نیلزبور را ملاقات کرد. آن چه در این ملاقات روی داد هنوز در پردهٔ ابهام است. یک نظریه این است که هایزنبرگ که در آن زمان در پروژهٔ بمب اتمی آلمان کار می کرد، می خواست چیزی دربارهٔ کوشش متفقین در راه ساخت بمب دستگیرش شود. نظریهٔ دیگر این است که او می خواست از طریق بور به متفقین اطلاع برساند که برنامهٔ بمب آلمان پیشرفتی نداشته است.

نمایشنامهٔ مایکل فرین (Michoel Frayn) از چند زاویهٔ مختلف، سفر هایزنبرگ به کپنهاگ را بازسازی می کند و با مهارت، شباهت هایی را بین عدم قطعیت بنیادی نظریهٔ کوانتومی و نظریه های مختلفی که دربارهٔ این سفر عنوان شده است، ترسیم می کند. فیزیک دان معروف جان زایمن (John Ziman) در مجلهٔ فیزیکس ورلد (Physics World)، کپنهاگ را «نمایشنامه ای درخشان» توصیف کرد. داورانِ جوایزِ تئاترِ روزنامهٔ ایونینگ استاندارد لندن با او هم عقیده بودند، آنها کپنهاگ را به عنوان بهترین نمایشنامهٔ سال برگزیدند.

* Sub-millimeter Common-User Bolometer Array

نامه‌ها و نظرها

در رشد آموزش فیزیک پاییز ۷۷ نوشته‌ای از آقای محمدرضا خوش‌بین با عنوان «**مغلطه در تعریف وزن**» انتشار یافت. نظر آقای **سینا شکری** را در این باره می‌خوانیم.

مقاله «مغلطه بر تعریف وزن» را با بررسی نظر نگارنده آن در خصوص ابهام‌آمیز بودن تعاریف «وزن» و «وزن ظاهری» از دیدگاه کتاب فیزیک «هالیدی» آغاز می‌کنیم و بلافاصله این سؤال مطرح می‌شود که اگر همانند کتاب «سرگرمیهای فیزیک» اعتقاد داشته باشیم که «وزن» یک جسم عبارت از «نیرویی است که جسم با آن نیرو نقطه تعلیق خود را می‌کشد و یا بر تکیه‌گاه خود فشار [نیرو] وارد می‌کند.» پس منشاء شتاب جسم در حال سقوطی که ناچاراً با تقطعه تعلیق خود بر هم‌کنشی ندارد از چیست؟

دیده می‌شود که، تناقض و ابهامی که در این تعریف جدید از «وزن» وجود دارد بسیار بنیادی‌تر و «رفع نشدنی»‌تر است. تعاریف «وزن» و «وزن ظاهری» آنطور که فیزیک هالیدی پیشنهاد می‌کند درست و «به جا» به نظر می‌رسند اشکال تنها در استفادهٔ «نابجا» یا «جابجا»ی این دو پیش می‌آید.

در حقیقت در اینجا فقط با یک نوع سوءتفاهم از نوع کلامی و استفادهٔ نابجا از اصطلاحات و یا کسی بیشتر از آن روبرو هستیم.

درک کامل مفاهیم فیزیکی مستلزم تعیین حد و مرز، بین احساس فیزیکی و شهود با تعاریف و براهین منطقی و البته ایجاد هماهنگی سازنده بین این دو است. کاری که اساساً باید جزو مُفاد آموزش نوآموزان فیزیک باشد اگرچه هیچگاه در مراحل پیشرفته‌تر یادگیری علوم نیازمان به پیگیری این روش کاهش نخواهد یافت که افزایش نیز می‌یابد.

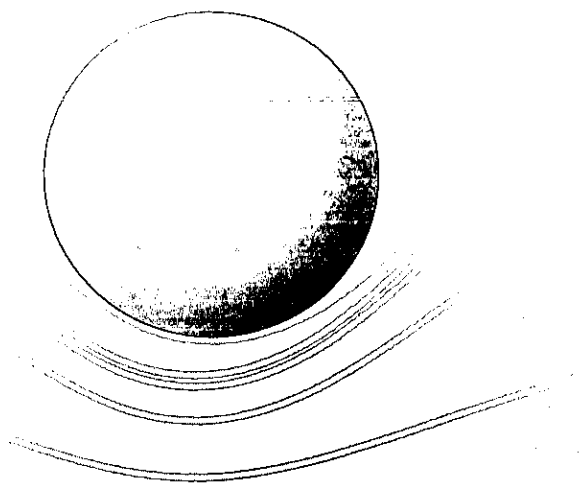
احساس غریزی ما از وجود «وزن» که منجر به تعریف «وزن ظاهری» می‌شود الزاماً ارتباطی به نیروی «وزن» که یک واقعیت فیزیکی مستقل از این احساس است ندارد.

هنگامیکه در حال سقوط آزاد هستیم یا درون ماهواره‌ای قرار داریم (حتی اگر آنقدر به زمین نزدیک باشد که نتوان اثرهای گرانشی زمین را تقریباً صفر فرض کرد) با تکیه‌گاه خود بر هم‌کنش و تبادل نیرو (از نوع نیروهای ماکروسکوپی) نداریم و وزن ظاهری ما صفر است اما «وزن» داریم و همین باعث حرکت شتابدار ما می‌شود (در مورد ماهواره همین «وزن» تأمین کننده نیروی جانب مرکز برای ما خواهد بود و باعث حرکت بر مسیر دایروی حول مرکز زمین و شتاب جانب مرکز می‌گردد.)

تنها باید بدانیم که هریک از این دو مفهوم به چه دلیل تعریف شده‌اند و به چه کار می‌آیند.

وزن ظاهری برای آن تعریف می‌شود که ارتباط بلافصل سیستم با محیط اطرافش از نظر تبادل نیروها (در راستای عمود بر سطح زمین) را مشخص کند. اما «وزن» ارتباط «گرانشی» سیستم را با محیط مشخص می‌نماید.

«اکنون عبارت «بی‌وزنی» تنها در حد یک اصطلاح که آن را به صورت نداشتن «وزن ظاهری» تعریف کرد اهمیت می‌یابد و با این تعریف در هیچ شرایطی ابهام یا تناقض پیش نمی‌آید.



در طرح سؤالات امتحانی بیشتر دقت کنیم

«اگر در حرکتی $\vec{a}$ و $\vec{v}$ علامت یکسانی داشته باشند نوع حرکت را تعیین کنید.*»

آیا می توان برای بردارها علامت قائل شد و گفت که برداری(مثلاً شتاب $\vec{a}$) منفی یا مثبت است؟ در پاسخ باید گفت: عموماً بردارها علامت ندارند. در صورتیکه بردارهای شتاب $\vec{a}$ و سرعت $\vec{v}$ هم راستا باشند می توان محوری را هم راستا با آنها درنظر گرفت و با توجه به «هم جهت» یا «خلاف جهت» بودن شتاب $\vec{a}$ و سرعت $\vec{v}$ با محور مفروض برای آنها علامت جبری درنظر گرفت و نهایتاً با استفاده از علامت حاصل ضرب av نوع حرکت، تند یا کند شونده را تشخیص داد.

در حالت کلی بردارهای $\vec{a}$ و $\vec{v}$ از یکدیگر مستقلند. وضعیتی را درنظر می گیریم که $\vec{a}$ و $\vec{v}$ هم راستا نباشند و سوی آنها کاملاً اختیاری باشد در این حالت علامت ضرب نرده ای آنها نوع حرکت را مشخص می کند.

$$\Psi = \vec{a}.\vec{v}$$

با وجود اینکه بردارهای $\vec{a}$ و $\vec{v}$ علامت ندارند ولی حاصل ضرب نرده ای آنها Ψ عدد[کمیت نرده ای] بوده و دارای علامت جبری است. در صورتیکه زاویه بین $\vec{a}$ و $\vec{v}$ صفر و یا π باشد، یعنی $\vec{a}$ و $\vec{v}$ هم راستا بوده و همان نتیجه بالا بدست می آید.

فرض کنید متحرکی مطابق شکل ۱ حرکت می کند. سرعت $\vec{v}$ همواره بر مسیر حرکت مماس می باشد اما شتاب $\vec{a}$ که مستقل از سرعت $\vec{v}$ است را به دو همنه (مؤلفه) عمودِ برهم تجزیه می کنیم: $\vec{a}_{//}$ هم راستا با $\vec{v}$ و $\vec{a}_{\perp}$ که عمود بر $\vec{v}$ می باشد. با توجه به آنچه گفته شد می توان نوشت.

$$\Psi = \vec{a}.\vec{v}$$

$$\Psi = (\vec{a}_{//} + \vec{a}_{\perp}).\vec{v}$$

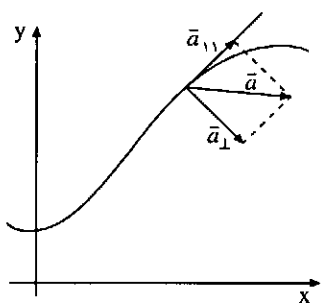
$$\Psi = \vec{a}_{//}.\vec{v} + \vec{a}_{\perp}.\vec{v}$$

$$\Psi = a_{//} v\, Cos 0^\circ + a_{\perp} v\, Cos 90^\circ$$

$$\Psi = a_{//} v$$

نتیجه بالا نشان می دهد فقط همنه موازیِ شتاب $\vec{a}_{//}$ سبب تغییر اندازه سرعت $\vec{v}$ می شود بر حسب اینکه Ψ مثبت یا منفی باشد حرکت تند یا کند شونده است. همنه عمودیِ شتاب $\vec{a}_{\perp}$ سبب تغییر جهت سرعت $\vec{v}$ می شود.

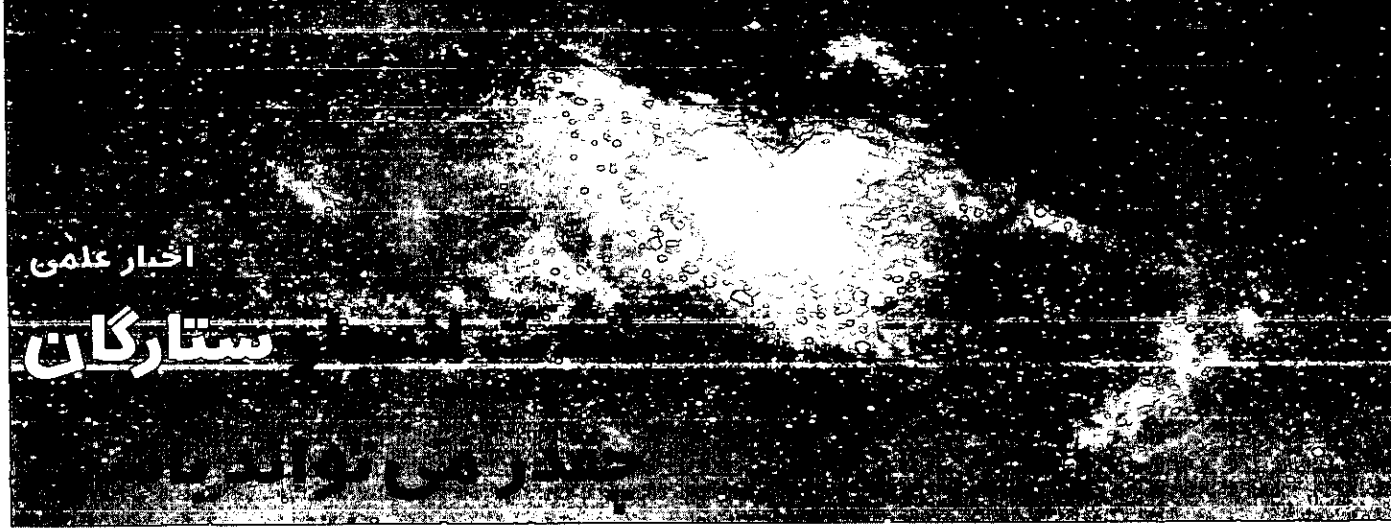
در حرکت پرتابی در نیمه اول حرکت یعنی قبل از رسیدن به نقطه اوج زاویه $\vec{a}$ و $\vec{v}$ بیش از ۹۰ درجه است. در نتیجه Ψ منفی است و از اندازه سرعت کاسته می شود، یعنی حرکت کند شونده است. بعد از نقطه اوج زاویه $\vec{a}$ و $\vec{v}$ کمتر از ۹۰ درجه است، Ψ مثبت و اندازه سرعت افزایش می یابد، یعنی حرکت تند شونده است.



در حرکت دایره ای یکنواخت $\vec{a}$ و $\vec{v}$ همواره بر هم عمود می باشند در نتیجه $\Psi = \vec{a}.\vec{v} = 0$، یعنی اندازه سرعت ثابت است.

