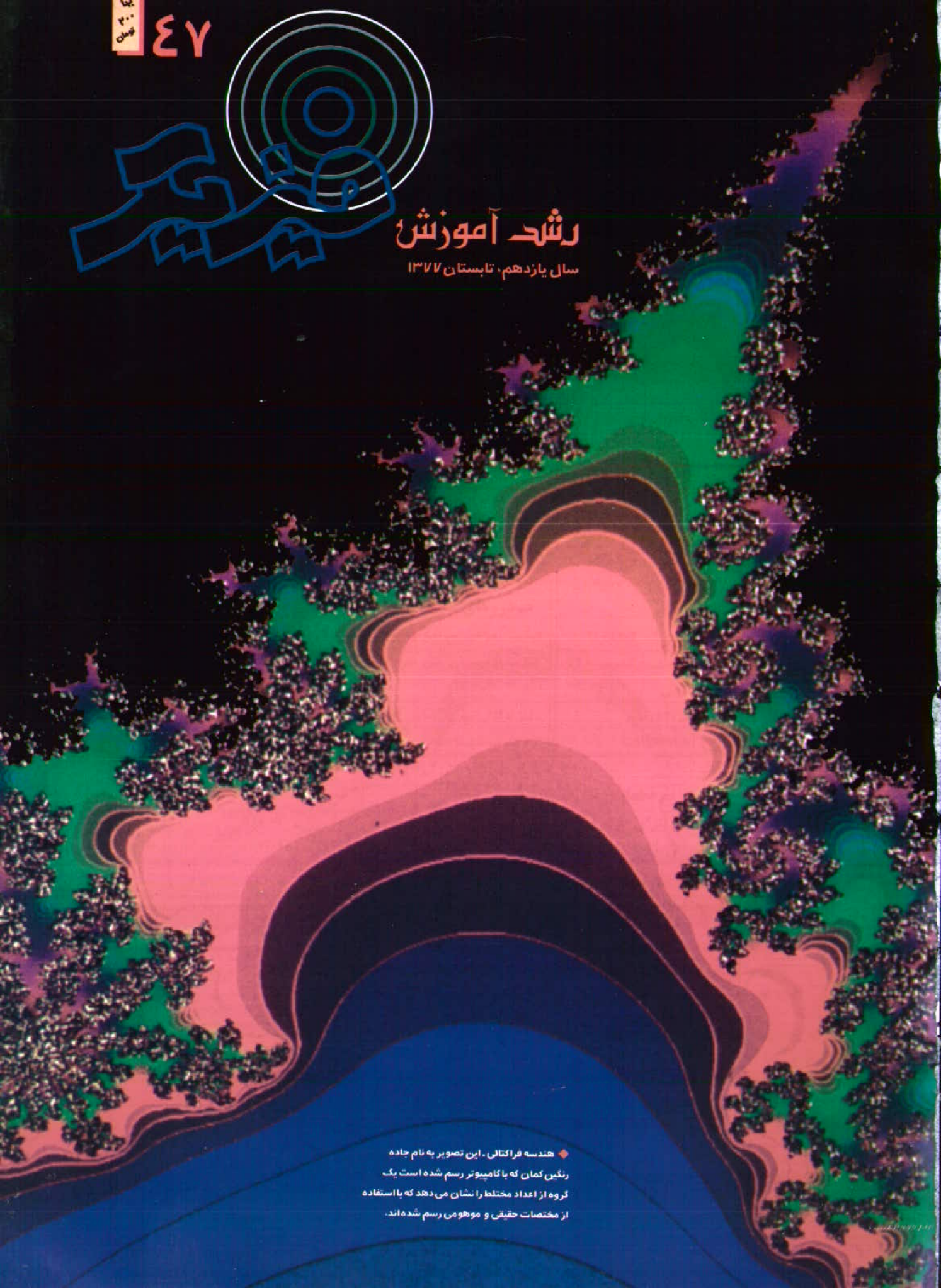
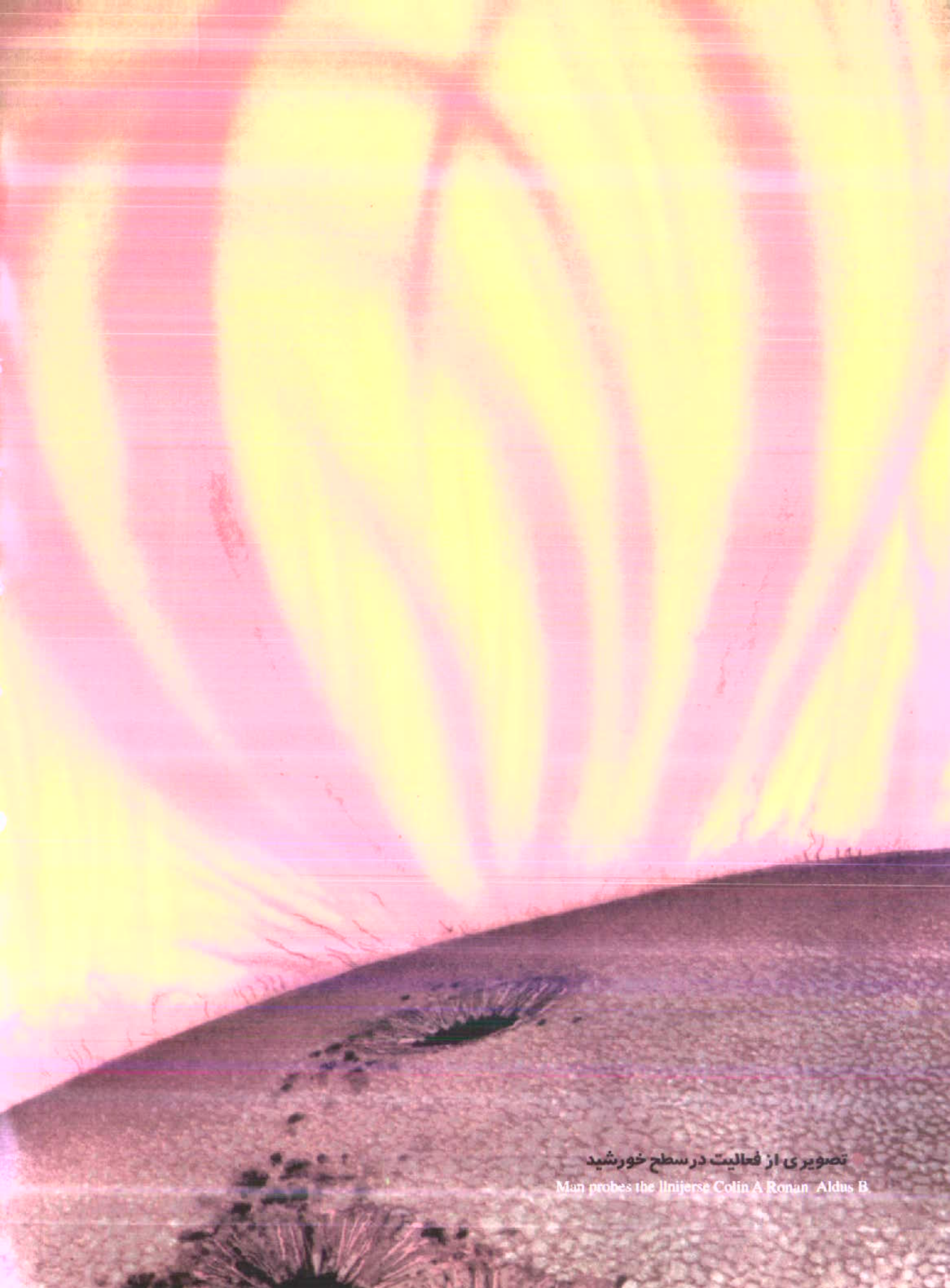
۴۷
۳۰۰ تومان

رشد آموزش فیزیک

سال یازدهم، تابستان ۱۳۷۷



◆ هندسه فراکتالی. این تصویر به نام جاده رنگین کمان که با کامپیوتر رسم شده است یک گروه از اعداد مختلط را نشان می‌دهد که با استفاده از مختصات حقیقی و موهومی رسم شده‌اند.



تصویری از فعالیت در سطح خورشید

Man probes the Iinijerse Colin A Ronan Aldus B

۴۷

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

رشد آموزش فیزیک،
شمارهٔ ۴۷، سال تحصیلی ۷۷ـ۱۳۷۶

رشد آموزش فیزیک

سال یازدهم، تابستان ۱۳۷۷

بسم الله الرحمن الرحیم

۲ سرمقاله — علم رسانه ها ◆ سردبیر

۳ پژوهش — آزمایشهای ساده ◆ اصغر نوروزیان

۶ پژوهش — برآورد اندازهٔ گلبولهای خون با خیره نگاه کردن به آن ◆ دیوید گیبورت

۸ تحقیق پیرامون فیزیک اول نظام جدید با... ◆ فاطمه اکبرزادهٔ خوبی

۱۰ ارزشیابی و تحلیل محتوایی فیزیک ۱ نظام جدید... ◆ رضا جعفری هرفتی

۱۸ آشنایی با مفاهیم فیزیک — هفتمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران ◆ احمد احمدی

۱۸ ابرها ردّهای تراکم و آب و هوا ◆ جان مینشاف

۲۱ آن خورشید چشمک زن ◆ تام و نانسی

۲۲ مروری — به معادله ها توجه کنید تاموفق شوید ◆ پیتر لسلی

۲۵ خوانندگان و رشد آموزش فیزیک

۲۶ منشأ جرم ◆ نرسی بهدری

۳۲ آموزش — آیا ماه وارونه سقوط می کند؟ ◆ میشل ساویگی

۳۶ به دست آوردن احساس از جمع برداری نیروها ◆ ترجمهٔ برنامه‌نویسی واژه‌نامه

۳۷ سه مثال روزمره از کوانتش ◆ دیوید آشپسون

۳۸ کنفرانس — سوالات دبیران ◆ محمد خرمی

۴۲ آذرخش ◆ مجید عقیلی

۴۷ همجوشی هسته ای ◆ فاطمه کنتری

۵۶ المپیاد — دهمین المپیاد فیزیک کشور

۶۴ مسابقه — جایزهٔ انجمن فیزیک ایران به دبیر برگزیدهٔ ۱۳۷۸

مدیر مسؤول: سیّد محسن گلدانساز
سردبیر: دکتر منیژه رهبر
مدیر داخلی: احمد احمدی
صفحه آرا: مریم خونساری
اعضاء هیئت تحریریه: منیژه رهبر، سید جعفر مهرداد، محمد رضا اجتهادی، محمدعلی سعادت بخت، احمد احمدی

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

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

نشانی دفتر مجله: تهران، صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۶۵۸۵
تلفن امور مشترکین: ۹ـ۸۸۳۱۱۶۰ داخلی ۴۳۲
تلفن دفتر مجله: ۸۳۵۲۷۹

چاپ: شرکت افست

علم و رسانه ها

سردبیر

به پایان هزارهٔ دوم میلادی نزدیک می شویم و در بسیاری از کشورهای جهان از هزار روز مانده به آغاز سال ۲۰۰۰ میلادی، شمارش معکوس ورود به قرن بیست و یکم آغاز شده است. این وضع فرصتی را برای رسانه ها به وجود آورده است تا به بررسی دستاوردهای علمی هزارهٔ گذشته و چالشهایی بپردازند که در آینده در مقابل بشر قرار دارد. بشر در قرن آینده با مشکلاتی نظیر رشد فزایندهٔ جمعیت، تهی شدن منابع موجود در روی زمین، مسائل زیست محیطی، و نابودی بسیاری از گونه های حیات بر روی زمین مواجه است که به هیچ وجه قابل چشمپوشی نیستند و برخورد با آنها بیش از هر زمان دیگر ایجاب می کند که افراد مجهز به سلاح علم باشند و از امکانات موجود بیشترین بهره را بگیرند تا بتوانند از این کارزار موفق بیرون آیند، و در جهان آینده زندگی انسان شایستهٔ زمان خود را داشته باشند.

غرض از این مقدمه توجه به مسئولیتی است که رسانه های کشور ما برعهده دارند تا افراد جامعه را از جریان آخرین تحولات علمی جهان آگاه سازند و توجه آنها را به نیازهای آیندهٔ بشر جلب کنند. اما، متأسفانه کمتر رسانه ای است که به این موضوع توجه داشته باشد، و بسیاری از آنها در واقع در جهت خلاف آن گام برمی دارند.

هنوز جالب ترین اخبار علمی در رسانه های ما مربوط به کشف نوابغ خردسالی است که یک شبه ره صد ساله پیموده اند و بدون توجه چندان به مدرسه رفتن و درس خواندن علامه شده اند. متأسفانه اغلب پس از بررسی معلوم می شود که این جوانان ساده لوح نه تنها چنان که ادعا می شود نیستند؛ بلکه اغلب از سطح معمول نیز پایین ترند. در این راستا شاهد بودیم که جنجال فراوان دربارهٔ جوان نابغه ای برپا شد که مدعی تحصیل در متقطع فوق تخصص مغز و اعصاب، قهرمانی بسکتبال، تسلط بر چند زبان خارجی، و حفظ کل قرآن مجید بود، و در بررسی بیشتر معلوم شد که حتی دبیرستان را به پایان نرسانیده است. بدون شک در هر جامعه ای افرادی یافت می شوند که دچار توهم نابغه بودن هستند و این موضوع چندان شگفت انگیزی نیست. اما اینکه رسانه های معتبر و رسمی کشور در این زمینه تبلیغ، و این گونه ادعاها را تشویق کنند جای تأسف بسیار دارد.

جالب توجه است که در این مورد اغلب اخبار خارجی جالب توجه نیز در همین زمینه هاست که غالباً نیز به رد نظریهٔ نسبیت انیشتین مربوط می شود. در بخش علمی یکی از روزنامه های کثیرالانتشار می خوانیم که «یک نفر هندی نظریهٔ نسبیت اینشتین را رد کرد». با توجه به توضیح بیشتر دربارهٔ این خبر متوجه می شویم که مدعی غلط بودن این نظریه یک کارگر کارخانه فولاد است و شاهد مدعایش نیز این است که در انفجارهای هسته ای مقدار زیادی انرژی آزاد می شود، در حالی که جرم اصلاً کم نمی شود. ادعایی که به روشنی نادرست است و هر دانش آموز دبیرستانی که درسش را خوب بلد باشد آن را می داند. هنوز از فکر اینکه چرا یک روزنامه معتبر نباید یک متخصص علمی داشته باشد که صحت و سقم اخبار را بررسی کند بیرون نیامده ام که متوجه می شوم سیمای جمهوری اسلامی نیز آن را به عنوان یک خبر جالب توجه پخش می کند.

البته این دو نمونه مشتی از خروار اخبار غلط چه به لحاظ علمی و چه از لحاظ ادبی است که متأسفانه هر روز در رسانه های گروهی که نقش بسزایی در آموزش و هدایت جامعه دارند شاهد آن هستیم. امروز کشور ما بیش از هر چیز نیازمند خردگرایی است و رسانه های ما باید مبلّغ آن باشند و دیدگاه علمی صحیحی را به افراد جامعه ارائه کنند. اکنون بخوبی می دانیم که راه علمی راهی است دشوار و پرپیچ و خم و جز با زحمت و کار فراوان نمی توان آن را پیمود. اگرچه این موضوع در مورد دانشمندان گذشته نیز صادق است و اگر به خود زحمت دهیم و سرگذشت آنها را مطالعه کنیم متوجه خواهیم شد که آنها نیز به رغم محدودتر بودن زمینه های علمی برای عالم شدن زحمت فراوان کشیده اند و امروز البته پیمودن این راه با توجه به رشد روزافزون علم دشوارتر است.

چون بسیاری از مردم آنچه را از رسانه های گروهی دریافت می کنند، حقیقت مسلم می پندارند، رسانه های ما باید مسئولیت بیشتری را در انتشار اخبار علمی حس کنند و آنها را فقط پس از مشورت با متخصصان مربوطه و اطمینان از درستی آنها منتشر کنند. معلمان نیز در این مورد مسئول اند که روش نگریستن صحیح به مسایل را به شاگردان خود بیاموزند و نیز به آنها یاد بدهند که هرچه را می شنوند بدون تعقل باور نکنند.

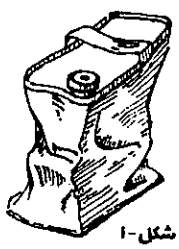
آزمایشهای ساده

اصغر نوروزیان

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

در تدریس علوم تجربی به خصوص فیزیک، هیچ چیز بهتر از یک آزمایش به تفهیم مطالب کمک نمی کند. مخصوصاً اگر این آزمایش، با وسایل ساده، ارزان قیمت و اشیاء دور ریختنی اجرا شود، اثرش بیشتر خواهد بود. «دو صد گفته چون نیم کردار نیست»

وقتی شما در داخل یک قوطی حلبی در پیچ دار کمی آب می جوشانید، بعد از روی اجاق برمی دارید و دَر آن را می بندید و در هوای معمولی یا سرد قرار می دهید. دانش آموزان، هرگز بهم پیچیدن آن را توأم با صدای مخصوص در اثر فشار هوا، فراموش نمی کنند (شکل ۱).



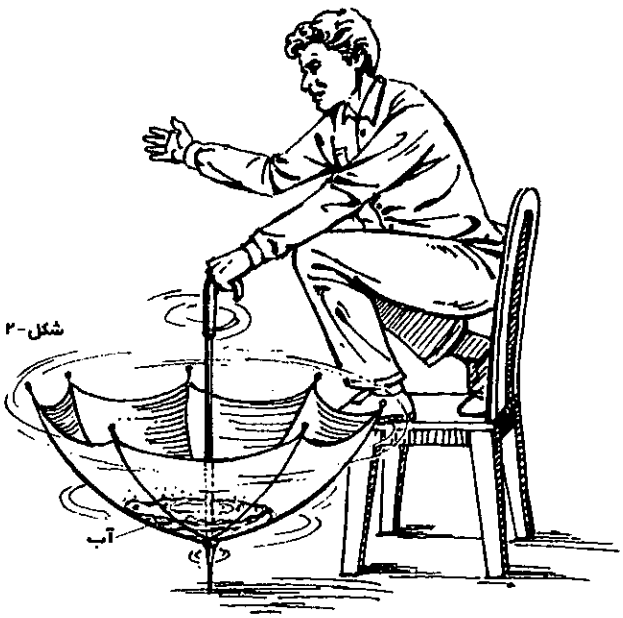
شکل-۱

قسمتی از آزمایشهای ساده و مطالبی را که تحت عنوان «آزمایشهای ساده» در این نشریه دنبال می کنید، توسّط این جانب تهیّه شده است و قسمت دیگر آن از منابع مختلف گرفته شده است که نام آنها در قسمت آخر تحت عنوان «منابع» به اطّلاع دوستان خواهد رسید.

آزمایش ۱: چتری را باز کنید و محور آن را با دست بگیرید و روی یک صندلی بنشینید و یک لیوان آب در داخل چتر بریزید و آن را با سرعت بچرخانید (شکل ۲)

پس از چند دور آن را بی حرکت نگهدارید و ببینید که داخل چتر کاملاً خشک است. در صورتی که به اطراف پاشیده شده است. چرا؟

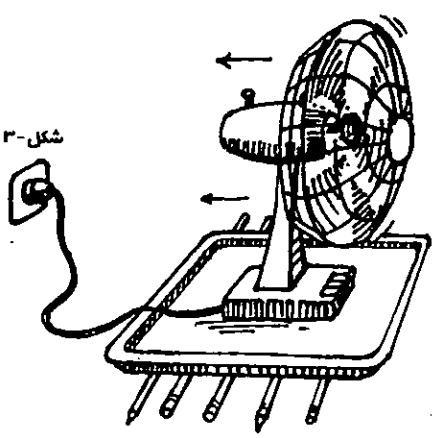
دربارهٔ فرار ذرّات آب از داخل چتر بحث کنید. اوّل از نظر شخصی که در کنار چتر ایستاده است. دوم از نظر ناظری که روی محور چتر قرار دارد و با آن می چرخد.



شکل-۲

اگر گلولهٔ کوچکی را که به یک رشتهٔ نخ بسته شده است، با سرعت بچرخانید و بعد نخ پاره شود، گلوله در چه امتدادی پرتاب می شود؟ با رسم یک شکل دربارهٔ آن بحث کنید.

آزمایش ۲: یک سینی بزرگ را روی چند مداد استوانه ای شکل موازی هم روی زمین صاف قرار دهید (به جای مداد می توانید از میله یا لوله های فلزی استفاده کنید و به جای سینی، می توان یک صفحهٔ تخته ای به کار برد). یک بادبزن برقی (پنکه) را روی سینی بگذارید و آن را به برق وصل کنید؛ موقع چرخیدن پرّه های بادبزن، مجموعه به طرف عقب بادبزن حرکت می کند! (شکل ۳) چرا؟



شکل-۳

(توجه کنید که اولاً سیم اتصال بادبزن به حدّ کافی باز باشد. ثانیاً با داشتن مدادهای اضافی مرتباً مدادهای خارج شده را در طرف مقابل به موازات سایر مدادها قرار دهید).

راجع به حرکت پنکه بحث کنید و بگوئید که اگر بخواهید پنکه به طرف جلو حرکت کند چه تغییراتی بایستی در آن داد؟ این آزمایش اساس کار چه دستگاهی را نشان می دهد؟

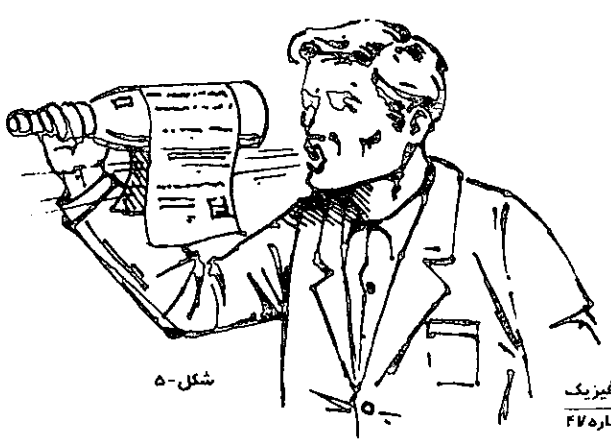
آیا این آزمایش با قانون سوم نیوتن ارتباطی دارد یا نه؟

چه آزمایشهای ساده و روزمرّه شبیه این آزمایش را می توانید بیان کنید؟ بادکنک پر از هوا را آزادانه رها کنید چه اتّفاقی می افتد؟ هواپیماهای جت چگونه حرکت می کنند؟

آزمایش ۳: دو ورق کاغذ را مطابق شکل (۴) با دو دست مقابل هم نگه دارید و از بالا بین آنها بدمید. صفحات کاغذ به طرف هم حرکت می کنند. چرا؟

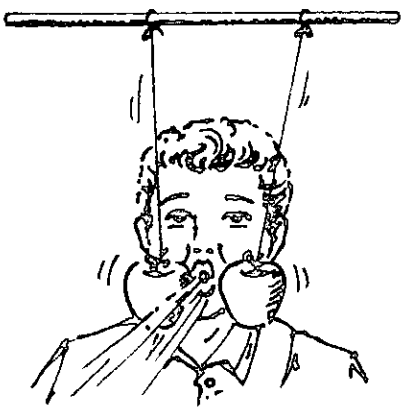
شکل-۴

شما می توانید باریکه ای از یک ورق روزنامه ببُرید و آن را مطابق شکل (۵) روی بطری بیندازید به قسمتی که از دو طرف آویزان شود و بعد زیر بطری بین دو قسمت روزنامه بدمید و ببینید که به طرف هم حرکت می کنند. چرا؟



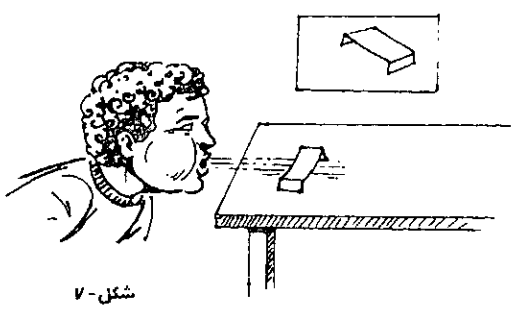
شکل-۵

اگر دو عدد سیب را به دو رشته نخ همطول ببندید و از جایی بیاویزید و در بین آنها بدمید، بهم نزدیک می شوند. چرا؟ (شکل ۶).



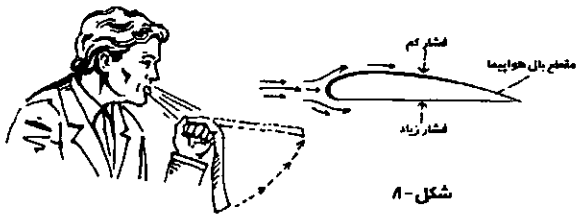
شکل-۶

آزمایش ۴: نوار کاغذی را از دو انتها به شکل L تا کنید و آن را مانند پل روی میز قرار دهید و بعد زیر پل را بدمید. شما نمی توانید با دمیدن، کاغذ را بلند کنید و هر چه شدیدتر بدمید. کاغذ بیشتر به طرف میز نزدیکتر می شود (شکل ۷). چرا پل به طرف پائین رانده می شود؟



شکل-۷

آزمایش ۵: یک انتهای نوار کاغذ را با دست بگیرید، در حالی که انتهای دیگر آن در اثر وزن به طرف پایین آویزان است. حال مطابق شکل (۸) روی نوار و در بالای انگشتان بدمید و ببینید که انتهای دیگر نوار بلند می شود. وقتی هوا با سرعت از روی نوار می گذرد، فشار هوا در این قسمت کم می شود و از طرف پائین هوای معمولی جوّ فشار می دهد و آن را بلند می کند. در هواپیما نیز، وقتی بر اثر چرخیدن ملخ هواپیما یا خروج دود از موتور جت، هواپیما با سرعت به طرف جلو حرکت می کند، هوا با سرعت زیاد از قسمت بالای بال می گذرد و فشار هوا در بالا کم می شود و هوا از طرف پائین نیرو وارد می سازد بال هواپیما و در نتیجه هواپیما را به طرف بالا می کشد.

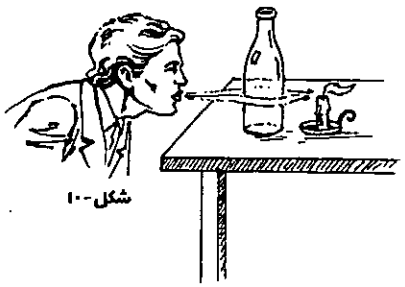


شکل-۸

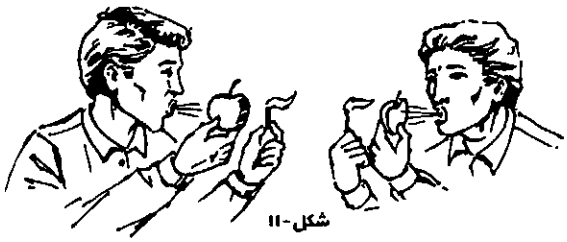
آزمایش ۶: یک کارت ویزیت را جلوی شمع یا کبریت روشن بگیرید و مطابق (شکل ۹) به کارت بدمید، شعله به جای دور شدن به شما نزدیک می شود. علّتش این است که وقتی هوا با سرعت از اطراف کارت می گذرد، فشار هوا در اطراف آن کم می شود و هوای مقابل که دارای فشار معمولی است شعله را به طرف کارت فشار می دهد.

شکل-۹

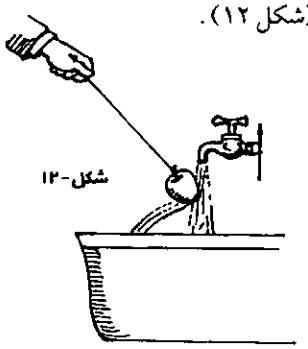
آزمایش ۷: شمع روشنی را در پشت یک بطری روی میز قرار دهید و در طرف مقابل مطابق شکل (۱۰) به بدنه بطری بدمید. ملاحظه می کنید که شمع خاموش می شود. علتش این است که جریان هوا وقتی به بطری برخورد می کند دو قسمت می شود که با سرعت حرکت می کنند. فشار هوا در داخل دو قسمت هوا به علت سرعت زیاد، کم می شود در صورتی که هوای خارج بر این دو قسمت فشار وارد می سازد و به بطری می چسباند و بعد از عبور به هم نزدیک می شوند و شمع را خاموش می کنند.


شکل-۱۰

آزمایش ۸: دو آزمایش بالا را می توان با یک سیب انجام داد: سیب را مقابل شمع یا کبریت روشن می گیرید و بر روی سیب می دمید. شمع یا کبریت خاموش می شود، ولی اگر سیب را نصف کنید و بر قسمت تخت آن بدمید، شعلهٔ شمع یا کبریت روشن که در طرف قسمت سالم سیب قرار دارد به طرف سیب خم می شود (شکل ۱۱)


شکل-۱۱

آزمایش ۹: بادکنکی را پر از هوا کرده و دهانهٔ آن را با نخ بلندی ببندید و از انتهای نخ بگیرید و بادکنک را به جریان آبی که از شیر باز می ریزد، بچسبانید، ملاحظه می کنید که قسمتی یا همهٔ آب به بادکنک می چسبد و تغییر مسیر می دهد و بادکنک را به طرف خود می کشد. زیرا آب با سرعت پایین می آید و در نتیجه فشار هوا بین جریان آب و بادکنک کم می شود، در حالی که فشار هوا در طرف دیگر جریان آب (طرف مقابل بادکنک) زیاد است و در نتیجه آن دو را بهم می چسباند (شکل ۱۲).


شکل-۱۲

آزمایش ۱۰: یک توپ پینگ پونگ را در داخل قیفی بگذارید و مطابق شکل (۱۳) از طرف لوله قیف بدمید. شما نمی توانید به این ترتیب توپ را از قیف به خارج پرت کنید. همچنین اگر قیف را که توپ داخل آن است مطابق شکل (۱۳) به شیر آب بچسبانید و شیر آب را باز کنید، توپ همانجا باقی می ماند.

شکل-۱۳

علّتش این است که در آزمایش اولی، هوا با سرعت بین توپ و جدار داخلی قیف می گذرد و در نتیجه فشار کم می شود (اصل برنولی) و فشار هوای مقابل، توپ را به داخل قیف فشار می دهد و در آزمایش دوم، جریان سریع آب، فشار بر جدار داخلی قیف و توپ را کم می کند و هوای معمولی با فشار زیاد، از طرف پایین، توپ را در مقابل فشار آب و وزن آن و وزن توپ در جای خود نگه می دارد.

برآورد اندازهٔ گلبولهای خون با خیره نگاه کردن در فضا

دیوید کیپورت

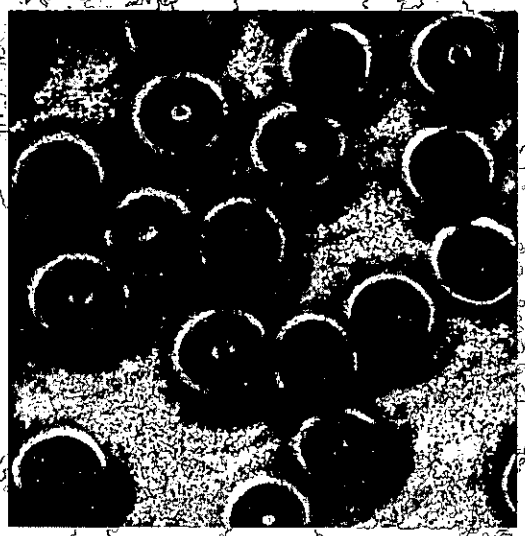
ـ اجسام شناور که به شکل لکه های نخ مانند یا دایره ای در میدان دید، بی هدف حرکت می کنند، بر اثر حرکت تک تک و مجموعهٔ گلبولهای خون در مایع جلوی شبکیهٔ چشم تولید می شوند! اخیراً، در حالی که سعی می کردم به دقت اشیاء و حرکت آن اجسام کوچک را مشاهده کنم، فهمیدم که می توان اندازهٔ تقریبی آن اجسام را با مشاهدهٔ آنها در زمینه، اشیاء در فاصلهٔ چند متری، و انجام محاسبات ساده برآورد کرد. البته، قبل از این ادعا، حدود مرتبهٔ بزرگی اندازهٔ گلبولهای خون را می دانستم.

ـ به ویژه وقتی که نور ورودی به چشم به یک پرتو محدود شده باشد، اجسام شناور، آشکار و واضح می شوند. هنگامی که از سوراخ سنجاقی در یک تکه مقوا به دیوار روشنی نگاه کردم، توانستم به راحتی بیشتر لکه های نخ مانند متحرک بزرگ را ببینم. با دقت بیشتر که نگاه کردم تعدادی لکه های دایره ای شکل کوچک متحرک نیز با اندازه های بسیار نزدیک به هم دیده شد. این اجسام ناشی از تک تک گلبولهای قرمز خون هستند که بر اثر فشار اسمزی به صورت کره های متورم درآمده اند. بررسی نزدیکتر این اجسام شناور، طرح پراش مشخص را نشان داد که شامل یک حلقهٔ دایره ای شکل تاریک روشن و حلقه های کم نور بزرگتر است.

ـ هر یک از اجسام شناور، گسترهٔ بسیار کوچکی را داخل شبکیهٔ چشم دربرمی گیرد. پی بردم که اگر بتوانم تصویر بعضی از اجسام دور را روی شبکیهٔ چشم در همان گستره تشکیل دهم، می توانم آن فاصلهٔ بسیار کوچک را با استفاده از معادله های اپتیکی محاسبه کنم.

ـ کوشیدم تا اجسام شناور را در زمینهٔ اشیاء موجود در اتاق، مشاهده کنم. متوجه شدم که وقتی به قرصی در فاصله ۳ متری نگاه می کنم، اجسام شناور دایره ای شکل کوچک، در میدان دید من تقریباً همان گستره ای را پیمودند که لبهٔ ۰٫۵ سانتیمتری عمودی قرص پیمود. بنابراین، خطی با $h=0{,}5\ cm$ در فاصلهٔ $S=3\ m$ از چشم من، تصویری به ارتفاع h' روی شبکیهٔ چشمم تشکیل می دهد که هم اندازهٔ طرح پراش اجسام شناور در شبکیهٔ چشم من است.

ـ شکل ۱ یک پرتوی از نور را نشان می دهد که از سر پیکانی به ارتفاع h گسیل شده است و از داخل محیط یک واسطه که نور را شکست داده می گذرد. چنانچه $tg\theta' = \frac{h'}{s'}$،



حدود قطر ناحیه‌ای باشد که با حلقهٔ پراش تاریک به وضوح محدود شده است. چون قطر ناحیه حدود نصف قطر تمام طرح پراش است، برآورد نهایی از قطر گلبول قرمز خون حدود ۷μm خواهد بود. سپس به اندازهٔ گلبولهای قرمز خون نگاه کردم و قطر ۸μm را یافتم، مقداری حدود برآورد مرتبه بزرگی خودم.

مترجم: مرجان رضایی

منابع:

1. Jearl Walker, The Flying Circus of Physics (Wiley, New York, 1997, P. 137.)

$$\frac{tg\theta'}{tg\theta} = \frac{h's}{hs'} \qquad (1)$$

برای زاویه‌های کوچک $tg\theta \simeq Sin\theta$، بنابراین:

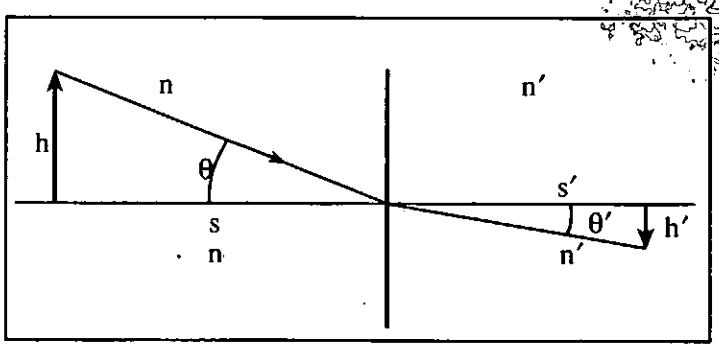
$$\frac{Sin\theta'}{Sin\theta} \simeq \frac{h's}{hs'} \qquad (2)$$

از این رو بنا به قانون اسنل $\frac{Sin\theta'}{Sin\theta} = \frac{n}{n'}$،

$$\frac{n}{n'} \simeq \frac{h's}{hs'} \qquad (3)$$

یا

$$h' \simeq h\left(\frac{n}{n'}\right)\left(\frac{s'}{s}\right) \qquad (4)$$



ـ ضریب شکست بخش شفاف چشم با دقت حدود ۱٪ برابر است با ضریب شکست آب، یعنی ۱/۳۳. فرض کنید که نور در حدود ۲cm از قسمت شفاف عدسی تا شبکیهٔ چشم را طی می‌کند، h' را حساب کردم، ارتفاع طرح پراش حدود

$$(\circ/5\text{cm})\left(\frac{3}{4}\right)(2\text{cm})(3\text{m}) = 25\mu\text{m}$$

می‌شود.

ـ ذره‌ای که باعث تولید این طرح پراش می‌شود، کوچکتر از خود طرح است. حدس زدم که قطر ذره در

تحقیق پیرامون فیزیک اول نظام جدید با نظرخواهی از دانش‌آموزان

فاطمه اکبر زاده خویی

خانم فاطمه اکبرزاده خویی دبیر دبیرستان شهید شرافت کرج پیرامون فیزیک اول نظام جدید با نظرخواهی از دانش‌آموزان تحقیق جالبی انجام داده‌اند. این تحقیق به صورت پرسش و تنظیم جدول و رسم نمودار و نتیجه‌گیری و پیشنهاد به صورت مجموعه‌ای منظم به دفتر مجله ارسال شده است. بخش مهمی از آن به نظر خوانندگان علاقمند می‌رسد.

* * *

این تحقیق با تهیه سؤالات و پاسخنامه مربوطه از آذر ماه سال ۷۵ شروع و به مدت ۲ ترم تحصیلی مورد سنجش قرار گرفته است.

از طریق نامه به ۶ دبیرستان ـ ۳ دبیرستان دخترانه و ۳ دبیرستان پسرانه ـ معرفی شدم این دبیرستانها شامل مدارس نمونه مردمی و عادی و غیر انتفاعی است. در هر مدرسه از دو کلاس سال اول که درس فیزیک یک را گذرانده بودند نظرخواهی شد. کل دانش‌آموزانی که مورد تحقیق قرار گرفتند ۳۴۵ نفر بودند.

*** شناخت شما از مباحث و موضوعات فیزیک تا چه اندازه است؟**

ـ از نتایج سؤال چنین برمی‌آید که چون دانش‌آموزان سال اول متوسطه برای اولین بار فیزیک را به عنوان درسی مجزا می‌خوانند هنوز اطلاعات و شناخت درستی از این علم ندارند.

*** میزان علاقمندی شما به درس فیزیک تا چه اندازه است؟**

ـ با توجه به نتایج سؤال به این مطلب می‌رسیم که با وجودی که دانش‌آموزان مطابق سؤال قبلی شناخت درستی از فیزیک ندارند ولی اکثریت به این درس علاقمندی نشان می‌دهند. تعداد بسیار کمی (حدود ۲۰ درصد) به این درس علاقه‌ای ندارند و مطابق پرسشهای دیگر این عده کم شامل دانش‌آموزان مردودی است.

*** در علاقمندی خود به درس فیزیک نقش معلم را چه اندازه می‌دانید؟**

ـ نتایج هر دو گروه (دختران و پسران) نشان می‌دهد که تأثیر و نقش معلم در علاقمندی به درس فیزیک بسیار زیاد است. پس پیشنهاد می‌شود دبیران محترم فیزیک جذابیتهای لازم را برای کلاس فراهم آورند.

*** از بین درسهایی که برای ترم اول شما در نظر گرفته شده است کدام درسها مشکلتر است؟ (دو مورد را ذکر کنید)**

ـ در بین دختران مشکلترین درس ترم اول به ترتیب عبارت است از فیزیک ـ عربی ـ ریاضی ولی در بین پسران این ترتیب به صورت فیزیک ـ ریاضی ـ عربی است.

*** کدام رشته تحصیلی را برای ادامه تحصیل انتخاب خواهید کرد؟**

ـ از نتایج به دست آمده ترتیب انتخاب رشته در بین دختران و پسران به قرار زیر است.

دختران: تجربی ـ ریاضی ـ انسانی ـ هنر

پسران: ریاضی ـ تجربی ـ انسانی ـ هنر

از هر دو گروه تنها ۲۵٪ به رشته های انسانی و هنر علاقه نشان می دهند و ۷۵٪ بقیه به تحصیل در رشته های تجربی و ریاضی علاقمندند.

*** نمره کلی شما در فیزیک ۱ چقدر است؟**

ـ اکثریت نمره هر دو گروه دختر و پسر بین عدد ۱۰ الی ۱۲ است.

در بین هر دو گروه حدود ۲۰٪ دانش آموزان در ترم اول از درس فیزیک می افتند.

*** مشکل درسی شما بیشتر به کدام عامل مربوط بوده است؟**

الف ـ زیاد بودن مطالب درسی

ب ـ سخت بودن مسائل آن

ج ـ کم کاری و سهل انگاری خود

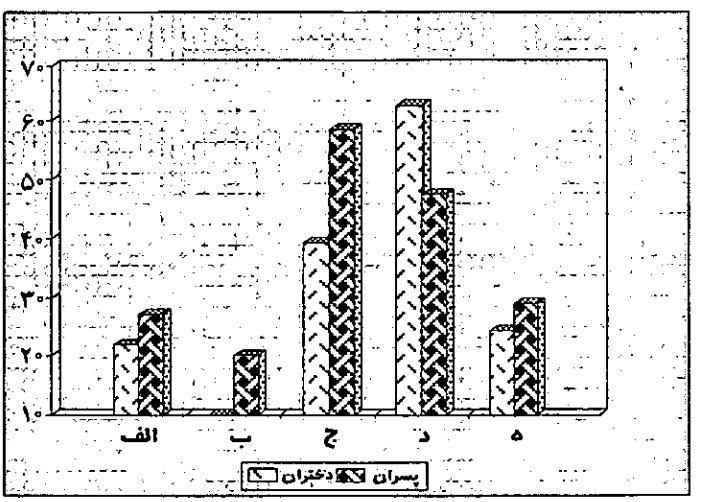
د ـ نحوه تدریس معلم

هـ ـ سخت بودن امتحان پایان ترم

ـ از نتایج این سؤال به این مطلب می رسیم که دختران در مرحله اول عامل مشکل درسی خود را نحوه تدریس معلم و یا عدم جذابیتهای معلم خود می دانند و این امر شاید ناشی از روحیه احساساتی و عاطفی آنها باشد. در مرحله بعد به کم کاری خود در طول ترم اشاره کرده اند.

	الف	ب	ج	د	هـ	کل
دختران	۲۳	۱۲	۴۰	۶۴	۲۴	۱۶۱
پسران	۲۸	۲۱	۶۰	۴۹	۳۰	۱۷۸
درصد فراوانی دختران	۱۴	۶	۲۵	۴۰	۱۵	۱۰۰
درصد فراوانی پسران	۱۵	۱۱	۳۲	۲۶	۱۶	۱۰۰

دانش آموزان پسر مشکل درسی خود را ابتدا ناشی از کم کاری خود و سپس نحوه تدریس معلم دانسته اند.



*** کلاسهای فوق العاده فیزیک تا چه حدی در رفع اشکالات درسی و فهم بیشتر به شما کمک کرده است؟**

ـ کلاسهای فوق العاده ای که در مدارس برای تقویت درس فیزیک گذاشته می شود از نظر پسران و دختران تأثیر متوسطی در رفع مشکل درسی آنها داشته است.

و تأثیر این کلاسها در پسران مثبت و در دختران منفی است و به نظر می رسد بیشتر باعث اتلاف وقت آنها شده است.

*** شما بیشتر به کدام قسمت از فیزیک علاقمندید؟**

الف ـ مسائل آن

ب ـ مفاهیم آن

ج ـ موارد کاربردی آن

د ـ همه موارد آن

ـ درصد زیادی از دانش آموزان به همه قسمتهای فیزیک علاقمندند و سپس به مفاهیم فیزیکی علاقه بیشتری نشان می دهند و درصد کمی از آنها به مسائل فیزیک علاقه دارند و این مطلب نشان می دهد که چون فیزیک به عنوان درس پایه برای تمام رشته ها انتخاب شده است ***بهتر است مسائل آن برای رشته های انسانی و هنر حذف شود.***

*** به کدام یک از مباحث فیزیک ۱ علاقمندید؟**

ـ میزان علاقمندی به مباحث کتاب از نظر دختران و پسران به ترتیب زیر است:

دختران: ۱ ـ آینه ها ۲ ـ عدسیها و تمام مباحث ۳ ـ شکست نور ۴ ـ حرکت ۵ ـ چگالی ۶ ـ نیرو ۷ ـ کار و انرژی

پسران: ۱ ـ آینه ها ۲ ـ شکست نور ۳ ـ تمام مباحث ۴ ـ چگالی ۵ ـ عدسیها و حرکت ۶ ـ کار و انرژی ۷ ـ نیرو

*** کدام یک از فصلهای کتاب به نظر شما مشکلتر است؟**

ـ از نظر هر دو گروه (دختران و پسران) مشکلترین فصلهای کتاب از چگالی به بعد است ...

ارزشیابی و تحلیل محتوای کتاب فیزیک (۱) نظام جدید آموزش متوسطه

رضا جعفری هرندی*

زمستان ۱۳۷۵

چکیده

در نظام آموزشی فعلی کشور ما کتاب درسی مهمترین ابزار آموزش بوده و دربردارنده محتوای برنامه است. از طرفی آموزش به شیوه متمرکز بر مطالب و روش مشخص برای تمام فراگیران تأکید دارد لذا اهمیت و نقش کتاب درسی بیش از پیش هویدا گشته است. بطوریکه بیشتر فعالیتهای آموزشی در قالب کتاب درسی صورت می گیرد. محتوای کتابها باید بر اساس اصول برنامه ریزی درسی تهیه و تدوین شود تا موفقیت برنامه های درسی با مشکلی مواجه نشود.

تجربه شخصی خود و دیگر همکاران فیزیک درباره اینکه دانش آموزان در درس فیزیک ۱ ریزش قابل ملاحظه ای دارند از انگیزه های تحقیق است.

پژوهش مورد نظر به ارزشیابی و تحلیل محتوای کتاب فیزیک ۱ نظام جدید آموزش متوسطه، بر اساس مدلهای منتخب تحلیل محتوا و بررسی نگرش دبیران مربوطه می پردازد.

◇ اهداف کلی پژوهش

۱) ارزشیابی و تحلیل محتوای کتاب فیزیک ۱ با استفاده از مناسب ترین مدلهای تحلیل محتوا و بررسی نقاط قوت و ضعف کتاب به کمک مدلهای منتخب.

۲) بررسی نظرات دبیران کتاب فیزیک ۱ دربارهٔ محتوای آن و بررسی نقاط قوت و ضعف کتاب به کمک این نظرات.

۳) ارائه پیشنهادهایی برای تغییر احتمالی و بهبود محتوای کتاب.

در این پژوهش، تلاش محقق برای پاسخگویی به سؤالهای زیر است:

آیا مطالب و محتوای کتاب از نظر سطح خوانایی، ارائه از ساده به مشکل، میزان واداشتن به تفکر، مطابقت با الگوی مریل، ارائه مواد تصویری، تمهیداتی برای خود ارزیابی، بکارگیری راهبردهای مطالعاتی، توجه به نیازهای روزمره، توجه به توان ذهنی و فکری، سلیس و روان بودن ساختار نوشتاری کتاب و زمان تعیین شده نسبت به حجم کتاب برای دانش آموزان اول دبیرستان مناسب است؟ همچنین محقق می کوشد بفهمد که آیا دانش آموزان برای حل مسائل و تمرینهای کتاب از اطلاعات ریاضی قبلی و کافی برخوردار هستند؟

بدین منظور دو نوع بررسی به شیوه های زیر انجام

گردید:

الف) شیوه تحلیل محتوایی:

در این پژوهش مدلها و روشهای سطح خوانایی ادوارد فرای، مک لافلین، دعوت به پژوهش ویلیام رومی، بررسی شکلها و تصویرهای کتاب، بررسی تمرینهای کتاب و طبقه بندی و طراحی مریل مورد استفاده قرار گرفته اند.

ب) شیوه توصیفی (پیمایشی):

در این پژوهش دبیران فیزیک نواحی پنجگانه شهر اصفهان به عنوان جامعه آماری انتخاب شدند و سپس تمام ۲۴۱ نفر آنها به عنوان جامعه نمونه انتخاب و بوسیله پرسشنامه ساخته شده توسط محقق بررسی شده اند.

ـ برای تجزیه و تحلیل داده ها در هر دو شیوه تحلیلی و پیمایشی از روشهای آمار توصیفی و استنباطی استفاده شده است.

◆ یافته ها و نتایج تحقیق به صورت خلاصه عبارتند از:

۱) ارائه مواد تصویری و میزان تناسب آنها، تمهیدات کتاب برای خود ارزیابی، سلیس و روان بودن ساختار نوشتاری کتاب و میزان بکارگیری راهبردهای مطالعاتی کتاب تا حدود زیادی برای دانش آموزان مناسب می باشد.

۲) در هنگام تهیه و تدوین کتاب به نیازهای روزمره و توان ذهنی و فکری دانش آموزان تقریباً توجه شده است اما بررسیها توجه بیشتری را به نیازهای روزمره و توان ذهنی و فکری دانش آموزان لازم دانسته اند.

۳) مواد تصویری تا حدودی دانش آموزان را به تفکر بیشتر دعوت می کند اما متن و تمرینهای کتاب دانش آموزان را به تفکر بیشتر دعوت نمی کنند.

۴) زمان تعیین شده برای تدریس با حجم کتاب تناسب ندارد و اکثر دبیران با کمبود زمان مواجه می شوند.

۵) دانش آموزان از اطلاعات ریاضی قبلی و کافی برای حل مسائل و تمرینهای کتاب برخوردار نیستند.

۶) کتاب تقریباً بر اساس مدل طراحی مریل تدوین شده است اما نبودن سطح عملکردی کشف و ابداع در کتاب کاملاً به چشم می آید.

۷) سطح خوانایی و ارائه مطالب از ساده به مشکل دو موردی بودند که پاسخ صریح و قاطعی از پژوهش بدست نیامد و محقق بررسیها و پژوهشهای بیشتری را لازم دانسته است.

در پایان به منظور هر چه بهتر شدن امر ارزشیابی و تحلیل محتوای کتاب پیشنهادهایی ارائه شده است که **مهمترین آنها عبارتند از:**

۱ ـ در هنگام تهیه و تدوین کتاب به نیازهای روزمره و توان ذهنی و فکری دانش آموزان توجه بیشتری شود.

۲ ـ متن و تمرینهای کتاب طوری انتخاب شوند که دانش آموزان را به تفکر بیشتر و عمیق دعوت کنند بدین منظور بهتر است جملات و تمرینها بصورت درکی بیان شوند و نه فقط حفظی.

۳ ـ متن و مثالهای کتاب طوری انتخاب شوند که جنبه خودآموزی کتاب زیادتر شود.

۴ ـ زمان بیشتری برای درس فیزیک ۱ در نظر گرفته شود.

۵ ـ درس ریاضی ۱ به صورت پیش نیاز فیزیک ۱ ارائه شود.

امید آنکه مورد توجه دبیران محترم، مؤلفان کتاب و مسؤولان آموزش و پرورش قرار گیرد.

▼ مقدمه:

برنامه های درسی به عنوان قلب نظام تعلیم و تربیت همواره مورد توجه دست اندرکاران امور آموزشی بوده است. برنامه های درسی از عوامل و عناصر مختلفی تشکیل شده که از میان آنها می توان به ***محتوای برنامه درسی*** به عنوان یک عنصر با اهمیت اشاره کرد.

علمای تعلیم و تربیت بر این امر واقف هستند که یکی از ابعاد مهم فرآیند آموزش و تثبیت آن، وجود کیفیت مطالب و محتوای کتابهای درسی می باشد. محتوای کتابها خود باید بر اساس اصول و قوانینی تهیه شود تا موفقیت برنامه های درسی با مشکلی مواجه نشود. به عنوان مثال چنانچه محتوا با توجه به نیازها و علایق دانش آموزان و تجربیات قبلی و زندگی فعلی آنها تهیه و تدوین شده باشد مؤثر خواهد بود.

محتوای برنامه درسی به روشهای مختلفی ارائه می شود اما در بسیاری از نظامهای آموزشی دنیا، کتابهای درسی، یکه تاز عرصه محتوای برنامه های درسی هستند. از طرف دیگر، نظام آموزش فعلی ایران، یک نظام متمرکز بوده و برنامه های درسی آن تقریباً منحصر به کتاب درسی است که در سر تا سر کشور مورد استفاده قرار می گیرد. لیکن با توجه به وسعت کشور و تنوع و تعدّد قومها و گونه های جمعیتی و مشکلات ناشی از آن (مثل دو زبانه بودن شاگردان و یا

رشد سریع علوم و تکنولوژی)، این سؤال پیش می آید که: آیا محتوای کتابها در برآورد نیازهای واقعی همه دانش آموزان تواناست؟ لذا ضرورت بازنگری دقیق نسبت به کتابهای درسی احساس می شود تا نسبت به تغییر، اصلاح یا حذف نقاط ضعف و همچنین تقویت نقاط قوت اقدام شود. این بازنگری از طریق روشهای مختلف تحلیل محتوا و همچنین اطلاع از نظرات معلمان و حتی دانش آموزان صورت می گیرد.

▼بیان مسأله و اهمیت موضوع

از میان عوامل آموزشی، *محتوای برنامه* بخاطر اینکه بیشترین تأثیر را در روند رشد شناختی، عاطفی و اجتماعی شاگردان دارد از اهمیت زیادی برخوردار است. باید متذکر شد که نارسایی در سایر عوامل آموزشی تحقق اهداف برنامه را با دشواری روبرو می کند، اما برنامه و محتوای نامناسب حتی اگر در عالیترین شرایط و یا بهترین امکانات عرضه شود، جز دور شدن از اهداف صحیح آموزش و پرورش نتیجه دیگری نخواهد داشت. از طرفی با توجه به سیستم متمرکز برنامه ریزی درسی و آموزشی کشور، اغلب فعالیتهای یاددهی و یادگیری بر اساس برنامه های از قبل تعیین شده صورت می گیرد و لذا توجه دقیق و همه جانبه به مراحل مختلف برنامه ریزی درسی لازم می باشد که یکی از این مراحل، تهیه محتوای برنامه است.

«به منظور تعیین میزان مناسب بودن محتوای کتابهای درسی برای دانش آموزان بایستی محتوا و مطالب کتابهای درسی مورد ارزشیابی قرار گیرد. این ارزشیابی باید با توجه به سایر عوامل مؤثر در کارآیی آموزشی صورت گیرد تا هم یک ارزشیابی صحیح باشد و هم امکان قضاوت و تصمیم گیری در مورد مطلوب بودن محتوای کتابهای درسی را فراهم سازد» (یار محمدیان، زیر چاپ)

در نظام آموزشی فعلی کشور ما، کتاب درسی مهمترین ابزار آموزش بوده و در بردارنده محتوای برنامه است. از طرفی آموزشی به شیوه متمرکز بر مطالب و روش مشخص برای تمام دانش آموزان تأکید دارد و لذا اهمیت و نقش کتاب درسی بیش از پیش هویدا گشته است بطوریکه بیشتر فعالیتهای آموزشی در قالب کتاب درسی صورت می گیرد مانند: هر دانش آموز ملزم به خواندن و فهمیدن کتابی است که از طرف مرکز برنامه ریزی معرفی می شود و یا امتحان و ارزشیابی محدود به مطالب و محتوای کتاب درسی است و ... با توجه به موارد فوق و موارد بیشمار دیگر، کتاب درسی از اهمیت منحصر به فردی برخوردار است. بنابراین ضرورت دارد کتابهای درسی با دقت کافی و تا حد ممکن، عاری از هر عیب و نقص و مطابق با اصول علمی و موازین برنامه ریزی درسی تألیف شود.

▼سؤالهای ویژه تحقیق

با انجام مطالعات و بررسیهای اولیه چنین به نظر رسید که کتاب ضمن برخورداری از نقاط مثبت فراوان، نارساییها و نواقصی هم، از جنبه های گوناگون دارد. پی گیری این نواقص و نارساییها سؤالهای زیر را برای تحقیق آماده کرد:

۱ـ آیا سطح خوانایی مطالب کتاب برای دانش آموزان اول دبیرستان مناسب می باشد؟

۲ـ آیا مطالب کتاب از ساده به مشکل تنظیم شده است؟

۳ـ آیا متن، تمرینها و مواد تصویری کتاب دانش آموزان را به تفکر بیشتر دعوت می کند؟

۴ـ آیا متن کتاب با توجه به الگوی مریل تدوین و تنظیم شده است؟

۵ـ آیا ارایه مواد تصویری و میزان تناسب آنها مناسب است؟

۶ـ آیا تمهیدات کتاب برای خود ارزیابی دانش آموزان مناسب است؟

۷ـ آیا میزان بکارگیری راهبردهای مطالعاتی کتاب مناسب است؟

۸ـ آیا مطالب کتاب با توجه به نیازهای روزمره دانش آموزان تنظیم شده است؟

۹ـ آیا متن کتاب با توجه به توان ذهنی و فکری دانش آموزان تنظیم شده است؟

۱۰ـ آیا دانش آموزان برای حل مسائل و تمرینهای کتاب از اطلاعات ریاضی قبلی و کافی برخوردار می باشند؟

۱۱ـ آیا ساختار نوشتاری کتاب، به اندازه کافی سلیس و روان است؟

۱۲ـ آیا زمان تعیین شده برای تدریس با حجم کتاب مناسب است؟

▼محدودیتها و موانع تحقیق

آن دسته از متغیرها و عواملی که از اختیار ما خارج بوده و نتوانسته ایم آن را کنترل کنیم و بهمین دلیل تعمیم پذیری نتایج را کاهش می دهد، محدودیت پژوهش گفته می شود.

محدودیتهایی که در این پژوهش موجود است عبارتند از :

۱ ـ کمبود منابع مختلف در زمینه تحلیل محتوای کتابهای درسی فیزیک

۲ ـ موجود نبودن راهنمای معلم برای کتاب فیزیک ۱

۳ ـ نبود تحقیقات قبلی در زمینه آموزش علوم بویژه آموزش فیزیک

۴ ـ در قسمت کسب اطلاعات از طریق نظرخواهی دبیران نیز مشکلاتی وجود دارد.

۵ ـ مدلهای منتخب تحلیل محتوایی که به وسیله افرادی چون فرای، مک لافلین، ویلیام رومی و مریل مطرح شده است، تا حدودی متأثر از نظریات فرد بکار گیرنده این روشها دارد. گر چه تلاش محقق بر آن بوده است که چنین حالتی کمتر اتفاق بیفتد اما این احتمال یکی از محدودیتهای پژوهش است.

۶ ـ عدم تطابق فرهنگ کشورهایی که در آن این مدلها مطرح شده با فرهنگ کشور ما نیز احتمالاً یکی دیگر از محدودیتهای پژوهش است.

▼تعریف مفاهیم و اصطلاحات

برنامه ریزی درسی

عبارت است از برنامه ریزی فعالیتهای یاددهی ـ یادگیری به منظور ایجاد تغییرات مطلوب در رفتار یادگیرنده و ارزیابی میزان تحقق این تغییرات (لوی، ترجمه مشایخ، ۱۳۷۲، ص ۹)

محتوا[۳]

دانشها، مهارتها، گرایشها و ارزشهایی توصیف می گردد که به منظور تحقیق هدفهای مورد نظر باید توسط دانش آموز یاد گرفته شود. (ادری و نیکلس، ترجمه دهقان، ص ۶۲)

برنامه درسی[۴]

برنامه تفصیلی کلیه فعالیتهای یادگیری فراگیرنده، انواع وسایل آموزشی، پیشنهادهایی در مورد راهبردهای یادگیری و شرایط اجرای برنامه و ... (لوی، ترجمه مشایخ، ۱۳۷۲، ص ۱۲)

سطح خوانایی[۵]

کلیه عوامل و فاکتورهایی که در خواندن یک متن جهت درک آن تأثیر دارد را سطح خوانایی یا قدرت خوانایی می نامند (فضل الهی، ۱۳۷۴، ص ۱۲)

ارزشیابی[۶]

جمع آوری و کاربرد اطلاعات منظم به منظور تصمیم گیری در برنامه آموزشی، (ولف، ترجمه کیامنش، ۱۳۷۱، ص ۸)

تحلیل محتوا[۷]

یک واژه کلی است که در صدد روشن کردن محتوای واقعی یک پیام کلامی یا غیر کلامی، و نیز تا حدی عوامل تعیین کننده و آثار این پیام است.

استاد برلسن تحلیل محتوا را اینگونه تعریف کرده است «فن تحقیق برای توصیف عینی، نظام مند و کمّی محتوای آشکار ارتباط» (لوتان کوی، ترجمه یمنی، ۱۳۷۵، ص ۳۶۳)

قواعد عینی بودن، منظم بودن، کمّی بودن و ظاهری (آشکار) بودن سعی دارند که تحلیل محتوا را به یک روش علمی مبدل سازند بدین ترتیب تحلیل محتوا مثل علوم فیزیکی نتایجی می دهد که صرفنظر از زمان و اشخاص می توانند دوباره بدست آید.

مدل تحلیل محتوا[۸]

یک روش مخصوص در تحلیل جنبه ای مشخص از محتوا که توسط فرد یا افرادی پیشنهاد گردیده است. مثلاً مدل تحلیل محتوایی سطح خوانایی فرای یا مدل دعوت به پژوهش ویلیام رومی.

▼مروری بر سابقه تحقیق

خوشبختانه در سالهای اخیر، کتابهای درسی به عنوان ابزار مهم آموزش و پرورش، مورد توجه بسیار کارشناسان و صاحبنظران تعلیم و تربیت بوده است و سازمانهای مختلف بنابر وظایف و اهداف خاص خود آنها را از جنبه های گوناگون مورد بررسی قرار داده اند.

بررسیهای به عمل آمده تحقیقاتی را که با عنوان ارزشیابی و تحلیل محتوای کتاب فیزیک ۱ نظام جدید آموزشی متوسطه انجام گرفته باشد، در داخل و خارج کشور

نشان نمی دهد، اما دفتر برنامه ریزی و تألیف کتابهای درسی بر اساس نظرات استادان دانشگاه و دبیران دبیرستانها که به صورت انفرادی و یا بر اساس اظهار نظرهای گروههای درسی استانی که خود از جمع بندی نظرات دبیران فیزیک نواحی و مناطقی که به امر تدریس این کتاب مشغول می باشند، هر ساله تغییرات و اصلاحات لازم را در کتاب اعمال نموده است.

به عنوان مثال یک تحقیق ارزشیابی و تحلیل محتوا آورده می شود.

بررسی میزان انطباق اهداف درس آزمایشگاه فیزیک سال اول نظام جدید با تحقق آن اهداف (کارگران، ۱۳۷۵).

این پژوهش در پی شناسایی انواع اهداف و موضوعات درسی کتاب آزمایشگاه فیزیک سال اول و میزان انطباق هدفها با تحقق آنها می باشد. در این تحقیق الگوی شناختی مریل برای طبقه بندی استفاده شده است و بعد از تدوین اهداف به صورت رفتاری و تعیین نوع موضوعات با یک آزمون پیشرفت تحصیلی نوع عملکرد دانش آموزان ارزشیابی شده است. روش تحقیق از نوع «علّی مقایسه ای» بوده و ابزار اندازه گیری شامل پرسشنامه تشریحی مربوط به فراگیران و پرسشنامه نظر سنجی در مورد تحقق اهداف با پاسخهای بلی و خیر مربوط به دبیران فیزیک می باشد. نتایج تحقیق نشان می دهد با توجه به اینکه تقریباً ۶۵٪ از اهداف آموزشی کتاب شامل اهداف عملی و ۳۵٪ آن شامل اهداف نظری است و نمرات هر فرد نسبت به این درصد اهداف تعیین می شود پس می توان گفت نمرات نظری کلیه دانش آموزان و مجموعه نمرات عملی آنها با سطح یادگیری افراد متناسب است. همچنین بین یادگیری دانش آموزان دختر و پسر تفاوت معناداری موجود نیست.

❊ روش تحقیق، جامعه آماری و شیوه نمونه گیری

تحقیق حاضر از نوع ارزشیابی و تحلیل محتوا بوده که در آن از روش توصیفی (تحلیلی ـ پیمایشی) استفاده می شود.

در این پژوهش دبیران فیزیک نواحی پنجگانه شهر اصفهان به عنوان جامعه آماری انتخاب شده اند و سپس از همهٔ افراد جامعه آماری به عنوان جامعه نمونه استفاده گردید.

ابزار اندازه گیری

در این پژوهش دو ابزار اندازه گیری مورد استفاده قرار می گیرد.

ابزار اول مدلهای تحلیل محتوا

مدلهای منتخب تحلیل محتوا در این پژوهش عبارتند از:

الف) مدل سطح خوانایی ادوارد فرای
ب) مدل مک لافلین
ج) مدل دعوت به پژوهش ویلیام رومی
د) روش بررسی تصاویر کتاب
ه) روش بررسی تمرینهای کتاب
و) مدل طراحی و طبقه بندی هدفهای آموزشی مریل

ابزار دوم: پرسشنامه

در این پژوهش از دو نوع پرسشنامه استفاده شده است.

۱) چک لیست

پرسشنامه چک لیست «ملاکهای ارزیابی برای انتخاب کتاب درسی مناسب» تألیف برایان همینگر و دیوید باترزبای از مؤسسه آموزش عالی ریورینا موری ترجمه سارا پاکاریان و محمد حسین یار محمدیان، این چک لیست حاوی ۴۰ سؤال می باشد که باید به آنها پاسخ بلی یا خیر داده شود. تعداد پاسخ های مثبت ثبت شده در چک لیست معیاری است که بر اساس آن درباره میزان مناسب بودن کتابهای مورد بررسی قضاوت می شود. کتابهایی که امتیاز آنها از رقم ۲۱ بیشتر است در گروه رضایت بخش ترین کتابها قرار می گیرند. کتابهایی که امتیاز آنها بین ۱۶ تا ۲۱ است بعنوان کتابهای قابل قبول قضاوت می شوند و امتیاز زیر ۱۶ نشانگر حداقل رضایت بخشی از کتاب می باشد. ضمناً مترجمین این چک لیست پایانی آن را پس از محاسبه مناسب اعلام نموده اند.

۲) پرسشنامه تهیه شده توسط محقق

در این پژوهش به منظور بررسی نظر دبیران در مورد محتوای کتاب از این پرسشنامه استفاده شده است. در تهیه این پرسشنامه نظرات گرانقدر اساتید راهنما و مشاور، همچنین گروه آموزش فیزیک اداره کل آموزش و پرورش استان اصفهان نقش بسزایی داشتند تا پرسشنامه مذکور بتواند

اطلاعات کامل و جامعی را در اختیار ما قرار دهد بطوریکه با دقت بتوانیم سؤالهای مطرح شده را مورد آزمون قرار دهیم.

اعتبار پرسشنامه:

برای اینکه پرسشنامه از اعتبار کافی برخوردار باشد ابتدا، سؤالها با توجه به شاخصهای تحلیل محتوا و فرضیه های دیگر، تهیه و جهت بررسی بیشتر و رفع اشکالات، در اختیار اساتید محترم راهنما و مشاور قرار گرفت تا آنها را بررسی و اشکالات موجود را برطرف نمایند. بدین ترتیب پرسشنامه اولیه بدست آمد این پرسشنامه در اختیار گروه آموزش فیزیک اداره کل آموزش و پرورش استان اصفهان قرار گرفت و در آنجا بطور مقدماتی (Pilot Study) اجراء گردید و نکات مبهم آن برطرف شده و پرسشنامه نهائی تنظیم شد.

*** نتایج**

۱ ـ سطح خوانایی (قدرت خوانایی) مطالب کتاب یا عواملی که در خواندن متن کتاب جهت درک و فهم آن وجود دارند، بایستی با سطح یادگیری دانش آموزان متناسب باشد.

بررسیها نشان می دهند که نتیجه واحدی بدست نیامده است. بطوریکه از بررسی نظر خواهی دبیران استنباط می شود سطح خوانایی مطالب مناسب است اما مدلهای بکار گرفته شده فرای و مک لافلین، سطح خوانایی مطالب کتاب را مناسب دوم دبیرستان می دانند. حتی بر طبق نتیجه دیگر مدل مک لافلین دانش آموزان اول دبیرستان باید به راحتی قادر به خواندن متن کتاب باشد که این نتیجه با نظر خواهی دبیران منطبق می باشد. لذا در مورد سطح خوانایی نمی توان بطور قاطع یک نتیجه گیری کلی بیان نمود و لزوم تحقیقات بیشتر محسوس می باشد.

۲ ـ رعایت اصل ساده به مشکل بودن مطالب نیز در یادگیری دانش آموزان تأثیر فراوانی دارد.

بررسیها نشان می دهند که نتیجه واحدی بدست نیامده است بطوریکه از نظر دبیران اصل ساده به مشکل بودن مطالب رعایت گردیده است اما بر طبق مدل فرای این اصل رعایت نشده است لذا در مورد رعایت اصل ساده به مشکل بودن مطالب، نمی توان بطور قاطع یک نتیجه گیری کلی بیان نمود و لزوم تحقیقات بیشتر محسوس می باشد.

۳ ـ دعوت به پژوهش یا به تفکر واداشتن دانش آموزان باعث فعالیت بیشتر دانش آموز شده، وی با مطالب درگیر می شود و منجر به تسهیل و تعمیق یادگیری او می شود. بررسیها نشان می دهند که متن کتاب هم از نظر دبیران و هم بر طبق مدل ویلیام رومی دانش آموزان را به تفکر بیشتر وانمی دارد. از طرف دیگر بررسیها نشان می دهند که از نظر دبیران تمرینهای کتاب دانش آموزان را به اندازه کافی به تفکر بیشتر دعوت نمی کنند اما نتیجه بررسی تمرینهای کتاب بر طبق مدلی که زیربنای آن مدل ویلیام رومی است نشان می دهد که تمرینهای کتاب دانش آموزان را به تفکر بیشتر وامی دارند. همچنین بررسی شکلها و تصویرهای کتاب نیز نشان دادند که شکلها و تصویرها دانش آموزان را به تفکر بیشتر وامی دارند در مجموع می توان گفت که **متن کتاب برای دبیران مطلوب نبوده دانش آموزان را به تفکر بیشتر وادار نمی کند اما همینها شکلها و تصویرها دانش آموزان را به تفکر بیشتر دعوت می کنند.**

۴ ـ تجزیه و تحلیل کتاب بر اساس مدل مریل نشان داد که اکثر مطالب کتاب مربوط به سطح عملکردی یادآوری و پس از آن نیز مربوط به سطح عملکرد کاربرد می باشد. از طرفی در سطح عملکرد یادآوری بیشتر حقایقی از قبیل حفظ معنای اصطلاحات مورد تأکید می باشد در سطح عملکرد کاربرد بیشتر به کارگیری قوانین و فرمولهای مختلف مورد تأکید می باشد که تأیید کننده نتایج بدست آمده از دیدگاه دبیران می باشد.

در این کتاب به سطح کشف و ابداع و مفاهیم و فرمولهای اصطلاحی توجه نشده است که قسمی بزرگ برای کتاب به بررسی [illegible] مجدد کتاب بر اساس مدل مریل در بعضی از جنبه ها مشهود به نظر می رسد.

۵ ـ مواد تصویری که نقش بسزایی در انگیزش و تفهیم مطالب بر عهده دارند و همواره مورد توجه کارشناسان در تدوین و طراحی محتوای کتابها بوده است، نیز باید متناسب [illegible] انجام شده نشان می دهند که **اولاً مواد تصویری [illegible] مطلوب ارائه شده است و ثانیاً مواد تصویری [illegible] را فرا می باشند و به تفهیم**

۶ ـ یکی دیگر از عوامل مؤثر در بهبود محتوای کتاب، خود ارزیابی است بررسیها نشان می دهد که کتاب تمهیدات لازم برای خود ارزیابی دانش آموزان را فراهم نموده است.

۷ـ میزان بکارگیری راهبردهای مطالعاتی از عوامل دیگری است که در بهبود محتوای کتاب مؤثر است. بررسیها نشان می دهند که کتاب از راهبردهای مطالعاتی در حد مطلوبی استفاده نموده است.

۸ـ توجه به نیازهای روزمره دانش آموزان در هنگام تدوین کتاب یکی دیگر از عواملی است که در بهبود محتوای کتاب مؤثر است. بررسیها نشان می دهند که به نیازهای روزمره دانش آموزان در هنگام تدوین کتاب تا اندازه ای توجه شده است اما با توجه به اهمیت این مسأله و اینکه دبیران بیشترین اولویت را در بین سؤالهای مختلف به این سؤال داده اند لذا باید در هنگام تدوین کتاب بیشتر از قبل به نیازهای روزمره دانش آموزان توجه شود.

۹ـ تدوین کتاب بر اساس توان ذهنی و فکری دانش آموزان یکی دیگر از عواملی است که در بهبود محتوای کتابها مؤثر می باشد. بررسیها نشان می دهند که کتاب تا اندازه ای بر اساس توان ذهنی و فکری دانش آموزان تدوین گردیده است. اما با توجه به اهمیت این مسأله و اینکه دبیران اولویت زیادی را در بین سؤالهای مختلف به این سوال داده اند لذا باید در هنگام تدوین کتاب بیشتر از قبل به توان ذهنی و فکری دانش آموزان توجه شود. همچنین برای تأیید توجه به این مسأله، نتیجه مدل مک لافلین که سطح کلاس کتاب را برای کلاس دوم دبیرستان مناسب می داند، گواه این ادعاست.

۱۰ـ اطلاعات ریاضی قبلی دانش آموزان بعنوان پیش نیاز برای فهم، درک و حل مسایل و تمرینهای کتاب می باشد. نیمی از نمره امتحان به حل مسایل اختصاص دارد که لازم است دانش آموزان قبلاً اطلاعات همچون جمع و تفریق کسرها، حل تناسب و حل معادله یک مجهولی را بداند بنابراین، این موضوع در یادگیری دانش آموزان تأثیر مهمی دارد.

مجموع بررسیها نشان می دهد که دانش آموزان از اطلاعات ریاضی قبلی و کافی برخوردار نمی باشند.

۱۱ـ ساختار نوشتاری کتاب نیز از عواملی است که در بهبود محتوای کتاب مؤثر است. در مجموع بررسیها نشان می دهند که ساختار نوشتاری کتاب سلیس و روان بوده و متناسب با توان دانش آموزان می باشد که این مسأله منجر به انگیزش دانش آموزان برای یادگیری کتاب می باشد.

۱۲ـ تناسب زمان تعیین شده برای تدریس کتاب با حجم مطالب کتاب نیز از عواملی است که در بهبود محتوای کتاب مؤثر است. در مجموع بررسیها نشان می دهند که **زمان تعیین شده برای تدریس کتاب کافی نیست** مخصوصاً اگر یادگیری تمام مفاهیم و مطالب کتاب بنحو احسن مد نظر باشد.

❊ توصیه های کاربردی (پیشنهادها)

توصیه های زیر با توجه به نتایج بررسیهای بعمل آمده و پیشنهادات و نظرات دبیران در سؤال باز پرسشنامه ها ارایه گردیده است:

۱ـ تلاش و کوشش شود در تهیه، تدوین و تنظیم کتاب به سازماندهی مطالب از نظر توالی (رعایت اصل ساده به مشکل بودن مطالب) بیشتر توجه شود.

۲ـ در تدوین کتاب سعی شود که متن، تمرینها و مواد تصویری دانش آموزان را به تفکر بیشتر دعوت کنند. در این مورد لازم است متن (جملات)، تمرینها و مواد تصویری بصورت درکی باشند.

۳ـ سعی شود هنگام تدوین کتاب از الگوی مریل استفاده بیشتری شود و به ویژه به سطح عملکردی کشف و ابداع.

۴ـ سعی شود تصاویر، نمودارها و شکلهای کتاب با توضیحات واضحتری برای استفاده دانش آموزان در کتاب آورده شود و سؤالهایی نیز برای درگیر شدن دانش آموزان طرح شود.

۵ـ سعی شود تمرینهای کتاب از تمام قسمتهای فصل و به تعداد کافی آورده شود.

۶ـ سعی شود کتاب طوری تدوین گردد که جنبه خودآموزی و یادگیری مستقل از متن آن بیشتر گردد.

۷ـ سعی شود سطح خوانایی مطالب و محتوای کتاب در سطح کلاسی اول دبیرستان تهیه و تدوین شود و در این بین از چندین مدل مختلف استفاده گردد.

۸ـ سعی شود در تجدید نظرهای بعدی به نیازهای روزمره و تجربیات قبلی دانش آموزان و ارتباط مطالب کتاب با زندگی روزمره دانش آموزان بیشتر توجه گردد.

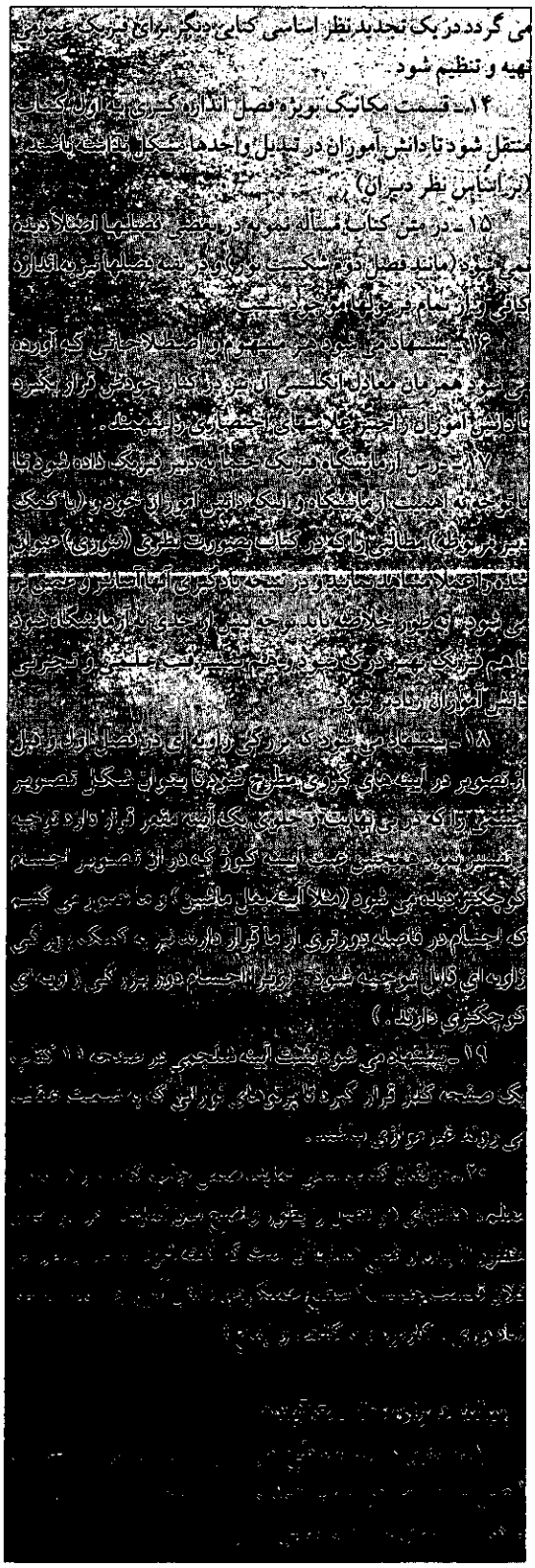
۹ـ سعی شود مطالب کتاب با توجه به توان ذهنی و فکری دانش آموزان بیش از پیش تدوین گردد چرا که هم دبیران و هم مدلهای ارزشیابی مطالب را برای کلاسهای بالاتر مناسب می دانند.