قاسم قدیمی
رشت- منطقه آموزش و پرورش سنگر گیلان. ۷۷/۱۰/۲۳

* سؤال ۲ قسمت الف از سؤالات امتحان نهایی کشوری درس فیزیک ۴ ترم تابستانی ۷۶-۷۵ مورخه ۷۶/۶/۴



اخبار علمی

ستارگان چقدر می توانند...

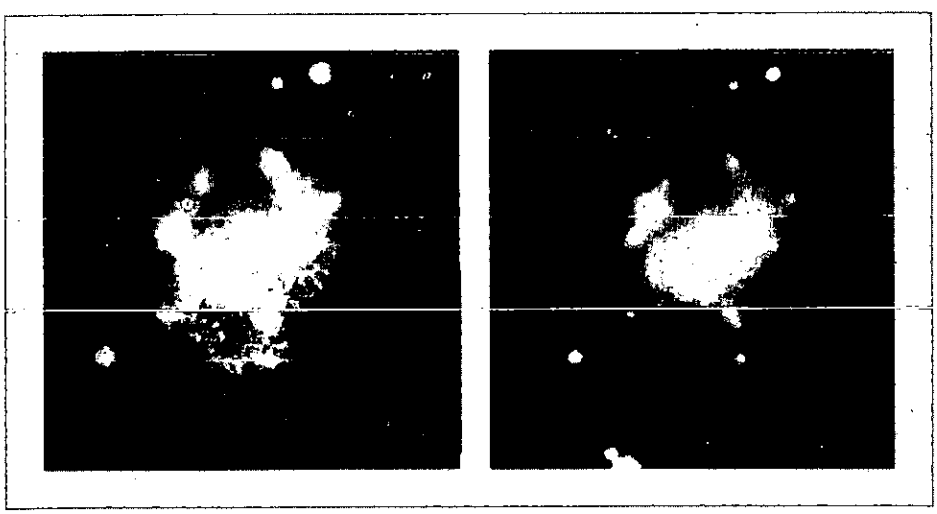
ادی بارون

مترجم: منیژه رهبر

فکر می کردیم می دانیم که شدت انفجارهای ابرنواختر چقدر می توانند باشند. همین طور گمان می کردیم که ابرنواخترها و انفجارهای پرتو γ ارتباطی با یکدیگر ندارند. یک ابرنواختر خارق العاده باعث شده است که در این مورد تجدیدنظر کنیم.

ابرنواخترها مرگ انفجارآمیز ستارگان پرجرم هستند، و عناصری را تولید می کنند که زمین و من و شما از آن ساخته شده ایم. در یک ابرنواختر با رُمبش هسته، که یکی از دو نوع ابرنواختر است، هسته ستاره آن قدر بزرگ می شود که فرو می ریزد، جرم الکترونها و هسته ها در یک ستارهٔ نوترونی چگالیده می شود که گوی نوترونی کوچکی به قطر حدود ده کیلومتر است و بر اثر این عمل مقدار زیادی انرژی گرانشی در محیط اطراف آزاد می شود. برای مدت چند هفته یک تک ستاره به اندازهٔ کهکشانی از ۱۰۰ بیلیون ستارهٔ معمولی درخشان می شود. ابرنواخترها انرژی خود را به صورتهای مختلف مانند نوترینوها، انرژی جنبشی ذرات ناشی از انفجار، امواج نورانی و رادیویی آزاد می کنند.

برخلاف آنها، انفجارهای پرتو γ پدیده های اسرارآمیزی هستند که پتهای بسیار پرانرژی از پرتوهای گاما تولید می کنند. این تابش را ممکن است یک موج شوکی به وجود آورد که با سرعت نزدیک به سرعت نور در حرکت است، اما ما علل خود انفجار را هم نمی دانیم، فقط می دانیم که این انفجارها بسیار توانمند هستند. با توجه به توزیع یکنواخت آنها در آسمان، بیشتر انفجارها باید در فاصله های کیهانی (با فاصلهٔ بیلیونها سال نوری) به وقوع پیوسته باشند و لااقل برای یک انفجار این فاصله اندازه گیری شده باشد. بنابراین برای اینکه آنها تا این اندازه درخشان باشند، انفجارها باید بسیار پرنور باشند و انرژیی خیلی بیشتر از آنچه یک



شکل ۱. قبل و در خلال انفجار: کهکشان ESO ۱۸۴-G۲۸ در حالت عادی (چپ) و با ابرنواختر ۱۹۹۸bw در یکی از بازوهای مارپیچی آن (راست)

ابرنواختر در مدت چند ثانیه گسیل می کند تولید کنند.

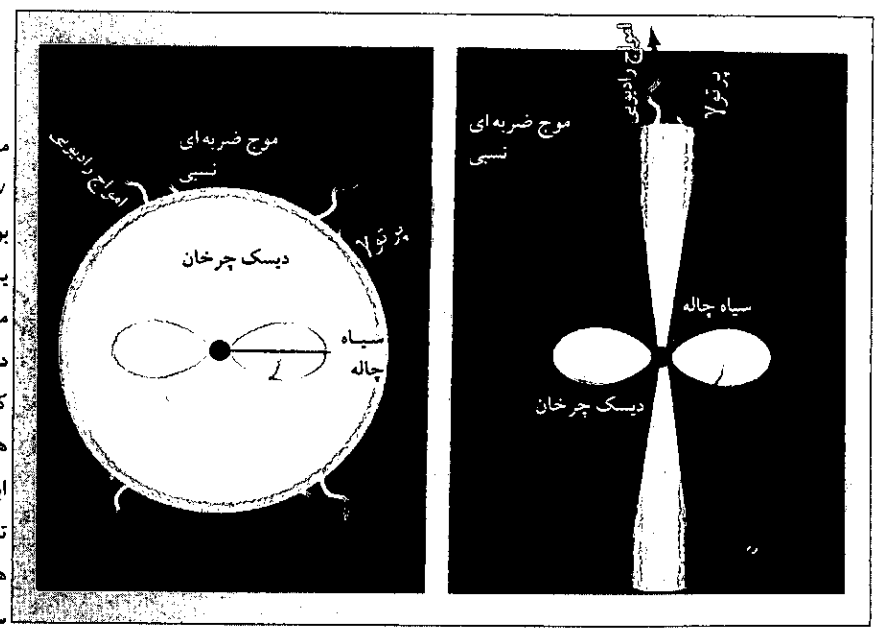
در عالم قابل مشاهده در حدود یک ابرنواختر در هر ثانیه به وقوع می پیوندد، اما یک انفجار پرتو γ در هر روز رخ می دهد. اینکه یک ابرنواختر و انفجار پرتو γ را یک رویداد به وجود آورد پدیده ای جالب توجه است که مسئله تولید پرتوهای γ را روشن می کند. اخیراً مقاله های بسیاری منتشر شده است که نشان می دهد بعضی رویدادها در واقع می توانند هم ابرنواختر به وجود آورند و هم تپ پرتو γ.

ابرنواختر ۱۹۹۸bw در همان زمان و در همان منطقه از آسمان رخ داد که انفجار پرتو γ ۹۸۰۴۲۵(GRB). گالد، و همکاران دربارهٔ احتمال یکی بودن ابرنواختر و انفجار γ بحث می کنند. آشکارسازی این پدیده ها به فاصلهٔ چند روز و چند درجه صورت گرفته است که نمایانگر یک ارتباط است. متأسفانه، آشکارسازی ورود پرتوهای γ با آشکارسازهای کنونی با دقت بیش از چند درجه امکان پذیر نیست، اما در مواردی پس تاب پرتوهای گاما مشاهده و با دقت در حدود چند دقیقه کمانی ثبت شده اند. چند چشمهٔ پرتوهای x در حوالی SN۱۹۹۸bw آشکارسازی شده اند، اما محل آنها با محل ابرنواختر سازگار نیست. به هر حال، اگرچه احتمال همزمانی بین ابرنواختر و انفجار γ وجود دارد، اما چرا طبیعت باید این ابرنواختر خاص را برگزیده باشد که بسیار پرانرژی و به صورت استثنایی پرنور و دارای گسیل رادیویی است؟

در منطقه طول موجهای رادیویی این درخشانترین ابرنواختری است که تاکنون مشاهده شده است. در تمام ابرنواخترهایی که قبلاً مشاهده شده اند، چشمه با گذشت زمان به آرامی درخشان می شود، و چند هفته تا چند سال طول می کشد تا به قله درخشندگی برسد و ابرنواخترهای درخشانتر دیرتر به قله می رسند. اما گسیل رادیویی از SN۱۹۹۸bw بسیار زود و پس از ده روز از انفجار وارد شد. به نظر کولکارنی و همکاران گسیل رادیویی را باید الکترونهایی تولید کرده باشند که با سرعت نزدیک به سرعت نور در حرکت اند، و در نتیجه به لحاظ فیزیکی با پتهای پرتو γ در ارتباط اند.

اگر GRB۹۸۰۴۲۵ در واقع با ابرنواختر همزمان باشد باید بسیار ضعیف باشد زیرا SN۱۹۹۸bw در یک کهکشان مارپیچی در فاصله ۱۴۰ میلیون سال نوری رخ داده است. GRB۹۸۰۴۲۵ چنانکه تپهای پرتوی γ نشان می دهند نباید چندان درخشان باشد، پس اگر در این فاصله قرار داشته باشد باید ذاتاً بسیار کم نور و شاید عضوی از گرده جدید تپهای پرتو γ مربوط به انفجار ابرنواختر باشد.

اما چه نوع رویدادهایی می توانند هم به صورت یک ابرنواختر عجیب و هم یک تپ پرتو گامای غیرعادی ظاهر شوند؟ ایوامو تو و همکاران مدلی را به کار بسته اند که در آن



شکل ۲. شکلهای مواد منفجره. الف) اگر SN۱۹۹۸bw کروی بود، باید ۳۰ بار توانمندتر از یک ابرنواختر عادی می شد. ب) برای انفجار در دو مخروط باریک انرژی کمتری لازم است. اما در هر دو مورد، شگفتی این ابرنواختر و پرتوهای γ توأم با آن ایجاب می کند که هستهٔ ستاره مستقیماً به یک سیاهچاله تبدیل شود.

فرض شده است که هستهٔ یک ستارهٔ پرجرم فرو می ریزد و به جای یک ستارهٔ نوترونی به یک سیاهچاله تبدیل می شود. در این عمل ۳۰ برابر یک ابرنواختر معمولی انرژی جنبشی تولید می شود، و منحنی نور پیش بینی شده (درخشندگی بر حسب زمان) با مشاهدات به خوبی سازگار است. این رویدادها را «رهبنده ها» و «هیپرنواخترها» نامیده اند.

یک مسئله موجود در این مورد برای SN۱۹۹۸bw آن است که توجیه چگونگی تولید تپ پرتو γ دشوار است. حتی کسر کوچکی از پروتونها و نوترونهای موجود در موج شوکی خارجی آن را به اندازه ای کند می کنند که پرتوهای گامای اندکی تولید می شوند، اگرچه انفجار می تواند دارای پوستهٔ خارجی بسیار سریعی باشد.

شاید اگر انفجار سمتگیری خاصی نسبت به خط دید ما داشته باشد بتوان موج شوکی سریعتری تولید کرد که بتواند در امتداد یک مخروط باریک که جهت آن به طرف ماست به شدت گسترش یابد (احتمالاً در یک قطب ستارهٔ مادر). حتی مهمتر از آن، یک انفجار بی تقارن لازم نیست دارای انرژی کل چندانی باشد. اگر انفجارهایی از این نوع به شدت نامتقارن باشند، اگر درست در امتداد محور تقارن به آنها نگاه کنیم ممکن است هم تپهای پرتو گاما را ببینیم و هم ابرنواختر را. اما در بیشتر موارد ما در مکان مناسب نیستیم و در نتیجه مخروط باریک پرتوهای γ را از دست می دهیم، و ابرنواختر کمتر جالب توجه به نظر می رسد (شکل ۲)

متأسفانه، کولکارنی و دیگران جهت برتری را برای گسیلهای رادیویی مشاهده نکرده اند و نتیجه گرفته اند که ما به یک جسم تقریباً کروی می نگریم. این نتایج را ظاهراً رصدهای اپتیکی تأیید می کند، اما قبل از انجام شبیه سازیهای عددی مفصل این نتیجه گیری قطعی نیست.