۱۰ـ درس ریاضی ۱ بصورت پیش نیاز برای درس فیزیک ۱ ارائه شود تا دانش آموزان در حل مسایل و تمرینهای کتاب کمتر با مشکل روبرو باشند.

۱۱ـ در تدوین کتاب فیزیک ۱ به حجم مطالب توجه شده سعی شود زمان مورد نیاز برای تدریس کتاب فیزیک ۱ اضافه شود.

۱۲ـ حجم مطالب زیاد و زمان محدود می باشد و این مسأله مانع از آشنایی دانش آموزان با تمام جزئیات کتاب می گردد چرا که دبیران سعی می کنند کتاب را در زمان محدود به پایان برسانند.

۱۳ـ این درس بعنوان واحد عمومی برای همه دانش آموزان که از کلاس سوم راهنمایی می آیند، بسیار دشوار است لذا پیشنهاد



صورت گرفته است.

۲ـ تحقیق در مورد سایر کتابهای فیزیک نظام جدید و سنجش آزمایشگاه فیزیک

۳ـ تحقیق در مورد تأثیر درس آزمایشگاه فیزیک ۱ بر یادگیری فیزیک ۱

۴ـ پیشنهاد می شود این تحقیق در سایر استانها نیز با اجرای شرایط مشابه انجام شود.

منابع

۱) ادری و هاوارد نیکلس. راهنمایی عملی برنامه ریزی درسی. ترجمهٔ داریوش دهقان. تهران: انتشارات قدیانی، ۱۳۶۷.

۲) فردانش، هاشم. مبانی نظری تکنولوژی آموزشی. تهران: انتشارات سمت، ۱۳۷۲.

۳) فضل الهی قمشی، سیف اله. ارزشیابی و تحلیل محتوای کتاب زبان انگلیسی سال سوم راهنمایی تحصیلی بر اساس مدلهای تحلیل محتوا و بررسی دیدگاه دبیران مربوطه. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان (اصفهان): ۱۳۷۴.

۴) کارگران، نجیمه. بررسی میزان انطباق اهداف درس آزمایشگاه فیزیک سال اول نظام جدید با تحقق آن اهداف. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان): ۱۳۷۵.

۵) کوی، لوتان. آموزش و پرورش تطبیقی. ترجمه محمد یمنی دوزی سرخابی، تهران: انتشارات سمت، ۱۳۷۵.

۶) لوی، الف. برنامه ریزی درسی مدارس. ترجمه فریده مشایخ. تهران انتشارات مدرسه، ۱۳۷۱.

۷) ول، ریچارد. ارزشیابی آموزشی (مبانی سنجش توانایی و بررسی برنامه). ترجمه علیرضا کیامنش. تهران: مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۷۱.

۸) یارمحمدیان، محمدحسین. اصول برنامه ریزی درسی. اصفهان: جهاد دانشگاهی، زیر چاپ.

1- Reber., S. Athur. (1985). "Dictionary of psychology", The city university of New york Broklyn

2. Curriculum development (Curriculum planning)
3. Content
4. Curriculum
5. Readability
6. evaluation
7. Content analysis
8. Content analysis Model

*استادان راهنما: دکتر احمدعلی فروغی ابری، دکتر محمدحسین یارمحمدیان، استاد مشاور: دکتر اسداله نصری

هفتمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران

هفتمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران ۸ تا ۱۰ فروردین ۱۳۷۷ در شهر باستانی، دارالعباده یزد برگزار گردید. در این همایش در حدود ۷۰۰ نفر از اعضای هیئت علمی دانشگاهها، انجمن فیزیک ایران، دبیران و دانشجویان شرکت داشتند و بالغ بر ۱۳ سخنرانی انجام گردید که مهمترین عنوانهای آن عبارت بود از:

پرسش و پاسخ ارزشیابی فیزیک. اهداف و دست‌آوردهای طرح جدید آموزش علوم در دورهٔ آموزش عمومی. تحلیل و ارزیابی گردهمایی های دانش‌آموزی فیزیک، سخنرانی های دیگر نیز در ارتباط با مباحث مختلف فیزیک مانند نجوم، فیزیک ذرات، فیزیک حالت جامد و فیزیک هسته‌ای برگزار شد. در کنار کنفرانس، نمایشگاه ابزارها و وسایل کمک آموزشی، رایانه های آموزشی، پوسترهای علمی حضوری فعال داشتند. فیزیک سرا که در موزه علوم برپا شده بود بر غنای موزه افزوده بود. این موزه شامل سه بخش فیزیک، نجوم و زیست‌شناسی است. در این کنفرانس شرکت‌کنندگان فرصتی به دست آورده‌اند تا با روشهای جدید آموزش، وسایل کمک‌آموزشی و نرم‌افزارهای مختلف بیشتر آشنا شوند.

احمد احمدی

ابرها، ردهای تراکم، و آب و هوا

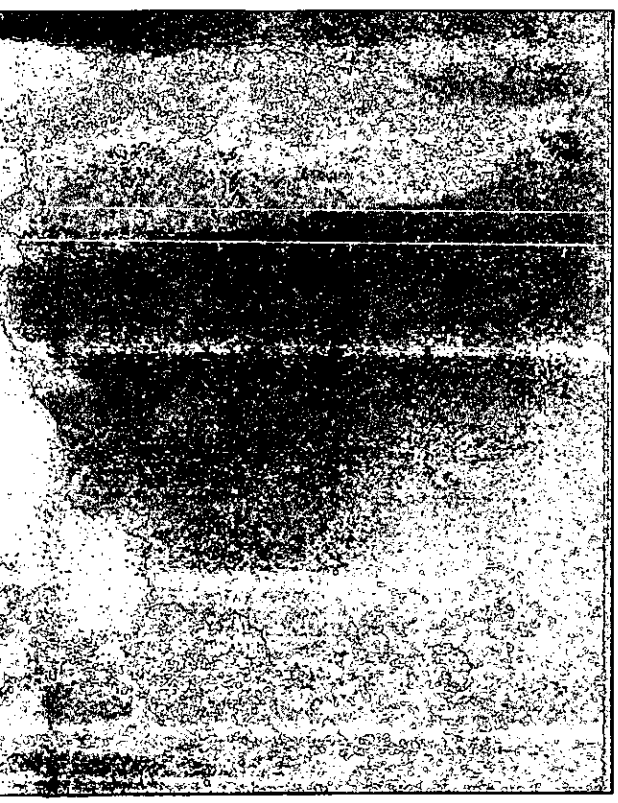
جان . سینفلد

ابرهای سیروس زمین را گرم می‌کنند. چگونگی تشکیل آنها به طور کامل شناخته نشده است، اما مطالعات اخیر نشان می‌دهد که این ابرها از ردهای تراکم فواره‌ای به وجود می‌آید. این تأثیر مهم فعالیت بشر بر آب و هوا که گمان آن نمی‌رفت راه جدیدی برای مطالعه فرایندهای دخیل در آن پیش پای ما می‌گذارد.

بیش از نیمی از تابش خورشید را که زمین باز می تاباند ناشی از ابرهاست . پس چگونه افزایش سطح ائروسلهایی که بشر تولید می کند ـ سولفاتها ، گازهای آلی و موادی چون اسید نیتریک ـ بر تشکیل ابرهای سیروس بر روی زمین اثر می گذارند و در نتیجه تعادل تابش را تغییر می دهند؟

ابرهای سیروس هنگام تراکم قطره های ریز آب در ابر سرد یا بلورهای یخ در اطراف ذرات ائروسل تشکیل می شوند ، که به طور عمده قطره های ریز H_2SO_4 هستند . وقتی دما کمتر از $-40^\circ C$ باشد ، هوا که نسبت به آب اشباع است نسبت به یخ فوق اشباع خواهد بود ، به طوری که اگر یک بلور یخ در ابری که به طور کلی متشکل از آب

◆ شکل ۱. ابرهایی بر روی اقیانوس آرام شمالی. ماهوارهٔ Goeswest پوشش ابری را با آشکارسازی تابش فروسرخ ۳/۱۱ - ۱۰ اندازه می گیرند. ابرهای سیروس به فراوانی در ساحل غربی آمریکا و بر روی هاوایی آشکارند. اثر وسایل ساخت بشر، از جمله خروجیهای جت (تصویر داخل شکل) می توانند بر تشکیل ابرهای سیروس تأثیر داشته باشند، و شاید بر آب و هوای زمین اثر بگذارند. در واقع اکنون نشان داده شده است که ردهای جت می توانند به صورت ابرهای سیروس گسترده درآیند. اما در سازوکار تشکیل ابرهای سیروس و سهم آن در شیمی جو بالایی، هنوز ناشناخته های فراوان وجود دارد.



ابر سرد است به وجود آید، با سرعتی بسیار بیشتر از آب سرد مجاورش رشد می کند. با رشد سریع و سریعتر بلورهای یخ، ممکن است فشار بخار آب نسبت به آب ابر سرد تا زیر نقطهٔ اشباع کاهش یابد، که به انتقال سریع آب از قطرات ریز به بلورها می انجامد. این فرایند آب موجود را در تعداد کمی از بلورهای بزرگ یخ متمرکز می کند.

اما گسیل ائروسلهایی که بشر مولد آنهاست می توانند تراکم قطره های ریز در ابرها را با افزایش تعداد ذراتی که می توانند به عنوان هسته تراکم در ابرها عمل کنند افزایش می دهد. این مسئله پراکندگی و در نتیجه بازتاب از بالای ابرها را زیاد و در نتیجه مقدار انرژی جذب شده توسط زمین را کاهش می دهد. متأسفانه، تأثیر این موضوع بر بودجه تابش کره زمین به دقت مشخص نیست، و بین ۰ تا $-۱/۵ w.m^{-۲}$ برآورد شده است (برای مقایسه، اثر گازهای گلخانه ای که بشر تولید می کند در حدود $+۲/۴ wm^{-۲}$ است). این عدم قطعیت به طور کلی ناشی از درک ضعیف ما از چگونگی تأثیر ائروسلها بر تشکیل ابرهای مختلف است.

ابرهای استراتوس کم ارتفاع معمولاً زمین را خنک می کنند، زیرا تابش خورشیدی را که به فضا بازمی تابانند

بیشتر از پرتوهای فرو سرخی است که جذب می کنند. بر عکس، ابرهای سیروس- ابرهای متشکل از ذرات یخ که در ارتفاع چند هزار متری قرار دارند و تروپوپوز در ۱۰ تا ۲۰ کیلومتری- به طور کلی اثر گرم کننده دارند، چون بازتابندگی آنها در طول موجهای خورشیدی کم است و مقدار پرتوی فرو سرخ متصاعدی را که جذب می کنند از آنچه از رأس بسیار سرد خود به فضا بازمی تابانند کمتر است. بنابراین اگر گازها و ائروسلهای ساخت بشر ویژگی و طول عمر ابرها را تغییر دهد، می تواند بر حسب میزان تأثیر آن بر ابرهای با ارتفاع کم و زیاد اثر تابشی مثبت یا منفی داشته باشد. بدتر از آن، هنوز نمی توانیم پیش بینی کنیم که چگونه افزایش سطح گازهای دوده و ذرات در ویژگیها، مقدار و طول عمر این ابرها تأثیر می گذارد. اما هواپیماهای جت آزمایشگاهی برای مطالعهٔ این اثرات هستند.

ردهای تراکمی که هواپیماهای جت تولید می کنند را می توان ابرهای سیروس مصنوعی در نظر گرفت. هواپیما دی اکسید گوگرد، دوده، ذرات فلز و اکسید نیتروژن گسیل می کند، و ردهای تراکمی در هنگام مخلوط شدن گازهای داغ و مرطوب خروجی با هوای سرد و خشک تشکیل می شوند. ذرات دوده و اسید سولفوریک در گاز خروجی به صورت قطرات ریز آبی درمی آیند که یخ می زنند. خروج سولفور از هواپیما در مقایسه با چشمه های زمینی کوچک اند، اما در گستره ارتفاع گسیل (در حدود ۱۰ تا ۱۲ کیلومتر)، منابع حاصل از هواپیما با چشمه های طبیعی و آنچه انسان تولید می کند قابل مقایسه است. بنابراین، گسیل گازها از هواپیما در نهایت می تواند بر تشکیل ابرهای سیروس تأثیر بگذارد. این ردّهای تراکمی به واسطه سطح کوچکشان، تأثیر قابل ملاحظه ای بر تعادل تابش زمین ندارند، اما اگر سطوح بزرگی از ابرهای سیروس با دوام از ردهای تراکمی به وجود آید خروجی جت ممکن است اثری بیش از آنچه اکنون تصور می شود بر آب و هوا داشته باشد.

چند طرح عملی اخیر کوشیده اند تا تأثیر خروجی هواپیماها را بر جوّ ارزیابی کنند. نتایج طرح Sucess[1] که در آوریل- مه ۱۹۹۶ انجام شد. در شماره های آینده مجله *Geographical Research Letters* منتشر خواهد شد. مشاهده ردّه های تراکمی از ماهواره در خلال Sucess نشان می دهد که ردّهای تراکمی با دوام در واقع می توانند باعث تشکیل ابرهای غلیظ سیروس شوند که در غیر این صورت

به وجود نمی آمدند. این بدان معناست که مقدار قابل ملاحظه ای از هوایی که از یخ فوق اشباع شده است بر تروپوسفر علیا وجود دارد که می تواند در حضور آئروسل تولید ابر کند. تا چه اندازه ردّهای تراکمی منشاء ابرهای سیروس غلیظ اند و عمر و اندازه این ابرها چقدر است، هنوز پرسشهایی هستند که پاسخ آنها مشخص نیست.

اکسیدهای نیتروژنی که موتورهای جت گسیل می کنند ممکن است تا اندازه ای مسئول تشکیل ابرهای سیروس باشد. بر مبنای اندازه گیریهای اسید نیتریک در تروپوسفر علیا، لاکسونن و همکاران اثر اسید نیتریک، HNO_3 را بر فعال سازی قطرات ریز ابر سرد در سیروس محاسبه کرده اند. آنها دریافتند که در حضور مقدار HNO_3 مشاهده شده، H_2SO_4 و ذرات آئروسل $(NH_4)_2SO_4$ به اندازه ۱/۵ تا ۴ برابر بیش از موردی که HNO_3 وجود ندارد فعال می شوند. تأثیر این یافته ها بر آب و هوا به فراوانی تشکیل ابرهای سیروس به وسیله ساز و کار فعال سازی قطرات ریز ابر سرد بستگی دارد که شناخته نشده است. با وجود این، نقش گاز HNO_3 ممکن است در تشکیل ابرهای سیروس مهم باشد ـ و اکسیدهای نیتروژنی که هواپیما در ارتفاع پرواز گسیل می کنند همه تبدیل به HNO_3 می شود.

از قضا، اسید نیتریک و ابرهای سیروس را می توان به صورت دیگر به هم مربوط کرد. مدلهای سه بعدی شیمی تروپوسفر، سطح HNO_3 را در تروپوسفر علیا بیش از مقدار مشاهده شده پیش بینی می کند. ممکن است بلورهای یخ سیروس اسید نیتریک را بردارد و آن را در سطوح پایین تر جوّ بنشانند، که در آنجا HNO_3 آزاد می شود.

آیا ائروسلهای دیگر می توانند اهمیت داشته باشند؟ سولفات ائروسل غالب در تروپوسفر علیاست، اما تا ۲۵٪ جرم ائروسلها از نمونه های دیگر مانند ترکیبات مختلف، فلزات، دوده، آمونیم و نیترات تشکیل شده است. این ذرات می توانند به صورت هسته های تراکم ابرهای سیروس در آیند اگر به اندازه H_2SO_4 و $(NH_4)_2SO_4$ در یخ مؤثر باشند. این موضوع مشخص نیست، اما اندازه گیریهای انجام شده در ابرهای سیروس سرد (۳۵ تا $-60^{\circ}C$) بر روی آلمان نشان داد که قطر اغلب ذرات آئروسل کمتر از ۰/۳۳m است، و تمام «مواد دیگر ائروسل» به احتمال زیاد به صورت ذرات ریز وجود دارند.

حتی اگر چنین ذراتی سبب تشکیل بلورها با کارآیی کم شوند، به علت تعداد زیادشان باید نقش مهمی در تشکیل ابرهای سیروس داشته باشند.

بنابراین دانستیم که ائروسها تروپوسفر علیا چیزی بیش از اسید سولفوریک و آب هستند، اما اندازه گیریهایی چندانی انجام نشده است. هم چنین به آرامی، چیزهایی دربارهٔ ساز و کار تشکیل ابرهای سیروس می آموزیم. اینکه چگونه تراکم آئروسلهای تروپوسفری، از جمله خروجی هواپیماها، در انواع ابرها اثر دارد پرسش مهمی در ارزیابی تأثیر مواد گسیلی ساخت بشر بر آب و هواست.

Nature /Vol 391/
26 February 1998 P 837/838

مترجم: منیژه رهبر

1. Subsonic aireraft: Contrail anel Cbud effect Special Study

آن خورشید چشمک زن

آندرو واتسون

رصدهای جدید از ماهوارهٔ رصدخانه خورشیدی و هلیوسفری (SOHO) نشان می دهد که خورشید پوشیده از لکه های داغ ریز است. این انفجارهای انرژی کوتاه مدت می توانند به روشن شدن یک معمای بزرگ در علوم خورشیدی کمک کنند؛ چه عاملی جوّ خورشید را تا دماهای فوق العاده زیاد گرم می کند و باعث جریان ذرات بارداری

می شود که به صورت باد خورشیدی در فضا به حرکت در می آیند؟

فیزیکدان خورشیدی ریچارد هاریسون از آزمایشگاه رادرفورد اپلتون، در نزدیکی اکسفورد در بریتانیا، این به اصطلاح چشمک زدنها را در هنگام مطالعه سطح خورشید در منطقهٔ فرابنفش دور کشف کرد. اگر به خورشید در منطقه فرابنفش بنگریم سطح آن را مانند یک پرتقال ناهموار می بینیم. این طرح ناشی از همرفت گازهای داغ یونیده است، که از سطح آن می جوشند، خنک می شوند، و مجدداً به زیر سطح فرو می روند. با حرکت ذرات باردار در گاز، میدانهای مغناطیسی تولید می شود که بر حرکت آنها تأثیر می گذارد. هاریسون در هنگام مطالعه این نقوش متوجه چیزی غیرعادی شد.

در سراسر سطح خورشید، لکه هایی با اندازه ای در حدود زمین در مدتی کوتاه تا دماهای حدود یک میلیونها درجهٔ سلسیوس شعله ور می شوند، که بسیار بالاتر از دمای ۵۵۰۰ درجه سطح خورشید است. چون چشمک زنها در فریزهای تکه های گاز در حال همرفت متمرکز شده اند، هاریسون بر این باور است که خطوط میدان مغناطیسی گاز را می فشارند و گرم می کنند. به گفتهٔ او «این لکه ها بدین سبب به وجود می آیند که خطوط میدان مغناطیسی در هم فرو می روند.»

در هر لحظه، در حدود ۳۰۰۰ چشمک زن در سطح خورشید وجود دارد. به گفته هلن میسون از دانشگاه کمبریج «این کار بسیار هیجان انگیز است زیرا به ما کمک می کند تا ساز و کار گرم شدن جوّ خورشید را بفهمیم». به نظر هاریسون «اگرچه روشن نیست که آیا این چشمک زنها مواد لازم برای گرم کردن کل سطح خورشید تا میلیونها درجه را گردآوری می کنند. زیرا انرژی که در این لحظه می بینیم برای این کار کافی نیست. اما چشمک زنهای مریی ممکن است فقط بخشی از انرژی کلی باشند که از میدانهای مغناطیسی پیچ در پیچ به گرما تبدیل می شود.»

مترجم: منیژه رهبر

Science. Vol 279. 6 February 1998, p 806

◆ شرح شکل- چشمکی که به سرعت ناپدید می شود. یک نکهٔ داغ در دومین تصویر از سه تصویر که به فاصله ۲۰ دقیقه از یکدیگر گرفته شده اند شعله ور می شود.

به معادله‌ها توجه کنید تا موفق شوید

بیتن اسکای

ریچارد فاینمن فیزیکدان امریکایی (۱۲۹۷ الی ۱۳۶۷) تأکید می کرد یکی از دلایلی که این امکان را برای یک فیزیکدان فراهم می کند تا به دانش گسترده ای از دنیای فیزیک دست یابد یک تصادف قابل ملاحظه است: یعنی معادله های بسیاری از وضعیتهای گوناگون در فیزیک دقیقاً شبیه یکدیگرند. اگر برای معادله ای در یک حالت جوابی پیدا کردید، می توانید این جواب را برای حالتهای دیگر نیز به کار برید. یا به تعبیر فاینمن «معادله های همانند جوابهای همانند دارند.»

مثلاً، معادلهٔ حرکت نوسان هماهنگ وضعیتهای گوناگونی را در مکانیک، الکتریسیته، و فیزیک اتمی توصیف می کند و هر زمان که با این معادله روبه رو می شویم لازم نیست آن را حل کنیم. در این مقاله نشان خواهیم داد که بارها با معادلهٔ حرکت نوسانی در وضعیتهای گوناگون روبه رو می شویم و جواب آن را به کار می بریم در حالی که انتظار هیچ گونه حرکت نوسانی را در آن وضعیت نداریم.

مثلاً، معادلهٔ حرکت نوسانی هماهنگ جسم متصل به فنر که ساده ترین حرکتِ مکانیکی در فضای یک بعدی است به شکل زیر نوشته می شود:

$$a_x = -\omega^2 x \qquad (۱)$$

که در آن شتاب $a_x = \frac{d^2x}{dt^2}$، جابه جایی جسم از حالت تعادل x، و بسامد زاویه ای نوسان ω است.

معادله (۱) یک معادله دیفرانسیل است. جواب این معادله نشان می دهد جابه جایی جسم با روابط سینوسی و کسینوسی تغییر می کند.

$$x = A\,Cos\omega t + B\,Sin\omega t \qquad (۲)$$

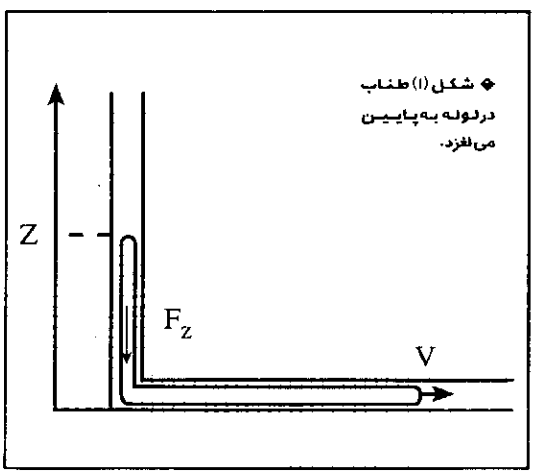
که در آن A و B مقادیر ثابتی هستند که با توجه به شرایط اولیه به دست می آیند.

اگر از معادله (۲) نسبت به زمان مشتق بگیریم سرعتِ جسم را پیدا خواهیم کرد.

$$V_x = -A\,\omega\,Sin\,\omega t + B\,\omega\,Cos\,\omega t \qquad (۳)$$

هرگاه با معادله ای به شکل معادله (۱) روبه رو شدیم می توانیم جواب معادله (۲) را به کار بریم و همواره به یاد داشته باشیم که «معادله های همانند جوابهای همانند دارند.»

به عنوان اولین مثال، طنابی به جرم M و طول l را در نظر بگیرید که در بخش قائم لولهٔ هموار به شکل L قرار دارد شکل (۱).



◆ شکل (۱) طناب درلوله به‌پایین می‌لغزد.

طناب می تواند بدون اصطکاک در طول لوله بلغزد. اگر طناب رها شود حرکت آن چگونه خواهد بود؟ چه مدت طول می کشد تا طناب بلغزد و به قسمت افقی لوله برسد؟

محور z را مطابق شکل (۱) انتخاب می کنیم. فرض کنید هنگامی که انتهای بالایی طناب در نقطه z قرار دارد نیروی گرانش F_z در بخش قائم لوله به جرم $m(z) = (\frac{M}{l})z$ از طناب اثر می کند. بنابراین طناب باشتاب a_z حرکت می کند.

$$F_z = -m(z)g = -\frac{M}{l} z\, g \qquad (۴)$$

که در آن شتاب میدان گرانشی g است.

بنا به قانون دوم نیوتون داریم $Ma_z = F_z$ ، بنابراین

$$a_z = -\frac{g}{l} z \qquad (۵)$$

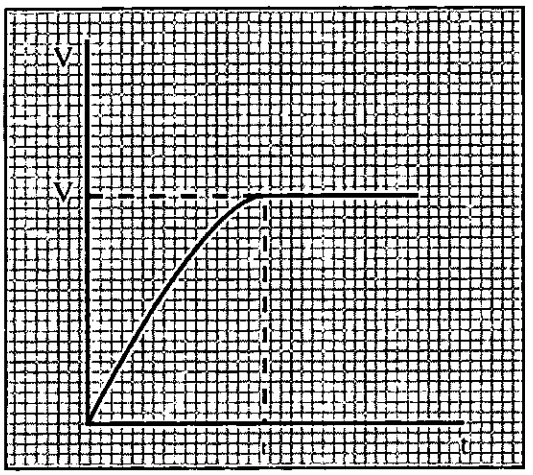
اگر معادله های (۵) و (۱) را با هم مقایسه کنیم، متوجه می شویم که هر دو دقیقاً یک شکل دارند. بنابراین معادله (۲) جواب معادله (۵) است. چون در $t = ۰$ طناب در حال سکون است پس $V = ۰$ و $z = l$ است. بنابراین از معادله های (۲) و (۳) خواهیم داشت $A = l$ ، $B = ۰$ ، و حرکت طناب با معادله $Z = l\,Cos\,\omega t$ توضیح داده می شود. که در آن

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \qquad (۶)$$

تنها اختلاف میان حرکت جسم متصل به فنر و طنابی که در لوله قرار دارد آن است که اگر نیروی اصطکاک را نادیده بگیریم نوسان فنر تا مدتها ادامه دارد، در حالی که نیرو در معادله (۴)، تا زمانی که طناب در لوله قائم به سوی پایین می لغزد به آن اثر می کند. این زمان درست برابر با یک چهارم زمان یک نوسان کامل است. بنابراین در زمان C که برابر با یک چهارم دورهٔ نوسان $T = \frac{۲\pi}{\omega}$ است تمام طناب در قسمت افقی لوله قرار می گیرد.

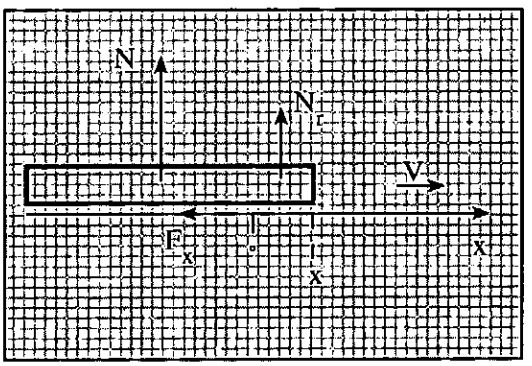
$$\tau = \frac{T}{۴} = \frac{\pi}{۲\omega} = \frac{\pi}{۲}\sqrt{\frac{l}{g}} \qquad (۷)$$

تا زمانی که طناب در لولهٔ قائم به سوی پایین می لغزد یعنی در زمان $t \le \tau$ ، سرعت طناب از معادله (۳) $V = -l\,\omega\,Sin\,\omega t$ به دست می آید. با سپری شدن زمان، سرعت طناب افزایش می یابد و به بیشینه مقدار خود می رسد. $V_{max} = l\,\omega = \sqrt{lg}$ در زمان $t > \tau$ طناب با سرعت ثابت $V = V_{max}$ در قسمت افقی لوله حرکت می کند. نمودار تغییرات سرعتِ طناب برحسب زمان درشکل ۲ نشان داده شده است.



◆ شکل (۲) نمودار تغییرات سرعت طناب برحسب زمان.

به عنوان دومین مثال، قطعه ای به جرم M و طول l را در نظر بگیرید که در امتداد یک سطح افقی هموار با سرعت $V_۰$ می لغزد. این قطعه به یک سطح ناهموار می رسد که با ضریب اصطکاک μ مشخص شده است (شکل -۳.)



◆ شکل (۳) قطعه از مرز میان سطوح هموار و ناهموار می گذرد.

هنگامی که قسمتی از قطعه به سطح ناهموار می رسد حرکت آن بر اثر نیروی اصطکاک F_X کُند می شود. این نیرو متناسب با بخشی از نیروی عمود بر سطح $N_r = m(x)g$ است که از طرف سطح ناهموار به قسمتی از قطعه وارد می شود.

$$F_X = -\mu N_r = -\mu\, m(x)g = -\mu \frac{M}{l} x\, g \qquad (۸)$$

بنابه قانون دوم نیوتون داریم:

$$a_x = -\frac{\mu g}{l} x \qquad (۹)$$

بار دیگر به این نتیجه رسیدیم که تا هنگامی که قطعه

در امتداد دو سطح حرکت می کند، شتاب حرکت متناسب با جابه جایی و در خلاف جهت حرکت آن است. شکل معادله (۹) شکل معادله (۱) را دارد. بنابراین حرکت قطعه با معادله نوسانی هماهنگ بیان می شود. فرض کنید زمانی که قطعه به مرز دو سطح می رسد $t = ۰$ باشد. در این حالت $X = ۰$ و $V = V_۰$ است. با استفاده از معادله های ۲() و (۳) خواهیم داشت: $A = ۰$ و $B = \frac{V_۰}{\omega}$

بنابراین جابه جایی و سرعت قطعه برابر است با:

(۱۰)

$$V = V_۰ \, Cos\,\omega t \qquad X = \frac{V_۰}{\omega} Sin\,\omega t$$

که در آن

$$\omega = \sqrt{\mu g / l} \qquad (۱۱)$$

در زمان τ_s که در آن $V = ۰$ است قطعه متوقف می شود به ازای $\omega t = \frac{\pi}{۲}$ چون $Cos\,\omega t = ۰$ است بنابراین داریم:

$$\tau_s = \frac{\pi}{۲\omega} = \frac{\pi}{۲}\sqrt{\frac{l}{\mu g}} \qquad (۱۲)$$

توجه خوانندگان مقاله را به این نکته جلب می کنیم با اینکه در هیچ کدام از مسائل مورد نظر با حرکت دایره ای یا نوسانی سر و کار نداریم با این حال عامل π در معادله های (۷) و (۱۲) آشکار شده است.

مسافتی را که قطعه می پیماید تا به حالت سکون در آید با استفاده از معادله های (۱۰) و (۱۱) به دست می آید.

(۱۳)

$$x(\tau_s) = \frac{V_۰}{\omega} = V_۰\sqrt{\frac{l}{g}}$$

البته معادله (۹) و جوابهای آن در معادله (۱۰) تا هنگامی برقرارند که قسمت عقب قطعه از مرز میان دو سطح بگذرد، یعنی $x \le l$ باشد. بنابراین جابه جایی قطعه در صورتی با تابع سینوسی در معادله (۱۰) بیان می شود که:

$$V_۰ \le l\omega = \sqrt{\mu l g} \qquad (۱۴)$$

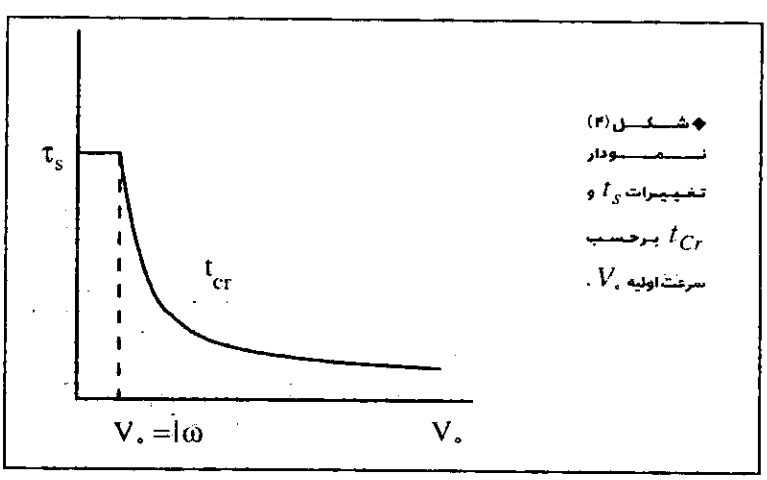
پس از آن که قسمت عقب قطعه از مرز سطح ناهموار گذشت نیروی اصطکاک ثابت می شود یعنی $F = \mu Mg$ است و حرکت با شتاب ثابت کند می شود.

اگر $V_۰ > \sqrt{\mu l g}$ باشد تمام قطعه در زمان $t_{Cr} < \tau_s$ در سطح ناهموار خواهد بود. زمان t_{Cr} را می توان از معادله (۱۰) به ازای $x = l$ به دست آورد.

$$t_{Cr} = \frac{۱}{\omega}\, arc\, Sin\,(\frac{\omega l}{V_۰}) \qquad (۱۵)$$

اگرچه τ_s و t_{Cr} معنای متفاوتی دارند (τ_s مدت زمانی است که قطعه در حالی که روی دو سطح قرار دارد به حالت سکون در می آید و t_{Cr} مدت زمانی است که کل قطعه از مرز دو سطح می گذرد.) بهتر است که نمودار تغییرات هر دو زمان را برحسب سرعت یکجا نمایش دهیم شکل (۴).

با توجه به معادله (۱۲) و شکل (۴)، τ_s به سرعت اولیه $V_۰$ بستگی ندارد. این نتیجه تعجب آور نیست زیرا



◆ شکل (۴) نمودار تغییرات t_s و t_{Cr} برحسب سرعت اولیه $V_۰$.

دورهٔ حرکت نوسانی هماهنگ به دامنهٔ سرعت بستگی ندارد.

برای سرعتهای بزرگ $V_۰ >> \omega l$ می توان نتیجه را با محاسبه به دست آورد. برای شناسه های

کوچک $arc\,Sin\left(\frac{\omega l}{V_0}\right) = \frac{\omega l}{V_0}$ است. بنابراین از معادله(۱۵) خواهیم داشت $t_{Cr} \approx \frac{l}{V_0}$. این نتیجه را می توان چنین توجیه کرد که اگر قطعه با سرعت زیادی حرکت کند نیروی اصطکاک در واقع فرصت نخواهد داشت که سرعت قطعه را به طور قابل ملاحظه ای در مسافت معین l تغییر دهد، در این حالت زمان تقریباً برابر با $\frac{l}{V_0}$ است.

مسئله آخر به ویژه جالب توجه است. زیرا در مکانیک فقط نیروی اصطکاک کمال حرکت نوسانی هماهنگ را از میان می برد، امّا در اینجا برعکس حرکت قطعه در زمان $t < \tau_0$ با یک رابطه سینوسی توضیح داده می شود در حالی که غیر از نیروی اصطکاک هیچ نیروی دیگری به طور افقی به طناب اثر نمی کند.

امیدواریم خوانندگان مثالهای دیگری از کاربرد معادله (۲) بیابند اگرچه نتوان حرکت نوسانی را پیش بینی کرد. فقط با دقت به معادله ها بنگرید تا موفق شوید!

مترجم: احمد ـ توحیدی

* Look at Equations Heedfully and you'll Win Losif S. Bitenaky.

مرجع:

The Physicst Teaches, Vol. 35, Dec 1997, P. 540-541

خوانندگان و «رشد آموزش فیزیک»

★ پیراژ چاپ ـ آقای مهدی قنبرزاده فرد:

برای ارائه مقاله ای درباره حرکت سیارات و توجیه جزر و مد و استفاده از آیات مبارکه قرآن مجید، اطلاع کافی از مبانی مکانیک سماوی و متون مذهبی مورد نیاز است.

★ شیراز ـ آقای فرهنگ کریمی:

آقای فرهنگ کریمی، در مورد تدریس درس فیزیک در دبیرستانهای نمونه و تیزهوشان یادآوری کرده اند که:

۱ـ دانش آموزان این مدارس دارای ذهنی فعال و کنجکاو هستند که باعث می شود دانش آموزان تیزهوش بیشتر از دروس دیگر به این درس توجه کنند.

۲ـ در کلاس اول دبیرستان باید از ذکر موازدی که پاسخ آنها از درک ذهنی دانش آموزان خارج یا به ابزار ریاضی توانمندتر نیاز دارد پرهیز کرد.

۳ـ دانش آموز باید از توانایی دبیر مربوط مطمئن شود.

۴ـ در مورد سؤالات بحث انگیز وقت گیر بهتر است یافتن پاسخ را به صورت کار تحقیقاتی برای دانش آموزان به عهده خود آنها قرار داد.

۵ـ حداقل ۵۰٪ مطالب منابع خارج از کتاب درسی باید برای دانش آموزان قابل درک و فهم باشد.

۶ـ کلاسهای درس صرفاً به صورت سخنرانی صورت نگیرد.

۷ـ در مورد سؤالاتی مانند نسبیت، حرکت اجرام سماوی و فیزیک هسته ای باید معلم دارای اطلاعات کافی باشد.

★ کردستان ـ آقای مهدی حسینی:

آقای مهدی حسینی از گروه تحقیق و ترجمه دانشجویان سال اول گروه فیزیک دانشگاه کردستان نقدی بر کتاب فیزیک ۱ «نظام جدید دوره متوسطه» تنظیم و یادآوری کرده اند که:

۱ـ در فصل اندازه گیری، اطلاعات مربوط به اندازه گیری به صورت کامل بررسی شود.

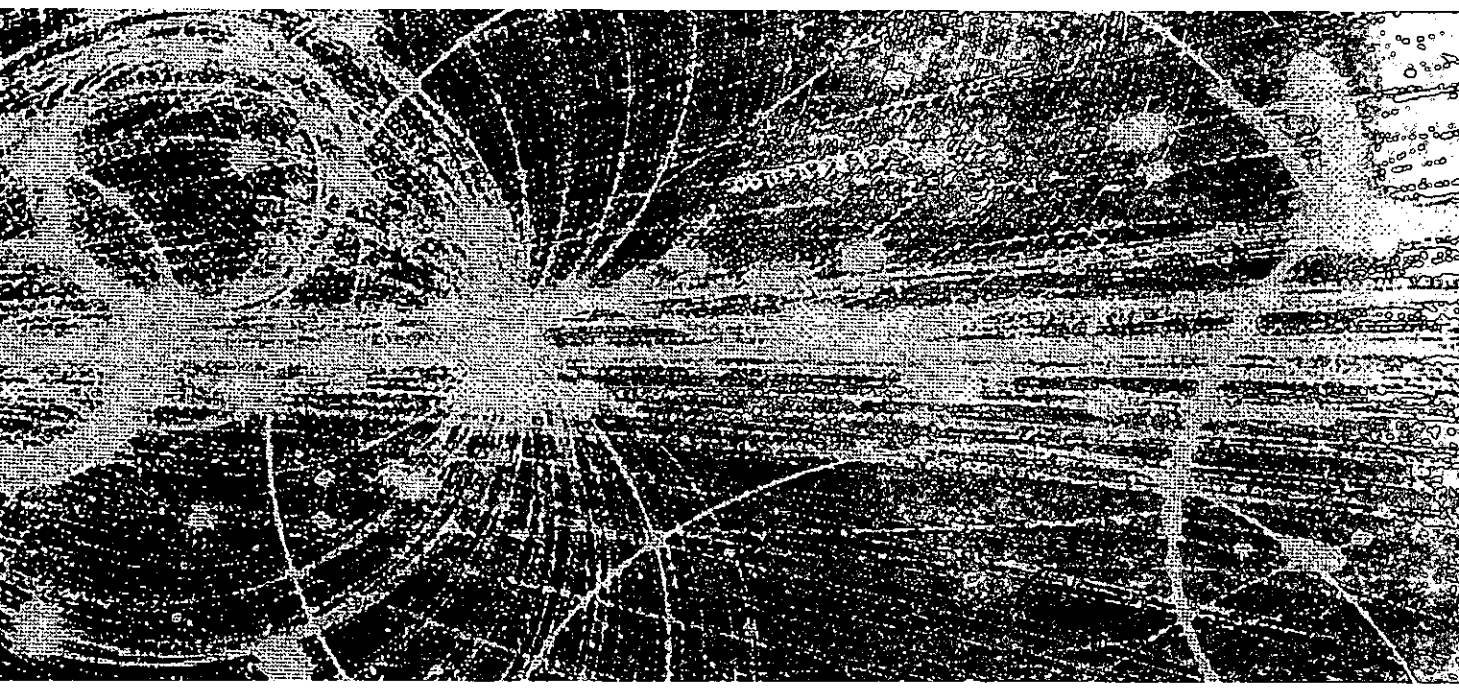
۲ـ در فصل نیرو، تعریف نیرو و دسته بندی نیروها و جمع نیروها و کشتاور نیرو با بحث کافی ارائه شود.