حتی بدون تپهای پرتو γ، ابرنواختر SN۱۹۹۸bw عجیب ترین ابرنواخترهاست. با مدل دهی به منحنی نور آن می توانیم انرژی جنبشی، کل جرم پرتاب شده و مقدار ^{56}Ni مخلوط در آن (این رادیو ایزوتوپ بر اثر واپاشی ابرنواختر را گرم می کند و باعث می شوند باقیمانده های آن به آهستگی کم نور شوند) را برآورد کنیم. در مدل استاندارد ابرنواختری که هستهٔ آن فرو می ریزد، انفجار تقریباً کروی است: در حدود ۱۰Mo (یک Mo جرم خورشید است) مادهٔ آن با انرژی حدود $۱۰^{۵۱}$ ارگ پرتاب می شود، و در حدود ۰/۱Mo از این ماده ^{56}Ni رادیواکتیو است. اما این موضوع دربارهٔ SN۱۹۹۸bw صادق نیست. انفجار آن را می توان به صورت انفجار یک ستاره بسیار پرجرم با حدود ۰/۵MO از ^{56}Ni در کل جرم پرتاب شده ۱۰Mo و انرژی جنبشی تقریباً ۳×۱۰^{۵۱} ارگ با تقارن کروی؛ یا یک انفجار نامتقارن با پرتاب ۲Mo - ماده و تقریباً ۲×۱۰^{۵۱} ارگ انرژی جنبشی و تقریباً ۰/۲Mo از ^{56}Ni مدل سازی کرد. هر دوی این مدلها با تصویر استاندارد ـ تصویری که مشاهدات ابرنواختر ۱۹۸۷A آن را تأیید کرده و در فاصله حدود ۱۸۰/۰۰۰ سال نوری رخ داده است به شدت ناسازگارند.

طیف SN۱۹۹۸bw شبیه چیزی است که من و همکارانم برای یک ابرنواختر عجیب دیگر، SN۱۹۹۷ef به دست آورده ایم و در آن نیز انرژی جنبشی بسیار زیادی به دست آمد. اما، به SN۱۹۹۷ef تپ پرتوی گاما وابسته نیست.

همه این مسائل ممکن است به انقلابی دربارهٔ چگونگی تشکیل ابرنواخترها با فروریزش هسته آنها بینجامد. آیا ابرنواخترهای معمولی مانند SN۱۹۹۷A فقط در ستارگان با جرم حدود ۲۰Mo رخ می دهد، و ستارگان با جرم بیشتر حدود ۴۰Mo انفجارهای بسیار پرانرژی یا بسیار نامتقارن تولید می کنند؟ و آیا حد $۱۰^{۵۱}$ ارگ برای انرژی جنبشی ابرنواختر با فروریزش هسته وجود دارد، و در بعضی موارد پرتاب ها دارای تقارن کروی هستند و در مواردی دیگر چنین نیستند. و چه موقع تپهایی از پرتو γ فروریزش را همراهی می کنند؟

پاسخ را قبل از تعیین اینکه SN۱۹۹۸bw کروی است یا نه نمی دانیم. برای این کار، مشاهدات کافی نیستند ـ آنها را باید با توجه به مدلهای نظری تغییر کرد. متأسفانه، در حال حاضر پیچیده ترین مدلهای ما با توجه سرعت کامپیوترهای موجود به مورد ساده با تقارن کروی محدود می شود. با پیشرفت در توان کامپیوترها و روشهایی عددی در هزارهٔ آینده، محاسبات مفصل سه بعدی ممکن است بالاخره به ما بگوید که یک ستاره با چه شدتی می تواند منفجر شود.

مرجع:

Nature, vol 395 October 1998, P. 637-638

اخبار علمی

مترجم: محمدعلی سعادت‌بخت

✹ برنامهٔ پنجم به زودی آغاز می شود

[جمعه ۱۸ دی ۷۷ ـ ۸ ژانویه ۱۹۹۹] اولین فراخوان پیشنهادهای تحقیق و توسعه برنامهٔ پنجم اتحادیه اروپا در بهمن و اسفند (فوریه و مارس) صادر خواهد شد. سرانجام با بودجهٔ ۱۴٫۶ بیلیون ECU (واحد پول اروپا) برای این برنامهٔ چهار ساله موافقت شد که ۴٫۶ درصد بیش از برنامهٔ چهارم است.

برنامهٔ پنجم بر روی چهار موضوع اصلی تکیه دارد: کیفیت زندگی و مدیریت دستگاه های زنده (۲٫۴۱۳ بیلیون ECU)؛ انجمن اطلاعات با رابطهٔ دوستانه با استفاده کنندگان (۳٫۶ بیلیون ECU)؛ رشد رقابتی و مداوم (۲٫۷۰۵ بیلیون ECU)؛ و انرژی، محیط و توسعهٔ مداوم (۲٫۱۲۵ بیلیون ECU). سه فعالیت اصلی دیگر آن عبارت اند از: تأیید نقش بین المللی تحقیق جمعی (۴۷۵ میلیون ECU)؛ ارتقاء نوآوری، تشویق مؤسسه های کوچک و متوسط (۳۶۳ میلیون ECU)؛ و بهبود توانایی بالقوهٔ تحقیق انسان (۱٫۲۸ بیلیون ECU). یک مقدار ۸۵۸ میلیون ECU در اختیار محققان فوق دکتری که در آخرین مراحل فعالیت خود هستند، قرار گرفته است.

✹ آفتاب سیارکها را حرکت می دهد

[جمعه ۱۴ اسفند ۱۳۷۷ ـ ۵ مارس ۱۹۹۹] نیروی مختصری به نام «اثر یارکوفسکی» (yarkovsky) ممکن است سیارکها را از مدار طبیعی خود بین مریخ و مشتری بیشتر به داخل منظومهٔ شمسی براند. این اثر به واسطهٔ آفتاب به وجود می آید. آفتاب سیارکها را هنگام چرخیدن به دور خود گرم می کند. اندازهٔ این جابه جایی به ویژگیهای گرمایی و چرخشی سیارک بستگی دارد. پیش از این تصور می شد که سیارکها آن قدر کوچک هستند که آفتاب نمی تواند اثر قابل ملاحظه ای بر روی آنها داشته باشد. اما، پائولو فارینلا (Paolo Farinella) از دانشگاه تریست ایتالیا و دیوید فوکرولیکی (David Vokrouhlicky) از دانشگاه چارلز در جمهوری چک پیشنهاد می کند که اگر اثر یارکوفسکی در راستای نیم محور اصلی سیارک روی دهد، نیرو آن قدر قوی است که بتواند سیارک را به خورشید ـ و در نتیجه به زمین ـ نزدیک تر کند (سانیس ۲۸۳۱۵۰۷)

برخی سیارکها را اثرات تشدید گرانشی حاصل از ترکیب کششهای سیاره های مریخ، مشتری، زحل به مدارهای نزدیک زمین می کشاند. اما چندین سال است که می دانیم سازوکار دیگری باید سیارکها را از مدار نوعاً مریخ ـ مشتری خود بیرون بکشد.

فارینلا و فوکرولیکی پیشنهاد می کنند که هنگام برخورد سیارکها با هم، قطعات آنها ـ سنگهایی به قطر کمتر از ۲۰km هستند ـ بیشتر تحت تأثیر اثر یارکوفسکی قرار می گیرند. این قطعات آفتاب را جذب و سپس تابش فروسرخ از سطح خود گسیل می کنند. این اثر کوچک فشار تابشی یک قطعه را به تدریج از مدار اولیه خود خارج می کند. یک قطعه نوعی می تواند در یک دورهٔ ۱۰۰۰ میلیون ساله در حدود ۱۵۰۰km از مدار خود دور شود. این تغییر کوچک مدار برای برخی قطعات برای رسیدن به یک تشدید گرانشی کافی است و از این رو به سمت زمین حرکت کنند.

✹ قطبهای زمین ممکن است جابه جا شوند
مایکل دلان (Michael de Laine)

[جمعه ۹ بهمن ۱۳۷۷ ـ ۲۹ ژانویه ۱۹۹۹] به گفتهٔ ژئوفیزیکدانهای هلندی ممکن است میدان مغناطیسی زمین در اواخر هزارهٔ آینده جابه جا شود، و در نتیجه زمین را در معرض تابش مُضر کیهانی قرار دهد. در سدهٔ گذشته قطب شمال مغناطیسی در حدود ۱۰۰۰km به طرف قطب شمال جغرافیایی حرکت کرده است، و در دههٔ گذشته شدت میدان مغناطیسی در حدود ۱٪ کاهش یافته است. اندازه گیریهای جدید مؤسسهٔ هواشناسی هلند (DMI) در گرینلند نشان می دهند که قطب شمال مغناطیسی، سالی ۲۰km به طرف شمال حرکت می کند ـ که سالی ۲km از مقدار آن در ۱۲ ماه گذشته بیشتر است.

تورستن نوبرت (Torsten Neubert) که گروه فیزیک خورشیدی ـ زمینی DMI را رهبری می کند می گوید «بی شک از زمانی که ما اندازه گیریها را در گرینلند در سال ۱۳۰۷ (۱۹۲۸) آغاز کرده ایم این حرکت سریعترین مقدار را داشته است» به نظر نوبرت این شتاب نمایانگر جابه جا شدن قطبهای مغناطیسی، شاید در طول هزارهٔ بعدی است، واقعیتی است که می تواند نتیجه های وخیمی داشته باشد. نوبرت می گوید: «در دوره ای که قطبها وارونه شوند، میدان مغناطیسی زمین شدتش را از دست می دهد و دیگر نمی تواند

زمین را از تابش فضایی حفظ کند ـ در این حالت ما در معرض تابش کیهانی شدیدی قرار می گیریم. این تابش بر ناوبری و نیز تولید نیمرساناها تأثیر خواهد گذارد.

اما، همهٔ ژئوفیزیکدانها متقاعد نشده اند. ژرمی بلوکسام (Jeremy Bloxham)، دانشمند زمین و سیاره ها در دانشگاه هاروارد در امریکا که در این مورد تردید دارد می گوید «نمی گویم که حرکت قطب مغناطیسی به سمت شمال نشانه ای از آن است که میدان مغناطیسی در شُرُف وارونه شدن است». او فکر می کند که قطب برای جابه جا شدن باید به سمت استوا حرکت کند. نوبرت می پذیرد که مورد جابه جا شدن در میدان مغناطیسی اثبات نشده است و می گوید که میدان مغناطیسی یک دستگاه آشوبناک و بنابراین پیش بینی رفتار آن مشکل است.

ماهوارهٔ جدید هلندی اُرستد ممکن است پیش بینی را اندکی راحتتر کند زیرا به جای قطبهای کل میدان مغناطیسی زمین را بررسی می کند. این ماهواره که قرار است در هفته های آینده پرتاب شود به محققان این امکان را می دهد که داده های دقیقتری از تغییر جهت و شدت میدان به دست آورند. اما بلوکسام معتقد است که داده های دقیقتر خبر از وارونگی نخواهند داد. او می گوید «فکر می کنم احتمالات به گونه ای هستند که خبر از وارونگی نخواهد داد. وارونگی یک فرآیند بسیار نابسامان است ـ بازه های ده میلیون ساله بدون وارونگی وجود داشته اند» اما نوبرت در انتظار وارونگی است. او می گوید «زمان بسیار هیجان انگیزی خواهیم داشت».

❋ فیزیک آماری، اقتصاد را به چالش می طلبد

[جمعه ۲۳ بهمن ۱۳۷۷ ـ ۱۲ فوریه ۱۹۹۹] اقتصاددانان دوست دارند فکر کنند که بازارهای سهام منطقی هستند، اما پژوهشهای اخیر نشان داده است که رفتار غیرمنطقی تأثیر شایانی بر بازار سهام دارد. توماس لوکس از دانشگاه بُن در آلمان و میشل مارچسی از دانشگاه کاگلیاری در ایتالیا یک مدل کامپیوتری از بازار ساخته اند که بازرگانان را به دو گروه «بنیادگرایان» و «بازرگانان پرسروصدا» تقسیم می کند. دسته اول بر اساس پیشگوییهای واقعی از ارزش «دنیای واقعی» شرکتها تصمیم می گیرند. از طرف دیگر، دسته دوم بر اساس روندها و الگوهای بازار عمل می کنند. این مدل، که بر پایه نظرات فیزیک آماری ساخته شده است، نشان می دهد که تعداد زیادی از بازرگانان پرسروصدای «خوشبین» و «بدبین» بازار را ناپایدار می سازند. این مدل می تواند ارزش بسیار زیاد سهام اینترنت را توضیح دهد (نیچر Nature 397498).

همین که توازن بین «بنیادگرایان» و بازرگانان سروصداکن شکسته شود بازار بیشتر به نوسان درمی آید و چرخه های رونق یا کساد تولید می شوند. مثلاً، شرکت آمازون بیش از ۳۰ بیلیون دلار می ارزد، که ۳۰ برابر درآمد پیش بینی آن در یک سال است، به رغم آنکه هرگز سودی نبرده است. لوکس و مارچسی پیشنهاد می کنند تعداد فزایندهٔ بازرگانان سروصداکن «خوشبین» که در سهام اینترنت سرمایه گذاری می کنند بازار را نامتعادل می سازند. همین که بازرگانان سروصداکن بیشتر و بیشتر این روند را دنبال می کنند، قیمت سهام شرکتهایی مثل آمازون خیلی بالاتر از ارزش حقیقی آنها می رود.

❋ یک نظریهٔ «چسبناکی»

[جمعه ۲۳ بهمن ۱۳۷۷ ـ ۱۲ فوریه ۱۹۹۹] دانشمندان فرانسوی ادعا می کنند که کشف کرده اند چرا جدا کردن اشیاء از سطح های چسبناک بسیار سخت است. سپرین گای و لودویک لیبلر از آزمایشگاه الف آتوشم (Elf Atochem) CNRS در لوالوـ پره (Levallois-Perret) یک «نظریهٔ چسبناکی» ارائه کرده اند که نشان می دهد چرا ۱۰۰۰۰ بار از آنچه که نظریات قبلی پیش بینی کرده بودند کار می برد. آنها پیشنهاد می کنند که برهم کنش ناصافی سطح و مکش هوا چسبناکی یک شیء را تعیین می کند (فیزیکال ریویو لترز ۸۲۹۳۶).

گروه فرانسوی رفتار حبابهای هوا روی سطح لایهٔ پلیمر چسبناک را که به یک کاوهٔ فلزی متصل شده است مطالعه کردند. تعداد و اندازهٔ حبابها به ناصافی سطح لایه و کاوه بستگی دارد. آنها کشف کردند هنگامی که لایه و کاوه در جهتهای مخالف هم کشیده شوند، حبابهای هوا تغییر شکل می دهند. این به اثر «فنجان مکنده» می انجامد که پیوند بین کاوه و لایه را تقویت می کند. اما همین که هوا بین لایه و کاوه یورش می برد، حبابها شروع به حرکت کرده و با هم ادغام می شوند. نقاط کوچک تماس بین لایه و کاوه باقی می مانند، تا آنکه نیروی کافی اِعمال شود و آن دو را کاملاً از هم جدا کند

✸ محاسبهٔ اپتیکی به پیش می رود

[جمعه ۷ اسفند ۱۳۷۷ ـ ۲۶ فوریه ۱۹۹۹] با تولید اولین پیش نمونهٔ تراشهٔ حافظه اپتیکی گام دیگری به سوی کامپیوتر کاملاً اپتیکی برداشته شد. قبلاً فکر می کردند که نور را نمی توان برای مدت به اندازهٔ کافی طولانی برای ذخیره سازی داده ها به تله انداخت. هم اینک آخیم ویکس فورث (Achim Wixforth) و همکارانش از دانشگاه فنی مونیخ و دانشگاه لوگ ویگ ـ ماکسی میلیانز (Lugwig - Maximilians) در مونیخ نشان داده اند که با تبدیل فوتونها به جفتهای الکترون حفره در نیمرسانا می توان فوتونها را ذخیره کرد. جفتهای الکترون ـ حفره را می توان در چاه کوانتومی به تله انداخت. برای خواندن داده ها می گذاریم که الکترون و حفره «باز ترکیب شوند» و فوتون تولید کننده (ساینس (Science) ۲۸۳۱۲۹۲).

هرگاه یک دیود لیزری پتی یک چاه کوانتومی نیمرسانا را روشن کند جفتها تولید می شوند. یک اختلاف پتانسیل کوچک بر روی نیمرسانا، الکترون و حفره را در ترازهای جداگانه چاه کوانتومی نگه می دارد. هنگامی که اختلاف پتانسیل قطع شود، جفت الکترون به علت جاذبهٔ کولنی به سوی یکدیگر حرکت می کند و باز ترکیب می شوند یک فوتون تابش می کنند. محققان تاکنون توانسته اند یک فوتون را برای مدت ۳۵ میکروثانیه «ذخیره سازند». که ۵ بار بزرگتر از عمر طبیعی آن است و برای کارکرد این تراشهٔ حافظه در کامپیوتر اپتیکی کافی است.

✸ حافظه های باکی بال (Bucky ball)

[جمعه ۳۰ بهمن ۱۳۷۷ ـ ۱۹ فوریه ۱۹۹۹] بر طبق شبیه سازیهای محققان دانشگاه ایالتی میشیگان در آمریکا و NEC در ژاپن در آینده می توان برای ساخت اجزاء حافظهٔ کامپیوتر از کربن استفاده کرد. آنها در یک نانوکپسول که از ۴۸۰ اتم کربن ساخته شده است رفتار یک «باکی شاتل» باردار کربن ۶۰- پتاسیم را مدل سازی کرده اند. به کمک یک میدان الکتریکی می توان یک باکی شاتل را از یک طرف نانوکپسول به طرف دیگر حرکت داد، و از این رو رفتار دودویی لازم برای تراشه های حافظه کامپیوتر را تقلید کرد (فیزیکال ریویو لترز (phys Review Letters) ۸۲۱۴۷۰)

باکی بالها، نانوتوبها (nanotobes) و ساختارهای مربوط به آنها پتانسیل زیادی برای کاربردهای ذخیره سازی دارند زیرا اندازهٔ کوچک آنها امکان می دهد که سرعتهای کلیدزنی زیاد و مصرف توان پایین باشد. اما، ویژگیهای رسانندگی غیرعادی نانوتوبها، ساخت وسائل را بی نهایت دشوار ساخته اند. تیم میشیگان ـ NEC متوجه شده است که با داخل کردن یک یون مثبت در باکی بال می توان مکان آن را درون نانوکپسول راحت تر یافت. هم چنین، چون نیروهای واندروالس و کووالانسی ضعیف هستند باکی شاتل در یک طرف نانوکپسول ثابت می ماند. اما یک میدان الکتریکی برای شکستن این پیوندها و راندن باکی بال به طرف دیگر به اندازهٔ کافی قوی است. کل فرآیند کمتر از ۱۰ پیکو ثانیه طول می کشد. این مدت ده هزار بار سریعتر از وسائل ذخیره سازی مغناطیس جریان است.

✸ معمای اوزون حل می شود

[جمعه ۲۵ دی ۱۳۷۷ ـ ۱۵ ژانویه ۱۹۹۹] چرا اوزونِ جوّ دارای تعداد زیادی ایزوتوپهای «سنگین» اکسیژن است؟ دانشمندان آلمانی پاسخی را برای این معمای ۲۰ ساله در فیزیک جوّ به دست آورده اند. مولکولهای اوزون سه اتم اکسیژن دارند. برخی مولکولهای اوزون نامتقارن اند و ایزوتوپهای متفاوتی از اکسیژن دارند. بقیهٔ مولکولها متقارن هستند و سه اتم با ایزوتوپ یکسان دارند. درصد زیادی از مولکولهای اوزون در جو دارای ایزوتوپهای اکسیژن ـ ۱۷ و اکسیژن ـ ۱۸ و درصد کمتر دارای ایزوتوپ «سبک» اکسیژن ۱۶ هستند.

تولید اوزون، که به سبب شکسته شدن مولکولهای اکسیژن در جو به وسیله نور فرابنفش صورت می گیرد، فرآیندی مستقل از جرم است. اما، آزمایشهای کلاوس مآوئربرگر (Klaus Mauerberger) و همکارانش در مؤسسهٔ فیزیک هسته ای ماکس بلانک ـ هایدلبرگ (Heidelberg) نشان می دهند که برخورد بین اتمها و مولکولهای اکسیژن برای تشکیل اوزون مستقل از جرم نیستند (ساینس Science ۲۸۳ ۳۷۰).

محققان آلمانی شش واکنش مختلف اتم ـ مولکول را که به تشکیل اوزون می انجامد مطالعه کردند. این گروه آلمانی در یک دسته مخلوطهای مختلف از گازها، هر دسته شامل مقادیر متفاوتی از سه ایزوتوپ اکسیژن، اوزون تولید

کردند و آهنگهای واکنشی برای هر ایزوتوپ را مطالعه کردند. معلوم شد که آهنگ واکنش برای تولید ایزوتوپهای سنگین اوزون تا ٪۵۰ بیشتر از آهنگ برای تولید ایزوتوپهای سبکتر است.

اولین نشانهٔ عنصر ۱۱۴ در دوبنا (Dubna) دیده شد
ادوین کارتلیج (Edwin Cartlidge)

[جمعه ۹ بهمن ۱۳۷۷ ـ ۲۹ ژانویه ۱۹۹۹] یک تیم از دانشمندان روسی و آمریکایی معتقدند که ممکن است عنصری با ۱۱۴ پروتون را، که سنگین ترین عنصر است کشف کرده باشند. در صورت تأیید، این کشف نشانهٔ وجود یک دستهٔ جدید از عنصرهای «آبَر سنگین» بسیار پایدار است.

محققان در آزمایشگاه واکنشهای هسته ای یون سنگین دوبنا در روسیه، به رهبری یوری اُگانسیان (Yuri Oganessian)، که با یک تیم از آزمایشگاه ملی لورنس لیورمور (Lowrence Livermor)در آمریکا همکاری می کنند، با شلیک ایزوتوپی کمیاب از کلسیم به هدف پلوتونیم این کشف را کرده اند. آنها پلوتونیم ـ ۲۴۴ را به طور مداوم به مدت یک ماه بمباران کردند، و «رویدادی» را یافتند که به دنبال آن می گشتند. زنجیره ای از واپاشیها ـ گسیل سه ذرهٔ آلفا و به دنبالش شکافت خودبه خود ـ پیش از این هرگز دیده نشده بود و مختص ناحیه عنصرهای ابرسنگین است. جرم این کمیاب ترین ایزوتوپ ۲۸۹ بود و پیش از واپاشی ۳۰ ثانیه دوام آورد.

وجود عنصر ۱۱۴ اهمیت دارد زیرا شاهدی است قوی بر «جزیرهٔ اسرارآمیز» ابر سنگین پایداری که سالها به دنبال آن بودند و اولین بار در دههٔ ۱۹۶۰ پیش بینی شد. اگرچه پایدارترین ایزوتوپ این جزیره دارای ۱۱۴ پروتون، ۱۸۴ نوترون (۹ نوترون بیش از ایزوتوپ دوبنا) و یک نیمه عمر چند میلیون ساله است، اگرچه با خطاهای بزرگ.

آلبرت ژیورسو (Albert Ghiorso) که یک دانشمند هسته ای در آزمایشگاه ملی لارنس برکلی (Berkeley)در آمریکاست می گوید «تولید این عنصر ما را فقط به ساحل این جزیره می رساند. اما کشف آن بی اندازه مهم است چونکه نشان می دهد جزیرهٔ مفروض واقعاً وجود دارد. اما، کن مودی (Ken moody)، رهبر تیم آمریکایی، هنوز ٪۱۰۰ از این نتیجه متقاعد نشده است. او می گوید «شما مجبورید که احتمال پیشامدهای کاتوره ای را مرتبط با چیزی بدانید که به یک پیشامد واقعی شبیه است.» مودی امیدوار است که در طول هفتهٔ بعدی بتواند با اطمینان بگوید که آیا عنصر ۱۱۴ واقعاً در دوبنا تولید شده است یا نه.

قرار دادن ترمزهای کوانتومی بر روی نور

[جمعه ۳۰ بهمن ۱۳۷۷ ـ ۱۹ فوریه ۱۹۹۹] همان طور که هر فیزیکدانی می داند، سرعت نور در خلأ در حدود ۳۰۰،۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه است. اگرچه نور با سرعتی کمتر در ماده منتشر می شود، ولی هنوز با سرعتهایی بر حسب هزاران کیلومتر بر ثانیه اندازه گیری می شود. اما لنه وستر گاردهآو (Lene vestergard Hau) از موسسهٔ علوم رولند (Rowland) در آمریکا و همکارانش با استفاده از یک اثر کوانتومی به نام «شفافیت القاء شده به صورت الکترومغناطیسی» سرعت نور را در یک گاز متشکل از اتمهای سدیم فوق سرد به ۱۷ متر بر ثانیه رسانده اند ـ که ۲۰ میلیون بار کندتر از سرعت نور در خلأ دست (نیچر Nature ۳۹۷ ۵۹۴)

شفافیت شده به صورت الکترومغناطیسی بر مبنای تداخل بین گذارهای الکترونی متفاوت در یک اتم است که در گذشته از آن برای شفاف کردن محیط کور با طول موجهای معین استفاده شده است. در آخرین آزمایشها، اتمهای سدیم به تله انداخته شده و در یک تله مغناطو ـ نوری سرد شده اند. این اتمها آنقدر سرد شده اند تا آنکه به یک مادهٔ چگال بوز ـ انیشتین تبدیل شدند ـ حالت ویژه ای از ماده که در آن همهٔ اتمها در حالت کوانتومی یکسان هستند و با یک تابع موج توصیف می شوند بین هآو و همکارانش لیزر جفت کننده را برای یک گذار بین دو حالت فوق ریز در اتمها تنظیم کردند. آنها دریافتند که در شرایط درست این عمل یک باریکه لیزر کاوه را که به طور عمود بر لیزر جفت کننده حرکت می کرد کُند می کند.