۳ـ در فصل حرکت، قوانین نیوتون به طور دقیق و علمی بیان شود.

منشاء جرم

کریس بودری، استاد دانشگاه لانکاستر انگلستان
فیزیک اجوکیشن ژوئیه ۱۹۹۶

در عوض، ایزاک نیوتون خواهد گفت جرم خاصیتی است از جسم که مشخص می کند این جسم بر اثر نیروی وارد برآن چقدر شتاب می گیرد، و ممکن است چنین بیفزاید که جرم «بار» نیروی گرانشی است. هر چه جرم بزرگتر باشد جذب گرانشی بیشتری نسبت به جسم جرم دار دیگر دارد. هر چند آلبرت اینشتین، ممکن است بگوید جرم سبب خمیدگی فضا ـ زمان (جهان) می شود و مشخصهٔ هر ماده ای است که کندتر از سرعت نور حرکت می کند. بنابراین، فقط ذرات بدون جرم می توانند و باید با سرعت نور حرکت کنند.



نظریه های رایج فیزیک ذرات بر این امر تأکید دارند که ذرات بنیادی همه بی جرم هستند. فقط وقتی که در فضا حرکت می کنند جرم مؤثری می یابند. این مفهوم بر این دلالت دارد که همهٔ فضا پر از مادهٔ جدیدی است که میدان هیگز (Higgs) نام دارد و در حقیقت نوعی شیرهٔ کیهانی است. پس اگر چنین است، آزمایشهای شتابدهندهٔ (اروپایی) سرن (CERN) ممکن است به زودی بتواند این نظریه را بیازماید. مقایسه های ساده ای برای توصیف برخی از رمز و رازهای اساسی پیدایش جرم به کار می روند.

حال جرم چیست؟ پرسش ساده ای است که مطرح شد، ولی پاسخ چیست؟ تصور می کنم اگر جلوی مردم را در خیابان بگیرید و این سؤال را از آنها بکنید، ممکن است بگویند که جرم مقدار مادهٔ موجود در یک جسم است.

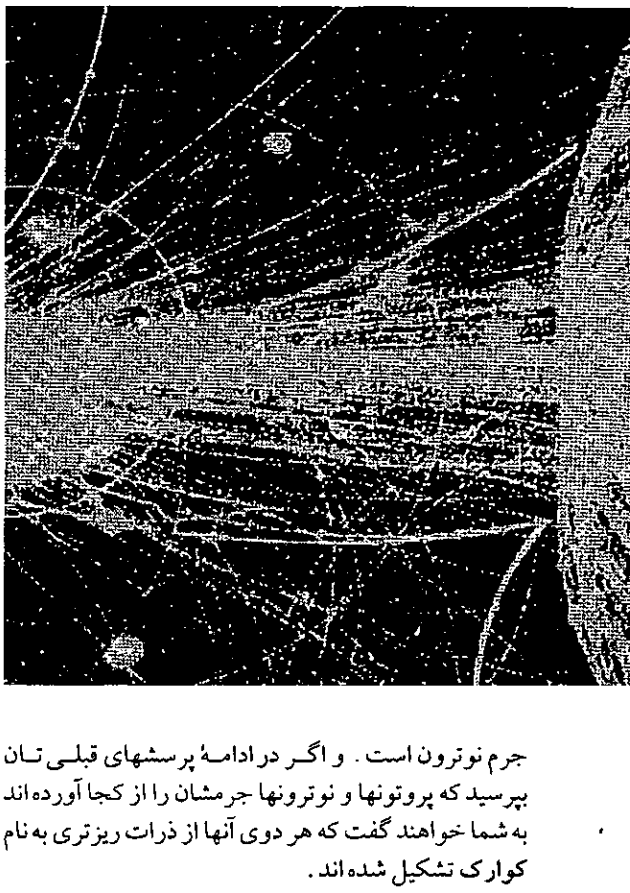
اینشتین ناچار در مورد مفهوم افزایش جرم با سرعت صحبت نخواهد کرد. برای او، جرم ماهیت ثابتی است از جسم و افزایش غیرخطی سرعت با افزایش اندازه حرکت، خاصیت فضا ـ زمان است نه جرم[1]. این نقطه نظر را بسیاری از فیزیکدانان ذرات بنیادی امروزه مطرح می کنند.

خُب، تا اینجا همینقدر خوب است. ولی چرا اجسام جرم دارند؟ و چه چیزی اندازهٔ جرمشان را تعیین می کند؟ وقتی که این پرسشها را می کنیم انگار که خود را به آب عمیقی می زنیم.

البته اینک پاسخ ساده ای وجود دارد. همهٔ اجسام از ذرات ریزی به نام اتم تشکیل شده اند و اتمها جرم دارند. طبیعی است که به این سؤال رهنمون شویم که چرا اتمها جرم دارند. دوباره پاسخ ساده این است که اتمها از

الکترونهایی که به دور هسته می چرخند تشکیل شده انـد و الکترونها و هسته دارای جرم هستند. در حقیقت بـیـش از ۹۹/۹ درصد جرم اتم در هسته متمرکز شده است.

حال اگر از یک فیزیکدان هسته ای بپرسید که جرم هسته از کجا آمده است، ممکن است به شما بگویـد کـه هـمـهٔ هسته ها از پروتونها و نوترونها تشکیل شده اند و هـر دوی این ذرات دارای جرم اند. هر چه تعداد پروتونها و نوترونها بیشتر باشد، جرم زیادتر است. او ممکن است چنین بیفزاید که جرم پروتون $۱/۶۷۲۶ \times ۱۰^{-۲۷}$ کیلوگرم و کمی کمتـر از



جرم نوترون است. و اگـر در ادامـهٔ پرسشهای قبلـی تـان بپرسید که پروتونها و نوترونها جرمشان را از کجا آورده اند به شما خواهند گفت که هر دوی آنها از ذرات ریزتری به نام کوارک تشکیل شده اند.

حالا قصه جالبتر می شود. یک فیزیکدان ذرات بنیادی توضیح خواهد داد که پروتون مقولـهٔ پیچیده ای است. اما به بیان ساده، شامل سه کوارک است، دو کوارک از نـوع بالا و یک کوارک از نوع پایین که با یک نـیـروی قـوی بـه یکدیگر پیـوسـتـه انـد، ایـن نـیـروی قـوی کـوارکـهـا را در حجم کـوچـکـی بـه قـطـر تـقـریـبـاً $۱۰^{-۱۵}$ متـر نگه داشته است، و مانع تـجـزیـهٔ یک کوارک تنهاسـت. هر چند، آزمایشهای انجام شده با الکترونها و دیگـر ذرات بنیادی با انرژی بالا برای شکافت پروتونها ثابت کـرده کـه آنها دارای سه کوارک هستند و هر کدام از کوارکهـا دارای جرم اند. در آزمایشهای پراکندگی الکترون مشخص شـده که مجموع جرم دو کوارک بالا و یک کوارک پایین فـقـط درصد کمی از جرم پروتون را تشکیل می دهند. ایـن امـر نشان می دهد که بخش اعظم جرم پروتون از انرژی بستگی کوارک ـ کوارک ناشی شده و می توان چنین استدلال کرد که یا همهٔ این جرم به پروتون تعلق دارد یا بخشی از آن متعلق به کوارکهاست.

اگر کامپیوترهای بسیار قوی در دسترس باشد، نظریـه پردازان ذرات بنیادی می توانند این سهم عمده را به پروتون نسبت دهند و از آنجا جرم اتمی را محاسبه کنند.

ولی هنوز جای این سؤال باقی است که کـوارکـهـا و الکترونها، هر چند ذرات بسیار ریزی هستند جرمشان را از کجا به دست آورده اند. و با این سؤال ظـاهـراً بقیه مقالـه محکوم به فناست.

یک احتمال این است که کوارکها و الکترونها خـود از ذرات ریزتر بی جرمی تشکیل شده باشند که با یک نیرویـی بسیار به یکدیگر پیوسته اند و انرژی بستگی آنها به این نیروی ناشناختـهٔ بسیار قوی مربوط شود که فقط مربوط بـه جـرم کوراک و الکترون است. نظریه هایی مخالف این عقـیـده وجود دارد که می تواند درست باشد. تردیدی نیسـت کـه فیزیکدانان تجربی، پژوهشهایشان را برای شناخت ساختار ریز کوارک و الکترون ادامه خواهند داد.[۲]

احتمال دیگر می تواند این باشد که کوارکها و الکترونها فقط دارای جرم باشند! شاید هیچ توضیحی برای آن وجود نداشته باشد، اما این نقطه نظر دارای ایراد فنی است. ظاهراً چنین می نماید که مسئله اصلی نظریه پردازان فهم چگونگی بر هم کنش بین کوارکها و الکترونهاست. در حقیقت نظریهٔ کنونی در صورتی موفق است که کوارکها و الکترونها مطلقاً بدون جرم باشند! جای شکرش باقی است که راهی برای خروج از این پارادوکس پیدا شده که با آزمایشهای تجربـی سازگار است. پیش از آنکه نظری به آن بیفکنیم، جـا دارد نگاهی هر چند اجمالی به نظریهٔ رایج ذرات بنیادی و بر هم کنش آنها بیفکنیم.

نگاهی اجمالی به نظریهٔ رایج ذرات

علاوه بر الکترون معمولـی $(\overline{e})$ دو ذرهٔ شبه الکتـرون دیگر $(\overline{\mu}\ ,\ \overline{Z})$ وجود دارد که هر یک با همراهی خنـثـی به نام نوترینو (ϑ) جفت هستند. این شش ذره، خانـوادهٔ لپتون را تشکیل می دهند. کوارکهای بالا (u) و پایین (d)

که قبلاً به آنها اشاره شده، سبکترین عضو خانوادهٔ کوارک هستند. کوارکهای شگفت (s)، افسون (c)، ته (b) و سر (t) دیگر اعضا این خانواده هستند. فهرست کامل ذرات ماده به شکل زیر است:

$$\begin{pmatrix}\vartheta_e\\ e^-\end{pmatrix}\quad\begin{pmatrix}\vartheta_\mu\\ \mu^-\end{pmatrix}\quad\begin{pmatrix}\vartheta_z\\ z^-\end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix}u\\ d\end{pmatrix}\quad\begin{pmatrix}c\\ s\end{pmatrix}\quad\begin{pmatrix}t\\ b\end{pmatrix}$$

می دانیم که چهار نیروی اساسی وجود دارد که سبب می شود ذره ها یکدیگر را جذب یادفع کنند. نیروهای گرانشی و الکترو مغناطیسی نسبتاً شناخته شده اند. به این بر هم کنشها باید نیروی قوی کوارکها، که قبلاً به آن اشاره شد، و نیروی ضعیف اضافه شود (اطلاق عبارت قوی و ضعیف به قدرت نیروها در مقایسه با نیروی الکترو مغناطیسی است).

همهٔ این نیروها در فضا به وسیلهٔ **ذرات حامل نیرو** انتقال می یابند. برای نیروی الکترو مغناطیسی فوتونها حامل هستند. برای نیروی گرانی، این حامل گراوتیون است. نیروی قوی کوارک به وسیلهٔ مجموعهٔ هشت ذره ای که **گلوئونها** نامیده می شوند تأمین می گردد، در حالی که برای نیروی ضعیف، حاملها ذرات W^+ و W^- و Z° هستند. وجود همهٔ این حاملهای نیرو، به استثنای «گراویتون» با آزمایش به خوبی ثابت شده است. ذراتی که وظیفه شان حمل نیرو است بایستی «ذرات مجازی»[۳] باشند. این درست بدین معناست که آنها دارای ترکیب غیر قانونی انرژی و اندازهٔ حرکت هستند که ایجاب می کند فقط برای دوره های بسیار کوتاهی از زمان، و با پیروی از اصل عدم قطعیت هایزنبرگ (Δ زمان $\times$ Δ انرژی $\geq \hbar$) وجود داشته باشند. به بیان دیگر، موجودیت این ذرات مجازی از انرژی است که قرض کرده اند و مجبورند پس دهند. این ذرات در مدت زمانی که با توجه به اصل عدم قطعیت مجاز است به وجود می آیند از یک ذرهٔ ماده به دیگری می پرند و جذب می شوند و بنابراین باعث تغییر اندازه حرکت و انرژی می شوند. بدین وسیله، دو ذره می توانند در فاصله ای همدیگر را جذب یا دفع کنند.

هر دو نیروی قوی و ضعیف عملاً فقط در برد کوتاه، اما به دلایل مختلف، عمل می کنند. برای نیروی قوی، به این دلیل که بر هم کنش بین کوارکها به اندازه ای قوی است که برای خنثی کردن نیرو در بلند برد، با هم خوشه تشکیل می دهند. از آنجا که انرژی لازم برای جدا کردن یک کوارک از کوارک دیگر بیش از انرژی لازم برای خلق کوارکهای اضافی است، بنابراین سبب خلق خوشه های کوارک می شود، بدین سبب، جداسازی کوارک غیرممکن است. بنابراین نیروی قوی هرگز به خارج نشت نمی کند. (نیروی الکتریکی می تواند تا مسافتهای زیاد نشت کند زیرا به راحتی می توان الکترون را از اتم جدا کرد).

چرا نیروی ضعیف، ضعیف نیست

نیروی ضعیف کوتاه برد است، زیرا حاملهای نیروی و جرمهای نسبتاً زیاد در حدود ۸۵ و ۱۰۰ برابر جرم پروتون دارند. این بدان معناست که برای به وجود آمدن آنها، حتی با انرژی جنبشی صفر، انرژی زیادی باید قرض کرد. ولی اصل عدم قطعیت هایزنبرگ، مسافتی را که آنها می توانند در آن حرکت کنند به ۱×۱۰^{-۱۸} متر محدود می کند. بنابراین، دو الکترون یا یک الکترون و یک کوارک، می توانند تا ۱×۱۰^{-۱۸} متر به هم نزدیک شوند بدون آنکه نیروی ضعیف را احساس کنند. هر چند در این فاصله شدت، نیروی ضعیف مشابه نیروی الکتریکی است. پس نیروی ضعیف فقط به این دلیل شایسته لقب «ضعیف» است چون ذرات بندرت تا این حد به هم نزدیک می شوند، و بنابراین کمتر اتفاق می افتد که این نیرو عمل کند. شباهت میان نیروی ضعیف و نیروی الکترو مغناطیسی فیزیکدانان را به طرح نظریهٔ ترکیب دو نیروی ضعیف و الکترومغناطیسی در قالب یک نیرو به نام نیروی «الکترو ضعیف» هدایت کرد.[۴]

برگردیم به اصل مطلب، نیروی ضعیف به دلیل جرمهای بزرگ ذرات W^-، W^+ و Z° واقعاً ضعیف است. اما نظریه ای که آنها را توصیف می کند پاسخ معقولی در این مورد نمی دهد مگر آنکه آنها را بی جرم تصور کنیم. قرار دادن «جمله های جرم» در معادله های میدان این نظریه، همیشه به آهنگ واکنش بینهایت می انجامد که نامعقول است. چنانکه قبلاً گفتیم لازم است که **کوارکها** و **لپتونها** بی جرم باشند.[۵]

راه حل هیگز ـ جرم همچون یک اثر محیطی:

راه حل اجتناب ازاین مسئلهٔ بغرنج را **پیترهیگز** در سال ۱۹۶۶ در ادینبرا پیشنهاد کرد. جوهر نظریهٔ او این بود که کوارکها، لپتونها و ذرات W و Z در هنگام به وجود آمدن

باید بدون جرم باشند، و وقتی در فضا منتشر می شوند جرم دار شوند. چون ذرات بدون جرم همیشه با سرعت نور حرکت می کنند، اما ذرات جرم دار باید کُندتر از سرعت نور حرکت کنند، این شرط به طور غیردقیق به صورت وسیله ای برای کند کردن ذرات به کمتر از سرعت نور درمی آید. به عبارت دیگر باید نوعی «ماده» وجود داشته باشد که جهان را پر کند و بر حرکت کوارکها و دیگر ذرات اثر بگذارد، لاجرم به آنها جرم مؤثر بدهد.

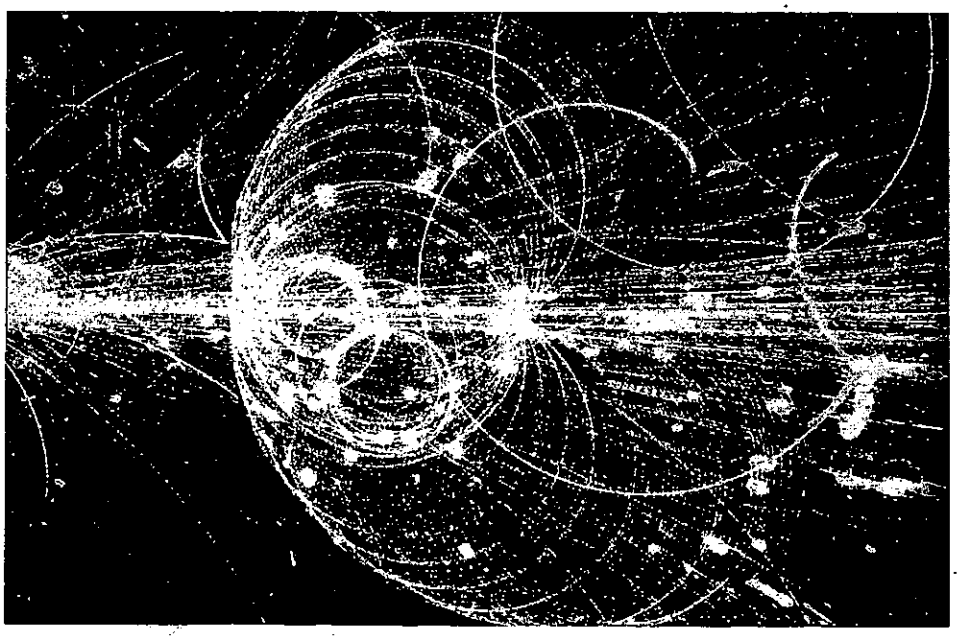
راههای متعددی وجود دارد که بفهمیم «ماده» هیگز چگونه کار می کند. ابتدا اگر آن را شارهٔ چسبنده ای فرض کنیم تشبیه درست و دقیقی نکرده ایم. بهتر است آن را شیرهٔ کیهانی بنامیم.

خلاء ساده ای را در نظر بگیرید و به آن در همه جا شارهٔ هیگز را بیفزایید. به منظور سازگاری با قیدهای نظری، شاره نمی تواند حرکت کند و در ابتدا هیچگونه چسبندگی ندارد. بگذارید شاره به طور خود به خود شبیه شیره، چسبنده شود. حال ذرات بدون جرم را به آن بیفزائید و مراقب باشید که با سرعتی کمتر از سرعت نور پراکنده شوند تا مانند ذرات جرم دار رفتار کنند.

این دستور العمل ساده، پرسشهایی را مطرح می کند. چگونه شاره به طور خود به خود چسبنده می شود؟ چگونه شاره بر ذرات مختلف اثر می کند یا به آنها جرمهای متفاوت بدهد؟ به راستی این شاره چیست؟

پاسخ سؤال اول این است که شیره کیهانی با روشی شبیه به تغییر فاز در مادهٔ فرو مغناطیسی، چسبنده می شود. می دانیم که در دمای بالاتر از دمای معروف به دمای کوری (برای آهن ۷۷۰ درجهٔ سلسیوس)، گشتاورهای مغناطیسی اتمها در یک مادهٔ فرو مغناطیسی به طور کامل آشفته می شود و دیگر هیچ خاصیت مغناطیسی خالص وجود نخواهد داشت. هر چند وقتی دما به زیر دمای کوری کاهش یابد، بر هم کنش میان اتمها سبب می شود که به صورت مغناطیسی به خط شوند و خاصیت مغناطیس خالصی در یک جهت معین ولی کاتوره ای بیابند. اگر چه همهٔ جهتها در ابتدا هم ارزند و مزیتی به دیگری ندارند، ولی سمتگیری مغناطیسی با ایجاد یک سمت متفاوت با همهٔ سمتهای دیگر، تقارن را می شکند. این خود مثالی از شکست تقارن خود به خود است. برای شیرهٔ کیهانی مورد بحث ما، یک تغییر فاز خود به خود از یک حالت غیر چسبنده به یک حالت چسبنده اتفاق می افتد.[۶] هرچند در این رخدادها، واقعاً فضای مورد بحث از ذراتی شبیه به ذرات فرو مغناطیسی ساخته نشده است (چنانکه بعداً خواهیم دید این فقط تا اندازه ای حقیقت دارد).

برای بحث در بارهٔ این پرسش که چگونه شیرهٔ کیهانی بر ذرات مختلف به شکل گوناگونی اثر می کند باید دستورالعمل اصلیمان را تصحیح کنیم. معلوم می شود ساده ترین شاره ای که می تواند موجب شکست تقارن خود به خود در نظریهٔ نیروی الکترو ضعیف شود در واقع یک شارهٔ چهار مؤلفه ای است. اولین مؤلفه، ذرات W^+ را کند می کند و دومین مؤلفه، کند کنندهٔ ذرات W^- است، در حالی که سومین مؤلفه کند کنندهٔ ذرات Z° است. جالب اینکه بنابه ضرورت پایستگی بارالکتریکی، مؤلفه چهارم مانع از کند شدن فوتونها می شود، لذا بدون جرم باقی می مانند (گلوئونها و گراویتونها نیز بدون جرم باقی می مانند). به دلایل فنی، ذرات W^+ و ذرات W^- جرم مؤثر یکسانی به دست می آورند اما ذرات Z° می توانند



جرم کاملاً متفاوتی داشته باشند. به علاوه مقدار جرمها به عوامل مشخص در نظریهٔ الکترو ضعیف وابسته است.

تا اینجا همینقدر خوب است! ولی کوارکها و لیتونها چی؟ امروزه بهترین نظر این است که هر یک از انواع کوارکها دارای یک «جفت شدگی» مشخص در شارهٔ چهار مؤلفه ای هستند که سبب جرم معین ذره می شود. نظریهٔ الکترو ضعیف به طور قطع این را مجاز می داند و این بدین معناست که گرچه منشأ جرم کوارک ممکن است اکنون درک شده باشد، ولی هنوز هیچکس نمی داند که چرا هر کوارک دارای مقدار جرمی است که واقعاً داراست.

ماهیت شیرهٔ کیهانی:

سومین پرسشی که در بالا مطرح شد این بود: به راستی این شاره چیست؟

نظریه پردازان بر این باورند که این شاره میدانی است که در سراسر فضا وجود دارد. این فرض هیچگونه تفاوتی با باورهای جدید دربارهٔ ذرات بنیادی ندارد. برای مثال فرض می شود که میدان الکترون در سراسر فضا وجود دارد و الکترونها صرفاً برانگیختگی کوانتیدهٔ این میدان در نقاط مشخص هستند. بنابراین میدان هیگز (نام فنی شیرهٔ کیهانی) باید در شرایط مناسبی خود را به شکل ذرات هیگز آشکار سازد، و مشاهدهٔ چنین ذراتی تأییدی تجربی بر همهٔ این باورها خواهد بود. این دقیقاً همان چیزی است که فیزیکدانهای ذرات انتظارش را دارند.

برای روشن کردن آنچه که قبلاً گفته شد باید اضافه کرد که میدان هیگز از ذرات هیگز واقعی ساخته نشده در حالی که یک مادهٔ فرو مغناطیس از اتمهای مغناطیسی واقعی ساخته شده است. هر چند می توان گفت که میدان هیگز از ترکیب ذرات مجازی ناپایداری تشکیل شده است که در دورهٔ زمانی بسیار کوتاه غیر قابل اندازه گیری به وجود می آیند. پس چنین استنباط می شود که اگر انرژی کافی در میدان هیگز متمرکز شده باشد، در شرایط مناسب، ذرات مجازی هیگز می توانند به ذرات فیزیکی تبدیل شوند. بدین ترتیب، ذرات مجازی که با قرض کردن انرژی به وجود آمده اند می توانند با ذخیره انرژی مناسب، به صورت ذرات «محترم» در آیند. پیش از آنکه به دقت ببینیم ذرهٔ هیگز چیست، برای فهم میدان هیگز بهتر است به مقایسه دیگری توجه کنیم. اشکال دیدگاه «شیرهٔ کیهانی» این است که عملکرد میدان هیگز را مانند یک نیروی بازدارنده که سبب کند شدن ذرات می شود در نظر می گیرد. ولی این درست نیست. مقایسه بهتر مربوط به یک میدان مغناطیسی در یک ابر رساناست.

اگر یک آهنربا را به یک ابر رسانا نزدیک کنیم، دفع خواهد شد. علت این امر آن است که میدان مغناطیسی آهنربا یک جریان آزاد بدون مقاومت در ابر رسانا به گونه تولید می کند که باعث ایجاد مغناطیسی می شود که تصویر آینه ای قطبش مغناطیسی اولیه است.

اگر آهنربایی درون یک ابر رسانا قرار گیرد، نفوذ کوتاه برد میدان مغناطیسی به علت وجود جریانهای الکتریکی حول آهنربا در ابر رسانا، به لحاظ ریاضی به صورت جرم مؤثر میدان مغناطیسی آشکار می شود. این دقیقاً همان نظریهٔ هیگز است که در آن میدان هیگز نقش یک ابر رسانای «نیروی الکتریکی ضعیف» را بازی می کند. با این تفاوت که میدان هیگز بنیادی است و هیچیک از ذرات فیزیکی سبب به وجود آوردن جریان الکتریکی ضعیف نبوده اند، بلکه چهار مؤلفه (یا ذرات مجازی) میدان هیگز هستند که می توان گفت شارش می کنند.

میدان هیگز و ذرهٔ هیگز:

سه مؤلفهٔ اول میدان هیگز نمی توانند ذرات قابل مشاهده ای را تشکیل دهند. برای وقت بیشتر باید گفت برانگیختگی کوانتومی آنها همیشه با برانگیختگی کوانتومی W و Z همراه است (گاهی می گویند ذرات W و Z هنگام حرکت در فضا برانگیختگیهای هیگز را می بلعند، ولی کاملاً اشتباه است اگر این مقایسه را تا آنجا بسط دهیم که بگوئیم بلعیدن برانگیختگی هیگز به ذرات و Z وزنی می دهد). مؤلفه چهارم کاملاً متفاوت است و باید خودش را به صورت ذرات بنیادی، بی اسپین و خنثای هیگز نشان دهد. این ذرات باید ناپایدار باشند تا به جفت ذره ـ پاد ذره واپاشیده شوند. از آنجا که ذرات هیگز برانگیختگی میدان هیگز هستند، نوع واپاشی ذره عمدتاً با بیشترین جرم ممکن همراه خواهد بود. برای دقت بیشتر باید گفت از آنجا که پاد ذره ها همان جرم ذره ای جفت خود را دارند، بنابراین، واپاشی موفقی که رخ می دهد نمی تواند جرمی بزرگتر از نصف جرم ذره هیگز را داشته باشد. حال این سؤال پیش می آید که: جرم ذرهٔ هیگز چیست؟ متأسفانه کسی نمی داند. در نظریهٔ الکترو ضعیف چیزی نیست که به ذرهٔ هیگز جرمی بدهد. لذا منشاء و مقدار آن کاملاً ناشناخته است. ولی کنجکاوانه باید گفت، این مسئله هیچگونه

ناهنجاری در نظریه ایجاد نمی کند، لذا فیزیکدانان ذرات می توانند (تا زمانی که معلوم نیست) با آن کنار آیند.

امروزه پیشداوری غالب آن است که حد بالای جرم ذرهٔ هیگز در حدود جرم هزار پروتون است(بیش از این مقدار، مسائل فنی بسیاری برای کل نظریه الکترو ضعیف پیش خواهدآمد). این حد است که فیزیکدانهای تجربی ذرات را واداشته تا از سرن "CERN" (آزمایشگاه اروپایی فیزیک ذرات) بخواهند «برخوردگرهای درونی بزرگ» (LHC) را پایه ریزی کند. این ماشین که باید در سال ۲۰۰۵ به کار افتد در تونلی زیرزمینی به طول ۲۷ کیلومتر ساخته خواهد شد که برخوردگر بزرگ الکترون- پوزیترون (LEP) را نیز در برخواهد داشت. آهنرباهای ابررسانا بسیار پیشرفته برای خم کردن پروتونهای پرانرژی به کار خواهد رفت تا آنها را در دو جهت مخالف در دو لولهٔ خلاء به دوران درآورد. امید می رود که بر اثر برخورد پروتونها ذرات منفرد هیگز آفریده شوند و محصولات واپاشی آنها با دو آشکارساز عظیم ذرات که در دو نقطهٔ برخورد مختلف قرار دارند آشکارسازی شوند.

البته متمایز کردن برخوردهایی که ذرهٔ هیگز را به وجود آورده اند از بقیه ذرات کم اهمیت تر آسان نخواهد بود. هر چند برخی مدهای واپاشی کاملاً مشخص هستند و با استفاده از زمان و تعداد برخوردهای کافی می توان ذرات هیگز را آشکارسازی و ویژگیهای آنها را اندازه گیری کرد.

اگر جرم ذرهٔ هیگز کمتر از جرم صد پروتون باشد کاملاً امکان دارد که با استفاده از روش برخورد LEP آنها را آشکارسازی کرد. انرژی باریکه های LEP در سال ۱۹۹۶ افزایش یافته بود. بنابراین ما نباید زیاد منتظر بمانیم. مزیت دیگر آشکارسازی زود هنگام در روش LEP آن است که شرایط تجربی کاملاً روشن و واضح هستند و اندازه گیریهایی مهم را ساده تر می توان انجام داد. هر چند روش LHC کاملاً بی مصرف نخواهد بود. البته محتمل است که نظریهٔ چهار مؤلفه هیگز که در بالا به آن اشاره شد کاملاً درست نباشد. نظریه پردازان احتمال می دهند که مدل هشت مؤلفه ای که به پنج ذرهٔ آشکارپذیر هیگز انجامد مناسبتر باشد. در آن صورت برای بررسی درستی این مدل به روش LHC نیاز خواهد بود.

به طور خلاصه، آنچه از یک سؤال در بارهٔ منشاء جرم آغاز شد ما را به تصویری از جهانی هدایت کرد که از کوارکهای ذاتاً بی جرم و ذرات شبه الکترون (لپتون) هایی که مدام با میدان عجیب و غریب هیگز در برخورد هستند و باعث جلوگیری از رسیدن آنها به سرعت نور می شود، تشکیل شده است. و این به آنها جرم مؤثر می دهد.

وقتی کوارکها برای تشکیل پروتونها و نوترونها کنار هم قرار می گیرند، انرژی بستگی آنها به عنوان مکمل جرم کوارکها، جرم پروتونها و نوترونها را تشکیل می دهد.

برای ختم داستان، کنار هم گذاشتن پروتونها و نوترونها با از دست دادن مقدار کمی از جرم اضافی، هسته را تشکیل می دهد. افزون الکترونها به هسته ها برای تشکیل اتمها جرم مؤثر الکترون را به هسته می افزاید. با این داستان، ساده است اشیایی را که هر روز دورو بر خود می بینیم به صورت مجموعهٔ وسیعی از اتمها در نظر بگیریم، مجموعه ای که اساساً مجموع جرم اتمهایی را دارند که آنها را تشکیل می دهند. بنابراین، یکی از مسائل عمدهٔ ما حل شده است. ولی متأسفانه سؤالی که برای اندازهٔ جرم کوارکها و الکترونها مطرح کرده بودیم هنوز بی پاسخ است. با این وصف، کشف ذره (یا ذرات) فیزیکی هیگز نشان خواهد داد که برای یافتن منشاء جرم، راه درستی را انتخاب کرده ایم. بنابراین، باید منتظر اخبار جالبی از سرن (CERN) باشیم.

***

این مقاله به جاناتان پتیت دانشجوی دورهٔ کارشناسی فیزیک کامپیوتر در دانشگاه لانکاستر اهداء می شود. او علاقهٔ عجیبی به فیزیک، به ویژه فیزیک ذرات داشت، ولی متأسفانه در مارس ۱۹۹۵ پس از مبارزه‌ای طولانی با سرطان، درگذشت.

مترجم: عبدالحسن بصیره

زیرنویس ها:

۱. مقالهٔ «مفهوم جرم»، نوشتهٔ ل. اکون، چاپ شده درمجلهٔ فیزیک تودی ژوئن ۱۹۸۹ ترجمه شده توسط عبدالحسن بصیره در شمارهٔ آبان ۱۳۷۰ مجلهٔ دانشمند.

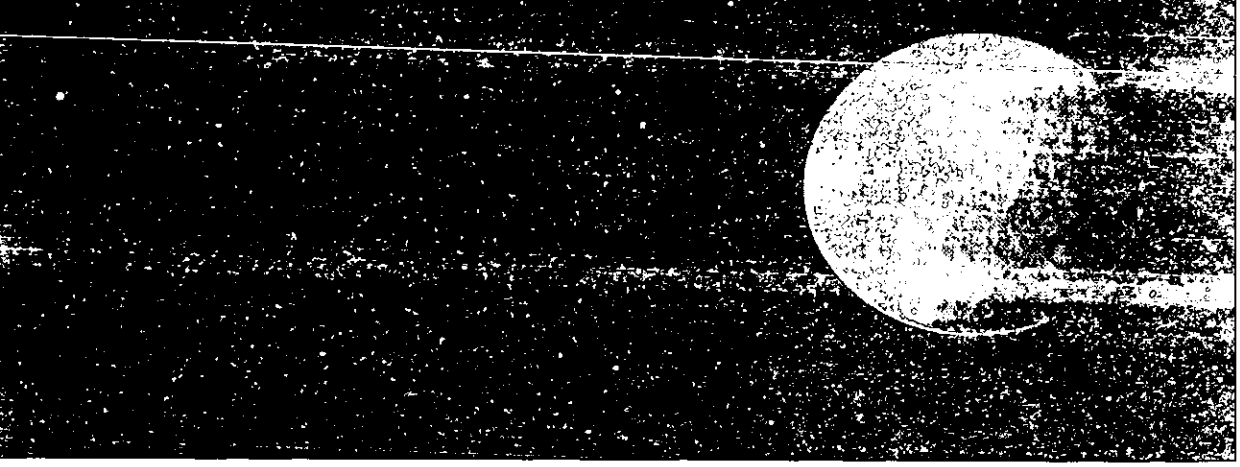
۲. هنگام نوشتن این مقاله آزمایشی در آزمایشگاه فرمی نزدیک شیکاگو انجام شد که ممکن است مربوط به ساختار ریز کوارک باشد. هر چند احتمال توجیه های متعدد دیگری نیز وجود دارد.

۳. در برابر ذرات واقعی، مانند فوتونهای نور که سبب جاذبهٔ الکتریکی نمی شود.

۴. به طور دقیقتر، دراین نظریه، دو نوع بار ضعیف را ترکیب می کند تا بار الکتریکی نیروهای ضعیف و الکتریکی مشاهده شده را به وجود آورد.

۵. نیروی ضعیف فقط بر کوارک چپ دست و حالتهای لپتون اثر می کند، یعنی برآنهایی که هنگام حرکت به سوی ناظر درجهت ساعتگرد می چرخند و این به لزوم ذرات بی جرم می انجامد.

۶. اینکه این امر چگونه برای جهان رخ داده است هنوز روشن نیست، ولی احتمالاً در اولین بیلیونیم ثانیه پس از مهبانگ رخ داده است.



آیا ماه واروته دارد؟ سقوط می‌کند؟

میکولاژ ساویکی

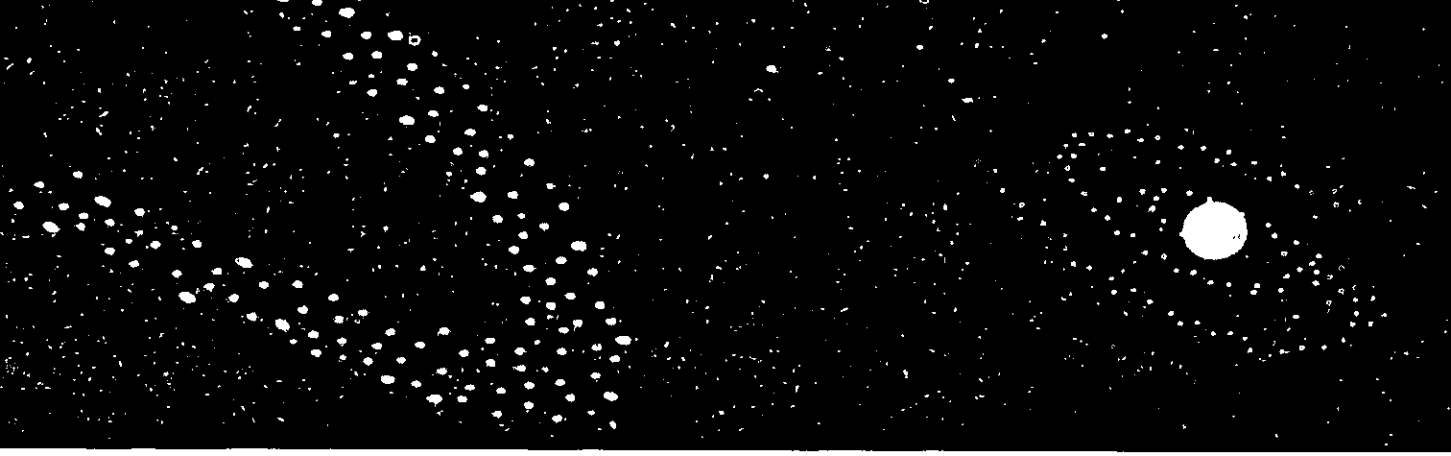
برای ما این واقعیت که تنها یک طرف ماه را می‌توانیم ببینیم یک امر مسلم است. وقتی از شاگردانم می‌پرسم چرا اینطور است، معمولاً سؤال را بی اهمیت تلقی می‌کنند. شاید باهوش‌ترینشان بگویند که دورهٔ چرخش ماه به دور محورش، اتفاقاً مساوی با دورهٔ دوران ماه به دور زمین است. وقتی می‌پرسم، آیا این تصادفی است، معمولاً می‌گویند که در واقع باید تصادفی باشد. پس از آن، من به شارون، قمر پلوتون، که پلوتون را در مدت ۶٫۴ روز دور می‌زند و همین طور با همین دورهٔ ۶٫۴ روز به دور محور خودش می‌گردد، اشاره می‌کنم، بدینسان شارون همواره یک طرف خود را به پلوتون نشان می‌دهد، لذا دو مورد تصادفی در منظومهٔ شمسی کوچک مارخ داده است. علاوه بر این، دورهٔ چرخش پلوتون به دور خودش همان ۶٫۴ روز است، بنابراین همواره یک طرف پلوتون رو به شارون است. در این مرحله، شاگردانم با ناراحتی در نیمکتهایشان جابه جا می‌شوند و توضیح می‌خواهند.