هم چنین این نمونه همچنین رابطه های غیر خطی بسیار بزرگی را نشان داد که این رابطه ها می توانستند در کاربردهای کلیدزنی نوری مفید باشند. این تیم علاوه بر این معتقدند که امکان دارد که نور را حتی به مقدار بیشتر ـ به سرعتهایی بر حسب سانتی متر بر ثانیه ـ کُند کرد.

باسمه تعالی

وزارت آموزش و پرورش
باشگاه دانش پژوهان جوان

مبارزه ی علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست و جو و کشف واقعیت هاست.
«امام خمینی (ره)»

دوازدهمین المپیاد فیزیک کشور
مرحله ی اوّل
۱۶ بهمن ماه ۱۳۷۷

مدّت آزمون: ۳/۵ ساعت

توجّه!

دانش آموزان عزیز، با عرض پوزش توجه فرمایید که سؤال چند گزینه ای شماره ی ۲۳ صفحه ی ۸ و مسئله ی کوتاه شماره ی ۸ صفحه ی ۱۳ حذف شده است. لطفاً به این دو مسئله جواب ندهید و خانه های مربوط به آن ها را در پاسخ نامه سفید بگذارید.

تذکّرات:

ضمن آرزوی موفقیت برای شما داوطلب گرامی، خواهشمند است به موارد زیر دقیقاً توجه فرمایید:

۱) تعداد سؤال های این آزمون ۳۱ سؤال چند گزینه ای و ۹ مسئله ی کوتاه، و وقت آن ۳/۵ ساعت است.

۲) هر سؤال چند گزینه ای فقط یک گزینه ی درست دارد.

۳) پاسخ غلط به سؤال های چند گزینه ای نمره ی منفی خواهد داشت.

۴) مشخصات خواسته شده را به طور کامل بر روی برگه های پاسخنامه بنویسید و خانه های مربوط را سیاه کنید.

۵) از آنجا که برگه ی پاسخنامه توسط دستگاه علامت خوان تصحیح می شود، لطفاً آن را تمیز نگه دارید و از تا کردن آن خودداری نمایید.

۶) استفاده از هر نوع ماشین حساب ممنوع است.

بخش اول: سؤال های چند گزینه ای

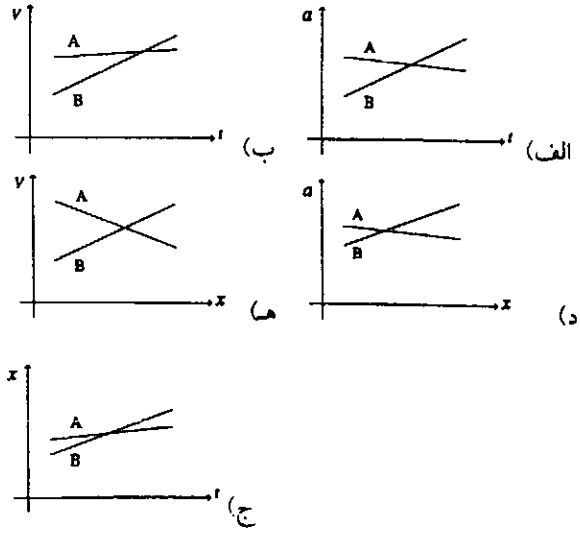
سؤال های ۱ تا ۳۱ چند گزینه ای هستند و به هر پاسخ درست امتیاز مثبت و به هر پاسخ غلط امتیاز منفی تعلق می گیرد. نمره ی مثبت و نمره ی منفی هر سؤال در پرانتزی در مقابل همان سؤال نوشته شده است. توجه داشته باشید که هر سؤال فقط یک گزینه ی درست دارد و انتخاب بیش از یک گزینه معادل با پاسخ نادرست است.

۱ـ دو جسم را از یک ارتفاع h با سرعت افقی V_1 و V_2 ($V_1 > V_2$) پرتاب می کنیم. دو جسم به دیواری قائم در فاصله ی افقی l از نقطه ی پرتاب برخورد می کنند، به طوری که دو محل برخورد، ارتفاع h را به سه قسمت مساوی تقسیم می کنند. نسبت $\frac{V_1}{V_2}$ چه قدر است؟ (۳+، ۱−)

الف) $\sqrt{2}$ ب) ۲

ج) ۳ د) $\sqrt{3}$

۲ـ دو خودروی A و B در جاده ای در حرکت اند. اگر متغیرهای حرکت آنها یکی از نمودارهای زیر باشد، کدام یک از این نمودارها حتماً یک تصادف را نشان می دهد؟ $(+۴، -\frac{۳}{۴})$



۳ـ تعداد الکترون های بدن انسان به کدام یک از اعداد زیر نزدیک تر است؟ عدد آووگادرو حدود ۶×۱۰^{۲۳} است.

هر کمیت دیگری را که لازم دارید تخمین بزنید. $(+۴، \frac{۴}{۳})$

الف) $۱۰^{۲۳}$ ب) $۱۰^{۲۱}$

ج) $۱۰^{۲۷}$ د) $۱۰^{۳۰}$

۴ـ متحرکی $\frac{۱}{۲}$ مسیر خود را با سرعت V، $\frac{۱}{۴}$ مسیر را با سرعت $\frac{V}{۲}$، $\frac{۱}{۸}$ مسیر را با سرعت $\frac{V}{۴}$، ...، و به همین صورت تا انتها طی می کند. سرعت متوسط این متحرک چه قدر است؟ $(+۴، -\frac{۴}{۳})$

الف) $\frac{V}{۲}$ ب) $\frac{۲V}{۳}$

ج) $\frac{V}{۴}$ د) صفر

۵ـ تعدادی گلوله با سرعت های اولیه ی غیر صفر، هم زمان شروع به حرکت می کنند. این گلوله ها در مدت حرکتشان تحت اثر نیروهایی برابر، ثابت، و در جهت عکس سرعتشان قرار دارند. کدام گلوله تا زمان توقف مسافت بیشتری می پیماید. (۴+، ۱−)

الف) گلوله ای که جرمش از همه کمتر است.

ب) گلوله ای که جرمش از همه بیشتر است

ج) گلوله ای که سرعتش از همه بیشتر است.

د) گلوله ای که اندازه حرکتش از همه بیشتر است.

هـ) گلوله ای که انرژیش از همه بیشتر است.

۶ـ در سؤال قبل زمان توقف کدام گلوله بیش از بقیه است؟ (۴+، ۱−)

الف) گلوله ای که جرمش از همه کمتر است.

ب) گلوله ای که جرمش از همه بیشتر است

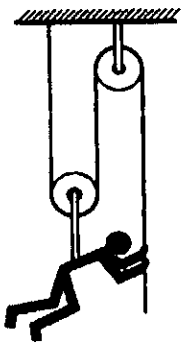
ج) گلوله ای که سرعتش از همه بیشتر است.

د) گلوله‌ای که اندازه حرکتش از همه بیشتر است.
هـ) گلوله‌ای که انرژیش از همه بیشتر است.

۷ـ یک کارگر ساختمانی به وزن w برای بالا رفتن از ساختمانی، ابزاری مطابق شکل زیر به کار می‌برد. او حداقل با چه نیرویی باید طناب را به پایین بکشد، تا بتواند خود را بالا ببرد؟ از جرم نخ و قرقره‌ها چشم بپوشید. (۳+، ۱-)

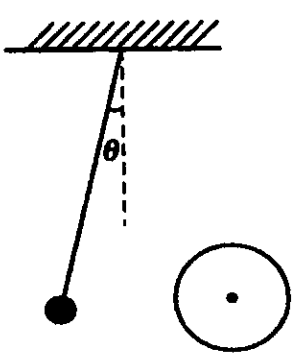
الف) w ب) $\frac{w}{2}$

ج) $\frac{w}{3}$ د) $\frac{w}{4}$

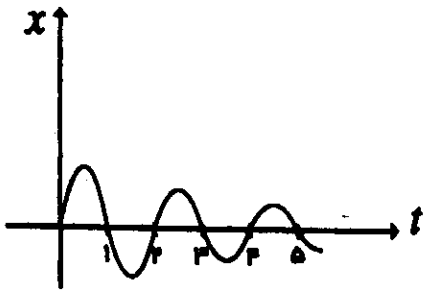


۸ـ بار نقطه‌ای q را، مطابق شکل، از نقطه‌ای می‌آویزیم. یک دفعه کره‌ای رسانا با بار q' و دفعه‌ی دیگر کره‌ای نارسانا با همان بار q' به آن نزدیک می‌کنیم. توزیع بار کره‌ی نارسانا یکنواخت است، کره‌ها هم‌اندازه‌اند، و q و q' هر دو مثبت‌اند. در هر دو حالت بار q دفع می‌شود. زاویه‌ی انحراف θ در کدام حالت بیشتر است؟ (۳+، $\frac{۳}{۲}$-)

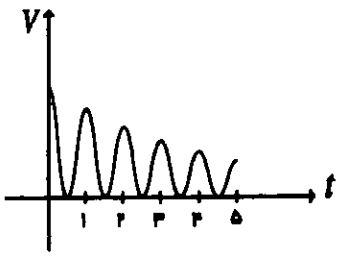
الف) با کره‌ی رسانا. ب) با کره‌ی نارسانا.
ج) در هر دو حالت یکی است.



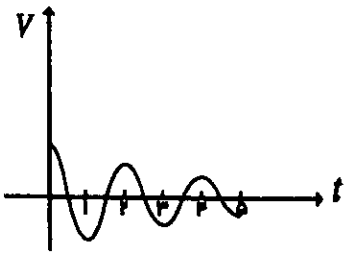
۹ـ نمودار مکان ـ زمان جسمی مطابق شکل است.



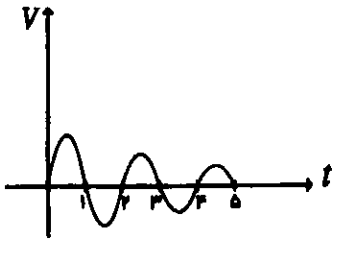
نمودار سرعت ـ زمان آن کدام یک از شکل‌های زیر است؟ (۴+، $\frac{۴}{۳}$-)



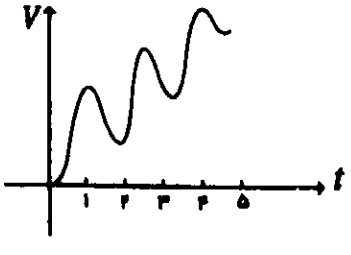
الف)



ب)



ج)



د)

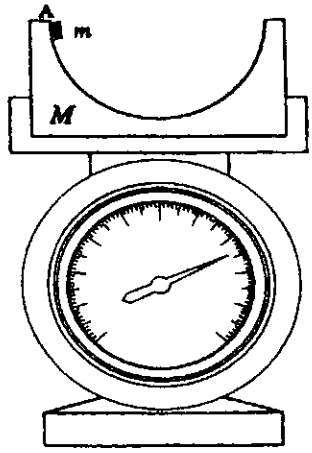
۱۰ـ جسمی به جرم m، مطابق شکل، روی سطح داخلی نیم‌کره‌ای به جرم M و به شعاع R قرار دارد. سطح نیم‌کره را بدون اصطکاک بگیرید. جرم m از نقطه‌ی A از حالت سکون رها می‌شود. این مجموعه روی یک ترازو قرار دارد. عددی که ترازو نشان می‌دهد، $(+۵، -\frac{۵}{۳})$

الف) ثابت، و برابر $(M+m)g$ است.

ب) متغیر است و بیشترین مقدار آن $(M+m)g$ است.

ج) متغیر است و بیشترین مقدار آن $(M+۲m)g$ است.

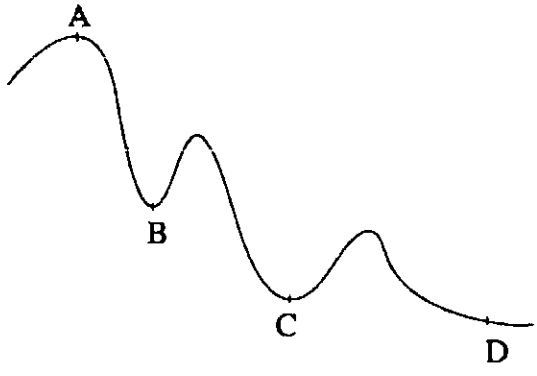
د) متغیر است و بیشترین مقدار آن $(M+۳m)g$ است.