من با خونسردی توضیح می‌دهم تا موضوع بهتر فهمیده شود. دو قمر مریخ (فوبوس و ریموس)، پنج تا از ۱۶ قمر مشتری (از جمله تمامی چهار قمر گالیله)، نه تا از ۱۵ قمر زحل، یکی از ۵ قمر اورانوس و یکی از دو قمر نپتون (تریتون)، همگی دورهٔ چرخشی مساوی با دورهٔ حرکت مداری خود دارند. حالا دیگر هر کسی در کلاس من به راحتی می‌داند که این موضوع نمی‌تواند اتفاقی باشد. حتی شخصیتهای گوشه گیر ردیفهای عقب سرک می‌کشند و می‌خواهند بشنوند، موضوع از چه قرار است.

موضوع جذاب قفل شدن کشندی، آشکارا در جبرِ متعارف و حسابان ـ کتابهای فیزیک پایه، وجود ندارد و به ندرت در متون فیزیک مفهومی به آن اشاره شده است، به استثنای کتاب قابل توجه پل هویت[1]. از این رو بسیار خوشحال شدم که مطلبی را دربارهٔ قفل شدن کشندی در یک کتاب درسی مفهومی که اخیراً منتشر شده است، یافتم.[2] امّا شادمانی من، به محض خواندن توضیحات نویسنده، دربارهٔ عملکرد قفل شدن کشندی از میان رفت:

ماه به طور کشندی قفل شده است، یعنی همیشه یک طرف از ماه (طرف نزدیک)، در گردش آن به دور زمین، به سمت ماست. اتفاقاً «طرف نزدیک» شامل سطح بزرگ تیره سطح ماه است که زمانی تصور می‌شد دریا باشد همراه با تمرکز جرم، مربوط به آن. طرف دور ماه شامل بخش اندکی از این سطح تیره است. توضیح اینکه چرا بیشتر این قسمتها به سمت ماست، مشکل نیست. درست قبل از اینکه ماه به صورت کشندی قفل شود، به طور لرزانی می‌چرخیده است. مانند تاسی که یک طرف آن را سنگین کرده باشند. نیم کرهٔ چگالتر ماه، که با نیروی بزرگتری به طرف زمین، جذب می‌شد رو به زمین قرار گرفته است ـ درست مثل یک تاس سنگین شده که از طرف سنگینش به حالت سکون در می‌آید.

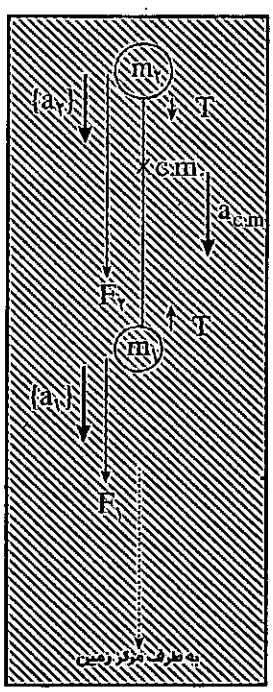
این مقایسه دارای یک اشکال اساسی است ـ ماه در حال سقوط آزاد است در حالی که تاس غلتان چنین نیست. تمامی اجسام در سقوط آزاد با شتاب یکسان (محلی) سقوط می‌کنند و جرمشان در این شتاب مؤثر نیست، لذا اختلاف وزن دو نیم کره، نمی‌تواند توضیح دهد که چرا بخش



سنگین تر در پایین قرار دارد.

هدف از این نوشته بیان ساز و کار قفل شدن کشندی از دیدگاه مفهومی آن است.

در انجام این کار، به این نتیجهٔ شگفت انگیز می رسیم که احتمالاً طرف «نزدیک ماه» جرم کمتری دارد. (از این رو این مطلب عنوان این مقاله شده است.)



◆ شکل ۱. دَمبل دوار. F_1 و F_2 به ترتیب کششهای جاذبهٔ زمین روی جرمهای m_1 و m_2 هستند. مرکز جرم، C.M، (با X، علامت گذاری شده است)، با شتاب $a_{c.m.}$ سقوط می کند. در نبود نخ رابط، جرمهای m_1 و m_2 به ترتیب با شتابهای a_1 و a_2 سقوط خواهند کرد. بردار T، کشش حاصل از نخ کشیده شده را نشان می دهد که باعث سقوط هر یک از اجرام با شتاب $a_{c.m.}$ می شود.

در چند کتاب درسی ۴-۱ توضیح خوبی دربارهٔ منشاء کشندها، وجود دارد؛ لذا در اینجا فقط به طور مختصر شرح می دهیم که چگونه ساز و کار کشندی بر ماه اثر می گذارد. از آنجا که میدان جاذبهٔ زمین متناسب با عکس فاصله از مرکز زمین، کاهش می یابد، از این رو این میدان، در حجم ماه ثابت نیست. اجازه بدهید یک دمبل نامتقارن را در نظر بگیریم که به دور زمین می چرخد و شامل دو جرم m_1 و m_2 است که با نخ کشسانی به یکدیگر متصل شده اند. (شکل أ را ببینید). (جرمها، نیم کره های ماه و نخ، فاصلهٔ بین مرکز جرمهای دو نیم کره را، نشان می دهند). جرم نخ را نادیده می گیریم و محل مرکز جرم سیستم را با علامت C.M مشخص می کنیم. توجه کنید که در شکل ۱، ما فرض کرده ایم $m_2 > m_1$.

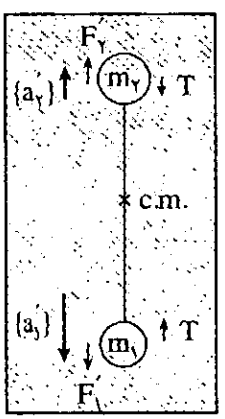
زمین جرم m_1 را با نیروی جاذبهٔ F_1 می کشد و بر جرم m_2 نیروی جاذبهٔ F_2 وارد می کند. (شکل ۱ را ببینید). نیروی جاذبهٔ کل روی دمبل، $F= F_1 + F_2$ است و C.M (مرکز جرم) سیستم با شتاب $a_{C.M.} = \frac{(F_1 + F_2)}{(m_1 + m_2)}$ سقوط می کند. امّا جرم m_1 به زمین نزدیکتر است و بنابراین میدان جاذبهٔ قوی تری را تحمل می کند در حالی که جرم m_2 در طرف دور، در معرض میدان جاذبهٔ ضعیفتری است. اگر فقط زمین بر این اجرام نیرو وارد کند، جرم m_1 با شتاب (a_1) بزرگتر از $a_{C.M.}$ سقوط خواهد کرد، در حالی که جرم m_2 با شتاب (a_2) کوچکتر از $a_{C.M.}$ سقوط می کند. در نتیجه، فاصلهٔ اجرام در حال سقوط آزاد از یکدیگر و از C.M، افزایش می یابد و سیستم متلاشی می شود.

اکنون اجازه بدهید نیروی جاذبهٔ ماه را در نظر بگیریم، که اینجا با نخ کشسان متصل به دو جرم، نشان داده شده است. پس از اینکه نخ به اندازهٔ کافی کشیده شد، هر جرم را با نیروی کشش T می کشد، بنابراین هر یک از اجرام با شتاب یکسان $a_{C.M.}$ سقوط می کنند و سیستم سالم باقی می ماند، ولو اینکه کمی کشیده شود. محاسبات نشان می دهند که قطر ماه حدود ۱۵ متر دراز می شود. واضح است که برای تغییر نکردن یک سیستم مداری، باید نیروی

بستگی بر اختلاف کششهای جاذبهٔ اعمال شده از طرف زمین، غلبه کند. بدین منظور، ماه باید به قدر کافی از زمین دور باشد، مثلاً، بیرون از حد روشه. از آنجا که حد روشه برای زمین حدود ۱۸۵۰۰ کیلومتر است، پس ماه در مدارش با فاصله بیش از ۳۸۴۰۰۰ کیلومتر، کاملاً در امان است. امّا اگر ماه از ۱۸۵۰۰ کیلومتر نزدیکتر شود، صخره‌ها، از سطح ماه بلند خواهند شد. توجه کنید که این پیشگوئی تنها از این نظر درست است که جاذبه نقش غالب را در نیروی بستگی ماه، بازی می کند. برای اجسام کوچک، نیروی بستگی، را پیوندهای شیمیایی (اساساً الکترواستاتیکی) تأمین می کنند، دمبل ما با پیوندهای شیمیایی نخ به یکدیگر متصل شده است. در واقع، فضانوردهای شاتل فضایی، داخل حد روشهٔ زمین هستند، امّا کاملاً در امان اند، چون که با پیوندهای شیمیایی شان کنار هم نگه داشته شده اند.

اغلب گفته می شود که سازوکاری که بیان شد مربوط به یک نیروی کشندی یا کش آور است که می خواهد ماه را دراز کند. هر چند که اگر بخواهیم به طور دقیق صحبت کنیم، **نیروی** کشندی وجود ندارد: در یک چارچوب لخت تنها با جاذبه و لختی سروکار داریم. جاذبه و لختی کافی است تا که بگوییم اختلافِ شتابهای گرانشی نقاط نزدیک و دور، باعث افزایش سریع فاصله این نقاط می شود. اگر **نیروی** جاذبهٔ ماه آن را جبران نمی کرد. **نیروی** کشندی فقط وقتی ظاهر می شود که کل موقعیت از یک نقطهٔ مناسب چارچوب غیر لخت، متصل به مرکز جرم و در حال سقوط با آن، در نظر گرفته شود.

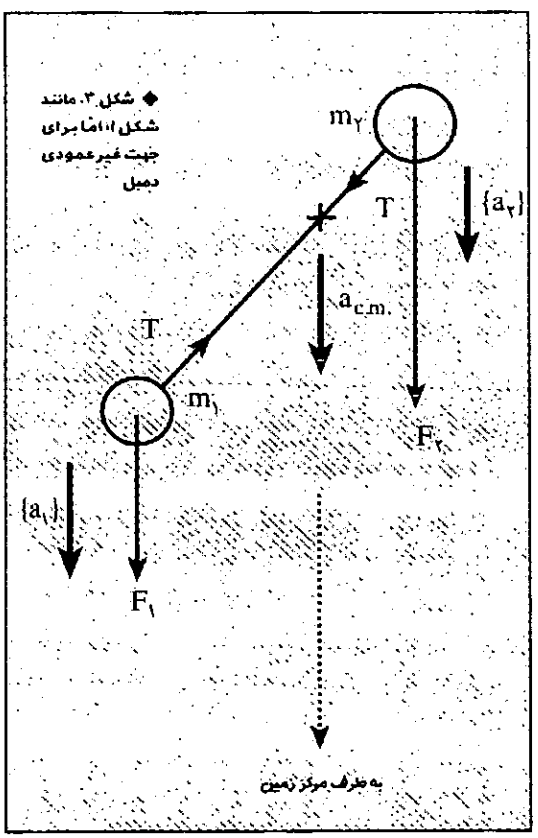
◆ شکل ۲

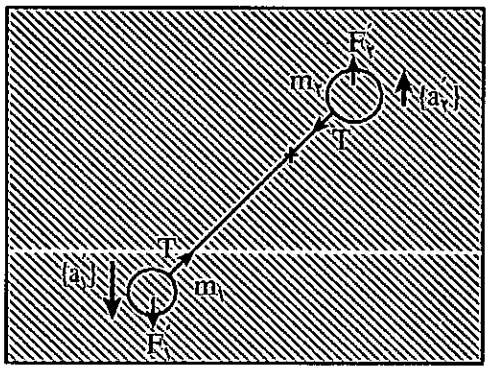


ود و باعث شتابی از طرف مرکز جرم به اندازهٔ a'_1 می شود و به طور مشابه، عکس آن نیروی F'_2 به طرف بالا بر جرم m_2 اعمال می شود و باعث شتابی از طرف مرکز جرم به اندازهٔ a'_2 می شود. این دو نیرو هستند که معمولاً نیروی به اصطلاح کشندی را تشکیل می دهند. (شکل ۲ را ببینید). (توجه کنید که به طور کلی $|a'_1| \neq |a'_2|$ اگرچه $|F'_1| \neq |F'_2|$ باشد).

برای توضیح قفل شدن کشندی، جهت کلی دمبل را در نظر بگیرید. (شکل ۳ را ببینید). وقتی از چارچوب مرجع در حال سقوط نگاه می کنیم، چیزی مانند شکل ۴ را داریم. به طوری که کاملاً بدیهی است، زوج نیروی F'_1 و F'_2 گشتاوری به وجود می آورند که در شکل نشان داده شده است.

◆ شکل ۳. مانند شکل ۱، امّا برای جهت غیرعمودی دمبل





◆ **شکل ۴. مانند شکل ۳، امّا برای جهت غیر عمودی دمبل.**

برای هر کدام از جرمها، مؤلفهٔ نیروی کشندیِ موازی با نخ برابر با T کشش نخ است. مؤلفه های عمودیِ نابرابرِ نیروهای کشندی F'_1 و F'_2 ، گشتاوری در جهت مخالف عقربه های ساعت ایجاد می کنند که باعث چرخش دمبل در جهت عمودی (حالت تعادل) می شود و باعث چرخش دمبل در جهت مخالف عقربه های ساعت می شود. از آنجا که وضعیت تعادل، جهت عمودی دمبل است، یعنی در امتداد خطی که به طرف مرکز زمین است. می بینیم که گشتاورهای گرانشی (گشتاورهای کشندی) به طور خود به خود دمبل را به حول جهت عمودی به نوسان در می آورد. تجزیه و تحلیل مفصل تر ۵ نشان می دهد که دورهٔ نوسانات مساوی $\frac{۲۴}{\sqrt{۳}}$ ساعت یا تقریباً ۱۴ ساعت است. در واقع، سازوکاری که بیان شد از طرف ناسا در پرواز جمینی ۱۱ و ۱۲ به کار رفت، تا در سیستم دمبل گونه متشکل از ماهوارهٔ جمینی و موشک آجنا، که به آن متصل بود موازنهٔ خودکار ایجاد کند.

بدیهی است که دمبلها دو وضعیت تعادل دارند. یکی برای جرم m_2 در بالا و دیگری برای جرم m_2 در پایین، که بدون توجه به مقدار واقعی m_1 و m_2 است. بنابراین، کاملاً منطقی است که جوانی افتان و خیزان ماه با گیر افتادن در وضع تعادل، با نیم کرهٔ سنگین تر به طرف بالا، به پایان رسیده باشد!

برای من این سؤال وجود دارد که آیا ما هرگز با اطمینان خواهیم دانست.

مترجم: مرجان رضایی

The Physics Teacher vol 35/ September 1997 pp 379-381

منابع:

1. P. G. Hewitt, Conceptual Physics, 7th ed. (Harper Collins, New York, 1993), p. 120.

2. J. Schad, Physical Science. A United Approach (Brooks/ Cofe, Pacific Grove, CA, 1996), p. 227

3. J. Bolemon, Physics. A window on our world, 3rd ed. (Prentice Hall, Englewood cliffs, 1995).

4. L. D. Kirkpatrick and G. F. Wheeler, physics. A world view (saunders, Philadelphia, 1995).

5. V. Barger and M. G. Olsson, Classical Mechanis: A Modern Perspective (MC Graw Hill, New York, 1973), pp. 274- 278.

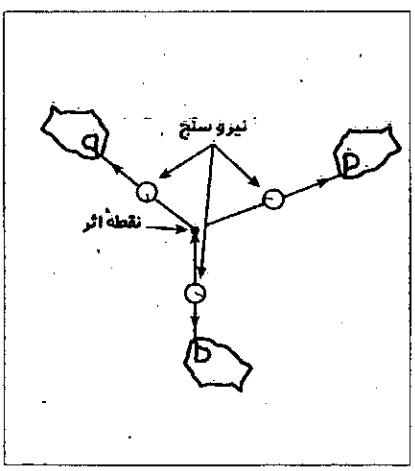
به دست آوردن احساسی از جمع برداری نیروها

کریستوفر براچیکوفسکی ـ ژوزف گارسیا ـ دیوید هارپر*

یکی از اهداف ما در هنگام آموزش فیزیک به دانشجویان تربیت معلم فراهم آوردن زمینه ای است تا آنها را فعالانه در جهت کسب تجربه های آزمایشگاهی درگیر کند که به تجهیزات نسبتاً ساده ای نیاز دارند. ما امیدواریم که از طریق این آزمایشها دانش آموزان تنها فیزیک نیاموزند بلکه بیاموزند که چگونه آن را یاد بدهند. در اینجا یک چنین آزمایشی را توصیف می کنیم که در آن دانش آموزان به صورت فعّال در جمع برداری نیروها شرکت می کنند.

در این آزمایش دانش آموزان شرایطی را فراهم می کنند که در آن سه نیرویی که به یک نقطه اثر می کنند در حال تعادل باشند. یعنی اینکه سه نیرو به نقطه ای اثر می کنند که به هر حال نیروی خالص (جمع برداری این نیروها) بر آن صفر است. به گونه ای که آن نقطه ساکن باقی می ماند. بنابراین برآیند هر دو تا از این بردارهای نیرو باید از نظر اندازه برابر و از نظر جهت مخالف بردار نیروی سوم باشد.

این آزمایش بسیار شبیه آن آزمایشهایی است که در مراجع ۱ و ۲ (و بسیاری دیگر از مراجع) توصیف شده است، هر چند در آن آزمایشها نیرو سنج های فنری به میز آزمایشگاه متصل شده اند و دانش آموزان آنها را در جایشان نگه نمی دارند، با یک اصلاح ساده می توان دانش آموزان را از حالت یک مشاهده گر بی تفاوت به یک شرکت کننده فعال تبدیل کرد.



دانش آموزان در گروههای چهار نفری کار می کنند. اوّل نخها را به هم می بندند و سه نیرو سنج فنری ۲۰ نیوتونی را به ترتیبی که در شکل (۱) نشان داده شده است در انتهای آنها قرار می دهند.

سه دانش آموز مجموعه را به طور افقی روی یک ورق بزرگ ۶۰ تا ۹۰ سانتیمتری روزنامه نگاه می دارند و نیرو سنجهای فنری را با نیروهای ثابت در جهتهای ثابت به دلخواه خودشان می کشند. لازم نیست که نیروها یک اندازه داشته باشند. با کمی تمرین می توان نیروها و جهتهای آنها را ثابت نگاه داشت. دانش آموز چهارم فیزیک با یک مداد، علامتی روی کاغذ درست در نقطه ای که زیر گره قرار دارد می گذارد (شکل (۱) را ببینید) و همچنین نشانه ای زیر هر نخ در نقطه هایی که به اندازه کافی از گره فاصله دارند می گذارد. همچنین دانش آموز چهارم اندازهٔ نیروهای کشش را همان طور که نیرو سنجهای فنری نشان داده شده است، ثبت می کند. این رویه، به کار بردن قطعات مختلفی از کاغذ و نیروهای متفاوت در جهتهای متفاوت تکرار می شود تا وقتی که هر دانش آموز مجموعهٔ منحصر به فردی از داده ها داشته باشد. هر دانش آموزی روی ورق کاغذ خودش با خط کش، خطهایی در جهت نیروها که در فاصله های بین نشانه ها روی کاغذ است به دقت رسم می کند. با به کار بردن یک مقیاس مناسب، دانش آموز بردارهای نیرو را در امتداد این خطوط می کشد و با استفاده از نقاله زاویهٔ بین بردارهای نیرو را اندازه می گیرد دانش آموز دو تا از سه بردار نیرو را انتخاب می کند و با به کار بردن یک نقاله، از طریق روش متوازی الاضلاع جمع بردارها، آنها را با هم جمع می کند. به خاطر داشته باشید که بردار برآیند در امتداد قطر متوازی الاضلاع است. دانش آموز طول بردار نیروی برآیند را اندازه می گیرد و اندازه نیروی متناظر آن را با استفاده از مقیاسی که قبلاً تعریف کرده است تعیین می کند.

پس از مقایسه بردار نیروی برآیند که از طریق رسم به دست آمده است با سومین بردار نیرو که در آزمایش به دست آمده است، دانش آموز نتیجه می گیرد که آنها (تقریباً) یک اندازه دارند و با یکدیگر زاویه (تقریباً) ۱۸۰ درجه می سازند استفاده از نیرو سنج فنری ۲۰ نیوتونی برای آزمایش فیزیک ضروری نیست، هر چند تجربه ما این است که اگر نیرو سنجهای فنری کوچکتری به کار برده شوند؛ دانش آموزان وقتی که عقربه روی نیرو سنج را یک بار یا بیشتر به دور آن می پیچانند خیلی محکم می کشند و این سبب می شود که آنها مقادیر نادرست را برای نیروی کشش ثبت کنند. بنابراین، نیرو سنجهای فنری ۲۰ نیوتونی را توصیه می کنیم.

مترجم: سارا جباری

THE PHYSICS TEACHER VOL 36,Feb 1998

مراجع

1.C.E. Dull, H.C. H. C. Metcalfe, and J.E. Willams, ***Laboratory Experiments in Physics*** (Henry Holt and Company, Inc), 1960, P.19

2. N. H. Black, ***Laboratory Experiments in Elementary Physics***, rev. ed. (Macmillan, New york, 1950), P. 74

The Physics Teacher Vol 36, Feb 1998, P. 114

*Christopher Bruckowski P. Joseph Garcia and David J. Harper

سه مثال روزمره از کوانتش

دیوید تامپسون

گرچه مفهوم کوانتومی بودن انرژی در فیزیک دارای اهمیت اساسی و بنیادی است، اما اغلب به هفته‌های پایانی یک دورهٔ مقدماتی فیزیک موکول می‌شود و گه‌گاه در صفحات فیزیکز تیچر به چشم می‌خورد. در نهایت وقتی هم که تدریس می‌شود، اغلب دانش‌آموزان در فهمیدن آن دچار مشکل می‌شوند. هدف این مقاله ارائه سه مثال از کوانتومی بودن است که به انرژی مربوط نمی‌شود و دانش‌آموزان با آن آشنایی دارند. نخستین در راه‌پله، پول و جرم

نشستن در راه‌پله

در دانشگاه دیدن دانشجویانی که روی پله‌ها نشسته‌اند غیرمعمول نیست. دانشجویان می‌دانند که نمی‌توانند در هر ارتفاع دلخواهی از پلکان قرار بگیرند. آنها باید یک پله [مشخص] را برای نشستن انتخاب کنند. اگر ارتفاع هر پله Δh باشد، موقعیتهای قابل دسترس $n\Delta h$ خواهد بود که کوانتیده است.

استدلال مشابهی را می‌توان برای ترتیب صندلیهای یک سینما یا تأتر و یا احتمالاً کلاس درس و یا سالن کنفرانس ارائه داد.

پول

سیستمهای پولی [هم] کوانتومی هستند. برای مثال در پرو سکه‌های رایج سنتاوس و سول. ۵c، ۱۰c، ۲۰c، ۵۰c، S/.۱، S/.۲، S/.۵، S/.۱=۱۰۰c) هستند)، دو دانش‌آموز را در نظر بگیرید که برای خریدن کره فرستاده شده‌اند و به آنها گفته شده که ۱ کیلوگرم کره بخرند. فرض کنید که فروشگاه ۱/۰۰۲ kg کره به آنها بدهد که قیمت هر کیلوگرم S/.۱۰/۰۰ باشد. حال آنها چقدر باید بپردازند؟ با سکه‌های موجود غیرممکن است که آنها بتوانند دقیقاً حساب S/.۱۰/۰۲ خود را تسویه کنند. مشکل کوانتومی بودن پول است. یا دانش‌آموزان باید S/.۱۰/۰۰ بپردازند و ۲ گرم کره مجانی دریافت کنند، و یا اینکه S/.۱۰/۰۵ بپردازند و فروشنده ۳c سود اضافه ببرد.

جرم

دو مثال قبلی ممکن است کمی غیرممکن به نظر بیایند چرا که در هر دو مورد کوانتیده بودن مسلماً ساختهٔ دست بشر است: یک پلکان می‌تواند با پله‌هایی به ارتفاع $\frac{1}{2}$ پله‌های قبلی ساخته شود و یا حتی می‌توان یک سطح شیبدار را جایگزین آن کرد. و نیز سکهٔ ۱c را می‌توان ضرب کرد. به هر حال مثالهای عینی و ملموس هم هستند که دانش‌آموز می‌تواند آنها را درک کند. آخرین مثال من کمی مجردتر است و لازم است دانش‌آموزان اطلاعاتی راجع به مولکولها و جرم آنها داشته باشند.

اکنون دانش‌آموزان را باید برای خرید آب فرستاد ولی در یک فروشگاه «آب» را به صورت وزنی نمی‌فروشند و به آنها می‌گوییم که از درگیر شدن با مسئله کوانتومی بودن پول اجتناب و دقیقاً ۱kg آب خالص بخرند. چون دانش‌آموزان باید چیزهایی راجع به عدم قطعیت در آزمایشها بدانند پس می‌توانیم بگوئیم که آنها می‌توانند با مقداری آب با جرم بین $(10^{-30}-1)$ کیلوگرم تا $(10^{-30}+1)$ بازگردند. (روشن است که این یک فروشگاه کاملاً پیشرفته است که جرمها را با این دقت اندازه گیری می‌کند.) حتی با نادیده گرفتن مشکلات ناشی از اندازه گیری جرم‌ها با این دقت، تعجب‌آور است که بعضی از دانش‌آموزان من دوست دارند بگویند که امکان دارد این کار شدنی باشد.

پاسخ مسلماً این است که ممکن نیست بتوان دقیقاً ۱kg آب با حدود $10^{-30}\pm$ kg خریداری کرد. مولکول آب دارای جرم مولکولی ۱۸ و وزن $3/026\times10^{-26}$ kg است. ممکن است فکر کنیم که با اضافه کردن یک مولکول آب در هر دقیقه سرانجام می‌توانیم به جرمی در حدود $10^{-26}-1$ kg برسیم. اضافه کردن یک مولکول دیگر ما را به جرمی در حدود $10^{-26}+1$ kg می‌رساند. این دو جرم خارج از حدود کار ما هستند و راهی برای اینکه جرمی بین این دو یافت، وجود ندارد. هرگونه سعی و کوششی برای تقسیم کردن یک مولکول به چند بخش محکوم به شکست است، چرا که اجزای تشکیل دهندهٔ مولکول، هیدروژن، اکسیژن و الکترونها، خودشان آب نیستند و حال آنکه ما راجع به خود آب بحث می‌کنیم.

ایده‌ای که مورد نظر من بود هم اکنون آشکار است که: شما نمی‌توانید هر مقدار دلخواه آب را اندازه گیری کنید چرا که مولکولهای آب دارای جرم مولکولی دقیقاً تعریف شده‌اند.

به عبارت دیگر جرم آب یا هرچیز دیگر، کمیتی کوانتومی است. به هرحال، در شرایط عادی اختلاف بین مقادیر مجاز، اغلب کمتر از آن است که می‌خواهیم اندازه گیری کنیم.

مترجم: افق تیزنو

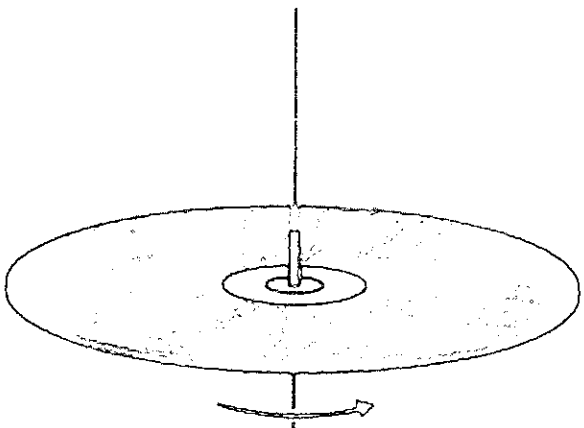
Three Every day Examples of Quantiyation.
by: David Thompson.
TPT: vol 36, Feb, 1997
The Physics Teacher vol 36 Feb 1998

هفتمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران

سؤالات دبیران

یزد ۸ تا ۱۰ فروردین ۱۳۷۷

محمد خرّمی
دانشگاه صنعتی شریف

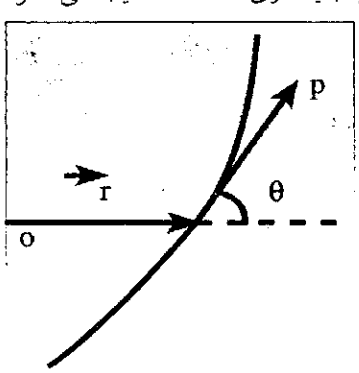


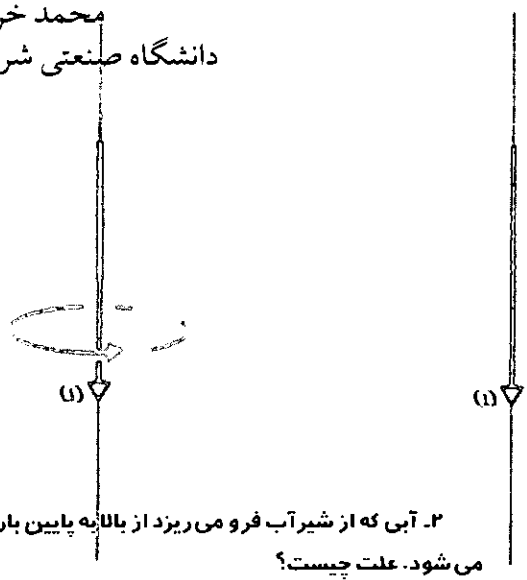
مکانیک

۱ـ تکانهٔ حرکت دایره‌ای یا به عبارتی اندازه حرکت جسمی که درمسیر دایره‌ای حرکت می کند چیست؟

جواب: ما چیزی به نام تکانهٔ دایره ای نداریم. جسم که بر هر مسیری حرکت کند یک تکانهٔ خطی دارد که همان حاصل ضرب جرم و سرعت آن است، و یک تکانهٔ زاویه ای که حاصل ضرب خارجی بردار مکان جسم در تکانهٔ خطی آن: $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{P}$. اگر حرکت مقید به صفحه باشد، بردار تکانهٔ زاویه ای یک مؤلفه بیشتر ندارد و آن در جهت عمود بر صفحه است. در این صورت $L = rp\,Sin\theta$. برای حرکت دایره ای، و به شرطی که مبدأ مختصات را مرکز دایره بگیریم، رابطهٔ بالا به شکل ساده ای درمی آید (زیرا سرعت و در نتیجه تکانهٔ خطی همواره بر بردار مکان ذره عمود است):

$L = rp$، و با جایگذاری $V = r\omega$ نتیجه می شود که $L = mr\omega^2$.



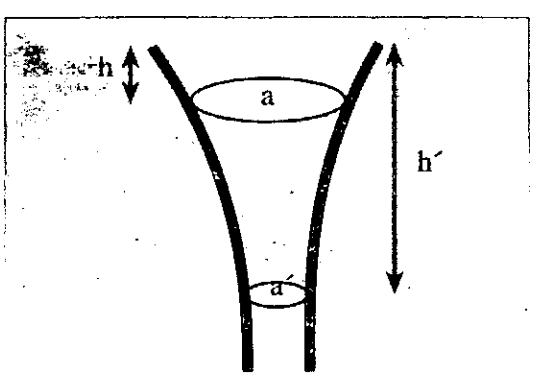


۲ـ آبی که از شیرآب فرو می ریزد از بالا به پایین باریکتر می شود. علت چیست؟

جواب: آبی که از شیر فرو می ریزد، عملاً سقوط آزاد می کند. به این ترتیب، سرعت آب در فاصلهٔ h در زیر شیر آب $v = \sqrt{2gh}$ است. از طرفی، مقدار آبی که در واحد زمان از مقاطع مختلف می گذرد یکسان است. جرم آب گذرنده از مقطع a بر واحد زمان $Q = \rho va$ است، که در آن ρ چگالی آب است. از اینجا نتیجه می شود که $va = v'a'$ یا $a\sqrt{h} = a'\sqrt{h'}$ به این ترتیب مساحت مقطع جریان آب متناسب با عکس جذر فاصله تا شیرآب است.

۲ـ رابطهٔ اصل هم ارزی جرم و انرژی ... :

الف: براساس یک آزمایش فکری می توان نشان داد که اگر سیستم ساکنی (یعنی سیستمی که تکانهٔ خطی آن صفر



است) مقداری انرژی از دست بدهد و بازهم ساکن بماند، جرم آن باید تغییر کند. در اینجا جرم همان ضریبی است که در معادلهٔ قانون دوم نیوتون ظاهر می شود. این جرم را جرم سکون جسم می نامیم: $\vec{F} = m_0 \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$ ضمناً در سرعتهای کم، قانون دوم نیوتون به شکل بالا همچنان درست است و تکانهٔ خطی نیز از رابطه $\vec{p}_0 = m\vec{v}_0$ با سرعت مربوط می شود. با یک آزمایش فکری می توان نشان داد که اگر دستگاه در حال سکونی انرژی از دست بدهد و همچنان ساکن بماند، جرم سکون آن هم تغییر می کند و مقدار این تغییر جرم برابر است با $\frac{1}{c^2}\Delta E_0$. از اینجا نتیجه می شود که $\Delta E_0 = c^2 \Delta m_0$ از اینجا نتیجه می شود که اگر سیستم در حال سکونی مرتباً انرژی از دست بدهد تا جرم آن کاملاً از بین برود. انرژی از دست رفتهٔ آن $c^2 m_0$ خواهد بود. پس هر سیستم در حال سکون مقداری انرژی دارد که فقط به جرم آن بستگی دارد. این به رابطهٔ $E_0 = m_0 c^2$ می انجامد.

ب: برای جسمی که با سرعت قابل ملاحظه‌ای (در مقایسهٔ با سرعت نور) حرکت می کند. روابط غیرنسبیتی تکانه و نیرو دیگر درست نیستند. با یک آزمایش فکری از نوع برخورد ذرات می توان نشان داد که تکانه و انرژی در برخوردها ثابت می مانند، اگر تعریف تکانه و انرژی نسبیتی به شکل $\vec{p} = m_0 \gamma \vec{V}$ ، $E = m_0 \gamma c^2$ و $\gamma = (1 - \frac{v^2}{c^2})^{-1/2}$ را ضریب باشد. در این رابطه ها لورنتس می نامند. به علاوه، شکل نسبیتی قانون دوم نیوتون می شود $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt}(m_0 \gamma \vec{v})$ این انگیزهٔ تعریف: $m = m_0 \gamma$ است. اما توجه کنید که، $\vec{F} \neq m\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$ زیرا γ خودش هم تابع سرعت است. فقط برای متحرکهایی که اندازهٔ سرعتشان ثابت است (مثل باری که در یک میدان مغناطیسی حرکت می کند) می توان قانون دوم نیوتون را به شکل $\vec{F} = m\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$ نوشت. با این تعریف m، انرژی جسم می شود $E = mc^2$. اما توجه کنید که این چیزی جز تعریف m نیست به همین علت است که بسیاری از مؤلفان جدید این کمیت به اصطلاح جرم در حال حرکت را اصولاً تعریف نمی کنند و فقط یک جرم به کار می برند که همان m_0 است. اما چون صحبتی از جرم دیگری نیست. جرم سکون را با همان نماد m به کار می برند.

پ: برخلاف انرژی، و برخلاف جرم در مکانیک غیرنسبیتی، جرم سکون کمیتی جمع پذیر نیست. یعنی جرم سکون یک دستگاه دو ذره ای مجموع جرم سکون هر یک از دو ذره نیست. در واقع، جرم سکون این دستگاه برابر است با انرژی ذره اول، $E_1 = m_{0,1}\gamma_1 c^2$ به اضافه انرژی ذره دوم $E_2 = m_{0,2}\gamma_2 c^2$، به اضافه انرژی پتانسیل برهم کنش دو ذره، U. (البته این انرژیها در چهارچوبی محاسبه می شوند که $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = 0$ در این صورت، $E_0 = U + m_1 c^2 + m_2 c^2$. توجه کنید که اگر پتانسیل بین ذرات صفر باشد (ذرات بدون برهم کنش) انرژی سکون دستگاه به شکل $E_0 = \Sigma m_i c^2$ درمی آید. که در آن m_i جرم در حال حرکت ذره i است.

نتیجه اینکه رابطه $E_0 = m_0 c^2$ برای یک ذره درست است. رابطه $E = mc^2$ برای یک ذره در واقع تعریف جرم در حال حرکت است. رابطهٔ $E = mc^2$، اگر منظور از جرم، جرم سکون باشد (قراردادی که بسیاری از مؤلفان جدید بکار می برند) درست نیست، مگر جسم ساکن باشد. رابطهٔ $E_0 = mc^2$ نیز، اگر منظور از m همان جرم سکون باشد، درست است.

۳ـ چرا وقتی یک دماسنج (جیوه‌ای یا الکلی) را وارونه می کنیم حتی اگر آن را ساعتها وازگون نگه داریم، مایع درون

آن پایین نمی‌آید و از جای خود حرکت نمی‌کند؟

جواب: دو عامل ممکن است در این مسئله مؤثر باشد. یکی گرانروی جیوه یا الکل است. این عامل باعث می شود که سرعت سقوط یک ستون مایع، از یک سرعت حد بیشتر نشود. این سرعت حد از مرتبه $\frac{\rho g R^2}{\eta}$ است، که در آن ρ چگالی مایع، R شعاع لوله، g شتاب گرانش، و η گرانروی مایع است. برای جیوه در دمای معمولی، این سرعت از مرتبه $\frac{cm}{s}$ $(\frac{R}{cm})^2$ 10^6 است. اما اگر قرار باشد ستون جیوه طی چند ساعت حرکت نکند، شعاع لوله باید بسیار کوچک باشد. مثلاً برای سرعت $\frac{mm}{h}$ ۰/۱، شعاع R می شود در حدود ۰/۰۱ میکرون که مطمئناً غیر واقعی است. اما از یک آزمایش دیگر با دماسنج پزشکی نکته دیگری روشن می شود. برای کار با این دماسنجها ابتدا تکانشان می دهند تا جیوه کاملاً به درون مخزن برگردد. اگر دماسنج را گرم کنیم و سپس به حال خود بگذاریم، قسمتی از ستون جیوه از وسط به درون مخزن برمی گردد، و قسمتی از آن بیرون می ماند. اکنون اگر مخزن دماسنج را بگیریم و آن را تکان دهیم، ستون جیوه از گردن دماسنج دورتر می گردد. حال دماسنج را به طور عمودی (به شکلی که مخزن آن پایین باشد) نگه می داریم. با کمی حوصله معلوم می شود که ستون جیوه پایین می آید. پس باید عامل دیگری وجود داشته باشد که در حالت عادی جلوی پایین آمدن جیوه (یا الکل) را بگیرد. این عامل کشش سطحی مایع است. با خارج شدن مایع از مخزن سطح بیرونی آن بزرگتر می شود (زیرا مقطع لوله بسیار کوچکتر از مقطع مخزن است). به همین علت کشش سطحی با پایین آمدن مایع مخالفت می کند. در لوله ای با مقطع یکنواخت، این عامل وجود ندارد، زیرا سطح مایع در اثر پایین آمدن تغییر نمی کند. بنابراین عامل مهمی که جلوی پایین آمدن مایع را می گیرد کشش سطحی آن است. برای محاسبهٔ اثر حاصل از کشش سطحی، فرض کنید مایع درون دماسنج از محل اولیه به محل خط چین برود.

از تراکم ناپذیری مایع نتیجه می شود $ah = AH$. تغییر مساحت آزاد مایع برابر است با $2\pi(rh - RH)$، که در آن r و R شعاعهای بخشهای نازک و ضخیم لوله اند $(a = \pi r^2 \ , \ A = \pi R^2)$. از اینجا تغییر انرژی سطحی می شود،

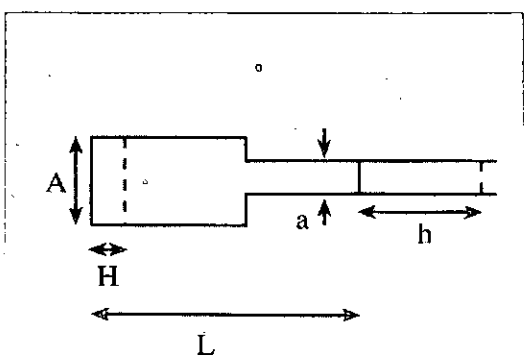
$$\Delta E_\tau = 2\pi\tau(rh - RH)$$

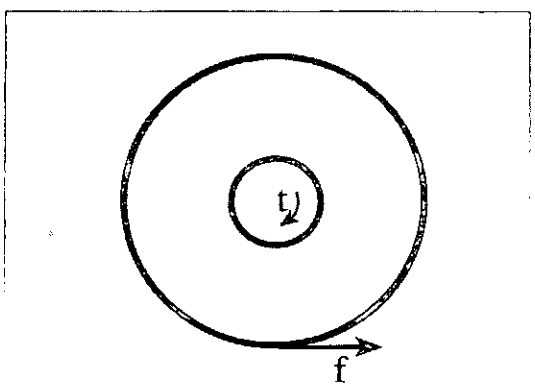
تغییر انرژی گرانشی می شود $\Delta E_g = \rho g a h (-L - \frac{h}{2} + \frac{H}{2})$،

اگر مجموع این تغییر انرژیها به ازای h مثبت منفی باشد، ستون پایین می آید و داریم $\Delta E \approx \pi r h(2\tau - \rho g r l)$. در اینجا از این فرض استفاده شده که $h, H << L, r << R$. این می شود که اگر r به اندازهٔ کافی کوچک باشد، $\Delta E > 0$

۴ـ اصطکاک لغزشی و غلتشی چه تفاوتی با هم دارند؟

براساس اصطکاک لغزشی، چرخی که روی یک سطح افقی حرکت می کند و در حالت غلتش محض است، به غلتش خود ادامه می دهد، نیروی اصطکاک وارد بر آن صفر است، و سرعت و سرعت زاویه ای آن بدون تغییر می ماند. پس برای ادامهٔ غلتش نیازی به اصطکاک نیست. اما برای شروع غلتش چنین نیرویی لازم است. مثلاً چرخ یک اتومبیل را در نظر بگیرید. به این چرخش گشتاوری (به خاطر موتور) وارد می شود که می خواهد آن را بچرخاند. اگر اصطکاک نباشد، چرخ به چرخش درمی آید و سرعت نقطهٔ تماس آن با سطح زمین مخالف صفر





می شود. پس اصطکاک با این پدیده مخالفت می کند. مطابق شکل بر چرخ اثر می کند.

اگر اصطکاک چنان باشد که چرخ به غلتش درآید،

$$v = r\omega$$
$$m\frac{dv}{dt} = -f$$
$$I\frac{d\omega}{dt} = \tau$$

از اینجا نتیجه می شود که

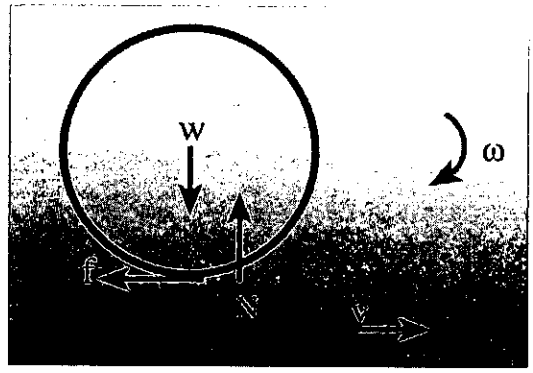
$$\frac{dv}{dt} = \frac{\tau r}{I} \quad , \quad f = \frac{m\tau r}{I}$$

شرط اینکه چنین حالتی واقعاً برقرار بماند آن است که f از بیشینهٔ اصطکاک ایستایی کمتر باشد، یعنی $\mu > \frac{m\tau r}{IN}$.

در اینجا m جرم مجموعه، I گشتاور ماند آن، N نیروی عمود بر سطح، و μ ضریب اصطکاک است. پس برای شروع غلتش لازم است μ از حداقلی بزرگتر باشد، اما اگر پس از مدتی گشتاور خارجی را برداریم، دیگر نیازی به اصطکاک نیست و غلتش ادامه می یابد.

در عمل دیده می شود که چرخ غلتان تا ابد به حرکت ادامه نمی دهد و بالاخره می ایستد. پس باید عامل دیگری در کار باشد. این عامل اصطکاک غلتشی است که هدف آن مخالفت با غلتش یک سطح روی سطح دیگر است. علت پیدایش این اصطکاک آن است که دو سطح واقعی صلب نیستند و محل تماس آنها اندکی تغییر شکل می یابد. در نتیجه محل تماس دیگر یک نقطه نیست بلکه یک ناحیه است. به این ترتیب، نیروی عمود برسطح می تواند در نقطه ای وارد شود که راستای آن از محور دوران چرخ نگذرد. اصطکاک غلتشی با همین فاصله، یعنی فاصلهٔ محور دوران از راستای مؤثر نیروی عمود بر سطح، پارامتری می شود. این فاصله (δ) به طور تجربی ثابت است و نقش ضریب اصطکاک را بازی می کند، جزاینکه این ضریب در اینجا بعد طول دارد. حال فرض کنید چرخی در حال غلتش است. نیروهای وارد بر این چرخ عبارت اند از: وزن W، نیروی عمود بر سطح N و نیروی اصطکاک f.

به خاطر صفر بودن شتاب در راستای قائم، N=W.



$$I\frac{d\omega}{dt} = fr = N\delta$$
$$m\frac{dv}{dt} = -f$$
ضمناً داریم
$$v = r\omega$$

در اینجا با توجه به کوچک بودن مقدار تغییر شکل، فاصلهٔ f از محور دوران را تقریباً همان r گرفته ایم. از این معادله ها نتیجه می شود که

$$\left(\frac{mr^2}{I}+1\right)f = \frac{mr\delta}{I}N$$

یا

$$f = \frac{\frac{\delta}{r}N}{1+\frac{I}{mr^2}}$$

و

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\frac{\delta}{r}N}{m\left(1+\frac{I}{mr^2}\right)}$$

دیده می شود به خاطر وجود δ، f دیگر صفر نیست و چرخ کند می شود.

هفتمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران

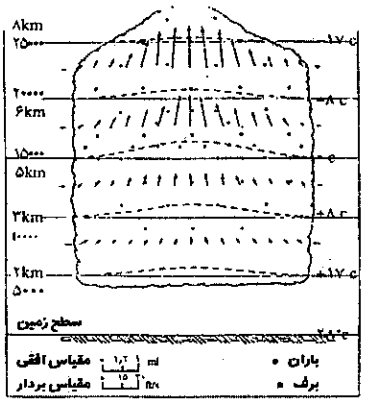
آذرخش

یزد، ۸ تا ۱۰ فروردین ۱۳۷۷
مجید عتیقی
آموزش و پرورش مشهد

۱ـ ابرهای تندری و نحوهٔ شکل گیری آنها
۲ـ میدان الکتریکی جو
۳ـ جریان الکتریکی جو
۴ـ ساختار دو قطبی ابرهای تندری: نظریه رسوب، نظریه همرفت
۵ـ ساختار سه قطبی ابرهای تندری
میکروفیزیک ابرهای تندری
۶ـ شکل آذرخش
۷ـ تندر (صدای آذرخش)

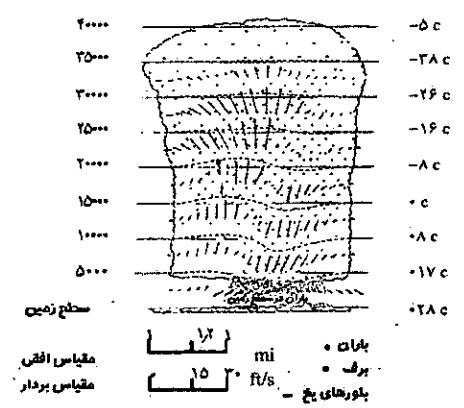
◆ ۱ ـ ابرهای تندری و نحوه شکل گیری آنها

هوای مرطوب بر خلاف هوای خشک از تعادل نا پایدار برخوردار است. اگر قسمتی از هوای مرطوب نزدیک سطح زمین به ارتفاعی بالاتر رانده شود انبساط هوا سبب کاهش دما و چگالش بخشی از بخار آب می شود. چگالش بخار آب همراه با آزاد شدن گرمای نهان تبخیر آن می باشد در نتیجه هوای مرطوب صعود کرده از دمای بیشتر و چگالی کمتری نسبت به هوای خشکی که در این ارتفاع قرار دارد برخوردار بوده و به صعود خود ادامه می دهد. این حرکت بالاسو همچنان ادامه پیدا می کند و سرعت می یابد تا زمانی که تمامی بخار آب موجود در هوا چگالیده شود. از این زمان به بعد در صورتی که آب به یخ تبدیل شود گرمای نهان ذوب نیز آزاد شده و می تواند حرکت صعودی ادامه یابد.

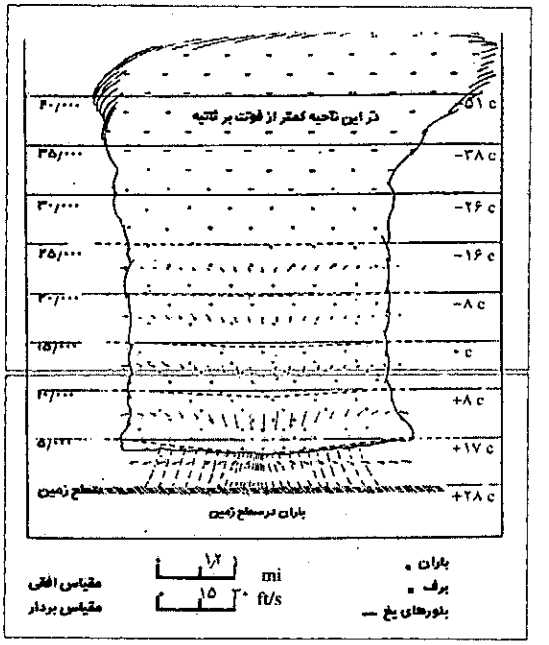


در یک ابر تندری سرعت صعود می تواند به حدود ۱۰۰ m/s نیز برسد و یک یاخته ابر تندری می تواند تا ارتفاع ۱۲۰۰۰m تا ۱۸۰۰۰m نیز صعود کند.

با چگالش بخار آب قطره های باران، بلورهای یخ، برف و تگرگ تشکیل می شود. قطره های باران و ذرات یخ که سنگین تر از آن باشند که کشش بالاسو آنها را نگه دارد شروع به سقوط می کنند. این حرکت پایین سو مقداری هوا را همراه خود به پایین می کشد و یک کشش پایین سو را در ابر بوجود می آورد، این هوا چون قدری سردتر و چگالتر از هوای خشک مجاور است به پایین آمدن خود ادامه می دهد. این مرحله را مرحلهٔ کمال یک ابر تندری می نامند در این مرحله باران یا تگرگ از پایین یاخته فرو می افتد و همراه بارندگی وزش باد شدید همراه با هوای سرد در سطح زمین خواهد بود.



در مرحلهٔ پایانی عمر یک ابر تندری کشش بالاسو خاتمه یافته و کشش پایین سو غلبه می کند و تمام یاخته را می پوشاند. در این مرحله وزش باد فروکش کرده و باران ملایمی می بارد.

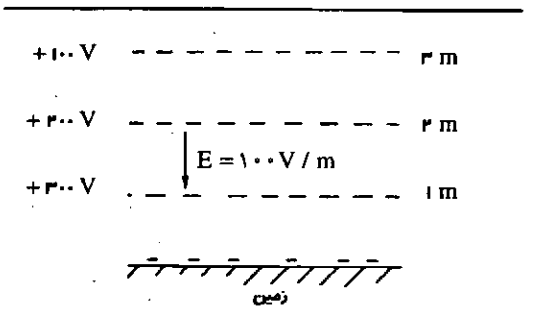


انرژی موجود در هوای مرطوب:

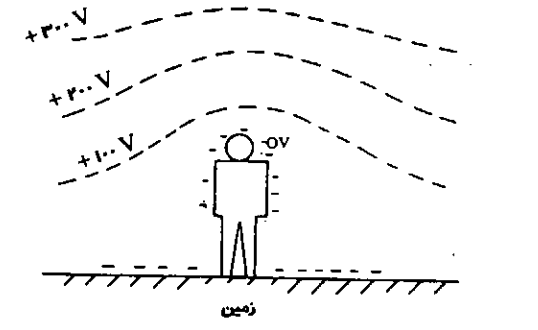
در $1km^3$ هوای مرطوب در دمای $17^\circ C$ و در فشار جو و رطوبت نسبی ۱۰۰٪ حدود $1/6\times10^7 kg$ بخار آب وجود دارد با توجه به گرمای نهان تبخیر آب $2230\frac{kJ}{kg}$ تراکم این مقدار بخار آب $3/8\times10^{10} kJ$ انرژی آزاد می کند.

◆۲ـ میدان الکتریکی جوی

در یک هوای آفتابی در صورتی که پتانسیل الکتریکی را در ارتفاعهای مختلف اندازه گیری کنیم درمی یابیم که میدان الکتریکی با آهنگ $100\frac{V}{m}$ افزایش می یابد. میدان الکتریکی جوی پایین سو است و زمین دارای بار منفی است در مقابل این بار منفی بایستی بار مثبتی در ارتفاعات بالا وجود داشته باشد تا چنین میدانی را ایجاد کند.



با توجه به اینکه بین انگشتان پاهای ما و سرمان اختلاف پتانسیل حدود ۲۰۰V وجود دارد چرا دچار برق گرفتگی نمی شویم؟ بدن ما رسانا است و در تماس با سطح زمین یک سطح هم پتانسیل را با زمین تشکیل می دهد این اتصال سبب تغییر شکل خطوط هم پتانسیل میدان الکتریکی در اطراف ما می شود.



◆۳ـ جریان الکتریکی جو

جو زمین به دلیل وجود یونهای زیادی که در آن وجود دارد یک محیط رسانا است این یونها می توانند به روشهای زیر در جو زمین بوجود آیند.

* الف ـ برخورد پرتوهای کیهانی به جو زمین
ب ـ پرتوزایی طبیعی یا مصنوعی در سطح زمین
ج ـ تابش فرابنفش پرتوهای خورشید به جو زمین

رسانایی هوا با افزایش ارتفاع افزایش می یابد زیرا:

الف ـ نفوذ پرتوهای کیهانی و یونیزاسیون حاصل از آنها در لایه های بالای جو بیشتر است.

ب ـ چگالی هوا با افزایش ارتفاع کاهش یافته میانگین مسیر آزاد حرکت ذرّات باردار افزایش می یابد.

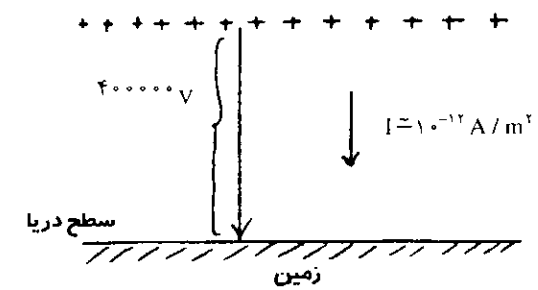
جو یک محیط رسانا است و بارهای موجود در هوا در اثر میدان الکتریکی جوّ حرکت کرده و یک جریان الکتریکی را در جو بوجود می آورند.

جریان الکتریسیتهٔ جوی که بارهای مثبت را به زمین منتقل می کند تقریباً ثابت و در حدود ۱۸۰۰A است.

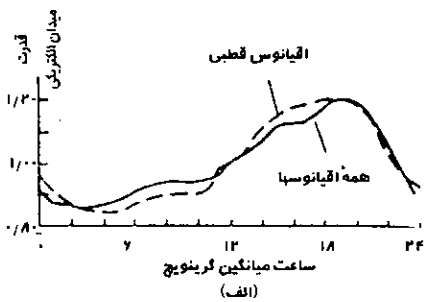
$V \simeq ۴۰۰۰۰۰V$

$\Rightarrow p = VI \simeq ۷۰۰ \times ۱۰^{۶} \simeq ۷۰۰MW$

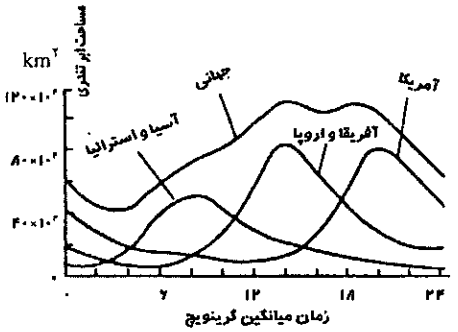
$I \simeq ۱۸۰۰A$

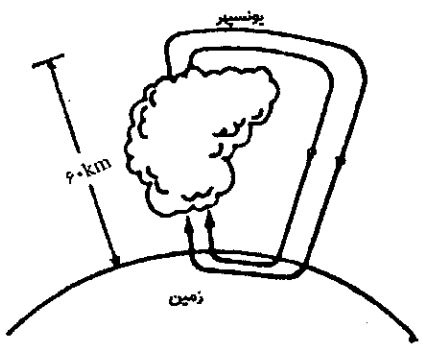


با وجود چنین جریانی بایستی در مدت زمانی حدود نیم ساعت کل بار منفی زمین خنثی شود امّا چه چیزی سبب بقاء این اختلاف پتانسیل می شود؟ آذرخش عاملی است که سبب می شود زمین بار منفی خود را حفظ کند (مولّد الکتریسیته جوّی).



اگر تغییرات میدان الکتریکی را بر فراز یک نقطه (مثلاً در اقیانوس) اندازه گیری کنیم این میدان در حدود ٪۱۵± تغییر می کند. بیشترین مقدار میدان در ساعت ۱۹ و کمترین مقدار آن ساعت ۴ به وقت گرینویچ است (۳۰ : ۲۲ و ۳۰ : ۷ به وقت رسمی ایران) اگر این زمان را با زمانهایی که بیشترین آذرخشها روی زمین روی می دهد مقایسه کنیم درمی یابیم که بیشترین و کمترین مقدار شدت میدان همزمان با زمانی است که بیشترین و کمترین تعداد آذرخش روی می دهد.





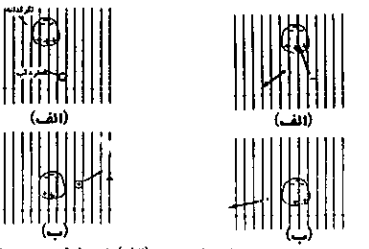
۴◇ ـ الف: مدل رسوب یا سقوط ذرّات

جاذبهٔ گرانشی قطره های باران و دانه های تگرگ و برف را به طرف پایین می کشد. این ذرّات به دلیل قرار گرفتن در میدان الکتریکی زمین به صورت دو قطبی الکتریکی درمی آیند که قسمت پایین آنها مثبت و قسمت بالای آنها منفی است.

مدل رسوب
(جولیوس الستر و هانس گایتل ۱۸۸۵)

این قطره های درشت باران و دانه های تگرگ ضمن سقوط با دانه های ریز باران و بلورهای یخ معلّق برخورد

می کنند در اثر برخورد بار مثبت به ذرّات معلق و بار منفی به ذرّات سقوط کننده منتقل می شود. با سقوط این ذرّات سنگین قسمت پایین ابر بار منفی و قسمت بالای آن بار مثبت پیدا می کند و یک دو قطبی مثبت تشکیل می شود.

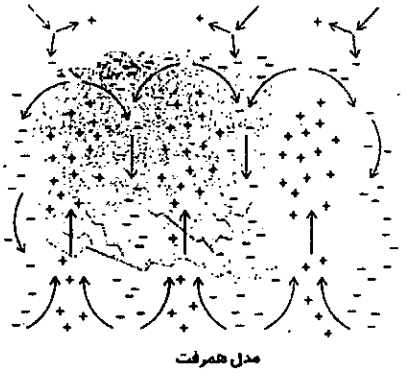


(الف) تگرگدانه در حال سقوط یونهای منفی جذب می کند، اما یونهای مثبت را پس می زند. (ب) گرفتن یون منفی به تگرگدانه بار منفی می دهد.

(الف) دانه تگرگ در حال سقوط که میدان الکتریکی آن را قطبی کرده به یک قطره آب در حال صعود نزدیک می شود. (ب) قطره آب در برخورد با تگرگدانه مقداری بار مثبت می گیرد.

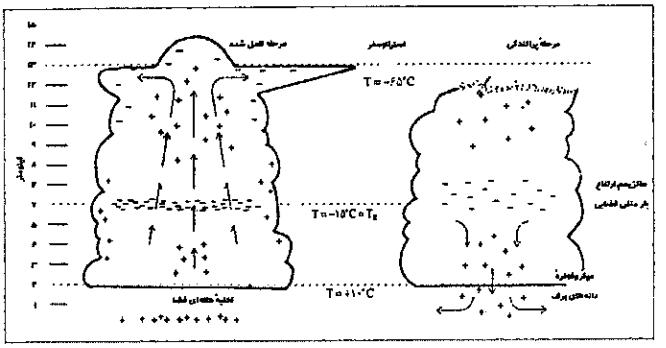
◆ ۴ ـ ب: مدل همرفت

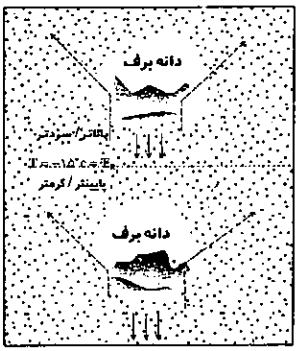
ابتدا دو چشمهٔ خارجی بارهای الکتریکی در ابرها را تأمین می کنند. اولین چشمه پرتوهای کیهانی است که با مولکولهای هوا در بالای ابرها برخورد کرده و آنها را یونیزه می کند. چشمهٔ دوّم میدان الکتریکی قوی اطراف اشیاء نوک تیز در سطح زمین است که یک تخلیه هاله ای از یونهای مثبت تولید می کند. هوای گرم در هنگام صعود این یونهای مثبت را به بالا می راند. این یونهای مثبت بعد از رسیدن به نواحی بالای ابر یونهای منفی تولید شده بر اثر برخورد پرتوهای کیهانی با مولکولهای هوا در بالای ابر را جذب می کنند یونهای منفی پس از ورود به داخل ابر به سرعت به قطرات آب و بلورهای یخ می چسبند. سپس جریانهای رو به پایین این ذرات باردار منفی را به سمت پایین می آورد و مجدداً یک دو قطبی مثبت تشکیل می شود.



مدل همرفت
(گستون گرنه ۱۹۴۷، برناردونه کات ۱۹۵۳)

◆ ۵ ـ ساختار سه قطبی ابرهای تندری





◆ میکروفیزیک انتقال بار مستلزم برخوردهای میان دانه‌های برف و بلورهای یخ است. دانه‌های سنگین برف از میان مخلوطی از بلورهای کوچکتر یخ (شش ضلعیها) و قطرات فوق سرد آب (نقطه ها) سقوط می کنند. تجربه های آزمایشگاهی نشان می دهند که هنگامی که دما پایینتر از مقدار بحرانی است (T_R) دانه‌های برف سقوط‌کننده در برخورد با بلورهای یخ بارمنفی می گیرند. این ذرات در دماهای بالاتر از T_R بار مثبت پیدا می کنند. گمان می رود که T_R برابر ۱۵- درجه سلسیوس، یعنی برابر با دمای ناحیه منفی اصلی در ابرهای تندری باشد. از این رو، وقتی دانه‌های برف به پایینتر از این ارتفاع سقوط می کنند و به ناحیه دماهای بالاتر می رسند بارشان مثبت می شود. اکنون شواهدی وجود دارد که نشان می دهند همین دانه‌های برف با بار مثبت، ناحیهٔ مثبت پایین در سه قطبی ابر تندری را تشکیل می دهند.

◆ ۶ ـ شکل آذرخش (برق)

هنگامی که یک ابر تندری بر فراز یک ناحیه از زمین قرار می گیرد جهت میدان الکتریکی جو در آن ناحیه به طور موقتی معکوس می شود. همانگونه که قبلاً بیان شد، بر اثر یونیزاسیون هوا، در هوا الکترونهای آزاد وجود دارد. این الکترونهای آزاد در میدان بالاسوی زیر ابر تندری شتاب می گیرند. هر الکترون در هنگام پیشروی به سمت پایین با اتمهای دیگر برخورد می کند و الکترونهای آنها را نیز جدا می کند بدینسان یک بهمن الکترونی از ابر به سوی زمین حرکت می کند. این بهمن حدود ۵۰ متر حرکت می کند سپس به مدت ۵۰μs توقف کرده و هر قسمت از فضا را که میدان الکتریکی در آن شدیدتر است انتخاب کرده و به طرف آن حرکت می کند (جلودار پلکانی Step Leader) در نزدیکی زمین میدان الکتریکی شدید نوک بهمن بارهای مثبت زمین را تخلیه می کند جریان بارهای مثبت به سمت بالا را ضربهٔ بازگشتی می نامند (return stroke).

هنگامی که ضربهٔ بازگشتی با جلودار پلکانی برخورد

آذرخش

می کند مدار بین زمین و ابر تکمیل می شود و بارهای منفی به زمین منتقل می شوند. بهمن الکترونی در پشت سر خود یک کانال پلاسما (گازهای یونیزه داغ) باقی می گذارد که این کانال تا مدتی رسانایی خود را حفظ می کند و مجدداً الکترونهای بعدی در این کانال حرکت می کنند. امّا این بار دیگر مکث نمی کنند و به سرعت در کانال حرکت می کنند این جلودار را جلودار نیزه ای می نامند برای این جلودارهای نیزه ای نیز ضربه های بازگشتی وجود دارد.

هنگامی که ضربه بازگشتی با جلودار برخورد می کند، کانال آذرخش که در آن الکترونها حرکت می کردند به شدت گرم می شود و به چند هزار کلوین می رسد و تولید نور می کند. گرم شدن ناگهانی هوا در مسیر کانال یک موج ضربه ای ایجاد می کند این موج هوای اطراف را گرم و فشرده می کند بعد از مدتی باقی مانده انرژی این موج (۹۹٪ انرژی موج صرف گرم کردن هوا می شود) به صورت امواج صوتی در محیط منتشر می شود.

منابع

1. The Feynman Lectures on physics VOL 2. Chapter 9

2. The Eelectrification of Thunderstorms Earle R. Williams Scientific American November 1988.

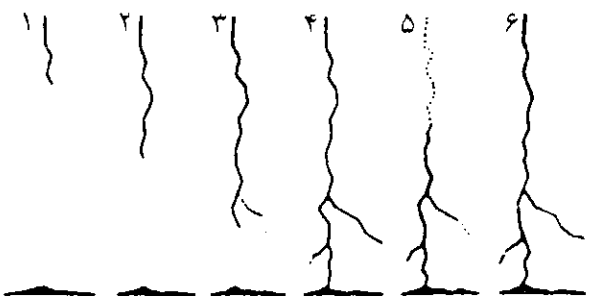
(آذرخشها و توفانهای تندری، مجله دانشمند، آبان ۶۸)

3. Thunder. A.A. Few. Scientific American July 1975

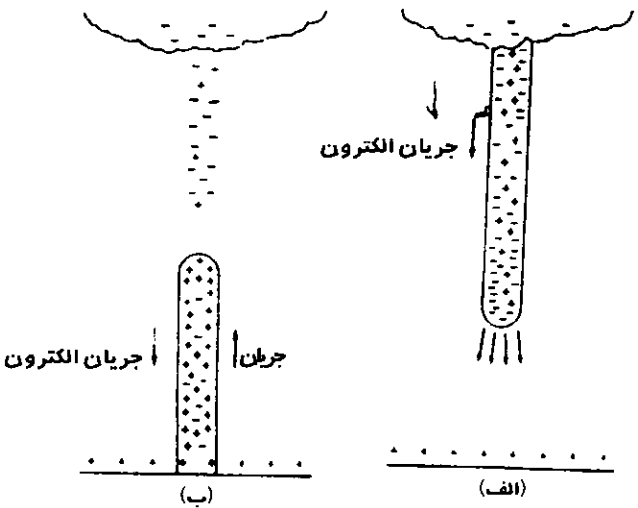
4. The Tornado, J. T. Snow, Scientific American. April 1984

۵. فیزیک آهانیان، جلد ۳، میانگفتار شش، الکتریسیته جوی، ترجمهٔ ناهید ملکی جیرسرایی.

۶. الکتریسیته جوی، هاریس بنسون، ترجمهٔ محمد علی سعادت بخت، مجله رشد آموزش فیزیک جلد ۳۷.



این توالی نمودارها که بر پایه عکسهای پر سرعت تهیه شده اند حرکت پایین سوی جلودار را نشان می دهد (چهار نمودار اول) و حرکت بالا سوی ضربهٔ بازگشتی (دو نمودار آخر). ضربهٔ برگشتی بسیار سریعتر از جلودار است.



(الف) جلودار. بهمن الکترونی ازابر، مجرایی در هوای یونیده ایجاد می کند (ب) ضربه برگشتی. الکترونها ناگهان ته مجرا را تخلیه می کنند و آن را با بار مثبت باقی می گذارند.

هفتمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران

همجوشی هسته‌ای

یزد ۸ تا ۱۰ فروردین ۱۳۷۷

ظفرا ... کلانتری
دانشگاه صنعتی اصفهان

همجوشی هسته‌ای یکی از شاخه‌های تحقیقاتی فعال در زمینه انرژی هسته‌ای و تولید انرژی هسته‌ای است. در این مقاله پس از بیان اصول همجوشی هسته‌ای و روشهای انجام آن به مقایسه‌ای که قابل استفاده برای دبیران محترم فیزیک باشد بسنده گردد.

۱ـ مقدمه

روند صعودی مصرف انرژی در جهان و منابع محدود سوختهای فسیلی و آلودگیهای بسیاری که این نوع سوختها در محیط زیست ایجاد می کنند، بهره گیری از روشهای جدیدتر تولید انرژی پاک را که منابع سوخت آن نیز بسیار فراوان باشد، ضروری ساخته است. پیشرفتهای علم فیزیک هسته ای که امکان تولید انرژی هسته ای را از طریق شکافت هسته های سنگین مثل اورانیم مطرح ساخت، به تحقیقات وسیعی در زمینه تولید انرژی هسته ای از طریق شکافت انجامید به طوری که سرانجام در سال ۱۹۴۲ اولین راکتور هسته ای ساخته شد و سرانجام راه جدیدی برای تولید انرژی کنترل شده از منابع سوخت هسته ای قرار گرفت.

راکتورهای شکافت هسته ای نیز مشکلات خود را به همراه داشتند، از آن جمله، منابع محدود اورانیم، مسئله ساز بودن پسماندهای سوخت این راکتورها که بسیار رادیواکتیو هستند و دارای طول عمر زیاد هستند، نگهداری آنها و اینکه در حادثه های احتمالی، نشت این پسماندهای خطرناک، لطمات جبران ناپذیری به سلامت انسانها و محیط زیست می تواند وارد کند و در نهایت مسئله کنترل راکتورهای شکافت به هنگام وقوع حادثه، مواردی هستند که می توان نام برد.

از همان آغاز مطالعه روی تولید انرژی هسته ای، با توجه به منحنی متوسط انرژی بستگی هسته ها نسبت به عدد جرمی، دو راه پیشنهاد گردید، (مقدار انرژی لازم جهت تبدیل هسته به اجزاء تشکیل دهندهٔ آن یعنی نوترونها و پروتونها را انرژی بستگی گویند.) راه اول همان شکافت هسته ای و راه دوم همجوشی هسته ای است. برخلاف شکاف نوترون هسته های سنگین اورانیم و پلوتونیم را به دوپاره تقسیم می کند و از این میان مقداری جرم به انرژی تبدیل می شود؛ در همجوشی هسته ای، هسته های سبک مثل هیدروژن دوتریم و تریتیم و ... با یکدیگر برخورد و هسته های سنگین تر تشکیل می دهند. این واکنشهای هسته ای نیز راهی برای تبدیل جرم به انرژی هسته ای است. همین فرآیند است که ستارگانی مثل خورشید را صدها میلیون سال فروزان نگه داشته است و منشاء اصلی تولید انرژی در آنهاست. ستارگانی مثل خورشید، بر اثر سوزاندن هیدروژن و تولید هلیم در چرخه ای از واکنشهای همجوشی گداخته باقی می مانند. انتشار این انرژی که کسر کوچکی از آن به زمین می رسد منشاء تحول حیات و تداوم آن در کرهٔ زمین بوده است. در خلال تحول ستارگان، در مراحل بعدی، چرخه های همجوشی با عناصر سنگین تر انجام می شود که منشاء تولید عناصر عالم و از جمله مواد تشکیل دهنده زمین بوده است. پس این فرآیند به صورت طبیعی از زمانهای اولیه پیدایش عالم صورت گرفته است و هم اکنون نیز در ستارگانی مثل خورشید در حال انجام است.

اما تحولاتی که در خورشید صورت می گیرد، برای استفادهٔ مفید روی زمین، بسیار کند هستند. مثلاً در خورشید توانایی تولید انرژی با آهنگی سریع، به مقدار بسیار

زیاد هیدروژن موجود در آن بستگی دارد. مانند شکافت دستیابی اولیه بشر به این منبع انرژی متأسفانه از طریق نوع مخرب آن و به صورت غیر کنترل شده در بمبهای هیدروژنی حاصل شده است، ولی تاکنون راکتوری که به صورت کنترل شده، اقتصادی و مداوم از طریق همجوشی انرژی تولید کند ساخته نشده است، اما در مراحل تحقیقاتی و آزمایشگاهی نتایج مفیدی به دست آمده است و انتظار می رود در آینده ای نه چندان دور این امر تحقق یابد. مزیت همجوشی هسته ای در این است که اولاً منابع سوخت آن بسیار فراوان و قابل دسترس هستند. به عنوان نمونه یکی از معروفترین سوختهای همجوشی مخلوط دوتریم و تریتیم است که به ترتیب با علائم اختصاری D و T نمایش داده می شوند و انتظار می رود سوخت اولین نسل راکتورهای همجوشی باشد. دوتریم حدود ۰/۰۱۵۳ درصد اتمی از هیدروژنهای آب اقیانوسها را تشکیل می دهد و تریتیم نیز در فرآیند جذب نوترون توسط Li^{6} و Li^{7} تولید می شود. ثانیاً انرژی به ازای هر نوکلئون (پروتون و نوترون) از ماده سوخت، نسبت به روش شکافت بیشتر است. ثالثاً معضل پسماندهای هسته ای را ندارد و محصولات واکنش همجوشی، غیر رادیواکتیو هستند. و چهارم اینکه در هنگام وقوع حادثه های احتمالی، ماهیت این راکتورها به گونه ای است که برخلاف راکتورهای شکافت از کنترل خارج نمی شوند.

۲. شرایط انجام همجوشی هسته ای

در فرآیند همجوشی، هسته های سبک مثل ایزوتوپهای هیدروژن (T و D) به هم برخورد و هسته های سنگین مثل هلیم را تولید می کنند، که نسبت به هسته های برخوردکننده پایدارتر هستند.

$$D + T \rightarrow n + {}^{4}He \quad Q = ۱۷/۶\ Mev \qquad (۱)$$

به طوری که پس از موازنهٔ جرم دو طرف واکنش، مشاهده می گردد مجموع جرم محصولات واکنش کمتر از جرم ذرات اولیه است. با توجه به اصل پایستگی جرم- انرژی و هم ارز بودن جرم و انرژی طبق رابطه معروف اینشتین اگر Δm کاهش جرم در طی واکنش همجوشی باشد، $Q=\Delta mc^{2}$، مقدار انرژی آزاد شده در هر واکنش همجوشی خواهد بود که در آن c، سرعت نور است.

چنین واکنشهایی را گرمازا گویند، به طوری که اگر منابع سوخت آن فراوان و قابل دسترس باشد و روشهای عملی و مقرون به صرفه جهت انجام واکنشهای مذکور وجود داشته باشد، می توانند به عنوان منبع تولید انرژی مورد استفاده قرار گیرند.

تولید انرژی هسته ای همان گونه که در مقدمه ذکر شد در ابتدا از طریق شکافت هسته ای انجام شد این فرآیند با جذب نوترون در هسته هایی مثل $U^{۲۳۵}$، $U^{۲۳۸}$ و $Pu^{۲۳۹}$ و ... و شکافته شدن آنها به دوپارهٔ سبکتر حاصل می شود. مجموع جرم پاره های شکافت کمتر از جرم هستهٔ شکافته شده به علاوهٔ یک نوترون است. در این فرآیند نیز مقداری جرم به انرژی تبدیل می شود. برای مثال یک واکنش نوعی شکافت که در $U^{۲۳۵}$ انجام می شود در واکنش (۲) نشان داده شده است.

$$n + {}^{۲۳۵}U \rightarrow {}^{۲۳۶}U^{*} \rightarrow {}^{۹۳}Rb + {}^{۱۴۱}Cs + ۲n \qquad (۲)$$

به طور متوسط انرژی $Q = ۲۰۰ Mev$ در هر واکنش شکافت آزاد می شود. اساس کار راکتورهای شکافت بر پایهٔ واکنشهای زنجیره ای شکافت استوار است. وجود این سازوکار و سازوکارهای کنترل کنندهٔ تعداد نوترونها، ساخت راکتورهای شکافت را عملی ساخته است، به طوری که چند دهه است که انرژی شکافت به صورت کنترل شده مورد استفاده بشر قرار گرفته است. یکی از دلایلی که راکتورهای شکافت خیلی زودتر از راکتورهای همجوشی به نتیجه رسیده این واقعیت بود که برای نزدیک کردن نوترون به هسته هیچ مانعی وجود ندارد زیرا نوترون بدون بار است و با هر انرژی قادر به نفوذ در هسته هاست. حتی برای هسته های شکافت پذیر، احتمال شکافت با نوترونهای کم انرژی بیشتر است. پس از انجام شکافت، پاره های شکافت را نیروی کولنی، به شدت از یکدیگر دور می کند و انرژی جنبشی زیادی به آنها می دهد که باعث تولید حرارت در محیط می شود.

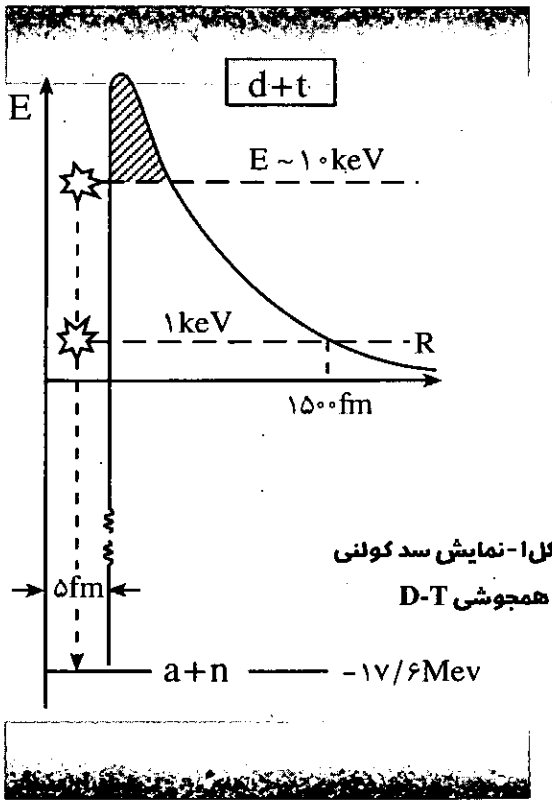
اما در همجوشی هسته ای فرآیندی تقریباً عکس فرآیند شکافت صورت می گیرد. در این فرآیند هسته های همجوشی کننده باید به فاصله ای بسیار نزدیک به یکدیگر برسند تا نیروهای هسته ای بتواند پیوند بین آنها را ایجاد کند و واکنش همجوشی صورت گیرد؛ ولی هسته ها دارای بار مثبت هستند و نیروی بزرگ دافعه کولنی مانع اصلی در

نزدیک شدن آنها تا مرز برد نیروهای هسته ای است.