۱۱ـ اتومبیلی روی یک مسیر افقی مارپیچ، که در شکل نشان داده شده است، حرکت می‌کند. اندازه‌ی سرعت اتومبیل ثابت است. شتاب اتومبیل در کدام یک از نقاط زیر بیشترین مقدار است؟ $(+۴، -\frac{۴}{۳})$

الف) A　　ب) B

ج) C　　د) D



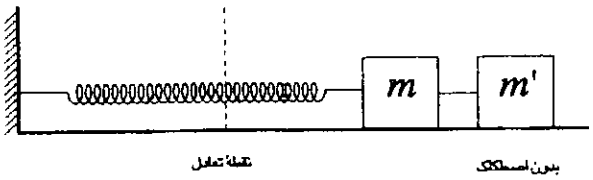
۱۲ـ در شکل مقابل m و m' با میله‌ی سبکی به هم متصل‌اند. دستگاه حول نقطه‌ی تعادل نوسان می‌کند. لحظه‌ای که جرم‌ها به دورترین فاصله از نقطه‌ی تعادل می‌رسند، جرم m' را جدا می‌کنیم. دامنه‌ی نوسان جرم m چه قدر می‌شود؟ $(+۴، -\frac{۴}{۳})$

الف) کمتر می‌شود.

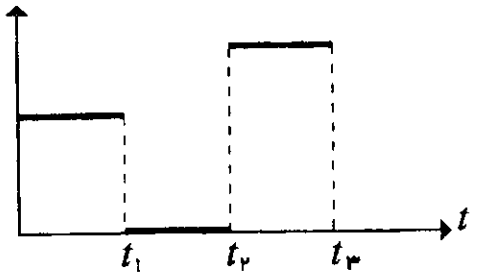
ب) بیشتر می‌شود.

ج) تغییر نمی‌کند.

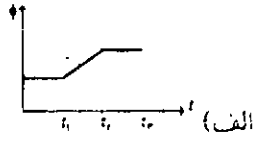
د) بدون داشتن ثابت فنر و جرم‌ها نمی‌توان پاسخ داد.



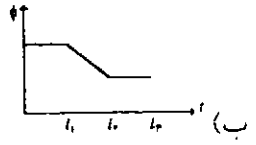
۱۳ـ در اثر تغییرات شار مغناطیسی در یک مدار بسته، جریانی القایی تولید می‌شود. نمودار جریان القایی بر حسب زمان مطابق شکل مقابل است. کدام یک از گزینه‌های زیر نمودار شار مغناطیسی بر حسب زمان در این مدار است؟ $(+۳، -۱)$



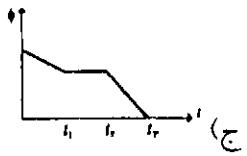
الف)



ب)

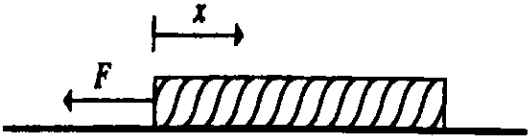


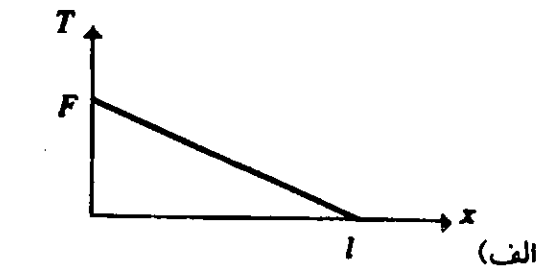
ج)



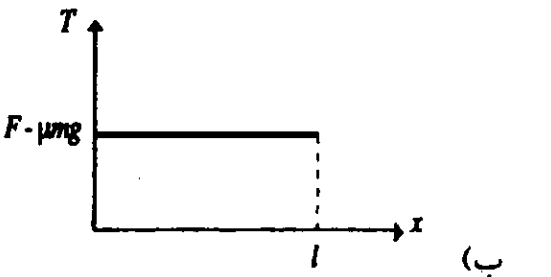
د)

۱۴ـ مطابق شکل، ریسمانی همگن به طول l و جرم m روی سطحی افقی با ضریب اصطکاک μ قرار دارد. به یک سر آن نیرویی به اندازه‌ی F(F > μmg) وارد می‌کنیم. نمودار نیروی کشش نخ بر حسب X کدام یک از شکل‌های زیر است؟ (۴+، $-\frac{۴}{۳}$)

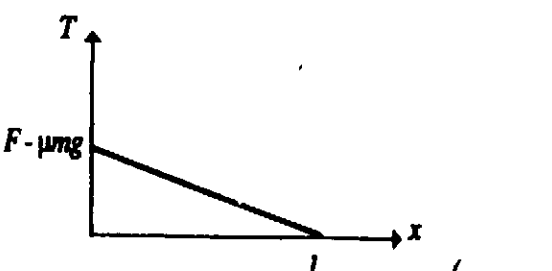




الف)



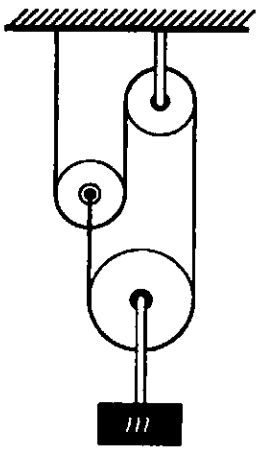
ب)



ج)

د)

۱۵ـ در شکل مقابل، از وزن قرقره‌ها و نخ چشم بپوشید. در این صورت جرم m با چه شتابی سقوط می‌کند؟ (۴+، $-\frac{۴}{۳}$)



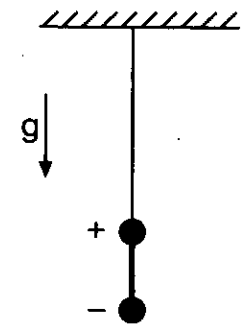
الف) $\frac{g}{۲}$

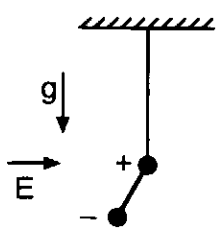
ب) $\frac{g}{۳}$

ج) $\frac{g}{۴}$

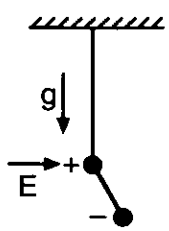
د) g

۱۶ـ دو گلوله‌ی باردار به دو سر یک میله‌ی نارسانا متصل شده‌اند. اندازه‌ی بار دو کره مساوی و علامت آنها مخالف است. مطابق شکل، گلوله‌ی مثبت را به یک ریسمان سبک بسته و آونگ مرکبی درست کرده‌ایم. این آونگ را در میدان الکتریکی یکنواخت و افقی E می‌گذاریم. در حالت تعادل، آونگ مطابق کدام شکل قرار می‌گیرد؟ (۴+، $-\frac{۴}{۳}$)

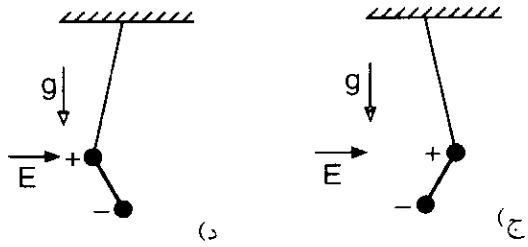




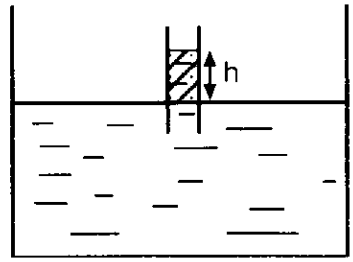
ب)



الف)



۱۷ـ لوله ی موئینی را، مطابق شکل، در آب فرو می بریم. در اثر این کار، آب تا ارتفاع h در لوله بالا می رود. علت این پدیده آن است که به خاطر تماس آب با سطح درونی لوله نوعی انرژی پتانسیل در دستگاه به وجود می آید که مقدار آن از رابطه ی $E_1 = -\beta S$ به دست می آید. در این جا S مساحت جانبی ستون هاشور خورده، و β ضریبی ثابت است، که به جنس لوله و مایع (در این مورد آب) بستگی دارد. ستون آب بالا آمده، به جز انرژی E_1 یک انرژی پتانسیل گرانشی هم دارد که ناشی از بالا آمدن آب در لوله نسبت به سطح آب در ظرف است. حالت تعادل دستگاه جایی است که مجموع این دو انرژی کمینه شود. اکنون فرض کنید لوله ای به قطر d را در آب فرو کنیم و آب در آن به ارتفاع h، نسبت به سطح آب ظرف، بالا رود. اگر لوله ای از همان جنس و با قطر 2d در آب فرو کنیم، آب تا چه ارتفاعی بالا می آید؟ $(+5\ ،\ -\frac{5}{4})$



الف) $\frac{h}{4}$

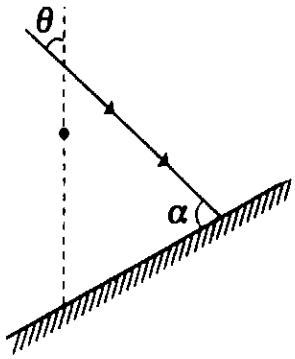
ب) $\frac{h}{2}$

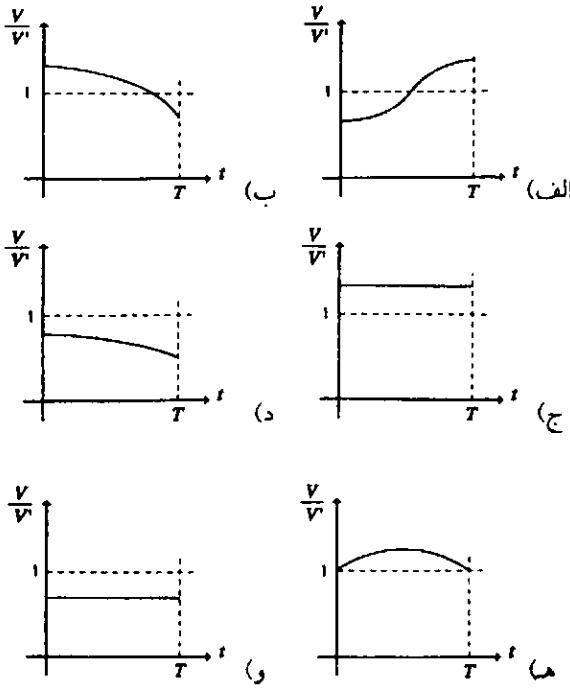
ج) h

د) $\sqrt{2}h$

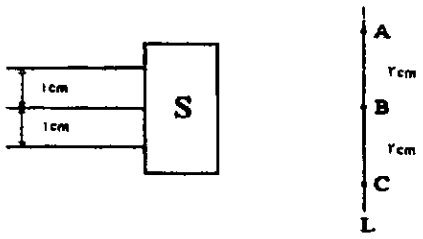
هـ) 2h

۱۸ـ مطابق شکل، نور خورشید با زاویه ی α به یک سطح شیب دار می تابد. زاویه ی تابش پرتوهای آفتاب با خط قائم θ است $(\theta < \alpha)$. گلوله ای را بدون سرعت اولیه رها می کنیم تا در راستای قائم سقوط کند. سایه ی گلوله روی سطح شیب دار می افتد. کدام یک از نمودارهای زیر ممکن است نشان دهنده ی نسبت سرعت گلوله (V) به سرعت سایه ی آن روی سطح شیب دار (V′) بر حسب زمان باشد؟ $(-\frac{4}{5}+4)$





۱۹ـ مطابق شکل، سه باریکه ی نور کاملاً موازی به ابزار نوری S می تابند و روی پرده ی L نقاط روشن A، B، C را به وجود می آورند. فاصله ی A تا B و B تا C چند سانتی متر است؟



و C را پدید می‌آورند. ابزار نوری S، (۳+، $\frac{۳}{۲}$-)

الف) حتماً یک عدسی واگراست.

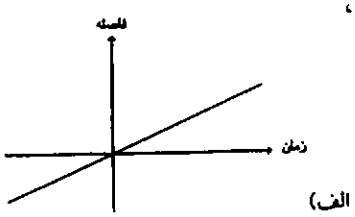
ب) حتماً یک عدسی همگراست.