سد پتانسیل کولنی که در مقابل نزدیک شدن هسته ها به یکدیگر وجود دارد از رابطهٔ زیر به دست می آید.

$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Z_1 Z_2 e^2}{r} \qquad (3)$$

که در آن e بار الکترون، r فاصلهٔ بین دو هسته و Z_1 و Z_2 عدد اتمی هسته های برخورد کننده و U انرژی پتانسیل الکتریکی است. به عنوان نمونه اگر همجوشی بین هسته های دوتریم و تریتیم را در نظر بگیریم، قلهٔ این پتانسیل، جایی که دو هسته در تماس با یکدیگر قرار می گیرند، تقریباً مقدار $0/4 Mev$ را دارد که بسیار بزرگ است، ولی برای عبور از این سد پتانسیل و انجام همجوشی، واقعاً لازم نیست که انرژی برخوردی بین ذرات تا این حد بالا باشد، زیرا بر اثر پدیدهٔ کوانتوم مکانیکی تونل زنی ذرات بدون گذشتن از قله پتانسیل می توانند در آن نفوذ کنند، پس امکان انجام همجوشی در انرژیهای پایین تر وجود دارد.



◆ **شکل۱- نمایش سد کولنی در همجوشی D-T**

با توجه به شکل (۱) مشاهده می شود که هر چه ذرات در انرژی بالاتری برخورد کنند، ضخامت سد کولنی کمتر است و در نتیجه احتمال نفوذ از سد و انجام همجوشی افزایش می یابد.

در حقیقت مانع سد کولنی، یکی از مهمترین مشکلات اصلی در ساخت راکتورهای همجوشی است. جهت حل این مشکل دو راه کلی برای انجام همجوشی پیشنهاد شده است.

الف) همجوشی داغ یا گرما هسته ای

ب) همجوشی سرد یا همجوشی کاتالیزورمیونی μcF

یکی از راههای بالا بردن انرژی برخوردی بین ذرات، افزایش دما و استفاده از انرژی حرارتی ذرات است. در محیطی که شامل تعداد زیادی ذره است، هرچه دما را افزایش دهیم احتمال اینکه ذرات دارای انرژی بیشتری باشند افزایش می یابد، در نتیجه احتمال نفوذ از سد کولنی بین ذرات بر خورد کننده زیاد می شود. به عنوان مثال جهت انجام همجوشی با احتمال مناسب برای مخلوط D- T، دماهای بسیار بسیار بالا از مرتبهٔ چند میلیون کلوین نیاز است که انرژی متوسطی حدود $10 Kev$ به ذرات می دهد. به همین دلیل این روش را همجوشی گرما هسته ای گویند. در این شرایط الزاماً الکترونهای تمام اتمها از آنها جدا می شوند. چنین گازی که کاملاً (یا تقریباً به طور کامل) از هسته هایی با بار مثبت (یونها) و الکترونهای منفی آزاد تشکیل شده است، گاز بسیار یونیده یا پلاسما نامیده می شود. پلاسما به علت وجود ذرات باردار الکتریکی، دارای خواص درخور توجه بسیاری است.

برای همجوشی با آهنگ مناسب علاوه بر افزایش دما، نیاز به چگالیهای بسیار زیاد است. هر اندازه چگالی ذرات افزایش یابد، احتمال برخورد بین آنها زیادتر می شود. پس برای انجام همجوشی گرما هسته ای با آهنگ مناسب، دو عامل دمای بسیار بالا و چگالی زیاد باید همزمان وجود داشته باشد، هر چند که نگهداری هر دو آنها با هم در مقادیر بزرگ کار بسیار دشواری است. فراهم کردن چنین شرایطی، مشکلات تکنولوژیکی خاص خود را به همراه دارد که برای رسیدن به یک سیستم اقتصادی از نظر انرژی، مطالعات زیادی در این زمینه در حال انجام است.

جهت تداوم همجوشی، اولاً شرایط دما و چگالی زیاد

باید به مقدار مناسب رسانده شود، ثانیاً این شرایط در مدت زمان مناسبی به نام زمان محصورسازی نگه داری شوند. این شرایط را معیاری به نام معیار لاؤسون تعیین می کند.

همان گونه که در مقدمه ذکر شد، رسیدن به شرایط همجوشی در روی زمین از طریق انفجارهای هسته ای و به صورت غیر کنترل شده چندین سال است که انجام شده است، ولی رسیدن به شرایط همجوشی کنترل شده کار بسیار دشواری است. در همجوشی گرما هسته ای کنترل شده، برای رسیدن به شرایط بالا دو روش مورد تحقیق و پژوهش بوده است.

۱ـ همجوشی از طریق محصور سازی مغناطیس یا MCF[1]

۲ـ همجوشی از طریق محصورسازی لختی یا ICF[2] که در قسمت بعد توضیح داده خواهند شد.

اما همجوشی سرد بر پایهٔ کاهش سدکولنی استوار است و در دماهای نسبتاً کم صورت می گیرد. در این روش با تزریق ذرات میون منفی، μ^-، در مخلوط سوخت دوتریم ـ تریتیم، اتمهای میوندار تشکیل می شود که شعاع آن بسیار کوچکتر از شعاع اتم هیدروژن است. به این وسیله هسته ها در فاصلهٔ نزدیکتری از یکدیگر می توانند قرار گیرند و احتمال همجوشی بین هسته ها افزایش می یابد. این ذرات مانند یک کاتالیزور در واکنش همجوشی عمل می کنند و به همین دلیل این روش تحت عنوان همجوشی کاتالیزور میونی معروف است. این روش در ادامهٔ این مقاله توضیح داده خواهد شد.

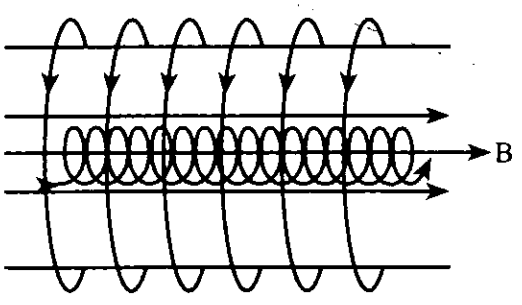
۳ـ همجوشی گرما هسته ای

همان طور که در قسمت قبل بیان شد در همجوشی گرما هسته ای، محیط سوخت باید به دماهای بسیار زیاد و چگالیهای زیاد رسانده شود. یکی از فرآیندهایی که محیط همجوشی را گرم نگه می دارد اثر خود گرمایی محصولات باردار ناشی از همجوشی است. مثلاً ذرات آلفا در حین متوقف شدن در محیط پلاسما، انرژی خود را از دست می دهند. این انرژی به صورت انرژی گرمایی محیط در می آید. در مقابل پدیده ای تحت عنوان تابش ترمزی (بارهای الکتریکی شتابدار، تابش الکترومغناطیسی گسیل می کنند. ذرات بارداری که بر اثر برخورد متوقف می شوند تابشی گسیل می کنند که به تابش ترمزی معروف است.) و شار ذرات به خارج از محیط پلاسما، از دمای آن می کاهد. برای تداوم همجوشی باید تعادلی بین انرژی گرمایی از دست رفته و اثر خود گرمایی پلاسما وجود داشته باشد. برای این منظور لازم است که پلاسما حداقل در یک زمان مشخص در حالت فشرده با چگالی مناسب نگه داشته شود. در غیر این صورت مقدار انرژی که به سیستم همجوشی داده می شود بیشتر از مقدار انرژی خواهد بود که از فرآیندهای همجوشی می توان به دست آورد.

جهت افزایش بهرهٔ انرژی، زمان محصورسازی باید افزایش داده شود که کار بسیار دشواری است. تحقیقات نظری و عملی بسیاری در این زمینه و دیگر عوامل مؤثر در بهره انرژی صورت گرفته و در حال انجام است. روشهای مختلفی جهت محصور سازی پلاسما و افزایش دمای آن پیشنهاد گردیده است که به اختصار روشهای MCF و ICF را توضیح می دهیم.

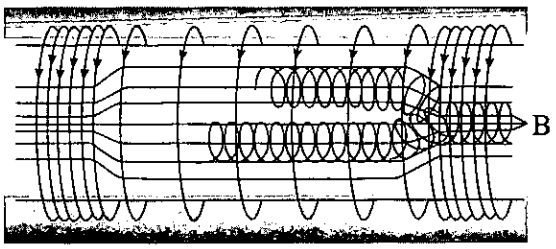
۳ـ۱. روش همجوشی از طریق محصور سازی مغناطیسی

بارهای الکتریکی در میدان مغناطیسی به گونه ای حرکت می کنند که خطوط میدان مغناطیسی را قطع نکنند. برای مثال ذرهٔ بارداری با بار q را در نظر بگیرید که در یک میدان مغناطیسی یکنواخت B با سرعت V در حرکت است، نیروی مغناطیسی $\vec{F} = q\vec{V} \times \vec{B}$ بر ذرهٔ وارد و باعث حرکت مارپیچ به دور خطوط میدان مغناطیسی می شود.



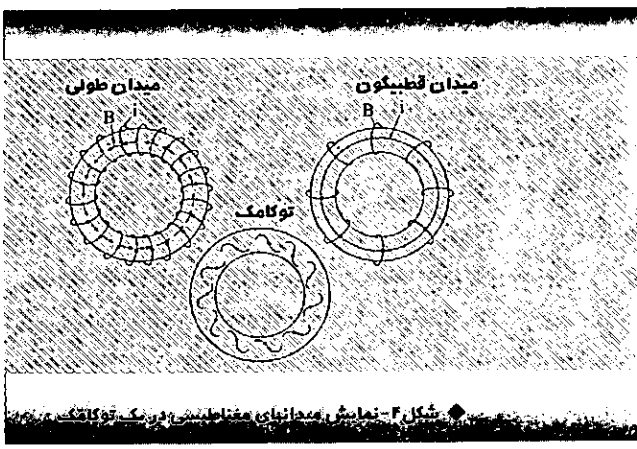
◆ شکل۲- حرکت ذره باردار در میدان مغناطیسی یکنواخت

در روش MCF از همین خاصیت بارهای الکتریکی که خطوط میدان مغناطیسی را قطع نمی کنند استفاده می شود. با طراحی مناسب میدان مغناطیسی می توان محیط پلاسما را که از یونها و الکترونها تشکیل شده است در میدان مغناطیسی محصور و فشرده کرد. یک نوع میدان مغناطیسی تحت عنوان بطری مغناطیسی به کار می رود، در این طراحی، یک میدان مغناطیسی استوانه ای که در دو طرف بسیار بزرگ است تولید می شود. می توان نشان داد که ذرات باردار روی مسیرهای مارپیچ به گونه ای حرکت می کنند که از دو انتها بازتابیده می شوند (آینهٔ مغناطیسی) به طوری که محیط پلاسما مقید به محدودهٔ میدان مغناطیسی خواهد بود (شکل ۳).



◆ شکل۳- خطوط میدان و مسیر حرکت ذره باردار در بطری مغناطیسی

طراحی های دیگر نیز وجود دارد که مهمترین آنها سیستم توکامک[۳] است. در این سیستم میدان مغناطیسی به صورت دو سرباز نیست بلکه به صورت یک چنبرهٔ بسته است. میدان مغناطیسی در این طراحی، میدانهای دایره ای هستند که به میدانهای چنبره ای معروف می باشند. با تولید میدانهای مغناطیسی سمتی یا قطبیگون می توان ترکیبی از میدانهای مغناطیسی را به وجود آورد که بهترین شرایط برای فشردگی پلاسما فراهم آورد. (شکل ۴)



◆ شکل۴- نمایش میدانهای مغناطیسی در یک توکامک

هر اندازه بتوان از میدان مغناطیسی قوی تری استفاده کرد، برای یک چگالی مشخص از پلاسمای فشرده شده می توان از دماهای بالاتری استفاده کرد.

از محدودیتها و مشکلات این روش می توان از موارد زیر نام برد:

۱ـ در میدان مغناطیسی غیر یکنواخت بارها می توانند میدان مغناطیسی را قطع کنند و پدیدهٔ رانش پلاسما به طرف محفظهٔ حاوی آن را به وجود آورد.

۲ـ پراکنش ذرات پلاسما که در اثر برخورد ذرات باردار با یکدیگر خطوط میدان را قطع کرده و از پلاسما نشت می کنند.

۳ـ محدودیتهای تولید میدان مغناطیسی قوی

۴ـ ناپایداریهایی که در پلاسما به وجود می آید پلاسما را سریعاً از حالت فشردگی خارج می سازد.

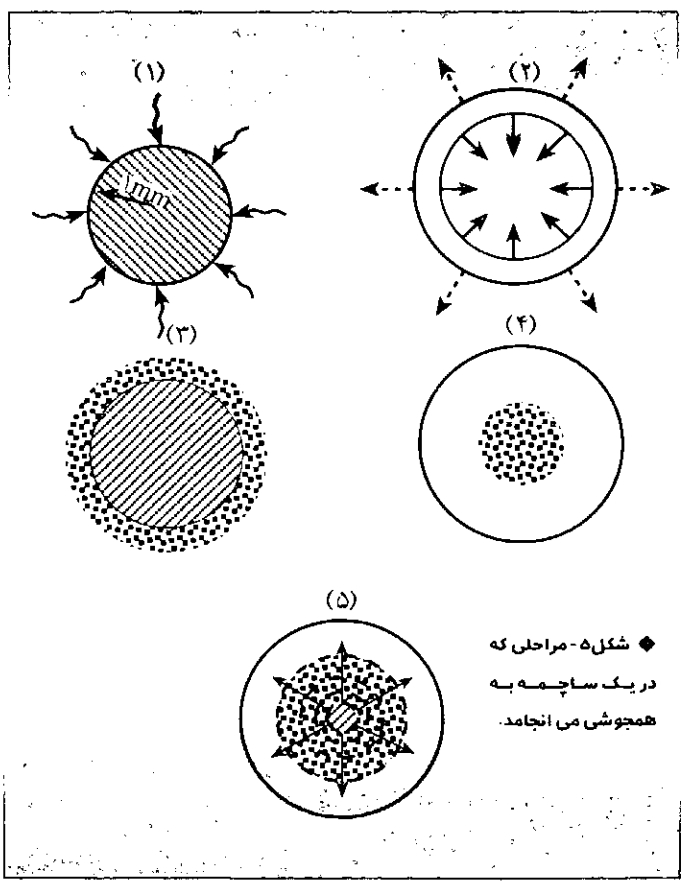
هر چند آزمایشها و مطالعات نظری زیادی برای تصحیح و طراحی میدان مغناطیسی مناسب و اتخاذ روشها و تکنیکهای مختلفی جهت رفع این مشکلات انجام شده و در دست انجام است ولی تاکنون تولید انرژی از این روش به مرحلهٔ بهره دهی و اقتصادی نرسیده است.

۲.۳. روش همجوشی از طریق محصورسازی لختی

در بمبهای همجوشی با ایجاد انفجاری بسیار قوی در اطراف سوخت همجوشی، به وسیلهٔ یک بمب شکافت، فشردگی و دمای بسیار زیاد فراهم می شود. عمل همجوشی از هنگام تراکم سوخت تا هنگامی که انبساط سوخت و اکنش همجوشی به پایان برسد، به صورت غیر کنترل شده ادامه می یابد. روش محصورسازی لختی در حقیقت ایجاد انفجارهای در ابعاد بسیار کوچکتر است به صورتی که بتوان از انرژی تولید شده به صورت کنترل شده در راکتورهای همجوشی بهره گرفت.

در این روش از ساچمه های بسیار کوچک که حاوی مخلوط سوخت همجوشی است و دارای شعاع حدود میلیمتر هستند استفاده می شود و جهت ایجاد تراکم و بالا بردن دما از پرتوهای لیزر پرانرژی با ذرات باردار شتابدار با انرژی زیاد استفاده می شود. ساچمه ها به تناوب وارد قلب راکتور می شوند و از جهتهای مختلف و به طور متقارن و همزمان و تحت تابش پرتو محرک قرار می گیرند. ساخت

این ساچمه ها و اینکه چه جنسی و با چه ضخامتی ساخته شوند و سوخت درون آن چگونه و با چه چگالی قرار گیرد، خود بحث تحقیقاتی جداگانه ای است. معمولاً پوشش خارجی از شیشه یا مواد با عدد اتمی زیاد ساخته می شود. بعد از برخورد پرتو محرک به سطح ساچمه، پوشش خارجی آن سریعاً داغ می شود و تولید هاله می کند و با شتاب بسیار زیادی به خارج پرتاب می شود، این پدیده، نیروی عکس العمل شدیدی به لایه های درونی ساچمه وارد می کند و به صورت یک موج ضربه ای قوی، سوخت را با فشار بسیار بالایی فشرده و متراکم می کند، به طوری که چگالی سوخت تا چند هزار برابر چگالی هیدروژن مایع می رسد و همزمان دمای سوخت بالا رفته تا جایی که همجوشی شروع می شود. در زمان محصورسازی که از مرتبهٔ نانو ثانیه (10^{-9} s) است واکنشهای همجوشی انجام می شوند و سرانجام ساچمه منفجر می شود. این مراحل در شکل (۵) نشان داده شده است.



◆ شکل۵- مراحلی که در یک ساچمه به همجوشی می انجامد.

به دلیل ایجاد تراکم بر اثر لختی مواد، این روش به نام محصور سازی لختی معروف است.

در این روش نیز محدودیتهایی مثل بازدهٔ کم لیزرها و شتابدهنده ها و انتقال انرژی پرتو محرک به ساچمه ها، همچنین ساخت لیزرهای با توان بسیار بالا و شتابده های با جریان و انرژی زیاد مسئله ساز است، به طوری که این روش نیز هنوز به بهره دهی مناسب نرسیده است. البته تحقیقات جدید روی همجوشی، بیشتر در این روش مورد توجه بوده است.

۴. همجوشی کاتالیزور میونی (μCF)

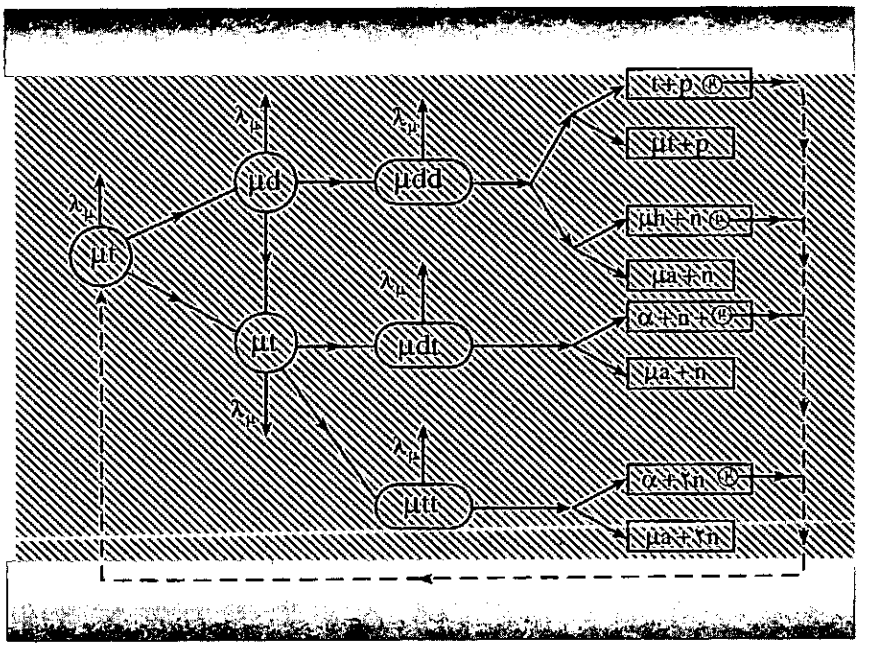
اساس این روش بر پایهٔ کاهش سد کولنی استوار است، به طوری که برخلاف روشهای MCF و ICF، همجوشی از روش μCF در چگالیهای نه چندان زیاد و دماهای معمولی صورت می گیرد و مشکلات فنی برای ایجاد چگالیها و دماهای بسیار زیاد را ندارند. به همین جهت گاهی این روش تحت عنوان همجوشی سرد نیز مطرح می شود.

برای کاهش سد کولنی بین هسته های همجوشی کننده و نزدیک کردن آنها به یکدیگر، باید از ذره ای استفاده کرد که به جای الکترون مدار اتمی بنشیند و شعاع مدار آن کوچکتر از شعاع مدار اتم هیدروژن باشد. میون منفی (μ^-) ذره ای است که بار منفی به اندازه الکترون، جرمی حدود ۲۰۷ برابر جرم الکترون و طول عمری حدود $2/2\mu s$ دارد. اگر این ذره را در یک مخلوط نسبتاً غلیظ از دوتریم و تریتیم وارد کنیم، در زمان بسیار کوتاهی از مرتبهٔ 10^{-12} ثانیه تشکیل اتمهای میوندار خنثی μt و μd می دهد. با توجه به اینکه جرم میون ۲۰۷ برابر بزرگتر از جرم الکترون است، میون در مداری به شعاع زیر قرار می گیرد.

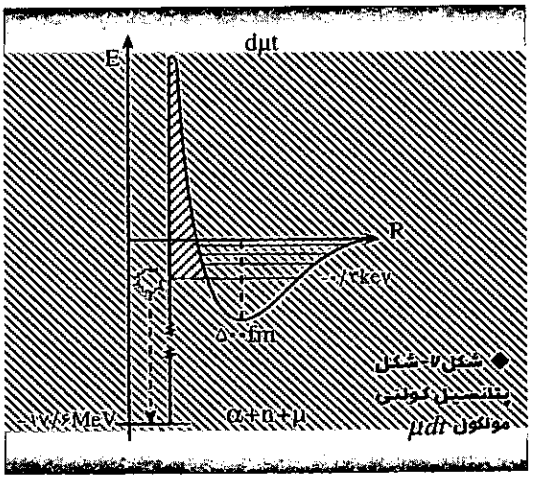
$$r\mu = r_e \frac{m_e}{m_\mu} \simeq 250f \quad (1f=10^{-15}m) \qquad (۴)$$

که در آن r_μ شعاع اتم میوندار، r_e شعاع اتم هیدروژن و m_e و m_μ به ترتیب جرم الکترون و میون است. در واکنشهایی که در یک زنجیره صورت می گیرند (شکل ۶) مولکولهای میونه ای μdd، μdt و μtt تشکیل می گردند.

◆ شکل۶-واکنش های زنجیره‌ای در CF



در این میان تشکیل مولکول μdt دارای تشدید است و با آهنگ سریعتری صورت می گیرد. نکتهٔ کلیدی آن است که در حالتهای مقید و پایدار مولکولهای میوندار، دو هسته در فاصلهٔ دو برابر شعاع اتم میوندار(۵۰۰f ~) قرار می گیرند، در این حالت مانع سد کولنی بین هسته ها مطابق شکل (۷) بسیار باریک می شود، به طوری که هسته ها با انرژی نوسانی که مولکول داراست براساس پدیدهٔ کوانتوم مکانیکی تونل زنی از مانع سد کولنی نفوذ می کنند و همجوشی بین آنها صورت می گیرد.



◆ شکل۷-شکل پتانسیل کولنی مولکول μdt

در حقیقت ذرهٔ میون باعث نزدیکی هسته ها می شود و فشردگی لازم جهت انجام همجوشی را فراهم می سازد. علاوه بر این انرژی جنبشی هسته ها جهت عبور از سد کولنی و انجام همجوشی از انرژی نوسانی مولکول به دست می آید.

بعد از انجام همجوشی در مولکول، μdt، میون می توان با احتمال زیاد آزاد گردد و جهت کاتالیزور همجوشی های بعدی مورد استفاده قرار گیرد. دومین نکته کلیدی در این روش استفاده از هرمیون به تعداد زیاد جهت کاتالیز همجوشی و تداوم چرخه است.

به عبارت دیگر جهت مقاصد تولید انرژی، هرمیون در طی عمر کوتاه خود باید بتواند چند صد همجوشی را کاتالیز کند تا علاوه بر جبران انرژی مصرف شده برای تولید آن مقدار قابل توجهی نیز جهت تولید انرژی الکتریکی در دسترس قرار گیرد.

مشکلات و عوامل محدودکننده این روش، مصرف انرژی زیاد در شتابدهنده های تولید میون و چسبندگی میون به ذرات باردار ناشی از همجوشی و عمر کوتاه میون است. جهت بهره دهی این سیستمهامطالعات نظری و عملی در حال انجام است.

۵. سوختهای همجوشی

واکنشهای همجوشی دیگری به جز واکنش D+T می تواند صورت گیرد از جمله

$$D+D\rightarrow\begin{cases}P+T & Q=۴/۰۳Mev(۵)\\ n+{}^{۳}He & Q=۳/۱Mev\ \ (۶)\end{cases}$$

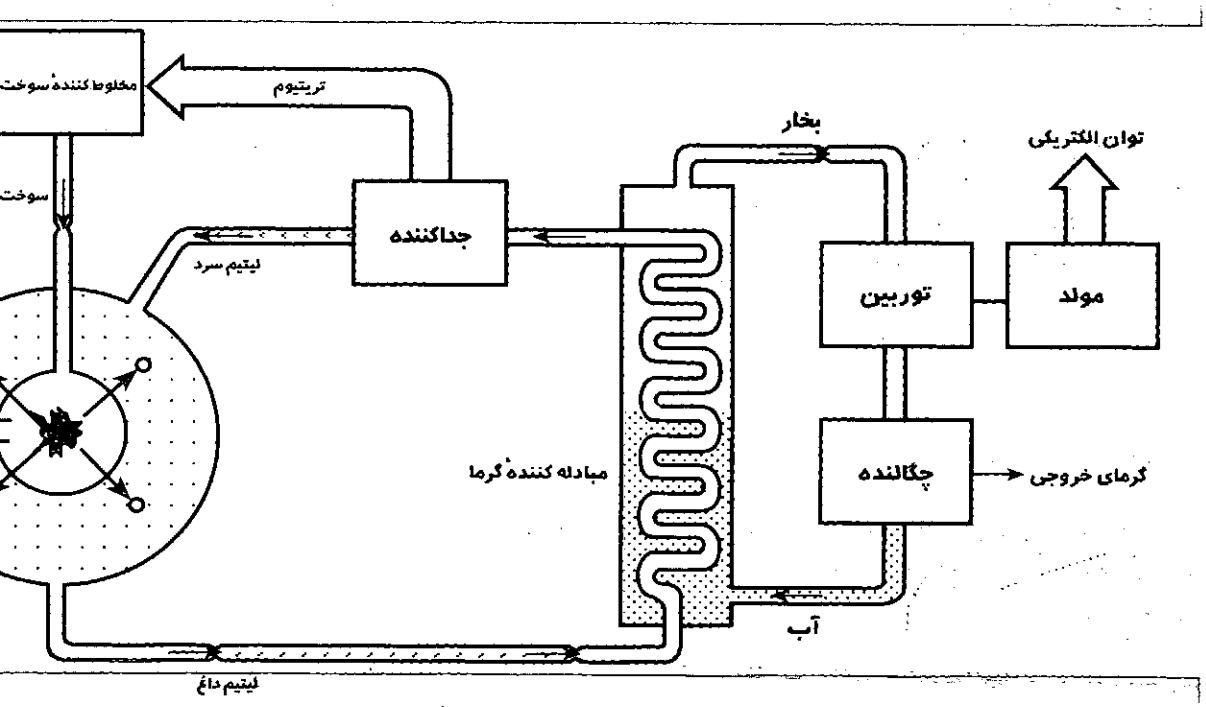
احتمال انجام این واکنش کمتر از واکنش D+T است و برای انجام آن نیاز به دماهای بالاتری است. همچنین $D+{}^3He$ نیز به عنوان سوخت همجوشی تمیز مطرح است و راکتورهایی بر این اساس طراحی شده‌اند. این واکنش از این لحاظ تمیز است که برخلاف واکنشهای دیگر، نوترون که پرتو خطرناکی است تولید نمی‌کند.

$$D+{}^3He \rightarrow p+{}^4He \quad Q=18/36\,Mev \quad (7)$$

واکنشهای همجوشی دیگری که می‌توان نام برد عبارت‌اند از:

اندازه‌گیری احتمال وقوع هر واکنش هسته‌ای است).

سوختهایی که برای همجوشی در راکتورهای تولید قدرت استفاده خواهند شد اولاً باید دارای سطح مقطع همجوشی بالاتری باشند، ثانیاً قابل دسترس و فراوان باشند و از نظر نگه‌داری مشکلی نداشته باشند، همچنین مقدار انرژی قابل توجهی از هر واکنش همجوشی آزاد شود. علاوه بر آن مقدار سد پتانسیل کولنی بین هسته‌ها کمترین مقدار باشد. سوختی که شامل مخلوط دوتریم و تریتیم است دارای تمام خصوصیات بالاست و به همین جهت



◆ شکل۸- طرح کلی یک راکتور همجوشی

$${}^3He+{}^3He \rightarrow p+p+{}^4He \quad Q=12/86\,Mev \quad (8)$$

$${}^3He+T \rightarrow \begin{cases} n+p+{}^4He & Q=12/096\,Mev \quad (9) \\ D+{}^4He & Q=14/32\,Mev \quad (10) \end{cases}$$

$$T+T \rightarrow n+n+{}^4He \quad Q=11/332\,Mev \quad (11)$$

و یا واکنشهای $D+{}^6Li$ ، $p+{}^7Li$ ، $D+{}^9Be$ و ...

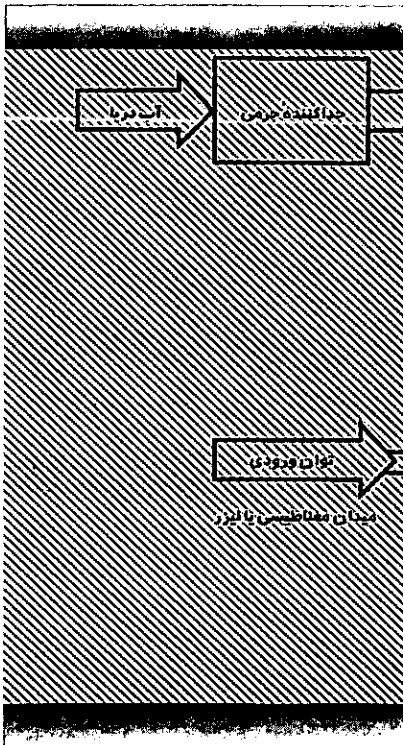
که همگی از سطح مقطع همجوشی کمتری نسبت به واکنش D+T برخوردار هستند. (سطح مقطع معیاری برای نسبت به سایر سوختها مزیت دارد. به همین دلیل بیشتر تحقیقات در زمینه همجوشی روی این سوخت انجام می‌گیرد، به طوری که انتظار می‌رود سوخت اولیه نسل راکتورهای همجوشی باشد.

۶. راکتورهای همجوشی

راکتورهای همجوشی در حقیقت نیروگاههایی هستند که در آنها فرآیند همجوشی به یکی از روشهای ذکر شده

MCF، ICF و یا μCF به صورت کنترل شده انجام می گیرد و انرژی حاصل از این واکنشها را استخراج کرده و به توان الکتریکی برای مصارف گوناگون تبدیل می کند.

ساخت این راکتورها نیاز به تکنولوژی خاص خود را دارد که بسته به روش به کار رفته در همجوشی، می تواند متفاوت باشد. تحقیقات نظری و عملی فراوانی در این زمینه انجام شده و در حال انجام است که خود بحث جداگانه ای را می طلبد. ولی یک طرح کلی از چنین راکتورهایی به طور اجمال در شکل (۸) نشان داده شده است.



انرژی همجوشی در محیط پلاسمای درون قلب راکتور تولید می شود. این انرژی را نوترونها و ذرات بارداری مثل آلفا حمل می کنند و باید به انرژی گرمایی تبدیل شود. ۸۰٪ انرژی همجوشی را نوترونها از قلب راکتورها خارج می کنند. دیوارهٔ راکتورها با جریانی از لیتیم مذاب یا نمکهای آن پوشیده شده است. نوترونها با برخورد به این جداره در واکنش زیر جذب لیتیم می شوند و علاوه بر تولید حرارت در این لایه تریتیم که خود یکی از مواد لازم در ساخت همجوشی است تولید می شود.

$$n+{}^{9}Li \rightarrow T+{}^{4}He+۴/۷۸\,Mev \qquad (۱۲)$$

$$n+{}^{7}Li \rightarrow T+{}^{4}He+n-۲/۸۲\,Mev \qquad (۱۳)$$

لیتیم از طریق لوله های انتقال به مولد بخار هدایت می گردد و انرژی حرارتی خود را با تولید بخار از دست داده پس از جدایی تریتیم از آن مجدداً به داخل محفظهٔ راکتور هدایت می شود. این عمل به صورت یک چرخه انجام می گیرد. بخار تولید شده جهت به حرکت در آوردن توربین بخار به کار می رود و پس از انتقال انرژی خود به توربین، سرد می شود و مجدداً به مولد بخار برمی گردد. توربین بخار متصل به یک مولد الکتریکی است و از این طریق توان الکتریکی تولید می شود.

زیرنویس:

1- Magnetic Confinement Fusion

2-Inertial Confinement fusion

3- Tokamak

مراجع:

۱. محمدرضا اسکندری، «اصول همجوشی هسته ای»، انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۳۷۴

۲. کنت کرین، «آشنایی با فیزیک هسته ای»، ترجمهٔ ناصر میرفخرایی، مجید مدرس (جلد دوم)، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۷۳

۳. کاشیرونیو، «گداخت هسته ای» ترجمهٔ رضا امراللهی و حبیب الله مینو، انتشارات سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۷۴.

۴. ساموئل گلاستون «گداز هسته ای کنترل شده»، ترجمهٔ محمد حسین رجحانطلب، انتشارات دنا، ۱۳۶۲.

5. Z. Kalantari and M. R. Eskandari, "Spin Polarization Effects on D- T And D- ^{3}He Inertial Confinement Fusion," Nuch. Sci. J., Vol. 33, No. 3, (1996).

6- M. R. Eskandari, Z. Kalantari and A. A. Harms," Gain Calculation For The D- T in SCAT And CAT Modes With Bremsstrahlung Loss Add Reheat Branches," Ir, J. Sci. Tech. Vol. 19, No. 1, (1995).

باسمه‌تعالی

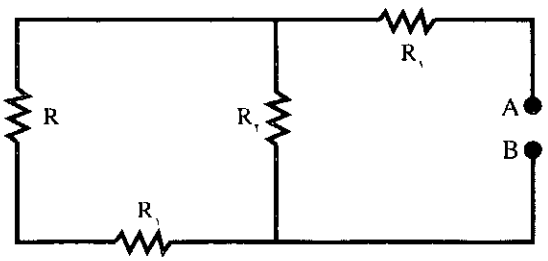
مبارزه‌ی علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست‌وجو و کشف واقعیّت‌هاست.
«امام خمینی (ره)»

دهمین المپیاد فیزیک کشور

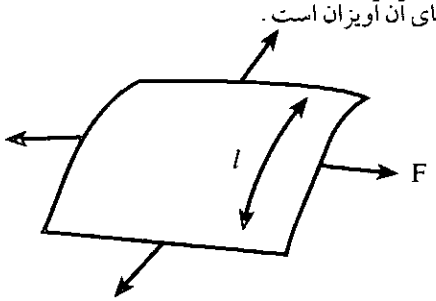
مرحله ی دوم
آزمون نظری: ۱۹ اردیبهشت ماه ۱۳۷۶
مدت آزمون: ۳ ساعت
وزارت آموزش و پرورش
باشگاه دانش پژوهان جوان

۱ . اختلاف پتانسیل V را به دو سر مقاومت $R=۱۰\Omega$ وصل می کنیم. توان مصرفی مقاومت R برابر $P_۱$ می شود. با مقاومت های $R_۱$ ، $R_۲$ و R مدار روبه رو را می سازیم و اختلاف پتانسیل V را به دو سر آن (نقاط A و B) وصل می کنیم. در این حالت، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R برابر $V_۲ = \frac{V}{۲}$ و توان مصرفی مدار $P_۲ = ۲P_۱$ می شود. مقاومت های $R_۱$ و $R_۲$ را محاسبه کنید.

(۸ نمره)



۲ . کشش سطحی مایعات عاملی است که می خواهد سطح آزاد مایع را به حداقل ممکن برساند. توصیف این عامل به این ترتیب است. بخشی از سطح آزاد مایع را در نظر بگیرید (شکل ۱). نیرویی که قسمت های مجاور به این بخش وارد می کنند، در هر طرف مماس بر سطح آزاد، عمود بر مرز سطح آزاد، و به طرف خارج سطح است. مقدار هر یک از این نیروها متناسب است با طول خط مرزی: $F = \tau l$ ضریب تناسب τ را کشش سطحی می نامند. قطره چکانی در نظر بگیرید که قطره ی آبی از انتهای آن آویزان است.

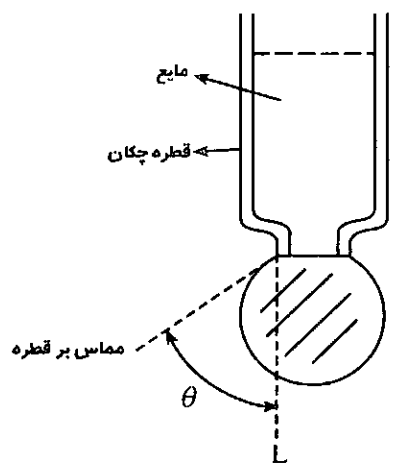


الف) نیروهای وارد بر این قطره (بخش هاشور خورده ی شکل ۲) را نام ببرید.

ب) با فرض اینکه حجم قطره V باشد، فقط با در نظر گرفتن وزن قطره و کشش سطحی، رابطه ی V با θ را در حالت تعادل بنویسید. چگالی قطره ρ و قطر انتهای قطره چکان d است.

ج) حداکثر حجم قطره برای این که چنین تعادلی ممکن باشد چقدر است؟ با استفاده از کشش سطحی آب ($\tau = ۰/۰۷\ N/m$) ، مقدار عددی این حجم را تخمین بزنید. قطرانتهای قطره چکان را ۲ mm بگیرید، و شتاب گرانش $g = ۱۰\ m/s^۲$ و $\rho = ۱۰۰۰\ kg/m^۳$.

(۸ نمره)

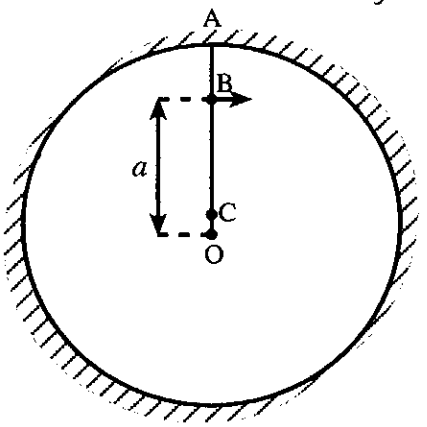


۳ . سطح داخلی کره ای به شعاع r کاملاً بازتابنده است. از نقطه ی B پرتو نوری عمود بر خط OA خارج می شود.