ج) ممکن است یک عدسی همگرا یا یک عدسی واگرا باشد.

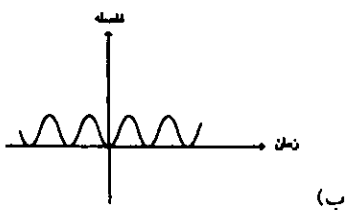
۲۰ـ فرض کنید در شهری، به طور متوسط، در هر خانه یک شیر آب چکه کند، چنان که در هر ثانیه یک قطره از شیر بچکد. حجم هر قطره را ۰/۱ سانتی متر مکعب بگیرید. فرض کنید در هر خانه به طور متوسط پنج نفر زندگی کنند و مصرف آب روزانه ی هر نفر به طور متوسط ۲۰۰ لیتر باشد. کسری از آب که از این راه هدر می رود به کدام یک از اعداد زیر نزدیک تر است؟ (۳+، ۱-)

الف) ۰/۱ ب) ۰/۰۱ ج) ۰/۰۰۱ د) ۰/۰۰۰۱

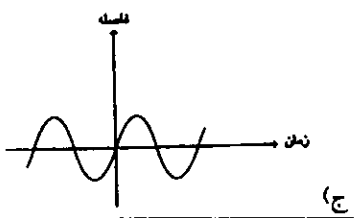
۲۱ـ متحرکی با سرعت ثابت روی دایره ای حرکت می‌کند. نمودار فاصله ی متحرک از نقطه ی ثابت A روی محیط دایره، بر حسب زمان شبیه کدام یک از شکل های زیر است؟ (۴+،



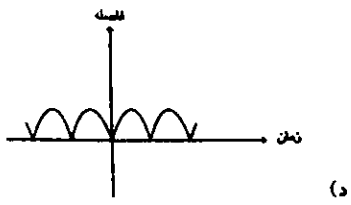
الف)



ب)



ج)



د)

۲۲ـ سیم لوله ی بلندی به شکل استوانه ای به شعاع r است و جریان I از آن زندگی می گذرد. مؤلفه ی شعاعی نیروی مغناطیسی وارد بر قوس کوچکی از سیم لوله، (۴+، ۱-)

الف) متناسب با I و به طرف خارج است.

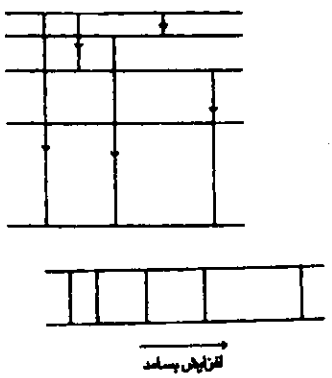
ب) متناسب با I و به طرف داخل است.

ج) متناسب با $I^۲$ و به طرف خارج است.

د) متناسب با $I^۲$ و به طرف داخل است.

هـ) صفر است.

۲۳ـ شکل روبه رو جهش های الکترون را در ترازهای مختلف یک اتم نشان می دهد. کدام یک از شکل های زیر، طیف تابشی این اتم را نشان می دهد؟ (۴+، $\frac{۴}{۳}$-)



الف)

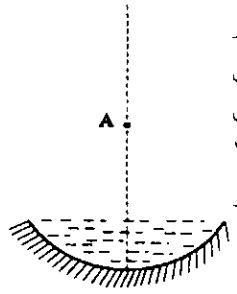
ب)

ج)

د)

۲۴ـ برای اندازه گیری ضریب شکست یک مایع، آینه ی مقعری به شعاع ۲۸cm را، مطابق شکل، روی سطحی افقی می گذاریم و گودی آن را از مایع پر می کنیم، به طوری که ضخامت مایع در وسط ۱cm شود. مشاهده می شود که

تصویر نقطه ی نورانی A واقع بر محور اصلی آینه، بر خودش منطبق می شود. اگر فاصله ی نقطه ی A از سطح آزاد مایع ۲۰cm باشد، ضریب شکست مایع چقدر است؟ $(+۴، -\frac{۴}{۳})$

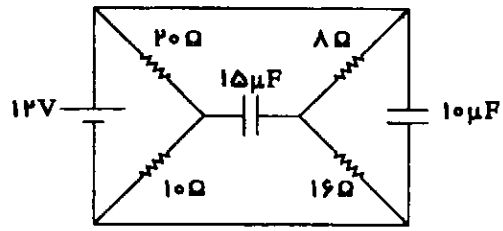


الف) ۱٫۳۵ ب) ۱٫۴۰
ج) ۱٫۴۵ د) ۱٫۵۰

۲۵ـ دانشمندی به نام **اراتوستن** برای سنجش شعاع زمین از این پدیده استفاده کرد که وقتی تابش نور خورشید در شهر آسوان در مصر بر زمین عمود است، زاویه ی پرتوهای نور خورشید با راستای عمود بر زمین در شهر اسکندریه حدود ۷ درجه است. با توجه به این که شهر اسکندریه تقریباً در شمال آسوان قرار دارد، فاصله ی این دو شهر تقریباً چند کیلومتر است؟ شعاع زمین حدود ۶۴۰۰km است. $(+۳، -۱)$

الف) ۱۱۰۰ ب) ۷۸۰
ج) ۵۲۰ د) ۳۲

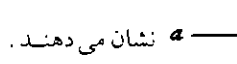
۲۶ـ اختلاف پتانسیل نهایی دو سر خازن ۱۵μF در مدار زیر چند **ولت** است؟ $(+۳، -۱)$



الف) صفر ب) ۴ ج) ۸ د) ۱۲

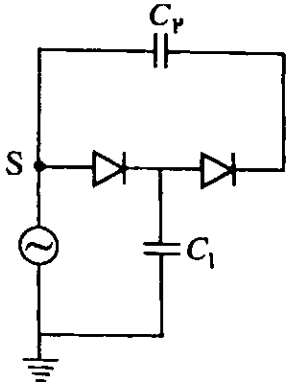
۲۷ـ جرم جوّ زمین به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ فشار جوّ زمین $۱۰^۵ Pa$ است. هر کمیّت دیگری را که لازم دارید تخمین بزنید. $(+۴، -\frac{۴}{۳})$

الف) $۱۰^{۱۳} Kg$ ب) $۱۰^{۱۶} Kg$
ج) $۱۰^{۱۹} Kg$ د) $۱۰^{۲۲} Kg$

۲۸ـ دیود (یا یک سو کننده) عنصری الکترونیکی است که آن را با علامت  نشان می دهند.

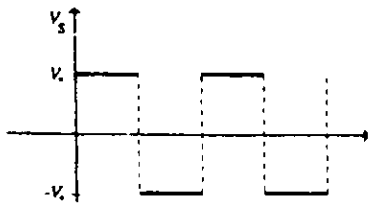
کار دیود چنان است که یا جریانی از آن نمی گذرد و در این صورت $V_a \geq V_c$، یا جریان مثبتی از a به c برقرار است و در این حالت $V_a = V_c$ (V_a و V_c ولتاژ نقاط a و c اند).

مداری مطابق شکل ۱ را در نظر بگیرید. در این مدار، خازن ها در ابتدا خالی اند و ولتاژ نقطه ی S بر حسب زمان مطابق شکل ۲ است.



شکل (۱)

اختلاف پتانسیل دو سر خازن های $C_۱$ و $C_۲$ را، به ترتیب، $V_۱$ و $V_۲$ می نامیم. پس از گذشت زمان زیاد $(+۵، -\frac{۵}{۴})$



شکل (۲)

الف) $V_۲ = V_۰$ ، $V_۱ = V_۰$

ب) $V_۲ = \frac{V_۰}{۲}$ ، $V_۱ = \frac{V_۰}{۲}$

ج) $V_۲ = ۲V_۰$ ، $V_۱ = V_۰$

د) $V_۲ = \frac{C_۲}{C_۱ + C_۲} V_۰$ ، $V_۱ = \frac{C_۲}{C_۱ + C_۲} V_۰$

هـ) $V_۲ = ۰$ ، $V_۱ = V_۰$

۲۹ـ با توجه به دوره ی گردش ماه به دور زمین و دوره ی چرخش زمین به دور محور خود، تأخیر طلوع یا غروب ماه در هر روز نسبت به روز قبل تقریباً چند **دقیقه** است؟ $(+۴، -\frac{۴}{۳})$

الف) ۴۰ ب) ۵۰
ج) ۶۰ د) ۷۰

۳۰ـ کدام یک از گزاره های زیر در مورد رؤیت ماه درست است؟ $(+۴، -\frac{۴}{۳})$

الف) هلال باریکی که در شب های بعد بزرگ می شود

در سر شب، و هلال باریکی که در شب های بعد کوچک می شود قبل از طلوع آفتاب دیده می شوند.

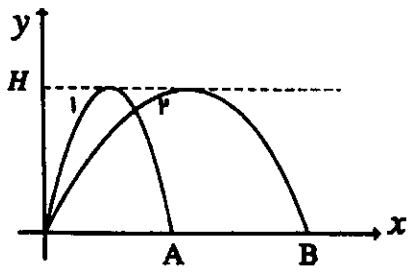
ب) هلال باریکی که در شب های بعد بزرگ می شود قبل از طلوع آفتاب، و هلال باریکی که در شب های بعد کوچک می شود در سر شب دیده می شوند.

ج) هلال های باریک، همواره در سر شب دیده می شوند.

د) هلال های باریک، همواره قبل از طلوع آفتاب دیده می شوند.

۳۱ـ نمودار حرکت دو پرتابه ی ۱ و ۲ مطابق شکل روبه رو است. دو پرتابه هم زمان پرتاب می شوند و ارتفاع اوجشان یکسان است. کدام گزینه درست است؟

$(+۳ ، -\frac{۳}{۲})$



الف) پرتابه ها هم زمان، به ترتیب، به نقاط A و B می رسند.

ب) پرتابه ی ۱ زودتر به A می رسد.

ج) پرتابه ی ۲ زودتر به B می رسد.

بخش دوم: مسئله های کوتاه

پیش از شروع به حل مسئله های کوتاه، توضیح زیر را به دقت بخوانید:

در مسئله های شماره ی ۱ تا ۹ باید پاسخ را بر حسب واحدهای مورد نظر (مثلاً میلی متر، متر، کیلوگرم، میکروفاراد، و غیره) که در صورت مسئله خواسته شده است، با دو رقم به دست آورید. این عدد را در پاسخنامه در دو خانه ی بالای هر سؤال بنویسید و سپس خانه های مربوط به ارقام این عدد را در برگه ی پاسخنامه سیاه کنید. توجه کنید که رقم یکان عدد مورد نظر را در ستون یکان و رقم دهگان را در ستون دهگان پاسخنامه سیاه کنید.

مثال:

فرض کنید ظرفیت خازنی برحسب میکروفاراد خواسته شده باشد و شما عدد ۲۶/۷ میکروفاراد را به دست آورده باشید. ابتدا آن را گرد کنید و به ۲۷ میکروفاراد تبدیل کنید. سپس، مطابق شکل، پاسخ خود را در پاسخنامه وارد کنید.

۲	۷
دهگان	یکان
۰	۰
۱	۱
■	۲
۳	۳
۴	۴
۵	۵
۶	۶
۷	■
۸	۸
۹	۹

توجه!

۱ـ دستگاه فقط خانه های سیاه شده را می خواند. بنابراین اعداد نوشته شده در بالای هر سؤال ملاک تصحیح نخواهد بود.

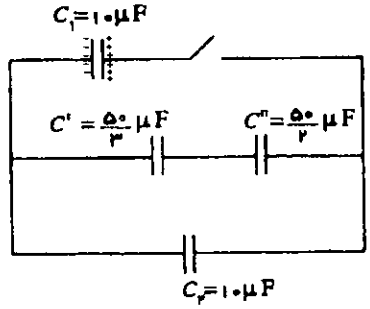
۲ـ پاسخ نادرست در این بخش نمره ی منفی ندارد.

۱ـ با خوردن یک گرم کشمش ۱۳ kJ انرژی جذب بدن می شود. شخصی به جرم ۶۵ kg، ۲۰۰g کشمش می خورد. اگر بدن می توانست از تمام این انرژی برای بالا رفتن استفاده کند، این شخص چند کیلومتر می توانست از کوهی بالا رود؟ (ارتفاع عمودی مورد نظر است و $g = ۱۰ m/S^۲$) (۴ نمره)

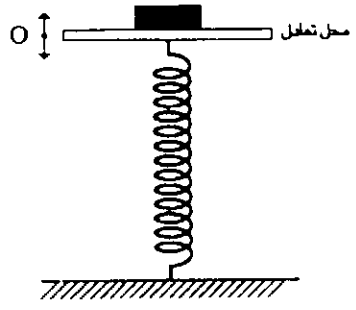
۲ـ گلوله ای را از ارتفاع $h_۰ = ۸۰m$ رها می کنیم. این گلوله پس از برخورد nام با زمین تا ارتفاع h_n بالا می آید. در هر برخورد، داریم: $h_n = ۰/۳۶ h_{n-۱}$. این گلوله چند ثانیه پس از رها شدن روی زمین متوقف می شود؟ $(g = ۱۰ m/S^۲)$ (۵ نمره)

۳ـ تیری به طول ۲m به طور قائم بر کف استخر آبی نصب شده است. ۰/۵m از این تیر بیرون آب است. آفتاب با زاویه ی ۵۳° نسبت به خط قائم بر سطح آب می تابد. طول سایه ای که از تیر بر کف استخر می افتد چند دسی متر است؟ $(n \approx \frac{۴}{۳} ، \sin ۵۳^\circ \approx \frac{۴}{۵})$ (۴ نمره)

۴ـ در مدار روبه رو خازن C_1 را تا اختلاف پتانسیل ۳۰۰ ولت پر کرده ایم. پس از بستن کلید، اختلاف پتانسیل دو سر خازن C' چند **ولت** می شود؟ ۴ (نمره)

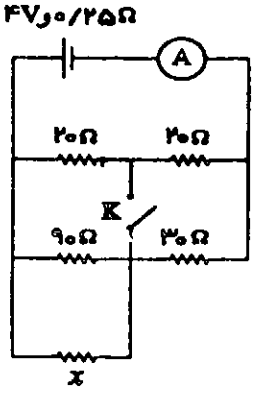


۵ـ فنری با جرم ناچیز را، مطابق شکل، به صورت قائم قرار می دهیم و روی آن صفحه ای سبک و افقی نصب می کنیم. ثابت فنر $9\frac{N}{m}$ است. روی صفحه سکه ای به جرم ۱۸ g قرار دارد و دستگاه در حالت تعادل است. اکنون صفحه را به آرامی، به اندازه ی d نسبت به نقطه ی تعادل پایین می بریم و سپس رها می کنیم. بیشترین مقدار d باید چند **میلی متر** باشد تا سکه از صفحه جدا نشود؟ (۵ نمره)

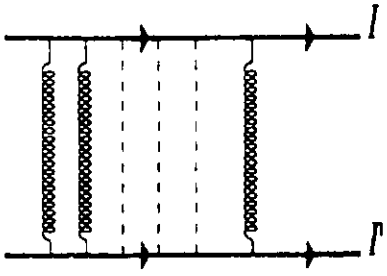


۶ـ دو توپخانه به فاصله ی ۳۰ km از هم شلیک می کنند. هر توپخانه اختلاف زمان بین مشاهده ی نور و شنیدن صدای شلیک توپخانه ی دیگر را می سنجد. این زمان برای یکی از آنها ۹۲ ثانیه و برای دیگری ۸۸ ثانیه است. فرض کنید راستای وزش باد در راستای خط واصل توپخانه ها است. سرعت باد چند **کیلومتر بر ساعت** است؟ (۵ نمره)

۷ـ در مدار روبه رو با قطع و وصل کلید k شدت جریان در آمپرسنج تغییری نمی کند. مقاومت x چند اهم است؟ (۴ نمره)



۸ـ بین دو کابل راست موازی و بلند، مطابق شکل، تعدادی فنر با ثابت $k = 50\frac{N}{m}$ گذاشته ایم. هنگامی که از هر کابل جریان ۵۰A می گذرد، طول فنرها 5cm است. اگر شدت جریان کابل ها ۲۰A بیشتر شود، طول فنرها 4/9cm می شود. در هر **کیلومتر** از طول این کابل ها چند فنر گذاشته ایم؟ $(\mu = 4\pi\times10^{-7}\frac{Tm}{A})$ (۵ نمره)



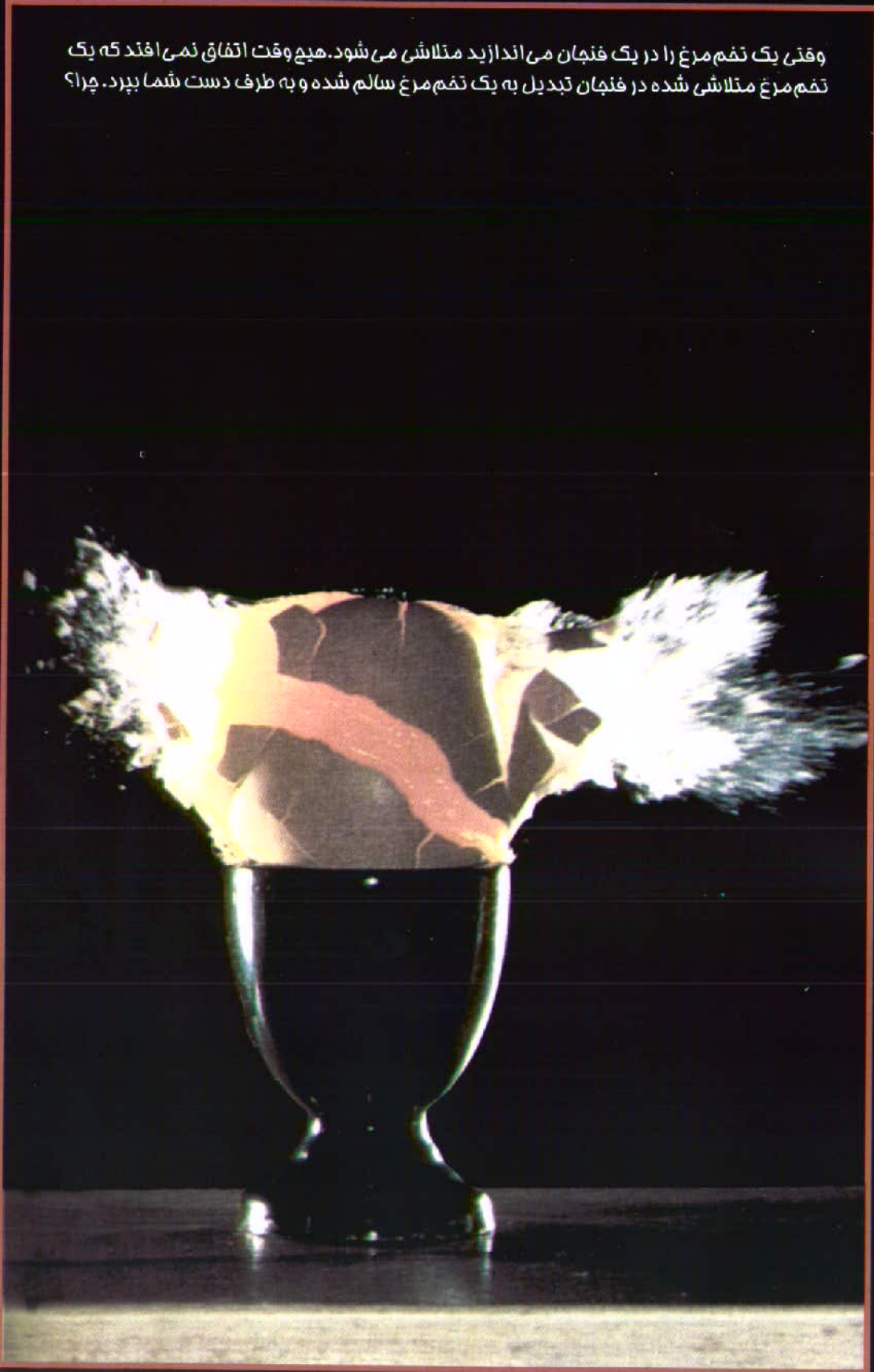
۹ـ میان کلاهک یک وان دو گراف و کره ی رسانایی در نزدیکی آن در هر ثانیه دو جرقه زده می شود. کره ی رسانا به زمین متّصل است. اگر سر راه کره به زمین یک میکروآمپرمتر بگذاریم، جریان متوسط 3μA خوانده می شود. فرض کنید در هر جرقه وان دو گراف کاملاً تخلیه می شود. ظرفیت معادل بین کره و وان دوگراف 30pF است. ولتاژ کلاهک قبل از هر جرقه چند **کیلوولت** است؟ (۴ نمره)

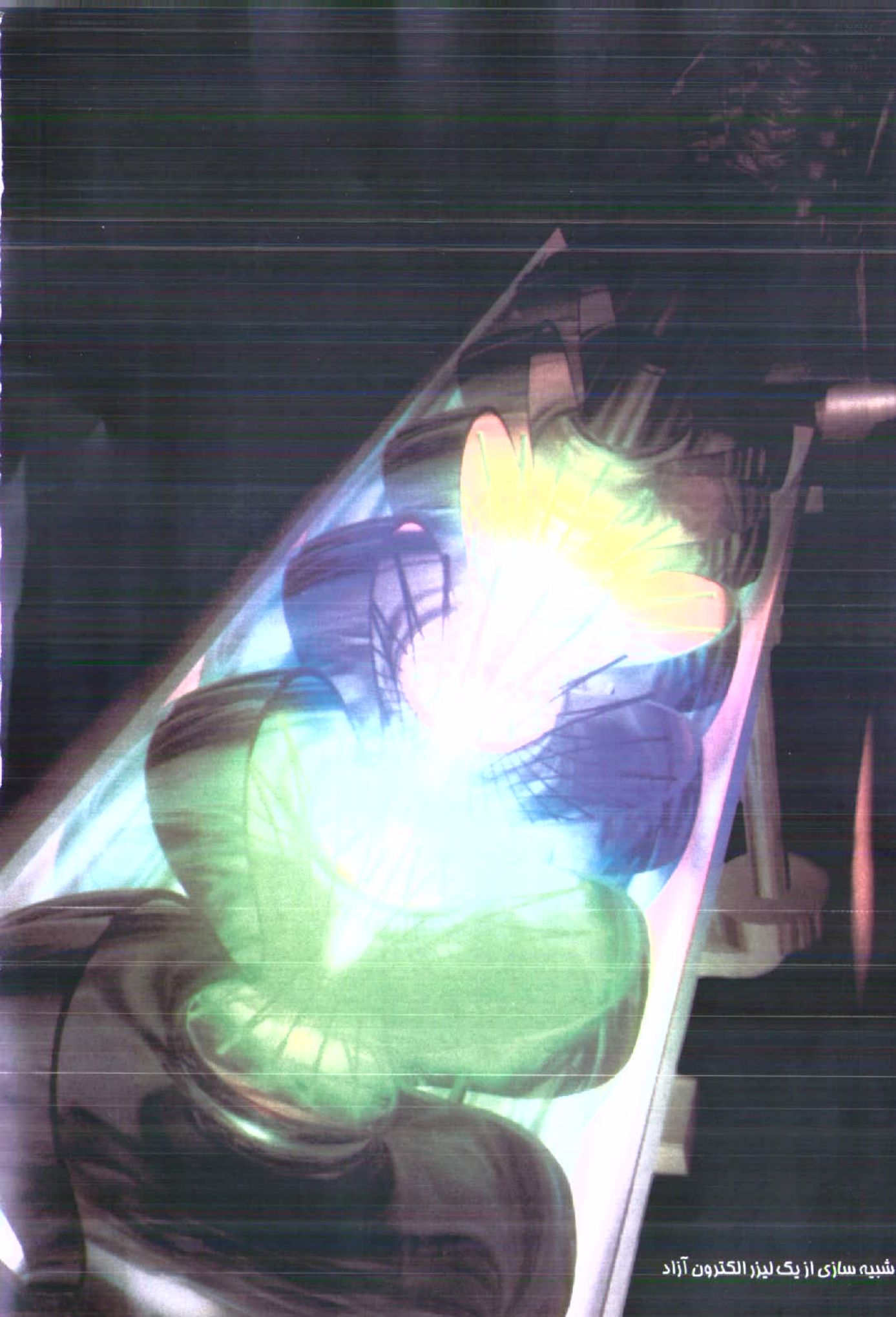
موفق باشید

همکار گرامی، جناب آقای علی موسوی

با غمی جان‌فزا و تأثری بی‌پایان، مصیبت وارده را به شما و خانوادهٔ محترم تسلیت عرض نموده از خداوند متعال برای آن مرحومه علو درجات و برای بازماندگان محترم صبر و سلامتی مسئلت داریم.

وقتی یک تخم‌مرغ را در یک فنجان می‌اندازید متلاشی می‌شود. هیچ وقت اتفاق نمی‌افتد که یک تخم‌مرغ متلاشی شده در فنجان تبدیل به یک تخم‌مرغ سالم شده و به طرف دست شما بپرد. چرا؟





شبیه سازی از یک لیزر الکترون آزاد