الف) آیا ممکن است این پرتو پس از بازتاب های متوالی از نقطه ی C بگذرد؟ پاسخ خود را با ذکر دلیل بیان کنید.

ب) چون $a<r$، می توان نوشت $\frac{a}{r} = Sin\theta$. اگر $\theta = \frac{۸\pi}{۱۹}$ باشد پس از چند بازتاب از سطح داخلی کره،

برای اولین بار پرتو مجدداً از نقطه ی B می گذرد؟
(۸ نمره)



۴ . در مدار شکل رو به رو داده های زیر را در نظر بگیرید:

$C = ۳\ \mu F, E_۱ = ۲۰\ V, E_۲ = ۱۶\ V, R = ۵۰\ \Omega,$
$R_۱ = R_۲ = ۱۰۰\ \Omega$

کلید K طوری ساخته شده است که هنگام بسته شدن، در یک لحظه نقاط A و B را به هم متصل می کند. خازن در ابتدا خالی است و در لحظه ی $t=۰$ کلید K بسته می شود.

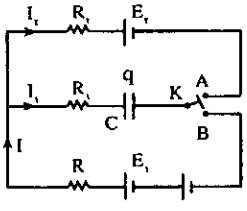
الف) بار روی خازن (q) و جریان ها را در لحظه ی $t=۰$ به دست آورید.

ب) بار روی خازن و جریان ها را پس از گذشت زمان طولانی $(t \to \infty)$ به دست آورید.

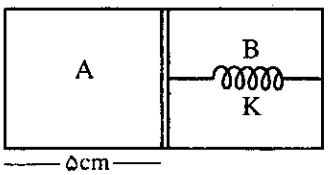
ج) در لحظه ای که جریان $I_۲$ صفر می شود (لحظه ی $t_۰$) جریان I و بار q را حساب کنید.

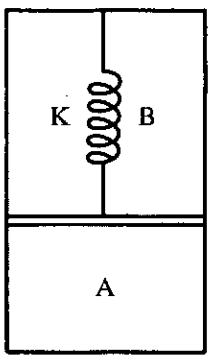
د) در یک نمودار، تغییرات جریان ها بر حسب زمان را به طور کیفی نشان دهید. همچنین در نمودار دیگری در زیر آن تغییرات q را بر حسب زمان به طور کیفی نشان دهید. مقیاس زمان در دو نمودار یکسان باشد و مقدار جریان ها و بار q را در لحظات $t=۰, t=t_۰$، و $t \to \infty$ روی نمودار مشخص کنید.
(۱۳ نمره)

جای شکل



۵ . ظرفی استوانه ای با پیستونی به مساحت مقطع $۲۰۰\ cm^۲$ و وزن ۳۰N به دو بخش A و B تقسیم شده است. از اصطکاک پیستون با استوانه چشم پوشی کنید. در ابتدا این ظرف به صورت افقی مطابق شکل (۱) قرار دارد. در این حالت بخش A که از گاز کاملی پر شده دارای فشار $P_a = ۱۰۰۰\ P_a$ است و بخش B کاملاً خلأ شده است. فنری با ثابت $k = ۴۰۰\ N/m$ از یک طرف به پیستون و از طرف دیگر به دیواره ی بخش B متصل است. طول بخش A در این حالت ۵c m است. اگر ظرف را به طور آرام از حالت افقی (شکل ۱) به صورت قائم (شکل ۲) درآوریم تغییر طول فنر نسبت به حالت اولیه (شکل ۱) چقدر است؟ دما را ثابت فرض کنید.
(۱۰ نمره)





۶ . یکی از روش های صنعتی خنک کردن آب این است که جریان آب گرم را به شکل دوش از محفظه ای عبور می دهند. از همان محفظه و در جهت مخالف یک جریان هوا می گذرد. در نتیجه مقداری از آب بخار می شود و دمای آب خروجی کم می شود. مطابق شکل، جریان آبی با آهنگ (جرم بر واحد زمان) m_W وارد محفظه می شود. دمای آب ورودی T_W است. از طرف دیگر محفظه، جریان هوایی با آهنگ m_A (جرم هوای خشک بر واحد زمان) وارد محفظه می شود. دمای هوای ورودی T_A است. در هوای

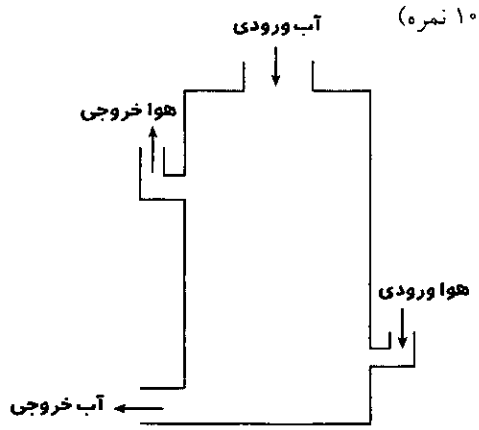
ورودی مقداری رطوبت (بخار آب) وجود دارد. نسبت جرم بخار آب به جرم هوای خشک در هوای ورودی x است. هوای خروجی تقریباً از بخار آب اشباع است، و دمای آن نیز تقریباً با دمای آب ورودی برابر است. ظرفیت گرمایی ویژه‌ی آب C_W، و ظرفیت گرمایی ویژه‌ی هوا C_A است. برای سادگی ظرفیت گرمایی ویژه‌ی بخار آب را هم C_W بگیرید. گرمای نهان تبخیر آب L است. نسبت جرم بخار آب به جرم هوای خشک در هوای اشباع از بخار آب در دمای T_W نیز X_v است.

الف) مقدار آبی که در واحد زمان بخار می شود چقدر است؟

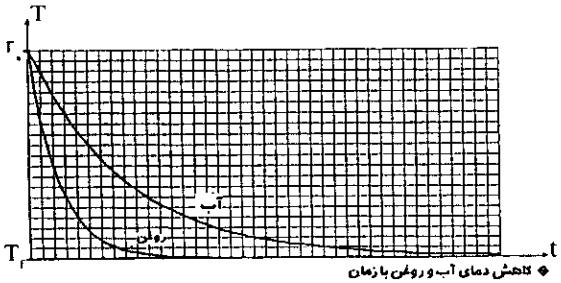
ب) دمای آب خروجی چقدر است؟

ج) در عمل مقدار آبی که بخار می شود نسبت به کل آب بسیار کم است. همچنین گرمایی که صرف تبخیر همان مقدار آب می شود خیلی بیشتر از گرمایی است که صرف تغییر دمای هوای ورودی می شود. در این صورت دمای تقریبی آب خروجی چقدر است؟

(۱۰ نمره)



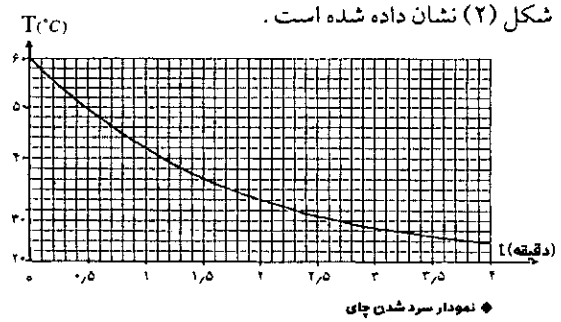
۷. هنگامی که جسمی با دمای T در محیطی با دمای T_f $(T_f < T)$ قرار می گیرد، با از دست دادن گرما دمایش پایین می آید. آهنگ از دست دادن گرما در فاصله‌ی زمانی بسیار کوچک Δt یعنی $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ با $(T - T_f)$ در آن فاصله‌ی زمانی کوچک متناسب است. فرض کنید ضریب تناسب تنها به شکل جسمی که سرد می شود بستگی دارد.



◆ کاهش دمای آب و روغن با زمان

الف) در دو ظرف مشابه در یکی آب و در دیگری روغن می ریزیم. حجم آب و روغن یکسان است. دو ظرف از دمای $T_.$ تا دمای T_f سرد شده‌اند. تغییرات دمای دو ظرف بر حسب زمان مطابق نمودار شکل (۱) است که در آن محور زمان و دما هر کدام در حسب یک واحد اختیاری مدرج شده است. ظرفیت گرمایی ویژه‌ی روغن را به طور تقریبی محاسبه کنید. چگالی آب $\rho_w = ۱۰۰۰ kg/m^۳$، چگالی روغن $\rho_o = ۸۰۰ kg/m^۳$ و ظرفیت گرمایی ویژه‌ی آب $۴۲۰۰ J/kg^\circ C$ است. ظرفیت گرمایی ظرف در برابر ظرفیت گرمایی آب و روغن چشم پوشی است.

فردی برای خود و میهمانش دو فنجان مشابه چای با دمای $T_. = ۶۰^\circ C$ می‌آورد. نمودار سرد شدن چای در شکل (۲) نشان داده شده است.



◆ نمودار سرد شدن چای

ب) میهمان بلافاصله مقداری شیر سرد به دمای صفر درجه‌ی سلسیوس در چای می ریزد و پس از ۱/۵ دقیقه چای خود را می نوشد. دمای چای میهمان را هنگام نوشیدن حساب کنید.

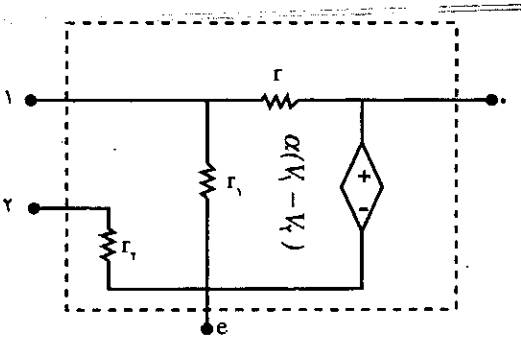
ظرفیت گرمایی (ظرفیت گرمایی ویژه × جرم) شیر اضافه شده دو دهم ظرفیت گرمایی چای است. فرض کنید ریختن شیر در چای، منحنی سرد شدن آن را چندان تغییر نمی دهد.

ج) میزبان پس از ۱/۵ دقیقه همان مقدار شیر سرد به

دمای صرف درجه ی سلسیوس در چای می ریزد و بلافاصله آن را می نوشد. دمای چای میزبان را هنگام نوشیدن به دست آورید.

(۱۵ نمره)

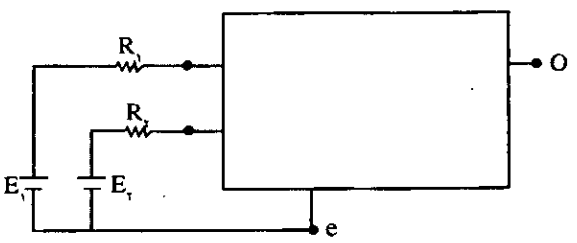
۸. نوعی تقویت کننده است که چهار سر دارد و مدار معادل آن به صورت شکل (۱) است. در این شکل عنصری که بین نقاط o و e قرار دارد (جای رسامی) یک منبع ولتاژ وابسته است؛ به این معنی که اختلاف پتانسیل دو سر آن $\alpha(V_1 - V_2)$ است. V_1 و V_2 به ترتیب پتانسیل های نقاط ۱ و ۲ است و α ضریبی است که به نوع تقویت کننده وابسته است. با این تقویت کننده مداری مطابق شکل (۲) می سازیم.



الف) اختلاف پتانسیل نقاط o و e را بر حسب کمیت های داده شده در شکل های (۱) و (۲) به دست آورید.

ب) این اختلاف پتانسیل را در حالت حدی $\alpha \to \infty$ نیز به دست آورید.

(۱۵ نمره)



باسمه تعالی

باشگاه دانش پژوهان جوان

دهمین المپیاد فیزیک کشور

مرحله ی دوم

آزمون عملی: ۱۹ اردیبهشت ماه ۱۳۷۶

مدت آزمون: ۳ ساعت

آزمون عملی

هدف از انجام این آزمایش اندازه گیری دقیق یک کمیت به کمک ابزارهای ساده ای است که در اختیار شما قرار می گیرد. این وسایل به شرح زیر است:

۱ـ سیم لاکی نازک (حدود یک متر)،

۲ـ مداد (یک عدد)،

۳ـ کاغذ میلی متری (در پایین همین صفحه چاپ شده است).

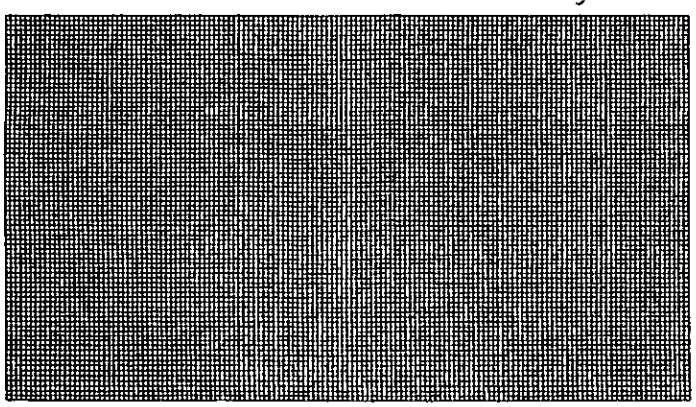
بخش اول: با استفاده از وسایل موجود روشی بیابید که از طریق آن بتوان قطر سیم نازک را با بیشترین دقت ممکن اندازه گرفت. روش پیشنهادی خود را به دقت و با رعایت اختصار تشریح کنید.

بخش دوم: با روش پیشنهادی خود قطر سیم نازک را اندازه گیری کنید و مقدار به دست آمده را بنویسید.

بخش سوم: روشی برای اندازه گیری دقیق قطر مداد ارائه کنید و آن را اندازه بگیرید و مقدار آن را بنویسید.

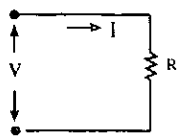
بخش چهارم: فکر می کنید در اندازه گیری هایی که انجام داده اید چه عواملی می تواند باعث ایجاد خطا شود؟ عوامل مهمی را که تشخیص می دهید به اختصار فهرست کنید.

(۱۳ نمره)



حل مسئله‌های تشریحی مرحله دوم
دهمین المپیاد فیزیک کشور

۱ـ مدار اولی در شکل ۱ و مدار اصلی در شکل ۲ رسم شده است.

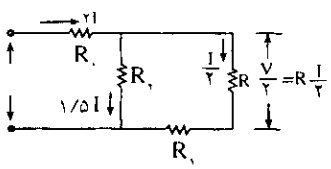


شکل (۱)

$$V = IR \quad P_1 = VI$$

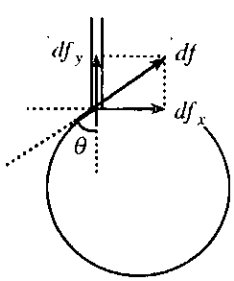
$$P_2 = 2P_1 \rightarrow I_2 = 2I$$

شکل (۲)



$$V = 2IR_1 + 1/5IR_2 = IR$$
$$V = 2IR_1 + 0/5IR + 0/5IR_1 = IR$$
$$2R_1 + 1/5R_2 = 10$$
$$2/5R_1 = 0/5 \times 10$$
$$R_1 = 2\,\Omega$$
$$R_2 = 4\,\Omega$$

۲ـ محل اتصال قطره به دهانه قطره چکان، دایره‌ای به قطر d است. به قسمتی از محیط این دایره به طول dl، نیروی $df = cdl$ وارد می‌شود که در شکل نشان داده شده است.



$$\int df_x = 0$$
$$f = \int df_y = \int \tau dl\, Cos\theta = \pi d\tau\, Cos\theta$$

الف ـ نیروهای وارد بر قطره عبارتند از وزن، کشش سطحی، فشار هوای بیرون و فشار مایع درون قطره چکان

ب ـ در حالت تعادل نیروی وزن با نیروی کشش سطحی برابر است.

$$mg = \pi d\tau\, Cos\theta$$

ج ـ بیشترین حجم قطره متناظر با $\theta = 0$ است.

$$V_m \rho g = \pi d\tau$$

$$V_m = \frac{\pi d\tau}{\rho g} = \frac{3/14 \times 2 \times 10^{-3} \times 0/07}{10^3 \times 10}$$

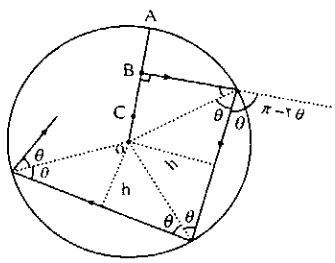
$$= 44 \times 10^{-9}\,m^3 = 44\,mm^3$$

۳ـ چند بازتاب متوالی از سطح داخلی کره در شکل رسم شده است. h، فاصله عمودی مرکز کره تا هر یک از پرتوهای بازتابیده برابر OB است.

الف ـ هیچگاه پرتوهای بازتابیده از نقطه C نمی‌گذرد.

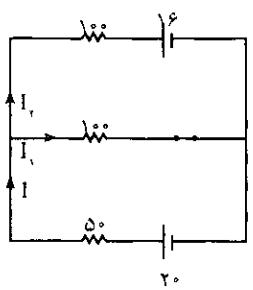
ب ـ زاویه انحراف اولین پرتو بازتابیده $\pi - 2\theta$ است.

پس از m بازتاب، باید زاویه انحراف مضرب درستی از 2π باشد تا مجدداً از نقطه B بگذرد.



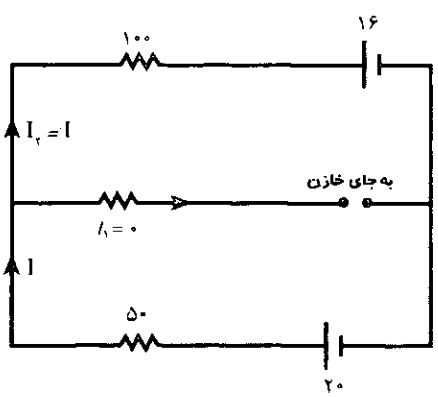
$$n(\pi - 2\theta) = m(2\pi)$$
$$n(\pi - \frac{16\pi}{19}) = 2m\pi$$
$$\frac{n}{m} = \frac{38}{3} \rightarrow n = 38$$

۴ـ در لحظه بستن کلید مدار مانند شکل ۱ است. چون خازن بار ندارد، اختلاف پتانسیل دو سر آن صفر است و به جای خازن یک سیم قرار گرفته است.



$$I = I_1 + I_2$$
$$20 = 50I + 100I_1$$
$$20 - 16 = 50I + 100I_2$$
$$I = 120\,mA \quad I_1 = 140\,mA \quad I_2 = -20\,mA$$

ب ـ پس از مدت طولانی خازن کاملاً پر می‌شود و جریانی از آن نمی‌گذرد. جای خازن اتصال باز قرار داده ایم (شکل ۲)



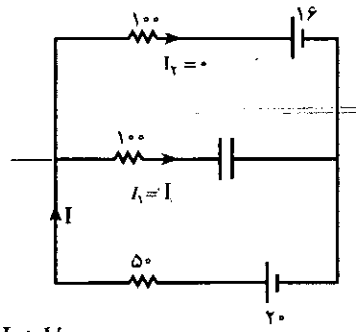
$$۲۰ - ۱۶ = I(۵۰ + ۱۰۰)$$

$$I = \frac{۸۰}{۳} mA$$

$$V_{MN} = ۲۰ - ۵۰I = ۲۰ - \frac{۴}{۳} = \frac{۵۶}{۳} V$$

$$Q = CV_{MN} = ۳ \times ۱۰^{-۶} \times \frac{۵۶}{۳} = ۵۶ \mu c$$

ج ـ در لحظه‌ای که جریان $I_۲ = ۰$ است، مدار مانند شکل ۳ است.



$$۲۰ = (۵۰ + ۱۰۰)I + V_c$$

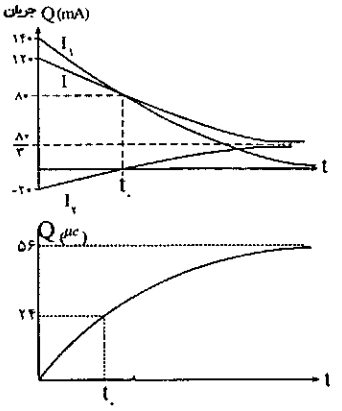
$$۲۰ - ۱۶ = ۵۰I + ۱۰۰ \times ۰$$

$$I = ۸۰ mA$$

$$V_c = ۸V$$

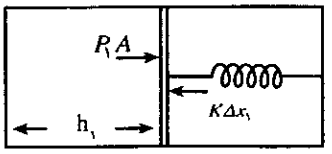
$$Q_c = CV = ۳ \times ۱۰^{-۶} \times ۸ = ۲۴ \mu c$$

د ـ نمودار جریانها در شکل ۴ و بار خازن در شکل ۵ رسم شده است.



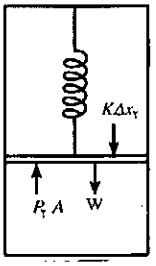
۵ ـ در حالت اول فنر به اندازه $\Delta x_۱$ فشرده شده است.

(شکل ۱)



$$P_۱ A = K\Delta x_۱ \qquad ۱$$

در حالت دوم فرض می کنیم فنر به اندازه $\Delta x_۲$ فشرده شده است. شکل (۲)



۲

$$P_۲ A = W + K\Delta x_۲$$

کاهش حجم گاز $A(\Delta x_۱ - \Delta x_۲)$ است. از قانون گازها نتیجه می شود.

۳

$$P_۲ [h_۱ - (\Delta x_۱ - \Delta x_۲)] = P_۱ h_۱$$

چون تغییر طول فنر یعنی $\Delta x_۱ - \Delta x_۲$ مورد نظر است، در معادله ۱ و ۲ را از هم کم می کنیم و با معادله ۳ یک دستگاه در معادله دو مجهولی می سازیم.

$$K(\Delta x_۱ - \Delta x_۲) = (P_۱ - P_۲)A + W$$

مقادیر را بر حسب واحدهای MKS قرار می دهیم.

$$۴۰۰(\Delta x_۱ - \Delta x_۲) = ۲ \times ۱۰^{-۲}(۱۰^۳ - P_۲) + ۳۰$$

$$P_۲ [۵ \times ۱۰^{-۲} - (\Delta x_۱ - \Delta x_۲)] = ۱۰^۳ \times ۵ \times ۱۰^{-۲} = ۵۰$$

با حذف $P_۲$ نتیجه می شود

$$۴۰۰(\Delta x_۱ - \Delta x_۲) - ۷۰(\Delta x_۱ - \Delta x_۲) + ۱/۵ = ۰$$

$$\Delta x_۱ - \Delta x_۲ = \frac{۳۵ \pm \sqrt{۱۲۲۵ - ۶۰۰}}{۴۰۰} = \frac{۳۵ \pm ۲۵}{۴۰۰}$$

$$\Delta x_۱ - \Delta x_۲ = ۲/۵ cm$$

جواب ۱۰CM قابل قبول نیست زیرا طول پیستون از

ابتدا کمتر از این مقدار بوده است.

۶ـ تمام کمیت ها را در واحد زمان حساب می کنیم.

الف ـ xm_A بخار آب همراه آب ورودی

$x_V m_A$ بخار آب همراه آب خروجی

$m_V = m_A(x_v - x)$ بخار آب اضافه شده به هوا

ب ـ

$Q_i = m_V L = m_A(x_V - x)L$ گرمای لازم برای بخارکردن آب

$Q_{ii} = xm_A c_W(T_W - T_A)$ گرمای لازم برای گرم کردن بخار آب موجود در هوای ورودی

$Q_{iii} = m_A c_A(T_W - T_A)$ گرمای لازم برای گرم کردن هوا

$m_W - m_V = m_W - m_A(x_V - x)$ آبی که سرد می شود

$Q_{iv} = [m_W - m_A(x_V - x)]c_W(T_W - T_f)$ گرمای گرفته شده از آب برای سرد شدن

$$Q_i + Q_{ii} + Q_{iii} = Q_{iv}$$
$$m_A L(x_V - x) + xm_A c_W(T_W - T_A)$$
$$+m_A c_A(T_W - T_A) = [m_W - m_A(x_V - x)]$$
$$c_W(T_W - T_f)$$
$$T_f = T_W$$
$$-\frac{m_A[L(x_V - x) + (c_A + xc_W)(T_W - T_A]}{[m_W - m_A(x_V - x)]c_W}$$

ج-

$$m_V << m_W$$
$$Q_i >> Q_{iii}$$
$$T_f = T_w - \frac{m_A[L(x_V - x) + xc_w(T_w - T_A]}{m_w c_w}$$

۷ـ الف ـ در نمودار سرد شدن آب و روغن بر حسب زمان، مساحت زیر نمودار برابر با گرمای از دست داده توسط آب و یا روغن است. زیرا

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = K(T - T_f)$$
$$\Delta Q = K(T - T_f)\Delta t$$
$$\int dQ = K\int T_\circ(T - T_f)dt$$

مساحت زیر دو منحنی بر حسب خانه های مربع، به ترتیب ۴۷ برای روغن و ۱۰۷ برای آب است. گرمای از دست داده چنین است.

$$Q_O = m_O c_O(T_\circ - T_f)$$
$$Q_w = m_w c_w(T_\circ - T_f)$$
$$\frac{Q_O}{Q_w} = \frac{۴۷}{۱۰۷}$$
$$C_O = \frac{۴۲۹۱۰۰۰ \times ۴۲۰۰}{۱۱ \times ۸۰۰} = ۲۰۰۴ \ {}^{j}/_{kg^\circ C}$$

مسئله ۷ـ قسمت الف

راه حل دوم

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\rho VC\Delta T}{\Delta t} = K(T - T_\circ)$$

در رابطه بالا $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ شیب نمودار سرد شدن آب و روغن است.

$$\frac{\rho_o C_o \Delta T_o}{\Delta t} = \frac{\rho_w C_w \Delta T_w}{\Delta t}$$

شیب نمودار را در هر دمایی می توان اندازه گرفت و ρ_o را به دست آورد.

$$C_o=\frac{\rho_w C_w \Delta T_w \Delta t}{\rho_o \Delta T_o \Delta t}=\frac{۱۰۰۰\times۴۲۰۰\times۰/۵}{۸۰۰\times۴/۳}$$

$$=۱۹۶۸\ {}^{J}\!/_{kg^\circ C}$$

$$\frac{Q_o}{Q_w}=\frac{V\rho_o C_o(T-Tf)}{V\rho_w C_w(T-T_f)}=\frac{۴۷}{۱۰۷}$$

$$C_o=\frac{۴۲\times۱۰۰۰\times۴۲۰۰}{۱۱۰\times۸۰۰}=۲۰۰۴\ {}^{J}\!/_{kg^\circ C}$$

ب ـ دمای چای میهمان با ریختن شیر پایین می آید. اگر C_M و C_T ظرفیت گرمایی شیر و چای باشد، داریم

$$C_T(T_. -T)=C_M(T-۰)$$

$$C_T(۶۰-T)=۰/۲C_T(T-۰)$$

$$T=۵۰^\circ C$$

چای میهمان از $۵۰^\circ C$ شروع به خنک شدن می کند.

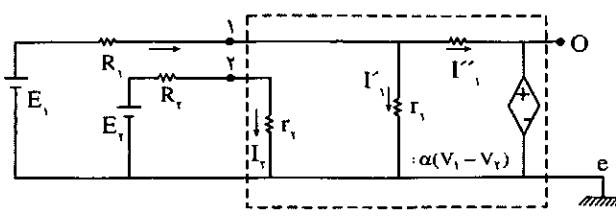
پس از ۱/۵ دقیقه دما از ریو نمودار $۳۲^\circ C$ می شود.

ج ـ پس از ۱/۵ دقیقه از روی نمودار سرد شدن چای دمای چای میزبان به $۳۶^\circ C$ می رسد. ریختن شیر در چای دما را پایین می آورد.

$$C_T(۳۶-T')=۰/۲C_T(T'-۰)$$

$$T'=۳۰^\circ C$$

۸ ـ مدار کامل همراه با تقویت کننده در شکل رسم شده است.



اگر $V_e=۰$ انتخاب شود، باید V_o را حساب کنیم.

الف ـ

$$۱\quad I_۲=\frac{E}{r_۲+R_۲}\rightarrow V_۲=I_۲V_۲=\frac{E_۲r_۲}{r_۲+R_۲}$$

$$I_۱=\frac{E_۱-V_۱}{R_۱}\quad I'_۱=\frac{V_۱-۰}{r_۱}\quad I''_۱=\frac{V_۱-V_o}{r}$$

$$I_۱=I'_۱+I''_۱\Rightarrow\frac{E_۱-V_۱}{R_۱}=\frac{V_۱}{r_۱}+\frac{V_۱-V_o}{r}$$

$$V_۱\left(\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{r_۱}+\frac{۱}{r_۱}\right)=\frac{E_۱}{R_۱}+\frac{V_o}{r}=\frac{V_۱}{R}$$

در رابطه بالا $\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{r_۱}+\frac{۱}{r}=\frac{۱}{R}$ فرض شده است.

برای تقویت کننده داریم.

$$V_o=\alpha(V_۱-V_۲)\rightarrow V_۱=\frac{V_o}{\alpha}+V_۲=\frac{V_o}{\alpha}+\frac{E_۲r_۲}{r_۲+R_۲}$$

از رابطه ۱ و ۲، $V_۱$ را حذف می کنیم.

$$R\left(\frac{E_۱}{R_۱}+\frac{V_o}{r}\right)=\frac{V_o}{\alpha}+\frac{E_۲r_۲}{r_۲+R_۲}$$

$$V_o\left(\frac{R}{r}-\frac{۱}{\alpha}\right)=\frac{E_۲r_۲}{r_۲+R_۲}-\frac{E_۱R}{R_۱}$$

$$V_o=\frac{\frac{E_۲r_۲}{r_۲+R_۲}-\frac{ER}{R_۱}}{\frac{R}{r}-\frac{۱}{\alpha}}$$

ب ـ در حالت حدی $\alpha\rightarrow\infty$

$$V_o=\frac{r\left(\frac{E_۲r_۲}{r_۲+R_۲}-\frac{ER}{R_۱}\right)}{R}$$

تهیه و تنظیم پاسخ : دکتر محمد سپهری راد

انجمن فیزیک ایران هر دو سال یکبار جایزه ای به دبیر (یا دبیران) فیزیک از سراسر کشور اهدا می کند.

معیارهای گزینش:

- **توانایی ایجاد انگیزه و علاقه به فیزیک**
- **داشتن ابتکار و نوآوری در آموزش فیزیک**
- **داشتن فعالیتهای فوق برنامه در فیزیک**
- **کوشش در اعتلای کیفیت آموزش فیزیک**
- **داشتن سوابق تحصیلی و شغلی درخشان**
- **بالا بودن درصد قبولی دانش آموزان**

انجمن فیزیک ایران از دبیران فیزیک که خود را واجد شرایط می دانند یا از دانش آموزان، دانشجویان و دست اندرکاران آموزش و پرورش که دبیر فیزیک واجد شرایطی را می شناسند درخواست می کند:

با تکمیل برگه معرفی و ارسال آن به دبیرخانه جایزه، انجمن فیزیک را در این انتخاب یاری دهند.

دبیرخانه جایزه پس از دریافت برگه معرفی پرسشنامه های مربوط را جهت تکمیل به معرفی شدگان ارسال خواهد کرد.

جایزه انجمن فیزیک ایران به دبیر برگزیده ۱۳۷۸

برگهٔ معرفی

جایزهٔ دبیر فیزیک برگزیدهٔ سال ۱۳۷۸

نام و نام خانوادگی دبیر فیزیک خانم/ آقای .....

آدرس کامل پستی دبیر فیزیک (برای ارسال پرسشنامه های مربوط) .....

..... کد پستی ..... شماره تلفن ..... کد تلفن .....

نام و نام خانوادگی و شغل تکمیل کننده .....

آدرس کامل پستی .....

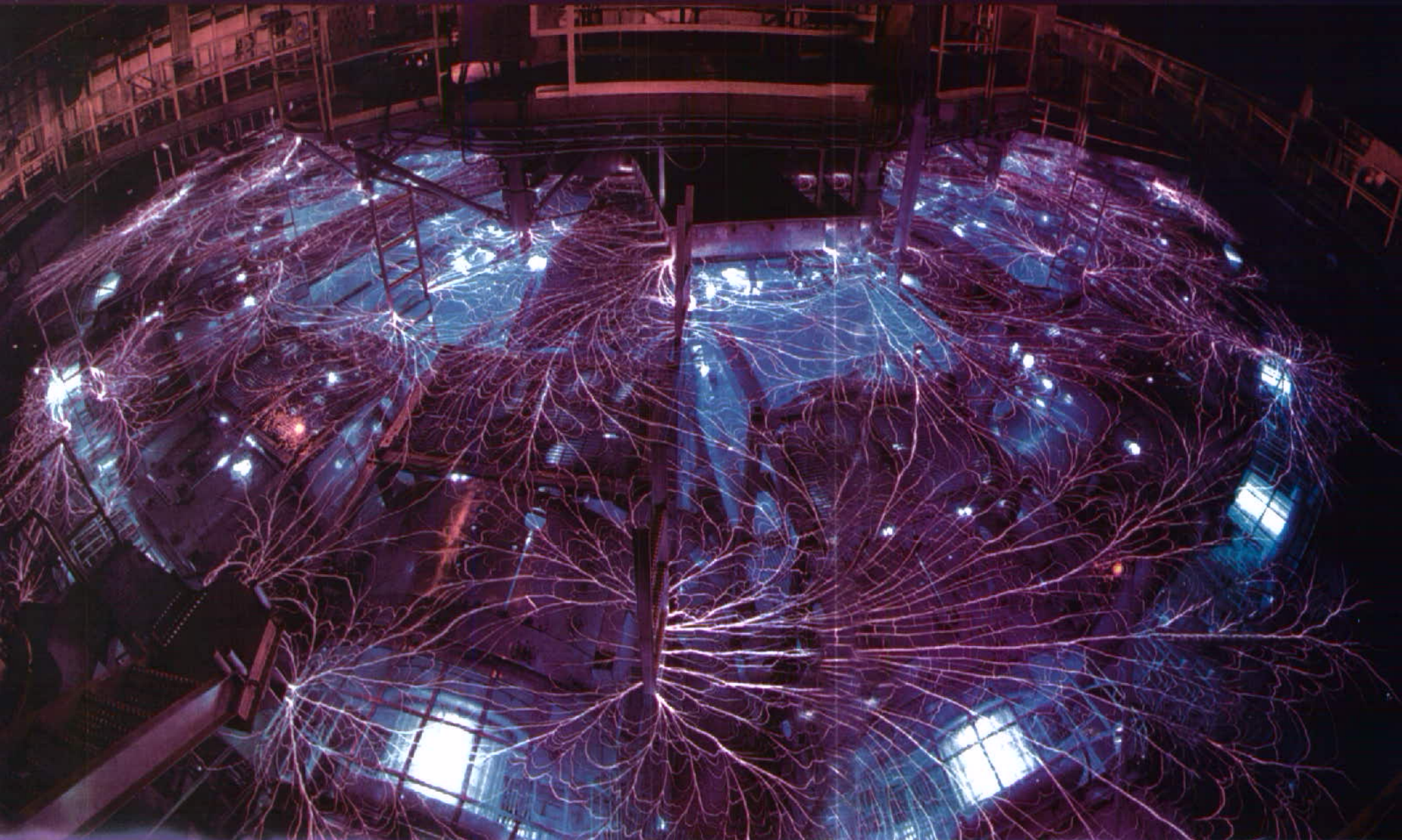
..... کد پستی ..... شماره تلفن ..... کد تلفن .....

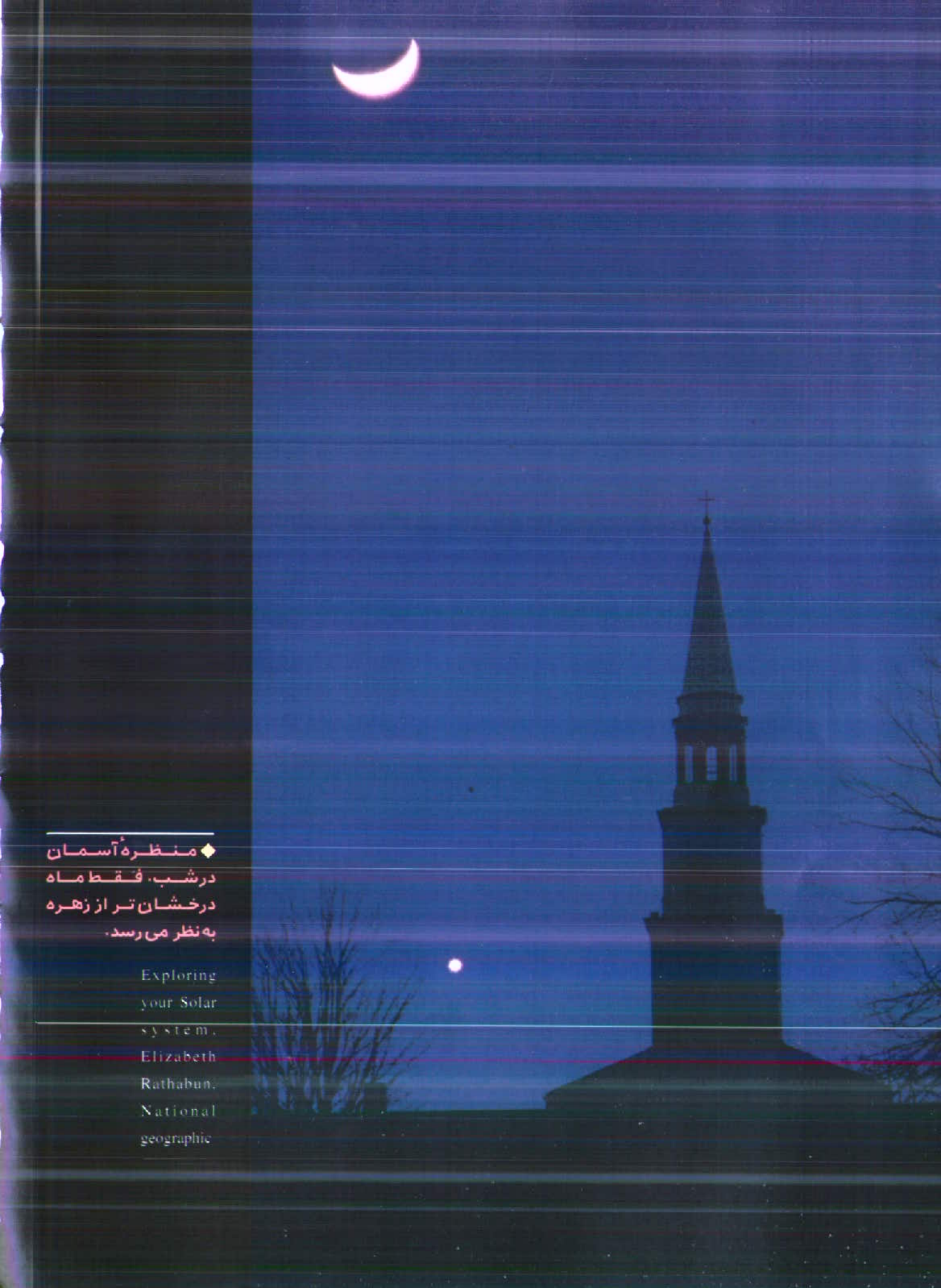
تذکر

- **برندگان دوره های قبل نمی توانند نامزد شوند.**
- **یک بار معرفی یک نامزد کفایت می کند.** **امضا،**
- **از نسخه های تکثیر شده این برگه می توانید استفاده کنید.** **تاریخ / / ۱۳**

آدرس دبیرخانه جایزه: اصفهان ـ هزار جریب ـ دانشگاه اصفهان ـ گروه فیزیک، تلفن/ فاکس: ۶۸۷۶۵۴ (۰۳۱)

Scientific American Augnst 98





◆ منظرهٔ آسمان درشب، فقط ماه درخشان تر از زهره به نظر می رسد.

Exploring your Solar system. Elizabeth Rathabun. National geographic